

Ⅱ. 総 合 分 担 研 究 報 告

緊急時の放射能測定法の検討

蜂須賀 暁子

令和 5～7 年度 厚生労働科学研究費補助金 (食品の安全確保推進研究事業)

食品中の放射性物質等検査システムの評価手法の開発に資する研究(23KA1006)

総合分担研究報告書

緊急時の放射能測定法の検討

研究分担者 蜂須賀 暁子 国立医薬品食品衛生研究所有機化学部 主任研究官

平成 23 年の東日本大震災を起因とする福島第一原子力発電所事故による飲食物の放射性物質汚染では、原子力安全委員会により示された指標値を暫定規制値とし、これを上回る食品については食品衛生法第 6 条第 2 号に当たるものとされ、検査に当たっては「緊急時における食品の放射能測定マニュアル(以下、「測定マニュアル」)」が参照された。測定マニュアルが制定された平成 14 年以降に、関連する法令や放射能測定法シリーズの改訂等がなされていることから、本課題では測定マニュアルについて、改訂等が必要と思われる箇所を検討する。令和 5 年度は、背景と主に放射性セシウムを想定したゲルマニウム半導体検出器を用いたガンマ線スペクトロメトリーによる測定法について、令和 6 年度は主に放射性ヨウ素測定法について、令和 7 年度は主にアルファ線放出核種の測定法について検討した。

測定マニュアルの背景となる原子力災害時に関する法令の改正等を調べ、震災前に防災指針に記載されていた「飲食物の摂取制限に関する指標」の内容は、震災後の原子力災害対策指針 OIL 6 にそのまま採用されており、測定核種、濃度等に変わりがないことを確認した。測定マニュアルは、震災前は環境モニタリングと食品衛生法の試験の橋渡しの位置付けであったが、震災後は環境モニタリングの役割の拡充により、飲食物制限発令後の食品衛生法に基づく試験の支援情報の意味合いが大きくなると考えられた。

放射性セシウムについては、食品衛生法の基準値と OIL 6 の基準となる値に差はあるものの、現行の食品衛生法の試験法が信頼性確保も含めて流用可能と考えられた。

放射性ヨウ素については、現在の食品衛生法の放射性セシウムの試験法及び「水道水等の放射能測定マニュアル」を参考とし、3 分類の測定法(ゲルマニウム半導体検出器を用いるガンマ線スペクトロメトリーによる測定法、シンチレーションスペクトロメータによる測定法、シンチレーション式サーベイメータ・計数装置によるスクリーニング法)を候補として挙げた。

ウランについては、測定マニュアルに記載されている ICP-MS 法が現在でも緊急時に有用であることから、基本的な分析方針を継続することに問題はないと考えられた。

プルトニウム及び超ウラン元素のアルファ核種については、測定マニュアルにはプルトニウムについてのみ ICP-MS 法が記載されているが、それ以外の核種についても ICP-MS 法

を採用するのが妥当と考えられた。また、試料中の全アルファ放射能迅速分析法も状況によっては選択肢になると考えられた。

放射性ストロンチウムについては、測定マニュアル記載の溶媒抽出法は Sr-89 に対応できず、発煙硝酸法は分離精製法をイオン交換法に変更することで試薬の取扱いは改善するが、迅速性の課題は残る。現在、緊急時測定法として、前処理カラムを用いた分離精製後にチェレンコフ光測定とシンチレーション測定を続けて行うことにより、迅速に Sr-89 及び Sr-90 の放射能濃度を求める方法が検討されており、緊急時測定法の第一選択肢と考えられた。状況に応じて適切な方法を選択できるように複数の測定法の提示が妥当と考えられた。

研究協力者 山田 崇裕 近畿大学原子力研究所 教授

A. 研究目的

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災とその後の津波は甚大な被害をもたらした。福島第一原子力発電所(福島原発)では放射性物質を漏出する重大事故が発生した。環境中へ放出された放射性物質によって汚染された飲食物に起因する衛生上の危害の発生を防止し、もって国民の健康の保護を図ることを目的とする食品衛生法の観点から、同月 17 日に厚生労働省より「放射能汚染された食品の取り扱いについて」¹⁾が各自治体に発出された。通知内容は、原子力安全委員会により示された指標値²⁾を暫定規制値とし、これを上回る食品については、食品衛生法第 6 条第 2 号に当たるものとして食用に供されることがないように販売その他についての処置を求めたものであり、検査に当たっては、「緊急時における食品の放射能測定マニュアル(以下、「測定マニュアル」)」³⁾を参照して実施することとした。

東日本大震災時には、緊急時の法令に基づいた各種の対策が取られたが、震災後 15 年が経過し、事故の教訓も踏まえて改正された関連法令も少なくない。また、放射能測定法シリーズは我が国の放射線測定の公定法であり、測定マニュアルも

これらを参照しているが、近年、このシリーズも改訂や新規制定がなされている。

測定マニュアルは平成 14 年の作成から 20 年以上が経過しており、背景となる関連法令や文書が変化してきていることから、本課題では、

=====

- 1) 放射能汚染された食品の取り扱いについて、食安発 0317 第 3 号、平成 23 年 3 月 17 日、厚生労働省医薬食品局食品安全部長
- 2) 飲食物摂取制限に関する指標について、平成 10 年 3 月 6 日、原子力安全委員会原子力発電所等周辺防災対策専門部会環境ワーキンググループ
- 3) 緊急時における食品の放射能測定マニュアル、平成 14 年 3 月、厚生労働省医薬食品局食品保健部監視安全課

測定マニュアルについて、現在に即して改訂が必要と思われる箇所等、緊急時の放射能測定法について検討する。令和 5 年度は、背景と主に放射性セシウムを想定したゲルマニウム半導体検出器を用いたガンマ線スペクトロメトリーによる測定法について、令和 6 年度は主に放射性ヨウ素測定法について、令和 7 年度は主に

アルファ線放出核種の測定法について検討した。

B. 研究方法

主に以下の文書等を参考に検討した。

法令、緊急時対応文書等(表 1 参照)

IAEA 原子力災害 OIL 関連

- ・ IAEA, GSR Part7 : Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, 2015
- ・ IAEA, GSG-2 : Criteria for Use in Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, 2011

放射能測定法シリーズ

- ・ <https://www.jcac.or.jp/site/library/series.html>、文部科学省及び原子力規制庁(表 3 参照、文書内では文書名を『』で表記)

公益財団法人日本アイソトープ協会

- ・ 緊急時における食品の放射性ヨウ素測定に用いる NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータの機器校正、2023 年 4 月
- ・ 緊急時における食品の放射性セシウム測定に用いる NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータの機器校正、2023 年 6 月
- ・ アイソトープ手帳 12 版、日本アイソトープ協会編集発行、2020 年 3 月 31 日

食品衛生法／放射性物質関連

- ・ 食品中の放射性セシウムスクリーニング法の一部改正について、厚生労働省医薬食品局食品安全部監視安全課、事務連絡、平成 23 年 11 月 10 日
- ・ 乳及び乳製品の成分規格等に関する省令の一部を改正する省令、乳及び乳製品の成分規格等に関する省令別表の二の(一)の(1)の規定に基づき厚生労働大臣が定める放射性物質を定める件及び食品、添加物等の規格基準の一部を改正する件について、食安発 0315 第 1 号、

平成 24 年 3 月 15 日、厚生労働省医薬食品局食品安全部長

- ・ 食品中の放射性物質の試験法について、食安発 0315 第 4 号、平成 24 年 3 月 15 日、厚生労働省医薬食品局食品安全部長
- ・ 食品中の放射性セシウムスクリーニング法の一部改正について、事務連絡、平成 24 年 3 月 1 日、厚生労働省医薬食品局食品安全部監視安全課
- ・ 非破壊検査法による食品中の放射性セシウムスクリーニング法について、厚生労働省医薬・生活衛生局食品監視安全課、事務連絡、最新令和 7 年 8 月 28 日

食品衛生法／試験法関連

- ・ 食品中に残留する農薬等に関する試験法の妥当性評価ガイドラインの一部改正について、食安発 1224 第 1 号、平成 22 年 12 月 24 日、厚生労働省医薬食品局食品安全部
- ・ 食品中の有害物質等に関する分析法の妥当性確認ガイドラインについて、生食発 0831 第 18 号、令和 3 年 8 月 31 日、大臣官房生活衛生・食品安全審議官
- ・ 食品衛生検査施設等における検査等の業務の管理の実施について、衛食第 117 号、平成 9 年 4 月 1 日、厚生省生活衛生局食品保健課長

水道水等

- ・ 水道水等の放射能測定マニュアル、厚生労働省健康局水道課、23 年 10 月

C. 研究結果・考察

1. 測定マニュアルの背景となる原子力災害時に関する法令等について

まず、測定マニュアルの制定時と現在の相違について調べた。測定マニュアルに関連する法令等の平成 14 年と現在の比較を表 1 に示す。東日本大震災後、原子力

安全規制及び原子力防災に関する組織と法令の抜本的見直しが行われ、平成 24 年に原子力規制委員会と原子力規制庁が新たに発足し、災害対策基本法、原子力災害対策特別措置法も改正され、「原子力施設等の防災対策について」も、「原子力災害対策指針」に置き換わった。指針には原子力災害対策における科学的、客観的判断を支援するための専門的・技術的事項等が定められており、その下位文書として、「緊急時モニタリングについて(原子力災害対策指針補足参考資料)」及び「平常時モニタリングについて(原子力災害対策指針補足参考資料)」が制定されている。

原子力災害対策指針に示された防護措置等の実施フローの例を図 1 に、運用上の介入レベル(OIL:Operational Intervention Level)と防護措置の内容を表 2 に示す。介入レベル OIL とは、緊急時に防護措置を講じるための事前に定められた運用上の判断基準で、食品については、飲食物中の放射性核種濃度の測定を行い、OIL 6 を超えるものが確認された場合には、該当する飲食物の摂取を回避することで経口摂取による内部被ばくの低減を図る防護措置が計画されている。現在の OIL 6 には、測定マニュアル作成時の防災指針に記載されていた「飲食物の摂取制限に関する指標」の値(指標値)がそのまま採用されている。よって、測定マニュアル作成時と、現在の摂取制限措置を判断するための飲食物の緊急時モニタリングの測定内容は、同等レベルと考えられた。

なお、福島原発事故後の飲食物制限は、原災法のもと食品衛生法で管理され、平成 23 年 3 月からは指標値を暫定規制値とし、これを上回る食品については食品衛生法第 6 条第 2 号に当たるものとしての処置を求め、検査に当たっては測定マニュアルを参照して実施された。翌平成 24

年 4 月からは、食品中の放射性物質の規格基準が設定され、食品衛生法第 11 条第 1 項に基づいて管理され、それに対応する試験法については通知等が発出された。したがって、測定マニュアルは、事故後約 1 年間の暫定規制値についての検査法として使用された。測定マニュアルは、震災前は、環境モニタリングと食品衛生法の検査の橋渡しの位置付けと見なすことができ、図 2 の「飲食物放射能濃度測定」と「飲食物摂取制限」の部分に相当すると考えられる。しかし、震災後は環境モニタリングの記載内容が拡充し、飲食物摂取制限前の「飲食物放射能濃度測定」は緊急時モニタリングでおおむね網羅されるようになってきており、測定マニュアルの役割は、飲食物制限発令後の緊急時の食品衛生法に基づく試験の支援の意味合いが大きくなったと考えられる。

2. 放射能測定法シリーズ

放射能測定法シリーズは、環境中に存在する放射性核種を効率的かつ正確に分離・定量するための方法を規定したマニュアルで、震災後は原子力災害対策指針補足参考資料の「緊急時モニタリングについて」及び「平常時モニタリングについて」での使用を目的とし、国(原子力規制委員会、発足前は文部科学省)によって制定され、我が国の放射線・放射能測定の基本となるものである。

測定マニュアル制定の平成 14 年当時と現在の測定法シリーズの制定・改訂情報を表 3 に示す。測定マニュアルで引用されている文書の番号を太字下線としたが、平成 14 年以降に改訂あるいは新設されたものもある。

3. 放射性セシウム測定法

放射性セシウムについては、現在、食品

衛生法の試験法が発出されている。規格基準値(一般食品 100 Bq/kg ほか)と OIL 6(野菜類、穀類等で 500 Bq/kg ほか)とで基準となる値に差はあるものの、現行の食品衛生法の試験法、すなわち、ゲルマニウム半導体検出器を用いたガンマ線スペクトロメータを想定した「食品中の放射性セシウム検査法」(確定法)、及び「放射性セシウムスクリーニング法」(スクリーニング法)(B. 研究方法の食品衛生法／放射性物質関連参照)が信頼性確保も含めて緊急時測定法として流用可能と考えられる。前者に関しては、測定マニュアルに記載の「ゲルマニウム半導体検出器を用いたガンマ線スペクトロメトリーによる核種分析法」と測定原理は同じである。後者については測定マニュアルに記載はない。

なお、『No.3 放射性セシウム分析法』は、食品試料を灰化し、酸抽出したものをリンモリブデン酸アンモニウム、塩化白金酸による沈殿及びイオン交換樹脂で分離精製し、低バックグラウンド GM 計数装置にて測定する方法であり、極めて高感度に測定可能であるものの、迅速性に欠ける。緊急時においては、現行のガンマ線を利用した測定法が適している。

確定法に関わる放射能測定法シリーズの文書には『No.7 ゲルマニウム半導体検出器による γ 線スペクトロメトリー』があり、測定原理、校正、測定・解析手順、検出下限値、分析結果の質の保証など一般的な事項が網羅されている。震災後に改訂されたことで内容もより詳細になっている。前処理については、同じく震災後に改訂された『No.24 緊急時における γ 線スペクトロメトリーのための試料前処理法』が参考となる。新設された『No.29 緊急時におけるゲルマニウム半導体検出器による γ 線スペクトル解析法』では、ピークの誤認、測定機器の汚染や除染等、緊急

時特有の問題点及びその対処方法が経験に基づき解説されている。食品衛生法での当該機器の使用は、網羅的な核種同定ではなく、測定対象核種の定量になるが、測定機器や解析方法に対しての十分な理解が、誤認等を避けて正しい放射能濃度を得るために必要であることから、いずれも測定マニュアルにおいて重要な参考文献と位置付けられる。

4. 放射性ヨウ素測定法

放射性ヨウ素の測定法としては、現在の食品衛生法の放射性セシウムの試験法が参考になり、「水道水等の放射能測定マニュアル(平成 23 年)」と同様、以下の 3 種の測定法が候補になると考えられる。

4.1. ゲルマニウム半導体検出器を用いるガンマ線スペクトロメトリーによる測定法

測定マニュアルに記載の「ゲルマニウム半導体検出器を用いたガンマ線スペクトロメトリーによる核種分析法」と測定原理は同じである。ゲルマニウム半導体検出器はエネルギー分解能が優れており、化学分離等を必要とせずに多核種の同時定量が可能であることから、多種の放射性核種が混在する可能性がある緊急時においても信頼性の高い測定法である。放射性セシウムの確定法に準じる内容が適切と考えられる。

4.2. シンチレーションスペクトロメータによる測定法

検出器に NaI(Tl)、LaBr₃、CsI などのシンチレータを用いたガンマ線の波高分析装置により、測定エネルギー範囲をあらかじめ設定して測定する方法であり、測定マニュアルに該当する記載はない。操作は前述のゲルマニウム半導体検出器を用いた測定法と類似するが、検出器のエネルギー分解能が劣るため、混在核種が

少なく、それらからの測定エネルギー範囲への影響が無視できるか、あるいは事前に評価ができている場合にのみ定量測定に使用することができる。混在核種が多く、それらの測定エネルギー範囲への影響が評価できない場合には、定量測定への適用は困難であり、次のスクリーニング法での対応となる。

4.3. シンチレーション式サーベイメータ・計数装置によるスクリーニング法

4.2と同じく検出器にシンチレータを用いる測定法であるが、スペクトロメータを用いない点が異なる。エネルギー弁別を行わないため、混在核種の影響が大きく、過小評価とならないような条件設定においてのみ使用できる。「水道水等の放射能測定マニュアル」においては、第1段階モニタリングでは放射性核種を全てヨウ素(I)131、第2段階モニタリングでは放射性核種をセシウム(Cs)134 及び Cs-137の合計とし、安全側の判定を下す条件での使用に限られるとしている。前者は、測定マニュアルの「NaI(Tl) シンチレーションサーベイメータによる放射性ヨウ素の測定法」と類似した測定法であり、後者は現行の放射性セシウムのスクリーニング法と同じ測定法である。

現行のスクリーニング法の考え方は、食品の放射能濃度が基準値よりも確実に低い食品を判別するための検査法であり、基準値の2分の1以上をスクリーニングレベルとし、スクリーニングレベルにおける測定値の99%区間上限が基準値レベルで得られる測定値以下となる測定条件で用いる。

『No.15 緊急時における放射性ヨウ素測定法』の2訂で現場スクリーニング法が削除された理由の一つに、校正など準備に時間を要することが挙げられている。下限数量以下であれば放射線施設を持た

ない試験所等においても放射性物質の使用は可能ではあるものの、緊急時にI-131の標準溶液を用いて自家校正を行うことは多くの試験所等にとって困難である。サーベイメータの校正では、同型機種による比較校正も行われており(JIS Z4511参照)、環境省の放射能濃度等測定方法第2版(平成25年3月)においても取り入れられていることから、適切に校正が行われている同型機種間での機器換算係数の共用は可能と思われる。実際にこの目的のもとに、東日本大震災後、日本アイソトープ協会はI-131標準溶液を用いて市販されている各種NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータの機器換算係数を求め、結果を公表している。緊急時に使用予定のNaIシンチレーションサーベイメータは、平常時から適切な校正、並びにチェック線源等による定期的な指示値と感度の確認により、性能を確認・維持しておくことが必要であるが、機器換算係数は同型機種の情報を利用することにより、この測定法の実用性、機動性を持たせることは可能と思われる。同様の同型機種の機器換算係数の利用は、「非破壊検査法による食品中の放射性セシウムスクリーニング法」においてもなされている。

5. ウラン測定法

一般的なウラン分析法の中で緊急時に有利と考えられるのは、感度において飲食物の摂取制限の基準を満たし、かつ、前処理や分離精製が簡便で測定も迅速に行えるICP-MS法であり、測定マニュアルにも放射能測定法シリーズのICP-MS法が記載されている。この『No.14 ウラン分析法』は、測定マニュアル制定時の平成14年から改訂されていないことから、基本的な分析方針を継続することに問題はないと考えられる。ただし、ウランの測定対

象核種比率は環境汚染時の状況によって異なることから、測定対象核種及び共存核種の存在比率等、測定条件によっては、アルファ線スペクトロメトリーなど他の方法が選択される場合もあり得ると考えられる。

6. 超ウラン元素のアルファ核種測定法

「超ウラン元素のアルファ核種」には、プルトニウム(Pu)238、Pu-239、Pu-240、Pu-242、アメリシウム(Am)241、キュリウム(Cm)242、Cm-243、Cm-244の8核種が含まれている。

測定マニュアルには、プルトニウムについては『No. 28 環境試料中プルトニウム迅速法』が記載されており、平成14年から改訂されていないことから、基本的な分析方針を継続することに問題はないと考えられる。測定マニュアルにアメリシウム、キュリウムについての記載はないが、これらの緊急時の測定では、プルトニウムと同様にICP-MS法が有用であり、『No. 28 環境試料中プルトニウム迅速分析法』、『No. 30 環境試料中アメリシウム241、キュリウム迅速分析法』に記載のICP-MS法を測定核種に応じて採用するのが妥当と考えられる。

また、超ウラン元素の基準値は8核種の合計放射能で与えられていることから、『No. 31 環境試料中全アルファ放射能迅速分析法』に記載の、ZnS(Ag)シンチレーション計数装置、2 π ガスフロー計数装置等による合計放射能を測定する方法も、状況によっては選択肢になると考えられる。

7. 放射性ストロンチウム測定

放射性ストロンチウム(Sr-90及びSr-89)が属するグループの代表核種は、測定にガンマ線を利用することができる放射性セ

シウム(Cs-134及びCs-137)であり、純ベータ核種であるSr-90、Sr-89は測定対象とはされていないが、内部被ばく線量に影響を与える核種として重要であることから、測定マニュアルに記載されているため、本研究でも検討対象とした。測定マニュアルのSr-90測定法には、迅速法として溶媒抽出法が、食品中濃度を正確に求めるための分析法として平常時モニタリングの発煙硝酸法の2法が記載されている。

溶媒抽出法は、『No. 2 放射性ストロンチウム分析法(4訂)』及び『No.23 液体シンチレーションカウンタによる放射性核種分析法』の溶媒抽出法を踏襲している。イットリウム(Y)90と平衡状態にあるSr-90を含む試料について、溶媒抽出法(ビス-(2-エチルヘキシル)リン酸(HDEHP)-トルエン)によりミルキングしたY-90をチェレンコフ光で測定し、得られた計数率からSr-90の放射能を求めるものである。試料中において既に放射平衡になっているSr-90を対象とする場合には、娘核種Y-90の生成を待つ過程がないため、迅速な方法であるものの、事故等の初期に問題となる可能性が高いSr-89には対応していない。

発煙硝酸法は、『No. 2 放射性ストロンチウム分析法』に掲載の、発煙硝酸法により分離精製したSr-90から生じたY-90をLBCで測定する方法である。Sr-90だけでなく、Sr-89の放射能濃度も高感度取得できるものの、取り扱いに注意を要する発煙硝酸を使用すること、娘核種Y-90の生成を待つため、測定結果を得るまでに3週間程度を要することが短所である。分離精製方法として、発煙硝酸法ではなくイオン交換法への変更が対応として考えられるが、結果を得るまでに長時間を要することには変わりはなく、迅速性に課題が残る。

緊急時に対応する測定法としては、現在、制定作業中の『緊急時における放射性ストロンチウム分析法』がある。これは、クラウンエーテル樹脂による分離精製後に、LSC を用いて最初にチェレンコフ光測定、次いでシンチレーション測定を行うことで、Y-90 の生成を待たずに Sr-89 及び Sr-90 の放射能濃度を求めることができる迅速性に優れた方法である。分析所要時間が 10～24 時間程度であり、Sr-89 にも対応できることから、緊急時測定法の第一選択肢と考えられる。本法で使用するクラウンエーテル樹脂カラムは、迅速簡便に分離精製を行うことができるものの、費用がかさむことが難点である。

放射性ストロンチウムについては、OIL6 において第一義の測定対象核種ではないことから、測定対象核種、濃度、要求される迅速性とその重要度など測定状況がより多様であると予想され、測定マニュアルにも 2 法が掲載されているように、状況に応じて適切な方法を選択できるように複数の測定法の提示が妥当と考えられる。

8. 測定関連事項

試料採取についての文書は、測定マニュアルでは直接は引用されていないが、『No. 35 緊急時における環境試料採取法』は、緊急時の放射性物質の取扱いの意味合いからも有益な参考資料と考えられる。

また、『(番号未定)環境放射能分析における品質保証』は、「平常時モニタリングについて(原子力災害対策指針補足参考資料)」において、「放射性物質の濃度の測定データについては、ISO/IEC 17025(試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項)の考え方に沿って品質を保証することが望ましい。」と記載されていることを受けて新設されるものである。核種ごとの

内容は各測定法の文書に委ね、ここでは分析値の品質保証の考え方が示される予定であり、上位文書にあるように、各項目は基本的に推奨事項であり、要求事項とはなっていない。

環境放射能モニタリングは原子力規制の一環で行われ、食品検査は食品衛生法の下に行われる。この測定マニュアルは、平成 23 年には、食品衛生法の検査において参照されたことから、食品検査との連携が重視されると考えられる。現時点ではどちらにおいても ISO/IEC 17025 の内容は推奨されてはいるものの、要求事項にまではなっていないが、食品検査においては、試験法ごとに妥当性評価が求められ、真度、併行精度等の目標値も定められている。現在、我が国における食品中放射性物質の検査は、震災後の平成 24 年の通知等に基づき、放射性セシウムで行われている。放射性物質を取り扱える検査機関に限られると予想されること、放射性セシウムはガンマ線測定を利用するため、前処理が簡便であることなどから、試験の妥当性確認に係る要件としては、機器校正、計数の統計誤差に基づく測定条件の設定、測定結果の確認、ブランク試験等であり、一般的な食品検査で求められる添加回収、併行精度等は課されていない。今後、放射線モニタリング及び食品検査の動向を注視するとともに、放射線規制、緊急時等を考慮した上で、食品中放射性物質の測定において求められる品質保証については引き続き検討が必要である。

E. 結論

本課題では、制定されてから 20 年以上が経過している測定マニュアルについて、改訂が必要と思われる箇所について検討した。

測定マニュアルの背景となる原子力災

害時に関する法令等は、震災後に改正等がなされていたが、震災前に防災指針に記載されていた「飲食物の摂取制限に関する指標」の内容は、震災後の OIL 6 にそのまま採用されており、測定核種、数量、測定対象飲食物等については震災前から変更は生じていないことを確認した。測定マニュアルは、震災前は環境モニタリングと食品衛生法の検査の橋渡しの位置付けであったが、震災後は環境モニタリングの役割の拡充により、飲食物制限発令後の緊急時の食品衛生法に基づく試験の支援情報の意味合いが大きくなると考えられた。

放射性セシウムについては、現在、食品衛生法においてゲルマニウム半導体検出器等を用いた試験法が発出されている。基準値(一般食品 100 Bq/kg ほか)と OIL 6(野菜等 500 Bq/kg ほか)とで数値に差はあるものの、現行の食品衛生法の試験法が信頼性確保も含めて流用可能と考えられた。

放射性ヨウ素については、関連する放射能測定法シリーズが改訂されており、スクリーニングが削除されていた。緊急時モニタリングでは濃度情報の提供を基本としているに対し、食品衛生法による検査は基準値を超過するか否かの判定が目的であり、濃度情報は必須ではなく、両者に相違があることを考察した。食品衛生法での管理体制の支援情報提供と考えられる測定マニュアルにおいては、試料中の放射能濃度が基準値よりも確実に低いことを判別するスクリーニング検査法は、緊急時における検査の迅速化及び効率化の面から必要性は高いと考えられた。放射性ヨウ素測定法としては、現在の食品衛生法の放射性セシウムの試験法及び「水道水等の放射能測定マニュアル」を参考とし、3 分類の測定法(ゲルマニウム

半導体検出器を用いるガンマ線スペクトロメトリによる測定法、シンチレーションスペクトロメータによる測定法、シンチレーション式サーベイメータ・計数装置によるスクリーニング法)を候補として挙げた。スクリーニング法での課題として機器校正を取り上げ、同型機種間での機器換算係数の共用による対応を考察した。

ウランについては、測定マニュアルに記載されている ICP-MS 法がその迅速性において現在でも緊急時に有利であることから、基本的な分析方針を継続することに問題はないと考えられた。

プルトニウム及び超ウラン元素のアルファ核種については、測定マニュアルにはプルトニウムについてのみ ICP-MS 法が記載されているが、それ以外の核種についてもプルトニウムと同様に ICP-MS 法を測定核種に応じて採用するのが妥当と考えられた。また、超ウラン元素の基準値は 8 核種の合計放射能で与えられていることから、試料中の全アルファ放射能迅速分析法も状況によっては選択肢になると考えられた。

放射性ストロンチウムについては、測定マニュアルには迅速分析法として溶媒抽出法が、精度の高い方法として発煙硝酸法が記載されている。溶媒抽出法は、既に放射平衡にある試料については迅速性に優れた方法であるが、Sr-89 を測定できず、事故等の初期段階での適用が難しい。発煙硝酸法は Sr-90 だけでなく Sr-89 も高感度に測定でき、分離精製操作をイオン交換法に変更することで試薬の取扱いも容易になるが、娘核種 Y-90 の生成を待つため、迅速性に課題が残る。緊急時測定法として、現在、クラウンエーテル樹脂を用いた分離精製後に LSC を用いてチェレンコフ光測定とシンチレーション測定を続

けて行うことで、Y-90 の生成を待たずに Sr-89 及び Sr-90 の放射能濃度を求める方法が検討されており、緊急時測定法の第一選択肢と考えられる。放射性ストロンチウムについては、OIL6においても第一義の測定対象核種ではないことから、測定状況がより多様であると予想され、状況に応じて適切な方法を選択できるように複数の測定法の提示が妥当と考えられた。

全体として、放射能測定法シリーズの各文書は、直接関連するものだけでなく、間接的に関連するものも含めて参照情報として重要と考えられた。緊急時の状況は事故等により大きく変動すると思われ、

影響の大きさは異なるものの、いずれの測定法も測定試料や測定環境の影響を受けることから、緊急時対応の測定については幅広く柔軟性を持たせて想定し、準備をしておくことが重要と思われた。

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

表1 「緊急時における食品の放射能測定マニュアル(平成14年)」に関連する法令等

測定マニュアル制定時(平成14年)	震災後、令和8年3月現在
災害対策基本法 昭和36年法律第223号	同左 (複数回改正 最新令和7年7月1日)
原子力災害対策特別措置法 [原災法] 平成11年法律第156号	同左 (複数回改正 最新令和7年7月1日)
原子力災害対策特別措置法施行令 平成12年政令第195号	同左 (複数回改正 最新令和5年9月1日)
	原子力災害対策マニュアル 平成24年10月19日制定(複数回改訂) 最新令和7年7月1日一部改訂 原子力防災会議幹事会
原子力施設等の防災対策について [防災指針] 昭和55年6月(複数回改訂) 平成13年6月一部改訂 原子力安全委員会	原子力災害対策指針 平成24年10月31日制定(複数回改正) 最新令和7年10月3日一部改正 原子力規制委員会
緊急時環境放射線モニタリング指針 原子力安全委員会 昭和59年6月制定(複数回改訂) 平成13年3月一部改訂	緊急時モニタリングについて(原子力災害対策指針補足参考資料) 平成26年1月29日(複数回改訂) 最新令和6年3月21日一部改訂 R080401 原子力規制庁監視情報課
→環境放射線モニタリング指針 平成20年3月 原子力安全委員会 (注：平常時と緊急時を統合)	平常時モニタリングについて(原子力災害対策指針補足参考資料) 平成30年4月4日制定 最新令和3年12月21日改訂 原子力規制庁監視情報課

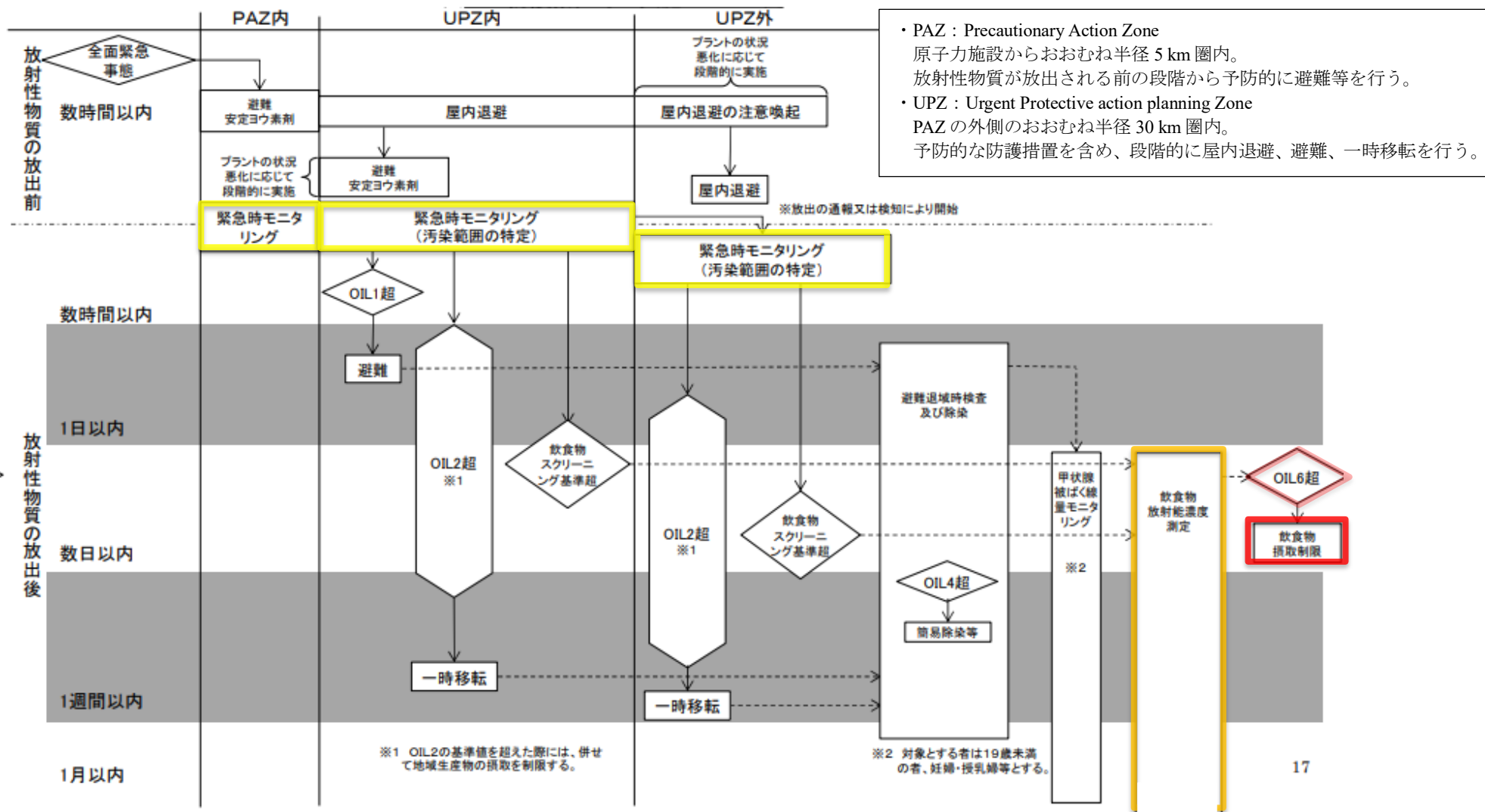


図1 防護措置等の実施フローの例

・原子力災害対策指針、令和7年10月3日、原子力規制委員会、p.43 図1より、一部改変(色付け、追記)

表2 運用上の介入レベル(OIL)と防護措置について *0

	基準の種類	基準の概要	初期設定値 *1			防護措置の概要
緊急防護措置	OIL 1	地表面からの放射線、再浮遊した放射性物質の吸入、不注意な経口摂取による被ばく影響を防止するため、住民等を数時間内に避難や屋内退避等させるための基準	500 μ Sv/h (地上 1m で計測した場合の空間放射線量率)			数時間内を目途に区域を特定し、避難等を実施。(移動が困難な者の一時屋内退避を含む)
	OIL 4	不注意な経口摂取、皮膚汚染からの外部被ばくを防止するため、除染を講ずるための基準	β 線：40,000 cpm (皮膚から数 cm での検出器の計数率) β 線：13,000 cpm 【1 か月後の値】 (皮膚から数 cm での検出器の計数率)			避難又は一時移転の基準に基づいて避難等した避難者等に避難退域時検査を実施して、基準を超える際は迅速に簡易除染等を実施。
早期防護措置	OIL 2	地表面からの放射線、再浮遊した放射性物質の吸入、不注意な経口摂取による被ばく影響を防止するため、地域生産物*5の摂取を制限するとともに、住民等を1週間程度内に一時移転させるための基準	20 μ Sv/h (地上 1m で計測した場合の空間放射線量率)			1 日内を目途に区域を特定し、地域生産物の摂取を制限するとともに、1 週間程度内に一時移転を実施。
飲食物摂取制限 *9	飲食物に係るスクリーニング基準	OIL 6 による飲食物の摂取制限を判断する準備として、飲食物中の放射性核種濃度測定を実施すべき地域を特定する際の基準	0.5 μ Sv/h *6 (地上 1m で計測した場合の空間放射線量率)			数日内を目途に飲食物中の放射性核種濃度を測定すべき区域を特定。
	OIL 6	経口摂取による被ばく影響を防止するため、飲食物の摂取を制限する際の基準	核種 *7	飲料水 牛乳・乳製品	野菜類、穀類、肉、卵、魚、その他	1 週間内を目途に飲食物中の放射性核種濃度の測定と分析を行い、基準を超えるものにつき摂取制限を迅速に実施。
			放射性ヨウ素	300 Bq/kg	2,000 Bq/kg *8	
			放射性セシウム	200 Bq/kg	500 Bq/kg	
			プルトニウム及び超ウラン元素のアルファ核種	1 Bq/kg	10 Bq/kg	
			ウラン	20 Bq/kg	100 Bq/kg	

*0 原子力災害対策指針、令和 7 年 10 月 3 日、原子力規制委員会、p.71 表 3 OIL と防護措置について より一部改変(省略、色付け)

*1 「初期設定値」とは緊急事態当初に用いる OIL の値であり、地上沈着した放射性核種組成が明確になった時点で必要な場合には OIL の初期設定値は改定される。

*5 「地域生産物」とは、放出された放射性物質により直接汚染される野外で生産された食品であって、数週間以内に消費されるもの(例えば野菜、該当地域の牧草を食べた牛の乳)をいう。

*6 実効性を考慮して、計測場所の自然放射線によるバックグラウンドによる寄与も含めた値とする。

*7 その他の核種の設定の必要性も含めて今後検討する。その際、IAEA の GSG-2 における OIL6 を参考として数値を設定する。

*8 根菜、芋類を除く野菜類が対象。

*9 IAEA では、飲食物摂取制限が効果的かつ効率的に行われるよう、飲食物中の放射性核種濃度の測定が開始されるまでの間の暫定的な飲食物摂取制限の実施及び当該測定の対象の決定に係る基準である OIL3 等を設定しているが、我が国では、放射性核種濃度を測定すべき区域を特定するための基準である「飲食物に係るスクリーニング基準」を定める。

表3 関連する測定法シリーズ一覧 <https://www.jcac.or.jp/site/library/series.html>

No. *1	文書名	H14年3月当時	令和8年3月現在	文書分類 記号*2
ヨウ素、セシウム関係(主にγ線測定)				
4	放射性ヨウ素分析法	平成8年3月(2訂)	同左	AN-I
15	緊急時における放射性ヨウ素測定法	平成14年7月	令和5年10月(2訂)	AN-I-E
3	放射性セシウム分析法	昭和51年9月(1訂)	同左	AN-Cs
7	ゲルマニウム半導体検出器による γ 線スペクトロメトリー	平成4年8月(3訂)	令和2年9月(4訂)	AI-Ge
29	緊急時におけるゲルマニウム半導体検出器による γ 線スペクトル解析法	-	平成16年2月 平成30年3月(1訂)	AI-Ge-E
13	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	昭和57年7月	同左 (令和10年改訂予定)	AP
24	緊急時における γ 線スペクトロメトリーのための試料前処理法	平成4年8月	平成31年3月(1訂)	AP-E
6	NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータ機器分析法	昭和49年1月	同左 (令和8年6月制定予定)	AI-NaI
ストロンチウム関係(主にβ線測定)				
2	放射性ストロンチウム分析法	昭和58年12月(3訂)	平成15年7月(4訂) 令和7年6月(5訂)	AN-Sr
#	緊急時における放射性ストロンチウム分析法	-	(令和8年6月制定予定)	AN-Sr-E
23	液体シンチレーションカウンタによる放射性核種分析法	平成8年3月(1訂)	同左	AI-LSC
ウラン、プルトニウム及び超ウラン元素関係(主にα線測定)				
14	ウラン分析法	平成14年7月(2訂)	同左	AN-U
12	プルトニウム分析法	平成2年11月(1訂)	同左	AN-Pu
21	アメリシウム分析法	平成2年11月	同左	AN-Am
22	プルトニウム・アメリシウム逐次分析法	平成2年11月	同左	AN-PuAm
28	環境試料中プルトニウム迅速分析法	平成14年7月	同左	AN-Pu-R
30	環境試料中アメリシウム241、キュリウム迅速分析法	-	平成16年2月	AN-AmCm-R
31	環境試料中全 α 放射能迅速分析法	-	平成16年2月	AG-Arfa-R
全体に関すること				
16	環境試料採取法	昭和58年12月	同左 (令和10年改訂予定)	AS
35	緊急時における環境試料採取法	-	令和3年6月	AS-E
##	環境放射能分析における品質保証	-	(令和8年6月制定予定)	

*1 文書番号の太字及び下線：測定マニュアルで引用

*2 文書分類記号 (<https://www.envraddb.go.jp/special/measuring-methods/>) A:環境試料中の放射性物質、N:核種別放射能、I:機器分析法、P:前処理、S:環境試料採取、G:全放射能、E:緊急、R:迅速