

技 術 解 說

來日의 新에너지 (I)

宋 吉 永*

1. 머릿말

現代科學文明은 에너지없이 생각할 수 없다. 오늘날 에너지라면 뭐니뭐니해도 石油로 代表되고 있다. 에너지의 活用程度 곧 石油의 消費量이 그나라 文明의 尺度라고 볼 수 있을 정도이다.

우리나라도 에너지源으로서 石油에 크게 依存하고 있다. 최근의 統計에 의하면 우리나라에서의 石油消費量은 1975년이 12,169,000M/T(無煙炭換算), 1981년에는 28,457,000M/T로 2배 이상 증가되고 1986년에는 42,892,000M/T로 늘어날 것으로 展望되고 있다. 이에 따라 여기에 소요될 外貨도 대단하다. 石油과동이 있는 이후 1975년에는 13億달러가 들던것이 1978년에는 21億 7,000萬달러가 들었고 1979년에는 당초 26億 달러정도를 예상하였던 것이 수차에 걸친 油價引上으로 정확하게 앞으로 얼마가 더 追加되어야 하는지 모를 지경이다. 특히 최근(1979. 7. 10)에는 國內에선 史上類例없이 59%라는 油價引上으로 그야말로 石油恐怖에 빠지고 있다는 것은 잘 아는 사실이다.

더욱이 우리나라에선 아직 石油한방울 國產되고 있지 않아 全量을 輸入에만 依存하고 있는데 이 石油輸入에 異常이 일어나고 있다는데 問題는 더 심각하다 하겠다.

지난 1973年 가을에 벌여졌던 「石油쇼크」는 단번에 그값을 1.80달러에서 11.65달러로 무려 6배 이상이나 引上시켜 온통 全世界의 經濟危機를 몰아왔지만 최근에는 그 보다도 더 根源的인 問題, 곧 石油의 枯渴이 피할 수 없는 現實問題로 등장되기 시작하고 있는 것이다.

정확하게 豫測할 수는 없지만 現상태대로 나간다면 적어도 20年 後에는 石油生産의 피이크를 맞이하고 30年후에는 枯渴될 것이라고 내다보는 專門家가 많다.

그렇다면 우리는 하루라도 빨리 石油를 代身할 수 있는 新에너지源을 찾아야만 할 것이다. 우리가 사용하고 있는 에너지는 크게 나누어 「電氣」와 「燃料」의 두 가지로 된다. 電氣에 대해서는 새삼스럽게 이야기 할 것 없고 燃料이라는 에너지는 自動車를 달리게 하고 工場을 움직이고 빌딩의 暖房에 쓰이는 등 이것역시 文明社會에 不可缺한 것이다.

表 1은 이중 前者의 電氣를 中心으로 에너지 變換方式을 分類한 것이다.

이중 문제가 되고 있는 것이 石油에 의한 發電 곧 火力發電部門의 展望이다. 한편 燃料에 대해서는 종래 主宗을 이루어왔던 石油를 대신해서

○ 石炭의 液化, 가스化

○ 물의 分解에 의해서 만들어지는 水素燃料

등이 생각되고 있는데 과연 枯渴되지 않는 새로운 에너지로서는 어떤 것이 있는가 또 현재 이들이 어느 정도 開發되고 있는가를 알기쉽게 2~3회로 간추려서 紹介해 보기로 한다.

2. 脚光을 받는 石炭資源

최근 石炭이 再評價되고 있다. 石炭쪽에서 본다면 이제와서 새삼스러울지 모르지만, 일찌기 에너지源의 王座를 차지해 왔던 石炭이 오히려 값싸고 쓰기 편하다고 해서 험신착처럼 내버리고 너도나도 石油로 바꾼 지가 얼마되지 않기 때문이다.

世界의 石炭埋藏量은 6兆 7千億톤으로 推定되고 있다. 國別로 본다면 소련이 4兆 2千億톤, 中國이 1兆 5千億톤, 美國이 1兆 1千億톤으로 3大國에서 世界의 90% 이상을 차지하고 다음이 인도, 南아프리카, 西獨, 폴란드의 順으로 되어 있다. 이중 確定埋藏量은 5,400億톤, 소련이 1,450億톤, 中國이 800億톤, 美國이 720億톤, 西獨이 700億톤으로 역시 몇개의 나라에만 偏在되고 있지만 中東에 確定埋藏量의 53%가 集中되어 있는

*正會員: 高麗大 工大 電氣工學科教授·工博

表 1. 에너지變換方式과 發電方式

에너지源	에너지形式	에너지變換方式	發電方式
水 力	位置에너지	水車發電機 蒸氣터어빈 發電機	水力發電
石 炭		가스터어빈 "	火力發電
石 油	熱에너지	內燃機關 "	
原 子 力		電磁流體 發電	MHD發電
地 熱		熱電氣變換	熱電氣 "
		熱電子變換	熱電子 "
太 陽 (月)	光 에너지	光電效果	太陽電池
	海洋에너지	潮力(月)(水車) 波力(터어빈)	潮力發電 波力 "
	風 에너지	溫度差(터어빈) 風車(터어빈發電機)	溫度差發電 風力發電
化學反應物質	化學에너지	化學反應	燃料電池

* 其他 核融合에 의한 核融合發電이 있다.

石油에 比한다면 世界的으로 고르게 分散되어 있는 편이다. 더욱이 石油의 富극적인 可採量은 에너지換算으로 石炭의 確定埋藏量보다 적고 石炭의 推定埋藏量の 17분의 1밖에 안된다고 한다. 石炭은 全埋藏量の 半을 켤 수 있다고 본다면 全世界가 지금과 같은 消費水準으로 쓸 경우 앞으로 1500년정도는 넉넉히 쓸 수 있을 것이라고 하니 脚光을 받을만도 하다. 여기서는 實用化가 기대되고 있는 石炭의 液化, 石炭의 가스化를 中心으로 살펴보기로 한다.

2-1 石炭의 液化

石炭과 石油은 같은 化石資源이지만 그 組成이 서로 다른 것이다. 石油은 炭素 10에 대해서 水素가 20前後가 結合한 비교적 순수한 炭化水素化合物인데 대하여 石炭은 炭素 10에 대하여 水素가 8정도로 적고 그대신 酸素가 많이 들고 窒素라던가 硫黃分도 섞여서 立體的인 긴 쇠사슬상태(鎖狀)로 結合된 構造로 되어 있다. 따라서 石油은 쓰기에 편리한 流動體로 되어있는데 石炭은 딱딱한 固體로 되어 있는 것이다. 따라서 石炭을 石油로 바꾸기 위해서는 酸素를 除去해서 쇠사슬 構造를 허트려 주어야하는데 이를 위해서 外部로부터 水素를 石炭에 強制的으로 붙여주어야 하는 過程이 필요한 것이다.

第2次大戰中 石炭液化를 가장 發展시킨 것은 독일로서 年間 100萬톤에 달하는 石油을 生産하였다고 한다. 그러나 이것은 어디까지나 採算을 무시한 立場에

서 이루어졌던 것이고 戰後 海外로부터 값싸게 石油가 輸入됨으로서 石炭液化工場을 자취를 감추고 말았다. 그러나 최근의 에너지危機로 西獨政府는 1974年初 自國內의 풍부한 石炭을 液化해서 利用한다는 것을 骨子로한 에너지資源開發 4개년計劃을 樹立하여 基礎를 다지고 앞으로 10年後에는 石油消費量の 15%를 이것으로 메꿀 計劃을 가지고 있다.

한편 美國은 戰後 재빨리 독일의 液化技術을 흡수해서 國內의 풍부한 石炭을 石油라던가 天然가스로 바꾸어서 에너지를 自給한다는 開發計劃에 着手하였다. 1960년에는 石炭研究法을 成立시켜서 內務省에 石炭研究局을 設置해서 오늘날까지 많은 研究投資를 계속해 왔었다. 그 結果 直接液化에 대해서는 美國전체에서 7가지의 工法이 開發되어서 經濟적으로 運轉할 수 있는 段階에까지 도달하고 있다고 한다.

이중 하이드로젠리서어치社에서 開發해낸 「H-coal法」은 독일의 液化技術을 발전시킨 것으로서 循環油에 섞은 石炭을 섭씨 360도로 加熱한 후 水素와 함께 反應塔에 넣어서 약 200氣壓아래에서 石炭의 71%를 液體인 石油로 바꿀 수 있다는 것이다(그림 1 參照).

FMC社의 「COED法」은 300度~900度까지 溫度를 올려주면서 4段의 反應塔에서 石炭을 乾留하여 가스, 타알, 炭分으로 나누고 그 중 타알에 水素를 結合시켜서 合成石油을 만들고 있다. 가스는 파이프라인에 보내고 炭分은 보일러用燃料로서 回收하도록 한다. 현재

메탄을 만드는 第2段階가 필요하게 된다. 이때에는 「메타네이터」(메탄化裝置)가 사용된다. 이속에서 水素 3에 一酸化炭素 1의 비율로 調整한 混合가스를 反應시키면 메탄이 發生된다.

물론 아직도 가스化裝置에는 해결되어야할 技術的인 문제가 많이 남아 있다. 특히 우리나라처럼 無煙炭밖에 없어가지고 앞으로 여러가지 種類의 石炭을 輸入해서 사용하여야 할 경우에는 가스化에 알맞것끔 石炭을 事前處理하는 技術이 필요하게 될 것이다.

가스化에 대해서는 1960年代初半부터 研究를 거듭해 온 美國이 技術面에서 제일 앞서있다고 할 수 있었는데 그중 대표적인 몇가지 SNG 製造시스템을 紹介해 보면 다음과 같다.

SYNTHANE法(Synthetic Methane 合成메탄의 略)

美國 펜실바니아州의 鑛山局 피츠버어그·에너지研究 센터에서 開發中인 것, 石炭을 먼저 水蒸氣와 酸素로 豫備處理해서 粘結性을 낮춘뒤 가스化爐에 넣어서 70氣壓, 섭씨 1,000度에서 水蒸氣와 酸素를 써서 가스化한다. 이것으로 1次的으로 메탄含有率 12~17%의 가스를 얻게 된다.

다시 水素와 一酸化炭酸의 比를 3對 1로 調整해서 硫化水素라던가 二酸化炭素를 除去해서 메탄化裝置에 넣어 SNG를 만든다. 이미 하루 75톤의 石炭을 處理할 수 있는 試驗工場이 同센터에서 稼動中이며 78년에는 原型爐를 建設하고 80년에는 原型爐를 建設하고 80년에는 商用爐로 가져갈 計劃이다. 이 방법은 爐의 構造가 간단하고 낮은 壓力, 溫度에서 運轉할 수 있으며 酸素의 使用量도 적다는 것이 特徵이다.

HYGAS法(Hydrogen Gasification 水素가스化의 略)

시카고의 가스技術研究所에서 오랫동안 研究해 온 方法으로서 美國에서 제일 앞선 SNG 製造法이라고 할 수 있다. 石炭으로부터 水素를 만들면서 이 水素와 水蒸氣로 石炭을 메탄이 많은 가스로 바꾸어 나간다는 것이 特徵이다. 곧 가루로 분쇄한 石炭을 輕油와 섞어서 第1段가스化爐에 넣어 77氣壓 650度에서 第2段爐에서 나오는 水素, 水蒸氣와 接觸시켜서 메탄化하고 다시 남은 炭분이 第2段에서 水素와 反應하여 여기서도 메탄을 만들게 된다. 그레도 남은 炭분은 電熱가스爐에 보내지고 여기서 水蒸氣와 反應해서 1,2段에서 쓰이는 水素가스를 提供하게 된다. 이미 하루 75톤의 石炭으로부터 4萬立方미터의 SNG를 만드는 試驗工場이 시카고에서 運轉中이며 高收率로 메탄이 얻어지고 있지만 다만 현재로서는 電熱式이 水素發生部分의 코스트가 비싸다는 것이 缺點으로 되고 있다.

BIGAS法

펜실바니아州의 몬로빌의 歷靑炭研究所에서 開發된 方法이다. 다음 그림에 보는 바와같이 가스化爐는 두 개의 反應塔으로 나누어지고 第2反應塔에 넣어진 石炭은 80~100氣壓下에서 第1反應塔에서 온 水素와 一酸化炭素와의 混合가스에 의해서 가스化되어 약 24%가 메탄으로 된다. 남은 炭분은 第1反應塔에 가서 酸素와 水蒸氣로 水素와 一酸化炭素로 바꾸어진다. 최후에 남은 水素와 一酸化炭素는 니켈을 觸媒로하는 메탄化裝置에 들어가서 최종적으로는 94~95%의 메탄을 포함하는 SNG를 發生하게 된다.

현재 하루 120톤의 石炭으로부터 6萬5,000立方미터의 SNG를 만드는 試驗工場을 稼動中이며 장래는 日産 7,000萬立方미터의 商用爐를 만들 計劃이다. 이 방법은 어떠한 石炭이라도 가스化 할 수 있다는 것이 特徵이지만 다만 酸素의 消費量이 다른 方法에 비해 2~3倍정도로 크다는 것이 缺點이다.

한편 發電用으로 쓰기위한 가스는 SNG처럼 高칼로리일 필요는 없고 1立方미터당 1,000~4,000킬로칼로리면 충분하다. 코우크스爐가스로 가스터어빈을 돌린 뒤 다시 보일러를 메워서 蒸氣터어빈을 돌리는 複合式: 發電시스템은 이미 우리나라에서도 寧越, 群山 가스터어빈 發電所에서 實用化되고 있다.

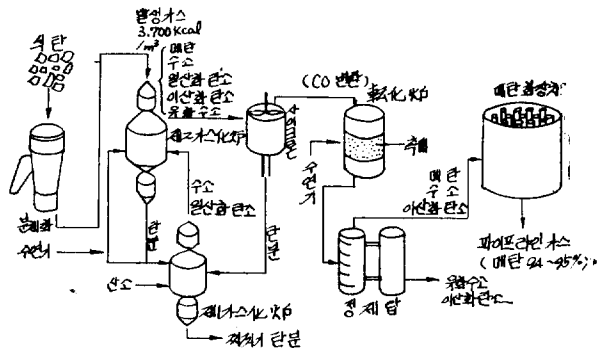


그림 2. 石炭가스化 BIGAS法

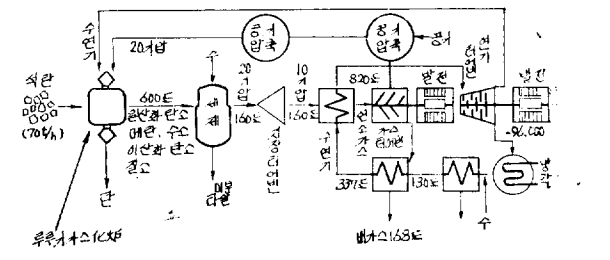


그림 3. 西獨케라만 發電所의 가스化 發電시스템

가스화發電으로서는 西獨의 류넨에 있는 케라만發電所가 가장 앞서고 있다. 炭鉉電力社(STEAG社)가 1971년에 建設해서 세계 최초의 石炭가스化複合式發電所로서 注目되고 있다.

프로세스의 概要는 그림 3에 보인바와 같다. 곧 루루기식의 가스化爐 4基를 設置해서 空氣와 水蒸氣로 1立方미터當 1,200킬로칼로리의 低칼로리 가스를 만든다. 이것을 燃燒시켜서 우선 가스터어빈을 돌려서 7萬4,000kW의 發電을 하고 남은 熱로 蒸氣를 發生시켜 蒸氣터어빈을 돌려서 9萬6,000kW의 電力을 발생하도록 하고 있다. 한시간에 石炭 70톤을 사용해서 合計 17萬KW의 電氣를 36.9%의 熱効率로 얻고 있는데 建設費도 중래의 石炭火力보다 15% 정도 싸게 먹히고 있어 앞으로는 80萬KW의 發電設備 建設을 目標로 하고 있다.

이밖에도 石炭을 캐지않고 地下에서 그대로 태워가지고 가스化하는 研究도 여기저기서 行해지고 있다.

소련에서는 6개소의 炭田에서 地下가스化가 시도되어 1964년에는 1立方미터當 800~1,100킬로칼로리의 가스를 18億4,000萬立方미터 採取한 實績이 있다. 人力이 부족하고 廣大한 炭層이 있는 곳에서는 이러한 方法도 實用化의 可能性이 충분히 있을 것이다.

2-3 多樣化에의 길

이상 몇가지 例에서 본바와 같이 오늘날 石炭의 کم백이 注目되고 있다. 같은 化石燃料이지만 石油에 비해 石炭資源이 훨씬 풍부하기 때문에 이것을 잘 使用한다면 石炭枯渴을 극복하고 核融合이나 太陽에너지가 實用化될 때까지의 空白를 메꾸어 줄 수 있지 않겠는가 하는 것이 一般의 期待이다. 특히 에너지源의 多樣化의 열쇠는 石炭의 高度利用에 있다고 強調하는 사람들이 많다. 石炭의 高度利用이란 石炭을 燃料나 原料用으로 가스化, 液化한다는 것이다. 다만 우리나라에서는 周知하는 바와 같이 少量의 無煙炭을 제외하고는 이 石炭資源마저 없어서 부득이 海外에서 石炭을 輸入할 수 밖에 없다.

海外의 石炭을 利用하는 데에도 여러가지 形態가 있을 수 있다. 어느 方式이 제일 經濟的이고 相對國도 좋아하며 또한 우리나라에 에너지需要에 適合할 것인가를 충분히 檢討해 둘 필요가 있는 것이다.

가령 石炭을 그대로 海上輸送해올 경우에도 다음과 같은 경우를 생각할 수 있다.

- ① 港口부근의 火力發電所燃料로 사용해서 發生된 電力을 超高壓送電線으로 送電한다.
- ② 港口부근에 가스化工場을 建設해서 高칼로리의 合成天然가스(SNG)를 製造해서 파이프라인으로 需要

中心地에 보내고 거기서 發電用이나 都市가스用으로 사용하도록 한다.

③ 가스化工場에서 低칼로리의 가스를 만들어서 發電用으로 사용하여 發生된 電力을 送電한다.

한편 海外의 產炭地에서는

④ 液化해서 人造石油을 만들거나

⑤ 가스化해서 나온 메탄으로부터 메타놀(에틸 알콜)을 만든 다음 파이프라인으로 港口까지 轉送해서 탱커로 輸入한다 등등의 여러가지 方法이 있다.

美國은 「에너지獨立大計劃」 가운데에서 특히 石炭을 重視해서 年産을 현재의 6億톤으로부터 1980년에는 9億6,000만톤으로 擴大하고 發電所에도 현재보다도 29%增의 石炭을 쓰기로 하고 있다. 西曆 2,000년에는 全美의 가스消費의 25%와 石油消費의 10%를 石炭의 液體化로 감당해 나갈 方針이라고 한다.

美國石炭研究局은 최근 液化, 가스化, 發電을 적절히 組合시켜서 經濟的으로나 技術的으로도 한층 더 優

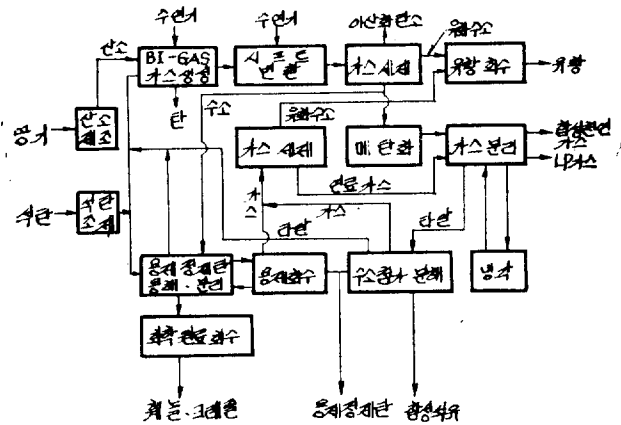


그림 4. COG 精製所 構想

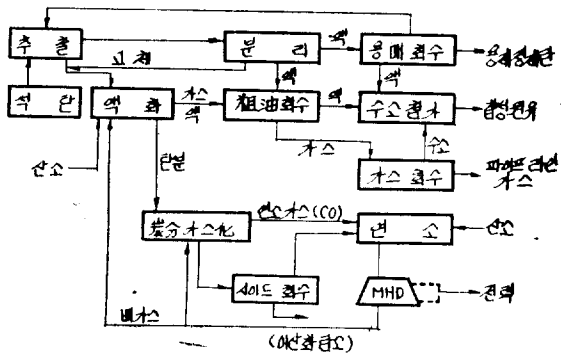


그림 5. 石炭流體化의 腹合시스템(GOP 工場案)

<p. 15에 계속>