

放射性物質及びその検査について

1 はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所の事故により、大気中に種々の放射性物質が放出され、東北地方や関東地方などの広い範囲で空間放射線量が増加するとともに、土壌、海水、農畜水産物及び上下水道などが汚染された。事故から3年半が経過し、空間放射線量は一部地域を除いて居住に問題のないレベルとなっているが、体内に入る食品についての懸念は続いている。ここでは、当所において実施している食品の放射性物質の検査を中心に放射線の基本的な性質等について概説する。

2 放射線とは

放射線とは α 線、 β 線、 γ 線、X線及び中性子線等「空気を電離する能力をもつ電磁波又は粒子線」をいう。物質の元となる原子は、原子核と電子からできており、原子核はさらに陽子と中性子からできている。陽子の数によって「元素」が、陽子と中性子の数によって「核種」が決まり、これらの合計数が質量数になる。例えば、陽子を55個もつのがセシウムであり、これに中性子が79個加わると質量数134のセシウム134、加わる中性子が82個であれば質量数137のセシウム137になる。陽子と中性子の数には安定な組み合わせがあり、セシウムの場合は中性子78個のときが安定で、天然に存在する質量数133のものがこれにあ

たる。セシウム134やセシウム137はウラン235が核分裂して生成する核種で、陽子と中性子の数のバランスが悪く、原子核の状態が不安定なため、できるだけ安定な状態になろうとして粒子線や電磁波を出してエネルギーを放出する。このとき放出されるのが放射線である。このように放射線を出す物質を「放射性物質」、放射線を出す能力を「放射能」とよぶ。

α 線はヘリウムの原子核と同じ陽子2個、中性子2個からなる粒子線であり、エネルギーは強いが透過力は弱く、紙一枚で遮蔽される(図1)。 β 線は電子と同じ粒子線であり、薄いアルミニウム板で遮蔽される。 γ 線は電磁波で透過性が高く、遮蔽するためには鉛や厚い鉄の壁が必要となる。X線も γ 線と同じ性質をもつが、 γ 線は原子核自身から放出されるのに対し、X線は高エネルギーの電子が原子核に衝突することにより生じる。中性子線は核反応

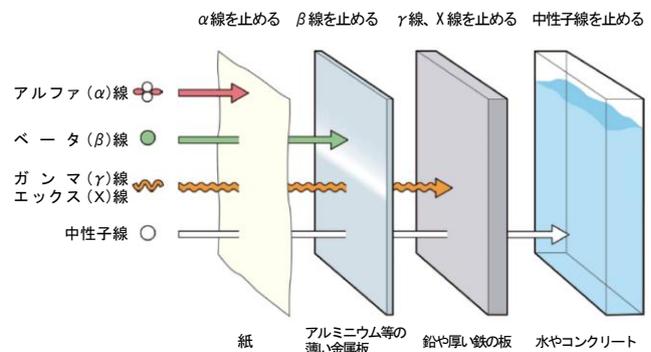


図1 放射線の透過性¹⁾

の際に放出される粒子線であり、減速させるには水素のような軽い元素が有効なので、その遮蔽には水素含量の高い水やコンクリートが用いられる。

放射性物質が放射線を出して安定な物質に変化していくことを「崩壊」または「壊変」といい、核種ごとに一定の割合で進む。放射性物質の量がある時点の半分になるまでに要する時間を「半減期」といい、ヨウ素131では8日、セシウム134では2年、セシウム137では30年である。また、核種により、放出される放射線の種類が異なり、ウランやプルトニウムは α 線と γ 線を、ヨウ素131、セシウム134及びセシウム137は β 線と γ 線を、トリチウムやストロンチウム90は β 線のみを放出する。

放射能の単位にはベクレル (Bq) が用いられ、これは1秒間に崩壊する原子の数を表す。一方、水や食品の汚染の程度を表す場合には Bq/kg という単位が用いられ、例えば 100 Bq/kg は、1秒間に100個崩壊する量の放射性物質が、食品や水 1 kg 中に含まれていることを表す。

3 放射線の人体への影響

人が放射線から受ける影響は、放射線の種類やエネルギーの大きさにより異なるため、それらを考慮した値を「線量等量」といい、シーベルト (Sv) という単位を用いる。

私たちは、常に宇宙線や大地由来の放射線により体の外部から被曝を受けている。また、天然の放射性物質は食物や空気中にも含まれるため、これらを経口摂取したり、呼吸によって吸入したりして、内部からも被曝している。例えば、人間の体内には体重の約 0.2% のカリウムが含まれており、そのうち 0.012% は放射性のカリウム 40 であるため、体重 50 kg の人の場合、3,100 Bq、0.019 mSv に相当する内部被曝を受けている。自然界から受ける日本人の年間平均被曝量は約 2.1 mSv (ミリシーベルト) になる (図 2)。この他に病院等

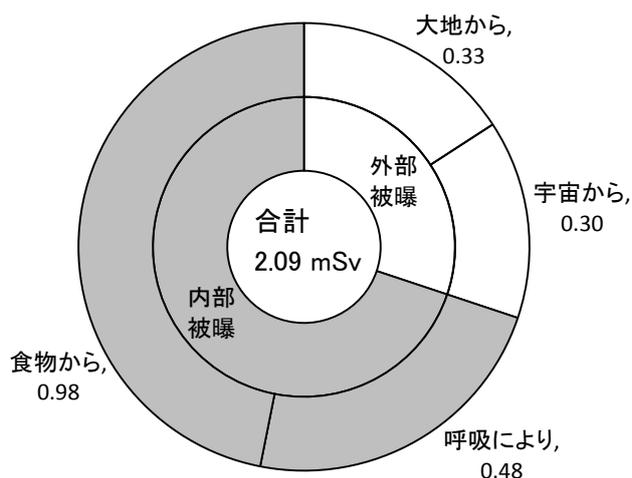


図 2 自然界から受ける放射線量(日本平均)

での X 線や CT 撮影によっても放射線に曝露されている。

福島第一原子力発電所事故直後には、放射性ヨウ素による内部被曝が問題となった。ヨウ素は甲状腺に取り込まれ、蓄積するため、影響が長く続く。1986 年に発生したチェルノブイリ原子力発電所事故の後には、周辺地域におけるこどもの甲状腺がんの増加が報告されている²⁾。内部被曝では放射性物質が体内にあり、放射線の影響を直接距離で受けるため、すべての核種についての注意が必要である。

一方、外部被曝では放射線の中でも透過性の高い γ 線が特に問題となる。原子力発電所の事故により、生成放出された γ 線核種はヨウ素 131、キセノン 133、セシウム 134 及びセシウム 137 など多種にわたるが、半減期が短いものや生成量が少ないものもあり、事故から 3 年以上が経過した現在では放射性セシウム等数種による被曝が主なものと考えられる。

4 食品中の放射性物質について

福島第一原子力発電所の事故後、厚生労働省は 2011 年 3 月 17 日付けで通知³⁾を発出し、食品中の放射性物質 (放射性ヨウ素、放射性セシウム、ウラン、プルトニウム及びアメリカシウムやキュリウム等の超ウラン元素の α 核

表1 放射性セシウムの暫定規制値及び基準値

放射性セシウムの暫定規制値(～2012.3.31)		放射性セシウムの基準値(2012.4.1～)	
食品群	暫定規制値(Bq/kg)	食品群	基準値(Bq/kg)
飲料水	200	飲料水	10
牛乳・乳製品		牛乳	50
野菜類	500	一般食品	100
穀類			
肉・卵・魚			
その他		乳児用食品	50

種)について暫定規制値を設定した。この値は、原子力安全委員会の「飲食物摂取制限に関する指標」における緊急時の食品からの年間被曝線量5 mSv までを基に算定されていた。各地方自治体では、この通知に基づいて2011年3月18日から食品の放射性物質の検査を開始し、2012年3月31日までの約1年間に137,037件の検査が行なわれた⁴⁾。そのうち暫定規制値を超過した食品は1,204件(0.88%)であり、これらについては出荷制限または摂取制限の措置が取られた。

2012年4月1日からは、食品の放射性物質の規制から「暫定」が取れ、食品の安全をより一層確保することを目的として基準値が設定された⁵⁾。原子力発電所事故発生から約1年が経過し、緊急時ではなくなったとの考えから、食品の国際規格を作成しているコーデックス委員会で食品からの被曝線量の指標値として設定されている年間1 mSv に適合するように、一般食品の基準を暫定規制値の五分之一にあたる100 Bq/kg に強化したものである。飲料水はすべての人が摂取し、しかも摂取量が多いことから、世界保健機関(WHO)が示している基準を踏まえてより厳しい10 Bq/kg とされた。また、乳児用食品及び牛乳は放射線に対する感受性が高いとされる子どもへの配慮から、独立の区分とし一般食品の半分の値である50 Bq/kg とされている。

この基準値は、放射性セシウムだけでなく、半減期が1年以上の放射性核種(ストロンチウム90、プルトニウム、ルテニウム106)も考慮されたものとなっている。放射性セシウムは、後述するように比較的短時間で結果を出すことができるが、その他の核種は、測定結果を出すのに数日間かかる。したがって、放射性セシウム以外の核種については個別に基準が設けられておらず、放射性セシウムとの存在比率を算出し、合計1 mSv を超えないように基準値が設定されている。

事故当時大きな問題となった放射性ヨウ素は半減期が短く、2011年7月15日以降に食品からの検出報告がないことから、また、ウランは原子力発電所敷地内においても天然と同レベルの濃度であることから、各々規制対象外となっている。

基準値が設定された2012年4月1日から2013年12月31日までに、地方自治体において実施された食品の検査数は539,649件であり、うち3,234件(0.60%)の食品で基準値を超過したことが報告されている⁴⁾。

5 放射性セシウムを検査方法

前述したように、放射線はエネルギーや透過性が異なるため、それぞれに適した装置でなければ、測定することができない。 γ 線は核種により固有のエネルギーをもつので、放射性セシウムや放射性ヨウ素のように γ 線を放出する核種は、 γ 線測定装置により同定定量することができる。NaI (Tl) シンチレーションスペクトロメータやゲルマニウム (Ge) 半導体測定装置が代表的な γ 線測定装置である。

NaI (Tl) シンチレーションスペクトロメータには、タリウム (Tl) を少量添加したヨウ化ナトリウム (NaI) の結晶が使用されている。この結晶に γ 線が入射すると、結晶中で電離や励起が生じ、入射したエネルギーに比例した蛍光を発する。この蛍光の強度を電気信号としてとりだす (図3)。

Ge半導体測定装置の検出部には高純度のGe結晶が使用されている。ここに γ 線が入射するとエネルギーに応じて電流が流れ、これから電気信号が得られる (図4)。

得られた電気信号は、多重波高分析器にかけられ、図5に示すような一定時間に入射した

γ 線のエネルギーと入射回数 (カウント値) のスペクトルとして出力される。このスペクトル上のピークのエネルギーから核種、カウント数からその量が求められる。

Ge半導体測定装置は、エネルギー分解能が高くエネルギーごとのピークがシャープなため、放射性核種の同定に有効であり、多くの核種が混在していても測定が可能であるが、妨害ピークを少なくするために検出器を液体窒素で冷却する必要がある。NaI (Tl) シンチレーションスペクトロメータはGe半導体測定装置に比べるとエネルギー分解能が低く、多くの核種が混在するときは核種の同定、定量ともに難しいが、常温で使用できるという利点があり、放射性物質のスクリーニングに使用されている。

β 線のエネルギーは、 γ 線のように核種に固有ではないため、測定情報から核種の同定はできない。 β 線核種であるストロンチウム90を測定するためにはストロンチウムを精製分離した後、液体シンチレーションカウンタや全 β 測定装置のように β 線が測定できる装置で分析する必要がある。

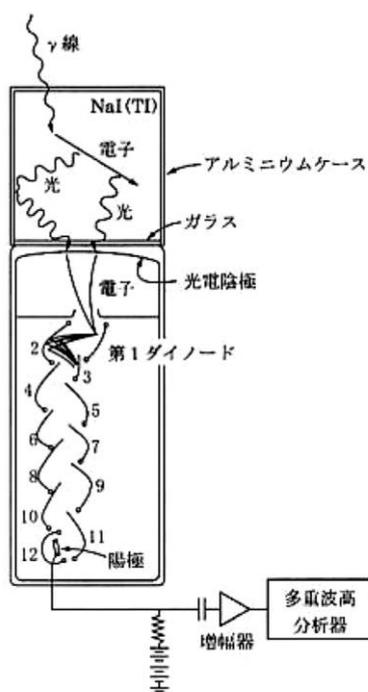


図3 NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータの機構図⁶⁾

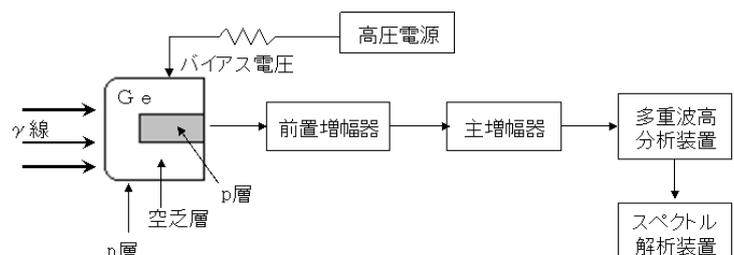


図4 上：Ge半導体測定装置機構図
下：当所に配備されたGe半導体測定装置

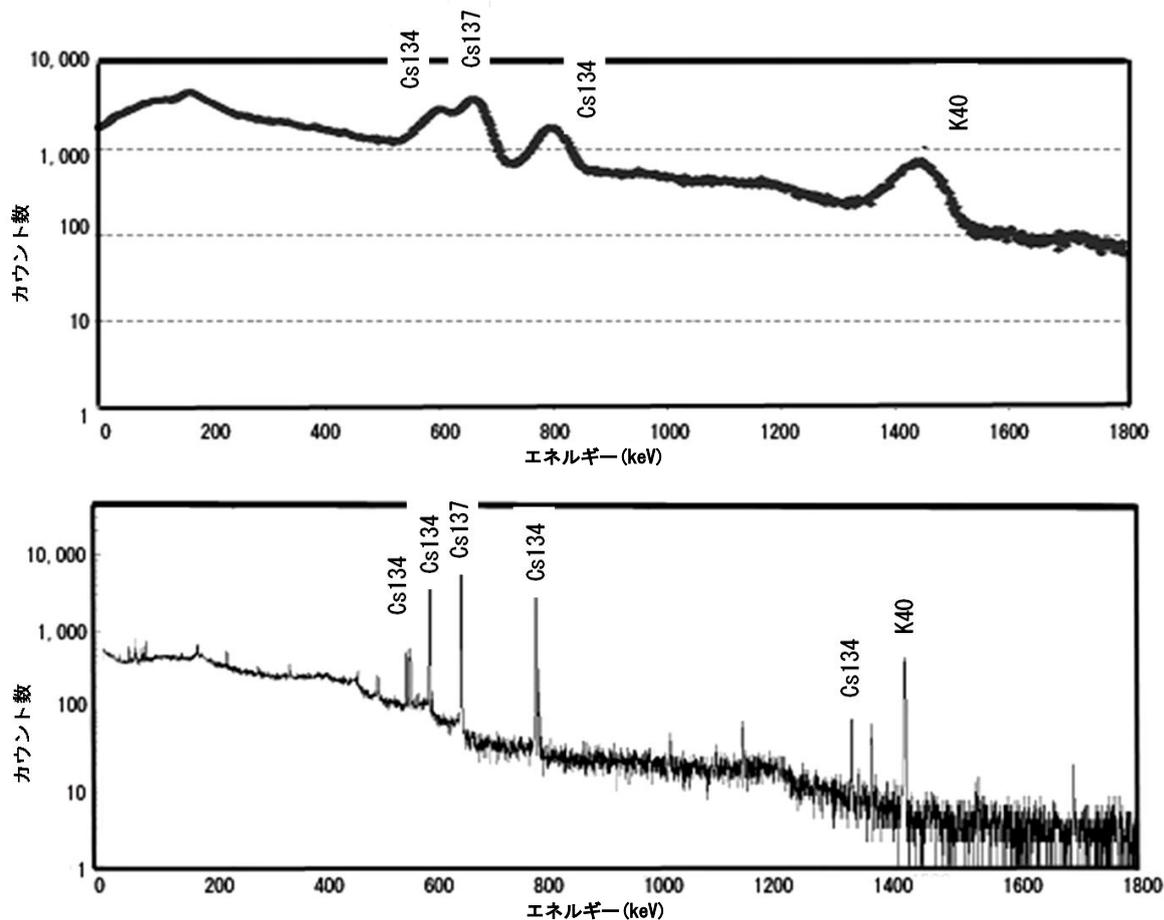


図5 上：NaI シンチレーションスペクトロメータによる測定スペクトル
下：Ge 半導体測定装置による測定スペクトル

6 愛知県における放射性物質検査

当所では1986年に発生したチェルノブイリ原子力発電所事故を受けて、1988年から輸入食品中の放射性物質検査を実施している。また、福島第一原子力発電所の事故後には、Ge半導体検出器が整備され、県内の海水浴場水や出荷制限が指示された自治体及びその近隣17都県で生産された流通食品中の放射性物質について検査を行っている。検体は、可食部を細切して測定容器に空隙を生じないように均一に詰め、Ge半導体測定装置により30分～1時間程度測定し、放射性セシウム濃度を算出している。

食品については2011年度に83件の検査を実施し、うち3件から暫定規制値を超える放射性セシウムが検出された。これらの検体は全て、「暫定許容値を超える放射性セシウムが検出された稲わらを給餌された可能性のある牛の

肉」であり、放射性セシウム濃度はそれぞれ790、860、1,400 Bq/kgであった。また暫定規制値は超えなかったが、定量下限値以上の放射性セシウムが検出された検体は30件あり、濃度範囲は1～500 Bq/kgであった。

2012年度は153件の検査を実施した。基準値施行後も2012年3月31日以前に製造加工されたものについては暫定規制値が適用され、これに該当する6件の乾しいたけのうち5件から暫定規制値を超える放射性セシウムが検出された。濃度はそれぞれ570、620、1,400、1,400、1,600 Bq/kgであった。暫定規制値適用時には乾燥食品はそのまま測定することとされていたため、これは乾燥状態で測定した値である。基準値施行以降は、乾燥食品は水戻しして検査または水戻し換算した値で表すため、上記値の約六分の一になる。

2012年4月以降に製造された127件の食品の

うち、16件から放射性セシウムを検出したが、基準値を超過したものはなかった。その内訳は、野菜及びその加工品が5件（きのこ類、いも類）、魚介類が10件（カレイ、チダイ、わかさぎ、白魚、たら）、穀類が1件（大豆）であり、濃度範囲は2.7～25 Bq/kgであった。福島第一原子力発電所の事故から時間が経つにつれ、放射性セシウムの検出頻度は減ってきており、濃度も低下する傾向にある。

7 おわりに

食品の放射性物質汚染は主に放射性セシウムによるものであり、この影響は30年以上続く。出荷制限が指示された自治体及びその近隣17都県では、国が示す対象品目や検査頻度等に基づいて検査計画を策定し、放射性セシウムが高く検出される可能性のある品目を重点的に検査している。検査の結果、基準値を超過する食品については出荷を制限する措置が取られており、基準値を超過する食品が市場に流通することはほとんどないと考えられるが、愛知県民の食の安全を確保するためには今後も引き続き、食品の放射性物質検査を行う必要があると考える。

8 参考文献

- 1) 電気事業連合会：原子力・エネルギー図面集
- 2) チェルノブイリによる放射能災害国際共同研究報告書、1998年
- 3) 厚生労働省医薬局食品安全部長通知、平成23年3月17日
- 4) 厚生労働省：東日本大震災関連情報、食品中の放射性物質への対応、食品中の放射性物質の対策と現状について（概要）；
http://www.mhlw.go.jp/shinsai_jouhou/dl/20131025-1.pdf
- 5) 厚生労働省医薬局食品安全部長通知、平成24年3月15日
- 6) 柴田徳思編：放射線概論 第7版、p.360、（株）通商産業研究社、東京、2011
（文責：衛生化学部 山本優子、小池恭子、猪飼 誉友）

愛知衛研技術情報 第38巻第1号 平成26(2014)年 10月 29日

照会・連絡先 愛知県衛生研究所

〒462-8576 名古屋市北区辻町字流7番6号

愛知県衛生研究所のホームページ【<http://www.pref.aichi.jp/eiseiken>】

所 長	室：	052-910-5604	生物学部長：	052-910-5654
次 長	長：	052-910-5683	ウイルス研究室：	052-910-5674
研 究 監	監：	052-910-5684	細菌研究室：	052-910-5669
総 務 課	課：	052-910-5618	医動物研究室：	052-910-5654
企画情報部長	：	052-910-5619	衛生化学部長：	052-910-5638
健康科学情報室	：	052-910-5619	医薬食品研究室：	052-910-5639
			生活科学研究室：	052-910-5643

代表 FAX： 052-913-3641
