

第 168 研 究 部 会

国内LNG船の建造促進に関する調査

報 告 書

昭 和 52 年 3 月

社 団 法 人

日 本 造 船 研 究 協 会

は し が き

本調査は、運輸省船舶局が企画し、同局に設けられた国内LNG船調査委員会（委員長：一橋大学教授 地田知平氏）によって策定された調査基本方針にのっとり、財団法人日本船舶振興会の昭和51年度補助事業として、日本造船研究協会第168研究部会（国内LNG船調査作業部会）において行ったものであり、国内LNG船調査委員会の総合調整のもとに完結したものである。

本調査の実施にあたり絶大なお指導・ご援助を賜った通商産業省資源エネルギー庁、運輸省、海上保安庁及び財団法人日本船舶振興会並びに本調査に参加協力された委員及び関係者各位に深く感謝する次第である。

国内LNG船調査作業部会委員名簿

(順不同, 敬称略)

部会長	津村光信	石油開発公団企画調査部長
副部会長	亀谷日出彦	川崎重工業(株)船舶営業本部長
委員	伊藤忠吾	天然ガス鉱業会技術部長
"	恵美洋彦	(財)日本海事協会船体部主管
"	大野泰雄	日商岩井(株)燃料開発室次長
"	桜木邦衛	電気事業連合会調査部副部長
"	佐藤高重	(社)日本船主協会常務理事企画部長
"	寺倉恭尚	日本興業銀行産業調査部主任部員
"	十束公司	大阪商船三井船舶(株)業務部副部長
"	中辻一馬	日本郵船(株)企画部副部長
"	西川善清	(社)日本造船工業会事業第二部長
"	橋本昭雄	日本開発銀行営業第二部副長
"	野瀬実喜男 (宏 瀬 雄 司)	東京瓦斯(株)原料部原料開発計画グループ 東京瓦斯(株)原料部課長
"	福永 暁	日本船舶保険連盟理事業務部長
"	前田至孝	(社)日本海難防止協会常務理事
"	三木季雄	(財)日本工業立地センター主任研究部員
"	山村政彦	石油開発公団天然ガス事業室調査役
"	吉田 滋	(財)海事産業研究所部長研究員
"	和田正規	三菱重工業(株)船舶事業本部国内船舶国内船二課長
"	糸井健雄	ブリヂストン液化ガス(株)プロジェクト部長
"	秋本 勲	資源エネルギー庁石油部開発課液化天然ガス班長
"	上杉良昭	" 公益事業部開発課燃料班長
"	谷沢 舘 二	" " ガス事業課 ガス事業監理専門職

委 員	三 島 久	運輸省海運局外航課補佐官
	(山 本 孝)	
"	佐久間 信 夫	" " 監督課
	(戸 矢 博 道)	" " 監督課補佐官
"	井 上 学	" 船舶局造船課専門官
"	上 村 貞 夫	" " 船舶検査官
"	岡 田 光 豊	" " 技術課専門官
"	中 島 光 雄	" 船員局労政課補佐官
"	稗 田 茂 磨	海上保安庁警備救難部航行安全企画課補佐官
"	合 崎 功	" " 航行安全指導課補佐官
"	鈴 木 勝	" " 救難課専門官
	(炭 谷 三 朗)	

註 名簿のうち()内の委員は前任者を示す。

目 次

1. 国内LNG船の建造促進に関する調査基本方針	1
2. LNGの需要見通しについて	3
2.1 LNG導入量	3
2.2 LNG船必要隻数	4
2.2.1 所要船腹量	4
2.2.2 未発注船の建造時期及び建造所要資金について	7
2.2.3 フリー船及び邦船シェアについて	8
2.3 世界のLNG輸入プロジェクト	23
2.3.1 世界のLNG輸入プロジェクトの概況	23
2.3.2 世界LNG船プロジェクト別建造状況	31
3. 国内LNG船建造推進のための諸条件	43
3.1 国内LNG船に対する評価	43
3.1.1 LNG輸入に際し国内LNG船を使用する意義	43
3.1.2 国内LNG船が使用されなかった理由	46
3.2 国内LNG船建造推進上の問題点と考えられる対策	47
3.2.1 LNG船のリスクとその対策	47
3.2.2 国際競争力問題	54
3.3 むすび	58
(付属資料) 諸外国の建造・運航助成状況	
4. LNG船の安全対策	77
4.1 はじめに	77
4.2 LNG船	83
4.3 運航	89
4.4 LNG船の荷役	96
4.5 事故対策	101
4.6 日本船によるLNG輸送の安全性	106

5. LNGの冷熱特性の応用	110
5.1 はじめに	110
5.2 冷熱利用の実情と将来の展望	111
5.3 冷熱利用上の問題点	125
5.4 むすび	127

1. 国内 L N G 船の建造促進に関する調査基本方針

昭和 5 0 年代前期経済計画は、わが国の経済的安全の確保と長期発展基盤の培養との観点から、資源エネルギー輸入の安定化と供給の多様化をとりあげ、そのなかで液化天然ガス (L N G) の輸入拡大とエネルギーの安定的輸送手段の確保を図るべきことをうたっている。

近年、クリーンエネルギーである L N G の輸入は、年々増加傾向にあるが、現在その輸送のすべてを外国船に委ねており、わが国エネルギーの安定輸送等の見地からは、邦船による L N G 輸送体制を整備することが望ましいと考えられる。

邦船による L N G 輸送体制を確立することは、海運業界にとっては新分野の開拓を意味し、造船業界にとっては新需要の開拓、操業度の確保等につながるものである。

この主旨に沿って、国内 L N G 船の建造を実現するために必要な諸要件を明確にすることを目的として、次の方針に基づいて調査を行うものとする。

1. 調 査 項 目

(1) わが国の L N G 輸入の現状と今後の予測に関する調査

(イ) 輸入の現状

(ロ) 今後の予測

(a) 輸 入 量

(b) 必要船腹量

(2) 邦船として建造・運航するための諸条件に関する調査

(イ) 建 造 費

(ロ) 運 航 費

(ハ) 助成措置

(ニ) 建造スケジュール

(ホ) 安全対策

(3) L N G の冷熱特性の応用に関する調査

2. 調査推進体制

- (1) 「国内LNG船調査委員会」は、全体計画の策定および調査の総合調整を行う。
- (2) (社)日本造船研究協会に「国内LNG船調査作業部会」を設け具体的調査を実施する。

3. 調査期間

昭和51年度内に調査を完了し、報告書を作成することを目標とする。

2 LNGの需要見通しについて

2.1 LNG導入量

- (1) 昭和60年度の数量は、昭和50年8月の総合エネルギー調査会答申及び同年12月の総合エネルギー対策閣僚会議で決定された長期エネルギー需給計画の数量とした。

しかしながら、最近の情勢を需要、供給の両面から検討した結果、この数量を導入することは困難であるとの見方もあり、また上記の長期エネルギー需給計画が最近の諸情勢を折り込み今後見直されることとなっているので、とりあえず参考として1,000万トン減少した場合を想定しての試算も合わせて行った。(資料1, 2)

- (2) 昭和65年度の数量については、60年度数量をベースとしたトレンド計算により推定した数量をベースとし、この当時には相当量の導入が予想されるLPG等の数量を差し引いて算定した。

この結果、LNGそのものの数量は5,500万トン程度となった。

- (3) LNG導入量の想定には次のような不確定要因が多く、LNG船建造計画の策定にあたっては、十分な配慮が必要であろう。

ア. エネ調答申後の経済動向から見て昭和60年のエネルギー需要見通しのスローダウンが予想される。

イ. 原子力など他エネルギーの予測がむずかしく、LNG需要量はこの影響をうけて変化する。

ウ. 中東地域等には日本を需要先と想定したLPGプロジェクトが相当数(エネ研資料によれば昭和60年度において10プロジェクト約2,200万トン)が計画されており、LNG需要の一部がこれにおきかえられることも考えられる。

さらにLNGの使用においては、

ア. 導入プロジェクトによっては現地プラントの遅れなどにより導入時期の変動が予想される。

イ. LNG契約は「take or pay」による硬直性とベースロードとして

の使用が好ましいことから火力発電におけるウエイトには限界がある。
ウ. 環境規制と脱硝設備の取り付けなどの情勢変化があり、さらに価格動向も流動的である。

(4) 導入プロジェクト

現在既に操業中のもの、輸入開始時期の確定的なもの、プロジェクトの発足している予定分（イラン第1次）、予想されるプロジェクトの順に計画数量にくり入れた。

なお導入が1,000万トン程度減少となった場合の試算は、可能性の遠いものを落とした2つのケース（A, B）について試算を行った。

なお、国内導入地点については、確定又は予定プロジェクトのように国内の需要地の明確なものを除く予想プロジェクトについては、導入地域未定として東京湾、大阪湾の中間地点をLNGの揚地と想定し、「日本中央伊勢湾」と表示した。（資料3）

2.2 LNG船必要隻数

2.2.1 所要船腹量

- (1) 既発注船については、その実績をそのまま使用した。
- (2) 今後、新規に発注される船については以下の前提により算出した。

- ① 船型及びタンク方式 総タンク容量125,000 m^3 型としたが、タンク方式については、特に限定しなかった。
- ② 平均速度 19ノット
- ③ 年間稼働日数 340日
- ④ 荷役停泊日数 3日／1航海
- ⑤ 積載率 98%
- ⑥ ボイル・オフ率 0.25%/日
- ⑦ LNG比重 0.45
- ⑧ 揚地 日本中央（伊勢湾）
 - ① オーストラリア（ポートダーウィン） 2,990海里（片道）
 - ② イラン（カンガン） 6,400 "

㉔	アブダビ(タス島)	6,330海里(片道)
㉕	東カリマンタン(バリックパバン)	2,620 "
㉖	カタール(ウムサイブ)	6,400 "
㉗	マレーシア(コタバル)	2,630 "

⑨ 算 式

$$\text{㉘ } 1 \text{ 航海所要日数} = \frac{\text{片道距離} \times 2}{\text{平均速力} \times 24 \text{ 時間}}$$

$$\text{㉙ } \text{年間航海回数} = \frac{\text{年間稼働日数}}{1 \text{ 航海所要日数} + \text{荷役停泊日数}}$$

$$\text{㉚ } 1 \text{ 航海輸送量 (t)} = \frac{\text{総タンク容積} \times \text{比重} \times \text{積載率} \left(1 - \frac{\text{ボイルオフ率}}{100}\right)}{1 \text{ 航海所要日数}}$$

$$\text{㉛ } \text{年間輸送量 (t)} = 1 \text{ 航海輸送量 (t)} \times \text{年間航海数}$$

$$\text{㉜ } \text{所要隻数} = \frac{\text{年間輸入量 (t)}}{\text{年間輸送量 (t)}}$$

この計算結果(就航ベース)は次表および資料4のとおりとなった。

	輸入量(万t)	所要隻数
55年	2,060	25 (3)
56	2,628	34 (10)
57	3,261	42 (17)
58	3,646	47 (22)
59	3,946	51 (26)
60	4,200	53 (28)

(注) ()内は未発注船を示す。

〔参 考〕

導 入 量 6 0 年 1,000 万 t シ ー ト の 試 算

㊦ Case A (イラン増量プロジェクト算入)

	輸入量(万t)	所要隻数
55年	1,660	20
56	1,790	23 (3)
57	2,142	28 (6)
58	2,495	33 (10)
59	2,845	38 (14)
60	3,200	41 (16)

(注) ()内は未発注船を示す。

㊧ Case B (インドネシア増量プロジェクト算入)

	輸入量(万t)	所要隻数
55年	1,660	20
56	1,790	23 (3)
57	2,142	27 (5)
58	2,495	31 (8)
59	2,845	35 (11)
60	3,200	38 (13)

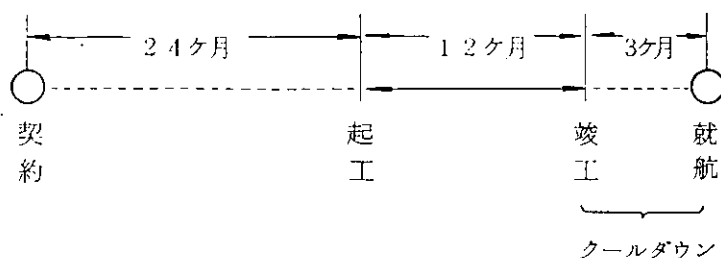
(注) 1. ()内は未発注船を示す。

2. 東カリマンタンを想定した。

2.2.2 未発注船の建造時期及び建造所要資金について

以下の前提により算出した。

(1) 第1船建造標準工程表



(2) 建造所要資金

1981年央引渡船の船価を400億円と想定し、これをベースとしてインフレによる価格年率アップを加味して試算した結果、次表および資料5のとおりとなった。

	計 算 値	(参考) 導入量60年1000万t ショート試算	
		Case A	Case B
所要隻数	28隻	16隻	13隻
建造資金の 所要期間	51～60年度	52～60年度	52～60年度
資金総額	約12.325億円	約7.430億円	約6.035億円

2.2.3 フリー船および邦船シェアについて

現在、係船中あるいは発注済みフリー船は下記の通りである。

船 主	建 造 造 船 所	船 型	納 期
G.Larsen	H . D . W	125,000 ^{m³}	'77年
"	川 重	128,600	77~78
"	"	"	80
L.Høegh	H . D . W	125,000	77
"	川 重	128,600	79
P & O	Moss Rosenberg	87,600	74
ストックポート	Kockums	133,000	79
Middle East Gas and Petrochemical	Crinavis	126,000	80

なお、フリー船については、日本向けに就航~~する~~か否か不明であるため、未発注船の算出に当って勘案せず、また邦船のシェアも予想が困難であったため、これを行わなかった。

L N G 需 要 量 見 通 し

資料 - 1

年 度		5 5 年 (千t)		6 0 年 (千t)	
地域別	区 分	数 量	産 地 等	数 量	産 地 等
日本海側	電 力	500	イラン500	2,000	イラン2,000
	ガ ス	—		200	
	その他	—		200	
	計	500		2,400	
東京湾	電 力	7,110	アラスカ720, ブルネイ3,540, アブダビ2,850 アラスカ240, ブルネイ1,060, サラワク1,700	9,820	{ アラスカ720, ブルネイ3,450, アブダビ2,650 サラワク等3,000 アラスカ240, ブルネイ1,210, アブダビ200 サラワク等3,000
	ガ ス	3,000		4,650	
	その他	0		0	
	計	10,110		14,470	
伊勢湾	電 力	2,200	インドネシア2,200 インドネシア 100	2,200	インドネシア2,200 インドネシア 300,
	ガ ス	100		300	
	その他	0		0	
	計	2,300		2,500	
大阪湾・姫路	電 力	2,460	インドネシア2,400, ブルネイ60 インドネシア1,270, ブルネイ630	2,460	インドネシア2,400, ブルネイ60 インドネシア1,300, ブルネイ570
	ガ ス	1,900		1,870	
	その他	0		0	
	計	4,360		4,330	
北九州	電 力	2,050	九電インドネシア1,750, 戸畑インドネシア300 新日鉄インドネシア600	2,120	インドネシア2,120 新日鉄インドネシア600
	ガ ス	0		0	
	その他	600		600	
	計	2,650		2,720	
未 定	電 力	680	未 定	7,400	未 定
	ガ ス	—		7,980	
	その他	—		200	
	計	680		15,580	
合 計	電 力	15,000		26,000	
	ガ ス	5,000		15,000	
	その他	600		1,000	
	計	20,600		42,000	

〔参考〕

導入量60年1000万tショートの試算
L N G 需 要 量 見 通 し

資料 - 2

年 度		5 5 年 (千t)		6 0 年 (千t)	
地 域 別	区 分	数 量	産 地 等	数 量	産 地 等
日本海側	電 力	0		2,000	イラン2,000
	ガ ス	0		100	イラン 100
	その他	0		250	イラン 250
	計	0		2,350	
東 京 湾	電 力	6,820	{ アラスカ720, ブルネイ3,450 アブダビ2,650 (LPG800を含む) アラスカ240, ブルネイ1,210 アブダビ200	9,820	{ アラスカ720, ブルネイ3,450, アブダビ2,650 (含LPG800) サラワク等 3,000 アラスカ240, ブルネイ1,210, アブダビ200 サラワク等 3,000
	ガ ス	1,650		4,650	
	その他	0		0	
	計	8,470		14,470	
伊 勢 湾	電 力	1,600	インドネシア1,600	1,600	インドネシア1,600
	ガ ス	100	インドネシア 100	100	インドネシア 100
	その他	0		0	
	計	1,700		1,700	
大阪湾・姫路	電 力	2,460	インドネシア2,400, ブルネイ60	2,460	インドネシア2,400, ブルネイ60
	ガ ス	1,870	インドネシア1,300, ブルネイ570 (60は電力に計上)	1,870	インドネシア1,300, ブルネイ570
	その他	0		0	(60は電力に計上)
	計	4,330		4,330	
北 九 州	電 力	1,800	九電インドネシア1,430, 戸畑インドネシア370	1,800	インドネシア1,800
	ガ ス	0		0	
	その他	300	新日鉄インドネシア300 (300は戸畑共火に計上)	300	インドネシア 300
	計	2,100		2,100	
未 定	電 力	0		}	未定2～3プロジェクト
	ガ ス	0			
	その他	0			
	計	0			
合 計	電 力	12,680	内LPG800	}	含LPG
	ガ ス	3,620			
	その他	300			
	計	16,600	内LPG800		

プロジェクト別内訳

資料-3-(1)

区 分	プロジェクト名	数 量 (千トン)	輸入開始 時 期	需 要 先										備 考	
				電 力						ガ ス			その他		
				東 北	東 京	中 部	関 西	九 州	その他	東ガス	大ガス	その他			
操 業 中	ア ラ ス カ	960	44.11		720						240			含LPG, 東電800	
	ブ ル ネ イ	5,290	47.12		3,450		60				1,210	570			
	ア ブ ダ ビ	2,850	52.4		2,650						200				
	インドネシア	7,500	52.7月以降			1,600	2,400	1,430	戸畑共火 370		1,300	東邦 100	新日鉄 300		
小 計		16,600			6,820	1,600	2,460	1,430	370	1,650	1,870	100	300		
予 定	イ ラ ン	2,350	56以降	2,000									100	250	
累 計		(18,950)		(2,000)	6,820	1,600	2,460	1,430	370	1,650	1,870	200	550)		
予 想	サ ラ ワ ク	約 6,000													
	オーストラリア	" 2,500													
	イラン(増量)	" 2,500													
	アブダビ(増量)	" 3,500													
	インドネシア (増量)	" 2,500													
	カ タ ー ル	" 2,000 (~5,000)													
	マ レ ー シ ア	" 5,000													

区 分	プロジェクト名	数 量 (千t)	輸入開始 時 期	需 要 先									備 考	
				電 力						ガ ス				その他
				東北	東京	中部	関西	九州	その他	東ガス	大ガス	その他		
(予想分)														
小 計		2 4,0 0 0												
(累 計)		(4 2,95 0)												
可能性有														
	オーストラリア (増)	3,5 0 0												
	イ ラ ク	3,0 0 0												メタノールプロジェクト?
	ヤ ク ー チ ャ	7,5 0 0												
小 計		1 4,0 0 0												
(累 計)		(5 6,9 5 0)												

6 5 年 度 予 測 (万t)

	5 0 年	5 5 年	6 0 年	6 5 年	
	5 0 0	2,0 6 0	4,2 0 0	6,9 0 0	(実数2次トレンド)
(参考値)	5 0 0	1,6 6 0	3,2 0 0	5,1 0 0	(")
予 測 結 果		5,5 0 0 万 t	(別に LPG 他 1 4 0 0 万 t)		
(参考値)		4,0 0 0 万 t	(別に LPG 他 1 1 0 0 万 t)		

L N G 船 需 要 量

資料 - 4

プロジェクト名	輸 入 量 (万 t)						輸送距離 (海里)	年間輸 送量 (万 t)	所 要 隻 数 (就航ベース)						備 考
	55年度	56年度	57年度	58年度	59年度	60年度			55年度	56年度	57年度	58年度	59年度	60年度	
アラスカ	96					96			2					2	71,500 m^2 ×2
ブルネイ	529					529			7					7	75,000 m^2 ×7
アブダビ	285					285			4					4	125,000 m^2 ×3 87,600 m^2 ×1
インドネシア	777	780				780			7					7	125,000 m^2 ×7
イラン	50	130	185	240		240	6,400	56	(1)	(3)	(4)	(5)		(5)	
サラワク	170	400	600			600			2	4	5			5	125,000 m^2 ×5
インドネシア(増)	85	112	170	250		250	2,620	125	(1)	(1)	(2)			(2)	東カリマンタン
オーストラリア(ダーウィン)			100	200	250	250	2,990	113			(1)	(2)		(2)	
イラン(増)		130	200	250		250	6,400	56		(3)	(4)	(5)		(5)	
アブダビ(増)	68	166	316			316	6,330	56	(1)	(3)	(6)			(6)	
カタール				100	200	300	6,400	56				(2)	(4)	(5)	
マレーシア					150	304	2,630	125					(2)	(3)	
合 計	2,060	2,628	3,261	3,646	3,946	4,200			25(3)	34(10)	42(17)	47(22)	51(26)	53(28)	

(参考) 60年導入量1000万tショート試算

プロジェクト名	輸 入 量 (万 t)						輸送距離 (海里)	年間輸 送量 (万 t)	所 要 隻 数 (就航ベース)						備 考
	55年度	56年度	57年度	58年度	59年度	60年度			55年度	56年度	57年度	58年度	59年度	60年度	
アラスカ	96					96			2					2	71,500 m^2 ×2
ブルネイ	529					529			7					7	75,000 m^2 ×7
アブダビ	285(80)					285(80)			4					4	125,000 m^2 ×3 87,600 m^2 ×1
インドネシア	750					750			7					7	125,000 m^2 ×7
イラン		130	182	235		235	6,400	56		(3)	(4)	(5)		(5)	
サラワク			200	300	400	600					2	3	4	5	125,000 m^2 ×5
オーストラリア(ダーウィン)				100	200	250	2,990	113				(1)	(2)	(2)	
アブダビ(増)					100	205	6,330	56					(2)	(4)	
Case A(イラン 増)			100	200	250	250	6,400	56			(2)	(4)	(5)	(5)	
Case B(インドネシア増)			100	200	250	250	2,620	125			(1)	(2)		(2)	東カリマンタン
合 計 Case A	1,660(80)	1,790(80)	2,142(80)	2,495(80)	2,845(80)	3,200(80)			20	23(3)	28(6)	33(10)	38(14)	41(16)	
合 計 Case B	1,660(80)	1,790(80)	2,142(80)	2,495(80)	2,845(80)	3,200(80)			20	23(3)	27(5)	31(8)	35(11)	38(13)	

所要隻数欄()内は米手当船を示す。

プロジェクト別LNG船建造時期及び建造所要資金

1. プロジェクト別建造スケジュール

	51年度	52年度	53年度	54年度	55年度	56年度	57年度	58年度	59年度	60年度	建造所要資金(億円)
イ ラ ン	○ 2月	----->	----->	----->	----->	----->	----->	----->			2,065
インドネシア(増)		○ 4月	----->	----->	----->	----->	----->	----->			800
オーストラリア			○ 2月	----->	----->	----->	----->	----->			895
イ ラ ン (増)		○ 12月	----->	----->	----->	----->	----->	----->			2,095
アブダビ(増)	○ 2月	----->	----->	----->	----->	----->	----->	----->			2,460
カ タ ー ル				○ 2月	----->	----->	----->	----->	----->	----->	2,470
マレーシア					○ 1月	----->	----->	----->	----->	----->	1,540

2. 建造資金の所要期間 昭和51年度～60年度

3. 建造所要資金総額 約12,325億円(28隻)

〔参考〕

プロジェクト別LNG船建造時期及び建造所要資金(60年度導入量1000万tショート試算)

1. プロジェクト別建造スケジュール

	51年度	52年度	53年度	54年度	55年度	56年度	57年度	58年度	59年度	60年度	建造所要資金(億円)
イラン		契約 ○ 1月	-----	=====	=====	=====	=====	=====			2,095
オーストラリア				○ 2月	-----	=====	=====	=====			965
アブダビ(増)					○ 1月	-----	=====	=====	=====	=====	2,080
Case A イラン(増)			○ 2月	-----	=====	=====	=====	=====	=====		2,290
Case B インドネシア(増)			○ 3月	-----	=====	=====	=====	=====			895

2. 建造資金の所要期間

昭和52年度～60年度

3. 建造所要資金総額

Case A 約7,430億円(16隻)

Case B 約6,035億円(13隻)

2.3 世界のLNG輸入プロジェクト

2.3.1 世界のLNG輸入プロジェクトの概況

国内LNG船調査作業のためには、まず世界のLNG輸入プロジェクト概要について知っておく必要があり、日本、アメリカ、欧州に分けて一覧表とした。

(1) 日本向けLNG輸入プロジェクト

第1表にみるように、現在稼働中のプロジェクトとしてはアラスカ、ブルネイの2件があり、近く稼働開始する予定のものにアブダビ・ダス島、インドネシアの2件、さらに近い将来、輸入が確実と期待されるものに、イラン・カンガンおよびサラワクの2件がある。ブルネイ以降の4件のプロジェクトは、74年と75年と2年続きの景気停滞や、現地事情もあって、当初の計画より遅延している。これら6件のLNG輸入に要するLNG船は合計30隻に達するが、イラン・カンガン輸入プロジェクトの未定を除き、すべて海外の造船所で建造され、海外船主により運航される計画となっている。

(2) アメリカ向けLNG輸入プロジェクト

アメリカの主要なプロジェクトは第2表にみるように11件あるが、現在稼働中のものはDistrigasがAlgeriaより、年間28万tを輸入するもの1件だけである。

アメリカの国内天然ガスの生産消費（カナダからパイプ・ラインによる輸入を含む）は1973年の5億6,690万t（石油換算）をピークとして、年々生産が減少しているため、LNG輸入の必要性が大きく、輸入プロジェクトは多数あるが、現実にはアメリカのエネルギー政策が価格問題も含めて不確定であり、環境保護論者の力も強く、プロジェクトは遅延に遅延を重ねている。

従ってプロジェクト引当てのLNGタンカーのうち数隻は、完工したものの係船状態となっている。（第4表参照）場合によってはプロジェクト引当てに建造中のLNGタンカーのうち、プロジェクト

(第1表)

日本向けLNG輸入プロジェクト

	供給地	輸出元	輸入元	揚地	輸入開始	年間輸入量	LNGタンカー	建造造船所	船主
1	Alaska	Phillips Petro Marathon oil	東京ガス 東京電力 (三菱商事)	根岸	1969. 11	96万t	71,500m ³ ×2	スウェーデン Kockums×2	Polar LNG Arctic LNG (フィリップ+マラソン)
2	Brunei	Brunei LNG Ltd (Shell, 三菱商事) ブルネイ政府	東京電力 東京ガス 大阪ガス (三菱商事)	根岸 袖が浦 北	1972. 12	529	75,000×7	フランス Atlantique×4 Ciotat×1 C.N.I.M×2	Shell Tankers ×7
3	Abu Dhabi DAS 島	Abu Dhabi G. L. C. (ADNOC, 三井物産) BS 液化ガス, CFP, BP	東京電力 (三井物産)	袖が浦	1977. 4	205	125,000×3 87,600×1	ノルウェー Moss R.×4	Gotaas Larsen×3 Methane Carrier×1
4	Indonesia 東カリマンタン 北スマトラ	Pertamina	中部電力, 関西電力 九州電力, 大阪ガス 新日鉄 (日商岩井)	知多 泉北 姫路 畑	1977. 7 以降	750	125,000×7	アメリカ General Dynamic ×7	Cherokee Shipping×7
5	Iran Kangan	Kalin Gas (NIGC, 日本カリナガス) ほか	東北電力, 北陸ガス 三菱化成ほか (日商岩井)	新潟	1981 以降	235	125,000×5	未定	未定
6	Sarawak	Petronas Shell 三菱商事	東京電力, 東京ガス 大阪ガスなどを予定 (三菱商事)	東京湾 大阪湾	1982 以降	600	129,500×5	フランス Dunkerque×3 C.N.I.M×2	マレーシア国営海運会 社 MISC×5

注：日本向け Project としては上記のほか、オーストラリア（ダーウィン）、インドネシア増量、イラン増量、アブダビ増量、カタール、マレーシア、ソビエト（ヤクート）などあり。

(第2表)

アメリカ向け LNG 輸入プロジェクト

	供給地	輸出元	輸入元	揚地	輸入開始	年間輸入量	LNGタンカー	建造造船所	船主
1	Algeria	Sonatrach (アルジェリア国有) 石油会社	Distrigas	ニューヨーク ボストン	1971. 11	28万t	50,000 m^3 ×1	フランス Atlantique	フランス Gazoccean
2	Algeria	Sonatrach	El paso Natural Gas	クーブポイント サバンナ	1977	700	125,000 × 9	フランス Dunkerque × 3 アメリカ Newport News × 3 Avondale × 3	アメリカ Elpaso
3	Algeria	Sonatrach	El paso Natural Gas	クーブポイント サバンナ グロウセスタ・ カントリ	1981~82	700	125,000 × 9	アメリカ Avondale × 3 L/1 発給	アメリカ El paso アルジェリア C. N. A. N (アルジェリア海運公社)
4	Algeria	Sonatrach	Panhandle Eastern Pipeline	レイク・チャ ールズ	1980	315	125,000 × 4	アメリカ G. Dynamics × 2 フランス Atlantique × 2	アメリカ LACHMAR 社 × 2 アルジェリア C. N. A. N × 2
5	Algeria	Sonatrach	Easco Gas	ニューヨーク プロデンス	1978	420	125,000 × 5	アメリカ G. Dynamics × 3 フランス Ciotat × 2	Burmah oil × 3 C. N. A. N × 2
6	Algeria	Sonatrach	Tenneco	カナダ セント・ジョン	1981	700	125,000 × 9	未定	Tenneco × C. N. A. N ×
7	Indonesia 北スマトラ	Pertamina Mobil oil	Pacific Lighting	ロスアンジェ ルス	1979	385	130,000 × 6 122,000 × 2 120,000 × 1	アメリカ Newport News × 3 Avondale × 3 フランス Atlantique × 2 Ciotat × 1	Ogdenmarine × 3 Zapata Western × 3 Gastransco × 2 Gazoccean × 1
8	Alaska	Phillips Petro. Marathon oil	Pacific Lighting	ロスアンジェ ルス	1979	140	130,000 × 2	アメリカ Sun S.R. × 2	Pacific Lighting Marine
9	Trinidad	Standard oil of Indiana	Peoples Gas	米国東岸	1981~	280	125,000 × 2	未定	
10	Nigeria	Nigerian N. O. Gulf oil		米国東岸	1979	350	125,000 × 5	未定	

注: アメリカ向け Project としては上記のほか, Nigeria(Shell BP), Venezuela, Australia, USSR(Yakutsk), USSR(Urengoi), Iran Kangan などあり。

(第3表)

欧州向け L N G 輸入プロジェクト

	供給地	輸出元	輸入元	揚地	輸入開始	年間輸入量	LNGタンカー	建造造船所	船主
1	Algeria	アルジェリア政府 フランス B. R. P (CAMEL)	British Gas Council	イギリス キャンベイ島	1964. 11	7.0万t	27,680m ³ ×2	イギリス Vickers A.×1 H&Wolff ×1	コンチ・メタン・タンカ ーズ, メタン・タンカー ファイナンス
2	Algeria	同上	Gaz de France	フランス ル・アーブル	1965. 3	35	25,500 × 1	フランス La Seine Maritime	Gazoocean
3	Libya	Esso	スペイン Catalana de Gas	スペイン バルセロナ	1971. 3	77	40,000 × 1	スペイン ASTANO	Naprobi S. A.
4	Libya	Esso	イタリア SNAM	イタリア ラ・スペチア	1971. 7	168	40,000 × 3	イタリア Italcantieri	Prora S. P. A. Transporti
5	Algeria	Sonatrach	Gaz de France	フランス フォス	1973. 1	245	40,000 × 2	フランス C. N. I. M × 1 Ciotat × 1	C. N. A. N × 1 Shell × 1
6	Algeria	Sonatrach	スペイン Enagas	スペイン バルセロナ	1974 (1979)	105 (315)	29,000 × 1	ノルウエー Moss R. ×1	ノルウエー Smedvigs
7	Algeria	Sonatrach	Gaz de France	フランス モンファル コーネ (orフォス)	1980	260	129,400 × 1 125,000 × 1	フランス Dunkerque × 1 Ciotat × 1	Louis Dreyfus ONAN
8	Algeria	Sonatrach	ベルギー Distrigas	ベルギー ジープルゲ	1980	245	131,000 × 1 50,000 × 1	ベルギー Boelwert × 1 フランス Atlantique × 1	Methania 4社のコンソーシアム (Gazoocean)
9	Algeria	Sonatrach	西ドイツ Ruhr Gas	西ドイツ ウイルヘルム ハーヘン	1980	420~840	125,000×4~8	未定	未定

2.3.2 世界LNG船プロジェクト別建造状況

本調査の目的は特定プロジェクトに引当てられていないフリー船を見出すためのものであるが、参考までに建造済み、ないし建造中の全船を日本向け、アメリカ向け、欧州向けのプロジェクト毎に整理した。その結果引当先のないものが(4)のフリー船である。

現在フリー船は 133,000 m^3 型 1 隻, 126,000 m^3 型 1 隻, 125,800 m^3 型 2 隻, 128,600 m^3 型 3 隻, 87,600 m^3 型 1 隻, 35,000 m^3 型 2 隻 29,000 m^3 型 1 隻の計 11 隻あるが、小型の 3 隻は LNG のスポット運航, または LPG, LEG (エチレン) の輸送に従事しているので、厳密には大型の 8 隻がフリー船である。このうち 125,800 m^3 型 2 隻は、インドネシア/日本向け引当てのアメリカ建造船が遅れているので、代船として 0.5 年～2 年の用船が最近決定した。

(第4表)

世界 L N G 船プロジェクト別建造状況

(1) 日本向けプロジェクト

輸 送 経 路	輸入開始年	船名及び船番	船 主	建 造 造 船 所	船 型 (m ³)	竣 工 年 月	備 考
ア ラ ス カ	69-11	Polar Alaska	Polar LNG	Kockums	71,500	69-8	
		Arctic Tokyo	Arctic LNG	"	71,500	69-12	
ブ ル ネ イ	72-2	Gadania	SHELL TANKERS (UK)	L'Atlantique	75,000	72-1	
		Gadila			75,000	73-5	
		Gari			75,000	73-12	
		Gestrana			75,000	74-6	
		Geomitra		CNIM	75,000	75-3	
		Genota			75,000	75-10	
		Gouldia			75,000	75-7	
ア ブ ダ ビ	77-4	Hilli	G. Larsen	Moss-Rosenberg	125,000	75-12	係船中
		Gimi			125,000	77-1	
		SNo 200			125,000	77-6	
		Norman Lady	Burmes Markes / L. Höegl	Moss-Rosenberg	87,600	73-10	LPG 輸送中
インドネシア	77-6	SNo 44	Cherokee Shipping Corp I		125,000	78-2	
		SNo 47	" II		125,000	78-6	
		SNo 48	" III		125,000	78-9	

輸 送 経 路	輸入開始年	船名及び船番	船 主	建 造 造 船 所	船 型 (m ³)	竣 工 年 月	備 考
Algeria Elpaso (第 一 次)	77	El Paso Columbia El Paso Savannah El Paso Cove Point		(SNo 2266) Avondale (SNo 2267) (SNo 2268)	125,000 125,000 125,000	76-10 77-4 77-10	
Algeria (Easco Gas)	80	SNo 41-289 SNo 42-290 SNo 46-291 Ben M'hidi Larbi Chihani Bachir	Cryogenics Energy (Burnah) L.N.G. Transport (") Lique Gas Tran- sport (") CNAN "	G. Dynamics (SNo 1414) CNIM (SNo 1415)	125,000 125,000 125,000 129,500 129,500	77-5末 77-9 77-11 77-10 78-10	インドネシア-日 本の輸入プロジェ クトに一時転用
Algeria (Panhandle)	80	(未 定) (") SNo G 26 " L 26	Lachmar " CNAN "	G. Dynamics " L'Atlantique "	125,000 125,000 125,000 125,000	78- 79-	発注内定
インドネシア (Pacific Lighting)	79	Ben Franklin Gastor Nestor (未 定) (") (") (") (") (")	Gazoccean Zodiac Ship (NSU) Odyssey Trading (OTT) Ogden Marine Indonesia Zapata Western LNG	La Ciotat L'Atlantique " Avondale 未 定	120,000 122,000 122,000 125,000 125,000 125,000 125,000 125,000	75-4 76-12 77-6	係船中 発注内定 造船所未定

輸 送 経 路	輸入開始年	船名及び船番	船 主	建 造 造 船 所	船 型 (m³)	竣 工 年 月	備 考
ア ラ ス カ (Pacific Lighting)	8 1	SNo 671	Pacific Lighting Marine	Sun SB	130,000	77- 6	
		SNo 672		"	130,000	78- 6	

(3) 欧州向けプロジェクト

輸 送 経 路	輸入開始年	船名及び船番	船 主	建 造 造 船 所	船 型 (m³)	竣 工 年 月	備 考
アルジェリア/英国	64-10	Methane Princess	(Shell UK) Conch Methane	Vickers	27,680	64- 4	
		Methane Progress	(") Conch Tankers	H & Wolff	27,680	64- 6	
アルジェリア/フランス	65- 3	Jules Verne	Gasocean	La Ciotat	25,500	65- 2	
リビア/スペイン	71- 7	Laieta	Nav de Producers(Esso)	ASTANO	40,000	70- 3	
リビア/イタリア	71- 7	Esso Brega	} Prora Transport (ESSO)	} Ital Cantieri	40,000	69-11	
		Esso Portvenera			40,000	70- 1	
		Esso Liguria			40,000	70- 3	
アルジェリア/フランス		Hassi R'mel	CNAN	CNIM	40,000	71-12	
		Tellier	M. M. Line	La Ciotat	40,000	74- 1	
アルジェリア/スペイン	74	Venator	Smedvigs	Moss	29,000	74- 2	

輸 送 経 路	輸入開始年	船名及び船番	船 主	建 造 造 船 所	船 型 (m ³)	竣 工 年 月	備 考
アルジェリア/フランス	8 0	SNo 290	Louis Dreyfus	Dunkerque	129,400	77-11	
		Mostefa Ben Boulaid	CNAN	(SNo 302) La Ciotat	125,000	78-3	
アルジェリア/ベルギー	8 0	SNo 1487	Belge Cie Maritime	Boelwelf S A	131,000	77-12	

(4) フリー船

輸 送 経 路	輸入開始年	船名及び船番	船 主	建 造 造 船 所	船 型 (m ³)	竣 工 年 月	備 考
		Golar Freeze ※1	G. Larsen	HDW (西ドイツ)	125,800	77-2 央	※1, ※2 の2 隻はインドネシア-日本のLNG輸送に0.5~2年間用船される
		SNo 1220	"	川 重	128,600	77-4 Q	
		SNo 1221	"	"	128,600	78-1 Q	
						80-	
		SNo 84 ※2	L. Höegh	HDW (西ドイツ)	125,800	77-7 末	
		SNo 1237	"	川 重	128,600	79	
		LNG Challenger	LNG Carriers (P&O)	Moss Rosenberg (ノルウェー)	87,600	74-11	LNG/LPG シンガポール 沖係船中
		Kenei Multina	Multimare Shipping	CNIM (フランス)	35,000	75-4	LNG/LPG
		Lucian	H. Reksten	Moss Rosenberg (ノルウェー)	29,000	74-12	LNG/Ethylene/LPG
		SNo 1402	CNIM	CNIM (フランス)	35,000	75-8	"
		ストックポート		Kockums (スウェーデン)	133,000	79	
		003	Middle East Gas and Petrochemical (クウェート)	Crinavis (スペイン)	126,000	80	

3. 国内LNG船建造推進のための諸条件

3.1 国内LNG船に対する評価

3.1.1 LNG輸入に際し国内LNG船を使用する意義

LNG船は、その積荷であるLNGの温度が -162°C であることから、技術的にも経済的にも他の船種とは著しく異なった特色を持っている。即ち、建造に当っては一般の船舶より高度の技術水準が要求され、建造船価は他の船種に比べてはるかに巨額であり、運賃は石油その他の専用船貨物に比べて相対的に高い水準が要求される。また、LNGの最終需要者の大宗が電力会社、都市ガス会社等国民生活に直結する公益エネルギー業界である一方、LNGの特性から貯蔵量を必要最少限におさえる必要があり、その上各船舶は各プロジェクトの一環として建造され、フリーマーケットが存在しないのが実情であるため、その運航スケジュールには高度の正確さが要求されることとなる。

我が国がLNGを輸入するに際し、外国LNG船と国内LNG船の提供する運賃が同じであるとすれば、以下に述べるとおり、エネルギーの安定的かつ効率的な輸送の確保という面からも、国内における雇用機会増大の面からも、さらには貿易外国収支改善という面からも、国内造船所で建造された国内LNG船を使用する方が、国民経済的にみて好ましいことは、先に述べむLNG船の特性からも明らかである。

(1) LNGの安定的・効率的輸送の確保

我が国経済が安定成長を持続していくためには、今後とも海外資源の安定的輸入が不可欠であり、資源自体の確保とともにその安定輸送の確保もまた重要な課題である。ところで、我が国の主要な輸入資源の国内船積取比率を昭和50年度についてみると、原油59.3%（外国用船を含めると82.8%）、鉄鉱石46.2%（同75.1%）、石炭33.8%（同73.7%）、木材41.2%（同75.3%）、穀類18.7%（同71.2%）で、全輸入品総計でみても46.2%（同74.9

％)であるのに対し、LNGはゼロであり、これまでLNG輸入にあたっては国内LNG船は、全く使用されていない。然しながら、最も基礎的な資源であるエネルギー資源の中で、LNGは今後そのウェイトを高めていくことが予想されており、しかもその海上輸送には上述のような困難を伴うことを考えると、LNGの輸送については他の輸入資源にも増して安定輸送についての配慮が要求される。従って、緊急事態における安定輸送の確保等も考慮すれば、産ガス国の自国船主義との調整をはかりつつ、LNGについても少なくとも他の輸入資源と同じようにある一定の国内船積取比率を維持していくことが、国の経済的安全保障の見地からも望ましいと考えられる。

また、LNG船の船腹不足や事故等による長期欠航あるいは異常な運賃高騰等によりLNGの供給不足や受入価格の急騰を招きひいては経済の順調な発展を阻害するような事態もまた極力回避しなければならない。従って、今後の我が国の経済発展とエネルギー需要構造の変化に即応した効率的なLNG船船腹の整備を計画的に実施し、その安全かつ効率的な運航を確保していく必要がある。

このような観点から、輸入LNGの輸送手段としては、合理的かつ概ね国際競争力のある建造船価その他の契約条件が提供でき、しかも納期の確実な国内造船所で計画的に建造されたLNG船を、合理的な運賃が設定可能で運航技術面での信頼性も高い国内船主・運航者が国内船として運航するのが、望ましいといえることができる。

この場合には、国内造船所の協力により、船舶その他所要設備のメンテナンスが容易かつ効率的にできるというメリットもあり、また船型・船舶設備等の標準化による相互融通を通じてリスクの極小化やスケールメリットの享受を追求することも可能となる。LNG船を建造中の造船所又は運航中の船主・運航者が仮に何らかの事情により困難な事態におちいった場合にも、国内の問題として、外国船の場合よりも容易に輸送杜絶を回避する対策を講じることができ

るであろう。

さらに、国内船があれば、ガス供給サイドからのC I F価格によるオファーに対し、分りやすい国内船運賃を前提としたF O B価格によるカウンターオファーが可能となり、L N G受入価格の交渉が有利に進められるケースも期待できよう。

このように、国内造船所で建造した国内L N G船の使用は、外国船使用の場合に比べて、L N Gの安定的・効率的輸送の面でメリットが大きく、ひいては国民経済に寄与するところが多いと考えられる。

(2) 国内雇用機会の確保

近年先発発展途上国において造船業の発達は目ざましいものがあり、タンカー等の比較的技術集約度の低い船舶については、遠からず我が国造船業の国際競争力が脅かされる事態もあり得よう。このような情勢の中であって、高度の技術を要するL N G船は、先進造船国である我が国に正に適合した船種であり、国内L N G船の計画を推進し、これを国内造船所で建造することによって、将来にわたって我が国造船業の工事量を確保し雇用機会の維持・確保をはかっていく意義は大きい。

一方、資本集約的で高度の運航技術を要するL N G船は、船員費の高騰等により国際競争力低下に悩む我が国海運業にとってもふさわしい分野であり、これにより船員の雇用機会を拡大することができよう。

このように、国内L N G船を国内造船所で建造することとすれば、外国船使用の場合よりもそれだけ造船業及び海運業において雇用機会を増大させることとなり、我が国経済に寄与するところ少くない。

(3) 貿易外国際収支の改善

我が国の原油を中心とするエネルギーの輸入金額は、石油危機を

契機として大幅に上昇し、今や総輸入額の3分の1にも達しており、その海上輸送に係る貿易外支払分も含めると、我が国の外貨支払のうち大きな部分がエネルギーだけで占められていることとなる。

このような実情を考慮すると、今後運賃比率の高いLNGの輸入に際しては、可能な限り国内造船所で建造した国内LNG船を使用することにより、貿易外収支の面で外貨節約をはかっていくことが我が国経済の安定成長のためにも必要と考えられる。

3.1.2 国内LNG船が使用されなかった理由

これまで我が国のLNG輸入にあたっては、先に述べたとおり、国内LNG船は全く使用されていない。

国内造船所で建造した国内LNG船が使用されなかった理由として、かつては、造船所の建造技術・メンテナンス技術及び船社の運航技術に対する不安が指摘されたこともあったが、これらの不安がすでに解消したものと考えられ、また後述するように国内造船所が国際競争力のある建造船価を提供しうるに至ったものと考えられる現在においても、なお、国内LNG船が具体化していない背景には、次のような不安がまだ残っていたためと考えられる。

- ① LNG船は、投資額が巨額にのぼる上に後に詳述するように、その特性上保有・運航には諸々のリスクが伴うが、これをカバーし又は分散するような体制が確立されておらず、また適正な投下資本回収年限を前提とした通常の商業ベースの確保について自信がもてなかったこと。
- ② LNG船は、その特性上、ストライキによる運航停止を絶対に回避しなければならないが、我が国の特殊事情から、この点について自信がもてなかったこと。

然しながら、前に述べた通り、国内造船所で建造した国内LNG船を使用することは、国民経済的にみてきわめて意義が大きく、その実

現のために、これらの不安要因を早急に解消する必要がある。即ち、リスクをカバーする体制の確立については、関係各当事者間に妥当な合意が得られることが望まれるとともに、保有・運航についての採算確保の問題については、必要とあれば適時適切な国の助成を導入するような体制の整備を検討することも必要であろう。また、ストライキ問題は、LNGが国民生活上重要なエネルギー源として極めて公共性が高いことからして安定輸送上最も重要な問題として認識すべきであろう。

3.2 国内LNG船建造推進上の問題点と考えられる対策

3.2.1 LNG船のリスクとその対策

(1) LNG船に関し想定されるリスク

LNG船に関するリスクの総体を把握することは困難であるが、LNG船に関し一般的に或いは理論上想定されるリスクを例示的に列挙すれば第1表のとおりである。これらのリスクの中には、現実には発生する可能性が非常に低いもの或いは程度の差はあっても他の船種にも伴うものも含まれている一方、LNG船を邦船として建造、保有、運航するが故に日本の関係者が負担しなければならず、しかも保険によるカバーが不可能ないし困難と思われる大きなリスクも存在することが容易に理解されよう。

(第1表)

LNG船に関し一般的に想定されるリスクの例示(参考資料)

保険によるカバー	リスクの種類	備考
	[A] LNG船の建造・保有に関するリスク	
×	1. マッチング・リスク	{ 陸上設備の完成遅延による本船不稼働損失リスク、陸上設備の検査・修理の遅滞による本船不稼働損失リスク 等
×	2. 技術革新によるリスク	
×	3. インフレリスク	
×	4. 高船価・競争力上のリスク	
△	5. 船体の瑕疵によるリスク	
	[B] LNG船の運航に関するリスク	
	1. 運送契約に関するリスク	{ 修繕期間中の不稼働損失、性能不良による SLOW STEAMING 及び船体の瑕疵に起因する船体の損傷。 但し、潜在瑕疵による海難事故の結果生じた不稼働損失は不稼働損失保険、潜在瑕疵による船体の損傷(但し、瑕疵の部分は除く)は船体保険でそれぞれカバーされる。 売主の発言力が強い場合、輸出制限・禁輸等のおそれ 15～25年という長期契約となるので、この間に政治的・経済的変動のおそれ CHARTERERの倒産、エネルギー自給体制の確立、船舶に代る輸送手段の出現、その他予測不可能な事故による FRUSTRATION
×	(1) 産出国のインターベンション	
×	(2) 長期契約によるリスク	
×	(3) 運送契約の破棄のリスク	
×	(4) 航路が特定され、配転など融通のきかないリスク	
×	(5) 本船の売買が困難であるというリスク	
×	(6) 積揚地の設備の故障による不稼働損失リスク	
	2. 運送行為に関するリスク	
	(1) 貨物の特殊性に由来するリスク	
×	① 備蓄量が少ないことによるリスク	
○	② 沸騰(いわゆる爆発)	
×	(2) 船舶の特殊性に由来するリスク	{ 備蓄量が少ないため、貨物の分損ですら物自体の損害額にとどまらず、全システム停止という巨額の損失を招くおそれ、本船船体・機関の損傷→船舶保険 第三者賠償→P I 保険 海難の場合、適当な避難港・仮修理地がみあたらず、不稼働損失が巨額にのぼるおそれあり 荒天・本船性能不良・港湾労働者及び船員のストライキ等による遅延 船舶保険 船舶戦争保険 ● 船舶不稼働損失保険 ● 船舶戦争不稼働損失保険 ● 船体保険 P I 保険 ストライキ保険 ● 希望利益保険 船舶戦争希望利益保険 ● 五大国間の紛争があれば即時キャンセルされ、又、保険者の14日前通告で何時でもキャンセルされる 付保額は償却前H/B又は償却後H/Bの80%、定期備船料の80%、又は運賃収入の60%で、最長180日間しかカバーされない。又、DEDUCTIBLEが14日間ある 保険者で船主の相互保険組合(MUTUAL CLUB)しかないのでこれに頼ることになるが、CLUBの基礎が浅いので、ストライキ損失+CLUBの管理コスト=保険料となり、結局自損自弁となる。
×	(3) 天災地変など不可抗力による不稼働損失リスク	
×	(4) 貨物が計画通り到着しない場合の全システムの不稼働リスク	
○	(5) 海難事故による船体・機関の損傷	
△	戦争(WAR, S.R.C.C.)による船体・機関の損傷	
△	(6) 海難事故による不稼働損失	
△	戦争(WAR, S.R.C.C.)による不稼働損失	
○	(7) 第三者賠償	
○	衝突により他船の船体・積荷に与えた損害	
○	海上構造物等に与えた損害	
○	人命損傷	
○	WRECK REMOVAL	
○	LNG POLLUTION (IF ANY)	
○	本船の積荷に与えた損害	
×	(8) 船員・港湾労働者のストライキによる不稼働損失	
○	(9) 海難事故による本船全損のときの期待利益の喪失	
△	戦争(WAR, S.R.C.C.)による本船全損のときの期待利益の喪失	

[注] ○ 保険でカバーされるもの × 保険でカバーされないもの △ 一部保険によりカバーされるもの

(2) リスク対策

LNGの輸入にあたって邦船を使用することは、3.1に述べたとおりメリットが大きいですが、一方、前節に述べたとおり、LNG船には保険でもカバーできない大きなリスクが伴うので、邦船建造を推進するためには、そのリスクを分散するような運営形態を整備することが必要となろう。例えば、LNG船の正常な運航がさまたげられた場合等には、船価が巨額であるため、損失（いわゆる不稼働損失等）も巨額なものとなることが予想されるし、万一産ガス国が輸出制限をしたり売買契約を破棄した場合、LNG船の売買市場／傭船市場が小さいので巨額の損失を蒙る恐れもある。

このように、高船価、長期契約、船舶の特殊性、ユーザーの公益性等から生ずるLNG船特有のリスクを分散するという観点から、先ず国内LNG船の保有者と運航者を分離することが考えられる。次に保有者のリスクを分散する方策として、共同出資会社による保有や船社による共有などが考えられ、又、運航者のリスクを分散する方策として、共同出資会社による運航や公団、事業団等による運航などが考えられる。この保有者、運航者の主体者としては、第2表のようなものが考えられるが、それぞれの形態には次のような特色・長所・問題点等があるといえよう。いずれの場合にしても、運航技術及び補修技術等の均一性を保つための配慮が必要となろう。

(a) 保有形態

主に保有することにかかるリスク（保有者にかかるリスク）と考えられるものとしては、第1表のリスクの内、長期契約によるリスク、傭船契約破棄のリスク（売船困難であるリスク）、船舶の特殊性に由来するリスク、船員ストライキによる不稼働リスク等がある。以上のようなリスクを分散するための方策としては次のようなものが考えられる。

(i) LNGプロジェクト日本側関係者の共同出資会社による保有

① L N G プロジェクト日本側関係者としては，L N G ユーザー（電力，ガス等），商社，海運，造船，金融機関等が考えられる。

② 関係者の数が多く，民間主体のものとしては，最もリスク分散の度合いが高い。

(ii) 海運会社の単独保有又は共有

① リスクが総て海運会社の負担となるが，従来の船舶の保有経験等を勘案すれば，海運会社の保有によることが効率的である。

② 正常な運航が続けば，海運会社にとって，安定した収益が期待できる。

③ 数隻の保有を必要とするような場合，コンテナ船におけるスペースチャーターのような形が導入できれば，一船別には単独保有も可能となり，また利益，損失については全船での分配によりリスクが分散できる。

(iii) 公団・事業団の保有

① 公団，事業団等の保有が可能であれば，国内L N G 船の管理が一元的に可能ともなり，緊急時における船舶の融通等につきメリットが生ずる。

② しかし既存のプロジェクトの保有者は外国企業ではあるが，全て民間であり，特に支障なく実施されているので公団・事業団等に保有させることの必要性については今後更に検討する必要がある。

(iv) 公団・事業団等とプロジェクト関係者との共有

① リスク分散の観点からは民間だけでなく，官側の参加もあり，最も分散の度合いが高い形態である。

② 公団・事業団等については，上述(3)と同じような問題がある。

(b) 運航形態

主に運航することにかかるリスク（運航者にかかるリスク）と考えられるものとしては、第1表のリスクの内、マッチング・リスク、産出国のインターベンションによるリスク、長期契約によるリスク、運送契約破棄のリスク（転配困難であるリスク）等が考えられる。このようなリスクを分散するための運航形態としては、第2表の3形態程度が考えられる。しかし、どの形態によっても、実際の運航は海運会社に委託されることになると思われ、形態による差異は運航に関するリスクをどこが負うかだけの問題となろう。

リスクの分散についてはリスク負担主体によって前述の保有形態と同じような問題が考えられる。

(第2表) LNG船の保有・運航形態

保 有 形 態	運 航 形 態
1) LNG PROJECT 日本側関係者の共同出資会社による保有 (例) アルジェリア/米国の LACHMAR社	A) LNG PROJECT日本側関係者の共同出資会社による運航
2) 船社の単独保有又は共有	B) 船社の単独又は共同運航
3) 公団・事業団等の保有 (例) 日本原子力船開発事業団	C) 公団・事業団等による運航
4) 公団・事業団等と PROJECT関係者/船社との共有 (例) 日本の船舶整備公団	

(注) 那船を前提に置く為、LNG供給側関係者の共同保有/運航はこの際考えていない。

このように保有者と運航者を分離し、更にそれぞれの形態においてリスクを分散させることが必要と思われるが、LNG船を邦船として保有・運航することによるリスク自体はなくなる。

すなわち保有者と運航者は長期傭船契約によりそれぞれのリスクを負担することになるが、建造契約で造船所が保有者のリスクの一部を負担する上、保険により求償されるリスクも多いので、保有によるリスクに較べて運航によるリスクの方がはるかに大きいといえよう。この為、勿論運航者は荷主（ユーザー）との長期積荷保証契約により運航リスクを軽減させることが必要である。

このように、造船所、保有者、運航者、荷主（ユーザー）間の諸契約において種々のリスクが分散されることとなるが、実際には運航者にかなりのリスクが残ることは避けられない。従って、国内のLNG船の建造を推進する一つの鍵は運航者のリスクをいかにして吸収するかであり、運航者が民間の場合、民間企業が参加し易い何らかの体制作りが必要と思われる。

3.2.2 国際競争力問題

(1) LNG船の国際競争力の構成要素

LNG船の国際競争力を比較するに際しては具体的には定期傭船料（月間の m^3 当りに換算）と運賃（Million BTU 当りに換算）の2つを比較する方法が考えられる。

大雑把にいて定期傭船料は資本費（金利および償却前利益）プラス船店費（船員費、修繕費、保険料、船用品費、潤滑油費、雑費および店費）からなり、運賃は定期傭船料に運航費（港費、燃料費、雑費および店費）を加えた金額であるが、運航費は運航主体の国籍の相異により決定的な差が生じる性質のものではないので、国際競争力の比較はすなわち資本費と船店費の比較といえよう。ただし、

LNG 船で輸送される LNG のうち Boil off する分は燃料としての使用が可能であり、物理的に燃料の約 70% は Boil off する LNG でまかなうことができる一方、運航費に占める燃料費の比重が圧倒的に大きいので、燃料として使用する Boil off LNG の価格を荷主とどう取決めるか、あるいは運賃の国際比較を行なうに際し Boil off LNG をどう織込むかは重要な問題である。

現在海運の分野で国際競争力の比較を行なう場合、一番問題となるのは船員費であり、日本の船員費が発展途上国はもとより欧州の海運先進国と比較しても高いことが日本船の国際競争力低下の主因であるという説明が一般的であるが、LNG 船の場合には非常に高船価であるということから、船店費と比較すると資本費の割合ははるかに大きいため船員費の影響する度合いは非常に小さいといえることができる。一方、現在国際的に差異のみられる保険料もみかけの差異は大きいとしても、定期傭船料あるいは運賃にまで影響することは少ないのである。

したがって、極言すれば LNG 船の定期傭船料あるいは運賃の比較は資本費の比較に集約できるということができ、また、資本費を決定する要因、すなわち船価、資金調達方法、如何が定期傭船料あるいは運賃を左右するということもできよう。

(2) 定期傭船料および運賃試算の結果

日本の海運会社が LNG 船を建造した場合、定期傭船料あるいは運賃がどの程度になると考えられるかをみるため 1981 年央引渡船について試算を行なってみた。なお、設定した前提条件は次のとおりとした。

前提条件：

(イ) 本船主要項目

タンク容量	125,000M ³
総トン数	110,000トン
航海速度	各年とも19.0ノット
燃料消費量	停泊中 積荷中 60トン/日 揚荷中 80トン/日 航海中 F/O 65トン/日 プラス Boil off LNG 120トン/日(F/O換算で152 トン/日)

(ロ) 船 価

契約船価 400億円(低温耐性テスト費用を含むと仮定した)

工程ならびに支払い条件

契 約	引渡し of 37カ月前	5% 支払い
船体起工	15カ月前	45%
進 水	9カ月前	25%
引 渡 し	竣工1カ月後	25%

支出費用合計 34億円

総船価 434億円

(ハ) 融資条件

現行計画造船制度のタンカーなみの融資条件(開銀融資比率60%, 金利7.5%, 市中銀行融資比率20%, 金利9.2%, なお自己資金金利および償還過不足金利を9%とみた)

(ニ) 就航航路

イラン/日本とインドネシア/日本の2つの航路を想定し, 年間航海数及び年間輸送量はイラン/日本航路で10.15航海, 1,173,400M³, インドネシア/日本航路で20.43航海, 2,419,900M³と想定した。

(ロ) カロリー換算

イラン積み LNG の M³ 当りの LNG のカロリーを 22.4 Million BTU, インドネシア積み LNG は 23.9 Million BTU とみた。

(ハ) Boil off LNG の取扱い

Boil off LNG を FO と同じ価格で使用するとの前提で試算した。

(ニ) 不稼働に伴うリスク

定期傭船料算出に際しては本船不稼働に伴うリスクはすべて傭船者が負担するとの前提で考えている。

この結果、定期傭船料あるいは運賃は、前述のとおり資本費の如何、Boil off LNG の取扱い等に大きく左右されることが確認できるが、日本で建造する LNG 船と外国で建造する LNG 船との国際競争力比較を資本費の面から行なってみると、現行の計画造船制度により建造される日本の LNG 船は一応の国際競争力のベースを備えているといえることができる。ただし、諸外国における助成措置の動向によっては、国内 LNG 船の国際競争力を維持するため、それに応じて現行の計画造船制度に基づく助成を見直すことも必要となろう。

(3) 助成の効果

資本費を下げるための助成策として大まかにいって船価面からと融資面からの2通りが考えられる。

(a) 船価に対する助成

船価低減のための措置は日本では従来なされていないが、今回の委託調査によれば外国では米国の最高 50% に及ぶ建造差額補助制度をはじめ、フランス、西ドイツ、イタリア、ベルギー、スペイン等の国々においてみられるのであり、この面で日本と諸外国の制度との間に差異があるといえる。(付属資料第 5 表主要国

の造船助成制度のうち直接建造費補助の欄参照)

従来日本においては船舶建造に関する助成は計画造船制度に基づく融資条件の面にしほられ、諸外国にみられる建造差額補助の要望が出なかったのは、日本の造船所の建造船価が十分な国際競争力を有していたからと考えられ、LNG船についてもいろいろ議論の余地はあろうが、日本造船所の船価は諸外国の造船所建造のLNG船と比較しておおむね競争力を有するものといえよう。しかしながら、今後は欧州において造船所不況対策および国際競争力回復策として船価に対する助成を積極的に行なう可能性が十分考えられるので、これらの措置がとられ、日本建造の船舶が相対的に国際競争力が低下するようならば、外国の助成措置に見合うような措置を船価面で講ずることも検討する必要があるだろう。

(b) 融資条件についての助成

現在の諸外国における融資条件をみるに(付属資料第5表主要国の造船助成制度のうち融資および利子補助の欄参照)LNG船建造実績の多い米国においては商務省海事局の保証による市中銀行の融資のように非常に有利な融資条件の例もあり、今後欧州において融資条件の緩和(特に金利負担の減少)の方向で措置がとられることは十分予想され、日本においても必要に応じて融資条件の緩和を検討すべきものと考えられる。

3.3 むすび

LNG船を日本の造船所で建造し、邦船として保有・運航することは、国民経済上の観点からも安定輸送や効率的輸送体系を確保する意味からも極めて有意義なプロジェクトといえよう。然るに、既存のLNG輸入プロジェクトは全て外国船による保有・運航に委ねられており、これらの船も日本の造船所で建造されていない。この理由については、すでに3.1で言及した通りであるが、現在検討中乃至交渉中のLNG輸入プロジェクト

において邦船が輸送に参加することを可能ならしめ、さらに、これをわが国で建造するためには、下記の諸点の解決が図られる必要がある。

すなわち、邦船がLNG輸送を行うためには、

- (1) LNG船の保有・運航に伴うリスク分散の見地から、運航者のリスクをいかにして吸収していくかという問題が残されているので、今後は具体的なプロジェクトの実態に則した解決策の検討が必要である。
- (2) 邦船による運賃の国際競争力については、3.2にて述べたように、現行の計画造船制度の金利水準及び償還条件によっても、自己資金の調達が可能に行い得るならば一応国際競争力を持ち得るものとみなされる。しかし、LNG船の船価は在来船に比し著しく多額であるので、現行計画造船制度のもとでの船価の20%に相当する自己資金の調達が困難である場合も予想され、必要に応じ現行制度による融資比率などの条件の変更も検討する必要がある。また、諸外国における海運助成もしくは国内船主のみを対象とする造船助成措置の動向に応じて、国内LNG船の国際競争力を維持するため、現行の計画造船制度を見直すことが必要となる場合も考えられるので、諸外国の助成動向を注視していく必要がある。
- (3) これまで、日本の海運会社がLNG船に対して積極的でなかった理由の一つとして、荷主の希望する運賃水準では海運会社が期待する船価回収が図れないと予想されたことがあげられる。このため、邦船実現のためには、運賃設定方法及び船価回収方法等につき海運会社、荷主双方が積極的かつ柔軟な姿勢により合意に達する必要がある。
- (4) 今迄邦船が実現しなかった他の大きな要因には日本船のストライキ問題があるが、3.1で述べたようなLNG船の特性に鑑み、ストライキを回避できるよう労使双方が十分配慮する必要がある。

また、日本の海運会社が保有・運航するLNG船を日本の造船所で建造するためには、日本の造船所が現に有している国際競争力を、技術開発、合理化などにさらに努力することにより将来とも維持する必要がある。

(付属資料)

諸 外 国 の 建 造 ・ 運 航 助 成 状 況

L N G 船に対する助成は、アメリカやフランスなどにみられるが、国内 L N G 船建造に際しての参考とするため、主要国の建造・運航助成制度全般につき見直すこととし、日本造船工業会の L N G 船対策特別部会が主要国の造船・海運助成制度としてまとめたものがあるので、これをベースとして調査することとした。

しかしながら、日本として特に知りたい L N G 船建造国のフランスや西ドイツなどにおける助成や、産ガス国のアルジェリアやマレーシア (L N G 船を保有建造している) における助成などについてはなお調査が不十分であり、また海外プロジェクトの L N G 輸送契約の内容についても承知したいが、何分国内での調査は情報源の制約からも、また期日的にも限界があるので、世界的に有名なノルウェーの海事調査会社である Fearnley Consultants 社に調査を依頼した。

この Fearnley Consultants 社による調査結果を折り込んで、主要国の造船・海運助成制度を第 5 表および第 6 表にまとめた。

なお、最近の造船不況等に関連し、西欧諸国は助成強化の方向に進んでいるので、本調査結果も今後変更されることが予想される。

	ベ ル ギ ー	デ ン マ ー ク	フ ィ ン ラ ン ド	フ ラ ン ス
直接 建造 費 補助				自国船舶補助(船価の) コンテナ, RoRo 船 15% カーゴ, ライナー 10% 客船, 長距離タンカー 0 バラ積 2~8%, 沿岸タンカー 2%
融資 及 び 利 子 補 助	[輸出船向] OECD取決め通り(70%, 7年, 金利8%) [国内船向] 70%, 実利のうち3%を限度として政府利子補給	デンマーク船舶財団より, 国内船主(海外建造・国内建造共), 国内造船所(海外船主・国内船主による発注共)に対し, 建造費を融資 [融資条件] ・船価の50% (但し他に補助的保証あれば80%まで融資) ・返済は引渡し後7年 ・利率は国内船主は残額に対し $3\frac{1}{2}\%$ (6ヶ月), 外国船主 $3\frac{3}{4}\%$	[輸出船向] OECD取決め通り(70%, 7年, 金利8%) [国内船向] 船舶取得に政府保証, 但し, 便宜置籍による登録不可 [下請業者向] 国内業者による資材購入の場合, 融資に対し保証(但し, 輸出金融を受けている海外業者よりの購入のみ, 金利は市中銀行への融資に中央銀行が課すレート)	[輸出船向] OECD取決め通り。(70%, 7年, 金利8%) [国内船向] ヨーロッパ復興資金及び船舶信用金庫より融資あり ・船価の80%まで返済5年(市中並み金利の場合は8~15年), 金利は利子補給後8%(76年) (但し74年11月1日以降調印船)
税 制	① 付加価値税 船舶建造用, 船用機器用, 船舶の保守整備用, 修繕用の諸資材について免除 ② 関税 同上について免除	① 付加価値税 20GT以上の船舶に対し免除(輸入, 国内建造船共) ② 関税 造船用資材はすべて関税の一部割戻しを受けることができる。(本取扱い, EC加盟に伴ない1973~77年にかけて段階的に廃止)	関税 船舶建造資材に免除又は一部割戻し	① 関税 艦艇, 商船及び特殊タイプの船の建造, 修理, 改造並びに保守整備の為に使用の資材, 機器は船舶を問わず, 入国関税を免除。 ② 付加価値税 船舶の売買に対する付加価値税免除
保 険 制 度	輸出信用保険(船価の70%をカバー)		年間12%をこえるコスト上昇分に対し, その50%カバー(保険料0.04/月)	① 海外貿易保証会社(COFACE)による政治上, 商業上のリスクに対する保証あり。 売り手 — 商業上 80~85% 政治上 90% 買い手 — 商業上, 政治上を問わず 95% ② インフレ保険(3年間) 6.5%以上のコスト上昇分に対し, 80%を補償(保険料約1%) ③ 為替レート変動による2.25%以上の損失を補填 但し製品価格10万フラン(2万米ドル)以上
そ の 他	コンプロメックス委員会による審査, 海外貿易省決定による生産コスト大幅上昇を補填する特別融資あり。			① 対造船所合理化, 融資 合理化助成金の融資制度あり (金利) 5%/年 20年賦 ② 対造船所転業融資 中小ヤードが他産業に転業する場合, 転業資金の20%融資(適用は極めて特殊) (金利) 6.75% (返済) 2~3年据置後 最高20年まで 経済・社会開発基金利用 但し, 本助成の適用例はまれ ③ 間接助成 LNGプロジェクト参加に対しGaz de Franceから間接助成

(第5表の2)

	西 ド イ ツ	イ タ リ ア	オ ラ ン ダ	ノ ル ウ ェ ー
直接 建造 費補 助	① 建造差額補助 自国籍船建造の船主に対し、船価の17.5%を補助 ② 補助対象船を6年以内に売却の場合は全額、それ以降は年20%ずつ減価した額を返却する義務あり	① 建造コスト差額補助で造船所に直接支給(輸出、国内船共) 建造コストの4%(1976年受注船) ② 近代化補助金 船令15年以上でかつ5年以上イタリア籍に登録された船舶をスクラップし、当該船のトン数の50%以上の船舶を建造した船主に対し、新造船の1重量トンあたり54ドルが支給される。	船主に対し毎年総投資額の4.75%を投資プレミアムとして5年間合計で投資額の23.75%交付される。1977年4月1日から適用され、2年間の暫定措置である。適用船舶は1隻ごとに政府が決定する。	
融資 及 び 利 子 補 助	[輸出船向] ヨーロッパ復興基金(ERP)による融資 OECD取決め通り(70%7年、金利8%) [国内船向] ヨーロッパ復興基金と市中銀行より融資 ・船価の70%まで返済は12年(据置2年を含む) ・年利7.5% ・建造補助船以外の中小型船を対象 [州政府の保証] 沿岸諸州は自州造船所建造船に対し、船舶抵当権が設定されない金額につき保証する。	[国内船向] IMI(伊不動産公庫)等による融資 ・建造費の70%まで、返済は15年、金利は利子補給後6.5%(年利)	① 輸出船、国内船とも70%、7年、金利8% ② 国内船、輸出船とも外航船舶建造の国内造船所に対し、国債利回りを基にした市中金利と年利8%との差額を補助(但し、利子補給率は最大3.5%) ③ 低開発国援助 頭金30%のうち、22.5%を政府が信用保証	[輸出船向け] OECD取決め通り(70%、7年、金利8%) [国内船向] 80%、12年の延払いを供与し、しかも残りの20%についても政府が融資保証を行う。
税 制	関 税 船用輸入資材に対し関税免除	① 関 税 外航船舶用資材は免除 ② 新造船建造用非課税利益積立制度 ③ 売上税、付加価値税免除、又輸出船のみ、建造中の各税金の6.6%払戻し	① 関 税 外航船舶用輸入資材は免除 ② 付加価値税 船舶は免除(建造、積装、修理に要する製品、サービスに対するものも含む。また輸入船も免除される。)	① 関 税 新造船は売却価格の6%、修繕船ではコストの4%に当る関税払戻しあり。 ② 投 資 税 新造、修理、保守・整備に関連し造船所納入物品に対し免除
保 險 制 度	① 輸出保険 クレジット・フェルンヘルングス社より、商業上は80%、政治上は85%までのリスクをカバー。 保険料は前者1.2%、後者1.5% ② 為替変動保険 損失が契約の3%以上。保険料は外貨一種類0.7%、それ以上は0.6%(更に管理費を追加される)	INAにより、政治上のリスクや商業上のリスクをカバー。 この保険は、建造コストが5~15%の範囲で上昇した場合の損失をカバー。 又、通貨変動によるリスクをカバーする保証制度あり。	政治上、商業上のリスクに対して民間のNCM社が保険の取扱い。 又、同社と政府の取り決めて政治上のリスクに対し、政府の再保険をかけることが可能。	貿易海運省の下部機構である輸出信用保証機関が保険を引受けている。
そ の 他	① 第8次造船融資計画 76~79年建造の輸出船、国内船に対し、2%までの延払いの利子補給。 ② 海外発注船舶に対する建造助成 海外発注の場合も船価の9%相当の助成あり、(但し、日本はだめ)	① 造船所近代化助成 近代化資金の10%を補助 ② 非能率造船所の転業補助 小規模で非能率のヤードが他産業に転業の場合に補助	① 赤字補填 造船所の赤字75%を補填(37.5%を補助し、残りの37.5%を特別融資する。) ② 造船所の一部の大手グループに政府から特別融資保証	① Guarantee Institute による保証 タンカー過剰等に対処するため、既存債務の利息支払い、新船建造、キャンセル料、係船料等に於けるための借入に対し保証を行う。 (保証総額40億N.Kro) ② 造船所の海外よりの借入金に対し貿易海運省より保証を得ることができる。

(第5表の3)

	ポ ー ラ ン ド	ス ペ イ ン	ス ウェ ー デ ン	英 国
直接 建造 費 補助		建造差額補助 100%国内建造船舶に対し船価の9%相当割戻し。		価格差補助金 (Invention Found) 基金約6千万ポンド
融資 及び 利 子 補 助	西側諸国向の輸出船に対し融資 (但し認可はその都度必要) ・船価の70% 返済7年, 金利8%	[輸出船向] OECD取決め通り。(70%, 7年, 金利8%) [国内船向] 上記と同様	[輸出船向] OECD取決め通り (70%, 7年, 金利8%) [国内船融資] 政府保証のスウェーデン船舶抵当銀行の資金による建造資金融資, 利率は市中レートにより変更 ・返済は均等割にて15年 [輸出船・国内船に対する共通政府保証] [造船所の安定国内造船所の国内・外国よりの債務 操業の為の特別保証] [ストックポートに対する特別保証] 政府は対造船所融資機関を通じ上記の目的で, ケースバイケースで特別保証 に対する融資の70%は政府が供与 (1974年から78の間で1数30%削減に同意したヤードのみ)	[輸出船向] OECD取決め通り (70%, 7年, 金利8%) [国内船向] 1972年産業法により, 造船産業評議会可決の場合は, 融資保証付与 融資はOECDで定めた規則に準拠。
税 制		① 関 税 輸出船建造に要する輸入資材は全額免除, 国内船の場合は6%が割戻し。但し, 輸入されたものが推進機及び漁船用資材の場合は15%を割戻し。 ② 間 接 費 総費用の12%を占めるといわれる間接税を割戻す。[(総費用-関税割戻し) × 0.12]	① 関 税 外船用船舶建造用の輸入品には免除 ② 非課税積立金 非課税利益特別積立金制度あり ③ 付加価値税 船舶建造に当っては付加価値税の割戻しあり (但し, 20トン若しくはそれ以上の国内市場向船は国内・外建造を問わず, すべて免除)	① 関 税 船用輸入資材 (含む修理) はすべて免除。 ② 間 接 税 造船業, 造船関連業負担の間接税を一部免除 (平均課税率は船価の2%)
保 険 制 度		C. E. S. C. Fが輸出信用保険を引受けている (保険料—平均1.9%)	輸出信用保証庁が輸出信用保険を引受けている。	輸出金融保証によるインフレ保険制度 生産期間は2年以上。価格は200万ポンド以上 保険料 1% / 年。カバー率は イ. 延 払 (インフレ率20%までカバー) (インフレ率-10) × 0.85 ロ. 現金払 (インフレ率が25%までカバー) (インフレ率-10) × 0.90
そ の 他		スペイン船主による対外発注は政府の許可を要す。		① 造船所の近代化措置 政府は, 造船所への資本参加を通じ, 造船所近代化に間接的助成。 ② 国 有 化 造船業国有化法が成立した。 (1977年7月1日 英国造船公社が発足の予定)

(第5表の4)

	ア メ リ カ	日 本	サ ウ ジ ア ラ ビ ア
直接 建造 費 補助	建造差額補助 自国内建造の国内船につき対造船所へ補助(補助率は50%以内) ① LNG 16.5~25.63%(73年度) Tanker 33.3~38.7%(74年度) (9万D/W~3.9万D/W) ② アメリカ船員配乗の義務 ③ タンカーは20年間,その他は25年間自国籍を変更できない。		
融資 及び 利 子 補 助	商務省海事局の保証による市中銀行の融資 ① 融資比率(買手コストの) 建造差額補助金利用者 75% " 非利用者 87.5% ② 融資期間 タンカー 20年 その他 25年 ③ 金利 6~8% (市中金利を基準に商務省決定10%以下) ④ 保証料徴収 ⑤ 保証限度額 30億ドル	[輸出船向] OECD取決め通り(70%,7年,金利8%) [国内船向] 日本開発行等による協調融資 (コンテナ船)(その他) (融資比率)開 銀 70% 60% 市 銀 25 20 自己資金 5 20 (融資期間)開 銀 3年据置後 10年 市 銀 竣工後 8年 (金利)開 銀 7.5% 7.5% 市 銀 9.2% 9.2%	[国内船向] サウジ産業開発基金(1億4,403万ドル)より融資される。 船価の50% 返済15年 年利2.5% 猶予期間3年
税 制			
保 険 制 度		通商産業省が輸出信用保険を引受けている(輸出保険法)	
そ の 他	① 老朽船の代替建造交付金による建造は自国内造船所に限定 ② 建造差額補助の対象船は三国間輸送の米国籍船に対しても適用される(73年半ば以降) ③ 政府の建造設備改善投資額は70~74年間の5年間で8億ドル	計画造船制度 1976年度予算(32次船) 900千GT 750億円	

国名 項目		アルジェリア	オーストラリア	ベルギー	デンマーク	フランス
運 航 補 助						1966年以降, 船員の社会保障費用の47%を政府が負担 (1975年 1,785万フラン)
	自国船優先積取	1977年までに自国の貿易の50%を積取することを目標としている (LNG輸送の50%まで自国船で積取ることとなっている。)	内航輸送は海上運送法により免許を要す。		デンマーク⇔グリーンランド間の貿易に従事する自国船主に対して優先積取権が与えられる。	① 自国消費原油の $\frac{2}{3}$ を自国船で運ぶことが法律で義務づけられている。 ② フランス/アルジェリア, フランス/チュニジアの運送は当該国船に限る。
償 却 制 度	普 通		(耐用年数) (定額法) (定率法) タンカー, B.C.Cs 16年 $6\frac{1}{4}$ $9\frac{3}{8}\%$ Ro/Ro その他 20 5 $7\frac{1}{2}$	船舶の償却は原則として次の率による 初年度 20% 第2,3年度 15% 第4~8年度各年 10%		償却方法は定率法(31.25%), 定額法(8年)選択で変更可
	特 別		外国船が国内輸送に従事した場合は5%の税金が課せられる。		契約から引渡の間に「事前償却」を開始できる。(建造コストがUS\$32,500以上の船舶, (限度額 15%/年 総額 30%))	引渡しの前9ヶ月前から「事前償却」を開始することができる。
税 制			圧縮記録ができる。	以下については付加価値税を免除 イ. 外航船舶の輸出入 ロ. 外航船舶にかかわるサービス業務 ハ. 外航船舶への船用品等供給品の引渡し		
そ の 他		国有海運会社であるCNANが海運業務を独占している。	国有海運会社であるThe Australian Shipping Lineは内航だけでなく外航定期航路にも就航しており, 現在, 外航船を7隻所有, 6隻を発注または建造中である。			① フランス海運の $\frac{1}{3}$ は国有である。 ② フランス船は自国船員の配乗を法律で義務づけられている。

(第6表の2)

国名 項目		西 ド イ ツ	イ タ リ ア	ク ウ ェ ー ト	マ レ ー シ ア	ノ ル ウ ェ ー
運航補助			国有海運会社であるFimmare-Groupは法律によって補助を受けている。 (1974年 1億4,700万ドル)			内航船は助成を受けている。
自国船優先積取		沿岸輸送の自国船留保	① 国内貿易は自国船に限る。 ② イタリア籍船に差別待遇をしている国々の船舶をイタリア人が使用する場合、政府の許可を要す。			
償却制度	普通	① 定額法、定率法選択で定率法から定額法へ変更のみ可 ② 耐用年数 タンカー 冷凍船・コンテナ船 12年 16.67% その他 14年 1972年12月31日以降に購入又は建造した新造貨物船及び新造貨客船 12年	定額法 耐用年数 10年	年間5%で20年間		① 定額法、定率法の選択(他方式への変更はできない。) ② 耐用年数 12~20年 貨物船、タンカー、鉱石船、その他専用船は年率6~8%/年 通常の乾貨物船は5~7%/年
	特別	① 定額法採用船について取得時より5年間取得船価の40%が限度(欠損がないか、それにより欠損が増加しない場合に限り、自己資金が30%以上投入されていれば、取得価格の15%まで償却可能。) ② 特別償却実施船は8年間売給できない。	加速償却 最初の支払時より4年間、各年船価の15%を限度として船価の40%に達するまで。			① 取得時から5年間、各年取得価格の5%以内でかつ普通償却範囲額の50%以内で累計が取得船価の15%になるまで(償却率限度 15%/年) または造船契約による最初の支払時より5年間、各年課税所得の50%以内で累計が取得船価の25%になるまで。 ② 自国造船所発注船に対する特別償却制度
税制		圧縮記帳 売給益の範囲内で、新船の取得価格を圧縮して記帳できる。 (売却船が6年間その船主によって保有されたものに限り、2年以内に代替船を購入、発注するか又は、4年以内に竣工させた場合に限る。)				① 非課税準備金 売給益は非課税で積立て、8年以内に新船購入のため使用できる。 ② 船舶の売買に対する付加価値税の免除。(税率は売上高に対し20%) ③ 修繕引当金の損金算入
その他				① 自国船には特別価格でバンカーが供給される。(1976年 25万ドル/t) ② 自国船には港務費の割引制度がある。 ③ 政府は、Kuwait Shipping Company株式の75%を保有。	① 海運業は政府のコントロール下にあり、主力はMISCである。1979~80年で100万DWTの船腹保有を計画している。 ② LNG船の保有・運航はPetronas(国有石油会社)が当ることになっている。 ③ 政府はMISC株式の51%を保有。	① 債務保証制度 ノルウェー保証協会(NGI)から以下の範囲内で保証をうけることができる。 イ、新規借入金に対する自社保証額の5倍 ロ、新規融資に対する自社保証額の1.9倍(担保により異なる) ハ、係船コスト、キャンセル料に対する自社保証額の5倍 ② 船員の帰国に要する費用の50%を政府が助成する。

(第6表の3)

国名 項目		サウジアラビア	ス ペ イ ン	英 国	フィンランド	ア メ リ カ
運 航 補 助		沿岸交易でドライカーゴ輸送に従事している会社に運航助成が与えられる。又、特殊物資を輸送する場合はケースバイケースで助成金が定められる。	国益のために特別なサービスをしている2社に対して助成している。	スコットランド及び離島との交易に従事する船舶に対して助成が与えられる		運航差額補助 (O. D. S) 定期船、客船、または貨物船の運航者に対し、船員費、保険料、修繕費の諸外国との差額を補助する。(内航船は対象外、自国船員100%配乗義務あり)
	自国船優先積取		専売貨物(石油・タバコ・綿など)の国内への輸送は自国船に限る。			対外援助物資、軍需物資、余剰農産物に対して優先積取権あり。
償 却 制 度	普 通		① 定額法、定率法の選択(他方式への変更はできない。) ② 耐用年数 25年	新造船は自由償却、中古船は初年度100%償却でき、次年度以降は25%の定率で償却できる。		定額法、定率法、定額減法のうちから選択。 耐用年数 ガイドライン 18年 (上下幅20%、従って14.5～21.5年の範囲内で償却可能)
	特 別			事前償却ができる。		
税 制		海運に対しては税金はない。	① 配当前利益の50%は補充用船舶購入基金(非課税予備費)として留保できる。 ② 圧縮記帳 売船益の範囲内で、新船の取得価額を圧縮して記帳ができる。	① 売船益に対する付加価値税の免除 ② 圧縮記帳(1970年10月27日以前に取得した船舶の売却に限る)	新造船発注に際して、バンクオブフィンランドに非課税積立金を留保できる。但し、1978年までに使用しなくてはならない。	建造資金無税積立制度(The Capital Construction Fund) 課税対象の運航収益、売船益等を無税で積立て可能。新船取得のために引出された場合、引出額の50～100%の圧縮記帳ができる。(無資格の引出は引出年度に課税)
そ の 他						

(第6表の4)

項目		国名	日本
運輸補助			
自国船優先積取			
優 却 制 度	普 通	① 定額法，定率法，運輸距離比例法の中から一船別選択 ② 耐用年数 貨物船 15～18年 タンカー 13～16年	
	特 別	取得年度において船価の $\frac{1}{5}$ まで償却できる。(償却不足は3年間繰延できる。)	
税制		① 圧縮記帳 ② 特別修繕引当金 ③ 公害防止準備金 ④ 登録免許税軽減 ⑤ 固定資産税の軽減	
その他			

4 LNG 船の安全対策

4.1 はじめに

4.1.1 調査方針

LNG 船の安全については、我が国においても既に多年にわたる造船界、海運界の調査研究の蓄積があり、また、国際的にも I M C O で LNG 船の構造設備等に関する決議が、既に採択されている。さらに運輸省においても LNG 船の運航に必要な規則の整備に努力している。

このような状況に基づき、LNG 船の運航に当っては優秀な技術を有する十分な数の乗組員が乗船することを前提としても差支えないこと、及び我が国では現在 LNG 船の運航実績がないので現時点でさらに問題点を指摘することが困難である等の認識に立って、調査方針を次のように定めた。

- (1) 既存の諸研究成果をふまえて LNG 船の安全性を総合的に把握する。ただし、研究成果が数多く公表されている造船関係の安全対策については必要最低限に止め、これを使用し、運航する立場からの安全対策に重点をおいた。
- (2) 我が国で LNG 船を建造し、運航する場合、他の船舶、例えば外航タンカーの運航実績等からどの程度の安全運航が期待できるかをできる限り明らかにする。

この方針に基づき、方針決定の根拠となった LNG 船の規制の現状及び LNG 船の安全を中心とした調査研究資料を示した上で造船・運航・荷役・事故対策等の立場から LNG 船の安全対策をまとめ、かつ、我が国で建造し、運航する LNG 船の安全度を推論することとした。

4.1.2 LNG 船に対する規制の現状

船舶は国際性を有しているため、その安全性については条約の定め

るところにより建造し、又、航行するように決められているが、新形式の船舶、危険物運搬船等で技術基準に対する取り扱いが各国政府間で異なるような場合や航行上の行為規制が必要なもの等については、各国政府の国内法に基づいても規制が行われているのが現状である。

L N G 船のわが国入港に際しても、それが比較的新らしい種類の危険物であること、船舶が大型であること等により、邦船及び外国船を問わず次の規制が行われている。

(1) 船舶安全法関係法令に基づく規制

危険物船舶運送及び貯蔵規則第 6 8 条に基づいて L N G 格納設備の構造、附属品、逃し弁、充てん限度、荷役等について運輸大臣の指示を要することとなっている。

指示の概要は、L N G 格納容器の設計条件範囲での使用、安全弁の設定圧力の保持、危険の表示、火気取り扱い制限及び防爆器具の使用、ガス検定、荷役時の危険防止、港内のボイルオフガス排出禁止等について必要な事項について言及するとともに、運航者に L N G 荷役警備計画書を提出させてその遵守をも指示している。

(2) 港則法、海上交通安全法関係法令に基づく規制

(a) 現在わが国に就航中の L N G 船のバース及び建造中のバースは、いずれも港則法に定める特定港の港域内にある。

従って、L N G 船は当該港においては、港則法の関係規定にのっとり、入出港、停泊、移動、航法等に関して、一般船舶と同様の規制を受けるほか、危険物積載船舶として、次のような規制を受けることになっている。

- (i) 入港前に、港域外で港長から運航、荷役等に関する一般的な指揮を受ける。
- (ii) 停泊・停留する場所の指定を受ける。
- (iii) L N G を荷役するための許可を受ける。

荷役すべきバースについては、当該バースが危険物を荷役する場所として適当であるか否かを、あらかじめ、港長がバース

管理者からの申請に基づいて審査したうえ、危険物専用岸壁として承認したものであり、荷役の実施に当っては、十分な安全対策を講じたものであることが必要である。

- (b) 船舶交通がふくそうしている東京湾、伊勢湾及び瀬戸内海の3海域では、海上交通安全法が施行されており、LNG船が就航し、又は就航が予定されている海域は、一部を除き、この3海域である。

従って、海上交通安全法により、一定の航路における特別の交通ルールによるほか、125,000 m^3 型LNG船は、長さが200メートル以上であるため「巨大船」に該当し、かつ、危険物積載船舶であることから、次のような規制を受けることとなっている。

- (i) 海上保安庁（航路管制官）に対し、航路入航予定日の前日正午までに、船舶の名称、総トン数、長さ、喫水、航路入出航予定時刻、LNGの積載量等について、通報する。
- (ii) 海上保安庁から航路入航予定時刻の変更、航路航行速力、海上保安庁との間の連絡の保持、余裕水深の保持、進路警戒船・消防設備船の配備、視界不良時の通航制限等のうち、必要な事項についての指示を受ける。
- (iii) 巨大船及び危険物積載船舶としての所要の灯火及び標識を掲げる。
- (c) 総トン数2万5千トン以上のLNG船用バースの建造及び同船の本邦就航に当っては、上記のほか、バース管理者からバースの建造理由、建造計画、安全対策、防災対策、事故処理対策等を記載したバース建造届を、あらかじめ、海上保安庁に提出して承認を受けるとともに、船舶の所有者又は運航者から本船の要目、設備、航行中・荷役中の安全対策、事故処理対策等を記載した安全確約書を同様に提出して承認を受けることとなっている。

特に、125,000 m^3 型のLNG船については、わが国への就航実績もなく、かつ、事故発生時の災害規模の大きさが懸念される

こと等から、学識経験者等により安全性に関する十分な検討を行
なっており、その結果をふまえて、パース建造届及び安全確
約書を作成し、海上保安庁から具体的な指導を受ける必要がある。

4.1.3 本調査において参考としたLNG船に関する諸研究

LNG船の研究に関しては、研究所、各種関係団体及び造船所に於
てすでに多くの研究がなされているのでその研究成果を参考とすること
ができた。

以下参考までに示すと、

(1) 船舶技術研究所に於ける研究

液化メタン運搬船の耐衝突構造の研究 昭和45年度年報

液化メタン貯蔵容器材料の研究 昭和46年度研究成果報告書

液化メタン防熱材の超低温域に

おける諸特性の研究 同 上

液化メタン保冷層の構成および

流出拡散の研究 同 上

液化メタン保冷用材料の温度特性の研究

昭和48年度研究成果報告書

LNGタンクの防熱方式に関する研究

昭和49年度研究成果報告書

LNG船のタンク用材料に関する研究

昭和50年度研究成果報告書

(2) 日本造船研究協会に於ける研究

LNG船に関する一般、材料、溶接

研究資料No50R昭和51年3月

LNG船に関する疲労強度、タンク設計工作

研究資料No51R 同 上

LNG船に関するタンク検査試験、安全設備

研究資料No52R 同 上

L N G 船の就航後に於ける検査項目

及び保守・運航マニュアル 研究資料No54 R昭和52年3月

IMCO 決議 A 3 2 8 (IX) 液化ガス

ばら積船構造設備規則の統一解釈 研究資料No56 R 同 上

(3) 日本海難防止協会に於ける研究

危険物積載船による災害防止に関する研究 研究報告書昭和49年3月

危険物積載船の安全対策に関する調査研究 研究報告書昭和50年3月

(4) 地方海難防止団体における研究

(i) 西部海難防止協会

関門港 液化天然ガス輸送問題 調査研究報告書昭和50年6月
調査研究

(ii) 東京湾海難防止協会

東京湾液化ガス輸送問題に関する調査 調査報告書昭和50年10月

(iii) 伊勢湾海難防止協会

伊勢湾液化天然ガス輸送問題に関する調査研究 調査研究報告書昭和50年12月

(iv) 神戸海難防止研究会

大阪湾液化天然ガス輸送問題に関する研究 研究報告書昭和50年8月

播磨灘液化天然ガス輸送問題に関する研究 研究報告書昭和50年12月

(5) 日本造船工業会に於ける研究

L N G 船の災害防止について 文献紹介昭和51年9月

(6) 日本タンカー協会に於ける研究

L N G 海上輸送に関する調査研究 研究報告書

昭和48, 49, 50年度

(7) 造船所に於ける研究

次の造船所に於ては、特記するタンク方式，L N G 船の設計，工作，品質管理等の安全基準を作成している。（アルファベット順）

日立造船

球型独立タンク方式

角型独立タンク方式

石川島播磨重工業

メンブレン方式

セミメンブレン方式

川崎重工業

球型独立タンク方式

三井造船

球型独立タンク方式

メンブレン方式

三菱重工業

球型独立タンク方式

メンブレン方式

角型独立タンク方式

日本鋼管

メンブレン方式

角型独立タンク方式

佐世保重工業

セミメンブレン方式

住友重機械工業

角型独立タンク方式

メンブレン方式

4.2 LNG船

4.2.1 LNGの性状

LNG船について述べる前に、天然ガス及びLNGの性状について簡単に説明する。

第1表に示す様に天然ガスは世界各地で産出し、産地によりその組成は多少異なるが、大体メタンガスを主成分としエタン、プロパン、ブタン、炭酸ガス、硫化水素、窒素などからなる。従って天然ガスは厳密に言えば産地毎のガス組成により、その性状もそれぞれ異なるわけであるが、その主成分であるメタンに準じて大差ないものと考えられるので、以下メタンの物性について述べることにする。

メタン (CH_4) はパラフィン系炭化水素として最も簡単な形の化合物であり、かなり安定したガスとして、天然ガスを始め、油田ガス、炭坑ガスなどの主成分として存在しており、又、有機物の腐敗や分解に伴って常に発生している炭化水素である。

LNGはこのメタンガスを液化したもので、液化メタンは大気圧で比重0.425と重油の約1/2、沸点は大気圧で約 -160°C である。ガス化した場合の比重は同濃度の空気の約1/2で極めて軽く、万一空気中に漏洩したとしても直ちに上方へ拡散するし、又爆発限界もプロパン、ガソリンなどに比して安全サイドにある。但し、 -80°C 以下の低温ガスの比重は常温の空気より重い。LNGが“クリーンエネルギー”と言われる根拠としては、天然ガスを液化するプロセスで脱塵、脱硫、脱炭酸、脱水等の前処理を施すため、燃焼時に亜硫酸ガスが発生しないこと、および窒素酸化物についても、LNG中の窒素含有量が少ないことと、燃焼方式の改善により、同カロリーの他のエネルギーと較べて有害物質の発生量が半分以下になることなどが挙げられる。

第 4.2.1 - 1 表 天然ガスの組成例 (容積%)

産 地 成 分	ア ラ ス カ (ケ ナ イ)	アルジェリア (ハ ジ ル メ ル)	ボ ル ネ オ (ブ ル ネ イ)	イ ラ ン (ガ ッ チ サ ラ ン)	北 海 (R. P. 鉾 区)
メ タ ン (C ₁ H ₄)	99.34	79.5	90.2	83.11	94.0
エ タ ン (C ₂ H ₆)	0.11	7.5	4.8	10.50	3.2
プ ロ バ ン (C ₃ H ₈)	—	2.5	2.5	3.50	0.6
ブ タ ン (C ₄ H ₁₀)	—	5.0	1.4	0.87	0.2
ペンタン (C ₅ H ₁₂)	—	—	0.1	0.13	0.1
ヘキサン (C ₆ H ₁₄)	—	—	—	0.03	0.1
硫化水素 (H ₂ S)	—	—	—	0.41	—
窒 素 (N ₂)	0.52	} 5.5	0.5	—	1.3
炭酸ガス (C O ₂)	0.02		0.5	1.45	0.5
酸 素 (O ₂)	0.01	—	—	—	—
合 計	100	100	100	100	100

第 4.2.1 - 2 表 主要ガス成分の物理特性

成 分 名	沸 点 (液化点 (℃))	ガス比重 (空気 = 1)	液体比重 (沸点/ 4℃水)	ガス容積 液容積	爆発限界 対空気混 合比 %	総 発 熱 量	
						(Kcal/Nm ³)	(Kcal/Kg)
メ タ ン	-161.4	0.555	0.425	630	53 ~ 139	9520	13270
エ タ ン	- 88.6	1.049	0.550	—	312~150	16820	12400
プ ロ バ ン	- 42.2	1.522	0.580	316	237~ 95	24320	12030
イソブタン	- 10.0	2.007	0.580	—	16 ~ 85	31530	11810
正ブタン	- 0.6	2.010	0.605	249	1.86~841	32010	11840

4.2.2 設計上特に配慮すべき事項

LNGの特性、即ち、約 -160°C の超低温であること、及び気化すると容積にして約600倍の引火性ペーパーになることに関連して、次のような一般船舶と異った配慮が必要である。

(a) LNGの超低温性に対する配慮

- (i) 耐低温性材料の使用
- (ii) 温度差による伸縮、熱応力を考慮したタンク構造及び支持構造。
- (iii) 有効な防熱構造

(b) LNGが気化し易く引火性・爆発性のペーパーとなることに対する配慮

- (i) カーゴペーパーの安全な処理方法
- (ii) 積荷中、揚荷中及び航海中にタンク内に空気を侵入させないようにする。
- (iii) 防 爆 対 策

(c) LNGの漏洩に起因する2次的事故の防止に対しての配慮

- (i) 船体構造（タンク格納スペース）などのタンク漏洩事故からの防衛……………2次防壁の設置
- (ii) 外部からの事故（衝突、座礁、火災など）に対するタンクの保護

4.2.3 船体構造及び設備

1971年以来、IMCOで検討を進めてきた、液化ガスを安全に輸送するための液化ばら積船の船体構造、タンク配置、荷役方法、検知及び計測装置ならびに事故の際の保護設備及び消火設備などについての基準「液化ガスばら積船構造設備規則」が1975年11月のIMCO総会において採択された。

わが国においては、このIMCO規則の適用を検討中であるが、この規則の要求を満足するよう安全対策を配慮して設計されたLNG船の船体と装置が一般的にどのようなものかについて、125,000 m^3 積

み程度の大型LNG船を対象として簡単に説明する。

(I) LNGタンク

一般にLNGは大気圧の下で、冷却状態で積載される。したがって、LNGタンクはLNGの積込みにより冷却され、収縮するが、その際、過大な熱応力を生ずることのないようなタンク構造、或いはタンク支持、固定装置が必要となる。現在開発され実用化されているLNG船のタンク方式は、荷重を支持する形式により、次の3種に大別される。

(a) 独立タンク方式

船体構造と独立して、貨物の静的ならびに動的な力をタンク自体の強度で支えようとする方式であり、次の方式に細分される。

- (i) 圧力タンク型方式
 - └ 球型
 - └ 円筒型

(ii) 角型タンク方式

(b) メンブレン方式

船体内殻をタンク強度部材として利用し、船体内殻の内側に耐圧縮性のある防熱材を施し、更にその表面に液密を保持する薄い金属膜（メンブレン）を張り、タンク内のすべての荷重はメンブレン及び防熱材を介して船体構造に伝達される方式である。

(c) セミメンブレン方式

タンク材に比較的厚い材料を使用し、独立タンク方式とメンブレン方式との中間の特徴を有する方式である。

LNGタンクの材料としては、液密性、ガス密性のほかに耐低温性を有する材料としてアルミ合金、ニッケル合金鋼、ステンレス鋼などが使用される。

更にLNGタンクの過圧或いは負圧を防止するための安全弁を設けること、及びタンク開口を暴露甲板上とすることなどの配慮がなされている。

(2) 防 熱

防熱は船体構造の過冷却を防ぐこと及びタンク内への熱の侵入を防止し、LNGの蒸発を極少とすることの2つの目的で設けられる。防熱材料としては、バルサ材、パーライト、ポリウレタンフォーム、ポリスチレンフォーム、塩化ビニルフォーム、グラスファイバーなど夫々のタンク方式に適応した防熱材が採用されている。防熱材はLNG船の建造コストに大きく影響するので、防熱材料の取付場所、所要性能、工作法などを検討して、最適なものを選定採用している。

防熱材の厚さは、船体許容温度、LNGの蒸発、LNGの輸送コストなどを勘案して決められるが、或る程度の蒸発は避けられないので、この蒸発したボイルオフガスは、船の推進機関用燃料として使用される。

(3) 2次防壁

2次防壁とは、タンク漏洩時に船体構造部材が、その許容温度以下にならないように、漏洩LNGを、一定期間以上安全に保持するための構造設備を言う。この目的は、タンク漏洩事故に起因する2次的な大事故（船体過冷却、LNGの流出、これらによる船の全損及び引火爆発など）を防止することにある。この2次防御の思想はLPG船についても同様であるが、LPGは約 -45°C で超低温ではないため、船体構造そのものが2次防壁の役目を果たすることができる。しかし、LNG船では、船体構造を約 -160°C の低温に耐えるようにすることが実際上不可能のため、船体構造とは別個の2次防壁を設けることが一般的である。

(4) 船体構造配置

LNG船は、次の理由から一般に2重船殻を採用している。

- (a) 衝突、座礁などからのLNGタンクの保護
- (b) 外板の浸水事故に対するLNGタンクの保護
- (c) 火災からLNGの隔離

(d) 非常時、船体過冷却に対する安全対策として、2重船殻間に注水或いはヒーティングを行って2次防壁の役割を分担する。

(5) イナーティング

空気中に、カーゴベーパーが、容積比で約5～15%混合した場合、この混合気体は爆発性となり、何らかの発火源により爆発する。この万一の危険を避けるため、タンクと2次防壁或いは船体構造との間に、イナートガス (N_2) を封入し、防爆を行なうのが一般的である。また、空気が入っているタンクにLNGを入れる前、或いはカーゴベーパーが入っているタンクに空気を入れる前にも、イナーティングが行なわれる。

(6) 各種計測警報装置

タンク内面、船体構造及び2次防壁には温度検出端が設けられ、コントロール・ルームなどにその指示装置或いは警報装置が設けられている。また、LNGの漏洩のおそれのある区画には、ガス検知器が設けられている。その外、タンク圧力計測装置、液面計測装置などが設けられている。

(7) ボイル オフ ガスの処理

LNGの蒸発を零にするようなタンクの防熱方法は不可能で、ある程度(約0.25%/日)のLNGの蒸発は避けられない。低温式LPG船或いはエチレン船の場合は、再液化装置により蒸発したボイルオフガスを再液化して、タンクにもどす方法が採られている。しかしLNG船の場合はボイルオフガスを船の推進用燃料として使用するのが一般的である。これはボイルオフガスの再液化が技術的に難かしく、且つ再液化装置が大動力で高価なものとなるが、一方船の推進用燃料として、ボイルオフガスを使用する装置は比較的簡単な装置ですむためである。これは、ボイルオフガスを常温に加熱後、安全に機関室に導く装置及び重油とボイルオフガスの両方を混焼させる特殊な装置とからなっている。

4.3 運 航

4.3.1 L N G 船の運航に関する一般的配慮

昔からいかなる船舶の運航にあたって、安全は運航従事者にとっての最大の目的であり願いであった。これは現在でも変りはないのであるが、運航の経済性を追求するのあまり、数字的な見返りの期待出来ない安全に対する設備や運航面に対する配慮がともすれば後廻しにされ勝ちである。しかし、公共的エネルギーの安定輸送を使命とする L N G 船にとっては事故或いは災害により L N G の供給が一時的にも途絶えるおそれのある無理な運航や操船は絶対に避けなければならない。

L N G 船の運航にあたって次のことを船長と協定を結んでいる船社がある。即ち、

- (1) 航海・通信・係留及び消火施設は最新式とする。
- (2) 船舶職員は、精選し且つ訓練されたものをあてる。
- (3) 人命と船舶の安全を第一とし、こと安全に関する限り船長に対して運航上の圧力を加えない。
- (4) 船務を楽しく遂行し、航海中怠惰とならないよう、特に配慮した娯楽施設等を船内に設ける。

このことは、L N G の安全運航に関する基本的な考え方をよく表わしている。

このように L N G 船は安全上最大の努力が払われているとはいえ貨物の性質上船体内外に引火性混合ガス漏洩の可能性がないとはいえない。若し、このような場合にその近くに一つの小さな発火源でもあれば大災害にもつながることも予想される。特に、沿岸を離れて大洋を航海中にこのような事態が発生し、対処資材を使用し尽してしまった後は手をこまねいて見守る他はなく、火災の場合はそれもなく船体を放棄して乗組員は脱出漂流するという最悪事態ともなる。このようなわけで、航海中の防災対策は非常に大切である。

(1) 航海当直

L N G 船の航海計器類は十分な性能を有する優秀な設備を備えることが望ましい。例えば、レーダー（2台）、衝突予防装置、ドップラソナー、N N S S、二重操舵装置、ジャイロ、デッカナビゲーター、サイドスラスター、船首監視テレビ、エコーサウンダーなどである。船橋当直にあたってはこれらの計器類を有効に活用するとともに、I M C Oで採択された「航海当直の維持に関する基本原則及び行動指針についての勧告」を尊重して厳重な見張りを行わねばならない。船舶の輻輳する海域では当直人員を増加したり、又構造上船橋視野が制約されるような場合は船首部に見張りを増員するなどの措置をとって注意深い運航に務める必要がある。

(2) 操船上の配慮

L N G 船は満載状態でも船体の大きさに比べ喫水が浅く側面積が大きい、即ち風圧影響を受け易い船であるから常時リーウェー（風圧差）を考え操船にあたる。125,000 m^3 のL N G船々型は凡そ150,000～170,000 重量吨の原油タンカに相当するが、バラストの調節は原油タンカー程自由ではない。又、乾舷が高くタンク形式によっては前方の死角が大きいので前方監視に特別の注意を用いねばならない。一方乾舷が高いので凌波性は良好で波浪の打込みは少ないと思われるが上甲板上のL N G関連装置が万一波浪により破損した場合は種々の災害がおきることが予想されるので気象・海象を良く勘案して針路を設定し、更に又船体動揺がL N Gタンク支持装置等に影響を与えるおそれもあるので荒天中は特に慎重な航海が望まれる。

(3) 火災・爆発事故の防止対策

L N G 船では航海中ベントラインからカーゴベーパーを放出しないのが普通であり、操作や装置が正常である限りカーゴベーパーの漏洩はない。万一漏洩しても比重は空気より軽いため、拡散も早い。しかしながら、貨物の性質上一步誤れば災害を引起す可能性

があることを忘れてはならず、船上にあっては平常より火災爆発防止措置を十分に心掛けていなければならない。カーゴベーパーが何かの原因により漏洩した場合船内の何処に滞留するかを予測するのは難しいので、船内に発火源を持込まぬ事が先決である。しかし、船内の火気を全く無くすることは出来ないので火気管理を厳重にしなければならない。例えば、裸火は使用しない、衝撃火花を伴う作業は行わない、静電気対策を怠らない、電気設備には特に注意するなどの必要がある。又、居住区内の電気設備などは防爆構造でないもので出入口はエアロックとして出入にあたっては万一、カーゴベーパーが漏洩していたとしても侵入させないように細心の注意を払わねばならない。ガス爆発はカーゴベーパーの空気に対する容積比が5～15%の範囲で起る。カーゴベーパー検知のため船内必要個所に検知装置が配置され監視されているが、このような機器類の点検整備も重要である。又、ガス爆発を防止するため、あらかじめイナートガスを封入した閉鎖区画があるので、航海中は点検して必要あれば、補充に務める。

(4) 消火設備の有効性

防火・消火設備は常時使用されるものではないので、緊急時の使用にあたって作動不良の場合も起り得る。このようなことから平常から良く整備しておくことが何よりも望まれる。

(5) 船内体制

優秀な設備を有効に活用し、防・消火設備を整備した上で、更に事故防止のための船内体制を確立しておかなければならない。例えば、定期的な船内巡検を行い、火気管理状態の確認、検知器類の現状把握に努め、又、居住区の出入口を特定して関係者全員に周知徹底させ、ガス安全区画の維持に努めると共に、ポンブルーム等の遮蔽区画はカーゴベーパーが漏洩しても滞留しないように常時通風換気を行うなどの配慮が必要である。更に、乗組員にはLNGの性質と取扱いに十分知識があり、事前に教育訓練を受けた者をあてな

ければならず、船内にはLNGについての注意事項、関連用具の取扱説明書などを見易い場所に掲示して周知させ、同時に操練を定期的に頻繁に行い、緊急時の処置に習熟させるなどの船内体制をとる必要がある。

(6) ボイルオフガスの管理

LNG船のカーゴータンク内では航海中LNG貨物のある限り絶えず蒸発が続き、この蒸発量はタンク容積の約0.25%／日に達する。このカーゴベーパーを通常ボイルオフガスと称し、大気中に放出するのは経済的な損失にもなるので推進用燃料として用いるのが普通である。港内操船時或いは待機中は、例えば、無負荷状態でもボイルオフガスによるボイラの燃焼を継続しなければならないこともある。

(7) 酸欠事故の防止

爆発事故を防止するためカーゴータンク周囲区画にはイナートガスで満されている所が多い。この様な場所は不用意に人間が入ると酸素欠乏のため重大な人身事故を起すおそれがあるので、乗組員に周知徹底し、必要ならば保護具を着用させ酸素の有無を確認するなどの処置を事前に行う必要がある。

4.3.2 積荷航海時の配慮事項

(1) 載 貨

船舶が建造されたとき、最大積載量はあらかじめ定められており、最大喫水も定っている。出港にあたっては堪航性を十分考慮して喫水とトリムが定められるべきであるが、満載時には船体コンディションを選択する余地は少く、したがって新造計画時の周到な検討に頼るところが大きい。

通常の積付はローディングマニュアルに従って行われるが、カーゴータンク内は98%程度に積載されて気相部は少い。若し半載を行う時は、縦強度と復原性及びカーゴのスロッシングに特別の注

意を払う必要がある。

(2) 船体動揺と貨物

航海中の動揺は種々な影響を船体と貨物に与える。

例えばカーゴタンク内のLNGのボイルオフの促進，タンク支持装置への荷重変動，スロッシングによる衝撃更に自由表面による復原性の変化等が考えられる。従って出来るだけ動揺の少ない針路或いは航路を選定しなければならない。

(3) LNG貨物の管理

LNG貨物を無事目的地に陸揚するために定期的，継続的な液温，液面高，気相部の圧力，温度などの監視・点検が必要である。善良な管理がLNG貨物の逸散損失を最小とし，異常事態の早期発見を容易にし，事故防止につながる。

(4) 管理機器の点検と監視

貨物の管理に必要な機器類の点検と整備が又，重要である。不確かな計器や装備類に依って積荷の善良な管理を行なうことはおぼつかない。航海中は保守・点検の機会でもあるから努めて整備を行って，故障を未然に防止する必要がある。

4.3.3 空船，バラスト航海時の配慮事項

通常，空船航海では安全対策上，バラストを積載して吃水調節を行うが，LNG船は原油タンカーと異り，空槽に海水バラストを積載することができない。二重底或いは船側に専用タンクが設置されていてもその容積は限定されている。

(1) バラストコンデションの設定

空船時バラスト量を定めるのは非常に重要である。LNG船は貨物の性質上重量屯数の割に船型が大型であることを考慮してバラスト量を定めるのが良い。又，波浪の打込み，視野，船首枕下を考慮してトリムを定め，更に縦強度に対する影響と自由表面による影響を十分考慮しなければならない。これ等の配慮は操縦性の確保が目

的であるが、LNG船は風圧側面積が大きいので、操舵性能に一段と考慮をはらい、舵を大型化して操縦性の確保をはかっている。

(2) 保冷用残留LNG

空船航海中のLNGカーゴタンク内にはタンクの超低温維持のためLNGを少量残している。温度が上昇する時は此のLNGをスプレーして温度を下げる。

(3) 参考資料の常備

LNG船は在来船と異った点も多いので、コンディションの検討などに要する資料類は出来るだけ多く備付けることが望まれる。

4.3.4 出入港及び狭水道通航時の配慮事項

(1) 本船の対策

港の付近や狭水道は交通量が多く、又、地形的な制約もあって事故の発生し易い場所である。LNG船が万一事故を起した時は自船のみならず周囲への影響も大きいので、防災・防火の即応体制を整えて航行にあたる一方、装備された優秀な計器類を最大限に活用して操船の補助とすることが大切である。更に見張りが一段と重要になるので見張り要員を増し、又、このような制限された水域では気象の影響も相対的に強くなるので慎重な操船が望まれる。

(2) 航行規制

交通量の多い海域・港湾では危険物積載船や大型船に対して航行規制が種々行われているので、LNG船はこれらに従って航行しなくてはならない。又、必要に応じて水先人を乗船させ曳船など補助船艇の援助を受ける。

(3) 環境整備

環境整備も又重要である。十分な水深と幅員を有する航路が定められ、航路標識など航行援助施設が整備され、且つ巡視船艇による交通警戒も適宜要望される。又、海上災害防止センターと連絡を密にして緊急事態発生時に備える必要がある。

4.3.5 離着岸及び錨泊時の配慮事項

L N G 船の離着岸作業中に災害が発生した場合は陸上（一般住民）への波及も予想され、影響が大きいので、絶対に事故は起してはならない。従って、離着岸の方法は夫々の地域の実情に合わせて関係者間において十分検討されたものでなくてはならない。

(1) タグボートの使用

着岸・離岸に際しては十分な馬力と数のタグボートを使用しなければならないが、L N G 船は載貨重量屯数に比し大型船型であることを考慮して決める。

(2) 栈橋又は岸壁

栈橋のフェンダーはL N G 船接岸の衝撃を十分吸収するものでなければならず、係留ビットも船側と対応させて十分の数を確保し、周囲の作業場を確保する必要がある。

(3) 接岸速度

栈橋側に十分なフェンダーがあるとはいえ接岸速度は出来るだけ押えて 10cm/sec 以下とすることが望ましい。そのため接岸速度計を栈橋に備えて、接岸に際し、刻々、現在の速度を電光掲示板でL N G 側に伝達するなどの方法をとる。

(4) 気象条件の限定

安全対策を総括するものはバース地域の気象の良否である。離・着岸に際しての条件は地域毎に十分検討して定める必要がある。

(5) 空船時の離岸

揚荷終了後出港にあたっては軽荷状態で離岸するのは極力避けなければならない。

(6) 錨 泊

着岸、待機、緊急避難その他の理由で錨泊する場合、指定錨地の使用、警戒消防船の配備のほか風圧面積が大きいことに鑑み、気象予報、潮汐に注意して他船より早めに機関用意、転錨等の対応策をたてておく。又、本船周囲の状況を適確につかみ他船の動静を監視

し、その近接に対しては掲示・警告などの適当な手段を早目にとる必要がある。

4.3.6 入出渠時及びその他の場合の配慮事項

LNG船が入渠するときには造船所内で検査並びに修理工事が安全に実施出来るように貨物タンクを含め船体各部の可燃性ガスを排除し、不活性ガスの充填箇所は空気により不活性ガスをバージして本船乗組員、陸上作業員が安全に入れるようにしておく必要がある。

入出渠のための作業として下記の作業が必要である。

- 貨物タンクのウォームアップ作業

タンク残留液をガス化しタンク温度を常温に暖める。

- タンクイナーテイング作業

タンク内カーゴベーパーを不活性ガスに置換する。

- エアレイション作業

不活性ガスを空気と置換する。

- 入渠工事、検査工事

タンク開放、入渠修理工事、検査工事を実施する。

- 出渠後のリイナーテイング作業とタンクドライング

タンク内空気を不活性ガスに置換し同時にタンクを乾燥させる。

- クールダウン作業および予冷液積込

不活性ガスをカーゴベーパーと置換しクールダウン用にLNGを積込むタンクウォームアップ作業、イナーテイング作業に関して我々国で規制が行なわれているので遵守すること。

4.4 LNG船の荷役

4.4.1 LNG船の荷役に関する一般的配慮

棧橋係留荷役中は当該国政府船級協会および港湾当局のLNG船に適用される規則、ターミナル安全基準、関係官庁にあらかじめ提出してある荷役計画書、安全確約書に記載された内容を遵守し作業の安全

につとめなければならない。

バース側責任者と本船責任者は協力して本船設備、機器能力の相互確認、荷役前打合せを十分行い安全チェックリスト、作業マニュアル（緊急時の作業マニュアルを含む）、火気管理のマニュアル等を作成して作業の安全を期することが重要である。

又、荷役を安全に行うためには本船乗組員、基地荷役関係者がLNG船に対する適正な知識を持っている必要がある。

このためLNG船に関連する規則、LNG、カーゴペーパーの特性、本船構造設備、基地設備を熟知し、本船機器、基地機器の適正な操作が可能な訓練された者を選任するようにしなければならない。

4.4.2 荷役開始前、荷役中、荷役終了後のチェック事項

(1) 荷役開始前の安全対策

荷役開始前にはバース側責任者と本船責任者が安全チェックリストによる相互確認の上署名するが、下記事項には特に留意すること。

- 立ち入り禁止区域の表示
- 火気管理の徹底
- バース警戒消防船の配備
- バース上諸装置、本船上諸装置の点検、整備
- 防消火装置を直ちに作動できるように配備しておくこと
- 安全工具使用上の注意事項を厳守
- ボンディングケーブルの適切な接続の確認
- 船内電源絶縁の確認
- 船内居住区の通路出入口の一ヶ所限定、居室、機関室窓の開口部閉鎖
- 台風、高潮、地震、津波、竜巻等の異常事態に備え緊急情報伝達システムの確立
- 緊急曳航ワイヤー（ファイヤーワイヤー）の準備確認
- 危険物積載中の表示、安全標識、注意標識の表示

- 係留索の適正張合せ確認
 - ローディングアームの適正配置確認
 - 付近海域，陸上基地に異常がないか確認
- 設備については下記事項に留意すること。
- 防舷物，クイックリリースフック，係留用ウインチ，係留索等係留設備の保守整備
 - 防消火設備の点検整備
 - 緊急遮断装置の点検整備等荷役装置の点検整備
 - 風向，風速計，気圧計等の点検整備
 - 情報・連絡機器の点検，整備

(2) 荷役中の安全対策

荷役開始前の保安体制を維持しパース側責任者と本船責任者は緊密な連絡を保ち相互に協力して下記の安全対策を実施して荷役の安全を確保する。

- 安全チェックリストによる定期点検の実施
- 荷役作業の監督，責任区分の明確化
- 保安区域内の定期的巡検
- 火気使用の規制が守られているか定期巡回する。
- 係留状態，ローディングアームの接続状態の定期点検実施
- 気報情報の定期的入手
- 自力航行能力の保持，船内修理作業の管理
- 適正な喫水・トリムの保持
- 有効適切な船陸人員配置の確認
- 補給船等の接舷の禁止

(3) 荷役終了後の安全対策

荷役終了後，ローディングアーム切離し前にマニホールド部分，アーム内の窒素での置換完了を確認しアーム切離しの際には火花の発生の防止策を講じ，その後ボンディングケーブルの取外しを行うが，この場合回路の防爆型スイッチを断にしてから取外すこと。

4.4.3 荷役中止の条件

以下にかかせる場合は荷役を中止するとともに状況に応じてローディングアームを切離すなど必要な対策を講ずる。

- 著しい空中放電，落雷のおそれがあるとき。
- 強風，うねり等により荷役を継続することが危険であると予想されるとき。
- 荷役管系からガス漏洩を発見したとき。
- 荷役管系に異常な液圧を発見したとき。
- 栈橋上，船上または付近に火災が発生したとき。
- 危険なおそれある船舶が接近して航行するとき。
- 港長が荷役中止を命じたとき。
- その他バース側責任者，本船責任者または基地責任者が必要と認めたとき。

4.4.4 積 荷

(1) 積荷準備作業

(a) ブレクーリング作業

積地入港数日前よりタンク，ラインのブレクーリングを行う。

この作業のため揚地ではLNGを全量揚げずにブレクーリング用に必要量残す。ブレクーリング作業の目的は積荷前カーゴライン，タンクの温度を下げることによりタンク，ラインの破壊，タンク圧上昇を防ぎ，積荷をスムーズに行うためである。

クールダウンはタンクに残しているLNGをクールダウンポンプ（スプレーポンプ）を作動させスプレーノズルよりスプレーさせ熱を周囲から奪うことにより実施する。一方カーゴベーパーはコンプレッサーで加圧およびボイルオフヒーターにより加熱されボイラーに送られ推進用燃料として使用される。

(b) バルブ，フロートゲージ等荷役計器，機器の点検，作動テストの実施

(c) 緊急遮断弁テストの実施

(d) 一般入港準備

(e) 積荷計画

オペレーションマニュアルを参考にしてトリム，復原性，積付制限等を考慮して積荷計画を作成する。

(f) ローディングアームの接続

LNG船は荷役管系はクローズドサイクルであり大気とは完全に遮断しなくてはならない。このため接続前にN₂によるエアバージ，接続後N₂によるエアバージを実施し最後に石けん水によるリークテストを行うこと。

(g) 積荷前打合せと安全チェックリストによるチェック。

バース側責任者と本船責任者は相互に連絡を密にして荷役開始前に積荷数量，品質，積荷レート，船側・陸側の機器能力，相互の連絡方法，手仕舞の方法，緊急時の連絡方法，処置等を確認すると共に安全チェックリストによるチェックを実施する。

(2) 積荷作業

積荷前準備作業，ローディングアーム接続確認後，全配管のクールダウンを実施し低レートで積荷を開始する。各液ライン，ガスラインおよび諸装置に異常がなければレートアップし，各部点検を続け問題なければフルレートとする。尚本船はガスコンプレッサーを運転してタンク圧上昇を抑える。

積荷中は温度監視，ガス検知，圧力監視，液面監視，コンプレッサーの監視，バルブ操作とそのチェック，火災検知，動力用計装用空気供給装置の監視，種々警報装置の監視，積荷と並行してのバラスト排出等を行い安全に積荷を行う。

積荷終了前はレートダウンして陸との連絡を密にして積切る。

(3) 積荷完了後の作業

積荷終了後，ゲイトバルブの閉鎖等バルブ操作，コンプレッサーの停止等必要作業を実施しその後液ライン，ローディングアーム内の残液処理を行いローディングアームを安全に切離す。

又、各タンクの液容積、ガス容積、タンク温度、液温度、ガス温度、ガス圧力等の測定を行い積高を算出する。

(4) 揚 荷

積荷港同様揚荷準備作業、揚荷作業を行うが、本船ポンプを運転するのでポンプ操作を慎重に行うこと。

4.5 事故対策

4.5.1 事故の想定

L N G船は高度の安全対策がとられていることと、運航の実績が多くないために、今日までの所、周囲に災害を及ぼすような事故は起っていない。そこで、世界の一般のタンカー事故事例をもととして、L N Gタンカーの事故発生の可能性を検討し、また各方面で実施した理論的研究および実験研究を基礎として、事故による災害の態様を想定した。

(1) 事故の種類と事故発生状況

ロイド協会が発行しているロイド海難週報の記事の中から、1971～3年の期間の世界の100総トン以上のタンカーの事故を抽出したところによると、1年間に平均1400隻あまりの船が事故を起している。そのうち重海難（全損と重損）は377隻で全体の26%である。なお、この期間の世界のタンカーの在籍隻数は約6,500隻であり、重海難隻数は5.7%に当る。

海難の種類と、重海難に占める割合（%をカッコ内に記入した）は、衝突（23）、火災（18）、機関故障（16）、乗揚（14）、その他（12）、荒天遭遇（8）、プロペラ障害（5）、浸水（1）である。このうち、衝突、火災、乗揚の3種類の海難が周囲に重大な被害を及ぼす災害の原因になると考えられるので、これに着目して発生状況を検討した。

L N G船の大きさに匹敵する大きさの船として3万総トン以上のタンカーの重海難発生率を計算すると、在籍隻数に対して、衝突

1.2%, 火災 1.2%, 乗揚 1.1%, 各種海難の合計で 6.8% であった。

液化ガスタンカーの事故発生率は、一般のタンカーより小さい。すでに 30 年以上の運航の実績があり、1976 年年央で、世界中に 433 隻（ロイド船名録の統計表による）が在籍しているが、これまで大事故はごくまれにしか発生していない。この理由は、衝突や乗揚がタンクの破壊には必ずしもすぐに結びつかないために、液流出や火災爆発が起りにくいことや、空タンクのタンク清掃を行った後、積荷中やバラスト積込中にカーゴベーパーが船上に排出される、ということがないために、火災爆発が起りにくいことにあると考えられる。

LNG 船の場合、貨物タンク火災爆発が起る可能性はほとんどない。また衝突や乗揚の起り易い沿岸では、水先人の乗船やエスコートボートによる警戒など、格別の安全対策が講じられるので一般の液化ガスタンカーよりさらに事故発生の可能性は減少すると考えられる。

日本の 3 万総トン以上の大型タンカーの重海難発生率は、前記の世界のタンカーの場合と同じ条件のもとで 1.2% であり、世界の平均 6.8% のほぼ $1/6$ である。

以上を勘案すると、LNG 船で周囲に重大な災害を及ぼすような事故が起る可能性はごく小さく、日本船として建造、運航されれば、その可能性は一層小さいものと推定される。

(2) 事故による災害の態様

LNG 船の災害の特徴は、衝突や乗揚によって船殻の破壊が起こり、LNG が船内に流出すると、船体各部が LNG の -160°C という超低温の液やベーパーに触れて脆性破壊を起こす可能性があることである。一方、LNG が船外に流出しても急速に気化蒸発し、海洋汚染が起らないことは有利な点である。

他船との衝突による船体の破壊については、原子力船の原子炉の安全性に関連した研究によって、推定の計算式が提案されている。

この計算式によって、 $120,000\text{ m}^3$ 型 LNG 船が船側に衝突を受けた場合に、衝突船の船首が二重船殻を破ってタンクから LNG を流出させる限界の速度を、船の大きさ別に求めたところ、排水量が $3,000$ トン級の船では約 10 ノット、 $15,000$ トン級になると、約 5 ノットである。

破口からの液の流出量と流出速度等について、球型タンク方式 $125,000\text{ m}^3$ 型 LNG 船の場合を計算によって求めてみると、破口が 5 m のとき、喫水線付近に破口が生じれば、流出時間は $6\sim7$ 分、平均流出速度は約 $3,000\text{ m}^3/\text{min}$ であり、破口が 15 m であると、流出時間は 2 分あまり、平均流出速度は約 $10,000\text{ m}^3/\text{min}$ である。

この流出源から、液は蒸発しながら拡散する。このため液面はある一定の範囲以上拡散しない。その半径は 5 m 破口で 200 m 、 15 m 破口で 400 m 程度である。この液面から拡散したガスが、濃度 $5\sim15\%$ の範囲は、無風状態の場合で 5 m 破口のとき $950\sim2,780\text{ m}^3$ 、 15 m 破口のとき $1,620\sim5,000\text{ m}^3$ であり、風速 $5\text{ m}/\text{sec}$ のとき、 5 m 破口で、風下 $3,000\text{ m}$ の位置で幅 750 m 、高さ 150 m の半楕円となる。

LNG が流出をはじめたときに着火した場合の火災の直径は、最大の場合で 600 m という計算結果が得られている。

4.5.2 事故船のとり処置

前節の考察でおよそ推察がつくのであるが、LNG 船が一旦大火災に発展すれば、この火勢が激しい間は殆んど対処手段がない。これは油タンカーでも同様であるが、このような事故が周囲に何の影響もないような外海でおきた場合は、人命安全のための脱出のみを考えればよいわけであるが、港内或は着棧中におきた場合は人命安全と周囲への影響を最小にすることとの間で解決し難い矛盾に直面する。しかし、LNG 船には、このような危険性がありうるとして、今迄、安全対策を考慮したのであって、その結果、

○ 極めて高い確率で事故をおこさないための方法を考え、実施してきた。

○ 過去の実績を類似の船に求めてみると、この方法は十分、信頼がつけ、大事故をおこしていない。

と云うことができる。

多くの海難事例を見ても、いきなり対処の方法もないような大事故が起きる場合は少なく、小さい異常を放置したために大事故に発展する場合が多いので、このような場合には L N G 船と云えども対処の方法は十分ある。特に、L N G 船の構造設備から、いきなり爆発がおきるような場合は殆んど考えられないので、事故に当っては次のような処置が考えられる。

L N G 船の構造および L N G の性質に関する知識にもとづき、沈着冷静に判断し、船長の指揮統率のもとに、乗組員が一糸乱れぬチームワークのもとに、事故に対処しなければならない。処置に関する事故船の運航上の位相と事故の態様は、つぎのよう分類される。

- | | | | |
|----------------|---|---|------------------------|
| (1) 外海航海中 | } | { | (a) L N G が流出しただけの場合 |
| (2) 沿岸および湾内航海中 | | | |
| (3) 港内で事故発生時 | | | |
| (4) 栈橋係留中 | | | |
| | | | (b) 流出した L N G に着火した場合 |

処置の内容はつぎのように分類される。

(i) 対外的処置

- ① 緊急通信を発信し、海上保安官署に連絡すること。
- ② 衝突の場合は相手船、乗揚の場合は付近航行船に警報を発し、災害を局限するための協力を要請する。
- ③ 船主、運航者等へ報告（依頼）する。

(ii) 対船内処置

- ① 乗組員に事故発生を警報し、沈着、冷静な行動を指示する。
- ② 乗組員総員を防火部署につかせ、火災発生の有無に従い、災害を局限するための処置を行なう。

③ 操船可能であれば、災害を局限するための操船を行なう。

4.5.3 救難作業

作業を特徴づける事故の態様はつぎのように分類される。

- (1) 火災が発生していない場合
- (2) 火災が発生した場合
- (3) 荷役中の事故
- (4) 衝突事故
- (5) 座礁事故
- (6) 消火後の処置

これらの作業のうち、L N G 船の救難作業としての特殊性はつぎの諸点である。

- (a) L N G の船内への流出によって、船体の脆性破壊が起こるおそがある。
- (b) 蒸発した L N G ベーバーは白い蒸気雲を作っており、その中に可燃性混合ガスの部分があるので、視覚によって或程度危険な蒸気雲の範囲が区別できる。
- (c) 火災が発生している場合に、消火するとかえって可燃性ガスが広範囲に拡散し、大規模な爆発の原因となる場合があるので、あらかじめ慎重に判断する必要がある。
- (d) 捨荷用ノズルによって船外に L N G を放出することができる。
- (e) 消火剤はドライケミカルが適しているようである。

4.5.4 情報と災害処理組織

L N G 船の災害処理は迅速さを要求されることと、広範囲かつ大規模な処理組織が必要となるので、情報連絡体制と、災害処理組織を極力能率的かつ効果的にしておく必要がある。これに必要なサブシステムはつぎのとおりである。

- (a) 人命救助体制

- (b) 防 消 火 体 制
- (c) 緊急避難体制
- (d) 船舶サルベージ体制
- (e) 航行管制体制
- (f) 情報体制
- (g) 陸上防災組織との連携体制
- (h) 現場指揮本部体制
- (i) 災害処理対策本部体制

4.5.5 緊急時の判断と教育・訓練

L N G船で事故が発生した場合、いかなる措置を講ずべきかについては、状況によって判断しなければならない。その判断資料として、L N G船の構造やL N Gの性質に関する資料や、事故時にいかなる事態が発生するかについての想定資料、および各種の災害防止対策についての資料を整備しておくことが必要である。

また、事故時に、L N G船の乗組員をはじめとし、関係官庁の担当官や海陸の関係者が、最善の処置を迅速、確実にとるためには平常から十分な教育と訓練が必要である。

4.6 日本船によるL N G輸送の安全性

4.6.1 事故発生率の国際比較

ロイド海難週報に掲載された世界の8,000総トン以上の大型タンカーの海難を、国籍別に海難発生率（1年間の海難隻数の在籍隻数に対する比率）として計算し比較してみると、わが国は13年間の調査期間中安定して最も小さい値を示している。重海難発生率における比較では、わが国が2%弱であるのに対し、オランダ、ノルウェーが3倍、英国6倍、米国7倍、リベリヤ12倍という比較値である。

表 4.6.1-1 大型タンカーの重海難発生率等の国際比較

国 別			日 本	オ ラ ン ダ	ノ ル ウ エー	パ ナ マ	英 国	米 国	ギ リ シ ャ	リ ベ リ ア
発生率	タンカー(%)	昭36~42(7年)	13	3.9	4.4	5.9	7.6	9.2	11.7	12.8
		■43~45(3年)	1.8	5.6	6.0	11.7	11.1	13.1	20.0	20.5
比較値	タンカー	昭36~42(7年)	1	3	3	5	6	7	9	10
		■43~45(3年)	1	3	3	6	6	7	11	12

一方、陸上火災の発生率については、消防白書にFIRE JOURNAL誌から引用した国際比較が掲載されており、この場合、人口1万人当りの1年間の火災件数が示されているが、1973年までの5年間の平均で、わが国が6件であるのに対し、オランダ3倍、ノルウェー6倍、英国8倍、米国21倍という比較値である。

犯罪の発生率は警察白書に掲載されている。この場合国の数は少ないが、1971年の人口10万人当りの犯罪件数が、わが国の1200人に対し、英国、西独が4,000人(3.3倍)、米国は比較できないほど大きいとされている。

大型タンカーの海難は、各国の海難発生率を同じ条件で比較できる種類の海難であり、各国の海難防止の努力の成果を示す指標とみなせる。したがって、わが国は海難防止にも、陸上火災の防止にも、防犯にも、同じような比較値で優れた成績をあげているといえる。換言すれば、海難防止におけるわが国の成績は、わが国の社会の海上活動における投影とみなせるものである。

4.6.2 日本船の安全実績に対する背景

(1) 日本船の安全性に関する巨視的な背景

わが国が海陸の防災ならびに防犯にこのような成績をあげている理由は、わが国の驚異的な経済発展の理由として内外から指摘されているつぎの理由とまったく同じであろうと考えられる。

- (a) 国民の勤勉さ
- (b) 国民の優秀さ
- (c) 単一民族の純粹培養といわれる民族構成
- (d) 広範囲に採用されている実質上の終身雇用制度

このような理由のために、日本の社会全体を背景として、日本の大型タンカーは海難防止に優れた成績をあげているものと考えられるので、LNG船を建造、運航する場合も、日本の社会全体を背景として、高い安全性が期待できると考えられる。

(2) 日本船の安全性に関する技術的な背景

- (a) わが国の造船工業は既に20数年にわたって世界一の建造実績をもっており、最近の10数年は世界の巨大船の過半を建造している。これは、造船企業のきびしい企業努力もさることながら、わが国が厚い造船技術者の層を持っていたことと、関連産業が充実していた、という背景なくしては考えられないことである。わが国の大型タンカーの海難発生率が世界一小さいことについては、わが国の造船工業ならびに関連産業の巨大な実力が大きく貢献しているものと考えられる。LNG船の建造、運航についても、全く同じことがいえると推定する。

- (b) 日本船員の技術水準が高いことは国際的に定評のあるところである。現在わが国には、商船、漁船の船員を養成する機関として、大学および短大程度の15校、水産高等学校50校、海員学校13校があり、大型タンカーの場合は、高い教育を受けた卒業生が、職員のみでなく普通船員としても乗組んでいる。このことが、日本船員の技術水準の高さを実現しているものと考えられる。

- (c) わが国の大型タンカーを保有、運航する海運企業は、陸上の管理部門がきわめて充実しており、海陸一体となって高度の安全運航の実現に努力している。このため、日本の大型タンカーの運航管理のゆき届くことは他国にその例を見ないものである。（日本の海運企業の陸上管理部門が充実している理由は、乗組員を終身雇用してい

るためとみられる。)このことが、わが国の大型タンカーの海難発生率を世界一小さくしている一つの理由であろう。

(3) 日本船の日本沿岸における優位性

わが国の沿岸における船舶の輻輳は著しいものがあり、世界で最も危険な海域である、と指摘されている。日本船員は、わが国周辺海域の事情になれており、関係官庁、水先人、エスコートボート等、安全航行を支援する関係者との連絡も緊密に行ない得るから、わが国周辺における運航も、最も安全に遂行できる。

以上のような考察によって、わが国に輸入するLNGの輸送には、わが国で建造、保有運航されるLNG船をもってすることが最も安全であると確信できるのである。

5. LNGの冷熱特性の応用

5.1 はじめに

LNGは1964年秋、アルジェリアのアルゾー液化基地から英国のキャンベイ島まで、“メタン・パイオニア”及び“メタン・プロGRESS”の2隻のタンカーによって、最初の商業輸送が開始されてから、消費国で関心が高まり、LNG交易も急速に増加してきた。

天然ガスを液化するためには、約 -160°C の低温まで冷却しなければならないが、外部からエネルギーを付与して液化したLNGは、気状のままの天然ガスに比較すると、付加価値をもったエネルギー源とみなすべきであろう。しかし、天然ガスを液状にしたことによって、その体積が約600分の1に減少し、遠距離海上輸送及び大量貯蔵が可能となったために、産地で気状のままでは利用できなかった天然ガスを、国際市場におけるクリーン・エネルギー源として画期的な需要をもたらしめたことは、このLNGの付加価値を十分に償い得るものとする評価もできる。

一方、LNGは気体燃料として消費される限り、通常外部から熱を供給し、気化して使用されているため、LNGの保有する貴重な冷熱も、さらにエネルギーを消費して放棄することになる。この冷熱を極力有効に回収利用することは、省エネルギー及び省資源が重視されている現状から、極めて有意義なことであり、また、この冷熱の有効利用は、LNG気化プラントのコスト軽減に寄与するばかりでなく、気化基地及びその周辺における総合的な冷熱利用を計画することによって、LNG導入にあたり付帯する冷熱利用産業を育成するとともに、地域住民の協力を得る面でのメリットは大きく、LNG事業発展のための重要な要因となることが期待できる。

ここでは、LNG冷熱利用の実情と将来の展望について調査し、その結果について以下に報告する。

なお、専門的な技術内容についての調査検討は、別の場に譲ることとし冷熱利用の概念的な内容にとどめることとした。

5.2 冷熱利用の実情と将来の展望

L N Gの冷熱利用については、各種の文献及び新聞等で数多く発表されている。これらの中には、すでに稼働中のもの、目下事業化を検討中のもの、またはまだ着想の域を出ないものなどがあって、採算性にふれていないものが多い。

ここでは、液体窒素等のL N G冷熱を置換した熱媒体の使用も含めて、操業中のL N G冷熱利用事業の実情と文献等によりすでに発表されている将来のL N Gの冷熱利用の展望について、その概要をとりまとめて報告する。

5.2.1 冷熱利用の実情

(1) 海外の現状

海外でのL N Gの冷熱利用は、フランスにおける液体酸素および液体窒素の製造が報告されているに過ぎない。

フランスでは、アルジェリアのスキクダ液化基地からL N Gを海上輸送し、Gaz de FranceのFos Sur Mer（南フランスのラベラ付近）で気化しており、この気化基地に隣接して、Air Liquide社がL N Gの冷熱を利用して、液体酸素及び液体窒素の製造を行なっている。

この液体酸素、液体窒素の製造施設は、1972年9月に操業し、その製造量は液体酸素 $3,500\text{ Nm}^3/\text{H}$ 、液体窒素 $4,000\text{ Nm}^3/\text{H}$ と報告されている。

また、製造した窒素の一部は、再気化した天然ガスを、窒素含有量の多い国内流通ガスに合わせるための調質用として使用されている。

(2) 国内の現状

国内においては、東京瓦斯(株)の根岸基地に隣接して、世界に先がけて空気分離（液体酸素、液体窒素等の製造）事業が操業し、引続き冷凍倉庫が営業を開始している。

さらに、LNG輸入量の増加と、受入れ基地の拡大に伴って、新しい分野での冷熱利用事業が推進されようとしている。

国内における現状として、東京瓦斯㈱の根岸基地における冷熱利用の現状及び袖ヶ浦基地ならびに大阪瓦斯㈱の泉北基地に関連する冷熱利用事業計画について、現地調査ならびにヒアリング結果について、その概要を報告する。

なお、LNGの冷熱を直接あるいは間接に利用し、または利用が計画されている一般的な低温事業で、必要とされている温度を区分すると、概要次のようになる。

- 4℃	海水の淡水化時の海水固化温度
- 20℃	ジュース濃縮時のジュース固化温度
- 50℃	超低温冷凍倉庫
-78.9℃	炭酸ガス固化点
-100℃	冷凍食品の瞬間凍結 ゴム、プラスチック、食品の低温粉砕
-160℃	LNG沸点
-183℃	液体酸素沸点
-186℃	液体アルゴン沸点 (空気分離)
-196℃	液体窒素沸点

(a) 東京液化酸素㈱の事業概要

東京液化酸素㈱は、LNGの冷熱を利用する液体酸素、液体窒素等の製造を事業目的として、昭和44年12月設立された。

同社は資本金6億円で、昭和電工㈱、日本酸素㈱、帝国酸素㈱、東京冷熱産業㈱及び光興業㈱の5社が出資する合弁会社であって昭和46年4月試運転、同年7月より操業を開始しており、世界

で最初のLNG冷熱を利用する液体酸素、液体窒素等の製造会社である。

工場は、東京瓦斯(株)根岸工場に隣接して建設されており、東京瓦斯(株)から保冷パイプライン(口径2吋、ステンレス製で延長約1,200m)によって、8トン/HのLNGの供給を受け、その冷熱を窒素を媒体として装置に導入し、液体空気を精留分離して液体酸素、液体窒素及び液体アルゴンを製造している。また、気化した天然ガスは、圧縮機により 24 Kg/cm^2 以上に昇圧して、東京瓦斯(株)に返送されている。

この装置は、在来の空気分離装置に必要とするフロン冷凍機や、膨張タービン等を使用しないため、在来装置に比較して運転が極めて容易で、また安全かつ高能率である。設備費は在来装置よりも約10%軽減され、また電力原単位も在来装置の 1.3 KWh/Nm^3 に対し、 0.76 KWh/Nm^3 程度まで減少している。

しかし、この工場において冷熱利用されるLNG量は、根岸基地での昭和51年のLNG使用量が150～160万トンであったのに対し、僅か4%程度に過ぎない少量である。また、軽負荷による連続運転が消費電力の節減につながらないため、需要に応じて経済的に操業するためには、一時的に休止せざるを得ないのが現状である。したがって、需要の促進によって稼働率を向上することが当面の課題と考えられる。

なお、この工場の製造能力は次のようである。

製 品 名	製 造 能 力	製 品 規 格
液 体 酸 素	7,000Nm ³ /h	99.8 %以上
液 体 窒 素	3,050Nm ³ /h	99.999%以上
液 体 アルゴン	150Nm ³ /h	99.999%以上

また、貯蔵設備として次のような貯槽が設けられている。

製 品 名	貯 槽 容 量
液 体 酸 素	2,000 ton × 1 基
液 体 窒 素	900 ton × 1 基
液 体 アルゴン	15 ton × 2 基

液体酸素、液体窒素及び液体アルゴンには、将来の利用も考慮すると、次のような用途がある。

液体酸素	液体窒素	液体アルゴン
一般工業用 鋼材の溶接，切断 製 銅 用 ランスによる吹込み， スカーフライング	化学工業用 シールガス，パージガス 等の保安用 金属工業用 熱処理，冷しめ	溶 接 用 アルミニウム，ステンレ スチタン等の不活性ガス 溶接
化学工業用 酸化チタンの製造，直接 酸化による石油化学製品	電子工業用 半導体製造の雰囲気ガス	電子工業用 シリコン，トランジスタ 一の製造
医 療 用 酸素吸入	食品工業用 食品冷凍，食品封入	製 鋼 用 真空脱ガス，取鍋脱ガス
そ の 他 汚水の浄化 養魚・宇宙開発	土 木 用 土壌凍結 医 療 用 血液保存，低温手術	冶 金 用 シリコン，チタン，ジル コニウム，ウラニウムの 精錬
	公害対策用 廃棄物の粉碎処理，汚泥 水の凍結浄化	分 析 用 金属分析

(b) 日本超低温㈱の事業概要

日本超低温㈱は、昭和48年6月、東京瓦斯㈱、三菱商事㈱及び国際水産㈱の3社の合併によって設立され、資本金1億5千万円の冷凍倉庫事業会社である。

同社は、東京瓦斯㈱が導入したLNGの冷熱を有効に利用するため、根岸基地に隣接した用地に、鉄筋コンクリート造り5階建の大型冷凍倉庫を建設し、昭和49年10月より営業を開始している。

この冷凍倉庫は $30,000m^3$ の収納容積をもち、公称貯蔵能力は12,000トンである。1階から3階までは公称能力7,500トンで $-50^{\circ}C$ に冷却されて主として冷凍まぐろが貯蔵され、4階と5階は公称能力4,500トンで、 $-35^{\circ}C$ に冷却されて一般冷凍魚及び冷凍食品の貯蔵に供されている。

庫内の冷却には、倉庫の安全性と操業性を考慮して、LNGを直接導入しないで、フロンR12にLNGの冷熱を置換し、過冷却したこのフロンを庫内に循環する間接方式を採用している。

この方式は、機械式冷凍機を使用する在来方式に比較し、設備費が約10%、電力費が約65%(年間約300万KWh)節減できるばかりでなく、庫内温度を現用の $-50^{\circ}C$ から $-100^{\circ}C$ 程度までの範囲なら、ほとんど同一の消費電力で所要の低温が得られまた、圧縮機を使用していないので、騒音もないという利点が挙げられている。

冷熱をフロンに置換した後の約 $-65^{\circ}C$ のLNGは、隣接の東京液化酸素㈱から送られるコンプレッサー用冷却水と熱交換して、 $0^{\circ}C$ 程度まで暖められ、天然ガスとして東京瓦斯㈱に返送されている。

東京瓦斯㈱からのLNG供給は、延長約800m、口径2時のステンレス製保冷パイプラインで、 $48Kg/cm^2$ 程度の高圧で行な

われ、その供給量は約3トン／Hであるが、東京液化酸素㈱と同様、根岸基地の昭和51年のLNG使用量に対し僅か2%弱という少量である。

(3) 国内の事業化計画の現状

(a) 東京瓦斯㈱袖ヶ浦基地に関連する事業

(i) 現在建設計画中の事業

千葉県下の東京瓦斯㈱袖ヶ浦基地では、隣接地に当初より冷熱利用基地が確保されていたが、昭和51年12月、東京瓦斯㈱の全額出資会社である東京冷熱産業㈱と、日本酸素㈱、東洋酸素㈱及び帝国酸素㈱の酸素3社とが共同で、東京酸素窒素㈱を設立し、昭和53年11月末完成を目途に液体酸素及び液体窒素製造のための工場建設を推進中である。

計画操業規模は、当面、液体酸素及び液体窒素それぞれ6,000Nm³／H(計12,000Nm³／H)、昭和56年頃よりは各7,500Nm³／H(計15,000Nm³／H)まで拡大することで検討されている。

袖ヶ浦基地から供給を受けるLNGは、年間30万トンが予定されており、とくに、液体窒素の需要の拡大を期待して、LNGの冷熱を液体窒素に置換して供給することを企画している。

なお、予想電力原単位は、機械式冷凍方式である在来法に比べ、50%以下の0.54KWh／Nm³と大幅なコストダウンが予定されている。

(ii) 将来計画

東京瓦斯㈱では、袖ヶ浦基地に関連するLNG冷熱利用事業として、上記の東京酸素窒素㈱による空気分離事業と並行して冷凍倉庫及び冷凍食品製造の事業化についても検討されている。

(b) 大阪瓦斯㈱泉北基地に関連する事業

大阪瓦斯㈱は、昭和49年12月、冷熱利用の中核会社として

同社が100%出資して近畿冷熱(株)を設立した。同社はLNG冷熱の販売、冷熱利用事業の推進、冷熱利用に関連する調査、研究、開発及びコンサルティング業務の実施等を事業目的としており、次のような冷熱利用事業を計画している。

(i) 現在建設中または操業中の事業

(1) 空気分離事業

近畿冷熱(株)外2社により、コールド・エアー・プロダクツ(株)を設立し、液体酸素 $7,500\text{Nm}^3/\text{H}$ 、液体窒素 $7,500\text{Nm}^3/\text{H}$ 及び液体アルゴン $1,500\text{Nm}^3/\text{H}$ の設備能力をもつ製造工場を建設中である。

この工場は、大阪瓦斯(株)泉北工場と隣接した敷地に、昭和51年春着工し、昭和52年5月稼動開始を予定している。

なお、この設備は、大阪瓦斯(株)の泉北工場よりLNG23トン/Hの高圧供給を受けることによって、気化した天然ガスはコンプレッサーを使用することなしに大阪瓦斯(株)に返送することができる。

また、従来方式による設備に比較して、電力消費量で約50%、工業用水使用量で約70%の節減ができ、極めて経済的なプラントであるといわれている。

(ii) 冷凍食品事業

近畿冷熱(株)は比較的競合が少なく、将来性の高い高級食品を対象として、次のような冷凍食品事業を営んでいる。

① 家庭向冷凍食品事業

昭和50年4月より近冷ホーム・サービス・システムを採用して販売を開始している。

このシステムは冷食センターで集中調理した食品を液体窒素で急速冷凍し、液体窒素式冷凍車でサービス・センターまで配送、さらに小型低温配送車で一般会員(近冷ホーム

サークル)の家庭まで届けるシステムであって、現在、芦屋、千里、奈良学園前の3カ所にサービス・センターが設置されている。

㊤ 業務用冷凍食品事業

給食及びレストラン等の業務用を対象に、セントラル・キッチンで集中調理し、冷凍処理した冷凍食品を末端のレストラン等に供給するシステムとして、ロイヤル(株)ー九州のレストラン会社ーと共同でオージー・ロイヤル(株)を設立昭和50年12月より神戸市に第1号店を開設して営業を続け逐次拡張を予定している。

㊦ 低温粉碎事業

大阪瓦斯(株)総合研究所は、液体酸素、液体窒素の新しい用途開発の1つとして研究・開発したシステムによって、近畿冷熱(株)と共同で次のような事業を推進中である。

① 低温粉碎機の販売事業

新品プラスチック、食品、香辛料、医薬品、化粧品等で油分や水分のため常温では微粉碎不可能なもの、また常温では香りが逃げる香料等の微粉碎機の製造・販売を行なっている。

② 廃ガス器具の低温粉碎事業

大阪ガス・サービスショップに回収されてくる廃ガス器具は、年間約4,000トン近くもあり、これらを対象に昭和52年6月頃の稼動を予定して、液体窒素による処理工場の建設を近く開始することになっている。

なお、将来は廃家電製品及び廃自動車の処理も予定されている。

③ 廃タイヤの低温粉碎事業

大阪瓦斯(株)及び近畿冷熱(株)のバックアップにより、関西

環境開発(株)が事業主体となって、大阪市の関西電力(株)の用地内に、昭和52年6月稼働を予定して近く工場建設に着手する。

この事業は液体窒素の低温を利用して、廃タイヤを微粉末ゴムに粉碎し、新たなゴム原料として再生利用しようとするものである。

(ii) 計画中の事業

(i) 冷凍倉庫事業

第2泉北基地の稼働が予定される昭和52年以降において、冷凍倉庫の事業化を検討中である。

(ii) 水処理事業

下水及び廃水等の水処理には、酸素とオゾンを使用する方法があり、液体酸素需要分野の拡大も含めて、積極的に水処理への液体酸素利用を検討中である。

(iii) 将来計画

LNG冷熱利用による濃縮分離として、海水の淡水化事業が考えられ、泉北工場では第1段階として、現在LNG対海水の熱交換器の材質について実験を終了し、所期の目的を達成した段階にある。

また、総合研究所では、牛乳、ジュース等の濃縮についても検討されているほか、魚、肉等の乾燥、冷・淡水魚の養殖及び寒冷野菜の栽培等への冷熱利用も考えられている。

5.2.2 将来の展望

LNG冷熱の直接利用および一旦他の熱媒体に置換して利用あるいは蓄冷して貯蔵し、必要に応じ随時取出して利用する場合も含め、各種文献等に発表されている冷熱の利用法についてその概要を報告する。

なお、液体酸素、液体窒素の製造は、前述の通りわが国ではすでに企業化されているので除外し、また食品工業への利用でも、一部事業

化されまたは事業化を検討中のものがある。

(1) 化学工業への利用

LNGの冷熱を化学工業に利用する場合の対象として、

- ・ ナフサ分解ガスからのエチレンの回収
- ・ 混合キシレンから晶出法によるパラキシレンの分離
- ・ アンモニア合成プラントへの利用
- ・ 石油またはメタン等からの発酵法による蛋白の合成

等の深冷プロセスへの利用が挙げられ、昭和45・48年度の通商産業省の液化天然ガス研究委員会で検討され、それぞれ報告されている。

これらは、そのプロセスにおける冷凍システムを、LNGの冷熱に直接置き換えることを意図したものであって、これによって、設備費および動力費等運転費の大きな節減が期待できる。

しかし、LNGの供給が停止すると、本装置の運転も不可能となり、また、化学工業プラントの規模とLNG供給量とのバランス及びLNG基地との距離等の諸条件が満たされることが前提とされている。

(2) 液体空気の製造

LNGの冷熱を利用して液体空気を製造し、冷熱置換及び蓄冷のための冷媒として利用する場合、次のような利点が挙げられる。

- ・ 液体酸素、液体窒素の製造装置に比較して装置が簡単である。
- ・ したがって、液体酸素、液体窒素に比較して製造原価が安い。
- ・ 使用後は空中に放出できる。
- ・ 商品として需要のある液体酸素、液体窒素への分離が容易にできる。

しかし、現状ではまだ液体空気の需要は殆んどないため、食品冷凍、廃棄物の粉碎処理等利用面の開発にまたなければならない。

(3) 食品工業への利用

冷凍食品工業では、生鮮食料品及び冷凍食品等を対象として、産地における製造および貯蔵、消費地までの輸送と消費地での貯蔵等、一連の低温流通機構（コールドチェーン）に冷凍機を使用しているが、LNGの冷熱を利用して製造した液体窒素等の熱媒体の使用によって、コストの軽減が期待できる。

低温流通機構を構成する主要施設のうち、液体窒素等の冷媒を利用できる対象としては次のような施設がある。

(a) 冷凍食品の製造

液体窒素等を使用して、加工食品を -18°C 以下に急速冷凍し凍結状態で保持した包装食品を製造する。

(b) 冷凍冷蔵倉庫

LNGを直接冷蔵庫内に導入することは保安上適当でないためLNGの冷熱を置換した冷媒を使用するか、または熱媒体の冷却にLNGの冷熱を使用する方法がある。

わが国では、すでに後者の方法によって、日本超低温㈱が東京瓦斯㈱根岸基地よりLNGの供給を受けて操業中である。

(c) 冷凍輸送車

冷凍輸送車は一般にはフロン冷凍機を使用している。しかし近年フロン冷凍機に代わって液体窒素を使用する冷凍輸送車が増加してきている。

冷凍輸送車は頻繁に扉の開閉が行なわれるため、液体窒素の方が車内の温度制御が容易であって、設備費も安く、また回転部がないので信頼度も高い利点がある。

しかし、今のところ維持費が高く、液体窒素の補給場所が限られているので、これらの点が改善されれば一般的な普及が期待できる。

(4) 廃棄物の粉碎処理

常温では粉碎し難いゴム、プラスチック、鉄等で構成されている

廃棄物を、その低温における脆性を利用し、液体窒素等により冷却して粉砕し、選別した後再資源として回収する方法がある。

その代表的なプロセスとして、ベルギーで開発されたインチスクラップ法がある。この方法は、自動車及び家電等のスクラップをプレスしてブロックとし、低温の窒素ガスで予冷した後、液体窒素で冷却し、さらに衝撃を与えて細かく粉砕するものである。その後、軽質のゴミを集塵装置で除去し、鉄、非鉄金属、ゴム及びガラス等を選別装置で粒度別、材料別に選別して再資源として回収することができる。

わが国では、昭和48年5月、ジャパン・インチスクラップ(株)が設立され、インチスクラップ法の普及、応用研究ならびに廃棄物の資源化の研究等に努めているほか、国内各社が独自の技術を開発して、事業化に取り組んでいる。

なお、この廃棄物の粉砕処理法が経済的に確立されるためには、低コストの液体窒素の入手、工場立地と関連する廃棄物の集荷輸送、回収資源の販路等の諸条件が充足されることが必要であろう。

(5) 海水の淡水化

無限に存在する海水から淡水をつくることは、蒸発法やイオン交換膜法等を採用して、すでに中近東や西インド諸島で実用化されている。

わが国でも、将来の水資源不足を補うため、各種の技術開発が進められているが、海水を氷結させたときに生ずる氷の結晶には、殆んど塩分を含まないという現象を利用する海水の冷凍による淡水化法がある。

この冷凍法では、冷媒としてLNGの直接利用も考えられるが、LNGの温度が低過ぎること等から実用化にはなお問題が残されている。

したがって、他の適当な熱媒体の冷却のためにLNGを使用する

方法が妥当であろう。

(6) LNG液化基地への転送

天然ガスの液化方法を大別すると、1) 沸点の異なる冷媒を使用し、熱交換器によって段階的に順次冷却して液化するカスケード・サイクル 2) 圧縮機またはタービンによって圧縮したガスを断熱膨張させて、天然ガスを自己冷却するエクスパンダ・サイクル 3) これらの混合型であって、一般には各種の冷媒が使用されている。

1969年ロンドンで開催されたLNG国際会議において、米国のV. C. Williams 及びW. M. Williams の両氏は、消費地の気化基地で製造した液体空気または液体窒素を帰航時のLNGタンカーに積み込み、天然ガスの産地における液化プロセスに使用して、液化コストを軽減しようとする手法について簡単な論文を発表している。

この方法は、液化プロセス設計との関連が重要な要素となるばかりでなく、タンカーの設計でも、LNGと液体空気または液体窒素との比重差による積荷のバランスに起因する船の安定性、沸点差によるタンク構造への影響、タンク清掃等の技術上の問題の外、経済的に成立するかどうかについてはなお問題がある。

(7) 動力回収

LNGを気化する際、LNGをポンプで加圧し、加熱気化した後減圧時のエネルギーでタービンを駆動して、発電機または圧縮機等を運転して動力を回収することができる。

ただし、この動力回収は、他の冷熱利用プロセスとは異質であって、熱交換によって直接冷熱を利用する場合に比較して、エネルギーの回収率は低いといわれている。

しかし、LNGが電力用として消費される場合は、動力回収システムの出力が電力需要のパターンと一致するという利点が挙げられ

ている。

(8) その他

文献等には、埋設大容量送電線の冷却への利用、発電への低温利用、土木工事における土壌凍結工法への利用、地域冷房への利用、さらには、LNGを漁船の燃料として使用し、冷熱は冷蔵に利用する等種々のアイデアが紹介されている。

小規模な利用法として、東京都水道局が、埋設した水道管の漏水部分の修理に液体窒素を使用して、工事費の節減及び作業時間の短縮をはかって好結果を得ており、全国的な普及が期待される。

また、大規模な利用法としては、下水道処理場での沈殿した汚泥をLNG等の冷熱で連続して凍結させ、大部分の水分を除去した汚泥ケーキを堆肥として利用する等、下水の凍結浄化への冷熱利用、さらに液体酸素を下水や排水の浄化処理に利用する方法等が考えられている。

5.3 冷熱利用上の問題点

現状においてはLNG導入の目的は、都市ガス及び発電用等の燃料として消費することにあるため、その冷熱利用を優先した導入を期待することは無理であるので、LNG導入プロジェクトにおける冷熱利用は、あくまで副次的なものとなる。

このような観点から、LNGの冷熱利用を考えると、大要次のような問題点が挙げられる。

5.3.1 LNG消費の負荷変動

LNGは需要の変動に追従して再気化、送ガスが可能であるため、LNGの消費側にとって極めて有利な特性をもっている。反面、冷熱利用側では一定レートでの冷熱供給を必要とするために、供給側の大きな負荷変動は甚だしく不利な要因となる。

一般に、都市ガス及び電力事業はその負荷が季節的、時間的に大き

く変動するのが普通である。これらの事業に、全面的にLNGを使用する場合は、必然的にその負荷変動の影響を受けることになる。

しかし、大量のLNG輸入契約においては、年間を通じて一定レートでの引取りが義務づけられることと、LNGの貯蔵コストが極めて高いこと等から、わが国でのLNG使用の現状はベースロード用に充当され、年間を通じての使用は平準化されている。

このような場合でも、時間的な負荷変動は大きく、とくに都市ガス事業においては、LNGの冷熱利用側における冷熱回収設備を一定レートで稼動するために、コンスタントに使用できるLNG量は、気化対象量の20～30%程度といわれている。

5.3.2 冷媒による蓄冷とその経済性

LNG消費の大きな負荷変動に伴うLNG気化時の放出冷熱を、一旦冷媒に吸収置換して貯蔵すれば、冷熱利用側で必要に応じて取出して使用できるので、平均化した使用が可能であるばかりでなく、LNGの冷熱回収率を向上することができる。

また、適当な冷媒を使用することによって、保安上LNGを直接導入できないプロセスにおいても使用することが可能となり、冷熱の利用範囲が拡大する。

しかし、その貯蔵設備、変動の大きい気化量に対応する冷熱置換のための設備とその運転効率ならびに利用先までの輸送等を考慮すると、特に冷熱利用価値の高いプロセスへの適用以外は、LNGの気化量のうち、常に一定レートで供給を受けられるLNG量のみを対象とする規模の利用に限られるものと思われる。

5.3.3 立地上の制約

LNGは超低温の可燃物であるため、大量の長距離陸上輸送は保安および経済面で困難である。したがって、LNG受入れ基地は、一般に消費地に近い海岸に建設され、その冷熱利用施設もLNG受入れ基地に近接して設備されるのが普通になっている。

そのため、LNGの冷熱利用産業の製品は、その需要先までの輸送距離によっては、生産コストの低減が輸送費で相殺されることがある。

5.3.4 法規上の制約

LNGは、一般には高圧ガスの範疇に入り、しかも可燃物であるため、その冷熱を利用するにあたってLNGを直接導入する場合には、事業場毎に法規上の制約を受ける。

そのため、必要な場合はLNGの冷熱を他の安全な熱媒体に置換して利用する方法が採用される。

5.3.5 冷熱利用事業の信頼性

LNGは都市ガス及び電力等の公益事業における使用が主体となっており、これらの事業では、一般消費者への責任供給が義務づけられている。

したがって、冷熱利用側の操業停止によって、LNG供給側の事業に支障を生ずることは許されないため、冷熱利用事業の連続操業が保証されない限り、冷熱利用側へのLNG供給量は、主体事業の遂行に支障を生じない範囲の数量に制限されることになろう。換言すれば、LNGの供給側が、その供給するLNGの再気化について冷熱利用事業に全面的に依存することは、現状では極めて困難である。

5.4 むすび

わが国におけるLNG輸入は、今後ますます増加することが予想されている。今まで、根岸、袖ヶ浦及び泉北の3カ所であった受入れ基地は、インドネシアからの輸入が開始される昭和52年からは、知多、姫路及び戸畑へと拡大することになる。

さらに将来パイプラインによる国内流通網が整備されれば、LNG受入れ基地の分散化が促進され、それに伴って、それぞれの立地条件に適應する総合的な冷熱利用計画を立案・推進し、新しい冷熱事業の流通センターを構成することなどによって、LNG冷熱利用事業の発展を図ることが必要

であり、そのためには、単に企業努力のみにまっただけでなく、国の施策による強力なバック・アップが望まれる。

さらに、積極的に新しい冷熱利用と、冷熱利用産業からの製品利用分野の開拓に取り組んで、需要の拡大を促進することが今後の課題である。