

메탄올의 展望과 그 意味

嚴 性 鎮

韓國科學技術研究院 觸媒化學研究室

(1992년 2월 25일 접수)

The Prospect of Methanol and Its Meaning

Sung-Jin Uhm

Catalysis Laboratory, Korea Institute of Science and Technology,

P.O.Box 131, Cheongryang, Seoul, Korea

(Received February 25, 1992)

요 약 : 메탄올은 低級 炭素源의 活用이란 側面에서, 에너지 貯藏 運送이란 觀點에서 점점 關心을 끌고 있다. 특히 低級炭素源으로부터의 메탄올 合成技術은 이미 商業化되어 있는 技術이기 때문에 더욱 現實的인 技術로 대두되고 있다. 메탄올은 發電, 都市가스, 化學原料 및 運送燃料로 低級 炭素源을 活用할 境遇, 相互 連繫하는 媒介體로 使用할 수 있으므로 이를 國益 次元에서 C1化學 技術을 통한 連繫方案을 記述하려고 시도하였다. 특히 二酸化炭素를 自然界에서처럼 一種의 水素貯藏 手段으로 메탄올 合成에 利用함으로써 地球溫暖化 같은 環境問題를 줄이는 方案으로 提示했다.

Abstract: In this energy and environment conscious age, methanol has come to attention increasingly since the well established process is commercially available to produce methanol from abundant low grade carbonaceous resources ; methane, carbon dioxide, coal and biomass etc. Methanol is a Clean energy source which is a readily storable and transportable liquid. It is elaborated to correlate power generation, city gas and chemical feed stocks including transportation fuel, enhancing the national efficiency of resource utilization as well as reducing the environmental problems for the future via C1 technology. It is emphasized that CO₂ could be used to produce methanol as a mean of hydrogen storage as in the nature, which will alleviate the environmental problem such as green house effect.

1. 序 論

初期에 메탄올은 木材乾留에서 製造되었기 때문에 木精이라는 이름이 붙여졌었고 當時에는 여러가지 用度の 燃料로 使用되어졌었다. 그후 더 經濟性있는 石油가 大量 開發되면서 메탄올의 燃料로서의 使用은 사라지고 주로 石油化學工業의 原料로 使用되게 되었다. 最近 들어서는 制限된 石油埋藏量의 急激한 減少로 低級炭素源의 活用

研究가 活潑해지면서 다시 메탄올의 燃料로서 意味가 浮刻되고 있다[1]. 이러한 變化의 原因으로 다음 몇 가지를 들 수 있다.

- 1) 現在 技術로 메탄올은 低級炭素源으로부터 가장 쉽게 製造할 수 있다.
- 2) 常溫 常壓에서 貯藏 運送이 可能하다.
- 3) CO₂를 活用한 水素貯藏 中間物質로 使用 可能.
- 4) 低公害 燃料.

메탄올에 관해서 더論하기 前에 所謂 C1化學에 관하여論하는 것이 必要하다. C1化學은 低級炭素源을 活用하는 技術이다. 가장 理想的인 C1化學의 類型은 自然에서 찾아볼 수 있다. 卽 炭素源으로서는 가장 低級인 탄산가스를 이용하는 光合成 反應이 바로 自然의 C1化學이라고 할 수 있다. 이 光合成은 觸媒反應의 極致라고 말할 수 있다. 우리는 언제나 모든 것을 다 包含하는 自然에서 觀察하고 배워서 이를 우리 生活에 應用하고 있음으로 自然에서 일어나는 C1化學과 이를 模倣하려는 人間의 C1化學을 比較함으로써 우리는 더 많은 洞察力을 얻을 수 있다. 自然의 C1化學에서는 太陽에너지를 吸收해서 水分子를 分解하여 水素를 얻고 이 水素를 CO₂에다 貯藏하고 있다고 말할 수 있다. 이렇게 自然에서는 太陽에너지를 自然의 C1化學인 光合成을 통해서 有機物에다 貯藏하고 있다고 볼 수 있다. 우리가 使用하는 技術에서 自然에 가장 가깝게 模倣하면 가장 效率의 이라는 것을 우리는 經驗을 통해서 잘 안다. 우리가 다룰 수 있는 觸媒反應으로 自然의 C1化學을 模倣할 수 있는 지를 살펴보자. 물을 電氣分解해서 水素를 얻을 수 있음으로 電氣에너지를 水素에다 貯藏할 수 있다. 最近에는 빛 에너지를 吸收해서 어떤 特定 金屬觸媒는 물을 分解하여 水素를 낼 수 있다고 발표하고 있다. 다음은 얻어진 水素를 CO₂에다 貯藏할 수 있는 觸媒反應만 있으면 상당히 自然에 接近하는 얘기가 된다. 실제로 水素와 탄산가스를 反應시키는 觸媒가 알려져 있고 效率성이 더 높은 觸媒를 開發할 수 있는 可能性도 높다[2]. 現在 가장 可能性이 높은 이 反應은 메탄올 合成 觸媒反應이다. 다시 말해서 電氣에너지나 빛 에너지를 低級炭素源인 탄산가스를 活用해서 메탄올로 저장할 수 있다는 말이다. 이 技術은 에너지를, 또는 水素를 貯藏할 수 있는 人間 C1化學이라 할 수 있다. 이를 商業的인 技術로 發展시키려면 앞으로 더 많은 時間이 걸리겠지만 分明히 이는 可能的인 技術이다. 以上 記述한 바에 依하면 메탄올은 電氣나 빛 에너지 貯藏物質이고 또한 輸送이나 貯藏이 容易한 燃料物質이다. 따라서 本 論文에서는 메탄올과 에너지의 關係를 中心으로 記述하려고 한다. 勿論 化學工業原料로서의 意味도 있으나 이는 一般 石油產業에서와 같이 그 比重이 에너지쪽에 훨씬 더 치우쳐

있음으로 에너지를 中心으로 論하게 된다. 參考로 石油를 包含한 모든 化學物質이 C1化學의 觸媒反應을 통해 메탄올로부터 合成이 可能함을 添言해 둔다. 이 글은 筆者의 所見에 비친 一面을 記述한 것임으로 偏見을 피할 수 없으며 이에 有意해서 읽어주기 바라며 앞으로 더 發展된 批判과 意見이 나와주기를 바란다.

2. 에너지 需給과의 關係

C1化學은 低級炭素源 活用技術이고, 따라서 石油代替技術이며 더 나아가서는 에너지 代替技術이라고 말할 수 있다. 低級炭素源 物質은 값이 싸고 資源도 豊富하다. 따라서 高級炭素源이 枯渴되면 自然히 低級炭素源 活用技術이 必要하게 된다. 먼저 低級炭素源의 예를 들어보면 제일 먼저 石炭을 들 수 있고, 天然가스, 타르成分, 土炭, 바이오매스, 탄산가스와 칼슘카보네이트 등을 들 수 있다. 여기서 現實的으로 큰 意味를 갖는 것으로는 石炭과 天然가스가 된다. 이러한 低級炭素源의 에너지 資源化는 이미 오래전부터 試圖되어 왔고 특히 石炭으로부터 高級 液體燃料를 製造하려는 努力은 戰略的인 目的으로 二次 大戰 前부터 試圖되어왔다. 現在에 와서는 특히 奧地의 天然가스의 輸送 貯藏手段으로도 液體 化學物質로 轉換하려는 努力이 活潑히 展開되고 있다. 이러한 背景을 가지고 低級炭素源의 活用과 關聯된 메탄올의 意味와 또한 이와 關聯된 技術側面을 觀察해 보기로 한다. 먼저 石炭에 관해서 보기로 한다. 앞으로 石炭의 제일 큰 需要는 發電과 關聯지를 수 있다. 현재 우리 나라에서도 最近 西海岸 섬에다 우리 나라 全體 電力生産 能力에 맞먹는 大單位 發電施設을 計劃하고 있다고 發表한 바가 있다. 이러한 計劃을 세우는 裏面에는 그럴 만한 理由가 있을 것으로 여기서는 論外로 하고 技術的으로 關聯된 重要的인 몇 가지 內容을 살펴보기로 한다. 먼저 石炭을 태워서 發電을 하는 過程에서 생기는 여러가지 公害要因을 생각해야 한다. 둘째로는 發展效率에 關한 것으로 원래 尙大한 에너지량을 取扱하는 事業임으로 效率化로 얻을 수 있는 收益성이 대단히 큰 것으로 國家的인 次元에서는 이 效率化 技術이 現在 생각해

낼 수 있는 産業技術 중에서 가장 큰 收益性을 創出해 낼 수 있는 技術이라 한다. 이러한 技術的인 問題를 解決하는 데에 메탄올과 이의 誘導體 化合物이 重要的 役割을 擔當한다. 여기에 관해서 좀 더 詳細하게 記述해 본다.

發電과 에너지 需給分野에 門外漢인 筆者로서는 專門知識이 없으나 다음과 같은 事實을 듣고 놀라지 않을 수 없었고 筆者의 石油代替技術 開發이라는 命題下에서 C1化學에 關聯된 觸媒 研究에 대한 오랜 認識도 크게 바뀌게 되었다. 즉 우리 國內에서만도 發電效率化에 依한 收益性이 國內 石油化學 全體의 收益性을 凌駕한다는 事實이다. 우리가 石油化學工業의 어느 部分的인 技術을 世界 最高水準의 技術로 開發한다 해도 이의 全體 石油化學工業에 미치는 影響은 미미할 것인데 全體 石油化學工業의 收益性을 凌駕할 수 있는 技術開發 餘地가 있다면 이 分野 技術開發의 順位가 最優先이어야 함은 두 말할 것도 없기 때문이다. 이와 關聯한 技術이 바로 메탄올과 이의 誘導體 合成技術이 된다. 發電의 效率化를 爲해서는 가장 重要的 問題가 發電의 需給調節에 따른 發電施設容量과 發電負荷變動에 따른 剩餘電力을 貯藏하는 技術이라고 한다. 이때에 이 剩餘電力을, 또는 繼續 加동하면서 生成되는 中間에너지를 메탄올이나 이의 誘導體 形態로 貯藏한다는 것이다. 이것은 自然에서 光合成으로 太陽 에너지를 有機物에다 貯藏하는 것과 類似性을 가지고 있어서 興味롭다. 또한 이러한 自然의 模倣으로 우리가 現代의 가장 큰 人類의 敵으로 보고 있는 環境汚染도 大幅 改善할 수 있다는 事實은 대단히 重要하다. 우리 科學者들은 이러한 開發餘地가 큰 技術開發研究에 제일의 優先順位를 두어야 함은 두 말할 것도 없을 것이다. 그러면 지금부터 이와 關聯된 技術에 關해서 記述해 보기로 한다.

優先 石炭을 燃料로 發電을 할 境遇, 直接 燃燒시켜서 使用하는 것이 가장 施設投資가 적게 드는 利點은 있으나 熱效率과 특히 環境公害 側面에서는 深刻한 問題를 提起한다. 萬一 西海岸에다 直接 石炭을 燃燒시키는 大單位 發電施設을 한다면 우리 나라는 完全히 公害로 뒤덮힐 것이다. 따라서 現在로서는 石炭을 一次 가스화해서 精製함으로써 많은 公害要因을 줄이고 다

음은 가스터빈과 蒸氣터빈을 돌리는 소위 複合 發電法을 가장 現實的인 技術로 보고 있다. 그러나 이렇게 해서 一次의 目的은 達成하고 있으나 電力需要 變動에 따른 負荷變動으로 인한 過剩 施設投資나 低負荷時의 剩餘電力 貯藏手段의 非效率로 莫大한 損失이 있어 이의 改善으로 尙大한 收益性을 創出할 수 있는 可能性을 가지고 있다. 여기서 대두되는 것이 위에서도 指摘한 바와 같이 低負荷時에 가스화로 얻어진 일산화탄소와 水素가 主成分인 수성가스로부터 液體인 메탄올을 合成하여 發電 前段階의 가스를 液體로 貯藏함으로써 間接的인 剩餘電力 貯藏手段이 된다. 이에 관한 妥當性 調査도 이미 完了되어 國內外에서 認定을 받고 있는 狀態이다[3]. 貯藏된 메탄올은 高負荷時 다시 燃料로 燃燒하여 發電을 할 수 있고 또한 其他 化學工業原料로 活用할 수도 있다. 이렇게 해서 發電施設 過剩投資도 줄일 수 있고 또한 剩餘電力 貯藏도 可能해진다.

3. 環境汚染 解消와의 關係

더 나아가서는 直接 剩餘電力(原子力이나 其他 有機燃料 外的 電力포함)으로 물을 電氣分解해서 水素와 酸素를 얻고, 위에서 言及한 低級炭素源을 가스화하여 가스터빈 燃燒에서 나오는 탄산가스를 原料로 하여 다시 메탄올을 合成한다면 現代 産業의 過多한 탄산가스 排出에 의한 地球 溫暖化 現象을 줄이는 데도 크게 寄與할 수 있는 二重 效果를 期待할 수 있다. 剩餘電力으로 물을 電解할 때 同時에 生産된 酸素는 低級炭素源의 가스화시나 가스터빈 燃燒時 注入함으로써 熱效率을 높일 수 있고, 또한 尙大한 量의 空氣中 窒素를 注入시켜서 發生하는 空氣汚染의 主犯인 NOx 生成 要因을 줄일 수 있다. 한편 純粹한 酸素를 燃燒時 注入함으로써 純度 높은 탄산가스를 얻음으로써 탄산가스 再活用時 다음 反應을 위한 分離精製 問題가 쉬워지는 큰 利點을 얻을 수 있다. 이렇듯 關聯工程들을 잘 連繫하여 調和시킴으로서 發電效率도 높이고 公害要因을 줄임으로서 우리 人類가 當面하는 여러가지 어려움을 같이 解決할 수 있는 知慧를 發揮할 수 있다. 한편 炭素源을 燃燒하

여 발생하는 尙大한 量의 탄산가스는 또한 低級 炭素源을 가스화할 때 空氣中の 酸素 대신에 注入하면 다음과 같은 反應으로 탄산가스가 일산화탄소로 轉換함으로써 이 또한 地球溫暖化 問題를 줄일 수 있는 데 크게 寄與할 수 있게 된다[4].



여기서 탄산가스는 反復되어 使用되면서 繼續 炭素源이 燃燒해서 發生하는 탄산가스는 줄일 수 없으나 이때의 重要的 利點은 空氣 대신 탄산가스를 使用함으로써 比較的 純粹한 탄산가스를 얻을 수 있다는 데 있다. 이때 얻어진 比較的 純粹한 탄산가스를 空氣中の 酸素 대신 使用하면 위에서 記述한 바와같이 炭素源의 가스화 改質反應時 空氣中の 酸素 分離費用을 節減할 수 있다. 메탄을 合成時 空氣中の 酸素 分離費用이 全體費用의 26% 이상을 차지한다고 하니 이때 탄산가스를 使用하는 工程上的 原價節減效果는 대단히 크며 또한 다음과 같은 反應으로 메탄을 合成原料로 使用함으로써 光合成에서와 같이 水素貯藏手段으로 活用될 수 있다.

自然에서는 햇빛 에너지로 물을 分解해서 얻은 水素를 生體內的 精巧한 觸媒反應으로 吸收한 탄산가스이다 貯藏한다. 연젠가는 人間도 햇빛을 使用해 물을 分解해서 水素를 얻을 수 있다면 잘 알려진 위의 反應으로 CO_2 에다 水素를 貯藏하여 메탄올을 合成하게 되어서 自然의 方法을 더 가까이 模倣해서 現在 未熟한 技術로 우리가 사는 地球를 汚染시키는 일이 줄어들 것

電氣分解



觸媒反應



이다. 地球上의 尙大한 水資源을 생각할 때 水素는 未來의 에너지原이며 이는 또한 清潔에너지임을 잘 알고 있어서 여기서 얻는 水素를 貯藏하는 技術에 關해서 우리는 오랫동안 研究를 實施해 왔다. 參考로 最近 世界 先進 各國에서는 水素 貯藏手段으로 水素貯藏合金을 많이 研究해 왔다. 그러나 現在로 가장 實用性에 接近된 合金으로 Ni-La合金을 예로 들 수 있으나

이 合金의 費用도 높고 技術上的 問題가 있을 뿐만 아니라 무게비로 最大 水素貯藏量이 2.5% 임으로 97% 以上の 貯藏物質의 무게를 運送해야 한다는 致命的인 弱點이 있다. 탄산가스에다 水素를 貯藏하여 메탄올을 合成할 境遇는 가장 理想的인 低廉한 水素貯藏이 되고 取扱도 容易하며 이는 C1化學에 의한 自然을 模倣한 技術이기도 하다. 위에서도 여러번 指摘한 바와 같이 公害要因을 大幅 줄여서 自然을 保護하며 自然에 順應하는 技術임을 強調한다.

4. 天然가스 活用과의 關係

또 하나의 좀더 現實的인 問題로는 앞으로 一世紀 程度는 天然가스가 重要的 에너지原으로 浮上되고 있으며 특히 우리나라에서도 世界的 和解霧圍氣에 따라 시베리아, 사하린, 만주 등에 埋藏되어 있는 尙大한 量의 天然가스가 地理的으로 가까운 우리나라로 流入될 展望이다. 天然가스의 境遇 제일 큰 短點은 運送과 貯藏이 어려운 점이다. 이를 克服하려는 努力으로 天然가스를 液體物質로 轉換하려는 研究가 活潑하다. 天然가스의 主成分인 메탄을 直接 活性化시켜서 液體 또는 其他 有用한 物質로 轉換하는 것이 가장 바람직하지만 이는 技術上的 어려움이 많고 現實的으로 가장 可能한 것은 역시 수성가스로 가스화하여 메탄올 또는 이의 誘導體인 液體物質을 合成하는 方法이다. 이때도 역시 위에서 提示한 바와 같이 天然가스의 改質反應時 空氣대신 탄산가스를 使用하면 막대한 空氣中の 酸素 分離費用을 節減할 수 있고 탄산가스와 메탄이 한 分子씩 反應해서 일산화탄소와 수소를 各各 두 分子씩 生成함으로써 그 利點은 대단히 크다[4]. 한편 이렇게 天然가스로부터 일차 메탄올 또는 그 誘導體를 合成함으로써 運送貯藏이 容易해지고 이로부터 揮發油를 포함한 各種 石油化學 原料合成이 可能함은 周知의 事實이다. 이 分野에는 앞으로 많은 研究의 餘地를 남겨 놓고 있다.

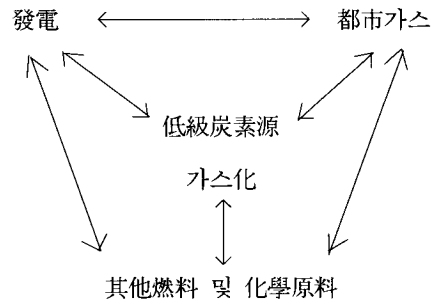
5. 結 論

以上에서 記述한 바와 같이 低級炭素源을 燃

料나 기타 化學工業原料로 活用할 때 일차 中間物質로 메탄올이나 또는 그 誘導體를 合成함으로써 얻어지는 利點은 대단히 廣範圍하여 여기서 關聯된 모든 技術에 관해서 記述하기는 어려운 일이다. 그러나 低級炭素源을 活用한 石油代替技術開發, 즉 에너지 代替技術開發로서의 C1 化學의 意味를 다시 想起해서 이를 定理해 보면 크게 세 가지 側面을 들어볼 수 있다. (1) 역시 제일 큰 것은 發電이다. (2) 다음은 家庭用, 産業用燃料이고, (3) 끝으로 運送燃料과 化學工業原料를 들 수 있다. 低品位 炭素源은 石油代替資源으로 活用할 境遇 어떤 境遇든 가스化 工程을 거쳐야 하는 共通點을 가지고 있다. 이 가스化 工程에서는 尙大한 量의 酸素를 必要로 하는 바 空氣中에서 이 酸素를 分離하는 費用이 全工程에서 가장 큰 比重을 차지한다. 이때 複合發電時 發生하는 尙大한 量의 탄산가스를 가스化 改質反應에 活用함으로써 空氣分離費用을 節減하고 同時에 地球溫暖化 같은 環境汚染을 줄일 수 있다. 따라서 이 莫大한 投資가 따르는 가스化 工程을 共通 出發點으로 놓고 이 세가지 큰 需要를 C1化學技術을 통해 相互 連繫시킴으로서 資源의 效率的인 管理와 이에 따른 國際的인 競爭力 向上의 餘地는 위에서 여러 번 提示한 바와 같이 대단히 크며 이에 따른 國家次元의 收益性은 그 類例를 더 찾을 곳이 없다[5]. 卽 세 가지 需要에서 모두 需要供給의 負荷가 다르고 이 時間과 季節에 따른 負荷變動을 相互 補完함으로써 資源活用の 效率를 極大化할 수 있다. 이러한 相互 連繫는 에너지 貯藏手段으로 活用되어 發電에서 제일 큰 課題로 되어있는 負荷追從能力을 向上시켜 發電效率를 極大化할 수 있으며 都市가스 産業과 기타 運送燃料를 包含한 化學工業分野에서도 相互 需給均衡을 補完함으로써 높은 經濟性을 創出해 낼 수 있음과 同時에 地球 環境改善에 크게 寄與할 수 있다.

여기서 특히 言及할 것은 이와 關聯된 經濟性 檢討는 이미 美國의 Palo Alto, California에 있는 Electric Power Research Institute 등에서 完了해서 높은 妥當性을 認定받고 있는 狀態이다. 단지 이러한 短篇的으로는 모두 商業的으로 立證되어 있는 技術이지만 이들 技術들을 合成해서 綜合技術로 運轉한 記錄이 없을 뿐이라고

한다. 이러한 일은 分散돼서 運營되어지고 있는 既存 産業을 모으는다는 尙大한 事業이라 自由 市場經濟 體制下에 安定하게 定着되어 있는 나라에서는 쉬운 일이 아니다. 이러한 理由때문에 모든 事業의 妥當性을 檢討해 놓고도 특히 美國 같이 큰 나라에서도 實踐에 옮기지 못하고 있다. 만일 어떤 나라가 이러한 分散된 技術들을 合成해서 綜合技術로 成功의인 運轉 記錄과 經驗을 保有한다면 이 나라는 莫大한 收益性을 創出할수 있는 綜合技術 保有國이 될 것이다. 우리나라같이 比較的 規模가 적고, 産業建設이 活潑하며, 어느 정도의 政府 統制가 可能한 나라에서는 充分히 試圖해 볼 만하다고 본다. 특히 西海岸에 建設計劃中인 大單位 發電施設에는 반드시 이러한 綜合技術案이 反映되어서 國際的으로 唯一한 이 綜合技術 保有國이 되기 바란다. 이를 要約해서 圖式으로 表示해 보면 다음과 같이 그려볼 수 있다.



以上 略述한 內容을 綜合해서 結論을 내려보면 아래와 같은 期待效果를 얻을 수 있다.

- 1) 發電分野
 - 低級炭素源을 利用한 發電效率 向上
 - 施設投資 및 運轉費 節減
 - 에너지 貯藏으로 負荷追從能力 向上
- 2) 都市가스 分野
 - 가스 貯藏 및 運送能力 向上
 - 需給變動에 能動的 對處
 - 低廉한 都市가스 生産
- 3) 化學工業分野
 - 化學工業의 脫石油化 可能
 - 次世代 化學工業 基盤 擴充

— 低公害 化學工業技術 開發

4) 環境分野

- NO_x 排出除去
- CO₂活用으로 地球溫暖化 防止에 寄與
- 其他 公害物質 排出除去

끝으로 위에서提示된 技術들을 綜合하고 效率化하기 위한 메탄올과 關聯된 앞으로의 技術開發分野를 整理해 보면 다음과 같다.

- (1) 탄산가스와 메탄, 또는 기타 低級炭素源과의 改質觸媒反應
- (2) 탄산가스에다 水素 貯藏手段으로서의 메탄올 合成 觸媒反應
- (3) 탄산가스 分離技術
- (4) 물 電解를 위한 高性能 電極開發
- (5) 高効率 물 光分解 觸媒開發

參 考 文 獻

1. T. O. Wentworth and D. F. Othmer, *Chem. Eng. Prog.*, 29, August 1982.
2. A. Ya Rozovskii, *Russian Chemical Reviews*, **58**(1), 41–56, 1989.
3. “石炭 가스化 複合發展 技術研究” KOPEC-90T-027, 1990년 12월.
4. M. L. H. Green et al, *Nature*, Vol. 352, p. 225, 1991.
5. 嚴性鎮, 에너지協議會報 9, p. 36, 1988.