

조직 표면에서의 베타선 흡수선량 측정

하석호* · 김정묵** · 육종철***

*한국표준과학연구원 방사선연구실

**한국원자력연구소 원자력환경관리센터

***한양대학교 원자력공학과

요 약

외삽형 전리함을 사용하여 $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ (1.65mCi) 베타선원에 대해 교정점 30 cm 거리에서 조직표면의 흡수선량을 측정하였다. 이때 흡수선량 측정에 영향을 주는 유효단면적, 입사 각 감쇠율, 극성효과, 이온 재결합율 등의 보정인자를 분석하였다. 이들 인자를 보정한 후의 조직표면의 흡수선량은 $1.4939\mu\text{Gy/sec} (\pm 2.9\%)$ 로 평가되었다.

Key words : 베타선 흡수선량, 유효단면적, 극성효과, 이온재결합율, 질량충돌저지능비

서 론

베타 입자는 매질내에서 흡수 및 산란현상을 일으키며 진행하므로 γ 선보다 투과력은 약하지만 조직이 피폭될 경우 운동에너지를 조직내 표면 근처에 전달하게 되어 결함을 발생시킨다. 따라서 방어 대상의 방사선으로 중요시 되어야 하며 피폭량의 정확한 평가를 위하여 β 선에 의하여 전달된 에너지량, 즉, 흡수선량의 정확한 측정이 요구된다. 이를 위하여 ICRU 39에서는 β 선 선량당량 평가의 기준으로 피부깊이 7 mg/cm^2 에서의 선량당량 $H(0.07)$ 을 권고하고 있다 [1]. 그런데 일반적으로 임의의 조직깊이 $d\text{ mg/cm}^2$ 에서의 β 선 선량당량 $H(d)$ 는 조직 흡수선량 $D_T(d)$ 로부터 산출되는 값이며 Owen, Bohm 등은 $D_T(d)$ 의 평가 방법으로 피부표면에서의 흡수선량 $D_T(0)$ 에 피부 깊이에 따른 감쇠율 $T(d)$ 를 곱하여 계산하는 방법을 제안하였으며 [2, 3], 이 방법이 현재 보편화되어 있다.

여기에서는 조직내 피부 깊이 $d\text{ mg/cm}^2$ 에서

의 흡수선량 $D_T(d)$ 를 평가하기 위해 요구되는 조직 표면에서의 흡수선량 $D_T(0)$ 를 β 선원 $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ 에 대해 외삽형 전리함을 사용하여 측정하였으며 흡수선량 측정에 영향을 미치는 인자인 극성효과, 이온 재결합률, 수집전극 유효단면적에 대한 효과를 분석하였다.

이론적 배경

Bragg-Gray 이론에 따르면 평행한 β 선속이 조직내에 형성된 얇은 공동에 수직으로 입사할 때 조직에서의 흡수선량 D_T 는 공동내 공기중의 흡수선량 D_A 와 조직에 대한 공기의 질량충돌저지능비 $S_{T,A}$ 의 곱으로 표시된다 [4].

$$D_T = S_{T,A} \cdot D_A \dots\dots\dots (1)$$

여기서 D_A 는 자유공기중의 흡수선량으로 공동이 조직내 깊이 $d\text{ mg/cm}^2$ 에 있을 경우 β 선이 조직을 투과시 감쇄되므로 감쇠율 $T(d)$ 와

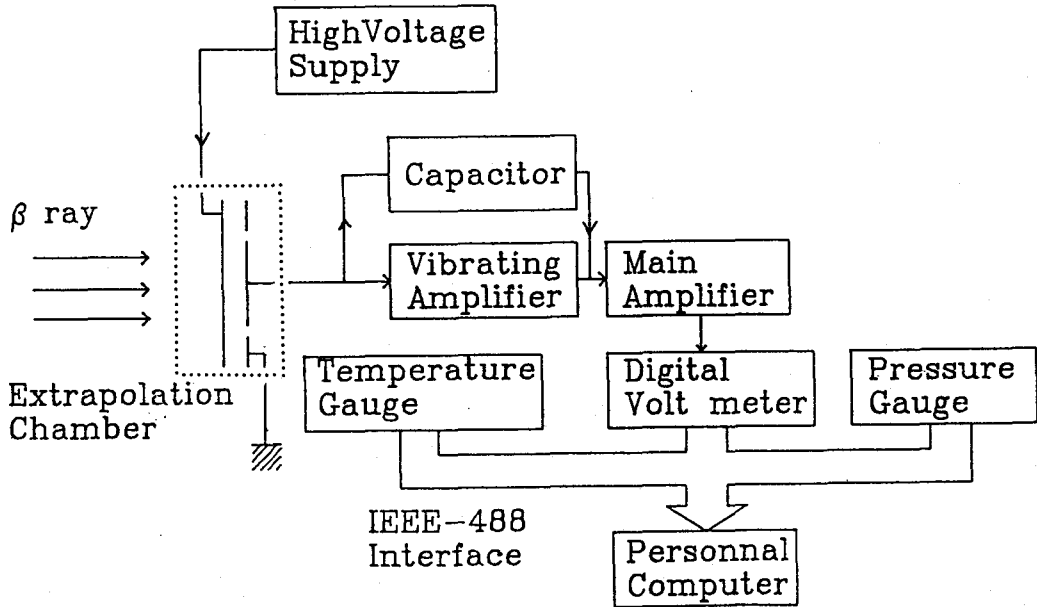


Fig. 1. Block diagram of the low current measurement system.

주위 물질인 조직과 공기에 대한 산란율비 B 를 보정한다[3].

$$D_T(d) = S_{T,A} \cdot T(d) \cdot B \cdot D_A \dots\dots\dots (2)$$

한편 조직등가체로 된 팬텀의 표면에 공동이 있을 경우 공동내 공기중 흡수선량을 $D_A(0)$ 라 하면 조직등가체의 산란율 B_w 는 조직의 산란율 B 와 거의 같으므로 주위 물질로 조직등가체를 사용하는 경우 B 와 B_w 값의 차이에 의한 영향은 무시할 수 있으므로 식 (2)는 다음과 같이 된다.

$$D_T(d) = S_{T,A} \cdot T(d) \cdot D_A(0) \dots\dots\dots (3)$$

또한 조직 표면의 조직 흡수선량을 $D_T(0)$ 이라 하면

$$D_T(0) = S_{T,A} \cdot D_A(0) \dots\dots\dots (4)$$

식 (4)를 식 (3)에 대입하면

$$D_T(d) = T(d) \cdot D_T(0) \dots\dots\dots (5)$$

여기서 조직 표면의 공동내 공기중 흡수선량 $D_A(0)$ 는 공동내 공기 단위질량 Δm 당 β 선에 의해 형성된 전하량 ΔQ 에 한 이온쌍을 생성하는데 드는 에너지 W/e 를 곱하여 구할 수 있다 [4].

$$D_A(0) = \frac{W}{e} \cdot \left(\frac{\Delta Q}{\Delta m} \right)_{BG} \dots\dots\dots (6)$$

W/e 는 한 이온쌍을 생성하는데 드는 에너지 $\Delta Q/\Delta m$ =단위 질량당 전하량이다.

$(\Delta Q/\Delta m)_{BG}$ 를 측정하기 위해서는 Bragg-Gray 조건을 만족시키는 외삽형 전리함을 사용한다. 외삽형 전리함의 구조는 조직등가체로 된 입사창, 수집전극 및 수집전극 구동부로 구성되는데 입사창은 입사 β 선의 감쇄가 적도록 매우 얇으며 산란 β 선의 방지를 위하여 입사창과 수집전극은 서로 평행하게 평판형으로 되어 있고 미소 전리 체적에서 전리 전류 측정이 가능하도록 전리 체적을 변화시킬 수 있다.

외삽형전리함의 전리 체적은 원통형으로 단면적이 A, 전극간격이 t이라면 식(6)에서 공기 단위 질량 Δm당 β선에 의하여 생성된 이온쌍의 전하량 ΔQ인 (ΔQ/Δm)_{BC}는 식 (7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\left(\frac{\Delta Q}{\Delta m}\right)_{BC} = \frac{1}{A \cdot \rho} \left(\frac{dI}{dt}\right)_{BC} \dots\dots\dots (7)$$

여기서 ρ는 통상적인 실험 조건인 20°C, 1기압에서의 공기 밀도(1.205×10⁻³ g/cm³)이며 (dI/dt)_{BC}는 Bragg-Gray 조건을 만족시키는 상황에서의 전극 간격의 변화량 dt에서의 전류의 변화량 dI이다. 그런데 Bragg-Gray 조건을 만족시키려면 전리 체적의 크기가 무한히 작아야 하므로 (dI/dt)_{BC}는 (dI/dt)_{t=0}로 대체할 수 있다. 그리고 외삽형 전리함의 수집전극 및 그 주위의 보호전극을 수집전극 구동장치인 마이크로 메타를 조정하여 입사창과 수집전극 사이의 간격 t를 변화시켜가며 전리 전류를 측정함으로써 전리 체적이 무한소인 경우 전리 전류(dI/dt)_{t=0}를 구할 수 있다. 즉,

$$D_A(0) = \frac{W}{e} \cdot \frac{1}{A \cdot \rho} \cdot \left(\frac{dI}{dt}\right)_{t=0} \dots\dots\dots (8)$$

따라서 식 (8)를 식(5)에 대입하여 조직 표면에서의 흡수선량 D_T(0)를 구하면

$$D_T(0) = S_{T,A} \frac{W}{e} \cdot \frac{1}{A \cdot \rho} \cdot \left(\frac{dI}{dt}\right)_{t=0} \dots\dots\dots (9)$$

식 (9)에서 (dI/dt)_{t=0}를 구하기 위하여 전리 전류 측정시 외삽형 전리함의 전리 체적내에서 극성효과, 이온 재결합률, 측정시 주위 온도, 기압 등의 요인이 영향을 주며 전리함의 두께 7 mg/cm²의 입사창을 사용할 경우 입사창 두께를 0으로 하기 위한 보정인자가 필요하다. 또한 식(9)의 수집전극 단면적 A는 실제 전리함에 전장이 형성되면 전리 체적의 모양이 완전한 원통형이 아니고 수집전극 밖으로 휘게 되어 유효

단면적 A_{eff}가 A보다 크게 되므로 이들 인자에 대한 분석이 요구된다. 그리고 선원과 전리함 사이의 공기에 의한 β선의 감쇄는 측정주위의 온도와 기압이 달라지면 변화할 수 있으므로 감쇠효과의 변화는 보정되어야 한다. 그러나 측정 조건이 20°C±0.5°C, 1기압(±1%)이므로 감쇠효과의 변화는 거의 무시될 수 있다고 볼 수 있다.

실험 및 결과

실험 장치

측정기로는 외삽형 전리함(Nuclear Enterprise, NE2535, U.K.)을 사용하였으며 구조는 사진 1과 같다.

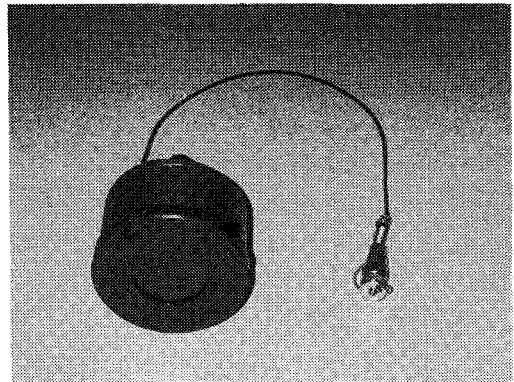


Photo. 1. View of the extraplation chamber (NE2535).

외삽형 전리함은 입사창, 수집전극 및 본체로 구성되며 입사창은 폴리아미드 필름에 흑연이 도포되어 있으며 2.5 mg/cm², 5 mg/cm², 7.5 mg/cm²로 두께를 변화시킬 수 있고, 전하수집 전극은 2 mm 두께의 Shonka A-150 조직등가 플라스틱으로 제작되었으며 직경이 각각 다른 전극을 교체할 수 있도록 되어있다.

외삽형 전리함의 전리 전류 측정에는 축전기를 피드백으로 사용할 경우 10⁻¹⁷A까지의 전류 측정이 가능한 Vibrating Reed 전류계(Advantest TR-8401, Japan)를 전하 모드에서 사용하였으며[5] 전류계의 아날로그 출력율을 디

Table 1. Characteristics of the β -radiation source ($^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$).

Window	Silver (50 mg/cm ²)
Source dia.	1 cm
Naminal activity	1.65 mCi
E _{max}	2.2792 MeV
E _{res} *	1.8232 MeV
E _{res} **	845 mg/cm ²

* E_{res} = $\sqrt{\frac{(9.1 R_{res} + 1)^2 - 1}{22.4}}$ MeV (maximum residual energy)

** R_{res} (maximum residual range)

지탈 전압계 (Fluke 8840A, U.S.A.)로 받아 IEEE-488 (GPIB) Interface를 통해 퍼스컴 (IBM-PC)으로 처리하였다. 이때 동일 온도와 기압 (20°C, 1기압)에서의 전류 측정을 위하여 온도계 (Fluke 2180A, U.S.A.)와 기압계 (Setra 370, U.S.A.)를 IEEE-488 interface로 연결하여 전류 측정과 동시에 온도 및 기압을 측정하여 전류값을 보정하도록 하였다. 측정장치의 블록선도는 그림 1과 같다.

조사되는 β -선원으로는 ISO-6980가 권고하는 내용에 따라 수백 mrad/h 정도의 방사선방어 목적의 측정기기를 교정하기 위한 $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ 이 사용되었으며 제원은 표 1과 같다 [6]. 조사장치의 구조는 그림 2와 같으며 조사거리는 선원으로 부터 30 cm로서 선원으로부터 10 cm 거리에 빔평행필터를 설치하여 β 선이 조사방향에 평행하게 되도록 하였으며 조사방향에 외삽형 전리함의 입사창이 수직하게 놓인 상태에서 선원의 중심과 외삽형 전리함의 입사창의 중심이 일치 되도록 조정하였다.

실험방법 및 결과

수집전극 유효단면적 A_{eff} 측정

입사창과 수집전극사이에 형성된 원판 모양의 전리 체적은 양 전극 사이에 형성된 전기장이 전극의 가장자리 부분에서 전극의 밖으로 휘어져 커지게 된다. 따라서 전극의 실제 단면적은

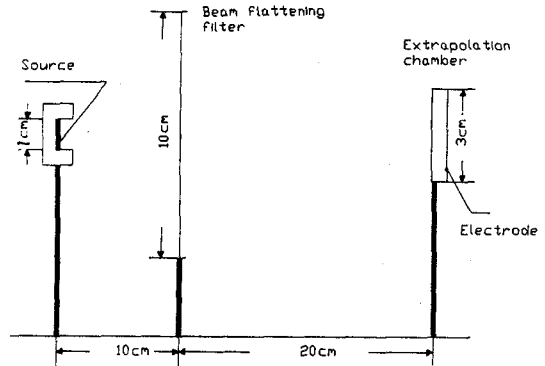


Fig. 2. Schematics of β irradiation apparatus.

기계적 측정에 의한 단면적 A보다 커지게 되는데 이때 유효단면적 A_{eff}은 다음과 같은 방법으로 의하여 구한다.

먼저 외삽형 전리함의 전극 간격을 d₁으로 맞춘후 전리함의 충전용량 C₁을 구한다. 그리고 전리함의 간격을 d₂로 맞춘후 충전용량 C₂를 같은 방법으로 측정하면 유효 단면적 A_{eff}는 다음식과 같이 구할 수 있다 [7].

$$A_{eff} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_2 \cdot C_1} \cdot (d_1 - d_2) \cdot \frac{1}{\epsilon_0 \cdot \epsilon_s} \dots \dots (10)$$

여기서 ϵ_s 는 비유전율로서 공기의 경우 1이며 ϵ_0 는 진공유전율로서 8.854×10^{-2} pF/cm이다. 충전용량 C₁과 C₂는 d₁이 1 mm일때 6.26 pF, d₂가 2 mm일때 3.277 pF으로 측정되었으며 이 값들을 위 식에 대입하여 계산한 유효전극면적 A_{eff}는 7.77 cm²로 계산되었는데 기계적으로 측정된 단면적 A는 7.07 cm²로 나타나 유효단면적과 기계적 단면적 사이에는 약 9%의 차이가 있음이 밝혀졌다.

극성효과 분석

전리함에 입사된 β 선이 전리함내 기체를 전리시키지 않고 직접 수집전극에 충돌하는 경우 역시 전리함 내에는 전류가 흐르게 되는데 이와 같은 전류는 선량평가의 기준인 기체의 전리와 무관하게 생성되는 전류로서 이를 비전리전류

i_e 라 하면, 실제 측정시 전리함내에는 전리 전류 I_j 와 비전리전류 i_e 가 복합적으로 작용하게 되므로 측정전류 I 로부터 비전리 전류 i_e 의 영향을 제거시켜 주어야 정확한 선량평가가 가능하게 된다.

관벽물질에 양(+)의 전압이 걸릴 때 측정전류 I^+ 는 전리 전류 I_j 보다 비전리전류 i_e 만큼 과소평가되고 관벽물질에 음(-)의 전압이 걸리게 되면 측정전류 I^- 는 전리 전류 I_j 보다 비전리전류 i_e 만큼 과대평가되는 극성효과(Polarity Effect)가 나타난다[8].

$$I^+ = I_j - i_e \dots\dots\dots (11)$$

$$I^- = I_j + i_e \dots\dots\dots (12)$$

따라서 (+) 및 (-)에서의 전류 I^+ , I^- 를 측정하여 전리 전류 I_j 와 극성효과에 의한 비전리 전류 i_e 를 구할 수 있다.

$$i_e = \frac{1}{2} |I^- + I^+| \dots\dots\dots (13)$$

$$I_j = \frac{1}{2} |I^- - I^+| \dots\dots\dots (14)$$

외삽형 전리함에서의 β -선 조사시 수집 전압에 대한 극성효과의 영향을 알아보기 위하여 전극간격을 고정시킨 상태에서 수집 전압을 변화시켜가며 전리전류를 측정하였다. 이때 전리함 깊이는 마이크로메타의 지시치가 1.0, 1.5, 2.0 mm에서 측정하였고 측정된 결과를 그림 3에 보였다.

측정결과 전기장의 세기가 10 V/mm 이하인 경우 측정전류가 적게 나타났는데 이는 수집전극이 생성된 이온쌍을 수집하기에 전기장의 세기가 충분하지 못하여 생성된 이온쌍이 재결합한 것에 기인한 것이다. 반면에 10 V/mm 이상인 경우 수집 전극이 생성된 이온쌍을 충분히 수집하므로 측정 전류가 수집전압에 관계없이 거의 일정함을 볼 수 있다. 따라서 전리 전류 측정시 전리함 전기장의 세기는 10 V/mm 이상

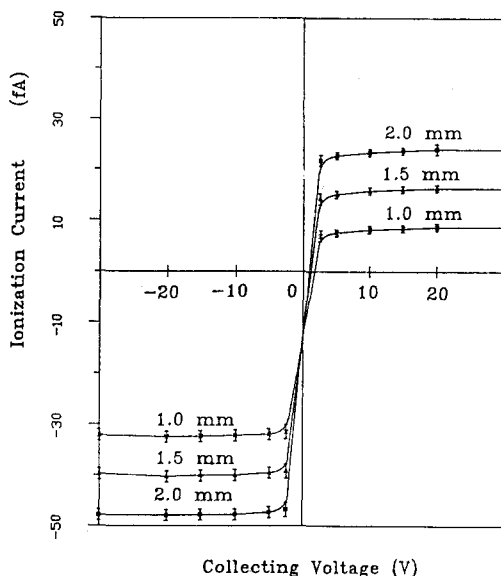


Fig. 3. Saturation of the collecting voltage chamber current curve for different chamber depths.

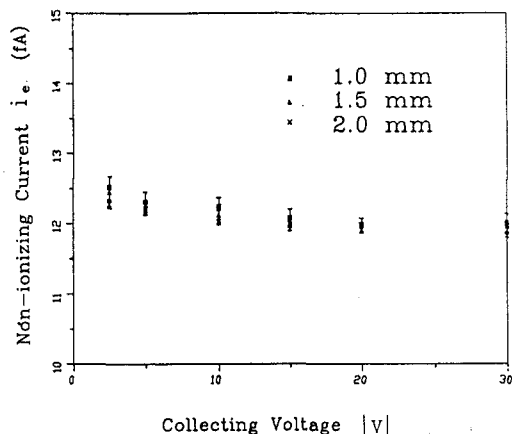


Fig. 4. Non-ionizing current i_e due to polarity effect.

이 되어야 충분한 전기장을 형성하는 것으로 판단되었다. 그리고 입사창 측, High voltage plate가 음극성을 띠 경우를 음(-), 전극, 양극성을 띠 경우를 양(+) 전극이라 하면 전리함 깊이가 같을 경우 음(-) 전극의 전류값 I^- 와 양(+) 전극의 전류값 I^+ 의 절대값이 같아야 하나

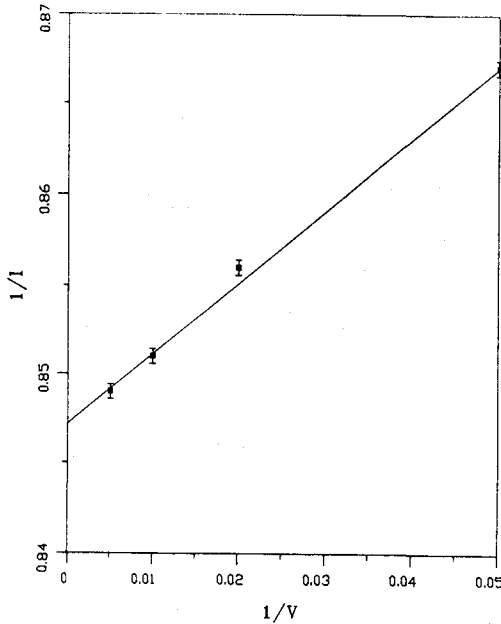


Fig. 5. 1/V dependence of 1/i.

측정값에서는 I⁻의 절대값이 I⁺의 절대값보다 크게 나타남을 확인할 수 있었다. 이것은 극성효과로 인하여 생성된 비전리전류의 영향으로 음(-)전극의 전류값이 양(+)전극의 전류값보다 커진 것임을 알 수 있다. 식(11)에 따라 i_e를 계산하여 나타낸 그림 4를 보면 음(-)전극의 전류 I⁻와 양(+)전극의 전류 I⁺에 대한 극성효과에 의한 비전리 전류 i_e는 전기장 세기가 10~30 V/mm의 범위에서는 인가된 전압의 크기에 관계없이 11.995±0.267fA의 값을 갖는 것으로 나타나서 비전리 전류의 크기는 이 범위에서는 거의 수집 전압의 변화에 영향을 받지 않았다. 즉, 수집 전압이 포화 전압 이상의 값을 유지하게 되면 비전리 전류는 안정된 값을 나타내고 있어 극성효과의 변화는 없는 것을 알 수 있다. 따라서 이 전압영역에서 전리 전류 I₁를 측정할 경우 양전압에서의 전류 I⁺와 음전압에서의 전류 I⁻로부터 식(12)에 의해 계산함으로써 극성효과의 영향을 배제할 수 있다.

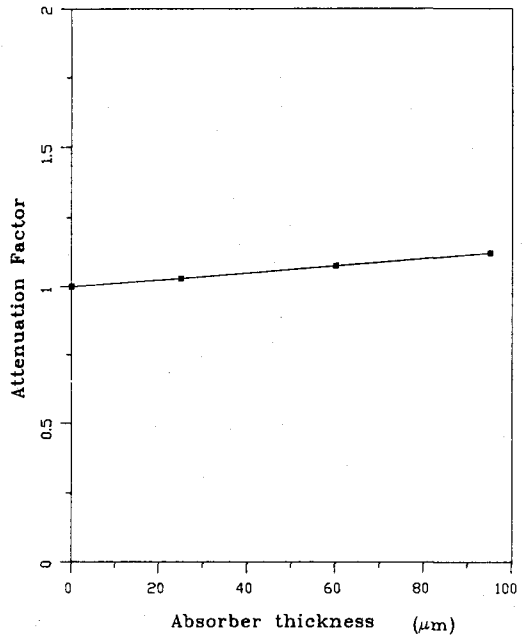


Fig. 6. Effects of β ray attenuation in the window.

이온 재결합률 측정

한편 전리함내 전리 체적 β선에 의해 전리된 공기중 이온쌍은 전리된 즉시 또는 수집전극에 수집되는 과정에서 완전히 수집되지 않고 재결합함으로써 손실된다[4]. 이러한 손실은 극성효과와 복합적으로 작용하여 β선 전리전류 측정에 영향을 주게 되며 따라서 이에 대한 영향의 보정이 요구된다.

일반적으로 이온 재결합이 일어나는 요인은 전리체적에 걸린 전기장의 세기가 충분하지 못하기 때문으로 풀이되므로 전기장 세기가 무한히 커질 경우 측정전류에서의 재결합에 의한 손실율은 0에 가까워 질 것이다. 그러므로 재결합에 의한 손실을 측정을 위하여 전리함의 전극간격을 일정하게 한 후 전기장의 세기 V(V/mm)를 변화시켜가며 전리전류 I(A)를 측정하였다. 그리고 전기장의 세기의 역수 1/V의 변화에 대한 전리전류의 역수 1/I를 1/V가 0이 되는 점으로 외삽하여 그림 5와 같이 나타내었다.

그림 5에서 보면 1/V가 커짐에 따라 1/I도

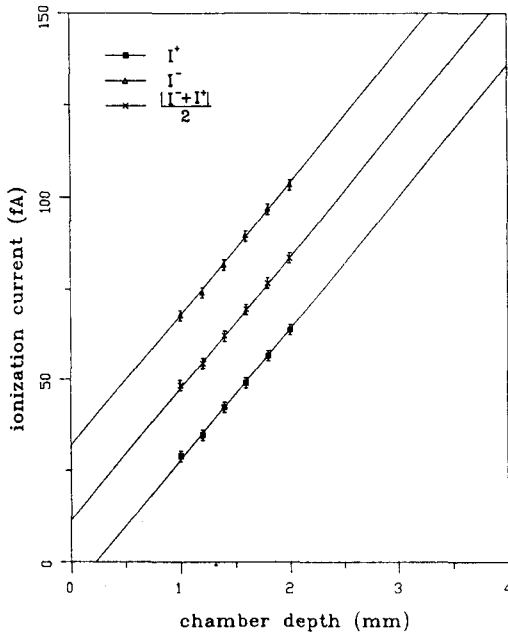


Fig. 7. Ionization current I as a function of chamber depth t .

커짐을 알 수 있으며 사용되는 전기장의 세기가 10 V/mm인 경우 이온 재결합을 보정인자는 그림 5의 외삽결과에 의거 1.0023으로 결정되었다.

입사창 두께 보정

식 (8)의 조직 표면에서의 공기중 흡수선량 $D_A(0)$ 의 측정시에는 조직 표면의 두께가 0이어야 하는데 실제 전리함의 입사창 두께는 0.075 mm 폴리아미드 필름을 사용하였으므로 이 두께에 의해 β 선이 감쇠되는 영향을 보정해 주어야 한다[9]. 이를 위해 입사창 두께를 변화시켜 가며 전리 전류를 측정후 입사창 두께가 0인점으로 외삽시켜 외삽점에서의 결과를 1로 규격화하여 그림 6과 같이 나타냈다.

그림 6에서 보면 입사창 두께가 두꺼워짐에 따라 감쇠되는 것이 아니라 증가되는 것을 볼 수 있는데 이는 build up에 의한 것임을 알 수 있다. 따라서 입사창 두께 0.075일때의 감쇠율 1.037로 두께 0일때의 감쇠율 1을 나눈 값 0.

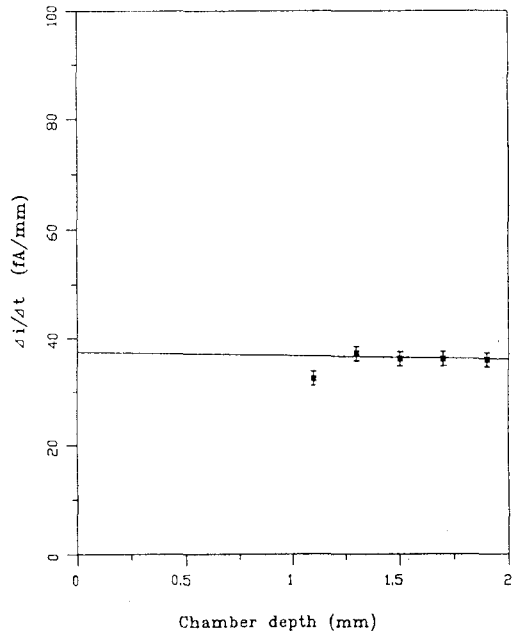


Fig. 8. Extrapolation of $(\Delta I / \Delta t)$.

968이 입사창 감쇠율 보정인자로서 $D_A(0)$ 측정시 식 (8)에 곱해져야 한다.

전리 전류의 측정

미소 체적의 전리 전류 $(dI/dt)_{t=0}$ 를 구하기 위해서는 전극간격 t 를 변화시켜가며 전류 I 를 측정하여 t 에 대한 I 의 기울기 $(I/t)_{t=0}$ 를 구하면 된다. 그러나 전극 사이의 간격을 0에 가깝게 할경우 전자력의 작용에 의해 입사창이 전리함의 안쪽으로 왜곡되게 되어 실제 전리 체적은 기계적으로 측정된 체적보다 적게 되어 기울기 $(I/t)_{t=0}$ 의 측정에 오차요인으로 작용한다. 따라서 전극간격 t 보다는 단위전극간격의 변화율 Δt 를 측정하는 것이 오차요인을 줄인다. 그러므로 일정한 간격의 t 에서 측정한 전류값 I 로부터 간격별 $(\Delta I / \Delta t)$ 을 계산하여 간격 t 을 0으로 외삽시켜 $(\Delta I / \Delta t)_{t=0}$ 을 산출하면 미소체적에서의 전하량 $(dI/dt)_{t=0}$ 가 된다[10].

이를 위해 먼저 β 선원 $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ 등에 대해 위에서 구한 재결합율과 극성효과를 고려하여

Table 2. Analysis of uncertainties

$S_{T,A}$	$\pm 2.0\%$
A_{eff}	$\pm 0.5\%$
(공기밀도)	$\pm 0.1\%$
T(감쇄율)	$\pm 0.5\%$
W/e	$\pm 0.1\%$
$(dI/dt)_{t=0}$	$\pm 2.0\%$
Total	$\pm 2.9\%$

전극간격 t 를 일정하게 변화시켜가며 전리 전류 I 를 측정하였으며 그 결과는 그림 7과 같다. 그림 7에서 단위 Δt 에 대한 $(\Delta I/\Delta t)$ 를 계산하여 t 이 0인점으로 외삽시켰으며 그 결과를 그림 8에 나타내었다. 그림 8에서 보면 $(\Delta I/\Delta t)$ 은 t 가 커짐에 따라 감소하는데 이는 전리 체적이 커짐에 따른 손실이라 볼 수 있다. 이 결과로부터 t 가 0일때의 $(\Delta I/\Delta t)_{t=0}$ 은 38.119 ± 0.75 fA/mm로 나타났으며 이 값이 $(dI/dt)_{t=0}$ 가 된다.

조직표면에서의 β 선 흡수선량 $D_T(0)$ 평가 및 오차분석과 검증

위에서 구한 $(dI/dt)_{t=0}$ 를 바탕으로 식 (9)에 따라 $D_T(0)$ 을 구하였다. 먼저 식 (8)에서 한 이온쌍을 생성하는데 드는 에너지량 W/e 는 β 선에 대해서 국제도량형국(BIPM)에서 권고한 33.97 ± 0.01 (J/C)을 적용하였고 수집전극 면적 A 는 위에서 계산된 유효단면적 A_{eff} 인 7.77 cm²로 대체하였다. 그리고 공기밀도는 1.205×10^{-3} g/cm³을 사용하였고 또한 전리함의 입사창을 0.075 mm 폴리아미드를 사용하였으므로 이에 대한 감쇄율 보정인자 0.968 을 식 (9)에 곱하였으며 공기와 조직의 질량충돌저지능비 $S_{T,A}$ 는 Bohm의 측정결과인 $1.12(\pm 2\%)$ 를 사용하였다 [2]. 이렇게 얻은 $D_T(0)$ 값은 $1.4939 \mu\text{Gy/sec}$ 이었다.

여기서 $(dI/dt)_{t=0}$ 는 동일 전류 측정 시스템을 이용하여 외삽형 전리함에서의 전리 전류를 측정하여 계산되었으며 측정 횟수는 100회로서 우연 오차의 신뢰도를 95%로 설정하였다. 또한

A_{eff} , 감쇄율 등도 측정 횟수 10회로서 우연 오차의 신뢰도를 90%로 하였다. 이에 따른 $D_T(0)$ 의 오차는 표 2에서 보듯이 $\pm 2.9\%$ 이었다.

한편 본 β 선원 $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}(1.65\text{mCi})$ 에 대해 동일한 조사조건에서 독일 연방물리기술청(PTB)에서 측정한 조직표면에서의 β 선 흡수선량은 $1.50073 \mu\text{Gy/sec}$ 로서 본 실험에서의 측정결과와 약 1%이내의 오차를 보였다. 따라서 본 실험에서 사용한 이온화 전류 측정과 보정인자 보정 등의 방법 등이 타당한 것으로 사료된다.

결론

베타선에 의한 흡수선량 평가를 목적으로 조직표면체에 대한 흡수선량률 측정을 수행하였으며 수행과정에서 수집전극 유효단면적, 극성효과, 이온 재결합율, 입사창 감쇄율 등에 대한 영향을 분석 보정하였다. 특히 수집전극 유효단면적의 경우 기계적 측정에 의한 단면적과 약 9%의 차이가 있었다. 이러한 요인을 보정 후 측정점에서의 흡수선량률이 $1,4939 \mu\text{Gy/sec}$ 로 평가되었고 관련 오차는 2.9%이었다.

이와 같은 결과는 β 선 흡수선량의 기준인 조직체 피부깊이 7 mg/cm^2 에서의 흡수선량 결정을 위한 기본 자료로서 중요성을 갖는다. 한편 본 실험에서 공동내에서의 질량충돌저지능비는 Bohm의 측정값을 도입하였으나 주후 β 선 분광 분석을 통한 에너지 스펙트럼 산출과 그에 따른 질량 충돌저지능비의 자체적인 결정연구와 조직체내의 7 mg/cm^2 에서의 흡수선량을 직접 평가할 수 있는 연구가 추진되어야 할 것이다.

감사의 글

본 실험을 위해 협조해 주신 국립보건의원 방사선표준부 김종형 과장님과 이해광 연구관님께 감사드립니다.

참고문헌

1. ICRU, *Determination of dose equivalents resulting from external radiation sources*, ICRU 39(1985).
2. J. Bohm, *The international primary standard of the PTB for realizing the unit of the absorbed dose rate tissue for beta radiation*, PTB-DOS-13, Germany (1986).
3. B. Owen, "Factors for converting Beta-ray dose rates measured in air to dose rates in tissue", *Phys. Med. Biol.*, 18, 355-368(1973).
4. F. Attix, *Introduction to radiological physics and radiation dosimetry*, John Wiley & Sons, Inc. New york(1986).
5. 김정묵, 육종철, " β -선 이온화 전류 측정 시스템 교정에 관한 연구", *응용물리* 4(3), 321-327(1991).
6. J. Bohm, *Source certification report*, PTB, Germany(1984).
7. M. Matsumoto, *Personnal communication*, ETL, Japan(1990).
8. H.E. Johns, "Currents induced in the dielectrics of ionization chambers through the action of high energy radiation", *Radiat. Res.*, 9, 573-588(1958).
9. W. Cross, "Variation of Beta dose attenuation in different media", *Phys. med. biol.*, 13, 611-618(1968).
10. 일본보안용품협회, "경수로개량기술 확증시험 등에 관한 조사연구", (1991).

Measurement of Absorbed Dose at the Tissue Surface from a Plain $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ Beta Sources

Suck-Ho Hah*, Jeong-Mook Kim**, Chong-Chul Yook***

*Korea Research Institute of Standard and Science, Rdia. Lab.

**Korea atomic Energy Research Institute, Nuclear Environment Management Center

***Department of Nuclear Engineering, Hanyang University

ABSTRACT

Beta ray ($^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$) absorbed dose at tissue surface was measured from the distance of 30 cm by use of extrapolation chamber. In the measurement, following factors were considered: effective area of collecting electrode, polarity effect, ion recombination and window attenuation. The measured absorbed dose rate at tissue surface was $1.4939\mu\text{Gy}/\text{sec}$ with $\pm 2.9\%$.

key words: β -ray absorbed dose, Effective area of collecting electrode, Polarity effect, Ion recombination, Mass collision stopping power ratio.