

放射線と放射能について (その1)

一般財団法人 電子科学研究所
辻 本 忠

1. はじめに

かつては、国によっていろいろな単位が用いられていたが、1954年の第10回国際度量衡総会 (CGPM) で国際単位系に統一する事が決まり、世界の国で使用することが義務づけられるようになった。国際単位系は、メートル条約に基づき長さはメートル (m)、質量はキログラム (kg)、時間は秒 (s) の3つの単位を組み合わせていろいろな量の単位を表現するものである。日本では1991年に日本工業規格 (JIS) が完全に国際単位系を準拠する事になり、その内容についてはJIS Z 8203「国際単位系 (SI) 及びその使い方」で規定されている。また、この単位は「SI単位」とも言われている。

アメリカは、メートル条約の加盟国であり、法律上はメートル法を公式の単位系としている。しかし、慣習的な単位として、今でもヤード・ポンド法を使用している。

1954年にビキニ環礁で水爆実験が行われ、各地で放射能汚染が生じた。この時、日本で用いられていた放射線の単位はカウントパーセック (C・P・S) であった。その後、レントゲン (R) , ラド (rad) , レム (rem) と変遷し、現代ではシーベルト (Sv) が用いられている。しかし、アメリカ、ロシア、中国等の主要国では、いまだに慣習的な単位としてレントゲン (R) を用いている。

そのため、これらの国より輸入した測定器はレントゲン (R) 表示である。レントゲン (R) とシーベルト (Sv) を切り替える事の出来る装置もあるが、日本製は全てシーベルト (Sv) で統一されている。そのため、福島第一原子力発電所の事故の時、レントゲン (R) 表示した測定器が多量に輸入され、現場では混乱を招いた。

現在使用されている放射線に関する単位もだんだんと複雑になってきた。医療関係で用いられている単位はグレイ (Gy) である。しかし、医療及び治療に従事する医師及び作業員の被ばく線量はシーベルト (Sv) で評価しなければならない。この場合、グレイ (Gy) 単位を0.8倍してシーベルト (Sv) に換算する事になっている。

放射線施設周辺に設置されているモニタリングポストはグレイ (Gy) で表示されている。しかし、緊急時にはシーベルト (Sv) で換算しなければならない。この時には、1グレイ (Gy) を1シーベルト (Sv) と見なす事になっている。

放射線の防護に用いられる単位はさらに複雑である。放射線の単位はシーベルト (Sv) である。しかし、同じシーベルト (Sv) でも身体全体を評価する場合と臓器ごとに評価する場合によって定義が異なり、実行線量、等価線量という名称になる。実行線量、等価線量は直接測定は出来ない、そこで実用量として、線量当量という定義になり、さらに内部被ばくの場合には預託実効線量、預託等価線量と言う概念になる。

放射能とは、放射性同位元素が放射性崩壊を起こして別の元素に変化する性質 (能力) のことであるが、放射線、放射性物質の代名詞のようにも使われている。放射能汚染や放射能漏れという言葉をよく耳にする。これは放射性物質によって汚染したり、放射性物質が漏れたことを表している。放射能と放射性物質が混同されている。このように放射線の用語及び単位が混乱して用いられている。専門家と称する人でも誤解して使用する場合もある。

本稿は放射能、放射線及びその単位について、その定義、法令上の規定及び慣用語等についての解説を行う。

2. 放射能と放射線について

2. 1 放射能とは

2. 1. 1 放射能の定義

放射能 (radioactivity) とは、放射性同位元素が放射線を放出して、別の元素に変化する性質 (能力) のことで、放射線を放出して壊変する割合を「放射能の強さ」という。しかし、一般には「放射能の強さ」を「放射能」と言われている。この場合は単に「activity」という。そして、放射能を持っている物質を放射性物質という。

2. 1. 2 放射性物質

放射性物質 (radioactive substance) とは、放射能を持った物質の総称で、法令によって、その名称が定められている。放射線の関連法令はいろいろある、これらの法令はそれぞれ目的が違うので名称も違っている。そこで、法令によって異なる放射性物質の名称を比較してみた。

(1) 放射線障害防止法

放射線障害防止法 (障害防止法) によればリン 32、コバルト 60 等放射線を放出する同位元素及びその化合物並びにこれらの含有物等を「放射性同位元素 (radioisotope)」と言う。放射性同位元素と放射性物質とは厳密には少し異なる。放射性物質の根源をなす不可欠な究極的要素を放射性同位元素という。

(2) 原子炉規制法

核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法令 (原子炉規制法) に規定されている放射性物質には核原料物質、核燃料物質及び放射性廃棄物、

低比放射性物質、放射性廃棄物等がある。

(3) 電離側

電離放射線障害防止規則（電離側）では放射線を放出する同位元素、その化合物及びこれらの含有物を「放射性物質」と定義されている。電離側は放射線施設及び原子力施設にも適用する。そのため、総括的な名称になっている。

2. 2. 放射線とは

放射線（radiation）とは、高い運動エネルギーをもって流れる物質粒子（イオン、電子、中性子、陽子、中間子などの粒子放射線）と高エネルギーの電磁波（ガンマ線、X線等の電磁放射線）の総称である。そして放射線を使用する施設を放射線施設という。

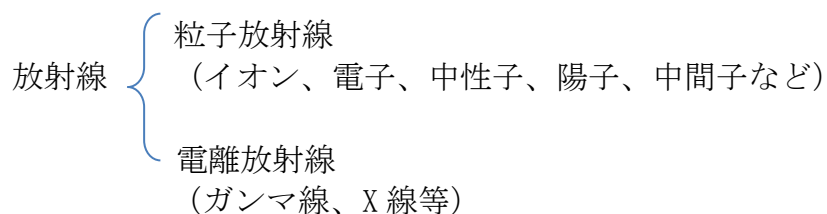


図1. 放射線の分類

放射性施設とは障害防止法によれば放射性同位元素・放射線発生装置を使用する場所及びそれに付随する施設のことで、この施設内に人の立ち入りを制限するために標識等が掲示されている。日本ではあまり利用されていない標識を紹介を兼ねて図2に示す。この標識は2007年に国際原子力機関(IAEA)と国際標準化機構 (ISO) により新しく追加された標識で、人が近づくと被ばくの恐れがある事を警告するものである。私見ではあるが標識とは感覚的、直感的に何を言いたいのかわかるようなものでなければならない。現在使われている標識には一抹の不満を持っている。その意味からすると、この標識は非常に良いと思う。



図 2 被ばく警告の標識

2. 2. 1 法令による放射線の定義

放射線の定義については法令により異なる

(1) 原子力基本法

原子力基本法によれば、放射線 (radiation) とは「電磁波又は粒子線の内、直接又は間接的に空気を電離する能力を有するもので、政令で定められているものをいう」となっている。政令によれば次のように定めている。

- ① アルファ線、重陽子線、陽子線その他の重荷電粒子線及びベータ線
- ② 中性子線
- ③ ガンマ線及び特性エックス線（軌道電子捕獲に伴って発生する特性エックス線に限る。）
- ④ 1メガ電子ボルト以上のエネルギーを有する電子線及びエックス線

(2) 電離放射線障害予防規定

労働安全衛生法の電離放射線障害防止規則（電離則）では「電離放射線」という名称で、つぎのように定義されている。

- ① アルファ線、重陽子線及び陽子線
- ② ベータ線及び電子線
- ③ 中性子線
- ④ ガンマ線及びエックス線

(3) 医療法

医療法の施行規則では放射線に該当する名称は「電磁波又は粒子線」となっており、次のように定義されている。

- ① アルファ線及びベータ線
- ② ガンマ線
- ③ 百万電子ボルト以上のエネルギーを有する電子線
- ④ エックス線
- ⑤ その他政令で定める電磁波又は粒子線

以上三つの法令を比較したが、各々法令の目的が違うので、名称の言い回し方が少しずつ違っている。しかし、内容はほぼ同じようであるが、原子力基本法の電子線及びエックス線は1メガ電子ボルト以上のエネルギーを有するものになっている。即ち、原子力基本法では1メガ電子ボルト未満のエネルギーを有する電子線及びエックス線は対象外となる。しかし、一般には電離則の定義のようなものを「放射線」と言われている。

2. 2. 2 電離放射線と非電離放射線

電磁波 (electromagnetic wave) は、空間の電場と磁場の変化によって形成される波 (波動) で電磁放射線 (electromagnetic radiation) とも呼ばれている。電離放射線は放射線の1部である。電磁放射線のエネルギーが低いものを非電離放射線、高いものを電離放射線と呼ばれている。

電離放射線は原子や分子を電離する能力を持つもので、非電離放射線は電離能力を持たないものである。非電離放射線は国際放射線防護委員会 (ICRP) の定義では、「電波・赤外線・可視光線・近紫外線など、比較的エネルギーの小さい電磁波を指す。携帯電話・テレビ放送・ラジオ放送の電波や、送電線が発する低周波などがこれにあたる。放射線すべてをエネルギー及び波長で分類したものを図3に示す。

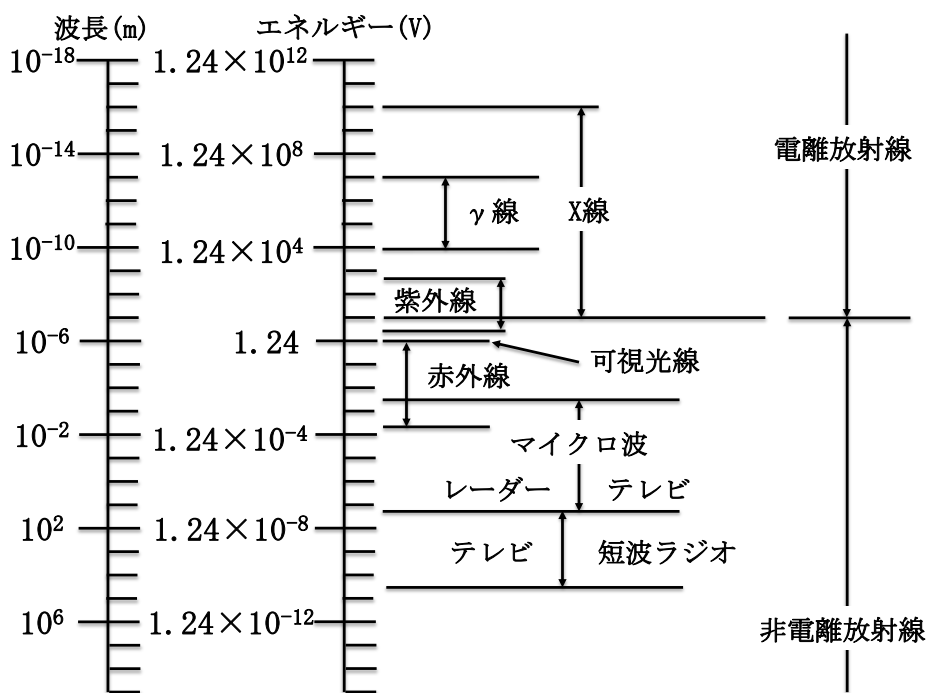


図3 電磁放射線の分類

非電離放射線は物体を通過した場合、原子を励起させる能力がある。そのため、人体に影響が生じる事が確認されている。そのため、強力な非電離放射線を使用する場合には注意が必要であるので、図4に示すような標識を表示するようになっている。放射線と言えれば特別断らないかぎり電離放射線のことである。



図4 非電離放射線の標識

2, 2, 3 よい放射線と悪い放射線

国際放射線防護委員会（ICRP）では放射線防護の三原則として次のような事を定めている。

- (1) 行為の正当化：放射線被ばくを伴ういかなる行為も、その導入が正味でプラスの便益を生むこと
- (2) 防護の最適化：社会的・経済的要因を考慮に入れながら合理的に達成できる限り低く被ばく線量を制限すること
- (3) 個人の線量限度；実効線量限度の概念を導入し、放射線被ばくに伴う影響に関する知見を踏まえて線量限度を設定すること。

上記、ICRPの三原則の考えは、放射線に被ばくするという事は健康によくない事である。しかし、被ばくを伴う行為が大きい利益を生むものであれば利用してもよいが、放射線による被ばくは出来る限り低く抑えるようにする。そのために線量限度という考えを設けて、被ばく線量が決められた値を超えないようにすると言うのが基本的な考えである。即ち放射線は人体に良くない影響を与えるという考えが根底にある。しかし、微量の放射線は人の健康影響によいという考えもある。これを放射線ホルミシスという。放射線はホルモンのような働きをするという考えである。これはどのくらいの放射線なら健康に良いという概念は人によって異なっている。そこで、まだ研究段階であるということで、「放射線は健康に良くない」と考える事になっている。原子力及び放射線を取り扱う作業員及び原子力及び放射線施設周辺の住民は放射線に被ばくする恐れはある。しかし、原子力及び放射線は我々の生活に多大の利益をもたらすものであれば、出来るだけ放射線による被ばくを少なくなるようにして、利用する。この場合、社会的・経済的要因を考慮に入れながら合理的に達成できる限り放射線からの被ばくを軽減しなければならない。

放射線防護の三原則を基にして原子力基本法は「原子力の研究開発、利用の促進（エネルギー資源の確保、学術の進歩、産業の振興）することによって人類社会の福祉と国民生活の水準向上に寄与する。」と述べている。即ち、原子力及び放射線の利用は人類社会の福祉と国民生活の水準向上に寄与すと考えて利用を推進してきた。しかし、福島第一原子力発電所の事故以降、社会的・経済的要因の考量が複雑になってきた。

平成26年4月に出た「エネルギー基本計画」によれば「震災前に描いていたエネルギー戦略は白紙から見直し、原発依存度を可能な限り低減する。ここが、エネルギー政策を再構築するための出発点であることは言を俟たない。」と言っている。

今回の「エネルギー基本計画」では（1）の放射線被ばくを伴う原子力利用の正当化は取り下げられたわけではない。原子力は我々社会にプラスの効果を生むものと考えている。（2）の防護の最適化は社会的・経済的要因を考慮に入れながら合理的に達成できる限り低く被ばく線量を制限しなければならない。しかし、社会的・経済的要因は常に変動する。経済的要因は今回のエ

エネルギー基本計画では原子力発電を「エネルギー需給構造の安定性に寄与する重要なベースロード電源と位置づけ、安全性が確認されたものは再稼働を進めるとしている。即ち原子力発電を進めると言う事で政治力で解決する。しかし、社会的要因の考慮は福島第一原子力発電所の事故以降、非常に難しくなってきた。社会の世論を動かすのはマスコミである。マスコミはセンセーショナルな事に対しては大きく取り上げて報道する。時には間違った報道をすることもある。それも何回も何回も報道すると、「嘘も百回言えば真実となる」ということわざがあるように間違った報道でも真実になってしまう。このような報道を風評という。

世論はマスコミによって形成される。特に日本人はマスコミに洗脳されやすい傾向がある。一般的な傾向として、社会が成熟すれば、小さなリスクでも避けようとする。一般の人達はマスコミの風評にさらされながら独自の考えを持つようになる。

一般の人達は自分の将来、子供の将来、日本の将来等について左脳により論理的に考える。しかし、行動をするときは自己中心的で自分の身近な事を右脳により直感的、感覚的にとらえて行動する。そのため、医療放射線は我々の病気を治してくれるので、「良い放射線」と考える。しかし、医療放射線以外の人工放射線は「悪い放射線」と考える。しかし、自然放射線は昔から我々の身近に存在していたもので、全く無関心であった。しかし、悪い放射線が強調されるようになり、自然に存在するラドンも「悪い放射線」と思われるようになり、ラドン温泉の利用客に影響を与えたが最近ではもとに戻っている。これらの考えを図5にまとめた。

しかし放射線の利用が一般化されてきた昨今、放射線に関する正しい知識が必要で、それには学校による左脳教育の必要性を痛感している。

医療放射線	よい放射線
医療以外の人工放射線	悪い放射線
自然放射線	関心を示さない放射線

図5. 放射線に対する一般人の考え

続く

注) 本稿は(一財)電子科学研究所の機関誌 ESINEWS に掲載されたものを一部修正したものである。