

連載講座

超低レベル放射能測定の実状と展望（第3回）

環境放射能モニタリングの実状

太田裕二

Reprinted from
RADIOISOTOPES, Vol.55, No.6
June 2006



Japan Radioisotope Association

<http://www.jrias.or.jp/>

連載講座



超低レベル放射能測定の実況と展望（第3回）

環境放射能モニタリングの実況[†]

太田裕二

財団法人 日本分析センター

263-0002 千葉県千葉市稲毛区山王町 295-3

Key Words : environmental radioactivity, radioactivity survey, nuclear facility, fallout,
natural radionuclide, ultralow level radioactivity

1. はじめに

環境放射能調査は、環境に存在する自然放射能（線）レベルと、人間の活動により付加される放射線（能）レベルの調査を行うことにより、国民の被ばく線量の推定、評価に資することを目的として行われる¹⁾。環境に存在する放射線源は、大部分が自然の放射性核種（ウラン、トリウム及びその壊変生成物、⁴⁰K等）、宇宙線等に起因するトリチウム、⁷Be等の宇宙線生成核種であるが、人間の活動により発生するものとして、原子力発電所等の原子力施設、国外の大気圏内核爆発実験に伴う放射性降下物（フォールアウト）などが存在する。これらの影響を調べるため、放射性物質が環境に放出される可能性のある原子力施設の周辺、あるいは一般環境での調査が行われる。環境放射能モニタリングという用語は、広い意味では環境に存在する放射能を対象とした調査一般を指し、狭い意味では特定の範囲、対象に対しての放射能レベル把握を目的とした調査のことを指す。

現在、日本国内において行われている環境放射能モニタリングは、原子力施設の周辺で行われる周辺環境への影響を評価するための調査と、より広範囲での放射能水準を把握するための調査の二つに大別される。前者は、環境における原子力施設に起因する放射性物質又は放射線による周辺住民等の線量が、年線量限度を十分に下回っていることの確認を目的として行われる。後者は、より広範囲な地域において日本国内の環境放射能水準を把握することを目的としており、レベルの把握に加えて、原子力施設周辺での測定結果に対する比較対照データとしても用いられる。

いずれの場合も調査対象は、大気浮遊じん、雨水、土壌、河川水、牛乳、食品、海水、海産物等の環境試料、及び放射線（空間放射線）等である。

この他に、環境中での放射性物質の挙動を調べることを目的とした調査研究が数多く行われているが、本報告では、主として、原子力施設周辺のモニタリングと、より広範囲での放射能水準の把握を目的とした環境放射能水準調査について紹介する。それ以外の調査研究的内容については、文献²⁾等を参照されたい。

[†] Present Status and Prospects of Ultralow Level Radioactivity Measurements (3).

Environmental Radioactivity Monitoring in Japan.

Yuji OHTA : Japan Chemical Analysis Center, 295-3, Sanno-cho, Inage-ku, Chiba-shi, Chiba Pref. 263-0002, Japan.

2. 原子力施設周辺のモニタリング

2.1 モニタリングの位置付け

原子力施設周辺の住民等の安全確保のためには、施設の運転が周辺環境に与える影響を常に監視している必要がある。そのため、原子力施設周辺の放射能モニタリングが、原子力事業者（原子炉設置者等）及び地方公共団体（原子力施設の設置道府県）により、「環境放射線モニタリングに関する指針」（以下「モニタリング指針」）³⁾に基づいて実施されている。この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ため、環境における原子力施設に起因する放射性物質又は放射線による周辺住民等の線量が、年線量限度（1 mSv）を十分に下回っていることを確認すること、更に、原子力施設に異常が生じ、原子力災害対策特別措置法に基づく異常事態発生（注）の通報があった場合に、速やかに対応できるモニタリング体制を整備しておくことにある。

具体的な目標は、

- 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（注）の通報があった場合に、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体制を整えること

とされている。これらの目標を達成するために、立地・隣接道府県はモニタリング計画を策定し、それに基づいて実際のモニタリングを実施する。モニタリング計画は、監視対象となる原子力施設の種類及び規模、地理的条件（周囲の地形及び人口分布等）によって異なるため、対象の原子力施設の立地箇所ごとに、立地している道府県及び、施設周辺の監視区域を持つ府県により策定され、実施されている。図1に、原子力施



図1 原子力施設周辺のモニタリングを実施している道府県

設周辺のモニタリングを実施している道府県を示した。2005年現在、19道府県が原子力施設周辺のモニタリングを行っている。

調査対象項目は、「モニタリング指針」³⁾をもとに決定される。同指針に示されている代表的な調査項目を表1に示した。

原子力施設周辺のモニタリングには、平常時モニタリングの他に、施設から放射性物質又は放射線の放出、あるいはそのおそれがある場合に実施される「緊急時モニタリング」がある。

2.2 平常時のモニタリング

調査内容は、空間放射線の測定と、環境試料中の放射性物質の分析に分けられる。空間放射線の測定は、外部被ばくによる線量の推定、評価に資することを目的とし、放射性物質の分析は、施設周辺における放射性物質の蓄積状況の把握及びそれを用いた内部被ばく線量の推定を主な目的としている。

2.2.1 空間放射線の測定

γ 線が主であるが、異常事態が発生した際に中性子線が放射される可能性のある施設に対しては、中性子サーベイメータ等の中性子測定器

表1 原子力施設周辺のモニタリングにおける代表的な調査項目
 (「環境放射線モニタリングに関する指針」より抜粋)³⁾

区分	調査対象	測定方法
空間放射線	線量率、 積算線量	NaI(Tl)シンチレーション検出器 熱ルミネセンス線量計 (TLD) 蛍光ガラス線量計 (RPLD)
陸上試料	大気浮遊じん 陸水 牛乳 土壌 農産食品 指標生物 降下物、降水	核種分析 " ¹³¹ I 分析 核種分析 " " "
海洋試料	海水 海底土 海産食品 指標生物	核種分析 " " "
気象要素	気温、降水量、風向、 風速等	

が用意される。

γ 線検出用としてNaI(Tl)シンチレーション検出器を備えたモニタリングポスト又はモニタリングステーションが原子力施設の周辺に配置され24時間の連続測定が行われる。

NaI(Tl)検出器は高感度であり、環境レベルの空間 γ 線量率($10^1 \sim 10^2$ nGy/h程度)まで測定可能ではあるが、異常事態等が発生して空間線量のレベルが上昇した場合、 $10 \mu\text{Gy/h}$ 程度で飽和してしまい、それ以上高い線量率は測定できない。そのため、NaI(Tl)検出器に加え、より高い線量率まで測定できる電離箱型線量計を備えたモニタリングポストを設置するケースが多い。また、近年は、緊急時対応のためにダストモニタ、ヨウ素サンプラ等を装備したモニタリングステーションも多い。

モニタリングポスト等による線量率の測定は、積算線量の測定と異なり、比較的短時間の変動が監視できるので異常の早期発見に役立つ。しかし、空間線量率は、降雨等の気象条件の変化によってラドン壊変生成物の影響を受け上昇する場合がある。そのため、一部のモニタリング

ステーションには気象観測装置を設置し、線量率の変動した場合の参考情報として用いている。

モニタリングポストは、空間放射線量率の変動を観測するが、積算線量計は、ある期間の線量の積算値を測定する。測定器としては、扱いの容易さから、蛍光ガラス線量計、熱ルミネセンス線量計(TLD)、電子線量計等が用いられている。

2・2・2 環境試料中の放射性物質の分析

原子力施設周辺の放射性物質の蓄積状況を把握し、予期しない放出を検知することを想定して、原子力施設周辺の環境試料を採取して放射性核種の分析が行われる。調査対象試料の例と測定方法を、表1に示した。

環境試料中の放射能濃度の測定には、試料調製が比較的容易で、多核種同時分析ができる、ゲルマニウム(Ge)半導体検出器を用いた γ 線スペクトロメトリ^{4),5)}が用いられる。原子力施設から放出される核種には γ 線放出核種が多いため、極めて有効である。 γ 線を放出しない核種(⁹⁰Sr等の純 β 放出核種、トリチウム、ウラン、プルトニウム等)を測定する場合には、

表2 Ge 検出器を用いた γ 線スペクトロメトリにおける分析供試量と ^{137}Cs の定量可能レベル

試料	供試量	定量可能レベル	
大気浮遊じん	10^4 m^3	0.08	mBq/m^3
降下物	月間全量 (0.5 m^2)	0.8	Bq/m^2
陸水・海水	20L	8	mBq/L
土壌・海底土	100g (乾土)	3	Bq/kg 乾土
農水産生物	1kg 生	0.4	Bq/kg 生

放射化学分析等の手法が用いられる。

環境試料中の放射能を測定するにあたり、測定目標値を決めておく必要がある。目標値は、年間の線量限度 (1 mSv) と、食物等の摂取による預託線量によって決められるが、Ge 検出器を用いた γ 線スペクトロメトリでは、線量目標値を十分に下回るレベルの放射能濃度を定量することができる。Ge 検出器を用いた場合の、環境試料の分析供試量と ^{137}Cs の定量可能レベルの一例を表2に示した。

2・3 緊急時の環境放射線モニタリング

原子力施設に異常状態が生じ、放射性物質又は放射線の異常な放出、あるいはそのおそれがある場合は、災害対策基本法及び原子力災害対策特別措置法に基づき、国、地方公共団体及び原子力事業者はそれぞれの防災計画に従い、所要の防災対策を講ずることとなっている。この防災対策の一環として、周辺環境の放射性物質又は放射線に関する情報を得るために特別なモニタリング、緊急時環境放射線モニタリングが行われる。

このモニタリングの基本的な事項と具体的事項は、「原子力施設等の防災対策について」⁶⁾、及び「緊急時環境放射線モニタリング指針」⁷⁾に示されている。

緊急時環境放射線モニタリングには、原子力緊急事態の発生時に、人工放射性物質の放出の有無や、線量を迅速に把握するために行う第1

段階のモニタリングと、事態がある程度終息した後には周辺環境に対する全般的影響を評価するために行う第2段階のモニタリングがある。

緊急時環境放射線モニタリングの分析・測定は、平常時のモニタリングで用いられている方法に加えて、いくつかの分析項目（大気中の放射性ヨウ素の測定等）が追加され、かつ、得られた結果は、適切な防護対策等を決定するための情報として用いるため、迅速に分析結果が得られる方法を用いる。

原子力災害対策特別措置法には、国による原子力災害対策本部の設置等を含めた訓練を実施することが定められており、2000年度から原子力総合防災訓練が毎年1回実施されている。また、原子力施設が立地又は施設に隣接している地方公共団体では、地域防災計画に基づき、原子力防災訓練を毎年1回実施しているところが多い。

2・4 モニタリング結果の評価及び公開

原子力施設等の周辺で行われたモニタリングの結果は、モニタリング指針の「総合評価」に記載されたモニタリング結果に関する監視・評価機構（各地方公共団体が設置）において評価され、報告書として公表されている。また、大部分の地方公共団体は、モニタリングの結果のデータをインターネット上で公開している（文部科学省所管の環境防災Nネットでも公開）。特に、原子力施設周辺のモニタリングポストの

空間線量率測定結果については、インターネットでリアルタイムの値が公開されており、施設周辺の空間線量率の状況が常にかかるようになってきている。

2・5 モニタリングの質の保証

モニタリングを担当する複数の機関のデータ、及びある機関の異なった時期のデータを統一的に解釈するには、データの質が適切なレベルで維持されている必要がある。質の保証は、試料の採取からデータの評価に至る一連の行為の全ての段階において確立されている必要がある。次の事項が「モニタリング指針」³⁾に定められている。

- ① モニタリングに用いられる各種機器・装置の品質
- ② 計測器の保守・点検及び校正
- ③ 標準となる分析方法の確立
- ④ 国家標準とのトレーサビリティ
- ⑤ 職員の訓練と経験
- ⑥ 文書・記録等

これらを総合的に評価する方法として、モニタリングを担当する地方公共団体の分析機関と環境放射能分析の専門機関（日本分析センター）との間でクロスチェックが実施されている。

3. 広域の環境放射能水準の調査

3・1 調査の位置付け

原子力施設周辺のモニタリングが、施設から放出される放射性物質、放射線が周辺の環境に与える影響を把握することを目的としているのに対し、環境放射能水準の調査は、より広範囲の、地球規模で影響を及ぼすソースタームによる我が国への放射能影響について、日本国内の環境放射能水準を把握することを目的として行われてきた。この調査で得られた結果は、原子力施設周辺のモニタリングに対しての比較対照データとしての意味合いも持つ。

環境放射能水準の調査は、1940年代から開始された大気圏内核爆発実験の結果、⁹⁰Sr、¹³⁷Cs

等の放射性核種が大量に生成して環境に放出され、滞留の後、降雨等に捕捉されて日本にも相当量のフォールアウトが降下した状況を受け、関係行政機関による調査として開始された。1957年に当時の科学技術庁の委託により8都道府県で「大気圏内核爆発実験に伴う放射性降下物に係る放射能調査」が開始され、1961年には内閣に放射能対策本部（本部長：科学技術庁長官）が設置され、関係行政機関の連絡調整を行うとともに、同本部を中心とした放射能調査網の拡充が図られてきた。フォールアウトに対する調査の対象地域は順次拡大されてきたが、1986年に発生した旧ソ連のチェルノブイリ原子力発電所事故を契機として、全国47都道府県の全てが対象地域となった。

1980年の中国による核爆発実験を最後に、大気圏内での核爆発実験は行われなくなったが、放射能対策本部の方針に基づき、文部科学省を中心として、関係省庁、国立試験研究機関、各都道府県、関係独立行政法人等により、モニタリングを含めた環境放射能に関する調査研究が継続されてきた。現状の主な調査の実施体制を表3に示した。

3・2 環境放射能水準調査

ここでは、各省庁、独立行政法人等が実施している調査の中から、文部科学省が中心となって実施している全国規模の放射能調査である「環境放射能水準調査」の内容について紹介する。

環境放射能水準調査は、文部科学省からの委託により、全国47都道府県と日本分析センターが実施している全国規模の放射能調査である。この調査には以下の内容が含まれている。

- ① フォールアウト調査
- ② 食品試料の放射能水準調査
- ③ ラドン濃度測定調査
- ④ 中性子線量率水準調査
- ⑤ 自然放射性核種の水準調査
- ⑥ 再処理関連核種の水準調査

表3 環境放射能調査の実施体制

調査項目	試料	実施機関
大気	大気浮遊じん、 降下物	環境省、気象庁・気象研究所、防衛庁技術研究本部、 放射線医学総合研究所、47都道府県、 日本分析センター
陸	土壌、農作物、陸水	環境省、農業環境技術研究所、放射線医学総合研究所、 47都道府県、日本分析センター
海	海水、海底土	海上保安庁、気象庁・気象研究所、水産総合研究セン ター、47都道府県、日本分析センター
食品	穀物、日常食、 上水等	農業環境技術研究所、農業技術研究機構、放射線医学 総合研究所、47都道府県、日本分析センター

このうち、①のフォールアウト調査については全国47都道府県及び日本分析センターが、②～⑥の調査については、各都道府県の協力により日本分析センターが実施している。

3・2・1 フォールアウト調査

放射性降下物を対象として1950年代から始まった。

この調査は、全国の放射能水準を把握することを目的としているため、試料採取場所も広範囲にわたっている。調査は、原子力施設立地道府県を含む全国47都道府県で実施されている。原子力施設立地道府県は、原子力施設周辺の調査に加えて、フォールアウト調査も実施している。

全国47都道府県では、降水は降雨ごとに採取され、全 β 放射能測定が行われる。降下物試料は毎月1回、大気浮遊じんは四半期ごと、その他の環境試料（上水、日常食、米、野菜、牛乳、魚介類、土壌、海水、海底土など）は年1～4回採取される。採取された環境試料は各都道府県で前処理の後、Ge検出器による γ 線スペクトロメトリが行われる。各都道府県での測定が終了した試料のうち、年間約1500試料が日本分析センターに送付され、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs の放射化学分析が行われる。 ^{90}Sr は純 β 放出核種のため γ 線スペクトロメトリでは定量できない。 ^{137}Cs については、化学分離したのち β 線

測定を行う。検出感度は、 γ 線スペクトロメトリの約10倍に改善される。また、一部の土壌試料についてはプルトニウムの分析が実施されている。

また、各都道府県では、モニタリングポスト及びサーバイメータによる空間 γ 線率測定も実施されている。

結果の一例として、全国47都道府県で月ごとに採取された降下物中の ^{90}Sr 及び ^{137}Cs 濃度の経年変化を図2及び図3に示した。

1980年に大気圏内核実験が中止されたことに伴い、それ以降の降下物中の放射性物質濃度は低下傾向をたどったが、1986年4月のチェルノブイリ原子力発電所の事故の影響により、日本国内の放射能の降下量は再び増加した。しかし、この影響は一時的なものであり、その後 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs の降下量は著しく低下し、不検出となる試料が増加している。現在の ^{137}Cs の月間降下量は、1970年代の1/20～1/100程度である。降下物中に含まれる放射性核種の主な供給源は、地表に降下した核種の再浮遊であると考えられている⁸⁾。

このように、フォールアウト調査は、当初は核爆発実験の影響調査を目的として開始されたが、近年の降下物中の放射能レベル低下に伴い、調査目的の重点は環境中に存在する放射能レベルの把握に移行している。

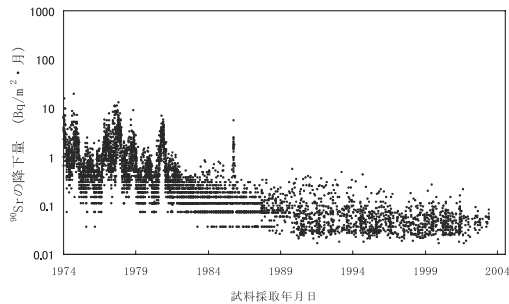


図2 全国47都道府県で採取された月間降下物中の ^{90}Sr の経年変化（出典：文部科学省環境放射線データベース）

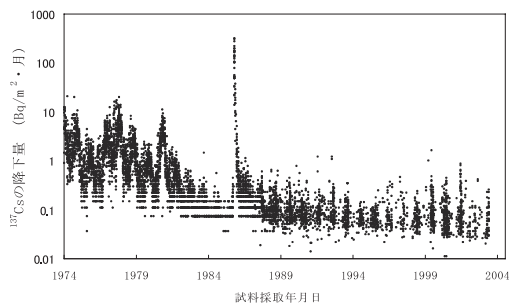


図3 全国47都道府県で採取された月間降下物中の ^{137}Cs の経年変化（出典：文部科学省環境放射線データベース）

3・2・2 食品試料の水準調査

1986年のチェルノブイリ原子力発電所の事故を契機とし、輸入食品の放射能に対する不安が高まった状況を受けて1989年度から開始された。食品の摂取による日本国民の預託実効線量を求めることを目的とし、国民が多く摂取している食品を選定し、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 等の人工放射性核種、 ^{226}Ra 、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po 等の自然放射性核種について日本分析センターで分析し、データを蓄積してきた。2004年度までに約250食品、13000件の核種分析結果が得られた。日本人の預託実効線量には、魚海藻類の寄与が大きい等の知見を得ている⁹⁾。現在は、輸入海産食品に重点をおいて調査が継続されている。

3・2・3 ラドン濃度の測定調査

ラドン（ ^{222}Rn ）は地殻中に存在する ^{226}Ra から生成し、我々の身の回りに存在する自然放射

性核種である。原子放射線の影響に関する国連科学委員会（UNSCEAR）の1982年報告書において、自然放射線から受ける一般公衆の年実効線量が約2 mSv（世界平均）であり、その約半分がラドン及びその子孫核種に起因すると報告されたことから、我が国においても一般環境や住居等におけるラドン濃度に関する関心が高まった。ラドン濃度調査は、一般環境におけるラドン濃度を把握することを目的として開始された調査である。1980年代半ばより1992年までは、主として放射線医学総合研究所で調査研究が実施され、1992年からは日本分析センターが各都道府県の協力により、全国規模でラドン調査を実施した。屋内約1000家屋、屋外、職場環境についてはそれぞれ約700箇所でラドン濃度を得た¹⁰⁾。この結果を踏まえ、2004年度以降も、国民のラドンによる被ばくの低減化に資するため、ラドン濃度が高いと予想される家屋、職場、学校を含めた建家を対象とする調査が継続されている。

3・2・4 中性子線量率水準調査

1999年のJCOウラン加工工場臨界被ばく事故を契機として、それまで日本国内で宇宙線由来の中性子の測定が行われていなかった状況を踏まえ、環境における中性子線量率レベルを把握することを目的に開始された。調査対象は宇宙線起源の環境中性子及び宇宙線電離成分であり、中性子はサーベイメータ型レムカウンタを、宇宙線電離成分については電離箱線量計を用いて測定された。調査は2000年に開始され、2005年度までに全国47都道府県で測定を行い、日本における環境中性子線量率の分布に関する知見が得られた。これまでに行われた調査結果から、平坦な市街地での中性子線量率の全国平均値として4.0 nGy/hが得られている¹¹⁾。

3・2・5 自然放射性核種の調査

近年、チタン鉱石問題（1990年）、劣化ウラン弾誤使用問題（1997年）、モナザイト鉱事件（2000年）等の自然放射性物質に係る社会問題が発生し、その都度、自然放射性核種を対象と

した緊急調査が行われた。調査結果を評価するために、比較対照データとして一般環境中の自然放射性核種の水準を示すデータが必要となった。また、NORM (Naturally Occurring Radioactive Material) あるいは TENORM (Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Material) の取り扱いによる被ばくが問題視されるようになり、規制の除外、免除レベルの法令への取り入れも進められた。

このような状況を受けて、より正確な国民線量評価及び自然放射能に係る国民の理解の増進を図ることを目的とし、自然放射性核種を対象とした全国規模の調査が2003年度より開始された。調査対象は、土壌、日常食、海産生物(魚類、貝類)、石炭灰、鉱石、化学肥料等に含まれるウラン、トリウム、 ^{40}K 等の自然放射性核種である^{12), 13)}。

3・2・6 再処理関連核種の調査

核燃料再処理施設から大気及び海洋へ放出される人工放射性核種は、 ^{129}I , Pu , ^{241}Am , 等の長半減期核種であり、施設周辺の土壌、海藻等の環境試料に長期間にわたる残留、蓄積が懸念される。一方、これらの核種はフォールアウトとして既に環境にも存在していることから、大型再処理施設の稼動に備え、操業前の調査としてこれらの核種の環境におけるバックグラウンドレベルを把握しておく必要が生じている。

調査対象は、大気、精米、海水、海産生物等の環境試料であり、対象核種は、 ^{14}C , ^{99}Tc , ^{129}I , Pu , ^{241}Am である。これら核種の一般環境における水準を把握することを目的として2003年度から調査が実施されている。

4. 環境放射能の調査結果の公開

文部科学省、関係各省庁、国立試験研究機関、各都道府県、独立行政法人等が実施した環境放射能調査あるいはモニタリングの結果は、Webサイト「日本の環境放射能と放射線」¹⁴⁾、「環境放射線データベース」¹⁵⁾に収録され、インターネットで閲覧及びデータ検索が行える。また、

原子力施設が立地している地方公共団体が報告している周辺のモニタリングの調査結果も、データベースに収録されているので、インターネットから検索できる。更に、近年開始された自然放射性核種の調査結果、再処理関連核種の調査結果等も、順次データベースへの登録、公開が進められている。環境放射線データベースの運用は、文部科学省の委託により日本分析センターが行っている。

環境放射線データベースは日本における環境放射線・放射能レベルの把握に有効に利用されている。

5. まとめ

日本国内で行われている環境放射能調査について解説した。原子力施設周辺で実施されているモニタリングは、周辺住民の安全確保のため必要不可欠なものである。また、一般環境の放射能調査は、フォールアウトレベルが低下した現在では、人工放射性核種による影響調査という意味合いは薄れ、調査目的の重点は自然放射性核種を含めた環境における放射能レベルの把握に移行している。

調査研究を目的とした場合、近年の放射能レベルの低下に対応するために、低レベルまで測定できる手法を用いることが有益である。しかし、原子力施設周辺のモニタリングにおいては、施設周辺への影響を評価するために必要な検出目標レベルがクリアされているならば、必要以上に検出下限値を下げる必要はないということも事実である。モニタリングに超低レベル測定を用いることは現実的ではないものの、その手法を取り入れることは、測定のバックグラウンド低減、ひいては測定精度の向上、測定供試料の低減等のメリットがある。調査目的と費用対効果を考慮した上で、利用できる手法を部分的に取り入れ、環境放射能モニタリングの技術の維持・向上に寄与するのが賢明である。

放射能は自然界に広く存在するものであり、放射能・放射線が全く存在しないという環境は

あり得ない。環境放射能モニタリングにより得られた結果を蓄積し公表することは、環境に存在する人工放射性核種、自然放射性核種についての正しい理解に繋がることであり、環境放射能の調査は今後とも重要である。

文 献

- 1) 原子力安全委員会，平成 16 年度原子力安全白書 (2005)
- 2) 文部科学省，第 47 回環境放射能調査研究成果論文抄録集 (2005)
- 3) 原子力安全委員会，環境放射線モニタリングに関する指針 (平成 13 年 3 月一部改訂) (2001)
- 4) 文部科学省，放射能測定法シリーズ 7 ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー (1992)
- 5) 文部科学省，ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための試料の前処理法 (1982)
- 6) 原子力安全委員会，原子力施設等の防災対策について (平成 15 年 7 月一部改訂) (2003)
- 7) 原子力安全委員会，緊急時環境放射線モニタリング指針 (平成 13 年 3 月一部改訂) (2001)
- 8) 五十嵐康人，青山道夫，篠田佳宏，広瀬勝己，大気圏の粒子状放射性核種の長期的動態に関する研究，第 47 回環境放射能調査研究成果論文抄録集，pp.5-6，文部科学省 (2005)
- 9) 日本分析センター，環境放射能水準調査結果報告書 (食品試料の放射能水準調査) (平成 17 年 3 月) (2005)
- 10) 日本分析センター，ラドン濃度測定調査結果報告書 (平成 17 年 3 月) (2005)
- 11) 日本分析センター，中性子線量率水準調査報告書 (平成 12 年度～平成 17 年度) (平成 18 年 3 月) (2006)
- 12) 日本分析センター，放射能測定結果報告書 (自然放射性核種及び再処理関連核種) (平成 16 年 3 月) (2004)
- 13) 日本分析センター，放射能測定結果報告書 (自然放射性核種及び再処理関連核種) (平成 17 年 3 月) (2005)
- 14) 日本の環境放射能と放射線，<http://www.kankyo-hoshano.go.jp/>
- 15) 環境放射線データベース，<http://www.search.kankyo-hoshano.go.jp/>