

3 測定方法等

(1) 空間放射線空気吸収線量率の測定

ア 放射線測定所

(ア) 測定器 : a 屋外固定式3"φ×3"エネルギー補償型NaI(Tl)シンチレーション測定装置

b 屋外固定式電離箱型(14L)測定装置

(イ) 測定高 : 測定局舎屋上1m

(ウ) 校正線源 : NaI(Tl)シンチレーション測定装置 : Ra-226、Co-60、Cs-137
電離箱 : Cs-137

イ 環境放射能測定車

(ア) 測定器 : 車上固定又は移動式3"φ球形エネルギー補償型NaI(Tl)シンチレーション測定装置

(イ) 測定高 : 地上2.9m(固定時)

(ウ) 校正線源 : Cs-137

ウ 環境放射線調査車

(ア) 測定器 : 車上固定式2"φ×2"エネルギー補償型NaI(Tl)シンチレーション測定装置

(イ) 測定高 : 地上2.2m(固定時)

(ウ) 校正線源 : Cs-137

(エ) その他 : 走行サーベイ及び定点サーベイ

(2) 空間放射線積算線量の測定(モニタリングポイント)

ア 測定器 : 熱蛍光線量計(TLD)

イ TLD素子 : $\text{CaSO}_4 \cdot \text{Tm}$

ウ 測定高 : 地上1.5m

エ 曝露期間 : 3か月

オ 設置方法 : 木製箱に収納

(3) 空間ガンマ線スペクトル測定

ア 放射線測定所

測定器 : 屋外固定式NaI(Tl)シンチレーション測定装置用空間ガンマ線スペクトル収録装置

イ 環境放射能測定車

(ア) 測定器 : 可搬式Ge半導体検出器・多重波高分析装置あるいは携帯型Ge半導体検出器・多重波高分析装置

(イ) 測定高 : 地上1.0m

(4) 浮遊じん中の全アルファ放射能及び全ベータ放射能の測定

ア 測定器 : ZnS(Ag)+プラスチックシンチレーション検出器・ろ紙ステップ送り自動集じん装置

イ 試料採取高 : 地上約2.0m

ウ 吸引空気量 : 250 L_N/分

エ 校正線源 : U₃O₈

(5) 空気中の放射性ヨウ素の測定

ア 測定器 : NaI(Tl)シンチレーション検出器

イ 試料採取高 : 地上約2.0m

ウ 吸引空気量 : 50 L_N/分

エ 校正線源 : ヨウ素-131模擬線源

(6) 空気中ラドン子孫核種濃度の測定

ア 測定器 : 半導体検出器・ろ紙ステップ送り自動集じん装置

イ 試料採取高 : 地上1.2m

ウ 吸引空気量 : 80 L_N/分

エ 校正線源 : Am-241

(7) 環境試料の測定

ア 陸上環境試料中の放射能測定

(ア) 浮遊じん

a 試料採取 : 浮遊じん1か月分をろ紙ステップ送り自動集じん装置により採取

b ガンマ線放出核種分析

(a) 試料の処理 : 1か月連続集じんしたろ紙を電気炉で灰化(450℃)し、一定規格のプラスチック容器に固定

(b) 測定器 : Ge半導体検出器・多重波高分析装置

(イ) 空気中湿分

a 試料採取 : 空気中湿分を吸収剤に捕集し、7日~15日採取後蒸留して100mLに調整

b トリチウム分析

測定器 : 低バックグラウンド液体シンチレーション計数装置

(ウ) ガス状ヨウ素

a 試料採取 : ヨウ素モニターに活性炭フィルターを装着し、ヨウ素を捕集

b ガンマ線放出核種分析

測定器 : Ge半導体検出器・多重波高分析装置

(エ) 降下物 (雨水・ちり)

a 試料採取 : 降下物 1 か月分を大型水盤により採取

b ガンマ線放出核種分析

(a) 試料の処理 : 降下物 1 か月分を蒸発濃縮し、一定規格のプラスチック容器に固定

(b) 測定器 : Ge半導体検出器・多重波高分析装置

(オ) 河川水、上水道源水

a 試料の採取 : 試料42Lをポリエチレンびんに採水

b ガンマ線放出核種分析

(a) 試料の処理 : 40Lを蒸発濃縮し、一定規格のプラスチック容器に固定

(b) 測定器 : Ge半導体検出器・多重波高分析装置

c トリチウム分析

(a) 試料の処理 : 蒸留して100mLに調整

(b) 測定器 : 低バックグラウンド液体シンチレーション計数装置

d ストロンチウム-90分析 (放射化学分析)

(a) 試料の処理 : 蒸発濃縮試料を塩酸に溶かし、イオン交換法でストロンチウム-90を分離し、ステンレス製試料皿 (直径2.5cm) に固定

(b) 比較試料 : Sr-90+Y-90

(c) 測定器 : 低バックグラウンド放射能自動測定装置

(カ) 陸土

a 試料採取 : 採土器により未耕土0~5cmの深さを1地点当たり3か所採取

b ガンマ線放出核種分析

(a) 試料の処理 : 乾燥細土を一定規格のプラスチック容器に固定

(b) 測定器 : Ge半導体検出器・多重波高分析装置

c プルトニウム分析

(a) 試料の処理 : 乾燥細土から硝酸で抽出し、イオン交換法で分離を行い、精製したプルトニウムをステンレス板上に電着固定

(b) 測定器 : アルファ線スペクトロメータ

(キ) 農畜産物・植物

a 試料

| 種類 | 部位 | 採取量 |
|------------------|-----|------|
| 米 ⁽¹⁾ | 玄米 | 2kg |
| 大根 | 葉・根 | 14kg |
| ほうれん草 | 葉 | 4kg |
| 高菜 | 葉 | 4kg |
| 生椎茸 | 全体 | 3kg |
| 小豆 | 全体 | 2kg |
| 馬鈴薯 | 可食部 | 4kg |

| 種類 | 部位 | 採取量 |
|--------------------|-----|------|
| 梅 | 可食部 | 5kg |
| きゅうり | 全体 | 10kg |
| 牛乳 | 原乳 | 10L |
| 松葉 | 葉 | 2kg |
| よもぎ ⁽²⁾ | 葉 | 3kg |

(1) 大山では5kg、杉山では3kg採取

(2) 大山、吉坂では5kg採取

b ガンマ線放出核種分析

(a) 試料の処理 : 灰分試料を一定規格のプラスチック容器に固定
(牛乳及び米は未処理で、マリネリ容器に固定)

(b) 測定器 : Ge半導体検出器・多重波高分析装置

c ストロンチウム-90分析 (放射化学分析)

灰試料を用い、河川水の測定方法に同じ

d プルトニウム分析

硫酸及び過酸化水素水を加えて加熱分解後、陸土の測定方法に同じ

イ 海洋環境試料中の放射能測定

(ア) 海洋生物・指標海洋生物・海底沈積物

a 試料

| | 種類 | 採取量 |
|------|-------------------------|-----|
| 海洋生物 | めばる ⁽¹⁾ ・さざえ | 2kg |
| | なまこ ⁽²⁾ | 3kg |
| | わかめ | 4kg |
| | あじ | 2kg |
| | あおりいか | 3kg |
| | うまづらはぎ | 2kg |
| | するめいか | 3kg |
| | かたくちいわし | 2kg |

| 種類 | 採取量 |
|----------------------------------|-----|
| 指標海洋生物 ⁽²⁾ (ほんだわら) | 3kg |
| 海底沈積物 ⁽³⁾ | 2kg |

(1) 毛島沖は4kg採取

(2) 毛島沖は6kg採取

(3) 8月は4kg採取

- b ガンマ線放出核種分析、ストロンチウム-90分析、プルトニウム分析
陸上環境試料の測定方法に同じ

(イ) 海水

- a 試料採取 : 表層の海水45Lをポリエチレンびんに採水

- b ガンマ線放出核種分析

- (a) 試料の処理 : りんモリブデン酸塩-水酸化物-硫化物沈殿法で得た沈殿を
均一に混合し、一定規格のプラスチック容器に固定

- (b) 測定器 : Ge半導体検出器・多重波高分析装置

- c トリチウム分析

- 河川水、上水道源水の測定方法に同じ

(8) 気象観測

ア 風向・風速

- (ア) 放射線測定所 : プロペラ式微風向風速計

- (イ) 環境放射能測定車 : 超音波式微風向風速計

イ 気温

- 白金抵抗体温度計

ウ 湿度

- 静電容量式湿度計

エ 日射量

- 熱電堆式全天日射計

オ 放射収支量

- 熱電堆式示差放射収支計

カ 大気安定度

- 風速、日射量又は放射収支量から日本式パスキル安定度を算出

キ 雨雪量・感雨

- (ア) 雨雪量 : ヒータ付転倒まず型雨量計

- (イ) 感雨 : 電極面短絡電流方式感雨計

ク 積雪深

- レーザ反射方式積雪深計

資 料

1 調査の目的

環境放射線モニタリング指針（原子力安全委員会）によると、モニタリングの基本目標は、原子力施設の周辺住民等の健康と安全を守ることにあるが、具体的には次の4項目とされている。

- ① 周辺住民等の線量を推定、評価すること。
- ② 環境における放射性物質の蓄積状況を把握すること。
- ③ 原子力施設からの予期しない放射性物質又は放射線の放出による周辺環境への影響の評価に資すること。
- ④ 異常事態発生のお知らせがあった場合に、平常時のモニタリングを強化するとともに、緊急時モニタリングの準備を開始できるように整えること。

京都府では、上記の目標を達成するために下記のような測定を実施している。

(1) 空間放射線モニタリング

① 空間放射線量率

ガンマ線を対象として放射線量率を測定するもので、原子力施設に起因する外部被ばく線量の推定、評価に資する。

(7) 放射線測定所での連続測定（15ヶ所）

野外に設置した測定所で24時間連続監視を行っており、短期間での放射線量率の変動を把握することができる。同時に気象要素も測定しており、モニタリング結果を解釈する上での参考としている。測定データはテレメータシステムにより中央監視局に自動伝送され、集中監視を行っている。

(4) 環境放射能測定車での定点測定（3地点）及び環境放射線調査車での走行サーベイ（9ルート）

放射線測定所の設置されていない地域における放射線量を把握するため、定期的に測定を実施している。環境放射能測定車では、空間線量率測定装置の他、核種分析装置、気象観測装置を搭載しており総合的な測定ができるようになっている。環境放射線調査車では、空間線量率を走行しながら測定できる。

② 積算線量（26ヶ所）

原子力発電所から5～10km以内の集落を対象に、一定期間の放射線量を測定するもので、長期的な変動監視に適している。京都府では3か月毎（92日）に測定している。

③ 浮遊じんの放射能の全アルファ・ベータ放射能連続測定

大気中の浮遊じんに着している、アルファ線やベータ線を放出する放射性核種の放射能を測定している。

④ 空気中のラドン子孫核種濃度

浮遊じんに着している天然放射性核種のうち、ほとんどを占めるラドン-222、

ラドン-220（トロンとも呼ばれる。）の崩壊によって生成する固体状の放射性核種（これらをラドン子孫核種という）濃度を測定している。

(2) 環境試料の放射能測定

放射性核種を含む環境試料の吸入、経口摂取等により、人が被ばくする状況を把握するため、環境試料を採取し、その放射能を測定する。また、人の被ばくに関係が無くても、放射性核種の分布、蓄積状況等の把握に役立つ試料についても測定を行っている。

分析には以下のようなものがある。

・ガンマ線放出核種

ガンマ線を放出する核種のうち、ベリリウム (Be) -7、カリウム (K) -40等の天然放射性核種のほか、下表の人工放射性核種について測定している。ゲルマニウム半導体検出器を備えた測定装置を用いて、これらの濃度を一括して測定することができる。

| 分析対象核種 | 半減期 | 分析対象核種 | 半減期 |
|-----------------|-------|-----------------|-------|
| コバルト (Co) -60 | 5.3年 | ルテニウム (Ru) -106 | 372日 |
| セシウム (Cs) -137 | 30年 | セリウム (Ce) -141 | 32.5日 |
| マンガン (Mn) -54 | 312日 | セリウム (Ce) -144 | 285日 |
| ジルコニウム (Zr) -95 | 64日 | ヨウ素 (I) -131 | 8日 |
| ニオブ (Nb) -95 | 35日 | セシウム (Cs) -134 | 2.1年 |
| ルテニウム (Ru) -103 | 39.3日 | | |

- ・トリチウム (H-3) ベータ線を放出する、原子炉内で生成する水素の同位元素の一つ。自然界でも宇宙線によって生成される。半減期12.3年。
- ・ストロンチウム (Sr) -90 ベータ線を放出する、原子炉内で生成する人工放射性核種。半減期28.8年。
- ・プルトニウム (Pu) -239、-240 アルファ線を放出する人工放射性核種。半減期はPu-239で2.4万年、Pu-240で6570年。
- ・ヨウ素 (I) -131 ガンマ線及びベータ線を放出する揮発性の人工放射性核種。半減期8日。

環境試料として、以下のようなものを採取している。

- ① 浮遊じん、空気中湿分・・・浮遊じんは、大気中に放出された放射性物質の拡散状況を最も早く知ることのできる環境試料であり、また、空気吸入による内部被ばく線量を把握することができる。
- ② 降下物（雨水・ちり）・・・放射性物質の降下量を把握し、核種の起源を推定する。

- ③ 陸土・海底沈積物・・・大気中の放射性物質は地表に降下し、土壌に蓄積する。また、放射性物質が海中に入ると、そのかなりの部分が海底に沈積する。そこで、これらを採取・分析し、環境中の放射性物質の蓄積状況を把握する。
- ④ 陸水、農畜産物、海産物・・・陸水は、地球上の循環水の一部として自然環境において放射性物質を輸送、拡散するとともに、農業用水や飲用水源となる。これらとともに、原子力発電所の周辺住民が多く摂取する農畜産物や、定着性の高い海洋生物の放射能を分析し、飲食物の摂取による内部被ばく線量を把握する。
- ⑤ 指標植物・指標海洋生物・・・食用には供しないが、放射性核種の付着や濃縮度が大きく、かつ継続的に採取可能な指標生物を採取・分析し、環境放射能の変動を把握する。
- ⑥ 海水・・・海域に降下・放出された放射性物質は、海水中に広がり、海底に沈積したり、生物に移行する。食用となる魚介藻類が生育する環境の安全性を確かめるため、海水の放射能レベルを把握する。

2 測定結果の評価について

(1) 測定値の変動について

空間放射線、環境試料等の放射能の測定値を評価するにあたり、「平常の変動幅」を設定し、測定値がその変動幅内に納まるかどうかをひとつの目安にする。

例えば、京都府では、空間放射線量率の連続測定については「平均値 $\pm 3 \times$ 標準偏差 ($M \pm 3\sigma$)」を、環境試料等データ数が多くない場合は、過去の測定値の最小値と最大値の範囲を平常の変動幅としている。

降雨雪等自然条件の変化や、核実験等の影響、原子力発電所の影響等でこの幅を超えることがあり、原因の特定を行う。

降雨雪時には、大気中のラドン子孫核種、浮遊じん等に含まれる天然放射性核種が雨等に取り込まれ、地上に降下し空間線量率が上昇する傾向がある。逆に積雪があると、大地からの放射線が遮へいされるため、空間線量率は低下する。

(2) 環境試料の核種分析

昭和50年代まで実施されていた大気中核実験や昭和61年のチェルノブイリ原子力発電所事故の直後には、全国的に環境試料中の人工放射性核種の放射能が増加したが、それ以後は年々減少傾向にあり、東京電力福島第一原子力発電所事故前までは半減期の長いセシウム-137、プルトニウム、ストロンチウム-90がわずかに検出される程度である。

東京電力福島第一原子力発電所事故後は、同事故の影響とみられる半減期の短いセシウム-134が極めて微量検出されている。

3 用語の説明

放射線

原子核が崩壊するときなどに放出される高速の粒子や電磁波のこと。

主な放射線の種類には、アルファ (α) 線、ベータ (β) 線及びガンマ (γ) 線がある。アルファ線はヘリウムの原子核で、陽子2個と中性子2個から成り立っており、プラスの電荷を持っている。ベータ線は高速の電子でマイナスの電荷を持っている。また、ガンマ線は電磁波の一種で最も強い透過力を持っている。その他、X線、中性子線等も放射線の一種である。

自然放射線

われわれの日常生活の中では、どこにいても宇宙や大地、食物から放射線をあびる。これを自然放射線という。自然放射線による被ばく線量は地域差があり、日本国内でも花崗岩地帯である関西、中国地方は多い傾向がある。ブラジルやインドでは日本の10倍強いところもある。

放射能、放射性物質、Bq (ベクレル)

放射線を出す能力(性質)を放射能、放射能を持つ物質を放射性物質という。

Bqは放射能の強さの単位であり、1秒間に1個の原子核が崩壊するときの放射性物質の放射能の強さを1Bqという。

放射性核種

自然界には約90種の元素があるが、同じ元素でも原子核の重さ(質量数)の違うものを同位元素(アイソトープ)という。それらの区別は「元素記号(名) - 質量数」または「^(質量数)元素記号」で表す。同位元素のうち、放射能を持つ核種を放射性核種という。例えば、自然界に存在するコバルト-59は放射能を持たない安定核種であるが、核実験や原子炉内で生成するコバルト-60は放射能を持つ放射性核種である。

半減期

放射性核種の濃度は原子核の崩壊によって時間とともに減少するが、核種の種類によってその減少の速度が決まっている。当初の濃度が半分まで減少するのにかかる時間を半減期という。例えば、セシウム-137の半減期は約30年であるが、これはセシウム-137が始めに1Bqあった場合、30年後には0.5Bqになるという意味である。

天然放射性核種と人工放射性核種

カリウム-40やベリリウム-7等の核種は地殻の中に存在したり宇宙線で生成される放射性核種で、このようなものを天然放射性核種という。

一方、核実験や原子炉内で生成するストロンチウム-90やセシウム-137等の核種は人工放射性核種という。

空間放射線空気吸収線量率（空間放射線量率又は空間線量率）、空間放射線積算線量（積算線量）とGy（グレイ）

放射線が当たった物質が、どの程度のエネルギーを吸収したかを示す量を吸収線量といい、物質1kg当たり1J（ジュール）のエネルギーを与えた場合、これを1Gyという。空間放射線空気吸収線量率（空間放射線量率又は空間線量率）とは、ある地点の一定時間当たりの吸収線量のことであるnGy/h（ナノグレイ/時）等で示される。空間放射線積算線量（積算線量）とは、ある地点の一定期間の吸収線量の合計のことである。

m（ミリ）、μ（マイクロ）、n（ナノ）、M（メガ）

単位の接頭語であり、mは1000分の1、μは100万分の1、nは10億分の1、Mは100万倍を表す。例えば、1Gyの10億分の1を1nGy（ナノグレイ）と呼ぶ。

TLD（熱蛍光線量計）

TLDは積算線量を測定する方法の一つである。フッ化リチウム、フッ化カルシウム、硫酸カルシウム等の化学物質は、放射線が当たるとそのエネルギーを吸収し、その後それを加熱すると吸収した放射線のエネルギーを光として放出する性質（熱蛍光）がある。この光の量を測定することにより放射線の量を知ることができる。

放射線被ばくとSv（シーベルト）

放射線被ばくには、外部被ばくと内部被ばくの2種類がある。

外部被ばくとは、体外の放射線源から放出される放射線を受けることで、放射線に当たっているときだけ被ばくする。内部被ばくとは、飲食や呼吸により体内に入った放射性物質から受ける被ばくのことであり、放射性物質が体内に存在する限り被ばくが続く。

吸収線量が同じでも、被ばくによる人体への影響は放射線の種類やエネルギーの強さによって異なる。このため、吸収線量に種々の係数を掛けて同じ尺度で知ることができるように補正する。この単位をシーベルトという。