

<概要>

放射線防護に係る放射線量は、照射線量から吸収線量に基づく線量当量（後に等価線量）へ拡張されてきた。これら歴史的な流れにおける線量単位のエポックメイキングな事項として、（1）1920年代に国際単位として最初に照射線量の単位レントゲン（記号 r、後には R）が定義されたこと、（2）1950年代に線量当量の単位レム（記号 rem）が導入されたこと、（3）1970年代にSI単位系の導入が行われたことがあげられる。放射能の単位はキュリー（記号 c、後には Ci）からベクレル（Bq）に変わったこと、そして、（4）ICRP 1990年勧告で組織・臓器の等価線量を定めたこと、があげられる。

<更新年月>

2004年03月

<本文>

1. 放射線防護関係諸量とその変遷

放射線防護に係る放射線量は、X線が発見された後の初期の段階においては光子のみに適用される「照射線量（exposure dose）」を測定することによって評価されてきた。その後、中性子など他の放射線の線量をも測定する必要から、「吸収線量（absorbed dose）」を、生物学的効果を考慮するための係数で荷重して算出される「線量当量（dose equivalent）」、ICRP 1990年勧告では「等価線量（equivalent dose）」及び「実効線量」によって線量の評価が行われてきた。これに伴ってそれら諸量の単位は、レントゲン（単位記号 r、後には R）からレム（単位記号 rem、後には SI 単位系の導入によって単位記号を Sv とするシーベルトに変更）へと変わってきた。関連する歴史的推移を表 1 に示す。

2. 照射線量とその単位

放射線と気体との相互作用によって発生する電離イオンの測定に基づく方法が、X線の発見の初期から、放射線の“量”を測るものとして用いられてきた。W. K. レントゲンによるX線の発見（1895年）やH. ベクレルによる放射性物質からの放射線の検出（1896年）は蛍光の観察や写真乾板への感光を利用したものであったが、1896年にはすでにJ. J. トムソンとE. ラザフォードが、また1898年にはM. キュリーらがこの電離法で研究を行っている。

その後、この放射線を電離に基づく方法で測定するための放射線の単位がM. フランクリン（1905年）やP. ヴィラード（1908年）により提案された。そして、X線の量に関する国際単位として、レントゲン（単位記号 r）がICRU（国際放射線単位・測定委員会の略称で発足当初は国際X線単位委員会と呼称された）によって1928年に暫定的に決められ、1931年に修正の後正式に定義された。更に、X線その他ラジウムから発せられるγ線の防護に対応するために、このX線量の単位は拡張されて、ICRUの1938年勧告では、“X線の量または線量（dose）の国際単位”として同じくレントゲン（単位記号 r）が採用された。そして、これらの量は1956年のICRUの会議で「照射線量（exposure dose）」として定義され、さらに、1962年のICRU勧告では、レントゲンの単位記号が従来の r から大文字の R（人名に由来するため）に改められ、 $1R = 2.58 \times 10^{-4} C/kg$ （C：クーロン）が定義された。今日では、この照射線量の単位として、SI単位のC/kgを使用することになっている。これら単位間の換算表を表 2 に示す。

3. 吸収線量と線量当量の単位

1932年に中性子が発見され、原子力や放射線利用が発展するにつれ、X線やγ線に対する防護に加えて、中性子、陽子や荷電粒子にも注意を払うことが必要になった。このため放射線防護の

分野では、従来のX線やγ線のみに定義される「照射線量」に代えて、被照射物が吸収するエネルギーに基づく「吸収線量」を基本にして、放射線の種類やエネルギーの違いによる効果を考慮に入れた「線量当量」などの放射線防護関係量が導入された。

吸収線量に関しては、古くにはT. クリステン（1913年）によって線量を吸収エネルギーで定義することが提案されているが、最初の国際単位として、**ラド**（単位記号rad）が1954年にICRUによって導入され、 $1\text{rad} = 100\text{erg/g}$ と定義された。その後、S I単位系を導入した1977年のICRU勧告において、このラドはグレイ（単位記号Gy）に変更されて今日に至っている。また、1954年の**ICRP勧告**は、このラドと共に、レム（roentgen equivalent manを意味し、単位記号はrem）を導入し、radで計測した量に**生物学的効果比**（RBE）を乗ずることによってremを単位とする線量が評価されることを示した。その後、このRBE線量は、1963年のICRP-ICRU合同のRBE委員会において防護の目的のためにはRBEに替えて**LET**に依存した係数（**線質係数**）を乗ずる勧告が出されたのを受けて、1965年のICRP勧告では「線量当量」が定義されたが、単位は同じくレムとされた。その後、1977年勧告において具体的に線量当量限度の勧告が行われた。この線量当量はICRP1990年勧告では確率的影響についての生物学的効果（特に中エネルギー中性子および高いLET粒子線のRBE）の知見を取り入れて「等価線量」及び「実効線量」となった。等価線量は組織・臓器平均吸収線量に放射線場の種類とエネルギーに応じて定められた「放射線荷重係数」を乗じて得られる。また、線質係数もこれらによって改訂された。他方、1977年のICRP勧告でS I単位が導入されて以来、線量当量および等価線量の単位にはシーベルト（記号Sv）が用いられ、 $1\text{Sv} = 1\text{J/kg}$ （ $=100\text{レム}$ ）と定義されて今日に至っている（**表2**）。

4. 放射能の量を表す単位

最初に、ラジウムの放射能を表すものとしてキュリーが導入され、「1キュリーは1gのラジウムと平衡にある**ラドン**の量」と定義された。その後、キュリーは放射能の国際単位として全ての放射性物質に適用されるよう拡大され、1954年のICRU勧告では「1キュリーは毎秒あたりの壊変数が 3.7×10^{10} である全ての放射性核種の量」と定義され単位記号にc（小文字）が当てられた。この単位記号はICRU1962年勧告でCiに変更された。またS I単位の導入で、キュリーはベクレル（単位記号Bq）に変更され、 $1\text{Bq} = 1\text{s}^{-1}$ と定義された（**表2**）。

<関連タイトル>

[国際放射線単位測定委員会（ICRU）\(13-01-03-11\)](#)

[国際放射線防護委員会（ICRP）\(13-01-03-12\)](#)

[放射能と放射線の単位 \(18-04-02-01\)](#)

[線量に関する単位 \(18-04-02-02\)](#)

[照射線量に関する単位 \(18-04-02-03\)](#)

[吸収線量に関する単位 \(18-04-02-04\)](#)

<参考文献>

- (1) 森内和之ほか（訳）：「放射線量計測の基礎」地人書館（1990）
 - (2) R.L.Kathren et al. :Health Physics:A Backward Glance, Pergamon Press, 1980.
 - (3) L.S.Taylor:Radiation Protection Standards, CRC, 1971.
 - (4) 加藤和明：Radioisotopes, 32, 127?134, 1983.
 - (5) 物理学史研究刊行会（編）：「放射能」東海大学出版会（1980）
-

表1 放射線防護に関連する単位の変遷

年	関連事項
1895	W.K.Röntgen; X線の発見
1896	H.Becquerel; ウランからの放射線を発見 最初のX線障害の事例が報告される。
1898	M&P. Curie; 「放射能」の用語使用
1905	M. Franklin; 電離に基づく単位を提案
1908	P. Vallard; 電離に基づく単位を提案
1913	T. Christen; 線量を吸収エネルギーで定義することを提案
1925	A. Mutscheller; 「耐容線量」の提案
1928	ICRP (ICRPの前身) と ICRU; X線の量の単位として、 レントゲン(r)を定義
1932	E. Chadwick; 中性子の発見
1938	ICRU5; X線とγ線の量の単位として「レントゲン(r)」を 定義
1944	H.M. Parker; remとrepを導入
1953	ICRU7; 「吸収線量」を定義し、単位を「rad」とする 放射性物質の量を表す単位「キュリー(Ci)」を導入
1954	ICRP; 吸収線量の単位として「rem」を定義
1956	ICRU; 「照射線量」を定義
1959	ICRU9; 「カーマ(kerma)」概念の導入
1965	「線量当量」の導入
1968	ICRU11; 単位の第1次SI化
1977	ICRU26; SI単位「Gy」の導入 ICRP26; SI単位「Sv」の導入、「線量当量」に用いる
1991	ICRP60; 1990年勧告、「等価線量」及び「実効線量」の導入

表2 単位換算表

照射線量

R (r)	C/kg
1	0.000258
3876	1

R:レントゲン

C:クーロン

吸収線量

rad	erg/g	J/kg	Gy
1	100	0.01	0.01
0.01	1	0.0001	0.0001
100	1000	1	1

rad:ラド

erg:エルグ

J:ジュール

Gy:グレイ

線量当量および等価線量

rem	J/kg	Sv
1	0.01	0.01
100	1	1

rem:レム

J:ジュール

Sv:シーベルト

放射能

Ci (c)	dps	s ⁻¹	Bq
1	3.7×10^{10}	3.7×10^{10}	3.7×10^{10}
2.7×10^{-11}	1	1	1

Ci:キュリー

dps:ディ・ピー・エス
(1秒当りの崩壊数)

Bq:ベクレル