



醱酵工業과 有機合成工業

成 佐 慶

(仁荷大 總長)

醱酵過程이란 微生物을 利用하여 物質을 變換시키는 過程을 뜻하는 것이며 微生物이 生産하는 酵素의 觸媒作用이 그 變換의 推進力이 되는 것으로 이 過程을 利用하는 工業의 歷史는 매우 길다. 科學의 發展과 더불어 生物的 代謝過程이 詳細히 밝혀지고 本質的으로 그 代謝過程의 利用인 醱酵工業도 初創期の 所謂 釀造工業으로부터 그 範圍가 漸次로 擴大되어 알코올, 調味料, 有機酸 등의 生産以外에 아미노酸, 抗生物質, 核酸關聯物質, 스테로이드 등의 生産이 關聯되고 있을뿐 아니라 鑛物の 精鍊, 廢水處理等에까지 이르고 있으며 微生物工業 乃至 生物化學工業 또는 生物工業으로 解釋하여야 하는 것이 올바른 認識으로 생각되고 있으며 今後の 無限한 發展可能性을 內包하고 있다 하겠다.

有機合成은 Wöhler의 尿素合成以來로 天然有機物의 人工合成으로 始作되어 有機化學의 急速한 發展의 礎를 받기 많은 有用有機天然物質合成에 成功을 견우었으며 19世紀以來로 工業적으로 成立하기 始作하여 染料, 醫藥 등에서 큰 成果를 견우기 始作하였다.

더욱 工業의 根本原料로서 炭素와 水素의 一部를 石炭이나 石油에서 그리고 空氣와 물의 酸素와 窒素 그리고 水素를 利用하여 天然에는 存在하지 않는 物質이라도 우리가 有用하게 利用할 수 있는 物質의 合成으로 그 範圍가 擴大되어 더욱 큰 發展을 繼

續했다. 20世紀에 들어와 觸媒科學의 發展, 高壓技術의 確立 化學裝置의 精巧化 등과 아울러 50年代以後로 石油가 工業의인 基本原料로 使用되기 始作하고 裝置는 더욱 巨大化되고 製品은 더욱 多樣化함에 따라 有機合成工業은 化學工業의 大宗을 이루게 되어 化學工業生産額의 거의 大部分을 차지하기에 이르렀다.

兩工業의 比較

醱酵工業은 生體觸媒酵素가 利用되고 있으며 有機合成工業에서도 거의 例外 없이 觸媒를 使用하고 있다. 酵素反應은 大體로 거의 常溫 常壓에서 거의 中性의 液相이라는 溫和한 條件에서 進行되며 反應効率が 매우 높고 反應의 特異性 即 反應하는 基質에 對한 高度의 選擇性을 나타낸다. 反面 工業의 見地에서 作用條件의 範圍가 좁고 微生物培養에 있어서의 不安定性他 微生物의 汚染防止等등의 難點도 있다.

한편 有機合成觸媒는 兪선 甚酷한 條件 即 高溫高壓에서 使用할 수 있으므로 가스 反應 같은 경우에는 특히 有利하나 酵素反應과 같은 高度의 選擇性 反應効率 등은 一般的으로 期待하기 어려우며 生物生産酵素와 달리 觸媒의 長期使用 耐久性의 期待는 어려운 것이 普通이다.

日本의 경우 微生物利用工業은 釀造工業 即 酒類 된장 醬等을 包含하여 全體的으로 正確한 統計가 어려우나 大體的으로 1970年 頃 50億弗이 兪선 넘는

것으로推算되며生産額으로는 거의有機合成工業과 맞먹는 것으로 생각되고 있다. 그러나 酒類, 된장, 간장等を除外하면 그 額數는 얼마 되지않고 規模도有機合成工業의 大宗인 石油化學工業과는 比較도 되지 않는다. 그러나 資源에너지 公害等의 今後의 큰 沈人類의 問題의 見地에서 볼 때 그 發展이 多様하게 展開될 수 있는 素地를 內包하고 있는 分野의 하나로 微生物工業을 들 수 있겠고 더욱 兩工業의 協助로 人類福祉增進에 寄與가 있을 것으로 期待된다.

資源의 見地에서 볼 때 微生物工業은 主로 生物資源을 原料로 하는데 對하여 有機合成工業은 石炭이나 石油을 基本原料로 하고 있다. 生物資源은 無限資源 即 地球과 더불어 永遠不減한 資源인데 對하여 地下資源은 有限資源이므로 적어도 現狀況下에서는 有機合成工業의 將來는 有限性이고 微生物工業은 無限性이라 할 수 있다.

微生物工業의 原料가 近來에 非生物資源으로 까지 擴大되어 가고 있으며 그 方面에 더욱 有望한 前途가 豫想되고 있다. 그러나 生物이든 非生物이든 生物이 關與하는 工業이므로 그 製品은 어떤 形態로든 우리가 再利用可能한 狀態로 自然界로 되돌아 가게 되어 있다.

即 炭素는 다시 生物界로 窒素와 酸素는 空氣中으로 水素는 물로 還元되게 되는 自然攝理에 따르게 되어 있다.

有機合成工業의 製品中에는 플라스틱 合成纖維等과 같이 天然에는 存在하지 않는 物質이 있어 그 特性을 살려 우리가 매우 有用하게 利用하고는 있으나 非強制的으로는(例컨대 燃燒) 自然界로 再利用可能한 形態로 還元이 不可能한 例가 있는 것이 事實이어서 公害問題를 나타내고 있다.

食糧問題는 人類의 死活에 關係되는 것으로서 今後 더욱 深刻한 問題로 擡頭되고 있다. 有機合成工業原料는 食糧問題와는 無關하고 오히려 그 製品들이 食糧增產手段을 提供해 주고 있으나 微生物工業에 있어서는 可食資源으로 非食品을 生産하는 例가 있어 이것 또한 今後 解決되거나 是正되어야 할 問題點을 內包하고 있다 하겠다.

兩工業의 協助와 競爭

兩工業의 共通의 分野 即 併立協助 또는 競爭하는 分野는 單一物質製造에 있어서이다. 大體적으로 醱酵工業의 特色을 살릴 수 있는 것은 生物界에 一般的으로 存在하는 物質 또는 그 導誘體 特別 立體特異性物質과 같은 分野이고 有機合成工業은 大規模生産이라는 利點을 살리면서 오히려 天然에는 存在치 않는 쓸모 있는 物質의 製造에서 그 特徵을 살릴 수 있다 하겠다. 그러나 目的하는 製品을 原料로부터 製造하는 過程에서 純化學的 合成過程과 生合成過程의 結合같은 協同이 이루어지는 例도 相當히 있으며 醱酵過程만으로 生産이 이루어지는 工業에 있어서도 單一純物質을 얻기 爲하여는 有機合成工程에서 發展되어온 分離精製過程이 不可避하게 隨伴되기도 한다.

工業이란 經濟性이 爲主가 되기 때문에 더 값싼 製品을 얻기 爲한 工程의 改良은 過去부터 繼續되어 왔고 그 結果 많은 製造方法의 消長이 있었고 이것은 또한 今後도 永遠히 繼續되어 갈 것이다. 그 매우 좋은 例가 調味料인 Monosodium glutamate(MSG)일 것이다. 이것은 醱酵과 合成의 協助에 關하여서도 좋은 例가 될 것이다. 이 工業은 原來最初에는 小麥蛋白質의 加水分解 工程으로 始作되었다. 그 後 糖質(特別 糖蜜)의 醱酵가 成功되어 醱酵工業으로 完全代替되더니 다시 Acrylonitrile 또는 Acrylate가 石油化學工業으로 값싸게 얻어지자 이를 原料로 하는 純合成工業이 擡頭되어 醱酵과 合成이 兩立되었다. 그러나 最近에는 醱酵과 合成의 協同에 의한 生方式이 더욱 有利한 方式으로 採擇되기에 이르렀다. 即 石油化學工業이 大規模化해 가고 Ethylene으로부터 식초酸의 安價한 直接合成(Wacher法)이 이루어지고 새로운 適合微生物의 探索과 醱酵條件의 研究發展으로 식초酸으로 부터의 MSG製造가 可能해진 것이다.

近來에 醫藥, 榮養強化目的으로의 食品添加劑 飼料에의 添加用等等으로 아미노酸의 需要가 漸次 커지고 있다. 아미노酸은 大體로 合成이나 醱酵나 어느 方法으로든 만들 수 있는 것이다. 그러나 經濟性을 考慮한 工業으로는 大體적으로 L-Lysine, L-thr-

reonine, L-Valine 등은 醱酵法이, Glycine, D,L-Alanine, D,L-Methionine, L-Tryptophane은 合成法이 그리고 L-Arginin L-Isoleucine, L-Aspartic acid는 兩法의 合同方式이 좋은 것으로 되어 있다. 그러나 이런 것들의 製造方式이 어느方法이 더 有利하게 될지는 今後의 問題이고 반드시 많은 變化가 있게 될 것이다.

抗生物質도 그 生産量이 漸次 많아지고 있으며 그 製造는 거의 醱酵에 依하고 있다. 다만 Chloramphenicol이 合成으로 生産되고 있고 Penicillin이 合成과 醱酵의 協同으로 製造되고 있다. 即 醱酵로 6-Amino Penicilanic acid를 만들고 이것을 化學적으로 Acyl化하여 製品化하고 있다.

Vitamin에 있어서는 Vitamin A가 抽出法 以外에 벌써 오래전에 Citral로부터의 工業的 合成이 成功되어 있으나 醱酵生産可能性은 末知數이다. B₂에 있어서는 動物飼料添加用으로는 醱酵品이 醫藥 및 食品用으로 純製品은 合成製品이 使用되고 있다.

B₆은 合成爲主이고 C도 合成에 依存하고 있다.

그밖에 單一製品으로서 Acetone과 Butanol이 醱酵로 生産되어 成合法과 兩立되었으나 經濟적으로 合成성이 優位에 서게되어 醱酵法은 거의 消滅되었으며 Ethanol도 經濟的見地에서 볼 때 合成法이 훨씬 優位에 서 있다.

今後的 展望

科學技術의 根本目標은 모든 自然現象을 究明하고 이를 人類의 福祉增進에 活用하는데 있다. 近代科學이 크게 發展하였다 하나 未解決問題는 너무나 많다.

原則적으로 生物界에 存在하는 모든 物質들은 空氣中の 炭素가스와 酸素, 물 그리고 窒素로부터 生物이 만들어 낸 것이기에 微生物 乃至 生物工業의 根本目標나 有機合成의 根本目標나 모두 이들을 이와 같은 原料에서 만들어 낼 수 있는데 있다고 하겠다.

有機合成이 天然物質과 같은 構造의 物質을 많이 有用하게 製造해 왔고 또 天然에는 存在하지 않는 有用한 物質들을 大量으로 製造供給하고 있는 것은 事實이나 Glucose의 單一重合體인 纖維素나 澱粉의 合成은 五里霧中狀態이고 20種의 아미노酸만으로 構

成된 蛋白質合成도 現在로는 매우 어렵게 느껴진다.

生化學적으로 이들의 合成構造가 많이 밝혀졌지만 이들의 生合成問題도 그리 쉽게 解決될 것 같지 않은 것이 現況이다. 더욱 우리 人類는 資源食糧問題라는 큰 未解決問題와 아울러 에너지 및 公害問題도 妥當한 對策을 樹立하여야 할 時期에 놓여 있다.

每年 1億以上式 增加하고 1980년에는 44億以上, 2000년에는 65億의 人口가 豫測되는 우리 人類에게 食糧問題는 매우 큰 問題이다. 有機合成工業은 肥料農藥植物生産調節劑提供 등으로 食糧增產에 直接的으로 貢獻하였으며 合成고무의 使用量增加는 相對적으로 天然고무需要를 減少시켜 間接적으로 食糧增產可能性에 寄與하였고 마찬가지로 合成纖維의 出現과 生産量增加는 結果적으로 木綿使用量膨脹을 막고 合成洗劑는 油脂節約에 이바지하는 등으로 寄與해왔다. 한편 醱酵工業의 原料는 大部分 農產物로서 萬一으로부터 非食用製品을 製造하는 것은 今後大局의 見地에서 止揚되어야 할 것이다.

糖이나 炭水化合物같은 食糧을 非食用資源인 纖維素에서 얻고져 하는 試圖의 歷史도 길다. 木材糖化 펄프는 液으로 부터의 人工飼料取得은 現在一部使用되고 있으며 今後 더욱 研究되어야 할 分野로 생각된다.

食糧問題에서 特히 蛋白質供給은 더욱 切實한 問題로서 1971년의 蛋白質의 全世界 最少 必要量이 9,200萬인테 實地供給量은 約 8,000萬이었고, 1980년에는 1.2億톤이 必要하리라 한다. 이點에서 單細胞蛋白(Single Cell Protein, SCP)의 今後的 發展은 우리의 切實한 問題解決의 한 方法이 될 可能性이 매우 크다 하겠다. SCP란 單細胞 또는 簡單한 構造의 多細胞生物의 生體蛋白을 뜻하는 것으로 細菌, 酵母, 곰팡이 藻類, 原虫類 등을 包含하여 特히 最近에 n-paraffin, methane, methanol, Ethanol 또는 Acetic acid 등을 原料로 하는 SCP의 工業的 生産이 可能하게 된 것은 매우 注目할만 하다. 最近 뉴스에 依하면 1976년에는 世界的으로 20만톤의 SCP가 生産될 것이라 한다. 英國 ICI는 73年以來 Methanol原料로 年產 1,000t 生産中이며 佛蘭西에서는 Gas oil原料로 年產 2萬t, 伊太利에서는 日本의 鍾紡 Proc

ess로 n-paraffin原料로 年産 10萬t 루마니아도 日本 Process로 n-paraffin原料로 年産 6萬t이 建設되었고 和蘭도 Methene原料로 Pilot plant建設중이고 美國도 Amoco foods가 Ethanol原料로 年産 1千萬 lbs工場이 操業을 始作하리라 한다.

SCP의 實用化問題는 WHO-FAO의 Protein advisory group에서 試驗中이나 確實한 科學的 根據에 서의 判定이 要求된다. 食糧에는 勿論 可食성과 아울러 嗜好性이 있는 것이나 根據없는 消費者의 態度도 再考를 要할 것이다. 即 石油나 合成製品이 原料이고 非農產品이 原料가 아니라는 理由만으로 製品을 받아드리지 않는 것은 非科學的이다. 最近의 分離 精製技術은 極度로 發達해 있다.

萬一 根據가 薄弱한 不信으로 安全한 것도 不安全한 것으로 받아들여 진다면 人類將來를 爲하여 不幸한 일이라 하겠다. 現在의 石油消費量의 3%만을 食糧化할 수 있다면 人類의 飢餓問題는 解決될 수 있다는 統計도 있고보니 SCP의 將來는 極히 注目된다.

그러나 食糧問題解決의 보다 根本的 課題는 微生物工業이나 合成工業이 또는 兩者協同으로 어떻게 하여서든지 CO₂와 H₂O 및 N₂로부터의 食糧製造일 것이다.

새로운 石油埋藏이 많이 發見되고는 있으나 石油資源이 有限인 것은 틀림 없다. 그런 意味에서 有機工業原料로서 無限資源인 生物資源에 注目하고 새로운 方式으로 過去로 되돌아 갈 必要性이 생각되기도 하나 農畜產資源은 食糧과 直接關聯되고 있기에 除外되고 林產資源이 若干考慮의 對象이 되나 큰 期待는 어렵다.

現在 全世界 石油需要中 約 5%만이 石油化學工業原料로 利用되고 있으며 나머지는 全部 에너지源으로 使用되고 있다. 그러므로 萬一 에너지源을 石油以外에서 求하고 石油은 化學工業原料 그리고 또 그 一部를 食糧화한다면 지어도 今後 數百年동안 使用할 수 있는 石油은 우리가 所有하고 있는 計算이 된다.

原子力에너지는 實用化되어 크게 伸張하고 있고 太陽에너지의 보다 더 効率의 利用이 많이 論議되고 있으나 石油에너지를 全的으로 代替하기란 많은 時日을 要할 것이다.

無限의 에너지源은 太陽에너지이다. 太陽에너지의 貯蓄과 利用에 있어 物理的 方法과 아울러 化學的 또는 生物學的 方法도 많은 研究가 必要하다 하겠다. 生物의 모든 에너지源은 根源的으로 太陽에너지이다. 太陽에너지를 利用하여 榮養素를 生體內에서 合成하고 이것이 다시 酵素的으로 分解될 때 發生하는 에너지가 生物의 에너지이므로 그 過程의 本質을 보다 確實히 하고 이를 有効하게 利用하는 方法의 摸索도 큰 課題의 하나라 하겠다.

公害問題는 많은 部分이 化學工業에 의하여 야기되고 있다. 그러나 化學工業이 우리에게 주는 惠澤이 너무나 크기에 公害만으로 化學工業을 中止하기란 매우 어렵다 하겠다. 다만 이것을 公害없이 만드는 것이 化學工業에 賦課된 큰 任務라고 생각되며 이 任務를 完遂하는 面에 있어서 또한번 微生物工業과 의 보다 緊密한 協力が 크게 期待되고 있다.

直接的關聯이 서로 없어보이기도 하는 두 工業은 今後 서로 競合도하며 協助도 繼續하며 人類福祉增進에 더욱 큰 貢獻을 하게 될 것이며 今後 그 發展方向을 豫測하기가 어려운 매우 展望이 밝은 많은 課題를 갖고 있는 工業이라 하겠다.

우리나라와의 關聯

釀造와 調味料 以外에는 若干의 抗生劑를 除外하고는 微生物工業이 別로 보잘것 없고 石油化學工業도 始作段階에 不遇한 것이 우리나라의 實情이다. 그러나 우리는 食糧이 不足하고 資源이 없다. 每年 輸出額이 큰 比率로 伸張하고 있으나 그 以上을 食糧과 石油輸入에 充當(昨年)하고 있다. 食糧問題와 資源 特別 石油과 에너지 問題는 어느 問題보다도 優先的으로 考慮되어야 할 것이다. 食糧增産과 그 最大限의 節約, 새로운 食糧資源의 關聯, 例컨대 SCP에 對한 研究工業原料로서의 轉用の 抑制에너지源으로서의 石油量의 輸入減少對策等과 아울러 將來에 큰 發展과 期待가 豫想되는 우리의 獨特한 有機合成工業과 微生物工業에 關한 새로운 開發計劃을 이들 두 工業의 相互關聯 그리고 前述한 여러 問題들과의 關聯을 考慮하면서 樹立해 나가는 것이 바람직 하다