

# LNG 超低温利用技術 및 關聯産業

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

(下)

鮮于賢範

韓國電力(株) LNG事業本部 企劃部長

### 2. Brayton Cycle(GAS Cycle) 方式

#### ○Cycle의 개요

Brayton Cycle 方式은 作動媒体로 氣體를 使用하고 燃料를 高熱源, LNG를 低熱源으로 하기 때문에 Closed Gas Turbine에 의해 電氣 에너지를 얻은 후 그 排出熱에 의하여 LNG를 再가스化 한다.

作動流体로서는 安全性을 確保하기 위하여 不活性가스인 窒素를 使用한다. 다음 그림 8은 질소를 使用한 closed-cycle GAS Turbine의 系統圖이다.

터빈을 나온 질소가스는 熱交換器에서 冷却되고 다시 LNG에 의해서  $-123^{\circ}\text{C}$ 까지 냉각된 후

壓縮機에서 압축되어 열교환기와 가스加熱器에 의해  $720^{\circ}\text{C}$ 까지 加熱되어 터빈에 전달된다.

#### ○Cycle의 특징

이 方式은 다음과 같은 利點이 있다.

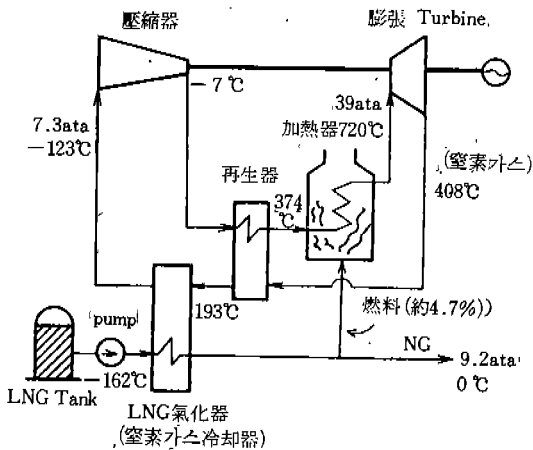
- ① Cycle이 간단하다.
- ② 熱效率이 아주 높다.
- ③ LNG 再가스化에는 LNG의 燃燒熱(터빈에서 나온 作動媒体의 熱)을 利用한다.
- ④ 질소가스를 使用하기 때문에 Base 壓力을 適正值로 함으로써 出力에 比하여 小型化가 可能하고 設備費가 經濟的이다.
- ⑤ 部分 負荷運轉에서도 低壓力(Compressor入口壓力)을 調節하여 항상 效率인 運轉을 할 수 있다.
- ⑥ 汚染, 腐蝕 등의 念慮가 없고 運轉管理가 容易하다.
- ⑦ 다른 方式에 比하여 가장 큰 出力을 얻을 수 있다.

天然가스의 送出壓力을  $9.2\text{ata}$ , LNG  $100\text{ ton/h}$ , NG 燃料消費量  $4.74\text{ ton/h}$  當 約  $35,400\text{ kW}$ 의 出力을 얻을 수 있다.

上記 3가지 發電方式은 變形 또는 그 이상을 混用한 發電方式이 多數 研究되어 있지만 具體的 說明을 省略한다.

#### 다. LNG 冷熱發電의 技術的 課題

LNG 冷熱發電 System의 各方式에 關하여



〈그림-8〉 窒素가스 Cycle의 系統圖

熱力學的, 機械的 研究가 되어서 대부분 理論設計와 概念設計를 마쳤으며 一部는 實驗 段階에 들어간 것도 있다.

今後 實用 Plant 에 着手하기 前에 Pilot Plant 의 開發·建設이 必要하며 그에 따라 效率이나 運轉方法 등 運轉特性을 把握하여 問題點을 찾아 解決함으로써 實用 plant 製作에 對한 全般의 技術을 改善할 必要가 있다.

○冷熱發電方式의 選定

冷熱發電에서는 System 방식에 따라 LNG의 送出壓力의 影響, 發電時 派生하는 冷却效果, 電氣의 出力 등의 特性이 다르기 때문에 設치장소의 條件을 考慮하여 最適方式을 選定할 必要가 있고, 方式適用時 考慮할 條件은 아래와 같다.

- ① LNG 基地의 年間 LNG 使用量 및 使用狀況
- ② 基地周邊의 電力 需要構成(發生電力 用途)
- ③ 排가스, 溫排水 등의 利用 可能性
- ④ 燃料使用의 可能性
- ⑤ Plant 用 敷地 確保 등

○最高 Cycle 및 作動流體의 選定

Cycle 의 高溫源과 低溫源의 溫度가 定해졌을 때 Cycle 의 作動壓力의 선정상 留意點은 다음과 같다.

- ① 高出力, 高效率을 얻을 수 있을 것
- ② 作動媒體로 空氣 以外의 流體를 作用할 경우는 어떤 경우에나 大氣壓 以上으로 維持할 것
- ③ 各機器의 設計가 容易할 것

등이며

作動流體의 선정時에는

- ① 高出力을 얻을 수 있을 것
- ② 取扱이 比較的 容易할 것
- ③ 漏泄損失이 적을 것
- ④ 常溫時의 設計壓이 낮을 것
- ⑤ 作動範圍 내에서 凝縮點의 壓力이 大氣壓에 가까울 것
- ⑥ 安全性을 確保하기 위하여 不活性 氣體가 좋을 것

〈表- 2〉 LNG 燃燒火力發電과 UNG 冷熱發電의 發電原價 比率

區分 項目	LNG 燃 燒	直接膨 脹方式	Rankin	直接 팽	Bray-	
			Cycle Ethyl- ene 보 일러排 가스가 열	창 + Rank- ine C- ycle	ton Cycle (Closed 窒 素	
發電原 價比率	100	氣化器 包 含	77	85	85	88
		氣化器 除 外	50		66	

등이다.

라. LNG 冷熱發電의 經濟性

앞에서 言及한 바와 같이 LNG 冷熱發電은 LNG를 火力發電 燃料로 使用하기 前에 LNG가 保有하는 冷熱에너지를 動力의 形態로 回收하여 에너지資源의 利用度를 綜合的으로 높히는 것이다.

따라서 冷熱發電에서는 發電原價 自体가 經濟性을 左右하는 必要要因이 아니고 從來 電力에 너지로 使用하지 않았던 冷熱을 利用하여 發電하는 데에서 利點을 찾아야 할 것이다.

다음 表2는 LNG 燃燒 火力發電所와 LNG 冷熱發電과의 發電原價의 대략적인 比較表이다.

(4) 食品의 凍結 및 冷蔵

食料의 腐敗는 生物化學 反應에 의해서 일어나기 때문에 溫度를 낮추어 反應速度를 늦추는 것이 食品冷凍의 意味이다.

특히 참치잡이와 같이 遠洋化됨에 따라 그 品質의 劣化를 防止하기 위한 方法이 일찍부터 講究되어 왔다.

그 基本原理는

- 急速冷凍에 의해 氷結晶을 Micro化해서 細胞膜의 破壞를 防止하는 것과
- 超低溫保管에 의해 化學變化를 抑制하는 등 두가지이다.

食品産業이나 倉庫業, 運輸業 등을 包含한 食品關聯 産業은 LNG 冷熱利用 可能性을 가지고 있는 他産業과 比較하여 다음과 같은 特色을

가지고 있다.

- ① 企業規模가 작다
- ② 製品이 少量, 多品種이다
- ③ 景氣變動에 影響이 적다
- ④ 加工時의 附加價値가 적다
- ⑤ 人間の 嗜好에 關聯된 製品이기 때문에 需要가 他工業製品에 比하여 保守的이다
- ⑥ 所要되는 低溫度域은 대체로  $-35^{\circ}\text{C}$  정도로 冷熱利用上 利點이 적다

上記와 같이 新製品이나 新技術이 急速히 浸透하기 어려운 體質을 가지고 있기 때문에 LNG 冷熱利用을 大幅的으로 採用하려면 많은 問題點을 解決해야 하겠지만, 日本 NEGISHI 地區에 있는 “日本超低溫(株)의 冷凍倉庫와 SODE GAURA地區 및 SENBUKU地區에 있는 低溫食品 콤비나트 計劃 등은 着實한 進展이 期待되는 冷熱利用 分野라고 할 수 있다.

그런데 食品産業의 冷熱利用 對象으로서는 冷凍食品製造, 冷凍冷藏庫, 冷凍冷藏輸送, 凍結乾燥, 凍結粉碎, 凍結濃縮 등 多方面에 걸쳐 있지만, 여기서는 LNG 冷熱利用의 檢討가 進行되고 있는 冷熱食品 製造 및 冷凍倉庫를 中心으로 그 概要를 略述한다.

#### 가. 冷凍食品 製造

冷凍食品이란 急速凍結에 의해  $-180^{\circ}\text{C}$  以下の 凍結狀態로 維持한 食品이고 日本의 경우 861 品目(加工食品: 608品目, 水産物: 116品目, 農産物: 67品目, 菓子類: 38品目, 畜産物: 32品目)이 生産되고 있다.

冷凍食品 製造工程中 가장 중요한 것은 凍結工程이며 冷凍機에 의한 機械式( $-40^{\circ}\text{C} \sim -60^{\circ}\text{C}$ 의 冷空氣를 吹込하는 airblast 法이 主流)과 液体窒素式이 널리 利用되고 있다.

液体질소式은 액체질소를 被凍結品에 噴射하여 凍結시킨다.

LNG 冷熱을 利用한 食品凍結方法은 LNG와 空氣間 熱交換에 의해 冷風을 만들어 그 冷風에 의한 食品凍結이며 冷風의 溫度는 LNG의 供給量으로 調節한다.

冷熱源이 단순한 LNG( $-162^{\circ}\text{C}$ )이므로 他機

〈表-3〉 各國 國民 1人當 冷凍食品 消費量

(kg/人)

國名 \ 年次	1971	1972	1973	1974	1975	1976
日 本	1.7	2.2	2.8	3.0	3.2	3.6
아 메 리 카	29.2	30.9	32.3	32.2	33.4	-
스 웨 덴	11.3	12.4	14.3	14.8	16.6	-
덴 마 크	8.0	9.5	10.9	11.1	11.7	-
노 르 웨 이	7.4	8.6	8.2	9.3	10.0	-
핀 란 드	4.0	4.2	4.9	5.0	5.4	-
西 獨	3.6	4.0	4.5	4.8	5.2	5.6
프 랑 스	2.0	2.2	2.4	3.3	3.9	-
홀 랜 드	4.3	4.4	4.9	6.9	8.4	-
벨 기 에	2.3	2.5	3.0	3.8	4.2	-
오스트리아	2.8	2.9	3.2	3.3	4.0	-
스 위 스	5.3	6.0	6.9	7.0	7.3	-
이 태 리	0.7	0.9	1.2	1.2	1.4	-
영 국	7.4	8.4	10.2	12.9	13.5	-
아 일 랜 드	-	0.6	1.8	2.6	2.9	-
뉴우질랜드	7.1	8.6	8.9	7.8	7.6	-
오스트랄리아	6.8	11.2	13.2	15.1	-	-

械式보다 經濟性이 크다. 日本酸素(株)에서 實施한 凍結試驗結果에 의하면 LNG 冷熱利用方法은 現在 急速 冷凍法으로 가장 理想的이라고 하는 液体窒素式과 比較하여 凍結時間이나 品質面에서 損色이 없다고 한다.

한가지 主意할 點은 LNG/空氣 直接 熱交換方式이기 때문에 安全面에 慎重한 檢討가 必要하다. 참고로 各國의 冷凍食品 消費량을 表3에 소개한다.

#### (5) 液化 탄산가스 製造

탄산가스는 無色無臭의 氣體로 比重이 空氣의 1.5배이고 大氣中에 約 0.03% 存在하며 不活性, 不燃性이고 溫度·壓력에 따라 氣體, 液体, 固體의 三態로 되며 大氣壓下에서 冷却하면 液相을 거치지 않고 氣相에서 固相으로 變化하는 特異한 物質이다.

一般的으로 液化 탄산가스의 製造는 壓縮, 豫冷精製, 液化精留의 工程으로 이루어지며 豫冷, 液化時 熱源으로 冷凍機를 使用하고 있다.

탄산가스의 冷却, 液化部分에 LNG 冷熱을 利用할 수 있으며 利用溫度 Level 은  $-55^{\circ}\text{C}$  前後로 有效한 LNG 溫度利用은 아니지만 從來 設備에 比하여 冷凍機가 省略되고 또 低溫低壓運轉이 可能하기 때문에 에너지 節約面에서 效果가 크다.

實 plant의 例로는 1980年 日本 大阪瓦斯泉北基地에 設置되었다.

탄산가스를 LNG 冷熱로 液化하는에는 直接法, 間接法(中間 熱媒體 使用)이 있으며 直接법의 경우 熱交換機의 内部에서 탄산가스의 固化, 熱交換機의 信賴性(漏泄問題), 運轉性 등의 問題가 發生하기 때문에 中間媒體를 利用하는 間接法이 바람직하다. 中間媒體의 具備條件은

① 탄산가스 液化에 적당한 溫度에서 使用可能할 것

② 固化點이 LNG 供給溫度보다 낮을 것

③ 毒性이 없을 것

④ 不燃일 것

등이다.

LNG 冷熱 利用法이 從來설비와 다른 점은 容易하게 低溫을 얻을 수 있기 때문에  $6.4\sim 8.8\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 低壓運轉이 可能하나 裝置의 氣密에 充分한 注意를 要한다.

LNG 冷熱利用法은 從來法에 比하여 消費電力이 約 50%로 된다.

#### (6) 空氣分離 및 液体산소·液体질소 製造

액체산소, 액체질소 製造는 LNG 冷熱利用 効

果面(利用溫度 Level)에서 가장 效率이 좋다.

空氣 分離裝置에서 在來式과 LNG 冷熱利用法의 차이는 裝置에 必要한 寒冷을 어떻게 얻느냐 하는 點이고, process 自体는 같고 設備的으로도 큰 變化가 없다.

LNG 冷熱利用 空氣分離裝置에서 LNG의 冷熱을 供給받는 것은 液化空氣, 液化窒素, 液化酸素, 液化알곤 등이다.

그런데 질소( $-195.8^{\circ}\text{C}$ ), 산소( $-183^{\circ}\text{C}$ ), 알곤( $-185.9^{\circ}\text{C}$ )의 沸點이 LNG( $-162^{\circ}\text{C}$ )보다 낮기 때문에 溫度 Level의 變化가 必要하다.

즉 LNG 보다 沸點이 낮은 熱媒體를 壓縮, LNG와 熱交換하여 冷却後 膨脹시켜 LNG 보다 낮은 溫度 Level로 變換하여 分離裝置에 供給한다. 이 熱媒體의 壓縮動力을 적게 하는 것이 LNG 冷熱利用上 利點을 追求하는 面에서 最大課題이다.

산소, 질소를 氣體狀으로 分離할 경우 약 5~20%의 動力이 節減되고 液相分離時에는 約 50%의 節減이 可能하다.

#### (7) 其他 LNG 冷熱利用

上記 以外の LNG 冷熱利用 分野로 液体水素 製造, 低溫送電 Cable, 海水의 淡水化, 低溫栽培, 低溫養殖 등에 關한 研究가 進行되고 있으나 說明을 略한다.

〈參考文獻〉

◎ LNG Hand Book

