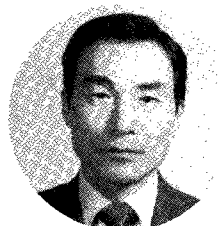


放射線化學의 工業化는 어디까지 왔다? (II)

Present Status of Industrial Application of Radiation Chemistry



邊 衡 直 (韓國에너지研·放射線化學研究室長)

〈承 前〉

III. 放射線重合을 利用한 工業

모든 分子(物質)가 그러하지만 各種 單位體(高分子의 原料)도 放射線을 照射하면 이온과 勵起分子(또는 原子)가 一次的으로 生成된다. 그러나 常溫에서 生成된 이 이온은 그 壽命이 極히 짧아 再結合(中和된다고도 함)되어 勵起分子들은 一部 熱 또는 光으로 에너지를 發散하여 安全化되기도 하지만, 分解되어 遊離基(Free Radical)로 된다. 따라서 單位體(Monomer)에 放射線을 照射하면 極冷狀態(零下 180°C以下) 등의 特別히 이온의 生存期間이 길어지는 環境을 除外하고는 一般的으로 Radical에 依한 重合反應이 일어나게 된다.

現在 工業的인 重合에 있어서도 많이 Radical 重合에 依存하고 있으나, 여기서는 加熱에 依하여 쉽게 Radical로 分解되는 有機過氧化物 또는 Azo化合物 등을 觸媒로 加熱하여 Radical을 生成케 하는 方法을 使用하고 있다. 따라서 化學重合에 있어서 反應을 進行시키기 爲하여는 觸媒가 分解하여 Radical을 生成할 수 있는 最小限의 溫度로 反應系를 維持하여야 하며 또한 觸媒의 分解物이 不純物로 製品에 섞이게 되는 不利한 點이 있다.

그러나 凡用單純高分子의 重合에 있어서는 이 程度의 利點만으로는 化學重合法에 比하여 製品의 質이나 生産價面에 뚜렷하게 有利한 影響을 줄 수 없기 때문에 아직 工業的 生産에 放射線重合은 그리 利用되지는 못하고 있다. 다만 에틸렌 重合이 Brookhaven研究所(美國), 高崎研究所(日本)를 비롯하여 몇곳에서 中間試驗工場 規模로 試驗되었고, Trioxane開環重合에 依한 Polyoxymethylene의 合成이 小規模로 試驗 生産되었으나 工業化까지는 이루지 못했다.

單純重合物 分野에 比하여 플라스틱 複合體 製造工業에 있어서의 放射線重合 利用은 若干 活潑하다고 볼 수 있다. 그 中 代表的인 例의 하나가 木材-플라스틱 複合體(WPC, Wood-Plastic Composite)의 製造라고 할 수 있다.

方法으로는 木材內에 單位體를 減壓 또는 加壓法으로 注入시키고, 重合時의 重合熱에 依한 單位體의 離脫을 防止하도록 密閉筒 또는 알루미늄薄紙로 包裝한後 放射線重合시켜 製品을 만든다. 美麗한 무늬 등 나무의 外觀을 그대로 가지면서 機械的인 強度, 耐水性, 耐磨耗性, 形態의 安全性(耐뒤틀림性) 등에 있어서는 合成樹脂의 長點을 가지는 WPC의 製造에 對한 努力은 石炭酸樹脂, 尿素樹脂 등이 發見된 1920年

時代に 이미 始作되었으나, 一般的으로 高分子物質은 그 特性의 하나로 溶液으로 하거나, 融解物로 하거나 粘度가 커서 木材內에 浸透시킬 方法이 없어 成功하지 못하였었다. 그러던중 美國의 Kent가 1960年初에 低分子인 單位體를 木質內에 浸透시켜 그 組織內에서 重合시키는 方法을 發見하여 成功하게 되었다.

現在 工業化되어 稼動中인 것으로는 主로 床材(마루판)를 生産하는 美國의 3個社를 들 수 있으며, 이들 年間生産量⁹⁾은 約2,000톤이다. 3個社가 모두 單位體로 MMA(Methyl methacrylate)를 使用하고 있으며, 木材는 떡갈나무, 너도밤나무, 티크 等 比較的의 比重이 크고 굳은 木材를 原材로 使用하고 있다. 그中 最大인 Perma Grain社는 全生産量의 約80%을 차지하고 있으며, 水中照射法을 開發採用하여 放射線防禦施設 投資의 節約과 製造工程의 簡素化를 꾀하고 있다.

勿論 미리 單位體에 觸媒를 添加한 것을 木材에 含浸시킨後 加熱·重合시키는 化學重合方法을 使用하여 製造할 수도 있으나, 放射線重合을 利用하는 製法의 가장 큰 長點으로 다음 두 가지를 들 수 있다.

1) 使用 單位體에 重合觸媒가 添加되지 않으므로 使用 途中에 自然硬化 等으로 因한 單位體의 消耗가 적다.

2) 化學重合時에는 木材가 熱不導體인데다가 重合熱이 커서 木材가 크면 클수록 內部에서는 過熱現象이 일어나 生産品의 質이 低下되지만, 放射線方法에 있어서는 이러한 폐단이 없다. WPC의 用途로는 上記한 床材外에 野外用의자, 골프채, 설매, 개머리판, 방직기의 북 等を 생각할 수 있다.

放射線重合法을 利用한 複合體 製造方法의 對象으로는 木材類 뿐만아니라 콘크리트제품, 粘土製品, 섬유製品類에 對하여도 많은 研究가 進行되었으나, 結局 아직까지는 企業化되지 못한

것으로 알고 있다. 다만 WPC 大量生産業體인 Perma Grain社에서 WPC의 生産工程과 같은 工程으로 벽돌에 Methyl methacrylate 를 含浸시켜 벽돌-플라스틱의 複合體를 生産하여 Perma-Brick이라는 商品名으로 市販하고 있을 뿐이다.

韓國에너지研究所⁹⁾에서도 1970年頃에 國産軟質木材인 포플라, 육송 等の 建設材로의 用途 開拓을 目的으로한 WPC化 研究를 始作하여 比較的의 좋은 成果를 얻었으며, 一部 工程上의 特許도 얻은 바 있으나, 不幸히 곧 밀어닥친 石油波動에 依한 單位體價의 急上昇으로 企業化의 꿈은 사라지고 말았다. 포플라 等 軟質木材는 現在 美國에서 利用하는 硬質木材에 比하여 WPC化하는데 約5倍 以上の 單位體量을 必要로 하기 때문이다.

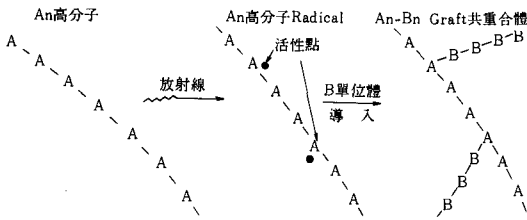
IV. 放射線그라프트(Graft)共重合反應을 利用한 工業

高分子에 放射線을 照射하면 主鎖 또는 側鎖가 崩壞하여 活性種(이 境遇 高分子의 Radical)이 생겨 여기에 다른 單位體를 接觸시키면 이 活性種을 開始點으로 重合反應이 일어나 마치 樹幹인 高分子 An에 가지高分子 Bn을 接本(Graft)한 模樣의 共重合物이 된다.

A와 B의 單位體를 混合하여 重合한 所謂 Random共重合體의 性質은 大體의으로 兩單位體의 單獨重合體인 An과 Bn의 中間的 性質을 갖게 됨과는 달리 Graft共重合體는 分子內에 各單位體의 相當히 긴 連鎖(-An- 과 -Bn-)를 保有하게 되어 一般的으로 各單位體의 重合物(An 및 Bn)의 性質을 함께 가지게 된다. 따라서 樹幹 高分子에 없는 必要한 性質을 Graft反應에 依하여 附與할 수 있다. Graft共重合反應의 過程은 그림5와 같다.

放射線Graft共重合方法에는 高分子의 照射와 單位體의 浸漬으로 工程을 二段階로 나누어서

(그림 5) Graft重合反應의 過程⁶⁾



하는 前照射法과 高分子에 單位體를 浸漬 吸收시킨 狀態에서 照射시키는 同時照射法이 있으나, 실제로 工業的으로는 前照射法이 便利하여 이 方法을 使用한다. 단, 空氣中에서 高分子物質을 放射線照射할때 生成된 高分子Radical은 酸素와 即時 反應하여 過氧化物로 存在하여 Radical로 存在하는 것보다 壽命이 더욱 길어지며, 비록 照射施設과 製品工場의 거리가 멀거나 또한 照射後 共重合을 爲한 單位體의 處理期間까지의 貯藏期間이 길어도 큰 支障이 없으나, 單位體 處理時에 (過氧化物重合觸媒와 같이) 加熱이 必要한 點이다.

Graft共重合法을 利用하면 天然 또는 合成高分子의 性質을 改良할 수 있어, 섬유 또는 플라스틱 改質에 많이 利用될 수 있다. 예를 들어 染色性, 吸水性 등이 좋지 않은 PE, Polyester 등의 合成섬유類에 對한 이들 性質의 附與, 各種 合成高分子의 缺點인 帶電性 등의 改良, 天然섬유類의 疎水性, 耐汚染性의 附與, 各種 플라스틱類의 印刷性, 接着性의 改良 등을 들 수 있다.

1960年代에 들어서서 이 放射線에 依한 Graft共重合反應의 研究가 始作되었을 때만 해도 이 技術分野는 곧 섬유工業 分野에 널리 採擇되어 工業化가 活潑히 進行될 것으로 생각되었으나, 그렇게 되지 못한 것은 後에 化學Graft共重合法이 研究·開發되어 이 方法이 많이 採擇되었기 때문에 推測된다.

現在 工業的으로 利用되고 있는 例로는 프랑스에서의 PE 또는 Polyolefine에 對한 Acrylic酸

Graft 處理製品⁷⁾으로 PE의 接着性을 向上시킨 製品이다. 알루미늄 Foil에 Laminate하여 牛乳병의 마개로 使用하고 있다. 空氣中 前照射法을 使用하고 있으며, 生産量은 80kg/hr로 알려져 있다.

美國의 Deering-Milliken社⁷⁾에서는 Polyester와 綿의 混紡섬유의 n-Methylolacrylamide를 放射線 Graft하여 耐汚染性製品을 生産하고 있다.

V. 放射線硬化法에 依한 塗裝工業

對象物에 放射線硬化性의 塗料를 塗布한後 放射線(電子線加速器를 使用함)을 照射하여 硬化시키는 塗裝法을 一般的으로 放射線(또는 電子線)塗裝이라 稱하며, 放射線硬化性 塗料는 從來의 有機溶媒에 重合體를 溶解한 一般 塗料와는 달리 不飽和 Polyester樹脂 또는 不飽和基를 含有하는 Acryl系의 各種 單位體의 混合物로 構成되어 있다.

放射線(電子線)硬化는 不活性的가스(窒素, 炭酸가스 등)中에서 行하여지고 있으나, 今後의 課題로 空氣中에서도 硬化가 可能한 塗料開發이 期待된다. 電子線塗裝의 長點은 다음과 같다.

1) 高速處理가 可能하다. 即, 硬化時間이 秒單位(普通1~2秒內)이므로 大量生産時에도 從前과 같은 긴 加열시간이 필요 없다.

2) 使用되는 塗料는 溶媒가 必要없으며, 含有 單位體가 塗料의 流動性을 附與하나, 照射硬化에 依하여 이것 역시 固化塗膜成分이 되므로 溶媒의 蒸發에 依한 公害問題가 없으며 塗膜의 硬度도 크다.

3) 常溫에서 處理되므로 플라스틱, 섬유 등 耐熱性이 弱한 物質塗裝에 有利하다.

4) 常溫 硬化이며 溶媒의 蒸發이 없고, 粒子放射線인 電子線을 使用하므로 電壓을 調節하여 硬化가 必要한 表面附近에만 에너지를 注入하는 것이 可能하기 때문에 省에너지工程이다.

各國의 電子線塗裝 現況을 紹介하면 表2와 같다.

〈表 2〉 各國의 電子線塗裝工業

기업명	국명	제품명
Svedex	Netherland	Door
Parisot	France	Furniture
Bruynzeel	West Germany	Door
Theuma	Belgium	Door
Letron	West Germany	Color laminated paper
WKP	West Germany	Color laminated paper
Bixy International	U. S. A.	Block
King Seely Thermos	U. S. A.	Plastic foil
Brooks Wiilamete	U. S. A.	Chip board panel
Universal Woods	U. S. A.	Chip board panel
中里工業	Japan	Brick
大日本金屬印刷	Japan	Steel panel
Volks wagen	West Germany	Steel panel

前記한 RCA/UNDP 事業에서도 이 技術分野는 역시 Sub-project 의 하나로 採擇되어 자카르타에 300KeV, 30mA 의 電子線加速器를 設置하여 IAEA, 인도네시아 共同主催로 RCA 參加國 技術者들의 訓練을 實施하고 있다.

韓國에너지研究所⁶⁾에서도 UNDP 의 援助로 300KeV, 25mA 의 電子線加速器가 設置되어 1975 年頃부터 이를 利用한 放射線硬化性 塗料 開發研究가 始作되었으며, Polyester 系의 塗料에 關하여는 國産化가 可能하도록 技術的인 解決이 되었고, Acryl 系 塗料에 關하여도 많은 進展을 보았으나 研究所의 事情으로 中斷되었다.

VI. 環境保全에 關한 利用

放射線化學工程은 前記한 바와 같이 重金屬等을 많이 含有하는 觸媒類를 使用하지 않고 溶媒도 別로 使用하지 않으며 또한 省에너지工程으로 大量의 熱을 必要로 하지도 않으므로 그 自體가 化學工業工程中 가장 環境保全에 適合한 工程의 하나라고 할 수 있다.

한걸음 더 나아가 放射線이 環境保全에 利用되고 있는 現況을 紹介하면 다음과 같다.

1. 廢水의 Sludge (汚泥) 處理

現在 廢水處理工程에서 發生하는 Sludge는 消化·處理한後 土地埋立, 海洋投棄, 燒却處分하는 것이 普通이나, 放射線으로 充分히 殺菌한後 農地에 還元하여 肥料로 하거나, 家畜의 飼料로 하고자 하는 技術이 先進國에서 開發되고 있다.

美國에서는 High Voltage Engineering 社와 MIT가 共同으로 進行中인 研究(HVE-MIT Project)⁶⁾와 Sandia 國立研究所의 研究⁶⁾가 關心을 끌고 있다. 前者는 線源으로 電子線加速器를, 後者는 線源으로 Cs-137의 γ -線源을 使用하고 있다. 아직은 γ -線으로 보통 Co-60을 使用하는 것이 常識으로 되어 있으나, 여기서는 軍用 原子爐에서 나오는 核燃料의 再處理時 副産物로 生産되는 Cs-137이 많아서 이것을 利用하는 것으로 알려져 있다. 廢物利用이라고나 할까?

電子線方法은 處理能力이 큰 利點은 있으나 透過力이 弱하므로 均一한 照射가 困難한 缺點이 있으며, 反面 γ -線方法에 있어서는 均一照射는 容易하나 必要한 Curie 數가 커지는 點이 問題라고 할 수 있다.

HVE-MIT Project에서는 1976 年에 Boston 附近의 Pilot工場을 設立하여 現在 80,000~100,000gal/day 規模로 運轉하고 있으나, Project의 進行이 順調로와 앞으로 完全히 商業用으로 使用할 수 있도록 加速器의 容量을 100 KW, 1.5 MeV 로 增設하여 處理規模를 150,000 gal/day로 擴張하기로 되어 있다.

Sandia 國立研究所에서 建立한 Pilot工場은 線源 1,000KCi(¹³⁷Cs), 處理能力 8,000kg/day(Dose, /Mrad)의 規模로 1978 年 完成되었으며, 여기서의 研究結果 역시 좋아서 여기서 얻은 結果 및 經驗으로 Albuquerque 市에 Cs-137線源 17MCi, 日當 乾燥 Sludge處理能力 27,000kg의 商業用 工場을 1984 年末까지 建立하기로 確定⁹⁾

되어 있었으나, 그後 消息은 接하지 못하였다.

其他 西獨 Munich市 附近에도 線源 450KCi Co-60, 處理能力 32,000gal/day 規模⁸⁾의 Sludge放射線處理施設이 1977年에 建立된 以來 지금까지 계속 運轉되고 있으며, 日本 高崎研究所에서도 이 分野에 研究가 始作되고 있으며, Canada에서도 日當 處理量 50ton規模⁹⁾의 工場 建立을 檢討中인 것으로 알려져 있다.

2. 工場굴뚝 排氣가스中的 SO₂ 및 NO_x 除去

工場에서의 重油 等 燃燒排氣가스에 電子線을 照射하여 SO₂와 NO_x를 放射線酸化에 依하여 H₂SO₄와 HNO₃로 變換시키고, 添加된 小量의 암모니아로 硫安 및 硝安으로 固形化시키는 方法으로 除去한다.

이 方法은 日本原子力研究所와 荏原製作所 共同으로 研究된 것으로 10,000m³/hr⁸⁾의 處理能力을 가진 Pilot工場이 新日鐵의 八幡製鐵所에 設置되어 運轉되었다. 成果는 아주 좋은 편으로 200ppm의 SO₂와 180ppm의 NO_x를 含有하는 排氣가스에 1Mrad의 照射로 90% 以上の SO₂와 80% 以上の NO_x가스 除去가 可能한 것으로 나타났다.

한편, 美國에서는 石炭燃燒 排氣가스로 부터의 SO₂ 및 NO_x 除去研究에 注力하고 있으나, 그 基礎原理는 日本에서 開發한 電子線에 依한 SO₂ 및 NO_x의 放射線酸化法에 依存하고 있다. 電子線照射와 石灰散布工程을 兼備한 이들 가스의 除去裝置는 高濃度의 SO₂(1,000-2,000ppm)를 含有하고 있는 石炭燃燒 排氣가스의 淨化에도 有効하게 使用할 수 있음이 確認되었다.⁹⁾

VII. 機能性高分子材料의 開發

一般化學이 精密化學方向으로 가고 있는 것처럼 高分子化學에 있어서도 凡用高分子時代로부터 精密高分子時代로 移行하고 있는 느낌이다. 即, 機能性高分子材料 等이 重要한 分野로

登場하고 있다.

資源, 財源이 不足하여 오로지 技術에만 依存할 수 밖에 없는 우리 產業界의 實情으로 볼 때 技術附加價値가 큰 이 分野産業은 우리의 큰 關心事가 아닐 수 없다. 따라서 이 分野의 工業化가 아직은 活潑하다고는 할 수 없으나, 여기에 機能性高分子材料에 對한 放射線化學의 研究現況을 記述하여 보았다.

1. 放射線化學法에 依한 生物活性材料의 固定化

酵素, 菌體, 藥劑 等に 生物活性體 또는 生理活性物質을 適當한 擔體에 結合 또는 複合하여 固定化시켜 利用하기 쉬운 狀態 또는 性質을 갖게 하는 技術을 넓은 意味로 固定化技術이라고 하여 近來 工學, 農學, 醫學, 藥學 等 分野에서 相當히 活潑하게 研究되고 있다. 擔體로서 가장 흔히 使用되는 것은 性質의 變化性이 豊富하고 成形과 加工性이 좋은 高分子材料이다.

高分子에 依한 固定化法을 大別하면 生物活性體를 高分子와 反應시켜 化學結合시키는 方法과 高分子와 生物活性體를 混合하여 複合體化하는 方法의 두 方法으로 나눌 수 있다.

1970年에 Dobo¹⁰⁾가 Acrylamide의 放射線重合으로 酵素의 固定化를 報告한 以來, 固定化技術에 放射線을 利用코자 하는 試圖가 活潑하여 졌다. 固定化에 放射線을 利用하는 利點은 첫째, 生物活性體는 一般적으로 熱에 不安定하므로 固定化를 爲한 反應은 低溫反應이 要求되며 放射線化學反應은 低溫反應에 適合한 點, 둘째, 複合法에서 所望하는 形狀과 構造를 가진 生物活性體와 單位體 또는 重合體의 混合物를 미리 만들고 放射線의 透過力을 利用하여 模樣을 그대로 維持시킨채 照射反應시켜 用途에 맞는 固定化物을 만들기에 容易한 點, 셋째, 放射線을 利用할때는 反應觸媒를 必要로 하지 않으므로 製品에 不純物이 섞이지 않는 點이

다.

放射線을 利用하여 生物活性體를 固定化함에는 放射線Graft共重合, 放射線架橋, 放射線重合의 諸反應이 主로 利用되는데 反應別로 例를 들면 다음과 같다.

○ Graft共重合方法

Graft共重合法을 利用하면 PE, PVC, Teflon, Silicon고무 等 材料表面에 酵素 또는 生理活性物質 等과 反應할 수 있는 官能基를 갖는 異種의 高分子Branch(Graft鎖)를 만들 수 있으므로 이것을 媒介로 擔體와 酵素 等이 化學的으로 結合된 固定化物을 合成할 수 있다.

例로 Hoffman¹¹⁾은 Silicon고무에 Hydroxyethylmethacrylate를 γ -線으로 Graft시키고 이 Graft鎖分子의 極性基(Hydroxy基)를 Bromocyan 等の 化學試藥으로 變性시키고 다시 Aminocapric acid 等の Spacer를 附加하여 이것에 Albumine 等の 抗凝血性物質을 反應시켜 固定化를 시킬 수 있었다. Gaussen¹²⁾은 Ethylene-Vinylacetate 共重合體로 IUD(子宮內避妊具)를 만들어서 γ -線으로 Hydroxy-ethyl-acrylate 等を Graft시킨後 親水性의 Graft鎖에 硝酸銅溶液을 吸收시켜 挿入後 徐徐히 放出토록 하여 18個月 以上 有效한 IUD를 만들 수 있었다.

○ 放射線架橋方法

親水性高分子와 酵素의 混合水溶液에 放射線을 照射하여 高分子에 架橋를 일으켜 生成된 親水Gel網目構造中에 酵素를 가두어 두는 方法이 研究되고 있다.

Maeda¹³⁾ 等は 電子線을 利用한 이 實驗에서 6Mrad 照射로도 固定化物에 含有된 酵素는 아직 本來의 40~50%의 活性을 갖고 있음이 確認되었다. 또 Yamada¹⁴⁾ 等は Collagen의 放射線架橋方法으로 微生物菌體의 固定化를 行하고 있다.

○ 放射線重合方法

主로 水溶性인 Acrylamide 等の 水溶性單位

體를 使用하는 例가 많으며, Bernfeld¹⁵⁾ 等の Amylase 및 Dobe¹⁶⁾의 Tripucin 固定化의 報告 등이 있다.

2. 放射線을 利用한 選汰透過膜 製造

分離用의 高分子膜은 荷電膜과 非荷電膜으로 大別할 수 있다. 前者는 離子交換膜으로 代表되는 種類로 電解基를 가진 高分子이고, 後者는 電解基를 갖지 않은 中性膜으로 逆浸透膜이나 多孔質의 濾過膜이 이에 屬한다.

○ 荷電膜(離子交換膜)

離子交換膜은 海水의 淡水化, 海水로 부터의 製鹽, 食鹽의 電解, 工業廢水의 處理 및 그로부터의 資源回收 等 여러가지 分離工程에 利用된다. 從來의 離子膜의 製法은 直接 離子交換樹脂를 膜形態로 만드는 方法(均質離子交換膜이 됨)과 離子交換樹脂의 粉末狀의 것을 熱可塑性樹脂에 混合한後 膜狀으로 成形하는 方法(不均質交換膜이 됨)이 있다. 前者는 交換基의 分布가 均一하나 膜의 機械的인 性質의 限界가 있고, 後者는 製膜이 容易하며 熱可塑性樹脂의 選擇에 따라 膜의 機械的인 性質도 좋게 할 수 있으나 交換基의 分布가 不均一하므로 離子의 移動에 對한 抵抗이 커서 特殊處理가 必要케 된다.

그러나 放射線에 依한 Graft共重合方法을 使用하여 膜狀으로 成形된 高分子物質에 電解基를 가진 單位體 또는 電解基를 導入할 수 있는 單位體를 Graft重合시킴으로서 所望의 機械的인 性質을 갖는 離子膜을 比較的 簡單하게 製造할 수가 있다.

例로는 PE Film에 Styrene을 Graft重合시키고 이것을 Sulfone化시켜 陽離子膜을 製造한 Chen 等¹⁶⁾의 最初의 研究를 비롯하여 各種 高分子 Film을 基體로 使用한 報告를 들 수가 있다.

○ 逆浸透膜

逆浸透法에 使用되는 膜은 물은 透過되나 溶質은 透過되지 않는 膜이다. 浸透壓에 反抗하

는 壓力을 溶液에 加함으로서 이 膜을 通하여 물만을 밀어내어 溶質과 물을 分離하는 方法을 逆浸透法이라 한다. Cellulose acetate膜이 優秀한 逆浸透膜임이 알려졌으나, 이 膜의 缺點은 機械的 強度가 弱한 것이었다.

이것을 改良하기 爲하여 Stannett¹⁷⁾ 등은 40%의 Styrene을 Graft 重合處理하여 未處理한 것 에 比하여 7.5倍의 Creep 強度를 얻었으며, 또한 鹽排除率의 低下없이 물의 透過流速을 數倍로 增加시킬 수 있었다.

○ 粒子的 通過跡을 利用한 多孔質의 濾過膜 高分子膜에 重이온 또는 核分裂片 등의 高에너지荷電粒자를 通過시키면 前記한바와 같이 化學作用이 일어나 그 通過跡에 高分子의 放射線損傷이 생긴다. 損傷이 생긴 部分을 化學試藥으로 處理하여 溶出하면 微細한 구멍을 만들 수 있다.

이 方法은 G.E.의 Fleischer¹⁸⁾에 依하여 發見되었으며 高分子로 Polycarbonate Film이 採擇되어 Nuclipore라는 商品으로 企業化되었다.

膜材質은 用途에 따라 選擇되며, 구멍의 크기는 照射後의 溶出處理時間으로 調節할 수 있다.

3. 放射線을 利用한 Lithography

最近 急速히 研究가 進行되고 있는 것의 하나로 光 또는 放射線感受性의 樹脂를 利用하는 表面微細描畫加工法(Lithography)이 있다.¹⁹⁾ IC 또는 LSI 등의 半導體集積回路素子の 高密度化, 高集積化의 要求가 커짐에 따라 Photography의 解像性의 限界(2~3 μ m)가 問題가 되고 있다. 따라서 1 μ m 또는 그 以下의 解像性이 必要케 되어 波長이 짧은 電子線 또는 軟X-線의 利用이 檢討되기 始作하였다.

現在 이 用途로 使用되고 있는 것은 Posi型 Resist로서 Polymethylmethacrylate와 같은 放射線分解型의 高分子가, Nega型 Resist로는 Polyglycidylmethacrylate나 그 共重合體와 같은 放

射線架橋型의 高分子가 있으나, 새로운 電子線 Resist用 高分子들이 檢討되고 있다.

以上 機能性材料開發 現況에 關하여 몇가지 記述하여 보았으나, 이 以外에도 放射線을 利用한 Oligomer 重合, 光學用 有機 Lens 等 이 分野의 研究와 實用化는 앞으로 더욱 活潑하여 질 것으로 믿어지는 바이다.

《參 考 文 獻》

- 5) 田畑米穂: 放射線化學, 日本放射線化學會 17, No. 33, 25(1982)
- 6) 변형직, "放射線化學의 工業化," KAERI/AR-189/83(1983)
- 7) 町末男: 放射線化學, 日本放射線化學會 14, No. 28, 12(1979)
- 8) S. Machi, Radiation Physics and Chem., 22, No. 1/2, 91(1983)
- 9) J.S. Sivinski, Radiat. Physics and Chem., 22, No. 1/2, 99(1983)
- 10) J. Dobo, Acta Chim, Acad. Sci. Hung., 63 453(1970)
- 11) A.S. Hoffman et al., Trans. Amer. Soc. Artif. Int. Organs, 18, 10(1972)
- 12) G. Gaussen et al., Radio Traitements, 31, 25 (1976)
- 13) H. Maeda et al., Biotechnol Bioeng., 15, 607 (1973)
- 14) H. Yamada et al., Enzyme Engineering 3, 57 (1978)
- 15) P. Bernfield and J. Wan, Science, 142, 678 (1963)
- 16) W.K.W. Chen et al., J. Polymer Sci., 23, 903 (1957)
- 17) H.B. Hopfenferg and V.T. Stannett et al, J. Polymer Sci., Part.C, No. 28, 243(1969)
- 18) R. L. Fleischer et al., Nuclear Tracks in Solid, Principle and Application, Univ. of Calif. Press (1972)
- 19) 助川健, 放射線化學, 日本高分子學會, 14, 20 (1979)