



새 天然고무 「Guayule」의 開發

協 會 會 誌 課

◇... '77年 10월에 美日兩國의 고무科學者 約 50名은 고무의 都市 美國의 Akron大學 高分子科學 研究...◇
 ◇...所에서 「고무狀 彈性體에 관한 美日 세미나」를 開催하였었다.⁽¹⁾ 그 때 特別講演으로서 노벨 科學...◇
 ◇...者인 Flory 教授의 “고무 彈性論의 進步” 外에 D.McIntyre 教授(Akron大學)의 “Guayule 고무의...◇
 ◇...分子構造”, E.Compos López 博士(멕시코國立應用化學研究所所長)의 “Guayule 고무의 應用”의 두...◇
 ◇...講演이 있었다. ...◇
 ◇...그 後 새로운 고무 研究에 관해서는 日本學術振興會와 멕시코의 科學技術會議間에 科學者交流協...◇
 ◇...定까지 이루어지고, Guayule 고무에 대한 研究가 많이 進行되고 있다. 또 美國化學會 고무部會에...◇
 ◇...서도 Guayule 고무의 性質에 관한 研究發表會가 있는⁽²⁾ 등 美國에서도 關心 뿐만 아니라, 이미...◇
 ◇...研究課程이 많이 進步되고 있는 중이다. 그리고 日本에서도 最近 많은 總說⁽³⁾이 發表되었으므로...◇
 ◇...아울러 參照하고자 한다.<編輯者註>...◇

1. Guayule 고무 開發의 歷史的 背景

Guayule 고무는 1852년에 發見되었으며, 그 試料은 1876年 Philadelphia에서 開催된 美合衆國 100周年記念博覽會에 出品되었었다. 그후 이 고무는 波亂 많은 歷史를 겪게 되었다. 1888年 The New York Belting and Packing Co. 는 Guayule 고무나무를 50톤 輸入하여 溫水處理로 고무를 抽出하였다. 이 고무 生産을 最初로 計劃한 것은 1904년에 創立된 The International Rubber Co. (멕시코)이다. 그 후 同系會社들이 13個社로 增加되었었으며, 生産量도 1905년의 340톤에서 1910년에는 最高 10,000톤에 達하였다.

1910년의 美國 天然고무 輸入의 10%는 멕시코의 Guayule 고무였으며, 1937년까지 美國의 年間 天然고무 輸入量이 1,300~4,800톤이었다. 그러나 1928年 멕시코의 革命, 第1次大戰(1914~18) 후의 不況, 말레이지아 地域의 Hevea 고무 生産의 伸張 등으로 Guayule 고무 生産이 急速度로 衰退되었었다.

그 후 自動車工業의 發展으로 고무는 漸次 重要한 戰略物資로 登場되었었다. 특히, 生産地가 東南亞地域에 局限되어 있어 第2次大戰中에는 日本軍이 東南亞에 進駐하여 고무資源을 억제하여 美國戰力을 弱화시키려고 까지 하였다. 美國은 다음 해인 1942年 2月 이른바 ERP(Emergency Rubber Project)를 구성하여 1,000名의 科學者와 農業技術者를 모아놓고 補給方法을 協議하였다. 그 結果, Guayule의 栽培를 復活시킬 것과 合成 고무의 開發을 並行해나가도록 計劃하였다. 이 計劃에 따라 戰爭이 끝나는 1945년까지 主로 南 California와 Arizona에 32,000에이커의 土地에 Guayule 나무가 심어졌으며, 멕시코와 美國에 各各 15 t/日의 고무處理 Plant가 建設되었었다. 2次大戰中에는 總 12.5톤의 고무가 멕시코에서 美國으로 輸出되었었다. 한편 1943년에는 200餘種의 Monomer로써 合成되었었다는 合成고무, GRS 및 GRN(現在의 SBR와 NBR에 해당됨) 등이 生産되었었다.

1945年 戰爭이 끝나자 아시아에서 Haeva 고무 輸入이 再開되어, Guayule 農園이 27,000에이커

나 燒却되고 말았다.

그러나 戰爭中 日本國籍을 가진 在美日本人들이 抑留되어 있던 Mazanar Relocation Center, Owens Valley, California에서 農林省委囑으로 Guayule의 研究가 계속되었으며, 이 고무로 만든 大型 트럭用 타이어가 Hevea 고무로 만든 타이어보다 優秀하였으나, 反對로 不良하다고 報告되어 1953年 同研究所가 結局 閉鎖되고 말았다. 또 그때까지 生産을 계속하던 上記會社(Continental-Mexican Rubber Co.)도 生産을 中止하게 되어, 드디어 Guayule 栽培의 歷史는 一段 終幕을 보게 되었다. 그 밖에도 Guayule은 濠洲, 아르헨틴, 스페인, 터키, 소聯 등에서도 試驗栽培를 하였으나, 1950年代에 다 中止되고 말았다.

最近 Steel Radial 타이어의 發展에 따라 天然 고무의 需要가 增加됨에 따라, Hevea 고무의 增産限界, 東南아시아의 政情不安 등으로 美國도 天然 고무의 將來에 不安을 느껴, 1975年 10월에 Arizona 州 Tucson 市에서 上院의 資源委員會(Commission on Natural Resources)와 國際委員會(Commission on International Relations)의 共同主催로 "Guayule"에 關한 panel 討論이 開催되었다.⁽⁴⁾ 參席學者들은 植物學, 農學, 工學, 化學, 고무工學 및 고무經濟學 등의 專門家였다. 그 結果로 50萬달러의 Guayule 開發豫算이 上院에 勸告되었다. 最近 알려진 바에 依하면 다음과 같은 長期豫算이 審議中이라고 한다⁽⁵⁾.

1980	5,500萬달러
1981	1,000萬달러
1982	2,000萬달러
1983	2,000萬달러

한편 멕시코에서도 國立科學技術會議(CONACYT)가 石油資源의 價格仰騰과 枯渴을 憂慮하여 每年 生産되는 資源에 注目하고 먼저 Guayule을 注目하였다(1973). 이 고무가 經濟的으로도 天然 고무의 代替品으로 可能한가를 檢討하기 시작하였다. 1977년에는 遺傳, 生化學, 技術, 經濟, 農學 등 各方面에서 100名의 科學者들을 世界에서 招講하여 Symposium을 開催하였다⁽⁶⁾. 노벨

科學者 켈빈 教授(California 大學)도 여기에 參席하였다. 1972년에 設立된 同國의 唯一한 國立 應用化學研究所에서는 所長 Lopés Compoz 博士를 中心으로 100餘名의 全職員이 Guayule의 品種改良을 비롯하여 栽培, 收穫, 고무의 抽出, 精製, 性質, 加工法 등 그리고 또 副産物로서의 樹脂 등의 利用研究에 主力하고 있다.

2. 天然 고무의 不足과 價格上昇의 豫想

現在 世界의 고무 需要量은 年間 1,700톤에 達하며, 그 중 天然 고무의 比率이 30%이다. 合成 고무의 科學이 發達되어 天然 고무와 거의 같은 構造의 cis-1,4-polyisoprene 고무가 開發되었으나 Green Strength 등의 微妙한 性質差異가 있어, 天然 고무를 完全히 代替할 수 있는 것은 아니다. 그리고 價格이 항상 天然 고무보다 70~90 센트/kg 정도 높은 것이 致命的이며, 그리고 또 主原料인 石油價格의 續騰으로 天然 고무의 代替品으로는 遼遠한 問題일 것 같다.

한편 Hevea 고무는 天然物로서, 合成 고무처럼 急增産이 되지 않으며, 至今까지 主로 말레이시아의 天然 고무 研究所의 努力으로 品種改良 刺戟劑 등이 開發되어 1960年代에 3.9%/年의 伸張이 1970年代에는 5.7%/年으로 增加되었으나 1980年代에는 限界에 達하여 다시 3.8%로 下落될 것으로 豫想하고 있다. 이에 對해 天然 고무의 需給關係를 보면 다음 表와 같이 1980年代에는 이미 供給不足 상태로 豫測되고 있다.

天然 고무의 需要 供給

	需 要	供 給
1980	4.7(100萬톤)	4.1(100萬톤)
1985	6.8	5.0
1990	9.0>	6.0
1995	9.0>	5.0

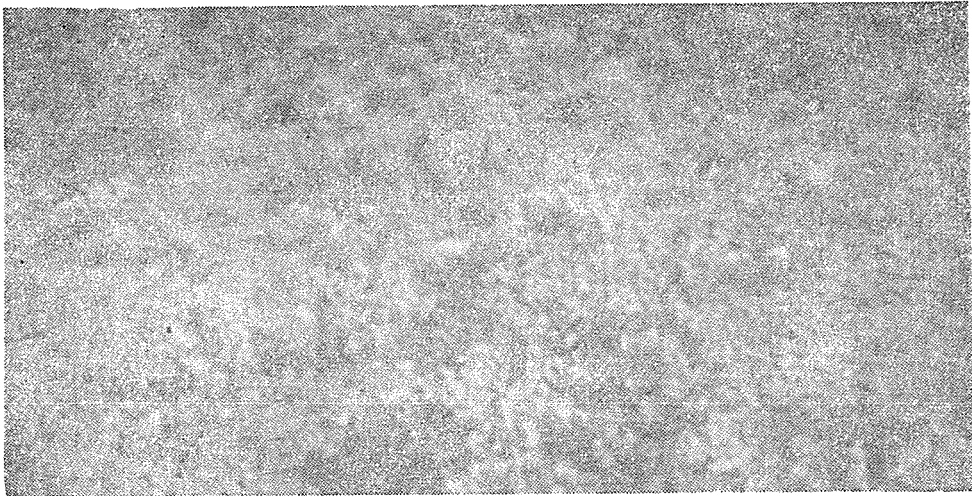
한편 價格도 主로 勞賃引上 등으로 다음 表와 같이 仰騰될 것으로 展望된다.

	달러/kg	원/kg(485원/달러)
1975	0.86	417.1
1980	1.32	640.2
1985	1.72	834.2

以上과 같이 Hevea 고무에 依支하고 있는 不安한 環境속에서 새로운 Guayule 고무가 登場하고 있는 것이다.

3. Guayule 고무란?

至今까지 舉論되어온 Guayule 고무란 대체 어떠한 것인가? Guayule 나무는 국화科에 屬하는 높이 90cm의 灌木으로, 海拔 1,200~2,100m 高地에서, 溫度가 $-18\sim 49^{\circ}\text{C}$ 이고, 雨量이 525mm 以下되는 乾燥地帶에서 生育하고 있다. 比較的의 乾燥地帶에서 자란다는 옥수수도 700mm 以上の 雨量이 必要하다고하는 것으로 보아 이 고무가 얼마나 乾燥한 地帶에서 자란다는 것을 알 수 있다.



[그림 1] 荒地에서 자란 原生 Guayule 나무(원일의 灌木)

이에 對해서 Guayule 은 穀物이 되지않는 山地의 荒蕪地에서 生育되는 利點이 있다. 멕시코 北部나 美國의 砂漠에 가까운 곳은 主로 가난한 인디언들이나 美國 인디언 들이 살고 있어, 그들에게 職業을 주어 生活向上을 해주는 것도 栽培計劃에 政治的인 意義가 있다. Hevea 나무는 잘 알려진 바와 같이 每日 1回씩 아침마다 Tapping 으로 커피잔으로 約 한잔 정도의 Latex 을 採集하고 있는 것으로 매우 많은 人力이 要하게 된다. 이에 反해 Guayule 은 다른 穀物이나 포도 발차림 機械化가 可能하며, 勞賃引上에도 別影

現在에는 野生하는 것 밖에 볼 수 없으며, 들이 많은 荒地에 드문드문 자라서 얼핏 보면 철쭉 같이 보이며 11~4月の 乾期에는 잎이 흰빛을 띄게 된다(그림 1). 高山地帶에서는 더 진한 농도로 자란다고 한다. 이 나무는 매우 忍耐力이 강하여 250mm의 雨量에서도 壽命이 30~40年이나 되며, 最適雨量이 230~380mm/年 정도로서 가장 알맞은 代用植物인 것으로 생각된다. 現在 멕시코國內에는 約 1,000萬에이커에 約 30萬톤에 該當하는 原生木이 있다고 한다.

한편 Hevea 고무는 雨量이 많은 高溫地帶에 生育되며, 고무 1萬 톤/年을 生産하는 土地에 벼를 심는다면 1萬人的 食糧을 供給할 수 있을 정도의 실로 貴重한 土地를 사용하고 있다는 것이다.

響은 없다. 栽培時의 年間生産量은 Guayule 쪽이 조금 높다.

Hevea 500~600kg/에이커

Guayule 545~680kg/에이커

Hevea 나무에서 Latex 고무를 採取하기 까지에 6년이 걸리나 Guayule 은 2年만에 收穫된다고 한다. 그 밖에도 Guayule 은 管理가 쉽고 放置해두어도 成熟된 나무 속의 고무함량에는 變化가 없으므로 農閉期를 利用하여 收穫하는 方法도 있다. 以上과 같이 栽培上으로 보아도 Guayule 의 優位性을 明確히 알 수 있다.

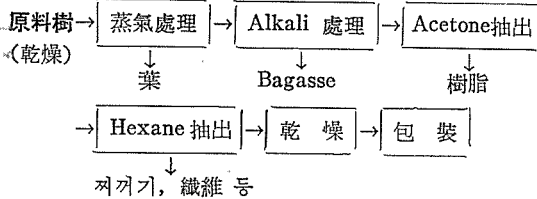
4. Guayule 고무의 製法

Guayule 나무에는 그 줄기, 가지 및 뿌리에 表1에 表示된 바와 같이 고무炭化水素분 아니라 5~10%의 樹脂가 含有되어 있다.

Hevea 나무의 고무 Latex 는 管狀組織內에 있으므로 Tapping 으로서 흘러나오게 되나, Guayule 나무에서는 細胞內에 들어있으므로 組織을 破壞하여 압착하든가 또는 抽出으로써 고무分을 採取하고 있다. 그러므로 現在 멕시코 國立應用研究所에서 試運轉하고 있는 Guayule 고무製造用 Pilot Plant 의 工程을 例로 들어 說明하고자 한다. (그림 2)

<表 1> 乾燥 Guayule 나무의 成分比率

고	무	5~26%
樹	脂	5~10
Bagasse		50~55
	葉	15~20
코	르	크
水	溶	性
	物	10~12



(그림 2) Guayule 고무 製造工程

먼저 農夫들이 採集해온 나무를 묶어서 2×4×3(높이)m 되는 탱크 속에 넣어 90°C, 15分間 溫水處理하여 잎을 떨어뜨리고 Mill 로 줄기나 가지를 破碎한 다음 15%의 苛性 Soda 水溶液으로 處理하면 纖維組織과 細胞膜이 파괴되어 樹脂와 고무의 混合物이 分離된다. (綠色糸屑狀)

다음에 Acetone 으로 樹脂를 抽出하면 드디어 彈性있는 고무를 分離해 낼 수 있다. 이때 天然的으로 包含되어 있는 老化防止劑가 除去되어 고무가 매우 酸化되기 쉬우므로 (11) 老化防止劑를 添加한다. 研究所에서는 天然的인 Phenol 系化合物의 添加를 研究중에 있다. 最終적으로

Hexane 으로 고무分을 抽出하여 Extruder drier 로 乾燥시켜 bale 을 만든다. Acetone 및 Hexane 抽出은 獨立된 連續裝置로 거의가 美國의 技術을 導入한 것이다. 全 Plant 의 建設費는 70,000 달러 정도라고 하며 生産量은 75~90kg/日이다.

5. Guayule 고무와 加黃物의 性質

Guayule 고무의 性質에 대해서는 이미 說明하였으므로 (3) 여기서는 主要部門과 새로운 分野에서 說明하고자 한다.

먼저 分子構造를 보면 99.5%以上이 cis-1,4-Polyisoprene 이며, trans-1,4, 1,2- 및 3,4- 結合은 發見되지 않으며, NMR 分析으로는 Hevea 고무와 區別되지 않는다(9). 分子量은 Guayule 이 조금 낮으며(表 2), GPC 圖에서 Hevea 는 2개의 peak 가 나타나나, Guayule 은 하나밖에 없다(10). Guayule 은 n-Hexane 으로 抽出한 것이므로 gel 分이 적으며(4%以下), 素練으로 粘度低下도 빨리 된다.

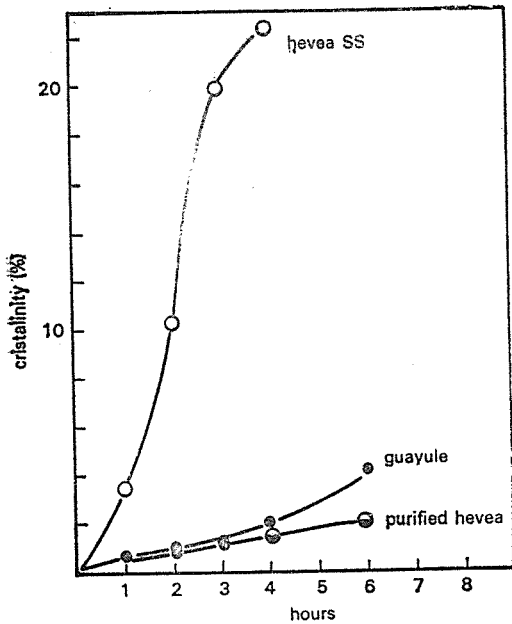
Glass 轉移溫度, 結晶化速度, 熱容量(Cp) 등은 Hevea 고무와 相同하다. 이 두가지의 精製된 것

<表 2> GPC 에 따른 平均分子量 (×10⁶)

	生 latex	脫樹脂 crumb	市販 bale	hevea 고무 生 latex
Mn	1.00	0.92	0.57	0.4
Mw	2.0	2.20	1.70	2.0, 2.2
Mz	3.40	4.00	3.00	
Mη	2.07	2.09	1.85	
Mw/Mn	2.0	2.4	3.0	2.6, 5.4

<表 3> 原料 고무의 性質

	Guayule	Hevea (SMR-5)
Mooney粘度(ML-1+4 at 100°C)	105	85
老化防止劑(BHT %)	0.6	—
Acetone 可溶物(%)	2	2.8
Plasticity Retention Index(%)	41	60
粘着性(psi)	9.5	8.5
" (Carbon 入)	8.25	11.5



[그림 3] DSC에 의한 Hevea 및 Guayule 고무의 結晶化度

을 比較해보면 Guayule 이 結晶化度가 약간 크다 (그림 3). 原料 고무의 性質(表 3) 중에서 가장 큰 差異는 Guayule 고무의 Green strength 가 작다는 點인데 이것도 N-(2-Methyl-2-Nitropropyl)-4-Nitrosoaniline(MNNA)의 添加를 充分히 Hevea 고무에 對抗할 수 있다⁽⁸⁾.

Hevea 고무內에 包含되어 있는 蛋白質은 加黃 促進效果가 있다고 하나, 抽出된 Guayule 고무에는 蛋白質이 包含되어 있지 않으므로 ASTM 配合에서 加黃速度가 늦고 架橋間分子量이 커져서 伸張이 크며 引裂強度가 弱하다(表 4). 其他性質에는 別差異가 없다. 그러므로 Guayule 에 알맞은 配合만 한다면 그 差는 적어질 것이다⁽⁷⁾. 表 5는 이와같은 點을 고려하여 配合한 트럭용타이어 트레드用 加黃고무의 性質을 나타낸 것이다.

고무分 35~40%의 乘用車用타이어의 荷重抵抗(67時間), 高速 및 耐磨耗試驗(8萬 km)에서는 Hevea 고무와 別다른 差異가 보이지 않았다. 그리고 抽出로써 고무를 分離해내는 作業이 매우 번거로운 일이나 誘導體를 만드는 데에는 便利하다고 하는 見解도 있다.

<表 4> ASTM 配合에 따른 加黃物의 性質(140°C)

	Guayule 고무	Hevea 고무
加黃時間 Tc (90)分	25	19
300% 引張應力 (MPa)	7.24(+120)*	12.21(+100)*
引張強度 (MPa)	25.14(-12)*	27.93(-15)*
伸張 (%)	635(-43)*	490(-39)*
硬度 (Shore)	40	48
引裂強度 (KN/m)	31.15	76.65
架橋間分子量 (Mn)	13,000	9,500

* 70°C 14日 老化後의 變化 %

<表 5> 配合改善에 따른 트럭 트레드의 物性

	TSR-20	Guayule 고무
Rheometer @275°F		
Scorch	10.7	10.7
90% 加黃	39.0	38.0
300% 引張應力	1,360(1,640)	1,000(1,390)
引張強度 p.s.i.	3,890(3,360)	3,630(3,420)
伸張 (%)	580(520)	640(580)
Durometer	60(64)	59(64)
Goodrich flexometer (°F)	40(43)	46(43)
反撥, 室溫	67.9(70.1)	64.1(66.6)
212°F	78.1(78.1)	75.5(75.5)

※ ()內 158°F, 6日老化後

6. Renewable 資源

石油나 石炭과 같은 化石燃料은 아무리 그 資源이 많다고 하여도 언젠가는 바닥나는 有限資源이며 무엇보다도 每年 계속되는 價格引上으로 언젠가까지나 싼 資源이라고만 생각할 수는 없다. 그러므로 最近에는 太陽電池와 같은 太陽에너지를 利用하는 方向으로 研究가 進行되고 있다. 즉, 光合成으로 生成되는 綠植物은 太陽에너지의 捕獲率이 太陽電池보다 數 10倍 높으므로, 이와 같이 太陽 에너지의 捕獲率이 높은 植物栽培도 積極的으로 研究中에 있다.

이와 같은 것을 "Renewable 資源"(繼續生産될 수 있는 資源의 뜻)이라고 하며, Guayule 고무도 이러한 方向의 一環으로 開發된 것이라고 할 수 있다. 이러한 研究分野의 第1人者인 有名한 켈빈 教授는 現在 南 California의 試驗農場에서

石油나무의 栽培(Gasoline tree plantation)를 서 두르고 있으며, 그 成果도 차츰 나오고 있으므로 그의 意見(參考文獻 6 p.103)을 參考하여 Renewable 資源의 意義를 살펴보기로 한다. 植物은 太陽에너지를 主로 하여 炭水化合物과 炭化水素를 組織內에 貯藏하고 있으므로 특히 이 두가지 面을 說明해보고자 한다.

6.1 炭水化合物資源

例컨대, 美國南西部地域에서는 平均 250W/m²의 太陽 에너지를 받고 있으며, 아마존 江流域, 아프리카 콩고, 東南아시아, 말레이지아, 인도네시아, 뉴기니아 등 熱帶密林地帶에서는 植物에 의해 1kg/m²年의 炭素가 固定된다고 한다. 太陽 에너지를 量的으로 많이 받고 있는 地域은 濠洲, 南北아프리카, 美國南部, 칠레 등의 砂漠地帶인데, 雨量이 적어 植物이 자라지 못한다.

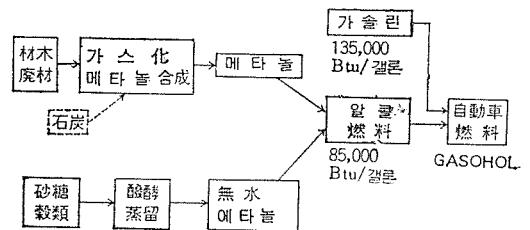
植物 중에서 太陽에너지를 가장 效率的으로 捕獲하는 것은 砂糖수수인데, 約 1.2%이다. 砂糖수수의 最大生産地인 브라질에서는 1974년에 700~800萬톤의 砂糖을 收穫하였으며, 여기에서 알콜을 10億 l나 生産하였으며, 또 에너지 節約策으로 自動車用가솔린에 알콜을 15%混入하도록 義務化하였다. 1980년에는 全燃料消費의 20%를 알콜——200億 l에 該當——로 代替할 計劃이라고 한다. 이와같은 方法은 Renewable 資源뿐만 아니라, 環境淨化에 貢獻하는 것도 적지 않다. 그리고 效率損失이 없이 알콜만으로 發動되는 自動車用 엔진도 Brazil Fiat에서 開發되었다(1977).

美國에서는 昨年 6月, 上下兩院議員과 高級官僚 250名이 Washington의 平和記念塔 옆에 車를 세워놓고, 10%알콜과 無鉛 가솔린 90%의 混合燃料로 탱크를 채워 示威하였다는 記事가 感動的으로 報道되었다⁽¹²⁾. 10%의 알콜 添加로써 美國의 石油輸入이 20%減縮될 뿐만 아니라 剩餘農產物處理에도 큰 役割을 한다고 하니 매우 意味深長한 일이다. 그들은 이 混合燃料를 “GAS-OHOL”——Gasoline + Alcohol——이라고 하였다. 그 內容은 그림에 表示된 바와 같이 植物資源을 原料로 하여 가스화한(石炭原料도 포함) 合成 메타

놀과 穀物의 醱酵로 얻는 에타놀을 가솔린에 混入하여 사용한다는 것이다.

알콜의 發熱量은 가솔린의 約 2分の 1 정도이나 燃燒時의 CO 含量이 3分の 1에 不過하여 엔진의 始動이 容易하다고 한다.

材木廢材 등 Cellulose를 原料로 한 醱酵法에 의한 에틸알콜 製法은 오래 전부터 研究되어 왔으나, Cellulose의 結晶部를 破壞하기가 困難하였으므로 收率은 바람직하지 못하였다. 그런데 最近 “Cadoxen”이라고 하는 5%의 CdO를 28%



[그림 4] GASOHOL 製法 工程圖

Ethylene diamine 水溶液에 溶解한 것으로 處理함으로써 定量的으로 glucose를 얻는데 成功하였고⁽¹³⁾ 工業化研究도 進展되고 있으므로 이 方向의 計劃은 더욱 進展될 것으로 생각된다. 1976년의 試算에 따르면, 全世界에서 수집되는 年間 7億톤의 廢材에서 2,800萬톤(16%)의 Ethylene이 採取된다. 이것은 74년의 Ethylene 消費量의 約 2배나 된다는 것으로 미루어보아 注目할만한 資源이라 아니할 수 없다. 美國에서도 이러한 植物(海草도 包含)資源의 有效利用을 積極的으로 推進하여, 新 “Biomass(生物量)” 資源이라는 用語까지 나오게 되었다.

6.2 炭化水素資源

植物 중에는 炭水化合物뿐만 아니라 炭化水素를 合成하는 것이 數千種發見되고 있으나, 지금까지 天然 고무 나무인 “Hevea Brasiliensis”만이 興味를 끌고 있다. 그런데 最近 “Renewable 資源”의 見地에서 炭化水素産出樹가 再登場하게 되었다. 植物에서 直接 炭化水素를 豊富하게 얻을 수 있다면 從來의 石油化學工業 process에 쉽게 導入

할 수 있을 것이다. Hevea 고무는 彈性體原料로서는 매우 貴重한 것이나 分子量이 커서 燃料나 石油化學原料로서는 處理하기 困難한 것이다. 그래서 보다 작은 分子量의 炭化水素를 產出하고 또 穀倉地帶以外的 荒地에서도 자랄 수 있는 植物을 調査하게 되었다.

[閒話休題]: 發明王으로 有名한 Thomas Edison 의 傳記에 의하면, 그가 世上을 떠나기 前 4年間(1928~1932) 고무가 含有되어 있는 植物을 求하고자 Amazon 地域을 調査한 것은 興味깊은 일이다. 約 2,000種의 나무의 成分을 Acetone 및 Benzene의 抽出로 Hevea 에 匹敵되는 分子量의 고무 Latex 를 가진 나무를 오직 하나 發見하였다.

Hevea 樹에 屬하는 Euphorbiaceae 種은 거의 Latex 를 만들며 그 中에는 乾燥地帶에서 자라는 것도 있다는 것을 알았다. 이 中에서 Euphorbia tirucalli(the milk bush)는 브라질의 乾燥地帶가 原產地이나 西 Texas, New Mexico, Arizona, Nevada 등의 乾燥地에도 生育되므로 하나의 候補樹로 생각할 수 있다. Euphorbia lathyris 는 北 California 보다 더 甚한 氣候의 土地에서 繁殖되는 높이 約 1m의 나무로서, 잎에는 炭化水素가 含有되어 있다. 다른 또 하나는 Asclepias 로 美國西部 및 中西部에 生育하는 높이 2.4~3m의 나무인데, 역시 이 나무도 잎에 炭化水素가 含有되어 있다. 이 나무는 地面에 가깝게 刈取하여도 곧 鬚이 繁殖하므로 이것도 有力한 候補樹이다.

또 더욱 興味있는 것은 Puerto Rico 의 乾燥南岸地帶나 브라질에서 生育되는 Euphorbia trigona 인데, 灌木 또는 木狀으로 자라며, 줄기의 굵기가 約 25cm 정도나 된다. Hevea 와 같이 Tapping 으로써 Latex 를 採取할 수 있다.

Latex 가 많이 產出되는 Euphorbia 種 나무의 Acetone 抽出物은 주로 C_{30} 의 Sterol (分子量 約 1,000)이며, Benzene 抽出物은 Polyisoprene (分子量 約 20,000)이다. Acetone-Benzene 混合物의 抽出分은 未乾燥樹의 2~10%이므로 만일 栽培樹의 收穫率이 50톤/에이커·年 이라면, 여기서 採取되는 石油量은 1~5톤이다. 收穫率을 10배

로 增加시키는 것은 別로 어려운 일은 아니다. 例컨대, 現在 말레이시아에서는 Hevea 樹에서 고무를 年平均 1톤/에이커 採取하고 있으나, 優良品種에서는 約 4배 정도의 고무가 採取된다고 한다.

이러한 調査研究結果를 土臺로 實驗한 結果, E.lathyris 樹에서 840 l/年·에이커의 기름이 採取되고 推定原價는 20달러/바렐 이었다. 原油價格引上이 豫상되어, 3年後에는 오히려 植物에서 採取되는 石油가 쌀 것으로 豫想된다.

以上으로 世界趨勢는 石油·石炭燃料價格의 仰騰이 豫想되어, "Renewable"한 植物資源開發에 努力하고 있다. Guayule 고무는 荒地에서 生育되는 炭化水素產出樹라는 것을 감안할 때 그 意義의 重大性을 알 수 있다.

7. Guayule 고무의 將來

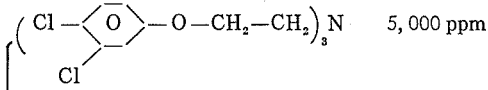
以上 說明한 바와 같이 Guayule 고무는, 豫想되는 天然고무(Hevea)의 不足과 國防上理由로 먼저 美國에서 問題가 提起되어(1975), 現在 고무 換算 30萬톤의 原生林을 가진 멕시코에서 이에 呼應하여 開發하기 始作하였다. 栽培經驗者도 現在 數가 적으므로, 오히려 古文獻을 基礎로 한 새로운 關聯科學技術의 知識을 얻어서, 品種改良, 農場의 機械化, 고무의 生産, 加工의 最適化 研究, 其外에 經濟性의 評價 등도 檢討할 必要가 있다. 現在까지의 推算으로는 1980年代에는 50~66 센트/kg의 價格이 豫想되고 있으며, 前記 Hevea 고무와 同一하든가 아니면 조금 낮은 정도이다. 이 價格은 副產物인 樹脂에 貴重한 Terpene 類가 含有되어 있어, 이들의 高速利用으로써 더 廉價로 될지도 모른다.

Guayule 의 開發은 멕시코 뿐만 아니라, 美國의 Firestone 社는 Texas 州의 Fort Stockton 에, 또 Goodyear 社는 Arizona Litchfield 에 各各 試驗農場을 가지고 研究開發中에 있다. 이들은 이미 Hevea 고무 農場을 가지고 있을뿐 아니라, 年間 30~40萬톤 규모의 天然고무를 消費하고 있으므로, Guayule 에 對한 關心이 크지 않을 수 없으며, 이들의 타이어 試驗도 一致하여 Hevea

고무와 同等하다는 것을 認定하고 있다.

한편, 刺戟劑添加로 고무 latex 를 增産하는 研究도 進展되어, 美國 California 의 農業研究所에서는 triethylamine 誘導體를 使用하여 3倍의 增産이 가능하다고 報告하였다(表 6)⁽¹⁵⁾. 말레이시아의 고무 研究財團에서도 美國과의 研究協力等으로 서두르고 있어 고무의 開發은 意外로 빨라질 것으로 展望된다.

<表 6> Guayule 고무의 刺戟劑에 의한 增産

2-(3,4-dichlorophenoxy)-triethylamine	
	5,000 ppm
(C ₂ H ₅) ₂ N-CH ₂ -CH ₂ -OH	5,000 ppm
浸潤劑	500 ppm
고무含量(mg/g, 乾燥物)	
未處理物	處 理 物
8.2	24.0
10.0	36.5
11	66

이러한 情勢下에서 日本의 動向은 어떠한가. 日本은 四面이 바다로 둘러싸여 陸地의 資源開發보다 바다의 養殖技術이 發展되고 있으며, 最近에는 Kelp (말의 일종)라는 海草를 研究中에 있다고 한다. 이 海草는 砂糖수수보다 太陽에너지의 獲得率이 2배나 높으며 年 36톤/에이커의 收穫率을 豫測하여 大量育成方案을 檢討中이라고 한다. 東京都 灣에 사탕수수를 栽培한다면 約 45萬톤의 Ethylene 을 얻을 수 있으므로 예컨대 만일 東京灣 灣의 바다에 Kelp 를 養殖한다면 200萬톤의 Ethylene 이 나온다는 것이다. 이것은 現在日本國有 Ethylene 製造能力의 7割以上이 되는 量이다. 其他 例로는 醱酵法의 利用이다. 例를 들면 in vitro (生體系外)에서 Latex 에 醋酸을 加하여 고무분자의 增加가 觀測되었다. 이 研究는 天然

고무의 生成機構의 解明에 端緒를 주게 된 것이다. 이러한 點을 注目하여 發展된 現代科學技術을 驅使한다면 天然고무의 製造도 멀지않아 可能한 것이 아닌가. (79.9. 日本고무協會誌)

參 考 文 獻

- 1) 山崎升: 日 고무協會誌, **51**, 3(1978)
- 2) L. S. Porter, H.L. Stephens: ACS 114th Meeting, (1978)
- 3) 田中康之: 化學の領域, **32**, 533(1978)
- 4) "Guayule" An Alternative Source of Natural Rubber, National Academy of Sciences (1977)
- 5) Chem. Eng. News, Aug. 28, 10(1978)
- 6) "Guayule", Consejo Nacional de Ciencia y Technology(멕시코國立科學技術會議, CONACYT) 編(1978)
- 7) L. S. Porter, H. L. Stephens: ACS 114th Meeting, Rubber Division, Boston, 1978
- 8) L. F. Ramos de Valle, M. Montelongo: Rubber Chem. Technol., **51**, 749(1978)
- 9) E. Compos-López, J. Palacios: J. Polymer Sci., **14**, 1561 (1976)
- 10) E. Compos-López, J. L. Angulo-Sánchez: J. Polymer Sci., Polymer Letters Ed., **14**, 649(1976)
- 11) M.A. Ponce-Vélez, E. Compos-López: J. Applied Polymer Sci., **22**, 2485(1978)
- 12) C & E News, July 31, 1978, p. 8
- 13) C.T.Tsao: Science, **201**, 743(1978)
- 14) C & E News, April 12, 1976
- 15) H. Yokoyama: Science, **197**, 1076(1977)

