

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4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主任研究官

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異なる機種種の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、令和3年及び4年3月に事務連絡「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、まつたけ及び皮付きたけのこについて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。本研究では、この非破壊式装置による検査対象とする試料の適用拡大を検討すべく、野生キノコ全24種84検体を測定した。これら野生キノコの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）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。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確保可能であることが分かった。本研究成果により、令和5年3月にむきたけ、なめこ、ならたけが「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」の適用試料種に追加された。

（2）食品中放射性物質濃度データ解析

本分担研究では、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（以下、公開データと略す。）を解析し、得られた結果を考察した。令和4年度は、公開データの中から食品カテゴリが「その他」に報告された食品について解析した。その結果、2012～2022年度までの全データ2,614,842件の内、「その他」に分類された食品は74,999件で、基準値を超過(>100 Bq/kg)したものは、乾燥キノコ、干し柿、あんぼ柿などの乾燥させた加工食品の計250件であった。これらの加工食品は、加工の過程で $^{134,137}\text{Cs}$ が濃縮（令和4年度：190～430 Bq/kgが報告）

され、そのまま食するものが多いことから、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。まず、測定方法としては、放射能測定法シリーズ記載の α 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ところ、両者で良好な相関が得られた。ついで、食品群ごとのポロニウム 210 濃度から、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。この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の公称値とされる値 (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、食品そのものに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となる。

(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、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

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

非破壊式装置の特徴や測定原理を念頭に、2機種 of 非破壊式装置を使用し、福島県などで採取された実試料を用いて、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。対象とする野生キノコの品目は、これまで検査ニーズを考慮し重点品目としてきたマイタケ、ムキタケ、ナラタケ及びナメコに加え、同様に検査ニーズの高い、シロシメジ、ヒラタケ、アミタケ、

コウタケ、チチタケとした。ただし、その他の品目についても排除することなく測定比較の対象とした。比較性を確保するために同一試料を 2 機種 of 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 回の測定時間を 300 秒とし、4 回測定した。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写真に記録した。非破壊式装置による測定を行った試料は、Ge 検出器を用いて食品検査法に準拠して放射能分析を行った。

2) 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

放射能既知の線源の測定により計数統計に起因する不確かさを求め、野生キノコ試料の測定における測定結果のばらつきと比較するため、2 種の非破壊式放射能測定装置を用いて検討した。試料は、放射性セシウム濃度 25~1000 Bq/kg の溶液を 250 mL ポリビンに充填して用いた。各線源は配置を固定したまま 4 回繰り返し測定し、4 回の平均と標準偏差から変動係数を得た。

(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厚生労働省に報告された食品中の $^{134,137}\text{Cs}$ 濃度検査結果は、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。全 2,614,842 件から、7 つの食品カテゴリ（農産物、畜産物、水産物、牛乳・乳児用食品、野生鳥獣肉、飲料水、その他）のうち、「その他」に分類されるデータを抽出した。放射

性セシウムの検出の定義は、 ^{134}Cs と ^{137}Cs の濃度の和が 25 Bq/kg 超であるものとした。また、基準値超過件数は一般食品で 100 Bq/kg 超、牛乳・乳児用食品で 50 Bq/kg 超、飲料水で 10 Bq/kg 超と定義し、プログラムを用いて機械的に抽出ならびに集計した。

(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）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

ズ・キャンベラ社）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。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あるいは講演を行った際に食品中汚染物質の基準値および食品安全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。対象にしたのは主に大学生で、一部社会人が含まれる。講義内容は「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。放射線への言及はあっても特化した内容は含まれない。

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

令和 4 年度は野生キノコ全 24 種 84 検体を収集した。過去 4 年間に収集した検体数は全 560 検体であり、それらの測定データ

を用いて解析した。

1) 非破壊式装置による測定と Ge 検出器を用いた公定法による比較検討

各非破壊式装置と Ge 検出器による測定結果との差の Ge 測定値との比、並びにその標準偏差を求めた。この標準偏差は、個別の試料の放射性壊変による計数統計の不確かさと、試料中の放射性セシウム分布と検出器の幾何学的条件の再現性に主に依存することが見込まれる。計数統計による不確かさは試料中の放射能に依存し、これは放射能が高くなるにつれて小さくなることを見込まれ、本結果でもそのような傾向が確認できた。20 Bq/kg 超試料の 4 回測定においては、標準偏差を平均値で割った変動係数の平均は 0.1~0.2 程度あった。このような避けざるばらつきの要因としては、計数の統計による不確かさも依然として見込まれるものの、非破壊式装置で想定される試料中の放射性セシウム分布と検出器の幾何学的条件の再現性に基づく不確かさの影響もある可能性が考えられた。

野生キノコの品目ごとの各非破壊式装置と Ge 検出器による測定結果を比較した。品目、装置により異なるが、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。本研究における非破壊式装置での測定は、品目にかかわらず同一の条件、つまり、放射能濃度換算係数を得るための試料量に対応した関数は装置ごとに共通のものを使用しているため、ここでの品目による差は、品目によって試料の嵩比重が系統的に異なることによる可能性があると考えられた。

このことを踏まえ、測定試料の写真から嵩密度を推定した。その結果、嵩密度は同一品目であっても幅があり、かつ品目間でもその違いがあることが確認出来た。検出器直上の試料底部は計数効率が高いことから、試料底部の空隙は過小評価の要因となりうると思われる。

2) スクリーニング検査への適用への検討

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た。本研究では適用性について種別毎に検討するため、測定に用いた試料のうち検出限界超~260 Bq/kg 程度の範囲試料の測定結果を用い、非破壊式の指示値相当のスクリーニングレベルは、Ge 検出器による測定値相当に換算して示した。その結果、ナラタケ、ムキタケ及びナメコでは、換算したスクリーニングレベルは機種によってスクリーニング性能に差が見られたが、44 Bq/kg を超えるスクリーニングレベルの設定が可能であり、すでに非破壊式装置による検査の対象品目となっているマツタケと同等の性能での検査が可能であることを示唆する結果が得られた。一方で、マイタケは十分な試料数を確保できず、その検査への適用性の評価には至らなかった。

ここで示したスクリーニングレベルを実際の検査で適用する場合には、本試験に用いた試料と同等と見なせる範囲の試料が対象となりうる。実際の試料が適用できるかの判断は、今回検討に用いた試料重量の範囲にあるかが一つの目安となると考えられる。非破壊式装置での測定の場合、試料に対

する放射能濃度への換算係数は試料の嵩に依存する。重量と試料の種別のみで想定される嵩には個体の大きさ、形状によってばらつきがあると想定されるが、今回用いた試料の嵩密度の範囲であれば検査の信頼性は確保できることが見込まれる。実際の検査での個々の試料の検査への適用性の判断には試験に用いた試料写真は有用であると思われる。

3) 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

放射能既知の線源(25~500 Bq)の測定により得られた変動係数は、放射能の増加と共に減少し、その値からほぼ計数統計の不確かさに起因するものと推察された。この値と、野生キノコ(マツタケ、ムキタケ、ナラタケ、ナメコ、コウタケ)試料の4回の繰り返し測定により得られた変動係数とを比較した。野生キノコの繰り返し測定は、測定都度、試料を攪拌し設置しているため、計数統計による不確かさ以外に、形状の変化等の試料に起因する不確かさも含まれていると考えられる。野生キノコ測定で得られた変動係数は放射能既知試料で得られた変動係数と同等又はそれ以下で、放射能に起因する不確かさにそのばらつきが包含される試料が多い一方、これを超える試料も見られた。この野生キノコ試料の実測時の変動係数が、標準試料測定における変動係数を超える試料数の割合を品目別に求めたところ、品目ごとに異なる割合となった。このことはキノコの種類に応じて、計数統計の不確かさ以外に起因する不確かさの程度が異なる可能性があることが示唆された。

4) その他の野生キノコ品目への適用に関する検討

シロシメジ、ヒラタケ、アマタケ、コウタケ及びチチタケの検査への適用性について同様の検討を行ったが、いずれも検討に適する濃度の検体数の不足により適用性の評価が行えなかった。

5) 検査法の提案

以上の検討結果より、これまでのマツタケ、タケノコに加え、ムキタケ、ナラタケ及びナメコについても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5年3月30日 事務連絡 厚生労働省医薬・生活衛生局食品監視安全課)」に反映された。

(2) 食品中放射性物質濃度データ解析

2012年4月から2023年3月までに報告されたデータのうち、食品カテゴリが「その他」とされるものは74,999件、全体の2.9%であった。一方で、「その他」のカテゴリは、品目種類の件数が最も多かった(計4,916種類、全体の72.96%)。基本的に調理・加工食品は「その他」に分類されているが、「給食」、「病院の食事」、「冷凍食品」のみの情報記載となっているものなど、一貫性は見られなかった。

「その他」として報告されているデータ数は、2013年度より年々減少を続け、2013年度の11,265件から、2021年度には2,274件に減少した。基準値超過数は、2012年度が最も多く159件あったが、2016年には10件も満たなかった。

「その他」に含まれる品目名、計 4,916 種類のうち、件数の多い食品は、発酵乳、コンニャク、味噌、そうざい、ジュース、干し柿が 1500 件を超えていた。基準値 100 Bq/kg を超える食品は、計 250 件あり、その多くが乾燥シイタケ、干し柿などの乾燥させたキノコと果物であった。

「その他」項目の加工方法について見ると、乾燥・粉碎で基準値を超えたものが多い。特に、柿、アシタバ、オヤマボクチ、シイタケ、トチ、マイタケ、モツゴ、ヤーコン、桑などを加工した食品に、基準値を超過した報告がされやすい傾向にあることが示唆された。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、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、昨年度に引き続き、その手法について検証した。不検出と予想される飲料水を除く 12 食品群について

全 80 試料で、カラム分離の有無による測定結果を比較したところ、両測定法で共に検出されたものが 48 試料であった。昨年度の 48 試料と合わせた全 96 測定値について、カラム処理の有無による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。5 地域、13 食品群（ただし、3 地域は 5 食品群にみ）について測定し、放射能濃度は、壊変系列の上流核種からの影響を分断した時点である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。

次に、カラム分離日より前となる、試料調製日のポロニウム 210 濃度を同様に減衰補正により算出した。試料調製日から測定日までが数ヶ月あったため、試料調製日に補正した値はカラム分離日の 2.6 倍 (1.4～4.5) となった。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。

・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。

ポロニウム 210 の摂取量から内部被ばく線量を昨年度の結果と併せ 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 0.6Bq 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。

国民一人あたりの平均内部被ばく線量を評価するためには、食品からの摂取量情報が必要である。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、食品別、特に摂取量についての寄与率が高い魚介類を中心とした品目別、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

1) 各種食品中汚染物質基準への意見

食品中放射性物質の基準値への意見と比較するため、最も身近な食品であるコメの、代表的な汚染物質であるカドミウムとヒ素をとりあげた。コメのカドミウムの現在の基準値は日本とコーデックスは同じ値である。一方ヒ素については日本の基準は存在せず、コーデックス基準と海外の基準がある。食品中放射性物質については日本の基準はコーデックス基準より厳しい数値になっている。つまり日本の基準が国際基準と同じもの、緩いもの、厳しいもの、について意見を聞いた。結果としては国際基準と日本の基準が一致しているコメのカドミウムについては現行の基準値の支持率が最も高く、国際基準と国内基準が一致しないヒ素と放射性セシウムでは意見が割れた。ただし学生全体と食品の輸入関係事業者では傾向が異なり、学生の方はどちらかというと現行の国内基準支持が多いが、事業者は国際基準支持が多い。これは当然のことで、2) の食品の安全性についての回答で示されたように、学生の多くは現在日本の食品は概ね安全だと思っていて不満はないので現状

を肯定し、一方事業者は事業を営む上での国際基準と国内基準が異なることの不便さを知っているためこのようになったのであろう。基準値への見解が異なっていたとしても、学生も事業者もどちらも現在の日本の食品は概ね安全であると考えていることには注目すべきだと思われる。

2) 食品の安全性

食品安全への不安を尋ねた。とても不安だと回答したのはわずかであり、やや不安との合計でも 2 割に満たず、多くの人が概ね安全だと思っている様子である。国際基準への理解の有無に関わらず、現状の日本の食品は安全だと信頼されている。2022 年は福島原子力発電所事故で貯まった処理水の海洋放出がしばしばメディアで取り上げられ、消費者が誤解により海産物を危険だと思って日本産の製品が売れなくなる風評被害が発生する可能性があるとする主張がしばしば報道されていたが、昨年までのこの調査との比較からはそのような報道の影響は全く伺えなかった。

3). なにが食品安全上の問題だと思うか

項目としてはヒ素、食品添加物、健康食品、メディア、加工肉、トランス脂肪酸、生肉、遺伝子組換え、寄生虫、ふぐ毒、毒キノコ、アレルギー、農薬、衛生、中国産、等多様なものがあがっているが特に目立って注目されているトピックスはなかった。比較的多数が指摘していたのはメディアの偏った情報であった。食品中放射性物質は関心が低く、問題としては提示されなかった。従って放射性物質が含まれるかもしれないという懸念によって食品が避けられるという風評

被害が実態としてあるかどうかは疑わしい。食生活や情報が「偏る」ことの問題、消費者の役割の大切さ、などのほうが放射性物質はもちろん添加物や農薬より注目度が高い。このことは大学生が食品安全上の課題を比較的正しく理解していることを示すもので、学生はリスクコミュニケーションの重要な対象集団である。原子力発電所事故による放射能汚染に限らず、食品に関する事故や事件は今後も起こりうる。そのような場合に消費者が適切に安全を確保し社会が速やかに回復するためには、食品安全の基本を理解している集団がある程度の大きさで存在してコミュニケーターやバッファーとして機能する必要がある。学生を重点集団としてリスクコミュニケーションを継続的に推進することは有効な戦略であると考ええる。

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、多くの野生キノコ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って非破壊式装置指示値を 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、野生キノコのうちムキタケ、ナメコ及びナラタケについて 40～70 Bq/kg 程度の範囲にあった。

以上、ムキタケ、ナメコ及びナラタケ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

食品カテゴリ「その他」で報告されている食品は、多種多様なものが含まれていた。農産物、水産物等の生鮮以外の加工食品の多くは「その他」として報告されており、乾燥キノコや干し柿、あんぼ柿などの乾燥した果物等に基準値を超えるものが、近年においても報告されていた。加工の過程で

^{134,137}Cs が濃縮され、そのまま食するものも報告されており、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

「食品の安全性」に関する一般的認識を調査した。各種食品中汚染物質基準に関しては、国内基準のないもの以外は概ね現在の基準が支持されていた。食品の安全性については安全だと思っている、あまり心配していないという意見が大多数で、国内で流通している食品の安全性への信頼は高いといえる。食品の安全性に不安がある人は食品中汚染物質の基準についてもより小さい値を要求する傾向があるようだった。現在特に放射性物質を食品安全上の問題だと認識している人はほとんど確認できず、売り上げの減少額のような形で実害としての風評被害を確認するのは難しいだろう。

E. 健康危険情報

なし

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Yamada T, Furutaka K, Hachinohe M and Hachisuka A: Applicability of

non-destructive equipment for radioactivity measurement to screening radio-cesium in foods. *Appl.Radiat. Isot.* 194, 110671 (2023)

doi: 10.1016/j.apradiso.2023.110671

- 2) 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.

- 3) Nabeshi H, Hachisuka A, Matsuda R, Teshima R, Akiyama H, Tsutsumi T: Uncertainty determination in the screening of radio-cesium in foods without a sample preparation procedure. *Food Additives & Contaminants: Part A*, (2022)

doi: 10.1080/19440049.2022.2129099.

- 4) 畝山智香子：食料安全保障と食品の基準, 公研, 706 14-15(2022)

- 5) 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)

2. 学会発表

- 1) Yamada T, Furutaka K, Hachinohe M, Hachisuka A: Uncertainty determination in the screening of

- radio-cesium 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
- 2) 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
 - 3) 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
 - 4) 古高克昌, 崎山翔弥斗, 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
 - 5) 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変化、日本食品化学学会 第 28 回総会・学術大会、東京、2022.5.19-20
 - 6) 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
 - 7) 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
 - 8) 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 (バンクーバー+web) ポスター
 - 9) 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
 - 10) 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