

## 第191研究部会

### 石炭輸送システムに係る調査研究

#### 報告書

昭和57年3月

社団法人  
日本造船研究協会

近年、石油代替エネルギーの開発転換が進められつつあり、なかでも石炭に寄せられる期待は大きいが、わが国において石炭輸送コストをいかに低減していくかが大きな課題となっている。石炭の輸送システムの合理化、適正化を図るに当っては種々の個別技術を研究するとともに石炭の需要形態、エネルギーの変換の問題、社会基盤施設の整備、立地環境問題等の将来動向をふまえたトータルシステムの検討を行う必要がある。本調査研究は2カ年計画をもって石炭輸送システムに係る上記の問題点解決の指針を得るために実施するものであるが、本報告書にはその第1年度の成果をとりまとめている。

## はしがき

本報告書は、日本船舶振興会昭和56年度補助事業「石炭輸送システム並びに石炭焚船建造促進に係る調査研究」の一部として日本造船研究協会第191研究部会において実施した「石炭輸送システムに係る調査研究」の成果をとりまとめたものである。

本研究部会の委員は次の通りである。

### 第191研究部会委員名簿（敬称略、五十音順）

|      |                     |   |
|------|---------------------|---|
| 部会長  | 高垣 節夫（日本エネルギー経済研究所） | 岡野 芳樹（川崎重工業）                            |
| 委員   | 翁長一彦（船舶技術研究所）       | 木村 徹（日本エネルギー経済研究所）                      |
|      | 小保方 恒雄（三井造船）        | 小山 健夫（東京大学）                             |
|      | 桑原憲一（住友重機械工業）       | 竹内元彦（新日本製鉄）<br><small>（前任 藤沢静文）</small> |
|      | 嶋田武夫（日本郵船）          | 根本定雄（大阪商船三井船舶）                          |
|      | 竹若弘一（電源開発）          | 牧田充生（石川島播磨重工業）                          |
|      | 播磨哲夫（三菱重工業）         | 村橋達也（日立造船）                              |
|      | 三木季雄（日本立地センター）      | 山村礼次郎（石炭技術研究所）                          |
|      | 森川 卓（日本船主協会）        |   |
|      | 渡辺虎年（日本钢管）          |   |
| 関係官庁 | 岩田貞男（運輸省海運局）        | 坂井順行（運輸省港湾局）                            |
|      | 桜井正憲（運輸省港湾局）        | 土屋睦夫（運輸省船舶局）                            |
|      | 丹羽 明（運輸省大臣官房）       | 宮本春樹（運輸省海運局）                            |

### 輸送動向小委員会委員名簿（敬称略、五十音順）

|      |                    |                   |
|------|--------------------|-------------------|
| 委員長  | 三木季雄（日本立地センター）     | 小保方恒雄（三井造船）       |
| 委員   | 阿蘇紘一（日本エネルギー経済研究所） | 木村徹（日本エネルギー経済研究所） |
|      | 金子勝（日本立地センター）      | 小山健夫（東京大学）        |
|      | 熊田展郎（日本钢管）         | 播磨哲夫（三菱重工業）       |
|      | 佐藤公信（日本エネルギー経済研究所） | 山村礼次郎（石炭技術研究所）    |
|      | 牧田充生（石川島播磨重工業）     | 坂井順行（運輸省港湾局）      |
| 関係官庁 | 岩田貞男（運輸省海運局）       | 土屋睦夫（運輸省船舶局）      |
|      | 桜井正憲（運輸省港湾局）       | 宮本春樹（運輸省海運局）      |
|      | 丹羽明（運輸省大臣官房）       |                   |

輸送技術小委員会委員名簿（敬称略、五十音順）

|      |                          |                |
|------|--------------------------|----------------|
| 委員長  | 小山健夫(東京大学)               | 岡野芳樹(川崎重工業)    |
| 委員   | 翁長一彦(船舶技術研究所)            | 熊田展郎(日本鋼管)     |
|      | 小保方恒雄(三井造船)              | 鳴田武夫(日本郵船)     |
|      | 桑原憲一(住友重機械工業)            | 竹若弘一(電源開発)     |
|      | 竹内元彦(新日本製鐵)<br>(前任 藤沢静文) | 播磨哲夫(三菱重工業)    |
|      | 根本定雄(大阪商船三井船舶)           | 三木季雄(日本立地センター) |
|      | 牧田充生(石川島播磨重工業)           | 森川卓(日本船主協会)    |
|      | 村橋達也(日立造船)               | 坂井順行(運輸省港湾局)   |
| 関係官庁 | 岩田貞男(運輸省海運局)             | 土屋陸夫(運輸省船舶局)   |
|      | 桜井正憲(運輸省港湾局)             |                |
|      | 丹羽晟(運輸省大臣官房)             | 宮本春樹(運輸省海運局)   |

# 目 次

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 1. 石炭の利用技術開発の動向      | 1   |
| 1.1 石炭燃焼技術           | 1   |
| 1.2 石炭液化技術           | 4   |
| 1.3 石炭ガス化技術          | 9   |
| 1.4 COM技術            | 17  |
| 1.5 石炭水スラリー技術        | 25  |
| 1.6 OA法              | 28  |
| 1.7 褐炭利用技術           | 33  |
| 2. 石炭の輸送動向           | 54  |
| 2.1 海外一般炭需要の見通し      | 54  |
| 2.2 海外一般炭の供給の見通し     | 54  |
| 2.3 一般炭の供給と利用における制約  | 55  |
| 3. 石炭の輸送技術開発の動向      | 88  |
| 3.1 バルク輸送            | 88  |
| 3.2 流体化輸送            | 106 |
| 3.2.1 水スラリー輸送        | 106 |
| 3.2.2 COM輸送          | 117 |
| 3.2.3 石炭・メタノールスラリー輸送 | 123 |
| 3.2.4 気体管路輸送         | 126 |
| 3.3 荷役技術             | 132 |
| 3.3.1 セルフアンローディング船   | 132 |
| 3.3.2 連続アンローダー       | 136 |
| 3.3.3 一点係留ブイによる荷役    | 141 |
| 3.4 貯炭技術             | 146 |
| 3.5 中継基地             | 151 |
| 3.5.1 海外一般炭輸入港湾      | 151 |
| 3.5.2 沖合人工島式中継基地     | 161 |
| 3.6 二次輸送             | 166 |
| 3.6.1 二次輸送の現状        | 166 |
| 3.6.2 二次輸送方式         | 167 |
| 3.6.3 ブッシャーパージの種類    | 168 |
| 3.6.4 将来動向           | 170 |
| 4. 石炭輸送システムの類型化      | 208 |
| 4.1 基本的な考え方          | 208 |
| 4.1.1 石炭の輸送時の形状      | 208 |
| 4.1.2 石炭輸送システムの基本型   | 208 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 4.2 類型化                | 209 |
| 4.2.1 石炭輸送システム計画上の主要条件 | 209 |
| 4.2.2 産炭地及び消費地の類型化     | 214 |
| 4.2.3 石炭輸送システムの類型化     | 216 |
| 4.2.4 石炭輸送システムの課題      | 216 |
| 5. 石炭輸送システムの適正化        | 225 |
| 5.1 システム構成要素と因果関係の検討   | 225 |
| 5.1.1 システム構成要素の抽出      | 225 |
| 5.1.2 システム構成要素間の相互関係   | 231 |
| 5.1.3 システム構成要素のコスト評価   | 232 |
| 参考文献                   | 260 |

(図はそれぞれの章の末尾にまとめて掲載しております。)

# 1. 石炭の利用技術開発の動向

## 1.1 石炭燃焼技術

### 1.1.1 石炭燃焼技術の概要

#### (1) 分類

一般炭の基本的利用方法として、原炭或いは乾燥脱水炭を直接燃焼してエネルギーを取出す所謂生焚きが、従来から主流技術として実用化されて来た。

この直接乾式燃焼方法には現在次の方法がある。

- ① ストーカー燃焼技術
- ② 微粉炭燃焼技術
- ③ 流動層燃焼技術

ストーカー燃焼技術と微粉炭燃焼技術は既存燃焼技術であり、すでに完成の域にあると云えるが、流動層燃焼技術は現在実用化の緒についたばかりでこれからの技術である。

ここでは前二者の概要を述べた後、後者について要点を述べる。

#### (2) ストーカ燃焼

石炭を火格子上で平面的に燃焼させる燃焼方式で、火格子と給炭方式との組合せにより、移動火格子ストーカ燃焼、散布式移動火格子ストーカ燃焼、下込ストーカ燃焼、傾斜火格子ストーカ燃焼方式等がある。各方式はボイラ容量、燃料炭性状等により目的に応じた方式が選択される。

燃焼用空気は、火格子の冷却を兼ね、燃焼面に垂直に給気される。火炉内の伝熱は、火床面および火えんからの輻射が主体である。

単位面積当りの給炭量即ち火床負荷および火炉容積当りの発熱量、即ち火炉負荷に制限があり、スケール・アップの自由度はストーカ巾のみとなることからボイラ本体の大型化、ボイラ容量の限界がある。又、燃焼用空気が火格子の冷却を兼ねるため、予熱空気に温度制限があり、このため燃焼排ガスのエネルギーを充分回収しきれず、従ってボイラ効率がやや低い。

給炭がスプレッダによる散布式の場合、石炭の粒度を所定の分布範囲にする必要がある。

#### (3) 微粉炭燃焼

石炭を粉碎機にて微粉炭とし、燃焼用空気と一緒にバーナより吹出させ、炉内で拡散燃焼させる燃焼方式で、給炭方法に原炭を粉碎して直接燃焼炉に吹込む直接式と、粉碎した微粉炭を一度貯蔵タンクにたくわえてから給炭機で炉に吹込む貯蔵式とがあり、又バーナの配置方式に燃焼炉の上部にバーナを取り付ける立形、壁面に取付ける横形、四隅の稜線に配置する隅角形がある。微粉炭燃焼は、燃料と空気との接触面積が大きいため少量の過剰空気で完全燃焼が行なわれること、使用炭の範囲が広いこと、点火、消火が容易で、負荷変動追従性が良いこと等の長所を有するが、微粉炭装置等設備が複雑で建設費が高く、所要動力が大きく、消耗部分も多いため、運転費、維持費が多い等の短所もある。

しかし、例えばストーカ燃焼ではおよばない大容量のボイラ製造が可能で、又、燃焼用空気温度を高くとりうるため、燃焼排ガスのエネルギーをより多く回収でき、従ってボイラ効率が高い。

火炉内の伝熱は輻射伝熱が支配的であり、スケール・アップにはバーナ1本当りの容量増大あるいはバーナ本数の増加によることとなる。

#### (4) 流動層燃焼

流動層の原理は焼却炉或いは化学反応炉として発達したものであり、比較的低温で難燃物でも安定した燃焼を行いうる技術である。

以下に章を改めて記述する。

##### 1.1.2 流動層燃焼技術の内容と特色

###### (1) 流動層燃焼の原理

砂、石灰石等の固体粒子を充填し、下方より分散板を通して、空気を送り込む（図1.1.1(i)）。空気速度を次第に上げてゆくと、粒子層による圧力低下が層の単位床面積当たりの重量に等しくなり、粒子は流動を開始する（図1.1.1(ii)）。

更に空気速度を上げると、空気は層内を吹き抜け、粒子が吹き飛ばされてしまう。

以上の現象を、空気速度と粒子層による圧力損失の関係図で表わすと、図1.1.2のようになる。

この空気速度  $U_{mf}$  と  $U_t$  の間では、粒子があたかも沸騰している流体のごとき様相を呈し、いわゆる、流動層を形成する（図1.1.1(iii)）。

この流動層を、予め熱風等にて、規定温度に加熱した後、石炭などの可燃物質を層内に投入すると、流動用空気と加熱流動媒体とにより、可燃物質は、極く短時間に分解・燃焼する。

これを流動層燃焼（Fluidized Bed Combustion）と云い、層内に熱交換チューブを敷設し、蒸気を取り出せば流動床ボイラとなる。

###### (2) 流動層燃焼の特徴

###### (a) 燃料の種類に対する多用性

層内での良好な燃焼反応性のため、低質油（残渣油）、都市ごみ、スラッジ、オイルコークス、高硫黄分および高灰分含有の石炭など低質な液体、固体燃料の燃焼も可能である。

###### (b) 大気汚染防止等の容易性

層内では、乱流による攪拌効果が大きく、反応速度が大きい。それ故、流動媒体に、石灰石、ドロマイトなど、固形脱硫剤を混入することによって、層内で燃焼と同時に、乾式脱硫が行える。

又、層内での均一低温燃焼が可能なため、サーマルNOxの発生を抑制することが容易である。

###### (c) 保守の軽減

流動床ボイラの場合、低温燃焼が可能なため、微粉炭やストーカ式従来型石炭焚きボイラに見られるクリンカー・トラブル等が避けられ、また、層内伝熱管に附着するスケールも、流動物質により除去されるため、保守の軽減が期待される。

###### (d) 高効率プラント

流動床ボイラの場合、低温燃焼が可能であること、及び層内伝熱管に附着するバナジウムやナトリウム化合物も流動物質により除去されることのため高温腐蝕が起りにくく、従ってより高温の過熱蒸気を得やすく、高効率プラントの達成が容易である。

###### (e) ボイラの小型化

流動床ボイラの場合、層内で燃焼する火えんのない低温燃焼であること、および層内伝熱管は、燃焼物質・流動物質と直接接触伝熱を行うため、熱伝達率を高くとれ、ボイラの小型化が期待できる。

###### (3) 流動層燃焼方式の分類と特性

#### (a) 炉内圧力からの分類とその特色

炉内を大気圧ないしは、極くわずか負圧にした流動層燃焼方式を大気圧流動層燃焼、逆に炉内を大気圧以上の圧力をかけた流動層燃焼方式を、加圧流動層燃焼という。

加圧流動層燃焼方式は、大気圧流動層燃焼方式に比べ、熱伝達率がより大きくとれるため、より小型化が期待できること、および、諸反応速度が加速されるため、燃焼効率、脱硫効率の改善、NOxの発生量の抑制が期待できる。

加圧流動層燃焼方式は、排ガスによりガス・タービン駆動させた複合発電サイクル、過給サイクル等に適用される。

#### (b) 流動形態からの分類とその特色

空塔速度を  $U_{mf}$  と  $U_t$  の間に保ち、流動媒体を流動化させた状態で燃料を燃焼させる流動層燃焼方式を通常流動層燃焼、空塔速度を  $U_t$  以上にし、流動媒体を循環輸送させながら、燃料を燃焼させる流動層燃焼方式を、循環流動層燃焼という（図 1.1.2 参照）。

循環流動層燃焼方式は、通常流動層燃焼方式に比べ、燃焼効率がより高く、また、これを流動床ボイラに適用した場合、燃焼部と主熱交換部が分離別置型となるため、部分負荷特性および負荷変動追従性に優れているといわれている。但し、石炭燃料の場合、微粉に近い細粒乾燥炭とする必要がある。

### 1.1.3 流動層燃焼技術開発の経緯と現状

流動化法の考え方は、石油化学工業の分野で、1920年代に確立されていた。しかし、流動層燃焼技術の研究は、1950年代英國にその端を発し、今や、米国、西独、スエーデンなど国際的に発展、世界の燃焼工学研究および応用開発の中心課題の観を呈している。

例えれば、英國では、1974年政府機関（N C B）を中心とする共同研究機構 CSL（Combustion Systems Limited）の成立、B & W社の2000時間に及ぶ研究運転、米国では、1977年Riverville発電所に於ける30MW発電試験、スエーデンでは、スター・ラバル社の流動床コンバスターによる燃焼試験及び船用VAPタービン・プラントの基本設計、等々がなされている。

日本では通産省資源エネルギー庁を中心に、石炭利用技術開発の一環として、流動層燃焼技術の基礎研究が展開され、1981年には、20T/hのバイロットプラントが運転開始される一方、商業ベースでの流動層燃焼技術による焼却炉、流動床ボイラも稼動しているものもある。

### 1.1.4 流動層燃焼技術の実用化とその問題点

今や流動層燃焼技術は、事業用発電プラント、産業用ボイラ、産業廃棄物焼却炉、小型汎用パッケージ・ボイラ、船用ボイラ等々既に実用化の域に到達している。

経済性については、その算出設定条件により、評価に当然差異が生じるため一概に断定できないが、これまでに、事業用発電プラントにつき、微粉炭焼きボイラと流動床ボイラとを、評価した国内外の試算例からすると一般に流動床ボイラによる発電プラントの方が、その建設費、発電単価ともに経済性有りという結果がでている。

流動層燃焼技術実用化を更に確固たるものとするための項目として、起動方式、給炭方式、部分負荷対策、制御特性、脱硫剤再生技術等があるが、これらに対しても、次々と技術的な解明がなされつつある。

ただ、層内伝達管の、流動媒体による摩耗に関する定量的に確立された定説は今のところないが、これまでのテスト結果では、問題ないとされており、今後の進歩実績の蓄積から次第に明らかにされてゆくと思われる。

### 1.1.5 流動層燃焼技術の将来動向

石炭の生焼き燃焼方法のうち、ストーカ焚きは火床負荷、火炉負荷の制限があり、スケール・アップの自由度はストーカ巾のみとなることからボイラ本体の大型化、ボイラ容量の限界がある。また、微粉炭焚きはバーナからの微粉炭吹出しによる拡散燃焼であるため、スケール・アップは火炉3次元の拡大となりボイラの大型化をきたし、又、石炭微粉化のための微粉炭設備を要し、前処理装置が大がかりとなる。

流動層燃焼はこれらストーカ焚き、微粉炭焚きの短所を補い、合わせて、1.1.2-(2)で述べた多くの特長を有しているため、その実用化普及には大きな期待が寄せられており、今後大きく発展が見込まれている。

## [参考文献]

- 1) 流動床ボイラの開発と実用化(堀ら、火力原子力発電、第32巻、第5号、昭和56年5月1日)
- 2) 流動床燃焼技術開発の現状(半田、化学工学協会誌、第42巻、第12号)
- 3) 石炭の流動層燃焼技術(館林、化工学会・燃料協会共催、第47回化学機械談話会「流動層燃焼技術」)
- 4) Fluidized Bed Combustion of Coal(J. Tatebayashi, Dec. 1979. 2nd Miami International Conference on Alternative Energy Sources)
- 5) 流動燃焼技術と熱機関(玉貫、日本船用機関学会誌、昭和54年1月第14巻、第1号)
- 6) 住友-スター・ラバル蒸気タービン機関の技術的動向(泊谷ら、住友重機械技報、Vol 26. No. 78. Dec. 1978)
- 7) Entwicklung eines Kombi-Prozesses auf der Basis der Wirbelschichtfeuerung(H. D. Schilling et al, VGB Kraftwerkstechnik 59, Heft 8, August 1979)
- 8) A Technical Description of the Plant Design and Project Progress Report(D. H. Broadbent, NCB, VDI Berichte Nr. 322, 1978)
- 9) Fluidized Bed Technology for Environmentally Acceptable Power Generation(E. Bitlerlich Mitt. VGB, May 1980)
- 10) Particle Attrition in Fluidized Bed Processes(Walter Gregson et al, International Fluidization Conference, Henniker, NH, August 3-8, 1980)

## 1.2 石炭液化技術

### 1.2.1 石炭液化技術の種類・内容

昨今の石油事情の緊迫から石炭液化プラントの開発に多くの期待が注がれている。石炭は、いくつかのエネルギー資源の中でも最も賦存量が多く、かつ石油に代わる流体エネルギーを得るために重要な原料になるとみられているかられている。

石炭液化の技術は新しいものではなく、既に60年近い歴史がある。第2次大戦以前、石油無資源国であったドイツや日本で液化プラントの開発が行なわれたが、経済性を度外視したものであった。現在開発中の石炭液化プロセス技術は戦前の技術と経験に負うところが大きい、液收率向上並びに総合熱効率向上等、経済性を重視して開発が進めている。

石炭液化の方法は大きく3つに分けられる(表1.2.1)。

第1は、石炭を熱作用により、熱分解し、生成したフリーラジカルを水素化、さらには水素化分解することにより低分子化をはかり、石油組成相当の液化油を得る直接液化法である。直接液化法はさらに、直接水素化液化法と溶剤抽出液化法に大別される。第2は間接液化法であり、石炭を完全にガス化し、一酸化炭素と水素を得、これらを原料

として炭化水素を合成する方法でフィッシャートロブッシュ法とモービル法がある。この方法は直接液化法と比べ、炭種などの影響は少ない。第3は、石炭の熱分解コーカス化工程で液状物質としてコールタールを得る方法（乾留液化法）である。

各液化法分類について、その基本プロセスと概要説明を表1.2.2に示す。

## 1.2.2 技術開発情況

### (1) 海外各国の技術開発情況

現在、先進諸外国で技術開発されている石炭液化法の大半は直接液化法であり、なかでも溶剤抽出液化法の方が多い。直接液化法と間接液化法の比較、優劣は一義的に論じることは困難である。直接液化法は、エネルギー転換効率（熱効率）では、ガス化工程を経由する間接液化法より優れているが、技術完成度、炭種依存性などでは間接液化法が優位になる。

直接液化法の中で最も開発レベルが高いのは、米国で進められているリーティング4法、即ちSRC-II法、EDS法、H-Coal法、及びSRC-I法とLC-Fining法などを組合せた二段液化法、と西独の新IG法である。

SRC-II法は、石炭を石炭系重質油と混合して水素加圧下で加熱することにより発電用ボイラー燃料などを得るSRC-I法を、液体燃料指向に合せて改良したもので、石炭中の触媒成分であるバイライトを循環させていることが特徴である（図1.2.1）。現在、Gulf Oil社により20トン／日のパイロットプラントが運転されており（表1.2.3）、6,000トン／日の実証プラントの建設が米国、日本、西ドイツ三国政府の協力により予定されていたが、スケールアップによる技術的問題点、これに伴う負担費用の増加、各国の財政事情などから計画が中止されている。

EDS法は、Exxon社が開発した方法であり、循環溶剤を触媒で水素化し、水素供与性溶剤により石炭液化反応を行う手法である（図1.2.2）。この方法は触媒と石炭が液化反応器中で直接に接触することができないため、触媒の分離、あるいは触媒の活性低下などを防ぐことが可能であり、幅広く触媒を選択でき、又、液化残渣の再循環による転化率／液化収率の向上をはかっている（表1.2.3）。現在、250トン／日のパイロットプラントの運転が行われている。

表1.2.1 石炭液化法の分類

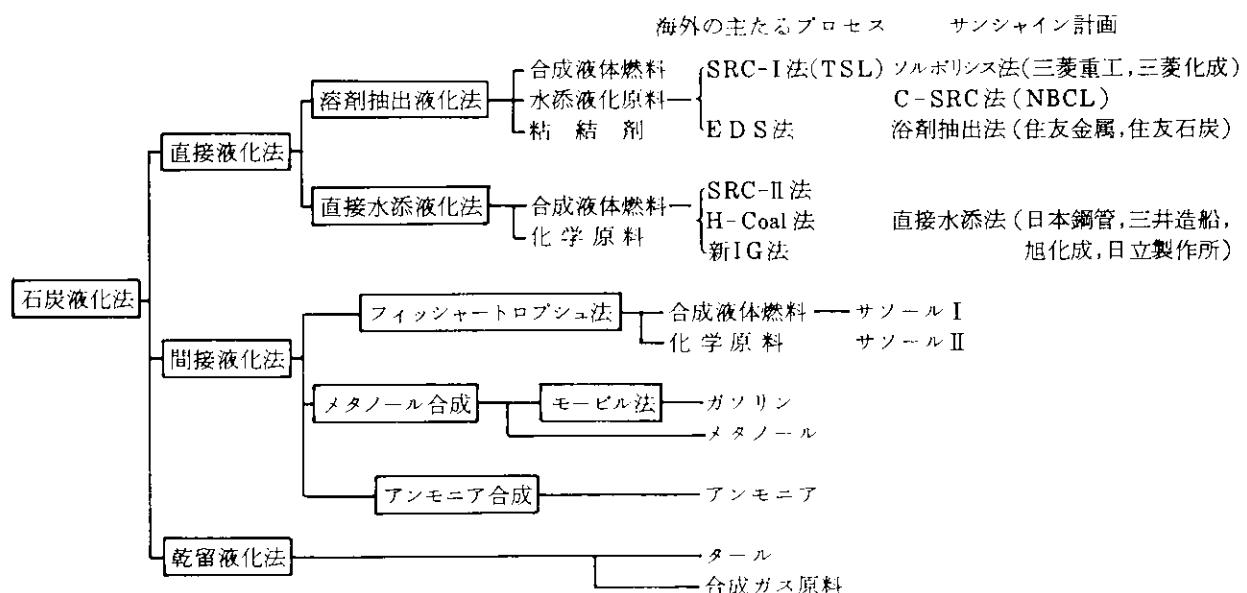


表1.2.2 各液化法分類と説明

|               | 直接液化法  | 直接水添液化法   | 間接液化法   | 乾留液化法   |
|---------------|--|---|---|---|
| 溶剤抽出法         | 石炭<br>水素 → 溶剤<br>→ 溶解<br>→ ろ過、溶剤回収<br>→ 灰分回収<br>→ 合成原油<br>→ 水素化処理<br>→ 液化油 | 石炭<br>水素 → (溶剤)<br>スラリー予熱<br>→ 水蒸気<br>酸素又は空気<br>→ ガス生成<br>→ 低中カロリーガス<br>→ 液化油 | 石炭<br>水素 → フィッシャートロアッシュ法<br>モービル法<br>→ ガス<br>チヤー(コーキス)<br>→ 留出油<br>→ 水素化処理<br>→ 液化油 | 石炭<br>水素 → 热分解<br>(コーキス)<br>→ ガス<br>チヤー<br>→ 留出油<br>→ 液化油 |
| プロセスフロー図と概要説明 | 石炭系の溶剤を用い、石炭を溶解化する方法。  | 高溫高圧水素の存在下、触媒を用いて石炭を分解。水素化することにより液化油を得る方法。                                    | 合成ガス化した後、鉄またはコバルト系触媒を用いて軽質の炭化水素を得る。   | 古くから工業化されたものであり、半成コーキスを主製品として液状物質をコールタールとして得る方法。          |
| 特徴            | • 比較的低压<br>• 水素消費量小<br>• 水素供与性溶剤による水素添加効果が期待できる。                           | • 高温高压<br>• 水素消費量大  | • 合成ガス化した後、鉄またはコバルト系触媒を用いて軽質の炭化水素を得る。   | • 単独の液化法としては、不経済であり、他の液化法と組合せる必要がある。                      |
| 課題            | • 経済性、技術力  | • 経済性、反応の厳しさ、技術力  | • 液化收率、熱効率が低い。  | • 触媒寿命、信頼性等。<br>• 大量のチャーを生成し、液收率が低い。                      |
| 主なプロセス        | EDS法、TSL法<br>新IG法  | SRC-II法、H-Coal法,<br>新IG法  | Mobil法<br>SASOL法  | COED法   |

表 1.2.3 石炭液化プロセスの反応条件と液化収率比較

| 項目                              | プロセス                   | SRC-II            | E D S               | H-COAL                         | IG-NEU      | SRC-I(TSL)<br>(+LC-Fining) |
|---------------------------------|------------------------|-------------------|---------------------|--------------------------------|-------------|----------------------------|
| 石炭                              | ウエストバージニア<br>(炭種に制限あり) | イリノイ #6           | イリノイ #6             | ルール, ザール<br>灘背炭<br>ライン視炭       | ケンタッキー #9   |                            |
| 反応温度 ℃                          | 455                    | 450               | 450                 | 475                            | 440         | 440                        |
| 反応圧力 kg/cm <sup>2</sup>         | 140                    | 140               | 210                 | 300                            | 120         | 140                        |
| 触媒                              | 石炭中の灰分                 | 無(溶剤水溶<br>Ni-Mo)  | Co-Mo               | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 石炭中の<br>灰分  | Co-Mo                      |
| スラリー温度 Wt%                      | 30                     | 30                | 35                  | 40                             | 40          | 30                         |
| 固液分離                            | 減圧蒸留                   | 減圧蒸留              | ハイドロクラロンまたはアンチソルベント |                                | 溶剤抽出(カーマギー) |                            |
| H <sub>2</sub> 石炭 %             | 4.8                    | 3.8               | 5.9                 | 5.5                            | 1.6         | 1.5                        |
| 水素製造 Wt%                        | テキサコガス化<br>装置          | フレキシコーカー<br>と部分酸化 | 部分酸化                | ガス化(テキサコ<br>法等の検討)             | K-Tガス化装置    |                            |
| C <sub>1</sub> ~ C <sub>4</sub> | 18.8                   | 8.6               | 12.5                | 13.1                           | 7.1         |                            |
| ナフサ                             | 11.6                   | 19.6              | 20.3                | 13.9                           | 9.1         |                            |
| 中質油                             | 20.3                   | 8.7               | 32.5                | 42.0                           | 14.1        |                            |
| 重質油                             | 9.0                    | 8.3               |                     |                                | 19.9        |                            |
| S R C                           | 0                      | 0                 | 0                   | 0                              | 34.8        |                            |
| 残渣                              | 33.7                   | 42.8              | 28.0                | 19.5                           | 8.8         |                            |
| 無機ガス+水                          | 11.6                   | 15.8              | 12.0                | 17.0                           | 9.4         |                            |

H-Coal 法は、石油系重質油脱硫を目的として開発された H-Oil 法を応用したものであり、高性能触媒を沸騰床型反応器中に用い、活性が低下した触媒を抜出し再生して、再び供給するシステムを採用している(図 1.2.3)。

現在、Hydrocarbon Research 社により 600 トン/日のバイロットプラントの運転が行われている(表 1.2.3)。

二段液化法として、最近、第一段液化工程に SRC-I プロセスを用い、これと LC-Fining 法(脱硫触媒を用いた沸騰床)を組合せた二段液化法の開発が進められており、6,000 トン/日プラントの建設も計画されている(図 1.2.4)。さらに、水素供与性溶剤を用いた S C T 法による二段液化法の開発も進められている。

西独で開発が進められている新 IG 法は、旧 IG 法の技術に戦後得られた知見を加え改良したものであり、その主な変更点は、水素圧力の減少、溶剤油および水素製造法の改良などである(図 1.2.5)。現在、Ruhrkohle および Veba Oel により、200 トン/日のバイロットプラントの運転が行われている(表 1.2.3)。

又、西独は、用途、コストの点から重質油を生産しないプロセスを狙っているところにユニークさがある(図 1.2.6)。

間接液化法のうち、FT 法は 1920 年代にドイツ Fischer と Tropsch により開発され、大戦中に主としてガソリン成分製造を目的として工業化が試みられた。1955 年以来、南ア Sasol 社により年間 30 万トンの石炭液化工場が運転されている(Sasol I)。現在、年間 210 万トン規模の Sasol II 工場が稼動を開始しており(図 1.2.7)，同規模の Sasol III 工場の運転も 1983 年に運転が予定されている。

Mobil 法は、ZSM-5 と呼ばれる合成ゼオライト触媒を用いてメタノールからガソリンを高収率、高選択性で製造するプロセスであり、液化製品中芳香族成分が多く、オクタン価も 9.0 ~ 9.6 と高いことから、ガソリン製造という面からみると優れたプロセスと考えられるが、西ドイツ、ニュージーランドでのプラント建設計画は、触媒の寿命、信頼性などの点で時期尚早とされている。

## (2) 日本の開発情况

現在、日本の石炭液化技術の主なものは、サンシャイン計画のもとで進められて居り、直接水添、溶剤抽出、

ソルボリシスの亜沥青炭液化3法と褐炭液化の4プロジェクトがある。(表1.2.4)

この他には三井石炭液化㈱の三井S R C および川崎製鉄の川鉄R C 等があるが、これらは、いずれも粘結剤あるいは炭素材を主製品とし、液化燃料は副製品として製造するプロセスである。ここでは液化燃料を主製品とする上述の4プロジェクトにつき、その開発情況を以下に示す。

表1.2.4 日本における石炭液化プロジェクト

| サンシャイン計画関連プロジェクト |                                     |                               |   |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------------|---|
| ソルボリシス           | 溶剂抽出                                | 直接水添                          | 褐炭液化                                    |
| 工技院サンシャイン本部      | 工技院サンシャイン本部                         | 工技院サンシャイン本部                   | 日本褐炭液化㈱                                 |
| 三菱重工<br>三菱化成工業   | 住友金属工業<br>住友石炭鉱業<br>住友金属鉱山<br>千代田化工 | 日本钢管<br>旭化成工業<br>日立製作<br>三井造船 | 神戸製鋼<br>三菱化成工業<br>日商岩井<br>出光興産<br>アジア石油 |

直接水添法は、0.1トン／日小型連続装置でデータを取得しており、'81年内に2.4トン／日PDUが完成予定である。一段水添液化、鉄系触媒使用、中軽質油指向、ハイドロホイスト(スラリー供給における動力回収システム)利用のチューブラー反応器使用などの点に特徴を有する。(図1.2.8)

溶剂抽出法は、4mオートクレーブによる小型連続装置を経て1トン／日実験プラントでデータを取得しており、'81年に水添設備を追加建設し'81年11月より運転予定である。遠心分離法による固液分離や鉄浴ガス化法による残渣のガス化等を検討している。(図1.2.9)

ソルボリシス法は、1トン／日実験プラントでプラント建設・運転技術を、0.1トン／日連続装置でプロセスデータを取得している。二段液化法で、第1段は水添重質油を液化溶剤として用い水素ガスを用いない低圧短時間接触反応(SCT)、第2段は水素化反応であり、ガス発生を抑えて水素消費量を低減し、触媒選択のフレキシビリティや広範囲な炭種適用可等の特徴を有している。(図1.2.10)

豪州褐炭液化法は50kg／日及び0.5トン／日の実験プラントでデータを取得しており、'81年より'83年にかけて現地に50トン／日バイロットプラントが建設されつつある。このプロセスは2段水添法で、使い捨て触媒(赤泥)を使用し、ガス発生を抑えて液收率向上をはかるとともに特徴を有する。脱水法として蒸発潜熱を回収する多重効用缶原理を用いて湿式脱水されることや、50トン／日プラントでは炭酸塩析出対策、スケールアップ等が研究されようとしている。(図1.2.11)

### (3) 石炭液化技術の課題

技術開発状況を端的に表わすには、規模をバロメータにした図示が最も判りよい。(図1.2.12)米国の4法と日本の新IG法が他を抜きん出ている。石炭液化技術の課題として、数十トン／日プラントから商業プラントへ移行するとき、スケールアップが最大の検討課題となるが、現状ではよりよいプロセス、技術の開発も精力的に進められており、触媒開発、二次水素化技術、液化油のアップグレーディング、固液分離法、機器の信頼性等も石炭液化技術の課題である。特に水素消費量の低減と油收率の向上は経済性に大きな影響を及ぼすので、これらを加味した技術上の課題を克服すべく取組まれている。石炭液化油は、重質油からナフサまで、各種の油が同時に生産される。

ナフサ相当留分は石油との相溶性は比較的良い。中間留分（灯軽油相当）は将来最も不足することが予想される油種であるが、液化油そのままで石油との相溶性が悪く、又、種々の問題点（煙点・低セタン価）をもっているためアップグレーディング処理が必要になると共に安定性の改善をはかっていかねばならない。重質留分については、貯蔵安定性の改善が必要となる。

石炭液化油の利用分野としては、輸送用燃料、産業用燃料、電力用燃料、民生用燃料等が考えられるが、生産油の留分とその割合の目標については石油および代替エネルギーの動きとの対応をとって決めていく必要がある。

なお、石炭液化技術がコスト的にも見合ってバイオニアプラントを経てデモンストレーションプラント等による商業化は、石油の需給バランスとも関連するが、早くても1990年以降であろうと推測されている。

### [参考文献]

- (1) 化学工学 第45巻 第9号 pp. 7~13 (1981)
- (2) 新エネルギー総合開発機構、第1回事業報告会分科会 予稿集 (1981.10)
- (3) 同 , 直接水添液化プラントの開発
- (4) 同 , 溶剤抽出液化プラントの開発
- (5) 同 , 豊州ビクトリア褐炭液化パイロットプラント
- (6) 燃協誌 第60巻 第654号 pp. 815~827 (1981.10)

## 1.3 石炭ガス化技術

石炭のガス化・液化は、石炭の流体化の最終的な姿である。

石炭を石油や天然ガスとまったく同じように利用するためには、このような石炭転換技術の商業化に期待せざるを得ない。水素、アンモニア、メタノール（化学用）などの製造を目的とする石炭ガス化は、戦前から多くの商業プラントが建設されており、確立された技術といえよう。

また、いわゆる石炭の間接液化技術として注目されているガス化／フィッシャー・トロプシ合成、ガス化／メタノール合成（燃料用）については、前者は自動車用燃料の製造を主目的とした南ア・ソゾールの商業プラントの実績があり、後者は多くの化学メタノール・プラントの実績等がある。

したがって、石炭ガス化技術の研究開発は、これら確立された技術の改良と、それ以外の利用目的を持つ技術の開発を主要な対象として行われている。

その中でとくに重視されているのは、複合発電方式に最適とされる中・低カロリーガスの製造と、主として米国で開発が進められている代替天然ガス（SNG）といわれる高カロリーガスの製造とを目的とするものである。

低カロリーガス、高カロリーガスの定義は必ずしも明確ではないが、一般的には発熱量4,000 Kcal/Nm<sup>3</sup>程度までを低カロリーガス、同8,000~8,500 Kcal/Nm<sup>3</sup>以上のものを高カロリーガスとし、さらにこの中間の5,000~7,000 Kcal/Nm<sup>3</sup>のものを中カロリーガスと呼ぶこともあるようだ。

（低カロリーガスを一般的な空気酸化方式で得られるもの、として2,500 Kcal/Nm<sup>3</sup>程度までとする意見もある。）

### 1.3.1 石炭ガス化の種類と内容

石炭からガスを得る方法として、酸素（空気）の供給のない状態で加熱し、熱分解させる乾留（ガスにならない部分はコークスとなる）と、高温でガス化剤（空気、水蒸気、酸素、水素）と反応させるガス化がある。これを、ガスの用途やそれに関連する発熱量やガス化剤との関係の概略でみると、表1.3.1のように整理することができる。

ガス化に際して、ガス化剤に酸素や水素を使い、高圧（たとえば、70~100 kg/cm<sup>2</sup>）をかけて反応を促進させ、さらにシフト転換・メタン合成の工程を加えれば、中カロリー・高カロリーのガスができる、産業用や家庭用の燃料として広域供給が可能になる。メタン合成までやれば、いわゆる合成天然ガス(SNG)がつくれる。米国がSNG製造技術の開発に特に熱心なのは、広い国内に既に天然ガスのパイプライン網が発達しているからである。

一方、低カロリーガス化は、ガス化剤として空気や水蒸気を使い、加圧も20 kg/cm<sup>2</sup>程度までであるから、ガス化工程は安上がりであるが、遠隔供給には結びつかない。しかし、ガス化炉から出るガスは、それに含まれるN<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>などの不燃成分も含めて、温度（顯熱）と圧力の形でエネルギーを持っているから、これを精製過程でできるだけ温存して発電システムにつなげば、ガス化の熱効率は高く評価できる。

ガス化法をガス化炉の型式から見て分類すると、表1.3.2に模式化して示したように、固定床・流動床・噴流床に分けられる。商用化したガス化炉としては、Lurgi式（固定床）、Winkler式（流動床）、Koppers-Totzek式（噴流床）が知られており、それらの商業化ガス化炉の概要を表1.3.3に示す。

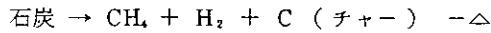
また、現在世界的に最も有力な石炭ガス化炉（加圧型）として知られる、Lurgi炉の構造をそれぞれ図1.3.1、図1.3.2に示す。

表1.3.1 石炭ガス化の分類

|                                  | 乾留             | 低カロリーガス化             | 中カロリーガス化          | 高カロリーガス化                    |
|----------------------------------|----------------|----------------------|-------------------|-----------------------------|
| ガス化剤                             | —              | 空気、水蒸気               | 酸素、水蒸気、水素         | 同左                          |
| 主要反応                             | 乾留             | 乾留、発生炉ガス反応<br>水性ガス反応 | 左記の外に<br>水添メタン化反応 | 左記の外に<br>シフト転換反応<br>メタン合成反応 |
| 主要ガス成分                           | 水素、メタン         | 水素、一酸化炭素             | 左記の外に<br>メタン      | メタン                         |
| ガス発熱量<br>(Kcal/Nm <sup>3</sup> ) | 6,000~8,000    | 800~1,500            | 2,000~6,000       | 8,500~10,000                |
| ガス生成率<br>(Nm <sup>3</sup> /t石炭)  | 100~400        | 2,000~4,000          | 1,000~2,000       | 500~1,000                   |
| ガス化熱効率(%)                        | 15~40          | 75~95                | 60~80             | 50~70                       |
| ガス主用途                            | 工業燃料<br>(都市ガス) | 発電用燃料                | 工業燃料、合成原料         | 左記の外に<br>都市ガス               |

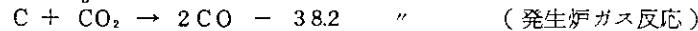
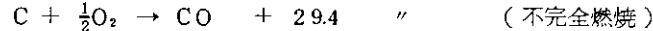
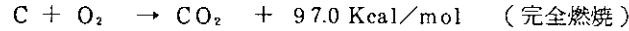
### ガス化主要反応

#### (A) 乾留

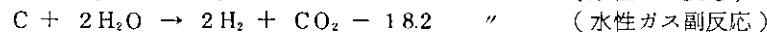
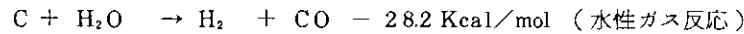


#### (B) チャーとガス化剤との反応

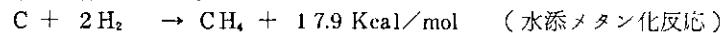
<炭素と酸素との反応>



<炭素と水蒸気との反応>



<炭素と水との反応>



#### (C) ガスの改質

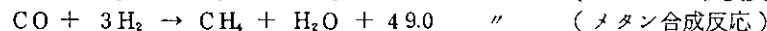
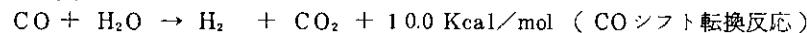


表1.3.2 石炭ガス化炉の種類と特徴

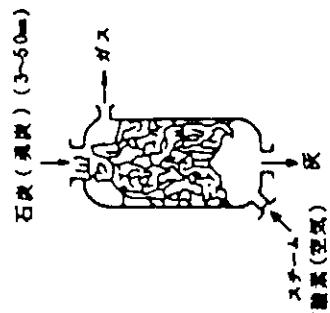
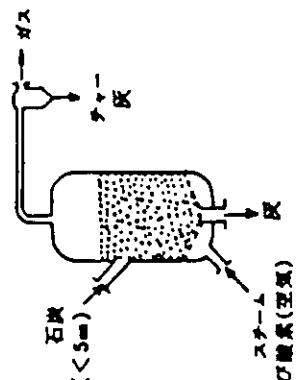
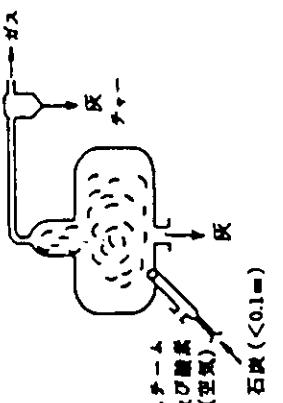
|               | 固定床<br>ガス化法  | 流動床<br>ガス化法   | 噴流床<br>ガス化法  |
|---------------|--|---|--|
| ガス化法          |  <p>石炭(塊状) (<math>3\sim 5\text{cm}</math>)</p> <p>ダス</p> <p>ガス</p> <p>スチーム及び酸素(空気)</p> <p>灰</p> |  <p>石炭 (<math>&lt;5\text{mm}</math>)</p> <p>ダス</p> <p>ガス</p> <p>スチーム及び酸素(空気)</p> <p>灰</p> |  <p>スチーム及び酸素(空気)</p> <p>灰</p> <p>石炭 (<math>&lt;0.1\text{mm}</math>)</p> |
| ガス化温度<br>反応方式 | <p>上部より通気を開始し、炉下部の燃焼により発生する高温ガスによりガス化及び乾留が順次行なわれる。</p> <p>400~900°C</p> <p>炉底火格子より固体で排出<br/>(炉體灰排出をテスト中の所もある)</p>  | <p>炉の中央部に亘り程度の粉塵を供給し、炉底からの空気により流動させながらガス化する。</p> <p>800~1,100 °C</p> <p>炉底より固体で排出</p>   | <p>炉底より炉蓋状態で排出</p> <p>1,200~1,700 °C</p>   |
| 灰渣の適合性        | <ul style="list-style-type: none"> <li>・液粘結性及び粉塵の使用が出来ない。</li> <li>・灰融点の高い石炭が望ましい。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・粘結性灰は前処理融化を要する。</li> <li>・灰融点の低い石炭が望ましい。</li> <li>(クリンカートラブル防止の為)</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・通用灰種が広い。</li> <li>・灰融点の低い石炭が望ましい。</li> <li>(溶融灰取出し方式のみ)</li> </ul>   |
| 実用化されているガス化炉  | BGC-Lurgi (O)<br>(Slagging)  | Lurgi' (O)<br>Winkler (O/A)   | HT-Winkler (O/A)<br>WH<br>石炭技術 - 電気<br>Koppers (O)   |
| 開発中のガス化炉      | ESSO-FW  | HT-Winkler (O/A)<br>WH<br>石炭技術 - 電気<br>Saarberg-Otto (O)  | Shell-Koppers (O)<br>Texaco (O)<br>BIGAS (O)   |

表1.3.3 実用化ガス化炉

| プロセス名  | ガス化炉仕様    |                 |         |                               | 特徴   |
|--------|-----------|-----------------|---------|-------------------------------|--|
|        | 型式        | ガス化炉            | 圧力(atg) | 発生ガス熱量(Kcal/Nm <sup>3</sup> ) |  |
| ルルギ炉   | 固定床<br>1段 | 空気又は酸素、<br>スチーム | 70      | 3400(酸素)<br>1800(空気)          | ○実用炉として化学原料用に使用<br>されている。<br>○最大容量(実績) 900T/日<br>最大容量(製作中) 1,200T/日<br>○納入数 約70基 |
| コッパース炉 | 噴流床<br>1段 | 酸素、スチーム         | 常圧      | 2500                          | ○実用炉として化学原料用に使用<br>されている。<br>○最大容量 800T/日<br>○納入数 約50基                           |
| ワインクラ炉 | 流動床<br>1段 | 酸素/空気<br>スチーム   | 常圧      | 1200~3000                     | ○実用炉として化学原料用に使用<br>されていた。(20年以前)<br>○最大容量 600T/日<br>○納入数 35基                     |

### 1.3.2 国内外の開発状況

#### (1) 米国における研究開発状況

米国では、天然ガス資源の枯渇化が一時期問題化し、これに対処するものとして石炭の高カロリーガス化が取り上げられることになった。

すなわち、既存の天然ガスのパイプライン網を活かすことを前提として、石炭から高カロリー、高圧のSNGを製造する技術が開発対象とされたわけである。

このため、米国で研究開発中の高カロリーガス化プロセスは、一般に①ガス化炉の圧力70~100気圧、②ガス化剤はスチーム、酸素または水素、③メタネータ付きといつた条件のものが多い。代表的なHYGAS、BI-GASなどをはじめ、10以上のプロセスが開発されていた。

しかし、石炭ガス化商業プラントの建設計画では、ルルギ法、コッパース・トチェック法といった実績のあるプロセスの名は常にあがるが、開発中の新プロセスの名は、ほとんど聞かれないといった状況である。(表1.3.4)

アメリカン・ナチュラル・リソーシス/ピーブルズ・ガスなど5社が、共同で実施しようとしているノースダコタ州マーサー・カンティのSNG計画は、早くから商業化第1号になるものとして注目されていたが、最近政府のゴーサインが出された。

すなわち、 $125 \times 10^6 \text{ ft}^3/\text{日}$ の合成天然ガスを製造するANR社のプロジェクトに対し、Reagan政府は20億ドルの融資保証を1981年8月に決定したと報じられている。

一方、ガス/スチーム複合(組合せ)発電システムは、従来のボイラ・スチーム発電が排煙処理対策の強化によって、総合効率の低下を余儀なくされていることから、これに代替し得る新発電システムの一つとして検討されている。

米国で複合発電システム用の中・低カロリーガス化の研究開発に積極的に取り組んでいるのは、GE、ウェスチ

表 1.3.4 石炭ガス化商業化プロジェクト概要(商業化)

| プロジェクト名  | 参加企業<br>実施会社                               | ポートナー           | 規模               | 場所                | 金額                | 炭種   | 製品               | 時   | スター期                           | 技術                           | DOEとの関係  | 他企業 |
|--|--|-----------------|------------------|-------------------|-------------------|--|------------------|---|--------------------------------|------------------------------|--|-----|
|  |  |                 |                  |                   |                   |  |                  |   |                                |                              |  |     |
| Great Plains<br>A N R  | • People<br>Energy                         | 22,000<br>T/D   | Mercer<br>County | 15億t <sub>n</sub> | Lignite<br>(N.D.) | SNG, ガソリン<br>138MMcf <sup>3</sup>          | 16100B/D         | 1983年   | アルキ<br>MTG                     | 75% DOE<br>援助<br>F/S(22百万\$) | アルギ<br>カイザーエンジ<br>CEルーマス<br>ベジタ<br>OHIO州<br>GM |     |
|  | • Columbia<br>Gas                          | [125<br>MMcf/d] | N. D.            |                   |                   |  |                  |   |                                |                              |  |     |
|  | • Tenneco                                  |                 |                  |                   |                   |  |                  |   |                                |                              |  |     |
|  | • Tenco                                    |                 |                  |                   |                   |  |                  |   |                                |                              |  |     |
| U.S.A.   | Memphis<br>Light<br>Gas &<br>Water         | I GT            | 2,800T/D         | ノフアイ,<br>Tenn.    | —                 | 西<br>ケンタッキー                                | 中カロリーガス          | 1984年   | I GT法                          | 有                            | —  |     |
| Texas Eastern<br>Synfuels  | Texas Gas<br>Trans-mission                 | 28,000T/D       | Henderson<br>Ky. | —                 | —                 | Syngas<br>[SNG 44%<br>ガソリン30%<br>化学原料 26%] | —                | —   | SASOL法                         | F/S(24百万\$)                  | フロアード  |     |
| Wycoal Gas   | —  | —               | 16,000T/D        | Douglas,<br>Wyo.  | —                 | —  | SNG<br>(150MMcf) | —   | HBG (アルキ)<br>or (Texaco)       | F/S(13百万\$)                  | —  |     |
| CONOCO<br>[オハイオC<br>デモブント<br>(3,800T/D)<br>を建設中<br>1983年]<br>ダート | AIRCO,<br>ペクテル<br>シティ・<br>サービス<br>PPG, UER | 2,500<br>BTU/D  | ノイシアナ            | 10億t <sub>n</sub> | アルキシアナ            | MBG<br>/メタノール                              | 1985年            | British Gas<br>Slagging<br>Lurgi or<br>Texaco | Dogles Oil<br>[CONOCO<br>の子会社] | —                            | —  |     |
|  | —  | —               | —                | —                 | —                 | SNG<br>/メタノール                              | 同上               | 同上  | —                              | Foster<br>-Wheeler           | —  |     |

ングハウス( WH ), コンパッショ・エンジニアリング( CE )など発電プラントメーカーが多い。

複合発電方式の技術開発上の最大の課題は、高効率・高出力比のガスタービンの開発である。具体的には、ガスタービン温度を現在の 1050~1085°C から 1300°C, さらには 1500°C へ上げることができれば、複合効率、総合効率は大幅に向上する。

また、もう一つの重要な課題は、ガス精製技術の確立である。これは、ガス化炉出口温度 1000°C 程度の生成ガスの脱じん、脱硫などであるが、場合によってはタル、フェノール類を除去することも必要となる。

このガス精製は、現在、湿式法しか確立されていないが、ガス化効率を向上させるためには、このガス精製を乾式法に代える必要がある。

日本の東京電力、中央電力協議会、その他民間企業 2 社を含め参画することとなっている、米国サザンカリリフォルニヤエジソン社を中心とする「クールウォーター・プロジェクト」は、テキサコ炉( 1000T/d )を用いた石炭ガス化複合発電のデモンストレーションプラントとして世界的に注目されているが、ガスタービンやガス精製技術は、いずれも、実績のある技術を採用するといわれる。( 図 1.3.3 )

## (2) 西ドイツにおける研究開発状況

今日、世界の代表的な石炭ガス化商業炉といえば、ルルギ炉とコッバース・トチェック炉の 2 つである。

これら 3 プロセスの概要は、表 1.3.3 に既に示した通りである。

実績・経験がものを言う石炭ガス化炉の分野では、西ドイツの研究開発の動向は注目に値する。

西ドイツで研究開発中の石炭ガス化プロセスを表 1.3.5 に示す。その研究開発を概観すると、一つには既存技術の改良という堅実な姿勢がうかがえる。

ルルギ、コッバース、ウインクラー、オットーの 4 プロセスがそれぞれ従来型の適用範囲を拡大すべく、改良型の研究開発を行っている。また、シェル、テキサコという重質油分解( ガス化 )で実績の多い炉を、石炭ガス化に取入れようとする研究開発意図も明解である。

また、米国技術が高カロリーガス化プロセスと複合発電システム用の中・低カロリーガス化とに分極化している傾向があるのに対し、西ドイツの技術は、『多目的ガス化炉』として、燃料ガス製造用、合成ガス( 間接液化、メタノール等の原料ガスあるいは、化学用等 )、発電用などに利用されようとしている。

もう一つの特徴は、高温ガス原子炉の核熱を利用した高カロリーガス化技術の開発が行われていることで、化石エネルギーである石炭と核エネルギーとを組合せたユニークな技術であり、長期的エネルギー戦略として開発されている。

## (3) わが国における研究開発状況

わが国の石炭ガス化技術の研究開発は、石炭液化以上に立ち遅れているようだ。

サンシャイン計画ベースの研究開発は、米国と同じように、複合発電用の低カロリーガス化と、SNG、都市ガス、工業用ガスなどとしての利用をめざす高カロリーガス化が主なものである。

表 1.3.6 に、サンシャイン計画関連の石炭ガス化技術の研究開発状況を含め、日本の開発状況を示す。

サンシャイン計画の「石炭技研・低カロリーガス化炉」は、40T/日装置を試験中である。「ハイブリッドガス化炉」は、アスファルト：石炭 = 70 : 30 の混合物をガス化するもので、7000 Nm<sup>3</sup>/日 装置の一部を試験中である。

特に、発電用ガス化炉に関して、わが国での開発は 40T/日ガス化バイロットプラントの次の段階で、電気事業との連携のものにて、複合サイクル発電を加えた実証プラントに進むことになる。その規模は、石炭処理量 1000 T/日、発電容量で 100 MW 級と考えられる。これが一つの実証段階と見られるのは、たとえば 500 MW 用プラン

表 1.3.5 現在西独で開発中の石炭ガス化プロセス

| No. | プロセス                        | 開発会社                                      | プロセス概要                     | 容量(t/d) | 場所開時期                       |
|-----|-----------------------------|---|----------------------------|---------|-----------------------------|
| 1   | Lurgi<br>"Ruhr 100"         | Ruhrgas/<br>Ruhrkohle/<br>STEAG           | 固定床<br>100気圧<br>900°C      | 150     | Dorsten<br>1979             |
| 2   | H. T. Winkler               | Rheinbraun<br>(engagéはexclusive)<br>でUhde | 流動床<br>11気圧<br>1100°C      | 25      | Frechen<br>(Köln)<br>1978   |
| 3   | Texaco                      | Ruhrchemie/<br>Ruhrkohle                  | 噴流床<br>40気圧<br>1400°C      | 150     | Oberhausen-Holten<br>1978   |
| 4   | Shell-Koppers               | Shell/<br>Krupp-Koppers                   | 噴流床<br>30気圧<br>1400~1800°C | 150     | Harburg<br>1979             |
| 5   | Saarberg-Otto               | Saarbergw/<br>Dr. C. Otto                 | 噴流床/溶融底<br>25気圧<br>1500°C  | 250     | Völklingen/Saar<br>1979     |
| 6   | Ballastkahlen-vergasung     | Kohlegas<br>Nordrhein                     | 固定床<br>6気圧<br>1100°C       | 150     | Hückelhoven<br>1980         |
| 7   | 核熱による<br>水蒸気ガス化             | Bergbau-Forschung<br>KFA Jülich           | 流動床<br>50気圧<br>900°C       | 0.2     | Essen<br>1976               |
| 8   | 核熱による<br>水添ガス化              | Rheinbraun<br>KFA Jülich                  | 流動床<br>100気圧<br>950°C      | 0.1     | Wesseling<br>(Köln)<br>1976 |
| 9   | Steinmüller<br>急速乾留<br>ガス化法 | VEW/<br>Steinmüller                       | 噴流床<br>1400°C              | 25      | Stockum<br>1976             |

トは、1000~1500T/日のガス化設備とそれにマッチするガスタービン・排熱ボイラを1系列とし、その2~4系列に蒸気タービン1基を加えて構成されることになるからである。系列数は、ガス化炉の大型化とガスタービンの高出力化の程度によってきまる。発電の熱効率の点では、概略の目途として、ガス化・精製で90~95%の熱効率が得られ、これを入口温度1300~1100°Cのガスタービンに結びつけることができれば、在来火力発電と同等かそれを上まわることになる。

表 1.3.6 日本における石炭ガス化プロジェクト

| 区分                 | 民間プロジェクト   |   | サンシャイン計画関連プロジェクト  |                        |                                     |
|--------------------|--|---|---|------------------------|-------------------------------------|
| 研究開発者・機関           | 住友金属工業   | 東京電力／中央電力協議会  | 石炭技研／電源開発   | 石炭技術研究所                | 新エネ機構／日立製作所                         |
| プロセス               | 鉄浴ガス化法   | (未定)  | (未定 - 加圧2段<br>流動床が有力)   | 低カロリーガス化<br>(加圧2段流動床法) | 石炭・重質油<br>ハイブリッド原料の<br>加圧流動ガス化法     |
| 運転中・建設中<br>プラントの概要 | バイロット・プラント   |   |   | バイロット・プラント             | バイロット・プラント                          |
| ①プラント・サイト          | 自社・鹿島製鐵所   |   |   | 石炭技研・夕張実驗場             | 福島県いわき市<br>(7,000m <sup>3</sup> /日) |
| ②能力                | 60t/日  |   |   | ① 5t/日<br>② 40t/日      | '80年度中                              |
| ③運転開始              | (132,000Nm <sup>3</sup> )                                    |   |   | ① '75年<br>② '80年末      | ①都市ガス<br>②工業用燃料ガス                   |
| ④ガスの主要な用途          | '80年春<br>①中カロリー燃料ガス<br>②合成ガス<br>③水素製造用原料ガス                   |   |   | 複合発電用低カロリーガス           |                                     |
| 計画中のプラント           | • 鹿島、小倉、和歌山の各製鐵所 700～1,500t/日商業プラントの建設を計画中<br>• 主に発電燃料の確保が目的 | • 1,000 MW級の技術評価を日立製作／三菱重工／石川島播磨の3社に委託<br>• 米国SCE／テキサコ等のクールウォーター・プロジェクト(米国の項参照)に参加を検討中<br>• 中電協ベースで研究開発体制など検討中 - 右のサンシャイン計画と合流の可能性も | • 1,000t/日-100MW級石炭ガス化／複合発電実証プラントの建設<br>◇スケジュール<br>概念設計：'80年度<br>詳細設計：'81～'83年度<br>製作・据付：'83/下～'86/上期<br>実証運転：'86/下～'88年度 |                        |                                     |

### 1.3.3 石炭ガス化応用プラント

石炭を出発原料とするエネルギー分野への石炭ガス化技術の応用面では、発電用や都市ガス用を中心とするガス状の製品だけではなく、メタノールやFT合成にみられるように、液状の製品も得ることが可能となる。(図1.3.5)  
(図1.3.6)

いわゆる“石炭液化”と比較すると、ガス化技術の場合、次のような特徴を有する。

- 商業的に立証された技術である。
- 適用炭種に制限が余りない。

- ・異原子（S分，N分）が完全に除去されたクリーンな製品である。

従って、産炭国内にガス化プラントを建設し、石炭をメタノール等の合成燃料に転換して日本へ輸入する場合も考えられる。

一般に石炭液化油など石油製品と同等の合成油の場合は、資源国側の資源保護政策についても注意しなければならないが、石炭の形状のままでは輸送できない低品位炭（褐炭など）の利用が可能となるなど、産炭国内立地の場合のメリットも大きい。

一方、日本国内にプラントを建設する場合は、従来通り石炭の形状で日本に輸入することになる。

## 1.4 COM 技術

### 1.4.1 COM技術の内容と特色

#### (1) COMとは

固体である石炭を重油と混合し、液体として安全に取扱うことができるようした燃料を石炭・油混合燃料（Coal-Oil Mixture: COM）と呼ぶ。

オイルショックに端を発した石油価格の高騰と供給不安を背景に再び脚光をあびることとなった石炭を流体燃料依存構造の産業界に受け入れ易くする為に、石炭のもつ固体としての欠点を克服すべく、ガス化液化の研究開発がなされているが、実用化までには10年以上の歳月を要するものとみられている。<sup>1)</sup>そこで石炭を液体としてハンドリングできる技術の中で現実に則した手近な手法として先進工業国で採り上げられたのが、COMである。

#### (2) COM技術の分類と特色

COMは現在、先進工業国を中心に世界各地で研究開発中の技術なので早急に分類位置づけすることは間違を侵す恐れもあるが、我が国の研究開発から見て、分類すれば、成分石炭粒子の大きさから粗粒COMと微粉COMに大別することができる。

##### (a) 粗粒COM

粗粒COMは輸送手段として石炭ハンドリングの際は流体状で取扱い、最終的に燃焼させる前に積極的に脱油して、できるだけ石炭比率を高めて消費しようとするもので一般的のCOMとは多少目的が異なるものである。流体輸送媒体として水を使用したシステムは既に実用化されているが、<sup>2)</sup>水に替えて重油を使用することにより燃焼時のロスを少くすることができる。<sup>3)</sup>輸送効率向上のために、成分石炭粒子径は6mm程度の粗粒として、石炭の比表面積を減じ、石炭濃度を6.5%程度まで上昇させるが、その消費形態が微粉炭燃焼方式の場合には、微粉碎可能な含油率となるまで脱油することが必要であり、これを大量連続的に達成する技術の開発を要する。また、脱油炭をそのまま消費するシステムでは流動層燃焼方式などの粗粒炭焼きボイラ開発の推移とのかかわりで検討する必要があろう。<sup>4)</sup>

##### (b) 微粉COM

微粉COMは燃焼に至るまで液体状で取扱う点で粗粒COMと大きく異なる。微粉COMは、更にいわゆる微粉COMと超微粉COMとに分けることができる。超微粉COMは、成分石炭粒子径を全量40μ以下程度まで超粉碎することによって、石炭と重油の分離を防止しようとするものである。中には、低速ディーゼル機関用燃料を指向した15μ以下というような極超微粉とするものもある。<sup>4)</sup>

この種のCOMは石炭粒子の分離沈降防止の為の添加剤を必要としないが、石炭の粉碎動力の増大は避けられない。

通常微粉炭燃焼ボイラに供給する石炭は200メッシュ(74μ)通過70~80%程度の粒度分布のものであり、こ

れが燃焼面と経済性とから最適な粒度とされている。<sup>1)</sup>この程度の粒子径の石炭を成分とするCOMが我が国で一般に微粉COMと呼ばれるものであって、重量比で約50%の重油との混合物である。

COMの中の石炭粒子は重油との比重差の為に沈降分離しようとするので安定化剤を添加して混ぜ合せ粒子の懸濁状態を維持している。超微粉COMに較べ粉碎動力は低減できるが添加剤のコストが加算される。

以下に現在主に研究が進められている。微粉COM技術について述べる。

### (3) 微粉COM製造技術

#### (a) 概要<sup>5)</sup>

COM製造法としては、乾式COM製造法および湿式COM製造法に大別することができる。(COM製造方式を表1.4.1に示す。)

米国などにおいては乾式COM製造法を採用しており、これは石炭を乾式で微粉砕したのち重油と攪拌混合して均質に分散させたものである。

一方、湿式COM製造法は、我が国において採用している方式であり、石炭を重油とともに粉碎混合を行う湿式ミルと油中に分散した石炭の微粒子を、界面活性剤の添加により、懸濁安定させる調整装置(安定化装置)が用いられ、これによりCOMの長期間貯蔵を可能にしている。

このCOM製造法の応用として脱灰COM製造法がある。これは石炭の油添造粒技術を基本としたものであって、石炭が親油性を示しつつ石炭中の鉱物質が親水性を示す固有の性質を利用している。

この方法により、石炭の灰分を減少させることができるので既設重油専焼ボイラへの燃料として脱灰COMを適用することが可能となる。

COMの原料として工業的利用の観点からあらゆる種類の石炭を利用できることが必要であり、COMは瀝青炭ばかりでなく亜瀝青炭・褐炭までも使用できるので、原料選定が柔軟であるといえる。

#### (b) 微粉COM製造システム<sup>5)</sup>

図1.4.1は、湿式COM製造法によるシステムフローを示す。

湿式ミル内では、石炭は200メッシュ通過70~80%までに微粉砕されるとともに、水分が蒸発脱水され、同時に石炭と重油との混合を行って均質に分散される。

コレクタタンク内のCOMは、界面活性剤の添加による安定化処理が施される以前のものであって、無添加COMと呼ばれ、タンクに装備した攪拌機によって石炭粒子の沈降を防止している。

製造直後に燃焼用に供するときは、無添加のままで噴燃系統に供給することができる。一方燃焼までに或る程度の期間がある場合には石炭粒子の沈降を防止するために安定化処理が必要となる。

安定化処理では、無添加COMに重量比で0.1Wt%程度の界面活性剤からなる添加剤を注入し、ホモジナイザーにより連続的に攪拌し、COM中の石炭表面に均一分散させることにより、石炭粒子の凝集沈降を防止している。

この際、原炭の性状、添加剤の種類によっては、少量の水を加えることがある。湿式COM製造法の特徴としては、次の点をあげることができる。

- 1) 石炭の微粉砕と重油の混合を同時に行うことができ、更に熱を与えることにより石炭水分をも除去することができる。この操作によって製造工程を単純化することも可能である。
- 2) 乾式COM製造法と異り油中粉砕であるために、石炭の粉砕界面が酸素雰囲気の影響を受けることが少なく、炭じん爆発の危険性や騒音が低減されるばかりでなく、添加剤の効果的作用を期待することができる。
- 3) COM濃度制御は湿式ミルへ供給する石炭および重油の比率調節により容易にしかも確実に行えるので、運

転換操作の安定性にすぐれている。

(e) 脱灰 COM の製造システム<sup>5)</sup>

図 1.4.2 は脱灰 COM 製造法のフローを示す。

石炭および水は同時に湿式ミルに供給され、湿式粉碎によって石炭・水スラリーを製造する。

石炭は湿式 COM 製造の場合と同様に 200 メッシュ通過 70~80 % までに微粉碎されるが、これは乾燥後直ちに COM としてボイラで燃焼が行える粒度まで調整されたものである。

石炭・水スラリーは水中造粒装置に供給され、また重油は重油・水エマルジョンの形態にして同時に供給され、さらに添加剤の供給のもとに混合を行い、水中には造粒炭が形成される。

引き続き後処理工程を経て脱灰 COM が製造される。

(4) 微粉 COM 燃焼技術<sup>5)</sup>

COM は従来の油バーナと同じように蒸気噴霧式 COM バーナによって燃焼できるが、その組成が重油と石炭の混合物であることから、その両者の燃焼様相を兼ね備えた形、あるいはその両者の中間的な様相を示すものであると考えてよい。

石炭焚き設計ボイラが、その石炭性状によってボイラ設備が非常に大きな影響を受けることはよく知られている。このことは COM 焚きボイラを考える場合も非常に重要であり、混合される石炭の燃焼速度が速く、灰量が少なく融点が高く、しかも粒径が小さい場合は油焚に比較的近く、火炉において燃焼が完結し、火炉および対流伝熱面の汚れもなく、対流伝熱面積のガス速度が比較的速くても、アッシュ・エロージョンはさほど問題にならないことが考えられる。

従って、石炭焚き設計ボイラを COM 焚きボイラに改造する場合は、ボイラ本体には問題がなく、必要周辺装置の設置スペースの有無が重要な問題となる。

COM は COM 用蒸気噴霧バーナによって従来の油バーナと同じように噴霧燃焼ができ、燃焼面からみた特徴は下記の通りである。

1) COM の霧化

蒸気噴霧式のアトマイザーが使用され、温度は混合される油単独の適性噴霧温度で充分な霧化が行われる。

2) 着化性

火炎の着火状況は重油の場合と比較して、遙かに極めて安定している。

3) 火炎形状

着火部領域の火炎は油の火炎に似ているが、火炎後流部は微粉炭燃焼の火炎に似ている。燃焼は石炭粒子付着油から石炭の揮発分、固定炭素へと順次移行してゆくため長炎化する。

従って、それに応じた燃焼滞留時間、すなわちそれに応じた火炉容積を必要とする。

4) 火炎温度

火炎の中心部における温度は、1,500~1,600 °C で石炭より高く、重油の火炎と同等である。

又、火炉壁面が吸収する単位面積当たりの熱負荷の最高値も石炭燃焼時よりも高く、重油燃焼時と同等である。

5) 空気過剰率

(注)

混合される石炭の性状によっても適性値が異なるが、一般に空気過剰率 10 %~20 % で良好な燃焼が可能である。

注 1 : 空気過剰率 excess coefficient [機械] (A-R)/R で表わされる比率、ここで A は燃焼に供給される空気量、R は必要な空気量。

#### 6) 未燃分

未燃炭素分は混合される石炭の燃焼速度と微粉粒子の大きさによるが、ボイラ効率に及ぼす未燃損失は比較的小さい。しかしながら、灰中未燃分の割合は上記の石炭性状の他に、灰分量、火炉容積と火炎滞留時間が大きく影響し、必ずしも低くないケースが考えられるので、充分検討を要する。

#### 7) NO<sub>X</sub>

重油と石炭の中間的な特性を示すと考えて良い。すなわち、空気過剰率の低下、2段燃焼用空気割合の増加によって大巾なNO<sub>X</sub>低減効果が得られるが、排ガス再循環によるNO<sub>X</sub>低減効果は幾分少ない。低NO<sub>X</sub>バーナと上記NO<sub>X</sub>低減手法を併用することにより、一般の輸入炭に対して150PPM程度(O<sub>2</sub>=6%換算値)になるものと考えられる。

#### 8) 炉内スラッグと伝熱面の汚れ、閉塞およびアッシュ・エロージョン

C O Mが石炭との混合燃料であることから、石炭に特有でしかもボイラの運転性能に最も大きな影響を与える炉内スラッグ、伝熱面の汚れ、閉塞、アッシュ・エロージョンについては混合される石炭の融点、灰量、微粉度に応じた火炉負荷、伝熱面構成、ガス速度により検討、評価の必要がある。

石炭焚き設計ボイラの改造に当って、この面からの制約は殆どないが、重専設計ボイラの改造に当っては融点が高く、灰量が少なく、微粉炭も小さい、いわゆる良質なC O Mを使用し、これをベースに充分検討する必要がある。

なお、灰量の分布は火炉ボトムに10~30%集塵器へ90~70%程度になるものと考えられる。

### 1.4.2 C O M技術開発の経緯と現状

現在主流として研究、実用化が進められている、微粉C O Mについて述べる。

#### (1) 海外の状況

C O M燃料の研究は1913年Herman Plauson氏に始まるとされるが、<sup>6)</sup>その後も次のような燃料情勢となつたときに研究は行われていた。

- 1) 石炭コストに較べて石油コストが高騰したとき。
- 2) 石油の供給が逼迫したとき。

しかしながら、このような事態は、さほど長びくことがなかったので、C O Mが評価される以前に必要性が失われ、研究も中止されている。<sup>1) 3)</sup>

1973年の石油危機を契機に米国、カナダなどで、国レベルでの本格的な研究開発が開始されたが、それぞれ国内に大量の石炭を埋蔵し、かつ重油で操業中のボイラにも石炭専焼設計のもの、あるいは将来石炭の利用を考慮して設計されたボイラが可成りあるようで、C O M燃焼技術が確立されれば、身近でC O Mを製造することによって、直ちに石油消費の節減が期待できることから、ボイラ用、鉄鋼高炉用を含めて、概していえば、燃焼技術主導によるC O M研究開発がなされて来た。<sup>12)</sup>

最近では上記両国のほかに、オーストラリア、<sup>13)</sup>中国、<sup>14) 15)</sup>フランス、<sup>16)</sup>イタリーおよびスエーデン<sup>17) 18)</sup>等においても研究開発が行われている。また詳細は不明であるが英國、チリ、インドネシア、スペイン等でも調査乃至試験研究がなされているようである。<sup>19)</sup>

更にDOE(米国Department of Energy)主催による国際C O Mシンポジウムが1978年以来3回にわたって開催されており、また、国際エネルギー機関(IEA)における情報交換テーマともなっている。

## (2) 我が国の状況

我が国のC O M燃料技術の開発は戦前、戦中の重油不足を補う目的で海軍燃料廠、商工省燃料研究所（現公害資源研究所）、東京工業試験所（現化学技術研究所）、鉄道技術研究所などで試みられ艦船用或はディーゼル機関用燃料を目指していたが、遂に実用化に至ることなく終戦を迎えていた。<sup>19)</sup>

戦後の混乱期を経て、我が国のエネルギー主役の座は昭和36年に石炭から石油に置き替り、昭和48年の石油ショックによって再び石炭見直しの機運が芽生えた。<sup>20)</sup>

このような推移の中で電源開発㈱は重工メーカー、添加剤メーカーと共同研究体制を組み、昭和51年から火力発電用重油の代替を目的として、C O M燃料の研究開発を開始した。その後の経緯は表1.4.2に示す通りである、現在C O M燃料技術の最終仕上げとして、同社竹原火力発電所1号ボイラ（250MW）による実缶燃焼試験が行われている。<sup>1) 21)</sup>

一方、住友金属工業㈱は高炉用重油の代替としてのC O M燃料の研究開発を昭和53年に開始し表1.4.2の経緯<sup>22) 23) 24)</sup>を経て現在同社鹿島製鉄所3号高炉の全羽口（36本）を用いた実証試験を実施している。

我が国の電力用C O M燃料の研究開発は米国やカナダ等の燃焼主導型と異り、C O M自体に関する研究を主体に進められている。これは、国情の相違によるもので、我が国の場合、原料石油のみでなく石炭も、その大部分を輸入に依存すること、更に消費地の立地条件から、C O M基地を設けて集中的に製造し、消費地に向けて所要量を供給する製造流通方式が経済的見地からも望ましい方式であり、勢い製造から消費までが長期間にわたることとなり、その間でC O Mが受ける様々なハンドリング過程、即ち貯蔵、ポンプ配管輸送、船舶／車輌輸送および燃焼等の各段階を安定した状態でクリヤーできるC O M技術の確立が我が国では不可欠な開発要素となるためである。<sup>25)</sup>

### 1.4.3 実用化とその問題点

現在主流として研究・実用化が進められている。微粉C O Mについて述べる。

#### (1) 用途

C O Mは亜瀝青炭、褐炭等を原料としても成り立つが、当面は瀝青炭をベースとしたものが主体となるものと考えられる。<sup>6) 25)</sup>

発熱量6,500Kcal/Kg前後の瀝青炭と10,000Kcal/Kg程度の重油で、重量比で50:50のC O Mを製造した場合、その発熱量は8,200Kcal/Kg前後となり、熱量規準で40%程度のエネルギーが石炭で代替されることとなる。

C O M燃料は既述の通り、事業用ボイラ、鉄鋼高炉のほか、比較的大型の一般産業用ボイラや窯炉の重油代替燃料として使用することができる。重油専焼設計ボイラ用燃料としてのC O Mは成分石炭中の灰分によるスラッギングおよびファウリングを低減させる目的で低灰分炭または脱灰炭を原料とした製品が望ましい。<sup>12)</sup>

#### (2) 技術的問題点

重油中に大量に異物を混入懸濁させた形態のC O Mハンドリング用機器は、シビヤな耐摩耗性が要求される。ポンプ、ミキサ、バーナチップなど、それぞれの機能に応じて一層摩耗に強い材料の選択や適切な表面処理方法の選定が望まれる。

一方、C O M品質管理の為の諸性状（石炭濃度、石炭粒度、水分率、安定性など）は現状サンプルの手分析によって把握されているが、商業規模段階ではこれらの諸性状のオンライン分析計が望まれる。

また大型貯蔵タンクについては、更に適切な貯蔵方式の確立が待たれる。<sup>21)</sup>

#### (3) 経済性

いうまでもなく、重油価格が石炭価格に較べて高価であればあるほど、C O Mの経済性は著しくなる。

新エネルギー総合開発機構による調査報告書に於いて既設重油焚きボイラのCOM転換を対象として、既設ボイラの改造等を行った場合の経済性試算が発表されている。<sup>5)</sup>

この試算例によれば（昭和55年ベース），

#### COM原料代

|                |            |
|----------------|------------|
| 石炭（輸入瀝青炭）      | 15,000円/t  |
| 重油（中東C重油、S分3%） | 53,000円/kℓ |

のとき

|                 |           |
|-----------------|-----------|
| COM燃料価格（S分3%重油） | 43,100円/t |
|-----------------|-----------|

となり、これを使用する蒸発量200t/h級以上のボイラの場合、経済性をCOM転換に必要な設備改造等の年経費増分と、COMと重油の年間燃料費の差で示せば、重油焚き設計ボイラではほぼバランスしており、石炭焚き設計ボイラではCOM転換が有利との結果になっている。

この試算には幾つかの仮定がなされており、この条件如何では結果も変ってくることに留意する必要がある。

COM転換の重要なポイントは、今後の重油と石炭の価格がどう推移するか、又ボイラ燃料のCOM転換に当り、個々の工場ごとの転換に要する費用が、ボイラの型式、容量、環境対策設備、灰処理設備、改造のスペースなどに大きく左右されるので、各々について詳細な検討が必要となると思われる。

#### (4) 実用化

昭和56年4月1日、日本COM株が設立され、小名浜地区に最終規模500万トン/年のCOM製造所を建設することとなっている。

第1期工事対象は90万トン/年規模とし昭和59年11月稼働の予定である。

#### 1.4.4 将来動向

COM研究開発の動機について1.4.2-(1)に既述したが、COMの需要の多寡も同様の政治、経済的要因で左右されるものと思われる。COMは重油の持つ発熱量の約40%を石炭に代替するのみで、依然60%の重油を必要とし、又COM製造にも費用がかかる故、エネルギー的にもコスト的にも本質的な石油代替燃料とは云い難く、過渡的な燃料であり、現存する重油焚きプラントの重油節約の手段として有効であると考えられている。

我が国のCOM燃料需要について、科学技術庁資源調査会は新設設備を除き、既設設備のうちCOM燃料への転換可能設備を検討し、以下の通り結論している。（昭和53年度の設備／生産／重油使用量ベース）<sup>19)</sup>

| 産業別  | COM燃料需要量(万トン/年) |
|------|-----------------|
| 電力   | 1,050           |
| 鉄鋼   | 340             |
| セメント | 90              |
| 一般産業 | 300             |
| 計    | 1,780           |

昭和55年後半から新エネルギー総合開発機構は「COMセンター立地条件調査」の作業を開始しており、すでに調査報告書（その一）が出されているが、それに続く作業の進展に伴って一層精度の高い予測がなされるであろう。<sup>5)</sup>

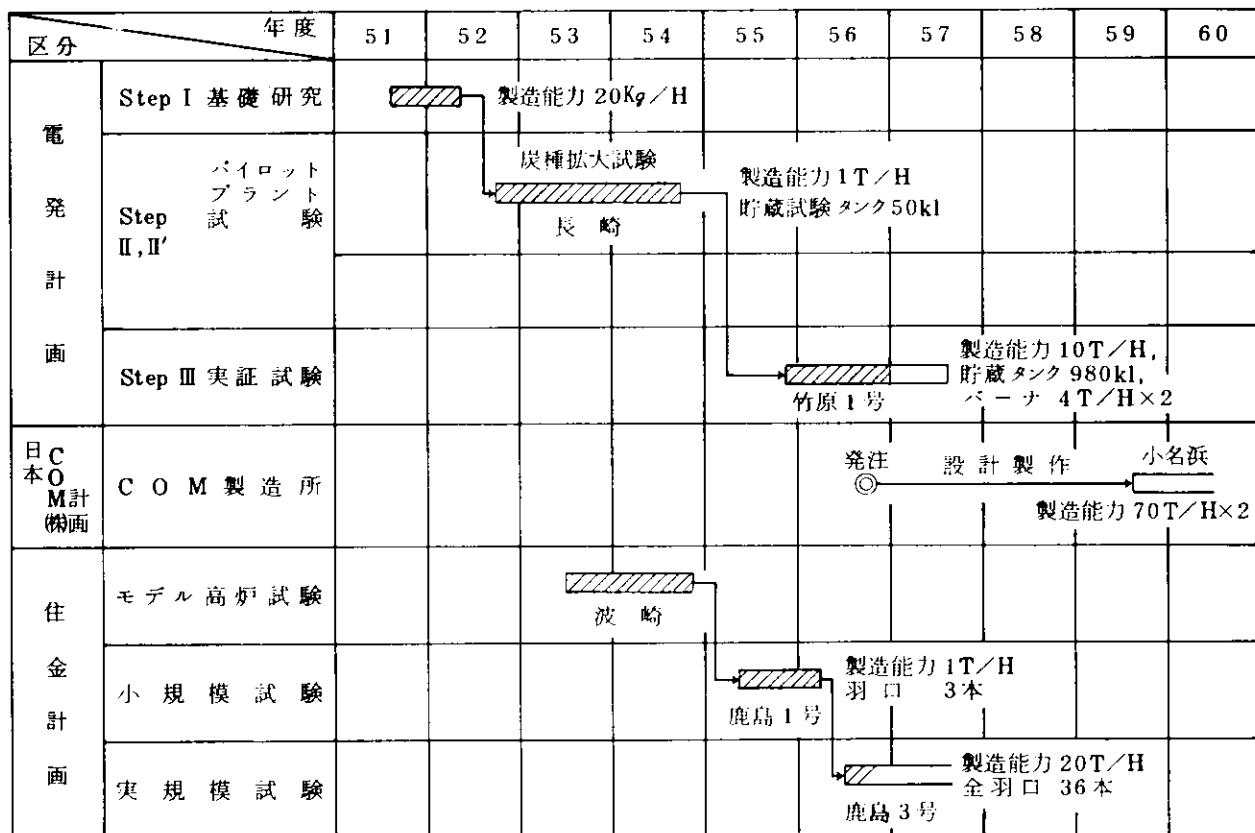
表 1.4.1 COM 製造方法<sup>5)</sup>

| 製造方法            | 内 容   |
|-----------------|---|
| 1. 乾式 COM 製造法   | 石炭を乾式で微粉砕した後、微粉炭と重油を混合して COM を製造する。   |
| 2. 乾式脱灰 COM 製造法 | 石炭を乾式で微粉砕した後、水スクラバーで採集し、微粉炭水スラリーとし、これに少量の重油を加えて造粒することにより脱灰を行い、さらにこの造粒炭に重油を混合して COM を製造する。 |
| 3. 湿式 COM 製造法   | 粗粒石炭と重油を同時に混合しながら石炭を微粉砕して COM を製造する。  |
| 4. 湿式脱灰 COM 製造法 | 粗粒石炭を水中で微粉砕し、微粉炭水スラリーとし、これに少量の重油を加えて造粒することにより脱灰を行い、さらにこの造粒炭に重油を混合して COM を製造する。            |

表 1.4.2 微粉 COM 技術研究開発と実用化の経緯

■ : 実績

□ : 計画又は予定



## [ 参 考 文 献 ]

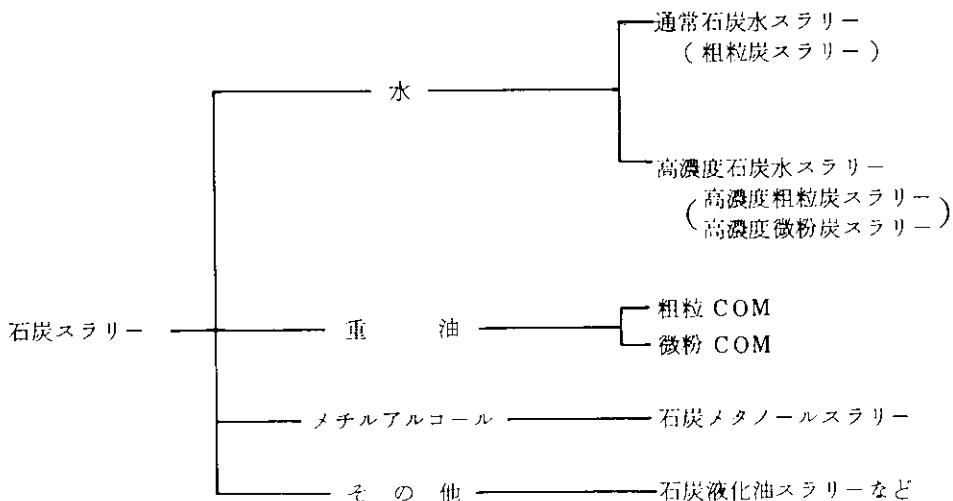
- 1) 松浦彦夫; COM技術開発の現況, 石炭利用技術研究発表会講演集, 昭和54年8月
- 2) 渡辺慶輝; 計画および実施例, スラリー輸送システム実用化技術資料集, 昭和49年10月
- 3) 松浦彦夫; COM技術の現状 石炭利用技術シンポジウム 昭和55年6月
- 4) H. Whaley; Overview of the Canadian COM Program, Third International Symposium on Coal-Oil Mixture Combustion, , 1981 April.
- 5) 新エネルギー総合開発機構; COMセンター立地条件調査報告書(その1) - COM技術と開発の現状 昭和56年7月
- 6) 中昭広, COM安定化, 石炭利用技術研究発表会講演集, , 昭和55年8月
- 7) C. B. Foster; Overview of the U. S. DOE Coal-Oil Mixture Program, First International Symposium on Coal-Oil Mixture Combustion, 1978 May
- 8) C. B. Foster et al.; An Overview of the U. S. DOE Coal-Oil Mixture Program, 2nd International Symposium on Coal-Oil Mixture Combustion, 1979 Nov.
- 9) C. B. Foster; U. S. DOE Coal-Oil Mixture Combustion, 1981 April.
- 10) H. Whaley; Current Status of the Canadian Coal-Oil Mixture Program, 2nd International Symposium on Coal-Oil Mixture Combustion, 1979 Nov.
- 11) H. Whaley; Overview of the Canadian COM Program, Third International Symposium on Coal-Oil Mixture Combustion, , 1981 April.
- 12) フジ・テクノシステム; 石炭利用・発電プラント技術総合資料集, , 昭和55年5月
- 13) S. K. Nicol et al; Coal-Oil Mixture in the Australian Context, Third International Symposium on Coal-Oil Mixture Combustion, 1981 April.
- 14) L. Hao; Preliminary Consideration of the Use of COM in Experimental Power Plant of Tsinghua University as on Energy Fuel, 2nd International Symposium on Coal-Oil Mixture Combustion, 1979 Nov.
- 15) L. Hao; The Research Work on Coal Oil Mixture Combustion in China, Third International Symposium on Coal-Oil Mixture Combustion, 1981 April.
- 16) A. J. Jadurelli; Outline of the French DGRST'S Coal-Oil Mixture R & D Program, Third International Symposium on Coal-Oil Mixture Combustion, , 1981 April.
- 17) F. Monti et al.; Utilization of Coal-Oil in Italy-Research, Development and Achievements, Third International Symposium on Coal-Oil Mixture Combustion, , 1981 April.
- 18) E. Larsson; Overview of the Current Status of Swedish Coal-Oil-Water Mixture Program, Third International Symposium on Coal-Oil Mixture Combustion, , 1981 April.
- 19) 科学技術庁資源調査会; エネルギー経済からみた石炭・石油混合燃料の評価に関する調査報告, 昭和55年2月
- 20) 岡本隆三; 石油業界, 1979年4月
- 21) 松浦彦夫; COMの実缶燃焼試験, 石炭利用技術研究発表会講演集, 昭和56年9月
- 22) 宮崎富夫他; COMの高炉吹込み利用研究, 石炭利用技術研究発表会講演集, 昭和54年8月
- 23) 宮崎富夫; COMの高炉吹込み利用の研究, 石炭利用技術研究発表会講演集, 昭和55年8月
- 24) 射場毅他; COMの高炉吹込み, 石炭利用技術研究発表会講演集, 昭和56年9月

## 1.5 石炭水スラリー技術

### 1.5.1 石炭水スラリー技術の内容と特色

#### (1) 石炭スラリーの分類

石炭を流体化しようとするガス化、液化の研究開発は、従来からなされているが、なお実用化には長期の歳月を要するものとみられている。これに対して現実に則した方法としてスラリー化の技術がある。石炭をスラリー化する場合、スラリーの利用目的に応じて、スラリーの媒体や石炭の粒度分布を変えた、各種のスラリー形態が考えられている。石炭スラリーを利用形態で大別すると、次の様に分類される。



なお、分類中通常石炭水スラリーとは、濃度が60%程度までのスラリーであり、高濃度石炭水スラリーとは、60%以上のスラリーを意味する。

石炭スラリー輸送と従来のバルク輸送を比較すると、次の様な利点や特徴がある。

- 1) 山元から消費地までの輸送の合理化。
- 2) 荷役に流体荷役方式を適用することによる、港湾建設費の低減および立地条件の緩和。
- 3) 大型輸送船による海上運賃の低減。
- 4) 自然発火性などから、あまり利用されていない褐炭等、未利用資源の有効利用。
- 5) 炭塵飛散などの公害がないことによる、エネルギープラントの立地条件緩和。

特に、石炭スラリーのうち媒体に水を用いた石炭水スラリーには、さらに次の様な利点特徴が加えられる。

- 1) 媒体として水を用いることによって、スラリーのコストを大巾に高めることなく流体化できる。
- 2) 山元において水は重油、メチルアルコールより容易に入手でき、スラリー調製プラントの立地条件が広い。
- 3) 媒体が水のため安全性が非常に高く、法的規制も他のスラリーに較べて緩い。
- 4) 事故が発生しても石炭と水から構成されているため、環境にあたえる影響がほとんどない。

以上述べた如く、石炭水スラリーには多くの利点、特徴が有り、今後の石炭水スラリー輸送システム、利用システムの研究開発によせる期待は大きい。

#### (2) 通常石炭水スラリー(粗粒炭スラリー)

粗粒炭スラリーは石炭の大量・長距離輸送手段として、米国やソ連を始めとし、世界各国で開発が進められてお

り、石炭を水スラリー化し、陸上部をパイプライン輸送した後、遠心脱水機等によって脱水して石炭を回収し、微粉碎し微粉炭燃焼を行う。粗粒炭スラリーには微粉炭を含まない場合と、微粉炭がある割合で含ませる場合があるが、前者は、スラリーが重液化していないため、長距離輸送には適さない。後者は、スラリーが重液化しているため、スラリーの安定性が増し、長距離輸送が可能となる。しかし微粉炭を多く含むためスラリーの脱水効率の改善が課題の一つになっている。

### (3) 高濃度石炭水スラリー

#### (a) 高濃度粗粒炭スラリー

高濃度粗粒炭スラリーは石炭ガス化炉や、流動床炉などへの石炭の新しい供給方法として、検討が進められており、石炭を水スラリー化する際に、スラリー分散剤を添加し、さらに粒度分布を調整することによって、できる限り高濃度で流動性のあるスラリーを製造し、それを高圧ポンプによって直接石炭ガス化炉や、流動床炉に連続的に吹き込むもので、特に、噴流層ガス化炉への石炭の供給方法として研究開発が進んでいる。

#### (b) 高濃度微粉炭スラリー

高濃度微粉炭スラリーは、粗粒炭スラリーと同様に石炭の大量・長距離輸送手段として、研究開発が進められており、従来の粗粒炭スラリーの最大の欠点であった脱水が不要であり、スラリー状態のまま直接燃焼することができ、輸送、貯蔵から燃焼に至るまで一貫して流体として取扱うことができる点で、従来の粗粒炭スラリーと大きく異なる。高濃度微粉炭スラリーは、石炭に水と少量の分散剤を混合し、さらにこれを湿式微粉碎する際に、粒度分布を調整することによって製造できる、高濃度の微粉炭と水との混合燃料のことである。

スラリー濃度の高濃度・低粘度化のためには、石炭の粒度分布の調整と、分散剤の添加が大きな役割を占め、これらの研究に力が注がれ、既にこれらに関する特許が米国でいくつか成立しており、我国においても出願され公開されている。

## 1.5.2 石炭水スラリー技術開発の経緯と現状

### (1) 通常石炭水スラリー

#### (a) 海 外

石炭水スラリーの長距離パイプライン輸送は、現在、運転中止されているが、1957年、米国のオハイオパイプライン(174Km, 130万トン/年)<sup>1)</sup>で実施された。

また、現在稼働中のものとしては、米国ブラックメサパイプライン(440Km, 580万トン/年)があり、特に、最近になって、いくつかの大規模なスラリー輸送計画が進行中であると伝えられている。<sup>1)</sup>

この他にもソ連のグズネック炭田～ノボシビルスク間(250Km, 430万トン/年)や、フランスのエミルユッセ発電所(9.3Km, 80万トン/年)<sup>1)</sup>でスラリー輸送が行われている。

#### (b) 国 内

わが国では石炭技術研究所が、昭和41年から2年間、石狩炭田におけるスラリー輸送計画のため、設計資料を得る目的で行った実規模試験や、三井砂川炭鉱において、昭和40年から約3年間に約60万トンの送炭を行ったことが知られている。<sup>1)</sup>

また、現在、スラリーの脱水効率を改善するために、油添造粒炭による脱水方法について、電源開発院を中心としたグループや、石炭技術研究所を中心としたグループで、研究開発が進められている。

### (2) 高濃度石炭水スラリー

#### (a) 海 外

高濃度石炭水スラリーは、現在開発中の技術であり海外、国内ともに、まだ本格的にパイプライン輸送を実施した例はない。海外では、米国のスラリーテック社<sup>2)</sup>、アトランチック・リサーチ・コーポレーション、スウェーデンのスカニア・インベントール社<sup>3)4)5)</sup>など、基本技術を所有しており、世界的な規模での開発競争が行われている。そして、たとえば、スラリーテック社では、“Co-Al”という名称の特殊な粒度分布の高濃度スラリーを開発し、ポンプ配管流速試験、燃焼試験に成功したと伝えられており、また、スカニア・インベントール社では、“カルボゲル”という名称の高濃度スラリーを開発し、専用バーナーも実用化の域に達していると伝えられている。

#### (b) 国内

我国においても、海外の高濃度スラリー研究開発の動向に注目し、電源開発㈱を中心に重工各社、添加剤メーカーで共同研究を実施中である。また、その他にも、海外から技術導入し実用化を計っているグループもある。

### 1.5.3 実用化とその問題点

#### (1) 通常石炭水スラリー

##### (a) 技術的問題点

石炭水スラリーは脱水効率の改善が大きな課題となっており、現在、電源開発㈱を中心とするグループと、石炭技術研究所を中心とするグループで油添造粒法を適用した、スラリーの脱水方法の研究開発が進められているが、脱水率の向上、油添率の低減、造粒に要する消費動力の低減が、今後の研究開発、事業化のポイントとなっている。

##### (b) 経済性

石炭水スラリーの経済性評価は、在来の石炭のバルク輸送との比較においてなされるものであるが、現段階においては精度あるフィージビリティスタディがなく、今後、詳細なフィージビリティスタディを行う必要がある。

##### (c) 実用化予想

海外では、すでに大規模なスラリー輸送の行われているところもあるが、我国では、海外炭の輸入において産炭地でのスラリー輸送方式を適用する場合、海上輸送効率を高めるため、海外の積地においてスラリーの脱水を行なう必要があり、本法を実用化するためには、高効率脱水技術の開発が必要不可欠であると考えられる。

#### (2) 高濃度石炭水スラリー

##### (a) 技術的問題点

現段階での大きな問題の一つとして、石炭の選択があげられ、固有水分や石炭表面の性状など、いくつかの石炭の性状によって製造し得るスラリー濃度の限界が異なり、どのような石炭でも適用可能というわけではなく、炭種による制約が大きい。そうした制約条件を勘案した最適な石炭を選択することが、今後の研究開発事業化のポイントになるものとみられる。

またスラリーの高濃度、低粘度、安定化のためには、石炭の粒度構成の調整、およびスラリー分散剤の添加が重要であり、これらについて今後、研究開発を行う必要がある。

##### (b) 経済性

高濃度スラリーの経済性評価についても、通常石炭水スラリーと同様、現段階においては、精度あるフィージビリティスタディがなく比較することはむつかしい。今後の研究結果にもとづいて、詳細なフィージビリティスタディを行う必要がある。

また公害面、流体としてのハンドリングなど考慮した、今後の価値評価がどう変化していくかも見逃がせない

問題である。

(c) 実用化予想

伝えられるところによると、米国のETSI (Energy Transportation System Inc.) ネバダ電力(Nevada Power Co.)などが、高濃度スラリーの長距離輸送を計画中のことであり、前者は2060Kmを2500万トン/年、後者は、290Kmを1000万トン/年の石炭を内陸輸送しようとするものである。<sup>7)</sup>

また、我が国が海外炭を輸入する際、高濃度スラリーを導入し得るか否かについては、内外の関係メーカー、電力会社といった関係機関の今後の研究開発、詳細フィージビリティスタディなどの結果をみた上で、実用化が確認できれば、初めてこの導入を本格的に検討するのが基本的態度だとしている。

#### 1.5.4 将来動向

石炭水スラリーは、通常石炭水スラリー、高濃度石炭水スラリーともに海外山元から発電所までの一貫輸送・利用のトータルシステムとして実現されることによって最大の効果が期待できるが、そのようなプロジェクトを一挙に推進するためには次の様な問題がある。

- 1) 山元・消費地双方の具体化条件の整合。
- 2) 石炭の一貫スラリー化輸入が経済的に成立するには、最低数百万トン～1000万トン/年の石炭取扱い量が必要とされており、必然的にソース当たりの石炭取扱い量の増大によるソースの固定化をもたらすこと。

この様な大きな問題を含んでいることから、まず国内を対象に部分的にスラリー輸送を具体化させ、その輸送利用上のノウハウを踏まえて海外からの一貫システムの確立を目指そうとする考え方方が強くなっている。

#### [引用文献]

- 1) スラリー輸送研究会資料編集委員会編「スラリー輸送システム実用化技術資料集」(日本技術経済センター) 1974
- 2) U. S. PAT. 4,282,006 (日本公表特許公報 昭56-501568と同じ)
- 3) 第1回 COM 国際シンポジューム 1978/5  
" DEVELOPMENT AND EVALUATION OF HIGHLY-LOADED COAL SLURRIES "
- 4) 第2回 COM 国際シンポジューム 1979/11  
" DEVELOPMENT AND EVALUATION OF HIGHLY-LOADED COAL SLURRIES "
- 5) 第3回 COM 国際シンポジューム 1981/4  
" DEVELOPMENT AND BURNING OF COAL-WATER SLURRIES "
- 6) 石炭ニュース 1981/5/15 №182
- 7) 石炭ニュース 1981/5/18 №183

### 1.6 OA法(Oil Agglomeration)

#### 1.6.1 OA法の概要

OA法の本来の目的は石炭の改質であり、最近、世界的に盛んに研究が進められているコールクリーニングの一方で位置づけられる。しかも本法のプロセスの特徴が、水スラリー中の微粉炭を、油をバインダーとして選択的に集め凝集造粒を行なわせることであるので、石炭の脱水技術としても注目されている。

石炭は従来も採掘された後、何らかの方式の選炭工程を経て利用者に供給されていたわけであるが、その選炭は石炭の生産者としての立場から商品価値の増大を目的として行なわれるものである。これに対しコールクリーニングは、

石油ショック後の石炭利用の見通しの波に乗ってクローズアップして来た概念で、石炭の利用者が使用方法に応じて石炭の品位向上を目的として行なうもので、あくまで利用者側のニーズによるものである。技術的には選炭技術（浮遊選炭など）に近いものから、利用技術（広い意味では石炭の液化、ガス化もコールクリーニングの一環）に近いものまで種々の方法が研究されているが、すべて利用形態に応ずる形で開発が行なわれている。この様にコールクリーニングは石炭を利用する立場から起った前処理法であり、具体的には脱灰分、脱硫黄を目論んでいる。すなわち、石炭をその利用段階以前で反応又は燃焼に寄与しないばかりか、害にさえなる無機物や無機硫黄を除去しておくことは、それら設備や触媒などの能力の増大や寿命の延長を計ることが出来るとともに、脱灰、脱硫設備の制約から来る使用炭種の制限を大幅に緩和する事が可能となって来る。この意味から言って、今後の石炭需要の拡大に伴う粗悪炭の活用の面からも欠かせない技術となって来る。

コールクリーニングのプロセスには、大別して物理的に無機分を分離する方法と化学的な方法があり、その各々の詳細を述べる事は本論の目的をはずるので省略するが、OA法は浮遊選別法などと共に物理的方法に属する。物理的方法の基本は、対象となる石炭粒子が、いわゆる純石炭であるか無機物であるかを識別して分離しようとの考え方であるので、無機物の含有の少ない石炭を得る為には大きさが1mm以下の細粉、場合によっては数μmの微粒子が相手となる。

OAの原理の概要は、上記の様に微粉碎された石炭の水スラリー中に適量の油を添加し、石炭の親油性と無機物（粘土分など）の親水性と言った固体の液体に対する“ぬれ性”の差によって選択物に油にぬれて行く石炭を、油をバインダとして凝集し、攪拌回転力を与えてそれをペレット状に造粒するものである。“ぬれ性”的原理と言ふ意味からは浮遊選別と相通するものあり、浮遊選別と同じくこれらの性質を助長する為の活性剤の添加が有効である。あとはふるいに掛ける事で造粒炭と水、および水中に残された無機物（粘土分など）に分離する事が出来る。（図1.6.1）

このOA法は無機分の除去だけでなく、石炭の変質、劣化を防ぐ効果を持つ点、および、微粉炭に対して加熱法など他の方法に比べて優れた脱水効果を持つ点でユニークな技術と言える。一般に石炭は輸送中や貯蔵中に酸化や吸湿によって変質、劣化する。これらを防ぐには、空気中の酸素や湿分を石炭表面から遮断すれば良いわけで、OA法で造粒された石炭は、バインダ油が石炭中の細かい孔にまで入り込んで石炭の表面とコーティングしているので、空気の遮断効果は高い。又、凝集・造粒過程で石炭表面において水と油の置換が行なわれることから、おのずと脱水が成立するメリットをもっている。その上輸送中又は貯蔵所での飛散防止、凍結防止などにも役立つ。

しかし、あらゆる石炭利用技術と同様にコールクリーニングも炭種、炭質によって分類評価することは必要不可欠である。すなわち、石炭と一口に言っても瀝青炭、褐炭、亜炭などの分類以上に石炭組織学上では産地などにより千差万別であり、石炭利用の開発にはこの点を充分注意すべきことを村田富二郎氏等が提起されているが、まさにOA法に於ては石炭表面のぬれ性の問題である以上、炭種、活性剤の種類をはじめとして添加する油の量など微妙な相異が出て来る。

本法の研究は各国の研究所、企業で盛んに開発が進められており、各種の石炭にそった造粒条件の究明が続けられている。具体的プロセスは各々発表されている文献などから見ると基本的にはあまり相異がない様であるが、ただ西独石炭協会のOilloc法は石炭をペレット化せずに凝集段階で回収する方法で、使用する油の量を減らすことが可能のようであるが、逆に脱水が十分に行なわれない欠点がある様である。又、米国DOEのAmes研究所では従来の選炭法である重液選別、浮遊選別とOA法を組合せることによって高脱灰率をねらっている点に特色がある。

現在研究されている各プロセスの紹介は後述するが、OA法の基本的なフローは図1.6.2に示すものである。設備的には造粒工程の部分で色々な方式が考案研究されている。

## 1.6.2. 技術開発の経緯と現状

OA法の基本的アイデアは古く、米国においてはすでに1920年代に600t/dの製造設備が作られ、1インチほどの造粒炭を家庭用として供給している。ドイツにて前大戦中、粗悪炭(褐炭)の改質を目的としたPU法(又はConvertol法)が開発され、我国でも昭和27年、石炭総合研究所がこの特許実施権を得、北炭幌内で試験をした経緯がある。又、昭和42年、麻生炭鉱では、油染法の名のもとに従来選炭排水とともに捨てられていた微粉炭の回収をはかるべく、企業化規模のプラントが建設されている。

以上の様ないくつもの試みもその時々の油の価格が石炭に比べて高いと言う理由で永続せず立ち消えとなってしまったが、石油ショック後エネルギー源の石炭への転換ニーズにのって大きくクローズアップをして来、特に公害問題、環境保全に最大の関心が払われる様になった現在、クリーンな石炭を得る為の技術としてOA法が注目の的となって来ている。

現在各国で研究が行なわれている主要なプロセスについて下記する。

### (1) NRCC Spherical Agglomeration法(カナダ)

本法はNational Research Council of Canadaにより、液中に浮遊するいくつかの異種固体のうち特定の一種を選別する方法として1960年代に開発され、特に石炭に対して最も多く利用されるに至った。造粒物は非常にち密な球状に仕上げられる事が特徴である。しかし、他のプロセスでも大体同じ様に、要求する製品状態に従って比較的ボーラスな大きな粒子にする事も可能である。

### (2) Shell Pelletizing Separator (SPS)法

オランダのShell社が石油のガス化プラントの排水中から炭素分を回収する技術として開発したものであり、この場合排水中の5μmほどのカーボン粒子を3~5mmのペレットにする事に成功している。1969年ラボラトリーサイズの試験機で石炭の水中造粒を行なっている。その後、研究により石炭に対し9~15%の重油を使って8.5~9.5%の灰分を除去し石炭分の9.5%以上を回収するという成績を上げている。

昭和45年(1970)㈱永田製作所は本法を導入し、三井三池鉱山に10T/Hの試験機を設置して基礎試験を行なっており、これが我国の現在のOA法の一つの流れとなっている。

### (3) Olifloc法(西独)

前述したように本プロセスは石炭をペレット化にせずに回収することで特色があるが、これは前の二つのプロセスが石炭スラリーから直接石炭を回収することを目的としているのに対し、粘土状のスライムの多いドイツ炭を選炭する際に従来の選炭機の障害となっていた。これらスライムを除いて選炭を行い、スライムに対してOlifloc法を用いて石炭分を回収する事として全体の選炭効率の向上を狙ったものである。油としては8~10%のケロシン又は軽油を使用している。

上記以外にCFRI法(インド)、Broken Hill法(豪)などが知られているが、プロセスは大体似通っている。

一方我が国では、昭和51年から石炭技研が中心となり㈱永田製作所ほかの企業とSPS法の延長として研究が続けられており、特に石炭の“ぬれ性”と脱灰率、脱水率に着目している。

他方、電源開発㈱は石炭の流通システムの確立を目的としたACC(Advanced Coal Chain)システム開発を中心メーカ7社と共に研の形で52年度より開始し、その中の1プロセスとしてOA法の技術を取り入れる事にしている。即ちACCは石炭の山元から消費地までの輸送に水スラリー方式を採用することにより、一貫した輸送システムとしての合理化、高効率化を図り、港湾設備の軽減、コールセンタおよび発電所立地条件の拡大、ひいては石炭の利用拡大をねらったものである。水スラリーとなった石炭は輸送には適するが、貯蔵および燃焼には或るレベルまで脱水が必要で、この脱水操作にOA法を採用する事とし、56年3月からパイロットプラントによる試験を開

始している。造粒炭の性状は試験条件によって広範囲に変化し、色々な試験結果が各研究機関から報告されているが、図1.6.6がその大体の傾向を表わしたものである。これによると

- 1) 残留灰分をミニマムにする様な最適油添量が見られる。
- 2) 残水率は油添量に沿って減少する。

しかし、これ等の値は炭種、添加剤の種類、油の量、造粒のメカニズム、攪拌時間などなどにより異なり、それぞれのケースでペレット化への最適条件を見つけ出さなければならないわけであるが、他の条件が全く同じでも炭種が異なれば一方でも最良なペレットが得られても、他方では全く粒状にならない、といったことすらある。

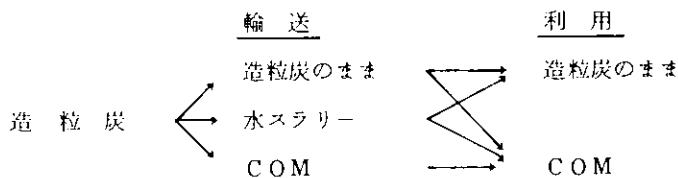
この様な意味からも今後の研究に得るところ大と言わざるを得ない。

又、出来上った造粒炭自体の取扱性などについての研究は造粒化研究よりも一層実施例が少く、更に造粒炭をどの様な形で利用するかと言った面の試験はほんの1、2の例しか発表されていない。

### 1.6.3 OA法の実用化と将来動向

石炭の改質、石炭水スラリーの石炭脱水に効果的なOA法は、石炭の輸送、利用システムの中に組込まれ、石炭利用促進に効果的な役目を果たすべくその実用化の研究が進められよう。

現在OA法による造粒炭の輸送、利用面で考えられる形態は次のようなものである。



則ち、造粒炭をそのままの形で輸送、利用する方法と、造粒炭を輸送、荷役時に水スラリー方式でHANDLINGする方法、造粒炭を微粉化し重油と混合しCOMとし、HANDLING輸送する方法等が考えられる。

ここで、COMを利用する方法はOA法により脱灰、改質された造粒炭を湿式ミルで重油と共に粉碎する方法で、脱灰COMといわれるものである。

これは従来の脱灰しないCOMに比べ

- 1) 重油燃料の既設ボイラーなどを大巾なディレーティングなしで運転出来る。
- 2) 燃焼灰の収集、処理が簡単になる。
- 3) 排煙脱硫装置が簡素化出来る。

等のメリットがあり、今後検討が進められる一つの利用技術である。

造粒炭の利用だけでなく石炭の利用そのものの動向が極めて流動的であり、またOA法を生産・輸送・貯蔵の石炭利用の一貫システムの中でどのように利用するかの検討が始まった段階であるので、技術評価、経済性の評価に基づく将来動向の推測については今しばらくそれ等の研究の成果を待つ事が必要である。

### [参考文献]

- C. E. Capes et al.(NRC of Canada); Applications of Spherical Agglomeration to Coal Preparation (1976) No 15077
- C. E. Capes et al.(NRC of Canada); Pilot Plant Testing Data of the Spherical Agglomeration Process in Coal Preparation. NRCC in 16th Briquetting & Agglomeration Conference 1979
- 田中謙治、岩淵可浩(石炭技研); コールクリーニング、「化学装置」1981年5月号

- 村田謹誼(石炭技研) ; 石炭利用・発電プラント技術総合資料集 第6章第7節 コールクリーニング  
（株）フジ・テクノシステム
- G. G. Sarkar & B. B. Konar : Demineralisation of Coal by Oil Agglomeration, CFRI India  
"Journal of Mines, Metals & Fuels" May 1980
- 村田謹誼(石炭技研) ; OA法による造粒・脱灰, 「化学工場」 第25巻第5号 1981
- David T. Mowry ; Survey of Coal Cleaning Processes under Research and Development in the USA, NUS Corporation, June 1977
- 福田俊郎(三洋化成) ; 石炭利用技術における界面活性剤の利用, 三洋化成資料
- 村田謹誼(石炭技研) ; 微粉炭のコールクリーニング(脱灰・脱硫・脱水), 石炭利用技術研究発表会講演集  
54年8月
- E. Gorin, H. E. Lebowitz ; Removing Sulfur and Mineral Matter from Coal, Consolidation Coal Co.
- 村田謹誼(石炭技研) ; 石炭化学工業原料の前処理技術——コールクリーニング  
（株）フジ・テクノシステム 実践研究セミナー, 54年11月
- C. E. Capes (NRC of Canada) ; Development of Fine Coal Preparation and Utilization Technology based on Agglomeration Techniques, International Forum on Powder Technology, Sep. 1981
- 村田謹誼(石炭技研) ; Oil Agglomeration法  
（株）フジ・テクノシステム 海外炭の輸送・貯蔵・ハンドリングの新技術セミナー 55年5月
- Oil Agglomeration Offers Technical and Economical Advantages, "Mining Engineering", Aug. 1980
- 高森隆勝, 平島剛(北大) ; 水中造粒について  
昭和56年度全国地下資源関係学協会合同秋季大会
- 村田謹説(石炭技研) ; 石炭のぬれ性とオイルアグロメレーション法による造粒性との関係(第1報),  
「浮遊」第28巻第3号 (1981)
- 山口洋子, 斎藤清史他(東京理科大) ; 機械的攪拌によるオイルアグロメレーションの脱灰効果  
第18回石炭科学会議 昭和56年10月
- ベー・ウ(PU)法による沈殿微粉炭の脱灰脱水  
「浮遊」No.13 (1953) p 805, 佐々木信郎(炭研)
- 高須英雄(北炭) ; コンバートル法について  
「浮遊」No.24 (1956)
- SPS設備説明書; (株)永田製作所
- 松尾敏美; 油染設備の計画とその実施,  
「選炭」第17巻第87号 (昭42年)
- C. E. Capes (N. R. C. of Canada) ; Principle and Applications of Size Enlargement in Liquid Systems.  
International Symposium of Fine Particles Processing, Feb. 1981
- T. Takamori他; An Experimental Study on the Mechanism of Spherical Agglomerations in Water, Feb. 1981
- K. V. S. Sastry and M. Cross ; Basic and Applied Aspects of Pelletizing Fine Particles, Feb. 1981

## 1.7 褐炭利用技術

5) 6) 7) 9) 11) 12) 13)

### 1.7.1 褐炭の特徴

褐炭は Brown Coal 或は Lignite と呼ばれる低品位炭であるが、世界の石炭資源の約1/4を占める膨大なエネルギー資源である。

しかし褐炭は一般的に高水分で、活性が強く（自然発火し易い）、輸送貯蔵面で問題があるため、山元での発電用燃料、或はブリケット化して家庭用燃料、工業用原料等に使用されているにすぎない、いわば未利用資源である。

この様な褐炭を世界的規模のエネルギー市場に流通させるためには、脱水、輸送、貯蔵等一連の褐炭利用技術の開発が必要である。

石炭は植物が堆積し、好気性又は嫌気性の菌が作用した後、地中に埋没し、地圧と地熱を長い間受けて生成したものと考えられている。

石炭を構成している主な元素は炭素、水素、酸素であるが、地圧、地熱の因子により、褐炭、瀝青炭、無煙炭へと石炭化が進むといわれており、褐炭は、いわば若い石炭である。KREVELENのコールバンドによると褐炭は脱炭酸反応、脱水反応により瀝青炭になり、更に脱メタン反応により無煙炭へと石炭化が進んでいく事がわかる。

褐炭は他炭種に比べて酸素元素を多く含んでいるが、これは含酸素官能基、即ち水酸基(-OH)カルボキシル基(-COOH)、カルボニル基(>C=O)等を多く含んでいる事が原因である。褐炭の含水率が高い事は、親水性の強い官能基(カルボキシル基)を有し、又石炭化度が低いため内部に微細孔が発達しているためといわれている。（表1.7.4参照）

又、褐炭は示性分析から見ると石炭化が進んでいないため、フミン酸やフミンを多く含み、これらが酸素をよく吸収するため自然発火し易い原因となっている。（表1.7.2参照）

褐炭の一般的特徴をあげると下記の如くである。

- 1) 燃料比(固定炭素／揮発分)が1以下である。（表1.7.1参照）
- 2) 含水率が高い。（図1.7.1参照）
- 3) 酸素含有量が多い。（表1.7.3参照）
- 4) 発熱量が絶乾炭ベースで瀝青炭7,000～8,000 Kcal/Kgに比べて褐炭は5,000～6,000 Kcal/Kgと低い。  
(表1.7.1参照)
- 5) 概括的に見るとアメリカの中西部褐炭は硬質、オーストラリヤビクトリヤ褐炭及びドイツライン地区褐炭は軟質である。
- 6) 褐炭の嵩比重は一般に小さく、脱水処理を行った場合には更に小さくなり、瀝青炭の1/2程度になるものもある。

表1.7.1 石炭の分類<sup>5)</sup>

| 項目<br>石炭 | 燃料比<br>(固定炭素／揮発分) | 純炭発熱量<br>(Kcal/Kg) | 真比重       |
|----------|-------------------|--------------------|-----------|
| 無煙炭      | 7以上               | 8,000以上            | 1.30～1.80 |
| 瀝青炭      | 1.8～7             | 7,000～8,000        | 1.25～1.45 |
| 亜瀝青炭     | 1.0～1.8           | 6,000～7,000        | 1.20～1.30 |
| 褐炭       | 1以下               | 5,000～6,000        | 1.20～1.30 |

表1.7.2 フミン質の石炭中存在割合<sup>5)</sup>  
(単位%)

|      | 泥炭    | 褐炭   | 瀝青炭   | 無煙炭   |
|------|-------|------|-------|-------|
| フミン酸 | 40～60 | 2～98 | 0     | 0     |
| フミン  | 0～10  | 2～70 | 2～3   | 0     |
| フムス炭 | 0     | 0～45 | 86～97 | 98～99 |

表1.7.3 石炭分析例<sup>5)</sup>

|                         | 褐 炭<br>(ヤルーン炭) | 亜 澄 青 炭<br>(アラスカ・ペルガ炭) | 澄 青 炭<br>(大 同 炭) | 無 煙 炭<br>(ホンダイ炭) |
|-------------------------|----------------|------------------------|------------------|------------------|
| 1. 発熱量(湿炭)<br>(Kcal/Kg) | 1,900          | 4,500                  | 6,800            | 7,000            |
| 2. 工業分析(%)              |                |                        |                  |                  |
| 全水分                     | 6.8            | 2.5                    | —                | —                |
| 固有水分                    | —              | —                      | 3.4              | 2.2              |
| 灰分                      | 1.2            | 1.05                   | 1.19             | 1.62             |
| 揮発分                     | 52.8           | 47.5                   | 27.4             | 8.6              |
| 固定炭素                    | 46.0           | 42.0                   | 57.3             | 73.0             |
| 3. 元素分析(%)              |                |                        |                  |                  |
| C                       | 67.0           | 61.7                   | 68.9             | 72.3             |
| H                       | 4.7            | 4.9                    | 4.1              | 2.5              |
| N                       | 0.6            | 0.7                    | 0.9              | 0.8              |
| O                       | 26.4           | 22.0                   | 13.3             | 7.7              |
| S                       | 0.1            | 0.2                    | 0.9              | 0.4              |
| 灰分                      | 1.2            | 1.05                   | 1.20             | 1.63             |

表1.7.4 官能基酸素の分析例<sup>5)</sup>

(Wt %)

|          | C    | H   | N   | S    | O <sub>tot</sub> | O <sub>COOH</sub> | O <sub>OCH<sub>2</sub></sub> | O <sub>OH</sub> | O <sub>c=O</sub> | ΣO   |
|----------|------|-----|-----|------|------------------|-------------------|------------------------------|-----------------|------------------|------|
| ピート      | 60.0 | 4.9 | 0.9 | 0.05 | 33.9             | 5.1               | 0.9                          | 1.23            | 11.6             | 29.9 |
| ブラウン・コール | 65.5 | 5.1 | 0.9 | 0.2  | 27.8             | 8.0               | 1.1                          | 7.2             | 6.5              | 22.7 |
| リグナイト    | 69.6 | 4.6 | 0.3 | 3.1  | 21.9             | 3.9               | —                            | 1.25            | 7.2              | 23.6 |
|          | 71.7 | 4.9 | 0.8 | 0.4  | 22.6             | 5.1               | 0.4                          | 7.8             | 9.3              | 22.6 |
|          | 75.9 | 5.3 | 1.6 | 1.1  | 16.2             | 1.6               | 0.3                          | 7.5             | 7.4              | 16.8 |
| ハード・コール  | 79.5 | 5.5 | 3.2 | 0.8  | 11.1             | 0.3               | 0                            | 6.1             | 4.9              | 11.3 |
|          | 80.2 | 4.9 | 1.2 | 0.6  | 13.4             | 1.0               | 0                            | 8.3             | 3.1              | 12.4 |
|          | 85.5 | 5.3 | 0.6 | 0.5  | 7.9              | 0.05              | 0                            | 5.3             | 1.6              | 7.2  |
|          | 87.0 | 5.3 | 1.9 | 0.7  | 5.1              | 0                 | 0                            | 3.1             | 1.7              | 4.8  |
|          | 88.6 | 5.0 | 2.3 | 0.8  | 3.0              | 0                 | 0                            | 1.9             | 1.8              | 3.7  |
|          | 90.3 | 4.7 | 1.7 | 1.0  | 2.9              | 0                 | 0                            | 0.5             | 2.0              | 2.5  |
|          | 90.9 | 4.1 | 1.7 | 0.9  | 2.0              | 0                 | 0                            | 0.6             | 1.9              | 2.5  |

### 1.7.2 褐炭利用技術の内容と特色

前項で述べた如く、褐炭は種々の特徴を有するが、一般に多くの水分を含み発熱量も低く、その点では価値の低い石炭であるという事が出来る。

しかし褐炭は、比較的地面に近く露天掘りが可能で、しかも1炭田に大量に賦存する場合が多いため、出炭価格が安くなる可能性が強い。

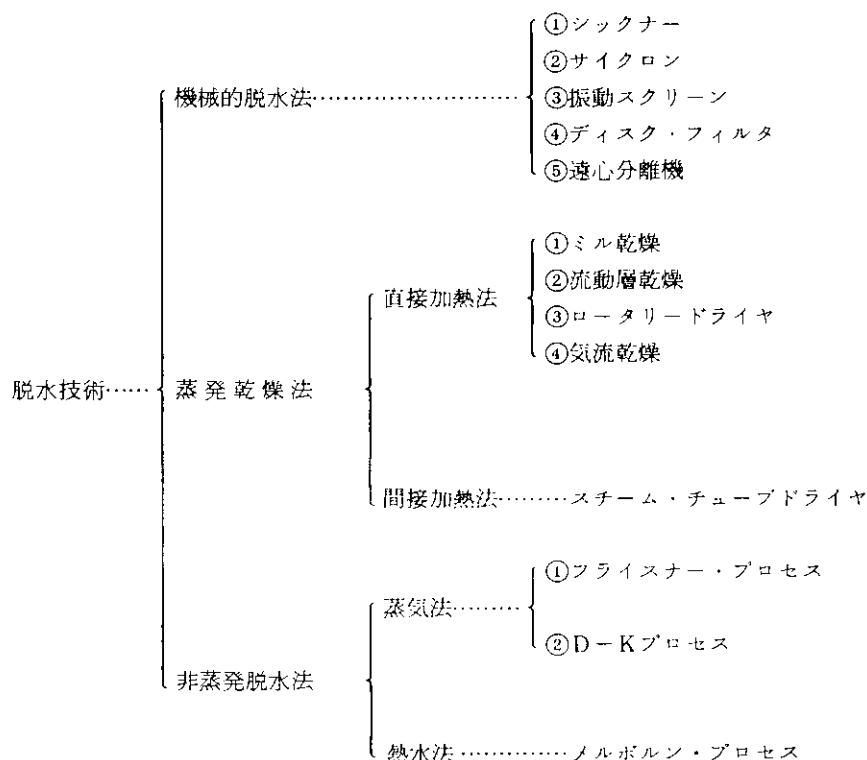
従って、褐炭にとって不利な遠距離輸送や貯蔵に対して、有効かつ経済性のある技術が確立され、この技術を基に褐炭のコールチェンシステムが形成されれば、褐炭は世界的規模の有用な資源として見直され、エネルギー源としての量的確保の面のみならず、その価格形成にも好影響を与える事が期待されるものである。

#### (1) 褐炭脱水技術

褐炭を輸送或は貯蔵する場合に不利となる主原因の1つは水分を大量に含んでいるために余分のコストがかかる事にある。

これを避けるためには、山元で褐炭の脱水を行う事が必要である。

脱水方式を大別すると次のようになる。



(a) 機械的脱水法にはシックナー、サイクロン、遠心分離法等があるが、褐炭に含まれる水が単純な固液混合状態ではないため、褐炭の脱水に本方式を用いる事は困難である。

(b) 蒸発乾燥法には、熱ガス（燃焼排ガス等）や蒸気等を用いた直接加熱法（褐炭と熱源とが直接接触）と間接加熱法とがあり、実績も多い。

褐炭を蒸発乾燥法で脱水する場合、粒径を小さくして効率をよくする必要がある。又、脱水処理炭表面が収縮、脆弱化し、粉化発塵性が増大するため、輸送、貯蔵面で炭塵飛散等の問題が生じる事となり、その対策が必要である。

直接加熱法としては、褐炭ボイラの乾燥微粉砕用ミルとしてピータミルが使われており、又、褐炭の流動層乾燥の検討も行われている。

間接乾燥法としては、褐炭のスチームチューブドライヤーによる乾燥が実用化されている。スチームチューブドライヤーは、褐炭ブリケット工場における脱水乾燥用として発達し、その商業的利用はドイツで始まっている。構造としては多筒円筒回転構造であり小規模の初期段階から漸次大型化が進み、例えばオーストラリア・ビクトリア州モウエルブリケット工場では  $4\text{ m} \phi \times 8\text{ m L}$  伝熱面積  $2,200\text{ m}^2$  のもの 24基を設け年間 350万トンを脱水処理している。

- (c) 非蒸発脱水法とは、加熱媒体として蒸気、熱水、熱油等を用いて高温高圧下で水分を蒸発させる事なく脱水する方法である。

褐炭を飽和蒸気で非蒸発脱水させる方法としてフライスナープロセス、DKプロセスがあるが、これによると褐炭中の水分は液状で脱水されるため蒸発潜熱が必要なく熱効率がよい。又、塊状での脱水が可能であると共に、この処理により石炭化度が若干進む等の利点がある。

一方、高温高圧下で褐炭塊炭を処理する事から連続処理が難かしく、処理時間がかかる等の難点もある。褐炭に対する非蒸発脱水の原理として次の事項が考えられている。

- 1) 高温高圧下での褐炭の収縮による毛細管容積の低下。
- 2) 高温での褐炭毛細管中の水分の膨張及び粘性係数低下による流出。
- 3) カルボキシル基( $-COOH$ )などの親水性含酸素官能基の破壊による水分付着力の低下。
- 4) 含酸素官能基の破壊により発生した  $CO_2$ ガスの放出に伴う水分の飛散。

フライスナープロセスは、1927年オーストラリアで開発され、同国に産する褐炭(水分 28~60%)の脱水に用いられた。以後、数基の脱水プラントが建設されて来ているが最近ではユーゴスラビヤに 1970 年 60 万トン/年の規模を有する脱水プラントが建設され、操業を行っている。

DKプロセスは、フライスナープロセスの改良方式として、電源開発㈱と川崎重工㈱の共同研究により開発されたもので、バイロットプラントでの試験を完了し、すでに実用化の段階にある。熱水法であるメルボルンプロセスは熱水を媒体とした非蒸発脱水法であり、メルボルン大学のエバンス教授やシーモン教授により研究が続けられているが実用化の段階には至っていない。

## (2) 褐炭輸送貯蔵技術

石炭利用において、その輸送貯蔵の占める位置は重要であり、その合理的かつ経済的な方式の確立は今後の石炭エネルギーの需要拡大に、大きな影響を与えるものである。現在の日本への海外炭輸入は昭和 55 年度 7,300 万トンに及び、既存技術による大量輸送貯蔵システムは確立されているが、今後の石炭需要増大に対処するためには、更に合理的なコールチエンの確立が望まれ、そのための研究開発が続けられている。

褐炭の輸送貯蔵技術は基本的な面では一般の石炭と同じであるが、褐炭の特徴、即ち自然発火性が強い、炭塵飛散性が強い、嵩比重が小さい等を折り込んだ検討が必要である。

## (3) 燃焼技術

褐炭の生焚き発電は、アメリカ、オーストラリア、西ドイツ等で山元発電として行われており、技術的には確立されている。

しかし、脱水褐炭の燃焼については、ブリケットの例を除き実用化はなされていない。燃焼方式そのものについては一般の石炭と大差ないものと考えられるが、脱水褐炭が自然発火傾向の強い事から燃焼に至るまでの搬送、粉碎過程での安全対策の強化が必要である。

## (4) その他の利用技術

褐炭の液化についてはオーストラリアヤルーン炭、アメリカ中西部炭を用いた研究が行われているが、これらに

については1, 2節を参照されたい。

1) 2) 3) 4) 5) 7) 8) 12) 13)

### 1.7.3 褐炭技術開発の経緯と現状

#### (1) 我国における経緯と現状

##### (a) 脱水技術

我国の褐炭利用技術開発は、昭和51年、電源開発㈱を中心開始され、52年度から53年度にかけては実験室規模での基礎試験が行われた。この基礎試験の結果から脱水方式として最も安全性があり、かつ脱水炭が塊炭である飽和蒸気を用いた高温高压処理方式の非蒸発脱水プロセスが選択され、この小規模パイロットプラント（原炭処理2.3T/日、430L×4ユニット）を建設の上、昭和53年度後半より電源開発㈱と川崎重工㈱との共同研究として脱水試験が行われている。試験はオーストラリヤヤルーン褐炭、アラスカベルガ炭各200Tを用いて行われ実用化の見通しが得られている。

確認された事項は下記の如くである。

- 1) ヤルーン褐炭、ベルガ炭の原炭水分は、それぞれ65%, 25%であるが脱水処理により、20%, 10%程度まで下げる事は容易である。
- 2) 脱水に要する飽和蒸気量（熱効率）は0.6Kgスチーム／1Kg脱水量程度で、現在プリケット工場で利用されているスチームチューブドライヤの約1/2である。

##### (b) 輸送技術

昭和54年度には、同じく電源開発㈱と川崎重工㈱との共同研究として前記2炭種の脱水炭を用いて輸送貯蔵時の自然発火特性や炭塵爆発特性等の把握と共に安全対策技術としての油添技術等の確立を目的として10m<sup>3</sup>試験サイロを始め、小規模パイロットプラントによる試験が行われている。これによって得られた成果概要は次の如くである。

- 1) 褐炭等は一般炭に比べて真比重は大差ないものの、嵩比重はかなり小さく(1/2~3/4)、貯蔵、輸送時の容積効率が悪くなる。
- 2) 輸送、貯蔵時等のこわれ易さを示す圧潰強度、回転強度、落下強度(JISM 8718・JISK 2151に準拠)の各試験結果によると、脱水褐炭等は一般炭に比べて弾性があり、耐衝撃性がある事が確認された。
- 3) 断熱容器を用いた酸化発熱による昇温試験では、ベルガ脱水炭の昇温速度が早く非常に酸化し易い事がわかった。ヤルーン脱水炭のそれは一般炭と殆んど変わらなかった。
- 4) 脱水炭の炭塵爆発性については、ハルトマン型の試験装置を用いて試験を行ったが両炭とも一般炭と大差はなかった。
- 5) 重油のコーティングによる自然発火、及び炭塵抑制は数パーセントで効果がある事が確認された。

#### (2) 海外における経緯と現状

アメリカには世界有数の大褐炭田があるが、近年、褐炭を低S分による低公害燃料として見直す気運にあり、輸送コストの低減をねらって脱水及び脱水炭の輸送、貯蔵に関する研究が行われている。1964年からの褐炭、亜灘青炭の低温酸化の試験にはじまり、1970年からFMC社(Food Machinery Corporation)のROTO-LOURVE DRYER(Rotary dryerの一種)での脱水及びその脱水炭の輸送、貯蔵についてのパイロットテスト、1974年以後のノースダコタ褐炭及びモンタナ亜灘青炭各400Tを用いた脱水、貨車輸送(1,200~1,300Km)、貯炭のデモンストレーションテストまでの一連の試験例がある。この試験の結果、褐炭の熱ガス乾燥、脱水炭の貨車輸送、野積貯炭といった一貫システムが実証されたとしている。この例に見られる様に、アメリカにおける褐炭利用技術の主

体は、ロータリタイプ、気流乾燥、流動床乾燥等の熱ガス乾燥方式を主体とした脱水技術により、褐炭の品質向上を行い、輸送、貯蔵の効率をあげようとするものである。

オーストラリアビクトリア州には、推定埋蔵量1,160億トンをこす膨大な褐炭資源があるが、州政府はこの褐炭の有効利用を図るため、1975年VBCR & DC(ビクトリア州褐炭研究開発委員会)を設立し、液化を中心とした研究を進めているが、その中の活動の1つとして、日豪協力による褐炭液化の研究開発が注目を集めている。

1) 2) 3) 4) 5) 7) 12) 13)

#### 1.7.4 実用化とその問題点

##### (1) 褐炭利用技術の展開

褐炭利用技術の基本は、褐炭を脱水処理する事により輸送効率をあげると共に遠距離消費地まで安全、無公害に輸送し、広範な地域でエネルギー源等に利用可能とする事である。しかし、この基本的な利用技術は更に他の技術分野、即ちCOM化技術、スラリー化技術、液化技術等と結びついて新たな展開が想定される。

##### (2) 技術上の問題点

基本的褐炭利用技術に関するバイロットスケールの諸試験は、有望な数炭種の褐炭についてほぼ完了し、脱水、輸送、貯蔵に関する技術的見通しは得られているものと考えられる。

次の段階としては、大量の褐炭を取扱う実機装置を想定し、これに対応した実証試験装置を用いた実証試験を行い、褐炭脱水、陸上輸送(貨車等)、ローディング、船舶輸送、アンローディング、貯蔵(サイロ、野積等)に関する安全、環境保全等の実証データを得ると共にスケールアップに関する検討を行う事が必要であろう。

##### (3) 輸送上の問題点

褐炭輸送上の問題点として容積効率の悪さ、安全上の問題(自然発火しやすい)、炭塵飛散等による環境上の問題が考えられる。これに対処するためには下記対策が考えられる。

- 1) 褐炭専用設備の導入。(スケールメリットの追求、密閉化、イナートガスシーリング等)
- 2) 褐炭の改質。(脱水、油添、ブリケット化等)
- 3) 他の技術とのドッキング。(水スラリー化、COM化、液化等)

これらの対策のうち、どれをとるかは技術的な検討はもちろん、経済性の面での検討、更に需要先要求の面での検討等により総合的に判断決定されるべきであろう。

#### 1.7.5 将来動向

将来急増の予想される我が国の石炭需要量に対応するため、世界各地において炭田の開発が進められているが、この中において世界石炭埋蔵量の約1/4を占める褐炭の利用拡大が、エネルギー有効利用とエネルギー多様化の見地からも望まれる所である。

我が国における褐炭の利用形態として、先ず考えられる直接燃焼については、その利用の基本技術は確立されているが、低品位炭焼きボイラの開発は必要であり、又、各褐炭の山元からユーザーまでの一貫輸送及び利用システムのフィージビリティスタディを行い、経済的に成立する条件をつめる必要がある。

一方、褐炭の利用範囲の拡大を目指すガス化技術、或いは利用拡大と共に長距離輸送の効率化を計る液化技術についても注目の必要があるが、本件については1.2及び1.3節を参照されたい。

褐炭の本格的利用の時期は何時であり、如何なる方向に進むかは難しい問題であり、今後の技術開発と経済性検討の結果によるが、情勢の変化に負う所も大きい。

いずれにしても褐炭は産地によりその性質も大きく異なるので個々のプロジェクト毎に検討を行い結論付ける必要がある。

[引用文献]

- 1) VICTORIAN BROWN COAL COUNCIL, FIRST ANNUAL REPORT 1979
- 2) BROWN COAL IN VICTORIA, MINISTRY OF FUEL AND POWER 1977
- 3) CHEAPER POWER FROM HIGH-MOISTURE BROWN COALS, JOURNAL OF THE INSTITUTE OF ENERGY 1979
- 4) COMMERCIAL - SCALE DRYING OF LOW RANK WESTERN COAL,  
BY R. C. ELLMAN, L. E. PAULSON AND S. A. COOLEY, LIGNITE SYMPOSIUM 1975
- 5) 石炭利用、発電プラント技術 フジテクノシステム
- 6) 石炭資源とその利用技術 資源協会
- 7) 燃料協会誌 第60巻 第648号 1981 燃料協会
- 8) 褐炭の有効利用に関する講演会要旨集 燃料協会
- 9) これから石炭化学工業 技報堂出版
- 10) 石炭ニュース(1981.7.29) プロジェクトニュース社
- 11) 石炭化学と工業 三共出版
- 12) 石炭利用技術研究発表会講演集(54年) 石炭技術研究所
- 13) " (55年) "

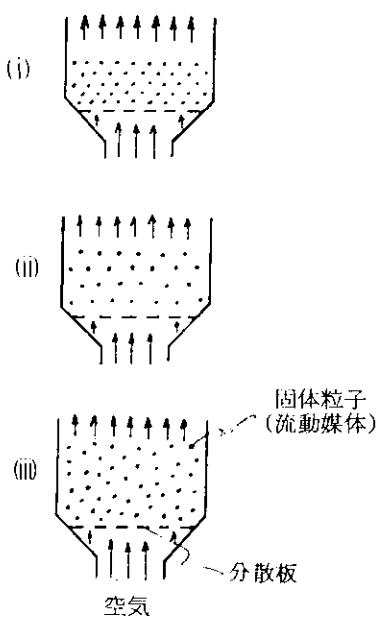


図 1.1.1 流動層の原理

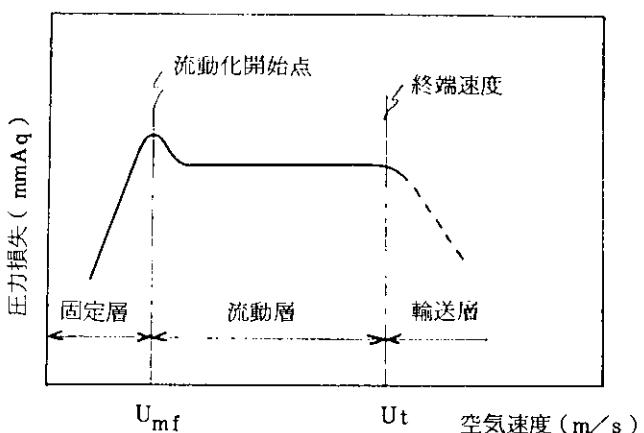


図 1.1.2 圧力損失特性

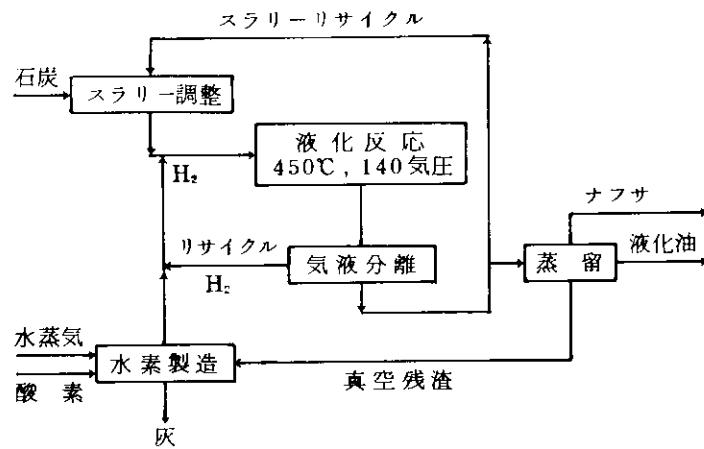


図 1.2.1 SRC-II法プロセスフロー

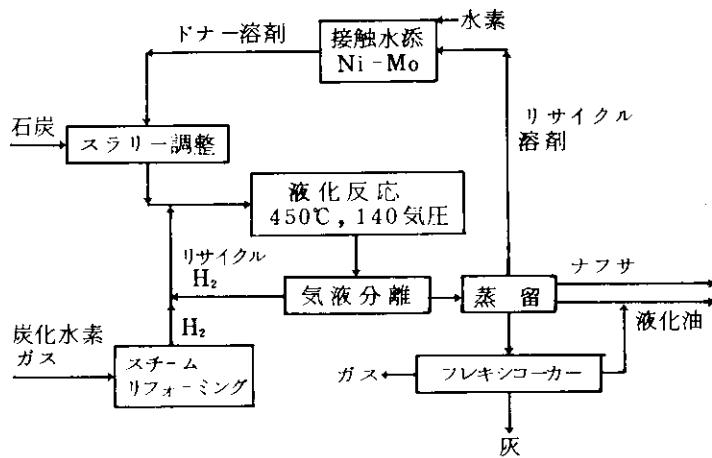


図 1.2.2 EDS法のプロセスフロー

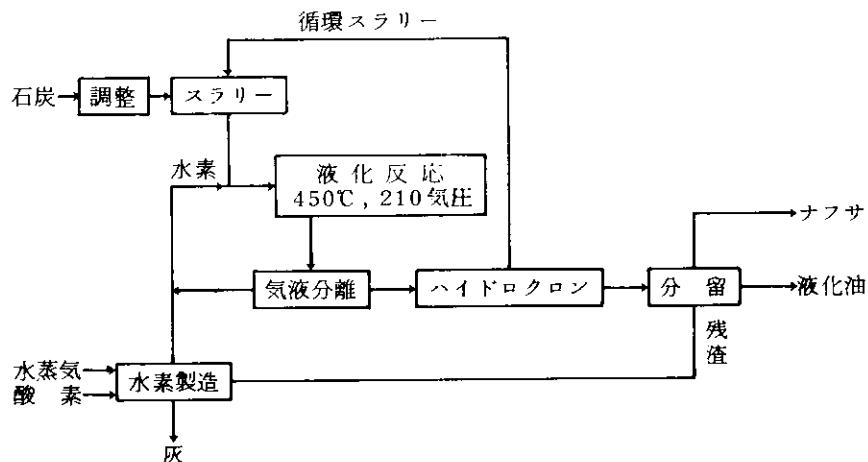
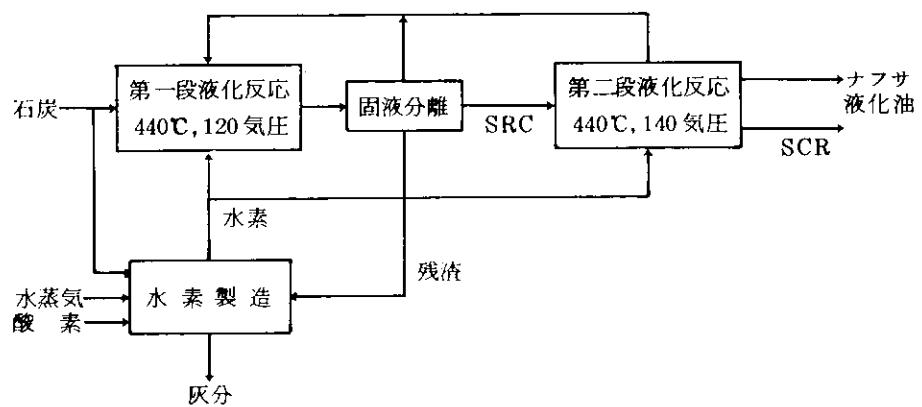


図 1.2.3 H-Coal法のプロセスフロー



(SRC法とLC-Finingの組合せの例)

図1.2.4 二段液化法のプロセスフロー

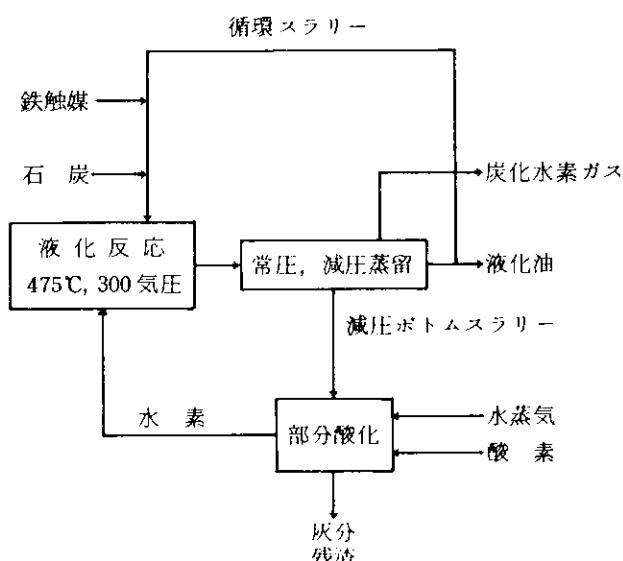


図1.2.5 新IG法のプロセスフロー

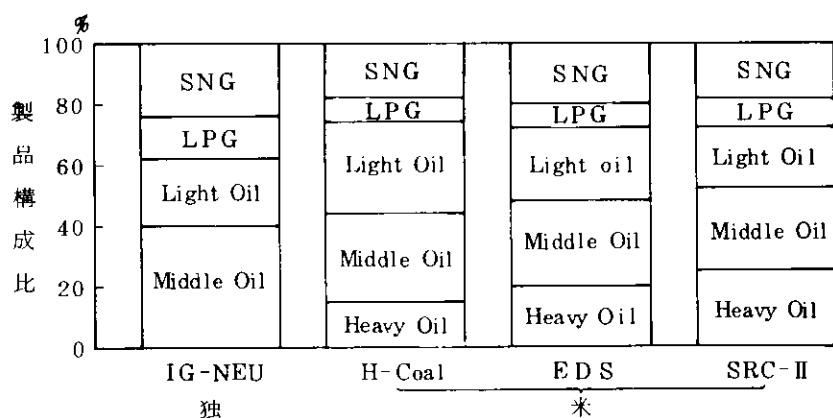


図1.2.6 液化製品の構成の違い

～西独は重質油を生産しないプロセスを考えている。

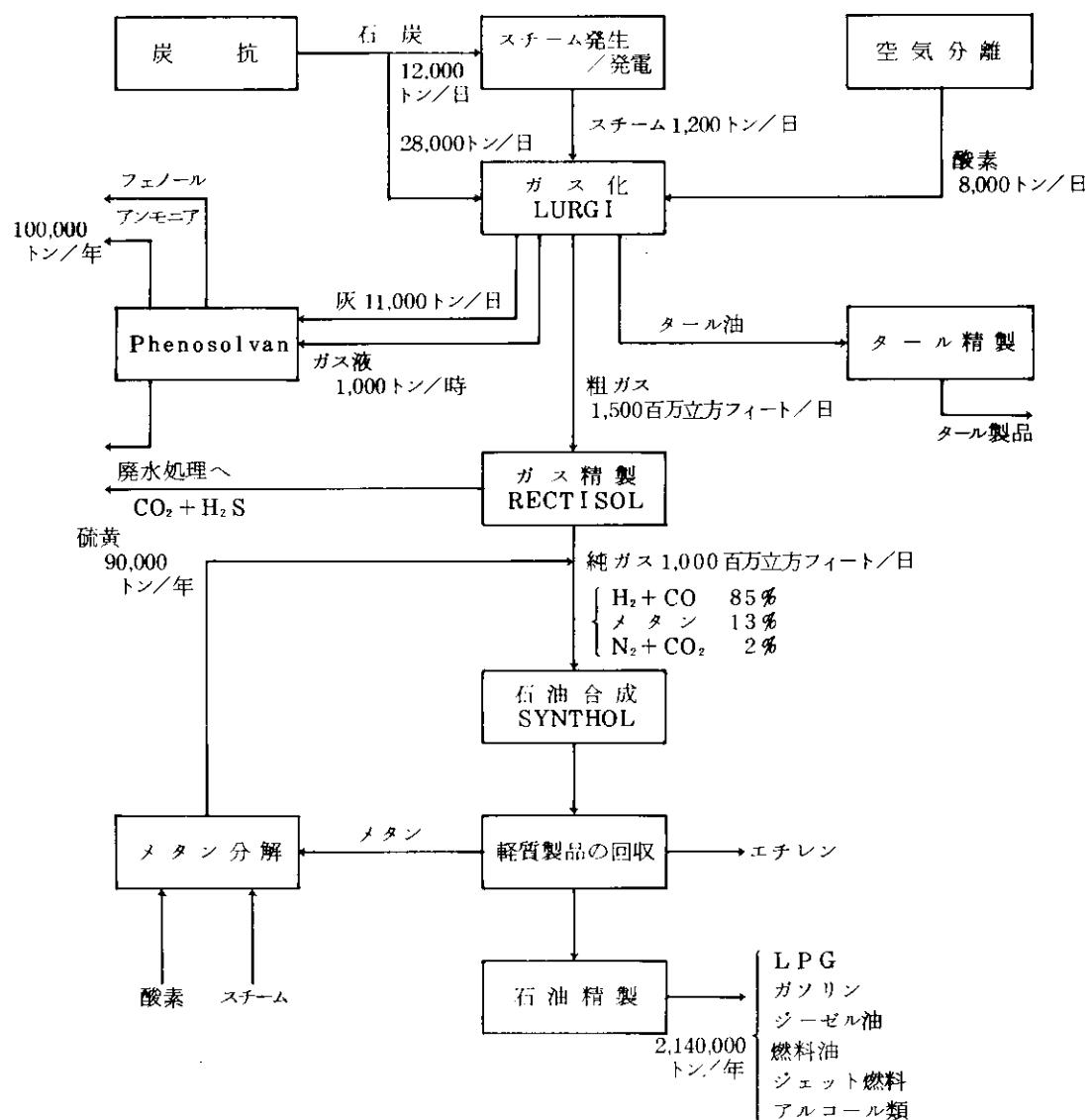


図 1.2.7 サソールII法のフローシート(サソールIIIもほぼ同じ)

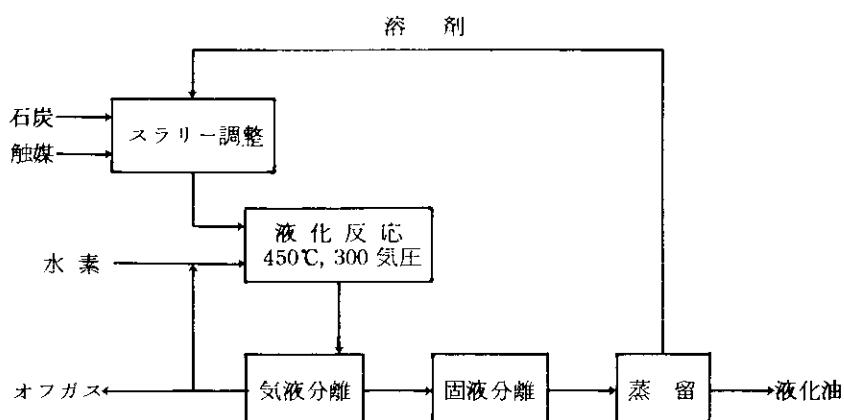


図 1.2.8 直接水添加法

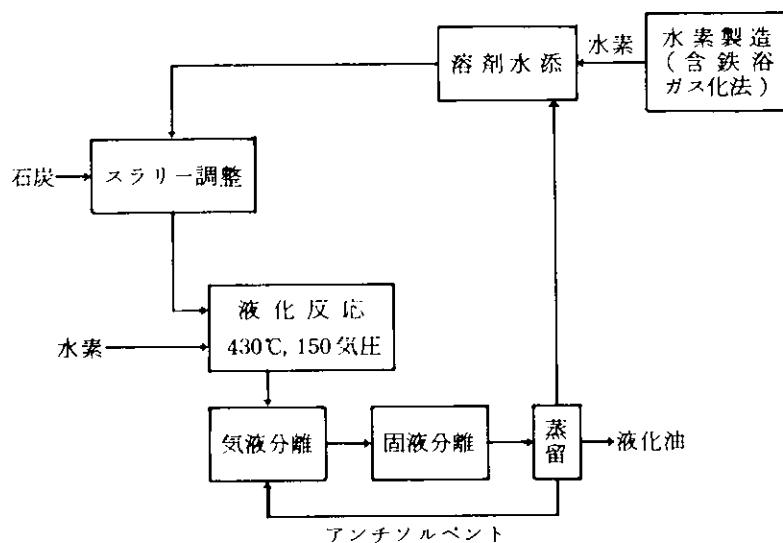


図 1.2.9 溶剤抽出法

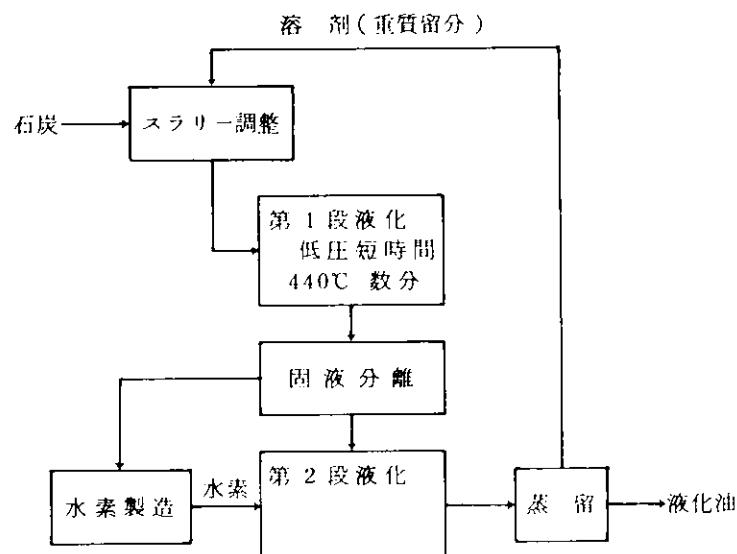


図 1.2.10 フルボーリッシュ法

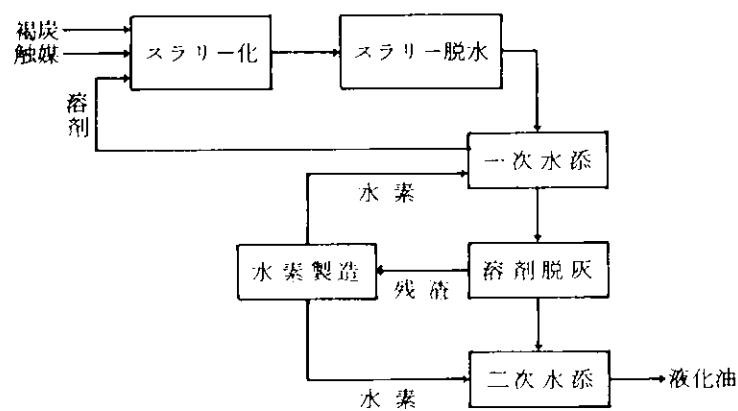


図 1.2.11 豪州褐炭液化法

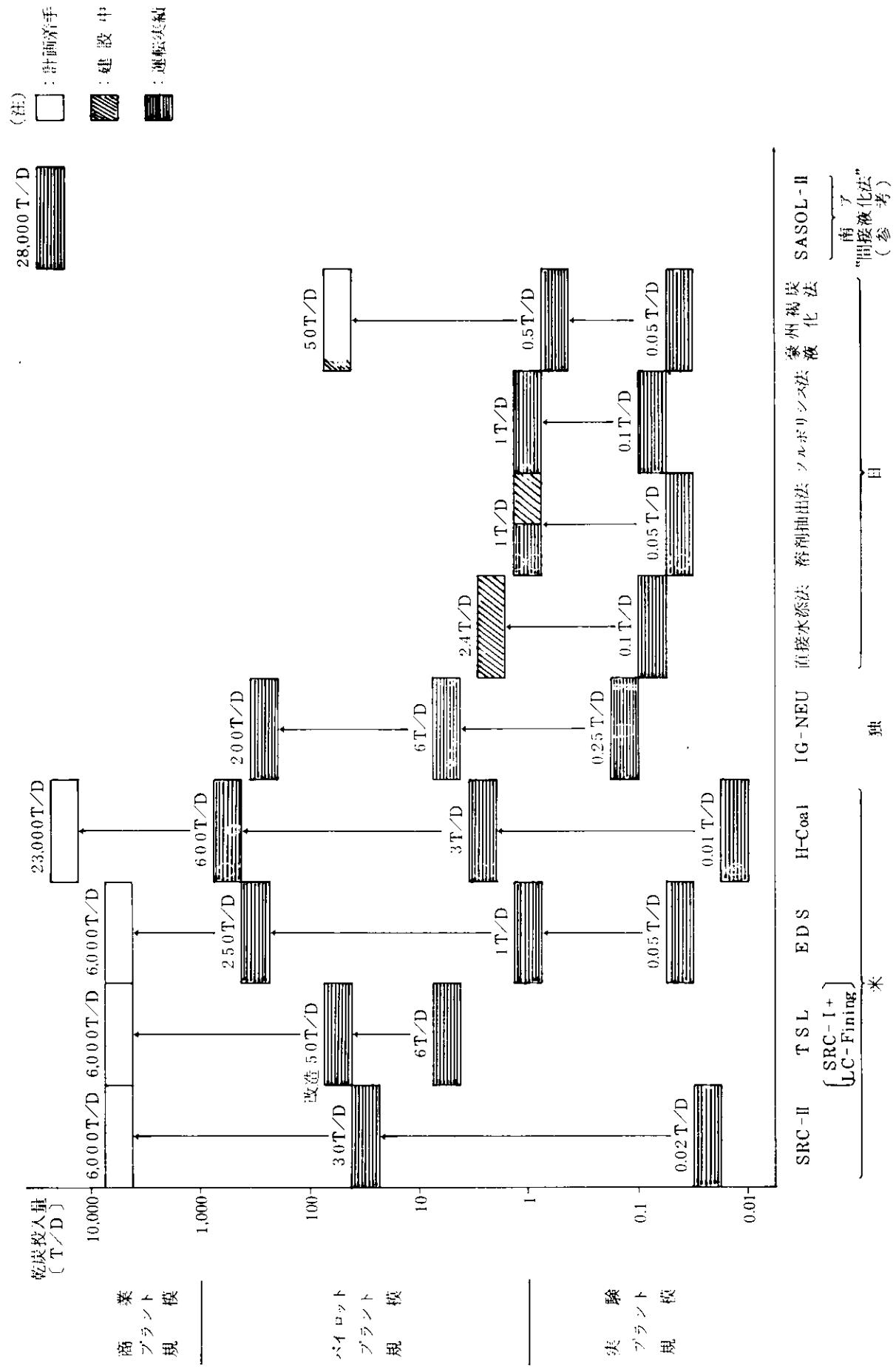
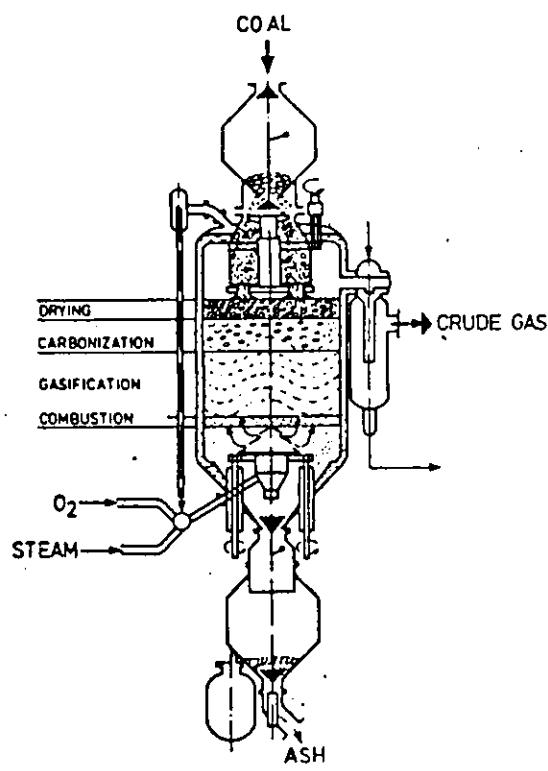


図1.2.12 各液化法の技術開発レベルとステップアップ



\*\* STATUS OF LURGI GASIFIER \*\*  
© MARK-IV ( 900 T/D ) COMMERCIALY PROVEN

図 1.3.1 ルルギ加圧ガス化炉

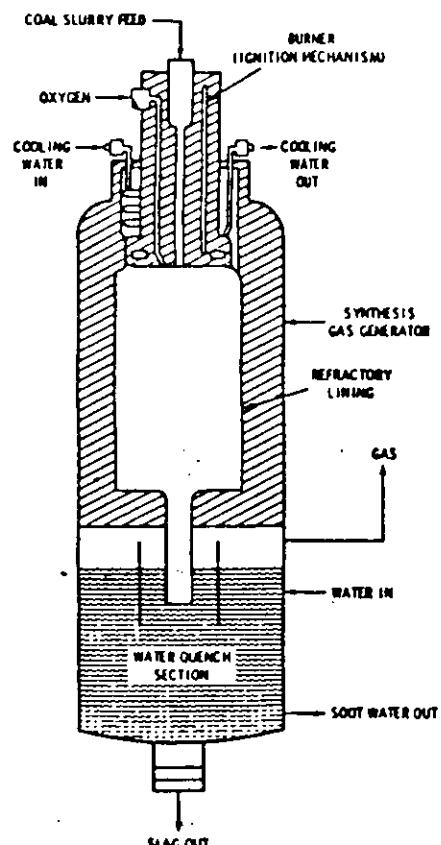


図 1.3.2 テキサコ石炭ガス化炉

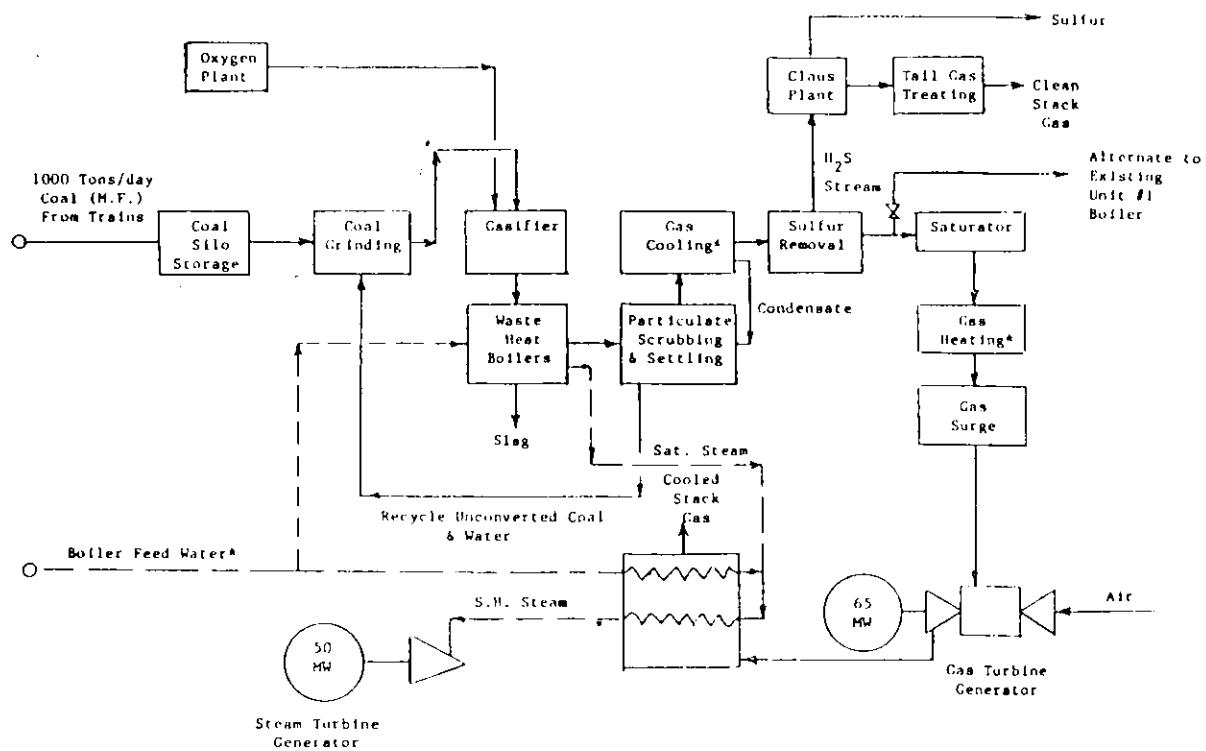
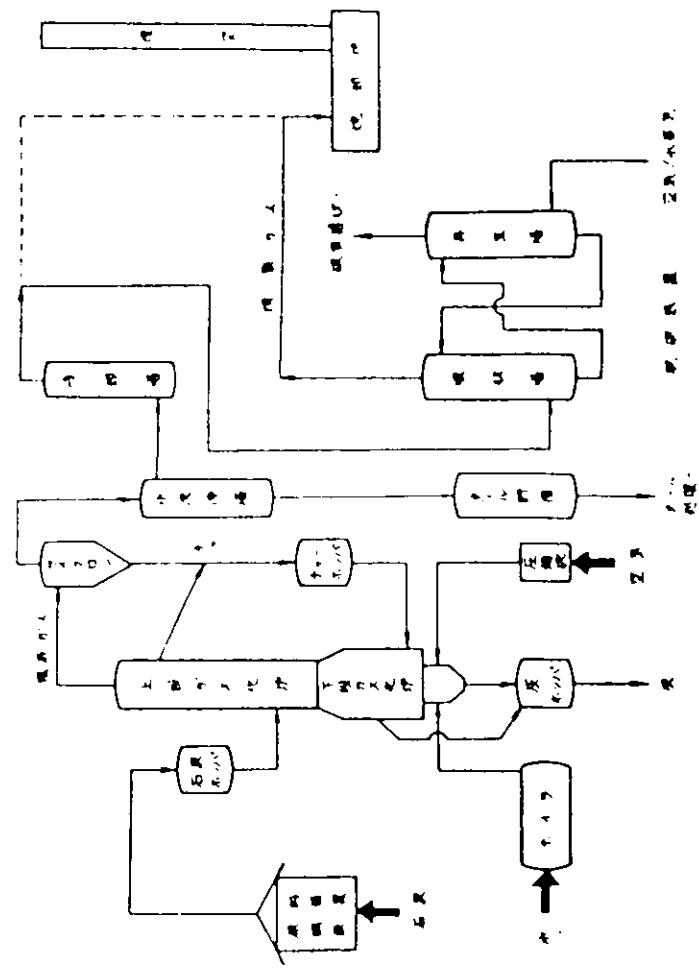
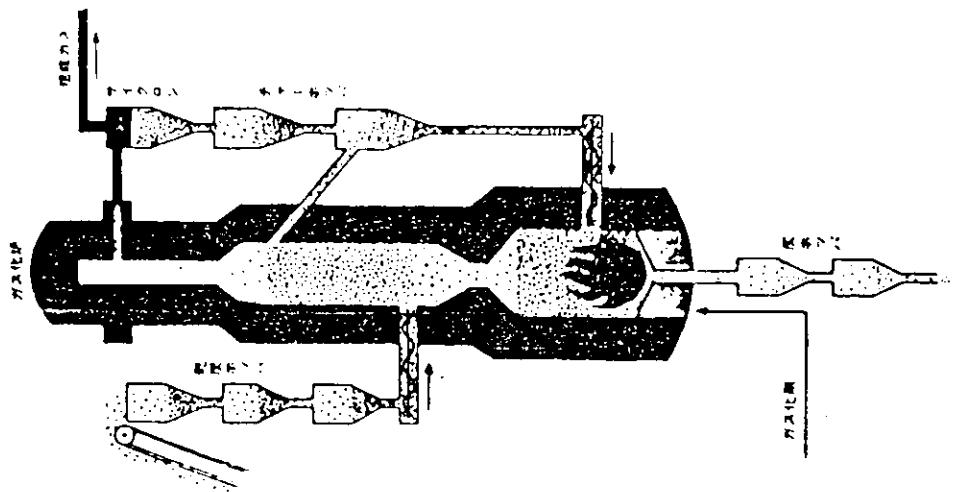


図 1.3.3 クールウォーターフォーゼクトのブロック図



(ガス化プロセス開発装置フロー)



(2段流動ガス化炉の概念図)

図1.3.4 石炭技術研究所のガス化炉( 夕張 )

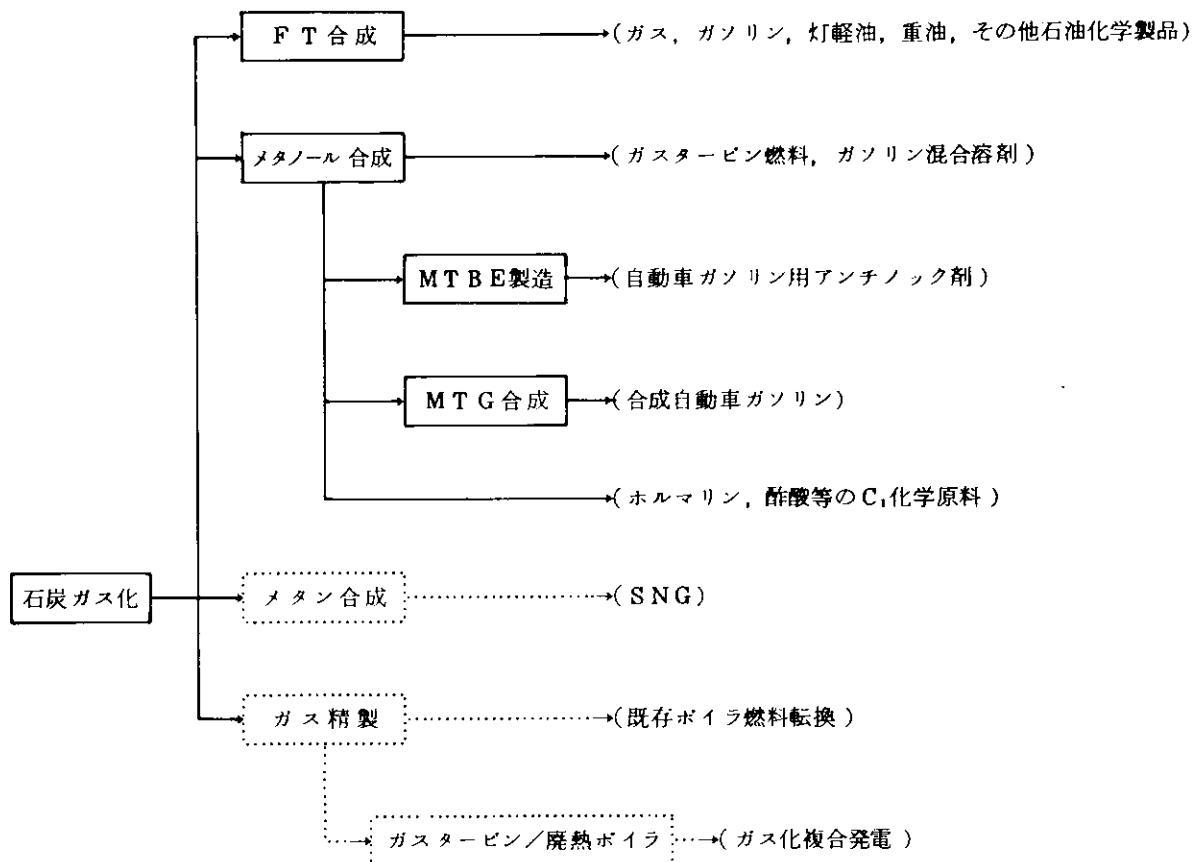


図 1.3.5 石炭ガス化技術応用

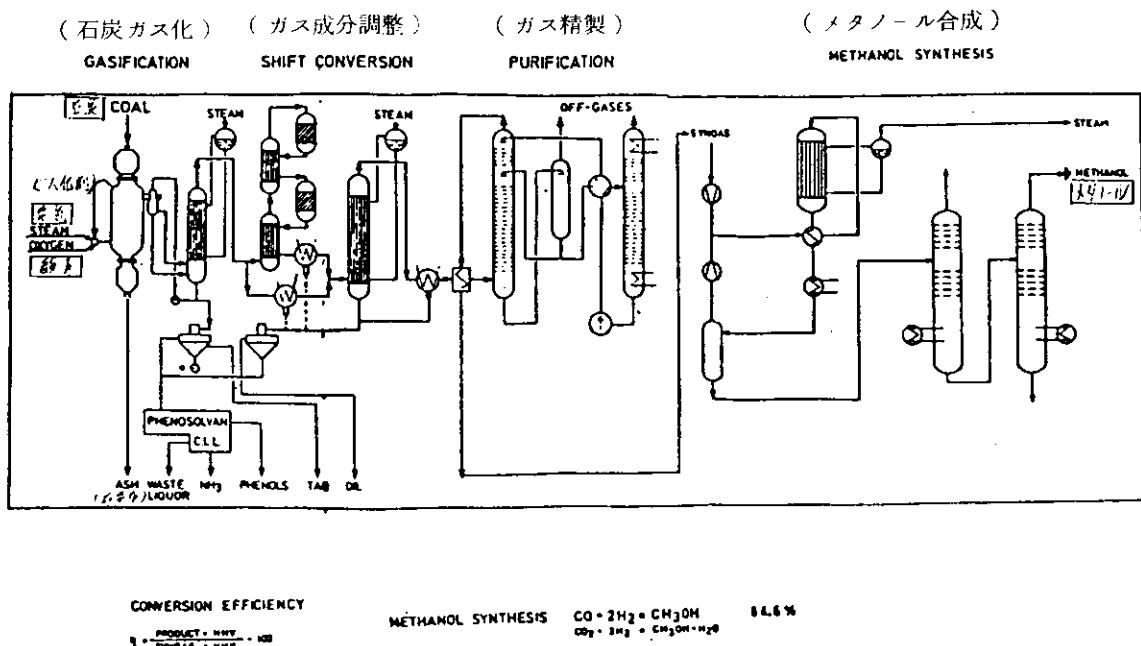


図 1.3.6 石炭ガス化メタノール転換プロセスフロー図 (Lurgi 法の例)

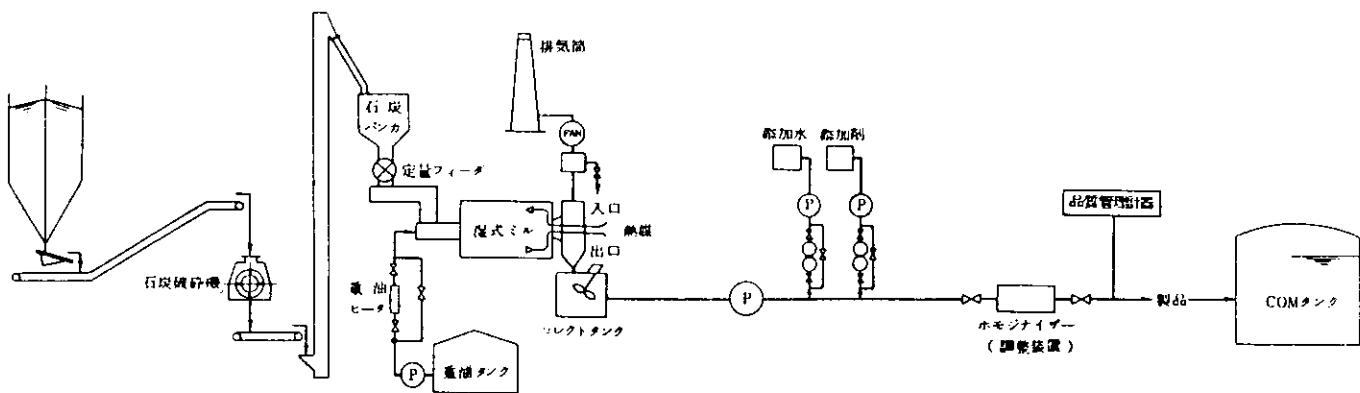


図 1.4.1 COM 製造法フローシート<sup>※5)</sup>

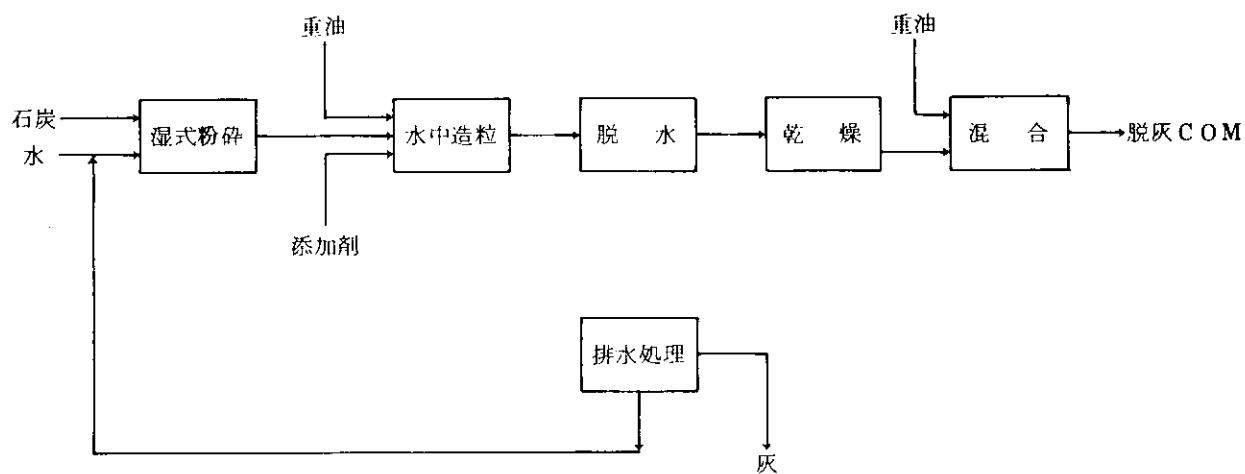


図 1.4.2 脱灰 C O M 製造法<sup>※5)</sup>

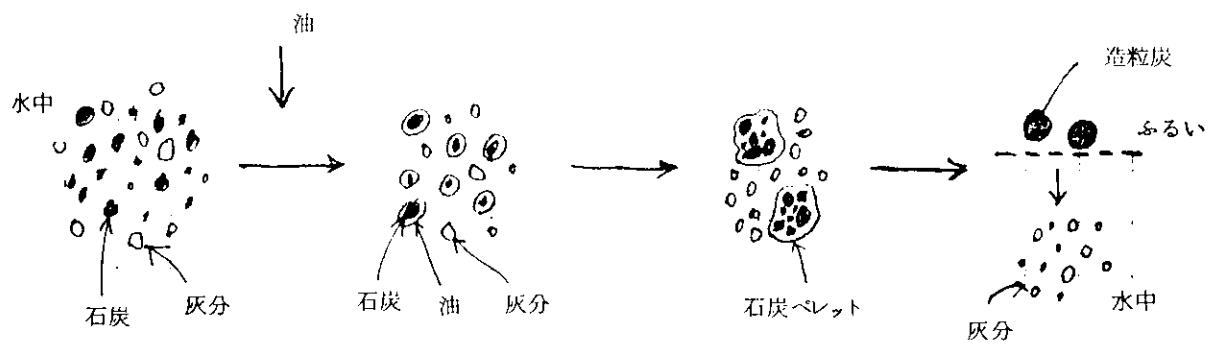


图 1.6.1 OA法造粒脱水の原理

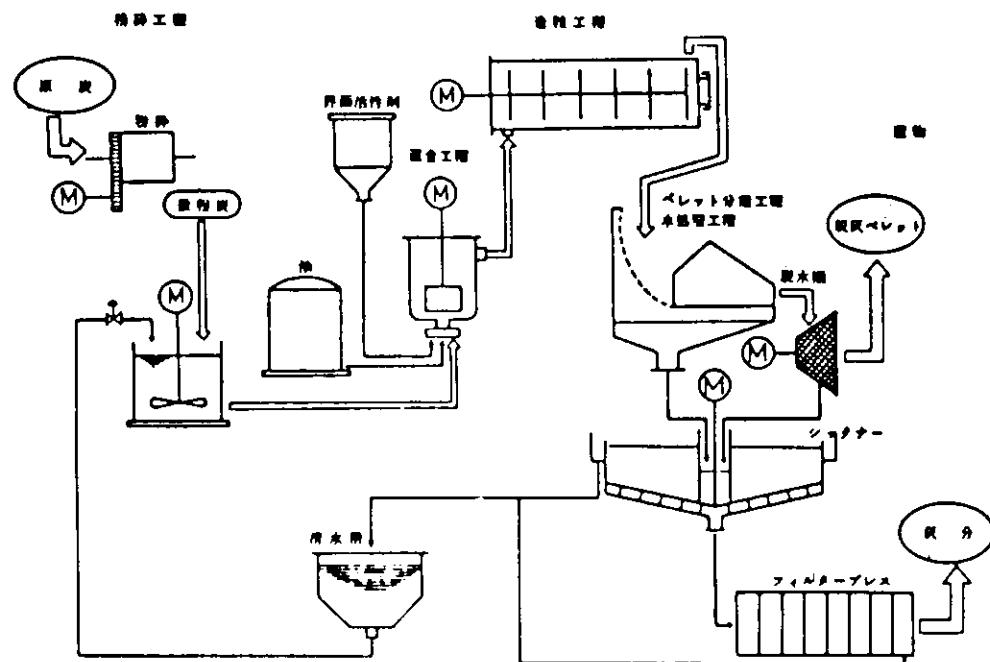


图 1.6.2 OA法の基本プロセスフローシート

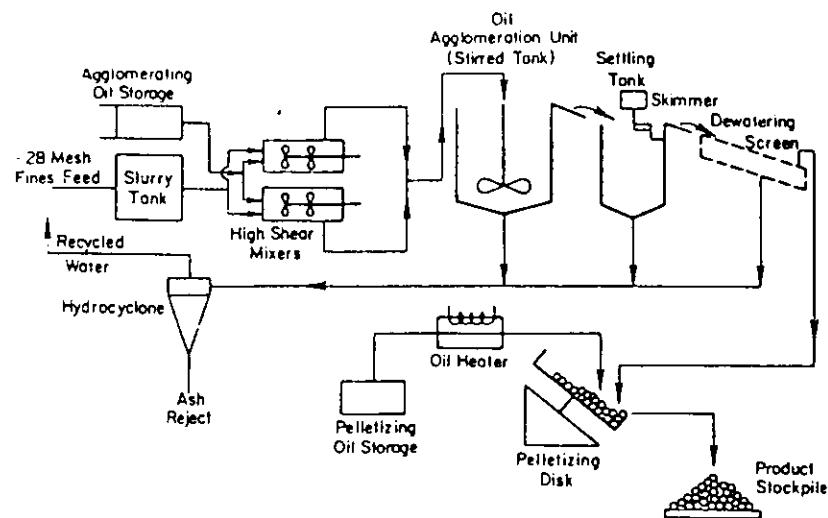


図 1.6.3 NRCC法

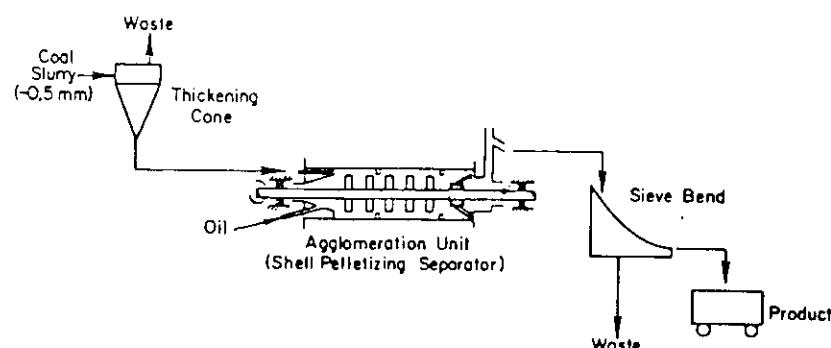


図 1.6.4 SPS法

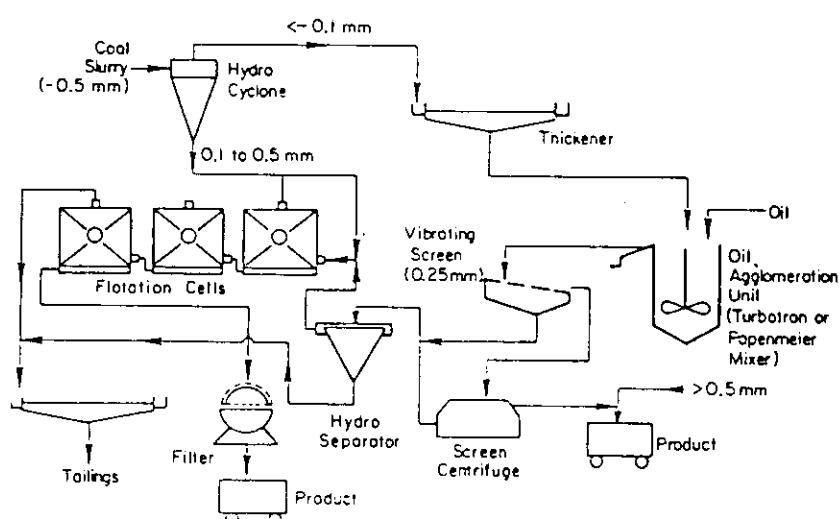


図 1.6.5 OLIFLOC法

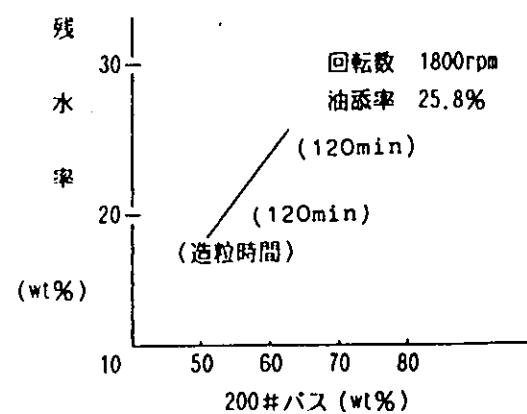
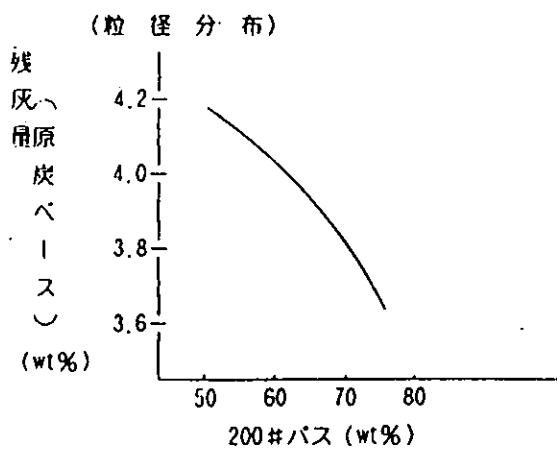
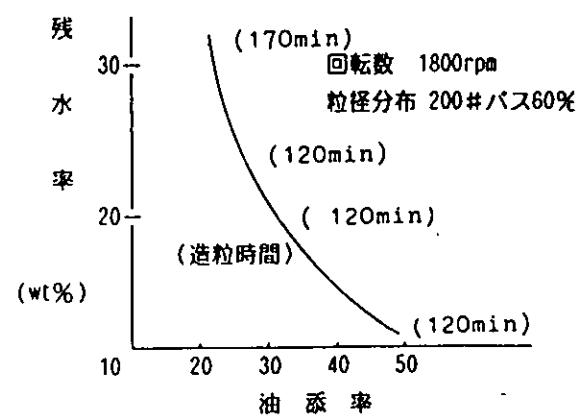
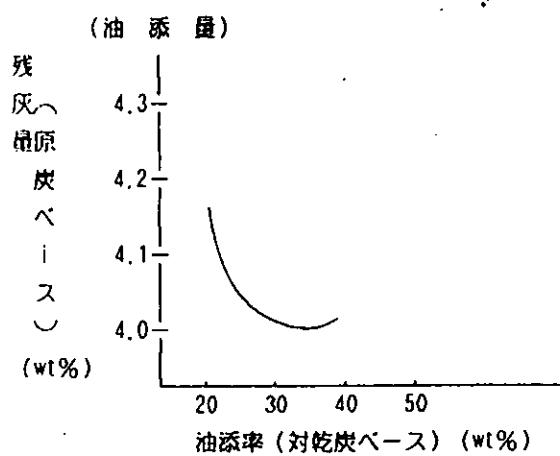
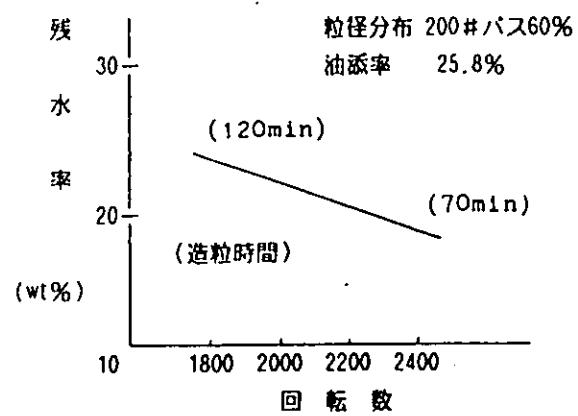
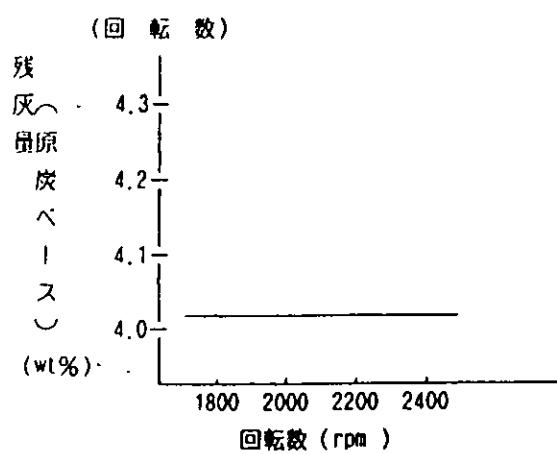


図 1.6.6 造粒影響因子の関係

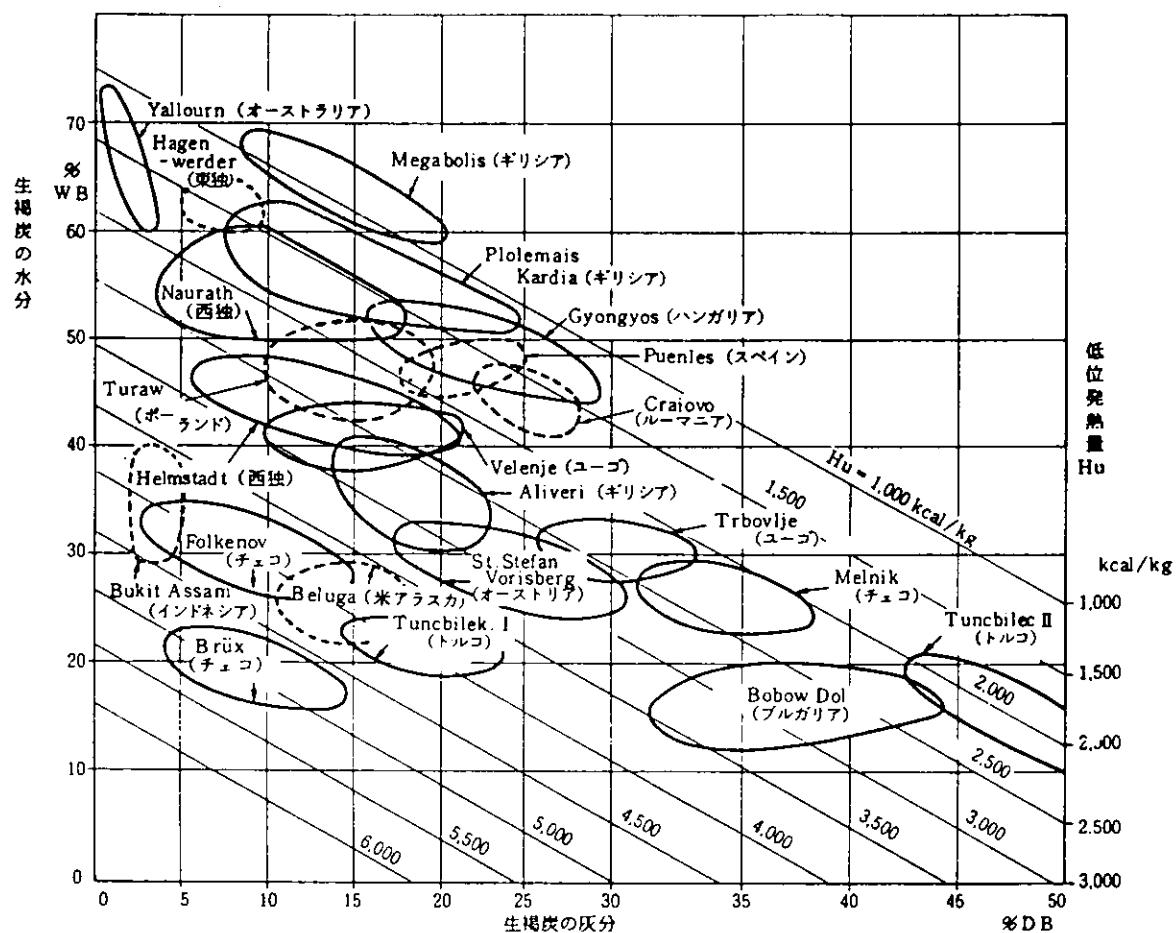


図 1.7.1 世界の褐炭の分布図

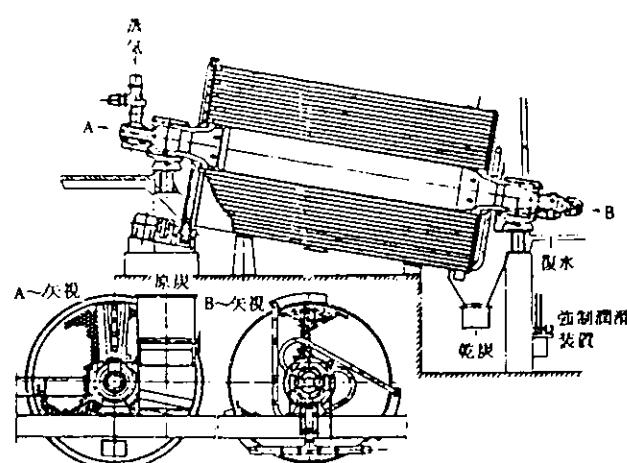


図 1.7.2 チャーブ・タイプ・ドライヤー<sup>5)</sup>

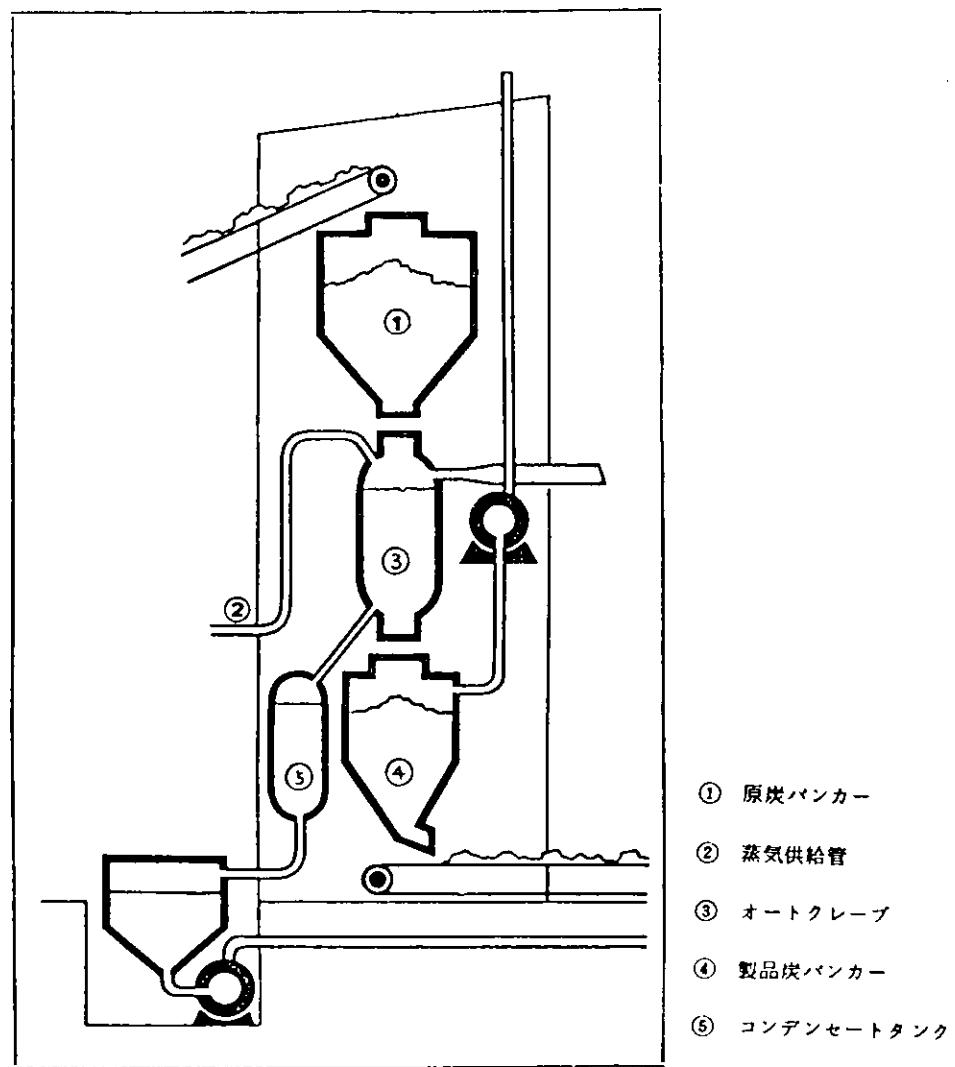


図1.7.3 フライスナ・プロセス

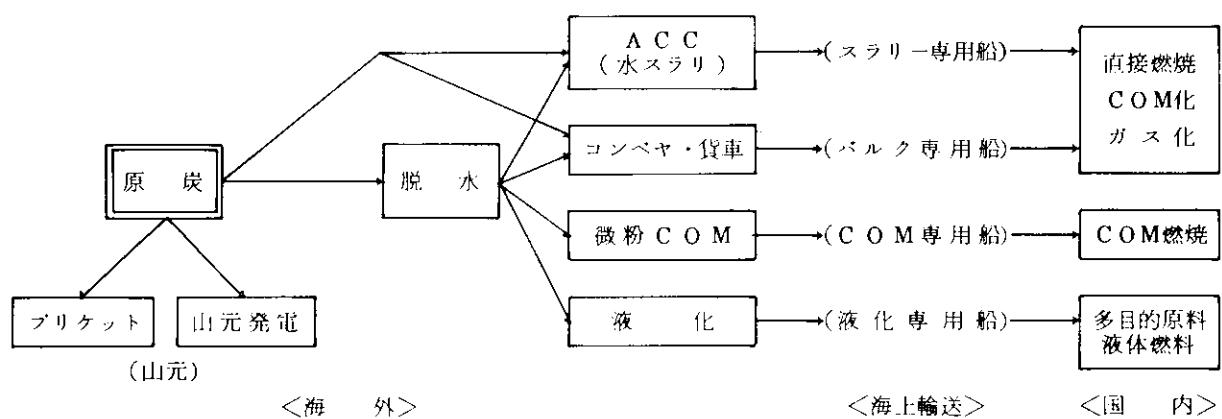


図1.7.4 褐炭等の利用体系<sup>12)</sup>

## 2. 石炭の輸送動向

### 2.1 海外一般炭需要の見通し

第2次石油危機以降の石油価格の大幅上昇による油炭格差の拡大及び石油の安定供給に対する不安感の増大による石炭転換の優位性の認識の高まりの中で、我が国の海外炭需要は、昭和54年後半以降着実な増加を示している。特に燃料として用いられる一般炭の需要が急増しており、昭和55年度の輸入量は前年度に比して、4倍以上の約720万トンに達している。以下業種別に一般炭への燃料転換状況及び今後の需要動向をみてみたい。

電力業界においては、石油専焼火力の新設の原則禁止の国際的決議もあり、石炭火力発電は今後の電力需要の増大を賄ううえで、LNG、原子力とならんで、代替エネルギーへの転換の大きな柱とされている。このため既設の石油火力発電所における石炭への燃料転換、海外炭火力発電所の新設計画が積極的に推進されており、これらの施設の稼働にあわせて海外炭需要の急増が見込まれている。石炭火力の発電能力は、昭和55年度末における530万KWから、大型の海外炭火力発電所の稼働に伴い、昭和60年代前半には1,250万KW、同後半には3,000万KWと急速に拡大することが見込まれており、これに伴って電力部門における海外一般炭の需要量も、昭和55年度の128万トンから、60年代前半には約1,400万トン、そして同後半には約4,700万トンと急増が見込まれている。

セメント産業においては、ここ1~2年の間に石油から石炭への燃料転換が急速に進んでいる。セメント産業の燃料消費全体に占める石炭の割合は、54年度における13%から、55年度には54%，56年半ばには90%を超えるまでに至っており、ほとんどのセメント焼成部門において、石炭専焼に切り替わるものと見込まれている。このためセメント産業の海外一般炭の需要量は昭和56年度には570万トンであったものが、昭和60年度には1,040万トンへと急速な拡大が見込まれる。石油から石炭への燃料転換が一巡した後は、石炭の需要量はセメントの生産の伸びとともに拡大し、65年には1,110万トンの海外一般炭の需要が見込まれている。

紙・パルプ業界においても、重油価格の大幅上昇に伴い、54年度以降石炭利用を再開する工場が相ついでいる。56年7月現在、7社9工場において合計16缶の石炭焚ボイラーが稼動中である。しかし紙・パルプ業界においては1工場当たりの石炭使用量が少ないとこと、インフラの整備の問題や、輸送コストが割高であること、さらに環境対策、灰処理対策などで面で、制約が多いこと等から、石炭転換の動きは、未だ大きな流れとなるには至っていない。これまでの石炭転換は、旧来の石炭焚ボイラーのうち解体せずに残されていた予備缶の再稼動、あるいは、石油焚に一度は転換したもの再転換が主体であったといえる。現在までのところ、環境対策等の問題から、石炭ボイラーの新設計画は数工場を数えるにすぎないが、今後の紙・板紙等の生産の伸びに伴って、海外一般炭の消費も55年度の3万トンから、60年には150万トン、65年には270万トンに増加するものと見込まれている。

その他非鉄金属工業、繊維、化学工業等の分野においても、環境規制等制約条件はあるものの、今後かなりの量の石炭需要の増加が見込まれている。

以上を総合すると、我が国における海外一般炭の需要量は当面はセメント産業用の伸びが中心となるが、60年前後からは大型の海外炭発電所の稼働に伴ない電力事業用が一般炭需要の中心となり急速に拡大する。昭和55年度の海外一般炭需要は720万トンから、60年前半には約2,600万トンと増大し、更に60年代後半には、6,200万トンを上回るものと予測される。

### 2.2 海外一般炭の供給の見通し

2.1で述べられた、海外一般炭への需要がどのような国々からの供給により満たされるかが次の問題である。

まずわが国の需要業界からみての将来の国別供給量見通しとして、電力業界では、昭和60年代前半において、オ

オーストラリアから約70%，中国から約20%の輸入を想定している。また60年代後半ではオーストラリアから40～50%，中国から10～20%，アメリカから25～15%，カナダから15～10%などの輸入を想定している。同様にセメント業界においては、60年代を通じて、オーストラリアから約50%，アメリカ，カナダからそれぞれ約10%，中国等共産圏から約20%の輸送を想定している。

そこで、海外一般炭の需要量に占めるウェイトの高いこれら二つの業界の国別の輸入見通しについて、これらの比率の加重平均値をとり、それに基づいて、我が国全体の輸入量を各国別に配分してみた。

このような見通しの結果は、60年代後半についてみると、オーストラリアから約3,100万トン、アメリカから約1,100万トン、カナダから約700万トン、中国から約800万トンなどとなっており、オーストラリアへの依存度は、下がりつつあるものの依然としてかなりの割合になるものと予想されている。なお、アメリカ及びカナダについては、これらの石炭の大部分が西海岸から輸出されるものと推定される。

ところで日本側からみた、このようないわば輸入の必要量に対して、供給国側の対日輸出可能量はどのように見るべきであろうか。供給国別の対日供給可能量を予測するためには、将来の国際的一般炭需給予測が行われなければならない。しかし現在、我が国独自のこの種の予測は行なわれていないため、ここでは、諸外国の各種予測をもとに、簡便な方法により一応の見当をつけることにしたい。

まずオーストラリアについては、オーストラリア合同炭鉱経営者協会の見通しが、最近のものとして参考となろう。（表2.2.1）これによれば、オーストラリア産一般炭の日本向け輸出量は、1985年には、1,800～2,500万トン、1990年には2,800～3,400万トンで、全輸出量のほぼ40%を占めるものと見られている。さらに長期的見通しとして、アメリカ政府の見通し（DOE "Report of the Interagency Coal Export Task Force" 1981年1月以下ICE TFと略す。）があるが、2,000年においても同様に40%が日本向けであるとすると、対日輸出可能量は、3,000～4,800万トンとなる。

次にアメリカについては、WOCOL（World Coal Study）による一般炭輸出可能量の1/3が日本に向けられると想定した。

カナダについては、ICE TFの上限値の2/3が日本に向けられると想定した。カナダからの石炭輸出は、British Columbia州及び、Alberta州から西海岸を経て行なわれ、その主たる輸出先は日本を中心とするアジアであろう。

中国については、この主要な市場が日本と予想されることから、ICE TFの見通しの殆どが日本に向けられると想定した。

ソ連についてはICE TFの見通しにある日本向けの数字をそのまま用いた。

南アについては、ICE TF見通しの1/3が日本に向けられると想定した。南ア炭の主要市場はヨーロッパであり、将来も、その状況は変わらないであろう。

以上の見通しをまとめれば、表2.2.3のようになる。これを我が国の必要輸入量と対比してみれば、ほとんど全ての供給国について必要輸入量は輸出可能量を下回っている。もっともオーストラリアについて、1990年前後において必要輸入量が対日供給可能量の下限を下回っていることは注意を要する。

## 2.3 一般炭の供給と利用における制約

海外一般炭の需要が増加していくなかでその供給側、あるいはそれを受け入れて利用する側に、どのような問題点、制約条件があるのか。ここでは両者におけるインフラストラクチャーの整備状況を中心に考察してみたい。

### (1) 産炭国における制約

まず、主要な産炭国における石炭採掘にかかる制度や政策をみると、表2.3.1のとおりであり、主要産炭国

表2.2.1 オーストラリアの一般炭輸出の見通し

(単位:100万トン)

|         | 1980年 | 1985年* | 1990年* |
|---------|-------|--------|--------|
| 日本      | 4.5   | 18-22  | 28-34  |
| その他、アジア | 1.1   | 11-14  | 18-27  |
| 西 欧     | 3.2   | 8-17   | 17-25  |
| そ の 他   | 0.7   | 3-5    | 5-6    |
| 合 計     | 9.5   | 40-58  | 68-92  |

\*は予想。 資料出所:オーストラリア合同炭鉱経営者協会

表2.2.2 産炭国的一般炭輸出量予測

(単位:100万ショートトン)

| 輸出国     | 1985  | 1990  | 2000   |
|---------|-------|-------|--------|
| オーストラリア |       |       |        |
| WOCOL   | 17    | 37    | 75     |
| IEA     | 14    | 36    | 120    |
| ICETF   | 15-20 | 35-40 | 75-120 |
| カナダ     |       |       |        |
| ICETF   | 4     | 4-10  | 4-24   |
| 南アフリカ   |       |       |        |
| 南ア政府    | 48.5  | 60.6  | -      |
| WOCOL   |       |       |        |
| 実現大     | -     | -     | 81-92  |
| 上限      | -     | -     | 122    |
| IEA     | 41.9  | 73.9  | 110    |
| ICETF   | 40-50 | 60-70 | 80-100 |
| ポーランド   |       |       |        |
| ICETF   | 44    | 55    | 55     |
| ソ連      |       |       |        |
| ICETF   |       |       |        |
| 西 欧     | 1-2   | 0-2   | -      |
| 日本      | 0-2   | 1-2   | 4-10   |
| 計       | 1-4   | 1-4   | 4-10   |
| 中國      |       |       |        |
| IEA     | 3     | 5     | 7      |
| ICETF   | 3-5   | 8-12  | 25-35  |

出所:米DOE "Report of the Interagency Coal Export Task Force" 1981年1月

表 2.2.3 海外一般炭の国別輸出可能量

(単位：百万トン)

|         | 1985         | 1990         | 2000         |
|---------|--------------|--------------|--------------|
| オーストラリア | (1)<br>18～22 | (1)<br>28～34 | (2)<br>30～48 |
| アメリカ    | (3)<br>7～10  | (3)<br>10～20 | (3)<br>22～43 |
| カナダ     | (4)<br>3     | (4)<br>7     | (4)<br>16    |
| 中国      | (5)<br>4     | (5)<br>6～10  | (5)<br>20～28 |
| ソ連      | (6)<br>2     | (6)<br>1～2   | (6)<br>4～10  |
| 南ア      | (7)<br>4～5   | (7)<br>6～7   | (7)<br>8～10  |

(注) (1) FINANCIAL TIMES(81-10-3)

(2) ICETFの40%とする。

(3) WOCOLの3分の1とする。

(4) ICETFの3分の2とする。

(5) ICETFの5分の4とする。

(6) ICETFによる。

(7) ICETFの10分の1とする。

表 2.3.1 各産炭国の制度・政策

|      | オーストラリア   | アメリカ                       | カナダ                             | 中国  |
|------|---|----------------------------|---------------------------------|---|
| 鉱業権  | 州政府が支配権を保有<br>鉱山が主管<br>鉱区は州政府がリース<br>探査権・採掘権は公開入札 | 西部は連邦政府・内務省<br>東部は会社あるいは個人 | 州政府が支配権を保有<br>鉱区は州政府がリース        | "国民経済発展10ヶ年計画"<br>"全国科学技術発展計画"による<br>•大型炭鉱の再開発<br>•小型炭鉱の改造と発展<br>•新規開発の推進 |
| 税制   | 連邦税、州税の2本立て<br>輸出税<br>ロイヤリティ                      | 連邦税、州税の2本立て<br>ロイヤリティ      | 連邦税、州税の2本立て<br>輸出税はない<br>ロイヤリティ | •政策の不安定性  |
| 輸送   | 鉄道は州政府が保有   |                            | 鉄道は連邦政府と民間企業の2本立て<br>港湾は州政府の所管  |   |
| 環境規制 | 環境影響調査報告<br>露天掘の現状復旧                              | 露天掘規制法<br>炭鉱衛生安全法          | 環境規制基準は厳しい                      |   |
| 労働力  | 労働力の確保困難<br>ストライキの多発                              | 確保そのものは問題なし<br>質の低下、生産性の低下 |                                 | 不足は考えられない<br>生産性の向上策必要  |

(ここではアメリカ、オーストラリア、カナダ、南アフリカ)の石炭積出し能力の見通しや主要産炭国に対する石炭需要量と港湾積出し能力とを比較すると、表2.3.2、表2.3.3のようになる。これらの前提条件をふまえて、各産炭国のおよび港湾の整備状況について、もう少し詳しく考察してみよう。

表2.3.2 主要産炭国の石炭積出し能力の見通し

(単位:米国、 $10^6$ ショート・トン、その他、 $10^6$ メトリック・トン)

| 国名    | 地区        | 港湾名                | 積出しこの力 |        |         |         |         |         |         |
|-------|-----------|--------------------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
|       |           |                    | 1980   | 1981   | 1982    | 1983    | 1984    | 1985    | 1990    |
| 米国    | 東部        | Hampton Roads      | 54.8   | 54.8   | 59.8    | 64.8    | 84.8    | 84.8    | 84.8    |
|       |           | Baltimore          | 16.6   | 16.6   | 21.6    | 33.6    | 33.6    | 33.6    | 41.1    |
|       |           | Philadelphia       | 2.5    | 2.5    | 2.5     | 9.0     | 9.0     | 9.0     | 9.0     |
|       |           | その他の小計             |        |        |         | 5.0     | 5.0     | 10.0    | 15.0    |
|       |           | 合計                 | 73.9   | 73.9   | 83.9    | 112.4   | 132.4   | 137.4   | 149.9   |
|       | ガルフ       | Mobile             | 5.5    | 7.0    | 10.5    | 10.5    | 10.5    | 10.5    | 10.5    |
|       |           | New Orleans-Davant | 7.0    | 7.0    | 10.0    | 12.0    | 10.0    | 10.0    | 10.0    |
|       |           | その他の小計             | 5.0    | 5.0    | 5.0     | 5.0     | 5.0     | 14.8    | 19.8    |
|       |           | 合計                 | 17.5   | 19.0   | 25.5    | 25.5    | 25.5    | 35.3    | 40.3    |
|       | 西部        | Los Angels         | 1.5    | 1.5    | 3.0     | 3.0     | 3.0     | 3.0     | 13.0    |
|       |           | Long Beach         | 3.0    | 3.0    | 3.0     | 5.0     | 5.0     | 15.0    | 15.0    |
|       |           | その他の小計             | 4.5    | 4.5    | 6.0     | 8.0     | 8.0     | 18.0    | 28.0    |
|       |           | 合計                 | (87.0) | (88.4) | (104.7) | (132.4) | (150.5) | (173.0) | (197.8) |
|       |           |                    | 95.9   | 97.4   | 115.4   | 145.9   | 165.9   | 190.7   | 218.2   |
| 豪州    | ニューカレドニア州 | New Castle         | 15.0   | 15.0   | 15.0    | 30.0    | 30.0    | 45.0    | 60.0    |
|       |           | Port Kembla        | 7.0    | 7.0    | 7.0     | 11.0    | 15.0    | 15.0    | 15.0    |
|       |           | Sydney             | 2.5    | 3.5    | 4.5     | 4.5     | 4.5     | 4.5     | 4.5     |
|       |           | その他の小計             | 24.5   | 25.5   | 26.5    | 45.5    | 49.5    | 64.5    | 79.5    |
|       |           | 合計                 |        |        |         |         |         |         |         |
|       | クイーンズランド州 | Hay Point          | 20.0   | 20.0   | 20.0    | 20.0    | 35.0    | 35.0    | 35.0    |
|       |           | Glad Stone         | 23.0   | 23.0   | 23.0    | 23.0    | 23.0    | 23.0    | 23.0    |
|       |           | Brisbane           | 0.3    | 0.3    | 0.3     | 3.3     | 3.3     | 3.3     | 3.3     |
|       |           | Bowen              |        |        |         |         | 7.0     | 7.0     | 7.0     |
|       |           | その他の小計             | 43.3   | 43.3   | 43.3    | 46.3    | 68.3    | 68.3    | 68.3    |
|       |           | 合計                 | 67.8   | 68.8   | 69.8    | 91.8    | 117.8   | 132.8   | 147.8   |
| カナダ   |           | Roberts Bank       | 10.0   | 10.0   | 12.5    | 15.0    | 22.0    | 27.0    | 27.0    |
|       |           | Neptune Terminal   | 6.0    | 6.0    | 6.0     | 6.0     | 6.0     | 6.0     | 6.0     |
|       |           | Port Moody         | 2.0    | 2.0    | 2.0     | 2.0     | 2.0     | 2.0     | 2.0     |
|       |           | Prince Rupert      |        |        |         |         | 5.0     | 5.0     | 10.0    |
|       |           | 合計                 | 18.0   | 18.0   | 20.5    | 23.0    | 35.0    | 40.0    | 45.0    |
| 南アフリカ |           | Richards Bay       | 26.0   | 26.0   | 26.0    | 26.0    | 26.0    | 44.0    | 65.0    |
|       |           | Durban             | 2.0    | 2.0    | 2.0     | 2.0     | 2.0     | 2.0     | 3.0     |
|       |           | 合計                 | 28.0   | 28.0   | 28.0    | 28.0    | 28.0    | 46.0    | 68.0    |

(注) 米国合計欄( )内はメトリック・ベース。

出所:各種見通し、情報より作成。

表2.3.3 主要産炭国に対する石炭需要量と港湾積出し能力との比較

(単位:  $10^6$  メトリック・トン)

|                 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 需 要 量 (A)       | 150  | 160  | 175  | 190  | 210  | 230  | 330  |
| 積 出 し 能 力 (B)   | 201  | 203  | 223  | 275  | 331  | 392  | 459  |
| 積 出 し 余 力 (B-A) | 51   | 43   | 48   | 85   | 121  | 162  | 129  |

(注1) 主要産炭国とは、米国、豪州、カナダ、南アフリカである。

(注2) 需要量については、各種見通しによる推計。

(注3) 積出し能力については、表2.3.2の総計をとった。

出典: 「国際エネルギー動向分析、1981年11月号」 日本エネルギー経済研究所

#### a. オーストラリア

オーストラリアは一般炭の供給源として、我が国が今後最も大きく依存していかねばならないところであり、オーストラリアもまたその方向にむかって、港湾等のインフラストラクチャーの整備・拡充をはかっているもの問題がないとはいえない。

図2.3.1～図2.3.3はオーストラリアにおける炭田の位置関係、鉄道輸送ルートを示したものであり、図2.3.4は積出港湾の位置関係を示したものである。

オーストラリアにおける山元の供給可能性についてみると、1983～1984年ころより、100～300万トン規模の輸出向け主体の新規プロジェクトが出炭を開始し、さらに1990年に向けての新規プロジェクトが数多く計画されているので、特にとりあげる不安定要素はない、と考えられる。ただし、オーストラリアの場合においては、通例となっているストライキを常に念頭においていた数量設定を勘案しておく必要がある。

一方、積出し港湾についてみると、NSW州のNew Castle港では、1983年春に第2ローダーが拡張され、1,500万トンから3,000万トンとなり、1985年には第3ローダーの新設で、合計4,500万トンに拡大される見込みである。しかし、第2ローダーの拡張が完了するまでは当分、船混み状況がつづくだろう。

Port Kembla港では新バースの完成によって、700万トンの能力が1983年には1,100万トン、1984年以降は1,500万トンに拡張される予定であり、Sydney港では若干の手直しによって350万トンが450万トンに拡張される見込みである。NSW州全体でみると、1981年の2,550万トンが1985年には6,450万トン、1990年には7,950万トンとなるが、現在のタイトな状況は1983年はじめころまでつづく可能性が強いとみられる。

オーストラリアにおける主要港湾の能力を表2.3.4に、拡張・新設計画の概要を表2.3.5に、今後の港湾能力の見通しを表2.3.6-A、Bに、それぞれ示した。また主要港湾の概要を図2.3.5～図2.3.7に併せて示した。

他方、オーストラリアにおける鉄道輸送能力については、QLD州では鉄道建設・増強が鉱山開発と一体化されているため、特に問題はないと考えられるが、NSW州についてもNew Castle地域の複線化、複々線化が終了しており、貨車不足に陥らなければ、輸送力には問題がないと考えられる。ただしNSW州の西部地域および南西部地域については、積出港の選択(Port Kembla, Sydney)、輸送手段、経路などによっては、既存線の大規模な増強、あるいは新線建設などの抜本的な対策をとる必要があるだろう。

#### b. アメリカ

アメリカは石炭の生産・輸出ともに世界第1位であるが、輸出が急増した1980年でも、輸出比率は約11%であり、幅の広い点に特徴がみられる。

表 2.3.4 豪州港湾能力一覧 ('81.2現在)

|                   |                  | Q         |   |         | L                              |          |   | D                               |   |           | H                               |           |   | N           |   |                | S                     |          |   | W                     |   |           | E                        |          |   |           |  |  |
|-------------------|------------------|-----------|---|---------|--------------------------------|----------|---|---------------------------------|---|-----------|---------------------------------|-----------|---|-------------|---|----------------|-----------------------|----------|---|-----------------------|---|-----------|--------------------------|----------|---|-----------|--|--|
|                   |                  | Hay Point |   |         | ( Gladstone )<br>Barney Pointe |          |   | ( Gladstone )<br>Aurkland Point |   |           | ( Gladstone )<br>Clinton Estate |           |   | Port Kembla |   |                | ( Sydney )<br>Balmain |          |   | ( Sydney )<br>Balmain |   |           | 2nd Leader Basin<br>PWCS |          |   | Newcastle |  |  |
| B                 | H                | C         | Q | C       | A                              | T        | D | M                               | G | H         | S                               | G         | H | B           | M | S              | B                     | M        | S | B                     | M | S         | B                        | M        | S | B         |  |  |
| 4                 | 5                |           |   |         |                                |          |   |                                 |   |           |                                 |           |   |             |   |                |                       |          |   |                       |   |           |                          |          |   |           |  |  |
| Channe            | Width            |           |   |         |                                |          |   |                                 |   |           |                                 |           |   |             |   |                |                       |          |   |                       |   |           |                          |          |   |           |  |  |
|                   | Width            | 1.66      |   | 804.2   |                                | out 1.83 |   | in 1.60                         |   |           |                                 |           |   |             |   |                |                       |          |   |                       |   |           |                          |          |   |           |  |  |
|                   | Depth            | 1.22      |   | K1.1.31 |                                | 1.036    |   | 9.8                             |   |           |                                 |           |   |             |   |                |                       |          |   |                       |   |           |                          |          |   |           |  |  |
|                   | Turning<br>Basin |           |   |         |                                |          |   |                                 |   |           |                                 |           |   |             |   |                |                       |          |   |                       |   |           |                          |          |   |           |  |  |
|                   | Depth            |           |   |         |                                |          |   |                                 |   |           |                                 |           |   |             |   |                |                       |          |   |                       |   |           |                          |          |   |           |  |  |
| Berthing<br>Basin | Length x Breadth |           |   |         |                                |          |   |                                 |   |           |                                 |           |   |             |   |                |                       |          |   |                       |   |           |                          |          |   |           |  |  |
|                   | Depth            |           |   |         |                                |          |   |                                 |   |           |                                 |           |   |             |   |                |                       |          |   |                       |   |           |                          |          |   |           |  |  |
| D W T             | 1.20             |           |   | K2      |                                | 3.43×6.1 |   | 3.65×6.1                        |   | 2.60×4.65 |                                 | 2.60×4.65 |   | 3.09        |   | t <sub>1</sub> |                       | 3.30×5.5 |   | 3.05×3.05             |   | 2.59×2.29 |                          | 5.65×4.6 |   | 4.80×5.0  |  |  |
|                   | L O A            | 16.76     |   | 1.707   |                                |          |   |                                 |   |           |                                 |           |   |             |   |                |                       |          |   |                       |   |           |                          |          |   |           |  |  |
|                   | Beam             |           |   |         |                                |          |   |                                 |   |           |                                 |           |   |             |   |                |                       |          |   |                       |   |           |                          |          |   |           |  |  |
|                   | Sailing Draft    |           |   |         |                                |          |   |                                 |   |           |                                 |           |   |             |   |                |                       |          |   |                       |   |           |                          |          |   |           |  |  |
|                   |                  |           |   |         |                                |          |   |                                 |   |           |                                 |           |   |             |   |                |                       |          |   |                       |   |           |                          |          |   |           |  |  |
|                   |                  |           |   |         |                                |          |   |                                 |   |           |                                 |           |   |             |   |                |                       |          |   |                       |   |           |                          |          |   |           |  |  |
| Locality          | Travel Distance  |           |   |         |                                |          |   |                                 |   |           |                                 |           |   |             |   |                |                       |          |   |                       |   |           |                          |          |   |           |  |  |
|                   | Out Reach        |           |   |         |                                |          |   |                                 |   |           |                                 |           |   |             |   |                |                       |          |   |                       |   |           |                          |          |   |           |  |  |
|                   | Clearheight      |           |   |         |                                |          |   |                                 |   |           |                                 |           |   |             |   |                |                       |          |   |                       |   |           |                          |          |   |           |  |  |
| (Ft)              |                  |           |   |         |                                |          |   |                                 |   |           |                                 |           |   |             |   |                |                       |          |   |                       |   |           |                          |          |   |           |  |  |
|                   | 出荷能力             |           |   |         |                                |          |   |                                 |   |           |                                 |           |   |             |   |                |                       |          |   |                       |   |           |                          |          |   |           |  |  |
|                   | (t)              |           |   |         |                                |          |   |                                 |   |           |                                 |           |   |             |   |                |                       |          |   |                       |   |           |                          |          |   |           |  |  |
|                   | r - s' 能力        |           |   |         |                                |          |   |                                 |   |           |                                 |           |   |             |   |                |                       |          |   |                       |   |           |                          |          |   |           |  |  |

表2.3.5 豪州港灣擴張・新設計圖概要

|                |       | #2 Hay Point         |  |  | Abbot Point |  |  | ( Gladstone ) Clinton Estate |  |  | Port Rembla      |  |  | ( Sydney ) Balmain |  |  | ( Newcastle ) 2nd Leaser |  |  | ( Newcastle ) 3rd Leaser |  |  |
|----------------|-------|----------------------|--|--|-------------|--|--|------------------------------|--|--|------------------|--|--|--------------------|--|--|--------------------------|--|--|--------------------------|--|--|
| 港 管            |       | Harbours Corp. ( 州 ) |  |  | 未 定 ( 州 )   |  |  | G H B                        |  |  | M S B            |  |  | M S B              |  |  | P W C S                  |  |  | M S B                    |  |  |
| A ~ D          |       | 向 上                  |  |  | M I M       |  |  | C H B                        |  |  | M S B            |  |  | M S B              |  |  | P W C S                  |  |  | M S B                    |  |  |
|                |       |                      |  |  |             |  |  | ( 現在 )                       |  |  | ( 現在 )           |  |  | ( 現在 )             |  |  | ( 現在 )                   |  |  | ( 現在 )                   |  |  |
| Channal        | Width |                      |  |  |             |  |  | ( 現在 )                       |  |  | ( 現在 )           |  |  | ( 現在 )             |  |  | ( 現在 )                   |  |  | ( 現在 )                   |  |  |
|                | Depth |                      |  |  |             |  |  | out in                       |  |  | out in           |  |  | out in             |  |  | out in                   |  |  | out in                   |  |  |
| Turning Basin  | W     |                      |  |  |             |  |  | 1.63~1.60                    |  |  | N/A              |  |  | 1.63~2.35          |  |  | 1.63~2.35                |  |  | 1.63~2.35                |  |  |
|                | D     |                      |  |  |             |  |  | 1.036~1.011                  |  |  | 1.036~1.011      |  |  | 1.530              |  |  | 1.530                    |  |  | 1.530                    |  |  |
| Berthing Basin | L     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | N/A              |  |  | N/A                |  |  | N/A                      |  |  | N/A                      |  |  |
|                | B     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 9.6              |  |  | 9.6                |  |  | 9.6                      |  |  | 9.6                      |  |  |
| Sailing Draft  | L     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | N/A              |  |  | N/A                |  |  | N/A                      |  |  | N/A                      |  |  |
|                | D     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 3.0~5.5          |  |  | 3.0~5.5            |  |  | 3.0~5.5                  |  |  | 3.0~5.5                  |  |  |
| Beam           | W     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.22             |  |  | 1.22               |  |  | 1.22                     |  |  | 1.22                     |  |  |
|                | T     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.38             |  |  | 1.38               |  |  | 1.38                     |  |  | 1.38                     |  |  |
| Loaders        | L     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 6.0              |  |  | 6.0                |  |  | 6.0                      |  |  | 6.0                      |  |  |
|                | O     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.35 ( 1.50 距切 ) |  |  | 1.35 ( 1.50 距切 )   |  |  | 1.35 ( 1.50 距切 )         |  |  | 1.35 ( 1.50 距切 )         |  |  |
| Cleatheight    | A     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 2.00             |  |  | 2.00               |  |  | 2.00                     |  |  | 2.00                     |  |  |
|                | S     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 3.18             |  |  | 2.80               |  |  | 2.70                     |  |  | 2.67                     |  |  |
|                | B     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 4.8              |  |  | 4.3                |  |  | 4.3                      |  |  | 4.0                      |  |  |
|                | C     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.64+Tide~UKC    |  |  | 1.64+Tide~UKC      |  |  | 1.64+Tide~UKC            |  |  | 1.64+Tide~UKC            |  |  |
|                | H     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 6.600            |  |  | 4.000              |  |  | 4.000                    |  |  | 4.000                    |  |  |
|                | T     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | N/A              |  |  | N/A                |  |  | N/A                      |  |  | N/A                      |  |  |
|                | R     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 3.30             |  |  | 3.30               |  |  | 3.30                     |  |  | 3.30                     |  |  |
|                | E     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 2.60             |  |  | 2.60               |  |  | 2.60                     |  |  | 2.60                     |  |  |
|                | M     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.55             |  |  | 1.55               |  |  | 1.55                     |  |  | 1.55                     |  |  |
|                | G     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.5000           |  |  | 7.000              |  |  | 12.000                   |  |  | 12.000                   |  |  |
|                | F     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 7.00               |  |  | 6.0                      |  |  | 6.0                      |  |  |
|                | V     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | I     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | P     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | W     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | H     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | A     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | S     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | C     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | E     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | M     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | G     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | F     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | V     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | I     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | P     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | W     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | H     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | A     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | S     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | C     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | E     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | M     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | G     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | F     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | V     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | I     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | P     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | W     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | H     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | A     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | S     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | C     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | E     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | M     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | G     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | F     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | V     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | I     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | P     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | W     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | H     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | A     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | S     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | C     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | E     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | M     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | G     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | F     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | V     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | I     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | P     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | W     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | H     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | A     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | S     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | C     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  | 1.500            |  |  | 1.500              |  |  | 1.500                    |  |  | 1.500                    |  |  |
|                | E     |                      |  |  |             |  |  |                              |  |  |                  |  |  |                    |  |  |                          |  |  |                          |  |  |

表 2.3.6-A 豪州港湾能力見通し

1. Q L D

M·M·T

| 港湾名            | '80 | '81 | '82 | '83 | '84 | '85 | '90 | 備考 |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| Hay Point      | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  | 20  |    |
| 第2 Hay Point   |     |     |     |     | 15  | 15  | 15  |    |
| 計              | 20  | 20  | 20  | 20  | 35  | 35  | 35  |    |
| 需 要            | 15  | 16  | 17  | 17  | 24  | 28  | 39  |    |
| バランス           | 5   | 4   | 3   | 3   | 11  | 7   | △ 4 |    |
| (グラッド・ストーン)    |     |     |     |     |     |     |     |    |
| Barney Point   | 8   | 8   | 8   | 8   | 8   | 8   | 8   |    |
| Auchland Point | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   |    |
| Clinton Estate | 10  | 10  | 10  | 10  | 10  | 10  | 10  |    |
| 計              | 23  | 23  | 23  | 23  | 23  | 23  | 23  |    |
| 需 要            | 9   | 11  | 13  | 16  | 13  | 15  | 22  |    |
| バランス           | 14  | 12  | 10  | 7   | 10  | 8   | 1   |    |
| Abbot Point    |     |     |     |     | 7   | 7   | 7   |    |
| 需 要            |     |     |     |     | 2   | 3   | 7   |    |
| バランス           |     |     |     |     | 5   | 4   | —   |    |
| 能 力 計          | 43  | 43  | 43  | 43  | 65  | 65  | 65  |    |
| 需 要 計          | 24  | 17  | 30  | 33  | 39  | 46  | 68  |    |
| バランス           | 19  | 16  | 13  | 10  | 26  | 19  | △ 3 |    |

需要は日豪石炭会議資料による  
('80.4)

表 2.3.6-B

2. N S W

M·M·T

| 港湾名         | '80   | '81   | '82   | '83   | '84    | '85   | '90    | 備考                          |
|-------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-----------------------------|
| Port Kembla | 7     | 7     | 11    | 15    | 15     | 15    | 15     |                             |
| 需 要         | 7     | 7     | 11    | 14    | 14     | 16    | 21     | '82 Aug. 新Berth Stage I. 完成 |
| バランス        | —     | —     | —     | 1     | 1      | △ 1   | △ 6    |                             |
| (シドニー)      |       |       |       |       |        |       |        |                             |
| Balmain     | 2.5   | 3.5   | 4.5   | 4.5   | 4.5    | 4.5   | 4.5    | '81 Aug. 拡張工事終了             |
| 需 要         | 3     | 4     | 4     | 4     | 4      | 4     | 4      |                             |
| バランス        | △ 0.5 | △ 0.5 | 0.5   | 0.5   | 0.5    | 0.5   | 0.5    |                             |
| (ニューキッスル)   |       |       |       |       |        |       |        |                             |
| Basin       | 5.7   | 5.7   | 5.7   | 5.7   | 5.7    | 5.7   | 5.7    | '82. 12. 2nd Loader 拡張工事終了  |
| 2nd Loader  | 9.3   | 9.3   | 9.3   | 14.3  | 14.3   | 14.3  | 14.3   |                             |
| 3rd Loader  |       |       |       |       |        | 15    | 15     | '84. 3rd Loader Stage I. 完成 |
| 計           | 15    | 15    | 15    | 20.0  | 20.0   | 35.0  | 35.0   |                             |
| 需 要         | 15    | 18    | 25    | 29    | 32     | 35    | 45     |                             |
| バランス        | —     | △ 3   | △ 10  | △ 9.0 | △ 12   | —     | △ 10   |                             |
| 能 力 計       | 24.5  | 25.5  | 30.5  | 39.5  | 39.5   | 54.5  | 54.5   |                             |
| 需 要 計       | 25    | 29    | 40    | 47    | 50     | 55    | 70     |                             |
| バランス        | △ 0.5 | △ 3.5 | △ 9.5 | △ 7.5 | △ 10.5 | △ 0.5 | △ 15.5 |                             |

アメリカの一般炭のわが国への供給源としては、新規開発の西部炭しか考えられない。しかし、1988年ごろ、ユタ、アリゾナ州などに石炭火力発電所の新設計画があり、わが国へは品質の悪いものしか残らない恐れもある。したがって、山元の輸出可能量についての不安定要因はほとんどない、とする見方が強いが、発電所新設計画などを見守りながら、数量設定を行なわないと、局的な競合のおこる恐れもあるだろう。

アメリカにおける石炭積出港湾は、西部炭に限れば、既存港としては Los Angeles, Long Beach の 2 港であり、現在の能力は両港で 450 万トンである。

Los Angeles 港では、1982 年に新規貯炭場を確保することによって、150 万トンを 300 万トンに拡充され、1990 年ころまでに新造成地に 1,000 万トン以上の新ターミナルを作る構想はあるが、需要家主導で基地建設を進めることを希望している点にやや問題がある。一方、Long Beach 港では、1982 年末に新しいローダーを設置することによって、300 万トンを 500 万トンに拡充し、さらに 1985 年末に新ターミナル（1,000～1,500 万トン能力、旧ベースを集約する見通し）を建設する計画があり、最終的には 3,000 万トンの能力になる見通しであり、入港可能最大船型は 150 型となるだろう。

こうしたことから、西海岸 2 港の積出能力は 1990 年に 2,800 万トン程度と考えられ、投資が順調にすすめられるならば、1990 年に 4,000～5,000 万トン、1995 年で 8,000 万トン（ただし他の港湾も含めて）までは可能となる。しかし、港湾能力拡張とともに環境問題は両港とも同一条件下にあり、30 項目程の許認可がスムーズに得られるかどうか、また現状の鉄道輸送能力からみて、年間 4,000 万トンくらいが精一杯である、などの問題点がある。

アメリカにおける最大の問題点は内陸輸送とくに鉄道運賃の上昇にあるといえる。アメリカの内陸輸送の現状と見通しを表 2.3.7 に示した。全体の 55～60 % が鉄道輸送されており、今後、ユニット・トレインの導入・整備などにより、さらに比率は高まるものとみられている。西部産炭州と西海岸港湾とは主要幹線で結ばれているが（図 2.3.8 参照）輸送量としては小さいが西部産炭州は今後、対日向一般炭の有力な供給源となりうるエリアであり、港湾・鉄道とも輸送力増強のため、環境問題と内陸輸送コストについて検討されている。特に内陸輸送コストについては東部に比して 40 % 程度高く、FOB 価格の 50 % にもなり、今後の西部炭輸出競争力の最大の問題点となることが予測される。

バージ輸送は全体の約 30 % を運搬しており、特に東部炭のガルフ沿岸への輸送の主力をなしている。しかし西部産炭地域には、バージ輸送に対する適当な河川はない。

表 2.3.7 輸送形態別内訳（WOCOL Report）

|            |           | 運搬量（百万t） |       | 構成比  |      | 平均輸送距離  |         |
|------------|-----------|----------|-------|------|------|---------|---------|
|            |           | 1976     | 2000  | 1976 | 2000 | 1976    | 2000    |
| 鉄道         | 貨車        | 230      | 390   | 34%  | 14%  | 490 マイル | 520 マイル |
|            | ユニット・トレイン | 155      | 1,350 | 23   | 50   | 580     | 990     |
|            | 計         | 385      | 1,740 | 57   | 64   | ~       | ~       |
| バージ        |           | 190      | 460   | 29   | 17   | 650     | 440     |
| トラック       |           | 90       | 230   | 14   | 9    | 50      | 50      |
| スラリーパイプライン |           | ~        | 250   | 0    | 10   | ~       | 980     |
| 合計         |           | 665      | 2,680 | 100  | 100  | 480     | 940     |

スラリーバイブラインは現在ブラックメサバイブラインが稼動中であるが、輸出向に適した位置ではない。年間1,000万トンを取扱うスラリーバイブラインでは、鉄道輸送にくらべて18~27%ほどトータルコストを引き下げることが可能であるといわれており、長期的には競争力を保持しうると考えられ、多くの計画が策定されている。

#### c. カナダ

カナダの炭鉱位置を図2.3.9に、港湾概略を図2.3.10に、BC州北東部鉄道図を図2.3.11にそれぞれ示す。

現在、輸出用石炭はバンクーバー地域にあるロバーツバンク、ネプチューンターミナル、ポートムディーの3港から船積みされ、これら既存の3港の年間石炭船積能力は合計1,800万トンとなっており、その最大入港可能船型はポートムディーの65型の他は120~150型である。ロバーツバンク港では1982年以降段階的に能力アップされ、1985年には現在の1,000万トンが2,700万トンに拡充される見込みである。また、この他、新設港としてPrince Rupertが1984年以降500万トン、1990年には1,000万トンになる見通しである。新港の港湾建設のリードタイムを勘案した山元開発や輸入計画などが大切であろう。なお港湾の積出し能力の見通しを表2.3.8に示した。

表2.3.8 カナダからの積出し能力見通し（昭和55~65年）

(単位: 10,000トン)

|                  | S.55年       | 56          | 57          | 58          | 59          | S.60年       | 61          | 62          | 63          | 64          | S.65年       |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Prince Rupert    | -           | -           | -           | -           | -           | 500~1,000   | 500~1,000   | 500~1,000   | 500~1,000   | 500~1,000   | 1,000       |
| Neptune Terminal | 350         | 350         | 350         | 350         | 350         | 350         | 350         | 350         | 350         | 350         | 350         |
| Port Moody       | 100~150     | 100~150     | 100~150     | 100~150     | 100~150     | 100~150     | 100~150     | 100~150     | 100~150     | 100~150     | 100~150     |
| Roberts Bank     | 1,000       | 1,000       | 1,250       | 1,400       | 1,400       | 1,400~2,700 | 2,700       | 2,700       | 2,700       | 2,700       | 2,700       |
| 合 計              | 1,450~1,500 | 1,450~1,500 | 1,700~1,750 | 1,850~1,900 | 1,850~1,900 | 2,350~4,200 | 3,650~4,200 | 3,650~4,200 | 3,650~4,200 | 3,650~4,200 | 4,150~4,200 |
| 設備能力増 900~2,700  |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| 設備能力増 2,700      |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |

- 注) 1. Prince Rupert港、稼動開始年度は推定で原料炭の出荷が条件となる。  
2. Neptune Terminal の拡張計画値(時期未定)は含まず。

一方、鉄道輸送にはユニット・トレインによる大量輸送方式が採用され、合理化が計られているが、輸送距離が長いため運賃コストは割高となっている。

#### d. 南アフリカ

南アフリカ共和国の炭鉱位置を図2.3.12に示した。南アフリカの石炭輸出量は最近増加しているものの、ほとんど(約70%)がヨーロッパEC諸国向けであり、わが国には原料炭として250万トン(1979年実績)が輸入されただけである。しかし、インフラストラクチャーの拡張方針にもとづき、山元の開発意欲は盛んである。

積出港湾としては主要港であるRichards Bayの拡張計画があり、現在の2,600万トンが1984~1985年に4,400万トンに、1987年に6,500万トンになる見込みである。

また輸出用石炭の内陸輸送はほとんどが鉄道輸送である。単線であるが、ユニット・トレイン方式を採用しており、石炭の年間輸送能力は現在2,600万トン程度で、港の積出し能力に見合っている。

1981年3月

表2.3.9 輪銀ローン対象石炭7プロジェクトの炭鉱状況

| 項目           |              | 販 売 店     | 海 店             | 西 山      | 東 家 門           | 馬 刷            | 駒 城 低           | 四 台 崎    | 備考(合計)                         |
|--------------|--------------|-----------|-----------------|----------|-----------------|----------------|-----------------|----------|--------------------------------|
| 炭 炭位質        |              | 山西省 太原地区  | 山西省 太原地区        | 山西省 太原地区 | 山西省 太原地区        | 山西省 太原地区       | 山西省 太原地区        | 山西省 太原地区 | 山西省 太原地区<br>西北部、大同市より<br>27 Km |
| 炭            | 走向 (km)      | 7.5       | 9.4             | 9.0      | 1.2.7           | 1.8            | 最大 6.5          | 7.2      |                                |
| 灰            | 灰分 (%)       | 5.0       | 5.0             | 7.0      | 1.9~6.2         | 5~1.2          | 最大 8.5          | 14.8     |                                |
| 硫            | 硫分 (%)       | 3.7.5     | 4.7.6           | 6.0.0    | 4.2.2           | 1.2.0          | 3.0.0           | 9.3.0    |                                |
| 可燃           | 灰分 (%)       | 7         | 7               | 8~1.1    | 8               | 8              | 8               | 1.2      |                                |
| 燃灰率 (平均) (m) | 1.4.2.5      | 1.0.2     | 1.4.1           | 1.6.8.4  | 1.4.6           | 1.6.2.7        | 1.6             |          |                                |
| 地熱型灰分 (度トン)  | 5.7.3        | 3.2.0     | 7.7.8           | 5.2.1    | 1.4.6.2         | 3.7.9          | 1.0.6.7         | 51.0     |                                |
| 可燃型灰分        | 3.0.9        | 2.0.0     | 5.4.2           | 3.4.5    | 9.4.0           | 2.4.7          | 5.3.9           | 31.2.3   |                                |
| 炭種 (主要なもの)   | 褐炭 (一般炭)     | ガス炭 (一般炭) | コーカス炭 (原木炭)     | 肥沃 (原木炭) | 肥沃 (原木炭)        | コーカス炭・肥沃 (原木炭) | 弱粘結性炭 (一般炭)     |          |                                |
| 灰            | 灰 分 (%)      | 1.3.7.8   | 1.5.1           | 2.6.5    | 1.5~2.3         | 1.81.0~3.3.5.0 | 1.6.2.8~2.9.1.9 | 1.0      |                                |
| 灰            | 硫黄分 (%)      | 0.5.6~5.0 |                 | 1.1.6    | 0.6.1~3.0.1     | 0.4.0~3.5.4    | 0.4.8~24.9      | 1.2.5    |                                |
| 灰            | 揮発分 (%)      | 3.8~4.4   | 2.8~4.5         | 1.6~2.3  | 31.6.8~34.7.1   | 20.9.0~29.7.7  | 23.0.0~30.0.0   | 30.1.9   |                                |
| 灰            | Y指數 (%)      | 9.~2.0    | 1.1~2.9         | 1.5~2.3  | 2.2~3.6         | 2.4~3.7        | 1.1~4.2         |          |                                |
| 灰            | 熱量 (Kcal/kg) | 6.6.4.7   | 6.3.8.5~7.4.7.1 | 7.6.5.0  | 8.2.0.0~8.4.0.0 | 7.5.0.0        | 7.5.0.0         | 8.0.4.0  |                                |
| 灰            | 灰 分 (%)      | 9.高灰      | 9.前後            | 8.5      | 1月 10; 2月 12    | 8.5            | 9前後             | 5前後      |                                |
| 灰            | 硫黄分 (%)      | 1以下       | 1以下             | 1以下      | 1以下             | 1以下            | 1以下             | 0.3.5    |                                |
| 炭炭産出量(万トン/年) |              | 3.0.0     | 1.5.0           | 3.0.0    | 4.0.0           | 4.0.0          | 4.0.0           | 2.1.0.0  |                                |
| 產出年限         | 7.4年         | 8.8.5年    | 1.3.0年          | 6.0年     | 1.5.7.5年        | 1.1.7年         | 1.3.3.5年        |          |                                |
| 開 坑 構 造      | 立坑           | 立坑        | 横坑, 斜坑          | 立坑       | 立坑, 斜坑          | 斜坑, 立坑         | 斜坑, 立坑          |          |                                |

## e. 中 国

現在、中国炭のわが国への輸入については、日中長期貿易取決め(1978年)により行なわれている。これによると、1982年までの取引量が定められており、1982年は原料炭200万トン、一般炭150~170万トン、合計350~370万トンが見込まれている。1985年における1,000万トン(原料炭+一般炭)については輸出入銀行の融資対象7プロジェクト(表2.3.9参照)がすべて1985年までに出资体制を整えることが困難な状況となつたため、大同地区の小炭鉱を改造・レベルアップして輸出に充当させる予定であるが、開発資金に疑問が残されている。

このようにわが国の経済協力(技術およびプラント、建設用資材などの輸出)、中国自体の経済計画などと大きな関連をもつてゐるため、予測や計画のむつかしさがつきまとつてくる。たとえば、炭鉱開発やインフラストラクチャーなどがタイミングよく整備・開発されることが望まれるが、資金的な問題から遅れる懸念が多分にある。

中国の円借款プロジェクトの概要を表2.3.10に、対日中国炭受渡港湾関係の概要を表2.3.11に、対日石炭供給の鉄道輸送関係を表2.3.12にまとめた。また、中国炭プロジェクトの輸送ルート概要を図2.3.13、秦皇島港の概略を図2.3.14、連雲港の概略を図2.3.15にそれぞれ示した。さらに石炭開発に関する協力関係や輸出対象炭鉱の概況を図2.3.16、表2.3.13に示した。

秦皇島新港の建設により、1983年からは1,000万トンに増強され、第2期工事で1985年末にはさらに2,000万トンに拡張される見込みである。そうなると既存港(1,400万トン)とあわせて4,000万トン以上の積出し能力

表2.3.10. 円借款プロジェクトの概要

|                | 石炭所産地  | 兎州・石田所鉄道建設  | 北京・秦皇岛資源開拓  | 呉州・蘇州・蘇通鐵道(大通山トンネル)   | 寧波港並充   | 五洋電水力開拓   |
|----------------|--|---|---|---|---|---|
| 事業内容           | Phase I → 1.0万t/a、2.5万t/a精炭化炉、石炭基盤の石炭化炉<br>Phase II → 1.0万t/a精炭化炉、石炭化炉の石炭化炉<br>Phase III → 石炭化炉              | Phase I → 兔州・秦皇閣の新設<br>(木本・電気)<br>Phase II → 兔州・石田所の新設<br>(木本・電気)<br>Phase III → 兔州・秦皇閣の新設<br>(木本・電気) | Phase I → 新路開拓、秦皇閣間に<br>の新路(1段階)建設<br>Phase II → 兔州・秦皇閣間に<br>石炭搬送路の複線化<br>Phase III → 北京・山西間の<br>電化及び北京ターミナル場<br>の電化複線化 | 1.1路山トンネル(14.3Km)<br>の建設<br>新路(1段階)建設   | 5万t/a石炭バース2基及び<br>新港設備(信函港等)  | テルセミ(高さ10.4m、長<br>さ18.5m)<br>発電所(3,000~3,500MW<br>×5基)<br>送電線(2ルート、650Km,<br>500kV)<br>航行路数 |
| 事業の背景<br>(目 的) | Phase I → 山東省兎州、山西<br>石炭又は精炭の石炭<br>(150万t/a)精炭化炉<br>建設<br>Phase II → 包頭、太原等を調<br>査所用の粗炭石輸入(500<br>万t/a)のための港 | 兎州地区及び山西地区等に開<br>出する石炭を主として輸送す<br>るための兎州・石田所の<br>3.0.0 Km)Km、山西精炭化<br>の鉄道を建設する                        | 山西地区にある北泉・廣州開<br>拓新路建設、複線化の鉄道を<br>建設し華北・東北の輸送力の<br>強化を図ると共に、山西山西<br>省大同等より運出する石炭の<br>輸送を図らんとする                          | 主要幹線である北泉・廣州開<br>拓新路建設、複線化の鉄道を<br>建設し華北・東北の輸送力の<br>強化の一環として北泉・蘇嘉<br>門の長大トンネルを建設し即<br>座に複線化を図る | 新増する開拓地区的電力需要<br>をみたす(17.8年需賀147<br>万kW→10.5年310万<br>kW→9.0年490万kW) |   |
| 実施主体           | 又 泊 鋼<br>(設計…第一精炭工場設計<br>院他<br>施工…第一、第二<br>工程局他)   | 新 泊 鋼<br>(設計…第四綜合設計院<br>施工…中鐵建設施工公司)  | 新 泊 鋼<br>(設計…第三綜合設計院<br>施工…第五綜合施工局)   | 新 泊 鋼<br>(設計…第一精炭工場設計<br>院他<br>施工…第一、第二<br>工程局他)  | 文 泊 鋼<br>(設計…中鐵建設設計<br>院他<br>施工…第五<br>工程局)                          | 電力工業部<br>(設計…中鐵建設設計<br>院他…第八工程局)  |

表 2.3.11 對日、中國炭受渡港灣關係概要一覽表

日本政府開存行、合併行の申聞報告

表 2.3.12. 対日石炭供給鉄道輸送関係一覽表

| 銘柄         | 主要経由駅名                  | 鉄道路線名     | 輸送状況  |                              | 輸出港 |      | 山元～輸出港<br>鉄道、距離 |
|------------|-------------------------|-----------|-------|------------------------------|-----|------|-----------------|
|            |                         |           | 現状    | 計画                           | 現状  | 計画   |                 |
| 大同炭<br>開灤炭 | ( 大同 ) - 北京 - 天津 - 秦皇島  | 京包線、京哈線   | 単線    | ※第1期；狼窩舖、秦皇島間の新設（複線）建設：122km | 秦皇島 | 秦皇島  | 秦皇島             |
|            |                         |           |       | ※第2期；双橋、狼窩舗間既存単線の複線化拡張：150km | 新港  | 灤州   | 126km           |
|            |                         |           |       | ※第3期；全線の電化（86年完）             |     | 大同炭  | 780km           |
| 襄庄炭        | 襄庄 - 襄城 - 徐州 - 連雲港      | 薛趙、京滻、瀘海線 | 単線    | 複線（時期未定）                     | 連雲港 | 石臼所港 | 連雲港 322km       |
| 淮北炭        | 淮北 - 徐州 - 連雲港           | 符夾、瀘海線    | 単線    | " "                          | 連雲港 | 石臼所港 | 石臼所港 528km      |
| 古交炭        | 古交 - 太原 - 德州 - 兖州 - 石臼所 | 嵐、石太線、新線  | 単線、複線 | 複線、単線                        | ナシ  | 石臼所港 | " 1,038km       |
| 兗州炭        | 兗州 - 石臼所                |           |       | ※第1期；兗州 - 臨沂間 新線建設<br>173km  | ナシ  | 石臼所港 | " 303km         |
|            |                         |           |       | ※第2期；臨 - 石臼所 130km           |     |      |                 |

※ 円借款プロジェクト

資料：中国経済便覧 1980年版  
中国鐵道旅客列車時刻表 1980年10月

雁北地区・大同市地方炭鉱における輸出対象 10 万鉱の概況

表 2.3.14 中国からの積出し能力見通し(昭和 55 ~ 65 年)

(単位 : 10,000 トン)

|            | S.<br>55年 | 56    | 57    | 58    | 59    | S.<br>60年 | 61    | 62    | 63    | 64    | S.<br>65年 |
|------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| 秦皇島(164~9) | 1,150     | 1,300 | 1,300 | 1,300 | 1,300 | 1,300     | 1,300 | 1,300 | 1,300 | 1,300 | 1,300     |
| "(新バース)    | -         | -     | -     | 1,000 | 3,000 | 3,000     | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000     |
| 石臼所港       | -         | -     | -     | -     | -     | *750      | 1,500 | 1,500 | 1,500 | 1,500 | 1,500     |
| 連雲港        | 400       | 400   | 400   | 400   | 400   | 400       | 400   | 400   | 400   | 400   | 400       |
| 合計         | 1,550     | 1,700 | 1,700 | 2,700 | 2,700 | 5,450     | 6,200 | 6,200 | 6,200 | 6,200 | 6,200     |

注) \*印 稼動開始を 7 月として計算。

となる。また、石臼所港の新設が 1986 年ごろには使用可能と予測されておりこれらを勘案して今後の見通しをみると表 2.3.14 のようになる。

一方、中国の場合陸上輸送、特に鉄道の整備が最大のポイントとなるものと考えられ、現在新線や在来線の複線化などの計画がすすめられている。

以上、個々にみてきたように、全般的な基調としては、山元供給力、インフラストラクチャー整備とともに、1983 ~ 1984 年にかけて整備されて供給面に好結果をもたらすものと考えられるが、供給国における政治動向、経済運営、ストライキ、環境問題などの問題点をそれぞれの国がかかえているという不安定要因が完全に消えた訳ではなく、やはり長期的な需給計画のなかにも、ある程度のバッファやゆとりをもつことが必要であろう。

## (2) 一般炭利用における制約

一般炭供給国におけるインフラストラクチャーの問題点をみたが、積出港からは外航船によって電力会社などに直送されたり、コールセンターを経由して内航船、貨車、トラックなどによって最終消費者へ輸送されることとなる。そこでここでは一連の国内石炭物流においてどのような問題点・考慮すべき点が顕在、潜在しているかということを外航輸送、コールセンター、内航 2 次輸送という 3 つの側面から考察してみる。

### a. 外航輸送

外航船舶による 1 次輸送に関して、海外炭輸送問題研究会は、今後、一般炭の輸入量の拡大に伴い、新たに外航船舶の確保が必要となるが、我が国への安定輸送を確保する観点からは、特に以下のようない意義を有する日本船の整備をすすめることが重要であると指摘している。

イ. 日本船は、荷主との間で長期の積荷保証契約により変動の激しい海運市況の影響を受けずに安定した輸送サービスを提供することができる。

ロ. 海上運賃は貿易条件の重要な要素であり、一定量の日本船を保有しておくことは、バーゲニングパワーとして重要である。

ハ. 積荷量、港湾事情等に応じた適格船を、必要に応じて用船市場に見出すことは困難であり、これらに対応した船種、船型の船舶を確保し、その運航を適正に行うことができる日本船は重要な意義を有している。

ニ. 外航船舶は、世界の局地的紛争により大きく影響を受け易く、紛争当時国による船舶の徴用、海峡封鎖等により世界的に船腹需給がひっ迫した場合に、船舶が調達できなかったり、調達できても高い運賃等を支払わざるを得なくなる。外国籍船は、船籍国等の事情により左右される恐れがあり、海外炭輸送を過度に外国籍船に依存することは危険であり、緊急事態において、我が国の経済社会に混乱を招かない程度に常時一定の日本船

表2.3.15 海外炭輸入港湾の将来計画

| 港<br>湾<br>用<br>途           | 既<br>設  | 建設中                          |                                |                               | 計                     |                       | 画面(※)                 |                       | 概<br>想(※)             |                       |
|----------------------------|---|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                            |   | 新規                           | 拡充                             | 新規                            | 拡充                    | 新規                    | 拡充                    | 新規                    | 拡充                    | 新規                    |
| 公<br>共<br>埠<br>頭<br>利<br>用 | 室蘭(祝津A), 直江津<br>伏木富山(富山), 八戸<br>小名浜(2,3号埠頭), 東京<br>名古屋(10号地), 大阪<br>宇都(芝中), 北九州(轟離)<br>〔計10港〕 | 函館市(霞ヶ浦A)<br>姫川<br>八戸<br>大船渡 | 小名浜(7号埠頭)<br>釧路<br>大船渡         | 室蘭(祝津B)<br>四日市(霞ヶ浦B)          | 新規<br>規               | 新規<br>規               | 新規<br>規               | 新規<br>規               | 新規<br>規               | 新規<br>規               |
| 一<br>般<br>埠<br>頭<br>利<br>用 | 福山(鋼管), 川崎<br>徳山下松, 宇部(沖の山)<br>北九州(安瀬), 三池<br>〔計6港(1港)〕                                       | 苦小牧<br>〔計1港〕                 | 〔計2港〕                          | 〔計3港(2港)〕                     | 〔計2港〕                 | 〔計2港〕                 | 〔計2港(2港)〕             | 〔計2港(2港)〕             | 〔計2港(2港)〕             | 〔計2港(2港)〕             |
| 電<br>力                     | 松島<br>〔計1港(1港)〕   | 能代<br>相馬<br>竹原<br>〔計3港(3港)〕  | 三隅(仮称)<br>新港(長崎原)<br>〔計2港(2港)〕 | 新居浜<br>酒田<br>金武湾<br>〔計3港(1港)〕 | 新居浜(新湊B)<br>〔計3港(1港)〕 | 新居浜(新湊B)<br>〔計3港(1港)〕 | 新居浜(新湊B)<br>〔計3港(1港)〕 | 新居浜(新湊B)<br>〔計3港(1港)〕 | 新居浜(新湊B)<br>〔計3港(1港)〕 | 新居浜(新湊B)<br>〔計3港(1港)〕 |

注)-1. 既設の港湾は、昭和55年における海外一般炭取扱量が10万トン以上のものと昭和56年から稼働している室蘭港である。

(※) 確定していないものを含む。

出典; 港湾局資料。

表 2.3.16 公共埠頭を利用した海外一般炭輸入港湾の現況と将来計画

| 港<br>名              | 現<br>況<br>(昭和55年未) |                     |         | 計<br>画        |            |          | 構<br>想        |            |       | 備<br>考        |
|---------------------|--------------------|---------------------|---------|---------------|------------|----------|---------------|------------|-------|---------------|
|                     | バ<br>ス<br>(b)      | S.55年取扱量<br>(万トン/年) | バース整備方式 | バ<br>ス<br>(b) | 取扱量<br>(B) | 稼働予定年    | バ<br>ス<br>(b) | 取扱量<br>(B) | 稼働予定年 |               |
| 室<br>蘭              |                    |                     |         | (-10m×1b)     | (B)        | S 5.6    |               |            |       | *既設バース        |
| 小<br>名<br>浜         | -9~10m×4b          | 28                  |         | -14m×1b       | B          | S 6.0    | 物資別専門埠頭       |            |       | *既設バース        |
| 四<br>日<br>市         | -10m×1b            | 2                   |         | (-13m×2b)     | B          | S 5.9    | 物資別専門埠頭       |            |       | *既設バース        |
|                     |                    |                     |         | -14m×2b       | B          | S 6.5    |               |            |       | *S 56.3 港湾計画  |
|                     |                    |                     |         | (-12m×1b)     | (B)        | S 5.7    |               |            |       | *既設バース・暫定使用   |
|                     |                    |                     |         | -14m×1b       | B          | S 6.0    | 物資別専門埠頭       |            |       | *57年度 予算要求中   |
| (以上、6万D/W級船舶入港可能港湾) |                    |                     |         |               |            |          |               |            |       |               |
| 釧<br>路              | -7.5m×1b           | 2                   | 物資別専門埠頭 | -12m×1b       | B          | S 6.0    |               |            |       |               |
| 江<br>直<br>姫         | -13m×1b            | 1.5                 |         | -9m×1b        |            |          |               |            |       |               |
| 川<br>伏<br>木         | -7.5m×1b           | 7                   |         |               | B          | S 5.9~60 |               |            |       |               |
| 山<br>留<br>木         | -10m×2b            |                     |         |               |            |          |               |            |       |               |
| 敷<br>八              | -12m×1b            |                     |         |               |            |          |               |            |       |               |
| 賀<br>戸              | -9.5m×1b           | 1.6                 |         |               |            |          |               |            |       |               |
| 船<br>渡              | -13m×1b            | 6                   | 物資別専門埠頭 | -10m×1b       | B          | S 6.5~   |               |            |       | *S 55.11 港湾計画 |
| 東<br>京              | -10m×4b            |                     |         |               |            |          |               |            |       |               |
| 名<br>古<br>屋         | -9m×2b             | 1.6                 |         |               |            |          |               |            |       |               |
| 大<br>阪              | -7~8m×2b           | 5                   |         |               |            |          |               |            |       |               |
| 北<br>九<br>州         | -9m×3b             | 20                  |         |               |            |          |               |            |       |               |
|                     | -10m×2b            | 1.1                 |         |               |            |          |               |            |       |               |
|                     | -10m×2b            | 3.1                 | 物資別専門埠頭 | -10m×1b       | B          | S 6.0    |               |            |       |               |
|                     | -10m×2b            | 9.7                 |         |               |            |          |               |            |       |               |
|                     | -10m×1b            | 1.9                 |         |               |            |          |               |            |       |               |

注)-1. 昭和55年における海外一般炭取扱量が10万トン以上、又は将来港湾管理者が海外一般炭の取扱いを計画している港湾を記載した。

2. 計画・構想バース欄の( )印は既設バースを利用した計画を示す。

3. 計画・構想取扱量欄の記号は、Aが300万トン以上、Bが300万トン未満を示す(以下同じ)。

出典：港湾局資料

表2.3.17 専用埠頭を利用した海外一般炭輸入港湾の現況と将来計画

| 港名                  | 運営者            | 現況(昭和55年末) |                     | 計画       |      | 構想                                 |                                       |
|---------------------|----------------|------------|---------------------|----------|------|------------------------------------|---------------------------------------|
|                     |                | ベース(b)     | S.55年取扱量<br>(万トン/年) | ベース(b)   | 取扱量  | 稼働予定年                              | 備考                                    |
| 苫小牧                 | 苫東コールセントナー(予定) |            | -1.4m×1b            | A        | S 58 | • バースは苫東開発㈱が整備し、苫東コールセントナーに貸与する予定。 |                                       |
| 福井                  | NKコールセントナー     | -1.7m×2b   | 130                 | A        | S 58 | • バースは日本鋼管が所有し、NKコールセントナーに貸与。      |                                       |
| 千葉                  | 光興産            | -1.1m×1b   | 33                  | -1.4m×1b | B    | S 60                               | • 構想                                  |
| 千字                  | 出光興産           | -1.1m×1b   | 33                  | -1.5m×2b | A    | S 60                               | • 構想                                  |
| 千嶺                  | 九州電力           |            |                     | -1.9m×1b | A    | S 63                               | • 構想                                  |
| (以上、6万D/W級船舶入港可能港湾) |                |            |                     |          |      |                                    |                                       |
| 川崎                  | 東洋埠頭           | -1.2m×2b   | 19                  |          | B    |                                    |                                       |
| 三井                  | 埠頭             | -1.0m×2b   | 10                  |          |      |                                    |                                       |
| 徳山                  | 三井埠頭           | -1.0m×1b   | 19                  |          |      |                                    |                                       |
| 北九                  | 九州             | -1.3m×2b   | 67                  | -1.3m×1b | A    | S 59                               | • バースは三井鉱山コードが所有し、三井西日本埠頭に貸与。         |
| 三池                  | 三井鉱山コード        | -1.0m×2b   | 34                  |          |      |                                    | • 当面は三井鉱山コード所有地を利用、将来は隣接地にヤードを増設する予定。 |
| 北九                  | 九州             | 電源開発       |                     |          | 未定   | 未定                                 | • 構想                                  |

注) - 1. 昭和55年ににおける海外一般炭取扱量が10万トン以上、又は将来海外一般炭の取扱いを計画している港湾を記載した。  
出所; 港湾局資料

表 2.3.18 電力用途の海外一般炭輸入港湾の現況と将来計画

| 港名                  | 現況 (昭和 55 年末) |                      | 計       |     |       | 備考   |            |
|---------------------|---------------|----------------------|---------|-----|-------|--|------------|
|                     | バース (b)       | S.55 年取扱量<br>(万トン/年) | バース (b) | 取扱量 | 稼働予定年 | 需要家  | 構想         |
| 能代馬相                |               |                      | -14m×2b | A   | S 62  | 東北電力 (能代火力 60 万 KW × 3 基)                          | ・建設中       |
| 竹原                  |               |                      | -14m×2b | A   | S 64  | 東北・東京電力 (相馬火力 100 万 KW × 2 基)                      | ・建設中       |
| 三隅 (飯隅)             |               |                      | -14m×1b | B   | S 58  | 電源開発 (竹原火力 70 万 KW)                                | ・建設中       |
| 新潟港 (長崎県)           |               |                      | -14m×1b | B   | S 64  | 中国電力 (三隅火力 70 万 KW × 2 基)                          | ・57年度予算要求中 |
| 松島                  |               | 50                   | -17m×2b | A   | S 60  | 九州電力 (松浦火力 70 万 KW × 2 基)<br>(松浦火力 100 万 KW × 2 基) |            |
| 伏木富山                |               |                      |         | B   | S 59  | 電源開発 (松島火力 50 万 KW × 2 基)                          | ・既設        |
| 新居浜                 |               |                      | -14m×1b | B   | S 60  | 富山共同火力 (20 万 KW × 2 基)                             | ・構想        |
|                     |               |                      | -14m×1b | B   | S 60  | 住友共同電力 (新居浜新東火力 18.5 万 KW)                         | ・構想        |
| (以上、6万D/W級船舶入港可能港湾) |               |                      |         |     |       |  |            |
| 酒田                  |               |                      | -13m×1b | B   | S 59  | 酒田共同火力 (35 万 KW × 2 基)                             | ・構想        |
| 金武湾                 |               |                      | -11m×1b | B   | S 61  | 電源開発 (石川火力 15.6 万 KW × 2 基)                        | ・構想        |

出典: 港湾局資料

表2.3.19 コールセントタ-計画概要

55 (2) 現在

（出所）厚生労働省

表 2.3.20 石炭の輸送機関別・品目別輸送量推移

| 区分<br>輸送機関<br>年度 | 輸送トン数(千トン) |                  |                  |                  | 輸送トンキロ(百万トンキロ) |                 |              |                  |
|------------------|------------|------------------|------------------|------------------|----------------|-----------------|--------------|------------------|
|                  | 総輸送量       | 鉄道               | 自動車              | 内航海運             | 総輸送量           | 鉄道              | 自動車          | 内航海運             |
| 42 年度            | 116,676    | 46,914<br>(40.2) | 35,164<br>(30.1) | 34,598<br>(29.7) | 30,356         | 3,406<br>(11.2) | 359<br>(1.2) | 26,591<br>(87.6) |
| 44 "             | 116,150    | 37,021<br>(31.9) | 46,939<br>(40.4) | 32,190<br>(27.7) | 27,003         | 2,646<br>(9.8)  | 649<br>(2.4) | 23,708<br>(87.8) |
| 46 "             | 69,707     | 27,148<br>(38.9) | 21,740<br>(31.2) | 20,819<br>(29.9) | 19,309         | 1,795<br>(9.3)  | 428<br>(2.2) | 17,086<br>(88.5) |
| 48 "             | 49,236     | 16,087<br>(32.7) | 18,464<br>(37.5) | 14,685<br>(29.8) | 14,823         | 1,062<br>(7.2)  | 296<br>(2.0) | 13,465<br>(90.8) |
| 49 "             | 42,699     | 13,364<br>(31.3) | 13,104<br>(30.7) | 16,231<br>(38.0) | 15,739         | 938<br>(6.0)    | 329<br>(2.1) | 14,472<br>(91.9) |
| 50 "             | 32,307     | 10,372<br>(32.1) | 8,492<br>(26.3)  | 13,443<br>(41.6) | 12,068         | 759<br>(6.3)    | 226<br>(1.9) | 11,083<br>(91.8) |
| 51 "             | 32,142     | 10,497<br>(32.7) | 9,351<br>(29.1)  | 12,294<br>(38.2) | 11,071         | 749<br>(6.8)    | 374<br>(3.4) | 9,948<br>(89.8)  |
| 52 "             | 38,437     | 9,700<br>(25.2)  | 13,572<br>(35.2) | 15,165<br>(39.5) | 13,789         | 654<br>(4.8)    | 102<br>(0.7) | 13,033<br>(94.5) |
| 53 "             | 36,198     | 9,395<br>(26.0)  | 14,639<br>(40.4) | 12,164<br>(33.6) | 10,312         | 602<br>(5.8)    | 274<br>(2.7) | 9,436<br>(91.5)  |
| 54 "             | 38,698     | 9,414<br>(24.3)  | 15,969<br>(41.3) | 13,315<br>(34.4) | 11,105         | 603<br>(5.4)    | 279<br>(2.5) | 10,223<br>(92.1) |
| 55 "             | 48,553     | 9,992<br>(20.6)  | 22,721<br>(46.8) | 15,840<br>(32.6) | 13,466         | 593<br>(4.4)    | 476<br>(3.5) | 12,397<br>(92.1) |

出所：「陸運統計要覧」（運輸省）より作成

(注) ( )内は各年度、各輸送機関の輸送シェア

を確保しておく必要がある。

ホ、日本人船員は操船、貨物取り扱い技能が優秀である等により、日本船の事故率は低く、環境保全、安全確保の上でも日本船は大きな意義を有している。

一方、これらの外航石炭輸送船を受け入れる、わが国の海外一般炭輸入港湾は、現在40港（公共埠頭が33港、専用埠頭が15港）であり、また今後の海外一般炭の輸入量増加に対しては、表2.3.15にもあるように、建設、あるいは計画が進められている。なお、若干重複する部分もあるが各個別港湾についての将来計画を表2.3.16～表2.3.18に示す。

#### b. コールセンター

海外一般炭の需要が増加することに伴い、最終消費者の小口化や内陸立地の問題、又これら一般炭の効率的輸送の観点などからコールセンターの必要性・重要性が認識され全国各地でコールセンターが稼動・建設・計画されている。表2.3.19は稼動中のものをはじめ計画中のものも含めたコールセンター計画の概要をまとめたものである。

今後のコールセンター整備にあたっては、建設費ができるだけ低く抑制できるような場所、2次や3次の輸送が比較的少くすることが可能な場所、ある程度の利用量がまとまりやすいような場所など、建設・運営サイドと利用者サイドのニーズが理想的な形でマッチし、最適システムを形成できるよう十分な検討が必要であろう。

#### c. 内航2次輸送

石炭は撤物貨物の特性から内航海運への依存度が相当高くなっています。たとえば表2.3.20にみると、昭和55年度では輸送トン数では約3.3%と自動車より少ないがトンキロでは約9.2%と圧倒的に多い。

内航海運はエネルギー効率に優れ、更に単位輸送量当たりの労働力が少なく、国土空間の利用上の制約や環境保全の面での問題も少ないと見込まれます。将来とも産業基礎物資の輸送を担うに適した輸送機関であると考えられ、一般炭2次輸送についても中心的役割を果すものと予想されます。内航2次輸送船の整備に当っては、将来需要を適格に把握し、需要に対応した最適船型の選定を行うことはもちろん、現在の国内炭輸送の専用船隊の将来の需給見通し、内航貨物船の過剰船腹状況即ち、輸送需要不足の現状等にも留意しつつ進めていく必要がある。

また、多額の建造資金の確保については船舶整備公團による共有建造方式等の助成制度の積極的な活用を図る必要がある。

以上、外航輸送、コールセンター、内航2次輸送などの現況と考慮すべき点、問題点をみてきたが、海外一般炭の受入れ国としてコールチェーンの機能を整備・強化する必要が急がれねばならない。受入れ国のコールチェーン整備を外航船舶による外航輸送から利用者の工場までと考えるなら、莫大な資金が必要であるが、いずれも国の側面的な支援がコールチェーン全体を通して有機的に行なわれることも必要であろう。受入国としてのコールチェーン整備は単に一般炭輸入という次元にとらわれず、わが国経済全体の発展のために、また石炭供給国からもわが国に対しては安心して輸出できる、という両当事国にとっての経済安全保障という意味からも確実に整備・強化されていかねばならないだろう。

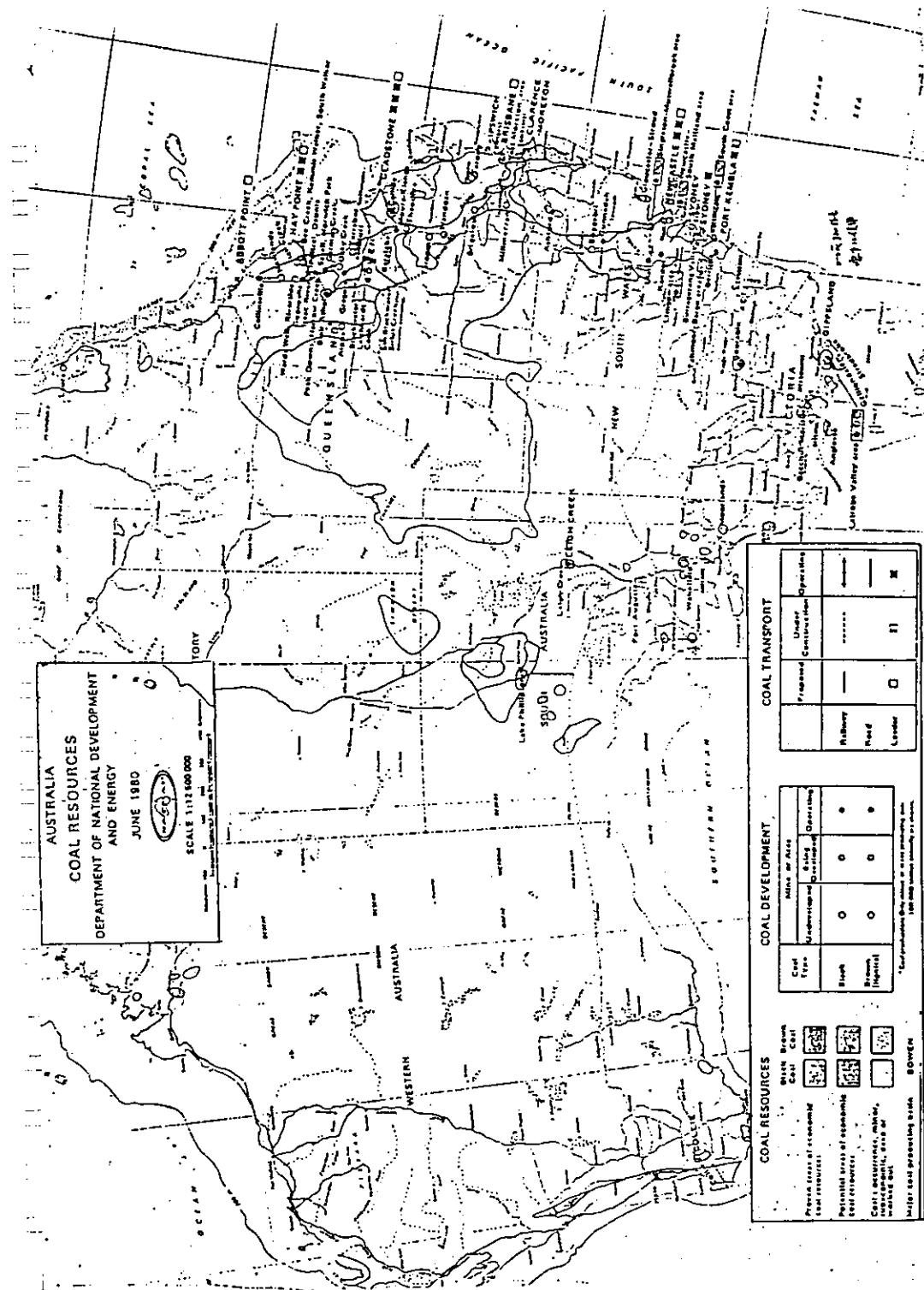


FIG. 2.3.1 AUSTRALIA COAL RESOURCES

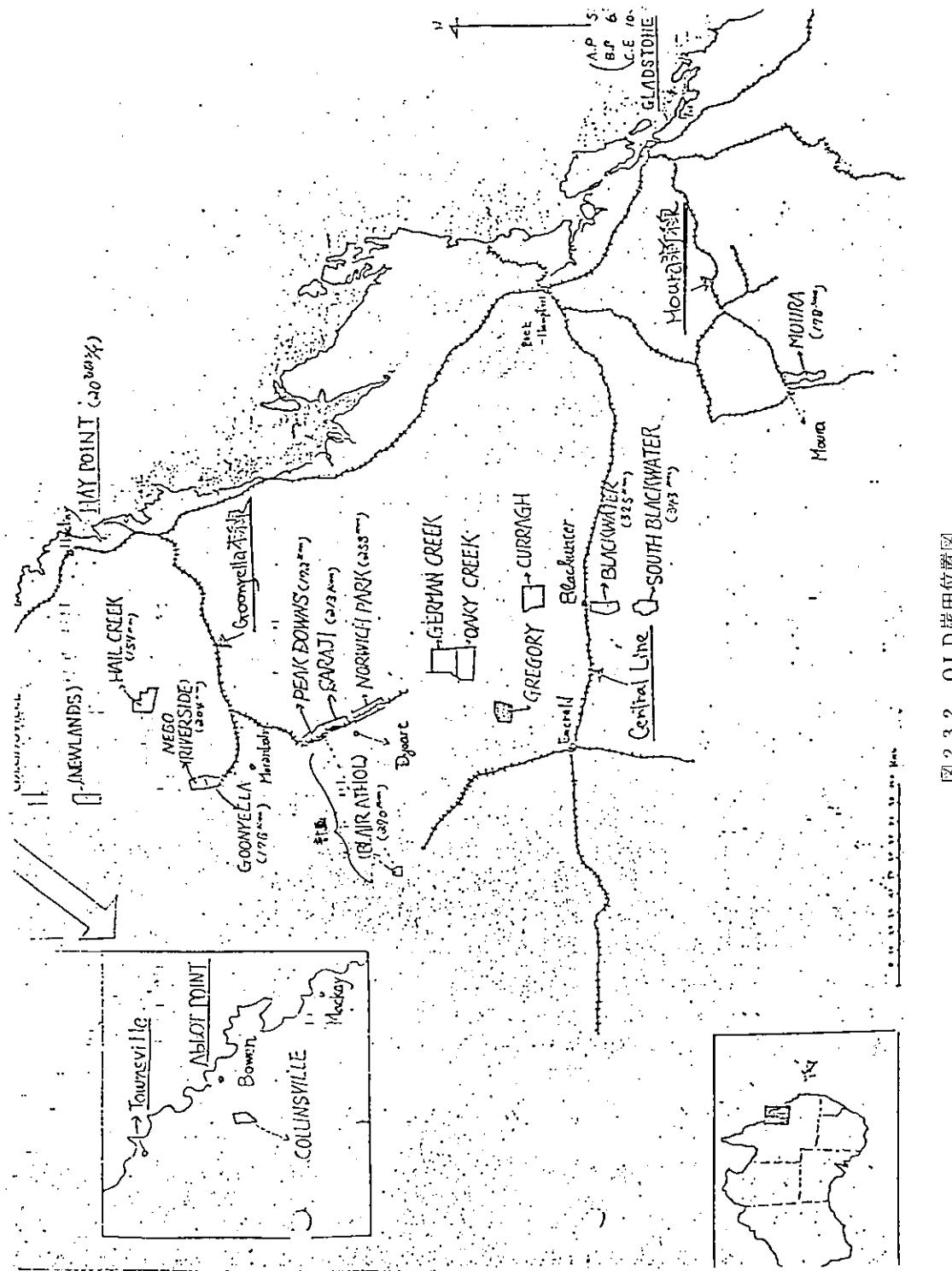


图 2.3.2 QLD 煤田位置图

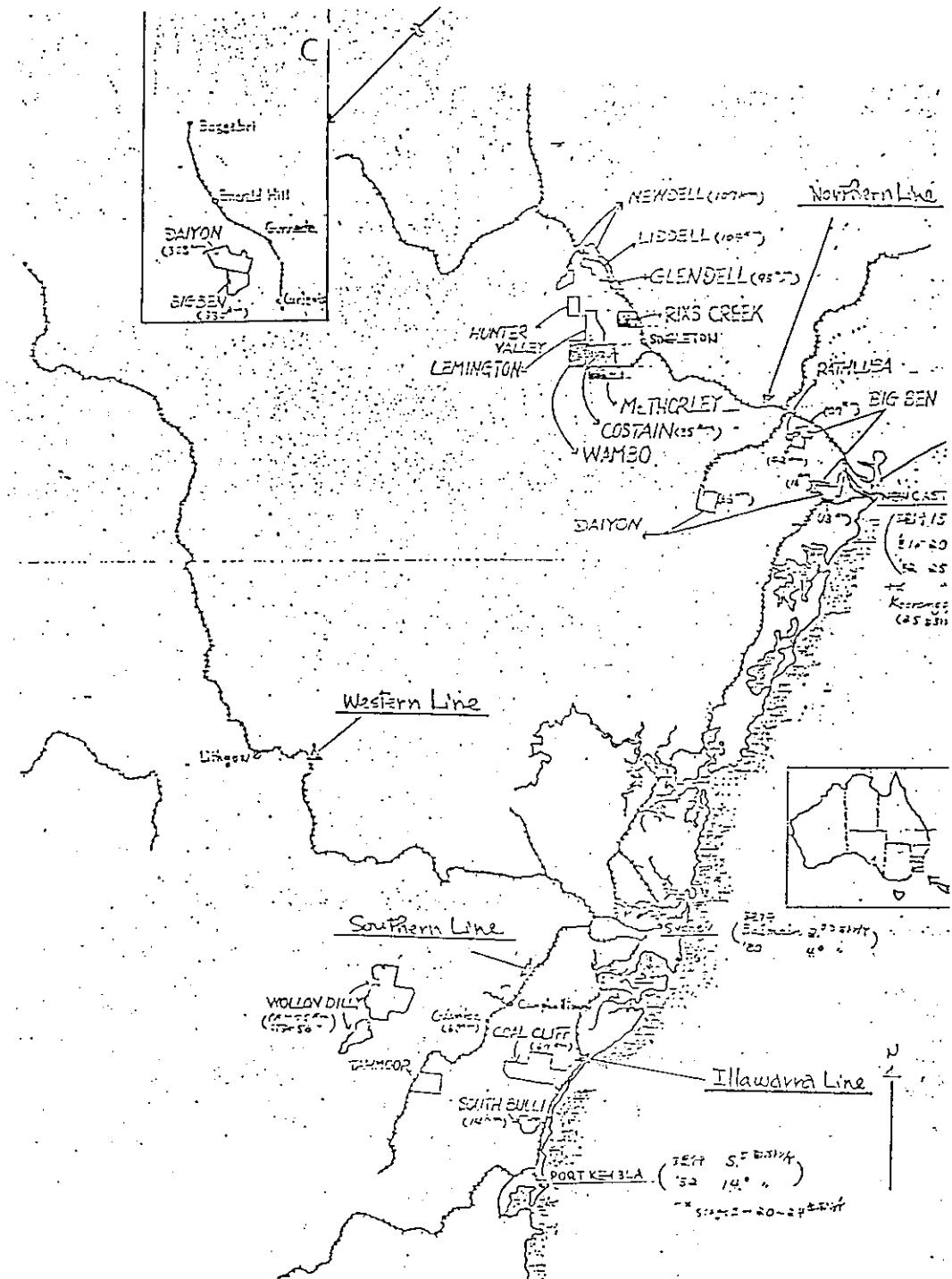


図 2.3.3 NSW炭田位置図

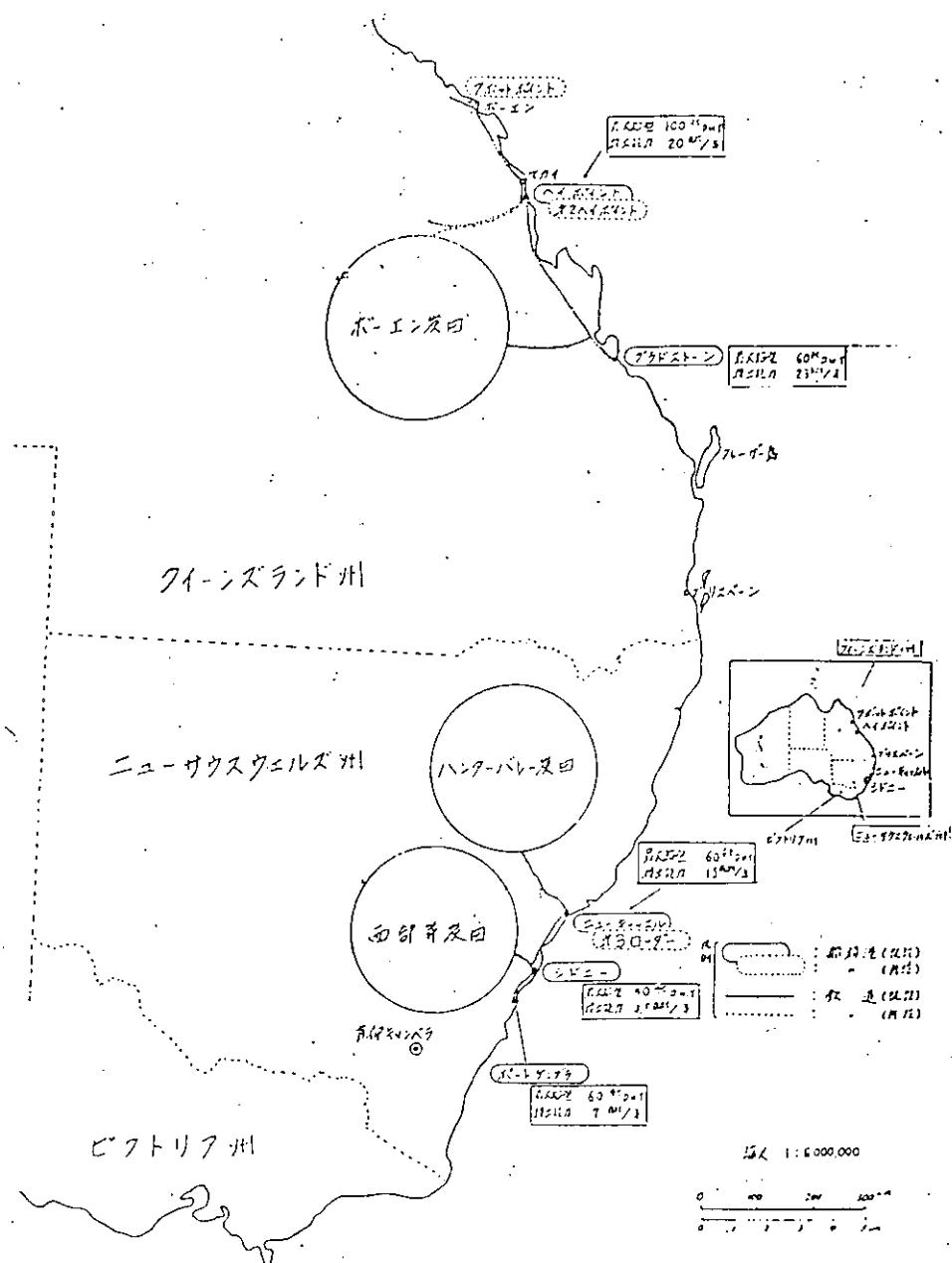


図 2.3.4 豪州炭の積出港概要

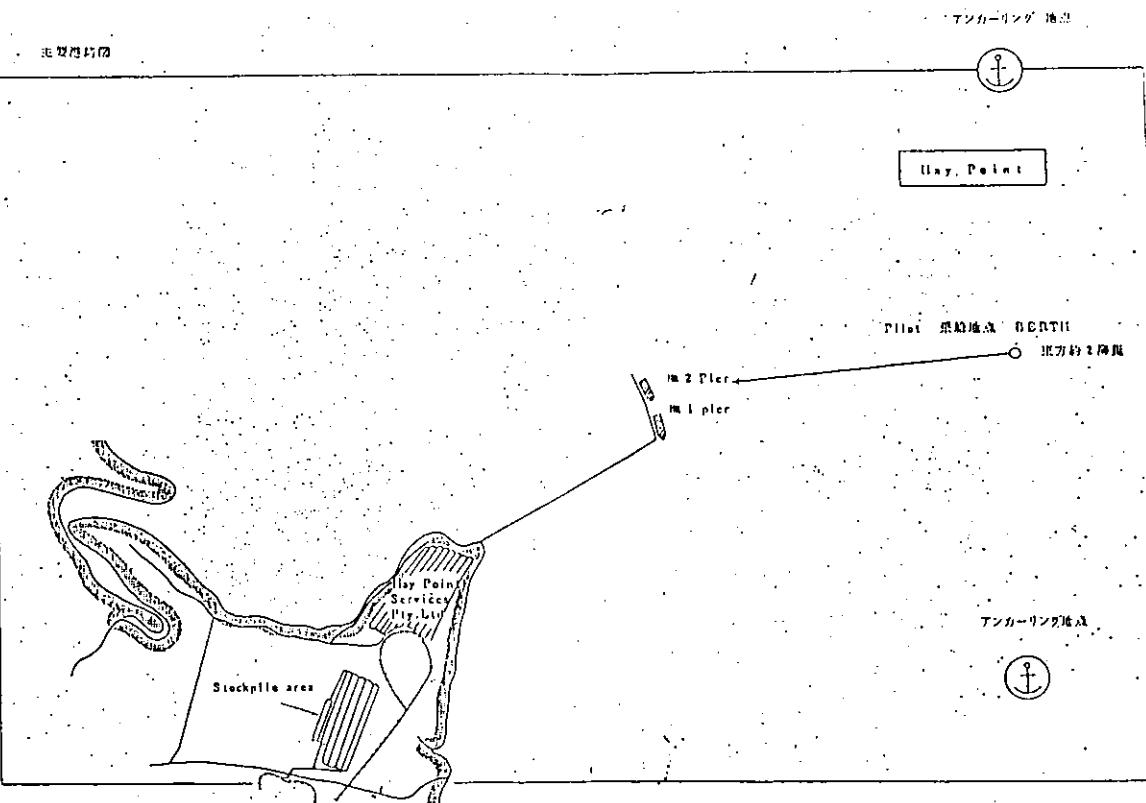


図 2.3.5 HAY POINT概要

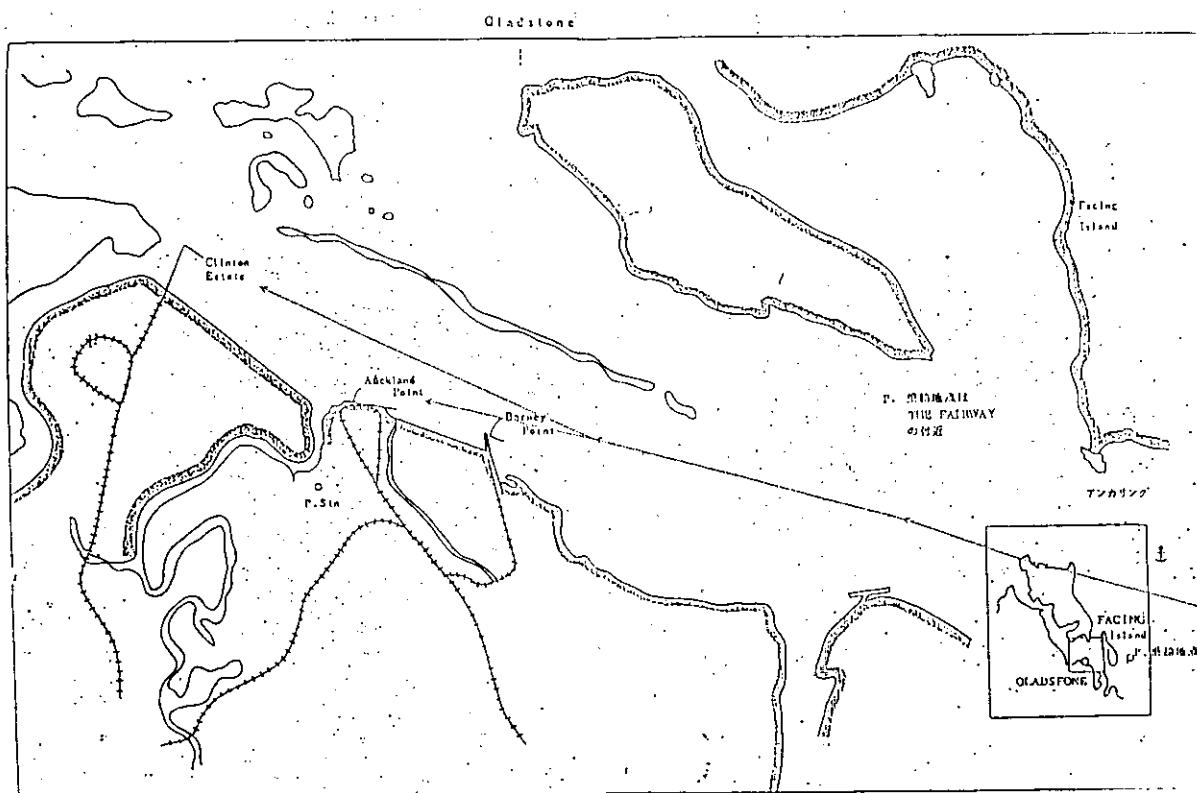


図 2.3.6 GLADSTONE概要

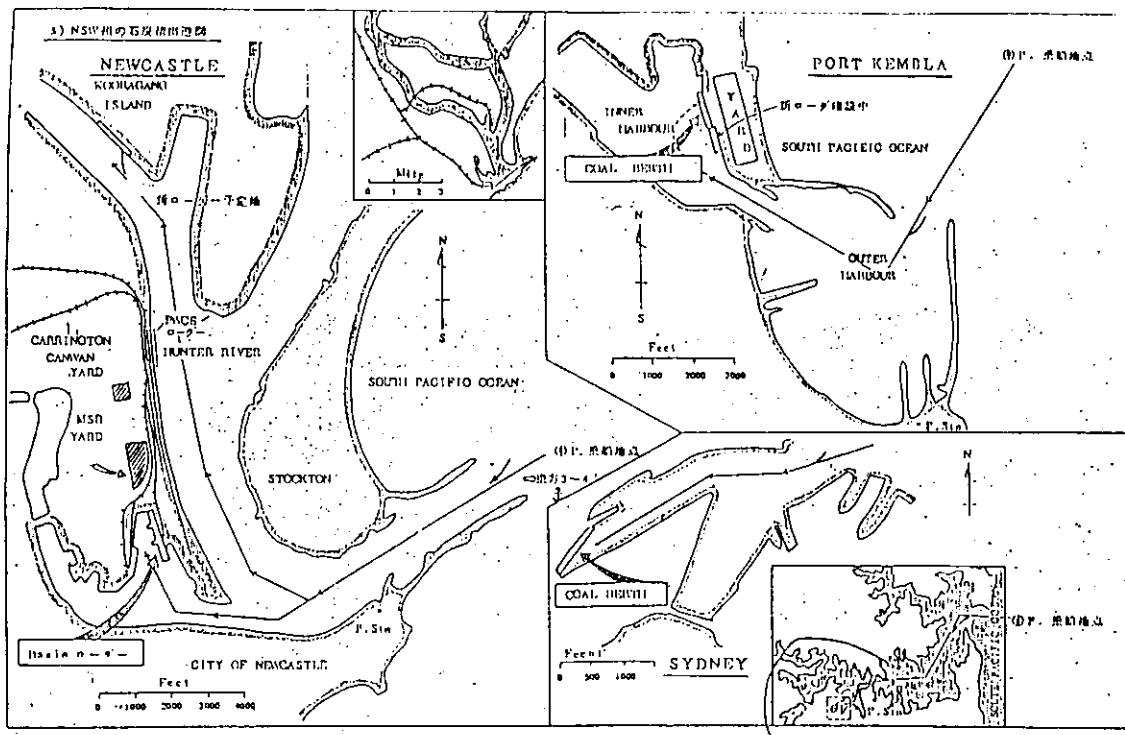


図 2.3.7 SYDNEY 等概要

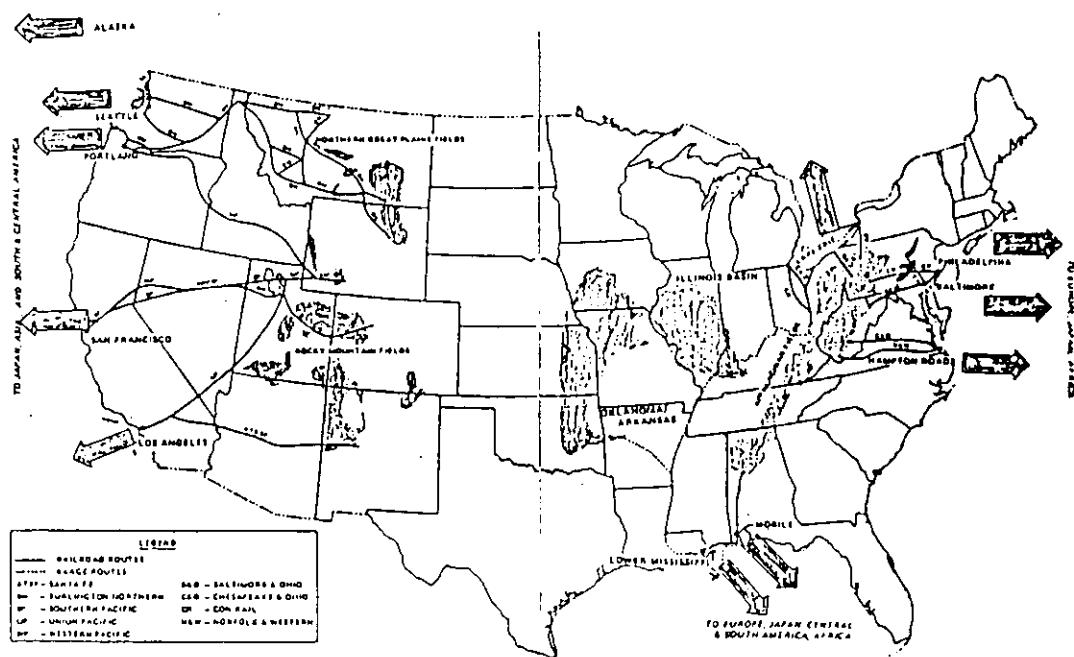


図 2.3.8 米国主要鉄道、バージ輸送路及び港湾位置図

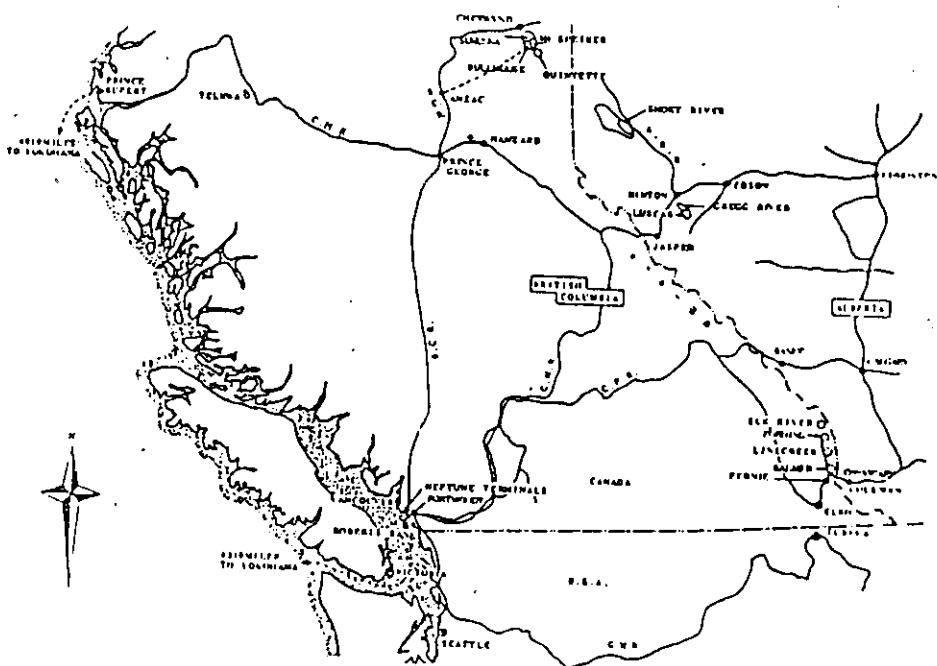


図 2.3.9 カナダ炭鉱位置図

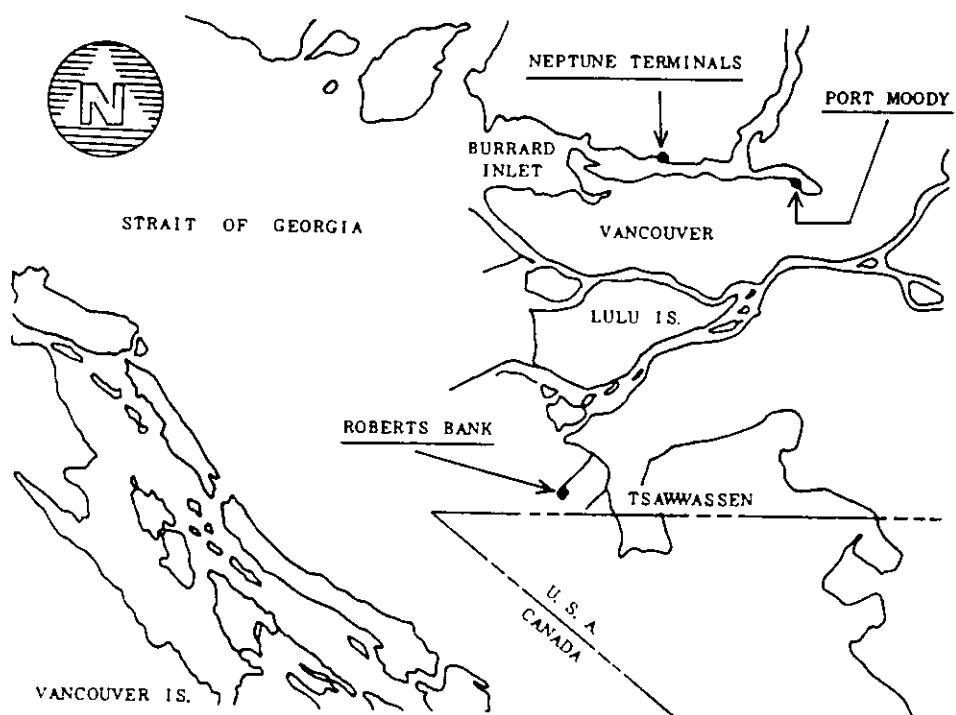


図 2.3.10 カナダ港湾概略図

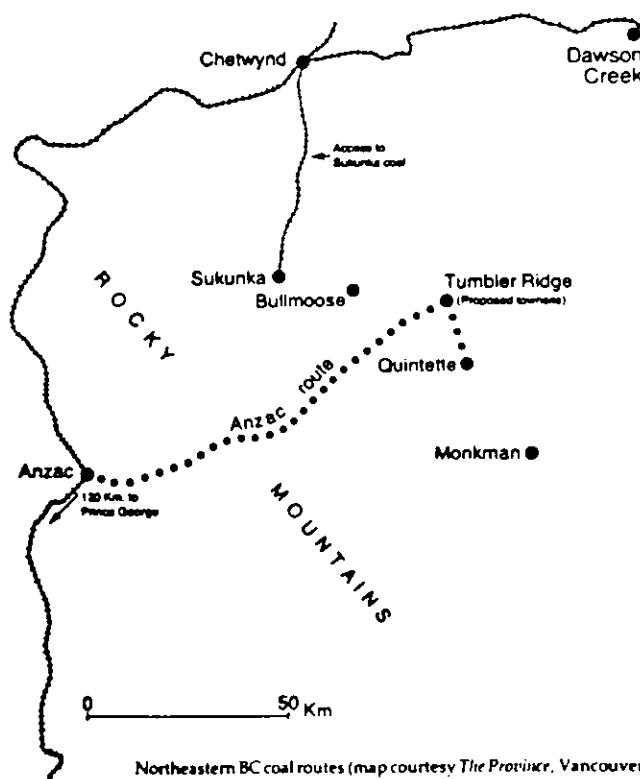


图 2.3.11 B.C州北東部鉄道図

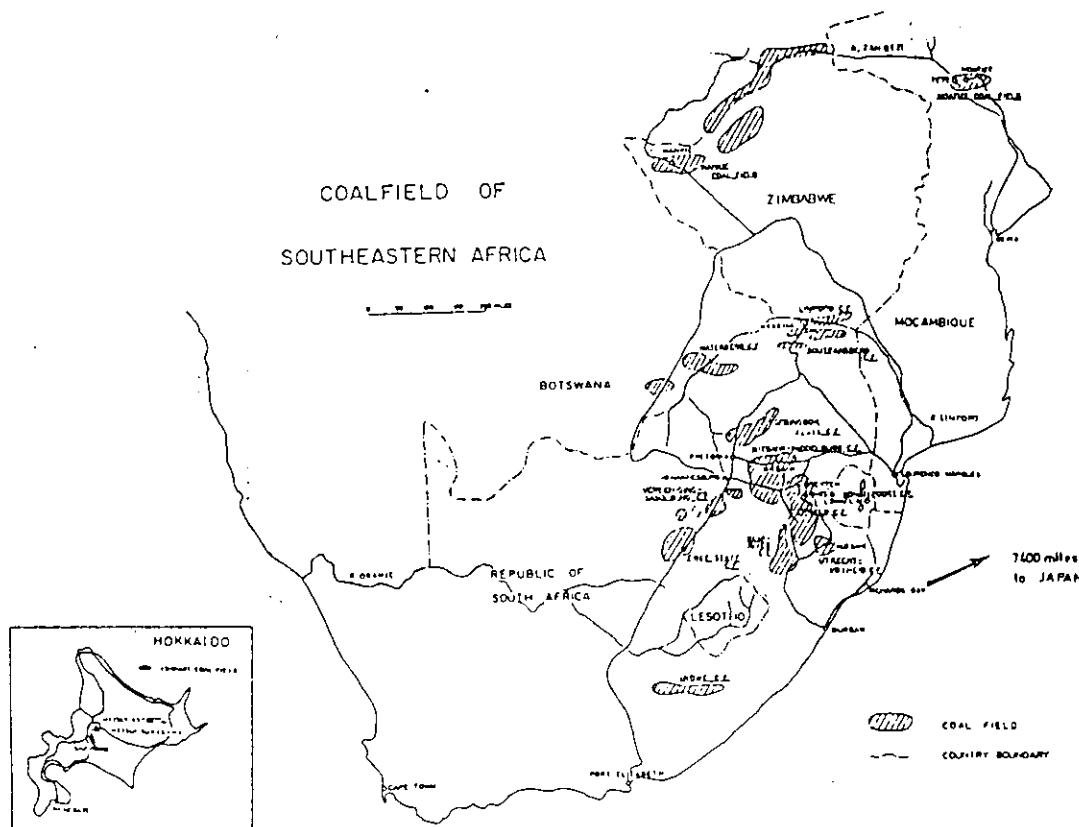


图 2.3.12 南ア共和国全国図

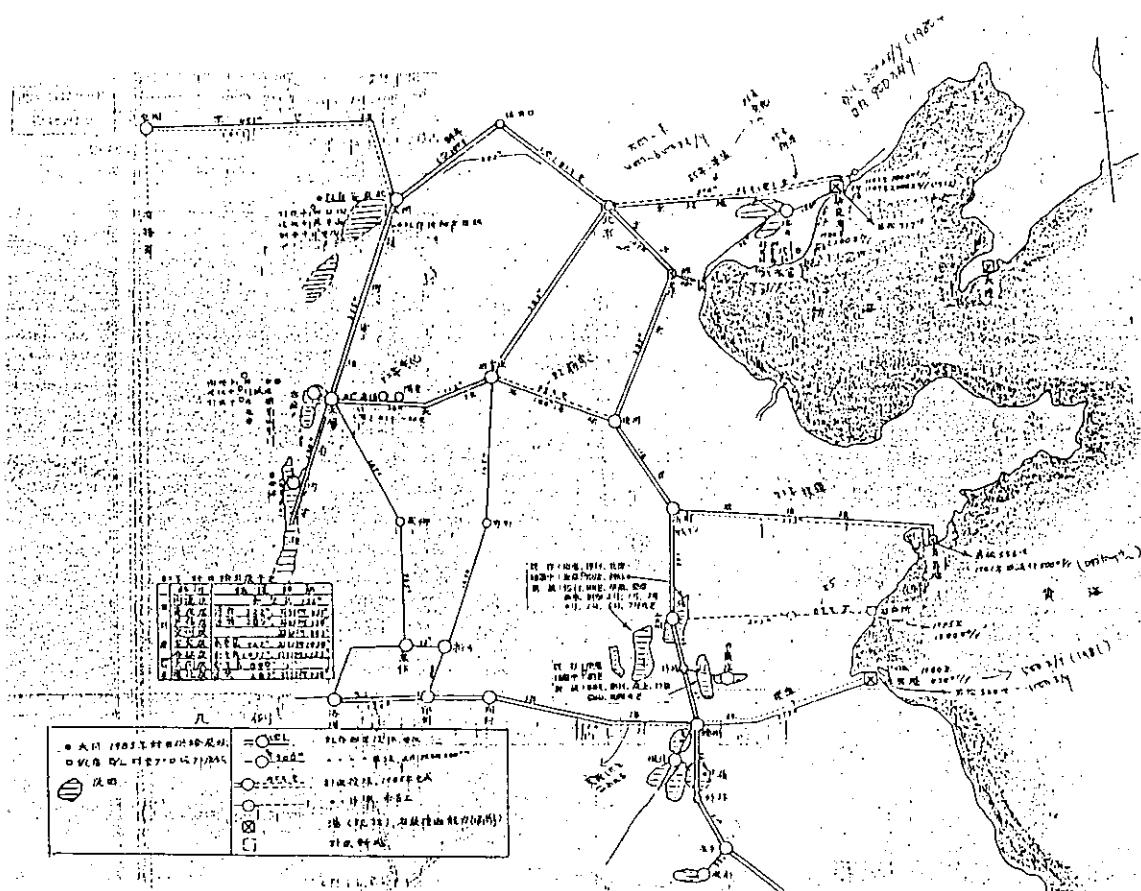


図 2.3.13 中国炭プロジェクト輸送ルート概念図

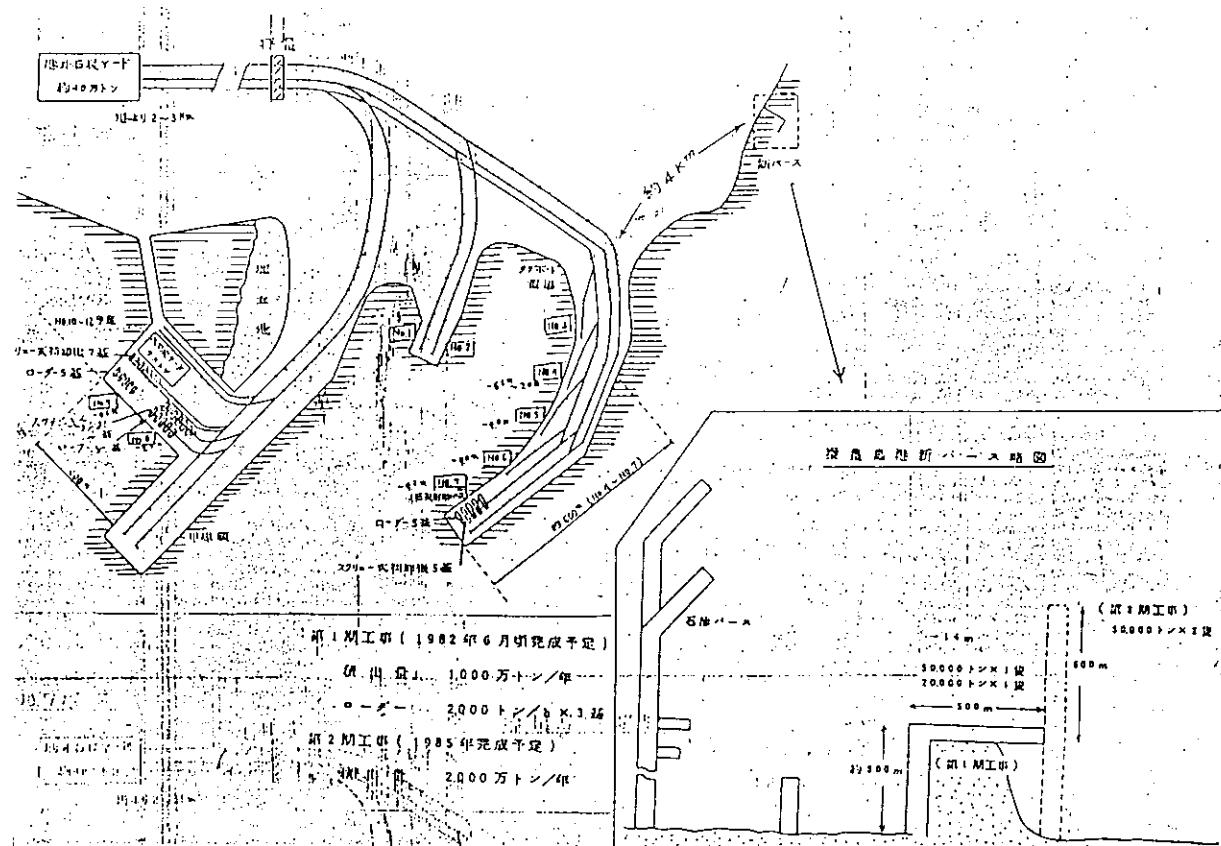


図 2.3.14 秦皇島港略図

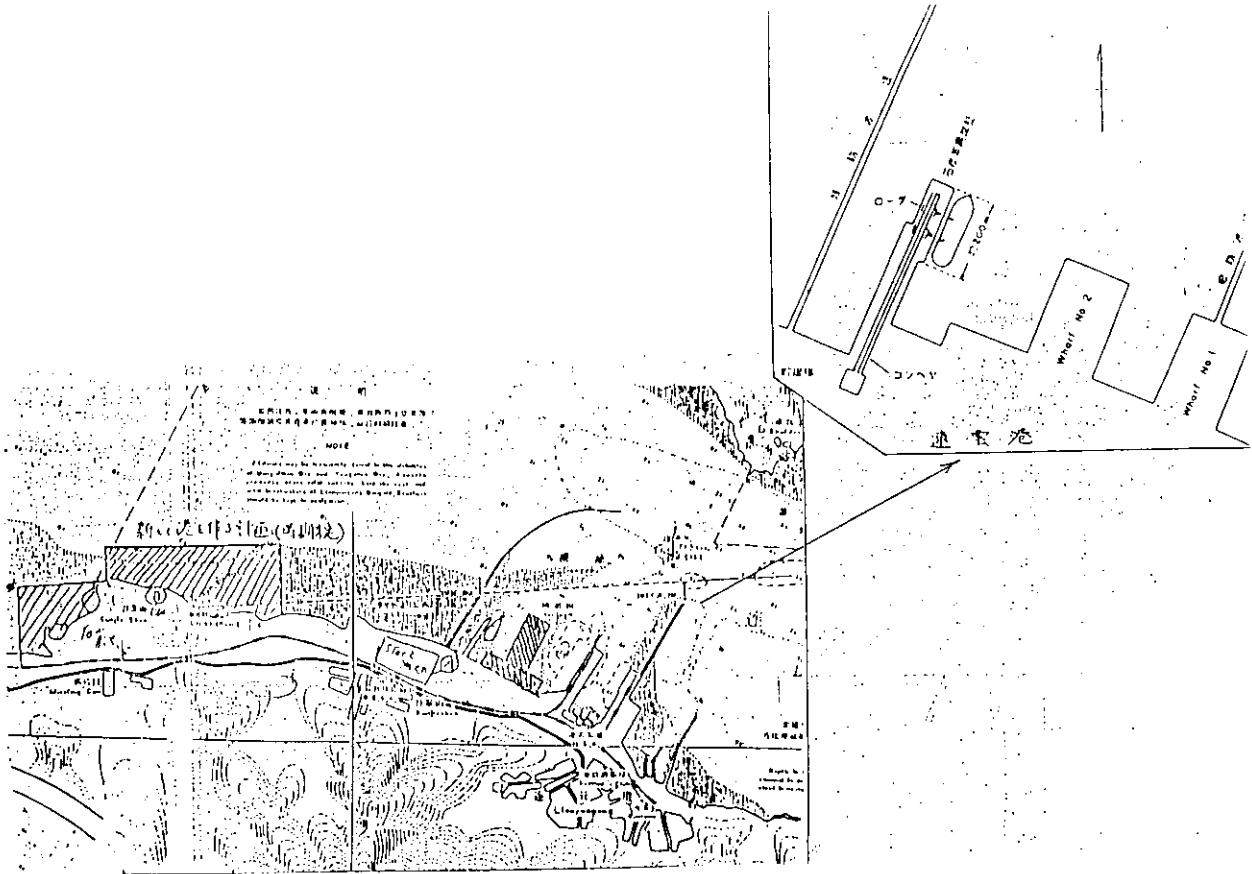


図 2.3.15 連雲港全体図

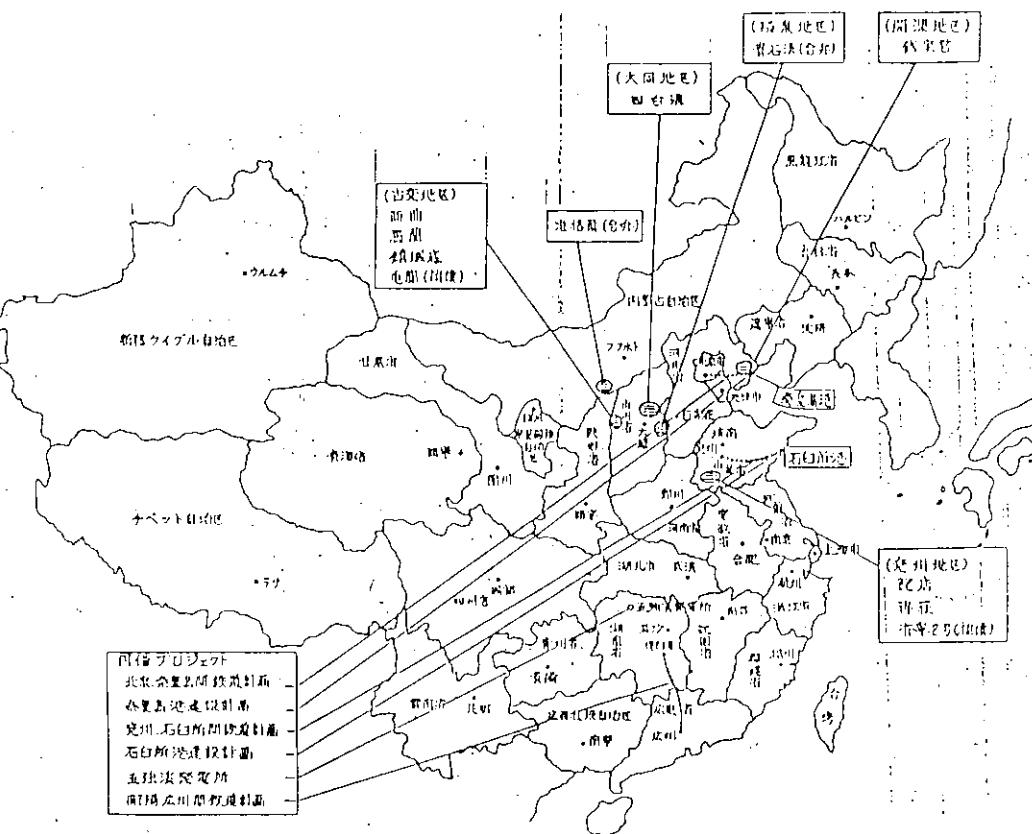


図 2.3.16 石炭開発及び基本建設協力関係図

### 3. 石炭の輸送技術開発の動向

#### 3.1 バルク輸送

##### まえがき

石油エネルギーの絶対量不足と供給不安に伴い、世界のエネルギー事情は一変し、代替エネルギーへの模索の中で石炭が再び脚光を浴びて登場してきた。今後、エネルギー源としての大量の一般炭が産炭地から消費地に向けて輸送されることになり、船舶は、その大量輸送機関の主役として、増えその重要性を高めつつある。石炭を流体状にして、そのハンドリングを容易にしようとする研究開発は世界の各地で鋭意進められつつあるが、ここしばらくは石炭を固体のまま利用する方法が続くと考えられ、従って、その輸送もバルクとして扱う方法となるであろう。

この様な背景の中で、ここでは、石炭のバルク輸送についての現状と、その問題点をとりまとめ、今後の石炭輸送におけるシステムの考察を行う為の一資料とした。

##### 3.1.1 石炭のバルク輸送

###### (1) 石炭のバルク輸送の概要とその問題点

一般炭の大量需要に伴い、石炭の輸送は海上での物流の中でも大きな比重を占めつつある。現在における石炭の輸送は、バルク方式によるものがほとんどであり、山元で採掘され、碎炭、選炭を経た石炭は、積出港まで通常は鉄道で輸送され、岸壁近くに野積みのまま貯炭される。そして6万～12万トン程度のバラ積船に陸上の荷役設備により搭載され、海上を輸送される。荷揚地では陸上のアンローダーにより荷揚げされ、一時貯炭された後、鉄道、船等により各ユーザーの元に運ばれる。すなわち、石炭を加工せず、そのままの形で、現在の原料炭輸送と同じ方法で運び、生焚きを利用するものである。

現在、このバルク輸送方式に代わる方式で実用化できるものはないが、この方式にも次の様に多くの問題がある。

- 1) 扱う物体の荷姿が塊又は粉状であり、流体に比べてハンドリング上、非常に手間がかかる。
- 2) 岸壁荷役を必要とする為、輸送船舶の船型が制限され、大型船による経済メリットを出す為には大規模な港湾整備を必要とする。
- 3) 岸壁の背後に広大な貯炭場を必要とする為、特に荷揚げ港においては、その立地が制限され、又、周囲への環境問題も生じてくる。
- 4) 積荷、揚荷共、特殊な岸壁荷役装置を必要とする為、荷役能率は港湾の荷役設備に依存する。荷役能率を上げる為には大容量化が要求され、大規模な設備投資を必要とする。
- 5) 石炭に特有の性質から、ガス・炭塵爆発、自然発火、鋼板の著しい腐食等の危険性を有し、輸送管理上十分な注意を要する。
- 6) 輸送船舶の計画に当っては、次の様な条件を十分に考慮する必要がある。
  - 港湾の荷役装置のアウトリーチにより船の幅が制限される場合がある。
  - 荷役装置のクリヤハイトとの関係で、細かい吃水調整機能を持たず必要があり、又荷役時間の短縮からも大容量のバラストポンプを必要とする。
  - グラブ荷役に対する船底の補強、船倉内の継装品（傾斜ばしご等）に対する石炭による損傷の防止対策、荷役後の甲板洗浄作業の省力化対策等、その他多くの石炭荷役に付随する問題がある。

この様なバルク輸送に対し、今後の技術の向上によって、C O M、スラリー等の流体輸送による方式も現れてくるであろうが、輸送コストを考えると、すでに鉄道や積み出し港などのインフラストラクチャの整備された既存

の鉱山においては、今後もバルク輸送が主流になると考えられる。

一方、今後開発の計画される鉱山においては、インフラストラクチャの建設コストも含めて山元から最終需要家までの石炭の一貫輸送体制（コールチェーン）の検討を行い、最も効率的な輸送方式を決定する必要がある。

## (2) 荷姿

バルク輸送される石炭の荷姿は、上記の様に山元から各需要家まで同一で扱われ、一般に最大50mm以下の塊を含む粉炭の形で輸送される。この50mmという最大粒径は船に積み込む時に保証される値であるが、これ以下の大ささに関しては特に制限はない。従って、一見した限りでは、ほとんど粉粒の状態で輸送されていることが多い様である。

## (3) ハンドリング工程における石炭の処理

ハンドリング工程における石炭の処理としては、破碎、粒度調査（径の上限）及び選炭の工程がある。山元から切り出された石炭は、クラッシャーにて碎かれ、スクリーンを通して最大径50mm以下の粒度に調整される。そして選炭工程に移る。選炭とは採炭時に随伴する、炭層の上下盤の岩石や岩層中に、はさみとして介在する岩石類を選別除去する工程である。この方法には、ジグ選別法、重液選別法、浮遊選別法等がある。

ジグ選別法とは、水中で網状の原炭にジギング作用を与える、比重差によって網上原炭を成層させ、上層に位置する石炭層を回収する方式である。ジギング脈動源は、プロワーによる空気力を用い、対象粒度は0.5mm径以上である。

重液選別法とは、石炭と岩石類との中間比重液を作り、石炭を浮かせ岩石類を沈めて選別する方式である。中間比重液は回収・循環し再使用する。これには、微粒砂鉄（磁鉄鉱）を水中に懸濁した凝重液が通常使用され、砂鉄の回収は磁選機で行う。この重選法は、原炭粒度25mm程度以上の塊炭を対象としたベッセル型のもの、及び原炭粒度25～0.5mm程度のいわゆる粉炭を対象としたサイクロン型のものとに大別される。原理的には、前者は単純な浮沈分離により、後者は遠心力を加味した浮沈分離である。

0.5mm径以上の原炭に対しては、通常、以上述べたジグ又は重選法が採用されるが、いずれが適するかは、原炭の可選性（原炭の分離比重大きい）、及びイニシャルコスト（重選法は砂鉄の回収設備が選別機本体より数倍大きくなり、砂鉄による摩耗に対しても十分な対策が必要となり、イニシャルコストは高くなる）の回収期間をどの程度にみるか等で左右される。

浮選法は、石炭と岩石鉱物とのぬれの差を利用した選別法で、具体的には油を利用して親油性をもつ石炭と相対的に親水性を有する岩石鉱物とを分離するものであり、0.5mm以下以下の原炭を対象とする。使用される油は炭種により若干異なるが、主体はケロシンで、それに起泡剤としてパイン油が加味されている。

この様な工程を経て、山元より切り出された石炭は、貨車に積まれて貯炭場に輸送されていくわけであるが、船に積み込まれる前に、一部がサンプリングされ性状分析される。サンプルの採取は、ベルトコンベアに取り付けられた計重機と連動して自動的に作動するカッターによって行われ、採取されたサンプルは、サンプリングプラント内にベルトコンベアで送り込まれる。そして縮分サイシングされて水分資料、成分資料及び物理資料とに分けられ、各々分析される。設備、技術の整った積出し港においては直ちに分析結果が出され、出港までに荷主に渡される。そうでない場合も、ファックス等により船が荷揚地に到着する前には荷主に通知される。

一方、荷揚げ地の中で今後重要な役割を果すものと考えられているコールセンターにおいては、現在、石炭の輸入割当が、輸入貿易管理令による輸入数量割当制度の運用の中で最終需要家に限り与えられている為、その機能としては、貯炭と荷役のみであり、石炭の処理（加工）というものは、ほとんど行っていない様である。しかし、今後コールセンター需給調整機能を高め、又国内に広く散在する小口又は超小口の需要家の石炭転換を助ける意味

からも、コールセンターへの輸入割当ての付与が関係方面に強く求められており、その実現の可能性も十分あると考えられるので、その様な暁には、コールセンターにおいて石炭を加工する機能、例えば複数銘柄をブレンドして一定品位炭を供給する混炭や、さらにCOM、スラリー、微粉炭化等、石炭輸送の流体化につながる機能が求められてくると考えられる。

#### (4) 海上輸送中における石炭の管理

石炭特有の性状に起因する輸送上の問題としては、石炭中に含まれるメタンガス蓄積によるガス爆発、炭塵の舞い上りによる炭塵爆発、酸化反応による自然発火、船倉内の著しい腐食等が挙げられる。これらについては、第4章で簡単にその内容を述べて今後の検討課題として提起するに止めるが、輸送上の安全性の面から十分な検討と対策が必要である。

ガス爆発、自然発火等に対しては具体的に次の様な管理が必要であろう。

まず、積付作業時においては次の点に注意する。

- 1) 石炭の新しい破碎面は酸化が旺盛で、かつガスも発散しやすい為、積付に当ってはショートができるだけ下倉内に下げ、石炭の落下距離の短縮を計って塊の破碎を防ぐ。
- 2) 冬期には、石炭に含まれている水分が氷結して石炭が破壊する為、上記と同様に新しい表面が露出し、酸化を促進するので注意する。
- 3) 雨中荷役などにより湿気を帯びた石炭は、乾燥時に炭中に包含するガスを発散し、かつ酸素を吸引しやすくなつて酸化作用を助長することになるので注意する。
- 4) 船倉内の石炭は、できる限りフラットになる様トリミングを実施し、荒天による荷崩れを防止する。輸送中の管理として最も重要なものは、自然発火及びガス爆発に対する予防並びに発熱・発火時における措置である。すなわち
  - 1) 積荷終了後に石炭倉を密閉し、約6時間後にガス検知する。メタンガス爆発は、過去の実績によれば積荷後1~2日後に発生しているので、最低2日間は天候の許す限り船倉を開放してメタンガスを放出させる。
  - 2) その後は、隔日くらいに数時間表面通風を行う程度とする。石炭内部への通風は、逆に石炭の酸化作用を促して発熱を助成する結果となるので、内部への通風を絶って、もっぱら上昇ガスと熱の放散排除を行う為に表面通風とする。これに対しては、倉口及び通風筒を閉鎖して通風を完全に遮断するのが安全であるという意見もありはっきりしない面がある様である。
  - 3) 毎日2回以上ガス検知及び検温を実施し、測定表を作成して、その変化に注意する。
  - 4) 検温の結果、60°Cに達すると警戒を要し、80°Cを超えた時は、すでに内部で燃焼を始めたものと推定され、ついで臭気を発して水蒸気の発煙に至る。従って、温度が65°C~70°Cを示してなお上昇の傾向にある時は石炭を荷繰りし又は穴を掘って熱の放散をはかって冷却する必要がある。
  - 5) 航海中、石炭の荷繰りや移動の不可能な場合あるいは燃焼が発展した場合には、倉口及び通風筒を密閉し、蒸気または消火ガスを注入して火災の拡大を防ぎつつ、近くの港に避難して完全消火の処置をとる。石炭の完全消火は注水によらなければならないが、局部的な注水は消火の効果が少なく、船倉を満水する必要がある。

### 3.1.2 船型と大型化の問題

#### (1) 石炭運搬船の船型の概要

石炭運搬船の船型は、いわゆる通常のバルクキャリアと同じである。船倉は底部に2重底、船側にビルジホッパ、甲板下両舷にトップサイドタンクを有する特殊な形状であり、石炭のハンドリングに便なる様になっている。石炭は見掛けの比重が0.8程度と小さい為、一度にできるだけ多くの量を輸送する為には、船倉容積を可能な限り大きくとる必要があり、船型を計画する上の大きなポイントとなっている。

石炭運搬船の運航は、一般に産炭地と荷揚げ地の間の往復航海であるので、片航滿載、片航バラストとなり、その運航時間の半分近くがバラスト航海となる。従って計画に当っては、バラスト航海時の性能も十分考慮する必要があり、適正な吃水を確保する為に十分な量のバラストタンクを設ける必要がある。この為、2重底、ビルジホッパ、

トップサイドタンク等の区画は、ほとんどの場合バラストタンクとして使用されているが、これだけでは一般にバラスト量が不足となり、船倉の1つをディープタンク兼用とし、ヘビーバラストコンディション等の必要時に、これをバラストタンクとして使用する。

積地ではデバラストを行なうが、積地での荷役能力に適合したデバラスト能力を持たせる必要があり、計画に当っては、就航航路における荷役設備の能力を十分に調査し、適當な容量のバラストポンプを搭載して、荷役に支障のない様にする必要がある。積地の荷役能力向上について、必要とされるバラストポンプの容量も大きいものが要求される様になり、ポンプ能力の面からの技術の向上が望まれている。

トップサイドタンクは、バルク輸送において次の様な重要な役割を持っている。すなわち石炭の様なバラ物を積み込むと、航海中に船の動搖や振動によって積荷が圧密され上部に空間が生じてくる。一方、石炭は自然状態では安息角と呼ばれる一定の角度で静止するので、船体が傾斜した場合、この安息角を保つことができず、石炭の上部の空間の部分では、一方に移動を生じて転倒モーメントを生じ、非常に危険な状態となる。従って、積荷の上部にはほぼ安息角に等しい傾斜の斜板をもつトップサイドタンクを設けて危険な空所を生じないようにし、船体の安全を計っているわけである。

石炭は、積荷時はベルトコンベア方式で、揚荷時はグラブでつかんで荷役を行うので、これらの荷役に便なる様、倉口は可能な限り大きくする必要がある。又、船倉の幅もかなり広いので、石炭を隙間なく一様に積み込む上からも大きな倉口が必要とされる。又、船倉内には、荷役の終りにブルドーザを入れて残った石炭を処理する必要があるので、倉内の底部付近は突起物のない様にする。

荷役設備としては、40,000DWTぐらいまでの、いわゆる小型の船では、荷役設備の整っていない小さな港へ入ることが多く、自船にデッキクレーン等の装備を持っているものが多い。これに対して大型の船では、一般に荷役設備の整った港に入ることが多いので、自船には荷役設備をもっていない。

## (2) 船型の大型化の推移とその経済効果

石炭は、輸送に始まり輸送に終るといわれる程、そのハンドリングにおいて輸送の占める割合が大きく、従って輸送費がコスト面に与える影響は大である。特に我国の場合、産炭地から非常に離れており、海上輸送の距離は長いので一層その傾向が大である。その一例を表3.1.1に示すが、海上輸送費はC I F価格(保険料運賃込値段)の約4%を占めており、この比重は今後内陸輸送コストの低減により更に高まるであろうと考えられる。従って、他のエネルギー源との競争力を維持する為には、陸上輸送費も含めて輸送費の低減を徹底的に計ることが必要である。

表3.1.1 石炭の海上輸送費

| 輸出国     | 炭鉱の種類 | 山元価格  | 陸上輸送費 | F O B価格    | 海上輸送費 |
|---------|-------|-------|-------|------------|-------|
| アメリカ    | 東部坑内掘 |       | 15~20 | 既存鉱山<br>40 | 25    |
|         | 西部露天掘 |       | 20~25 |            | 18~20 |
| カナダ     |       | 20~25 | 20~25 |            | 15~20 |
| オーストラリア | 坑内掘   | 25    | 15~20 | 15~20      |       |
|         | 露天掘   | 20    | 10~15 | 15~20      |       |
| 南アフリカ   |       |       | 8~10  |            | 20~25 |

単位：米ドル／トン

海上輸送費を低減させる為には、船舶を大型化して大量輸送を行い、石炭1トン当たりのコストを下げる事が必要である。この大型化による経済性比較を行った結果は表3.1.2に示す通りであり、特に60型から100型に変わった時、大型化による経済メリットが顕著であることがわかる。

表3.1.2 船型の大型化による経済メリット

| 船型<br>積地          | 20型 | 30型 | 45型 | 60型 | 100型 | 130型 | 150型 |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| 豪州<br>ニュー カッスル    | 173 | 141 | 123 | 100 | 67   | 60   | 56   |
| 米国西岸<br>ロス・アンジェルス | 185 | 149 | 125 | 100 | 71   | 63   | 59   |
| 南アフリカ<br>リチャードベイ  | 189 | 149 | 126 | 100 | 72   | 64   | 60   |

(60型を100とした場合の指標による比較)

我が國への船型別石炭の荷動きを見てみると、図3.1.1に示す通りである。船の大きさは年々大型化する傾向にあり、今後、輸送量の需要増大に伴い、オーストラリア、北米等の遠隔地からの石炭輸送においては、その経済メリットの上からこの大型化のベースは、さらに早まっていくものと思われる。

### (3) 船型の大型化に影響する港湾の現状

船型の大型化には港湾事情が大きく影響する。現在、主要石炭積出港は、大型船が入港可能又は可能とすべく計画中である。一方、日本においては、大型船が入港できるのは各製鉄所（原料炭用）、一部の大型石炭火力発電所及び一部のコールセンターのみである。従って荷揚げ港における条件から船型が制限されているのが現状であり、今後の大量輸送において一つの問題を挙げている。これに対処する為には、吃水を深くとれる港で積荷の一部を下ろして吃水を浅くし、それから水深の浅い港に入って残りを下ろしたり、製鉄所の原料炭用の空バースを利用したり、あるいは大量の石炭の取扱いが予想され、又施設整理が比較的容易であり港湾を大型船が入港可能となる様、整備して、ここで大型船より下ろした石炭を、小型内航船や貨車で各地に輸送していくといった方法もとられることがになろう。従って、今後は経済メリットの上から要請される大型船を軸に、従来のパナマックス型、セルフアンローダー船、輸送用バージ、小型内航船等を組み合せた輸送方式がとられていくと思われる。

この様な中で、コールセンター等の海外一般炭輸入港湾は、今後、大型船の入港可能な中継基地としての重要性を高めていくと考えられる。

一方、海外の各積出港においては、受入れ最大船型の大型化の為に、港内拡張計画や新規港湾の開発を積極的に進めつつあり、さらに積載能力（ローダー能力）の向上の為、各諸設備の大型化、近代化を計つて来るべき大量輸送に備えつつある。主な積出港の能力と、今後の拡張計画は表2.3.4～2.3.11の通りである。

次に海外における荷揚げ港の大型化の例としては、フランスのダンケルク港は現状の10万DWT型から1982年には17.5万DWT型へ、さらに近い将来には25万DWT型に拡大する計画であり、オランダのロッテルダムでは、1983年の稼動を目指して、吃水6.5フィートの20万DWT型の石炭埠頭の建設を進めている。またデンマークでもスコー岬の内側に20万DWT型の石炭埠頭を1980年代後半に建設する予定であり、世界各地において船型の大型化に対処すべく着々とその準備を進めている。

こうした状況を踏まえてWOCOLは、1980年代の一般炭の海上国際貿易の大部分は、10万～12.5万DWT型

の船で輸送されようが、1990年代には25万DWT型の船が使用されることになろうと報告している。

終りに船型別の船舶の主要寸法の一例を参考として次に示しておく。

表 3.1.3

|      | 60型  | 100型 | 140型 | 200型 | 230型 |
|------|------|------|------|------|------|
| 長さ   | 230m | 260m | 273m | 300m | 315m |
| 幅    | 32.2 | 39.3 | 43.  | 50.  | 54.  |
| 深さ   | 18.1 | 22.4 | 23.8 | 24.6 | 26.  |
| 最大吃水 | 12.3 | 14.9 | 17.2 | 18.3 | 19.4 |

#### (4) 石炭の海上二次輸送における船型と特色

前述の様に、荷揚げ港における大型船の入港が制限されることから、大型船の入港可能な港をベースとした、小型船による二次輸送が、今後、輸送システムの中で重要な役割を持ってくる。すでに、いくつかのコールセンターから、内航二次輸送によって、各地の需要家へと一般炭が輸送されている。この内航二次輸送基地として稼動している主なコールセンターとしてはNK、響灘等が挙げられる。

図3.1.2に内航石炭専用船の現状を示すが、6000DWT以上の船舶が約40%を占めている。又、船令別構成をみると、10年以上の船が約92%を占めている。

内航二次輸送には、一般小型船舶(自航船)の他に、ブッシャーバージも使用されている。二次輸送の船型を自航船とするかバージとするかは、輸送ルート、運航形態、荷役条件、経済性等、多くの観点から検討して決める必要があり、一概にどちらとは言えない。

自航船は、外洋のいかなる海象条件にも耐え得る強度と安全性が要求され、又、より経済性を追求する為に、高速と一度に大量の貨物の輸送を可能とする大きさが要求される。従って、この様な自航船は、海上輸送手段としてオールマイティな存在となる。しかし一方では、タグボート待ち、バース待ち、荷役待ちといった一連の待ち時間に稼動を制約され、その経済効果を十分に発揮することが難しい場合もあり、又、船型、速力等が時代に対応できなくなると陳腐化する危険性がある。

一方、バージは、複数隻のブッシャーと複数隻のバージを組み合せる事によって待ち時間をなくし、連続的に輸送を効率良く行う事ができ、又低速でも十分にその機能を果たす事が可能である。低速でよい為、ブッシャーの機関馬力も小さくても有利となる。吃水が浅く、特別な荷役機器を必要としない為、積地、揚地での特別の入港条件も必要でない。乗組員も、一般船舶に比べ3割の減員が可能で、運航経費の大要を占める船員費が大幅に削減される。短所としては、連結装置の面から耐航性が制限され、その航行水域は主に近距離の内海や沿岸に限定される。さらに、一般船舶が吃水変化に対する順応性があるのに比べ、ブッシャーとバージは一定の吃水を維持しないと連結操作ができない等の問題がある。

この様に、自航船、バージ共それぞれ長所、短所があり、それぞれのケースに応じて、その経済メリットを検討し、その採用を決定する必要がある。

### 3.1.3 荷役

#### (1) 荷役能率についての考察

船舶による海上輸送は、貨物を積み込む、貨物を輸送する、貨物を下ろすという3つのパターンの繰り返しとな

る。すなわち、荷役 (Cargo Handling) 及び貨物の移動 (Cargo Moving) の 2つが、その基本となる。荷役能率を考える場合、この 2つを併せて考える必要があり、例えば船舶の高速化、大型化、専用化が進んでも、荷役の機能が伴わなければ、その効果は減殺されるであろう。この 2つの機能を考える為に導入された指標として、

R. C. M. R. (Relative Cargo Moving Rate) (比較貨物移動率)

R. C. H. R. (Relative Cargo Handling Rate) (比較荷役作業率)

があるので、これらによって荷役能率の考え方を述べる。

R. C. M. R. は、単位時間にどれだけの貨物を移動できるかという考え方でモデル化すると次の式で表わされる。

$$R. C. M. R. = D. W. \times V_s$$

D. W. : 載荷重量 (M. T.)

V<sub>s</sub> : 航海速力 (Knot)

R. C. M. R. を向上する手段は、船型の大型化と速力の増大であり、前者は港湾事情で、後者は燃料消費の点で制約を受ける。多くの船の D. W. と R. C. M. R. の関係を求めると図 3.1.3 の様になる。図によると、タンカー、バルク、トランバーの群と、カーフェリー、コンテナ船の群とに、はっきり分かれることがわかる。すなわち、同じ D. W. でもカーフェリーやコンテナの方が能率の良い事がわかる。これは航海速力の違いによるものである。

次に、R. C. H. R. を次の様にモデル化する。

$$R. C. H. R. = トン/人/時間$$

すなわち、荷役人員 1 人当たり 1 時間に荷役できる貨物の重量で評価する。これにより荷役の機械化、自動化などの優劣を判定できる。各種の荷役方式について R. C. H. R. を求めると、表 3.1.5 の様になる。

デリックブーム形式では、容量を増しても、荷役方式がけんか巻きから振り回し式になり、サイクルタイムが増加するので、R. C. H. R. は向上しない。これに対し、デッキクレーンでは、容量を増してもサイクルタイムは増加せず、又所要人員も少なくてすむので、容量増加により R. C. H. R. は向上する。荷姿を改良してユニット化すると（コンテナ、ラッシュなど）、サイクルタイムの減少あるいは容量の増大によって、R. C. H. R. は飛躍的に向上する。又、荷役方式を改良することにより（カーフェリー、ベルトコンベア船、タンカーなど）、R. C. H. R. は向上する。

以上の R. C. M. R. と R. C. H. R. の関係を、既存の船舶について求めると図 3.1.4 の様になる。各船種毎に、ほぼ一定の傾向を示しており、海上輸送における現状での関係を示していると考えられる。

これによると、タンカーの場合には流体搬送による連続荷役方式により、他の船種に比べて極めて荷役能率が良い事がわかる。又、鉱石、石炭などの積地における R. C. H. R. は、かなり高いのに比べ、荷揚地での R. C. H. R. は極めて低く、今後、船舶大型化に伴う大量輸送に備えて、荷揚地では荷役設備の拡大等により、対策を立てる必要がある。ベルトコンベア船は鉱石、石炭の積地の R. C. H. R. に近く、連続搬送方式による荷役能率向上のメリットがうかがわれる。

最適 R. C. M. R. に対する最適 R. C. H. R. は就航航路の距離などによって異なり、今後の船舶の在り方は、これを加味して検討されなければならないが、当面、現状における港湾条件の基で海上輸送を行っていく為には、まず R. C. H. R. の向上が課題となる。

R. C. M. R. の向上には大型化、高速化、専用化などの手段があり、港湾の事情等で色々と制限はあるが、現実にこの様な方法で、我国は進んできたわけである。これに比べて、R. C. H. R. の方は、R. C. M. R. に比べて歩みが遅れており、早急に、その対策が望まれている。R. C. H. R. の向上には、荷姿の改良、荷役方式の改善、荷役容量の増大等が考えられるが、石炭の場合、どの方法を採用するのが最も経済的なのかを十分に検討する必要がある。

表 3.1.5 各種荷役方式のモデル化した R. C. H. R.<sup>3)</sup>

| 荷役種類            | 公称能力             | 貨物重量<br>(Metric T) | 1サイクル当たり<br>所要時間<br>(sec.) | 1ギャング当たり<br>所要人員<br>(人) | R. C. H. R.<br>(t/p/HR) |
|-----------------|------------------|--------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| デリックブーム<br>けんか巻 | 5tブーム            | 3.0                | 60                         | 6                       | 30.0                    |
|                 | 6t "             | 3.6                | 60                         | 6                       | 36.0                    |
|                 | 10t "            | 6.0                | 70                         | 6                       | 51.0                    |
|                 | 15t "            | 9.0                | 80                         | 6                       | 67.5                    |
|                 | 20t "            | 12.0               | 90                         | 6                       | 80.0                    |
| デリックブーム<br>振り廻し | 5tブーム            | 5.0                | 180                        | 9                       | 11.1                    |
|                 | 6t "             | 6.0                | 200                        | 9                       | 12.0                    |
|                 | 10t "            | 10.0               | 240                        | 9                       | 16.7                    |
|                 | 15t "            | 15.0               | 300                        | 9                       | 20.0                    |
|                 | 20t "            | 20.0               | 340                        | 9                       | 23.5                    |
|                 | 30t "            | 30.0               | 400                        | 9                       | 30.0                    |
| デッキクレーン         | 5t               | 5.0                | 80                         | 5                       | 45.0                    |
|                 | 7.5t             | 7.5                | 110                        | 5                       | 49.0                    |
|                 | 10t              | 10.0               | 120                        | 5                       | 60.0                    |
|                 | 15t              | 15.0               | 130                        | 5                       | 83.0                    |
|                 | 20t              | 20.0               | 150                        | 5                       | 96.0                    |
|                 | 25t              | 25.0               | 160                        | 5                       | 112.5                   |
|                 | 30t              | 30.0               | 170                        | 5                       | 127.0                   |
| コンテナヤードクレーン     | 30t              | 30.0               | 144                        | 3                       | 250.0                   |
| ラッジニアントリー       | 500S.T.          | 380.0              | 900                        | 3                       | 500.0                   |
| シービーシングクロリフト    | 2000t            | 834×2              | 1874.4                     | 3                       | 530～1067                |
| カーフェリー          | —                | 150台<br>(8t×150)   | 24.0                       | 3                       | 400                     |
| タンカー            | Pump Cap.<br>×台数 | —                  | —                          | 4                       | —                       |
| ベルトコンベア         | Cap.×本数          | —                  | —                          | 5                       | —                       |

(注) 本表は本船を主体にしたもので、岸壁側まで計上したものではない。

(出典: 「海上輸送における Cargo Moving Rate と Cargo Handling Rateについて」

宝田直之助 日本造船学会誌 599号)

ある。例えば図 3.1.4 からもわかる様に、自動化、省力化にも適合した流体搬送方式は R. C. H. R. の高い方式であり、今後、石炭の搬送においても、この方式を考える必要がある事を暗示している。空気輸送はその一つの姿であろう。又、連続搬送方式によるものも R. C. H. R. の高い事から、セルフアンローダー船などの本格的な検討も必要である。

以上述べた様に、荷役能率を考えるに当っては、R. C. M. R. の向上を阻む要因(港湾事情)と、R. C. H. R. の向上を阻む要因(荷役設備)の 2 点が問題であり、一方の向上が一方の発展の基盤になっているが、前者は主と

して外航船に、後者は主として内航船の主因になっているといえよう。

## (2) バルクハンドリングに使用される主な荷役装置の概要

石炭のバルクハンドリングのフローは、概略次の様になるであろう。積地では、山元から貨車等で運ばれてきた石炭は、カーダンバによって脱貨され、コンベアに移される。さらにコンベアからスタッカに移され、港近くの貯炭場にストックされる。石炭運搬船が入港すると、リクレーマーによって貯炭の山が削りとられ、コンベアに乗せられる。コンベアはシップローダーにつながり、ここから各船倉へと積み込まれる。海上輸送が終って荷揚地に入港すると、船自身の荷役装置又は岸壁付のアンローダーによって陸揚げされ、ほとんどはコンベアに乗せられて貯炭場へ運ばれ、スタッカによって積み付けられる。必要に応じて、リクレーマーにより払い出され、再度、船舶又は陸上輸送設備により、各需要家へと輸送される。

以上の様なフローから、バルクハンドリング装置で主要なものは、スタッカ、リクレーマー、シップローダー、アンローダーであるので、ここでは、この4つについて概略を述べる。なお船舶自身の荷役装置としては、デリック装置、デッキクレーン等があるが、これらは小型船(40,000 DWT以下)にのみ使用され、今後、需要が増える大型船については使用されないので、これらについては取上げない事にする。(なお、荷役装置の詳細については、3.3 荷役技術、3.4 貯炭技術を参照のこと)

### (a) スタッカ

スタッカは、ベルトコンベアで運ばれてくる石炭を、トリッパでブームコンベアに移送し、ブーム先端を適当な貯炭場へ向けて石炭を投下し、貯炭積付を行うものである。タイプとしては、旋回型と非旋回型がある。

旋回型……梯形型のパイルを形成できるので、パイル幅の広い貯炭場に使用できる。構造は、機構上複雑である。ブームの旋回機能を利用して、種々のパターンの積付を行える。

非旋回型……機能上、三角形のパイルしか形成できないので、パイル高さから逆にパイル幅も自然と決められてしまう。構造は簡単である。あまり大きな断面積のパイルは形成できない。貯炭場における石炭の投下位置は変える事はできないので、粒度の大きい石炭がパイル下部に集中する傾向がある。スタッカの選定は、貯炭場の広さとパイル幅などによって行う。石炭は一定の安息角で静止するので、貯炭場のパイル幅が決まれば自ずと高さが決まってくる。従って、スタッカのブーム半径や駆動範囲、ゲージ寸法等は、パイル幅が決まれば自然と制限されてくる。

### (b) リクレーマー

リクレーマーは、回転するバケットホイールにより、連続的に、貯炭されたパイルから石炭を払い出すものである。すくい取られた石炭は、シュートによりブームコンベアに移され、リクレーマの中心部に運ばれる。ここで石炭は円型状のシュートに投入され、この下部より地上コンベアに移され、ローダーへと運ばれていく。

バケットホイールの回転速度は、能力を上げる為には速い方が良いが、すくい取ったバケットホイールシュートを通過する間に、石炭を放出しなければならないので、やたらとスピードアップする事はできない。一般には、バケットホイールの回転速度は一定とし、リクレーマーの能力調整は、ブームの旋回速度を変化させる事によって行う。

リクレーマーの場合は、スタッカと違ってパイルの端までカバーする必要があり、ブーム半径は大きくする必要がある。又、スタッカと同様に、パイル幅が決まると各代表的な寸法が自然と決まってくる。

### (c) シップローダー

#### (1) 石炭用シップローダーの特徴

石炭用のシップローダーは、鉄鉱石の場合と基本的には変わりないが、船倉断面の形状に差があるので、同

一DWTの船舶であっても多少の違いがでてくる。その違いの主要な点は、次の様である。

### 1) ブーム半径

石炭運搬船のハッチ幅は、一般に、鉱石運搬船に比べて広い為、ブーム半径は石炭用では長くとする必要がある。又、船倉内部の幅も石炭運搬船の場合には、かなり広いので船倉内に隙間が生じない様に積み込む為に、スパウト（石炭の放出方向を任意に制御する装置）やトリンマ（高速で動いているベルト上に石炭をのせて加速し、ベルト先端から飛ばす装置。ベルト速度を変える事により飛距離を変えられる。）をブームの先端につけて使用する場合もある。

### 2) 能力、大きさ

石炭と鉄鉱石の比重の差（見掛け比重で2.5～3.0倍の差）から、石炭用のベルト装置は大型となる。しかし、石炭の場合は、鉄鉱石に比べて摩耗が少なく衝撃も少ないのでベルト速度を速くでき、これである程度はカバーできる。一般に、鉄鉱石に比べ、ベルトの幅は1.3～2.0倍ぐらいとなる。

#### (a) シップローダーの能力

シップローダーの能力は、積荷中の船舶が、安定を保つ為に必要に応じてトリム調整を行う為、船のデバラストに見合ったものである事が望ましい。このシップローダーの能力に適合したリクレーマーを貯炭場に配置する事になるが、積込システムとしての能力は、積込途中の船倉切換による中断、積込最後のトリム調整等による能率低下、リクレーマー自体の作業能率等、能率に影響する要素が多い為、リクレーマーの公称能力の0.55～0.65となる。積出港側としては、船型毎に積込保証値（Loading Run）を荷主側との間で決めておき、設備計画時にLoading Runを確保できる設備能力を決めている。

#### (b) シップローダーの基本条件

シップローダーの基本的必要条件としては、次が挙げられる。

- 1) ブームの先端を、船倉の4隅に届く様に移動させ得る事。
- 2) ブームの先端を、潮の干満による船体の上下移動と石炭の積込による船の吃水などに対応して、上下に移動させ得る事。
- 3) 対象船の大小によるブーム先端部の伸縮が可能である事。
- 4) 入出港時に、船橋、レーダーマスト等にシップローダーが衝突しない様、quay border内に、完全にブームを始めシップローダーの各部の構造物を引き込める事。

ブームの上り傾斜角度は11°～18°程度、下り傾斜角度は15°～20°程度である。

#### (c) 型式

型式を選定するに当っては、構造が簡単で強度大である事、運転操作の容易な事、保守・点検・修理が容易である事等が基本的な条件となるが、ブームの伸縮、起伏等の基本的動作を行わせる機構、これらを支持する鉄鉱物の構造、及び岸壁や後背地の条件によって、種々な型式のシップローダーが作られている。

シップローダーの型式には、以下の様なものがあり、それぞれ特徴がある。以下簡単に述べる。

##### 1) 旋回・走行・起伏型

- 専用船用
- 構造簡単、コスト安、保守点検容易。
- 構造・機能共、野積貯炭場に使用されるスタッカと全く同一。
- ブーム先端部に、必要に応じてスパウトを取り付ける。

##### 2) 旋回・走行・起伏・シャトル型

○ 1) のものにブームシャッタリングモーションを追加したもの。

○ 対象船型を限定しなくて良い。自由度大。

### 3) 旋回・起伏・シャットル型

○ 固定型(走行装置なし)

○ 設置台数は船の長さに応じて増やす必要あり。

○ 機能は固定の点を除けば 2) と同様。

### 4) 走行・起伏型

○ 小型船用(1000~5000 DWT)。

○ 対象船の大小比に対応する為、長いテレスコピックシートを備えている。

### 5) 走行・起伏・シャットル型

○ 対象船型の大小にかかわらず積込可能、特に小型から大型迄の比の大きい場合有利。

○ 構造も比較的簡単。

○ 機構上 200,000 DWT 級が限度。

### 6) デュアルコードランド型

○ 超大型船から小型船に到るまで確実に積込を確保し、かつ能率よく作業できる。

○ 積込能力は鉄鉱石で最大 20,000 t/h で 2 台同時に積込を行う事により合計 40,000 t/h まで可能、石炭では 10,000 t/h で、2 台で 20,000 t/h まで積込可能。但し、この場合、対象船型は 15 万 DWT 以上でないと能力をフルに活用できない。

### 7) リニア型

○ 6) の型の積込範囲をより広くする為に考え出されたもの。

○ ブリッジの先端が、岸壁に沿ってリニア(直線)に動く。

○ 6) の型の 2 台分の積込範囲を 1 台でカバーできる。

## (d) アンローダー

アンローダーの型式や能力は、炭種、入港船の大きさ、取扱い量、ベースの数、設備費・維持費などの経済性等により決定されるが、現在使用されている、あるいは今後使用されるであろうものを表 3.1.6 に示す。この中で、現在、最も多く使用されている比較的大容量のグラブパケット式と、今後大いに使用されるであろうと考えられるパケットエレベーター式アンローダーについて、概略を述べる。

### (i) グラブパケット式

グラブパケット式には、橋形クレーン式と引込クレーン式があり、橋形クレーン式は、さらにクラフトロリ式とロープトロリ式に分類される。

#### ① 橋型クレーン式

○ 大型専用船を対象とした大容量型(計算能力 1,000 t/h 以上)。

○ 走行橋形桁上にトロリを搭載、脚間にホッパ、フィーダー、ベルトコンベアなどを設けたもの。

○ 石炭はトロリより懸垂されたグラブパケットでつかまれ、トロリの横行によりホッパ上に移動し、グラブパケットの開きによりホッパに投入、投入された石炭はフィーダー又は、機内コンベアなどを経て後方設備に運搬。

#### 1) クラフトロリ式

• トロリ上に、巻上開閉装置、横行装置及び補機制御盤を搭載する。従って、トロリ部分が重く、

全体重量が大きくなりコスト大となる。

- ・構造簡単、ロープの保守も比較的容易。
- ・我国の製鉄所で採用が多い。

## 2) ロープトロリ式

- ・巻上開閉装置、横行装置及び電気制御機器とも、すべて桁上の機械室内に固定、トロリには、グラブバケットを懸垂するワイヤロープ用シーブを搭載するのみ。
- ・トロリは軽量。機械重量、走行車輪荷重とも軽く、設備費少。
- ・ワイヤロープの摩耗、損傷多し（巻上開閉動作及び横行動作とも長いワイヤロープを介して行う為）。
- ・作業性やや劣る。

## ② 引込クレーン式（ダブルリンク式）

- ・走行門桁上に巻上開閉、引込及び旋回の各装置を搭載した旋回体を設け、桁前端にホッパ、フィーダー、桁内にはコンベア等を配し、コンベア末端には後方コンベア設備との連絡用シャート等を備えている。
- ・引込動作の他、旋回の動作もできるので小回りが効く。
- ・グラブバケットの振れは小さく、操作も容易。
- ・設備費少。
- ・荷役効率良い。
- ・計算陸揚げ能力 1,000t/h以下に実績多い。

## (a) 連続バケットエレベーター式

- ・エレベーターバケットそのもので、船内の石炭を掘削し荷揚げする為、掘削部の構造が単純で重量を軽減できる。
- ・掘削部分から機内コンベアまで、すべてのラインが連続。
- ・連続的な荷揚げの為、荷重の変動が少なく、各機械部分、電気部分が小型になり、エレベーター部分の寸法もグラブバケットに比べて小さくできる。
- ・運転動作が単純な為、遠隔操作可能、自動運転も容易。
- ・3,000 t/h以上の大能力可能。

## (3) アンローダーの型式の選定基準

アンローダーの型式の選定には、陸揚げ能力、対象船の大きさ、立地条件、価格等、多くの点を考慮する必要があるが、すべての条件を満足させ得る型式を決定する事は不可能で、使用者側の諸条件や、その時代の要請によって、どの点に主眼を置くかで決まってくる。主な選定基準を以下に述べる。

### (a) 対象船の大きさ

対象船が大型になると、揚程は大となり、アウトリーチも大きくなるので、所定の荷役能力を確保する為には、運動速度を大きくする必要がある。但し、人間工学上 40 秒/cycle 以上とする必要がある。横行速度の目安としては、次の様になる。

橋形クレーン式のロープトロリ式 ..... 250 m/min

引込クレーン式 ..... 100~120 m/min

又、引込クレーン式が経済的に設備できる最大旋回半径は 50 m 程度である。

以上より、70,000DWT程度以上の船型に対しては、橋形クレーン式、100,000DWT程度以下の船型に対しては、引込クレーン式が用いられる。

(b) 用途

大形の専用船で扱い物も一定したものに対しては、橋形クレーン式が用いられるが、多目的の使用に対しては、機動性が良く船との干渉の面からもすぐれている引込クレーン式が用いられる。

(c) 能力

対象船が大きくなると、大きな能力のものが要求され、アウトリーチも大となって引込クレーン式は採用し難くなる。一般的に、1,000t/h以下で引込クレーン式を、それ以上になると、橋形クレーン式を用いる。但し、グラブバケット式は3,000t/h近辺が限界であり、これ以上になると連続式アンローダーとなる。

(4) アンローダーの荷役効率

(a) グラブバケット式アンローダーの能力算定規準

$$Q = \frac{3,600}{S} \times q$$

Q : アンローダーの計算陸揚げ能力 (t/h)

q : グラブバケットの1回のつかみ取り量 (t)

S : 1サイクルに要する時間 (sec)

(b) バケットエレベータ式連続アンローダーの能力算定基準

$$Q = 60V \cdot q \cdot \eta \cdot r/P$$

Q : アンローダーの計算陸揚げ能力 (t/h)

V : バケットの速度 (m/min)

P : バケットのピッチ (m)

q : バケットの容量 (m³)

η : バケットの充填率

r : 扱物の見掛け比重 (t/m³)

(c) アンローダーの称呼能力

アンローダーは、一般に1,000t/hとか1,500t/hの様に能力を冠して呼ばれており、これを称呼能力と言う。我国では、一般的に計算能力を、そのまま称呼能力としている。

(d) アンローダーの実能力(揚切り能力)

実際のアンローダーの能力には、次の様な要素が影響し、計算能力とは異なった値となる。

- 運転手の熟練度(標準バスからのずれ)
- つかみ量の変動
- 船型(大きさ、構造)
- 積荷の状態
- その他

これらの影響を考慮する為に、次の式で表わされる実能力を導入する。

$$\text{実能力} = \frac{\text{実際に揚切った荷役量 (t)}}{\text{積荷を揚切るのに要する荷役時間 (h)}}$$

但し、荷役時間には荷役停止時間（待ち時間等）は含まない。

(e) 荷役効率

次の式で表わされるものを荷役効率と呼んでいる。

$$\text{荷役効率} \eta = \frac{\text{実能力}}{\text{計算能力}}$$

この荷役効率を求める為には、実能力の測定を行う必要があるが、実能力は多くの要因によって左右される為、測定結果にはバラツキを生じる。

グラブバケット式アンローダーの実績による荷役効率は、次の様な値となる。

橋形クレーン式 …… 0.60～0.65

引込クレーン式 …… 0.65～0.70

どちらの形式も採用可能ならば、荷役効率の良い事から、引込クレーン式が多く採用されている。

連続アンローダーについては、まだ実績も多くないので、荷役効率についても一般化していないが、概念的には、上述の両形式のアンローダーより高い荷役効率が期待できる。

(5) 揚運炭設備の自動化について

荷役能率を向上させる為の一つの手段として、各設備の自動化及び揚運炭システム全体の自動化が考えられる。今日、プロセスコントローラー（P C）や多重データー伝送システム等の高度な制御機能が発達し、急速な自動化、無人化が進んでいる。揚運炭設備は、アンローダー、コンベア、スタッカ、リクレーマーなどの大形機械群と、スクリーン、クラッシャ、セパレータ、サンプリング装置等の補機類から構成されているが、これらの機械群の系統運転、自動運転、無人運転、揚運炭設備全体の総括監視、情報伝達の為の多量データ伝送などが自動化の焦点となっている。これらの自動化に当っての基本的条件としては、高速・高能率化、省力化、安全性の強化等があるが、各機器の機能に応じて制御機能を決めていく必要がある。

アンローダーにおいては、グラブ経路設定制御機能、グラブバケット位置監視制御機能、巻上げ・開閉・横行（引込）のシーケンス制御等を自動化の対象としている。

スタッカは、大型運搬機械の中では比較的自動化の容易な機械であり、機上に搭載されたP Cの制御により、中央の管理用計算機の指令または中央操作卓からの指令による無人運転、又は機上オペレーターのデーターセットによる自動運転が実施されている。スタッカの自動化には、積付高さ検出の為の超音波センサ、衝突防止センサなどセンサ類の安定化等が、今後の課題として挙げられる。

リクレーマーの自動運転は、スタッカより困難で、現在、完全無人運転には問題があり、有人の自動運転が一般的である。機上に搭載されたP Cの制御によって、中央管理用計算機、又は中央操作卓からの指令による自動運転、あるいは機上オペレーターのデーターセットによる自動運転が実施されている。又、最近の発電所用石炭は世界各地から輸入される為、燃焼効率や公害対策等の見地から高いブレンディング精度が要求され、リクレーマーの定量拠出精度を向上させる事が大きな課題となっている。

コンベアは、一つの荷揚地の中に何10本も設備される。従って、自動化に当っては、各系統のシステム全体における機能を十分に検討し、全體がスムーズな流れとなる様に非常に多くの流れの系統を制御していく必要がある。例えば、必要とされる機能として、受入れ・拠出し系統の設定と系統チェックおよび順序起動／停止、トリッパコンベアの走行位置制御、積付量の監視と制御、計量器からの拠出量フィードバックによる拠出フィーダのアナログ制御等が挙げられるが、いずれの機能も、最近における制御機器の発達により実用化されている。

以上の様な自動化の今後の課題として、P Cや多重データ伝送装置の絶対的な信頼性、保守性の向上、さらに、

より人間の感覚に近くかつ誤動作のない各種センサの開発が望まれている。

### 3.1.4 石炭のバルク輸送における今後の検討課題

#### (1) ガス・炭じん爆発

石炭のハンドリング上の問題として、ガス・炭じん爆発がある。ガスは、石炭の生成過程において石炭内部に吸着されたものである。その大部分は、炭坑において採掘する時、又は船に積み込むまでの運搬過程において、空気中に放散されてしまうが、炭槽の中では、極めて大きな圧力によって石炭内部に多くの量が閉じ込められている為、船に積み込んだ後も徐々に内部からガスが湧出し、密閉された船倉内に充満していく。このガスは、そのほとんどがメタンガスであり、空気中で5～15%の濃度の時、着火源があれば爆発する。メタンガスは、炭じんに比べて着火エネルギーが1/100と非常に小さい為、それだけ爆発の危険性が大きく、過去、石炭運搬船において、メタンが原因と考えられる爆発が何回か起っている。

一方、炭塵による爆発事故は、炭鉱以外では、ほとんど発生していないが、石炭の運搬過程におけるベルトコンベア落し口、スタッカー、チップラー、クラッシャー等で炭塵が舞い上り、浮遊した炭塵が適当な濃度になった時は、発火源の存在によっては容易に爆発する危険がある。又、ガス爆発により、堆積した炭塵が舞い上って炭塵爆発を誘発し、大規模なガス・炭塵爆発となる危険もある。

このガス・炭塵爆発の大きさは、石炭の種類や粒度、成分、環境条件等によって大きく異なる為、一概に取り扱う事はできず、各石炭の銘柄ごとに、その性質を把握し、それぞれに見合った適当な対策を立てていくことが必要である。炭鉱の様にきびしい自然環境とは違って、船舶では、その環境条件を適当にコントロールする事が可能であり、その対策も完全なものとする事ができるであろう。

#### (2) 自然発火

自然発火とは、堆積した石炭層内に空気中の酸素が流入・浸透し石炭の表面に吸着されて、酸化現象が始まり、次第にその速度を大きくして発熱量を増し、さらに温度を上昇させて燃焼の状態に到る現象であり、貯炭における重要な問題の一つとなっている。

船舶においても、自然発火による事故が時々発生しており、石炭の輸送上、大きな問題となっている。例えば、オーストラリアより日本へ石炭（褐炭に類する炭質）を輸送する船において、石炭温度と外気の気温の温度差により、船倉内の隙間で空気の対流を生じて温度が上昇し、さらにメタンガスの警報が出た為、送風を行ったところ、酸素を供給する結果となり、自然発火に到った例がある。

自然発火の発生要因としては、必要空気の存在、発生熱の蓄積、堆積体の量と形状等の物理的要因と、酸化のし易さ、すなわち炭化度という概念で概括できる固有水分、揮発分、酸素含有量等の化学的要因があり、この両者が互いに絡み合って複雑な現象を呈している。一般的に言えば、亜炭、褐炭等に代表される低炭化度の石炭は、自然発火し易いといふことができる。

一方、今後的一般炭の大量輸入においては、コークス用原料炭の場合と異なり炭質よりも単価すなわちカロリー当たりの価格が主要問題となり、その結果、安定供給の面からいっても、単価の面からみても、諸外国に多量に貯蔵されている亜炭・褐炭を含む低炭化度の石炭が、輸送の中心となってくると考えられる。それだけに、輸送中における自然発火の危険は大きくなると言わざるを得ず、今後、その対策に当っては十分な検討が必要である。船舶による輸送の場合、坑内の場合と異なり、その物理的条件は比較的画一化されてくるので、銘柄別の自然発火発生の危険度を考える場合、その石炭の化学的性質に主として注目すれば良い。又、対策に当っては、例で述べた様に、メタンガスの対策と自然発火防止の対策が、互いに逆の効果をもたらす面もあり、この点十分注意する必要がある。

### (3) 石炭による倉内腐食

石炭による倉内腐食の問題は、最近話題になり始めたものであり、過去においては、あまりさわがれなかつたものである。それだけに、この問題については、よくわからない面が多く、石炭輸送における今後の新しい問題の一つとして重要になりつつある。腐食の原因としては、物理的要因と化学的要因とが考えられる。

物理的要因による腐食としては、積載された石炭層による静圧と、船体の動搖によって加わる動圧により、石炭層が船倉の壁の表面に押しつけられ、これが船体の動搖によって主に上下に動く事により、壁の表面に小さな多数の引っかき傷を生じて塗膜を損傷し、ここから進行していく腐食が挙げられる。すなわち、石炭が荷重を受けた状態で動くことにより損傷を生ずるわけである。この様な原因で損傷する部分は、船倉の中でも石炭による静圧と動圧の和の最も大きく作用する部分であろうと考えられる。一般に二重底の上面は、石炭の落下や機械等により損傷を受けると考えられているので、塗装は初めから行われていないが、上述の様に、塗装を行っていても、石炭自身の動きによって壁の表面が容易に損傷し、腐食の原因となっている事は、今後、塗装の在り方について再検討していく必要がある。

一方、化学的要因としては、石炭の成分中の硫黄分が悪い影響を及ぼすと考えられている。この硫黄分は、石炭中の水分により加水分解されて硫酸第2鉄水溶液となり、pHが非常に低い状態（強酸性）となって、鉄板の腐食を急速に進行させる。はなはだしい場合には、二重底頂板に孔があいた例もあるほどである。この様な強い酸性度に対しては、現在一般に使用されている油性のペイントは効果がなく、やはり塗装についての見直しが必要とされる。又、塗膜が熱により軟化して一層条件が悪くなる事も原因の一つであると考えられ、石炭の場合は自然発火との問題とも合せて検討を要する点である。

又、直接石炭によるものではないが、船倉のハッチカバー内面や、ハッチコーミングの内面はスウェットと蒸発のくり返しが多く、これが原因となって腐食が起こる事にも注意する必要がある。

今後、多くの実船調査、実験により、石炭による船倉の腐食の実態を明らかにし、これに対する最適な塗装仕様を決める事が、今後の石炭輸送上の大きな課題となっている。

### (4) 浅吃水船の必要性

石炭の海上輸送においては、前述した様に、その経済性の面から船型の大型化の必要性があるが、主要積出港、荷揚港の港湾事情（主に吃水制限）は、将来の為に徐々に改善されていく方向にはあるものの、これには莫大な資本投資と長期間を必要とし、今すぐに大型船に対応できる様な体制にする事は不可能であり、又、諸々の事情で水深を大きくする事が困難な港も多い。従って、この様な中で大型船の入港を可能とするには、浅吃水の船型を開発する事が必要となってくる。浅吃水船については、すでに各造船会社において、需要の先を見通して具体的な設計を行っているものもあるが、今後、増えその必要性は高まるものと考えられ、より大型船にも適用できる浅吃水船の計画を進めていく必要がある。大型船での浅吃水化は、超幅広の船型となり、船舶の性能上、推進上、又港湾のローダー、アンローダーのアウトリーチとの関係等、船舶の基本条件にかかる多くの問題点を生ずるが、今後の石炭の大量輸送の荷い手として船舶がその役割を果たしていく為にも、より前向きの姿勢で、その開発に取り組んでいく必要がある。

参考として、在来船と幅広浅吃水船における、吃水と載貨重量との関係を図3.1.5に示す。

## あとがき

以上、石炭のバルク輸送における現状と問題点について述べたが、石炭をバルクとして輸送する手段は、ここ当分の間は変わらないであろう。従って、バルク輸送における各問題点の検討を早急に行い、今後の大量輸送の需要に備え

ていく必要がある。來たりつつある石炭時代の中で、その輸送システムの在り方いかんによって、今後のエネルギー事情が左右されると言っても過言ではないであろう。関係者一同この点を肝に銘じ、努力を重ねていく必要がある。

### [引 用 文 献 ]

1. 「石炭の積出港における荷役設備」  
日本機械学会第521回講習会教材 IHI 松坂貞夫
2. 「石炭のシップアンローダ」  
粉体工学会誌 Vol.18 №6 (1981) 住重 渡辺 潔
3. 「海上輸送におけるCargo Moving RateとCargo Handling Rateについて」  
日本造船学会誌 549号 (S50/3) 住重 宝田直之助
4. 「コールセンターの現状と課題」  
インサイト 1981/3 (№19) エヌケーコールセンター
5. 「コール・クリーニング」  
化学装置 1981/5 (財)石炭技研 村田逞詮・岩淵可浩
6. 「石炭二次輸送に関するブッシャーバージの考察」  
内航海運 (株)上野運輸商会 小谷野 修
7. 「石炭火力発電所向け揚運炭設備の自動化」  
東芝レビュー (36巻5号) 1981 荒木道善・大場 茂
8. 「船舶載貨法(特殊貨物編)」  
東京商船大学名誉教授 田中岩吉
9. 「載貨係数表と積付実務」  
日本郵船江務部

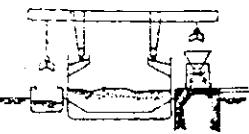
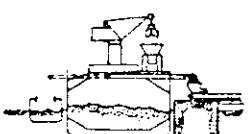
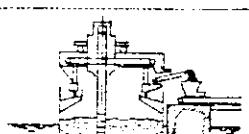
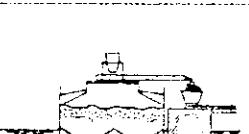
表 3.1.4 主なコールセンターの入港可能船型の計画  
(一部稼動中のものを含む) (56年12月現在)

| 名 称       | 期           | 最 大 船 型                 |
|-----------|-------------|-------------------------|
| 苦 小 牧 東   |             | 60,000 DWT              |
| 崎 戸       |             | 150,000 DWT             |
| 三 井 韶 瀬   | 1<br>2      | 60,000<br>60,000 (追加)   |
| 宇 部 沖 ノ 山 | 1<br>2<br>3 | 34,000<br>45,000<br>未 定 |
| 室 蘭       | 1<br>2      | 30,000<br>60,000        |
| 中 部       | 1<br>2      | 30,000<br>60,000        |
| N K       |             | 70,000<br>200,000       |

表3.1.6 大容量石炭アンローダの分類<sup>2)</sup>

| 形 式     | 概 時 図  | 特 徴  |
|---------|--|--|
| 構形クレーン式 | グラブ・コリ式  | 後述   |
|         | ロープトロリ式  | 後述   |
|         | 引込クレーン式<br>(ダブルリング式)   | 後述   |
| 機械式     | バケットリーベータ式   | 後述   |
|         | バケットホイール式  | <ul style="list-style-type: none"> <li>1. バージの形が制限される(専用バージが必要)。したがって、積入港のアンローディングは直接ではなく、コールセンタなどを介在させることになる。</li> <li>2. 荷役効率がよい。</li> <li>3. 炭じん飛散が少ないうえ防止策も容易である。</li> </ul>     |
| 連続式     | ホスラリータン式   | <p>積込港 荷卸港</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. わが国では運航時、停止時の石炭の沈降、圧密、船舶の安全性、荷卸し時のボンディングの可否などについて実験研究が行なわれていて、設計上参考になら基礎データを得ておき、米国では極東への石炭スラリー輸送についての検討を発表している。</li> </ul> |
|         | 船内再ホスラリー化式   | <p>積込港 荷卸港</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 船にスラリー化装置を搭載したもので、積込港では従来どおりのバルク輸送とし、荷卸し時にのみ船内で再スラリー化を行ない、アンローディングを行なう。</li> </ul>  |
| 流体式     | 脱水型スラリー船式  | <p>積込港 荷卸港</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. ホスラリーで積込まれたものを船内で横横的に脱水して無駄な水分の輸送を除き、荷卸しは上記グラブバケット式および連続式アンローダーで行なう。</li> </ul>   |
|         | スラリー式の共通点  |  |
|         | <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 脱水型を除き、上記グラブバケット式のような専用岸壁および水深確保のための浸没が不要である。</li> <li>2. 炭じん飛散・騒音などの公害が発生せず、気象条件に左右されない。</li> <li>3. 自動化が容易であり、省力化に適する。</li> <li>4. 石炭については、どの形式も世界にその実績がない。</li> <li>5. 積入港の大形船による大量輸送を目的とするため、炭種ごとの詳細な実験と確認が必要である。</li> </ul> |  |

表 3.1.6 大容量石炭アンローダの分類(つづき)<sup>2)</sup>

|              |              |   |  |
|--------------|--------------|---|--|
| セルフアンローディング船 | 船上クレーン式      |  | <ol style="list-style-type: none"> <li>船上設置のためアンローダの自重・重心高さに制限を受けるので、大容量にするには台数を多くしなければならない。</li> <li>船の建造費が大きい。</li> <li>専用岸壁の建設費が小さい。</li> <li>保守率が低い。</li> </ol>  |
|              | 船上バケットエレベータ式 |  | <ol style="list-style-type: none"> <li>船上設置のためアンローダの自重・重心高さに制限を受けるので、大容量にするには台数を多くしなければならない。</li> <li>船の建造費が大きい。</li> <li>専用岸壁の建設費が小さい。</li> <li>船上橋の虞じん飛散防止がやや困難である。</li> <li>保守率が高い。</li> </ol>                      |
|              | 船内コンヘヤ式      |  | <ol style="list-style-type: none"> <li>上記陸上設置の連続式と同様の特徴をもち、大容量に適している。</li> <li>船の建造費が大きい。</li> <li>専用岸壁の建設費が小さい。</li> <li>保守率が低い。</li> </ol>   |
|              |              |  | <ol style="list-style-type: none"> <li>荷役能力が一定している。</li> <li>荷役作業が単純である。</li> <li>自動化が容易であり、省力化に適する。</li> <li>虞じん飛散防止が容易である。</li> <li>大洋を長期間航行した実績はない。航行中に石炭の堆積による可燃性ガスなどが生じても船底からの出しが可能な構造・設備の研究開発が必要であろう。</li> </ol> |

(出典: 「石炭のシップアンローダー」 渡辺 潔 粉体工学会誌 Vol. 18 No. 6)

### 3.2 流体化輸送

#### 3.2.1 水スラリー輸送

##### (1) 在来型水スラリー

今後、一般炭の需要増加に伴い、海外からの石炭輸入量が飛躍的に増加するものと予想されるが、石炭取扱い量の増加に伴って産炭地から消費地迄の輸送、貯炭、荷役等の合理化及び環境保全が重要になってくる。このためには次の問題の解決が必要である。

- 大型石炭輸送船による海上輸送コストの低減
- 大型船用港湾設備の整備
- 荷役の迅速化
- 環境保全

船舶輸送を含む大量の石炭輸送に対して貨車、シップローダー、バルクキャリア、アンローダ等の従来の技術を延長するのも一つの方法であるが、新たな積出及び受入港の立地難や環境規制の強化傾向を考えると、石炭の水スラリー輸送は極めて有望な技術であると云えよう。

##### (a) 概要

粉体に水を注ぐと、粒子・水・空気が共存したバサバサした状態から、粒子同士の接触点付近以外にも水がつき、遂には空気を含まないネバネバした状態になる。更に水を増すとドロドロした状態のいわゆるスラリーとなり、流動性を示すとともに、粒子が沈降する様になる。スラリーの流動特性は粒子の物性特に比重、形状、界面化学的性質、粒度分布、濃度等に関係する。

本節でいう在来型水スラリーとは、最大粒径3~5mmの石炭を、清水を媒体として重量比濃度5.0~6.0%に調整したもの指すが、その外に採炭場等に於いて最大粒径5.0mm程度のものを水力輸送したり、200メッシュ

以下70%以上、濃度70%程度とした微粉スラリー或いは高濃度スラリーとする方法もある。

水スラリー輸送は大別して前処理、輸送、後処理の三つの工程から成っている。

前処理工程は、石炭の輸送、貯蔵、後処理、燃焼等の全体システムを考えて最適のスラリーを調整するもので、石炭の粒度調整、石炭と水との濃度調整が主な作業である。

輸送工程の内、パイプライン輸送に関しては、石炭の粒度、石炭輸送量、パイプライン敷設経路等に応じて、圧力損失や所要動力が最小になる様にスラリー濃度、流速、送出圧力、ポンプ形式、ブースターステーションの配置等が決定される。事故による石炭粒の管内沈積や、その後の再起動の対策が必要である。

海上輸送の場合は、積荷後、船内で脱水して媒体である水の輸送量をなるべく少くするのが望ましいと考えられる。輸送中の動搖、振動による石炭の圧密、粘性貨物による船体動搖への影響、揚荷時の再スラリー化方法と石炭の粉化特性等の検討が必要である。

後処理工程では、使用目的によって、濃縮、脱水、乾燥を行い、また排水処理も行う。

海外からの一般炭を水スラリーの形態で輸送する場合の基本的なフローを図3.2.1に示す。

石炭——水スラリー輸送の一般的な特徴を表3.2.1に掲げる。

表3.2.1 石炭——水スラリー輸送の特徴

|          | 長 所   | 短 所   |
|----------|---|---|
| パイプライン輸送 | <ul style="list-style-type: none"><li>・長距離輸送可能</li><li>・輸送能力が大きい</li><li>・粉塵飛散、騒音がない</li><li>・輸送が気象条件に影響されない</li><li>・輸送経路の選定が自由</li><li>・設備が簡単で占有面積が小さい</li><li>・設備の稼動率が高く、メインテナンスが容易</li><li>・自動化、省力化が可能</li><li>・亜滌青炭、褐炭等の輸送も可能</li><li>・復路が不要</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>・管路が摩耗する</li><li>・輸送中に石炭粒が粉化する</li><li>・輸送量が固定化される</li><li>・任意の地点への輸送はできない</li><li>・大量の水が必要</li><li>・排水処理が必要</li><li>・管内に沈殿や閉塞の恐れ</li><li>・輸送停止時対策として大型ボンドが必要</li><li>・輸送粒径に限度がある</li></ul> |
| 船舶輸送     | <ul style="list-style-type: none"><li>・沖合荷役が可能</li><li>・港湾立地の自由度増加、大型船使用可能</li><li>・港湾建設期間の短縮</li><li>・荷役作業の省力化が可能</li><li>・荷役時の炭塵発生がない</li></ul>   | <ul style="list-style-type: none"><li>・余分な水を運ぶ</li><li>・特殊輸送船が必要</li><li>(船内脱水設備、再スラリー化設備、スラリーポンプ等)</li><li>・排水処理が必要</li></ul>  |

一般に粒径を小さくすると、前処理及び後処理のためのコストは高くなり、脱水が困難となるが、パイプライン輸送における動力費は低くなり、機器や管路の摩耗は少くなる。

スラリーの輸送技術は19世紀中頃から用いられ始めたとされており、米国、ニュージランドでは砂利の輸送に用いられた。またポンプ式浚渫船の排泥管による土砂輸送も既に確立された技術として広く使用されている。

パイプラインによる石炭の水スラリー輸送については、1951年にフランスのフレイミング炭鉱の選炭工場で、

微粉炭を水スラリーとして約9.2Km離れたエミルユシュ発電所迄流送したのが始まりである。アメリカでは、1957年に総延長174Kmのオハイオ・パイプラインを完成させ、石炭一水スラリーの長距離輸送を成功させた。わが国では1962年頃、石狩炭を京浜地区にスラリー輸送する計画に関連して資源技術研究所及び船舶技術研究所を中心に研究が行われたが、輸送計画は実現に至らなかった。また1965～1968の約3年間、三井炭鉱で水力採炭した原炭を揚炭するのに実揚程500mのハイドロホイストを用いた例がある。

パイプラインによるスラリー長距離輸送の実績及び計画の例を表3.2.2に示す。

スラリー輸送船を表3.2.3に示す。

石炭一水スラリーの海上輸送については、前述のオハイオパイプラインにより石炭の供給を受けているエリー湖畔イーストレーキ発電所からニュージャージー州ワーナー発電所までの960Kmを濃度70%に濃縮してバージ輸送したことがある。

表3.2.2 陸上スラリー長距離輸送の実績ならびに計画<sup>1)</sup>

| 被輸送物     | 設置場所           | 輸送量<br>(100万t/年) | パイプ長さ<br>(Km) | パイプ直径<br>(m) | 最大粒径<br>(mm) | スラリー濃度<br>(wt %) | 稼動開始 |
|----------|----------------|------------------|---------------|--------------|--------------|------------------|------|
| 石炭       | 米国 オハイオ        | 1.3              | 174           | 0.25         | 2.0          | 50               | 1957 |
|          | " ブラックメサ       | 4.8              | 439           | 0.46         | 2.0          | 45～50            | 1970 |
|          | ソ連 クズネツ        | 4.0              | 11            |              | 粗粒           |                  | 1966 |
|          | 米国 ETSI        | 25               | 1,667         | 0.97         |              |                  | 計画中  |
|          | " ネバダパワー       | 10               | 288           | 0.56         |              |                  | "    |
|          | " ノースウエスト      | 10               | 1,770         | 0.51～0.61    |              |                  | "    |
|          | " ワイティックス      | 21～38            | 480           | 0.46         |              |                  | "    |
|          | " "            | 21～38            | 2,030         | 0.9～1.2      |              |                  |      |
|          | " ヒューストン       | 15               | 108～626       | 0.20～0.71    |              |                  |      |
|          | " サルトリバー       | 4                | 290           | 0.74         |              |                  |      |
| 鉄鉱石      | カナダ            | 8～15             | 800           | 0.61～0.76    |              |                  |      |
|          | オーストラリア        | 12               | 224           | 0.61～0.91    |              |                  |      |
|          | オーストラリア サベジリバー | 2.5              | 85            | 0.23         | 0.15         | 55～60            | 1967 |
|          | 米国 PENA        | 1.8              | 48            | 0.20         |              |                  | 1974 |
|          | メキシコ シーラークランド  | 2.1              | 32            | 0.20         |              |                  | 建設中  |
|          | " ラストラカス       | 1.5              | 27            | 0.20         |              |                  | 1975 |
|          | ブラジル サマルコ      | 12.0             | 386           | 0.51         |              |                  | 1977 |
|          | アフリカ           | 6.6              | 560           | 0.46         |              |                  | 計画中  |
|          | 石灰石 トリニダート     | 0.6              | 10            | 0.2          | 0.30         |                  | 1959 |
|          | 英國 ラグビ         | 1.7              | 92            | 0.25         | 0.42         | 50～60            | 1964 |
| 銅鉱石      | 米国 カルベラス       | 1.5              | 27            | 0.18         | 0.59         | 70               | 1971 |
|          | コロンビア          |                  | 27            | 0.18         |              |                  | 1944 |
|          | オーストラリア        | 0.9              | 70            | 0.20         |              |                  | 計画中  |
|          | ブーゲンビル         | 1.0              | 27            | 0.15         | 0.10         | 55～70            | 1972 |
|          | イラン 西部イラン      | 0.3              | 110           | 0.1          | 0.15         |                  | 建設中  |
|          | トルコ KBI        | 1.0              | 61            | 0.15         | 0.15         | 45               | 計画中  |
|          | 米国 ピントバレー      | 0.6              | 18            | 0.1          |              |                  | 1974 |
|          | 日本 秋田県大館       | 0.6              | 70            | 0.30         | 0.10         | 15～25            | 1968 |
|          | ニューギニア         | 1.0              | 27            | 0.15         |              |                  | 計画中  |
|          | ギルソナイト 米国 ウタハ  | 0.4              | 116           | 0.15         | 4.0          | 48               | 1957 |
| 磁鐵鉱      | ニュージーランド       | 1.0              | 10            | 0.2～0.3      |              |                  | 計画中  |
|          | 硫黄 カナダ         |                  | 1,280         | 0.3～0.4      |              |                  | 計画中  |
|          | 金鉱滓 南アフリカ      | 1.1              | 35            | 0.15～0.23    |              |                  |      |
|          | 生汚泥 米国 オハイオ    |                  | 21            | 0.30         |              |                  |      |
|          | 消化汚泥 米国        |                  | 12            | 0.15         |              |                  | 計画中  |
| 磷酸塩 ブラジル | ミナス            | 2.0              | 120           | 0.23         | 65メッシュ       | 61               | 1979 |

表3.2.3 スラリー輸送船実績<sup>1)</sup>

| 被輸送物  | 船名                      | トン数<br>DWT | 船会社                     | 建造会社 | 就航   |
|-------|-------------------------|------------|-------------------------|------|------|
| 砂 鉄   | 八州川丸                    | 51,539     | 川崎汽船                    | 日立造船 | 1972 |
| "     | ろんぐびいぢ丸                 | 54,206     | ジャパン<br>ライン             | "    | 1973 |
| "     | 日鵬丸                     | 約50,000    | 昭和海運                    | 日本鋼管 | 1973 |
| "     | Taharoa<br>Enterprise   | 約120,000   | "                       | "    | 1978 |
| "     | Slurry<br>Express       | 125,185    | River Co.<br>CP.Co. LTD | 日立造船 | 1978 |
| "     | Taharoa<br>Venturer     | 126,579    | ジャパン<br>ライン             | 三菱重工 | 1977 |
| 微粉鉄鉱石 | Marconaflow<br>Merchant | 51,400     | Marcona Co.             | 日本鋼管 | 1970 |
| "     | San Juan<br>Exporter    | 141,706    | Marcona Co.             | 日本鋼管 | 1972 |

## (b) 石炭—水スラリーの特性

石炭は、産地により成分、破碎性、界面化学的性質等が大幅に異なり、たとえ最大あるいは最小粒径を同一にしても産地毎に粉炭粒度構成は異っており、また濃度を同一にしてもスラリーの粘度等は夫々異っている。

石狩炭のスラリー輸送計画に関連して行われた研究における供試炭の分析例を図3.2.2及び表3.2.4に示す。

表3.2.4 石狩炭スラリーの分析結果<sup>2)</sup>

| 濃度(wt%)       | 公称      | 50   | 55   | 60   | 70   | 沈殿物<br>7.08 |
|---------------|---------|------|------|------|------|-------------|
|               | 実測      | 50.5 | 55.2 | 59.5 | 69.8 |             |
| 比重            |         | 1.15 | 1.16 | 1.18 | 1.26 | 1.3         |
| 粒度構造<br>(wt%) | +8メッシュ  | 0    | 0    | 0.3  | 0.3  | 0.3         |
|               | 8~14    | 0.8  | 7.0  | 10.1 | 9.9  | 7.6         |
|               | 14~28   | 1.6  | 9.5  | 15.5 | 23.2 | 17.5        |
|               | 28~48   | 3.2  | 9.9  | 14.1 | 14.3 | 6.5         |
|               | 48~100  | 41.3 | 21.9 | 19.9 | 17.5 | 29.6        |
|               | 100~200 | 38.1 | 29.8 | 25.6 | 21.8 | 25.5        |
|               | 200~325 | 13.8 | 11.5 | 10.1 | 10.2 | 8.9         |
|               | ~325    | 1.2  | 7.4  | 4.4  | 2.8  | 4.0         |

ブラックメサ・パイプラインで輸送されているスラリーの特性は次の通りである。

|        |        |
|--------|--------|
| 最大石炭粒径 | 2"     |
| 石炭比重   | 1.41   |
| スラリー濃度 | 48 wt% |

|        |          |        |
|--------|----------|--------|
| スラリー比重 | 1.105    |        |
| 粒度分布   | —325メッシュ | 16～20% |
|        | —100メッシュ | 45～50% |

石狩炭の管路抵抗について、スラリー濃度との関係を図3.2.3に、流速との関係を図3.2.4を示す。

### (c) 石炭—水スラリーのハンドリング

#### (i) 貯蔵

スラリーで送られてきた石炭の貯蔵方法としては、揚炭と同時に脱水、乾燥させて在来方式によることが考えられるが、ここでは積出港等スラリーの中継地に於ける、スラリーの特性を活かした貯蔵方法として、水中貯炭法について述べる。

水中貯炭法は、地表面に設けた攪拌装置付ボンド或いはコンクリート製の貯槽中に、石炭と水と一緒に貯蔵するものである。ブラックメサ・パイプラインの送出側であるブラックメサ炭鉱では調整したスラリー2,400m<sup>3</sup>ストレージタンク4基に一時貯蔵し、受入側のモハブ発電所では20,000tストレージタンク4基に加えて、88,000tストレージボンド4基、12万t非常用ストレージボンド2基を設けている。モハブ発電所のストレージボンドは図3.2.5に示す如く、勾配は1/3、底面は厚さ100mmのAC(アスファルトコンクリート)ライナ張り、深さは地下水圧の関係で40'とし、ボンドのほぼ中央でポンプアップできる様になっている。

ボンド等へのスラリー搬入はパイプラインにより行う。

スラリーの払出しにはパケットクレーンによる方法、貯槽上部に設置したトラクションとフレキシブルパイプによる方法、吸い上げポンプを備えた浅吃水船を貯槽に浮べる方法等がある。後の2つの方法は貯炭中のスラリー濃度を変えずに払い出すことができる。

水中貯炭の特徴を掲げると次の通りである。

#### 利点

- 貯炭中の炭質の劣化が少く、長期貯炭が可能。
- 面積当りの貯炭量を多くできる。
- 石炭の受入れ・払出しは常に貯槽の上部から行い、貯槽の構造が単純で建設費が安い。
- 立地条件の制約が少い。
- 自然発火の恐れがない。
- 粉塵飛散が生じない。

#### 欠点

- 上方から受入れ・払出しを行う為、古い石炭が下方に残る。
- 微粉泥炭の処理が必要

輸送端末において脱水をする必要があり、遠心分離機が最も効果的であるとされているが、シックナーーやサイクロンとの組合せ、脱水機にフィードする際の重油或いは凝集剤の添加の効果等の検討が必要である。モハブ発電所では遠心分離機にスラリーをフィードする直前に熱交換器で160°F迄加熱して脱水を促進している。

脱水により分離された水はシックナー等で凝集沈殿・軟水化処理を行ってから再利用又は放水される。

#### (ii) 船舶荷役

スラリーの船積みは、原油タンカー等の液体輸送船の場合と同様に、陸側に設けられたポンプによるのが普通である。

揚荷の方法としては現在、大別して2つの方法が考えられている。その第一は船倉底部にノズルを設け、こ

これから高圧水ジェットを放出して石炭を切崩し、サンプに導いたあと低圧水ジェットにより再スラリー化し、スラリーポンプにより濃度調整されたスラリーを陸側に送る方法で、高圧水ポンプ、低圧水ポンプ、スラリーポンプ、切崩し用ノズル等は船内に固定的に装備される。この方式の例を図3.2.6に示す。スラリーポンプには多くの種類があるが、作動原理により分類すると表3.2.5の通りである。

第二の揚荷方法は、スラリーポンプを本船或いは岸壁のクレーンで吊りながら貨物倉の上方からスラリーを吸引するもので、スラリーポンプはポータブルである。この方式の例を図3.2.7に示す。モハブ発電所のスラリー受入ポンドからボイラへの払出しには、この方式が採用されている。

表3.2.5 スラリーポンプの分類

| 型 式      | ポン プ 名    | 最大流量Qおよび最大吐出圧Pなど  |
|----------|-----------|---|
| ターボ型ポンプ  | ボリュートポンプ  | $Q = 15,000 \text{ m}^3/\text{h}, P = 5 \text{ Kg/cm}^2$  |
|          | ノンクログポンプ  | 大塊、低圧   |
| 容積型ポンプ   | ピストンポンプ   | $Q = 240 \text{ m}^3/\text{h}, P = 150 \text{ Kg/cm}^2$   |
|          | プランジャーポンプ | $Q = 60 \text{ m}^3/\text{h}, P = 160 \text{ Kg/cm}^2$    |
|          | ダイヤフラムポンプ | $Q = 60 \text{ m}^3/\text{h}, P = 160 \text{ Kg/cm}^2$    |
|          | マルスポンプ    | $Q = 200 \text{ m}^3/\text{h}, P = 80 \text{ Kg/cm}^2$    |
| ハイドロホイスト |           | $Q = 6,000 \text{ m}^3/\text{h}, P = 150 \text{ Kg/cm}^2$ |
| 特 殊 ポン プ | ジェットポンプ   | 低 圧   |
|          | モーノポンプ    | $Q = 250 \text{ m}^3/\text{h}, P = 25 \text{ Kg/cm}^2$    |
|          | ホースポンプ    | $Q = 50 \text{ m}^3/\text{h}, P = 15 \text{ Kg/cm}^2$     |

これらの方の変形として、船倉底部に設けた石炭搔き寄せ装置とコンベアの組合せ、或いはグラブバケット式アンローダとコンベアの組合せにより船倉内の石炭をミキシングタンクに導き、ここで再スラリー化して陸側へ送出することも考えられる。

### (iii) スラリー輸送船

積出港のポンドに堆積している石炭スラリーはフィルタ、シックナー等によってある程度濃縮されてからポンプにより船積みされる。

スラリー輸送船の船倉に積込まれたスラリーは直ちに脱水される。即ちスラリー中の石炭粒子が重力沈降したあと、上澄水をオーバーフロー排出口、及び上澄水吸上げポンプにより排出する。また船倉底部に設けたフィルタを通して真空脱水操作を行う。この脱水性の如何が海上輸送コストに大きな影響を及ぼすので、脱水操作の効率化が水スラリー輸送方式の最も重要な課題となると思われる。船内脱水方式の例を図3.2.8に示す。

船倉内の脱水されたスラリー層は船の航海中における振動や動搖により圧密を生じたり、片荷になる恐れがある。また再スラリー化において計画通りの性能が發揮されるか否かはスラリー輸送チューンに残された大きな問題の1つであり、船倉内面を平滑にしたり、船倉底部をホッパー状にする等の考慮が払われる。

#### (d) 将来動向

石炭一水スラリーのパイプライン輸送は、米国のブラックメサ・パイプラインを始めとする長距離輸送の経験から技術的には、ほぼ確立されたと考えられよう。しかし石炭一水スラリーの流送上の特性は従来の石炭分析から容易に推定できる段階に至っておらず、個々の石炭を用いたスラリーを作つて試験を行い、パイプラインシステムを構成する機器を設計する必要があろう。

石炭一水スラリーの船舶輸送については、船の輸送効率を向上させる為には出来るだけ脱水を行わなければならぬが、石炭と水とでは比重差が小さい為、石炭粒の重力沈降を待つだけでは時間的な無駄が多くなる。そこで今後の研究としては凝集剤の使用などの化学的な方法、部分造粒法、加熱等による物理的な方法、真空、振動等による機械的な方法等による有効な脱水技術の確立が必要である。脱水技術の向上は炉前での脱水・乾燥工程でも重要な問題である。

スラリー輸送を行う為に石炭は微粉砕されて数mm以下の粒径に整えられるが、同時に数十μ以下の超微粒子をも含むことになり、パイプライン流送中の管壁との衝突による破碎や輸送船からの揚荷時の再スラリー化等による超微粒子の発生も加わり、船倉やボンド等に、これらが堆積して行く。横浜的には石炭の回収の為に、また少くともブラックウォーターを排出しない為に有効な排水処理技術の開発が望まれる。

#### (e) 引用文献

1) 石炭ヤード・ハンドリング設備計画、建設の実際

フジテクノシステム

2) 石炭スラリーの海上輸送に関する研究

船舶技術研究所報告 第5巻 第2号（昭和43年3月）

山内保文、岡田正次郎 他

3) 石炭スラリ利用技術の実用化試験

石炭技術研究所報告 第58号（昭和44年6月）

4) 石炭のスラリー輸送に関する研究とその考察

資源技術研究所報告 第68号（昭和42年2月）

手島精一 他

5) Marine Transport of Bulk Commodities in Slurry Form

— An Assessment

SNAME Spring Meeting/STAR Symposium 1978

Donald P. Roseman et al.

(2) 高濃度石炭水スラリー輸送

##### (a) 研究開発の概況

海外炭の山元から発電所までの一貫輸送、いわゆるコールチェーンとして、従来からの水スラリー（粗粒スラリー）、COM、メタルコールなど、さまざまな案が検討されてきたが、これまでのところ、いずれも決定的な輸送システムとまでは至っていない。このようなかつて、この一、二年の間に、いわゆる高濃度スラリーがにわかに注目されてきた。

研究状況についてみると、海外では、米国のスラリー・テック社<sup>1)</sup>、アトランティックリサーチ・コーポレーション<sup>2)</sup>、スウェーデンのスカニアインベントル社<sup>3)</sup>、などが基本技術を所有しており、世界的な規模で開発競争が行われている。

各社の研究の概要と状況についてみると、まず、スラリーテック社の場合、1973年、米国New York州 Alfred大学のJ. E. Funk博士が考案した高濃度スラリーをもとにしており、石炭粒子の粒度分布を Alfred の式と呼ばれる計算式により最適化することで高濃度化するもので、これに添加剤を加えることにより、石炭粒子の表面電荷に基づく粒子反発によりスラリーは安定化し、また、親水性の増大により、水膜が形成されて低粘度化するものとしている。<sup>1)</sup>スラリーテック社では、ポンプ配管流送試験にも成功している模様であるが、詳細は不明である。

また、アトランティック・リサーチ・コーポレーションの場合、その技術は、特定の計算式によって最適粒度分布を求めており、この場合も分散剤と安定剤の研究開発が行われている。現在1バーレル/時間のスラリー製造プラントを所有しており、燃焼試験用の高濃度スラリーを製造している。<sup>2) 3) 4)</sup>

一方、スカニア・インベントル社では、商品名「カルボゲル」と呼ばれる高濃度スラリーの開発に成功しており、伝えられるところによると、カルボゲルは採掘から利用まで含めた「カルボゲル・チェーン」として開発が<sup>5)</sup>行われており、専用バーナーも実用化の域に達しているということである。

次に、我国の研究状況についてみると電源開発㈱を中心とした重工、添加剤メーカーがACC(Advanced Coal Chain)研究開発の一環として、製造、輸送面にわたって研究開発を進めている。また、その他、米国のスラリーテック社と高濃度スラリーによる石炭輸送システムに関する特許実施権契約に基づいた研究も進められている。

#### (b) 輸送性から見た高濃度スラリーの性状

##### (1) 基本性状

高濃度スラリーの物性については未だ明らかでない部分もあるが、通常云われている物性は次の様なものである。

1) 石炭濃度：65～80% 通常 70%

2) 粒度分布：粒度分布を調整することにより高濃度化することができ、各社、それぞれ粒度分布に関する特許を出している。

一般的には74μm以下が30～80%の微粉である。

3) 粘度：500～1500 cP、通常 700～1000 cP

4) 比重：1.1～1.3

5) 安全性：自然発火、炭塵爆発などの心配は全くなく、安全性は、きわめて高い。

##### (2) その他輸送、技術上の特性

1) チキソトロビー性：スラリー濃度が上昇するに従って、図3.2.9に示すようなチキソトロビー性流体としての性質が顕著になってゆく。

2) 安定性／沈降性：高濃度水スラリーの場合、粒度分布を調整することなどによって静置状態では比較的安定なスラリーとなる。しかし、振動状態では沈降性であり、海上輸送時におけるスラリーの沈降防止は今後の大いな課題の一つとなるものと思われる。

3) 炭質の劣化：炭質自体の劣化は、ほとんどないものと考えられる。

4) その他：その他、摩耗性や管路抵抗など、今後、十分検討を行う必要がある。

##### (3) 各要素の輸送性に及ぼす影響

1) 炭種：炭種の違いによるスラリーの製造性は、大きく異なり、特に石炭表面の水に対する濡れ易さや固有水分量などの性状が、スラリー製造可能な上限の濃度に大きく影響すると云われている。

- 2) 石炭濃度-粘度：スラリーの粘土は石炭濃度に大きく依存し、特に高濃度になるとわずかな濃度の変化によって著しく粘度が変化する。その一例を図3.2.10に示した。
- 3) 粒度分布-濃度-粘度：スラリーの粘度は粒度分布によっても変化し、一般に、充填密度を高くして、粒子間の空隙率を小さくすることのできるような粒度分布に調整することによって、スラリーを高濃度化できると云われている。その一例を図3.2.11に示した。

(c) 実用化への問題点

(1) 高濃度・水スラリーコールチェーンフローシート

海外山元からボイラーに至るまでの高濃度スラリー一貫輸送システムは、これから開発されていくものであるが、通常は以下のようなフローになると推定される。

すなわち、海外炭鉱で、石炭を所定の粒度分布に湿式粉碎し、水およびスラリー分散剤と混合して高濃度スラリーを調製する。これを炭鉱から積出港まで配管輸送し、一旦貯蔵した後、海底パイプラインによりスラリー一船に積込んで海上輸送する。揚地では、やはり海底パイプラインによって陸揚げし、一旦貯蔵した後、国内消費地までスラリー状態のまま運ばれ、直接燃焼する。

以上が、高濃度スラリーによる輸送システムの概略であるが、図3.2.12に、その概略フローシートを示した。

(2) 管路輸送

高濃度石炭水スラリーの物性については不明な点も多いが、一般的に微粒子の高濃度スラリーにおいては、高粘度であるとともに非ニュートン流体の性質をもっている。一般に二相流において、不均一なスラリーで輸送される時、スラリーは乱流により粒子の沈降を防ぐが、スラリー濃度が35%を越えると粒子相互間力が無視できなくなり、スラリーが細粒であれば均一な流体と類似する様になる。ビンガム流体の性質を持ったスラリーが、パイプ中を流れる時、図3.2.13に示した様な速度分布と剪断応力の関係がある。この様な流動状態は plug flow として知られている。また、スラリー濃度とパイプライン中の圧力損失の関係は図3.2.13に示した様に plug flow の状態で輸送した方がより有利であることを示している。従って石炭水スラリーの高濃度化はスラリー管路輸送の面から見てもスラリーの安定性が増し輸送動力減少をもたらす合理的な手段といえる。高濃度スラリーの管路輸送においては、次の問題点が研究開発されなければならない点と考える。

- 1) ポンプの型式、材質の選定
- 2) パイプライン中の流動特性の把握
- 3) パイプライン制御システムの開発
- 4) パイプラインの材質選定（摩耗対策として）
- 5) Start up, Shut down, Trouble, における操作方法の確立
- 6) パイプライン閉塞防止
- 7) パイプラインシステムの確立

(3) 貯蔵

高濃度スラリーは必要に応じ安定化剤を加えて安定性を保つ方法がとられるものと考えられるが、一部に粒度構成の選択により、かなりの安定性が得られると言うデーターも出ている。しかし、大型貯蔵タンクにおける安定性については海外各社のデーターも不明であり、今後のパイロット規模でのテストを待たねばならないが、次の問題点について検討する必要があるものと考える。

- 1) 高濃度スラリーのタンク内における安定性の把握
- 2) タンク形式の最適化（攪拌機の必要性の有無など）

3) 払出し技術の確立

4) 閉塞時対策技術の確立

(c) 船舶荷役

石炭の海上輸送に高濃度水スラリー方式を適用することによる利点は、次の様になる。

1) 貨物の流体化によるパイプ輸送の採用によって、オイルタンカーと同様の荷役方式が適用出来、従来のバルク荷役に比べ港湾設備の簡素化ができる。

2) 港湾及び利用設備の立地上の制約が緩和される。

3) 大型船の利用による輸送単価の低減が可能

高濃度水スラリー技術は、未だ基礎実験が行われつつある状況であり、その結果を待つてみなければ、確定的な設備計画は行い得ないが以下の点を考慮して計画を行う必要がある。

1) ポンプ型式・要目・必要動力

2) ポンプへの吸引又はスラリ供給装置

3) 管径、流速、抵抗、最適条件

4) マニホールド、ユニバーサル、配管等の摩耗の程度

5) ブースターの要否

6) 揚荷用動力の供給方式

(d) 輸送船

高濃度スラリーのまま積荷され、航行中はそのまま貯蔵し、揚荷においても、そのまま高濃度水スラリーとして荷役されるものと考える。

本船に必要な構造・機能・設備は次のことを考慮して決定する必要がある。

1) 比重の大きい流体貨物を積載する特殊タンカーである。

2) 貨物は高粘度で流动性が悪く、又沈殿物発生の可能性もあるため、少くとも底面、及び側面はタンク内面を平滑な構造物の少ないものとすることが好ましい。

3) 底板上の沈殿物等の滞留を避けるため、ホッパー様の傾斜を設け、ポンプへの吸引を容易とすることは、有効な方式の一つであろう。

4) 粘度の大きい流体を積載するため、揚荷ではポンプへの充分な Suction head を与えることが難かしく、各タンクに接して Cargo Pump を設ける必要がある。

5) 貨物が航行中の Rolling, Pitching, 波浪衝撃、その他の振動をうけて、いかなる状態となるか充分実験で確認の上、必要設備を決定する必要がある。

6) 配管輸送では、配管抵抗が大きく、揚荷に際しては本船に大動力を必要としよう。

7) 荷役終了後の管内スラリー置換のための方式又は、その Hard Cake 化防止策、及び、タンク、配管等の洗浄方式等を確立する必要がある。

8) 低温下で水スラリーを輸送する場合は、氷結防止のため、常温まで heat up の設備が必要である。

(d) 将来動向

高濃度石炭水スラリーは 1.5.1 項で述べた如く、小量の水で効率良い石炭の輸送が可能であるのみならず、脱水することなく直接装置に供給し、燃焼或いは原料として利用することも出来ることから、今後の利用に大いに期待が持たれる方式である。

現在、このスラリーの基礎的事項の研究が為されつつあって未だ解明されていない点も多く、輸送にかかるる

研究も緒に着いたばかりであり、又利用方法の開発も必要である。

従って、トータルシステムとしての評価もこれからであるが新らしい性質に着目した技術であり、発展性のある新技術と思われる所以、これらの進展に合せて輸送システムとしても研究を進める必要がある。

### [引用文献]

- 1) U. S. PUT. 4,282,006 (日本 公表特許公報 昭56-501568に同じ)
- 2) 第1回 COM国際シンポジウム 1978/5  
"DEVELOPMENT AND EVALUATION OF HIGHLY-LOADED COAL SLURRIES"
- 3) 第2回 COM国際シンポジウム 1979/11  
"DEVELOPMENT AND EVALUATION OF HIGHLY-LOADED COAL SLURRIES"
- 4) 第3回 COM国際シンポジウム 1981/4  
"DEVELOPMENT AND BURNING OF COAL-WATER SLURRIES"
- 5) 石炭ニュース 1981/5/15 №182
- 6) THE AUS. I. M. M. CONFERENCE, ILLAWARRA, MAY, 1976  
"HYDRAULIC TRANSPORTATION OF COAL FROM COLLIERIES TO COAST"  
BEDE E, BOYLE AND LLOYD A, BOYLE
- 7) QUARRY MINE & PIT VOL 18, №8. (1979)  
"POTENTIAL FOR HYDRAULIC TRANSPORTATION OF COAL IN  
NSW COLLERY DEVELOPMENT"  
B. E. BOYLE AND L. A. BOYLE

#### (3) O.A法による造粒炭の水スラリー輸送

##### (a) 概要

現在の石炭の山元より消費地迄の輸送は、通常塊炭の状態でバルク輸送する方式が採用されている。これに対し、流体としてのハンドリングが出来、また、炭塵による環境汚染、発火、爆発の危険性を避ける事が出来る水スラリー輸送方式が種々検討されている。水スラリーとする事により流体としての取扱が可能となり、港湾設備、荷役設備の簡易化、立地条件の緩和等、水スラリー方式の経済性の面からの利点も種々数えられる。

一方、石炭を水スラリーで輸送する場合、輸送動力、輸送パイプの摩耗、閉塞等を考慮すると、石炭を或る程度細粉化する事が必要となる。この場合、石炭の粒度を細かくした水スラリー液は、石炭の脱水性、沈降性が悪いため、例えは船のホールドに水スラリーを積込んだ時に、自然沈降、分離等による脱水は不可能で、多量の水を含んだまま船舶輸送を行なうこととなり、輸送効率、経済性の低下を招く。

これを避ける方法として、O.A法による造粒炭の技術を水スラリー方式の一貫システムの中に取入れる方法が考えられる。図3.2.14はその一例であるが、山元より送られた石炭水スラリーを、積地で油添造粒により水の分離を行ない、造粒炭の貯蔵を行なう。船への積込は、この造粒炭を水スラリーとして船舶のホールドに積込むが、造粒炭の性質上脱水性が良く、船内では重力脱水により不要の水を排出する事が出来る。揚地においても船艤内の造粒炭をジェット水によりスラリー化して荷揚げを行ない、脱水後造粒炭を貯蔵する。

この様に微粉炭スラリーの脱水にO.A法を利用すると共に、その後は造粒炭の脱水性の良い点を利用し、水スラリーで造粒炭をハンドリングしようとする方式である。

そのほか、船舶への積込みを水スラリーで行ない、揚地は通常のドライバルクハンドリング方式とするとか、積込みは造粒炭をドライバルクハンドリング方式とするが、揚地で水スラリー方式を使用する等、港湾設備の条件により種々の組合せが考えられる。

(b) 技術開発の現状と実用化への問題点

本方式の開発は、電源開発㈱が重工メーカー、添加済メーカーと共に、粗粒C O M方式に引続き粗粒炭一貫輸送システムの開発として、1980年度より要素技術の開発から始め、研究を進めている。<sup>1)</sup>

開発は

- 1) 粗粒炭水スラリー輸送技術の開発
- 2) 脱水を主目的とした水中造粒方式の開発
- 3) 造粒炭燃焼技術の開発
- 4) トータルシステムの確立、経済性の検討

等である。<sup>1)</sup>

また、石炭技術研究所を中心とした共同グループにおいて、石炭の水中造粒法の研究と、それを利用した各種輸送方法のF/Sが行なわれ、今後の問題として

- 1) ベレットのコスト増の原因となるバインダの添加量の低減および造粒性向上の為の添加済の研究、そのためのシステム検討を含めた装置の開発、あるいは沸点の低い油による造粒した後の加熱による油のリサイクル等の検討
  - 2) 造粒ベレットの物性、貯蔵時の強度、水スラリー輸送の適性の調査
  - 3) 造粒ベレットの粉碎性及び燃焼性調査ならびに発熱効率に対する影響確認
- が指摘されており、これ等の検討のためS.55, 56年度にわたりパイロットプラント、小規模プラントによる試験を計画中である旨記述されている。<sup>2)</sup>

(c) 将来動向

本技術については未だ研究が緒についた段階であり、今後の発展については、それらの成果を充分見守ってゆく必要があると考える。

### [参考文献]

- 1) 石炭ヤードハンドリング設備計画、建設の実際  
フジ・テクノシステム
- 2) 石炭の水中造粒法による選別、気体管路輸送、下廃水処理への利用  
石炭技研 鎌田 広  
(石炭利用技術研究発表会)

### 3.2.2 C O M輸送

(1) 微粉C O M輸送

- (a) 既にC O M技術の章で述べられているように、米国、カナダ等ではC O Mの燃焼を中心に研究が進められたのに対し、我が国ではC O M製造基地を海外あるいは国内のC O M製造センターに設け、消費地に輸送・供給するケースが想定された。(図3.2.15) 従って、C O Mの製造から輸送、燃焼に至る一貫したシステムの研究開発が必要と考えられた。

電源開発㈱は、昭和51年より重工メーカー（三菱重工、石橋重工、日立製作、日立造船、川崎重工）と界面活性剤メーカー（花王石鹼、ライオン、日本油脂、第一工業製薬、ネオス、三洋化成）等との共同研究によりCOMの実験室規模の基礎研究を開始し、52年度から実用規模の前段階として、1t/hのCOM製造能力規模のパイロットプラントで種々の石炭、重油の組合せによる各種の試験を行なった。このパイロットプラント試験は図3.2.16に示す様な装置を用いて行なわれたものであるが、本プラントにはCOMのトータルシステムの要素技術として確認されなければならないCOM製造技術（粉碎、混合、調整）、貯蔵、配管、荷役、船舶輸送の各試験装置が組込まれている。<sup>4)</sup>

また、燃焼についても別途研究が行なわれた。従って、本研究の中でCOMの物性試験を含め、微粉COM輸送に関する各種の試験研究が行なわれた。

本共同研究は55年度より電発竹原発電所で実缶燃焼試験として続けられており、更にCOMハンドリングに関する技術開発とデータ蒐集が行なわれている。

この他、我が国の製鉄メーカーにおいて高炉へのCOM吹込みの研究が行なわれており、COMの物性、輸送、ハンドリング等の諸データが蓄積されている。

#### (b) 微粉COMの性状

微粉COMは200メッシュ通過70～80%の粒度の石炭とC重油との混合物を指すが、その物性は原料の石炭の種類、油の種類、界面活性剤の種類及びそれ等の混合割合、製造の方法等により異なって一概には言えない。

以下に示すものはその一例である。<sup>1)</sup>

##### (i) COMの安定性

COMは石炭粒子を重油に混合し、石炭の流体としてのハンドリングを可能とする事が一つの狙いであり、従って重油中の石炭粒子の安定分散が望まれる。安定した分散をさせるコロイドとするには $10\sim10^3\text{Å}$ ( $10^{-7}\sim10^{-5}\text{cm}$ )の粒子径とする必要があるが、石炭をこの大きさにするには粉碎に要するエネルギーが莫大なものとなり、石炭自身の発熱量を遙かに超えるため、燃料として製造の意味がなくなる。また燃焼面から見れば粒子径が小さい方が望ましいが、ハンドリング面からは粘度が上昇し石炭濃度を増せない事になる。従って実際に使われているのは通常の微粉炭焚きボイラーで使用する石炭粒度の200メッシュ通過70～80%と同じ程度のものが考えられている。この場合、コロイドとしての安定分散は得られないで、石炭微粉が沈降し底部に分離、圧密を生じ、ハンドリング不能となる事態の発生を防ぐ為、界面活性剤を添加する方法が採用されている。これにより実用的に安定なCOMを得るべくCOM製造法、界面活性剤の開発研究が行なわれて来た。

##### (ii) COMの物性

石炭濃度：COM中の石炭濃度を上げる事により重油量の削減が出来、石炭の利用度を増す事が出来るが、粘度が増大する為にハンドリング面より限界があり、石炭と重油の比率が重量比で50:50程度のものが目標とされている。

粘度：COMは非ニュートン流体でビンガム流体に属するものであり、さらにチクソロビ一性が強いものである。

粘度は石炭濃度、温度により大きな影響を受ける。

一例として実測例を図3.2.17及び3.2.18に示す。

比重：石炭濃度が重量比で50%のCOMで通常1.15程度となる。

##### (iv) 輸送技術上の特性

微粉COMパイロットプラント試験におけるポンプ配管輸送試験の結果、概ね以下の知見が得られている。<sup>2)</sup>

1) 2軸スクリューポンプ、遠心ポンプによってCOMハンドリングが出来る。

- 2) いずれのポンプも COM をハンドリングしたとき、ターピン油、清水に較べ効率は低下し、その低下の仕方は遠心ポンプは極めて大きく、清水の場合の約  $\frac{1}{2}$  となる。
- 3) ポンプ特性は COM の粘度によって大きな影響を受け、原料炭の銘柄や石炭濃度の影響は認め難い。
- 4) 石炭濃度 50 wt % の COM は原料重油の約 7 倍 (90°C 附近) ~ 約 13 倍 (70°C 附近) の圧損となる。  
55 wt % の COM の圧損は約 15 ~ 25 倍となる。
- 5) 共軸粘度計で求めた流動曲線は配管輸送時の流動曲線と一致する。従って共軸粘度計で流動曲線を求める事により配管輸送時の圧損を求める事が出来る。

(c) 輸送技術上の問題点

(1) 貯蔵

COM は重油中に固体の微粉炭をサスペンションさせたもので界面活性剤を添加し、その安定を計っている。しかし、いつまでも均質性を保てるものでなく COM の中の大きな石炭粒子から選択的にストークスの法則に従い沈降してくる。従って長期的に COM を貯蔵する為には、貯蔵装置内での安定を助ける為に安定剤で補えない部分を、機械力の利用等で補う必要が生じてくる。即ち実機のタンク底部に多少の沈降層が生ずる事は避けられず、上層部との間に石炭濃度の差異が生ずる事が考えられ、このため何等かの形で上下層の混合を実施する必要がある。

例えば、電発竹原発電所で実施された燃焼実験では COM の貯蔵タンク (980 kℓ) の底面にスクレーバーブレードをつけた回転式レーキを取り付け沈降粒子を搔き寄せ、タンク周辺部に設けたノズルから排出され、循環ポンプにより、タンク屋根部に設けたノズルに送られ、再びタンク貯蔵 COM の上部に戻す方法をとっている。<sup>4)</sup>

その他、攪拌機によるタンク内貯蔵 COM の攪拌による均一化方法、タンク底部よりノズルにより N<sub>2</sub>ガスを適宜噴出させ攪拌する方法も試験がされている。

今後、タンクの容量や運用状況により、どのような方式をとるか検討が必要となる。

一方、COM はハンドリング上適当な粘度にする為に温度を 60 ~ 80°C 程度に保持する必要があり、貯蔵タンクには加熱・保温装置が必要となる。

(d) COM 輸送

1) COM の安定性

COM をタンカーで海上輸送する場合、船体の振動、運動が COM の安定性に及ぼす影響を把握する必要があり、先述の電発等の研究において模擬船舶を用いて、それらの試験が行なわれた。その結果は下記の如く報告されている。<sup>3)</sup>

- ① 推進器等に起因する船体振動が COM の安定性に及ぼす影響は極めて小さい。
- ② ピッキング、ヒーピングによる船体の上下動は COM の安定性を低下させ、その大きさ・時間と共にタンク底部に沈降 COM の堆積を生ずる。
- ③ ローリングは COM の沈降分離を妨げ、また一旦分離した COM に攪拌効果を与えて、タンク内の石炭濃度分布を均一にする作用がある。

これ等の知見は振動、ピッキング、ローリングと安定性の関係を個別に模型タンクにより実験されたものであるが、一方電発により実船に COM を搭載し海上輸送を行なった実船試験が行なわれている。<sup>4)</sup>

使用船舶：コースタルタンカー（通常コールタール輸送に従事）

総トン数 497.95 トン

全長 60 m 全幅 11.0 m

搭載COM量：150トン、M1～4タンクの中、M3タンクを使用、左右タンクに75トンずつ積載

輸送ルート：長崎→関門海峡→瀬戸内海→紀伊水道→名古屋

約1000km

輸送回数：2回

試験結果は以下の通りである。<sup>4)</sup>

- ① 輸送後のCOMの石炭濃度は製造時とほぼ同じ50%であった。しかし船底には石炭濃度が55～60%となった部分が約20mmあった。
  - ② ローリング等の船体運動に伴い船艤内のCOM温度が均一化し、COMが攪拌されている事が判った。
  - ③ 入港前にCOMを80℃まで昇温しておく事により残量深さ20mm程度まで払出しが出来た。
- 等が報告されている。

## 2) COMの荷役

COMはニュートン流体に近いものであり、ポンプはスクリューポンプ、遠心ポンプとも耐久性については更に改良する必要があるが使用可能である。

配管の設計はニュートン流体に準じて出来るが、その特性から管内流速、摩耗性、閉塞、保温、加温に留意が必要である。

また、タンク底部への石炭粒子の沈降分離に対しクリーニング装置の設置などの考慮が必要であろう。

## (d) 将来の動向

微粉COMは石炭を流体としてハンドリングが出来、一方石油消費量削減に寄与する新しい燃料として脚光をあびた技術であり、日本においては製造から輸送、貯蔵より燃焼を含めた一貫システムとしての研究が進められて来た。

既に福島県小名浜に日本コム㈱がCOM製造基地を建設し、COMの供給を行なう事が発表されている。従って今後それ等を通じ、一層実用化技術の確立が進むと考えられる。

## [参考文献]

### 1) 石炭利用・発電プラント技術総合資料集

フジ・テクノシステム発行

### 2) Report on pumping characteristic tests and piping pressure loss measurement tests for fine COM.

I. Koyama : 2nd international symposium on coal-oil mixture combustion

### 3) Fine COM ocean transportation test

Y. Matsuno ; 同上 Symposium

### 4) COM燃料

松浦彦夫 他

火力原子力発電 Vol. 32 M10. Oct. 1981

## (2) 粗粒COM輸送

### (a) 概要および開発状況

COM(COAL OIL MIXTURE)は「微粉COM」と「粗粒COM」に分類される。微粉COMは微粉炭と重油の均一な混合状態を最後の燃焼の過程まで維持する事を目指すものであるのに反し、粗粒COMは輸送、

特に配管輸送時は流体として扱うが、その他（貯蔵、海上輸送時、缶前等）では石炭と重油を積極的に分離し、油を輸送媒体としてのみ利用する事を目指した欧米には、その例を見ない独特のシステムであると言える。

日本に於ける研究開発の実施は電源開発㈱を中心となり、船舶輸送、配管輸送、貯蔵、脱油等の輸送技術を三井造船㈱が、又、燃焼技術を㈱日立製作所が分担し共同開発体制をとり、昭和51年度から昭和54年度までの4年間にわたり進められた。

技術開発は、粗粒COMの性状試験と油ジェットテスト(STEP 1)、実用規模への前段階のパイロットテスト(STEP 2)、さらに実寸法で再現を要する部品、要素のテストおよび安全性の確認テスト(STEP 2追加)と段階を踏んで進められた。さらにSTEP 2のデータに基づき、実際のシステム試設計と経済性評価も実施された。

粗粒COMシステムはCOMの製造、パイプ輸送、貯蔵、船舶輸送、分離(脱油)、燃焼の単位プロセスを含んでいるが、各々の機能を統一整理し、技術開発課題として下記の4項目に大別された。

- (1) 船舶および陸上貯槽内の沈殿石炭の再流動化(荷役)技術
- (2) パイプ輸送技術
- (3) 脱油、濃縮などの分離技術
- (4) 脱油炭のボイラへの供給と燃焼の技術

上記(1)～(3)の輸送技術の開発のための実験設備のうち電源開発㈱竹原発電所内に設置されたパイロットプラントのフローを図3.2.19に示す。

#### (b) スラリー性状

前述の実験室基礎テストからパイロットプラントテストまでの実験において得られた粗粒COMの性状の概要を以下に述べる。

##### (i) 石炭の粒度構成と流送性

粗粒COMの場合は石炭の粒度はパイプ流送性と脱油性の相反する要求を満足し且つ生産性の良いものとすべきであり、特に流送性の点から最大径の制限があると考えられていた。後述のループテスト・パイロットプラントテストでは図3.2.20の粒度分布図に示す粒度構成のもの、即ち最大径を1.5mmから4mm、7mmと拡大したが、重油の粘度が高いことから低速で大径の石炭が送れることが確認されている。

##### (ii) スラリー濃度

粗粒COMの場合、油は輸送媒体として使用するので配管輸送中と船艙および貯蔵タンク内の石炭濃度は異なる。即ち配管輸送時の石炭濃度(重量)は50%程度であるが、貯蔵中は沈降分離させ65～70%程度に上昇させて貯蔵効率を高め得ることが確認されている。

##### (iii) スラリー沈殿特性と再流動化

図3.2.21に50m<sup>3</sup>テストタンク内の沈殿石炭の濃度分布を示す。即ち静置沈殿の場合、濃度(wt)は68%であるが加振沈殿の場合は72%程度にまで濃縮出来る事が分る。

また1ヶ月程度の貯蔵期間では圧密せし、いずれもジェットで再流動化が出来る。図3.2.22には同じ50m<sup>3</sup>テストタンク内の沈殿石炭の再流動化時の油消費量、払い出し濃度の測定の一例を示す。

##### (iv) 流送特性

流送時の圧力損失のデータは3/4Bから1.0Bのループテストで得られているが、一例として図3.2.23に2B直管の圧力損失を示すが、この結果よりは水スラリー輸送で見られる限界流速は現れていない。

又、重油の粘性のため石炭が管内に上下よく分散して流れるため、圧力損失も見掛け粘度の高い単相流として扱い得ることが分った。

### (c) 輸送技術上の問題点

#### (1) 貯 藏

粗粒C O Mの場合は、微粉型スラリーと異なり貯蔵時の沈殿は問題でなく、むしろ沈殿が早い方が望ましい。特に船艤への積み込み時には上部の上澄み液を回収し、出来るだけ石炭濃度を上げて輸送する事が経済性を向上させる事につながる。

#### (2) 荷 役

##### ① 再流動化

陸上の貯蔵タンク又は船艤に於ては、比較的濃度の高い一種の沈殿圧密状態になっているが、これを再び流動化してスラリー状にして荷揚げを行う必要がある。

再流動化の技術としては、鉄鉱石のスラリー輸送で実用例のあるジェット法が最適なものとして選択され開発が行われた。

沈殿物をジェットにより再流動化させるには、噴射圧力と流量を沈殿物の流動性、固まり具合あるいは硬さに応じて最適に設定する必要がある。このため小規模タンクによるベンチスケールで油ジェットによる石炭の再流動化の確認を行なった後、図3.2.19に示すバイロットプラントテストを行った結果、68~72wt%の濃度の沈殿石炭を油ジェットにより再流動化出来る事が確認された。

##### ② 油 分 離

粗粒C O Mシステムは油を輸送媒体としてのみ用いるものであり、従って従来型の燃焼装置-微粉炭バーナへの空気搬送による燃料供給法への適用を前提とし最終的には8wt%までの脱油を目指し開発が行われた。

脱油機としては高Gのスクリュウボウル遠心分離機を用い、上記目標値が達成可能なることが確認された。

##### ③ パイプ輸送時の摩耗

配管流送テスト後：配管部、弁、ポンプを分解し摩耗の程度を観察したが、水スラリーの場合に比較し非常に小さい事が明らかになった。これは油の潤滑作用効果のためと判断される。

#### (4) 輸 送 船

粗粒C O M輸送船としては、従来の石炭船と油タンカーの両方の技術が要求されるが、その上に持たねばならぬ装置としては粗粒C O Mスラリー積込時の上澄み油の回収装置および、荷揚げ時の再スラリー化ジェット装置である。

従って粗粒C O M輸送船の荷役能率の向上即ち輸送効率の向上には、この両者が大きな影響を与えるので、輸送船設計時に充分検討の必要がある。

#### (d) 将來の動向

粗粒C O Mは石炭を微粉化する前の平均mm単位の粗粒状態のままで輸送するものであり、パイプ流送時は媒体として重油を使用し、貯蔵、海上輸送時は出来るだけ油分を分離し体積効率を向上させようとする発想から生まれたシステムである。

但し粗粒C O Mシステムは流送時でも約50%の油が必要であり、将来は油の消費量をもっと減少させるか又は油の代りに他の媒体を使うシステムへと発展する事が可能である。

例えば、媒体として油の代りに、メタノールを使う粗粒メタコールとか又水を媒体として使うが石炭はO A法による油添造粒炭を用いる方式も粗粒C O Mシステムの発展した形態と考えられ今後の開発が期待される。

## [引用文献]

### 1) 粗粒COMシステムの開発

—石炭の流体化輸送の改善—

紙パルプ技術タイムス、昭和55年9月

### 2) PILOT PLANT TEST ON COARSE COM SYSTEM

NAGATA, SHIOZAWA, KOYAMA; 2ND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COM  
COMBUSTION (1979-11)

### 3) 動搖する船艤におけるスラリーの沈降現象

永田健一他；日本機械学会講演論文集(No.760-15, 1976)

### 4) 粗粒COMの圧力損失特性

永田健一他；三井造船技報 第110号(55年-4)

### 5) 粗粒COMの研究開発

中林恭之、永田健一他；日本鉱業会分科研究会資料、1979

### 3.2.3 石炭・メタノールスラリー輸送

#### (1) 概要および開発状況

1977年(昭和52年)11月末にソ連で開催されたIIASAの石炭資源に関する国際会議で、メタノールを主体とする低級アルコールの混合物と石炭又は他の炭化物とからなる新しい燃料「メタコール」の発表があり、このプロセスの考案者であり特許所有者としてメタコール社のケラー社長の名前が出て以来、石炭・メタノールスラリーが注目されるようになった。

その後のスラリー輸送に関する国際会議、たとえばアメリカの第4回国際会議でも“ECONOMICS OF NON-WATER COAL SLURRY SYSTEM”というテーマで種々討議された。

メタコールとして基本特許を持つケラー社は、アメリカ屈指のシンクタンクといわれるサウスウェスト研究所と共に実用化促進のプログラムを実施中で、その第一段階には日本企業も出資参加した。

一方、米国大手の化学会社であるW.R.グレイス社も、メタコールに液化炭酸ガスを混入したものを石炭のパイプ輸送に用いるべく、アメリカ・エネルギー省の補助金を得て研究を進めている。

又西独に於ても政府の補助金を得てクルップとマンネスマンの両社が共同で石炭メタノールスラリーの研究を行うなど欧米に於ては、その実用化研究がその第一歩を踏み出している。

一方、日本に於ても三井グループの三井金属工業研究所で石炭・メタノールスラリーの調査が行われてきたが、昭和55年に「石炭流体化研究共同体」を発足させ基礎研究からスタートし、現在各種条件下でサンプルを製造テスト中である。

#### (2) スラリーの性状

石炭メタノールスラリーの性状に関しての公表されたデータは少ないが、文献による性状を中心以下述べる。<sup>2)</sup>

##### (a) 石炭の粒度構成

石炭を微粉碎する場合、例えば200メッシュ( $75\mu$ )以下の粒度を70~80%として発電所における微粉碎工程を不要とするのも一つの方法であり、或は石炭・水スラリーの様に325メッシュ( $45\mu$ )以下を20%程度含む粒度構成にするというのも一つの基準になる、いずれにしてもアルコールを媒体とした場合の流動特性を調べ、最適のものを見つけ出す必要がある。即ち石炭の粒度構成はスラリー濃度と密接な関係があり、長距離輸送を行

なう場合、高濃度ということが経済性を発揮する重要な要素ではあるが、一方に於て、管路抵抗の増大という要因を含み、輸送動力の増加というマイナス因子を持つ事になり、短距離輸送又は船舶荷役の場合は又異った結果になり得る。要は、いかにこれらのバランスをはかり粉砕動力の減少とも併せて最も経済的な方法を各種条件に合わせ見出していくかという事である。

図3.2.24に粒度構成の一例を示すが、GRIND Aは代表的な石炭・水スラリー（GRIND C）とほぼ同じものでGRIND Dが流送および沈殿速度、粘度等より見て最適の粒度構成とされているものである。

但し図3.2.24のデータは長距離管内流送を想定したものであり、船舶荷役、船舶輸送を主体に考えれば最適粒度構成は別なものになると予想される。

#### (b) スラリー濃度

先に述べたケラー社のメタコールは50～80%重量濃度のものが特許となつており、それを達成するために、いろいろなプロセスが必要とされている。いずれにせよ最適スラリー濃度は炭種、粒度構成とも密接な関係があり、今後の研究にまたねばならない。

#### (c) スラリー沈殿特性

スラリー沈殿特性はパイプ流送に於ける再起動および船倉又はタンクよりの払い出し時の再スラリー化特性とも関係あり重要な因子である。

<sup>2)</sup> 文献によれば図3.2.24のGRIND Dスラリーであれば、通常の石炭・水スラリーと同様な特性を示すとの記述があるが今後の研究が必要である。

#### (d) 流送特性

同一重量%の場合、石炭メタノールスラリーの方が石炭水スラリーに比較し粘度が小で配管流送上有利に思えるが、メタノールの比重が小のため石炭輸送の絶対量を同一として比較してみると石炭メタノールスラリーの方が石炭の容積%を大きくせねばならず、スラリー粘度は約倍となる。

図3.2.25は文献<sup>2)</sup>による4.5%重量%の石炭スラリーの圧力損失のデータであるが、石炭メタノールスラリーのPOINT 1 ( $2 \text{ m/sec}$ ,  $132 \text{ pa/m}$ )と同一の石炭を流送する石炭水スラリーはPOINT 2 ( $1.74 \text{ m/sec}$ ,  $115 \text{ pa/m}$ )で示されている。

即ち圧力損失、流速共石炭メタノールスラリーの方が大のため、流送所要動力は石炭水スラリーに比較して大きくなることが分る。

石炭メタノールスラリーの場合、流送特性上、上記のような問題があるので、長距離輸送には動力損失を少くするため、流速を下げ丁度練歯磨をチューブから押し出すような状態、いわゆる栓流（プラグフロー）の流域で運転するのが良いと予想されるが、実用化のためには今後の研究が必要である。

### (3) 輸送技術上の問題点

#### (a) 廪 藏

石炭・メタノールスラリーは微粉を主体とした粘度構成であり、貯蔵時および海上輸送時に出来るだけ沈殿が少くなるよう、又、沈殿した場合も圧密度の少ない沈殿が望ましい。従って沈殿防止剤等の混入、或はなんらかの方法による貯蔵中の攪拌装置が必要と考えられるが、いずれにせよ今後の研究開発が必要である。

#### (b) 荷 役

石炭・メタノールスラリーの場合、積荷時は特に問題ないが、荷揚時には貯蔵時の圧密状態によって、いろいろな対応が考えられる。即ち

- 圧密が少なく流動性がある場合は通常のタンカーの荷役と同様なポンプ荷役となる。

- ・圧密がある程度進行している場合、再流動化を必要とし、なんらかの対策が必要となる。

上記2つのいずれの状態になるかは、石炭濃度、粒度構成沈殿防止剤の混入の有無およびその程度によって決ってくるが、要は山元から消費地までの全体のシステムの中で最適なものを選定すべきである。即ち、システムが長距離パイプラインを伴うものであれば長距離パイプ流送と海上輸送のいずれにより比重を置いた濃度、粒度構成を選ぶのが経済的であるかにより判断すべきであり、その判断のためにも基本的データ、ノウハウの蓄積が必要である。

#### (c) 環境および保全

メタノールはエタノールと同様、最も一般的に知られ、広く使用されているアルコール類であり、特に近年は、従来の化学中間原料溶剤だけでなく、更に無公害燃料として注目され、又一方では合成蛋白原料と多方面で話題を提供している。こうした状況下で、多量のメタノールが国内外に流通することが予想されるが現在メタノールは毒劇物に指定され、国内関係法規としては

- i) 危険物取締法
- ii) 毒物劇物取締法
- iii) 危険物船舶輸送および貯蔵規則
- iv) 労働安全衛生規則
- v) 消防法

がある。

しかし、メタノール製造取扱経験を有する立場の言によれば、

- i) 通常の大気中での取扱いは、特に心配する程の問題はないが、沸点が64.7°Cで比較的低いため、蒸気発生に注意を要する。
  - ii) メタノールの流出や漏洩時に、水生の小有機的組織体へ及ぼす毒性は、濃度が1%を超える中心部は別にして、最低限度に止まると評価されている。これはメタノールが通常水と非常に混和し易いものだからである。
  - iii) メタノールの腐食性は極めて低く、化学品規格でも特に問題は予想されない。貯蔵材料としては普通鋼が多数使用されている。
- などの見解がある。石炭メタノールスラリーの実用化に際しては、これ等の意見を参考に充分注意し確認していく必要があろう。

#### (d) 輸送船

石炭・メタノールスラリー輸送船については、まだスラリーの特性が充分把握されていない現段階で具体的イメージを画く事は困難であるが、

- ・二重底、二重殻構造とし、ガーダ、スティフナー等を船内に突出させない構造とする。
- ・油タンカーと同様、縦隔壁を設け、自由液面の動搖による安定性の減少を防止する。
- ・荷揚げ時スラリー流动性を高める攪拌装置を設ける。

などの考慮をする他

メタノールの毒性が比較的少ないとは言え、蒸発し易いものであるので、乗組員等に対する充分な安全対策が必要である。

#### (4) 将来的動向

石炭メタノールスラリーは油を使用しなくてよいという点と、大量の水が使えない地域（例えば米国西岸では水の大容量移動を規制する動きがある）又寒冷地で媒体の凍結の問題で水が不適である地域でも使えるという点で将来

性が期待される方式である。

今後の課題としては、山元から消費地ユーザーまでの一貫システムを技術・経済両面で確立する事が必要である。

又、将来、発電用燃料以外の多方面へのメタノールの利用による需要の拡大に合わせ石炭とメタノールを分離し供給するシステムを確立すれば更に大きな将来性が期待出来ると言える。

### [引用文献]

1) 石炭・メタノール混合燃料を展望する

真勢修平；化学技術誌MOL, 昭和56年4月

2) COAL/METHANOL SLURRY LINES SHOW PROMISE

T. C. AUDE, J. P. CHAPMAN ; OIL & GAS JOURNAL, 1981-7

3) ECONOMICS OF NON-WATER COAL SLURRY SYSTEMS

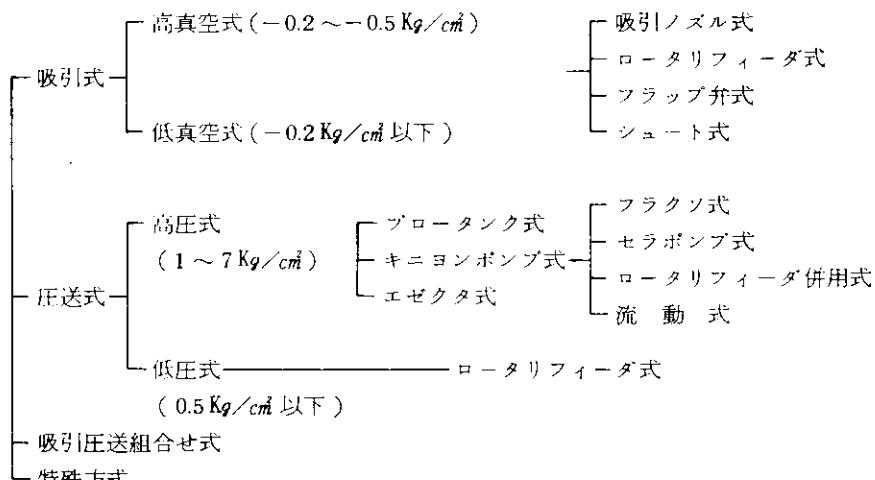
W. F. BANKS

### 3.2.4 気体管路輸送

#### (1) 概要と開発状況

##### 1) 気体管路輸送の概要

粉粒体の気体管路輸送方式は、大別すると次のような型式に分類される。



空気輸送装置の方式と種類一覧

これらは、それぞれ次の特徴を有している。

#### 1) 吸引方式

- 多数ヶ所からの集約輸送に最適
- 全系が負圧のため粉塵の飛散少く集塵が容易
- 最大負圧が $-0.5 \text{ kg}/\text{cm}^2$ のため高混合比、長距離輸送には不適
- 混入部はノズルのみで操作が容易

#### 2) 圧送方式

- 1ヶ所から多数ヶ所への分散輸送に適す

- 正圧、全密閉方式のためイナートガスによる輸送に適す
- 利用する圧力は  $10 \text{ Kg/cm}^2$ 迄可能であり、このため高混合比、長距離輸送が可能
- 使用圧力が高いため輸送管路へ輸送物を混入する際、プロータンクが必要

#### ハ) 吸引、圧送組合せ式

- 両方式の特徴を兼ね備え、多数ヶ所から集約した後、再び多数ヶ所へ分散する場合に適す
- この様な特徴を有した空気輸送装置は、穀物などの荷揚、場内移送などに吸引式が、また、セメントにおいては、高压圧送方式による比較的大容量の荷役、輸送方式が採用されている。

大容量、長距離輸送には高圧・圧送式のプロータンク方式が適する。この方式には、セラボンブ式、フラクソ式等があり、それぞれ单胴型と双胴型に区別される。双胴型の場合には、タンクを2基並列に配置して1基が輸送中に他方が受け入れを行う動作を交互に連続する方式で、断続的輸送となる单胴型の欠点を補い、できるかぎり連続的に輸送しようとする方式である。

セラ式とフラクソ式の構造図を図3.2.26に示す。輸送管がタンク上方から出ているフラクソ式では、粉粒体はタンク内で一度浮遊してから輸送管へ送り込まれるので、混合比はある限度以下となり閉そくの恐れはないと言われている。また、タンクの真下から斜め下方に輸送管を取り付けたセラ式は、粉粒体を浮遊させる必要がなく、重力と気体の流れによって輸送管へ送り込むため、混合比に制限はないという特徴を持っている。

また、輸送管は、普通管と2重管に分類される。代表的な例を挙げると、普通管では、三菱・ポリジウス・ブノイメックス方式とハイフローニューマ方式が、また2重管では、新東・ビューラ・フルイドスタット方式がある。フルイドスタット方式は、図3.2.27に示す様に輸送管は大小の2重管から構成され、大口径管は粉粒体と気体の混相流を、一方はキャリヤガスの通路となっている。小口径管の各所に設けられた小孔から気体を噴出させて、輸送物を分断した状態で圧送する方式で、小動力による低圧高濃度輸送が可能な方式である。

### 2) 石炭への適用と開発状況

石炭においては、1955年西独のSteinkohlen-Elektrizität Aktiengesellschaft等の共同研究で粉炭(0~10mm)を335m輸送したのが始まりである。

その後、英國N.B.Cに属する炭鉱開発研究所(MRDE)では、シャイアンブルック(326m), フライトン<sup>8)</sup>(503m)両炭鉱の坑底から粉炭の揚炭を行っている(1977年)

また、サイロからの払い出しや、石炭焚き船のパンカからの粉炭の移送にも採用されているが、これらは、いずれも粉炭の空気輸送であり、輸送距離、輸送量は少い。

一方、石炭の大量輸送に、この液体管路輸送方式を採用し、輸送の合理化と共に、船舶への荷役に適用する事によって、港湾設備の大巾簡略化を図ろうとする研究が進められている。

これは、石炭をあらかじめ5mmの微細粉炭に粉碎、輸送した後、粉塵爆発を防止するため、不活性ガスを媒介とする圧送方式による“気体管路輸送方式”であり(財)石炭技術研究所を中心とした共同研究グループで、<sup>10)3)</sup>1976年以降続けられている。

1976年~1978年には、ミニプラントによる試験によって、輸送における粒度、湿分限界の把握、輸送管、バグフィルタにおける静電気の挙動、炭塵防止等の研究が進められてきた。

1979~80年には、将来の石炭の大量輸送にそなえ気体管路輸送方式を、石炭積出港から、火力発電所まで一貫したシステムとして、試設計およびフィージビリティスタディを行った。

また、大容量輸送に対応すべく、輸送試験をスケールアップしたメーカー設備により行った。

外国においても、米国や英國で、石炭の空気輸送に関するフィージビリティスタディが盛んに行われている。

例をあげると次の様なものがある。

- 1) NBC J. C. Sproson らの研究<sup>4)</sup>
  - ロ) 米国鉱山局エネルギー研究センターによる実験<sup>5)</sup>
  - ハ) 米国内石炭空気輸送のF/S<sup>7)</sup>
  - ニ) シャイアブルック炭鉱における石炭の空気輸送<sup>8) 9)</sup>
  - ホ) 固気輸送における実験、研究<sup>10)</sup>

また、船舶への適用としては、前述した如く、穀物、セメント、アルミナ等において、荷役装置として広く採用されているが、石炭での実例は未だない。

3) 微細粉炭の気体管輸送方式を海上輸送も含めた一貫したシステムとして石炭輸送に用いた例はないが、前述の如く、(財)石炭技術研究所を中心に一貫システムとして検討が行われ、図3.2.28の様なシステムが考えられている。

このシステムは、港湾設備の簡易化、石炭の流動化による荷役効率の向上と作業性の改善、貯炭面積の縮少化などの長所を持つが、その他に、炭塵、騒音、汚水問題等の環境面での長所も無視できないであろう。

まず、積出地にて粉炭を $5\text{mm}$ に微粉碎し、イナートガスをキャリヤーガスとして専用船まで管路輸送する。港湾設備としては、岸壁、シーバースいずれの方式の採用も可能である。海上輸送は微粉炭とガスを分離する装置、自動払い出し装置等を装備した専用船が必要となり、船価高もあって、バルクキャリアに比べて、海上輸送コストは割高となる。貯炭は対防爆、炭塵の点からサイロとなる。

#### イ) 貯蔵

微細粉炭の気体管路輸送システムにおいて、積地及び揚地、利用者側における貯蔵方法は、防爆の面から、不活性ガス充填の密閉型サイロとなる。

サイロ貯蔵による利点は

- i) 密閉型のため石炭の劣化防止
- ii) 炭塵公害がない
- iii) 自然発火の防止
- iv) 貯炭面積の減少
- v) 天候等外部要因の影響が少ない

などが挙げられる。

石炭の貯蔵は、これ迄一般には、野積み方式であったが、公害防止の面から、遮蔽型のもの、又はサイロ等の採用も図られている。

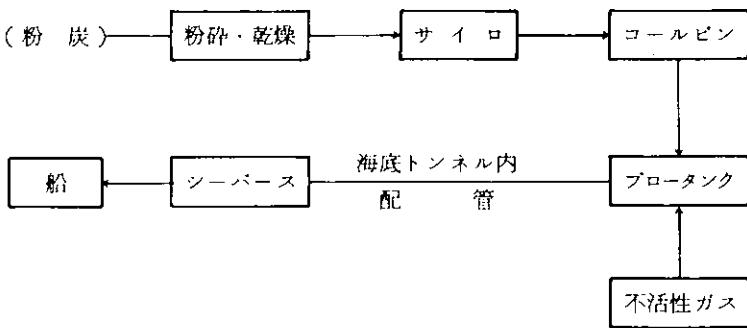
#### ロ) 荷役

気体管路輸送方式を陸上からの微粉炭の荷役に適用する事により、次の様なメリットが生じる。

- i) 沖合荷役が可能となり、大幅な港湾設備の簡易化が図れるため、新規港湾建設においては、工事期間の短縮と設備費の削減が可能。また、ユーザの立地条件の制約が緩和される。
- ii) 炭塵問題、水処理問題が解決でき、クリーンな荷役設備である。(都市港湾に適す)
- iii) 全システムの自動化、省力化が図れる。

気体管路輸送方式による荷役システムは、概略次のフローから成り立っている。

船からの揚荷役の場合は、この逆となる。尚、プロータンク等の諸設備は、船舶にそれぞれ設置せず、シーバース上又は専用バージに備えて、船からは、コンベアで揚荷役する方法もある。



#### ハ) 輸送船

気体管路輸送システムのなかで、海上輸送にたずさわる微細粉炭輸送船は、次のような特別の機能を有する必要がある。

- i) 陸側との間の微細粉炭の授受並びに船倉への分配
- ii) 船倉内での均一積付、因気分離、集塵
- iii) 不活性ガス充填の密閉型船倉、集荷装置、関連装置
- iv) 船倉からの自動払い出し装置、集荷装置、揚荷装置、架橋防止装置等

これらの機能を有する為に、一般的のバルクキャリア等に比べて、底部ホッパーによる容積損失、特殊装置設備などにより、建造コストが高くなる。

#### (2) 石炭の性状と輸送性

現在、石炭の取り扱いは、 $-25\text{ mm}$  サイズの粉炭として、輸入もしくは購入され、これらを発電所やセメント工場では燃焼直前に  $-74\mu\text{m}$  (200 メッシュ) 70 % の微粉炭に粉碎して使用している。

気体管路輸送においても、粉炭のまま空気輸送する方法もあるが、大量、長距離輸送に適した粒径に粉碎して取り扱う方法があり、(微細粉炭)ここでは主として、後者を中心述べる。

石炭の粉粒特性としては、流動性と噴流性とがあり、気体管路輸送および、サイロや倉内からの払い出し特性を知る上で重要な要素である。これらの評価としては

##### 1) 流動性 (Flowability)

- イ) 安息角
- ロ) 压縮度
- ハ) スパチュラ角 (値が大きい程流動性悪い)
- ニ) 凝集度 (値が大ほど流動性低い)
- ホ) 均一度 (粒径分布の幅を示し 1 に近い程良い)

##### 2) 噴流性 (Floodability)

- イ) 流動性 (流動性が高い程噴流性大)
- ロ) 崩潰角 (自然流動しやすい粉体ほど小さい)
- ハ) 差角 (差角が大きいほどフランシングしやすい)
- ニ) 分散角 (飛散性、発塵性、等に関係)

微細粉炭の輸送性に影響を与える要素、および管路輸送に伴う問題点として次の項目がある。

##### 1) 濡分と粒度の影響

濡分が 1.3 %～2 % 程度の範囲では輸送量に影響がないが 5 %になると、輸送量が大巾に減少する。(図 3.2.29)

又、同一湿分で、輸送圧力、流量が同一条件ならばトップサイズの小さい方が高い輸送性が期待できる。

## 2) 輸送圧力と流量の影響

トップサイズ 0.5 mm の石炭の場合、輸送圧力流量のいずれか、もしくは両者を低下させると微粉炭の流動性が悪化する。このため輸送量の増大を図るためにには 2 次空気(又はガス)を供給する必要がある。

一方 200 メッシュ以下の微粉炭の場合、2 次ガスは必要ない。このように粒度によって異なる。

また、プローカタンクへのチャージ量を多くする程、混合比が大きくなるため、大量輸送の時は、大容量のプロータンクを用いて、高い輸送力を期待する方がよい。

## 3) 輸送による管内破碎性

管路輸送後の石炭は、破碎され粒度分布が変化する。この破碎性は、低湿分で粒径大なる程大きい。

炭種差もあるが一般に低カロリー炭程破碎され易い。

## 4) 静電気の挙動

輸送管内に静電気(負圧)が発生する。湿分が最も重要な要素であり、湿分が低いほど発生しやすい。

これらの静電圧の帶電を含めた炭塵爆発防止対策として、不活性ガスによる閉塞式輸送方式が考えられる。この場合、ガス中の酸素濃度を 10~15% に維持する必要がある。

## (3) 輸送技術上の問題点

### 1) 貯蔵

サイロそのものについては、穀物用など大型サイロが見られるが石炭サイロとしては、それ程大型のものは実績が少い。また、石炭の場合、炭質、粒径、湿度など非常にバラツキが多く、それぞれサイロ内の流動特性、噴流特性に影響するため、一般論的に処理が出来ない。

技術的問題点としては、

- イ) 石炭の性状とサイロ内流動特性、噴流特性の把握と、サイロ内閉塞の関連性
- ロ) 最適形状、ホッパー角度、払い出し特性などの把握、フラッシング現象
- ハ) 閉塞防止法とブリッジ解除法
- ニ) 大型サイロの Scale effect 及びサイロ内圧密の問題
- ホ) 固気分離法、集塵装置

効率的貯蔵法と集塵負荷の軽減

- ヘ) 先入れ先き出し方式の必要性と確立

- ト) サイロ内偏積の問題

以上の諸問題を解決した、最も経済的なサイロの設計が必要であり、この為には、大規模な模型試験が必要である。

### 2) 荷役

この荷役システムにおける技術的問題点は大別すれば、圧送装置、配管及び輸送性、および沖合荷役の問題に分けられる。沖合荷役についての問題点は、別途項目で述べられるので、ここでは省略する。

輸送プラントとしての問題点は、

- イ) 他方式(例えばベルトコンベア)等に比べ輸送電力が大きい。このため、混合比の大きくとれるプロータンクの開発、大量輸送にマッチした大容量プラントの開発が必要。
- ロ) 長距離、大規模な液体管路輸送の実績がない。このため、スケールアップテストを行っていく必要がある。
- ハ) 多量の不活性ガスが必要となる。発電所等から十分な供給が得られる場合はよいが、専用発生装置を設ける

場合、循環方式など経済性の高い方法も考慮する必要がある。

また輸送管については

ニ) 管内閉塞限界の把握と、閉塞部解除方法の確立

ホ) 輸送管の摩耗対策

ヘ) 船上マニホールドとのコネクション（フレキシブルホース）とその操作法

全システムについて

ト) 炭塵爆発等安全対策

チ) 自動監視、制御、保守等のシステムの確立

### 3) 輸送船

技術的な問題点としては

イ) 微粉炭は、粉炭に比してみかけ比重が小さく必要容積が増加する。更にホッパーや積付効率の悪さが加算される。このため、最適船倉形状の決定が必要。

ロ) 倉内気密性と爆発に対する安全対策

ハ) 最適、定量払い出し装置

ニ) 圧密、架橋、架橋防止法、フランシング対策等サイロと同様の諸問題

ホ) 効率的な固気分離法（集中型、分離型）及び集塵装置

ヘ) 揚荷用圧送装置の設置の可否（船上又はシーバース上）

ト) 管、弁等の摩耗対策

チ) 微粉炭の流動性と船体動搖による船の安全性

### (4) 将来的動向

大量の石炭輸入を考えた場合、受け入れ体制の整備が急がれるが、港湾の新設、広大な貯炭地が必要となり、これらには莫大な費用を要する。

また、環境汚染防止等公害に対する規制は益々厳しくなり、これら設備計画を更に難かしくすることは予想される。

これらの面から、港湾の簡略化、貯炭地の縮少化、完全密閉化による無公害性の気体管路輸送システムが注目されよう。

現代の石炭の物流システムがバルク輸送であり、経済的に最も勝れているので気体管路システムが実現化するためには、技術の確立と共に、更に経済性の高いものにしなければならない。それには、大規模なパイロットプロジェクトによる気体管路輸送テストが必要であり、更に船を中心とした時には次の様な課題が挙げられる。

イ) 所要輸送動力低減→高混合比

ロ) イナートガスの経済的供給方法

ハ) 最適専用船の確立

ニ) 1系列の経済的な処理能力向上

ホ) 摩耗対策

また、タンクローリー車を用いた小口消費者への流通機構の一環としても、この気体管路輸送方式の適用は考えられよう。

## [ 参 考 文 献 ]

- 1) 岩淵可浩：「微細粉炭の気体管路輸送」  
石炭利用発電プラント技術総合資料集 フジテクノシステム
- 2) 岩淵可浩：「パイプ輸送」石炭ヤード・ハンドリング設備  
計画、建設の実際 フジテクノシステム
- 3) 岩淵可浩：「微細粉炭の気体管路輸送」  
石炭利用技術利用研究発表会 (1979)
- 4) Sproson J. C. : Pneumatic Conveying of Coal Pneumotransport 2 1973
- 5) Konchesky J. L.: Air and Power Requirements for the Pneumatic Transport of Crushed Coal  
in Horizontal Pipeline Journal of Engineering for Industry 1975
- 6) Hastle R. M. : Pneumatic Conveying of Coal Pneumotransport 1 1971
- 7) Soo. S. L. : Feasibility of Pneumatic Pipeline Transport of Coal ICT an ASME publications  
75-ICT-22
- 8) Peters. T. W. : Shirebrook Pneumatic Coal Transport Scheme North Derbyshire Area NCB.  
Colliery Guardian : 853-856 1977
- 9) 海外研究開発  
レポート  
石炭の空気輸送に関する研究  
How Shirebrook Colliery eradicated a winding bottleneck : 58-61 1977
- 10) Woebcke. H. L. Experimental Studies of Gas-Solids Transport : 82-91

### 3.3 荷役技術

#### 3.3.1 セルフアンローディング船

##### (1) セルフアンローディング船の概要

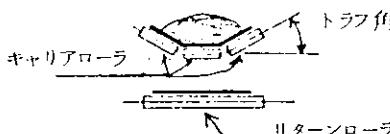
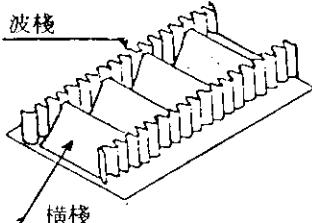
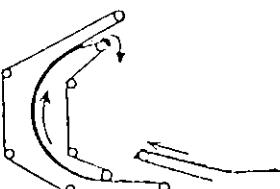
セルフアンローディング船は、広義には文字通り自己揚荷能力を有するあらゆる船舶を意味し、例えギアード・コンテナ船あるいは液体タンカ等をも指すことになるが、ここでは通常グラブにより、そのままの荷姿で揚荷される粉粒体（鉄鉱石、石炭、石灰石、ポーキサイト、アルミナ、石膏、燐鉱石、等）を対象貨物としたセルフ・アンローディング・バルク・キャリアに限定し、さらに、クレーンおよびデリックによるグラブ荷役を行なう、いわゆるギアード・バルク・キャリアは除くものとする。また、液体あるいは気体を媒体として用いた搬送システムを有するバルク・キャリアも除く。

セルフアンローディング・バルク・キャリアの一例を、一般的なバルク・キャリアであるギアレス・バルク・キャリアおよびギアード・バルク・キャリアとともに、図3.3.1, 2, 3に示す。

セルフアンローディング船は、比較的大容量のセルフアンローディング・システムを持っているので揚荷時間が短かく、簡易港湾設備に対応できる等の長所を有しており、1908年に五大湖に初めて就航して以来、主に五大湖における原材料輸送船として普及し、最近ではオーシャン・トレード用にも投入されている。

セルフアンローディング・システムの多くは、機械式コンベヤにより構成されている。貨物艤の底部はホッパ形状をなし、ホッパ底部には閉鎖装置付の開口が設けられる。貨物はこの開口より重力排出された後、開口の下に設けられた、ベルト・コンベヤにより船の長手方向に水平搬送され、さらに暴露甲板へ垂直移送された後、ブーム・コンベヤにより船外へ揚げられる。

表 3.3.1 垂直移送用コンベヤ

| コンベヤの種類   | 特徴   |
|---|--|
| ① トラフ型ベルトコンベヤ<br>    | <p>1) 平型ベルトを使用しキャリーアローラにトラフ角を設けて平型ベルトコンベヤより貨物の運搬効率を高めたベルト・コンベヤ</p> <p>2) 登板傾斜角が小さい(例えば石炭で15°~18°迄)</p> <p>3) ベルト幅3M迄実績があり、既存のベルトコンベヤの中では、单一コンベヤの容量として最大級の計画が可能である</p> <p>4) 経済性、信頼性が最も高い</p> |
| ② コルゲイト・サイド・コンベヤ<br> | <p>1) 波棱、横棱と称するものをベルトに設け貨物をその枠内に納めて搬送するコンベヤ</p> <p>2) 傾斜搬送が本来の目的であり75°迄の急傾斜搬送に最適である</p> <p>3) 搬送容量が傾斜角度により異なる</p> <p>4) ベルトの清掃及びコンベヤの乗継ぎ個所における貨物の落鉢防止に難点がある</p>                              |
| ③ パケットコンベヤ<br>     | <p>1) パケットを装備したコンベヤ</p> <p>2) 容量としては大きくとも(500~600)m³/h位である</p> <p>3) 垂直搬送が本来の目的である</p>   |
| ④ C-ループコンベヤ<br>    | <p>1) 二枚のベルトの間に貨物を挟み弧を描きながら上方に貨物を搬送するコンベヤ</p> <p>2) 空間利用により設置スペースが比較的少なくて済む</p> <p>3) 大容量の計画が可能である</p> <p>4) コストが高い</p>  |

垂直移送用コンベヤとして、次のものがあり、各々実績がある(表3.3.1参照)

- 1) トラフ型ベルト・コンベヤ
- 2) コルゲイト・サイド・コンベヤ
- 3) パケット・コンベヤ
- 4) C-ループ・コンベヤ

また、ホールドからベルト・コンベヤへの払い出し方法として、通常の3次元ホッパによる重力排出の他に、強制的に排出または搔き出しする方式として、

- 1) 走行回転式パドル・フィーダと2次元ホッパの組み合わせ(図3.3.4参照)

2) 走行式リクレーマ(ホールド底部はフラッシュ)(図3.3.5参照)

があり、前者は陸上設備(サイロ)の実績があるが、船用としては実現していない様である。

なお、貨物の積み込みはギアレス・バルク・キャリアと同様に港湾設備のシートまたはグラブにより貨物ハッチから行なわれるのが普通である。

(2) セルフアンローディング船の実績

セルフアンローディング船の大半は五大湖に就航しており、大洋航路に就航しているものはわずかである。

セルフアンローディング船の実績を表3.3.2に示す。

表3.3.2 セルフアンローディング・バルクキャリア  
(1979年現在)

| 航行区域  | DWT        | 隻 数 | 註   |
|-------|------------|-----|---|
|       | 50,000t 以下 | 25隻 | 3～4隻 カリブ海 → U.S. ガルフ<br>(ボーキサイト／アルミナ)<br>7隻 北米東岸または西岸<br>(石膏)   |
| 大 洋   | 50,000t 以上 | 4隻  | 1×155,000-DWT : メキシコ → 日本<br>(岩 塩)<br>1× 74,000-DWT : メキシコ → 日本 <sup>2)</sup><br>(岩 塩)<br>1× 74,000-DWT : 北米バハマ諸島 → フロリダ <sup>3)</sup><br>(アルゴナイト サンド)<br>1× 74,000-DWT : 北米東岸<br>(燐灰石、鉄鉱石) |
| 五 大 湖 | 10,000t 以上 | 90隻 | 1965年以後に就航した船は全てセルフアンローダ船であり、1970年以後の10年間で、39隻が新規に就航し、その大半は石炭または鉄鉱石を対象貨物としているようである。   |

日本での例は、沿海航海の2,500-DWTのセルフアンローディング石灰石輸送船が、1979年に就航したという例がある。

(3) ギアレス・バルク・キャリアとの比較

ギアレス・バルク・キャリアと比較した場合、セルフアンローディング船は次の様な特徴を有する。

(長 所)

- 1) 揚荷能力を大きくすることができます、揚荷時間が短かい。<sup>注1)</sup>
- 2) 港湾揚荷設備(通常グラブパケット式アンローダ)によるエア・ドラフトの制約がない。
- 3) 揚荷作業が簡単でかつ必要とする人力が少ない。
- 4) 港湾設備が簡単である。
- 5) 沖合にてバージあるいは他船へ容易に荷卸しができる。
- 6) 揚荷中の貨物の落下及び発塵による環境問題に対する対策を講じ易い。

注1 セルフアンローディング船の揚荷能力

五大湖に就航しているセルフアンローディング船の中には、10,000トン/時の揚荷能力を有する載貨

重量 58,000トンの船が少なくとも 10 隻は就航している。五大湖のセルフアンローディング船の揚荷能力と載貨重量の関係は大略

$$\frac{\text{載貨重量(トン)}}{\text{揚荷能力(トン/時)}} = 4 \sim 6 \text{ (時)}$$

となっている。セルフアンローディング船の揚荷能力は、コンベヤの搬送能力により制約され、現在のところ、船用としては前述の 10,000トン/時 が最大級である。一方、ギアレス・バルク・キャリアは岸壁側アンローダにより荷揚げされ、その能力は最大級のものでバース当たり 3 基 × 2,500トン/時 程度であるが、一般には大型のものでもバース当たり 3,000～4,000トン/時 となっている。

#### (短所)

- 1) 高船価
  - 2) 船の寸法のわりに貨物艙容積が少ない。
  - 3) セルフアンローディング・システムのメインテナンスが必要。
  - 4) 貨物の多様化に対応しにくい。
- (4) 石炭輸送船への適合性

セルフアンローディング船による揚荷は、船側と港湾側の揚荷接点を 1 点とすることができるので、油タンカで多く採用されているドルフィン係留での揚荷が可能となる。

従って、石炭輸送船に本方式を採用することにより、石炭火力発電所、コールセンタ等の立地条件が緩和できる。また、石炭のグラブ揚げの場合、グラブよりの石炭の落下および炭塵の飛散による環境問題があるが、セルフアンローディング船の場合は、密閉揚荷の採用が容易であるため、本問題は生じない。

セルフアンローディング石炭輸送船の持つ長所は、大きく言って以上の 2 点、すなわちドルフィン荷役および密閉荷役に起因し、これらによる経済効果により今後の石炭輸送船として期待できる。

なお、セルフアンローディング機能のみならず、セルフローディング機能をも有した石炭輸送船も考えられ、この場合の長所として次の点があげられる。

- 1) 港湾荷役設備の限界寸法による制約を受けることが少なく、超大型船とすることができる、海上輸送コストの低減がはかる。
- 2) ドルフィン荷役が採用でき、積地および揚地の港湾建設費の低減がはかる。
- 3) 密閉荷役方式の採用が容易であり、積地および揚地において無公害荷役が可能となる。

以上、セルフアンローディング石炭輸送船の優位性は大きく、今後、我が国の石炭輸入、石炭輸送に大きくかかわってくるであろう。

#### [引用文献]

- 1) セルフ・アンローディング装備納入実績表 (Stephens-Adamson 社, Nordströms 社)
- 2) 世界最大のコンベアー船ユニバース・コンベアー号について  
(船の科学 21巻 7号, 昭和43年7月)
- 3) M. V. "ARAGONITE ISLANDER" ベルト・コンベア船への改造工事について  
(船の科学 25巻 6号, 昭和47年6月)
- 4) The economic feasibility of selfunloaders on short and deep sea ocean routes  
(Bulk Handling and Transport, volume 2, June 1979)
- 5) Marine Unloading Equipment (Stephens-Adamson 社 パンフレット)

### 3.3.2 連続アンローダー

#### (1) 概要と開発状況

a. 現在、ばら荷のアンローダーとして多用されている機種は、グラブ・バケット式とニューマチック式である。

##### (i) グラブ・バケット式

大型、大重量のグラブ・バケットを、船倉内に落下させて掘削するので、ばら荷の種類による制約が少い。

穀物は勿論、鉱石類の様に重いばら荷でも、塊状のばら荷でも適用可能である。

グラブ・バケットの容積を増し、サイクルタイムを短縮して荷役能力を増大して来たので、現在最大のものは公称能力で、単機 2,500t/h のものまである。

しかし、船の大型化に伴って、必要リーチが長くなるので、能力の増加以上に自重が増すことになり本機自体のほか基礎工事のコストもかかり、上記の例が経済性範囲の上限と云われている。

他面、粉塵騒音を抑制しにくいこと、船内荷役作業が多いことが、欠点としてあげられる。なお、後者は、  
シタニヤク 下荷役時の能力低下、底ざらい時の能力低下をカバーするのに必要となるものである。

##### (ii) ニューマチック式

50 年以上の歴史があるので、よく知られた連続アンローダーであるが機内陸上側のプロアで吸引する形式なので、掘削力はグラブ・バケットより弱く、流動性が良好な、軽い小さい粒子のばら荷に限られる。穀物、アルミナ等に多用されているのは、このためである。

同じ理由から、単機能力は最大 600t/h と小さな範囲にとどまっている。

長所としては、底ざらい時に能力低下が小さいことである。これは、船倉内に吊り下げている部材が、軽くて小型なので、任意の場所に移動しやすく、船内作業量を少くして居るためである。なお、流動性に富むばら荷に適用していることにもよっていよう。

又、ばら荷の経路が密閉されているので終端末に集塵装置を設けるだけで粉塵の飛散を抑制出来る。

→ 輸入一般炭の運搬船が大型化する趨勢にあるから荷役能力が大きく、又環境規制に適合し、労働事情に適応出来るアンローダーとして、最近、国内でも機械式と呼ばれる一連の連続アンローダーの開発が進んで来た。

#### b. 機械式連続アンローダーの小史

(i) アメリカでは五大湖内の鉱石、石炭輸送と、南部流域での石炭、穀物輸送にバージを用いて来た。

1940 年代から運搬量の増大に伴い、バージ数の増加、サイズの大型化につれて、機械式連続アンローダーが実用化され始めた。

現在では、5,000t/h 級のエレベーター・バケット式が稼動している。(殆どの形式はカテナリーである)

形式名は、表 3.3.3 機械式連続アンローダー形式一覧表に示す通りである。

(ii) ヨーロッパでは 1965 年同じ形式が船上荷役装置として搭載されて以来、各国でスクリュー・コンベヤ式、等を含めて各種の形式が外航船用として陸側に設置され始めた。

(iii) 日本では、1966 年、三ツ子島に岩塩用として、3,000t/h のエレベーター・バケット式(バケットホイール付)が設置された。外航船用としては、世界最初である。

次いで、1969 年、神戸ポートアイランドに、土砂運搬のバージ用として 2,500t/h のベルト・コンベヤ式(バケットホイール付)、更に、1976 年、尼ヶ崎にカオリン、セメント、リン鉱石用として、300t/h のスクリュー・コンベヤ式、大分に石灰石用として、200t/h のエレベーター・バケット式(下部リンク付)が設置された。

近くは、火力発電所で、国内炭用に 250t/h のエレベーター・バケット式が稼動準備中である。

### c. 機械式連続アンローダーの形式

表 3.3.3 に、同上形式一覧表

図 3.3.6 に、全体図（含写真）を示す。

(1) 現在、世界で用いられているものを、分類すると、次の 5 形式になる。区分は、船倉から上部に、ばら荷を搬送する方式によった。

- 1) ベルト・コンベヤ式
- 2) チェイン・コンベヤ式
- 3) スクリュー・コンベヤ式
- 4) エレベーター・バケット式
- 5) ロープ・バケット式

各形式について、更に細分類することが出来る。細分は下端にある掘削部の装置、又は仕掛けによった。

## (2) 技術的概要と問題点

### a. 最大能力（表 3.3.4 能力、対象ばら荷一覧表）

ばら荷の物性（比重、粒の大小、流動性、破碎許容度、など）と船倉ハッチの形状、寸法によって、かなりに変動するものであるから一概に表現しにくいが、傾向を示す意味で数値化した。

重量の大きい専用の掘削部を有つもの、例えばバケット・ホイールを有つものが最も大きく、5,000t/h 級、次いで上下循環するバケットをそのまま掘削部にも使うものが3,000t/h 級である。これは、バケットの掘削力が他のコンベヤよりも強いためである。

### b. 対象ばら荷名（表 3.3.4 能力、対象ばら荷一覧表）

ベルト、チェイン、スクリューの各コンベヤ式は、掘削力の弱さと、耐摩耗性から大粒の塊には適さない。

エレベーター、ロープの両バケット式は比重の大小によらず塊でも粒でも可能である。この点、グラブ・バケット式と同じであるがバケットスピードを変えることによって、多少の比重差があっても適用できるから、グラブ・バケット式がグラブを取換えるといふのに較べれば柔軟性を有することになる。

### c. くり込み作業域

ハッチ直下から左右のくり込み、前後のくり込みが大きい船倉であっても、その奥まで掘削部が入り込めるのが望ましい。左右方向だけが可能なものがあるが、前後方向も出来るのが有用である。この種のものは下端から横にアームを取り付け掘削部を張出しているものに限られる。

### d. 掘削部の操作性

これは、掘削部が常にばら荷に喰いこむよう位置をとる操作が容易なのが良い。エレベーター・バケットは安定して継続的に掘削が進むので有用である。但し、カテーテルとチェイン・コンベヤ付は、やや落ちる。両者共、掘削部が揺れ動くからである。

掘削が小さく軽いもの、例えばニューマチック式、ベルト、スクリューの各コンベヤー式は、操作を要するが、軽いので容易である。これらも、くり込み可能域を広くすると重くなつて操作性を損うので両機能を両立させるのに工夫が必要となる。

### e. 底ざらい

どの形式においても、タンクトップ面までさらい取ることは出来ない。残量が少いことと、前項の移動操作が容易なことが底ざらい性能アップになる。

ベルト、スクリューの両コンベヤ式と、掘削部にバケット・ホイールを有する形式は、機構上残量厚が大となる。

ベルトにフィンをつければ多少の改善が期待出来る。尚ニューマチック式は最も良い。

#### f. 作業の安全性

船倉内でムキ出しの運動部分が無いか、あっても容易にカバー出来ることが望ましい。ニューマチック式、ベルトコンベヤ式が良好で、スクリューコンベヤ式がこれに次ぐ。

#### g. 所要動力

ばら荷トン当たりの動力は、大部分が持上げ部の搬出形式で決まるのでベルトコンベヤ式が最も良く、次の順位で大きくなる。

- (1) ベルト・コンベヤ式
- (2) エレベーターとロープの両バケット式
- (3) チェイン・コンベヤ式
- (4) スクリュー・コンベヤ式

ただ、大型バケット・ホイールを掘削部につけた形式では、(3)のチェイン・コンベヤ式並みに動力が増加する。

#### h. 自重

自重が軽いことが望ましいことは、云うまでもない。ベルトとスクリューの両コンベヤ式が最も軽く、次の順位で重くなる。

- (1) ベルトとスクリューの両コンベヤ式
- (2) チェイン・コンベヤ式
- (3) ロープ・バケット式
- (4) エレベーター・バケット式

ただ、エレベーター・バケット式のうちカテナリーは、(3)のロープ・バケット式並みに軽くなる。

#### i. 防塵策

発塵性ばら荷が対象とならない機種形式もあるが、それは特別の例外として、防塵装置設備が容易なものから並べれば下記の通りである。

- (1) ニューマチック式
- (2) ベルトとスクリューの両コンベヤ式
- (3) チェイン・コンベヤ式とエレベーター・バケット式
- (4) ロープ・バケット式

ただ、エレベーター・バケット式のカテナリーは、(4)のロープ・バケット式並みに難しくなる。

#### j. 驚音

評価の良い機種形式から並べれば、次の通りである。

- (1) ベルトとスクリューの両コンベヤ式
- (2) チェイン・コンベヤ式、エレベーターとロープの両バケット式
- (3) ニューマチック式

#### (3) 今後の動向

- a. 機械式連続アンローダーは、従来のグラブバケット式と異って、船倉内で安定した荷揚作業が保たれ、船倉内作業量が少くてすみ、粉塵防止が容易である等の長所を持っている。

表 3.3.3 機械式連続アンローダ形式一覧表

| 持上げ方式          |                     |                   |                            |
|----------------|---------------------|-------------------|----------------------------|
| B<br>ベニヤコンベヤ式  | B-1<br>往復式<br>往復み込み | B-2<br>フリーダ付      | B-3<br>バケット式イニル付           |
| C<br>チクシコンベヤ式  | C-1<br>L型<br>L型     | C-2<br>チャーンスクレーパ付 |                            |
| S<br>スクリュコンベヤ式 | S-1<br>螺旋式<br>螺旋式   | S-2<br>ローラーフィーダ付  |                            |
| E<br>エンドハンドル式  | E-1<br>カギナリ<br>カギナリ | E-2<br>下部リンク付     | E-3<br>中部リンク付<br>チャーンコンベヤ付 |
| E<br>ハケット式     | E-5<br>フレーム付        | E-6<br>バケット式イニル付  | E-7<br>バケット上<br>エンドハンドル付   |
| R<br>ローブ式      | R-1<br>リテナリ<br>リテナリ |                   |                            |

しかし、外航船に使った歴史は、未だ 20 年にも達していないし、使用例は決して多いとは云えない。とりわけ一般炭については皆無である。

これは、一港での年間取扱い量が過少にとどまっており、もしも使ったとしても稼動率の低さから採算にのらなかつたためであろう。又労働慣行、環境条件の面から本来の特性を必要としなかった面も見逃せない。

b. 形式は多種多様のものが世界中にあるが、これは、ばら荷の種類によって特性の合致するものを作ったためで、輸入一般炭を対象にすれば自づとしばられて来るし使用実績を積み重ね、運営、運転上の改善が加わって特性が、より活かされたものになって行くと予想される。

表 3.3.4 能力、対象ばら荷一覧表

| 形 式                 |                   | 最 大 能 力 | 対 象 ば ら 荷        |                          |              |     |  |
|---------------------|-------------------|---------|------------------|--------------------------|--------------|-----|--|
| 持 上 げ 装 置 の 形 式     | 掘 削 部 形 式         |         | アルセ<br>ミメ<br>ナント | 穀 物                      | 石 炭<br>・ 石 灰 | 鉱 石 |  |
|                     |                   |         | 輕                |                          | 重            |     |  |
|                     |                   | t/h     | 粉                | 粒                        | 塊            | 粒   |  |
| ニューマチック式            |                   | 600     | ○                | ○                        |              |     |  |
| B ベルト・コンベヤ式         | B・1 はさみ込み式        | 1,000   | ○                | ○                        |              |     |  |
|                     | B・2 フィーダ付         | "       | ○                | ○                        |              |     |  |
|                     | B・3 バケット・ホイール     | (2,500) |                  | ○                        |              |     |  |
| C チェイン・コンベヤ式        | C・1 L型            | 1,500   | ○                | ○                        |              |     |  |
|                     | C・2 チェイン・スクレーパー付  | "       | ○                | ○                        |              |     |  |
| S スクリュー・コンベヤ式       | S・1 壓フィーダ付        | 2,500   | ○                | ○                        |              | ○   |  |
|                     | S・2 ロータリー・フィーダ付   | "       | ○                | ○                        |              | ○   |  |
| E エレベーター・<br>バケット式  | E・1 カテナリー         | (5,000) |                  | ○                        | ○            | ○   |  |
|                     | E・2 下部リンク付        | 3,000   |                  | ○                        | ○            | ○   |  |
|                     | E・3 ゆれリンク付        | "       |                  | ○                        | ○            | ○   |  |
|                     | E・4 チェイン・コンベヤ付    | "       |                  | ○                        | ○            | ○   |  |
|                     | E・5 ブレード付         | "       |                  | ○                        | ○            | ○   |  |
|                     | E・6 バケット・ホイール付    | 5,000   |                  | ○                        | ○            | ○   |  |
|                     | E・7 バケット・ホイールアーム付 | "       |                  | ○                        | ○            | ○   |  |
| R ロープ・バケット式         | R・1 カテナリー         | 1,000   |                  | ○                        | ○            | ○   |  |
| <u>比較参考</u>         |                   |         |                  |                          |              |     |  |
| グラブ・バケット式           |                   | 2,500   | ○                | ○                        | ○            | ○   |  |
| 本文参照<br>( )は特殊ページ用。 |                   |         |                  | ○印：物性も加味し、適したバ<br>ルクを示す。 |              |     |  |

## [引用文献]

- Stacking Blending Reclaiming of Bulk Materials  
1977年版, Trans. Tech. Publications (U.K.)
- 谷物用ニューマチックアンローダ  
1980-2月 荷役工学委員会でIHI講演
- Continuous Unloader 紹介記事  
1975~1981 雑誌「Cargo System」

### 3.3.3 一点係留ブイによる荷役

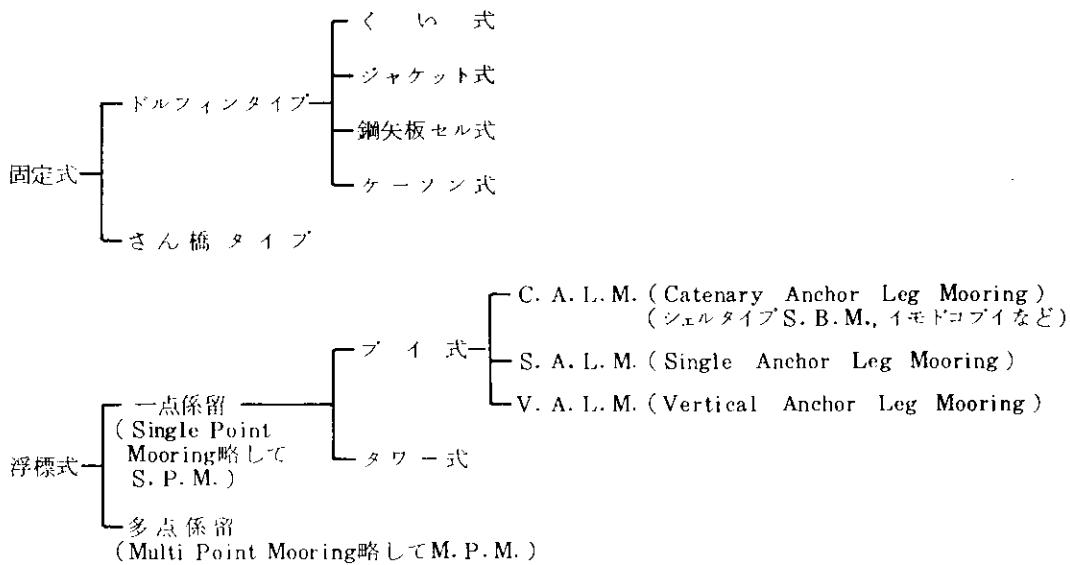
#### (1) 一点係留方式の概要

##### 1) 沖荷役方式

荷役方法には、大別して沖荷役と接岸荷役がある。従来、石炭輸送船は接岸荷役であり、沖荷役が可能なタンカーと異り、港湾状況により船型の大型化が著しく制限されてきた。

ところが、石炭を流体化することにより、重油と同様、沖荷役の採用が可能となり、これまで遠浅で大型外航船の荷揚げ設備を作るには多大な投資を余儀なくされ、石炭火力の建設が困難視されていた地域でもその立地が可能となる。

係留施設は、固定式と浮標式に大別され、それぞれ次のような方式がある。<sup>1)</sup>



各形式の特徴を表3.3.5に示すが、この中で一点係留式は、係留作業、操船面の容易さ、建設面における自然条件に対する適応性、建設費、工期の面の有利性が際立った特徴と云える。

##### 2) 一点係留方式の種類

一点係留方式は、最も簡単な石油の荷役設備として、1959年スエーデンで建設されて以来、石油需要増大と共に普及速度を早め、現在、世界に約275基稼動している。(内 我が国は23基)

方式としては、前述のように、ブイ式とタワー式に分類され、ブイ式はブイ係留方式により図3.3.9に示すような3つの方式(CALM, SALM, VALM)に分かれている。

この中で、CALM方式は、全世界のSPMの83%を占め、Shell及びIMODCOにより開発されたものである。

表 3.3.5 構造形状の得失

| 比較項目                | 多点係留式   | 一点係留式   | 固定式   |
|---------------------|---|---|---|
| (1) バース法線方向         | うねりの方向についての配慮が最重要である。   | 主なうねり、流れ、風の方向に対してその下流方向には特に十分な離隔が必要であるが、一般に方向は限定されない。                                 | うねりの方向についての配慮が最重要である。   |
| (2) バース占有水域         | 中ぐらい  | 最大  | 最も狭い  |
| (3) バースへのアプローチ水域    | アプローチ航路がほぼ一定。   | うねり、風、潮流に向首するので十分の広さが必要。  | アプローチ航路はほぼ一定。   |
| (4) ターニング・ベースン      | ① バース占有水域にほぼ含まれる。<br>② アプローチ航路の屈曲が大きければ、屈曲部に、ターニングの余裕が必要。<br>①,②はいずれかが必要。 | バース占有水域に含まれる。   | ① バース前面に必要。<br>② アプローチ航路の屈曲が大きいときは、屈曲部にターニングの余裕が必要。<br>①,②はいずれかが必要。 |
| (5) 離着操船の難易         | 困難  | 容易  | 普通  |
| (6) 所要時間            | 大   | 小   | 中   |
| (7) 引船の所要量          | 中   | 小   | 大   |
| (8) 係留作業の困難性        | 大   | 小   | 中   |
| (9) 係留中の船の固定度       | 中   | 小<br>(これが特徴)  | 大   |
| 10 荷役中の船の固定度<br>許容量 | 中   | 大   | スイベルジョイントを用いるので最小。  |
| 11 係留の安全度           | 小<br>特に波浪に対して弱い。  | 中<br>船の固定度が固定式に比べて緩やかで、常に流れ、風に向首するので外力が最も小さくなり、その点が固定式に比べて高いとみられる。ただし、量的な判定はまだできていない。 | 中   |
| 12 バースシャヘいの要求度      | 大   | 中<br>バースの位置が最も海岸線より離れるので、人工的なシャヘいはほとんど不可能。  | 大   |

表3.3.5(つづき)

| 比較項目                    | 多点係留式  | 一点係留式                               | 固定式  |
|-------------------------|--|-------------------------------------|--|
| (13) 係留、荷役中の乗組員の安心感、休養度 | 中  | 小                                   | 大  |
| (14) 陸上との連絡、交通、通信       | 悪  | 悪                                   | 中  |
| (15) 緊急時に対する退避の難易       | 困 難  | 最 も 容 易                             | 困 難  |
| (16) 漏油対策               | や や 困 難  | 困 難                                 | 良  |
| (17) 船体損傷の危険            | 小  | 小                                   | 中  |
|                         |  |                                     | 海底管をもつ場合   |
| (18) 油送管の導設             | 困 難  | 困 難                                 | 困 難  |
| (19) 油送管の維持管理           | 困 難  | 困 難                                 | 困 難  |
| (20) 荷役能率               | 中  | 中                                   | 高 い  |
| ② 建設                    | 自然条件に対する適応性<br>びょう鎖、アンカーなどのは駐力さえとれれば、海底地質には影響されない。 | びょう鎖、アンカーなどのは駐力さえとれれば、海底地質には影響されない。 | くい式、ジャケット式とも海底土質が砂質であれば最適、岩質でもある程度ドリリングは可能であるが、さん橋式のようにくい本数が多くなれば経費が高く問題がある。<br>重力式は岩質に最適。 |
|                         | 施工性<br>工期は早い。                                      | 工期は早い。                              | くい式やジャケット式は大規模を施工機械の発達により、確実で精度はよくなっている。施工期間は浮標式に比べて長いが、最近では、施工時の気象・海象条件もかなり高くなつた。         |
|                         | 建設費  | 小                                   | 大<br>固定式では、一般にさん橋式が高く次いでジャケット式が高い。   |

参考文献：運輸省港湾局「港湾設計指導」

構造は図3.3.9に示すように、ブイ本体と、これを係留する鎖及び錨、船舶係留用索、および海底配管とブイを結ぶブイ下ホースと、船舶への荷役用フローティングホースから成っている。

CALM方式が、チェインをカタナリー状に張りしてブイを支えるのに対し、SALM方式は、垂直に張ったチェインに予備張力を与える方式で、CALM方式が、ブイ係留に広い海底を占有する短所を補うものである。

## (2) 一点係留ブイによる荷役の技術的問題点

一点係留ブイにおける荷役は、流動貨物の管路輸送に限られる。したがって、従来は、ほとんど石油荷役に使用されてきた。

この方式で石炭荷役を行うためには、石炭を管路輸送する必要があり、その方法としては

- 1) 微粉炭の水スラリー方式
- 2) 粗粒炭の水スラリー方式
- 3) 微粉炭のCOM方式
- 4) 粗粒炭のCOM方式
- 5) 気体管路輸送方式

などが挙げられる。

これらの荷役方式の中で1)と3)は、石炭の全輸送システム（コールチェイン）の中で、既に流体化されたものであるのに対し、他の方式は、荷役の合理化、一点係留ブイでの荷役と組合せる場合に従来の石油の場合と異り、種々の問題や設備が必要となる。

水スラリー方式では、ニュージーランドで砂鉄スラリーのSPM荷役の実績があり、石炭の場合も十分適用可能である。

特に、荷役後脱水する2)の粗粒炭水スラリーの場合について、この方式で特別に要求される設備および技術的问题を挙げると

### イ) 粒径と流動性及脱水性

一般に粒径が大きい程輸送動力が大きく、スラリー濃度が低くなるため多くの水を要す。一方脱水性は、逆に粒径が小なるほど悪い。したがって、この両者を考え粒径を選択しなければならない。

### ロ) 脱水設備

スラリー船には、送られてきた水スラリーの脱水を行う機能を持つ必要がある。また、分離された水は、海水汚染の面から、陸に戻す必要があり、石油と異り、戻り管が必要となる。

### ハ) 再スラリー化装置

揚荷役に本方式を採用する場合、船には再スラリー化装置及び陸への流送ポンプ等の設備が必要となる。

また、スラリー化のための清水は陸側から供給されねばならず、このため積荷役同様、貨物管以外に清水供給管が必要である。

ロ)ハ)の設備は、スラリー船に装備されるものであるが、沖合いで、SPMにA-フレームで固定係留されたバージ(又は船)上にこれらの設備を設け、そこで脱水もしくは再スラリー化させる方法もある。

この方式は、各船に高価な設備を搭載することの投資効率の悪さを解決するものであるが、このバージへの本船の接舷、係船が難かしく、非常に平穏な海域に限られる。

### ニ) 荷役稼動率

SPMへ一旦係留してしまえば、荒天に対する耐航性は強いが、SPMへの係船、フローティングホースと船上マニホールドとの接合作業が制限される。

現状では、これらの作業は、作業船の助けを借りており、作業船の出動限界（波高 1.5 m 程度）が係留稼動限界となり、外海に設置した S P M では特に冬場の稼動率が問題となる。

S P M 方式を採用する為には、作業船の改良、係船、ホース取りの自動化などによる稼動率改善が急務である。

#### ホ) 緊急避難対策

S P M は、ある想定海象条件の下に設計されており、それ以上海象が悪化すれば、ただちに避難しなければならない。この場合、スラリーの輸送停止後、十分水を流して管内残留物をなくし管内閉塞が起らぬ様留意しなければならない。

#### ヘ) 配 管

配管中特に閉塞を起しやすい立上り部、曲り部などの閉塞対策が必要である。また、管内摩耗対策も必要である。

フローティングホースについては、日本では常時浮遊させる事は禁じられており、浮沈式とする必要がある。

また、大型化によるホース径の増大、揚荷圧力の増など今後更に検討を要する。

### (3) 石炭輸送への適用の可能性

石炭輸送への適用の可能性は、一に前述の石炭流動化技術の開発如何に依っている。

火力発電所を主とする大型石炭消費者にとって、港湾設備新設も含めた、総合的な石炭輸送において、建設費の節減、工期の短縮を図れるこの方式は、更に船舶の大型化による輸送コスト低減も図れるため、非常に魅力的であろう。

タンカーの大型化は、一点係留システムの採用によって加速されたとも云える。したがって、石炭輸送の場合の諸問題が解決されれば、今後、採用の可能性は非常に高い。

国内ばかりでなく、米国においても石炭輸出の気運は高く、一方国内輸送設備や港湾設備の不足を補うため、多くのスラリー輸送計画が発表されている。（図 3.3.10）

このように、水スラリー状で積出された石炭を受け取る場合も考えられる。

### [ 参 考 文 献 ]

- 1) 日本港湾協会：「港湾の施設の技術上の基準・同解説」運輸省港湾局監修、昭和 55 年 9 月
- 2) Bliault, A. E et al.: " Single Point Mooring Terminals : A Summary of Selection and Design Methods ", the Naval Architect, March '81
- 3) 森昭久他：「三菱外洋向け一点係留荷役システムの開発」三菱重工技報, Vol. 18 № 6 '81
- 4) Racliffe, A. T. et al.: " Development of a Comprehensive Simulation Model of a Single Point Mooring System ", the Naval Architect, Jan. '81
- 5) Owen, D. G. et al.: " The Development of Mathematical Models of Single Point Mooring Installations ", Paper № 2490, 8 th OTC, 1976
- 6) Pinkster, J. A. et al.: " The Role of Model Tests in the Design of Single Point Mooring Terminals ", Paper № 2212, 7 th OTC, 1975
- 7) Kiely, W. L. et al.: " Design, Fabrication, Installation and Operation of a Single Anchor Leg Mooring (SALM) Tanker Terminal in 300 feet of Water " Paper № 2213, 7 th OTC, 1975

### 3.4 貯炭技術

産炭地と消費地が離れている場合、その間の供給過程に於いて、需要に直ちに応じ得ない要因、即ち船や貨車による間欠的輸送方法、山元や輸送機関、港湾、中継基地等に労働者のストライキや事故、災害、産炭国の政治的、社会的情勢変化等が多数存在する。消費者側では、これらの潜在的危険性を減少させる為に、供給元の多様化を図ると共に、適切な量の備蓄機能を併せもつ貯炭場を有するのが普通である。石炭受入れヤードの主な機能は次の通りである。

- |      |                                       |
|------|---------------------------------------|
| 集荷機能 | 複数の山元からの石炭受入、小口需要者による共同購入。            |
| 中継機能 | 大型港湾により石炭を受入れて小口需要家への中継を行う。           |
| 在庫調整 | 石炭の受入・払出の短期的・長期的変動を調整し、末端での在庫を最少限にする。 |
| 成分調整 | 一定品質の石炭を供給する為の混炭。                     |
| 備蓄   | 石炭の受入途絶への備え。                          |
| 加工   | 微粉砕やCOM、スラリー等の製造、液化、ガス化工場の併設等         |

#### (1) 石炭ハンドリング上の問題点

貯炭における石炭及び石炭関連機器の問題点としては次のものがある。

- 炭質の劣化
- 炭塵飛散
- 自然発火
- ガス・炭塵爆発
- 排水
- 驚音

##### (a) 炭質の劣化

太陽光線や温度・湿度の変化履歴を受けると石炭は風化し、発熱量やその他の物性が変化し炭質が劣化して行くが、その進行速度は石炭化度の低いものほど速いといわれている。

一般に、石炭の劣化防止を主目的として貯炭時の対策が施されることは少ないが、後述する炭塵飛散や自然発火対策としての空気遮断は劣化抑制にも効果があるといわれている。

##### (b) 炭塵飛散

海外炭の場合、選炭の過程を経ていない為に微粉炭が混じったまま揚荷される可能性があり、又、貯炭場における石炭ハンドリングの過程においても塊炭の破碎が生ずるが、これら石炭の微粉粒が炭塵である。

堆積した炭塵を放置しておくと自然発火の恐れがあり、又乾燥すると風によって浮遊し、貯炭場位置や炭塵飛散量によっては環境問題となる。幅75cm以上の大型コンベアや1000m<sup>2</sup>以上の大規模貯炭場は粉塵発生施設として法の規制を受ける。

炭塵対策としては、石炭の落下距離を小さくしたり、石炭の衝突や摩擦を少くして発塵を防止する方法と、発生した炭塵を散水、展圧、貯炭山表面への薬剤散布、防風林や擁壁の設置により飛散を防止する方法、防風林やネット、集塵装置等により炭塵を捕集する方法等がある。

##### (c) 自然発火

石炭の自然発火は、石炭と空気が接触し、酸化作用を起こして発熱する為に起るという説が有力であり、石炭の熱伝導率が低いために発熱量が放熱量を上回って徐々に蓄熱されて発火に至るものである。

石炭の酸化現象の進行速度に影響を与える要因としては、石炭の粒度、炭化度、含有水分、周囲温度、酸素濃度等がある。一般に貯炭時の石炭温度は、初めは、ほぼ一定のゆるい勾配で上昇し、100°C付近から急速に上昇

し、やがて発火に至るが、これらに要する時間は炭質、貯蔵条件等によって著しく異なる。貯炭山は一般に表面から1.5～3mの位置で最も温度が上昇するといわれている。

自然発火に関する監視としては、固定式或いはポータブル式温度計による検温、酸化の進行に伴う一酸化炭素の濃度測定等があり、炭種に応じて温度、ガス濃度及びそれらの変化の様子から自然発火への危険度を判断する。

自然発火防止策としては次の方法がある。

#### 冷却法

- ・散水する。
- ・ドライアイスにより冷却する。
- ・換気孔を設け放熱を促進する。
- ・積付高さ制限、適当な間隔での配替、払出等による蓄熱防止。

#### 空気遮断法

- ・展圧
- ・貯炭山表面に被覆剤散布
- ・石炭粒表面のコーティング
- ・屋内貯炭における不活性ガス充填

#### (d) ガス・炭塵爆発

石炭は、採掘され粉碎されると、孔隙の中に吸着していたメタンガスを放出し、更に空気との接触により一酸化炭素、エチレン等の爆発ガスを発生する。密閉場所に石炭を貯蔵する場合には、適切な換気或いは窒素ガス、炭酸ガス等の不活性ガス充填により爆発雰囲気の生成を防止し、また防爆機器の使用や発火源の隔離等の対策をとる必要がある。

炭塵の爆発性は、炭塵濃度、酸素濃度、浮遊炭塵の粒度、含有揮発分、水分、灰分等によって変化するが、ガス爆発、電気火花、自然発火、高温金属、帶電した炭塵等の着火源があると、空気中に浮遊している炭塵雲が爆発を起こし、更に、粒径が大きいために床に堆積している沈積炭塵を舞い上げ、爆発の規模を大きくすることがある。

炭塵爆発防止策としては、前述の炭塵飛散対策と同じであり、炭塵が堆積したら適宜除去する必要がある。

#### (e) 排水

貯炭に伴う排水としては、降雨及び散水によって発生するもの、微粉や炭塵の懸濁物質によるもの、スラリーからの脱離水や水中貯炭槽の残渣処理等がある。

単位時間に発生する排水の量としては一般的に降雨時が支配的で、貯炭場地域の気象条件や“下水道設計指針”を参考にして、降水量を決め貯炭場地盤や集水方法等による流出係数を掛けて排水処理装置の能力を決定する。

排水処理の主目的は、SS(懸濁物質)の除去にあり、処理方式としては凝集沈殿法或いは浮遊選鉱法が採用される。排水中には石炭に含まれている硫酸鉄が溶出するので、排水は一般に酸性を示し、炭種によっては中和処理を要することもある。排水処理系統はクローズドサイクルとし、処理された水は再び散水等に用いられることが多い。

#### (f) 騒音

貯炭場に於いて発生する騒音は、石炭ハンドリング装置の駆動部から発生する機械音と、石炭の移動に伴う衝突音から成る。騒音の問題は作業環境と共に、敷地境界線での騒音レベルにある。

騒音防止対策としては、機械精度の向上、防音カバー、吸音材、緩衝材等の個々の装置への使用があるが、経済

的には騒音源を敷地から充分離すのが望ましいとされている。

## (2) 石炭ヤードの概要

コールセンターや石炭火力発電所等、大量に石炭を受入れるヤードでは、全体システムの効率が特に問題となる。

図3.4.1は石炭ヤードの評価方法を総括的にまとめたものであり、立地条件の評価に始めて設備規模の最適化、レイアウト計画、経済性検討、地域への影響検討に至るまで巾広い評価が行われることを示している。

一般的な石炭ヤードの設備フローを図3.4.2に示す。大規模で複雑な運用を伴う石炭ヤードについては、電子計算機を使用して石炭の流れや設備の稼動状況のシミュレーション計算を行って、その結果を計画の選択決定に反映させ、貯炭設備もその一環として規模、形式、配置等が決定される。

### (a) 揚炭設備

石炭の陸揚設備としてはクレーンにグラブバケットをつけた形式のアンローダーが最も広く使用されている。

アンローダーの形式分類を図3.4.3に、また、代表的なアンローダーの概要を図3.4.4に示す。

### (b) 運炭設備

ベルトコンベアは、石炭の性状に最も適した輸送手段としてヤード内運炭に広く使われるほか、各種の石炭ハンドリング設備に組込まれている。石炭の取扱い量の増加に伴い、ベルトコンベアの大容量化、長距離化、高速化が進み、技術的には、ほぼ完成された輸送設備である。

### (c) 積付設備

地上コンベアで送られてきた石炭を、そのコンベアの任意の位置からトリッパ装置によって積付用コンベアに乗せ換え、貯炭場に積付ける。積付コンベアの形式によりスタッカはブーム式、ウイング式及び橋形に分けられる。スタッカにシャトルコンベアを組込んで、貯炭場の積付効率の向上を図ることがある。

図3.4.5に旋回起伏ブーム式スタッカの例を示す。

### (d) 払出設備

貯炭場に積付けられたバイルから石炭を掘り起こし、払出コンベアに乗せるため、専用装備としてリクレーマが使われる。リクレーマの形式分類を図3.4.6に、代表的なリクレーマの概要を図3.4.7に示す。設備稼動率向上のためスタッカとリクレーマを一体にしたものもよく使われている。

サイロ貯炭等で、下部から石炭を払い出すために回転走行式切出装置が使われる。

### (e) 船積設備

貨物倉に石炭を積み込むシップローダは、基本的には走行式、固定式、起伏式、旋回式、シャットル式等の形式があり、対象船舶の大きさ、岸壁の建設費等を考慮して、これらの各機能が組合わされる。

#### 例 固定起伏式

走行起伏旋回式 等 (図3.4.8参照)

### (f) 貯炭設備

山元、積出港、受入港等、石炭輸送の乗継ぎ地には貯炭を中心とする石炭ヤードが設けられる。貯炭設備の形式分類を図3.4.9に、また主な貯炭方式の特徴比較を表3.4.1に示す。

## (3) 野積方式

現在採用されている大規模貯炭場は野積方式が殆んどであり、これは周辺地域に対する特別な公害防止対策を必要としない等、恵まれた立地条件にある場合であって、大規模な構造物を設けることなく貯炭コストに対する資本を低くする有利さがあった。

貯炭場の地盤はコンクリート・アスファルト舗装が望ましいが、実際には火山礫や焼きほた等を敷きつめて展圧

表3.4.1 貯炭方式の特徴比較<sup>2)</sup>

| 種類<br>項目 | 野積 | 屋内貯炭場  |        |        |       | 石炭<br>サイロ |  |
|----------|----|--------|--------|--------|-------|-----------|--|
|          |    | 方形     |        | 円形     |       |           |  |
|          |    | 長尺屋根方式 | バンカーフ式 | 円形屋根方式 | ドーム方式 |           |  |
| 炭じん飛散    | ×  | ○      | ○      | ○      | ○     | ○         |  |
| 騒音       | △  | ○      | ○      | ○      | ○     | ○         |  |
| 雨水による汚染  | ×  | ○      | ○      | ○      | ○     | ○         |  |
| 自然発火     | △  | △      | △      | △      | △     | △         |  |
| 炭じん爆発    | ○  | △      | △      | △      | △     | △         |  |
| 風化＝品質    | ×  | ○      | ○      | ○      | ○     | ○         |  |
| 種別貯蔵・混炭  | ○  | ○      | ○      | △      | △     | ○         |  |
| 地盤＝基礎荷重  | ◎  | ○      | ○      | ○      | ○     | △         |  |
| 敷地＝有効利用  | ×  | △      | ○      | △      | ○     | ◎         |  |
| 建設工事費    | ◎  | ○      | ○      | ○      | ○     | ○         |  |
| 機械設備費    | ○  | ○      | ○      | △      | △     | ○         |  |

〔凡例〕 ○ 大変有利 ○ 有利 △ やや不利 × 不利

したあと、低品位炭をデッドストックを兼ねて敷きつめて造成する所が多く、積高1.0m、貯炭密度3～5t/m<sup>2</sup>程度が一般的である。

貯炭場への積付、払出はスタッカ・リクレーマによるのが一般的であるが、小規模貯炭場ではショベルローダやブルドーザによる例もある。

平地への貯炭の場合、スタッカの走行、旋回及び俯仰性の組合せにより単円錐形、多円錐形、半円形、全円形、長方形等のパイルが形成されるが、パイルは鉛柄別に分けるのが原則であり、また払出ロットから山の大きさを決めることが多い。主なパイル形状の例を図3.4.10に示す。

平地への貯炭の外に、地下式或いは半地下式のV型トレンチを構築し、上方から積み込み、下部から切出す方式もある。(図3.4.11)

展圧を行う場合は方形に積付けるのが原則であり、0.5～1.5mの厚さに積層する毎にブルドーザにより斜面及び上面を圧密して行く。塊炭の自然積みでは、かさ比重は0.8～0.9であるが展圧を行うと、かさ比重が1.1～1.2になり、容積で25～40%減少する。

野積方式では、自然発火や炭塵飛散、降雨に対して特に注意を払い、定期的な見回りにより異常の早期発見に務めなければならない。

#### (4) 屋内貯炭方式

##### (a) 長尺屋根(方形カバー)方式

長方形野積方式に上屋を設けたもので、建屋の断面形状には切妻屋根形、丸屋根形、カマボコ形等がある。

切妻屋根、丸屋根の場合は建屋中心を走行する受けコンペアと走行トリッパにより積付けを行い、パイル断面形状は三角形になる。桁方向に走行するリクレーミングスクレーパにより切出して払出コンペアで搬出する。

カマボコ形屋根の場合は両側壁にレールを設けて横行コンペアを載せたガーダを走行させ、パイル断面形状は台

形になる。切妻屋根方式の概要を図3.4.12に示す。

建屋の幅は屋根の建設費の関係から制限を受け、またバイル高さは地耐力から決められる。基礎荷重は他の屋内貯炭方式に比べて小さいので、埋立地などに建設する場合に適している。

防災対策として、積付け時に石炭が破碎するのを少くする為、トリッパシュートにテレスコピックシュートをつけたり、シュート部での集塵や散水を行うことが望ましい。

#### (b) バンカー方式

敷地を有効に利用する為に、長尺屋根方式に擁壁を設けて立体化したもので、石炭を重力で払出すことができる様に角形又はスリット形のホッパーを使用する。積付けにはスタッカ或いは走行トリッパを用い、払出しにはフィーダによりホッパー下部から搔き出し、コンペアで搬出する。バンカー方式の概要を図3.4.13に示す。

地盤強度によって基礎工事費や経済的擁壁高さは変るが、面積当りの貯炭量は野積方式の2倍程度である。

#### (c) 円形屋根方式

円形野積方式に上屋を設けたもので、ドーナツ状に貯炭される。受入れコンペアで上屋中央に運び上げた石炭を、中央支柱を中心に旋回・俯仰するスタッカで積みつけ、同じく中央支柱を中心に旋回する橋形リクレーマにより搔き出し、中央ホッパーに集め、地下の払い出しコンペアで搬出する。円形屋根方式の概要を図3.4.14に示す。

#### (d) ドーム方式

円形屋根方式に擁壁を設けて敷地を有効に利用しようとした方式であるが、側壁一杯まで積付けられる様にするかどうかは建設コストを考慮しなければならない。ドームへの石炭受入れは、ドーム中心の頂部まで高架式ベルトコンペアによって運び上げ、トリッパ式或いはシャトル式の旋回式スタッカによって積付けて行く。石炭の払出しは、ドーム底部から切出し装置で搔き出す方法と、スクレーパ式、バケットホイル式、バケットエレベータ式等のリクレーマによる方法があり、任意の場所からの払出しの必要性、隅部の長期残炭対策等が考慮される。旋回スタッカのブームは起伏しないのが普通で、上屋と堆積層の間にデッドスペースが生ずる。ドーム方式の概要を図3.4.15に示す。

ドーム容量が大きい程、建設単価は安くなり、小容量ドームを数多く建設するより大容量ドームを建設した方が得であり、敷地面積は小さくなる。しかし取扱う炭種の数に比べてドームの数が少ないと運用上不便になるので、混炭の必要性等を考慮して建設基数を決める必要がある。

#### (5) サイロ方式

敷地面積が最も少く、土地利用上経済的であるが、充分な地盤強度があることが必要である。

石炭の投入は、サイロ頂部までコンペアで運び上げ、サイロの径が小さい場合は、そのまま落下させ、径が大きい場合は旋回シュート、トリッパ等によりデッドスペースが少く、且つセグレゲーションを起こさない様に積付ける。払出しはサイロ下部が円錐状の場合は電動振動フィーダにより、スリット形の場合は走行切出装置により夫々払出しコンペアに導き外部へ搬出する。この方式の特徴の一つは、先入先出となることである。サイロ方式の概要を図3.4.16に示す。

サイロ方式はドーム方式と共に密閉度の高い貯炭方式であるが、メタンガス濃度を爆発限界以下に保つには、貯蔵炭1tにつき $0.06\text{ m}^3/\text{min}$ 程度の換気風量が必要である。

サイロ下部の払出口付近に図3.4.17に示すようなブリッジング等のバッキング現象が生じ、石炭が内部につまることがあり、炭種、粒度、堆積期間等に関係しているものの、その原因はよく分っていない。バッキング現象が生じた場合は水ジェット、高圧空気等による除去方法が研究されている。

大型貯炭サイロの実績としては、米国テネシー州カンバランド発電所にある 14,000t サイロが有名である。サイロは直径約 21m、地上高さ約 50m のコンクリート製で全部で 3 基ある。

#### (6) ピット方式

ピット方式は、地下に掘込みを設けるか又は地上に枠組を設けるかして、その中に石炭を貯蔵するものである。平面的には長尺屋根方式と同じく長方形であるが、断面形状が矩形であるので面積当りの貯炭量は多い。地下掘込式は陸地を整地した場所に設けるのに適し、埋立地では水位の関係上建設費が高くなる傾向がある。貯炭高さは長尺屋根方式と同様に地耐力の制限を受けるが、積付け幅については特に制限はない。

ピット方式の場合は屋根をかけなくても炭塵飛散防止上は問題はないが、降雨などに対処する為に一般に屋根付とする。

石炭のピット内への積付けは、天井部にコンベアを設置して走行トリッパ、首振りシート、シャトルコンベア等との組合せによる方法と、建屋上部内側に沿ってコンベアを設け、ピットに直角に配置した走行式スタッカに移して行う方法がある。払出しはバケットホイル式リクレーマ、バケットエレベータ式リクレーマが適している。

ピット方式の概要を図 3.4.18 に示す。

#### (7) 将来動向

貯炭場の今後の方向として、貯炭コストを下げる為の方策として省力化、自動化が進むものと考えられる。貯炭場の運用、監視、管理等へのコンピュータの導入や石炭ハンドリング機器の自動化がそれである。

次に大規模な貯炭場の新規立地が次第に困難になりつつあり、周辺地域に対する公害対策の点から、従来からの野積方式が許されない場合や寒冷地での降雨・氷結対策上、屋外貯炭方式から屋内・密閉型貯炭方式が採用される方向にある。電発・竹原火力発電所 3 号機用貯炭ドーム、四国電力・西条火力発電所 13,000t 貯炭サイロ 3 基の採用はその現われである。

そのほか石炭の取扱い量増加に伴うハンドリング機器の高能率化、排水のより徹底した処理等、従来からある技術を一層高度化する努力が続けられるであろう。

### 〔引用文献〕

- 1) 石炭ヤードハンドリング設備計画、建設の実際  
フジテクノシステム
- 2) 石炭利用技術マニュアル  
環境技術研究会

## 3.5 中継基地

### 3.5.1 海外一般炭輸入港湾

#### (1) はじめに

わが国における海外炭輸送港湾として次の 4 つに分類される。

- 1) 製鉄所の自社専用埠頭
- 2) 石炭火力発電所の自社埠頭
- 3) 不特定多数の需要者のための公営の石炭埠頭
- 4) 不特定多数の需要者のための民営の石炭埠頭

以上のうち、製鉄所の自社専用埠頭は、福山港以外は自社原料炭のみしか取扱っていないので、残りの 3 種類の埠頭が海外一般炭輸入港湾を形成している。

これら海外一般炭輸入基地港湾のうち、石炭火力発電所の自社埠頭やセメント工場等の自社埠頭を除き、残りの埠頭は全て海外一般炭の輸入中継・供給基地（いわゆるコールセンター）である。単に、海外一般炭を一時保管し中継する埠頭と通称コールセンターと呼ばれる受入、貯蔵、移送、拠出等の諸設備を備え、かつハンドリングの管理体制が備った埠頭とを区別するため、ここでは以後コールセンターと呼ぶ場合は、全て後者を指すものとする。

更に、コールセンターには、主に新規大規模石炭火力発電所向けに設立されるものと、既設石炭火力発電所、セメント工場、その他の工場や民需等一般向けに設立されるものがある。2者の区分上、前者を電力用コールセンター、後者を一般用コールセンターと以降呼称する。

## (2) 現状と問題点

海外原料炭を大量に使用している製鉄所にあっては、すべて臨海工業地帯に立地しており、大型船を直接入港・接岸させ得る自家専用埠頭（岸壁水深は一般的に-14m～-18m）を備えている（いわゆる鉄鋼港湾）ため、大型専用船による一括輸入が可能である。

一方、海外一般炭の輸入については、今後建設される大規模な海外炭専焼火力発電所は、原則的に臨海地域に設立され（図3.5.1参照）、製鉄所と同様に大型港湾設備専用埠頭を備えることにならうが（いわゆる電力港湾）、発電所の立地確保上、発電所と海外炭受入基地（埠頭）とは切り離さざるを得ない場合も生ずる。さらに既設火力発電所は、国内炭の消費を前提としているため内陸部に設置されているとか、臨海地域に設置されたものでも大型港湾施設を持たず、小型船しか入港・揚炭ができないものが大半である（図3.5.2参照）。6万トン級外航船が直接入港できる港湾を備えているのは、現在のところ電源開発の松島のみとなっている。

また、電力業界に次ぐ海外一般炭の大量需要家であるセメント業界においては、図3.5.3に示すようにセメント工場の約半数が内陸部に存在し、直接揚炭は不可能である。臨海地帯に設立された工場であっても特定の工場を除いて大型船の入港はできないし、大型船の受入れを可能にするために港湾施設を拡張することは、種々の制約があって容易ではない。仮に可能であっても一工場単位の需要量が少ないために、受入設備の稼動率が低下して採算上問題が生じる。

国内炭の全盛時代には、多くの石炭埠頭が存在し、それらの石炭埠頭は主に国内炭の積出・受入用埠頭として活況を呈していたが、石炭より石油へのエネルギー転換に伴いほとんどの埠頭は石炭輸入用に供されていないのが現状である。

しかし、石炭が石油の代替エネルギーの主役のひとつとして再び復権しつつある今日、これらの埠頭も既設の石炭火力発電所、セメント工場等の海外一般炭の受入基地としての存在価値が急激に高まるとともに、石炭の中小需要家にとつて海外一般炭の入手対策上不可欠のものとなってきた。現在海外一般炭を陸揚げしている港湾は表3.5.1に示すように40港である。これらの埠頭はいずれも既設のものであり、特定の石炭専用埠頭を除き大型外航船の入港が不可能であったり、貯炭場の確保、環境保全対策、荷役の効率化等の問題を抱えている。特に公共埠頭では、既設岸壁の水深が-10m以下のものが主であり、石炭を専門に取扱う大型埠頭は少ない。一般炭受入れ港湾（取扱量10万トン／年以上、昭55）の分布および港湾能力を図3.5.4、表3.5.2に示す。

## (2) コールセンター

### (a) コールセンターの基本構想と目的

エネルギー源の石油より石炭への転換により、海外一般炭の需要は大巾に増大する傾向にある。大量の海外一般炭を経済的にスムーズに輸入するために、わが国としては大型専用船、大型港湾およびストックヤード等を含む一貫した輸入体制の整備による流通の合理化が必要となる。

一般炭の大量消費先は新規の大規模石炭専焼火力発電所であり、これらの発電所の立地点としては大型船が直

表 3.5.1. 海外一般炭輸入港湾

| 埠頭の種類 | 年間輸入量<br>10万トン以上  | 10万トン以下           | 計  |
|-------|-------------------|-------------------|----|
| 公共埠頭  | 9                 | 24                | 33 |
| 専用埠頭  | 7                 | 8                 | 15 |
| 計     | 14 <sup>注1)</sup> | 26 <sup>注2)</sup> | 40 |

(昭和55年ベース)

注1) 公共埠頭と専用埠頭で2港が同一港である。

注2) 公共埠頭と専用埠頭で6港が同一港である。

表 3.5.2 一般炭受入れ港湾(取扱量10万トン/年以上、昭55)の水深

| 港名    | 水深(m) |
|-------|-------|
| 八戸港   | -13   |
| 小名浜港  | -10   |
| 東京港   | -8    |
| 川崎港   | -12   |
| 名古屋港  | -9    |
| 大阪港   | -10   |
| 直江津港  | -13   |
| 伏木富山港 | -12   |
| 福山港   | -17   |
| 徳山下松港 | -10   |
| 宇部港   | -11   |
| 北九州港  | -13   |
| 松島港   | -14   |
| 三池港   | -10   |

(出所:参考文献(9))

| 水深   | 標準船型     |
|------|----------|
| -9m  | 10,000級  |
| -10m | 15,000級  |
| -12m | 30,000級  |
| -13m | 50,000級  |
| -14m | 60,000級  |
| -18m | 100,000級 |

接続できる港湾の建設が可能であり、しかも配達電条件に有利な所が最良となる。しかし、このような場所はまれで、今後石炭火力発電所の建設が進むにつれてますます少なくなってくる。

従って、発電所を配達電条件に恵まれた所に立地し、港湾条件に恵まれた所に海外一般炭の中継基地を建設して、そこから必要な石炭を供給する体制を整えようと図ったのが電力用コールセンターの基本構想であり、以下の3点が目的である。

- (i) 大型船が入港可能な港湾設備を整え、海外からの海上輸送に大型船を使用することにより、海上輸送費の低減を図る。
- (ii) 港湾設備、貯炭設備等の集約により、設備費の節約を図るとともに、高稼働率による中継コストの低減を図る。
- (iii) 大規模石炭専焼火力発電所の立地条件の緩和を図る。

(b) コールセンターの現状と将来計画

ヨーロッパにおいては、ロッテルダム／アムステルダム港などを海外炭輸入中継基地として、そこから河川等を利用して各国の需要先に供給するシステムが既に整えられている。

わが国においては、海外炭といえばその大部分が製鉄用原料炭である。この原料炭は、前述の如く産炭国より各製鉄所に直送されるため本格的なコールセンターは不要であった。しかし、第2次石油ショック後セメント業界が急速に石炭転換を計り、さらにイラン革命後、電力業界も石炭転換を強力に指向せざるを得なくなり、海外一般炭の需要が急激に増大し始めた。しかし、わが国の港湾の実状は前述のごとく、大量の海外一般炭を受入れるには種々の問題があり、これらの問題を解決するために、海外一般炭輸入中継供給基地（いわゆるコールセンター）の必要が生じた。

いち早くこの時代的要請に対応しコールセンターとして登場したのが既存の海外炭受入設備を利用したエヌケーコールセンターと響灘コールセンターであった。石炭転換を早急に実現しなければならなかった電力、セメント業界等にとっては、海外一般炭をスムーズに導入する上で、これらのコールセンターの存在は極めて大きな意義があったといえる。既存の海外炭受入施設を利用したコールセンターの計画が相次いでいるが、その例として次のものがある。

- i) 製鉄用原料ヤードの一部利用……………エヌケーコールセンター
- ii) コークス製造用原料ヤードの一部利用……………響灘コールセンター
- iii) 公共埠頭および自家用荷役装置と私有地利用……宇部コールセンター
- iv) 公共埠頭の荷役装置と埋立地の利用……………中部コールセンター

これらのコールセンターは一般用コールセンターの範疇に入る。一般用コールセンターの例としてエヌケーコールセンターと響灘コールセンターの概要を次の図・表に示す。

図 3.5.5 エヌケーコールセンター概念図

表 3.5.3 エヌケーコールセンター概要

図 3.5.6 韶灘コールセンター概念図

表 3.5.4 韶灘コールセンター概要

現在計画中の新規大規模石炭火力発電所の大半は、前述の如く、いずれも専用埠頭を持つことが予定されているが、

- 1) 立地条件の制約上、発電所と埠頭は切り離す。
- 2) 立地選定の容易さと建設費用節減を狙い、発電所毎に専用埠頭を設けず、近接の複数（2～3）発電所

向け大型中継基地を一ヶ所建設。

など新規石炭火力発電所の補完機能として電力用コールセンターの計画構想がある。

北海道電力㈱苫東厚真火力発電所を中心に設立準備が進められている苫東コールセンターと九州電力㈱帯北石炭火力発電所向けに建設される崎戸コールセンターの2ヶ所が当面この範囲に入る。電力用コールセンターの一例として苫東コールセンターの概念図と計画概要をそれぞれ図3.5.7および表3.5.5に示す。

電力用コールセンターの適地として通産省の調査によれば、苫東、帯北の外に福島（長崎県）、垂水（鹿児島県）、香良洲（三重県）、むつ小川原（青森県）、新潟本港、広田港（岩手県）がある。

一般用および電力用コールセンターの特色を集約し表3.5.6に、わが国のコールセンター（計画を含む）の分布状況を図3.5.8に、また、わが国のコールセンターの現状と将来計画を表3.5.7に示す。

表3.5.6. 電力・一般用コールセンターの特色

|                | 取扱量(年間)              | 設立目的  | 特徴  |
|----------------|----------------------|---|---|
| 電力用<br>コールセンター | 700～<br>800万トン<br>以上 | 新規大規模石炭火力発電所の単、<br>複数向け石炭をベースカーゴに設立。            | 新設設立<br>大量取扱いによるスケールメリットを考慮している。  |
| 一般用<br>コールセンター | 200～<br>400万トン<br>程度 | セメント・紙パ等電力以外の業種<br>と既設火力が石炭転換による需要を<br>対象として設立。 | 既存施設活用<br>既存の航路、岸壁、荷役設備、貯<br>炭用地の一部を利用し、初期投資を<br>軽減し、スケールメリットが小さく<br>ても成立することを考慮したもの。 |

#### (c) コールセンターの機能

海外一般炭を輸入する場合の物流形態は図3.5.9に示すように考えられる。海外から石炭を需要家に直送するのが物流形態としては最も単純であるが、前述のようにさまざまな困難が伴うのでコールセンターには、これらに対応する機能を保有せざるを得ない。コールセンターの具備すべき機能は、

- 1) バルクハンドリングを行なう場合
- 2) 新らしい輸送システム、新技術を適用する場合

等によって異なるが、それそれに必要と考えられる機能を表3.5.8に示す。

現在は、貿易制度上の制約があり、石炭加工技術も開発段階の状態にあるため、中継機能と倉庫（貯炭）機能のみを果しているに過ぎない。石炭を真の石油代替エネルギーとして利用を円滑に推進するためには、機能の充実拡大を図っていくことが望まれる。

#### (3) 中継基地の今後の展望

海外一般炭の需要は、今後10年間に30倍以上の増加が予想される。このように増大する海外一般炭を需要家へ経済的かつ安定的に供給するために、海陸輸送の接点である港湾の整備が国の政策として検討されており、今後公共および専用埠頭の増設、新設が進むであろう。コールセンターも海外一般炭の増大とともに、現在計画中のものが具体化していくであろう。

コールセンターの機能のうち、中継機能と貯炭機能のみが機能しているに過ぎないが、小名浜コールセンターに

表3.5.3 エヌケーコールセンター概要

|                  |                    |       |       |               |                                     |              |      |        |                     |         |
|------------------|--------------------|-------|-------|---------------|-------------------------------------|--------------|------|--------|---------------------|---------|
| 名 称              | エヌケーコールセンター        |       |       |               |                                     |              |      |        |                     |         |
| 所 在 地            | 福山市剛管町1            |       |       |               |                                     |              |      |        |                     |         |
| 事業主体             | 株式会社エヌケーコールセンター    |       |       |               |                                     |              |      |        |                     |         |
| (1) 現行基地の拡張      |                    |       |       |               |                                     |              |      |        |                     |         |
| 計<br>画<br>要<br>素 | 年間能力               | '80年度 | '81年度 | '83年3月末       | '90年以降                              |              |      |        |                     |         |
|                  | 貯 売 場              | 130万t | 270万t | 390万t         | 現行地区 400万<br>笠岡地区 600万<br>計 1,000万t |              |      |        |                     |         |
| (2) 現行基地の概要      |                    |       |       |               |                                     |              |      |        |                     |         |
| 計<br>画<br>要<br>素 | ・荷揚バース             |       |       | ・貯蔵場          |                                     |              |      |        |                     |         |
|                  | 名 称                | 延長(m) | 水深(m) | (DWT)<br>対象船型 | 荷役設備                                | 備 考          | 名 称  | 通 称    | 面積(m <sup>2</sup> ) | 貯蔵能力(t) |
| 計<br>画<br>要<br>素 | Mベース               | 250   | 17    | 200,000       | 1,500T/H                            | 鉄鉱石・原料       | 1号倉庫 | C-11脇  | 10,920              | 35,000  |
|                  | Lベース               | 315   | 17.3  | 200,000       | UC×2基                               | 炭荷揚と共用       | 2号倉庫 | M-1    | 16,000              | 72,000  |
| 計<br>画<br>要<br>素 | Aベース               | 310   | 17    | 150,000       | 1,500T/H                            | "            | 3号倉庫 | O-1脇   | 11,060              | 29,000  |
|                  | Bベース               | 280   | 16    | 100,000       | UC×4基                               | 原燃料・副原料荷揚と共用 | 4号倉庫 | O-8    | 7,500               | 40,000  |
| 計<br>画<br>要<br>素 | Sベース               | 210   | 14    | 70,000        | 750T/H<br>UC×2基                     | 原燃料・副原料荷揚と共用 | 5号倉庫 | O-1    | 12,000              | 54,000  |
|                  | Fベース               | 12    | 3.5   | 35,000        | LLC×3                               | 250          | 6号倉庫 | C-6    | 4,000               | 18,000  |
| 計<br>画<br>要<br>素 | Cベース               | 11    | 3.5   | 20,000        | LLC×2                               | 200          | 7号倉庫 | C-9    | 13,500              | 64,000  |
|                  | C <sub>2</sub> ベース | 5     | 3.5   | 2,000         | シート                                 | 200          | 8号倉庫 | C-1脇   | 8,316               | 23,000  |
| 計<br>画<br>要<br>素 | C <sub>3</sub> ベース | 5     | 3.5   | 1,500         | シート                                 | 200          | 9号倉庫 | 5SP西   | 7,400               | 25,000  |
|                  |                    |       |       |               |                                     | 計            |      | 90,696 | 360,000             |         |

(出所:参考文献(8))

表3.5.4 梶原コール・センター概要

|                                      |            |           |                   |  |  |
|--------------------------------------|------------|-----------|-------------------|--|--|
| 名 称                                  | 梶原コール・センター |           |                   |  |  |
| 所 在 地                                | 北九州市若松区若森  |           |                   |  |  |
| 事業主体                                 | 三井グループ     |           |                   |  |  |
| (1) 現行基地は三井虹山の海外原料基地にて構成             |            |           |                   |  |  |
| 計<br>画<br>要<br>素                     | 項目         | '80年年末    | '81年年末<br>(第1期計画) | '90年末<br>(第2期計画)                         |  |
|                                      | 年間取扱量      | 75万t      | 150万t             | (現行) 150万t<br>(新設) 600万t<br>計 750万t      |  |
|                                      | 貯蔵規模       | 10万t      | 30万t              | (現行) 30万t<br>(新設) 120万t<br>計 150万t       |  |
|                                      | バース        | 1         | 1                 | (現行) 1<br>(新設) 1<br>計 2                  |  |
|                                      | アンローダ      | 1,500t×1  | 1,500t×2          | (現行) 1,500t×2<br>(新設) 1,500t×2<br>計 4基   |  |
|                                      | ローダ        | 700t/h×1  | 700t/h×1          | (現行) 700t/h×1<br>(新設) 1,500t/h×2<br>計 3基 |  |
| 計<br>画<br>要<br>素                     | 水 保        | -13m      | -13m              | -13m/-17m                                |  |
|                                      | 最大船型       | 60,000DWT | 60,000DWT         | 60,000DWT×1<br>100,000DWT×1              |  |
| (2) 第2期計画では現行施設の裏側の埋立地を地元自治体から買収して建設 |            |           |                   |  |  |
| (3) 三井虹山/三井物産を主体とする新会社を設立して運営        |            |           |                   |  |  |

(出所:参考文献(8))

表 3.5.5 苫東コール・センター計画概要

| 名 称              | 苫東コール・センター  |            |         |                               |    |       |    |      |    |      |      |            |  |    |       |  |       |  |    |         |         |   |   |            |     |     |   |   |  |            |    |    |   |   |  |        |   |   |   |        |  |                |             |   |   |            |  |        |      |     |      |                      |  |        |    |   |    |                               |  |        |   |   |   |  |  |              |   |    |    |                |  |            |    |   |    |                 |  |          |    |    |    |           |  |            |      |      |        |                      |  |             |      |      |        |                      |  |              |         |         |         |   |  |        |      |   |      |                      |  |          |     |   |     |  |  |        |    |   |    |                          |  |
|------------------|---|------------|---------|-------------------------------|----|-------|----|------|----|------|------|------------|--|----|-------|--|-------|--|----|---------|---------|---|---|------------|-----|-----|---|---|--|------------|----|----|---|---|--|--------|---|---|---|--------|--|----------------|-------------|---|---|------------|--|--------|------|-----|------|----------------------|--|--------|----|---|----|-------------------------------|--|--------|---|---|---|--|--|--------------|---|----|----|----------------|--|------------|----|---|----|-----------------|--|----------|----|----|----|-----------|--|------------|------|------|--------|----------------------|--|-------------|------|------|--------|----------------------|--|--------------|---------|---------|---------|---|--|--------|------|---|------|----------------------|--|----------|-----|---|-----|--|--|--------|----|---|----|--------------------------|--|
| 所 在 地            | 北海道苫小牧東部大規模工業基地B地区東南部(建設予定地)  |            |         |                               |    |       |    |      |    |      |      |            |  |    |       |  |       |  |    |         |         |   |   |            |     |     |   |   |  |            |    |    |   |   |  |        |   |   |   |        |  |                |             |   |   |            |  |        |      |     |      |                      |  |        |    |   |    |                               |  |        |   |   |   |  |  |              |   |    |    |                |  |            |    |   |    |                 |  |          |    |    |    |           |  |            |      |      |        |                      |  |             |      |      |        |                      |  |              |         |         |         |   |  |        |      |   |      |                      |  |          |     |   |     |  |  |        |    |   |    |                          |  |
| 事 業 主 体          | 苫東コール・センター㈱(仮称)   |            |         |                               |    |       |    |      |    |      |      |            |  |    |       |  |       |  |    |         |         |   |   |            |     |     |   |   |  |            |    |    |   |   |  |        |   |   |   |        |  |                |             |   |   |            |  |        |      |     |      |                      |  |        |    |   |    |                               |  |        |   |   |   |  |  |              |   |    |    |                |  |            |    |   |    |                 |  |          |    |    |    |           |  |            |      |      |        |                      |  |             |      |      |        |                      |  |              |         |         |         |   |  |        |      |   |      |                      |  |          |     |   |     |  |  |        |    |   |    |                          |  |
| 計<br>画<br>内<br>容 | <p>(1) けい留施設</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>バース長さ</th> <th>水深</th> <th>最大船型</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>280m</td> <td>-14m</td> <td>60,000 DWT</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>(2) 主要荷役設備</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">項目</th> <th colspan="2">(第1期)</th> <th colspan="2">(第2期)</th> <th rowspan="2">備考</th> </tr> <tr> <th>57~58年度</th> <th>60~61年度</th> <th>計</th> <th>計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>年間取扱量(万トン)</td> <td>200</td> <td>350</td> <td>一</td> <td>一</td> <td></td> </tr> <tr> <td>貯炭量(最大万トン)</td> <td>35</td> <td>60</td> <td>一</td> <td>一</td> <td></td> </tr> <tr> <td>受入バース数</td> <td>1</td> <td>—</td> <td>1</td> <td>6万DWT級</td> <td></td> </tr> <tr> <td>入アシローダー(容量×台数)</td> <td>1,400トン/時×2</td> <td>—</td> <td>2</td> <td>橋形グラブバケット式</td> <td></td> </tr> <tr> <td>受入コンベア</td> <td>645m</td> <td>75m</td> <td>720m</td> <td>3,500トン/時、ペレト巾1,800%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>受入管理設備</td> <td>1式</td> <td>—</td> <td>1式</td> <td>マグネットセパレーター、サンプラー、細分装置、スクリーン等</td> <td></td> </tr> <tr> <td>貯炭バイル数</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>6</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>スタッカー(容量×台数)</td> <td>—</td> <td>1台</td> <td>1台</td> <td>俯仰旋回式3,500トン/時</td> <td></td> </tr> <tr> <td>スタックレーマ( )</td> <td>2台</td> <td>—</td> <td>2台</td> <td>3,500/1,400トン/時</td> <td></td> </tr> <tr> <td>リクレーマ( )</td> <td>1台</td> <td>1台</td> <td>2台</td> <td>1,400トン/時</td> <td></td> </tr> <tr> <td>スタッキングコンベア</td> <td>970m</td> <td>490m</td> <td>1,460m</td> <td>3,500トン/時、ペレト巾1,800%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>リクレーミングコンベア</td> <td>485m</td> <td>515m</td> <td>1,000m</td> <td>1,400トン/時、ペレト巾1,200%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>払出コンベア(ヤード内)</td> <td>480m×2条</td> <td>320m×2条</td> <td>800m×2条</td> <td>—</td> <td></td> </tr> <tr> <td> (発電所向)</td> <td>210m</td> <td>—</td> <td>210m</td> <td>1,600トン/時 ベレト巾1,400%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>トラックスケール</td> <td>2系列</td> <td>—</td> <td>2系列</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>払出管理設備</td> <td>1式</td> <td>—</td> <td>1式</td> <td>混炭設備、サンプラー、クラッシャー、スクリーン等</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>(3) 建設スケジュール概要</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 苫東コール・センター設立準備委員会が'81年6月に自治体に建設申し入れる。</li> <li>(2) '84年2月操業開始を目指す。</li> </ul> |            |         |                               |    | バース長さ | 水深 | 最大船型 | 備考 | 280m | -14m | 60,000 DWT |  | 項目 | (第1期) |  | (第2期) |  | 備考 | 57~58年度 | 60~61年度 | 計 | 計 | 年間取扱量(万トン) | 200 | 350 | 一 | 一 |  | 貯炭量(最大万トン) | 35 | 60 | 一 | 一 |  | 受入バース数 | 1 | — | 1 | 6万DWT級 |  | 入アシローダー(容量×台数) | 1,400トン/時×2 | — | 2 | 橋形グラブバケット式 |  | 受入コンベア | 645m | 75m | 720m | 3,500トン/時、ペレト巾1,800% |  | 受入管理設備 | 1式 | — | 1式 | マグネットセパレーター、サンプラー、細分装置、スクリーン等 |  | 貯炭バイル数 | 4 | 2 | 6 |  |  | スタッカー(容量×台数) | — | 1台 | 1台 | 俯仰旋回式3,500トン/時 |  | スタックレーマ( ) | 2台 | — | 2台 | 3,500/1,400トン/時 |  | リクレーマ( ) | 1台 | 1台 | 2台 | 1,400トン/時 |  | スタッキングコンベア | 970m | 490m | 1,460m | 3,500トン/時、ペレト巾1,800% |  | リクレーミングコンベア | 485m | 515m | 1,000m | 1,400トン/時、ペレト巾1,200% |  | 払出コンベア(ヤード内) | 480m×2条 | 320m×2条 | 800m×2条 | — |  | (発電所向) | 210m | — | 210m | 1,600トン/時 ベレト巾1,400% |  | トラックスケール | 2系列 | — | 2系列 |  |  | 払出管理設備 | 1式 | — | 1式 | 混炭設備、サンプラー、クラッシャー、スクリーン等 |  |
| バース長さ            | 水深  | 最大船型       | 備考      |                               |    |       |    |      |    |      |      |            |  |    |       |  |       |  |    |         |         |   |   |            |     |     |   |   |  |            |    |    |   |   |  |        |   |   |   |        |  |                |             |   |   |            |  |        |      |     |      |                      |  |        |    |   |    |                               |  |        |   |   |   |  |  |              |   |    |    |                |  |            |    |   |    |                 |  |          |    |    |    |           |  |            |      |      |        |                      |  |             |      |      |        |                      |  |              |         |         |         |   |  |        |      |   |      |                      |  |          |     |   |     |  |  |        |    |   |    |                          |  |
| 280m             | -14m  | 60,000 DWT |         |                               |    |       |    |      |    |      |      |            |  |    |       |  |       |  |    |         |         |   |   |            |     |     |   |   |  |            |    |    |   |   |  |        |   |   |   |        |  |                |             |   |   |            |  |        |      |     |      |                      |  |        |    |   |    |                               |  |        |   |   |   |  |  |              |   |    |    |                |  |            |    |   |    |                 |  |          |    |    |    |           |  |            |      |      |        |                      |  |             |      |      |        |                      |  |              |         |         |         |   |  |        |      |   |      |                      |  |          |     |   |     |  |  |        |    |   |    |                          |  |
| 項目               | (第1期)   |            | (第2期)   |                               | 備考 |       |    |      |    |      |      |            |  |    |       |  |       |  |    |         |         |   |   |            |     |     |   |   |  |            |    |    |   |   |  |        |   |   |   |        |  |                |             |   |   |            |  |        |      |     |      |                      |  |        |    |   |    |                               |  |        |   |   |   |  |  |              |   |    |    |                |  |            |    |   |    |                 |  |          |    |    |    |           |  |            |      |      |        |                      |  |             |      |      |        |                      |  |              |         |         |         |   |  |        |      |   |      |                      |  |          |     |   |     |  |  |        |    |   |    |                          |  |
|                  | 57~58年度   | 60~61年度    | 計       | 計                             |    |       |    |      |    |      |      |            |  |    |       |  |       |  |    |         |         |   |   |            |     |     |   |   |  |            |    |    |   |   |  |        |   |   |   |        |  |                |             |   |   |            |  |        |      |     |      |                      |  |        |    |   |    |                               |  |        |   |   |   |  |  |              |   |    |    |                |  |            |    |   |    |                 |  |          |    |    |    |           |  |            |      |      |        |                      |  |             |      |      |        |                      |  |              |         |         |         |   |  |        |      |   |      |                      |  |          |     |   |     |  |  |        |    |   |    |                          |  |
| 年間取扱量(万トン)       | 200   | 350        | 一       | 一                             |    |       |    |      |    |      |      |            |  |    |       |  |       |  |    |         |         |   |   |            |     |     |   |   |  |            |    |    |   |   |  |        |   |   |   |        |  |                |             |   |   |            |  |        |      |     |      |                      |  |        |    |   |    |                               |  |        |   |   |   |  |  |              |   |    |    |                |  |            |    |   |    |                 |  |          |    |    |    |           |  |            |      |      |        |                      |  |             |      |      |        |                      |  |              |         |         |         |   |  |        |      |   |      |                      |  |          |     |   |     |  |  |        |    |   |    |                          |  |
| 貯炭量(最大万トン)       | 35  | 60         | 一       | 一                             |    |       |    |      |    |      |      |            |  |    |       |  |       |  |    |         |         |   |   |            |     |     |   |   |  |            |    |    |   |   |  |        |   |   |   |        |  |                |             |   |   |            |  |        |      |     |      |                      |  |        |    |   |    |                               |  |        |   |   |   |  |  |              |   |    |    |                |  |            |    |   |    |                 |  |          |    |    |    |           |  |            |      |      |        |                      |  |             |      |      |        |                      |  |              |         |         |         |   |  |        |      |   |      |                      |  |          |     |   |     |  |  |        |    |   |    |                          |  |
| 受入バース数           | 1   | —          | 1       | 6万DWT級                        |    |       |    |      |    |      |      |            |  |    |       |  |       |  |    |         |         |   |   |            |     |     |   |   |  |            |    |    |   |   |  |        |   |   |   |        |  |                |             |   |   |            |  |        |      |     |      |                      |  |        |    |   |    |                               |  |        |   |   |   |  |  |              |   |    |    |                |  |            |    |   |    |                 |  |          |    |    |    |           |  |            |      |      |        |                      |  |             |      |      |        |                      |  |              |         |         |         |   |  |        |      |   |      |                      |  |          |     |   |     |  |  |        |    |   |    |                          |  |
| 入アシローダー(容量×台数)   | 1,400トン/時×2   | —          | 2       | 橋形グラブバケット式                    |    |       |    |      |    |      |      |            |  |    |       |  |       |  |    |         |         |   |   |            |     |     |   |   |  |            |    |    |   |   |  |        |   |   |   |        |  |                |             |   |   |            |  |        |      |     |      |                      |  |        |    |   |    |                               |  |        |   |   |   |  |  |              |   |    |    |                |  |            |    |   |    |                 |  |          |    |    |    |           |  |            |      |      |        |                      |  |             |      |      |        |                      |  |              |         |         |         |   |  |        |      |   |      |                      |  |          |     |   |     |  |  |        |    |   |    |                          |  |
| 受入コンベア           | 645m  | 75m        | 720m    | 3,500トン/時、ペレト巾1,800%          |    |       |    |      |    |      |      |            |  |    |       |  |       |  |    |         |         |   |   |            |     |     |   |   |  |            |    |    |   |   |  |        |   |   |   |        |  |                |             |   |   |            |  |        |      |     |      |                      |  |        |    |   |    |                               |  |        |   |   |   |  |  |              |   |    |    |                |  |            |    |   |    |                 |  |          |    |    |    |           |  |            |      |      |        |                      |  |             |      |      |        |                      |  |              |         |         |         |   |  |        |      |   |      |                      |  |          |     |   |     |  |  |        |    |   |    |                          |  |
| 受入管理設備           | 1式  | —          | 1式      | マグネットセパレーター、サンプラー、細分装置、スクリーン等 |    |       |    |      |    |      |      |            |  |    |       |  |       |  |    |         |         |   |   |            |     |     |   |   |  |            |    |    |   |   |  |        |   |   |   |        |  |                |             |   |   |            |  |        |      |     |      |                      |  |        |    |   |    |                               |  |        |   |   |   |  |  |              |   |    |    |                |  |            |    |   |    |                 |  |          |    |    |    |           |  |            |      |      |        |                      |  |             |      |      |        |                      |  |              |         |         |         |   |  |        |      |   |      |                      |  |          |     |   |     |  |  |        |    |   |    |                          |  |
| 貯炭バイル数           | 4   | 2          | 6       |                               |    |       |    |      |    |      |      |            |  |    |       |  |       |  |    |         |         |   |   |            |     |     |   |   |  |            |    |    |   |   |  |        |   |   |   |        |  |                |             |   |   |            |  |        |      |     |      |                      |  |        |    |   |    |                               |  |        |   |   |   |  |  |              |   |    |    |                |  |            |    |   |    |                 |  |          |    |    |    |           |  |            |      |      |        |                      |  |             |      |      |        |                      |  |              |         |         |         |   |  |        |      |   |      |                      |  |          |     |   |     |  |  |        |    |   |    |                          |  |
| スタッカー(容量×台数)     | —   | 1台         | 1台      | 俯仰旋回式3,500トン/時                |    |       |    |      |    |      |      |            |  |    |       |  |       |  |    |         |         |   |   |            |     |     |   |   |  |            |    |    |   |   |  |        |   |   |   |        |  |                |             |   |   |            |  |        |      |     |      |                      |  |        |    |   |    |                               |  |        |   |   |   |  |  |              |   |    |    |                |  |            |    |   |    |                 |  |          |    |    |    |           |  |            |      |      |        |                      |  |             |      |      |        |                      |  |              |         |         |         |   |  |        |      |   |      |                      |  |          |     |   |     |  |  |        |    |   |    |                          |  |
| スタックレーマ( )       | 2台  | —          | 2台      | 3,500/1,400トン/時               |    |       |    |      |    |      |      |            |  |    |       |  |       |  |    |         |         |   |   |            |     |     |   |   |  |            |    |    |   |   |  |        |   |   |   |        |  |                |             |   |   |            |  |        |      |     |      |                      |  |        |    |   |    |                               |  |        |   |   |   |  |  |              |   |    |    |                |  |            |    |   |    |                 |  |          |    |    |    |           |  |            |      |      |        |                      |  |             |      |      |        |                      |  |              |         |         |         |   |  |        |      |   |      |                      |  |          |     |   |     |  |  |        |    |   |    |                          |  |
| リクレーマ( )         | 1台  | 1台         | 2台      | 1,400トン/時                     |    |       |    |      |    |      |      |            |  |    |       |  |       |  |    |         |         |   |   |            |     |     |   |   |  |            |    |    |   |   |  |        |   |   |   |        |  |                |             |   |   |            |  |        |      |     |      |                      |  |        |    |   |    |                               |  |        |   |   |   |  |  |              |   |    |    |                |  |            |    |   |    |                 |  |          |    |    |    |           |  |            |      |      |        |                      |  |             |      |      |        |                      |  |              |         |         |         |   |  |        |      |   |      |                      |  |          |     |   |     |  |  |        |    |   |    |                          |  |
| スタッキングコンベア       | 970m  | 490m       | 1,460m  | 3,500トン/時、ペレト巾1,800%          |    |       |    |      |    |      |      |            |  |    |       |  |       |  |    |         |         |   |   |            |     |     |   |   |  |            |    |    |   |   |  |        |   |   |   |        |  |                |             |   |   |            |  |        |      |     |      |                      |  |        |    |   |    |                               |  |        |   |   |   |  |  |              |   |    |    |                |  |            |    |   |    |                 |  |          |    |    |    |           |  |            |      |      |        |                      |  |             |      |      |        |                      |  |              |         |         |         |   |  |        |      |   |      |                      |  |          |     |   |     |  |  |        |    |   |    |                          |  |
| リクレーミングコンベア      | 485m  | 515m       | 1,000m  | 1,400トン/時、ペレト巾1,200%          |    |       |    |      |    |      |      |            |  |    |       |  |       |  |    |         |         |   |   |            |     |     |   |   |  |            |    |    |   |   |  |        |   |   |   |        |  |                |             |   |   |            |  |        |      |     |      |                      |  |        |    |   |    |                               |  |        |   |   |   |  |  |              |   |    |    |                |  |            |    |   |    |                 |  |          |    |    |    |           |  |            |      |      |        |                      |  |             |      |      |        |                      |  |              |         |         |         |   |  |        |      |   |      |                      |  |          |     |   |     |  |  |        |    |   |    |                          |  |
| 払出コンベア(ヤード内)     | 480m×2条   | 320m×2条    | 800m×2条 | —                             |    |       |    |      |    |      |      |            |  |    |       |  |       |  |    |         |         |   |   |            |     |     |   |   |  |            |    |    |   |   |  |        |   |   |   |        |  |                |             |   |   |            |  |        |      |     |      |                      |  |        |    |   |    |                               |  |        |   |   |   |  |  |              |   |    |    |                |  |            |    |   |    |                 |  |          |    |    |    |           |  |            |      |      |        |                      |  |             |      |      |        |                      |  |              |         |         |         |   |  |        |      |   |      |                      |  |          |     |   |     |  |  |        |    |   |    |                          |  |
| (発電所向)           | 210m  | —          | 210m    | 1,600トン/時 ベレト巾1,400%          |    |       |    |      |    |      |      |            |  |    |       |  |       |  |    |         |         |   |   |            |     |     |   |   |  |            |    |    |   |   |  |        |   |   |   |        |  |                |             |   |   |            |  |        |      |     |      |                      |  |        |    |   |    |                               |  |        |   |   |   |  |  |              |   |    |    |                |  |            |    |   |    |                 |  |          |    |    |    |           |  |            |      |      |        |                      |  |             |      |      |        |                      |  |              |         |         |         |   |  |        |      |   |      |                      |  |          |     |   |     |  |  |        |    |   |    |                          |  |
| トラックスケール         | 2系列   | —          | 2系列     |                               |    |       |    |      |    |      |      |            |  |    |       |  |       |  |    |         |         |   |   |            |     |     |   |   |  |            |    |    |   |   |  |        |   |   |   |        |  |                |             |   |   |            |  |        |      |     |      |                      |  |        |    |   |    |                               |  |        |   |   |   |  |  |              |   |    |    |                |  |            |    |   |    |                 |  |          |    |    |    |           |  |            |      |      |        |                      |  |             |      |      |        |                      |  |              |         |         |         |   |  |        |      |   |      |                      |  |          |     |   |     |  |  |        |    |   |    |                          |  |
| 払出管理設備           | 1式  | —          | 1式      | 混炭設備、サンプラー、クラッシャー、スクリーン等      |    |       |    |      |    |      |      |            |  |    |       |  |       |  |    |         |         |   |   |            |     |     |   |   |  |            |    |    |   |   |  |        |   |   |   |        |  |                |             |   |   |            |  |        |      |     |      |                      |  |        |    |   |    |                               |  |        |   |   |   |  |  |              |   |    |    |                |  |            |    |   |    |                 |  |          |    |    |    |           |  |            |      |      |        |                      |  |             |      |      |        |                      |  |              |         |         |         |   |  |        |      |   |      |                      |  |          |     |   |     |  |  |        |    |   |    |                          |  |

(出所:参考文献(8))

表3.5.7 わが国のコール・センターの現状と将来計画

| 名 称                | 事 業 主 体          | 所 在 地  | 性 質 開 始 | 取 扱 量 率                    |                                  | '80年度実績<br>(海外一般炭) | 備 考                           |
|--------------------|------------------|--------|---------|----------------------------|----------------------------------|--------------------|-------------------------------|
|                    |                  |        |         | 第1期計画                      | 最 终 规 模                          |                    |                               |
| 古東コール・センター<br>(仮称) | 鶴古東コール・センター(仮)   | 西小牧東部  | '84年2月  | 200万t/年<br>('82~'83年度)     | 350万t/年<br>('84~'85年度)           | [古東港] 38,767t      | 古東厚真火力を主たるユーザーとする             |
| 室蘭コール・センター         | 室蘭開発物            | 室蘭市祝津  | '81年7月  | 60~100万t/年<br>('81年度末)     | 200万t/年<br>('83年度)               | [室蘭港] 20,955t      | 一般産業が主体                       |
| 小名浜コール・センター        | 小名浜埠頭<br>株式会社    | 福島県    | '82年4月  | 150~300万t/年<br>('82~'83年度) | 850万t/年<br>('90年度以降)             | [小名浜港] 158,911t    | (1)日本コムが主たるユーザー<br>(2)常磐共火も予定 |
| 袖ヶ浦コール・センター<br>(仮) | 出光興産             | 千葉県袖ヶ浦 | '85年    | 300~400万t/年                | 300~<br>400万t/年                  | -                  |                               |
| 中部コール・センター         | 中部コール・センター(仮)    | 三重県四日市 | '82年4月  | 60~100万t/年<br>('82年4月)     | 300万t/年<br>('86年4月)              | [四日市港] 67,806t     | (1)第1期はセメント<br>(2)第2期は電力が主体   |
| エヌケーコールセンター        | 鶴エヌケー<br>コールセンター | 福山市鏡音町 | '80年4月  | 270~390万t/年<br>('83年3月)    | 1,000万t/年<br>('90年以降)            | [福山港] 1,377,899t   | '80年度時点では最大のC.C.              |
| 神の山コール・センター        | 宇部興産             | 山口県宇部市 | '80年11月 | 800万t/年<br>('81年度末)        | 1,500<br>~2,000万t/年<br>('90年度以降) | [宇部港] 1,659,985t   | (1)宇部興産自体の海外炭も扱戻              |
| 崎戸コール・センター<br>(仮)  | 崎戸コール・センター(仮)    | 長崎県崎戸町 | '87年    | 700万t/年<br>('87~'88年)      | 1,000万t/年<br>('90年度以降)           | -                  | 答北火力を主たるマーケットとする              |
| 碧蓮コール・センター         | 碧蓮コール・センター(仮)    | 北九州市若松 | '80年4月  | 150万t/年<br>('81年度末)        | 750万t/年<br>('90年度以降)             | [戸畠港] 645,336t     | セメント向けが主体                     |
| 合 计                | -                | -      | -       | 2,690万t/年<br>~3,140万t/年    | 6,250万t/年<br>~6,850万t/年          | 3,969,659t         |                               |

(出所:参考文献(8))

表3.5.8 コールセンターの具備すべき機能

(1) パルクハンドリングの場合(コンベンショナルタイプ)

○印：具備機能

| 機能                | 内 容                           | 説 明  | 埠頭 | コールセンター |     |
|-------------------|-------------------------------|--|----|---------|-----|
|                   |                               |  |    | 一般用     | 電力用 |
| 1. 中継機能<br>(積替機能) | 大型外航船で輸送してきた石炭を2次輸送機関にリレーする機能 | <p>一般炭の主力ユーザー（石炭火力発電所等）でも大規模港湾施設や広大なヤードを確保することは環境制約の面から立地可能な地点は得がない。</p> <p>また、大型船による輸送の経済的メリットを享受できない小規模ユーザーの石炭利用を促進するには、大型船から内航船、貨車、トラック、ベルトコンベヤー等に積替え配送を行なうためにも何らかの中継が必要である。</p>  | ○  | ○       | ○   |
| 2. 石炭在庫集約機能       | (1) 貯炭機能                      | <p>荷揚げした石炭をユーザーへ配送するまでの短期的貯蔵と管理（酸化、自然発火防止等）を行なう機能。</p>   |    | ○       | ○   |
|                   | (2) 備蓄機能                      | <p>産炭国の生産、出荷事情等の変動にもユーザーが安定した生産活動を継続し得る在庫量を確保する機能。</p>   |    |         | ○   |
| 3. 成分調整機能         | 複数銘柄をブレンドして、一定品位炭を供給する機能。     | <p>海外からの輸入炭の性状は、各国情にかなり、異なっている。</p> <p>石炭資源を長期にわたって質、量、価格の面で安定的に確保するためには、特定の国や銘柄に大きく依存することは危険であり、できるだけ購入ソースを分散することが望ましい。したがって、石炭の輸入量が増加するにつれて、性状の異なったさまざまな石炭が入荷することになる。</p> <p>このような性状のバラツキを各ユーザーの要求する品質許容範囲に収めるには、何らかの形で混炭が必要である。</p> |    | ○       | ○   |

(2) 新輸送システム、新技術を適用する場合

| 機能   | 内 容   | 説 明   | 埠頭 | コールセンター |     |
|------|---|---|----|---------|-----|
|      |   |   |    | 一般用     | 電力用 |
| 加工機能 | 石炭の粗粒化、微粉化さらに流体化し合理的・経済的な輸送、貯蔵、利用等の形態につながる加工を行なう機能。 | 石炭の沖取りができれば港湾施設に要する巨額の投資の節減が可能となる。また、一般炭を石油の代替エネルギーとしてとらえた場合、石炭の流体化および高品質化は大きな課題である。バルクハンドリングの場合と異り、気体管路輸送、スラリー輸送等の新しい輸送システム、サイロ貯蔵等新しい環境保全技術、COM化、CWM化やガス化、液化等新しい加工技術が本格的な実用段階に達したときには、物流システムは大きく変り、コールセンターにも影響は大きい。したがって、これらの開発状況に応じて加工機能を保有していく必要がある。<br>ただし、液化は海外の産炭国で大規模に行なわれると予想される。 |    | ○       | ○   |

(3) その他の機能

| 機能         | 内 容                                 | 説 明   | 埠頭 | コールセンター |     |
|------------|-------------------------------------|---|----|---------|-----|
|            |                                     |   |    | 一般用     | 電力用 |
| 1. 輸入・販売機能 | (1) 大量に一括購入し、供給と価格の安定化を図る機能。        | 一般炭を大量に使用するためには、供給と価格の安定が前提であり、またこれがコールセンター存立の基本条件である。個々のコールセンターでの受入れを共同受入れに、さらに進めて共同購入する必要がある。 |    | ○       | ○   |
|            | (2) 保有する石炭や小口あるいはスポットの需要に供給、販売する機能。 | 現状では、取扱える石炭は、ユーザーが買付けたものだけであるが、コールセンター自身が輸入し、小口・スポットの需要に対応できれば、石炭の利用促進、ユーザーへの安定供給に利すること大である。    |    | ○       |     |
| 2. 石炭灰処理機能 | 石炭利用拡大に伴い増大する石炭灰の処理を行なう機能。          | 消費地で発生する石炭灰を持ち帰り処理する処理センターという着想もあるが、灰を資源として有効利用することが必要である。                                      |    | ○       | ○   |

おいてCOM加工が具体化されるように、今後新しい石炭輸送システムの開発が進むにつれ加工機能が新たに追加されるであろう。他の機能も海外一般炭の需要が順調に増加するにつれ必要な機能であり、需要家の増加とともに諸問題が解決され發揮されるであろう。

## [ 参 考 文 献 ]

1) 石炭ヤード・ハンドリング設備計画、建設の実際

— 石炭輸送トータルシステム —

(株) フジテクノシステム発行 (56. 2. 20)

2) 海外炭問題懇談会中間報告

— 安定供給システムの形成を目指して —

海外炭問題懇談会 (56. 8. 26)

3) 石炭資源見直しによるコールセンターシステム

調査研究報告書(要旨)

(財) エンジニアリング振興協会 (55. 5)

4) コールセンターに関する一つのフィージビリスタディ

井上登志雄 粉炭工学会誌 Vol. 18 № 6 (1981)

5) コールセンターについて

石川安昭 同 上

6) 石炭利用のすべて

石油と石油化学 Vol. 25 № 6 (1981)

7) コールセンターの現状と課題

— エヌケーコールセンターの場合をとおして —

桜井秀治 港湾 1980-12

8) 石炭プロジェクト

— 需要・供給・流通編 —

(株) プロジェクトニュース社 1981年度版

9) 石炭輸入港湾の整備の推進

戸島英樹, 岩瀬清治 港湾 1981-12

### 3.5.2 沖合人工島式中継基地

#### (1) 概要と開発状況

##### a. 沖合人工島

(イ) 扇島, ポート・アイランドの完成を見たので, 土地造成は臨海埋立から沿岸人工島の時代に入った。更に沖合を目指し関西国際空港も緒につこうとしている。

これらは内海又は湾内の人工島であるが, 外洋に造成する人工島についても検討が進められている。

(ロ) 沖合人工島は陸地に及ぼす影響を少くするため, 海岸線から数Km離し, かつ大型外航船の入港を前提とした水深, 10万 DWT を対象船型にすれば, 20 m をとるべきである。

この様な地点は海図上で調査すると, 外洋海岸線沿いに, かなり長い範囲にわたり存在することが判る。

(図 3.5.10 沖合人工島適地<sup>1</sup>)

##### b. 沖合人工島式コールセンター

(イ) 3.5.1 で述べた陸上コールセンターの機能は, 大きく次の 3 点に集約される。

1) 外航船を受入れ石炭の荷あげを行ない, 各需要家向けの船, 貨車等に積かえリレーする。

- 2) 各需要家の必要在庫、更には必要備蓄を集約化する。
  - 3) 石炭の成分調整を行なう(ブレンディング)。場合によっては加工をも行なう(COM化、CWM化)。
- (ロ) コールセンターを沖合人工島に設けることにより、これらの機能は下記のように一段と発揮されることになり、その運営の効率アップが可能になる。
- 1) については、前述のように長い海岸線にわたって適地があるので、この中から船の運航に支障が少くルートと距離から便利な地点を選ぶことが可能である。
  - 2) については、将来取扱量拡大の要請が生じた場合に、元の人工島に隣接する水域に追加造成し能力アップを計ることが出来る。この際、元の人工島の諸設備、例えば港湾施設、揚運炭設備などの流用が可能である。
  - 3) については、将来、技術の発展に伴い新しい加工設備が必要になった場合に、追加造成し新設備を設置することが可能である。
- (ハ) 現在は、これらコールセンターとしての有利性を持ちながらも沖合人工島自体が検討段階にあるので実施例は未だ無い。

## (2) 技術の概要と問題点

### a. 大水深の可能性

- (イ) 上記の水深 20 m 領域は、海底面が沖に向かって傾斜していることから、ほぼ海岸線に沿い帯状に延びている。しかし更に大水深における沖合人工島の造成が技術的に可能となるならば帶状領域の巾が広がり、適地面積を拡げることが出来る上、より大型の外航船を受入れることも出来る。  
ただ余りに沖合遠距離になると、陸側との連絡、人間の出入りおよび物資機材の搬入搬出の面から利便を損うので自づから限度がある。
- (ロ) 水深 50 m、沖合 15 Km の事例について検討を行なった例では、外航船 10 万 DWT の場合ではあるが、資材工事量などの増加量も見究めて、技術的に可能性ありとしている。<sup>1)</sup>
- (ハ) この検討事例から見て、10 万 DWT を超える外航船の場合には、係船シーバース周りが異って来ることに注目し従来の沿岸地域での事例を参考に考えれば、そのような大型外航船を受入れる人工島の造成は技術的に可能性があると言える。

### b. 人工島本体の構造(埋立式又は浮体式)

- (イ) 土地造成の概念から当然先づ考えられるのは埋立式の人工島である。しかしながら海洋上の浮遊式大型構造も技術的に可能性を有するであろうことは容易に想像される。
- (ロ) コールセンターの場合には、入港する外航船バルクキャリアからの石炭荷あげには機械式のアンローダーが用いられる場合が多いと予想されるのでシーバースは海底から立上った固定的な構造になる。従って浮遊式大型構造物は、大容量貯炭スペース、払い出し用の石炭切出し装置および関連する運炭装置を内蔵するものになる。

これを今、貯炭浮体又は貯炭船と呼ぶことにすれば、外航船から荷あげされて来る石炭を貯炭浮体に受入れる搬入口、及び貯炭浮体から二次輸送の石炭積出(装置に渡す搬出口で円滑に石炭の受け渡しが行われるよう風波による貯炭浮体の運動変位を極力減らす工夫が必要となろう)。

### c. 埋立式の構成要素

#### (イ) 防波堤

沖合外洋に位置するので、外洋波に耐えて島内を波浪の打込みから保護する防波堤が無くてはならない。

通常港湾の防波堤と異なる点は、平均水深が大きいこと、島本体周囲の少くとも3面にわたって築造する必要から長いことである。このため基礎部分の資材、即ち石材、コンクリート・ブロックなどが大量になる。堤体は越波防止上、背が高く従って巾が広くなり断面形状が大型化し延べ長さが長いからブロック数が多くなる。築造作業について通常港湾の防波堤と異なる点は、拠点の無い沖合に運搬し設置するので季節的な工期の制约が大きいことである。

大量の部材を短期間に運搬据付けする大規模工法を適用することになる。

#### (c) 島本体

護岸の構築、内部の埋立て、シーバースの構築などは防波堤完成後に行なうものであるから構造、工法共、問題は少い。

##### (c) 貯炭場ならびに揚運炭装置

陸上コールセンターと同様の形式装置が使用可能である。

埋立式人工島コールセンターの計画例を、参考1に示す。

#### d. 浮体式の構成要素

##### (1) 防波堤など

埋立式と同様に防波堤を周らす必要がある。その他に陸側からの風波による貯炭浮体の運動をも抑止するため、第4面壁側にも防波堤又は消波装置を設ける必要がある。これは前記の様に貯炭浮体の石炭搬入搬出を円滑に行ない、稼動率を向上させるためである。

##### (2) 貯炭浮体(貯炭船)

防波堤内の水深を利用し大容量の貯炭能力を持たせるのが得策であるから大型の構造物になる。材質は鋼又は鋼・コンクリートの合成が適当であろう。設計、建造、曳航など主構造については技術上の問題点は少い。

大量の石炭のハンドリング特に払い出しを遠隔操作によって行なうのが運営上、有利になるから浮体底部に切出し機械装置を設け貯炭スペースの断面形状を逆台形とし、下部から自重を利用して石炭を取出す方式が良い。以後は内蔵するコンベヤーを経て貯炭浮体の吃水線上まで運炭することは容易である。

貯炭中の温度上昇に対しては遠隔集中監視を含めて、諸装置を考慮する必要があるが、外航船内の場合よりは制約が少いから対策が樹てやすい。

##### (3) 貯炭浮体の係留装置

運炭の円滑化と占有水域を広くしないために風波による運動変位を小さくする必要がある。貯炭浮体は貯炭量の多寡により吃水線が上下することを考えれば大型アーム又は固定ドルフィンなど係留装置の形式は、自づと決ってくる。

##### (4) シーバース、揚運炭装置

従来の製鉄所の原料シーバース事例と同様で問題は無い。

浮体式人工島コールセンターの計画例を、参考2に示す。

#### e. 問題点

(1) 大規模海洋土木工事の設計施工技術は、ここ十数年来の研究開発努力と大型プロジェクトの実施例とから長足の進歩をとげたので、沖合人工島の造築については殆んど問題とする点が見当らない。

(2) 貯炭浮体についても各種の調査研究と大型プロジェクトの相次ぐ実施例とから基本的問題は解決済みである。

(3) 設置サイトが決定すれば、そこにおける設計上、施工上に必要な情報の質の向上、量の豊富化が計られるから、一層精緻な検討を進めることが出来る。

### (3) 今後の動向

沖合人工島そのものは、土地造成による海面利用の面から、ようやく脚光をあび始めた次代のプロジェクトである。

沿岸人工島、湾内・内海人工島に次ぐものとして将来、需要に基づいて実用化される必然性が高く、すでに造成を希望する向きも出始めたと言われている。

これにて設置したコールセンターは、冒頭に述べた通り

- 1) 適地選択の自由度が高い。
- 2) 能力拡大に対して弾力性に富む。
- 3) 新加工技術に対して対応性がある。

の諸点から、陸上コールセンターに較べ、機能が一段と発揮出来るので、比較的早期の実現が期待出来る、と考えるものである。

#### 参考 1. 埋立式による沖合人工島の計画例<sup>1)</sup>

a. 図 3.5.1.1 は、埋立式によるコールセンターの平面図である。

b. 主な仕様は、次の通り

|           |   |
|-----------|---|
| (1) 貯炭能力  | 120 万t  |
| (2) 受入れ港湾 | 最大船型 10 万 DWT 用 2 バース<br>アンローダー 1,000 t/h 4 基 |
| (3) 払出し港湾 | 最大船型 1 万 DWT 用 2 バース<br>シップローダー 2,000 t/h 2 基 |

c. 外防波堤

沖側と両側の計 3 面を囲み、両側部を十分に陸側に延ばし、シーバースに係船荷役中の船舶を外洋波とその回折波から保護している。

d. 貯炭ヤード

外防波堤との間に越波を考慮して遊水池をめぐらし、護岸で囲んだ島本体埋立地の上に貯炭バイルを配列しスタッカーリクレーマー、ベルトコンベヤを配置している  
ほかに撤水装置、排水処理設備がある。

e. 港湾荷役設備

外航船、内航船の係船シーバースは、貯炭ヤードの護岸を兼用した岸壁構造とし、アンローダー、シップローダーが走行する。

f. 管理ヤード

船の出入港、石炭の荷役・運搬、陸との通信連絡などコールセンター運営上の指令を司るセンターであり、航路標識、係船、揚運貯炭設備の維持管理を行なう。

g. その他

コールセンター作業員の往復、必要機材の輸送用に、陸との間に交通船を配備する。緊急の出入りにはヘリコプターを用いる。なお島内には居住設備はなく、交替勤務制として居る。

#### 参考 2. 浮体式による人工沖合島の計画例<sup>1)</sup>

a. 図 3.5.1.2 は、浮体式によるコールセンターの平面図である。

b. 主な仕様は、参考 1 と同一である。

c. 貯炭浮体（貯炭船）

貯炭能力 各 40 万 t の貯炭船を、外防波堤に囲まれた水域に並列配備して居る。

図 3.5.13 貯炭船船内配置、表 3.5.9 貯炭船要目に詳細を示す。

d. 貯炭浮体の係留

図 3.5.14 貯炭船係留概念図、図 3.5.15 貯炭船係留装置に係留方式と装置の概要を示す。ジャケット式の基礎をもつ。

e. 港湾荷役設備

直杭、斜杭の鋼管パイプ及びジャケット式の海中基礎を持ったシーバースである。

f. 運炭設備

シーバースと貯炭船船頭部の係留ジャケットの間を結ぶコンベヤーは橋構造の上を走る。

これらの係留ジャケット上の運炭装置から貯炭船搬入口へ、逆に搬出口から運炭装置へと石炭の受渡しが行われる。

g. 浮消波堤

貯炭船の陸側に連続的に展張してある。一部シーバースに面する水域にも配備している。

[ 引用文献 ]

1) ) 冲合人工島に関する調査報告書 昭和 55 年度

(運輸省、経団連海洋開発懇談会、鋼材俱楽部)

2) 海洋の高度利用技術に関する調査研究 昭和 54 年度

(運輸経済研究センター)

表 3.5.9 貯炭船要目<sup>1)</sup>

| 項目         | 内容                       |
|------------|--------------------------|
| 1. 構造形式    | 鋼製箱形又は鋼、コンクリート製箱形        |
| 2. 容量      | 40 万 t × 3 基             |
| 3. 全長      | 420 m                    |
| 4. 全幅      | 80 m                     |
| 5. 深さ      | 約 35 m                   |
| 6. 満載吃水    | 鋼製約 14 m、銅、コンクリート製約 17 m |
| 7. 受入方式    | トリッパーコンベヤ方式              |
| 8. 払出方式    | 底部ホッパー、コンベヤ方式            |
| 9. 非常用電源装置 | 一式                       |

### 3.6 二 次 輸 送

#### 3.6.1 二次輸送の現状

従来の石炭の輸入は鉄鋼用の原料炭が主であり、しかも日本の製鉄所は海岸に面し大型港湾を有しているため数万DWトン級の外航船が直接接岸荷揚げするという輸送形態をとっていた。しかし2度にわたる石油危機により原油価格が大巾に上昇すると共に、従来、油を主燃料としていた電力、セメント、紙、パルプの各業界、更に鉄鋼業界も燃料を油から石炭（一般炭）に切り換える動きが出て更に加速される状況に至っている。

しかるに、これら一般炭の受入れについては鉄鋼業界は別として、充分な大型港湾を持たぬため輸入炭の場合は、内航二次輸送に頼らざるを得ず、今後輸入炭の増大と共に二次輸送に廻る量も増加すると予想されている。

このような状況の中で日本内航海運組合総連合会の燃料部会は昭和55年度の輸入炭国内輸送実績（原料炭を含む）を調査したが、その結果は下表の通りである。

（55年度 石炭二次輸送量）

|          | 輸送量(トン)   | 航海数   | 一航海当たり輸送量(トン) |
|----------|-----------|-------|---------------|
| 自航船      | 3,007,665 | 1,787 | 1,683         |
| 船・台船・バージ | 696,111   | 328   | 2,122         |
| 計        | 3,703,776 | 2,115 | 1,750         |

上記の全体の輸送量を上期と下期に分けると、上期は1,177,756トン、下期は2,526,020トンと輸入炭の二次輸送は55年下期に入って拍車がかかって来た事が分る。

一方、輸送量を船型別にみると下表の通りになつてあり2,000～3,999D/Wトン型が最も多く二次輸送に利用されていることが分る。

（55年度 船型別石炭二次輸送量）

|          | 重量トン数           | 航海数 | 輸送量(トン)   |
|----------|-----------------|-----|-----------|
| 自航船      | 999 D/W 以下      | 513 | 237,151   |
|          | 1,000～1,999 D/W | 503 | 652,776   |
|          | 2,000～3,999 D/W | 636 | 1,464,662 |
|          | 4,000 D/W 以上    | 135 | 653,076   |
| 船・台船・バージ | 999 D/W 以下      | —   | —         |
|          | 1,000～1,999 D/W | —   | —         |
|          | 2,000～3,999 D/W | 311 | 592,252   |
|          | 4,000 D/W 以上    | 17  | 103,859   |

### 3.6.2 二次輸送方式

#### (1) 二次輸送運搬船

二次輸送の方式としては、前項の統計データに示される如く船舶と船、台船、バージによる二つの方式に大別される。一般的には輸送距離が長いか、或は外洋を航行する場合は船舶を使用し、逆に輸送距離が短かく且つ港湾内、内海沿岸等、比較的海象条件の良い航路の場合には船、台船、バージが多く使用されている。

今後の石炭二次輸送の方式として、いずれの輸送方式の増加スピードが大であるかは、輸送距離、航路、港湾条件（水深、荷役設備、ヤード条件等）等、種々の要素により変って来るが、現在稼動中のものを含め計画中のコールセンターが主要消費地域の近くに分布する事となり、近距離輸送が主流になることが予想される。その意味でもバージ方式、特にブッシャーバージ方式の重要性が増してくる事と思われるので以下ブッシャーバージ方式を中心に現状を述べる。

#### (2) ブッシャーバージ方式による石炭の二次輸送の特長

自航船方式、バージ方式いずれも一長一短あるが、自航船方式との比較の意味でブッシャーバージ方式の特長について以下簡単に述べる。

##### (a) 石炭の二次輸送にブッシャーバージを使用したときの配船スケジュール

バージ2隻とブッシャー1隻の組合せを使用した場合の配船スケジュールを図3.6.1および図3.6.2に示す。即ち積地ではB<sub>1</sub> P<sub>1</sub>が連結したまま通常の船舶と同様荷役を行ない、B<sub>1</sub>に石炭が満載されると揚地へ向う。揚地にてB<sub>1</sub> P<sub>1</sub>が到着すると連結を外し、B<sub>1</sub>を岸壁に残し、既に荷役の終了している空のバージB<sub>2</sub>を連結し、ただちに積地へ向う事が出来る。

通常の石炭船の配船スケジュールを図3.6.3に示す。

##### (3) 石炭の二次輸送にブッシャーバージを使用した時に期待されるメリット

(a) 同一の貨物を輸送する場合、荷役時間待ちの滞船時間が少ない分だけ航海速力を落せるという事により広巾、浅吃水の船型が選定出来る。その結果

- 水深の浅い発電所、工場であってもDOOR TO DOOR輸送が可能
- 港湾設備のコストが下る（浚渫費、防波堤長さ、岸壁長さ、水深等によるコストダウン）
- 燃料費の節約（低速力大量輸送が可能なため）

(b) 荷役は船が1往復する間に完了していればよいため荷役能率を上げられ荷役設備のコストが下る。

(c) バージとブッシャーが切り離すことにより

- 船舶のメインテナンスコストが安い
- 乗組員が少くてよい

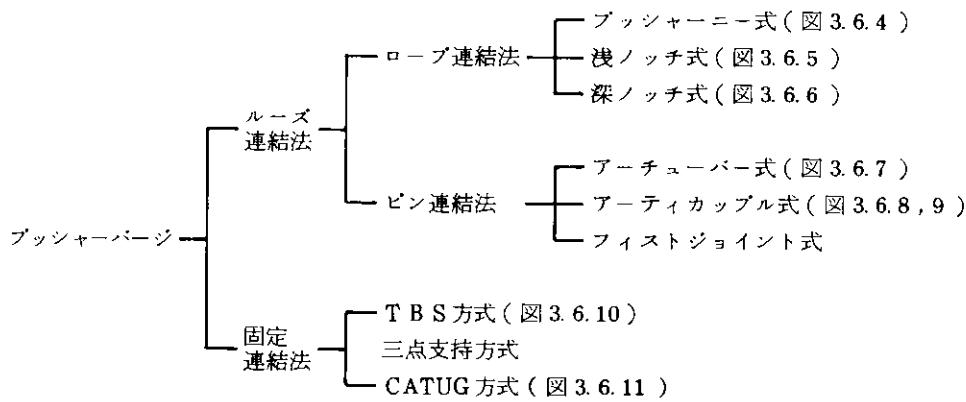
(d) バージとブッシャーの数の組合せを変える事により輸送量の増大に対する適応性が高まる。

例えば1P+1B, 1P+2B, 1P+3B, 2P+4B, 2P+5B……というように順次数を増加する事により輸送量の増大にスムーズに対応出来る。

(e) バージを倉庫がわりに使用出来るので陸上のストックヤードの大きさを縮少出来るか、0とする事が出来る。

### 3.6.3 ブッシャーバージの種類

ブッシャーバージは、その連結方式により下記の如くに分類される。



#### (1) ロープ連結法

ブッシャーバージ方式の原型であり、船首に二つ以上のブッシャーニーを備えた型、浅ノッチ型、深ノッチ型の三種に分けられる。

ブッシャーニー型は一般に河川等の波の極く低い場所で使用され、世界のブッシャーバージの大部分を占める。ブッシャーニーの前面を円弧類似の形とし、連結ロープを船尾にとったもの、ロープに高性能の緩衝装置をつけたもの等は、ある程度の波の中を走ることが出来、この点では日本での研究が進んでいる。

浅ノッチ型はバージの船尾に深さ3m程度のノッチを設けて、ここにブッシャーのとがった船首を差し込み、連結ロープを船尾にとりブッシャーの船尾を横に振る力をロープで受ける。又深ノッチ式は押船船体の1/3程度以上をバージの船尾ハッチに差し込んだものでブッシャーの船尾を横に振る力は船体の横腹で受ける型となる。

ロープをブッシャーの船尾にとるのは浅ノッチ型と同じである。ノッチ式は鋼板製船体を互いにノッチ部で接触させ、ここで力を伝えることになるので、この部に防舷材を要し、かつ防舷材取付部は十分な補強を必要とする。

一般にロープ連結法は、連結作業に1~2名の入手を要し、連結前と切離後に人が両船を往復する必要がある。

また耐波能力の点でも限界があり一般に

|          |      |             |
|----------|------|-------------|
| ブッシャーニー式 | 限界波高 | 1.0 m       |
| 浅ノッチ式    | "    | 1.5 ~ 2.0 m |
| 深ノッチ式    | "    | 2.0 ~ 3.0 m |

程度と言われている。

#### (2) ピン連結方式

バージとブッシャーとを水平のピンで蝶番状につなぎ、相対縦ゆれのみを自由にしたものである。この型で実用化されたものは、米国産「アーチューバー」(米国3隻、日本2隻)、国産アーティカップル(F型9隻、H型6隻)、国産「フィストジョイント」(1隻)の3種があり、いずれも遠隔操作の自動連結機で、ブッシャーの両舷から連結軸を油圧で押出して、その先端をバージの船体にとめバージウイングウォールでブッシャーの中央部両舷とメタルタッチさせる方式である。「アーチューバー」はブッシャーから突き出される連結軸が丸頭でバージの船尾深ノッチ両舷に設けられた連結孔に1.8m程差し込まれる。連結孔はバージの使用吃水範囲に応じて各舷2個設けられて吃水の変化に対応出来るよう考慮されている。

「アーティカップル」は、無段摩擦係止式のF型と多段歯噛合係止式のH型に分れる。「アーティカップルF型」

は連結軸先端に外面に梯形断面の硬い人造ゴムを焼付けた圧着シューをピンに接合し、これをバージの船尾深ハッチ両舷に設けた同じ梯形断面の垂直溝に押込み常時油圧をかけて圧着シューと連結溝内面との間の強い摩擦力で両船間の上下滑りを止めるもので滑りの発生が航行限界波高で約3mである。「アーティカップルH型」は連結軸先端の球型頭部に載った冠の前後面に設けた水平歯をバージ船尾の深ノッチ両舷に設けた連結溝前後面にある多段歯の間に押し込み、ブッシャー側から常時弱い圧力をかけて連結を保持するものである。この装置はバージの使用吃水に対応する範囲に多段歯を設けることにより、必要全範囲にわたって、ほぼ自由に連結が可能である。

「フィストジョイント」は連結ピンをバージの連結孔に差し込む点はアーチューバーに似ており、差し込んだ連結軸を常時油圧で押して強制連結とする点はアーティカップルと同じ方式である。

### (3) 固定連結法

固定連結法はブッシャーとバージとを剛的に連結して一隻の船のような形にするもので、TBS方式に代表されるものである。この方式は8年前から今日まで9船團が外洋に於て活躍しており、内2船團（合計8隻）が三井造船で建造されたものである。

この方式の特長は、図に示すようにブッシャーの長さの約1/2～3/4の船底と船側がバージノッチの内側にはまり込んでおり、両者の船体を楔が差し込まれた形に組合せて固定連結するもので、このジョイントは次の5つの要素より成っている。

- フォアコネクション（図 記号1）

バージとブッシャーを強力な力で引きつけるもので、油圧シリンダー・リギングスクリューなどが用いられる。ブッシャーの船首中央に設けられる。

- フォアウエッジ（図 記号2）

ブッシャーの船首部両舷において船の長さ方向と船の巾方向に傾斜をもったクッションで、ボトムクッションと共に“くさび”を形成させ、バージのノッチ前方でブッシャーの上下、左右方向の位置を固定するのに役立つものである。

- アフターウエッジ（図 記号3）

ブッシャーの後部各舷に設けられる3つのクッションである。この3つのクッションは三面鏡の如く上部、側部、下部に設けられ、この部分は前方に向って放射状に傾斜を持たせ、めずのウエッジを形成しバージウイングのオーバーハング部とはめ合う。このクッションは、ブッシャーの後部の上下、左右、両方向の位置を固定する役目をはたす。

- ボットムクッション（図 記号4）

- フォアバッド（図 記号5）

上記の如くTBS方式はジョイント部が多く且つ受圧面も広いので安定的な結合が得られ、通常の船舶と同様の耐航性の得られる唯一のブッシャー方式である。

三点支持方式は多種類の吃水で連結出来る固定連結法でブッシャーとバージは深ノッチ内で3つのシリンダーにより連結されるものであるが、ブッシャーの船底が露出しているので、外力を直接受けること、パラスト航行時ブッシャー船底がバージ船底より突出して抵抗が増大することが指摘されている。

CATUG方式はバージの船尾の構造を絞り、双胴のタグが、その構造の両舷に連結される方式で現在まで1隻の実績がある。

### 3.6.4 将來動向

石炭の二次輸送は、現在約 80 %が船舶により残り 20 %が船、台船、バージ等により行なわれている。

昭和 65 年度には石炭の二次輸送量が現在の 10 倍に増加するという予想もあるが、どのような輸送形態が主流として定着するかは次の条件により左右されると考えられる。

- 輸送量（全体、各地域別）
- 輸送距離
- 輸送航路（内海、沿海、外洋）
- コールセンター側条件（水深、岸壁条件、荷役設備）
- 受け入れ側条件（水深、岸壁条件、荷役設備、貯蔵設備）

即ち上記条件の組合せにより、各々最良の輸送方式が決まる事になるが、コールセンターが全国で十数ヶ所に出来るとすれば相対的に近距離輸送の比重が増して来るものと思われる。

しかし、二次輸送をバルク積みに限定して考えれば、現在の輸送形態が基本的に変ることはあり得ず、現在の輸送形態をベースに新しい要素が徐々に加わっていくという事になるとを考えられる。

即ち船舶輸送の場合は、荷役能率の向上が、経済性向上につながる事から、より高能率荷役装置（船上又は陸上）の利用が増加するであろう。

又、バージ輸送の場合には、内海・沿海の近距離輸送には従来通りのルーズ連結方式であるが、長距離輸送には固定連結方式が出現する可能性はある。いずれにしても複数のバージとブッシャーを合理的に組合せ、荷役待ち時間ロスのないシステムとして経済性向上を目指す事になろう。

船舶、バージ輸送いずれの場合にも一次輸送と同様、自然発火対策、防塵対策等、安全面の設備も考慮の必要性が増加すると予想される。

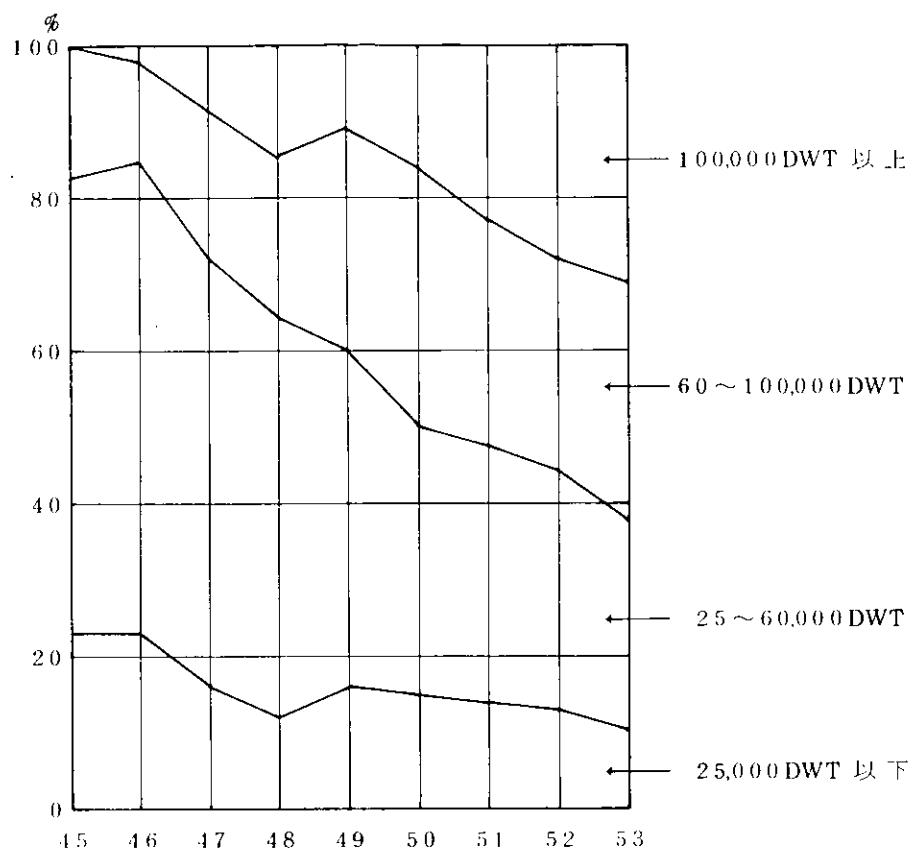


図 3.1.1 我国への船型別石炭の荷動き

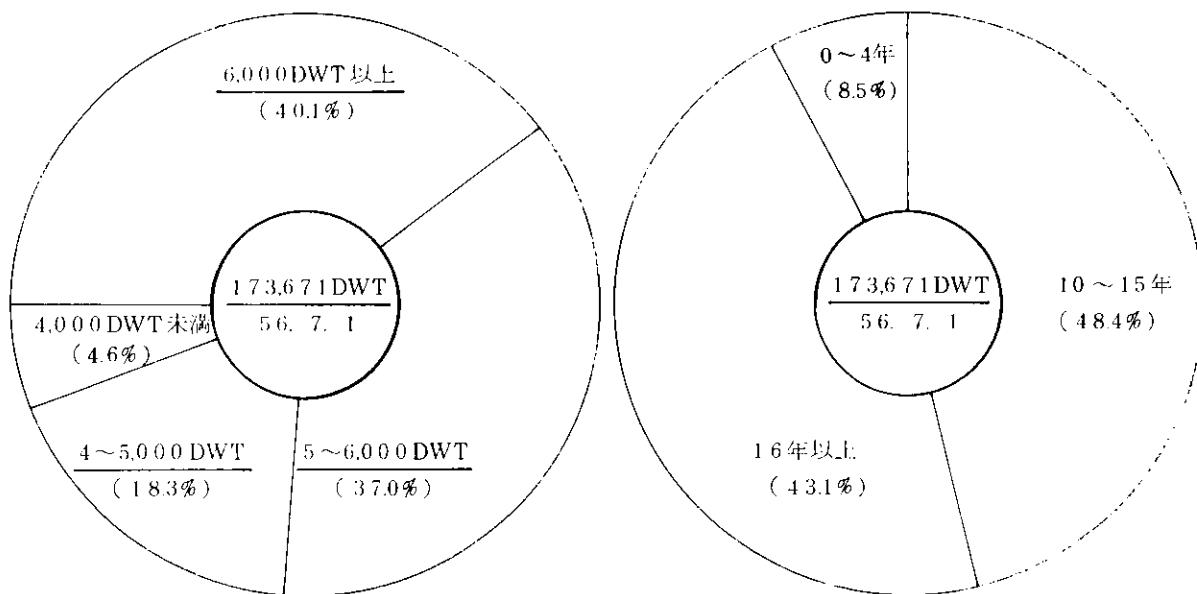


図 3.1.2-1 石炭専用船(内航)の船型別構成

図 3.1.2-2 石炭専用船(内航)の船令別構成

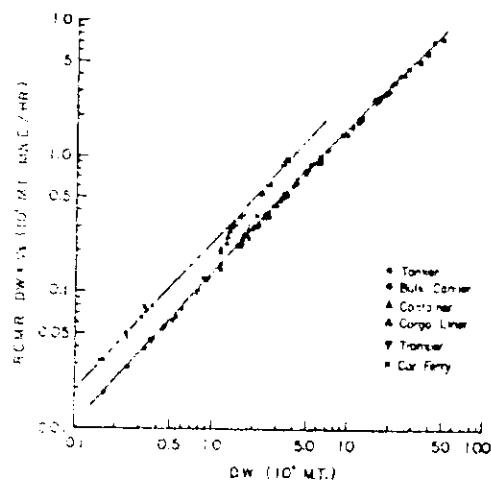


図 3.1.3 各種船舶のD.W. と R.C.M.R. の関係<sup>3)</sup>

(出典：「海上輸送におけるCargo Moving Rate と  
Cargo Handling Rateについて」

宝田直之助 日本造船学会誌 549号)

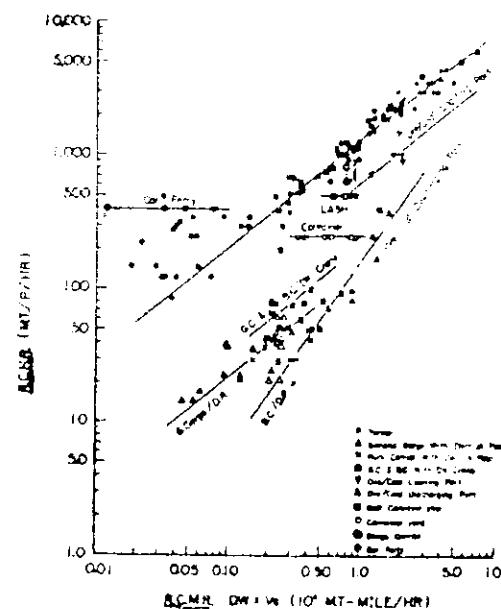


図 3.1.4 各種船舶のR.C.M.R. と R.C.H.R. の関係<sup>3)</sup>

(出典： 同 左 )

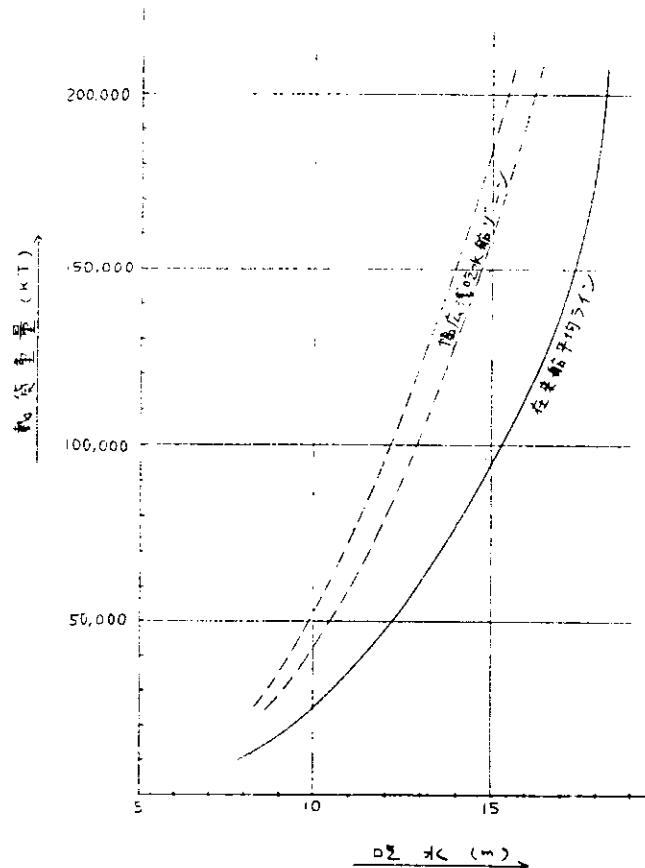


図 3.1.5 吃水と載貨重量の関係(バルクキャリア)

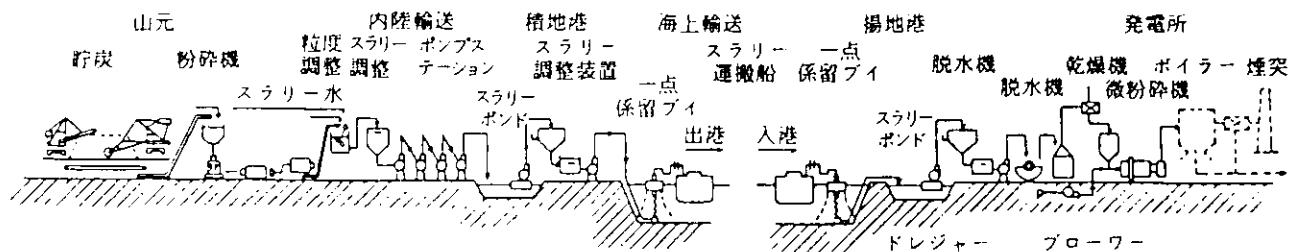


図 3.2.1 石炭 — 水スラリー輸送フロー

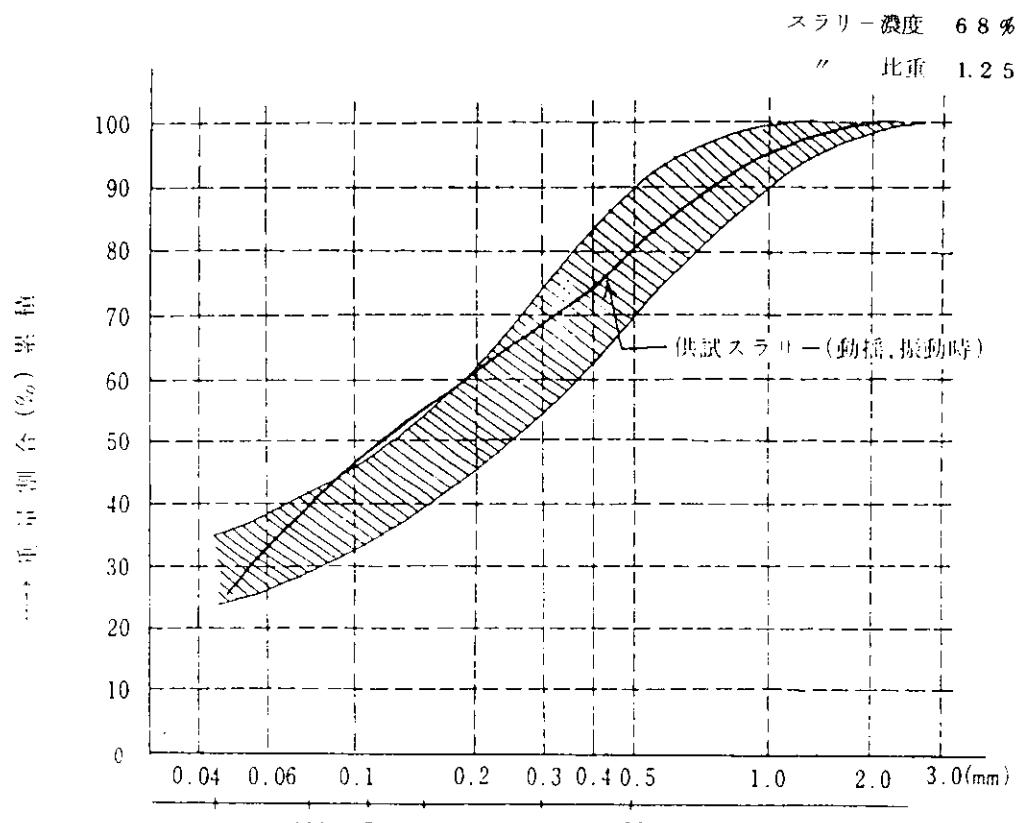


図 3.2.2 石狩炭スラリーの粒度構成<sup>3)</sup>

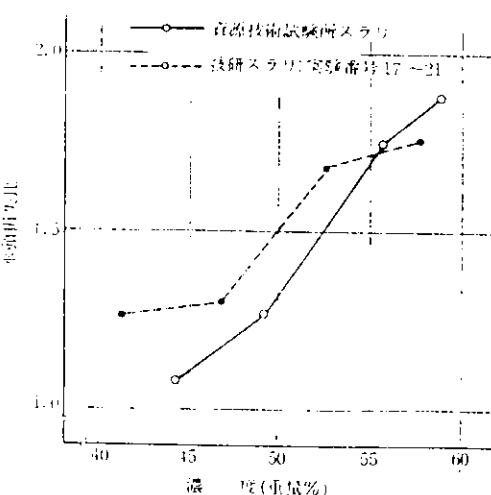


図 3.2.3 濃度による水頭損失変化<sup>3)</sup>

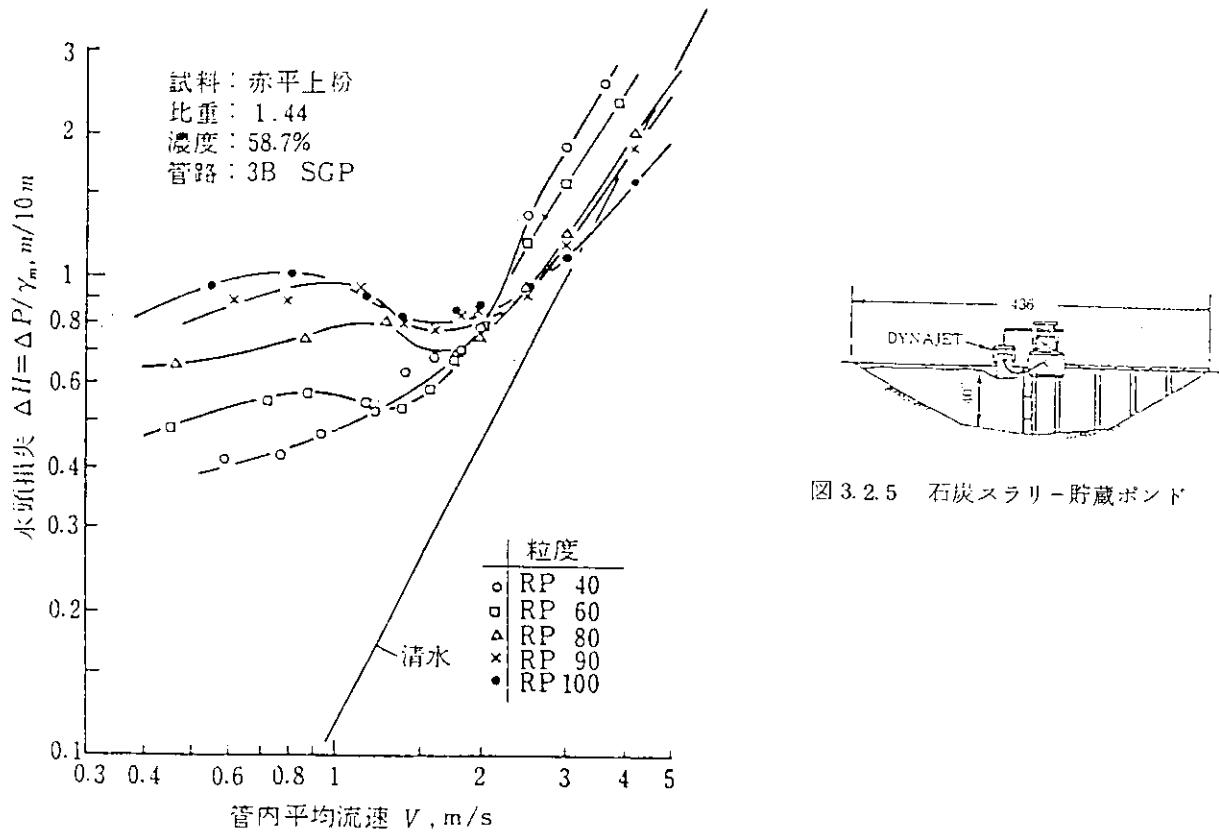


図 3.2.4 流速と水頭損失<sup>4)</sup>

図 3.2.5 石炭スラリー貯蔵ポンド

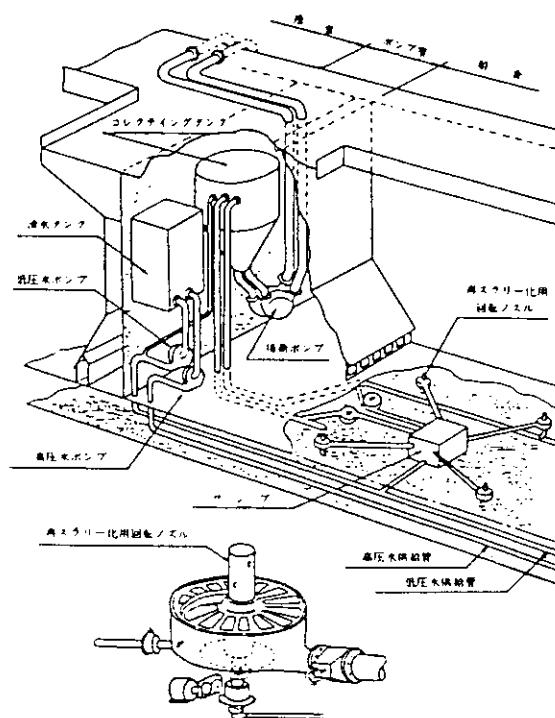
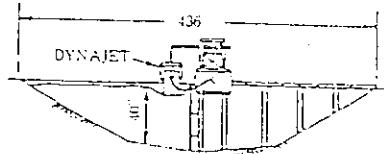


図 3.2.6 固定式スラリー揚荷システム<sup>1)</sup>

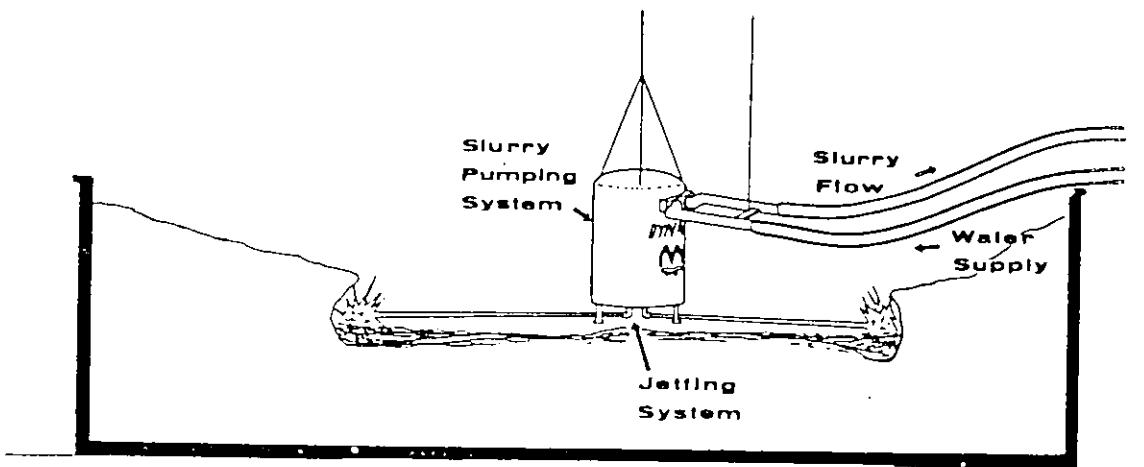


図 3.2.7 ポータブル式スラリー揚荷システム<sup>5)</sup>

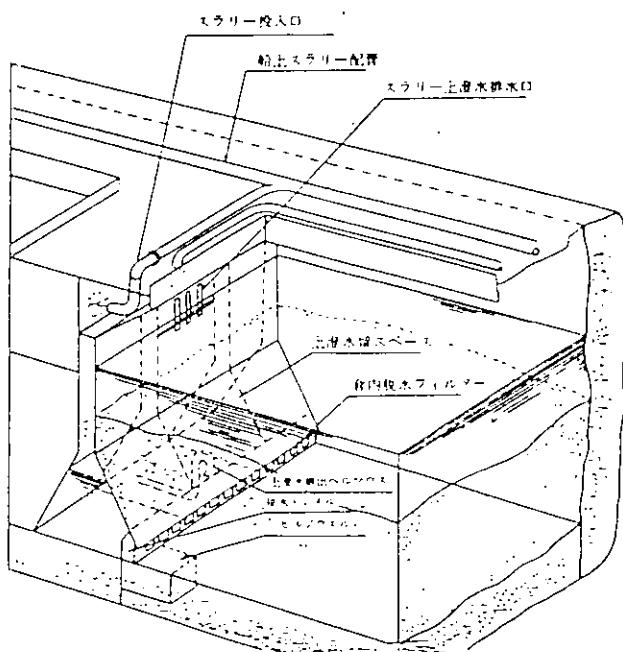


図 3.2.8 船内脱水方式概念図<sup>1)</sup>

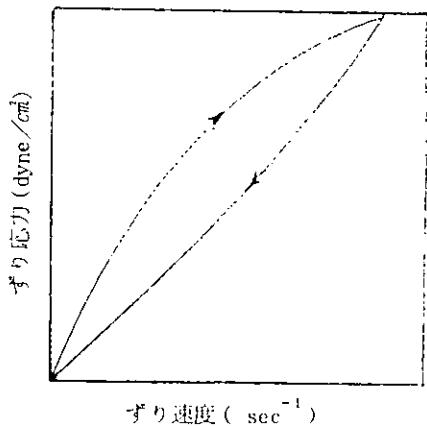


図 3.2.9 チキソトロピー性流体のレオグラム

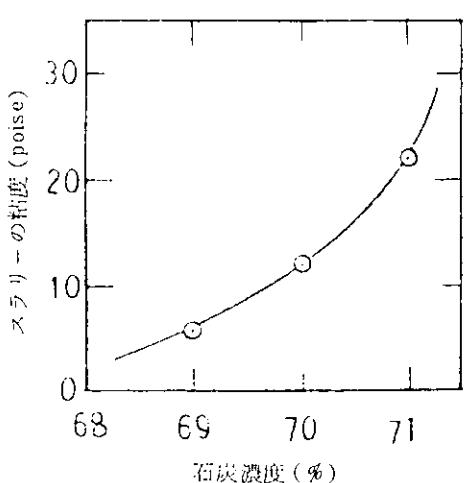


図 3.2.10 石炭濃度 — スラリー粘度

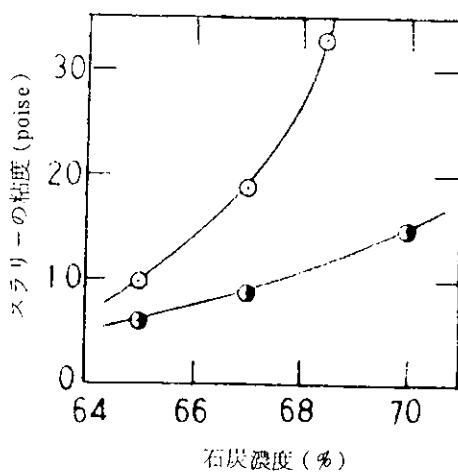


図 3.2.11 粒度分布 — 石炭濃度 — スラリー・粘度  
—○—：通常粒度分布スラリー  
—●—：粒度分布調整スラリー

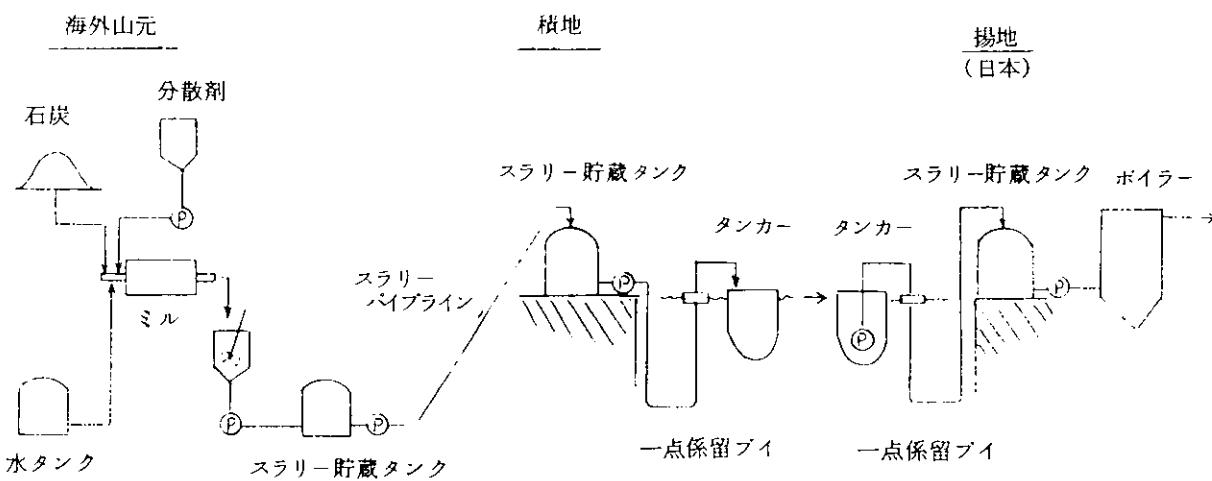


図 3.2.12 高濃度スラリーコールチューンフローシート

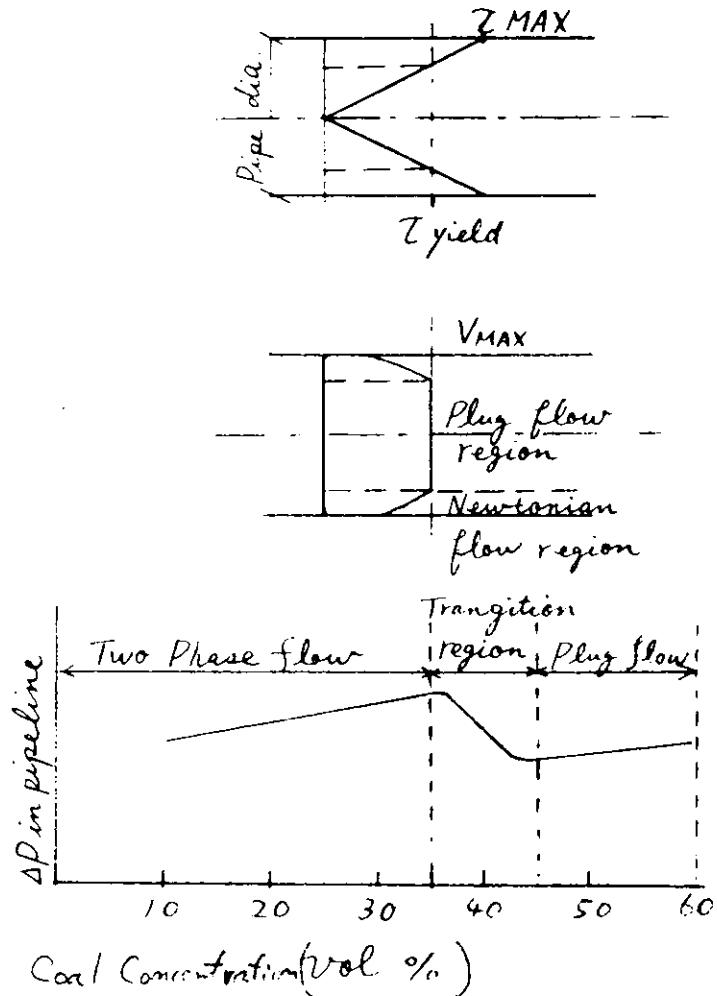


図 3.2.13 Bingham Plastic Plug-Flow<sup>6)7)</sup>

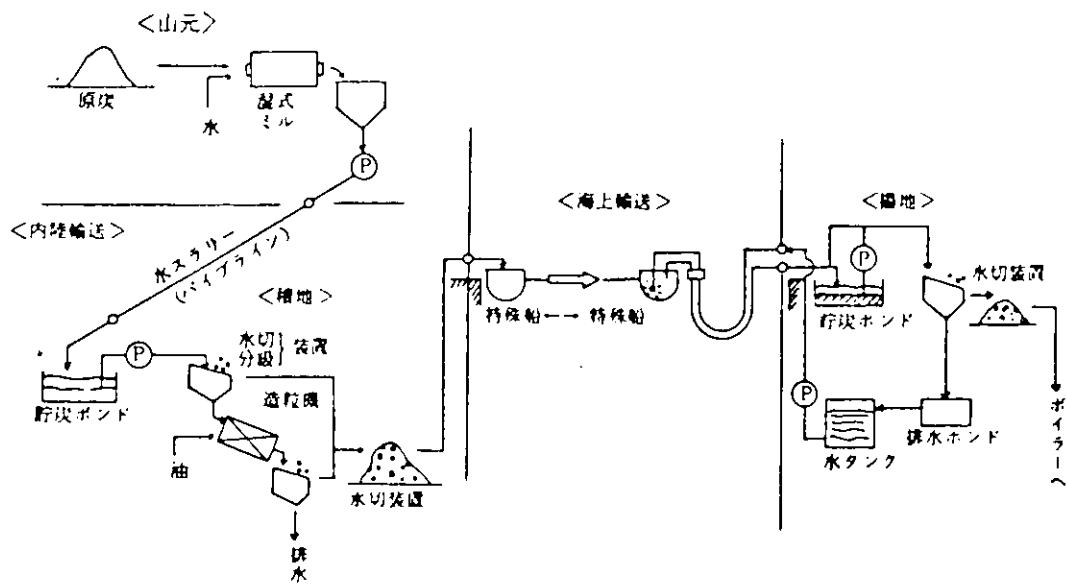


図 3.2.14 造粒炭水スラリー輸送方式<sup>1)</sup>

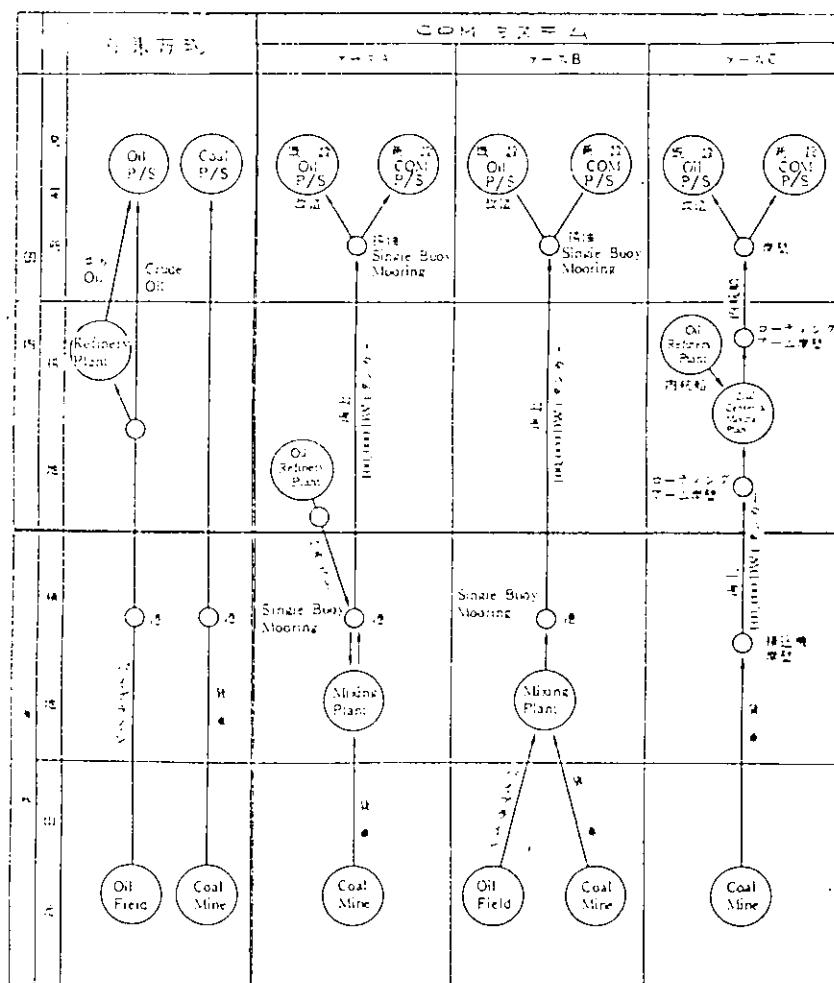


図 3.2.15 COMシステム<sup>1)</sup>

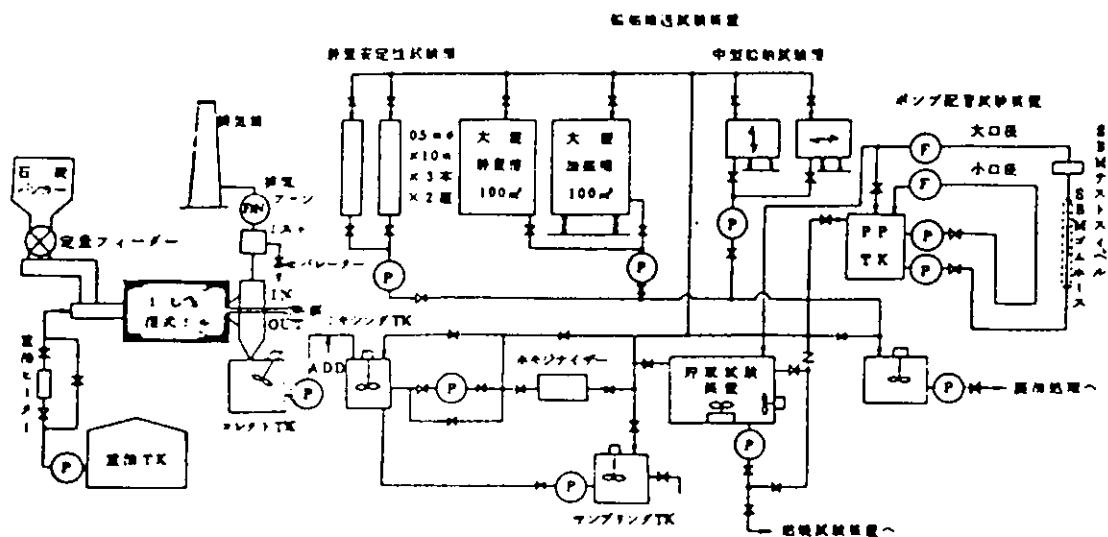


図 3.2.16 COMパイロットプラント概念図<sup>2)</sup>

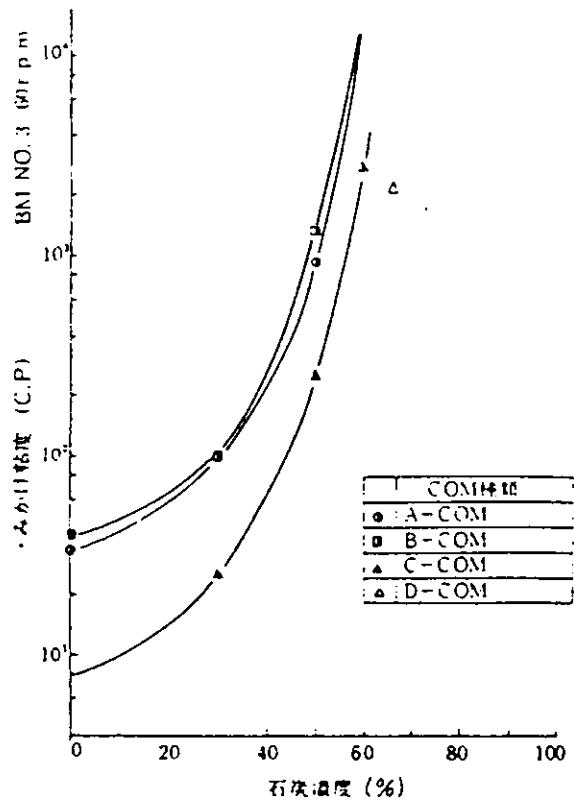


図 3.2.17 石炭濃度—粘度曲線<sup>1)</sup>

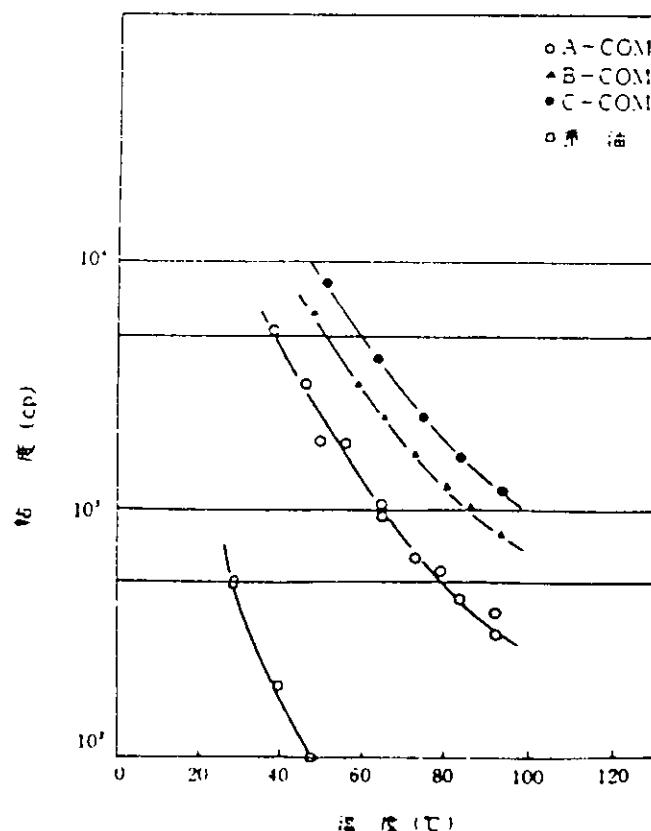


図 3.2.18 濃度—粘度曲線<sup>2)</sup>

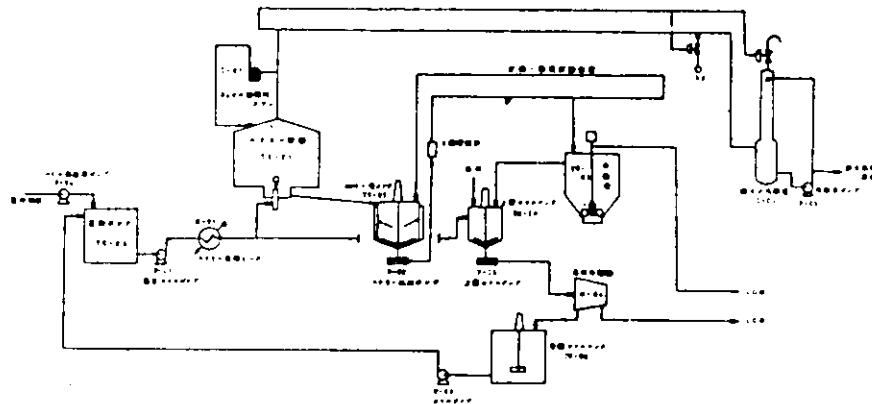


図 3.2.19 バイロットプラントフローシート

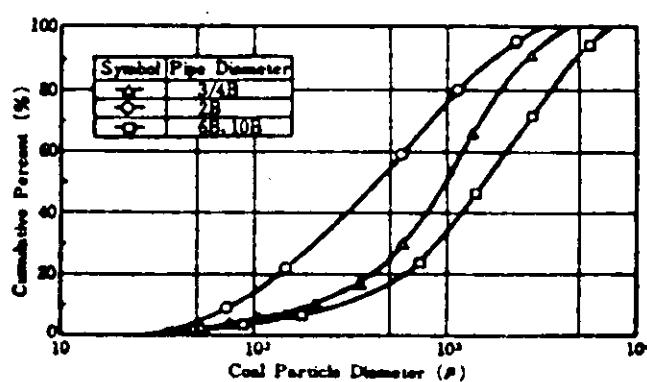


図 3.2.20 Coal Particle Size Distribution  
(供試石炭の粒度分布)

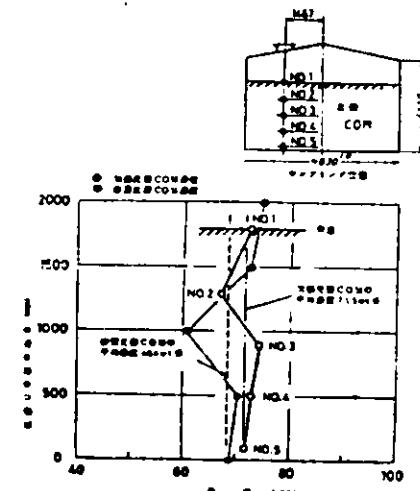


図 3.2.21 貯蔵 COM (浮遊石炭) の濃度

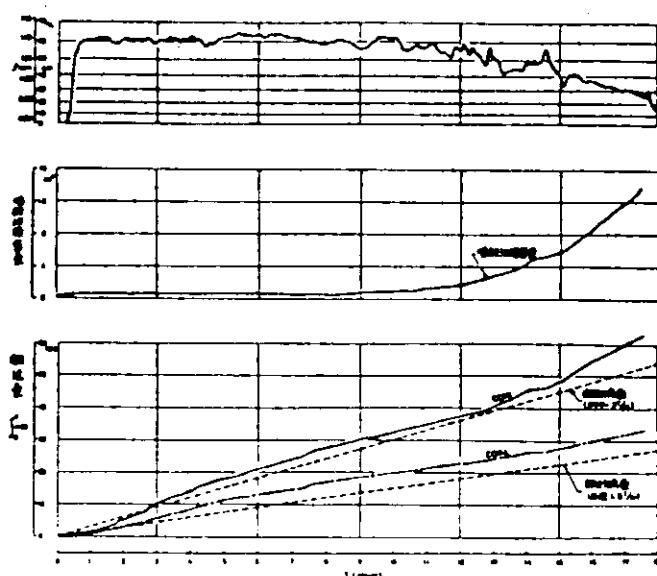


図 3.2.22 再流動化試験結果

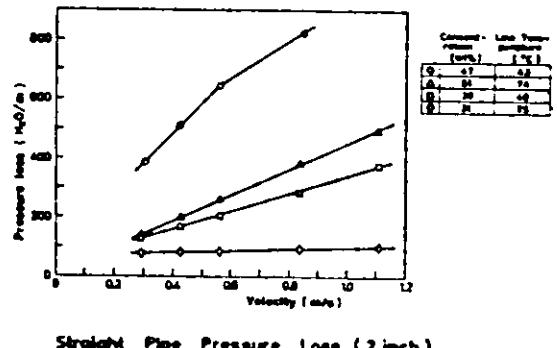
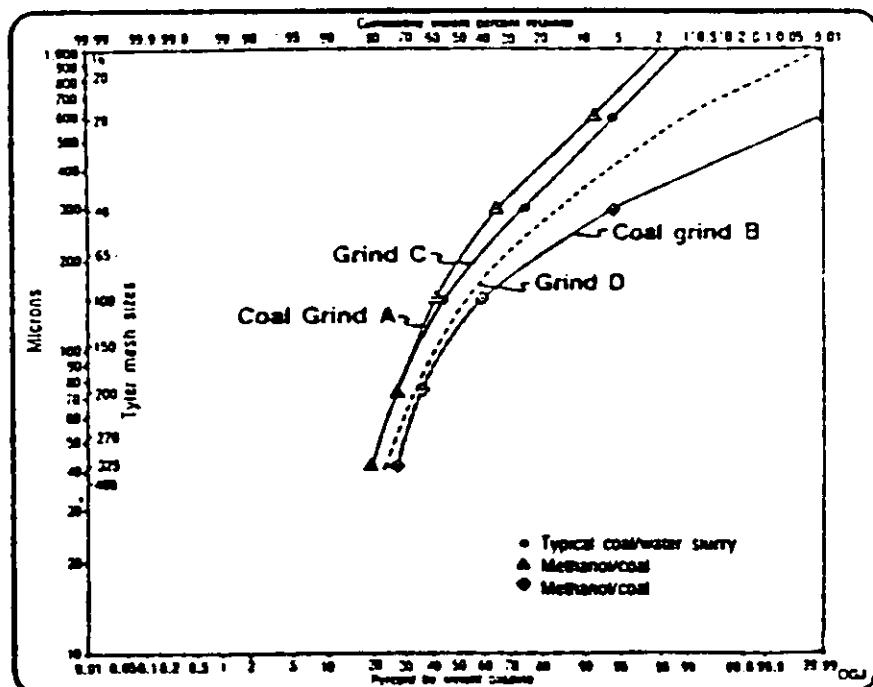


図 3.2.23 直管の圧力損失



### 图 3.2.24 Particle Size Distributions

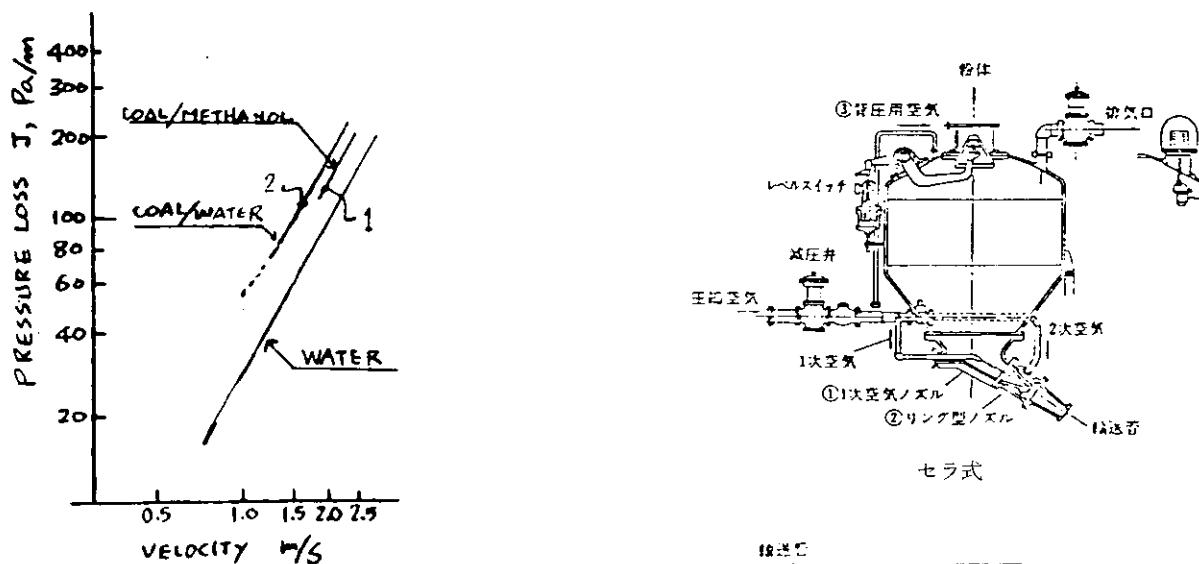


図 3.2.25 CONCENTRATION = 45% By WT.  
PIPE DIA = 12 IN

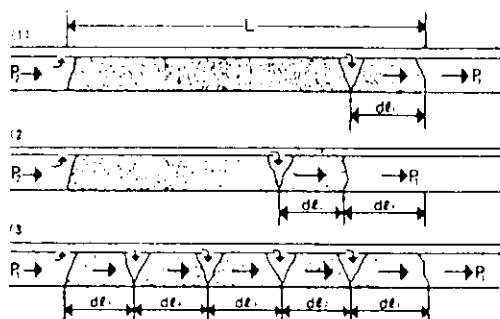


図 3.2.27 フルイドスタッフ方式

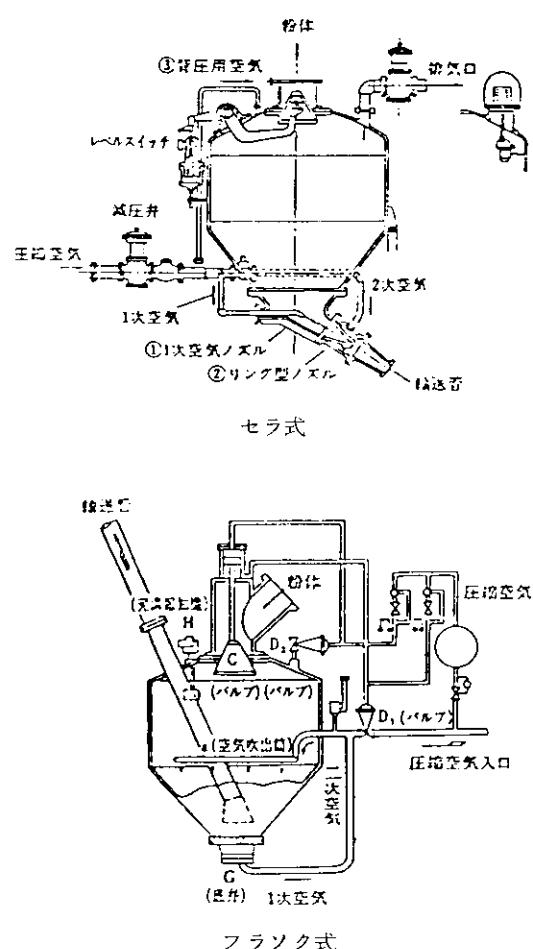


図 3.2.26

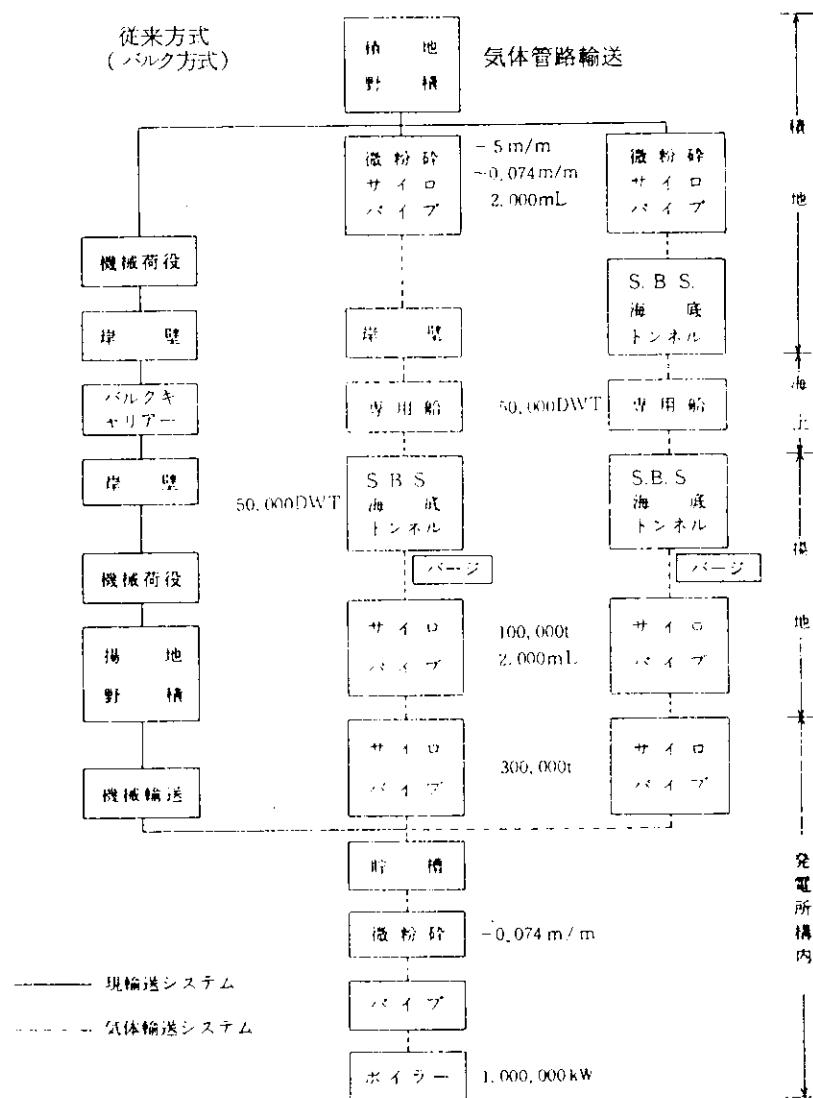


図 3.2.28 バulk輸送、気体管路輸送システムフロー

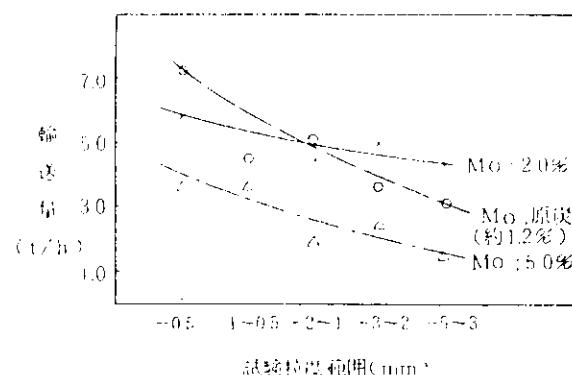


図 3.2.29 輸送量に対する湿分の影響

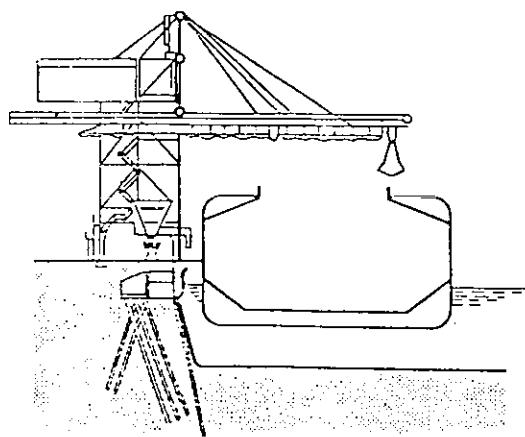


図 3.3.1 ギアレス・バルク・キャリア<sup>4)</sup>

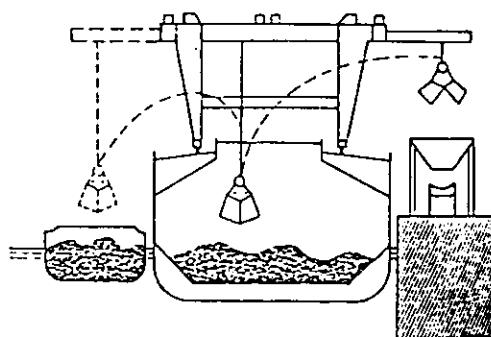


図 3.3.2 ギアード・バルク・キャリア<sup>4)</sup>

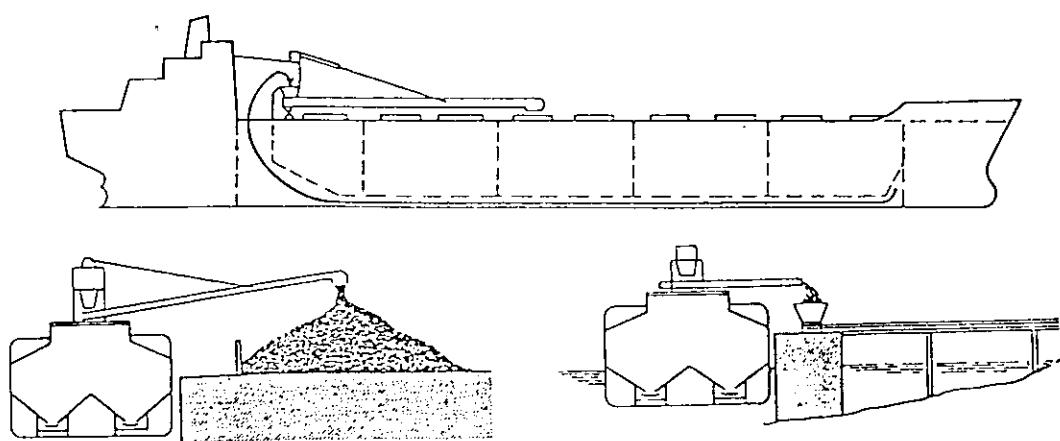


図 3.3.3 セルフアンローディング・バルク・キャリア<sup>4)</sup>

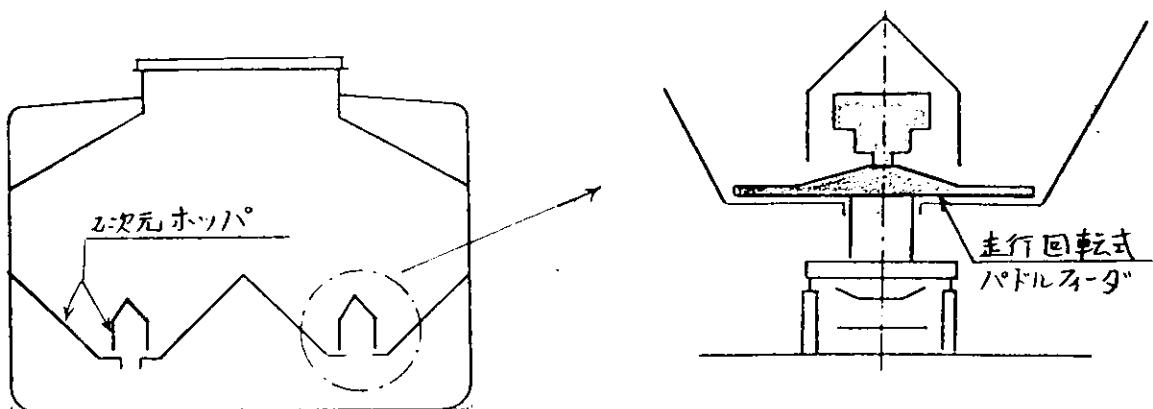


図 3.3.4 走行回転式パドルフィーダ

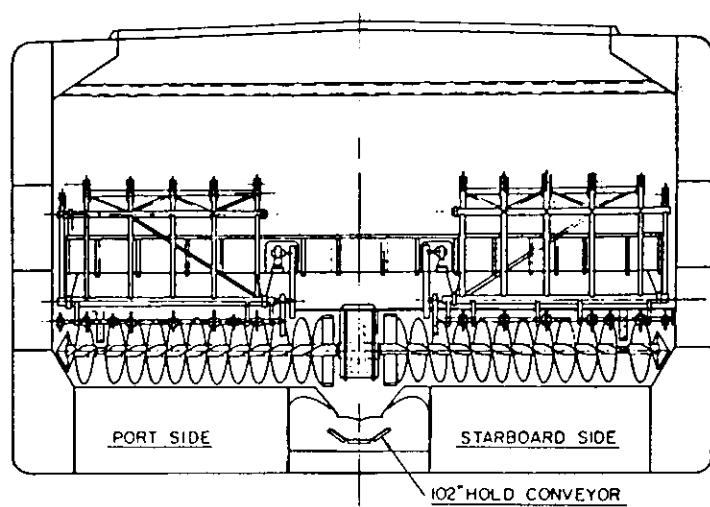
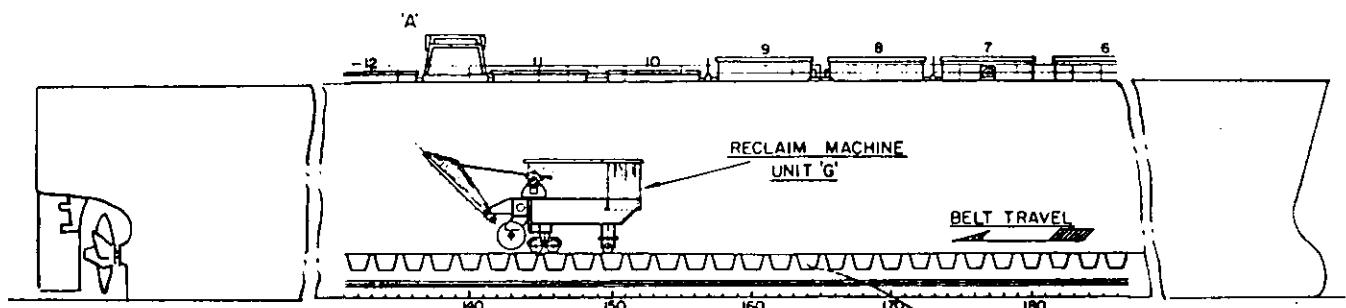


図 3.3.5 走行式リクレーマ

B. ベルト・コンベヤ式

B - 1



B - 3

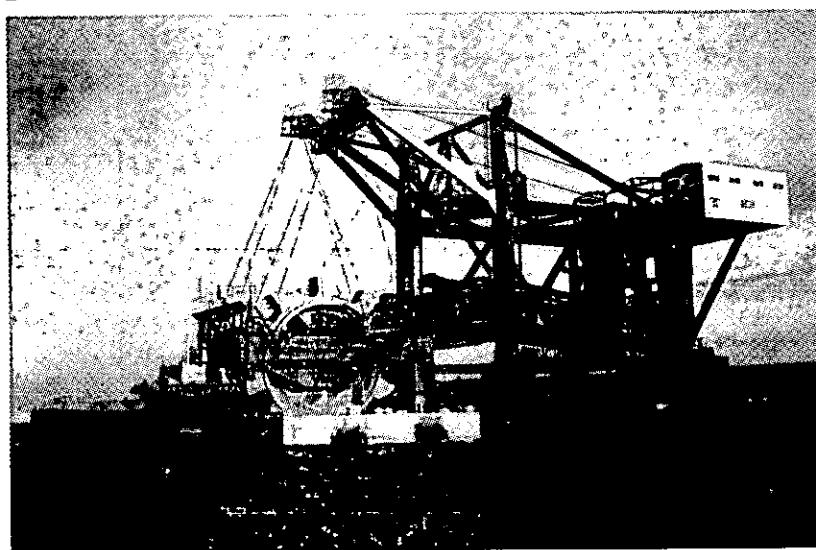
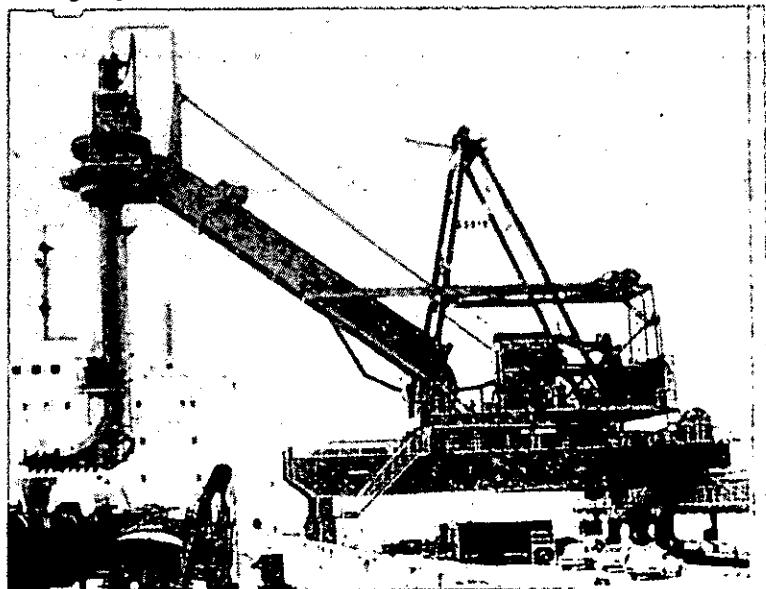


図 3.3.6 (a) 機械式連続アングローダー全体図

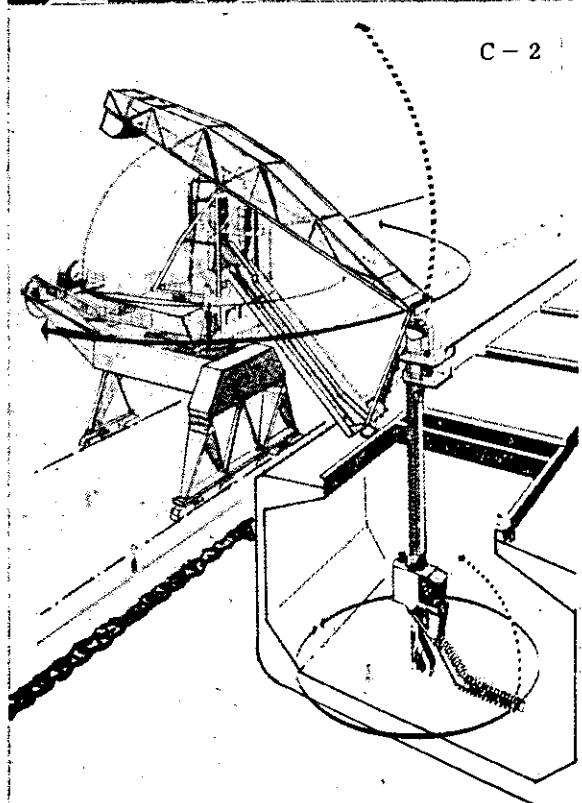
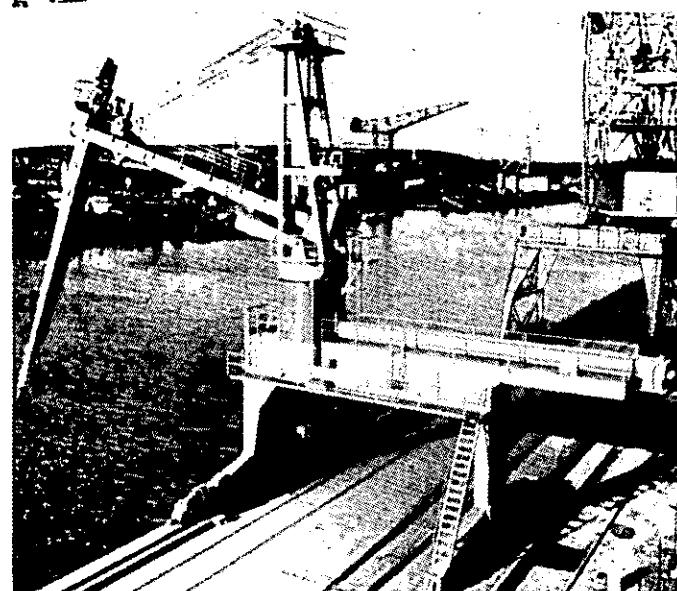
C. チェイン・コンベヤ式

C - 1



S. スクリュー・コンベヤ式

S - 1



S - 2

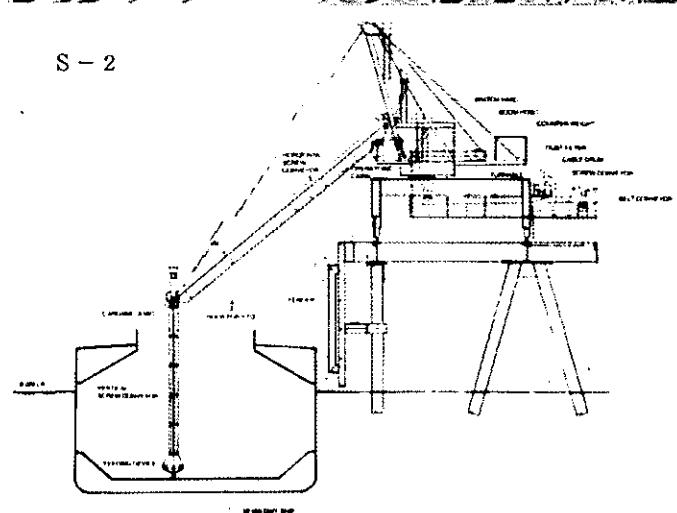
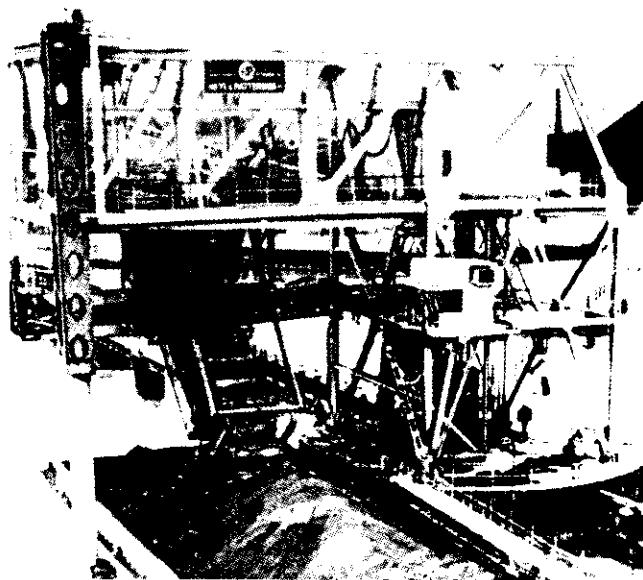


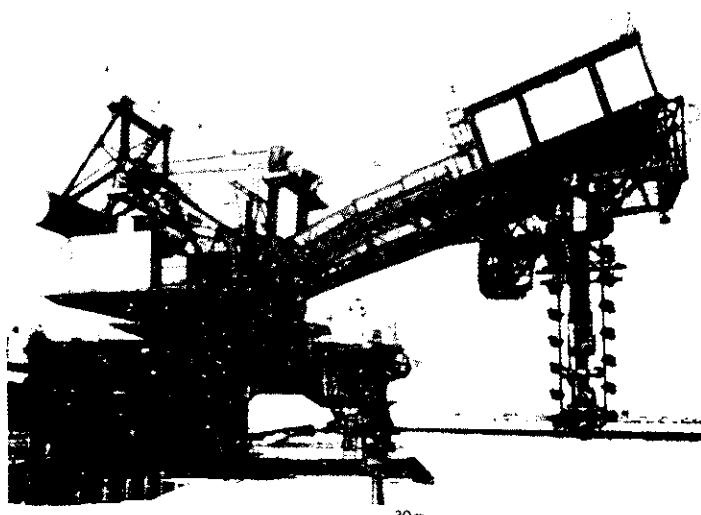
図 3.3.6 (b)

E - 1

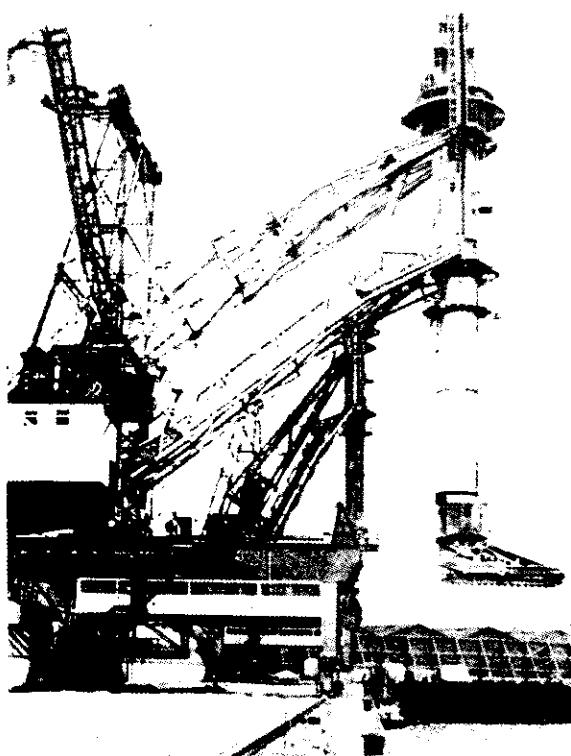
E. エレベーター・バケット式



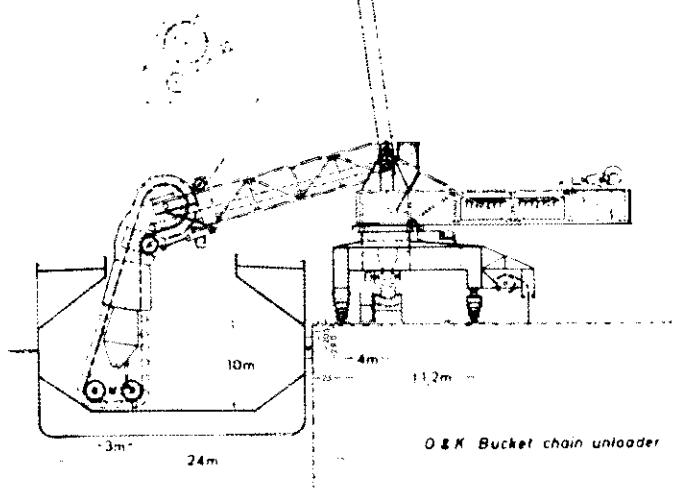
E - 2



E - 4



E - 2

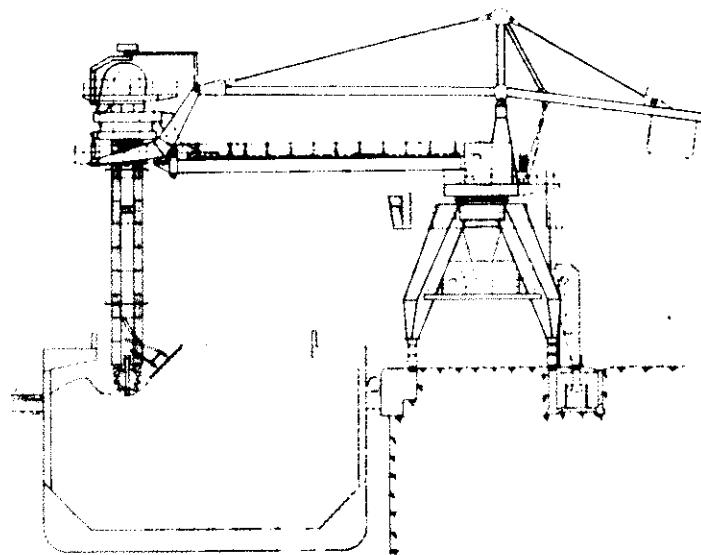


D & K Bucket chain unloader

図 3.3.6 (c)

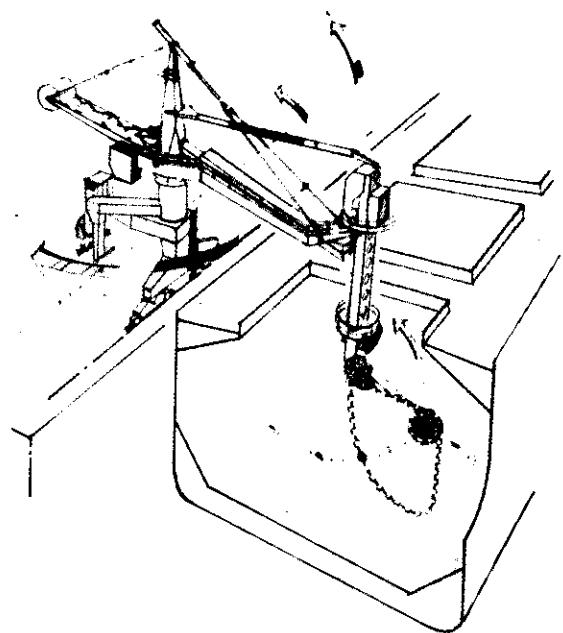
E. エレベーター・バケット式 (続)

E - 5

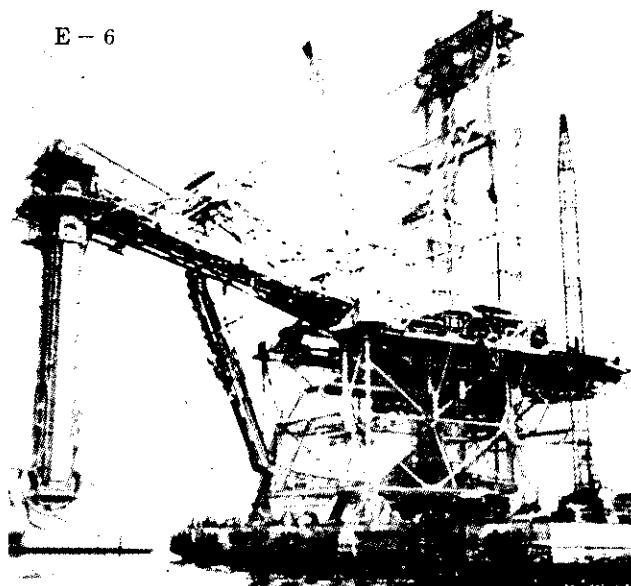


R. ロープ・バケット式

R - 1



E - 6



E - 7

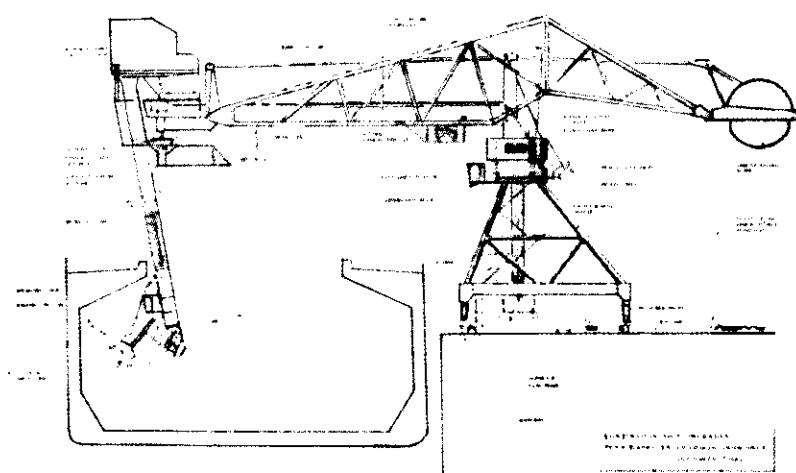


図 3.3.6 (d)

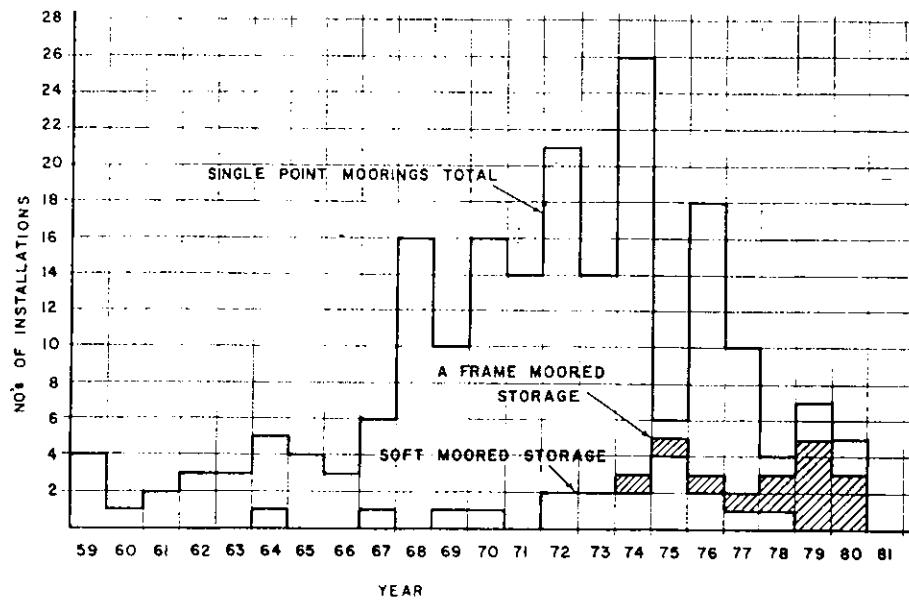


図 3.3.7 SPM建設実績

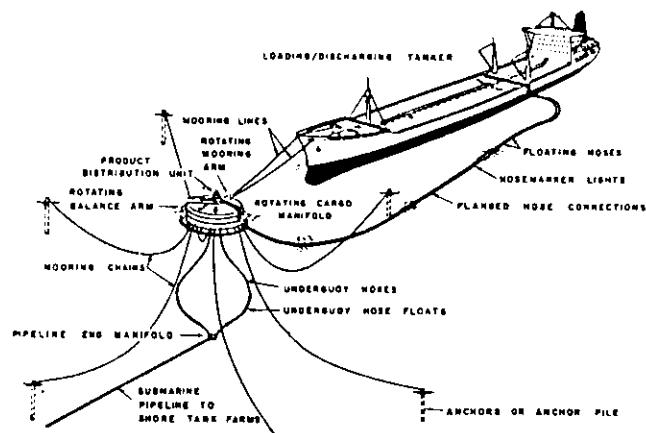


図 3.3.8 Catenary Anchor Leg Mooring

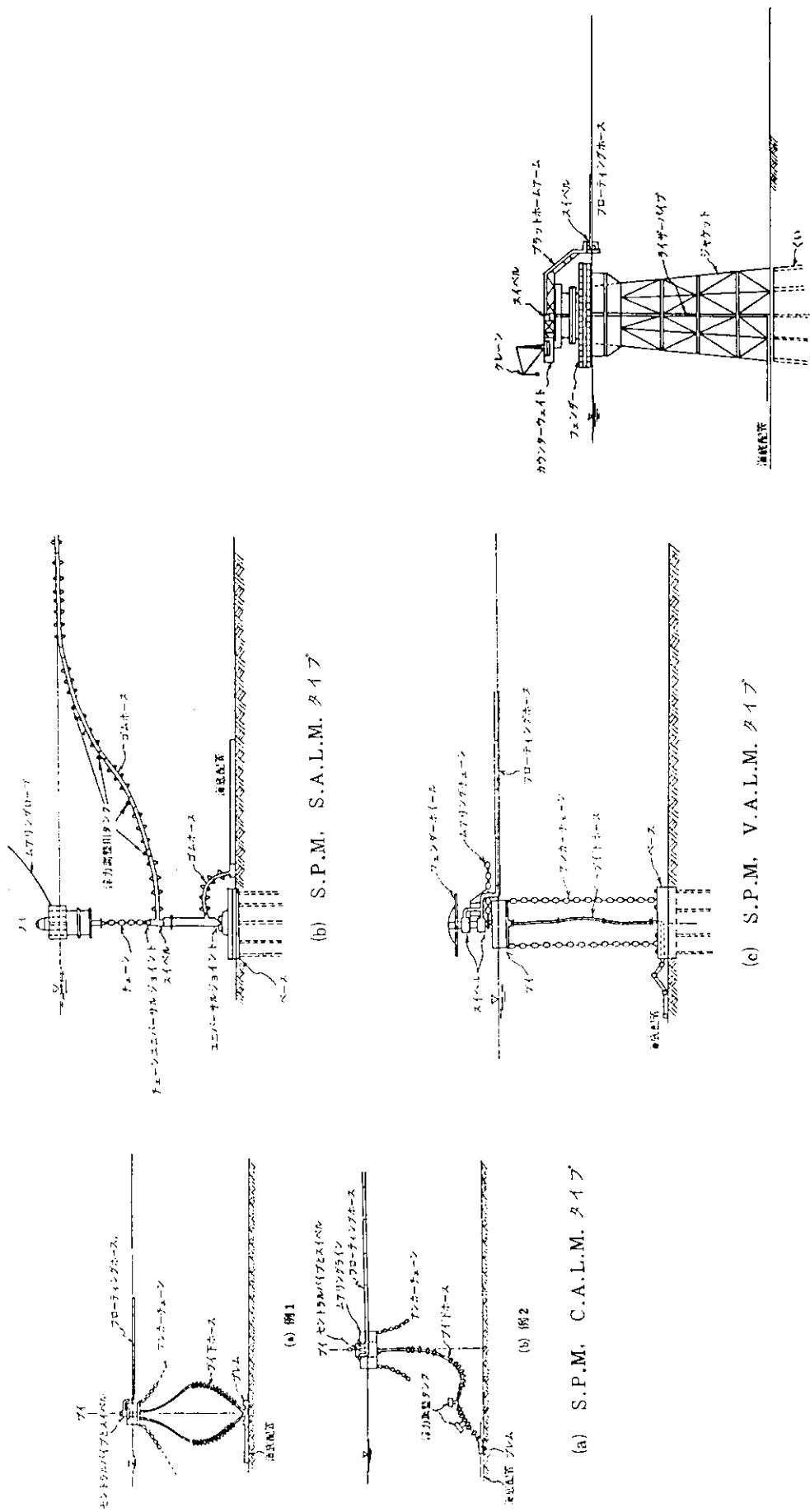


図 3.3.9 一点保留パイの各種型式

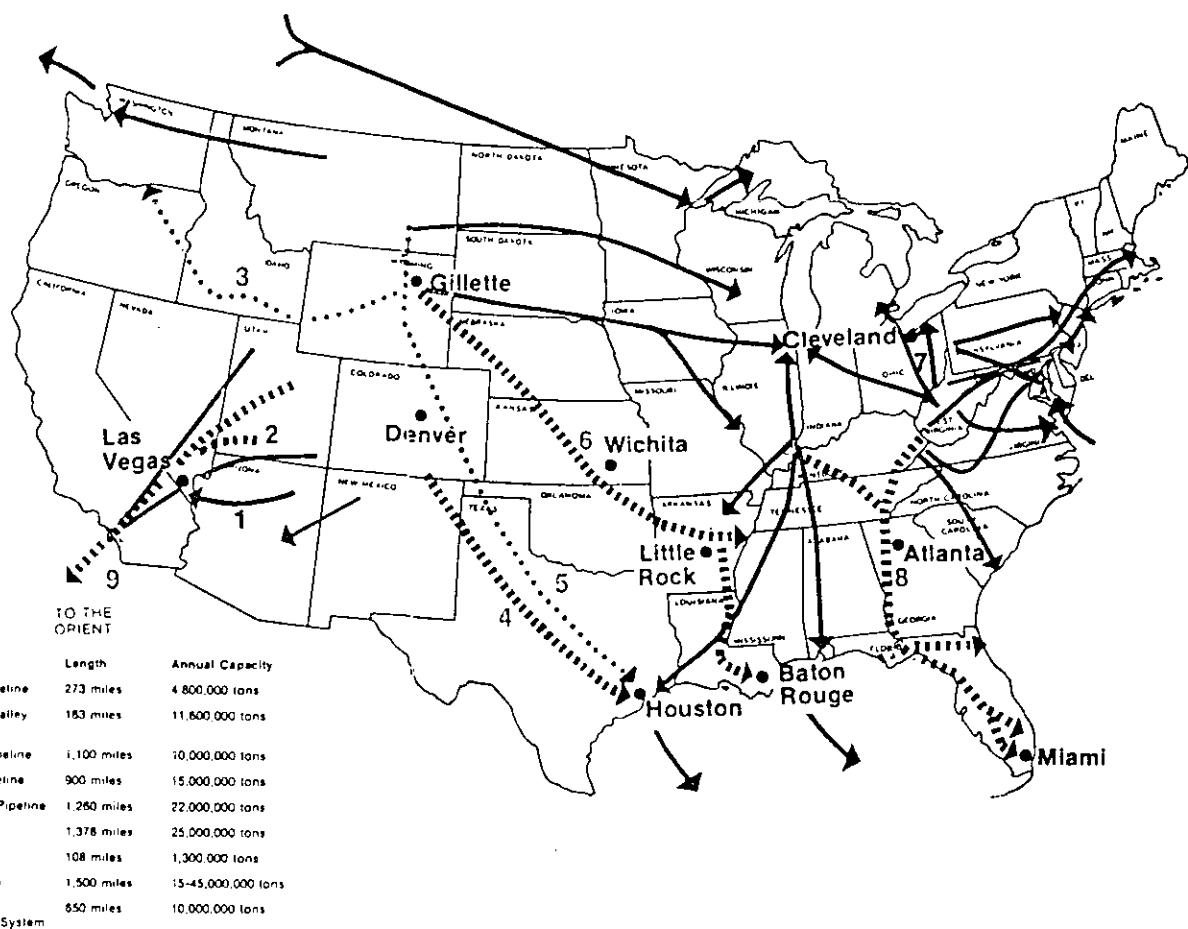


図 3.3.10 米国における石炭スラリー輸送

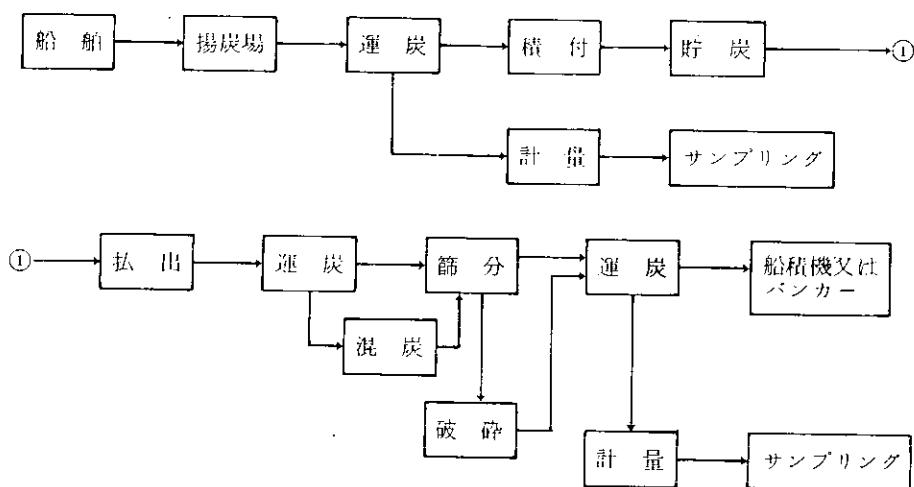


図 3.4.2 石炭ヤードの設備フロー

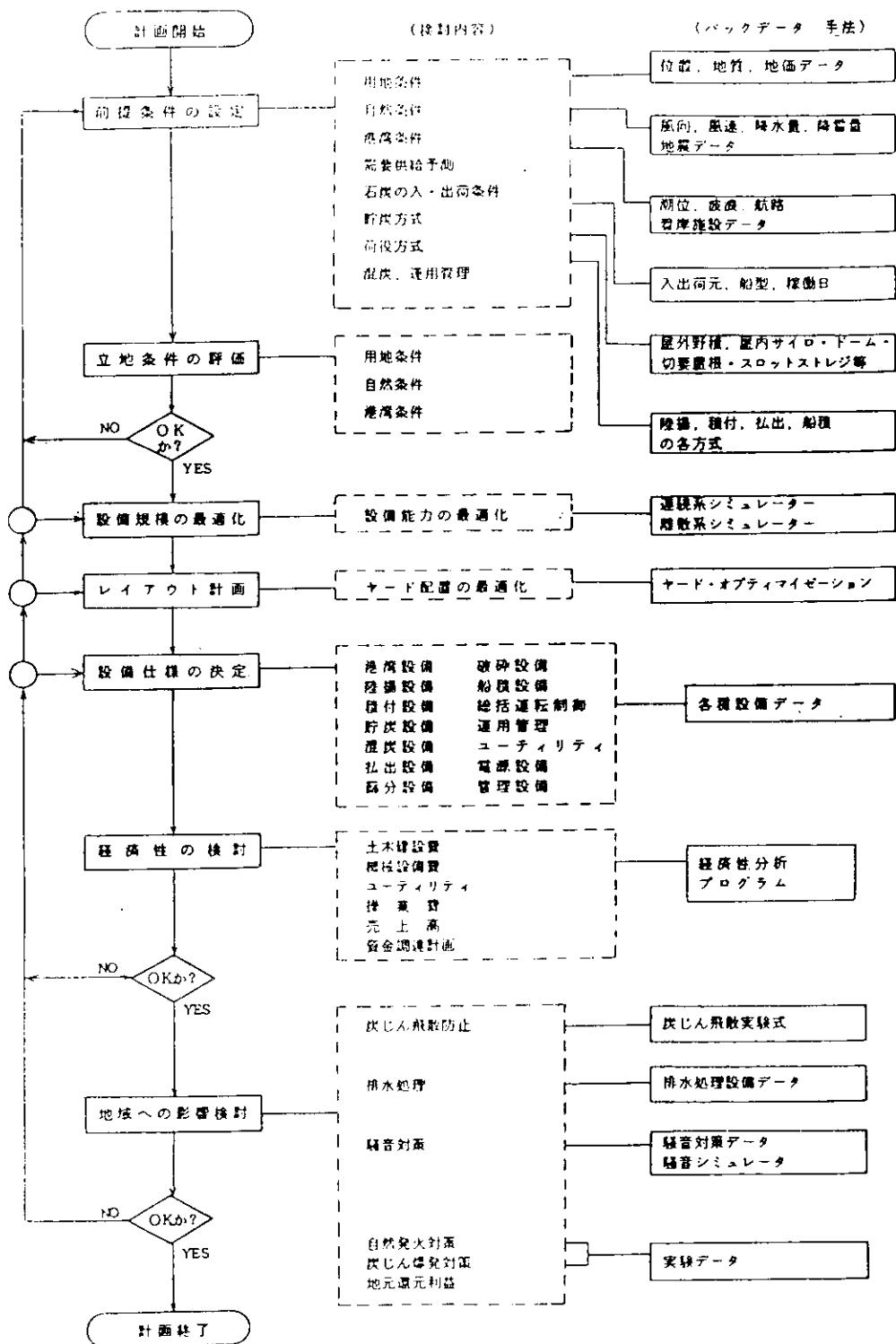


図 3.4.1 立地適応性の評価フロー

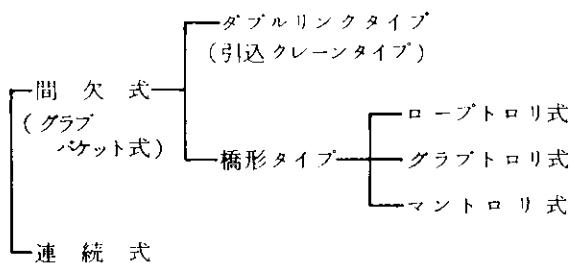
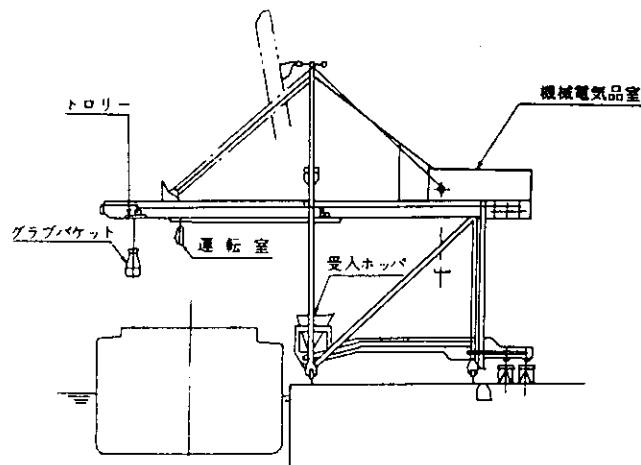


図 3.4.3 アンローダの形式



ロープトロリ式アンローダ

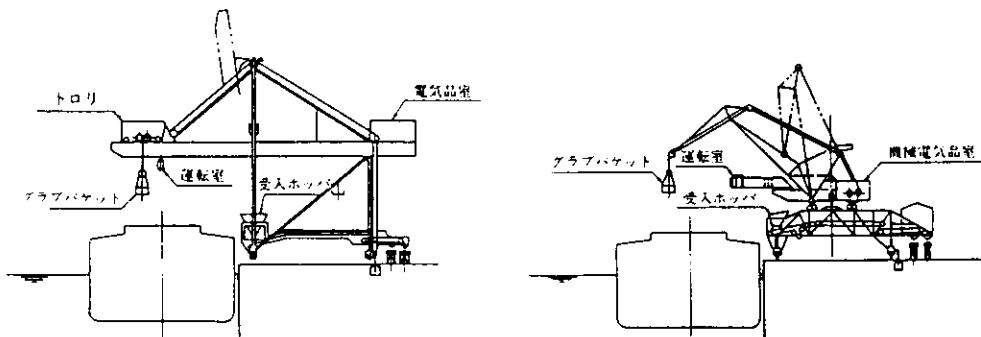


図 3.4.4 アンローダの概要<sup>1)</sup>

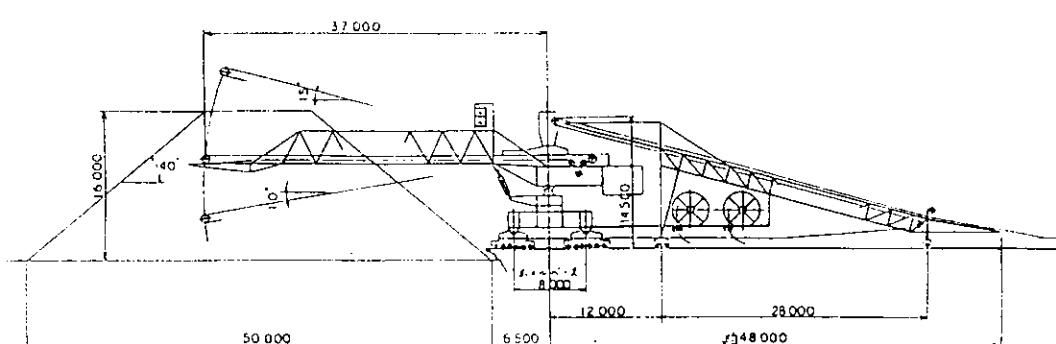


図 3.4.5 旋回起伏ブーム式スタッカー

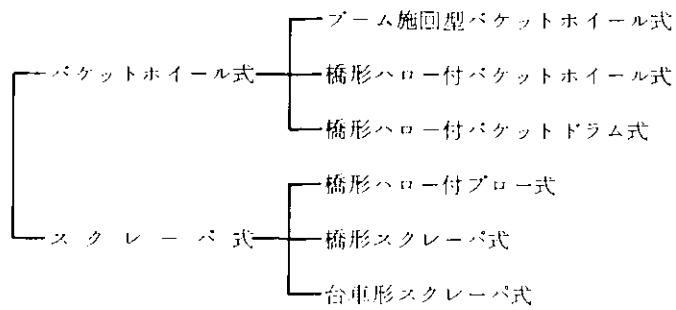


図 3.4.6 リクレーマの形式

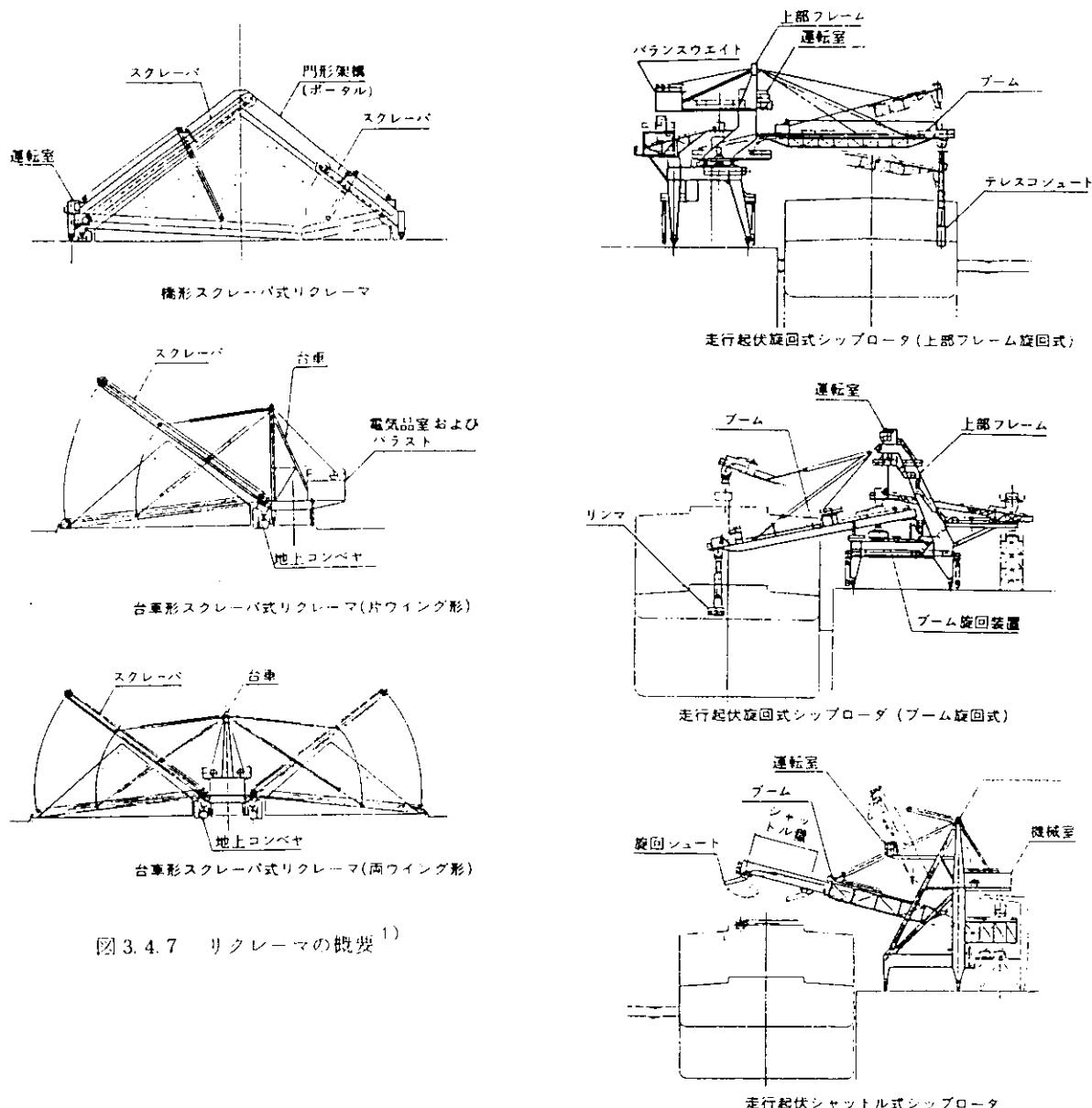


図 3.4.7 リクレーマの概要<sup>1)</sup>

図 3.4.8 シップローダの概要<sup>1)</sup>

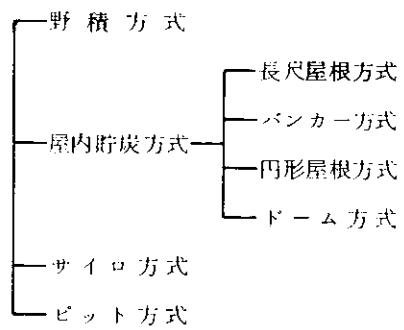


図 3.4.9 貯炭方式の分類

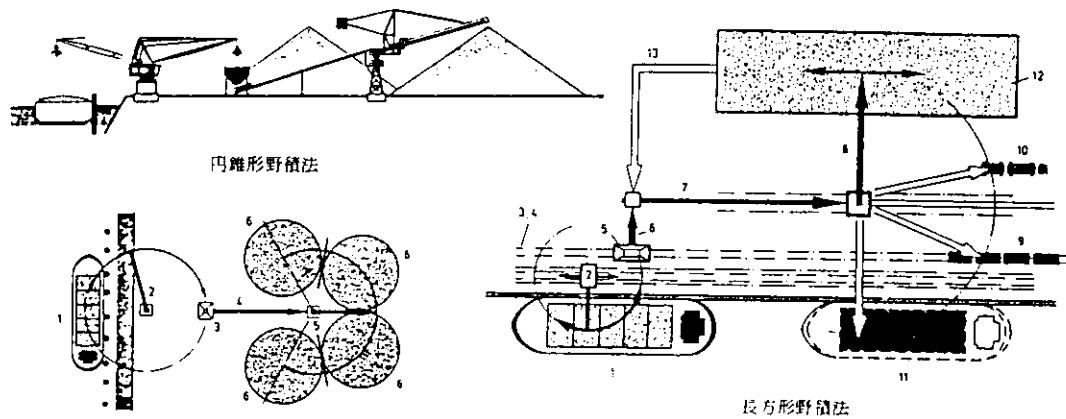


図 3.6 多円錐形野積法

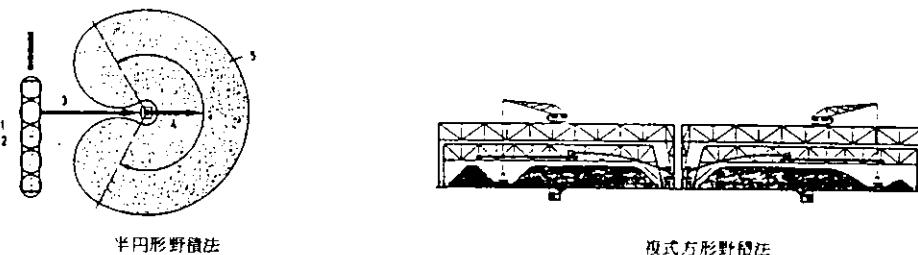


図 3.4.10 野積方式<sup>2)</sup>

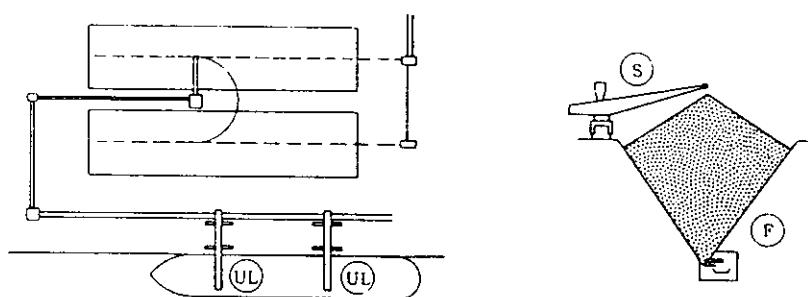


図 3.4.11 V形トレンチ方式<sup>1)</sup>

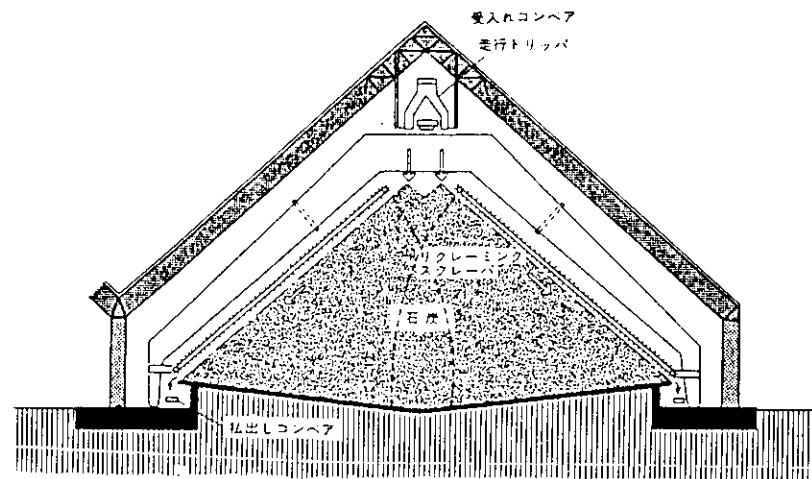


図 3.4.12 切妻屋根方式<sup>2)</sup>

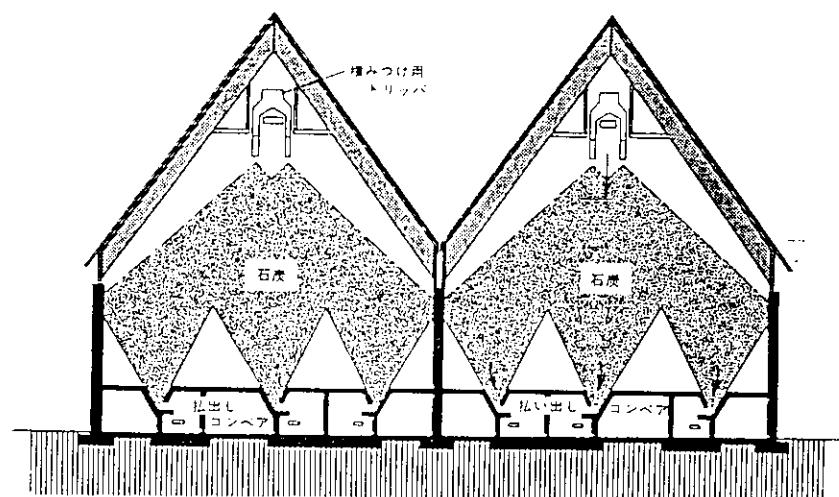


図 3.4.13 バンカ方式<sup>2)</sup>

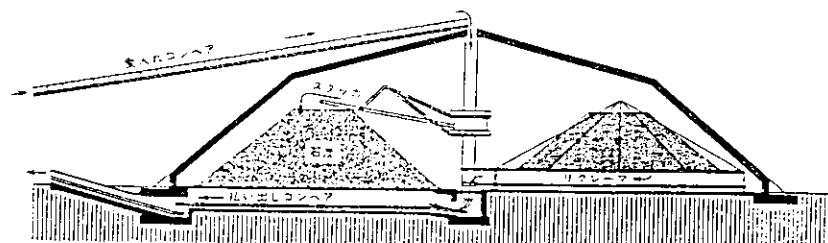


図 3.4.14 円形屋根方式<sup>2)</sup>

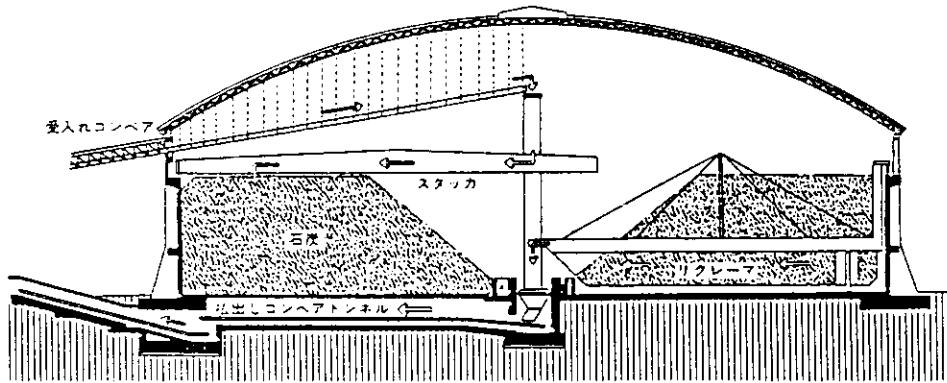


図 3.4.15 ドーム方式<sup>2)</sup>

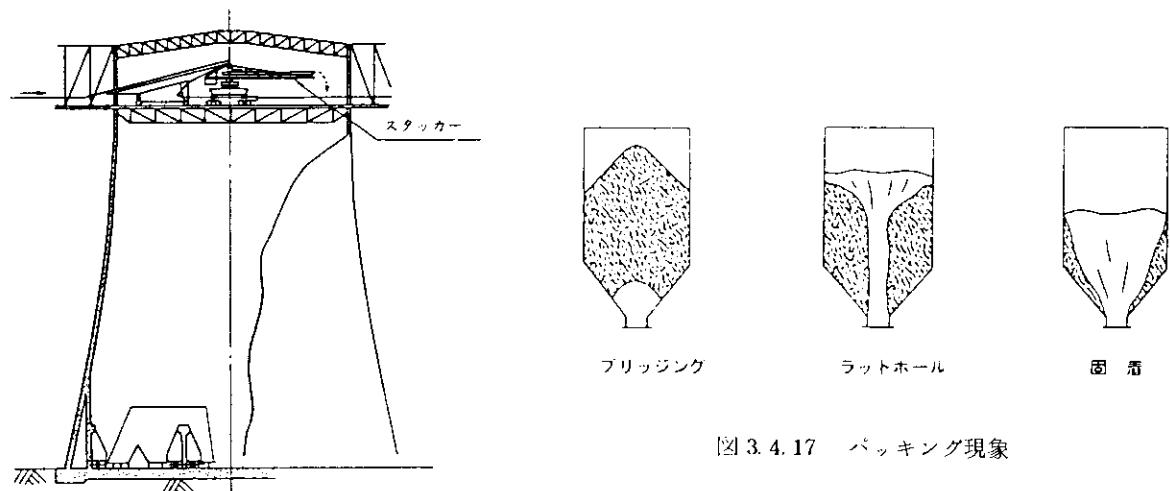


図 3.4.17 パッキング現象

図 3.4.16 サイロ方式<sup>1)</sup>

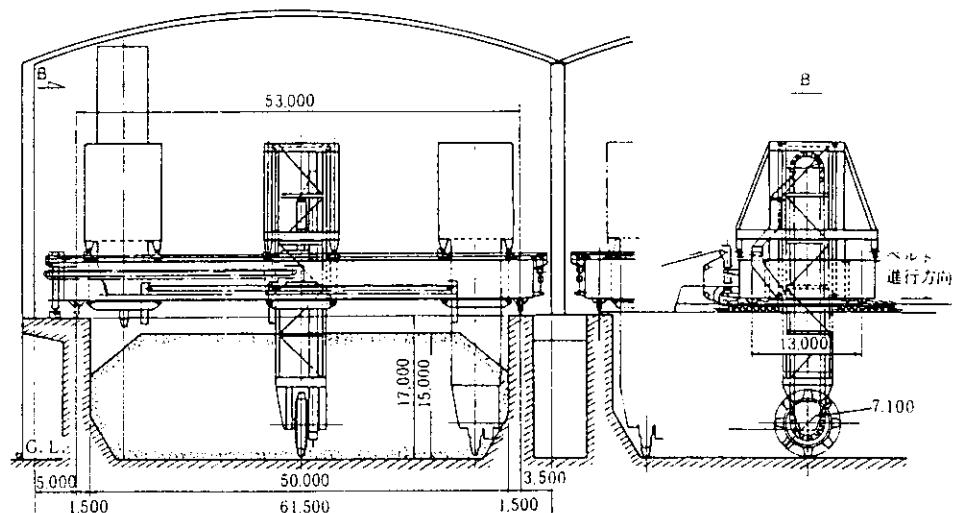
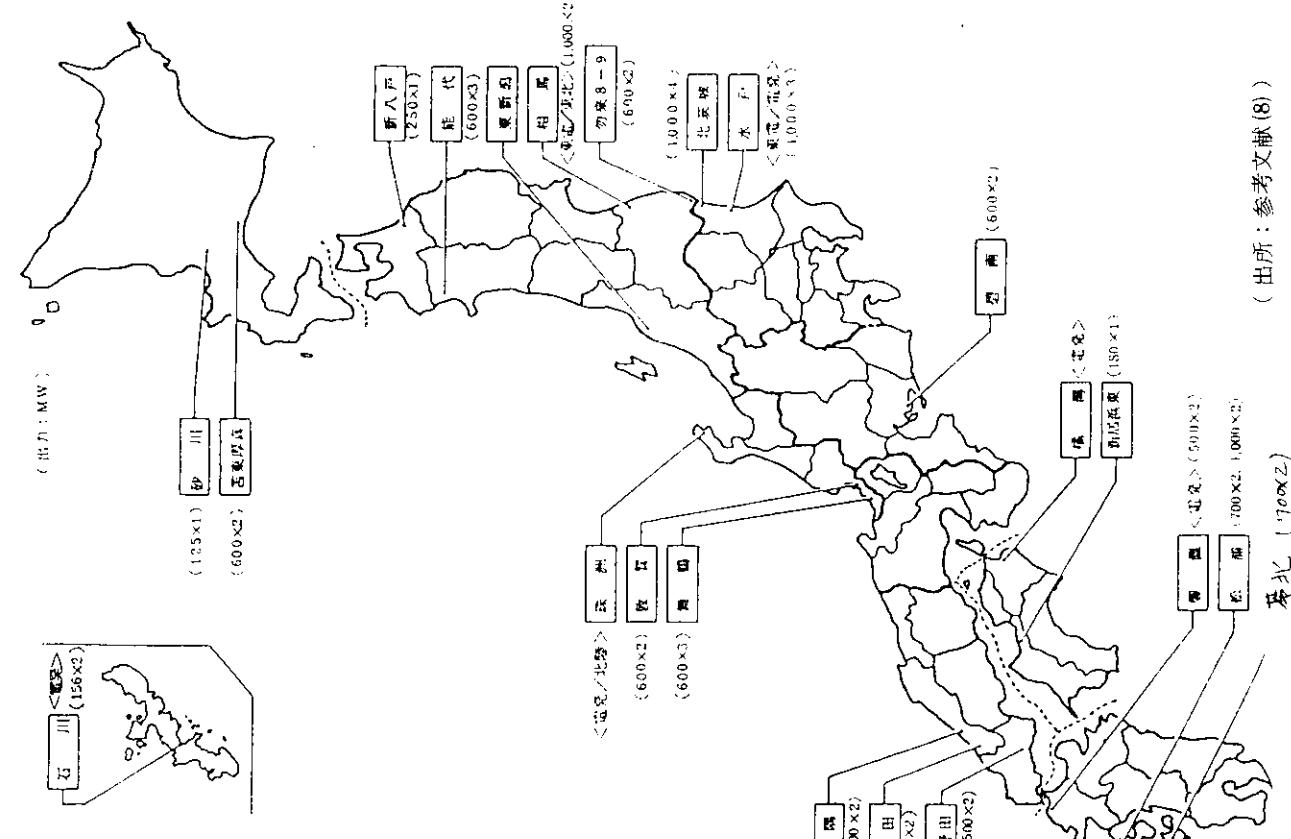


図 3.4.18 ピット方式<sup>1)</sup>



### 3.5.1 電力業界の新設石炭火力発電所（予定）（出力：MW）

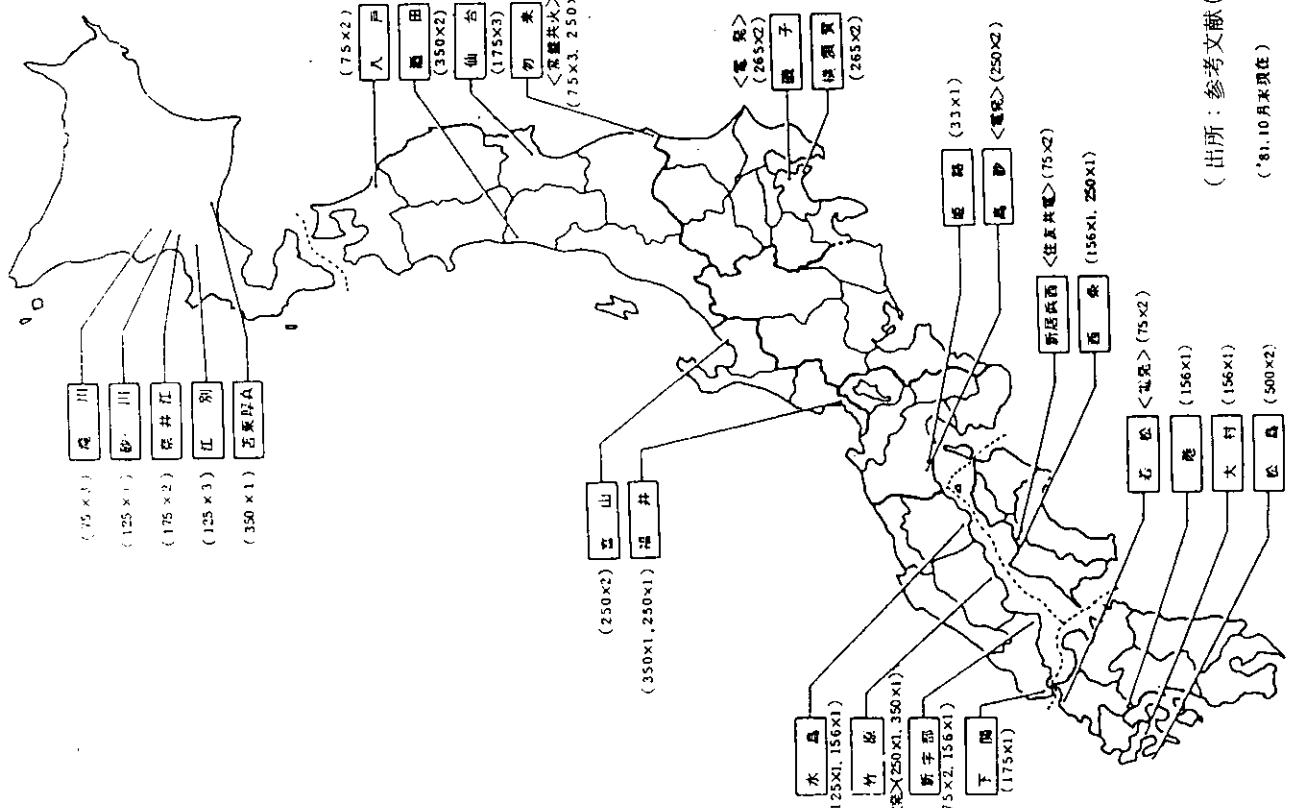


図3.5.2 能力業界の既設石炭専焼・混焼・転換火力発電所（出力：MW）

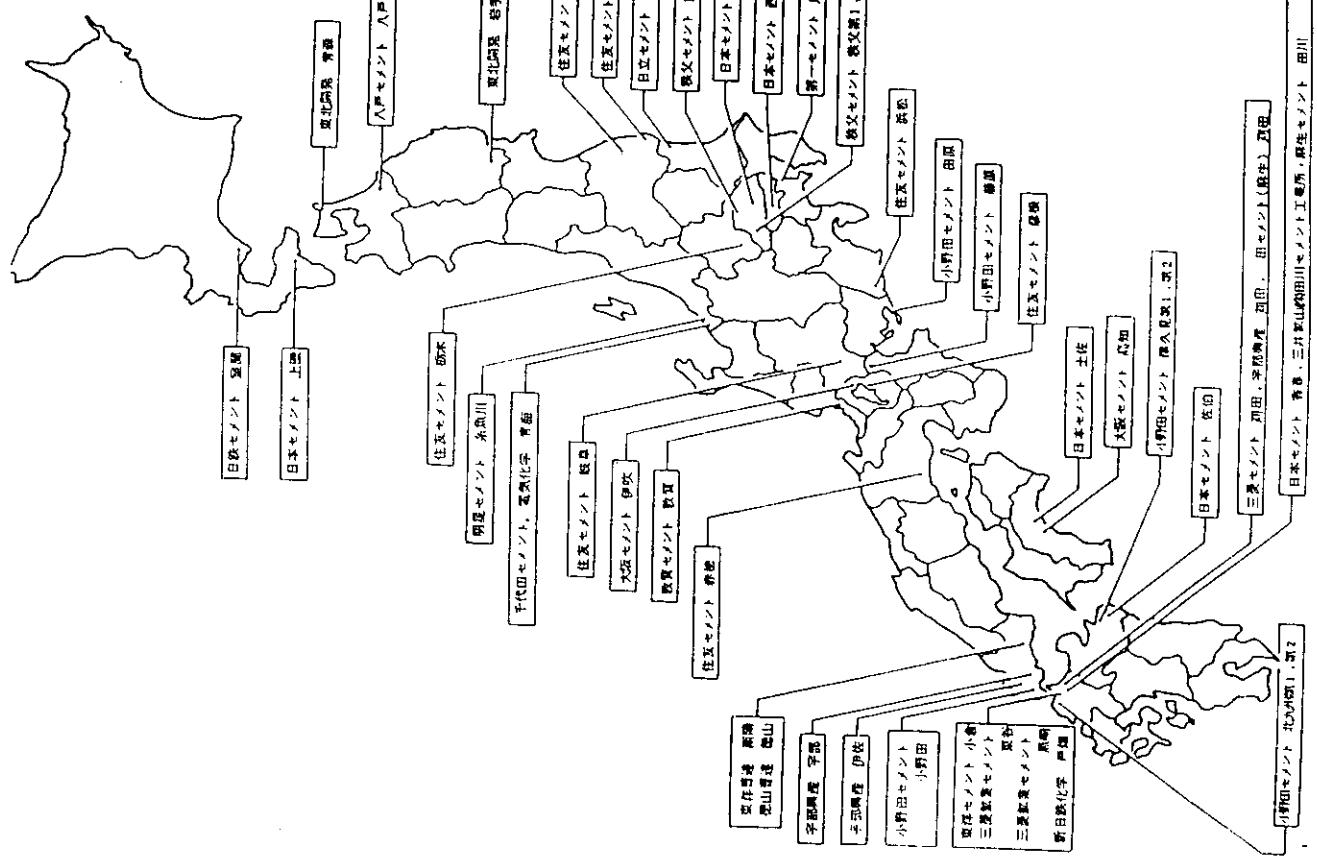


図 3.5.3 セメント工場 (出所: 参考文献(8))

図 3.5.4 一般炭入れ港湾 (出所: 参考文献(9))  
 (取扱量 10 万 t / 年以上 照 55)

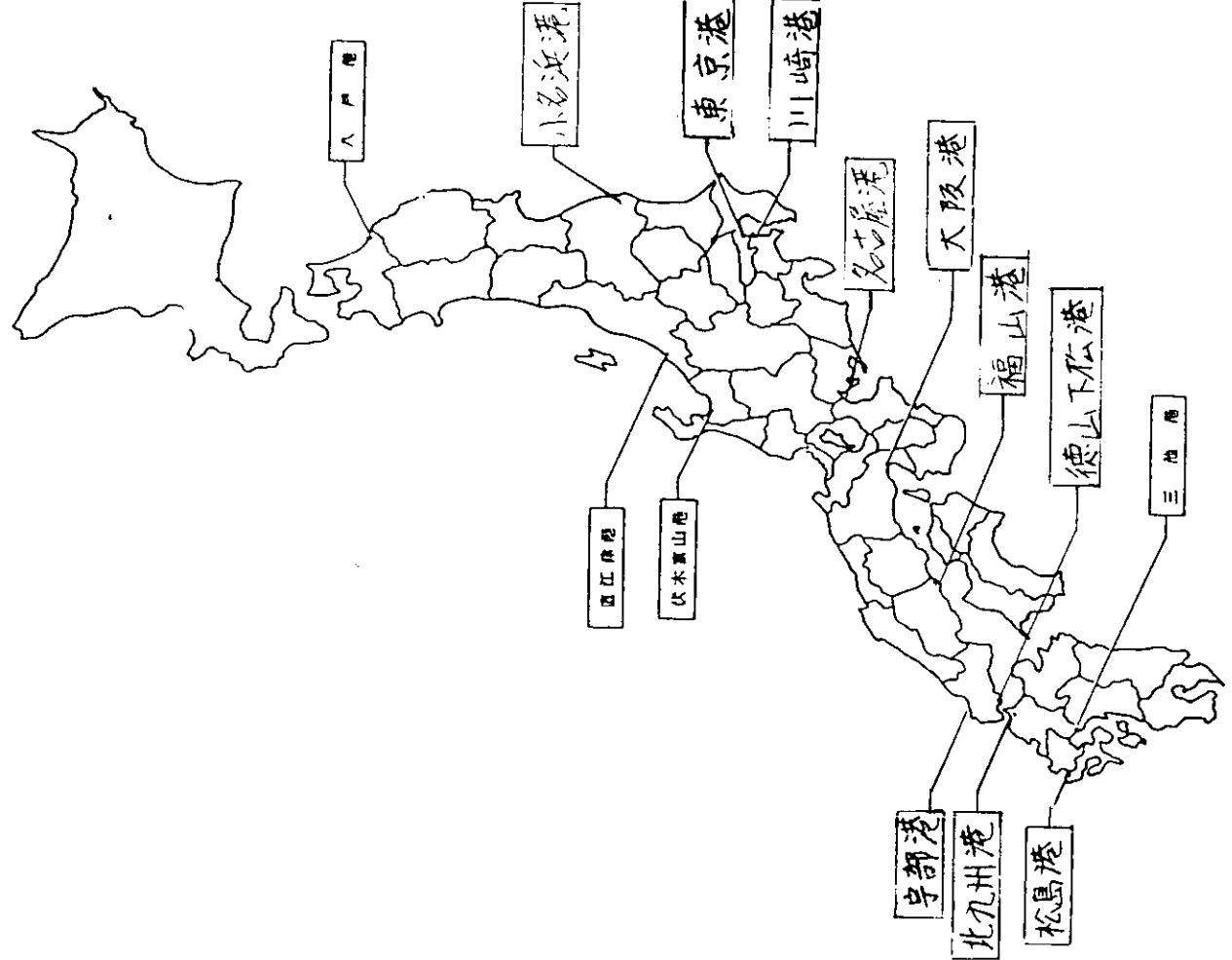


図 3.5.4 一般炭入れ港湾 (出所: 参考文献(9))  
 (取扱量 10 万 t / 年以上 照 55)

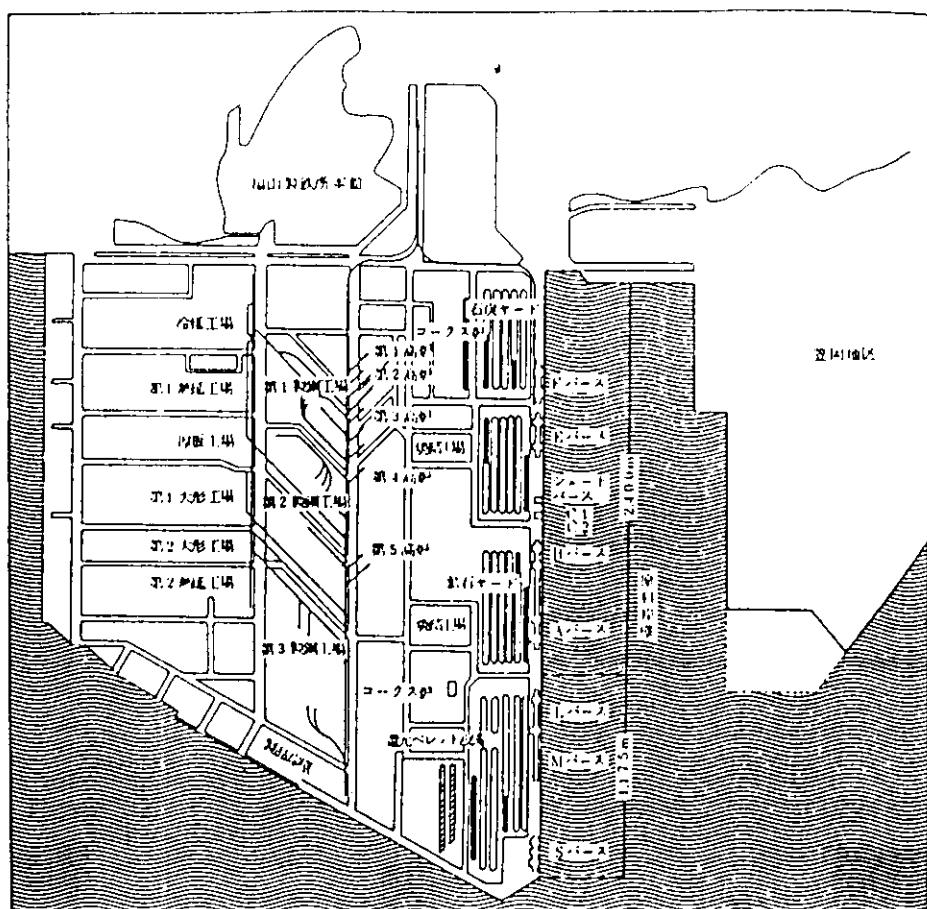


図 3.5.5 エヌケーコールセンター概念図（出所：参考文献(8)）

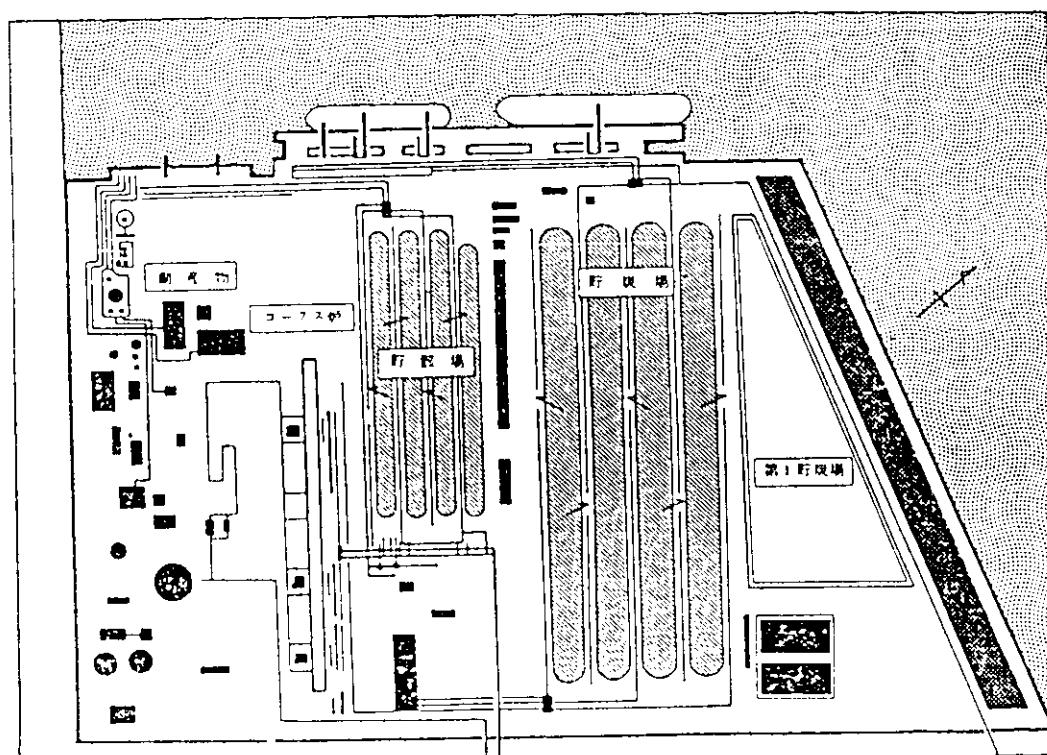


図 3.5.6 體操コール・センター概念図（出所：参考文献(8)）

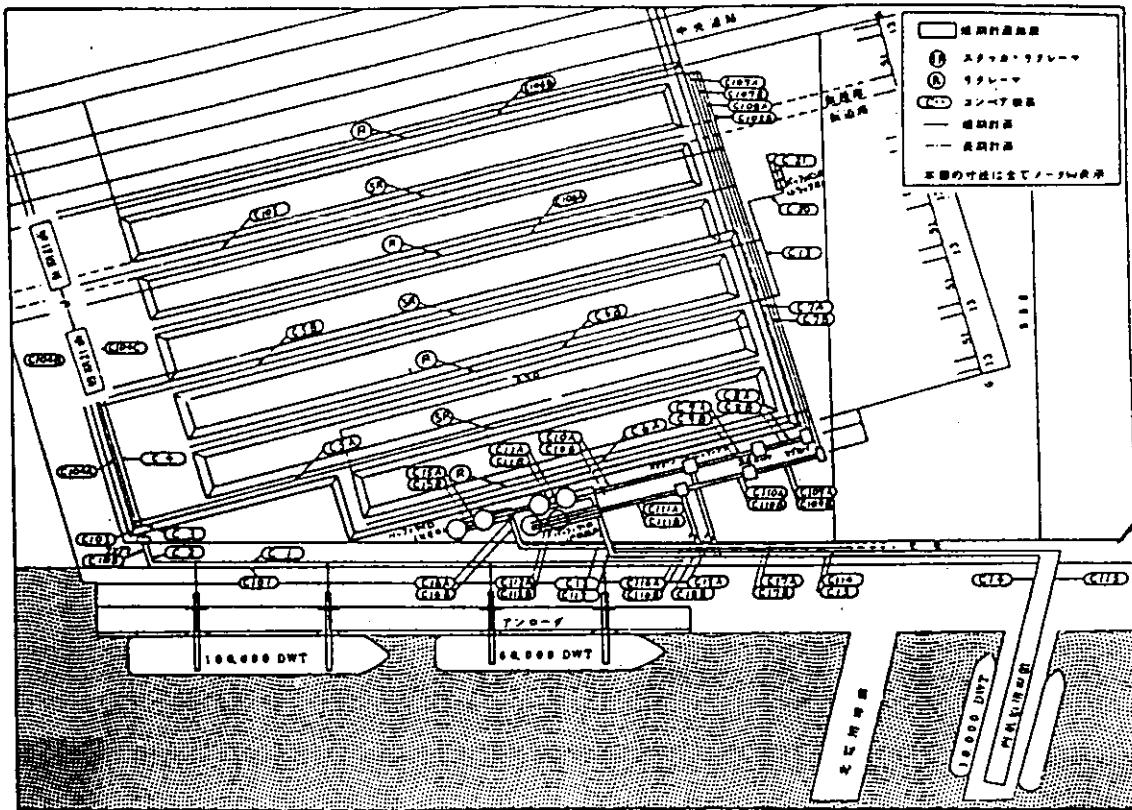


図 3.5.7 苦東コール・センター概念図

(出所：参考文献(8))

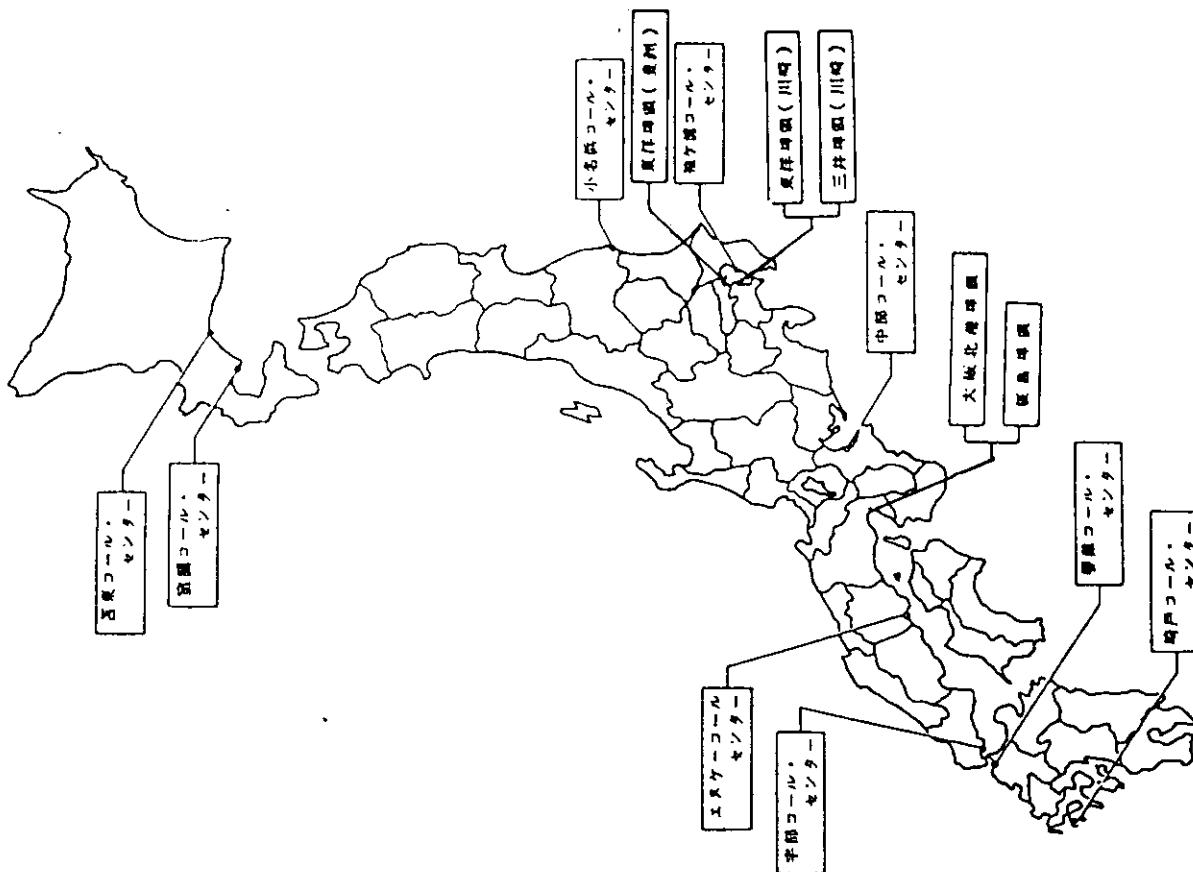


図 3.5.8 コール・センター（計画も含む）

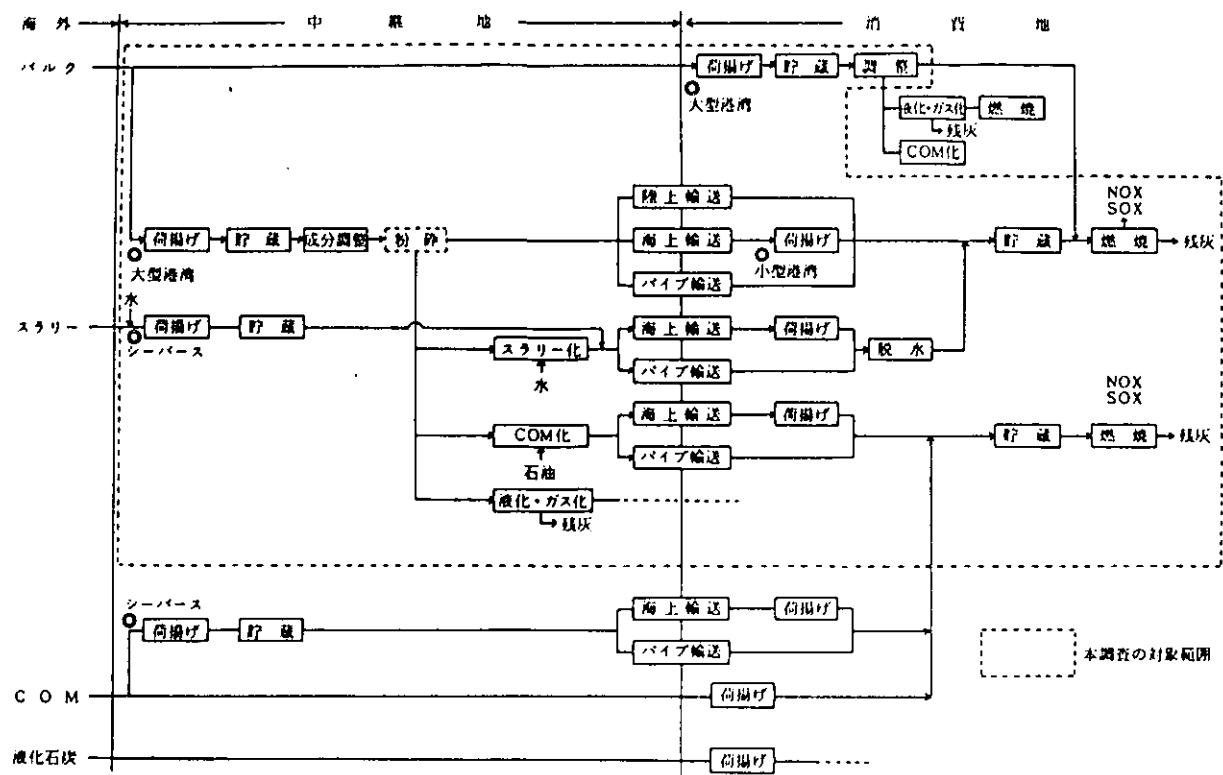


図 3.5.9 輸入一般炭の流通形態

(出所：参考文献(1))

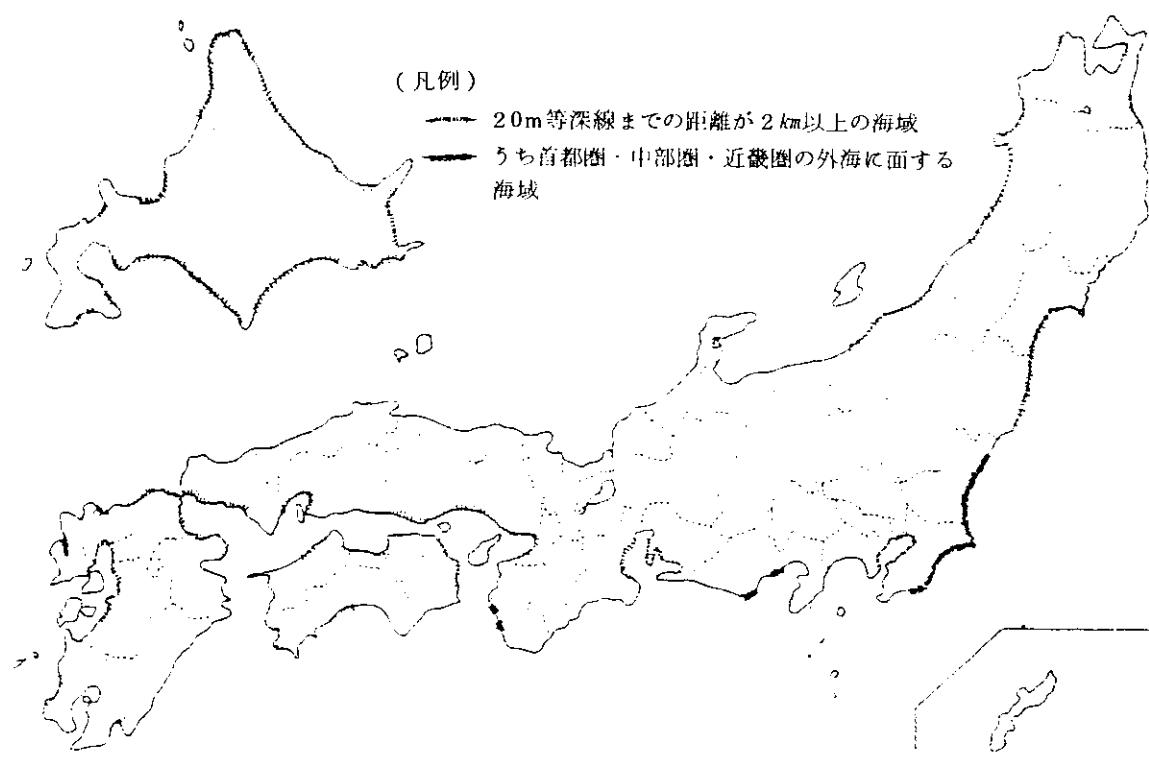


図 3.5.10 沖合人工島適地<sup>-1)</sup>

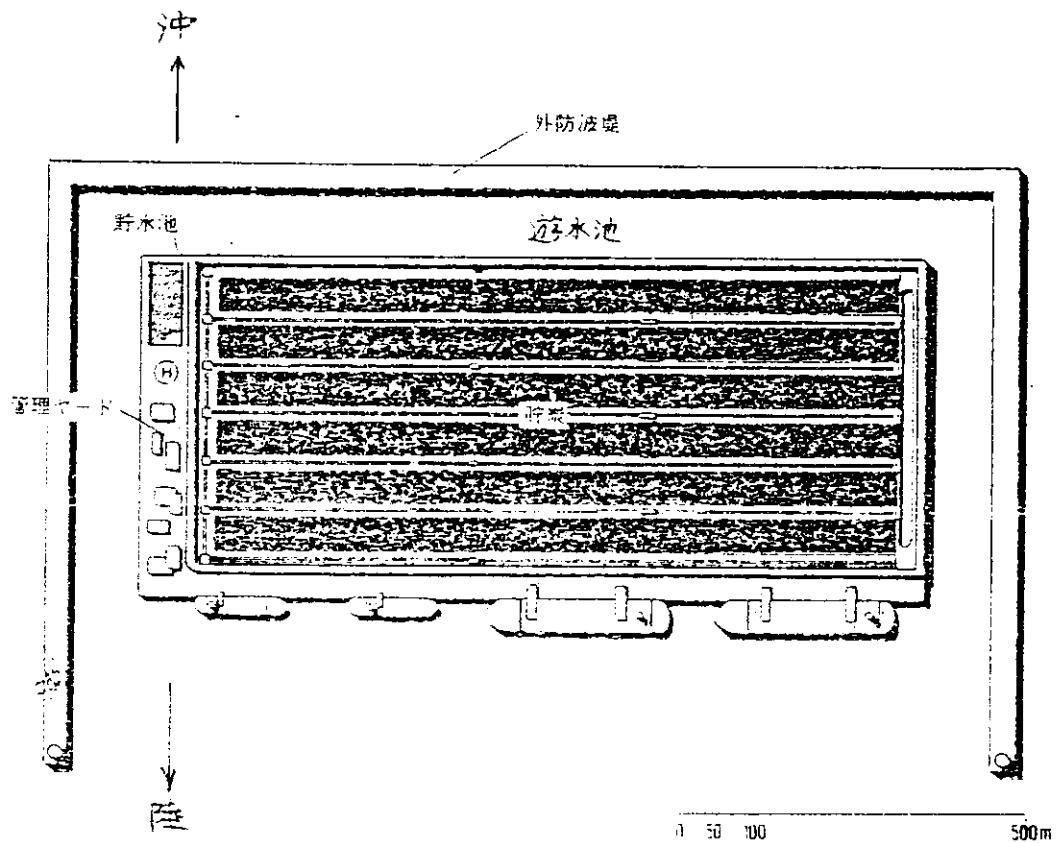


図 3.5.11 コールセンター（埋立式）

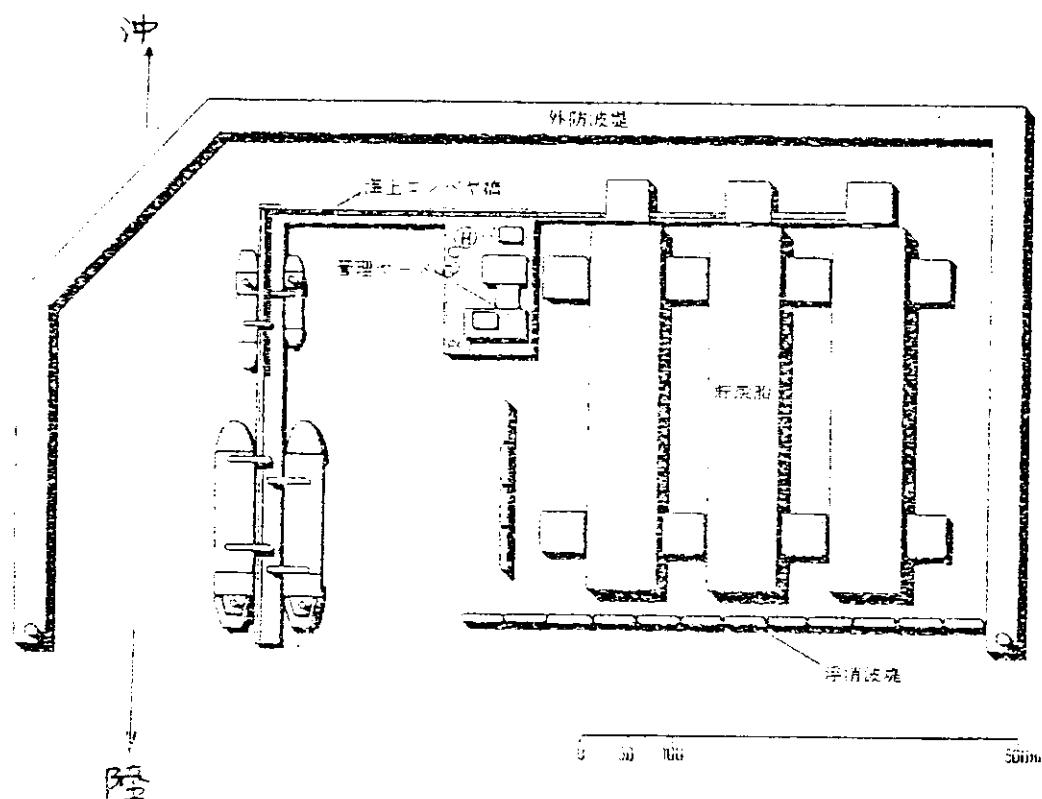


図 3.5.12 コールセンター（浮体式）

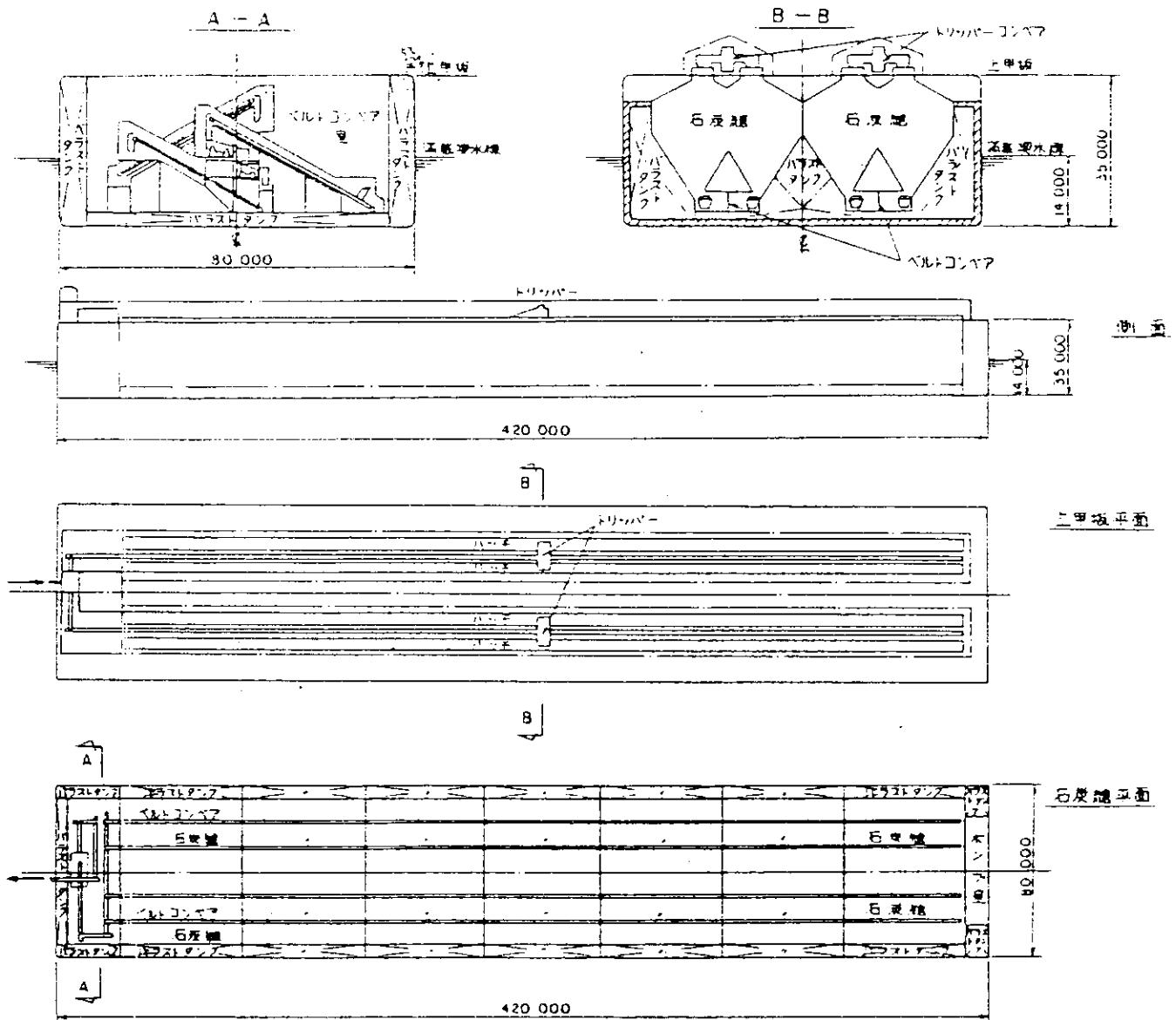


図 3.5.13 貨炭船船内配置図<sup>1)</sup>

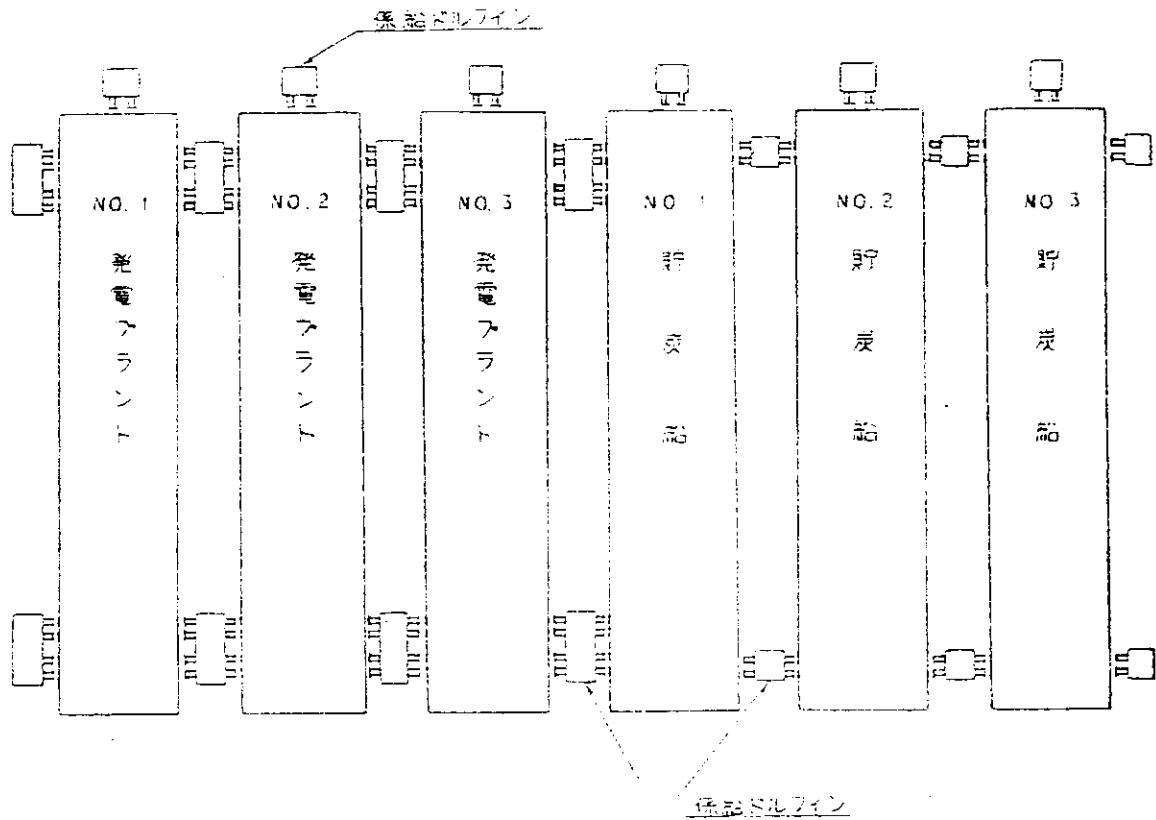


図 3.5.14 貯炭船係留概念図

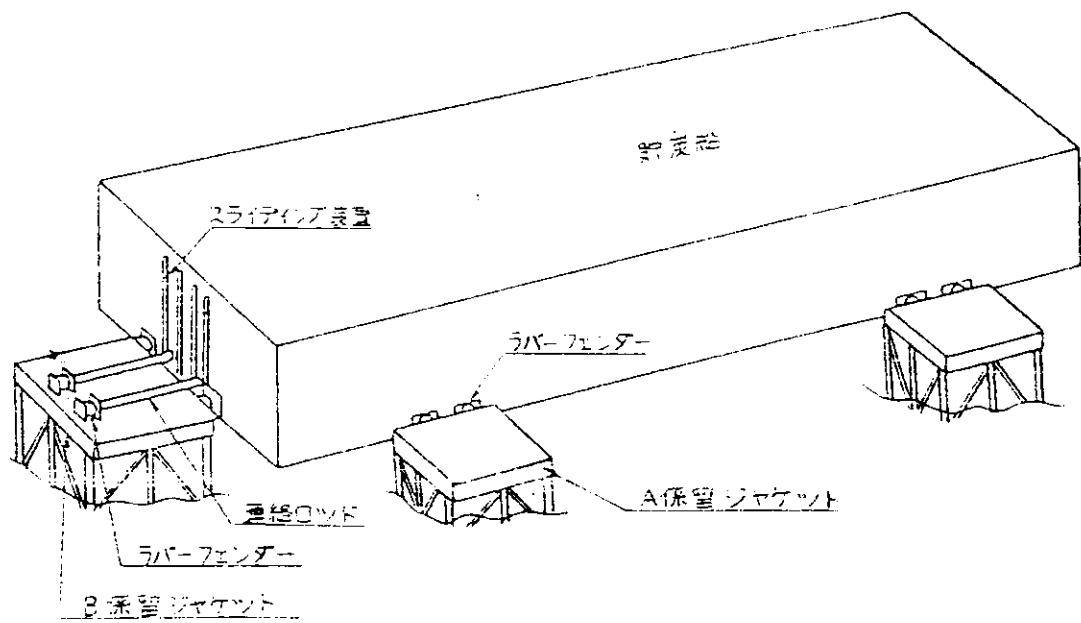


図 3.5.15 貯炭船係留装置図

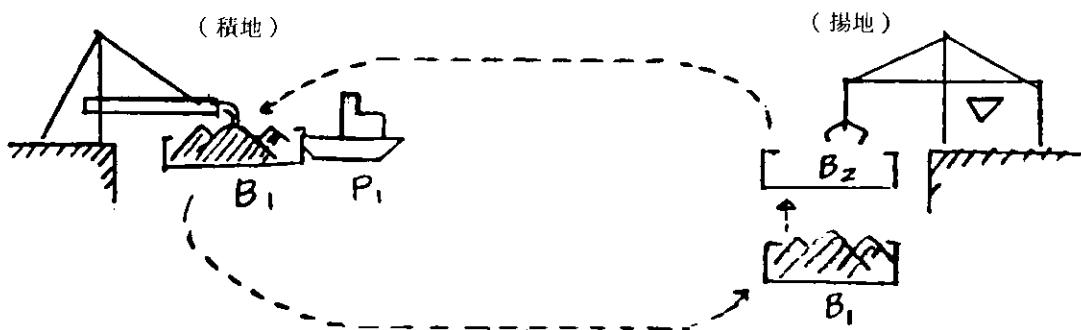


図 3.6.1

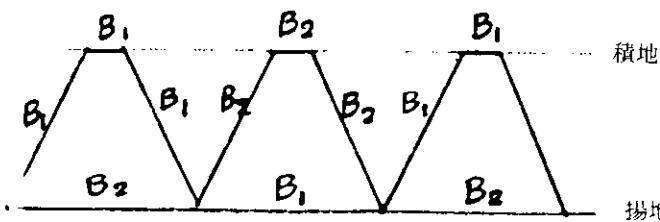


図 3.6.2

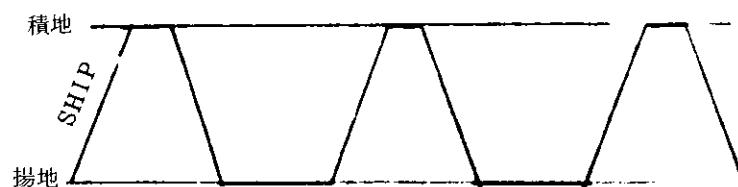


図 3.6.3

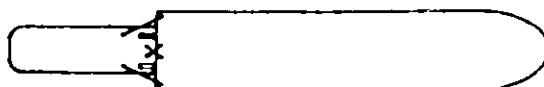


図 3.6.4 ブッシャーニー式ロープ連結



図 3.6.5 浅ノット式ロープ連結

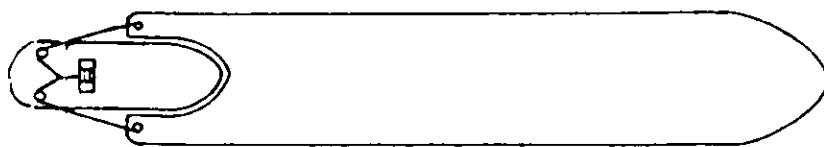


図 3.6.6 深ノット式ロープ連結

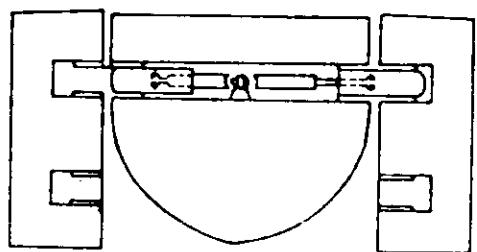


図 3.6.7 アーチュバー式ピン連結

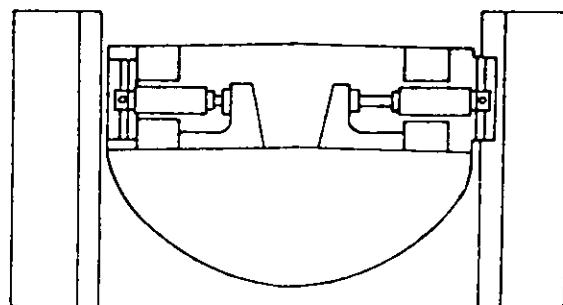


図 3.6.8 アーティカップルF式ピン連結

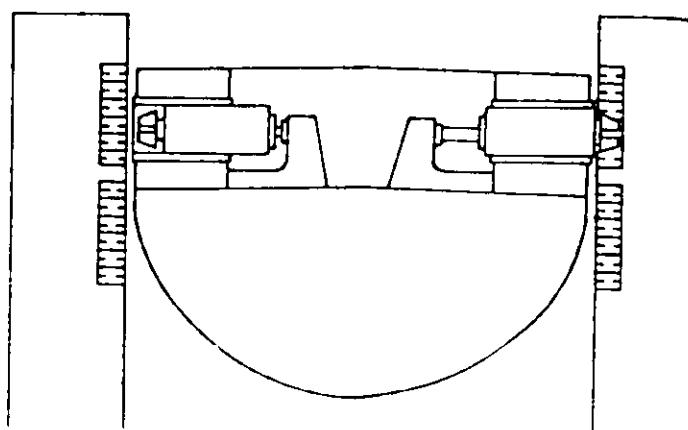


図 3.6.9 アーティカップルH式ピン連結

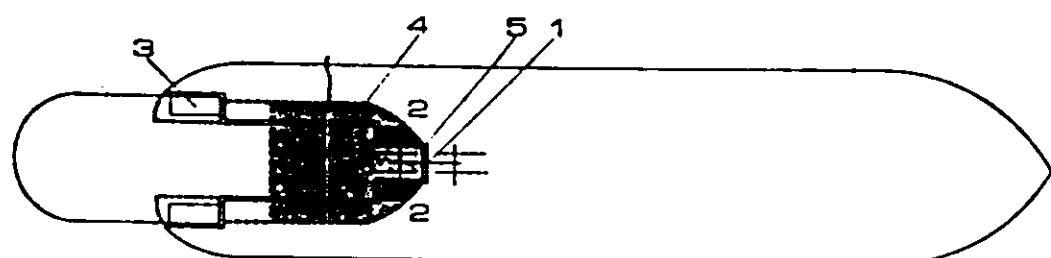
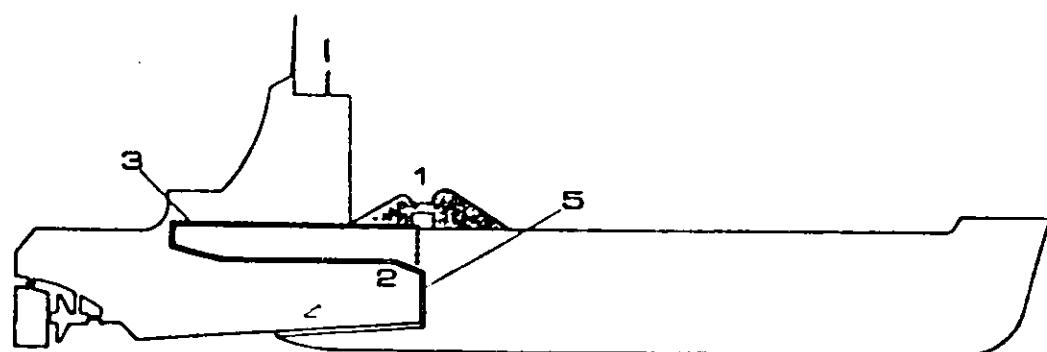


図 3.6.10

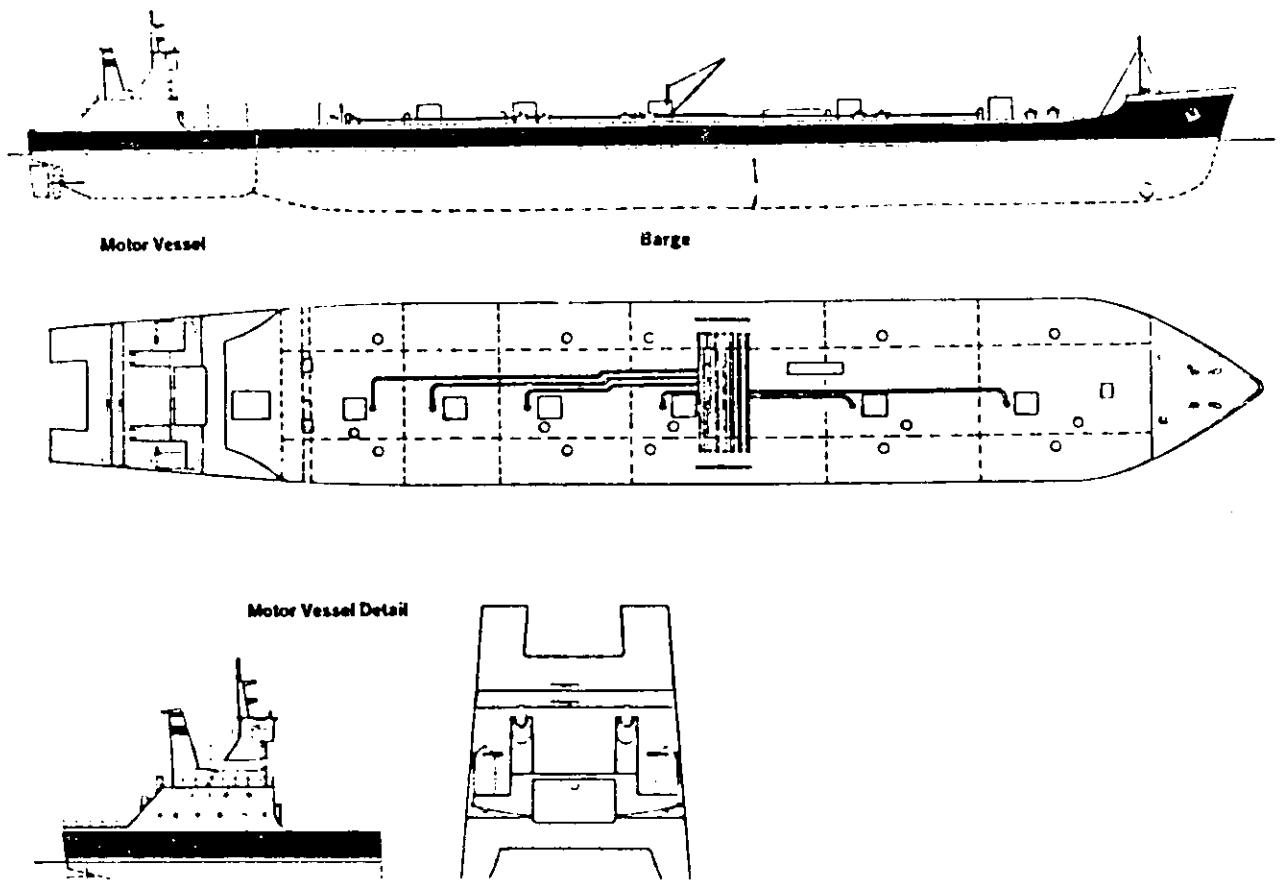


図 3.6.11

## 4. 石炭輸送システムの類型化

### 4.1 基本的な考え方

石炭の輸送システムには、石炭輸送における古来よりの荷姿である固体物として輸送するバルク輸送システムと、石炭を流体化し輸送すべく研究開発中のいくつかの新しい石炭輸送システムがある。

現状の石炭山元より最終石炭消費地までの輸送連鎖（コールチェーン）は、バルク輸送システムを前提に構築され、コールチェーンを構成する各輸送施設は、今後予測される一般炭の世界的な需要拡大に対処すべく、既存施設の拡張、増強と新規施設の建設が進められている。（実行中のものもあれば計画中のものもある。）

それ故に、バルク輸送システムは、今後共、当分の間石炭輸送システムの大半を占めることになるであろう。

「石炭輸送技術開発の動向」にて前述された諸々の新しい石炭輸送技術の研究開発が進み、技術が確立した暁には、炭種、産炭地および消費地の立地条件や消費に係る条件等により、最も経済的な輸送システムとして、山元より消費地までの一貫輸送システムに適用される場合と、積出／受入、港湾施設への投資低減、大規模需要者の立地条件緩和や既存設備の石油より石炭への転換を容易にする等の目的のために、バルク輸送システムと組合せ、複合した輸送システムとして適用される場合があるであろう。

#### 4.1.1 石炭の輸送時の形状

##### (1) 現状の輸送時の形状

輸送時の石炭の形状は、過去には、山元での切込みのまま、または粗糲の大粒の塊炭であったが（現在も一部あり）、現在は、最大粒径50～25mmの塊、粉炭で2mm以下の細、微粉炭の混入率が30%以下と言う粒度分布が一般的である。

##### (2) 今後の輸送時の形状

現状の塊、粉炭形状に加え、新しい石炭輸送システムの確立と共に次の形状が予測される。

1) 細、微粉炭；最大粒径数mm以下。

2) 微粉炭；微粉炭焼きボイラに最適の粒度分布。

200メッシュ(75μ)以下70～80%。

更に、新しい石炭輸送システムを適用するに当たり、コールチェーンの中間過程における脱水または脱油を容易に、効率的にするため、等の目的に副うた次の形状が追加されるであろう。

3) 造粒炭

4) 粉炭（微粉炭をふるい分けしたもの。ふるい分けた微粉炭は造粒する。）

#### 4.1.2 石炭輸送システムの基本型

現在適用および研究開発が進められている石炭輸送システムを輸送媒体（手段）をベースに類型化すると、表4.1.1に示す如く分類される。石炭の形状により、物理的に、又は安全面より適、不適の輸送システムがあり、それらの関係を表4.1.1に合せ示す。

各石炭輸送システムの基本型を図4.1.1に示す。

石炭輸送システムにより、山元、内陸輸送、港湾、船舶などの設備が異なる。各々の石炭輸送システムが必要とする主な設備を表4.1.2に示す。

表 4.1.1 石炭輸送システムと石炭の形状

| 輸送媒体<br>(手段) | 輸送システム         | 塊炭 | 粉炭 |    | 微粉炭 | 造粒炭 |
|--------------|----------------|----|----|----|-----|-----|
|              |                |    | 小塊 | 細粉 |     |     |
| 機械           | バルク輸送          | ◎  | ◎  | ○  | ×   | ◎   |
| 清水           | 在来型水スラリー輸送     | ○  | ◎  | ◎  | ×   | ◎   |
|              | 高濃度水スラリー輸送*    | ×  | ×  | ○  | ◎   | ×   |
| 重油           | 微粉C O M輸送*     | ×  | ×  | ×  | ◎   | ×   |
|              | 粗粒C O M輸送*     | ×  | ○  | ◎  | ×   | ◎   |
| メタノール        | 石炭メタノールスラリー輸送* | ×  | ○  | ○  | ◎   | ×   |
| イナートガス       | 気体管路輸送*        | ×  | ○  | ◎  | ○   | ×   |

注1) ◎; 適。新輸送システムは◎印の形状を輸送目的に開発が進められている。

○; 少し問題あるが可。

×; 物理的又は安全面より不適。

注2) \*印の輸送システムが新しい石炭輸送システムとして、◎印の形状で石炭を輸送するために研究開発が進められている。

他に、ACC(Advanced Coal Chain)と呼ばれる、在来型水スラリーの改良型である、OA法による造粒炭の水輸送システムがある。

## 4.2 類型化

### 4.2.1 石炭輸送システム計画上の主要条件

海外一般炭の輸送システムとして、現在山元より消費地まで一貫してバルク輸送システムが適用されているが、今後バルク輸送システムに加え、現在研究開発中の種々の新しい石炭輸送システムが適用されていくであろう。ある海外の山元より日本の消費先に石炭を輸送するシステムを計画するに当り、

- 1) 現用のバルク輸送システム
- 2) 新しい輸送システムのいざれか
- 3) 二つ以上輸送システムを組合せた複合システム

のいざれが、最適であるかは、各々について経済性および採算性の評価と技術的および物理的な可能性の検討(いわゆるF/S Feasibility Study)が行なわれ通常決定されるが、これらの評価は山元より消費地に至る諸条件により大きく左右されるであろう。

図4.2.1にコール・チェーンの各構成要素における主要条件を示す。

図4.2.1に示した主要条件に優るとも劣らない条件として、わが国および産炭国の石炭政策や輸送施設に関連した諸政策がある。

更に炭鉱、輸送、消費に係る民間企業および労働組合等の姿勢も大きく影響するであろう。

#### (1) コール・チェーン諸施設の所有形態

コール・チェーンの各構成要素の所有形態は非常にさまざまであるが、わが国で消費する海外一般炭の主な産炭国であるオーストラリア、アメリカ、カナダ、南ア共和国、ソ連および中国の6ヶ国について見ると以下の如くで

表 4.1.2 石炭輸送システムと必要な設備等

| 輸送システム   | 船種       | 主要装置  | 港                  | 内陸輸送施設                                | 山元又はコールセントラル   |                        |
|----------|----------|---|--------------------|---------------------------------------|----------------|------------------------|
|          |          |   |                    |                                       | 加工設備           | 石炭以外に必要となるもの           |
| バルク タ    | バルクキャリアー | ハッチカバー  | 機械式荷役装置            | 鉄道                                    | —              | —                      |
| 粗粒 C W M | スラリー一船   | 荷役管装置 <sup>(注1)</sup> 脱水装置<br>ハッチカバー 再スラリー化装置 | シーバースまたは<br>一点係留パイ | パイプライン <sup>(注2)</sup>                | スラリー製造<br>プラント | 滑水 <sup>(◎) (注3)</sup> |
| 微粉 C W M | スラリータンカー | 荷役管装置   | シーバースまたは<br>一点係留パイ | 横込ポンプ                                 | "              | 滑水(○)                  |
| A C C    | スラリー一船   | 荷役管装置<br>ハッチカバー                               | 機械式                | シップローダー(積込)<br>シーバースまたは<br>一点係留パイ(揚戻) | "              | 滑重油(△)                 |
| 微粉 C O M | COMタンカー  | 荷役管装置 加熱装置                                    | シーバースまたは<br>一点係留パイ | 横込ポンプ                                 | "              | 重油(◎)                  |
| 粗粒 C O M | スラリー一船   | 荷役管装置<br>ハッチカバー                               | シーバースまたは<br>一点係留パイ | 横込ポンプ                                 | "              | 重油(○)                  |
| 気体管路     | 微粉炭キャリアー | 荷役管装置 サイクロン、<br>ベルコンベヤー                       | シーバースまたは<br>一点係留パイ | 圧送機                                   | 微粉化、乾燥<br>プラント | イナートガス(◎)              |

注1) 貨物ポンプ。

注2) 中継ポンプステーションを含む。

注3) 必要量。

◎ 多量(石炭量と同程度以上)

○ 多量(石炭量の20~30%程度)

△ 少量

表 4.2.1 主要産炭地、積出港および内陸／海上輸送距離の総括表

出所：アメリカ…U. S. A. Maritime Administration(港湾能力)  
 他 … 表2.3.4, 2.3.5, 2.3.6, 2.3.8, 2.3.11 (“ ” )  
 海上輸送距離は京浜までの距離

| 産炭国名    | 産炭地            | 石炭積出港名  | 積出港能力(現状)                |                          | 積出港能力(将来計画)                | 内陸輸送距離(Km)   | 海上輸送距離(Km)                        |
|---------|----------------|---|--------------------------|--------------------------|----------------------------|--|-----------------------------------|
|         |                |   | 入港可能最大船型                 | 積出能力(年)                  |                            |  |                                   |
| オーストラリア | Q L D          | アボットポイント<br>ヘイボイント<br>グラッドストン                     | —<br>176(脚切)<br>120(脚切)  | 1,500<br>1,200           | ('84) 160<br>('82) 140(脚切) | 650  | 7.370                             |
|         | N S W          | ニューキャッスル<br>シドニー                                  | 110(脚切)<br>40            | 930<br>250               | ('82) 130(脚切)              | 1,500  | 6.160                             |
|         | 東部             | ポートケンブラー<br>ノーフォーク                                | 110(脚切)<br>80            | 700<br>2,900             | ('82) 160<br>100           | 1,500  | 7.700                             |
| アメリカ    | 中部             | ニューポートニューズ<br>ボルチモア<br>モービル                       | 80<br>70<br>60           | 1,650<br>1,660<br>550    | 100<br>100<br>100          | 1,400<br>3,630<br>—                                  | 7.910                             |
|         | 西部             | ニューオリンズ<br>ロスアンゼルス                                | 60<br>100                | 700<br>150               | 100<br>100                 | 1,050<br>900   | 8.020                             |
| カナダ     | 西部             | ラングビーチ<br>ロバーツバンク                                 | 100<br>130               | 150<br>750               | 130～140                    | 270  | 8.080                             |
|         | 南アフリカ          | ネブチューンターミナル<br>ブリッスルパート<br>リチャードベイ<br>クスネット、南ヤクート | 125(脚切)<br>—<br>—<br>170 | 350<br>—<br>2,600<br>500 | 130～140<br>—<br>—<br>170   | 1,080～1,330<br>1,140～1,400<br>410～860<br>クズネット、南ヤクート | 17.610                            |
| 中国      | 大同、開灘<br>准北、襄庄 | 秦皇島<br>石臼所  | 25<br>—                  | 1,000<br>—               | 50<br>100                  | 1,000～<br>1,500                                      | 14.360<br>1,620<br>2,330<br>2,030 |

表 4.2.2 産炭地および消費地の類型化表

| 炭<br>炭<br>種    | 產<br>炭<br>地                 | 内陸輸送距離           | 海上輸送距離           | 受<br>入<br>形<br>状 |                           |                  | 消<br>費<br>模<br>様  |    |   | 中<br>継<br>基<br>地 |
|----------------|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------------|------------------|-------------------|----|---|------------------|
|                |                             |                  |                  | 受<br>入<br>形<br>状 | 消<br>費<br>規<br>模          | 受<br>入<br>人<br>港 |                   |    |   |                  |
| 1. 漂<br>青<br>炭 | 1. 40型以下の小型船のみしか入港できない。     | 1. 500Km以内       | 1. 2,500Km以内     | 1. 塊／粉炭          | 1. 小規模需要家<br>(10万トン／年未満)  | 1. 40型以下         | 1. 公共・専用埠頭        | 1. | 地 |                  |
| 2. 煤<br>炭      | 2. パナマックス型<br>(60型)を対象とした港。 | 2. 500～1,000Km   | 2. 6,000～9,000Km | 2. C O M         | 2. 中規模需要家<br>(10～70万トン／年) | 2. バナマックス型<br>程度 | 2. 中規模コールセ<br>ンター | 2. |   |                  |
|                | 3. 100型以上の大<br>型船が可能な港。     | 3. 1,000～2,000Km | 3. 14,000Km      | 3. そ<br>の<br>他   | 3. 大規模需要家<br>(70万トン／年以上)  | 3. 100型以上        | 3. 大規模コールセ<br>ンター | 3. |   |                  |
|                |                             | 4. 2,000Km以上     |                  |                  | (年間消費量)                   |                  |                   |    |   |                  |

ある。

共産主義国のソ連と中国は全て国営。

(i) 石炭の採掘および選炭プラント

オーストラリア、アメリカ、カナダ、南ア共和国は全て民間所有。

(ソ連、中国など共産圏諸国以外のイギリス、フランス、インドなども国営)

(ii) 鉄道

鉄道は公的所有だが、アメリカおよびカナダの約半分は例外である。

(iii) 港湾

主として公企業が所有しているが、アメリカと南ア共和国は例外である。

(iv) 船舶

共産圏を除けば大部分が民間所有の下にある。

石炭輸送システムとして、新しい輸送システムを適用するに当り、既存施設と競合する際には、特に共産圏諸国は単に石炭輸送の経済性のみを追求せず、軍需や生活物資の輸送が主となり、鉄道、港湾等は国家の長期計画に従い建設されるので、これらを考慮したシステム設計が必要となるであろう。

(2) 環境問題

コール・チェーンの構成要素それぞれに環境問題があるが、輸送に係る環境、土地および水の利用について簡単に記す。

i) 石炭輸送と貯炭に係る環境問題

石炭の内陸輸送は、短距離の場合はトラック又はベルトコンベアで、長距離の場合は貨車あるいはバージによる。環境への主な障害要因として、炭塵、列車騒音、貨車およびトラックの混雑などがある。港や消費地の貯炭場での炭塵の問題は、水の散布や防止剤の散布、その他の方法で解決可能である。

石炭の水スラリー輸送は、パイプラインが地下に埋設されるので、炭塵や騒音、輸送混雑の問題はないが、大量の水を必要とし、水が不足している産炭地では、他より水を移送する必要がある。また、積出し港湾または船舶における脱水と排水処理／有効利用が必要である。

ii) 土地および水の利用

輸送、貯炭用敷地問題が全て土地利用に関わりを持ち、農業用、住宅用およびリクリューション用と競合し、人口密度の高い地域では特に厳しい。

土地利用権を配分する方式は国により異なるが、利用目的が対立することが多くなりつつあるため、慣習、市場機能や法的な規制・命令では解決にくくなりつつある。

また、水資源の利用をめぐっても、同様の対立が増大しつつある。

露天掘復修、選炭、スラリー輸送などに使用する水が既得水利権を持つ農業、家庭、工業などの用途の水と水資源をめぐり競合関係にあり、土地の場合と同様に新たな検討課題となっている。

積出港湾の拡張あるいは新設に際しても、土地利用の競合関係に更に漁業と海浜をめぐる競合関係が生ずる。

石炭の輸送問題は、産炭国の社会的および環境的な問題と密接な関係にあり、産炭国の積極的な輸出政策に負うところが大きく、適用する輸送システムも、それらに整合したシステムでなければならず、整合させるべく新たな技術開発も必要となるであろう。

#### 4.2.2 産炭地および消費地の類型化

##### 1) 産炭地の類型化

海外一般炭輸送システムを構成する上で主要要件である、積出港、内陸輸送距離と海上輸送距離をわが国で消費する海外一般炭の主な産炭国について纏め一覧表にしたのが、表4.2.1である。

上述の3要件を適当にグループ化し、炭種をハードコール（瀝青炭）と低品位炭（褐炭）に区分し纏めたものを表4.2.2に示す。

共産圏のソ連、中国は国家の長期計画に従い、鉄道、港湾の建設が進められているので、新しい石炭輸送システムの適用は考えられない。また、南ア共和国は、ヨーロッパ向けが主で、鉄道、港湾能力は十分なため、同様に、新しい石炭輸送システムの適用は、ヨーロッパの需要者よりの強い要求がない限り、考えられない。アメリカ東部についても同様に考えられる。

以上の事項を考慮し、表4.2.3の如く産炭地を類型化した。

表4.2.3 産炭地の類型化の表

| 記号 |                | 内陸輸送距離            | 海上輸送距離            | 港湾規模               |     |
|----|----------------|-------------------|-------------------|--------------------|-----|
| A  | A <sub>1</sub> | Km<br>1,000～2,000 | Km<br>6,000～9,000 | 10万DW級以上が入港可       | 注1) |
|    | A <sub>2</sub> |                   |                   | 港湾未整備<br>小型船のみが入港可 | 注2) |
| B  | B <sub>1</sub> | Km<br>500 Km以内    | Km<br>6,000～9,000 | 10万DW級以上が入港可       |     |
|    | B <sub>2</sub> |                   |                   | 港湾未整備<br>小型船のみが入港可 |     |

注1) バルク輸送のための大型港湾が整備済のため、他の輸送システムの適用は無用と仮定する。

注2) 港湾が未整備のため、いかなる新しい輸送システムでも適用出来るものと仮定する。

##### 2) 消費地の類型化

一般炭の需要先は、石炭火力発電所、セメント工場、紙・パルプ工場、その他民需であり、石炭の消費量、受入体制など様々で、産炭地以上に類型化は困難であるが、

- (1) 消費規模
- (2) 受入港
- (3) 中継基地

について、適当にグループ化し、表4.2.2に纏めた。

##### i) 消費規模

表4.2.4は、既設（含む転換）と新設（計画）を含めた40ヶ所の石炭火力発電所を規模（出力）をベースに区分したものである。

表4.2.4 石炭火力発電所の規模

| 出力（単位万KW） | 数  | 石炭消費量（単位万トン／年） |
|-----------|----|----------------|
| 100以上     | 16 | 140以上          |
| 100～50    | 9  | 70～            |
| 50～10     | 15 | 14～            |

注) 石炭消費量は100万KW当りの石炭消費量を240万トン／年とし、設備利用率を60%程度として計算した。

表4.2.5は、80年に一般炭を消費したセメント工場、44工場を石炭消費規模（年間消費量）をベースに区分したものである。

表4.2.5 セメント工場の消費規模

| 消費量(80年実績) |  | 工場数 |
|------------|--|-----|
| 30万トン/年以上  |  | 7   |
| 20~30      |  | 5   |
| 10~20      |  | 8   |
| 10万トン未満    |  | 24  |
| 計          |  | 44  |

### ii) 受入港

表4.2.6は、わが国の建設中、計画および構想中の海外一般炭輸入港湾を規模（入港可能船型）をベースに区分したものである。

表4.2.6 海外一般炭輸入港湾

| 港湾<br>用途 | 既設             | 建設中       |          | 計画       |          | 構想                               |                       | 計                |
|----------|----------------|-----------|----------|----------|----------|----------------------------------|-----------------------|------------------|
|          |                | 新規        | 拡充       | 新規       | 拡充       | 新規                               | 拡充                    |                  |
| 一<br>般   | 公頭<br>共利<br>埠用 | 10        | 2        | 1        | 2        | (2)                              | 1                     | (1)<br>(3)<br>20 |
|          | 専頭<br>用利<br>埠用 | (1)<br>6  | (1)<br>1 |          |          |                                  | (2)<br>2<br>(1)<br>10 | (5)              |
| 電<br>力   | (1)<br>1       | (3)<br>3  |          | (2)<br>2 |          | (1)<br>3<br>(1)<br>10            | (1)<br>1<br>(8)       |                  |
|          | 計              | (2)<br>17 | (4)<br>6 | 1        | (2)<br>4 | (2)<br>3<br>(3)<br>6<br>(3)<br>3 | (16)<br>40            |                  |

注1) ( )は6万DW級船舶が入港可能な埠頭。

2) (16)のうち2港は10万DW以上が入港可。

3) 他は3.5万DW級以下の船舶が対象となる。

(出所; 参考文献(6))

表4.2.6より、一般的に、海外一般炭火力発電所の大半は、6万DW級以上の船舶が入港可能であることが分る。

消費地を表4.2.7の如く類型化する。

表4.2.7 消費地の類型化の表

| 記号 |                | 消費規模  | 港湾規模、需要形態等         |
|----|----------------|-------|--------------------|
| E  | E <sub>1</sub> | 大規模   | 10万DW級以上が入港可       |
|    | E <sub>2</sub> |       | 港湾未整備<br>小型船のみが入港可 |
| F  | F <sub>1</sub> | 中・小規模 | 臨海地、小型船入港可の埠頭を保有   |
|    | F <sub>2</sub> |       | 同上。ただし、COMによる転換    |
|    | F <sub>3</sub> |       | 内陸地                |

#### 4.2.3 石炭輸送システムの類型化

類型化された産炭地と消費地を表4.2.8に示す如く組合せ、各々の組合せに、バルク輸送システムと種々の新しい石炭輸送システムを適用したものが、図4.2.3、図4.2.4、図4.2.5である。

表4.2.8 類型化と輸送システム

| 産炭地                             | 消費地     | 輸送システム            |
|---------------------------------|---------|-------------------|
| A <sub>1</sub> & B <sub>1</sub> | — E & F | ケース 1<br>(図4.2.3) |
| A <sub>2</sub>                  | — E & F | ケース 2<br>(図4.2.4) |
| B <sub>2</sub>                  | — E & F | ケース 3<br>(図4.2.5) |

#### 4.2.4 石炭輸送システムの課題

海外一般炭の輸送システムとして、現在開発中の諸々の新しい石炭輸送システムが実用化された暁には、現用のバルク輸送システムと共に存の形で、あるいは競争する形で適用されて行くであろう。

いかなる輸送システムが適用でき経済的であるかは、新しい輸送技術の開発の動向を見守ると共に、各々のシステムについて、山元より消費地までの諸条件を加味し、コールチェーン全体を通しての経済性の評価が不可欠である。

新しい輸送システムに従事する船舶は現用のバルクキャリアーに比し、表4.1.2に示す如く特有の専用装置を必要とし、また一般的に同一サイズの船舶にあっては石炭の積載量が減ずるため、コスト高になることは免れ得ないので、内陸輸送、港湾施設等で、いかにコスト低減が計られるかが新しい輸送システムの評価の決め手となるであろう。勿論、最適船型の開発等船舶自身のコスト低減のための技術開発も今後の課題である。

諸々の新しい石炭輸送システムは、現在、研究開発の段階にあり、これらの技術の早期実用化が最大の課題である。

#### [参考文献]

- (1) 石炭ヤード、ハンドリング設備計画、建設の実際  
—— 石炭輸送トータルシステム ——  
株フジ・テクノシステム
- (2) コール・ノート  
資源エネルギー庁石炭部監修  
資源産業新聞社
- (3) W A E S レポート  
世界エネルギーの将来 1985-2000  
日本AES機構訳、共立出版
- (4) W O C O L レポート  
Future Coal Prospects  
—— Country and Regional Assessments ——  
Ballinger Publishing Comp.
- (5) 石炭プロジェクト  
—— 需要、供給、流通編 —— '81年度版  
株プロジェクトニュース社
- (6) 石炭輸入港湾の整備の推進  
戸嶋英樹、岩瀬清治 港湾 1981.12 (Vol. 58)

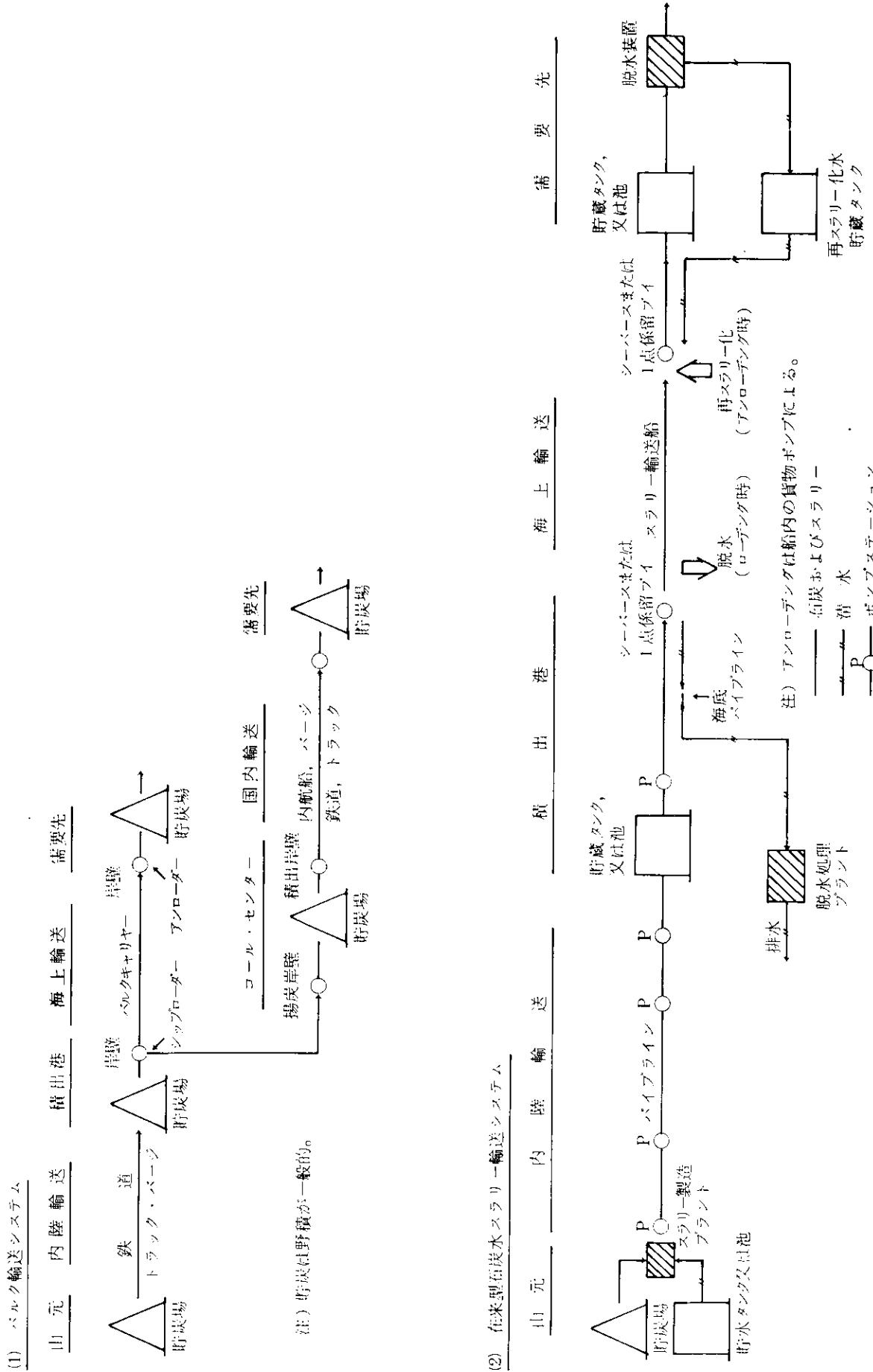
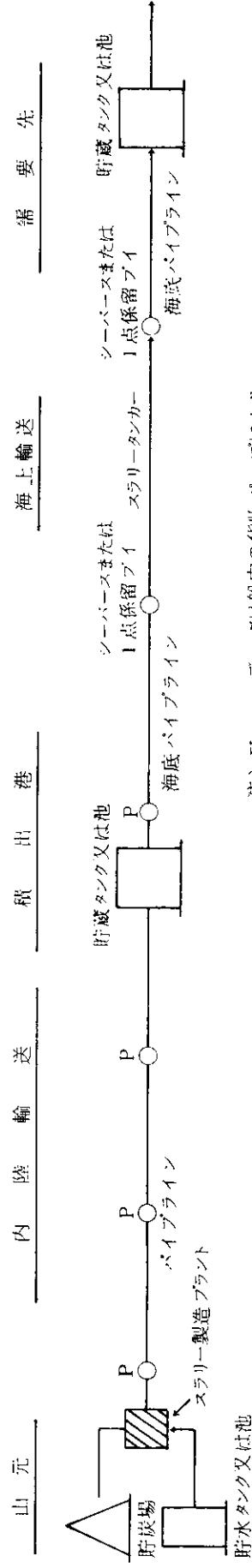


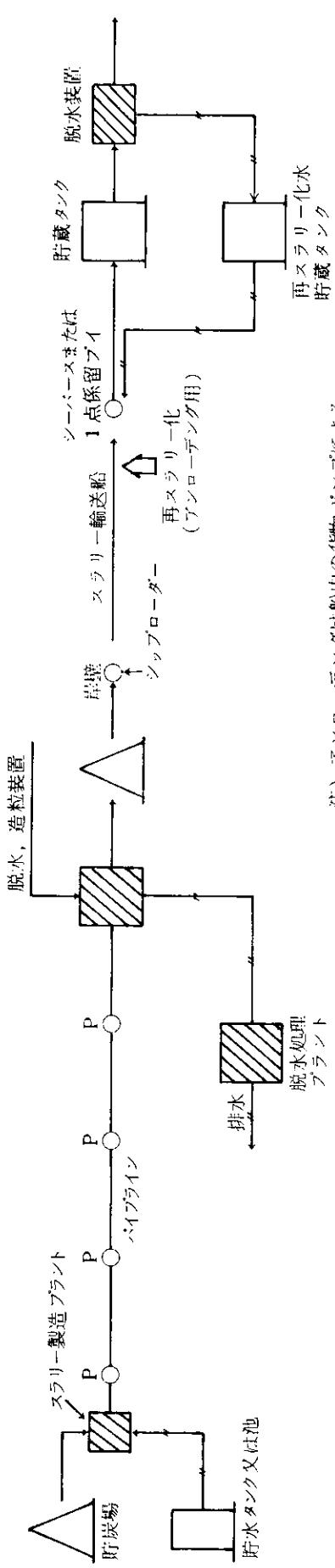
図 4.1.1 石炭輸送システムの基本型(1) & (2)

(3) 高濃度石炭水スラリー輸送システム



注) アンロードタンクは船内の貨物ポンプによる。

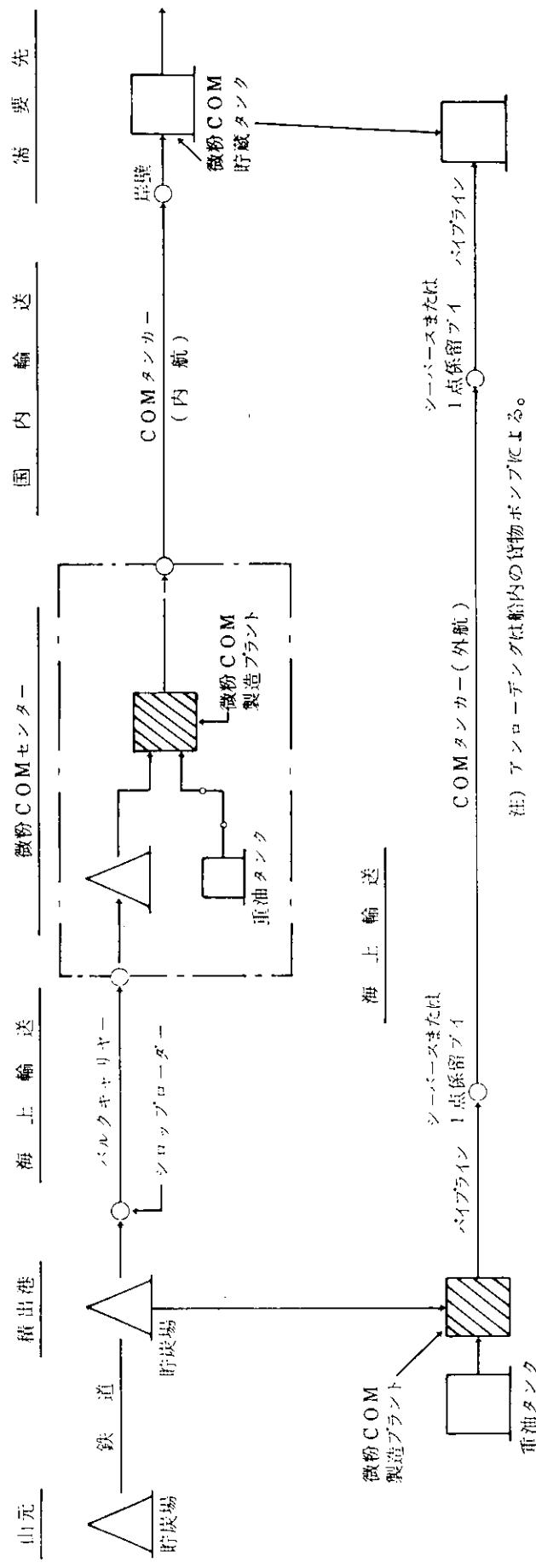
(4) O.A.法による造粒炭の水スラリー輸送システム



注) アンロードタンクは船内の貨物ポンプによる。

図 4.1.1 石炭輸送システムの基本型 (3) & (4)

(5) 微粉 COM輸送システム



(6) 粗粒 COM輸送システム

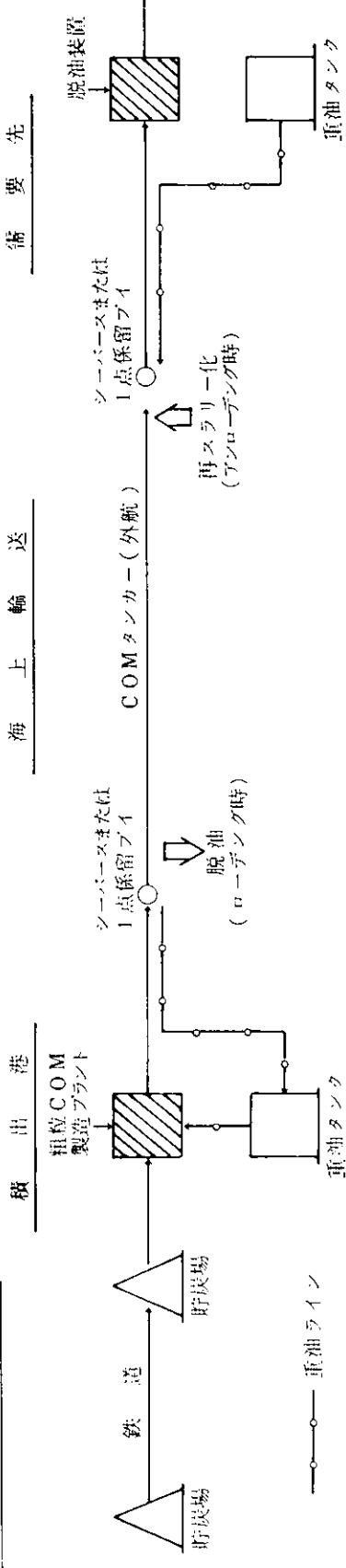
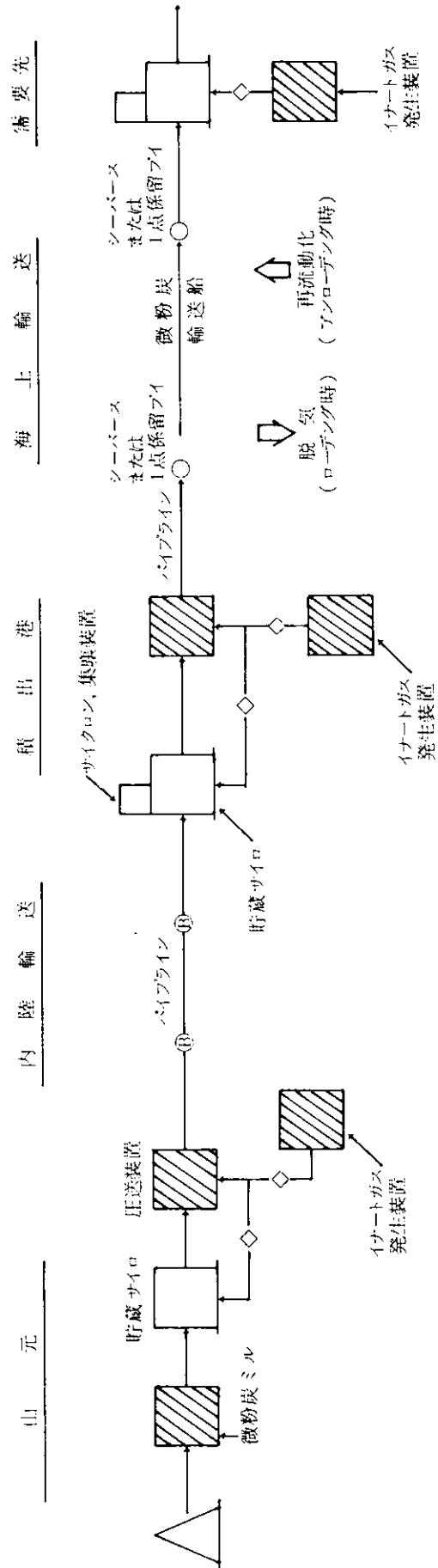
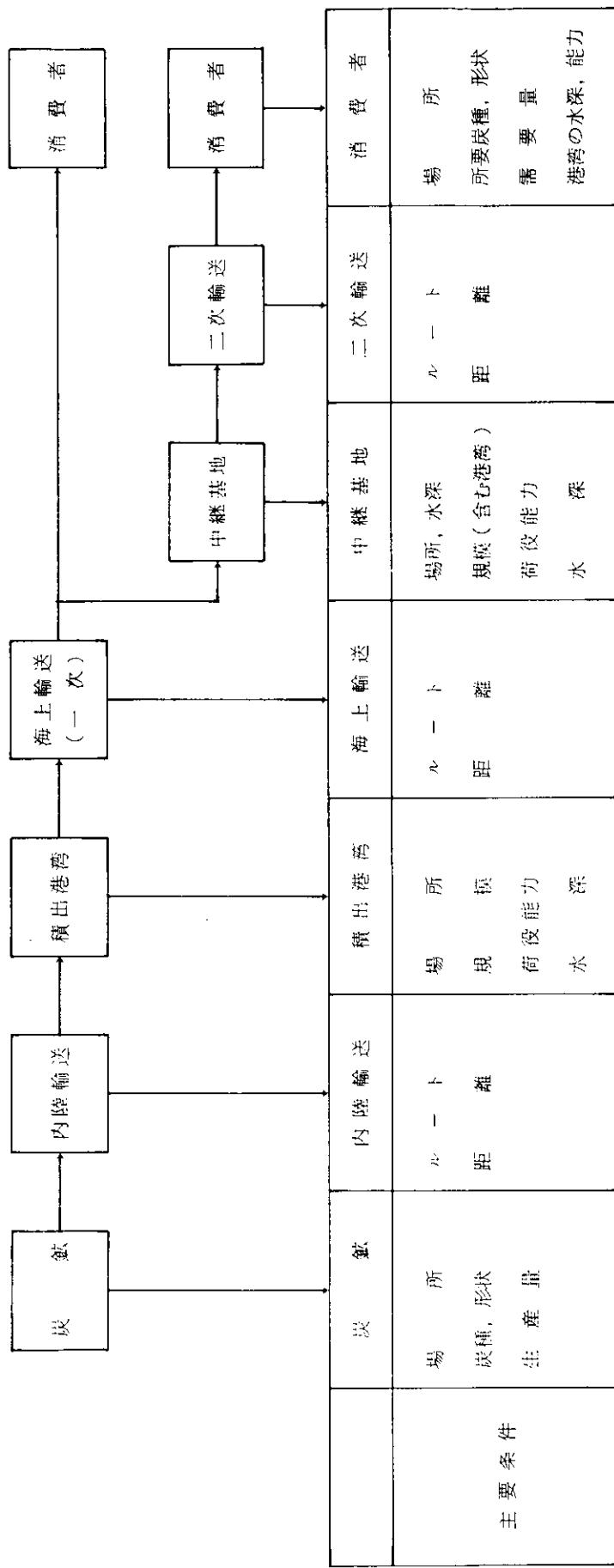


図 4.1.1 石炭輸送システムの基本型 (5) & (6)



(注) (1) アンロードング時は、船内に装備の圧送装置で行う。  
(2) 輸送中のイナートガス及び圧送用イナートガスは、船内に装備のイナートガス発生装置より供給する。

図 4.1.1 石炭輸送システムの基本型(7)



他に、立地、環境、気象、海象条件等が全て又は一部共通して加わる。

図 4.2.2 コーナーハンギングの各構成要素における主要条件

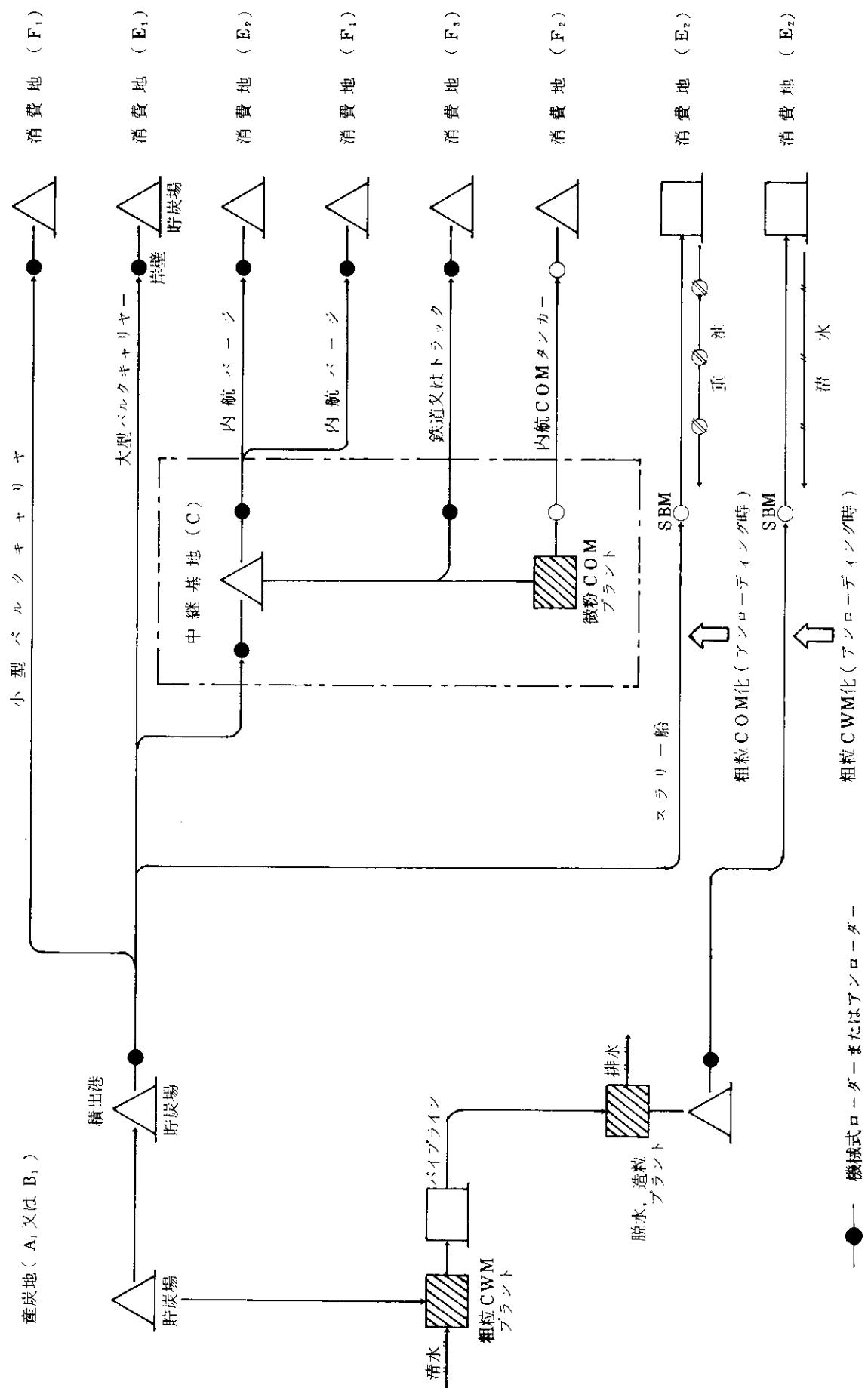


図 4.2.3 石炭輸送システム(ケース1)

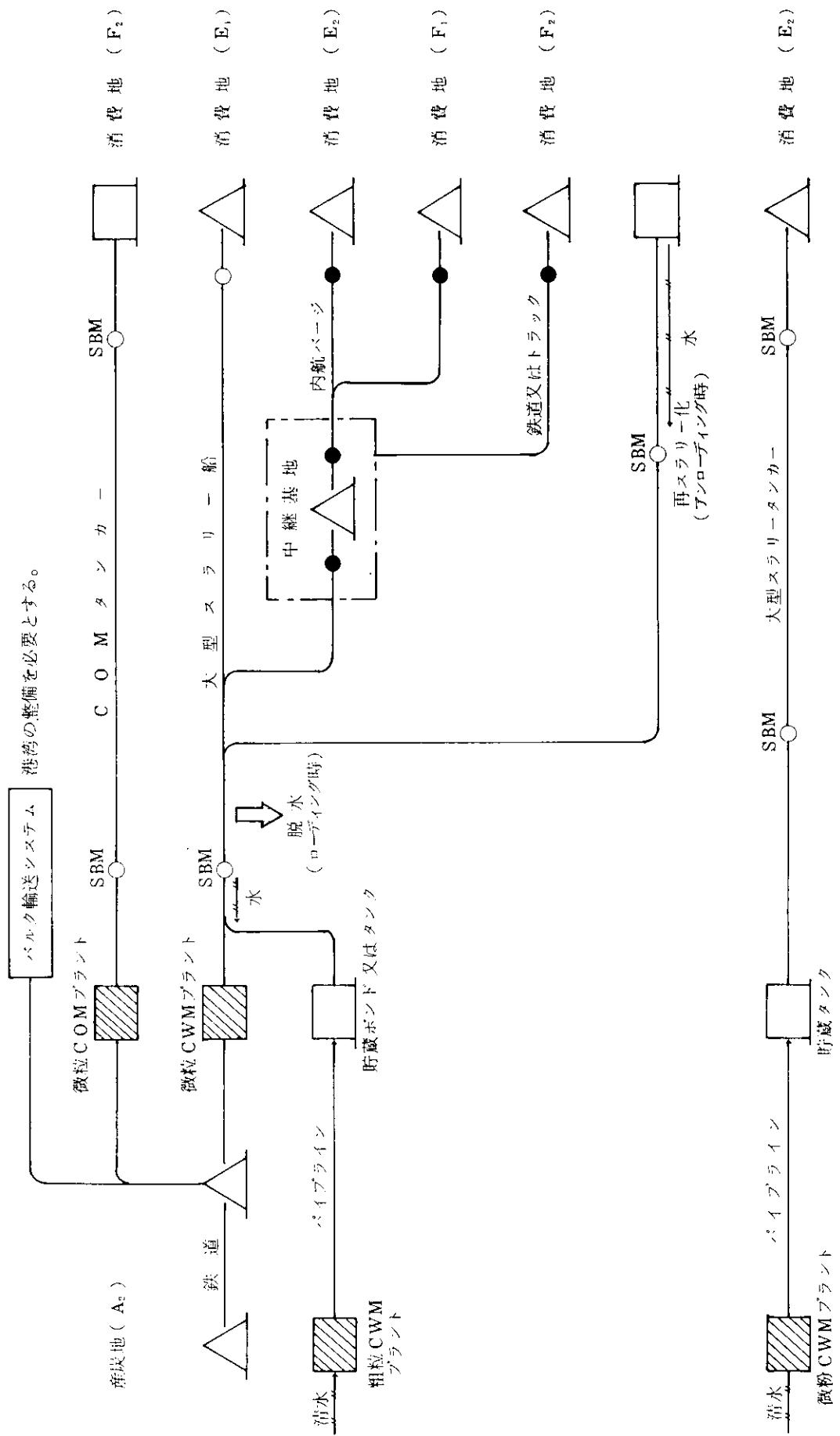


図 4.2.4 石炭輸送システム(ケース2)

貯炭地 (B<sub>2</sub>)

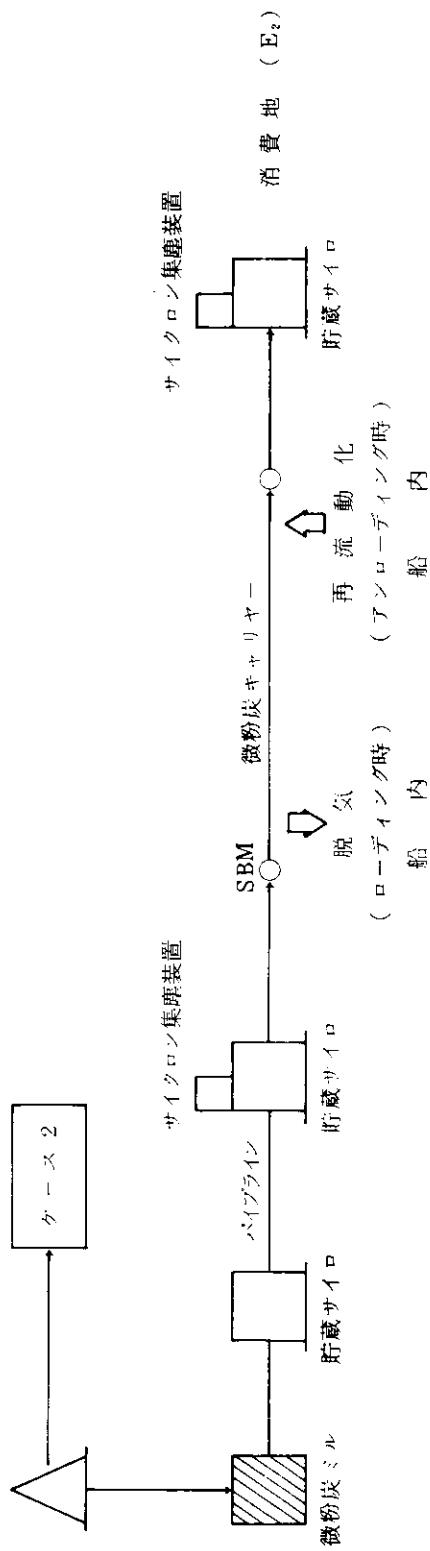


図 4.2.5 石炭輸送システム (ケース 3)

## 5. 石炭輸送システムの適正化

### 5.1. システム構成要素と因果関係の検討

#### 5.1.1 システム構成要素の抽出

海外一般炭をわが国に輸入するための輸送システムを構成しているシステム構成要素を抽出すると、以下のようなものが考えられる。

これらのシステム構成要素は、そこにおけるコストを決定づけるコスト要因からなっており、各要因間には因果関係がみられるが、それらについては後程若干の考察を加えることとして、ここではシステム構成要素と、それらのコスト形成要因と考えられる因子についての考察を行う。

##### (1) 産炭地

現在の採掘量や採掘可能な埋蔵量などからみて、世界の著名産炭地（石炭輸出国）としては米国、オーストラリア、カナダなどがあり、それら各国の石炭輸出実績は表5.1.1のとおりである。

わが国が石油代替エネルギー源の主要なものを石炭に求めるとするなら、国内炭の産出量、コスト、需要増などから、当然これら世界の主要産炭地に必要量を求めなければならないだろう。ちなみに、これまでの海外一般炭輸入実績をみると表5.1.2のとおりである。

また、各国の石炭輸出入量を対比して図示すると図5.1.1のとおりである。

表5.1.1 各国の石炭輸出量

輸出国

1960, 1975-79(単位:千メトリックトン)

| 年<br>国名          | 1960    | 1975    | 1976    | 1977    | 1978    | 1979    |
|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| アメリカ             | 34,456  | 60,238  | 54,535  | 49,318  | 36,969  | 59,904  |
| カナダ              | 774     | 11,695  | 11,762  | 12,069  | 13,658  | 13,853  |
| 西ドイツ             | 17,974  | 14,709  | 13,019  | 14,554  | 19,038  | 15,616  |
| フランス             | 1,419   | 553     | 594     | 587     | 507     | 527     |
| ベルギー、<br>ルクセンブルグ | 2,238   | 357     | 363     | 329     | 267     | 309     |
| オランダ             | 2,165   | 237     | 337     | 476     | 429     | 954     |
| イギリス             | 5,547   | 2,182   | 1,436   | 1,941   | 2,266   | 2,339   |
| ソ連               | 12,300  | 26,143  | 26,896  | 25,800  | 24,800  | 23,900  |
| ポーランド            | 17,497  | 38,479  | 38,944  | 39,317  | 39,999  | 41,334  |
| チェコスロバキア         | 2,195   | 3,666   | 3,759   | 3,308   | 3,745   | 3,700   |
| オーストラリア          | 1,584   | 30,428  | 31,158  | 38,395  | 38,680  | 40,306  |
| 南アフリカ            | 950     | 2,687   | 5,961   | 12,702  | 15,389  | 23,365  |
| その他              | 3,664   | 1,381   | 1,939   | 2,676   | 2,144   | 2,856   |
| 輸出合計             | 102,763 | 192,755 | 190,703 | 201,472 | 197,891 | 228,963 |

(注) \*原料炭、一般炭、無煙炭の合計

出所:資源・エネルギー統計

表 5.1.2 わが国の一般炭輸入量(55年度)

| 輸入先     | 輸入量(トン)   | 比率% |
|---------|-----------|-----|
| オーストラリア | 4,272,414 | 61  |
| 中国      | 759,884   | 11  |
| アメリカ    | 708,646   | 10  |
| カナダ     | 600,180   | 8   |
| 南アフリカ   | 511,796   | 7   |
| ソ連      | 245,143   | 3   |
| インドネシア  | 8,972     | —   |
| 合計      | 7,107,035 | 100 |

出所：資源・エネルギー統計

このような事情を考えると、海外炭のわが国への輸送システムにおいて、スタート・ポイントとしての産炭地の位置付けを等閑視することはできない。

一方、産炭地における石炭価格(FOR)を決定づけるコスト要因の因子としては、つぎのような2つのものが考えられる。

#### a. 炭種

これは各産炭地が産出する石炭の品位であって、瀝青炭、褐炭などの種類、それにともなう単位重量あたりの発熱量、含有水分、硫黄分、灰分などをまとめたものである。これは石炭そのものが同一種類(たとえば瀝青炭)で総称されても、産炭地によって多少の差をもっている。その一例を国内炭について表5.1.3に示した。

#### b. 採炭方法

これは各産炭地がどのような採炭方法、すなわち坑内掘りなのか露天掘りなのかの別によって、当然石炭価格は変ってくる。

また既に稼動中の産炭地か、あるいは新規に開発していく産炭地なのか、ということによっても影響を受けるのは当然であろう。

### (2) 内陸輸送

産炭地において採炭されても、それが輸出のための積出港湾まで輸送されなければならないから、これが内陸輸送というシステム構成要素を形成する。

そしてこの内陸輸送のコスト要因と考えられるものとして、つぎの2つの因子が考えられる。

#### a. 輸送距離

産炭地の山元から、最寄の積出港湾までの輸送距離は当然内陸輸送コストに反映される。

#### b. 輸送方法

内陸輸送方法として現在実施され、あるいは計画されているものに、ユニット・トレイン方式による鉄道輸送、ベルト・コンベア輸送、及び気体または液体によるパイプライン輸送などがある。これらはそれぞれの特色をもっており、それにともなって建設費、運転費などが異なってくる。

表 5.1.3 主要国内炭の品位例

| 銘柄  |       | 発熱量<br>Kcal/kg | 水分<br>% | 灰分<br>% | 揮発分<br>% | 固定炭素<br>% | 全硫黄<br>% | 灰の融点<br>℃ |       |
|-----|-------|----------------|---------|---------|----------|-----------|----------|-----------|-------|
| 三井  | 江別    | 6.0            | 6,170   | 2.3     | 24.1     | 33.7      | 39.9     | 0.46      | 1,300 |
| "   | 砂川    | 5.0            | 5,060   | 2.2     | 35.2     | 29.9      | 32.7     | 0.6       | 1,400 |
| "   | 三池    | 6.8            | 6,800   | 1.4     | 18.6     | 40.3      | 39.7     | 2.7       | 1,310 |
| 三菱  | 南大夕張  | 5.2            | 5,350   | 1.5     | 34.0     | 28.0      | 36.5     | 0.3       | 1,220 |
| "   | 高島    | 6.0            | 6,150   | 2.5     | 23.0     | 37.0      | 37.5     | 1.1       | 1,250 |
| 北炭  | 真谷地   | 5.3            | 5,330   | 1.9     | 33.7     | 30.7      | 33.7     | 0.34      | 1,430 |
| "   | 幌内特中塊 | 7.170          | 2.4     | 8.8     | 45.1     | 43.7      | 0.32     | 1,220     |       |
| "   | 幌内    | 6.2            | 6,260   | 2.4     | 18.6     | 40.4      | 38.6     | 0.28      | 1,380 |
| "   | 空知    | 6.4            | 6,470   | 1.7     | 20.5     | 34.7      | 43.1     | 0.41      | 1,420 |
| 住友  | 赤平    | 5.0            | 5,050   | 2.5     | 36.0     | 29.9      | 31.6     | 0.8       | 1,360 |
| 松島  | 池島    | 5.7            | 5,850   | 2.6     | 26.6     | 33.2      | 37.6     | 1.31      | 1,420 |
| 常磐  | 中磐    | 4.0            | 4,100   | 11.5    | 29.0     | 29.3      | 30.2     | 0.4       | 1,350 |
| 太平洋 | 太平洋   | 6.2            | 6,220   | 5.9     | 14.5     | 43.0      | 36.6     | 0.25      | 1,280 |
| "   | " 特中塊 | 6,520          | 5.5     | 9.5     | 45.8     | 39.2      | 0.25     | 1,290     |       |

出所：文献 14

さらに輸送方法は輸送するべき石炭の性状によって、たとえばバルクの場合には鉄道輸送かベルト・コンベア輸送が、また微粉炭や水スラリーなどの場合にはパイプライン輸送が採用されやすいように、制約されるという特徴をもつてるとともに、輸送方法によって、つぎに述べる積出港湾側の受入設備も規定されるという特徴をも併せもつている。

### (3) 積出港湾諸施設

海外炭輸送システムにおける 3 番目のシステム構成要素として、産炭地の積出港湾における諸施設が考えられるが、これはさらに 3 つのサブ・システムに分けて考えることができる。

#### a. 受入施設

山元から内陸輸送されてきた石炭を受入れるための施設であって、これは送られてくる石炭の性状によって異なるてくる。

すなわち、バルクの場合にはアンローダやベルト・コンベアなどであり、微粉や水スラリーなどの場合には受入タンクや脱水設備などであり、それぞれに従って特定の付帯施設や制御装置が必要となってくる。

#### b. 貯炭・備蓄施設

石炭の受入れから積出までの期間、貯炭・備蓄しておくための施設で、これも取り扱う石炭の性状によって異なるてくる。

たとえばバルクの場合であれば野積み用のヤードやドーム状の屋内貯炭場などが必要であり、微粉の場合であればサイロが、水スラリーの場合であれば、そのままならピット状の貯炭池が、脱水されるならサイロなどが必要であろう。

#### c. 積出施設

積出するべき石炭を貯炭場から輸送船の船腹まで運搬し、収めるための施設であって、これには港湾そのものやバースの他ローダーなどがある。

これも積出する石炭の性状によって若干異なってくる。たとえばバルクの場合であれば接舷バースをもった港湾であり、ベルト・コンベアとローダーなどが必要であるが、水スラリーそのまま積出する場合であれば、一点係留ブイのある港湾でパイプラインで積出すことができる。

この積出港湾施設にかかるコスト要素の因子としては、つきのような4つのが考えられる。

#### a. 港湾

積出港湾そのものであって、それが既設のものであるか、一部浚渫などの改修が必要であるか、さらには新設しなければならないか、などの条件によって異なる。

また取り扱う石炭の性状によっても、たとえばバルクの場合であれば、接舷バースが必要なため、輸送船舶の吃水に見合った水路、岩壁などが必要となるが、水スラリーそのままのパイプライン輸送であれば、水深はそれほどなくても、沖合での一点係留ブイなどでも可能となるなどである。

#### b. 貯炭・備蓄

受入れから積出しまでの貯炭・備蓄期間と、貯炭・備蓄施設の能力の2つの因子に分けて考える必要があるが、いずれも取り扱う石炭の性状によって異なる。

#### c. 積出施設

直接石炭を船舶に積みこむための施設であって、取り扱う石炭の性状にあまり関係なく、単位時間当たりの設備能力によって決定されるだろう。

#### d. 環境対策

積出港湾が立地する都市における環境規制条件や取り扱う石炭の性状などが、どのようなものであっても、防塵、排水処理、騒音防止、景観保護などの環境対策は必要となってくる。

ちなみに、各国の大気に関する規制基準を表5.1.4に示した。

### (4) 海上輸送(1次)

海外産炭地の積出港湾から国内の主要需要地またはコール・センターの揚地港湾まで、輸入炭は主として大型専用船によって海上輸送される。このプロセスは輸送システムの構成要素として、物理的・経済的にかなり大きなウエイトを占めている。

この海上輸送(1次)のコスト要因としては、つきの3つの因子が考えられる。

#### a. 輸送距離

この因子は産炭地の積出港湾と国内の揚地港湾が決定されると、一意的に決定されるものであるが、輸送コスト形成には最も敏感に利いてくるものであり、その点からも見落せないものである。ちなみに現在の石炭の主要海上取引ルートと日本までの輸送距離の1例を示すと図5.1.2のとおりである。

b. 石炭輸送の専用船としては、現在6万D/W型以上が主として用いられているが、これは貨物のロットの大きさ、積出し港湾および揚場港湾の条件等によって制約されるものである。

#### c. 船種

一方、専用船の船種は輸送するべき石炭の性状によって決定される(たとえばバルク・キャリア、スラリー船など)ものであるが、それによって自ら輸送コストに影響してくるものと考えられる。

### (5) 揚地港湾諸施設

表5.1.4 各国の大気に関する規制基準

(mg/m<sup>3</sup>)

| 国名      | SO <sub>2</sub>   | ばいじん               | NO <sub>x</sub>     | NO           | CO             |
|---------|-------------------|--------------------|---------------------|--------------|----------------|
| オーストラリア | 規制基準なし            | 規制基準なし             | 規制基準なし              | 規制基準なし       | 規制基準なし         |
| デンマーク   | 0.75a             | 0.25a              | 規制基準なし              | 規制基準なし       | 規制基準なし         |
| 西ドイツ    | 0.14b<br>0.40c    | 0.2b<br>0.4c       | 0.1b<br>0.3c        | 0.2b<br>0.6c | 10.0b<br>30.0c |
| イタリア    | 0.25m<br>0.10f    | 規制基準なし             | 規制基準なし              | 規制基準なし       | 規制基準なし         |
| 日本      | 0.14d             | 規制基準なし             | 0.4d<br>0.8 - 0.12e | 規制基準なし       | 規制基準なし         |
| オランダ    | 0.075b<br>0.25c   | 0.03b<br>0.12c     | 規制基準なし              | 規制基準なし       | 規制基準なし         |
| ポーランド   | 0.075f<br>0.35g   | 0.075f,h<br>0.2g,h | 0.05f<br>0.2g       |              | 0.5f           |
| イギリス    | 規制基準なし            | 規制基準なし             | 規制基準なし              | 規制基準なし       | 規制基準なし         |
| アメリカ    | 0.36d,i<br>1.3e,i | 0.26d,i<br>0.15e,i | 0.1k                | 規制基準なし       | 10.0i          |

a. 月間平均

h. 20 μm未満の微粒子

b. 長期

i. 日平均

c. 短期

j. 3時間平均

d. 一次基準(人間の健康保護)

k. 年間平均

e. 二次基準(大衆の福祉保護, 即ち材料, 植物, 動物)

l. 8時間平均

f. 敏感な地域についての日平均

m. 30分平均

g. 非工業地域についての日平均

—出所: WOCOL 参加国チーズ報告—

輸送システムの構成要素としての揚地港湾諸施設は、先に述べた積出港湾諸施設と機能的にも経済的にも同様のものとみなすことができる。すなわち、サブシステムとして、荷揚施設、貯炭・備蓄施設、拠出施設に分けて考えることができ、またコスト要因の因子としても港湾たのものをはじめとして、貯炭・備蓄、荷揚施設、環境対策などが考えられる。

#### (6) コール・センター

国内の輸入炭需要が専用大型港湾をもった大口需要家ばかりによるものであれば、輸送システムの構成要素としてコール・センターを考える必要はないだろう。しかし、一般産業用需要などのように、専用大型港湾をもたない中小口需要家もかなり多くみられることから、コール・センターを1つのシステム構成要素とみなしておく必要がある。現実に既に2, 3のコール・センターが稼動している。

ここでコール・センターのもつている機能について若干ふれておくと、以下のようなものが考えられる。

##### a. 中継機能

大型船受入れ可能な専用大型港湾や貯炭場をコール・センターに集約し、ここから小型船で2次配送することによって、各需要家は大型港湾設備を必要としなくなる。

##### b. 在庫集約機能

コール・センターに在庫機能を集約し、ここからタイムリーに2次配送することによって、全体の在庫量は大

幅に節減され、需要家は貯炭場を大幅に節約できる。

c. 成分調整機能

石炭の品位は産炭地、銘柄などによって異なるため、何らかの形での成分調整（混炭）が必要であるが、その機能をコール・センターに集約すれば、需要家は望む成分の石炭が入手可能でありながら、設備や貯炭場を大幅に節約できる。

d. 備蓄機能

産炭地の労働問題の長期化や先行きの値上がりなどを見込んで、コール・センターに備蓄することができる。

e. 加工機能

近い将来、COM化やガス化などの加工をコール・センターで行うことも考えられる。

このような機能をもつコール・センターのコスト要因の因子としては、つきの5つのが考えられる。

a. 初期投資

コール・センターの立地条件、規模、能力などによって決定されるもので、コール・センターの基本的なコストに利いてくるものである。

b. 荷揚諸施設

海外の産炭地から大型専用船で運ばれてきた石炭をコール・センターに荷揚するための諸施設で、単位時間当たりの能力がコスト要因として利いてくる。施設そのものは取り扱う石炭の性状によって異なってくる。

c. 貯炭・備蓄

輸入炭を受け入れてから、2次配送のために払いだすまでの期間、コール・センターでは貯炭・備蓄しているので、そのコストが必要であろう。また最終需要家の要求する品質の石炭を確保するため、成分調整を行うとすれば、それに要するコストも上積みされるだろう。

d. 積出諸施設

コール・センターから最終需要家へ2次配送するための輸送手段（主として内航専用船）へ積込むための諸施設で、荷揚諸施設と同じように、単位時間当たりの能力によってコストに利いてくる。また取り扱う石炭の性状によって、施設そのものは異なってくる。

e. 環境対策

コール・センターの立地条件や取り扱う石炭の性状がどのようなものであっても、防塵、排水処理、景観保全などの環境保全などの環境対策は欠くことのできないものである。これは初期投資にかかる部分と経常経費にかかる部分とに分け、前者は初期投資とみなすべきかもしれない。

(7) 2次輸送

海外からの輸入炭をまとめて受け入れたコール・センターから、国内の最終需要家にタイミングよく2次配送するための輸送であって、コール・センター方式を採用することによって必然的に発生してくる部分であって、コール・センターそのものに含めてもよいのであるが、その性格と位置付けをより明らかにするため、ここでは独立したシステム構成要素としてとらえることとした。

2次輸送にかかるコスト要因としては、つきの2つの因子が考えられる。

a. 輸送方法

現在コール・センターからの2次配送はすべてといってよいほど内航船であるが、将来内陸部の最終需要家やより小口の需要家の需要を見込んで鉄道やトラックによる2次配送を考慮しておく必要がある。また石炭の性状

によってはパイプラインが用いられるケースもあることだろう。

また輸送方法にもとづく輸送ロット・サイズの大きさも、コスト要因としてかなりのウェイトを占めるものと考えられる。

#### b. 輸送距離

コール・センターから最終需要家までの輸送距離は当然コスト要因としての作用をもっている。

### (8) 使 用

海外一般炭の輸送システムにおける最終のシステム構成要素は、海外炭の使用・消費ということになる。

石炭の使用・消費にともなって、設備改修や貯炭場の新設などの初期投資や公害対策や産業廃棄物（石炭灰）処理などの経常経費が必要となってくるが、輸送システムに直接かかわるものでないので、コスト要因までの考察は加えないこととする。

## 5.1.2 システム構成要素間の相互関係

海外一般炭のわが国への輸送システムにおけるシステム構成要素の主なものは、先にあげた8つである。これらの相互関係を概念的にあらわすと図5.1.3のようになる。

産炭地より内陸輸送によって積出港湾にいたり、ここで海上輸送（1次）の船舶に積みこまれ、わが国まで運ばれてくる。ここまで同じであるが、わが国における荷揚の段階になって、2つのルートに分岐する。すなわち、1つのルートは直接最終需要家の港湾にはいり、そこで荷揚げされるものであり、もう一つのルートはコール・センターの港湾にはいり、そこで荷揚げされ、一度貯炭されたのち、2次配送（輸送）によって最終需要家に供給されるものである。いずれのルートをとるにしろ、最終的には需要家によって使用（消費）されることによって、この輸送システムは完結する。

つぎに各システム構成要素におけるコスト要因について、それらの相互関係を若干検討してみる。

#### (1) 产 炭 地

産炭地およびその山元価格は一意的に決定されるもので、輸送システムで操作される類のものではないだろうから、ここでは一つの先決変数とみなすこととする。

#### (2) 内陸輸送

内陸輸送におけるコスト要因の相互関連は図5.1.4のようになる。この図は取り扱う石炭の性状と輸送距離によって輸送方法が決まり、その輸送方法固有のコストと輸送距離とから内陸輸送コストが形成されることを示している。

なお図に④印がつけてあるのは、輸送距離が長くなると、コストが高くなることを示している。

内陸輸送コストは現実的には産炭地固有のものと考えられるが、モデルとして操作可能であるため、あえて取りあげておいた。

#### (3) 積出港湾

積出港湾におけるコスト要因の相互関係は図5.1.5に示したとおりである。この図は産炭地における積出コストが積出港湾固有の港湾使用コスト、取り扱う石炭の性状によって決定される貯炭・備蓄設備のコストや取り扱うハンドリング設備の能力、さらに立地条件から決定される環境対策のコストなどから形成されることを示している。

これらのうち、環境対策のコストは何らかの形で積出コストにプラスとして働いてくると考えられるので、図に④印を示した。ハンドリング設備の能力が大きければ、それだけ積出コストを引き下げる働きをすると考えられる

ので、図に $\ominus$ 印を示した。また貯炭・備蓄に要するコストは、貯炭設備の能力が大きければ単位重量当たりのコストは安くなるだろうが、貯炭の期間が長くなると逆にコストは高くなるだろうから、図には $\oplus$ 印を示した。

#### (4) 海上輸送(1次)

海上輸送(1次)におけるコスト要因の相互関係は図5.1.6に示したとおりである。この図は海上輸送のコストが産炭地によって決定される輸送距離、積出港湾の条件によって決定される船型、また輸送する石炭の性状による船種などの要因から形成されることを示している。

輸送距離は長くなるとコストが高くなるところから $\oplus$ 印を、また船型は大きくなるとコストが低くなるところから $\ominus$ 印を、それぞれ図に示した。

#### (5) 揚地港湾

揚地港湾にかかるコスト要因は積出港湾のそれと同様の考え方によると考えられる。

#### (6) コール・センター

コール・センターにおけるコスト要因とそれらの相互関係は図5.1.7に示したとおりである。この図はコール・センターの使用コストが立地条件による初期投資の償却コストと取り扱う石炭の性状によるハンドリング設備の使用コストからなっていることを示しており、後者はさらに外航船からの荷揚コスト、貯炭・備蓄コスト、2次配送のため内航船への積出コストを分けて考えることができる。それらの内容および図における $\oplus$ 、 $\ominus$ 印については、積出港湾における考え方と同じである。

#### (7) 2次輸送

2次輸送の大部分が内航船による海上輸送であるところから、先の海上輸送の考え方をそのまま援用してもよいだろう。

しかし、今後鉄道輸送やトラック輸送、さらにパイプライン輸送なども考えられるので、モデルの操作としては弾力性をもたせておく必要があるだろう。

### 5.1.3 システム構成要素のコスト評価

輸送システムの構成要素におけるコスト要因について、種々の文献にあらわれた具体的な数値を引用しながら若干の考察を加えてみる。

#### (1) 産炭地

産炭地における山元価格(FOR)は、炭種や採炭方法などによって異なるものの、輸送システムからみれば先決変数(与件)として与えられるものである。

##### a. 炭種

とくに炭種は産炭地に依存するものであって、いずれの産炭地の石炭であるか、によって決定される。しかし高品位であればFORは高くなるものと考えられる。

代表的な米国とオーストラリアの産炭地における山元価格の推移状況を表5.1.5と表5.1.6に示した。

##### b. 採炭方法

採炭方法も鉱山の特性によって、一意的に決まるのであるが、方法の差によるFORの差はみられる。たとえば、米国の鉱山の場合

|            |         |
|------------|---------|
| • 稼動中の坑内掘  | 28 ~ 32 |
| • 新規開発の坑内掘 | 30 ~ 35 |
| • 稼動中の露天掘  | 6 ~ 12  |
| • 新規開発の露天掘 | 12 ~ 18 |

(数値の単位はUSドル/S·T)

程度であるとされている。ちなみに、米国における坑内掘と露天掘の生産量や平均山元価格をみると表5.1.7のとおりである。これをみると、いずれの採炭方法によっても平均山元価格は上昇しているが、坑内掘のほうが上昇度合が大きい。また生産量も露天掘のウエイトが大きくなり、その分だけ坑内掘が少なくなっている。

一方、採掘方法別の生産性を米国とオーストラリアで比較してみると表5.1.8のとおりである。米国では明らかに生産性が下っているが、オーストラリアではあまり大きな変化はみられない。また坑内掘と露天掘の生産性を比較すると、露天掘の生産性は坑内掘の約3倍とみなすことができる。

産炭地における山元価格を形成している原価構成を米国の例でみると表5.1.9のとおりである。西部・東部地方の間に大差なく人件費が約半分を占めている。これら生産原価の一部を占めている環境対策費について、露天掘と坑内掘を比較してみると表5.1.10のようになる。露天掘では埋戻しに、坑内掘では安全衛生に、それぞれ相当のコストがかかっている。

表5.1.5 アメリカ炭の山元価格の推移 (Bituminous Coal)

単位: US\$/ショートトン

| State               | 1972    | 1973     | 1974     | 1975     | 1976     | 1977     | 1978     |
|---------------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Alabama.....        | \$ 9.63 | \$ 11.01 | \$ 21.79 | \$ 26.53 | \$ 28.37 | \$ 28.88 | \$ 31.33 |
| Arkansas .....      | 10.93   | 13.37    | 21.28    | 32.76    | 36.15    | W        | 39.86    |
| Colorado .....      | 6.45    | 7.41     | 9.38     | 16.53    | 15.30    | 16.79    | 17.11    |
| Georgia.....        | —       | —        | —        | —        | —        | —        | 52.23    |
| Illinois.....       | 6.14    | 6.71     | 10.00    | 14.64    | 15.90    | 17.28    | 20.46    |
| Indiana.....        | 5.58    | 6.06     | 8.36     | 11.15    | 12.34    | 13.83    | 18.18    |
| Iowa .....          | 4.86    | 5.46     | 7.79     | 11.08    | 13.56    | 12.71    | 16.10    |
| Kansas .....        | 6.39    | 7.35     | 7.61     | 19.78    | 19.45    | 18.93    | 20.28    |
| Kentucky.....       | 6.84    | 7.73     | 17.06    | 17.40    | 19.79    | 20.02    | 23.86    |
| Eastern .....       | 8.01    | 9.03     | 22.01    | 20.79    | 23.03    | 21.67    | 25.30    |
| Western .....       | 5.23    | 5.93     | 8.92     | 12.16    | 14.18    | 17.07    | 20.36    |
| Maryland .....      | 5.46    | 7.63     | 20.81    | 19.38    | 21.90    | 17.68    | 19.40    |
| Missouri .....      | 5.20    | 5.37     | 6.36     | 8.52     | 9.37     | 10.38    | 17.89    |
| Montana .....       | 2.03    | 2.82     | 3.90     | 5.06     | 4.90     | 5.93     | 7.37     |
| New Mexico.....     | 3.61    | 3.51     | W        | W        | W        | 7.94     | 10.08    |
| North Dakota.....   | 2.02    | 2.07     | 2.19     | 3.17     | 3.74     | 4.03     | 5.17     |
| Ohio .....          | 5.96    | 7.40     | 12.32    | 16.40    | 16.61    | 17.70    | 21.77    |
| Oklahoma.....       | 7.28    | 7.69     | 10.51    | 16.69    | 15.98    | 17.64    | 21.42    |
| Pennsylvania .....  | 9.14    | 10.30    | 20.35    | 25.09    | 25.33    | 25.60    | 27.86    |
| Tennessee .....     | 7.23    | 8.13     | 18.02    | 17.10    | 16.31    | 21.86    | 23.21    |
| Texas .....         | —       | —        | —        | —        | —        | —        | 6.04     |
| Utah .....          | 8.93    | 11.19    | 12.24    | 19.84    | 22.93    | 20.32    | 21.52    |
| Virginia .....      | 10.11   | 11.12    | 24.94    | 30.46    | 24.12    | 29.65    | 30.50    |
| Washington .....    | 6.61    | 6.56     | W        | W        | W        | 11.28    | 12.07    |
| West Virginia ..... | 10.31   | 11.61    | 21.65    | 29.35    | 30.12    | 31.03    | 33.15    |
| Wyoming .....       | 3.74    | 4.09     | 5.02     | 6.74     | 7.00     | 8.21     | 9.11     |
| TOTAL U. S.         | \$ 7.66 | \$ 8.53  | \$ 15.75 | \$ 19.23 | \$ 19.43 | \$ 19.82 | \$ 21.78 |

W-Withheld to avoid disclosing individual company data.

表 5.1.6 オーストラリア炭の山元価格の推移(Black Coal)

単位: A\$/トン

| 年 度            |        | 1971-72 | 1972-73 | 1973-74 | 1974-75 | 1975-76  | 1976-77  | 1977-78  |
|----------------|--------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
| ニュー・サウス・ウェールズ州 | 北 部    | \$ 5.83 | \$ 5.70 | \$ 6.28 | \$ 9.89 | \$ 14.00 | \$ 13.88 | \$ 14.83 |
|                | 西 部    | 4.00    | 4.39    | 5.06    | 7.69    | 11.21    | 11.98    | 12.17    |
|                | 南 部    | 8.57    | 9.38    | 10.62   | 17.96   | 27.55    | 31.23    | 34.25    |
|                | 平 均    | 5.83    | 6.95    | 7.65    | 12.39   | 18.19    | 19.42    | 20.66    |
| クイーンズランド州      | ボーエン盆地 | n. a.   | 8.10    | 9.73    | 17.53   | 28.55    | 31.66    | 31.18    |
|                | そ の 他  | n. a.   | 7.33    | 8.99    | 12.38   | 14.15    | 16.76    | 18.30    |
|                | 平 均    | 7.62    | 8.00    | 9.64    | 16.97   | 27.03    | 30.08    | 29.81    |
| そ の 他          |        | 3.37    | 3.60    | 4.06    | 4.80    | 5.99     | 6.96     | 8.16     |
| オーストラリア        | 平 均    | 6.17    | 7.14    | 8.19    | 13.64   | 20.78    | 22.56    | 23.15    |

(注) 1975-76年度以降は石炭輸出に伴う税金分が含まれている。

出所: Joint Coal Board, "Black Coal in Australia 1978-79"

表 5.1.7 坑内掘・露天掘別石炭生産量および平均山元価格(アメリカ)

|      | 坑 内 掘          |                       |                | 露 天 掘                 |                |                       | 合 計            |                       |
|------|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|
|      | 生 产 量<br>(千st) | 平均<br>山元価格<br>(\$/st) |
| 1972 | 304,103        | 51.1                  | 9.70           | 291,283               | 48.9           | 5.54                  | 595,386        | 7.66                  |
| 1973 | 299,353        | 50.6                  | 10.84          | 292,385               | 49.4           | 6.18                  | 591,738        | 8.53                  |
| 1974 | 277,309        | 46.0                  | 19.86          | 326,097               | 54.0           | 12.25                 | 603,406        | 15.75                 |
| 1975 | 292,826        | 45.2                  | 26.28          | 355,612               | 54.8           | 13.43                 | 648,438        | 19.23                 |
| 1976 | 294,880        | 43.4                  | 26.56          | 383,805               | 56.6           | 13.96                 | 678,685        | 19.43                 |
| 1977 | 265,950        | 38.4                  | 28.25          | 425,394               | 61.6           | 14.56                 | 691,344        | 19.82                 |
| 1978 | 242,177        | 36.4                  | 30.94          | 442,950               | 63.6           | 16.53                 | 665,127        | 21.78                 |

出所: "Coal Data", NCA

## (2) 内陸輸送

産炭地から積出港までの内陸輸送にかかるコスト要因は輸送距離と輸送方法であるが、前者は産炭地と積出港湾が決まると一意的に決まるものである。しかし、輸送方法は輸送距離とも関連するが、輸送するべき石炭の性状によって決定されるものである。それらをまとめたのが図 5.1.8 である。

石炭の性状がバルクか流体かによって大きく2つの系に分けられる。すなわち、バルクの場合には鉄道やトラックによるバッチ式輸送か、ベルトコンベアによるエンドレス式輸送であるが、流体の場合にはその特徴を活かした管路輸送となる。

これらの輸送コストを比較すると図 5.1.9 のように、いずれの方法も総輸送量が増加するにつれて、輸送

表 5.1.8 採掘方法別の生産性比較

(単位: st/manshift)

| 年    | アメリカ  |       |       | オーストラリア |       |       |
|------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|
|      | 坑内掘   | 露天掘   | 平均    | 坑内掘     | 露天掘   | 平均    |
| 1972 | 11.91 | 35.95 | 17.74 | 10.01   | 27.61 | 12.61 |
| 1973 | 11.66 | 36.67 | 17.58 | 10.96   | 35.96 | 15.54 |
| 1974 | 11.31 | 33.16 | 17.58 | 10.53   | 37.12 | 15.86 |
| 1975 | 9.54  | 26.69 | 14.74 | 10.70   | 37.47 | 16.90 |
| 1976 | 9.10  | 26.40 | 14.46 | 10.41   | 34.89 | 16.42 |
| 1977 | 8.69  | 26.59 | 14.84 | 11.93   | 34.02 | 17.42 |
| 1978 | 8.25  | 25.00 | 14.26 | 11.09   | 33.24 | 16.80 |

(注) オーストラリアは、各年6月30日に終わる会計年度

出所: アメリカ, "Coal Data", NCA

オーストラリア, "International Coal", NCA

表 5.1.9 坑内掘山元生産原価比率

|              | 米国     |        |
|--------------|--------|--------|
|              | 西部     | 東部     |
| 生産規模 (MmT/Y) | 3      | 1      |
| 山元生産原価比率     | 100 %  | 100 %  |
| 直接人件費比率      | 22.0 % | 23.6 % |
| 間接人件費比率      | 20.4 % | 18.8 % |
| 資材費比率        | 16.1 % | 17.4 % |
| 電力費比率        | 2.3 %  | 2.6 %  |
| 一般管理費・雑費比率   | 1.9 %  | 1.0 %  |
| 償却金利比率       | 22.3 % | 15.8 % |
| ロイヤリティ等比率    | 15.0 % | 20.8 % |

(等額償却(金利 10%, 期間 15年))

東部は severance tax 4.25% を含む。

出所: 文献 5

単価は安くなるが、鉄道新設よりも管路輸送やスラリー輸送がより安くなることを示している。

またこれら輸送方法のうち、現実に内陸輸送に利用されているのは、鉄道輸送、コンベア輸送、スラリー輸送などであるが、それらの輸送コストを比較したのが図 5.1.10 である。これでもスラリー輸送が安くなっている。

鉄道輸送はほとんどがユニット・トレイン方式であるが、米国における運賃率は表 5.1.11 のとおりである。

車両を荷主がもっておれば、輸送距離が長くなると運賃率は低下するが、逆に車両を鉄道会社がもっていると、輸送距離が長くなると運賃率は高くなっている。この鉄道輸送コストについて、わが国が輸入している主な国の実際をみると表 5.1.12 の左欄のとおりである。輸送単価でみると、オーストラリアが高く (2.20 €/TKm) て、米国が安く (0.71 €/TKm) なっている。この表はまた、将来各国が石炭輸送用の鉄道を新設した場合、どのような輸送単価になるかをも示している。これらの数値のもととなっているのは図 5.1.11 の予測である。

表 5.1.10 生産地における環境対策費

|          | (\$/トン 1977年価格) |             |
|----------|-----------------|-------------|
|          | 露天掘             | 坑内掘         |
| 埋 灰 し    | 0.15 ~ 3.00     |             |
| 廃坑引当復旧料  | 0.35            | 0.15        |
| 粉塵対策     | 0.10 ~ 0.20     |             |
| 排水処理     | 0.15 ~ 0.50     | 0.07 ~ 0.06 |
| 安全衛生     |                 | 6.00        |
| 洗炭処理     | 0.09            | 0.09        |
| 輸送中粉塵    | 0.05            | 0.05        |
| スラリー用水処理 | 0.15 ~ 0.25     | 0.15 ~ 0.25 |

(出典) Steam Coal Prospects to 2000, IEA

表 5.1.11 ユニット・トレインの運賃率

単位: ₩

| 距離: 1,000 マイル以上       |                       | 距離: 1,000 ~ 700 マイル   |              |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|
| 車両: 鉄道所有              | 車両: 荷主所有              | 車両: 鉄道所有              | 車両: 荷主所有     |
| 1,058 ~ 1,075<br>(18) | 0.730 ~ 0.736<br>(11) | 0.877 ~ 0.881<br>(12) | 0.817<br>(6) |

( ) : サンプル数

出所: 文献 6

表 5.1.12 主要石炭輸出国(日本向け)における鉄道輸送コストの推移比較

(単位: \$/t)

| 区分<br>国名                 | 1979              |                   | 1985              | 1990              | 2000               | 港湾から産炭地間<br>の距離 |
|--------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-----------------|
|                          | 既設                | 新設                | 新設                | 新設                | 新設                 |                 |
| A オーストラリア<br>( ₩ / TKm ) | 6.60<br>( 2.20 )  | 11.00<br>( 3.67 ) | 15.90<br>( 5.30 ) | 21.30<br>( 7.10 ) | 38.60<br>( 12.87 ) | 300 Km          |
| B カナダ<br>( ₩ / TKm )     | 11.90<br>( 0.99 ) | 16.80<br>( 1.40 ) | 24.28<br>( 2.02 ) | 32.53<br>( 2.71 ) | 58.95<br>( 4.91 )  | 1,200 Km        |
| C アメリカ<br>( ₩ / TKm )    | 10.70<br>( 0.71 ) | 13.50<br>( 0.90 ) | 19.50<br>( 1.30 ) | 26.12<br>( 1.74 ) | 47.33<br>( 3.16 )  | 1,500 Km        |
| D 南アフリカ<br>( ₩ / TKm )   | 5.66<br>( 1.13 )  | 8.77<br>( 1.75 )  | 12.68<br>( 2.54 ) | 16.99<br>( 3.40 ) | 30.19<br>( 6.16 )  | 500 Km          |

(注) カナダ、アメリカ、南アフリカの料金コストの上昇はオーストラリアの上昇に比例させている。

出所: 文献 5

石炭を水スラリーにしてパイプライン輸送するスラリー輸送は、既に米国などで稼動しているが、その経済性や環境問題などから、今後さらに多く利用されようとしている。米国における例は、図 3.3.10 に示したとおりである。これらは国内発電所向けのものがほとんどであるが積出港湾の施設や専用船が整備されれば、港まで延長、あるいは新設されることを十分予想される。

スラリー輸送の輸送コストをユニット・トレインと比較した概念図が図 5.1.12 である。この図は輸送距離が長くなればスラリー輸送がユニット・トレインにくらべて相対的にコストが安くなることを示している。

またスラリーのパイプライン輸送がインフレに対しても有利であることを図 5.1.13 で模式的に示した。

一方、石炭スラリーのパイプライン輸送では調整されたスラリーの濃度や粘度が設備能力や輸送量に大きな影響を及ぼす。図 5.1.14 は石炭の粒子直径と輸送コストの関係を示したものであるが、粒子が大きくても小さくとも輸送コストの割合が大きくなり、粒子直径が約 50 ミクロン程度のときに最も小さくなっている。

またパイプラインは当初の建設に多大の投資を必要とするが図 5.1.15 に建設費の目安を示した。

### (3) 積出港湾諸施設

世界の主要な石炭積出港について、入港可能な最大船型の現状と将来計画を表 5.1.13 にまとめた。現状では 150 型が入港できるのは 2 港であり、他は大体 100 型以下である。

a. 積出港湾は石炭の性状によっても異なってくるが、一般的なバルクを想定すれば岸壁接舷による積出しとなるため、大形専用船にみあった水深とバースがなければならない。表 3.1.3 に船型別の平均的な吃水などを示したが、PANAMAX といわれる 60 型で 12m 強、200 型になると 18m 強の水深が必要である。しかし自然の姿で水深の大きな良港はあまりなく、いずれも浚渫、護岸などの工事によって建設しなければならないから、それ

表 5.1.13 石炭積出港の入港最大船型の現状と将来

|         | 石炭積出港              | 現状( $\times 10^3$ DWT) | 計画中( $\times 10^3$ DWT) | 日本からの距離(s.m.) |
|---------|--------------------|------------------------|-------------------------|---------------|
| オーストラリア | Bowen              | 15                     | 60—120                  |               |
|         | Hay Point          | 120                    | 62バース計画                 |               |
|         | Gladstone          | 60                     | 55(増設)                  |               |
|         | Brisbane           | 60                     |                         | 4,000~5,000   |
|         | New Castle         | { 60<br>60             | { 60(43ft)<br>110(50ft) |               |
|         | Sydney             | 41                     | { 55<br>150(中断)         |               |
| カナダ     | Port Kembla        | 55                     | 140                     |               |
|         | Port Moody         | 65                     |                         |               |
|         | Robert Bank        | 120                    | 拡張計画                    | 4,300         |
|         | Neptune Terminal   | 125                    |                         |               |
| 米国      | Prince Rupert      |                        | 新港計画                    |               |
|         | Hampton Roads (東岸) | { 150<br>100           |                         |               |
|         | Baltimore (東岸)     | 60                     |                         |               |
|         | Mobile (南岸)        | 100                    |                         |               |
|         | Davant (南岸)        | 40                     |                         |               |
|         | Los Angels (西岸)    | 100                    | 石炭バース 200               |               |
|         | Long Beach (西岸)    | 50                     |                         |               |
| 南ア      | San Francisco (西岸) |                        | 石炭ターミナル 100             | 4,540         |
|         | Richards Bay       | 150                    | 拡張 250                  | 8,100         |
| 中国      | 秦皇島                | { 15×2<br>25×2         | 50×2                    | 1,340         |
|         | 連雲港                | 17~18                  | 20~30                   | 1,160         |
| ソ連      | Nakhodka           | 20                     |                         | 1,000         |
|         | Bostochni          |                        | 100                     |               |

出所：文献 13

らはすべて利用する際、港湾費の要素として反映される。現在の主要な石炭積出港の港湾費をみると図 5.1.16 のとおりである。オーストラリアのニューカッスル港がトン当たり 5 ドルと最も高くなっているが、大部分は 1~2 ドル程度である。

この港湾費は取扱量が多くなると安くなる傾向があり、その一例をロサンゼルス港の場合について表 5.1.14 に示した。

#### b. 貯炭・備蓄

積出港において貯炭・備蓄するためのコストは石炭の性状、設備能力、貯炭期間などによって決定され、設備能力が大きくなれば単位重量当たりのコストは安くなるが、貯炭時間が長くなると高くなる性格をもっている。

貯炭設備がどのようなものであるか、によって貯炭コストが決定されるが、現状ではほとんどがバルクであるから、ヤードでの野積かサイロであると考えられる。ヤードの場合であれば、面積と積高によって貯炭容量が決ってくる。またサイロの場合は図 5.1.1.7 のようにサイロの大きさによって、単位容積当たりのコストが決ってくる。なお、単独サイロの工法別コストを図 5.1.1.8 に示した。

表 5.1.1.4 Port of Los Angeles  
BULK COAL TERMINAL COST ESTIMATE

| Estimated Costs Per Ton  |                    | (Short tons - 1977 Dollars)           |                                     |                       |                          |                         |         |                |
|--|--------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|---------|----------------|
| annual throughput  | land rent cost/ton | PORT COSTS                            |                                     |                       | *TERMINAL OPERATOR COSTS |                         |         | TOTAL COST/TON |
|  |                    | receiving & storage facility cost/ton | shiploading & wharf system cost/ton | port costs (subtotal) | mobile equip. fuel, etc. | terminal labor cost/ton |         |                |
| 3 million tons   | \$ 0.58            | \$ 0.87                               | \$ 1.67                             | \$ 3.12               | \$ 0.23                  | \$ 0.78                 | \$ 4.13 |                |
| 4 million tons   | 0.44               | 0.66                                  | 1.46                                | 2.56                  | 0.18                     | 0.59                    | 3.33    |                |
| 5 million tons   | 0.35               | 0.52                                  | 1.15                                | 2.02                  | 0.14                     | 0.47                    | 2.63    |                |
| 6 million tons   | 0.29               | 0.44                                  | 0.93                                | 1.66                  | 0.12                     | 0.39                    | 2.17    |                |
| 7 million tons   | 0.25               | 0.37                                  | 0.78                                | 1.40                  | 0.10                     | 0.34                    | 1.84    |                |
| 8 million tons   | 0.22               | 0.33                                  | 0.67                                | 1.22                  | 0.09                     | 0.30                    | 1.61    |                |
| 9 million tons   | 0.19               | 0.29                                  | 0.59                                | 1.07                  | 0.08                     | 0.27                    | 1.42    |                |
| 10 million tons  | 0.17               | 0.26                                  | 0.53                                | 0.96                  | 0.07                     | 0.24                    | 1.27    |                |
| ESTIMATED REQUIRED ANNUAL GUARANTEE \$ 8.85 MILLION                    |                    |                                       |                                     |                       |                          |                         |         |                |
| Guarantee would be met with shipment of 2.8 million tons @ \$ 3.12/ton |                    |                                       |                                     |                       |                          |                         |         |                |

出所：文献 6

#### c. 積出施設

積出港において、実際に外航船に石炭を積込むために用いられる施設はスタッカ、リクレーマ、ローダーなどであるが、それら設備の単位時間当たりの能力が大きいと、単位重量当たりのコストは安くなる。

表 5.1.1.5 にロスアンゼルス港とロングビーチ港の積立しコストの例を示した。前者では約 5 ドル／ト

表 5.1.1.5 積出しコスト

|        |           | ロスアンゼルス港  |     |           | ロングビーチ港  |          |     | ベース費用     |
|--------|-----------|-----------|-----|-----------|----------|----------|-----|-----------|
|        |           | 現有        | 増設  | 新設        | 現有       | 増設       | 新設  |           |
| 年 1980 | 万トン／年 100 | \$ 4.91/T | N A |           | \$ 3.0/T |          |     | \$ 3.0/T  |
| 1983   | 300       | \$ 4.91/T | N A | \$ 4.13/T | \$ 3.0/T | \$ 3.0/T | N A | \$ 3.0/T  |
| 1985   | 500       | \$ 4.91/T | N A | \$ 2.63/T | \$ 3.0/T | \$ 3.0/T | N A | \$ 2.63/T |
| 1990   | 1,000     |           |     | \$ 1.27/T |          | \$ 3.0/T | N A | \$ 1.27/T |

T : Short Tons

出所：文献 6

NA: Not Available

(1977 as of today basis)

ンであり、後者では約3ドル／トンである。

#### d. 環境対策

表5.1.16に米国における環境対策の推定コストを示したが、港湾に関するコストは知られていない。

表5.1.16 環境対策の推定コスト

(1977年米ドル／トン)

|                              | 採炭と選炭            |             |                       |             | 備考              |
|------------------------------|------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------|
|                              | 薄い表土のある<br>露天掘り  | 部分的<br>露天掘り | 全露天掘り                 | 坑内掘り        |                 |
| 1. 操業中の炭鉱での対策<br>(含、炭鉱陥没防止費) | 2.80 - 3.00      | 0.15 - 0.90 |                       | 1.00 - 5.00 | 急傾斜地での露天掘りは一層高し |
| 2. 終掘炭鉱の原状回復手<br>数料          |                  |             | 0.10(褐炭)<br>0.35(瀝青炭) | 0.15        | アメリカの法律に<br>よる  |
| 3. ダスト規制                     |                  |             | 0.10 - 0.20           |             |                 |
| 4. 炭鉱排水規制                    | 0.35 - 0.50      | 0.15 - 0.40 |                       | 0.07 - 0.60 | 1985年技術         |
| 5. 健康及び安全対策費                 |                  |             |                       | 6.00        |                 |
| 6. 選炭<br>貯炭と廃棄物からの<br>流出防止   |                  |             | 0.09                  | 0.09        | 選炭1トン当たり        |
|                              | 石炭輸送             |             |                       |             |                 |
|                              | 鉄道 スラリー・パイプライン 港 |             |                       |             |                 |
| 1. ダスト規制、こぼれ防<br>止、流出規制      | 0.05             |             | 未 知                   |             |                 |
| 2. スラリー水の処理                  |                  | 0.15 - 0.25 |                       |             | 蒸発により減少         |

—出所：IEA, 2000年に至る一般炭見通し(パリ；OECD, 1978) P. 93—

#### (4) 海上輸送(1次)

海外輸送のスタート点である各国の平均輸出価格(FOB=本船渡し価格)を表5.1.17から表5.1.20に示した。表5.1.17アメリカの場合、その他海外向けのFOBは1978年で約54ドル／ST、表5.1.18オーストラリアの場合、日本向けのFOBは約42Aドル／T、表5.1.19カナダの場合、日本向けのFOBは約60ドル／ST、表5.1.20南アフリカの場合、平均のFOBは約22ドル／STとなっており、これをみるとかぎり南アフリカのFOBが最も安くなっている。

##### a. 輸送距離

図5.1.19は石炭価格と輸送距離の関係を概念的に示したもので、輸送距離が長くなるとそれだけ輸送コストを要し、山元価格が同じであっても、需要地での石炭価格はそれだけ高くなることを示している。これを反映して、現在わが国が一般炭を輸入している主要な国からの航路別フレートを船型との関係でみると図5.1.20のようになる。輸送距離をみると南アフリカが約8000s·m、アメリカ、カナダ、オーストラリアなどが4000~5000s·m、中国、ソ連などが1000s·mであり、100t型船型でみるとそれぞれトン当たり約17ドル、約12ドル、約4ドルとなっている。

一方、カナダ、南アフリカ、オーストラリアの主要港から日本までの海上運賃をみると表5.1.2.1のよう、輸送距離が長いほど、また船型が小さいほど高くなっている。

図5.1.2.1は航海距離と最適載貨重量の関係を示したもので、遠距離になるほど、また年間輸送量が多くなるほど、大型船型を用いたほうが有利なことを示している。

表5.1.2.2は既存の船舶によって各産炭地からわが国へ輸送する場合のコスト(表の左欄)を示すとともに、今後の新造船による輸送コストの推移を予測したものである。現行では当然輸送距離の長いものほど高くなっているが、将来のコスト上昇率もまた大きくなっている。

表5.1.1.7 アメリカ炭平均輸出価格(F.O.B.)推移

|      | カナダ向け      |               |             | その他海外向け    |               |             |
|------|------------|---------------|-------------|------------|---------------|-------------|
|      | 数量(st)     | 価額(\$)        | 平均価格(\$/st) | 数量(st)     | 価額(\$)        | 平均価格(\$/st) |
| 1967 | 15,307,986 | \$127,736,052 | \$ 8.34     | 34,219,892 | \$347,278,813 | \$10.15     |
| 1968 | 16,748,201 | 142,156,325   | 8.49        | 33,889,059 | 353,823,695   | 10.44       |
| 1969 | 16,787,801 | 145,710,031   | 8.68        | 39,446,079 | 439,742,202   | 11.15       |
| 1970 | 18,673,375 | 195,132,947   | 10.45       | 52,270,183 | 755,657,188   | 14.46       |
| 1971 | 17,564,631 | 202,922,327   | 11.55       | 39,068,355 | 688,561,852   | 17.62       |
| 1972 | 18,161,384 | 254,243,169   | 14.00       | 37,835,337 | 718,945,516   | 19.00       |
| 1973 | 16,231,170 | 246,247,232   | 15.17       | 36,639,232 | 756,210,025   | 20.64       |
| 1974 | 13,705,791 | 343,397,695   | 25.05       | 46,220,297 | 2,076,936,509 | 44.94       |
| 1975 | 16,735,211 | 650,018,414   | 38.84       | 48,933,418 | 2,582,874,945 | 52.78       |
| 1976 | 16,497,271 | 705,602,325   | 42.77       | 42,908,238 | 2,180,864,482 | 50.83       |
| 1977 | 17,165,520 | 722,925,704   | 42.12       | 36,521,588 | 1,905,321,660 | 52.17       |
| 1978 | 15,239,083 | 679,274,522   | 44.57       | 24,585,915 | 1,324,696,952 | 53.88       |

出所：NCA, International Coal 1979

### b. 船型

輸送コストに与える船型の影響を代表的な航路について比較すると表3.1.2のようになる。これは60型を100とした指標表示になっているが、いずれの航路においても、船型が大型になると相対的にコストは下り、船型が小型になると上ることを示している。

また図5.1.2.2は同一輸送距離の場合にトン当たりの輸送コストとその構成内容がどう変化するかを示したもので、総輸送コストでみると190型は25型の約35%になっている。その構成内容でみると燃料費は約57%，資本費は約48%と半分くらいになっているが、経費をみると約23%と4分の1以下になり、大型化の効果を顕著に示している。また図5.1.2.3は代表的な航路別にみた船型の輸送コストへの影響を示したもので、大型化とともに輸送コストは低減していくが、輸送距離が長くなるほど低減効果の大きいことをも示している。

では大型化のコストメリットはどこにあるのか、日本—ニューカッスル間の航路において、60型と110型の経費を比較したのが表5.1.2.3である。これをみると積載量は約1.8倍であるのに対して、運行経費は約1.5倍、本船費では約1.2倍、総経費では1.3倍となっており、いずれも110型のほうが割安になって大型化のコストメリットを示している。

表5.1.1.8 オーストラリア炭平均輸出価格(FOB)推移

(単位:A\$/t)

| 年度                     | 1972-73 | 1973-74 | 1974-75 | 1975-76 | 1976-77 | 1977-78 | 1978-79 |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| From New South Wales — |         |         |         |         |         |         |         |
| to Japan               | 11.73   | 12.50   | 21.74   | 35.62   | 36.21   | 39.93   | 40.18   |
| to United Kingdom      | —       | 11.88   | 13.66   | 16.32   | 19.48   | 21.59   | 22.88   |
| to Northern Europe     | 8.25    | 13.63   | 14.31   | 16.82   | 20.64   | 21.71   | 21.99   |
| to Southern Europe     | 10.91   | 11.28   | 24.67   | 23.21   | 18.25   | 22.05   | 22.16   |
| to Republic of Korea   | 10.94   | 12.01   | 22.63   | 33.72   | 36.22   | 40.37   | 39.98   |
| to others              | 12.93   | 11.07   | 18.66   | 22.04   | 33.41   | 31.71   | 33.80   |
| Total                  | 11.63   | 12.43   | 20.26   | 31.43   | 33.47   | 35.83   | 35.83   |
| From Queensland —      |         |         |         |         |         |         |         |
| to Japan               | 10.88   | 13.12   | 24.07   | 38.72   | 41.14   | 43.44   | 44.04   |
| to United Kingdom      | 11.98   | 11.33   | 24.17   | 34.35   | 38.01   | 37.92   | 38.95   |
| to Northern Europe     | 12.31   | 9.67    | 21.95   | 34.78   | 37.19   | 36.22   | 35.59   |
| to Southern Europe     | 11.38   | 9.45    | 21.90   | 34.14   | 37.51   | 38.33   | 38.04   |
| to Republic of Korea   | —       | —       | —       | —       | 42.39   | 43.76   | 44.28   |
| to others              | —       | —       | 20.50   | 20.50   | 44.85   | 44.01   | 39.35   |
| Total                  | 11.01   | 12.56   | 23.70   | 37.91   | 40.46   | 42.04   | 42.23   |
| From Australia —       |         |         |         |         |         |         |         |
| to Japan               | 11.28   | 12.84   | 23.10   | 37.39   | 38.92   | 41.91   | 42.16   |
| to others              | 11.36   | 10.64   | 19.17   | 26.34   | 31.23   | 32.73   | 32.90   |
| Total                  | 11.28   | 12.50   | 22.10   | 34.96   | 37.23   | 39.14   | 38.99   |

出所: Australian Bureau of Statistics.

これらのことから船型を大型化することは輸送コスト低減に大きな効果をもっている。しかし大型化するためには、積出港湾、揚地港湾の施設がそれに見合ったものにならなければならぬ、という条件が必要である。先にみたように世界の積出港湾のほとんどが100型前後の船型しか入港できない状況であるから、船舶のみ大型化することはできない状況といえよう。

現実にどのような船型の船舶によって輸送されているか、ということを表5.1.2.4に示した。これによると60型以上の大型船が約6.2%と過半数を占めており、また年とともに大型化する傾向を示している。

#### c. 船種

現在、石炭輸送に用いられている船舶の船種はほとんどがバラ積みのバルク・キャリアであるが、石炭の性状と船種の組合せを図示すると図5.1.2.4のようになる。

現在はほとんどがバルクであるが、将来水スラリーやCOMなどに石炭が加工されてから輸入されるようになると、そのための専用船も発達してくるだろう。特に水スラリーとなる可能性は大きいが、その場合はスラリー

の含水率が輸送コストに大きく影響してくるものと考えられる。スラリーの含水率と輸送コストの関係を図5.

1.2.5に示した。

#### (5) 揚地港湾諸施設

わが国における海外一般炭の揚地港湾を拡充・整備することは、石炭の需要増や船舶の大型化などからみて極めて重要なことである。しかし港湾の新設や拡充には巨大な資本投資が必要である。港湾の建設に要する費用については、建設する場所の立地環境に大きく依存しており、一概に比較できないが、入港可能船型による港湾建設費の比較として図5.1.2.6のように試算された例もある。

また荷役コストに係る要素としては、比較荷役作業率( R C H R = 荷役人員1人当り、1時間に荷役できる貨物の重量 )があるが、各荷役方式別の R C H R については、表3.1.5に掲げたとおりである。

アンローダーの能力と設備費については、図5.1.2.7に、またベルトコンベアの運搬能力、ベルト幅及長さと設備費の関係については、図5.1.2.8に示してある。

表5.1.1.9 カナダ炭平均輸出価格( F O B )推移

(単位: US\$/st)

| Country of Destination | 1974     | 1975     | 1976         | 1977         | 1978         |
|------------------------|----------|----------|--------------|--------------|--------------|
| Belgium・Luxembourg     | U.S.\$ — | U.S.\$ — | U.S.\$ 20.12 | U.S.\$ 56.28 | U.S.\$ 49.10 |
| Brazil                 | —        | —        | —            | 58.64        | 66.82        |
| Chile                  | 13.64    | —        | —            | —            | 57.63        |
| Denmark                | 14.92    | 16.91    | 18.28        | 30.95        | 41.40        |
| France                 | 19.23    | 15.84    | 17.29        | 24.89        | —            |
| Germany, Fed. Rep      | 21.32    | 19.90    | 22.49        | 33.70        | 30.32        |
| Italy                  | 21.87    | —        | —            | 51.04        | 59.77        |
| Japan                  | 20.58    | 38.74    | 44.46        | 61.58        | 60.33        |
| Korea (South)          | 17.38    | —        | 47.29        | 65.76        | 64.73        |
| Mexico                 | —        | —        | 48.64        | 64.99        | 68.02        |
| Netherlands            | —        | —        | 30.20        | —            | —            |
| St. Pierre. Miquelon   | —        | —        | 26.28        | —            | —            |
| Sweden                 | —        | —        | 20.04        | 40.56        | 60.45        |
| United Kingdom         | 30.52    | 28.82    | 23.88        | —            | —            |
| United States          | 29.79    | 29.59    | 16.29        | 20.29        | —            |
| Total                  | \$ 20.86 | \$ 37.45 | \$ 42.99     | \$ 59.62     | \$ 58.94     |

出所: NCA, International Coal 1979

表5.1.2.0 南アフリカ炭平均輸出価格( FOB )推移

| 年    | 数量<br>(千st) | 平均価格<br>(US\$/st) |
|------|-------------|-------------------|
| 1974 | 1,370       | 12.21             |
| 1975 | 1,726       | 13.01             |
| 1976 | 4,884       | 17.62             |
| 1977 | 11,550      | 20.20             |
| 1978 | 41,176      | 22.25             |

出所: NCA, International Coal 1979

表5.1.2.1 現行の海上運賃( 揚地は日本 )

| 積 地         | 船 型                    | 海上運賃( U S \$ / L.T.) |
|-------------|------------------------|----------------------|
| Robert Bank | 110型<br>PANAMAX        | 2.50<br>3.00         |
| Richard Bay | 110型<br>PANAMAX        | 3.75<br>5.75         |
| Hay Point   | 110型<br>PANAMAX<br>35型 | 2.75<br>3.25<br>5.00 |

出所: 文献6

表5.1.22 日本向け船舶輸送コストの推移比較

| 区分<br>項目         | 1979            |                  | 1985             | 1990             | 2000              | 摘要 |
|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|----|
|                  | 既設              | 新設               | 新設               | 新設               | 新設                |    |
| A オーストラリア        | 12.13           | 13.99            | 20.75            | 29.81            | 63.61             |    |
| B カナダ<br>(B-A)   | 12.56<br>(0.43) | 14.41<br>(0.42)  | 21.44<br>(0.69)  | 30.93<br>(1.12)  | 67.07<br>(3.46)   |    |
| C アメリカ<br>(C-A)  | 13.45<br>(1.32) | 15.41<br>(1.42)  | 22.95<br>(2.20)  | 33.14<br>(3.33)  | 72.18<br>(8.57)   |    |
| D 南アフリカ<br>(D-A) | 19.44<br>(7.31) | 22.13<br>(8.14)  | 33.08<br>(12.33) | 48.01<br>(18.20) | 106.58<br>(42.97) |    |
| E 中國<br>(E-A)    | 3.81<br>(△8.32) | 4.52<br>(△9.47)  | 6.58<br>(△14.17) | 9.22<br>(△20.59) | 17.59<br>(△46.02) |    |
| F ツ連<br>(F-A)    | 2.70<br>(△9.43) | 3.23<br>(△10.76) | 4.67<br>(△16.08) | 6.57<br>(△23.29) | 12.15<br>(△51.46) |    |

出所：文献5

表5.1.23 船舶輸送コスト（日本～ニューカッスル）（1979年価格）

|            |             | 6万t     |       | 11万t      |       | 本船年経費÷(年間航海6万t 9.3回、11万t 10.3回)÷220(ドル換算220日/\$)<br>(6万t)(11万t)<br>38t/日 40t/日 \$180/t<br>45t/日 68t/日 \$380/t<br>11万t船は6万t×6/日<br>\$50/日×37日(1航海所要日数) |
|------------|-------------|---------|-------|-----------|-------|---|
| 本船費 \$     |             | 509,985 | 62.3% | 600,062   | 56.4% |   |
| 運行経費       | バンカー代       | 253,840 | 31.1  | 365,900   |       |   |
|            | A 重油        | 38,380  |       | 40,280    |       |   |
|            | C "         | 215,460 |       | 325,620   |       |   |
|            | Port Charge | 50,000  | 6.1   | 91,667    | 8.6   |   |
|            | ニューカッスル     | 30,000  |       | 91,667    |       |   |
|            | 日本          | 20,000  |       |           |       |   |
|            | Cleaning    | 2,500   | 0.3   | 4,583     | 0.3   |   |
|            | Sundry      | 1,855   | 0.2   | 1,855     | 0.2   |   |
|            | 計           | 308,195 | 37.7  | 464,005   | 43.6  |   |
| 合計         |             | 818,180 | 100.0 | 1,064,067 | 100.0 |   |
| 石炭トン当たりコスト |             | 13.99   |       | 9.94      |       | 出所：文献5  |

表5.1.24 我が国への船型別石炭の荷動き（1970-78）

(単位：%)

| YEAR               |  | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 |
|--------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| SIZE GROUP (DWT) : |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Under 25,000       |  | 23   | 23   | 16   | 12   | 16   | 15   | 14   | 13   | 10   |
| 25— 60,000         |  | 60   | 62   | 56   | 52   | 44   | 35   | 34   | 31   | 28   |
| 60— 100,000        |  | 17   | 13   | 19   | 21   | 29   | 34   | 29   | 28   | 31   |
| Over 100,000       |  | —    | 2    | 9    | 15   | 11   | 16   | 23   | 28   | 31   |

Data derived from "World Bulk Trades" annual. Fearnley &amp; Eger.

出所：「The Growth Steam Coal Trade」H.P.Drewry Limited.

(6) 二次輸送

コールセンター方式の採用によって必然的に発生する二次配送(輸送)の主体は、内航船による海上輸送であり、55年度における輸送実績は約370万トンとなっている。

昭和65年には輸入一般炭の約40%にあたる約2,600万トンが2次輸送されるものとみられ、65%が海上輸送、35%が陸上輸送になるものと予想されている。

表5.1.25、表5.1.26は石炭専用内航船の船型別、船令別構成を示したものであるが、これによると平均船型が約5,400D/W、船令14年以上の船舶が約80%となっている。

また、表5.1.27は営業用内航船舶による船種別、品目別輸送量を示したもので、表5.1.28は、わが国的主要港湾間の航路距離を示したものである。

表5.1.25 石炭専用船及び一般貨物船の船型別構成(内航船)

| 区分<br>船型                   | 石炭専用船  |     |        | 一般貨物船   |         |         |
|----------------------------|--------|-----|--------|---------|---------|---------|
|                            | 隻数     | 総トン | 重量トン   | 隻数      | 総トン     | 重量トン    |
| 総<br>ト<br>ン<br>区<br>分      | 100以上  | —   | —      | 1,401   | 259,788 | 621,469 |
|                            | 200 "  | —   | —      | 90      | 24,790  | 52,022  |
|                            | 300 "  | 1   | 491    | 980     | 766     | 368,610 |
|                            | 500 "  | —   | —      | —       | 134     | 90,540  |
|                            | 700 "  | 1   | 999    | 3,244   | 42      | 40,446  |
|                            | 1000 " | —   | —      | —       | 15      | 24,558  |
|                            | 2000 " | 11  | 29,044 | 53,156  | 14      | 37,127  |
|                            | 3000 " | 19  | 66,202 | 116,463 | 8       | 34,241  |
|                            | 合計     | 32  | 96,736 | 173,671 | 2,480   | 880,100 |
| 重<br>量<br>ト<br>ン<br>区<br>分 | 500未満  | —   | —      | —       | 972     | 179,125 |
|                            | 500以上  | 1   | 491    | 980     | 706     | 188,976 |
|                            | 1000 " | —   | —      | —       | 387     | 189,750 |
|                            | 1500 " | —   | —      | —       | 273     | 147,034 |
|                            | 2000 " | —   | —      | —       | 110     | 87,839  |
|                            | 3000 " | 2   | 3,222  | 6,979   | 15      | 33,646  |
|                            | 4000 " | 7   | 18,606 | 31,865  | 9       | 28,055  |
|                            | 5000 " | 11  | 36,758 | 64,230  | 6       | 17,419  |
|                            | 6000 " | 11  | 37,659 | 69,617  | 2       | 8,256   |
|                            | 不明     | —   | —      | —       | —       | —       |
|                            | 合計     | 32  | 96,736 | 173,671 | 2,480   | 880,100 |

出所：「日本船主協会日本商船船腹統計」による。

表5.1.26 石炭専用船及び一般貨物船の船齢別構成(内航)

(55. 6. 30現在)

| 船種<br>船齢 | 石炭専用船 |        |         | 一般貨物船 |         |           |
|----------|-------|--------|---------|-------|---------|-----------|
|          | 隻数    | 総トン    | 重量トン    | 隻数    | 総トン     | 重量トン      |
| 0 ~ 4年   | 2     | 8,658  | 14,732  | 503   | 234,803 | 63,239.2  |
| 5 ~ 9年   | —     | —      | —       | 311   | 123,978 | 34,329.4  |
| 10 ~ 11年 | 4     | 9,524  | 21,563  | 523   | 170,329 | 43,968.4  |
| 12 ~ 13年 | —     | —      | —       | 476   | 158,958 | 33,638.2  |
| 14 ~ 15年 | 12    | 35,336 | 62,526  | 228   | 75,848  | 14,598.2  |
| 16 ~ 17年 | 10    | 31,686 | 55,203  | 230   | 62,950  | 11,374.2  |
| 18 ~ 19年 | 3     | 9,309  | 15,912  | 149   | 39,377  | 69,495    |
| 20年以上    | 1     | 2,223  | 3,735   | 60    | 13,857  | 24,483    |
| 合計       | 32    | 96,736 | 173,671 | 2,480 | 880,100 | 210,545.4 |

出所：「日本船主協会日本商船船腹統計」による。

(注) 100総トン以上の鋼船を対象とする。

表5.1.27 船種別品目別輸送量の見通し

| 船種      | 品目      | 単位       | 実績      |         |             |             |             | 推計          |             |           |
|---------|---------|----------|---------|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|
|         |         |          | 5.0     | 5.3     | 5.4         | 5.5         | 5.6         | 5.7         | 5.8         | 5.9       |
| 貨物      | 石炭      | 百万トン     | 1.20    | 1.00    | 1.08        | 1.62        | 1.74        | 1.89        | 2.04        | 2.19      |
|         | うち海外炭   | "        |         |         | ( 1.2.3 )   | ( 1.2.3 )   | ( 1.2.3 )   | ( 1.2.3 )   | ( 1.2.3 )   | ( 1.2.3 ) |
|         | 鉄       | "        | 5.0.5   | 5.0.9   | 5.4.9       | 5.3.0       | 5.2.8       | 5.4.0       | 5.5.1       | 5.6.2     |
|         | 石灰      | "        | 3.8.6   | 4.1.9   | 4.6.5       | 4.5.1       | 4.5.4       | 4.7.6       | 5.0.2       | 5.7.4     |
| 砂利・砂・石材 | 砂利      | "        | 2.3.2   | 4.5.7   | 4.1.9       | 4.9.0       | 4.5.8       | 4.9.0       | 5.2.0       | 5.5.6     |
|         | 砂利・砂・石材 | "        | 1.1.2.3 | 9.1.6   | 1.0.4.2     | 9.4.3       | 9.4.0       | 9.4.4       | 9.4.3       | 10.3.3    |
|         | その他     | "        | 2.3.6.6 | 2.4.0.1 | 2.5.8.3     | 2.5.7.6     | 2.5.5.4     | 2.6.3.9     | 2.7.2.0     | 3.0.8.9   |
|         | 計       | "        |         |         | ( 2.5.8.2 ) | ( 2.6.3.1 ) | ( 2.7.1.5 ) | ( 2.8.5.8 ) | ( 3.0.1.3 ) | 11.3.8    |
| セメント専用船 | セメント    | "        | 2.5.9   | 3.5.9   | 3.7.9       | 3.9.1       | 4.0.3       | 4.3.5       | 4.6.6       | 5.0.2     |
|         | 自動車専用船  | 万台       | 1.8     | 2.7     | 2.8         | 2.9         | 3.0         | 3.1         | 3.1         | 3.1       |
| 油       | 石油類     | 百万キロリットル | 1.9.7.1 | 2.2.8.0 | 2.3.0.2     | 2.1.6.8     | 2.1.4.7     | 2.2.4.7     | 2.3.1.5     | 2.3.5.9   |
| 特殊タンク船  | 化学生産品等  | 百万トン     | 1.6.8   | 1.9.9   | 2.1.7       | 2.1.3       | 2.2.6       | 2.3.4       | 2.4.3       | 2.5.9     |

(注) ( )内は55年度における見通しである。  
(出所) 運輸省海運局資料

表 5.1.28 日本近海距離一覧表

| A-D |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 50  | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 |
| 73  | 105 | 131 | 172 | 211 | 251 | 291 | 331 | 371 | 411 | 451 | 491 |
| 58  | 108 | 132 | 167 | 202 | 232 | 267 | 302 | 337 | 372 | 402 | 432 |
| 19  | 64  | 87  | 111 | 131 | 151 | 171 | 191 | 211 | 231 | 251 | 271 |
| 73  | 81  | 102 | 121 | 131 | 151 | 171 | 191 | 211 | 231 | 251 | 271 |
| 88  | 96  | 107 | 116 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 |
| 173 | 134 | 166 | 181 | 197 | 201 | 205 | 209 | 213 | 217 | 221 | 225 |
| 176 | 136 | 161 | 184 | 198 | 205 | 211 | 211 | 211 | 211 | 211 | 211 |
| 120 | 129 | 144 | 178 | 193 | 200 | 206 | 211 | 211 | 211 | 211 | 211 |
| 122 | 125 | 126 | 180 | 195 | 211 | 211 | 211 | 211 | 211 | 211 | 211 |
| 200 | 229 | 257 | 285 | 312 | 339 | 367 | 395 | 422 | 450 | 478 | 506 |
| 415 | 267 | 292 | 318 | 344 | 371 | 397 | 423 | 449 | 475 | 501 | 527 |
| 384 | 255 | 274 | 299 | 305 | 324 | 337 | 355 | 379 | 398 | 416 | 434 |
| 343 | 195 | 96  | 61  | 49  | 36  | 24  | 12  | 7   | 4   | 2   | 1   |
| 444 | 296 | 196 | 161 | 90  | 22  | 109 | 122 | 131 | 141 | 151 | 161 |
| 421 | 272 | 171 | 136 | 61  | 48  | 80  | 93  | 104 | 115 | 121 | 131 |
| 464 | 316 | 216 | 183 | 40  | 49  | 19  | 13  | 7   | 4   | 2   | 1   |
| 456 | 303 | 205 | 170 | 27  | 36  | 46  |     |     |     |     |     |
| 424 | 274 | 173 | 136 | 17  | 11  | 2   |     |     |     |     |     |
| 437 | 208 | 186 | 151 | 76  |     |     |     |     |     |     |     |
| 340 | 112 | 75  | 25  | 25  |     |     |     |     |     |     |     |
| 375 | 291 | 97  | 51  | 21  |     |     |     |     |     |     |     |
| 382 | 71  | 36  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 464 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| E-F |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 471 | 279 | 197 | 145 | 75  | 62  | 54  | 107 | 32  | 19  | 84  | 10  |
| 415 | 267 | 152 | 118 | 17  | 6   | 36  | 49  | 44  | 73  | 72  | 88  |
| 384 | 255 | 174 | 129 | 105 | 92  | 124 | 137 | 75  | 79  | 78  | 100 |
| 343 | 195 | 96  | 61  | 49  | 36  | 24  | 12  | 7   | 4   | 2   | 1   |
| 444 | 296 | 196 | 161 | 90  | 22  | 109 | 122 | 131 | 141 | 151 | 161 |
| 421 | 272 | 171 | 136 | 61  | 48  | 80  | 93  | 104 | 115 | 121 | 131 |
| 464 | 316 | 216 | 183 | 40  | 49  | 19  | 13  | 7   | 4   | 2   | 1   |
| 456 | 303 | 205 | 170 | 27  | 36  | 46  |     |     |     |     |     |
| 424 | 274 | 173 | 136 | 17  | 11  | 2   |     |     |     |     |     |
| 437 | 208 | 186 | 151 | 76  |     |     |     |     |     |     |     |
| 340 | 112 | 75  | 25  | 25  |     |     |     |     |     |     |     |
| 375 | 291 | 97  | 51  | 21  |     |     |     |     |     |     |     |
| 382 | 71  | 36  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 464 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| G-H |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 50  | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 |
| 77  | 31  | 20  | 17  | 14  |     |     |     |     |     |     |     |
| 58  | 67  | 51  | 33  | 21  |     |     |     |     |     |     |     |
| 88  | 93  | 82  | 70  | 56  | 41  |     |     |     |     |     |     |
| 60  | 84  | 71  | 62  | 48  | 26  | 14  |     |     |     |     |     |
| 121 | 125 | 120 | 109 | 94  | 77  | 68  | 58  | 48  | 38  | 28  | 18  |
| 117 | 141 | 131 | 119 | 104 | 95  | 88  | 77  | 65  | 53  | 42  | 32  |
| 142 | 146 | 135 | 124 | 109 | 112 | 93  | 81  | 79  | 65  | 53  | 41  |
| 158 | 167 | 151 | 139 | 125 | 116 | 109 | 94  | 84  | 79  | 70  | 60  |
| 182 | 187 | 176 | 164 | 149 | 131 | 103 | 113 | 118 | 108 | 98  | 87  |
| 185 | 190 | 180 | 168 | 153 | 156 | 137 | 107 | 117 | 127 | 137 | 147 |
| 107 | 166 | 95  | 64  | 63  | 52  | 51  | 35  | 45  | 50  | 65  | 81  |
| 129 | 134 | 123 | 111 | 96  | 100 | 81  | 50  | 63  | 65  | 79  | 55  |
| 144 | 148 | 137 | 129 | 111 | 119 | 95  | 63  | 75  | 80  | 79  | 65  |
| 179 | 183 | 172 | 160 | 145 | 149 | 132 | 103 | 110 | 115 | 146 | 152 |
| 187 | 191 | 180 | 168 | 159 | 157 | 136 | 108 | 114 | 121 | 136 | 141 |
| 248 | 253 | 242 | 220 | 207 | 209 | 186 | 165 | 190 | 184 | 175 | 171 |
| 297 | 286 | 251 | 239 | 221 | 228 | 198 | 168 | 193 | 174 | 164 | 150 |
| 298 | 265 | 253 | 242 | 238 | 237 | 195 | 165 | 190 | 175 | 167 | 152 |
| 200 | 271 | 277 | 175 | 164 | 174 | 53  | 51  | 71  | 71  | 67  | 64  |
| 603 | 605 | 641 | 591 | 591 | 591 | 591 | 591 | 591 | 591 | 591 | 591 |
| 615 | 597 | 553 | 506 | 491 | 446 | 426 | 426 | 405 | 392 | 371 | 366 |
| 542 | 529 | 466 | 444 | 444 | 444 | 444 | 444 | 444 | 444 | 444 | 444 |
| 517 | 496 | 455 | 407 | 399 | 391 | 391 | 391 | 391 | 391 | 391 | 391 |
| 492 | 447 | 378 | 370 | 372 | 374 | 374 | 374 | 374 | 374 | 374 | 374 |
| 455 | 437 | 393 | 381 | 372 | 379 | 293 | 257 | 257 | 257 | 257 | 257 |
| 472 | 468 | 360 | 317 | 294 | 266 | 220 | 219 | 199 | 86  | 63  | 63  |
| 426 | 408 | 363 | 316 | 282 | 274 | 272 | 202 | 202 | 202 | 202 | 202 |
| 416 | 395 | 354 | 314 | 274 | 214 | 214 | 161 | 161 | 161 | 161 | 161 |
| 337 | 319 | 275 | 277 | 193 | 120 | 135 | 133 | 113 | 113 | 113 | 113 |
| 299 | 271 | 277 | 175 | 164 | 174 | 53  | 51  | 71  | 71  | 67  | 64  |
| 266 | 247 | 203 | 151 | 123 | 114 | 16  | 25  | 17  |     |     |     |
| 263 | 249 | 201 | 151 | 127 | 117 | 117 |     |     |     |     |     |
| 167 | 149 | 105 | 52  | 47  | 31  | 15  |     |     |     |     |     |
| 156 | 138 | 94  | 44  | 10  |     |     |     |     |     |     |     |
| 110 | 97  | 46  | 11  | 11  |     |     |     |     |     |     |     |
| 71  | 51  | 16  | 10  |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 33  | 6   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 21  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

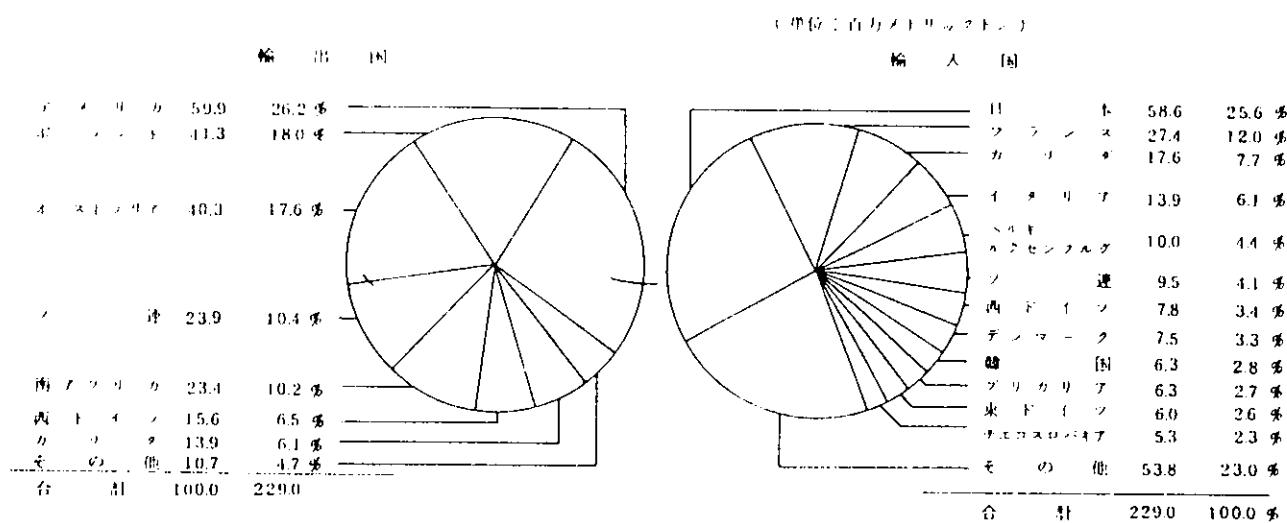
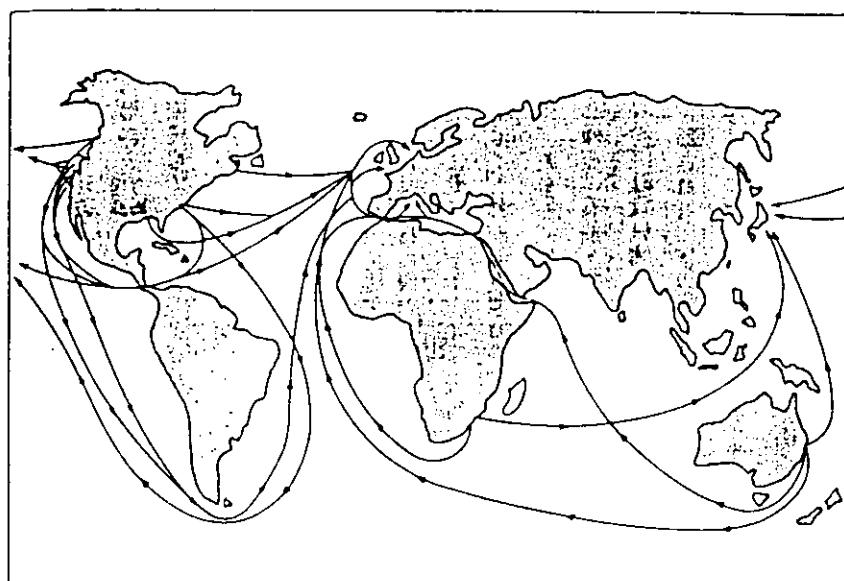


図 5.1.1 各国の石炭輸出入量 (1979年)

出所: 文献 8



| 積地        | 仕向地            | ホーン岬<br>(喜望峰)経由 | パナマ(スエズ)<br>運河経由 |
|-----------|----------------|-----------------|------------------|
| カナダ(西海岸)  | 西ヨーロッパ(ARA)・日本 | 15,400<br>4,800 | 10,000<br>-      |
| アメリカ(東海岸) | 西ヨーロッパ<br>日本   | 3,600<br>16,300 | -<br>10,000      |
| アメリカ(西海岸) | 西ヨーロッパ<br>日本   | 13,800<br>4,750 | 8,400<br>-       |
| 南ア共和国     | 西ヨーロッパ<br>日本   | 7,200<br>8,700  | -<br>-           |
| オーストラリア   | 西ヨーロッパ<br>日本   | 13,700<br>3,600 | 11,400<br>-      |

• ARA=アムステルダム、ロッテルダム、アントワープ

図 5.1.2 石炭の海上取引ルート

出所: 文献 8

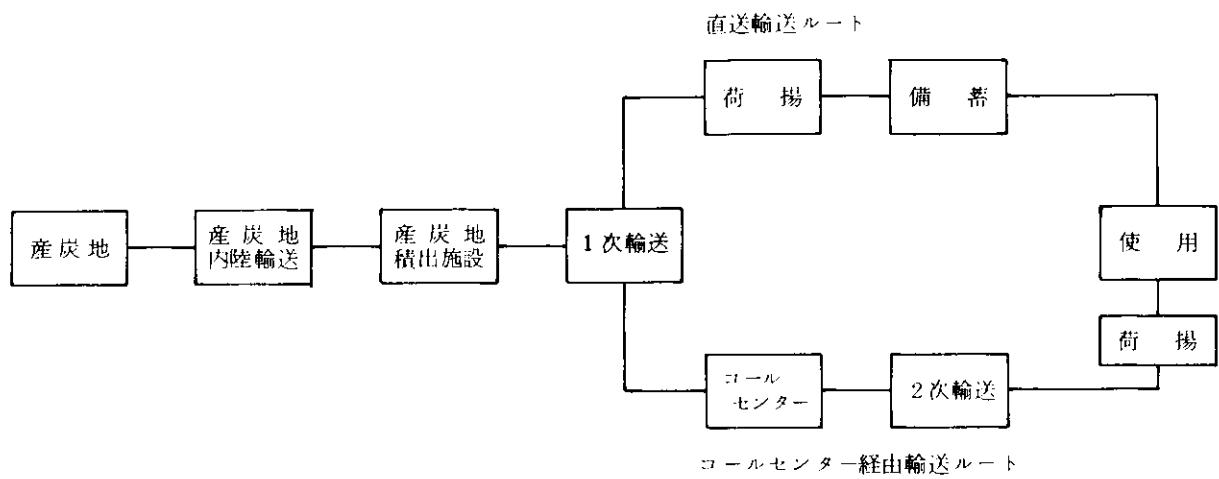


図 5.1.3 システム構成要素の相互関係

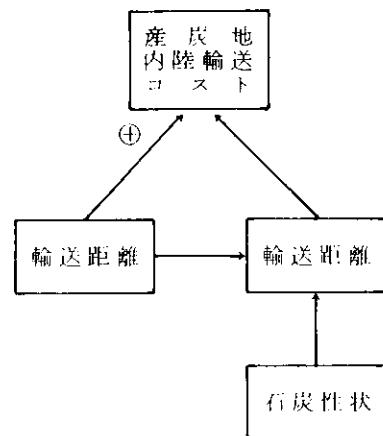


図 5.1.4 産炭地内陸輸送コストの要因と相互関連

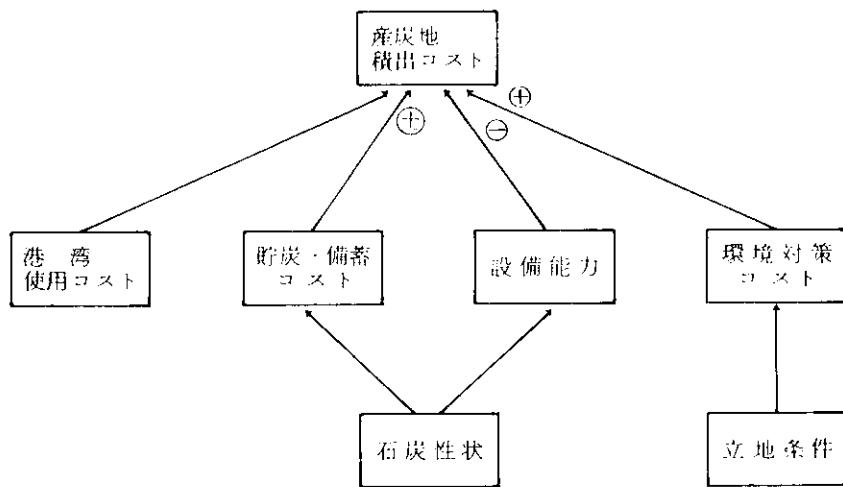


図 5.1.5 産炭地積出コストの要因と相互関連

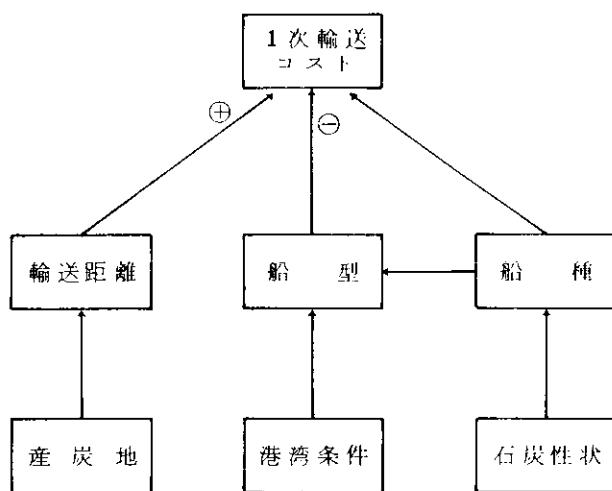


図 5.1.6 1次輸送コストの要因と相互関連

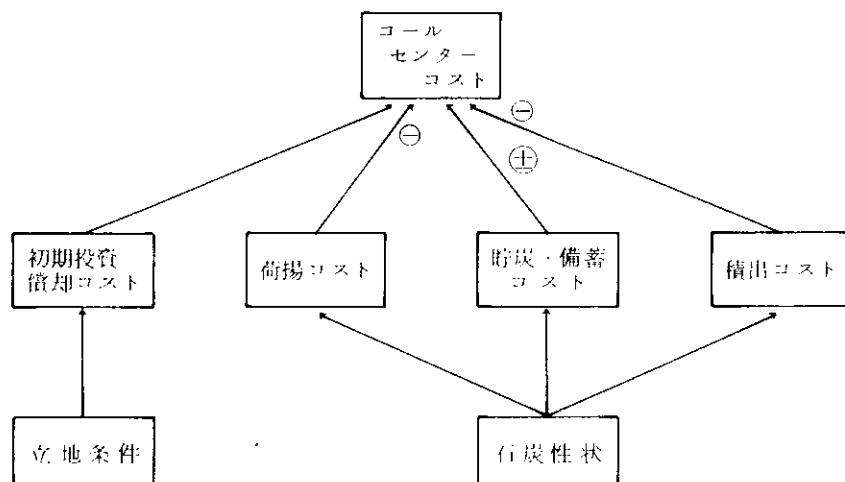


図 5.1.7 コールセンターのコスト要因と相互関連

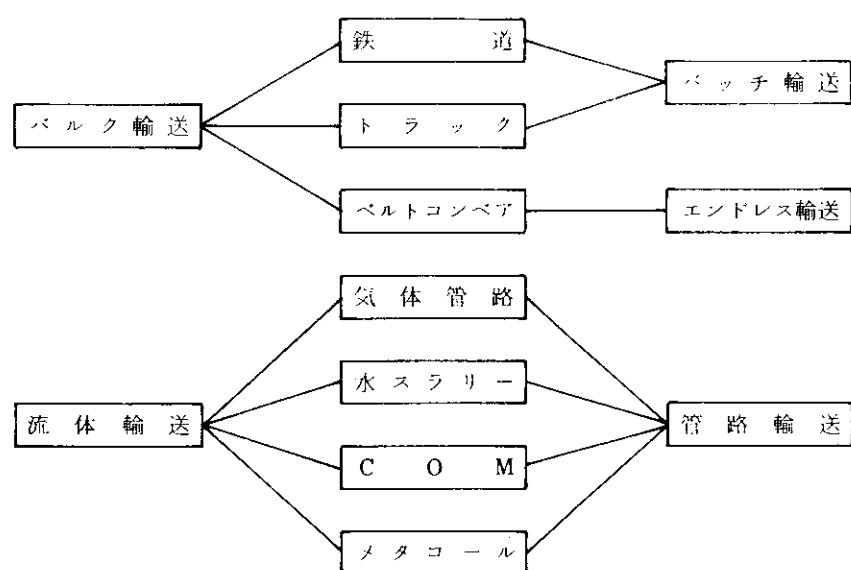
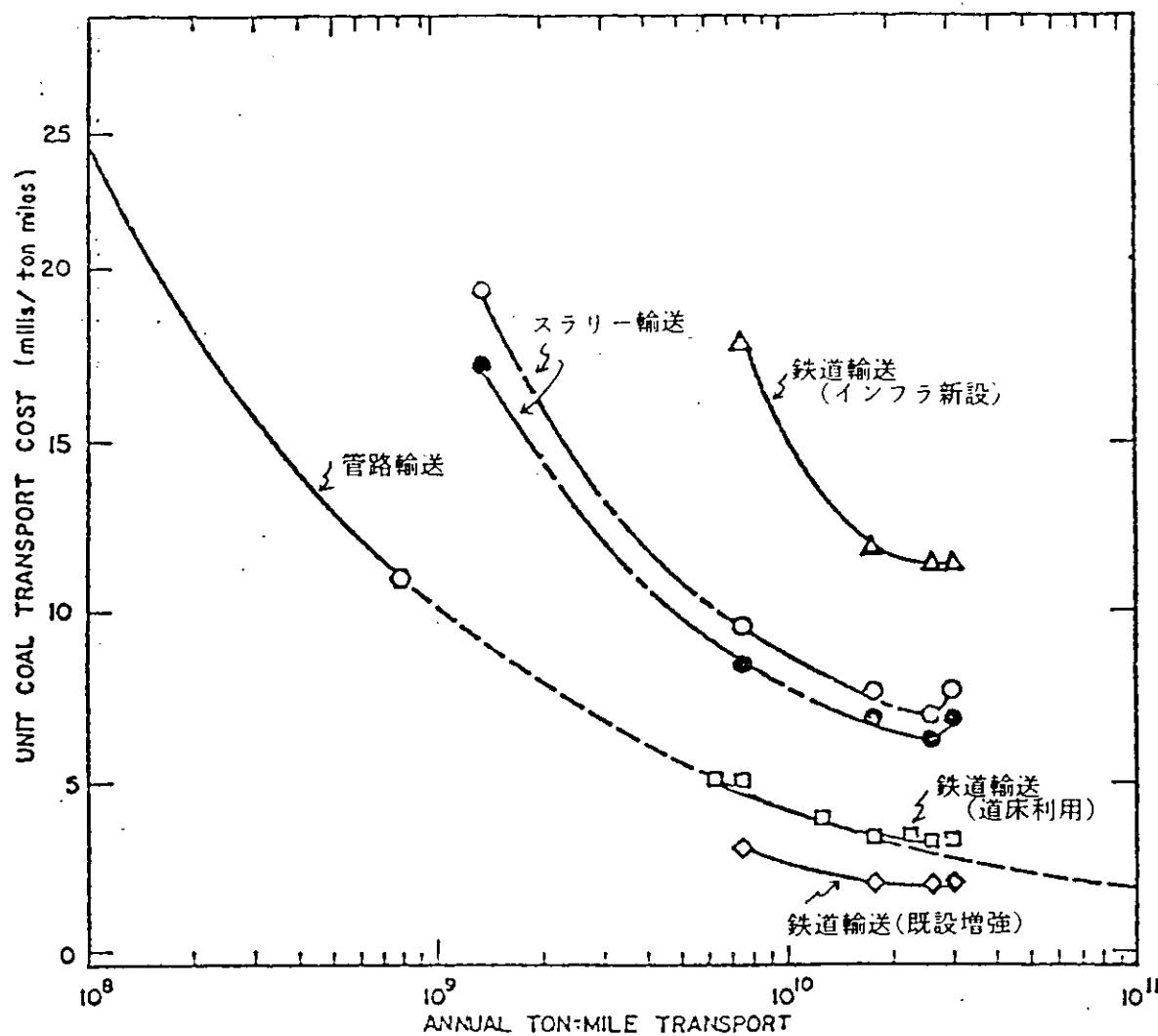


図 5.1.8 内陸輸送方法の分類

出所：文献 13



Cost Comparison Showing Unit Transport Cost Extrapolated from Hyperbolic Cost Model (Eq. 6.2.1) for Long-Distance Large-Capacity Shipment as Compared to Cost Data of Rail and Slurry Pipeline from Reference (13).

図 5.1.9 輸送コストの比較

出所: Comparative Coal  
Transportation Cost : Vol.7

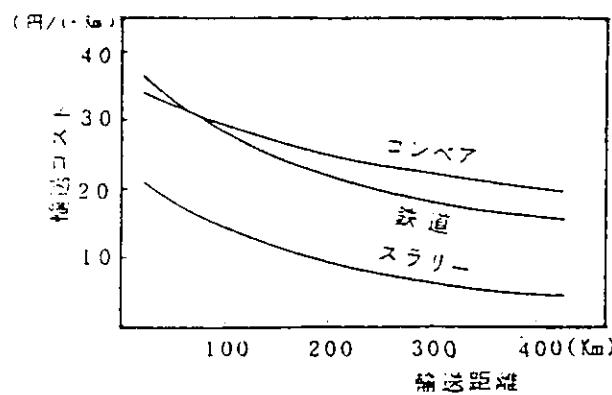
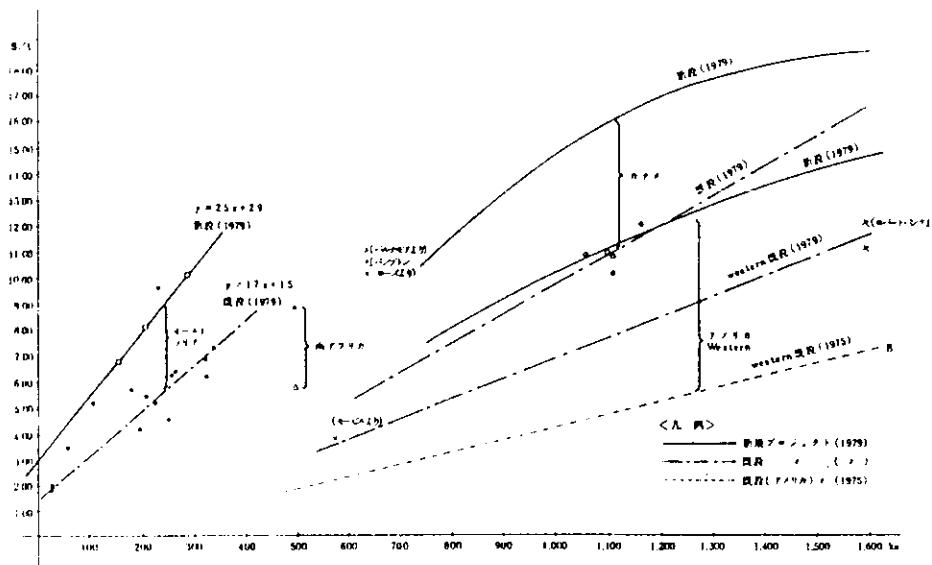


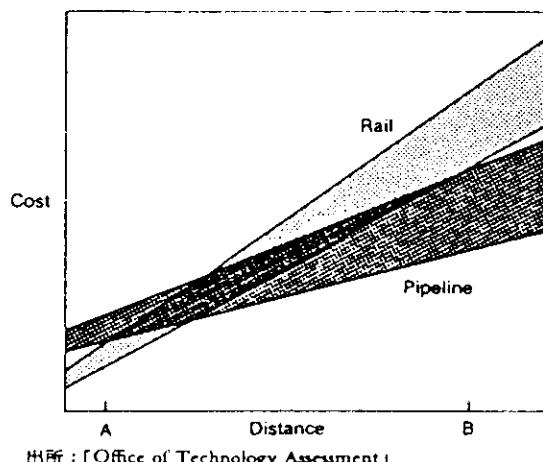
図 5.1.10 トン・キロメートル当たり輸送コスト

出所: 文献 13



- (出所) アメリカの賃料金(1979)はZimmermanの料金体系(1975)をアップ率を参考に1500kmでの料金(1979)を中心  
に上昇して設定した。(62%アップ)  
(2) 新規料金は、既設に対し300km60%, 800km50%, 1100km45%, 1600km25%アップとして設定  
(3) カナダの料金体系はアメリカに倣じて設定  
(出所) コールノート等を参考

図 5.1.11 新旧鉄道輸送料の各国別比較（1979 年度）



出所：[Office of Technology Assessment]

図 5.1.12 ユニット・トレインとスラリー・パイプラインのコスト比較

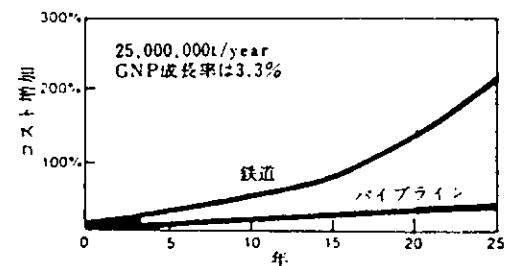


図 5.1.13 価格上昇率。石炭の鉄道輸送および  
スラリーパイプライン輸送に対する  
インフレの影響

出所：文献 3

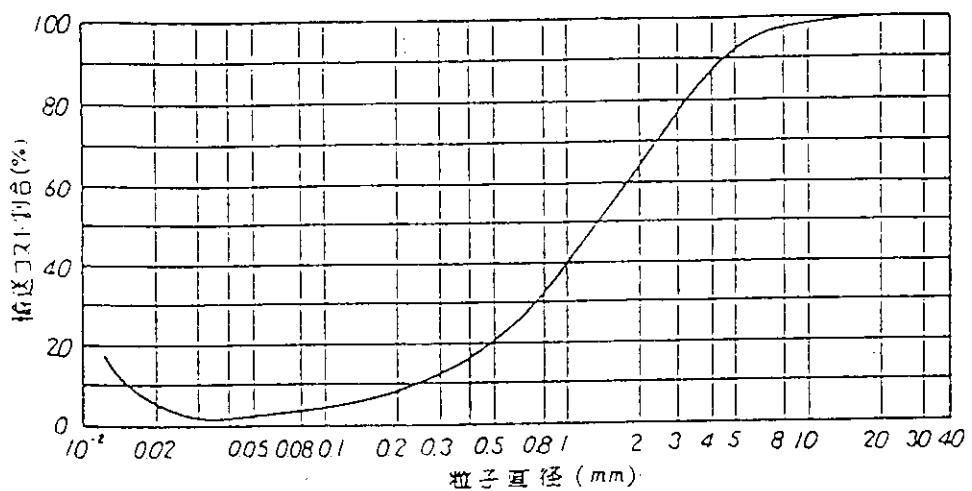


図 5.1.14 石炭の粒径と輸送コストの関係

出所：文献 13

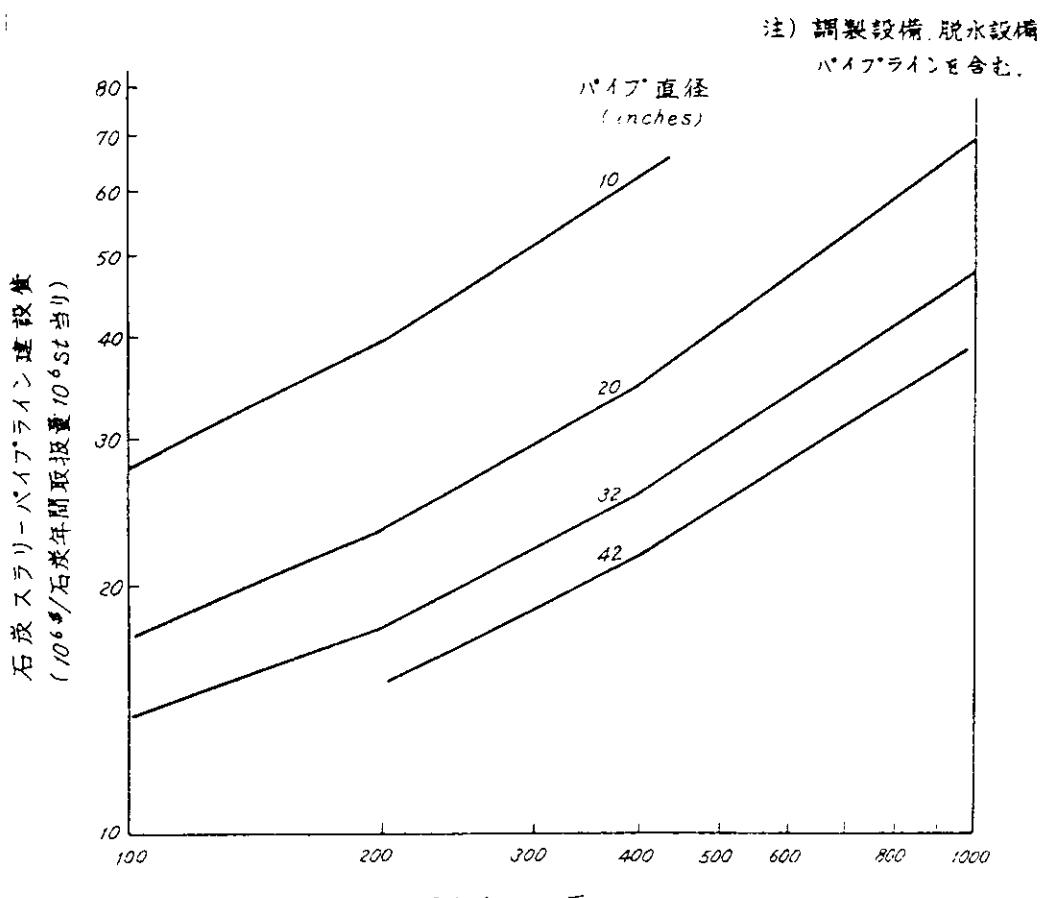
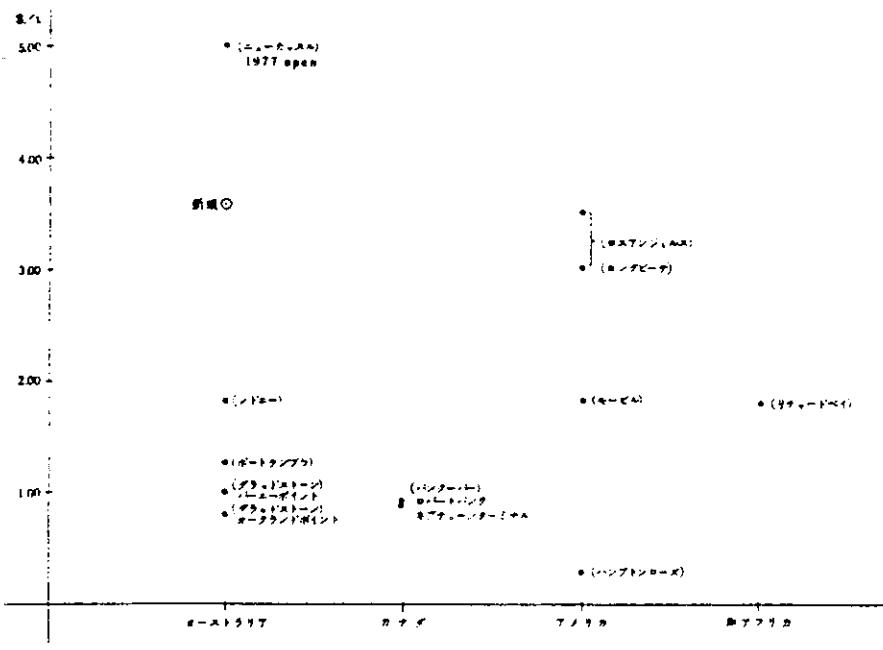


図 5.1.15 パイプライン建設費

出所：文献 8



(出所) コールノート等

図 5.1.16 港湾費の現状(1978~79)

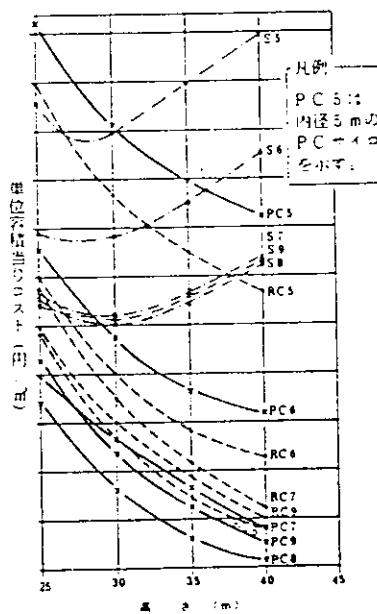


図 5.1.17 単位容積当たりコスト

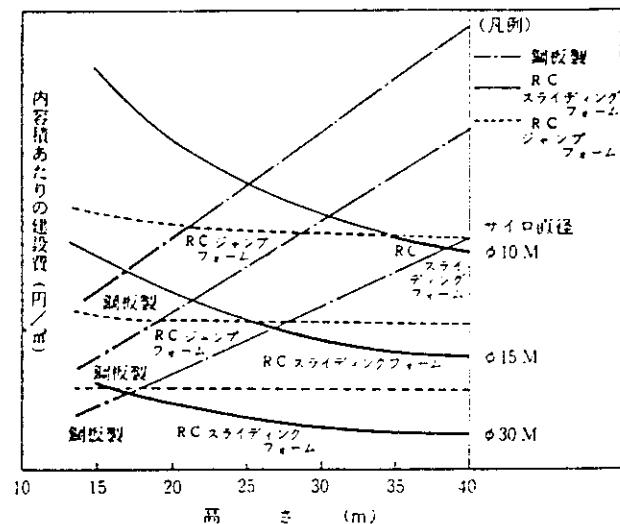


図 5.1.18 単独サイロの工法別コスト（基礎杭は除く）

出所：文献 11

出所：文献 11

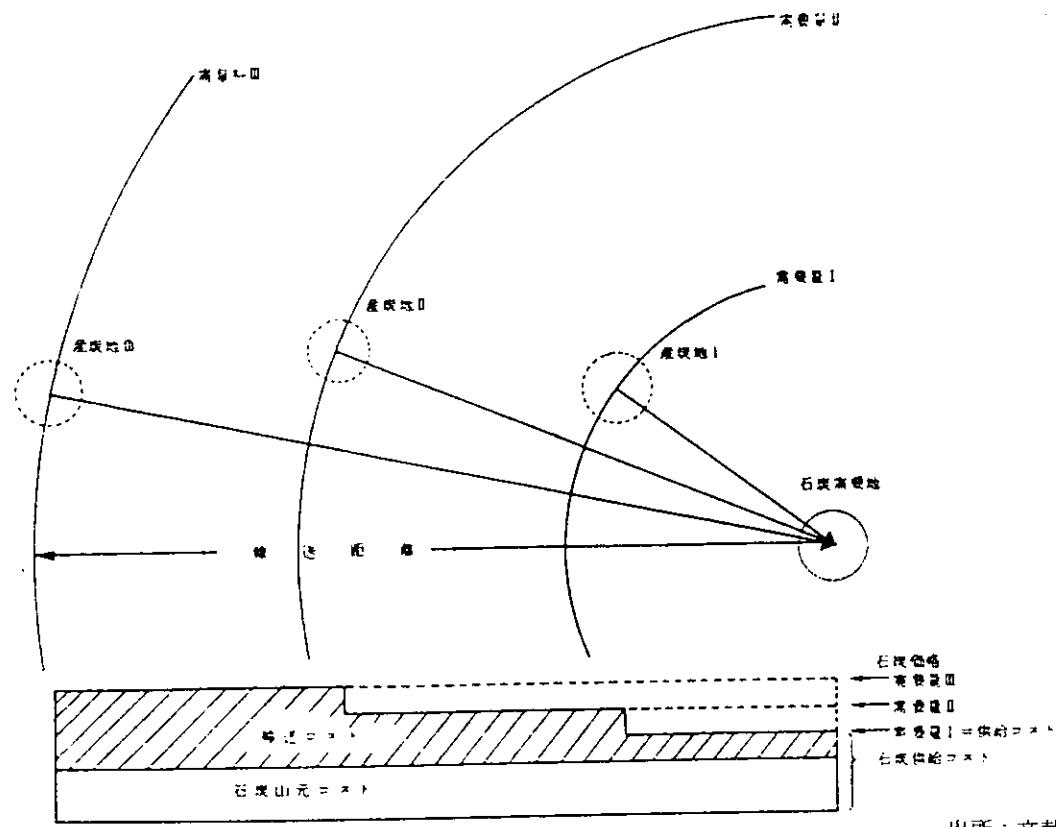


図 5.1.19 石炭価格と輸送距離の関係（概念図）

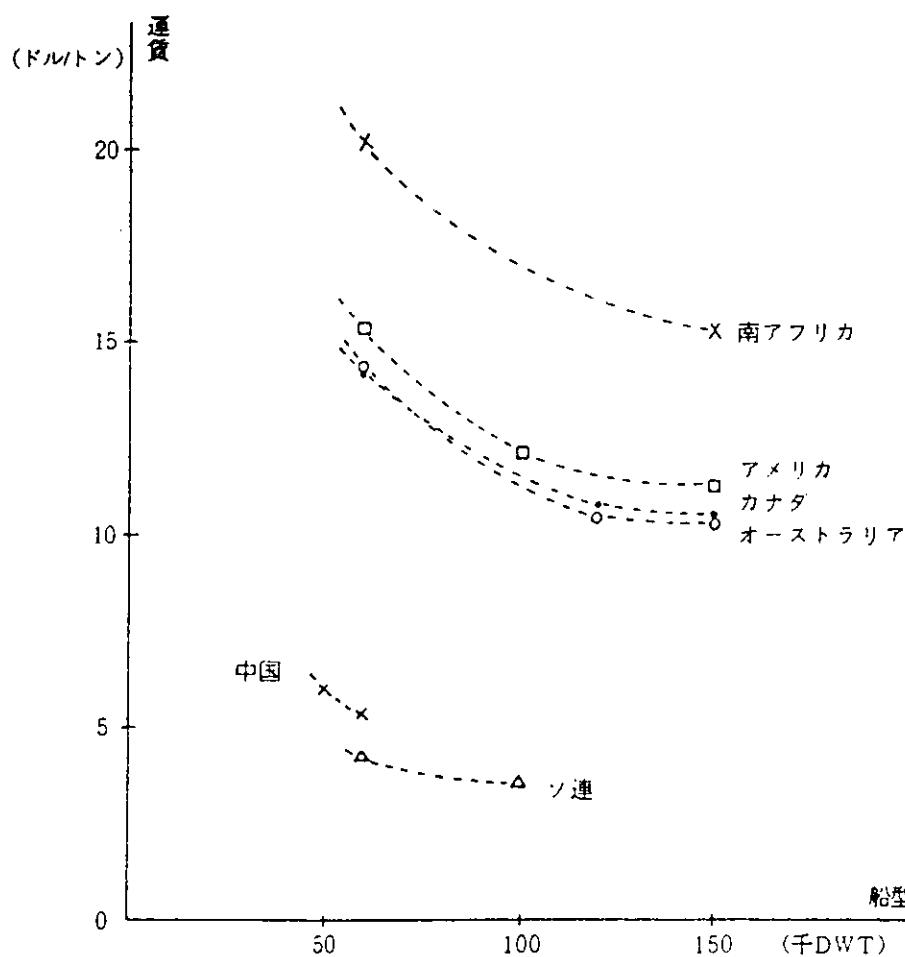


図 5.1.20 航路別フレート

出所：文献 8

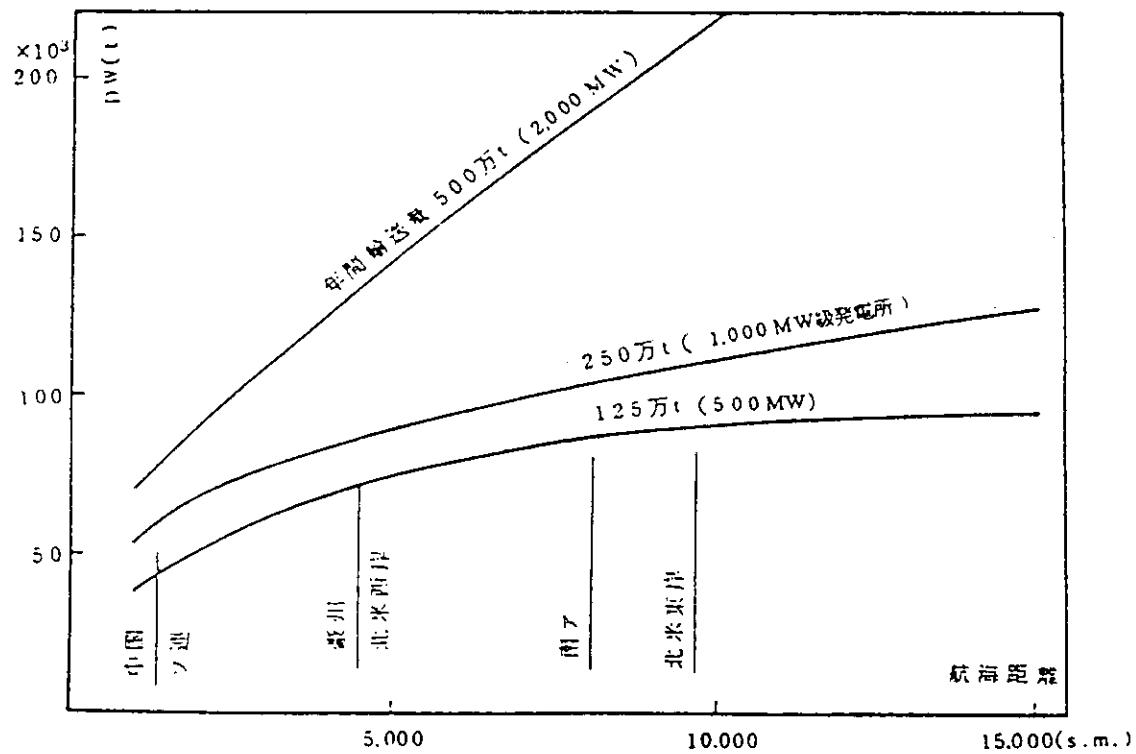


図 5.1.21 航海距離と最適載貨重量

出所：文献 8

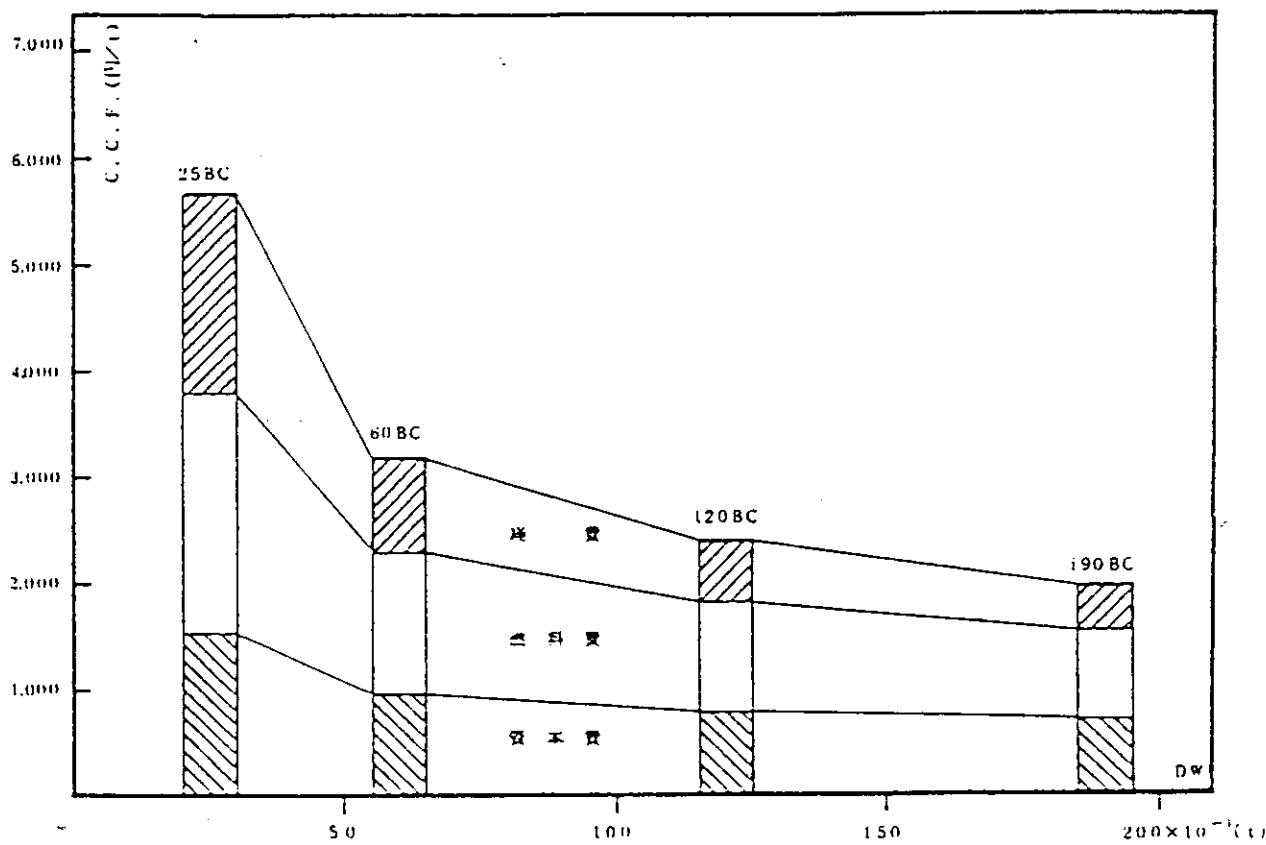


図 5.1.22 トン当たり輸送コスト (4,500 s.m. の場合)

出所：文献 5

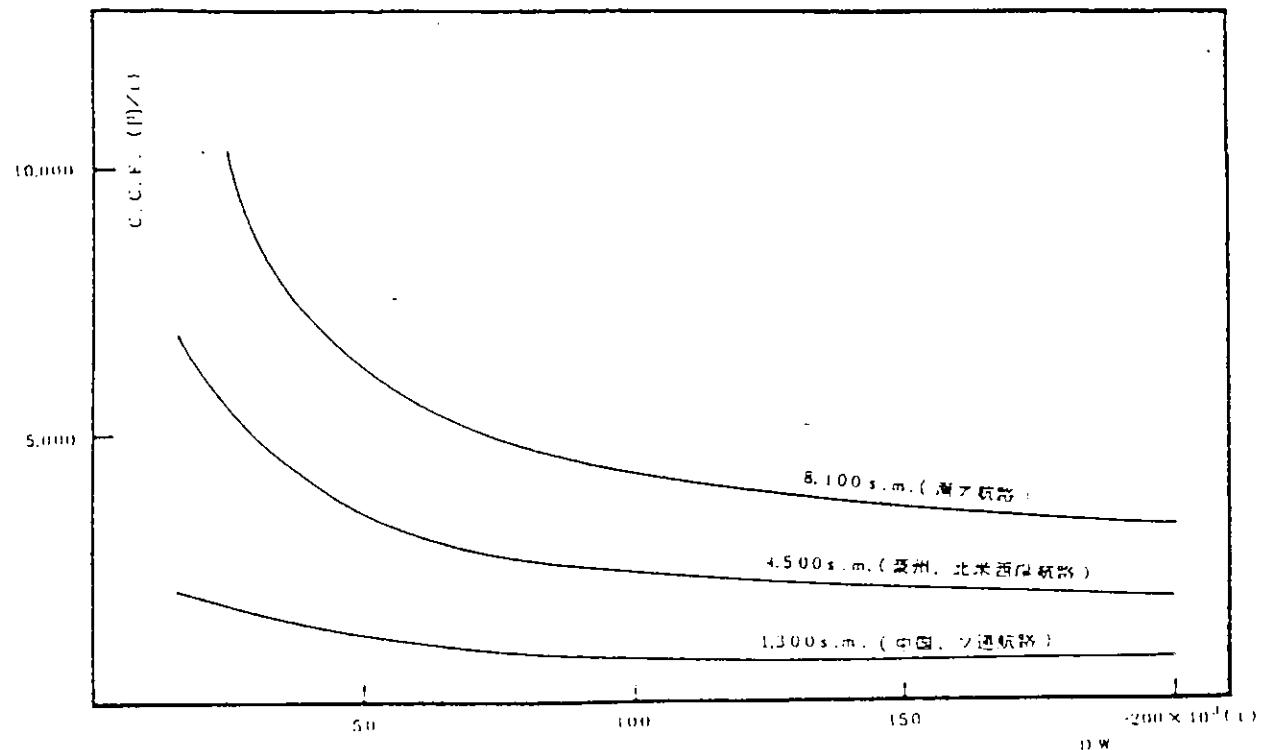
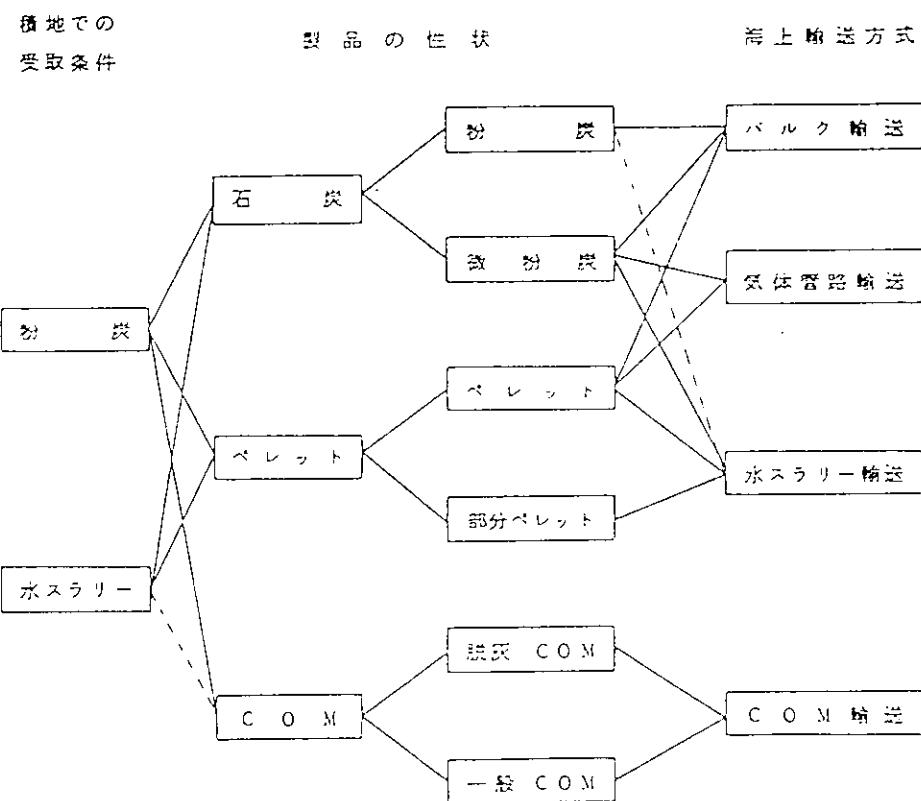


図 5.1.23 トン当たり海上輸送コスト

出所：文献 5



出所：文献 13

図 5.1.24 石炭の性状と海上輸送の組合せ

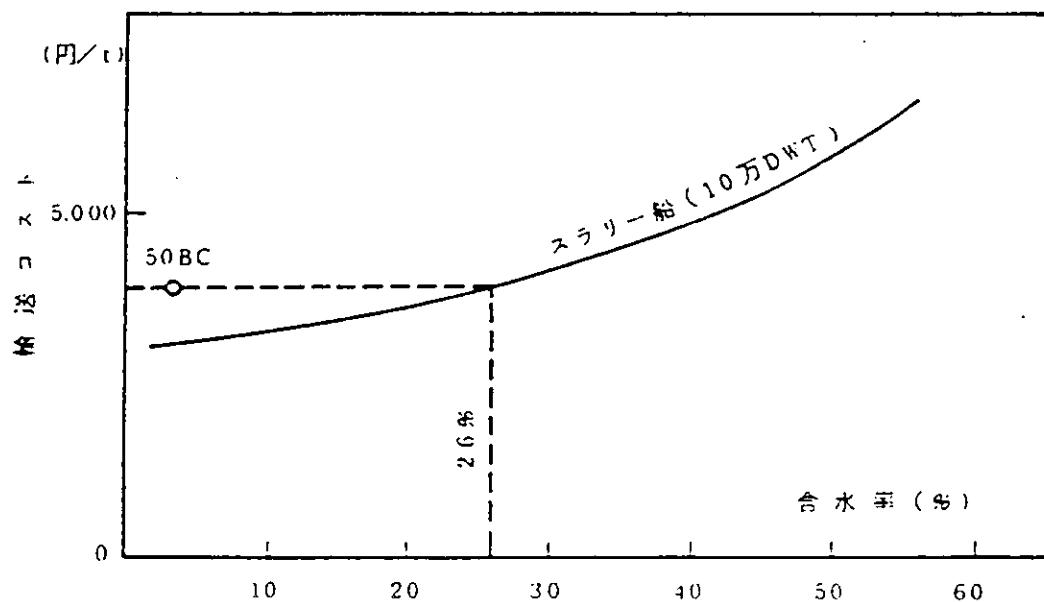


図 5.1.25 ト�当たり輸送コスト～含水率

出所：文献 13

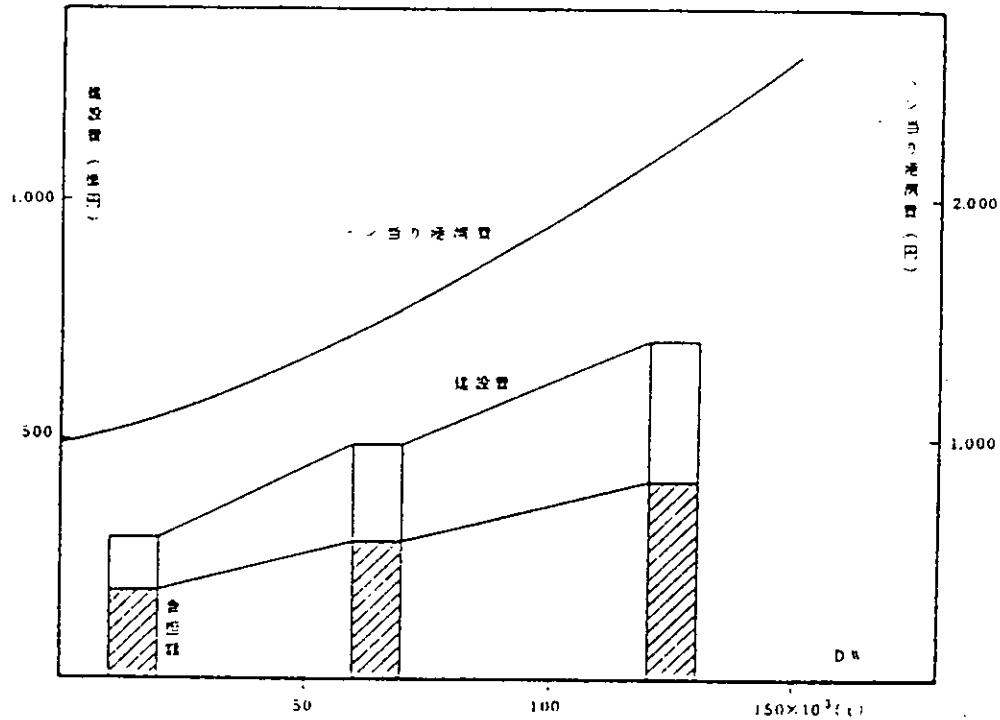


図 5.1.26 港湾建設費およびト�当たり港湾費

出所：文献 5

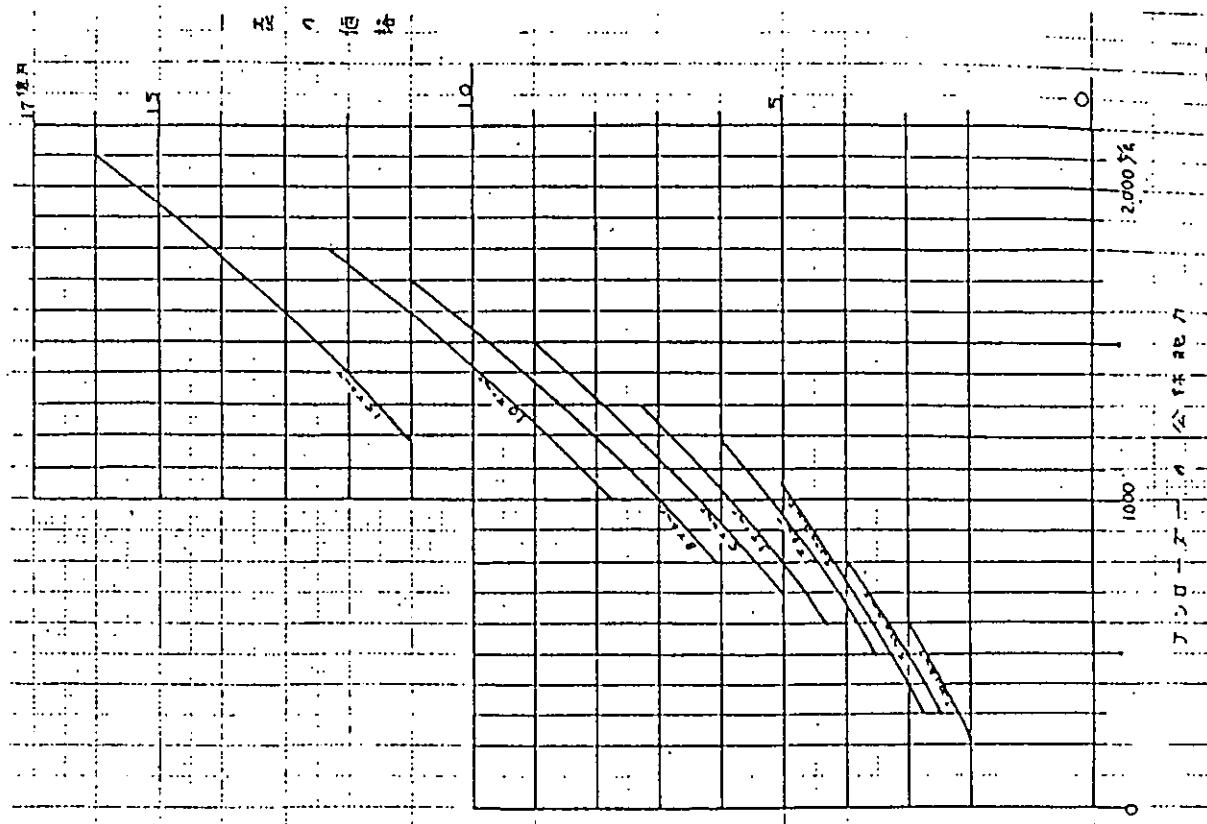


図 5.1.27 アンローダーの公称能力と船型別の価格  
出所：文献 15

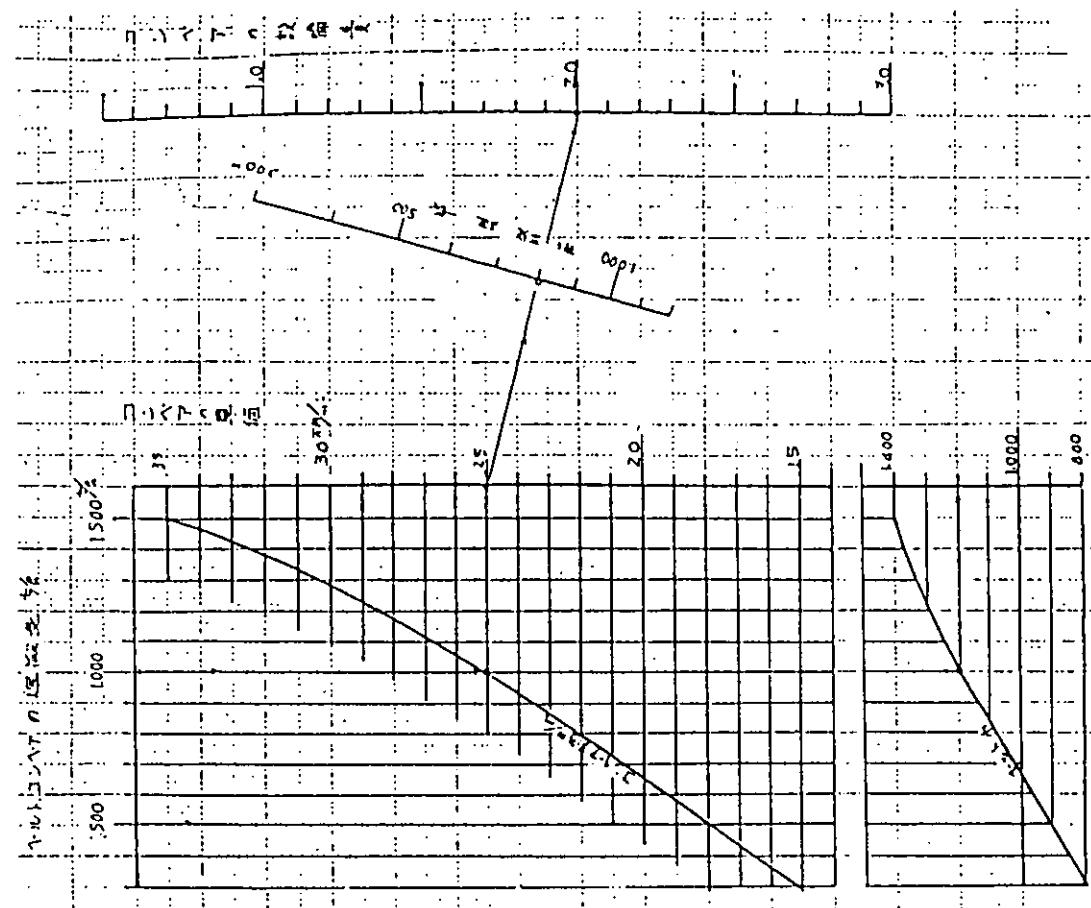


図 5.1.28 ベルトコンベアの運搬能力～ベルト巾～設備費  
出所：文献 15

## 参 考 文 献

1. 石炭輸送方法の経済性調査報告書  
北海道炭鉱技術協会, 昭和38年度
2. 石炭輸送方法の経済性調査報告概要  
北海道炭鉱技術協会, 昭和39年3月
3. 石炭スラリー専用船の試設計  
船の科学, 第16巻第12号(1963-12)
4. 選 炭  
工技院資源研究所, VOL. 15 №77, (1965-3)
5. 深さ500mの立坑における石炭の水力輸送用自動化ハイドロホイスト  
日立評論, VOL. 48 №11, (昭和41-11)
6. 石炭スラリー利用技術の実用化試験  
石炭技術研究所報告, 第58号, (昭和44-6)
7. スラリー輸送の実際例と処理工程・装置・設備上の技術資料集  
スラリー輸送実務調査会, 昭和46年4月15日
8. スラリー輸送システム・プラントの技術資料集  
日本技術経済センター, 昭和47年4月29日
9. Report to the Panel on Civilian Technology on Coal Slurry Pipeline.  
Dept. of The Interior, 1962-May
10. A Preliminary Feasibility Study of Steam Coal Slurry Marine Transport Systems.  
Hydronautics INC., 1977-April
11. Marine Transport of Bulk Commodities in Slurry Form - An Assessment.  
SNAME Spring Meeting / Star Symposium, 1978
12. Proceeding of International Technical Conference on Slurry Transportation.  
1979(第4回), 1980(第5回)
13. スラリー輸送システム実用化技術資料集  
スラリー輸送研究会, 日本技術経済センター
14. 石炭・鉄鉱石などの水力荷役技術貯蔵技術  
永田健一, 機械学会関西支部第90回講演会, (昭和56-2)
15. 石炭の輸送とハンドリング  
昭和56年度全国地下資源関係学協会合同秋季大会分科研究会資料, (昭和56-8)
16. 微粉炭スラリーの輸送  
坂本正克, ターボ機械, 第8巻, 第8号, (1980-8)

17. 固体のパイプライン輸送システムの多目的利用に関する調査研究報告書  
日本産業機械工業会, 昭和55年7月
18. 石炭一水スラリーおよびその製造方法(米国特許4282006)
19. 石炭ヤード・ハンドリング設備・計画・建設の実際  
フジテクノシステム
20. 石炭の水中造粒法による選別気体管路輸送, 下廃水処理への利用  
鎌田 広, 石炭利用技術研究発表会
21. 微粉炭のコールクリーニング(脱灰, 脱硫, 脱水)  
石炭利用技術研究発表会論文集, (昭和54-8)
22. 石炭利用・発電プラント技術総合資料集  
フジテクノシステム
23. Report on Pumping Characteristic Tests and Piping Pressure Loss Measurement Tests for Fine COM.  
I. Koyama, 2nd International Symposium on Coal-Oil Mixture Combustion, (1979-11)
24. Fine COM Ocean Transportation Test.  
Y. Matuno, 2nd International Symposium on Coal-Oil Mixture Combustion, (1979-11)
25. COM燃料  
松浦 彦夫他, 火力原子力発電, VOL.32, NO.10 (1981-10)
26. COM技術開発の現状  
火力原子力発電, (1978-11)
27. 粗粒COMシステムの開発——石炭の流体化輸送の改善——  
紙パルプ技術タイムス, 昭和55年9月
28. Pilot Plant Test on Coarse COM System.  
Nagata, Shiozawa, Koyama 2nd International Symposium on COM Combustion, (1979-11)
29. 動搖する船槽におけるスラリーの沈降現象  
永田健一, 日本機械学会講演論文集, (1976-15, 1976)
30. 粗粒COMの圧力損失特性  
永田健一他, 三井造船技報, 第110号, (55年-4)
31. 粗粒COMの研究開発  
中林恭之, 永田健一他, 日本鉱業会分科研究会資料, 1979
32. 石炭・メタノール混合燃料を展望する  
眞勢修平, 化学技術誌MOL, 昭和56年4月
33. Coal/Methanol Slurry Lines Show Promise.  
T. C. Aude, J. P. Chapman, Oil & Gas Journal, 1981-7

3.4. Economics of Non-Water Coal Slurry Systems.

W. F. Banks

3.5. 微細粉炭の気体管路輸送

岩 潤 可 浩, 石炭利用発電プラント技術総合資料集, フジノテクノシステム

3.6. 「パイプ輸送」石炭ヤードハンドリング設備計画建設の実際

岩 潤 可 浩, フジノテクノシステム

3.7. 微細粉炭の気体管路輸送

岩 潤 可 浩, 石炭利用技術利用研究発表会講演集, (昭和 54-8)

3.8. Pneumatic Conveying of Coal.

Pneumotransport 2, 1973

3.9. Air and Power Requirements for The Pneumatic Transport of Crushed Coal in Horizontal Pipeline.

J. L. Konchesky, Journal of Engineering for Industry, 1975

4.0. Pneumatic Conveying of Coal.

R. M. Hostle, Pneumotransport 1, 1971

4.1. Feasibility of Pneumatic Pipeline Transport of Coal.

S. L. Soo, ICT and ASME Publications, 75-ICT-22

4.2. Shirebrook Pneumatic Coal Transport Scheme North Derbyshire Area NCB.

T. W. Peters, Mining Technology, 1977-12年

4.3. How Shirebrook Colliery Eradicated A Winding Bottleneck.

海外研究開発レポート, Data #M-1363-Set 132

4.4. Experimental Studies of Gas-Solids.

H. L. Woebcke, Transport: 82-91

4.5. 石炭の積出港における荷役設備

日本機械学会第521回講習会教材

石川島播磨重工業 松 坂 貞 夫

4.6. 石炭のシップアンローダー

粉体工学会誌 Vol. 18, No. 6 (1981)

住友重機械工業 渡 辺 潔

4.7. 海上輸送における Cargo Moving Rate と Cargo Handling Rate について

日本造船学会誌 第549号(昭和 50 年 3 月)

住友重機械工業 宝 田 直之助

4.8. コールセンターの現状と課題

インサイト 1981/3 (No. 19)

エヌケー・コールセンター

- 4.9. コールクリーニング  
化学装置 1981/5  
(財)石炭技研 村田達誼・岩瀬可浩
- 5.0. 石炭二次輸送に関するブッシャーバージの考察  
内航海運 (株)上野運輸商会 小谷野 修
- 5.1. 石炭火力発電所向け揚運炭設備の自動化  
東芝レビュー 36巻5号 1981  
荒木道善・大場 茂
- 5.2. 船舶載貨法(特殊貨物編)  
東京商船大学名誉教授 田中 岩吉著 海文堂発行
- 5.3. 載貨係数と積付実務  
日本郵船海務部監修 海文堂発行
- 5.4. セルフ・アンローディング装置納入実績表  
Stephens-Adamson社, Nordströms社
- 5.5. 世界最大のコンベア船ユニバース・コンベアー号について  
船の科学 21巻7号, 昭和43年7月
- 5.6. M. V. "ARAGONITE ISLANDER" ベルト・コンベア船への改造工事について  
船の科学 25巻6号, 昭和47年6月
- 5.7. The Economic Feasibility of Selfunloaders on Short and Deep Sea Ocean Routes.  
Bulk Handling and Transport, Volume 2, June 1979
- 5.8. Stacking Blending Reclaiming of Bulk Materials.  
Trans. Tech. Publications. (U.K.) 1977年版
- 5.9. 穀物用ニューマナックアンローダ  
1980年2月 荷役工学委員会に於けるIHI講演
- 6.0. Continuous Unloader紹介記事  
Cargo System 1975~1981
- 6.1. 港湾の施設の技術上の基準・同解説  
運輸省港湾局監修, 日本港湾協会, 昭和55年9月
- 6.2. Single Point Mooring Terminals: A Summary of Selection and Design Methods.  
Naval Architect, March '81  
Bliault, A. E. et al.
- 6.3. 三菱外洋向け一点係留荷役システムの開発  
三菱重工技報 Vol. 18, No. 6 '81
- 6.4. Development of a Comprehensive Simulation Model of a Single Point Mooring System.  
Naval Architect, Jan. '81  
Ractliffe, A. T. et al.

- 6.5. The Development of Mathematical Model of Single Point Mooring Installations.  
8th OTC, Paper No. 2490, 1976  
Owen, D. G. et al.
- 6.6. The Role of Model Tests in the Design of Single Point Mooring Terminals.  
7th OTC, Paper No. 2212, 1975  
Pinkster, J. A. et al.
- 6.7. Design, Fabrication, Installation and Operation of a Single Anchor Leg Mooring (SALM) Tanker Terminal in 300 feet of Water.  
7th OTC, Paper No. 2213, 1975  
Kiely, W. L. et al.
- 6.8. 石炭利用技術マニュアル  
環境技術研究会
- 6.9. 最近の大容量陸揚設備  
日立評論 VOL. 52, No. 6 (昭和45年6月)
- 7.0. ヤード荷役設備  
日立評論 VOL. 58, No. 5 (1976-5)  
木原和彦他
- 7.1. 大容量アシローダの最近の進歩  
日立評論 VOL. 58, No. 5 (1976-5)  
中村武男他
- 7.2. 大容量石炭焼き火力発電所用揚運炭設備  
日立評論 VOL. 60, No. 11 (1978-11)  
小泉和夫他
- 7.3. 貯蔵・輸送問題 —火力発電所における—  
日本能率協会 '81 エネルギー貯蔵・輸送シンポジウム  
電源開発㈱ 本田達夫
- 7.4. テレコンによるスタッカーの集中制御について  
住友重機械技報 VOL. 19, No. 54 December 1971  
白石周二他
- 7.5. 原料炭の貯炭時における変質について  
日本鋼管技報 No. 37  
宮津隆他
- 7.6. 大量貯炭における石炭の風化と貯炭管理について  
第29回全国選炭大会(1979)  
三井石炭鉱業 一舟藤実他
- 7.7. 原料ヤードにおけるブレンディングシステム  
日立評論 VOL. 60, No. 9 (1978-9)  
横川寿夫他

7.8. サイロ貯炭設備

日立評論 VOL. 63, №10 (1981-10)

木原和彦他

7.9. 海外炭問題懇談会中間報告 —安定供給システムの形成を目指して—

海外炭問題懇談会 (56. 8. 26)

8.0. 石炭資源見直しによるコールセンターシステム調査研究報告書(要旨)

(財)エンジニアリング振興協会(昭和55年5月)

8.1. コールセンターに関する一つのフィージビリティスタディ

粉体工学会誌 VOL. 18, №6 (1981)

井上登志雄

8.2. コールセンターについて

粉体工学会誌 VOL. 18, №6 (1981)

石川安昭

8.3. 石炭利用のすべて

石油と石油化学 VOL. 25, №6 (1981)

8.4. コールセンターの現状と課題 —エヌケーコールセンターの場合をとおして—

港湾 1981-12

桜井秀治

8.5. 石炭プロジェクト —需要・供給・流通編—

備プロジェクトニュース社 1981年度版

8.6. 石油の海洋備蓄システムの開発調査報告書

日本海洋開発産業協会 昭和47年～53年

8.7. 海域の高度利用技術に関する調査研究 —沖合人工島の研究—

運輸経済研究センター 昭和55年3月

8.8. 沖合人工島に関する調査報告書

新しい国土の創造 —沖合人工島構想—

鋼材倶楽部 昭和56年3月

8.9. 海外一般炭需要動向と海運

別冊 日本海事新聞

9.0. ブッシャーバージ

作業船 54年5月号(第123号)

菊井敬三

9.1. 三井造船の外洋バージラインについて

港湾荷役 51年5月号(第21巻3号)

菊井敬三

9.2. 連続方式から見たブッシャーバージの分類と特質

内航海運 53年12月号(VOL. 161)

山口琢磨