

I. 総括研究報告

食品中の放射性物質等検査システムの
評価手法の開発に資する研究

片岡 洋平

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

令和5年度 研究総括報告書

研究代表者 片岡 洋平 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よって食品に移行した放射性物質の問題に対応するため、原子力災害対策本部は「検査計画、出荷制限等の品目・区域の設定・解除の考え方」(以下「ガイドライン」)を策定し、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行っている。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。また、令和 3 年に閣議決定された『「復興・創世期間」後における東日本大震災からの復興の基本方針』では、食品の規制について科学的・合理的な検証を実施することが明記されている。そこで、本研究課題では食品行政に資することを目的に、現状に則したガイドライン改正のための科学的知見を得るための研究として、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、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、その成果を基に令和 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、マツタケ及び皮付きタケノコ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。令和 5 年 3 月には、ナメコ、ナラタケ及びムキタケが検査対象品目に追加された。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さらなる適用拡大を検討すべく、令和 5 年度は野生キノコ全 43 種 245 検体及び山菜類 2 種 62 検体を収集し比較測定した。これらについて 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、本年度を含む過去 5 年間(令和元年～5 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。また、適用種拡大に向けた評価手法の検討として、栽培種(原木シイタケ)を用いた適用性評価に関する検討、ファントムを用いた手法の検討及び野生キノコのグルーピング評価に向けた検討を進めた。

検討の結果、機種及び品目によって異なるが、クリタケ、コシアブラについて、すでに非破壊式検査の適用種となっている品目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。

(2) 食品中放射性物質濃度データ解析

令和 5 年度に厚生労働省から公表された食品中の放射性セシウム検査データを集計し、放射性セシウム検出率、基準値超過率、検出濃度等を食品カテゴリ、産地、流通状況、栽培/飼養管理状況等のパラメータ別に解析した。基準値超過率は全体で 0.37%、流通食品で 0.30%、非流通品で 0.38%であった。基準値超過試料は、収穫後に農機具から交差汚染した非流通品のソバを除くと、栽培/飼養管理が可能な品目からの基準値超過はなかった。基準値超過試料は、キノコ、山菜、淡水魚、イノシシ肉、クマ肉、乾燥果実および乾燥キノコに限られており、試験加工品である果実乾燥品以外は、すべて天然・野生の食品であった。流通品の基準値超過は、天然キノコ、天然山菜、乾燥天然キノコのみであった。現在、栽培/飼養管理が困難な品目の積極的な検査が実施されているが、令和 5 年度の検査データの解析結果からも、これらの品目の検査の重要性が改めて示唆された。

(3) 食品中放射性物質等有害物質調査

魚介類からのポロニウム 210 の被ばく線量の推定を目的に、市場に流通する魚介類のポロニウム 210 の放射能濃度を実態調査した。令和 5 年度は魚介類のうち魚類の海水魚及び淡水魚の 14 魚種について調査した。その結果、主に筋肉部位からなる可食部ではシラス、カツオで最大 100 Bq/kg を超える放射能濃度が見られた。また、平均放射能濃度は 14 魚種を通じて、0.5-60 Bq/kg の範囲にあった。一方、サンマの内臓では最大で可食部の最大値より約 7 倍高い 700 Bq/kg を超える放射能濃度が見られた。また、魚種ごとにポロニウム 210 の被ばく線量を推定した結果、最大値はカツオの約 0.1 mSv/year であった。サンマの内臓についてもかなり保守的にポロニウム 210 の被ばく線量を推定した結果、日本で見積もられている食品からのポロニウム 210 による被ばく線量 0.73 mSv/year に相当する推定値が得られた。近年では魚介類の喫食量は全体として若年層ほど減少傾向にあることから、現在では各魚種ともに預託実効線量が推定値より低く見積もられる可能性が示唆された。以上の結果より、一般的な食生活では、魚から過度にポロニウム 210 により内部被ばくをする可能性は低いと推測された。

(4) 緊急時の放射能測定法の検討

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、検査にあたっては「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。本年度は、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、震災後に体制も含めて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、震災後の災対指針の 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

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張により、測定マニュアル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情報になると考えられた。放射性セシウムについては、食品衛生法の基準値と OIL 6 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が信頼性確保も含めて流用可能と考えられ、また、関連する放射能測定法シリーズの文書も参照情報として重要と考えられた。放射能測定の検出能力は、測定試料や測定環境の影響を受ける。OIL 6 として提示されている飲食物の摂取制限の放射能濃度も、緊急時の状況により変動する可能性があることから、緊急時の測定については柔軟性を持たせて想定しておくことが重要と思われた。

(5) 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 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 第二室長

研究分担者 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 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る周辺環境からの放射能が検出されたことに起因する食品の放射性物質による汚染が危惧された。このため飲食に起因する衛生上の危害の発生を防止し、国民の健康保護を図ることを目的とする食品衛生法上の観点から、平成23年3月に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定められた「検査計画、出荷制限等の品目・区域の設定・解除の考え方」(以下、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・廃棄され、基準値

を超過する食品に地域的な広がりがある場合には、原子力災害対策本部が地域や品目を指定して出荷制限の指示を行う等の対応を行っている。当該ガイドラインは、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、毎年改正しており、直近では令和5年3月に改正が行われている。ガイドライン改正が及ぼす影響の評価は、検査結果における基準値超過率や超過品目の変動を注視するだけでなく、消費者意識等も踏まえて総合的に行い、安全確保体制が維持できていることを確認することが重要である。また、復興とともに刻々と変化する最新の社会の状況を反映しつつ、合理的な検査体制を維持するためには、ガイドラインの改正は今後も毎年度行われることが想定される。そのため、各年度の影響を評価するだけにとどまらない影響評価手法の開発が必要である。

そこで、本研究では、東日本大震災に起因する食品中の放射性物質やその検査法等の相互に関連する下記の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、ガイドラインの改正による影響を評価することが可能となり、効果的なガイドライン改正案の提出に貢献することができる。また、その結果として科学に基づく適切な食品の流通が保証され、適正なリスク管理による監視体制の構築・維持が可能となることにより、食品に対する安全性や安心感への高まりが期待される。

(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、食品を破砕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、提案した。

形式の異なる非破壊式装置毎に、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し、スクリーニング法への適用品種の拡大を目指した。また、これまで収集したデータの解析により個々の品目のグルーピングに関する検討を進めた。

(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毎年度ごとに解析し、放射性セシウム濃度の食品群ごとの分布や、流通状況別の放射性セシウムの検出率や基準値超過率等の情報を得た。また、栽培/飼養管理状況別の放射性セシウムの検出率、基準値超過率についても情報収集し、ガイ

ドライン改定による検査結果への影響を調べた。さらに、天然由来の食品(山菜やきのこ等)において、特に放射性セシウム検出の蓋然性が高い品種に関する情報を収集し、今後の検査計画の策定に有用な情報を提供した。

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

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、我が国の食品中濃度について分布を含めた情報量は少なく、正確な被ばく状況は不明である。そこで、以前の研究でも高濃度であった魚介類を中心にポロニウム 210 濃度の実態調査を行った。令和 5 年度は魚介類のうち魚類の海産物及び淡水産物から対象魚種を選定し、その濃度について調査した。

(4) 緊急時の放射能測定法の検討

「緊急時における食品の放射能マニュアル(平成 14 年)」の設定後の平成 23 年以降に放射性セシウムスクリーニング法が発出されており、参照している放射能測定法シリーズの文書も改訂されていることから、緊急時の放射能測定法について見直しを行った。令和 5 年度は主に放射性セシウムについて検討した。

(5) 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った。

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、福島県などで採取された実試料を用いて、破砕等の前処理をしない非破壊式装置 2 機種による測定結果と、細切処理を含む 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。比較性を確保するために同一試料を 2 機種の装置で測定した。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) タケノコの非破壊検査における不可食部の影響評価

タケノコは出荷形態を考慮し、不可食部の皮の取り除かない状態でスクリーニング法への適用性評価を行い、その妥当性が確認され不可食部を含む状態のままの検査が

可能となっている。これまでの検証に加え、不可食部を除いた可食部のみで、これまでと同様の測定条件での測定を行い、その違いによる影響の評価を試みた。本研究では、ベルトコンベア式の連続個別非破壊放射能測定システムを用いた。

3) 適用種拡大に向けた評価手法の検討

適用種の拡大にむけ、次の(a)~(c)の検討を行った。

(a) 原木シイタケを用いたスクリーニング法適用性評価に関する検討

これまで野生キノコの検査適用性について、野生キノコの実試料を用いてきた。しかしながら、野生種は品目によっては測定による評価に適切な放射能濃度を有する検体を十分に確保するのが困難である。また、収穫時期が限られることにより実際に実試料により評価できるのは事実上各品目年に1シーズンに限られる。そこで、栽培種を用いた評価について検討した。

原木シイタケの栽培に際して、楳木の放射性セシウム濃度を測定し、濃度レベル別に3グループに分類し、それぞれのグループで栽培した原木シイタケを測定に用いた。非破壊式装置による測定を行った試料は、Ge検出器を用いて放射能分析を行った。

(b) ファントム試料を用いた測定による試料形状変化に起因する不確かさ評価の検討

野生キノコなどの実試料を用いた評価は信頼性が高い一方、測定評価は試料の入手性の制限を受ける。そこで非破壊式装置を用いた測定特有のばらつきを評価するため、ファントム試料を作成し、非破壊式測定における試料形状変化に起因する不確かさの

実験的評価を試みた。

^{134}Cs 及び ^{137}Cs を含む溶液を活性アルミナに吸着させた試料を用いた。このアルミナ中の放射性セシウム濃度は、全量(2 kg)から3試料(50~70 g/試料)を分取し、校正された Ge 検出器を用いて決定(1060 ± 23 Bq/kg)した。ファントム容器には直径 50 mm の球形容器を選択し、容器に放射性アルミナを 50 g ずつ充填したものを 36 個作成した。作成したファントム試料による測定には、2 種の非破壊式放射能測定装置を用いた。球形のファントム試料を複数個袋に詰め、袋に詰める試料個数の調整により試料重量を 200~800 g の範囲で変化させ測定した。また、測定の都度、試料を置き換えることにより試料形状を変化させた。測定回数は各試料重量に対して 4 回とした。

(c) 野生キノコのグルーピング評価に向けた検討

これまで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比較検討により良好な相関が得られている。一方、試料種毎に評価された回帰直線の傾きの違いの要因の一つは、各品目に対する濃度換算係数の違いが一因と考えられる。そこで、得られた試料種毎に評価された回帰直線の相互比較により、評価上同等と扱える試料種のグルーピング化の可能性について検討した。評価対象の非破壊式装置は 2 機種とし、過去 5 年間の 20 種の野生キノコの測定で得られた回帰直線を用いて評価した。

(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令和 5 年度の食品中の放射性セシウムの検査データ総計 43,643 件を、食品カテゴリの細

分類化等を行った後、放射性セシウム検出率、基準値超過率、検出濃度の統計量等を求め、食品カテゴリ、産地、流通状況、栽培/飼養管理状況等のパラメータ別に集計した。また、集計・解析は、厚生労働省の公表データ上の「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7つの食品カテゴリ別に実施した後、各食品カテゴリについて、細分類した小分類ごとにも実施した。放射性セシウムの検出の定義は、 ^{134}Cs と ^{137}Cs の濃度の和が一般食品で 25 Bq/kg 超、牛乳・乳児用食品で 10 Bq/kg 超、飲料水で 2 Bq/kg 超であるものとした。また、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 超と定義した。

(3) 食品中放射性物質等有害物質調査

1) 試料と放射能標準溶液

魚介類のうち魚類の海水魚及び淡水魚を小売店での入手のし易さと喫食量を考慮し、14 魚種(アジ、アユ、イワシ、カツオ、カレイ、サケ、サンマ、シシヤモ、シラス、スズキ、タイ、ブリ、マグロ、マス)を選定した。首都圏の小売店等を通じて各魚種 10 点以上、合計 146 点を購入し、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) 試料のポロニウム 210 放射能分析

食品試料 10 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、 α 線スペクトロメトリを行った。試料の放射能濃度は試料購入日に減衰補正し、線量の推定に用いた。

(4) 緊急時の放射能測定法の検討

以下の法令等を主に検討した。

1) 法令

- ・災害対策基本法、昭和 36 年法律第 223 号
- ・原子力災害対策特別措置法、平成 11 年法律第 156 号：(原災法)

- ・原子力災害対策特別措置法施行令、平成 12 年政令第 195 号

2) 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(環境モニタリング指針)

- ・原子力災害対策指針、平成 24 年 10 月 31 日制定、最新令和 4 年 7 月 6 日一部改正、原子力規制委員会(災対指針)

・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(緊急時モニタリング)

・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(平常時モニタリング)

3) IAEA 原子力災害 OIL 関連

・ IAEA, GSR Part7 : Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency、2015(原子力又は放射線緊急事態への準備と対応、<https://www.nra.go.jp/data/000384515.pdf>)

・ IAEA, GSG-2 : Criteria for Use in Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, 2011 (原子力又は放射線の緊急事態への準備と対応に用いる判断基準、<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/10207746/www.nsr.go.jp/archive/jnes/content/000120491.pdf>)

4) 放射能測定法シリーズ

・ <https://www.jcac.or.jp/site/library/series.html>、文部科学省および原子力規制庁(表 4 参照)

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(暫定規制値スクリーニング法)

・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(規格基準設定)

・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(基準値スクリーニング法)

・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 5 年 3 月 30 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

(5) 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能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5年度は図2に示す野生キノコ野生キノコ全43種245検体及び山菜類としてコシアブラ28検体及びたらのめ36検体を収集した。

過去5年間(令和元年度～5年度)に収集した検体数は805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が見込まれ、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0.05～0.15程度であった。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や試料内の放射能分布の不均一性に起因する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。

山菜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。コシアブラについては全体的に非破壊式による結果が、野生キノコと同様にGe検出器による測定結果より低めに評価される傾向であった。一方、たらのめは試料放射能が比較的lowばらつきも大きかった。

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品目毎に検討するため、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た。

6種の野生キノコではヒラタケについては、未だ試料数が十分ではないが、今後評価に供する濃度レベルの試料を増やせば、スクリーニング法への適用が期待される結果であった。ヒラタケは試料の濃度が低めに分布しており、スクリーニング法への適用性が高い品目であると見込まれる。マイタケは試料濃度が低く、検体数も少ないため、適用性評価には至らなかった。シロシメジはスクリーニングレベルの評価に供する濃度範囲の試料が収集出来たが、検体数の不足により適用性の評価には至らなかった。アマタケは検体数が10を超えたが、非破壊式装置により検出されたものは5件にとどまった。コウタケは田上らの調査において放射性セシウム濃度の高い品目であり、本研究により収集された試料も高濃度のものが多数を占め、適用性の評価には至らなかった。アマタケ、チチタケは検体数が十分確保出来ず適用性の評価が行えなかった。クリタケは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他品目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。

山菜類では、コシアブラは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他品目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、たらのめは試料の濃度が低く、スクリーニ

ング法の適用性評価には不十分であった。

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) タケノコの非破壊検査における不可食部の影響評価

皮なしの状態での測定し、非破壊式装置とGe検出器による測定結果を比較した。結果はいずれも従前の皮つきタケノコの結果と比較し有意な差は認められなかった。

4) 適用種拡大に向けた評価手法の検討

(a) 原木シイタケを用いたスクリーニング法適用性評価に関する検討

スクリーニング法の適用性について評価した。今回の原木シイタケの測定では、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多品目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。原木中の放射性セシウム濃度が異なる3つのグループより得た原木シイタケを用いたが、試験に供する濃度の試料を得ることが

出来、野生での検体確保が困難な種の評価に野生に代わり用いる、又は試料不足の野生種を補完するのに有効であることが示唆された。

(b) ファントム試料を用いた測定による試料形状変化に起因する不確かさ評価の検討

袋に詰めたファントム試料の総重量と非破壊式装置を用いた測定により得られた試料総重量あたりの計数率は、良好な相関関係を示した。

各試料重量での4回測定で得られた変動係数とファントム試料の総重量の関係と各測定における計数の統計のみに起因する不確かさを評価した。各試料総重量での4回測定で得られた変動係数は、各測定における計数統計による不確かさを有意に上回り、かつ、変動計数は試料総重量が増えるにつれ減少する傾向にあった。体積試料に対する計数効率の変化は、体積が大きくなるにつれ変化が少なくなる。本実験結果においても試料重量が大きくなるにつれ形状の変化による不確かさが小さくなる傾向が確認できた。

(c) 野生キノコのグルーピング評価に向けた検討

野生キノコ20種の回帰分析で得られた回帰直線の傾きを解析した結果、キノコの種により異なるものの、半数近くは傾きがそれぞれ 0.9 ± 0.1 、 0.7 ± 0.1 の範囲にあった。原理的には体積試料に対する放射能濃度換算係数は嵩密度に依存する。今後各品目試料について同一種内での嵩密度の幅と品目間の嵩密度の違いなどについても調査を進め、これらの品目に対する換算係数が、そ

の不確かさを考慮すれば測定上同等とみなし得ればグルーピング化も可能であると考えられる。

5) 検査法の提案

以上の検討結果より、これまでの適用種に加え、クリタケ及びコシアブラについて、検査ニーズに応じて非破壊式検査法の対象品目への追加を検討することを提案する。非破壊検査法は、今後、検査条件の精査及び手法の改良の検討を行うことにより、さらなる信頼性、検査効率性の改善並びに適用拡大の可能性があると考えられる。

(2) 食品中放射性物質濃度データ解析

1) データ全体の解析

検査数は全体で43,643であり、そのうち38,342(88%)が流通前の段階で収集された食品(非流通品)、5,301(12%)が流通段階で採取された食品(流通品)であった。検出試料数は、全体で943件であり、そのうち非流通品が871件、流通品が72件であった。基準値超過数は全体で162件であり、非流通品が146件、流通品が16件であった。検出数、基準値超過数に占める流通品の割合は10%未満であった。全体の検出率は2.2%、基準値超過率は0.4%であり、流通状況別の検出率および基準値超過率は、非流通品でそれぞれ2.3%および0.4%、流通品でそれぞれ1.4%および0.3%であった。流通品の検出率および基準値超過率は非流通品よりもやや低かったが、平成29年に実施された検査ガイドラインの大幅な改正の直後ほどの大きな差はなかった。

厚生労働省の報告データ上の7つの食品カテゴリ別の検査数は、全体では水産物15,991(全体の36.6%)、農産物14,994(34.2%)、

畜産物 7,984(18.3%)の順で多く、この3カテゴリで全体の約90%を占めた。検出率および基準値超過率は、野生鳥獣肉が19.8%および5.2%で他のカテゴリと比較して顕著に高い値を示した。非流通品でも、水産物(40.3%)、農産物(33.7%)、畜産物(20.2%)の順で検査数が多く、検出率および基準値超過率が野生鳥獣肉で顕著に高かった。流通品と比較すると、非流通品ではその他の検出率および基準値超過率が10倍以上高かった。流通品では、農産物(38.0%)、その他(30.5%)、牛乳・乳児用食品(13.1%)、水産物(10.0%)の順に検査数が多く、非流通品とは重点的に検査されている食品が異なることが示唆された。検出率および基準値超過率は、農産物が3.4%および0.7%で最も高く、非流通品の農産物の検出率や基準値超過率を上回っていた。

基準値を超過した食品カテゴリは、非流通品では農産物、野生鳥獣肉、その他であり、超過率はそれぞれ0.4%、5.3%、1.0%であった。流通品では農産物、その他のみで、超過率はそれぞれ0.7%、0.1%であった。牛乳・乳児用食品、飲料水では放射性セシウムが検出された試料はなかった。これら検出されなかった食品分類の検査総数は1,082件(全体の2.5%)であった。

放射性セシウム検出試料中の濃度の統計量を非流通品、流通品で比較すると、25%タイル値、中央値、75%タイル値、90%タイル値および平均値は、非流通品より流通品でやや高い値となった。一方、95%タイル値、最大値は流通品より非流通品で高い値となった。

栽培/飼養管理状況別では、検査全体に占める管理困難な品目の割合は53%であり、管理可能な品目よりも多く検査されていた。

栽培/飼養管理が不明な食品は5%であった。管理困難な品目での検出数は909(検出率3.9%)、基準値超過数は157(基準値超過率0.7%)で、管理可能な品目および不明な品目と比較して、顕著に高い値を示した。

産地別では、福島県産の食品の検査数が最も多く(16,000件超)、次いで宮城県、岩手県、茨城県、産地不明の順に検査数が多かった。全体としては、福島県及びその周辺地域産の食品が多く検査されており、中部地方以西の地域産の食品の検査数は、滋賀県を除いて100件未満であった。

令和5年度検査に使用されたスクリーニング機器は、NaIシンチレーションカウンター、CsIシンチレーションカウンターおよび非破壊検査機器であった。これらを用いたスクリーニング検査は、全検査数の25.1%で用いられており、農産物、畜産物の検査で多く利用されていた。水産物およびその他の検査には依然としてゲルマニウム半導体検出器が多く利用されており、牛乳・乳児用食品や飲料水などゲルマニウム半導体検出器による確定検査しか認められていない食品の検査も含めると、全体の約75%はゲルマニウム半導体検出器による確定検査によって検査されていた。

2) 食品カテゴリ別の詳細な解析

「農産物」として報告された試料を野菜、穀類、豆、果実、種実、キノコ、山菜の7区分に分類した。検査総数は14,944件で、非流通品の検査数は12,930件(農産物検査の87%)、流通品の検査数は2,014件(農産物検査の13%)であり、小分類ごとの検査数は、山菜(4,008件)が最も多く、次いでキノコ(3,996件)、野菜(3,628件)、穀類(2,065件)の順に多かった。また、どの小分類にお

いても流通品より非流通品の検査数が多かった。検出数は、キノコで249件、山菜で188件であり、農産物における検出試料の97%をこの2つの小分類が占めていた。基準値超過試料は、穀類1件、キノコ29件、山菜38件の合計68件であり、穀物は管理可能な品目、キノコおよび山菜ではすべて管理困難な品目の食品であった。なお、基準値超過した穀物(ソバ)は、収穫・調整時に農機具から交差汚染があったことが判明している。

「畜産物」として報告された試料を畜肉、卵、ハチミツの3区分に分類した。検査総数は7,984件で、非流通品の検査数は7,746件(畜産物検査の97%)、流通品の検査数は238件(畜産物検査の3%)であった。小分類ごとの検査数では、畜肉(7,611件)と圧倒的に多く畜産物検査の95%を占めていた。畜肉の検査数の内訳は、非流通品では牛肉7,262件、豚肉69件、鶏肉74件、めん羊肉11件、馬肉42件、アイガモ肉6件であり、流通品では牛肉67件、豚肉52件、鶏肉28件であった。畜産物における検出試料は、ハチミツ(非流通品、管理不明)2件のみであり、検出率は非流通品のハチミツ検査の4.3%であった。一方、畜肉、卵で放射性セシウムが検出された試料はなかった。

「水産物」として報告された試料は、海水産物および淡水産物の2区分に大別した後、それぞれについて、魚、甲殻類、軟体生物、貝、海藻、哺乳類(クジラ)、その他(ウニ)の7区分に分類した。検査総数は15,991件で、非流通品の検査数は15,461件(水産物検査の97%)、流通品の検査数は530件(同3%)と圧倒的に非流通品の調査数が多かった。海水産物と淡水産物の調査

数は、それぞれ14,412件および1,579件であり、淡水産物の約10倍の海水産物の検査が実施されていた。海水産物では、魚12,037件(うち非流通品が11,614件)、軟体生物(イカ、タコなど)1,225件(うち非流通品が1,187件)、貝746件(うち非流通品が737件)の順に調査数が多く、魚の調査数は軟体生物の約10倍であった。淡水産物については、魚1,378件(うち非流通品が1,333件)、貝106件(すべて非流通品)、甲殻類95件(すべて非流通品)が調査されており、魚の調査数が貝や甲殻類の約10倍であった。海水産物、淡水産物のすべての小分類において、流通品よりも非流通品の検査数が多かった。検出数は、海水産物の魚で5件(すべて非流通品)、淡水産物の魚で139件(うち非流通品が138件)、淡水産物の甲殻類で1件(非流通品)であり、淡水産物の魚1件でのみ、流通品からの検出が認められた。非流通品の海水産物の魚の検出率は0.04%と非常に低い一方で、非流通品および流通品の淡水産物の魚の検出率は10%および2.2%と比較的高い検出率を示した。非流通品の淡水産物の甲殻類の検出率は1.0%であった。検出試料はすべて管理困難な天然の試料であり、養殖水産物からの検出はなかった。基準値超過試料は、淡水産物の魚2件であり、すべて管理困難な品目の食品であった。非流通品の淡水産物の魚に占める基準値超過率は0.15%であった。水産物においては、基準値超過数は少ないものの、比較的高濃度に放射性セシウムが検出されている淡水産物の検査を重点的に行うことが重要と考えられた。

「牛乳・乳児用食品」として報告された試料を牛乳および乳児用食品に大別した後、牛乳については牛乳(原乳・牛乳)と加

工乳の2区分に分類し、乳児用食品についてはミルク(調製粉乳、調整液状乳)、食品、飲料の3区分に分類した。検査総数は877件で、非流通品の検査数は182件(牛乳・乳児用食品検査の21%)、流通品の検査数は695件(牛乳・乳児用食品検査の79%)であったが、非流通品の検査は牛乳のみで、乳児用食品についてはすべて流通品の検査であった。小分類ごとの検査数では、牛乳が651件、乳児用食品が226件であった。牛乳のうち、加工乳の検査は牛乳検査の19%で、すべて流通品の検査であった。牛乳(牛乳、原乳)の検査526件のうち、非流通品の検査は182件であり、牛乳検査の35%が流通前検査であった。乳児用食品の検査数は、食品が105件、飲料66件、ミルク55件で、調製粉乳や調整液状乳よりも離乳食として利用される食品や飲料の方が多く検査されていた。牛乳、乳幼児食品ともに、放射性セシウムが検出された試料はなく、これらの食品については製造管理が厳格に行われており、今後も牛乳、乳児用食品から放射性セシウムが検出される可能性は低いと考えられた。

「野生鳥獣肉」については、動物と鳥の2区分に分類し、動物種、鳥種ごとにさらに分類した。検査総数は1,640件で、動物の検査数が1,626件、鳥の検査数が14件と圧倒的に動物の検査数が多かった。野生動物の中ではシカの検査数が1,000件を超えており、イノシシ、クマの約3倍であった。野生鳥類ではカモ、キジ、ヤマドリが検査されていたが、いずれも検査数は10件未満であった。流通品の検査は動物の7件のみで、野生動物検査の96%、野生鳥検査の100%が非流通品であった。検出試料は、動物324件(イノシシ134件、クマ126

件、シカ64件)、鳥1件(ヤマドリ1件)で、すべて非流通品であった。基準値超過試料は86件(すべて非流通品の動物)で、非流通品の野生動物検査における基準超過率は5.3%であった。非流通品の検査におけるイノシシ、クマ、シカの基準値超過率はそれぞれ17%、11%、0.7%であり、基準値超過数も多いイノシシ、クマについては、今後も注視の必要があると考えられた。

「飲料水」については、水と緑茶の2区分に分類した。検査総数は205件で、水の検査数が150件、緑茶の検査数が55件であった。流通状況別でみると、全体、水、緑茶のすべてで流通品の検査数が圧倒的に多く、全体で199件(飲料水検査全体の97%)、水で147件(水検査の98%)、緑茶で52件(緑茶検査の95%)を占めていた。飲料水では、ミネラルウォーターや緑茶飲料の検査が主体となっており、放射性セシウムが検出された試料もなかったことから、厳格な製造管理が行われていると考えられた。

「その他」は加工食品のカテゴリであり、含まれる食品の範囲が広いが、単一あるいは数種の原材料を加工した試料については、可能な限り主体となる15の原材料別(野菜、穀類、豆、果実、種実、キノコ、山菜、茶、畜肉、卵、海水魚介類、海水哺乳類、淡水魚介類、海藻、牛乳)に分類した。なお、原材料情報が報告されていない場合には、不明とした。調味料や菓子類、そうざい類等、複数の食品原料が用いられている加工食品については、食品の特徴に応じて、調味料、油脂、水(食品製造用水、氷)、嗜好品、嗜好飲料、調理済み食品の6区分に分類した。その他全体の検査数は2,002件で、野菜(395件)、穀類(281件)、果実(214

件)を主体とした加工品の検査数が多かったが、牛乳、海水魚介類を主体とした加工品や調味料、嗜好飲料の検査数も100件を超えており、幅広い加工食品の検査が実施されていた。流通状況別では、流通品よりも非流通品の検査数が顕著に多かった小分類は水(非流通品の検査割合86%)のみであった。果実(同64%)、キノコ(同49%)、山菜(同56%)、茶(同53%)では、流通品と非流通品の検査数が同程度であった。その他全体としては、流通品の検査割合が81%を占めていた。検出数は、果実加工品で11件(すべて非流通品)、キノコ加工品で9件(非流通品7件、流通品2件)であった。非流通品の果実加工品およびキノコ加工品の検出率はそれぞれ8.1%および17%で、流通品のキノコ加工品の検出率は4.5%であった。その他における基準値超過試料は、果実加工品4件およびキノコ加工品2件であり、果実はすべて非流通品で栽培/飼養管理状況が不明な試料、キノコ加工品はすべて流通品で管理困難な試料であった。非流通品の果実加工品における基準値超過率は2.9%、流通品のキノコ加工品における基準値超過率は4.5%であった。その他のカテゴリとして多くの食品が検査されているものの、基準値超過となる可能性がある食品は、試験加工品の果実を除くと天然キノコの乾燥品に限られていた。流通品からも基準値超過試料が検出されており、乾燥加工によって放射性セシウム濃度が高くなることから、天然キノコの乾燥加工品については、重点的な検査が必要であると考えられた。

(3) 食品中放射性物質等有害物質調査

1) 各試料中のポロニウム210濃度

全146試料を分析した結果のうち、濃度が検出限界値を上回った場合を検出とした。ポロニウム210はアジ、アユ、イワシ、カツオ、カレイ、サンマ、シシヤモ、シラス、スズキ、ブリ、マグロ、マス、サンマ(内臓)では分析した試料全てから検出されたが、サケ、タイ、マスからは検出されない試料もあった。特に、マスでは半数以上の試料から検出されなかった。

魚種別の平均放射能濃度は、シラスが最も高く、サンマ、カツオ、アジ、イワシの順に平均放射能濃度が高かった。これらの魚種では平均放射能濃度が10-60 Bq/kgの範囲にあった。ついで、ブリ、タイ、マグロ、アユ、サケ、シシヤモの順に平均放射能濃度が高く、これらの魚種では平均放射能濃度が1-8 Bq/kgの範囲にあった。スズキ、マスについては、平均放射能濃度が~1 Bq/kg程度であった。サンマの内臓については、平均放射能濃度535 Bq/kg、最大放射能濃度736 Bq/kg、最小放射能濃度332 Bq/kgであり、サンマの可食部の放射能濃度と比較すると、平均放射能濃度で約17倍高い値となった。また、個々の試料で比較すると、サンマの内臓の放射能濃度は筋肉の放射能濃度の5.8-28(平均17±8)倍高かった。

2) 内部被ばく線量推定

実測した各魚種中のポロニウム210の濃度を、試料購入日に減衰補正し、(独)国立健康・栄養研究所がとりまとめた資料の喫食量データを用いて1日あたりのポロニウム210の摂取量を推定した。なお、今回調査した14魚種の喫食量は、この資料における魚の全喫食量の約73%に相当した。

ポロニウム210の摂取量から内部被ばく線量を推定した。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。

調査した 14 魚種の可食部におけるポロニウム 210 の一日平均摂取量は、最大 0.3 Bq 程度、年間平均摂取量が最大 95 Bq 程度、預託実効線量が最大 0.1 mSv/year 程度と推定され、いずれもカツオで最大であった。推定された預託実効線量の最大値は、日本で見積もられている食品からのポロニウム 210 による被ばく線量 0.73 mSv の約 15% であった。なお、水産白書によると近年、魚介類の喫食量が年々減少しており 2021 年の資料と比較すると約 7 割に減少していることから、現在ではより低い値として預託実効線量が推定されると推測された。また、可食部だけでなく内臓も喫食する他の魚種についても引き続き調査することが重要であると考えられた。

(4) 緊急時の放射能測定法の検討

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

測定マニュアルの制定時と現在の背景の相違について調べた。

原子力災害に対する適切な対策を講じるための法律としては災害対策基本法、原子力災害対策特別措置法が挙げられる。災害対策基本法は、国土と国民の生命、財産を災害から守ることを目的にし、国、地方公共団体およびその他の公共機関によって必要な体制を整備し、防災計画の策定、災害予防、災害応急対策、災害復旧等の措置などを定めたものである。東日本大震災を踏まえた改正は、平成 24 年と平成 25 の 2 段階で行われ、主な改正内容は、大規模広域災害に対する即応力の強化、大規模広域な災害時における被災者対応の改善、教訓伝

承、防災教育の強化や多様な主体の参画による地域防災力の向上、住民等の円滑かつ安全な避難の確保、被災者保護対策の改善、平素からの防災への取組の強化等、多岐に渡る。原子力災害対策特別措置法(原災法)は、JCO ウラン加工工場における臨界事故を踏まえて平成 11 年に制定された法律で、原子力災害から国民の生命、身体及び財産を保護することを目的としている。東日本大震災での福島原発事故ではこの法律に基づいて原子力緊急事態宣言が発令され、現在も継続している。東日本大震災後、原子力安全規制と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、原災法の改定が行われた。

原子力施設等の防災対策について(防災指針)は、昭和 55 年に原子力安全委員会により制定され、原災法に記載されている、防災対策一般(放射性物質の放出の態様、異常事態の把握、情報提供、教育訓練、オフサイトセンターの整備、諸設備・防災資機材整備等)、防災対策を重点的に充実すべき地域の範囲(EPZ)、緊急時環境放射線モニタリング、災害応急対策実施指針、緊急時医療等の防災対策について実効性のある内容を示したものであった。震災後の平成 24 年 9 月に、この防災指針に代わる指針として、前述した改正原災法に基づく原子力災害対策指針(災対指針)が定められた。災対指針では、災害対策として実施すべきこと、その実施体制、その対策を重点的に実施する区域等を定めて公開することを求めている。指針の対象となるのは、原子力事業者、国の原子力災害対策本部、指定行政機関及び指定地方行政機関、地方公共団体など原子力の防災に関わる広範囲の組織となってお

り、これら関係者・関係機関が、「緊急事態における原子力施設周辺の住民等に対する放射線の影響を最小限に抑える防護措置を確実なものとする」ことを目的としている。この目的において、関係者・関係機関が、原子力災害対策に係る計画を策定する際や当該対策を実施する際等において、科学的、客観的判断を支援するために、専門的・技術的事項等について定めている。震災前の防災指針では、防災対策の一環として、周辺環境の放射性物質または放射線に関する情報を得るため、緊急時における環境放射線モニタリングを実施するとしていた。その内容については、「緊急時環境放射線モニタリング指針」として昭和 59 年 6 月に原子力安全委員会において決定された。その後平成 20 年 3 月に平常時と緊急時の環境放射線モニタリングを包括する「環境放射線モニタリング指針」として改訂され、この第 4 章に緊急時環境放射線モニタリングの具体的な事項が記載されており、実施方法としては、緊急事態発生直後からの迅速性が求められる第 1 段階モニタリングと、事故状態の予測が確実になったころに開始される正確さが求められる第 2 段階モニタリングに分けて述べられていた。この環境モニタリング指針も、上位文書である防災指針が震災後に災対指針に変更されたため、緊急時については「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)」、平常については「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)」に置き換わった。緊急時の文書は、災対指針の考え方の下、緊急時モニタリングの実施に資するよう、緊急時モニタリングの目的、実施体制及び実施内容等、原子力災害対策指針の緊急時モニタリングに係る

記載を補足しているものである。

2) 測定マニュアルの役割の変化

測定マニュアルの背景となる緊急時対応の法令等が震災後に変更されていることを踏まえ、次に緊急時の防護措置の内容について調べた。

災対指針に示された防護措置等の運用上の介入レベル(OIL:Operational Intervention Level)と防護措置の内容をまとめた。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(要件 5：原子力又は放射線の緊急事態への防護戦略)及びその下部文書である一般安全指針 GSG-2 に記載されている。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 OIL 6 の設定が求められている。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 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。この OIL 6 は、測定内容に影響するため、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、災対指針の OIL6 に日本独自の基準としてそのまま採用されている。よって、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いないことから、測定マニュアルと摂取制限を判別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

る。震災前の防災指針の環境モニタリングは、飲食物を測定対象としながらも飲食物制限よりも環境汚染状況の把握に重きが置かれていたが、震災後はOIL 6を基準とし、飲食物制限を明確に意識したものとなったことから、前処理も食品検査寄りに変更になっている。なお、福島原発事故後の飲食物制限は、前述したように、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、検査にあ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、それに対応する食品中の放射性物質試験法については通知等が発出された。従って、測定マニュアルは、緊急時対応として事故後約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ことになる。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る。しかし、震災後においては、環境モニタリングの役割が拡張し、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概ね網羅されていると思われることから、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情報になると考えられる。

3) 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、震災前は「環境放射線モニタリング指

針」、現在で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たもので、国(文部科学省および原子力規制庁)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。平成14年以降に改訂されたもの(No.7、No.24 など)や、関連分野で新たに作成された文書(No.29 など)がある。

4) ゲルマニウム半導体検出器を用いたガンマ線測定

R5年度は、測定マニュアルの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、震災前後での相違を中心に調べた。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 他)とOIL 6(野菜類、穀類等で 500 Bq/kg 他)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が信頼性確保も含めて流用可能と考えられる。

ゲルマニウム半導体検出器に関わる放射能測定法シリーズは以下のものが挙げられる。

- ・ 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
- ・ 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
- ・ 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

前処理(No.24)については、震災前は食品試料というよりも環境試料としての意味合いが強かったため、洗浄せずに可食部にも言及せずに処理していたが、震災後は食品衛生法の前処理との整合性が図られている。

測定に関しては、No.7で、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全般的な事項が網羅されている。

新設された No.29 では、福島原発事故を経験したことにより、緊急時において複雑となるガンマ線スペクトルの解析・評価において、ガンマ線ピークの誤認、測定機器の汚染や除染等、緊急時特有の問題点が明らかになったことから、これら緊急時特有の問題点及びその対処方法が解説されている。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、正しい放射能濃度を得るためには必要である。これら3文書は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。なお、測定マニュアルには、測定容器(2 L マリネリ容器)を用いたときの測定時間と定量可能放射能レベルの関係が記載されているが、これらは測定法シリーズ No.24 からの転載である。震災後の No.24 の改訂により、これら測定可能放射能レベルの値はセシウム 137 で2倍以上、ヨウ素 131 で6倍程度上昇している。検出下限値は、正味計数値とバックグラウンド計数値に依存する。今回の改訂で、正味計数値に影響する測定機器の想定検出効率は15%から30%程度と性能は向上したものの、バックグラウンド計数値は福島原発事故後に実際に測定されたスペクトルの情報を用いたため大きく上昇し、結果として、バックグラウンド計数値上昇の影響により、検出下限値は大きくなった。このように、放射能測定の検出能力は、測定試料や測定環境の影響を受ける。OIL 6 として提示されている飲食物の摂取

制限の放射能濃度も、緊急時の状況により変動する可能性があることから、緊急時の測定については柔軟性を持たせて想定しておく必要がある。原子力施設の事故は、事故により様相が大きく異なることがあるため、測定対象核種だけでなく、共存する核種の影響も含めて幅を持って想定し、測定法を設定することが重要と思われる。

(5) 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。どちらの場合でも全体としては現状維持が最も支持されているが学生全体と事業者では傾向が異なる。学生の方が事業者より小さい値の基準を選ぶ傾向があるが、放射性セシウムの基準については事業者は明確に国際基準への準拠を支持した。これは別の業界を対象にした前年調査でも同じであった。

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ごくわずかであり、やや不安との合計でも2割に満たず、多くの人が概ね現状の食品は安全だと思っている様子である。そのことは国際基準準拠に関する意見が違うように見える学生と社会人で一致している。2022年以降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、2023年には放出が始まったため、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実際に一部の国で日本製品のボイコットがおこったが、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特定のトピックスはなかった。2023年度はアルプス処理水の海洋放出以外にも、流しそうめんや駅弁、恵方巻きなどによる被害者の数が多い食中毒やPFASによる井戸水などの汚染がニュースとしては大きく取り上げられていた印象があるが、それらが食の安全を脅かす大きな問題、とはみなされなかったようである。

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。2024年1月にEFSAが食品中の無機ヒ素のリスク評価を改訂し、コメに含ま

れる量で懸念があるとする発表を行った。無機ヒ素は放射性物質と同じ遺伝毒性発がん物質に分類されるものだが、この評価を日本人がどう受け止めるべきかは非常によいリスクコミュニケーションの教材であると考えられる。これまでの調査から、学生を含む多くの日本人はコメを大事な食料だと考えていてコメのヒ素に対してはリスク許容度が高いと想定されるからである。「科学」としては簡単ではないが、「平時」のリスクコミュニケーションで緊急時に備えるためのテーマとして活用すべきと提言する。

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、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、野生キノコについては検体不足、得られた試料の濃度分布により新たな適用可能な品目の追加には至らなかった。ただし、重点品目ではないが、クリタケについては検査への適用性が高いことが見込まれた。一方、山菜類はコシアブラについて、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他品目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。

以上のとおりクリタケ及びコシアブラについては一定の成果が得られたことから、検討内容に基づき、検査ニーズに応じて「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」の対象品目への追加を

検討することを提案した。

適用種拡大に向けた評価手法の検討では、野生キノコに代わり原木シイタケを用いた手法について検討した。原木栽培で得られたシイタケは放射能濃度の異なる原木を用いることで、試験に供する濃度の異なる原木シイタケを得ることが出来、結果としてスクリーニング法の適用性評価に足る濃度のシイタケを収集できた。検討の優先種にありながら野生動物の入手が困難なマイタケは未だスクリーニング法の適用性評価に至っていない。マイタケは人工栽培が可能なキノコ種であり、原木シイタケと同様に放射性セシウム濃度が既知の原木や菌床で栽培したものが入手できれば、原木シイタケと同様にスクリーニング法の適用性評価が可能になることが期待された。また、ファントムを用いた手法では、形状変化に対する不確かさの実験的評価を行った。各種の試料と同等の嵩密度でファントム試料を調整すれば、実測データを補完するデータの取得、試料形状の変化に対する計数効率の変化の実験的評価が可能となりうる結果を得た。また、野生キノコ各種の回帰分析により得た回帰直線の傾きは、その不確かさを考慮すると同等のもののみなせる可能性を示唆するものであった。今後、各品目試料について同一種内での嵩密度の幅と品目間の嵩密度の違いなどについても調査を進め、測定上同等とみなし得る種のグルーピング化について引き続き検討することが望まれる。

(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、全体的には流通品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キノコ、天然山菜および天然キノコの乾燥加工品においては、流通品における検出率が比較的高いため、これらの検査を重点的に実施する体制を整備することが重要であると考えられる。また、栽培/飼養管理が困難な品目の中でも特に基準値超過数が多く、高濃度の放射性セシウムが検出されている天然キノコ(クロカワ、コウタケ、サクラシメジ、ショウゲンジ、ハナイグチ、マツタケ)、天然山菜(コシアブラ、タケノコ)、野生鳥獣肉(イノシシ肉、クマ肉)等の検査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

食品からの内部被ばくによる影響は人工放射性核種よりも天然放射性核種のものの方が大きいとされており、特に魚介類の喫食量が多い日本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判明している。そこで魚介類からのポロニウム 210 の被ばく線量の推定を目的に、市場に流通する 14 魚種におけるポロニウム 210 の放射能濃度を実態調査した。

その結果、主に筋肉部位からなる可食部ではシラス、カツオで最大 100 Bq/kg を超える放射能濃度が見られた。また、平均放射濃度は 14 魚種を通じて、0.5-60 Bq/kg の範囲にあった。一方、サンマの内臓では最大で可食部(筋肉のみ)の最大値より約 7 倍高い 700 Bq/kg を超える放射能濃度が見られた。個々の試料で比較すると、サンマの内臓の放射能濃度は筋肉の放射能濃度の 5.8-28(平均 17±8)倍高かった。以上の結果は、既報と同等の結果であった。

また、魚種ごとにポロニウム 210 の被ばく線量を推定した結果、最大値はカツオの約 0.1 mSv/year であった。また、調査した

14 魚種の預託実効線量の合計値は 0.35 mSv/year であり、調査した 14 魚種の喫食量は、魚の全喫食量の約 73%であったことから、調査しなかった他の全魚種の各預託実効線量が、調査した 14 魚種と同程度に推定されたと仮定すると、魚全体からの預託実効線量は 0.48 mSv/year と推定され、日本で見積もられている食品からのポロニウム 210 による被ばく線量 0.73 mSv の約 66%に相当した。サンマの内臓についてもかなり保守的にポロニウム 210 の被ばく線量を推定した結果、日本で見積もられている食品からのポロニウム 210 による被ばく線量 0.73 mSv/year に相当する推定値が得られた。なお、近年では魚介類の喫食量は全体として若年層ほど減少傾向にあることから、現在ではより低い値として預託実効線量が推定されると推測された。

以上の結果より、一般的な食生活では、魚から過度にポロニウム 210 により内部被ばくをする可能性は低いと考えられた。引き続き筋肉部位だけの可食部だけでなく内臓を喫食する魚介類の調査が期待され、これに該当する貝類や甲殻類などについても今後の調査の重要性が示された。

(4) 緊急時の放射能測定法の検討

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。本年度は、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については、震災後に体制も含めて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る「飲食物の摂取制限に関する指標」の内容は、震災後の災対指針の 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震災前から変更は生じておらず、摂取制限を判別する飲食物の緊急時モニタリングの測定レベルと変わりは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が拡張しており、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情報になると考えられた。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を用いた試験法が発出されている。規格基準値と OIL 6 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が信頼性確保も含めて流用可能と考えられた。関連する改訂あるいは新設の放射能測定法シリーズの文書は参照情報として重要と考えられた。放射能測定の実験能力は、測定試料や測定環境の影響を受ける。OIL 6 として提示されている飲食物の摂取制限の放射能濃度も緊急時の状況により変動する可能性もあることから、緊急時の測定については柔軟性を持たせて想定しておくことが重要と思われた。

(5) 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。食品中放射性セシウム基準や食の安全に関する回答はここ数年の傾向とほぼ変わりなく、アルプス処理水の放出に関連する報道の影響はほとんど観察できなかった。風評被害の再燃はないと言えるだろ

う。学生も事業者も基本的に日本の食品が安全であると感じていて、食品の基準に関しては具体的な支障がなければ現状を維持することに賛成する傾向がある。今は「平時のリスクコミュニケーション」をしっかりと行うことが望ましいだろう。

E. 健康危険情報

なし

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Yamada T, Hachinohe M, Hachisuka A, Asakura Y, Kanno T, Kikuchi M: Unexpected uncertainty in the use of simple sample machining technique for gamma-spectrometry. Radiation Protection Dosimetry (in press)
DOI: 10.1093/rpd/nae076
- 2) 畝山智香子：食品中の放射性物質基準値について, 公研, 720, 8-9 (2023)
- 3) 畝山智香子：コメのヒ素についての国際的動向, jm News、8, 7 (2023)

2. 学会発表

- 1) Yamada T, Hachinohe M, Hachisuka A, Asakura Y, Kanno T, Kikuchi M: Unexpected uncertainty in the use of simple sample machining technique for gamma-spectrometry. International Symposium on Natural and Artificial Radiation Exposures and Radiological Protection Studies, 2023年9月22日
- 2) Yamada T, Kitano K, Asakura Y, Kikuchi M, Fukuhara T: Municipal radioactivity inspection services in food for self-consumption in Fukushima and utilization

of state-of-the-art equipment for testing. The 6th Bilateral Workshop on Radiation Research and its related Issues 2023 , 2023年12月7日

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

