

表題：放射線の単位（2）

副題：放射能の単位ベクレルの組み立て

筆者：化学工学会 SCE-Net 環境研究会 郷 茂夫

2021年4月25日作成

1. 放射能，放射線線量の単位の組み立てについて

組み立てとは枠組みと言うような意味です。放射線に関わる科学は日本でも古くから研究されてきましたが、特にチェルノブイリ事故（1986年）以降は、**ICRP**（国際放射線防護委員会，英：International Commission on Radiological Protection）が放射線防護の組み立てについて圧倒的なリーダーシップをとってきており、国内は言うぬ及ばず、世界でも今や誰も口を挟む余地はほとんどないような状況だと思います。それはそれで世界共通の考え方や単位で良いことだと思いますが、一般公衆の線量限度の数値やLNT仮説（しきい値無し直線仮説；Linear Non-Threshold）については今も世界的な議論が続いていると言えるでしょう。国内の学会やメーカーはICRPの組み立てに基づき、測定方法や測定器の細部の工夫を凝らしており、そういう意味で日本の放射線測定技術は素晴らしいと思います。ということで、放射線に関わる単位や測定法についての組み立ては、要はICRPの枠組みの話となります。

なお、放射線の測定原理の難しい物理化学につきましては、表題「放射線を測るための放射線の特殊性」において解説します。

放射線の単位に関わる組立ては大きく2つに分けられます；**放射能と線量**です。今回は放射能の単位で、次回以降4回は複雑な線量の単位をお話します。

2. 放射能の単位

「放射能」という用語は放射線を発射できる能力またはその能力を表す数値のことです。よく、世間では、放射能とか放射線，放射性物質に関わることをなんでも「放射能」という言葉で代用しますが、その辺はきちんと区別をしたいものです。まあ、言わんとすることは解りますが。

放射能の単位は1つだけで、ベクレル（記号：Bq）です。昔はキュリー（Ci）という単位が使われていました。換算は、 $1\text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10}\text{ Bq}$ です。もともとCi単位は二十

世紀初頭「ラジウム系列の元素については1gのラジウムと平衡にある放射性物質の量」として定義されたものです。しかし、量が大きすぎて実用に適さないため、現在の国際単位系 (SI 単位系) では放射能の単位としてはベクレル (Bq) を用いています。

放射性原子を含むある物質の放射能とは、一定量の物質 (例えばお米1kg) から「1秒間に何本の放射線が出ているか」と言うことです。次回から線量を扱いますが、線量は「高エネルギーを持つ放射線から物質はどのくらいのエネルギーを吸収したか」と言うことであり、ベクレルは「線質やエネルギーは別として、何本出ているのか」ということで、すからその区別をしっかりと認識してください。

ここで「一定量の物質」とは重量ばかりではなく、汚染された床、机、着衣の表面積 (m^2) 当たりや平方キロメートル (km^2) の広大な地表面積当たり、または微細な放射性物質が浮遊する空間体積 (m^3) 当たりというように、分母をちゃんと指定しないと意味がないことを認識してください。また、時間は1秒間です。それはBqという単位の中に入っています。1分間でも1時間でもありませんこと。Bqを含む計算では、関連数字のすべてを秒あたりに直してから計算しなければなりません。例えば、半減期40億年なら、それを秒に直すのです、大変な数字になります。

このBqと言う単位は、難しい学術の領域でも、医療でも、今は一般社会の間でも使われており、そういう意味では共通的に認識されている単位ですから、大きな誤解は無いように思います。現在の日本の一般食品の放射能基準値は1kg当たり100Bqと言うのはご存じでしょう。生まれてからこの方あなたの身体の内では、およそ7,000Bqと言う放射能がずっと発生し続けています。7,000Bqの体内放射能環境下で、人類のDNAシステムはその長い進化の歴史の中で形づくられてきたのです。消費者庁はある理屈をつけていますが、十分安全な基準です。

なお、放射線には、 α 線、 β 線、 γ 線、X線などがあることをご存じと思いますが、Bqの測定は一定量の対象物質から出て来る **γ 線だけ**を測っていること、必要により、核種が判明している場合は、それから測定値の補正をして最終のBq数を決めるということをする場合もあります。

ここでの要点は「ベクレルはある決まった量の物質から出ている1秒間あたりの γ 線の本数」であって、健康指標の数字ではありません。それを知るには、線源、線種の情報が必要です、そして、それがわかれば健康指標に換算できます (後でお話しします)。

3. 放射能の測定法

ここで、放射能測定の原理的な説明をしておきます。

1) 原理的手法と注意

放射能を測定する場合、対象の物質の組成の原子やその性質がわかっているならば、半減期により放射能が時間で急激変化しない場合はカウント数と放射能の強さの関係をあらかじめ測定（標準線源を使いカウント数の対応を決める）しておいて、相対的な差で放射能を測定するなどの手法が用いられます。

ただし、半減期が経過すれば、原子数は半分になり、放射能も半減します。そのため、半減期が極めて短い原子核・素粒子であれば、相当高感度・高性能の測定器が必要です。逆に半減期が極めて長い場合や放射能が極めて低い場合もめったに放出しない放射線を確実に検出せねばならないため、高い技術力が必要です。

ちなみに、昔は安定原子と見做されていた²⁰⁹Biの半減期は、 1.9×10^{19} yearと気が遠くなるような長い半減期を持つ放射性核種と認定されたわけですが、めったに放射線はお目にかかれません。

2) 測定器について

① ゲルマニウム半導体検出器を用いたγ線スペクトロメトリーによる方法

この測定で対象の核種のエネルギー分析まで測定可能です。本器による放射能測定法は、エネルギー分解能が非常に高いためエネルギー決定の精度が高く核種の同定が容易かつ確実であり、接近したエネルギーの他のガンマ線と明確に分別して解析することができます。また、ガンマ線ピークの広がり狭いため、ピーク計数値に対するバックグラウンド計数値の比率が低いので低レベル放射能の分析に適しています。本器は、外部ノイズからの遮蔽のため、鉛ブロックを用いて10~15 cm厚になるように囲っており、高電圧をかけたGe結晶が入っているクライオスタットは液体窒素(-196℃)を用いて常に冷却している条件が必要です。

② シンチレーションスペクトロメータによる放射能測定法

シンチレーション検出器は、シンチレータと呼ばれる固体の結晶に放射線が入射した際に生じる微弱な発光を光電子増倍管(Photo-Multiplier Tube)で電気信号に変えて放射線のエネルギーや数を求めるものです。ゲルマニウム半導体検出器に比べて比較的安価であり、常温で使えることが利点としてあげられます。また、市販されている固体結晶はサイズが規格化されていることから、結晶の大きさで検出効率が決まる点も特徴です。固体結晶の中には、NaIやLaBr3等があります。

(連載 002 終わり)