

## ● 技術解説 ●

# LNG 超低温利用技術 및 關聯産業

## Ultra-Low Temperature Utilization Technology of LNG and Relevant

(上)

鮮于賢範

韓國電力(株) LNG事業本部 企劃部長

### 序言

우리나라에서도 液化天然가스(LNG)의 導入 利用 計劃이 樹立되어 導入交渉과 同時에 引受 基地와 埠頭, 港路, 主供給管路의 建設 및 需要處인 發電所의 改造와 京仁地區 都市가스 計劃이 本格化되고 있다.

順調롭게 推進된다면 1985년부터 우리나라는 아세아에서는 두번째로 LNG를 導入 利用하는 先進形의 에너지利用國이 될 것이다.

그러나 이 CLEAL에너지는 高價인 반면, 輸送되어 온  $-162^{\circ}\text{C}$ 인 液体狀態의 LNG를 가스化 하여 利用하기 爲하여 再가스化 即 氣化하는 過程에서 莫大한 에너지를 海水를 加熱하여 (冷熱加熱) 放棄하는 것이 現在의 方式이고 우리의 現 計劃도 이 範圍를 벗어나지 못하고 있다.

그러나 先進國에서는 이미 部分的이기는 하나 이 LNG를 燃料로 利用하는 主目的外에 이 LNG가 갖고 있는 冷熱에너지를 回收利用함으로써 直接 發電에 利用하는 것을 爲始하여 液体酸素와 液体窒素의 製造, 食品의 冷凍貯藏, 海水의 淡水化, 電力케이블의 冷却으로 超傳導利用 地域冷暖房, 金屬等 廢棄物의 低温粉碎 및 原子力 廢棄物의 處理等を 開發하고 있다.

우리도 앞으로 建設될 平澤 LNG 基地의 諸

條件을 勘案 冷熱利用으로 擴大推進함으로써 에너지의 綜合的 効率利用을 期하는 슬기를 갖어야 하겠다.

天然가스는 液化基地에서 精製, 冷却  $-162^{\circ}\text{C}$ 로 液化되어 輸送되고 引受基地에서 貯藏되었다가 再氣化 등의 過程을 거쳐 需要處에 供給된다.

LNG는 産地에 따라 그 組成이 약간씩 다르지만 冷却 液化과정에서 投入된 動力 등 에너지의 大部分이 冷熱에너지 形態로 蓄積 保有되고 있으며 保有量은 LNG 1kg當 約 200 Kcal이다.

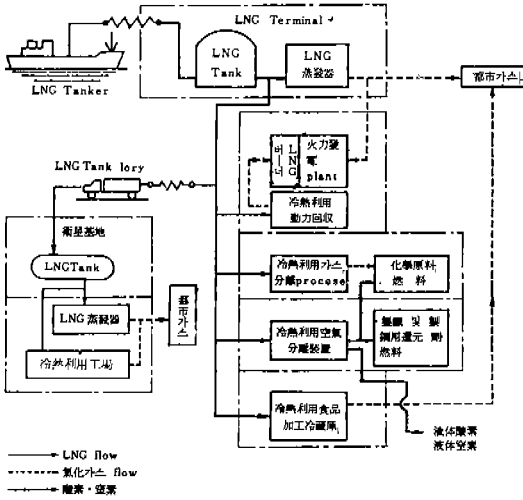
즉 LNG의 冷熱에너지는  $-162^{\circ}\text{C}$ 에서  $0^{\circ}\text{C}$ 의 氣体狀態까지 回收possible한 에너지量은 LNG 1 Ton當 約 200,000 Kcal (電力에너지로 換算하면 230kWh)에 이른다.

따라서 消費하는 側에서는 主目的인 熱에너지 (發電所와 都市가스等 燃料)로 利用하는 外에 追加로 위에 記述된 바 冷熱에너지를 利用할 수 있는 것이다.

그림 1에 LNG 冷熱利用 System을 圖示한다

### (1) LNG의 保有冷熱

LNG가 保有하는 冷熱은 그 組成, 壓力, 溫度 등에 따라 다르지만 kg當 約 200 Kcal의 冷熱을 保有하고 있으며 特別  $-160^{\circ}\text{C}$ 의 低温이



〈그림-1〉 LNG 冷熱利用 System

기 때문에 그 有効에너지는 아주 크다.

그 冷熱을 回收하여 利用하는 것은 에너지節減面에서 意義가 크며 最近 各國에서 그 技術開發이 進行되고 있다.

다음 表1에 低溫利用 process와 그 溫度領域을 圖示한다.

(2) LNG 冷熱 利用上 制約條件

LNG의 冷熱을 利用하는데는 다음과 같은 技術上의 制約條件이 檢討되어야 한다.

1. 利用溫度 壓力 - Level

LNG의 冷熱에너지는 使用溫度, 壓力에 따라 크게 變化한다.

즉 低溫일수록 LNG가 보유하는 冷熱에너지

〈表-1〉 低溫利用 process와 그 溫度領域

液化가스의 沸點	低溫 利用 process
	0℃
亞硫酸가스	-10℃
암모니아	-33.6℃
Fron 22	-40.8℃
propanl	-44.5℃
	-50℃
炭酸가스	-78.9℃
	-100℃
Ethylene	-104℃
	-150℃
LNG Methane	-162℃
酸素	-183℃
窒素	-196℃
	-200℃
	-246℃
水素	-253℃
Hellium	-269℃
	-273℃

회수효율이 높아지고, 壓力이 낮으면 冷熱에너지가 크게 된다. 한편 LNG 溫度를 低下시키려면 막대한 動力이 所要되며, 낮은 壓力에서 必要壓力에서 上昇시키는데 必要한 再壓縮費가 檢討되어야 한다.

## 2. 量的制約

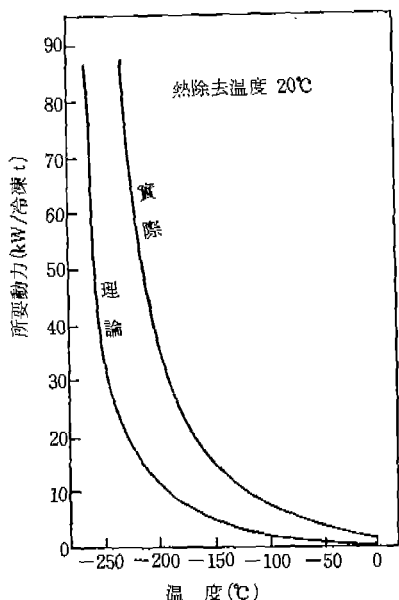
LNG는 주로 火力發電用 및 都市가스用으로 使用하기 때문에 季節的, 時間的 變動이 크다. 그래서 常時的으로 利用可能한 LNG 量은 最小使用量 즉 Base Load 분에 해당하며 그 量은 一般的으로 平均使用量의 20~30% 정도이다.

따라서 LNG의 冷熱을 效果的으로 回收하기 위하여는 引受基地의 負荷變動에 對應할 수 있는 設備가 必要하다.

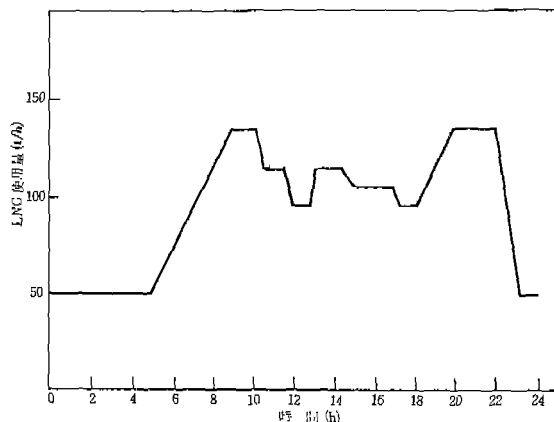
## 3. 立地的 條件

通常 LNG의 供給은 pipeline에 依하며, 低溫材料를 使用하기 때문에 配管의 建設 cost가 크고 또 冷熱 plant에 들어가는 LNG의 溫度는 外部의 入熱로 上昇하며 壓力도 거리의 影響을 받는다.

특히 低溫 Level을 全量 利用하는 Plant에서 는 그 影響이 크다. 그래서 LNG 冷熱利用 Plant는 可能하면 LNG 引受基地에 近接 位置 할



(그림-2) 冷熱發生所要 動力과 溫度의 關係



(그림-3) LNG 使用 pattern 例

必要가 있다.

그러나 實際의 冷熱利用 事業의 製品이나 原料의 流通面에서 보면 大都市(消費處)에 近接하는 것이 有利하다. 그래서 立地條件이 LNG 冷熱利用의 擴大를 阻害하는 制約要因이 되고 있다. 우리나라에서 推進코져 하는 平澤引受基地도 이러한 諸條件을 檢討하여야 될 것이다.

## 4. 安全性

LNG는 可燃性 物質이기 때문에 取扱上 充分한 注意와 檢討가 必要하다. 冷熱을 보다 效率的으로 回收하려면 LNG와 冷却物体間의 直接接觸에 의한 熱交換이 가장 좋은 方法이지만, LNG가 漏泄될 경우의 위험성을 고려하여, 爆鳴音 등이 發生되지 않게 하기위해 中間 媒体를 介在시키는 System을 採擇하고 있다.

그러므로 System이 複雜해지고 經濟性이 低下된다.

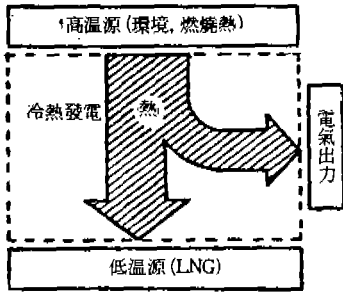
다음 그림 2에 冷熱發生 所要動力과 溫度의 關係, 그림 3에 하루중 LNG 사용 Pattern의 一例(日本의 1例)를 圖示한다.

### (3) LNG의 工業的 利用

#### 1. 冷熱發電

가. LNG 冷熱發電의 概要

現在 稼動中인 LNG 火力發電所에서는  $-162^{\circ}\text{C}$ 의 LNG를 海水로 熱交換하여 氣化한 가스를 燃料로 使用하고 있으며 LNG의 保有冷熱은 海水에 傳達되어 放棄되는 方式이다.



〈그림-4〉 熱의 흐름

冷熱利用發電은 LNG를 火力發電燃料로 使用하기前에 LNG가 保有하는 冷熱에너지(즉 液化時 蓄積된 動力)를 動力形態로 回收하는 것으로서 위에 記述한 바 LNG를 再가스化하는 과정의 冷熱容量의 20%~30%에 相當하는 電力을 얻을 수 있으며, 에너지 資源의 利用度를 綜合的으로 上昇시킬 수 있다.

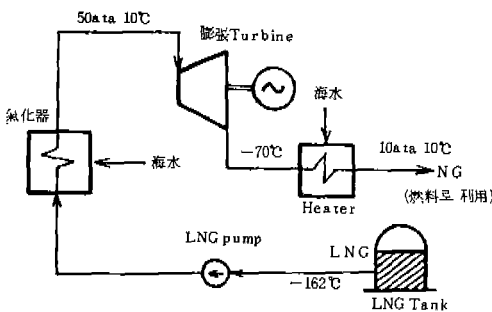
LNG 冷熱發電은 熱 Cycle의 高温源(熱의 供給源)으로 海水 등의 自然環境 또는 排熱 등의 燃燒熱을 利用하고 低温源(熱의 排出源)으로 LNG를 利用한다. 그림 3에 그 概念을 간단히 圖示한다.

그림 4에서 高温源으로부터 Cycle에 들어간 熱의 一部는 電力으로 되고 남은 部分은 低温源으로 排出되어져 LNG의 氣化熱로 使用된다.

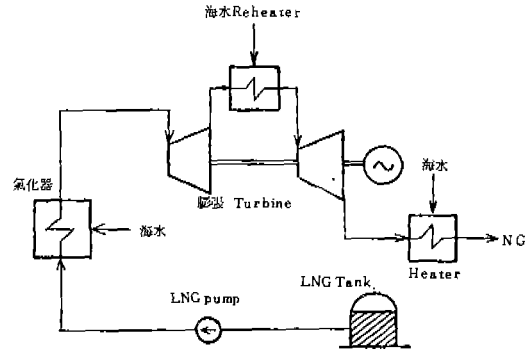
#### 나. 冷熱發電 Process

LNG 冷熱發電 Process를 作動流体에 따라 大別하면

- 直接 膨脹方式
- Rankin Cycle 方式
- Brayton Cycle (GAS Cycle) 方式



〈그림-5〉 直接膨脹 cycle의 系統圖



〈그림-6〉 再熱直接膨脹 Cycle의 系統圖

의 3方式이 研究되어 있다.

다음에 各方式에 關하여 現在 검토되고 또 開發되고 있는 代表的인 Process 및 그 應用例를 說明한다.

#### 1) 直接膨脹方式

○ Cycle의 개요

-162°C의 LNG를 海水로 氣化하면 定常狀態에서 그 體積이 約 600倍 膨창한다.

이제 LNG를 加壓하고 이 加壓된 LNG를 海水 등의 熱源으로 熱交換하여 氣化시킨 後 이 가스를 Turbine에서 膨창시켜 發電하는 것이다. 膨창터어빈을 나온가스(NG)는 再次 必要 溫度까지 加熱시켜 보일러 기타 需要處로 燃料로 供給한다. 그림 5에 直接膨脹 Cycle의 系統圖, 그림 6에 再熱直接 Cycle의 系統圖를 圖示한다.

○ Cycle의 特徵

이 方式은 다음과 같은 利點이 있다.

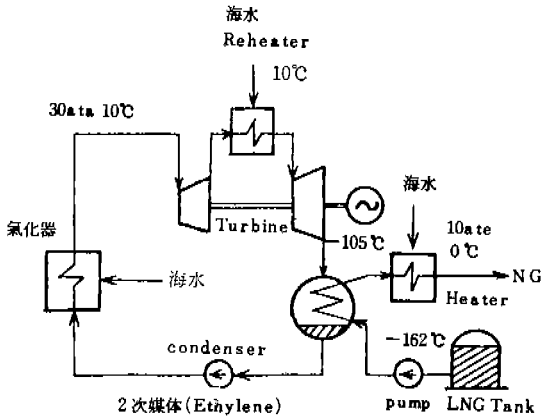
① 所要熱源은 모두 海水이고 別途로 燃料를 必要로 하지 않는다.

② 氣化器의 壓力을 從來方式인 單純 氣化의 경우보다 높이고 氣化器出口에 膨창터어빈을 追加하는 것만으로 成立된다.

③ System이 간단하고 LNG의 氣化 消費量에 對하여 發電System側의 特別한 調整을 要하지 않는다. 즉 氣化된 가스는 別途로 燃料로 全量消費될 수 있기 때문에 調整할 必要가 없다.

④ 建設費가 他方式에 比하여 安價이고, 發電 原價도 싸다.

한편 實用上 System의 適正壓力에 따라 出



〈그림-7〉 Rankincycle 의 系統圖

이 制約되고 氣化가스의 送出壓力이 높아야 할 때 (가스消費上) 成立되지 않는다는 欠點이 있다.

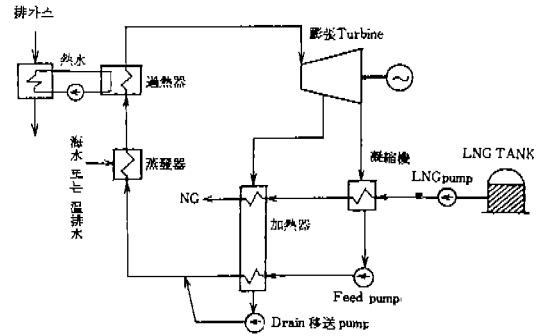
氣化器 出口壓力을 50 ata, 送出가스의 壓力을 10 ata로 하여 海水를 熱源으로 할 때 LNG 100t/h當 約 3,600~4,000kW의 出力을 얻을 수 있다.

## 2) Rankin Cycle 方式

### ○ Cycle 의 개요

作動流体로서 Ethylene, Ethane, Butane, Fron 등을 사용하고 海水 등의 自然環境이나 排가스에 의한 高熱源과 LNG의 低溫源間을 作動하는 Rankin Cycle에 의해 出力을 얻는 方式이다. 그림 7은 作動流体 (2次媒体)로서 Ethylene, 高溫源으로 海水를 使用하여 媒体를 1段 再熱할 경우의 Rankin Cycle 方式의 系統圖이며 그림 8은 高溫源으로 보일러 등의 排가스를 利用할 경우도 系統圖이다.

그림 7에서 Ethylene은 海水 또는 發電所의 溫排水를 使用한 蒸發器를 通하여, 熱水를 媒体로 하는 排가스 熱源과 熱交換하여 加熱되고 膨



〈그림-8〉 排가스利用 Rankin Cycle 의 系統圖

창터어빈에 傳達된다.

그後 Ethylene은 凝縮器와 LNG 氣化器에서 LNG와 열교환하고 Ethylene은 冷却, 液化되어 1Cycle이 完了된다.

### ○ Cycle 의 特徵

Rankin Cycle은 다음과 같은 利點이 있다.

① LNG의 氣化壓力과는 無關하게 作動流体의 壓力을 定할 수 있다.

② Cycle은 약간 複雜하게 되지만 發生 出力이 直接 膨脹方式에 比하여 增大된다.

그러나 直接 膨脹方式에 比하여 設備費가 增大한다.

發電 Plant 側의 排가스, 抽氣 등의 熱源을 利用할 수 있으면 Ethylene Cycle 側의 效率向上을 기할 수 있고 主 보일러측의 排가스 온도를 약 20~30°C 低下시켜 主unit를 包含한 綜合效率의 向上을 圖謀할 수 있다.

天然가스의 送出壓力을 10 ata, 에치렌터어빈 入口 壓力을 30 ata로 할 때 LNG 100ton/h當 約 5,300kW의 出力을 얻을 수 있다.

또 300°C 정도의 排가스 熱源을 利用한 Rankin Cycle Plant에서는 터어빈入口 壓力을 42 ata로 할 때 LNG 100ton/h當 約 8,000kW의 出力을 얻을 수 있다.

