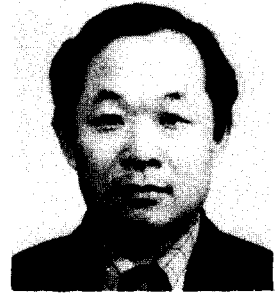


바이오에너지의 外國研究開發動向



裴 武

〈 필 자 약 력 〉

- '61. 3 일본 동경대학교 농예화학과졸
- '66. 3 일본 동경대학교 대학원 응용미생물학·박사
- '66~'69 미국 캘리포니아대학및 영국웨일즈대학에서 연구
- '71. 3~'83. 3 KAIST 응용미생물연구실 실장
- '83. 3~현재 이화여자대학교 자연과학대학 미생물학담당 교수

• 目 次 •

- I. 序 論
- II. 바이오매스 資源開發
- III. 바이오에너지開發의 方向과 技術의 問題點
 - 1. 에타놀 醱酵
 - 2. 바이오가스生産用 메탄醱酵
 - 3. 水素生産
- IV. 各國의 바이오에너지 開發狀況
 - 1. 美國의 開發狀況
 - 2. 브라질의 狀況
 - 3. 인도네시아의 現況
 - 4. 태국의 狀況
 - 5. 오스트라리아(호주)의 現況

I. 序 論

에너지의 대중을 이루는 石油은 産油國의 資源保存政策의 強化와 發展途上國의 需要增大等으로 中長期에 걸쳐볼때 需給의 不安 및 價格의 昂등과 같은 문제점이 內包되어있다. 이러한 정세하에서 에너지를 長期的으로 安全하게 확보하기 위해서는 石油代替에너지를 自体開發해야할 必要가 있음은 周知의 사실이다. 그레

서 非産油國에서는 石油代替에너지의 開發對策으로서 ① 原子力의 開發利用 ② 石炭利用의 擴大 ③ LNG의 導入 ④ 中小水力利用 및 地熱利用 ⑤ 風力 혹은 海洋에너지利用 ⑥ 太陽에너지·바이오매스의 利用開發等の 分野에서 각기 에너지開發을 통한 安全한 供給保策을 세우고 있다.

石油代替에너지 資源이 앞서 말한바와같이 여러종류가 있는가운데 太陽에너지의 利用과 太陽에너지를 地球上에서 轉換시켜 確保할수있는 바이오매스(biomass) 資源은 매년 再生産可能한 資源으로서 그 活用性이 높기 평가되고 있다는 것이다.

地球上에서 太陽에너지에 의해 光合成결과 生成되고있는 炭水化合物은 年間 약 380億 톤으로 추정되고있다. 이것은 世界의 年間 에너지消費量의 약 10배에 해당된다. 石油代替에너지 資源으로서의 바이오매스 資源에서 얻을수 있는 생물에너지供給량을 대충 어느정도인가를 推定해 볼 필요가 있는데 이량은 地域的 特性과 開發可能資源의 量에도 좌우되겠으나 예를 들면 불란서의 Alter計劃에 의하면 약 25%로 推定하고 있다.

II. 바이오매스資源開發

地球上에 도달하는 太陽에너지의 0.1% 以下만이 綠色植物에 의해서 固定되고 있는데 이들 바이오매스의 源泉이 되는것은 ① 草地를 통한 牧草 ② 耕地를 통한 農産物 ③ 森林을 통한 林産物 ④ 海洋을 통한 海藻類 등인데 특히 海洋에서의 海藻類의 養殖을 위시하여 未利用地의 에너지農地化, 未利用農·林産物의 에너지化, 畜産廢棄物 및 都市廢棄物의 에너지化, 바이오매스의 生産增大策등 解決해야할 課題는 山積해 있다. 이러한 視点에서 再生産 가능한 에너지資源으로서의 바이오매스의 生産 및 開發에 대하여 고려해야할 問題点으로는

- ① 利用 가능한 바이오매스의 種類와 量의 파악(再生可能量)
- ② 生産性 및 太陽에너지蓄積效率
- ③ 季節性
- ④ 에너지密度(水分·부피등)
- ⑤ 食料 및 飼料와의 競合性
- ⑥ 經濟性(收穫·輸送 選別 貯藏性)
- ⑦ 바이오매스變換性(有効利用性)

등을 들수 있다. 以上과 같이 바이오매스가 지닌 問題도 多樣하기때문에 바이오에너지의 資源으로서 性質을 잘 把握한 후 우리나라의 立地에서 또 限定된 地域의 資源과 環境을 고려하고 한편 우리나라의 에너지 需要上的 性格과 生態系에 미치는 영향까지를 고려해야 할것이며 또 國家的인 차원에서는 農林水産 및 畜産業과 産業分野의 協力下에 資源의 有効利用과 環境의 要因을 고려한 地域종합시스템으로 開發이 進行되어야할 性格의 것이다. 또한나는 우리나라와 같이 좁은 국토를 지닌 나라에서는 代替에너지로서의 바이오매스資源에 限界가 있기때문에 資源國과의 協力에 의한 資源과 바이오매스의 에너지轉換技術의 相互協力이 바람직한 方向이라고 할수 있고 그러기위한 바이오매스轉換技術의 開發에 努力이 集中되어야 할 것이다. 그러면서 이와 병행하여 우리 地域에

적합한 바이오매스의 開發生産에 힘을 경주시켜야 할것으로 생각된다.

〈表 1〉 바이오에너지源으로서의 바이오매스의 種類

<p>森林系 : 포뿌라 버드나무등 林産物</p> <p>農産物系 :</p> <p>糖質作物·사탕수수, 사탕무우등</p> <p>澱粉作物·옥수수, 고구마, 카사바등</p> <p>草本植物·네피아그라스</p> <p>에너지植物·유카리, 靑산호, 油脂作物</p> <p>海洋植物 : Giant Kelp등 海藻類</p> <p>廢棄物 :</p> <p>林産폐기물·木材칩, 加工殘材 톱밥</p> <p>農産폐기물·벼짚 보리짚 왕겨 果皮류</p> <p>야채폐기물 바가스 줄기류</p> <p>畜産폐기물·畜産糞尿</p> <p>都市폐기물·廢紙類 下水處理오니등</p> <p>新種植物體生産 :</p> <p>植物改良·遺傳形質變換 및 選擇(細胞融合, DNA再組立)을 통한</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 窒素固定能 2. 病虫害抵抗性 3. 藥劑耐性 4. 低溫 및 高溫耐性 5. 植物體成分改良 <p>細胞培養 : 組織培養을 통한 바이오매스의 生産</p> <p>C4 植物 : 1. C3 植物에 C4 光合成系의 遺傳操作에 의한 도입</p> <p>2. C4 植物의 低溫抵抗性改良 및 바이오매스生産</p>

III. 바이오에너지開發의 方向과 技術의 問題點

현재 바이오매스로부터 바이오에너지로의 變

換方法에는 微生物을 利用한 넓은 의미의 醱酵學的 變換과 熱分解方法으로 크게 나눌수 있다.

木材나 林産廢棄物의 경우 脫리그린이나 難分解때문에 生物學的에너지物質로의 變換은 어려움이 많으며 이들의 糖化를 위한 物理學的 또는 化學的 前處理와 糖化醱酵의 개발이 활발히 進行되고 있으나 現段階로서는 아직 林産物에 限해서는 直接燃燒法이나 熱化學的分解나 氣化(이 경우 바이오가스라 하지않음)가 더 有利한것으로 되어있다.

다만 에너지物質의 종류나 형태에 따라서는 生物學的인 方法이 有利할수있는 可能性을 지니고 있기때문에 開發研究의 對象으로서는 重要視되고있는것이다.

生物學的 바이오매스變換方法이라면 그 手段으로 微生物의 醱酵에 依한것을 주로 意味하며 微生物醱酵方法에는 好氣醱酵에 의한것과 嫌

氣醱酵에 의한 方法이 있는데, 食糧源으로 쓰이는 菌體蛋白이나 二次代謝産物의 生産에는 好氣醱酵法이 주로 쓰이나 有機物質 특히 糖質이 원료가되어 分解되어 生成되는 에너지에는 嫌氣醱酵法이 주로 쓰인다. 嫌氣醱酵에서는 에너지消費가 낮고 基質에서의 에너지 回收率이 높기때문에 燃料에너지의 生産에는 適合하다 할수있다. 從來 木材, 糖質, 전분을 대상으로 行해져온 바이오매스의 에너지化方法을 볼것 같으면,

① 木材를 直接燃燒, 燃燒性가스또는 목탄으로 轉換시키는 方法.

② 에타놀醱酵 또는 메탄醱酵와 같은 生物學的方法에 의한 에너지化方法.

③ 醱酵나 有機藥品으로 木材나 澱粉을 糖化한후 알콜醱酵를 하는 化學的 方法과 生物學的方法의 혼합방법이 있다. 바이오매스의 에너지化效率은 表2에서 나타나는바와 같다.

〈表 2〉 바이오매스의 에너지화와 그 效率

Process	바이오매스의 狀態	變換 에너지	에너지化 效率
直接燃燒	乾 燥	水 蒸 氣 電 氣	65 25
가스化(산소, 수증기)	乾 燥	中 Calorie 가스	60
가스化(공기, 수증기)	乾 燥	低 Calorie 가스	50
微生物에 의한 嫌氣分解	高水分 農林畜産 및 水産폐기물	中 Calorie 가스	50
알콜醱酵	糖質(전분, 섬유질 분해산물)	Ethanol	30

● 바이오매스의 에너지化 效率 : $(\frac{\text{變換 生成物의 연소熱}}{\text{원료바이오매스의연소열} + \text{變換에소요된에너지}}) \times 100$

表2에서 알콜醱酵가 가장 效率이 낮은것은 알콜醱酵工程에서 原料의 前處理나 알콜의 蒸溜 및 分離에 많은 에너지가 消費되기 때문으로 이 工程의 改良이 要望되고 있기때문이다. 以下 바이오매스의 生物學的 에너지 轉換技術에서 開發研究의 對象으로 되고있는 分野를 살펴 보기로 하겠다.

1. 에타놀醱酵

에타놀生産의 基質이 되는것은 주로 糖質로서 糖에서 單一 혹은 複數微生物에 의해서 比較的 에너지回收率이 높은 에타놀을 生産할수 있으나 醱酵液으로부터의 에타놀回收에는 에너지消費가 많아 많은 問題點을 지니고있다. 또 澱粉原料의 알콜醱酵에서는 澱粉의 아밀라제分解性

을 높이기 위하여 原料를 蒸煮하는데에도 에너지를 要한다. 이러한 醱酵工程에서는 經濟的인 면에서도 문제가 있으나 에너지 밸런스에서도 表2에 나타나 있듯이 效率이 낮은 것이다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 生澱粉을 蒸煮하지 않고 곰팡이와 酵母를 고무마 또는 타피오카마 새물에 첨가하므로써 증가하지 않고 糖化醱酵하는 方法이 研究發表되었다. 알콜醱酵은 지금까지는 回分式으로 행해져왔는데 이를 連續式으로 하면 設備에는 많은 費用이 消費되나 生産費는 훨씬 減少되어 알콜單位당 生産코스트는 半으로 줄일 수도 있는 것으로 推算되고 있다.

포도당으로 대표되는 六炭糖으로부터 에타놀까지는 酵母의 알콜醱酵經路인 Embden-Meyerhof經路를 거치나 Zymomonas 등에서는 Entner-Doudoroff經路를 거친다. 어느經路를 거친 六炭糖에서 2分子의 三炭으로 分解되고 2分子의 에타놀을 生産하게 되어 에너지 回收率은 97% 달한다.

Zymomonas mobilis의 菌体當 活性은 酵母보다 월등히 높다. 그러나 포도당만을 醱酵한다는 特性이 있어 五炭糖을 醱酵할수 있는 微生物이 要望되고 있다.

嫌氣性菌의 五炭糖 代謝는 주로 pentose-phosphate經路에 의하는데 이경우 六炭糖에서 五炭糖으로 變換때 脫酸되어 결국 3分子의 六炭糖에서 3分子의 五炭糖을 거쳐 5分子의 三炭糖이 生成되므로써 에너지收率은 81~83%에 머문다. 纖維質原料로부터 에타놀을 生産하는 Clostridium도 알려져 있으나 에타놀收率은 포도당 1分子로부터 酢酸등의 부산물을 내므로써 1分子以下에 머물고 있다.

바이오에너지 資源으로서 가장 풍부히 存在하는 纖維質資源의 活用을 위해서는 纖維素分解 活性이 강한 菌의 탐색과 纖維質原料의 前處理 方法의 效率化를 위한 開發研究가 進行되고 있다. 纖維性基質을 미리 알칼리液에 浸漬하거나 혹은 최근에 와서는 蒸氣로 약 40氣壓으로

加壓한후 常壓에 급히 돌리는 爆碎法 그리고 電子線照射에 의해서 cellulose의 重合度나 結晶化度를 低下시킴으로써 糖化를 促進시킬수 있는 方法이 그 進展을 보이고 있다. 그러나 結論은 약 50年前부터 행해진 酸糖化法(Scholler法⁽⁴⁾ 및 Bergius法⁽⁵⁾)에 비해 酵素糖化法이 絶對 優位에 있지못해 實用化에 成功하지 못하고있다.⁽⁶⁾ 酸糖化法에 의하면 木材 100kg에서 32~35ℓ의 알콜을 生産할수 있음에 비추어 에너지절약형의 酵素糖化法은 研究開發에 많은 관심이 집중되고있다.

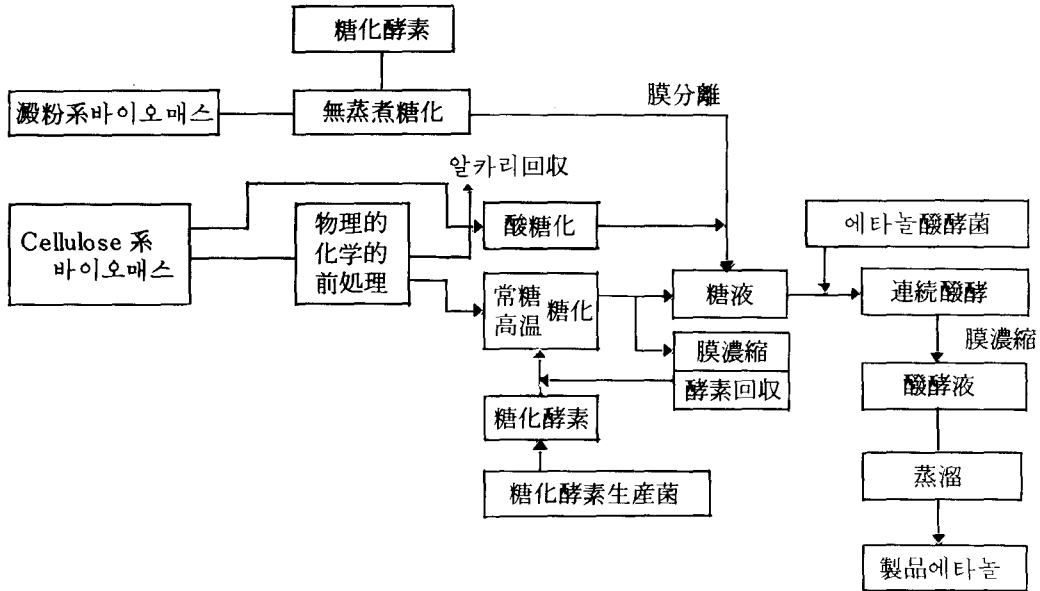
이상 몇가지 문제점을 지적하였는데 알콜醱酵의 開發되어야할 技術的인 면을 에너지밸런스란 측면에서 볼것같으면

- ① 高温에 耐性醱酵菌의 개발
- ② 알콜耐性이 높은 菌株개발
- ③ 固定化菌에 의한 알콜의 連續生産法 개발 및 醱酵速度增大
- ④ 菌体高濃度培養法개발
- ⑤ 에너지절약형 蒸溜工程의 개발
澱粉質原料를 사용할때는
- ⑥ 生澱粉의 糖化方法改善
- ⑦ 아밀라제生産菌의 育種
- ⑧ 澱粉醱酵性(酵母) 菌의 育種
纖維質原料를 醱酵基質化할때는
- ⑨ Cellulase生産能이 높은 菌株의 育種
- ⑩ 纖維質原料의 前處理方法의 效率化
- ⑪ 纖維素의 嫌氣分解에 의한 에너지生産法 개발
- ⑫ 六炭糖과 함께 五炭糖도 알콜醱酵할수 있는 菌株育種
- ⑬ 最終產物阻害 또는 repression 받지않은 알콜醱酵菌의 育種

등등 많은 開發課題를 들수 있다. 이상의 開發에는 醱酵學, 遺傳工學, 微生物學, 化學工學 등 여러分野의 研究者가 協力하므로 体系的인 成果가 期待되며 특히 部分的인 開發이 아닌 政策次元에서 體系化된 研究遂行이어야 비로소

빛을 볼수있는 바이오에너지開發分野라 할수 있다.

〈그림 1〉 바이오매스의 알콜轉換(予定)工程



2. 바이오가스生産用 메탄醱酵

메탄醱酵은 우리나라에서도 農村과 下水处理場에서 상당히 普及하고 있다.

메탄醱酵은 多種類의 微生物複合系로 이루어지는 醱酵로서 리그닌以外的의 바이오매스 성분은 모두 原料가 될수 있고 많은 成分을 포함한 水分含量이 많은 狀態의 原料도 前处理를 하지 않고도 메탄으로 轉換시킬수 있으며 더우기 回收가 容易한것이 特徵이다. 嫌氣醱酵의 過程을 거치므로 醱酵速度가 낮고 時間이 걸리므로 大型装置를 要하고 工程制御도 잘 確立되어 있지않아 오늘날 下水处理나 畜産廢棄物净化의 目的이나 小規模의 農村家庭用으로만 實用化되어 있는 狀態이다.

메탄醱酵은 高分子生体物質(多糖類, 蛋白質 등)의 分解에 의한 酸生成過程과 메탄등 가스 生成過程으로 別個의 細菌에 의해 醱酵가 행해

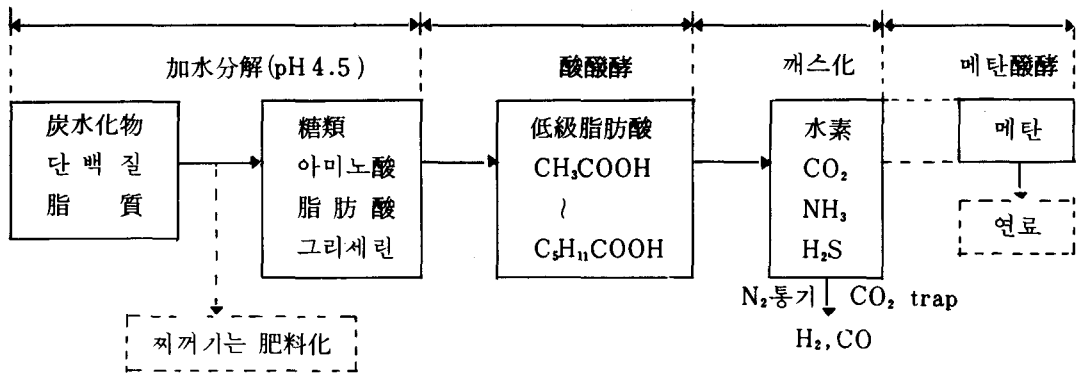
지며 메탄生成菌으로서 同定된 細菌도 약15種以上 알려져 있으므로 이 醱酵에는 改良의 可能性은 큰것으로 豫상된다. 즉 메탄醱酵에 關與하는 微生物의 性質을 조사하고 代謝反応과 酵素를 調査하므로써 效率的인 醱酵方法을 확립하고 代謝制御에 의해서 메탄醱酵過程에 生成되는 有用物質을 分離해 낼수 있는 可能性이 잠재하고 있는 것이다. 메탄醱酵은 그림 2에 나타나 있는바와 같이 加水分解過程, 酸醱酵過程 그리고 가스化過程으로 나눌수 있는데 이 가스化過程의 다음에 메탄醱酵이 일어난다.

메탄菌은 주로 H_2 , CO_2 에서 메탄을 生成시키고 酸生成, H_2 , CO_2 의 發生에는 Clostridium 屬細菌이 關与한다. 現在로서는 最終生産物로서 메탄이 回收되고 있으나 이들 關連菌과 代謝를 制御할수 있게되면 中間段階의 生産物을

生産시킬수 있게 될것이다. 水素를 예로들어 보면 메탄보다 前段階에 나오기때문에 에너지 回收率도 理論上 좋을것이고 醱酵時間도 短縮되며 醱酵工程도 通性嫌氣性으로서 쉬울뿐 아니라 水素의 燃料性도 좋은점이 있으나 여기서는 可能性을 論하고 있는 단계임을 부연해 둔다. 한

편으로 메탄醱酵途中 低級脂肪酸의 回收도 可能性은 있다. 메탄醱酵中 阻害劑(Bromoethane sulfonate)를 첨가하면 靛生이 정지되고 酢酸 酪酸 propionic acid 등의 酸이 蓄積하는것이 밝혀지고 있다. 이들은 回收하여 工業原料로 活用할 수 있는 것이다.

(그림 2) 메탄醱酵過程



畜産廢棄物이나 人間排泄物 都市쓰레기의 量은 막대한것으로 그것들은 淨化의 차원에서 處理해야되나 바이오매스資源으로서도 큰것이다. 이들은 메탄醱酵에 의한 處理가 一部 實用化되고 있으나 本格的 方法에 의한 開發은 미흡하다. 畜産廢棄物 1톤에서 약 300m³(250~370m³)의 메탄靛(50~70%)가 얻어진다. 메탄의 燃燒熱은 13,000Kcal/kg(=1.4m³)로서,발효靛의 熱量은 4,500~6,000 Kcal/m³ 이며 그대로 發電에 利用하거나 燃料로 쓸수 있다.

미국에서는 giant kelp를 海洋에서 養殖하여 이를 바이오매스原料로 할때 10만에이커의 海中養殖으로 生産量으로 3,400톤의 海藻를 年間 生産하고 6 億m³(45만톤)의 메탄靛과 85만톤의 飼料를 生産할수 있다는 實驗值를 바탕으로 長期研究를 수행하고있다. 메탄醱酵는 電子供與體의 解明등 學術的 究明과 各原料別 基質性을 바탕으로하는 實用化가 並行되어야 할것이다.

3. 水素의 生産

바이오에너지로서 液体燃料과 더불어 靛體燃料로서 메탄과 水素가 있는데 특히 水素는 clean energy(깨끗한 에너지)源으로 관심을 모으고 있다. 또 水素를 쓰는 燃料電池는 靛氣 에너지로의 轉換效率이 높아 水素를 靛가로 製造하는 工程開發도 各國에서 왕성히 行해지고 있다.

微生物이 水素를 利用하거나 生産한다는 사실은 20세기초부터 알려지고있다. 앞으로 開發되어야할 生物學的 大規模 太陽에너지 變換시스템은 에너지變換效率이 높은것이어야만 한다. 또 에너지生産에 쓰일 土地나 植物은 食糧生産과 競合되지 않도록한다는 觀點에서는 물의 生物學的 光分解에 의한 太陽에너지 變換은 重要한 課題라 할수있다.

水素를 靛生하는 微生物의 경우 빛의 關與如何와 靛素로서 hydrogenase가 關與하느냐 nitrogenase가 關與하느냐로 크게 나눌수 있다.

光水素發生은 綠藻의 光合成器官이 電子傳達系에 存在하는 電子(基質由來)가 빛에너지에 의해 hydrogenase에 전달되므로서 protone을還元해서 分子狀態의 水素가 生成되는 것과 다른 하나는 光合成細菌에서는 水素發生은 nitrogenase 依存性으로서 이들 두種類의 生物의 水素發生은 다른 機序에 의해 행해진다. 紅色光合成細菌에서의 光水素發生은 첫째 有機物을 基質로하고 둘째 光에너지에 의해 직접 水素가 發生한다기보다 電子傳達系에 結付된 ATP 合成에 依存하고있기 때문에 水素生産을 위한 觀點에서는 에너지傳達效率이 낮다. 水素供與體로서 有機物(有機酸等)을 要하므로 有機物을 含有하는 産業廢液의 處理와 關連을 시켜 水素生産한다는 觀點에서 開發되어야 할 것이다.

綠藻 등의 水素發生은 完全히 光依存性이나 hydrogenase는 酸素의 存在에 의하여 阻害되기 때문에 酸素耐性菌株의 遺傳學的改良을 通해 해결하고 hydrogenase는 逆反應을 일으켜 水素를 消費하기도 하므로 正反應을 促進하는 方法도 함께 고려해 넣어야 할 것이다.

植物의 葉綠體自体는 水素發生을 하지 못하나 외부로부터 hydrogenase를 첨가해주면 물의 光分解에 이어 水素를 發生하게 된다. 그러나 이때 葉綠體는 不安全하여 오래 지속되지 못한다. 반면 光合成細菌의 크로마토포아(光合成器官)에서는 葉綠體의 光合成系Ⅱ에 相當하는 部分(물의 光分解과 전자전달)이 없어 물의 光分解를 할수 없으나 人工色素에 의한 물의 光分解로 置換하면 크로마토포아로서도 光水素發生系를 開發할수 있을 것이다. 여기에 hydrogenase를 첨가해주면 더욱 光水素發生能이 增大될수 있다는 研究도 進行되고 있으며 hydrogenase의 마이크로캡슐화로 인해 反應效率을 높일수 있다고한다. 水素生産을 固定化시켜 電極表面을 固定化菌體로 被覆시켜 이 微生物電極을 溶液중의 포도당과 接觸시키면 水素가 生成되어 이것이 電極表面에서 酸化되어 그 결과

電池電流가 發生한다. 이러한 포도당을 燃料源으로한 연속水素生成系와 水素-酸素燃料電池에 의한 에너지轉換시스템, 바이오매스로부터 Clostridium과 光合成細菌을 共用하므로서 새로운 에너지轉換方法도 시도되고 있다.

V. 各國의 바이오에너지 開發狀況

石油代替燃料로서 에타놀이 對象이 된것은 石油는 有限資源인데 비해 바이오매스는 每年 再生産될수 있는 資源으로부터 生産할수 있다는 점과 에타놀은 이미 輸送機関用 液体燃料의 代替物로서 지난 世界大戰中에 實用化한 実績을 가지고 있다는 점이다. 바이오매스의 主成分인 셀룰로스나 헤미셀룰로스는 糖化시키면 쉽게 에타놀로 轉換시킬수 있다는 점을 생각할때 바이오매스로부터 바이오에너지 開發의 中心技術은 燃料에타놀쪽으로 指向되고있음을 부정할수 없다.

1. 美國의 開發狀況

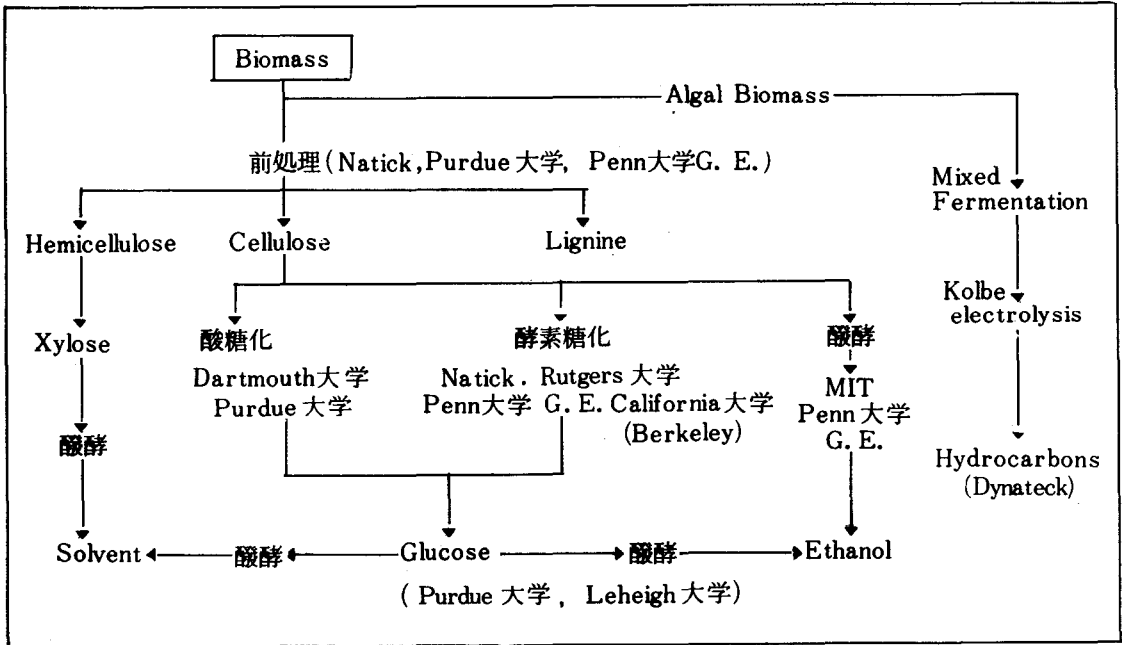
카터政府때는 對OPEC戰略의 하나로서 또 過剩農産物의 消費策의 一環으로서 가솔린(gasohol) 開發이 進展되고 레이건政府下에서는 燃料알콜의 生産에 대하여 나라의 稅制上的 恩典이 後退했음에도 불구하고 1982年度는 1981年度에 비해 미국의 가솔린消費量은 약 2.4배 增加했다는 報告가 나왔다. 미국의 가솔린 판매량은 1982년 1~7월에 月平均 85억 갤론으로 이중 약 1억 갤론(약 1.2%)이 가솔린이며 每月 약 1,000萬 갤론(년 1억 2,000萬 갤론=45,4萬kl)의 無水알콜이 消費되고 있으며 그 추세는 신장되고 있는 형편이라 한다. 그 이유로서 들수 있는 것은 ① 가솔린의 옥탄価 改良 制로서의 역할(옥탄価는 가솔린 91, 에타놀106, 에타놀 10% 混用時 94.3, 20% 混用時는 97.5)

② 無水에타놀 價格이 低下하고 있다(1981; \$ 1.82/gal, 1982; \$ 1.65/gal) ③ 에너지 밸런스의 觀點보다 잉여農産物의 消費策이란 觀點에서 燃料用 에타놀의 重要性을 파악하고 있다.

한편 바이오매스資源에서 代替燃料 또는 化学原料의 生産開發은 주로 에너지部(DOE) 산하 研究機關과 農水産部(USDA) 산하 研究팀에 의해서 未利用바이오매스의 活用に 焦点을 맞추어 未來指向型研究가 進行되고있다.

DOE의 “Fuels from Biomass”計劃의 研究体制은 그림 3 과 같다. 즉 9개의 主要研究施設로 編成되며 ① 바이오매스의 前處理 ② 셀룰레이스의 生産 ③ 셀룰로스의 糖化 ④ 糖化液에서 알콜醱酵 ⑤ 副産物인 헤미셀룰로스 및 리그닌의 利用 ⑥ 디젤油代替燃料인 炭化水素의 生産 등 그외에 쓰레기의 메탄醱酵, 醱酵菌의 Recombinant DNA 技法에 의한 改良事業이 內包되어있다.

〈그림 3〉 DOE의 “Fuels from Biomass”計劃(1981)



그외에 USDA 산하 研究로서는 NRRL (Peoria Illinois) 에서는 ① lignocellulose 物質에서 알콜生産 ② 植物油에서 디젤油代替燃料의 生産 ③ 알콜廢液에서의 飼料生産등 Tifton 農事試驗場(Georgia 洲)에서는 石油植物의 탐색選 択과 oil의 回收研究를, Stanford Res. Inst. 에서 遺傳工學手法에 의한 알콜醱酵菌의 育種에 관한 研究를 하고있으며 많은 大學의 研究室에

서 關連分野의 基礎研究가 進行되고 있다.

2. 브라질의 狀況

브라질은 1975年 4月 大統領令으로 國家알콜計劃(PROALCOOL)을 통해 設糖産業의 振興과 國際収支改善의 目的으로 發足하여 第1次 5個年計劃은 順調롭게 끝났다. 이 計劃에는 기술린에 알콜을 20% 燒用하는 課題 그리고 알

콜엔진車の 開發等이 包含되었다. 그후 石油事情의 變化나 설탕産業의 育成이 如意치못해 약간 주춤하는 時期를 맞았다고 報道되기도 하였으나 第2次 國家알콜計劃에서는 한층더 연료용 알콜의 增産을 통해 石油輸入을 감소시키고 이어 브라질政府는 1982年 3月 다시 알콜振興策을 發表하고 알콜專用車의 生産台數를 急増시켰다 한다.

브라질에는 바이오에너지 및 에타놀의 技術開發에 세계의 主務部가 있다. 그하나가 商工部(MIC)산하의 Institute National de Technologia 로서 이 研究機關에서는

- ① 植物油에서 디젤油代替物의 生産
- ② 가솔린代替物로서의 알콜의 生産
- ③ 木材의 酸糖化 혹은 酵素糖化를 통한 알콜生産
- ④ 石炭利用法開發 등이 進行되며

다음은 San Paulo 洲立의 Institute de Desquisas Technlogia의 研究팀으로서 San Paulo 大學팀과 協力하여

- ① 全알콜엔진 의 開發研究
- ② 디젤油와 알콜의 併用法
- ③ 植物油와 디젤油의 併用法
- ④ 알콜連續醱酵法 研究

등을 研究하고 있다. 제3의 研究팀은 國營石油公團인 PETROBRAS로서 cane juice를 原料로하는 標準알콜工場의 醱酵方式을 研究改良시키는데 集中시키고 있다고 한다. 브라질에서는 cane juice를 原料로 하는것 외에도 카사바 澱粉 sweet sorgham에 대한 경제적인 알콜生産法 그리고 셀룰로스資源도 풍부하여 이것들의 利用法에 대해서는 바이오에너지 開發이란 觀點에서 진지한 검토가 되고 있는 것으로 알려지고 있다.

〈표 3〉 브라질 國家알콜計劃

第1次計劃(実績)		第2次計劃	
年 度	알콜生産量	年 度	알콜生産量
1976	60万 kℓ	1981	410万 kℓ
1977	70 "	1982	450 "
1978	150 "	1983	480 "
1979	250 "	1984	750 "
1980	360 "	1985	1070 "
		1986	1200 "

3. 인도네시아의 現況

인도네시아의 바이오매스 알콜計劃은 自國內 住民移住政策과 關連이 있다. 즉 Java島의 과잉人口를 Smatra島로 移住시킬 計劃으로 한 世帶당 3ha의 땅으로 食糧自給과 그의 카사바를 生産시켜 農民에게 現金收入을 주는 政策에 맞추어 알콜을 生産하는 것이다. 生産된 알콜은 地域的 에너지로 가솔린과 焔用하거나 輸出하고 있다. 인도네시아政府計劃은 두가지로 볼수있는데 하나는 南部Smatra(트란, 바완地區)에 5,200世帶를 移住시켜 그 中心部에 알콜 工場을 建設하는것이고 다른 計劃은 南部Smatra의 람픈地區에 日本政府가 원조한 바이오매스·에너지研究센터를 建設하였고 여기서 알콜 醱酵技術 카사바栽培技術을 研究開發하여 보급한다는 計劃이다. 인도네시아는 糖蜜에서 알콜을 生産하여 이미 日本등에 輸出하고 있으나 資源面에 보면 石油輸出國으로서 그 埋藏量에 대해서는 約20年정도의 量이라고 예측되고있어 한편으로는 燃料알콜의 開發에도 積極적인 政策을 도입하고있다. 研究機關으로는 ① Boger Agricultural University (Biomass 資源研究) ② Central Research Institute for Agriculture (카사바栽培) ③ Biomass Energy Research Center (南部 Smatra 람픈地區)등이 있다.

4. 태국의 狀況

타일랜드(태국)은 石油非生産国이지만 農業生産国으로서 과일農産物을 輸出하는 나라로서 그중 카사바는 주로 유럽에 輸出해왔으나 그것이 如意치못해 우리나라에도 輸出하고있는 實情이고 한편 이資源을 自国内에서 消費시키기 위한 알콜計劃이 짜여지고있다. 그것은 1979年 Power Alcohol Committee를 설립하여 商工, 財務, 農林, 그리고 國家經濟社會開發委員會가 참가하여 알콜의 가솔린混用推進案이 作成되었다. 그 內容에는 ① power alcohol 生産目標로서 5年後에 100萬kl의 가솔린에 10%의 알콜을 混用한다는것(10萬kl生産)이고 ② Power alcohol 工場建設計劃으로서 年2萬kl 이상의 無水알콜을 生産할수있는 工場을 5개 建設한다는 內容이다. 여기에 태국政府는 稅制面에서 이 계획달성에 적극 協助하고 建設資金은 주로 民間住導의 형태를 취하고 있다. 技術革新을 도모하기 위해서는 태국과학기술연구소(TISTR)가 日本通産省의 援助를 받아 에너지 절약형 研究에 착수하고있다.

5. 오스트라리아(호주)의 現況

호주는 人口는 적고 넓은 토지를 차지하고 있으며, 많은 石炭 天然가스 우라늄資源을 가지면서도 바이오매스資源의 擴大計劃을 세워 穀物, 사탕수수, 森林資源 그리고 카사바를 18萬ha(고구마로보면 180萬 ton/年)의 增産을 계

획하고있다. 이나라는 國土開發·에너지部(D NDE)가 총괄하여 新에너지開發에 착수하여 지난 4年間(1979-1982)에 8,000萬A \$을 支出하여 研究하였다. 그 研究開發은 ① 石炭液化 ② Biomass 개발 ③ 車輛用 燃料 ④ 太陽에너지 利用 開發 ⑤ 原子力및 核融合 ⑥ 오일셀등으로 되어 있다.

이중 바이오매스관련예산은 650萬A \$ 로서 그 內容은 ① 既存作物의 에너지化可能性 검토 ② 에너지자원으로서 新作物調査 ③ 바이오매스 變換技術 ④ 廢液處理技術 ⑤ 바이오에너지 燃料과 엔진燃料개발등이다. 研究는 CSIRO 와 大學研究室 및 企業研究室이 協助하여 重複을 피하면서 推進되고있다.

참고문헌

1. Robinson J. S. : Fuels from Biomass, 107(1980) Noyes Data Corp, New Jersey, U. S. A.
2. Ueda S. : J. Ferment, Technol, 58, 238 (1980)
3. Bae. Metal
4. Scholler H. : Chem Ztg, 60, 293(1936)
5. Bergius F, : 2nd Eng Chem, 29, 247 (1927)
6. Buhhol, K. et al : Process Biochem., Jan. (1981) p.37.