

RI·放射線의 利用(I)

1. RI (radioisotope, 放射性同位元素)란

1.1 서론

RI라고 불리는 放射性同位元素는 여러분야에서 우리들의 생활에 도움을 주고 있다. 코발트-60 RI에서 나오는 방사선은 암치료에 사용되고 있고 또 이리듐-192나 코발트-60에서 나오는 방사선으로 금속으로 된 재료의 “roentgen사진”을 촬영하여 내부의 흠(缺陷)을 조사하는 방법이 非破壞檢査라는 이름으로 알려져 있다. 이와 같이 방사선을 내는 원소(동위원소)를 특히 RI라고 한다.

1.2 放射性元素

19세기 말 독일의 물리학자 W. C. Röntgen에 의해 처음으로 방사선이 발견되었으며 이를 X線이라고 하였다. 그 直後 프랑스의 물리학자 H. Becquerel이 우라늄의 광석에서 방사선이 나오고 있는 것을 발견했으며 20세기에 들어와서 M. Curie부인은 라듐과 폴로늄이라는 새로운 元素를 발견하였으며 이들 우라늄, 라듐, 폴로늄 등의 원소는 방사선을 내는 성질이 있음을 확인하고 이 “방사선을 내는 성질”을 放射能(radioactivity)이라고 하였다. 그래서 방사능을 가진 원소를 방사성원소(방사성동위원소)라고 부르게 되었다. 우라늄, 라듐, 폴로늄 등은 모두 天然에 存在하는 元素들로서 이들을 天然放射性元素라고 부른다.

방사성원소가 왜 방사선을 내는가에 대해 當時의 많은 학자가 연구를 했는데, 같은 원소이면서도 原子核의 구조가 다른 원자가 존재하며 어떤 종류의 원자의 원자핵은 에너지적으로 불안정하여 스스로 원자핵이 부서지며 이때 방사

선이 나온다는 것을 알게 되었다. 즉, 元素의 轉換이 일어나는 것이다. 天然의 방사성원소에서 방출되는 방사선을 여러가지 원소에 照射시키면 원소의 전환이 일어나서 이들 원소들도 방사선을 내게 되는 경우가 있다. 이와같이 원소의 전환을 이용해서 천연에는 존재하지 않는 人工放射性元素를 만들 수 있다.

1.3 同位元素(同位体, isotope)

같은 원소라도 원자핵의 구조가 다른 여러가지 종류가 있는데 이들을 그 원소의 同位元素(isotope) 또는 同位体라고 부른다. 원자는 + 전기를 띤 陽子와 전기적으로 중성인 中性子로 된 원자핵의 둘레를 이 양자의 수와 같은 - 전기를 띤 電子가 일정한 궤도에 따라 돌고 있는 것인데 양자와 전자의 수는 같으나 중성자의 수가 다른 원자핵으로 되는 원소들이 있으며 이들을 서로 동위원소라 한다. 예를 들면, 천연에 존재하는 물속의 수소원소에도 무게(질량)가 다른 두종류의 수소의 동위원소가 있고 또 산소에도 세종류의 동위원소가 있다. 원자의 종류를 원자핵의 구조로 구별했을 때 그 각각의 종류를 核種(nuclide)이라고 한다. 즉 천연의 수소에는 2핵종, 산소에는 3핵종이 있다. 이들의 원자핵은 양자의 수는 모두 같으나 중성자의 수만이 다른 것이다. 원자핵내의 양자와 중성자의 무게(質量)를 합한 것, 즉 상대적인 질량을 原子質量單位로 나타낸 것을 質量數(mass number)라고 부르는데 동위원소란 원자번호(원자핵 내의 양자 수)는 같으나 질량 수가 다른 원소들이다. 천연의 수소 동위원소에는 질량수 1인 것과 2인 것이 있고, 천연의 산소 동위원소에는 질량수

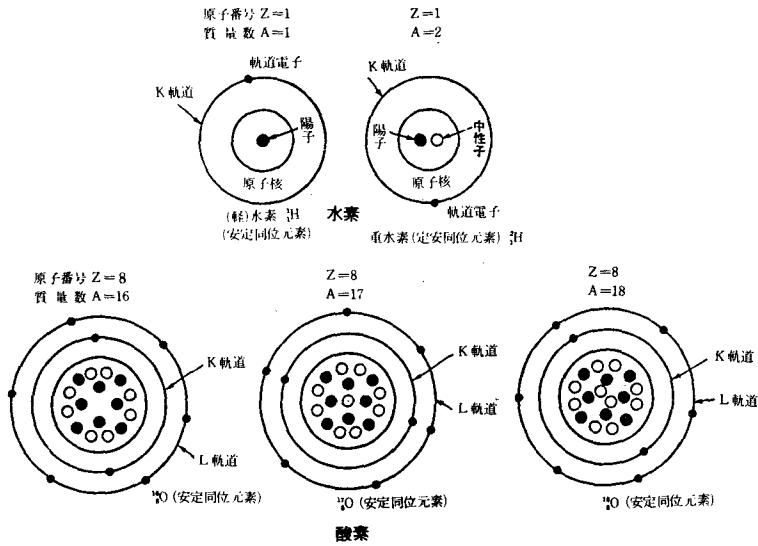


그림 1 同位元素와 原子의 構造

16, 17, 18 세종류가 있다(그림 1).

1.4 放射性同位元素(放射性同位體, RI)

천연의 우라늄에는 질량수 234, 235, 238 세 종류의 동위원소가 있으며 이들 핵종의 원자핵은 모두 에너지적으로 불안정하여 항상 방사선을 내고 있으므로 이들 동위원소는 모두 방사성 핵종이다. 天然에 존재하는 RI이외에도 人工적으로 만들 수 있는 여러가지 RI가 있다. 예를 들면 수소의 人工RI로는 질량수 3인 트리튬이 있고 코발트의 인공동위원소 코발트 60은 암치료나 비파괴검사 등에 이용되고 있다.

核種을 기호로 나타낼 때는 원소기호에 질량수와 원자번호를 붙여서 다음과 같이 나타낸다.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{質量數} \rightarrow A \rightarrow {}_Z^A M \\ \text{原子番號} \rightarrow Z \rightarrow {}_Z^A M \end{array} \right. \leftarrow \text{元素記號}$$

${}^1_1\text{H}$, ${}^2_1\text{H}$ (重水素), ${}^3_1\text{H}$ (三重水素, 트리튬)

${}^{60}_{27}\text{Co}$

그러나 원소기호의 왼쪽 아래에 있는 원자번호를 생략하고 다음과 같이 나타낼 때가 많다.

${}^1\text{H}$, ${}^2\text{H}$, ${}^3\text{H}$, ${}^{60}\text{Co}$

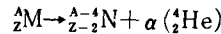
핵종을 부를 때는 보통 H-1, H-2, H-3, Co-60이라고 하는 방법이 사용된다.

1.5 崩壞의 種類

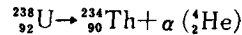
RI의 원자핵 붕괴(decay)에는 몇가지 종류가

있다. 알파粒자를 방출하면서 붕괴하는 것을 알파붕괴(α -decay), 베타粒자를 방출하면서 붕괴하는 것을 베타붕괴(β -decay)라 한다.

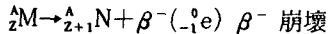
α 입자는 ${}^4_2\text{He}$ (헬륨)의 원자핵이다. 또, 베타입자는 + 또는 -의 電荷를 가진 電子이다. 따라서 질량수 A, 원자번호 Z의 원자핵에서 α 입자가 방출하면 그 원자핵은 질량수 A에서 4, 원자번호 Z에서 2 감소한다.



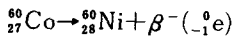
예를 들면 우라늄-238의 원자는 α 붕괴에 의해서 토륨-234로 전환한다.



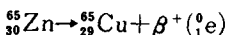
또, 질량수 A, 원자번호 Z의 원자핵에서 β^- 입자(電子, 陰電子)가 방출되면 원자핵의 질량수 A는 변하지 않고 원자번호 Z가 1 증가한다. 반대로 β^+ 입자(陽電子)가 방출되면 질량수 A는 변하지 않고 원자번호 Z가 1 감소한다.



예를 들면 코발트 60의 원자는 β^- 붕괴에 의해서 니켈 60으로 전환하며



아연 65의 원자는 β^+ 붕괴에 의해서 구리 65로 전환한다.



α 붕괴, β 붕괴 이외에도 電子捕獲(EC), 核分裂 등의 붕괴방법도 있다. 붕괴에 의해서 원자핵이 전환한 후에도 원자핵이 에너지적으로 불안정한 상태에 있을 때는 γ 선을 방출하고 안정된 상태에 도달한다.

방사성핵종은 각각 고유의 붕괴樣式(decay scheme)을 가지고 있는데 방출되는 방사선의

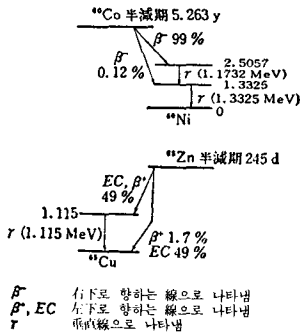


그림 2 붕괴樣式의 예

종류, 에너지 등이 정해져 있다. 그 예를 그림 2에 나타내었다.

1.6 방사성붕괴

방사성핵종의 원자 붕괴를 통계적으로 관측하면 각각의 방사성핵종이 固有의 확률로 붕괴하고 있는 것을 알 수 있다. 방사성핵종 A의 원자가 N_A 개, 방사성핵종 B의 원자가 N_B 개 존재하면 1秒 동안에 붕괴하는 각각의 방사성핵종의 원자수 n_A, n_B 는 $n_A = \lambda_A N_A, n_B = \lambda_B N_B$ 가 된다. λ_A, λ_B 는 방사성핵종 A, B에 대해 고유의 값을 가진 常数로서 崩壞常数(decay constant)라 한다.

어떤 時刻에 N_0 개 존재한 방사성핵종의 원자는 t 시간 후에는 다음식과 같이 N 개로 감소한다.

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

1초 동안 붕괴하는 原子數를 dps라고 하는데 앞의 식에서 최초($t=0$)의 방사능 A_0 는 $\lambda N_0, t$ 시간후의 방사능 A 는 λN 이므로

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

로 표시할 수 있다. 이 두식을 그래프로 나타내면 그림 3 과 같이 표시된다. 이 그림을 보면 방사성원자의 수 또는 방사능은 일정시간마다

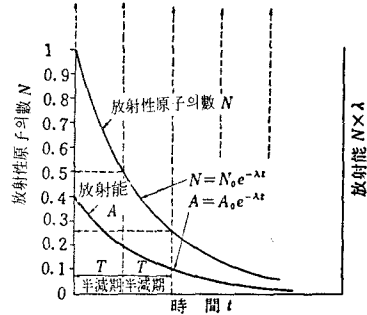
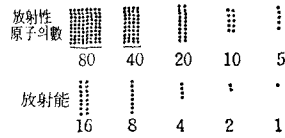


그림 3 방사성붕괴方式

1/2씩 감소되어 간다. 방사능이 이와같이 점점 감소되어 가는 현상을 특히 壞變(disintegration)이라고 할 때도 있으며 방사능이 1/2로 감소하는데 필요한 시간을 半減期(half life)라 한다.

반감기를 T로 표시하면 $N = N_0 e^{-\lambda t}, A = A_0 e^{-\lambda t}$ 는 다음과 같이 정리될 수 있다.

$$N = N_0 e^{-0.693t/T}$$

$$A = A_0 e^{-0.693t/T}$$

즉, 붕괴상수 λ 와 반감기 T 사이에는 다음과 같은 관계가 있다.

$$\lambda = \frac{0.693}{T}$$

세로軸을 对数 눈금으로 한 偏对数 그래프用

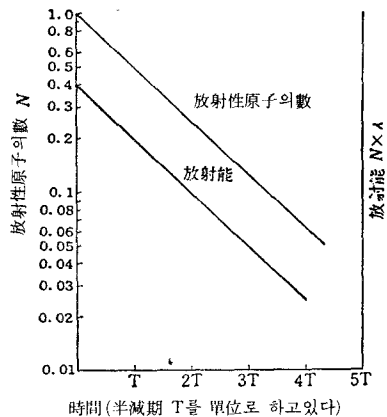


그림 4 붕괴曲線(偏对数 눈금)

紙에 그림 3을 그리면 그림 4와 같은 직선으로 표시된다.

$N=N_0e^{-\lambda t}$ 의 양변에 자연대수를 취하면

$\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)=\ln(e^{-\lambda t})=-\lambda t$ 가 되며 (N/N_0) 의 자연대수는 시간의 변화와 함께 직선적으로 감소한다. 즉, t 의 1次函数이다. 그래서, (N/N_0) 의 눈금을 偏対数로 나타내면 붕괴곡선은 직선이 된다. 반감기가 다른 RI의 붕괴곡선을 偏対数 그래프用紙에 나타내면 그림 5와 같이 경사가 다른 각각의 직선으로 표시된다.

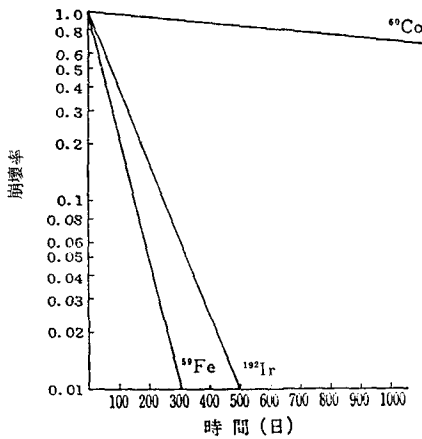


그림 5 半減期가 다른 RI의 崩壞曲線

1.7 放射能의 單位

방사능의 단위로는 dps (disintegration (decay) per second)가 사용되는데 오래전부터 퀴리 (curie)라는 단위도 사용되어 왔다. 이 단위는 Ci라는 기호로 표시하며 3.7×10^{10} dps를 1Ci라고 한다. 1Ci의 1/1000을 1밀리퀴리(mCi), 10^6 분의 1을 1마이크로퀴리(μ Ci)라고 한다.

1.8 放射線의 性質

방사선에는 α , β 선 외에도 γ 선, X선, 中性子線 등 여러가지가 있다. 방사선에는 α 선이나 β 선과 같이 質量을 가진 粒子형태인 것과 γ 선이나 X선과 같이 빛과 유사한 성질을 가진 電磁波라고 불려지는 것이 있다. 粒子형태의 방사선 중 α 선이나 β 선과 같이 電荷를 띠고 있는 것을 荷電粒子(charged particle)라 한다. 中性子線은 粒子형태의 방사선이기는 하나 電荷가 없으

므로 荷電粒子는 아니다. 방사선은 모두 물질을 투과하는 성질이 있다. 물질에 대한 透過性은 방사선의 종류나 에너지에 따라 서로 다르며 또 상대 물질에 따라서도 다르다. α 선이나 β 선과 같은 荷電粒子는 X선, γ 선과 같은 電磁波나 中性子線과 같은 無電荷의 粒子에 비하여 투과력이 작고 또 α 선은 β 선보다도 더 얇은 물체에서 흡수된다. 반대로 전자파나 中性자선은 상당히 두꺼운 물체라도 투과하는 성질이 있다. 같은 종류의 방사선에서는 에너지가 클수록 투과력이 크다. 또, 상대물질의 밀도가 클수록 흡수되기 쉽다(그러나 中性자선의 투과력은 물질의 밀도와는 관계없고 상대물질의 원소에 따라 달라진다).

放射線의 吸收·散亂

방사선이 물질중을 통과할 때 에너지를 전부 잃고므로서 흡수되는 경우와 물질을 구성하는 원자에 의해서 散亂되어 에너지의 일부를 잃고 산란된 방사선은 방향을 바꾸어서 나가는 경우가 있다(그림 6, 7 참조). 방사선의 흡수, 산란 현상을 이용한 두께計, 水分計, 라디오그래피(방사선 비파괴검사) 등 여러가지 응용방법이 있다.

방사선을 흡수하는 물체를 吸收体(absorber)라고 하는데 흡수체의 두께가 두꺼워지면 흡수되는 방사선의 양이 늘어나기 때문에 흡수체를 투과하는 방사선의 양은 점점 감소한다. 흡수체의 두께와 투과하는 방사선 양과의 관계는 그림 8과 같으며 이와같은 곡선(偏対数 그래프용지에서는 직선이 된다)을 減弱曲線(attenuation curve)이라 한다.

물체중에서 산란된 방사선중 入射된 방향으로 되돌아나오는 성분을 後方(背面)散亂線이라고 하는데 후방산란선의 량과 물체의 두께와의 관계는 그림 9와 같으며 물체(산란체)의 두께가 어느 크기가 될 때까지는 후방산란선의 량이 증가하나 그 이상의 두께에서는 후방산란선의 량은 일정해진다. 후방산란선이 量的으로 포화하는(一定値가 되는) 두께를 飽和두께 또는 無限두께라 부른다. 후방산란선의 량을 측정하므로서 물체의 두께를 측정하는 이용방법도 있다.

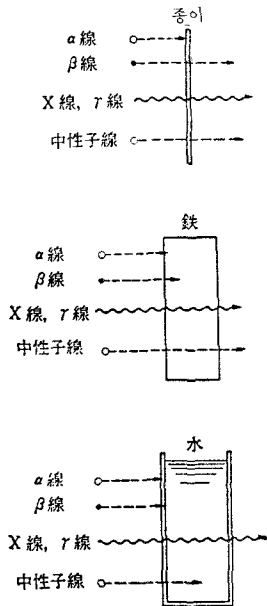


그림 6 放射線の 吸収

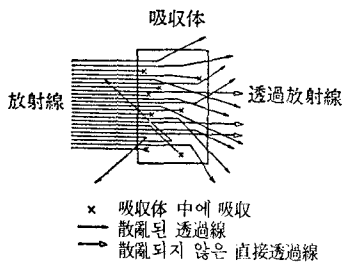


그림 7 放射線の 吸収와 散亂

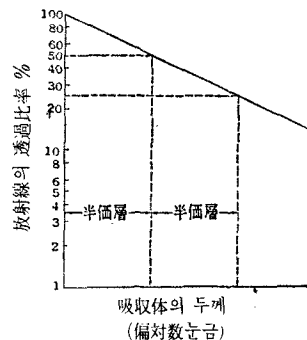
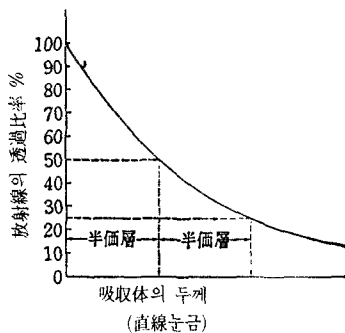


그림 8 減弱曲線

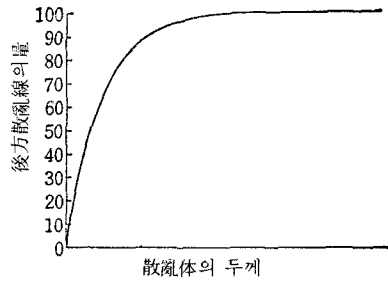


그림 9 散亂體의 두께와 後方散亂線의 量과의 관계

放射線の 電離作用

α선이나 β선과 같은 荷電粒子는 물질중을 통과할 때 그 통로에 있는 원자를 電離해서 이온 (ion)과 自由電子雙 (이온雙)을 만든다. 이 작용을 電離作用 또는 이온化 (ionization)라고 부르며 방사선측정에 이용되는 외에 眞空計, 煙探知器 등 여러곳에 이용되고 있다. 전리작용을 이용한 방사선측정법에서는 그림10과 같이 2개의 전극에 큰 電位差를 주면서 전극간의 공간에 방사선을 통과시키면 多量으로 만들어지는 (+)電荷의 이온 또는 (-)전하의 자유전자 흐름에 의해 생기는 전류를 측정한다.

寫眞作用

방사선에 의해서 寫眞乾板이 黑化되는 것이 Becquerel에 의해서 발견되었으며 현재도 roentgen 사진, 라디오그래피, film badge 등은 사진 작용을 이용한 응용방법이다. 방사선에 의한 사

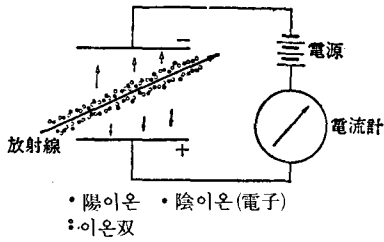


그림 10 電離作用에 의한 放射線 測定의 原理圖

진작용은 방사선에 의해 사진乳劑를 구성하는 할로겐화銀粒子的 원자가 전리되기 때문에 現像核이 만들어지므로서 이루어 지는 것이다.

螢光作用

특수한 물질에 방사선이나 자외선을 照射시키면 그 물질에서 일정범위의 波長의 빛을 내는 현상이 있다. 이와같은 현상을 螢光作用이라고 하며 螢광을 發하는 물질을 螢光물질 또는 螢光體(scintillator)라 한다. 이 현상은 방사선에 의해서 螢光물질의 원자가 勵起되어 余分の 에너지를 갖었다가 이 원자가 安정한 상태로 되돌아갈 때 이 에너지를 빛으로 방출한다.

방사선의 종류에 따라서 여러가지 螢光물질이 있는데 α선용으로는 黃化亞鉛(ZnS), γ선용으로는 요오드화나트륨(NaI) 등이 대표적인 것으로 사용되고 있다. 이들 螢光물질은 X線透視用螢光板, X線image增倍管, scintillation計數管 등에 사용되며 모두 방사선 측정이나 画像을 만드는데 이용되고 있다.

其 他

방사선의 성질에는 여러가지가 있으나 基本的인 것은 방사선이 물질중을 통과할 때의 전리작용에 起因하는 것이 많다. 방사선의 화학작용도 그 한가지 예인데 방사선에 의한 전리작용으로 생긴 이온이나 反應基(radical)에 의해서 特定한 화학반응이 促進된다. 이 현상을 이용한 것이 放射線化學分野인데 방사선측정을 위한 化學線量計(鐵線量計, 세륨線量計 등)에 사용되거

나 重合反應, 架橋反應 등을 이용하는 高分子材料製造 등에 이용되고 있다.

특정의 螢光체가 방사선에 의해서 螢광을 내는 것은 螢光체의 원자가 勵起된 勵起狀態에서 원래의 에너지상태(基底狀態)로 되돌아 갈 때 에너지를 빛의 형태로 방출하는 것이다. 螢光체 이외의 물질에서도 이를 구성하는 원소의 원자가 방사선에 의해서 勵起되었다가 기저상태로 되돌아 갈 때 X선의 형태로 에너지를 방출한다. 이 X선은 원소에 따라 정해진 에너지를 가지고 있는데 特性X線 또는 螢光X線이라고 하며 RI를 이용한 螢光X線 分析에 사용되고 있다.

게르마늄(Ge)이나 실리콘(Si)의 半導體에 특수처리를 한 후 방사선을 入射시키면 반도체의 전기저항이 변화해서 導體로 변하는 성질이 있는데 이 성질을 이용한 半導體檢出器는 방사선 측정에 이용된다.

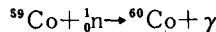
여러가지 원소의 원자에 방사선을 照射시키면 일정한 條件下에서 핵반응이 일어나 방사성 핵종이 생기거나 원소 전환이 일어난다. 이와같은 현상은 원자물리학의 연구나 RI 제조, 原子力發電 등에 응용되고 있다.

2. RI의 製造

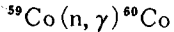
RI에는 天然에서 얻어지는 것과 人工的으로 만들어지는 것이 있는데 현재 여러 분야에서 이용되고 있는 RI는 종류와 量에 있어서 대부분이 人工放射性元素이다.

RI를 만드는 데는 모두(原子) 핵반응을 이용한다. 즉, 방사능을 가지고 있지 않는 安定同位元素를 原料로 이 원자에 핵반응을 일으켜서 방사성동위원소의 원자로 變하게 한다. 예를 들면 安정한 코발트를 原子炉속에 넣어두면 코발트-60 RI가 생긴다.

안정한 코발트는 질량수 59인 원자로 되어 있으나 원자로속에서 ⁵⁹Co의 원자핵에 열중성자가 照射되면 열중성자 1개가 원자핵속에 들어가서(中性子捕獲) 질량수 60이 되어 방사성동위원소 ⁶⁰Co 원자핵이 된다. 이 핵반응을 (n, γ) 반응이라고 한다.

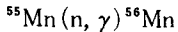


이 핵반응을 다음과 같이 표시할 수도 있다.

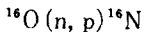


원자로속의 열중성자를 이용해서 (n, γ) 반응으로 여러가지 종류의 RI가 만들어지고 있다. 중성자의 핵반응에서 열중성자의 경우는 주로 (n, γ) 반응이 일어나며 高速中性子에서는(n, p) 반응, (n, 2n) 반응 등이 일어난다. 중성자에 의해서 일어나는 핵반응의 예는 다음과 같다.

열중성자에 의한 핵반응



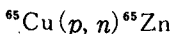
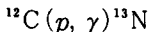
고속 중성자에 의한 핵반응



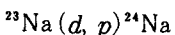
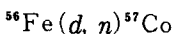
RI제조에는 중성자에 의한 핵반응 이외의 핵반응도 이용되고 있다. 예를 들면 원자로의 연료로 사용되고 있는 ^{235}U 는 核分裂反應에 의해서 여러가지 종류의 방사성동위원소를 만드는 데 ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{99}Mo 등의 RI는 照射된 연료를 화학적으로 처리하여 우라늄의 연료봉속에 포함되어 있는 여러가지 RI중에 분리한 것이 사용되고 있다.

粒子加速器를 이용해서 陽子(proton), 重陽子(deuteron) 등에 의한 핵반응으로 RI를 만드는 방법도 있다. 양자에 의한 핵반응에는 (p, n) 반응, (p, γ) 반응 등이 있으며 重陽子에 의한 핵반응에는 (d, n) 반응, (d, p) 반응 등이 있다. 방사성의약품으로 사용되는 短半減期의 RI는 사이클로트론으로 양자나 중앙자를 加速시켜서 앞에서와 같은 핵반응으로 만들어지는 것이 많다. 양자, 중앙자 등에 의한 핵반응의 예는 다음과 같다.

양자에 의한 핵반응



중앙자에 의한 핵반응



RI를 제조할 때 RI의 양은 방사능의 양으로 표시될 때가 많다. 원료로 사용되는 안정동위원소를 target라고 하는데 target원자에 부딪치는 입자(衝擊粒子)의 수가 많을 수록 핵반응이

많이 일어나며 또 충격입자가 照射되는 시간이 길수록 핵반응이 많이 일어난다. 충격입자의 수는 1초동안 1cm² 면적에 입사되는 입자의 수로 나타내며 이것을 粒子束密度(flux density)라고 하는데 기호 f로 표시한다.

각각의 핵반응에는 반응이 일어나는 확률이 있는데 이것을 反應의 断面積(cross section)이라고 하며 σ (sigma)로 나타낸다. N개의 target원자를 t시간동안 핵반응을 시킴으로서 생성되는 RI의 방사능을 A(dps)라고 하면 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$A = N \cdot f \cdot \sigma (1 - e^{-\lambda t}) = N \cdot f \cdot \sigma (1 - e^{-0.6932t/T})$$

실제로 이용되고 있는 RI의 핵종 수는 대단히 많고 또 사용목적에 따라 RI의 化學的形狀도 여러가지가 있으며 우리나라에서는 한국에너지연구소(KAERI)에서 제조하고 있다.

市販되고 있는 RI를 大別하면 密封된 것(밀봉선원)과 非密封의 것으로 나누어지며 非密封 RI는 방사성핵종을 포함한 單位나 化合物을 녹여서 溶液으로 한 것이 많다.

화합물로는 무기화합물외에 방사성의약품이나 機能診斷에 많이 사용되는 有機·無機化合物도 있다. 사용목적에 따라 높은 比放射能이 요구되는 경우에는 目的으로 하는 방사성동위원소의 원자 100%로 된 RI를 제조하는 데 이와같은 RI를 無担體(carrier-free) RI라고 한다. 무담체 RI를 제조할 때는 target의 원소와 생성 핵종의 원소가 달라지는 핵반응을 이용해서, 생성된 방사성핵종을 화학적으로 분리하는 방법이 사용된다. 예를 들면 $^{65}\text{Cu}(p, n)^{65}\text{Zn}$ 반응으로 ^{65}Zn 을 만들고 화학적분리에 의해서 Zn를 회수하면 무담체 ^{65}Zn 이 얻어진다.

診斷用 RI란 ^{131}I 로 標識한 요오드화나트륨액을 체내에 注射하면 ^{131}I 은 甲狀腺에 모이는 데 이 모이는 상태를 분석하여 갑상선의 기능을 진단할 수 있다. 최근에는 ^{131}I 대신에 ^{125}I 가 사용되고 있다.

간장암의 진단에는 ^{198}Au 을 사용한 金colloid 용액을 주사하여 간장으로 모이는 상태를 관찰한다.

^{99m}Tc 을 TcO_4 化學形으로 하여 여러가지 진단을 하는 방법이 널리 보급되고 있다. ^{99m}Tc 은 ^{99}Mo 이 붕괴할 때 생기는 딸核種인데 ^{99}Mo 을 구입해 두고 필요할 때 ^{99m}Tc 을 분리해서 이용할 수 있다.

이들 臟器의 진단에는 RI를 注射한 후 방사선측정기를 사용해서 体外에서 体内的 RI분포를 측정한다. 体外에서 방사선측정기(scintillation counter)를 平行하게 走査시키면서 측정하는 방법을 scintiscanning, 측정에서 얻어진 計數率分布를 브라운管上에 표시한 것을 scintigraph(또는 scintigram)이라고 하는데 体外에서 측정하기 위해서는 100keV 정도의 γ 선을 방출하는 핵종이 적당하다.

RI를 生体에 投與해서 진단하는 방법을 in vivo검사라 하며 in vitro검사는 시험관속에서 검사를 행하는 것으로 환자의 혈액을 채취해서 RI와의 반응을 분석하는 등에 의해서 진단을 한다.

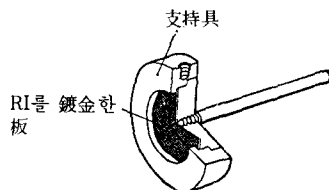
密封線源은 방사성물질에 의한 汚染이 생기지 않도록 방사성물질을 캡슐속에 넣는다든가 하여 금속판의 표면에 鍍金한다. 그러나 α 선이나 β 선을 이용하는 밀봉선원의 경우에는 두꺼운 금속으로 만든 캡슐속에 넣으면 캡슐벽에 방사선이 흡수되어 버리므로 캡슐의 일부에 窓을 만들고 그 부분만 얇은 벽으로 한다든가 또는 방사성물질을 금속판 표면에 鍍金해서 방사선이 좋은 효율로 외부로 나오도록 한다. 그림11(a)는 鍍金한 α 線源, (b)는 얇은 窓이 있는 β 線源의 예이다.

食品照射에 사용되는 ^{60}Co 線源이나 비파괴검사에 사용되는 ^{192}Ir 線源 등은 모두 γ 線源으로서 캡슐에 의한 γ 線 吸收은 크게 문제가 되지 않으므로 이와같은 線源에서는 스테인레스鋼製인 단단한 캡슐이 사용되며 内部캡슐과 外部캡

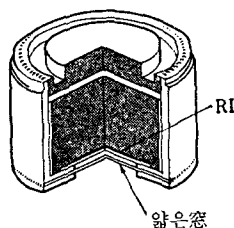
(p.66에서 계속)

alarm meter 등이다. film badge는 現象處理를 하여야 하므로 부적당하다.

3. 월간 피폭선량은 film badge, 熱luminescence(TLD), 螢光 glass 등의 선량계를 사용하는 것이 적당하다. pocket선량계 등은 電荷의



(a) α 線源 α 線을 내는 RI를 板에 鍍金한 것을 支持具에 붙인것



(b) β 線源 RI의 表面에 얇은 板으로 窓을 붙인것

그림11 密封線源의 여러가지 構造

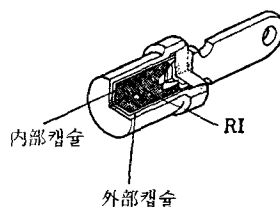


그림12 非破壞檢査用 γ 線源 (内部캡슐과 外部캡슐을 使用하여 2重密封한 것)

술 2重구조로 된것이 많다. 캡슐内部에 밀봉되는 방사성물질은 ^{60}Co 이나 ^{192}Ir 과 같이 Co나 Ir의 금속으로 된것, ^{137}Cs 나 ^{238}Pu 과 같이 Cs나 Pu의 화합물을 사용하는 것, ^{90}Sr 과 같이 Sr화합물을 고온으로 구워서 磁器와 같은 ceramic 상태로 한 것 등이 있다. (다음호에 계속)

누설에 주의할 것.

4. 5. 모두 선량을 측정이므로 電離函式, GM 계수관식의 survey meter 사용도 좋으나 거주지역에는 低線量率($\sim \mu\text{R}/\text{h}$)의 측정이 가능한 것이 좋다.