

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
平成30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

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、近年試料を破壊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、(1) 非破壊式装置の性能試験として装置の測定室内における検出効率分布の評価、及び(2) 実試料を用いた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、を進めた。その結果、(1) については測定装置 2 機種につき、昨年実施した 1 機種と同様に計数効率の空間分布はほぼ理論通りであった。(2) については、山菜、キノコ等約 115 検体を用いて測定値を比較し、全検体のうち 33 検体のキノコ類を用いて新たに追加した 1 機種の評価を実施した。その結果、山菜類についてもキノコ類と同様に両者間で良好な相関が得られ、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大きなずれが山菜類についてもキノコ類と同様の傾向が見られた。新たに追加した 1 機種 of キノコ類の測定結果については、Ge 検出器による測定結果と良好な相関が得られ、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結果、現在のスクリーニング法における適用条件をほぼ満足する結果となった。しかしながら、非破壊式装置測定では、いずれの機種においても Ge 検出器による測定結果と大きなずれが観測されており、スクリーニング法の準用にあたっては、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実際の測定条件と同一の条件下で評価し、科学的なデータの下に具体的に適用試料種の選別、測定範囲の詳細な決定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

平成 30 年度に厚生労働省ホームページに公表された、食品中の放射性セシウム濃度データのうち、非流通品/牛肉を除く 43,678 件を集計し、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。基準値を超える食品の割合は 0.71% であった。流通する食品の基準値超過率は 0.09% で非常に低かったが、主に出荷前検査に相当する非流通品では 0.97% であり、また非常に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ていると考えられた。農産物、山菜、きのこ、淡水魚、野生鳥獣肉からは、複数の基準値超過が見られたが、農産物での基準値超過は乾燥過程のある果実加工品のみであった。山菜、きのこ、淡水魚、野生鳥獣肉は、いずれも山林にその起源をもつことが特徴である。また、これらの食品分類には栽培/飼養管理が困難な品目に該当する食品が多く含まれており、そのような品目の検査の重要性が示唆された。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に該当する食品中の放射性セシウム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う。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、食品中ポロニウム 210 分析法の簡便化のための検討を行った。平成 30 年度は、前年度に検討したステンレス板電着法を用いて、ポロニウム 210 添加回収試験により真度および精度評価を行い、良好な結果を得た。夾雑物質の影響を調べたところ、直接ステンレス板電着法においては、NaCl が 500 mg 以上存在する場合、回収率の大きな低下が見られたが、銀板自然析出法は比較的 NaCl の影響を受けにくいことが示唆された。直接ステンレス板電着法ではポロニウムと同様に鉛もステンレス板上に析出するため、親核種に相当する天然放射性核種鉛 210 の存在量が多い場合、時間が経過するにつれてポロニウム 210 放射能の過大評価に繋がることを示唆された。従って、サンプリングから試料測定までの期間を短くすることが正確なデータを得る上で重要である。以上より、塩分含有量が少ない試料の場合は簡便な直接ステンレス板電着法が適用可能であるが、サンプリングから測定までを迅速に終えることがポロニウム 210 放射能を正確に見積もる上で重要と考えられた。

(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

これまでの食品の検査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っている。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。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理解されていないことが明らかになった。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ことを再確認した。

(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。当研究課題においては、そのような場合の食品中放射性物質の測定に関して、本年度は測定対象核種について、次年度は測定手法について検討する。本年度は、我が国の原子力災害対策指針、IAEAの安全基準に基づく全般的な安全指針、WHOの飲料水水質ガイドライン、CODEXの一般規格において規制対象とされる放射性物質を比較し検討した。事故等により環境汚染を引き起こす可能性のある核種は多く、IAEAの文書では357核種について評価されている。文書の目的や想定する状況が異なるため単純な比較はできないものの、原子力災害対策指針で具体的に取り上げられている核種数は検討した文書の中で最も少なく、緊急時における食品汚染の可能性が高いものに絞り込まれており、網羅的ではなく、より管理の実用性、実効性を重視した立場をとっていることが明確となった。

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、平成30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。昨年度の調査により、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、食品中ポロニウム210分析法の簡便化の検討を行い、食品安全性研究に貢献する。

(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、平成30年度は測定対象となりうる食品中放射性物質(核種)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、主に食品中の放射能汚染を懸念する住民向けに開発された、多種多様な食品の種類、形状、量に対応した測定装置を用いて、①非破壊式装置の性能試験として非破壊式放射能測定装置の測定室内における検出効率分布の評価、及び②実際に放射性セシウムで汚染した食品試料を用いて、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。

(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 30 年 4 月から平成 31 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、非流通品/牛肉を除いた食品の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

食品モデル試料として食品を 12 種類に分類し、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 及び鉛 210 標準硝酸溶液は市販品を、ポロニウム 210 溶液は、鉛 210 標準硝酸溶液から分離して用いた。

2. ポロニウム 210 の α 線分析

食品生試料 10 -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た。この後、化学分離を行う場合は、キレート抽出クロマトグラフィーにより行った。測定試料作製はステンレス板と銀板の 2 法を検討した。化学分離を経てポロニウム塩化物フォームをステンレス板電着法を行う方法を「化学分離後ステンレス板電着法」、酸分解液を用いて直接ステンレス板電着法を行う方法は「直接ステンレス板電着法」、ポロニウム塩化物フォームを銀板上に析出させる方法を「銀板自然析出法」と表記する。

金属板上のポロニウム測定試料は、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. ポロニウム 210 添加回収試験

食品モデル試料にポロニウム 210 溶液を添加し、「2. ポロニウム 210 の α 線分析」項にそってポロニウム 210 分析を行った。

4. ポロニウム 209 回収率算出

ポロニウム 209 回収率を求めるために、各検出器における α 線計数効率を、ステンレス板と銀板を別々に、低バックグラウンド 2π ガスフロー計測器 (LBC-4302B、日立製作所) によって求めた。

5. 鉛 210 のステンレス板電着

ポロニウム 210 と放射平衡にある鉛 210 標準硝酸溶液を、ポロニウム 210 分析と同様に塩化物フォームに転換後、直接ステン

レス板電着法により電着し、ポロニウム 210の放射能を α 線分析に従い、測定した。

(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、当研究課題の今までの知見を踏まえて、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ていない。

(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を検討した。

1) 原子力災害対策特別措置法

原子力災害対策指針

2) 国際原子力機関 IAEA/General Safety Guides No. GSG-2 (GSG-2)

3) 世界保健機構 WHO/飲料水水質ガイドライン (WHO 飲料水 GL)

4) 国際食品規格委員会 CODEX/食品及び飼料中の汚染物質及び毒素に関するコーデックス一般規格 (CODEX 一般規格)

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) 非破壊式装置の測定室内における検出効率分布の評価

非破壊式装置では、検出器の直上に測定試料を配置するための測定室が設けられている。非破壊式装置の検出器直上の測定室内における ^{137}Cs 点線源に対する検出効率分布について、昨年度は1種(そのままはかるNDA)と本年度は2種(レギュームライト並びにHitz装置)調査した。直行するX軸において、すべての装置の検出効率は原点を中心としたガウス関数にほぼ近似でき、良好な対称性が確認できた。3機種の特徴を比較すると、検出器の種類及びサイズがほぼ同じレギュームライトとHitz装置の特性は一致し、これら2機種よりも検出器サイズの大きいそのままはかるNDAは、検出器中心からの距離が大きくなるに従って検出効率が低下する傾向がより他の2機種と比較し緩和される上、より高い検出効率が得られた。

^{137}Cs 点線源に対するX軸正方向 r 、Y軸方向 0 、高さ h における検出効率のHitz装置において調べた。検出効率のX軸の正方向への変化は、高さ h が高くなるに従い、各 h における原点における効率に対して変化が緩やかになる。昨年度取得したそのままはかるNDAのデータと比較すると、Hitz装置の検出効率のX方向への変化率はより大きい。このことは検出器サイズの違いによるものと考えられ、同一の試料を両方で測定した場合に、検出器サイズが試料のサイズに対して小さいほど形状変化や放射性セシウムの不均一分布の影響を

受けやすいことを裏付ける結果となった。

2) 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

本検討において実験に用いた試料は、非破壊式装置による各測定所においてスクリーニングレベルの 50 Bq/kg を超えたものを対象とし、合計 91 試料を用いた。全試料のうち、キノコ類がその約 65% を占めた。本実験では、非破壊式装置で測定した試料は、そのほぼ全量を前処理し、Ge 検出器を用いて放射能分析を行った。そのため、1 試料から 1~3 個の分析用 U8 容器充填試料を作成、合計 U8 試料 190 個を分析した。試料の中には、非可食部が含まれているものもあったため、Ge 検出器の測定においても非可食部も測定の対象とし、放射能濃度は非可食部を含む濃度として求めた。

キノコ類の Ge 検出器を用いた公定法と 2 種類の非破壊式装置による測定結果との比は、1.02 及び 1.09 で良い相関が得られた。詳細にデータを見ると、非破壊測定器による 3 回測定の間ばらつきが、壊変率に起因する統計的ばらつきと比較して極端に大きいものや外れ値を含む大きく値がずれているものが確認された。キノコ類のうち、Ge 検出器による測定結果と比較し 30% 以上の差が見られた試料を抽出して精査したところ、非破壊式装置による測定結果が Ge 検出器による結果と比較して、その差が大きいだけでなく、1 試料を除いて、いずれも標準偏差が放射性壊変による統計的変動よりも有意に大きくなっていることが確認できた。このことは、試料の置き方により検出効率が大きく変化する

る、あるいは測定への影響が大きい試料中の放射能分布の偏在や不均質があること推定される。これらの試料を写真で確認したところ、共通した特徴の一つとして、試料中の個々のキノコの大きさが大きく異なることが確認できた。このことは試料の置き方により検出効率が大きく変化したこと、試料中の放射能分布の偏在や不均質性の要因となったりしうることから、本結果の大きなずれやばらつきは試料の特徴に起因するものであることが示唆された。

イノシシ肉及びその他の試料の測定結果は、相関性の評価を行うには測定試料数が少ないが、ここのデータの特徴を見ると、例えば非破壊装置による栗の測定結果では、3 回測定の間ばらつきは、他の試料と比べ明らかに小さいことが確認できる。これは、栗が比較的大きさの揃った粒状であることから、試料の形状変化が少なく、極端な偏在がなければ均質化されやすいことによるものと推定される。

(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 43,678 であり、その内 30,987 が流通前の段階で収集された食品（非流通品）、12,691 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1,742、検出率は4.0%となった。非流通品の検出率は5.4%、流通品の検出率は0.49%であった。

基準値を超過した試料数は313であり、全試料中の基準値超過試料の割合は0.72%、非流通品においては0.97%、流通品では0.09%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（28%）、山菜（13%）、きのこ（11%）であった。流通品では、山菜（8.0%）、きのこ（7.9%）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0.09%、0.65%、3.2%、7.7%、0.04%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、加工食品で、超過率はそれぞれ0.90%、2.4%、0.03%であった。

産地

産地は、平成30年度において検査対象自治体となっている17都県で検討した。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25試料であり、そのうち福島県産が24試料（96%）であった。基準値超過は6試料でいずれも福島県産であった。なお、基準値超過6試料のすべてが干し柿・あんぽ柿であった。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、13県で検出され、そのう

ち4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2県も含む8県であった。基準値超過は3県であった。山菜及び野生鳥獣は、きのこで検出が報告された地域をやや狭くした範囲で検出が認められた。魚介類で検出された試料の産地は、さらに狭い範囲であり、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。流通品検査が、流通前で見逃された違反を発見することが目的であるならば、流通品検査においては検出率・基準値超過率の高い地域を産地とするきのこ、山菜、野生鳥獣肉、淡水魚を重点的に検査すべきと考えられる。

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255,837件であり、平成30年度に報告された検査の85%にあたる。検査の結果、25Bq以上の検出は4試料あったが、その検出濃度は26、27、28、30Bq/kgと低い濃度であった。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 供与試料量の検討

供与試料について検出限界値を指標に検討した。年間1mSvの1%を検出する感度を目標とした場合、約0.02Bq/kgの感度が必要と考えられ、測定諸条件を仮定すると、生試料10gで約0.02Bq/kgと算出された。よって、今回の検討は生試料10g以上で行うことにした。

食品モデル試料を用いたポロニウム 210 分析の精度評価

昨年度は、ポロニウム209の分析評価を行ったが、本年度は、各食品カテゴリーを代表する食材を加工・混合したモデル試料を用いて、ポロニウム210の添加回収試験を行った。調味料類は化学分離を行い、それ以外の食品カテゴリーは直接ステンレス板電着法によって分析した。ポロニウム210の回収率は全食品カテゴリーで93~113%で、その併行精度は10%未満と良

好な結果が得られた。本分析法は様々な食品試料に適用可能と考えられる。

試料量を多くすることによりそのロット母集団の放射能推定精度は向上するが、夾雑物混入量が増加するため、直接ステンレス板電着法では注意が必要である。

鉄分および塩分の金属板へのポロニウム 析出阻害の影響評価

ポロニウムのステンレス板電着における影響因子として、塩分と鉄分について検討した。NaCl量500mg以上の条件では、電着時のポロニウム回収率が約50%以上低下した。Fe³⁺は50mg以上の存在下では回収率は10~20%低下した。一般的に、Fe³⁺はアスコルビン酸の添加によりFe²⁺へ還元でき、また、食品中の鉄分量から、妨害の可能性は低いと考えられた。一方で、調味料類など塩分を多く含む食品では、電着前に化学分離が必要であることと考えられた。一方、銀板自然析出法においては塩分の影響は小さく、電解質を多く含む食品に対して有用な方法の一つと考えられた。

鉛210の電着への影響

ポロニウム210の親核種であるビスマス210と鉛210もウラン系列の天然放射性核種として食品に含まれる。ポロニウム210の大人の経口摂取による実効線量係数が 1.2×10^{-3} mSv/Bqであるのに対し、ビスマス210は 1.3×10^{-6} mSv/Bq、鉛210は 6.9×10^{-4} mSv/Bqと小さい。また、近年の日本の調査では食品中のポロニウム210より鉛210は存在量が少ないため、被ばく線量はポロニウムより小さいとされている。ビスマス210は半減期が5.012日と短

半減期核種であるが、鉛 210 は 22.20 年と長く、物質の移動が無い場合は試料内に残留し、やがて壊変によってポロニウム 210 を生成する。直接ステンレス板電着法では、鉛 210 も試料中に存在した場合、ステンレス板上に析出すると予想されるため、検討を行った。ポロニウム 210 と放射平衡にある鉛 210 標準試料をポロニウム 210 分析と同様にステンレス板に電着し・ポロニウム 210 の放射能を測定後、さらに、81 日、717 日経過後に同じステンレス板上のポロニウム 210 放射能を測定した結果、硝酸溶液中の鉛は添加量の約 60% が電着していると推定された。

直接ステンレス板電着法によって、鉛 210 を多く含む試料を一回測定で全てポロニウム 210 放射能として算出する場合、時間が経過するにつれてポロニウム 210 の生成により過大評価になる可能性が示唆された。よって、鉛 210 を分離してその放射能を測定しないのであれば、サンプリング、試料調製後は即座にポロニウム 210 放射能を測定することが望ましい。本研究で検討した方法は、市場の食品を迅速に測定する際の簡便な分析法として適用されることを想定している。

(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

アンケート結果の集計により、以下の問題点が抽出された。

1. 全体として、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。それ以前に、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が多く、食品安全についての基礎知識が不足しているようだ。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、といった思い込みは強固にあるようで、義務教育で盛んに「食育」などが喧伝されているにも関わらず、食品の安全についてまともな教育が行われていないことを反映していると考えられる。

2. 学生と学生以外とではアンケート結果に大きな違いはなく、各種汚染物質の基準値に関しては現状追認あるいは選択肢の真ん中と答える人が最も多い。それに対して食品衛生監視員あるいは関連分野で仕事をしている人たちは明らかに違って、国際基準への整合性を求める割合が高い。特に食品中放射性物質の基準値に関して顕著である。これはその分野の経験と知識がある人たちとそうでない人たちの判断が違うことを明確に示している例である。

3. 今回初めて、食品中の放射能検査の現状と今後についての調査項目を追加した。震災後、食品の放射能検査が行われていること自体は多くの人知っている。しかし実際に何をどのくらい調べているのか、ということについてはほとんど知られておらず、牛の検査数が群を抜いて多いことを知っている人はほんの少数だった。その情報を得た上でも、検査内容を見直すべきという意見は 35% で、それ以上の 48% の人が現状維持が望ましいと回答した。

以上の結果から以下の問題点が浮かび上がる。

一つ目はこれまでも報告してきたとおり、放射能汚染に限定されず、食品の安全性についての基本的理解が不足していることである。食品関連の事故・事件の対策を困難にしている最大の共通要因はそこにあるのもっとリソースを配分して理解を広める必要がある。食品安全委員会も度々指摘しているが、学校教育の問題が最も重要であると考えられる。

二つ目は、牛肉の全数検査のように、科学的な安全性対策というより安心のために行っている対策が広く知られていないので安心対策にすらなっていないということである。安心のためだというなら伝えることが不可欠であり、伝えるためのリソースを配分せずに検査だけ行うのは単純に無駄である。

三つ目は一旦決まった基準値を見直すために広く一般の意見を聞くのは適切ではない、ということである。基本的に特に何の思い入れもない、知識もない場合には普通の人は現状維持あるいは選択肢の中の極端ではない真ん中の値を選ぶ傾向がある。実際には検査のためのコストなどは回り回って消費者の負担増という形にはなるのだがそれは見えにくく実感しにくい。背景情報を含めて十分な判断材料をもっている人たちの判断と、なんとなく、の判断を同じ重みで扱うのは無理がある。食品については知識がないことを自覚していないことが多いことがさらに問題を解決困難にする。

(5) 緊急時検査法に関する検討

1) 国内基準

原子力災害時には、被ばくによる健康影響と対策実施の不利益等の両者の比較により対策実施の是非を判断するが、この対策実施の要否を判断するための運用上の介入レベル（Operational Intervention Level : OIL）が原子力災害対策指針に記載されており、食品に係るものは OIL6 になる。

2) IAEA 安全基準

国内法令に影響しているものに、国際原子力機関 IAEA の安全に対する考え方がある。緊急時の食品の規制に関しては、主に基本安全原則 SF-1、全般的安全指針 GSR part7、個別安全指針 GSG-2 が関係する。GSG-2 では放射性物質の大量放出後に、食料供給及び給水を汚染から防護するため、及び公衆が放射性汚染された可能性のある食物・ミルク・飲料水を摂取しないようにするための手法が記載されている。緊急時の食品に関する OIL5 および OIL6 は、年間実効線量を 10 mSv 未満とするために消費制限を考慮する必要がある、食品等の濃度値として示されている。

3) WHO 飲料水 GL

飲料水の水質評価項目の一つに放射性物質があり、評価対象核種としては自然および人工放射性核種の 191 核種を記載している。被ばく線量としては、検出可能ないかなる健康への悪影響も生じないと想定される年間 0.1 mSv/年を採用し、飲料水の摂取量を 1 日あたり 2L として、放射性核種濃度を算出している。

4) CODEX 一般規格

この規格書には、食品及び飼料中の汚染物質と毒素の取り扱いに関してコーデックス委員会が推奨する主要な原則が含ま

れている。食品及び飼料中の汚染物質の最大基準値は、国際貿易に不当な障壁が課せられることのないよう、世界的に受け入れ可能な値を導く適切な科学的原則に基づくものとしている。放射性核種に関しては、指針値 Codex guideline level (GL) が与えられている。この GL は、原子力又は放射線緊急事態以後に汚染された食品に含まれる人工放射性核種に適用され、年間 1mSv の介入免除レベルに基づいて算出されている。

5) 核種の比較

WHO 飲料水 GL の 191 核種を中心に、GSG-2 の OIL6 (355 核種)、CODEX 一般規格 (代表的な放射性核種として記載のある 4 群 20 核種)、原子力災害対策指針 OIL6 (4 群 15 核種、ウラン) 及び原子力規制委員会の参考資料として与えられていた核種を比較した。

GSG-2 の OIL6、WHO 飲料水 GL とともに、希ガスは除外しているなど共通点もある一方で、GSG-2 の OIL6 の方が WHO 飲料水 GL よりも対象範囲が広がっている。これは、GSG-2 の OIL6 が事故等の緊急時を想定しているため、極めて短いあるいは長い半減期の核種も幅広く対象としているのに対し、WHO 飲料水 GL は慢性的な摂取を想定していることによる相違と考えられる。

GSG-2 の OIL6 が緊急時の年間実効線量 10mSv から放射能濃度を算出しているのに対し、WHO 飲料水 GL は慢性的な被曝による年間実効線量 0.1 mSv に基づいていることから、両者間では放射能濃度で約 100 倍の差が認められると予想され、半減期 10

日以上では、ほぼそのような濃度比となっている。一方で、半減期 10 日以下においては、GSG-2 の OIL6 の放射能濃度が大きな値を示しており、緊急時の短期間の被曝が想定されていることが読み取れる。

CODEX 一般規格では、年間実効線量として 1mSv を採用しているが、食品汚染率 (輸入率) を 0.1 としているため、WHO 飲料水 GL の 10~100 倍の値となっている。

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

(1) 非破壊式放射能測定装置の測定室内における検出効率分布の評価において、調査した 3 機種とも対称性のある検出効率分布を持っており、検出器催事に合致する分布差が観測された。このような異なる機種で同等の検査性能を確保するには、検出効率の分布を考慮し、試料を設置する範囲における XY 平面及び高さ Z 方向の検出効率の最大差の許容範囲を定めておくことが有効であると考えられる。

(2) 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では、山菜の測定において 2 機種の非破壊式装置の結果は Ge 検出器の結果の結果と良好な相関関係があり、その結果はほぼ一致した。一方で、昨年度のキノコ試料の結果と同様に非破壊式装置は、Ge 検出器による測定結果と大きなずれがあるものが見られ、真度の低下傾向が観測された。また、本年度評価対象とした 1 機種によりキノコ類の測定比較を実施した。その結果、他の 2 機種と同様に良好な相関が得られ

た。さらに放射性セシウム濃度 100 Bq/kg 未満の試料を本装置で測定した結果を用いて、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た。その結果、現在の試料の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スクリーニングレベル 50Bq/kg 以上をやや下回るもののほぼ適用条件を満足する結果となった。3 機種キノコ類の測定における 3~5 回の繰り返し測定における相対標準偏差はほぼ同等であったことから、レギュムライト及びそのままはかる NDA についても同様にスクリーニング検査への適用性について 100Bq/kg 未満の試料によって回帰直線の予測区間による方法によって評価すれば Hitz 装置と同等の性能が得られることが予測される。ただし、本装置のスクリーニング法の準用にあたっては、実際の測定条件と同一の条件下でこれらの評価をするとともに、これまでの結果からも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に基づく適用試料種の選別、測定範囲などの詳細な適用条件及び運用基準を科学的なデータによって定めることが検査の信頼性確保の観点で必須であると思われる。それぞれの装置は試料種別、量によって放射能分析に用いるパラメータを変える設計となっている。このような計算アルゴリズムを考慮し、評価基準を定める必要があると思われる。

(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、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、きのこ、天然山菜、野生鳥獣肉のような、いまだ検出率が高い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、昨年度に検討したポロニウム 210 分析法の精度評価を行った。化学分離を行わない直接ステンレス板電着法または化学分離後ステンレス板電着法の一般食品のポロニウム 210 回収率は 93~113%、併行精度は 10%未満と良好であることが確認された。分析感度が必要な状況では、試料量を増やす選択肢も考えられるが、豆類等のようにマトリクスにミネラルを比較的多く含む食品では夾雑金属の共析出やポロニウム電着阻害などの影響が大きくなり、結果的に低回収率と α 線のエネルギー損失によるスペクトル形状変化の可能性があるため、注意が必要である。また、初期ポロニウム放射能値を真の値に近づけるためには、サンプリングから測定までの時間は可能な限り短くすることが重要である。今後はこの手法を用いて一般食品の放射能を調べていく予定である。

(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

放射能汚染に限らず、事故や事件に伴う食の「風評被害」を少しでも小さくするには、日頃から食品の安全性についての基本を繰り返し伝えていくしかないと考えられる。

(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、測定対象核種について、IAEAの安全基準に基づく全般的な安全指針等、国内外の文書を比較検討した。事故等により環境汚染を引き起こす可能性のある核種は多く、IAEAの文書では357核種について評価されている。文書の目的や想定する状況が異なるため単純な比較はできないものの、原子力災害対策指針で具体的に挙げられている核種数は検討した文書の中で最も少なく、緊急時における食品汚染の可能性が高いものに絞り込まれており、網羅的ではなく、より管理の実用性、実効性を重視した立場をとっていることが明確である。実際に1F事故後に放射性セシウムを代表核種とする管理体制が敷かれたが、事故の特徴も影響し、効率的に作用したと考えられる。放射性物質汚染はその状況により、多岐の様相となるため、汚染核種およびその量を幅広く想定し、モニタリング手法を平常時に用意しておくことが重要と考えられる。

E. 研究発表

1. 論文発表

- 1) T. Yamada, K. Soga, M. Hachinohe and 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) <https://doi.org/10.1093/rpd/ncz112>
 - 2) 畝山智香子, 食品安全のために全ての関係者に必要な情報を, 畜産コンサルタント, vol 54 No647 pp34-37, 2018
 - 3) 畝山智香子, 全頭検査という神話, 公研, No.666, p14-15, 2019
 - 4) 畝山智香子, 安全な食品とは何かーリスクのものさしで考える, 即席食品, No. 355, 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食品中の放射性物質測定手法の評価 第55回アイソトープ・放射線研究発表会, (2018.7) 東京
 - 2) T. Yamada, K. Soga, M. Hachinohe and A. Hachisuka: Performance evaluation of the equipment for measuring radioactivity in whole foodstuff without sample preparation techniques after the Fukushima Daiichi NPP accident. 9th International Conference on High Level Environmental Radiation Areas, 2018/9 Hirosaki, Japan
 - 3) 曾我慶介, 松田りえ子, 鍋師裕美, 今村正隆, 堤智昭, 近藤一成, 蜂須賀暁子: 2017年度公表の食品中放射能検査結果の解析. 第55回全国衛生化学技術協議会年会 (2018.11)
 - 4) 曾我慶介, 蜂須賀暁子, 近藤一成: 食品

中の天然放射性核種ポロニウム分析法の簡便化に向けた検討. フォーラム 2018 衛生薬学・環境トキシコロジー、(2018.9.11)

3. その他

・市民向け説明会

- 1) 畝山智香子：ほんとうの「食の安全」を考える ～食品中に含まれる様々な発がん物質のリスクについて～. 平成 30 年度 食と放射能に関する説明会、(2018.7.25) 福島県環境創造センター 環境放射線センター
- 2) 畝山智香子：安全な食品とは何か？～リスクのものさしで考える～. 平成 30 年度第 4 回勉強会「日本産食品 2.0 ～安全神話と国産のこれから～」、(2018.10.5)、慶應義塾大学
- 3) 畝山智香子：食品中化学物質のリスク評価について. 安全を科学する 大津市食の安全講座、(2018.10.9)、大津市保健所
- 4) 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. 平成 30 年度 食と放射能に関する説明会、(2019.2.2) 学校法人志賀学園 平第一幼稚園
- 5) 畝山智香子：安全な食べものってなんだろう？～リスクのものさしで考える～. コープながの食の安全学習会、(2019.2.18)、ラ・ヴェリテ東御市、
- 6) 畝山智香子：安全な食べものってなんだろう？～リスクのものさしで考える～. コープながの食の安全学習会、(2019.2.21)、ホテル岡谷
- 7) 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. 平成 30 年度 食と放射能に関する説明会、(2019.2.25)、きたかた子育てサポート・センター

- 8) 畝山智香子：ほんとうの「食の安全」を考える ～食品中に含まれる様々な発がん物質のリスクについて～. 平成 30 年度 食と放射能に関する説明会、(2019.3.2)、高平生涯学習センター、

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

