LNG Receiving Terminal 및 發電所 建設에 對하여

李 哲
(韓國電力(株)技術開發部長)

1. 序 論

73年 石油波動과 79年 이란事態 以後 産油國들은 政治的, 經濟的 目的으로 石油를 무기화로 利用, 減産措置 및 油價引上을 斷行함으로써 石油消費國의 經濟的 負担을 加重시켰으며 앞으로의 石油需給도 急增하는 需要에 對比, 供給不足으로 因하여 極히 不安定하리라 豫想된다. 우리나라와 같이 에너지를 全的으로 輸入에만 依存하는 國家는 今後 原子力, 石炭 및 LNG 등의 石油代替에너지를 確保, 利用할 必要性이 切實히 要求되고 있다.

代替에너지 中에서도 天然가스는 그 埋藏量이 豐富하여 石油보다도 20年 以上(向後 50年程度) 供給이 可能하며, 比較的 世界 全地域에 分布되어 있다. 가스田에서 捕集한 天然가스를 精製, 液化한 液化天然가스(Liquefied Natural Gas)는 硫黃分을 거의 포함하고 있지않을 뿐 아니라 燃燒時 窒素酸化物의 發生이 적은 Clean Energy이므로 公害問題가 根本的으로 解決되는 重要한 에너지源으로서 評價되고 있다.

그러나 氣体狀態인 天然가스를 輸送하는데는 Pipe Line 이외의 方法이 없었기 때문에, 過去의 天然가스需給은 카나다에서 美國으로, 소련에서 東유럽으로 局限되었었다. 따라서 大量消費地域에서 遠距離에 있는 中近東, 아프리카, 베네주엘라, 알라스카等의 石油地帶에서는 石油生産에 併産되는 天然가스를 年間 1,500~2,000億m^3나 되는 巨大한 量을 燒却시킬 수밖에 없었다. 그러나, 近來에는 船舶을 利用한 冷凍輸送으로 먼 地域의 가스資源을 活用하게 되었다.

이와같이, LNG의 여러가지 利點과 超低温冷凍技術의 發達로 遠距離輸送이 可能함에 따라 LNG需要는 急增하는 趨勢로서 그 重要度는 더욱 높아질 것이므로 發電用 燃料로서 뿐만 아니라 都市가스, 産業原料用 및 冷熱利用 에너지源으로서 液化天然가스(LNG)의 資源現況 및 特性을 살펴보고 LNG의 設備運用과 關聯技術을 簡單히 紹介하고자 한다.

2. 天然가스의 海外資源 現況

世界 天然가스 確認埋藏量은 約71兆m³(2502×10¹²ft³)로서 石油로 換算하면 石油埋藏量의 約 2/3에 相當한 量이며, 現在 天然가스의 生産量은 石油의 約 40% 程度로서 今後 相當한 供給 潛在力을 가지고 있는데 地域別 埋藏量은 表1과 같으며 世界 全地域에 分散되어 있다. 〈表1〉

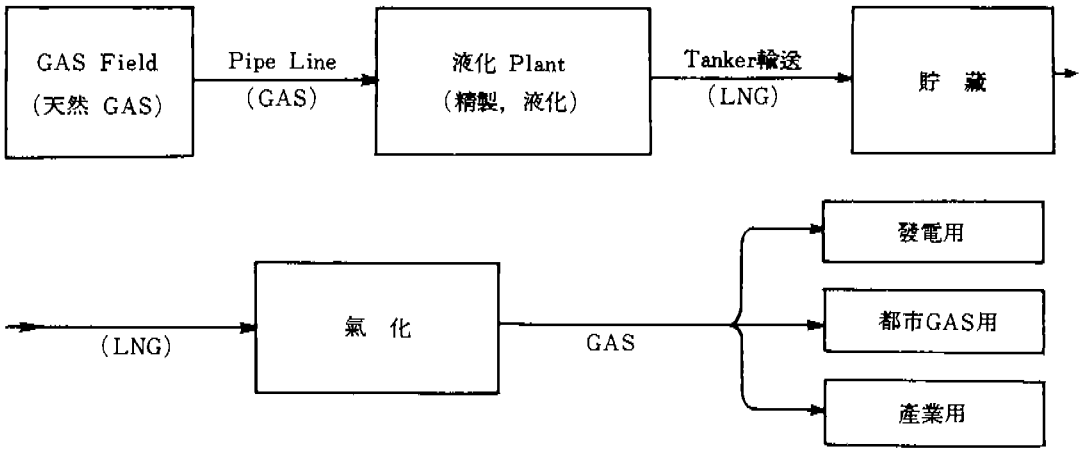
3. LNG Project의 特徵 및 現況

天然가스를 捕集, 液化, 輸送, 再氣化, 供給하는 流通体制로 構成되는 LNG事業은 生産國과 이에 相應하는 需要規模를 가진 消費國間에 實現된다. 卽, 生産國側에서는 가스田과 가스 捕集, 精製, 液化, 貯藏 등의 設備 및 輸送船에 積載할 設備가 施設되며 需要國側에서는 供給된 LNG의 貯藏, 再氣化, 分配供給設備 등

〈表1〉 〔세계 천연가스 확인 매장량〕 (78.1 현재)

구분 / 지역별	확인매장량 ($\times 10^9 m^3$)	주요매장국(매장량) ($\times 10^9 m^3$)	비고
아시아-태평양	3,394	오스트랄리아 (879) 인도네시아 (680) 말레이지아 (481) 파키스탄 (453) 브루네이 (227)	4.8%
서구라파	4,057	네델란드 (1,756) 노르웨이 (680) 영국 (765) 프랑스 (184)	5.7%
중동	20,690	이란 (14,158) 사우디아라비아 (2,659) 카타르 (1,133) 쿠웨이트 (886) 아부다비 (556)	29.7%
아프리카	5,275	알제리아 (2,973) 나이제리아 (1,189) 리비아 (685) 투니시아 (170)	7.5%
북아메리카	8,382	미국 (5,805) 카나다 (1,671) 멕시코 (906)	11.8%
남아메리카	2,292	베네쉘라 (1,161) 아르젠티나 (340) 트리니다도 (227) 볼리비아 (170)	3.2%
공산권	26,759	소련 (25,768) 중동 (708)	37.8%
계	70,849		100%

〈그림 1〉 〔LNG의 流通体制〕



을 包含하는 受入基地가 施設되어 運營되는 것을 말하며 上記의 流通体系에서 GAS捕集에서 需要家에 供給까지의 1個 PROJECT 全過程을 LNG Chain이라 하며 GAS 捕集. 精製. 液化 등까지의 一連의 單位生産工程을 LNG Train이라 한다. 1個 Train容量은 現在까지는 100~150万屯/年이나 漸次 200~250万屯/年 으로 增加趨勢에 있으며 LNG事業의 流通体係는 다음 그림과 같다. 〈그림 1〉

가) LNG事業의 特徵

첫째로 LNG는 發電用燃料 및 各 工業用 燃料 등의 基礎에너지로서만이 아니라 石油化學工業의 原料로서도 廣範圍하게 使用되므로 日常生活에 效用을 주는 無公害에너지이어서 公益事業이라 할 수 있다.

둘째로, LNG事業은 國際的인 事業이다. 卽 企業과 企業, 政府와 企業間 契約의 複雜性, 危險의 分散, 專門化된 技術의 集約, 特히 資金調達 등을 目的으로 國際的인 Consortium의 結成이 要求되기 때문이다.

셋째로, LNG事業은 一貫性 및 安定性이 要求되는 事業이다. 卽 生産國과 消費國間의 需給面에서 長期에 걸쳐 大量의 供給이 維持되어야 하며, 生産規模 및 生産時期가 消費規模 및 時期와 一致하여야 하는 特殊性이 있다.

넷째, LNG事業은 資本集約性 및 長期性을 가진 事業이다. 이 事業에는 30~40億弗 程度의 巨額資本이 必要하며 投資에 對한 危險도 높아, 導入 및 供給基地. LNG Plant, Tanker 等은 同時에 建設하여야 하므로 資本需要가 一定期間에 集中할 뿐만 아니라, 稼動까지 最小限 6~7年이라는 長期間이 所要된다.

다섯째, LNG事業은 長斯間 契約事業이다. 投資額이 많이 所要되는데 比해서 收益性이 낮으며 資金回收期間이 길기 때문에 長期間 供給契約(普通 20年)에 依해 이루어지는 事業이다.

현재 世界에서 稼動中이거나 開發推進中인 LNG project 현황은 〈表 2〉와 〈表 3〉과 같다.

나) LNG의 性狀 및 特性

LNG는 産地에 따라 그 性狀이 各各 다르나 一般的으로 메탄(CH_4)을 主成分(80~100% 体積比)으로 하고 이에 少量의 에탄, 프로판, 부탄, 펜탄, 질소 및 탄산가스를 含有한 天然가스를 정제한 후 1기압, -162℃로 冷却하여 液化한 것으로서 그 性狀 및 特性은 다음 표와 같다. 〈表 4〉

다) LNG의 長短點

① 長 點

◎ 天然가스를 液体狀態 卽 LNG狀態로 됨으로써 그 体積이 約 1/600로 줄어들어 貯藏, 輸送面에서 有利하다.

〈表 2〉 〔稼動中인 世界LNG Project 現況〕

輸 入 國	生 産 供 給 國	輸入量(百万屯/年)	最初船積	契約期間(年)	LNG輸送船(m^3)	備 考
日 本	美 國	最初 0.72 現在 0.96	1969.11	15	2×71,500	
	브 르 네 이	5.14	1972.12	20	7×75,000	
	아 부 다 비	2.05	1977.5	20	3×125,000	
	인 도 네 시 아	4.10 3.40	1977.8 1978.	22	7×125,000	
		(계 15.65)				
美 国	알 제 리 아	0.30	1971.11	20	1×50,000	
	〃	7.50	1978.3	20	9×125,000	
		(계 7.8)				
英 国	알 제 리 아	最初 0.80 現在 0.72	1964.11	15	2×26,000	
프랑스	알 제 리 아	0.35	1965.3	15	1×25,000	
	〃	2.50	1973.1	25	2×40,000	
		(계 2.85)				
이태리	리 비 아	1.80	1971.7	20	3×40,000	
스페인	리 비 아	0.77	1971.3	15	1×40,000	

(資料 : GAS TECH'78)

〈表 3〉 〔開發中인 LNG Project 現況〕

輸 入 國	生産供給國	輸入量(百万屯/年)	最初船積	契約期間(年)	LNG輸送船(m^3)	備 考
日 本	말레이지아	6.00	1980. 1	20	5×130,000	
	이 란	2.50	1982－1985	20	5×125,000	
	오스트랄리아	6.00	1984	20	8×125,000	
	카 타 르	5.00	1982－1985	20	10×125,000	
		(계 19.50)				
美 国	인도네시아	3.85	1981－1985	20	8×125,000	
	나이제리아	5.00	1981－1985	20	7×125,000	
	알 제 리 아	10.50	1981－1985	20	16×125,000	
		(계 19.35)				
카 나 다	알 제 리 아	7.50	1981－1985	20	8×125,000	
프 랑 스	알 제 리 아	3.60	1980	20	2×125,000	
스 페 인	알 제 리 아	3.50	1980	20	1×125,000	
벨 지 움	알 제 리 아	2.50	1980	20	1×131,000	

(資料 : GAS TECH '78)

〈表 4〉 〔産地別 LNG의 性状〕

	ALGERIA		U.S.A.	LIBYA	BRUNEI	INDONESIA	
	ARZEW	SKIKDA	KENAI	MARSAEL BREGA	LUMUT	BADAK	ARUN
N_2 Mol%	0.71	1.25	0.4	—	0.1	0.06	0.3
Methane	86.98	92.55	99.6	67.7	88.1	87.44	72.0
Ethane	9.35	5.37	—	19.8	5.0	4.51	6.0
Propane	2.33	0.59	—	8.7	4.9	2.84	2.6
iso-Butane	0.27	0.10	—	3.1	1.8	0.6	0.6
n-Butane	0.36	0.14	—			0.69	0.8
Pentane	—	—	—	0.6	0.1	0.43	3.7

〔LNG의 物性 및 特性〕

項目		內容	備考
物性	氣体比重(空氣=1)	0.55~0.70	프로판1.55 부탄2.0
	沸點	−162℃(1기압)	
	液体比重 (물=1)	0.42	
	總發熱量	13,270Kcal/kg (12,600~13,270 Kcal/kg)	순수메탄
	m^3GAS/m^3液	550~63.5(約600)	
特性	無黃性	硫黃性分이 거의 없다.	
	淸潔性	無煤煙, 無灰, 無臭	
	安全性	無毒으로 漏泄되어도 大氣中에 放散(爆發下限界 5%)	LPG爆發下限界1.9 ~2.2%
	特殊施設必要	輸送 및 供給에 特殊施設必要(超低温貯藏 및 輸送)	
	關係技術의安定	既開發 技術로 可能	

◎ 總 發熱量은 13,270Kcal/kg 로 매우 高熱量의 에너지이며 燃燒調整이 容易하므로 使用이 便利한 燃料이다.

◎ LNG는 液化하기 前 硫黃, 먼지, 탄산가스를 除去하므로 燃燒時 大氣汚染의 主要原因인 硫黃酸化物의 排出이 거의 없고, 粉塵과 窒素酸化物도 石油에 比하여 越等히 낮은 無公害 에너지이다.

◎ LNG의 主成分인 메탄은 無臭, 無毒이며, 프로판, 부탄等보다 훨씬 가벼고(空氣對比 0.42), 燃發性이 낮아 安全性이 높다.

② 短 點

◎ 가스探知器 및 가스流出에 對備한 防爆設備등 安全裝置가 必要하다.

◎ 發電用 燃料로 使用時 重油에 比해 水素成分이 많아 排出가스中의 水蒸氣가 保有하는 蒸發潛熱의 損失로 因하여 重油에 比해 熱効率이 1.5~2.0% 程度 低下된다.

◎ 需要變動에 對한 彈力性이 적다.

供給의 安全性이 높은 反面 豫期치 않은 事故 등으로 供給이 中斷될 경우에 石油와 같이 다른 供給源으로 代替할 對策이 必要하다.

4. LNG의 輸送

LNG의 海上輸送은 1959年 2月, 美國 루이지니아州의 찰스湖岸으로부터 2,000屯의 LNG를 英國 캔베이港까지 輸送한 메탄 파이오니어號가 最初이며, 이 메탄 파이오니어號의 試驗輸送으로부터 5年 後인 1964年에 世界 最初의 LNG의 Project인 Camel Project 에 依한 Methane Princess와 Methane Progress號에 依하여 12,000屯을 알제리아로부터 영국의 캔베이港까지 輸送함으로써 LNG 海洋輸送이 本格化되었다.

가) LNG 輸送路

天然가스가 液化狀態로 維持되기 爲해서는 常壓에서 −162℃를 維持하여야 하므로 그 輸送船舶은 特殊한 斷熱材를 使用하여 極冷溫을 維持하여야 하기 때문에 特殊한 構造와 材質을 要求하며 船舶容量 및 所要隻數는 産地와 消費國間의 航海距離 및 年間 供給量등으로 決定된다.

① LNG輸送船舶의 形式

輸送船舶의 形式은 LNG 運搬 Tank의 模樣과 斷熱方法에 따라 Membrain方式, 獨立 Tank 方式, 半Membrain方式, 長方形 壓力容器形式으로 大別할 수 있다. 이것은 船舶建造國家가 開發한 方式에 따라 나누어진 것이므로 船舶建造國家가 定해지면 輸送船舶의 形式도 1～2個로 限定된다.

現在 運航이거나 建造中인 輸出船舶中 Membrain方式과 獨立 Tank方式이 大部分을 차지하고 있으며, 其他 方式은 現在 開發中에 있다.

Membrain方式은 獨立 Tank 方式보다 設備에 對한 投資費가 낮지만, 技術的으로 困難한 點이 많으므로 國內의 造船 水準으로는 獨立 Tank 方式이 採擇될 것으로 생각된다.

獨立 Tank 方式中에서 Moss Rosenberg 社의 設計가 가장 技術的인 長點을 가지고 있으며 5개의 Tank를 가지고 있다.

② 船舶 規模 및 費用

1979年 現在까지 建設中인 것을 包含하여 總船舶 80隻中 半 以上이 125,000㎥級 規模의 船舶이다. 現在 165,000㎥이 論議되고 있으나 發注된 바는 없고 그 建造 可能性은 充分한 것으로 보고 있다.

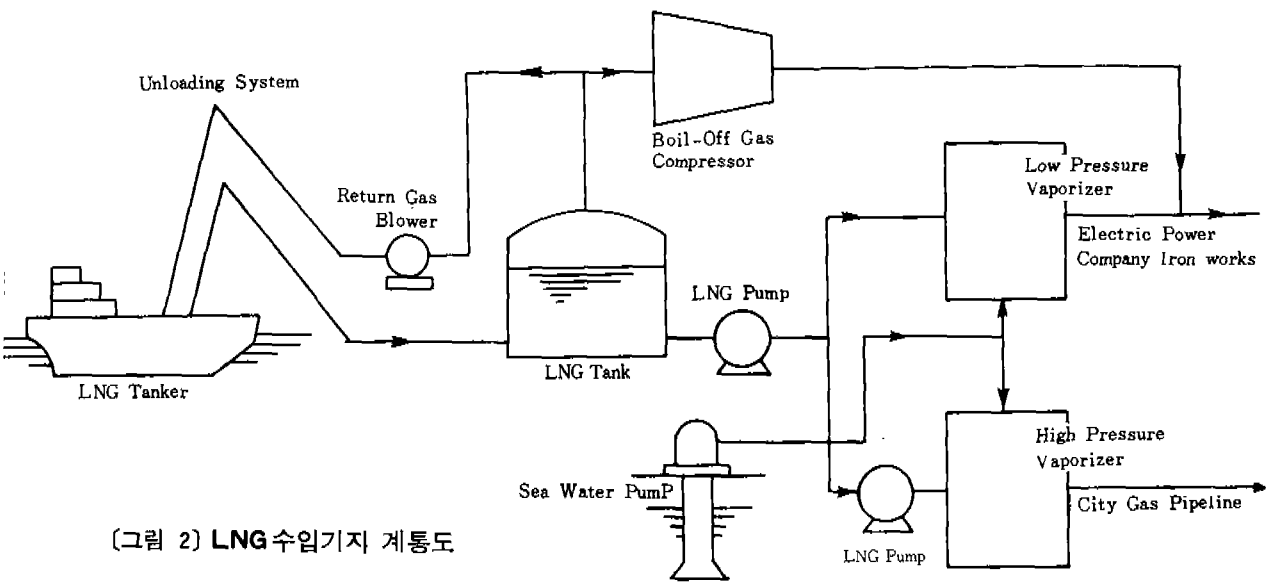
가장 一般的인 125,000㎥級 船舶의 크기는 길이 270～280m, 幅 45m, 吃水(Draft) 11m, 速度 19노트 內外이다.

125,000㎥級 船舶基準으로 1979年 現在 建設費用은 隻當 1億1千5百萬弗로 알려졌으며, 建造期間은 普通 24～30個月이 所要되며 一般的으로 船舶容量이 크고, 速度가 낮을수록 선박 건조비가 저렴한 것으로 알려져 있다.

5. LNG 受入基地

가) LNG 受入基地의 概要

LNG는 流通体系에서 알 수 있는 바와 같이 産가스國에서 天然가스를 捕集, 精製 液化하여 일시 貯藏한 후 LNG船舶으로 消費國에 輸送되며 이와같이 消費國에 輸送된 超低溫의 LNG를 荷役, 貯藏 및 再氣化하여 需用家에 供給하는 設備를 갖춘 基地를 LNG受入基地라 하며 그 設備 및 處理過程은 〈그림 2〉와 같다.



〔그림 2〕 LNG수입기지 계통도

船舶에 의하여 運搬된 LNG는 船舶自体의 LNG 펌프로 貯藏탱크에 보내어 진다. 저장탱크는 斷熱材로 設計되어 있으나 얼마간의 自然氣化가 發生하며 특히 荷役時에는 多量의 가스가 發生한다.

이 自然發生된 가스를 Boil off GAS(BOG)라 하며 BOG는 LNG荷役時는 船舶에 再回送되어 船舶탱크內에 空氣漏入을 防止하며 平常時에는 BOG壓縮機로 加壓된 후 消費處供給管에 보내진다.

LNG탱크에 貯藏된 LNG는 펌프로 加壓시켜 氣化器에 보내어져 再氣化되어 用途에 따라 pipe line으로 使用處에 보내어 진다.

나) LNG 貯藏탱크

① 탱크의 概要

LNG貯藏탱크는 −162℃의 超低温 危險物質을 貯藏하게 되며 또한 經濟性을 考慮하여 大型化하지 않으면 안되므로 構造上 아래와 같은 條件을 갖추어야한다.

- ○氣密 密閉된 構造이다.
- ○特殊斷熱材가 使用된다.
- ○熱收縮, 液荷重, 其他 荷重에 견디도록 堅固하여야 한다.

LNG 貯藏탱크는 受入基地의 大部分을 차지하는 設備로서 總受入基地 建設費의 50% 以上을 차지하며 이 貯藏設備의 建設費는 使用材料 및 構造에 따라 다르나 大略 같은 規模의 LPG탱크의 4倍, 原油탱크의 10倍 程度로서 8萬m^3級 LNG탱크 1基 建設費는 3千萬~4千萬$ 程度 所要되는 것으로 나타나 있다.

② LNG탱크의 形式과 特徵

LNG 貯藏탱크는 탱크設置位置에 따라 地上式과 地下式으로 分類되며 지붕形式에 따라서 自立型과 懸垂型이 있으며 漏泄防止 方法에 따라 分類하면 本体式과 membrane 式으로 分類된다.

使用材料는 金屬(Stainless鋼, Al合金, 9% Ni鋼, Invar)과 Concrete 그리고 凍結土가 使用되고 있다.

現在 主로 使用되고 있는 型式으로는 低温에서 靱性이 優秀한 9% Ni鋼 및 Al合金 등의 開發과 鎔接 및 檢査技術의 開發로 地上式 2重탱크가 世界的으로 널리 使用되고 있다.

탱크容量은 現在 6万m^3級이 大宗을 이루고 있으나 建設中에 있는 탱크의 容量은 8~10万m^3級이 많으며 15万m^3級까지 建設되고 있다.

다) LNG氣化器

LNG氣化器는 液体狀態인 LNG를 消費處에 보내기 前에 常温의 가스로 再氣化시키는 熱交換器의 一種이다.

LNG의 再氣化裝置는 그 使用熱源에 따라 여러가지 方法이 開發되어 實用化되고 있으나 主로 open Rack式과 Submerged Combustion式이 使用되고 있다.

氣化器의 GAS運轉壓力은 需要處의 用途와 공급거리에 따라 다르나 都市가스와 같이 受入基地로부터 遠距離인 需要處에 보내기 위하여는 輸送壓力損失을 勘案하여 50~70kg/cm^2 程度이나 受入基地에 隣接된 發電所 등 近距離工場의 경우는 壓力損失이 거의 없기 때문에 5~10kg/cm^2程度로 보내고 있다. 또한 氣化器出口 가스温度는 通常 0~10℃程度로 運轉하는 것이 經濟的으로 알려지고 있다.

① 氣化器의 種類

ㄱ). Open Rack式

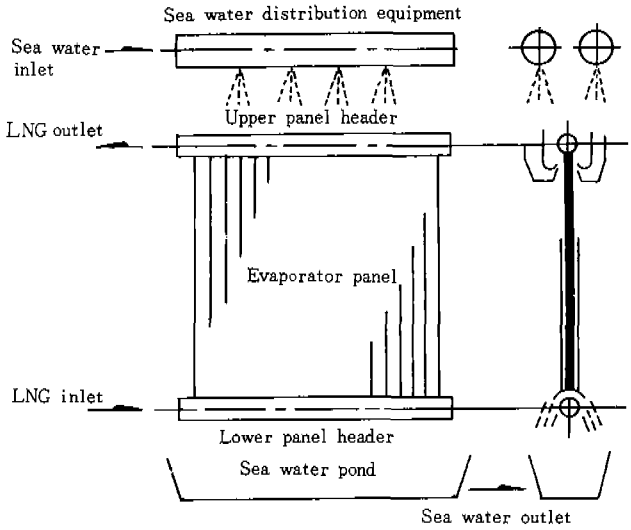
이 型式은 一般熱交換器와 같은 原理로 Fin Tube內에 LNG를 通過시키고 外部로부터 海水(約15℃)를 撒布시켜 必要한 熱量을 주어 氣化시키며 傳熱管 材質은 海水에 잘 견디는 Al合金体로 되어있다.

이 型式은 海水를 熱源으로 使用하기 때문에 運轉費가 低廉하고 安全하며 傳熱管 表面이 地上에 露出되어 있기 때문에 運轉中에도 各部의 狀態를 쉽게 點檢할 수 있으며 長期運轉에 信賴性이 높아 基底負荷用으로 主로 使用되고 있다. (그림 3)

ㄴ). Submerged Combustion式

버너로써 燃料를 燃燒하여 그 燃燒가스를 直

〔그림 3〕



〈Outline of open Rack Vaporizer〉

接 물탱크內에 水面 밑으로 불어넣어 加熱媒体인 물을 加熱하고 LNG는 물탱크 내에 設置한 Tube내를 通過하면서 氣化된다. 傳熱管의 表面은 高温燃燒가스 氣泡에 의하여 効果的으로 加熱되기 때문에 傳熱面積을 작게 만들 수가 있으며 管材質은 Stainless를 使用한다.

設備費는 open Rack 式에 비해 顯著히 적게 드나 燃料費가 追加所要되어 運轉費가 高價가 되나 需要變動에 適應力이 좋으므로 尖頭負担當用으로 使用되고 있다. (그림 4)

ㄷ). **直接加熱式**

버너燃燒가스 또는 蒸氣를 直接 傳熱管에 接觸시켜 LNG를 加熱하는 型式으로 氣化가 잘되어 規模가 작게 되는 長點은 있으나 運轉經費가 많이 들며 特히 燃燒가스를 使用할 경우에는 爆發의 危險이 있으므로 아직은 별로 使用되고 있지 않은 型式이다.

라) LNG 펌프

LNG를 LNG貯藏탱크로부터 氣化器를 거쳐 消費處까지 보내기 위하여 必要한 壓力을 높여주는 裝置로서 LNG펌프는 低温의 粘度가 낮은 流体에 適用될 수 있는 構造로 設計되어야 한다. 一般的으로 垂直形 多段 Submerged 型이 가장 많이 採用되고 있는데 이 形式은 軸密封이 必要없으며 Motor는 超低温의 LNG 中에 잠겨지므로 特殊設計 製作되고 있다.

마) BOG Compressor

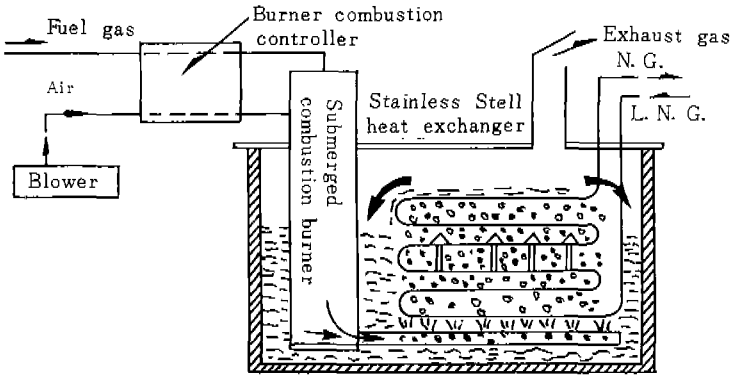
탱크 및 配管에서의 入熱, LNG펌프에 依해 發生된 熱, 및 LNG荷役時 發生되는 熱 및 大氣壓의 變動 등에 따라 BOG가 發生하게 되며 이 BOG를 處理하기 위하여 設置된 것이 BOG Compressor이다. BOG處理方法으로는 再液化하여 貯藏탱크로 돌려보내는 경우도 있으나 大部分 BOG를 昇壓하여 供給配管으로 보내고 있다.

BOG Compressor 型式으로는 往復動型과 Tube型이고 BOG處理量과 壓力 등 受入基地特性에 따라 한가지 또는 두가지를 組合하여 設置하는 것이 보통이다.

바) LNG受入基地의 安全

LNG受入基地의 安全은 事故가 發生되지 않도록 하는 것과 事故가 發生되어도 災害가 最

〔그림 4〕



小로 되도록 하기 위하여 設備뿐만 아니라 運轉管理面에서 安全對策을 고려하고 있다.

現在 日本에서 適用되고 있는 安全關係 規則으로는 工場立地法, 石油콤비나트 災害防止法, 高壓가스取扱法, 가스事業法, 電氣事業法 등 各種安全規定이 있다. 設計 및 施工上의 安全規定에도 API, ASTM, ANSI, ASME 등 많은 關係規定에 適用받고 있다.

受入基地 安全規定中에서 가장 問題가 되고 있는 것은 LNG 貯藏탱크로서, 例를 들면 地上탱크의 경우는 탱크 주위에 貯藏容量規模의 防液堤를 만들어야 하며 탱크간에 充分한 保安距離를 維持하여야 하고 熱에 대한 防熱設備를 講究해야 하며 緊急遮斷裝置 등을 設置해야 하는 等 엄격한 안전규정이 요구되고 있다.

우리나라는 아직 액화가스에 대한 特別한 規定이 없으나 LNG導入의 推進과 함께 補強되거나 새로운 安全規定을 制定할 必要가 있다.

6. LNG 發電所

가) 概 要

LNG 發電所는 從來의 重油 또는 原油 燃燒式 發電所에 比較하여 根本的 差異는 없으며, 또한 技術과 機器製作面에서도 特別한 問題點이 없다. 다만, 燃料供給 및 燃燒設備 部分에 있어서 使用燃料가 爆發性 氣体라는 點과 無公害燃料라는데서 設備 및 運轉上의 特徵이 있을 뿐이다. 卽, LNG는 重油燃燒設備와 比較하여 燃燒特性이 다르고 燃料供給設備(Tank 및Pipe)와 버너의 特性, 보일러의 화로와 Tube配列이 약간 相異하며, 1次 空氣豫熱器, 煙煙除去裝置 등이 必要없고 低硫黃分이기 때문에 低温腐蝕이 없어 排氣가스 温度를 낮게 維持할 수 있다.

또 公害設備 面에서 보면, 脫黃設備, 電氣集塵器 등 公害對策 設備가 없어도 되므로 發電所 그 自体의 設備는 低廉하고 簡便한 편이나, 原油燃燒式과 같이 防爆 등 安全對策이 必要하며 綜合 熱効率에서는 約 1.5～2% 低下된다.

나) 火 炉(Furnace)

LNG는 燃料中 바나듐이 거의 包含되어 있지 않아, 가스 중에 V_2O_5에 依한 高温腐蝕이 거의 없다. 또한 LNG 燃燒時의 火炎은 重油燃燒時에 比해 輝炎度가 낮기 때문에 火炉에서의 輻射 傳熱量이 낮아진다. 그리고 燃燒가 比較的 均一하며, 炉內의 受熱分布는 均一化되기 때문에 一般的으로 LNG專燒보일러는 重油보일러에 比해 火炉를 적게 하여도 된다. 그러나 LNG와 重油를 專燒 또는 混燒 可能토록 한 경우 NO_x 減少策을 고려하여야 하며, 火炉는 重油를 基準으로 하여야 한다.

다) 後部 伝熱部

LNG의 燃燒가스는 水蒸氣의 含有量이 많기 때문에 按觸 傳熱面에서의 管끼리의 輻射傳熱量이 크게 된다. (重油燃燒時의 水分 7～8% 〈重量比〉, LNG燃燒時의 水分 11～14% 含有) 따라서 按觸 傳熱部에 配置되어 있는 再熱器를 重油 基準으로 하여 再熱器 出口 温度 維持範圍를 選定하면 LNG 燃燒時는 이 範圍를 上廻할 수도 있다. 〈表5〉

〈表5〉 〔노내 평균 전열율〕

1. 가스전소 설계 보일러(비발광성)	48,000	BTU/ft²h
2. 개조 또는 겸용보일러(발광성)	32,000～36,000	BTU/ft²h
3. 석탄 보일러	35,000	BTU/ft²h
4. 중유 보일러	42,000	BTU/ft²h

라) 보일러 排氣가스 温度

LNG 燃燒時는 燃燒中 硫黃分이 거의 包含되어 있지않기 때문에 SO_3에 依한 低温腐蝕이 일어나지 않으며 重油보일러에 比해 排氣가스 温度를 낮게 維持할 수 있다. 그러나 前述한 바와 같이 排가스中에 水分이 많으므로, 冬節期는 水分에 依한 White Smoke現狀이 나타나 通常 空氣豫熱器 出口가스温度는 보일러 定格運轉時의 100～110% 程度로 選擇, 維持하게

〈表 6〉 〔연도 가스 열손실〕

연 료 별	연 도 손 실(%)
석 탄	10.2
중 유	10.0
메 탄	13.9
천연가스	13.4

된다. 또한 空氣豫熱器 低温部 엘레멘트温度를 올릴 必要가 없어 蒸氣式 空氣豫熱器를 使用할 必要가 없다. Oil燃燒式에서는 空氣豫熱器를 運轉하여 排氣温度를 140℃ 程度로 維持시키고 있다. 〈表 6〉

마) 除煤裝置

天然가스는 煤煙發生이 거의 없으므로 LNG 專燒時는 Soot Blower를 設置하거나 運轉할 必要가 없다.

바) 가스 버너(Oil 가스 兼用)

보일러의 形式은 美國 FW社가 開發한 Multispud形 가스 버너가 가장 많이 使用되고 있다. 이 보일러는 一般 火力發電所의 Oil 버너 周圍에 複數個의 Spud形 버너 Gun을 配置한 構造의 大容量 보일러에 適合하며 NO_x 排出도 減少된다.

構造는 1個의 Oil버너 周圍에 6個 程度의 가스 버너를 配置하고 Oil버너의 數는 一般 油專燒 보일러와 같다.

使用方法은 Oil專燒 또는 가스專燒가 可能하며 Oil과 가스를 함께 燃燒할 수도 있다.

버너의 가스噴射壓力은 2.5kg/cm²이지만 配管 및 各種 Valve들의 壓力損失을 勘案하여 4.5~6.5kg/cm²으로 供給하게 된다.

사) 가스 發電所의 安全

天然가스는 主成分이 메탄(CH_4)이므로 無臭, 無毒性이며, 空氣보다 가벼워 漏泄되더라도 大氣에 擴散되어 窒息에 依한 人命被害는 없으나 爆發에 依한 危險性은 있다. LNG의爆發下限界는 5% 로서 LPG(1.5~2%)에 比하면 安全하다고 할 수 있으나, 可燃性 爆發物質이므로 漏泄時는 早期 探知와 가스의 早期遮斷 그리고 漏出된 가스의 換氣가 가장 重要하다.

天然가스 보일러는 設計時, 減壓設備, 計測設備, 供給配管 등은 屋外에 設置토록 하며, 屋內形 보일러인 境遇는 가스管의 Relief Line을 屋上에 設置한다. 보일러 建物 特히 버너周圍는 換氣가 잘 되도록 하고 爆發에 對備한 排氣裝置를 設置한다. 2種 以上의 兩用 燃燒式일 때, 火炎檢出器는 各 燃料의 消火狀態를 檢出할 수 있도록 設置하며, 警報裝置 및 燃料遮斷裝置를 Interlock으로 設計한다.

運轉方式은 遠隔制御로 하며, 가스 Vent 管은 大氣로 向하게 하며, 모든 가스管은 起動時 및 補修時 Purge를 시키기 위한 N_2 Purge System이 設置되어 있다.

또한 가스漏出의 可能性이 있는 各 機器 및 重要한 位置에는 가스 探知器를 設置하여 自動警報를 發하게 하며, 手動探知器도 日日 數回 巡視檢査를 實施하고, 運轉員 및 가스發電所 勤務員들에 對한 安全敎育, 事故時 災害防止 組織과 訓練에 힘써야 한다. 〈表 7〉

〈表 7〉 〔천연가스 연소 보일러 폭발 원인〕

원 인 별	%
1. Pipe line내에 액체 또는 비활성 가스의 집적으로 인한 소화	23
2. 점화전 Purging의 불충분	18
3. 운전원 실수	11
4. 제어계통의 고장	11
5. 밸브의 누출	5
6. 공기, 가스량 비의 오조절	5
7. 가스 공급 계통 고장	4
8. 점화 버너의 고장	4
9. 송풍기 및 기록계 고장	4
10. 원인 불명	14
계	100

〔미국 통계 1947-1958〕