

Ⅱ. 分 担 研 究 報 告

緊急時の放射能測定法の検討

蜂須賀 暁子

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)

令和6年度 研究分担報告書

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

研究要旨

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(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、関連する法令等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。昨年度は、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、本年度は主に放射性ヨウ素測定法について検討した。

本件に関連する放射能測定法シリーズ「No.15. 緊急時における放射性ヨウ素測定法」が改訂されており、改定前より測定対象試料が拡大し、測定マニュアルにも反映されていたスクリーニングが削除されていた。緊急時モニタリングが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、基準値超過か否かの判定が目的であり、濃度情報は必須ではない。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等を参考とし、3分類の測定法を候補として挙げた(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)。スクリーニング法での課題である機器校正については、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。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、いずれの測定法も混在核種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。

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、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

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10年以上が経過し、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追加設定がなされている。

測定マニュアルは平成14年に作成されてから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、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。昨年度は、背景と放射性セシウム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測定法について、今年度は放射性ヨウ素(I)について検討した。3年目の来年度はα線核種及び全体を検討する予定である。

- 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、厚生労働省医薬局食品保健部監視安全課

B. 研究方法

主に以下の文書等を参考に検討した。

なお、斜体は旧文書である。

法令

- ・原子力災害対策特別措置法、平成11年法律第156号：

緊急時対応

- ・原子力施設等の防災対策について、昭和55年6月、平成22年8月一部改訂まで14回改訂、原子力安全委員会(防災指針)
- ・緊急時環境放射線モニタリング指針、昭和59年6月、平成13年3月一部改訂、原子力安全委員会(緊急時モニタリング指針)
- ・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
- ・原子力災害対策指針、平成24年10月31日制定、最新令和6年9月11日全部改正、原子力規制委員会
- ・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日制定、最新令和6年3月31日一部改正、原子力規制庁監視情報課
- ・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

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、主にNo.4、No.6、No.7、No.15、No.24、No.29、No.35他

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
<https://www.jrias.or.jp/products/pdf/20110421-182029.pdf>
- ・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
<https://www.jrias.or.jp/products/pdf/20110620-095125.pdf>
- ・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(基準値試験法)
- ・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、令和 6 年 7 月 1 日

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、平成 23 年 10 月

C. 研究結果・考察

1. 放射性ヨウ素：測定対象核種及び濃度

平成 24 年の改正原子力災害対策特別措置法に基づく原子力災害対策指針には、災害対策として実施すべきことが示されており、全体像として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 1 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あり、IAEA の安全基準体系の一般安全要件 GSR part7 及び一般安全指針 GSG-2 で用いられており、食品分野では飲食物の摂取制限措置の判断

基準としての OIL6 の設定が求められている。図 1 及び表 1 には、原子力災害時の防護措置対策の全体の概略が示されているが、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、一定以上の濃度、すなわち OIL6 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とられる。

この OIL6 の内容は、核種測定に影響するため、測定マニュアル及び緊急時モニタリングにおいて重要である。測定マニュアル作成時の防災指針に記載されている飲食物の摂取制限に関する指標を表 2 に示す。この値は、福島原発事故後に緊急時の防護措置を講じる基準として適切に機能したことから、原子力災害対策指針の OIL6 に日本独自の基準としてそのまま採用されている。したがって、測定核種、数量、測定対象飲食物等については震災前からの変更は生じておらず、測定マニュアルと摂取制限を判別するための緊急時モニタリングの飲食物の測定内容は同等レベルと考えられる。

本年度はこれらの核種のうち、放射性ヨウ素について検討した。OIL6 で扱われる放射性ヨウ素には、表 3 に示すように、I-131(半減期 8.0 日)、I-132(半減期 2.3 時間)、I-133(半減期 20.8 時間)、I-134(半減期 53 分)、I-135(半減期 6.6 時間)と、I-132 の親核種であるテルル Te-132(半減期 3.2 日)の 6 核種が含まれ、代表核種は I-131 である。いずれも半減期が短く、環境汚染の初期段階で問題が顕著となる核種である。飲食物摂取制限に関する指標の濃度としては、「飲料水、乳・乳製品」は 300 Bq/kg 以上、「根菜、芋類を除く野菜類」は 2,000 Bq/kg 以上(表 2)である。なお、東日本大震災においては、魚介類についても野菜と同様の暫定規制値が震災初年度には追加された。

2. 平常時の放射性ヨウ素測定

緊急時の放射性ヨウ素の測定法を検討する前に、放射性ヨウ素の一般的な測定法として、平常時の測定法について簡単に触れる。

放射能測定法シリーズ「No.4 放射性ヨウ素

分析法、平成 8 年 3 月(2 訂)」では、半減期が 1700 万年の I-129 を除く、I-131～135 を測定対象核種としており、飲食物摂取制限に関する指標と同様に I-131 を主体として述べられている。なお、I-129 については、これとは別に「No.26 ヨウ素-129 分析法、平成 8 年 3 月」が作成されている。

代表核種 I-131 を始め放射性ヨウ素群は、表 3 に示すように β 線及び γ 線を放出するため、これらを利用した計測がなされる。

β 線計測は、前処理としてヨウ素の分離が必要であるものの、低バックグラウンド β 線計数装置を用いることにより、試料あたり 0.03 Bq 程度の高感度な検出が可能である(測定条件：バックグラウンド計数率 1cpm 程度、測定時間 30 分、計数効率 50%、計数の統計誤差 3σ 以上で検出)。イオン交換樹脂、溶媒抽出、ヨウ化パラジウム沈殿など、ヨウ素を単離する前処理が必要ではあるが、微量検出が要求される場合には β 線計測法が選択される。

γ 線計測は、 β 線計測よりも感度は劣るものの、前処理が簡便である。 γ 線スペクトル分析は、NaI(Tl)シンチレーション検出器やゲルマニウム半導体検出器等を用いるもので、I-131 の同定・定量は主に 364.5keV(放出割合 82.4%)の γ 線が利用される(表 3)。NaI(Tl)シンチレーション検出器は、計数効率は高いがエネルギー分解能が悪く、一方ゲルマニウム半導体検出器は逆の性質を持つ。核種分離及び検出感度の面では後者が優れている。しかし、測定試料に含まれる核種が事実上 I-131 に限られているときなどは、短時間での測定が可能であることから、前者が有利になる。その検出限界は、計数効率、エネルギー分解能、バックグラウンド計数、測定試料中の混在核種からの γ 線の寄与、計数時間などに依存する。試料を乾燥させて減容することにより感度の上昇を図ることも可能であるが、乾燥せずに測定する方法は、迅速性が求められる緊急時において有用な方法である。緊急時において選択される迅速測定法は、この γ 線計測を利用した方法になる。

3. 緊急時の放射性ヨウ素測定

放射能測定法シリーズでは、「No.15 緊急時における放射性ヨウ素測定法」が相当する。この「緊急時における放射性ヨウ素測定法」は、昭和 52 年に制定され、平成 14 年に 1 訂、令和 5 年に 2 訂が出ている。測定マニュアル制定時の平成 14 年当時の 1 訂と、現行の 2 訂について次に記す。

3.1 No.15. 緊急時における放射性ヨウ素測定法(1 訂)、平成 14 年 7 月

作成当時の上位文書は下記になる。

- ・原子力施設等の防災対策について、昭和 55 年 6 月、原子力安全委員会(防災指針)
- ・緊急時環境放射線モニタリング指針、昭和 59 年 6 月、原子力安全委員会

原子力施設等で異常事態が発生し、放射性ヨウ素が施設外へ大量に放出されたとき、またはそのおそれがあるときに、施設周辺における環境試料中の放射性ヨウ素濃度を推定・評価するための迅速測定法として「緊急時における放射性ヨウ素測定法」(昭和 52 年)が定められた。その後、測定機器等の改良や単位の変更、さらに防災指針(平成 13 年 6 月改訂)における飲食物摂取制限に関する指標の改訂が行われたことに伴い、これらに対応するため平成 14 年に改訂が行われた。

この改訂では、緊急時は、測定値などの情報取得に迅速性が求められることから、採取試料のスクリーニングを目的として、NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータを用いて採取現場で簡易測定(現場測定)を行い、スクリーニングにより選択された試料をモニタリングセンター等の分析所に持ち帰り、ゲルマニウム半導体検出器を用いて、より精度の高い測定(分析所測定)を行う手法が盛り込まれた。

市販されている NaI シンチレーションサーベイメータにはエネルギー補償型と計数率表示型の 2 種類があるが、I-131 から放出される γ 線(364 keV)に対する感度は、後者が前者よりも数倍高いことから、原則として計数率表示型の機器を用いることとした。この機器を用いて、

2 分程度の測定時間で飲食物摂取制限に関する指標を上回っているかどうかを判別することが可能としている。この方法による I-131 の検出下限値と、防災指針に示された飲食物摂取制限に関する指標を表 4 に示す。

この「緊急時における放射性ヨウ素測定法(1 訂)」には、各種環境試料(大気、飲料水、牛乳、葉菜)の採取から測定試料の調製、及び NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータの校正及び測定方法とゲルマニウム半導体検出器を用いる測定方法が記載されている。

3.2 No.15. 緊急時における放射性ヨウ素測定法(2 訂)、令和 5 年 10 月

この上位文書は下記になる。

- ・ 原子力災害対策指針、平成 24 年 10 月 31 日制定、原子力規制委員会
- ・ 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 日制定、原子力規制庁監視情報課

平成 14 年の改訂後、平成 23 年 3 月の東日本大震災に伴う福島原発事故を契機に、原子力災害対策指針が平成 24 年に制定され、これに基づいて緊急時モニタリングが実施されることとなった。緊急時補足参考資料の記載に沿った緊急時モニタリングの実施に対応するため、令和 5 年に 2 訂が作成された。

この改訂における飲食物に関わる主な変更点は、対象試料が拡大したことと、スクリーニングが削除されたことである。

対象試料の種類は、1 訂までは大気、飲料水、葉菜及び牛乳としていたが、放出の広がりや影響範囲の把握を目的として、土壌及び降下物(雨水等)、葉菜以外の農畜水産物等についても記載がなされた。

NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータによる現場測定については、ゲルマニウム半導体検出器による分析所測定を実施するか否かを判断するためのスクリーニングを目的として記載されていたが、福島原発事故の際には準備に時間を要するために実施されなかったことや、緊急時における長時間の試料採取等の屋外

作業は作業員の被ばくのおそれや機器の汚染等の懸念があること、現行の緊急時補足参考資料では採用されていないことから、採取した試料は持ち帰ってゲルマニウム半導体検出器で測定することを基本として、削除された。

「緊急時における放射性ヨウ素測定法(2 訂)」では、試料種類ごとに試料の採取からゲルマニウム半導体検出器による測定のための試料調製方法及びゲルマニウム半導体検出器による測定が記載されている。

4. 環境モニタリングと食品衛生法の検査法の相違

原子力災害対策指針において、緊急時モニタリングとは、「放射性物質若しくは放射線の異常な放出又はそのおそれがある場合に実施する環境放射線モニタリング」を言い、警戒事態においてその準備を行い、施設敷地緊急事態において開始するとされ、「緊急時モニタリングの目的は、原子力災害による環境放射線の状況に関する情報収集と OIL に基づく防護措置の実施の判断材料の提供及び原子力災害による住民等と環境への放射線影響の評価材料の提供にある。」とされている。よって、この緊急時モニタリングのマニュアルである「緊急時における放射性ヨウ素測定法(2 訂)」は、濃度情報の提供を基本としている。

一方で、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い。同法により現在行われている食品中の放射性物質の検査体制を図 2 に示す。ここでのスクリーニングは、試験所内で基準値よりも確実に低い試料を判別するための検査法で、試料中の放射能濃度については、基準値を超過していないこと以上の情報は得られない。このスクリーニング検査法は、「緊急時における放射性ヨウ素測定法(1 訂)」で記載されていた、より詳細な測定を要する試料選別の現場測定ではなく、基準値より低い試料を判別する試験所内で行う検査であり、内容は同じではない。

測定マニュアルの目的は、防災指針や緊急時

モニタリング指針に基づいて対処する際に、食品衛生上の危害発生の防止、食品由来の放射線被ばく線量評価手法及び食品の安全の確認に資するため、食品中の放射能測定を適切に行い、評価するための実施方法を紹介すること、とされている。東日本大震災後に環境モニタリングの役割が拡大し、飲食物摂取制限前の飲食物放射能濃度の測定は、緊急時モニタリングの測定法のマニュアルである放射能測定法シリーズで網羅されつつある。したがって、測定マニュアルの役割は、飲食物接種制限発令後の何らかの濃度規格等による食品衛生法での管理体制の支援情報提供に重点が置かれてきていると考えられる。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る。スクリーニングを削除した「緊急時における放射性ヨウ素測定法(2訂)」と測定マニュアルではその目的が異なるため、異なる手法の選択も妥当と考えられる。

5. 測定マニュアルにおける放射性ヨウ素測定法

基準値等が設定された場合の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)」と同様の以下のような 3 分類が候補になると考えられる。

- ・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

ほぼ上記に相当する「水道水等の放射能測定マニュアル」における測定の流れを、図 3 に示す。各測定法については後述する。

いずれの測定法においても、正しい測定値を得るためには、適切な校正が行われていることが前提になる。放射能測定では、計数効率を用

いて計数率から放射能に換算するが、その計数効率を取得した条件と、試料の測定条件を同じにすることも重要である。また、放射能測定の検出限界値は、バックグラウンド計数率、試料の測定時間、試料量の影響を受けることから、測定感度を上げるためには、これらの条件、特にバックグラウンド計数率を下げるのが効果的な場合がある。緊急時においては、試料や測定環境の汚染にも平常時以上に留意が必要である。試料の採取、前処理については、測定手法にかかわらず、下記の放射能シリーズが参考になる。

- ・No.35 緊急時における環境試料採取法、令和 3 年 6 月
- ・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、平成 31 年 3 月(1訂)

5.1 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

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の測定においても信頼性の高い測定法である。

参考資料：

- ・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
- ・放射能測定法シリーズ 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、令和 2 年 9 月(4訂)
- ・放射能測定法シリーズ 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、平成 30 年 3 月(1訂)

5.2 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 γ 線の波高分析装置により、測定エネルギー範囲を予め設定して測定する方法である。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、エネルギー分解能が劣るため、混在核種が少なく、それ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ない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。

参考資料：

- ・放射能測定法シリーズ No.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

5.3 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

上記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、混在核種の影響を受けることから、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 I-131、第2段階モニタリングでは放射性核種を 134Cs 及び 137Cs 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。

食品の放射能濃度が摂取制限の指標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、指標値の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%区間上限が指標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。

参考資料：

- ・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(基準値スクリーニング法)

5.4 スクリーニング法での課題、校正

「緊急時における放射性ヨウ素測定法(2訂)」で現場スクリーニング法が削除された理由と

して、NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータの校正に I-131 標準溶液を用いる必要があるなど、準備に時間を要することが挙げられている。I-131 の下限数量は 1 MBq であり、放射線施設を持たない試験所等においても使用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校正を行い、その結果を公表している(B. 研究方法参照)。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。

5.5 スクリーニング法での課題、非破壊試料

前述までの測定法は、食品試料を細切等にした後、測定容器に充填して前処理を行うものであるが、現在、放射性セシウムで細切等の前処理を行わない、「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」が運用されている。放射性ヨウ素は、放射性セシウムよりも機器換算係数が小さく、その指標値も野菜等で 2,000 Bq/kg であり、現在の放射性セシウムの一般食品の規格値である 100 Bq/kg よりも高いことから、より精度良く測定できると予想される。緊急時の状況に依存するが、汚染地域が広範で試料数が膨大な場合には、非破壊検査法

での対応も有益であると思われる。

参考資料：

- ・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、令和6年7月1日

D. 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する。昨年度は、背景と主に放射性セシウムの測定法について、本年度は放射性ヨウ素の測定法について検討した。

震災後の原子力災害対策指針の飲食物の摂取制限措置の判断基準としてのOIL6は、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」の内容を踏襲しており、測定核種、数量、測定対象飲食物等について震災前から変更はなく、放射性ヨウ素群6核種の代表核種はヨウ素131(I-131)であることを確認した。関連する放射能測定法シリーズ「No.15.緊急時における放射性ヨウ素測定法」が測定マニュアル作成当時から改訂されており、測定対象試料が拡大し、測定マニュアルにも反映されていたスクリーニングが削除されていた。緊急時モニタリングのマニュアルである「緊急時における放射性ヨウ素測定法」が、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分類の測定法を候補として挙げた(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)。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検討した。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、いずれの測定法も混在核種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。

E. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし

F. 知的財産権の出願・登録状況

なし

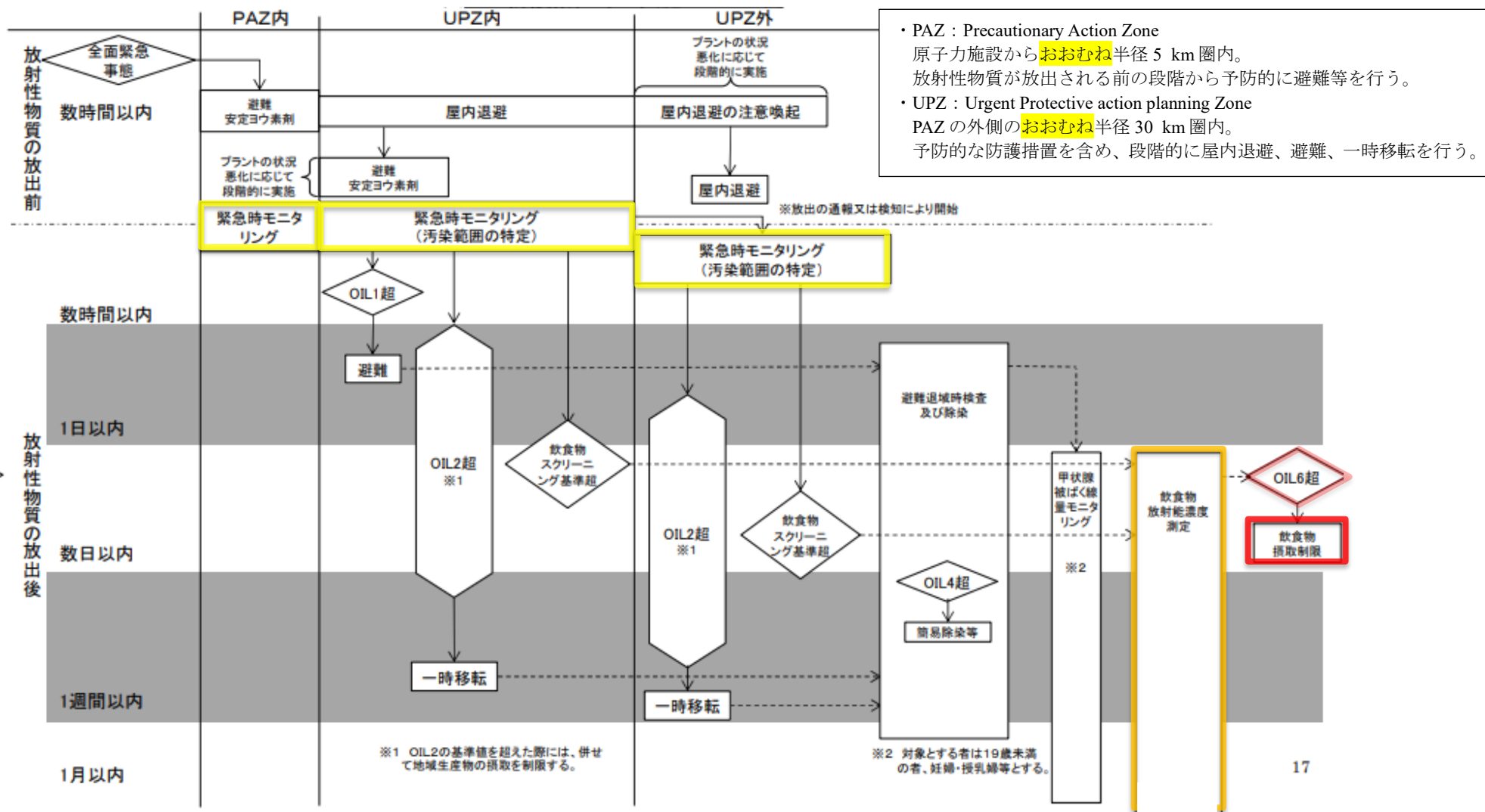


図1 防護措置等の実施フローの例

・原子力災害対策指針、令和6年9月11日、原子力規制委員会、p.42 図1より、一部改変(色付け、注追記)

表 1 運用上の介入レベル(OIL)と防護措置について

	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	OIL1	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	500μSv/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)
	OIL4	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：13,000cpm【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	OIL2	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	20μSv/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	OIL6 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	0.5μSv/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。
	OIL6	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	

※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った牛の乳)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。

・原子力災害対策指針、令和 6 年 9 月 11 日、原子力規制委員会、p.70 表 3 OIL と防護措置について より一部改変(省略、色付け)

表 2 平成 14 年当時の飲食物摂取制限に関する指標 ※1、2

核種	対象	飲食物摂取制限に関する指標
放射性ヨウ素 (混合核種の代表核種 I-131)	飲料水 牛乳・乳製品	300 Bq/kg 以上
	野菜類 (根菜、芋類を除く。)	2000 Bq/kg 以上
放射性セシウム	飲料水 牛乳・乳製品	200 Bq/kg 以上
	野 菜 類 穀 類 肉・卵・魚・その他	500 Bq/kg 以上
ウラン	飲料水 牛乳・乳製品	20 Bq/kg 以上
	野 菜 類 穀 類 肉・卵・魚・その他	100 Bq/kg 以上
プルトニウム及び超ウラン元素 のアルファ核種 (²³⁸ Pu、 ²³⁹ Pu、 ²⁴⁰ Pu、 ²⁴² Pu、 ²⁴¹ Am、 ²⁴² Cm、 ²⁴³ Cm、 ²⁴⁴ Cm の 放射能濃度の合計)	飲料水 牛乳・乳製品	1 Bq/kg 以上
	野 菜 類 穀 類 肉・卵・魚・その他	10 Bq/kg 以上

(注)乳児用として市販される食品の摂取制限の指標としては、ウランについては 20 Bq/kg を、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 1 Bq/kg を適用するものとする。ただしこの基準は、調理され食事に供される形のものに適用されるものとする。

※1 原子力施設等の防災対策について、昭和 55 年 6 月(平成 15 年 7 月一部改訂)原子力安全委員会

P.27 表 3 飲食物摂取制限に関する指標 より一部改変(配置等)

※2 算出根拠は、ウラン以外については「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」を参照。

放射性ヨウ素には 6 核種(Te-132, I-131～135)が含まれ、混合核種の代表核種は I-131 である。

放射性セシウムには 4 核種(Sr-89, Sr-90, Cs-134, Cs-137)が含まれ、混合核種の代表核種は Cs-134+Cs-137 である。

表 3 放射性ヨウ素群の壊変データ

核種	半減期 ※1	壊変 形式 ※1	主な β 線のエネルギー(MeV)と放出割合 ※1	主な光子のエネルギー(MeV)と放出割合 ※1	代表核種 に対する 存在比率 ※2	備考
Te-132	3.2 日	β -	0.240 100%	0.0497 15.0% 0.228 88.0% 他 0.0285 60% 0.0324 13.2%	1.3191	娘核種 132I
I-131	8.0 日	β -	0.248 2.1% 0.334 7.2% 0.606 89.5% 他	0.0802 2.6% 0.284 6.1% 0.365 81.7% 0.637 7.2% 0.723 1.8% 他 0.0297 4.0%	1.0000	代表核種
I-132	2.3 時間	β -	0.741 12.9% 0.967 8.2% 1.185 18.7% 1.470 9.0% 1.617 12.5% 2.140 18.9% 他	0.523 16.0% 0.630 13.3% 0.668 98.7% 0.773 75.6% 0.812 5.5% 0.955 17.6% 1.399 7.0% 他	1.3617	
I-133	21 時間	β -	0.473 3.8% 0.535 3.2% 0.896 4.2% 1.241 83.2% 他	0.530 87.0% 0.875 4.5% 1.298 2.3% 他	1.4255	
I-134	53 分	β -	1.185 30.1% 1.398 6.8% 1.464 16.0% 1.644 6.5% 1.699 10.9% 2.321 12.4% 他	0.405 7.3% 0.541 7.3% 0.595 11.1% 0.622 10.6% 0.677 7.9% 0.847 95.4% 0.857 6.7% 0.884 64.9% 1.073 14.9% 1.136 9.1% 1.807 5.5% 他	0.0006	
I-135	6.6 時間	β -	0.415 7.4% 0.680 8.0% 0.857 8.8% 0.970 21.7% 1.083 8.0% 1.190 7.5% 1.388 23.5% 他	0.527 13.4% 0.547 7.1% 0.837 6.7% 1.039 7.9% 1.132 22.6% 1.260 28.7% 1.458 8.7% 1.678 9.6% 1.791 7.7% 他	0.5532	

※1 アイソトープ手帳 12 版、2020 年 3 月 31 日、日本アイソトープ協会編集発行 より

※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、旧原子力安全委員会 より
軽水炉における燃焼の燃焼度が 30,000MWd/t の場合の代表的な生成量の割合に基づく、
0.5 日減衰後の炉内の同位体割合

表 4 本法におけるヨウ素-131 の検出下限値 ※1

試料名	測定供試料	検出下限値			参考(指標等)
		現場測定 (スクリーニング)		分析所測定 (精密測定)	
		NaI サーバイメータ ※2		ゲルマニウム半導体検 出器 ※5	
		計数率表示型 ※3	エネルギー補償型 ※4		
飲料水	2 L	100 Bq/kg	300 Bq/kg	2 Bq/kg	300 Bq/kg ※6
牛乳	2 L	100 Bq/kg	300 Bq/kg	2 Bq/kg	300 Bq/kg ※6
葉菜	0.5 kg	1000 Bq/kg	1700 Bq/kg	6 Bq/kg	2000 Bq/kg ※6

※1 放射能測定法シリーズ No.15. 緊急時における放射性ヨウ素測定法 1 訂、平成 14 年 7 月より

※2 1×1 インチ ΦNaI シンチレーションサーバイメータ

※3 時定数 10 秒、30 秒間隔で 3 回読み取った時の平均値の誤差の 3 倍(3σ)とした。

※4 3mm 厚の鉛張り容器中(バックグラウンド 0.025 μGy/h 程度)での測定。時定数 30 秒、2 分間隔で 3 回読み取った時の平均値の誤差の 3 倍(3σ)とした。

※5 相対効率 30%の検出器で 10 分間測定した場合の値〔測定容器：小型容器(大気)、2L マリネリ容器(飲料水、牛乳)、0.7 L マリネリ容器(葉菜)〕

※6 飲食物摂取制限に関する指標(放射性ヨウ素(代表核種 I-131)に対しての値)

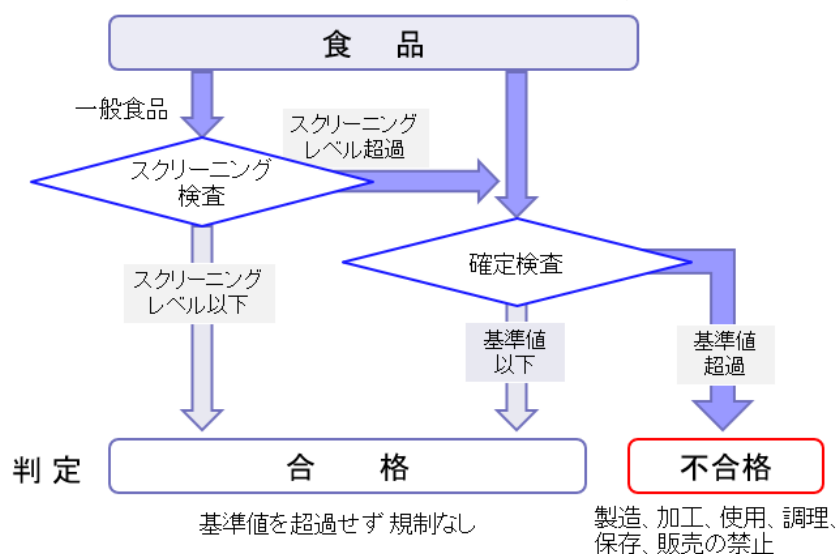
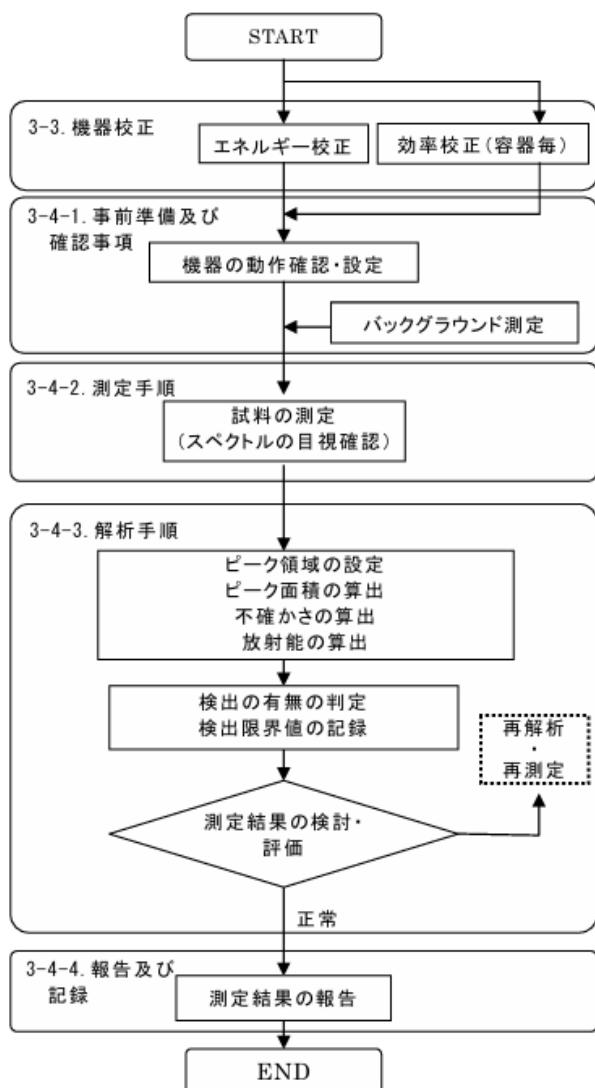


図 2 食品中放射性セシウムの検査体制

試験法については以下を参照

- ・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、令和 6 年 7 月 1 日

A



B

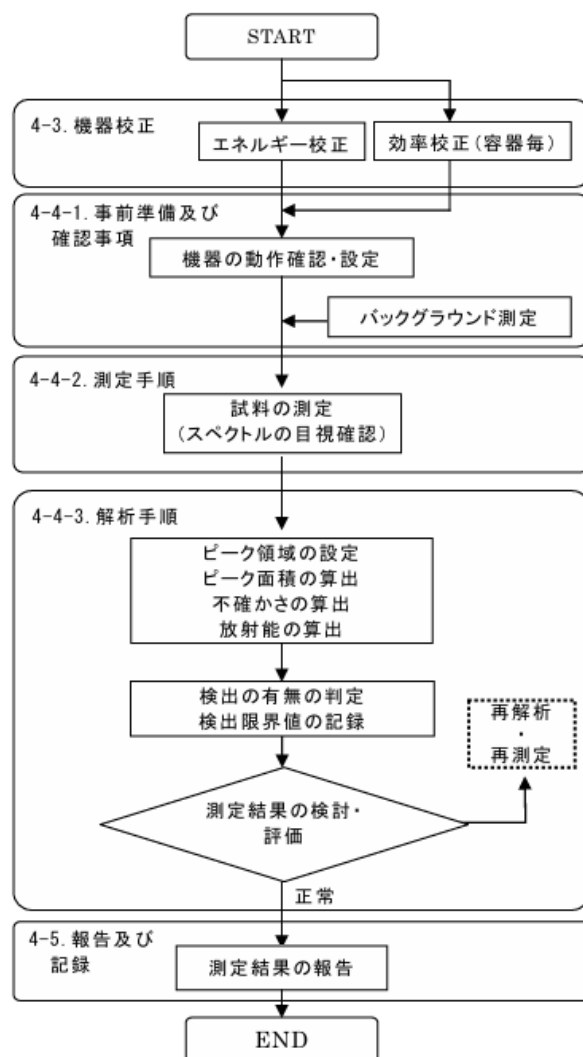


図3 放射性ヨウ素の測定の流れ

A：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

B：シンチレーションスペクトロメータによる測定法

C：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

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月より

C

