

放射線의

量과 單位

길이, 面積, 時間 등 그 大小, 多少가 數值로 서 표시되는 것을 일반적으로 「量」이라고 한다. 이것과 对照되는 것이 「質」이다. 質은 숫치로서는 표현할 수 없다. 그런데, 우리들은 量을 표시하기 위해서는 각각의 量에 적당하다고 생각되는 단위를 정하고 이 단위의 몇 배라는 것으로 量의 大小, 多少를 표시한다. 방사선의 量을 표시할 경우에도 목적에 따라서 몇 종류의 방사선의 量과 그 單位가 정해져 있다.

방사선과 물질과의 反應을 論하는 物理學의 입장에서는 每秒 어떤 물질의 단위 면적당에 들어오는 방사선(粒子)의 個數, 즉 「粒子束密度」라고 불리우는 하나의 量의 기본적인 量이며, 그 단위로서는 $[1/\text{cm}^2 \cdot \text{秒}]$ 가 채용되고 있다.

방사선의 생물이나 사람에게 대한 障害를 문제로 하는 방사선 生物學·醫學의 분야에서는 방사선이 空氣를 電離하는 작용, 즉 공기의 分子를 +와 -의 전기를 띄운 부분으로 분리하는 작용에 주목하여 공기중에 발생한 電氣量의 大小를 나타 내는 「照射線量」이라는 단위가 사용되고 있다.

또, 신체의 조직이 방사선으로부터 받아지는 에너지를 문제로 해서 에너지의 多少를 나타내는 「吸收線量」이라는 단위도 사용되고 있다.

한편, 사람에게 대한 방사선 障害의 방지를 목적으로 하는 방사선防護의 분야에서는 특히 「線量當量」이라는 특별한 線量이 사용되고 있다. 이들 3개의 放射線量과 그 單位를 이하에서 설명한다.

照射線量과 렌트겐

마치 햇빛이 방속으로 스며드는 것처럼 X선 또는 γ 선은 눈에 보이지 않지만 空間에 쪼이게

하면 공간에 있는 공기의 分子와 충돌해서 공기의 分子를 正 또는 負의 전기를 띄운 부분으로 分離(電離)한다. (電氣적으로 中性의 공기의 分子가 正 또는 負의 전기를 띄운 부분으로 나누어 지므로 正과 負의 電氣量은 同量이 된다) 이 전기량을 측정해서 전기량의 多少에 따라서 空間을 照射하고 있는 X선, γ 선의 양의 多少를 표시하는 方法이 取해지고 있다.

이와 같이 공기중에서 생긴 전기량에 의해 측정해지는 방사선의 양을 「照射線量」이라고 부른다. 正 또는 負의 전기량이 空氣 1kg에 대해서 2.58×10^{-4} Coulomb(쿨롱은 電氣量의 單位. *空氣 1kg에 대해 2.58×10^{-4} Coulomb의 電氣量은 空氣 1cc에 대해서 1e.s.u.의 전기량과 같다. 전에는 1R는 이와 같이 定義했다)일 때, 그것을 單位로 해서 X선, γ 선의 照射線量은 「1Roentgen (R) (렌트겐)이다」라고 말한다.

$$1R = 2.58 \times 10^{-4} \text{ Coulomb/kg (空氣)}$$

R單位로서 측정된 線量이 照射線量인데, X線, γ 線에 使用된다.

2MeV의 X선, γ 선의 경우 每秒 1cm^2 당 330個의 X선, γ 선의 光子(* X선, γ 선은 에너지의 觀點에서 보면 粒子라고 생각할 수가 있으므로 光子라고 불리운다)가 照射하면 거기에는 1時間當 1mR 의 照射線量率이 된다. X선, γ 선의 光子는 그 에너지에 의해서 空氣를 電離시키는 힘(效率)이 다르므로 한시간에 대해 1R의 照射線量率을 주는 光子束速度 $[1/\text{cm}^2 \cdot \text{秒}]$ 는 光子의 에너지에 의해서 다른 值가 된다. 그림 1은 光子의 에너지와 1R當의 光子束 密度와의 關係를 표시한 것이다.

吸收線量과 라드

같은 量의 태양의 빛을 받아도 검은 유리와 투

명한 유리를 비교해 본 경우 검은 유리쪽이 투명한 유리보다도 빛의 에너지를 잘 흡수하여 따뜻해진다. 유리 온도의 상승을 문제로 할 경우는 照射하는 側의 빛의 양보다도 오히려 照射를 받고 있는 유리에 흡수된 에너지의 量을 문제로 하는 것이 편리하다. 身體조직이 電離放射線의 照射를 받고 방사선의 에너지를 흡수하는 경우에도 태양의 빛과 유리의 관계와 비슷한 현상이 일어나고 있다.

그런데, 人體는 근육, 뼈, 脂肪 등 原子組成이 다른 많은 組織으로서 구성되고 있다. 이와 같은 人體 照射線量[R]의 γ 선을 照射하여도 이들은 人體조직에 에너지가 一定한 一定 照射線量[R]의 γ 선을 照射하여도 이들의 조직이 單位 질량中에 받아들이는 에너지의 量은 조직의 원자조성이 달라지면 조직마다 달라진다(그림2 참조). 즉, 공기에 일정량의 電離를 일으키게 하는 一定 照射線量의 照射를 조직이 받더라도 조직中의 電離의 數, 즉 에너지의 흡수량(*한개의 電離가 일어날 때마다 組織이 받아들이는 에너지의 量은 物質에 따르지 않고 거의 一定하며 한개의 電離가 일어날 때마다 약 34eV이라고 한다.)은 방사선의 에너지와 조직의 原子組成의 양쪽에 의해서 變해진다.

어떤 組織에 나타나는 生物學的 效果는 방사선이 空氣中에서 일으키는 電離作用의 大小(또는 電氣量의 多少)와는 直接關係가 없고 조직이 單位 質量當에 흡수하는 에너지와 密接하게 關係하여 있으므로 조직 또는 일반적으로 물질이 1g當에 흡수되는 에너지에 주목해서 하나의 線量이라고 안되었다. 이 線量을 「吸收線量」이라고 불러진다.

다. 흡수선량은 X선, γ 에 限하지 않고 모든 방사선에 사용된다. 어떤 조직이 X선, γ 선 電子線의 照射를 받았을 경우, 조직의 吸收線量이 同一하면 방사선의 에너지를 不問하고 같은 生物學的 效果가 기대된다.

吸收線量의 單位는 「라드(rad)」라고 불러진다. 물질 1g에 대해서 100에르고(erg)(또는 물질 1g에 대해서 0.01줄(Jule: 1 줄은 10^7 에르고)의 에너지의 흡수가 있었을시, 흡수선량은 「1라드」라고 한다.

$$1\text{rad} = 100\text{erg/g(물질)} = 0.01\text{joule/kg}$$

線量當量과 린

照射하는 방사선의 종류·에너지를 여러가지로 변하게 하여 生物學的 效果를 調査한 바, rad로서 표시한 흡수선량이 同一 즉, 同量의 에너지를 조직이 흡수한다 하더라도 나타나는 生物效果는 반드시 同一하지 않다는 것을 알게 되었다.

예를 들면, 中性子線쪽이 γ 선보다도 白血病의 誘發에 대해 同一 흡수선량으로서 數倍나 效果的이다. (白血病의 發生部位인 骨髓中을 中性子線이 통과할 때 中性子線은 γ 線보다도 單位 길이當의 電離의 密度(1 μm 當의 電離數로서 나타낸다)가 크며, 中性子線에서는 電離가 近接해서 일어나기 때문에 效率이 좋게 白血病이 誘發하게 된다고 해석되고 있다.

이와 같이, 中性子線 또는 γ 線 등 종류가 다르고 흡수선량 1rad當의 生物學的 效果가 다른 방사선이 혼합해서 존재하는 경우, 이들의 방사선의 흡수선량을 알려라도 이것만으로서 그 방사선

表1 線質係數와 線에너지 付号와의 關係

線에너지 付与 (keV/ μm)	線質係數 QF	放射線의 種類
3.5 또는 以下	1	X, γ , β 線
7	2	} 中性子線
23	5	
53	10	
175	20	무거운 反跳核

* 線質係數는, 線에너지 付与에 의해서 決定되나 이 欄에는 參考를 위해 通常에너지의 방사선의 종류를 표시했다.

* 中性子線은, 에너지에 의해서 線質係數가 2~10이나 通常은 安全側에서 10으로 한다.

의 생물학적 효과에 대해서 예측할 수는 없다.

그래서, 방사선의 종류·에너지에不拘하고 모든 방사선에 대해서 흡수선량에 각각의 생물학적 효과를 겹쳐서 되는 선량이 고안되었다. 이 선량은, 흡수선량에 各種 방사선의 생물학적 효과를 겹쳐서 되어 있으므로 이 선량으로서 나타내면 방사선의 종류를 不問하고 방사선의 障害의 예측이 가능하다. 따라서, 방사선 장애의 평가를 필요로 하는 방사선 방호의 分野에서는 극히 편리한 선량이다. 이 선량은 「線量當量」이라고 불리며 그 단위는 「렘(rem)」이라고 인칭되었다.

線量當量の 定義는 다음과 같다.

(「렘」으로서 표시한 「線量當量」) = (「라드」로서 表示한 「吸收線量」) × (線質係數) × (修正係數·n)

여기서, 線質係數(Quality Factor, QF라고 略함)는, 방사선의 종류·에너지의 차이에 의한 障害의 效果(1 라드當의 障害의 크기)의 大小를 나타내는 吸收線量에 대한 겹쳐져서 되는 係數이다. 이 겹쳐진 係數는, X선, γ線, β線에 대해서는 1, 中性子線에 대해서는 에너지의 차에 따라 2~10,(에너지가 큰 것일수록 큰 値를 취한다) α線에 대해서는 10, 무거운 反跳核(炭素, 窒素 등)에 대해서는 20이라는 値가 사용되고 있다. 그 事實은, 注目하는 障害가 달라지면 各 방사선의 障害의 效率도 달라져서 QF의 値도 變해져야 하는 때, 注目하는 障害마다 QF 値를 變하게 해서는 번거로우므로 便宜上 障害와 關係가 깊은 線에너지 付號(*放射線의 線에너지 付與란 水中 1μm를 방사선이 통과할 때마다 물에 주어지는 에너지의 量으로서 [keV/μm]로서 表示한다) (LET로서 쓴다)와 線質係數를 對應시키고 있다. 표 1에 그 關係를 나타냈다.

修正係數 n는 또 하나의 接침이 係數이다. 뼈에 모이는 元素가 放出하는 방사선에 대해서만 주어지며 1 또는 5라는 2종류의 値밖에 없다. 예를 들면 뼈에 모이는 플루토늄-239의 r선에 대해 n=5라는 숫치가 주어진다.

이것에 대해 같은 뼈에 모여지는 라듐-226의 γ선의 n는 他의 방사성 元素로부터 나오는 방사선의 基準으로 해서 1로 定해져 있다. 플루토늄-239의 α선의 n=5라는 이유는, 플루토늄-239와 라듐-226의 뼈속에 分布의 狀況이 달라지는 결과, 플루토늄-239의 α선이 라듐-226의 α선과

비교해서 同一 흡수선량當 5배나 骨癌의 발생에 效果적이기 때문이다.

따라서, 플루토늄-239의 吸收線量에 n=5라고 겹치는 係數를 곱해주면 그 値는 같은 障害에 対応하게 된다는 것이다. n는, 플루토늄이나 라듐 등 뼈속에서의 分布의 相違를 고려해서 定해진 係數이므로 分布係數(Distribution Factor, 略해서 DF)라고 불릴 때도 있다.

퀴리(Ci)와 放射能

그리고, 線量の 單位는 아니나 「放射能」의 단위에 「퀴리(curie)」[Ci]라는 단위가 있다.

그런데, 原子를 나타내는데 核種이라는 말이 있다. 核種이란, 特定の 數의 中性子와 特定の 수의 陽性子를 그 核内に 가지는 原子를 말한다. 라듐-226에서 같이 自發的으로 방사선을 放出해서 다른 核種(라듐-226의 경우는 라돈)으로 變化하는(核變換한다고 한다) 核種을 放射性 核種이라 한다.

이와 같은 방사성 핵종에 대해서 단위 시간당에 몇개의 原子가 變化하는가 라는 그 數의 多少를 나타낼 必要上에서 「퀴리」라는 단위가 만들어졌다. 어떤 핵종이 다른 핵종으로 變換하는 原子의 수가 1秒當 3.7 × 10¹⁰개 일 때 1Ci라고 부른다. 즉,

1 Ci = 3.7 × 10¹⁰개의 核變換 / 秒이다.

원자가 매초 핵變換하는 數를 「放射能」이라고 부른다. 따라서, Ci는 「방사능」의 단위가 되는 것이다.

그런데, 연구의 결과 毎秒 核變換하는 수는 거기에 존재하는 방사성 핵종의 원자의 수에 比例하며, 그 比例常數(붕괴常數라고도 한다)는 核種에 固有의 것이다. 방사능이 크다 또는 강하다라는 것은 (核變換할 수 있는 원자의 數) × (壞變常數) 크다는 뜻이다.

일반적으로 방사성 핵종 1g當의 방사능(이것을 比放射能이라고 부른다)은 核種의 원자량에 반비례하며, 핵종의 붕괴상수에 비례한다. 원자량에 g을 붙인 「1g原子」中の 원자수는 6.02 × 10²³ 個 / (原子量)이 되며

$$\text{比放射能} = (6.02 \times 10^{23} / \text{原子量}) \times \lambda$$

가 된다. 여기서, λ 는 [1/秒]의 單位를 가지며 1秒當 붕괴하는 率로서 붕괴定數이다. 붕괴정수는 원래의 원자수가 半이 될 때까지의 시간, 즉 半減期(T)와는 다음의 관계가 있다.

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

원자량과 붕괴정수 또는 (半減期)의 차이에 의해서 核種마다 比放射能이 다르다. 예를 들면, 1g

의 라듐-226은 거의 1Ci, 沃素-131의 1g은 1.24×10^5 Ci, 플루토늄-239 1g은 6.13×10^{-2} Ci 가 된다.

그리고, 「放射能」이라는 말은 每秒의 붕괴(核變換)數를 나타내는 外에도 방사성 물질을 指稱하는 경우도 있고 또 核變換할 수 있는 能力을 지칭할 때도 있으므로 앞뒤의 관계로부터 판단할 필요가 있다.

國際會議세미나 案内

- ① 第3回 國際科學者 FoRum, 「先進國과 開發途上國에 있어서의 에너지」
10月 29日~11月 2日 니스(Nice). 프랑스 마이애미 大學外 主催.
- ② 美國原子力 産業會議 年次大會와 美原子力 學會冬季大會
11月 11日~16日 샌프란시스코.
- ③ 第8回 核融合研究의 엔지니어링 上的 課題에 關한 심포지엄.
11月 13日~16日 샌프란시스코. ANS 및 核·플라즈마科學會 共同主催.
- ④ 第9回 非破壞 檢査에 關한 國際會議 및 展示會.
11月 18日~23日. 벨버른. 濠洲 國際非破壞 檢査委員會 主催
- ⑤ 保障措置 및 核物質 管理를 위한 計測技術에 關한 會議.
11月 26日~29日. 기아와(Kiawah)·아일랜드(美國) ANS 등 主催
- ⑥ 第2回 代替 에너지源에 關한 마이애미 國際會議.
12月 10日~12日 마이애미 비치, 美國 마이애미 大學 主催
- ⑦ 輕水爐에서의 作業員 被曝低減을 위한 設計 및 運轉對策에 關한 워크·샵
12月 12日~14日 파리. 프랑스 放射線 防護學會 主催(SFRP)
- ⑧ 環境安全에 關한 國際會議
1980年 1月 27日~30日 뉴올리언즈 AIF 主催
- ⑨ 原子力産業의 非破壞檢査에 關한 國際會議
1980年 2月 11日~13日 솔트·레이크·시티(美國) ANS·美 非破壞檢査學會·美國 材料 試驗協會(ASTM) 共同主催

- ⑩ 氣體廢棄物 管理에 關한 國際 심포지엄
1980年 2月 18日~22日 비엔나(오스트리아)
IAEA, OECD-NEA 主催

<이달의 到着資料>

◇ 定期刊行物 ◇

- △ ENERGY(스위스) Vol 3, No 17
- △ Nuclear News(美國) Vol 22, No 12, 13
- △ 原子力産業新聞(日本) 994, 995, 996, 997, 998, 999호
- △ 原子力文化(日本) 9月號
- △ ATOM(英國) 9, 10月號
- △ 非破壞檢査(日本) Vol 28, No 9
- △ ATOMS IN JAPAN 10月號
- △ BULLETIN(英國) 9月號

◇ 參考圖書 ◇

- △ 世界原子力 發電所 一覽表(日本) 原子力産業會議
- △ 被曝線量 登錄制度 海外調査報告書(放射線 影響協會, 日本)
- △ 放射線 登錄管理制度(放射線 影響協會, 日本)
- △ 原子力과 연료 주기에 따른 國際訓練機關(IAEA)
- △ 原子力特報(日本, 原子力産業會議)
- △ 原子力 發電所의 計劃設計·建設工事(日本, 電氣書院刊)

◇ 會社 및 製品案内 ◇

- △ 理學電氣 저널 Vol 10, No 2(日本)
- △ 富山藥品(株) 案内書(日本)
- △ TOMIYAMA PURE CHEMICAL INOUSTRIES, LTD(日本) 案内書