

# 液化天然가스의 輸入貯藏利用에 關한 綜合的 調查研究

〈그의 3 天然가스의 生成 物性 및 產出狀態에 關하여〉

Overall Study for the Import Storage and Usage  
of the Liquefied Natural Gas (L.N.G)  
(No. 3 the Origin and physical property and  
gas field formation of the natural gas)

檀國大學校工科大学 教授

羅 允 浩\*

Department of the Chemical Engineering  
College of DAN Kook University Seoul Korea  
Prof, Yun-Ho Nha

## 要 約

天然가스는 그 生成을 石油原油와 같이 하고 있으며 이 두 熱에너지資源은 海成生物인 Plankton의 海底堆積物이 深海底의 嫌氣性環境下에서 生化學的作用을 받으면서 埋沒되어 炭化水素가스와 炭化水素油로 變質된 것이며 이러한 資源의 賦存地層은 主로 第三紀層의 水成堆積岩層으로 되어 있다. 天然가스의 賦存形態는 油田性가스田 構造性가스田 및 水溶性가스田의 세 가지 形態로서 區分될 수 있다.

### Abstract :

The Natural Gas and petroleum have the same Origin, Namely, Ocean bottom deposits of the marine plant, plankton which are subdued to the biological action of the bacterium under the anaerobic circumstance, and changed to the hydrocarbon gas and oils.

and such resources are appeared in the aqueous sedimentary rocks in the tertiary.

There are three types of gas field, which are oil well gas field, structural gas field

and water soluble gas field.

## 1. 序 論

L.N.G.란 Liquefied Natural Gas 液化天然가스의 略語이다. methane을 主成分으로 한 天然가스를 冷却液化한 것이다.

天然가스는 世界的으로 그 埋藏量이 豊富하며 年年生産量도 增加一路를 걷고 있다. 過去에는 pipe line에 依한 輸送手段밖에 없던 것이 近年에는 大量冷凍液化技術이 發達되고 大型 Tanker에 依한 海上輸送技術이 發達되었고 貯藏利用에 關한 技術도 開發實用化됨에 따라 天然가스는 生産地로부터 遠距離에 있는 消費地까지 液化輸送되어 利用되고 있으며 公害가 없는 淸淨燃料로서 脚光을 받고 있고 近年 油類波動으로 因하여 供給과 價格에 있어 不安을 겪고 있는 世界 에너지消費市場에서 供給과 價格의 安定을 期할 수 있는 熱에너지源으로서 注視를 받으며 研究檢討되고 있는 熱에너지資源인 것이다.

本報에서는 이 資源이 어떻게 生成賦存되었으며 資源의 賦存狀態等 天然가스資源의 本質의 面을 調查報告함으로써 L.N.G. 事業을 理解하는데 基本資料로서 도움을 주고자 한다.

\* 化工技術士(燃料 및 潤滑油)

## 2. L.N.G.의 重要物性

天然가스는 炭化水素를 主成分으로 하는 天然의 所以 産出되는 可燃性氣體인 것이다. 産出狀態를 類型的으로 大分하면 (1) 石油原油와 共存

해서 産出되는 油田가스가 있고 (2) 地殼內에 遊離狀態氣體로서 賦存되어 있는 構造性가스가 있고 (3) 地下水에 溶解되어 水溶性가스로서 産出되는 形態가 있다. 이러한 天然가스의 代表的인 組成은 다음 表와 같다.

〈表 1〉 類型別天然가스의 組成

組 成 가스田	Methane	Ethane	Propane	Butane 및 그 以上の 成分	其 他	發 熱 量 Kcal/Nm <sup>3</sup>	
北아프리카 알 제 리 아	79.5%	7.5%	2.5%	5.0%	5.5%	10,400	類型(1)의 가 스田
佛國의 락구	70.3%	3.2%	0.9%	1.2%	24.4%	8,340	類型(2)의 가 스田
日本新瀉	96.7%	2.1%	0.1%	—	1.1%	9,600	類型(3)의 가 스田

이러한 天然가스는 主成分이 methane gas인 데 이보다 分子量이 높은 炭化水素成分은 若干 冷却加壓하면 L.P.G.로서 이보다 分子量이 더 높은 것은 Condensate, N.G.L. 或은 特質原油로서 呼稱되는 液狀物質로 分離되고 主成分인 methane gas가 남게 된다. 이 methane gas는 0°C 1氣壓下에서 氣體狀態 1KG의 부피는 約 1.4m<sup>3</sup>인데 이것을 液化해 얻어지는 것은 1氣壓下 -162°C에서 1KG의 부피는 0.0024m<sup>3</sup>가 되며 그래서 methane gas를 液化하면 그 부피가

約 600分之一로 줄어들게 된다. 그래서 大量의 天然가스를 輸送하는 方法으로서 小體積으로 壓縮된 液化天然가스를 만들어서 하는 것이다.

또 天然가스를 液化할 때에는 除塵除濕處理에 兼해서 脫黃脫炭酸도하는 故로 産出되는 天然가스보다는 成分質이 優秀한 黃分이 없는 無公害 淸淨燃料가되며 發熱量도 13,000Kcal/Nm<sup>3</sup>에 가까운 燃料가 되는 것이다.

L.N.G.의 主要한 物性値와 主要가스의 物性値를 對比參考할 수 있게 다음의 表로서 나타낸다

〈表 2〉 L.N.G.의 組成

組 成 가스田	Methane	Ethane	Propane	Butane과 그 以上の 成分	其 他	發 熱 量 Kcal/Nm <sup>3</sup>
알라스카 기나이 가스田	99.8%	0.11%	—%	—%	0.1%	9,500
부르네이 안바가 스田	88.2"	5.6"	3.7"	1.8"	0.1"	10,800

〈表 3〉 L.N.G.의 物性

物 性 가스田	가스密度 (15°C)	沸 點 (1atm)	液 密 度 (沸點)	蒸 發 熱 (沸點)	液 化 狀 態	總 發 熱 量
알라스카 기나이 가스田	0.679g/l	-162°C	425g/l	122cal/g	無色透明	13.3Kcal/g
부르네이 안바가스田	0.786g/l	-162°C	465g/l	118cal/g	無色透明	13.3Kcal/g

〈表 4〉 主要가스의 物性

名 稱	메 탄	에 탄	프로판	n-부 탄	窒 素	酸 素	암모니아
分 子 式	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>
가스比重(空氣=1)	0.555	1.05	1.56	2.09	0.967	1.105	0.596
液 比 重(水=1)	0.425	0.547	0.584	0.600	0.81	1.149	0.817
沸 點(°C)	-162.5	-89.0	-42.1	-0.5	-195.8	-183.0	-33.4
蒸發潛熱 Kcal/KG	122	117	102	87.5	47.6	51	327
總發熱量 Kcal/m <sup>3</sup>	9,535	16,789	24,320	32,010	—	—	4,156
" Kcal/KG	13,303	12,373	12,039	11,840	—	—	5,388

### 3. 天然가스의 成因說

오늘날 우리는 覆蓋된 淸溪川에서 methane gas의 發生을 보고 있다.

methane gas가 主成分인 天然가스의 成因도 이런것과 關聯이 있다.

天然가스의 成因과 石油原油의 成因은 이 두가지가 炭化水素를 主成分으로 하고 있는 點에서 一致하고 있다.

石炭類가 古代地球上에 茂盛했던 樹木이 地下에 埋沒되어 地熱과 地壓에 依해서 石炭化過程을 거쳐서 各種石炭類가 生成된 것과는 相違한 成因을 갖고 있다.

여기서 天然가스와 石油原油의 成因說을 說明코자 하는 것은 天然가스資源의 賦存形態를 理解하고 나아가서는 天然가스資源의 深查研究에 參考될 수 있는 識見을 讀者에게 주고 싶은 意圖에서이다.

天然가스와 石油原油의 成因에 關해서 實驗室的인 識見에 依해서 無機根元學說인 Carbite學說이 一時提唱되었던 時期가 있고 只今도 심심치 않게 이것을 들고 나오는 學者가 있지만 只今까지 產出된 天然가스나 石油原油資源을 物量面에서 說明할 수 없어 거의 無視當하고 있다.

天然가스와 石油原油는 只今까지 產出된 地域에서 얻어진 모든 知識에 依해서 다음과 같은 有機根元學說에 依해서 支持說明되고 있다.

即, 天然가스나 石油原油는 生物 主로 海生生物이 生産한 有機物質에 由來하는 것이다. 生物中에서도 重要的 是은 海藻類인 plankton이다. plankton은 古代에 있어 太陽에너지의 도움을 받아 無機物을 營養으로 해서 古代海域에 量的으로 卓越한 生産量이 可能했으며 이것이 古代海域에 充溢했던 것으로 想定되며 이것이 地殼變動期에 礦物質碎屑物과 함께 海底에 埋積되어 深海의 嫌氣的 環境속에서 腐敗되지 않고(一部는 若干腐敗되어 二酸化炭素와 물이 되었지만)嫌氣性 Bacteria에 依해서 炭化水素類와 같은 有機物質로 分解變質되어 그래서 有機物質이 豊富한 泥質의 堆積岩이 된 것이 有力한 石油原油 및 天然가스의 根源岩이 되었다고 보는 것이다.

現世의 堆積物中에는 微量의 炭化水素類가 發

見되고 있지만 그 炭化水素類의 構成이 石油原油의 炭化水素類構成과는 相違하다. 그래서 現世의 堆積中에 있는 炭化水素類가 如何한 過程을 거쳐서 石油原油의 炭化水素類構成으로 變質되었느냐 하는 問題에 關해서 區區한 學說이 있지만 아직 定說을 얻지 못하고 있다.

그러나 前記한 plankton의 有機堆積物中の 脂質이 石油原油의 基礎物質이 되어 嫌氣性 Bacteria의 生化學的 作用을 받으며 地下에 埋沒되면서 地熱의 作用도 받아 石油原油質炭化水素油도 變質되었는데 이때 粘土質物質이 觸媒作用도 했을 것으로 推考되고 있다. 이렇게 形成된 根源岩中の 有機物質이 물의 作用에 依해서 分散移動되어 貯留岩中の Trap에 凝集되어 天然가스나 石油原油의 鑛床을 形成했다고 보는 것이 現今有力하게 支持를 받고있는 天然가스와 石油原油의 成因學說로 되어 있다.

이렇게 形成된 天然가스와 石油原油의 賦存地質學的 狀態는 第三紀層의 海成堆積岩層에서 大部分이 發見되고 있다. 例外로 火成岩層에서 發見된 境遇도있지만 이것은 火成岩層이 上記海成堆積岩層에 貫入했거나 附近에 海成堆積岩層이 있어 물의 作用에 依해서 天然가스나 石油原油가 移動해서 形成된 鑛床인 경우로 되어 있다.

### 4. 油田가스田

石油原油가 賦存되어 있는 地質構造의 背斜或은 向斜構造의 帽部에 密閉된 狀態로서 形成된 가스田인 것이다. 即 原油賦存地層帽部에는 가스層이 下部에는 油田鹹水層이 있고 中間層에 原油가 賦存되어 있다.

그래서 이 가스를 Cap gas 또는 gas Cap gas 등으로 呼稱되기도 한다.

이러한 油田가스는 그 主成分인 Methane gas 以外에도  $C_2 \sim C_3 \sim C_4 \sim C_5 \sim C_8$  등의 炭化水素가스도 含有하고 있다. Methane gas 以外의 이런 가스는 原油中에도 一部는 包含되기도 한다.

그래서 油田가스는 產出된 直後 加壓冷却에 依해서  $C_2 \sim C_3$ 는 L.P.G.로서  $C_4 \sim C_5 \sim C_6 \sim C_8$ 는 Condensate (一名 N.G.L. 또는 特質原油 등으로 呼稱되기도 한다) 液化分離하고 남은 것은 大部分이 Methane成分인 油田가스를 얻게되는데 이

것을 深冷加壓해서 L.N.G.를 얻게 된다.

## 5. 構造型가스田

이것이 一般的으로 가스田이라고 呼稱되고 있는 天然가스鑛床인 것이다.

天然가스 賦存地層이 背斜 向斜 斷層 또는 不整合等의 地層構造狀態에서 形成되는 Trap部에 炭化水素가스가 遊離狀態로서 賦存되고 있는 가스田인 것이다.

이런 境遇 大部分은 가스主成分이 Methane gas만으로 되어 있지만 때로는 Ethane propane을 경우에 따라서는 이보다 分子量이 높은 炭化水素成分까지도 含有하는 경우가 있다. 前者의 경우 Dry gas라고 呼稱하고 後者の 경우는 이것을 若干加壓冷却하던 液狀成分을 分離할 수 있다고 해서 Wet gas라고 呼稱한다.

이러한 構造型가스田은 賦存深度에 相應하는 靜水壓 等に 依해서 壓縮賦存되고 있어 坑井에 依해서 가스層에 到達하면 大氣壓과의 差壓에 依해서 坑井을 통해서 地表面에 噴出하게 되는데 이때 坑口에서 自噴하는 壓力은 鑛床에 따라서 差異가 있지만 數 10에서 數 100atm程度가 되는데 이 壓力을 利用하여 噴出가스를 遠距離까지 pipe line 輸送할 수 있는 境遇도 있다. 또 油田가스와 區別하는 意味에서 即原油와 併産되지 않는 가스라는 意味에서 Free gas라고도 呼稱되고 있다.

여기서 좀더 專問的인 說明을 할 것같은 Dry gas의 경우 生成된 天然가스가 地下水에 溶存되었던 것이 地質構造上 地下水의 上部에 形成된 Trap中에 溶存가스의 一部가 遊離되어서 集積된 形態即水上에 浮上된 가스田의 形態를 取하고 있는 構造型가스田인 경우가 있다. 이런 경우 가스成分은 大部分 Dry gas이고 그 賦存量도 大端치 않으며 附近에 石油原油의 賦存可能性도 稀薄한 경우가 많다. Wet gas의 경우는 이것이 石油原油의 賦存과 關聯성이 있을 경우가 많아서 附近에 石油原油의 賦存可能性을 높여주는 경우가 많다.

그래서 自噴될 程度의 大量噴出이 아닌 Dry gas 構造型가스田의 경우 經濟性을 豫測하기가 大端히 困難하다.

따라서 構造型가스田에 있어서는 石油原油賦存可能性을 갖고 있는 地質構造에서 Wet gas를 噴出하는 構造型가스田이라야만 將來性이 있다고 볼수 있다.

## 6. 水溶性가스田

이것은 日本國에서 特殊하게 發達되어 開發되고 있는 가스田의 呼稱이다.

比較的 地質年代가 젊은 沈積岩中에 保有하고 있는 地層水가 天然가스를 溶存하거나 天然가스에 依해서 飽和된 鑛床이다. 地層水까지 坑井해서 地層水を 揚水하면 天然가스溶存壓이나 飽和壓을 잃고 溶存 또는 飽和하고 있던 天然가스를 放出하게 된다.

이러한 溶性가스田에서 얻어지는 天然가스는 主成分이 Methane gas로 되어 있고 C<sub>1</sub>以上 炭化水素成分가스가 거의 없는 것이 特徵이다. 日本國의 新潟地域에는 廣大하게 發達된 이러한 水溶性가스田地域을 갖고 있다.

前述한 바와같이 이러한 地域에 있어 傾斜진 地層構造의 上部 Trap構造部에 溶存或은 飽和했던 天然가스가 遊離 또는 疑集되어 構造型가스田을 形成할 경우도 있다. 即 地層水上部에 浮上된 形態의 가스田을 形成할 경우도 간간이 있다. 勿論 이러한 가스田의 가스의 特徵은 Methane gas成分以外에 다른 低分子炭化水素成分가스를 包含하고 있지 않는 點이다.

이러한 水溶性가스田이 經劑性이 全여 없는 것은 아니다. 溶存가스量은 即時測定될 수 있고 地層水量도 地質調査에 依해서 쉽게 알 수 있어 가스田의 經劑性은 쉽게 判定될 수 있다.

다만 이러한 가스田에서 留意할 點은 地層水の 揚水에 依해서 地盤이 沈降할 憂慮가 있다는 點이다.

如何튼 가스田으로서 豊富한 埋藏量과 經劑性을 갖고 L.N.G.까지 만들어서 外國에 輸出할 수 있는 가스田은 油田가스田과 水溶性가스에 關係 없는 構造型가스田인 것이다. 이 兩者에 比하면 水溶性가스田은 內需에 充當될 수 있을 程度의 가스田인 것이다.

그래서 世界的으로 이름이나 있는 가스田은 油田가스田과 構造型가스田인 것이다.

## 7. 世界의 天然가스事情

美國의 石油 및 天然가스의 專問誌 「Oil and Gas Journal」에 依하면 1975年 1月 現在 全世界의 天然가스埋藏量은 72兆m<sup>3</sup>로서 이것을 熱量換算 石油原油埋藏量으로 換算하면 全世界石油原油埋藏量 1,130億kl의 三分之二에 該當되는 量이 되며 더욱이 天然가스는 深鑛技術이 發達됨에 따라 年年그埋藏量을 增大하고 있고 아직도 有望한 未開發地域을 남겨놓고 있어 앞으로도 天然가스埋藏量이 增大될 可能性이 至極히 많다 參考로 表 5에서 世界天然가스 埋藏量의 推移를 보여주겠다.

이러한 豊富한 埋藏量을 基盤으로 한 天然가스는 石油原油처럼 中東地域에 偏在되어 있지 않고 近年石油波動에 依해서 供給과 價格에 있

어 不安을 겪고 있지 않고 第二報에서 說明한 것처럼 天然가스는 企業形態의 制約面에서 供給과 價格의 安定을 期할 수 있는 將來性이 있는 熱에너지資源으로서 期待되고 있는 것이다.

現在 原油價格引上壓迫과 供給不安을 받고 있는 우리나라 熱에너지 輸入條件下에서 無公害淸淨燃料인 天然가스 熱에너지資源을 L.N.G.로서 導入使用하는 問題를 燃料로서만 아니고 化學工業原料로서도 眞摯하게 檢討해 볼 時機에 왔다고 보는 것이다.

## 8. 結 論

天然가스와 石油原油는 그 生成을 같이하고 있으며 古代海域에 莫大한 生成量이 推測되는 Plankton이 海底에 推積되어 嫌氣의 環境下에서 生化學的 作用을 받아 變質되었고 埋沒되어서는

〈表 5〉 世界天然가스 埋藏量의 推移

(單位：百萬 m<sup>3</sup>)

地 域 及 國 別	1970年 7月	1972年 1月	1973年 1月	1974年 1月	1975年 1月
中 近 東	9,893,000	9,735,000	9,751,000	11,663,000	19,007,000
이 란	6,062,000	5,660,000	5,664,000	7,646,000	9,345,000
이 락	539,000	623,000	708,000	623,000	779,000
쿠 웨 이 트	1,105,000	991,000	935,000	920,000	906,000
사우디아라비아	1,416,000	1,472,000	1,416,000	1,441,000	1,557,000
其 他	771,000	989,000	1,028,000	1,033,000	6,420,000
亞細亞·大洋洲	1,391,000	1,975,000	2,867,000	3,231,000	3,281,000
호 주	357,000	702,000	1,026,000	1,068,000	1,076,000
부 루 네 이	142,000	212,000	284,000	566,000	623,000
인 도 네 시 아	65,000	127,000	156,000	425,000	425,000
日 本	17,000	11,000	12,000	20,000	48,000
과 키 스 탄	567,000	439,000	453,000	287,000	453,000
其 他	243,000	484,000	936,000	865,000	656,000
歐 羅 巴	4,775,000	4,620,000	5,056,000	5,488,000	5,744,000
佛 國	204,000	195,000	193,000	184,000	164,000
伊 太 利	178,000	170,000	173,000	150,000	340,000
和 蘭	2,331,000	2,349,000	2,492,000	2,605,000	2,685,000
노 루 웨 이	85,000	283,000	425,000	651,000	699,000
英 國	991,000	1,132,000	1,275,000	1,416,000	1,416,000

西	獨	337,000	396,000	360,000	349,000	325,000
其	他	649,000	95,000	138,000	133,000	115,000
아	쿠	4,184,000	5,462,000	5,499,000	5,317,000	8,918,000
알	제	2,833,000	3,014,000	2,974,000	3,000,000	6,485,000
리	비	850,000	835,000	779,000	765,000	750,000
나	이	142,000	1,132,000	1,133,000	1,133,000	1,274,000
其	他	359,000	481,000	613,000	419,000	409,000
北	美	9,425,000	9,464,000	9,245,000	8,502,000	8,324,000
카	나	1,632,000	1,569,000	1,558,000	1,424,000	1,606,000
美	國	7,793,000	7,895,000	7,687,000	7,078,000	6,718,000
中	南	2,025,000	2,059,000	2,247,000	2,592,000	2,838,000
아	르	249,000	215,000	250,000	227,000	212,000
멕	시	340,000	325,000	326,000	312,000	425,000
베	네	765,000	719,000	980,000	1,189,000	1,218,000
其	他	671,000	800,000	691,000	864,000	983,000
共	產	15,521,000	16,034,000	19,053,000	19,050,000	23,957,000
中	國	101,000	113,000	595,000	595,000	708,000
루	마	170,000	170,000	170,000	170,000	57,000
스	聯	14,983,000	15,460,000	17,993,000	17,993,000	22,993,000
其	他	267,000	291,000	295,000	292,000	199,000
世	界	47,214,000	49,349,000	53,718,000	55,843,000	72,069,000

資料: International Petroleum Encyclopedia

地熱과 其他鑛物의 觸媒作用에 依해서 炭化水素가스와 石油原油인 炭化水素油를 生成되었다고 보는 것이 現今의 天然가스와 石油原油의 生成學說의 定說로 되어 있다.

以上 두가지 資源은 第三紀層의 水成岩地層中에 大部分이 賦存되어 있으며 天然가스田을 形成하고 있는 것은 油田가스田, 構造性가스田, 水溶性가스田의 形態로서 賦存되어 있음을 보았고 天然가스埋藏量은 石油原油의 埋藏量을 上廻할 것이 豫見되어 將次 熱에너지資源으로서 有望한 資源인 것을 보았다.

#### 參考文獻

- 1) 三土知芳: 石油의 起源에 關해서 (I) 石油學會誌 8(1) 2, (1965)
- 2) 飯塚廣: 石油天然가스의 形成變換에 있어 微生物의 役割 石油學會誌 8(1) 20 (1965)

- 3) 金原均二: 日本의 天然가스資源 特別 所謂 構造性가스에 關하여 石油學會誌 4(1) 2 (1961)
- 4) 三土知芳: 石油의 起源에 關해서 (II) 石油學會誌 8(1) 8 (1965)
- 5) 高橋純一: 石油鑛床新論 (1923) 東京丸善.
- 6) Robert Robinson: 石油의 二元的 起源 8 (1) 15 (1965)
- 7) 山村政彦: 石油의 L.N.G. 事情 石油學會誌 19(12) 1035 (1976)
- 8) 石油學會: 日本油田 가스田의 開發特集 石油學會誌 8(7) (1965)
- 9) 長岐靖朗: 世界主要諸國의 天然가스事情 石油學會誌 3(8) 658 (1960)
- 10) 東京가스(株): L.N.G.에 關해서 (技術資料)
- 11) 檜和田亮造: 天然가스의 國際需給 日本化學經劑誌 58 12 (1978)
- 12) Chakidknell: 알제리아의 天然가스工業 日本化學經劑誌 52 12 (1978)