

# 農工分野에서의 放射性同位元素의 利用

Utilization of Radioisotope in Agricultural Engineering

金 允 培  
Yoon Bae Kim

## I. 放射性同位元素의 利用

### 1. 序 論

戰爭手段으로서만 使用되었든 原子力은 放射性同位元素를 여러가지 計測手段으로 利用하므로써 人類에 有益하게 공헌할 수 있는 길이 더 많이 열려지고 있다.

本稿에서는 放射性同位元素가 計測手段으로서 農工學分野에 利用할 수 있는 여러가지 방법에 대하여 利用分野別, 計測方法別로 紹介하고자 한다.

### 2. 放射性同位元素의 農工學分野에의 利用方法

- 1) Tracer Application
- 2) Gauging System
- 3) Di-lution Method
- 4) Radiography
- 5) Radiation Logging Method 등이 있으며 本欄

에서는 각 利用方法別로 略述하고 다음節부터는 각 專門分野別로 論하고자 한다.

가. 放射性同位元素의 追跡子(Tracer)로의 利用

- 1) 河川 流速·流量 測定
- 2) 河川汚染度 調査
- 3) 河川모래 및 堆積物 移動調査
- 4) 貯水池의 土砂堆積狀態 調査
- 5) 貯水池댐의 漏水調査
- 6) 地下水의 流速·流量·流向 測定

나. 放射性同位元素의 計測器에의 利用

#### <Moisture Gauge>

- 1) 構造物基礎地盤調査
- 2) Sprinkler에 利用(自動給水調節)

#### <Density Gauge>

- 3) 土木工事의 盛土量檢査 및 竣工檢査
- 4) 路線의 基礎地盤調査

#### <Thickness Gauge>

5) 土砂堆積層 두께 測定

#### <Level Gauge>

6) 液面自動制御에 의한 灌溉水路의 給水量調節

7) 水門의 自動制御에 의한 貯水池의 洪水調節

다. 放射性同位元素의 Di-lution Method에의 利用

1) 貯水池容量(實內容積) 測定

라. 放射性同位元素의 非破壞檢査에의 利用

- 1) 建設資材의 品質檢査
- 2) 鐵筋콘크리트의 配筋狀態檢査
- 3) 構造物内部의 缺陷探知
- 4) 水管等의 龜裂檢査

마. 放射性同位元素의 放射線檢層法에의 利用

- 1) 岩盤의 龜裂探知 및 地下水探査
- 2) 地層의 含水比, 空隙測定
- 3) 岩質調査 및 岩盤까지의 두께 등을 測定할 수 있다.

### 3. 放射線計測器 및 計測方法

農工學分野에서의 放射性 同位元素 利用의 成否는 計測器의 精밀성과 計測方法의 精確성여하에 달려 있으며 다른 分野와는 달리 農工學分野에 있어서의 放射性同位元素의 사용은 대부분 野外作業이므로 放

表-1 放射線源別 質量 및 荷電數

Radiation Source	Mass:a.m.u.	e.c.(電荷)
$\alpha$	4	+2
$\beta^-$	1/1840	-1
$\beta^+$	1/1840	+1
$\gamma$ (光子)電磁波	0	0
P	1	+1
N	1	0
Fission Fragment	90~150	+40~+80

射性物質 및 計測器機의 운반, 저장, 폐기 등에 따르는 여러가지 문제가 수반되지 않으면 안된다.

다음表-1에 放射性物質의 各線源別 物理的性質의 개요를 표시하므로써 各種 放射線計測器에 대한 이해를 돕고자 한다.

#### 가. 放射線의 檢出方法

##### 1) 荷電粒子線의 檢出

$\alpha$  線,  $\beta$  線, 陽子(P)線, 核分裂生成物(Fission Fragment)에서 放出되는 各種 放射線등이 어느 物質을 嵩고가면 放射線이 지나간 徑路주위에 그 物質과의 충돌로 인하여 그 物質의 原子가 電離된다. 그러므로 荷電粒子線의 檢出은 原子의 電離현상을 利用한 것이다.

##### 2) 電磁波의 檢出

X 線,  $\gamma$  線과 같은 電磁波가 物質의 속을 지나갈 때 電磁波는 그 物質의 原子와의 相互作用으로 光電效果, Compton 效果, 電子對創生(Pair Production) 등을 통하여 높은 에너지의 電子를 輻출시키는데, 이 높은 에너지의 電子가 마치 荷電粒子線처럼 原子를 電離시킨다. 그러므로 電磁波의 檢出도 荷電粒子線의 檢出과 같은 方法으로 檢出할 수도 있으나 그 효율이 낮아 보통은 螢光물질을 이용한 閃光計數器로 檢出한다.

##### 3) 中性子の 檢出

中性子線을 직접 檢出하는 方法은 없고 어느 특수한 物質과 核反應을 일으켜 그 때 발생한  $\alpha$  線등을 檢出하여 간접적으로 檢出할 수 있다.

#### 나. 放射線의 檢出方法別 計測器의 종류

##### 1) 직접電離를 일으키는 作用을 利用한 것.

가) 檢電器

나) 電離函

다) 比例計數管(Proportional Counter)

라) G-M 計數管

##### 2) 螢光物質을 利用한 것.

마) 閃光計數管(Scintillation Counter)

##### 3) 안개의 발생을 利用한 것.

바) 안개箱子(Cloud Chamber)

##### 4) 感光作用을 利用한 것.

사) Radiography

아) Autoradiography

자) X-ray Film

##### 5) 核反應을 利用한 것.

차) 中性子計數管

등으로 분류할 수 있으며 計測器別 用途는 다음節부터 각 경우별로 實例를 들어 論하고자 한다.

#### 4. 放射性物質의 安全管理

放射性物質은 위험한 특수물질이므로 이의 취급에는 특히 放射線安全管理規程을 준수해야 하며 國際放射線防護委員會(I.C.R.P.)의 勸告值에 따르도록 해야 한다.

##### 가. 放射性物質의 운반

放射性物質의 운반은 放射線安全責任者의 감독하에 납으로 차폐된 容器에 넣어 차량 등으로 운반하는데 차량탑승원의 許容線量率은 I.C.R.P.의 勸告值에 의한 2.5m Rem/Hour 以下로 유지해야 한다.

##### 나. 放射性物質의 저장

放射性物質의 저장시설은 作業場부근에 地下로 掘착하여 측판이나 콘크리트부력 등으로 차폐하여 적절한 울타리와 잠을외장치를 하고 放射能위험표지판을 설치하여 非作業人의 接近을 경고하고 울타리 밖의 線量率을 0.2m Rem/Hour 以下로 하여 非作業人에 대한 放射線安全管理規程의 許容值以下가 되도록 저장시설을 設計해야 한다.

##### 다. 放射性物質의 폐기

作業場주위에 적당한 폐기시설이 없는 곳에서는 폐기할 放射性物質을 콘크리트로 차폐된 통에 넣어 운반하여 바다에 投棄하거나 해야 한다.

##### 라. 放射性物質의 취급

放射性物質作業場에는 放射線測定器 및 監視器등을 비치해야 하며 作業者個人은 個人放射線防護用測定器를 휴대하고 放射性物質用 操作器具로 作業을 하도록 해야 한다.

##### 1) 個人放射線防護用器機에는

가) Pocket Chamber

나) Pocket Dosimeter

다) Film Badge

라) Film Ring

마) Personal Monitor 등이 있으며

##### 2) 放射性物質用操作器具로는

가) Tong

나) Pipette

다) 고무장갑

라) 吸收紙

마) Vinyl Sheet

바) Sink 등이 있다.

## II. 追跡子를 利用한 河川의 流速·流量測定

R.I.(放射性物質)를 追跡子로서 利用하면 河川의 流速·流量등을 필요한 時點과 場所에서 거의 정확하게 任意로 測定할 수 있는 長點이 있다.

### 1. 使用하는 R.I.의 종류

$^{24}\text{Na}$ ,  $T_{1/2}$ (半減期)=15시간

$^{131}\text{I}$ ,  $T_{1/2}$ =8.05일

Sodium-24와 Iodine-131은 둘다 물에 잘 용해되며 半減期(Half Life)가 적당하므로 追跡子로서 적합하다.

2. 使用하는 測定器로는 閃光計數器 (Scintillation Counter)가 있다.

3. 測定方法

가. 流速·流量등을 測定하고자 하는 區間 또는 測點을 指定한다.

나.  $^{24}\text{Na}$  또는  $^{131}\text{I}$ 가 용해된 용액을 측정하고자 하는 區間的 上流地點에서 下流로 放流한다.

다. 測定하고자 하는 區間的 下流地點에서 測定器를 배나 케이블 등에 받침로 걸인하여 測定器 (Scintillation Detector)의 回路를 연결하여 河岸에서 記錄할 수 있도록 장치하여 측정한다.

라. 上流에서 R.I.용액을 放流한 時點부터 下流에서 放射能이 최초로 檢出된 時點과의 時間差를 求한다.

마. 測定區間的 거리(圖上에서 求할 수도 實測할 수도 있다.)를 測定時間差(라의 結果值)로 나누면 그 區間的 平均流速이 求해 진다.

바. 마에서 나온 平均流速에 그 地點의 斷面積을 곱하면 그 地點의 流量을 求할 수 있다.

II. 放射線檢層法에 의한 地下水探查

地下水探查方法에는 電氣探查, 磁力探查, 重力探查, 彈性波探查等 物探法과 同位元素를 利用하는 探查方法이 있는데, 일반적으로 많이 利用되고 있는 電氣探查方法은 地下物質의 電氣比抵抗을 地表上에서 測定하여 地層深度 및 地層構成物質을 理論的解析方法에 의하여 測定하는 方法인바 이는 地下物質에 대한 概略的인 推定정도 밖에는 하지 못하나 同位元素를 利用한 放射線檢層法을 使用하면 좀더 精確한 地下地質의 層序등 地下水賦存의 可能性등을 알아낼 수 있는 것이다.

放射線檢層法에는

가. Gamma Logging

1) Natural-Gamma Logging

2) Gamma-Gamma Logging

나. Neutron Logging

3) Neutron-Gamma Logging

4) Neutron-Neutron Logging 등이 있다.

1. Natural-Gamma Logging Method

이 方法은 地質의 層序別로 自然放射性物質의 含有量이 不同을 利用한 것으로서 (그림-1)과 같은

장치를 試錐孔을 통하여 投入하여 各深度別로 自然放射能을 測定하므로써 深度別 地質의 層序等を 알아낼 수 있다. (表-2에 각 地質別 自然放射能의 強度를 分類表示하였다.)

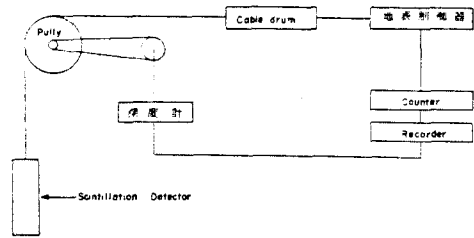


그림-1 N.G.L. 檢層器回路圖

表-2 地質別 自然放射能強度

자연 방사능강도	地 質
아 주 강 함	有機質, 海成結岩, 黑色結岩
강 함	粘 土, 泥灰岩
보 통	모래, 砂岩, 粘土質砂岩
약 함	砂礫, 石炭, 岩鹽, 石炭岩

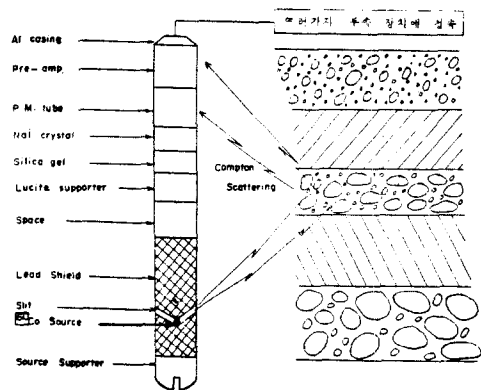


그림-2 G.G.L. 檢層器

2. Gamma-Gamma Logging Method

이 方法은 (그림-2)의 장치를 試錐孔內에 投入하여 장치중의 Co-60線源으로부터 나온  $\gamma$ -線이 地層에 散亂되어서 다시 試錐孔쪽으로 反사되어 나오는  $\gamma$ -線을 P.M. tube에서 計數하여 Count數 (C.P.M.)에 따른 密度의 變化를 利用하여 空隙率을 測定하여 그 結果值에 의하여 地下水의 流量등을 調査할 수 있다. (그림-3), (그림-4) 참조

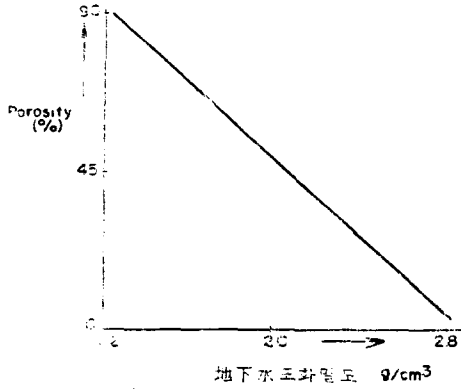


그림 - 3 공극율과 지하수 포화밀도의 관계

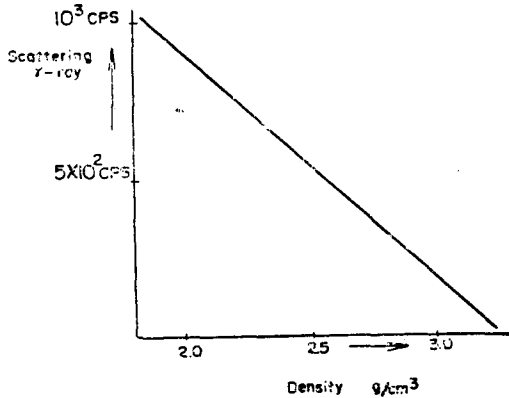


그림 - 4 γ-ray Count 수와 밀도의 관계

위의 관계를 식으로 표시하면

$$P = \frac{g_s - g}{g_s - g_w} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

여기서 P=空隙率(%)

$g_s$ =土粒子的 密度

$g$ = $\gamma$ - $\gamma$  Logging에서 求한 容積密度 (g/cm<sup>3</sup>)

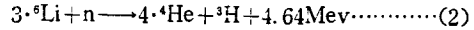
$g_w$ =空隙을 점유하고 있는 地下水의 밀도 (g/cm<sup>3</sup>)

그림-3, 4, 式-1 등에서 求한 測定值를 가지고 각 深度別 地層을 分析하므로써 深度別 地下水의 賦存量을 測定할 수 있다.

### 3. Neutron-Gamma Logging Method

이 方法은 앞 2의 方法과 비슷한 方法으로 Co-

60 線源에 對하여 熱中子(Thermal Neutron)를 放出할 수 있는 BF<sub>3</sub>를 線源으로 使用하여 測定하는 方法으로서 熱中子用 閃光計數器를 使用하여 <sup>6</sup>Li (n,α)反應을 利用하는데



式-2에서 4.64Mev(Million Electric Volt)의 에너지를  $\gamma$  線으로 計數하여 測定하는 方法이다.

### IV. Di-lution Method 에 의한 貯水池容 量測定方法

R.I.를 Di-lution Method 로 이용하면 經濟적이 고도 比較적 精確하게, 짧은 시일내에 貯水池의 實 內容積을 測定할 수 있다.

#### 1. 使用하는 R.I.

膠質(Colloidal)인 <sup>198</sup>Au

Gold-198은 半減期가 2.67日로 比較적 짧아 貯水池의 汚染을 防止할 수 있으며  $\beta$ -線 및  $\gamma$ 線을 放出한다.

#### 2. 測定器

閃光計數器

#### 3. 測定方法

가. <sup>198</sup>Au 용액을 100mCi/Ton(H<sub>2</sub>O) 정도로 용해시켜 만든다.

나. 가의 용액의 放射能을 測定한다.

다. 貯水池 물의 試料를 採取하여 自然放射能強度를 測定한다.

라. 가에서 만든 용액을 배에 싣고 貯水池에 끌고 投下한다.

마. <sup>198</sup>Au 용액은 貯水池에 投下된 즉시 擴散되어 貯水池에 골고루 混入된다.

바. 일정시간 경과후 貯水池의 몇군데의 물을 試料로서 採取하여 S.D.로 放射能을 測定(Count)한다.

사. 바의 Count 數에서 다의 Count 數를 減한다.

아. 나의 Count 數와 사의 Count 數를 比較하여 貯水池의 容量을 測定한다.

자. 최초용액 投入時와 投入확산 後 試料採取까지 時間差가 너무 있으면 R.I.의 Decay로 인한 係數를 補正해 주어야 한다.

차. 以上을 종합하면 다음의 式-3으로 表示할 수 있다.

$$V = C \cdot \frac{a}{d-b} \times 1(M^3) \dots \dots \dots (3)$$

여기서 V=貯水池實內容積

a=나의 Count 數

b=다의 Count 數(Background)

d=바의 Count 數

c=容積 및 比放射能係數

## V. Moisture Gauge 의 撒水器에의 利用

地中の 含水比를 測定하므로써 撒水器의 給水量을 自動制御할 수 있다. 즉 대상區域의 含水比가 要求하는 量以下일 때는 撒水器의 벨브가 自動적으로 열려 給수가 되나 일정량을 給수한 후 要求하는 含水比以上の 水分이 含有되었을 때에는 벨브가 自動적으로 닫혀져서 給수가 調節中斷된다.

### 1. 사용하는 R.I.

$^{60}\text{Co}$ ,  $T_{1/2}=5.27$ 년  $\beta$ -線,  $\gamma$  線을 放出

### 2. 測定器

閃光計數器(S.D.)

### 3. 使用方法

가. 여러 測定計器를 (그림-5)와 같은 回路로 연결시킨다.

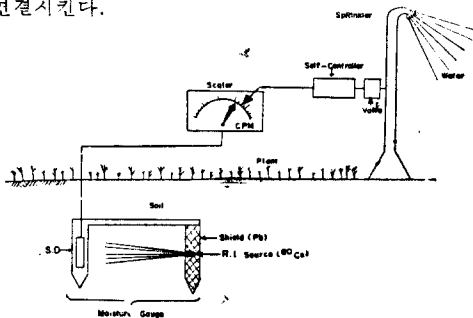


그림-5 Moisture Gauge 用의 測定 回路의 構造

나. 대상區域의 測定含水比를 미리 測定한다.

다. Scaler 상에 나에서 求한 測定值를 Check 한다.

라. S.D.와 연결된 Scaler 상에서 測定針이 다에서 Check 한 線을 넘을때는 撒水器에 달린 Self-Controller가 作用해서 撒水器의 벨브를 열어 給수시킨다.

마. 라의 給수로 測定含水比에 도달하면 S.D.와 연결된 Scaler에서 測定針이 自動적으로 止點을 회하게 되어 給수는 中斷된다.

바. 위와 같이 R.I. Source에서 나오는 放射線으로 地中の 含水比를 測定한 結果가 Scaler에 測定針으로 나타나서 土壤이 要求하는 含水比 以下가 될 때는 벨브가 열려 自動給수되고 土壤이 要求하는 含水比 以上이 되면 給수가 中斷되며 土壤의 含水比의 變化에 따라서 Sprinkler의 벨브는 自動制御된다.

## VI. 追跡子를 利用한 貯水池의 堆砂測定

毎年河川으로부터 流入되는 土砂等으로 인하여

貯水池는 埋沒되고 있으며, 이 堆積物의 埋沒經路 및 埋沒率等을 測定하여 적절한 防備策을 강구하여 貯水池埋沒을 미리 막을 수도, 埋沒物의 浚渫作業을 용이하게 할 수도 있다.

### 1. 사용되는 R.I.

Cobalt-60 또는 Bromine-82

가.  $^{60}\text{Co}$ 은 보통의 모래와 같은 粒度和 比重을 가진 硝子砂로 만들 수 있어 堆積物과 物理的性質을 같게할 수 있으며,  $^{82}\text{Br}$ 는 아주 粒도가 작은 모래의 경우에 쓰인다.

나.  $^{60}\text{Co}$ 은 半減期가 5.27년이므로 비교적 長期間에 걸쳐 追跡子의 任務를 감당할 수 있으므로 堆積物의 追跡에 적합하다.

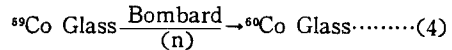
다.  $^{60}\text{Co}$ 은 강한  $\gamma$  線을 放出하므로 測定이 용이하다.

라.  $^{60}\text{Co}$ 은 비교적 값이 싸다.

2. 사용되는 測定器로는 閃光計數器를 用 수 있다.

### 3. 放射能硝子砂의 製造方法

가. 원자로 내에서 Cobalt 59 Glass에 Neutron을 照射시키면 (4)式과 같은 放射能을 가진 硝子砂가 生成된다.



나. 원자로에서 生産된  $^{60}\text{Co}$  硝子砂를 放射性物質作業室에서 보통 모래와 粒度, 比重等 物理的性質이 갖게 바꾸어서 만든다.

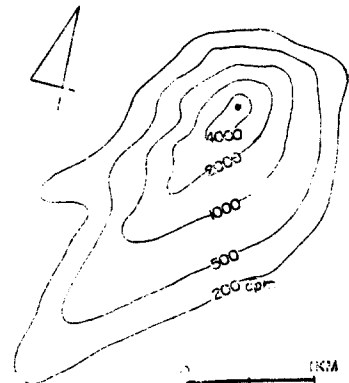
### 4. 貯水池에 投入方法

가.  $^{60}\text{Co}$  硝子砂를 容器에 넣어 운반한다.

나. 운반된 硝子砂를 貯水池에 流入되는 河川의 河口부근에 投入한다.

### 5. 測定方法

가. 投入후 일정시일 경과후 S.D.를 설치한 배로



堆砂移動方向

二-5 S 計數器測定圖의 例

土貯에 미리 선정된 측점에 따라 堆積物의 放射能을 測定한다.

나. 各 時點別로 測定된 放射能計數值를 그래프 상자에 그려 넣어서 그때 그때의 放射能의 等計數率線圖(그림-6참조)를 作圖한다.

다. 나의 等計數率線圖를 時間의 變化率에 대하여 解析하므로써 堆積物의 移動經路를 알 수 있다.

## VII. 結 言

本稿는 農工學分野에 있어서 放射性同位元素가 有用한 計測手段等으로 利用될 수 있는 可能性을 提示하는데 意義를 가지며, 本稿의 一部數値는 實驗值가 아님을 밝혀두며, 앞으로 이 分野에 있어서의 많은 摸索的 實驗으로 이 缺陷은 補完되어질 것이다.

### 會 員 動 態

本學會 林迎春理事(現農業振興公社理事)는 지난 5月 1日 10日間の 滯美豫定으로 渡美하였다. 이번 渡美目的은 種子更新 用役業務推進, IBRD 錦江平澤 事業促進, 榮山江流域開發事業 IBRD 借款業務促進等 重大한 使命을 띠고 있으며 이번 林理事의 渡美活躍에 크게 期待되는 바이다.