

放射線の利用と防護

1 放射線および核エネルギーの利用

1.1 アイソトープの利用

1. 日常生活への利用

煙探知器、蛍光灯のグロー管など。

2. 工業への利用

非破壊検査，厚さ測定、トレーサー（追跡子）としての、流れなどの測定利用。夜行塗料。

3. 医学・生化学への利用

白血球量などの測定または生体の生きたままの測定。ガンの治療。

4. 農業への利用

放射線照射による突然変異を利用した品種改良または害虫駆除。

1.2 原子炉の利用

1. 動力源

発電用、船舶用（軍用艦船、砕氷船）

2. 研究用

3. 原子炉開発

1.3 放射線発生装置の利用

1. 医療用

ガンの治療

2. 工業用

高分子物質の改良、欠陥検査のための高エネルギー X 線発生装置。

3. 研究用

加速器による原子核の実験的研究、素粒子の実験的研究、放射線の透過や反射の仕方を調べることによる物質構造の研究。放射線照射による物質の変化の研究。

2 放射線の生体へ影響と防護

2.1 放射線被曝による生体の影響発生の過程

放射線の生物への作用の全過程は時間順序に従って次のように分類される。

1. 物理的变化

物理的变化は放射線と生体を構成する物質粒子との相互作用であり、主として原子分子の電離（イオン化）と励起である。経過時間は $10^{-18} - 10^{-15}$ 秒の範囲である。

2. 化学的变化

化学的变化は原子分子の電離（イオン化）と励起の結果、反応性に富んだ無機遊離基（無機ラジカル）や有機遊離基（有機ラジカル）などが生成されることから始まる。その後、遺伝子 DNA を構成する分子の変化が起こる。（正確には、DNA 損傷には修復機構があるが、熱的原因や放射線的作用で修復のミスなど機能が低下する。）経過時間は 10^{-12} 秒から 100 分程度の範囲である。

3. 生物学的変化

2.2 放射線の照射線量と等価線量

2.3 放射線による障害の種類と症状

1. 急性障害
2. 晩発性障害
3. 遺伝的障害

2.4 障害からみて問題になる核種

2.5 環境における放射能

自然界と日常生活における放射能。放射性物質の人体への侵入経路。食物中の放射エネルギーと食物連鎖。生物濃縮。

2.6 放射線障害の特徴

放射線障害の特徴はつぎの通りである。

1. 症状の非特異性

放射線被曝による症状は、吐き気、嘔吐、脱力感、出血、白血球減少、など他の病気の症状と基本的な差異はない。

2. 症状の遅発性

放射線被曝による症状は必ずしもすぐ症状が現れるのではなく、被曝からかなり遅れて発症する。

3. 臨床経過が複雑

放射線被曝による症状は必ずしもすぐ症状が現れるのではなく、潜伏期を経由するなど被曝からかなり遅れて発症する。

4. 被曝の無自覚性

放射線は短時間に大量の被曝ではないかぎり、被曝を直接に知覚されることはほとんどない。

2.7 放射線障害の防護・軽減の原則と方法

放射線被曝の防護または被害軽減の原則は次のとおりである。放射線被曝の形式には放射線を放出する物質を誤ってまたは気づかずに飲食したり吸いこんだりすることによる体内被曝と、放射線を体外から被曝する体外被曝の二種類がある。

まず体外被曝における防護または軽減のための原則はつぎの通りである。

1. 遮蔽

放射線発生源からの放射線の放出を可及的に防ぎ、または放射線を減衰させるために、遮蔽すること（shielding）である。

2. 距離

一般には、点状の線源の場合、放射線の強度は距離の二乗に反比例して弱くなる。したがって、放射線源からできるだけ距離を遠くにとることが重要である。

3. 時間

一般に、放射線を吸収する量は被曝している時間に比例する。したがって、放射線を被曝する時間を可及的に短くするべきである。

放射線を防ぐための遮蔽材料にはつぎのような性質をもつものが望ましい。放射線の遮蔽には放射線の種類ごとに異なる方法を考えなければならない。

1. 放射線をよく減衰させること。
2. 散乱現象のすくないこと。
3. 二次放射線の出ないものであること。
4. 放射線により材料の性質が悪くならないこと。

1. α 線、陽子線などの重荷電粒子線

空気中で数 cm 程度で、紙 1 枚でも遮蔽することができるので、吸気または飲食により摂取しない限り、特別な対策は必要ではない。

2. β 線

β 線は空気中の飛程は m に及ぶ場合もあるが、水中でも数 cm に達する場合もある。しかし、金属であれば遮蔽できる。

3. γ 線または X 線

高エネルギーの電磁波である γ 線や X 線は物質粒子（特に電子）との相互作用の性質から一般に原子番号の大きな元素を含む物質は望ましい。鉛は γ 線または X 線の良い遮蔽材であるが、機械的に弱く熱にも弱いのが欠点である。この点コンクリートは優れているが、 γ 線を吸収するとそのエネルギーが内部で熱になり、その高温を外に出しにくい。これらの欠点を補うために種々の遮蔽材が工夫されている。

4. 中性子線

中性子はそのエネルギーにより種々の核反応を起こすのでエネルギーごとに異なる方法を組み合わせる必要がある。まず、高速中性子は重い原子核との非弾性散乱により中速中性子に減速させる。その材料としてはコンクリートなどがよい。次に、中速中性子を軽い原子核との弾性散乱により熱中性子まで減速させる。この目的には水や水素原子を多く含むパラフィンや（蠟燭の）蠟は優れている。しかし、熱中性子を原子核が吸収して二次γ線を発生する場合があるので、ホウ素（ ^{10}B ）により熱中性子を吸収させる。このとき、重荷電粒子が放出されるが、それらの遮蔽はα線などの重荷電粒子の場合と同じく容易である。

また、体内被曝の場合には、誤って体内に摂取された放射性核種を可及的に速く除去することが必要不可欠である。そのための方法を紹介する。

1. 水分の大量摂取による希釈

最も単純な方法は大量の水分を強制的に与えて希釈により排泄を促進させるものである。

2. 錯体の生成による除去

放射性核種がウランなど重金属元素の場合には、錯体（キレート化合物）の形にして除去するのが普通である。

3. 吸着による除去

放射性核種を不溶性の吸着体に吸着させて体外に排泄する方法もある。活性炭、イオン交換体、プルシアンブルー（フェロシアン化鉄のこと）などが用いられる。

4. 代謝の攪乱による除去

生物は化学的性質が同じ同位体（同位元素）は区別できないという性質を利用する。例えば、甲状腺に重要なヨウ素には非放射性のヨウ素だけではなく放射性のヨウ素 ^{131}I などが存在する。放射性のヨウ素を摂取した場合、または、まもなく摂取する可能性が高い場合、強制的に非放射性のヨウ素を摂取することにより、排泄作用を刺激、促進させることができる。（しかし、放射性のヨウ素を摂取して約6時間経過した場合にはこのような排泄作用は期待できないことが知られている。）

5. 天然物質による除去

細菌、放線菌などの微生物などには種々の放射性核種に対して強い親和性を示すものがある。このような天然物質はいわゆる放射性物質（核種）の生物濃縮という機能があり、それが放射性核種の排泄促進剤として利用できる可能性がある。

参考文献

青木芳朗、渡利一夫編「人体内放射能の除去技術」（講談社サイエンティフィック、1996年）