

# I. 総 合 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関する研究  
令和 2 - 4 年度総合研究報告書

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 年の東京電力福島第一原子力発電所事故に起因する食品中放射性物質の検査は、原子力災害対策本部が決定したガイドラインに従って、地方自治体において検査計画に基づいて行われている。当該ガイドラインは、モニタリング検査結果の推移や新たな科学的知見の集積、出荷制限等の解除事例の状況等も見極めつつ、検査等を合理的かつ効率的に実施するために随時見直しが行われている。本研究課題では、食品行政に資するために、ガイドラインを改正するための科学的知見を得ることを主目的に、以下の課題について検討した。

**（１）食品中放射性物質の検査体制の評価手法の検討**

福島第一原子力発電所事故の影響による食品中の放射性セシウム測定について、近年試料を前処理せずそのまま測定する非破壊式放射能測定装置が開発され利用されている。このような装置による測定は、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範囲において測定を行うことが重要となる。本研究では、野生きのこ及び皮付きたけのこ実試料を用いて異なる機種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。令和元年度～4 年度に収集した野生きのこの総検体数は 560 であり、そのうち 10 Bq/kg 超は 419 検体、50 Bq/kg 超は 271 検体であった。また、皮付きたけのこについては、ねまがりたけ 30 検体及び孟宗竹のたけのこ 19 検体を用いて測定値を比較した。さらにたけのこについては不可食部を含む試料の測定が可食部濃度の評価に及ぼす影響を検討した。

その結果、野生きのこでは、Ge 検出器の測定結果と比較し、非破壊式装置による測定結果の多くで低めに評価される傾向が見られたものの、両者間で良好な相関が得られた。また、野生きのこの 4 種及びたけのこについて 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、99% 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、機種及び品目によって異なるが、40～70 Bq/kg 程度のスクリーニングレベルの設定が可能であることが分かった。また、たけのこについては本検討で用いた試料では可食部濃度と不可食部を含む試料全体の平均濃度の比はほぼ 1 であり、不可食部を含む試料の測定による可食部濃度の評価が可能であることが示唆された。

以上の成果により事務連絡「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」が厚生労働省医薬・生活衛生局食品監視安全課より発出され、野生きのこ 4 品目及び皮付きたけのこの非破壊式放射能測定装置を利用した検査が可能となった。

**（２）食品中放射性物質濃度データ解析**

モニタリング検査結果の推移や新たな科学的知見の集積、出荷制限等の解除事例の状況等を見極めつつ、検査等を合理的かつ効率的に実施するためにガイドラインの随時見

直しが必要である。そこで本分担研究では、ガイドライン改定のための科学的データを提供するため、厚生労働省ホームページで公開された食品中の放射性セシウム ( $^{134,137}\text{Cs}$ ) 濃度の検査データを解析し、得られた結果を考察した。

令和 2 年度は主に水産物の検査データ解析を行った。その結果、海産物、特に養殖魚の安全性は極めて高いことが示唆された。令和 3 年度は果実類を取り上げ、2020 年～2022 年に採取された生鮮果実類においては  $^{134,137}\text{Cs}$  が検出されたものは 5 種で、基準値超過の報告はない一方で、基準値を超過した果実類の加工食品（干し柿、あんぽ柿）は、近年においても報告されていた。生鮮果実類に関しては、引き続き検査数の削減対象ではあるが、あんぽ柿、干し柿等の果実類の乾燥加工食品については、モニタリングを継続していく必要性が示唆された。令和 4 年度は食品カテゴリが「その他」に報告された食品について解析した。主に加工食品が含まれるが、このカテゴリにおいても、乾燥キノコや干し柿など、加工の過程で  $^{134,137}\text{Cs}$  が濃縮される食品で基準値超過の報告がなされており、このような食品のモニタリングを継続することは食の安全を確保していく上で重要と考えられた。

### （３）食品中放射性物質等有害物質調査

食品からの内部被ばくは、事故で放出されたセシウム等の人工放射性核種よりも天然放射性核種由来のものの方が大きく、水産物の摂取量が多い我が国においてはポロニウム 210 の影響が大きいことがこれまでの研究により示唆されている。しかし、その推定被ばく線量はデータ数が少なく、実態は不明であることから、ポロニウム 210 の摂取量調査をマーケットバスケット試料により行った。まず、測定方法として、放射能測定法シリーズ記載の  $\alpha$  線測定法および衛生試験法注解等を参考にし、カラム分離の有無について比較検討した。両者で良好な相関が認められ、カラム分離なしでも測定可能なことが示唆された。次いで食品群ごとのポロニウム 210 濃度測定値から、摂取量を算出し、被ばく線量を推定した。食品中のポロニウム 210 濃度測定の結果、食品群としては魚介類で高く、喫食量をかけ合わせた摂取量から算出された預託実効線量は 0.3-0.5 mSv/y 程度となり、そのうちの約 8 割が魚介類に由来した。魚介類の喫食量は全体として減少傾向にあり、また若年者で少ないことから、現在の国民一人あたりのポロニウム 210 からの内部被ばく線量は公称値とされる値 (0.73 mSv/y) よりも低い可能性が示唆された。より正確な食品中ポロニウム 210 のリスク評価を行うには、魚介類を主とした品目別、産地別、喫食部位別の放射能濃度および年齢別の喫食量等の詳細なデータに基づく調査研究が必要である。

### （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

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も移行した。その後食品中の放射性物質に関して新たに基準が設定され、国内外で検査が行われ、膨大な数の検査データが得られている。事故から約 10 年が経過し、これまでのデータからは現在市場に流通している食品に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。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っていて処理水の放出に関するニュースで風評の再燃が懸念されている。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。今回も継続して食品の基準値の理解と食品安全意識についての調査を行った。放射性物質に限らず、食品中の望ましくない物質とその基準値の設定に関する理解度が、食品安全への信頼と関連する可能性を見いだした。食品にゼロリスクを要求することと食品安全への不安が関連する可能性から、食品そのものの避けられないリスクについてのより一層のコミュニケーションを引き続き推進する必要があると考える。

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 中村 公亮 国立医薬品食品衛生研究所食品部第五室長

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年度には、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うなど、毎年度改定していることから、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、今後も毎年度行われ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も必要である。

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4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

ガンマ線を利用した食品中放射性物質の検査法は、食品試料を均質化して設定した測定容器に充填し、比較対象とする標準線源とできる限り同じ条件にすることにより信頼性を確保しているが、これらの検体試料は一般に食品としての価値を失う。一方で、食品を破碎せずそのまま測定する非破壊式放射能測定装置が開発されているが、これらを用いた測定法は、測定試料の不定形および不均質性が測定における不確かさを増大させる

ものの、実際の試料測定における測定精度、正確度については十分明らかにはされていない。そこで本課題では、非破壊式装置による測定について、対象試料を選定し、汚染状況と測定精度を考慮した上で、従来行われている検査と同等の信頼性を確保するための適用条件及び運用基準を科学的に設定し、検査手法としての検討を行い、提案する。

## **(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变化、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る。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を得る。

## **(3) 食品中放射性物質等有害物質調査**

食品からの内部被ばくは、事故で放出されたセシウム等の人工放射性核種よりも天然放射性核種由来のものの方が大きく、水産物の摂取量が多い我が国においてはポロニウム 210 の影響が大きいことがこれまでの研究により示唆されている。しかし、その推定被ばく線量はデータ数が少なく、実態は不明であることから、Po-210 の摂取量を調査し、被ばく線量を推定する。

## **(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**

生産者の努力により流通食品の基準値超過食品率が極めて低く抑えられているにもかかわらず、依然として国内外の風評被害が存在するという事は、消費者の食品検

査及び食品検査結果についての理解と納得が得られていないことを示している。その現状を認識し、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、安全だけでなく安心に繋げる方法の検討を行う。

## **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**

形式の異なる複数の非破壊式装置ごとに、試料中の放射性セシウム分布などの特性を明らかにするとともに、その装置の検出効率への影響、及び形状依存の特徴を把握し、感度変化への影響の程度を評価する手法について検討する。なお、初年度はまつたけ 1 品目を選定して非破壊式装置 3 機種で検討し、2 年目以降は初年度の成果を踏まえて品目数の拡大を図った。

#### **1) 非破壊式装置による測定と Ge 検出器を用いた公定法の比較検証**

これまでのデータ及び検査ニーズに基づき野生きのこの適用試料種を選別し、種別の検討を行った。令和 2 年度は野生きのこを対象とし、まつたけ、まいたけ、なめこ、むきたけ及びならたけ、並びに皮付きねまがりたけを優先品目として検討した。令和 3 年度は、令和 2 年度に選定した品目に加え、ベルトコンベア式の非破壊式装置を対象機器とし、皮付きたけのこ（孟宗竹）について検討した。令和 4 年度は、しろしめじ、ひらたけ、あみたけ、こうたけ、ちちたけを対象に加え、過去 4 年間（令和元年～4 年）のデータを用いて回帰直線の予測区間による方法を用いて検討し、99 % 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。

比較性を確保するために同一試料を 3 機種（令和 4 年度は 2 機種）の装置で測定した。ただし、測定室の大きさの制限により測定出来ないものは測定可能な装置でのみ測定した。試料の測定は、1 試料につき 4 回の繰り返し測定を行った。この際、試料は測定の都度置き換えを行った。

試料はその全体形状を把握するため、試料上面及び側面の写真を記録した。非破壊式装置による測定を行った試料は、校正済みの Ge 検出器を用いて、「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）」に準拠して放射能分析を行った。

2) 試料中の放射性セシウムの分布把握・評価手法の検討

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、イメージングプレートを用いた分布測定、および部位別試料の Ge 検出器による測定を行った。

3) 非破壊式測定における放射性セシウムの分布特性、形状特性の物理的評価の検討

統計的に十分な試料数を種別毎に集めるのは容易ではないことから、非破壊式装置の検出効率に対する試料中の放射性セシウムの分布及び試料形状の影響評価について、ファントムの試作実験及び計算シミュレーション等による評価手法の検討を試みた。

## (2) 食品中放射性物質濃度データ解析

全国の自治体等からの食品中放射性セシウム濃度の検査結果は、厚生労働省 Web サイト“東日本大震災関連情報”で 2012 年 4 月から 2022 年 3 月までに公表された“月別の検査結果”から入手した。集計の項目は、日付、食品カテゴリ、品目、流通品／非流通品、放射能濃度、地域などである。放射性セシウムの検出の定義は、 $^{134}\text{Cs}$  と  $^{137}\text{Cs}$  の濃度の和が 25 Bq/kg を超えるものとし、基準値超過は一般食品で 100 Bq/kg 超、牛乳・乳児用食品で 50 Bq/kg 超、飲料水で 10 Bq/kg 超とした。プログラムを用いて機械的に抽出を行い、集計したデータを解析した。

## (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

食品モデル試料として、国民健康・栄養調査（平成 30 年度）を参考に食品を 13 種類（米・米加工品、米以外の穀類、砂糖・菓子類、豆類、果物類、緑黄色野菜、その他の野菜・きのこ類・藻類、嗜好飲料類、魚介類、肉類、乳類、調味料、飲料水）に分類し、分類ごとに混合・均一化した混合試料を用いた。ポロニウム 209（半減期 102 年）の標準硝酸溶液は Eckert & Ziegler 社から購入した。

2) 食品中のポロニウム 210 放射能分析

食品試料 10-100 g をビーカーに入れ、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 μm メンブレンフィルターで吸引ろ過を行った。ろ液を抽出カラム Sr/Spec Cartridges-2 ml（Resin 50-100 μm）に負荷し、6M 硝酸 20

mLで溶出し、硝酸溶液をポロニウム塩化物フォームに変換した。カラム分離を行わない場合は、キレート抽出クロマトグラフィーを省略して操作した。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（ミリオンテクノロジー・キャンベラ社）によって 86,400 秒間測定し、 $\alpha$ 線スペクトロメトリーを行った。測定試料の放射能濃度はカラム分離日および試料調製日に減衰補正し、線量の推定に用いた。

#### （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。

アンケートへの回答は講義の前でも後でも可能とし、区別はしていない。対象にしたのは大学生や食品企業の社員、消費者団体関係者、生協組合員等で、研究課題のために講義を行った場合と、別のプログラムで行った講義の際に本研究課題への協力を依頼した場合とがあるが、集計では両者を区別していない。講義内容は全く同じではないが、「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。年度ごとの結果は年度別の報告書に記した。総合報告書では 3 年間を通じて同じ学校の同じ学年で調査できた 3 校をとりあげて学校別の年次変化をまとめた。

### 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

令和 2 年度は野生きのこ全 28 種 132 体及びねまがりたけ 25 検体を用いて、3 種の非破壊式装置について比較した。いずれの機種についても Ge 検出器の測定結果と比較し、非破壊式装置による測定結果の多くで低めに評価される傾向が見られたが、両者間で良好な相関が得られた。さらに、まつたけ試料（検出限界超～260 Bq/kg 程度）について食品衛生法に定められた基準値 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、99%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、スクリーニングレベルは機種によって異なり、35～50 Bq/kg 程度の範囲にあった。いずれの機種でも Ge 検出器の結果との相関は良く、ばらつきも一定範囲に抑制されており、今回試験に用いた試料と測定条件がほぼ同等の範囲にある試料に対してはこれらの装置で試料

の前処理を伴う従来のスクリーニング検査とほぼ同等の性能での検査が可能であると考えられた。

令和3年度は野生きのこ全25種141検体、ねまがりたけ及び孟宗竹の皮付きたけのこそれぞれ30検体及び19検体を用いて測定値を比較した。いずれの機種についてもGe検出器の測定結果と比較し、非破壊式装置による測定結果の多くで低めに評価される傾向が見られたが、両者間で良好な相関が得られた。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た。その結果、機種及び品種によって異なるが、野生きのこ3種(なめこ、むきたけ及びならたけ)で30~70 Bq/kg、皮付きたけのこで50 Bq/kgを超えるスクリーニングレベルの設定が可能であることがわかった。

令和4年度は、野生きのこ全24種84検体を比較測定した。これら野生きのこの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、本年度を含む過去4年間(令和元年~4年:全560検体)のデータを用いて回帰直線の予測区間による方法を用いて検討した。その結果、機種及び品種によって異なるが、むきたけ、なめこ、ならたけについて、すでに非破壊式検査の適用種となっているまつたけと同等レベルのスクリーニングレベルが設定可能であることが分かった。

## 2) 試料中の放射性セシウムの分布把握・評価手法の検討

イメージングプレートを用いてまつたけ及びたけのこの試料内の放射能の均質性を

調べた。その結果、まつたけでは笠部により高く局在し、菌傘と菌柄の濃度差は約1.1~1.8の範囲にあった。したがって、きのこ菌傘を検出器側に向けると過大評価、逆に向けると過小評価されることが懸念され、非破壊式測定においては、試料の攪拌等により試料をランダムに配置する必要があると考えられた。皮付きたけのこでは、可食部先端で濃度が高い傾向が確認された。しかし、高濃度部分が全体の質量に占める割合は5%程度であり、可食部濃度と不可食部を含む試料全体の平均濃度の比はねまがりたけのたけのこが $0.96 \pm 0.07$ 、孟宗竹のたけのこが $1.01 \pm 0.21$ であったため、不可食部を含む試料の測定による可食部濃度の評価が可能であることが示唆された。

## 3) 非破壊式測定における放射性セシウムの分布特性、形状特性の物理的評価の検討

・ファントムの試作:

放射性セシウムアルミナ ( $^{137}\text{Cs}$  濃度: 2596 Bq/kg、 $^{134}\text{Cs}$  濃度: 95 Bq/kg) を作成し、試料にみたてた容器に充填することでファントム作成を可能とした。

・半実験的計算手法による不定形状体積試料に対するレスポンス評価の検討:

非破壊式放射能測定装置における検出器上の点線源に対する計数効率の空間分布マップを作成し、まつたけの測定試料の写真から把握した体積試料に対するレスポンスの評価を行った。その結果、写真から求めた放射能濃度は、2試料についてはGe検出器による結果との差が少なかったものの、3試料については30%程度低い結果となった。このことは形状の想定が異なることだけで

はなく、写真からは検出器直上の試料—検出器間の空隙による影響も懸念され、さらなる検討が望まれる。

#### 4) 検査法の提案

以上の検討結果より、まつたけ、むきたけ、ならたけ、なめこ及び皮付きたけのこについて非破壊式検査法の対象品目とすることを提案し、その提案内容は「非破壊検査法に食品中の放射性セシウムスクリーニング法について（令和3年3月：まつたけ新規設定、令和4年3月：皮付きたけのこ追加、令和5年3月：むきたけ、ならたけ、なめこ追加）」に反映された。

### (2) 食品中放射性物質濃度データ解析

令和2年度は、公開されている食品中放射性セシウム濃度の検査結果（2012年4月～2020年8月）を解析した。基準値を超過した「一般食品」は5455件、「牛乳・乳児用食品」は0件、「飲料水」は13件（試料採取日：2012年5-6月）であった。流通品の基準値超過率が低いことから、流通前の検査により、高濃度に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、我が国の監視体制が効果的に機能していることが改めて示された。

水産物について詳細に解析したところ、海産物についての基準値超過報告は2015年の4検体が最後であった。海に流出した放射性セシウムは希釈されるため、まずは遠海魚、ついで底層魚において汚染物の影響が減少しているとの報告を支持する結果であった。淡水の水産物の基準値超過が報告された産地は、これまでに基準値超過の

報告のあった9県のうち、2019年には福島県と群馬県からのみ報告がなされていた。

淡水の養殖以外の水産物は、継続的な出荷制限措置のため、重点的に検査を継続する必要がある一方で、海水の養殖以外の水産物は、基準値超過の検体は稀であることから、検査コストも考慮し、リスクに見合った検査数の再考の余地も示唆された。

令和3年度は、食品中放射性セシウム濃度の検査結果（2012年4月～2022年3月）のうち、果実類の情報を抽出して解析した。近年に報告された生鮮果実に関するデータの多くは、未検出であった。2020～2022年に採取された生鮮果実で $^{134,137}\text{Cs}$ が検出されたものは、5種10件（クリ3件、ギンナン1件、ユズ3件、カキ2件、ナツハゼ1件）であり、基準値を超過したものはなかった。一方で、基準値を超過した果実類の加工食品は、カキとウメを原材料にしたもの（干し柿75件、あんぼ柿39件、梅干し3件、梅の漬物1件）であった。生鮮果実の基準値超過は、2017年9月採取のクリ以降はなかった。2020～2022年に報告された $^{134,137}\text{Cs}$ が検出された生鮮果実は5種（クリ、ギンナン、ユズ、カキ、ナツハゼ）であった。近年基準値の超過の報告のない生鮮果実の検査数の削減の可能性が示唆された。

令和4年度は、食品中放射性セシウム濃度の検査結果（2012年4月～2022年3月）のうち、食品カテゴリ「その他」の情報を抽出して解析した。その結果、「その他」項目には多種多様な食品を対象とした検査結果が含まれており、全国的に検査報告数は減少傾向にあった。基準値超過の報告があっ

た「その他」食品は、その多くは柿とシイタケを乾燥または粉末にさせた加工食品であった。干し柿などの乾燥させた食品については、そのまま喫食するため、このような食品については、食の安全を確保するため、引き続き調査は必要と考えられた。「その他」に含まれる食品については、報告された情報の質について見極める必要がある。多くの場合、産地、加工工程に関する情報が不明であり、雑多なデータであることから、そのままでは、科学的に意味のある解析は困難と考えられた。

### (3) 食品中放射性物質等有害物質調査

#### ・分析条件の検討

酸分解液中のポロニウムを金属板へ沈着させる前に行うカラム分離の影響について調べた。以前の検討において、カラム分離をせずに直接ステンレス板に電着する簡便な手法が、NIST 試料および流通食品試料で良好な結果を示しているため、本課題でも、検証を重ねた。不検出と予想される飲料水を除く 12 食品群について全 166 試料で、カラム分離の有無による測定結果を比較した。魚介類の 38 試料は全て 1.6 Bq/kg 以上、魚介類以外の試料は 0.2 Bq/kg 以下となり、食品試料群による濃度領域の違いが見られたものの、カラム処理の有無の 2 手法で回帰直線を求めたところ、傾きは 0.9956、切片は 0.003、相関係数  $R^2$  は 0.99 と、良好な相関が見られた。

#### ・食品中ポロニウム 210 濃度

線量評価のための食品中ポロニウム 210 濃度算出にあたっては、前年度と同様にカ

ラム処理有りの方法を用いた。10 地域、13 食品群（ただし、2 地域は 10 食品群）について測定し、放射能濃度はカラム分離日に減衰補正した。カラム分離日の放射能濃度は、魚介類が 2-15 Bq/kg で最も高く、ついで、調味料、その他の野菜・きのこ類・藻類が 0.1-1 Bq/kg 程度であり、それ以外の食品群は不検出～0.2 Bq/kg 程度であった。

#### ・内部被ばく線量推定

実測した食品群中のポロニウム 210 の濃度を、カラム分離日または試料調製日に減衰補正し、2019 年度の国民健康・栄養調査の喫食量データを用いて 1 日あたりのポロニウム 210 の摂取量を算出した。比率が高いのは魚介類であり、全体の 8 割程度となった。なお、カラム分離日におけるポロニウム 210 は、食品調製日においてポロニウム 210 であった場合と、親核種である鉛 210 から壊変により生じた場合が考えられるが、ここでは全てポロニウム 210 からとして減衰補正しているため、鉛 210 の寄与が大きい場合は過大評価していることになることに注意が必要である。

ポロニウム 210 の摂取量から内部被ばく線量を 8 地域の測定値から算出した。ポロニウム 210 の預託実効線量係数は公衆成人の 0.0012 mSv/Bq を用いた。カラム分離日換算では、ポロニウム 210 の 1 日の摂取量が 0.6 Bq 程度、年間摂取量が 220 Bq 程度、預託実効線量が 0.3 mSv/y 程度となり、試料調製日換算では、ポロニウム 210 の 1 日の摂取量が 1.1 Bq 程度、年間摂取量が 410 Bq 程度、預託実効線量が 0.5 Sv/y 程度となった。

UNSCEAR 2000 Report によると、ポロニ

ウム 210 の摂取量は世界平均で 58 Bq/y、国・地域別で 18-220 Bq/y となっており、日本はそれらの最大値となっている。各論文の報告値は数値のバラツキが大きく、120-670 Bq/y であった。現在の我が国の事実上の公称値は、「新版 生活環境放射線」に引用されている値で、ポロニウム 210 については摂取量 670 Bq/y に基づく 0.73 mSv/y となっているが、今回の推定値はこれより低いものであった。

ポロニウム 210 はウラン壊変系列に属する天然核種であることから、地球上に広範囲に存在するが、その濃度分布には大きな偏りがあると考えられる。食品中ポロニウム 210 の摂取量の算出においては、被ばく線量推定に用いる各パラメータの信頼性の高いデータが必要である。

#### (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

食品に定められている各種汚染物質の「基準」についての調査では、コメのカドミウムについては現行の国内基準の 0.4 mg/kg を支持する割合が高いが、コメのヒ素については国際基準の 0.2 mg/kg と現行の基準なしへの支持が拮抗する。食品中の放射性セシウムについては現行基準の 100 Bq/kg への支持率が高い。食品の安全については概ね安全だと思っていて、「とても不安」を選ぶ人は極めて希である。そのうえで、ごく僅かではあるが学校毎に一貫した差があった。

興味深いのは食品の安全について「あまり心配していない」と「安全だと思っている」の合計、つまり食品安全に関して概ね信頼

していると回答した人の割合は、食品中の放射性セシウムの望ましい基準値として、検出限界以下を選んだ人の割合と逆相関するように見えることである。つまりたとえ極めて厳しい基準値以下であっても、食品中に放射性物質が存在することが許容できないと考える人では、食品の安全性一般が信用できず食品への不安も高い可能性があるのではないだろうか。現実として食品には天然に放射性物質が含まれるので、原子力発電所事故由来の放射性セシウムだけにこだわってもあまり意味はないと考えることができるかどうかは食品安全への信頼と関連するだろう。

これまでのアンケート結果及び自由記述部分も含めて、堅固な先入観を持つ前の学生のほうが、既に一定の方針をもっている成人より食品リスクについてのコミュニケーションへの反応が良いと感じている。食品業界の社会人と学生では当然業界の方が知識や経験が多く食品への信頼も高い傾向にあるが、学生であっても関連分野を専攻する学生は理解及び信頼を構築しやすい。将来コミュニティのオピニオンリーダーになる可能性のある大学生を集中的にリスクコミュニケーションの対象にすることは有効な戦略の一つだと思われる。

#### 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、異なる機種の新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、野生きのこ試

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。ただし、品目や装置の種類によって差はあるものの、多くの野生きのこに対して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。本研究では、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、99 %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、回帰曲線により非破壊式装置指示値を得、その値を Ge 検出器測定値相当に換算して評価した。その結果、スクリーニングレベルは機種によって異なるが、まつたけ、むきたけ、ならたけ、なめこ及び皮付きたけのこについて 40~70 Bq/kg 程度の範囲にあった。

以上の結果から、まつたけ、むきたけ、ならたけ、なめこ及び皮付きたけのこについては一定の成果が得られたことから、検討内容に基づく検査法を提案し、「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」に反映された。

今回用いた回帰直線の予測区間による方法はより適切な濃度範囲の試料によって Ge 検出器を用いた測定結果との比較によりスクリーニング性能の評価を可能とするが、一方で、試料数の確保が困難、低濃度の試料しか採取できないなどの状況も想定される。今後は計算も含めた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ばらつき範囲を評価する手法も検討の余地があると考えられる。このような手法が確立できれば、実試料の形

状等の特徴を把握することで計数効率の妥当性評価に用いることも可能と考えられる。

## (2) 食品中放射性物質濃度データ解析

水産物の検査データの解析の結果、海産物、特に養殖魚の安全性は極めて高いことが示唆された。2020 年~2022 年に採取された生鮮果実類の中で  $^{134,137}\text{Cs}$  が検出されたものは、5 種で、基準値超過の報告はない一方で、基準値を超過した果実類の加工食品（干し柿、あんぽ柿など）は、近年においても報告されている。公開データは、放射性物質の汚染の実態を直接結び付けるための科学的な情報は乏しいため、本研究結果のみから合理的かつ効率的な検査方法への見直しについて結論を導き出すのは難しいが、生鮮果実類に関しては、引き続き検査数の削減対象ではあるが、少なくとも、地方自治体の検査計画の中で検査対象品目に挙げられている、あんぽ柿、干し柿等の果実類の乾燥加工食品については、モニタリングを継続していく必要性が示唆された。また、加工食品においても、乾燥キノコや干し柿など、加工の過程で  $^{134,137}\text{Cs}$  が濃縮されるもので基準値超過の報告がなされており、このような食品のモニタリングを継続することは食の安全を確保していく上で重要と考えられた。

## (3) 食品中放射性物質等有害物質調査

有事の人工放射性核種からの危険度を判断するためには、有害事象の知識だけでなく、平常時の状態を正確に把握していることも重要である。放射線リスク評価におい

ては人工放射性核種だけでなく天然放射性核種からの影響も調べておく必要がある。食品からの内部被ばくでは、事故で放出されたセシウム等の人工核種よりも天然核種由来のものの方が大きく、水産物の摂取量が多い我が国においてはポロニウム 210 の影響が大きいことがこれまでの研究により示唆されている。しかし、その推定被ばく線量はデータ数が少なく実態は不明であることから、ポロニウム 210 の摂取量調査をマーケットバスケット試料により行った。その結果、食品中ポロニウム 210 から算出された預託実効線量は0.3-0.5 mSv/y程度となり、このうちの約8割が魚介類に由来した。現在の国民一人あたりのポロニウム 210 からの内部被ばく線量の公称値とされる値は0.73 mSv/y となっているが、この算出根拠時点よりも魚介類の喫食量が減少していることや今回の推定値から、0.73 mSv/y よりも低い可能性が示唆された。親核種であるウランの環境中の分布に偏りがあること、食品中のポロニウム 210 の濃度分布が幅広いこと、摂取量において寄与率の高い食品群である魚介類を構成する食品の種類が多いこと、魚介類の個体内においても濃度分布に偏りがあること、魚介類の喫食量に年齢差があること、預託実効線量係数に年齢区分があることから、より正確な食品中ポロニウム210のリスク評価を行うためには、魚介類を主とした食品別、産地別、喫食部位別の放射能濃度および年齢別の喫食量等の詳細なデータに基づく調査研究が必要であり、今後の課題と考えられる。

#### (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

食品の基準値の理解と食品安全意識についての調査を行った。放射性物質に限らず、食品中の望ましくない物質とその基準値の設定に関する理解度が、食品安全への信頼と関連する可能性を見いだした。食品にゼロリスクを要求することと食品安全への不安が関連する可能性から、食品そのものの避けられないリスクについてのより一層のコミュニケーションを引き続き推進する必要があると考える。

#### E. 健康危険情報

なし

#### F. 研究発表

##### 1. 論文発表

- 1) Chikako Uneyama, Considering Risks of Food and Radiation–Cancer Risk Assessment– Insights Concerning the Fukushima Daiichi Nuclear Accident Volume 1: Fears and Concerns Just After the Accident, and Anxiety about Radiation, 264-269, Atomic Energy Society of Japan, Published Online on April 2021
- 2) Yamada T, Furutaka K, Hachinohe M and Hachisuka A: Applicability of non-destructive equipment for radioactivity measurement to screening radio-caesium in foods. Appl.Radiat. Isot. 194, 110671 (2023)  
doi: 10.1016/j.apradiso.2023.110671

- 3) Nakamura N, Chiba S, Kiuchi T, Nabeshi H, Tsutsumi T, Akiyama H, Hachisuka A: Comprehensive analysis of a decade of cumulative radiocesium testing data for foodstuffs throughout Japan after the 2011 Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. PLOS ONE, 17(9): e0274070 (2022)  
doi: 10.1371/journal.pone.0274070. eCollection 2022.
- 4) Nabeshi H, Hachisuka A, Matsuda R, Teshima R, Akiyama H, Tsutsumi T: Uncertainty determination in the screening of radio-caesium in foods without a sample preparation procedure. Food Additives & Contaminants: Part A, (2022)  
doi: 10.1080/19440049.2022.2129099.
- 5) 畝山智香子: 食料安全保障と食品の基準, 公研, 706 14-15(2022)
- 6) 畝山智香子: 食品安全確保のためのリスクコミュニケーション, 獣医公衆衛生研究, 25(2), 18-22(2023)
- 象とした放射性核種 (セシウム、ストロンチウム、プルトニウム) の濃度測定と諸外国が設定したその基準値との比較, 日本薬学会第 141 年会、オンライン開催 (広島)、2021.3.26~29
- 3) 鍋師裕美、松田りえ子、曾我慶介、堤智昭、中村公亮、穂山 浩、蜂須賀暁子: 2019 年度公表の食品中放射性物質濃度検査データの解析、第 57 回全国衛生化学技術協議会年会、オンライン (宮崎)、2020.11.9~10
- 4) 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 の実態と文献調査. フォーラム 2020 衛生薬学・環境トキシコロジー、名古屋、2020.9.4、ポスター
- 5) 山田崇裕、八戸真弓、蜂須賀暁子: 非破壊式放射能測定装置のまつたけ試料スクリーニング検査への適用、第 58 回アイソトープ・放射線研究発表会、東京 (2021.7.7)
- 6) 古高克昌、山田崇裕、三島大輝: 非破壊式放射能測定装置を用いた放射性セシウム測定における不確かさの検討、第 58 回アイソトープ・放射線研究発表会、東京 (2021.7.7)
- 7) 烏野沙和、山田崇裕、八戸真弓、蜂須賀暁子: ネマガリタケ中の放射性セシウム分布評価の検討、日本食品衛生学会第 117 回学術講演会 (2021.10.27)
- 8) 古高克昌、三島大輝、山田純平、山田崇裕: 不定形状試料に対する大口徑  $\gamma$  線検出器の計数効率評価手法の検討、第 3 回日本放射線安全管理学会・日本保健
2. 学会発表
- 1) 千葉慎司、中村公亮、鍋師裕美、堤智昭、蜂須賀暁子、穂山浩: 食品中の放射性セシウムに関する公開検査データに基づく日本産水産物の現状について、日本食品化学学会第 27 回総会・学術大会、川崎、2021.6.10~11
- 2) 中村公亮、千葉慎司、秋本智、蜂須賀暁子、穂山浩: 2019 年産日本産食品を対

- 物理学会合同大会、東京 (2021.12.1)
- 9) 千葉慎司、中村公亮、鍋師裕美、堤智昭、蜂須賀暁子、穂山浩：食品中の放射性セシウムに関する公開検査データに基づく日本産水産物の現状について、日本食品化学学会 第 27 回 総会・学術大会、川崎 (2021.6.10-11)
- 10) 蜂須賀暁子、曾我慶介、小室朋子、近藤一成：食品中の天然放射性核種ポロニウム 210 からの被ばく線量推定、フォーラム 2021 衛生薬学・環境トキシコロジー、千葉 (2021.9.10)
- 11) 畝山智香子、蜂須賀暁子、登田美桜、與那覇ひとみ：食品中汚染物質や放射能基準は人々にどう受け止められているか、日本薬学会第 142 年会、名古屋 (2022.3.26)、ポスター
- 12) Yamada T, Furutaka K, Hachinohe M, Hachisuka A: Uncertainty determination in the screening of radio-caesium in foods without a sample preparation procedure. the ICRM-LLRMT 2022, the 8th international conference on radionuclide metrology - low level radioactivity measurement techniques . (ラクイラ、イタリア) 2022.5.4、ポスター
- 13) Yamada T, Furutaka K, Yamashita N, Hachinohe M, Hachisuka A: Research project on the development of evaluation methods for inspection systems of radioactive materials in foods. the ICRM-LLRMT 2022, the 8th international conference on radionuclide metrology - low level radioactivity measurement techniques. (ラクイラ、イタリア) 2022.5.4、ポスター
- 14) 古高 克昌, 山田 崇裕:食品中の非破壊式放射能測定における計数効率の不確かさに関する検討. 第 59 回アイソトープ・放射線研究発表会、東京、2022.7.6
- 15) 古高克昌, 山田翔弥斗, 山田崇裕 : 非破壊式放射能測定装置による野生キノコ測定における不確かさの要因分析. 第 4 回日本保健物理学会日本放射線安全管理学会合同大会、福岡、2022.11.25
- 16) 千葉慎司、中村公亮、木内隆、鍋師裕美、堤智昭、蜂須賀暁子、穂山浩：果実とそれらを加工した食品に関する公開放射性セシウム検査データの経時的变化、日本食品化学学会 第 28 回総会・学術大会、東京、2022.5.19-20
- 17) 蜂須賀暁子、曾我慶介、小室朋子、近藤一成：食品中の天然放射性核種ポロニウム 210 からの被ばく線量推定-2. フォーラム 2021 衛生薬学・環境トキシコロジー、熊本、2022.8.31、ポスター
- 18) 鍋師裕美、前田朋美、張天齊、蜂須賀暁子、堤智昭：流通食品中の放射性セシウム濃度調査 (2021 年度). 第 59 回全国衛生化学技術協議会年会、川崎、2022.10.31
- 19) H. Nabeshi, T. Tsutsumi, M. Imamura, Y. Uekusa, S. Takatsuki, T. Maeda, K. Nakamura, A. Hachisuka, R. Matsuda, R. Teshima, H. Akiyama:

Estimation of annual committed effective dose of radioactive cesium in Japan after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident: Market basket study from 2013 to 2019. ICRP 2021+1, 2022.11.7-10 (パンクーパー+web) ポスター

- 20) 鍋師裕美、張天齊、蜂須賀暁子、堤智昭：マーケットバスケット方式による放射性セシウム及びストロンチウム90の預託実効線量の推定(2020年調査)。日本食品衛生学会第118回学術講演会、長崎、2022.11.11、ポスター
- 21) 蜂須賀暁子、曾我慶介、小室朋子、片岡洋平、近藤一成：食品中放射性物質からの内部被ばく線量についての考察。日本薬学会第142会年会、札幌、2022.3.28、ポスター

#### 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

