

本研究は、モーターボート競走公益資金
による(財)日本船舶振興会の補助金を受
けて実施したものである

研究資料No.391

関係者限り

第203研究部会
今後予想される放射性物質
の輸送に関する調査研究
報 告 書

昭和63年3月

社 団 法 人
日 本 造 船 研 究 協 会

はしがき

本報告書は、日本船舶振興会昭和61・62年度補助事業として日本造船研究協会第203研究部会において実施した「今後予想される放射性物質の輸送に関する調査研究」の成果をとりまとめたものである。

第203研究部会委員名簿

(敬称略、順不同)

部会長	青木成文(東京工業大学名誉教授)	
委員	新井義男(原電事業) 猪野一郎(川崎重工業) (岡正志) 尾森一男(日産船舶) 春日秀雄(日本ニュークリアサービス) 紀伊章良(トランスニュークリア) 佐竹鐵男(原子力環境整備センタ) 佐藤隆夫(宇徳運輸) (今村清身) 竹花世紀(川崎汽船) 南後文彬(関西電力)	糸山直之(三菱重工業) 尾崎幸男(電力中央研究所) 格内治夫(神戸製鋼所) 上条昭計(日本原燃産業) 藏本貞(日本海運) 高橋義信(日本原子力発電) 中浜博義(船舶整備公団) 南波壮八(三菱重工業) (舛田伸雄) 平野始幸(原燃輸送) 布施卓嘉(船舶技術研究所) 松本俊博(辰巳商会) 山口裕史(日本鋼管) 山田三郎(東京電力)
関係	根本敬久(日本原燃サービス) 広瀬誠(三井造船) 星野建樹(電気事業連合会) 森本弘正(石川島播磨重工業) 山下雄三(三菱重工業) 山田信行(日立造船)	
官序	佐々木博通(海上技術安全局) (大西重雄) 横山勲(海上技術安全局技術課原子力調査室) (守佑一)(浅野光司) 吉田正信(海上技術安全局技術課原子力調査室) (仲田光男)	

作業分科会委員名簿

(敬称略、順不同)

主査	布施 卓嘉 (船舶技術研究所)	有坂 俊一 (川崎汽船)
	青木 元也 (船舶技術研究所)	植木 紘太郎 (船舶技術研究所)
	糸山 直之 (三菱重工業)	尾崎 幸男 (電力中央研究所)
	宇留野 昌義 (原電事業)	春日 秀雄 (日本ニュークリアサービス)
	格内 治夫 (神戸製鋼所)	紀伊 章良 (トランスニュークリア)
	神庭 恵 (日本原子力発電)	坂井 賢吉 (川崎重工業)
	斎藤 大樹 (石川島播磨重工業)	(山下 保巳)
	佐竹 鐵男 (原子力環境整備センタ)	佐藤 隆夫 (宇徳運輸)
		(福井 尤)
	城野 隆史 (日立造船)	玉置 廣紀 (三菱重工業)
	中浜 博義 (船舶整備公団)	南後 文彬 (関西電力)
	根本 敬久 (日本原燃サービス)	平野 始幸 (原燃輸送)
	広瀬 誠 (三井造船)	南波 壮八 (三菱重工業)
		(舛田 伸雄)
	松本 俊博 (辰巳商会)	三浦 光利 (日本鋼管)
	山田 三郎 (東京電力)	山田 信行 (日立造船)
関係	横山 獻 (海上技術安全局技術課原子力調査室)	
	(守佑一) (浅野光司)	
官庁	吉田 正信 (海上技術安全局技術課原子力調査室)	
	(仲田光男)	

() 内前任者

目 次

1. 諸 言	1
1.1 目 的	1
1.2 内 容	1
1.3 運行パターンの検討	1
2. 使用済燃料の輸送	4
2.1 再処理施設の概要	4
2.2 使用済燃料の輸送量	10
2.3 輸送物の荷姿及び荷役について	13
2.4 使用済燃料運搬船RO／RO方式の検討	27
2.5 使用済燃料運搬船の検討	33
3. 低レベル放射性廃棄物の輸送	37
3.1 低レベル放射性廃棄物貯蔵施設の概要	37
3.2 低レベル放射性廃棄物の輸送量	40
3.3 低レベル放射性廃棄物の荷姿及び荷役について	44
3.4 低レベル放射性廃棄物運搬船におけるRO／RO方式の考察	59
3.5 低レベル放射性廃棄物運搬船（2,500DWT）の検討	60
3.6 低レベル放射性廃棄物運搬船（3,000DWT）の検討	63
4. 輸送シミュレーション	66
4.1 シミュレーション条件	66
4.2 輸送シミュレーションのモデル	69
4.3 シミュレーション結果	74
4.4 シミュレーション結果に対する考察	75
4.5 シミュレーションのまとめ	79
5. そ の 他	103
5.1 気象・海象等についての検討	103
5.2 日本周辺の潮流について	118
5.3 船舶610号と船舶400号の比較（抜粋）	123
5.4 海上輸送経費の試算	127
5.5 輸送に伴う被曝線量の検討	133
5.6 海没事故確率の検討	143
6. 結 言	152

1. 諸 言

1.1 目 的

現在、青森県六ヶ所村に建設が計画されている再処理施設、低レベル放射性廃棄物貯蔵施設及び濃縮施設の完成に伴い、我が国における核燃料サイクルは確立されることとなり、1991年以降これら施設の操業が開始されることにより、国内における放射性物質の輸送は増大することが予想されている。

一方これら放射性物質等の輸送の内、使用済核燃料にあっては核燃料が高燃焼度化される予定であること、低レベル放射性廃棄物にあっては1回の運搬において輸送される量が多いこと等の問題がある。

本調査研究においては、これら問題点を踏まえて、輸送設備及び輸送方法について運航パターンの概要をマクロに把握するための検討を行い、我が国における効率的な輸送に資することを目的とする。

1.2 内 容

① 使用済燃料の輸送

高燃焼度使用済燃料の輸送を想定した運航パターンを明らかにするために、以下の個別的要件について調査・検討を行い、各個別的要件において効率的、経済的な設備、構造、方法を明確にする。

- a . 再処理施設への使用済燃料輸送量
- b . 荷役方法（岸壁クレーン、専用クレーン、RO／RO等）
- c . 船舶の構造（損傷時復元性、段積構造等）
- d . 経費（建造費、運航費等）

② 廃棄物の輸送

現在各原子力発電所内に保管されている低レベル放射性廃棄物を輸送する場合の運航パターンを明らかにするために、以下の個別的要件について調査・検討を行い、各個別的要件において効率的、経済的な設備、構造方法を明確にする。

- a . 低レベル放射性廃棄物の輸送量
- b . 廃棄物の形態及び輸送物の荷姿
- c . 荷役方法（岸壁クレーン、専用クレーン、RO／RO等）
- d . 船倉の構造
- e . 経費（建造費、運航費等）

③ 実態調査

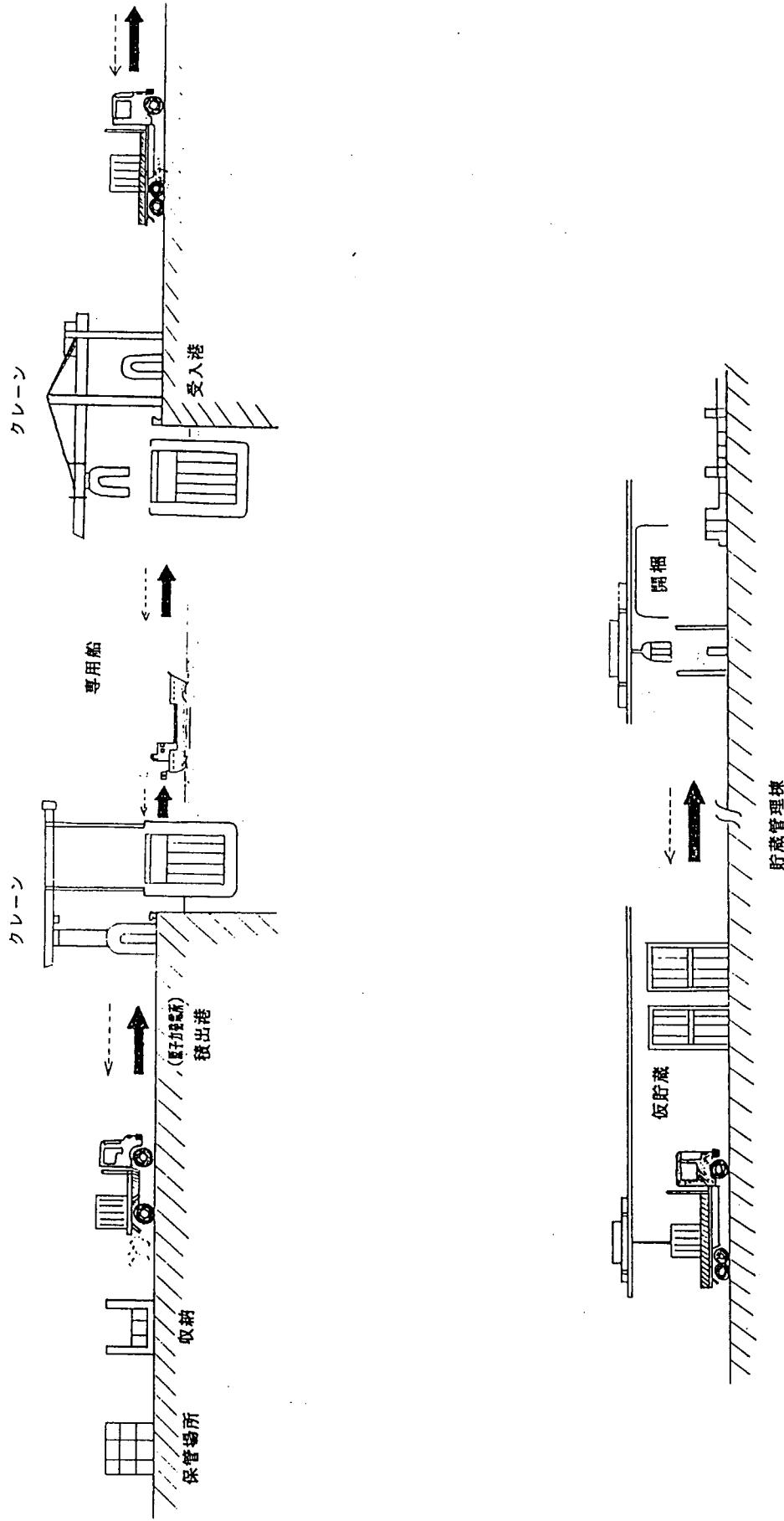
核燃料サイクル施設建設予定地及び原子力発電所の施設及び周辺設備の調査を行う。

- a . 青森県上北郡六ヶ所村
- b . 東京電力福島第一原子力発電所

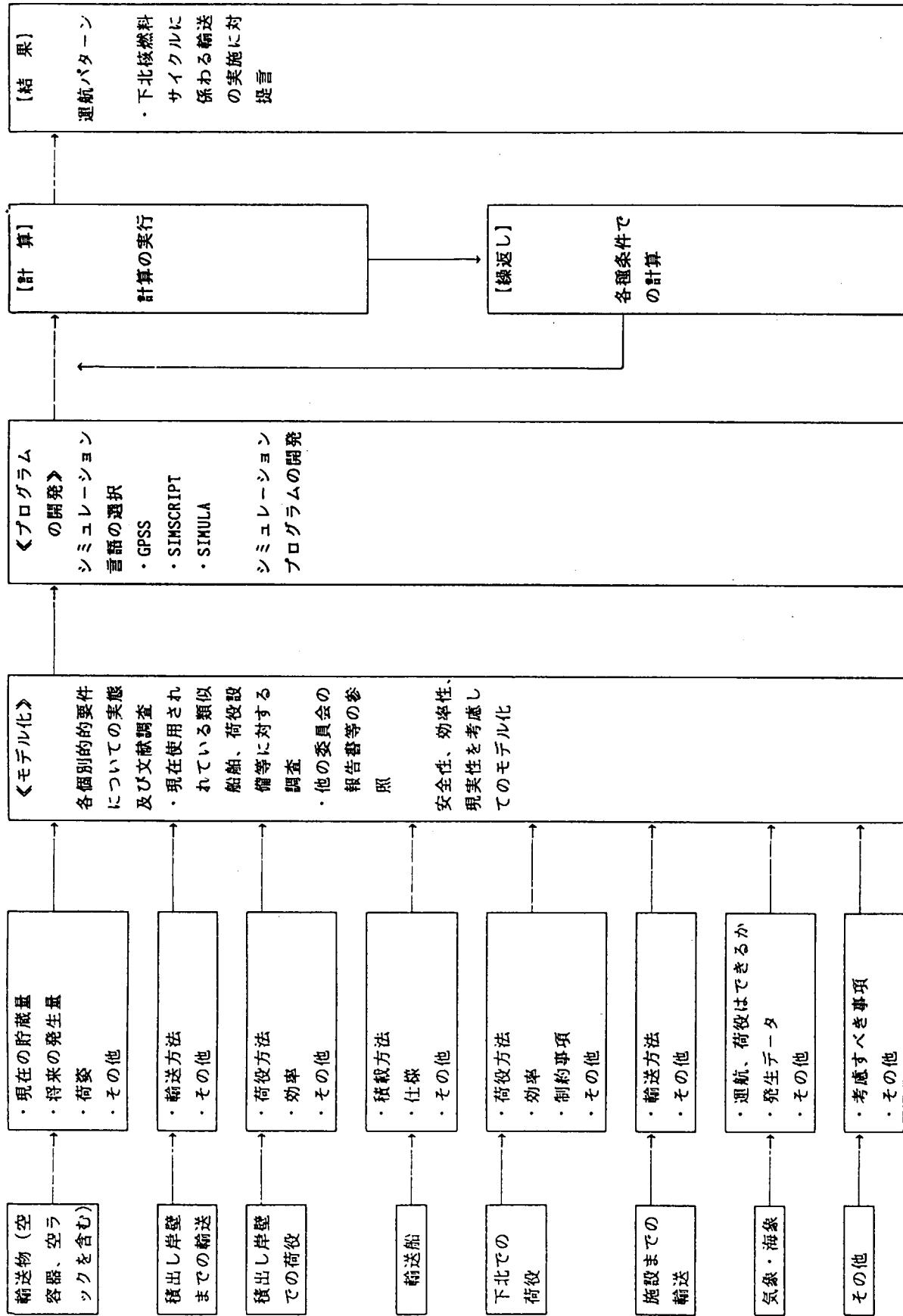
1.3 運航パターンの検討

運航パターンの検討方法の概要を次頁に示す。

運航パターンの検討概念フロー



最適輸送システム検討方法の概要



2. 使用済燃料の輸送

2.1 再処理施設の概要

原子力発電所の使用済燃料を受け入れ、貯蔵したのち化学的に処理し、ウランとプルトニウムを取り出すとともに、発生する放射性物質を適切に処理し一時貯蔵する。また、現在、海外に委託している使用済燃料の再処理に伴う返還物の受け入れ及び一時貯蔵を行う。

1) 所在地

青森県上北郡六ヶ所村弥栄平地区

2) 事業主体

日本原燃サービス株

3) 施設の規模

① 処理能力約800トンU／年

- ・ 使用済燃料受入貯蔵施設 当初 約3,000トンU
トンU……燃料中のウランの重量を表しており、100万KWの原子力発電所を1年間稼働させるために必要な燃料は、約25トンUである。

② 使用電力 約20,000KW

③ 淡水使用水量 約3,000t／日

4) 用地面積

弥栄平 約390万m²（専用道路等を含む）

5) 建設工期

準備工事開始 昭和61年

再処理施設操業開始 昭和70年頃

返還廃棄物貯蔵開始 昭和66年頃

6) 建設費

約8,400億円

7) 要員

工事最盛期 約2,000人

操業時 約1,000人

8) 施設の概要と配置計画

① 処理工程の概要

処理方法として、既に20年以上の実績をもつ「ピューレックス法」を採用することとしている。

その処理工程の概要は図2.1.1（その1）、（その2）に示すとおり。

② 施設の配置計画

再処理施設の配置は、主要施設を中心にして各施設をその周辺に配置する。

（図2.1.2参照）

③ 施設の概要

再処理は、化学工場であり、その大部分の工程は常温、常圧で運転する。

放射性物質を扱う主要装置類は、環境への安全を確保するためにコンクリートの小部屋（セル）に納め、これらのセルを建屋中央部に配置し、これをとりまくように操作区域を設け、その外側を建屋の壁（コンクリート）で覆う形態など多重構造となっている。

再処理施設の主な概要は次のとおり。

○ 使用済燃料受入貯蔵施設

本施設は、使用済燃料輸送容器を受入れ、使用済燃料を輸送容器から取出して貯蔵するための施

設で、貯蔵プール、輸送容器除染設備などがある。

貯蔵容量は、当初約3,000トンを予定している。

○ 主要施設

本施設は、ウラン、プルトニウムと核分裂生成物を含む使用済燃料をせん断、溶解し、溶解液から有用なウラン、プルトニウムを分離、精製するとともに、高レベル廃液などを処理する施設である。

主に装置は、使用済燃料を小片に切断するせん断機、切断した小片を溶解する溶解槽、この溶解液からウラン、プルトニウムを分離、精製する抽出装置、残りの高レベル廃液を濃縮するための蒸発缶、濃縮した廃液を貯蔵するための貯槽などであり、これらはステンレス鋼の内張りが施されたセル内に設置する。

○ 高レベル廃液固化施設

本施設は、高レベル廃液を管理しやすいように固化する施設で、主な装置は、高レベル廃液を高温でガラスと容融する装置とこの容融したものを容器に封入して固化する装置であり、これらはセル内に設置する。

○ ウラン転換施設

本施設は、精製したウラン溶液を再び燃料にするため、酸化ウランに転換する施設である。

○ プルトニウム転換施設

本施設は、精製したプルトニウム溶液を再び燃料にするため、酸化プルトニウムに転換する施設である。

○ 製品貯蔵施設

本施設は、再処理施設の製品である酸化ウランなどを貯蔵する施設である。

また、このほかに、電力会社の海外再処理委託に基づいて返還される製品の貯蔵も行えるようにする。

○ 低レベル廃棄物貯蔵施設

本施設は、各施設から生ずる低レベルの廃棄物を管理しやすいように減容し、必要に応じ固化するための施設である。

主に装置には減容設備、固化設備、焼却設備などがある。

○ 廃棄物貯蔵施設

本施設は、処理済みの廃棄物を安全に管理、貯蔵するための施設である。それらは、高レベル、低レベルなどに区分しそれぞれ一時貯蔵する。

また、海外からの返還廃棄物の一時貯蔵も行う。

○ 主排気筒

本施設は、洗浄、ろ過などの処理を行った排気を、安全の確認を行いながら大気に放出するための施設である。

○ 付帯施設

再処理施設を安全かつ円滑に操業するために、各種の付帯施設を敷地内に設ける。

その主な施設は分析施設、作業員の放射線管理、周辺環境の放射線監視を行うための放射線管理施設、電気、水、蒸気の供給施設などである。

○ 関連施設

・ 港湾施設

使用済燃料などを輸送する3,000DWT級の船舶が接岸し荷役する港湾施設については、むつ小川原港を利用する予定である。

また、港湾と本施設の間を結ぶ専用道路を建設する。

- 放流管

処理工程で出る低レベルの液体は、処理施設で放射性物質等を取り除く処理が行われる。その処理した後の液体を海洋に放出するため、放流管を海底に布設する。

9) 安全対策並びに環境保全対策

国の安全規制のもとに地域住民や作業員の安全確保と周辺の環境保全をはかることを基本として、国の法規制を守るのはもちろんのこと、国内外の実用化された最良の技術を採用して放射性物質の放出低減をはじめ、安全対策に全力をあげる。

これら諸施設の建設工事にあたっては、人身、設備、交通など各方面にわたって安全確保に万全の対策を講じる。

また、工事に伴う周辺環境への影響を極力少なくするよう、必要な対策を講じて環境の保全に万全を期す。

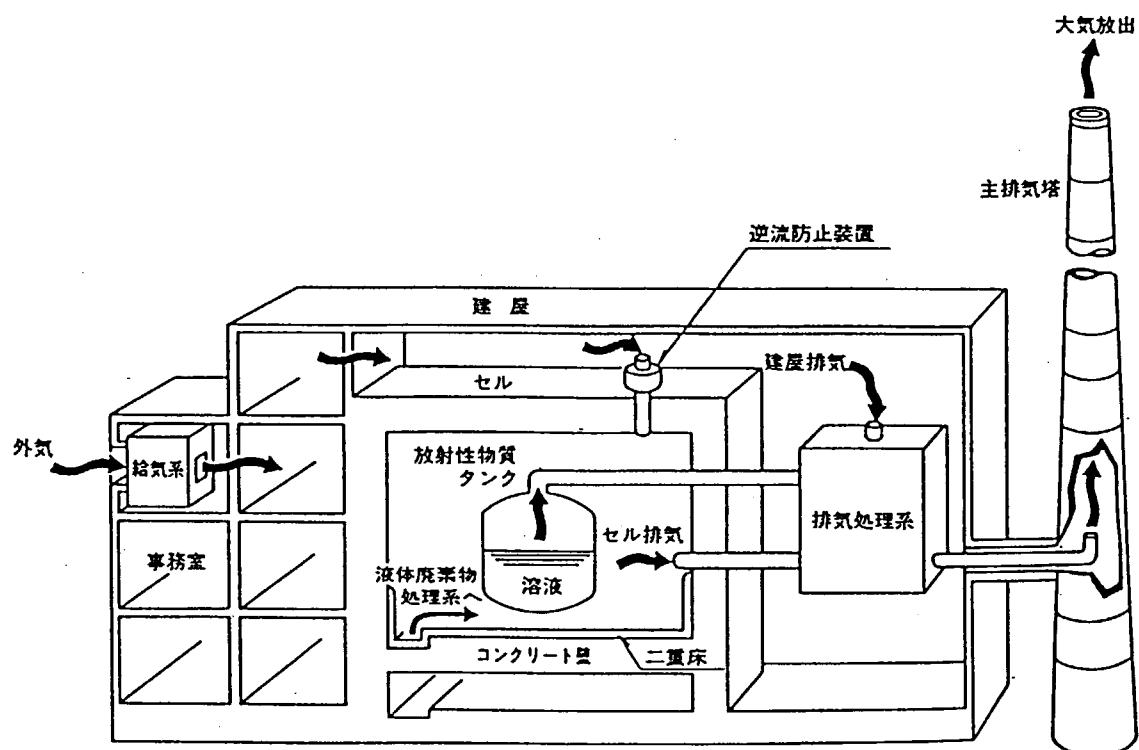
(1) 放射性物質の放出低減対策

施設の安全対策は、放射性物質を施設の限定した区域に封じ込めて、環境に影響を与えないよう万全を期すことを基本としており、その対策は次のとおりである。

i) 封じ込め

放射性物質を含む気体や液体は、容器や厚いコンクリートの小部屋（セル）内に封じ込め、そして、施設から外に出る気体や液体は必ず処理系を通るようにし、そこでできるだけ放射性物質を取り除くなどの対策を施す。

その一例は次図に示すとおりである。



ロ) 除去、貯蔵

気体は洗浄処理やフィルターによるろ過処理で放射性物質をできるだけ除去し、安全の確認を行なながら大気に放出する。

また、液体は蒸発処理やろ過処理などによってできるだけ放射性物質を除去し、安全の確認を行なながら海洋に放流する。

放射性物質を含む個体の廃棄物は、圧縮、切断、焼却などの処理を施し、容積の減少を計る。

このように処理した放射性物質は容器に密封したうえ、遮へいを施した施設で、安全に貯蔵する。

(2) 環境監視体制

環境モニタリングに関する基本的な考え方は、原子力発電所の場合と同様である。

すなわち、敷地周辺の放射線の監視を行うとともに定期的に海底土、土壤、農作物、畜産物及び水産物などを採取して、放射能が周辺に影響を与えていないことを確認する。

(3) 立地調査

施設の建設に必要な諸資料を得るために、地質地盤、気象、海象、生物などの調査を地元はじめ関係各位の理解を得て、陸域部については昭和60年6月、海域部については61年6月から各々実施している。調査は順調に推移し、現在一部実施中の調査もあるが、陸及び海域における主な調査は終了し、昭和63年11月の再処理事業指定申請に向け資料の取りまとめ解析を行っているところである。

なお、今後気象、地震など引き続き必要な観測を継続して行くこととしている。

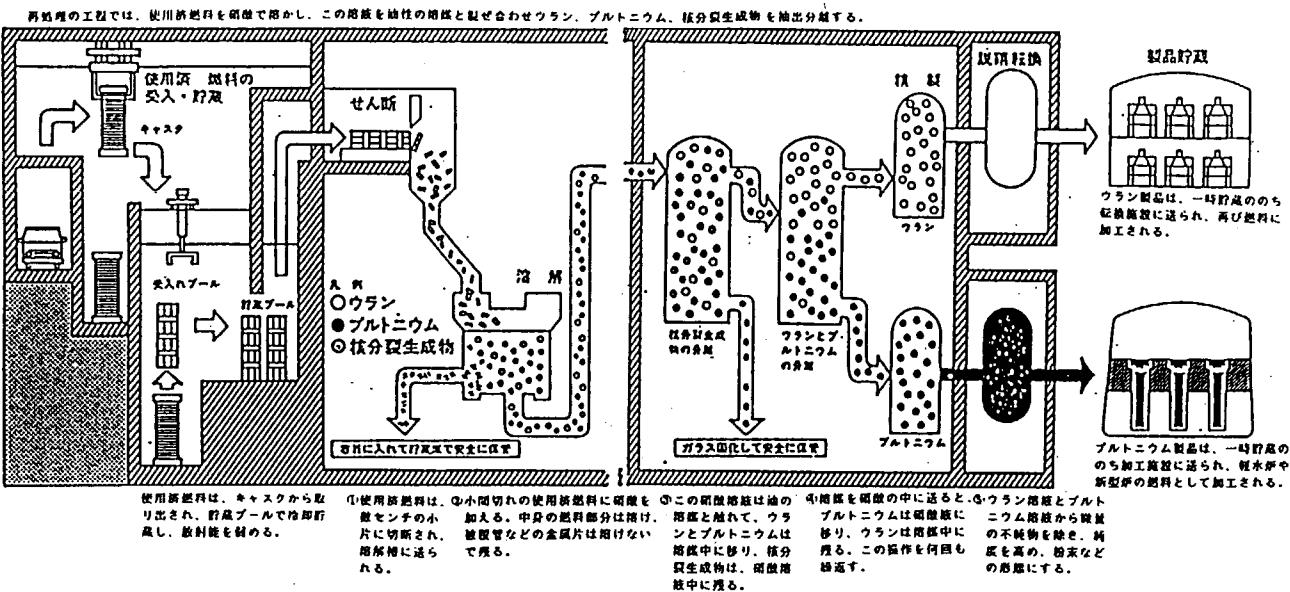


図2.1.1 (その1) 再処理の工程

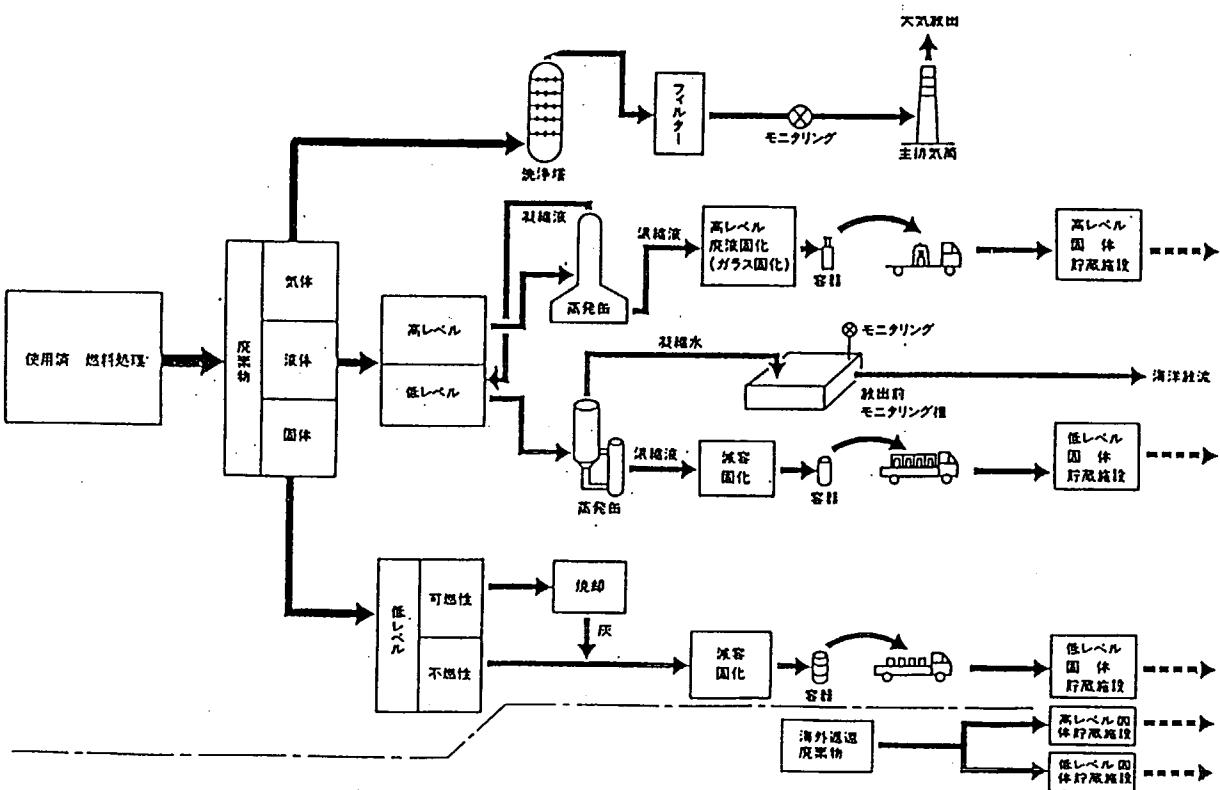


図2.1.1 (その2) 再処理施設の廃棄物処理工程の概要

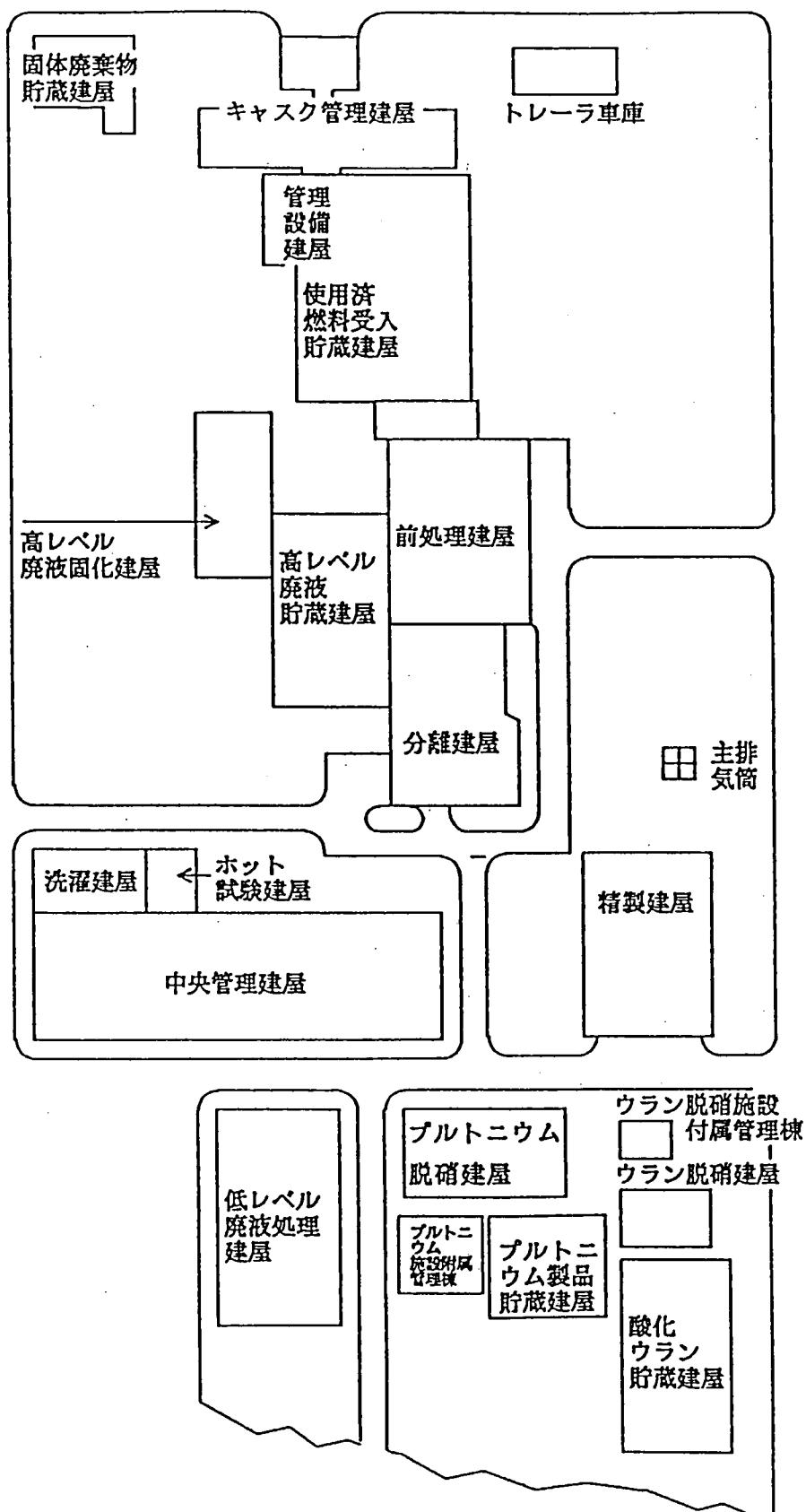


図2.1.2 再処理工場配置例

2.2 使用済燃料の輸送量

昭和62年度から75年度までの全電力の使用済燃料発生量の予測を表2.2.1に示す。

この表は、総合エネルギー調査会原子力部会報告（昭和59年7月）を基に作成したものである。また、この期間に燃料の高燃焼度化が計画されており、その予定（PWR）を表2.2.2に示す。

輸送シミュレーションを行うには、各発電所からの使用済燃料の搬出量あるいはキャスクの搬出量の算定がまず必要である。ここでは、各発電所からの使用済燃料の搬出量は、再処理工場の年間処理能力800MTUを昭和66年6月時点での各発電所設備容量の比で配分したものとした。また、輸送に用いるキャスクの形式は、現在の国内輸送に用いられているHZ-75がまず考えられるが、HZ-75は小型キャスクであり、大きなキャスク取扱設備容量を持つ発電所では、より大型のキャスクが使用されている現実がある。輸送の効率化の観点から、大型キャスクは将来的にも使用される見通しであり、本シミュレーションをより現実的なものとするためには、大型キャスクの使用も考慮しておくことが好ましい。※） 将来のキャスクの燃料収納量をどのように見積もるかは、燃料使用の高燃焼度化などもあって難しい問題であるが、ここでは、現状あるキャスクの仕様を参考に、下記のように設定した。

小型キャスク……3 MTU／キャスク

大型キャスク……5 MTU／キャスク

さらに、発電所のキャスク取扱設備容量を大・小に区分し、それにあわせて2種類のキャスクを使用するとして算定した結果を表2.2.3に示す。各発電所の搬出キャスク数は、多少余裕をもって丸めた数字とした。

※） 使用済燃料運搬船が大型キャスクも積載できるように設計されている。

表2.2.1 使用済燃料発生量予測（全電力）

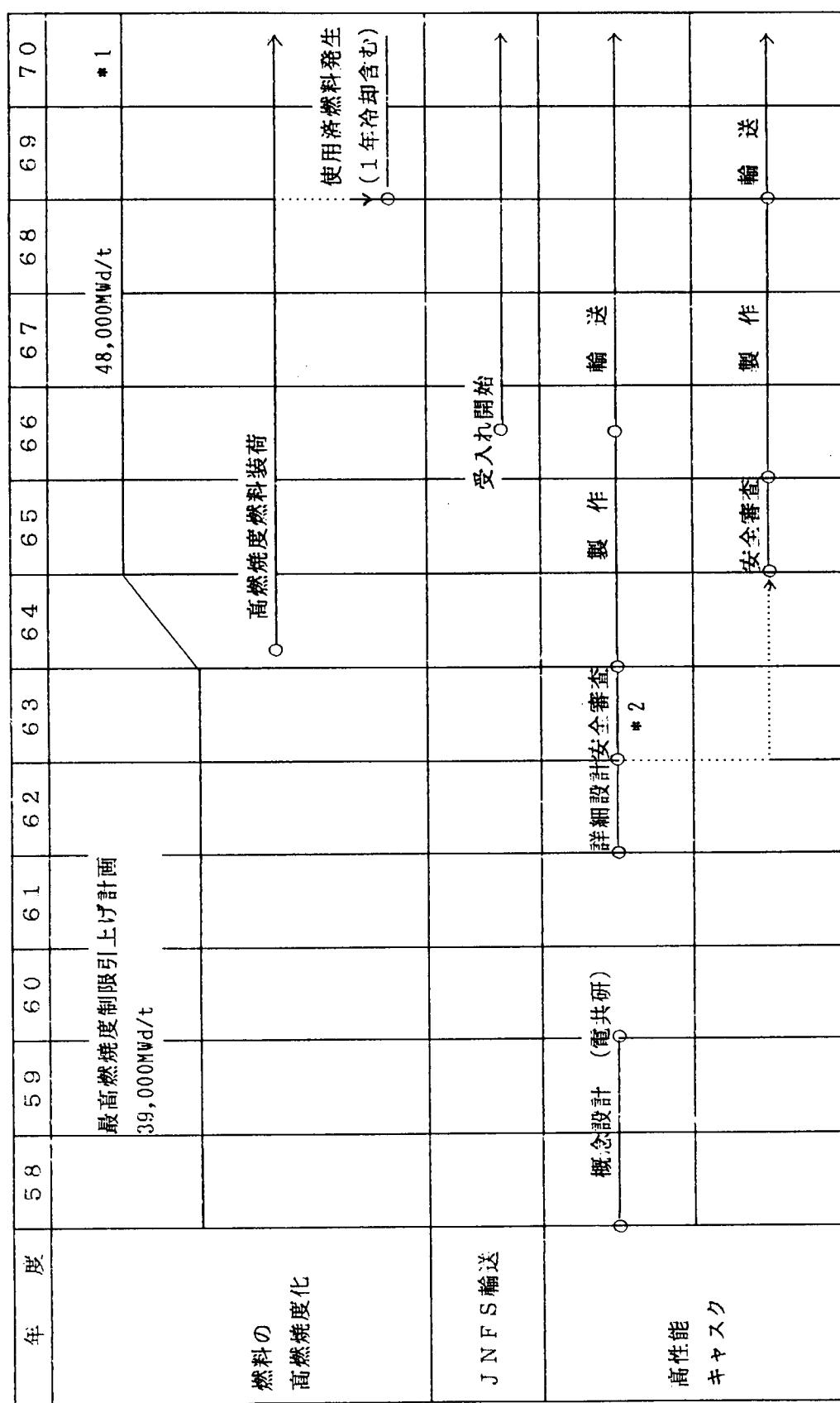
年 度	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
発生量 (トン)	680	700	730	750	780	800	900	1000	1100	1200

年 度	70	71	72	73	74	75
発生量 (トン)	1300	1360	1420	1480	1540	1600

総合エネルギー調査会原子力部会報告－自主的核燃料サイクルの確立に向けて－（昭和59年7月）を基に作成した。

（報告には60, 65, 70, 75年度分の発生量が記載されている。その他の年度は今回内挿法により算出した。）

表2.2.2 燃料の高燃焼度化について（PWR）



* 1 昭和70年頃には、集合体最高燃焼度制限を約55,000MWD/t以上に引き上げる計画がある。

* 2 現在使用中の海外再処理向けキャスクが転用可能か否かによる。

表2.2.3 使用済燃料キャスク輸送量一覧表

(昭和66年 6月予想)

Gr	発電所(下線は代表港)		出力(万kW)		比率(%)	搬出量(tU)	キャスク数	グループ	備考
A	北海道	泊-1(1989.6) -2(1991.6)	57.9 57.9	115.8	3.631	20.047	P: 6	47	
	東京	柏崎刈羽-1 -2(1990.10) -5(1990.4)	110 110 110	330	10.347	82.777	B: 18		
	原子力発電	敦賀-1 -2(1987.2)	35.7 116	151.7	4.757	38.052	B: 3 P: 6		
	関西	美浜-1 -2 -3	34 50 82.6	166.6	5.224	41.790	P: 14		
	関西	大飯-1 -2	117.5 117.5	235	7.368	58.947	P: 12		
B	関西	高浜-1 -2 -3 -4	82.6 82.6 87 87	339.2	10.636	85.085	P: 17	39	
	中国	島根-1 -2(1989.2)	46 82	128	4.013	32.107	P: 10		
	東北	女川	52.4	52.4	1.643	13.144	B: 5		
	東京	福島第一-1 -2 -3 -4 -5 -6	46 78.4 78.4 78.4 78.4 110	469.6	14.724	117.794	B: 36		
D	東京	福島第二-1 -2 -3 -4(1987.9)	110 110 110 110	440	13.796	110.369	B: 24	51	
	原子力発電	東海-1 -2	* 16.6 110	126.6	3.449	27.592	B: 9		
	中部	浜岡-1 -2 -3(1987.9)	54 84 110	248	7.776	62.208	B: 18		
	四国	伊方-1 -2	56.6 56.6	113.2	3.549	28.395	P: 6		
E	九州	川内-1 -2	89 89	178	5.581	44.649	P: 10	22	
	九州	玄海-1 -2	55.9 55.9	111.8	3.505	28.044	P: 6		
	合計		3189.3万kW		100%	800tU	200基		

* 日本原子力産業会議「原子力発電所一覧表(1986.12.31現在)」(ISSN-0289-9825)による。

建設中: 玄海-3(1993.7/118)、玄海-4(1995.7/118)、伊方-3(1992.3/89)

計画中: 柏崎刈羽-3(1993.7/110)、柏崎刈羽-4(1994.7/110)、大飯-3(1991.8/118)、

大飯-4(1992.6/118)、巻(1996/82.5)、能登(1993.3/54)

* 原電東海-1は対象外(ガス炉のため)、「ふげん」も対象外とした。

* キャスク: 大型: 5 HTU / 小型: 3 HTU

2.3 輸送物の荷姿及び荷役について

2.3.1 検討範囲

使用済燃料キャスクの輸送及び荷役の検討を行うにあたり、その検討範囲を次の通りとする。

- (1) 輸送物の荷姿
- (2) 原子力発電所における積出岸壁までの輸送
- (3) 発電所側の積出岸壁での荷役
- (4) 再処理施設側での荷役

2.3.2 輸送物の荷姿

各原子力発電所から青森県六ヶ所村の再処理施設への使用済燃料の輸送にあたり、輸送及び荷役の対象となる輸送物の荷姿は使用されているキャスクに依存することとなる。

このキャスクの候補としては、現在各原子力発電所から海外向け及び動燃東海再処理工場への輸送のために既に使用されている種々のキャスク及び今後開発が進められる新型キャスクが想定される。

しかしながら、後者については仕様等が現在不確定のため、これを候補として輸送物の荷姿を特定することは困難である。したがって本調査研究では、現在各原子力発電所で使用されている使用済燃料の輸送用のキャスクのなかから選定したキャスク（以下、「モデルキャスク」という。）に基づき輸送物の荷姿を設定することとする。

(1) モデルキャスクの選定

各原子力発電所で現在使用されているキャスクを表2.3.1に示す。

表2.3.1に示す通り、各原子力発電所で使用されているキャスクの種類には種々のものがあるが、選定にあたっては各原子力発電所における原子炉建屋内又はキャスクを取扱う建屋等の制約条件のほか、海外再処理委託条件等が考慮されたものと考えられる。

したがってモデルキャスクの選定にあたっても原子力発電所の制約条件を満足させるキャスクを選定する必要があると考えられるが発電所毎の制約条件を一概に論じることは困難である。

また、本調査研究の主眼は輸送及び荷役についての検討という限られた範囲であることから考え、キャスクの種類の違いによる影響は少ないものと考えられる。したがって、本調査研究では各発電所での使用度数の多い最大公約数的なキャスクを選定することとする。

キャスクの型式別に使用している発電所数からHZ-75T型が多く使用されているのが現状である。また、同キャスクは国内に動いている唯一のキャスクである。

以上の観点からモデルキャスクはHZ-75T型を選定する。

(2) 輸送物の荷姿

HZ-75T型キャスクの輸送時における荷姿としては、輸送専用架台に横倒しの状態で積付けられ、キャスクと輸送架台とが一体となり輸送されるものとなっている。図2.3.1に輸送物の荷姿図を示す。

なお、原子炉建屋へのキャスクの搬入、搬出は輸送専用架台を利用したキャスクの立起し、または横倒しの手順を経て行われている。

したがって、輸送及び荷役についての検討を行うにあたり、輸送物の荷姿は輸送時における荷姿を設定して表2.3.2に示すものとする。

表2.3.1 キャスク型式別使用発電所

No.	キャスクの型式	主な仕様				再処理場所	使用発電所数
		収納体数	重量	外寸法 (m)			
				全長	外径		
1.	EXL-3B	14体以下	約 80t	約6.0	約2.1	海外	4
2.	EXL-3	14体以下	約 74t	約5.7	約2.2	海外	1
3.	HZ-75T	17体以下	約 85t	約5.9	約2.3	国内	7
4.	TN-17	17体以下	約 76t	約6.2	約2.5	海外	3
5.	TN-12	32体以下	約109t	約6.2	約2.5	海外	6
6.	EXL-4	14体以下	約 94t	約6.2	約2.4	海外	3

表2.3.2 輸送物の荷姿

項目	設 定	備 考
キャスクの型式	HZ-75T	
輸送物の種類	B (M) 型輸送物	
重 量	約86t (空キャスクの場合) 約98t (充填キャスクの場合)	合輸送架台
輸送物の寸法	全 長: 約 6.5m 全 巾: 約 2.9m 全 高: 約 3.4m	" " "

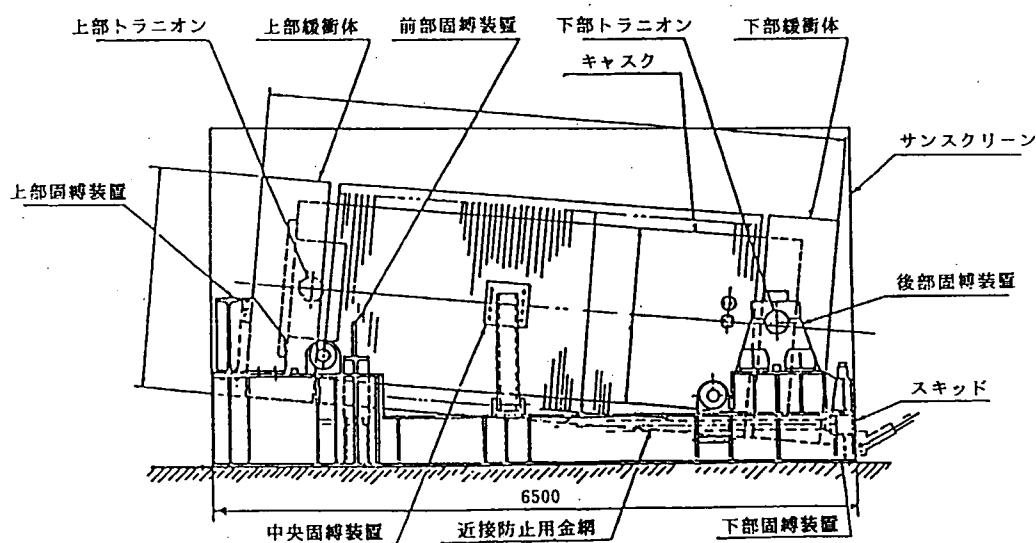


図2.3.2 輸送物の荷姿図

2.3.3 原子力発電所における積出岸壁までの輸送

使用済燃料を各原子力発電所から再処理施設まで輸送するとき、原子力発電所側では積出岸壁（以下「港湾岸壁」という。）までの輸送があり、また輸送の延長線で原子力発電所側港湾と再処理施設側港湾とは運搬船による海上輸送、再処理施設側港湾岸壁から再処理施設までは陸上輸送となり、陸一海一陸の輸送形態となる。

ここでは、原子力発電所における港湾岸壁までの輸送について検討を行うこととする。

ついては各原子力発電所においてはそれぞれ特色があり、輸送に係わる部分について制約条件がある。その制約条件を満足させた検討も必要と考えられるが、ここでは原子力発電所側の輸送に関し以下の条件を設定することとした。

(1) 原子力発電所側の前提条件

① キャスク保管場所

原子炉建屋内で使用済燃料を装荷したキャスクは、原則として一旦キャスク保管場所に保管するものとする。尚、再処理施設より返送された空キャスクについても同様キャスク保管場所に一時保管されるものとする。

② 港湾岸壁クレーン

キャスクを運搬船に積卸しするために各原子力発電所の港湾岸壁には種々形式の異なるクレーンが設置されている。ここでは大別し、表2.3.3に示す形式のクレーンを対象に検討を行うこととした。

表2.3.3 岸壁クレーンの型式

No.	クレーンの型式	巻揚能力(主巻)	主な仕様	
			巻揚速度	旋回速度
1.	スチフレッグデリック	150t	1.36 m/min	0.15 R.P.H.
2.	塔形ジブクレーン	150t	2.0 m/min	0.2 R.P.H.
3.	走行式水平引込クレーン	150t	1.3 m/min	0.3 R.P.H.
4.	クローラクレーン(固定)	150t	2.55 m/min	0.8 R.P.H.

(2) 輸送の範囲

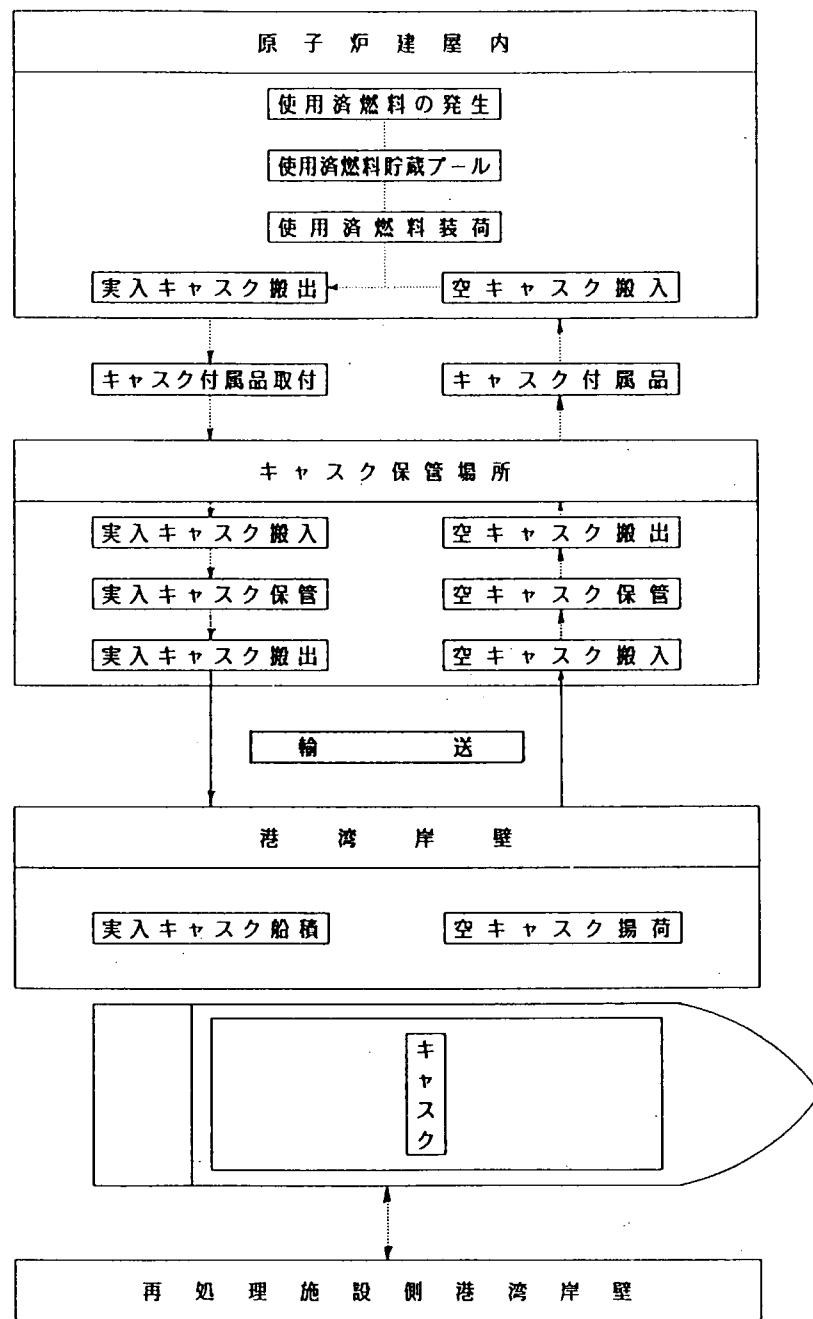
原子力発電所における輸送の範囲は実入キャスクのキャスク保管場所よりの搬出から港湾岸壁までの輸送とする。

また、再処理施設より返送されてくる空キャスクについても同様に港湾岸壁からキャスク保管場所搬入までを検討の範囲とする。

したがって、原子炉建屋内におけるキャスクのハンドリング及び取扱いならびに原子炉建屋とキャスク保管場所間の実入キャスクまたは空キャスクの輸送については検討の対象から除くこととした。

輸送の概念を表2.3.4に示す。

表2.3.4 輸送の概念



(3) 検討項目

原子力発電所側における輸送の検討項目としては、その輸送の作業手順を各作業項目毎に検討し、その作業手順に基づいた所要時間の検討を行うこととした。

したがって、検討項目は下記の通りとする。

① 検討項目

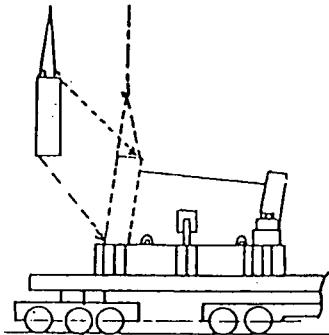
- 1) 輸送における作業手順の検討
- 2) 輸送における所要時間の検討

(4) 輸送における作業手順の検討

前記(2)項で述べたとおり輸送の範囲としては、実入キャスクの場合は、キャスク保管場所から搬出、港湾岸壁までの輸送と空キャスクの場合は港湾岸壁から輸送の上、キャスク保管場所搬入までとしているが、一連の作業の流れを把握するため参考として原子炉建屋とキャスク保管場所間の輸送に係わる部分についても作業手順を検討することとした。

以下、作業手順について表2.3.5に示す。

表2.3.5 輸送の作業手順

作業区分	No.	作業項目	作業要領(図)
原子炉建屋大物搬入口内作業	1. 2. 3. 4. 5.	トレーラを大物搬入口へ進入させる。 搬入口内所定位置に停止する。 実入キャスクをトレーラに積付けする。 搬出の放管サーベイを行う。 トレーラを大物搬入口外へ搬出する。	予め輸送架台等をトレーラに積付けておく。
原子炉建屋前作業	6. 7. 8.	上部緩衝体、固縛装置を取付ける。 固縛ボルト締付を確認する。 車両の放管サーベイを行う。	 <u>上部緩衝体取付図</u>
輸送	9.	キャスク保管場所へ輸送する。	伴走車、見張人、同行専門家
	10. 11.	キャスク保管場所へトレーラを進入させる。 キャスク保管場所内所定位置に停止する。	標識

キャスク保管場所内作業	12.	キャスク保管場所内のクレーンに水平吊具を取付け、トレーラ上の実入キャスクを吊上げ、所定の位置まで移動し、吊下す。	輸送架台ごと保管する。
	13.	トレーラの搬出サーベイを行う。	
	14.	キャスク保管場所よりトレーラを搬出する。	
保管	15.	運搬船入港まで保管	
	16.	キャスク保管場所ヘトレーラを進入させる。	
	17.	キャスク保管場所内所定位置にトレーラを停止する。	
	18.	キャスク保管場所のクレーンに水平吊具を取り付け、保管されている実入キャスクを吊上げ、トレーラ上へ移動し吊下す。	トレーラに積付け、固縛する。
	19.	搬出サーベイを行う。	
	20.	キャスク保管場所よりトレーラを搬出する。	
構内輸送	21.	車両の放射線量率を測定する。	車両標識
	22.	港湾岸壁まで輸送する。	伴走車、見張人、同行専門家

(5) 輸送における所要時間の検討

① 輸送の条件

キャスク保管場所から港湾岸壁まで輸送する場合の所要時間求めるには、輸送の条件を次のとおり設定する。

1) 1回当りの輸送数量

1ヵ所の発電所から再処理施設までの1回当りの輸送数量は運搬船に依存され、また各発電所の条件により想定することが難しく、したがって国内及び海外向けに船積されている輸送数量を考慮し、表2.3.6に示すものとする。

表2.3.6 使用済燃料キャスクの1回当り輸送数量

ケース 数 量	ケースA	ケースB	ケースC	ケースD
船積数量	4キャスク	8キャスク	12キャスク	16キャスク

2) キャスク保管場所の搬出能力

キャスク保管場所に保管されている実入キャスクの搬出は、船積する岸壁クレーンの荷役能力との関連があり、さらに輸送に使用される車両の特殊性もあり、特にここではキャスク保管場所の搬出能力については特定しないこととした。

3) 輸送距離

各発電所は、構内に専用の港湾岸壁が設けられている。

(1発電所は公共港を使用)

本検討では、キャスク保管場所から港湾岸壁までの輸送距離を次のとおりと仮定する。

◎ 輸送距離：ケースⅠ…………1,000m

 ケースⅡ…………600m

 ケースⅢ…………300m

4) 輸送車両と速度

キャスク保管場所から港湾岸壁まで輸送に使用する車両は現在、各発電所で最も多く使用されている車両であるトレーラとする。輸送時の速度は、キャスク積載時または空車時それぞれ平均5 km/hとする。

② キャスク保管場所から港湾岸壁までの所要時間

キャスク保管場所から港湾岸壁まで輸送するときの所要時間は、表2.3.5の作業手順に基づき求めると、表2.3.7に示すとおりとなる。

③ 港湾岸壁からキャスク保管場所までの所要時間

港湾岸壁にて運搬船へキャスクを船積した後、トレーラは港湾岸壁からキャスク保管場所へ空車回送となる。その所要時間は表2.3.7の輸送時間と同様とする。

 ケースⅠ…………12分

 ケースⅡ…………8分

 ケースⅢ…………4分

表2.3.7 キャスク保管場所から港湾岸壁までの所要時間
(キャスク1基当り)

No.	作業項目	所要時間	(単位：分)		
			ケースI(1,000m)	ケースII(600m)	ケースIII(300m)
16.	キャスク保管場所ヘト レーラを進入させる。	10			
17.	キャスク保管場所内所 定位置に停止する。	5			
18.	キャスク保管場所のク レーンに水平吊具を取 付け、突入キャスクを 吊上げトレーラ上へ移 動し、吊下す。	30	70	70	70
19.	搬出サーベイを行う。	15			
20.	キャスク保管場所より トレーラを搬出する。	10			
21.	車両の放射線量率を測 定する。	15	15	15	15
22.	港湾岸壁まで輸送する		12	8	4
	計		97	93	89

2.3.4 発電所側の積出岸壁での荷役

発電所側の港湾岸壁における使用済燃料キャスクの船積荷役は、キャスク保管場所から輸送されて来たトレーラ荷台上のキャスクを専用吊具を介してクレーンにより直接吊上げ、運搬船の船倉内に設置されている固縛装置を有している所定場所に吊下し固縛し、積付を行う。

(1) 船積荷役用岸壁クレーン

2.3.3-(1)-②項表2.3.3に示した4種類の型式の岸壁クレーンでの荷役を行ったときの所要時間は、次のとおりとなる。

(2) 船積荷役の所要時間

① 岸壁クレーンの荷役時間

キャスク1基当りの岸壁クレーンの荷役時間は、そのクレーンの能力、すなわち巻上、巻下、起伏、旋回等から算出されるが、さらに運搬船の吃水、潮の干満の差、または船倉内の積付位置により常に変化し、一定ではない。

このため、本検討では船倉内の積付位置を下部船倉と上部船倉とし、その荷役時間を求めることがある。(図2.3.2参照)

荷役時間を求めるとき荷役の範囲を定める必要があり、以下の通りとする。

- 1) 岸壁クレーンのキャスクの吊上げ開始時点からの時間とする。
- 2) 運搬船船倉内にキャスクを吊下し、船倉内におけるキャスク専用輸送架台との主要な固縛を行い、水平吊具をキャスク専用輸送架台から取り外し、岸壁クレーンを旋回し所定の位置に戻るまでとする。

また、岸壁クレーンの作業範囲と運搬船の荷役を行う船倉の位置関係で場合によっては、運搬船を一時シフトさせ対応することがあり、直接、荷役時間に影響を与えることも考えられるが、ここでは省略することとした。

表2.3.8に荷役時間を示し、表2.3.9に荷役時間算出表を示す。

表2.3.8 荷役時間（キャスク1基当り）

(単位：分)

NO.	クレーンの型式	下部船倉	上部船倉
1.	スチフレッグデリック	28	22
2.	塔形ジブクレーン	22	18
3.	走行式水平引込クレーン	27	21
4.	クローラクレーン（固定）	21	17

② 岸壁における荷役準備と時間

キャスク保管場所から岸壁クレーン下まで輸送後、岸壁クレーン下にて荷役のための準備作業が必要となる。その作業内容と所要時間を表2.3.10に示す。

表2.3.9 荷役時間算出表

(単位：分)

作業内容	スチフレック デリック	塔形ジブ クレーン	走行式水平 引込クレーン	クローラークレ ーン(固定)	
1 キャスク吊上げ (6t)	4.4	3.0	4.6	3.0	
2 トレーラ上～船上へ旋回 (120°)	2.0	1.7	1.0	1.0	
3 船上～船倉へ吊下し (9t)	6.7	4.5	7.0	4.5	
4 船倉積付位置決め	3.0	3.0	3.0	3.0	
5 船倉に固縛	2.0	2.0	2.0	2.0	
6 キャスクから吊具の取外し	1.0	1.0	1.0	1.0	
7 吊具の吊上げ (9t)	6.7	4.5	7.0	4.5	
8 船上～吊具受台へ旋回 (120°)	2.0	1.7	1.0	1.0	
下部船倉への荷役時間	27.4	21.4	26.6	20.1	
上部船倉への荷役時間	21.4	17.4	20.4	16.1	船倉差 4.0t

クレーンの能力

吊上げ速度 (m/min)	1.36	2.0	1.3	2.0	
(1m吊上げる時間) (分)	0.74	0.5	0.77	0.5	
旋回速度 (r.p.m.)	0.15	0.2	0.3	0.3	
(1回転する時間) (分)	6.0	5.0	3.3	3.3	

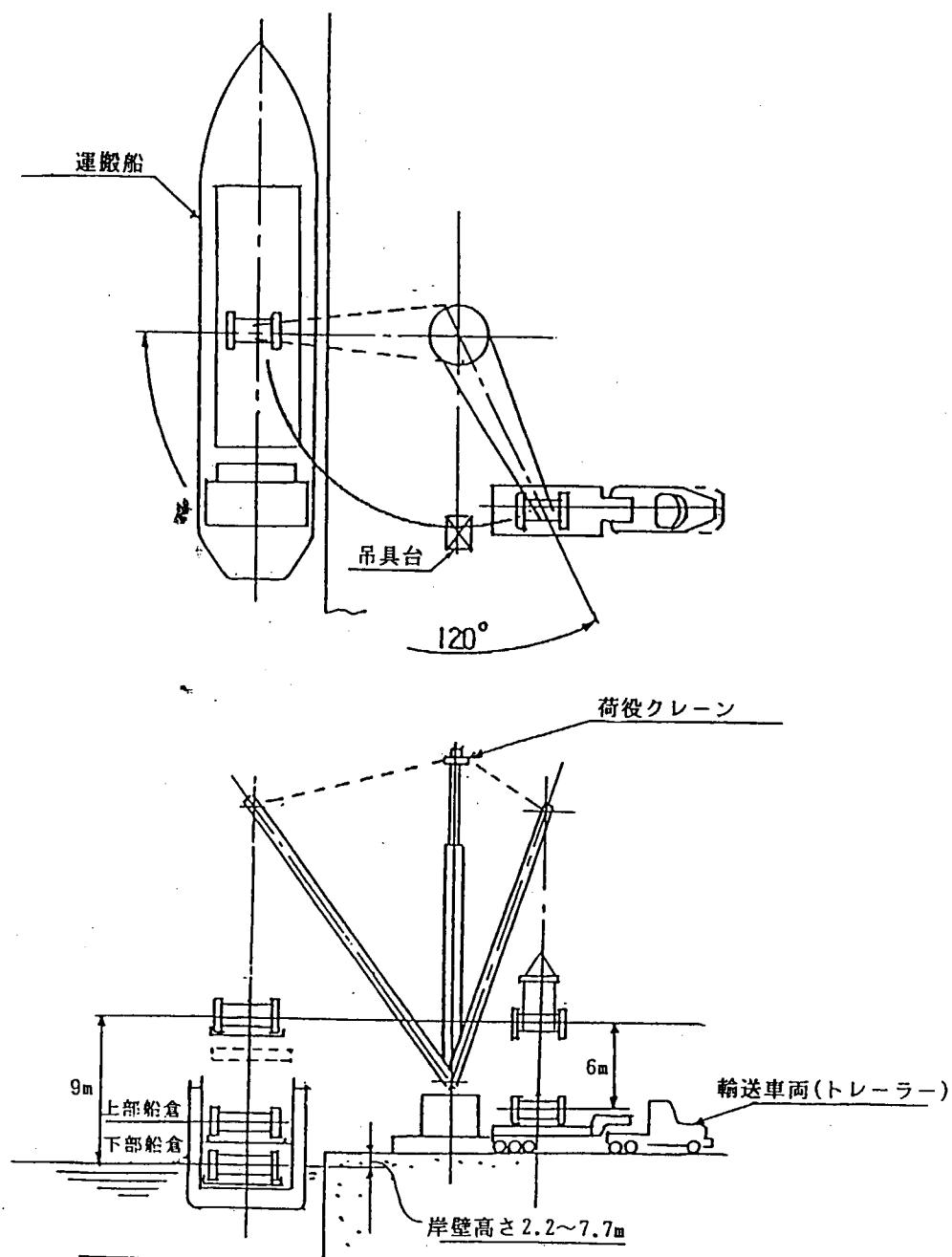


図2.3.2 岸壁クレーンと運搬船との位置関係図

表2.3.10 荷役準備作業と時間

(単位： 分)

NO.	作業内容	所要時間
1.	水平吊具の取付作業	5
2.	固縛ボルトの解縛作業	5
計		10

(3) キャスク保管場所からの輸送と船積荷役の所要時間

キャスク保管場所から搬出し、港湾岸壁までの輸送と港湾岸壁クレーンによる運搬船への船積荷役のキャスク1基当たりの所要時間を表2.3.11に示す。

表2.3.11 キャスク保管場所からの輸送と船積荷役の所要時間
(キャスク 1基当たり)

(単位: 分)				
No.	作業項目	所要時間		備考
16. 17. 18. 19. 20.	キャスク保管場所から搬出	70		
21.	車両の放射線剂量の測定	15		
22.	港湾岸壁までの輸送 ケースI (1000m) ケースII (600m) ケースIII (300m)	12 8 4		5 Km/h " "
23.	港湾岸壁での荷役準備	10		
24.	岸壁クレーンの荷役 1. 施レッグテリック 2. 塔形ジブクレーン 3. 走行式水平引込クレーン 4. クローラクレーン(固定)	下部船倉 28 22 27 21	上部船倉 22 18 21 17	
25.	キャスク保管場所までの輸送 ケースI (1000m) ケースII (600m) ケースIII (300m)	12 8 4		5 Km/h " "

(4) 1回当たりの輸送数量に対する所要日数

① 1日当たりの作業時間

1日当たりの作業時間は午前9時から午後5時までの8時間とし、準備、片付け1時間、昼休み1時間及び休憩30分を差引いた5.5時間を実働作業時間とする。

② 輸送数量に対する所要日数

2.3.3-(5)-(1)-1項で設定した表2.3.6のとおり1回当たりの輸送数量に対応する原子力発電所側の所要日数を表2.3.13に示す。

表2.3.13 輸送数量に対する所要日数

(単位: 時間)

輸送距離 ↓	輸送数量 ↓	ケースA (4キャスク)	ケースB (8キャスク)	ケースC (12キャスク)	ケースD (16キャスク)
ケースI (1,000m)		9.8 (1.8日)	19.6 (3.6日)	29.4 (5.4日)	39.2 (7.2日)
ケースII (600m)		9.3 (1.7日)	18.6 (3.4日)	27.8 (5.1日)	37.1 (6.8日)
ケースIII (300m)		8.8 (1.6日)	17.5 (3.2日)	26.2 (4.8日)	35.0 (6.4日)

表2.3.13に示した所要日数はあくまで1台の輸送車両によって行った場合であり、輸送の効率を上げるために輸送車両を増やすことにより解決できるものと考えられる。

したがって、輸送に要する輸送車両台数は、1往復当たりの所要時間のうちキャスク保管場所からの搬出時間に拘束され、それに対応させて輸送する必要があり、これはキャスク保管場所からの搬出時間と1往復の所要時間から求めることが出来る。

表2.3.12 輸送車両1往復の所要時間

No.	作業項目	(キャスク保管場所～港湾岸壁) 1基当たり (単位: 分)		
		ケースI(1,000m)	ケースII (600m)	ケースII (300m)
16. 20.	キャスク保管場所から搬出	70	70	70
21.	車両の放管サーバイ	15	15	15
22.	港湾岸壁まで輸送	12	8	4
23.	港湾岸壁での荷役準備	10	10	10
24.	岸壁クレーンの荷役	28	28	28
25.	キャスク保管場所まで回送	12	8	4
計 (1往復)		147	139	131

したがって、キャスク保管場所からキャスク1基を港湾岸壁まで輸送をして船積荷役後、再びその輸送車両であるトレーラがキャスク保管場所へ戻るまでの1往復の所要時間を表2.3.12に示す。

尚、岸壁クレーンの荷役時間については、余裕率を考慮して荷役時間の長い28分を採用することとする。

また、1回当りの輸送数量に対する所要日数についても同様で、輸送車両が1台で行ったものであり、必要な輸送車両台数を使用した場合は、同様にキャスク保管場所からの搬出時間に拘束される。

(5) 空キャスクの陸揚荷役

使用済燃料を各原子力発電所から再処理施設へ輸送するには、事前に輸送する相当数の空キャスクを発電所へ輸送しておく必要がある。

この空キャスクの発電所における岸壁での陸揚荷役及びキャスク保管場所までの輸送は船積荷役並びにキャスク保管場所から港湾岸壁までの輸送の逆手順で行われるため、同荷役及び輸送の所要時間は表2.3.13に示す時間と同一である。

2.3.5 再処理施設側での荷役

再処理施設側の港湾は、むつ小川原港の使用が予定されており、同港は15,000t級のバースを2バース設ける予定になっている。

同バースにおける使用済燃料の陸揚荷役は、岸壁側に設置予定の150t陸上ガントリークレーンによる荷役を想定する。

使用済燃料の荷役の手順は、船倉内に積付られている実入キャスクを専用の水平吊具を使用して吊上げ、岸壁上まで横行し、輸送車両上に吊下げ直接積載する。

(1) キャスク1基当たりの陸揚荷役時間

① 陸上ガントリークレーンの荷役時間の設定

150t^ン陸上ガントリークレーンの荷役時間は、発電所側の岸壁クレーンによる荷役時間とはほぼ同様と想定し、28分と設定する。

また、輸送車両上に吊下した後の吊具のキャスク専用輸送架台からの取外しまでの荷役時間に含むものとする。

(2) 1日当たりの荷役時間

1日当たりの荷役時間は、発電所側と同様とし、ガントリークレーンの実働荷役時間を5.5時間とする。

(3) 陸揚荷役の所要日数

むつ小川原港における使用済燃料の陸揚荷役は150t^ンガントリークレーン1基で行うものとする。

荷役時間を表2.3.14に示す。

表2.3.14 陸揚荷役の所要時間

(単位：時間)

輸送数量 輸送距離	ケースA (4キャスク)	ケースB (8キャスク)	ケースC (12キャスク)	ケースD (16キャスク)
陸揚荷役	1. 9	3. 8	5. 6	7. 5
吊具取外し	0. 1	0. 1	0. 1	0. 1
所要日数	2. 0 (0. 4日)	3. 9 (0. 8日)	5. 7 (1. 1日)	7. 6 (1. 4日)

表2.3.14に示した所要日数はあくまで陸揚荷役が連続作業で直接輸送車両に積載することが出来る場合である。したがって、輸送数量のキャスク数に対応した輸送車両が必要とされる。

したがって、前記2.3.4-(5)-②項と同様に再処理施設までの輸送時間及び再処理施設側での搬入時間等を考慮に入れた車両の必要台数及び所要日数を想定する必要があると考える。

(4) 空キャスクの船積荷役

むつ小川原港で陸揚された実入キャスクは再処理施設で使用済燃料を取出したのち、反復使用するため、次の発電所に輸送されることとなる。

この空キャスクの船積荷役は逆手順で行われるため船積荷役の所要時間及び日数は表2.3.14と同一である。

2.4 使用済燃料運搬船RO／RO方式の検討

2.4.1 試設計RO／RO船

1) 主要目等

船 型 : 長船首樓型、船首居住区、船尾機関室、2機2軸船

L_{pp} × B × D : 90.0m × 20.0m × 6.4m

d : 4.0m / 4.6m

D W : 2,300 t / 3,200 t

積載能力 : キャスク 12基

主 機 関 : ディーゼル 1, 600 p s × 2基

一般配置 : 図2.4.1のとおり

2) 本船の特徴

(1) 全般

- 貨物区画は長船首樓内に設けられ、キャスク 6基が2列積みされる。
- 冷凍機室が貨物区画船側部に設けられる。
- 上甲板区画に機関室、種々の水油タンクが設けられる。
- 遮蔽が貨物区画の前部と下部、居住区後部に設けられる。

(2) 特殊装置

- スターンランプ（重量貨物用ストレート型）
- スタンドア（貨物区画張水用の水密ドア）
- カーゴハッチ（RORO／LOLO兼用方式のためのハッチ）

(3) 荷役方式

- キャスクはパレット（フレームとも言う）に乗せられ、トレーラー走行により荷役される。
- パレットはトレーラーにより線内定位置に運ばれたのち、切離され、固縛される。
- 積込みはトレーラー後進により、揚げ荷は前進により行われる。

(4) まとめ（特記事項）

- LOLO方式では、上甲板下区画に2層積みされるが、RORO方式では、上甲板上船首樓内に1層積みされる。
- 貨物区画船側部に冷凍機室が設けられ、貨物はその内側に積まれる。
- これらにより、キャスクは1層×2列積み、合計12基積みとなる。これは、同等の主寸法を持つLOLO船の半分積載能力に相当する。

3) 法規との関係

上記の特徴は、法規によるものが多く、主なものは次のとおり。

(1) 船査610号

- 船側からB/5以上に配置された船倉又はその他の場所へ同時浸水しても、区画可浸性、損傷時復原性が成立せねばならない。図2.4.2参照

RORO船の貨物区画は、車両走行のため1区画になるので、上甲板下区画を貨物区画とすると、この要件を満足できない。（浸水により、沈没する）図2.4.3参照

従って、貨物区画は上甲板上となり、重心が高くなりすぎないように、1層積みしかできない。RORO船の貨物積載能力が、規則要求により、LOLO船の半分となれば、経済性の劣ることは明らかである。積載能力が半減しないためには、上甲板下区画を貨物区画に使用して2層積みする必要がある。これには、

- リフトによるキャスクの昇降
- 隔壁ドアによるRORO荷役

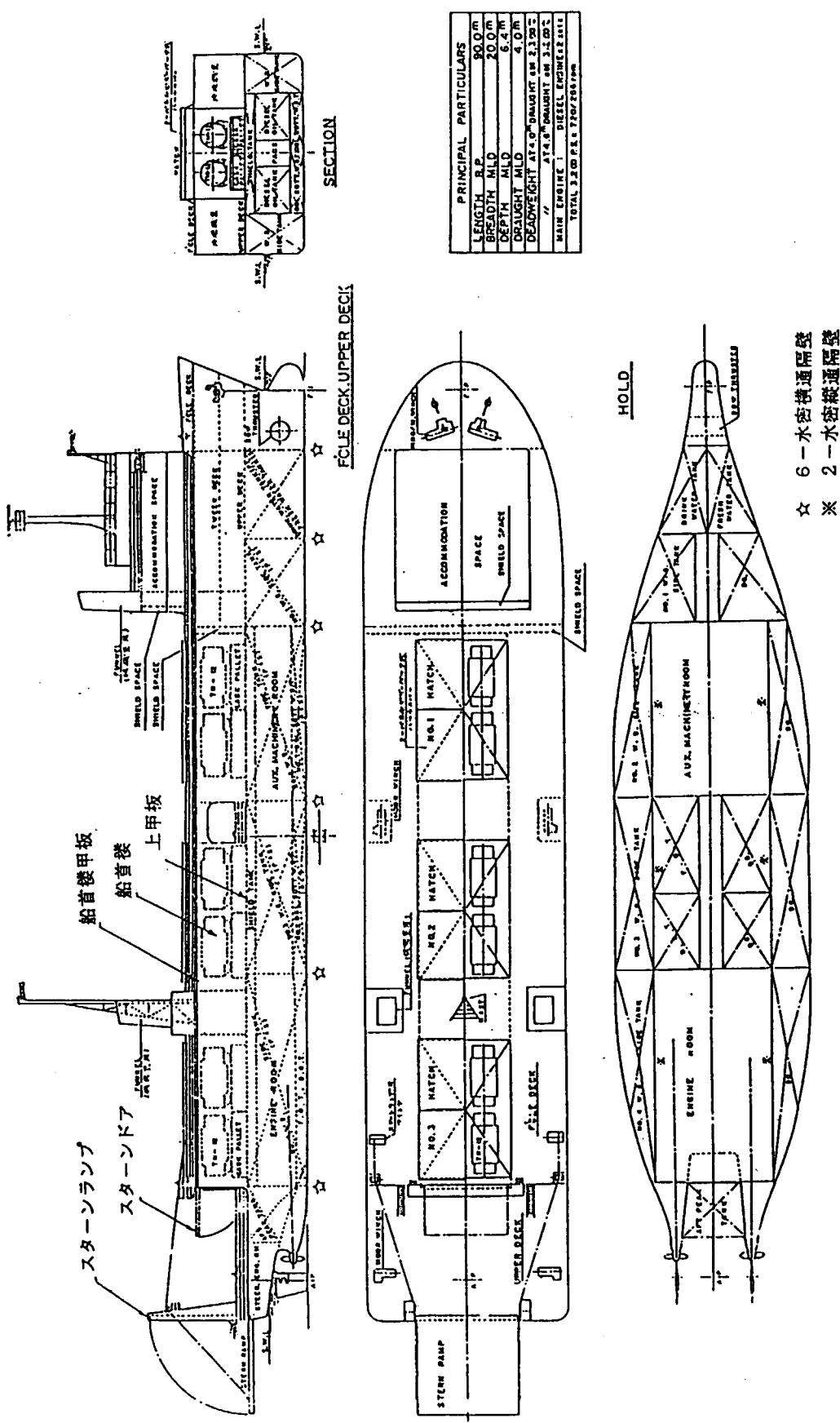


図2.4.1 使用済燃料輸送船一般配置図

が考えられる。図2.4.4にアイデアを示す。

しかし、リフト方式は、キャスクとパレットの重量が100tを超えるので、かなり高船価となる。

隔壁ドア方式も大型水密ドアとなり、高船価となる。また、図2.4.5のように積付けが難しくなる。

これら方式により、積載能力が倍増すれば、船価が倍増しても同等の経済性となる。しかし、船価増の少いLOLO船と比較すると、不経済性となることは明らかである。

- 非常に貨物区画に張水せねばならない。

このため、RORO船では、水圧に耐え、水密を保つスターンドアが必要となる。これは、寸法が大きいこともあり、高コストとなる。

(2) 危険側

- 船内の集貨の輸送指數合計は、各々50を超えてはならない。

このため、キャスクの前後方向の積み高が削減される。

2.4.2. RORO船の日本への適合性

1) 貨物積載能力

(1) 経済性

RORO船の貨物積載能力は、同等の主寸法をもつLOLO船の半分であり、これを避けようとする
と高船価となる。このため、RORO船は明らかに不経済となる。

(2) 安全性

同一貨物量を輸送するには、RORO船はLOLO船の2倍の隻積が必要となる。これは、危険物積
載船の隻数が2倍になることを意味し、安全面で歓迎されないであろう。

RORO方式は、荷役の安全性が高いことに関心が持たれているが、隻数増による危険増の要素が
ある。

2) 既存岸壁との整合性

(1) 岸壁高さ

日本のすべての既存岸壁高さを、潮汐を加味して調べると、

- 最高の岸壁は海面上6.2m
 - 最低の岸壁は海面上1.2m
- 差5.0m

岸壁高さの差5mに対して、スターンランプと本船トリムにより調整を行う。

○スターンランプの傾斜は、車両走行のために1/8に押さえられる。本船のスターランプ長さ
を10mとすれば、

$$\text{ランプによる調整高さ} = 2 \times 10\text{m} / 8 = 2 \times 1.25\text{m} = 2.5\text{m} \quad \text{図2.4.6のとおり。}$$

○残り2.5mを本船トリムにより調整する。

$$\text{トリム} / L_{pp} = 2.5\text{m} / 90\text{m} = 0.028$$

トリム2.8%L_{pp}はトリム値として許容範囲内である。トリム状態を図2.4.7に示す。

○これらにより、岸壁高さとRORO船は整合する。図2.4.8のとおり。

(2) 水深

2.5mトリムにより、本船喫水は、船首または船尾で1.25m増加して、

$$\text{最大喫水} = 4.0 + 1.25 = 5.25\text{m}$$

サイトの水深は、6.0以上が保たれているので、この喫水は許容範囲内といえる。図2.4.7参照のこと。

(3) まとめ

岸壁長さ、係船設備等々を各サイトごとにきめ細く調べる必要はあるが、RORO船と既存岸壁と

の整合性は、大きい問題にならないものと思われる。

3) 付帯設備

RORO方式採用の場合には、

○LOLO荷役のために各サイトに既に設備ずみ125～150t岸壁クレーンが遊休設備となる。

○各サイトの陸上用トラックも遊休化する。

○RORO荷役のために、トレーラー、パレット等が新しく必要となる。

このように日本では既にLOLO方式で稼働中であるので、今の段階でRORO方式を導入すると、無駄が発生する。

4) 船内荷繰り

各サイトからむつ小川原港への使用済みキャスクの輸送を行うだけでなく、むつ小川原港から各サイトへの空キャスクも必要となろう。そうすると、船内荷繰りが必要となり、迅速な荷役というRORO方式のメリットは滅殺される。

5) 安全性評価

RORO荷役のように貨物を吊上げることがなく、岸壁、ランプウェイ甲板に常に接した状態で行われるので安全性が高いと見られており、これは間違いないであろう。しかし、これは感覚的な見方によるものであり、LOLO荷役の安全性に問題があるのではない。LOLO方式によるキャスク荷役の安全性が保持されることは実証済みである。安全性のためにRORO方式採用が必要である、というほどの差ではなく、LOLO方式の安全性も十分である。

6) スエーデンとの条件差

スエーデンでは、10年程前キャスクの輸送システムを検討した結果RORO方式の採用を決め、RORO船Sigyn号が設計、建造、運航されている。

スエーデンと日本との間の輸送・荷役条件差を考える。

(1) 方式検討の段階

○スエーデンでは、キャスク輸送に先立ち、白紙状態で輸送システムを検討した。

このため、設備遊休化の問題が少く、全サイトにわたる基地内輸送も含めた輸送システムを自由に検討できた。

○日本では、現在すでにLOLO方式で稼働しており、各サイトには125～150t岸壁クレーンが設けられ、サイト用トラックが導入されている。この段階でROROシステムに切換えると無駄が発生する。

(2) サイト数

○スエーデンでは、サイトが近隣の4ヶ所のみであるため、潮汐差、船内荷繰り問題が少い。

○日本では、これより広範にわたる全15サイトであるので、スエーデンほどRORO船に適合性がない。

(3) 輸送量

○スエーデンでは、輸送量が小型船1隻分相当であり、RORO船の積載能力が半減することはあまり問題とならない。

○日本では、輸送量が数隻分相当であるので、RORO船の積載能力が半減することの影響は大きくなる。

(4) まとめ

スエーデンでRORO方式を採用したことは理解できるが、日本でRORO方式が有利にはならない。

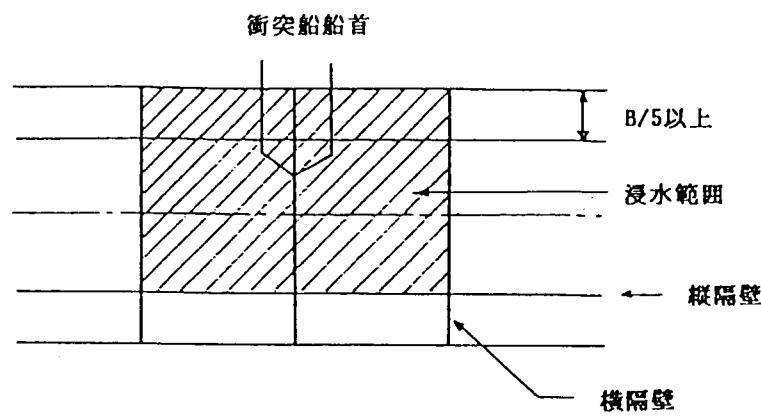


図2.4.2 損傷時浸水範囲

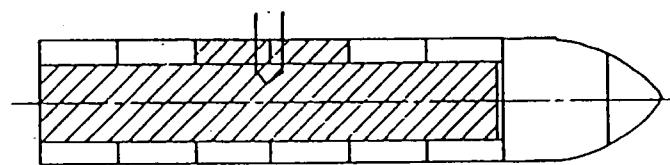
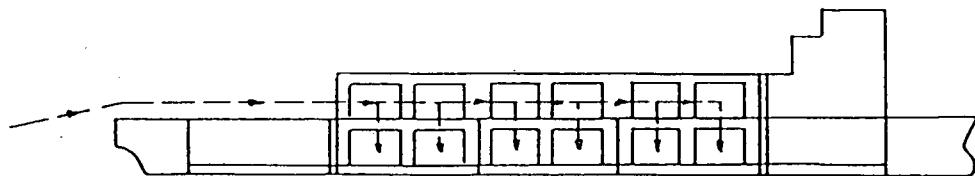
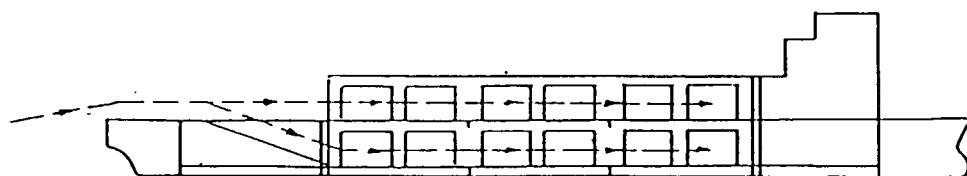


図2.4.3 RORO船の浸水範囲
(甲板下船倉をRORO積載区画とする場合)



(1) リフト方式



(2) 隔壁ドア方式（平面図）

図2.4.4 2層積みRORO船

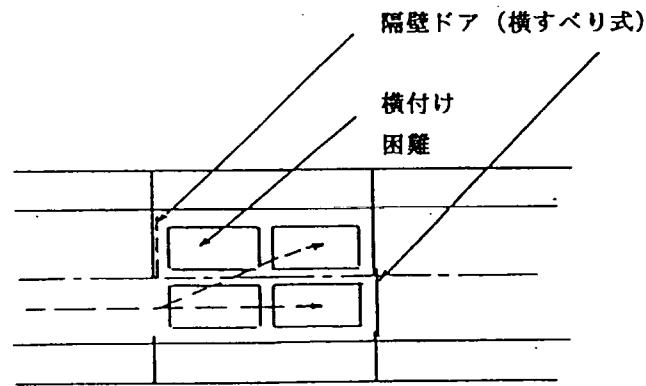


図2.4.5 隔壁ドア方式 (平面図)

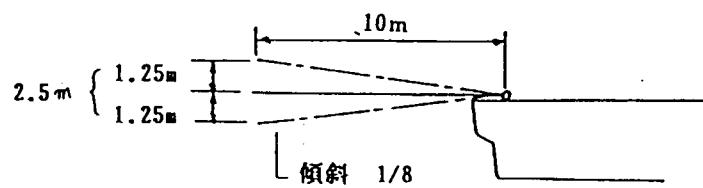


図2.4.6 スターンランプ調整高さ

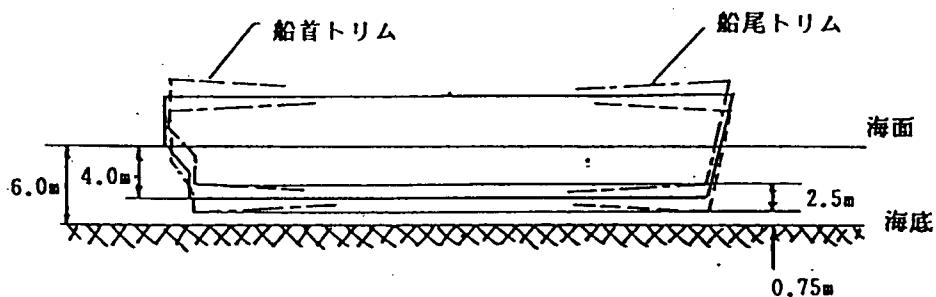


図2.4.7 2.5m トリム状況

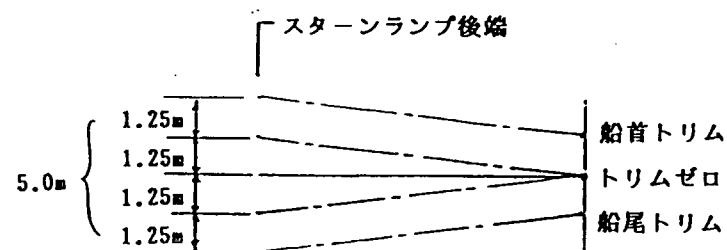


図2.4.8 スターンランプ後端高さ

2.4.3.まとめ

- RORO船は、同等主要寸法のLOLO船に比し貨物積載能力が半分となり、不経済となる。
- RORO船は、日本のサイトと大きい問題なく整合できるようである。
- RORO方式を採用すると、既存の125～150t岸壁クレーン、陸送用トラック等が遊休化する。
- スエーデンと異なり、日本の輸送・荷役条件では、RORO船は適合しない。LOLO船が適合する。

2.5 使用済燃料運搬船の検討

2.5.1 使用済核燃料運搬船計画概要

- 1) 資格 近海区域、非国際第4種船
- 2) 航行ルート 下北←→各原子発電所航続距離は3,000海里とする。
- 3) 載貨重量 3,000MT以下
- 4) 船長 103m以下
- 5) 吃水 4.9m (最大)
- 6) 船速 12ノット
- 7) 配置

キャスク配置は、たて置き、横置きの両ケースが考えられるが、たて置きの場合は、片玄のみにキャスクを搭載した場合にヒールを生じ、ヒーリングタンクによる調整が必要であること、たて置き・横置き双方共、船倉スペースの寸法（長さ×幅）はほぼ同一となることから、キャスクは横置きとした。

キャスク4基の場合を除き、経済的な船型とするため、第2甲板を設けて、キャスクを2段積みとした。なお、積載キャスクはすべて大型キャスクとした。

20基積の場合は、載貨重量を確保するために船長を制限いっぱいとし、同時に船幅も大きくした。さらに、船長方向の制限を満足させるためには容積効率を良くする必要があり、そのために6基積の船倉を一部設けた。このため、船倉の長さが伸び損傷時復原性が悪くなるが、これは、幅の増加でカバーしている。尚、6基積の船倉の場合は、船倉中央部キャスクの冷却のために縦通隔壁に沿って送風ダクトを配置することとした。（4基積船倉の場合は前後横壁からの吹出しとしている。）

注：4基積、8基積では1段積も成立するが、船型的に割高になること、又、12～20基積との整合性を考慮して8基積の船型は2段積とした。

4基積～20基積の各船の要目を表2.5.1に、また一般配置図を図2.5.1～図2.5.5に示す。

8) 荷役装置

原子力発電所に荷役設備があること、130tの荷役設備を本船に設けることは大規模なものとなることから、本船には荷役装置は設けないものとした。

9) 安全対策

- ・キャスクの冷却設備
- ・放射線測定器具等
- ・機関室CO₂消火装置
- ・非常時船倉張水装置
- ・非常電源装置
- ・レーダー、エコーラウンドー、航跡自画装置

表2.5.1 使用済核燃料運搬船要目表

	4 基積	8 基積	12 基積	16 基積	20 基積
全長	約 66.0m	約 66.0m	約 82.0m	約 98.0m	約 103 m
垂線間長	60.0m	60.0m	75.0m	90.0m	95 m
幅	13.0m	13.0m	13.0m	13.0m	16.0m
深さ	5.4m	7.6m	7.6m	7.6m	7.6m
吃水	4.2m	4.9m	4.9m	4.9m	4.9m
載貨重量	900 MT	1,500 MT	2,100 MT	2,650 MT	3,000 MT
総トン数	900	1,400	1,850	2,400	2,950
主機関	4サイクルディーゼル	同左	同左	同左	同左
最大出力	約 1,100ps × 200rpm	約 1,640ps × 190rpm	約 1,920ps × 190rpm	約 2,100ps × 200rpm	約 2,300ps × 200rpm
常用出力	約 940ps × 190rpm	約 1,400ps × 180rpm	約 1,640ps × 180rpm	約 1,800ps × 190rpm	約 1,950ps × 190rpm
燃料消費量*1)					
主機関	3.5t/d	5.0t/d	5.9t/d	6.5t/d	7.0t/d
発電機 *2)	0.7~1.3t/d	1.0~2.2t/d	1.5~3.0t/d	1.5~3.7t/d	1.5~4.5t/d
速力 (15%シーマージン)	12.0kts	12.0kts	12.0kts	12.0kts	12.0kts
キャスク積個数*3)	4 基	8 基	12 基	16 基	20 基

*1) C重油(50°Cにおいて180cSt以下)ベース

*2) キャスクの発熱量により変化(最大80kW)

*3) キャスク サイズ : L×B×H = 6.30m×2.80m×3.10m 5MTU/キャスクの大型キャスク

重量 : 130t (架台付)

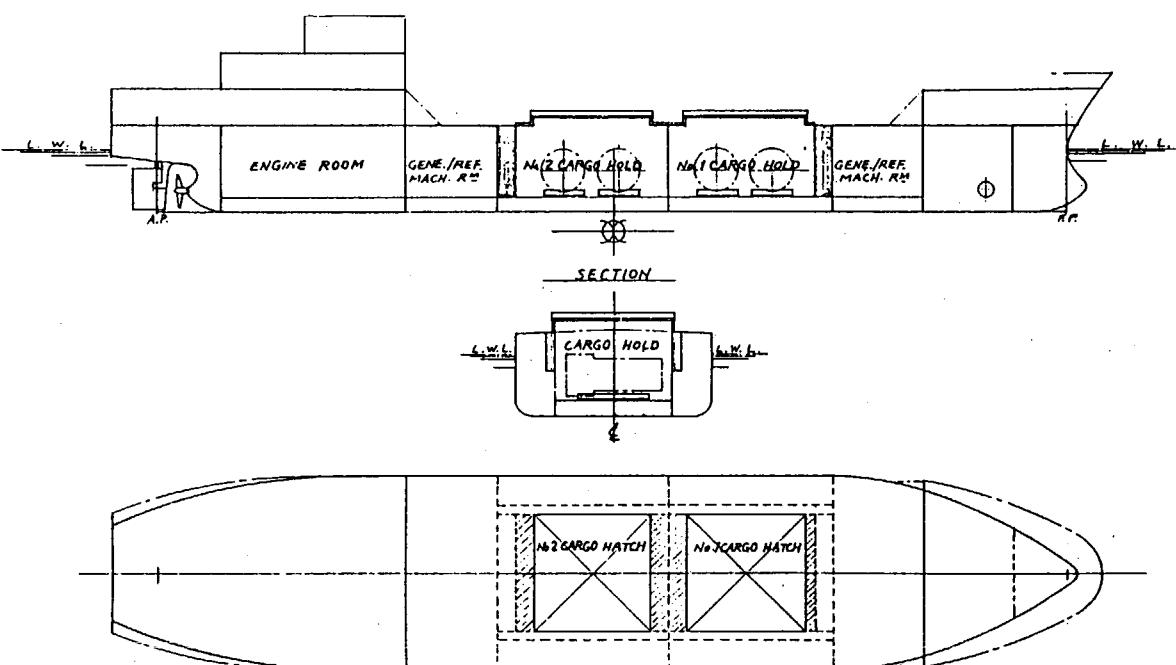


図2.5.1 4基積使用済核燃料運搬船
GENERAL ARRANGEMENT

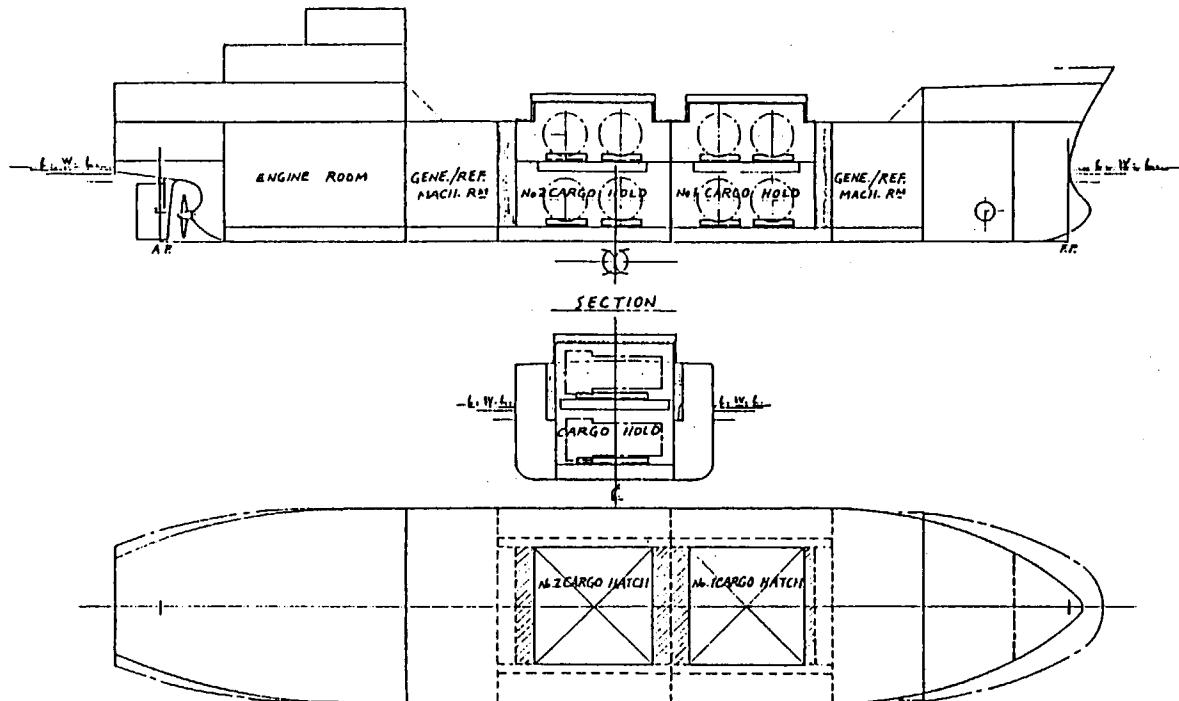


図2.5.2 8基積使用済核燃料運搬船
GENERAL ARRANGEMENT

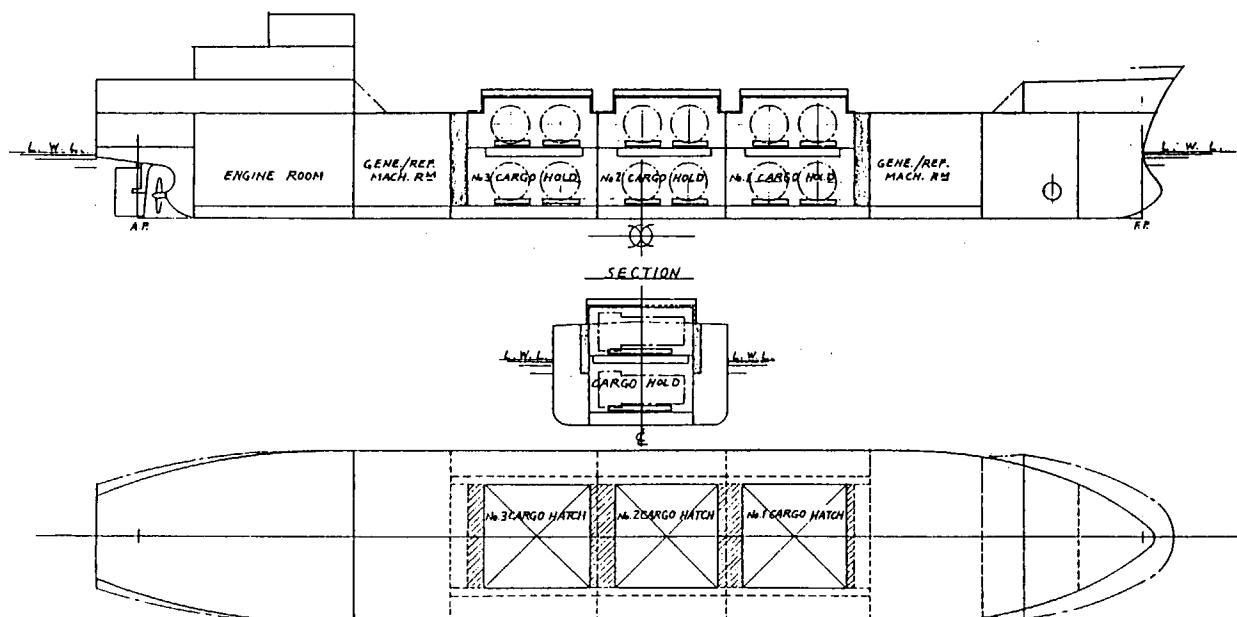


図2.5.3 12基積使用済核燃料運搬船
GENERAL ARRANGEMENT

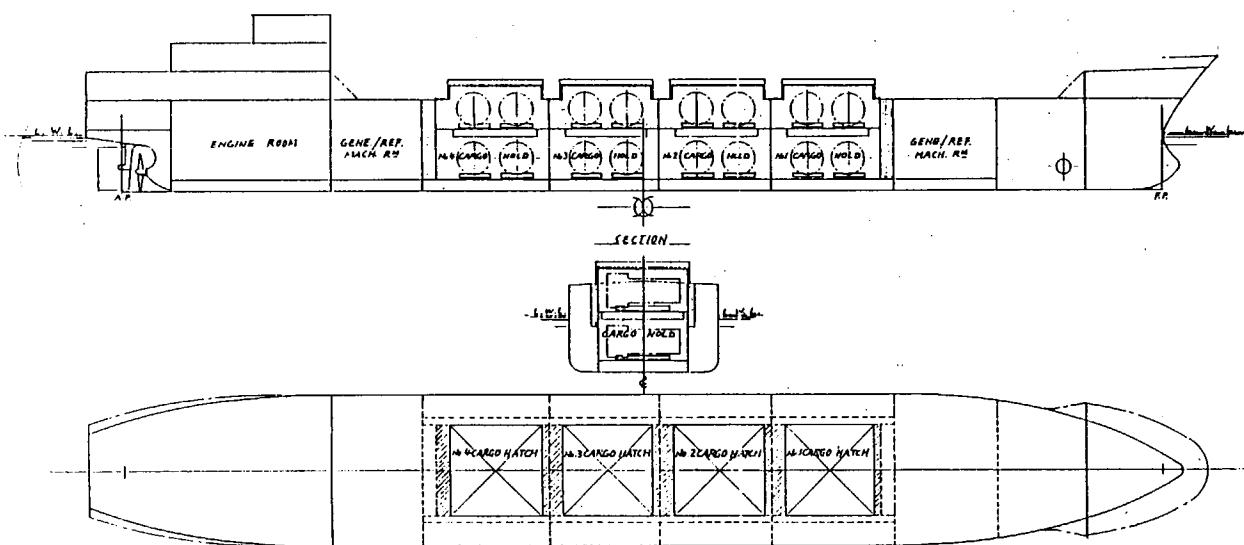


図2.5.4 16基積使用済核燃料運搬船
GENERAL ARRANGEMENT

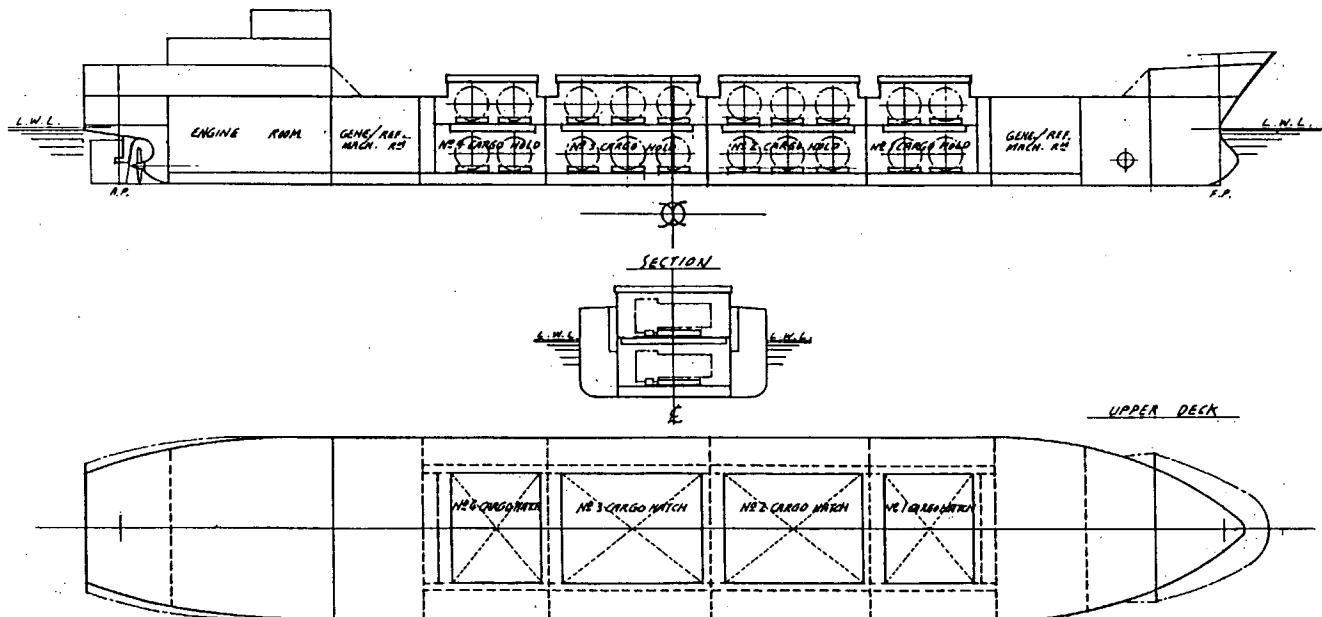


図2.5.5 20基積使用済核燃料運搬船
GENERAL ARRANGEMENT

3. 低レベル放射性廃棄物の輸送

3.1 低レベル放射性廃棄物貯蔵施設の概要

3.1.1 施設の概要及び貯蔵する廃棄物の性状

本施設は、原子力発電所等で発生し、安定化された低レベル放射性固体物（以下「低レベル廃棄物」という）を最終貯蔵する施設である。

1) 施設の規模

(1) 貯蔵量……低レベル廃棄物（ドラム缶等）を逐次受入れて、約20万m³（200ℓ ドラム約100万本相当）を最終貯蔵する。

なお、貯蔵量の最終規模は約60万m³（200ℓ ドラム約300万本相当）とすることを考えている。

(2) 使用電力……若干

(3) 淡水……若干（1日約150万m³）

2) 用地面積

約240万m²（緑地を含む）

3) 主要施設の概要

(1) 貯蔵管理棟

○受入れたドラム缶等を一時仮貯蔵する。

○貯蔵施設に搬入する前にドラム缶等の健全性を検査し、仕分けを行う。

(2) 貯蔵施設

最終貯蔵する施設で、コンクリート製ピット（半地下式）等を採用する。

(3) 関連施設

ドラム缶等を輸送する3,000トン級の船舶が接岸し、荷役する港湾施設については、むつ小川原港を利用する予定である。

また、港湾と本施設を結ぶ専用道路を建設する。

4) 廃棄物の性状

当面搬入予定の低レベル廃棄物の性状は、概略次のとおりである。

(1) 種類

濃縮廃液等固体化……セメント、アスファルト、プラスチックによる固体化

不燃性雑固体……金属片類、フィルター、保温材等（必要に応じ、安定化したもの）

なお、自然に分解し有毒ガスを発生させる固体や発火性、爆発性のあるものは含まれない。

これらは、現在、主にドラム缶に入れられているが、今後貯蔵効率上から箱型容器などが用いられることがある。

5) 安全確保の考え方及び対策

(1) 原子力発電所等から発生する放射性廃棄物は放射線レベルの低いものであり、固体状であるため容易に飛散するような性質のものではない。したがって貯蔵施設においては先ず、以下のような十分な管理を伴う貯蔵から開始する。

(イ) ドラム缶等を貯蔵施設内に入れた後、放射性物質の封じ込めに万全を期するため、施設近傍での健全性を監視する。

(ロ) さらに定期的に地下水中の放射性物質を監視する。また、敷地周辺の放射線の監視も行う。

(2) 一般的に土壤などは放射性物質を吸着、保持する性質がある。したがって周辺の土壤などによる放射性物質の保持力等について、評価が行われ安全性が確認されれば、管理の程度を逐次軽減する

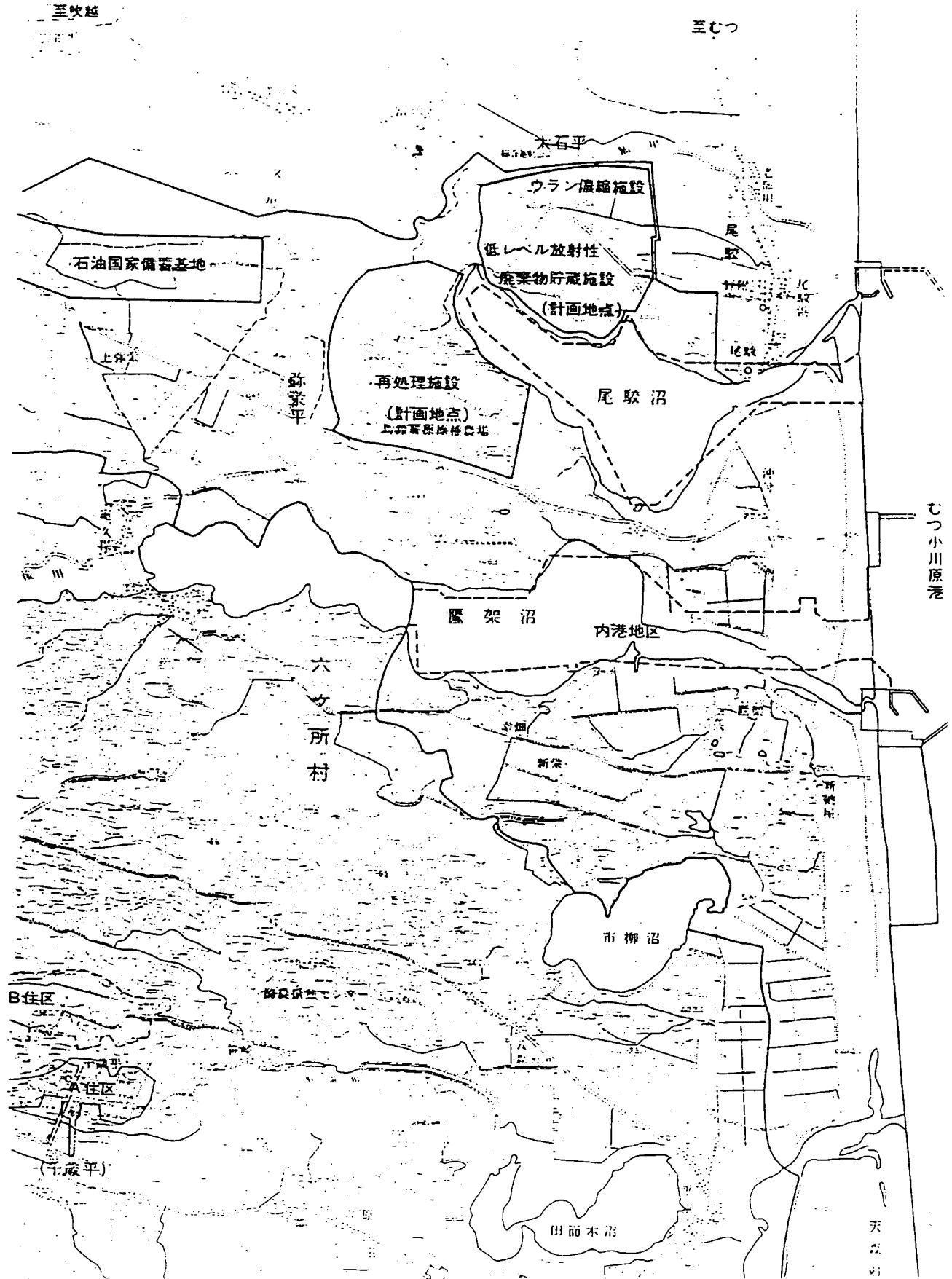


図3.1.1 原子燃料サイクル施設計画地域図

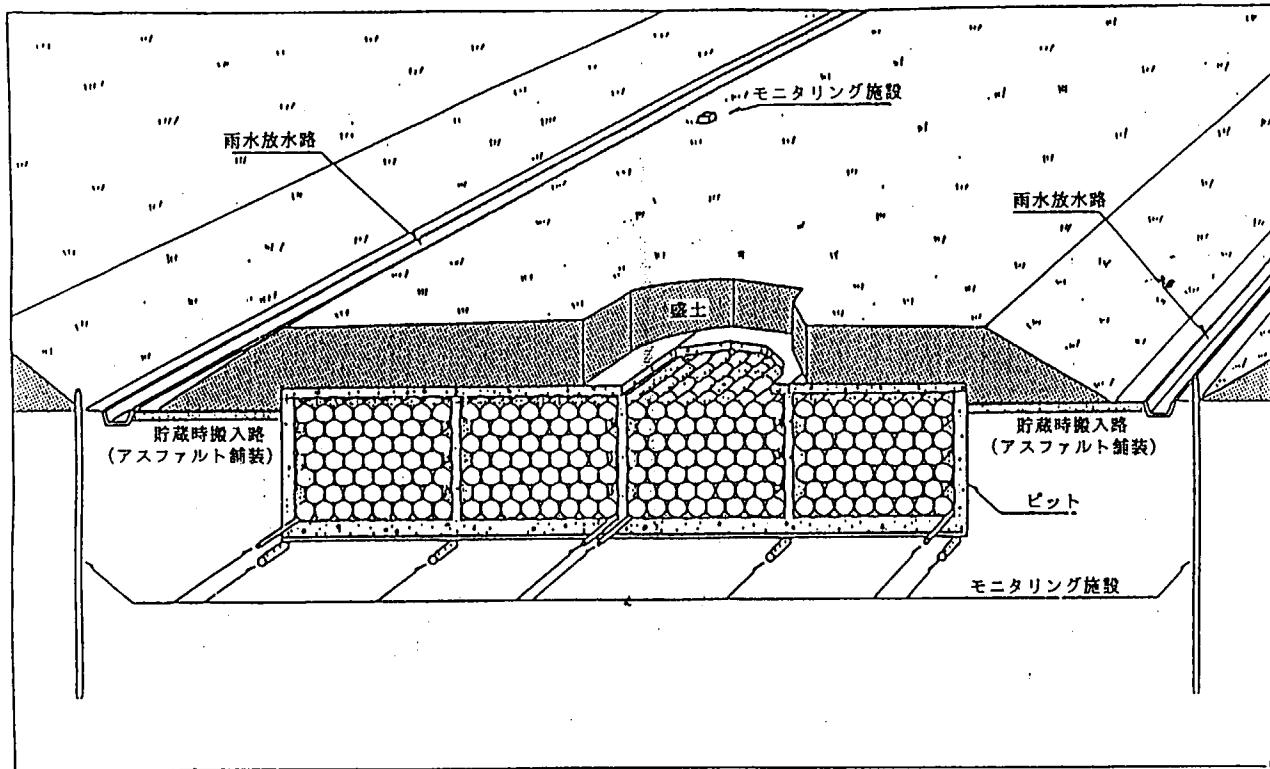


図3.1.2 貯蔵施設概念図（ピット方式）（例）

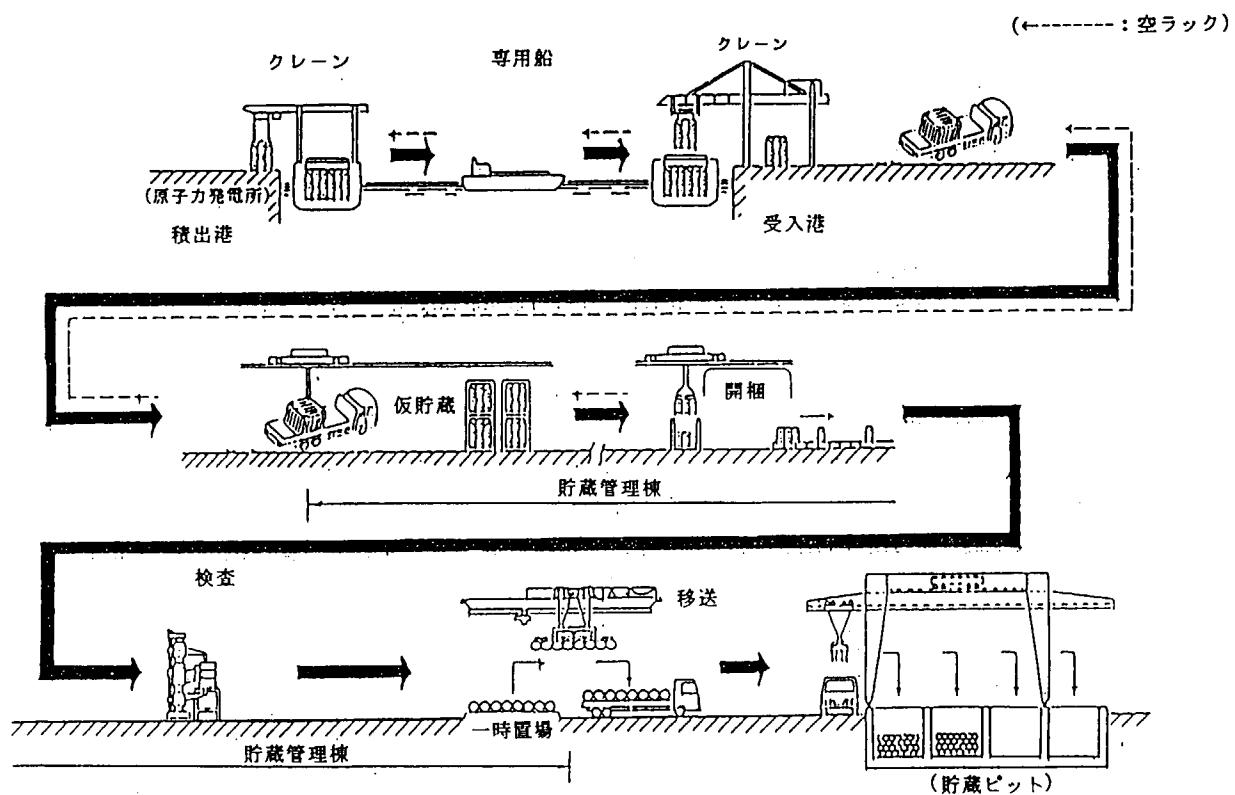


図3.1.3 輸送と受入貯蔵プロセス概念図（例）

を考えている。

(3) 放射能はしだいに減衰する性質があり、廃棄物の放射性レベルも長い間には自然の放射線と同じくらいまで減衰してしまう。

このように過程を経ていずれ放射性物質とはいえない程に放射能が減衰すれば、一般の土地と同様な扱いとすることができる。

原子燃料サイクル施設計画地域図を図3.1.1に、輸送と受け入れ貯蔵プロセスの概念を図3.1.2に、また、貯蔵施設の概念を図3.1.3に示す。

3.2 低レベル放射性廃棄物貯蔵設備及び貯蔵量

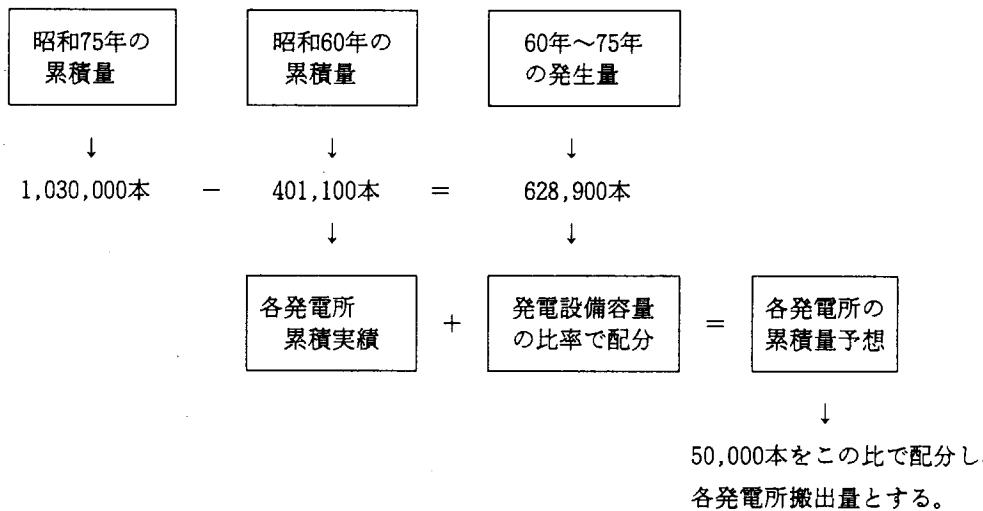
昭和60年3月末現在の原子力発電所における放射性廃棄物の貯蔵設備及び貯蔵量を表3.2.1に示す。

また、このうちの放射性固体廃棄物貯蔵量を表3.2.2に示す。いっぽう、総合エネルギー調査会原子力部会報告による今後の低レベル放射性廃棄物の発生量の予測を表3.2.3に示す。

輸送シミュレーションに用いる各発電所からの低レベル廃棄物の搬出量は、年間運搬数50,000本（200ℓ ドラム缶換算）を昭和66年6月時点での各発電所発電設備容量の比で配分したものとすることもできる。しかし、この考え方では、数のバランスとしては昭和66年度以降に発生する廃棄物を主体的に運ぶのみで、それ以前に各発電所に累積された廃棄物はほとんどそのまま残ることになり、現実的ではない。

ここでは、将来の予測ということでより長い時間スパンでの各発電所の廃棄物累積量を算定し、それに応じた配分で各発電所の搬出量を求ることとする。これは次の前提により求める。

- ① 各発電所のこれまでの累積量は昭和60年3月のものを用いる。(401,100本)
- ② 時間スパンとしては昭和75年までを考え、その時点での総累積量は1,030,000本とする。
- ③ 廃棄物発生量は発電設備容量に比例するものとし、①と②の差を各発電所発電設備容量の比で配分し、各発電所の発生量を求める。
- ④ 年間搬出量50,000本を①と③の和の比例で配分し、各発電所の搬出量とする。



上記に基づいた各発電所の搬出量を表3.2.4に示す。

表3.2.1 原子力発電所の放射性廃棄物の貯蔵施設及び貯蔵量

(昭和60年3月末現在)

発電所名	貯蔵設備	貯蔵量(200ℓドラム缶本数)
東海発電所	約15,720m ² (3棟)	27,100本
東海第二発電所	(約74,600本分)	
敦賀発電所	約7,700m ² (2棟)	25,600本
(約35,000本分)		
女川原子力発電所	約5,000m ² (1棟)	500本
(約15,000本分)		
福島第一原子力発電所	約53,900m ² (8棟)	211,600本
(約298,500本分)		
福島第二原子力発電所	約8,000m ² (1棟)	7,100本
(約32,000本分)		
浜岡原子力発電所	約12,400m ² (2棟)	30,800本
(約42,000本分)		
美浜発電所	約7,600m ² (4棟)	18,900本
(約35,000本分)		
高浜発電所	約10,300m ² (4棟)	24,300本
(約50,600本分)		
大飯発電所	約4,500m ² (2棟)	13,500本
(約18,900本分)		
島根原子力発電所	約5,900m ² (3棟)	20,800本
(約35,500本分)		
伊方発電所	約3,600m ² (1棟)	7,200本
(約18,500本分)		
玄海原子力発電所	約3,600m ² (2棟)	13,300本
(約19,000本分)		
川内原子力発電所	約3,000m ² (1棟)	400本
(約17,000本分)		
計	約141,220m ² (34棟)	401,100本
(約691,600本分)		

表3.2.3 低レベル放射性廃棄物発生量予測(全原子力発電所)

(200ℓドラム缶換算)

年度	60	65	70	75
年間発生量(万本)	3	3	4	5
累積量(万本)	47	61	79	103

[総合エネルギー調査会原子部会報告書－自主的核燃料サイクル確立に向けて－(昭和59年7月)より作成]

表3.2.2 放射性固体廢棄物貯蔵量（昭和59年度未現在）

	セメント固化体 (ドラム缶)	アスファルト固化体 (ドラム缶)	不燃性雑固体 (ドラム缶)	焼却灰 (ドラム缶)	不燃性雑固体 (鉄箱)	合計 (ドラム缶)
女川	124	0	154	0	0	278
福島一	64,359	0	63,936	0	0	128,295
福島二	1,780	0	1,498	0	0	3,278
浜岡	14,105	0	5,213	197	2,014	19,515
美浜	8,414	787	5,846	108	113	15,155
高浜	10,614	76	3,665	0	61	14,355
大飯	6,916	502	1,896	57	104	9,371
島根	9,650	0	5,379	32	0	15,061
伊方	2,164	232	1,756	36	0	4,188
玄海	4,963	586	2,860	37	0	8,446
川内	85	21	91	4	0	201
東海	0	0	2,830	0	941	2,830
東海二	4,820	0	2,350	0	380	7,170
敦賀	4,440	645	14,120	270	1,494	19,475
合計	132,434	2,849	111,594	741	5,107	247,618

表3.2.4 低レベル放射性廃棄物輸送量一覧表

(昭和66年 6月予想)

Gr	発電所 (下線は代表港)		出力 (万kW)	比率(%)	60年累積	~75年	75年累積	比率(%)	搬出量	RK/CB	
A	北海道	泊-1 -2	57.9 57.9	115.8	3.612	—	22,700	22,700	2.204	1,102	41/110
	東京	柏崎刈羽-1 -2 -5	110 110 110	330	10.294	—	64,800	64,800	6.291	3,146	118/315
	原子力 発電	敦賀-1 -2	35.7 116	151.7	4.732	25,600	29,800	55,400	5.379	2,690	101/269
	関西	美浜-1 -2 -3	34 50 82.6	166.6	5.197	18,900	32,700	51,600	5.010	2,505	94/250
	関西	大飯-1 -2	117.5 117.5	235	7.330	13,500	46,100	59,600	5.786	2,893	108/289
B	関西	高浜-1 -2 -3 -4	82.6 82.6 87 87	339.2	10.580	24,300	66,500	90,800	8.816	4,408	165/441
	中国	島根-1 -2	46 82	128	3.993	20,800	25,100	45,900	4.456	2,228	84/223
	東北	女川	52.4	52.4	1.634	500	10,300	10,800	1.049	525	20/ 30
	東京	福島第一-1 -2 -3 -4 -5 -6	46 78.4 78.4 78.4 78.4 110	469.6	14.648	211,600	92,100	303,700	29.486	14,740	553/1474
D	東京	福島第二-1 -2 -3 -4	110 110 110 110	440	13.725	7,100	86,300	93,400	9.068	4,534	170/453
	原子力 発電	東海-1 -2	* 16.6 110	126.6	3.949	27,100	24,800	51,900	5.039	2,520	94/252
	中部	浜岡-1 -2 -3	54 84 110	248	7.736	30,800	48,700	79,500	7.718	3,859	145/386
	四国	伊方-1 -2	56.6 56.6	113.2	3.531	7,200	22,200	29,400	2.854	1,427	54/143
E	九州	川内-1 -2	89 89	178	5.552	400	34,900	35,300	3.427	1,714	64/171
	九州	玄海-1 -2	55.9 55.9	111.8	3.487	13,300	21,900	35,200	3.417	1,709	64/171
	合 計		3205.9万kW		100%	401,100	628,900	1,030,000	100%	50,000	1875/5000

* 日本原子力産業会議「原子力発電所一覧表 (1986.12.31現在)」(ISSN-0289-9825) による。

建設中: 玄海-3(1993.7/118)、玄海-4(1995.7/118)、伊方-3(1992.3/89)

計画中: 柏崎刈羽-3(1993.7/110)、柏崎刈羽-4(1994.7/110)、大飯-3(1991.8/118)、

大飯-4(1992.6/118)、巻(1996/82.5)、能登(1993.3/54)

* ドラム缶: コンクリートブロック=6:4、1コンクリートブロック=4ドラム缶

* DM: ドラム缶、RC: ラック、CB: コンクリートブロック

3.3 低レベル放射性廃棄物の荷姿及び荷役について

3.3.1 検討の範囲

低レベル放射性廃棄物（以下「LLW」という）の各発電所から貯蔵施設までの輸送及び荷役の検討を行うにあたり、その検討範囲を次のとおりとする。

- (1) LLWの輸送時の荷姿
- (2) 発電所における積出岸壁までの輸送
- (3) 発電所側の積出岸壁での荷役
- (4) 貯蔵施設側での荷役

3.3.2 LLWの輸送時の荷姿

LLWの各発電所から貯蔵施設までの輸送は、発電所側での陸上輸送、運搬船による海上輸送及び貯蔵施設側での陸上輸送という「陸一海一陸」の複合一貫輸送となる。

この輸送を行うとき、LLWは「放射性」であることから、輸送のモードに応じそれぞれの輸送規則を遵守しなければならない。

また、大量のLLWの複合一貫輸送を効率よく、かつ、安全に行うためには、輸送途中の積替及び固縛等を考慮し、可能な限り複数のLLWのユニット化ならびに輸送荷姿の統一化を図ることが望ましい。

したがって、これらの諸条件について検討を行いLLWの輸送時の荷姿を設定する。

この検討は、図3.3.1に示すLLWの輸送時の荷姿検討フローの手順により行う。

(1) 保管中のLLWの種類、保管容器の種類及び数量

各発電所に保管中のLLWのうち、固体廃棄物貯蔵庫に保管されており、当面貯蔵施設に搬出が予定されるLLW（焼却が予定される可燃性雑固体を除く）の昭和59年度末現在の累積保管量は、前項の表3.2.2（発電所別・LLWの種類別）に示すとおりとなっている。

同表より発電所から搬出予定のLLWは、ドラム缶を保管容器とするものが247,618個及び鉄箱を保管容器とするものが5,107個となっており、そのうち一番個数の多いLLWは、ドラム缶に収納されたセメント固化体で全数の約52%を占めている。次に個数の多いLLWは、全数の約46%を占める不燃性雑固体であり、その大部分はドラム缶に収納され、一部が鉄箱が用いられている。残りは、アスファルト固化体及び焼却灰となっている。

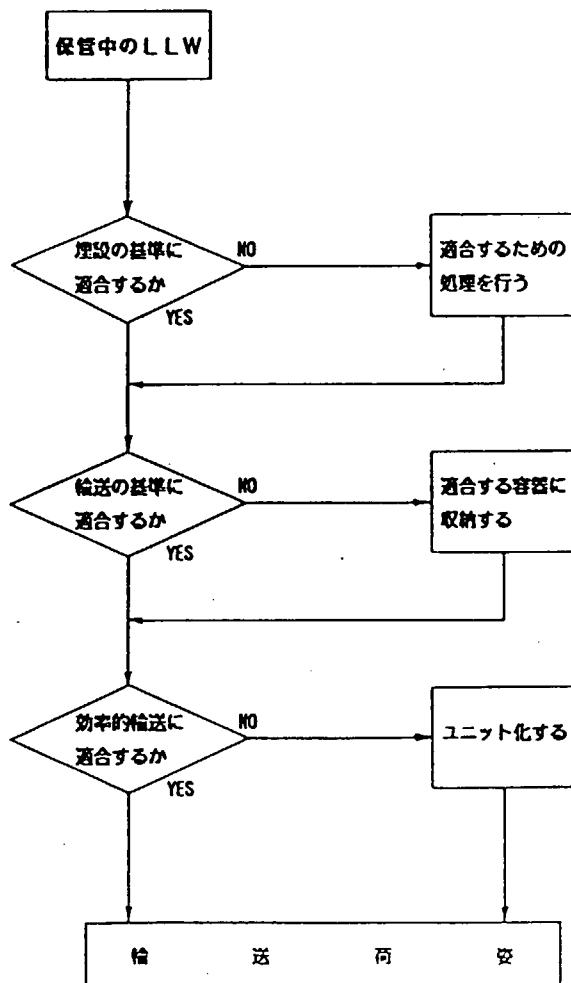


図3.3.1 LLWの輸送時の荷姿検討フロー

(2) LLWの輸送時の荷姿の検討

① 埋設の基準への適合性

LLWの貯蔵施設での貯蔵は、昭和61年5月27日に公布された「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律の一部を改正する法律」で制定された「廃棄物埋設」に該当するものと判断される。

この埋設を行う場合「核燃料物質等」(本項ではLLW)が総理府令で定める技術上の基準に適合しなければならないが、現在この技術基準は準備中で未だ制定されていない。

この技術基準に適合するLLWは、保管中の保管容器(ほとんどがドラム缶)のまま埋設することが望ましい。また、技術基準等などに適合させるためドラム缶より有利と判断されるものは必要な処理を行うこととなる。現在、検討が進められている廃棄体(埋設予定のLLW)は、一例として次のものが挙げられる。

I ドラム缶：埋設の技術基準に適合するもの

II 金属性角型容器：
 III コンクリートブロック：
 IV HIC(高性能容器)：

埋設の技術基準等などに適合させるためドラム缶より有利と判断され、必要な処理を行ったもの。

② 輸送の基準への適合性

LLWの複合一貫輸送に際し、輸送関連規則の適用を受けるが、輸送場所及び輸送モードにより適

用される規則が異なる。一方、IAEA放射性物質安全輸送規則の改定があり、1985年版（以下「新IAEA輸送規則」という）が発行され、我国でも新IAEA輸送規則の現行輸送関連規則への取り入れのための準備が進められているため、現行輸送関連規則と併せて新IAEA輸送規則への適合性についても検討を行う。

このLLW輸送に係わる輸送関連規則の適用範囲を表3.3.1に示す。

保管中のLLWの種類は、セメント固化体、アスファルト固化体、不燃性雑固体及び焼却灰に区分され、その保管容器は鋼製ドラム、鉄箱等である。

これらのLLWについて輸送関連規則及び新IAEA輸送規則の諸基準への適合性をまとめて表3.3.2に示す。

表3.3.1 LLWの輸送に係る輸送関連規則の適用範囲

	発電所内	事業所内	貯蔵施設内
現行輸送規則	「実用発電用原子炉の設置、運転に関する規則」	「核燃料物質等の工場又は、事業所の外における運搬に関する規則」 「核燃料物質等車両運搬規則」 「危険物船舶運送及び貯蔵規則」	――――――
新IAEA及事業輸送規則の導入	「廃棄の事業」に関する規則 規則の導入による新設	同上	新IAEA輸送規則が上記の諸規則に導入される。 「廃棄の事業」に関する規則の新設

表3.3.2 保管中のLLWの諸基準への適合性

L L W の 種 類	容器の種類	適 合 性			
		現行輸送規則における汚染物の基準	新 IAEA 輸送規則の基準		
セメント 固化体	濃縮廃液	鋼製ドラム	線量率が表面で 200 mrem/h、1mで 10 mrem/h を超えるものに問題がある。	LSA 物質または SCO	産業用輸送物(IP-2)
アスファルト 固化体	濃縮廃液			IP-2の要件に適合しているものと考えられる。	
不燃性雑固体	同 上			「すべての輸送容器及び輸送物の一般要件」に関しては適合しているものと考えられるが、「IP-2の追加要件」に關し確認を要す。	
	鉄箱等	上記に加え容器の密封性に關し確認を要す。	同 上 但し、SCO に該当するものも考えられるが、非固定性汚染および固定性汚染の確認を要す。	「すべての輸送容器及び輸送物の一般要件」および「IP-2の追加要件」に關し確認を要す。	
焼却灰	鋼製ドラム				
	不燃性雑固体 (鋼製ドラム) と同一	LSA-IIに該当するものと考えられるが、比放射能の高いものはLSA-IIIに該当すると思われる。	不燃性雑固体 (鋼製ドラム) と同一		

表3.3.2のとおり、保管中のLLWの保管容器が鋼製ドラムで固化処理され、その表面線量率が200mrem/h以下、1m線量率が10mrem/h以下のLLWは、現行輸送規則の「汚染物」また、新IAEA輸送規則の「産業用輸送物2型」の基準に適合しているものと考えられ、そのまま輸送することが可能となる。

一方、ドラム缶以外の廃棄体と想定される金属製角型容器、コンクリートブロック及びHIC等は、現在その仕様が確定していないが、輸送の基準に適合するときにはそのままで、あるいは別の容器等（例えは梱包容器）に収納する等の措置をして輸送の基準に適合させて輸送することができる。

③ 効率的輸送の適合性

前項までの検討から輸送する廃棄体はドラム缶、金属製角型容器、コンクリートブロック及びHIC等であるが、このうちドラム缶は輸送効率の面から単体で輸送せず複数のドラム缶をユニット化し、ラック等の梱包容器に収納して輸送することが望ましい。

また、金属製角型容器、コンクリートブロック及びHIC等は、輸送時の外形寸法を統一することが運搬船の積載効率ならびに積替時のハンドリングの効率を上げることとなる。

④ 予想される輸送形態

以上の検討からLLWを廃棄体として輸送するときの輸送形態は次のケースに分類される。

- A $\begin{cases} \text{a - 1 廃棄体自体が汚染物または産業用輸送物の要件に適合している。} \\ \text{a - 2 廃棄体自体が汚染物または産業用輸送物の要件に適合させられない場合、必要な措置をする。} \end{cases}$
- B $\begin{cases} \text{b - 1 廃棄体を単体で輸送する。} \\ \text{b - 2 複数の廃棄体をユニット化し、梱包容器に収納して輸送する。} \end{cases}$

(3) LLWの輸送時の荷姿の設定

LLWを廃棄体として輸送するとき予想される荷姿は、前項までの検討から次のものが考えられる。

- (I) ドラム缶を収納するラック等の梱包容器
- (II) 遮へい容器
- (III) 金属製角型容器
- (IV) コンクリートブロック
- (V) HIC
- (VI) (III)、(IV)、(V)を収納する梱包容器
- (VII) (III)、(IV)、(V)に必要な措置を施したもの

これらのものを車両輸送及び船舶輸送する場合、安全性の確保のため以下の輸送関連規則の適用その他輸送上の制約を受ける。

① 輸送関連規則

現行の輸送関連規則では、輸送荷姿に対する放射線量率、輸送指数による車両または船舶への積載限度及び車両の放射線量率等について制約がある。

一方、新IAEA輸送規則でもほぼ同様の制約がある。この両規則による各種制限値をまとめ表3.3.3に示す。

表3.3.3 現行輸送規則及び新IAEA輸送規則制限値

規則 輸送方法		現 行 輸 送 規 則		新 I A E A 輸 送 規 則	
車両輸送	放射線汚染物	表面 $\leq 200 \text{ mrem/h}$ $1\text{m} \leq 10 \text{ mrem/h}$	輸送物 ・ オーバーパック	表面 $\leq 200 \text{ mrem/h}$ $>200 \sim \leq 1,000 \text{ mrem/h}$ (注2)	
	車両	表面 $\leq 200 \text{ mrem/h}$ $1\text{m} \leq 10 \text{ mrem/h}$	車両 放射線レベル	表面 $\leq 200 \text{ mrem/h}$ $2\text{m} \leq 10 \text{ mrem/h}$	
	運転席	$\leq 2 \text{ mrem/h}$	運転席	【注1】 $\leq 2 \text{ mrem/h}$	
	輸送指數	汚染物	輸送指數	輸送物 ・ 非専用積載 ≤ 10 (注2) 専用積載 無制限	
		積載限度	積載限度	非専用積載 ≤ 50 専用積載 無制限	
	船舶輸送	放射線汚染物 船	放射線レベル	輸送物 ・ 表面 $\leq 200 \text{ mrem/h}$ $>200 \sim \leq 1,000 \text{ mrem/h}$ (注3)	
船舶輸送	輸送指數	汚染物	輸送指數	表面 $\leq 200 \text{ mrem/h}$ $2\text{m} \leq 10 \text{ mrem/h}$	
		積載限度	積載限度	輸送物 ・ 非専用積載 ≤ 10 (注2) 専用積載 無制限	
				船 非専用積載 ≤ 200 専用積載 (注3)	
				特殊 専用船	専用積載 無制限

注1：運転席にいる者が個人モニタリング機器を与えられていない場合

注2：放射線レベルが 200 mrem/h または輸送指数が10を超える場合は次の措置を講じること。(専用積載)

- ・関係者以外の者の接近を防止する囲いを車両に設けること。
- ・車両に確実な固縛がなされていること。
- ・運搬の始めから終わりまで荷付け、取卸しが行われないこと。

注3：1つの輸送物またはオーバーパックの放射線レベルが 200 mrem/h または輸送指数が10を超える場合は次の措置を講じること。

- ・船舶上にある間、いかなる時も車両から移動してはならない。(専用積載)

② 車両輸送

I) 外形寸法及び重量

輸送車両が道路法に規定されている道路を通行する場合、道路運送車両法の保安基準、道路法の車両制限令、及び道路交通法に定められている基準を満足させる必要があり、市販の11トントラックを使用する場合、次のとおりとなる。

長さ：車両と積荷を合わせて12m以下

幅：車両と積荷を合わせて2.5m以下

高さ：車両と積荷を合わせて3.8m以下

重量：総重量 20t以下

軸重 10t以下

輪荷重 5t以下

積載重量 11t以下

II) 固定方法

現行輸送規則では、「運搬中において移動、転倒、転落等により核燃料物質等の安全性が損なわれないように積載しなければならない」(核車両運搬規則)とまた、新IAEA輸送規則では、「運搬物は確実に積付けられなければならない」と規定されており、これに適合するよう積付ける必要がある。

③ 船舶輸送

I) 外形寸法及び重量

船舶輸送では、積載物の寸法及び重量に応じて運搬船を設計することは可能であるが、外形寸法が不揃いの場合、積載効率が低下し、船倉内での固定方法も複雑となるため、可能な限り外形寸法の統一化が望ましい。

II) 固定方法

危険物船舶運送及び貯蔵規則では、「移動、転倒、衝撃、摩擦等が生じないような措置を講ずること」と規定されており、大量のLLWを積載するとき固定のために被ばくを受けない固定方法とする必要がある。

④ 荷役

車両への積込み、取卸しまたは運搬船への船積、陸揚の際、荷役を省力化し、かつ、被ばくの低減化を図りLLWの輸送効率を向上させるため、

I) 複数の廃棄体をユニット化して、ハンドリング回数を減らすこと。

II) 吊上げ・吊卸し及び固縛を短時間で確実に行えるものとすること。

等の方策を取り入れる必要がある。

以上の輸送時の制約条件を考慮した輸送荷姿の例として、次のものがある。

I) 16R-2型ラック

16R-2型ラックは、ドラム缶(表面線量率50mrem/h以下)を8本1個のラックに収納のうえ、このラックを上下に2段連結し、ドラム缶16本をユニット化して輸送できる梱包容器である。また、このラックを上下一体化したとき車両の放射線量率の制限値を超える場合には、上下2段のラックを分割して輸送することが可能となる。この16R-2型ラックは現行輸送規則では「運搬具」として位置付けられ、また、新IAEA輸送規則では「オーバーパック」に該当するものと判断される。

16R-2型ラックの仕様の概要は次のとおりである。

(図3.3.2参照)

外 形 寸 法：ドラム缶16本収納時(2列×4行×2段)

2.9^L×1.6^W×2.16^H (m)
ドラム缶 8本収納時 (2列×4行×1段)
2.9^L×1.6^W×1.07^H (m)

重 量 : ドラム缶16本収納時
(ドラム缶500kg/本以下) 9.5t以下
ドラム缶 8本収納時
4.75t以下

荷役・固縛対策 : 上面及び下面の4隅にコンテナ用隅金具を設ける。

II) 4SR型ラック (図3.3.3参照)

高線量率のドラム缶4本 (2列×2行×1段) を収納して輸送できる遮へい容器である。

4SR型ラックの仕様の概要は次の通りである。

外 形 寸 法 : 1.6^L×1.6^W×1.25^H (m)
重 量 : ドラム缶 4本収納時
(ドラム缶500kg/本以下) 7.2t以下

荷役・固縛対策 : 16R-2型ラックと同一

III) コンクリートブロック (図3.3.4参照)

コンクリートブロックは、埋設の技術基準に適合させるためドラム缶より有利と判断されるものを処理し、廃棄体として作製されるものであり、輸送の基準に適合すればそのまま輸送し、貯蔵施設に貯蔵できる。

コンクリートブロックの仕様の概要は次のとおりである。

外 形 寸 法 : 1.6^L×1.6^W×1.32^H (m)
重 量 : 10t以下
荷役・固縛対策 : 16R-2型ラックと同一

なお、その他の予想される荷姿、すなわち金属製角型容器、HIC及びこれを収納する梱包容器の外形寸法、重量等は未定であるが、外形寸法の統一化を考慮し、前記16R-2型ラック等の外形寸法、特に長さと幅は同一にすることが望ましい。

以上から本検討におけるLLWの輸送時の荷姿は、2つのタイプを設定し、その仕様を以下に示す。

区分 項目	輸送荷姿 タイプ I (16R-2型ラックと同一)	輸送荷姿 タイプ II (コンクリートブロックと同一)
外 形 寸 法	2.9 ^L ×1.6 ^W ×2.16 ^H (m)	1.6 ^L ×1.6 ^W ×1.32 ^H (m)
最 大 重 量	9.5t	10t
荷役・固縛対策	上下4隅にコンテナ用隅金具	同 左
積 重 ね 段 数	3 段	4 段

寸法	名稱	板	コンクリートブロック
寸法	LxWxH (mm)	(kg)	1600x1600x1320 3700
自重		(kg)	
取扱木版		(本)	
取扱方法		(本)	
最大取扱重量	(kg)	(kg)	6300
最大荷重	(kg)	(kg)	10000

図3.3.4 コンクリートブロック

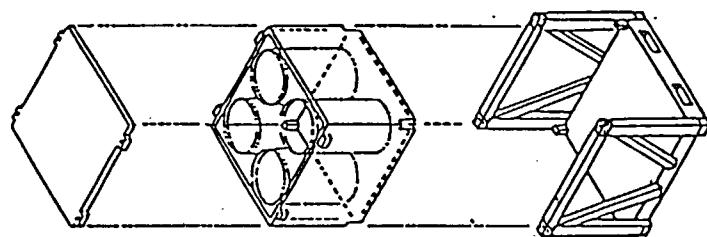


図3.3.3 4 SR型ラック

寸法	名稱	4 SR型ラック
寸法	LxWxH (mm)	1600x1360x1250
自重	(kg)	5200
取扱木版	(本)	4
取扱方法	(本)	
最大取扱重量 (@500kg/本)	(kg)	2000
最大荷重	(kg)	7200

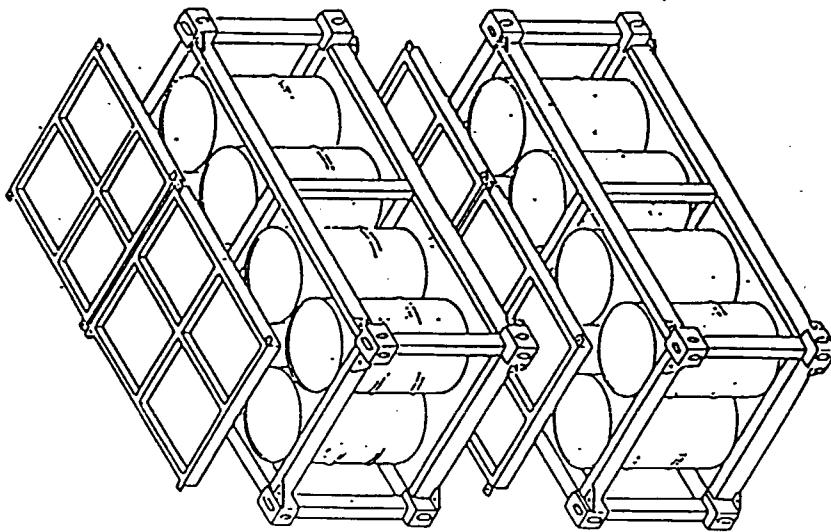


図3.3.2 16R-2型ラック

寸法	名稱	16R-2型ラック
寸法	LxWxH (mm)	2880x1600x2160
自重	(kg)	1500
取扱木版	(本)	16
取扱方法		横2段積
最大取扱重量 (@500kg/本)	(kg)	8000
最大荷重	(kg)	9500

3.3.3 発電所における積出岸壁までの輸送

LLWの発電所における積出岸壁までの輸送は、以下の手順で行われるものと想定する。

- ① 1回当たりの搬出数量となるLLW（ドラム缶等）を保管庫から搬出し、所定の検査を行う。
- ② 輸送時の荷姿に仕立てる。（16R-2型ラックに収納またはコンクリートブロック化等）
- ③ 一時仮置場に搬入し、運搬船が入港するまで蔵置する。
- ④ 一時仮置場から搬出し、積出岸壁まで輸送する。
- ⑤ 積出岸壁で運搬船へ船積する。

上記の輸送工程のうち①～③までの工程は、運搬船が発電所の港湾に入港する前に船積相当分のLLWについてその輸送準備を完了させておくことにより、運搬船への船積荷役が効率よく行われ、発電所の港湾における運搬船の碇泊日数を短縮させることが可能となる。

したがって、本検討では①～③の工程は運搬船入港前に完了しているものとし、④及び⑤の工程について検討を行う。

(1) 発電所側の輸送の前提条件

現在運転中の原子力発電所は、14発電所であるが、各発電所の構内配置等の地理的条件はそれぞれ異なっており、また、一時仮置場の設置場所も未定のため、発電所側の輸送に係わる前提条件を次のとおり設定する。

(1) 輸送荷姿の種類と比率

LLWの輸送荷姿は、3.3.2-(2)項で設定した輸送荷姿タイプI（以下「タイプI」という）及び輸送荷姿タイプII（以下「タイプII」という）の2種類とし、その輸送時の比率を約6：4と仮定する。

(2) 1回当たりの輸送数量

1ヶ所の発電所から貯蔵施設までの1回当たりの輸送数量は、各運搬船の1船分または1／2船分とし、運搬船の最大積載重量を考慮すると表3.3.4に示すとおりとなる。

表3.3.4 LLWの1回当たりの輸送数量

（単位：個）

区 分 輸送 荷姿の種類	ケースA (運搬船1船分)		ケースB (運搬船1／2船分)	
	① 3,000 D/W 級	② 2,500 D/W 級	③ 3,000 D/W 級	④ 2,500 D/W 級
タイプI	75 (1,200)	66 (1,056)	38 (608)	33 (528)
タイプII	200 (800)	162 (648)	100 (400)	81 (324)
計	275 (2,000本)	228 (1,704本)	138 (1,008本)	114 (852本)

注：（ ）内の数値は、タイプIにドラム缶16本、タイプIIに4本収納した場合のドラム缶本数を示す。

③ 一時仮置場の搬出能力

一時仮置場に蔵置されているLLW（タイプI及びタイプII）は、輸送船の船積荷役能力に対応させて一時仮置場から搬出し、輸送車両に積載する必要がある。

ここでは、船積荷役能力に対応可能な搬出用の設備を有するものとする。

④ 輸送距離

各発電所は、構内に専用の物揚げ岸壁施設が設けられている。（1発電所は公共港を使用）

一方、一時仮置場の設置場所は未定のため各発電所別に輸送距離を設定できない。このため、本検討では、一時仮置場から積出岸壁までの輸送距離を次のとおり仮定する。

◎ 輸送距離： ケースI…………1,000m

ケースII…………600m

ケースIII…………300m

⑤ 輸送車両と速度

一時仮置場から積出岸壁までの輸送に使用する車両は汎用性がある11トントラックとし、輸送時の速度は、LLW積載時平均10km/hまた回送時平均30km/hとする。

(2) 一時仮置場から積出岸壁までの輸送

一時仮置場から搬出するLLW（タイプI及びタイプII）を11トントラックに1個積載後、所定の車両に係わる放射線量率の測定及び車両標識の取付けを行い積出岸壁まで輸送する。

岸壁でLLWを荷卸ししたトラックは車両標識を取り外し、次のLLWを積載するため一時仮置場へ回送する。このトラックには、タイプIまたはタイプIIのLLWをトラック上に固定するための専用架台が取付けられている。

11トントラックにタイプI及びタイプIIのLLWを積載した輸送時の状態を図3.3.5ならびに図3.3.6にそれぞれ示す。

また、一時仮置場から積出岸壁までの輸送に要するトラック台数は、輸送船への船積荷役能力に対応させて輸送する必要があり、これは、LLW1個当りの船積荷役時間とトラック1台1輸送当りの所要時間から求められる。

このトラックの1輸送当りの所要時間及びトラックの必要台数を表3.3.5に示す。

表3.3.5 一時仮置場～積出岸壁間のトラックの所要時間及び必要台数

（単位：秒）

所要時間 ケーズ別輸送距離	ケースI 1,000m	ケースII 600m	ケースIII 300m	備考
一時仮置場での積載	200	200	200	船載クレーンの荷役時間と同一とした。
車両の放射線量率の測定	600	600	600	
積載走行	360	216	108	10 km/h
岸壁での船積	200	200	200	船載クレーンの荷役時間
回送	120	72	36	30 km/h
計	1,480	1,288	1,144	
トラックの所要台数	8台	7台	6台	

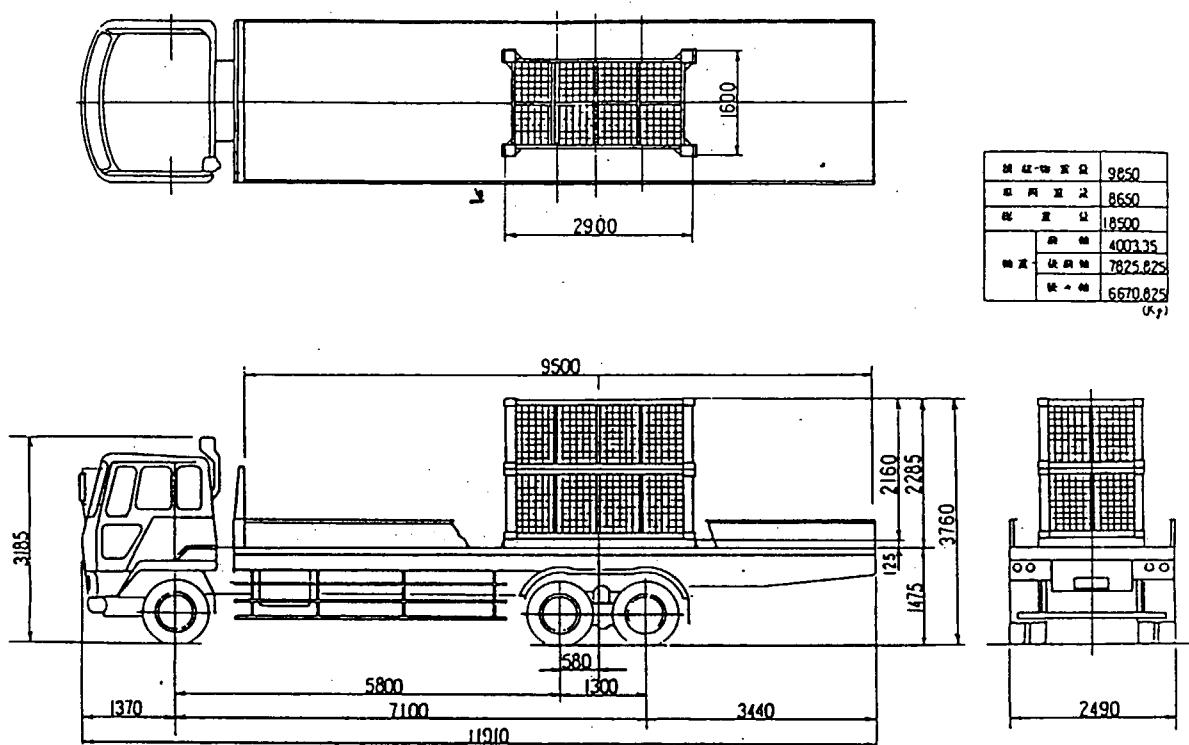


図3.3.5 LLW (タイプI) のトラック積載図

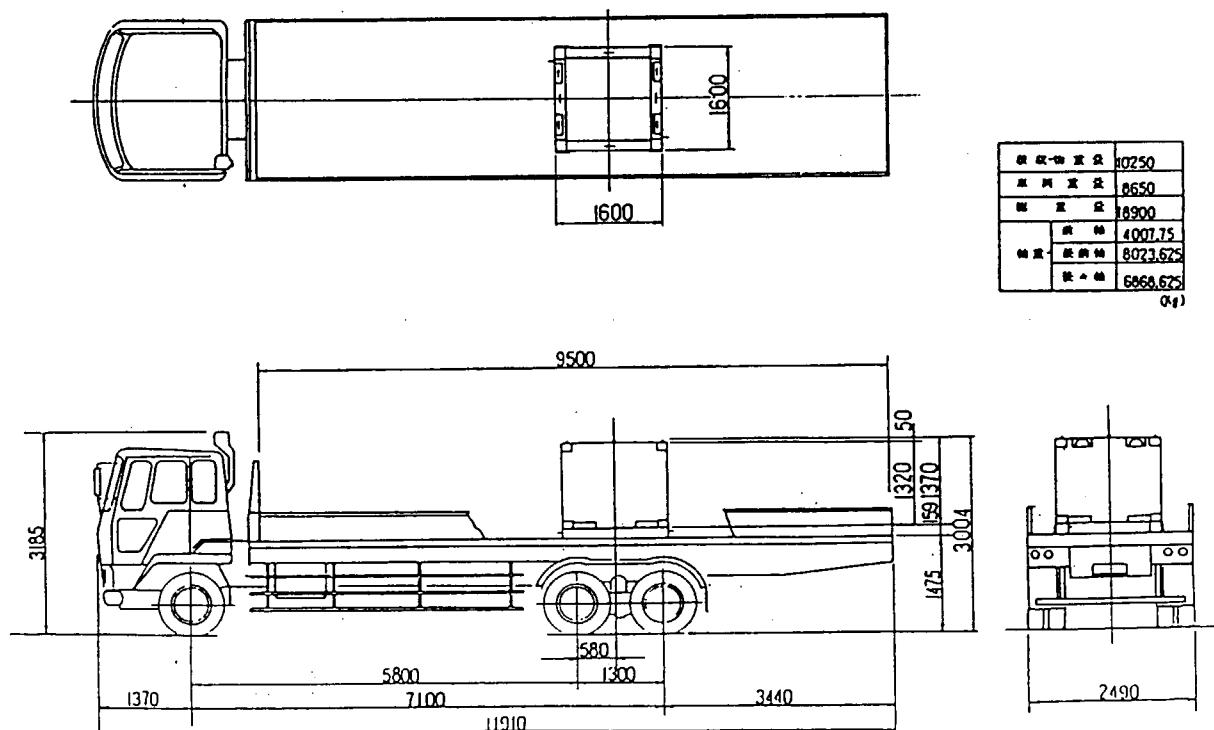


図3.3.6 LLW (タイプII) のトラック積載図

3.3.4 発電所側の積出岸壁での荷役

発電所側の積出岸壁におけるLLW（タイプI及びタイプII）の船積荷役は、一時仮置場から輸送されてきたトラック荷台上のLLWを専用吊具を介してクレーンにより直接吊上げ横行し、船倉内に設置しているセルガイドに沿って吊卸し積付けを行う。

(1) 荷役用クレーンの選定

各発電所の岸壁には、荷役機器として塔形ジブクレーン、スチフレッグデリック及び走行式水平引込みクレーン等が設置されている。これらの荷役機器は、超重量物の荷役用として設計されており、巻上げ・旋回速度が低速のためLLWの荷役には適していない。

また、LLW荷役用として専用クレーンを新設することは、岸壁のスペース及び使用頻度の点から適当でないと考えられる。

このため、発電所側の積出岸壁におけるLLWの荷役用クレーンは、運搬船に搭載する走行式ガントリークレーン（以下「船載クレーン」という）とする。

なお、この船載クレーンの定格荷重を15トンとする。

(2) 船積荷役の所要日数

① LLW（タイプI及びタイプII）1個当たりの船積荷役時間の設定

LLW1個当たりの船積荷役時間は、船載クレーンの能力、すなわち巻上・巻下・横行速度及びその移動距離から算出されるが、このうち巻上・巻下距離は、運搬船の吃水、潮の干満の差、水面から岸壁までの高さならびに船倉内への積付位置により常に変化し、一定ではない。

このため、本検討では現在就航している内航コンテナ専用船（3,000D/W級、船載クレーン搭載）の荷役時間（20～30コンテナ／時間、120秒～180秒／1コンテナ）の実績から、これの最大所要時間180秒／1コンテナに約10%の余裕を見込み、LLW1個当たりの船積荷役時間を200秒と設定する。

② 1日当たりの荷役時間

1日当たりの荷役時間は、午前9時から午後5時までの8時間とし、準備・後片付け1時間、昼休み1時間及び休憩30分計2時間30分を差引いた5.5時間を船載クレーンの実働荷役時間とする。

③ 船載荷役の所要日数

3.3.3-(1)～(2)項で設定した1回当たり輸送数量に対応する発電所側の積出岸壁での船積荷役の所要日数を表3.3.6に示す。

表3.3.6 発電所側の積出岸壁での船積荷役の所要日数

（単位：時間）

区分 輸送 荷姿の種類	ケースA (運搬船1船分)		ケースB (運搬船1/2船分)	
	① 3,000 D/W 級	② 2,500 D/W 級	① 3,000 D/W 級	② 2,500 D/W 級
タイプI	4.2 (75個)	3.7 (66個)	2.2 (38個)	1.9 (33個)
タイプII	11.2 (200個)	9.0 (162個)	5.6 (100個)	4.5 (81個)
計	15.4 2.8日	12.7 2.3日	7.8 1.4日	6.4 1.2日

注：（ ）内数値は、LLWの船積個数を示す。

(3) 空の16R-2型ラックの陸揚荷役

輸送荷姿タイプⅠは、ドラム缶を16R-2型ラックに収納したものであり、これを発電所から搬出するには、事前に搬出するドラム缶数量に相当する空の16R-2型ラックを輸送しておく必要がある。

この空の16R-2型ラックの陸揚荷役は、収納済ラック（タイプⅠ）の船積荷役の逆手順で行われるため、同荷役の所要時間は、表3.3.6のタイプⅠの欄の時間と同一である。

3.3.5 貯蔵施設側での荷役

貯蔵施設側の港湾は、むつ小川原港の使用が予定されており、同港は昭和65年度に15,000トン級ベースが2ベース完成の予定となっている。

同ベースにおけるLLWの陸揚荷役は、運搬船に搭載している船載クレーンと岸壁に設置予定の15t_シ陸上ガントリークレーンによる併行荷役を想定する。

LLWの陸揚荷役の手順は、船倉内に積付けられているLLW（タイプⅠ及びタイプⅡ）を船載クレーンまたは岸壁のガントリークレーンに装備した専用吊具を介し、セルガイドに沿って吊上げ、岸壁上まで横行し、トラック上に吊下げ、直接積載する。

(1) LLW 1個当たりの陸揚荷役時間の設定

- ① 船載クレーンによる陸揚荷役時間は、発電所側で設定したとおり200秒／個とする。
- ② 岸壁のガントリークレーンによる陸揚荷役時間は、同クレーンの揚程が船載クレーンより高くなることが想定され、荷役時間が長くなるため船載クレーンの所要時間の20%増の240秒／個と設定する。

(2) 1日当りの荷役時間

1日当りの荷役時間は、発電所側と同一とし、両クレーンの実働荷役時間を5.5時間とする。

(3) 陸揚荷役の所要日数

むつ小川原港におけるLLWの陸揚荷役は、2台のクレーンで併行荷役を行うこと、また、設定した両クレーンの1個当たりの陸揚荷役時間が異なることから、各船倉に対するクレーンの配置及び両者の陸揚荷役時間を検討する必要がある。

なお、陸揚するLLWは、運搬船1船分とする。

この検討の結果、両クレーンが荷役時に干渉しないよう隣接する船倉の同時荷役は行わないこと、また、両クレーンの総荷役時間の差を少なくすることを考慮したクレーンの配置と荷役順序及び所要時間は次のとおりとなる。

① 3,000D/W級運搬船

船 倉	積 載 物	個 数	所要時間（単位：時間）	
			船載クレーン	岸壁クレーン
1	—	—	—	—
2	タイプI	30	—	② 2.0
3	タイプII	60	—	③ 4.2
4	タイプII	80	① 4.5	—
5	タイプII	60	② 3.4	—
6	タイプI	30	—	① 2.0
7	タイプI	15	③ 1.0	—
計			8.9	8.2

注：①～③は、クレーン荷役順序を示す。

従って、陸揚荷役の所要日数は1.7日（8.9時間÷5.5時間／日）となる。

② 2,500D/W級運搬船

船 倉	積 載 物	個 数	所要時間（単位：時間）	
			船載クレーン	岸壁クレーン
1	タイプI	18	—	③ 1.2
2	タイプI	24	—	④ 1.6
3	タイプII	64	① 3.6	—
4	タイプII	64	② 3.6	—
5	タイプII	34	—	① 2.3
6	タイプI	24	—	② 1.6
計			7.2	6.7

注：①～④は、クレーン荷役順序を示す。

従って、陸揚荷役の所要日数は1.3日（7.2時間÷5.5時間／日）となる。

(4) 空の16R-2型ラックの船積荷役

むつ小川原港で陸揚された16R-2型ラック（タイプI）は、貯蔵施設でドラム缶を取出したのち、反復使用するため、次の発電所に輸送されることとなる。

この空の16R-2型ラックの船積荷役は、荷役効率の良い船載クレーンで行うこととすると荷役時間は、次のとおりとなる。

区分 船倉	3,000 D/W 級運搬船		2,500 D/W 級運搬船	
	積載個数	所要時間	積載個数	所要時間
1	—	—	18	1.0
2	30	1.7	24	1.4
3	—	—	—	—
4	—	—	—	—
5	—	—	—	—
6	30	1.7	24	1.4
7	15	0.9	—	—
計	75個	4.3時間	66個	3.8時間

3.4 放射性廃棄物運搬船におけるRo/Ro方式の考察

3.4.1 スウェーデンSKBのRo/Ro船“Sigyn”による海上輸送

スウェーデンには原子力発電所が4ヶ所 (Forsmark, Oskarshamn, Barseback, Ringhals) あるが、すべて海岸沿いに立地して専用の港湾を所有しているので、使用済燃料のCLAB（使用済燃料中央暫定貯蔵施設）への移送は海上輸送により行われ、道路、鉄道輸送は実施されない。但し例外としてOskarshamn発電所はCLABに隣接しているので、特殊車輌によるサイト内輸送の延長である。

言う迄もなく、Ro/Ro船は船尾に設けたRamp Wayによって岸壁と本線を結び、貨物をトレーラーやフォークリフトで荷役する機能を有するがキャスクの様な重量物を岸壁から本船内に、或いは本船内から岸壁に通過移動せしめるRamp Wayの許容勾配には自ら限界制約があるだろう。従って4ヶ所の発電所の岸壁はRo/Ro荷役に適応し得る事を確認して“Sigyn”的採用を決定したものと推測される。

使用済燃料の海上輸送システムは、

- ① 架台と一体をなす使用済燃料用キャスク
- ② 船内、サイト内輸送用特殊車輌
- ③ 特別設計のRo/Ro船“Sigyn”

から成り立っている。

中低レベル放射性廃棄物の輸送に当っては、上記輸送システムの①使用済燃料用キャスクを廃棄物用コンテナーに変える事によって、Forsmarkに建設されるSFR（中低レベル放射性廃棄物処分施設）向けの海上輸送システムに転用し得る。

しかしながら、これ等の輸送システムに基づく“Sigyn”的最大積載能力は、キャスク10基又はコンテナー10ヶである。

3.4.2 我が国の原子力発電所の岸壁状況

現在運転中の原子力発電所は下記の通りであるが、それぞれ専用の物揚げ岸壁施設を所有している。但し原電東海及び東海第二は共通の岸壁を使用し、動燃ふげん発電所は原電敦賀の岸壁を借用使用し、中部浜岡は御前崎港を利用している。従って運転中の発電所に関する岸壁は14ヶ所となる。

<u>発電所名</u>	<u>電力会社名</u>	<u>岸壁</u>
女川原子力発電所	東北電力(株)	専用
福島第一 "	東京電力(株)	"
福島第二 "	"	"
柏崎刈羽 "	"	"
浜岡 "	中部電力(株)	御前崎港を利用
美浜 "	関西電力(株)	専用
高浜 "	"	"
大飯 "	"	"
島根 "	中国電力(株)	"
伊方 "	四国電力(株)	"
玄海 "	九州電力(株)	"
川内 "	"	"
東海 "	原電	共用
東海第二 "	"	
敦賀 "	"	専用
ふげん "	動燃	原電敦賀を利用

これ等の岸壁の水深はいずれも6~7メートルでほぼ統一されているが、低潮時における水面から岸壁上端迄の高さは最低約2メートルから最高6メートル、干満差は最小約0.5メートル最大約3.5メートルという多様化を有する。

3.4.3 Ro/Ro方式採用の可能性

各発電所の水深による制約条件から、放射性廃棄物運搬船をLo/Lo方式の通常型とすれば、その使用は載貨重量トンで約3,000トン、吃水約5メートル、垂線間長約90メートル、載貨重量は200ℓドラム缶で2500~3000本と言われているが、この程度の船型のRo/Ro方式の運搬船を想定した場合、バラストの調整によってRamp Wayの許容勾配を確保する事は困難であろう。従って一部の既設発電所での積み卸し荷役は岸壁クレーンを使用する必要を生じて、たとえむつ小川原港ではRo/Ro荷役が実現しても運搬船はLo/Lo, Ro/Ro方式の併用とならざるを得ない。

今後、放射性廃棄物運搬船の船体構造、設備の基準、特別要件（舶査〇〇号の制定）の指示、更に遮蔽設備計画が具体化した後、船型概念の検討を実施すべきであるが、積載能力の極端な減少を避ける事を第一義的に考慮すべきである。

3.5 低レベル放射性廃棄物運搬船(2,500DWT)の検討

3.5.1 設計条件

1) 船型

むつ小川原港、原発港の入港条件を考慮して、載貨重量約3,000tの船、及びこれより小型のものとして約2,500tの船を設計する。

2) 輸送物

16R-2型ラック及びコンクリートブロックとする。(それぞれの寸法及び重量は、前項3.3項の図3.3.2、図3.3.4を参照)

3.5.2 設計結果

上記2種類の船のうち、載貨重量約2,500tの船の概略仕様書を表3.5.1に、概略一般配置を図3.5.1に、船艤配置の一例を図3.5.2に示す。

又、セルガイドを移動することにより、16R-2型ラック、又はコンクリートブロックのどちらでも積載可能なリモーヴァブルセルガイドの構造図を参考として図3.5.3に示す。

表3.5.1 低レベル放射性廃棄物運搬船の概略仕様書（載貨重量約2,500t）

1. 一般		
航行区域	近海区域（非国際航路）	
資 格	J G 第4種船（舶查400号準用含む）	
船 型	船首樓付平甲板船	
2. 船体主要寸法		
全 長	96 m	
長 さ（垂線間）	90.0m	
幅 （型）	15.0m	
深 さ（型）	7.1m	
計画満載喫水（型）	5.1m	
総トン数	2,470トン	
3. 輸送物		
16R-2	66個	
コンクリートブロック	166個	
4. 輽貨能力		
輸送物重量	2,287トン	
水、油	250トン	
載貨重量	2,537トン	
5. 機関部主要機器		
主 機 関	4サイクルディーゼル機関×1基	
出力および回転数	連続最大出力（MCR）1,950PS×160RPM 常用出力（NOR）1,660PS×151.6RPM	
6. 航海速力		
満載状態	85% MCR 15% SMにて 12.0ノット	
7. 主要設備等		
放射線遮蔽設備		
放射線管理用機器		
倉内セルガイド装置		
バウスラスター		
鋼製倉口蓋		
船上ガントリークレーン（15t×1基）		
船位測定および記録装置		

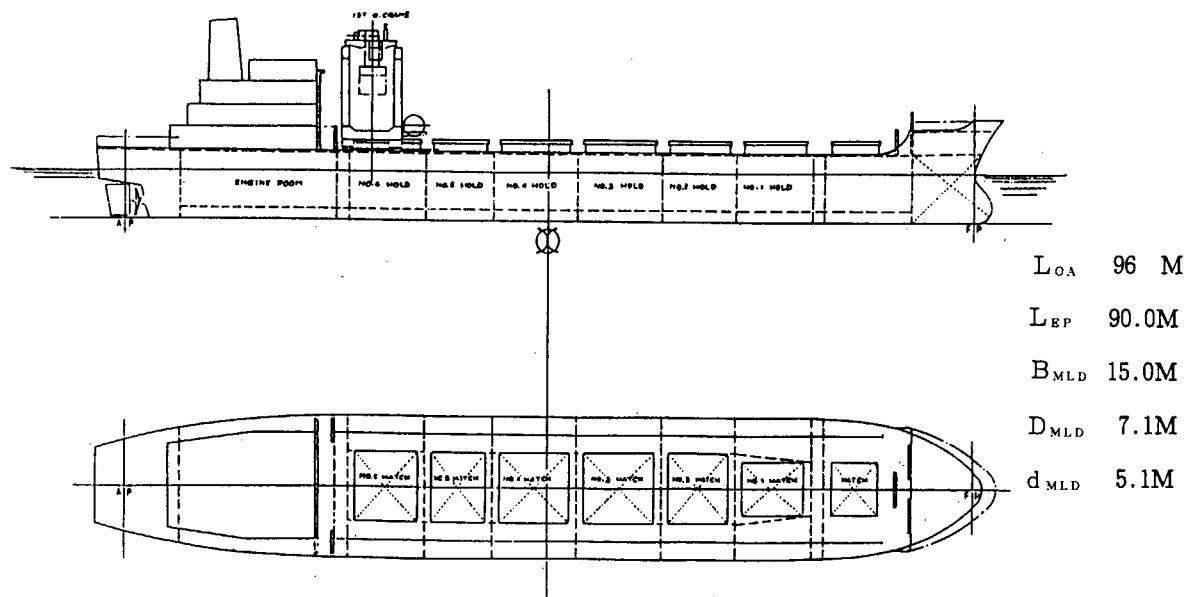


図3.5.1 SR-203

低レベル放射性廃棄物運搬船（載貨重量2,500 t）

	積載個数	単位重量	積載重量
16R-2型ラック	66	9.5t	627.0t
コンクリートブロック	166	10.0t	1,660.0t
合 計	232	—	2,287.0t

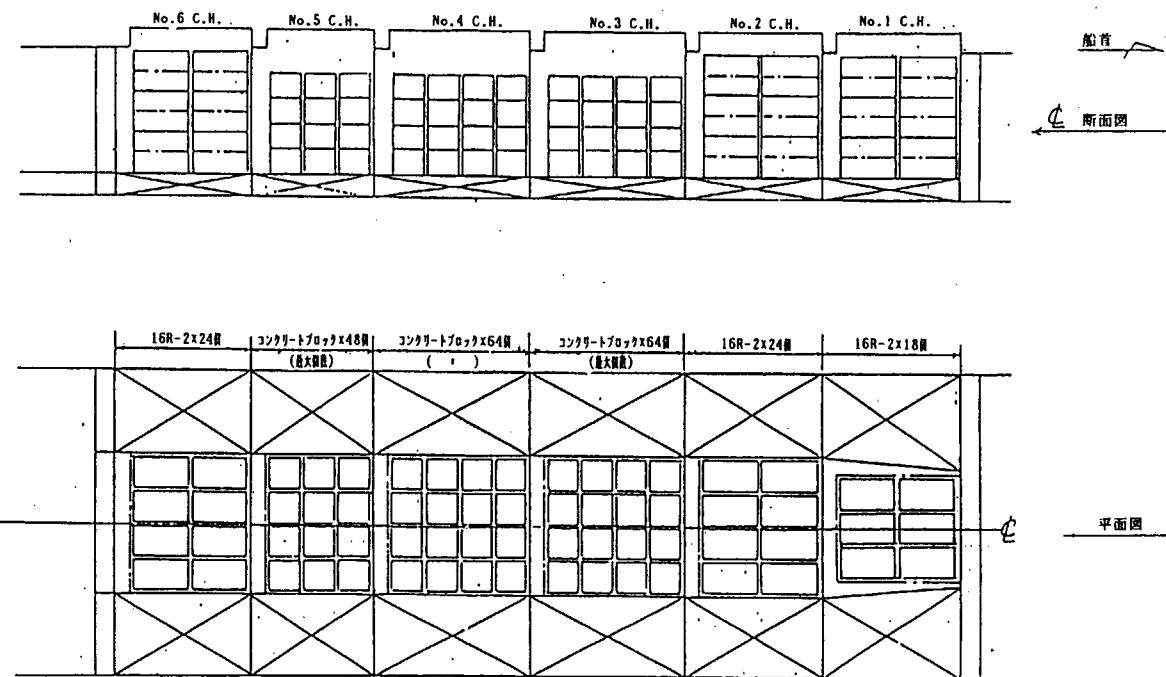


図3.5.2 船倉配置図（一例）

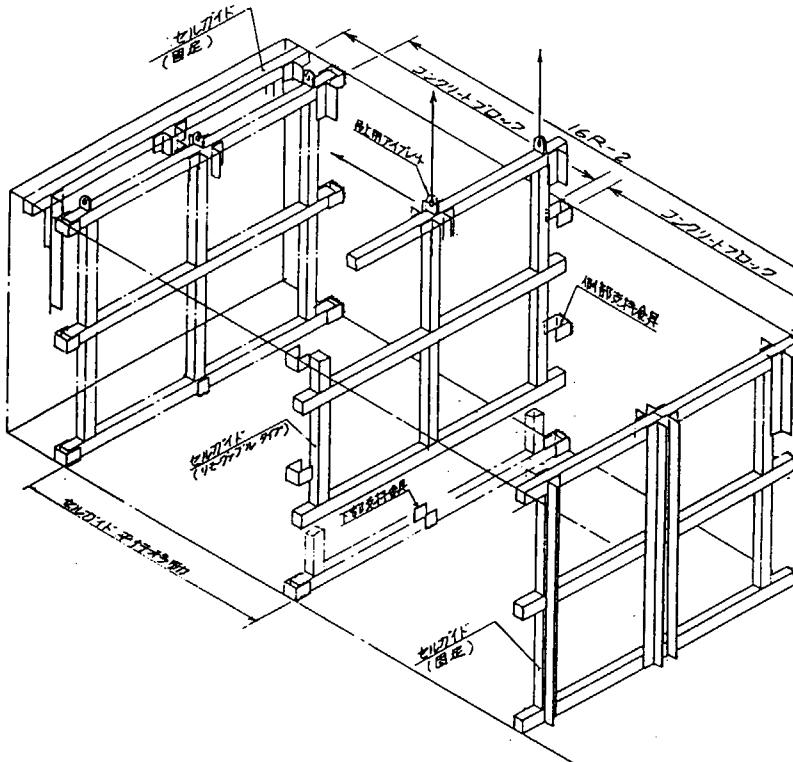


図3.5.3 リモーヴァブルセルガイド構造図

3.6 低レベル放射性廃棄物運搬船（3,000DWT）の検討

3.6.1 はじめに

低レベル放射性廃棄物を国内各原子力発電所からむつ小川原港まで海上輸送する運搬船として、各発電所サイト港及びむつ小川原港の港湾条件を勘案し、載貨重量トン数約3,000トンの船についてその概略仕様を決定し、運搬船構造について検討する。

3.6.2 設計条件

(1) 船型

載貨重量トン数約3,000トンの運搬船の制限寸法を下記とする。

全長 : 103.9m以下

満載吃水 : 5.6m以下

(2) 輸送物

廃棄物入りドラム缶はユニット化された16R-2型ラック及びコンクリートブロックにより輸送されるものとする。これらの荷姿（寸法）・重量は次のとおりである。

種類	寸法	重量
16R-2型ラック	L2.5m×W1.6m×H2.16m	9.5トン
コンクリートブロック	L1.6m×W1.6m×H1.32m	10.5トン

(3) 荷役方法

船載ガントリークレーンによるLO/LO荷役とし、船倉にはセルガイドを設ける。

(4) その他

本船適用規則として、船級協会規則等の関連法規の他に放射性廃棄物投棄船の構造設備の特別要件（舶查400号）のうち、海洋投棄物に関する要件を除きこれを準用するものとする。

3.6.3 設計結果

上記設計条件を基に、概略基本設計を行った結果、運搬船の概略仕様を以下に、概略一般配置を図3.6.1に、さらに廃棄物の積載要領の一例として図3.6.2に貨物倉積付配置検討図を示す。

(1) 概略仕様書

① 一般

航行区域：近海区域（非国際航海）
資格：JG第4種船（舶查400号準用）
船型：船首楼及び船尾樓付き平甲板船

② 船体主要寸法

全長 : 約99.0m
長さ (垂線間) : 93.0m
幅 (型) : 16.0m
深さ (型) : 7.9m
計画満載吃水 (型) : 4.9m
総トン数 : 約3,000トン

③ 積載貨物

16R-2型ラック : 75個
コンクリートブロック : 200個

④ 主機関の種類等

主機関 : ディーゼル機関×1基
出力及び回転数
連続最大出力 (MCR) : 2,350ps × 197RPM
常用出力 (CSR) : 2,000ps × 186.7RPM

⑤ 航海速力

満載状態12.0ノット (85%MCR, 15%SMにて)

⑥ 主要設備等

放射線遮蔽設備
放射線管理用機器
倉内セルガイド装置
バウスラスター (1基)
鋼製倉口蓋
船積ガントリークレーン (15t × 1基)
船位置測定装置及び船位置記録装置

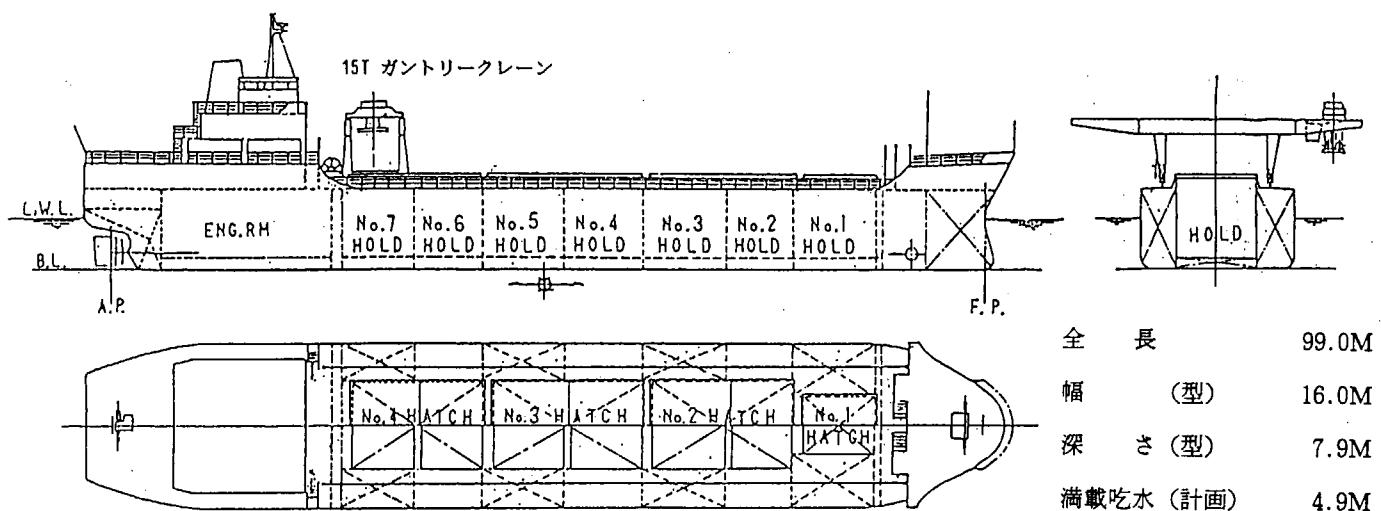


図3.6.1 低レベル廃棄物運搬船 (3000DWT) 概略一般配置図

	積載数	単位重量	積載重量
16R-2型ラック	75	9.5 T	712.5 T
コンクリートブロック	200	10.0 T	2000.0 T
合計	275	-	2712.5 T

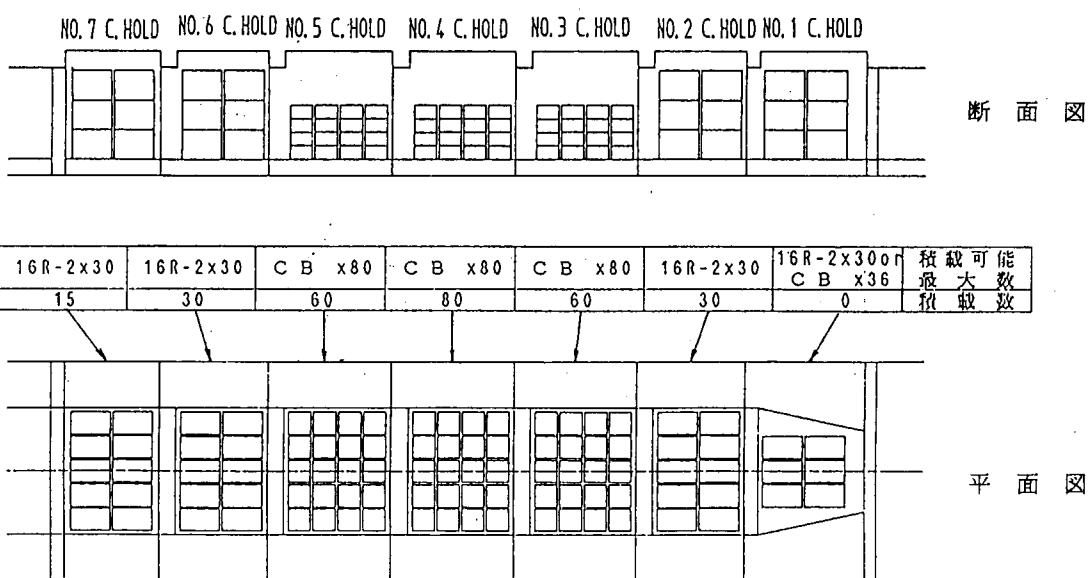


図3.6.2 貨物倉積付配置検討図 (3000DWT)

4. 輸送シミュレーション

4章では、4.1章でシミュレーション条件を設定し、4.2章でシミュレーションのモデルを説明し、その結果を4.3章で示し、4.4章でシミュレーションの結果に考察を加えた。

4.1 シミュレーション条件

マクロな輸送パターンを把握するのが本研究の目的であるため、個々の要素全てについて具体的な数値を設定せず、シミュレーションを実施するに当たり、下記の如く条件を定めた。

- 各港略称

0:むつ小川原	1:女川	2:福島第一	3:福島第二	4:東海
5:浜岡	6:伊方	7:川内	8:玄海	9:島根
10:高浜	11:大飯	12:美浜	13:敦賀	14:柏崎・刈羽
15:泊				

4.1.1 グループ区分

シミュレーションを簡素化する為に次の5グループに発電所港を区分する。但し、低レベル放射性廃棄物運搬船についてはグループ化した場合とグループ化しない場合の両方についてシミュレーションを行ない、グループ化の影響を検討する。

グループ名	代表港	発電所
A	14:柏崎・刈羽	12:美浜, 13:敦賀, 14:柏崎・刈羽, 15:泊
B	10:高浜	9:島根, 10:高浜, 11:大飯
C	2:福島第一	1:女川, 2:福島第一
D	3:福島第二	3:福島第二, 4:東海, 5:浜岡
E	8:玄海	6:伊方, 7:川内, 8:玄海

4.1.2 航海距離マトリックス

4.1.2(1)日本列島を右回りして求めた港間航海距離マトリックス（単位：海里）

港発着	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13.	14	15
0:むつ小川原	∞	175	236	242	292	499	872	1020	1149	1350	1491	1492	1500	1505	1655	1946
1:女川	1801	∞	87	93	150	350	723	871	1000	1201	1342	1343	1351	1356	1506	1797
2:福島第一	1719	1886	∞	8	68	268	641	789	918	1119	1260	1261	1268	1274	1424	1715
3:福島第二	1714	1881	1942	∞	63	263	636	784	913	1114	1255	1256	1264	1269	1419	1710
4:東海	1665	1832	1893	1899	∞	214	587	735	864	1065	1206	1207	1215	1220	1370	1661
5:浜岡	1451	1618	1679	1685	1742	∞	374	522	651	852	893	894	1002	1007	1157	1448
6:伊方	1194	1361	1422	1428	1485	1686	∞	265	394	595	736	737	745	750	900	1191
7:川内	936	1103	1164	1170	1227	1428	1801	∞	136	337	478	479	487	492	642	933
8:玄海	803	950	1031	1037	1094	1295	1668	1816	∞	204	345	346	354	359	509	800
9:島根	603	770	831	837	884	1095	1468	1616	1745	∞	143	144	152	157	309	629
10:高浜	519	686	747	753	810	1101	1384	1532	1661	1862	∞	11	27	36	225	516
11:大飯	514	681	742	748	805	1006	1379	1527	1656	1857	1998	∞	21	30	220	511
12:美浜	505	672	735	741	798	999	1372	1520	1649	1850	1991	1992	∞	13	211	502
13:敦賀	506	673	734	740	797	998	1371	1519	1648	1849	1990	1991	1999	∞	212	503
14:柏崎・刈羽	354	521	582	588	645	846	1219	1367	1496	1697	1838	1839	1847	1852	∞	365
15:泊	234	401	462	468	525	726	1099	1247	1376	1577	1718	1718	1727	1732	1882	∞

4.1.2(2)航海距離マトリックス（単位：海里， R：右回り， L：左回り）

港 発\着	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
0 : むつ小川原	∞ ^R	175 ^R	236 ^R	242 ^R	299 ^R	499 ^R	872 ^L	936 ^L	803 ^L	603 ^L	519 ^L	514 ^L	505 ^L	506 ^L	354 ^L	234	
1 : 女 川	L	175	∞ ^R	87 ^R	93 ^R	150 ^R	350 ^R	723 ^R	871 ^L	970 ^L	770 ^L	688 ^L	681 ^L	672 ^L	673 ^L	521 ^L	401
2 : 福島第一	L	236 ^L	87	∞ ^R	8 ^R	68 ^R	268 ^R	641 ^R	789 ^R	918 ^L	831 ^L	747 ^L	742 ^L	735 ^L	734 ^L	582 ^L	462
3 : 福島第二	L	242 ^L	93 ^L	8	∞ ^R	63 ^R	263 ^R	636 ^R	784 ^R	913 ^L	837 ^L	753 ^L	748 ^L	741 ^L	740 ^L	588 ^L	468
4 : 東 海	L	299 ^L	150 ^L	68 ^L	63	∞ ^R	214 ^R	587 ^R	735 ^R	864 ^L	894 ^L	810 ^L	805 ^L	798 ^L	797 ^L	645 ^L	525
5 : 浜 岡	L	499 ^L	350 ^L	268 ^L	263 ^L	214	∞ ^R	374 ^R	522 ^R	651 ^L	852 ^L	993 ^L	994 ^L	999 ^L	998 ^L	846 ^L	726
6 : 伊 方	L	872 ^L	723 ^L	641 ^L	636 ^L	587 ^L	374	∞ ^R	265 ^R	394 ^R	595 ^R	736 ^R	737 ^R	745 ^R	750 ^R	900 ^L	1099
7 : 川 内	R	936 ^L	871 ^L	789 ^L	784 ^L	735 ^L	522 ^L	265	∞ ^R	136 ^R	337 ^R	478 ^R	479 ^R	487 ^R	492 ^R	642 ^R	933
8 : 玄 海	R	803 ^R	970 ^R	918 ^L	913 ^L	864 ^L	651 ^L	394 ^L	136	∞ ^R	204 ^R	345 ^R	346 ^R	354 ^R	359 ^R	509 ^R	800
9 : 島 根	R	603 ^R	770 ^R	831 ^R	837 ^R	894 ^R	852 ^R	595 ^L	337 ^L	204	∞ ^R	143 ^R	144 ^R	152 ^R	157 ^R	309 ^R	629
10 : 高 浜	R	519 ^R	686 ^R	747 ^R	753 ^R	810 ^L	993 ^L	736 ^L	478 ^L	345 ^L	143	∞ ^R	11 ^R	27 ^R	36 ^R	225 ^R	516
11 : 大 飯	R	514 ^R	681 ^R	742 ^R	748 ^R	805 ^R	994 ^L	737 ^L	479 ^L	346 ^L	144 ^L	11	∞ ^R	21 ^R	30 ^R	220 ^R	511
12 : 美 浜	R	505 ^R	672 ^R	735 ^R	741 ^R	798 ^R	999 ^L	745 ^L	487 ^L	354 ^L	152 ^L	27 ^L	21	∞ ^R	13 ^R	211 ^R	502
13 : 敦 賀	R	506 ^R	673 ^R	734 ^R	740 ^R	797 ^R	998 ^L	750 ^L	492 ^L	359 ^L	157 ^L	36 ^L	30 ^L	13	∞ ^R	212 ^R	503
14 : 柏崎・刈羽	R	354 ^R	521 ^R	582 ^R	588 ^R	645 ^R	846 ^R	900 ^L	642 ^L	509 ^L	309 ^L	225 ^L	220 ^L	211 ^L	212 ^L	∞ ^R	365
15 : 泊	R	234 ^R	401 ^R	462 ^R	468 ^R	525 ^R	726 ^R	1099 ^L	933 ^L	800 ^L	629 ^L	516 ^L	511 ^L	502 ^L	503 ^L	365	∞

4.1.3 むつ小川原港沖合通過マトリックス

荷物を積載したまま、むつ小川原港の沖合を通過する発電所港巡回航路（下のマトリックスの1マーク）は採らないとする。

港 発\着	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0 : むつ小川原	∞															
1 : 女 川		∞							1	1	1	1	1	1	1	1
2 : 福島第一			∞							1	1	1	1	1	1	1
3 : 福島第二				∞						1	1	1	1	1	1	1
4 : 東 海					∞					1	1	1	1	1	1	1
5 : 浜 岡						∞						1	1	1	1	
6 : 伊 方							∞								1	
7 : 川 内								∞								
8 : 玄 海	1								∞							
9 : 島 根	1	1	1	1						∞						
10 : 高 浜	1	1	1	1	1						∞					
11 : 大 飯	1	1	1	1	1							∞				
12 : 美 浜	1	1	1	1	1	1							∞			
13 : 敦 賀	1	1	1	1	1	1								∞		
14 : 柏崎・刈羽	1	1	1	1	1	1									∞	
15 : 泊		1	1	1	1	1	1									∞

4.1.4 取出、装填能力

グループ	C	D							E				B				A		
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
港																			
M	シ	ウ	ツ	ウ	ツ	シ	ウ	ツ	シ	ウ	ツ	シ	ウ	ツ	シ	ウ	ツ		
ム	シ	ウ	ツ	ウ	ツ	シ	ウ	ツ	シ	ウ	ツ	シ	ウ	ツ	シ	ウ	ツ		
カ	リ	川	原	第一	第二														
キ	最	大	積	出・受	入量														
ヤ	∞			14					9			10			15			14	
ス	取	出・装	填能	率	[基/日]	1	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	
ク						1	2/9			1/3			1/3				4/9		
L	最	大	積	出・受	入量	∞	1船	1船	1船	1船	1船	1船	1船	1船	1船	1船	1船		
L							分	分	分	分	分	分	分	分	分	分	分		
W	ラ	ック	装	填	能	率	[個/日]	-	3	6	3	3	3	3	3	3	3	3	

4.1.5 荷役能力（1日5.5時間実働）

グループ		C	D	E	B	A											
港		0 川原	1 第一 第二	2 小女川	3 福島	4 東海	5 浜岡	6 伊方	7 川内	8 玄海島	9 根高浜	10 大飯	11 美浜	12 教賀	13 柏崎	14 泊	15 刈羽
キャスク荷役能率 [基/日]	8 8	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	
L L W荷役能率 [個/日]	180	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

4.1.6 給油（水・食料の補給の時間は考慮しない。）

むつ小川原港にて2時間／回

4.1.7 入出港所要時間

入港2時間／回

出港2時間／回

4.1.8 入出港及び荷役制限等

- (1) 各港共、日曜日、国民の祝日、12月29日～1月3日、5月3日～5日には入出港及び荷役を行わない。
- (2) 季節による出入港制限

グループ		C	D	E	B	A											
港		0 川原	1 第一 第二	2 小女川	3 福島	4 東海	5 浜岡	6 伊方	7 川内	8 玄海島	9 根高浜	10 大飯	11 美浜	12 教賀	13 柏崎	14 泊	15 刈羽
出入港制限 (各港別)					海					冬	冬	冬	冬	冬			
出入港制限 (グループ別)										海	冬		海	冬			

海：海水浴シーズンのため7、8月出入港しない。

冬：冬期荒天のため11、12、1、2、3月出入港しない。

グループ別出入港制限：各港別の条件を勘案の上、今回のシミュレーションの為に設定した条件

- (3) むつ小川原港・各発電所港は、出入港・荷役作業は午前6時から午後6時までの間に行う。
- (4) 同一港に2隻以上同時に入港しない。
- (5) 出入港当日、気象・海象条件により出入港出来ない日がある可能性もあり、又輸送船の定期検査や保守のための期間も考慮する必要がある。しかし、本シミュレーションにおいては、各入港日毎に統計的処理による入港不可時間の加算を行ったり、検査保守整備日程を予め設定することはせず、輸送を1月初めから11月末までに完了することにし、一括して12月を予備期間とすることによって吸収出来るものと考える。また、実際の海水浴シーズンは7月中旬から8月下旬であることから、7、8月一杯を海水浴シーズンのようこう制限期間としていることは、若干の予備期間を夏にも取っていることになるといえる。
- (6) 運航シミュレーションは、むつ小川原サイクル施設運転開始後のある1年間について行う。
- (7) 搬出・入は、空キャスクを持込み、同数の実キャスクを引取ることにより行う。ラックについても同様とする。

(8) グループ化することで発生する寄港回数の減少による運航効率の実態からの乖離を補正するために各港に1日づつ多く停泊させることにする。低レベル放射性廃棄物運搬船についてはグループ化せずにスケジュールを作成したので各港に1日多く停泊させることはしていない。

4.1.9 運搬船

(1) 使用済燃料運搬船

搭載基數 8基及び20基の2ケース

速力 12knots

(2) 低レベル放射性廃棄物運搬船

搭載個数 3,000DWT型 (16R-2型ラック75個+コンクリートブロック200個)

速力 12knots

4.1.10 輸送量

(1) 使用済燃料キャスク輸送基數 (800MTU/年)

グループ	C		D			E			B			A			合計	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
発電所 第一第一第二	女川	福島	福島	東海	浜岡	伊方	川内	玄海	島根	高浜	大飯	美浜	敦賀	柏崎	泊	刈羽
16R-2型ラック	20	553	170	94	145	54	64	64	84	165	108	94	101	118	41	1875
コンクリートブロック	53	1474	453	252	386	143	171	171	223	441	289	250	269	315	1105000	
16R-2型ラック		573		409			182			357			354		1875	
コンクリートブロック		1527		1091			485			953			944		5000	

今回のシミュレーションでは大小形混在を採用する。

(2) 低レベル放射性廃棄物ドラム缶換算輸送量 (ドラム缶50,000本相当/年)

グループ	C		D			E			B			A			合計	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
発電所 第一第一第二	女川	福島	福島	東海	浜岡	伊方	川内	玄海	島根	高浜	大飯	美浜	敦賀	柏崎	泊	刈羽
HZ-75T 換算	4	36	34	9	19	9	15	9	10	27	18	14	14	25	7	
	40		62			33			55			58			248	
大・小形 混在	5	36	24	9	18	6	10	6	10	17	12	14	9	18	6	
	41		51			22			39			47			200	

4.2 輸送シミュレーションのモデル

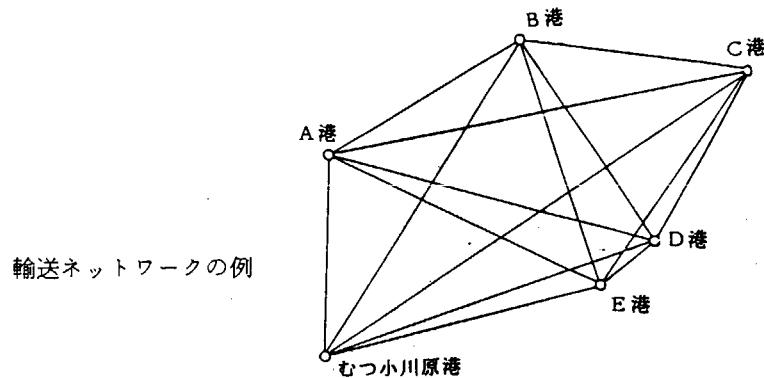
4.2.1 シミュレーションモデルの概要

STEP I, STEP II, STEP III の3段階で海上輸送のスケジュールを作成する。

船の積高数で、使用済燃料運搬船2ケース(8基積、20基積)、低レベル放射性廃棄物運搬船1ケース(3,000DWT)について行う。

STEP I 総巡回距離を最小化して、輸送経路、輸送個数、輸送回数の輸送ネットワークを作成する。

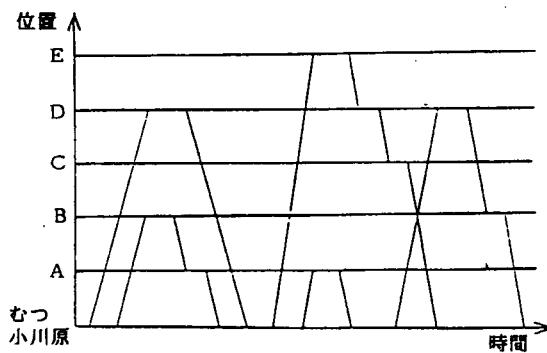
- 制約
 - ・ 船の積荷最大数
 - ・ 総積出し量
 - ・ 1回当たり最大積出し量



STEP II STEP I の輸送ネットワークを1~11月（12月は予備期間）の間に終了させるスケジュールダイアグラムを作成する。

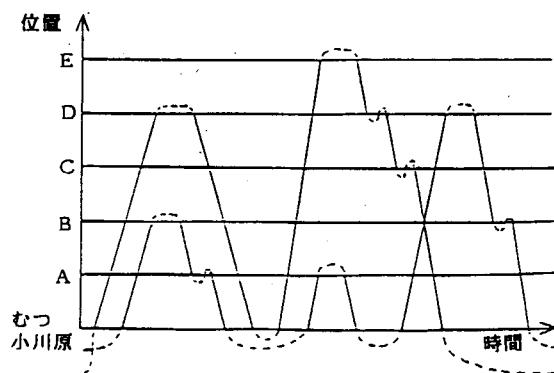
- 制約
- ・ 入港荷役制限
 - ・ 荷役時間
 - ・ 装填時間
 - ・ 同時に同じバースに着岸しない。

スケジュールダイアグラムの例



STEP III スケジュールダイアグラムを船の滞留時間が最小になり、稼働時間がほぼ同じになるように連結して配船計画を定め、各船のスケジュール・荷役時間・輸送量を求める。

スケジュールダイアグラムの連結の例



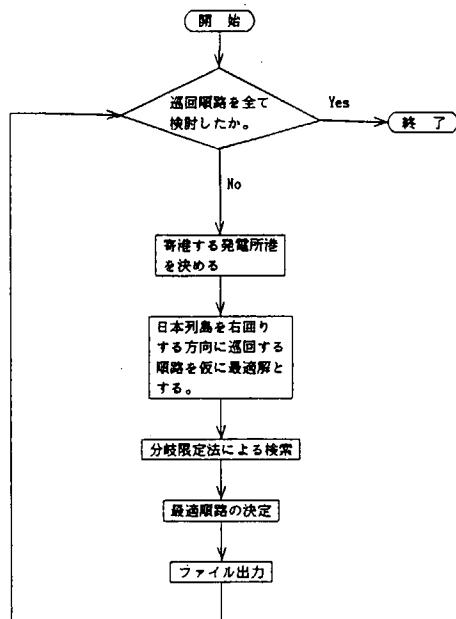
4.2.2 フローチャート

STEP I 総巡回距離最小化問題

STEP I-a. 巡回順路の決定

目的。

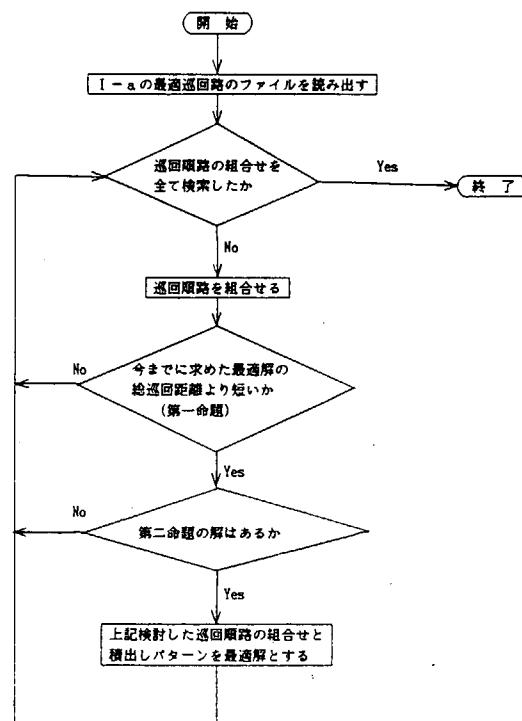
むつ小川原港を起点・終点として各発電所港に寄港する巡回順路を、総巡回距離を最小化するように決定する。



STEP I - b. 輸送ネットワークの作成

目的.

第二命題が実現できることを条件として第一命題を解決する。(次のシミュレーションモデルSTEP I 説明を参照)



〔フローチャート補注シミュレーションモデルSTEP I 説明〕

総巡回距離最小化問題

- ・ 総経費を最小にするためには、総巡回距離を最小にすればよいと仮定する。

I - a.

0をむつ小川原，1～nを発電所とすると、

採り得るルートは 0を起点とし 1~n港のうち 1港を通り 0に至る ${}_n C_1$ 通り
 0を起点とし 1~n港のうち 2港を通り 0に至る ${}_n C_2$ 通り
 0を起点とし 1~n港のうち n港を通り 0に至る ${}_n C_n$ 通り
 計 $R = \{ {}_n C_1 + {}_n C_2 + \dots + {}_n C_n \}$ 通り

そして上記の各ルートの最短順路と距離を求める。

以上を予備知識として次の手順で巡回距離最小化問題を考える。

I - b.

(1) 総巡回距離を最小化する。(第一命題)

第二命題を満足する解が存在することを前提条件として巡回距離を最小にするルートの組合せを分岐限定法により求める。検索する組合せは $R = \{ {}_n C_1 + {}_n C_2 + \dots + {}_n C_n \}$ 通りのルートを重複を許して K ヶ組合せた $R_{H_K} = {}_{n+k-1} C_{K-1}$ 通りある。

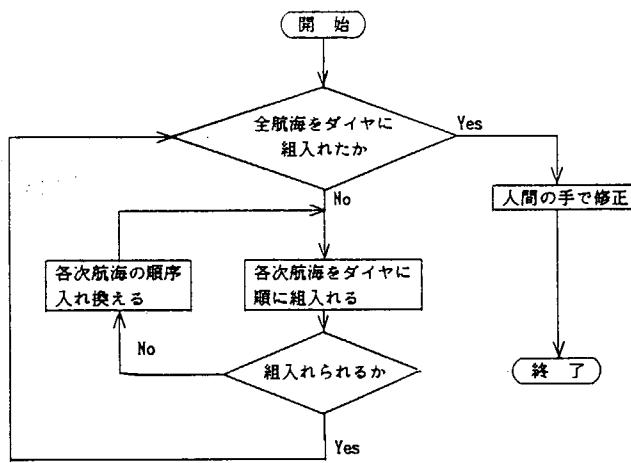
(2) 多港積みを行うとき、被曝線量をできるだけ少なくするために、実入荷物の延輸送 [個数×距離] を最小化しなければならない。(第二命題)

- ・ 評価関数 ・ 実入荷物の延輸送 [個数×距離] を最小化。
- ・ 制約関数 ・ 各回の積込み量は制限以下で、しかも積込み量が 0 の (ない) 寄港を行わない。
- ・ 各港の想定される積荷を全て運ぶ。
- ・ 各次航海の総積荷量は船の最大積載量以下。

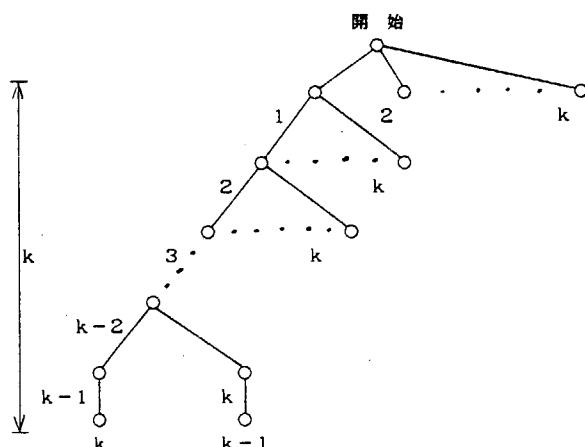
線型計画法により、第二命題を解く。

STEP II スケジュールダイアグラムの作成

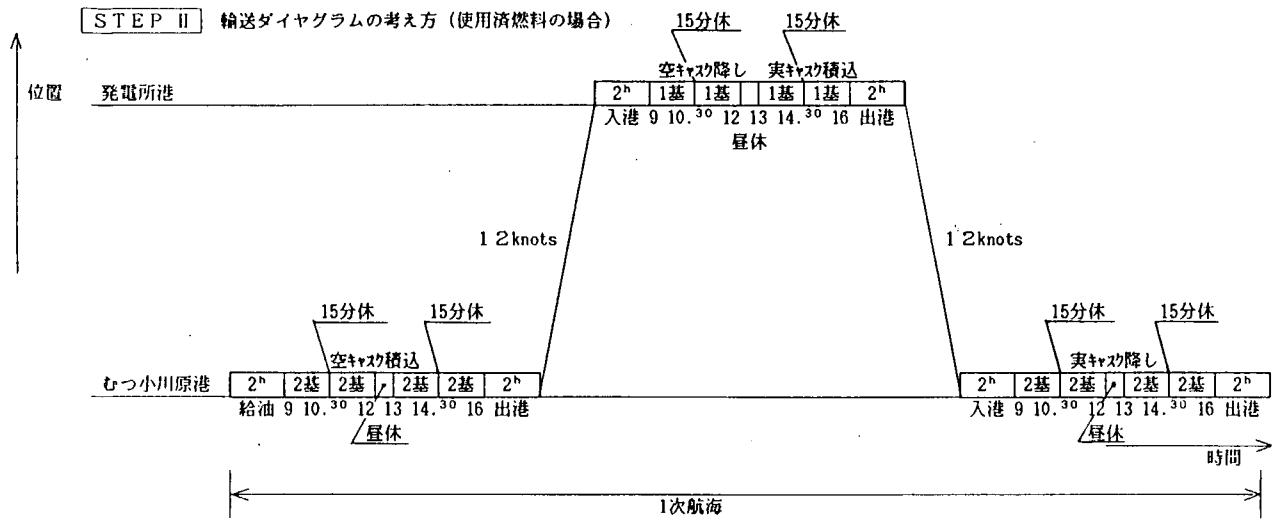
本手続きはコンピュータ化せず、人間が手作業で決定した。



探索木 (1~k 次航海の順列)



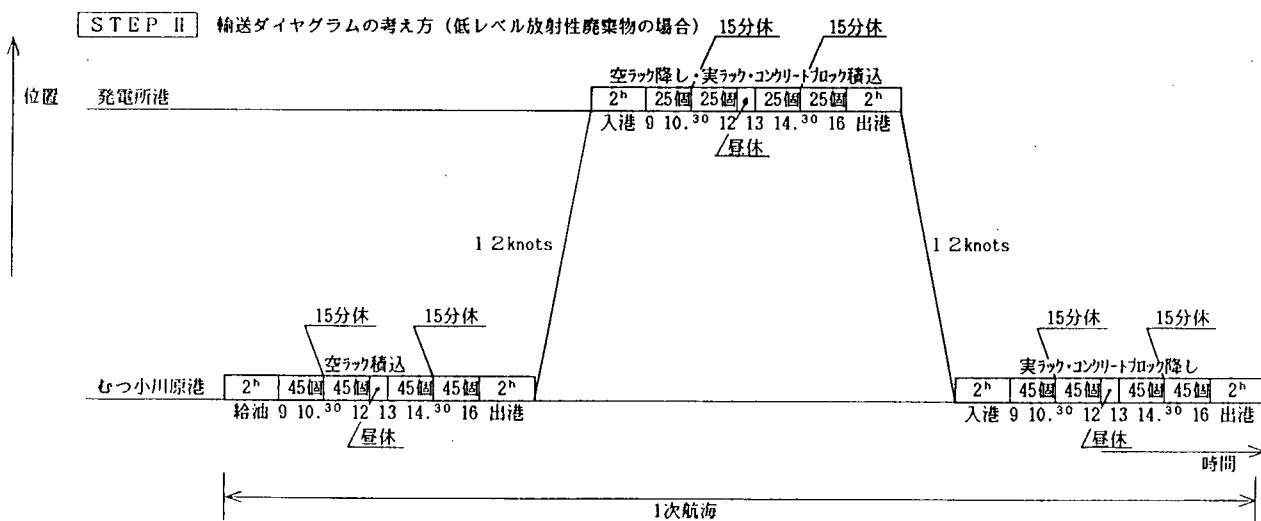
キャスク輸送ダイアグラム



同一バースに使用済燃料運搬船は2隻着岸は出来ない。

(注) キャスクの荷役個数はモデルであるので積込数と積降し数は合っていない。本図のむつ小川原港のような4基積みの場合には発電所港に2日停泊することになる。

低レベル放射性廃棄物輸送ダイアグラム



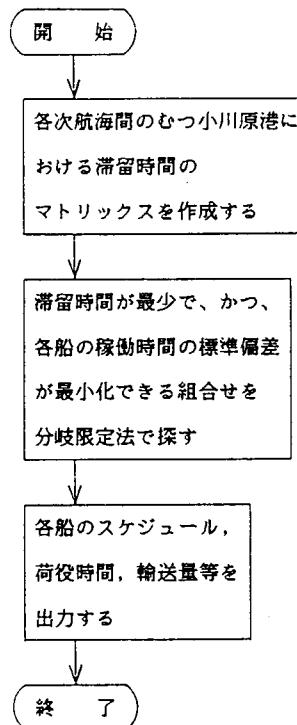
同一バースに低レベル放射性廃棄物運搬船は2隻着岸は出来ない。

ラック数：コンクリートブロック数 = 3 : 8

(注) ラック及びコンクリートブロックの荷役個数はモデルであるので積込数と積降し数は合っていない。

STEP III 配船計画

母港がわかつてないのでむつ小川原港を仮に母港とする。



4.3 シミュレーション結果

STEP Iは4ケース、STEP IIは3ケース、STEP IIIは、4ケースにつきシミュレーションを行った。

その結果を下記に示す。最終結果としてまとめたものがSTEP III（配船計画）配船スケジュール一覧表である。

4.3.1 STEP I（輸送ネットワーク）

総巡距離を最小化し、かつ延輸送〔個数×距離〕を最小化した輸送方法の計算結果を表4.3.1～4.3.3に示し、表の解説を参考表として示す。

- (1) ケースSF200-8 [表4.3.1(a)]
使用済燃料800MTU (キャスク200基) をグループから8基積船で輸送する場合。
- (2) ケースSF200-20 [表4.3.1(b)]
使用済燃料800MTU (キャスク200基) をグループから20基積船で輸送する場合。
- (3) ケースLLW50-30 [表4.3.2]
低レベル放射性廃棄物 ドラム缶50,000本相当 (16R-2ラック75個・コンクリートブロック200個積) で輸送する場合。
- (4) ケースLLW50-30A [表4.3.3]
底レベル放射性廃棄物 ドラム缶50,000本相当 (16R-2ラック1,875個・コンクリートブロック5,000個積) を15港から3,000WDWT船 (16R-2ラック75個・コンクリートブロック200個積) で輸送する場合。

4.3.2 STEPⅡ（スケジュールダイアグラム）

STEPⅠの結果を各種条件を考慮しつつ、スケジュールダイアグラムとしたものを図4.3.1～4.3.3に示す。

- (1) ケースSF200-8に対応するスケジュール図4.3.1
- (2) ケースSF200-20に対応するスケジュール図4.3.2
- (3) ケースLLW50-30Aに対応するスケジュール図4.3.3

4.3.3 STEPⅢ（配船計画）

STEPⅡスケジュールダイアグラムに基づき、具体的に輸送船を当てはめ、各船の仕事量ができるだけ均一になるように配船計画し、配船スケジュール一覧表としてまとめたものを表4.3.4～4.3.11に示す。又表の解説を参考表として示す。

- (1) ケースSF200-8-2 [配船スケジュール一覧表は表4.3.4、配船結果の要約は表4.3.5]
使用済燃料運搬船を2隻使用した場合。
- (2) ケースSF200-8-3 [配船スケジュール一覧表は表4.3.6、配船結果の要約は表4.3.7]
使用済燃料運搬船を3隻使用した場合。
- (3) ケースSF200-20-2 [配船スケジュール一覧表は表4.3.8、配船結果の要約は表4.3.9]
使用済燃料運搬船を2隻使用した場合。
- (4) ケースLLW50-30A-2 [配船スケジュール一覧表は表4.3.10、配船結果の要約は表4.3.11]
低レベル放射性廃棄物運搬船を2隻使用した場合。

4.4 シミュレーション結果に対する考察

4.4.1 STEPⅠ（輸送ネットワーク）[表4.3.1～4.3.3]に関する考察

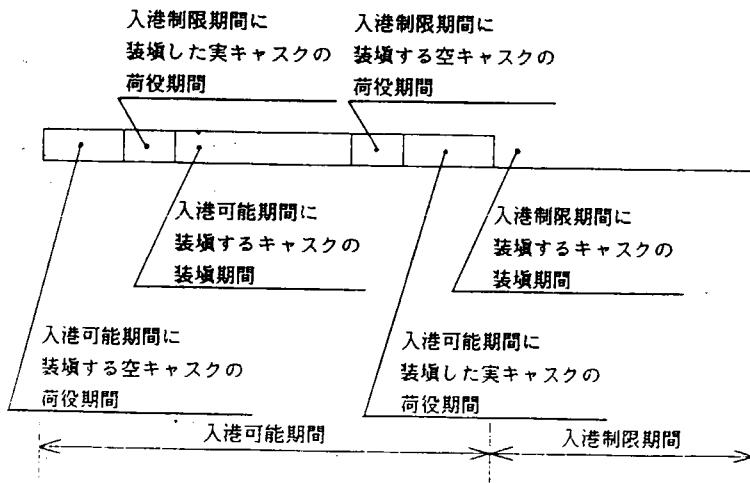
4.4.1(1) 入港可能日数と取扱可能キャスク概数

4.1.4章のグループごとの1日当たりの最大積出量及びキャスク装填能力の妥当性をシミュレーションに先立ち概数で検証したので、参考に示す。

グループ名	サイト数	1日当たり最大積出量	入港制限日数	入港制限休日数	入港可能日数	合計日数	キャスク装填能率	取扱可能キャスク概数[基/日]	輸送キャスク基数	
A:柏崎・刈羽	4	14	11~3,7~8月	173	69	123	365	4/9	56	47
B:高浜	3	15	11~3,7~8月	173	69	123	365	3/9	48	39
C:福島第一	2	14	なし	0	69	296	365	2/9	59	41
D:福島第二	3	9	なし	0	69	296	365	3/9	84	51
E:玄海	3	10	なし	0	69	296	365	3/9	84	22

D, Eグループに比べると、A, B, C, グループは輸送キャスク基数と取扱可能キャスク概数の差が少なく入港可能日数の余裕が多少小さくなっていることがわかる。そのため、STEPⅡのスケジュールダイアグラムの作成では、A, B, Cグループへの航海から決定する必要がある。

- ・ 取扱可能キャスク概数の考え方



・ 取扱可能キャスク概数の算出式

X : 取扱可能キャスク概数

X2 : 入港制限期間に取扱可能なキャスク数

X2 : 入港制限期間に取扱可能なキャスク数

Xmax : キャスク保管庫容量

cg : キャスク装填能率 [基/日]

ld : キャスク荷役 [基/日] むつ小川原港 = 8

発電所 = 4

D1 : 入港可能日数

D2 : 入港制限日数

- $D2 \times cg \leq X_{max}$ の場合 (保管庫容量による制限のない場合)

$$X = X_1 + X_2 = (D1 - 2 \times D2 \times cg / ld) / (2 / ld + 1 / cg) + D2 \times cg \\ = (D1 + D2) \times cg \times ld / (2 \times cg + ld)$$

- $D2 \times cg \leq X_{max}$ の場合 (保管庫容量による制限のない場合)

$$X = X_1 + X_2 = (D1 - 2 \times X_{max} / ld) / (2 / ld + 1 / cg) + X_{max} \\ = (D1 \times cg + X_{max}) \times ld / (2 \times cg + ld)$$

4.4.1(2) グループ化による影響の考察 (LLW)

ケース LLW50-30 (5 グループ) [表4.3.2] とケース LLW50-30A (15港) [表4.3.3] の比較により、15港を5グループに集約したグループ化の影響として、次のことが言える。

- 総航海距離はグループ化により22,254海里から20,096海里と約10%減る。STEPⅢの結果によると、ケース LLW50-30A (15港) の総航海時間は2,935.5時間であるので、距離と同様に10%減少するとすると、 $2,935.5 \times 0.1 / 24 =$ 約12日航海日数は減少する。
- 航海数は両ケースとも26航と変わらない。また、発電所への寄港回数は32回から27回と減少しているが、発電所港では荷役にかかる時間は輸送量が変わらないのほぼ変わらない。

即ち、グループ化しても荷役日数の変動は小さく、グループ化は航海日数に対する影響が大きいと言える。

- 従って、グループ化による海上輸送の見掛け上の能率向上に対しては、グループの代表港への寄港1回につき停泊時間を1日 [1日/寄港, 24時間/寄港] 付加することにより補正できると考えられる。ケース LLW50-30 (5 グループ) の場合、補正日数は27日となり(a)による12日に比べ多少日数が多目になる。しかし、今回のシミュレーションの目的・精度から見て妥当な補正量と考えられる。

上記より、本シミュレーションではグループ化に対する補正として各代表港への寄港毎に1日づつ停泊日数を付加することにした。また、この補正日数は、冬期等には発電所港出港当日のキャスク荷役数が4基/日より少なくなる可能性があるがそのような場合に対する余裕も兼ねていると考える。

4.4.2 STEPⅡに関する考察

使用済燃料と低レベル放射性廃棄物の輸送の相互干渉は考慮せず、独特のものとして、スケジュールダイアグラムを考えた。

4.4.2(1) ケースSF200-8の輸送スケジュールダイアグラム [図4.3.1]

入港制限の多いAグループとBグループの使用済燃料輸送を各グループのキャスク保管数を増加させないようにキャスク装填日数を配慮しつつ行った。この例では入港制限のない4～6月・9～10月にかけてA, Bグループに対するスケジュールダイアグラムが重なるので、運搬船は最低2隻必要になる。それでも、10月のAグループに対する6次と1次の航海の輸送間隔が充分取れず、Aグループのキャスク保管数が10基に増えた。

入港制限の多いA, Bグループと、輸送キャスク基数がグループに含まれる発電所の数のかわりには多いCグループは、スケジュールダイアグラムを作成する際に重なりやキャスク装填日数に注意した。また、休日を挟んで停泊することがないように、また出来る限り休日に航海するように、スケジュールダイアグラムを作成した。

4.4.2(2) ケースSF200-20の輸送スケジュールダイアグラム [図4.3.2]

入港制限の多いAグループとBグループの使用済燃料輸送を各グループのキャスク保管数を増加させないようにキャスク装填日数に配慮しつつ行った。そうすると、1回はA, Bグループに対するスケジュールダイアグラムが重なる。この例では、5月初旬に5次と3次、8月中旬から9月初旬の間に12次、6次と4次の航海が重なるので、運搬船は最低2隻必要となる。

入港制限の多いA, Bグループと、輸送キャスク基数がグループに含まれる発電所の数のかわりには多いCグループは、スケジュールダイアグラムを作成する際に重なりやキャスク装填日数に注意した。1グループへの1回当りのキャスク輸送基数が10基を越えると、空実キャスクを交換して5日を越え、それに1日／寄港の補正日数を加えると6日を越える日数がかかるため、日曜日を挟んで停泊する形になる。スケジュールダイアグラムを作成する際には休日を挟んで停泊する事になるべく少なくなるように、また出来るかぎり休日に航海するようにした。

4.4.2(3) ケースLLW50-30Aのスケジュールダイアグラム [図4.3.3]

入港制限の多い発電所に対しても輸送は余裕を持って行うことが出来、全般的に問題は少い。しかし、この例では4航海が11月までに終了できず、12月まで輸送を行うとしても12月には2航海しかできないので、運搬船は最低2隻必要になる。

スケジュールダイアグラムを作成する際に重なりやラック装填日数に注意しなければならないのは、入港制限の多い発電所と輸送個数が比較的多い発電所である。スケジュールダイアグラムを作成する際には休日を挟んで停泊することがないように、また出来るかぎり休日に航海するようにした。

4.4.3 STEPⅢに関する考察

4.4.3(1) 配船の概要

表4.3.5, 4.3.7, 4.3.9, 4.3.11の配船結果の要約を纏めると、下の表のようになる。

ケース	グループ数	使用隻数	輸送船番号	航海数	稼働時間	滞留時間	輸送実容器数	実容器数×距離
SF200-8-2	5	2	1	13	3093.0	5667.0	98	37015
			2	13	3115.5	5644.5	102	39554
			平均	13	3104.3	5655.7	100	38285
			合計	26	6208.5	11311.5	200	76569
SF200-8-3	5	3	1	9	2073.0	6687.0	67	23385
			2	9	2073.0	6687.0	71	20982
			3	8	2062.5	6697.5	62	32202
			平均	9	2069.5	6690.5	67	25523
			合計	26	6208.5	20071.5	200	76569
SF200-20-2	5	2	1	5	2873.0	5887.0	100	44039
			2	7	2871.5	5888.5	100	34582
			平均	6	2872.3	5887.7	100	39311
			合計	12	5744.5	11775.5	200	78621
LLW50-30A-2	15	2	1	13	2904.5	5855.5	3392	1.07×10^7
			2	13	2921.0	5839.0	3484	1.01×10^7
			平均	13	2912.8	5847.2	3438	1.04×10^7
			合計	26	5825.5	11694.5	6876	2.08×10^7
単位	港	隻		航	時間	時間	基個	基×海里本×海里

注1 稼働時間はむつ小川原港での給油開始からむつ小川原港での実容器降ろし終了までの時間

注2 低レベル放射性廃棄物輸送の場合の実用器数はラックとコンクリートブロックの合計数

注3 低レベル放射性廃棄物輸送の場合の「実容器数×距離」の実容器数は実容器（ラックとコンクリートブロック）数をドラム缶本数に換算した値

- ・ 全てのケースの稼働時間・輸送実容器数・輸送実容器数×距離は各船にはほぼ均等に分配されており、仕事量が平均化されていることが判る。

4.4.3(2) 平均航海速力

輸送船の巡航速力は12knotsであり、これによりスケジュールダイアグラムを作成した。4.4.2章で述べたように極力休日に航海するよう留意しながらスケジュールダイアグラムを作成しているが、距離と速力の関係上到着日や時刻が荷役を行わない日時に該当することは避けられず、この場合には沖待ちあるいは減速航海による時間調整を行うこととなる。表4.4.4～4.4.10の「SPEED」欄に各港間の平均速力を記しているが、これはこれらの調整時間も含めた出入港間の所要時間を航海時間とし、港間距離を除して各港間の平均速力としたものである。これらの航海時間の和と総巡回距離より、1年間の平均航海速力を求めるとき、ケースSF200-8で6.8knots、ケースSF200-20で6.7knots、ケースLLW50-30Aが7.6knotsとなる。これらは飽くまで、12knots出せる運搬船が運航された時の上記内容の平均航海速力であり、かつ、この平均航海速力でも各港々の平均速力が11.5knots以上の場合もあることから判るように、運搬船をこの平均速力で計画してよいことには直接つながるものではないことを付記しておく。

4.5 シミュレーションのまとめ

本シミュレーションは、今後予想される放射性物質の海上輸送の概要をマクロに把握することに重点を置いたため、実施に当っては、様々な仮定をおいた。なお、実際の運航では無数のパターンが考えられるので、本研究で採用したパターンモデルは実際の運航に合せてその都度見直す必要がある。

4.1章で設定した条件下で総巡回距離の最小化及び実入容器の延輸送【個数×距離】の最小化を命題として輸送パターンをシミュレートし、かつ、各船の仕事量ができるだけ均一になるよう1年間の配船計画を行った結果が表4.4.4～4.4.11である。

スケジュールダイアグラム図4.3.1～4.3.3は、配船計画の前段階であるが、これにより輸送船の運航状況を視覚的に把握することができ、海上輸送の概要を把握する上で参考になると思われる。

以下に今回のシミュレーション全般に亘る考察を試みる。

4.5.1 配船スケジュール

4.5.1(1) 稼働時間の構成

STEPⅢの配船結果の要約より稼働中の状況をまとめると下表の如くなる。

ケース	グループ数	航海数	使用隻数	航海時間	停泊時間	補正時間	稼働時間	停泊時間	稼働時間	航海数
SF200-8-2	5	26	2	2945.5 [47.5%]	510.0 [8.2%]	2105.0 [33.9%]	648.0 [10.4%]	6208.5 [100%]	42.1%	238.8
SF200-8-3			3							
SF200-20-2	5	12	2	1562.5 [27.2%]	1141.0 [19.9%]	2561.0 [44.5%]	480.0 [8.4%]	5744.5 [100%]	64.4%	478.7
LLW50-30A-2	15	26	2	2935.5 [50.4%]	963.0 [16.5%]	1927.0 [33.1%]	—	5825.5 [100%]	49.6%	224.1

ここで稼働時間はむつ小川原港で給油と空容器の積込みの後一航海終わって、再び、むつ小川原港で実入容器の積降しを完了するまでの時間である。航海時間は出港作業終了後から入港作業開始までの時間で、港から港までの間を航海している時間を示す。また、停泊荷役時間は稼働時間から航海時間と補正時間（5港にグループ化した場合）を除いたもので、入出港作業時間、荷役時間、夜間港内停泊時間を含んでいる。

停泊荷役時間が稼働時間に占める割合は高く、航海時間とほぼ同じである。

使用済燃料運搬船は8基積から20基積に使用済燃料輸送船の容量が増えることによっても停泊荷役時間は増加しているが、理由は次の通りである。

発電所港での停泊荷役時間は、1回当りの荷役キャスク基数が増えると、荷役しない夜間の停泊荷役時間が増加するために20基積船の方が8基積船より大きくなる。

むつ小川原港での停泊荷役時間については次のことが言える。8基積船の場合には船の容量とむつ小川原港の1日当り荷役基数とが同数でありしかもほぼ毎航海満載であるのに対して、20基積船の場合には積荷数がより多いため2～3日連続して停泊する必要があり荷役しない夜間の停泊時間が増加する上に、むつ小川原港の1日当りの荷役基数8の倍数にならないで端数ができるため相対的に夜間の停泊時間が増加するので、1日で出港する8基積船に比べてむつ小川原港での停泊荷時間は大きく増加している。20基積船の場合、積荷数を8あるいは16になることが多くなるように、STEPⅠの輸送パターンを変えれば、むつ小川原港での停泊荷役時間の増加は抑えられるが、総巡回距離は増加する。

4.5.2 8基積みの使用済燃料運搬船による運航

今回のシミュレーションではシミュレーションダイアグラム（図4.3.1）から配船計画への展開にあたり最小2隻でも対応可能となったが、（表4.3.4参照）、4.5章冒頭に記載の如く簡略化した条件下の結果であるので海上輸送の概要を把握する目的には合致しているが、具体的な隻数という面では下記のように実際の輸送条件を考慮して適合する隻数にする必要があり、表4.3.6に示す如く3隻による運航を想定しておくのが妥当と考えられる。

- (1) 今回のシミュレーションでは、全てのサイトで使用するキャスクの種類（現在、大別して約5種類ある）を区別せず1種類としており（4.1.10章の年間輸送基数では、一応大小形の区別はしているが同じ発電所でも混在させており輸送の際には区別していない）、また、空キャスクのみの配送や実キャスクのみの回収を考えずに空実キャスク交換として輸送を簡略化している。このため、キャスクを必要なときだけ発電所で保管するようにはしていないので必要キャスク基数が増える一方、航海数や航海距離が減って必要運搬船隻数が少なく求められている。実際には高価なキャスクの必要基数を減らすためにキャスク装填期間に余裕がある発電所に対しては空キャスクのみ配送・実キャスクのみ回収の航海を行うことも考えられるので、航海数が増えてスケジュールが重なり必要運搬船隻数が増えることがあると予想される。
- (2) 発電所の定期点検工事によりキャスクへの使用済燃料の装填時期が限定されている。また、本シミュレーションの前提条件（4.1.4章）でキャスクの装填能率をサイト数に比例させたが、グループ内サイト間には使用済燃料発生量に差があるため、使用済燃料発生量の多い発電所のキャスク装填日数は本シミュレーションで考慮したものよりも長くなり、スケジュールはタイトになる。また、今回のシミュレーションでは、グループ化して最適化の際の検索数を減らしているため、個々の発電所の細かなスケジュールを考慮していない。実際には発電所の入港制限のない時期が重なったり、キャスク輸送数の多い発電所の使用済燃料の装填完了時期が定期点検工事の各発電所のスケジュールによっては重なるなどの要因により、航海密度が一時的に高くなり、輸送スケジュールが重なって必要運搬船隻数が増えることもあると予想される。

4.5.3 20基積みの使用済燃料運搬船による運航

20基積みの使用済燃料運搬船による運航についても、前記の8基積船と同じ事情があるが、輸送スケジュールが重なることも少ないとから今回のシミュレーション結果より得られた2隻による運航が妥当であると考えられる。（図4.3.2、表4.3.8参照）。

4.5.4 低レベル放射性廃棄物運搬船による運航

低レベル放射性廃棄物の海上輸送では、ラック等の輸送容器費用は相対的に小さいと考えられるので、実際の海上輸送にも特に入港期間に制限がない場合は空実輸送容器交換の今回のシミュレーションに近い燃料費等の運航費を小さくする形で行われると考えても差異は小さくモデル化に大きな無理はないと考えられる。

低レベル放射性廃棄物運搬船による運航については、3,000DWT型では輸送スケジュールが重なることも少ないとから15港への輸送に対して充分な柔軟性を持つので今回のシミュレーション結果より得られた2隻による運航が妥当であると考えられる。（図4.3.3、表4.3.10参照）。

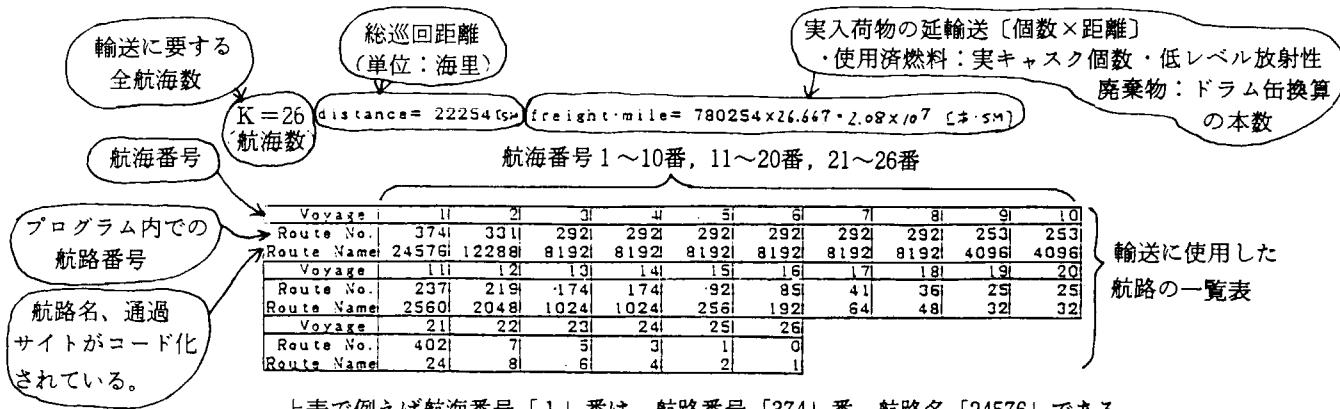
4.5.5 荷役能率の海上輸送への影響

荷役能力も、1航海当たりの稼働時間に占める停泊荷役時間の割合が高いことから、運搬船隻数や輸送容器数などの使用済燃料・低レベル放射性廃棄物輸送の費用及びスケジュールに大きな影響をもつと考えられている。

4.5.6 発電所港の入港制限の海上輸送への影響

発電所港の入港制限も、運搬船隻数や輸送容器数などの使用済燃料・低レベル放射性廃棄物輸送の費用及びスケジュールに大きな影響をもつと考えられる。

参考表STEP I の表の見方



上表で例えば航海番号「1」番は、航路番号「374」番、航路名「24576」である。

サイト番号と
サイト名

Voyage	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1:オナガワ	201																			
2:フクシマ-1	481	551	751	751	751	751														
3:フクシマ-2	201						751	751												
4:トウカイ													191	751						
5:ハマオカ														701	751					
6:イカタ													541							
7:センタ-イ														641						
8:ゲンカイ														641						
9:シマゼ														91	751					
10:タカハ															151	751	751			
11:オナイ															601					
12:ハマ																601				
13:ツカ-																	601			
14:ダングサ-キ・カリハ																		601		
15:トマリ																			601	
0:ムツオガワラ	681	751	751	751	751	751	751	751	751	751	751	751	751	751	751	751	751	751	751	
Voyage	21	221	231	241	251	261														

上表では例えば航海番号「1」番は

「I : オナガワ」「Z : フクシマ-1」でそれぞれ
実ラックを20個、48個、とコンクリートブロック
を53個、128個積込み、「O : ムツオガワラ」で
実ラックを68個とコンクリートブロックを181
個降ろしている。

積出し一覧表

- 使用済燃料
- 実キャスク個数
- 低レベル放射性
- コンクリートブロック
の個数は実ラック個数
に2.667を掛けます。



通過サイトの順番とサイト間の距離
サイトはサイト番号で示されています。

R.No.	R.Name	Dist.	Order of port
374	24576	498	0 -< (236)> 2 -< 87> > 1 -< 175> > 0
331	12288	486	0 -< (242)> 3 -< 8> > 2 -< (236)> 0
292	8192	472	0 -< (236)> 2 -< (236)> 0
253	4096	484	0 -< (242)> 3 -< (242)> 0
237	2560	1758	0 -< (872)> 6 -< (587)> 4 -< (299)> 0
219	2048	598	0 -< (299)> 4 -< (299)> 0
174	1024	998	0 -< (499)> 5 -< (499)> 0
92	256	1872	0 -< (936)> 7 -< (936)> 0
85	192	1610	0 -< (803)> 8 -< (204)> 9 -< (603)> 0
41	64	1206	0 -< (603)> 9 -< (603)> 0
36	48	1044	0 -< (519)> 10 -< (11)> 11 -< (514)> 0
25	32	1038	0 -< (519)> 10 -< (519)> 0
402	24	1040	0 -< (505)> 12 -< (21)> 11 -< (514)> 0
7	8	1010	0 -< (505)> 12 -< (505)> 0
5	6	1072	0 -< (506)> 13 -< (212)> 14 -< (354)> 0
3	4	1012	0 -< (506)> 13 -< (506)> 0
1	2	708	0 -< (354)> 14 -< (354)> 0
0	1	468	0 -< (234)> 15 -< (234)> 0

航路の内容

上表で例えば、航路番号「374」は、航路名「24576」、航路距離「498海里」「O : ムツオガワラ」より「2
36海里」の「Z : フクシマ-1」に行き、それから「87海里」の「I : オナガワ」に行き、「175海里」の
「O : ムツオガワラ」に戻る。

表4.3.1 STEP I 結果 (ケースSF200-8, ケースSF200-20)

(a) ケースSF200-8 (5グループ)

optimum route now 87/09/01 20:01:50

k=26 distance=20006[SM] freight·mile=76569[基·SM]実キャスク基数×輸送距離
(航海数)

Voyage	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Route No.	18	18	18	18	18	18	17	17	17	17	17	19	21	21	21	21	21	20	20	20
Route Name	16	16	16	16	16	16	8	8	8	8	8	6	4	4	4	4	4	2	2	2
Voyage	21	22	23	24	25	26														
Route No.	20	20	20	15	15	15														
Route Name	2	2	2	1	1	1														

transport patern

Voyage	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
1:カシワザキ・カリハ	7	8	8	8	8	8																
2:タカハマ							7	8	8	8												
3:フクシマ-1											1	8	8	8	8							
4:フクシマ-2										3							8	8	8			
5:ゲンカイ																						
0:ムツ・オガワラ	7	8	8	8	8	8	7	8	8	8	8	4	8	8	8	8	8	8	8	8		
Voyage	21	22	23	24	25	26																
1:カシワザキ・カリハ																						
2:タカハマ																						
3:フクシマ-1																						
4:フクシマ-2	8	8	8																			
5:ゲンカイ							6	8	8													
0:ムツ・オガワラ	8	8	8	6	8	8																

(b) ケースSF200-20 (5グループ)

optimum route now 87/11/14 13:20:20

k=12 distance=10426[SM] freight·mile=78621[基·SM]実キャスク基数×輸送距離
(航海数)

Voyage	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Route No.	16	14	18	18	13	13	19	19	19	19	20	20
Route Name	24	17	16	16	9	9	6	6	6	6	2	2

transport patern

Voyage	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1:カシワザキ・カリハ	9	10	14	14								
2:タカハマ	11				15	13						
3:フクシマ-1							5	14	11	11		
4:フクシマ-2							9	6	9	9	9	9
5:ゲンカイ		10			5	7						
0:ムツ・オガワラ	20	20	14	14	20	20	14	20	20	20	9	9

R.No.	R.Name	Dist.	Order of Port
16	24	1098	0-(519)>2-(225)>1-(354)>0
14	17	1666	0-(803)>5-(509)>1-(354)>0
18	16	703	0-(354)>1-(354)>0
13	9	1667	0-(803)>5-(345)>2-(519)>0
19	6	486	0-(242)>4-(8)>3-(236)>0
20	2	484	0-(242)>4-(242)>0

表4.3.2 STEPI結果（ケースLLW50-30, ラックとコンクリートブロック, 5港）

optimum route now 87/09/02 10:47:07

k=26 distance=20096[SM] freight·mile=702215×26.667=1.87×10⁷[本·SM]

(航海数) ドラム缶換算×輸送距離

Voyage	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Route No.	18	18	18	18	18	17	17	17	17	21	21	21	21	21	21	21	21	21	10	20	
Route Name	16	16	16	16	16	8	8	8	8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2	
Voyage	21	22	23	24	25	26															
Route No.	20	20	20	20	15	15															
Route Name	2	2	2	2	1	1															

transport pattern (ラック換算) C.B.個数=ラック×2.6667

Voyage	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
1:カシワザキ・カリハ	54	75	75	75	75																	
2:タカハマ							57	75	75	75												
3:フクシマ-1											48	75	75	75	75	75	75	75				
4:フクシマ-2																			34	75		
5:ゲンカイ																				32		
0:ムツ・オガワラ	54	75	75	75	75	57	75	75	75	75	48	75	75	75	75	75	75	75	66	75		
Voyage	21	22	23	24	25	26																
1:カシワザキ・カリハ																						
2:タカハマ																						
3:フクシマ-1																						
4:フクシマ-2	75	75	75	75																		
5:ゲンカイ											75	75										
0:ムツ・オガワラ	75	75	75	75	75	75																

R.No.	R.Name	Dist.	Order of Port
18	16	708	0-(354)>1-(354)>0
17	8	1038	0-(519)>2-(519)>0
21	4	472	0-(236)>3-(236)>0
10	3	1958	0-(803)>5-(913)>4-(242)>0
20	2	484	0-(242)>4-(242)>0
15	1	1606	0-(803)>5-(803)>0

表4.3.3 STEPI結果 (ケースLLW50-30A, ラックとコンクリートブロック. 15港)

optimum route now 87/09/11 16:27:30
 k=26 distance=22254[SM] freight·mile=780254×26.667=2.08×10⁷[本·SM]
 (航海数) ドラム缶換算×輸送距離

Voyage	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Route No.	374	331	292	292	292	292	292	292	253	253
Route Name	24576	12288	8192	8192	8192	8192	8192	8192	4096	4096
Voyage	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Route No.	237	219	174	174	92	85	41	36	25	25
Route Name	2560	2048	1024	1024	256	192	64	48	32	32
Voyage	21	22	23	24	25	26				
Route No.	402	7	5	3	1	0				
Route Name	24	8	6	4	2	1				

transport pattern (ラック換算) コンクリートブロック個数=ラック個数×2.667

Voyage	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1: オナガワ	20																			
2: フクシマ-1	48	55	75	75	75	75	75	75												
3: フクシマ-2	20								75	75										
4: トウカイ										19	75									
5: ハマオカ											70	75								
6: イカタ									54											
7: センダイ											64									
8: ゲンカイ											64									
9: シマネ												9	75							
10: タカハマ													15	75	75					
11: オオイ													60							
12: ミハマ																				
13: ツルガ																				
14: カシワザキ・カリハ																				
15: トマリ																				
0: ムツ・オガワラ	68	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	73	75	70	75	64	73	75	75
Voyage	21	22	23	24	25	26														
1: オナガワ																				
2: フクシマ-1																				
3: フクシマ-2																				
4: トウカイ																				
5: ハマオカ																				
6: イカタ																				
7: センダイ																				
8: ゲンカイ																				
9: シマネ																				
10: タカハマ																				
11: オオイ	48																			
12: ミハマ	19	75																		
13: ツルガ				26	75															
14: カシワザキ・カリハ				43		75														
15: トマリ								41												
0: ムツ・オガワラ	67	75	69	75	75	41														

R.No.	R.Name	Dist.	Order of Port
374	24576	498	0-(236)>2-(87)>1-(175)>0
331	12288	486	0-(242)>3-(8)>2-(236)>0-
292	8192	472	0-(236)>2-(236)>0-
253	4096	484	0-(242)>3-(242)>0
237	2560	1758	0-(872)>6-(587)>4-(299)>0
219	2048	598	0-(299)>4-(299)>0
174	1024	998	0-(499)>5-(499)>0
92	256	1872	0-(936)>7-(936)>0
85	192	1610	0-(803)>8-(204)>9-(603)>0
41	64	1206	0-(603)>9-(603)>0
36	48	1044	0-(519)>10-(11)>11-(514)>0
25	32	1038	0-(519)>10-(519)>0
402	24	1040	0-(505)>12-(21)>11-(514)>0
7	8	1010	0-(505)>12-(505)>0
5	6	1072	0-(506)>13-(212)>14-(354)>0
3	4	1012	0-(506)>13-(506)>0
1	2	708	0-(354)>14-(354)>0
0	1	468	0-(234)>15-(234)>0

△ 印 日曜日，○印 休日，X印 振替休日

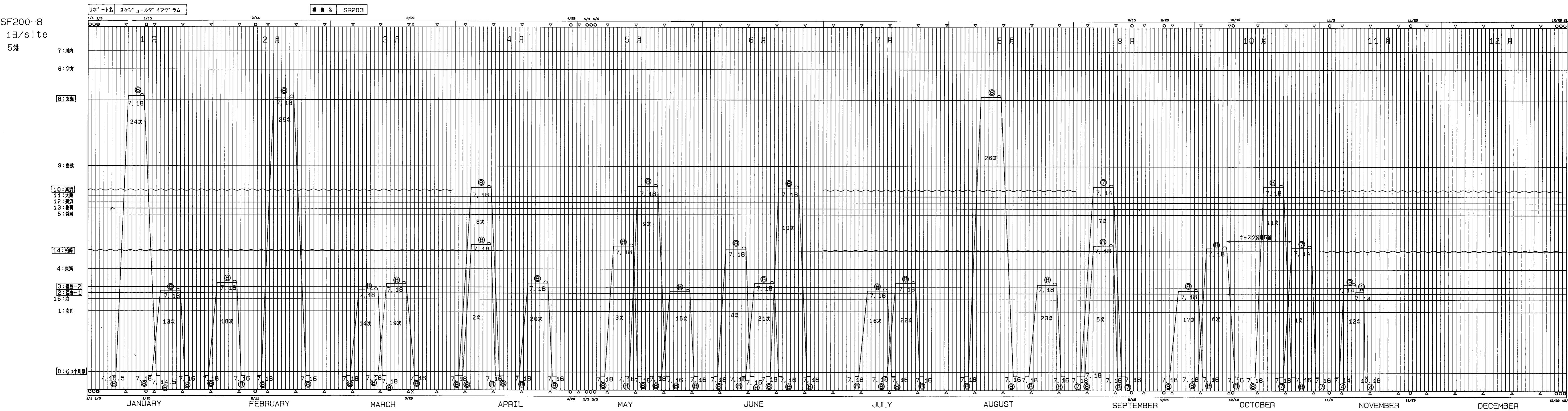


図4.3.1 ケースSF200-8 5港

△ 印 日曜日，○印 休日，X印 振替休日

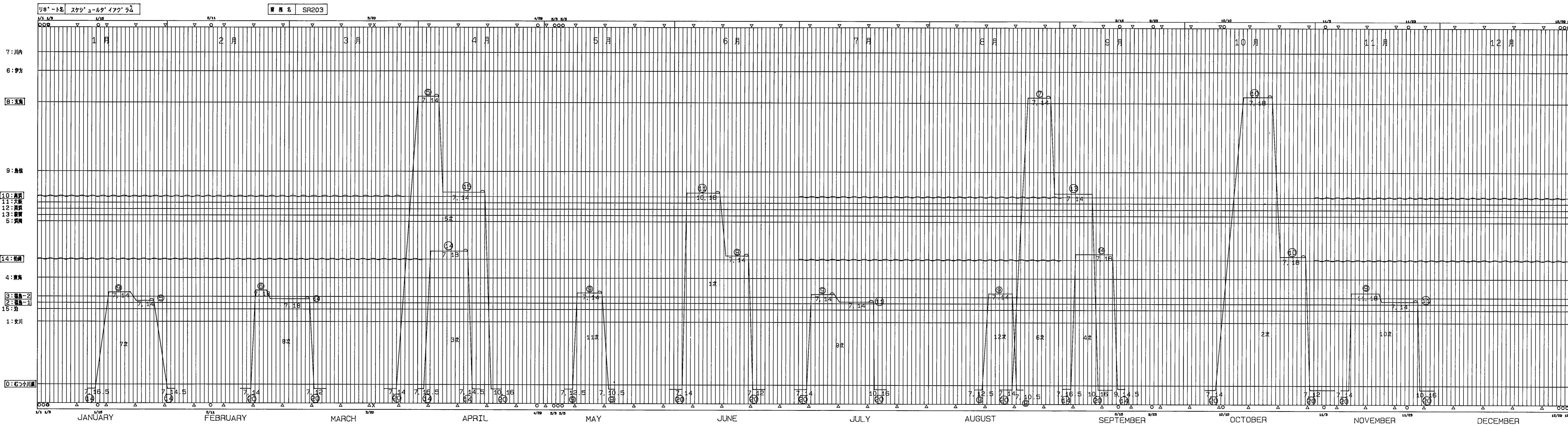


図4.3.2 ケースSF200-20 5港

△ 印 日曜日, ○ 印 休日, X 印 振替休日

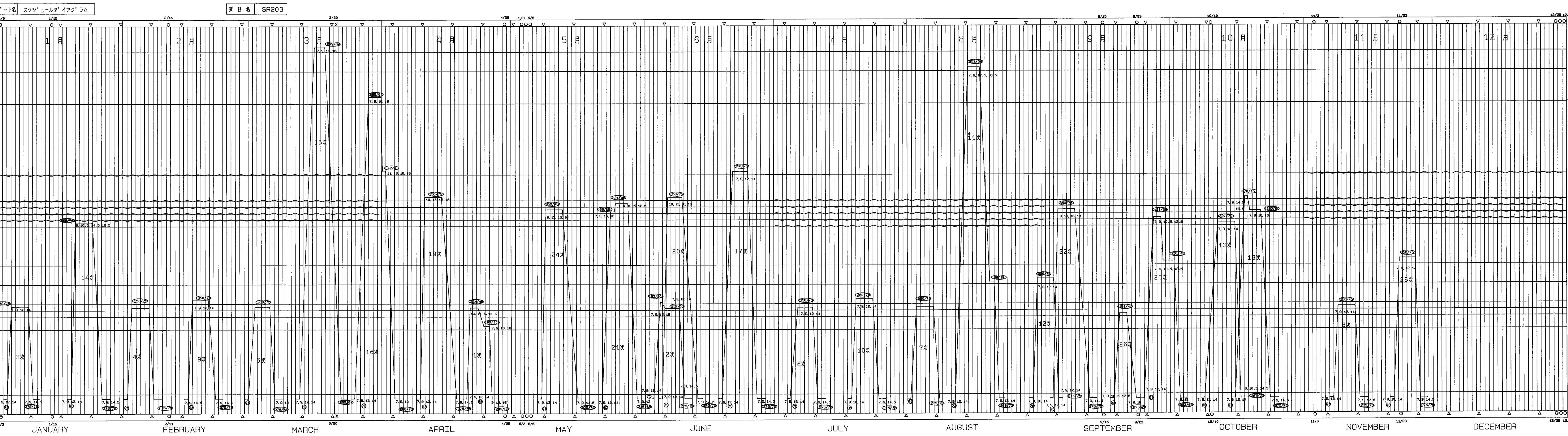


図 4.3.3 ケース LLW50-30A 15港, ラック+CB

参考表 STEP III の表の見方

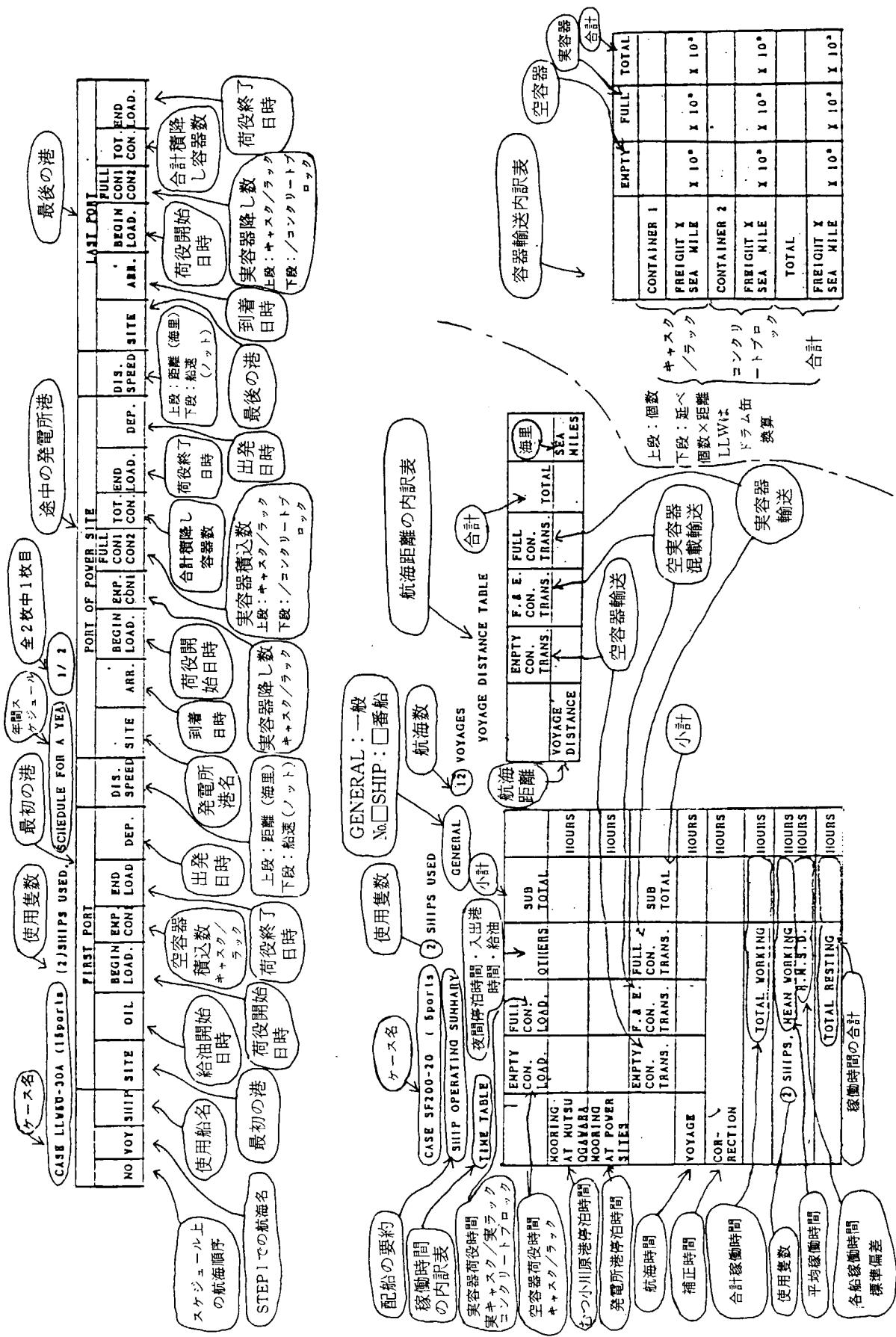


表4.3.4 STEPⅢ配船スケジュール ケースSF200-8-2

NO	VOY	SHIP	SITE	FIRST PORT				PORT OF POWER SITE								LAST PORT						
				OIL	BEGIN LOAD.	EMP. CON1	END LOAD	DIS. SPEED	SITE	ARR.	BEGIN LOAD.	EMP. CON1	CON2	TOT. CON.	END LOAD.	DIS. SPEED	SITE	ARR.	FULL CON1	TOT. CON.	END LOAD.	
1	24	2	ムツ・オカーワク	1/ 7 7.0	1/ 7 9.0	6	1/ 7 16.5	803 9.3	ケンカイ	1/11 7.0	1/11 9.0	6	6	12	1/14 16.0	803 9.4	ムツ・オカーワク	1/18 7.0	1/18 9.0	6	6	1/18 14.5
2	13	1	ムツ・オカーワク	1/16 7.0	1/16 9.0	8	1/16 16.0	236 3.9	フシマ -1	1/19 7.0	1/19 9.0	8	8	16	1/23 16.0	236 6.4	ムツ・オカーワク	1/25 7.0	1/25 9.0	8	8	1/25 16.0
3	18	2	ムツ・オカーワク	1/30 7.0	1/30 9.0	8	1/30 16.0	242 4.0	フシマ -2	2/ 2 7.0	2/ 2 9.0	8	8	16	2/ 6 16.0	242 6.5	ムツ・オカーワク	2/ 8 7.0	2/ 8 9.0	8	8	2/ 8 16.0
4	25	1	ムツ・オカーワク	2/12 7.0	2/12 9.0	8	2/12 16.0	803 9.4	ケンカイ	2/18 7.0	2/18 9.0	8	8	16	2/20 16.0	803 9.4	ムツ・オカーワク	2/24 7.0	2/24 9.0	8	8	2/24 16.0
5	14	2	ムツ・オカーワク	3/ 6 7.0	3/ 6 9.0	8	3/ 6 16.0	236 3.9	フシマ -1	3/ 9 7.0	3/ 9 9.0	8	8	16	3/13 16.0	236 6.4	ムツ・オカーワク	3/15 7.0	3/15 9.0	8	8	3/15 16.0
6	19	1	ムツ・オカーワク	3/13 7.0	3/13 9.0	8	3/13 16.0	242 4.0	フシマ -2	3/16 7.0	3/16 9.0	8	8	16	3/20 16.0	242 4.0	ムツ・オカーワク	3/23 7.0	3/23 9.0	8	8	3/23 16.0
7	8	2	ムツ・オカーワク	4/ 2 7.0	4/ 2 9.0	8	4/ 2 16.0	519 6.1	タカハマ	4/ 6 7.0	4/ 6 9.0	8	8	16	4/10 16.0	519 8.5	ムツ・オカーワク	4/13 7.0	4/13 9.0	8	8	4/13 16.0
8	2	1	ムツ・オカーワク	4/ 3 7.0	4/ 3 9.0	8	4/ 3 16.0	354 9.6	カシワツキ・カリハ	4/ 5 7.0	4/ 5 9.0	8	8	16	4/10 16.0	354 9.6	ムツ・オカーワク	4/12 7.0	4/12 9.0	8	8	4/12 16.0
9	20	2	ムツ・オカーワク	4/17 7.0	4/17 9.0	8	4/17 16.0	242 4.0	フシマ -2	4/20 7.0	4/20 9.0	8	8	16	4/24 16.0	242 6.5	ムツ・オカーワク	4/26 7.0	4/26 9.0	8	8	4/26 16.0
10	3	1	ムツ・オカーワク	5/ 8 7.0	5/ 8 9.0	8	5/ 8 16.0	354 5.8	カシワツキ・カリハ	5/11 7.0	5/11 9.0	8	8	16	5/15 16.0	354 9.6	ムツ・オカーワク	5/17 7.0	5/17 9.0	8	8	5/17 16.0
11	9	2	ムツ・オカーワク	5/14 7.0	5/14 9.0	8	5/14 16.0	519 8.5	タカハマ	5/17 7.0	5/17 9.0	8	8	16	5/21 16.0	519 8.5	ムツ・オカーワク	5/24 7.0	5/24 9.0	8	8	5/24 16.0
12	15	1	ムツ・オカーワク	5/22 7.0	5/22 9.0	8	5/22 16.0	236 3.9	フシマ -1	5/25 7.0	5/25 9.0	8	8	16	5/29 16.0	236 6.4	ムツ・オカーワク	5/31 7.0	5/31 9.0	8	8	5/31 16.0
13	4	2	ムツ・オカーワク	6/ 5 7.0	6/ 5 9.0	8	6/ 5 16.0	354 5.8	カシワツキ・カリハ	6/ 8 7.0	6/ 8 9.0	8	8	16	6/12 16.0	354 9.6	ムツ・オカーワク	6/14 7.0	6/14 9.0	8	8	6/14 16.0
14	21	1	ムツ・オカーワク	6/12 7.0	6/12 9.0	8	6/12 16.0	242 4.0	フシマ	6/15 7.0	6/15 9.0	8	8	16	6/19 16.0	242 6.5	ムツ・オカーワク	6/21 7.0	6/21 9.0	8	8	6/21 16.0
15	10	2	ムツ・オカーワク	6/18 7.0	6/18 9.0	8	6/18 16.0	519 8.5	タカハマ	6/21 7.0	6/21 9.0	8	8	16	6/25 16.0	519 8.5	ムツ・オカーワク	6/28 7.0	6/28 9.0	8	8	6/28 16.0
16	16	1	ムツ・オカーワク	7/10 7.0	7/10 9.0	8	7/10 16.0	236 3.9	フシマ -1	7/13 7.0	7/13 9.0	8	8	16	7/17 16.0	236 6.4	ムツ・オカーワク	7/19 7.0	7/19 9.0	8	8	7/19 16.0
17	22	2	ムツ・オカーワク	7/17 7.0	7/17 9.0	8	7/17 16.0	242 4.0	フシマ	7/20 7.0	7/20 9.0	8	8	16	7/24 16.0	242 6.5	ムツ・オカーワク	7/26 7.0	7/26 9.0	8	8	7/26 16.0
18	26	1	ムツ・オカーワク	8/ 6 7.0	8/ 6 9.0	8	8/ 6 16.0	803 9.4	ケンカイ	8/10 7.0	8/10 9.0	8	8	16	8/14 16.0	803 9.4	ムツ・オカーワク	8/18 7.0	8/18 9.0	8	8	8/18 16.0
19	23	2	ムツ・オカーワク	8/21 7.0	8/21 9.0	8	8/21 16.0	242 4.0	フシマ	8/24 7.0	8/24 9.0	8	8	16	8/28 16.0	242 6.5	ムツ・オカーワク	8/30 7.0	8/30 9.0	8	8	8/30 16.0
20	7	1	ムツ・オカーワク	9/ 3 7.0	9/ 3 9.0	7	9/ 3 16.0	519 6.1	タカハマ	9/ 7 7.0	9/ 7 9.0	7	7	14	9/11 12.0	519 8.0	ムツ・オカーワク	9/14 7.0	9/14 9.0	7	7	9/14 16.0
21	5	2	ムツ・オカーワク	9/ 4 7.0	9/ 4 9.0	8	9/ 4 16.0	354 5.8	カシワツキ・カリハ	9/ 7 7.0	9/ 7 9.0	8	8	16	9/11 16.0	354 9.6	ムツ・オカーワク	9/13 7.0	9/13 9.0	8	8	9/13 16.0
22	17	2	ムツ・オカーワク	9/25 7.0	9/25 9.0	8	9/25 16.0	236 3.9	フシマ -1	9/28 7.0	9/28 9.0	8	8	16	10/ 2 16.0	236 6.4	ムツ・オカーワク	10/ 4 7.0	10/ 4 9.0	8	8	10/ 4 16.0
23	6	3	ムツ・オカーワク	10/ 2 7.0	10/ 2 9.0	8	10/ 2 16.0	354 5.8	カシワツキ・カリハ	10/ 5 7.0	10/ 5 9.0	8	8	16	10/ 9 16.0	354 5.8	ムツ・オカーワク	10/12 7.0	10/12 9.0	8	8	10/12 16.0
24	11	1	ムツ・オカーワク	10/16 7.0	10/16 9.0	8	10/16 16.0	519 8.5	タカハマ	10/19 7.0	10/19 9.0	8	8	16	10/23 16.0	519 8.5	ムツ・オカーワク	10/26 7.0	10/26 9.0	8	8	10/26 16.0
25	1	2	ムツ・オカーワク	10/23 7.0	10/23 9.0	7	10/23 16.0	354 5.8	カシワツキ・カリハ	10/26 7.0	10/26 9.0	7	7	14	10/30 12.0	354 8.6	ムツ・オカーワク	11/ 1 7.0	11/ 1 9.0	7	7	11/ 1 16.0
26	12	1	ムツ・オカーワク	11/ 6 7.0	11/ 6 9.0	4	11/ 6 12.0	242 5.9	フシマ	11/ 8 7.0	11/ 8 9.0	3	3	6	11/10 12.0	11/10 14.0	ムツ・オカーワク	11/13 10.0	11/13 13.0	4	4	11/13 16.0
								8 -1	フシマ	11/11 7.0	11/11 9.0	1	1	2	11/12 12.0	236 11.8	ムツ・オカーワク	11/13 10.0	11/13 13.0	4	4	11/13 16.0

表4.3.5 STEPⅢ配船結果の要約 ケースSF200-8-2

CASE SF200-8 (5ports) 2 SHIPS USED

SHIP OPERATING SUMMARY >>> (GENERAL) 26 VOYAGES <<<

TIME TABLE

	EMPTY CON. LOAD.	FULL CON. LOAD.	OTHERS	SUB TOTAL	
MOORING AT MUTSU OGAWARA	138.9	138.9	232.3	510.0	HOURS
MOORING AT POWER SITES	275.0	275.0	1555.0	2105.0	HOURS
	EMPTY CON. TRANS.	F. & E. CON. TRANS.	FULL CON. TRANS.	SUB TOTAL	
VOYAGE	1663.5	17.0	1265.0	2945.5	HOURS
COR-RECTION				648.0	HOURS
				TOTAL WORKING	6208.5 HOURS
2 SHIPS, MEAN WORKING R.M.S.D.			3104.3	HOURS	11.25 HOURS
				TOTAL RESTING	11311.5 HOURS

VOYAGE DISTANCE TABLE

	EMPTY CON. TRANS.	F. & E. CON. TRANS.	FULL CON. TRANS.	TOTAL	SEA MILES
VOYAGE DISTANCE	10002		8	9996	20006

TRANSPORTING CONTAINER TABLE

	EMPTY	FULL	TOTAL
CONTAINER 1	200	200	400
FREIGHT X SEA MILE	76577	76569	153146

CASE SF200-8 (5ports) 2 SHIPS USED

SHIP OPERATING SUMMARY >>> (NO.1 SHIP) 13 VOYAGES <<<

TIME TABLE

	EMPTY CON. LOAD.	FULL CON. LOAD.	OTHERS	SUB TOTAL	
MOORING AT MUTSU OGAWARA	68.8	68.8	115.5	253.0	HOURS
MOORING AT POWER SITES	134.8	134.8	780.5	1050.0	HOURS
	EMPTY CON. TRANS.	F. & E. CON. TRANS.	FULL CON. TRANS.	SUB TOTAL	
VOYAGE	821.0	17.0	616.0	1454.0	HOURS
COR-RECTION				336.0	HOURS
				TOTAL WORKING	3093.0 HOURS
				TOTAL RESTING	5667.0 HOURS

VOYAGE DISTANCE TABLE

	EMPTY CON. TRANS.	F. & E. CON. TRANS.	FULL CON. TRANS.	TOTAL	SEA MILES
VOYAGE DISTANCE	4857		8	4851	9716

TRANSPORTING CONTAINER TABLE

	EMPTY	FULL	TOTAL
CONTAINER 1	98	98	196
FREIGHT X SEA MILE	37023	37015	74038

CASE SF200-8 (5ports) 2 SHIPS USED

SHIP OPERATING SUMMARY >>> (NO.2 SHIP) 13 VOYAGES <<<

TIME TABLE

	EMPTY CON. LOAD.	FULL CON. LOAD.	OTHERS	SUB TOTAL	
MOORING AT MUTSU OGAWARA	70.1	70.1	116.8	257.0	HOURS
MOORING AT POWER SITES	140.3	140.3	774.5	1055.0	HOURS
	EMPTY CON. TRANS.	F. & E. CON. TRANS.	FULL CON. TRANS.	SUB TOTAL	
VOYAGE	842.5	0.0	649.0	1491.5	HOURS
COR-RECTION				312.0	HOURS
				TOTAL WORKING	3115.5 HOURS
				TOTAL RESTING	5644.5 HOURS

VOYAGE DISTANCE TABLE

	EMPTY CON. TRANS.	F. & E. CON. TRANS.	FULL CON. TRANS.	TOTAL	SEA MILES
VOYAGE DISTANCE	5145		0	5145	10290

TRANSPORTING CONTAINER TABLE

	EMPTY	FULL	TOTAL
CONTAINER 1	102	102	204
FREIGHT X SEA MILE	39554	39554	79108

表4.3.6 STEPⅢ配船スケジュール ケースSF200-8-3

NO.	VOY.	SHIP	SITE	FIRST PORT				DIS. SPEED	SITE	PORT OF POWER SITE							DIS. SPEED	SITE	LAST PORT				
				BEGIN LOAD.	EMP. CON1	END LOAD.	DEP.			BEGIN LOAD.	EMP. CON1	FULL CON2	TOT CON.	END LOAD.	DEP.	BEGIN LOAD.		EMP. CON1	FULL CON2	TOT CON.	END LOAD.		
1	24	3	ムツ・ オカ・フラ	1/ 7 7.0	1/ 7 9.0	6	1/ 7 14.5	1/ 7 16.5	803 9.3	ケンカイ	1/11 7.0	1/11 9.0	6	6	12	1/14 16.0	1/14 18.0	803 9.4	ムツ・ オカ・フラ	1/18 7.0	1/18 9.0	6	6 1/18 14.5
2	13	1	ムツ・ オカ・フラ	1/16 7.0	1/16 9.0	8	1/16 16.0	1/16 18.0	236 3.9	フクシマ	1/19 7.0	1/19 9.0	8	8	16	1/23 16.0	1/23 18.0	236 6.4	ムツ・ オカ・フラ	1/25 7.0	1/25 9.0	8	8 1/25 16.0
3	18	2	ムツ・ オカ・フラ	1/30 7.0	1/30 9.0	8	1/30 16.0	1/30 18.0	242 4.0	フクシマ	2/ 2 -2	2/ 2 9.0	8	8	16	2/ 6 16.0	2/ 6 18.0	242 6.5	ムツ・ オカ・フラ	2/ 8 7.0	2/ 8 9.0	8	8 2/ 8 16.0
4	25	3	ムツ・ オカ・フラ	2/12 7.0	2/12 9.0	8	2/12 16.0	2/12 18.0	803 9.4	ケンカイ	2/16 7.0	2/16 9.0	8	8	16	2/20 16.0	2/20 18.0	803 9.4	ムツ・ オカ・フラ	2/24 7.0	2/24 9.0	8	8 2/24 16.0
5	14	1	ムツ・ オカ・フラ	3/ 6 7.0	3/ 6 9.0	8	3/ 6 16.0	3/ 6 18.0	236 3.9	フクシマ	3/ 9 -1	3/ 9 9.0	8	8	16	3/13 16.0	3/13 18.0	236 6.4	ムツ・ オカ・フラ	3/15 7.0	3/15 9.0	8	8 3/15 16.0
6	19	2	ムツ・ オカ・フラ	3/13 7.0	3/13 9.0	8	3/13 16.0	3/13 18.0	242 4.0	フクシマ	3/16 7.0	3/16 9.0	8	8	16	3/20 16.0	3/20 18.0	242 4.0	ムツ・ オカ・フラ	3/23 7.0	3/23 9.0	8	8 3/23 16.0
7	8	3	ムツ・ オカ・フラ	4/ 2 7.0	4/ 2 9.0	8	4/ 2 16.0	4/ 2 18.0	519 6.1	タカハマ	4/ 6 7.0	4/ 6 9.0	8	8	16	4/10 16.0	4/10 18.0	519 8.5	ムツ・ オカ・フラ	4/13 7.0	4/13 9.0	8	8 4/13 16.0
8	2	1	ムツ・ オカ・フラ	4/ 3 7.0	4/ 3 9.0	8	4/ 3 16.0	4/ 3 18.0	354 9.6	カシワサ キ・カリハ	4/ 5 7.0	4/ 5 9.0	8	8	16	4/10 16.0	4/10 18.0	354 9.6	ムツ・ オカ・フラ	4/12 7.0	4/12 9.0	8	8 4/12 16.0
9	20	2	ムツ・ オカ・フラ	4/17 7.0	4/17 9.0	8	4/17 16.0	4/17 18.0	242 4.0	フクシマ	4/20 7.0	4/20 9.0	8	8	16	4/24 16.0	4/24 18.0	242 6.5	ムツ・ オカ・フラ	4/26 7.0	4/26 9.0	8	8 4/26 16.0
10	3	3	ムツ・ オカ・フラ	5/ 8 7.0	5/ 8 9.0	8	5/ 8 16.0	5/ 8 18.0	354 5.8	カシワサ キ・カリハ	5/11 7.0	5/11 9.0	8	8	16	5/15 16.0	5/15 18.0	354 9.6	ムツ・ オカ・フラ	5/17 7.0	5/17 9.0	8	8 5/17 16.0
11	9	1	ムツ・ オカ・フラ	5/14 7.0	5/14 9.0	8	5/14 16.0	5/14 18.0	519 8.5	タカハマ	5/17 7.0	5/17 9.0	8	8	16	5/21 16.0	5/21 18.0	519 8.5	ムツ・ オカ・フラ	5/24 7.0	5/24 9.0	8	8 5/24 16.0
12	15	2	ムツ・ オカ・フラ	5/22 7.0	5/22 9.0	8	5/22 16.0	5/22 18.0	236 3.9	フクシマ	5/25 7.0	5/25 9.0	8	8	16	5/29 16.0	5/29 18.0	236 6.4	ムツ・ オカ・フラ	5/31 7.0	5/31 9.0	8	8 5/31 16.0
13	4	3	ムツ・ オカ・フラ	6/ 5 7.0	6/ 5 9.0	8	6/ 5 16.0	6/ 5 18.0	354 5.8	カシワサ キ・カリハ	6/ 8 7.0	6/ 8 9.0	8	8	16	6/12 16.0	6/12 18.0	354 9.6	ムツ・ オカ・フラ	6/14 7.0	6/14 9.0	8	8 6/14 16.0
14	21	1	ムツ・ オカ・フラ	6/12 7.0	6/12 9.0	8	6/12 16.0	6/12 18.0	242 4.0	フクシマ	6/15 7.0	6/15 9.0	8	8	16	6/19 16.0	6/19 18.0	242 6.5	ムツ・ オカ・フラ	6/21 7.0	6/21 9.0	8	8 6/21 16.0
15	10	2	ムツ・ オカ・フラ	6/18 7.0	6/18 9.0	8	6/18 16.0	6/18 18.0	519 8.5	タカハマ	6/21 7.0	6/21 9.0	8	8	16	6/25 16.0	6/25 18.0	519 8.5	ムツ・ オカ・フラ	6/28 7.0	6/28 9.0	8	8 6/28 16.0
16	16	3	ムツ・ オカ・フラ	7/10 7.0	7/10 9.0	8	7/10 16.0	7/10 18.0	236 3.9	フクシマ	7/13 7.0	7/13 9.0	8	8	16	7/17 16.0	7/17 18.0	236 6.4	ムツ・ オカ・フラ	7/19 7.0	7/19 9.0	8	8 7/19 16.0
17	22	1	ムツ・ オカ・フラ	7/17 7.0	7/17 9.0	8	7/17 16.0	7/17 18.0	242 4.0	フクシマ	7/20 7.0	7/20 9.0	8	8	16	7/24 16.0	7/24 18.0	242 6.5	ムツ・ オカ・フラ	7/26 7.0	7/26 9.0	8	8 7/26 16.0
18	26	3	ムツ・ オカ・フラ	8/ 6 7.0	8/ 6 9.0	8	8/ 6 16.0	8/ 6 18.0	803 9.4	ケンカイ	8/10 7.0	8/10 9.0	8	8	16	8/14 16.0	8/14 18.0	803 9.4	ムツ・ オカ・フラ	8/18 7.0	8/18 9.0	8	8 8/18 16.0
19	23	2	ムツ・ オカ・フラ	8/21 7.0	8/21 9.0	8	8/21 16.0	8/21 18.0	242 4.0	フクシマ	8/24 7.0	8/24 9.0	8	8	16	8/28 16.0	8/28 18.0	242 6.5	ムツ・ オカ・フラ	8/30 7.0	8/30 9.0	8	8 8/30 16.0
20	7	1	ムツ・ オカ・フラ	9/ 3 7.0	9/ 3 9.0	7	9/ 3 16.0	9/ 3 18.0	519 6.1	タカハマ	9/ 7 7.0	9/ 7 9.0	7	7	14	9/11 12.0	9/11 14.0	519 8.0	ムツ・ オカ・フラ	9/14 7.0	9/14 9.0	7	7 9/14 16.0
21	5	2	ムツ・ オカ・フラ	9/ 4 7.0	9/ 4 9.0	8	9/ 4 16.0	9/ 4 18.0	354 5.8	カシワサ キ・カリハ	9/ 7 7.0	9/ 7 9.0	8	8	16	9/11 16.0	9/11 18.0	354 9.6	ムツ・ オカ・フラ	9/13 7.0	9/13 9.0	8	8 9/13 16.0
22	17	1	ムツ・ オカ・フラ	9/25 7.0	9/25 9.0	8	9/25 16.0	9/25 18.0	236 3.9	フクシマ	9/28 7.0	9/28 9.0	8	8	16	10/ 2 16.0	10/ 2 18.0	236 6.4	ムツ・ オカ・フラ	10/ 4 7.0	10/ 4 9.0	8	8 10/ 4 16.0
23	6	2	ムツ・ オカ・フラ	10/ 2 7.0	10/ 2 9.0	8	10/ 2 16.0	10/ 2 18.0	354 5.8	カシワサ キ・カリハ	10/ 5 7.0	10/ 5 9.0	8	8	16	10/ 9 16.0	10/ 9 18.0	354 5.8	ムツ・ オカ・フラ	10/12 7.0	10/12 9.0	8	8 10/12 16.0
24	11	2	ムツ・ オカ・フラ	10/16 7.0	10/16 9.0	8	10/16 16.0	10/16 18.0	519 8.5	タカハマ	10/19 7.0	10/19 9.0	8	8	16	10/23 16.0	10/23 18.0	519 8.5	ムツ・ オカ・フラ	10/26 7.0	10/26 9.0	8	8 10/26 16.0
25	1	1	ムツ・ オカ・フラ	10/23 7.0	10/23 9.0	7	10/23 16.0	10/23 18.0	354 5.8	カシワサ キ・カリハ	10/26 7.0	10/26 9.0	7	7	14	10/30 16.0	10/30 18.0	354 8.6	ムツ・ オカ・フラ	11/ 1 7.0	11/ 1 9.0	7	7 11/ 1 16.0
26	12	1	ムツ・ オカ・フラ	11/ 6 7.0	11/ 6 9.0	4	11/ 6 12.0	11/ 6 14.0	242 5.9	フクシマ	11/ 8 7.0	11/ 8 9.0	3	3	6	11/10 12.0	11/10 14.0	236 11.8	ムツ・ オカ・フラ	11/13 10.0	11/13 13.0	4	4 11/13 16.0

表4.3.7(1/2) STEPⅢ配船結果の要約 ケースSF200-8-3

CASE SF200-8 (5ports) 3 SHIPS USED

SHIP OPERATING SUMMARY >>> (GENERAL) 26 VOYAGES <<<

TIME TABLE

	EMPTY CON. LOAD.	FULL CON. LOAD.	OTHERS	SUB TOTAL	
MOORING AT MUTSU OGAWARA	138.9	138.9	232.3	510.0	HOURS
MOORING AT POWER SITES	275.0	275.0	1555.0	2105.0	HOURS
	EMPTY CON. TRANS.	F. & E. CON. TRANS.	FULL CON. TRANS.	SUB TOTAL	
VOYAGE	1663.5	17.0	1265.0	2945.5	HOURS
COR-RECTION				648.0	HOURS
			TOTAL WORKING	6208.5	HOURS
3 SHIPS, MEAN WORKING R.M.S.D.			2069.5	HOURS	
			4.95	HOURS	
			TOTAL RESTING	20071.5	HOURS

VOYAGE DISTANCE TABLE

	EMPTY CON. TRANS.	F. & E. CON. TRANS.	FULL CON. TRANS.	TOTAL	SEA MILES
VOYAGE DISTANCE	10002	8	9996	20006	

TRANSPORTING CONTAINER TABLE

	EMPTY	FULL	TOTAL
CONTAINER 1	200	200	400
FREIGHT X SEA MILE	76577	76569	153146

CASE SF200-8 (5ports) 3 SHIPS USED

SHIP OPERATING SUMMARY >>> (NO.1 SHIP) 9 VOYAGES <<<

TIME TABLE

	EMPTY CON. LOAD.	FULL CON. LOAD.	OTHERS	SUB TOTAL	
MOORING AT MUTSU OGAWARA	46.8	46.8	79.5	173.0	HOURS
MOORING AT POWER SITES	92.1	92.1	537.8	722.0	HOURS
	EMPTY CON. TRANS.	F. & E. CON. TRANS.	FULL CON. TRANS.	SUB TOTAL	
VOYAGE	529.0	17.0	392.0	938.0	HOURS
COR-RECTION				240.0	HOURS
			TOTAL WORKING	2073.0	HOURS
			TOTAL RESTING	6687.0	HOURS

VOYAGE DISTANCE TABLE

	EMPTY CON. TRANS.	F. & E. CON. TRANS.	FULL CON. TRANS.	TOTAL	SEA MILES
VOYAGE DISTANCE	3109	8	3103	6220	

TRANSPORTING CONTAINER TABLE

	EMPTY	FULL	TOTAL
CONTAINER 1	67	67	134
FREIGHT X SEA MILE	23393	23385	46778

表4.3.7(2/2) STEPⅢ配船結果の要約 ケースSF200-8-3

CASE SF200-8 (5ports) 3 SHIPS USED

SHIP OPERATING SUMMARY >>> (NO.2 SHIP) 9 VOYAGES <<<

TIME TABLE

	EMPTY CON. LOAD.	FULL CON. LOAD.	OTHERS	SUB TOTAL	
MOORING AT MUTSU OGAWARA	49.5	49.5	81.0	180.0	HOURS
MOORING AT POWER SITES	97.6	97.6	547.8	743.0	HOURS
	EMPTY CON. TRANS.	F. & E. CON. TRANS.	FULL CON. TRANS.	SUB TOTAL	
VOYAGE	549.0	0.0	385.0	934.0	HOURS
COR-RECTION				216.0	HOURS
				TOTAL WORKING	2073.0 HOURS
				TOTAL RESTING	6687.0 HOURS

VOYAGE DISTANCE TABLE

	EMPTY CON. TRANS.	F. & E. CON. TRANS.	FULL CON. TRANS.	TOTAL	SEA MILES
VOYAGE DISTANCE	2667	0	2667	5334	

TRANSPORTING CONTAINER TABLE

	EMPTY	FULL	TOTAL
CONTAINER 1	71	71	142
FREIGHT X SEA MILE	20982	20982	41964

CASE SF200-8 (5ports) 3 SHIPS USED

SHIP OPERATING SUMMARY >>> (NO.3 SHIP) 8 VOYAGES <<<

TIME TABLE

	EMPTY CON. LOAD.	FULL CON. LOAD.	OTHERS	SUB TOTAL	
MOORING AT MUTSU OGAWARA	42.6	42.6	71.8	157.0	HOURS
MOORING AT POWER SITES	85.3	85.3	469.5	640.0	HOURS
	EMPTY CON. TRANS.	F. & E. CON. TRANS.	FULL CON. TRANS.	SUB TOTAL	
VOYAGE	585.5	0.0	488.0	1073.5	HOURS
COR-RECTION				192.0	HOURS
				TOTAL WORKING	2062.5 HOURS
				TOTAL RESTING	6697.5 HOURS

VOYAGE DISTANCE TABLE

	EMPTY CON. TRANS.	F. & E. CON. TRANS.	FULL CON. TRANS.	TOTAL	SEA MILES
VOYAGE DISTANCE	4226	0	4226	8452	

TRANSPORTING CONTAINER TABLE

	EMPTY	FULL	TOTAL
CONTAINER 1	62	62	124
FREIGHT X SEA MILE	32202	32202	64404

表4.3.8 STEPⅢ配船スケジュール ケースSF200-20-2

NO.	VOY.	SHIP	FIRST PORT						PORT OF POWER SITE								LAST PORT									
			SITE	OIL	BEGIN LOAD.	EMP. CON1	END LOAD	DEP.	DIS. SPEED	SITE	ARR.	BEGIN LOAD.	EMP. CON1	FULL CON1	TOT CON	END LOAD.	DEP.	DIS. SPEED	SITE	ARR.	BEGIN LOAD.	EMP. CON1	FULL CON2	TOT CON	END LOAD.	
1	7	2 ムツ・オカーフラ	1/13 7.0	1/13 9.0	14	1/14 14.5	1/14 16.5	242 2.8	フクシマ -2	1/18 7.0	1/18 9.0	9	9	18	1/23 12.0	1/23 14.0										
								8 0.2	フクシマ -1	1/26 7.0	1/26 9.0	5	5	10	1/28 12.0	1/28 14.0	236 2.7	ムツ・オカーフラ 2/1 7.0	2/1 9.0	14	14	2/2 14.5				
2	8	2 ムツ・オカーフラ	2/18 7.0	2/18 9.0	20	2/20 12.0	2/20 14.0	242 5.9	フクシマ -2	2/22 7.0	2/22 9.0	6	6	12	2/25 16.0	2/25 18.0										
								8 0.6	フクシマ -1	2/26 7.0	2/26 9.0	14	14	28	3/6 16.0	3/6 18.0	236 6.4	ムツ・オカーフラ 3/8 7.0	3/8 9.0	20	20	3/10 12.0				
3	5	1 ムツ・オカーフラ	3/25 7.0	3/25 9.0	20	3/27 12.0	3/27 14.0	803 5.9	ケンカイ 4/2 7.0	4/2 9.0	5	5	10	4/6 12.0	4/6 14.0											
								345 8.4	タカハマ 4/8 7.0	4/8 9.0	15	15	30	4/17 12.0	4/17 14.0	519 11.8	ムツ・オカーフラ 4/19 10.0	4/19 13.0	20	20	4/21 16.0					
4	3	2 ムツ・オカーフラ	4/2 7.0	4/2 9.0	14	4/3 14.5	4/3 16.5	354 9.2	カシワラ キ・カリハ 4/5 7.0	4/5 9.0	14	14	28	4/13 12.0	4/13 16.0	354 9.1	ムツ・オカーフラ 4/15 7.0	4/15 9.0	14	14	4/16 14.5					
5	11	2 ムツ・オカーフラ	5/7 7.0	5/7 9.0	9	5/8 10.5	5/8 12.5	242 5.7	フクシマ -2	5/10 7.0	5/10 9.0	9	9	18	5/15 12.0	5/15 14.0	242 5.9	ムツ・オカーフラ 5/17 7.0	5/17 9.0	9	9	5/18 10.5				
6	1	1 ムツ・オカーフラ	6/1 7.0	6/1 9.0	20	6/3 12.0	6/3 14.0	519 11.8	タカハマ 6/5 10.0	6/5 13.0	11	11	22	6/12 16.0	6/12 18.0											
								225 6.1	カシワラ キ・カリハ 6/14 7.0	6/14 9.0	9	9	18	6/19 12.0	6/19 14.0	354 8.6	ムツ・オカーフラ 6/21 7.0	6/21 9.0	20	20	6/23 12.0					
7	9	1 ムツ・オカーフラ	7/1 7.0	7/1 9.0	20	7/3 12.0	7/3 14.0	242 5.9	フクシマ -2	7/5 7.0	7/5 9.0	9	9	18	7/10 12.0	7/10 14.0										
								8 0.2	フクシマ -1	7/12 7.0	7/12 9.0	11	11	22	7/19 12.0	7/19 14.0	236 11.8	ムツ・オカーフラ 7/20 10.0	7/20 13.0	20	20	7/22 16.0				
8	12	2 ムツ・オカーフラ	8/13 7.0	8/13 9.0	9	8/14 10.5	8/14 12.5	242 5.7	フクシマ -2	8/16 7.0	8/16 9.0	9	9	18	8/21 12.0	8/21 14.0	242 5.9	ムツ・オカーフラ 8/23 7.0	8/23 9.0	9	9	8/24 10.5				
9	6	1 ムツ・オカーフラ	8/19 7.0	8/19 9.0	20	8/21 12.0	8/21 14.0	803 9.0	ケンカイ 8/25 7.0	8/25 9.0	7	7	14	8/30 12.0	8/30 14.0											
								345 8.4	タカハマ 9/1 7.0	9/1 9.0	13	13	26	9/9 12.0	9/9 14.0	519 11.8	ムツ・オカーフラ 9/11 10.0	9/11 13.0	20	20	9/14 16.0					
10	4	2 ムツ・オカーフラ	9/3 7.0	9/3 9.0	14	9/4 14.5	9/4 16.5	354 9.2	カシワラ キ・カリハ 9/6 7.0	9/6 9.0	14	14	28	9/14 12.0	9/14 16.0	354 9.1	ムツ・オカーフラ 9/16 7.0	9/16 9.0	14	14	9/17 14.5					
11	2	2 ムツ・オカーフラ	10/7 7.0	10/7 9.0	20	10/9 12.0	10/9 14.0	803 5.0	ケンカイ 10/15 7.0	10/15 9.0	10	10	20	10/22 16.0	10/22 18.0											
								509 8.3	カシワラ キ・カリハ 10/25 7.0	10/25 9.0	10	10	20	10/30 16.0	10/30 18.0	354 9.6	ムツ・オカーフラ 11/1 7.0	11/1 9.0	20	20	11/4 12.0					
12	10	1 ムツ・オカーフラ	11/8 7.0	11/8 9.0	20	11/10 12.0	11/10 14.0	242 11.5	フクシマ -2	11/11 11.0	11/11 13.0	9	9	18	11/17 16.0	11/17 18.0										
								8 0.6	フクシマ -1	11/18 7.0	11/18 9.0	11	11	22	11/26 12.0	11/26 14.0	236 11.8	ムツ・オカーフラ 11/27 10.0	11/27 13.0	20	20	11/30 16.0				

表4.3.9 STEPⅢ配船結果の要約 ケースSF200-20-2

CASE SF200-20 (Sports) 2 SHIPS USED

SHIP OPERATING SUMMARY >>> (GENERAL) 12 VOYAGES <<<

TIME TABLE

	EMPTY CON. LOAD.	FULL CON. LOAD.	OTHERS	SUB TOTAL	
MOORING AT MUTSU OGAWARA	138.9	138.9	863.3	1141.0	HOURS
MOORING AT POWER SITES	275.0	275.0	2011.0	2561.0	HOURS
	EMPTY CON. TRANS.	F. & E. CON. TRANS.	FULL CON. TRANS.	SUB TOTAL	
VOYAGE	782.5	288.0	492.0	1562.5	HOURS
COR-RECTION				480.0	HOURS
				TOTAL WORKING	5744.5 HOURS
				2 SHIPS, MEAN WORKING R.M.S.D.	2872.3 HOURS 0.75 HOURS
				TOTAL RESTING	11775.5 HOURS

VOYAGE DISTANCE TABLE

	EMPTY CON. TRANS.	F. & E. CON. TRANS.	FULL CON. TRANS.	TOTAL	SEA MILES
VOYAGE DISTANCE	5088	1456	3882	10426	

TRANSPORTING CONTAINER TABLE

	EMPTY	FULL	TOTAL
CONTAINER 1	200	200	400
FREIGHT X SEA MILE	107839	78621	186460

CASE SF200-20 (Sports) 2 SHIPS USED

SHIP OPERATING SUMMARY >>> (NO.1 SHIP) 5 VOYAGES <<<

TIME TABLE

	EMPTY CON. LOAD.	FULL CON. LOAD.	OTHERS	SUB TOTAL	
MOORING AT MUTSU OGAWARA	68.8	68.8	454.5	592.0	HOURS
MOORING AT POWER SITES	137.5	137.5	1092.0	1367.0	HOURS
	EMPTY CON. TRANS.	F. & E. CON. TRANS.	FULL CON. TRANS.	SUB TOTAL	
VOYAGE	332.0	173.0	169.0	674.0	HOURS
COR-RECTION				240.0	HOURS
				TOTAL WORKING	2873.0 HOURS
				TOTAL RESTING	5887.0 HOURS

VOYAGE DISTANCE TABLE

	EMPTY CON. TRANS.	F. & E. CON. TRANS.	FULL CON. TRANS.	TOTAL	SEA MILES
VOYAGE DISTANCE	2609	931	1864	5404	

TRANSPORTING CONTAINER TABLE

	EMPTY	FULL	TOTAL
CONTAINER 1	100	100	200
FREIGHT X SEA MILE	64041	44039	108080

CASE SF200-20 (Sports) 2 SHIPS USED

SHIP OPERATING SUMMARY >>> (NO.2 SHIP) 7 VOYAGES <<<

TIME TABLE

	EMPTY CON. LOAD.	FULL CON. LOAD.	OTHERS	SUB TOTAL	
MOORING AT MUTSU OGAWARA	70.1	70.1	408.8	549.0	HOURS
MOORING AT POWER SITES	137.5	137.5	919.0	1194.0	HOURS
	EMPTY CON. TRANS.	F. & E. CON. TRANS.	FULL CON. TRANS.	SUB TOTAL	
VOYAGE	450.5	115.0	323.0	888.5	HOURS
COR-RECTION				240.0	HOURS
				TOTAL WORKING	2871.5 HOURS
				TOTAL RESTING	5888.5 HOURS

VOYAGE DISTANCE TABLE

	EMPTY CON. TRANS.	F. & E. CON. TRANS.	FULL CON. TRANS.	TOTAL	SEA MILES
VOYAGE DISTANCE	2479	525	2018	5022	

TRANSPORTING CONTAINER TABLE

	EMPTY	FULL	TOTAL
CONTAINER 1	100	100	200
FREIGHT X SEA MILE	43798	34582	78380

表4.3.10 STEPⅢ配船スケジュール ケースLLW50-30A-2

NO.	VOY.	SHIP	FIRST PORT						PORT OF POWER SITE								LAST PORT							
			SITE	OIL	BEGIN LOAD.	EMP. CON1	END LOAD.	DEP.	DIS. SPEED	SITE	ARR.	BEGIN LOAD.	EMP. CON1	FULL CON1	TOT. CON2	END LOAD.	DEP.	DIS. SPEED	SITE	ARR.	BEGIN LOAD.	FULL CON1	TOT. CON2	END LOAD.
1	3	2	ムツ・オカ・ワラ	1/ 4 7.0	1/ 4 9.0	75	1/ 4 12.0	1/ 4 14.0	236 5.8	フクシマ -1	1/ 6 7.0	1/ 6 9.0	75 200	350	1/ 9 12.0	1/ 9 14.0	236 5.8	ムツ・オカ・ワラ	1/11 7.0	1/11 9.0	75 200	275	1/12 14.5	
2	14	1	ムツ・オカ・ワラ	1/18 7.0	1/18 9.0	75	1/18 12.0	1/18 14.0	499 11.9	ハマオカ	1/20 8.0	1/20 10.5	75 200	350	1/23 14.5	1/23 16.5	499 8.0	ムツ・オカ・ワラ	1/26 7.0	1/26 9.0	75 200	275	1/27 14.5	
3	4	2	ムツ・オカ・ワラ	2/ 1 7.0	2/ 1 9.0	75	2/ 1 12.0	2/ 1 14.0	236 5.8	フクシマ -1	2/ 3 7.0	2/ 3 9.0	75 200	350	2/ 6 12.0	2/ 6 14.0	236 5.8	ムツ・オカ・ワラ	2/ 8 7.0	2/ 8 9.0	75 200	275	2/ 9 14.5	
4	9	1	ムツ・オカ・ワラ	2/15 7.0	2/15 9.0	75	2/15 12.0	2/15 14.0	242 5.9	フクシマ -2	2/17 7.0	2/17 9.0	75 200	350	2/20 12.0	2/20 14.0	242 5.9	ムツ・オカ・ワラ	2/22 7.0	2/22 9.0	75 200	275	2/23 14.5	
5	5	2	ムツ・オカ・ワラ	3/ 1 7.0	3/ 1 9.0	75	3/ 1 12.0	3/ 1 14.0	236 5.8	フクシマ -1	3/ 3 7.0	3/ 3 9.0	75 200	350	3/ 6 12.0	3/ 6 14.0	236 5.8	ムツ・オカ・ワラ	3/ 8 7.0	3/ 8 9.0	75 200	275	3/ 9 14.5	
6	15	1	ムツ・オカ・ワラ	3/13 7.0	3/13 9.0	64	3/13 12.0	3/13 14.0	936 10.5	セント・イ	3/17 7.0	3/17 9.0	64 171	299	3/19 16.0	3/19 18.0	936 11.0	ムツ・オカ・ワラ	3/23 7.0	3/23 9.0	64 171	235	3/24 12.0	
7	16	2	ムツ・オカ・ワラ	3/26 7.0	3/26 9.0	73	3/26 12.0	3/26 14.0	803 9.0	ヤンカイ	3/30 7.0	3/30 9.0	64 171	299	4/ 1 16.0	4/ 1 18.0								
									204 12.0	シマズ	4/ 2 11.0	4/ 2 13.0	9 24	42	4/ 2 16.0	4/ 2 18.0	603 9.9	ムツ・オカ・ワラ	4/ 5 7.0	4/ 5 9.0	73 195	268	4/ 6 12.0	
8	19	1	ムツ・オカ・ワラ	4/10 7.0	4/10 9.0	75	4/10 12.0	4/10 14.0	519 11.8	タカハマ	4/12 10.0	4/12 13.0	75 200	350	4/15 16.0	4/15 18.0	519 6.1	ムツ・オカ・ワラ	4/19 7.0	4/19 9.0	75 200	275	4/20 14.5	
9	1	2	ムツ・オカ・ワラ	4/21 7.0	4/21 9.0	68	4/21 12.0	4/21 14.0	236 11.8	フクシマ -1	4/22 10.0	4/22 13.0	48 128	224	4/24 14.5	4/24 16.5								
									87 2.3	オカ・ワ	4/26 7.0	4/26 9.0	20 53	93	4/26 16.0	4/26 18.0	175 11.7	ムツ・オカ・ワラ	4/27 9.0	4/27 13.0	68 181	249	4/28 16.0	
10	24	1	ムツ・オカ・ワラ	5/ 8 7.0	5/ 8 9.0	75	5/ 8 12.0	5/ 8 14.0	506 11.8	ツルカ・	5/10 9.0	5/10 13.0	75 200	350	5/13 16.0	5/13 18.0	506 6.0	ムツ・オカ・ワラ	5/17 7.0	5/17 9.0	75 200	275	5/18 14.5	
11	21	2	ムツ・オカ・ワラ	5/22 7.0	5/22 9.0	67	5/22 12.0	5/22 14.0	505 7.8	ミハマ	5/26 7.0	5/26 9.0	19 51	89	5/25 16.0	5/25 18.0								
									21 1.6	オキイ	5/26 7.0	5/26 9.0	48 128	224	5/28 10.5	5/28 12.5	514 7.7	ムツ・オカ・ワラ	5/31 7.0	5/31 9.0	67 179	246	5/ 1 12.0	
12	2	1	ムツ・オカ・ワラ	6/ 3 7.0	6/ 3 9.0	75	6/ 3 12.0	6/ 3 14.0	242 5.9	フクシマ -2	6/ 5 7.0	6/ 5 9.0	20 53	93	6/ 5 16.0	6/ 5 18.0								
									8 0.2	フクシマ -1	6/ 7 7.0	6/ 7 9.0	55 147	257	6/ 9 12.0	6/ 9 14.5	236 5.8	ムツ・オカ・ワラ	6/11 7.0	6/11 9.0	75 200	275	6/12 14.5	
13	20	2	ムツ・オカ・ワラ	6/ 5 7.0	6/ 5 9.0	75	6/ 5 12.0	6/ 5 14.0	519 11.8	タカハマ	6/ 7 10.0	6/ 7 13.0	75 200	350	6/10 16.0	6/10 18.0	519 6.1	ムツ・オカ・ワラ	6/14 7.0	6/14 9.0	75 200	275	6/15 14.5	
14	17	1	ムツ・オカ・ワラ	6/19 7.0	6/19 9.0	75	6/19 12.0	6/19 14.0	603 9.3	シマズ	6/22 7.0	6/22 9.0	75 200	350	6/25 12.0	6/25 14.0	603 9.3	ムツ・オカ・ワラ	6/28 7.0	6/28 9.0	75 200	275	6/29 14.5	
15	6	2	ムツ・オカ・ワラ	7/ 5 7.0	7/ 5 9.0	75	7/ 5 12.0	7/ 5 14.0	236 5.8	フクシマ -1	7/ 7 7.0	7/ 7 9.0	75 200	350	7/10 12.0	7/10 14.0	236 5.8	ムツ・オカ・ワラ	7/12 7.0	7/12 9.0	75 200	275	7/13 14.5	
16	10	1	ムツ・オカ・ワラ	7/19 7.0	7/19 9.0	75	7/19 12.0	7/19 14.0	242 5.9	フクシマ -2	7/21 7.0	7/21 9.0	75 200	350	7/24 12.0	7/24 14.0	242 5.9	ムツ・オカ・ワラ	7/26 7.0	7/26 9.0	75 200	275	7/27 14.5	
17	7	2	ムツ・オカ・ワラ	8/ 2 7.0	8/ 2 9.0	75	8/ 2 12.0	8/ 2 14.0	236 5.8	フクシマ -1	8/ 4 7.0	8/ 4 9.0	75 200	350	8/ 7 12.0	8/ 7 14.0	236 5.8	ムツ・オカ・ワラ	8/ 9 7.0	8/ 9 9.0	75 200	275	8/10 14.5	
18	11	2	ムツ・オカ・ワラ	8/12 7.0	8/12 9.0	73	8/12 12.0	8/12 14.0	872 9.8	イカイ	8/16 7.0	8/16 9.0	54 144	252	8/18 14.5	8/18 16.5								
									587 9.4	トウカイ	8/21 7.0	8/21 9.0	19 51	89	8/21 16.0	8/21 18.0	299 8.1	ムツ・オカ・ワラ	8/23 7.0	8/23 9.0	73 195	268	8/24 12.0	
19	12	2	ムツ・オカ・ワラ	8/30 7.0	8/30 9.0	75	8/30 12.0	8/30 14.0	299 7.3	トウカイ	9/ 1 7.0	9/ 1 9.0	75 200	350	9/ 4 12.0	9/ 4 14.0	299 7.3	ムツ・オカ・ワラ	9/ 6 7.0	9/ 6 9.0	75 200	275	9/ 7 14.5	
20	22	1	ムツ・オカ・ワラ	9/ 4 7.0	9/ 4 9.0	75	9/ 4 12.0	9/ 4 14.0	505 11.7	ミハマ	9/ 6 9.0	9/ 6 13.0	75 200	350	9/ 9 16.0	9/ 9 18.0	505 5.9	ムツ・オカ・ワラ	9/13 7.0	9/13 9.0	75 200	275	9/14 14.5	
21	26	1	ムツ・オカ・ワラ	9/18 7.0	9/18 9.0	41	9/18 10.5	9/18 12.5	234 3.5	トマリ	9/21 7.0	9/21 9.0	41 109	191	9/22 16.0	9/22 18.0	234 6.3	ムツ・オカ・ワラ	9/24 7.0	9/24 9.0	41 109	150	9/24 16.0	
22	23	2	ムツ・オカ・ワラ	9/25 7.0	9/25 9.0	69	9/25 12.0	9/25 14.0	506 7.8	ツルカ・	9/28 7.0	9/28 9.0	26 69	121	9/29 10.5	9/29 12.5								
									212 11.5	カシワ・キ・カリハ	9/30 7.0	9/30 9.0	43 115	201	10/ 2 10.5	10/ 2 12.5	354 8.3	ムツ・オカ・ワラ	10/ 4 7.0	10/ 4 9.0	69 184	253	10/ 5 12.0	
23	13	1	ムツ・オカ・ワラ	10/ 9 7.0	10/ 9 9.0	70	10/ 9 12.0	10/ 9 14.0	499 5.6	ハマオカ	10/13 7.0	10/13 9.0	70 187	327	10/16 12.0	10/16 14.0	499 11.9	ムツ・オカ・ワラ	10/18 8.0	10/18 10.5	70 187	257	10/19 14.5	
24	18	2	ムツ・オカ・ワラ	10/16 7.0	10/16 9.0	75	10/16 12.0	10/16 14.0	519 8.0	タカハマ	10/19 7.0	10/19 9.0	15 40	70	10/19 14.5	10/19 16.5								
									11 0.8	オイ	10/20 7.0	10/20 9.0	60 160	280	10/22 16.0	10/22 18.0	514 8.4	ムツ・オカ・ワラ	10/25 7.0	10/25 9.0	75 200	275	10/26 14.5	
25	.8	1	ムツ・オカ・ワラ	11/ 8 7.0	11/ 8 9.0	75	11/ 8 12.0	11/ 8 14.0	236 5.8	フクシマ -1	11/10 7.0	11/10 9.0	75 200	350	11/13 12.0	11/13 14.0	236 5.8	ムツ・オカ・ワラ	11/15 7.0	11/15 9.0	75 200	275	11/16 14.5	
26	25	1	ムツ・オカ・ワラ	11/22 7.0	11/22 9.0	75	11/22 12.0	11/22 14.0	354 8.6	カシワ・キ・カリハ	11/24 7.0	11/24 9.0	75 200	350	11/27 12.0	11/27 14.0	354 8.6	ムツ・オカ・ワラ	11/29 7.0	11/29 9.0	75 200	275	11/30 14.5	

表4.3.11 STEPⅢ配船結果の要約 ケースLLW50-30A-2

CASE LLW50-30A (15ports) 2 SHIPS USED

SHIP OPERATING SUMMARY >>> (GENERAL) 26 VOYAGES <<<

TIME TABLE

	EMPTY CON. LOAD.	FULL CON. LOAD.	OTHERS	SUB TOTAL	
MOORING AT MUTSU OGAWARA	70.1	236.5	656.4	963.0	HOURS
MOORING AT POWER SITES	105.2	385.7	1436.1	1927.0	HOURS
	EMPTY CON. TRANS.	F. & E. CON. TRANS.	FULL CON. TRANS.	SUB TOTAL	
VOYAGE	1369.5	201.0	1365.0	2935.5	HOURS
				TOTAL WORKING	5825.5 HOURS
				2 SHIPS, MEAN WORKING R.M.S.D.	2912.8 HOURS 8.25 HOURS
				TOTAL RESTING	11694.5 HOURS

VOYAGE DISTANCE TABLE

	EMPTY CON. TRANS.	F. & E. CON. TRANS.	FULL CON. TRANS.	TOTAL	SEA MILES
VOYAGE DISTANCE	11056	1130	10068	22254	MILES

TRANSPORTING CONTAINER TABLE

	EMPTY	FULL	TOTAL
CONTAINER 1	1875	1875	3750
FREIGHT X SEA MILE	13157 X 10 ³	12484 X 10 ³	25641 X 10 ³
CONTAINER 2	0	5001	5001
FREIGHT X SEA MILE	0 X 10 ³	8326 X 10 ³	8326 X 10 ³
TOTAL	1875	6876	8751
FREIGHT X SEA MILE	13157 X 10 ³	20810 X 10 ³	33967 X 10 ³

CASE LLW50-30A (15ports) 2 SHIPS USED

SHIP OPERATING SUMMARY >>> (NO.1 SHIP) 13 VOYAGES <<<

TIME TABLE

	EMPTY CON. LOAD.	FULL CON. LOAD.	OTHERS	SUB TOTAL	
MOORING AT MUTSU OGAWARA	34.4	118.3	320.4	473.0	HOURS
MOORING AT POWER SITES	51.6	189.1	716.4	957.0	HOURS
	EMPTY CON. TRANS.	F. & E. CON. TRANS.	FULL CON. TRANS.	SUB TOTAL	
VOYAGE	686.5	37.0	751.0	1474.5	HOURS
				TOTAL WORKING	2904.5 HOURS
				TOTAL RESTING	5855.5 HOURS

VOYAGE DISTANCE TABLE

	EMPTY CON. TRANS.	F. & E. CON. TRANS.	FULL CON. TRANS.	TOTAL	SEA MILES
VOYAGE DISTANCE	5617	8	5611	11236	MILES

TRANSPORTING CONTAINER TABLE

	EMPTY	FULL	TOTAL
CONTAINER 1	925	925	1850
FREIGHT X SEA MILE	6415 X 10 ³	6404 X 10 ³	12819 X 10 ³
CONTAINER 2	0	2467	2467
FREIGHT X SEA MILE	0 X 10 ³	4271 X 10 ³	4271 X 10 ³
TOTAL	925	3392	4317
FREIGHT X SEA MILE	6415 X 10 ³	10675 X 10 ³	17090 X 10 ³

CASE LLW50-30A (15ports) 2 SHIPS USED

SHIP OPERATING SUMMARY >>> (NO.2 SHIP) 13 VOYAGES <<<

TIME TABLE

	EMPTY CON. LOAD.	FULL CON. LOAD.	OTHERS	SUB TOTAL	
MOORING AT MUTSU OGAWARA	35.8	118.3	336.0	490.0	HOURS
MOORING AT POWER SITES	53.6	196.6	719.8	970.0	HOURS
	EMPTY CON. TRANS.	F. & E. CON. TRANS.	FULL CON. TRANS.	SUB TOTAL	
VOYAGE	683.0	164.0	614.0	1461.0	HOURS
				TOTAL WORKING	2921.0 HOURS
				TOTAL RESTING	5839.0 HOURS

VOYAGE DISTANCE TABLE

	EMPTY CON. TRANS.	F. & E. CON. TRANS.	FULL CON. TRANS.	TOTAL	SEA MILES
VOYAGE DISTANCE	5439	1122	4457	11018	MILES

TRANSPORTING CONTAINER TABLE

	EMPTY	FULL	TOTAL
CONTAINER 1	950	950	1900
FREIGHT X SEA MILE	6742 X 10 ³	6080 X 10 ³	12822 X 10 ³
CONTAINER 2	0	2534	2534
FREIGHT X SEA MILE	0 X 10 ³	4055 X 10 ³	4055 X 10 ³
TOTAL	950	3484	4434
FREIGHT X SEA MILE	6742 X 10 ³	10135 X 10 ³	16877 X 10 ³

5. その他の

5.1 気象・海象等についての検討

5.1.1 はじめに

青森県六ヶ所村に建設される核燃料サイクル施設への使用済燃料、低レベル放射性廃棄物の海上輸送を考える際に、日本沿岸航路の海象、六ヶ所村の気象は、それぞれ放射性物質運搬船の運航、放射性輸送物の荷役に大きな影響を与えるものである。従って、これらが放射性物質の運搬・荷役にどの程度影響を与えるかについて検討しておくことは、放射性物質運搬船の概念の確立、安全輸送の実施等に役立つものであると考えられる。本調査では、沿岸航路の海象、六ヶ所村の気象、その他放射性物質の運搬・荷役に制限を与える事項について調査した。

5.1.2 海象について

沿岸航路の海象について、その全般的な特徴は海上保安庁発行の本州南東岸水路誌（昭和49年10月刊行）、本州北西岸水路誌（昭和50年9月刊行）、北海道沿岸水路誌（昭和52年2月刊行）九州沿岸水路誌（昭和54年11月刊行）により分かる。また、荒天の発生を数値的に把握するには、地方気象台の発令する波浪注意報、波浪警報の発令実績を調べることにより可能となる。

しかし、波浪警報の発令日数が、必ずしも船舶の航行不可能日数と一致するとは限らないので、実際の内航船（タンカー等危険物運搬船）の荒天による航行不可能日数について調べた。

また、危険物運搬船の荒天時における運航規程、気象庁の波浪観測データ等についても調べた。

(1) 水路誌

海上保安庁発行の水路誌により、沿岸航路の海象の概要が分かるので、関連部分を以下に抜粋する。

(i) 本州南東岸水路誌

風 波

昭和26～35年の8～10年間の燈台観測によれば、沿岸各地の月平均風浪日数は表5.1.1のとおりである。風浪階級1以下は平均波高0.5m以下の海上静穏日数を、4以上は波高2m以上の荒天日数を、6以上は波高4m以上の荒天日数を示す。

同表によれば、沿岸各地の風浪日数は、1以下・4以上ともに金華山が最も少なく、これから南・北へ行くに従っていざれもおおむね多くなっている。北西季節風の卓越する冬季は荒天日数が多く、特に津軽海峡東口にある尻屋崎は月間10日以上もあり、これに吹雪を伴うから注意を要する。夏期は各地ともに海上静穏な日数が10～15日ある。

155°E.以西の沖合の風浪は、昭和29年～35年の7年間の船舶気象報告を統計した結果によれば、次のとおりである。夏期には全域にわたって静穏で、月平均波高も2mを越える所は少ない。冬季には140°E.以東はおおむね月平均波高2m以上で、30°～40°N.が最も大きく平均3.5m以上に達するところもある。北点(39°N., 153°E.)では風浪階級6以上の日数は年間28日で、その大部分は12月～4月に現れ、最も荒れる1月には8日に及ぶ。140°E.以西の南方海上では一年を通じて波高の月平均値は小さく、ほとんど2m以下である。この統計による北太平洋の波高は風速の約5分の1、すなわち風速20m/sのときには波高約4mである。

(ii) 本州北西岸水路誌

風 波

日本海及び本州北西岸における高い波浪は冬季に起こることが多い。この場合に、低気圧の移動速度は20～30km/h、風速は20m/s程度で25m/sを超えることは少なく、発生する風浪の周期は12秒以下で、波高は8mを超え10m以上の例もあった。また低気圧は、平均して1週間に1回の割合で通過するので、波のない日はないといつてもよい。

表5.1.1 本州南東岸の月平均風浪日数

地名 風浪階級 月	尻屋崎		鯖ヶ崎		金華山		塩屋崎		大王崎		土佐冲ノ島	
	1以下	4以上	1以下	4以上	1以下	4以上	1以下	4以上	1以下	4以上	1以下	4以上
1	4.4	11.9	3.2	3.4	2.0	2.8	7.2	3.9	6.1	4.0	7.2	8.7
2	4.1	9.6	5.3	2.9	1.7	2.3	6.1	4.5	5.8	4.6	8.5	6.8
3	5.6	8.7	4.4	4.0	2.1	3.3	6.2	5.6	5.7	5.1	9.4	6.2
4	7.2	7.0	4.6	2.8	2.5	2.8	6.6	6.5	7.5	4.3	11.1	4.1
5	10.2	4.8	4.2	2.9	4.6	1.7	8.1	4.8	10.6	3.1	11.3	2.7
6	11.0	3.6	4.9	2.6	3.3	1.2	11.6	2.3	10.9	4.3	16.1	2.4
7	13.0	2.6	7.8	1.3	3.5	0.9	13.5	1.5	12.8	2.3	15.5	1.7
8	12.6	3.5	6.0	1.5	3.2	2.3	12.9	2.8	12.2	2.9	15.2	2.0
9	8.6	5.1	4.9	3.1	3.8	2.8	11.0	3.2	8.4	4.3	13.6	3.2
10	7.6	7.5	4.1	4.0	1.5	2.7	7.3	4.5	7.1	1.4	14.4	2.9
11	5.8	9.2	5.8	2.2	0.9	2.0	8.1	4.1	6.1	2.5	10.8	3.6
12	4.0	12.0	5.0	3.0	1.0	2.8	8.2	3.7	9.2	1.9	8.0	6.3
全 年 (うち6以上)	94.1 (11.7)	85.5 (1.4)	60.2	33.7	30.1 (0.1)	27.6	106.8 (4.6)	47.4 (4.6)	102.4 (2.6)	40.7 (2.6)	141.1 (4.2)	50.6

昭和39年1月、酒田港外において、周期12秒、波高4m以上（最高6m）の波が90時間も続いた。また、秋田港外における観測によれば、最高波高は12月～翌年4月の4～4.5mが最も高く、9月～10月の3.5mがこれに次ぎ、6月～8月は2～2.5mとなっている。

春・秋両季には、波高も低く、継続時間も短いが、局地的な風によって沿岸部に高い波が発生することがある。

夏期には、台風時を除いて、一般に静穏な日が続く。

日本海沿岸の全般としては、平均波高は0.6～1mで周期は7秒、2m以上の波高が続く日数は、台風で1.4日、低気圧で3日である。

沿岸各地の風浪の状況を次表に示す。

	六連島	日御崎	経ヶ岬	猿山岬	弾崎	入道崎
風浪階級4以上（荒天）	130日	228日	123日	130日	138日	180日
風浪階級1以下（静穏）	128日	51日	161日	146日	145日	112日

(iii) 北海道沿岸水路誌

波 浪

北海道近海で波高が2mを超えるような荒天日数は、日本海沿岸が最も多く、太平洋沿岸がこれに次ぎ、オホーツク海沿岸がもっとも少ない。

発達した温帯低気圧や台風が通過する時には暴風雨となり、海上では激浪が生ずることは当然であるが、その際高潮を伴うと、海岸線付近における浪害が一層大きくなり、港湾施設や港内停泊船舶に多大の損害を与えることがあるので注意しなければならない。

風 浪

北海道近海では風浪が急速に発達することが多く、静かであった海面が直ちに激浪となることもあるので注意しなければならない。昭和38年1月16日、津軽海峡北浜の福島港及び戸井漁港の沖合で、28隻の小型漁船が突風とそれに伴う激浪によって転覆し、死者・行方不明者25名を出した。

日本海沿岸では、9月になるとしだいに風浪が高くなり、冬季北西季節風が卓越する間は荒天の日が続くが、3月に入れば波浪はしだいに治まり、5月～8月は平穏な日が多い。

太平洋沿岸でも冬季北西季節風が卓越する間は荒天の日が続くが、日本海沿岸に比較すると割合に平穏な日が多い。

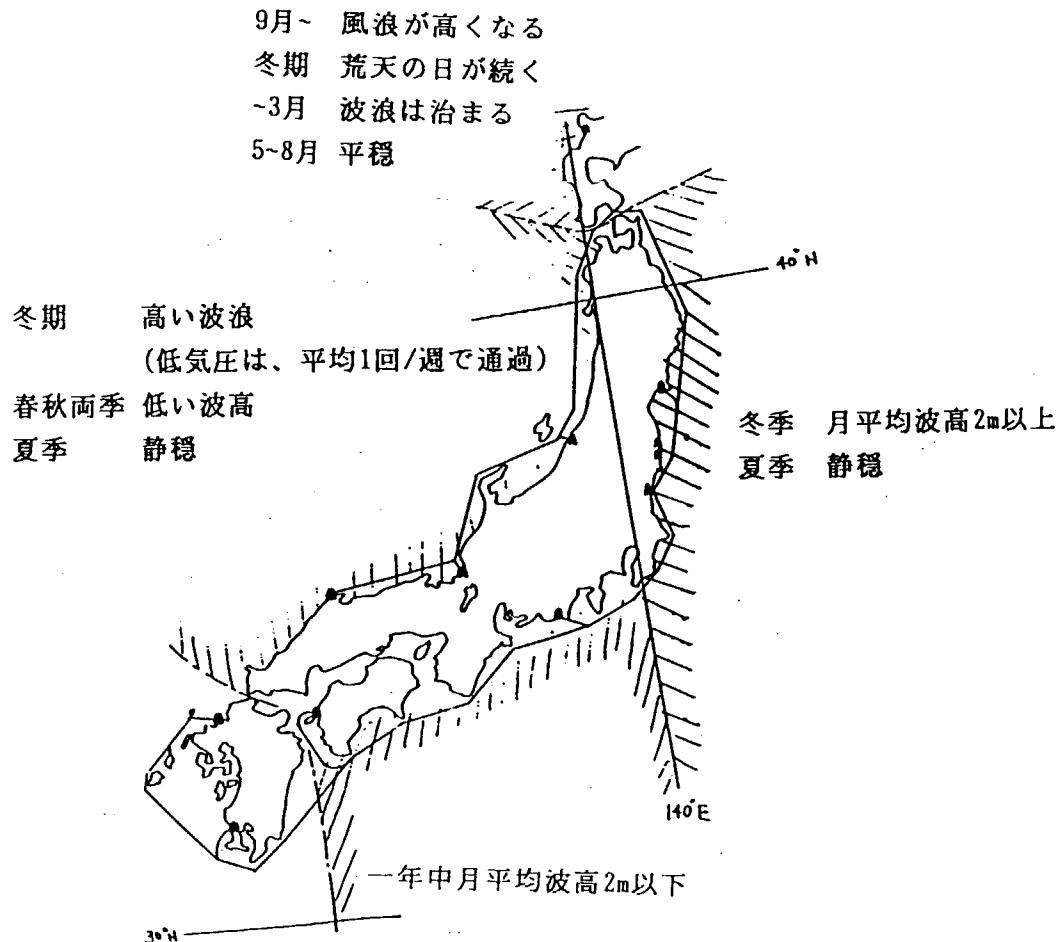
オホーツク海沿岸は、四季を通じて平穏な日が多いが、冬季の西～北西の季節風が卓越する時には風浪が高くなる。

津軽海峡及び宗谷海峡では、強い偏東風が吹く時に、風向と海・潮流の流向が反対となるために、潮波といわれる險しい三角波が立ちやすい。

昭和36年～45年の10年間における沿岸各地の平均強風浪日数（気象庁風浪階級6以上の観測された日数）は次表のとおりである。

月 地名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	全年
恵山岬	1.0	0.3	0.8	0.7	0.3	0.3	—	0.4	0.5	0.5	0.3	0.2	5.3
襟裳岬	3.7	3.6	3.5	1.6	1.0	0.3	0.3	0.6	1.8	1.8	4.4	5.0	27.6
焼尻島	6.4	4.8	6.3	4.3	2.3	1.2	0.6	0.8	3.4	5.4	5.7	7.3	48.5
積丹岬	2.4	1.1	0.9	1.1	0.6	—	—	0.2	0.8	0.7	1.5	1.4	10.7
青苗岬	8.9	5.8	5.0	2.1	1.8	1.3	1.5	2.1	2.5	4.8	6.8	8.1	50.7

以上を下図に図示する。



(2) 波浪警報の発令実績

波浪注意報は、波高が3mを超えると、波浪警報は、波高が6mを超えるとそれぞれ発令される。

本調査では、波浪警報の発令実績を、太平洋側、日本海側につき、それぞれ気象台別、年度別に一覧表にまとめた。

波浪警報の発令実績（太平洋側、気象台別）

地方気象台	年度	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	日数	平均
盛岡	60		•	•										5	
	59		•	•										12	
	58		•	•	•	+	•	•						18	10.6
	57		•	•	•	•	•	•		•	•			10	
	56	•												8	
仙台	60			•	•	•								4	
	59		•	•	•	•								13	
	58		•	•	•	•								18	10.2
	57													11	
	56					+								5	
福島	60			•	•	•								4	
	59		•	•	•	•								7	
	58													16	9.6
	57													14	
	56						+							7	
水戸	60									•				1	
	59									•				4	
	58									•				6	5.2
	57									•				7	
	56									•				8	
雫子	60									•				3	
	59									•				2	
	58									•				7	4.6
	57									•				5	
	56									•				6	
横浜	60													1	
	59													0	
	58													5	3.8
	57													7	
	56													6	
静岡	60							•						2	
	59									•				3	2.6
	58									•				4	
	57									•				0	
	56									•				0	
諏	60							•						2	
	59								•					0	
	58								•					4	2.4
	57									•				0	
	56									•				0	
名古屋	60							•						2	
	59								•					0	
	58								•					3	1.8
	57									•				0	
	56									•				0	
和歌山	60								•					2	
	59									•				0	
	58									•				5	2.8
	57										•			1	
	56										•			0	
高知	60									•				4	
	59										•			0	
	58										•			5	3.4
	57										•			6	
	56										•			0	
大分	60										•			4	
	59											•		1	
	58											•		4	3
	57											•		4	
	56											•		2	
宮崎	60								•					2	
	59									•				4	
	58										•			4	3.4
	57										•			3	
	56											•		4	
鹿児島	60									•				9	
	59										•			4	
	58											•		2	4.8
	57											•		4	
	56												•	4	
熊本	60										•			4	
	59											•		2	
	58												•	2	2.6
	57												•	4	
	56												•	1	

(注) * : 3日 + : 2日 . : 1日

波浪警報の発令実績（太平洋側、年度別）

地方気象台	年度	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	日数
盛岡	60													5
仙台	60		*	*										4
福島	60		*	*										4
水戸	60													1
横須賀	60													3
津	60							*						1
名古屋	60							*						2
高知	60							*						2
大分	60							*						2
宮崎	60							*						4
鹿児島	60							*						9
熊本	60							*						4
盛岡	59		*	*										12
仙台	59		*	*										13
福島	59		*	*										7
水戸	59		*	*										4
横須賀	59		*	*										2
津	59		*	*										0
名古屋	59		*	*										0
高知	59		*	*										0
大分	59		*	*										1
宮崎	59		*	*										4
鹿児島	59		*	*										4
熊本	59		*	*										2
盛岡	58			*	*									18
仙台	58			*	*									18
福島	58			*	*									16
水戸	58			*	*									6
横須賀	58			*	*									7
津	58			*	*									5
名古屋	58			*	*									3
高知	58			*	*									5
大分	58			*	*									5
宮崎	58			*	*									4
鹿児島	58			*	*									4
熊本	58			*	*									2
盛岡	58			*	*									5
仙台	58			*	*									5
福島	58			*	*									3
水戸	58			*	*									4
横須賀	58			*	*									3
津	58			*	*									5
名古屋	58			*	*									5
高知	58			*	*									4
大分	58			*	*									4
宮崎	58			*	*									4
鹿児島	58			*	*									2
熊本	58			*	*									5
盛岡	57				*								*	10
仙台	57				*								*	11
福島	57				*								*	4
水戸	57				*								*	7
横須賀	57				*								*	5
津	57				*								*	7
名古屋	57				*								*	6
高知	57				*								*	4
大分	57				*								*	4
宮崎	57				*								*	3
鹿児島	57				*								*	4
熊本	57				*								*	2
盛岡	56	*												8
仙台	56	*												5
福島	56	*												7
水戸	56	*												8
横須賀	56	*												6
津	56	*												4
名古屋	56	*												0
高知	56	*												0
大分	56	*												2
宮崎	56	*												4
鹿児島	56	*												1
熊本	56	*												4

(注) *:3日 +:2日 -:1日

波浪警報の発令実績（日本海側、年度別）

地方気象台	年度	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	日数	平均
青森	60	●	●						●	●				14	
青森	59	●												5	
青森	58			●					●					19	
青森	57		●			●		●	●					9	
青森	56			●					●	●	●	●		13	
秋田	60	●●	●	●	●●					●				20	
秋田	59	●●	●						●					7	
秋田	58	●●	●	●										14	
秋田	57	●●	●		●									21	
秋田	56	●●	●											9	
山形	60	●●	●	●	●●									17	
山形	59	●●	●						●					7	
山形	58	●●	●	●					●					17	
山形	57	●●	●			●			●					21	
山形	56	●●	●						●					8	
新潟	60	●●	●	●	●●					●				21	
新潟	59	●●	●	●					●					22	
新潟	58	●●	●	●										20	
新潟	57	●●	●	●		●			●					22	
新潟	56	●●	●	●										16	
富山	60			●										1	
富山	59			●										0	
富山	58			●										2	
富山	57			●										9	
富山	56			●										1	
金沢	60	●●	●	●	●●									12	
金沢	59	●●	●	●										3	
金沢	58	●●	●	●		●								10	
金沢	57	●●	●	●										13	
金沢	56	●●	●	●										23	
福井	60													3	
福井	59													2	
福井	58													6	
福井	57													7	
福井	56													7	
鳥取	60													1	
鳥取	59													5	
鳥取	58													0	
鳥取	57													6	
鳥取	56													3	
松江	60													0	
松江	59													2	
松江	58													0	
松江	57													3	
松江	56													3	
下関	60							●	●	●				7	
下関	59								●	●				2	
下関	58									●				2	
下関	57									●				4	
下関	56									●				1	
福岡	60							●	●	●				2	
福岡	59								●	●				3	
福岡	58									●				2	
福岡	57									●				4	
福岡	56													1	
佐賀	60									●				4	
佐賀	59									●				2	
佐賀	58									●				2	
佐賀	57									●				4	
佐賀	56													1	

(注) *:3日 +:2日 -:1日

波浪警報の発令実績（日本海側、気象台別）

地方気象台	年度	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	日数
青秋山	60	.	•	+	.	.	.	.	.	•	.	.	.	14
森田形湯山	60	++	+	•	++	.	.	.	.	•	.	.	.	20
60	60	++	+	•	++	.	.	.	.	•	.	.	.	17
60	60	++	+	•	++	.	.	.	.	•	.	.	.	21
新富金福島	60	++	+	•	++	.	.	.	.	•	.	.	.	1
松下福佐	60	++	+	•	++	.	.	.	.	•	.	.	.	12
60	60	++	+	•	++	.	.	.	.	•	.	.	.	3
60	60	++	+	•	++	.	.	.	.	•	.	.	.	0
60	60	++	+	•	++	.	.	.	.	•	.	.	.	7
60	60	++	+	•	++	.	.	.	.	•	.	.	.	2
60	60	++	+	•	++	.	.	.	.	•	.	.	.	4
青秋山	59	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5
森田形湯山	59	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7
59	59	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	22
59	59	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0
59	59	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
59	59	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
59	59	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5
59	59	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
59	59	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
59	59	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
58	58	.	•	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	19
58	58	.	++	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	14
58	58	.	++	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	17
58	58	.	++	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	20
58	58	.	++	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	2
58	58	.	++	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	10
58	58	.	++	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	6
58	58	.	++	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	0
58	58	.	++	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	0
58	58	.	++	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	2
58	58	.	++	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	2
青秋山	57	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9
森田形湯山	57	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	21
57	57	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	21
57	57	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	22
57	57	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9
57	57	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	13
57	57	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7
57	57	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6
57	57	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
57	57	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4
57	57	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4
57	57	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4
青秋山	56	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	13
森田形湯山	56	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9
56	56	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8
56	56	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	16
56	56	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
56	56	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	23
56	56	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7
56	56	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
56	56	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
56	56	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
56	56	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1

(注) * : 3日 + : 2日 - : 1日

(3) 内航船の荒天による航行取りやめ

実際に、内航船が荒天により年間どの程度航行を取りやめるか、(社)内航タンカー組合の会員会社にその状況を聞いた。

(i) A 社

荒天による航行の取りやめには、航行中に荒天となる、出航時に荒天となるといった場合があり、統計的に年間何日といったとらえかたは困難である。年によって荒れ方も異なるが、特に冬期(12／1～3／31)、能登半島を中心に三国町～酒田市、津軽海峡を中心に小樽～室蘭～秋田で、概ね週1回低気圧が通過し、1回の通過で約2日位しける。

(ii) B 社

年間で荒天による航行取りやめ日数をならせば、平均月2日、年20～30日位となる。特に、以下の時期、海域の荒天が問題となる。

12月中旬～3月中旬 日本海側では、能登半島の北、北海道の太平洋側(避難港も少ない。)

8月～9月 台風(台風は、日本に近づくにつれ早くなり、1回の通過で約2日位航行できない。)

1月末～2月 台湾坊主が発生。2～3個位。

3月～4月 上海近辺に生ずる低気圧からの南西風(春一番)

荒天は以上のとおりで、1年で穏やかな時期は10月頃である。

(4) 危険物取扱規程

危険物運搬船は、危険物船舶運搬及び貯蔵規則第16条の2により、危険物取扱規程の作成が義務付けられているので、この規程の中の海象に対する航行制限について調べた。

〔危険物船舶運搬及び貯蔵規則(抜粋)〕

(危険物取扱い規程の供与)

第十六条の二 第百二十九条第一項各号に掲げる危険物を運送する船舶並びに引火性液体類を運送するタンカー、タンク船及びタンクをすえ付けたはしけの船舶所有者は、当該危険物の運送により発生する危険を防止するため、当該危険物に関する性状、作業の方法、災害発生時の措置その他の注意事項を詳細に記載した危険物取扱規程を作成し、当該船舶の船長に供与しなければならない。

2 船長は、前項の危険物取扱規程に記載された事項を当該船舶の乗組員及び当該作業を行なう作業員に周知させ、かつ、遵守させなければならない。

(i) 「日の浦丸」危険物取扱規程（抜粋）

（避泊）

第19条 船長は、避泊地として適当な海域につき事前に運航管理者と協議して、緊急時安全に避泊できる態勢を整えておかなければならぬ。

2. 船長は、気象、海象情報を早目に入手して、避泊は、余裕をもって行わなければならない。
3. 船長は、航海中船体動搖等により歩行著しく困難になり、船内用品等が移動転倒するような荒天に遭遇する場合には、常に避泊するよう心掛けなければならない。お、よその基準として風速23m/sec.波高4m以上になった場合は、避泊するものとする。

(ii) 放射性物質運搬船以外の危険物運搬船

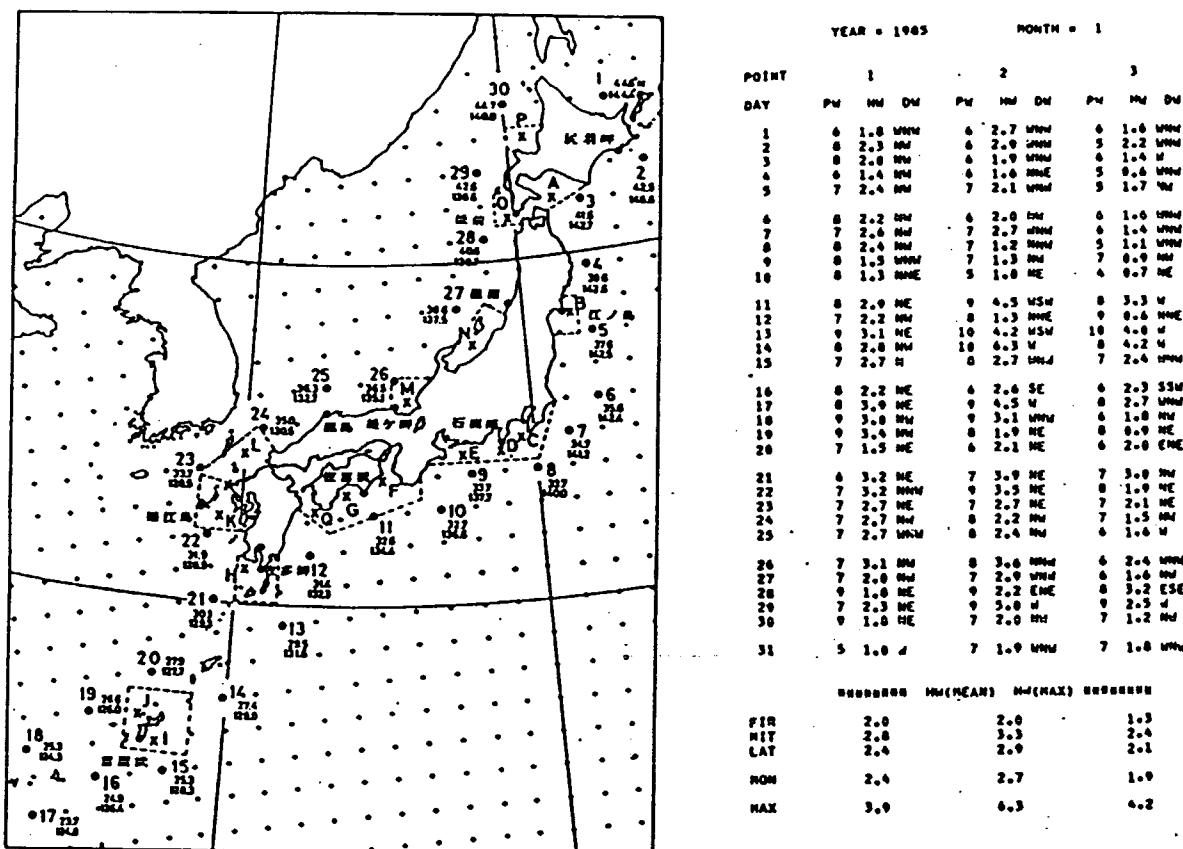
ケミカル、ガスキャリア等の放射性物質運搬船以外の危険物運搬船の危険物取扱規程における荒天時の航行制限について調査したところ、風速、波高について具体的な数値は示しておらず、以上低気圧、台風の接近を考慮して船長の判断で避泊をしているとのことであった。

また、数千トン程度の内航船であれば経験的には、概ね風速20m/s位で避泊をしているとのことであった。

(5) 気象庁波浪観測資料

気象庁沿岸波浪数値計算資料では、計算により波高の計算を行っている。具体的には、図1の地点で計算を行っており、この結果のうち波高が4mを超える日数について調べた。

〔計算結果の内容〕



第1図 計算地点及び観測地点の配置図

気象庁沿岸波浪数値計算資料において波高が4mを超える日数（1985年）

(太平洋側)

地點	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	日数
3	5
4	6
5	10
6	29
7	18
8	10
9	3
10	5
11	4
12	5
13	9

(日本海側)

地點	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	日数
21	10
22	4
23	4
24	1
25	5
26	++	12
27	++	18
28	++	21
29	++	9
30	++	4

(注) 1.表中の地點の番号は、図1中の番号に対応する。

2.* : 3日 + : 2日 .. : 1日

5.1.3 気象について

むつ小川原港における放射性物質の荷役に与える気象の影響について調べるため、港湾荷役作業安全要領における強風に対する制限、荷役装置の設計の際考慮される強風に対する制限について調べた。

また、むつ小川原港に近い場所における風速についての過去のデータについて調べた。

(1) 港湾荷役作業安全要領

原子力発電所の専用港においては、電力会社が定めた荷役作業安全要領により、また、公共港においては荷役関係者が自主的に定めた荷役作業安全要領により、それぞれ荷役の安全を図っている。

荷役作業の安全確保は、基本的には労働安全衛生法により規制されており、詳細は労働安全衛生規則により以下のように規定されている。

(悪天候時の作業禁止)

第五百二十二条 事業者は、高さが一メートル以上の箇所で作業を行なう場合において、強風、大雨、大雪等の悪天候のため、当該作業の実施について危険が予想されるときは、当該作業に労働者を従事させてはならない。

このうち、強風、大雨、大雪の具体的基準については、通達により次のように決められている。

強風…………10分間の平均風速が10m/s以上

大雨…………1回の降雨量が50mm以上

大雪…………1回の降雪量が25cm以上

(2) JISB8821

JISB8821「クレーン鋼構造部分の計算基準」では、風速16m/sでの作業が出来るように設計されている。

JISB8821（抜粋）

(2) 速度圧 速度圧は、次式により求める。

$$\text{作業時 } q = 8.5 \sqrt[4]{h} (\text{kg f/m}^2) \quad \{ q = 85 \sqrt[4]{h} (\text{N/m}^2) \}$$

$$\text{休止時 } q = 100 \sqrt[4]{h} (\text{kg f/m}^2) \quad \{ q = 1000 \sqrt[4]{h} (\text{N/m}^2) \}$$

ここに h : 地上からの高さ(m)。ただし、最小16mmとする。

備考 作業時風速は16m/s、休止時風速は、55m/sとして上記速度圧の算定式を導いている。

(3) 六ヶ所村の風速データ

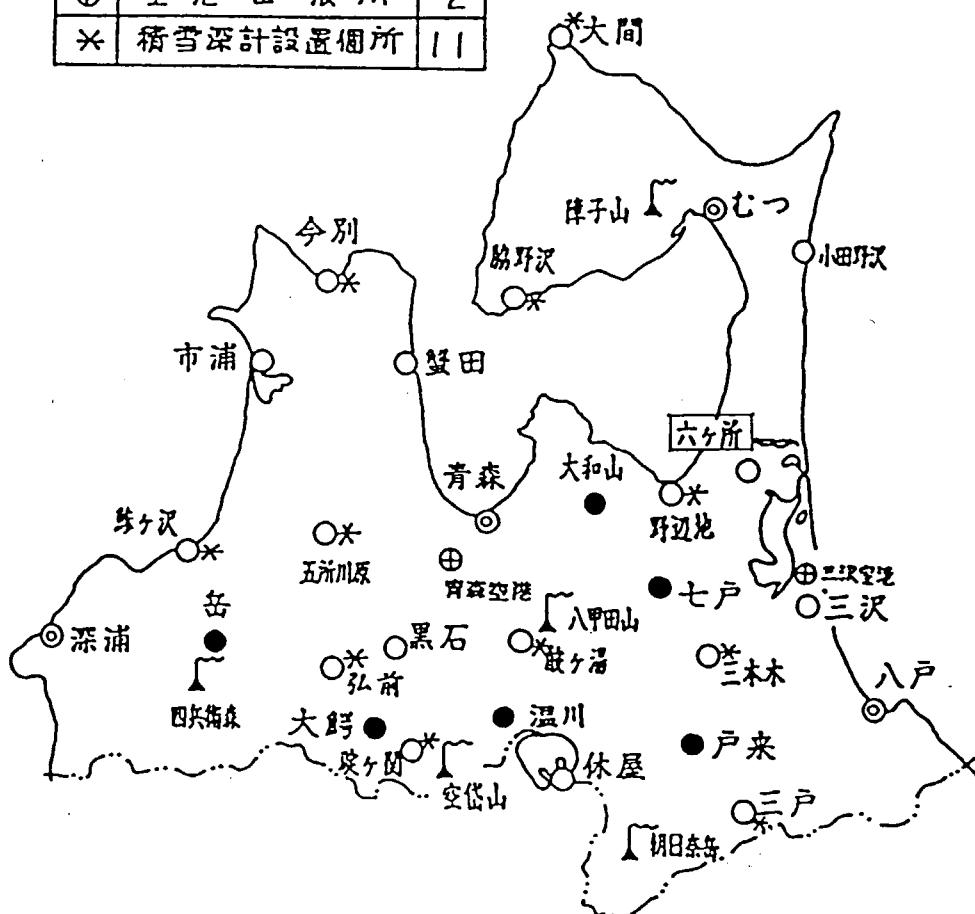
むつ小川原港における荷役に影響を及ぼす強風について、農水省上北馬鈴薯原々種農場（上北郡六ヶ所村尾駄字上尾駄22-14）に設置されている観測機による観測データを調べた。

青森県気象観測所配置図

青森地方気象台

昭和60年1月1日現在

◎	気象官署	4
○	地域気象観測所	18
●	地域雨量観測所	6
△	無線ロボット雨量計	5
⊕	空港出張所	2
×	積雪深計設置個所	11



六ヶ所村の風速データ (S.59.1~S.59.12)

(月)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	平	最	平	最	平	最	平	最	平	最	平	最
1	3.9	82.5	56.8	102.1	34.7	61.4	31.8	41.5	32.0	52.0	33.3	72.5
2	5.4	83.3	92.5	42.2	44.1	71.9	51.2	32.1	43.6	72.5	56.2	95.3
3	2.2	43.8	75.8	111.9	42.1	42.6	43.3	72.5	61.2	36.4	115.2	92.9
4	2.5	68.1	114.2	61.4	37.8	114.0	62.0	52.6	52.4	44.1	102.8	62.3
5	2.7	76.1	93.7	74.5	85.0	113.0	52.1	41.4	32.2	44.3	103.4	102.6
6	7.2	115.8	94.3	74.8	92.3	41.6	42.0	42.6	62.4	43.8	72.4	75.3
7	2.7	45.8	83.3	55.9	91.3	31.5	32.2	41.7	41.4	41.5	31.4	33.2
8	3.0	66.0	94.5	71.5	32.1	31.2	33.5	51.8	32.1	42.4	41.9	32.8
9	2.8	46.3	94.6	101.7	31.9	31.9	45.2	71.9	34.3	82.4	45.1	92.8
10	3.4	76.7	83.7	71.6	34.4	92.7	63.4	51.6	33.7	82.1	33.4	81.9
11	7.1	94.9	78.9	121.8	32.4	52.7	72.3	41.8	32.4	41.8	33.7	71.9
12	6.3	101.8	54.7	85.1	93.8	52.3	43.4	52.9	73.5	64.3	88.4	102.1
13	4.1	73.0	65.0	95.3	74.5	62.1	44.4	65.1	71.9	32.3	48.0	115.7
14	1.4	45.0	82.0	43.6	64.4	63.0	42.4	42.5	51.8	35.2	85.2	95.4
15	5.0	84.8	82.0	52.0	43.1	53.0	51.4	21.9	42.4	53.4	72.3	47.7
16	9.6	115.6	96.3	92.0	42.1	52.5	31.8	31.8	31.2	33.8	73.8	64.0
17	9.5	123.5	65.3	83.4	62.4	32.5	42.1	42.8	51.5	32.8	73.5	83.2
18	5.8	102.5	74.6	83.7	71.7	31.8	31.3	33.5	62.0	33.9	66.0	83.0
19	3.3	76.8	102.6	42.2	72.3	41.4	30.9	22.8	51.6	31.4	32.4	43.8
20	5.2	82.3	44.5	73.9	71.6	44.0	81.8	41.2	32.0	44.9	72.0	32.2
21	3.0	53.8	83.3	65.1	71.8	42.4	41.5	32.6	54.6	73.6	71.7	42.3
22	5.0	73.1	83.8	54.6	73.5	53.2	43.5	56.4	92.0	44.4	86.0	94.7
23	3.5	74.7	82.2	51.9	34.5	72.0	44.4	64.7	101.6	33.1	63.0	52.7
24	3.5	52.2	63.5	73.3	63.7	62.2	43.4	54.9	61.3	25.8	104.1	74.8
25	2.5	41.6	35.6	92.5	62.2	42.5	31.9	33.9	62.7	54.5	74.4	76.0
26	2.6	56.3	97.6	112.0	42.2	54.3	62.0	31.5	34.3	95.8	83.4	57.0
27	2.7	74.5	84.2	81.5	32.0	45.1	72.7	42.5	64.2	73.0	97.0	116.8
28	1.8	44.3	64.3	74.3	61.7	42.1	42.1	42.7	53.3	75.8	96.9	94.0
29	1.8	35.8	92.1	46.7	92.9	41.7	31.5	32.8	52.0	32.6	55.5	84.6
30	3.5	7	4.0	66.2	93.1	61.7	31.4	34.0	63.6	83.0	62.3	44.3
31	1.5	3		2.5	7	2.9	4	1.7	42.4	4	4.0	7
											4.1	7

(注) 平:平均風速(m/s)…毎正時、24回合計の平均

最:最大風速(m/s)…毎正時

六ヶ所村の風速データ (S.58.1~S.58.12)

(月)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	平	最	平	最	平	最	平	最	平	最	平	最
1	6.8	92.1	64.3	75.8	92.5	54.5	82.2	42.3	41.3	33.8	71.6	38.5
2	5.3	82.0	46.3	104.8	104.1	84.8	73.9	63.0	42.5	43.1	62.3	46.2
3	3.5	62.8	53.8	83.4	73.0	62.3	46.1	81.8	32.0	43.1	52.9	57.8
4	2.4	55.2	81.0	34.8	95.1	112.1	54.3	51.9	42.5	61.7	43.9	77.5
5	1.9	43.3	52.4	62.9	52.6	63.8	65.5	91.7	31.7	35.1	92.4	41.8
6	1.6	31.5	33.3	51.9	45.2	93.3	56.5	82.0	31.9	35.5	101.8	32.1
7	3.0	62.8	71.8	43.4	84.5	92.5	73.2	61.4	33.0	55.3	91.5	43.5
8	8.1	132.8	53.7	62.3	43.9	72.3	44.0	61.8	45.6	72.3	33.8	63.6
9	8.0	123.8	103.2	54.0	65.7	83.0	52.3	42.8	44.4	73.7	122.0	33.5
10	7.3	105.1	92.7	52.0	32.4	54.3	62.5	43.8	41.7	34.8	103.0	62.4
11	7.7	105.0	83.2	72.1	41.8	33.0	43.9	62.5	42.0	35.5	82.2	54.2
12	5.8	94.2	81.8	42.6	62.0	42.9	44.0	53.4	65.6	96.0	101.7	48.5
13	5.6	106.8	94.1	63.7	73.4	75.4	93.5	61.9	36.2	112.1	42.8	72.9
14	6.5	94.8	85.0	74.3	85.5	126.2	92.2	42.4	43.4	75.9	93.3	55.5
15	5.3	85.0	94.4	64.4	75.4	93.7	72.3	44.6	74.1	62.3	41.6	34.3
16	4.6	64.7	82.8	55.9	103.5	94.8	72.0	47.2	96.3	81.4	33.2	65.3
17	3.7	74.9	93.5	61.6	34.9	93.3	42.2	56.1	84.3	74.8	84.0	73.4
18	1.5	39.3	115.8	112.2	45.0	84.7	61.2	35.0	63.4	55.0	84.3	92.7
19	3.7	76.0	95.3	91.6	33.2	63.5	53.9	64.2	62.3	42.4	46.9	113.2
20	4.8	83.7	62.1	65.8	101.7	43.7	63.4	63.1	41.5	4 -	82.2	43.6
21	4.3	78.5	111.9	63.3	72.0	53.8	63.2	53.8	51.6	31.4	34.2	85.3
22	3.0	75.9	93.9	75.8	104.3	102.3	42.1	42.0	52.1	53.4	64.8	83.1
23	4.5	84.5	71.3	32.4	134.0	82.1	51.4	31.8	31.6	35.2	83.0	63.6
24	3.3	62.3	52.7	64.3	102.7	44.9	62.0	42.8	64.0	75.5	82.8	63.5
25	5.5	95.8	92.7	53.2	64.9	64.0	72.4	42.9	52.7	56.3	107.3	113.3
26	7.6	106.3	93.5	62.7	42.3	43.6	52.8	42.6	53.3	52.3	44.7	73.2
27	7.8	104.3	71.4	36.4	121.5	45.2	71.8	42.7	51.7	36.2	107.7	112.5
28	5.3	123.3	72.4	53.2	81.7	33.1	51.9	42.7	62.3	34.1	75.0	71.5
29	4.9	8	3.3	66.9	92.2	42.5	32.6	42.1	42.8	55.4	102.2	41.2
30	6.8	9	1.6	33.4	81.9	31.8	31.7	32.3	42.2	45.0	73.2	51.4
31	7.4	10	2.5	5	2.4	4	1.7	30.9	2	2.7	5	1.8

(注) 平:平均風速(m/s)…毎正時、24回合計の平均

最:最大風速(m/s)…毎正時

5.1.4 その他

気象・海象以外で放射性物質の運搬・荷役を制限する事項について調査した。

(1) 海水浴

原子力発電所の付近に海水浴場があると、夏期の海水浴シーズンに使用済燃料の搬出に制限が加わる場合がある。具体的には、美浜、高浜、大飯、敦賀、御前崎で7月～8月にかけて、このような例がある。(御前崎では、ゴールデンウィークにもある。)

(2) 給油制限

海外再処理における使用済燃料運搬船の場合、給油の実績がある港は、日立、清水、神戸、関門の4港であり、しかも実入、空容器を積載していない状態で入港しなければならない。

(3) 行政指導

海上保安庁第8管区海上保安本部は、国内向け及び海外再処理向けの使用済燃料運搬船の運航に関し、冬期における日本海の北西季節風を考慮し、11月～3月における美浜、高浜、大飯、島根、敦賀からの使用済燃料の搬出を行わせない指導を行っている。

(4) 休 日

今日、週休2日制は一般に採用されており、荷役についても週休2日として考えるのが妥当と考えられる。

(5) 夜 間

危険物運搬船は、一般に夜間における入出航、荷役が禁止されており、これらは昼間(日出～日没)に行わなければならない。

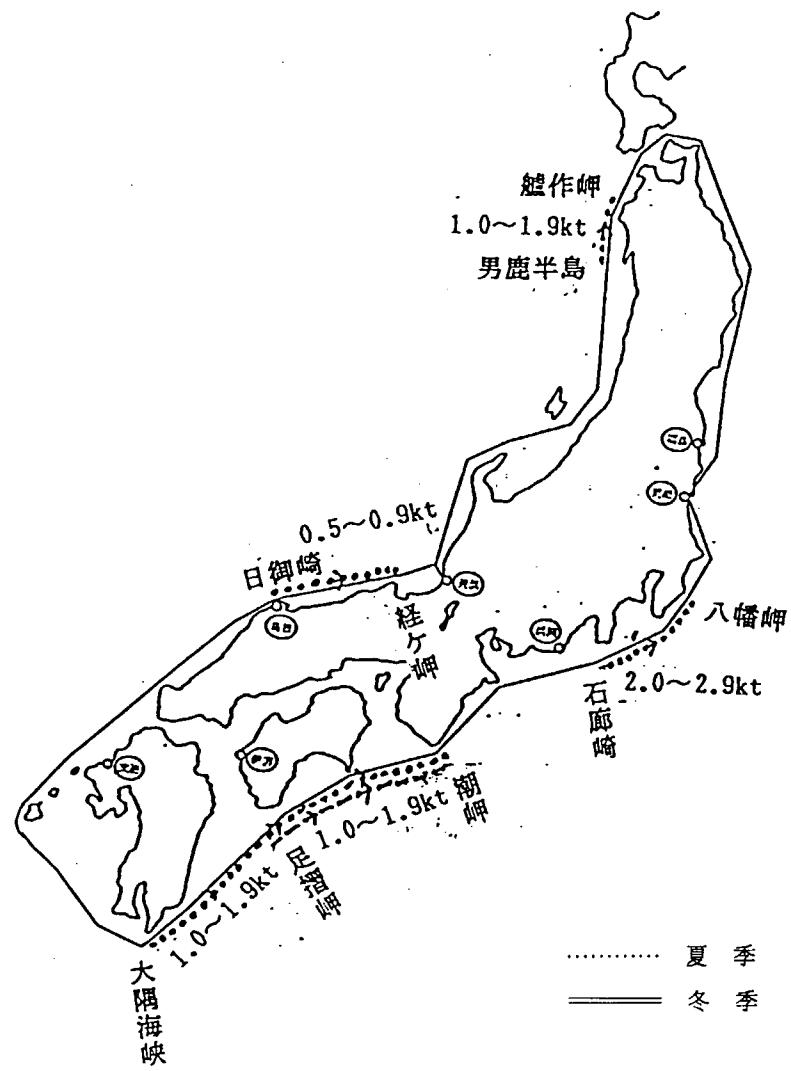
5.1.5 おわりに

海象の発生パターンは、5.1.2(2)波浪警報の発令実績から発生時期、発生海域を概ね把握でき、これに内航危険物運搬船の運航実態を考慮することにより、より実際の運航に近い評価・検討が可能になると考えられる。気象については、六ヶ所村の観測データからだけでは、十分に把握することができず、また、風速についてはその場所の地形によっても変化するので、発生パターンの特定は困難であると考えられる。

5.2 日本周辺の潮流について

海上保安庁発行の水路誌により、日本周辺の潮流について調べた。(図5.2.1～5.2.3) その結果、流速の速い海域及び時期は次のとおりであった。

太平洋	夏季	大隅海峡～潮岬	1.0～1.9kt
		石廊崎～八幡岬	2.0～2.9kt
	冬季	足摺岬～潮岬	1.0～1.9kt
日本海	夏季	日御岬～経ヶ岬	0.5～0.9kt
		男鹿半島～蘆作岬	1.0～1.9kt



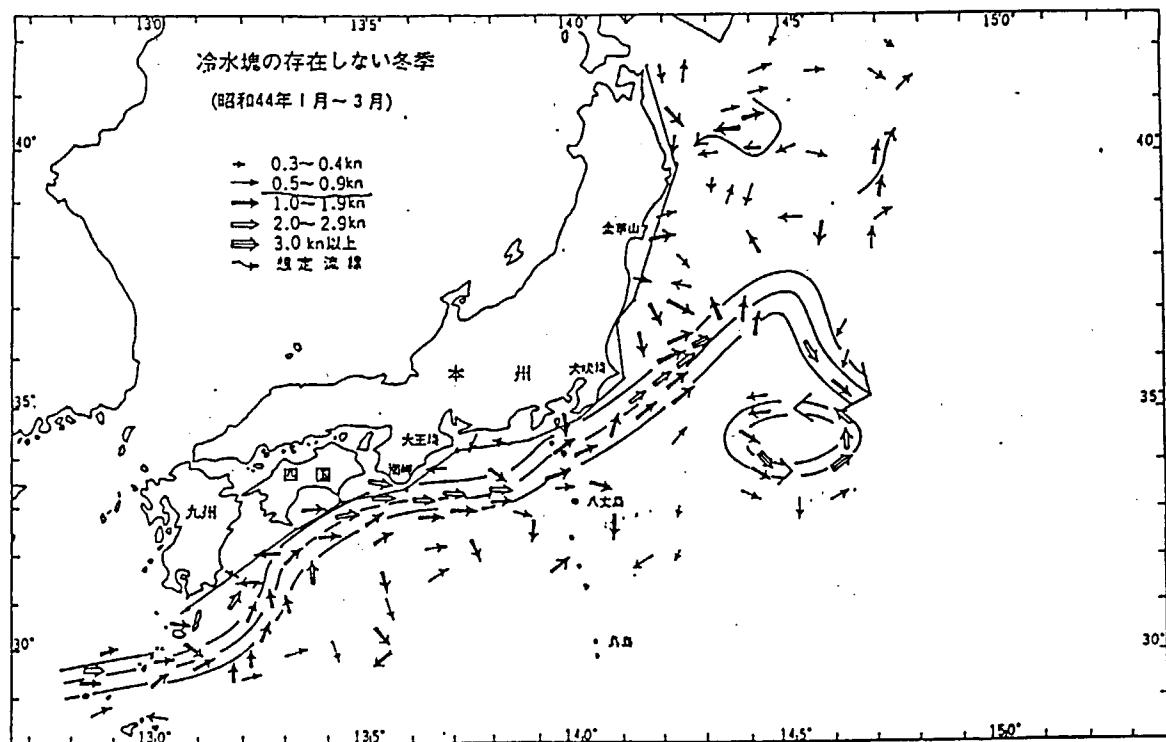
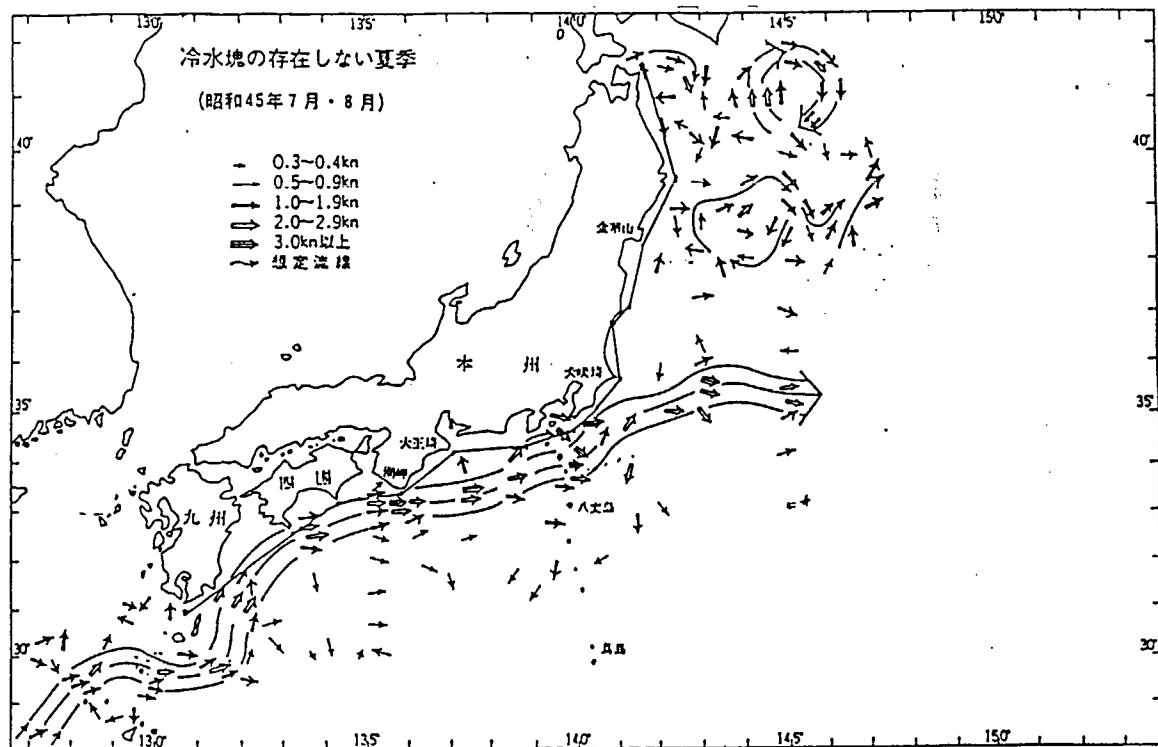
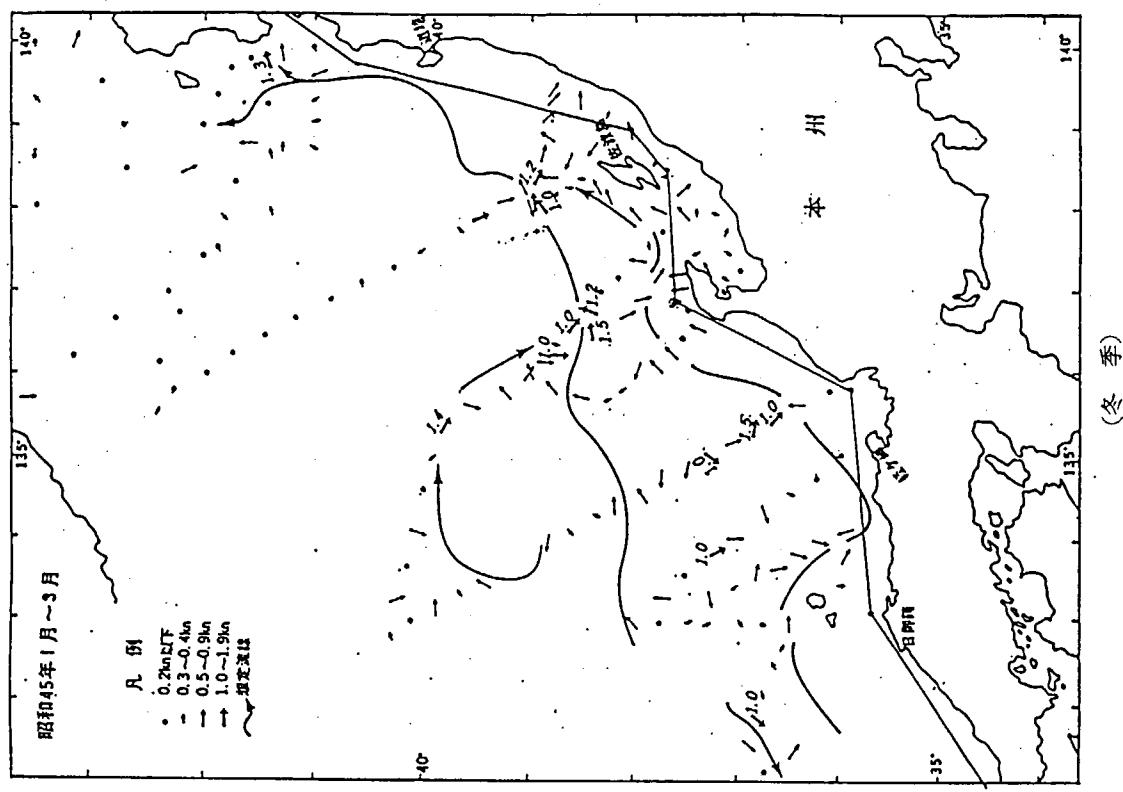
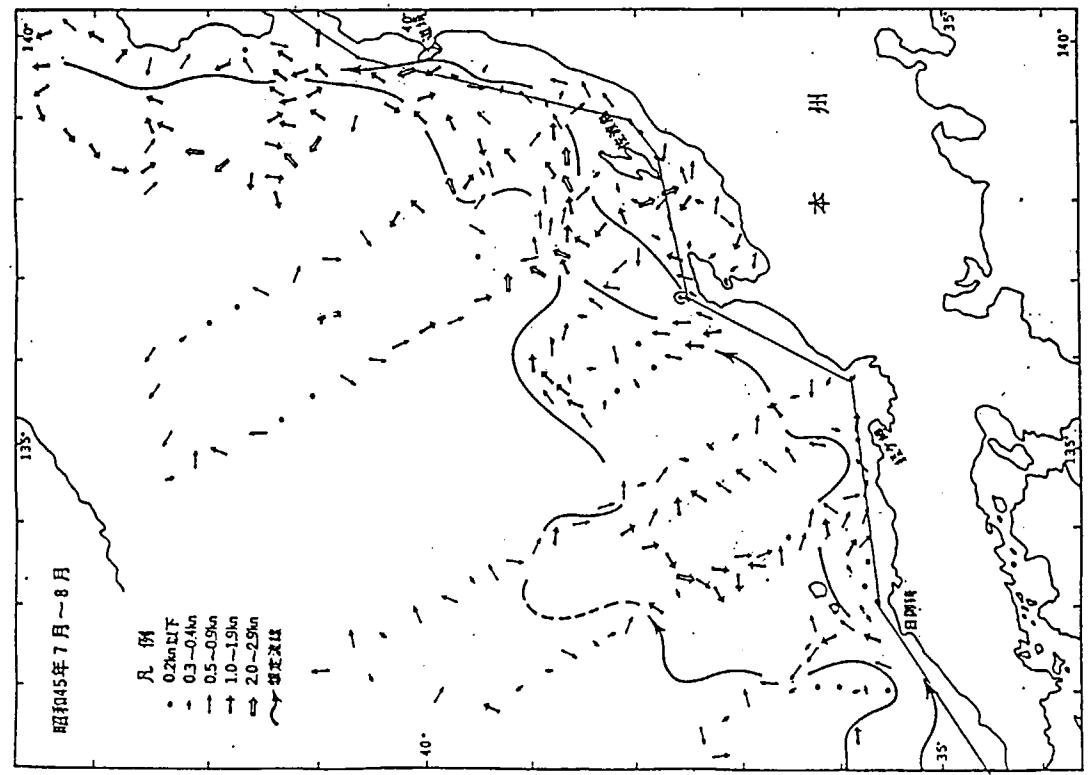


図5.2.1 海流図(太平洋岸)

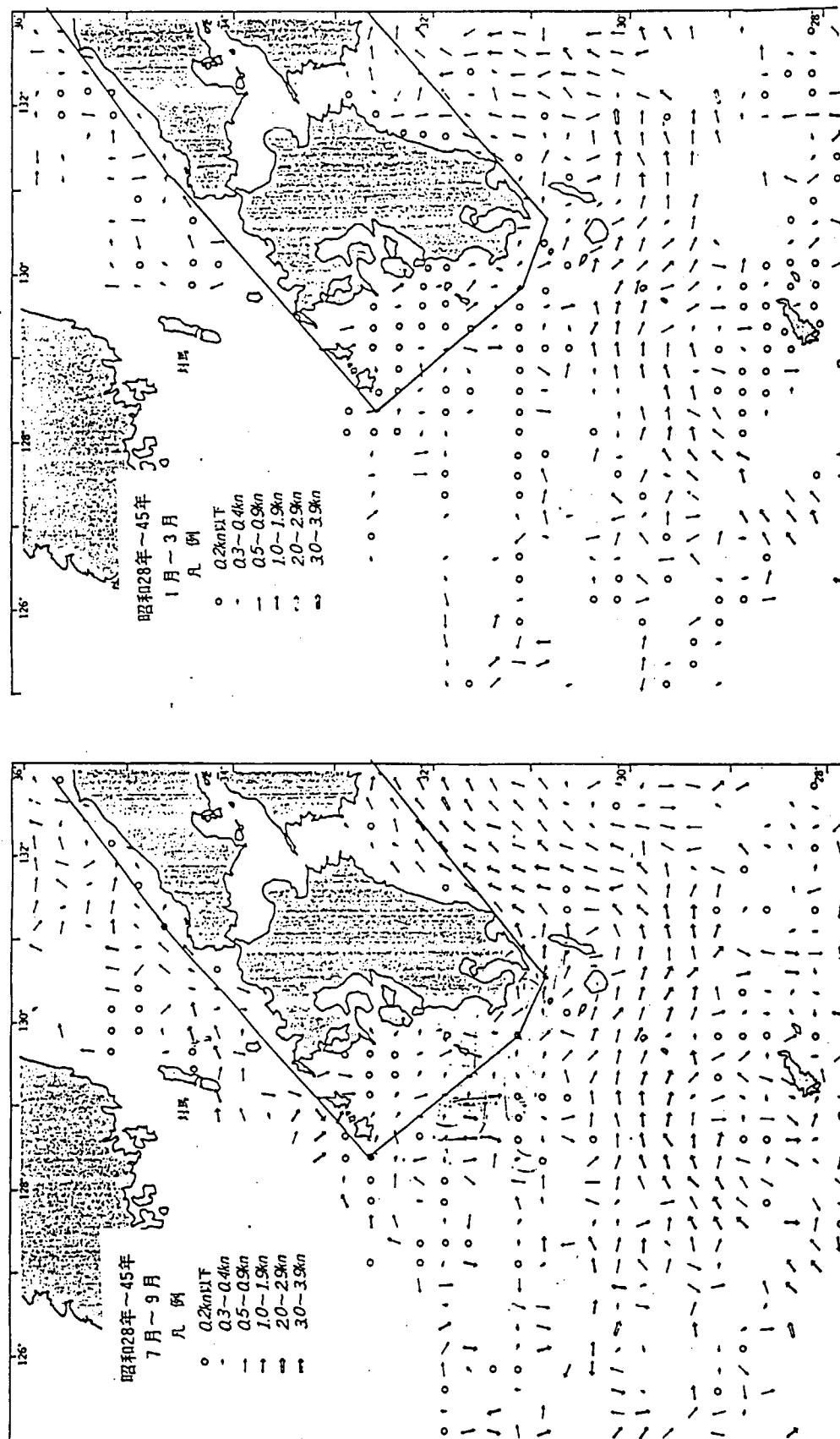


(冬季)

図2.5.2 日本海海流図



(夏季)

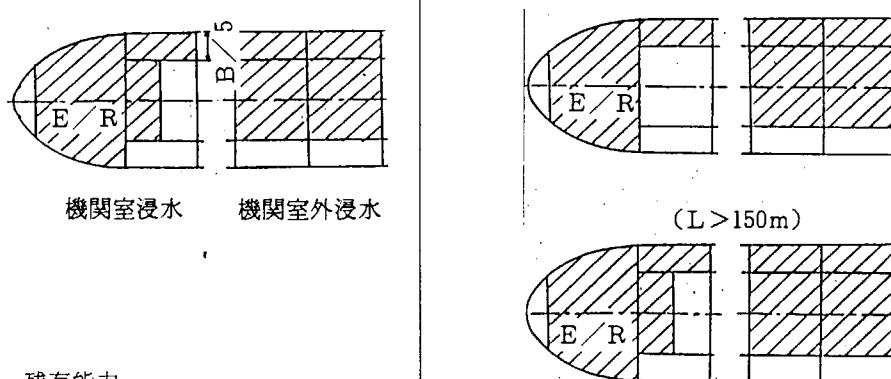


(冬季, GEKベクトル平均)

図2.5.3 九州・南西諸島近海海流統計図

(夏季, GEKベクトル平均)

5.3 船査610号と船査400号の比較（抜粋）

項目	船 査 610号 (使用済核燃料運搬船の構造設備要件)	船 査 400号 (放射性廃棄物投棄船の構造設備の特別要件)
1. 損傷時復原性	<p>(1) 衝突による損傷範囲</p> <p>(イ) 長さ方向: $1/3 L$ 又は $14.5m$ の小さい方 (内殻は当該損傷範囲において上記数値の $1/2$)</p> <p>(ロ) 横方向: $B/5$ 又は $11.5m$ の小さい方 ($B/5$以上に配置された船倉またはその他の場所への同時浸水考慮)</p> <p>(ハ) 垂直方向: 基線上方全部</p> <p>(2) 座礁による損傷範囲</p> <p>() 内は FP から $0.3L$ 間</p> <p>(イ) 長さ方向: $L/10$ 又は $5m$ の小さい方 ($L/10$)</p> <p>(ロ) 横 方 向: $5m$ ($B/6$ 又は $10m$ の小さい方)</p> <p>(ハ) 垂直方向: $B/15$ 又は $6m$ の小さい方 (同)</p> <p>(3) 残存能力</p> <p>(イ) 最終浸水状態における復原性 ・残余復原範囲 20° 以上 ・最大残余復原挺 $100mm$ 以上</p> <p>(ロ) 最終浸水状態における横傾斜角度 15° 以内又は 17° 以内 (甲板が水没しない場合)、但し長さ $150m$ 未満の船舶は 25° まで</p>	<p>(イ) 同 左</p> <p>(ロ) 同 左</p> <p>但し、長さ $150m$ 以下の船舶においては機関室に隣接する上記()内船倉への、機関室との同時浸水は考慮しない。</p> <p>(ハ) 同 左</p> <p>(イ) 同 左</p> <p>(ロ) 同 左</p> <p>(ハ) 垂直方向: $B/15$ 又は $2m$ の小さい方 (同) ($L \leq 150m$)</p>  <p>(イ) 同 左</p> <p>(ロ) 同 左</p>

項目	船査 610号 (使用済核燃料運搬船の構造設備要件)	船査 400号 (放射性廃棄物投棄船の構造設備の特別要件)
2. 貨物艤構造	<p>(1) 側部縦通隔壁：船側から$B/5$以上</p> <p>(2) 二重底高さ：$468 + 4.1L$ (mm) 又は $b/8$ (mm) のうち大なる値以上 (b : 船倉巾)</p> <p>(3) 船舶最前端隔壁：FPより$0.15L$より後方</p>	<p>(1) 同左</p> <p>(2) 二重底高さ：$B/15$又は 2 m の小さい方以上</p> <p>(3) 貨物艤境界：いかなる場所においても船側又は船底から760mm以上離れていること</p>
3. 耐衝突構造	<p>(1) 衝突船：T - 2 タンカー</p> <p>(2) 衝突船の船首突入量：B/5以上離れた縦通隔壁まで</p> <p>(3) 衝突の吸収エネルギーの計算式 ：ミノルスキーハーの計算方法</p>	無
4. キャスク 冷却設備	<p>(1) 下記の周囲環境条件でキャスク周辺 温度38°C以下、キャスク表面温度 82°C以下</p> <p>(イ) 計画大気温度：38°C</p> <p>(ロ) 計画海水温度：32°C (遠洋) ：30°C (その他)</p> <p>(2) ポンプ、プロワー等の可動部分は 二重整備</p> <p>(3) 船艤内温度：人の出入を防げないこと</p>	無
5. 固縛設備	<p>(キャスク固縛)</p> <p>(1) 想定外力</p> <p>(イ) 附加加速度：1 g (任意方向)</p> <p>(ロ) 横傾斜：45°</p> <p>(ハ) 縦傾斜：10°</p>	<p>(貨物の固縛)</p> <p>(1) 航行海域での船の動揺から生ずる加速度を考慮</p>

項目	舶 査 610号 (使用済核燃料運搬船の構造設備要件)	舶 査 400号 (放射性廃棄物投棄船の構造設備の特別要件)
6. 放射線測定器具等	(1) フィルムパッチ (2) ポケットドジメーター (3) アラームメーター (4) 線量測定用サーベイメーター (5) 保護衣類 (6) 除染装置(除染用シャワー)	(1) 個人用線量計 (2) 放射線測定用サーベイ・メーター (3) 保護衣類、防塵マスク等 (4) 汚染検査用サーベイメーター (5) ダストサンプラー (6) ふき取式表面汚染測定器 (7) 除染装置(除染シャワー) (8) 防染用器材
7. 船艤排氣設備	(1) キャスクが常時ペントする型式の場合は設けること。	無
8. 船艤排水設備	(1) 排水に異常が認められた場合船内の適当な場所に貯蔵できること。 (2) 他の用途のものと別系統とすること。	(1) 同 左 (2) 同 左
9. 機関室消防設備	(1) 船舶消防設備規則第60条第1項第1号によること。	(1) 同 左
10. 救命設備	(1) 沿海区域航行の第4種船で最終浸水状態の横傾斜が15°を超えるものは各舷に、救命艇端艇又は救命いかだを備える。	無
11. 非常時漲水装置	(1) 火災等の非常時に船艤内に漲水できる装置を設けること。 (2) 装置は船橋等から操作できること。	無
12. 非常電源設置	(1) 船舶設備規程第299条第1項の非常電源を機関室以外の適当な場所に設ける。 (2) 36時間以上給電対象 (イ) 航海灯 (ロ) 信号灯 (ハ) キャスク冷却設備電動機 (ニ) 非常時漲水装置電気設備	(1) 同 左 (2) 36時間以上給電対象 (イ) 同 左 (ロ) 同 左 (ハ) 無 (ニ) 無

項目	船査 610号 (使用済核燃料運搬船の構造設備要件)	船査 400号 (放射性廃棄物投棄船の構造設備の特別要件)
	(ホ) 通信設備 (1) レーダー (2台) (2) エコーサウンダー (1台) (3) 航跡自画装置	(ホ) 同左 (3) 倉口蓋閉鎖装置、荷役装置を駆動できる予備電源を備えること。 (1) レーダー (2台) (2) 音響測深機 (1台) (3) 船位測定装置及び船位記録装置 (4) ファクシミリ受信機
13. 航海設備		
14. 倉口閉鎖装置	無	(1) 鋼製風雨密倉口蓋を設けること。 (2) 動搖下においても安全かつ容易に開閉できること。
15. 荷役作業場所	無	(1) 作業場所、通路には滑り止め等の保護設備を設けること。 (2) 照度 (夜間) (イ) 作業場所 20ルクス以上 (ロ) 通路 8ルクス以上
16. 荷役装置	無	(1) 設定した荷役中の船体傾斜及び動搖の限界値においても正常に作動しうること。

5.4 海上輸送経費の試算

海上輸送シミュレーションを行うため、前提条件として設定した使用済燃料運搬船（8基積み及び20基積）ならびにLLW運搬船（3,000D/W型）の各船について年間の海上輸送経費を試算する。

なお、同経費は次の2項目に区分し、昭和62年度価格により試算を行う。

- ① 各運搬船の総船価（建造船価+乗出費用）を推定し、年間固定船費の試算
 - ② 海上輸送シミュレーション結果のデータ（航海日数、出入港回数等）により年間運航費の試算
- これらの試算を行うにあたり、その算出基礎は以下のとおりとする。

5.4.1 海上輸送経費の算出基礎

(1) 運搬船の総船価

各運搬船の建造船価は同型船の船価を参考とし、これに各船の特殊構造・設備のコストを見込み概算船価を推定する。また、乗出費用として建造船価の5%を加算する。

(2) 運搬船の固定船費

各運搬船の固定費は、経費項目及び算出基礎を表5.4.1のとおり設定する。

なお、各運搬船の放射線管理に係わる経費は除外する。

表5.4.1 固定船費の算出基礎

項目	算出基礎
直 接 船 費	船員費 乗組員数 × 内航平均船員費
	船用品費 同型船のコストを参考とする。
	潤滑油費 同上
	修繕費 同型船のコストを参考に、各運搬船の特殊構造・設備の修繕費を加算する。
	雜費 同型船のコストを参考とする。
間接 船 費	減価償却費 年間償却額（定額） = $\frac{\text{総船価} - \text{残存価格(10\%)}}{15\text{年(耐用年数)}}$
	金利 年間平均金利 = $\frac{1+15\text{年}}{2\times 15\text{年}} \times \text{総船価} \times \text{利子率}$
	固定資産税 税額（初年度） = $\text{総船価} \times \frac{1}{2} \times \frac{14}{1,000}$
	保険料 $\text{総船価} \times 1\% + \text{PI保険料}$
店費	(直接船費 + 間接船費) × 20%

(3) 運搬船の運航費

各運搬船の運航費は、各ケースのシミュレーション結果を基にして費用区分及び算出基礎を表5.4.2のとおり設定し、試算する。

表5.4.2 運航費の算出基礎

項目	算出基礎
貨物費	荷役関係費は試算から除外する。
燃料費	主機関： 燃料消費量／日 × 航海日数／年 × C重油単価 発電機関： 燃料消費量／日 × 355日 × A重油単価
港費	入出港回数 × 1回当たりの港費
その他	(燃料費 + 港費) × 20%

5.4.2 海上輸送経費の算出条件

(1) 各運搬船の要目

使用済燃料運搬船(8基積み及び20基積)ならびにLLW運搬船(3,000D/W型)の各船についての要目を表5.4.3の通りとし、海上輸送経費の年間運航費についての算出条件とした。

表5.4.3 各運搬船の要目表

項目	LLW運搬船	使用済燃料運搬船	
		8基積	20基積
全長	約 99.0m	約 66.0m	約 103.0m
垂線間長	93.0m	60.0m	95.0m
幅	16.0m	13.0m	16.0m
深さ	7.9m	7.6m	7.6m
吃水	4.9m	4.9m	4.9m
載貨重量	約 3,000t	約 1,500t	約 3,000t
総トン数	3,300t	1,400t	2,950t
主機関 最大出力 常用出力	2サイクルディーゼル 約2,350PS × 197R.P.M 2,000PS × 186.7R.P.M	4サイクルディーゼル 約1,600PS × 190R.P.M 1,400PS × 180R.P.M	4サイクルディーゼル 約2,300PS × 200R.P.M 1,950PS × 190R.P.M
燃料消費料 主機関 発電機	6.3t/d 0.8~ t/d	5.0t/d 1.0~2.2t/d	7.0t/d 1.5~4.5t/d
速力 (15%シーマージン)	12.0Kts	12.0Kts	12.0Kts
積載貨物	16R-2型ラック：75個 コンクリート ブロック：200個	キャスク： 8基	キャスク： 20基

(2) 海上輸送シミュレーション結果

海上輸送シミュレーションによる配船結果のデータに基づき海上輸送経費の年間運航費についての算出条件とした。

算出条件に必要とする配船結果のデータを表5.4.4にまとめた。

表5.4.4 配船結果データ表

ノルマス	グループ数	使用隻数	輸送船番号	航海航数	航海時間	稼働時間	時間		航海日数	停泊時間	備考
							停泊時間	補正時間			
SF200-8-2	5	2	1	13	1454.0	253.0	1050.0	336.0	5667.0	61日	1639.0
		2	13	1491.5	257.0	1055.0	312.0	5644.5	62日	1624.0	補正時間は停泊時間に含めた。
		合計	26	2945.5	510.0	2105.0	648.0	11311.5	123日	3263.0	
SF200-8-3	5	3	1	9	938.0	173.0	722.0	240.0	6687.0	39日	1135.0
		2	9	934.0	180.0	743.0	216.0	6687.0	39日	1139.0	
		3	8	1073.5	157.0	640.0	192.0	6697.5	45日	989.0	
SF200-20-2	5	2	1	5	674.0	592.0	1367.0	240.0	5887.0	28日	2199.0
		2	7	888.5	549.0	1194.0	240.0	5888.5	37日	1983.0	
		合計	12	1562.5	1141.0	2561.0	480.0	11775.5	65日	4182.0	
LLW50-30A-2	15	2	1	13	1474.5	473.0	957.0	—	5855.5	62日	1430.0
		2	13	1461.0	490.0	970.0	—	5839.0	61日	1460.0	
		合計	26	2935.5	963.0	1927.0	—	11694.5	123日	2890.0	
		平均	13	1467.8	481.5	963.5	—	5847.2	62日	1445.0	

5.4.3 海上輸送経費の試算

使用済燃料運搬船（8基積み及び20基積）ならびにLLW運搬船（3,000D/W型）について海上輸送シミュレーションの4種類のケース及び配船結果データの各運搬船の輸送船番号毎に海上輸送経費を以下の通り試算する。

(1) 各運搬船の固定船費

運搬船の種類	ケース	積載貨物	載荷重量
使用済燃料運搬船	SF200-8-2 SF200-8-3	} キャスク 8基積	1,500t
使用済燃料運搬船	SF200-20-2	キャスク 20基積	3,000t
LLW運搬船	LLW50-30A-2	16R-2型ラック：75個 コンクリート ブロック：200個	3,000t

上記3種類の運搬船（詳細要目は表5.4.3参照）について年間固定船費を試算する。

(2) 各運搬船の年間運航費

各運搬船の年間運航費は各ケースに基づき輸送船番号毎の運航スケジュールに従い以下の9種類について試算する。

運搬船の種類	ケース	輸送船番号	寄港回数／発電所	入出港回数
使用済燃料運搬船 (1,500 D/W型)	SF200-8-2 "	1 2	14回 13回	80回 78回
使用済燃料運搬船 (1,500 D/W型)	SF200-8-3 " "	1 2 3	10回 9回 8回	56回 54回 48回
使用済燃料運搬船 (3,000 D/W型)	SF200-20-2 "	1 2	10回 10回	40回 48回
LLW運搬船 (3,000 D/W型)	LLW50-30A-2	1 2	14回 19回	80回 90回

(3) 輸送経費試算の前提条件

各運搬船の船価を現時点で見積ることは非常に難しいが、ここでは概略の建造船価を想定したものに乗出費用を加算し、各運搬船の総船価を以下の通り想定し、試算を進めるにした。

① 使用済燃料運搬船の総船価

- イ. キャスク：8基積 1,500D/W型：3,675,000千円
- ロ. キャスク：20基積 3,000D/W型：5,250,000千円

② LLW運搬船の総船価

- 16R-2型ラック： 75個積 } 3,000D/W型：4,725,000千円
コントロールブロック：200個積

③ 試算開始年度：昭和62年度

- ④ 建造式借入額：総船価と同額
- ⑤ 除外品目：放射線管理に係わる費目

(4) 年間固定船費の試算

各運搬船の年間固定船費は総船価償却を定額償却(15年)について試算を行い、その結果を表5.4.5に示す。

(5) 年間運航費の試算

各運搬船の年間運航費について試算を行い、その結果を表5.4.6に示す。

表5.4.5 各運搬船の年間固定船費

項目		使用済燃料運搬船 1,500 D/W型	LLW運搬船 3,000 D/W型	LLW運搬船 3,000 D/W型	(単位千円) 備考
直接船費	船員費	168,708	168,708	198,400	注1:船員費 注2:乗組員数
	船用品費	5,000	5,000	5,000	
	潤滑油費	3,000	3,000	3,000	
	修繕費	54,250	77,500	69,750	
	雜費	4,000	4,000	4,000	
間接船費	減価償却費	220,500	315,000	283,500	
	金利	111,720	159,600	143,640	注3:金利
	固定資産税	25,725	36,750	33,075	
	保険料	37,400	53,150	47,900	注4:料率
店費		126,061	164,542	157,653	
合計		756,364	987,250	945,918	

備考

注1: 62年度内航2団体1人当たり平均船員費￥827,000.-／月とした。

(除く危険品輸送手当)

注2: 各運搬船の乗組員数は以下の通りとした。

(放射線管理要員は除くことにした。)

Ⓐ. 使用済燃料運搬船1,500D/W型17名

Ⓑ. 使用済燃料運搬船3,000D/W型17名

Ⓒ. LLW運搬船3,000D/W型20名

注3: S62.12現在の借入金利5.7%を採用した。

注4: 保険料率: 1% (複成船価方式)、P1保険: 650千円

表5.4.6 各運搬船の年間運航費表

(単位:千円)

運搬船の種類 項目	使 用 費			燃 料 費			運 輪 費			搬 姿 費			L L W 運搬船 輸送船番号			備 考	
	ケース SF200-8-2 (1,500D/W型)			ケース SF200-8-3 (1,500D/W型)			ケース SF200-20-2 (3,000D/W型)			ケース LLH50-30A-2							
	輸送船番号	輸送船番号	輸送船番号	輸送船番号	輸送船番号	輸送船番号	輸送船番号	輸送船番号	輸送船番号	輸送船番号	輸送船番号	輸送船番号	輸送船番号	輸送船番号	輸送船番号		
貨物質	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
燃料費	7,534	7,657	4,817	4,817	5,558	4,842	6,398	9,648	9,493	上段: 主機関							
	20,335	20,335	20,335	20,335	20,335	20,335	38,127	38,127	38,127	下段: 発電機							
	27,869	27,992	25,152	25,152	25,893	42,969	44,525	47,775	47,620								
港賃	56,602	55,198	39,618	38,214	33,968	29,136	34,752	57,603	64,623								
その他	16,895	16,638	12,954	12,674	11,973	14,421	15,856	21,076	22,489								
合計	101,366	99,828	77,724	76,040	71,834	86,526	95,133	126,454	134,732								
ケース別合計	201,194		224,598			181,659		261,186									

5.5 輸送に伴う被曝線量の検討

5.5.1 検討の目的と概要

運搬に係る安全性の指標のひとつに、輸送に伴う被曝線量があり、被曝線量の少ないほど安全性が高い運搬とを考えることができる。いくつかの運搬方法の安全性を比較検討するときに、それぞれの運搬方法による被曝線量を算定して評価することは重要である。ここでは、前節の海上輸送シミュレーションプログラムを用いて得られる運搬計画に対し、その安全性を比較する手段のひとつとしての簡易な被曝評価の手法を検討する。

被曝は、輸送に従事する当事者のものと一般公衆のものに分けられるが、本検討では輸送当事者（荷役作業員及び船員）被曝のみに限定する。また、具体的な検討のベースとなる荷役方法や運搬船の構造の詳細までは明らかでないこともあり、主に運搬に関する法令上の規程に基づいて、いくつかの仮定を用いた概略検討を行うこととする。このため、得られる被曝線量はかなり保守的な数字であることが予想され、これ以上の被曝はないといった上限値を与える性格のものとなるが、シミュレーションプログラムで得られるさまざまな運搬計画相互での被曝に係わる安全性を比較評価するための目安としては十分利用できると考えられる。

5.5.2 検討の範囲

(1) 検討対象の運航スケジュール

- ① 使用済燃料運搬船（8基積）の年間運航スケジュール
- ② 使用済燃料運搬船（20基積）の年間運航スケジュール
- ③ 低レベル廃棄物運搬船（3,000DWT）の年間運航スケジュール

(2) 検討対象の運搬

- ① 船 員：発電所岸壁～航海～下北岸壁
- ② 荷役作業員：発電所岸壁及び下北岸壁

5.5.3 検討要領

(1) 運搬における総被曝線量は、運搬中の作業モードをいくつかに分け、それぞれのモードにおける下記の累積で与えられる。

（ある作業モードでの被曝線量）

$$= (\text{作業場所の線量率}) \times (\text{作業時間}) \times (\text{作業人数})$$

従って、基本的には作業モード毎に下記のようにまとめ、累計を求めることができる。

（荷役作業員の例）

作業名	作業場所	作業場所線量率	作業時間	作業員数	被曝線量
荷役準備	運搬物から 1 m	10mrem/h	2.5分	9人	3.75mam.mrem
	運搬物から 5 m	3 mrem/h	2.5分	9人	1.25mam.mrem

（船員の例）

作業名	積載率	作業場所	作業場所線量率	作業時間	作業員数	被曝線量
荷役中	0%→50%	居室	0.045mrem/h	5.5 h	20人	4.95mam.mrem
航海中	50%	居室	0.09mrem/h	10 h	20人	18mam.mrem

(2) 作業モードはおおよそ次のように区分される。

① 船員

- a) 航海中
- b) 停泊中（荷役作業中）

② 荷役作業員

- a) 荷役準備（車両での固縛解除など）
- b) 船積み
- c) 船倉での固縛
- d) 荷役準備（船倉での固縛解除等）
- e) 荷降し
- f) 車両への固縛

↑ 発電所岸壁
↓ 下北岸壁

(3) 作業場所の線量率は下記で与えられる。

① 荷役作業中：a) 荷役作業員～運搬物からの線量率計算

b) 船員～船倉積載物からの線量率計算

② 航海中：a) 船員～船倉積載物からの線量率計算

このうち、運搬物からの被曝は運搬物許容線量率基準に、船倉積載物からの被曝は居住区の許容線量率基準に基くものとし、積載量に比例するものとする。

(4) 荷役作業時間及び作業員数は「輸送物の荷姿及び荷役について」での検討結果を用いる。また、船員の作業時間は輸送シミュレーションより得られた航海時間及び荷役時間を用い、船員数は運搬船の概念設計で与えられたものを用いる。

5.5.4 検討条件

(2) 運搬物の荷姿等

① 使用済燃料キャスク

寸法：全長6.2m、直径2.4m～（現状の大型キャスクを想定）

運搬：1キャスク／トレーラ

線量率：表面から1mの点で10mrem/h

② 低レベル廃棄物／16R-2型ラック

寸法：全長2.9m、幅1.6m、高さ2.16m

運搬：1ラック／トラック

線量率：表面から1mの点で10mrem/h

③ 低レベル廃棄物／コンクリートブロック

寸法：全長1.6m、幅1.6m、高さ1.72m

運搬：1ブロック／トラック

線量率：表面から1mの点で10mrem/h

(2) 荷役作業時間

① 使用済燃料キャスク（1基当たり）

水平吊具取付 5分

固縛ボルト解縛 5分

船積み荷役28分

	下部船倉	上部船倉
スチフレグデリック	28分	22分
塔形ジブクレーン	22	18
水平引込クレーン	27	21
クローラクレーン	21	17
～最大28分、平均22分		
うち、船倉内固縛 6分		

注) 上記は発電所岸壁での所要時間であるが、下北岸壁でも手順が逆となるだけなので、同様の所要時間とする。

② 低レベル廃棄物 (ラック及びコンクリートブロック／1運搬物当り)

荷役準備	3分 (発電所岸壁)
船積み荷役	200秒／個 (船積載クレーン)
	240秒／個 (下北岸壁クレーン)
発送準備	3分 (下北岸壁)

(3) 荷役作業員数等

① 使用済燃料キャスク～ (日の浦丸の例による)

班長：1	クレーン運転員：1
トレーラ上	合図：1 作業員：8
甲板上	合図：1 作業員：4
船倉内	合図：1 作業員：8 合計 25名

② 低レベル廃棄物

a) 発電所岸壁

班長：1	クレーン運転員：1
安全管理員：1	放射線管理員：1
合図：1	作業：1 検数：1 合計 8名

b) 下北岸壁 (船積載クレーン及び岸壁クレーン同時荷役)

班長：1	クレーン運転員：2
安全管理員：1	放射線管理員：1
合図：4	作業：8 検数：2 合計 19名

③ 船員

- a) 使用済燃料運搬船 (8基積) 18名
- b) 使用済燃料運搬船 (20基積) 18名
- c) 低レベル廃棄物運搬船 (3,000DWT) 21名

	使用済燃料運搬船		低レベル廃棄物運搬船 3,000DWT
	8基積	20基積	
船長	1	1	1
航海士	3	3	3
機関長	1	1	1
機関士	2	2	2
通信長	1	1	1
部員	7	7	9
司厨員	2	2	3
放管員	1	1	1
合計	18	18	21

5.5.5 被曝線量の計算

1) 作業場所線量率

運搬規則によれば、運搬物の線量率は表面で、200mrem/h以下、表面から1mの点で10mrem/h以下とするように定められている。ここでは、運搬物の表面から1mで10mrem/hあるものとし、表面から5m、10mの点での線量率を運搬物を円板線源とみなして距離による線量の減衰を考慮して求める。

運搬船については、居住区の線量率は満載時に、危規則で定められた0.18mrem/hになるものとし、満載できない場合は積載割合（=積載量/満載量）に比例するものとする。また、ハッチ開の場合の甲板での線量率は、運搬物の表面線量をハッチ面積で薄め、その面積と等価な円板線源から2mの点での線量率として求める。

これより求められる運搬物周辺等の運搬当事者の作業場所の線量率は、次のとおりである。

(3) 使用済燃料キャスク

① キャスク表面から1m : 10mrem/h

5m : 3 mrem/h

10m : 2 mrem/h

② 甲板（ハッチ開） : 7 mrem/h

③ 居住区（満載時） : 0.18mrem/h

(2) 低レベル廃棄物（16R - 2 ラック）

① ラック表面から 1m : 10mrem/h

5m : 3 mrem/h

10m : 2 mrem/h

② 甲板（ハッチ開） : 6 mrem/h

③ 居住区（満載時） : 0.18mrem/h

(3) 低レベル廃棄物（コンクリートブロック）

① ブロック表面から 1m : 10mrem/h

5m : 3 mrem/h

10m : 2 mrem/h

② 甲板（ハッチ開） : 22mrem/h

③ 居住区（満載時） : 0.18mrem/h

2) 荷役作業員の被曝線量

荷役作業員については、運搬物1基当りの総被曝線量を求めることができる。従って、それに年間運搬基数を乗じることにより、年間総被曝線量が求まる。

荷役作業員の作業場所は、各作業モードでその職種に応じて運搬物から1m、5m、10mの距離にあるものと代表化し、そこでの作業時間を表5.5.1にまとめた。それに前項の作業場所線量率を乗じて得られる合計被曝線量を同じく表5.5.1に記す。このうち、下北岸壁での低レベル廃棄物の荷役については船載クレーンと岸壁クレーンを用いるが、そのサイクルタイムが異なるため、1船分275基を500分で荷降しするものとし（船載クレーン150基、岸壁クレーン125基）、その平均で1基当りの被曝線量を求めた。

本検討では年間運搬量が定まっているので、運搬船の運航スケジュールに関係なく上記の値に年間運搬基数を掛け合わせることにより、次のように荷役作業員の被曝線量が求まる。

① 使用済燃料運搬

$$40.7 \text{ mam.mrem} / \text{基} \times 200 \text{ 基} / \text{年} \times 2 = 16,280 \text{ mam.mrem} / \text{年}$$

② 低レベル廃棄物運搬

$$(1.82\text{mam.mrem} + 3.39\text{mam.mrem}) \times 6,875\text{基} = 35,819\text{mam.mrem}/\text{年}$$

荷役作業員当たりの被曝線量を求めるには、延べ作業員数が必要である。これを次のように求めた。

① 使用済燃料運搬

$$25\text{人} \times 15\text{サイト (発電所側)} + 25\text{人} \times 2\text{交替 (下北側)} = 425\text{人}$$

② 低レベル廃棄物運搬

$$8\text{人} \times 15\text{サイト (発電所側)} + 19\text{人} \times 2\text{交替 (下北側)} = 158\text{人}$$

これより、荷役作業員当たりの被曝線量は次のようなになる。

① 使用済燃料運搬

$$16,280\text{mam.mrem}/\text{年} \div 425\text{人} = 38.3\text{mrem}/\text{年}/\text{人}$$

② 低レベル廃棄物運搬

$$35,819\text{mam.mrem}/\text{年} \div 158\text{人} = 226.7\text{mrem}/\text{年}/\text{人}$$

この値は各作業者の作業内容により異なるものであり、また下北側では2交替制であるが発電所側は交替制でないとしている等の問題があり、単なる目安にすぎない。また低レベル廃棄物の輸送指數を10としているが、これは最大値であり、実際には殆んどがこれより大巾に低いものであり、被曝線量は、この値よりはるかに低くなると予想される。

3) 船員の被曝線量

船員の被曝線量は、実入り運搬物の荷役中及び航海中の被曝線量合計である。これら被曝線量は積載量に比例するものとする。

従って、荷役中とは実際の荷役作業中ばかりでなく、荷役途中の待ち時間（夜間、休日などの荷役作業時間外）も含まれる。従って、被曝計算上の荷役時間とは、入港後、実入り運搬物を積み（降し）始めてから、その港での荷役数を積み（降し）終わるまでの継続時間となる。同様にして、被曝計算上の航海時間とは、出港から入港までではなく、荷役終了から次の荷役開始までの時間となる。

前節のシミュレーション結果として示された使用済燃料運搬船及び低レベル廃棄物運搬船の年間運航スケジュールについて、上記の定義に基づく各航海の荷役時間及び航海時間を表5.5.2に示す。また、船員の被曝線量は積載割合に比例するとして計算した被曝線量もあわせて記す。なお、荷役中の被曝線量の変化は荷役開始から終了までの荷役継続時間の中で直線近似した。

表5.5.2を集計して、次の船員の年間被曝線量を得る。

① 使用済燃料運搬船（8基積） $7,784\text{mam.mrem}/\text{年}$

② 使用済燃料運搬船（20基積） $6,335\text{mam.mrem}/\text{年}$

③ 低レベル廃棄物運搬船（3,000DWT） $9,687\text{mam.mrem}/\text{年}$

船員当りの被曝線量を求めるには、延べ船員数が必要である。これを次のように求めた。

① 使用済燃料運搬船（8基積）

$$18\text{人} \times 3\text{隻} \times 2\text{交替} = 108\text{人}$$

② 使用済燃料運搬船（20基積）

$$18\text{人} \times 2\text{隻} \times 2\text{交替} = 72\text{人}$$

③ 低レベル廃棄物運搬船（3,000DWT）

$$21\text{人} \times 2\text{隻} \times 2\text{交替} = 84\text{人}$$

これより、船員当りの被曝線量は次のようなになる。

① 使用済燃料運搬船（8基積）

$$7,784\text{mam.mrem}/\text{年} \div 108\text{人} = 72.1\text{mrem}/\text{年}/\text{人}$$

② 使用済燃料運搬船（20基積）

$$6,335 \text{mrem/year} \div 72 \text{人} = 88.0 \text{mrem/year/人}$$

③ 低レベル廃棄物運搬船（3,000DWT）

$$9,637 \text{mrem/year} \div 84 \text{人} = 115.3 \text{mrem/year/人}$$

この値は使用済核燃料運搬船、低レベル廃棄物運搬船とともに遮蔽を設けていない場合のものである。現在運航中の使用済運搬船はすべて遮蔽を設けているが、これから建造される場合も同様であると思われる。そのため被曝線量はこの値より大巾に減少するものと予想される。

表5.5.2 運搬船の荷役・航海スケジュール（被曝計算用）

(1) CASE SF 200-8

No	港	荷役数 (基)	荷役時間 (時間)	積荷数／割合 (基)	航海時間 (時間)	荷役数 (基)	荷役時間 (時間)	被曝量 (mrem)
1	デンカイ	6	51	6 (75%)	89	6	27	331
2	フクシマ1	8	55	8 (100%)	41	8	31	272
3	フクシマ2	8	55	8 (100%)	41	8	31	272
4	デンカイ	8	55	8 (100%)	89	8	31	428
5	フクシマ1	8	55	8 (100%)	41	8	31	272
6	フクシマ2	8	55	8 (100%)	65	8	31	350
7	タカハマ	8	55	8 (100%)	65	8	31	350
8	カシワザキ	8	55	8 (100%)	41	8	31	272
9	フクシマ2	8	55	8 (100%)	41	8	31	272
10	カシワザキ	8	55	8 (100%)	41	8	31	272
11	タカハマ	8	55	8 (100%)	65	8	31	350
12	フクシマ1	8	55	8 (100%)	41	8	31	272
13	カシワザキ	8	55	8 (100%)	41	8	31	272
14	フクシマ2	8	55	8 (100%)	41	8	31	272
15	タカハマ	8	55	8 (100%)	65	8	31	350
16	フクシマ1	8	55	8 (100%)	41	8	31	272
17	フクシマ2	8	55	8 (100%)	41	8	31	272
18	デンカイ	8	55	8 (100%)	89	8	31	428
19	フクシマ2	8	55	8 (100%)	41	8	31	272
20	タカハマ	7	71	7 (87.5%)	69	7	27	335
21	カシワザキ	8	55	8 (100%)	41	8	31	272
22	フクシマ1	8	55	8 (100%)	41	8	31	272
23	カシワザキ	8	55	8 (100%)	65	8	31	350
24	タカハマ	8	55	8 (100%)	65	8	31	350
25	カシワザキ	7	71	7 (87.5%)	45	7	27	266
26	フクシマ2	3	45.5	3 (37.5%)	25.5			
	フクシマ1	1	1.5	4 (50%)	25	4	7	108
								(計 : 7,784)

(2) CASE SF 200-20

No	港	荷役数 (基)	荷役時間 (時間)	積荷数／割合 (基)	航海時間 (時間)	荷役数 (基)	荷役時間 (時間)	被曝量 (mrem)
1	フクシマ2	9	73.5	9 (45%)	70.5			
	フクシマ1	5	49.5	14 (70%)	93	14	75	276
2	フクシマ2	9	51	9 (45%)	81			
	フクシマ1	14	99	20 (100%)	41	20	103	687
3	デンカイ	5	73.5	5 (25%)	122.5			
	タカハマ	15	141.5	20 (100%)	49	20	119	767
4	カシワザキ	14	99	14 (70%)	45	14	99	327
5	フクシマ2	9	73.5	9 (45%)	45	9	51	156
6	タカハマ	11	77.5	11 (55%)	89			
	カシワザキ	9	75	20 (100%)	45	20	103	729
7	フクシマ2	9	73.5	9 (45%)	97			
	フクシマ1	11	119	20 (100%)	25	20	143	787
8	フクシマ2	9	73.5	9 (45%)	45	9	51	156
9	デンカイ	7	93.5	7 (35%)	118.5			
	タカハマ	13	121.5	20 (100%)	49	20	167	882
10	カシワザキ	14	99	14 (70%)	45	14	99	327
11	デンカイ	10	73	10 (50%)	119			
	カシワザキ	10	75	20 (100%)	41	20	127	747
12	フクシマ2	9	98	9 (45%)	69			
	フクシマ1	11	143	20 (100%)	25	20	143	821
								(計 6,335)

(3) CASE LLW50-30A

No	港	荷役数 (基)	荷役時間 (時間)	積荷数／割合 (基)	航海時間 (時間)	荷役数 (基)	荷役時間 (時間)	被曝量 (mrem)
1	フクシマ1	75R200B	69.5	75R200B (100%)	45	75R200B	29.5	357
2	ハマオカ	75R200B	53.5	75R200B (100%)	65.5	75R200B	29.5	327
3	フクシマ1	75R200B	69.5	75R200B (100%)	45	75R200B	29.5	357
4	フクシマ2	75R200B	69.5	75R200B (100%)	45	75R200B	29.5	357
5	フクシマ1	75R200B	69.5	75R200B (100%)	45	75R200B	29.5	357
6	センダイ	64R171B	49.5	64R171B (85.5%)	89	64R171B	27	411
7	ゲンカイ	64R171B	31	64R171B (85.5%)	22.5			
	シマネ	9R 24B	1.5	73R195B (97.5%)	65	73R195B	27	} 417
8	タカハマ	75R200B	53.5	75R200B (100%)	89	75R200B	29.5	493
9	フクシマ1	48R128B	29.5	48R128B (64%)	44			
	オナガワ	20R 53B	5.5	68R181B (90.5%)	21	68R181B	27	} 282
10	ツルガ	75R200B	53.5	75R200B (100%)	89	75R200B	29.5	493
11	ミハマ	19R 51B	7	19R 51B (25.5%)	21			
	オオイ	48R128B	45.5	67R179B (89.5%)	70.5	67R179B	27	} 407
12	フクシマ2	20R 53B	7	20R 53B (26.5%)	41			
	フクシマ1	55R147B	47	75R200B (100%)	45	75R200B	28.5	} 382
13	タカハマ	75R200B	53.5	75R200B (100%)	89	75R200B	29.5	493
14	シマネ	75R200B	69.5	75R200B (100%)	69	75R200B	29.5	448
15	フクシマ1	75R200B	69.5	75R200B (100%)	45	75R200B	29.5	357
16	フクシマ2	75R200B	69.5	75R200B (100%)	45	75R200B	29.5	357
17	フクシマ1	75R200B	69.5	75R200B (100%)	69	75R200B	29.5	448
18	イカタ	54R144B	49.5	54R144B (72%)	66.5			
	トウカイ	19R 51B	7	73R195B (97.5%)	41	73R195B	29.5	} 476
19	トウカイ	75R200B	69.5	75R200B (100%)	69	75R200B	29.5	448
20	ミハマ	75R200B	49.5	75R200B (100%)	89	75R200B	29.5	486
21	トマリ	41R109B	27	41R109B (54.5%)	41	41R109B	27	140
22	ツルガ	26R 69B	25.5	26R 69B (34.5%)	22.5			
	カシワザキ	43R115B	49.5	69R184B (92%)	46.5	69R184B	46.5	} 375
23	ハマオカ	70R187B	69.5	70R187B (93.5%)	46.5	70R187B	27	358
24	タカハマ	15R 40B	5.5	15R 40B (20%)	22.5			
	オオイ	60R160B	45	75R200B (100%)	65	75R200B	29.5	} 423
25	フクシマ1	75R200B	69.5	75R200B (100%)	69	75R200B	29.5	357
26	カシワザキ	75R200B	69.5	75R200B (100%)	69	75R200B	29.5	357

(計: 9,687)

(注) 荷役数・荷役時間は実入り運搬物の取扱のみを示す(空運搬物は含まない)。

航海時間は、実入り運搬物の荷役終了から、次の港での実入り運搬物の荷役開始までの時間を示す。

5.5.6 考 察

本検討では極めて簡易な方法で被曝線量を算出したが、今後更に詳細な検討を行う必要のある場合には、(作業場所の線量率) × (作業時間) × (作業員数) を基本として、個々の項目についてより実態に近づける形としてゆく必要がある。すなわち、より現実に近い算定を行うためには、下記のような点をより深く掘下げて検討し計算することになる。

- (1) 運搬物周辺の線量分布（距離と線量率の関係）
- (2) 運搬船での線量率分布（甲板上、船倉内、居住区等）
- (3) 運搬船での詳細な積載物配置
- (4) 詳細な荷役作業手順（作業位置、人員配置、作業時間等）

本検討のレベルであれば、前節の海上輸送シミュレーションプログラムに被曝線量算定を組み込むことは極めて簡単であろう。単位荷役当りの作業員被曝線量、居住区船量率、船員数をインプット条件とし、シミュレーションで得られる荷役数、荷役時間、積載料、航海時間を受け渡せば、サブルーチンの追加程度で荷役毎、航海毎、トータルの荷役作業員及び船員の被曝線量がアウトトップできるようになると思われる。

表5.5.1 運搬物の荷役に関する被曝量の算定

(1) 使用済燃料キャスク荷役(キャスク1基当り)

工 程		水平吊具取付			固縛ボルト解縛			船 積		船 内 固 縛				合計 線量 mrem
作業場所(線量)		10m	5m	1m	10m	5m	1m	5m	甲板	10m	5m	1m	甲板	
人 数		(2)	(3)	(10)	(2)	(3)	(10)	(3)	(7)	(2)	(7)	(10)	(7)	
班 長	1									22分				3.7
クレーン運転員	1	5分			5分			22分		6分				1.6
トレーラ	合団 作業	1 8		5分		5分		5分						0.5 13.3
甲 板	合団 作業	1 4								22分 22分				2.6 10.3
船 倉	合団 作業	1 8									6分			0.7 8.0

総計：40.7

(2) 低レベル廃棄物荷役

a. サイト岸壁(運搬物1基当り)(単位:秒)

工 程		準備／船積			合計 線量 mrem
作業場所(線量)		10m	5m	1m	
人 数		(2)	(3)	(10)	mrem
班 長	1				0.17
安管・放管員	2	200			0.11
クレーン運転員	1		200		0.17
岸 壁	合 団	1		200	0.17
作 業	2			20	1.03
検 数	1		100		0.17

総計：1.82

b. 下北岸壁(運搬物275基当り)(単位:分)

工 程		荷降／車載			合計 線量 mrem
作業場所(線量)		10m	5m	1m	
人 数		(2)	(3)	(10)	mrem
班 長	1				25
安管・放管員	2	500			33
船 載	運転員	1		500	25
合 団	2		500		50
クレーン	作 業	4		500	333
検 数	1		500		25
岸 壁	運転員	1	500		33
合 団	2		500		50
クレーン	作 業	4		500	333
検 数	1		500		25

総計：933

1基当り：3.39

5.6 海没事故確率の検討

5.6.1 検討の目的

海上輸送シミュレーションにより得られた運航スケジュールに対する各船の海没事故確率を求め、輸送の安全性の評価に資する。

なお、作業に当っては、昭和51年度科学技術庁委託研究「使用済核燃料輸送の安全評価に関する調査報告」(昭和52年3月、電力中央研究所) (以下電中研報告書と略称)において用いられている手法を使用した。

5.6.2 海没事故に関する考え方

1) 海難統計

図5.6.1及び図5.6.2に海上保安庁警備救難部による「要救助海難統計」から得た海難種類別発生状況(昭和57年)及び発生隻数推移を示す。

昭和57年には総数2,137隻の海難があったが、この内種類別では、乗り揚げ(座礁)が最も多く、次いで衝突、機関故障、転覆、水浸、推進器故障、火災の順となっている。

次に海難の20年間の発生隻数推移をみると、全体としては漸減しており、年間3,000隻から2,000隻程度の総数となっている。特に座礁、機関故障の減少は著しい。他方転覆、火災についてはほぼ横ばいに推移している。いずれにしても座礁の発生隻数が最も多く、次いで衝突と機関故障が並び、水浸、転覆が追っている。

2) 海没事故

図5.6.3に、上記種類の海難により船が海没に至るプロセスを示した。これら海難がそれぞれどの程度海没に結び付くかは、発生事故が少ないため厳密な推測は困難である。

電中研報告書においては本船が海没するとすればその原因は他の船舶から衝突された場合に限定できるものとして検討を行っている。本検討においてもこれに倣い安全評価に最も大きな影響を及ぼすものとして衝突による海没事故を想定し、この事故確率の検討を行った。

5.6.3 海没事故確率の推定方法

1) 他船と1回ずれ違い当たりの海没確率(P)

$$P = P_1 \times P_2 \times P_3 \times P_4$$

ここで P_1 : 最接近距離1マイル以内でずれ違う時の衝突確率

P_2 : 沿岸航行船舶の内で10,000総トン以上の存在する確率

P_3 : 10,000総トン以上の船舶との衝突時に全損する確率

P_4 : 全損時に海没する確率

これらの確率の算出においては、(a)沿岸に存在する船の数(b)針路の直角の断面(沿岸から沖合方向への断面)等の観測を行いデータを得る必要がある。電中研報告書に用いられているデータは昭和49年に観測されたものであるが、別途実施された、主要狭水道別通航船舶隻数の昭和54年から61年までの推移等から類推し、余り変化がないと見なすことができる。

従って電中研報告書記載の数値を現時点のものとして使用する。

これによると日本沿岸において船舶が最接近距離1マイル以内でずれ違う回数は年間約2,070,000回であり、一方衝突回数は年間24回であるから衝突はずれ違い86,200回に1回となり $P_1 = 1.16 \times 10^{-6}$ となる。

又、海没の原因是10,000総トン以上の船舶からの衝突によるものとし、統計等より $P_2 = 1.9 \times 10^{-2}$ 、 $P_3 = 1 \times 10^{-1}$ としている。 P_3 については、全損の一部が海没するに過ぎないが安全側に立って全損船のすべてが海没するものとし $P_4 = 1$ としている。

これより 1 回すれ違いあたりの海没確率 P は

$$P = 1.16 \times 10^{-5} \times 1.9 \times 10^{-2} \times 1 \times 10^{-1} \times 1 = 2.2 \times 10^{-8}$$

2) 海没発生期待値 (E)

上記海没事故確率 P は、 1 回すれ違い当たりの確率であるので、 1 航海当たりの海没発生期待値は、 電中研報告書の場合下記となる。

$$E = P \times inj$$

inj : 若狭湾地区から東海地区に至る航海の途中最接近距離 1 マイル以内で他船とすれ違う回数

ここに i は N または S とし北廻りと南廻りとする。

j は 5 または 10 で主要岬角の離隔距離である。

上記報告書においては i n j は、 巾 2 マイル毎の隻数分布の全体に対する割合（主要岬角を 5 マイル離れた場合 70/768、 同 10 マイルの場合 17.5/768）を北廻り、 又は南廻りにおける若狭湾地区から東海地区に至る航路に存在する対象船舶に乗じることにより求めている。

本検討に於いては、 3.1 に記載と同じ理由により上記割合をそのまま使用する。又、 本検討においては、 電中研報告書における単一航路と異なり、 海上輸送シミュレーションより得られた、 年間運航スケジュールにおける各発電所 - むつ小川原港間の航路のそれぞれの対象存在隻数の合計に上記割合を乗じることにより年間当たりの最接近距離 1 マイル以内で他船とすれ違う回数を ΣN_5 及び ΣN_{10} を求める。

（但し N_5 は主要岬角を 5 マイル離れた場合、 N_{10} は同 10 マイルの場合）

3) 海没発生率(T)

何年に 1 回海没事故が発生するかを示す。

電中研報告書においては年間 10 航海としているため

$$T = \frac{1}{10 \cdot E}$$

となる。

本検討においては $T = \frac{1}{P \times \Sigma N_5}$ 及び $\frac{1}{P \times \Sigma N_{10}}$ を計算する。

5.6.4 計算結果

海上輸送シミュレーションより得られた下記対象船の運航スケジュールに基づき、 各船の海没発生期待値(E)及び海没発生率(T)を求める。

1) 対象船

- (1) 使用済燃料運搬船 (8基積、 2隻運航) (SF200-8-2)
- (2) " (" , 3 ") (SF200-8-3)
- (3) " (20基積) (SF200-20-2)
- (4) 低レベル廃棄物運搬船 (3,000DWT) (LLW50-30A-2)

2) 海没発生期待値

- (1) 対象船が他船とすれ違う回数 (年間)

対象船の年間スケジュールより対象船が一年間に、 最接近距離 1 マイル以内で他船とすれ違う回数 (ΣN_5 及び ΣN_{10}) の計算を表 5.6.1 ~ 表 5.6.4 に示す。

ただし、 海没発生期待値等の計算においては、 電中研報告書に倣い、 実キャスク、 又は実ラック

積載時ののみの航海を対象にする。

なお、表中記号は下記の通りである。

F : 対象船の航路に存在する100GT以上の船隻数

N_5 : 左記航路において主要岬角を5マイル離れた場合の最接近距離1マイル以内で他船とすれ違う回数

N_{10} : 左記航路において主要岬角を10マイル離れた場合の最接近距離1マイル以内で他船とすれ違う回数

又、計算結果を下表に示す。

	ケース	年間航海数 (回)	年間航海距離 (マイル)	ΣN_5 (隻)	ΣN_{10} (隻)
1	SF200-8-2	26	10,986	316.6	79.14
2	SF200-8-3	26	10,986	316.6	79.14
3	SF200-20-2	12	5,578	163.9	40.96
4	LLW50-30A-2	26	12,237	446.08	111.51
参考	電中研報告書 北廻り航路	10	8,820	272	68
参考	電中研報告書 南廻り航路	10	13,030	633	158

(2) 対象船の海没発生期待値 (E)

対象船の年間当たりの海没発生期待値Eは

$$E = P \times \Sigma N_5 \quad (N_{10}) \quad \text{ただし } P = 2.2 \times 10^{-8}$$

	ケース	年間航海数(回)	E (N_5)	E (N_{10})
1	SF200-8-2	26	6.95×10^{-6}	1.74×10^{-6}
2	SF200-8-3	26	6.95×10^{-6}	1.74×10^{-6}
3	SF200-20-2	12	3.61×10^{-6}	9.01×10^{-7}
4	LLW50-30A-2	26	9.81×10^{-6}	2.45×10^{-6}
参考	電中研報告書 北廻り航路	10	5.98×10^{-6}	1.50×10^{-6}
参考	電中研報告書 南廻り航路	10	1.39×10^{-5}	3.48×10^{-6}

3) 海没発生率 (T)

	ケース	年間航海数(回)	T (N_5) 年	T (N_{10}) 年
1	SF200-8-2	26	1.43×10^5	5.75×10^5
2	SF200-8-3	26	1.43×10^5	5.75×10^5
3	SF200-20-2	12	2.77×10^5	1.11×10^6
4	LLW50-30A-2	26	1.02×10^5	4.08×10^5
参考	電中研報告書 北廻り航路	10	1.67×10^5	6.67×10^5
参考	電中研報告書 南廻り航路	10	7.19×10^4	2.87×10^5

4) 計算結果に対する評価

電中研報告書においては、航路を若狭湾地区から東海地区の単一航路とし、航海数を年間10回とし、海没発生率等を計算している。

今回の海上輸送シンミュレーションにおいては、想定された量のSF及びLLWを運搬するためには SF200-8-2、SF200-8-3、及びLLW50-30A-2 の場合は年間26航海、SF200-20-2 の場合は年間12航海が必要となる。

しかしながら年間航海距離は航海数が倍以上の26回となっても電中研報告書記載の年間航海距離と大差はない。これは、むつ小川原から近距離にある福島第1、第2への航海が半数弱を占めているからである。

又、海没発生率はおおむね航海距離に対応すると考えられるため、最も航海距離の長い、電中研報告書記載の南廻り航路の場合が少ない数字となっている。(即ち1回の事故発生期間が最も短い)

LLW50-30A-2 と電中研報告書記載南廻り航路の年間航海距離はほぼ同程度であるが海没発生率はLLW50-30A-2の方が約1.4倍となっている。これは南廻り航路が衝突対象船の多い神奈川、静岡、和歌山沖をくりかえして通過することを想定しているためである。

なお、電中研報告書においては、他船と1回すれ違い当りの海没確率(P)算出において日本沿岸を航行するすべての船舶の観測データ、統計を対象としているが、原発港、むつ小川原港周辺においては、航行船舶数は上記の平均よりも低いと考えられ、従って海没確率も低いと推測される。従って海没発生率等においても実際は更に安全サイドにあると考察される。

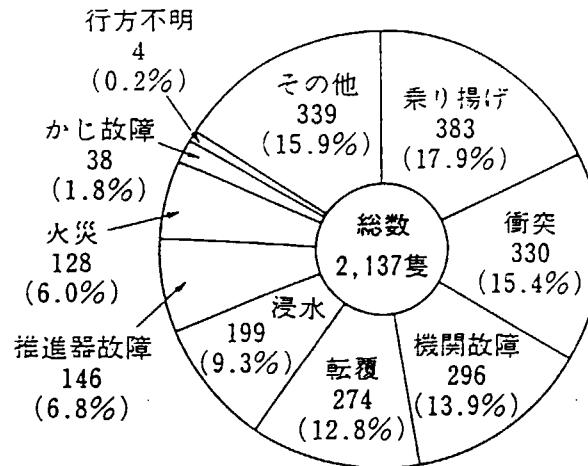


図5.6.1 海上保安庁統計による要救助海難の区分別発生状況

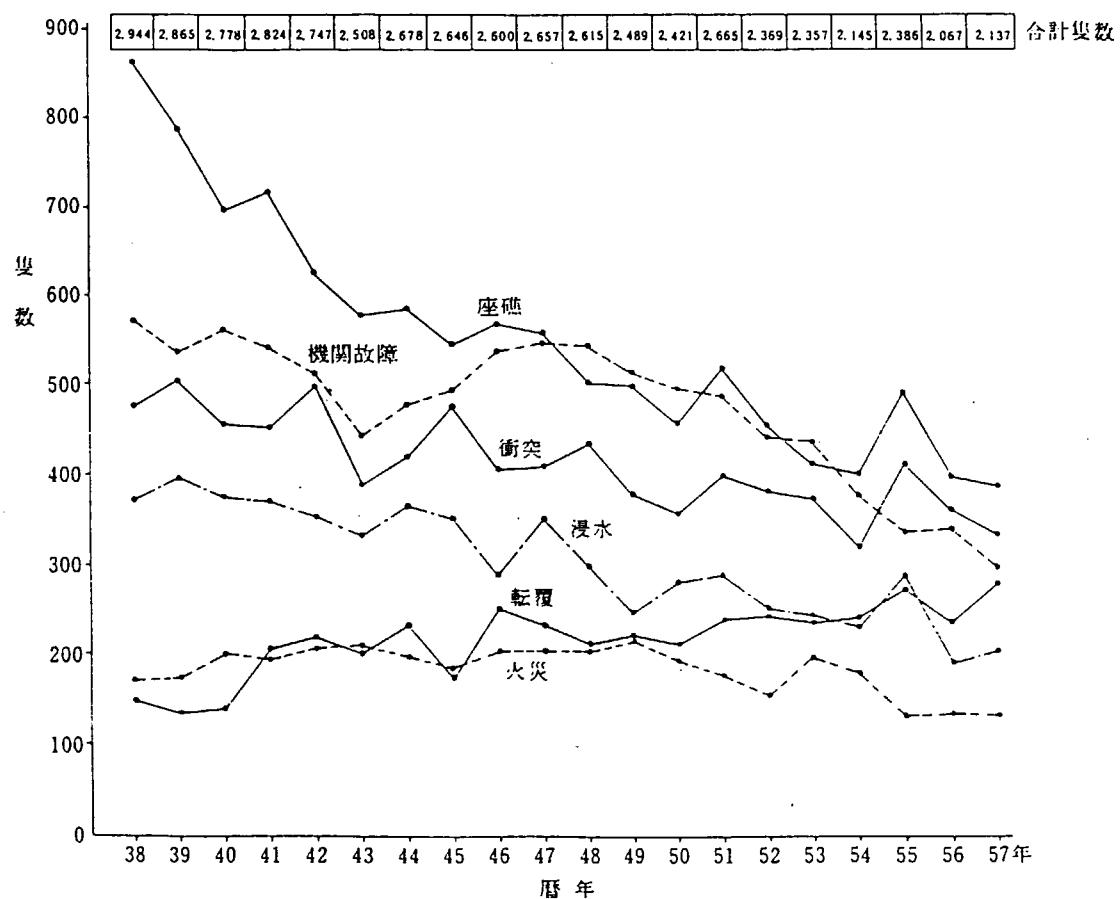


図5.6.2 海上保安庁統計による要救助海難の種類別発生隻数推移

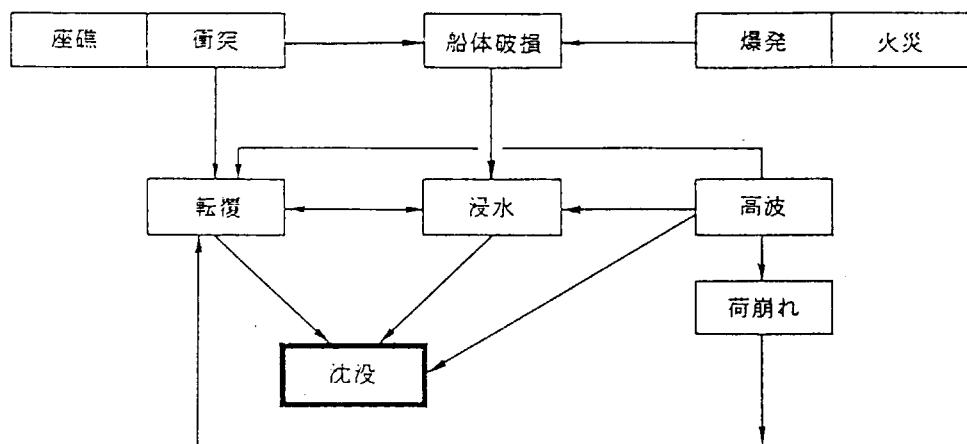


図5.6.3 沈没に至るプロセス

表5.6.1 SF200-8-2のN₅, N₁₀計算

航 海 番 号	航 路 (実キャスク積載時のみ示す)	航 海 距 離	F	N ₅	N ₁₀
1	玄海 → むつ小川原	878	245.4	22.37	5.59
2	福島1 → "	268	119	10.85	2.71
3	福島2 → "	268	119	10.85	2.71
4	玄海 → "	878	245.4	22.37	5.59
5	福島1 → "	268	119	10.85	2.71
6	福島2 → "	268	119	10.85	2.71
7	高浜 → "	564	132.9	12.11	3.03
8	柏崎 → "	386	107.4	9.79	2.45
9	福島2 → "	268	119	10.85	2.71
10	柏崎 → "	386	107.4	9.79	2.45
11	高浜 → "	564	132.9	12.11	3.03
12	福島1 → "	268	119	10.85	2.71
13	柏崎 → "	386	107.4	9.79	2.45
14	福島2 → "	268	119	10.85	2.71
15	高浜 → "	564	132.9	12.11	3.03
16	福島1 → "	268	119	10.85	2.71
17	福島2 → "	268	119	10.85	2.71
18	玄海 → "	878	245.4	22.37	5.59
19	福島2 → "	268	119	10.85	2.71
20	高浜 → "	564	132.9	12.11	3.03
21	柏崎 → "	386	107.4	9.79	2.45
22	福島1 → "	268	119	10.85	2.71
23	柏崎 → "	386	107.4	9.79	2.45
24	高浜 → "	564	132.9	12.11	3.03
25	柏崎 → "	386	107.4	9.79	2.45
26	福島2 → 福島1 → "	268	119	10.85	2.71
計		10,986	3,473.1	316.6	79.14

表5.6.2 SF200-8-3のN5, N10計算

航 海 番 号	航 路 (実キャスク積載時のみ示す)	航 海 距 離	F	N ₅	N ₁₀
1	玄海 → むつ小川原	878	245.4	22.37	5.59
2	福島1 → "	268	119	10.85	2.71
3	福島2 → "	268	119	10.85	2.71
4	玄海 → "	878	245.4	22.37	5.59
5	福島1 → "	268	119	10.85	2.71
6	福島2 → "	268	119	10.85	2.71
7	高浜 → "	564	132.9	12.11	3.03
8	柏崎 → "	386	107.4	9.79	2.45
9	福島2 → "	268	119	10.85	2.71
10	柏崎 → "	386	107.4	9.79	2.45
11	高浜 → "	564	132.9	12.11	3.03
12	福島1 → "	268	119	10.85	2.71
13	柏崎 → "	386	107.4	9.79	2.45
14	福島2 → "	268	119	10.85	2.71
15	高浜 → "	564	132.9	12.11	3.03
16	福島1 → "	268	119	10.85	2.71
17	福島2 → "	268	119	10.85	2.71
18	玄海 → "	878	245.4	22.37	5.59
19	福島2 → "	268	119	10.85	2.71
20	高浜 → "	564	132.9	12.11	3.03
21	柏崎 → "	386	107.4	9.79	2.45
22	福島1 → "	268	119	10.85	2.71
23	柏崎 → "	386	107.4	9.79	2.45
24	高浜 → "	564	132.9	12.11	3.03
25	柏崎 → "	386	107.4	9.79	2.45
26	福島2 → 福島1 → "	268	119	10.85	2.71
計		10.986	3,473.1	316.6	79.14

表5.6.3 SF200-20-2のN₅, N₁₀計算

航 海 番 号	航 路 (実キャスク積載時のみ示す)	航 海 距 離	F	N ₅	N ₁₀
1	福島2→福島1→むつ小川原	268	119	10.85	2.71
2	" → " → "	268	119	10.85	2.71
3	玄海 →高浜 → "	878	245.4	22.37	5.59
4	柏崎 → " "	386	107.4	9.79	2.45
5	福島2 → " "	268	119	10.85	2.71
6	高浜 →柏崎 → "	564	132.9	12.11	3.03
7	福島2→福島1→"	268	119	10.85	2.71
8	福島2 → " "	268	119	10.85	2.71
9	玄海 →高浜 → "	878	245.4	22.37	5.59
10	柏崎 → " "	386	107.4	9.79	2.45
11	玄海 →柏崎 → "	878	245.4	22.37	5.59
12	福島2→福島1→"	268	119	10.85	2.71
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
計		5.578	1.797.9	163.9	40.96

表5.6.4 LLW50-30A-2のN₅, N₁₀計算

航 海 番 号	航 路 (実ラック積載時のみ示す)	航 海 距 離	F	N ₅	N ₁₀
1	福島 1 → むつ小川原	268	119	10.85	2.71
2	浜岡 → "	537	377.7	34.43	8.61
3	福島 1 → "	268	119	10.85	2.71
4	福島 2 → "	268	119	10.85	2.71
5	福島 1 → "	268	119	10.85	2.71
6	川内 → "	1,099	666.8	60.78	15.19
7	玄海 → 島根 → "	878	245.4	22.37	5.59
8	高浜 → "	564	132.9	12.11	3.03
9	福島 1 → 女川 → "	268	119	10.85	2.71
10	敦賀 → "	564	132.9	12.11	3.03
11	美浜 → 大飯 → "	564	132.9	12.11	3.03
12	福島 2 → 福島 1 → "	268	119	10.85	2.71
13	高浜 → "	564	132.9	12.11	3.03
14	島根 → "	683	161.1	14.68	3.67
15	福島 1 → "	268	119	10.85	2.71
16	福島 2 → "	268	119	10.85	2.71
17	福島 1 → "	268	119	10.85	2.71
18	伊方 → 東海 → "	927	617.7	56.30	14.08
19	東海 → "	328	154.7	14.10	3.53
20	美浜 → "	564	132.9	12.11	3.03
21	泊 → "	234	65.1	5.93	1.48
22	敦賀 → 柏崎 → "	564	132.9	12.11	3.03
23	浜岡 → "	537	377.7	34.43	8.61
24	高浜 → 大飯 → "	564	132.9	12.11	3.03
25	福島 1 → "	268	119	10.85	2.71
26	柏崎 → "	386	107.4	9.79	2.45
計		12,237	4,893.9	446.08	111.51

6. 結 言

昭和61～62年度の2年計画で、青森県六ヶ所村に計画されている再処理施設、低レベル放射性廃棄物貯蔵施設への原子力発電所からの使用済核燃料と低レベル放射性廃棄物の輸送について下記の検討を行った。

- (1) 輸送物の貯蔵量、将来の発生量、荷姿、陸上輸送、荷役方法、輸送船、気象、海象、潮流、海上輸送についての調査を行った。
- (2) 上記の調査結果に基き輸送シミュレーションを行った。輸送シミュレーションは、検討内容が膨大になりがちであるが、研究期間、費用について制約があったため、今後予想される放射性物質の海上輸送をマクロに把握することに重点を置いて実施し、充分に所期の目的を達成した。

主な条件

- 放射性物質を空・実容器交換でむつ小川原港へ輸送
- 使用済核燃料
 - ・ 15発電所を5グループにグループ化
 - ・ キャスク8基積船と20基積船の2通り
 - ・ 輸送量 800MTU／年
- 低レベル放射性廃棄物
 - ・ 15発電所
 - ・ 3,000DWT船の1通り
 - ・ 輸送量 ドラム缶50,000本／年相当

主な結果

- 使用済燃料
 - ・ キャスク8基積船の場合は、発電所の操業や、輸送容器の実態を考慮すると、3隻で輸送すれば現実的な運航パターンで輸送できるであろう。
 - ・ キャスク20基積船の場合は、同様に2隻で輸送すれば現実的な運航パターンで輸送できるであろう。
 - 低レベル放射性廃棄物
 - ・ 3,000DWT船の場合は、2隻で輸送すれば、現実的な運航パターンで輸送できるであろう。
- さらに上記シミュレーションで得られた運航パターンについて運搬経費、被曝線量、海没事故確率についての検討を行った。