



# RI·放射線の利用

⑤

## 8. 放射線照射의 工業的 利用

미국, 프랑스, 일본 등을 중심으로 하여 放射線의 工業的 利用이 활발하며 우리나라에서도 점점 이용분야가 확대되고 있다. 工業利用의 主된 분야는 化學工業(工業材料의 製造), 醫療品의 滅菌, 食品保存 등이다.

〈表 8〉 放射線照射의 工業的 利用例

(1) 化學工業	用 途
polyethylene의 架橋	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 열에 강한 電線被覆</li> <li>• 열에 의해 수축되는 film이나 튜브</li> <li>• 發泡 polyethylene</li> </ul>
poly 塩化 Vinyl의 架橋	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 열에 강하고 타기 어려운 電線被覆</li> </ul>
고무의 架橋	
塗料의 硬化	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 自動車部品 특히 플라스틱 部品の 塗裝</li> </ul>
木材와 플라스틱 複合材	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바닥, 스포츠用品</li> </ul>
graft에 의한 섬유개량	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 때가 잘지는 성질을 갖도록 한다.</li> </ul>
ethyl bromid의 合成	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gasolin 漆加劑</li> </ul>
(2) 醫療品工業	用 途
醫療品의 滅菌	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주사바늘, 주사기, 수혈용 튜브봉대, 메스등의 滅菌</li> </ul>
(3) 食品工業	用 途
食品의 保存	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 감자, 양파등의 發芽防止</li> </ul>

## 化學工業利用

### (1) 高分子의 架橋

分子량이 큰 化合物을 高分子라 하는데 polyethylene이나 poly 塩化 vinyl 등은 우리들의 일상생활에 많이 사용되는 合成高分子이다. 이와같은 高分子에 방사선을 照射하면 原子를 이어주는 結合이 끊어지는 崩壞反應과 방사선에 의해 생긴 高分子의 radical이 서로 結合해서 생기는 架橋反應(cross-linking reaction) 두가지 반응이 일어난다. 어느쪽이 우선적으로 일어나는 가는 高分子의 구조에 의해서 결정된다.

放射線照射의 利用은 여러 분야에서 사용되고 있으며 그 目的에 必要한 효과를 생기게 하는데 필요한 방사선의 量은 대체적으로 그림34와 같이 구분할 수 있다. 發芽防止나 品種改良 등 生殖細胞에 변화를 주기 위한 경우는 소량의 방사선으로 충분하나 플라스틱의 改質 등에는 多量의 방사선이 필요하다.

polyethylene 分子에 방사선을 作用시켰을 경우에 일어나는 변화를 모형적으로 그림35에 나타내었다.

먼저 방사선에너지에 의해 polyethylene 分子中 가장 약한 결합인 水素와 炭素사이의 共有結合이 끊어진다. 共有結合이 끊어진 炭素에는 쌍을 이루고 있지 않는 電子(不對電子)가 남게 되어, 反應하기 쉬운 상태의 分子(radical) 가

된다. 이때 동시에 생긴 活性인 水素 radical은 다른 탄소와 결합하고 있는 水素를 脫離 시키고 자신은 수소분자(H<sub>2</sub>)가 되어 炭素上에 새로운 不對電子의 radical을 만든다.

이들중 인접한 不對電子들은 새로 짝을 이루어 새로운 炭素-炭素間 結合을 만드므로 두개의 polyethylene 分子 사이에 다리(橋)가 놓이게 된다(結合이 생긴다). 이것을 架橋反應 이라고 한다.

우리들이 일상생활에서 사용하는 polyethylene film은 無數한 polyethylene 分子의 집단인데 방사선을 照射시키면 照射量에 따라 架橋反應이 여러곳에서 일어나 無數한 polyethylene 結合이 생겨서 polyethylene은 그물과 같은 구조를 갖는 巨大한 分子가 된다.

高分子化合物에 그물구조가 생기게 되면 여러 가지 새로운 성질이 나타난다.

그중에서 특히 중요한 것은 ① 높은 온도에서도 모양이 변하지 않는 성질(熱變形溫度의 상승), ② 溶劑에 녹지 않는 성질(耐溶劑性) 두가지이다.

熱變形溫度의 상승은 실제로 polyethylene 제품을 사용하는데 있어 큰 利點이 되므로 poly-

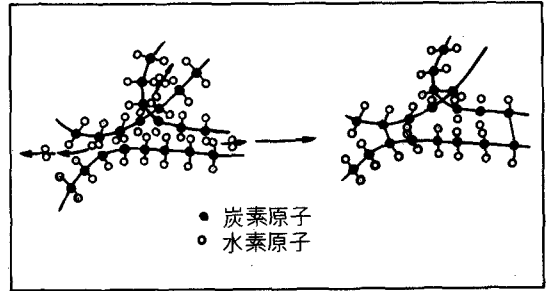


그림 35 放射線 作用에 의한 polyethylene 架橋 模型圖

ethylene 架橋는 工業적으로 많이 利用되고 있다. 그중 대표적인 것은 電線을 被覆하고 있는 polyethylene을 照射시키므로써 보통의 polyethylene 被覆電線을 使用할 수 없는 높은 온도에서도 견디는 電線被覆을 만들 수 있다. 架橋 polyethylene 被覆電線은 computer, TV 등 전자분야와 전기냉장고, cooler 등 가정전기기구 등에 많이 사용되고 있다. 이와같은 目的을 위해서 사용되는 線量은 10~20Mrad이며 照射用 線源으로는 電子線加速器가 사용되고 있다.

polyethylene 방사선가교의 또 다른 실용적인 이용 發泡polyethylene 製造이다. 이때는 먼저 發泡劑(기체를 발생시키는 化合物)를 polyethylene에 혼합시킨후 sheet 또는 튜브 모양으로 成型한 다음 電子線을 照射시킨다.

그후 polyethylene 이 溶融하고 發泡劑가 분해되어 기체를 發生시킬 수 있는 온도까지 가열하면 작은 거품이 生成된다. 이 상태에서 냉각시키면 거품이 polyethylene 속내에 固定되어 發泡polyethylene 이 만들어진다. 架橋하고 있지 않은 polyethylene을 사용하면 가열시 모양이 변형되어 거품을 적당한 크기로 분산시키기가 어렵다.

## (2) 高分子의 合成(重合反應)

高分子는 monomer(單量體)라고 불리는 原料에서 부터 重合이라는 反應에 의해서 合成된다. 예를들면, polyethylene은 石油를 분해해서 얻

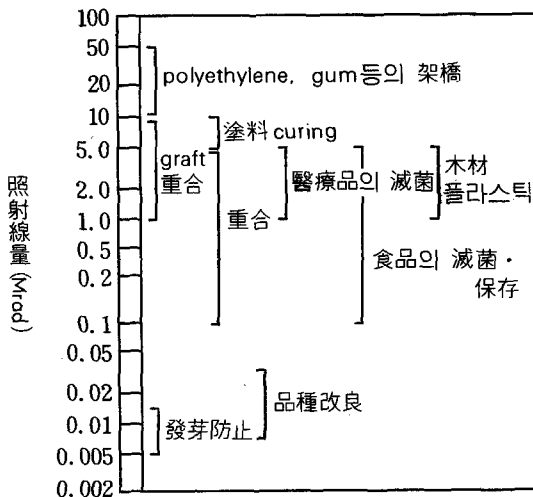


그림 34 照射效果에 必要한 線量

어지는 ethylene gas를 原料로 하여 이것을 數千個 結合(重合)시킴으로서 合成된다. 이 重合反應의 方法으로 방사선을 利用할 수 있다. 物質에 방사선에 에너지를 주면 勵起分子나 이온이 生成된다. 勵起分子는 분해되어 反應性이 큰 分子(radical)가 되며 이 radical 또는 이온에 monomer (예를들면 ethylene)가 차례로 결합하여 高分子가 生成된다. 이처럼 중합反應의 핵이 되는 radical이나 이온(活性種)을 만드는 것이 방사선의 작용이다.

촉매나 열로도 活性種을 만들 수 있으나 방사선의 경우 다음 네가지 특징이 있다.

① 대단히 낮은 온도에서도 쉽게 活性種을 만들 수 있다.

② 固體속에서도 均一하게 活性種을 만들 수 있다.

③ 촉매를 첨가해서 活性種을 만들 경우 生成物에서 촉매의 殘渣를 제거해야 하는데 완전히 제거되지 않을때가 많으나 방사선의 경우는 그와같은 조작이 전혀 필요 없다.

④ 방사선의 強하기를 조절함으로써 反應의 속도를 적당하게 하기가 용이하다.

이와같은 특징을 살려서 방사선을 이용한 重合反應에 의한 高分子合成이 많이 연구되고 있는데 그중에서 특히 공업적으로 주목받고 있는 試驗研究는 ①  $\gamma$ 線을 使用하여 에틸렌重合에 의한 폴리에틸렌合成, ② 電子線을 사용하여 트리옥산重合에 의한 폴리옥시메틸렌合成이다. 방사선에 의한 重合反應이 工業적으로 利用되고 있는 다른 例에는 木材의 조직속에 메타크릴산메틸을 중합시켜서 만드는 木材플라스틱複合材라는 새로운 재료의 제조가 있다.

액체상태의 monomer인 메타크릴산메틸을 木材에 침투시키고 방사선을 照射시키면 木材속에서 重合反應이 일어나서 메타크릴산메틸이 高分子化하여 굳어진다. 이 재료는 목재가 갖는 自然美를 유지하면서 플라스틱이 갖는 강도를

가지며 특히 마찰에 강하고 왁스를 바르지 않더라도 광택을 내기 때문에 바닥材로 사용되고 있다.

重合反應의 또다른 實用的인 利用例로 電子線에 의한 塗裝이 있다. 반응성이 있는 液狀의 高分子를 液狀의 monomer와 혼합하여 適當한 粘度를 갖도록 調製한 다음, 이것을 目的物에 塗布한 후 電子線을 照射시키면 monomer는 重合과 同時에 共存하고 있는 高分子와도 結合하여 架橋構造를 형성함으로써 固化되어 強한 塗膜이 생긴다. 液狀의 高分子로는 不飽和 polyester, monomer로는 styrene 등이 使用되고 있으며 새로운 것도 연구하고 있다. 종래의 촉매나 열에 의한 塗裝法과 비교하여 다음과 같은 장점이 있다.

① 塗膜이 화학약품에 강하며 表面硬度가 크다.

② 溶劑를 사용하지 않으므로 塗裝中 溶劑의 蒸氣로 인한 대기 오염이 없다.

③ 塗裝의 속도가 빠르므로 장치를 小型化할 수 있다.

④ 종래의 方法으로는 塗裝하기 어려운 플라스틱 등에도 強固한 塗裝을 할 수가 있다. 이것은 電子線의 作用에 의해 塗料와 플라스틱 사이에 結合이 생기기 때문이다.

### (3) graft 重合에 의한 高分子의 改質

高分子에 방사선을 作用시키면 結合이 끊어져서 不對電子가 남아 反應性이 높은 radical이 생긴다. 그 radical에 monomer를 접촉시키면 차례로 結合하여 원래의 高分子에 새로운 가지가 생긴다. 이것을 graft 重合(接木結合)이라고 한다.

graft 重合에 의해서 원래 高分子의 性質이나 성능을 개선시킬 수 있으므로 이 方法을 利用한 섬유나 플라스틱의 개량이 널리 연구되고 있다.

實用化의 例로는 polyester와 綿의 혼방섬유에 n-methyrol acrylamide를 graft重合시켜서 때가 잘지는 성질을 갖도록 하는 방법이 있으며 電子線加速를 사용하는 장치가 순조롭게 가동되고 있다.

그외에 poly 塩化 Vinyl의 섬유에 acrylonitril을 graft重合시켜서 熱을 加하더라도 오그라들지 않는 성질을 갖도록 하는 방법과 polyethylene에 acryl산을 graft重合시켜 금속등과 接着性を 갖도록 하는 방법이 있다.

#### (4) 高分子의 崩壞

高分子가 방사선의 作用을 받으면 분자가 架橋를 하여 그물구조가 되는 경우와 분자의 결격을 이루고 있는 결합이 끊어져서 분자가 작아지는, 즉 崩壞하는 경우가 있는데 어느쪽이 지배적으로 일어나는가는 高分子의 구조에 따른다. 이와같은 방사선의 崩괴작용을 利用해서 廢플라스틱을 再使用할 수도 있다. polytetrafluoroethylene 廢棄物에 방사선을 照射시키면 崩괴되어 粉末이 된다. 이것은 潤滑劑로 再利用된다.

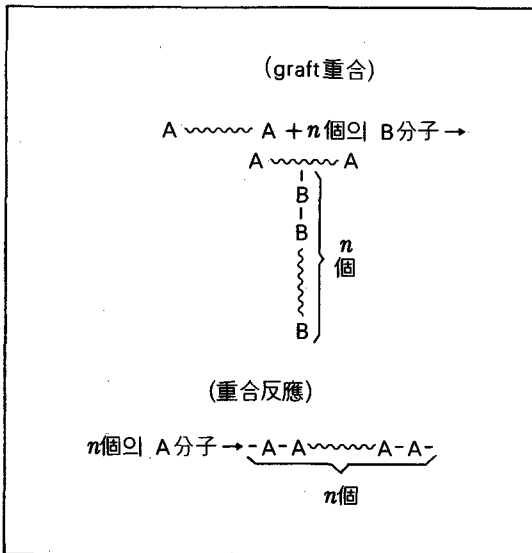


그림 36 重合反應과 graft重合의 비교

#### (5) 有機物の 合成

有機物の 合成에 방사선을 사용하는 시도가 많이 행해지고 있다. 臭化에틸의 제조 경우 에틸렌과 brom化水素를 原料로 하여 7線을 照射시키면 연쇄반응으로 臭化에틸이 얻어진다. 그외에 파라핀에 방사선을 작용시켜 亞황산가스와 산소를 반응시켜서 合成洗劑를 만드는 방법등이 工業적으로 有望하다.

#### (6) 環境保全에로의 應用

물이나 大氣의 오염을 제거하기 위해 廢水나 排가스를 淨化시킬 目的으로 방사선의 化學作用을 이용하는 研究가 최근 주목을 받고 있다. 有機物로 오염되어 있는 물에 방사선을 照射하여 물과 물에 녹아 있는 산소에서 酸化力이 강한 물질을 생성시켜서 이것으로 汚染물질을 산화분해제거하는 것이다.

또한 섬유를 염색하는 工場의 폐액은 염료로 착색되어 있는데 방사선을 照射하여 脫色시킬 수도 있으며 그외에 세균을 이용한 一般水處理法으로는 분해시키기 어려운 phenol, formaldehyde, cyan 등 人體에 有害한 物質도 방사선法으로 분해시킬 수 있는 것이 특징이다.

廢水뿐만 아니라 더럽혀진 排가스의 淨化에도 방사선이 유효하다는 것이 최근의 연구에서 명백해졌다. 예를들면 發電所나 工場에서 重油를 태웠을때 생기는 排가스중에는 有害한 亞황산가스와 질소산화물이 포함되어 있는데 소량의 암모니아를 첨가한 후 방사선을 照射하면 이 두가지가 동시에 固形物이 되어 제거되는 것이 발견되어 中間規模試驗裝置에 의한 實用化 研究가 추진되고 있다.

#### (7) 醫療器具의 滅菌

최근의 醫療에서는 능률향상과 院內感染防止를 위해 1회 사용하고 버리는 disposal醫療器具

가 널리 사용되고 있는데 이와같은 경우 방사선 멸균법이 대단히 편리하기 때문에 현재 세계 각국에서 실시하고 있다.

放射線滅菌法の 특징과 利點은

- ① 제품을 완전히 밀봉시킨 최종제품의 상태에서 포장한 채로 멸균할 수 있다,
  - ② 菌에 심하게 오염되어 있어도 충분히 멸균시킬 수 있다.
  - ③ 제품의 재질이나 포장의 형태에 제약이 없으며,
  - ④ 大量의 제품을 연속적으로 처리할 수 있다.
- 등 이므로 이와같은 利點때문에 방사선멸균법은 미국, 영국을 위시하여 많은 나라에서 實用化되어 있으며 우리나라에서도 한국에너지연구소가 실시하고 있다.

## (8) 食品照射

방사선 照射된 식품을 먹어도 안전하며 영양 상으로도 과피가 없다는 것이 각국에서 증명되고 있다. 이미 감자의 發芽방지는 미국, 캐나다, 소련, 일본등에서, 베이콘의 살균은 미국에서, 밀과 보리의 살충은 소련과 미국에서, 양파의 發芽방지는 소련과 캐나다에서, 전조야채의 軟化는 미국에서 허가되어 있다.

감자의 경우, 감자는 수확후 50~100일의 休眠期를 지나면 싹이 나오기 시작하여 먹을 수가 없게 된다. 그결과 發芽를 방지시켜서 저장기간을 연장하는 연구가 여러각도에서 시도되어 1954년 방사선照射로 싹 부분의 세포분열을 정지시키는 發芽防止法이 발견되었다. (끝)

### 第 16 次 日 本 放 射 線 及 放 射 性 同 位 元 素 會 議 參 加 團 募 集

日本原子力産業會議는 일본방사성동위원소협회와 일본원자력학회 공동후원으로 12月 6日부터 8日까지 3日間 日本 東京에서 제16차 일본 방사선 및 방사성동위원소회의를 開催합니다. 同會議는 강연회와 전시회가 동시에 열리는 바, 당 회의에서는 이의 참가단을 모집 · 파견코자 하오니 많은 참가를 바랍니다.

#### 〈프로그램〉

- General Session 1 Commercialization of Food Irradiation and Its Acceptability
- General Session 2 New Application of Radiation and Radioisotopes in Agriculture
- General Session 3 Contribution to Medical Treatment I: Diagnostic Imaging
- General Session 4 Contribution to Medical Treatment II: Cancer Therapy
- General Session 5 Advanced Radiation Sources

- General Session 6 Management of Low Level Radioactive Waste
- General Session 7 High Energy Physics: Possibility of Industrial Application
- Technical Session 1 New Technology of Radiation Sensors
- Technical Session 2 Radiation Application and Environmental Protection
- Technical Session 3 Material Development and Radiation Environment
- Technical Session 4 Nuclear and Advanced Technology
- Introduction of the Modern Hardware and Its Application

社團 韓國原子力産業會議  
法人