

放射能汚染によって起きる放射線被曝の基礎知識

1. 放射線、放射能、放射能汚染

病気のひとつの原因となりうるのが**放射線**です。放射線が、人の臓器・組織に作用する結果として、病気になる場合があります。この放射線が特定の物質(**放射性物質**)から発せられる場合、その物質には**放射能**があるという言い方をします。また、放射性物質が安全に管理されず、人の放射線被曝が生じる状態を**放射能汚染**といいます。

2. 放射能汚染によって起きる放射線被曝の経路

a. 外部被曝と内部被曝

人の放射線被曝が起きる経路には、大きく分けて**外部被曝**と**内部被曝**があります。外部被曝は、人体の外にある放射性物質(**放射線源**といいます)から発せられる放射線の被曝であり、内部被曝は体内に取り込まれた放射線源が発する放射線の被曝です。

b. 原子力発電所の事故によって起きる放射線被曝の経路

原子力発電所の事故による放射能汚染の場合、次のような複数の経路で放射線被曝が起きる可能性があります。

(i) 原子力発電所にある放射性物質などから発せられる放射線の外部被曝

この放射線被曝の大きさは、人と放射線源との距離が遠いほど(ガンマ線の場合、距離の 2 乗に反比例)、また、そこでの滞在時間が短いほど小さくなります(滞在時間に比例)。人と放射性物質との間に、放射線をさえぎるもの(遮蔽物)があればさらに減少します。

(ii) 原子力発電所から放出された放射性物質が風や雨で運ばれた後、人の皮膚や衣服、土壌などに付着して発する放射線の外部被曝

この放射線被曝の大きさは、放射性物質が原子力発電所から離れた場所に運ばれた場合、現に放射性物質がある場所と人との距離、そこでの人の滞在時間、人と放射性物質との間の遮蔽状況(さえぎるものの状況)によって決まります。

(iii) 原子力発電所から放出された放射性物質が呼吸、飲食、傷口への付着などを通じて人の体内に取り込まれた後、体内で発する放射線の内部被曝

この放射線被曝は、放射性物質が人の体内に留まり、放射線を発する期間中、継続します。

3. 放射性同位元素と放射線

物質を構成する原子は、原子核と電子からできています。この原子核には、陽子と中性子があります。原子の重さはほぼ陽子と中性子の数で決まり、陽子と中性子の数の合計を質量数と呼びます。同じ原子(あるいは元素)ということは、その陽子の数が同じということです(水素は 1 個、ヘリウムは 2 個といった具合です)。しかし同じ元素であるのに重さ(質量)の異なる元素が多数自然界に存在しています。例えば、炭素原子は通常は質量数 12 です(元素名の後ろに質量数をつけて、「炭素 12」のように表します)。しかし考古学の年代推定で使われるのは質量 14 の炭素(「炭素 14」)です。何が異なるかというと、原子核にある中性子の数が違うのです(陽子数は同じ 6 個)。質量数 12 の炭素の原子核は 6 個の陽子と 6 個の中性子からできていて、放射線は出しません。しかし質量数 14 の炭素には中性子が 2 個余分にあって放射線を出します。不思議なことに、原子核にある中性子の数は多すぎても少なすぎても原子は不安定になるのです。このように同じ元素でも質量数の異なるものを「同位元素」と呼び、それらの中で放射線を出すものを「放射性同位元素」と呼びます。

a. 原子核崩壊

放射性同位元素は原子核が不安定で、ある確率で余っているエネルギーを放射線として放出して別の元素に変わります。これを原子核崩壊(壊変)と呼びます。原子核崩壊によって放出される放射線には、アルファ線、ベータ線、ガンマ線があり、どの放射線が出るかは放射性同位元素の種類(放射性核種)によって決まっています。

b. 放射性核種の半減期

原子核崩壊によって放射性核種の量が半減するのに要する期間を半減期(物理的半減期)といいます。物理的半減期はそれぞれの放射性核種によって決まっています。また、これと区別して、人の体内に取り込まれた放射性物質が代謝、排泄などの生物学的な過程で半減するのに要する期間を生物学的半減期といいます。人の体内に取り込まれた放射性物質が原子核崩壊と生物学的過程の両方によって半減するのに要する期間を実効(有効)半減期といいます。

c. 原子力発電所の事故で放出される放射性核種

原子力発電でも原子爆弾でも、生じるエネルギーはウランかプルトニウムに中性子を衝突させて生じる原子核分裂によるものです。文字通り原子が二つかそれ以上に割れる現象です。原子炉内でウラン 235 が核分裂を生じると、ヨウ素 131、セシウム 137、ストロンチウム 90、コバルト 60 な

どの放射性物質が生成されます。原子力発電所の事故によって、これらの放射性物質が大量に環境に放出されると、放射線被曝による健康影響を生じる可能性があります。

ヨウ素 131: 物理的半減期は 8.02 日。つまり 100 個の放射性ヨウ素 131 の原子核があったとして、これが原子核崩壊して半分の 50 個になるのに 8 日、さらに減衰して半分の 25 個になるのにはもう 8 日かかるということです。ヨウ素元素自体は甲状腺に吸収されやすい特性があります。チェルノブイリ原発事故では、甲状腺がんのリスク上昇が子どものときの放射性ヨウ素被曝と関連を示すことが確認されています。

セシウム 137: 半減期約 30.07 年。筋組織に吸収されやすい特性があります。

ストロンチウム 90: 半減期 28.78 年。骨組織に吸収されやすい特性があります。

コバルト 60: 半減期 5.27 年。

参考: 主な放射性核種(原子力百科事典 ATOMICA による)

<http://www.rist.or.jp/atomica/data/pict/18/18030101/01.gif>

<http://www.rist.or.jp/atomica/data/pict/18/18030101/02.gif>

<http://www.rist.or.jp/atomica/data/pict/18/18030101/03.gif>

<http://www.rist.or.jp/atomica/data/pict/18/18030101/04.gif>

<http://www.rist.or.jp/atomica/data/pict/18/18030101/05.gif>

4. 放射線の測定

放射線の測定方法は、その目的に応じて次のような複数の方法があり、それぞれ異なる単位が決められています。

(i) 汚染を検査する場合: 単位 = cpm

放射線測定器(GM サーベイメータなど)を用いて、測定窓口部で放射線の発生に伴い生じた 1 分間あたりの電離回数(count per minute)を測定します。これは汚染レベルの判断に使用されるもので、福島第一原子力発電所事故の際、周辺住民に対して行われた放射線測定(汚染検査)はこれです。GM サーベイメータでの cpm の値は、主に体の深部まで届かないベータ線を測っている(ガンマ線も僅かに測っている)ため、そのままでは被曝線量に換算できません。

食品などの汚染の場合は、サーベイメータよりももっと複雑な装置を用いて 1 kg あたりの原子核崩壊数を求めます(1 分間あたりは decay per minute: dpm、1 秒間あたりは decay per second: dps)。dps がベクレル(Bq)と呼ばれる単位です。放射性核種が分かれば出てくる放射線のエネルギー

が分かるので、被曝線量に換算することが可能です。

(ii) 放射線被曝により物質が吸収するエネルギー量を把握する場合：単位＝グレイ(Gy)

吸収線量といい、1 Gy は、質量 1 kg の物質に 1 ジュールのエネルギーが吸収されることを表します。ジュールとはエネルギーの単位であり、水 1 グラムの温度を1℃上げるのに必要なエネルギーを 1 カロリーと表すと、1 カロリーは 4.2 ジュールに相当します。そうすると、1 Gy の吸収(被曝)とは、水 1 kg を 0.0002℃高めるに過ぎない微々たる熱量です。しかし、放射線のエネルギーは、人間の感覚ではとらえられない分子レベルで、DNA 損傷などを引き起こす特色があります。

(iii) 放射線被曝による将来リスク(がんになる危険度)を表す場合：単位＝シーベルト(Sv)

等価線量と**実効線量**の 2 種類があり、吸収線量にそれぞれ一定の係数を乗じて、将来リスクを表します。

①等価線量＝吸収線量×**放射線加重係数**

放射線加重係数は、アルファ線、ベータ線、ガンマ線などの放射線の種類によって将来リスクが異なることを評価し、測定値に反映させます。つまり、同じエネルギー吸収でも、放射線の種類によって被曝影響が異なることを考慮して被曝線量を表したものであり、ガンマ線を 1 とすると、中性子線では10、アルファ線では20といった数値が使われます。すなわち、1 ジュールのエネルギー吸収があったとしても、ガンマ線の場合は 1 Sv であるけれど、中性子線の場合は 10 Sv の被曝であると表されるわけです。

参考：放射線加重係数(原子力百科事典 ATOMICA による)

<http://www.rist.or.jp/atomica/data/pict/09/09040202/01.gif>

②実効線量＝吸収線量×放射線加重係数×**組織加重係数**

組織加重係数は、人体の臓器や組織によって放射線から受ける影響が異なることを評価し、測定値に反映させます。

参考：組織加重係数(原子力百科事典 ATOMICA による)

<http://www.rist.or.jp/atomica/data/pict/09/09040202/02.gif>

5. 放射線リスクと放射線防護基準

a. 科学的知見としての放射線リスク

放射線リスクは、放射線に被曝した人口集団の疫学調査や関連する基礎研究によって科学的に推定されたものです。世界の疫学調査および基礎研究の成果は、国連原子放射線影響科学委員会(UNSCEAR)において集約され、評価され、放射線リスクが確認されます。2000 年の UNSCEAR 報告書は、広島・長崎の原爆被爆者調査を「放射線誘発がんのリスク推定のための主要な根拠である」(“The results of that research provide the primary basis for estimating the risk of radiation

–induced cancer”)と評価し(パラグラフ 76)、この調査で約 100 mSv より高い線量(臓器線量)で統計学的に有意ながんリスクが見られると述べています(パラグラフ 78)。また、チェルノブイリ原発事故の被災者調査を特に内部被曝に関する調査として評価し、甲状腺がんのリスクの上昇が子どものときの放射性ヨウ素被曝との関連を示すと述べています(パラグラフ 81)。

b. 放射線リスクを基礎とする放射線防護基準

国際放射線防護委員会(ICRP)が勧告する線量限度などの放射線防護基準は、UNSCEAR で科学的に確認された放射線リスクと、社会的要請、倫理そして基準適用の経験を考慮した価値判断に基づいて決定されます。ICRP の勧告の内容は、国際原子力機関(IAEA)の国際基本安全基準(BSS)、さらに各国の国内規制に取り入れられています。

参考 1:ICRP の線量限度(原子力百科事典 ATOMICA による)

(作業者)

<http://www.rist.or.jp/atomica/data/pict/09/09040108/01.gif>

(一般公衆)

<http://www.rist.or.jp/atomica/data/pict/09/09040108/02.gif>

参考 2:日本の国内法令に基づく線量限度(原子力百科事典 ATOMICA による。「作業者と一般公衆の防護」で検索)

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

参考 3:福島原子力発電所事故における放射線防護措置(首相官邸ホームページによる)

http://www.kantei.go.jp/saigai/genpatsu_houshanou.html