

【放射線影響概論 用語集】

『知ってるつもりの放射線読本—放射線の基礎知識から、福島第一原発事故による放射線影響、単位Svの理解まで』の内容を補足する放射線に関連する用語リスト一覧です。

(文責：福本 学)

【欧文用語】

α 粒子

不安定核のアルファ崩壊に伴って放出されるヘリウム 4 の原子核で、+2 の電荷をもっている。電離作用が強く、内部被ばく影響で問題となる。

β 線 (関連用語「放射線」「電子」も参照)

β 線も電子線も電子が早く飛んでいる放射線。 β 線は、放射性物質の原子核から放出された電子をさし、電子線は、高電圧をかけて電極から空中に飛び出た電子をさす。

CT (Computed Tomography) 検査

身体の周囲から X 線をあてて、体の中の吸収率の違いをコンピュータで処理し、身体の断面を画像にして病変の有無や広がりを観察する検査。造影剤を併用して行う CT 検査を造影 CT 検査とよぶ。PET と併用する PET/CT 検査もある。

eV → 電子ボルト

Gy-Eq (Gray-equivalent dose) → 「線量」「線量率」

ICRU 球 → ファントム

JCO ウラン加工工場臨界事故 → 原子力災害の項目内参照

MIRD 委員会 (The Medical Internal Radiation Dose (MIRD) Committee)

米国核医学会にある常設委員会。放射線医薬品の投与による内部被ばく線量を評価するための手法、モデル、データの開発を行う。

INES (International Nuclear and Radiological Event Scale, 国際原子力・放射線事象評価尺度)

ある特定の原子力発電所等の事故などについて、そのリスクがどの程度のものかの情報伝達が国家間で一貫性があるように定めた評価尺度で、1990 年代に IAEA と OECD/NEA の共同作業で作成し提案された。放射線影響として、放出された個々の放射性物質量を、ヨウ素 131 と等価となるように換算した値を用いる。東京電力福島第一原子力発電所事故の INES 評価はチェルノブイリ原発事故と同じレベル 7 (最高レベルの深刻な事故) と評価されている。(https://www.nsr.go.jp/data/000024970.pdf)

LET → 線エネルギー付与

LNT モデル → 直線しきい値なし仮説

LQ モデル → 直線二次曲線モデル

LSS → 寿命調査

NORM → 自然起源放射性物質

PET (Positron Emission Tomography) 検査

陽電子 (β^+ 線) は周囲の電子と結合して消滅する。このときに 180° の方向に 0.511MeV の 2 本の光子 (消滅放射線) を放出する。PET 検査は、陽電子を発生して崩壊する単寿命の放射性核種 (炭素 11, 酸素 15, フッ素 18 など) でラベルした薬剤を注入して消滅放射線を検出することにより細胞の活動状態を画像化する検査。主のがんの診断に応用される。ほとんどのがん細胞は正常細胞よりブドウ糖を多く必要とする。 ^{18}F -FDG (^{18}F -fluorodeoxyglucose) は、陽電子を放射するフッ素 18 を含んだブドウ糖に類似の物質で、ブドウ糖と同様に細胞にとりこまれるものの、細胞内で代謝されにくい。そのため、がん細胞に蓄積し、消滅放射線を検出することでがん細胞の存在と位置を知ることができる。フッ素 18 の半減期は約 110 分なので、検査を行うにはフッ素 18 の製造機器が近くに揃っている必要がある。なお、CT 装置が付随した PET 装置である PET-CT は、がん細胞の正確な位置と大きさを知ることができる。

PHITS (Particle and Heavy Ion Transport code System) → モンテカルロ輸送計算

RBE (Relative Biological Effect) → 生物 (学的) 効果比

s 値 → 比実効エネルギー

SAF (Specific Absorbed Fraction, 比吸収割合) → 比実効エネルギー

線源領域で放出された放射線のエネルギーのうち標的臓器に吸収される割合である吸収割合 AF (Absorbed Fraction) を標的臓器の質量で除したもの。

SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography)

微量の放射性検査薬を投与し、体内の放射線を検知することによってその検査薬が集積した部位と量を画像化する検査。認知症の確定診断などに用いる。

X 線

Wilhelm Conrad Röntgen (独) により、波長が $1 \times 10^{-12} \sim 10^{-9} \text{ m}$ 程度の電磁波が発見され、X 線として命名された。性質として、物理的に物質から電子をはぎ取る電離作用、物質に化学変化を起こす感光作用、物質を通り抜ける透過作用の 3 作用を有するため、得体のしれない未知の光線という意味で X 線と名づけられた。

X 線天文学

X 線を見ることによって、可視光だけの観察では見えない非常に高温の状態にある宇宙を見ることができる。1962 年、太陽系外の宇宙 X 線源であるさそり座 X-1 (さそり座の中で最初に発見された X 線源) の発見以来、天文学の一分野となった。2002 年発見者の Ricardo Giacconi (伊) はノーベル物理学賞を受賞。X 線パルサーを観測することによって、X 線源である中性子星の性質やブラックホール生成の解析を行っている。

【和文用語】

アララ (ALARA ; As low as reasonably achievable)

1977年にICRP勧告が打ち出した放射線防護の三原則のひとつである、「防護の最適化」の基本的な考えで「合理的に達成可能な限り低く」を意味する略語。放射線を使うことによるメリットとリスクを社会的・経済的要因を考慮しながら、人体への被ばくをできるだけ少なくするように努力すべきであるというもの。この考えは、放射線や放射性物質を使うことが前提なので、使う人の懐具合と相談して達成可能なかぎり被ばく量を減らしましょうということ。

安心・安全 (関連項目「リスク」も参照)

安全とは、「受け入れられないリスクのないこと」であり、リスクがないということではない (ISO/IEC Guide 51: Safety aspects-Guidelines for their inclusion in standards, 3rd ed, 2014)。科学的・客観的に決められるものである。安心は心理的・主観的なことで、安全に結びつくかは、正しい情報が必要で、安心が過ぎると慢心となり、安全ではなくなる。人が予期しない事態に対峙したとき、「ありえない」という先入観や偏見 (バイアス) が働き、物事を正常の範囲 (大丈夫) だと自動的に認識する心の働きを「正常バイアス」とよぶ。

遺伝性疾患

親から子へ引き継がれる形質 (形や性質) を遺伝情報とよぶ。遺伝情報の変化により引き起こされる病気を遺伝性疾患という。ヒトの遺伝情報は、細胞の核にある約30億という膨大なDNA配列の形で受け継がれている。遺伝性疾患は、1つの遺伝子の変異で発症する単一遺伝子疾患、複数の遺伝子の変異が重なると発症する疾患や遺伝子の変異と環境的な要因の組み合わせで発症する多因子性疾患がある。単一遺伝子疾患はメンデルの法則に従う。

遺伝 (的) 影響 (関連項目「エピジェネティクス」も参照)

染色体の異常や遺伝子の突然変異が生じ、それが原因となって、親とは違った形や機能 (形質) が子孫に出現すること。「子孫に伝えられていく」という意味で「継世代的影響」ともいわれる。親の精子あるいは卵子といった生殖細胞に変異が起こらなければ、子孫へ伝わらない。

両親が全く同じ遺伝子配列ではないため、遺伝的影響の、「親と違った形質」の定義がいまいで、なんとなく理解できるがきわめてむずかしい内容である。通常、生殖細胞の形成段階の減数分裂での組み換えが起こるので、子で厳密には親の遺伝子配列は継承されない。また、胚発生の早い段階で変異が起こると、キメラではあるが見かけ上、変異形質となる。実際は、精神遅滞を含めて目で見て明らかな異常が子孫に出現しないと遺伝的影響があったとは言い難い。妊娠・流産率や子の性比、成長速度なども指標となり得る形質である。被ばくの遺伝的影響では通常、子と孫世代 (第二世代) までにのみに出現した変化を論じている。

ウェザリング効果 (weathering effect)

ある場所に沈着した放射性物質が、風雨等の自然要因によって移行し、その場の放射能が低減すること。

疫学

個人ではなく、ヒト集団を対象とし、疾病の発生原因や予防などを研究する学問。そのため、疾病など健康に関係したことの頻度・分布・要因を明らかにして健康障害への対策や防護までを考える学問分野。説明にあたって、「～した人たちの～%に～のような影響がでる」というように定量的に (確率で) 表現するため、手法として統計学を用いる。集団同士を比較するのであるが、集団間で条件がひとつだけ異なるならば結果の信頼性は高いが、通常は

複数の条件が異なるため、集団の取り方、選び方、観察期間などについて、結果を読み解くにあたって十分な注意が必要。

エピジェネティクス (epigenetics)

塩基配列の変化(変異)を起こさずに、DNA にあとから加わった修飾が遺伝子機能を調節する制御機構。DNA のメチル化やヒストンの修飾、タンパク質をコードしていない non-coding RNA によって起こる、遺伝子発現の調節。エピジェネティック変化が細胞分裂後も維持されると、変異と同じような固定した効果となる。

オフサイトセンター (緊急事態応急対策等拠点施設)

原子力事業所の緊急事態発生時に、国、都道府県、市町村および事業者の防災対策関係者が集合して、「原子力災害合同対策協議会」を組織し、連携の取れた応急対策を講じていく拠点となる施設。緊急事態が発生した敷地(オンサイト)から離れた外部(オフサイト)で現地の応急対策をとるための拠点施設。2000年施行された、「原子力災害対策特別措置法」で原子力事業所ごとに設置が規定された。国の原子力防災専門官および上席放射線防災専門官が常駐している。

オルガノイド (organoid)

幹細胞や組織幹細胞の性質(自己複製能と分化能)を利用して、試験管の中で自己組織化させることで3次的に形成された組織様構造で、培養にあたって足場を必要とする。生体内の複数種の細胞間の関係を模倣するため、オルガノイド(臓器もどき)とよばれる。これまでの培養細胞や、立体的ながらも足場を必要としないスフェロイド(spheroid 多細胞球状体)に比べ、解剖学的・機能的に生体内の器官(臓器)に近い特徴を有するため、疾患の病態の理解、創薬研究や移植医療への応用など、大きな可能性を秘めている。なお、スフェロイドの応用は、Robert M Sutherland らによる1970年代初めの細胞の放射線感受性についての研究が嚆矢である。

介入(放射線防護)(関連項目「行為」「防護三原則」も参照)

線源を撤去したり、被ばくの経路を変えたり、被ばくする人数を少なくすることにより、すでに存在する被ばくを低減しようとする人間活動。“介入”は緊急時被ばく状況と現存被ばく状況に適用できる。防護三原則のうち線量限度は適用されない。

科学的

科学の第一義的な目的は真理の探求であり、個人の好奇心の充足である。そのため、科学的とは、きちんと条件を合わせれば、だれがやっても同じ結果が出る、という再現性(客観的証明)が基本である。しかし実験には熟練、というかコツを必要とすることがほとんどで、他の人では無理でも、同一人物がやれば必ずうまくいく、すなわち落ち着いた実験条件を再現できることも科学的といえる。STAP細胞は他の人ばかりか、発案した本人にも再現できなかったため、問題となった。他に、数字で語れる(定量的)こと、被検群ときちんと比較できる対照群があることも必要である。最も簡単でだれもが納得するやり方は、条件をひとつだけ変えて(違えて)対象と比較する方法である。

今日、科学には社会性、すなわち最大多数の最大幸福(国民の利益)に役立つか、が強く求められている。「regulatory science (規制科学)」は、放射線被ばくや食品安全など、科学技術が何らかの形で関係のある問題に関して、政治的意思決定において社会的正当性が納得できる形でバランスをとるための科学。機能として、純粋科学的な知見によって、有効性と安全性を安全率というような幅を持たせて規制値や基準値を決定するための論理を示す。「trans-science (トランスサイエンス)」は、学に問うことはできるが、科学だけでは答えることができない問題群 (Weinberg AM: Science and trans-science. Minerva, 10, 209-222, 1972

)をさす。transには「超える」という意味があり、意思決定をするための論拠を求めた質問に対して、答えたいけれども科学ではお手上げ、ということになる。感覚的に確率は低いが起こると影響が大きい問題、たとえば巨大地震の起こる確率はいえても、どこにいつ起こるかは答えられないといった問題をさす。疑似科学(似非科学、トンデモ科学)は、科学を装っているが実は科学ではない言説をいう。方法として、確率や統計を利用して、ある種の意見が正しいと信じ込ませる、特に相関関係をあたかも因果関係があるように装ったり、確証バイアス(いったん期待や思い込みをもったりして、自分の思いに都合のいい事実だけに注意を払い、意に沿わない事象からは目を背ける傾向)を利用する。

核種

陽子数(原子番号)、中性子数とエネルギー準位で区別した原子核の組成。放射能をもつ核種を放射性核種、もたないものを安定核種とよぶ。陽子数と中性子数を足した数字が質量数。陽子数(原子番号)が同じで質量数が異なる原子核をもつ原子を同位体とよぶ。

確定的影響 → 確率的影響・非確率的影響

「非確率的影響」あるいは「組織反応」ともよばれる。

核燃料サイクル

核分裂性物質であるウラン 235 を含むウラン鉱の埋蔵量は、使用によって最終的には枯渇するとされており、ウランを効率よく利用する必要がある。原子炉を運用すると、核燃料のほとんどを占める分裂しないウラン 238 は、中性子を吸収してプルトニウム 239 になる。発電所で使用済み核燃料から、核燃料となるウラン 235 とプルトニウム 239 を取り出して(再処理)、二酸化プルトニウムと二酸化ウランとを混ぜた MOX (mixed oxide) 燃料に加工して再び原発で使用する、すなわち使用済み核燃料の再処理・加工を繰り返す工程を核燃料サイクルとよぶ。しかし、燃焼ごとに核分裂物質質量が減るため、サイクル数は限定される。核燃料の有効利用となるが、高濃度放射性物質を扱うことや最終的な高濃度廃棄物の処理をどうするかなどの問題を抱えている。MOX 燃料(プルトニウム)を燃料の一部として軽水炉(サーマルリアクター、thermal reactor)で使うことを、「プルサーマル」(プルサーマルは和製英語)という。

核反応(原子核反応)

原子核と他の粒子(原子核、中性子、陽子、光子等)との衝突によって起こる反応。散乱、吸収(捕獲)、分裂に分類される。

核分裂(関連項目「放射能、放射性壊変(放射性崩壊)」も参照)

核反応のひとつで、ウランのような重たい原子の原子核が壊れて、2つ以上の異なる原子になること。ほぼ同じ質量数の二つの原子核に分裂する頻度が高い。核分裂するときに、熱が発生し放射線が放出される。核分裂反応を瞬間的に起こさせて爆発すると高熱と大量の放射線を発生する原子爆弾となり、徐々に反応させてその熱で電気を起こすと原子力発電となる。

核分裂性物質

熱中性子との相互作用によって核分裂を起こす物質の総称で、主にウラン 235 とプルトニウム 239。

核崩壊(関連項目「放射性崩壊」も参照)

核には、原子核と細胞核があるのでややこしい。核崩壊は死にかけた細胞の核が断片化すること。原子核が安定化する過程で放射線を放出する現象は放射性崩壊とよぶ。

確率的影響・非確率的影響(確定的影響・組織反応)

ICRP pub 26 (1977)に明確な定義が述べられている。「確率的影響」とは、起こる確率が閾値のない線量の関数（直線閾値なし）とみなされる影響で、線量と重篤度は無関係である。影響として、具体的にはがん誘発と遺伝性疾患を指している。「非確率的影響」とは、これ以下では影響が出ないと考えられる「しきい線量」が存在すると考えられている影響で、その被ばく線量が大きくなると重篤度も大きくなる影響。たとえば、皮膚障害、白内障、組織障害、個体死である。被ばくしたことが確定して、その後起こった影響、という意味から ICRP pub 60 (1990) では「確定的影響」とよばれた。確定的影響を防止するためには、線量当量限度を十分低い値に設定して、生涯の全期間あるいは全就労期間の後でも、しきい値に達しないようにすることが必要である。近年、ICRP は確定的影響を「組織反応」とよぶように提案しているが、一般化していない。放射線の確率的影響である発がんへの影響は、約 100 mSv 以下ではわからないとしている。これは確率的影響にしきい線量があることになる。被ばく線量がしきい線量を超えたら全ての人に影響が出るのではなく、100 人中 1 人以上に影響が現れる線量をしきい線量としましょうと定義している (ICRP pub 103 (2007))。確率的影響にしきい線量があり、確定的影響に確率を取り入れているため、このような定義で放射線影響の話を始めることが正しいのかは疑問である。

加算性

何かの事象を語るにあたって、数字で表すと、人は大小・高低の比較ができる。全く異なっていて比較できないことも、数字にしてしまえば足し算・引き算で全体の比較もできる。たとえば、災害を復興にかかる金額に換算すれば、なんとなく感じていたものが、規模の大きさとしてイメージできる。放射線の確率的影響が直線閾値なし (LNT) と仮定すると、被ばくの状態にかかわらず、影響を規格化した線量の足し算で表すことができ便利だと考え、線量の単位 Sv が考案された。しかし、Sv に換算した線量に加算性があるという保証はない（証明はむずかしい）。また、Sv という線量を表示している単位ありきのため、「～Sv 以下の捕縛なので安心だ」というように、単位が影響を表示しているような誤解を与えていることに注意が必要である。

加速器

電極間の電位差を利用して荷電粒子を加速する装置で、直線加速器と、円形加速器であるサイクロトロンとシンクロトロンがある。最大で、光速近くまで粒子を加速させることができる。原子核/素粒子の実験には、粒子を固定標的に当てる「Fixed-target 実験」と、向かい合わせに加速した粒子を正面衝突させる「Collider 実験」がある。実用として、癌治療、新素材開発に利用される。加速器質量分析装置 (AMS ; Accelerator Mass Spectrometry) は、加速器 2 基を直列に並べて 2 回加速するタンデム型加速器と質量分析計を組み合わせた分析装置で、試料に含まれる同位体を物理的に分離し、その原子の一つひとつを計測できる。

活性酸素種 → ラジカル

荷電粒子

イオン化した粒子（重さがある）のこと。α 線（ヘリウムの原子核）や β 線（電子）は、荷電粒子線である。中性子線は非荷電粒子線である。

カーマ (kerma ; Kinetic Energy Released in Material)

中性子や X 線のような非荷電放射線について、実効線量や等価線量の算出に必要な線量で記号は K。単位が Gy (J/kg) なので、吸収線量と混同しないよう、注意が必要である。非荷電放射線に照射された物質の、ある注目した領域中に放出された、全ての荷電粒子（電子・陽電子対）の運動エネルギーの総和を、その領域の質量で割った値がカーマである。照射する非電離放射線が同じでも、物質によってカーマの値は異なる。制動放射を起こさな

いようなエネルギーの γ 線(300 keV以下)では、一定の領域の中だけでのエネルギー収支を考えればよいので、吸収線量と同じと考えてよい。ある領域における単位質量当たりの空気の吸収エネルギーは「空気(中)カーマ」とよばれる。

カリウム 40

放射性(β 線と γ 線を放出する)で、天然カリウム中に0.0117%の割合で存在する。一部は地球誕生時から存在したとされている。

癌とがん

眼でみて身体の一部にできた、明らかに正常とは違う塊が腫瘍。その中で、発生すると生命にかかわるような結果となる悪性腫瘍(悪性新生物)全体を「がん」とよぶ。外界につながる皮膚、消化器、呼吸器や泌尿器に起こった腫瘍を上皮性の「癌」とよぶ。身体の中である骨、筋肉、血液細胞に起こった腫瘍を「肉腫」とよぶ。がんはがん細胞の集まりで、がん細胞は正常細胞が異常になったもので、放っておくとどんどん増える(不死亡)、周囲の組織へ入り込む(浸潤)、血流やリンパ流によって遠くの離れた臓器に飛ぶ(転移)、命を縮めるような物質を産生して身体を弱らせる(悪液質)、などの形質によって、生命に危険を及ぼす。

換算係数

物理量から実用量(平均等価線量)あるいは防護量(実効線量)を導き出すための係数。外部被ばくの場合、フルエンス、自由空気中の空気カーマ、組織吸収線量に掛ける係数で、「線量換算係数」とよばれる。内部被ばくの場合は、放射能に掛ける係数で「線量係数」とよばれる。係数の数値は、線量を知りたいファントムの位置においてモンテカルロ法を用いて導く(ICRP pub 74 (1995), ICRP pub 103 (2007))。係数なので本来無次元であるが、実効線量を計算するため、外部線量はフルエンス、空気カーマあたりの実効線量を与える係数はそれぞれ E/Φ (Sv \cdot cm²), E/K (Sv/Gy)であり、内部線量を経口、吸入摂取した放射能から計算する預託実効線量の係数は $E(T)$ (Sv/Bq)である。

間接作用 → ラジカル

基準放射線(標準放射線)

放射線のRBEの値を実験的に求めるために基準とされた放射線(RBE=1)(ICRP pub 92 (2003))。当初、ラジウムを厚さ0.5 mmの白金の管に入れて α 線と β 線を遮蔽して濾過された γ 線が用いられた(ICRP 1951)。もっと定量的な表現として、ICRPは、水1 μ mあたり100イオンの平均電離、または水1 μ mあたり3.5keV (keV/ μ H₂O)のLETをもつ通常のX線の生物学的効果を1として、それに対する比率とした。基準X線として何が最も一般的かについては、文献によってまちまちであるが、管電圧250kVとするものが多い。また、何(細胞死や細胞変異など)を生物影響の指標にするかによって、また線量率によって(生物学的)RBEは異なる。放射線生物学的な影響解析ではきわめて重要な条件ではあるが、放射線防護の立場からは、エネルギーの大きさにかかわらずX線は1で、他の線質の放射線については、放射線加重係数 W_r はRBEの最大値に関連させて決められているので、基準放射線の意味はない。

汚い爆弾

炸薬などの爆発や非爆発手法によって、放射性物質を拡散させることによって汚染被害を発生させることを目的とした爆弾。核爆発の高エネルギーによる被害を目的とする核兵器と異なる。

吸収線量(関連項目「空洞理論」も参照)

ある物質の一定の体積の中で電離放射線によって付与される（物質が吸収した）エネルギー量。単位は J/kg かグレイ (Gy) で、照射を受けた物質の種類や放射線の線質にかかわらず共通して用いられる。Gy は、放射線防護を念頭においた単位で、光子や中性子のように、直接電離作用のない放射線では、付与されたエネルギーとして二次荷電粒子の量を計測する。粒子線の場合、飛跡に沿って単位質量あたりに失うエネルギー、すなわち質量衝突阻止能を用いて計算する。実は吸収線量には二つの異なった線量がある。ひとつは、物理的な正確さを保つために、放射線の強さが一定の微小な範囲における吸収線量である。この定義の吸収線量は線量当量を議論するときに使われる。もうひとつは、防護の立場から定義される吸収線量で、身体の臓器や組織のようにある程度の大きさの塊における平均の線量をさし、「平均吸収線量」とよぶべきものである。両方とも単位が J/kg なので、両者の区別がわかりづらくなっている。人体影響では、1 臓器当たりの平均吸収線量が問題となる。粒子線の場合、分布が不均一であるため、同一臓器内でも粒子線の当たった細胞と当たらなかった細胞が存在することになる。そのため粒子線源による内部被ばくでは、微視的にみると、平均吸収線量は臓器・人体影響を反映していない。しかし ICRP は、①粒子線は生物作用が強いので、当たった細胞の死ぬ確率は光子よりも高くなる、②細胞が減ったぶん、見た目の確率の影響は小さくなる、したがって放射線防護の立場からは、平均吸収線量は安全側に見込んだ数値となるので、おおざっぱな定義の吸収線量の評価でよいとしている。

急性放射線症（急性放射線症候群）

全身に 1 Gy 以上（10 Gy くらいまで）の放射線を一度に受けると、放射線感受性の高い臓器や組織を中心に障害が起きる。臓器ごとに放射線感受性と障害の現れる時期が異なるために、身体全体としての臨床症状は、被ばく後の時間経過とともに変化する。典型的には、前駆期、潜伏期、発症期の経過をたどり、その後、個体として回復するか死亡する。この一連の臓器障害を急性放射線症とよぶ。被ばく後 48 時間以内に見られる前駆症状により、およそその被ばく量を推定することができる。1 Gy 以上の被ばくで、食欲不振、悪心、嘔吐が、4 Gy 以上で頭痛、6 Gy 以上で下痢や発熱といった前駆期症状が現れる。その後の潜伏期は線量が多いほど短くなる。発症期に入ると、線量増加とともに造血器障害、消化管障害、神経血管障害の順で障害が現れる。皮膚は被ばく直後に初期皮膚紅斑がでることもあるが、皮膚障害は、被ばく後 2～3 週間経ってから現れることが一般的である。

許容線量

ICRP pub 1 (1958)で規定された概念で、特定の期間内に許容しうる線量の最大値として規定された。ICRP pub 9 (1965)では、職業上の被ばくに対する線量当量限度に相当するものを「最大許容線量」とよんだが、現在は使われない。ICRP pub 26 (1977)以降、「線量限度」が用いられている。

緊急時被ばく状況 → 被ばく状況

空洞理論（原理）(Bragg-Grey)

1936 年グレイ (Louis Harold Gray) とブラッグ親子 (William Henry Bragg and William Lawrence Bragg) によって考案された原理。ある量の物質が放射線に一樣に照射されているとき、その物質の中に埋めた空洞の吸収線量から空洞周囲の物質の吸収線量を求める方法の原理。仮定として、①空洞とその壁は、線量を知りたい物質内で照射している荷電粒子の数、エネルギー、または方向を変更しないほど、十分に小さい、②空洞の壁は、空洞と物質の界面では二次電子平衡であるように十分厚い、とする。放射線によって空洞内の気体（空気）の吸収線量（生成したイオン対数）は空洞内に置いた電極に流れる電流によ

って計測できる。物質（人体の場合、水）の単位質量あたりの吸収エネルギーは、空気の吸収線量に空気と水の質量衝突阻止能の比をかけ算して求める。

グローバルフォールアウト（global fallout）

フォールアウトは、「放射性降下物」のこと。1950年代から1963年に部分的核実験禁止条約（PTBT）で禁止されるまで、多くの大気圏内核実験が実施された。核分裂生成物の微粒子は、大気循環流によって地球上の全域に拡散し、降水とともに地上に降下して、地表や農作物に放射性汚染をもたらした。この放射性降下物は、特にグローバルフォールアウトとよばれ、その中で半減期の長いストロンチウム90やセシウム137は福島第一原発事故後でも検出されている。

クーロン力（静電気力）

二つの荷電粒子間にはたらく力。電荷の＋が異なれば引力となり、同じであれば反発力となる。力の大きさは距離の2乗に反比例し、両方の粒子のもつ電荷の積に比例する（クーロンの法則）。

計画的被ばく状況 → 被ばく状況

蛍光作用

ある物質が放射線や紫外線が当たることによって余分のエネルギーを蓄積し、その物質が元の安定な状態にもどるために、余分のエネルギーを特有な波長の光として放出する作用をさす。このような光を蛍光といい、蛍光を発する物質を蛍光物質という。放射線によって物質構成原子の内殻電子が外殻にはじき出され（励起）、もともと内殻電子の存在した空間（空孔）に外殻電子が落ちて埋める時、余ったエネルギーが蛍光X線として放射される。蛍光X線は、元素固有のエネルギーをもっているため、モズレー則により元素の同定と、エネルギーのX線強度（光子の数）により、その元素の定量が可能になる。蛍光ガラス線量計（RPLD；RadioPhoto-Luminescence glass Dosimeter）は蛍光作用を応用した線量計で、放射線が照射された銀イオンを含有するリン酸ガラスを紫外線で刺激すると蛍光を発する。この現象はラジオフォトルミネセンス（RPL）とよばれ、蛍光量が放射線量に比例する。特長として、繰り返し読み取りが可能で、データの再現ができる。フェーディング（RPLの光量が時間の経過とともに減少すること）が少ない。

原子と元素

物質を構成する基本的な粒子を原子とよぶ。原子は正の電荷をもつ原子核と、負の電荷をもつ電子から構成されている。さらに、原子核は正の電荷をもつ陽子と、電荷を持たない中性子で構成されている。原子核のもつ陽子の数が原子番号で、陽子と中性子の数の合計が質量数（原子量はほぼ質量数）である。各原子のことを核種とよぶ。陽子数が等しい原子のグループを元素とよぶ。元素というグループ内の各核種を同位体とよび、重さは違っても化学的な振る舞いが同じなため、分離がむずかしい。核燃料となるウラン235をウラン238から分離する方法として、フッ化ウランとして気化して、物理的な質量の違いによる遠心分離法や、運動速度の違いを利用するガス拡散法がある。

原子力安全委員会

1974年の原子力船「むつ」の放射線漏れを機に1978年に設置された。職務は原子力の安全確保のための規制に関する事項について企画、審議、および決定することであった。直接安全規制するのは経済産業省原子力安全・保安院、文部科学省などであり、規制行政庁から独立したこの委員会がさらにそれをチェックするという多層的体制となっていた。1990年のJCOウラン加工工場における臨界事故を機に、機能・体制が抜本的に強化され

た。原子力事故のたびに機能が強化されたが、福島第一原子力発電所事故を契機に原子力安全規制体制が抜本的に改革され、本委員会は解消され、2012年に原子力規制委員会に移行した。

原子力規制委員会

原子力安全規制と利用の分離と、規制に係る業務の一元化を主な方針として、環境省の外局として設置された。同委員会は、国家行政組織法3条2項に基づいて設置された委員会（三条委員会とよばれる行政委員会）として独立性が高い。同委員会の事務局として原子力規制庁が置かれている。

原子力災害（わが国に大きな影響を与えた）の例

・**原子爆弾投下**：1945年、広島・長崎が相次いで被爆した。被ばく線量は、初期放射線である直接被ばくによる外部被ばく線量が主で、線量評価の結果は2002年に公表された（DS02）。初期放射線の中性子によって放射化したものからの誘導放射線と核分裂生成物・核物質を含む、いわゆる「黒い雨」による外部・内部複合被ばくもあったと考えられるが、これらの線量評価はむずかしい。のちに原爆の人体影響を解析するために放射線影響研究所が設置された（放射線影響研究所「わかりやすい放射線と健康の科学」https://www.rerf.or.jp/shared/basicg/basicg_j.pdf）

・**第五福竜丸事件**：1954年3月1日、米国は、水爆実験である「キャッスル作戦」の一環として、中部太平洋のマーシャル群島ビキニ環礁で広島原爆の1,000倍の破壊力といわれる水素爆弾「ブラボー」の爆発実験を行った。遠洋マグロ漁船である第五福竜丸は、東側に160km離れたマーシャル群島で操業していた。この海域は米国が当初危険水域としては設定していなかったが、乗員全員の23人が死の灰に被ばくした。被ばくは焼津に帰港するまでの14日間続いたことになる。後になって、第五福竜丸以外にも危険区域内で多くの漁船が操業していたことが明らかとなった。この水爆実験で放射性降下物を浴びた漁船は数百隻、被ばく者は2万人を越えるとみられている。この海域で獲れて水揚げされ、放射能汚染が認められたマグロやサメは築地で処分されたという。日本政府は2か月後には調査船、俊鷗丸（しゅんこつまる）をビキニ海域へ派遣している。研究者のほぼ手作りからなる計測器による調査によって、はるかに広い海域が汚染されたことが明らかになった。なお、第五福竜丸はいくたの変遷を経て、東京都立第五福竜丸展示館（夢の島公園）に永久展示されている。この事件が、放射線医学総合研究所の設置と日本放射線影響学会の設立の契機となった。（三宅康雄：死の灰と戦う科学者。岩波新書、1972；明石真言、他：ビキニ水爆関係資料の線量評価に関する研究。厚生労働科学研究費補助金 健康安全確保総合研究分野 健康安全・危機管理対策総合研究；伊東英朗：放射線を浴びたX年後。講談社、2014）

・**原子力船「むつ」放射線漏れ**：日本初の原子力船「むつ」は、実験航海に向けて、1969年6月に進水し、以後、青森県むつ市の大湊港を定係港とし、1974年8月28日、本州東方海上において原子炉の初臨界を達成した。しかしその直後に生じた放射線（中性子線）漏れを放射能漏れと報道され、大問題となり、母港への帰港すらできない状態となる。スケジュールは大幅に遅れたものの、点検・整備を経て再開され、実験航海は終了した。廃船の決定後、1992年から解役工事を始め、2001年7月から原子炉室「むつ科学技術館」に展示・保管されている。

・**スリーマイル島（TMI）事故**：1979年3月28日、米国のスリーマイル島原子力発電所2号機で発生した重大な原子力事故。蒸気発生器に冷却水を送り込む主給水ポンプの停止により、機器の故障や誤操作が重なり、原子炉内の冷却水が減少して、炉心の上部が蒸気中に露出し、燃料の損傷や一部の構造物がメルトダウンし、INES（国際原子力・放射線事象評価尺度）においてレベル5の事例とされた。事故処理、除染、廃棄物処理の技術開発、風評被害対策、被災者への長期的なアフターケア、国際的な視点での訴訟処理に対する技術など、多くの問題が提起された事故であった。しかし、この事故を受けて、原子力安全委員会の機

能強化はされたものの、残念ながら、わが国の原子力安全神話を揺るがすことにはならなかった。

・**チェルノブイリ（チョルノービリ）原発事故**：1986年に、旧ソ連ウクライナのチョルノービリ（チェルノブイリ）村に立地していた原子力発電所で起きた事故で、大量の放射性物質が外部に放出された。2008年のUNSCEAR報告によれば、この事故により、ウクライナイやベラルーシで1万人以上の小児の甲状腺が放射性ヨウ素によって500mSv以上の被ばくをしていたとされている。線量—反応関係から推定される線量あたりのリスクは、原爆データや医療のX線被ばくから推定される外部被ばくのリスクとほぼ同等であった。原爆データでも確認されていたことではあるが、チョルノービリ事故では小児の放射線感受性が高いことをあらためて実証したが、この事故に関連して、放射性ヨウ素以外の内部被ばくでがんの増加を有意に検出したという信頼できる報告はない。「チョルノービリ事故による被ばくの研究は長期被ばくの晩発影響を明らかにする可能性があるが、被ばくのほとんどが低線量の場合には、がんの罹患あるいは死亡は疫学的に検出することは困難であろう」とされている。（Cardis E, et al : Risk of thyroid cancer after exposure to ¹³¹I in childhood. J Natl Cancer Inst 97, 724-732, 2005）

・**JCO ウラン加工工場臨界事故**：1999年9月30日、株式会社JCOで起きた、わが国で初めて死者を出した臨界事故。高速増殖炉の研究炉「常陽」で使用される核燃料の加工作業を杜撰に行ったために至近距離で多量の中性子線を浴びた作業員3名中、2名が死亡した。また、作業従事者ばかりでなく公衆の被ばくが問題となった最初の事故でもあり、原子力災害対策特別措置法が制定される契機となった。

原子力施設

原子炉、原子力発電所、核燃料の加工・転換施設、同位体分離工場、再処理工場、使用済燃料貯蔵施設など、放射能と放射線の有害な影響から人と環境を守ることについての配慮が必要な規模の施設。

原子炉

核分裂の連鎖反応を維持しながらエネルギーを取り出す装置。減速材（核分裂で発生した高速中性子のスピードを落として、次の核分裂を起こしやすい状態にする）、冷却材（核分裂によって発生した熱を取り出す）や燃料によって分類される。

・**減速材による分類**：軽水を用いる軽水炉（LWR, Light Water Reactor）と重水を用いる重水炉（HWR, Heavy WR）がある。水は安価で大量に入手でき、高速中性子の減速能力が大きく、冷却材を兼ねることもできるため、わが国の原子炉は全てLWRである。しかし、中性子吸収量が大きく、連鎖反応を確保するために燃料として濃縮ウランが必要となる。重水は高価ではあるが、中性子吸収量が小さいために燃料効率が良く、HWRでは安価な天然ウランを燃料として使える。減速材として安価で中性子の吸収が少なく減速も良好な黒鉛（炭素）を用いる黒鉛炉も天然ウランを燃料にできるが、燃料利用効率が悪く、廃棄物として核兵器の原料となるプルトニウム239を生じやすい。

・**冷却材による分類**：軽水炉と重水炉では、冷却材として減速材と共用している。その他の冷却材として、炭酸ガスやヘリウムガスを使うガス冷却炉、ナトリウムを用いる高速増殖炉などに分類される。

・**蒸気の発生法による分類**：原子炉内で水を沸騰させた蒸気で発電用タービンを回す沸騰水型原子炉（BWR, Boiling Water Reactor）と、原子炉内につくった高温高压の水を蒸気発生器に送り、原子炉内の水とは別の水を沸騰させて発電用のタービンを回す加圧水型原子炉（PWR, Pressurized WR）に分類される。

・**開発段階による分類**：①開発目標としている型の炉を建設するためのデータを得る実験炉、②その炉型で最終目的が達成できるかどうか、たとえば発電用であれば実際に発電ができるかどうかを確認するために建設する原型炉、③実用規模プラントの技術の実証と経

済性の見通しを確立するために作られる実証炉，④経済的には他のエネルギー供給力と競合できる段階にある実用炉，に分類される。

減速材

ウラン 235 の核分裂は，低エネルギーの中性子（熱中性子）で起こしやすい。そこで，原子炉の中で連鎖反応を継続させるために，核分裂の結果生成した高速中性子を減速させて熱中性子を得るための物質が減速材である。中性子の吸収なくして減速のみできる材質が理想的である。1 回の散乱で中性子が失う平均エネルギーは，原子番号が小さい元素の原子核と衝突する場合ほど大きく，中性子の吸収も起きにくい。そのため，減速材としては安価な軽水がよく用いられるが，このほかに中重水，炭素なども用いられる。原型炉の段階では性能や安全性の確認が主に行われ，経済性は重視されていない。経済性を確認するためにつくる炉は実証炉とよばれるが，工学的には原型炉と大きな違いはない。

現存被ばく状況（関連項目「被ばく状況」も参照）

なんとか制御あるいは管理しなくてはいけないけれど実際は被ばくが起きている状況で，緊急時被ばく状況に対する処置がひと段落ついているが，まだ目的の被ばく量まで下がっていない状況。

行為（放射線防護）（関連項目「介入」も参照）

線源を導入したり，被ばくの経路や被ばくする人の数を変えたりすることにより，新たに被ばくが増える人間の活動で，計画的被ばく状況においてのみに用いられる。したがって防護三原則が適用される。「介入」は，緊急時被ばく状況と現存被ばく状況に適用できる概念で，防護三原則のうち線量限度は適用されない。

光子（線）

X線や γ 線のように重さのない放射線。 α 線（ヘリウムの原子核），中性子線や β （電子）線は重さがあり，粒子線とよばれている。

高速増殖炉

炉心周辺を使用済み核燃料（劣化ウラン）で囲み，「高速」の中性子を利用してウラン 238 から燃料となるプルトニウム 239 を生成する。発電などに消費する核燃料よりも新たに生成する核燃料であるプルトニウムを「増殖」するので，高速増殖炉という。高速増殖炉は，高速中性子をそのまま利用するもので減速材は使用しない。原子炉で発生した熱の冷却材には，中性子を減速・吸収しにくいナトリウムを使用し，ナトリウムの熱を水蒸気に変え，タービンを回す。ナトリウム漏洩による火災事故を起こした実証炉である「もんじゅ」は廃炉の決定がなされた。もんじゅの廃炉決定はしたものの，高速炉は使用済み核燃料を再利用できるため，核のごみが小さくなるとされ，核燃料サイクルに必要とみられている。そのため現時点では，政府による，実証炉を建設するための基本設計をするか否かの判断が必要とされている。

コーデックス（食品の国際規格）

ラテン語の Codex Alimentarius は直訳すると「栄養の古文書」で，当初，オーストリア・ハンガリー帝国で成立した。1962 年以降，いろいろな食品の基準の集約文書を基として，国際連合食糧農業機関（FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations）と世界保健機関（WHO）が共同して作成している国際的な食品の安全・品質・公正な取引に貢献するための食品規格である。食品規格計画の実施機関がコーデックス委員会である。

交絡因子

疫学調査で原因と結果の間の解析に影響を与える因子。放射線影響であれば，被ばくした

集団と非被ばく集団を比較する場合に、被ばく時年齢、性別、観察時年齢、飲酒・喫煙などの生活習慣、地域などが結果に影響し、判断を誤ることになる。交絡因子の影響を除外するために、被ばくしたか否か以外は全く同じ条件であることが望ましい。

国際単位系 SI (Système International d'unités)

1875年に締結されたメートル法を国際十進数をベースにした世界共通の単位体系とすることを取り決めた多国間条約である、メートル条約が起源になっている。物理量のうち基本量である、時間(秒 s)、長さ(メートル m)、質量(キログラム kg)、電流(アンペア A)、熱力学温度(ケルビン K)、物質質量(モル mol)、光度(カンデラ cd)の7つを定義して、各基本量に基本単位を決めている。それらの乗法、除法で導かれる基本単位の組み合わせで表現する単位を「組立単位」とよぶ。組立単位が複雑になると実用上で不便なため、固有の名称と記号をつけた単位もあり、組立単位として用いられる。長さ・質量・時間の三つの基本単位を組み合わせ、しかも比例の定数が一になるようにして得られた単位を誘導単位とよぶ。ひとつの量にひとつの単位だけを使うという原則がある。放射線関係では組立単位として、ベクレル(Bq)、グレイ(Gy)、シーベルト(Sv)の3単位と電子ボルト(eV)のみが生き残って、キュリー(Ci)とレントゲン(R)は使われない。なお、ナノ、センチ、ギガなどは接頭語とよばれる。

コホート研究・症例対照研究

調査時点で仮説として考えられる要因をもつ集団ともたない集団を追跡し、両群の疾病の罹患率または死亡率を比較する方法。目的とする疾病(健康障害)の患者集団とその疾病に罹患したことのない人の集団を選び、仮説が設定された要因に曝露されたものの割合を両群比較する方法が「症例対照研究」。比較的簡単に調査が行え、追跡調査が不要という長所があるが、症例と特性のそろった対象を選択することが困難な場合がある。なお、疾病の原因を現在から未来に向かってデータを収集する「前向き研究」と、過去にさかのぼって探そうとする「後ろ向き研究」という分類もある。コホート研究は前向き研究であることが多く、症例対照研究は後ろ向き研究である。因果関係を明らかにできるという点において、コホート研究のほうが症例対照研究よりも信頼性の高い情報が得られる。原爆被爆者疫学調査や福島県県民健康調査はコホート研究で、被ばく集団の疾病発症頻度を性別や年齢分布が等しい非被ばく集団での期待値と比較する。被ばくと疾病の時間的前後関係を正しく評価できるが、数年から数十年の追跡調査が必要である。個人の被ばく量を正確に評価できないことや、思い出しバイアスの影響を受けやすく、交絡要因の影響を十分に制御できないことが問題となる。症例対照研究では、癌などの疾病に罹患した症例群と性別・年齢などをマッチさせた健常者からなる対照群を選び、過去の被ばく線量を調査し両群で比較する。すなわち、集団として定義できないため、疾病頻度は比較できない。関連性の指標としてオッズ比を用いる。

コンパートメント (compartment)

一次反応速度則によって特徴づけられる、体内の放射性物質の数学モデル上のたまり場所を箱状に模してコンパートメントとよぶ。コンパートメントはほぼ臓器と同義ではあるが、組織や血液なども含めて、その中では放射性物質が均質に分布していると仮定できるひとくくりをさす。

コンパートメントモデル

外と物質の出入りを行っている系(人体)において、ある特定物質(放射性物質)の量的行動のみに着目し、系をいくつかの箱(コンパートメント)の連結とみなして、箱を流れの断面(フラックス)で連結し、系の物質移動を数学的に記述するモデル。放射性物質による被ばく量を考える場合、被ばく量を知りたい臓器や個体を一つの箱として、その箱の

放射性物質の量を移動（出入りの流れ）で連結して数学的に記述する模型のことをいう。箱が臓器であれば、他の臓器と、個体であれば個体を取り巻く環境とのやりとりとなる。また、ひとつの臓器でも、移動速度の速いフラックスと遅いフラックスがあれば、それに応じた複数の箱からなるように表現される。それぞれ箱の内では、放射性物質が入ってきても瞬時に一様に混合（均質に分布）する、また、他の箱との間では明らかに動態の違いがあると仮定している。放射性物質の動態からみると、血液も一つの箱である。放射性物質が瞬間的な混合と均一な動態を仮定している（松原純子：コンパートメント・モデルとその周辺。保健物理 12, 1-11, 1977）。

サイクロトロン（cyclotron）

1931年、ローレンス（Ernest Orlando Lawrence）が創案したイオン加速器である。荷電粒子が磁場の中を通るとき曲げられることを利用して、固定した磁界で円軌道をとらせることができる。磁界の中に設けた電極（D電極）間の高周波電界により、うず巻型の軌道をとらせながら次第に加速する装置。医療のPETで使う放射性同位元素は半減期数時間以内と短寿命なので、生成後すぐ使う必要があり、医療機関近くに設置した小型装置で作られる。サイクロトロンは、加速用の高周波電場を作る周波数も磁場も一定であるが、シンクロトロンは円軌道の半径が一定となるように磁場とD電極を加速した粒子に同期させている。

最適化（防護） → の放射線防護の三原則（放射線防護の項目内）

細胞

身体を構成する最小単位。成人個体で37兆個、約200種類の異なる細胞からなっているといわれている。細胞の内部に核、ミトコンドリア、ゴルジ体などの細胞内小器官が存在する点については、各細胞間でほとんど大きな違いはない。人体は、一つの受精卵が分裂を繰り返して増殖し、最終的に37兆個の細胞から構成されている（Bianconi E, et al: An estimation of the number of cells in the human body. Ann Hum Biol 40, 463-471, 2013）。分裂・増殖する間に身体を構成する細胞ははたらきの異なるさまざまな細胞に分化する。寿命を迎えた細胞が死んでも新しい細胞で補うことによって、人体全体としての健康が維持されているが、分裂できる回数が細胞によって決まっており（Hayflick 限界）、細胞を補えなくなると最終的に個体の死を迎える。人体にとって必要な一つのまとまった機能をもった塊が臓器（器官）とよばれている。ドイツの病理学者ウィルヒョウ（Rudolf Ludwig Karl Virchow）は細胞病理学を著し、全ての細胞は細胞から生じること、すなわち疾病は個体を形成する細胞の変調であることを唱えた。

細胞分裂

ヒト細胞は父親由来と母親由来の染色体が対になっているため、2倍体（2n）細胞とよばれる。細胞分裂には同じ細胞がふたつになる体細胞分裂と、1倍体である配偶子（精子・卵子）を生み出す減数分裂がある。身体が成長するために多くの細胞が必要となったり、怪我で細胞が失われたりすると、細胞は体細胞分裂によって増える。体細胞分裂は細胞周期とよばれる一連の事象を繰り返すことによって、実行される。細胞周期は大きく4期〔G1期（間期）、S期（DNAを複製する期間）、G2期（間期）、M期（顕微鏡で観察される核分裂が起きる、DNAの分配期）〕を繰り返す。最終的に分化した細胞はG0期で分裂を止める。iPS細胞は身体各細胞（体細胞）を人工的に若返らせたもので、iPS細胞から身体の臓器を構成するあらゆる細胞を作ることができる。分化した細胞がその特徴となる機能や形態（分化形質）を失うことを脱分化とよぶ。がん細胞は、特徴となる分化度に応じて高・中・低・未分化がんとして表現され、未分化癌ほど予後が悪い傾向にある。

参考レベル（防護）

すでに被ばくが起きている緊急時被ばく状況と現存被ばく状況では、線量限度は適用できない。それに代わって、参考レベルは重大な身体的障害を防ぐための対策を優先するために定められる線量値のこと。一般公衆の場合、年間 20～100 mSv の間に参考レベルを設定し、可能な限りの被ばく線量低減を進める。緊急措置や人命救助に従事する人の場合、状況に応じて 1,000 または 500 mSv を制限の目安とすることもあととされている。その後、現存被ばく状況に入ると、参考レベルは、緊急時よりは低く、平常時の線量限度よりは高い、年間 1～20 mSv の間に設定されるべきとされている。

CT（Computed Tomography）検査

画像診断のために身体の周囲から X 線をあてて、身体の中の吸収率の違いをコンピュータで処理し、身体の断面を画像にする検査法。検査の目的によっては、造影剤を使用する造影 CT や、がんの診断には PET と併用する PET/CT 検査もある。

しきい値（しきい線量， threshold dose for tissue reactions）

組織反応のしきい線量のこと。所定の組織反応（確定的影響）が頻度 1% だけ発生すると推定される線量と定義されている（ICRP pub 118 (2012)）。

自然起源放射性物質（NORM； Naturally Occurring Radioactive Materials）

放射性核種のうち、地球誕生以来地殻に存在するものや宇宙線により生成されたものを自然放射性核種とよび、これらの核種を含む物質を NORM とよぶ。NORM は一般に利用される多くの鉱物に含まれており、採掘や精錬に伴って飛散し、公衆の被ばくが問題となることもある。そのため、規制免除を含めて事業者が講ずべき事項が「自然起源の放射性物質を含む物の利用に関するガイドライン」にまとめられている。

実効線量（関連項目「等価線量」「防護量・実用量」も参照）

臓器ごとに受けた等価線量（線質を考慮した吸収線量）に個々の臓器の放射線に対する感受性の違いを反映させた組織加重係数で重み付けをして、総和をとった線量。LNT モデルを前提とした確率的影響のリスクに注目して、その評価に用いられる線量で、臓器の被ばくによる全身への影響（損害の総計）を定量化したものと考えられる。ICRP は、実効線量を個人被ばく量の評価に用いるのではなく、被ばく管理と防護の適切さを検証するために用いているため、標準人のボクセルファントムを用いて実効線量を算出するようにしている。これによって、実効線量は計測された線量当量から一義的に決まることが明確となった。

実効線量係数

体内に取り込んだ放射性同位元素の種類とその放射能がわかっているときに、それによる内部被ばくを計算するための係数で、単位は Sv/Bq。核種、化学形、摂取経路（経口あるいは吸入）によって体内分布や臓器への集積量が異なるうえ、実効的半減期で決まる期間で減衰し、遮蔽が不可能なので、内部被ばくではすべての種類の放射線による被ばくを考慮しなければならない。成人では摂取したときから 50 年間、子どもでは摂取した年齢から 70 歳までの被ばくを積算したものをを用いる。これを預託実効線量という。実効線量係数は、1 Bq を 1 回摂取したものとして、核種、摂取経路、年齢の条件に合わせて ICRP によって実効線量係数の表が提供されている。預託実効線量は、摂取した年の 1 年間に受けたものと見なして、その年の外部被ばくの実効線量と合計し、その合計値が線量限度を超えないように個人の被ばくを管理する（ICRP pub 119 (2012)）。

実効的半減期

体内に摂取した放射性同位体の放射能は、物理的半減期 (T1/2) で決まる速さで減少するが、さらに、人体のさまざまな代謝・排泄機能によって体外に排出される。そこで、核種の物理的半減期 T_p (=上記の T1/2) だけでなく、摂取した放射性物質の一部が代謝・排泄によって体外に出て、最初の量の 1/2 になるまでの時間である生物学的半減期 T_b も考慮しなければならない。この両方を考慮した半減期を実効的半減期 T_{eff} という。これらの半減期には

$$1/T_{eff} = 1/T_p + 1/T_b \quad \text{すなわち} \quad T_{eff} = T_p T_b / (T_p + T_b)$$

の関係がある。当然ながら、 T_{eff} は、 T_p 、 T_b のいずれよりも短い。

実用量 → 線量当量

サーベイメータや個人線量計などの放射線計測器で測定可能な線量として導入された線量を実用量とよぶ。「周辺線量当量」「方向性線量当量」「個人線量当量」が定義されている。

集団実効線量

ある集団 (グループ) が被ばくした場合、放射線防護を目的として、その集団全体の被ばく量を表す場合に用いられる線量。グループの平均実効線量 (従来平均実効線量当量) にそのグループの人数を乗じたもので、単位は人・Sv。被ばく期間、積算する被ばく量の上限值と下限値を記載する。集団実効線量は、影響が被ばく線量値と人数に比例することを前提としており、被ばくした集団の個人のリスクをむやみにあおらない配慮が「必要である (ICRP pub 60, 1990)。

重粒子

ヘリウム (α 線) より大きい原子番号をもつ原子の原子核 (重イオン)。イオンを加速器で加速させて生成する。日本では、がん治療における「重粒子線」とは、「炭素線」をさす。

寿命調査 (LSS ; Life Span Study) (関連項目「被爆者」「調整死亡率」も参照)

放射線影響研究所による、広島・長崎の原爆放射線が死因やがん発生に与える長期的影響の調査を主な目的として、被爆者の生涯にわたる健康影響を調査する研究プログラム。1950年の国勢調査で広島・長崎に住んでいたことが確認された人の中から選ばれた約 94,000 人の被爆者と、約 27,000 人の非被爆者から成る約 12 万人の対象者を追跡調査している。

1958 年からは、LSS 対象者の中から選ばれた約 20,000 人について追跡調査が行われており、この調査は成人健康調査 (AHS ; Adult Health Study) とよばれる。1977 年には LSS 対象者約 2,400 人と胎内被爆者約 1,000 人が追加された。健康診断に含まれる項目は、一般的検診、心電図、胸部 X 線、超音波検査、および生化学検査などである。

ジュール (joule,J)

物理学における仕事と熱量を結びつけた英国の物理学者ジュール (James Prescott Joule) にちなんだ単位。1ジュールは以下のように表記される。

1N (ニュートン) の力がその力の方向に物体を 1m 動かしたときの仕事 (N·m)

1C (クーロン) の電荷を電圧 1V (ボルト) の区間動かすのに必要な仕事 (C·V)

1W (ワット) の仕事率で 1s (秒) 間した仕事 (W·s)

SI 基本単位による表記 : $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$

生涯リスク (放射線の生涯リスク) (関連項目「リスク」も参照)

観察期間とは無関係に、ヒトの一生を通じて発生する放射線に基づく健康障害 (リスク) のこと。観察する影響 (事象) は特定のがん、がん全体、寿命の短縮などである。広島・長崎の被爆者や原発事故作業員について、集団として、日本人全体の年齢別集団に観察される

事象の分布と比較して導き出されるリスクのこと。何歳までを生涯とするかは報告によってまちまちだが、目安として平均寿命（84歳）までは5歳刻みに分け、85歳以上は一括して一つのグループにして比較している。相対リスクと絶対リスクのどちらを考えるかで、線量での調整をする必要があり、多くの仮定が入り込むうえ、集団の人数が大きくないと確定した結果を得ることはできないという問題がある。

照射線量（関連項目「カーマ」も参照）

空気カーマのうち、標準状態（0°C、1気圧、乾燥）の空気と相互作用した光子（X線、 γ 線）が生成した二次電子が完全に停止するまでに生成するイオン対のうち、一方の符号（+か-）の電荷を合計した電荷量のこと。要するに、光子によって空気中に発生する電荷量の密度。再現性に優れていること、空気の実際的な原子番号が人体の軟部組織に近いために、人体影響の指標に使えるという利点があった。照射線量の単位は当初、レントゲン（R）であったが、小文字rを経て、SI単位でクーロン（C）/kgと定義された（1974年）。1C/kgは、光子線の照射によって標準状態の空気1cm³（0.001293g）あたりに1静電単位（esu、すなわち3.3356×10⁻¹⁰C）の（正または負の）イオンが発生したときの放射線の量をさす。

空気吸収線量（Gy）との関係は、

$$1\text{ R} = 3.3356 \times 10^{-10} / 1.29 \times 10^{-6} \text{ C/kg-air} = 2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg-air} = 8.77 \text{ mGy}$$

である。

自由電子のもつ電荷は -1.6×10^{-19} [C]なので、1Rは1.6125×10¹⁵個/kg-airの自由電子を作るようなX線や γ 線ということになる。

症例対照研究 → コホート研究・症例対照研究

職業被ばく（関連項目「放射線防護の三原則（放射線防護の項目内）」も参照）

放射線業務従事者（作業員）が自らの仕事（職務）の結果として被る被ばくのこと。放射線を扱う事業所の管理者が、作業員が被ばくすることはやむを得ない、と心得ていることが前提で、作業時に受ける被ばくのこと。自然放射線による被ばくは、原則的に職業被ばくに加算しない。職業被ばくにおける防護は、行為の正当化、防護の最適化、線量限度の3原則が適用されるが、それは放射線源を完全に制御できる状況（計画的被ばく状況）という、理想的な状況下に限った話である。原子力災害などに際して、被ばくの可能性や線量について情報を知らされたうえで、志願して人命救助活動に参加する、または破滅的な状況を防ぐことを試みる（他者への便益が救命者のリスクを上回る場合）といった状況（緊急時被ばく状況）での職業被ばくの場合には、線量制限はない（ICRP pub 60 (1990), pub 103 (2007), pub 75 (1997))。

使用済み核燃料（関連項目「劣化ウラン」も参照）

核燃料は燃焼（使用）すると、ウラン238からは核燃料物質となるプルトニウム239が生成される。しかし、燃焼が進むにつれて、核分裂性のウラン235もプルトニウム239も減少することによって、中性子発生数と発熱量が低下する。さらに、核分裂生成物が大量に蓄積することによって、核分裂の持続性が低下する。また、燃料被覆管には、腐食や変形による寿命が存在する。このような理由から、核分裂性物質を使い果たす前の適当な時期に原子炉から取り出し、新しい核燃料と交換する必要がある。この取り出された核燃料を使用済み核燃料とよぶ。

新型転換炉（ATR；Advanced Thermal Reactor）

減速材として重水（中性子の吸収が少ない）、冷却材として軽水を使う原子炉のことで、カランドリアタンク（減速材の重水を入れるタンク）内に、燃料の入った圧力管を並べた構造をしている。核分裂の熱によって圧力管内の冷却水（軽水）を加熱して生成した蒸気でタービンを回転させて発電する。中性子を効率的に利用でき、濃縮度の低いウラン燃料でも発

電が行える。転換比（ウラン 238 がプルトニウムに転換する割合）は軽水炉に比べて高く、その使用済み核燃料からはより多くのプルトニウムが得られるため、この点でも燃料利用効率の向上が期待できた。1970 年、福井県敦賀市に原型炉「ふげん」が建設され、1978 年より本格運転が開始された。1995 年、高コストを理由に原子力委員会決定において、実証炉以降の開発計画は全て取り止めとなった。

スカイシャイン

原子力施設から放出された放射線（主に γ 線）が大気中の酸素や窒素原子の軌道電子と衝突して生じた散乱放射線のこと。原子力施設の緊急時に公衆が被ばくするため、防護上の問題となるため、モニタリングの対象となっている。施設から漏洩・透過してきて被ばくする直接放射線とともに、直達線とよばれる。放射性物質由来である放射性プルームと区別される。

ステークホルダー（利害関係者）（関連項目「トレードオフ」も参照）

例として、原子力施設が活動を行うことで影響を受ける利害関係者をさす。影響の受け方で、大きく直接的と間接的ステークホルダーの 2 群に分けられ、さらに種々の条件で複数のグループに分けられる。リスクコミュニケーションは、あらゆる群のステークホルダーと情報を共有し、理解を深めることを目的として行われる。

スピーディー（SPEEDI；System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information, 緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム）

原子力施設周辺住民の防護を進めるために、放射能の漏出、モニタリング情報と気象情報から事故発生事業所周辺環境の放射性物質の分布と被ばく線量の予測（拡散予測）を迅速に行うシステム。米国スリーマイル島事故を受けて1980年から開発が始められ、1984年に基本システムができあがった。拡散予測情報は文科省の非常災害対策センター、オフサイトセンター、そして当該地方自治体（県）に報告されることになっていた。開発・運用には総額120億円を超えた予算がついた。2014年10月8日、原子力規制庁は、緊急時における避難や一時移転等の防護措置の判断にあたって、実効性のある緊急時モニタリング等、測定体制の充実強化を図るが、SPEEDI による計算結果は使用しない、という決定をした。これは、福島第一原子力発電所事故の教訓として、原子力災害発生時に、いつどの程度の放射能の放出があるかなどを把握すること、および気象予測のもつ不確かさを排除することは、いずれも不可能であるため、SPEEDI による計算結果に基づいて防護措置の判断を行うことは被ばくのリスクを高めかねないとの判断による。しかし、2016年3月11日、原子力関係閣僚会議は、「地方自治体が避難計画立案などの事前の備えはもちろん、緊急時の判断においても、自らの責任で「SPEEDI」を用いることを「妨げない」とする決定を行っている（原子力と地域社会に関する社会科学的研究支援事業平成 28 年度研究成果報告書「SPEEDI」とは何か、それは原子力防災にどのように活かせるのか？」<https://www.vill.tokai.ibaraki.jp/material/files/group/16/5be40a8126d6b.pdf>）。

制動放射

電子が原子核の近傍を通過するときに、原子核の電界によって減速され、その際失ったエネルギーを X 線として放出する現象。放出される電磁波を制動放射線または制動 X 線とよぶ。

生物（学的）効果比（RBE, Relative Biological Effectiveness, Relative Biological Efficiency）

同じ吸収線量であっても、線質やエネルギーの違いにより生物に及ぼす効果に量的な差がある。その違いを数字で表したもの。対象となる放射線が基準放射線と同じ条件下で同じ生物学的効果を与える線量の比で表し、大きいほうが生物影響は大きい。値は生物学的効果

として何を観察するかによって RBE は変わってくる。現在、RBE は放射線生物学のみに用いられる。RBE は、線量が 0 に近づくと徐々に大きくなり、一定の値に近づき最大となる。これを RBE の最大値 (maximum) として、RBEM と表す。放射線防護における確率的影響の RBE に相当するものが、放射線加重係数 (W_R) である。防護では、影響評価を安全側に見込みたいため、放射線加重係数としての RBE 値は最大で一つだけでないといけない。低線量において一般に、確定的影響の RBE 値は、確率的影響に対する値より低い(ICRP pub 58 (1989), NCRP Report 104 (1990), ICRP pub 92 (2003))。

線エネルギー付与 (LET, Linear Energy Transfer)

電離放射線が物質の中を通過する際に、飛距離の単位長さ当たり物質に与えるエネルギー量のことであり、放射線の線質の違いを知る指標。LET が小さい (低 LET) X 線や γ 線では電離イオンの分布が広範囲で疎であるが、高 LET 放射線である粒子線 (β 線以外の) では、粒子線の飛跡の間近に密に生じる。すなわち粒子線の周囲にしか影響しないが、効果は大きい。吸収線量は 1kg 当たり吸収されるエネルギーの総量 ($1\text{Gy}=1\text{J/kg}$) といったようにきわめて巨視的なものであるため、同じ吸収線量であっても、実際の生物体内では、LET の違いによって、放射線から与えられる効果は異なる。放射線の走行 (飛跡) からどれだけの範囲を考慮するかで LET の値は異なる。

線減弱係数

光子線が吸収物質中で単位走行距離あたりに相互作用を行う確率のこと。

線質 (関連項目「放射線」も参照)

放射線の種類とエネルギー。放射線は、電磁波 (光子) で質量のない γ 線、X 線と、重さのある粒子線に分類される。電離放射線には荷電粒子 (α 線や電子線など) のように原子・分子を直接電離することができる直接電離 (性) 放射線と、X 線や中性子線のように、いったん原子の束縛電子 (X 線・ γ 線) や原子核 (中性子線) と相互作用して荷電粒子線を発生させ、二次的に発生した荷電粒子線 (二次電子) が物質に電離作用を及ぼす間接電離 (性) 放射線がある。

線質係数 Q (関連項目「放射線加重係数」も参照)

放射線の生物影響は、①放射線の電離能力で決まる、②細胞は水で満たされている、そのため、確定的影響も確率的影響もひっくり返して放射線の生物影響は水を電離する能力で決まると考えられた。そこで、線質の違いを水への LET の大ききで決まる係数として、これを線質係数と定義した。特に無限大飛跡の水への LET から導出されたことを示すために線質係数を Q (L) と表記する。1991 年以前 (放射線加重係数 W_R の導入前) は、防護のために決定臓器において吸収線量 \times 線質係数である線量当量が許容線量を超えることがないかを確認することが重要であった。モニタリングや確定的影響からの防護に関わる線量として、吸収線量に線質係数をかけた線量当量を用いる。線質係数は無次元なので本来、線量当量の単位は J/kg だが、吸収線量と区別するために防護では、線量当量の単位に Sv を用いる。しかし、この Sv が複数の線量概念を表すため、混乱を招いている。

潜在被ばく

一般的なリスクと同じ概念。行為に伴って、確実というわけではないが、発生する可能性のある被ばくのこと。潜在被ばくからの防護では、損害の大ききと発生確率の両者を考慮する必要がある。

線量

X 線の発見以来、線量をどう定義するかについて長い議論と変遷があった。放射線に被ば

くしても、そのエネルギーが物質に吸収されなければその物質に影響を及ぼすことはない。線量評価の目的が放射線防護、事故、治療のいずれかによって、線量に対する考え方がやや異なる。物理的な線量と生物・人体影響を加味した線量を混同しないことが肝要である。放射線を当てる、ということから「照射線量」が、物質がエネルギーを放射線から奪って吸収するということから「吸収線量」が考えられる。放射線は物理的な性質、すなわち元素に作用して電離することが本質なので、どれだけの電子を原子から飛び出させるかを測ることが線量を測る基本になる。しかし、元素ひとつの変化を捉えることは計測することからも、放射線の作用をみることから現実的ではないので、被ばくした塊に起こる変化を計測することになる。当初、放射線としては光子である X 線だけが考えられていた。そのため、X 線が基準空気 (0°C, 湿度 0%) に一定の電離を起こす線量を「照射線量」として、単位レントゲン (R) が提案された (現在使われていない)。現在は、放射線の照射によって物質の単位質量あたりに吸収されるエネルギー量 (J/kg) である吸収線量を線量の基本とし、単位はグレイ (Gy) である。照射線量も空気の電離量を表しているの、実体は、空気の吸収線量を表している。

ヒトの確率的影響については Sv を、線質による生物学的効果比を考慮した確定的影響については、同程度の急性効果の現れる γ 線の吸収線量を指標として、生物学的 γ 線相当線量, Gray Equivalent (GyEq, Gy-Eq), あるいは Cobalt Gray Equivalent (CGE) を用いる。しかし、SI 単位系では接尾辞を用いないことになっているため、これらの単位は公式の表現とはいえない。ICRU Report 78 (2007) では RBE 加重吸収線量 (D_{RBE}) として Gy を使用するよう推奨している。

表：さまざまな線量概念

分類	線量
物理量	吸収線量, カーマ線量, 照射線量
防護量	実効線量, 等価線量
実用量	1cm 線量当量, 70 μ m 線量当量

量の名前	単位記号	定義
照射線量	C/kg (1R = $2.58 \times 10^{-4} \text{C} \cdot \text{kg}^{-1}$)	光子によって単位質量あたりの空気中に生成される正または負の電荷量
吸収線量	Gy = J/kg (1rad = 0.01Gy)	放射線の照射によって物質の単位質量あたりに吸収されるエネルギー量
カーマ	Gy	非荷電の放射線照射の一次効果によって物質の単位質量あたりに発生する荷電粒子の運動エネルギーの総量
線量当量	Sv = J/kg (1 rem = 0.01 Sv)	吸収線量に線質係数 (生体への照射効果を示す因子) を乗じたもの
放射能	Bq = s^{-1} (1Ci = 3.7×10^{10} Bq)	放射性同位元素が単位時間あたりに壊変する数
中性子放出率	s^{-1}	中性子源より単位時間あたりに発生する中性子の数
粒子フルエンス	m^{-2}	照射場の単位面積を通過する電離能力のある粒子の数
等価線量	Sv (J/kg)	吸収線量に放射線加重係数をかけたもの
実効線量	Sv (J/kg)	等価線量から全身への影響を勘案した線量

線量限度 → 放射線防護の三原則（放射線防護の項目内）

線量効果関係（用量効果関係）

生物に対して化学物質や物理的作用（放射線や温度など）の刺激を与えたときに、刺激の用量・濃度や強さと、生物の反応（症状や効果など）との間に見られる関係をいう。横軸に刺激の強さ、縦軸に生物反応を示す個体の頻度（%）をとってプロットすると、ある刺激の強さがそれ以下では見られない場合、その刺激の強さをしきい値とよぶ。線量効果関係に固守するあまり、ICRPの歴史は人体影響を絡めて線量をどう表現するかとの闘いの歴史ともいえる。

線量拘束値

複数の線源を利用する行為から個人が受ける被ばくが線量限度を超えないように、線源ごとに設定する個人線量に関する目標値。

線量・線量率効果

低LET放射線（X線・ γ 線）では、同じ線量を受けてもどれだけの時間の間に受けたかによって生物影響の程度が異なることで、一般に線量率が低くなると効果が減少する。そのため、低線量でのリスクを推定するために用いられる係数。低線量・低線量率照射で同じ線量の急照射1回と同じ効果を得るのに要する線量の逆比を線量・線量率効果係数（DDREF：Dose and Dose Rate Effectiveness Factor）とよぶ。ICRP pub 60 (1991)では、DDREFを2としている。すなわち、同じ影響を及ぼすために、低線量率被ばくでは高線量率被ばくの2倍量の線量が必要であるという意味。しかし、WHOは生涯リスクの計算上、ことさらに2を用いる必要はないとし、線量率は1としている。

線量当量

放射線管理と防護のために、サーベイメータや個人線量計などの放射線計測器で計測できる線量として導入された線量を実用量とよび、モニタリングのために外部被ばくに関して計測すべき放射線量として、ある一点における（すなわち体積を考えずに位置のみを考えている）吸収線量に基づく実用量としてICRUが定義した線量を線量当量とよぶ。単位はSvだが、1977年のICRP勧告まではrem (roentgen equivalent in man)を使用した(1Sv=100 rem (ICRU report 39 (1985))). 実用量は物理量としての線量そのものではなく、物理的線量を反映した近似線量である。放射線防護を念頭においているため、①あたかも実際に計測されているようにみえること、②放射線防護を目的とした実効線量よりも高めに表示されることが必要条件である。計測器の読みがSv表示であれば、線量等量が示されていることになる。何を測定しているかによって、大きく2つに分けられる。一つは、ある場所の均質で一方向からの放射線量を評価するために用いる周辺線量当量と方向性線量当量である。もう一つは、個人の被ばくした放射線の線量を評価するために用いる「個人線量当量」である。現場で計測値は線量当量なのに、線量限度は線量等量にさまざまな計算過程（仮定）を経た、実効線量で示される。この矛盾を解決する方便として、実用量（いずれかの計測値）も実効線量よりも大きな数値となるように調整している。そのため、防護量も実用量も単位はSvであるが異なる概念なので、注意が必要である。

以下の3つの異なる概念の線量当量が定義されている。

- ① **周辺線量当量（空間線量当量）**：サーベイメータなどで計測する空間線量で、もともとは放射線業務従事者を守るために、放射線作業現場の環境放射線量をモニタするために考えられた。福島第一原発事故後は、環境の汚染のモニタとしても使われている。放射線は広い範囲で一方向からくると仮定して、その中にICRU球を置いて、放射線の方向と同じ方向の球の半径の上の一点で最大となるように（放射線と垂直な面に検出器の窓を置いて）計測したと仮定した線量。

- ② **個人線量当量**（個人モニタ量）：作業者の身体に装着した個人線量計で計測した線量。ICRU スラブゲルに垂直に放射線が入射したものと仮定して、通常、表面から 1 cm の深さで計測した線量。
- ③ **方向性線量当量**：計測器に対して検出器が垂直でない角度の場合の線量当量で、透過力の弱い放射線の場合、計測結果が最大となる放射線と計測器の方向を選んで計測する。あまり使われない。

線量評価

放射線の計測法は、放射能や吸収線量など、いろいろある。それらの計測値から最終的に人や生物あるいは臓器の被ばく量を計算して導き出すこと。

線量率

単位時間当たりの放射線量

臓器（器官）・組織

生体はひとつの機能をもった単位がそれぞれの機能を分担した集まりからなっている。機能単位で、肉眼的に明らかなひとつの塊を臓器（器官）とよぶ。ある一定の機能をもった細胞やその周囲の集まりで、特に顕微鏡で観察される大きさのものを組織とよぶ。肝実質細胞、胆管、血管、線維（結合組織）などの組織が、秩序をもって集まって、一つの機能単位としての肝臓という臓器を形成している。

組織加重係数（ W_T ）

人体が均等に外部被ばくした結果生じた損害全体に対して、個別の臓器・組織の損傷が全身の確率的影響のリスクにどれくらい寄与しているかを表すために、相対的な寄与を勘案するために考えられた係数で、組織加重係数の総和は 1 となる。組織加重係数の設定は防護を目的としており、数値は放射線の線質、性・体格・年齢によらず、臓器別にのみ一義的に決められている。各臓器について、組織加重係数×等価線量を算出し、それらを全て足し合わせた線量が実効線量である。

組織反応（関連項目「確率的影響・非確率的影響」も参照）

確定的影響のこと。近年、ICRP は、正常組織に起こる反応として確定的影響よりも組織反応という言葉を使うことを提案しているが、浸透していない。

阻止能

α 線や β 線のような荷電粒子は、物質との相互作用（電離や励起）によって減速し、エネルギーを失う。線衝突阻止能は、荷電粒子が物質中において衝突によって単位長さあたりに失うエネルギー。単位は、J/m または keV/ μ m。線衝突阻止能を物質の密度で除したものを質量衝突阻止能とよぶ。原子を取り巻く電子との相互作用なので、粒子の速度が減少すると電子と関わる時間が延びるために阻止能は増加する。

損害（デトリメント, detriment）

ICRP が提唱した、低線量・低線量率の放射線被ばくによる確率的影響の健康への悪影響を定量化するための考え方。組織加重係数を決めるために考案された概念。有害な影響の発生する確率と重篤度の両方を考慮して、ある集団の全員が同一の放射線源に被ばくしたとして、被ばくした集団とその子孫（通常、被ばくした個人の孫世代まで）が蒙るであろう、考え得るあらゆる健康上（生活の質へ）の害。「損害」の要素は、確率的な量、すなわち①被ばくによってもたらされる致死がんの発症率、②非致死がんの重みづけ確率（治療に罹った日数など）、③重篤な遺伝性影響の重みづけ確率、④害が発生した場合の寿命短縮年数である。これらを考慮することを「損害（デトリメント）で調整する」という（ICRP pub 103

(2007)).

中性子（関連項目「放射線」「熱中性子」も参照）

原子核を構成する無電荷の粒子。ラザフォード (Ernest Rutherford) が存在を予言し、チャドウィック (James Chadwick) が証明した。原子核が核分裂するなどの際に、運動エネルギーをもって原子核の外へ飛び出す中性子のことを中性子線とよぶ。電荷をもたないので、電磁気力の影響を受けない中性子線は透過性が高く、入射した物質の原子核と直接反応することができる。光子が主に軌道電子と相互作用するのに対して、中性子は原子核とのみ相互作用を行う。原子核との相互作用は、衝突の前後で運動エネルギーが保存される「弾性散乱」、衝突の際に原子核が励起され、そのぶん中性子の運動エネルギーが減少する「非弾性散乱」、中性子が相手の原子核に吸収されてしまう「捕獲」がある。中性子が原子核に作用すると、中性子の運動エネルギーや結合エネルギーを余分に与えられて、原子核は不安定になって放射性物質になり、粒子線や γ 線を放出するようになる（放射化）。ウラン、プルトニウムのように原子量の大きな物質では核分裂を起こす。

直線しきい値なし仮説 (LNT, Linear Non-Threshold model)

原爆被爆者の疫学研究や動物実験によって中等度線量の被ばくで、発がんや遺伝子変異が線量に比例して起こったことから類推して、低線量域でもほんのちょっとでも放射線に被ばくすると線量の増加に比例して確率的影響の頻度（主にがんの罹患率）が増加すると考えること。LNT 仮説は、線量率は無関係で、放射線影響の頻度は線量の総和に比例するという考え方で、「確率的影響を LNT モデルに当てはめても矛盾しない」としている。科学的にもっともらしく、放射線防護という実用的な目的のためには十分に慎重であるとする考え方。LNT 仮説をもとに、ICRP は放射線からの防護を目的として、確率的影響の頻度を係数として勘案した線量 (Sv 単位) を足し算してその総和が、最終的な確率的影響の頻度を反映した線量を表すように単純化している。

直線二次曲線 (LQ, Linear Quadratic model) モデル

放射線による細胞死実験や染色体異常を指標とした実験から得られた結果を説明するためのモデル。影響の出方が、ある程度低い線量では線量に比例して、それよりも高い線量域では線量の2乗の関数に当てはまる、両者は連続的で被ばくしていない場合は影響がないとするモデル。放射線の標的が DNA であり、もともと DNA 二本鎖切断の一方に傷がある場合、もう一方の鎖に、ある程度低い線量で1ヒットが起こると線量に比例して DNA に傷害が起こり、もともと無傷の DNA の傷害は2ヒットによって起こるとすると、イメージとして考えやすい。LNT は防護（晩発影響）を念頭において「仮説」とよぶが、LQ は実験結果（急性影響）を説明するための「数理モデル」である。

デトリメント (detriment) → 損害

電子

原子を構成している素粒子のひとつで、 -1 電荷をもつ。原子内の軌道から自由に移動できない電子を束縛電子とよぶ。対語は自由電子。電子の反粒子が陽電子で $+1$ の電荷をもつ。陽電子は陽子過多の原子核の β^+ 崩壊により生成される。また、 1.022 MeV 以上のエネルギーの電磁波と電磁場の相互作用により電子と陽電子が生成される（電子対生成）。なお、生成した陽電子は電子と結合し 0.511 MeV の2本の γ 線（消滅放射線、消滅 γ 線）を反対方向に放出して消滅する。消滅放射線は、PET 検査に利用される。

電子線 → β 線

電子ボルト (eV)

真空中で電子一つが 1 V の電圧で加速されるときに得るエネルギーを 1 eV と表記する。あらゆる分野の物理学，化学，半導体工学などで幅広く使用されるエネルギーの単位で，X 線や γ 線を含めて，放射線のエネルギーの単位としても使われる。特に，放射能濃度から被ばく線量や吸収線量を算出するために必要な単位である。1 eV = 1.602×10⁻¹⁹ J

電離（イオン化）と励起

物質を作っている単位である原子は，原子核とその周りを回っている軌道電子からなっている。軌道電子が原子の外までたたき出されてしまう場合を電離とよぶ。電氣的に中性だった原子のほうは，マイナスの電荷をもった軌道電子が失われてしまうため，全体としてプラスの電気を帯びることになる。このように，軌道電子の数が，原子核の陽子の数と一致せずプラスあるいは，マイナスの電荷をもつようになった原子や分子をイオンとよぶ。軌道電子が原子から飛び出さず，外側の軌道に飛び移る場合は，原子は電氣的に中性のまま，“興奮状態”になり，これを励起とよぶ。空いた軌道の外側の電子が空いた軌道を埋めるときに放出される放射線は，ふたつの軌道エネルギーの差に相当する波長のピークがあり，特性 X 線とよぶ。特性 X 線のうち，励起に X 線を用いたものを蛍光 X 線とよぶ。特性 X 線は微量の元素分析に用いられる。

電離放射線 → 放射線

等価線量

被ばくした臓器も線量も同じであっても，放射線の種類とエネルギー（線質）によって影響が違ふ。同一線量であれば，高 LET 放射線では低 LET 放射線に比べて生物学的効果が大い。吸収線量に放射線の種類による重みづけである，放射線加重係数 w_R （それ以前に使用されていた線質係数に代わるもの）を掛けたものを等価線量と定義する。放射線の生物影響の大きさを単純に表現することは困難である。しかし防護のためには，影響の数値化と単純化をする必要がある。等価線量は防護を目的として，線質によって一義的に決められている。単位は Sv。

統計学

限られた数からなる，採取された標本（サンプル）から母集団の傾向や性質を客観的に数値で推測する体系。統計学では，複数のデータの相関関係を分析する回帰と群間の差の検定が中心の課題であったが，モデルを仮定してそれが実際と矛盾しないか検定することによって因果関係も明らかにしようとしている。しかし，相関や回帰の分析はできても，因果関係は推論できるにすぎない。

時計文字盤工

1910 年代後半から 1925 年にかけて，米国では時計の文字盤がいつでも光るように，蛍光作用の強い α 線を放出するラジウム 226（半減期 1622 年）を混ぜた蛍光塗料が筆を用いて文字に沿って塗られた。若い女工がこの作業をして筆の穂先を舌で整えたために，ラジウムが口から体内へ取り込まれた。そればかりか容器内の塗料からの γ 線によって 7-46 mGy/年の外部被ばくもした。さらにラジウム由来の空気中ラドンも吸引した。それによって顎骨の炎症，貧血，頭部のがんや骨肉腫が発症した。これらのがん以外の原因による寿命短縮や乳がんの発症には明確な関係は認めなかった。約 4,000 人がこの作業に携わり，その半数で体内ラジウムが計測されたとしている(Rowland RE : Radium in humans : A review of U.S. Studies. Argonne, Illinois, Argonne National Laboratory, 1994 (PDF)).

トレードオフ (trade-off)

何かを得ると，別の何かを失う，相容れない関係。放射線利用において，しばしば用いら

れるのは、リスクと便益のトレードオフであるが、福島第一原発事故以前は、利害関係者（ステークホルダー）が同一人物・同世代であったが、時間軸も含んで現時点での選択が後世代の利害にどう関わるかが顕在化したのではなかろうか。汚染の低い地域のお年寄りが避難生活のストレスで健康をかえって害する、というように、リスクを回避することによって新たなリスクを生じるという、リスクトレードオフ（反リスク）が問題ともなっている。

トリウム 232

トリウムの同位体は、27種全てが放射性同位体。ほぼ100%を占めるトリウム232は、半減期140.5億年と、地球誕生以前から存在したことになる。放射エネルギーの99%が α 線、1%が γ 線である。以前は、ランプのマントルに使われた。モナザイトとよばれるリン酸塩鉱物には、10%のトリウムが含まれるため、モナザイトの多い地域が高バックグラウンド放射線地域となる。なお、インターネットなどで売られている家庭用ラドン温泉の元には、モナザイトが入っていることが多いが、出来上がった風呂水のラドン濃度は水道水と変わらないとされる。

トロトラスト

二酸化トリウムのコロイド溶液で、第二次世界大戦に血管造影剤としてドイツから輸入された。投与時の副作用が少ないために、2万人ともいわれる傷痍軍人に投与された。いわゆる細網内皮系に沈着し、肝悪性腫瘍を発生した。わが国では1950年頃まで使用されたが、米国では放射性発がんが懸念され、1930年代には使用禁止となっていた。

鉛

鉛は炭素族元素と同じグループに属し、金属の中で一番大きな質量数をもつ。知られている4種類の安定同位体のうち、鉛204の量は地球誕生以来変わっていないが、鉛206（ウラン系列）、鉛207（アクチニウム系列）、鉛208（トリウム系列）は生成され続けている。特に、ウラン系列の途中に生成されるラドン222、鉛214（半減期約27分）、鉛210（半減期約22年）やポロニウム210（半減期約138日）は、自然放射線からの内部被ばく線量の大きな割合を占めている。

二次電子

電子（一次電子）が物質に当たって発生した電子。二次電子のエネルギーは小さく、物質内で発生したものは物質中で吸収される。狭義では表面近くで発生して物質表面から放出される電子を、広義では一次電子以外のもの全てを「二次電子」とよぶ。

熱中性子

エネルギーの高い中性子（速中性子）は物質中を拡散する間に原子核と衝突を繰り返して、エネルギーを失う。運動エネルギーが低くなって、常温での熱運動のエネルギー0.025電子ボルト程度になったものが熱中性子。核に吸収されて核反応を起こしやすいため、軽水炉、重水炉、ガス炉は熱中性子による核分裂を利用した原子炉である。

バイアス（疫学における）（関連項目「正常バイアス」（「安心・安全」の項目内）も参照）

解析に際して、系統誤差を生じる要因のことで、以下のようなものがある。

- ・ **選択バイアス**：研究対象者の選び方で生じるバイアス。研究対象にすべきであるのに研究対象から外れてしまったり、ある特徴をもった偏った対象が選ばれたことによって生じる。

- ・ **情報バイアス**：観察方法や測定方法で生じるバイアスで、対象者によって回答が変化しやすい方法や、対象者によって違う測定方法で行ったりすることで生じる。

・**思い出しバイアス**：研究参加者に対して過去の出来事や経験を想起させて得られた回想の正確性や完全性の違いから生じる系統的な誤差。（岩井建志，大野良之：バイアスの種類とその対策（1）．日循協誌 34，42-45，1999）

倍加線量

生物の一代の間に自然に起こっている突然変異の割合を2倍に増加させる放射線量。マラー（Hermann Joseph Muller）がショウジョウバエの実験から得られた結果について最初に用いた言葉。放射線防護の立場から，集団に対する遺伝的影響などを推定する一つの目安ともされている。

発がん

正常細胞ががん細胞になるまでに，さまざまな遺伝子の異常段階を重ねる。がんとして，不死（無限増殖），浸潤，遠隔転移する能力を獲得することが特徴である。がんの形質で最も重要な変化である不死化では，細胞分裂を進める遺伝子が活性化したり，細胞死を起こす遺伝子が不活性化した場合に起こる。化学的要因としての発がん物質，ウイルスなどの生物学的要因，そして物理的要因としての放射線とさまざまな発がん要因によって，遺伝子に変異したり，変異を起こしやすくなるゲノム不安定性が起こる。その不安定性の標的となって，直接発がんに関わるような遺伝子の変異が積み重なって，がん細胞となる。発がんに関わる遺伝子はドライバー遺伝子とよばれており，がん遺伝子とがん抑制遺伝子に分類される。多くのドライバー遺伝子があるが，発がんの原因よりもがん化する細胞の種類によってどのドライバー遺伝子の変異が起こるかが，共通していることが多い。放射線を浴びた生体にこれらの遺伝子変異が見つかったとして，どの臓器のがんであるかによる特徴はあっても，残念ながら，放射線によって発生したがんであることを証明する遺伝子変異が見つかる可能性は低い，ということになる。最近，がんの生物学で明らかになってきたこととして，がんは変異遺伝子がどの細胞も同じである単クローン細胞の集まりというわけではなく，がん幹細胞というがん細胞の親玉がいて，それが子分のがん細胞を増やしているということ。必ずしも遺伝子変異がなくても，遺伝子発現が変化すること（エピジェネティクス）によるがん化という過程がある。また，放射線の非標的効果も知られてきており，放射線に被ばくした細胞ではなく，被ばくした細胞の近隣の細胞ががん化する可能性も考える必要がある。

パラメトリック法（parametric）

統計用語。母集団がなんらかの分布，たとえば正規分布に従っていると仮定し，その母数に対して，統計的推測を行う方法のこと。t検定はパラメトリック手法で，標本サイズが小さい場合に結果が不正確になる。母集団に一切の分布を仮定しない場合の統計解析手法をノンパラメトリック法とよぶ。検出力はパラメトリック手法に劣る。カイ二乗検定はノンパラメトリック手法。

パラメトリック検定	ノンパラメトリック検定
独立したサンプルの t 検定 Unpaired-t-test	マン-ホイットニーの U 検定 Mann-Whitney U test
対応のあるサンプルの t 検定 Paired t-test	ウィルコクソン符号付順位検定 Wilcoxon signed rank test
1 元配置分散分析 One-way ANOVA	クラスカル-ウォリス検定 Kruskal-wallis test
反復測定による 1 元配置分散分析 Repeated measures ANOVA	フリードマン検定 Friedman test

反応断面積

物質に入射した粒子が物質中の原子核と反応を起こす確率に相当する概念で、大きいほど反応が起こりやすい。単位は以前はウラン原子核の反応断面積を 1barn (b, バーン) とされていたが、面積なので現在は m^2 を使う。 $1 b = 10^{-28} m^2$ である。

非確率的影響 → 確率的影響・非確率的影響

比実効エネルギー (SEE ; Specific Effective Energy)

摂取した放射性物質が集積した線源臓器から、注目している標的臓器がどれだけ内部被ばくしたかの線量評価を行うために使う数値。単位は Sv/壊変 (壊変は無次元量なので、単位 Sv で表現されるもう一つの顔)。線源臓器に放射性物質が一様に分布しているとして、その放射性物質の単位壊変あたりに標的臓器が受ける線量当量 (組織等価線量) の大きさ。得られた組織平均吸収線量にその放射線の線質係数が掛けられている。MIRD 法 (米国の核医学会内に設置された Medical Internal Radiation Dose (MIRD) Committee によって発表された内部被ばく線量評価法) では、線源臓器での、ある放射性核種の単位壊変あたりに標的臓器が受ける組織平均吸収線量の大きさを S 値 ($mGy/Bq \cdot s$) とよんでいる。

人とヒト

人間を動物としてではなく、人格をもった特別な知的存在としてとらえる場合、「人」を使う。動物界の中で生物学の中での研究対象であり、個人の人格を無視した動物としてとらえる場合はヒト科であることを省略して「ヒト」と表記する。ウシも同様で、私たちの感情移入がある場合、牛と記述している。

被ばく状況 (関連項目「放射線防護」も参照)

原子力や放射線事故に際して、公衆の被ばくを低減するために運用される防護の基準を考えるための分類。①計画被ばく状況 (放射線源を作業者の思いどおりに扱える、日常的な作業を実施している状態で、被ばく量が予測可能な状態)、②緊急時被ばく状況 (重大な放射線事故で線源が制御できないため、緊急の対策を必要とする状態)、③現存被ばく状況 (放射線防護策を考えないといけない被ばく状態) の3段階に分けて、防護原則を定めている。計画被ばく状況では、一般公衆の線量限度は $1 mSv/年$ であるが、緊急時も現存被ばく状況も制御不能なので、合理的に達成できるような上限値をその状況に応じて、年間実効線量で目標である参考レベルを決めて低減する。現存被ばく状況の参考レベル、すなわち防護の最適化を目指すための指標として用いる値。福島第一原発事故では年間 $20 mSv$ を避難指示基準としたため、帰町村の目安が「 $20 mSv$ 以下」よりも「 $20 mSv$ 」が独り歩きして、安全基準のようになっている。(ICRP pub 103 (2007), pub 111 (2008)).

被爆者 (ヒバクシャ)

カタカナや英語表記の場合、広島市・長崎市内で原子爆弾によって被害を受けた人たちをさす。熱線と放射線で即死した人たちと、生き残って放射線被ばくに悩む人たちがいる。今までのところ、被ばくは、瞬間的な外部被ばくが主で、直接被ばくと原爆の中性子による放射化した物質からと考えられている。しかし、黒い雨や粉じんを含めた放射性物質による内部被ばくもあったことは事実である。現在の放射線防護体系は、犠牲者である被爆者の健康影響の疫学調査の結果に負っているが、現在のところ、外部被ばくのみがあったとして、中性子による誘導放射線や内部被ばくの線量は含んでいない。

非標的効果

古典的に高線量放射線において説明される、放射線の生物影響は細胞核内の DNA (標的) の初期損傷に起因するという考え方では説明しきれない、低線量放射線によって起こる現

象．適応応答，バイスタンダー効果など．なお，間接効果（影響）は，放射線のエネルギーが直接に標的分子に与えられず，他の分子（生体内では水分子に作用して生じたラジカル）を介して間接的にエネルギーが与えられることによって影響を生じること．

病気（疾病）

現在の医学的な考え方は「すべての細胞は細胞から生じる」という，プロシア（現在のドイツ）の病理学者ウイルヒョウ（Rudolf Ludwig Karl Virchow）の言葉に由来している．細胞は細胞分裂によって増え，分裂できなくなると老化や死を迎える．個体を構成している細胞に変調をきたし，それが積もり積もって目にみえる病気となると考えられる．ある病気の本態を解明しようと思えば，その元となる異常な細胞の何が異常か解明できれば解決する，という理論で，治療は細胞を正常に戻すことが目標となる．この考え方は現在も通用するが，細胞同士の関係も重要であることがわかってきた．要するに，がんを理解しようとするならば，がん細胞だけをみてはだめで，がん細胞とその周囲の正常細胞との相互作用を考えることなしには成り立たない．

標準化死亡比（SMR, Standardized Mortality Ratio）

年齢構成に着目した，ある集団の死亡率（人口10万対の死亡数）と基準集団の死亡率の比で，通常，百分率で表す．原爆被爆者の寿命を検討する場合には，被爆者の年齢構成に合わせた被ばく量0の基準集団を抽出して，被爆者死亡率を基準集団死亡率で割ったもの．標準化死亡比が100より大きいと我が国の平均より死亡率が高いと判断される．

標準人

職業上被ばくする平均的成人を示すために考えられた，概念的な成人．ICRP pub 23 (1975)で規定した解剖学および生物学的特性をもつ人体．欧米人の平均的な解剖学および生物学的特性を有している．実効線量は直接測定することが不可能な線量であるため，標準人ボクセルファントムを用いた線量計算により評価する．2003年，ICRP pub 89ではアジア人の特性を考慮したデータの改訂が行われた．（河村日佐夫：特集：ICRP Publication 70「放射線防護に用いる基本的な解剖学的生理学的データ：骨格」について．保健物理 31:418-421, 1996）

標準動植物

線量評価をして，さらにその線量を生物影響に関連づける目的で考えられた，解剖学的，生理学的，および陸棲・水棲などのライフスタイルの特性を考慮して，分類学上の科のレベルの基本的な生物学的特性を備えた仮想的実体である．標準動植物の選定では，生息環境が偏在していないことや既存の毒性データが存在し，実用上防護対象となることなどが考慮され，シカ（大型陸生哺乳類），ラット（小型陸生哺乳類），カモ（水生鳥類），カエル（両生類），マス（淡水魚），扁平魚（海水魚），ハチ（昆虫類），カニ（甲殻類），ミミズ（環形動物）マツ（大型陸生植物），イネ科草本（小型陸生植物），褐藻（海藻）の12種が選定された(ICRP pub 108 (2008))．

広島・長崎原子爆弾

原子爆弾の放射線は，瞬間的に核分裂反応を起こして発生した γ 線，中性子線が空気などと反応して発生した二次 γ 線と土壌を放射化して生じた残留放射線，さらに黒い雨に象徴される核分裂によって生じた放射性物質の降下物に由来する．降下物には，核分裂を起こさなかった核燃料であるウラン235や，プルトニウムも含まれているとされている．核分裂を短時間に起こすため，ほとんどの核燃料，たとえば広島では爆弾として51kgのウラン235が使用されたものの，実際に核分裂したのは1kgで，残り50kgが分裂せずに高熱で気化して原子雲の中に入り，飛散したとされている．原発事故との決定的な違いは，原

爆では、被害を大きくするために地上ではなく、上空 600m（広島）や 500m（長崎）で炸裂させたこと、瞬間的な爆発であったために高温となり、ほとんどの放射性物質は気化して対流圏と成層圏の対流圏界面まで上昇したために、一体どのような降下物がどこにどれだけ沈着したかが不明なことである。原爆の線量評価は、短時間の高線量率の外部被ばくとしておこなわれているが、内部被ばくについては考慮されていない。（広島“黒い雨”放射能研究会「広島原爆“黒い雨”にともなう放射性降下物に関する研究の現状」<https://www.mhlw.go.jp/content/10901000/000694132.pdf>）

ファントム (phantom)

ファントムの原意は西欧における亡霊・幽霊のこと。ICRU rep 48 (1992 年) の定義では、1 種類以上の人体等価物質からなる構造物で、体内における放射線の反応を模擬するもの。臓器や組織の吸収線量を直接測定することは困難なので、人体の生体物質を模擬したモデル (ファントム) を用いて線量評価が行われる。人体の軟部組織とほぼ同じ原子組成 (水: 76.2%, 炭素: 1.2%, 水素: 10.1%, 窒素: 2.6%) からなるモデルでできた物理ファントムとシミュレーション計算用の数値ファントムに分類される。ファントムの利用目的は計測器の較正と被ばく線量の評価である。

モニタによって計測している実用量は、実際のところ厳密な計測は不可能である。そこで、計測器の較正に用いる物理ファントムとして、周辺線量当量 (全身が均等に被ばく) は、直径 30 cm の ICRU 球を、個人線量当量 (線源が小さい場合の被ばく) は 30×30×15 (厚さ) cm の直方体からなる ICRU スラブファントムを用いて標準化している。放射線を照射して、これらのファントムの表面から深さ 1 cm の最大となる吸収線量 (Gy) を計測して線量計の線量較正 (Sv) を行うとしているが、実際は最大値を探索することは不可能である。人体の構造や臓器を詳細にモデル化するために、CT 画像を基にしてボクセル (VOXEL: volume pixel) と呼称される微小直方全体で構築された 3 次元形状がボクセルファントムである。現在、ICRP は、身長と体重が標準男性と標準女性に近いボクセル標準ファントムを作成して男女それぞれについて線量を計算し、その平均値を実効線量としている。外部被ばくは、ファントムの外から照射して各臓器の被ばく線量を評価する。内部被ばくは、人体の形と放射性物質の動態を条件として与え、放射線輸送過程をシミュレーションして線量を評価している。（斉藤公明：線量計算用数学ファントムの現状。保健物理 33, 255-263, 1998）

風評被害とデマ、差別

災害情報や環境情報に付随する社会現象である。事件・事故・環境汚染・災害が大々的に報道されることによって、本来「安全」とされる食品・商品・土地を人々が危険視し、消費や観光をやめることによって引き起こされる取引停止や不買といった経済的被害。食品安全行政 (食品の安全確保のために行われる行政。厚生労働省、農林水産省等が担当している) は、『食品安全基本法』の下、リスク評価、リスク管理およびリスクコミュニケーションの 3 要素から構成されるリスク分析とよばれる考え方で行われている。（石川一：食品中の放射性物質等に関する意識調査結果について Isotope News 8月号 (746) 34-38, 2016）

フルエンス → 粒子フルエンス

プルサーマル → 核燃料サイクル

プルーム → 放射性プルーム

崩壊熱

放射性物質の崩壊（壊変）に伴って放出された放射線が、周辺の物質に吸収されて生じる熱。原子炉の運転を停止しても、核分裂生成物のうち放射性の核種が崩壊熱を放出する。燃料であるウラン 235 は核分裂によって、ほぼ同じ重さの二つの核分裂生成物となる。ウラン 235 の原子核は中性子数の割合が高いために、それぞれの核分裂生成物も中性子過剰で不安定なため、陽子数と中性子数が均衡を保てる場所（ β 安定線）まで β 崩壊を繰り返す（ β 崩壊系列）。この間に放出される β 線と γ 線の全エネルギーが崩壊熱となる。原子炉では生成物の種類が複数あるために、複数の異なる半減期の β 壊変系列が長く続くことになる。崩壊熱は原子炉操業時の発熱の数%に及ぶとされる。使用済み核燃料では、厄介なことに原子炉内でプルトニウム 239 など超長半減期の放射性物質も生成する。そのため、冷却するために原子力発電所内にある貯蔵プールで 3~5 年間保管する必要がある。

防護量・実用量（関連用語「等価線量」「実効線量」も参照）

放射線作業や一般公衆を過度の放射線被ばくから防護するために、どれだけ被ばくしたか、防護はきちんとできているのかを確認する必要がある。そのために ICRP が考案した放射線量の指標が防護量で、人体の放射線被ばくの程度を定量化するために吸収線量に関係づけた仮定の線量であって、計測器で測った量ではない。防護量は、等価線量と実効線量という、二つの異なる概念をひっくるめてさして、両方とも単位は Sv である。等価線量に各臓器の、主に発がん感受性の指標である組織加重係数を掛け算し、全臓器について足し合わせた値が実効線量である。また個人線量計や空間線量モニターで計測した放射線の量が実用量である。

表：現在の防護量と実用量との関係

防護量 (Sv)	実用量 (Sv)	
	場の実用量	個人の実用量
実効線量 (全身の被ばく)	周辺線量当量 [H*(10)]	個人線量当量 [Hp(10)]
等価線量 (皮膚の被ばく)	方向性線量当量 [H'(0.07)]	個人線量当量 [Hp(0.07)]
等価線量 (眼の水晶体被ばく)	方向性線量当量 [H'(3)]	個人線量当量 [Hp(3)]

放射化

中性子等の照射を受けた物質が放射性物質に変化すること。特に、原子炉内の核分裂反応で生まれる中性子は電荷をもたず、原子核と相互作用がしやすいため、照射された物質は放射化される確率が高く、その結果として放射性壊変を起こす。半減期や放射される放射線のエネルギーから、照射された物質がきわめて微量でも種類と量がわかる。これを放射化分析という。X 線や γ 線に被爆しても高エネルギーでないと放射化しないため、放射線に被ばくした人が放射化することはない。

放射光

ほぼ光速で直進する電子が、進行方向を磁石などによって曲げられると発生する電磁波で、赤外線から X 線までの連続した波長の光。光は波と粒子という二面性を持ち、物質との相互作用を調べることで、物質の様々な性質を調べることが可能となる。光の波としての性質を強調したものが回折であり、粒子としての性質を強調したのが分光。兵庫県にある SPring-8 は 1998 年の和歌山カレー事件（夏祭りで振る舞われたカレーライスを食べた住民たちが中毒症状に見舞われ、4 人が亡くなった事件）において、分光法によってカレーからヒ素を検出した、世界最高性能の放射光施設である。

放射性壊変（放射性崩壊）（関連用語「核分裂」も参照）

原子核の陽子と中性子（まとめて核子とよぶ）の間には核力という引力と、陽子同士がプラスに帯電しているために斥力が働いている。そのため、陽子と中性子の数や比によって原子核は不安定な場合がある。原子核の不安定性を解消するため、エネルギーとして放射線を放出して、より安定な別の核種に変化する現象を放射性壊変（崩壊）とよぶ。壊変の形式には原子核が α 粒子（ヘリウム原子核）を放出する α 壊変、原子核の中の子が電子を出して陽子になる β^- 壊変、励起された原子核が γ 線を放出して安定な原子核となる γ 壊変がある。陽子が陽電子（ベータ粒子）と電子ニュートリノを放出して中性子になる β^+ 壊変や、陽子数が多い元素では軌道電子が核に取り込む軌道電子捕獲も、質量数は変わらないが原子番号が1増える β 崩壊のひとつとされている。単位時間あたり壊変（崩壊）する確率は、温度、圧力等に依存せず、核種に特有な定数で壊変定数という。半減期とよばれる時間が経過すると、原子数は元の数の半分に減る。核分裂との違いは、放射性壊変は自然に放射線を出すことであり、放射能（単位時間当たりの崩壊数）は一定であるのに対し、核分裂はひとつの原子が複数の原子に分かれることで、中性子の数などで分裂の頻度は変化する。放射性崩壊は一定の確率で起こるため年代決定に利用されており、放射性壊変を利用して決定した年代を放射年代とよぶ。なお、半減期がきわめて長く壊変途中で放射平衡にならない物質は、放射性か安定同位体か確定が困難である。

放射性プルーム（plume）

原子力施設等から放出された微細な放射性物質がすぐには拡散しないで、大気に乗って煙のように流れていく現象、あるいは流れ自体をさす。吸い込めば内部被ばくの、土壌へ沈着すれば外部被ばくの原因となる。

放射線（電離放射線）

放射線を定義することはきわめてむずかしい。本体は、光の仲間である電磁波（光子）と原子の仲間である粒子で、空間を飛び交うエネルギーの流れ。放射線が物質に当たると、物質にエネルギーを与えて、そのぶん放射線はエネルギーを失う。物質にとってみれば、放射線が失ったぶんのエネルギーを吸収したことになる。特に、この吸収エネルギーが物質をイオン化（電離）する場合を電離放射線とよび、これが一般に放射線とよばれている。紫外線は放射線の一種だが、物質が不安定（励起状態）になっても電子を飛びださせることがないので「電離」放射線ではない。その一方、強い光で物質を電離する能力があれば電離放射線で「放射光」ともよばれている。ちなみに『放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律』（1957年6月、法律第167号）によれば、「電磁波又は粒子線のうち、直接又は間接に空気を電離する能力をもつもので、政令で定めるものをいう」「 α 線、 β 線、 γ 線、中性子線、陽子線その他の重荷電粒子線、軌道電子捕獲による特性エックス線、1MeV以上のエネルギーを有する電子線及びエックス線」となっている。原子の軌道電子と衝突して電離することができる十分なエネルギーをもった荷電粒子線は直接電離放射線とよばれる。電荷をもたないX線や γ 線は、いったん原子の束縛電子と、中性子や高エネルギー γ 線は原子核と相互作用して荷電粒子線を発生させ、二次的に発生した荷電粒子線が物質に電離作用を及ぼすため間接電離放射線とよばれる。光子が主に軌道電子と相互作用するのに対して、中性子は原子核とのみ相互作用を行う。

放射線加重係数（ w_R ）（関連用語「線質係数」も参照）

ある特定の線質とエネルギーの放射線のヒトにおける確率的影響を評価するために考案された係数。吸収線量 $\times w_R$ ＝等価線量。 w_R の値は低線量におけるヒトリンパ球の二動原染色体異常（発がんではない）と実験動物における腫瘍誘発と寿命短縮に関する放射線の生物学的効果比（RBE）を考慮して決められた。確率的影響からの防護を目的としており、厳密

さよりも被ばく線量を加算して全体の数字で放射線の影響に関連づけるというように、使い勝手を重要視しているため、科学的に正確かについては疑問がある。中性子以外は放射線のエネルギーに関係なく、各線質の放射線に一つの放射線加重係数としている。しかしICRPは厳密さ(根拠)を求めて、被爆者データや人体ファントムを使ったシミュレーション計算を用いるなどして、特に中性子の放射線加重係数をLETと関係づけようと何回か数値の見直しを行っている。専門家は、放射線加重係数は、数10mGy以下の線量域の吸収線量における線質の違いを考慮した放射線防護のためにのみ使用されるべきである、と主張している。(多田順一郎：線量—第4回—Isotope News. No 705, 26-36, 2013；岩井敏：線質計数Q(L)および放射線加重係数 w_R の概念の成立と変遷。保健物理43, 211-225, 2008)

放射線業務従事者

管理区域内において放射線業務に従事する労働者(電離放射線障害防止規則4条)と定義されている。なお、特例緊急被ばく限度に係る緊急作業に従事する者を特例緊急作業従事者としている。

放射線防護(関連用語「防護量・実用量」「被ばく状況」も参照)

・放射線防護の目的

放射線を扱う人(作業従事者)ばかりでなく、普段は放射線に縁遠い一般の人たち(一般公衆)を放射線被ばくによる悪影響から守ることが目的である。防護の目標は、確率的影響の発生を容認できるレベル内に低く保ち、確定的影響を確実に回避するように放射線被ばくを管理、制御すること。

・放射線防護の三原則

1) **正当化**：放射線被ばくを伴ういかなる行為も、それによって使用者本人と社会にとってプラスの便益を生むのでなければ採用してはならない。また、代替手技の採用の可能性について検討する。正当であると認められて初めて最適化が適用される。

2) **最適化**：放射線を使う正当な理由がある場合でも、個人が受ける被ばく線量の大きさ、被ばくする人の数および被ばくを受ける可能性を、(経済的および社会的な要因を考慮した上で)合理的に達成できる限り低く(As Low As Reasonably Achievable; ALARA)抑えること。まず、個人線量を、線量拘束値(潜在被ばくではリスク拘束値)を指標として、抑えることが最優先される。経済的、社会的な判断のみでは不公平を生じる可能性が高い。

3) **線量限度**：管理の対象となるあらゆる放射線源からの被ばくの合計が、その値を超えないように管理するための基準値。放射線作業(緊急時の作業を除く)を行う職業人の実効線量限度は100mSv/5年間かつ特定の1年間に50mSv、一般公衆は年間1mSvと定められている。しかし、安全と危険の境界を示す線量ではなく、防護の最適化によってさらに被ばくを下げる努力が求められる。線量限度に自然被ばくと医療被ばくは含まない。

事故のない放射線利用が今の人間にとってプラスとなる便益であっても、超長期半減期の放射性廃棄物を生み出す行為は、将来の人間にとってはなんのプラスもなく、マイナスの厄災だけである。このように時間軸を取り入れての正当化が議論されるべき時代になっていると考える。さらに、一体誰が便益を得るかも問題である。以前であれば作業員の便益(手当など)とリスクを天秤にかけるという考え方でよかったが、原子力発電における一般公衆や放射線治療における患者が大きな受益者である場合も誰が最大のリスクを負うのかを考えないといけない(ICRP pub 103 (2007))。

放射線防護に関連する代表的な国際機関

・IAEA (International Atomic Energy Agency, 国際原子力機関)

1957年、全世界における原子力の技術援助を含めた平和的利用の促進と、技術と核物質の軍事利用の防止のために、国連の後援のもとに専門的な自治機関として設立された。そのために加盟国に対して、技術協力や情報交換、科学者や専門家の訓練等を行うほか、「保障

措置」とよばれる、核物質の計量管理、査察、監視や封じ込め活動を行っている。世界で統一した基準の周知を目指して IAEA 基準シリーズを出版している。IAEA 基準シリーズは、10 項目からなる安全原則、安全原則を満たすための安全要件、そのための具体的な行為としての安全指針から構成されており、対象範囲によって原子力安全 (NS)、放射線安全 (RS)、輸送安全 (TS)、廃棄物安全 (WS) および安全全般 (GS) にコード化されている。

・ICRP (International Commission on Radiological Protection, 国際放射線防護委員会)

1928 年、国際 X 線・ラジウム防護委員会 (ICXPR) として設立され、1950 年から現名称になった非政府組織。放射線防護の基本的な枠組みと防護基準を、放射線防護の専門家や各国の行政を含めた管理者に勧告するために設立された。当初は、放射線による患者と医療従事者の防護の勧告が目的だったが、放射線の利用拡大とともに、一般人そして環境、というように防護対象が広がってきた。ICRP 1977 年勧告 (pub 26) で、今日の放射線防護三原則の基礎的概念を導入した。現在、放射線防護体系を強固・発展するために以下の 10 研究の推進を提言している。①低線量率長期被ばくの影響、②低線量・低線量率における健康影響、③がん誘発に対する感受性の臓器や年齢・性による違い、④個人の放射線感受性を決定する遺伝的要因の役割、⑤デトリメントに影響するがん・遺伝性影響以外の健康影響、⑥ヒト以外の生物集団への影響、⑦線量評価の信頼性、⑧医療における線量評価と防護方法、⑨放射線防護体系の倫理的かつ社会的側面、⑩ステークホルダーとの相互作用のための仕組み。

・ICRU (国際放射線単位測定委員会)

1925 年に設立された X 線単位委員会が始まりの組織。事業目的は、以下の国際的な統一と規格化を図ることである。

1. 放射線と放射能の単位
2. それらの量の計測のための最適な方法
3. これらの方法の適用に必要な物理データの検討と適切な勧告

国際放射線防護委員会 (ICRP) をはじめとした多くの放射線関係の委員会や機関と緊密な関係をもっている。

・UNSCEAR (原子放射線の影響に関する国連科学委員会 United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation)

1950 年初頭に頻繁に行われた大気圏核実験の影響を世界的に調査する必要性が出てきたため、国際連合の委員会として 1955 年の国連総会決議に基づき組織された。人と環境における放射線に係わる影響を調査し、国連総会に報告を行うことを任務とする。報告書は、発表された科学論文をレビューして作成され、自然放射線被ばく、人工放射線被ばく、医療放射線被ばくおよび職業被ばくなどの線量評価、その身体的・遺伝的影響とリスク推定に関する最新の情報等が含まれている。報告書は、「科学に根ざし、政策を取り扱わない独立かつ公平な立場」で被ばく線量や健康影響に関する最新の科学的知見の情報源として引用される。ICRP が行う勧告や、WHO、ILO など国際機関の政策に重要な科学的基礎資料となっている。1963 年に調印された「大気圏核実験を禁止する部分的核実験禁止条約」の科学的根拠となった。2006 年報告書では、原爆被爆者の調査解析から、低線量の上限を 100 mGy とした。東日本大震災による福島第一原子力発電所事故後には 2013 年報告書、また 2015 年、2016 年、2017 年に白書を刊行した。さらに、第 II 期 Fukushima Follow-up Project (FFUP II, 福島追跡プロジェクト) として 2020 年報告書をまとめている。2013 年報告書では、緊急作業員の内部被ばく線量を測定した生データから専門家が独自に計算している。(米原英典：UNSCEAR 2006 年、2008 年、2010 年報告書。Isotope News. No 715, 19-23, 2013)

放射線ホルミシス

ギリシャ語の「hormáein」が語源で、微弱なストレスによって起こった不均衡に生物が適応しようとすることで、恒常性を維持するための都合のよい反応をさす。あらかじめ低線量放射線に被ばくすることで致死線量の放射線に耐性を示すというような細胞や個体にとつ

て利益となるような反応。放射線は細胞にとって有害ではあるが、人類が誕生する前から宇宙や地球の放射線が細胞に降り注いでいたため、それが人類進化を促した、という説のように、放射線が生存や恒常性の維持に利益となったという研究者もいる。(Lucky TD : Physiological benefits from low levels of ionizing radiation. Health Phys 43, 771-789, 1982)

放射年代測定法

放射性崩壊による核種変化や子孫核種との比、または放射線による損傷を利用して、星、岩石や化石の年代(形成以降の経過年数)を測定すること。測定された年代を放射年代とよぶ。対象とする核種が移動しなくなった時点が年代の出発点となる。

放射能(関連項目「核分裂」「放射性壊変」も参照)

物質を形成する単位である元素は、プラスに荷電した陽子と、荷電していない中性子からなる原子核とその周りを回る電子からなっている。陽子数と中性子数のバランスがとれていないと物質は不安定なので、放射線(γ 線、 β 線、 α 線や中性子線)を放射して、より安定な物質に変化する。このように原子核から放射線が飛び出して原子核が少し変化し、別の原子に変わることが放射性崩壊(放射性壊変)とよぶ。放射能は1秒あたりに壊変する原子の数で定義され、単位はBq(ベクレル)。放射性崩壊する能力と、放射性崩壊する物質である放射性物質をひっくるめて放射能とよぶ。能力と物質という全く異質なものを同じ言葉でさすため、注意する必要がある。放射性物質からは放射線が出るため、放射能と放射線が混同されることもある。

マラーの三原則

1927年マラー(Hermann Joseph Muller)が発表した、ショウジョウバエを用いた放射線(X線)による影響の研究結果として見出したとされる三原則。①放射線によって起きる突然変異の発生率は放射線線量に比例して増加する、②線量が一定であれば放射線の強度に関係なく一定の突然変異が発生する、③1回の照射でも分割照射でも総線量によってのみ突然変異の発生率が決まる、というものであるが、まともな実験結果を示していない。その後の放射線防護の考え方に甚大な影響を及ぼした。

マンモグラフィ(mammography)

乳房専用のX線撮影のこと。乳房全体をくまなく写し出すために、片方ずつ乳房を圧迫しながら複数の方向から撮影する。触っても、しこりがわからないようなタイプの乳がんも、微細石灰化病変として見つけることができる。軟組織を描画するために、低エネルギーで透過性の弱い軟X線(約0.1~50nmの比較的長波長)を用いるため、組織に吸収されやすく、被ばくによるリスクが高いことは念頭におくべきである。

名目

英語のnominalを直訳した、放射線防護関係で使われる接頭辞で、わかりにくい言葉のひとつ。代表的な年齢分布をもつ女性と男性の平均(条件を揃えた標準的な人)の「名目集団」を年齢グループにわたって平均化した代表的、架空のという意味。言い換えると「一般的には・・・の傾向がみられる」という意味になる。名目集団は仮想の集団なので、名目リスクは仮想集団における話であって、決して個別の事象や個人について述べようというものではない。したがって「あなたは~Sv被ばくしたのでX年後にY%の確率でがんになる」とか「もし~Svに10万人が被ばくしたらZ人ががんに罹患して死亡する」という議論をする根拠とはなりえない。「~%の人が胃がんに罹って亡くなる」というのは「一人が悪性度~%の胃がんに罹って亡くなる」と同じ意味ですよというと同様の論理である。ただし調整するための係数の信ぴょう性の検証がむずかしい。名目の対語は実体なので、名目には「事実とは異なる」という意味が含まれており、放射線リスクの議論は、名目定量化した議論とい

えるかもしれない。

名目リスク係数（デトリメント調整リスク, detriment-adjusted nominal risk coefficient）

放射線被ばくによるリスクは、線量などの被ばくの条件や年齢、性、観察期間に依存して少しずつ違う。そこで、できるだけ多くのデータを集めて、男女差、年齢（人口比率）などに係数を掛けて、調整（平均化）して定量的に見えるようにしたリスクが名目リスク。言い換えると、代表的集団における性および被ばく時の年齢で平均化された生涯リスクの推定値であり、標準人の生涯リスクとも考えられる。デトリメントで調整（放射線によって誘発されたなんらかの健康イベントを重篤度で重み付け）した単位放射線量（1 Sv）あたりの致死リスクの大きさ。この考え方にに基づき、組織加重係数が決定されている。

リスク係数の算出では、急性被ばくである原爆被爆者の致死リスクを基本データとして、職業被ばくや医療被ばくの疫学調査から低線量・低線量率効果を加味している。防護上の指標として、汎用することを目的としているため定数であり、精緻なリスク評価という観点からは、名目リスク係数を用いることは明らかに問題がある。どこまで細かく考慮すれば、防護に際しての意志決定の質の向上が図れるか、が問題であるが、防護は集団についてであり、不確かさが大きいいため、個別のリスク係数を用いることは実際的ではないと、ICRP も強調している（pub 103, 73 項（2007））。

表：低線量・線量率の確率的影響の名目リスク係数（/Sv）

	全集団 (子どもから老人までの全ての年齢集団)	成人集団 (18～64歳の就労年齢)
がん	5.5%	4.1%
遺伝的影響	0.2%	0.1%

放射線防護では、全体の致死リスク係数を約 5%/Sv と仮定することもある。

メタアナリシス（メタ解析）

過去に独立して行われた複数の信頼できる調査・研究のデータを収集・統合し、統計的方法を用いて解析してまとめること。採用するデータとして、一般的に要約統計量を用い、それぞれのデータに重み付けを行う。メタアナリシスは、「関連があるか」ではなく、「どの程度の関連か」に注目しているため、複数の研究で得られた効果が一致しない場合、個々の研究の標本サイズが小さく有意な効果を見いだせない場合、大きな標本サイズの研究が経済的・時間的に困難な場合、に有用であるとされている。

モーゼリー（Moseley）法則

放出される特性 X 線の周波数の平方根が原子番号におおよそ比例するという経験則。原子番号が大きくなると、特性 X 線の波長は短くなる。

モンテカルロ輸送計算

粒子の動きを確率的に追跡する計算試行によって、求めたい量（エネルギー）の平均値を得る方法のこと。粒子（放射線）が物質のある領域内に入ると、その領域内で物質の原子核や電子と衝突を繰り返しながらエネルギーを失い、そのぶんのエネルギーが物質に作用することになる。粒子の動きはデタラメで、粒子は散乱や吸収などを受けて、放射線の位置、方向、エネルギー（速度）を変えながら移動し、最終的にその物質の外へ出るか吸収される。これらをまとめて「放射線の輸送」とよぶ。輸送、すなわち、どこでどのようなことが起こるかということは全く確率論的な問題であって、人為的な操作を加えることはできない。このような偶然（行き当たりばったり）に起こる事象予測に、乱数の助けを借りてシミュレーションを行う方法がモンテカルロ法である。カジノで有名なモナコのモ

ンテカルロにちなんで名づけられた。放射線の物質中での、三次元の挙動を取り扱うシミュレーションを行うことによって、放射線の生物作用を理解できるエネルギー付与の時間的、空間的分布や個々の電離や励起による分子の初期のスペクトルがわかる。その場合、放射線の初期条件として、放射線のエネルギー、方向と放射線の行路長を確立分布からランダムに選ぶ。基礎データとして、種々の条件で実測した地道で精細なデータがなければ、実際のシミュレーションは不可能である。計算の指示をプログラミング言語で記述したものをコードとよぶ。たとえばわが国で開発された PHITS に初期条件を入力すると、計算の中身がわからなくても線量を計算してくれる。筆者（福本学）の専門は医学なので、モンテカルロ計算について理解できているわけではない。〔(社)放射線利用振興協会「モンテカルロ法計算コードによる放射線挙動の解析」(<http://www.rada.or.jp/database/home4/normal/ht-docs/member/synopsis/040142.html>)〕。

有機結合型トリチウム (OBT, Organically Bound Tritium)

トリチウムは、半減期約 12.3 年の β 線源 (RBE は、ほぼ 2) で、化学的に水素と同じ挙動をするが、トリチウム水 (HTO, 半減期 10 日) として摂取されると、体内で約 5% が炭素と結合する。これを有機結合型トリチウム (OBT) といい、生物学的半減期が 40 日もしくは 1 年の 2 種類がある。マウスに HTO 139,000 Bq/ml 毎日飲水させると、発がんや寿命短縮がみられる。OBT は半減期が長く生体分子のどこにでも存在するために、人体影響が大きいことを危惧する考えがある。OBT の実効線量係数は 4.2×10^{-8} mSv/Bq で、セシウム 137 の約 1/300 とされている。(日本放射線影響学会「トリチウムによる健康影響」https://jrns.org/assets/file/tritium_20191111.pdf)

誘導放射能

物質に加速器や原子炉などによって放射線を照射したときに、物質の放射化によって生じる放射能のこと。広島・長崎原爆では無視できる線量であったとされている。

陽子 (プロトン)

原子核を構成する粒子のうち、+1 のプラスの電荷をもつ粒子。水素イオン ($^1\text{H}^+$) は陽子そのものであるため、化学では水素イオンをプロトンとよぶ。陽子は安定であるのか、あるいはきわめて長い半減期をもって崩壊するのか、は大きな問題となっている。

預託線量 (関連項目「実効線量係数」も参照)

預託線量とは、預託等価線量もしくは預託実効線量をさす。体内に取り込まれた放射性物質は壊変と排泄で放射能濃度が変化するため、線量は放射される線量率を時間積分した値である。積分の期間は職業被ばくおよび公衆の成人については摂取後の 50 年間、子どもや乳幼児については摂取時から 70 歳までとする。預託等価線量とは、体内の臓器または組織が摂取後同様の期間に受ける等価線量をいう。預託実効線量は、放射性物質の体内摂取から受ける臓器または組織の等価線量のおおのこに、その臓器または組織の組織荷重係数を乗じて加え合わせたものである。

ラジオセラノスティクス

同一か、または体内動態が非常に類似した診断用および治療用放射性薬剤を用いて、診断と治療を一体化して行う医療や考え方。患者個々の画像診断情報を基に治療を行うことができるほか、治療効果の判定やその後の治療戦略の構築にも有用となる。

ラジカル (フリーラジカル・活性遊離基)

通常分子は、ひとつの電子軌道に複数の電子 (軌道電子) が存在することによって安定している。軌道電子の 1 個の電子を失い、不対電子となると分子は不安定になり、化学

的な反応性にきわめて富むようになる。この不対電子をもつ化学種は活性が強いのでラジカルとよばれている。放射線は生体内の水と反応してラジカルを生成し、それによって間接作用が起こす。

リスク（関連項目「生涯リスク」「名目リスク係数」も参照）

将来のいずれかの時において何か事象（主に危険度）が起こる可能性を数値化した表現。「感覚的に危ない」というように定性的な意味にも、「～%の確率で起こる」というように発生確率にも広く用いられている。一般的に「発生可能性×影響の大きさ」で表す。しかしこの式では、起これば影響が甚大でも発生の可能性の低い事象については、過小評価になる、という感覚もある。放射線被ばくによる防護上の問題となるリスクは、確率的影響であるがんと遺伝的影響の発症確率で、特に晩発影響である発がん、あるいはがんによる死亡確率である。

リスク係数 → 名目リスク係数

リスクコミュニケーション

人々の健康や安全、環境への影響に関して懸念を生じさせるような事業を行う側と、そのような懸念を抱いている人たちの間で行う対話や文書を用いた双方向のプロセスのこと。リスクコミュニケーションにおいては、相互信頼を構築するため、公明正大なリスク評価と内容の理解、独立性が必須である。一般に事業者側は、「リスク（危険性）＝確率×影響」と認識するが、公衆は、「リスク＝ハザード（有害性）＋激怒させる状況」と認識している。このようにリスクへの認識（立場）が異なる者の間で対話を行うため、リスクコミュニケーションが必要になる。

リテラシー

原義では読み書き能力のことを意味するが、「科学的リテラシー」とは意思決定するために、自然界および人間の活動によって起こる自然界の変化について理解し、科学的知識を使用し、課題を明確にし、証拠に基づく結論を導き出す能力のこと。（文部科学省「IPISA調査における読解力の定義、特徴等」https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/gakuryoku/siryo/1379649.htm）

粒子 → 光子

粒子フルエンス（関連項目「線量」も参照）

粒子放射線量を計測するための物理量のこと。粒子放射線の飛ぶ方向が平行して一様の場合は、その飛行方向に垂直な断面を通過する粒子の割合をさす。方向が単一でない場合は、一定の大きさの球を通過する粒子の総数をさす。単位は $/m^2$ あるいは J/m^2 。単位時間あたりの粒子フルエンスは、粒子フルエンス率とよばれ、単位は $/m^2/s$ 。

臨界

核分裂反応が時間とともに増大し始める境目のことで、中性子の生成と消滅が均衡している状態。すなわち中性子の実効増倍率が1の状態。

励起 → 電離（イオン化）と励起

冷却剤（原子炉冷却材）（関連項目「原子炉」も参照）

核分裂反応によって発生した熱を炉心から外に取り出し（熱交換）、核分裂反応を安定かつ定常的に継続させる媒体のこと。発電用原子炉では、この取り出した熱が発電機のタービンをまわすエネルギー源となる。使用する冷却材は、原子炉の炉型によって異なり、

軽水炉（通常の発電用原子炉）では普通の水、重水炉（ふげん）では重水、ガス炉（東海1号炉）では炭酸ガス、また高速炉（常陽・もんじゅ）ではナトリウムを用いる。

劣化ウラン

1991年の湾岸戦争で初めて使用されてから、その名が知られるようになった。核兵器や原子炉燃料を製造するためには、核分裂を起こすウラン235の含有率を上げること（濃縮）が必要である。濃縮によってウラン235濃度が天然ウランの0.72%より低くなったものが劣化ウランあるいは減損ウランとよばれている。またウラン235の濃度が低下した使用済み核燃料をさすこともある。いずれにせよ、廃棄物なのでほとんどタダ同然で手に入ることになる。劣化ウランは固くて重いため、軍用装甲や砲弾貫通体として使われるほか、飛行機のバランスをとるための平衡錘としても使われており、1985年、御巢鷹山に墜落した日本航空ジャンボ機（通称ジャンボ機）に使われていたとされている（現在はタングステンに切り替わっているという）。吸入によって肺がんや乳がんの発がん性がいわれており、放射線と関係なく、化学的には腎毒性があるとされているが、明確な結論は出ていない。（篠田英朗：武力紛争における劣化ウラン兵器の使用。IPSHU 研究報告シリーズ 研究報告 No.29, 広島大学平和科学研究センター, 2002）。

レム (rem, Roentgen Equivalent in Man) (関連項目「線量」「線量当量」も参照)

線量当量の単位で、吸収線量1ラド (rad) のX線の線量当量が1レムと定義される。

連鎖反応、

他からエネルギーの供給を受けることなしに連続して起きる反応。原子力では核分裂の連鎖反応のことをいう。核分裂性物質が中性子を吸収すると、核分裂反応を起こし、新たに中性子が飛び出す。核分裂反応の継続には十分な中性子数が必要であるが、中性子数が指数関数的に大きくなって一気に反応が進むと巨大なエネルギーを生む核爆発となる。原子炉では、減速材などで吸収して中性子数を調節し、連鎖反応が安定的に続いた状態である臨界を維持させている。

●放射線に関する主な資料サイト●

- ・化学工学会 SCE Net「放射能環境」(<https://sce-net.jp/main/group/kankyo/mytheme-07/>)
原子力発電について
- ・核物質管理センター「用語解説」(<https://www.jnmcc.or.jp/glossary/>)
- ・環境省「放射線による健康影響等に関するポータルサイト」(<https://www.env.go.jp/chemi/rhm/portal/>)
- ・関西電力「原子力発電について 原子力ライブラリ」(https://www.kepco.co.jp/energy_supply/energy/nuclear_power/library/9994394_13857.html)
- ・原子力規制庁「IAEA 安全基準シリーズ 翻訳」(https://www.nra.go.jp/activity/kokusai/honyaku_01.html)
- ・原子力百科事典 (ATOMICA) (<https://atomica.jaea.go.jp/>)
- ・国立健康科学大学院「医療での放射線安全の疑問についてお答えします」(<https://ndrecovery.niph.go.jp/trustrad/>)
- ・日本アイソトープ協会「ICRP 勧告 日本語版シリーズ」(<https://www.jrias.or.jp/books/cat1/101-14.html>)
- ・復興庁「放射線リスクに関する基礎的情報」(<https://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-1/20140603102608.html>)

- 放射線影響研究所「要覧など」 (<https://www.rerf.or.jp/library/list/libetc/briefdescript/>)
- 放射線利用振興協会「放射線利用・原子力基盤技術データベース」 (<http://www.rada.or.jp/dbtop/index.html>)
- ICRPaedia「ICRP Glossary」 (http://icrpaedia.org/ICRP_Glossary)
- ICRU「ICRU Reports」 (<https://www.icru.org/reports/>)
- UNSCEAR「UNSCEAR Publications」 (<https://www.unscear.org/unscear/publications.html>)

●書籍●

- 青山 喬・丹羽太貫・編著：放射線基礎医学第12版. 金芳堂, 2013.
- 館野之男・訳編：原典放射線障害（1896年-1944年の資料から）. 東京大学出版会, 1988.
- 放射線被曝者医療国際協力推進協議会・編：原爆放射線の人体影響改訂第2版.
文光堂, 2012.
- Hall EJ & Giaccia AJ : Radiobiology for the Radiobiologist (8th ed). Wolters Kluwer, 2018.