

IAEAによる放射線防護のための 線量の定義



2021年12月

特定非営利活動法人 ワネッツ

©特定非営利活動法人ワネッツ,2021年

1



免責事項

1. この資料は、国際原子力機関(IAEA)の著作物である「放射線防護および放射線源の安全：国際基本安全基準」(IAEA安全基準シリーズ GSR Part3,2014年)および「原子力安全および放射線防護に用いる統一用語」(IAEA安全用語集,2018年版)について、IAEAの許可を得て、特定非営利法人ワネッツが関連部分を翻訳したものです。
2. 上記のIAEA著作物の正式なバージョンは、IAEAまたはIAEAによって承認された正規代理人によって頒布された英語版です。
3. IAEAは、これは翻訳の部分およびその翻訳部分の正確性、品質、正当性または仕上がりについて一切の責任を負わず、この翻訳の使用から直接的または間接的に生じる損失または損害に対して一切の責任はありません。
4. この資料は、「エビデンスで突破！ 放射線量エピソードの壁」キャンペーン（レップツーレブキャンペーン）用のものであり、本資料を転載や複写される場合は、以下の電子メールアドレスに連絡ください。

pathways@neatr-org.jp

©特定非営利活動法人ワネッツ,2021年

2



REP to REV Campaign
Produced by WANETS

3つに区分される国際的な「線量」

1

線量体系
(dose quantities)

運用線量当量体系
(dose equivalent quantities: operational)

線量概念
(dose concepts)

吸収線量(absorbed dose) D 単位: Gy
臓器・器官が受けた放射線エネルギー

RBE加重吸収線量(RBE weighted absorbed dose) AD_T 単位: Gy
臓器・器官の**確定的影響の防止**

預託実効線量(committed effective dose) $E(t)$ 単位: Sv

預託等価線量(committed equivalent dose) $H_T(t)$ 単位: Sv

実効線量(effective dose) E 単位: Sv
標準人の放射線防護

等価線量(equivalent dose) H_T 単位: Sv
臓器・器官の**確率的影響の緩和**

周辺線量当量(ambient dose equivalent) $H^*(d)$
ICRU球深さ d の線量当量 **環境モニタリング**

直接線量当量(directional dose equivalent) $H_p(d, \Omega)$

個人線量当量(personal dose equivalent) $H_p(d)$
ICRUスラブファントムの深さ d の線量当量 **個人モニタリング**

年線量(annual dose)
回避線量(averted dose)
集積線量(collective dose)
預託線量(committed dose)
予想線量(projected dose) 他

設計や計画作成
において計算で
求めるも

定義から
の換算で
計測可能

概念と
使用可能
してみ

訳者注

- 各線量名の下の説明および右側の説明は訳者が付したものである。
- “dose quantities”は直訳すれば「線量の量」となり、一部文献では「防護の量」との訳もあるが、“dose concepts”との差異を明確にするため、ここでは「線量体系」と訳した。

©特定非営利活動法人ワネッツ,2021年

3



REP to REV Campaign
Produced by WANETS

2

訳者注 続き

- 前図の赤太文字で示した5つの線量については、以下にSafety Glossaryの定義の和訳文を掲載する。和訳にあたって説明すべき事項は、本項と同様に訳者注を行う。なお、下側につけた意味説明は、IAEA Safety Glossaryには記載されておらず、IAEA GSG-2等を参照して訳者がつけたものである。
- 一番右側の3区分の説明は、この資料を読んでいただくに際し、3つの区分の線量をどう使うかについて、訳者が解説したものである。
- この5つの線量およびその他の線量について、IAEAによって定義されていることは国内においてほとんど知られておらず、実際の国内運用に当たっては放射線管理が用いられているため、例えば「実効線量は計算するもの」という説明は受け入れ難い面があるであろう。これらの関係を以下に示す。

	設計計画段階	運用段階	緊急時段階	緊急時後段階
国際的な放射線防護 線量体系によって各段階別にマネジメントされる。	職業人 線量限度 線量拘束値 公衆 線量限度 線量拘束値 医療 診断参考レベル	適用なし	職業人 参考レベル 公衆 参考レベル 医療 なし	職業人 なし 公衆 参考レベル 医療 なし
国内の放射線管理 放射線の影響という観点(被ばく)から規制によって管理される。	職業人 施設の設計基準で規制当局によって評価される。 公衆 適用法律を含め不明確 医療 適用法律を含め不明確	職業人 規制当局によって認可された運用基準で事業者によって評価される。 公衆 不明確 医療 不明確	職業人 運用段階に同じ 公衆 不明確 医療 不明確	職業人 実質運用段階に同じ 公衆 不明確 医療 不明確

©特定非営利活動法人ワネッツ,2021年

4



REP to REV Campaign
Produced by WANETS

国際的な「吸収線量」の定義

3

1. 吸収線量(absorbed dose) D 単位: Gy 臓器・器官が受けた**放射線エネルギー**

最も基本的な線量の吸収線量 D は、以下のように定義される。

$$D = \frac{d\bar{\epsilon}}{dm}$$

ここに、 $\bar{\epsilon}$ は単位体積内で電離放射線によって与えられる平均エネルギーであり、 dm は単位体積内の物質の質量である。

注 エネルギーは設定した任意の体積にわたって平均することが可能で、平均的な線量は総エネルギーを体積の質量で割ったものに等しい。

注 吸収線量は1点で定義される。この組織または器官の平均線量については「組織線量」を参照のこと

注 吸収線量のSI単位はジュール/キログラム、特別な呼称はグレイを使う。(かつては、ラドが用いられてきた)

訳者注

- 定義文の1行目、原文は“fundamental dosimetric quantity”であるが、ここではすべての線量の基本であることをもって、「最も基本的な線量の」と訳している。
- 人の放射線防護基準には組織線量(D_T)が使われるため、この吸収線量は、人だけでなく、動物や植物、場合によっては物にも使われる線量の定義である。
- 注の3つ目、原文は“termed the gray”であるが、グレイが「固有の名称を持つSI組単位」と称されているため「特別な呼称を持つグレイ」と訳している。

©特定非営利活動法人ワネッツ,2021年

5



REP to REV Campaign
Produced by WANETS

国際的な「等価線量」の定義

4

2. 等価線量(equivalent dose) H_T 単位: Sv 臓器・器官の**確率的影響の緩和**

等価線量 $H_{T,R}$ は、以下のように定義される。

$$H_{T,R} = w_R \cdot D_{T,R}$$

ここに、 $D_{T,R}$ は組織または器官Tの平均化した放射線タイプRによって算出される吸収線量であり、 w_R は放射線タイプRの放射線加重係数である。

放射線の場合が w_R の異なる値をもつ放射線で構成されている場合、等価線量は以下のように定義される

$$H_T = \sum_R w_R \cdot D_{T,R}$$

注 等価線量のSI単位はジュール/キログラム、特別な呼称はシーベルトを使う。線量体系の説明は参照資料24の添付Bに示される

注 レムは、0.01 Svに等しく、等価線量および実効線量の単位として使用されることもある。IAEAの基準では、他の基準から直接引用する場合を除いて、この単位を使用しない。

注 等価線量は、生じるリスクを組織または器官へ反映するよう設計された尺度である。

注 任意の放射線タイプから特定する組織または器官の等価線量を直接比較することができる。

訳者注

- 注2つ目、英文では“publications”となっているが、ここでは「基準」と訳している。
- 注3つ目、英文では“to a tissue or organ designed to reflect the amount of harm caused”となっているが、“harm”をIAEAでは一般的に放射線リスクと呼んでいるため「生じるリスクを組織または器官へ反映するよう設計された」と訳している。
- 放射線タイプは、ICRPによって、光子(1)、電子(1)、ミュー粒子(1)、陽子(2)、荷電パイ中間子(2)、アルファ粒子(20)、核分裂片(20)、重イオン(20)、および中性子(関数表示)の9種類に分けられる。なお、()内は放射線加重係数の値である。

©特定非営利活動法人ワネッツ,2021年

6



**REP to REV
Campaign**
Produced by WANETS

国際的な「実効線量」の定義

5

3. 実効線量(effective dose) E 単位: Sv 標準人の放射線防護

実効線量 E は、組織または器官の等価線量に設定された組織加重係数をかけたものの合計で定義される。

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T$$

ここに、 H_T は組織または器官 T の等価線量、 w_T は組織または器官の組織加重係数である。

等価線量の定義をあわせると、以下のように定義される。

$$E = \sum_T w_T \cdot \sum_R w_R \cdot D_{T,R}$$

ここに、 w_R は放射線タイプ R の放射線加重係数である。R および $D_{T,R}$ は組織または器官における平均吸収線量であり、T は放射線タイプ R によって誘導される。

注 実効線量のSI単位はジュール/キログラム、特別な呼称はシーベルトを使う。線量体系の説明は参照資料24の添付Bに示される。

注 レムは、0.01 Svに等しく、等価線量および実効線量の単位として使用されることもある。IAEAの基準では、他の基準から直接引用する場合を除いて、この単位を使用しない。

注 実効線量は、線量によって生じるリスクの合計を反映するよう設計された尺度である。

注 実効線量は、高い線量や医療処置の要求によって求められる確定的影響の決定には使ってはならない。

注 どの放射線タイプの放射線曝露およびどんなモードでの放射線曝露での実効線量の値でも、直接比較することができる。

©特定非営利活動法人ワネッツ,2021年

7



**REP to REV
Campaign**
Produced by WANETS

6

訳者注

- 定義文9行目、英文は「T delivered by radiation type R」であるが、和訳では「Tは放射線タイプRによって誘導される。」と訳している。
- 注の3つ目、英文は「Radiation detriment likely to result from the dose」であるが、国際機関では「detriment」を一般的に放射線リスクと呼んでるため、「線量によって生じるリスク」と和訳している。
- 注の5つ目、英文では「exposure」であるが、この用語が状況また状態の呼称に用いられるものであるため、「放射線曝露」と和訳している。なお、**タイプ**とは「計画被ばく状況」、「緊急時被ばく状況」および「現存被ばく状況」の3つをいう。
- 組織加重係数は、ICRPによって、生殖腺(0.02)、赤色骨髄(0.12)、結腸(0.12)、肺(0.12)、胃(0.12)、膀胱(0.04)、乳房(0.12)、肝臓(0.04)、食道(0.04)、甲状腺(0.04)、皮膚(0.01)、骨表面(0.01)、脳(0.01)、唾液腺(0.01)および残りの組織・器官(0.12)の15種類に分けられる。なお、()内は組織加重係数の値である。
- 参照資料24は、ICRPの2007年勧告(Pub.103)である。
- 実際的に実効線量で行う放射線防護には、計画被ばく状況の放射線労働者の線量限度(20mSv/y)、同状況の放射線労働者の線量拘束値、計画被ばく状況の公衆の線量限度(1mSv)、同状況の公衆の線量拘束値、緊急時被ばく状況の住民の参照レベル(100mSv)などがある。

©特定非営利活動法人ワネッツ,2021年

8



**REP to REV
Campaign**
Produced by WANETS

国際的な「周辺線量当量」の定義

7

4. 周辺線量当量(ambient dose equivalent) $H^*(d)$ ICRU球深さdの線量当量 環境モニタリング

周辺線量当量は、生成された平行および延長された場において、ICRU球の平行場の半径方向の深さdにおける線量当量である。

注 放射線場の1点で定義されたパラメータ。外部放射線暴露のモニタリングで、実効線量のプロキシ(すなわち代替手段)として直接的に測定される。

注 dの推奨する値は、貫通力の高い放射線において10mmである

訳者注

- 定義文の1行目、英文では"dose equivalent"で始まっているが、定義文とするため「周辺線量当量」を入れた。なお、線量当量の定義は、「組織または器官の点の吸収線量に放射線の種類ごとの適切なクオリティファクターを掛けたもの」となっている。
- 定義文の1行目、英文では"corresponding aligned and expanded field"となっているが、右図より「平行および延長された場」と訳している。"the radius vector opposing the direction of the aligned field"は同じく「平行場の半径方向」と訳している。
- ICRU球とは、人体の軟組織の元素構成を模した比重1の30cmの球、普通、計算計算コードで与えられる。
- クオリティファクターは、「組織または器官の吸収線量に、相対的な放射線の生物学的効果を反映するために乗算される数値であり、等価線量を求めるためのもの」と定義されている
- この周辺線量当量は、モニタポスト、サーベイメータといった放射線測定器において、放射線場である空気の吸収線量にクオリティファクターを掛けて求めるもの。



図3 ICRU球と線量当量
① 線量当量ICRU球の半径R
② 深さd
③ 質量吸収係数
④ 質量吸収係数
⑤ 質量吸収係数
⑥ 質量吸収係数
⑦ 質量吸収係数
⑧ 質量吸収係数
⑨ 質量吸収係数
⑩ 質量吸収係数
⑪ 質量吸収係数
⑫ 質量吸収係数
⑬ 質量吸収係数
⑭ 質量吸収係数
⑮ 質量吸収係数
⑯ 質量吸収係数
⑰ 質量吸収係数
⑱ 質量吸収係数
⑲ 質量吸収係数
⑳ 質量吸収係数
㉑ 質量吸収係数
㉒ 質量吸収係数
㉓ 質量吸収係数
㉔ 質量吸収係数
㉕ 質量吸収係数
㉖ 質量吸収係数
㉗ 質量吸収係数
㉘ 質量吸収係数
㉙ 質量吸収係数
㉚ 質量吸収係数
㉛ 質量吸収係数
㉜ 質量吸収係数
㉝ 質量吸収係数
㉞ 質量吸収係数
㉟ 質量吸収係数
㊱ 質量吸収係数
㊲ 質量吸収係数
㊳ 質量吸収係数
㊴ 質量吸収係数
㊵ 質量吸収係数
㊶ 質量吸収係数
㊷ 質量吸収係数
㊸ 質量吸収係数
㊹ 質量吸収係数
㊺ 質量吸収係数
㊻ 質量吸収係数
㊼ 質量吸収係数
㊽ 質量吸収係数
㊾ 質量吸収係数
㊿ 質量吸収係数
ATOMICから引用

©特定非営利活動法人ワネッツ,2021年

9



**REP to REV
Campaign**
Produced by WANETS

国際的な「個人線量当量」の定義

8

5. 個人線量当量(personal dose equivalent) $H_p(d)$ ICRUスラブファントムの深さdの等価線量 個人モニタリング

個人線量当量は、適切な深さdで身体上の指定された点の軟組織の線量当量である。

注 組織または器官の等価線量、または(d = 10mmを用いて)外部曝露状態の個人モニタリングの実効線量のプロキシ(すなわち代替手段)として直接的に測定される

注 dの推奨する値は、貫通力の高い放射線において10mm、貫通力の低い放射線においては0.07mm。

注 「軟組織」は、一般にICRU球体として解釈される。

注 国際放射線単位測定委員会[参考文献21,22]は、参考文献[23]の定義により、透過 $H_p(d)$ の個人線量当量と表面 $H_s(d)$ の等価線量の2つに簡素化することを推奨している。

訳者注

- 定義文の1行目、英文では"dose equivalent"で始まっているが、定義文とするため「個人線量当量」を入れた。なお、線量当量の定義は、「組織または器官の1点の吸収線量に放射線の種類ごとの適切なクオリティファクターを掛けたもの」となっている。
- クオリティファクターは、「組織または器官の吸収線量に、相対的な放射線の生物学的効果を反映するために乗算される数値であり、線量当量を求めるためのもの」と定義されている
- 国内では、光子について「1センチメートル線量当量」、電子やアルファ粒子について「70マイクロメートル線量当量」と呼ばれている。なお、「1センチメートル線量当量」は周辺線量当量についても使われている。

©特定非営利活動法人ワネッツ,2021年

10



REP to REV
Campaign
Produced by WANETS

国際的な「アクティビティ」の定義

9

4. アクティビティ (activity)

1. 一定の時間の特定のエネルギー状態における放射性核種の量Aは、次のように定義される。

$$A(t) = -\frac{dN}{dt}$$

ここに、dNは時間間隔dtにおける与えられたエネルギー状態からの自発的な核変換数の期待値である。

(2. 以下は省略)

注 放射性物質の核変換の発生率は、次の式で与えられる。

$$A(t) = -\frac{dN}{dt}$$

ここでNは放射性核種の数であり、したがって時間のNの変化率は負となり、2つの形態は同一である。

注 アクティビティのSI単位は、毎秒(s⁻¹)であり、ベクレル(Bq)と呼ぶ。

注 以前はキュリー(Ci)で表現していた。アクティビティの値が、Ciを単位として使用している文献から引用されている場合、Ciで(かっこ内で Bq に相当させる)を使用できる。

訳者注

1. Activityに放射能の意味がないため、そのままアクティビティと訳した。
2. また、期待値のため計測不能であり、「1秒当たりの壊変数」とかといった訳も適切でないとする。

©特定非営利活動法人ワネッツ,2021年