

# 天然고무 生産技術의 發展

協會 李 光 宰

## 1. 序 言

天然고무는 合成고무에 비해 生産에 必要한 에너지량이 적으므로 輸送費까지 包含한다 해도 合成고무보다는 省에너지型 原料이다. 또 天然고무는 栽培植物이므로 資源이 無限할뿐 아니라 森林資源이므로 가장 有效한 大氣淨化作用(炭酸가스→酸素; 食用穀物の 數1000倍)도 하고 있다. 그러므로 食糧資源과 함께 人類의 存続에 는 없어서는 안될 중요한 存在이다. 또한 보통 森林資源은 木材 및 製紙用으로 밖에 利用되지 않으나, 天然고무는 고무工業의 原料로서 重要한 역할을 할뿐만 아니라, 最近에는 木材 및 製紙用으로도 利用될 수 있고 또 油脂나 飼料로도 利用될 수 있게 되었다. 이러한 見地에서 長期的으로 世界的인 視野에서 展望할 때 天然고무는 매우 重要的 資源임을 알 수 있다.

그러나 이와같이 有用한 天然고무도 短期的으로 고무工業의 資材面에서 볼 때에는 몇가지 問題點이 있다. 즉, 그 중에서 가장 큰 問題는 價格의 不安定이다. 天然고무는 한번 심으면 고무로서의 有用期間이 20~30年은 계속되며, 또 심은 후 數年間은 Latex가 採取되지 않는다. 따라서 이와같은 長期的인 投資產物로서는 價格不安定이 가장 큰 問題이다. 그러므로 價格安定을 위하여 國聯貿易開發會議(UNCTAD)에서는 天然고무協定(INRA)을 立案하여 그 實行機關으로 國際天然고무機構(INRO)를 設置

하였다. 그러나 世界的인 經濟의 沈滯와 各國의 事情으로 아직도 本調印까지는 이르지 못하고 있다. 그리고 지금까지 계속 上昇趨勢에 있던 天然고무의 國際時勢가 1980年度부터는 急激한 價格低下趨勢에 있다.

이러한 狀況으로, 世界最大의 生産國인 말레이시아에서는 政府의 增産努力에도 不拘하고 各個 生産者들은 作物의 轉換을 피하여 앞으로 數年間은 고무生産量이 漸減될 기미를 보이자, 1980년에는 政府의 施策으로 增産을 維持해온 小農園까지도 減産趨勢에 있다. 天然고무 主要生産國과 世界의 天然고무 總生産量의 最近推移와 世界 總고무消費量(NR+SR) 予測을 보면 그림 1, 2와 같다

또 하나의 問題는 태퍼(Tapper; 樹液採取勞務者)의 不足이다. Hevea 樹의 Tapping은 매우 熟練을 要하며 賃金도 고무園의 다른 勞務者보다는 높으나, 最近에는 말레이시아와 같이 國家全體가 發展하게 되면, 물론 農園勞務者의 賃金도 上昇되고는 있으나, 그보다는 다른 分野에 賃金도 좋고 일도 편한 職業들이 많이 있게 된다. 그러므로 고무園을 떠나는 사람들이 많아 고무園에는 熟練勞務者의 不足現象이 나타나고 있다. 이러한 傾向은 특히 小農園에서 심하며 最近에는 이러한 影響으로 한층 小農園의 生産量이 떨어지고 있다.

한편, 技術의으로도 앞으로의 天然고무 增産을 위한 國際協力이 한층 重要하게 되었으므로 國際고무研究開發局(IRRDB)이 말레이시아의

主導下에 設立되었다. 天然고무의 技術開發은 이미 많이 紹介된 바 있으므로 여기서는 加급적 重複되지 않고 주로 1980年 以後의 發展相에 대해 살펴보기로 한다.

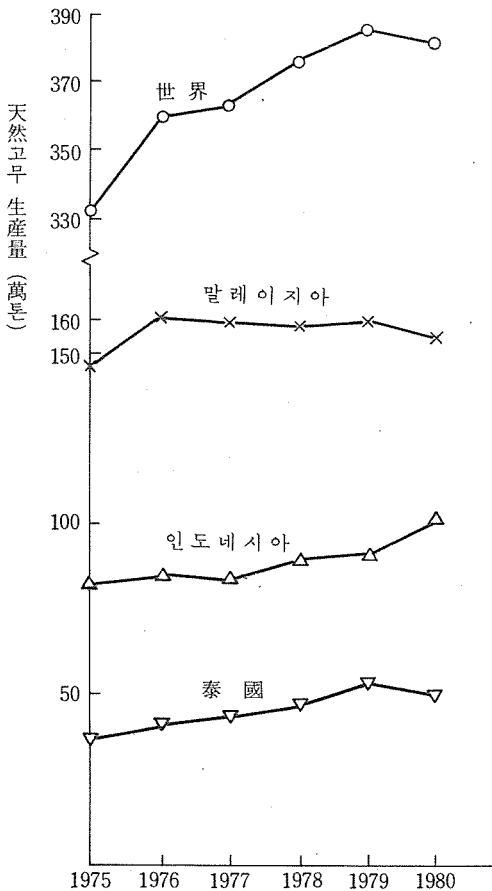
## 2. 天然고무의 生産技術의 發展

現在에도 天然고무의 生産技術에서 가장 큰 問題는 收穫量의 增加(Hevea 樹의 品種改良)問題이다.

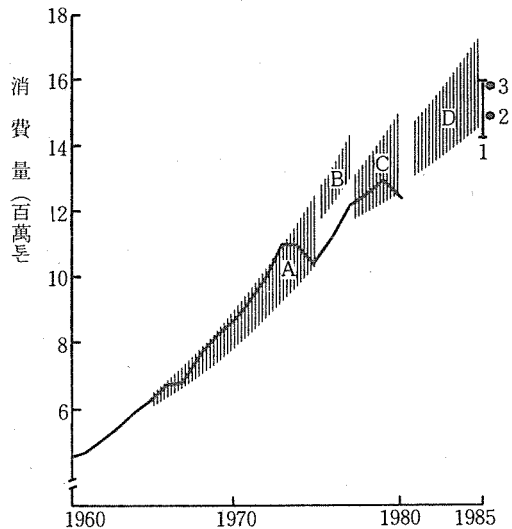
### (1) 品種改良

品種改良에는 특히 고무나무 중에서도 收量이 많고 튼튼한 나무(優良豐産樹)를 揀한 다음 그 種子를 收集하여 심는(選種; Selection) 方

法和 性質이 다른 優良樹끼리 人工受粉으로 交配시켜 그 種子를 심는(育種; Breeding) 方法의 두 가지가 있고 또 심는 方法에는 種子에서 直接 成木될 때까지 生長시키는 方法(實生樹; Seeding)과, 選種 또는 育種으로 얻은 苗木의 嫩(芽)을 芽接시켜 生長시키는 方法(芽接樹)이 있다. 한 母樹로부터 芽接·挿木 등 無性繁殖으로 育成시킨 나무의 一群을 克隆(Clone)이라고 부르고 있으나, 이것이 實生樹보다 母樹의 性質을 잘 繼承받고 있으므로 現在에는 克隆造成

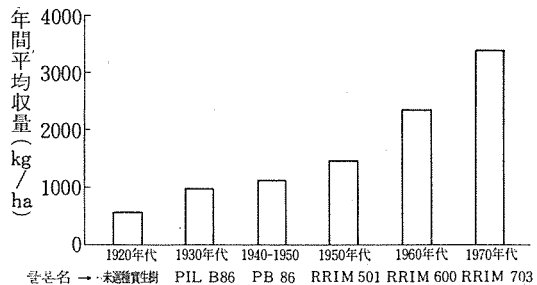


[그림 1] 最近의 天然고무 生産量 推移



[그림 2] 世界의 新고무 消費量 豫測

斜線範圍는 각 豫測의 90% 信賴  
 限界 = A (1965年 豫測), B (1970年 豫測),  
 C (1970年 豫測), D (1980年 豫測)  
 1985年 豫測值에서 1은 H. P. Smir, 2는 IISRG,  
 3은 IRSG의 豫測值



[그림 3] 年代別 新代表品種과 그 고무 收量

에 芽接法이 많이 採用되고 있으며, 클론의 母樹의 名稱을 따서 品種名(Tjil 1, RRIM 600 등)을 붙이고 있다. 品種改良으로 인한 收量의 增加推移를 보면 그림 3 과 같다.

品種改良은 收量의 增加가 제일 目的이나 病蟲害나 風害 등에 대한 抵抗이 強해야 한다. 또 고무나무는 栽培期間이 길고(심은 후 20~30年) 처음 數年間은 고무가 採取되지 않을 뿐 아니라(未成熟期間), Latex 採取가 시작된 다음에도 數年間은 收量이 低調한 것이다. 그러므로 成長이 빨라서 빨리 最高收量에 달하고, 또 위에서 說明한 諸特性을 오래도록 維持하는 것이 重要的인 일이다. 따라서 新品種의 評價도 長期的인 經過를 보지 않고서는 商業적으로 失敗하기 쉽다. 初期의 試驗栽培過程에서는 좋을 것으로 보인 新品種이 商業적으로 推薦對象이 될 수 있는 클론이 되기까지는 일반적으로 25~30年이 걸린다. 이것을 短縮시키기 위하여 最近에는 促

進計劃클론試驗(promotion plot clone trials)이라는 方法이 試圖되고 있다. 評價期間을 10年 정도는 短縮시킬 수 있다고 한다.

改良 클론에서 몇年間이나 農園試驗栽培를 계속한 후에도 缺陷이 發見되는 수가 있다. 예컨대, 클론 RRIM 725는 10年이나 지난 후(1981年)에 어떤 葉枯病에 걸리기 쉽다는 것을 알게 되자 推薦 클론 對象에서 除外할 것을 고려중에 있다고 한다. 最近의 新클론의 收量變化와 其他의 諸特性을 보면 각각 그림 4 및 表 1 과 같다.

(2) 新品種(germplasm, gene)의 探求

① 브라질 遠征

現在 東南아시아를 中心으로 栽培되고 있는 천연고무의 나무는 本誌의 「天然고무의 歷史」(1~2月號)에서 詳述된 바와 같이 前世紀末 브라질에서 가져온 "Hevea Brasiliensis"의 種

RRIM 800番 시리즈의 特性順位 (클론 試驗植付, 태핑 開始後 3年間の 結果)

〈表 1〉

클 론 名	平均數量 <sup>a</sup>	태 핑 開始時의 樹周	태핑開始時 태핑 可能 樹木 <sup>b</sup> 이 많은 順位	年平均 樹周 成長의 順位	태 핑 開始時의 樹皮두께의 順位	病害抵抗의 順位		
						Oidium <sup>c</sup>	Collectotrichum <sup>c</sup>	Pink <sup>c</sup>
RRIM 734	1 ( 776)	3	3	4	3	3	2	4
RRIM 735	1 ( 724)	2	2	5	4	4	4	3
RRIM 801	2 ( 952)	2	2	2	2	4	3	1
RRIM 802	2 (1204)	3	3	3	3	4	3	2
RRIM 803	4 (1301)	2	2	1	4	4	3	2
RRIM 804	4 (1325)	3	3	1	3	4	4	2
IAN 873*	4 (1261)	4	4	4	2	4	4	2
PB 254	4 (1405)	5	4	2	2	3	3	5
PB 274	5 (1487)	4	4	3	5	4	4	3
PB 290	3 (1135)	4	5	3	4	3	3	2
PB 294	3 (1121)	3	4	4	3	3	4	3
RRIM 600(Cont.)	2 ( 998)	1	1	5	2	4	3	1

a 3年間の 平均取量, ( )内는 絶對值(kg/ha).

b 試驗農園의 樹木의 50%가 樹周 46cm가 되었을 때를 태핑 開始時라 한다.

c 말레이시아에서 Hevea樹의 代表的인 病害.

表中의 數値는 評價順位, 5 : 良, 4 : 平均 以上, 3 : 平均的, 2 : 平均 以下, 1 : 不良.

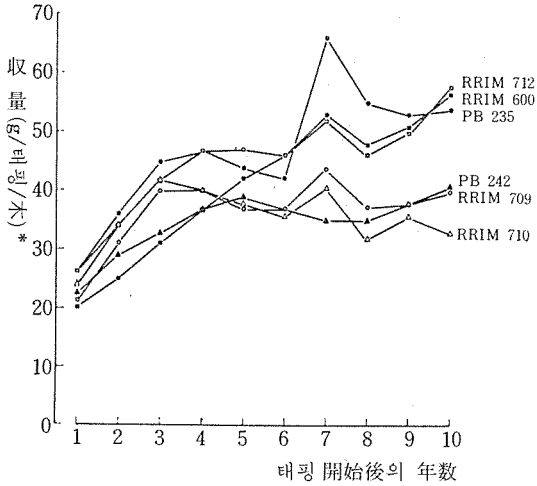
\* 클론 IAN 873은 南美産 클론.

子種 극히 그 일부가 發芽·育成되어 繁殖된 것이다. 主産地인 말레이시아의 경우를 보면 겨우 10本 미만의 苗木이 育成되어 오늘날 10億本 以上の 고무나무가 되었다고 한다. 그리고 앞에서 說明한 바와 같이 品種改良으로 現在에는 數10

種의 優良클론으로 發展하고 있다. 그러나 限定된 原種에서 改良해나가는 以外에도 原産地인 브라질에서는 더욱 廣範圍한 特性을 가진 品種이 多數 있을 것으로 기대되며, 그것을 導入하여 現在의 品種改良技術을 適用한다면 飛躍的인 發展이 있을 것으로 보인다.

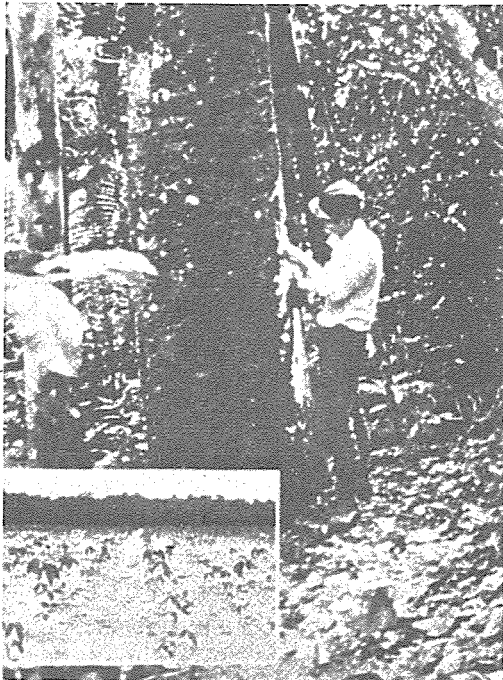
또 하나의 重要한 因子는 原産地인 브라질에서의 天然고무 栽培가 1세기 以上이나 지난 오늘날까지도 왜 發展하지 못하고 있느냐 하는 것이다. 現在 브라질의 天然고무 生産은 겨우 3萬톤에 不過하다. 그 理由는 브라질에는 天然고무의 栽培에 致命적타격을 주고 있는 南美葉枯病(South American Leaf Bright, 略稱 SALB)이 있기 때문이라고 한다. 當局에서도 最大限으로 努力하고 있지만 다행히도 오늘날까지 東南아시아에는 아직 이 病이 들어오지 않고 있으나 언제 潛入되어 올지는 모르는 일이다. 한편 브라질에서는 自然 그대로 放置해 두어도 野生 고무나무가 消滅되지 않는 것을 보면, 이 病에 抵抗性이 강한 品種이 存在하고 있다는 것을 말해주고 있다.

이상과 같은 理由로, 말레이시아의 農學者들은 처음부터 브라질에 興味를 두고서 이미 말레이시아 單獨으로도 한두차례 種子를 輸入한 바 있으나, 本格的인 調査는 國際的인 協力이 없이는 實現되지 않는다. 그러나 다행히도 最近 天然고무에 대한 큰 期待를 가지고 設立된 國際고무研究開發局(IRRD)의 討議에서 이것이



(그림 4) 클론 700 시리즈의 태핑 開始後의 收量變化(RRIM 600이 Control)

\*한 나무에 대한 1個 태핑 當 平均收量



(그림 5) 아마존 密林地帶에서의 RRIM 調査隊



(그림 6) RRIM 試驗農園에서 生育되고 있는 苗木 (브라질에서 導入된 種子에서 자란것; 그림 5 左下部分의 擴大)

實現되게 되었다. 1978년에 제 1차의 豫備調査團이 브라질에 派遣되었고, 그후 2년동안은 採取된 種子나 芽枝의 檢疫, 輸送 등에 대한 具體案이 討議되었다. 1981年 初期에는 本格的인 調査團이 말레이시아, 인도네시아, 泰國, 中共, 나이지리아, 아이보리코스트, 브라질 등 各國의 專門家들로 構成되었고 이들은 3 그룹으로 分離되어 西브라질의 Acre, Rondonia, Matto Gross 의 세 地域에 派遣되었다. 採取된 數萬個의 種子는 몇몇 中繼地를(檢疫次) 거쳐 브라질, 말레이시아, 아이보리코스트의 新種 센터로 分散되었다. 말레이시아 고무研究所(RRIM)는 約 2.4萬個의 種子를 받아 Johor 의 新種 센터에서 15,000本の 苗木이 生育되기 시작하였다.

② 천연고무의 生成機構

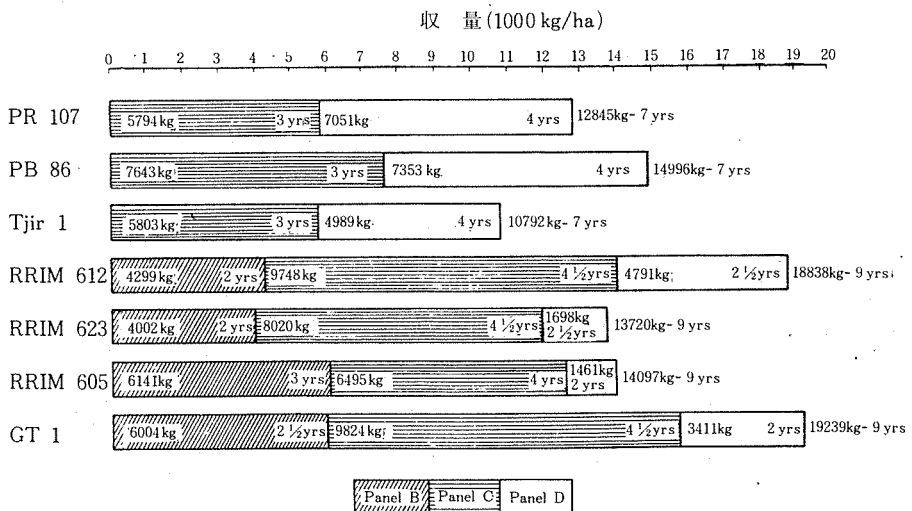
지금까지 說明한 品種改良은 既存品種중에서 有用한 것만을 抽出한데 不過하다. 그러면 合成고무에 對應할만한 優良 新品種은 開發되지 않을까. 그 研究중의 하나로서, Hevea 樹의 乳管中의 Latex 를 組織學的, 細胞學的으로 研究하기 위하여 試驗管에서 組織培養을 數年前부터 하고 있다. 그러나 아직까지는 確實한 成果는 얻지못하고 있으나, 着實한 研究가 계속되고 있다.

또 하나의 重要한 方法은 乳管中의 生合成의 追求로서, 이 研究도 多年間 계속되고 있다. 말레이시아 고무研究所(現在의 RRIM 의 前身)의 F. Lynen 을 中心으로 한 同研究는 말레이시아 고무生産者協會(MRPRA)(英國)의 研究所(M.R.PRA 또는 Tun Abdul Razak Laboratory; 前身은 BRPRA, NRPRA)의 B.L.Archer (RRIM, 生化學部門의 指導者)에게 引繼되어 계속되고 있다. 最近 紹介된 바에 의하면 천연고무의 生合成도 一般 動植物體의 生合成과 마찬가지로 特定한 酵素系의 作用으로 적어도 17段階를 거쳐서 천연고무가 生合成되고 있다는 것이 거의 確認되고 있다. 그러나 細密한 點一 生合成의 速度(増産에 聯關됨), 分子量, 分子量分布를 支配하는 因子 등—은 아직도 밝혀지지 않고 있다. 앞으로 이들 機構가 明確히 된다면 品種의 改良은 물론, 나아가서는 化學組成이 다른 고무까지도 生産되지 않을까 한다.

(3) 其他 研究

① 태핑(Tapping)

태핑의 熟練勞動者의 不足이 生産量에까지 影響이 미치고 있다는 것은 앞에서 說明한 바와 같다. 그러므로 最近에는 熟練勞動者를 要하지



(그림 7) 長期收量刺激劑를 使用한 나무의 Panel 當 收量의 變化

\* Panel = 위에서 아래로 깎아내린 Tapping 面

않고 또한 극히 短時間內에 끝낼 수 있는 劃期的인 開發로서 구멍뚫는 태핑, 마이크로X 태핑 등이 紹介되었다.

처음에는 數個의 小孔이있으므로 形成層에 상처를 준다해도 별 문제가 없을 것으로 생각했으나, 그 후의 經過를 보게 되면, 물론 클론에 따라 다르겠지만, 1~4年後에는 구멍 周圍의 組織이 傷處를 입거나 또는 죽어서 再生樹皮가 얇은 상태로 되든가 아니면 부풀어 올라서 혹은 같은 것이 생기거나 또는 터지는 경우도 있어, 아직까지 一般化되지는 않았다.

② 收量刺激劑 (Stimulant)

클론에 따라 效果가 다르기는 하나 生産을 調整하는 方法도 되므로 現在 널리 使用되고 있으나, 收量を 增加시키기 위하여 長期間에 걸쳐 반복사용할 경우에 있어서의 效果와 그 影響에 대해서는 처음부터 問題視되었던 것이다. 最近에 報告된 데이터의 一部를 보면 그림 7과 같다. 클론에 따라 다르나 일반적으로 數年까지

는 刺激劑를 쓰지 않는 것보다는 收량이 增加하나, 그 以後로는 반대로 收량이 低下되는 傾向을 나타내고 있다.

③ 폴리에틸렌袋의 育苗

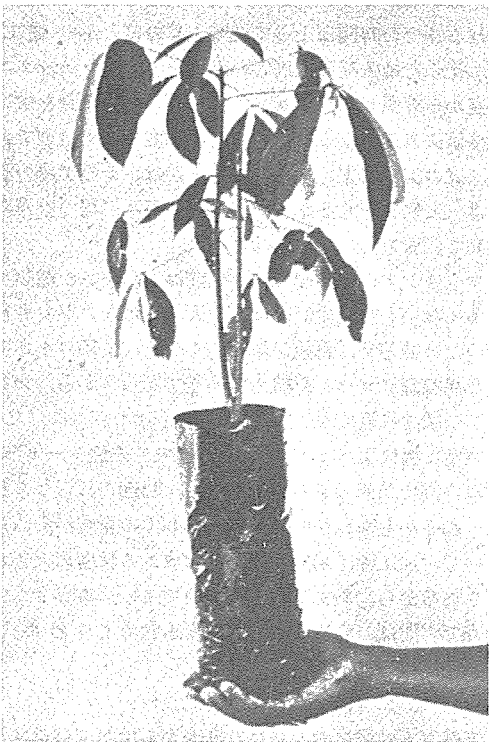
苗木을 폴리에틸렌袋에서 보통보다도 오랫동안 길러서 苗木袋를 栽培地로 직접 운반하여 봉지를 찢은 다음 本植한다. 이렇게 하면 輸送하기가 便利할뿐 아니라 輸送중의 損傷도 적다. 또 本植에서도 뿌리가 잘 내리며 發育도 빠르다. 따라서 未成熟期間이 短縮되므로 大農園에서 재빨리 採用하게 되었다. 그 후 이 方法과 芽接 (Green budding)을 併用해서, 봉지를 작게 하여 發芽시킨 다음 6~8週 후에 芽接하고 또 잎이 1~2段까지 나왔을 때 本植한다(그림 8 참조). 이 方法으로 未成熟期間을 3年半 정도나 短縮시킬 수 있다.

3. 原料 고무

現在 天然고무는 RSS로 代表되는 Sheet Rubber 와 SMR로 代表되는 Block Rubber로 大別된다. 後者は 技術的規格으로 等級分類된 고무 (TSR : Technically Specified Rubber)의 代表格으로 1965년에 市場化되었다.

이것은 곧 새로운 包裝形態와 技術的規格의 保證으로 短期間內에 世界의 天然고무 生産國으로 波及되었으며 1975年 以後 東南아시아 6個國에서는 定常적으로 生産되어 왔다. 1980年度 이 6個國의 天然고무生産과 TSR의 比率를 보면 表 2와 같다. 두 形態의 고무 중에서 가장 需要가 많은 等級은 RSS 3과 4 또는 TSR 20이다. 이들에 사용되는 原料는 生産國에 따라 다소 다르다.

前者는 未燻煙 Sheet (USS; Unsmoked Sheet, 小農園에서 라텍스를 凝固시킨 Sheet, 中間製品)가 主體이고, 後者는 農園凝固고무 (US S는 除外)가 主體인데 이들은 다 低級原料이다. 원래 고무나무에서 나오는 것은 라텍스이므로 農園管理技術이 發展되면 라텍스로서 出荷하는 量이 增加되어 위에서 나온 原料들은 점차로 減少될 것이며 또 라텍스로 파는 것이 利



[그림 8] 6~8週된 어린 苗木에 芽接시켜 작은 폴리에틸렌袋에서 栽培한 2輪生 苗木

益도 많다. 技術이 제일 發達된 말레이시아의 경우를 보면 라텍스와 農園凝固고무의 比가 約 8 : 2 이다. 또한 앞서도 설명한 바와 같이 앞으로 천연고무의 供給不足이 염려되고 있는 現狀態에서는 한층 低級原料의 多量供給은 점점 어려워질 것 같다. 그러나 消費者側에서는 價格問題가 으뜸이므로 低級 grade 를 希望하고 있다.

(1) SMR GP 의 背景

위에서 말한 바와 같은 狀況下에서 말레이시아에서는 SMR GP 그레이드를 考案해 냈다. 처음에는 單純한 한 等級으로 設定하였으나, 더욱 進一步되어 이것을 將來의 천연고무의 主等級으로 하고 다른 그레이드는 補助等級으로 할 것 을 생각하였다. 主要特性을 보면 다음과 같다.

① 原料 : 라텍스 또는 未燻煙 Sheet (USS) 60%

Cup Lump (農園凝固고무의 代表) 40%

이것으로 多量の 安定供給이 가능하게 된다.

② 粘度安定化型으로 한다. 生産者規格 으로서  $ML_{1+4}(100^{\circ}C) = 65 \pm 7$

이로써 使用者側은 工程·製品物性의 管理가 容易해지고 또 素練이 不必要할 뿐 아니라, 省에너지·省力化를 꾀할 수 있다.

③ 其他 物性은 SMR 10의 規格을 保証한다.

②의 條件은 生産者側에서 볼 때에는 相当한 負擔이 된다. 말레이시아에서 現在 심고 있는 클론(Clone)은 數10種에 達하고 있으며 그 Mooney 粘度範圍는  $ML_{1+4}(100^{\circ}C)$  值로 40~100에 이르고 있다(60附近이 제일 많다). 단, 마무리 工場에서 보통 받아들이고 있는 라텍스의 粘度는 거의 一定한 範圍에 들어 있으며, 미리부터 알고 있는 것이다. 그러나 Cup Lump 나 USS 는 集荷하여 工場까지 운반하는 동안에 上昇되는 粘度比率이 일정하지 않으므로 入荷된 兩者의 粘度를 測定하여 라텍스의 粘度로 計算한 다음 라텍스나 또는 USS 의 比率을 求해서 規格值에 들어가도록 한다.

다음은 粘度安定化處理이나 어느 工程에서 安定化劑를 加하느냐 하는 문제는 그 工場의 設備에 따라 다르므로 일정하지 않으나, 工程의 設備에 맞추어서 試驗해 본 다음 결정하면 된다.

말레이시아 以外의 國家에서는 現在는 클론의 種類가 별로 많지 않으므로 粘度範圍가 그렇게 크지 않으나, 앞으로 增産하기 위하여 고무나무의 樹種改良, 新植 등이 늘어나게 되면 農園의 土地에 適合한 多收穫 클론을 심어야 하므로 말레이시아와 같은 상태로 될 것이다.

生産工場에 따라 라텍스와 USS 의 比率이 다르므로 物性에 대해서 念慮될지 모르나 製品으로서의 粘度가 정해져 있고 加工性, 加黃物의 物性은 고무의 粘度에 크게 支配되므로 크게 염려할 필요는 없다. 사실, 지금까지의 調査에서

東南 아시아 6 개國의 천연고무 生産量(1980)

(表 2)

(單位 : 100萬톤)

	말레이 시아	인도네 시아	싱가 포르	泰國	스리 랑카	印度	世界總 生産量
全 N R	1.552	1.020	—	0.501	0.133	0.155	3.815
N R 라 텍 스	0.200	0.044	—				0.268
全 固 形 N R	1.352	0.978	—	0.501	0.133	0.155	3.557
T S R	0.561	0.658	0.076*	0.090	0.008	0.002	約1.45
TSR/全固形 NR 比(%)	41.5	67.3		18.0	6.0	1.3	約40
全 TSR 中의 TSR 20+同 50의 比率(%)	54	90**		90**			約65

\* 原料고무는 싱가포르産이 아님.

\*\* 推 定

는 均質性은 加黃速度까지 包含해서 대단히 높다. 그 例를 보면 表 3 과 같다.

(2) 粉末, 粒狀 天然 고무

天然 고무는 歷史的으로 發見되면서부터 지나온 經過를 보면 塊狀으로 供給되어 왔다. 또 當時에는 人件費도 싸고 取扱하는 量도 적었으므로 塊狀으로 하는 것이 輸送費도 싸고 便利하였다. 따라서 混合機도 塊狀 고무 (Batch 方式) 를 前提로 하여 發展해 왔다. 近代의 多量生産 時代에 와서도 이 Batch 方式이 繼承되어 混合機는 점점 大型化하여 Gorden Plasticator, 27 號 Banbury mixer 등이 出現하였다. 그러나 塊狀이면서도 단단한 天然 고무 덩어리를 混合機에 投入하여 破碎하는 데는 큰 힘이 要하며, 또

破碎가 끝나면 急激히 負荷가 減少된다. 따라서 混合機는 初期의 短時間內的 過大한 負荷를 堪耐할 수 있도록 大馬力으로 設計하지 않으면 안 되므로 매우 不經濟的인 것이다. 따라서 高무를 小塊로 한다면 그 不利한 點은 解消될 수 있을 것이다. 물론 거기에는 機械的인 破碎方法도 있으나, 天然 고무는 元來 Latex 로 產生되며 그중의 고무 粒子는 1 μm 정도이다. 輸送의 不利(부피 관계로)한 點만 생각하지 않는다면 어느 面으로 보나 塊狀으로 할 必要가 없이 粒狀 그대로 生産하는 것이 좋을 것 같다. 그러므로 最近에는 粉狀 또는 粒狀 고무에 關心이 많이 쏠리고 있다.

① 粉末 고무

天然 고무의 粉末化는 위에서 말한 省에너지

生産者들의 SMR GP 의 混合 (ISAF 60/Oil 8 의 配合)

(表 3)

SMR GP Sample <sup>a</sup>	Master batch			第 1 回再混合			第 2 回再混合		
	V <sub>b</sub> <sup>b</sup>	me <sup>c</sup>	dt <sup>d</sup>	V <sub>b</sub>	me	dt	V <sub>b</sub>	me	dt
1	106	580	149	86	820	170	71	780	168
2	108	570	151	90	820	172	77	780	171
3	104	570	146	84	810	169	70	750	167
4	104	570	144	86	780	164	73	740	161
5	100	570	144	87	790	164	71	740	162
6	107	610	158	87	890	170	73	790	167
7	100	540	147	82	860	169	70	760	169
8	109	540	150	89	830	171	73	740	163
9	110	590	152	91	780	168	77	780	166
10	104	570	152	89	800	168	74	730	163
11	105	—	159	85	760	160	70	780	165
12	102	600	152	84	770	157	73	790	164
13	113	580	152	89	780	160	75	770	167
14	103	570	145	86	760	160	74	750	164
15	108	570	143	92	780	162	77	780	166
平均	105.5	574		87.1	802		73.2	764	
標準 偏差	3.7	19		2.8	37		2.5	21	
變動係數, %	3.5	3.3		3.2	4.6		3.4	2.7	

<sup>a</sup> Sample 1~8 : 生産者가 다름, Sample 9~15 : 同一生産者의 連續試料

<sup>b</sup> V<sub>b</sub> = Mooney 粘度, ML<sub>1+4</sub>, 100 °C

<sup>c</sup> me = 混合 에너지, MJ/m<sup>3</sup>

<sup>d</sup> dt = 排出溫度, °C



와는 별도로 新用途開發의 目的으로 시작되어 1940年代에는 인도네시아에서 아스팔트 鋪裝의 改質劑로 市場化되었다. 즉, 그것이 Mealarub (加黃型), Pulvatex (未加黃型)였으며, 그후 말레이시아에서도 加黃型인 Harcrub, Rodorub 가 市場化되었다. 이들은 모두 Latex 의 噴霧乾燥에 의한 方法이며 加黃型이 많은 것은 粉末化가 容易하기 때문이다. 그러나 이들은 技術的인 困難이 많아서 그후 中止되고 말았다. Harcrub 의 메이커인 Harrison & Crosfield 社(H & C 社로 略함)는 그 후에도 研究를 繼續하여 더욱 廣範圍한 用途를 目標로 1975년에 月産 約 300톤의 새로운 設備를 建設하고 市販을 開始하였다(商品名: Crusoe). 이것은 現在 一般用 高무로 市販되고 있는 唯一한 粉末高무이다.

噴霧乾燥는 原理는 간단하나 工業的 規模로 生産하기에는 많은 困難이 있다. 가장 큰 問題는 高무粒子的 粘着性에 의한 再凝集이다. 이것을 방지하기 위해서 Crusoe 에는 數%의 Silica (VN-3)가 加해지고 있다. 現在에는 상당히 좋아졌으나 아직도 完全하지는 못하며 특히 貯藏에는 注意를 要하고 있다. 처음에는 작고 풀리기 쉬운 凝集狀態이나 점차로 크게 凝集되면서 풀리지 않게 된다. 20kg들이 紙袋로 供給되며 MG 의 粉末型과는 별도로 以前에는 Mooney 粘度가 다른 數種類의 品種이 있었으나, 현재는 標準型 Crusoe standard (粘度安定化處理가 된,  $ML_{1+4}, 100^{\circ}C$  가  $70 \pm 5$ )인 것과 Crusoe NS(粘度安定化處理가 되지 않은,  $ML_{1+4}, 100^{\circ}C$  가  $90 \pm 10$ )에 늘리고 말았다. 이들 粒子는 모두 1~2mm 정도이고 各粒子는 多數의 라텍스粒子的 集合體로서 빈틈이 대단히 많다(多孔質). 그러므로 溶劑에서의 溶解가 빠르고 또 多量의 오일 配合이 容易해진다는 豫期치 않았던 많은 特徵들을 갖고 있다.

粉末高무의 省에너지, 省力效果 및 위에서 말한 特徵 등에 관한 데이터와 그 應用例는 이미 紹介되었으므로 要點만을 살펴보기로 한다. 混合에 관해서는 可變速 블렌더(Henshel mixer, Turbo mixer 등)에 의한 豫備混合(preblend)

과 連續混合機의 組合이 가장 有效하며, 블렌더로서는 充填劑의 分散에서는 高速(500rpm 이상)이 좋고 多量의 오일을 加할 경우에는 低速(200~300rpm)이 좋다. 連續混合機는 高무用으로는 아직 發展段階이며, Farrel Bridge 社의 MVX 와 Warner Pfleider 社의 EVX 가 現在로서는 가장 적합하다.

現在狀態로서는 아직 補強性이 큰 配合物(타이어 트레드 등)에서는 分散問題가 있는 것 같다. 이에 대해서 앞에서 말한 特徵을 살린 接着劑, 粘着 테이프用에서는 前處理하지 않고도 쉽게 溶解되고(보통 固形高무의 約1/4 時間에 끝남), 또한 milling 되지 않았으므로 接着強度는 크다. 反面에 粘着力은 多少 떨어지므로 樹脂로 補充해 줄 필요가 있다. 오일의 多量配合도 粉末高무의 獨특한 特색이며, 100phr 의 添加도 容易하고 低速으로 豫備配合를 하여 4~5 時間 靜置하게 되면 硬度 20이하의 低硬度品도 쉽게 만들 수 있으므로 低硬度의 오일 多量配合, 發泡製品의 製造에 적합하다.

## ② 粒狀高무

이미 紹介된 바와 같이 現在 두 方向으로 開發이 進行되고 있다. 그중 하나는 塊狀인 生高무를 消費地에서 粉碎하여 사용하고, 또 하나는 生産地에서 從來의 製造工程中에 粉碎工程을 넣어 再凝集防止處理(表面의 Halogen 化)를 하여 粒狀品으로 出荷한다. 前者의 研究는 英國의 MRPRA 에서 하고 있으며 後者는 말레이지



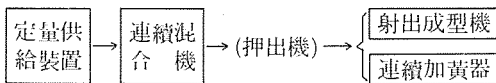
[그림 9] Free Flowing NR 크럼

(가볍게 壓搾하여 箱子에 包裝하여도 손으로 쉽게 흔뜨릴 수 있다)

아 고무研究所(RRIM)에서 研究中에 있다.

粉末고무는 라텍스만을 原料로 상당히 高度의 工程管理가 필요하므로 高價인 反面에 粒狀고무는 凝固고무에도 利用되며 設備도 훨씬 간단하다. 또한 省에너지, 省力效果는 粉末고무와 같으며, 특히 RRIM에서 나오는 것은 流動性이 높고 製品의 再凝集傾向도 훨씬 적으므로 “自由流動性 크럼(free flowing crumb)”이라고 한다. 粒子의 크기가 粉末고무보다 크므로(數 mm 정도) 부피도 粉末고무보다 작고 또 再凝集傾向도 적으므로 심하게 壓縮하지 않고(겉보기 比重이 SMR 베일의 70% 정도) 正 6面體로 하여 紙函에 넣어 出荷하고, 使用時에도 쉽게 흠뜨릴 수 있도록 하려고 努力하고 있다(그림 9). 아직 試驗生産(日産能力 250kg) 段階로서 一般市販은 하지 않고 있다. 價格은 商業生産이 될 경우, 輸送費 包含해서 베일狀 고무(일반적인 같은 等級의 SMR)보다 約 30~35센트/kg 정도 비쌀 것으로 보며, 위에서 말한 消費地에서의 機械의 破碎의 價格과 거의 같은 정도로 보고 있다.

이상과 같이 粉末고무는 特性 및 價格面으로 보아 앞으로 特殊用途로 需要가 豫想되는 反面, 粒狀고무는 보다 一般的이고 또 將次的 連續混合機의 發達과 함께 다음과 같은 고무製品의 完全連續化가 가능해지며 生産性도 飛躍의 으로 上昇될 것이다.



따라서 앞으로는 타이어와 같은 大型複合製品에서도 적어도 大馬力·大型인 密閉式混合機가 必要없는 때가 올 것이며, 특히, 原料生産地에서는 長距離輸送의 不利한 點이 없으므로 한층 經濟的이다. 즉, 고무製品의 加工工程의 大革新이 이루어지는 것도 멀지 않을 것으로 期待된다.

### (3) 化學的 改良

以前부터 말레이시아 고무生産者協會(MRP-RA)에서는 天然고무의 化學的改良에 대해서 치

밀하고도 더욱 精力的인 研究를 계속해 왔다. 이른바 “ene”反應이 그것이다. 그 중에서 現在 實用化되고 있는 것은 天然고무 自體의 改良은 아니나, 우레탄 加黃法이 있다. 그러나 大部分이 매우 複雜한 試藥(ENPCAF)을 使用하고 있으며 實用化는 無理인 것 같다. MRPRA의 担当者(C. S. L Baker)에 의하면 「實用化를 直接目的으로 하지 않고 將來에 대비하여 可能性을 探究하고 있다」는 含蓄性있는 發言이었다.

#### ① Epoxy化 天然고무(ENR)

Epoxy化度에 따라 Butyl고무에 가까운 空氣不透過性인 것과 Nitril 고무와 같은 정도의 耐油性인 것을 만들 수 있다. 1980年 5月 天然고무 技術세미나에서 이것이 發表되자 MRPRA에서는 試驗設備까지 되어 있으므로 各社에서는 샘플 依頼까지 하였으나, 企業化를 생각하여 말레이시아에서의 製造研究가 끝날 때까지는 샘플을 줄 수 없다고 거절당하였다. 研究指導者인 Baker가 말레이시아에 長期出張하여 RRIM과 協力하여 現地生産을 研究中에 있다. 그러나 現地에서 試驗해 본 결과 생각지 않은 문제가 생겼다. 즉, 英國에서는 濃縮 라텍스를 原料로 하여 充分한 反應研究를 하였으나, 現地에서의 企業家로서는 고무나무에서 採取한 新鮮한 라텍스를 사용하는 것이 經濟的이었다. 그러나 新鮮 라텍스에는 不純物이 濃縮 라텍스보다 훨씬 많고 또 複雜하여 큰 障害要因이 되었으며 따라서 研究가 遲延되었다. 처음 1年間の 豫定(1981년에 結論을 냄)이 1年半으로 延長되었으나, 最近 알려진 바에 의하면 解決의 실마리가 보여 1982年 後半에는 샘플이 나올 것으로 豫測하고 있다고 한다.

#### ② 熱可塑性 天然고무(Graft)

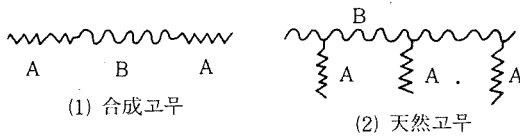
最近에는 에너지節約面으로 보아 熱可塑性고무에 대한 關心이 높아지고 있다. MRPRA에서도 天然고무로부터 熱可塑性 고무를 만들기 위한 研究가 1970年頃부터 시작되었다.

마침, 合成고무에서 블록 共重合體가 熱可塑性 Elastomer로 화려하게 登場된 무렵이었다. 그래서 이것을 天然고무에는 適用할 수 없을까 생각하였다. 이미 잘 알려진 바와 같이 合成고

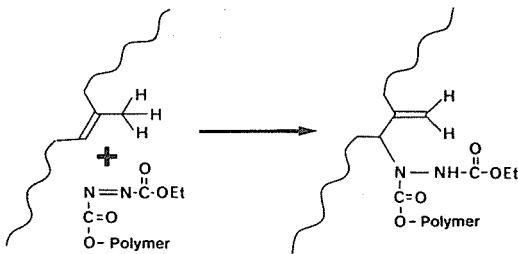
무의 熱可塑性 Elastomer 는 그림 10의 (1)과 같이 樹脂成分(A) 과 고무成分(B) 이 A-B-A 形으로 되지 않으면 안된다. 또 A와 B는 각각 어떤 크기가 있어야 한다. 즉, A, B가 각각 블록(塊)으로서 規則的으로 A-B-A로 配列되지 않으면 안된다. 이 條件만 만족된다면 구태여 線上에 配列되지 않고 graft (分枝)構造라도 좋다는 것이다(그림 10의 (2)).

다음에는 D.J. Campbell의 報告에서 그 概要를 살펴 보기로 한다. 천연고무에서는 이미 約 20年前에 Heveaplus MG가 市場化되고 있다. 이것은 천연고무(B成分)에 메틸메타크리레이트(上記 A成分)를 graft 한 것이다. MG는 확실히 熱可塑性은 갖고 있으나 熱可塑性고무가 되지 않는 것은 라텍스에 含有된 數%의 非 고무成分중의 未知成分의 妨害로 少數의 短 MMA의 板이 不規則的으로 붙어 있기 때문이다.

B成分으로서, 천연고무는 化學組成面에서 高分子로 生成되므로 素練하여도 B로서의 上限길이(約  $1 \times 10^5$ )까지는 잘 내려가지 않는다. 그래서 線狀인 A-B-A는 그만두고 graft로 생각해 본다. A成分으로는 MMA보다 싸고 分子量調整이 쉬운 Styrene을 擇하였다. 그러나 보통



(그림 10) 熱可塑性 고무의 分子配列 模式圖  
(A : 樹脂成分, B : 고무成分)

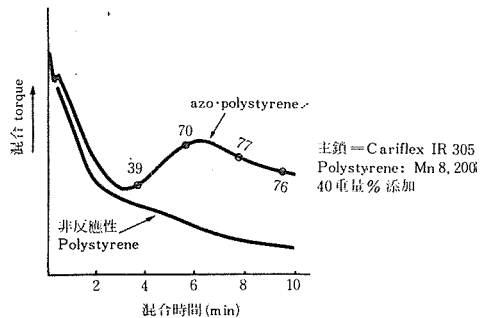


(그림 11) 천연고무에 대한 Azo·Polystyrene의 graft 反應

主鎖 : Cariflex IR 305  
Polystyrene : Mn 8,200 40重量% 添加

graft 反應(이온 反應)에서는 MG와 마찬가지로 非고무成分의 妨害로 規則的으로 붙을 수 없다. 그래서 별도로 Polystyrene의 Prepolymer를 合成하여 그 一端에 鹽反應을 利用하여 反應性의 基를 導入, 천연고무에 graft 시키기로 하였다(그림 11). 즉, 적당한 分子量의 Polystyrene의 一端에 아조카본산鹽을 붙인 Azo·Polystyrene을 별도로 合成하였다(表 4). 이것은 보통 때는 安定한 黃色粉末로 触媒가 없어도 천연고무와 反應하며, 不純物에도 比較的 鈍感하다.

다음의 難點은 이 Prepolymer와 천연고무는 溶液中에서는 쉽게 反應하였으나, 工業化의 경우 溶劑의 使用은 不經濟이다. 라텍스 狀態에서는 azo基가 分解되어 버린다. 여기서 생각하게 된 것이 密閉式 混合機의 利用이었다. 처음에는 不純物의 영향이 念慮되어, IR를 사용하여 實驗室用 混合機로 試驗하였다. 그 結果의 한 例를 보면 그림 12와 같다. 천연고무에서도 똑같은 結果를 얻었으나 graft 效率은 非고무成分의 影響을 받아 아세톤 抽出로 그라프트 效率을 높였다. 그라프트 效率은 GPC와 化學分析으로 確認되었다. 그림 13~16은 그라프트 폴리머의 物性を 나타낸 것이다. 이미 實驗段階에서는 천연고무로부터 熱可塑性고무를 만드는데 成功했다고 하므로 數年後에는 市場化될 것으로 豫測되고 있다.

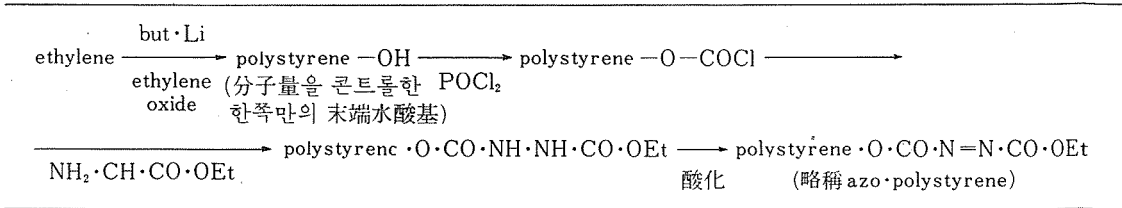


(그림 12) 密閉式 混合機로 分子量이 같은 두 Polystyrene을 IR와 混合했을 때 混合時間에 따른 torque의 變化.

(그림 위의 數字는 graft 率=加한 PS에 대한 graft 된 PS의 %)

Azo·Polystyrene 의 合成過程

〈表 4〉



(4) 熱可塑性 天然고무 블렌드(TPNR Blend)

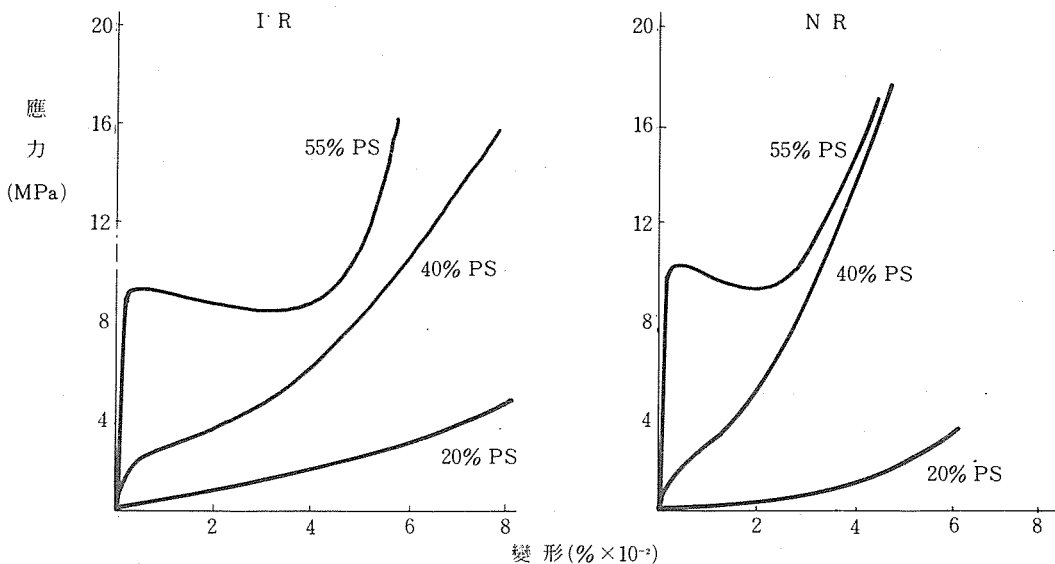
熱可塑性 Elastomer 중에는 比重이 작고 (가볍고) 製造하기 쉬우며 (고무工場에서 제조가능), 블렌드 비를 바꾸어 物性を 自由로 이 調節할 수 있는 것이 있다. 값이 低廉한 關係로 EPDM(또는 EPM)/Polypropylene 또는 Polyethylene 의 블렌드는 널리 實用化되고 있다. MRPRA 에서도 正식으로 熱可塑性 NR (graft) 의 開發과 동시에 現在 價格이 上昇되고 있는 EPDM (또는 EPM) 을 보다 값이 싼 天然고무로 代置할 것을 생각하였다. 그러나 이미 當時에는 EPDM 블렌드가 普及되어 특히 重要한 用途인 自動車用 Bumper 에는 확고한 地位를 구축하였다. 한편, 天然고무는 耐候性, 耐老化性, 耐오존性 등 環境條件에 弱하다는 것이 널리 認識되어 있기 때

문에 別로 關心을 끌지 못하였다.

그러나 요즘 NR 과 SR 의 價格差가 커지고, 景氣沈滯로 인하여 價格에 대한 關心이 많아짐에 따라 最近에는 NR 에 대한 關心이 높아졌으며, 熱可塑性 天然고무 블렌드에 대한 關心도 많아졌다. TPNR 블렌드 開發의 担当者인 D.J. Elliott 氏의 意見 등 最近의 情報 및 데이터를 보면 다음과 같다.

① 블렌드의 混合條件(NR/PP) : 가장 重要한 것은 混合溫度이며, 混合物의 溫度는 160° ~ 220°C (NR 이 많은 경우는 200°C) 를 유지하여야 한다(混合機의 스타트 溫度는 80° ~ 100°C). 이것은 實驗室 混合機에서는 容易하나 現場의 大型機에서는 어려울 것으로 보이며, 오히려 連續 混合機에서는 쉬울 것으로 생각된다.

② Peroxide 에 의한 部分架橋는 PP 의 比率



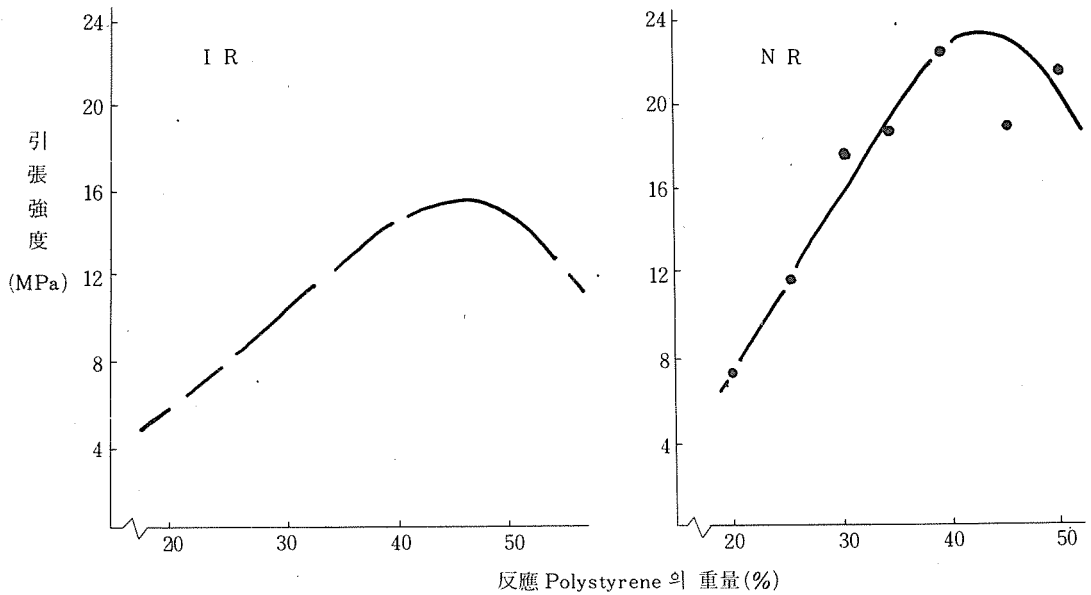
〔그림 13〕 IR (Cariflex IR 305) 와 NR (SMR L) 의 Polystyrene (Mn 8200) graft 共重合體의 S-S 曲線

이 많을 경우에는 PP가 劣化되므로 피하는 것이 좋다. 外觀, 流動性 때문에 部分架橋가 必要하면 硫黃加黃系가 좋다. 例示하면 그림 17~19와 같다.

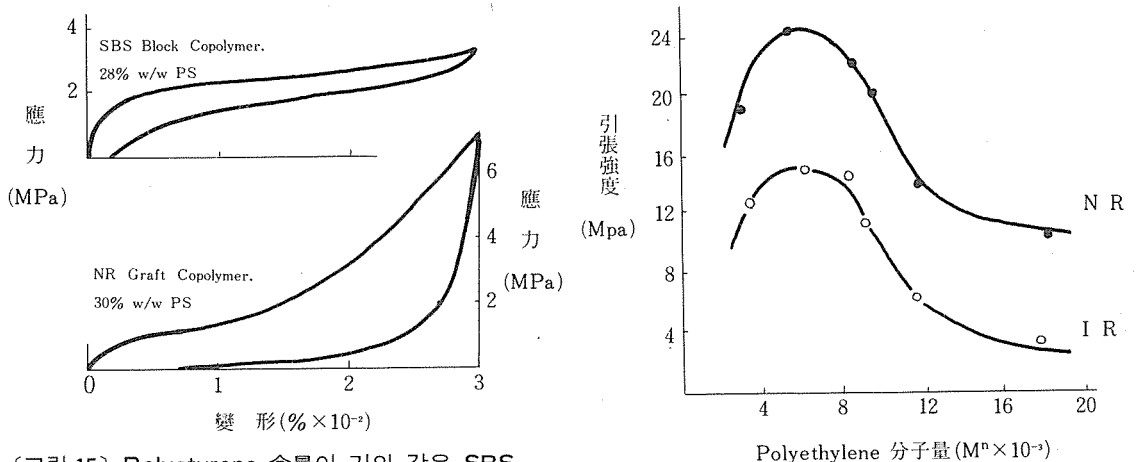
③ 블렌드의 溫度特性(硬度和 屈曲 modulus)의 例를 보면 그림 20~21과 같다.

④ 應用例은 모두 實用試驗段階이며, 유럽에서도 實用化는 되지 않았다.

低溫衝擊試驗에 의한 EPDM 블렌드와의 比較와 老化試驗에 의한 EPDM 블렌드와의 比較를 각각 表 5, 6에 表示하였다.



(그림 14) Cariflex IR 305, NR(SMR L)의 Polystyrene graft 共重合體의 Polystyrene 量에 따른 引張強度의 變化



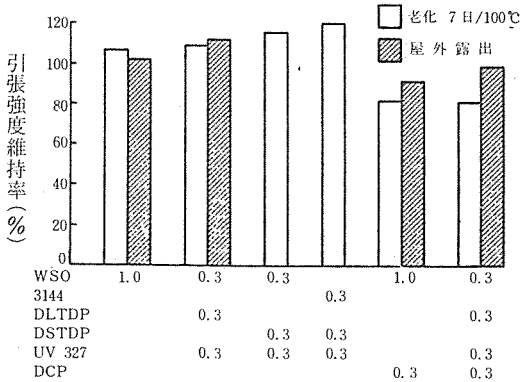
(그림 15) Polystyrene 含量이 거의 같은 SBS 블록 共重合體와 天然고무(SMR L)의 Polystyrene ( $M_n$  6550) graft 共重合體의 Hysteresis Loop

(그림 16) IR(Cariflex 305) 및 NR(SMR L)의 graft 共重合體의 引張強度에 대한 Polystyrene의 分子量의 影響

### 4. NR의 應用研究

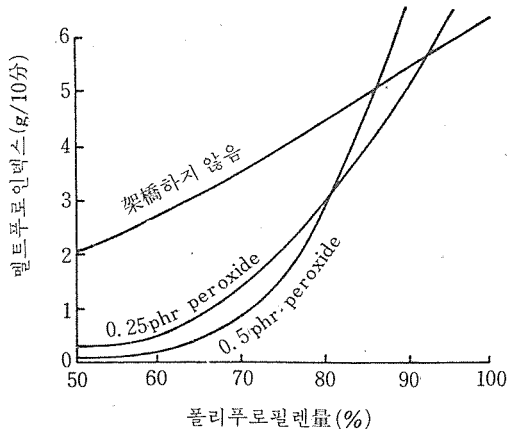
간 以前에는 MRPRA(英國)가 위주였으나, 1978년에 日本政府의 資金援助로 RRIM에 技術

天然고무의 應用面(고무製品의 開發)의 研究

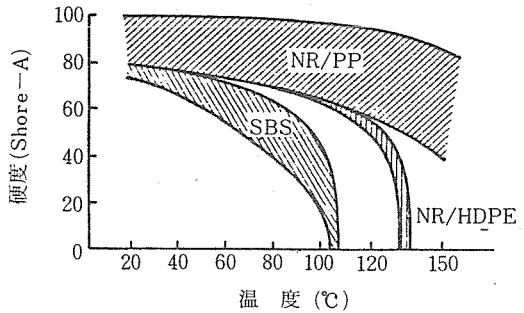


[그림 17] 各種 老化防止劑를 配合한 未架橋 및 架橋 TPNR 5050의 引張強度에 대한 老化 및 耐候性의 效果

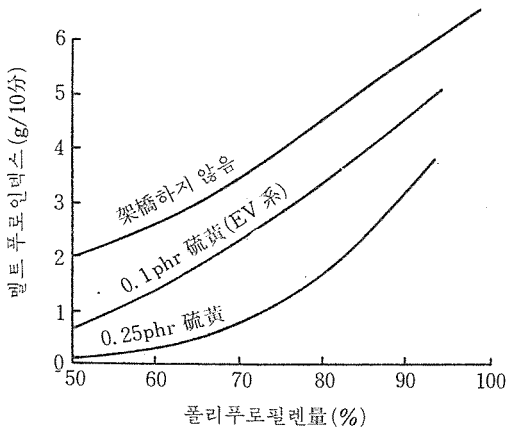
- WSO: Permanex (Vulnax Int) 高分子量, 케놀성 老化防止劑
- 3114: Cure-rite 3141 (B. F. Goodrich Chem. Corp) 立體障害型 케놀성 老化防止劑
- DLTDP: 디우라릴티오디프로피오네이트
- DSTDP: 디스테아릴티오디프로피오네이트
- UV 327: Tinuvin 327 (Ciba Geigy) UV 吸收劑
- DCP: 디크밀페르옥시드



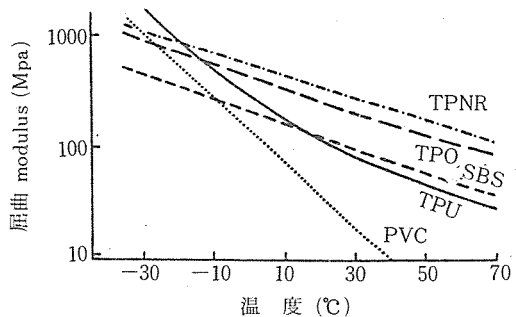
[그림 19] 디크밀 페르옥시드 加黃系에 의한 TPNR의 고무相 部分 架橋 블렌드物의 멜트 플로인덱스에 대한 效果



[그림 20] TPNR 및 SBS 블럭 共重合體의 硬度에 대한 溫度의 效果



[그림 18] 硫黃加黃系(EV)에 의한 TPNR의 고무相 部分 架橋 블렌드物의 멜트 플로인덱스에 대한 效果



[그림 21] 熱可塑性고무 및 PVC의 屈曲 Modulus에 대한 溫度의 效果 (TPO: 熱可塑性 Olefine, TPU: 熱可塑性 Urethane)

센터가 設置된 이후 Sekharan Nair 를 長으로 活發한 應用研究가 시작되어, 最新機械에 의한 Radial 타이어, 브리지 베어링 등의 製造研究를 實施하고 있다. 技術 센터는 말레이시아의 고무工業의 技術指導뿐 아니라, ASEAN 諸國의 고무工業에도 援助하고 있다.

MRPRA 에서는 製品研究 외에도 천연고무의 改良研究, 物性研究 및 이에 관한 試驗機 開發에도 많은 成果를 올리고 있다. 또 以外의 研究중에서 몇가지 代表的인 成果를 보면 다음과 같다.

① 겨울용 타이어의 研究 : 천연고무의 摩擦

TPNR 블렌드의 衝擊強度\*  
(常溫 ~ -40°C)

〈表 5〉

主配合:	試料 C	試料 D	EPDM/PP 블렌드
SMR L	20	20	
PP 共重合體	80	75	Moplen SP25 GN
HDPE	—	5	
피크荷重 N			
溫度°C			
23	—	1270	—
0	—	1150	—
-10	—	1250	—
-20	1330	1380	1550
-30	1500	1630	1690
-35	—	1580	—
-40	1580	1650	1800
破壞될 때까지의 에너지 Joule			
23	—	12	—
0	—	11	—
-10	—	11	—
-20	11	12	14
-30	9	14	14
-35	—	11	—
-40	8	10	13

\*MRPRA 에서 開發한 落下式 衝擊試驗機... 變形-荷重曲線, 破壞에너지도 自動으로 記入됨.

試驗條件

다 아 트 12.7mm徑, 一半球形, 重量12.7kg  
 試料 치수 60mm徑, 1.5mm 두께의 圓板  
 支持 링 50mm徑  
 落下 높이 0.5m  
 衝突時速度 3.13m/秒

의 基礎的 研究成果를 토대로, 配合에는 油展天然고무(OENR) 트레드 配合에 다시 실리카를 加해서 스웨덴의 自動車會社와 共同으로 實車試驗을 하여 특히 氷上에서의 슬립 抵抗에 큰 成果를 얻었다.

② 新 耐오존 老化防止劑 : 셀렌(Selenium)의 有機化合物이 오존과 잘 反應한다는 것은 20年前에 發見되었으나 이것이 고무의 耐오존劑로서는 效果가 없었다. 또 Paraphenylenediamine (PPD)이 천연고무의 耐오존劑로서 가장 有效하다는 것도 알았다. 最近에는 PPD 에 有機셀렌化合物을 導入하는데 成功, 이것이 PPD 보다 는 훨씬 耐오존性이 좋다는 것을 發見하였다. 아직 開發段階로서 詳細한 發表는 없으나 앞으로 많이 期待되고 있다.

TPNR 와 EPDM/PP 의 耐老化性 比較

〈表 6〉

配合	NR/PP	EPDM/PP (Huls)		
SMR L		35	2084	2053
PP Copolymer		65		
Antiox		0.3		
DLTDP		0.2		
MFI, g/10分		2.5	1.7	4
屈曲 modulus, MPa		約 650	450	650
引張特性 (500mm/分) (a=호르는 方向, b=호름에 대한 直角方向)				
老化前: $M_{100}$ , MPa	a	18	22	22
	b	12	12	15
$T_B$ , MPa	a	18	20	21
	b	14	12.5	15
$E_B$ , %	a	200	120	160
	b	550	150	100
老化後 (100°C, 7日)				
$M_{500}$ , MPa	a	20	25	24
	b	12	13	15
$T_B$ , MPa	a	20	25	23
	b	12	12	16
$E_B$ , MPa	a	140	100	150
	b	250	150	120

\* Shell KMT 6100 (MFI=4, 屈曲 modulus = 1300 MPa)