

本日の授業のポイント

2014.4.7 廣瀬 農

2014.5.19 訂正（医療被ばくの数値修正）

放射線の基礎

放射能とは、放射線を出す能力、もしくは放射線を出す物質そのものを示す。

放射線は原子より小さい粒子が通常の数千倍以上のエネルギーで運動しているもの。

放射線と物質の相互作用は物質の種類および粒子の種類とエネルギーによって変化する。

放射線は放射性同位体から放出される以外に、人工的な加速によるものや宇宙線がある。

放射性同位体の基礎

放射性同位体は不安定な同位体であり、余分なエネルギーを放射線として放出して安定化する。

同位体の安定性は原子核を構成する陽子と中性子の数で決定される。原子核を陽子と中性子の数で配列したものが核図表。

安定同位体は核図表の対角線に近い位置に分布する。ここから離れるほど不安定な（半減期の短い）同位体になる。

放射性同位体が放射線を放出して安定化する過程を「壊変」という。

- 大きすぎる原子核からヘリウムの原子核（陽子2個＋中性子2個）が放出されて小さくなるのが α 壊変。
- 中性子が陽子に変化し、陽子と中性子のバランスが改善されるのが β 壊変（陽子が中性子に変わるのは β^+ 壊変）。
- 余ったエネルギーを光子として放出するのが γ 壊変（ α や β と同時が多い）。
- 核分裂は壊変と異なる現象で、非常に大きい原子核でのみ起こる。核分裂片と数個の中性子が放出される。

放射性同位体の量は物質質量（モル）では無く壊変の頻度で示した方が便利。これを表す単位がベクレル（Bq）で、毎秒何回の壊変が起きるかを示す（1/s）。

- 同じベクレルでも半減期が短い同位体は物質質量が少ない。
- 同じ物質質量でも半減期が短い同位体はベクレルが大きい。

放射性同位体にはいくつかの起源がある。

- 恒星内部および超新星爆発による核融合・中性子捕獲（地球の原料は主にこの過程で生成）
- 親核種の壊変（大気中の放射性ラドンは鉱物中のウラン、トリウムの壊変で生じている）
- 宇宙線と地球大気の反応
- 加速器等による人工的な高エネルギー反応
- 原子爆弾、原子力発電による核分裂・中性子捕獲

被ばく評価の基礎

放射線に被ばくすると放射線の電離作用によって直接／間接的にDNAが損傷する。

生体にはDNA損傷を修復する機能があるが…

- 修復ミスはがん発生の原因になり得る。被ばく量が増えると修復ミスの「可能性が上昇」する（確率的影響）
- 修復が追い付かない速度でDNAが損傷すると細胞が死ぬ。細胞死が増えるとその器官の機能が低下し、最終的に個体死に至る。被ばく量が増えると「症状が重篤」になる（確定的影響）

シーベルト（Sv）は被ばくリスクを管理するための単位（kgあたりの数値であることに注意）。

最も一般的なシーベルトは「実効線量」で、概念的には「人体が放射線から吸収したエネルギー × 吸収した臓器や放射線の種類に応じた係数」で算出される。実用的には下記の式で計算されることが多い。

- 外部被ばくのシーベルト = 線量率（Sv/h）× 滞在時間（h）
- 内部被ばくのシーベルト = 摂取量（Bq）× 実効線量係数（Sv/Bq）

外部被ばくでも内部被ばくでも同じシーベルトなら同じリスク（100mSvあたり0.5%のがん死亡率上昇）。

原発事故以外の要因による被ばくは年間数mSv。

- 自然放射線被ばく：宇宙線・大地からの外部被ばく、ラドンやカリウムからの内部被ばく
- 医療被ばく：胸部レントゲン（数十 μ Sv）、胃がん検診、CTスキャン（数mSv～数十mSv）
- その他：大気中核実験など

独習のための参考資料

■基礎知識全般

原子力百科事典 ATOMICA

<http://www.rist.or.jp/atomica/>

日本アイソトープ協会「福島第一原子力発電所事故と放射線に関する情報」

<http://www.jrias.or.jp/disaster/info.html>

※基礎的な解説の他、ICRP109、ICRP111の日本語版など多数の資料が入手できます。

放射線医学総合研究所「東京電力(株)福島第一原子力発電所事故関連情報」

<http://www.nirs.go.jp/information/info2.php>

■放射線シミュレーションプログラム

放射線と物質の相互作用を簡易シミュレーションできるプログラム (EGS4PICT32) が下記 web ページからダウンロード可能。

<http://rcwww.kek.jp/research/shield/education/index.html>

※インストール法、使用方法でつまずいたらご相談ください (hirose.atsushi@nifty.com)。

※このプログラムは簡易版ですが、本来の EGS はより複雑で多様なシミュレーションが可能です。

■核図表

ブルックヘブン版 (表示情報を切り替えられるので見やすい)

<http://www.nndc.bnl.gov/chart/>

※色分けを遷変モードとし、最大ズームにした画像が Wikipedia の「核図表」に掲載されています。

JAEA JavaScript 版 (拡大縮小・スクロールがスムーズ)

<http://www.nndc.jaea.go.jp/CN10/js-beta/>

理研 立体核図表 (重い原子核が生成される仕組みなど、コラムが豊富)

<http://www.rarf.riken.go.jp/pub/enjoy/kakuzu/index.html>

■放射性同位体の詳細情報

半減期、放出放射線等の情報はブルックヘブン版、および JAEA 版の核図表から得られる。

核図表以外には、ブルックヘブンの下記ページで核種を指定して検索することも可能。

<http://www.nndc.bnl.gov/mird/>

■実効線量係数

下記 web ページの情報を参考することで、ある核種をある量摂取した場合の内部被ばくをシーベルトで算出可能。

緊急被ばく医療ポケットブック (ICRP publication 72 を抜粋)

https://www.remnet.jp/lecture/b05_01/4_1.html

※ICRP 以外の組織として ECRR も独自のデータを出しています。

■映像資料

理研 「元素誕生の謎にせまる」

<http://www.riken.jp/pr/videos/profile/20020331/>

※核図表の理解の他、現在地球に存在する天然放射性核種の起源の理解に役立ちます。