

RI·放射線의 利用(4)

5. RI의 農學的 利用

5.1 放射線에 의한 品種改良

品種改良은 變異를 만들어서 바람직한 것을 선택하여 이것을 널리 보급하는 것으로 성립된다(育種이라고도 한다). 방사선의 遺傳的 效果로 突然變異와 染色體異常이 있는데 이와같은 효과가 품종개량에 이용된다.

5.1.1 짧은 기간으로 우수한 품종을 固定시킬 수 있다

放射線育種法으로 原品種의 장점은 그대로 지니고 결점만이 개량된 新品種을 짧은 기간내에 固定시킬 수 있다.

交配育種法에서는 교배에서 품종의 육성까지 보통 10년 이상이 걸리나 방사선육종법을 이용하면 이 기간이 단축되며 특히 과일나무와 같이 開花까지 여러해가 걸리는 경우에는 육종기간을 대폭적으로 단축시킬 수 있다는 점에서 매우 有効하다.

5.1.2 微生物의 生産能力을 높인다

미생물은 여러가지의 抗生物質, 아미노酸 및 기타의 有用物質을 생산할 수 있다. 생산력이 높은 미생물 계통을 분리해서 이것을 개량하여 더욱 생산력을 증강시키면 이것은 곧바로 생산코스트 低減으로 연결되어 막대한 이익을 얻게 되므로 미생물공업계에서는 高收率菌株 育成에 노력하고 있다. 미생물에 生化學的 突然變異를 일으키는 데는 放射線照射法과 各種 變異誘發劑와의 結合으로 經代培養을 하여 얻어질 때가 많다.

5.2 放射線에 의한 殺虫

害虫을 驅除하기 위하여 농약을 사용하고 있으나 농약은 食物連鎖로 농축된다는가 해충에

농약 저항성을 갖게 하여 農藥耐性을 가진 해충을 만들어내기도 한다. 만약 해충을 不妊化시킬 수 있다면 根絶시키는 것도 가능하다.

5.2.1 害虫을 不妊化시켜 根絶

해충의 수컷에 放射線照射를 하여 交尾能力만 남기고 不妊化시켜 자연계에 서식하고 있는 해충의 집단에 정기적으로 살포하면 자연집단은 없어지게 된다. 이 不妊虫放飼法에 의해 해충이 根絶된 例가 미국과 일본 등에서 있으며 不妊虫放飼法은 다른 생물은 無害하다.

5.2.2 穀物の 害虫을 驅除

저장중인 穀類에는 해충들이 발생하여 큰 손해를 준다. 이들 해충의 구제를 위하여 약제의 가스燻蒸 등이 행해지고 있으나 약제가 殘留하는 문제와 작업상의 안전성에 문제가 있다. 이들의 곡물해충에 γ 線을 照射하면 20,000~50,000 rad의 선량으로 알→유충→번데기→성충의 變態가 억제되거나 成虫이 不妊된다는가 또는 죽는다.

이와같이 곡물의 해충에 放射線殺滅法이 사용되고 있으며 이 정도의 방사선량으로는 곡물에 거의 영향을 주지 않는다.

5.3 RI를 tracer로 使用

미량의 RI를 tracer(追跡子)로 사용하여 생물체내에서의 物質代謝過程이나 個体群集속에서 個体の 움직임을 조사한다. 생물체내의 물질의 움직임을 연구하는 生化學에서는 화학적으로 동위원소는 서로 같은 행동을 한다는 前提에서 미량의 RI로 標識한 화합물을 생물체에 주고 그 방사능을 검출하여 그 代謝를 추적하는 방법이 널리 사용되고 있다. 또 농업토목의 분야에서는 댐의 물이 새는 곳을 조사한다는가, 관개용 지하수의 水量을 조사하는데 tracer法이 사용되

고 있다.

5.3.1 肥料의 量은 같아도 施肥方法에 따라 수확량이 늘어난다

緩斜面의 코오피농장에서는 비료가 빗물이나 灌水 등으로 아래쪽으로 흘러내려 갈것으로 생각하고 뿌리의 위쪽에 半圓形으로 과인산석회를 시비하였다. 과인산석회를 ^{32}P 로 標識하여 코오피 나무의 燐을 조사해본 결과 뿌리를 중심으로 0.6m와 1.2m 두개의 圓사이에 도우넛 형태로 시비할 경우 燐의 흡수가 가장 좋고 그 다음은 樹冠을 직경으로 한 圓形내에 全面 施肥하는 것이었다. 燐은 灌水 등으로 쉽게 이동하지 않는다는 것, 또 燐의 흡수가 활발하게 이루어지는 곳은 뿌리의 선단부분임이 밝혀졌다. 이 결과를 이용해서 같은 施肥量으로 코오피는 그때까지 보다 20%가 增收하였다.

5.3.2 댐의 물은 어디서 새는가?

댐은 중요한 灌溉水源인데 地質이 복잡하고 제방의 기초지반이 좋지 못한 곳에서는 漏水될 때가 많다. 漏水를 방지하기 위해서는 새는 곳을 확실히 알아야 한다. 제방의 漏水脈을 조사하는데 色素나 鹽類가 사용되어 왔으나 野外試驗에서는 뚜렷한 자료를 얻기 힘들었다. 이때 RI를 tracer로 하면 민감하게 검출할 수 있다. 또 斷層地帶는 地表의 방사능레벨이 높으므로 斷層·活斷層도 조사할 수 있다. RI를 tracer로 하여 누수를 조사하고 이에 따라 누수방지공사가 행해진다.

5.4 연어·송어의 回游를 조사

연어·송어는 稚魚時代를 河川에서 보내고 봄이 되면 강을 내려가서 바다로 나간다. 연어·송어는 북위 40도 以北의 北洋을 생활권으로 해서 母川을 멀리 떨어져서 10,000km 이상이나 회유하면서 성장하는 것이 일반적이다. 이 北洋에는 出身母川이 다른 아시아産과 미국대륙産 연어·송어가 섞여서 생활하고 있다.

이와같이 未成魚時代를 먼바다에서 지내고 3~5년후 성숙하면 자기가 태어난 母川으로 되돌아 온다. 이 연어·송어資源의 보호육성을 위해서 北洋에서 잡히는 연어·송어의 母河川群,

母地方群을 알 수 있다면 人工부화 양식의 기술 관리, 적정어획량을 결정하는 등 자원관리면에서 큰 발전을 기대할 것이다. 보통 europium (Eu)을 marker로 사용하여 魚體에 標識하여 active tracer法을 사용하여 연어·송어의 動態를 추적하고 있다.

6. 放射線에 의해서 일어나는 物質의 變化

6.1 序 言

방사선이 물질속을 통과할 때 일어나는 작용을 利用하여 새로운 물질을 만들어 내는 방사선 이용분야가 있다. 즉 放射線의 化學利用이다. 또 방사선이 세균을 죽이는 현상, 즉 멸균효과를 이용해서 간단하게 식품이나 의약품을 멸균시키는 방법도 있다.

이와같은 이용분야중에는 이미 실제로 우리들의 생활에 이용되고 있는 것이 많다. 특히 새로운 이용분야로는 環境保全에 방사선을 이용하려는 연구이다.

예를 들면 有害物로 오염된 廢水에 방사선을 작용시켜 유해물질을 분해시켜서 無害化하는 연구등이다. 이와 같은 것들의 이해를 돕기위해 방사선과 물질의 상호작용을 간단히 알아보도록 한다.

6.2 放射線의 種類와 物質과의 相互作用

방사선의 종류를 表7에 나타내었다.

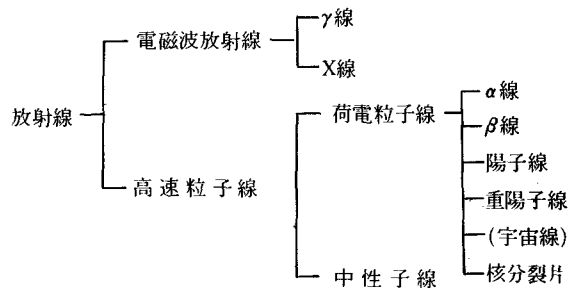


표7 放射線의 分類

(1) γ (감마)線과 X線

방사선에는 빛과 같이 波의 일종인 電磁波放射線과 에너지를 가진 粒子인 高速粒子線이 있

다. γ 선과 X선은 電磁波放射線이다. γ 선은 방사성원소의 원자핵에서 나오는 波長이 짧은 전자파이다. 波長이 보통 빛에 비해 10만분의 1~100만분의 1정도로 짧다. 빛은 물체를 통과할 수 없어 그림자를 만든다. γ 선은 수십cm 두께의 철판도 통과할만큼 높은 투과력과 에너지를 가지고 있다.

X선은 원자핵의 둘레를 돌고 있는 電子의 에너지가 변할 때 나오는 전자파이다. γ 선에 비해 波長이 길고 투과력도 약하나 그 성질이나 물질에 주는 작용은 같다. X선은 에너지가 높은 電子를 금속 등에 충돌시킴으로써 만들어진다.

γ 선이나 X선이 물질속을 통과하면 물질을 구성하고 있는 원자의 電子와 상호작용을 일으킨다. 이 작용에는 Compton效果, 光電效果, 電子雙生成 세종류가 있다.

(a) Compton 效果

γ 선이 원자핵의 둘레를 돌고 있는 전자와 충돌하여 에너지를 전자에 주어 軌道로부터 튕겨내고 자신은 에너지를 減함과 동시에 그 進行方向을 바꾼다. 즉, 散亂하는 것을 Compton效果 또는 Compton散亂이라 한다. γ 선의 에너지가 10만~50만전자볼트 정도의 크기일 경우에는 Compton효과에 의해서 γ 선의 에너지가 흡수된다.

(b) 光電效果

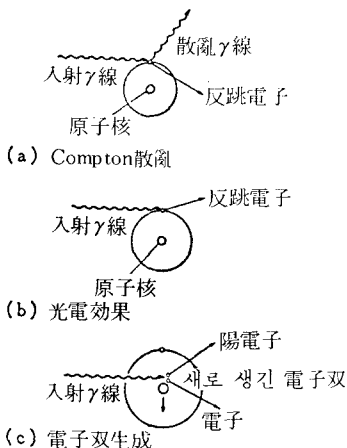


그림32 γ 線과 物質의 相互作用

10만전자 볼트이하인 낮은 에너지의 γ 선에서는 Compton효과를 일으킬 수 없으며 주로 光電效果에 의해서 에너지가 흡수된다. 광전효과와 같은 경우에도 γ 선의 에너지에 의해서 전자가 튕겨 나오나 이와 동시에 γ 선은 消失된다.

(c) 電子雙生成

높은 에너지(100만전자볼트)인 γ 선에서는 Compton효과를 일으키는 경우는 적고 電子雙生成이라는 작용이 지배적이 된다. 이것은 γ 선이 원자핵 가까이를 통과할 때 자신은 소멸하고(+)의 전기를 갖는 전자와 (-)의 전기를 갖는 電子(한쌍의 전자)를 생성하는 현상이다.

(2) α (알파)선 등 重荷電粒子線

예를 들면 라듐의 원자핵이 보다 안정한 라돈의 원자핵으로 변할 때 헬륨의 원자핵(즉 α 粒子)이 放出된다. 이것이 α 선이다. α 입자는 두개의 중성자와 두개의 양자로 되어있다. α 선은 원자핵의 주위를 돌고 있는 전자보다 훨씬 무거우므로 重荷電粒子라고 불려진다. 중화전입자에는 이 외에도 陽子, 重陽子 등이 있으며 이들 입자의 흐름이 陽子線, 重陽子線이다. α 선을 만들려면 原子炉속에서 硼素 또는 리튬에 중성자를 조사시키는 방법과 cyclotron, ion加速器에 의한 방법이 있다.

(3) β (베타)선과 電子線

β 粒子的 흐름이 β 선인데 β 입자는 電子이므로 β 선과 전자선은 본질적으로 같은 것이다.

β 선은 방사성원소의 원자핵에 있는 중성자가 陽子와 전자로 나뉘는 때 생긴 전자가 튀어나오므로 발생된다. 에너지는 0에서 最大值까지 넓게 분포하고 있다. 한편 전자선은 인공적으로 加速器를 사용해서 발생시키는 것인데 에너지는 單一하며 또한 큰것까지 얻어진다. 그런데 이와 같이 전기를 갖고있는 입자, 즉 荷電粒子가 물질속을 통과할 때 생기는 작용은 원자핵의 둘레를 돌고 있는 궤도전자에 대해서 일어나는 것으로 勵起作用과 電離作用이 있다.

(a) 勵起作用

荷電粒子가 갖고 있는 에너지의 일부를 궤도 전자에 주면 전자는 보다 높은 에너지의 궤도로

움아가게 된다. 이것을 勵起라 한다. 하전입자는 에너지의 일부를 잃고 방향을 바꾸어서 다시 나간다.

(b) 電離作用

하전입자가 궤도전자와 작용해서 에너지를 주는 점에서는 勵起作用과 같으나 그 에너지가 커서 전자가 궤도밖으로 나간다. 그 결과 전자는 自由電子가 되고 남은 원자는 (+)의 전기를 갖는 陽이온이 된다. 이것을 電離作用이라 한다.

무거운 荷電粒子인 α 선이나 가벼운 하전입자인 β 선과 電子線도 다 같이 勵起作用과 電離作用을 일으킨다. 이들 입자는 전자에 에너지를 주면서 자신은 점점 에너지를 잃어 속도가 느려지게 되며 결국은 정지해버린다. 이 停止할 때까지의 거리를 飛程이라 한다. α 입자는 무게가 무거우므로 원자와의 충돌회수가 대단히 많기 때문에 짧은 거리에서 정지해버린다. 공기속에서는 3.3cm이다. 한편 β 입자(電子)는 무게가 α 입자의 약 7천분의 1이며 크기도 작고 속도가 빠르므로 원자핵과의 충돌회수가 적어 같은 거리에서 잃는 에너지는 α 입자에 비하여 적다. 따라서 走行하는 거리가 길어 공기중에서는 수m에 이른다.

(4) 中性子線

원자핵은 주로 (+)의 전기를 갖는 陽子와 같은 무게이고 전기를 갖고 있지 않는(즉 中性) 中性子로 구성되어 있다. 중성자와 양자는 核力으로 결합되어 있으나 베릴륨 등의 원자핵에 α 입자를 부딪치면 중성자가 튀어 나온다. 이것이 中性子線이다. 중성자는 電子와 작용을 하지 않으나 원자핵과는 충돌한다. 충돌된 원자핵은 電子없이 행동한다. 이것이 (+)의 電荷를 가진 荷電粒子이며 다른 원자와 작용해서 전리작용이나 여기작용을 일으킨다. 즉 중성자는 간접적으로 전리나 여기를 일으킨다.

충돌에 의해서 에너지가 작아진 중성자는 원자핵과 부딪쳐서 그 속으로 들어가 버린다(中性子捕獲). 이때 핵에서 γ 선이 나온다. 또 중성자가 우라늄-235의 핵속으로 들어가면 핵분열을 일으킨다.

6.3 化學的變化에 대한 放射線의 作用

방사선과 물질과의 상호작용에 의해서 생긴 勵起 또는 ion화된 분자나 원자가 원인이 되어 화학적인 변화가 일어나는 반응이 放射線化學反應이다.

(1) 勵起와 電離의 分布

방사선과 물질의 상호작용에서 가장 중요한 것은 勵起作用과 電離作用이다. α 선, β 선, 電子線에서는 이와같은 작용이 직접 일어나며, γ 선, X선에서는 주로 Compton효과, 光電效果 등으로 원자에서 튕겨나온 전자에 의해서 일어난다. 따라서 물질속을 방사선이 통과하면 그 進路에 따라 陽ion이 된 원자나 분자가 생긴다. 荷電粒子가 물질과 작용해서 전리작용을 일으켰을 때 튕겨 나온 전자는 그 자신이 큰 에너지를 가지고 있어서 다시 둘러의 원자나 분자를 勵起·ion化한다. 이로 인해 勵起나 ion화된 원자 또는 분자가 가끔 몇개 모여서 集落을 만든다. 이 集落을 spool이라 한다. spool의 軌跡을 飛跡(track)이라 한다.

α 입자와 같이 무겁고 큰 입자는 원자나 분자와 충돌을 빈번히 일으키므로 spool의 간격이 조밀하다(물속에서 10 \AA 정도). 한편 β 입자(電子)와 같이 가볍고 작은 입자의 경우는 충돌간격이 길므로 spool의 간격도 길어진다(10 \AA 정도). γ 선과 X선의 경우에는 Compton효과와 光電效果로 생기는 spool의 간격은 더욱 길어지며

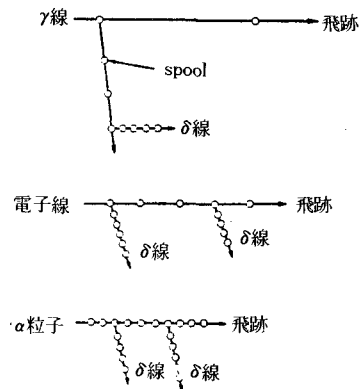


그림33 放射線에 의한 이온화와 勵起의 分布

대부분의 勵起와 ion化는 Compton電子와 光電子에 의해서 행해진다. 또 이 경우 전리에 의해서 생긴 2차전자중 에너지가 100전자볼트 이상인 것(델타(δ) 전자)은 다시 枝分하여 spool을 만든다(그림 33 참조).

(2) 勵起된 分子나 이온에 의한 化學反應의 開始

방사선이 물질속을 통과할 때 spool속에 생기는 勵起된 分子 및 ion이 化學反應의 기초가 된다. 分子는 원자가 모여서 되는데 이 원자들이 軌道電子를 서로 共有하여 結合(共有結合)하고 있다. 이와같은 分子에 방사선이 작용하면 궤도 전자가 에너지를 받아서 높은 準位(level)의 궤도로 옮겨져 分子는 큰 에너지를 가진 상태가 된다. 이 과잉 에너지가 원자들 사이의 공유 결합 에너지보다 조금 커지면 결합이 끊어져서 分子는 解離되어 버린다. 解離될 때 그때까지 결합을 만들고 있었던 2개의 전자는 1개씩 나누어진다. 이로 인해 원래 2개가 한쌍의 전자로 존재하여 安定化되는 원자 또는 分子는 반응하기 쉬운 活性의 상태인 원자 또는 分子(radical; 基 또는 原子團)로 된다.

한편 방사선의 電離作用에 의해서 궤도 전자가 튕겨 나온 후에 생긴 ion은 에너지가 높고 앞에서 설명한 것과 같은 이유로 결합이 끊어져서 radical과 ion으로 해리된다. 또 이온의 일부는 전리에 의해서 나간 전자가 되돌아와서 中和되어 높은 勵起分子가 된다. 이 여기분자도 해리되어 radical을 만든다. 해리나 중화를 일으키지 않는 ion은 다른 보통 상태의 分子에 작용해서 새로운 이온을 만든다(ion-分子反應). 이와 같이 해서 생긴 反應性이 많은 ion이나 radical은 점점 spool밖으로 나가서 주위에 있는 分子와 접촉하여 여러가지의 化學反應을 일으키나 이 時点에서는 열이나 빛을 사용한 보통의 반응과 같다. 즉 방사선은 물질에 작용해서 化學적으로 活性이 풍부한 種(活性種)을 만들고 이것이 化學變化를 일으킨다. 이 작용을 이용해서 새로운 물질은 만들거나 물질을 분해하는 것이 방사선의 化學작용이다.

7. 線源과 照射裝置

放射線照射의 工業적 이용에는 放射線源과 照射裝置가 필요하다. 工業적으로 가장 널리 사용되고 있는 線源은 코발트-60(^{60}Co)과 電子線加速器이다. 그 외에 세슘-137(^{137}Cs), 스트론튬-90(^{90}Sr), 크립톤-85(^{85}Kr) 등 원자력발전에서 사용된 핵연료를 再處理할 때 얻어지는 방사성 동위원소가 있다.

7.1 코발트-60線源과 照射裝置

코발트-60은 코발트-59 금속을 원자로속에 넣고 중성자를 照射시킴으로써 만들 수 있다. 코발트-60은 5.2년의 반감기를 갖고 있어 放射線強度를 거의 일정하게 유지시키기 위해서는 2년에 한번 새것으로 보충해주어야 한다. 코발트-60은 보통 粒狀 또는 coin狀으로 이것을 스테인레스 스틸로 된 圓筒形(직경 10~20mm, 길이 300~500mm 정도) 容器에 密封해서 棒狀의 線源으로 하여 이것을 목적에 따라 여러가지의 형태로 組立하여서 사용한다.

照射裝置는 목적에 적당하도록 설계되는데 기본적인 요건으로는 ① 방사선이 장치밖으로 漏洩되지 않는 차폐 설계, ② 線源의 이동장치 설계, ③ 線源의 格納裝置 설계, ④ 照射대상물에 대한 선원의 적정한 위치 등이 중요하다.

照射室의 차폐로는 보통 콘크리트 또는 鐵鑛石을 혼합한 콘크리트가 많이 사용되며 선원의 格納으로는 물이 담긴 pool이나 납容器가 사용되고 있다.

7.2 電子線加速器과 照射裝置

코발트-60에서 방출되는 γ 선은 투과력이 크므로 액체나 고체의 照射, 용기의 밖에서부터의 照射 등에 적당하다. 그러나 방사선의 強度는 전자선에 비해 1/100~1/1000 정도로 낮기 때문에 일반적으로 照射에 장시간을 필요로 한다.

한편 電子線加速器에 의해 만들어지는 加速된 전자는 透過力이 약해서 100만전자볼트(1MeV)의 에너지를 갖고 있어도 물속을 5mm정도밖에 투과하지 않는다. 그래서 電子線은 film, 가

➔ (41page로 계속)

5) Simulator의 開發: 9~10M\$

6) 運轉節次의 開發: 1M\$

總計: 25M\$~41M\$

總所要資金은 既存設計上의 補完範圍에 따라 25M\$에서 41M\$이며 中間値는 33M\$이다.

나. 綜合的 開發

우리나라 原子力發電所의 既存設計上의 補完要件의 範圍가 美國의 中間程度라고 보고 提示한 綜合的 開發方式에 의한 所要資金은

1) 豫備調査研究: 2M\$

2) 設計開發 및 試作: 18M\$

3) Simulator에 의한 試驗評價 및 補完: 2M\$

4) 設置活用: 2M\$

總計: 24M\$

總計 24M\$로서 個別的인 開發上 所要資金合計 33M\$보다 9M\$ 節減된다.

V. 結 論

非常對應電算系統(ERF Computer System)은 安全運轉과 非常計劃運營上 發電設備과 運轉 및 運營要員間의 媒介役割을 하는 것으로 TMI 措置事項의 核心課題이며 安全確保上의 關鍵設備이다. 따라서 歐美諸國의 LWR發電所에 있어서는 이미 必要性의 檢討段階를 지나 開發되었으며 開發된 設備의 試驗評價段階 또는 設置活用段階에 있다. 이와 같은 歐美諸國의 開發經驗에 비추어 볼 때 앞으로 우리나라에서 非常對應電算系統(ERF Computer System)을 開發活用に 있어서 考慮되어야 할 點은 아래와 같다.

1. 非常對應電算系統은

가. 運轉要員의 訓練 및 資質向上에 必要한

Simulator

나. 計測制御系統의 補完

다. 制御室 및 PPC의 設計檢討評價 및 補完
라. 運轉節次의 開發

과 더불어 綜合的으로 開發하고 綜合的인 安全運轉 및 運營技能을 向上시킴으로서 實質的인 安全性 確保를 期하여야 한다.

2. 以上과 같은 綜合的인 安全機能은 一律的인 安全規制基準으로 評價할 수 없으며 規制될 수 없다. 따라서 實質的인 安全確保는 事業主와 安全規制機關이 國家公益을 위한 共通된 利害關係에서 相互 協助하여 安全機能의 向上을 위한 開發을 追求하여야만 한다.

3. 따라서 政府의 安全規制機關이 韓電에게 短期收支実績에 基準한 經營評價上의 赤字要因으로 부각될 安全確保上의 投資를 強要할 것이 아니라 政府가 原子力事業費의 一定率을 國內政府出捐 研究開發機關에 直接 投資하여 安全設備의 研究開發을 遂行케 하면 安全規制機關과 韓電은 共同利害關係에 놓이게 되므로 安全性 提高를 위하여 相互 協助하게 될 것이다.

4. 政府出捐 研究機關은 安全規制機關 및 韓電의 協助를 얻어 國內 技術人력을 最大限으로 活用하고 外國技術을 選定 導入하여 ERF 電算系統 및 關聯事項을 綜合的으로 開發 活用함으로써

가. 所要資金의 節減

나. 活用上의 技術支援의 自立

다. 關係技術의 事業參與에 의한 導入定着화
라. 後續發電所에 대한 國産化

마. 制御室, PPC 및 ERF 電算系統의 標準設計의 開發을 期하여야 한다.

→ (29page에서 계속)

는 電線, 塗裝 등과 같이 얇은 것의 照射에 이용된다. 그러나 방사선強度가 대단히 높으므로 照射必要時間은 일반적으로 數秒에서 數分이다.

加速器의 원리는 電子를 電界의 힘으로 加速하게 되어있는데 그 방식에 따라 Cockcroft型,

Van de Graaff型, linac型 등 각종의 장치가 개발되어 있다. 照射의 공업적이용을 위해서는 大容量의 가속기가 필요한데 최근에는 에너지 1MeV에서 100mA(출력 100kW), 3MeV에서 25mA(출력 75kW)라는 大容量加速器가 생산되고 있다.