

I. 総括研究報告

食品中の放射性物質等検査システムの
評価手法の開発に関する研究

蜂須賀 暁子

厚生労働行政推進調査事業費補助金（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関する研究
令和元年度研究総括報告書

研究代表者 蜂須賀暁子 国立医薬品食品衛生研究所生化学部第一室長

研究要旨

平成 23 年 3 月の東京電力福島第一原子力発電所事故により、放射性物質が環境に放出されて食品に移行したことは食品衛生上の大きな問題となっている。食品中の放射性物質検査は、原子力災害対策本部で決定したガイドラインに従い、地方自治体において検査計画に基づくモニタリング検査を実施しており、基準値を超過した食品については回収・廃棄等の対応を行っている。当該検査ガイドラインは、平成 29 年度に、自治体等の要望を受け、検査対象品目・自治体等の大幅な緩和を行ったことから、ガイドラインの改定による影響を、基準値超過率や超過品目の変動だけでなく、消費者意識等も含め総合的に評価し、安全確保体制が維持できていることの確認が必要となる。また、復興とともに変化する最新の状況を反映した社会的に合理的な検査体制を保つために、今後もガイドラインの改定が想定されることから、その改定に伴う影響の評価手法の開発も必要となっている。これらのことから、以下の研究を行った。

（1）食品中放射性物質の検査体制の評価手法の検討

効率的な食品中の放射性物質検査を行うには試料選定等検査計画が重要であり、合理的な検査計画の策定には放射性セシウムの濃度分布を把握する必要があるため、食品中放射性セシウムを簡便に評価する手法が望まれる。そこで、本研究では検査計画立案に有用と考えられる非破壊式測定機器を用いた方法に着目した。非破壊式放射能測定装置による測定は、設計上想定した試料の配置や放射性物質の分布のばらつきの範囲において測定を行うことが重要となる。本研究では、同一の実試料を用いて 3 つの異なる機種 of 非破壊式装置による測定と Ge 検出器を用いた公定法による測定結果との比較検討を主に進めた。本研究では野生キノコ約 170 検体を用いて測定値を比較した。この結果、平成 30 年度までに得られた結果と同様にいずれの機種についても両者間で良好な相関が得られたものの、非破壊測定でのばらつきや、Ge 検出器による測定結果とのずれについてもこれまでとほぼ同様の傾向が見られた。ただし、3 機種 of いずれも Ge 検出器の測定結果よりも低めに評価された。ついで 100 Bq/kg に対するスクリーニング検査への適用性について回帰直線の予測区間による方法を用いて検討し、予測区間の上限値が 100 Bq/kg の場合の予想される試料の放射能濃度を評価した。その結果、前処理を想定した食品中の放射性セシウムスクリーニング法における適用条件であるスクリーニングレベル下限 50 Bq/kg を満足したものの、本結果は暫定的にそれぞれ回帰直線の傾きを考慮して補正の上評価して得たものであり、このような評価手法の妥当性の観点からは各装置の放射能濃度への換算係数評価手法の信頼性検証に関して課題を残した。スクリーニング法の準用にあたっては、換算係数（校正定数）にあたる傾きの真度に与える影響評価、試料中の放射性セシウム不均一分布が測定に及ぼす影響の評価を、具体的に適用する試料種を選別し、測

定範囲の詳細な決定を行い、科学的根拠に基づく評価を行う必要があると考えられた。

(2) 食品中放射性物質濃度データ解析

令和元年度に厚生労働省に報告された、非流通品/牛肉を除く食品中の放射性セシウム検査データを解析し、放射性セシウム検出率、基準値超過率、濃度の統計量を求め、食品分類、産地別の集計を行った。流通品の基準値超過率は0.046%で非常に低かったが、非流通品では0.61%であり、高濃度の放射性セシウムを含む試料も見られた。このことから、流通前の検査により、高濃度の放射性セシウムを含む食品が、効果的に流通から排除されていると考えられた。乾燥過程を伴う果実加工品である農産物を除くと、複数の基準値超過が見られた食品分類は、山菜、きのこ、淡水魚、野生鳥獣肉であり、いずれも山林にその起源をもつことが特徴である。現在有効に機能している、基準値を超える食品を流通させないための監視において、山菜、きのこ、淡水魚、野生鳥獣肉のような栽培/飼養管理が困難な品目の検査を維持していくことが重要と考えられる。

(3) 食品中放射性物質等有害物質調査

本課題では、福島原発事故後に基準値として考慮された放射性セシウム等に加え、内部被ばくにおいて考慮すべき核種についての調査を行った。平成29年度の調査結果より、天然放射性核種であるポロニウム210の内部被ばく線量が、福島原発事故等に由来する人工放射性核種からの影響に比して大きいことが認められた。しかし、一般的にポロニウム210分析法が煩雑な事もあり、文献データは測定試料数が少なく、線量範囲も大きな開きが見られた。そこで前年度までに、食品中ポロニウム210分析法の簡便化および精度評価を行い、食品に適用可能な方法を開発した。令和元年度は、開発した方法を用いて流通している魚介類のポロニウム210放射能を測定した。分析したすべての試料でポロニウム210は検出され、イワシ、マアジ、アサリ、カキ、シラスでは比較的高い放射能(>10 Bq/kg)が認められた。また、魚類(サンマ、マイワシ、マアジ、ニシン)の筋肉と内臓を分離し、それぞれのポロニウム210濃度を測定したところ、筋肉部位(0.60~45 Bq/kg)に比べて内臓部位(14~1050 Bq/kg)では10倍以上の高い放射能濃度が認められ、魚介類では筋肉より内臓部位に多くのポロニウム210が蓄積されていることが示唆された。また、近年の食品に関連したポロニウム210に関する諸外国の文献を調べたところ、魚介類では同様の傾向が確認された。魚介類の内臓を偏って摂取した場合、内部被ばく線量が増加する可能性があるため注意が必要である。

(4) 消費者への食品検査及び安全性情報伝達方法に関する検討

福島第一原子力発電所事故から数年経ち、これまでのデータからは現在市場に流通している食品からはほとんど放射性物質は検出されていないことが示されていて、適切なリスク管理の視点から検査体制の見直しが検討課題となっている。しかし一般の消費者に食品検査の状況が周知されているとは言い難く、いまだに被災地への風評被害が問題となる場合がある。この課題ではこれまで「食品の基準値」に関する一般的認識を調査し、放射性物質の基準以前に食品の基準値の意味が理解されていないことを明らかにしてきた。そして今回さらに放射性物

質検査の内容についてもほとんど知られていないことを再確認した。食品の安全性確保と風評被害対策のためには広報やリスクコミュニケーションにより多くの資源を配分する必要がある。

(5) 緊急時検査法に関する検討

原子力施設の事故等により放射性核種による環境汚染が引き起こされた場合、食品からの内部被曝を防止するために食品中放射性物質の規制が行われることから、食品中放射性物質の測定対象核種及び測定手法について検討する。平成30度は、測定対象核種について、我が国の原子力災害対策指針及びIAEA等の国際文書について比較検討した。令和元年度は、前年度に国際文書により抽出された200余核種の測定法について、平成30年改訂の「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（原子力規制庁）」を参考とし、核種の特性に基づき検討した。食品衛生上は、半減期が数時間以内の核種は考慮する必要性は低いと考えられるが、壊変系列をなし、経過時間に伴い上昇する核種もあるため、注意が必要である。また、検査の効率面から γ 線スペクトル解析法が有用であるが、事故直後には多核種の存在による複数ピークの出現が予想されることから、核種同定には平常時とは異なる注意が必要である。

研究分担者	山田 崇裕	近畿大学原子力研究所准教授
研究分担者	鍋師 裕美	国立医薬品食品衛生研究所食品部主任研究官
研究分担者	曾我 慶介	国立医薬品食品衛生研究所生化学部研究員
研究分担者	畝山智香子	国立医薬品食品衛生研究所安全情報部第一室長

A. 研究目的

平成23年3月の東京電力福島第一原子力発電所（1F）の事故により、食品の放射性物質による汚染が危惧されたため、食品衛生法上の暫定規制値が設定された。続いて、平成24年4月には放射性セシウムの基準値が全ての食品に設定された。食品中の放射性物質検査は、原子力災害対策本部で決定したガイドラインに従い、地方自治体において検査計画に基づくモニタリング検査を実施しており、基準値を超過した食品については回収・廃棄等の対応を行っている。当該検査ガイドラインは、平成29年度に、自治体等の要望

を受け、検査対象品目・自治体等の大幅な緩和を行ったことから、ガイドラインの改定による影響を、基準値超過率や超過品目の変動を注視するだけでなく、消費者意識等も含め総合的に評価し、安全確保体制が維持できていることの確認が必要となる。また、復興とともに変化する最新の状況を反映した社会的に合理的な検査体制を保つために、ガイドラインの改定は、今後も毎年度変更することが想定されることから、単に各年度の影響を評価するのみにとどまらず、影響評価手法の開発が必要である。

そこで、本研究では、震災に起因する

食品中の放射性物質等に関し、相互に関連する下記5課題について検討を行った。これらの研究課題を遂行することにより、検査ガイドラインの改定に伴う影響を評価することが可能となり、効果的な改定案提出に貢献し、結果として、適切な食品の流通を保証する監視体制が構築・維持され、食品の安全・安心が高まることが期待される。

(1) 食品中放射性物質の検査体制の評価手法の検討

食品中の放射性物質濃度分布の推定手法を示すことにより、効率的・効果的なモニタリング検査計画の提案が可能となることから、令和元年度も引き続き検査のサンプリング精度の重要因子である濃度分布の評価手法について、非破壊測定機器を用いた方法について検討した。

(2) 食品中放射性物質濃度データ解析

厚生労働省に報告される食品中の放射性セシウム検査データを年度ごとに解析し、放射性セシウム濃度の経時的変化、食品群間の放射性セシウム濃度の変動等についての情報を得た。基準値超過食品が流通していないことの確認は、検査と出荷制限の体制が適切に機能していることの根拠となる。また、今後の重大災害時における施策立案の基礎となる知見となる。

(3) 食品中放射性物質等有害物質調査

過去の放射性物質汚染データの集計及び解析を行い、新たに検討すべき核種等を探索する。平成29年度の調査により、日本は天然放射性核種であるポロニウム210の内部被ばく線量が、福島原発事故等に由来する

人工放射性核種からの影響に比して大きいことが認められたため、昨年度は食品中ポロニウム210分析法の簡便化の検討を行った。本年度はその分析法を用いて、食品中の濃度を調査する。

(4) 消費者への食品検査及び安全性情報伝達方法に関する検討

国内流通する食品の検査結果からは基準値超過率が極めて低いことが確認されている。それにもかかわらず、依然として国内外に風評被害が存在し、消費者の食品検査についての理解と納得が得られていない。そのためこの研究課題では「震災に起因する食品中の放射性物質ならびに有害化学物質の実態に関する研究」で明らかにしてきた消費者への適切な情報提供の重要性を踏まえ、引き続き食品の安全性情報の伝え方と消費者意識調査を継続的に行い、安全から安心に繋げる方法の検討を行う。

(5) 緊急時検査法に関する検討

放射性核種による環境汚染が引き起こされた場合、食品からの内部被曝を防止するために食品の規制が行われる。1F事故後に国内外で検討が行われていることから、それらの情報を踏まえ、令和元年度は、昨年度抽出した測定対象核種の特性とそれらの測定法について検討する。

B. 方法

(1) 食品中放射性物質の検査体制の評価手法の検討

非破壊式装置の特徴や測定原理を念頭に、3機種の子非破壊式装置を用いて福島県内で採取した実試料を用いて、破碎等の前

処理をしない非破壊式装置による測定と Ge 検出器を用いた公定法による測定結果との比較検討を行った。また、本研究では非破壊式装置を用いた測定に影響を及ぼすと考えられる試料中の放射性セシウム不均一分布について、試料固体中の分布状況を把握するためのイメージングプレート (IP) を用いた手法についても検討した。

(2) 食品中放射性物質濃度データ解析

厚生労働省ホームページに公表された平成 31 年 4 月から令和 2 年 3 月までの食品中の放射性セシウムの検査データを、産地、食品分類別、栽培/飼養管理の能否別に集計し、放射性セシウムの検出率、濃度等を求めた。

集計は、公表されたデータから、まず屠畜場における牛肉の全頭検査データが主と思われる非流通品の牛肉のデータと、それらを除いた検査データに分けてから、それぞれについて解析した。

(3) 食品中放射性物質等有害物質調査

1) 食品試料と放射能標準溶液

分析試料はスーパーマーケットで購入した。一部魚類試料に関しては筋肉および内臓部位を包丁で細切・分離し、それぞれ別の分析試料とした。ポロニウム 209 (半減期: 102 年) 標準硝酸溶液は Eckert & Ziegler 社から購入した。

2) 流通食品中のポロニウム 210 放射能分析

食品生試料 5-25 g を 1L 容ビーカーに入

れ、内部標準物質としてポロニウム 209 硝酸標準溶液を加え、硝酸で湿式分解し、塩酸にてポロニウム塩化物フォームとし、0.45 nm メンブレンフィルターで吸引ろ過を行った。ポロニウム塩化物フォームをステンレス板に電着し、金属板上のポロニウム測定試料を、シリコン半導体検出器 PIPS によって 86,400 秒間測定し、 α 線スペクトロメトリーを行った。

3) 文献調査

文献検索エンジン PubMed、Google Scholar を用いて、食品または環境中のポロニウム 210 に関する直近 10 年間分の学術論文を探索した。原子力規制庁「環境放射線データベース」も利用した。

(4) 消費者への食品検査及び安全性情報伝達方法に関する検討

食品中放射能の検査ガイドラインの見直しに関連して、食品に設定されている各種汚染物質の「基準値」についての意識調査を行った。食品の安全に関する講義を行った際に食品中汚染物質の基準値についてアンケートを行った。対象にしたのは主に大学生で、一部社会人が含まれる。講義内容は全く同じではないが、本研究での知見である、①食品への全体的不安は食品に関する専門知識があるほうが小さい、②放射線以外の食品のリスクについての情報を提供されることで放射線への不安やリスク受容の程度が変わる場合もある、ことを踏まえて、食品リスクを全体的に提示する内容である。放射線リスクや食品の放射性物質基準に特化した内容は含まれない。

(5) 緊急時検査法に関する検討

主に以下の資料を参考に測定対象となる核種の特性を検討した。

- ・放射能測定法シリーズ（文部科学省及び原子力規制庁）
- ・ IAEA nuclear data services (<https://www.nds.iaea.org/>)
- ・ National Nuclear Data Center (<https://www.nndc.bnl.gov/>)
- ・ 世界保健機構 WHO／飲料水水質ガイドライン（WHO 飲料水 GL）
- ・ 国際原子力機関 IAEA／General Safety Guides No. GSG-2（GSG-2）

C. 結果・考察

(1) 食品中放射性物質の検査体制の評価手法の検討

1) 非破壊式装置による測定と Ge 検出器を用いた公定法による比較検討

今回用いた検体のうち、10 Bq/kg を超える試料の種別数は 39 種、総数 129 であった。3 種類の各非破壊式装置と Ge 検出器による測定結果の比較をした。

非破壊式装置 2 機種については、平成 30 年度までに得られた結果と同様に Ge 検出器と非破壊式との結果は高い精度 ($R^2=97\sim 98\%$) で回帰直線が得られた。今回の検証によって 3 機種目についても他の 2 機種と同様に良好な相関関係を示すことが確認できた。一方で、これまでと同様に適合値との比較的大きなずれを示す測定結果も観測され、99% 予測区間を超えるものも見られた。また、全体として濃度が 3000 Bq/kg

を超える比較的高い領域で相対的なずれのばらつきの程度が大きい傾向が見られた。これは試料全体中の各個体の濃度差がより大きいことが 1 つの要因と考えられる。しかしながら、本検討では個々の試料内の放射性セシウム分布は調査していないため、実際のずれの定量的な検証は困難である。

非破壊式装置における複数回測定の変動係数と試料の放射能濃度との関係も調べた。測定のはらつきは濃度にほぼ依存し、低濃度領域では濃度が上昇するに従いばらつきが小さくなっていることは、そのばらつきの要因は放射性壊変の統計変動が支配的であることによることを示唆するものであった。一方で全範囲にわたって変動係数の大きい結果が散見され、このばらつきは試料に起因する不確かさが支配的であることが見込まれた。観測された適合値とのずれの要因は、試料の不定形性による検出効率の見積もりの誤差の他に、このような試料に起因する大きなばらつきもその要因の一つであることが本結果から明らかになった。

また、今回の結果では 3 機種それぞれの回帰直線の傾きは、いずれの非破壊式装置の結果も Ge 検出器の結果よりも低めの評価となる傾向が見られた。それぞれの装置では、換算係数は試料の種別や形状の選択及びその質量から見積もられることとなる。高精度な品目別の個別的検証には、実際に各装置で評価された換算係数の把握と、試料種別毎により多くの試料を用いた検証による必要があると考えられた。

さらに 100 Bq/kg に対するスクリーニン

グ検査への適用性について回帰直線の予測区間による方法を用いて検討し、予測区間の上限値が 100 Bq/kg の場合の予想される試料の放射能濃度を評価した。前述したように 3 機種とも非破壊式装置の結果が、Ge 検出器の結果よりも低めの評価となる傾向が見られ、かつ 100 Bq/kg 以下の試料で得た回帰直線は全試料で得た回帰直線より緩やかになる傾向がより顕著であったことから、暫定的にそれぞれ回帰直線の傾きを考慮して補正の上評価した。その結果、前処理を想定した食品中の放射性セシウムスクリーニング法における適用条件であるスクリーニングレベル下限 50 Bq/kg を 3 機種とも満足した。このような測定解析条件が測定対象とする試料と合致するものであれば、本試料で得られたスクリーニングレベルでの検査が、信頼性が確保された上で成立させることが出来ることが期待されることが見込まれるものであった。

2) 試料固体中の放射性セシウム分布の把握のためのイメージングプレート (IP) を用いた手法の検討

乾燥シイタケ 7 試料を検討したところ、すべての試料内の放射能の分布は均一ではなく、シイタケの笠部の端により高く局在し、個々のシイタケの端部と中央部の放射能差は約 2.8~27 倍の差が見られた。これらの結果から乾燥したシイタケのそれぞれの放射性セシウムの内部分布パターンが異なる可能性があることが示唆された。

(2) 食品中放射性物質濃度データ解析

1) 非流通品/牛肉以外のデータ

試料数、検出率、基準値超過率

総試料数は 37,058 であり、その内 26,188 が流通前の段階で収集された食品（非流通品）、10,870 が流通段階で採取された食品（流通品）であった。試料全体に対する流通品の割合はおよそ 30%であった。

放射性セシウム濃度が 25 Bq/kg を超えた試料数を検出試料数、全体に対する検出試料数の割合を検出率とした。ただし、牛乳・乳児用食品は基準値の 1/5 である 10 Bq/kg、同様に飲料水も 2 Bq/kg を超えた場合を検出とした。このように計算したときの検出試料数は 1,124、検出率は 3.0%となった。非流通品の検出率は 4.1%、流通品の検出率は 0.42%であった。

基準値を超過した試料数は 166 であり、全試料中の基準値超過試料の割合は 0.45%、非流通品においては 0.61%、流通品では 0.046%であった。

食品分類別試料数、検出率、基準値超過率

食品を、農産物（きのこ、山菜を除く。以下同じ。）、きのこ、山菜、畜産物、野生鳥獣肉、魚介類、くじら、海藻、加工食品、食事試料、ハチミツ、牛乳、乳児用食品、飲料水に分類した。非流通品で検出率が高い食品分類は、野生鳥獣肉（17%）、山菜（9.6%）、きのこ（7.1%）であった。流通品では、山菜（9.3%）、きのこ（4.8%）であった。基準値を超過した食品分類は、非流通品では農産物、きのこ、山菜、野生鳥獣肉、魚介類であり、超過率はそれぞれ 0.04%、0.82%、2.5%、3.3%、0.03%であった。流通品で基準値を超過した食品分類は

きのこ、山菜のみで、超過率はそれぞれ0.50%、1.1%であった。

産地

放射性セシウムが検出された食品の産地は15県であり、それらは全て令和元年度において検査対象自治体となっている17都県に含まれる。農産物においては、検出された試料は非流通品および流通品合わせて15試料であり、そのすべてが福島県産であった。基準値超過は非流通品の干し柿2試料であった。きのこは、農産物より広域で検出が認められた。非流通食品では、11県で検出され、そのうち3県で基準値超過が認められた。流通品で検出が見られた地域は、非流通品よりも範囲が狭いものの、非流通品で検出されていない地域も含む9県であった。基準値超過は2県であった。山菜、野生鳥獣肉もきのこと同様に農産物より広域で検出が認められた。魚介類で検出された試料の産地は、6県と狭い範囲であり、ほぼ福島近接県であった。

非流通品/牛肉を除外した試料において、検出率、基準値超過率共に、流通品が非流通品を大きく下回っていた。また、非流通品には高濃度の試料が見られたが、流通品においては高濃度試料は少ないことから、緊急時モニタリングをはじめとする非流通品の検査により、高濃度の放射性セシウムを含む食品が、効果的に流通から排除されていると考えられた。

検出率には食品分類ごとに差が見られ、検出された食品は、きのこ、山菜、野生鳥獣が主であった。環境中の放射性セシウム

の食品への影響と、基準値を超える食品の監視のためには、淡水魚、野生きのこ、山菜、野生鳥獣肉のような食品の測定を継続していくことが重要と考えられる。

平成29年度より「検査計画、出荷制限等の品目・区域の設定・解除の考え方」において、検査対象品目に「栽培/飼養管理が困難な品目群」「栽培/飼養管理が可能な品目群」の区分が示された。環境に放出された放射性物質は、新たな汚染が起こらない限り、核種ごとの物理的半減期を含めた環境的半減期によって減衰する。食品中放射性物質の検査では、これまでの測定データに基づき、品目、地域ごとにきめ細やかに濃度予測をし、そのリスクの大きさに適した規模の検査体制を整えて行くことが合理的かつ効率的に検査を進めていく上では重要と考えられる。

2) 非流通品/牛肉のデータ

非流通品の牛肉に分類されるデータは247,872件であり、令和元年度に報告された検査の87%にあたる。検査の結果、25 Bq/kg以上の検出は19試料あった。それらの放射性セシウム濃度は、いずれもスクリーニング検査による参考値ではあるものの、検出濃度範囲は25~48 Bq/kgと基準値を超過した試料はなかった。食肉用の牛においては飼料管理が適切になされていることが示唆された。

(3) 食品中放射性物質等有害物質調査

1) 流通食品中のポロニウム 210 放射能分析

食品中では、ポロニウム 210 は特に魚介

類で多いことが認められているが、その放射能濃度は0.01~100 Bq/kgと開きがある。本研究では、流通食品の中でも魚介類に注目し、その実態を調査した。魚介類は0.24~1048.3 Bq/kgと広範囲の値を示した。一方で、陸生のブタは0.15 Bq/kg、海藻類は0.28~0.73 Bq/kgと魚介類より低濃度域であった。サンマ、マアジ、ニシン、マイワシに関しては、筋肉と内臓を切り分けて分析を行ったところ、筋肉部位(0.60~44.5 Bq/kg)に対して内臓部位(14.2~1048 Bq/kg)は10倍以上の高い放射能濃度が認められた。全体が食用に相当するカキ、シラス、アサリ、ホタテ等では4.5~41.4 Bq/kgの濃度で検出された。以上より、国内で流通している魚介類の中でも特に内臓を含む食品において、ポロニウム210量が多いことが認められた。今年度サンプリングを行ったシラス、マアジ、マイワシの筋肉部位の放射能濃度は、過去に測定していたものと比べて数倍の差がみられた。同じ魚種でも産地やサンプリング時期が違う場合は含有量が大きく異なることが示唆された。

2) 文献調査

近年の食品および環境試料中のポロニウム210に関する科学論文の直近10年分を検索したところ、60報に達した。試料は、海産物(35報)が最も多く、特に二枚貝については頻繁に報告されている。日本ではアサリなどが主な食材であるが、ヨーロッパではムール貝は食用に頻繁に用いられていることが、報告数が多い主要因と考えられる。その他に陸生動植物(18報)、プ

ランクトン等の水生微生物(6報)、河川、海洋等の環境水(11報)などの報告がみられた。

海産物の調査では、ほとんどの報告で1 Bq/kgを超過しているが、その濃度範囲は広く、高い値では数千Bq/kgまで見られる。食品として摂取する可能性のある生物で放射能濃度が100 Bq/kgを越えた試料は、主に二枚貝、エスカルゴ、エビ、アンチョビ、アワビ、マサバ、マアジ、イワシ等であった。多くの報告で算出されたポロニウム210推定摂取量は年間預託実効線量で1 mSvを下回っており、大きな問題はないとしているが、場合によっては1 mSvに匹敵または超過する可能性があるという警笛を鳴らす報告もある。

そのほか、河川、湖、海水中のポロニウム210濃度、同じウラン系列に属する鉛210とポロニウム210の関係等についても調査した。

(4) 消費者への食品検査及び安全性情報伝達方法に関する検討

全体としては、食品に定められている各種汚染物質の「基準」についてはよくわかっていないという意見が多かった。これまで同様、食品中に望ましくない物質が天然に含まれていることを知らなかったという感想も多く、食品安全についての基礎知識はたとえ食品関係の資格が取得できる教育課程であってもそれほど多くは学んでいないようだ。その一方でなんとなく日本の食品は安全、日本は世界でも食品安全の水準が高いほうである、といった意見があるこ

ともこれまでと同様である。

今年度は比較的まとまった数の履修生がいる大学での調査機会が多かったので、大学での専攻による違いがあるかどうかをみるために別々に集計した。専攻による極端な違いはないが、女子大が放射性セシウムに関しては他の共学の場合より厳しい数字を選ぶ人が多く、意見でも基準は厳しいほうが良いと書いている人が多いにもかかわらず、コメのカドミウムとヒ素に関して現状維持を強く望むようであることが目についた。理由として食生活にとって日本のコメが大事だから基準が厳しすぎて食べられなくなるのは困るという意見が多いようであった。放射性セシウムについては食品関係専攻の許容度が高い傾向があった。自分が生産者になる可能性があるという視点が含まれているせいかもしれない。今年度の調査では大学や学部に関係なくご飯が好きだからコメの基準をあまり厳しくしないでいいという意見が多いことが印象的である。

基準値に関する意見を全体的にまとめると、現状維持と国際基準の採用、の二つの方針が支持されているようだ。現状維持の理由としては現在の食生活で特に問題があるとは考えていない、好きなものが食べられなくなってしまうのは困る、といったものが多い。国際基準の採用、はそのほうが合理的という理由のようである。一方で基準は厳しければ厳しい方が良く、あるいは世界の中でも最も厳しい値を採用すべきだという意見は声としてはよく聞くものの実際にはあまり支持されていないようであ

る。これは女子大のアンケート結果に特に顕著に現れていて、放射性セシウムの基準のようなおそらく日常的にはほとんど聞くことがなく問題になることもないものについて意見を聞かれたら基準は厳しければ厳しい方が良くと答える人はそれなりにいるものの、身近な食品であるコメのように供給に影響するかもしれないと考えることができるものだとそこまで厳しくしないでいいという考えが多くなる。おそらく先入観のない状態できちんと説明すれば合理的な判断に基づく意見が多数を占めるであろう。「基準は厳しければ厳しい方が良く」という意見は特定の活動をしている人達のマイナーなものであり、メディアがしばしば取り上げるものの消費者の声を代表するものではないだろう。

食品の放射能検査については、行われていること自体はそこそこ知られているものの、その内容についてまでは関心がないのかあまり知られていない。今回のアンケートでは単純にグラフ一枚を示しただけで内容や背景の説明はしていない。短時間で回答しているので真剣に考えているわけではないにもかかわらず相当数の人が検査を見直すべきと回答している。牛肉に関しては既に 2020 年 4 月以降は多くの自治体で全数検査から抽出検査に移行し検査数の減少が見込まれている。このアンケート調査結果からはその変更に対して抵抗はほとんどないだろうと予想される。むしろより合理的で説明しやすい検査計画が望まれているようだ。

(5) 緊急時検査法に関する検討

1) 核種の発生由来による分類

緊急時においては、前処理が簡易で迅速に核種同定・測定ができるゲルマニウム半導体検出器を用いたγ線測定が有用である。放射能測定法シリーズ 29 緊急時におけるガンマ線スペクトル解析法（以下、「緊急時γ線解析法」）では、核種ライブラリとして平常時のほか、原子炉施設等事故時として福島第一原発事故・チェルノブイリ事故、JCO 事故において検出された人工放射性核種計 148 核種を例として挙げている。γ線測定においては、天然核種等のバックグラウンドスペクトルを与える核種も存在する。多種類の核種が環境に放出される緊急時の核種同定においては平常とは異なり測定が困難になることが想定されるが、事故の種類により核種を推定し、既存の知識及び情報を活用することが、核種同定の精度を上げることに繋がると考えられる。

2) 核種の存在時期による分類

核分裂生成核種は、核分裂後の経過時間により核種の存在度が変わることから、「緊急時γ線解析法」では核分裂後の経過時間と核種の存在度が試算されている。それらの情報も含め「緊急時γ線解析法」記載核種と昨年度抽出した 207 核種を比較した。

「緊急時γ線解析法」には、昨年度抽出されなかった核種も 57 核種ある。しかしそれらは、食品衛生上影響が小さいと考えられる希ガスや半減期 1 日以下のもの、あるいは、壊変系列中の比較的長い半減期のものが抽出核種に含まれているものがほとんどであることから、緊急時に考慮すべき

対象核種としては、昨年度抽出した核種で網羅できているものと考えられる。

3) 測定

γ線測定

昨年度抽出した 207 核種について、緊急時に測定上有用と考えられるγ線により分類を行った。測定エネルギー領域として妨害が多いと考えられる 100 keV 以下を避け、放出γ線エネルギーが 100 keV 以上であること、また、その放出率が 10%以上であるものを選択したところ、108 核種となった。これらは、妨害ピークがなければγ線スペクトロメトリーによる測定が可能と考えられるものである。その分類から外れたものについて再分類したところ、エネルギーは 100 keV 以上であるが、放出率が 1-10%であるものが 18 核種、放出率が 0.1-1%であるものが 5 核種、エネルギーが 100keV 以下かつ放出率が 2%以上のものが 8 核種となった。これらは、他核種との存在比など測定条件によっては測定が可能かもしれないものであるが、先のグループの測定を妨害する可能性のある核種群とも見ることができる。

β線測定

核種特性から効率的なγ線測定が期待できず、β線による測定が考慮されるものは 26 核種となった。γ線は線スペクトルであることから、エネルギー弁別により核種同定を行えるのに対し、β線は連続スペクトルであるため、測定前に他核種との分離操作が必要となり、迅速な測定を行うことは一般に困難である。検出は、β線による電離作用を利用するほか、液体シンチレー

ションのように放射線を蛍光信号に変換して検出することもできる。また、Y-90など放出β線が強い場合はチェレンコフ光による検出も可能である。逆にH-3などエネルギーが弱い核種の低濃度のβ線測定を行う場合は低バックグラウンドの検出器が必要となる。

α線測定

核種の特徴から効率的なγ線測定が期待できず、α線による測定が考慮されるものは24核種となった。α線の透過性は極めて低く、自己吸収を避けるために測定前の核種の精製が必要であることから、迅速な測定を行うのは困難である。分析法としては、α線核種を単離精製し、金属板上に薄く電着し、シリコン半導体検出器で測定するほか、液体シンチレーション検出器などが用いられる。

D. 結論

(1) 食品中放射性物質の検査体制の評価手法の検討

本研究では、3種の異なる機種種の非破壊式放射能測定装置による測定とGe検出器を用いた公定法による比較検討を、野生キノコ試料を用いて行った。その結果、いずれの機種もGe検出器による測定結果と良好な相関が得られた。ただ、それぞれの回帰直線の傾きは、検討した3機種とも非破壊式装置の結果が、Ge検出器の結果よりも低めの評価となる傾向が見られた。試料の前処理を前提としたスクリーニング法においては、負のバイアスは回避する必要がある。従って本結果のように回帰曲線の傾き

が1を下回ることは原則許容されない。このことは放射能濃度への換算係数の適正化等により対処が必要となる。また、回帰式のy切片が負の値をとることも同様に負のバイアスを意味する。この影響は、放射能濃度が低いほど相対的に影響が大きくなることに注意しなければならない。本結果ではいずれの装置でもスクリーニング法の性能要件は満足する結果であったが、本法は適切な校正による換算係数が得られていることが前提条件となっており、今回得られた回帰直線による換算が同法で必ずしも許容されているわけではない。今後、本データなどを基に実際に各装置で評価されている換算係数が検証され適正化されることが望まれる。

従前の結果より、非破壊式の測定では、試料の不定形性、試料中の放射性セシウム不均一分布に起因する比較的大きなずれやばらつきが観測され、本結果でも同様の傾向がみられる。検査の信頼性を確保するには、このような例について個別的な詳細検討を行い、測定により起こりうるばらつきの範囲を評価する必要があると考えられる。実際の検査への適応にあたっては、対象試料の範囲を決め、実試料の実測を基本としつつ、試料種別固有の放射性セシウム分布特性を本研究で示したイメージングプレートを用いた手法などにより把握し、大きさ、形状の違いの幅を決め、その想定する範囲が装置の検出効率に及ぼす影響を計算や放射能が既知のファントム試料によって評価するなどの手法を取り入れることで実試料測定データの不足を補い、検査で起

こりうる測定のみならず範囲を科学的根拠として適用基準を決定することが有用と考えられた。

(2) 食品中放射性物質濃度データ解析

産地での出荷前検査が機能を果たし、流通食品での検出率は低く抑えられていると考えられるが、放射性セシウム濃度が高くなりやすい天然きのこ、山菜、野生鳥獣肉のような、いまだ検出率が高い食品、すなわち栽培/飼養管理が困難な品目に該当する食品を重点的に検査する体制を整備し、維持することが重要と考えられる。

(3) 食品中放射性物質等有害物質調査

今年度は、本研究で開発したポロニウム210分析法を用いた魚介類の放射能分析を行った。イワシ、マアジ、アサリ、カキ、シラスでは比較的高い放射能 (>10 Bq/kg) が認められた。特にイワシの内臓の分析値は極めて高く、1,000 Bq/kg を超過した。本研究で得られた分析結果と近年の諸外国の分析結果とを比較したところ、魚介類の内臓にポロニウム210が蓄積していることが認められた。国内の一般的な食生活であれば、実効線量1 mSv/年を超過する可能性は低いが、内臓等の偏食等による過度な内部被ばくには注意が必要である。

(4) 消費者への食品検査及び安全性情報伝達方法に関する検討

本課題ではこれまで「食品の基準値」に関する一般的認識を調査し、放射性物質の基準以前に食品の基準値の意味が理解され

ていないことを明らかにしてきた。そして今回さらに放射性物質検査の内容についてもほとんど知られていないことを再確認した。食品の安全性確保と風評被害対策のためには広報やリスクコミュニケーションにより多くの資源を配分する必要がある。

(5) 緊急時検査法に関する検討

原子力施設の事故等により放射性核種による環境汚染が引き起こされた場合、食品からの内部被曝を防止するために食品の規制が行われることから、測定対象核種及び測定法について検討した。前年度に国際文書等により抽出された200余核種の測定法について、核種の特性にに基づき検討した。その際に、平成30年改訂の「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(原子力規制庁)」と比較し、測定対象核種は昨年度抽出した核種で網羅できていることを確認した。測定法としては、前処理が簡易で迅速に測定ができる γ 線測定が有用であることから、 γ 線スペクトロメトリーによる手法を念頭に、 γ 線のエネルギーと放出率を中心に核種を分類した。

環境放射能汚染が引き起こされる原子力施設事故等においては、極めて多様な核種が放出されることが予想される。検査の効率面から γ 線スペクトル解析法が有用であるが、事故直後には多核種の存在による複数ピークの出現が予想されることから、核種同定には平常時とは異なる注意が必要である。

E. 研究発表

1. 論文発表

- 1) T. Yamada, K. Soga, M. Hachinohe, A. Hachisuka: Performance evaluation of the equipment for measuring radioactivity in whole foodstuffs without destructive sample preparation developed after the Fukushima NPP accident. *Radiation Protection Dosimetry*, 184(3-4), 355-358(2019)

2. 学会発表

- 1) 山田崇裕, 蜂須賀暁子, 曾我慶介: 非破壊式食品放射能測定装置を用いた食品中の放射性物質測定手法の評価. 第 56 回アイソトープ・放射線研究発表会 (2019.7) 東京
- 2) T. Yamada, A. Hachisuka, K. Soga and Hachinohe: Adaptability evaluation of the food screening without destructive sample preparation to ISO 19581. *ENVIRA 2019*, (2019.9) Prague
- 3) M. Hachinohe, T. Yamada, A. Hachisuka, K. Soga, S. Horii, T. Miura: Localization of radioactivity in dried shiitake mushrooms (*Lentinula edodes*). *ENVIRA 2019*, (2019.9) Prague
- 4) 友岡弓乃, 山田崇裕, 山西弘城, 稲垣昌代: イメージングプレートを用いたきのこ中の放射性セシウム分布測定とその定量解析に関する検討. 日本保健物理学会第 52 回研究発表会、(2019.12)

仙台

- 5) 鍋師裕美、松田りえ子、今村正隆、曾我慶介、堤 智昭、穂山 浩、蜂須賀暁子: 2018 年度公表の食品中放射性物質濃度検査データの解析. 第 56 回全国衛生化学技術協議会年会、(2019.12) 広島
- 6) 曾我慶介、近藤一成、蜂須賀暁子: 食品中の天然放射性核種ポロニウム 210 分析法の評価. フォーラム 2019 衛生薬学・環境トキシコロジー、(2019.8.31) 京都
- 7) 畝山智香子、蜂須賀暁子、登田美桜、與那覇ひとみ: 福島第一原子力発電所事故後の食品中放射能についてのリスク認知は食品リスク情報の提供によって影響されるか. 日本薬学会第 140 年会、(2020.3) 京都

3. その他

・市民向け説明会

- 1) 蜂須賀暁子: 食品の安全性について一緒に考えてみませんか. 令和元年度食と放射能に関する説明会、(2019.8.7)二本松市福祉センター
- 2) 蜂須賀暁子: 食品の安全性について一緒に考えてみませんか. 令和元年度食と放射能に関する説明会、(2019.8.21)福島市市民会館
- 3) 蜂須賀暁子: 食品の安全性について一緒に考えてみませんか. 令和元年度食と放射能に関する説明会、(2019.11.12)福島市市民会館
- 4) 畝山智香子: 安全な食べものって何だろう～食を巡る科学と非科学. 科学的

に消費者問題を考えるため『科学』と『法学』を学ぶ会、(2019.8.2) 国民生活センター（相模原市）

- 5) 畝山智香子：食品の安全性について、長野県栄養士会地域活動事業部令和元年度研修会、(2019.11.9) 松本市松南地区公民館
- 6) 畝山智香子：食の安全を考える～ゼロリスクという幻想～. 食文化セミナー、(2019.11.25)、コンセーレ栃木県青年会館

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得
なし.
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

