

LNG 需要動向と 9% Ni 鋼の需要

Forecast of LNG Consumption and 9% Ni Steel Demands

村 岡 寛*

Hiroshi Muraoka

増 田 信 彦**

Nobuhiko Masuda

Synopsis :

LNG consumptions for Japan, U. S. A and Europe in 1980 and 1985 have been forecast for power, city gas and steel industries. Further, an increase of the world LNG demand for two five-year periods: 1976-1980 and 1981-1985, numbers of LNG tankers and double-shell metal tanks to be built have been estimated, as well as the tonnage of 9% Ni-steel for these tankers and tanks, considering its competitive position against various other kinds of super-low temperature metals. Resulting estimate for the world total of this steel for 1976-1980 reaches 113,000 m/t and 147,500 m/t for 1981-1985.

1. ま え が き

公害防止その他の要請から近時エネルギー源としての LNG (Liquified Natural Gas) の大幅採用が世界的傾向となりつつある。わが国においてもすでに昭和44年末より東京電力、東京ガスが横浜根岸基地にアラスカから年間 100 万 t の LNG の導入を開始しており、また 47 年末より東京電力、東京ガス、および大阪ガスが東南アジアのブルネイより年間 400 万 t の LNG の購入を始める予定であるといわれている。その他でも中近東アブダビより LNG を長期購入する計画が進められているなどまさに LNG 時代の幕明けと言えよう。

LNG とはメタンを主成分とする天然ガスを常圧下で -162°C 以下に冷却して液化したものである。液化の過程で精製装置によって硫化水素・炭酸ガス・水分などを完全に除去するので、純度の高い液体となる。大量の天然ガスを液化させ、貯蔵し、運搬するためには大きな技術的困難を伴う

が、米国、フランス、英国などを中心とする過去 20 年間にわたる技術開発の結果、種々の問題点が克服され実用段階に達している。

すでに発見された天然ガスだけでも約 40 兆 m^3 (280 億 t) あると称されており、しかも年々新規ガス源が発見されているので、世界における天然ガスの埋蔵量は原油に匹敵すると見られている。しかし世界総エネルギー消費に占める割合は約 20% とまだ低い。米国、ソ連、カナダなどの先進工業国であつてかつ天然ガス資源に恵まれた国々では早くから有力なエネルギー源として天然ガスが活用され、米国ではエネルギー別需要の 30% 以上を占めるにいたっている。しかし天然ガス資源の多くはエネルギーの需要の少ない未開発地域に存し、長い間利用されず放置されていたばかりでなく、地域によっては大量の天然ガス噴出がありながら、パイプラインが敷設されていないために、空しく放さないしは焼却されていた。

世界的低硫黄重油の逼迫化および高騰傾向・OPEC (石油輸出国機構) の手による原油の値上げ攻勢や前述の極低温物処理技術の進歩など種

* 市場部市場開発室掛長

** 市場部市場開発室

々の条件が整って、最近では米国・欧州・日本を中心に多数のLNG導入プロジェクトが計画検討されており、すでに実施された例もいくつかある。LNGの導入は液化装置、気化装置、貯蔵タンク、専用タンカー、専焼発電所、パイプラインなどの建設を必要とし、導入200万t/年につき1,500～2,000億円の投資を呼び筆者らの試算では10～15万tの厚板、パイプを中心とする普通鋼鋼材の需要をもたらす。この点でLNGプロジェクトは鉄鋼メーカーとしても大いに関心がもたれる次第である。

LNGは前述のごとく -162°C という極低温であるため、貯蔵タンク、専用タンカーなどのLNGと直接接触する内壁材としては9%Ni鋼、Al合金、オーステナイト系ステンレス鋼、36%Ni鋼などの低温脆性破壊を起こさない材料が必要となる。したがってLNGの需要増大は上記諸金属の需要を増大させることとなる。

以下本稿ではLNGの需要動向およびそれとの関連で発生するわが国の9%Ni鋼の需要につき概説する。

2. LNGの需要動向

2.1 わが国のLNG需要

2.1.1 わが国のLNG需要の可能性

わが国は世界一の過密社会で、大気汚染は重大な問題である。大気汚染の最大の原因は石炭、重油などに含まれる硫黄分にあり、増殖技術の確立による原子力発電の本格化が昭和60年代と見られている現在、硫黄分の少ない燃料の確保は国家的急務である。

硫黄分の少ない燃料の代表としてはインドネシア産ミナス重油（硫黄分0.2%）が考えられるが、これとても資源状況から考えて大幅な増大は期待できない。昭和50年度のミナス重油の輸入可能量は石油連盟によれば1,800万 kl で44年度輸入量1,220万 kl と比べて、1.5倍弱に過ぎない。石油各社が低硫黄重油の不足を見越してアフリカ産重油の導入を企画していたが、最近のタンカー・フ

レートの急上昇のため各社が計画を中止したと伝えられ、今後の低硫黄重油の確保の困難さと高騰の危険が痛感される。

重油脱硫、排煙脱硫の技術開発も官民で積極的におこなわれているが、まだ緒についたばかりで技術的に確立するのには相当の時間がかかるものと思われる。

このような状況から判断すれば、膨大な資金を必要とし、やや割高になるとは言え、長期安定価格で入手できる無公害燃料LNGの需要は、わが国では急速に伸びる可能性がある。最近の東京電力銚子火力発電所計画の中止、日本鋼管と神奈川県横浜市・川崎市の地元三地方自治体との公害防止協定、川崎製鉄と千葉県・千葉市との公害防止協定などは今後のLNG需要の急上昇を予告するものと言えよう。

2.1.2 部門別LNG需要

LNGの利用は、それが液化の状態で導入されること以外は、従来の天然ガス利用と異なる点はない。したがってこの特長を活かした、寒冷利用や液化の状態のままで新しい用途の開発が期待される。しかしLNGの利用のためには、専用タンカーの建造、液化基地、受入基地の建設などきわめて大がかりな施設が必要で、1プロジェクト当たり最低100万t/年、資源地域によっては500万t/年の規模にしないと採算点に到達しないと言われているので、ここでは大口消費が期待される電力、都市ガスおよび鉄鋼の三部門についてのみ言及することにする。なお参考として表1にすでに実現または計画進行中のわが国をめぐるLNGプロジェクトを示しておく。

(1) 電力

現在発電の65%は火力発電で賄われているが、水力の衰退、原子力の伸び悩みから見て、今後15～20年は発電の50%以上は火力によるものと考えられる。従来一般に火力発電には、石炭、重油および原油が使用されているが、大気汚染問題の深刻化、低硫黄重油の不足化に伴いLNGが注目され、すでに一部特殊地域にLNG専焼発電所が計画または実現している。

東京電力では、表2に示すごとく、昭和53年度

表 1 わが国をめぐる LNGプロジェクト

(単位 万 t)

プロジェクト名称		昭和年度	45	46	47	48	49	50	51
アラスカ	東京電力(南横浜)		72	72	72	72	72	72	72
	東京ガス(根 岸)		24	24	24	24	24	24	24
	計		96	96	96	96	96	96	96
ブルネイ	東京電力(南横浜)					36	36	36	36
	東京電力(袖ヶ浦)							102	202
	東京ガス(根 岸)						30	30	30
	東京ガス(袖ヶ浦)							32	42
	大阪ガス(泉 北)					26	55	55	55
	小計					62	121	255	365
	東京電力(袖ヶ浦)追加 計					62	181	315	425
アブダビ								100	200
合 計			96	96	96	158	277	511	721

表 2 東京電力 LNG 専焼火力発電所計画

		出力(万kW)	LNG使用量(万t/年)	昭和年度								
				45	46	47	48	49	50	51	52	53
南 横 浜 No. 1		35	36									
No. 2		35	36									
No. 3		35	36									
計		105	108									
袖 ヶ 浦 追 加		60	60									
No. 1		100	100									
No. 2		100	100									
No. 3		100	100									
No. 4		100	100									
計		460	460									
合 計	出 力 (万kW)	565		70	70	70	105	165	265	365	465	565
	LNG使用量(万t/年)		568	72	72	72	108	168	268	368	468	568

までに南横浜に35万kW 発電機3基, LNG年間使用量108万t, 袖ヶ浦に100万kW 発電機4基, 60万kW 発電機1基でLNG年間使用量460万t 合計出力565万kW 合計LNG年間使用量568万t

の事業が実施ないし計画確定段階に達している。以上の動向から見て、東京電力は公害対策上の決め手としてLNGの本格的導入の姿勢を示しつつあると言えよう。その他の電力会社でも公害対策

上LNGの導入を検討しているようである。

運賃負担が少ないと言う点で割安な東南アジアでの低硫黄重油生産の大幅な増大はあまり期待できないし、重油脱硫もコストを考慮すると硫黄分1.0%までが限界であり、排煙脱硫についても大型化にともなう技術上の問題が残されていることや、コストの点から90%脱硫が限度と考えられるので、大気汚染の取締が厳しくなればなるほど発電用のLNG需要は増大することが予想される。一方、電力会社は緊急の事態を考慮して電力消費地近郊に、電力供給能力の2~3割を確保するのが一般的である。原子力発電所はその性格上、遠隔地立地になるので、消費地近郊の発電所は火力発電所とならざるを得ない。電力の大消費地は人口密集地帯であり、大気汚染取締が次第に厳しくなっているおりから、電力会社としては近郊火力発電所の維持のためには可能な限りの公害対策の実施を迫られることになる。以上の諸点を考えるとLNG専焼による発電が各種公害対策の中で最も効果的な方法と思われる。

表3に示したように昭和50年度で火力発電容量6,500万kWの約4%の2,700万kWのLNG専焼発電所が計画されていることや上記の点を考えると昭和55年度には推定火力発電容量8,700万kWの15%すなわち1,310万kWのLNG専焼発電所の実現が予想される。また昭和60年度には推定火力発電容量11,600万kWの20%すなわち

2,340万kWのLNG専焼発電所の実現が予想される。

発電容量1万kWに必要なLNGの年間必要量は約1万tであるので、電力用のLNGの消費量は昭和55年度で1,310万t、昭和60年度で2,340万tと予想される。

(2) 都市ガス

大気汚染取締の厳しい地区に所在する東京ガス、大阪ガス、東邦ガスなどは純度の高い燃料LNGに着目し、順次LNGに原料転換するかまえを示している。LNGは公害対策上有効だけでなく、単位体積(m³)当たり10,000kcalの発熱量があり、現状の都市ガスが5,000kcalであるのに比べ、現在の輸送管で倍の熱量を送ることができるなど、将来の都市ガス需要増に対して輸送および製造面でのメリットが多い。東京ガスではアラスカからLNGを44年末より年間24万t(3.4億m³)購入開始し、さらに48年度からはブルネイのLNGを年間72万t(10億m³)契約済みであり、根岸と袖ヶ浦とを結ぶパイプラインも建設中で、急速にLNGによる都市ガスの供給体制を整えようとしている。また大阪ガスでも昭和48年度よりブルネイのLNGを年間55万t導入するといわれている。

LNGは燃焼に際して自動調節や連続運転が容易であり、炉材や燃焼装置の損傷が少ないほか、とくにガスの純度が製品に影響を与える分野で有

表3 エネルギー源別発電容量予測とLNG専焼発電予測

		発 電 容 量 千kW				成 長 率			エネルギー源別構成比(%)			
		45年度	50年度	55年度	60年度	50/45	55/50	60/55	45年度	50年度	55年度	60年度
A.	火 力	37,031	64,642	87,318	116,879	11.8	6.2	6.0	64.7	67.0	58.0	55.1
B.	原 子 力	1,323	6,989	31,465	55,788	39.5	35.1	12.1	2.3	7.2	20.9	26.3
C.	水 力	18,919	24,874	31,765	39,455	5.6	5.0	4.4	33.0	25.8	21.1	18.6
D.	計	57,273	93,505	150,543	212,122	11.0	9.3	7.1	100.0	100.0	100.0	100.0
E. LNG	専焼 × 千kW	700	2,650	13,698	23,376	30.5	37.7	12.3				
	E/A %	1.9	4.1	15.0	20.0							
	E/D %	1.2	2.7	8.7	11.0							

参考資料：第37回電力中央調査会電力需要予測

総合エネルギー調査会長期エネルギー需給バランス

効な燃料で、ガラス工業、セメント工業、窯業、金属加工業、印刷業、食品工業、石灰の焼成、白土類の製造用などの燃料として最適である。また一方LNGは前述のごとく大規模に扱わないとコスト上不利な面があるので、将来ガス会社は工業用燃料として相当量のLNGを、パイプラインを建設して供給するようになると思われる。しかしその量的成長率はガス会社の価格政策に支配される点が大きい。

以下表4を参照しながら都市ガス用のLNGの需要を予測することにする。従来都市ガス需要の伸びは、全国エネルギー需要の伸びに比して伸び率が低かったが、今後都市ガスが工業用燃料としての役割も果たすようになるとすれば、その伸び率は当然高まるであろう。ここで都市ガス供給量は全国エネルギー需要の伸び(表5参照)率と同等に成長すると考えると、昭和45年度に約46億 m^3 に達すると考えられる全国都市ガス供給量は、昭和50年度で77億 m^3 、昭和55年度で120億 m^3 、昭和60年度で170億 m^3 に達するものと予想される。LNG利用の考えられる東京ガス、東邦ガスおよび大阪ガスの3ガス会社の全国都市ガス供給量に占める比率は現状では77%であるが、昭和60年度では80%に上昇するものとして上記3ガス会社合計の将来の都市ガス供給量を、昭和50年度で60億

m^3 、昭和55年度で95億 m^3 、昭和60年度で136億 m^3 と想定した。都市ガスへのLNG利用状況は、表1に示したごとく、昭和45年度の24万t(3.4億 m^3)から、昭和50年度では141万t(19.7億 m^3)と、5年間で117万t(16.3億 m^3)増加することは、現在進行中のLNGプロジェクトから見て明白である。5年間の都市ガスのLNG利用量増加117万tは、この5年間で前出3ガス会社の都市ガス供給量増加25億 m^3 の65.5%に当たる。昭和51年度から昭和55年度、昭和56年度から昭和60年度と、各5年間の3ガス会社の都市ガス供給量の増加は、それぞれ35億 m^3 および41億 m^3 である。この増加量の80%がLNGで賄われるとすると、そのために必要なLNGの利用量増加は、昭和51年度から昭和55年度の5年間で27.9億 m^3 となり、昭和56年度から昭和60年度の5年間で32.5億 m^3 となる。都市ガス用のLNG需要量は昭和50年度では141万t(19.7億 m^3)であるから、上記LNG利用量の増加をこれに加えて見れば、昭和55年度で340万t(47.6億 m^3)、昭和60年度で572万t(80.1億 m^3)となると予想される。

(3) 鉄鋼業

電力、都市ガスを除いてLNGの大口需要者として期待されるのは鉄鋼業のみである。わが国の

表4 都市ガス供給量予測とLNG需要 (単位 億 m^3 →10,000kcal換算)

	都市ガス供給量 億 m^3					都市ガス供給量増加 億 m^3			成長率 %		
	43年度	45年度	50年度	55年度	60年度	46~50年	51~55年	56~60年	50/45	55/50	60/55
東京ガス	13.6										
東邦ガス	2.3										
大阪ガス	11.1										
A. 3社計	27.0	35.2	60.1	95.0	135.6	24.9	34.9	40.6	11.3	9.6	7.4
B. 全国計	35.5	45.7	77.1	120.3	169.5	31.4	43.2	49.2	11.0	9.3	7.1
A/B %	(76.0)	(77.0)	(78.0)	(79.0)	(80.0)						
C. LNG供給分		3.4	19.7	47.6	80.1	16.3	27.9	32.5	42.1	19.3	11.0
C/A %		(9.7)	(32.8)	(50.1)	(59.1)	(65.5)	(80.0)	(80.0)			
LNG需要(万t)		24	141	340	572						

注) 1. LNG 1tで1,400 m^3 換算

2. 参考資料: ガス事業統計年報(日本瓦斯協会)

近代製鉄所が臨海製鉄所であり、水深20m前後の専用岸壁を持ち、消費地立地であることはガス会社からパイプラインで気化ガスの供給を受けるにしろ、また独自のLNGタンクを持ってガス会社、電力会社などと共同で液状で購入するにしろLNGの利用の立場からは、非常に有利である。鉄鋼業におけるLNGの用途としては還元剤としての利用と燃料としての利用とが考えられるが、前者についてはLNGがよほど安くならないかぎり、わが国では実現性が乏しい。1,000万t/年製鉄所では燃料用に副産物としてのコークスガスを、高炉ガスの有効利用を図るとしても、そのみでは不十分で年間LNG換算100万tの重油を必要とする。¹⁾ところが最近の日本鋼管扇島、当社千葉製鉄所が地方自治体と締結した公害防止協定ではきわめてきびしいSO₂着地最大濃度が要求されており、これを実現するには、コークスガス脱硫、排煙脱硫などの公害対策上有効な最新技術を積極的に採用し、また重油を低硫黄重油やLNGに切り換えて行くなどの努力が必要となろう。昭和50年度から昭和60年度へと大気汚染取締が強化されて行くであろうし、わが国近代製鉄所が人口密度の高い消費地立地であり、低硫黄重油は長期的に不足が予想されるので、今後鉄鋼業界がLNGを公害対策上の有効手段として、大量に使用するようになると思われる。しかしその量的拡大はLNGの価格動向に左右されるであろう。ここでは上記のような点を考えて鉄鋼業でのLNG需要を昭和55年度で300万t、昭和60年度で700万tと予想した。

以上をまとめると、昭和50年度のLNG需要は電力用268万t、都市ガス用141万t、合計409万tであるが、アブダビ・プロジェクトが実現すれば500万t強となろう。昭和55年度では電力用1,310万t、都市ガス用340万t、鉄鋼業用300万t、合計1,950万t、昭和60年度では電力用2,340万t、都市ガス用570万t、鉄鋼業用700万t、合計3,610万tとなろう。

表5から見て上記LNGと国産天然ガスを合計した天然ガス需要の総エネルギー需要に対する比率は、昭和50年度で2.1%、55年度で4.2%、60年度で5.3%となるが、まだまだ欧米諸国に比べ

て低い。国産資源の貧弱なわが国としては本格的天然ガス時代を実現するには海底パイプラインを敷設しソ連より天然ガスを輸入するなどさらに積極的な対策が必要となろう。

2.2 米国のLNG需要

米国では天然ガスは公害のないきれいなエネルギー源としての価値が認識され、盛んに使われている。東部や西部の大都市では、公害対策から石炭の使用が制限され、電力会社が燃料を天然ガスに転換する例が多くなっている。1970年の米国の天然ガス消費量は22兆ft³²⁾(LNG換算4億2,400万t)と言われ、総エネルギー消費に占める割合は30%以上である。ところがF.P.C.(連邦動力委員会)がガス価格を低く押えているため生産業者は採鉱意欲がわかず、埋蔵量対生産量の比率が漸次低落し、今後数年で10.0を割ると言われている。天然ガス供給不足問題には関係企業は強い関心を示しており、最近LNG輸入計画が数多く発表されている状況である。Gazoocean-Distrigasプロジェクト(アルジェリアより年間168万t…購入者ボストンのDistrigas), Sonatrach-El Paso プロジェクト(アルジェリアより年間700万t…購入者 El Paso Natural Gas), Esso のプロジェクト(リビアより年間70万t)にみられるLNG総輸入量938万tについてはタンカーの発注も完了しており、1974年ないし1975年にはこれらの全プロジェクトが実施段階に入るものと考えられる。タンカーの発注にはいたっていないが、計画中のプロジェクトとしては Venezuela-Philadelphia Gas プロジェクト, Torinidad-Amoco プロジェクト, 北海 Nigeria Philips Petro. プロジェクト, Ecuador-Philips Petro. プロジェクトなどがあり1,550万tに達するといわれている。これらは1975年までには実現するであろう。以上のLNG輸入プロジェクトは合計2,488万tになる。1975年の米国の天然ガス総消費量を5億tと見れば、輸入LNGの比率は5%に過ぎない。F.P.C.の政策動向、国内天然ガスの生産状況、原子力発電との兼ね合いおよびLNGの供給能力によって大きく左右されると思われるが、1975年以降天然ガスの消費量を年率5%で

表 5 エネルギー需要予測と天然ガス需要

昭和年度		A. 国民総生産 40年価格 兆円	B. エネルギー需要 ×10 ¹³ kcal	C. LNG需要 万 t	天 然 ガ ス 需 要 ×10 ¹³ kcal				
					D. LNG	E. 国産	F. 計	D/B %	F/B %
実 績	36	23.3	96.5						
	37	24.6	104.6						
	38	27.8	119.3						
	39	30.6	133.5						
	40	32.3	145.8			1.78	1.78		1.2
	41	36.0	166.2			1.83	1.83		1.1
	42	40.6	190.3			1.89	1.89		1.0
	43	46.3	220.3			2.06	2.06		0.9
	44	52.3	255.9			2.21	2.21		0.9
	45	58.1	278.7	96	1.34	2.29	3.63	0.5	1.3
見 込 予 想	46	64.3	310.2	96	1.34	2.38	3.72	0.4	1.2
	47	71.1	344.8	96	1.34	2.48	3.82	0.4	1.1
	48	78.6	383.0	158	2.21	2.58	4.79	0.6	1.3
	49	86.9	425.2	277	3.88	2.68	6.56	0.9	1.5
	50	96.0	471.5	511	7.15	2.79	9.94	1.5	2.1
	55	147.7	734.6	1,950	27.30	3.40	30.70	3.7	4.2
	60	207.2	1,037.3	3,610	50.54	4.13	54.67	4.9	5.3
	44/40	12.8	15.1			5.5	5.5		
	50/45	10.6	11.0	33.6		4.0	22.3		
	55/50	9.0	9.3	30.7		4.0	25.3		
成 長 率	60/55	7.0	7.1	13.1		4.0	12.2		
	60/44	9.0	9.1	60/45 27.4		4.0	22.2		

注) 1. エネルギー需要 (×10¹³kcal) $Y = 5.088 - 16.911$

× X = GNP (兆円)

n = 17

r = 0.998

2. LNG 1 t は 1,400m³ として換算

3. 天然ガスは m³ 当たり 10,000kcal で換算

4. 参考資料: 日本エネルギー経済研究所資料, 総合エネルギー調査会長期エネルギー需給バランス, 経済企画庁 資料

成長させるとすると1980年の消費量は6.4億tとなり, その8%がLNGで賄われるとすればLNG輸入量は5,100万tとなる。1985年には天然ガス消費量は8.1億tで, 輸入LNGの比率を10%とすれば8,100万tとなる。²⁾

2.3 欧州のLNG需要

イギリスガス局が1964年からアルジェリアより15年契約で年間70万tのLNG輸入を開始したの

が、世界における最初の本格的 LNG プロジェクトである。続いてフランスガス公社も同じアルジェリアより年間 35 万 t の LNG を購入している。さらにリビアよりイタリアが年間 168 万 t、スペインが 77 万 t の LNG 輸入を 1970 年初めより開始することになっていたが、リビアの政権交替による紛争が原因で、実現がやや遅れている。タンカー建造中のプロジェクトとしては Somalgaz-フランスガス公社プロジェクトがある。アルジェリアの天然ガスを Skikda で液化の上、フランスのガス公社に年間 245 万 t 15 年間供給する計画である。タンカー発注にいたっていない計画中のプロジェクトとしては Nigeria-Conch プロジェクト（ナイジェリアより年間 70 万 t …購入者イギリスガス局）がある。以上欧州関係の LNG プロジェクトの合計は 665 万 t/年になり、1975 年までにはこれらすべてのプロジェクトが実現すると考えられる。

欧州における天然ガスの普及状況は、産地周辺はもちろん、家庭およびビル暖房用燃料として欧州主要各都市に伸び、また産業用としても鉄鋼、電力、化学、ガラス、セメントなど伝統的な熱源多消費型産業に急激に食い込んでいる。

LNG 輸入の伸びはオランダ、フローニンゲンガス田や北海ガス田の増産、ソ連からのパイプラインによる天然ガスの輸入などで 1970 年代は大半を賄える見込みなので大きな期待は持てない。しかし 1980 年代以降にはガス田が最盛期を過ぎるので、その頃より LNG の需要が活発化すると思われる。ここでは 1980 年の LNG 輸入量は 1,000 万 t 程度、1985 年のそれは約 2,000 万 t と予想される。³⁾

2.4 世界における LNG 需要

以上日本、米国および欧州の LNG 需要の将来につき概説したが、LNG は経済性以上に大気汚染問題が重視される先進工業国でかつ天然ガスが十分供給されない国々ではじめて使われるものである点を考えると、すでにふれた 3 地域の需要が世界の総需要になると思われる。

以上 LNG の需要について述べた結果を総括すると 1975 年の世界の LNG 総需要は約 3,700 万 t、

1980 年約 8,000 万 t、1985 年には約 1 億 4,000 万 t となろう。この輸出入を遂行するためには専用タンカー、タンク、液化装置、気化装置、専焼発電機、パイプラインなどの建設が必要でありじつに膨大な施設の需要が発生するので、輸出立国日本としては LNG 関連技術開発を推進し、この分野での競争力強化に努力する必要性がある。

3. LNG タンカーと 9% Ni 鋼の需要

3.1 LNG タンカーの特性

天然ガスの輸出方法としては、ガス源から消費地へのパイプラインによる供給が考えられるが、ガス源と消費地が遠距離にある場合、コスト的、技術的にパイプライン輸送は困難となり、ここに天然をガス液化（LNG 化）してタンカーによる大量輸送の必要性が生れた。

LNG タンカーは 1959 年、アメリカの Constock 社（現 Conch 社）が J. J. Henry 社との技術協力により 6,000 重量 t C I 型貨物船をメタン 2,200 t 積船に改造、LNG タンカー第 1 船 Methane Pioneer 号を完成し、LNG の大量海上輸送（米ルイジアナ州レイクチャールズ→英キャンベイ島）に成功したのに始まる。引き続き 1963 年 Methane Princess、1964 年 Methane Progress の姉妹新造 LNG タンカーが建造され、現在までに 9 隻の新造 LNG タンカーが竣工している。

LNG タンカーの方式として理論的には、常温加圧、半冷凍半加圧、低温常圧などいくつかの方法が考えられるが、メタンの臨界温度 -82.5°C 、沸点 -162°C という特質から技術的、採算的にみて大気圧下、その沸点で運搬するタンカーが一般的となっている。積載タンクの構造方式として独立タンク方式とメンブレンタンク方式とがある。前者は船体構造から完全に独立したタンクを船艙内に据付け、その外側あるいは内側を断熱した方式であり、船体はたんにタンクを据置く基礎の役目をするにすぎない。ただ航海中の船の運動による液体の付加動荷重を考慮してタンクを船体に保持する部分の集中荷重に対して注意が払われなければならない。

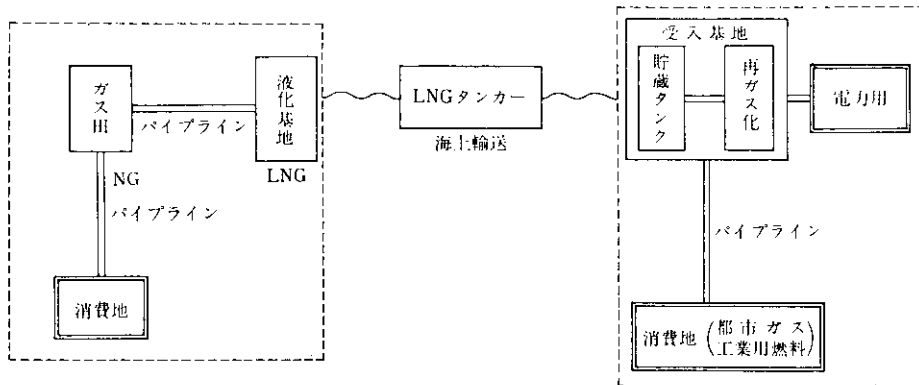


図1 天然ガスの輸送経路

後者は、船体の構造の内面に断熱材を張り、その内側にLNGの漏洩を防ぎかつ熱膨張、収縮に応じ得る薄い金属膜（メンブレン）を張りつめたもので、液圧は断熱材を介して船体構造自体が受け持つ方式である。航海中にタンクの受ける静的動的液圧に耐えるとともに、貨物の積込み荷揚にともなうタンク内面の温度分布の変化に基づく熱応力、タンク自体の膨張収縮などに対する処置が両方式に共通してLNGタンカーの構造上における重要なポイントとなっている。またLNGタンカーは原油タンカーに比較してきわめて船価高となっており、次にのべるその要因が直接LNGタンカーの特性を物語るものとなっている。

(1) 搭載量に比べ大きな船体が必要とする。

専用船、特に原油タンカーに比べ容積効率がきわめて悪く、貨物容積/船長×幅×深さが独立タンク方式で0.33~0.38、メンブレン方式で0.43~0.46、かつLNG自体の低比重（0.4~0.5）と相俟って、同一重量を運搬する原油タンカーと比べ、船型が約4倍に大きくなるという特徴がある。

(2) 低温用高級材料の使用

-162℃という極低温に対して脆性を示さない金属材料が要求される。現在就航中および建造中のタンカーの使用材料として、独立タンク方式で

は9% Ni 鋼、Al 合金、メンブレン方式では凹凸直交絞り皺を有する（図2参照）18-10 ステンレス鋼、インバー（36% Ni 鋼：熱膨張係数がきわめて小さく凹凸不要）など高級材料が使用されている。

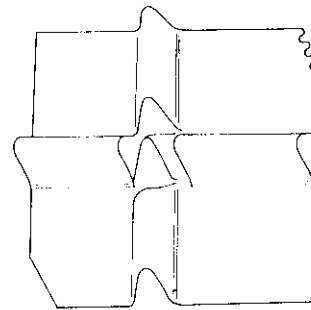


図2 メンブレンの直交絞り皺

(3) 断熱材料の使用

断熱材の役日は船体構造を過冷却から防ぐとともに、外界からの入熱を遮断してLNG蒸発の促進を防ぐことである。材料としては、積層バルサ材、グラスファイバー、バーライト、発泡プラスチック（ウレタン、ポリエステル、ビニールなど

の化学製品)などが使用される。

(4) 各種特殊設備

LNGの特性に対処するため、不活性ガス装置、安全弁、船体過冷却防止装置、検知、記録、警報装置、2次区間と非常排液装置、その他各種安全対策装置が設備される。

これらの要因に加えさらに、タンクの溶接組立、断熱施工、検査などの複雑な建造工程も船価高の要因となっている。

3.2 世界のLNGタンカーの概況

現在就航中のタンカーは、小型実験船 Methane Pioneer 号を除き9隻であり個別タンカーの要目は表6のごとくである。タンク構造方式は、独立タンク方式7隻、メムブレン方式2隻、タンク材料は、Al合金6隻、9% Ni鋼1隻、インバー2隻となっておりAl合金使用の独立タンク方式が、圧倒的ウェイトを占めている。建造中もしくは、発注済みのLNGタンカーは25隻に達しその概要は表7のごとくである。これらのうちタンク構造方式タンク材料の明らかなもの16隻について見ると、18-10ステンレス鋼使用のメムブレン方式が5隻、インバー使用のメムブレン方式が6隻、9% Ni鋼使用の独立タンク方式が5隻となっており、すでに就航中のタンカーの方式、材料とかなり異なった様相を呈しているのが注目される。

またLNGは同じエネルギー源としての重油と競合関係にあり、近年の超大型原油タンカー就航による輸送コストダウンの動向と相俟って、LNGタンカーも、複雑で高度の技術を要する特殊船であるにもかかわらず超大型タンカーの要請が生まれてくる。その現われとして大型化は年々進展し1974年には12万 m^3 50,000 t積み超大型タンカーが竣工する見通しである。すでに充当LNGタンカー発注済みのプロジェクトのうちShell-三菱商事プロジェクト(Burnei→日本)400万t/年とSonatrach-El Pasoプロジェクト(Algeria→アメリカ東岸)700万t/年が特に大型プロジェクトとして注目される。

就航中および建造中あるいは発注済みLNGタンカー計34隻に加えて建造計画中のタンカーは表8のごとくであり、現時点では未定部分が多いが

約20隻以上に及ぶものと見込まれる。各プロジェクトの中でアメリカにおける天然ガス不足を見込んでの導入計画のウェイトが圧倒的に高く、日本のアブダビ天然ガスの導入計画とともに大型プロジェクトとして注目される。

3.3 わが国造船業界の動向

わが国造船所はいまだLNGタンカーの建造実績を持っていない。その要因として、船主との船価交渉が不調に終わったこと、原油タンカーを中心に工事をかかえ船台不足にあること、加えてLNGタンカー建造に必要な極低温技術が十分に開発されていなかったなどが挙げられる。しかしながら近年の世界的動向からLNGタンカーの需要が急増する見通しがかなり明確化するに従いが、またわが国におけるLNG導入計画の具体化に伴う自国船による輸送の要請から、さらに賃金高騰や人手不足という造船業界をとりまく環境の中で原油タンカーのような加工度の低い船舶に代りLNGタンカーのような特殊技術を要する付加価値の高い高級船の建造に移行すべきであるという見解が強くなり、造船業界のLNGタンカーに対する積極的な姿勢が窺われる。この動向は、わが国造船メーカーの海外造船メーカーからの技術導入、あるいは建造技術を共同開発する協定の締結などの動きとして現われている。

わが国LNG第1船は、アブダビLNG導入計画に関連して1975年の目標で建造される予定であるが、これを契機に将来、現在の大原油タンカーに代りLNGタンカー建造ラッシュの到来も十分予測されうることである。

3.4 LNGタンカーと9% Ni鋼の需要

LNGタンカーの需要量は1975年までについては3.2で述べたごとく就航中の9隻、建造中25隻、計画中約20隻とはほぼ固まっているが、計画中のタンカーについてはわが国のLNGタンカー第1船をはじめ、アメリカの天然ガス不足を背景に大幅な増加が見込まれる。1975年以降については先に予測した日本、アメリカおよび欧州のLNG需要量をもとに標準LNGタンカーを10万 m^3 4.5万t積み換算で想定、航海数は推定プロジェクト

表 6 就航中の

船 名	Methane Princess	Methane Progress	Jules Verne
船 主	Conch Methane Tankers	Methane Tanker Finance	Gazocean
建 造 国	イギリス	イギリス	フランス
建 造 造 船 所	Vickers Armstrong	Harland & Wolff	La Seine Maritime
本 船 要 目	寸 法	175.3m×24.8m×17.8m	188.25m×24.7m×16.5m
	タンク容積	27,000m ³	25,500m ³
	積 高	12,200t	11,500t
	主 機	タービン 13,750馬力	タービン 15,000馬力
タ ン ク 数	9 (角型) 3 船艙 (1 艙 3 個) 総重量 1,185 t	"	7 (円筒型) φ18.3m×18.6m 容積効率悪い 総重量 840t
タ ン ク 材 質	アルミ合金	"	内殻 9%Ni鋼 外殻 ステンレス鋼
断 熱 材	バルサ グラスファイバー	"	クレゲセル (発泡プラスチック) バーライト
タンク構造方式	Conch方式 独 立 型	"	Technigaz方式 独 立 型
船 価	47.5億円	"	55億円
竣 工 年 月	1963. 12	1964. 6	1965. 2
輸 出 元	S.N.Repal	同 左	同 左
輸 入 元	イギリス ガス局	"	フランス ガス公社
積 地	Algeria Arzew	"	同 左
揚 地	イギリス Canvey島	"	フランス le Havre
年 間 輸 送 量	35万 t	"	35万 t
備 考	イギリスガス局はアルジェリアとの間に年間10億m ³ (70万 t) の天然ガスを15年間輸入する契約を締結, イギリスの年間消費都市ガスの10%を賄う。		アルジェリアとの間に年間 5 億 m ³ (35万 t) の天然ガスを15年間輸入する契約を締結。

の所要航海日数を考慮して日本, アメリカが15航海, 欧州22航海として考えた。

LNGタンカーのタンク建造方式および使用材料の将来パターンを想定することはきわめて困難であるが, 日本の場合現時点では確立された技術を保有せず多くを外国からの技術導入に依存していることからタンク方式の多様化がみられるが, 近い将来においてもさらにこれら導入技術に自社

開発技術が加わり, 当面技術確立への過渡的傾向が続くものと予想され, タンク方式, 使用材料パターンを表9のごとく想定し, 9% Ni鋼使用比率を40%と推定した。

インバー使用のメンブレン方式についても, 技術導入の動きがあるが Ni 需給の逼迫から今回の推定では除外して考えた。

またわが国造船業界の全世界に対するLNGタ

LNG タンカー

Polar Alaska	Arctic Tokyo	Esso Brega	Porto Venene	Liguria	Laieta
Polar LNG Shipping Corp.	同 左	Prora S. P. A Transporti	同 左	同 左	Napoli S. A.
スウェーデン	スウェーデン	イタリア	イタリア	イタリア	スペイン
Kockums	Kockums	Italcantieri Genoa	同 左	同 左	Noroeste el Ferrol
230m×34.1m ×19.9m 71,500m ³ 30,000 t タービン 20,000馬力 6	同 左	199m×29.2m ×18.5m 39,500m ³ 16,000 t タービン 15,000馬力 4	同 左	同 左	同 左
36% Ni鋼 (板厚 0.5mm)	同 左	アルミ合金	同 左	同 左	同 左
箱入パーライト	同 左	バルサ グラスファイバー	同 左	同 左	同 左
Gaz Transport 方式 メンブレン型	同 左	Esso+Conch方式 独立型	同 左	同 左	同 左
95億円	同 左	72億円	同 左	同 左	同 左
1969. 8	1969. 12	1969. 11	1970. 1	1970. 3	1970. 3
Phillips石油 Marathon石油	同 左	Esso	同 左	同 左	同 左
三菱商事(東ガス・東電)	同 左	イタリア ENI 社	同 左	同 左	Catalana de Gas スペイン
Alaska Nikiski	同 左	Libya Marsa el Brega	同 左	同 左	同 左
横浜 根岸	同 左	イタリア La Spezia	同 左	同 左	スペイン Barcelona
96万 t (20日交替)	イタリア向 168万 t スペイン向 77万 t				
アラスカ天然ガスを年間26万 t 15年間輸入する契約を締結。 東ガス24万 t 東電72万 t		イタリアENI社はリビアの天然ガスを ESSOより年間24億m ³ (168万 t) を20年間 スペインのCatalana de Gas of Barcelona も同じく ESSO より年間11億m ³ (77 万 t) を15年間輸入する契約締結			

ンカーの建造シェアを1976～1980年で40%，1981～1985年で50%と見込んだ。

海外においてはすでに受注済みあるいは実績のある著名なLNGタンク構造方式として、Tecni-gaz方式、Gas Transport方式、Kvaerner方式、Conch方式、Esso+Conch方式などがあり今後さらに技術開発による改良あるいは新方式の開発が推進されるものと思われる。メンブレン方式と独

立タンク方式との比較では両者ともに長所短点を保有しその優位性を明確化することは困難であるが、タンカーの大型化の傾向に対してきわめて適合性を有するのは容積効率が高くかつ高価な低温用金属材料が薄膜で目骨もなくわずかで済むメンブレン方式であると思われる。しかしながら薄板パネルの溶接の信頼性の低さ、漏洩個所の検査、発見の困難さなど大型化に伴う、より一層厳格な安

表 7 建造中の

船名または隻数		Descartes(デカルト)	1 隻	1 隻	3 隻	3 隻
船 主		Gazocéan	Sonatrach	Messageries Maritimes, Gazocéan共有 (Shell)肩代り買船	Shell	Shell
建 造 国		フランス	フランス	フランス	フランス	フランス
造 船 所		Atlantique	Mediterranee	Ciotat	Atlantique	Mediterranee
本 寸 法 船 タンク容積 要 積 高 目 主 機		212m×31.85m ×16.76m 50,000m ³ 20,000 t タービン 17,000馬力	184.76m×29.26m ×18.2m 40,000m ³ 16,000 t タービン 15,500馬力	181.61m×29.18m ×19.74m 40,000m ³ 16,000 t タービン 17,000馬力	240m×35m×23m 74,000m ³ 30,000 t タービン 20,000馬力	235m×35m ×23.9m 74,600m ³ 30,000 t タービン 20,000馬力
タンク数		6	6	5	5	5
タンク材質		18-10ステレンス	36%Ni鋼	18-10ステレンス	同 左	36%Ni鋼
断 熱 材		バルサ グラスファイバー	箱入バーライト	バルサ グラスファイバー	"	箱入バーライト
タンク 構造方式		Technigaz方式 メンブレン型	Gaz Transport方式 メンブレン型	Technigaz方式 メンブレン型	"	Gaz Transport方式 メンブレン型
船 価		76億円	—	—	@ 105億円	@ 119億円
竣工年月		1971・夏	1971・11	1972・夏	1972~1973	1973~1975
輸 出 元		Sonatrach Gazocéan	Somalgaz (Sonatrach, Erap 各50%出資)	Shell	同 左	同 左
輸 入 元		Distrigas Corp. (米・ボストン)	フランス ガス公社	三菱商事(東電・ 東ガス・大ガス)	"	"
積 地		Algeria Skikuda	Algeria Skikuda	Burnei	"	"
揚 地		アメリカ東岸 カナダ	フランス Marseilles	横浜(根岸) 千葉(袖ヶ浦) 大阪(泉北)	"	"
年間輸送量		28万 t	60万 t	37万 t	210万 t	"
備 考		1971, 秋より20年 間約28万 tをアメ リカの天然ガス不 足による冬期不足 の補填用として輸 出	年間35億m ³ (245 万 t) 15年間供給 する計画の一環	当初本船は左記供 給計画の一環とし て発注されたが, その後シェルがブ ルネイの LNG を 日本に輸送するた め買船した	LNG 供給は, 1972年冬期より年間70万 t の規模で開始されその後増量され1976 年以降は 400 万 t となる。契約期間は20 年間。400 万 t ベースでの各社引取量は, 東電245万 t, 東ガス100万 t, 大ガス55 万 t, ブルネイの最終供給能力は, 800 万 t/年を予定している。	

全性の追求という観点からは多くの問題点を残している。このような点に、実績および計画船の構造方式、使用材質を考慮して海外におけるパターンを表10のごとく想定し、9% Ni 鋼使用比率を

20%と推定した。なお 9% Ni 鋼原単位は、10万 m³4.5万 t 積タンカー換算で独立タンク方式の場合3,500 t/隻、メンブレン方式1,500 t/隻として考え、以上から世界LNGタンカー用 9% Ni 鋼

LNGタンカー

5 隻	2 隻	5 隻	2 隻	1 隻	1 隻
P&O以下8社 4グループ イギリス、ノルウェー、 デンマーク、フランスの8船主4グループ→EI Pasoが 長期用船	EI Paso	International Gas Transportation EI Pasoの資本投下 によるイタリア法人	Gazococean	Esso	Smedvig
ノルウェー	フランス	イタリア	フランス	ノルウェー	ノルウェー
Moss-Rosenverge	Dunkirk	Italcantieri	Ciotat	Moss Rosenverge	Moss Rosenverge
235m×38m×— 87,600m ³ 35,000 t タービン 30,000馬力	252.37m×40.23m ×— 125,000m ³ 50,000 t	263m×41.25m ×27.25m 125,000m ³ 50,000 t タービン 33,000馬力	120,000m ³ 50,000 t	120,000m ³ 50,000 t	28,000m ³ (LNG/Ethelen)
5 (球型)	—				
9%Ni鋼	36%Ni鋼				
ポリウレタン その他	箱入パーライト				
Kvaerner方式 独立型	Gaz Transport方式 メンブレン型		Technigaz方式 メンブレン型		
@ 101億円	@ 180億円				
1973~1975	1974・11 1975・12				
Sonatrach	Sonatrach	Sonatrach	Sonatrach Gazococean		
EI Paso Natural Gas	EI Paso Natural Gas	EI Paso Natural Gas			
Algeria Arzew	Algeria Arzew	Algeria Arzew	Algeria Skikuda		
アメリカ東岸	アメリカ東岸	アメリカ東岸	アメリカ東岸 カナダ		
235万 t	140万 t	350万 t	140万 t	70万 t	
1969/7アメリカのEI Paso Natural Gas社は、アルジェリアのSonatrachとの間に年間100億m ³ (700万t)の天然ガスを25年間輸入する協定を締結、増大する天然ガス消費量に対し供給不足が表面化しつつある現状に対処すべく大規模LNG輸入計画を設定した。 LNGタンカーは自社船と用船の両立で船腹手当を行なっている。			Descartes号に引続き今後のアメリカ向商談を予測して発注		本来は、エチレン輸送を目的とし、LNGはスポット輸送にあてられる見込み。

需要量およびわが国対象のLNGタンカー関連9%Ni鋼需要量を表11、12のごとく想定し、タンカー関連のわが国9%Ni鋼需要量は、1976~1980年で年間6,000 t、1981~1985年で年間10,000 t

の需要が見込まれる。

表 8 計画中の

プロジェクト		アブダビ—BS 液化ガスプロジェクト 三井物産	Nigeria—Conch プロジェクト
プロジェクト概要	年間輸送量	1975年～230万t	10億m ³ (70万t)
	輸出元	B. P. フランス石油 (CFP)	Shell. B. P.
	輸入元	ブリヂストン液化ガス	Conch Methane Service
	揚地	三井物産 日本	イギリス ガス公社
LNG タンカー建造計画		114,000m ³ × 4 隻	25,000 t 積 × 2 隻 Conch方式 (独立型) Al合金使用

表 9 わが国 LNG タンカーのタンク構造方式と使用材料

メンブレン方式 ③	—18-10ステンレス鋼	……①
	—インバー (36%Ni鋼)	
	—Al合金	……①
	—9%Ni鋼	……①
独立タンク方式 ②	—Al合金	……①
	—9%Ni鋼	……①

○内数は、想定建造比率

表 10 海外 LNG タンカーのタンク構造方式と使用材料および該当方式

メンブレン方式 ⑤	—18-10ステンレス鋼	——Technigaz方式
	—インバー (36% Ni鋼)	——Gaz Transport方式
独立タンク方式 ⑤	—Al合金	——Conch方式, Esso + Conch方式
	—9% Ni鋼	——Technigaz方式, Kvaerner方式

○内数は、想定建造比率

4. LNG 貯蔵タンクと 9 % Ni 鋼の需要

4.1 LNG 貯蔵タンクの概要

LNGの貯蔵目的には都市ガスなどの季節的需要変動に対する貯蔵（ピークシェイピング）と天然ガス生産地と消費地が遠く離れている場合、天然ガスをLNGとして輸送、貯蔵しようとする形式（ベースロード）とがある。アメリカにおけるLNG貯蔵の多くは従来前者に該当し、日本の根岸基地、イギリスのキャンベイ島、フランスの

ルアーブルなどは後者に該当する。LNG産業は貯蔵タンクがその主要装置であり大型化によるコストダウンが要求されるとともに極低温貯蔵技術が重要なポイントとなる。従来、液体酸素、液体窒素などの分野での貯蔵技術の開発は進められてきたがこれらは小規模のものでLNGにそのまま適用することは技術的にも経済的にも問題点が多い。

LNG貯蔵タンクは1944年米クリーブランドのガス会社で、3.5% Ni鋼製タンクの崩壊と液漏洩による大事故などの経緯を経て、1958年米レックチャールズの 35,000 bbl 貯蔵、Al合金製2重殻

プロジェクト

Venezuela—Philadelphiaプロジェクト	Trinidad—Amocoプロジェクト	北海—Phillipsプロジェクト	エクアドル—Phillipsプロジェクト
1974年～50億m ³ (350万t) Philadelphia Gas アメリカ東岸	Amoco (American Oil of co.) アメリカ東岸	北海天然ガス→ノルウェイ パイプライン (液化) Phillips Petroleum アメリカ東岸	フィリップス、アダ、OKC スウィフト、ウルトラマー、 ビバリーヒル アメリカ西岸
100,000m ³ ×3隻	75,000m ³ ×4隻	160,000m ³ ×8～15隻	— 陸上液化設備とLNGタンカーに4億ドルの投資見込

表 11 LNGタンカー用9% Ni鋼需要量

	LNG需要量 (万t)			1976～ 1980				1981 ～ 1985			
	1975	1980	1985	増加需 要量 (万 t)	要タンカー隻数 (10万m ³ , 4.5) (万 t 積)	9% Ni 鋼 使用タンカー 隻数	9% Ni 鋼需 要量	増加需 要量 (万 t)	要タンカー隻数 (10万m ³ , 4.5) (万 t 積)	9% Ni 鋼 使用タンカー 隻数	9% Ni 鋼需 要量
日本	500	2,000	3,600	1,500	22	9	5隻①17.5千 トン 4隻②6.0	1,600	24	10	5隻①17.5千 トン 5隻②7.5
米国	2,500	5,000	8,000	2,500	37	(1)	1隻 (③1.5)	3,000	45	(7)	4隻①14.0 3隻②4.5
欧州	700	1,000	2,000	300	3	8	④28.0	1,000	10	8	⑤28.0
計	3,700	8,000	13,600	4,300	62	18	53.0	5,600	79	25	71.5

- ＜算出要領＞
1. LNGタンカー10万m³ 4.5万t/隻で想定。要タンカー隻数=増加需要量/4.5×航海数
 2. 9% Ni鋼使用タンカー隻数
1976～1980 全世界に占める日本の建造シェア40% 1981～1985 50%と想定。わが国の要タンカー隻数は全量自国建造とし残りをアメリカ、欧州要タンカー隻数から建造するものとした。
9% Ni鋼使用タンカー比率は日本：40% 海外：20%として9% Ni鋼使用タンカー隻数を算出。()内隻数は日本建造分。
 3. 9% Ni鋼需要量
9% Ni鋼使用タンクの内わが国建造分は独立タンク方式：メムレン方式＝1：1 海外建造分は全量独立タンク方式とし、10万m³、4.5万t積タンカー1隻当たり9% Ni鋼使用は独立タンク方式3,500t、メムレン方式 1,500tの原単位を使用して需要量を算出した。
 4. ①は独立タンク方式、②はメムレンタンク方式の略。

表 12 LNGタンカー関連のわが国9% Ni鋼需要量

(単位 1,000 t)

	1976 ～ 1980			1981 ～ 1985		
	国 内	輸 出	計	国 内	輸 出	計
LNGタンカー関連 9% Ni鋼需要量	25.0	5.6	30.6	43.5	5.6	49.1

注) 国内向、輸出向建造タンカー用材料は国内、材料輸出を輸出とし輸出シェアを20%と想定して算出した。

式タンクによりスタートしたといえる。その後1960年、9% Ni 鋼の開発、凍結式地下タンク、PSコンクリート式地下タンクなどの実験が意欲的に繰り返されることにより次のような各種貯蔵方式が開発された。

- ①地上式タンク a. 金属製2重殻式タンク
b. コンクリート式タンク
c. 金属製メンプレン式タンク

- ②地下式タンク a. 凍結式タンク
b. コンクリート式タンク

金属製2重殻式タンクは世界LNG貯蔵タンクのほとんどが本形式を採用しているように最も一般的な形式である。技術の安定化あるいは経済性の面でも他形式のタンクに比較し劣ることはない。当方式の円筒形と球型に関しては大容量、低貯蔵コストを要求されるLNG貯蔵においては、貯蔵圧力、ベーパーロスなどに特殊な要求がなされない限り円筒型タンクの方が有利である。タンクの構造は、内槽外槽とからなり、内槽は直接低温LNGを貯蔵しうる強度を持ち、使用温度において十分な靱性を有する金属材料容器であることが要求される。内槽外面には断熱材を装入、外槽は断熱材の保護を主目的とする軟鋼製容器からなり、保冷材の充填圧、ガス圧力、低温における熱収縮膨張など外圧に対する補強構造として側スティフナー、保冷用ブランケットなどの構造的考慮が払われている。

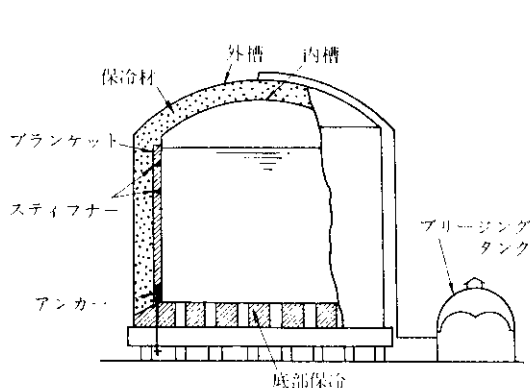


図3 金属2重殻タンク（円筒型）

金属製2重殻式タンクは、すでに安定技術化され一般的となっているがアメリカにおけるサスペンションデッキ方式（図4）のごとく、さらに経済性と安全性を追求しながら構造的改良が進められている。

内槽用金属材料としては、ステンレス鋼、9% Ni 鋼、Al 合金（貯蔵タンク用としては、Al 4.5% Mg 合金）があるがステンレスはコスト面で9% Ni 鋼、Al 合金に劣る。9% Ni 鋼と Al 合金は、Al 合金が従来難点とされていた溶接性の問題の解決により、技術的経済的いずれの面においても甲乙つけがたい現状にあると見られている。しかしながら貯蔵コストの低減という面から今後一層タンクの大形化の推進が予想されるが、大形化に伴ない要求される素材の強度という点から Al 合金に比して板厚が薄くてすむ9% Ni 鋼の方がやや有利であると考えられる。

今後とも両者の競合関係は依然、継続され技術革新のいかんによってタンク用素材の供給パターンは大幅に変動することが見込まれる。断熱材としては、屋根、側部には粒状パーライトの使用が一般的であり、底部保冷材は、必要な断熱効果を保有するとともに、タンク重量を支える支持強度部材であるため一般にパーライトコンクリート、フォームグラスなどが使用されている。

基礎はタンク重量を支持するに十分な強度を必要とする以外に、基礎の凍上防止を考慮した装置（あげ底基礎—自然通風、ベタ式基礎—電気ヒー

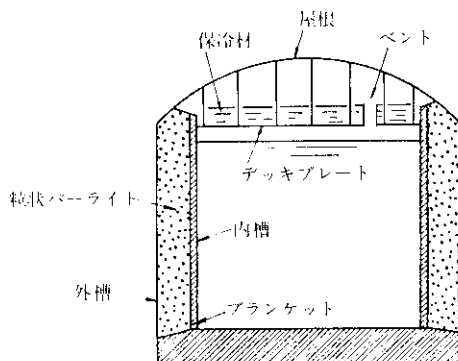


図4 サスペンションデッキ方式タンク

ター)を施さねばならない。建設工事においては、組立て工程での省力化として大ブロック工法の採用が要求され、その1例として高所作業の減少、工期短縮などのメリットを有するエアライジング工法がある。

地上式金属製メンブレンタンクは、いくつかの技術上の問題点を有するため、現在までに採用されていない。

凍結式地下タンクは地上式2重殻タンクに対抗し大容量のLNGをより安く貯蔵することを目的に開発された。実用例としては、Algeria Arzew 容量 240,000 bbl, England Canvey 容量 210,000 long t (図5) などがある。凍結式タンクの問題点は、凍結工法に費される費用とタンク完成使用中におけるLNGの蒸発損失という点で、タンクの大きさ、土壌条件などにより大幅に左右されるという不安定要素にある。

地上式コンクリートタンクは、金属製2重殻式タンクとの経済比較でメリットは期待できないが、コンクリートを圧縮部材として地中壁に使用する地下式タンクにおいては圧縮に強いコンクリート材の使用法として有利であり、かつ地下であるという保安上の安心感あるいは土地の有効利用という面での優位性が認められている。しかしながら建設時における水の浸入防止、地下水による浮力対策などの土木工学的問題点が地下式タン

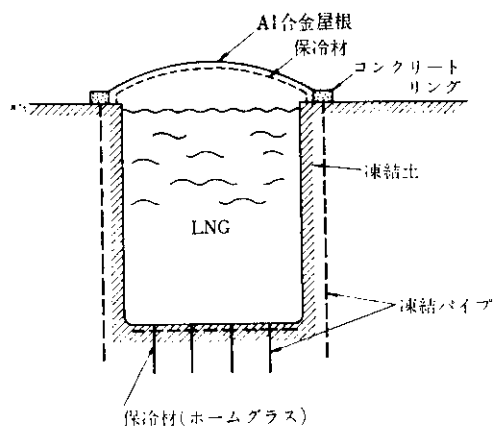


図5 英、キャンベイ島凍結式地下タンク

クの経済性をそこね、保安上の優位性を持ちながらもLNG貯蔵タンクとしての普及度を遅らせている原因となっている。地下式コンクリートタンクの代表的な方式としてIGT (Institute of Gas Technology) がAGA (アメリカガス協会) の協力により開発したAGA方式がある。(図6)

4.2 わが国のLNG貯蔵タンク

1967年11月、わが国初の大規模LNGプラントが横浜根岸湾埋立地に総工費75億円の巨費を投

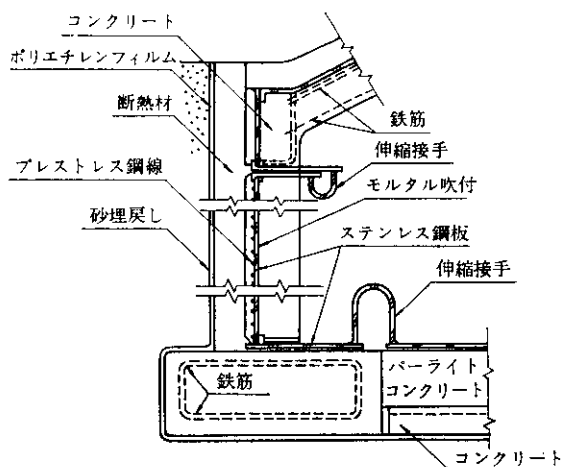


図6 AGA式PSコンクリートタンク

じて着工、1969年11月、LNGタンカー Polar Alaska 号の第1船を迎えた。

根岸基地の主要設備一覧は、46年初頭完成のコンボジットセグメント方式地下貯蔵タンクを含め表13のごとくである。金属2重殻式タンク用素材は45,000 m³タンク1基当たり内槽用9%Ni鋼が700 t、外槽用SS材が300 t程度と推定される。さらに今後、具体化しているプロジェクトだけでもブルネイ、アブダビのLNG導入計画が引き続き、これに伴う根岸基地の拡充あるいは泉北、袖ヶ浦などの新規大規模プラントの建設が見込まれる。

4.3 LNG貯蔵タンクと9%Ni鋼の需要

飛躍的な増大が予想される天然ガス需要量の伸びに伴い貯蔵能力の大幅アップが要求され、一層

厳しくなる安全性の確保という制約の中で大容量化が推進されるものと考えられる。特に天然ガスの供給を、ほぼ全面的に海外に依存するベースロードとしてのわが国の場合、この傾向はより強くなると思われる。LNG貯蔵技術の開発段階での多様化の中で、現在最も使用度の高い金属製2重殻式タンクの優位性は、将来も継続するであろうと考えかつ他方式、特に地下タンクの伸びも勘案して金属性タンクシェアを80%と想定した。また金属製2重殻式タンクの容量は若干大型化を見込み1基当たり6万m³ 2.7万t能力タンクを標準タンクとして基数を想定し、9%Ni鋼使用比率はAl合金との競合から現状で50:50(1958~1969年金属製2重殻式タンク実績より)将来における使用構成は両者の技術革新に依存するものであるが、需要量算出過程では、現状と同比率で想定し

表 13 横浜根岸基地主要設備一覧

No.	設 備	容量および基数	仕 様	形 式	製 作 者
1	LNG タンク	45,000kl×2基 35,000kl×2基 10,000kl×1基	-162°C, 0.1kg/cm ² G 44,600φ(内径)×23,950(最高液高さ) ×900(断熱層厚さ)9%Ni 39,330φ(内径)28,950(最高液高さ) ×1,000(断熱層厚さ)9%Ni	平底球面屋根二重殻式保冷タンク コンボジットセグメント方式地下タンク	I H I
2	アンローディングアーム	LNG用 リターンガス用	12B×2基 12B×1基	アーム長さ 42' Al合金	PCMA CHIKSAN CO.
3	LNG プライマリーポンプ	45t/h×6基	シャフト9%Ni, インペラAl合金, ケーシング Al合金, -162°C, 322m	立形サブマージド	J. C. CARTER
4	LNG セカンダリーポンプ	30t/h×4基	" -162°C, 788m	"	J. C. CARTER
5	東京電力用ベーパーライザー	45t/h×3基	パネル Al合金 8.5kg/cm ² G	オープンラック	MAREX
6	東京瓦斯用ベーパーライザー	45t/h×1基	" 41kg/cm ² G	"	MAREX
7	共通用ベーパーライザー	45t/h×1基	" 8.5kg/cm ² G & 41kg/cm ² G	サブマージドバーナー	THERMAL RESEARCH
8	ボイルオフガス コンプレッサー	6,500Nm ³ /h×2基 13,000Nm ³ /h×1基	無給油式 シリンダー: ステンレス -150°C 1ata→11ata	対 向 形	I H I
9	ボイルオフガスブースター コンプレッサー	13,000Nm ³ /h×1基	給油式 シリンダー 2.5%Ni, 11ata→25ata -50°C	"	I H I
10	リターンガスプロア	7,500Nm ³ /h×2基	ケーシング ステンレス インペラ Al合金, 1,213mb -155°C	ターボプロワ	I H I
11	海水ポンプ	5,000t/h×3基	50m	立 形	
12	低温配管	低圧大口径配管	Al合金	その他はステンレス	

た。航海数は前述したのと同様、日本、アメリカが15航海、欧州が22航海と想定、液化基地における貯蔵能力は、アラスカ←→根岸、アルジェリア←→キャンベイ島、ルアーブルの生産基地能力/受入基地能力から受入基地能力の40~50%と推定

した。なお9%Ni鋼原単位は、6万m³2.7万t貯蔵能力2重殻式タンク換算で1,000t/基と考え、以上から世界LNG貯蔵タンク用9%Ni鋼需要量およびわが国対象のLNG貯蔵タンク関連9%Ni鋼需要量を表14、15のごとく想定、貯蔵

表 14 貯蔵タンク用9%Ni鋼需要量

	LNG 需要量			1976 ~ 1980			1981 ~ 1985		
	1975 万 t	1980 万 t	1985 万 t	増加需 要量 万 t	要貯蔵タンク基数 (金属2重殻タンク) 基	9%Ni鋼使 用タンク基数 千 t	増加需 要量 万 t	要貯蔵タンク基数 (金属2重殻タンク) 基	9%Ni鋼使 用タンク基数 千 t
日本	500	2,000	3,600	1,500	30	15	1,600	32	16
					13	6		14	7
米国	2,500	5,000	8,000	2,500	50	25	3,000	60	30
					22	11		27	13
欧州	700	1,000	2,000	300	4	2	1,000	14	7
					2	1		6	3
計	3,700	8,000	13,600	4,300	84	42	5,600	106	53
					37	18		47	23
				計	121	60		153	76

- ＜算出要領＞
1. 金属2重殻タンク、6万m³2.7万t/基で想定。受入基地要貯蔵タンク基数（金属2重殻タンク）＝増加需要量/（2.7×航海数）×80%（金属2重殻式タンク比率）
生産基地要貯蔵タンク基数は受入基地貯蔵能力の40~50%能力として算出
 2. 9%Ni鋼使用タンク基数は、金属2重殻タンクの使用材料をAl合金：9%Ni鋼＝5：5と想定して算出。
 3. 9%Ni鋼需要量は、6万m³、2.7万t/基 貯蔵タンクの9%Ni鋼原単位を1,000tと想定して算出。

表 15 貯蔵タンク関連のわが国9%Ni鋼需要量

(単位 1,000 t)

	1976 ~ 1980			1981 ~ 1985		
	国	内	輸 出	国	内	輸 出
貯蔵タンク関連 9%Ni鋼需要量	23	7	30	23	10	36

- ＜算出要領＞
1. 国内：国内貯蔵タンク需要に関連して必要となる9%Ni鋼需要およびプラント輸出を含む。
日本向LNGの受入基地はもちろん、生産基地における貯蔵タンク（プラント輸出）は全量日本が獲得するものと想定および海外諸国向生産基地の内、プラント輸出のシェアを20%とみて想定した。受入基地に対するプラント輸出は0とした。
 2. 輸出：材料輸出
外国貯蔵タンク需要に関連して必要となる9%Ni鋼の内、日本よりプラント輸出するものを差し引き日本の材料輸出シェアを20%で想定した。

表 16 LNG需要量と9% Ni鋼需要量

	LNG 需要量			1976 ~ 1980				1981 ~ 1985			
	万 t			LNG 増加 需要量 万 t	要タンカー 隻数	要貯蔵タン ク基数	9% Ni 鋼 需要量 万 t	LNG 増加 需要量 万 t	要タンカー 隻数	要貯蔵タン ク基数	9% Ni 鋼 需要量 万 t
	1975	1980	1985								
日 本	500	2,000	3,600	1,500	22	43	(60.6)	1,600	24	46	(85.1)
米 国	2,500	5,000	8,000	2,500	37	72		3,000	45	87	
欧 州	700	1,000	2,000	300	3	6		1,000	10	20	
計	3,700	8,000	13,600	4,300	62	121	(113.6)	5,600	79	153	(147.5)

- (注) 1. 要タンカー隻数および要貯蔵タンク（金属2重殻タンク）基数には9% Ni鋼を使わない物も含む。
2. 日本の9% Ni鋼需要量には輸出関連分も含む。

タンク関連のわが国9% Ni鋼需要量は1976~1980年で年間6,000 t, 1981~1985年で年間7,000 tの需要が見込まれる。

4.4 LNG需要量と9% Ni鋼需要量

LNGタンカーおよび貯蔵タンクに関連する9% Ni鋼需要を総括すると表16のごとくである。

輸出関連分を含めたわが国9% Ni鋼需要量は1976~1980年で年間12,000 t, 1981~1985年で年間17,000 tが見込まれる。

5. あとがき

LNG関連技術の確立は天然ガス資源に恵まれ

ない国々でも大量に天然ガスを利用することができるようにした点で、意義が高く、今後のLNGの需要の急成長が期待される。特にLNGの無公害性は環境問題が重視される最近の先進工業国にとっては格好のエネルギー源と言えよう。ただLNGは種々の複雑な設備を必要とするためにコスト的に高くつくことと、大量利用を図らねばならないことなどが問題である。LNGの特徴を生かした冷熱利用および液状利用の技術開発が大切であると同時に、タンカーなど施設の大型化によりLNGの単価を切りさげる努力も重要である。

最後に種々ご指導いただいた関係官庁、業界、団体のご専門の方々に深く感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 通産省鉱山石炭局液化天然ガス研究委員会：液化天然ガス研究委員会中間報告，(1969) 12
- 2) The Oil and Gas Journal, 11 (1970) 10
- 3) Financial Times, (1969) 12, 16
- 4) 科学技術庁資源調査会報告第50号
- 5) 科学技術庁資源調査会：液化天然ガスの利用技術に関する調査報告，(1969)
- 6) 特集 LNG・その周辺と展望：エネルギー，(1970) 2
- 7) 特集 LNG輸送の新展開をめぐる：エネルギー，(1970) 11
- 8) 特集 LNGの再ガス化の貯蔵方式，エネルギー，(1970) 12
- 9) 最近の液化天然ガス特長LNG・国際会議論文集，(1969) [天然ガス鉱業会]
- 10) 新製品紹介—低温用鋼板，JSSC，(1969) 7 [日本鋼構造協会]
- 11) 9% Ni鋼の溶接性試験，石播技報，(1965) 5
- 12) 低温用鋼材と脆性破壊，鉄と鋼，(1967) 14
- 13) LNG特集 LNGタンク，配管と装置，(1970) 6

- 14) LNGタンカーの現状と将来の需要, 造船界, (1970) 10
- 15) LNG船の特徴, フジスチールデザイン, (1969) 76
- 16) 第37回電力中央調査会電力需要予測
- 17) 総合エネルギー調査会長期エネルギー需給バランス
- 18) 日本エネルギー経済研究所総エネルギー需要長期予測 (1969.3)
- 19) 日本瓦斯協会ガス事業総計年報
- 20) 経済企画庁国民所得統計・新経済社会発展計画
- 21) Pipe Line Industry, (1969) 10
- 22) Oil and Gas International, (1970) 2
- 23) 1968年LNG国際会議資料