

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

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

平成24年度~平成28年度 総合研究報告書

研究代表者

国立医薬品食品衛生研究所 蜂須賀暁子

研究分担者

国立医薬品食品衛生研究所 堤 智昭

国立医薬品食品衛生研究所 渡邊 敬浩

国立医薬品食品衛生研究所 曾我 慶介

国立医薬品食品衛生研究所 鍋師 裕美

国立医薬品食品衛生研究所 植草 義徳

国立医薬品食品衛生研究所 畝山智香子

国立医薬品食品衛生研究所 松田りえ子

目 次

I. 総合研究報告

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

蜂須賀暁子 1

II. 分担研究報告

1. 流通食品中の放射性物質濃度の調査

堤 智昭 2 1

2. 食品中放射性物質検査における適正なサンプリング計画策定

渡邊 敬浩 2 7

3. 食品中の放射性物質の検査に係る信頼性評価手法の検討

蜂須賀暁子、曾我 慶介 3 7

4. 食品中放射性物質の調理及び加工による影響の検討

鍋師 裕美 5 3

5. 震災・津波による食品の化学物質汚染実態の調査

渡邊 敬浩、植草 義徳、堤 智昭 6 3

6. 震災によるリスクコントロールが必要となる化学物質の選定

畝山智香子 7 9

7. 食品中放射性物質濃度データ解析による効率的検査計画の検討

松田りえ子 1 1 9

III. 研究成果の刊行に関する一覧表

. 1 2 9

目 次

I. 総合研究報告

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

蜂須賀暁子・・・・・・・・・・ 1

II. 分担研究報告

1. 流通食品中の放射性物質濃度の調査

堤 智昭・・・・・・・・・・ 2 1

2. 食品中放射性物質検査における適正なサンプリング計画策定

渡邊 敬浩・・・・・・・・・・ 2 7

3. 食品中の放射性物質の検査に係る信頼性評価手法の検討

蜂須賀暁子、曾我 慶介・・・・・・・・・・ 3 7

4. 食品中放射性物質の調理及び加工による影響の検討

鍋師 裕美・・・・・・・・・・ 5 3

5. 震災・津波による食品の化学物質汚染実態の調査

渡邊 敬浩、植草 義徳、堤 智昭・・・・・・・・・・ 6 3

6. 震災によるリスクコントロールが必要となる化学物質の選定

畝山智香子・・・・・・・・・・ 7 9

7. 食品中放射性物質濃度データ解析による効率的検査計画の検討

松田りえ子・・・・・・・・・・ 1 1 9

III. 研究成果の刊行に関する一覧表

・・・・・・・・・・ 1 2 9

I. 総括研究報告

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

蜂須賀 暁子

平成24-28年度厚生労働科学研究補助金 食品の1安全確保推進研究事業
総合研究報告書

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
総括研究報告書

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室長
研究分担者	堤 智昭	国立医薬品食品衛生研究所食品部室長
研究分担者	渡邊 敬浩	国立医薬品食品衛生研究所食品部室長
研究分担者	植草 義徳	国立医薬品食品衛生研究所食品部研究員
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	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	畝山 智香子	国立医薬品食品衛生研究所安全情報部長
研究分担者	松田 りえ子	国立医薬品食品衛生研究所食品部長

研究要旨

平成 23 年 3 月の大震災と津波により、沿岸の多くの工場から多量の化学物質が環境に放出され、さらに東京電力福島第一発電所事故により、放射性物質も環境に放出された。これらの化学物質は食品中に移行し、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については事故直後から暫定規制値が設定され、関係自治体がモニタリング検査を実施しているが、平成 24 年からは食品衛生法第 11 条が適用され、新たな基準値による規制が施行されたことから、検査の信頼性がより一層重要となった。また、このような規制により安全な食品の流通を保証することは、風評被害を防止し、被災地域における農漁業の復興につながることも、信頼できる検査体制の充実が重要である。一方、震災により放出された放射性物質以外の化学物質の食品への影響はほとんど検討されていない。本研究課題では、食品中放射性物質検査の実施に当たり、効率的・効果的な検査手法、検査結果の信頼性の向上のための取り組み、きめ細やかな規制のあり方等について検討するとともに、震災による放射性物質以外の化学物質の影響を評価するために、以下の研究を実施した。

I. 食品中の放射性物質の効率的な検査体制の構築研究

I-1. 流通食品中の放射性物質濃度の調査

地方自治体による食品中の放射性物質に係る出荷前の検査の効果の検証を目的として、流通食品の放射性セシウム濃度調査を実施した。一般食品等について、平成 24 年度は 1,735 試料、平成 25 年は 1,674 試料、平成 26 年度は 1,516 試料の放射性セシウム濃度を調査した。一般食品の放射性セシウムの基準値である 100 Bq/kg を超過した試料は、平成 24 年度は 3 試料、平成 25 年度は 4 試料、平成 26 年度は 9 試料であった。各年度の超過率は 0.17~0.59% であり、1% 未満であった。各地方自治体における出荷前食品のモニタリングおよび出荷制限の設定といった行政施策が効果的に機能しているこ

とが示唆された。

また、平成 26 年度には乳児用食品 100 試料の放射性セシウム濃度も調査したが、全ての試料において放射性セシウム濃度は検出限界値（基準値の 1/10）未満であった。

I-2. 食品中放射性物質検査における適正なサンプリング計画策定

食品中放射性物質に関しては、食品成分規格として最大濃度が設定されているが、サンプリングが明確に規定されていないことから、放射性物質を対象とする食品検査において規定すべきサンプリングについて検討した。まず、サンプリングの原理・原則及び国内外のサンプリング規定の現状をまとめ、問題点等について考察した上で、効率的なサンプリング計画を策定するために必要な濃度分布の情報取得を試みた。食品 3 ロットの放射性セシウム濃度の実測により、ロット中の濃度分布が対数正規分布に従っており、その RSD は 50% 以上であることを明らかにした。さらに、この実データに基づき推定した分布を対象とし、サンプルサイズの変化を伴う計数規準型及び計量規準型サンプリングの性能を、計算及びシミュレーションにより評価した。その結果、計量規準型サンプリング計画の採用が適切であり、合格率が 10% となるロット平均を指標に、適切なサンプルサイズを決めるべきと考えられた。

I-3. 食品中の放射性物質検査に係る信頼性保証手法の検討

法に基づいて行われる検査は一定の品質が要求されるが、食品検査機関の食品中放射性物質の測定経験が乏しいことから、検査関係者の理解向上に資するために、放射性物質検査における信頼性保証手法について検討した。検査においては測定機器の果たす役割が大きいと考えられたことから、まず、市販測定機器の性能を評価した。ついで、一般に分析値の品質保証において用いられる、測定における各種不確かさ、特に一般化学物質測定とは異なる放射能測定に特有の要因及びそれらの検査結果への影響の大きさについて検討し、測定全体について評価した。放射能測定では、測定試料の体積の変動は、位置による計数効率の変動を介して放射能濃度に影響することを理論と実測から示した。放射能検査においても他の検査と同様に、全操作の不確かさを推定すること、そして各操作及び要因が最終結果に与える影響の程度を理解していることが、分析値の品質を保証し、検査の信頼性を確保するためには重要と考えられる。

I-4. 食品中放射性物質の調理及び加工による影響の検討

放射性物質を含む食品の調理・加工による放射性物質の濃度変化に関する情報収集を目的に、18 種類の食材を用いて 38 種類の調理・加工を実施し、調理・加工前後の食品中の放射性セシウム濃度等を測定した。その結果、食品中の放射性セシウムは、液体への浸漬工程を含む調理・加工法においては、食品からの除去率が高かった。一方、乾燥、焼く、揚げるなどの調理法では、食品から放射性セシウムはほとんど除去されなかった。放射性セシウムの除去率が低く、かつ重量が大幅に低下する場合は、濃度が高くなるため、基準値超過となる危険性も生じ得ることから注意が必要である。また、大豆の豆腐加工における濃度分配は、放射性セシウムと放射性ストロンチウムで異なることを示した。これら調理・加工における放射能濃度変化の検討結果は、加工食品における基準値

超過の可能性を予測する根拠となる。

II. 震災・津波による食品の化学物質による汚染実態の評価

II-1. 震災・津波による食品の化学物質汚染実態の調査概要

東北地方太平洋沖地震を原因とする津波により、有害化学物質による新たな食品汚染の発生の有無を明らかにすることを目的に、下記の二つの研究を実施した。

1) 15 元素の金属類の調査：平成 24 年度と平成 26 年度の 2 カ年にわたり、津波被災地域として想定した 5 県から約 10 種、計 1,010 点の食品を買い上げ、カドミウム、鉛、ヒ素などの有害元素を含む 15 種の元素類濃度の実態を調査した。その結果からは、各金属類と食品種の組合せに関して、津波被災地において注視すべき濃度の上昇は認められなかった。

2) PCBs の調査：平成 24 年度から平成 27 年度の 3 カ年にわたり、津波被災地域と非津波被災地域から魚（計 261 食品）を買い上げ、総 PCBs 濃度の実態を調査した。津波被災地域において、地域的な要因により、魚の総 PCBs 濃度が高くなっているようには見えなかった。また、PCBs 同族体の割合の解析から、同位体割合がやや異なる試料も一部で認められたが、これらが津波の影響によるものであるかを判断するには至らなかった。

平成 28 年度には津波被災地域および非津波被災地域から一食分試料（計 40 食品）を買い上げ、それら試料からの PCBs 摂取量を調査した。津波被災地域で購入した一食分試料からの PCBs 摂取量は、非津波被災地域と比較して高い傾向は示されなかった。また、PCBs 同族体の割合の解析においても、新たに PCBs 汚染源を示唆するような PCBs 同族体の組成は認められなかった。

本研究の結果は、津波により憂慮すべき食品中の有害物質濃度の上昇は生じておらず、健康危害リスクを増加させている可能性は極めて低いことを示唆した。

II-2. 震災によるリスクコントロールが必要となる化学物質の選定

東日本大震災では地震と津波により東日本地域の多くの工場や家屋から大量の化学物質が流出したと考えられるが、放射性物質以外の化学物質による食品への影響については情報が乏しい。そこで、リスクコントロールすべき化学物質を文献調査等により選定した。その結果、震災による変化を監視すべき食品中化学物質として、もともとリスクが高めであったヒ素、鉛、多環芳香族炭化水素、ダイオキシン類などが優先順位の高いものとしてあげられた。さらに放射線による健康影響を避けるためとしてリスクの高い行為が薦められている場合があり、人々の行動の変化が健康に影響を与えていることが示唆された。正確な情報提供の必要性が認められたため、リスクを適切に管理する方法について検討した。食品全体に関する一般的な講義の前後で、放射性物質を含む各種リスク要因への認識についての調査を行ったところ、全体的な傾向としては放射性物質についての説明をしなくても食品そのものの多様なリスク情報を提供することで放射性物質への許容レベルが変わる可能性が示唆された。食品の安全上の話題としての放射線への関心は年月が経つにつれ薄れているようではあるが、それが放射線に関する正しい理解を伴っていないように見えることは他のあらゆる食品安全に関する話題と同様

であり、課題として残る。

Ⅲ. 食品中放射性物質濃度データ解析による効率的検査計画の検討

平成 24 年度から平成 28 年度にわたり、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を集計し、試料数、放射性セシウム検出率、基準値超過率、放射性セシウム濃度のパーセンタイル値を求めた。基準値を超える試料の割合は、平成 24 年度は 2.6%であったが、徐々に低下し平成 27 年度には 0.4%になった。流通する食品の基準値超過率は、全体として非流通食品よりも低かった。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、流通から排除されていると考えられた。一方、流通品にも非常に高濃度の放射性セシウムを含む試料も見られた。これらの高濃度試料には野生鳥獣肉、山菜、きのこが含まれた。これらは検出率、基準値超過率ともに高く、山林にその起源をもつことが特徴である。これらの食品が生育する山林では、事故により広がった放射性セシウムがそのまま存在する状態が継続していると考えられる。一方、通常の方法で栽培あるいは飼養されている農作物あるいは畜産物を含む、上記以外の食品カテゴリには基準値超過はなくなり、放射性セシウム濃度も 25 Bq/kg 以下に低下した。現在機能している、基準値を超える食品を流通させないための監視に加えて、山菜、きのこ、淡水魚、野生鳥獣肉のような食品中の放射性セシウムの検査を重点的に実施していくことが重要と考えられる。

A. 研究目的

平成 23 年 3 月の大震災と津波により、東京電力福島第一原子力発電所(福島原発)からは放射性物質が、沿岸の多くの工場からは多量の化学物質が、環境に放出された。これらの化学物質は食品に移行し、食品衛生上の大きな問題となっている(図 1)。しかし、事故直後は緊急時における対応が優先され、信頼を得るために不可欠な放射性物質検査の質の保証、効果的な監視体制の研究までは進んでいない。また、放射性物質以外の、環境に放出され食品を汚染した可能性のある化学物質の実態に関する知見は極めて少ない。以上の点を踏まえ、本研究では、下記のⅢ分類 7 課題の研究を行った。

相互に関連したこれらの研究成果により、食品中の放射性物質モニタリングの効

果を検証し、その効率化を図ると共に、検査結果の信頼性を評価する手法を確立する。また、震災により環境に放出された放射性物質以外の化学物質のリスクコントロールに資する科学的根拠を得る。これらのことにより、適切な食品の流通を保証する規制が行われ、健康危害を防止に資することが期待される。同時に、安全な食品の流通は、風評被害の低減にも寄与し、被災地域における食品産業の復興に繋がることが期待される(図 2)。

I. 食品中の放射性物質の効率的な検査体制の構築研究

I-1. 流通食品中の放射性物質濃度の調査

放射性物質汚染が予想される流通食品の買い上げ調査により、現行の自治体による

モニタリングの効果を検証する。

I-2. 食品中放射性物質検査における適正なサンプリング計画策定

食品中放射性物質に関しては、食品成分規格として最大濃度が設定されているが、サンプリングが明確に規定されていない。検査実施主体間でサンプリングの内容を整合させるためには科学的根拠に基づいたサンプリングが規定される必要があるため、放射性物質を対象とする食品検査において規定すべきサンプリングについて検討する。

I-3. 食品中の放射性物質検査に係る信頼性保証手法の検討

法に基づいて行われる検査は一定の品質が要求される。しかし、福島原発事故以前に食品中放射性物質検査は国内食品に課されていなかったため、他の食品検査に比べ検査機関における知識・経験が乏しい状況であることから、放射能測定機器の性能調査、放射能測定に伴う不確かさの要因推定等により、信頼性評価手法を検討し、検査関係者の理解向上に資する。

I-4. 食品中放射性物質の調理及び加工による影響の検討

食品の調理・加工による濃度変化による基準値超過の可能性を検討する。

II. 震災・津波による食品の化学物質による汚染実態の評価

II-1. 震災・津波による食品の化学物質汚染実態の調査

震災により放出された放射性物質以外の化学物質の食品への影響はほとんど検討されていない。本研究課題では、**II-2.**の研究結果も踏まえ、15元素の金属類及びポリ塩化ビフェニル（PCBs）について濃度実

態を調査する。

II-2. 震災によるリスクコントロールが必要となる化学物質の選定

学術報告、論文等を精査することにより、震災前後で環境あるいは食品中濃度が変化している化学物質を探索し、今後のリスクコントロールの必要性を判断する基礎データとする。

III. 食品中放射性物質濃度データ解析による効率的検査計画の検討

厚生労働省に報告・蓄積された食品中の放射性物質検査データを解析し、福島原子力発電所事故後の食品中または食品間での放射性セシウム濃度の差や経時的変動のような、特徴及び推移を示すデータを得、今後の放射性物質モニタリングを効率的に進める方法を検討する。

B. 方法

I. 食品中の放射性物質の効率的な検査体制の構築研究

I-1. 流通食品中の放射性物質濃度の調査（平成24-26年度）

福島第一原子力発電所周辺の17都県を産地とする流通段階の食品を買い上げ、放射性セシウムの濃度を測定し、現在の検査体制による食品安全への効果を検証した。海産物は北海道から和歌山県までの海域における魚介類等を対象とした。実施前年度までの本研究の検査結果を踏まえ、検出率の高かった福島県並びに隣接県産のきのこ、種実、魚介類を中心に調査を実施した。また、調査対象については、放射性物質のモニタリングデータも参考にして、必要な食品を適宜追加調査した。

I-2. 食品中放射性物質検査における適正なサンプリング計画策定（平成 24-26 年度）

平成 24 年度は Codex 委員会が策定検討中のサンプリング法から、その原理・原則をまとめた。その他、有害化学物質の国内検査に用いられているサンプリング法の問題点等について考察した。平成 25 年度は、前年度までの市場流通品の調査結果を詳細に解析した。また、食品ロット内の濃度に分布を想定しない場合に合意されうるサンプリング計画について国際的な規格等を比較した。さらに、ロット内濃度の分布型を仮定し、合意されうるサンプリング計画を実行した場合の性能についてシミュレーション解析した。平成 26 年度は食品ロットの放射性セシウム濃度分布を実測値から推定した。この実データに基づき推定した分布を対象とし、サンプルサイズの変化を伴う計数規準型及び計量規準型サンプリングの性能を、計算及びシミュレーションにより推定し、評価した。

I-3. 食品中の放射性物質検査に係る信頼性保証手法の検討

平成 24 年度は検査において重要な役割を担っているスクリーニング測定機器について、検査対応状況を販売者に面接調査した。平成 25 年度は、一般に分析値の品質評価で用いられる測定の不確かさにつき、放射能測定特有の因子である計数の統計による不確かさ（いわゆる計数誤差）を取り上げて検討した。平成 26 年度は前年度に引き続き測定の不確かさについて、測定法全体での検討及び評価を行った。特に放射

能測定特有の因子について、一般の化学分析との相違を含めて比較検討した。平成 27 年度は、放射線の測定値の評価において、計数誤差とともに重要な要因である、試料と放射線検出器との位置関係であるジオメトリーについて理論と実測から検討した。平成 28 年度は、前年度までの検討事項を踏まえ、検査の信頼性に関わる事項に関し、検査作業全体を検討した。

I-4. 食品中放射性物質の調理及び加工による影響の検討（平成 25-28 年度）

放射性物質が含まれる食品を入手し、各食品につき代表的と思われる調理・加工法における放射性物質の挙動を検討した。平成 25 年度はナメコ、ワカサギ、平成 26 年度は牛肉、ブルーベリー、ナツハゼ、シイタケ、タラノメ、コシアブラ、ワラビ、ゼンマイ、平成 27 年度は大豆、タケノコ、ウメ、ウナギ、平成 28 年度はコシアブラ、乾燥マイタケ、シイタケを用いた。また、平成 28 年度においては、放射性セシウムの基準値に考慮されている放射性ストロンチウムの調理加工による濃度変化についても検討を行った。

II. 震災・津波による食品の化学物質による汚染実態の評価

II-1. 震災・津波による食品の化学物質汚染実態の調査

1) 15 元素の金属類の調査：平成 24、26 年度の 2 カ年にわたり、津波被災地域として想定した 5 県（青森、岩手、宮城、茨城、千葉各県）から約 10 の食品種、計 1,010 食品の分析を通じ、のべ 15 種の元素（ホウ素、アルミニウム、バナジウム、クロム、

コバルト、ニッケル、ヒ素、セレン、モリブデン、カドミウム、スズ、アンチモン、バリウム、水銀、鉛)を対象に濃度の実態を調査し、同時に分析した非津波被災地域(神奈川県)における各食品種の濃度データと比較した。また、15種の元素のうち、定量下限値以上の分析値が得られた試料数の全試料数に対する割合が50%を上回っていた12元素(ホウ素、アルミニウム、バナジウム、コバルト、ニッケル、ヒ素、セレン、モリブデン、カドミウム、スズ、バリウム、水銀)の濃度データを主成分分析し、食品種別金属類濃度の特徴を把握した。

2) ポリ塩化ビフェニル(PCBs)の調査: 津波被災地域(青森、岩手、宮城、茨城、千葉各県)および非津波被災地域(山形県、神奈川県)から入手した魚261試料について高分解能GC-MSによるPCBs全209異性体分析を行った。また、総PCBs濃度に対する各同族体割合を解析した。平成28年度は津波被災地域(岩手県、宮城県)の魚介類を使用した一食分試料からのPCBs摂取量を、非津波被災地域(石川県、静岡県)と比較した。

II-2. 震災によるリスクコントロールが必要となる化学物質の選定

平成24年度は、ヒト健康影響が懸念されている化学物質のリストアップでは、日本及び世界各国の主要リスク評価・リスク管理機関が監視対象としている合計2200程度の化合物をリストアップし、震災後の食品に関して一般の人々に提供されている情報については売上上位リストの一般書を調べ、震災により人々の食生活の変化につ

いては、アンケート調査により検討した。平成25年度以降は、震災前後に健康リスクが変化している化学物質は、環境や食品中の濃度変動よりも個人の行動変化のほうが寄与率が高そうであることが平成24年度の研究成果として示唆されたため、消費者が適切なリスク管理を行うために必要な情報について調査した。それらの情報は放射線に関するもののみでは不十分と考えられたため、より幅広いリスク情報の提供による影響を検討した。方法としては、食品中化学物質の安全性に関する一般的な情報提供の前後で、食品の安全性に関して不安があるかどうかを尋ねるアンケートを実施し、ベースラインの食品に関する不安の程度と、情報提供後の不安感の変化を数値化して評価することを試みた。同じ集団を継続して調査をすることで経年変化についても検討可能とした。

III. 食品中放射性物質濃度データ解析による効率的検査計画の検討

毎年度、厚生労働省に報告・蓄積された食品中の放射性物質検査データを解析し、福島原発事故後の食品中または食品間での放射性セシウム濃度の差や経時的変動のような、特徴及び推移を示すデータをまとめた。

C. 結果・考察

I. 食品中の放射性物質の効率的な検査体制の構築研究

I-1. 流通食品中の放射性物質濃度の調査

検査した一般食品等の試料数は、平成24

年度は1,735、平成25年は1,674、平成26年は1,516であった。検査した食品区分は、肉、乳、たまご、米、果実・種実、野菜、きのこ、海藻、淡水産物、海水産物、その他（豆類、麦、ハチミツなど）とした。調査試料数が最も多かった区分は3年間を通して山菜を含む野菜で、各年度において総数は425～609（全体の24～40%）であった。次いで果実・種実、きのこであり、これら3区分で全体の60～75%を占めた。25 Bq/kg を超過した試料数（超過率）は、平成24年度～平成26年度において、68（3.9%）、48（2.9%）、41（2.7%）であった。また、基準値である100 Bq/kg を超過した試料数（超過率）は、平成24年度～平成26年度において、3（0.17%）、4（0.24%）、9（0.59%）であった。基準値を超過した率は、厚生労働省のホームページで報告されている平成24年度～平成26年度の流通食品の基準値超過率である0.02～0.07%よりも高かった。これは、本調査では前年度の調査結果等を踏まえて、放射性セシウムが検出される可能性が高い食品・地域を重点的に選択した結果と考えられる。この様な選択を行っても基準値超過率は、一般的な違反率として想定されている1%を下回っていた。これらの結果は、いずれも、現行の基準値に対応した出荷前の検査体制が各地方自治体を中心に適切に整備され、かつ有効に機能していることを示唆するものであった。基準値を超過した食品は原木栽培及び天然きのこ、山野で収集される山菜であった。

乳幼児食品については検出限界値を基準値の1/10である5 Bq/kg未満（飲料水の基準値が適用される食品は1 Bq/kg未満）と

して調査を実施した。平成26年度に100試料を調査したが、放射性セシウムは検出されなかった。

I-2. 食品中放射性物質検査における適正なサンプリング計画策定

平成24年度は、サンプリングの原理・原則、及び国内外のサンプリング規定の現状をまとめ、問題点等について考察した。その結果、食品衛生法及び関連文書により指示されるサンプリングの規定には、多くの問題が認められた。平成25年度は、サンプリングの規定策定において必要となる放射性物質濃度の分布について検討した。前年度に自治体等で実施された放射性物質検査の結果からは必要な濃度分布に関する情報を得ることはできなかった。そこで、特定の分布を想定しえない場合に合意により採用するサンプリング計画により指示される、サンプルサイズが1、3、5、10である場合の、仮定した一定の分布をもつロットから抜き取られるサンプル平均をシミュレーション解析した。平成26年度は、食品ロットの放射性セシウム濃度分布を実測値から推定した結果、ロット中の濃度分布が対数正規分布に従っており、そのRSDは50%以上であることを明らかにした。このロットに計量規準型サンプリング計画を適用した時の性能を評価した結果、もっとも分布の広いRSD=94%のロットにおいても、サンプルサイズを10とすれば、平均値が150のロットの合格率を10%とできることが明らかとなった。

I-3. 食品中の放射性物質検査に係る信頼性保証手法の検討

放射能検査における信頼性確保の一環として、平成 24 年度はスクリーニング検査対応測定機器の販売業者に対し、スクリーニング法事務連絡記載事項への対応についてアンケート調査を行った。この調査により、事務連絡記載事項全般について、必ずしも妥当性確認がなされているとは見なせない測定機器・解析法が見受けられた。その原因として、スクリーニング法が正しく理解されていないこと、特に校正の必要性の認識が甘いことが考えられた。また、機器使用者の、検査における信頼性に対する無関心、放射能測定に関する知識の不足が根底に存在すると思われた。

分析値の品質保証においては、一般には不確かさの推定値がパラメータとして用いられる。食品衛生法に基づく食品中放射能検査では、計数の統計による不確かさ（計数誤差）のみが記載され、それにより評価することとされているが、これ以外にも多くの要因があり、その中には放射線測定特有の要因も含まれることから、これらについて検討を行った。平成 25 年度は、基本となる放射能測定モデル式を示し、食品検査における各操作と分析の要因を抽出した。放射線測定では、放射線源と検出器との立体角の大きさが計数効率に影響するため、測定試料の体積の変動は、その体積変化そのものではなく、位置による計数効率の変動を介して放射能濃度に影響することを例示した。平成 26 年度は前年度のモデル式をもとに各不確かさについて評価し、それらの合成について検討した。その結果、測定操作全体の不確かさの合成においては、試料の計数値及びピーク効率に起因する不確かさの寄与が大きいことが予想された。

また、放射能測定の計数誤差と一般的な科学機器分析の測定のばらつきの標準偏差を混同し、検出限界における標準偏差を高濃度側で用いた場合は、精度の低下を招くことを示した。平成 27 年度は、測定値の偏りを生じさせる因子として、試料と検出器の幾何学的位置関係であるジオメトリーについて、理論と実測から検討した。その結果、測定容器内の計数効率が高い部位に空隙がある場合は、測定値は小さくなり、放射能濃度は低く算出され、逆に計数効率が低い部位に空隙がある場合は、高く算出されることを示した。測定値が試料重量で補正されることを期待して、ジオメトリーを無視して試料量を規定量以上に充填した場合は、算出される重量あたりの放射能濃度が減少することを示した。

平成 28 年度は、測定全体を俯瞰し、また、放射能測定が必要とされる状況を考慮し、測定ピークの判定、校正、試料及び測定環境の維持管理について検討した。測定の妨害となりうる核種について検討し、その対応について考察し、一次情報であるスペクトル確認の重要性を指摘した。また、放射性物質の検査が必要となる場合は事故時と予想されることから、試料及び測定環境の汚染防止についても考察した。

I-4. 食品中放射性物質の調理及び加工による影響の検討

1) 調理・加工による放射性セシウムの挙動

各食材について、一般的な調理法について検討した結果、調味液、水など液体への浸漬および茹での過程を含む調理を実施することで、調理前の食材に含まれる約 30～90%の放射性セシウムが食品から除去

された。一方で、単純に乾燥させるだけの加工や煮汁ごと煮詰めるような調理、焼く、揚げるなどの短時間の加熱調理については、ほとんど放射性セシウムが食品から除去されなかった。重量変化によっては、このような調理・加工品で放射性セシウムの濃度が調理前の食材を上回る場合があることが認められ、食品中の放射性物質の基準値を超えていない原材料を用いて加工品を製造した際に、調理・加工方法によっては基準値を超過する可能性があることに注意が必要である。大豆の加工では、大豆中の放射性セシウムは豆乳に約 64%、おからに約 30%の割合で分配されたことから、大豆中の放射性セシウムは大豆中の可溶性成分とともに豆乳の方に多く分配されると考えられた。

2) 調理・加工によるストロンチウム 90 (Sr-90) の挙動

大豆を浸漬した水を使用して生呉を作製した場合、おからには元の大豆の Sr-90 の 64%が残存していたことから、豆乳には残りの 36%程度の Sr-90 が分配されていると推定された。放射性セシウムでの検討では、上述したように、豆乳に 64%、おからに 30%の割合で分配されたことから、Sr-90 と放射性セシウムとは異なる比率でおからと豆乳中に分配することが示された。

II. 震災・津波による食品の化学物質による汚染実態の評価

II-1. 震災・津波による食品の化学物質汚染実態の調査

分析対象とした元素類および PCBs と食品種の組み合わせに関しては、津波被災地域において注視すべき濃度の上昇は認めら

れなかった。詳細な解析として、重金属類については特定食品の元素濃度データを対象に主成分分析を実施したが、特定の地域と元素濃度との組み合わせに特徴的な傾向は認められなかった。PCBs については 261 試料の全ての試料において暫定的規制値を下回っていた。異性体データを用いて、異性体毎の割合の解析や主成分分析を実施したが、津波による影響を見いだすことはできなかった。食事試料からの PCB 摂取量についても、津波被災地域の PCBs 摂取量の増加は観察されなかった。本研究の結果は、津波により憂慮すべき食品中の有害物質濃度の上昇は生じておらず、健康危害リスクを増加させている可能性は極めて低いことを示唆した。

II-2. 震災によるリスクコントロールが必要となる化学物質の選定

食品中の有害物質が震災によりどう変動したかを多方面から検討した。まず外部要因として、環境中に存在する可能性のある化学物質に関する情報を収集した。各種の規制が実施されている化合物をリストアップし、次いで暴露マージンを指標に用いてその中でヒト健康影響についての懸念が大きいとみなされているものを同定した。また暴露量に変化をもたらす可能性のある消費者側の要因として、食行動の変化がある。震災により避難を余儀なくされた人たちの食生活が変わるのはある程度しかたがなく、被災地での健康指導などの研究テーマでもあるので、当研究では被災地以外の地域での消費者の食生活の変化について簡単なアンケート調査を行った。その結果、震災による影響として放射性物質のみが注目され

ていること、放射性物質を避けるための対策として飲料用の水を水道水からミネラルウォーターや井戸水に変えたり、魚等の水産物を食べないといった、むしろ食生活全体としてリスクが上がるような行動をとっている場合があることが確認された。

外部要因としての環境中化学物質濃度についてはもともとのバックグラウンドの変動の範囲を超えるような震災による変化は報告されていないが、その一方で食生活の変化による暴露量の変化はあり得ることが示唆されたため、適切なリスク管理のための情報提供のありかたを探ることを次の目的にした。適切なリスク管理を行うためには食品中の放射線に関する情報のみでは不十分であると考えられたのでより幅広いリスク情報の提供による影響を検討した。予備的調査として、少人数の集団に対して食品に存在する各種リスクについての情報提示によるリスク認知の変化について検討した。その後さらに主に学生を対象に、リスク情報の提供前後における食品中放射能についてのリスク認知の変化を検討した。同時に放射線と食品中の放射能の基準値についての基礎知識の浸透度についても調査した。

食品全体に関する一般的な講義の前後で、放射性物質を含む各種リスク要因への認識についての調査を行ったところ、全体的な傾向としては放射性物質についての説明をしなくても食品そのものの多様なリスク情報を提供することで放射性物質への許容レベルが変わる可能性が示唆された。

Ⅲ. 食品中放射性物質濃度データ解析による効率的検査計画の検討

平成 24 年度から平成 28 年度にわたり、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を集計し、試料数、放射性セシウム検出率、基準値超過率、放射性セシウム濃度のパーセントイル値を求めた。基準値を超える試料の割合は、平成 24 年度は 2.6%であったが、徐々に低下し平成 27 年度には 0.4%になった。流通する食品の基準値超過率は、全体として非流通食品よりも低かった。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、流通から排除されていると考えられた。一方、流通品にも非常に高濃度の放射性セシウムを含む試料も見られた。これらの高濃度試料には野生鳥獣肉、山菜、きのこが含まれた。これらは検出率、基準値超過率ともに高く、山林にその起源をもつことが特徴である。これらの食品が生育する山林では、事故により広がった放射性セシウムがそのまま存在する状態が継続していると考えられる。一方、通常の方法で栽培あるいは飼養されている農作物あるいは畜産物を含む、上記以外の食品カテゴリには基準値超過はなくなり、放射性セシウム濃度も 25 Bq/kg 以下に低下した。現在機能している、基準値を超える食品を流通させないための監視に加えて、山菜、きのこ、淡水魚、野生鳥獣肉のような食品中の放射性セシウムの検査を重点的に実施していくことが重要と考えられる。

D. 結論

I. 食品中の放射性物質の効率的な検査体制の構築研究

I-1. 流通食品中の放射性物質濃度の調

査

地方自治体による食品中の放射性物質に係る出荷前の検査の効果の検証を目的として、流通食品の放射性セシウム濃度調査を実施した。一般食品等について、平成 24 年度は 1,735 試料、平成 25 年は 1,674 試料、平成 26 年度は 1,516 試料の放射性セシウム濃度を調査した。一般食品の放射性セシウムの基準値である 100 Bq/kg を超過した試料は、平成 24 年度は 3 試料、平成 25 年度は 4 試料、平成 26 年度は 9 試料であった。各年度の超過率は 0.17～0.59% であり、1%未満であった。各地方自治体における出荷前食品のモニタリングおよび出荷制限の設定といった行政施策が効果的に機能していることが示唆された。また、放射性セシウム濃度と検出率の結果から、原木栽培及び天然きのこ、山菜に重点を置いた監視が有効であると考えられた。さらに、平成 26 年度には乳児用食品 100 試料の放射性セシウム濃度も調査したが、全ての試料において放射性セシウム濃度は検出限界値（基準値の 1/10）未満であった。

I-2. 食品中放射性物質検査における適正なサンプリング計画策定

放射性物質を対象とする食品検査において規定すべきサンプリングについて検討した。効率的なサンプリング計画を策定するために必要なロット濃度分布の情報を実測により取得し、その濃度分布が対数正規分布に従っており、RSD は 50%以上であることを明らかにした。さらに、この実データに基づき推定した分布を対象とし、サンプルサイズの変化を伴う計数規準型及び計量規準型サンプリングの性能を、計算及び

シミュレーションにより評価した。その結果、計量規準型サンプリング計画の採用が適切であり、合格率が 10%となるロット平均を指標に、妥当なサンプルサイズを決めるべきと考えられた。

以上のことから、生産者と消費者との合意や納得が必要であるが、サンプルサイズを最大 10 とする計量規準型のサンプリング計画を、食品の放射性物質濃度が成分規格に適合しているかを判定する事を目的とした検査に採用することが提案される。

I-3. 食品中の放射性物質検査に係る信頼性保証手法の検討

法に基づいて行われる検査は一定の品質が要求される。本研究では、平成 24 年度に市販測定機器の性能を評価し、平成 25 年度以降は、一般に分析値の品質保証において用いられる、測定における各種不確かさ、特に一般化学物質測定とは異なる放射能測定に特有の要因およびそれらの検査結果への影響の大きさについて検討し、測定全体について評価した。放射能測定では、測定試料の体積の変動は、位置による計数効率の変動を介して放射能濃度に影響することを理論と実測から示した。例としては、ジオメトリーを無視して試料量を規定量以上に充填した場合は、算出される重量あたりの放射能濃度が減少することなどを示した。放射能測定の計数誤差と一般的な科学機器分析の測定の際の標準偏差を混同し、検出限界における標準偏差を高濃度側で用いた場合は、精度の低下を招くことなども示した。

放射能検査においても他の検査と同様に、全操作の不確かさを推定すること、そして

各操作及び要因が最終結果に与える影響の程度を理解していることが、分析値の品質を保証し、検査の信頼性を確保するためには重要と考えられる。

I-4. 食品中放射性物質の調理及び加工による影響の検討

食品中の放射性セシウムは、液体への浸漬の過程が含まれる調理法を実施すると高効率で除去されること、その一方で液体への浸漬の過程がない調理法ではほとんど除去されないことが明らかとなった。液体への浸漬を実施した場合、食品から液体への放射性セシウムの移動が起こるため、乾しいたけの戻し汁をだし汁として使用するなどのように、浸漬後の液体を摂取した場合には実質的な除去とならないことに注意が必要である。また、食品の単純な乾燥により加工された食品では放射性セシウム濃度比が加工前の食品よりも高くなる場合があり、基準値を超過していない食品を原材料としても加工後の製品では基準値を超過する危険性があるため原材料中の放射性セシウムの濃度に注意が必要であると考えられた。

大豆から豆乳（主に可溶性成分を含む）とおから（主に不溶性成分を含む）への加工においては、放射性セシウムは可溶性成分の方に多く分配され、放射性ストロンチウム（Sr-90）は種皮などを含む不溶性成分の方に多く分配され、両者で挙動が異なることが明らかとなった。

II. 震災・津波による食品の化学物質による汚染実態の評価

II-1. 震災・津波による食品の化学物質汚

染実態の調査結論

東北地方太平洋沖地震を原因とする津波により、有害化学物質による新たな食品汚染の発生の有無を明らかにすることを目的に、下記の二つの研究を実施した。

1) 15 元素の金属類の調査

平成 24 年度と平成 26 年度の 2 カ年にわたり、津波被災地域として想定した 5 県から約 10 種、計 1010 点の食品を買い上げ、カドミウム、鉛、ヒ素などの有害元素を含む 15 種の元素類濃度の実態を調査した。その結果からは、各金属類と食品種の組合せに関して、津波被災地において注視すべき濃度の上昇は認められなかった。また、本研究で得られた各食品中の一連の元素濃度のデータの主成分分析から、食品種別元素濃度の特徴を把握することができた。今後、これらの結果をより確かなものにするためには、一部食品種と地域及び分析対象との組合せについての調査を継続し、より多くのデータを蓄積することが効果的と考える。

2) PCBs の調査

平成 24 年度から平成 27 年度の 3 カ年にわたり、津波被災地域と非津波被災地域から魚（計 261 食品）を買い上げ、総 PCBs 濃度の実態を調査した。津波被災地において、地域的な要因により、魚の総 PCBs 濃度が高くなっているようには見えなかった。また、PCBs 同族体の割合の解析から、同位体割合がやや異なる試料も一部で認められたが、これらが津波の影響によるものであるかを判断するには至らなかった。

平成 28 年度には津波被災地域および非津波被災地域から一食分試料（計 40 食品）を買い上げ、それら試料からの PCBs 摂取

量を調査した。津波被災地域で購入した一食分試料からの PCBs 摂取量は、非津波被災地域と比較して高い傾向は示されなかった。また、PCBs 同族体の割合の解析においても、新たに PCBs 汚染源を示唆するような PCBs 同族体の組成は認められなかった。

II-2. 震災によるリスクコントロールが必要となる化学物質の選定

東日本大震災では地震と津波により東日本地域の多くの工場や家屋から大量の化学物質が流出したと考えられるが、放射性物質以外の化学物質による食品への影響については情報が乏しい。そこで、リスクコントロールすべき化学物質を文献調査等により選定した。その結果、震災による変化を監視すべき食品中化学物質として、もともとリスクが高めであったヒ素、鉛、多環芳香族炭化水素、ダイオキシン類などが優先順位の高いものとしてあげられた。さらに放射線による健康影響を避けるためとしてリスクの高い行為が薦められている場合があり、人々の行動の変化が健康に影響を与えていることが示唆された。正確な情報提供の必要性が認められたため、リスクを適切に管理する方法について検討した。食品全体に関する一般的な講義の前後で、放射性物質を含む各種リスク要因への認識についての調査を行ったところ、全体的な傾向としては放射性物質についての説明を少なくとも食品そのものの多様なリスク情報を提供することで放射性物質への許容レベルが変わる可能性が示唆された。震災から時間が経過するにつれ流通食品から放射性物質が検出されることがほぼ無くなり話題に

なることも減り放射性物質に関する関心も特に被災地から遠い地域では薄れていくことが伺えた。それにも関わらず風評被害が無くならないのは誤解が定着し正確な理解は進んでいないことが示唆された。この状況は食品中の残留農薬や食品添加物などと同じで、公的機関や専門家が食品安全に関する情報提供を長年にわたって行っているにも関わらず、それを量の上で圧倒的に上回る間違った情報が消費者に提供され続けていることが一因と考えられる。食品にまつわる間違った情報への対策は特に放射性物質だけに特化して行う理由は最早なく、食品安全リスクアナリシスの枠組みの中で包括的に継続して取り組まれるべき課題になったとみなすべきであろう。

III. 食品中放射性物質濃度データ解析による効率的検査計画の検討

全ての年度で、非流通品の検出率が流通品を上回ったことから、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る。震災後 5 年以上を経過し、通常の方法で栽培あるいは飼養される食品が高濃度の放射性セシウムを含むことはなくなったが、天然山菜、天然きのこ、野生鳥獣肉には、高濃度の放射性セシウムを含むものが残っている。これらの食品を産出している山林では、事故により広がった放射性セシウムがそのまま存在する状態が継続していると考えられる。基準値を超える食品の監視のためには、山野に起源をもつ野生鳥獣肉、天然きのこ、山菜のような食品の測定を重点的に検査する体制の整備が重要と考えら

れる。

E. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 蜂須賀暁子：食品中の放射能測定法. 雑誌放射線, 38(3), 129-136 (2012)
- 2) 蜂須賀暁子：平成 23 年度厚生労働科学研究 (食品の安心・安全確保推進研究) 食品中の放射性物質に関する研究. 食品衛生研究, 62(12), 15-21 (2012)
- 3) Takahiro Watanabe, Rieko Matsuda; Effect of the Distribution of Analyte Concentration in Lot, Sample Size, and Number of Analytical Runs on Food-Testing Results. *J. Agric. Food Chem.*, 60(42), 10702-8 (2012)
- 4) 堤 智昭, 鍋師 裕美, 五十嵐 敦子, 蜂須賀 暁子, 松田 りえ子：マーケットバスケット方式による放射性セシウムおよび放射性カリウムの預託実効線量推定. 食品衛生学雑誌, 54(1), 7-13 (2013)
- 5) 鍋師 裕美, 堤 智昭, 蜂須賀 暁子, 松田 りえ子: 乾しいたけの水戻しおよび牛肉の加熱調理による放射性セシウム量の変化. 食品衛生学雑誌, 54(1), 65-70 (2013)
- 6) 畝山智香子: 食品安全リスク分析の視点から農薬を含む食品中化学物質のリスクを考える. 日本農薬学会誌, 38(1), 21-23 (2013)
- 7) 畝山智香子: 食の安全とは. 学校給食, 64(4), 27-35 (2013)
- 8) 鍋師裕美, 堤 智昭, 五十嵐敦子, 蜂須賀暁子, 松田りえ子：流通食品中の放射性セシウム調査. 食品衛生学雑誌 54(2), 131-150 (2013)
- 9) 松田りえ子：トータルダイエツト試料を用いた放射性セシウムの預託実効線量推定に関する解説. 獣医疫学雑誌, 17(1), 57-62 (2013)
- 10) 蜂須賀暁子：食品中放射性物質の分析と検査. 食品衛生雑誌, 54(2), 102-110 (2013)
- 11) 鍋師裕美, 堤智昭, 蜂須賀暁子, 松田りえ子：調味液への浸漬による牛肉中放射性セシウム量の変化に関する検討. 食品衛生学雑誌, 54(4), 298-302 (2013)
- 12) 鍋師裕美, 堤智昭, 蜂須賀暁子, 松田りえ子：わかさぎ中の放射性セシウムの調理による除去効果に関する検討. 食品衛生学雑誌, 54(4), 303-308 (2013)
- 13) 畝山智香子：食品を介した有害物質摂取のリスク ～放射性物質摂取のリスク～. 食品衛生学雑誌, 54(2), 83-88 (2013)
- 14) 畝山智香子：食品と放射線のリスクを考える - 発がんリスクの評価について. 日本原子力学会誌 10, 58-62 (2013)
- 15) 堤 智昭：食品に含まれる放射性物質の調査. 公衆衛生, 78(3), 208-212 (2014)
- 16) 畝山智香子：食品中発がん物質のリスク評価について. GGT ニュースレター, 99, 5-6 (2014)
- 17) 畝山智香子：農薬や放射性物質等の食品中化学物質のリスクについて. 小児

- 科臨床,67(12) (特集 子どもと食), 2503-2509 (2014)
- 18) 畝山智香子: 食品中化学物質のリスクについて. 香料, 262, 33-39 (2014)
- 19) 植 草義徳, 鍋師裕美, 中村里香, 堤 智昭, 蜂須賀暁子, 松田りえ子, 手島 玲子: 市販流通食品中の放射性セシウム調査 (平成 24 年度および平成 25 年度). 食品衛生学雑誌, 56(2), 49-56 (2015)
- 20) 畝山智香子, 登田美桜: 世界各国のトランス脂肪酸のリスク評価について. 食品衛生研究, 65(11), 15-25 (2015)
- 21) Nabeshi H., Tsutsumi T., Uekusa Y., Matsuda R., Akiyama H., Teshima R., Hachisuka A.: Effects of Cooking Process on the Changes of Concentration and Total Amount of Radioactive Cesium in Beef, Wild Plants and Fruits., *Radioisotopes*. 65(2), 45-58 (2016)
- 22) 鍋師裕美: 調理加工による食品中の放射性セシウム量の低減効果について. *ILSI JAPAN*, 125, 4-12 (2016)
- 23) 蜂須賀暁子: 放射能分析における計数の統計的不確かさについて. 食品衛生学雑誌, 57(2), J25-29 (2016)
- 24) Uekusa, Y., Takatsuki, S., Tsutsumi, T., Akiyama, H., Matsuda, R., Teshima, R., Hachisuka, A., Watanabe, T. Determination of polychlorinated biphenyls in marine fish obtained from tsunami-stricken areas of Japan. *PLOS ONE* 12(4): e0174961. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174961>
- 25) 畝山智香子: 総論: 健康食品の有効性・安全性について. 日本食品安全協会誌, 12(1), 1-7 (2017)

2. 学会発表

- 1) 渡邊敬浩, 片岡洋平, 松田りえ子; 分析用サンプルの均質化が分析結果の変動に及ぼす影響, 第 49 回全国衛生化学技術協議会年会 (2012.11)
- 2) 渡邊敬浩, 松田りえ子; 非対称分布からのサンプリングと検査結果との関係のシミュレーションによる解析, 第 49 回全国衛生化学技術協議会年会 (2012.11)
- 3) 松田りえ子, 堤 智昭, 蜂須賀暁子: 食品中の放射性セシウム試験法について, 第 49 回全国衛生化学技術協議会年会 (2012.11)
- 4) 蜂須賀暁子: 食品中の放射性物質調査の方法. 日本食品衛生学会第 103 会学術講演会シンポジウム I 食と放射能を考える (2012.5)
- 5) 畝山智香子: 食品中化学物質のリスクの考え方. 日本子ども学会第二回放射線と子ども研究会 (2012.6)
- 6) 畝山智香子: 食品中の遺伝毒性発がん物質のリスク評価. 第 48 回 日本食品照射研究協議会 教育講演会 (2012.6)
- 7) 蜂須賀暁子: 食品放射能検査の測定スキームと考え方 ～スクリーニング検査・確定検査～. 第 49 回アイソトープ・放射線研究発表会 放射線計測分科会イブニングセミナー (2012.7)
- 8) 鍋師裕美, 堤 智昭, 蜂須賀暁子, 松田りえ子: 調味液への浸漬による牛肉

- 中放射性セシウムの低減に関する検討.
日本食品衛生学会第 104 回学術講演会
(2012.9)
- 9) 鍋師裕美, 堤 智昭, 蜂須賀暁子, 中
村里香, 松田りえ子, 手島玲子:平成
24 年度における市販流通食品中の放射
性セシウム検査のまとめ, 第 50 回全国
衛生科学技術協議会年会 (2013.11)
- 10) 蜂須賀暁子、鍋師裕美、堤智昭、中村
里香、手島玲子、松田りえ子:食品中
放射能スクリーニング検査の性能要件
と測定機器について. 第 50 回全国衛生
科学技術協議会年会 (2013.11)
- 11) 鍋師裕美, 堤 智昭, 蜂須賀暁子, 松田
りえ子, 手島玲子:わかさぎ中放射性
セシウムの調理による除去効果に関す
る検討. 日本食品衛生学会第 105 回学
術講演会(2013.11)
- 12) 片岡洋平, 渡邊敬浩, 林智子, 蜂須賀
暁子, 手島玲子; 東日本大震災・津波
被害地域における食品中の金属類濃度
実態調査. 第 106 回日本食品衛生学会
学術講演会(2013.11).
- 13) 松尾真紀子, 畝山智香子:食品中の放射
性物質リスクを巡る共同事実確認
(JFF) の実践ー異なるディシプリン
を超えて, 日本リスク研究学会第 26
回年次大会 (2013.11)
- 14) 松田りえ子, 堤智昭, 蜂須賀暁子, 鍋
師裕美, 手島玲子:都道府県等が実施
した食品中の放射性物質検査結果の解
析. 第 50 回全国衛生科学技術協議会年
会 (2013.11)
- 15) Yoshiki Tsukakoshi, Takahiro
Watababe, Satoko Yokota, Takanori
Omori, Masataka Satomi, Hiroshi
Ono, and Mitsuru Yoshida; Review of
some Japanese studies regarding
uncertainty arising from sampling
from farm to fork. (2013.3 Budapes)
- 16) 鍋師裕美, 堤 智昭, 蜂須賀暁子, 中
村里香, 松田りえ子, 手島玲子:市販
流通食品中の放射性セシウム検査~平
成 24 年度流通食品検査のまとめ~. 第
22 回環境化学討論会 (2013.7)
- 17) Kataoka Y., Watanabe T., Hayashi T.,
Matsuda R., Hachisuka A., Teshima
R. ; Surveillance of concentrations of
harmful elements in foods purchased
in areas affected by the Great East
Japan Earthquake. 33th
International Symposium on
Halogenated Persistent Organic
Pollutants (2013.8 Daegu)
- 18) 蜂須賀暁子、植草義徳、鍋師裕美、堤
智昭、松田りえ子、最上知子:放射能
測定における不確かさー試料形状. 第
51 回全国衛生化学技術協議会年会
(2014.11)
- 19) 松田りえ子, 堤智昭, 鍋師裕美, 植草
義徳、蜂須賀暁子, 手島玲子:都道府
県等が実施した食品中の放射性物質検
査結果の解析. 第 51 回全国衛生科学
技術協議会年会 (2014.11)
- 20) 植草義徳, 鍋師裕美, 堤 智昭, 蜂須
賀暁子, 松田りえ子, 手島玲子:市販
流通食品中の放射性セシウム濃度の調
査 (平成 24~25 年度). 第 108 回日本
食品衛生学会 (2014.12)
- 21) 植草義徳, 鍋師裕美, 中村里香, 堤 智
昭, 蜂須賀暁子, 松田りえ子, 手島玲
子:市販流通食品中の放射性セシウム

- 検査 ～平成 25 年度流通食品検査の
まとめ～. 第 23 回環境化学討論会
(2014.5)
- 22) 渡邊敬浩, 植草義徳, 高附巧, 片岡洋
平, 堤智昭, 松田りえ子, 蜂須賀暁子,
手島玲子. 東日本大震災・津波被害地
域で市販された魚類製品の PCBs 濃度
の実態調査. 第 23 回環境化学討論会
(2014.5)
- 23) 片岡洋平, 渡邊敬浩, 林 智子, 松田
りえ子, 蜂須賀暁子, 手島玲子; 東日
本大震災・津波被害地域で市販された
食品の有害元素含有量実態調査. 第 23
回環境化学討論会 (2014.5)
- 24) Uekusa, Y., Takatsuki, S., Watanabe,
T., Kataoka, Y., Tsutsumi, T.,
Matsuda, R., Hachisuka, A., Teshima,
R. Concentration of polychlorinated
biphenyls in commercially available
fish obtained from tsunami-stricken
areas of Japan. 34th International
Symposium on Halogenated
Persistent Organic Pollutants
(2014.9 Madrid)
- 25) 鍋師裕美, 堤 智昭, 植草義徳, 松田り
え子, 蜂須賀暁子, 手島玲子, 穂山 浩:
牛肉・山菜類・果実類中の放射性セシ
ウムの調理影響に関する検討. 第 52 回
全国衛生化学技術協議会年会(2015.12)
- 26) Uekusa, Y., Takatsuki, S., Tsutsumi,
T., Matsuda, R., Akiyama, H.,
Hachisuka, A., Teshima, R., and
Watanabe, T. “Follow-up
investigation of polychlorinated
biphenyl concentrations in fish from
tsunami-stricken areas of Japan”,
35th International Symposium on
Halogenated Persistent Organic
Pollutants (2015.8 São Paulo)
- 27) 蜂須賀暁子: 食品及び空気中の放射性
物質の測定法、フォーラム 2015 : 衛生
薬学・環境トキシコロジー (2015.9)
- 28) Uekusa, Y., Akiyama, H., Takatsuki,
S., Maeda, T., Tsutsumi, T.,
Watanabe, T., Matsuda, R.,
Hachisuka, A. Analysis of
polychlorinated biphenyls in fish
from tsunami-stricken areas of
Japan. 36th International
Symposium on Halogenated
Persistent Organic Pollutants
(2016.8 Firenze)
- 29) 曾我慶介, 近藤一成, 蜂須賀暁子: 放
射能測定におけるジオメトリー影響の
検証. 日本薬学会 第 137 年会
(2017.3)

3. 単行本

- 1) 松田りえ子, 蜂須賀暁子: 放射性物質
測定値の統計学的特徴と食品中のセシ
ウム検査. 公益社団法人日本食品衛生
協会 (2014)
- 2) 畝山智香子 分担執筆日本都市センタ
ー: 自治体の風評被害対応～東日本大
震災の事例～、日本都市センター、東
京 (2014)、pp 114-124, 第 6 章 風評
被害予防のためのリスク情報共有につ
いて
- 3) 畝山智香子: ”子どもを守るために知っ
ておきたいこと”, 第 3 章食, 株式会社
メタモル出版, 東京, pp.108-124
- 4) 畝山智香子: ”地球とつながる暮らしの

デザイン”，食品の安全を確保する，小林光・豊貞佳奈子編，株式会社木楽舎，東京，pp.80-87

4. その他

(1) 講義

- 1) 蜂須賀暁子：放射性物質測定値の統計的特徴と不確かさについて。
松田りえ子：食品中の放射性物質試験法について。
堤智昭：食品中の放射性物質のスクリーニング法の考え方について。
平成 24 年度食品安全行政講習会 (2012.4)

(2) 講演

- 1) 蜂須賀暁子：放射性物質測定値の統計的特徴と不確かさについて。
松田りえ子：食品中の放射性物質試験法について。
堤智昭：食品中の放射性物質のスクリーニング法の考え方について。
平成 24 年度（一社）食品衛生登録検査機関協会 放射性物質検査にかかわる研修会実施プログラム (2012.4)
- 2) 蜂須賀暁子：放射性物質測定値の統計的特徴と不確かさについて。
松田りえ子：食品中の放射性物質試験法について。
堤智昭：食品中の放射性物質のスクリーニング法の考え方について。
放射性物質検査に関わる研修会、（一社）食品衛生協会主催（社）福島県食品衛生協会共催 (2012.6)
- 3) 蜂須賀暁子：食品中の放射性物質の摂取量調査。平成 24 年度厚生労働科学研究（食品の安全確保推進研究）シン

ポジウム（社）日本食品衛生学会公開講演会 (2012.11)

- 4) 蜂須賀暁子：放射性物質測定値の統計的特徴と不確かさおよび放射性セシウム摂取量推定。（一社）全国清涼飲料工業会 放射性物質についての研修会 (2013.2)
- 5) 蜂須賀暁子：食品及び環境試料中の放射性物質の分析法。第 14 回表示・起源分析技術研究懇談会講演会 (2016.1)

F. 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

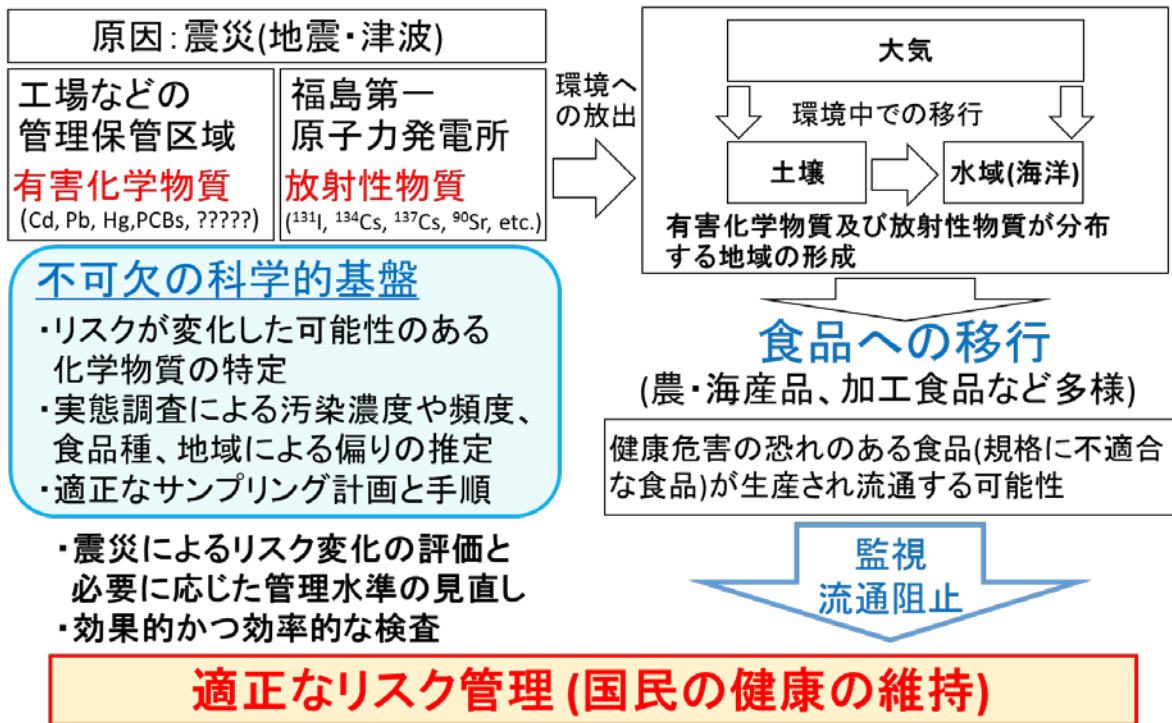
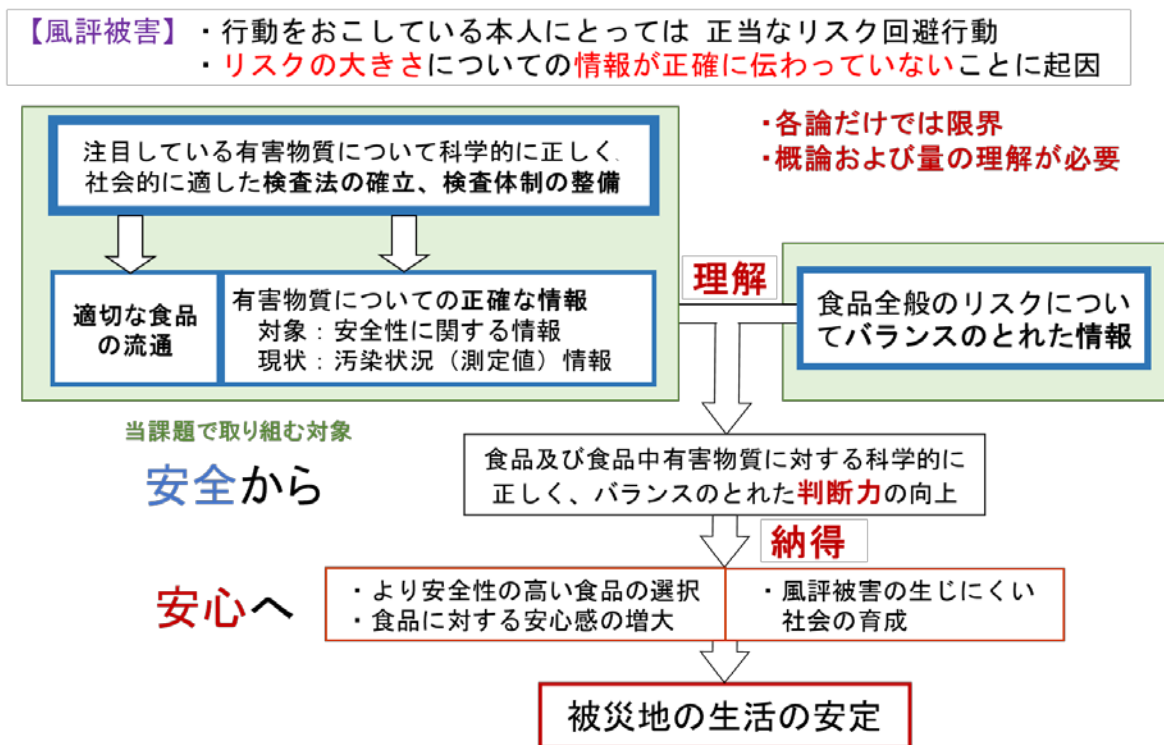


図1 研究の概要(1) リスク管理



Ⅱ. 分 担 研 究 報 告

流通食品中の放射性物質濃度の調査

堤 智昭

平成 24～26 年度厚生労働科学研究補助金 食品の安全確保推進研究事業

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

分担研究報告書

流通食品中の放射性物質濃度の調査

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

研究分担者 堤 智昭 国立医薬品食品衛生研究所食品部第二室長

研究要旨

地方自治体による食品中の放射性物質に係る出荷前の検査の効果の検証を目的として、流通食品の放射性セシウム濃度調査を実施した。一般食品等について平成 24 年度は 1,735 試料、平成 25 年は 1,674 試料、平成 26 年度は 1,516 試料の放射性セシウム濃度を調査した。一般食品の放射性セシウムの基準値である 100 Bq/kg を超過した試料は、平成 24 年度は 3 試料、平成 25 年度は 4 試料、平成 26 年度は 9 試料であった。各年度の基準値超過率は 0.17～0.59% であり、1% 未満であった。基準値を超過した食品は原木栽培及び天然きのこ、山野で収集される山菜であった。これらの食品では放射性セシウムの検出率（25 Bq/kg を超過した割合）や濃度も高かった。一方、その他の食品については放射性セシウムが検出される割合は極めて低かった。

また、平成 26 年度には、乳児用食品 100 試料の放射性セシウム濃度についても調査した。乳児用食品の基準値である 50 Bq/kg（飲料水の基準が適用される食品は 10 Bq/kg）を超過する試料は認められず、調査した全ての試料において放射性セシウム濃度は検出限界値（基準値の 1/10）未満であった。

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事故の結果、食品の放射性物質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、関係自治体が検査計画を策定して放射性物質検査を実施することとなった。この検査のための検

体は、主として出荷前の農場等の生産現場からサンプリングされた。そのため、地方自治体による出荷前検査の有効性を評価する目的で、平成 23 年度厚生労働科学研究により、放射性物質汚染の蓋然性が高い地域産食品の流通段階での買い上げ調査が実施された。この結果、暫定規

制値 (500 Bq/kg) を超過したものは 1,435 試料中 6 試料 (全調査数の 0.4%) であり、出荷前検査の施策が適正に機能していることが確認された。その後、平成 24 年 4 月には、より一層、食品の安全と安心を確保するために、暫定的規制値よりも厳しい現行の放射性物質の基準値が施行された。現行の基準値が施行後も、地方自治体による出荷前検査が引き続き実施されており、検査の効果を引き続き検証するため、本研究課題では平成 24 年度から平成 26 年度にかけて流通食品を買い上げ、放射性セシウム濃度を調査した。

また、乳幼児は成人に比べ放射線感受性が高いとされ、摂取する食品も成人と大きく異なっている。乳児が主として摂取する食品は、調製粉乳やベビーフードのような加工食品であり、出荷前の検査はもっぱら製造業者により自主的に実施されているのが現状である。この様な状況を考慮し、平成 26 年度には流通する乳児用食品においても、放射性セシウム濃度を調査してその実態を把握した。

B. 研究方法

調査対象地域

福島県、岩手県、山形県、宮城県、埼玉県、東京都、神奈川県、栃木県、長野県、静岡県、山梨県、青森県、秋田県、茨城

県、千葉県、新潟県、および群馬県を対象とした。

調査対象食品

一般食品等については、調査対象地域で生産された食品全般 (農産物、畜水産物、加工食品など) を調査対象としたが、食品中の放射性セシウム調査の結果等を踏まえ、基準値を超過する蓋然性が高いと考えられる地域産及び食品を重点的に選択した。都市のスーパーマーケット等の小売店、地方の店舗 (直売所など)、あるいはインターネットを通じて食品を購入し、調査試料とした。平成 24 年度は 1,735 試料、平成 25 年度は 1,674 試料、平成 26 年度は 1,516 試料を購入した。

乳児用食品については、国内で生産されたものとした。平成 26 年度に、調製粉乳 (ステップアップミルクを含む) 31 試料、ベビーフード (ベビー用おやつを含む) 61 試料、および乳児用飲料 8 試料を、小売店あるいはインターネットを通じて購入した (計 100 試料)。

放射性セシウムの測定

一般食品等については、包丁等で細切して測定容器に充填し、測定用試料とした。最初に NaI (TI) または CsI (TI) シンチレーションスペクトロメータ (日立アロカ社製及びテクノエックス社製) によ

るスクリーニング測定を行い、測定下限値である 25 Bq/kg を超過した場合はゲルマニウム半導体検出器ガンマ線スペクトロメータ（Canberra 社製）で確定検査を実施した。ゲルマニウム半導体検出器ガンマ線スペクトロメータの検出限界値は、一般食品の基準値の 1/5 である 20 Bq/kg を目標として測定条件を設定し、放射性セシウム濃度は試料購入日に減衰補正した。充填密度の小さい乾燥物等は、スクリーニング測定を行わず、確定検査を実施した。

乳児用食品については、調製粉乳および乳児用飲料はそのまま、ベビーフードは試料状態に応じて粉碎して、ゲルマニウム半導体検出器ガンマ線スペクトロメータを用いて測定を行った。測定時間は、検出限界値が 5 Bq/kg（飲料水の基準が適用される食品は 1 Bq/kg）未満となるよう測定条件を設定した。放射性セシウム濃度は、試料購入日に減衰補正した。

C. 結果および考察

検査した一般食品等の試料数は、平成 24 年度は 1,735、平成 25 年は 1,674、平成 26 年は 1,516 であった。検査した食品区分は、肉、乳、たまご、米、果実・種実、野菜、きのこ、海藻、淡水産物、海水産物、その他（豆類、麦、ハチミツな

ど）とした。調査試料数が最も多かった区分は 3 年間を通して、山菜を含む野菜で、各年度において総数は 425～609（全体の 24～40%）であった。次いで果実・種実、きのこであり、これら 3 区分で全体の 60～75% を占めた。

25 Bq/kg を超過した試料数（超過率）は、平成 24 年度～平成 26 年度において、68（3.9%）、48（2.9%）、41（2.7%）であった。また、基準値である 100 Bq/kg を超過した試料数（超過率）は、平成 24 年度～平成 26 年度において、3（0.17%）、4（0.24%）、9（0.59%）であった。基準値を超過した率は、厚生労働省のホームページで報告されている平成 24 年度～平成 26 年度の流通食品の基準値超過率である 0.02～0.07% よりも高かった。これは、本調査では前年度の調査結果等を踏まえて、放射性セシウムが検出される可能性が高い食品・地域を重点的に選択した結果と考えられる。この様な選択を行っても基準値超過率は、一般的な違反率として想定されている 1% を下回っていた。また、本研究事業以前の平成 23 年度厚生労働科学研究の流通食品の調査では、当時の暫定規制値（500 Bq/kg）を超過した試料の割合は 0.4% 程度であった。平成 24 年 4 月より、暫定規制値からより低い濃度に設定された現行の基準値に移行したが、基準値超過率は平成 23 年度の結果

と大きく変わらなかった。これらの結果は、いずれも、現行の基準値に対応した出荷前の検査体制が各地方自治体を中心に適切に整備され、かつ有効に機能していることを示唆するものであった。

25 Bq/kg を超える放射性セシウムが検出された割合が高かった食品は、きのこと山菜であり、調査した 3 年間を通して他の食品よりも高い検出率であった。特にきのこでは調査期間を通して 10% を超える検出率となり検出濃度も高かった。淡水産物についても平成 24 年度は高い検出率であったが、その後は急速に低下した。なお、淡水産物については特定の地域産の試料について放射性セシウムが検出される傾向があった。一方、その他の食品については放射性セシウムが検出される割合は極めて低かった。

基準値である 100 Bq/kg を超過した食品は、原木栽培及び天然きのこ、山野で収集される山菜であった。山野から採集したと考えられる天然きのこ及び山菜は、生産管理が極めて困難であるため、高い濃度の放射性セシウムを含むと考えられる。上記の結果を踏まえて、放射性セシウム検査の効率性を高めるためには、今後は原木栽培及び天然きのこ、及び山野で収集される山菜に特に重点をおいた監視が有効であると考えられる。

乳幼児食品については検出限界値を基

準値の 1/10 である 5 Bq/kg 未満（飲料水の基準値が適用される食品は 1 Bq/kg 未満）として調査を実施した。平成 26 年度に 100 試料を調査したが、放射性セシウムは検出されなかった。

D. 結論

一般食品等について、平成 24 年度は 1,735 試料、平成 25 年は 1,674 試料、平成 26 年度は 1516 試料の放射性セシウム濃度を調査した。一般食品の放射性セシウムの基準値である 100 Bq/kg を超過した試料は、平成 24 年度は 3 試料、平成 25 年度は 4 試料、平成 26 年度は 9 試料であった。各年度の超過率は 0.17 ~ 0.59% であり、1% 未満であった。各地方自治体における出荷前食品のモニタリングおよび出荷制限の設定といった行政施策が効果的に機能していることが示唆された。また、放射性セシウム濃度と検出率の結果から、原木栽培及び天然きのこ、山菜、に重点を置いた監視が有効であると考えられた。さらに、平成 26 年度には乳児用食品 100 試料の放射性セシウム濃度も調査したが、全ての試料において放射性セシウム濃度は検出限界値（基準値の 1/10）未満であった。

E. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 堤 智昭, 鍋師裕美, 五十嵐敦子, 蜂須賀暁子, 松田りえ子: マーケットバスケット方式による放射性セシウムおよび放射性カリウムの預託実効線量推定. 食品衛生学雑誌, 54(1), 65-70 (2013).
- 2) 堤 智昭: 食品に含まれる放射性物質の調査. 公衆衛生, 78(3), 208-212 (2014).
- 3) 鍋師裕美, 堤 智昭, 五十嵐敦子, 蜂須賀暁子, 松田りえ子: 流通食品中の放射性セシウム調査. 食品衛生学雑誌, 54(2), 131-150 (2013).
- 4) 植草義徳, 鍋師裕美, 中村里香, 堤 智昭, 蜂須賀暁子, 松田りえ子, 手島玲子: 市販流通食品中の放射性セシウム調査 (平成 24 年度および平成 25 年度). 食品衛生学雑誌, 56 (2), 49-56 (2015).

2. 学会発表

- 1) 鍋師裕美, 堤 智昭, 蜂須賀暁子, 中村里香, 松田りえ子, 手島玲子: 市販流通食品中の放射性セシウム検査～平成 24 年度流通食品検査のまとめ～. 第 22 回環境化学討論会 (2013.7)
- 2) 鍋師裕美, 堤 智昭, 蜂須賀暁子, 中村里香, 松田りえ子, 手島玲子: 平成 24 年度における市販流通食品中の放射性セシウム検査のまとめ, 第 50 回全国衛生科学技術協議会年会 (2013.11)
- 3) 植草義徳, 鍋師裕美, 中村里香, 堤 智

- 昭, 蜂須賀暁子, 松田りえ子, 手島玲子: 市販流通食品中の放射性セシウム検査～平成 25 年度流通食品検査のまとめ～. 第 23 回環境化学討論会 (2014.5)
- 4) 植草義徳, 鍋師裕美, 堤 智昭, 蜂須賀暁子, 松田りえ子, 手島玲子: 市販流通食品中の放射性セシウム濃度の調査 (平成 24～25 年度). 第 108 回日本食品衛生学会 (2014.12)

Ⅱ. 分 担 研 究 報 告

食品中放射性物質検査における適正なサンプリング計画策定

渡邊 敬浩

平成 24-26 年度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

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 分担研究報告書

食品中放射性物質検査における適正なサンプリング計画策定

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
研究分担者 渡邊 敬浩 国立医薬品食品衛生研究所食品部第三室長

研究要旨

食品中の放射性物質には成分規格が設定され、検査が実施されている。その検査では、一定水準の性能への要求を満たす方法を用いて分析をし、規格値に照らして判定を行う事が示されている。しかし、サンプリングに関しては、これまで国による明確な規定はない。食品全数の分析が実施できない、特に破壊分析をとまなう検査では、対象となる食品ロットを代表するサンプルを抜き取るためのサンプリングを規定することが不可欠である。検査実施主体間でサンプリングの内容を整合させるためにはサンプリングが規定され公に示される必要があり、その際には、成分規格の実効に対して過剰あるいは不足の内容とならないよう科学的根拠に基づき検討しなければならない。本研究では、放射性物質を対象とする食品検査において規定すべきサンプリングについて検討する。

平成 24 年度は食品検査に使用される、適正なサンプリング規定の第一歩として、前提となるサンプリングの原理・原則等についてまとめた。また、食品衛生法及び関連文書により、これまでに示されているサンプリング規定の現状をまとめ、問題点等について考察した。さらに、国際的なサンプリングの水準について調査考察すると共に、成分規格との関連についても考察した。これらの結果、明らかとなった問題点を解決しつつ、原理・原則を踏まえ、他国での規定も参考にして、放射性物質検査のためのサンプリングを規定することが必要と考えられた。

平成 25 年度は、サンプリングを規定するにあたってロット中に想定すべき放射性物質濃度の情報を得る目的で、平成 24 年度に実施された放射性物質検査結果を集計し、放射性物質濃度の分布について考察した。また、食品ロット内の濃度に分布を想定しない（想定し得ない）場合に合意されうるサンプリング計画について国際的な規格等を調査し比較した。さらに、ロット内濃度の分布型を仮定し、それらロットを対象に上記合意されうるサンプリング計画を実行した場合の性能についてシミュレーション解析した。その結果、放射性物質検査結果の集計からは、ある特定の食品について、効率的なサンプリング計画を策定するために必要な濃度分布に関する情報を得ることはできなかった。

平成 26 年度は、それら情報の取得を目的として、実際の食品（干しシイタケ）ロットを 3 つ入手し、各ロットから抜き取った個々の干しシイタケの放射性セシウム濃度を測定し、ロット内の濃度分布を推定した。その結果、ロット中の放射性セシウム濃度の分布型は対数正規型であることが明らかとなった。さらに、この実データに基づき推定した分布を対象とし、サンプルサイズの変化を伴う計数規準型及び計量規準型サンプリングの性能を、計算及びシミュレーションにより推定し、評価した。

研究協力者 松田りえ子 国立医薬品食品衛生研究所食品部主任研究官
土山智之 名古屋市衛生研究所 食品部
宮崎仁志 名古屋市衛生研究所 食品部

A. 研究目的

食品衛生法の目的は、飲食に起因する衛生上の危害の発生を防止し、もって国民の健康の保護を図ることである。この目的を達成するための方策の一つとして、有害な化学物質等を含有する上限の量が、個々の食品の成分規格として設定される。しかし、成分規格が設定されただけでは目的を達成できず、成分規格に定められた値（規格値）を超える量を含有する食品を排除し、規格値を下回る食品だけを流通させるための実行が不可欠である。検査は、科学的な証拠に基づき、成分規格に適合した食品だけが流通する状態を達成し、維持・管理するための、すなわち法の目的を達成するための実行手段である。

福島第一原子力発電所の事故以後、食品に含まれる放射性物質の上限量を規定する成分規格が設定された。この成分規格の設定に合わせ、現在までもすでに多くの検査が実施されている。検査は、サンプリング、分析、分析結果に基づく判定の3つの要素からなる。食品中の放射性物質の検査でも、一定水準の性能への要求を満たす方法を用いて分析をし、規格値に照らして判定を行う事が示されている。しかし、サンプリングに関しては、これまで国による明確な規定はない。サンプリングは、統計学による「判定の誤りの確率」の考察を基本とし、実行性や国際的な整合性を踏まえ定められる。

本研究では、平成24年度には、食品中放射性物質検査における適正なサンプリング計画の策定の第一歩として、前提として踏まえるべ

きサンプリングの原理・原則をまとめた。また、これまでに策定され、他の成分規格項目の検査に用いられている国内外のサンプリング計画を比較し、適正なサンプリングのあるべき姿について考察した。

平成25年度は、食品中放射性物質検査における適正なサンプリング計画を策定することを目的とし、1)放射性物質検査結果の解析による食品ロット内の放射性物質濃度分布に関する考察、2)食品ロット内の濃度に分布を想定しない（想定し得ない）場合に合意されうるサンプリング計画の調査・比較、3)正規型及び対数正規型をロット内濃度の分布型に仮定し、それらロットを対象に上記合意されうるサンプリング計画を実行した場合の性能のシミュレーション解析を実施した。

平成26年度は、食品中放射性物質検査における適正なサンプリング計画を策定することを目的とし、1)実際に放射性セシウムに汚染された食品（干しシイタケ）ロット内の放射性物質濃度分布の推定と考察、2)推定されたロットをモデルとする分布からの計数規準型サンプリングを試行した際のサンプルサイズ別OC曲線の作成、3)推定されたロットをモデルとする分布からの計量規準型サンプリングを試行した際のサンプルサイズ別OC曲線の作成を実施し、国際的に認められているサンプリング計画の比較結果も踏まえ、適正なサンプリング計画について検討した結果を報告する。

B. 方法

1.1 サンプルングの原理・原則

Codex 分析・サンプルング法部会が作成し、2013年7月に開催される総会に承認を諮る予定の「Draft Proposed Principles for the Use of Sampling and Testing in international Food Trade」(REP13/MAS Appendix II)に記載された原理・原則について考察した。

1.2 食品衛生法によるサンプルングの規定

食品衛生関係法規集を使用し、食品衛生法、食品衛生法施行規則、食品衛生法施行令、及び関係する厚生労働省令、また通知等を対象に、「検査」、「サンプルング」、「検体採取」等をキーワードに検索した。検索の結果得られた上記キーワードを含む文書を整理の上、食品衛生法によるサンプルング規定の現状を考察した。

1.3 他国における成分規格設定とサンプルング規定の関係

既存の成分規格と検査で実施する事が規定されているサンプルングとの関係について、各種欧州文書を整理した。米国農務省が策定しているサンプルングのためのハンドブック、Codex ガイドラインである CAC/GL33 「Recommended methods of sampling for the determination of pesticide residues for compliance with MRLs」も参照した。これら文書の整理に基づき、成分規格設定とサンプルング規定との関係及び、現実を踏まえたサンプルング計画の策定について考察した。

2.1 放射性物質検査結果の解析

厚生労働省のHP上の平成24年度の放射性物質検査の結果をデータとし、食品種別に検査結果として報告された分析値の頻度を解析し

た。一定数以上の検査結果が報告されていることも考慮しつつ、食品種には、野菜、果実、穀類、きのこ類、海水魚、淡水魚を選択し、全国の検査結果と原子力発電所の事故の影響を強く受けていると考えられる福島県とを分けて解析した。

2.2 食品ロット内の濃度分布を想定しない(想定し得ない)場合に合意されるサンプルング計画

物質濃度を取り扱うサンプルング計画の策定には、対象となる食品ロット内での対象物質濃度の分布に関する情報が不可欠である。しかし、必ずしもその情報が得られるとは限らない。そのため、食品ロット内の物質濃度に特定の分布型が想定できない場合に、合意に基づき用いる事が指示されたサンプルング計画を Codex ガイドライン並びに規格(CAC-GL33 並びに CAC STA 193) 及び EC Commission directive 2002/63EC から抜粋し、比較した。

2.3 食品ロット内に特定の濃度分布を想定し得ない場合に用いるサンプルング計画の性能

Codex ガイドライン等の比較により明らかにした、食品ロット内に特定の濃度分布を想定し得ない場合に合意に基づき用いるサンプルング計画の性能を評価した。

3.1 ロットから抜き取った干しシイタケにおける放射性セシウム濃度の測定

試料：同一生産者からの一括出荷を想定し、干しシイタケの出荷に用いられることを確認した箱(出荷箱)をロットとした。1ロットには概ね10kg(3000個以上)の干しシイタケが含

まれる。このロットからランダムに 0.4 kg (約 150 個)の干しシイタケを抜き取った。同様の抜き取りは、計 3 ロットに対して行い、それぞれのロットに相当する 3つの試験室試料を調製した。各ロットから 40~53 個の干しシイタケをランダムに抜き取り、その 1つ1つを測定用試料とした。

放射性セシウム濃度の測定：干しシイタケを 1本ずつ粉碎し、4.7 倍量の水を加えて攪拌した。調製した試料を U8 容器に充填し、ゲルマニウム半導体検出器により、放射性セシウム (Cs-134 及び Cs-137)濃度を測定した。Cs-134 及び Cs-137 濃度に伴う計数誤差が 3 Bq/kg 以下もしくは RSD (計数誤差/濃度×100) が 2% 以下となるように、測定時間を設定した。

3.2 記述可能な分布へのフィッティング

1つのロットから得た全ての固体の放射性セシウム濃度を 1つのデータセットとし、このデータセットから記述可能な分布へのフィッティングは、Oracle 社製 Crystal Ball, Fusion Edition により実施した。

アンダーソンダーリング検定の判断基準 (フィッティングの程度を判断するパラメータ) は、ロット 1 は 0.303、ロット 2 は 0.201、ロット 3 は 0.248 であった。一般にアンダーソンダーリングの判断基準が 1.5 未満であれば、分布に適合していると判断される。

C. 結果及び考察

1.1 サンプリングの原理・原則

Codex 委員会では、消費者の健康危害の防止と、国際的な食品取引の公平性の確保を目的に、様々な規格やガイドラインを策定し、各国政府に公開している。本研究で考察したサンプリン

グの原理・原則を示すガイドライン「食品の国際的な取引におけるサンプリングと試験の使用原則」は 2011 年に、Codex 分析・サンプリング法部会において検討が開始されたもので、2013 年の Codex 総会において承認が諮られ、Codex ガイドラインとして発行されれば、サンプリングと試験の使用の原則に関して理解すべき内容の指標となり、少なくとも Codex 加盟国にとっては、検査において踏まえるべき前提となる (注：CAC/GL83-2013 として発行された)。そこで、この文書に含まれる 7つの原理・原則を取り上げ、補足する。なお、検査の理想は「誤りなく判定をすること」であり、サンプリングの理想は、「誤りのない判定を可能とするサンプルを提供する事」である。しかし、現実には不可能であることをまずは理解し、①許容できる誤りの確率を決めること、有害物質が対象の場合には、②許容できる誤りの確率をより小さくできるよう、可能な実行内容を決めること、が命題となる。

1.2 食品衛生法によるサンプリングの規定

現在の食品衛生法に関連する文書に示されたサンプリングの規定には、一部を除き、1)検査対象がロットであることが明示されていない、2)「検体」、「試料」等サンプリングを規定する上で用いる技術用語が定義されておらず、整合していない、3)ロットからの一次試料の抜き取り数 (サンプルサイズ) が決められていない、4)縮分やコンポジットの指示が不明など、多くの問題がある。1.1 で考察したサンプリングの原理・原則を踏まえ、定義した適切な用語により明示的にサンプリングを規定することが必要である。その

際には、サンプルの取扱いなど、サンプリングに伴う注意事項をあわせて示すことも有効である。食品と有害物質等との組み合わせごとにサンプリングが明示的に規定され、体系的にとりまとめられることにより、サンプリング実施者間で実施内容が不一致となる事態が回避される。運用上は、検査の実施に先立ち、二者（二国）が使用するサンプリングに合意することが大事である。このような問題点や注意点を踏まえ、食品衛生法に基づくサンプリングが規定され、体系化され、さらには周知されることが必要である。放射性物質の検査に使用されるサンプリングについても同様である。

1.3 他国における成分規格設定とサンプリング法規定との関係

欧州における食品成分及び分析・サンプリング法を規格する文書3編を取り上げた。それらには、成分規格への適合を判定するためには、文書に規定されているサンプリングを実行すること及び、適合判定はサンプリングにより調製された試験室試料中の濃度に基づき行う事が、文書の目的とスコープとして明示されている。また、3つの文書には共通して、サンプリングの規定に必要な技術用語の定義が含まれている。これらの用語は、サンプリングの規定に不可欠であり、その使用に先立ち明確な定義を示し、理解を共有させることが、整合したサンプリング実行の基礎となる。

2.1 放射性物質検査結果の解析

平成24年度に実施された放射性物質検査の濃度のヒストグラムを作成した。

その結果、概観すれば、全国と福島県とで大きくパターンが異なる食品は、米を除いて認められなかった。今回実施した検査結果の解析からは、ある特定ロット内の濃度分布を推測することはできない。個々のロット内の濃度分布を知るためには、ロット平均値の高かった食品を選び、個々のロットから多数のサンプルを抜き取り分析する事を複数のロットに対して繰り返し行い、その結果からの推定が必要である。そのような推定がされるまでは、食品ロット内の放射性物質濃度の分布には想定がない（想定し得ない）として取り扱わざるを得ない。

2.2 食品ロット内の濃度分布を想定しない（想定し得ない）場合に合意されるサンプリング計画

Codex ガイドライン並びに規格及び EC Commission directive 2002/63/EC から、特定の分布型を想定せず合意によって決められているサンプリング計画を抜粋して比較した。端的に言えば、ロットサイズに応じてサンプルサイズを1、3、5、10にすることだけが決められており、この計画の実施による生産者危険や消費者危険は不明である。しかし、このサンプリング計画が合意に基づき使用されることで、検査実施者間での不整合が回避される。

2.3 食品ロット内に特定の濃度分布を想定し得ない場合に用いるサンプリング計画の性能

特定の分布型を想定せず合意によっ

て決められているサンプリング計画（サンプルサイズをロットサイズに応じて 1、3、5、10 とする計画）の性能を、ロット内の濃度分布に一定の幅を持つ正規分布もしくは対数正規分布を仮定した場合をシミュレーションすることにより解析した。その結果、ロット内濃度の分布型が正規分布あるいは対数正規分布であり、その分布の幅が相対標準偏差として 10～30%である場合には、サンプルサイズが 10 以下であっても、ロット平均値の±10%の範囲に、50%以上の確率サンプル平均が含まれることが本シミュレーションにより示された。

3.1 放射性セシウム濃度の分布

ロットからランダムに抜き取った干しシイタケの放射性セシウム濃度（ $n=40\sim 53$ ）は、3つのロット間で異なった。また、濃度範囲内での検出頻度は対象ではなく、高濃度側に裾を引く分布であり、ロットごとの平均値は濃度範囲の中央からずれ、低濃度側に位置していた。これらのことから、干しシイタケロット内の放射性セシウム濃度の分布は、正規分布に従わないことが強く示唆された。そこで、各種の連続分布へのフィッティングを試行した結果、ロット 1～3 の全てに共通して、対数正規分布をフィッティングすることができた。以上の結果から、食品中放射性物質検査のためのサンプリングの検討では、対数正規分布をモデルとすることが妥当と考えられた。ロットごとにフィッティングされた対数正規分布の RSD%は、それぞれ 58%、80%、94%であった。これらのことから、分布型は対数正規分布とし、RSD を広い

範囲に変化させて、サンプリング計画を検討する必要があると考えられた。

3.2 対数正規分布からのサンプリングの性能

ロット平均を 100、RSD がシイタケロットから求められた上述の値となる対数正規分布をもつモデルロット 1～3 から、サンプルサイズを 1、3、5、10 として実行する計数規準型及び計量規準型サンプリング計画の性能を評価した。

モデルロット 1～3 を対象にする計数規準型サンプリング計画の性能を、OC 曲線として図 1 に示す。計数規準型サンプリング計画の性能評価では、抜き取られるアイテムの濃度が基準値以上であった場合に不良とし、1つの不良も許容しない（合格判定個数を 0）とすると、サンプルサイズを 3 としても、ロット平均が基準値に一致するロットの合格率は 42%という、適用しがたい性能となった（真には適合しているロットを誤って判定する確率が高すぎる）。サンプルサイズを 2 とすると、ロット平均が基準値に一致するロットの合格率は 70%程度となったが、逆に、ロット平均が 220 のロットでも合格率が 10%程度となった。つまり、基準値の倍以上のロット平均をもつロットであっても、このサンプリング計画を採用した検査では見逃され、流通する可能性が大きく（明らかに適合していないロットを誤って判定する確率が高すぎるため）、これも妥当な検査とは言い難い。

モデルロット 1～3 を対象とする計量規準型サンプリング計画の性能を OC 曲線として図 2 に示す。計量規準型サンプリング計画の性能評価では、ロット平均が基準値に一致するロットの合格率は 50～70%程度であった。合格率

が10%(不合格率90%)となるロットの平均は、サンプルサイズを大きくするとともに小さくなる(より基準値に近づく)。今回実測値からモデル化した対数正規分布のうち、RSDが最大であったモデルロット3(RSD=94%)であれば、サンプルサイズを10とすることにより、ロット平均が150のロットであっても、合格率を10%とすることができる(ロット平均が基準値の1.5倍のロットの90%を不合格と判定することができる)。今回実測値からモデル化された対数正規分布のうち、最小であったRSDが58%のロットであれば、サンプルサイズを5としても同じ性能となる。95%合格するロットのロット平均には、RSDの違いによる大きな差は見られない。

以上の通り、モデルロットを対象とした検討の結果からは、計量規準型サンプリング計画の採用が適切であり、合格率が10%となるロット平均を指標に、妥当なサンプルサイズを決めるべきと考えられた。

D. 結論

食品衛生法により、放射性物質含有上限量が食品の一般成分規格に定められた。平成24年度は、この成分規格への適合判定を目的とした検査に使用される、適正なサンプリング規定の第一歩として、前提となるサンプリングの原理・原則についてまとめた。また、食品中の放射性物質に係る検査は、食品衛生法に基づき実施されることになるため、同法及び関連文書により、これまでに示されているサンプリング規定の現状をまとめ、問題点等について考察した。さらに、検査は輸出入時にも実施されると考えられることから、他国で用いられているサンプリングについても調査し、国際的なサンプリ

ングの水準について考察すると共に、成分規格との関連についても考察した。その結果、食品衛生法及び関連文書により指示されるサンプリングの規定には、多くの問題が認められた。これらの問題点を解決しつつ、原理・原則を踏まえ、他国での規定も参考にして、放射性物質検査のためのサンプリングを規定することが必要である。適切なサンプリングは汚染物質の分布に依存することから、次年度は、ロット中に想定すべき放射性物質濃度の分布について検討した。

平成25年度は、前年度に自治体等で実施された放射性物質検査の結果を、食品種また全国と福島県とで区別し集計した。その結果、これまでの検査結果を活用し、規格値を超える蓋然性が高い食品種を選択の上、その食品に対する検査頻度を上げた方が、法律の主旨に叶ったより効率の良い検査になるだろうことが示唆された。しかし、ある特定の食品について、効率的なサンプリング計画を策定するために必要な濃度分布に関する情報を得ることはできなかった。

特定の分布を想定しえない場合に合意により採用するサンプリング計画により指示されるサンプルサイズが、1、3、5、10であることが明らかとなった。このサンプルサイズに従い、仮定した一定の分布をもつロットから抜き取られるサンプル平均をシミュレーション解析した。その結果、仮定した分布型と分布の範囲であれば、得られるサンプル平均がロット平均 $\pm 10\%$ の範囲に50%の確率で含まれるようにするために、十分な性能を有していることが示された。ロット平均値に対し、どの程度の正確な判定を可能とするサンプル平均を必要とするのか、またそのサンプル平均が得られる確率を

どのくらいに設定すべきなのかは、今後の検討課題である。また、今回のシミュレーションはあくまで仮定した分布に対して行われたものである。放射性物質に汚染されたロット内の実際の濃度分布を知ることが、今後不可欠である。

これらの知見を踏まえ、平成 26 年度は濃度分布情報を得るために、放射性セシウムに汚染された干しシイタケを測定し、ロット中の濃度分布が対数正規分布に従っており、その RSD は 50%以上であることを明らかにした。

サンプルサイズを 1、3、5、10 とする計量規準型サンプリング計画をこのロットに適用した時の性能を評価した結果、もっとも分布の広い RSD=94%のロットにおいても、サンプルサイズを 10 とすれば、平均値が 150 のロットの合格率を 10%とできることが明らかとなった。

以上のことから、生産者と消費者との合意や納得が必要であるが、サンプルサイズを最大 10 とする計量規準型のサンプリング計画を、食品の放射性物質濃度が成分規格に適合しているかを判定する事を目的とした検査に採用することが提案される。

E. 研究発表

1. 論文発表

1) Takahiro Watanabe, Rieko Matsuda; Effect of the Distribution of Analyte Concentration in Lot, Sample Size, and Number of Analytical Runs on Food-Testing Results. J. Agric. Food Chem. 60(42), 10702-8(2012)

2. 学会発表

1) 渡邊敬浩、片岡洋平、松田りえ子; 分析用サンプルの均質化が分析結果の変動に及ぼす影響、第 49 回全国衛生化学技術協議

会年会 (2012 年 11 月、高松市)

- 2) 渡邊敬浩、松田りえ子; 非対称分布からのサンプリングと検査結果との関係のシミュレーションによる解析、第 49 回全国衛生化学技術協議会年会 (2012 年 11 月、高松市)
- 3) Yoshiki Tsukakoshi, Takahiro Watababe, Satoko Yokota, Takanori Omori, Masataka Satomi, Hiroshi Ono, and Mitsuru Yoshida; Review of some Japanese studies regarding uncertainty arising from sampling from farm to fork. (2013 年 3 月、ハンガリー・ブダペスト)

F. 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

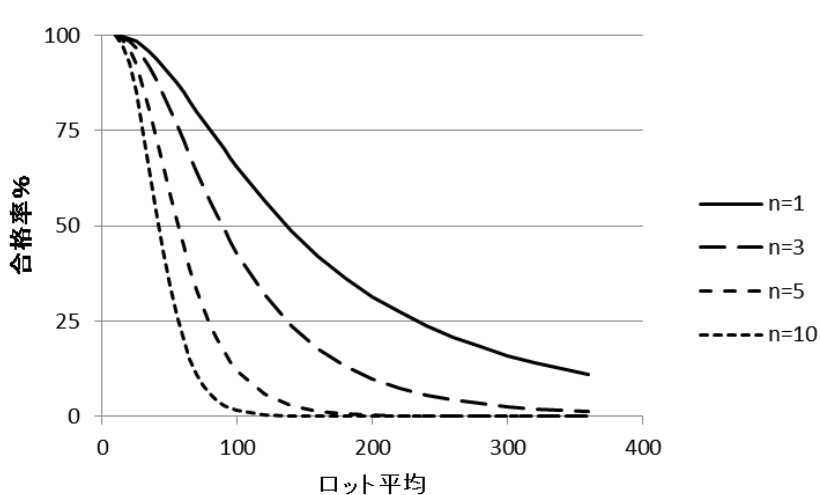
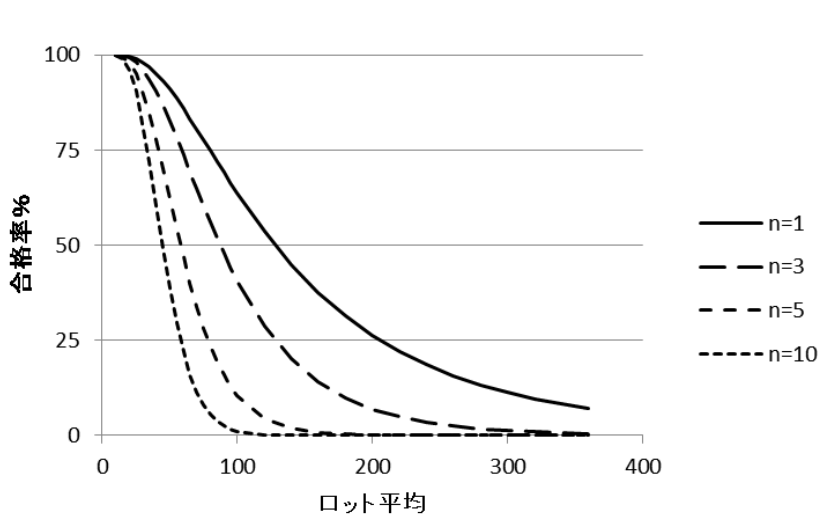
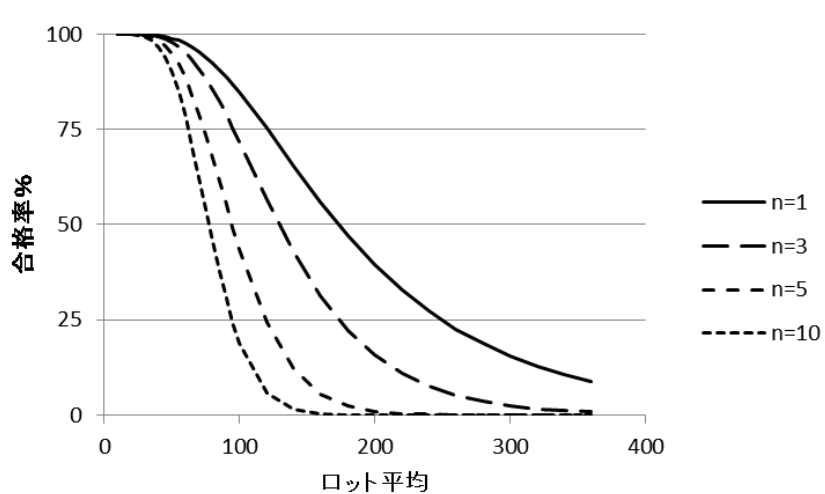


図1 シイタケロットからの計数基準型サンプリングのOC曲線

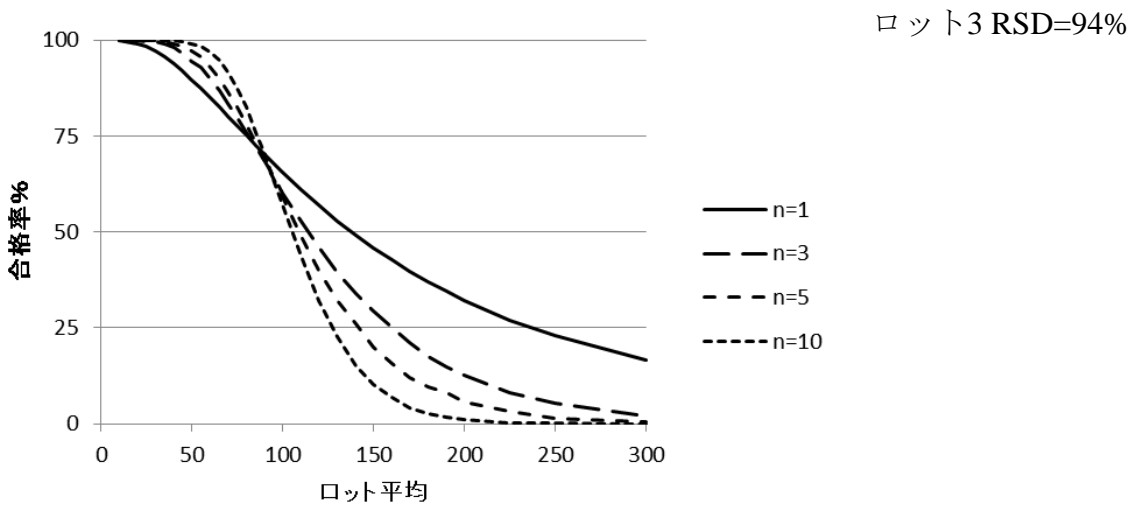
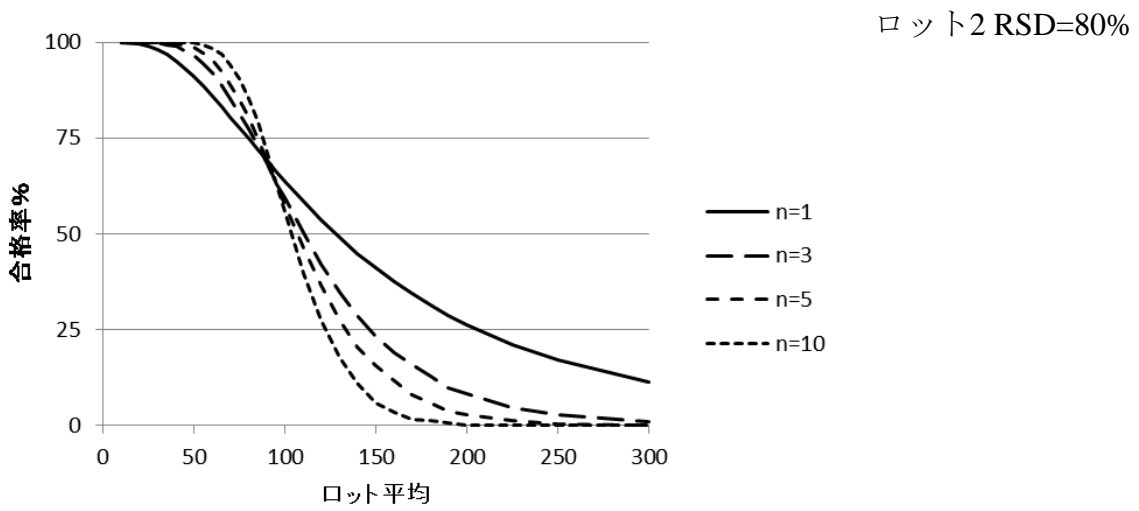
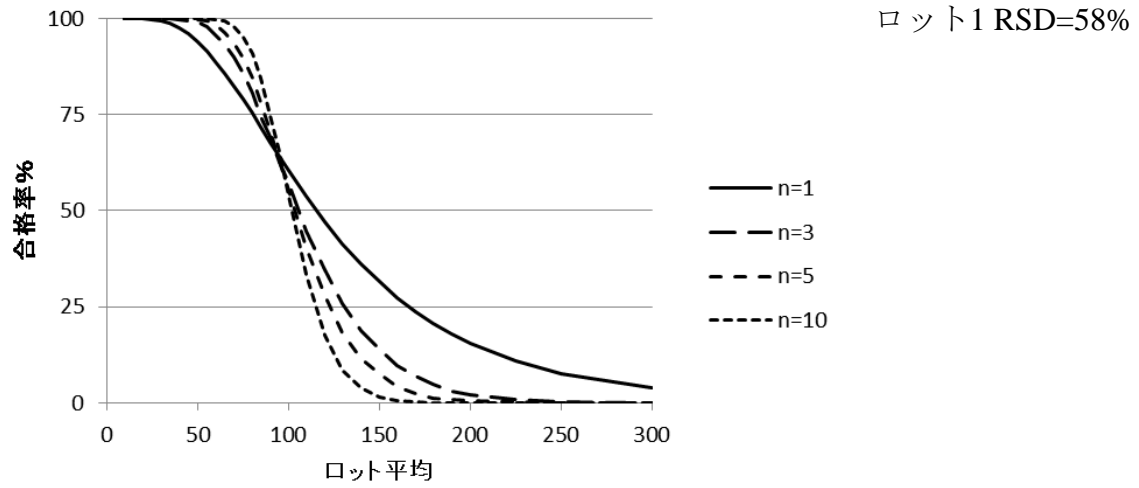


図2 シイタケロットからの計量基準型サンプリングのOC曲線

Ⅱ. 分 担 研 究 報 告

食品中の放射性物質の検査に係る信頼性評価手法の検討

蜂須賀 暁子

曾我 慶介

平成 24-28 年度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

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 分担研究報告書

食品中の放射性物質の検査に係る信頼性評価手法の検討

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
研究分担者 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

研究要旨

法に基づいて行われる検査は、基本的にその結果によって何らかの行政措置が伴うものであるため、検査の分析値には一定の品質が要求される。福島第一原子力発電所事故を起因とした食品中放射能検査では、放射能測定知識を有した人員の絶対数が不足していたため、検査の信頼性という観点からは問題と思われる一面もあった。また、放射性物質検査においては相対的に測定機器の重要性が大きいと考えられたことから、放射能検査における信頼性確保の一環として、平成 24 年度はスクリーニング検査対応測定機器の販売業者に対し、スクリーニング法事務連絡記載事項への対応についてアンケート調査を行った。この調査により、事務連絡記載事項全般について、必ずしも妥当性確認がなされているとは見なせない測定機器・解析法が見受けられた。その原因として、スクリーニング法が正しく理解されていないこと、特に校正の必要性の認識が甘いことが考えられた。また、機器使用者の検査における信頼性に対する無関心、放射能測定に関する知識の不足が根底に存在すると思われた。検査の信頼性を確保するためには、検査に関与する人々が検査法を正しく理解することが必須である。

分析値の品質保証においては、一般には不確かさの推定値がパラメータとして用いられる。食品衛生法に基づく食品中放射能検査では、計数の統計による不確かさ（計数誤差）のみが記載され、それにより評価することとされているが、これ以外にも多くの要因があり、その中には放射線測定特有の要因も含まれることから、これらについて検討を行った。平成 25 年度は、基本となる放射能測定のモデル式を示し、食品検査における各操作と分析の要因を抽出した。放射線測定では、放射線源と検出器との立体角の大きさが計数効率に影響するため、測定試料の体積の変動は、その体積変化そのものではなく、位置による計数効率の変動を介して放射能濃度に影響することを例示した。平成 26 年度は前年度のモデル式をもとに各不確かさについて評価し、それらの合成について検討した。その結果、測定操作全体の不確かさの合成においては、試料の計数値及びピーク効率に起因する不確かさの寄与が大きいことが予想された。また、放射能測定の計数誤差と一般的な科学機器分析の測定の際の標準偏差を混同し、検出限界における標準偏差を高濃度側で用いた場合は、精度の低下を招くことを示した。平成 27 年度は、測定値の偏りを生じさせる因子として、試料と検出器の幾何学的位置関係であるジオメトリーについて、理論と実測から検討した。その結果、測定容器内の計数効率が高い部位に空隙がある場合は、測定値は小さくなり、放射能濃度は低く算出され、逆に計数効率が低い部位に空隙がある場合は、高く算出されることを示した。測定値が試料重量で補正されることを期待して、ジオメトリ

一を無視して試料量を規定量以上に充填した場合は、算出される重量あたりの放射能濃度が減少することを示した。

平成 28 年度は、測定全体を俯瞰し、また、放射能測定が必要とされる状況を考慮し、測定ピークの判定、校正、試料及び測定環境の維持管理について検討した。測定の妨害となりうる核種について検討し、その対応について考察し、一次情報であるスペクトルの重要性を指摘した。また、放射性物質の検査が必要となる場合は事故時と予想されることから、試料及び測定環境の汚染防止についても考察した。

放射能検査においても他の検査と同様に、全操作の不確かさを推定すること、そして各操作及び要因が最終結果に与える影響の程度を理解していることが、分析値の品質を保証する上で重要と考えられる。

研究協力者 松田りえ子 国立医薬品食品衛生研究所食品部長
堤 智昭 国立医薬品食品衛生研究所食品部第二室長
鍋師 裕美 国立医薬品食品衛生研究所食品部主任研究官
中村 里香 国立医薬品食品衛生研究所生化学部研究員

A. 研究目的

食品衛生法に基づく放射能検査の結果によっては、自治体単位の出荷制限、さらには摂取制限の措置がなされることから、検査の信頼性は重要である。食品中の放射性セシウムの検査では、サンプリング・分析・判定の各段階が信頼性に関わっているが、サンプリングについては別課題とし、ここでは分析・判定を扱うこととする。

現在の放射能食品検査は、ゲルマニウム半導体検出器 (Ge 検出器) を代表とする通知法 (確定法)¹⁾と NaI(Tl)シンチレーション検出器 (NaI 検出器) を代表とするスクリーニング法²⁾の 2 種類が通達され、検査の流れは図 1 のようになっている。どちらの検査法でもガンマ線の透過性を利用した放射能測定が行われ、試料の前処理は、水戻し作業が必要になるような乾物もあるものの、多くは細切等により測定容器に均一に詰める作業のみである。そのため、放射能検査の信頼性においては、試料前処理もさることながら測定及び測定値の取扱いが相対的に重要になると予想された。放射能分析の流れと 5

年間の研究の概要を図 2 に示す。

本来であれば、検査全体を熟知した検査者が、検査を遂行できる能力を有する機器を選定し、その性能を維持管理し、検査要求項目を遵守して得られた測定値を基準値単位に換算し、最終判定を行うことによって、検査全体の水準を維持し、検査の信頼性を保証する。しかしながら、福島第一原子力発電所事故を起因とした食品中放射能検査では、放射能測定の知識を有した人員の絶対数が不足していたため、検査の信頼性という観点からは問題と思われる面もあった。さらに、平成 23 年度に定められたスクリーニング法は新しい概念が取り入れられており、社会としての経験も浅く、また、Ge 検出器を使用する確定法と比べて機器性能及び解析手法において自由度が高いものである。そこで、平成 24 年度は、初期の検査において重要な役割を担うスクリーニング測定機器に注目し、スクリーニング検査対応と称する測定機器販売業者に対し、食品検査項目についてのアンケート調査を行い、機器供給側の信頼性保証に関する情報収集及び問題点の検討を行った。

平成 25 年度以降は、主に確定法について検討を行った。食品中放射能の測定は、一般的な化学的な手法による食品中有害物質の測定とは原理が異なるため、その不確かさを評価するには、放射能分析特有のモデル式及び要因の評価が必要となる。そこで、平成 25 年度は、基本となる放射能測定のモデル式を示し、食品検査における各操作と分析値を評価する場合の問題点を抽出した。また、放射線測定特有の因子の一例として、試料の形状の違いによるジオメトリーの変化に伴うピーク効率の変化、さらに放射能濃度換算への影響を検討した。平成 26 年度は前年度のモデル式をもとに各不確かさについて評価し、それらを合成した値についても検討した。特に、現行の食品中放射能検査の精度において重要かつ放射能測定に特異な計数誤差について詳細に解析し、一般科学機器分析における測定のばらつきの標準偏差と比較し、これらを混同した場合の検査制度への影響を検討した。平成 27 年度は、測定値の偏りを生じさせる因子として、試料と検出器の幾何学的位置関係であるジオメトリーを取り上げた。ジオメトリーは、計数誤差と同様に放射能測定に特有の因子である。放射性セシウムの汚染試料を用いて、空隙率や空隙部位を変えて測定試料を充填し、それらが測定結果に及ぼす影響を検討した。

平成 28 年度は測定全体を俯瞰し、また、放射能測定が必要とされる状況を考慮し、測定ピークの判定、校正、試料及び測定環境の維持管理について検討した。

B. 方法

1. スクリーニング法測定機器について

食品中放射能濃度のスクリーニング法は、平

成 23 年 7 月 29 日に事務連絡され、その後、数回の改訂が行われた。更に、平成 24 年 4 月の新しい基準値に対応するものとして、平成 24 年 3 月 1 日に通達された²⁾。公益社団法人日本アイソトープ協会が「食品中の放射性セシウムスクリーニング法に対応可能な機器」としてホームページ上で情報を提示している機器販売業者に対して、測定機器の概要について、スクリーニング法記載事項への対応についての 2 点についてアンケート及び聞き取り調査を行った。

2. 放射能測定のモデル式

放射線測定のモデル式は、IAEA の放射線測定に関する報告書 (Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements、IAEA-TECDOC-1401 July 2004、pp.103-126) を参考にした。

3. ピーク効率測定

ピーク効率は、Ge 検出器 (GC4019、Canberra 社製)、データ解析ソフト (ガンマエクスペローラ、キャンベラジャパン社製) により、ポリプロピレン製 U-8 容器の放射能標準ガンマ体積線源 (9 核種混合、JCSS 校正 (相対拡張不確かさ 4.6~5.5%)、日本アイソトープ協会製) を測定することにより求めた。U-8 容器標準体積線源は、比重 1.045g/cm^3 のアルミナを 0.5—5cm 高さに充填したものを使用し、各核種の計数誤差が 2% 以内となるように測定時間を設定した。

4. ジオメトリーの評価

試料: 玄米 300 g に、Cs-137 標準溶液 1.75 kBq、赤色 3 号及び NaN_3 を含む 30 ml の水溶液を加えたものを 6 ロット作成し、それらを混和したものを測定試料 (汚染玄米試料) として用いた。コントロールには無処置の玄米を用いた。

測定: Ge 検出器による測定は、「3. ピーク効率測定」と同様に行った。測定容器は、U-8 容

器、200 ml 円筒容器（内径 49 mm）、1 L マリネリの 3 種類を用いた。測定には 662 keV のピーク計数値を用い、測定時間は、各々の測定容器の規定試料量においてピーク計数値 1 万を目安に、U-8 容器 20 分、200 ml 円筒容器 10 分、1 L マリネリ容器 5 分に設定した。

NaI(Tl) シンチレーションスペクトロメータ（NaI 検出器）は、アロカ社製 AccuFLEX γ 7001（φ3 インチ x 3 インチのウェル型）を使用し、測定容器は 20 mL 低カリウムガラスバイアルを用い、測定時間を 60 分とした。試料 20 本の測定エネルギー 540-830 keV の計数値から、コントロール計数値を差し引いた正味計数値を算出し、解析に用いた。

測定容器への充填では、規定量の 50%~120% の容量で水平に充填したほか、直径 7 mm のビーズを用いて測定容器の任意の場所に空隙を作成し、規定量における計数率あるいは計数値を基準とし、充填の違い等による計数率の相対的な変化を求めた。

5. 測定ピークの判定 妨害ピーク評価

核データは、アイソトープ手帳 11 版（公益社団法人日本アイソトープ協会）、日本原子力研究開発機構/核データ研究グループ/ Nuclear Data Center http://www.ndc.jaea.go.jp/nucldata/index_J.html、国際原子力機関 IAEA/Live Chart of Nuclides <https://www.nds.iaea.org/relnsd/vchart.html/VChartHTML.html> を参照した。

C. 結果及び考察

1 スクリーニング法測定機器について

1.1 アンケート調査結果について

測定機器販売業者 10 社に調査協力依頼をし、調査票を送付した 9 社のうち、調査票回答並びに現地調査に協力が得られた 5 社、5 機種につ

いて調査内容をまとめた。なお、当研究所において検出器（解析ソフトは含まず）の性能を確認していた 2 社は調査対象から外している。

1.1 スクリーニング検査法における性能要件について

スクリーニング法の性能要件で挙げられているものは、真度（校正）、感度（測定下限値）、精度（スクリーニングレベル）である。スクリーニング法は、真値を求める分析法ではないが、決して適当な分析法ではない。基準適合または適否不明の判定に用いられる行政検査法である。従って、正のバイアスを許容すること以外は、真値を求める分析法と基本的には同じ性能が要求されるが、その認識は社会的に弱いようである。今回、調査に協力して頂いた販売業者は、知識力も高く、真摯に取り組んでいる企業グループに属すると思われたが、それでも、一部認識の甘さが見られたところがあった。特に課題と思われたものは、校正、測定下限値の検証、スクリーニングレベルの検証、定量における負のバイアスがかからないことの検証などであった。事務連絡で推奨している解析方法を必ずしも用いる必要はないが、異なる方法を用いる場合には、採用した解析アルゴリズムについて、その精度及び感度の説明が必要であり、それらの説明が十分ではないことから、方法論について妥当性確認済みとは見なせないものもあった。

2. 放射能測定における不確かさの評価（1）

不確かさを評価するにあたり、放射能測定モデル式を示し、次に食品検査の分析操作の手順について、不確かさの要因の抽出を行った。そのうちの試料高さの変動については、円筒形の容器 U-8 の高さ標準線源の実測値をもとに、

不確かさのシミュレーションを行った。

実測により求めた U8 容器の試料高さと同ピーク効率の関係を図 3 に示す。測定するガンマ線エネルギーによってピーク計数効率は異なるが、いずれのエネルギーにおいても、円筒容器では試料高さが小さい、すなわち体積が小さい方が、計数効率が高くなっている。このピーク効率を用いて算出された、円筒容器の 0.5cm ほどの高さにおける相対計数効率を図 4 に示す。高さ 0.5cm の円盤状の試料では、0 から 0.5 cm の測定位置と、4.5 から 5.0 cm の測定位置とでは、約 5 倍の計数値の差になった。これらのデータをもとに試料高さの読み取り誤差の、放射能濃度算出に与える影響を試算したところ、実際の値（真の値）よりも試料高さを大きく読み取ると、ピーク効率が小さく見積もられ、結果として放射能濃度は大きく算出され、正の誤差となる。逆に高さを小さく読み取ると、放射能濃度は負の誤差となり、試料の過剰充填は負のバイアスとなることを示した。

測定全体での不確かさについても検討した。通知法²⁾では分析値の不確かさを、計数誤差のみを用いて評価し、相対標準偏差は 10%以内としている。本来であれば、分析操作全体の不確かさを用いて評価すべきであるが、想定される検査においては計数誤差が支配的と予想されるための現実的な対応と考えられる。あくまでもそれ以外の要因は相対的に小さい、という条件を前提としており、全て無条件で受け入れているものではない。相対計数誤差 10%に、その他の要因の不確かさが加わった場合の合成不確かさ及び拡張不確かさを試算した。標準体積線源の相対不確かさは一般に 2%以上であり、ピーク効率には少なくともこれ以上の不確かさが包含されることになる。前節で測定におけ

る不確かさの 1 つとして、U-8 容器の試料高さの読み取りが与える影響を試算し、検出器近くの 1 mm の読み取りが、約 2%となることを示したが、それ以外にも多くの要因が考えられる。通知には計数誤差のみが記載されているが、検査全体での不確かさを推定、把握しておくことは、検査を行う上で重要と考えられる。

3. 放射能測定における不確かさの評価（2）

3.1 不確かさの要因

平成 25 年度提示した放射能を算出するモデル式に基づき、放射能測定の不確かさの要因について検討した。試料の正味計数値に伴う不確かさについては、スペクトルピークの計数面積算定による要因と、試料の形状である幾何学的条件（ジオメトリー）及び試料の均質性に起因する要因とに分けて評価した。その他、ピーク効率、試料体積、 γ 線放出比、計数時間、試料重量、試料の採取から測定開始までの測定核種の減衰補正係数、測定中の測定核種の減衰補正係数、自己吸収補正係数、偶発同時計数補正係数、カスケード γ 線の同時計数補正係数に伴う不確かさについて解説及び考察した。

これら各不確かさの要因と想定される相対標準不確かさ及びそれらから算出される相対合成標準不確かさ、相対拡張不確かさを試算した。試料の正味計数値のピーク計数面積に伴う不確かさ（計数誤差）の寄与が大きいことから、測定精度を上げるためには、この値を小さくすることが効果的である。そのためには測定時間を長くする、あるいは試料量を増やすなどが考えられるが、検査時間、試料量、作業量、経費などの検査効率は低下する。よって、検査効率と、これらと相反する検査に必要な精度を評価して、希望する精度を担保できる測定条件を設

定する必要がある。

3.2 検出限界と定量下限

一般化学測定においては、ブランク試料の測定値の標準偏差 σ をもって定量限界を求めることがある。その中でも HPLC 測定においては、ブランク試料の測定値の代わりにノイズ・レベルを用いて標準偏差を算出することが一般的に行われている。これは、測定値の標準偏差は測定条件が一定であれば試料濃度に依存しないことに基づいている。また、検出限界、定量下限には多種の考え方があるものの、この標準偏差 σ の3倍をもって検出限界とし、10倍をもって定量下限とすることが汎用されている。この場合、測定値の標準偏差 σ は濃度に依存しないことから、定量下限 10σ を与える試料濃度は、検出限界 3σ を与える濃度の3.3倍の関係が維持される。

一方、放射能測定においては、一般化学分析測定における標準偏差とは全く異なるばらつきに由来する標準偏差を用いて、検出限界を定めている。放射能測定においては観察事象である核壊変が確率事象によるため、その観測値である計数値は、計数の統計による不確かさ（計数誤差）を伴うことが、一般化学分析とは大きく異なる点である。この計数誤差は、試料及びバックグラウンドの計数率及びそれらの測定時間に依存する。また、試料ごとにバックグラウンド計数値は異なるため、バックグラウンドの計数率と試料の計数率の間には定まった関係はなく、各々独立に動く。このことは、前述した HPLC 測定において、検出限界 3σ の3.3倍が定量下限 10σ になる関係が、放射能測定では維持されないことを示している。放射能測定では定量下限の概念はないが、HPLC 測定との比較のために 3σ と 10σ を与える濃度の比につ

いて試算した。その結果、測定ピークの強度のみが異なりバックグラウンド計数率が同じような系列の試料の放射能測定においては、 10σ と 3σ を与える濃度の比は、3.3から11.1倍の間の値をとることが示された。

我が国における食品中放射能検査は、福島第一原子力発電所事故以前は一部の輸入食品のみが検査対象であったため、経験者が非常に少ない状態であった。一方、HPLC 測定は検査、測定機関において汎用的手法であることから、精通者が多数存在していた。両測定において、検出限界の定義は一見同じ標準偏差 σ を用いることから、HPLC 測定における測定値の標準偏差と放射能測定における計数誤差の標準偏差を混同し、放射能測定に HPLC 測定の手法をそのまま持ち込む測定者も散見された。

放射能測定における計数誤差は、試料濃度に依存して増加するため、検出限界 3σ の値をもって、高濃度試料の測定の標準偏差として用いた場合は、標準偏差を低く見積もることになる。検査法通知には基準値付近の判定において精度が規定されており、「放射性セシウム濃度 X が基準値の75%から125%の範囲となった場合には、 $X/\sigma X$ が10以上であることを確認する」とある。なお、検査法通知における記号は以下の通りである。

X :放射性セシウム濃度($X_{134}+X_{137}$) (Bq/kg)

σX : X に伴う計数誤差による標準偏差

誤って過小評価した標準偏差 σX を用いることは、 $X/\sigma X$ を過大評価することになり、検査の精度不足を生じさせる可能性があるため、検査の信頼性確保においては問題となる。

なお、放射能測定では、その計数誤差を併記して数値化するのが慣例であるが、現在の食品中放射能検査結果は測定値から算出された濃

度のみが報告されており、計数誤差は併記していない。それは、上述のように基準値の75%から125%の範囲において測定の精度の下限が通知法に明記されていることによる。それ以外の範囲では、検査法要求項目である検出限界の測定条件が守られていれば判定結果に影響を及ぼさないため、追加の確認要求項目としては示されていない。

4. 放射能測定における不確かさの評価 (3)

4.1 Ge 検出器 : 試料量

測定容器ごとに試料量及び試料形状の計数値に対する影響を調べた。

90 mL U-8 及び 200 mL 円筒容器は、ほぼ円筒形であり、試料の高さとその体積はほぼ比例する。試料量を規定量の60%から120% (U-8は100%) まで試料高さにより変化させると、試料量の増加に伴い正味計数値も増加するが、試料重量あたりの正味計数値は減少する。その変化率を、試料量が規定量のときを1とした相対値で比較すると、規定量より少ない場合は大きくなり、U-8では充填率80%で1.17、充填率60%で1.30となった。仮に、規定量のピーク計数効率を用いて放射能濃度を算出した場合には、充填率80%で濃度が17%、充填率60%で濃度30%増加することを示している。200 mL 円筒容器では充填率80%で濃度が10%、充填率60%で濃度30%増加し、逆に充填率120%で濃度が6%減少すると算出された。

1L マリネリ容器では、充填率80%で1.09、充填率65%で1.03、充填率50%で1.12となり、充填率110%では0.98となり、充填率と放射能濃度の関係はU-8及び200 mL 円筒容器とは異なる複雑な増減を示し、その変化の割合も調べた範囲では小さかった。

4.2 Ge 検出器 : 空隙

上記3種の測定容器において、規定量に対し任意の位置にビーズを用いて空隙を数%作成したのち、放射能を測定し、重量あたりの計数値を求めた。規定量充填のときの値を1として比較すると、U-8容器では、上部に空隙がある場合は相対値は大きくなり、逆に底部に空隙がある場合は小さくなり、変化率は空隙率に依存して大きくなる傾向が見られた。200 mL 円筒容器でも同様の結果が得られた。1L マリネリ容器では、空隙による変化率は円筒容器に比べて小さく、空隙率との相関も顕著ではなかった。

4.3 Ge 検出器 : 計数効率に対する試料位置の影響

前述したように、空隙も含めた試料形状による計数効率の差は、検出器に対する試料の位置関係により生じ、この幾何学的な条件は放射線測定においてジオメトリーと呼ばれる。試料位置に関しては、基本的には検出器に近い位置は立体角が大きくなるため計数効率が高く、遠い位置は立体角が小さくなるため計数効率が低くなる。

計数効率には様々な因子が関わるが、単純な系としてU-8のような円柱状の試料容器(半径R、高さh)について、試料位置を幾何学的に解析すると以下ようになる。測定容器半径(R、r座標)と高さ(h、z座標)を検出器の中心においたとき、測定容器の底部の中心座標を(r,z) = (0,0) とすれば、位置(r,z)における測定ピークエネルギー(Ei)の計数効率(ϵ)は、 $\epsilon(E_i, r, z)$ と表される。これは、計数効率 ϵ が、ピークエネルギーEiと位置(r,z)に依存することを表している。このとき、試料全体のピーク計数効率V(Ei)は下記で表される。

$$V(E_i) = 2 \int_0^h \int_0^R \frac{\varepsilon(E_i, r, z) r}{hR^2} dr dz$$

この式は、測定ピークエネルギー (E_i) の計数効率 (ε) について、試料位置は座標原点 (0,0) から、半径座標 r は半径 R まで、高さ座標 z は高さ h まで積分し、円柱体積で割って平均化したものである。円柱容器ではなく、マリネリのように複雑な形状の試料容器であっても、測定ピークエネルギーごと、試料容器内の位置ごとの計数効率が既知であれば、理論上は計算で求められることを示している。

U-8 や 200 mL 円筒容器のような、検出器の上部に置く測定容器の場合は、検出器から遠ざかるほど計数効率が下がる。よって、試料高さが不足するような計数効率の低いところが空隙となる場合は、規定量での計数効率に比較して、重量あたりの計数効率が大きくなり、結果として放射能濃度が大きく計算される。一方、規定量より多く充填された場合は、検出器より遠い計数効率の低い部分が増えるため、規定量での計数効率に比較して、重量あたりの計数効率が小さくなり、結果として放射能濃度は小さく算出される。

4.4. NaI 検出器 : 20 mL バイアル容器

今回検討した NaI 検出器の形状はウェル (井戸) 型であり、測定容器には 20 mL 低カリウムガラスバイアル瓶を用いた。検出器形状の違いはあるもの、計数効率の高低と試料の充填形状による影響は、Ge 検出器と同様であった。

4.5. 食品検査に及ぼす影響

多くの食品検査法では、検出された測定量を試料量で除すことによって試料濃度は補正されるため、試料量の多少によって測定値が偏ることはない。しかし、放射能測定は、上述したように、ジオメトリーと称される試料の形状等

が関与する特殊な測定系であり、標準体積線源との形状、密度等の差が、測定値の偏りを生じさせる。一般の化学分析にならい、測定値は重量補正され、試料は多めに取るほうが精度が良くなると類推し、放射能測定において測定容器に規定量より多く充填した場合は、今回調べた機器では計数効率の低下を招き、結果的に重量あたりの放射能濃度は低く算出され、過小評価することになり、消費者危険率を増大させることとなる。逆に、規定量に達していなかった場合は、放射能濃度は高く算出され、過大評価されることになり、生産者危険率が増加する。また、測定容器内の均質性が保たれていない場合、特に、測定容器内の計数効率の高い場所あるいは低い場所に空隙があった場合、測定値に偏りを生じさせることになる。この試料の不均質性は、充填の仕方だけでなく、試料そのものの不均質性も影響するため注意が必要である。

検査通知法に「固体試料においては水分が分離しないように注意し、測定容器への充填は空隙ができないようにし、特に検出器に近い底面での空隙には注意する」との記載があるが、前半は試料の均質性に対する注意であり、後半は測定容器内のジオメトリーに対するものである。

試料の形状及び試料の均質性は、試料及び測定機器によっては測定結果に大きな影響を与えることもあるため、測定結果に及ぼす偏りを把握しておくことは、検査を正しく行う上で重要と考えられる。平成 25 年度及び 26 年度に報告した放射能測定の不確かさに加え、測定値を偏らせる要因とその影響の大きさについても、注意が必要である。

5. 判定、測定環境等

5.1 測定ピークの判定

定量に用いるピークエネルギーの前後 5 keV を妨害ピーク候補と考え、それらの光子を放出する核種を核データから検索した。

その結果、Cs-137 の 662 keV 近傍の光子リストでは、中性子捕獲反応 $^{109}\text{Ag}(n, \gamma)^{110\text{m}}\text{Ag}$ など生成する人工核種 Ag-110m の 658 keV、中性子誘起核分裂反応 $\text{U}(n, f)^{97}\text{Zr}$ の後、ベータ壊変で生成する人工核種 Nb-97 の 658 keV などが事故時における妨害核種の候補と考えられたが、現時点ではいずれもその可能性は低いと考えられた。

Cs-134 の 605 keV 近傍の光子リストでは、中性子捕獲反応で生じる Sb-124 や Ir-194 などの人工核種がいくつかあるが、半減期、放出割合、及び存在確率から、いずれも妨害の可能性は低いと考えられた。一方、自然核種については、ウラン壊変系列に属する Bi-214 が抽出されている。ウラン壊変系列は、希ガスの Rn-222 を経るため、それ以降の壊変核種は自然界に広範囲に分布する。よって、Bi-214 の 609.3 keV (半減期 19.9 m、放出確率 145.5%) は、測定光子エネルギーと 4.6 keV の差はあるものの留意する必要がある。特にエネルギー分解能があまり高くない機器を用いている場合は常に注意が必要である。

Cs-134 の 796 keV 近傍の光子リストでは、半減期、放出確率、存在確率から、いずれも妨害の可能性は通常は低いと考えられた。

妨害ピークの有無を評価するには、目的ピークの位置、形状を精査すること、妨害が疑われる核種の当該ピーク以外のピークを調べること、逆に測定核種が複数ピークを検出できる場合はそれらの比率を確認することが一般的な手法となる。加えて現在の放射性セシウム

(Cs-134+Cs-137) の測定においては測定 2 核種の比率を確認することも併せて有用である。

ここでは測定妨害核種による正側の誤りについて記載したが、放射能測定はその基となる核壊変が確率現象であり、バックグラウンドとなる自然放射能も同様の不確かさを含むため、この場合の誤りは正負両側に変動する。これらの確率による変動の評価を誤った場合は、当然、放射能濃度を正しく算出することができない。バックグラウンドの確率による大きな変動を排除するためにも、検査者がスペクトルの確認をすることは重要であり、疑義が生じた場合は問題を解決するための措置が必要となる。確率的な変動によるもの場合は、再測定が有効な手段となる。妨害核種が疑われる場合は、妨害核種の性質により、測定時間を長くする、時間をおいての再測定などを試みる。いずれにしても、測定妨害の種類を予測して対応することが重要と考えられる。

5.2 校正

食品中の放射能検査は測定機器を用いた定量測定であり、信頼性のある計測を行うためには測定機器が校正されていなくてはならない。ガンマ線スペクトロメトリーで必要となるのは、スペクトルの横軸であるエネルギーと縦軸となる放射能について数値が定められている放射能標準ガンマ体積線源になる。標準線源は、これらの量について、国家標準につながる経路が確立されていること、すなわちトレーサビリティが確保されていることが求められる。日本では産業技術総合研究所計量標準総合センター (NMIJ) の国家標準に対して、公益社団法人日本アイソトープ協会や公益財団法人日本分析センターの標準器がトレーサブルになっている。そのため、検査現場の機器校正において

は、日本アイソトープ協会より標準線源を入手するのが一般的である。その際、検査に使用する測定容器と同じ容器・体積の標準線源を用意することが重要である。

5.3 試料及び測定環境の維持管理

ここまで測定に関する問題点について論じてきたが、実際の検査においては、測定に至る以前の試料の取扱いや測定環境の整備も、正しい検査結果を得るためには重要である。

検査試料の汚染として、試料間の汚染、クロス・コンタミネーションを考えると、測定対象核種（物理・化学的性状）と試料の汚染状況（量・均質性）によって留意すべき点は異なってくる。試料が不揮発性の放射性物質で均質に汚染されている場合は、通常の食品検査と同程度の注意で対応できると考えられる。現在の測定核種は放射性セシウムであり、常温常圧における揮発性はないが、事故直後の放射性ヨウ素のように揮発性がある場合は、高濃度汚染試料に対しては、揮発を抑えて試料間あるいは検査環境の汚染を引き起こさせないための物理・化学的な取扱い条件を設定する必要性が生じる可能性もある。

また、これまでの検討で指摘してきたように、放射能測定においては著しい不均質汚染の可能性についても留意する必要がある。福島原子力発電所事故から6年が経過した現在では、食品中の放射能物質は、直接の粒子の付着等ではなく、間接的な汚染によるものがほとんどであり比較的均質化されているものが多いと考えられるが、特に事故直後には、1つの粒子で基準値超過とするような高濃度粒子も存在する。そのような場合には、試料間の汚染は厳密に制御しなくてはならない。

放射能はその性質が放射性核種、すなわち元

素に由来するため、物理的半減期に則って減衰し、生物系の有害物などと異なり増加することはないものの、逆に一般的な有害物質のように化学形の変化により化学反応性が変わることも本質的にはない。放射エネルギーは時間によりのみ依存し、人為的に減少させることができないことが特徴であり、このことは測定環境汚染においても留意すべき点である。測定環境が何らかの放射性物質で汚染された場合、その物質を除かない限りその核種の半減期に則って放射能を出し続ける。前年度までの報告書に記載しているように、放射能測定の精度はバックグラウンドに依存するため、バックグラウンドは低いほうが望ましい。従って試料及び測定機器の両方に対して汚染防止対策を取り、汚染状況を定期的に確認し、汚染が認められた場合は、直ちに的確に汚染拡大防止及び除染等の措置を取る。

上述した内容の多くは、検査通知法の「3 検査結果の信頼性管理」にも記載されている。信頼性の高い検査を行うためには通知内容の遵守が重要である。

D. 結論

法に基づいて行われる検査の信頼性確保は重要であり、検査の分析値には一定の品質が要求される。平成24年度の研究では、検査において重要な役割を担う測定機器の販売業者に対してアンケート及び聞き取り調査を行った。平成25年度から27年度は、分析値の品質保証においてパラメータとして用いられる不確かさについて、特に放射能測定特有の要因である計数の統計による不確かさ（計数誤差）、ジオメトリーを中心に理論と実測から検討した。平成28年度は、測定結果の評価、試料及び測定環境の維持管理について検討した。

測定機器の調査では、事務連絡記載事項全般について、必ずしも妥当性確認がなされているとは見なせない測定機器・解析法も一部見受けられた。その原因として、スクリーニング法が正しく理解されていないこと、特に校正の必要性の認識が甘いことが考えられた。また、販売業者もさることながら使用者の検査における信頼性に対する無関心、放射能測定に関する知識の不足が根底に存在すると思われた。

不確かさの評価においては、基本となる放射能測定モデル式を示し、各要因の放射能濃度に及ぼす影響を検討した。それらをもとに不確かさを推定し、合成を行い、試料計数値及びピーク効率に起因する不確かさの寄与が大きく、特に試料計数値の計数誤差が支配的であることを示した。放射能測定では、試料と検出器の幾何学的位置関係であるジオメトリーや計数誤差など放射能測定に特異な事項があり、これらは一般的な科学機器分析の不確かさとは性質が異なる。これらの不確かさの性質を混同すると、信頼性が低下する可能性があることを、ジオメトリーの変化については理論と実測から提示し、検出限界値の性質の違いについては理論から導いた。一般化学分析と原理が異なるため、放射能測定には特有の分析上の要因が存在するが、その要因の性質が異なるだけであり、根本的な分析値の品質保証の考え方は同じである。放射能検査においても他の検査と同様に、全操作の不確かさ及び偏りを生じさせる要因を推定し、各操作及び各要因の最終結果に与える影響の大きさを理解し、評価していることが、分析値の品質を保証する上で重要と考えられる。

食品中の放射性物質検査は、放射線の測定値を基に判定される。放射線測定機器に限らず、

現在の測定機器は、開始ボタンを押せば定量結果を帳票で取り出せるものが増えてきている。しかしながら、定量結果までにはいくつかの情報加工段階があり、その一つ一つに間違いがないかを確認することが信頼性の高い検査を行うためには必要である。そのためには、最も信頼性が高く、また多くの情報が含まれているより根源的なデータの活用が課題となる。食品中放射性セシウムの検査であれば、測定原理及び定量までのアルゴリズムを理解した上で、一次データであるスペクトルそのものを検査者が確認することが重要である。

検査の信頼性を確保するためには、検査に関与する人々が検査法を正しく理解していることが基本であり必要と考えられる。

参考資料

- 1) 検査法 通知 食安発0315第4号 平成24年3月15日 食品中の放射性物質の試験法について
- 2) 検査法 事務連絡 厚生労働省医薬食品局食品安全部監視安全課 平成24年3月1日 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

E. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 蜂須賀暁子：食品中の放射能測定法. 雑誌放射線, 8(3), 129-136 (2012)
- 2) 蜂須賀暁子：平成23年度厚生労働科学研究(食品の安心・安全確保推進研究) 食品中の放射性物質に関する研究. 食品衛生研究, 62(12), 15-21 (2012)
- 3) 蜂須賀暁子：食品中放射性物質の分析と検査. 食品衛生雑誌, 54(2), 102-10, (2013)

- 4) 蜂須賀暁子：放射能分析における計数の統計的不確かさについて，食品衛生学雑誌，67(2)，J25-29 (2016)

2. 学会発表

- 1) 蜂須賀暁子：食品中の放射性物質調査の方法．日本食品衛生学会第 103 会学術講演会シンポジウム I 食と放射能を考える (2012.5)
- 2) 蜂須賀暁子：食品放射能検査の測定スキームと考え方 ～スクリーニング検査・確定検査～．第 49 回アイソトープ・放射線研究発表会 放射線計測分科会イブニングセミナー (2012.7)
- 3) 松田りえ子、堤 智昭、蜂須賀暁子：食品中の放射性セシウム試験法について．第 49 回全国衛生化学技術協議会年会 (2012.11)
- 4) 蜂須賀暁子、鍋師裕美、堤智昭、中村里香、手島玲子、松田りえ子：食品中放射能スクリーニング検査の性能要件と測定機器について．第 50 回全国衛生科学技術協議会年会 (2013.11)
- 5) 蜂須賀暁子、植草義徳、鍋師裕美、堤智昭、松田りえ子、最上知子：放射能測定における不確かさ一試料形状．第 51 回全国衛生化学技術協議会年会 (2014.11)
- 6) 蜂須賀暁子：食品及び空気中の放射性物質の測定法、フォーラム 2015：衛生薬学・環境トキシコロジー (2015.9)
- 7) 曾我慶介、近藤一成、蜂須賀暁子：放射能測定におけるジオメトリー影響の検証．日本薬学会 第 137 年会 (2017.3)

3. 単行本

- 1) 松田りえ子、蜂須賀暁子：放射性物質測定値の統計学的特徴と食品中のセシウム検査．公

益社団法人日本食品衛生協会 (2014)

4. その他

(1) 講義

- 1) 蜂須賀暁子：放射性物質測定値の統計的特徴と不確かさについて．
松田りえ子：食品中の放射性物質試験法について．
堤智昭：食品中の放射性物質のスクリーニング法の考え方について．平成 24 年度食品安全行政講習会 (2012.4)

(2) 講演

- 1) 蜂須賀暁子：放射性物質測定値の統計的特徴と不確かさについて．
松田りえ子：食品中の放射性物質試験法について．
堤智昭：食品中の放射性物質のスクリーニング法の考え方について．
平成 24 年度 (一社) 食品衛生登録検査機関協会 放射性物質検査にかかわる研修会実施プログラム (2012.4)
- 2) 蜂須賀暁子：放射性物質測定値の統計的特徴と不確かさについて．
松田りえ子：食品中の放射性物質試験法について．
堤智昭：食品中の放射性物質のスクリーニング法の考え方について．
放射性物質検査に関わる研修会、(一社) 食品衛生協会主催 (社) 福島県食品衛生協会共催 (2012.6)
- 3) 蜂須賀暁子：食品中の放射性物質の摂取量調査．平成 24 年度厚生労働科学研究 (食品の安全確保推進研究) シンポジウム (社) 日本食品衛生学会公開講演会 (2012.11)
- 4) 蜂須賀暁子：放射性物質測定値の統計的特徴

と不確かさおよび放射性セシウム摂取量推定. (一社) 全国清涼飲料工業会 放射性物質についての研修会 (2013.2)

- 5) 蜂須賀暁子: 食品及び環境試料中の放射性物質の分析法. 第 14 回表示・起源分析技術研究懇談会講演会 (2016.1)

F. 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

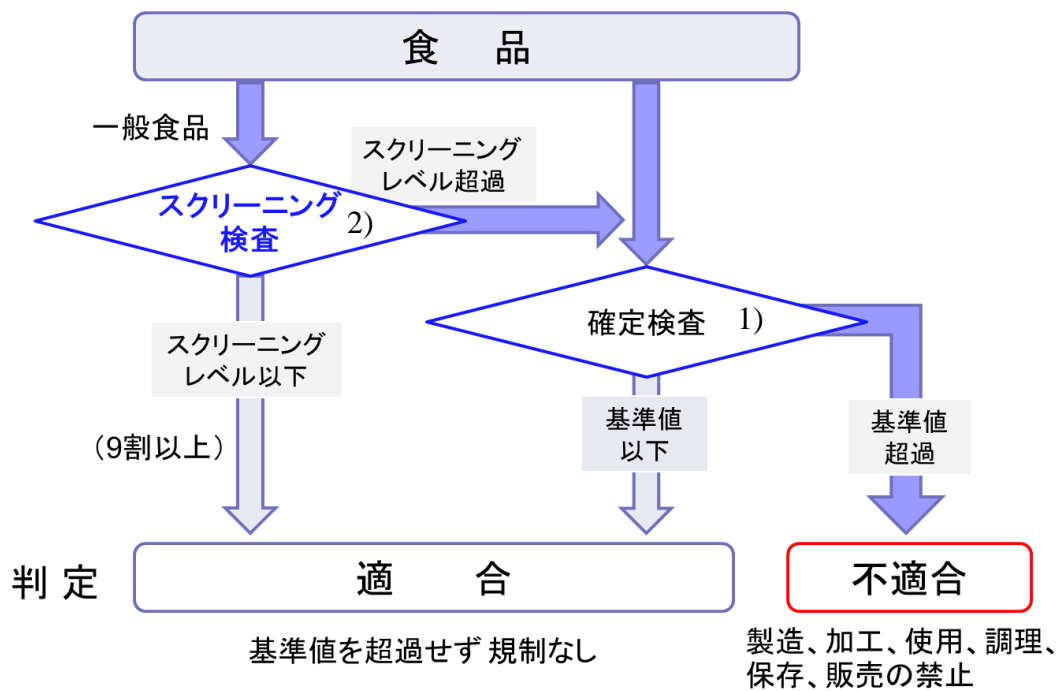


図1 食品中の放射性セシウムの検査の流れ

- 1) 通知 食安発0315第4号 平成24年3月15日 食品中の放射性物質の試験法について
- 2) 事務連絡 厚生労働省医薬食品局食品安全部監視安全課 平成24年3月1日 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

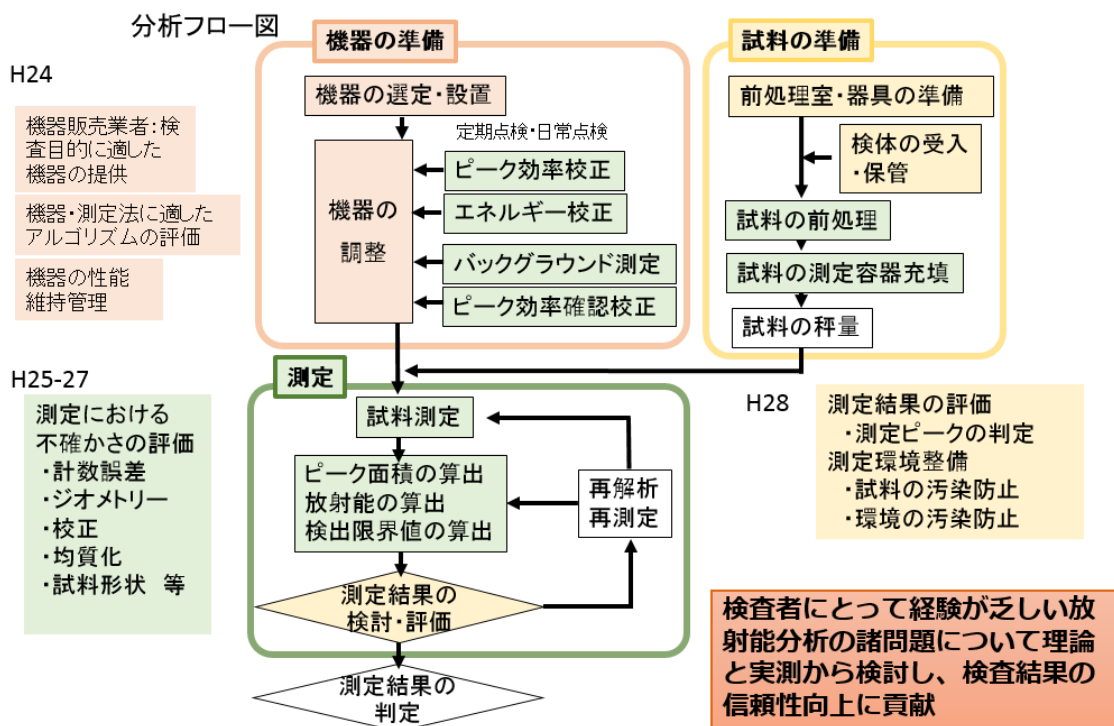


図2 食品中の放射性セシウム分析の流れと研究の概要

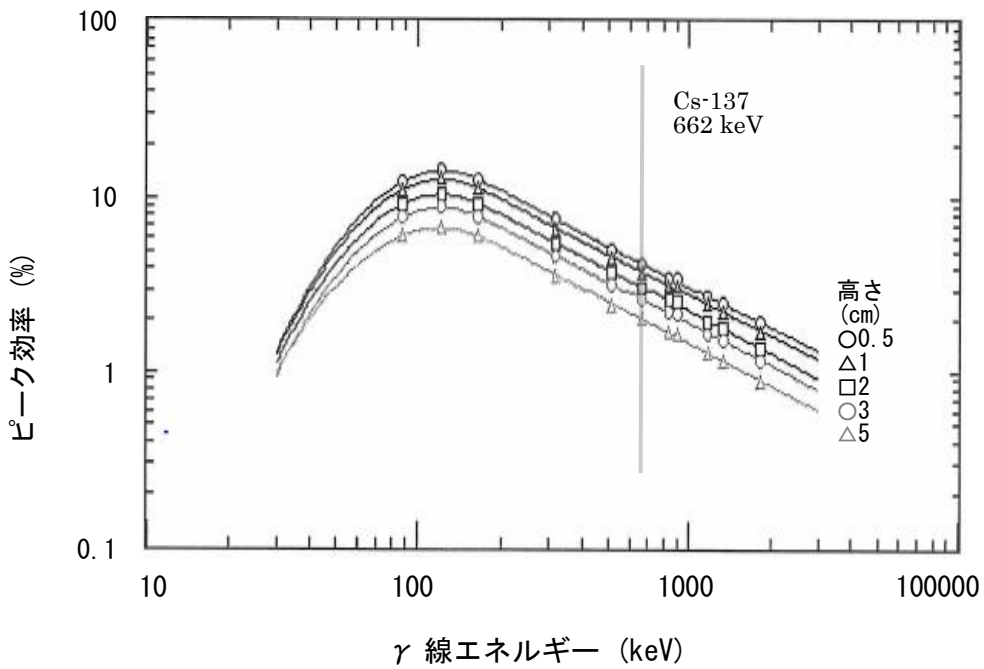


図3 U8 容器の異なる試料高さにおけるピーク効率曲線

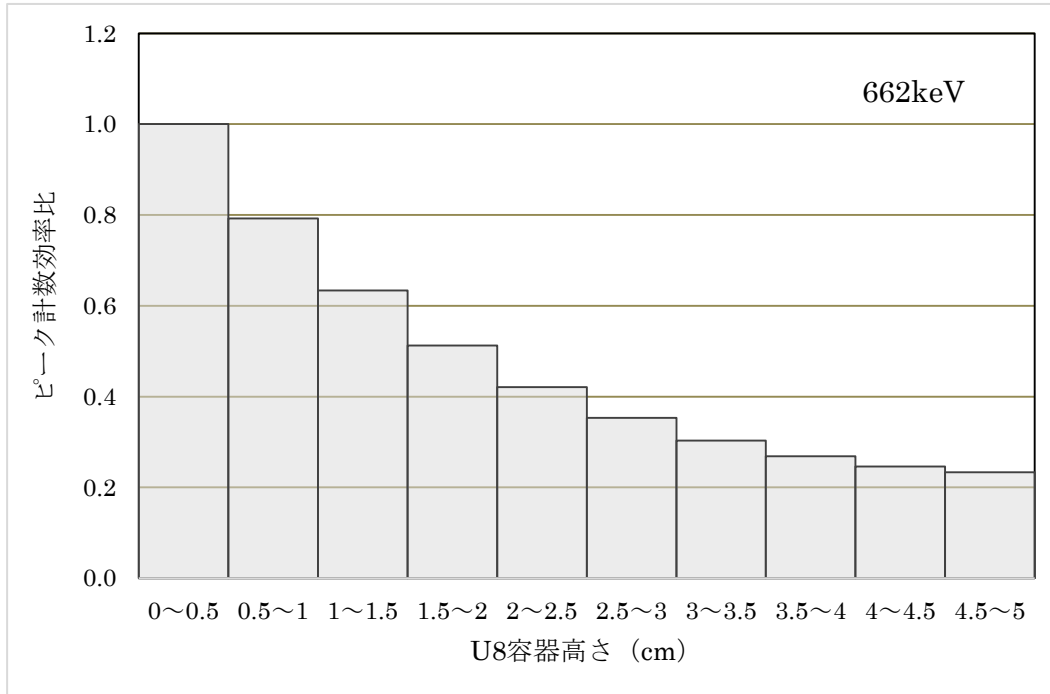


図4 U8 容器における試料位置とピーク効率の変化の例
高さ0から0.5cmのピーク計数効率を1としたときの
0.5cm刻みの高さにおける相対ピーク効率

Ⅱ. 分 担 研 究 報 告

食品中放射性物質の調理及び加工による影響の検討

鍋師 裕美

平成 24-28 年度厚生労働科学研究補助金 食品の安全確保推進研究事業

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 研究分担総合報告書

食品中放射性物質の調理及び加工による影響の検討

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

研究要旨

放射性物質を含む食品の調理・加工による放射性物質総量や濃度の変化に関する情報の収集を目的に、合計 18 種類の食材を用いて 38 種類の調理・加工を実施し、調理・加工前後の食品中の放射性セシウム濃度の分析を行った。その結果、食品中の放射性セシウムは、調味やあく抜き、加熱などの目的で、調味液や水などの液体に浸漬する工程が含まれる調理・加工を実施すると、食品からの除去率が高くなることが明らかとなった。食品から除去された放射性セシウムは、食品を浸漬していた液体中に移行していた。一方、乾燥、焼く、揚げるなどの調理法では、食品から放射性セシウムはほとんど除去されなかった。このような調理法においては、放射性セシウム濃度比が調理後に高くなることが示唆されており、基準値超過となる危険性もあることから、原材料として用いる食品中の放射性セシウム濃度に注意する必要がある。また、大豆については調理・加工前後の放射性セシウムおよびストロンチウム 90 (Sr-90) 濃度の分析を行ったが、乾燥大豆から調整した豆乳とおからへの各放射性物質の分配割合は異なっており、放射性セシウムは主に可溶性成分を含む豆乳の方に、Sr-90 は主に不溶性成分を含むおからの方に多く分配されることが示唆された。

研究協力者 国立医薬品食品衛生研究所食品部 堤 智昭
国立医薬品食品衛生研究所食品部 松田りえ子

A. 研究目的

東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所事故により、放射性物質が食品に混入する事態が発生した。このような事態を受け、事故直後の平成 23 年 3 月 17 日に食品中の放射性物質の暫定規制値が設定され、食品衛生法第 6 条に基づく規制が開始された。その後、より一層の安心、安全のため、食品から受ける年間預託実効線量の上限値を暫定規制値の 1/5 に引き下げた値である年間 1 mSv と

した新たな基準値が設定され、平成 24 年 4 月 1 日から現在に至るまで、生産者・地方自治体などにより、食品衛生法第 11 条に基づく検査が実施されている。これらの検査は主に出荷前に実施されており、基準値を上回る濃度の放射性セシウムを含む食品の流通防止に一定の効果を示している^{1,2)}。このように生産者や地方自治体などの努力により、現在市場に出回っている食品中に基準値を超えるようなレベルの放射性物質が含

まれることはほとんどないと考えられる。しかし、基準値未満のわずかな放射性物質であっても摂取を避けたいと考えるのは消費者の常であり、消費者側として実施できる放射性物質除去に関する情報を収集し、提供することは、「食の安心」の観点から重要であると考えられる。また、調理・加工によって生じる食品中の放射性物質総量や濃度の変化に関する情報の収集は、加工等によって基準値を超過する事案が発生するか否かを判断するためにも重要なうえ、調理・加工前の流通食品中の放射性物質濃度から実際の食事による放射性物質摂取量を推定するために有用なデータとなると考えられる。そこで本研究では、調理・加工による食品中の放射性物質の除去効果に関する情報収集を目的に放射性物質（主に放射性セシウム）を比較的高濃度に含む食品を用いて一般家庭で実施するような簡単な調理・加工を行い、調理前後の放射性物質濃度および総量の変化について検討した。

B. 実験

1. 試料中の放射性物質濃度の測定

放射性セシウムの調理・加工による挙動についての検討に用いた食品試料は、調理の前後にゲルマニウム半導体検出器付きγ線スペクトロメーター（Canberra社製、相対効率 36.3%）を用い、「文部科学省 放射能測定シリーズ 7 ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」³⁾に記載の方法に基づいて、放射性セシウム濃度を測定した。測定方法の詳細は各年度の分担報告書に

記載している。また、調理の過程で得られた調味液やゆで汁なども採取できた試料については、放射性セシウム濃度を同様の方法で測定した。

Sr-90 の調理・加工による挙動についての検討に用いた食品試料は、同一ロット試料の一部を調理前の Sr-90 濃度の測定に用い、残りを調理・加工した後の Sr-90 濃度測定に用いた。試料中の Sr-90 濃度の測定は、「文部科学省 放射能測定法シリーズ 2 放射性ストロンチウム分析法」⁴⁾に記載されているイオン交換法及び水酸化鉄（Ⅲ）共沈法に従った。測定方法の詳細は平成 28 年度の分担報告書に記載している。

2. 食品試料の調理

本検討では、合計 18 種類の食材を用いて 38 種類の調理・加工を実施し、その過程における放射性セシウムの除去効果について検討した。また、大豆および大豆から加工したおから、豆腐、湯葉を用いて Sr-90 の調理・加工による挙動について検討した。用いた食材および調理・加工後の食品、調理・加工方法を表 1 にまとめて記載した。各検討における詳細な調理条件などについては、各年度の報告書に記載している。

3. 各食品試料の調理による重量変化、放射性セシウムあるいは Sr-90 濃度変化、残存割合などの算出

各食品試料を用いた調理加工の前後の重量、放射性セシウム濃度あるいは Sr-90 濃度（大豆の加工品）から、それぞれ 1 試行あたりの放射性セシウム量あ

るいは Sr-90 量を算出し、残存割合 Fr 、重量比 Pe 、濃度比 Pf 、除去率 (%) を算出した。算出式は下記の通りである⁵⁾。

残存割合 Fr = 調理・加工品中の放射性セシウム量 (Bq) / 材料中の放射性セシウム量 (Bq)

重量比 Pe = 調理・加工後の重量 (g) / 材料の重量 (g)

濃度比 Pf = 調理・加工品中の放射性セシウムあるいは Sr-90 濃度 (Bq/kg) / 材料中の放射性セシウムあるいは Sr-90 濃度 (Bq/kg)

除去率 (%) = $(1 - Fr) \times 100$

C. 結果及び考察

1. 調理・加工による放射性セシウムの挙動

各食材を用いて調理・加工を実施した際の放射性セシウムの除去率、濃度比、重量比、残存割合を表 2 に示した。各食材について、一般的な調理法について検討した結果、調味、水戻し、あく抜き、組織軟化の目的で実施される液体（調味液、水など）への浸漬および茹での過程を含む調理を実施することで、調理前の食材に含まれる約 30～90% の放射性セシウムが食品から除去されることが明らかとなった。また、ゆで時間や液体への浸漬時間、浸漬温度、浸漬した液体中の放射性セシウム濃度などがその除去効率に影響することや、重曹のような植物の組織軟化を促進する添加物は、放射性セシウムの除去にも促進的に働く可能性が示唆された。ウメの砂糖漬けのように長期の漬け込みにより果汁が分離するような加工では、果汁中に放射性セシウムが

溶出し、一定期間まではウメ中の放射性セシウム残存割合は減少するものの、果汁中の放射性セシウム濃度とウメ中の放射性セシウム濃度が平衡に達すると放射性セシウムの移行は起こらず、その後時間が経過してもウメ中の放射性セシウム残存割合に変化が生じないことも明らかとなった。一方で、単純に乾燥させるだけの加工や煮汁ごと煮詰めるような調理、焼く、揚げるなどの短時間の加熱調理については、ほとんど放射性セシウムが食品から除去されないことが示された。さらにこのような調理・加工品では放射性セシウムの濃度比が調理前の食材を上回る場合があることを明らかにしており、食品中の放射性物質の基準値を超えていない原材料を用いて加工品を製造した際に、調理・加工方法によっては基準値を超過する可能性があることに注意が必要である。大豆の加工では、大豆中の放射性セシウムは豆乳に約 64%、おからに約 30% の割合で分配されることを明らかにしており、大豆中の放射性セシウムは大豆中の可溶性成分とともに豆乳の方に多く分配されると考えられた。

2. 調理・加工によるストロンチウム 90 の挙動

加工前的大豆および加工後にできたおから、豆腐、湯葉について Sr-90 濃度 (Bq/kg) の分析を実施したが、豆腐、湯葉については、試料量が少なく、Sr-90 濃度が検出下限値未満となったため、1 試行あたりの Sr-90 量や残存割合などを算出できなかった。Sr-90 が検出できたおからの Sr-90 の除去率、濃度比、重量比、

残存割合を表3に示した。大豆からおからと豆乳を分けるまでの工程では、大豆を浸漬した水を使用して生呉を作製しており、含まれている元素や栄養成分は損失せずにおからと豆乳に分配されていると考えられる。本検討により、おからには元の大豆の0.64のSr-90が残存していることが明らかになったことから、豆乳には残りの0.36程度のSr-90が分配されていると推定された。放射性セシウムでの検討では、大豆から豆乳とおからを調製した場合、大豆中の放射性セシウムは豆乳に64%、おからに30%の割合で分配されることを明らかとしている。Sr-90においては、放射性セシウムとは異なる比率でおからと豆乳中に分配していることが明らかとなった。

D. 結論

本研究の結果、食品中の放射性セシウムは、液体への浸漬の過程が含まれる調理法を実施すると高効率で除去されること、その一方で液体への浸漬の過程がない調理法ではほとんど除去されないことが明らかとなった。各調理による食品中の放射性セシウムの除去率を液体への浸漬の有無で分けてグラフにし、図1に示す。液体への浸漬を実施した場合、食品から液体への放射性セシウムの移動が起るため、乾しいたけの戻し汁をだし汁として使用するなどのように、浸漬後の液体を摂取した場合には実質的な除去としないことに注意が必要である。また、食品の単純な乾燥により加工された食品では放射性セシウム濃度比が加工前の食品よりも高くなる場合があり、基準値を

超過していない食品を原材料としていても加工後の製品では基準値を超過する危険性があるため原材料中の放射性セシウムの濃度に注意が必要であると考えられた。

大豆から豆乳(主に可溶性成分を含む)とおから(主に不溶性成分を含む)のように成分を分けて加工されるような食品については、放射性セシウムは可溶性成分の方に多く分配され、放射性ストロンチウム(Sr-90)は種皮などを含む不溶性成分の方に多く分配されることが明らかとなり、各元素の特徴に応じた調理・加工が除去効率を高めるためには重要であることが示唆された。

E. 参考文献

- 1) 鍋師裕美, 堤 智昭, 五十嵐敦子, 蜂須賀暁子, 松田りえ子 (2013) 流通食品中の放射性セシウム調査. 食品衛生学雑誌 54(2) : 131-150.
- 2) 植草義徳, 鍋師裕美, 中村里香, 堤 智昭, 蜂須賀暁子, 松田りえ子, 手島玲子 (2015) 市販流通食品中の放射性セシウム調査 (平成 24 年度および平成 25 年度). 食品衛生学雑誌 56(2) : 49-56.
- 3) 文部科学省 科学技術・学術政策局 原子力安全課防災環境対策室. 放射能測定法シリーズ 7 ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー. 平成 4 年改訂 <http://www.kankyo-hoshano.go.jp/series/lib/No7.pdf>
- 4) 文部科学省 科学技術・学術政策局 原子力安全課防災環境対策室. 放射能測定法シリーズ 2 放射性ストロンチウ

ム分析法．平成15年改訂
<http://www.kankyo-hoshano.go.jp/series/lib/No2.pdf>

- 5) 環境パラメーター・シリーズ4 増補版 (2013). 食品の調理・加工による放射性核種の除去率－我が国の放射性セシウムの除去率データを中心に－(公益財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター)

F. 研究発表

1. 論文発表

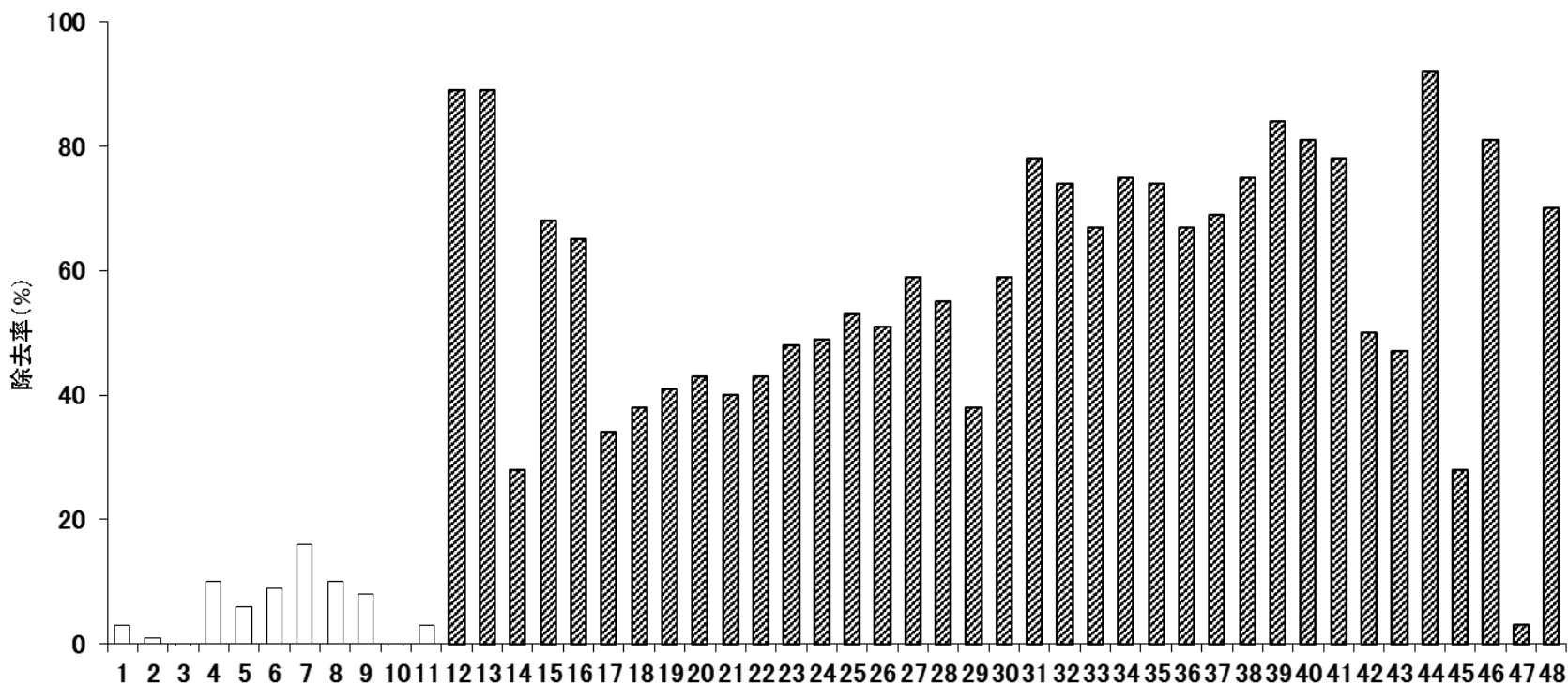
1. 鍋師裕美, 堤 智昭, 蜂須賀暁子, 松田りえ子: 調味液への浸漬による牛肉中放射性セシウム量の変化に関する検討, 食品衛生学雑誌 54(4):298-302, 2013.
2. 鍋師裕美, 堤 智昭, 蜂須賀暁子, 松田りえ子: わかさぎ中の放射性セシウムの調理による除去効果に関する検討, 食品衛生学雑誌 54(4):303-308, 2013
3. Nabeshi H., Tsutsumi T., Uekusa Y., Matsuda R., Akiyama H., Teshima R., Hachisuka A.: Effects of Cooking Process on the Changes of Concentration and Total Amount of Radioactive Cesium in Beef, Wild Plants and Fruits., Radioisotopes. 65(2): 45-58 (2016)
4. 鍋師裕美: 調理加工による食品中の放射性セシウム量の低減効果について, ILSI JAPAN, 125, 4-12 (2016)

2. 学会発表

1. 鍋師裕美, 堤 智昭, 蜂須賀暁子, 松田りえ子: 調味液への浸漬による牛肉中放射性セシウムの低減に関する検討. 日本食品衛生学会第104回学術講演会, 岡山, 2012年9月.
2. 鍋師裕美, 堤 智昭, 蜂須賀暁子, 松田りえ子, 手島玲子: わかさぎ中放射性セシウムの調理による除去効果に関する検討. 日本食品衛生学会第105回学術講演会, 沖縄, 2013年11月.
3. 鍋師裕美, 堤 智昭, 植草義徳, 松田りえ子, 蜂須賀暁子, 手島玲子, 樺山 浩: 牛肉・山菜類・果実類中の放射性セシウムの調理影響に関する検討. 第52回全国衛生化学技術協議会年会, 静岡, 2015年12月

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



液体への浸漬がない調理

液体への浸漬がある調理

1:ビーフジャーキー 2:ウナギ蒲焼き 3:ワカサギ素焼き 4:ワカサギ甘露煮 5:ワカサギ唐揚げ 6:ドライブルーベリー 7:ブルーベリージャム 8:ナツハゼジャム 9:焼きシイタケ 10:タラの芽てんぷら 11:コシアブラてんぷら 12:ビーフジャーキー(10%食塩水で調味) 13:ビーフジャーキー(20%食塩水で調味) 14:ワカサギ南蛮漬 15:ヒメマス一夜干し 16:ヒメマス燻製 17:ウメ砂糖漬け(氷砂糖)6日間 18:ウメ砂糖漬け(氷砂糖)11日間 19:ウメ砂糖漬け(氷砂糖)18日間 20:ウメ砂糖漬け(氷砂糖)32日間 21:ウメ砂糖漬け(氷砂糖)67日間 22:ウメ砂糖漬け(氷砂糖)120日間 23:ウメ砂糖漬け(上白糖)6日間 24:ウメ砂糖漬け(上白糖)11日間 25:ウメ砂糖漬け(上白糖)18日間 26:ウメ砂糖漬け(上白糖)32日間 27:ウメ砂糖漬け(上白糖)67日間 28:ウメ砂糖漬け(上白糖)120日間 29:茹でナメコ 30:水戻しシイタケ(冷蔵)2時間 31:水戻しシイタケ(冷蔵)4時間 32:水戻しシイタケ(冷蔵)6時間 33:水戻しシイタケ(常温)2時間 34:水戻しシイタケ(常温)4時間 35:水戻しシイタケ(常温)6時間 36:水戻しマイタケ(15倍量の水) 37:水戻しマイタケ(15倍量の水)後加熱 38:水戻しマイタケ(30倍量の水) 39:水戻しマイタケ(30倍量の水)後加熱 40:タケノコあく抜き(米ぬか) 41:タケノコあく抜き(重曹) 42:コシアブラあく抜き 43:コシアブラあく抜き後油炒め 44:ワラビあく抜き(重曹) 45:ワラビあく抜き(小麦粉) 46:ゼンマイあく抜き(重曹) 47:ゼンマイあく抜き(小麦粉) 48:イワタケ洗浄

図1: 各調理・加工による食品からの放射性セシウムの除去率

表1：食材および調理・加工方法

食材	調理・加工品	調理・加工方法
牛肉	ビーフジャーキー	乾燥
	ビーフジャーキー(10%食塩水で調味)	10%食塩水に浸漬後乾燥
	ビーフジャーキー(20%食塩水で調味)	20%食塩水に浸漬後乾燥
ウナギ	蒲焼き	タレを塗って網焼き
ワカサギ	素焼き	フライパン焼き
	甘露煮	素焼き後調味液を煮からめる
	唐揚げ	片栗粉をまぶして油で揚げる
	南蛮漬け	唐揚げ後、南蛮酢に浸漬
ヒメマス	一夜干し	塩水に浸漬、塩抜き後に冷蔵庫で一夜干し
	燻製	一夜干し後に温燻
ブルーベリー	ドライブルーベリー	乾燥
	ジャム	砂糖を加えて煮詰める
ナツハゼ	ジャム	砂糖を加えて煮詰める
ウメ	砂糖漬け(氷砂糖)	氷砂糖を加えて冷蔵庫で保存
	砂糖漬け(上白糖)	上白糖を加えて冷蔵庫で保存
ナメコ	茹でナメコ	茹で
シイタケ	焼きシイタケ	フライパン焼き
乾シイタケ	水戻しシイタケ(冷蔵)	20倍量の常温水に浸漬し、4℃で膨潤
	水戻しシイタケ(常温)	20倍量の温水に浸漬し、常温で膨潤
乾燥マイタケ	水戻しマイタケ(15倍量の水)	15倍量の常温水に浸漬し、常温で膨潤
	水戻しマイタケ(15倍量の水)後加熱	15倍量の水で戻した後、戻し汁中で加熱
	水戻しマイタケ(30倍量の水)	30倍量の常温水に浸漬し、常温で膨潤
	水戻しマイタケ(30倍量の水)後加熱	30倍量の水で戻した後、戻し汁中で加熱
タケノコ	あく抜き(米ぬか)	米ぬか入りの水で茹でた後、ゆで汁に浸漬
	あく抜き(重曹)	重曹入りの水で茹でた後、ゆで汁に浸漬
タラの芽	てんぷら	バター液を絡めて油で揚げる
コシアブラ	てんぷら	バター液を絡めて油で揚げる
	あく抜き	塩茹で後、水中に浸漬
	油炒め	あく抜き後、油で炒める
ワラビ	あく抜き(重曹)	重曹入りの水で茹でた後、水中に浸漬
	あく抜き(小麦粉)	小麦粉と食塩入りの水で茹でた後、水中に浸漬
ゼンマイ	あく抜き(重曹)	重曹入りの水で茹でた後、水中に浸漬
	あく抜き(小麦粉)	小麦粉と食塩入りの水で茹でた後、水中に浸漬
イワタケ	洗浄	水戻し後、ブラシで表面をこすり洗い
大豆	豆乳	大豆を水中で膨潤・粉碎後加熱し、液体を分離
	おから	大豆を水中で膨潤・粉碎後加熱し、固体を分離
	豆腐	豆乳ににがりを加えて固め、重しを置いて脱水
	湯葉	豆乳を温め、表面にできた膜を分離

表 2：各食材の調理・加工による放射性セシウムの除去率、濃度比、重量比、残存割合

食材	調理・加工品	除去率 (%)	濃度比	重量比	残存割合			試料数	
					平均	最小	最大		
牛肉	ビーフジャーキー	3	2.6	0.37	0.97	0.92	1.0	3	
	ビーフジャーキー(10%食塩水で調味)	89	0.34	0.32	0.11	0.09	0.12	3	
	ビーフジャーキー(20%食塩水で調味)	89	0.31	0.35	0.11	0.10	0.11	3	
ウナギ	蒲焼き	1	1.7	0.59	0.99	0.97	1.0	2	
ワカサギ	素焼き	-5	1.6	0.64	1.1	0.95	1.1	3	
	甘露煮	10	1.2	0.78	0.90	0.85	0.92	3	
	唐揚げ	6	1.2	0.92	0.94	0.90	0.99	3	
	南蛮漬け	28	0.49	1.5	0.72	0.68	0.78	3	
ヒメマス	一夜干し	68	0.34	0.92	0.32	0.28	0.35	2	
	燻製	65	0.45	0.79	0.35	0.30	0.39	3	
ブルーベリー	ドライブルーベリー	9	4.7	0.19	0.91	0.78	1.0	3	
	ジャム	16	0.86	0.98	0.84	0.78	0.94	3	
ナツハゼ	ジャム	10	0.74	1.2	0.90	0.86	0.98	3	
ウメ	砂糖漬け(氷砂糖) 6日間	34	0.58	1.1	0.66	0.62	0.71	3	
		11日間	38	0.54	1.1	0.62	0.58	0.67	3
		18日間	41	0.51	1.1	0.59	0.53	0.65	3
		32日間	43	0.49	1.2	0.57	0.51	0.63	3
		67日間	40	0.51	1.2	0.60	0.56	0.63	3
		120日間	43	0.48	1.2	0.57	0.54	0.60	3
	砂糖漬け(上白糖) 6日間	48	0.50	1.0	0.52	0.51	0.54	3	
		11日間	49	0.49	1.0	0.51	0.46	0.55	3
		18日間	53	0.43	1.0	0.44	0.42	0.45	3
		32日間	51	0.47	1.0	0.49	0.36	0.45	3
		67日間	59	0.40	1.0	0.41	0.36	0.45	3
		120日間	55	0.43	1.0	0.45	0.37	0.50	3
ナメコ	茹でナメコ	38	0.65	0.96	0.62	0.55	0.74	3	
シイタケ	焼きシイタケ	8	1.2	0.77	0.92	0.77	0.99	3	
乾シイタケ	水戻しシイタケ(冷蔵) 2時間	59	0.10	4.0	0.41	0.41	0.42	2	
		4時間	78	0.05	4.3	0.22	0.20	0.24	2
		6時間	74	0.06	4.4	0.26	0.24	0.27	2
	水戻しシイタケ(常温) 2時間	67	0.09	3.9	0.33	0.28	0.38	2	
		4時間	75	0.06	4.1	0.25	0.25	0.25	2
		6時間	74	0.06	4.2	0.26	0.24	0.28	2
乾燥マイタケ	水戻しマイタケ(15倍量の水)	67	0.09	3.7	0.33	0.33	0.33	1	
	水戻しマイタケ(15倍量の水) 後加熱	69	0.08	3.7	0.31	0.31	0.31	1	
	水戻しマイタケ(30倍量の水)	75	0.06	4.1	0.25	0.25	0.25	1	
	水戻しマイタケ(30倍量の水) 後加熱	84	0.05	3.5	0.16	0.16	0.16	1	
タケノコ	あく抜き(米ぬか)	81	0.19	1.0	0.19	0.12	0.27	6	
	あく抜き(重曹)	78	0.22	1.0	0.22	0.13	0.33	6	
タラの芽	てんぷら	-7	0.54	2.0	1.1	0.83	1.2	3	
コシアブラ	てんぷら	3	0.55	1.8	0.97	0.94	1.0	2	
	あく抜き	50	0.62	0.81	0.50	0.39	0.61	2	
	油炒め	47	0.66	0.8	0.53	0.49	0.57	3	
ワラビ	あく抜き(重曹)	92	0.08	1.1	0.08	0.04	0.10	3	
	あく抜き(小麦粉)	28	0.72	1.0	0.72	0.62	0.79	3	
ゼンマイ	あく抜き(重曹)	81	0.15	1.3	0.19	0.17	0.21	3	
	あく抜き(小麦粉)	3	0.85	1.2	0.97	0.92	1.0	3	
イワタケ	洗浄	70	0.13	2.3	0.30	0.30	0.30	1	
大豆	豆乳	36	0.15	4.2	0.64	0.52	0.79	3	
	おから	70	0.19	1.6	0.30	0.28	0.33	3	
	豆腐	87	0.12	1.1	0.13	0.11	0.16	3	
	湯葉	83	0.26	0.64	0.17	0.15	0.19	3	

表 3 : 大豆の加工によるストロンチウム 90 の除去率、濃度比、重量比、残存割合

食材	調理・加工品	除去率	濃度比	重量比	残存割合			試料数
		(%)			平均	最小	最大	
大豆	おから	35	0.4	1.6	0.64	0.58	0.72	3

Ⅱ. 分 担 研 究 報 告

震災・津波による食品の化学物質汚染実態の調査

渡邊 敬浩

植草 義徳

堤 智昭

平成 24-28 年度厚生労働科学研究補助金 食品の安全確保推進研究事業

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 研究分担総合報告書

震災・津波による食品の化学物質汚染実態の調査

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
研究分担者	渡邊敬浩	国立医薬品食品衛生研究所食品部第三室長
	植草義徳	国立医薬品食品衛生研究所食品部研究員
	堤 智昭	国立医薬品食品衛生研究所食品部第二室長

研究要旨

2011 年に発生した東日本大震災を原因とする津波により、医療施設や工場といった特定化学物質を保管・管理する施設が倒壊した。施設に管理されていた各種特定化学物質が環境中に放出され、様々な食品を汚染した可能性がある。そこで、本研究課題では、以下、二つの研究を実施した。

1)15 元素の金属類の調査

2012 年度と 2014 年度の 2 カ年にわたり、津波被災地域として想定した 5 県（青森、岩手、宮城、茨城、千葉各県）から約 10 の食品種、計 1010 食品の分析を通じ、のべ 15 種の元素（ホウ素:B、アルミニウム:Al、バナジウム:V、クロム:Cr、コバルト:Co、ニッケル:Ni、ヒ素:As、セレン:Se、モリブデン:Mo、カドミウム:Cd、スズ:Sn、アンチモン:Sb、バリウム:Ba、水銀:Hg、鉛:Pb）を対象に濃度の実態を調査し、同時に分析した非津波被災地域（神奈川県）における各食品種の濃度データと比較した。その結果、津波被災地の各食品種において注視すべき濃度の上昇は認められなかった。

また、15 種の元素のうち、定量下限値以上の分析値が得られた試料数の全試料数に対する割合が 50%を上回っていた 12 元素（B、Al、V、Co、Ni、As、Se、Mo、Cd、Sn、Ba、Hg）の濃度データを主成分分析し、食品種別金属類濃度の特徴を把握した。その結果、農産品には B、Co、Mo、Ba 濃度が高い一方で As、Se、Hg 濃度が低い傾向、逆に魚介類には As、Se、Hg 濃度が高い一方で、B、Co、Mo、Ba 濃度が低い傾向が見られ、畜産物では、B、Co、Mo、Ba、A、Se、Hg 濃度のいずれもが低い食品であることが認められた。

2)ポリ塩化ビフェニル (PCBs) の調査

津波被災地域（青森、岩手、宮城、茨城、千葉各県）および非津波被災地域（山形県、神奈川県）から入手した魚 261 試料の PCBs の濃度実態を調査した。高分解能 GC-MS による PCBs 全 209 異性体分析の結果、総 PCBs 濃度は全ての試料において暫定的規制値を下回っていた。また、総 PCBs 濃度に対する各同族体割合を解析したところ、ほとんどの試料において、カネクロール (KC) 由来の PCBs 同族体割合を反映した環境中の魚の同族体割合と類似していた。さらに、津波被災地域（岩手県、宮城県）の魚介類を使用した一食分試料からの PCBs 摂取量を調査したが、非津波被災地域（石川県、静岡県）と比較して PCBs 摂取量が高い傾向は見られなかった。以上の結果より、津波被災に起因した魚の PCBs 汚染を示唆するような結果は得られなかった。

A. 研究目的

2011年に発生した東北地方太平洋沖地震に伴い発生した津波により、損壊した医療施設や工場から特定の有害化学物質が環境中に放出された可能性が、一部の学会等で指摘されている。しかしながら、それら環境中に放出された有害化学物質による食品汚染の実態は十分に調査されていない。

本研究では東日本大震災を原因とする津波により、有害化学物質による新たな食品汚染の発生の有無を明らかにすることを目的に、種々の食品における各種有害化学物質濃度の実態を調査した。

本研究では、以下、二つの研究を実施した。

1) 15元素の金属類

工業用にも用いられる事を考慮し、15種の金属類である元素(B, Al, V, Cr, Co, Ni, As, Se, Mo, Cd, Sn, Sb, Ba, Hg, Pb)を対象に、津波被災地として想定した青森県、岩手県、宮城県、茨城県の太平洋沿岸地域で販売されていた約10種類の食品(2012年度に510食品、2014年度に500

食品の計1010食品)を買い上げ分析し、濃度の実態を調査した。2014年度には、非津波被災地域からも食品を買い上げ、比較対象とした。

また、15種の元素類の濃度データを主成分分析し、その結果から説明可能な内容を考察した。

2) ポリ塩化ビフェニル(PCBs)の調査

PCBsを含むトランスやコンデンサなどが津波により海に流出した可能性が指摘されている。そこで、津波被災地域(青森、岩手、宮城、茨城、千葉各県)および非津波被災地域(山形県、神奈川県)に流通していた魚(計261食品)を買い上げ、魚のPCBs濃度を調査した。また、PCBsは主として魚介類を介して摂取されることが明らかとなっていることから、津波被災地域(岩手県、宮城県)および非津波被災地域(石川県、静岡県)より握り寿司や海鮮丼(計40食品)を買い上げ、これら一食分からのPCBs摂取量を調査した。

B. 研究方法

(1) 15元素の金属類の調査

1. 食品と分析用試料

1-1) 調査地域及び食品種を選択

青森、岩手、宮城、茨城各県の津波被災地域及び津波被災地域に隣接する地域を実態調査の対象地域に選択した。また、比

較対象となる非津波被災地域として、神奈川県を選択した。

食品種としては、3種の農産品(コメ、キノコ、ダイズ)、6種の水産品(アイナメ、カレイ・ヒラメ、サバ、イカ・タコ、エビ・カニ、カイ)及び畜産品としてトリを選択し、2012年度には510食品、

2014年度には500食品を買い上げた。

1-2) 食品の購入期間

2012年度は2012年7月から2013年2月にかけて、2014年度は2014年6月から12月にかけて各食品を購入した。

1-3) 分析用試料の調製

購入した食品は、必要に応じて可食部のみを分別した後、GM200(レッチェ社製)を用いて均質になるよう混合した。有姿の魚については、内臓、皮、骨等を除外した後、混合した。なお、生産者や生産日の情報をもとに、同一条件下で生産あるいは捕獲・採取されていることを確認したのち、調製する試料の重量が300gとなることを目途に、単一包装から無作為に採取した一部の量あるいは、複数の包装分を併せた量を混合した。分析用試料は、分析に供するまでの間、不活性容器に密封の上、-20℃で保管した。

2. 分析方法

2-1) 試薬・試液

分析に使用した主たる試薬を以下に示す。

- ・水：ミリポア社製装置 (Element A10) により製造した超純水。(比抵抗 > 18.2MΩ・cm、TOC < 3 ppb)
- ・硝酸：超微量分析用 (和光純薬工業株式会社)
- ・過酸化水素水：Ultrapur (関東化学株式会社)
- ・各種金属標準原液：原子吸光分析用 (関東化学

株式会社製)

・L-システイン塩酸塩一水和物：特級 (和光純薬工業株式会社)

・硝酸 (14→100) 溶液：硝酸 140 mL を量りとり、水を加えて 1 L とした。

・1% L-システイン溶液：L-システイン塩酸塩一水和物 10g を量りとり、水を加えて 1 L とした。

・混合内部標準溶液：ベリリウム (Be)、ガリウム (Ga)、イットリウム (Y)、インジウム (In)、タリウム (Tl) の濃度がそれぞれ 500 ng/mL、100 ng/mL、1 ng/mL、10 ng/mL、5 ng/mL になるように各元素の標準原液から適量を分取し、1% L-システイン溶液 50 mL 添加後に硝酸 (14→100) 溶液で 500 mL に希釈した。

2-2) 機器

・マイクロ波分解装置：ETHOS-One 及び ETHOS-TC (マイルストーンゼネラル社製)

・ICP-MS：ICP-MS iCAP Q (サーモフィッシャーサイエンティフィック社製)

2-3) 分析法

測定溶液の調製

各分析用試料から 0.5 g をマイクロ波分解装置用容器に量りとった。硝酸 7 mL 及び過酸化水素水 1 mL を加え、分解した。分解後の溶液に、混合内部標準溶液 0.5 mL を添加後、水で 50 mL に定容した。定容後の溶液を測定溶液として

ICP-MSにより測定した。ただし、2014年度は分析の効率を向上させるためにHgを分析対象から除いた。また、同様の理由からマイクロ波による分解に石英セルを採用した。

試料の分解条件

マイクロ波分解装置による分解は、以下の条件で行った。70℃；2分間→50℃；1分間→200℃；15分間（50℃から200℃までの温度変化に要する時間）。200℃に到達した後、同温度でさらに30分間分解させた。

測定条件

ICP-MSによる測定は、以下の条件で行った。なお、各測定パラメータは、標準試薬を用いた機器のキャリブレーション結果に基づき設定した。

- ・スプレーチャンバー：(ペルチェ冷却ジャケット付)サイクロン型
- ・コリジョンガス：ヘリウム (99.9999%)
- ・測定モード：KED (Kinetic Energy Discrimination:運動エネルギー弁別) モード
- ・元素あたりの測定時間：1秒
(積分時間 (s) : 0.1、チャンネル数 : 1、スペース (u) : 0.1、掃引数 (回) : 10)
- ・繰り返し測定回数 : 3

分析対象元素の測定質量数

分析対象とした15種の金属(元素)と測定質量数は以下の通りである。

11 (B)、27 (Al)、51 (V)、52 (Cr)、

59 (Co)、60 (Ni)、75 (As)、78 (Se)、95 (Mo)、111 (Cd)、118 (Sn)、121 (Sb)、137 (Ba)、202 (Hg)、208 (Pb)。

内部標準元素の測定質量数

内部標準とした元素と測定質量数は以下の通りである。9 (Be)、71 (Ga)、89 (Y)、115 (In)、205 (Tl)。

測定値の補正における内部標準元素と分析対象元素の組み合わせ

各分析対象金属に由来する測定値を、以下の組み合わせで内部標準元素に由来する測定値により除し、補正した。

- ・Be : B、Al
- ・Ga : V、Cr、Co、Ni
- ・Y : As、Se
- ・In : Mo、Cd、Sn、Sb、Ba
- ・Tl : Hg、Pb

2-4) 定量下限値の推定と分析値の取扱い

試料を含めず全分析操作を実施する操作ブランク実験を、試料の分解に使用するすべての容器(計54)を用いて行い、得られた定量値から標準偏差(σ)を推定し、その3倍の値(3σ)を検出下限(LOD)、10倍の値(10σ)を定量下限(LOQ)として推定した。定量下限値を下回る定量値が得られた場合にはNDとし、平均値の算出等には含めなかった。

2-5) 分析計画

分析は1併行で実施し、得られた定量値を分析値とすることを基本とした。ただし、全試料の分析完了後、食品種ごとにNDを除く分析値を解析した結果から、食品種としての濃度の平均値の2倍を超えて高い分析値が得られていた試料については、3併行で再分析し、得られた結果の平均値を分析値とした。

3. 主成分分析

15種の元素類のうち、検出率（定量下限値以上の分析値が得られた試料数の全試料数に対する割合）が50%を上回っていた12元素（B、Al、V、Co、Ni、As、Se、Mo、Cd、Sn、Ba、Hg）の濃度データを基本的には解析した。

主成分分析にはSPSS（IBM社製）を用いた。変数を標準化後、主成分分析を実施した。固有値が1を上回ることを指標に、解となる主成分を決定した。その際、主成分となる軸の回転にはバリマックス法を採用した。決定した主成分と変数との因子負荷量から、変数と主成分との相関関係を把握し、主成分により説明可能な内容について考察した。さらに、変数ごとに決定される主成分スコア係数を用い、個々の食品の主成分スコアを算出し、主成分との関係把握に利用した。なお、主成分分析は探索型の解析であるため、

結果をみながら、分析対象とするデータセットを適宜変更した。

(2) PCBs の調査

1. 食品と分析用試料

1-1) 調査地域及び食品種の選択

青森、岩手、宮城、千葉各県を津波被災地域として選択した。また、比較対照となる非津波被災地域として、山形、石川、神奈川、静岡各県を選択した。

魚については、2012年度から2015年度にかけて、石川県と静岡県を除いた地域より、アイナメ（全109食品）、カレイ・ヒラメ（全116食品）、サバ（全36食品）の計261食品を買い上げた。また、一食分試料については、2016年度に、岩手、宮城、石川、静岡各県より、対象地域産の魚介類が多く使用されている握り寿司や海鮮丼を各地域10食品（計40食品）買い上げた。

1-2) 食品の購入期間

2012年度は2012年7月から2013年2月にかけて、2014年度は2014年6月から12月にかけて、2015年度は2015年7月から12月にかけて、2016年度は2016年6月から7月にかけて各食品を購入した。

1-3) 分析用試料の調製

購入した全ての食品は、必要に応じて

可食部のみを分別した後、混合均一化した。なお、握り寿司や海鮮丼は魚介類を使用した具材のみを分別して混合均一化し、魚介類以外の具材や飯は除外した。分析用試料は、分析に供するまでの間、不活性容器に密封の上、-20℃で保管した。

2. 分析方法

2-1) 試薬・試液

- ・検量線作成用 PCBs 標準液：TPCB-CSL-A、CS1-A、CS2-A、CS3-A、CS4-A、CS5-A（関東化学株式会社製）
- ・クリーンアップスパイク標準液：TPCB-CL-A100（関東化学株式会社製）
- ・シリンジスパイク標準液：TPCB-SY-A100（関東化学株式会社製）
- ・209 異性体混合標準液：M-1668A-1-0.01X、2-0.01X、3-0.01X、4-0.01X、5-0.01X（和光純薬工業株式会社製）を等容量混合したもの
- ・高分解能質量数補正用試薬：パーフルオロケロセン（日本電子株式会社製）
- ・アセトン、エタノール、ジクロロメタン、ヘキサン、ノナン：ダイオキシン類分析用（関東化学株式会社製）
- ・ヘキサン洗浄水：残留農薬試験用（関東化学株式会社製）
- ・塩化ナトリウム：残留農薬試験・PCB 試験用（関東化学株式会社製）
- ・無水硫酸ナトリウム：PCB 試験用（関

東化学株式会社製）

- ・水酸化カリウム：特級（関東化学株式会社製）
- ・アルミナ：ダイオキシン類分析用（関東化学株式会社製）
- ・多層シリカゲルカラム：内径 15 mm、長さ 30 cm のカラムに無水硫酸ナトリウム 2 g、シリカゲル 0.9 g、44%硫酸シリカゲル 3 g、シリカゲル 0.9 g、及び無水硫酸ナトリウム 2 g が順次充填されたもの（ジーエルサイエンス株式会社製）
- ・アルミナカラム：内径 15 mm、長さ 30 cm のカラムに無水硫酸ナトリウム 2 g、アルミナ 15 g、無水硫酸ナトリウム 2 g を順次充填し作製した。
- ・GC キャピラリーカラム：HT8-PCB（内径 0.25 mm x 60 m）（関東化学株式会社製）

2-2) 機器

- ・GC：HP 6890 Series GC System Plus（Hewlett Packard 社製）
- ・MS：JMS-700D（日本電子株式会社製）

2-3) 分析法

測定溶液の調製

均一化した試料 20.0 g をビーカーに量りとり、クリーンアップスパイク 100 μL を加えた後、1 mol/L 水酸化カリウム・エタノール溶液を 100 mL 加え室温で 16

時間、スターラーで攪拌した。このアルカリ分解液を分液ロートに移した後、水 100 mL、ヘキサン 100 mL を加え振とう抽出した。静置後、ヘキサン層を分取し、水層にヘキサン 70 mL を加え同様の操作を 2 回行った。ヘキサン抽出液を合わせ、2%塩化ナトリウム溶液 100 mL を加えて緩やかに揺り動かし、静置後、水層を除き同様の操作を繰り返した。ヘキサン層の入った分液ロートに濃硫酸を適量加え、緩やかに振とうし、静置後、硫酸層を除去した。この操作を硫酸層の着色が薄くなるまで繰り返した。ヘキサン層をヘキサン洗浄水 10 mL で 2 回洗浄し、無水硫酸ナトリウムで脱水後、溶媒を減圧留去し約 2 mL のヘキサンに溶解した。この溶液を、多層シリカゲルカラムに負荷し、ヘキサン 50 mL で溶出した。溶出液は溶媒を減圧留去し、約 2 mL のヘキサンに溶解した。この溶液を、アルミナカラム負荷し、ヘキサン 100 mL で洗浄後、20%(v/v)ジクロロメタン含有ヘキサン 100 mL で溶出した。溶媒を窒素気流下でほぼ完全に留去後、シリンジスパイク 100 μ L を加え、GC-MS 測定溶液とした。

測定条件

GC-MS による測定は、以下の条件で行った。

- ・注入方式：スプリットレス

- ・注入口温度：280°C
- ・注入量：2.0 μ L
- ・昇温条件：100°C（1分保持）-20°C/分-180°C-2°C/分-260°C-5°C/分-300°C（22分保持）
- ・MS 導入部温度：300°C
- ・イオン源温度：300°C
- ・イオン化法：EI ポジティブ
- ・イオン化電圧：38 eV
- ・イオン化電流：600 μ A
- ・加速電圧： \sim 10.0 kV
- ・分解能：10,000 以上

分析対象および設定質量数

分析対象は、PCBs 全 209 異性体とし、設定質量数は外因性内分泌攪乱化学物質調査暫定マニュアル（環境庁水質保全局水質管理課、平成 10 年 10 月）に従った。

検量線の作成

相対感度係数法により検量線を作成した。検量線作成用標準液（6 点）に対して 3 回測定を実施し、計 18 点の測定データを得た。各測定データについて、各分析対象物質とそれに対応するクリーンアップスパイクとの相対感度係数（RRF）、及びクリーンアップスパイクとそれに対応するシリンジスパイクの相対感度係数（RRF_{ss}）を算出した。検量線作成用標準液に含まれる分析対象物質の内、同一の

化学構造のクリーンアップスパイクがない分析対象物質については、同一塩素数に含まれるクリーンアップスパイクの平均の面積値を使用して RRF を算出した。検量線作成時の測定データにおける RRF 及び RRF_{ss} の変動係数は 10%以内を目標とした。

定量下限値の推定と分析値の取扱い

PCBs 標準溶液を GC-MS により分析し、S/N=3 に相当する濃度を検出下限値、S/N=10 に相当する濃度を定量下限値として求めた。標準溶液に含まれていない PCBs 異性体については、同一塩素数に含まれる PCBs 異性体の平均の S/N を使用して検出下限値及び定量下限値を求めた。また、操作ブランク試験を 5 回行い、ブランクが認められる分析対象物質については、ブランクの標準偏差の 3 倍を検出下限値、10 倍を定量下限値として求めた。S/N から算出した値と比較し、大きい方を検出下限値、又は定量下限値とした。PCBs 異性体濃度が定量下限値を下回る値が得られた場合には ND とし、ゼロとして取り扱った。

測定溶液の測定

測定開始時には 3 濃度の検量線作成用標準液を測定して、RRF 及び RRF_{ss} を求めた。これらの値が、検量線作成時の RRF

及び RRF_{ss} と比較し、±15%以内であることを確認した。検量線作成時の RRF 及び RRF_{ss} を用いて、試験溶液に含まれる各 PCBs を定量した。操作ブランク値が認められた PCBs 異性体は、操作ブランク値を差し引いた。なお、検量線作成用標準液に含まれない PCBs 異性体の溶出位置は、209 全異性体を含む PCBs 標準溶液を使用して決定した。

主成分分析

得られた各異性体濃度から同族体濃度および総 PCBs 濃度を計算し、各同族体濃度および各異性体濃度が総 PCBs 濃度に対して占める割合 (%) を求めた。これら割合をもとに相関行列から固有値、固有ベクトルおよび主成分得点を求めた。主成分分析には、Excel 多変量解析 Ver. 7.0 (株式会社エスミ) を用いた。また、カネクロール (KC) 製品 (KC-300、KC-400、KC-500、KC-600、およびこれら 4 種の等量混合物 (KC-a11))、および環境省が実施しているモニタリング結果 (2010 年度および 2013 年度) についても併せて主成分分析を行った。

C. 結果および考察

(1) 15 元素の金属類の調査

1. 元素濃度の一斉分析結果

以下、元素と食品種また、地域との組

合せごとに、2年間にわたり得られた濃度データの概要を述べる。

1-1) ホウ素

食品種によって濃度が大きく異なることが判明した。具体的には、ダイズは調査した他の食品種に比べ、5～10倍程度高い濃度でホウ素を含む食品種であった。その他、食品種と食品を買い上げた年及び地域との組合せに特徴的なホウ素濃度の違いは認められなかった。

1-2) アルミニウム

調査した食品種の中では、エビ・カニ、カイ、イカ・タコ、キノコ、ダイズのアルミニウム濃度は比較的高く同一食品種内に突出して高い濃度の試料が複数含まれていたが、特定の地域と購入年の組合せに特徴は見いだせなかった。

1-3) バナジウム

基本的な濃度が食品種により異なっており、同一食品種内に突出して高い濃度の試料が複数含まれていた。しかし、特定の津波被災地域産の特定食品種のバナジウム濃度が特徴的に高いとは言えなかった。

1-4) クロム

基本的な濃度が食品種により異なっており、同一食品種内に突出して高い濃度の試料が複数含まれていた。また、津波被災の2地域で購入したキノコ試料中のクロム濃度が非被災地域に比べ高

いことが疑われたが、得られた全データを通じ、クロムの濃度は変動の範囲を考慮しても十分に低いため、特別の注意が必要とは考えられなかった。

1-5) コバルト

基本的な濃度が食品種により異なっており、同一食品種内に突出して高い濃度の試料が複数含まれていた。しかし、特定の津波被災地域産の特定食品種のコバルト濃度が特徴的に高いとは言えなかった。

1-6) ニッケル

濃度が食品種により異なっており、同一食品種内に突出して高い濃度の試料が複数含まれていた。また、津波被災の1地域で購入したキノコ試料中のニッケル濃度が非被災地域に比べ高いことが疑われたが、得られた全データを通じ、キノコのニッケル濃度は変動の範囲を考慮しても十分に低いため、健康危害リスクへの影響を検討するには当たらないと考えられた。

1-7) ヒ素

基本的な濃度が食品種により異なっており、同一食品種内に突出して高い濃度の試料が複数含まれていたが、特定地域と特定食品種の組合せでヒ素濃度が特徴的に高値になっているとは言えなかった。また、ヒ素の津波被災の2地域で購入したトリ試料中のヒ素濃度が非

被災地域に比べ高いことが疑われたが、得られた全データを通じ、トリのヒ素濃度は変動の範囲を考慮しても十分に低いため、健康危害リスクへの影響を検討するには当たらないと考えられた。なお、本調査では総ヒ素濃度を分析結果として得ており、精密に健康危害リスクへの影響を考察するためには形態ごとの分別定量が必要である。

1-8) セレン

セレンはこれまでに説明した元素類に比べ、食品種間での濃度の差が小さかった。同一食品種内に突出して高い濃度の試料が複数含まれていたが、特定の津波被災地域と食品種の組合せにおいて、セレン濃度が特徴的に高いとは言えなかった。

1-9) モリブデン

ダイズを除く食品種間での、モリブデン濃度の違いは小さかった。同一食品種内に突出して高い濃度の試料が複数含まれていたが、特定の津波被災地域と食品種の組合せにおいて、モリブデン濃度が特徴的に高いとは言えなかった。

1-10) カドミウム

基本的な濃度が食品種により異なり、同一食品種内に突出して高い濃度の試料が複数含まれていた。イカ・タコのカドミウム濃度は、非津波被災地域よりも津波被災地域で高いことが疑われたが、

全てのイカ・タコのカドミウム濃度データの変動範囲は狭いため、イカ・タコの摂取量を考慮しても、健康危害リスクへの影響を検討するには当たらないと考えられた。イカ・タコその他、津波被災の1地域で購入したキノコについても、上記と同様の結果と考察であった。ただし、キノコのカドミウム濃度の結果はイカ・タコ濃度に対する結果と違い 2012年度にのみ高かった。

1-11) スズ

本研究の調査対象とした生鮮食品のスズ濃度は基本的に低かったが、低濃度ながらも、同一食品種内で比較すれば、突出して高い濃度の試料があった。本研究の調査対象とした生鮮食品のスズ濃度は、缶詰加工品等から検出されるスズ濃度に比較すると無視できるほど低く、その点において注意が必要とは考えられなかった。

1-12) アンチモン

本研究の調査対象とした生鮮食品からのアンチモン検出頻度は低く、検出された場合にも濃度が低かったが、これまで他の元素について考察したとおり、同一食品種内で濃度を比較した場合、突出して濃度が高い試料があった。しかし、特定の地域と食品種との組合せにおいて、必ず濃度が高いといった特徴はなく、かつアンチモンの平均的な濃度が低値か

つ変動の範囲が狭い点を踏まえれば、特段注意する必要はないと考えられた。

1-13) バリウム

調査した食品種間で比較すると、ダイズの濃度が若干高めである点を除き、バリウムの結果についても、アンチモンの結果に対するのとほぼ同様の考察がされる。

1-14) 水銀

アイナメとサバからは、他の食品群と比較して高濃度の水銀が高頻度で検出されたが、食品群内での濃度の分布からは、突出して高濃度の水銀が検出された食品があるとは言えなかった。なお、特定の魚種を除く魚介類には水銀の暫定規制値が 0.4 mg/kg として設定されているが、この暫定規制値を上回ることが懸念される分析値がアイナメ 2 食品及びサバ 5 食品から得られた。

1-15) 鉛

基本的な濃度が食品種により異なり、同一食品種内に突出して高い濃度の試料が複数含まれていた。また、調査地域に依存した鉛濃度の注意すべき違いを見いだすことはできず、従ってそれらに伴う健康危害リスクへの影響を検討するには当たらないと考えられた。

2. 主成分分析結果

食品種と地域を区別しない 12 元素の

濃度データを解析した。固有値が 1 を超え、全成分に対する累積割合が 50%までの成分 3 つ(主成分 1 には B、Co、Mo、Ba、主成分 2 には As、Se、Hg、主成分 3 には V、Cd) を決定した。続いて、元素ごとに決まる主成分スコア係数と 1 つの食品に含まれる 12 元素の濃度を標準化した値を用いて、食品ごとに主成分スコアを計算した。

全食品種と元素濃度の組合せをデータセットとした場合の各主成分を軸とする主成分スコアの二次元プロットより、農産品では B、Co、Mo、Ba 濃度が高い一方で As、Se、Hg 濃度が低い傾向、逆に魚介類では As、Se、Hg 濃度が高い一方で、B、Co、Mo、Ba 濃度が低い傾向があると考えられた。畜産物(トリとブタ)では B、Co、Mo、Ba、As、Se、Hg 濃度のいずれもが低い食品であることが考察できた。また、カイでは農産品、魚介類また畜産物のいずれとも異なる元素濃度の特徴があることが推測され、その中でも V、Cd 濃度が高い傾向があることが認められた。

また、特定食品の元素濃度データを対象に主成分分析の結果より、特定の地域と食品の組合せにおいて、主成分スコアに特徴的な傾向は認められなかった。

(2) PCBs の調査

2-1) 魚の PCBs 濃度

分析した全 261 試料から得られた総 PCBs 濃度は 0.29~235 ng/g であり、中央値は 3.3 ng/g であった。多くの試料において、総 PCBs 濃度は 15 ng/g を下回っていた。最大濃度を示した試料は 2015 年度に津波被災地域から入手したアイナメで総 PCBs 濃度は 235 ng/g であったが、内海内湾魚介類の暫定的規制値 (3 ppm) の 1/10 未満であった。PCBs などの環境汚染物質の濃度分布は対数正規分布に従うと考えられる。総 PCBs 濃度が 50 ng/g を超える試料数は全体的に少なく、また津波被災地域および非津波被災地域の両方から認められている。このことから、地域を要因としたものではなく、魚が偶発的に高濃度の PCBs を含んでいたものと推測される。

総 PCBs 濃度を魚種別に着目した場合、アイナメは 0.92~235 ng/g (中央値 4.7 ng/g)、カレイ・ヒラメは 0.29~128 ng/g (同 1.6 ng/g)、サバは 1.6~86 ng/g (同 7.8 ng/g) であった。アイナメ、カレイ (マコガレイ)、ヒラメ (天然) およびサバ (マサバ) の脂質割合はそれぞれ 3.4%、1.8%、2.0%、および 16.8%とされている。PCBs は極性が低いことから魚個体内では脂肪組織に比較的高濃度で分布していることが考えられる。従って、総 PCBs 濃度は魚中の脂質割合に依存しており、脂質割合が比較的高いサバで総 PCBs 濃度 (中央値) が他の魚種と比べてやや高い傾向を示したのではないかと考察し

た。

次に、分析試料数の多いアイナメおよびカレイ・ヒラメに着目し、地域別に比較を行った。その結果、津波被災地域におけるアイナメおよびカレイ・ヒラメの総 PCBs 濃度はいずれの年度も同程度であり、また非津波被災地域 (1 地域) の総 PCBs 濃度と比較しても同程度であった。もう一方の非津波被災地域における総 PCBs 濃度は、いずれの魚種においても他の地域より高濃度側に分布していた。ノンパラメトリック法による検定 (Mann-Whitney の U 検定) により、津波被災地域間で差が認められた地域もあった。しかしながら、非津波被災地域間においても水域の環境によって魚の総 PCBs 濃度に違いがみられたことから、地域間の差が津波被災の影響によるものであると断定することはできなかった。なお、非津波被災地域の試料数は津波被災地域の試料数と異なることに留意が必要である。

全 261 試料について総 PCBs 濃度に対する各同族体濃度の割合を求めたところ、多くの試料で同様のパターンを示し、4~7 塩素化 PCBs の構成割合が大きく、総 PCBs 濃度はこれら同族体を主体としていることがわかった。このことは、同族体割合を用いた主成分分析において、ほとんどの試料が大きな集団を形成した結果からも支持される。なお、この主成分分析における集団は KC-500 のプロットの近くに位置していた。

日本近海の魚類に含まれる PCBs の汚染源は、KC-300、KC-400、KC-500、および KC-600 であると報告されており、特に KC-500 を主とした同族体割合や、KC-500 と KC-600 が 1:1 で混ざった同族体割合に類似しているとの報告がある。本研究で明らかとなった同族体割合のほとんどは、これまでに文献等で報告されている環境中の魚の同族体割合と類似していた。一方で、同族体割合が異なる（低塩素化 PCBs の割合が他の試料と比較してやや大きい）試料も僅かだが見受けられた。低塩素化 PCBs は環境中において速やかに減少することが報告されている。従って、比較的近い時期に新たな汚染源にさらされた場合、魚中の低塩素化 PCBs の割合は通常よりも大きくなる可能性が考えられる。しかしながら、対照とした非津波被災地域においても低塩素化 PCBs の割合が大きい試料が認められたことから、津波被災の影響である可能性は低く、水域や個体差などによる変動の範囲内であることが推察された。

諸外国では指標異性体（存在量が比較的多い 7 異性体：#28, #52, #101, #118, #138, #153, #180）による PCBs 分析も実施されている。さらに EU では Non-dioxin like PCBs の指標異性体として #118 を除いた 6 異性体について食品に基準値を設定している（魚、水産物及びその加工品は 75 ng/g）。本研究において、上記 6 異性体濃度が最も高か

った試料は、総 PCBs 濃度が最大値を示したアイナメ（総 PCBs 濃度は 235 ng/g）であり、その濃度は 74 ng/g であった。総 PCBs 濃度に対する 6 異性体濃度の割合は全 261 試料で 23~43%であり、平均は 33%であった。また、7 異性体濃度の総 PCBs に対する割合は 25~50%（平均 39%）であった。主要な 19 異性体（#11, #18, #28, #31, #44, #52, #70, #77, #81, #101, #118, #126, #138, #149, #153, #169, #180, #189, #194）を用いて主成分分析を実施したところ、同族体割合を用いた主成分分析と同様、ほとんどの試料は KC-500 と KC-600 の近くで大きな集団を形成していた。また各異性体濃度の解析と主成分分析の結果から、津波被災地域のヒラメ 1 試料において、2 塩素化 PCBs の同位体（#11）割合が他の試料と比較して顕著に大きく、総 PCBs 濃度の 11%を占めていることが明らかとなった。#11 は 3,3'-ジクロロベンジジン類から生成されるアゾ顔料中の副生 PCB 異性体であることが知られている。#11 の異性体割合が大きい試料はこの 1 試料のみであったことから、広範囲ではなくホットスポットで汚染された可能性が高いと考えられるが、これが津波の影響によるものであるかを判断することは困難であった。

2-2) 一食分試料からの PCBs 摂取量

津波被災地域（A および B 地域）および

非津波被災地域（C および D 地域）の魚介類を使用した一食分試料（握り寿司および海鮮丼）からの PCBs 摂取量を調査した。その結果、津波被災地域である A 地域における一食分試料からの総 PCBs 摂取量の平均値は 438 ng であり、25、50、75 パーセント値はそれぞれ、171 ng、250 ng、654 ng であった。また、B 地域の平均値は 839 ng であり、25、50、75 パーセント値はそれぞれ、362 ng、495 ng、1263 ng であった。一方、非津波被災地域である C 地域の平均値は 874 ng であり、25、50、75 パーセント値はそれぞれ、350 ng、748 ng、1115 ng であった。また、D 地域の平均値は 1731 ng であり、25、50、75 パーセント値はそれぞれ、274 ng、517 ng、926 ng であった。津波被災地域である A 地域の 25、50、75 パーセント値は、非津波被災地域である C および D 地域のパーセント値を下回っており、さらにその他の地域の総 PCBs 摂取量と比較して、やや低濃度側に分布しているようであった。これは、A 地域で購入した一食分試料に、PCBs 濃度が一般的に低いと報告されているイカ、エビ、カイ、タコなどの魚以外の魚介類が他地域の一食分試料より多く含まれていたためだと考えられる。また、津波被災地域である B 地域については 25、75 パーセント値が、非津波被災地域である C および D 地区の値をやや上回っていたが、その差は最大

でも 1.4 倍程度と小さかった。一食あたりの総 PCBs 摂取量の最大値は、非津波被災地域である D 地域の試料から得られ、総 PCBs 摂取量は 12 µg であった。他の地域の最大値と比較すると 4.5~8.8 倍の値であったが、前述したように、偶発的に高濃度の PCBs を含んでいた魚介類がこの試料に含まれていたためであると考えられた。また、PCBs 濃度の低いイカなどの魚介類を含んでおらず、魚のみで一食分試料が構成されていたことも PCBs 濃度が高くなった一因であると考えられた。

以上の結果から、津波被災地域で購入した一食分試料からの PCBs 摂取量が、非津波被災地域と比較して高い傾向は認められなかった。このことは、前述した魚 261 試料の PCBs 濃度調査の結果、および別途実施した津波被災地域と非津波被災地域で作製したトータルダイエツト試料(10 群;魚介類)を用いた PCBs 摂取量調査の結果を支持するものであった。また、各一食分試料からの総 PCBs 摂取量に占める PCBs 同族体割合も地域間で顕著な違いは認められず、前述した魚 261 試料の結果と同様、4~7 塩素化 PCBs が主体であった。このことから、低塩素化 PCBs の割合が高いと判断するには至らず、津波による影響を示唆するような結果は得られなかった。

D. 結論

本研究では、東北地方太平洋沖地震を原因とする津波により、有害化学物質による新たな食品汚染の発生の有無を明らかにすることを目的に、下記の二つの研究を実施した。

(1) 15 元素の金属類の調査

2012年度と2014年度の2カ年にわたり、津波被災地域として想定した5県から約10種、計1010点の食品を買い上げ、カドミウム、鉛、ヒ素などの有害元素を含む15種の元素類濃度の実態を調査した。その結果からは、各金属類と食品種の組合せに関して、津波被災地において注視すべき濃度の上昇は認められなかった。また、本研究で得られた各食品中の一連の元素濃度のデータの主成分分析から、食品種別元素濃度の特徴を把握することができた。今後、これらの結果をより確かなものにするためには、一部食品種と地域及び分析対象との組合せについての調査を継続し、より多くのデータを蓄積することが効果的と考える。

(2) PCBs の調査

2012年度から2015年度の3カ年にわたり、津波被災地域と非津波被災地域から魚（計261食品）を買い上げ、総PCBs濃度の実態を調査した。津波被災地域において、地域的な要因により、魚の総PCBs濃度が高くなっているようには見えなかった。また、PCBs同族体の割合の解析から、同位体割合がやや異なる試料も一部で認められたが、

これらが津波の影響によるものであるかを判断するには至らなかった。

2016年度には津波被災地域および非津波被災地域から一食分試料（計40食品）を買い上げ、それら試料からのPCBs摂取量を調査した。津波被災地域で購入した一食分試料からのPCBs摂取量は、非津波被災地域と比較して高い傾向は示されなかった。また、PCBs同族体の割合を解析したが、津波被災地域において新たにPCBs汚染源を示唆するようなPCBs同族体の組成は認められなかった。

E. 研究発表

1. 論文発表

1) Uekusa, Y., Takatsuki, S., Tsutsumi, T., Akiyama, H., Matsuda, R., Teshima, R., Hachisuka, A., Watanabe, T. Determination of polychlorinated biphenyls in marine fish obtained from tsunami-stricken areas of Japan. *PLOS ONE* **12**, e0174961 (2017).

2. 学会発表

1) 片岡洋平, 渡邊敬浩, 林智子, 蜂須賀暁子, 手島玲子; 東日本大震災・津波被害地域における食品中の金属類濃度実態調査. 第106回日本食品衛生学会学術講演会 (2013.11).

2) 渡邊敬浩, 植草義徳, 高附巧, 片岡洋平, 堤智昭, 松田りえ子, 蜂須賀暁子, 手島玲子.

東日本大震災・津波被害地域で市販された魚類製品の PCBs 濃度の実態調査. 第 23 回環境化学討論会 (2014.5).

3) 片岡洋平, 渡邊敬浩, 林 智子, 松田りえ子, 蜂須賀暁子, 手島玲子; 東日本大震災・津波被害地域で市販された食品の有害元素含有量実態調査. 第 23 回環境化学討論会 (2014.5).

4) Kataoka Y., Watanabe T., Hayashi T., Matsuda R., Hachisuka A., Teshima R. ; Surveillance of concentrations of harmful elements in foods purchased in areas affected by the Great East Japan Earthquake. *33th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants*, Daegu (Republic of Korea), August (2013).

5) Uekusa, Y., Takatsuki, S., Watanabe, T., Kataoka, Y., Tsutsumi, T., Matsuda, R., Hachisuka, A., Teshima, R. Concentration of polychlorinated biphenyls in commercially available fish obtained from tsunami-stricken areas of Japan. *34th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants*, Madrid (Spain), September (2014).

6) Uekusa, Y., Takatsuki, S., Tsutsumi, T., Matsuda, R., Akiyama, H., Hachisuka, A., Teshima, R., and Watanabe, T. “Follow-up investigation of polychlorinated biphenyl concentrations in fish from tsunami-stricken areas of Japan”, *35th International Symposium*

on Halogenated Persistent Organic Pollutants, São Paulo (Brasil), August (2015).

7) Uekusa, Y., Akiyama, H., Takatsuki, S., Maeda, T., Tsutsumi, T., Watanabe, T., Matsuda, R., Hachisuka, A. Analysis of polychlorinated biphenyls in fish from tsunami-stricken areas of Japan. *36th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants*, Firenze (Italy), August (2016)

Ⅱ. 分 担 研 究 報 告

震災によるリスクコントロールが必要となる化学物質の選定

畝山 智香子

平成24-28年度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

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
分担研究報告書

震災によるリスクコントロールが必要となる化学物質の選定

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

研究要旨：研究要旨：

平成23年3月11日の東日本大震災では地震と津波により東日本地域の多くの工場や家屋から大量の化学物質が流出したと考えられる。さらに東京電力福島第一原子力発電所の事故により放射性物質も環境中に放出された。放射性物質に関しては、多くの観測や測定が行われているが、その他化学物質による食品への影響については放射性物質に比べて調査や報告が乏しいようである。東日本大震災による食品への影響を、ヒト健康影響という視点から評価するため、初年度は①ヒト健康影響が懸念されている化学物質のリストアップ、②震災後の食品に関して一般の人々に提供されている情報、③震災により人々の食生活にどのような変化がおこっているか、について検討した。その結果、震災を受けて食生活や食品の購入先を変えるとといった行動変化があったと報告する人たちが一定数存在し、その変化の結果としてヒト健康影響が懸念されている化学物質への暴露量が変わりむしろリスクが大きくなっている可能性が示唆された、津波で冠水した地域の土壌汚染等の情報も収集したが、塩濃度の増加以外に特定の化合物がバックグラウンドの変動を超えて津波のせいで増減したという情報は見あたらなかった。従って環境や食品中の汚染物質濃度の変動よりも個人の行動変化のほうが健康リスクへの寄与率が高そうであった。特に放射性物質を避けるあるいは放射性物質による害を減らそうとしてかえって食生活由来のリスクを大きくする行動は、風評被害により被災地の困難を増やすだけでなく、適切なリスク管理が行われないう意味で食品の安全性を実際に脅かすものである。そこで④これまでのこの研究課題により得られた食品中の放射性物質に関するデータを提示するとともに、消費者が適切なリスク管理を行うために必要な情報はどのようなものかを探るための調査を実施した。その結果、食生活全体のリスクを適切に管理するためには、特定の項目だけではなく全体のリスクに関する情報も同時に提示することが望ましいことが示唆された。さらに学生に対して食品安全と放射性物質についての理解の促進のために、講義と調査を継続した。震災から時間が経過するにつれ流通食品から放射性物質が検出されることがほぼ無くなり話題になることも減り放射性物質に関する関心も特に被

災地から遠い地域では薄れていくことが伺えた。それにも関わらず風評被害が無くならないのは誤解が定着し正確な理解は進んでいないことが示唆された。この状況は食品中の残留農薬や食品添加物などと同じで、公的機関や専門家が食品安全に関する情報提供を長年にわたって行っているにもかかわらず、それを量の上で圧倒的に上回る間違った情報が消費者に提供され続けていることが一因と考えられる。食品にまつわる間違った情報への対策は特に放射性物質だけに特化して行う理由は最早なく、食品安全リスクアナリシスの枠組みの中で包括的に継続して取り組まれるべき課題になったとみなすべきであろう。

研究協力者 登田美桜 国立医薬品食品衛生研究所安全情報部第三室

研究協力者 與那覇ひとみ 国立医薬品食品衛生研究所安全情報部第三室

A. 研究目的

平成23年3月11日の東日本大震災では、放射性物質以外にも大量の化学物質が環境中に放出されたと考えられるが、それらによる食品への影響については知見が乏しい。食品にはもともと多種多様な化学物質が含まれ、その中には人体にとって有害なものもある。バックグラウンドレベルでも暴露量は多様でリスクも小さいものから大きいものまで広範にわたるが、震災によりそれらがどう変動したかを多方面から検討することを目的とした。

まず外部要因として、環境中に存在する可能性のある化学物質に関する情報を収集した。これまで様々な環境化学物質の毒性について調べられていて、各種の規制が実施されている。そうした化合物をリストアップし、次いで暴露マージンを指標に用いてその中でヒト健康影響についての懸念が大きいとみなされているものを同定した。

また暴露量に変化をもたらす可能性のある消費者側の要因として、食行動の変化がある。震災により避難を余儀なくされた人たちの食生活が変わるのはある程度しかた

がなく、被災地での健康指導などの研究テーマでもあるので、当研究では被災地以外の地域での消費者の食生活の変化について簡単なアンケート調査を行った。その結果、震災による影響として放射性物質のみが注目されていること、放射性物質を避けるための対策として飲料用の水を水道水からミネラルウォーターや井戸水に変えたり、魚等の水産物を食べないといった、むしろ食生活全体としてリスクが上がるような行動をとっている場合があることが確認された。

外部要因としての環境中化学物質濃度についてはもともとのバックグラウンドの変動の範囲を超えるような震災による変化は報告されていないが、その一方で食生活の変化による暴露量の変化はあり得ることが示唆されたため、適切なリスク管理のための情報提供のありかたを探ることを次の目的にした。

適切なリスク管理を行うためには食品中の放射線に関する情報のみでは不十分であると考えられたのでより幅広いリスク情報の提供による影響を検討した。予備的調査として、少人数の集団に対して食品に存在

する各種リスクについての情報提示によるリスク認知の変化について検討した。その後さらに主に学生を対象に、リスク情報の提供前後における食品中放射能についてのリスク認知の変化を検討した。同時に放射線と食品中の放射能の基準値についての基礎知識の浸透度についても調査した。

B. 研究方法

①ヒト健康影響が懸念されている化学物質のリストアップ

日本及び世界各国の主要リスク評価・リスク管理機関が監視対象としている化合物をリストアップした。対象にしたのは厚生労働省平成24年度輸入食品等モニタリング計画別表第7および8、毒物及び劇物取締法 別表第一から第三、人事院規則一〇一四、東京都都民の健康と安全を確保する環境に関する条例施行規則別表、U.S. Department of Health and Human Services Report on Carcinogens Twelfth Edition 2011、Agents Classified by the IARC Monographs、STATE OF CALIFORNIA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY OFFICE OF ENVIRONMENTAL HEALTH HAZARD ASSESSMENT SAFE DRINKING WATER AND TOXIC ENFORCEMENT ACT OF 1986 CHEMICALS KNOWN TO THE STATE TO CAUSE CANCER OR REPRODUCTIVE TOXICITY (Prop.65)、および2008 KINGSTON TN COAL ASH SPILL と 2010 Deepwater Horizon Oil Spill と 2010 Red Mud Accident in Ajka (Hungary)の事故に関する文献である。

一方食品中に含まれる化合物の中で、比較的风险が大きく安全であるという量が設定できないあるいは管理が難しいものについては、近年暴露マージン (MOE) という指標を使った評価が行われている。MOEは用量-反応評価の結果から導き出した無毒性量などの閾値やそれに相当する用量 (NOAEL や BMDL) と摂取量の違いを数的に示す指標で、NOAEL や BMDL を暴露量で割ったものである。海外食品安全当局あるいは国際機関による MOE による評価のリストも作成した。対象にしたのは、英国食品基準庁 (FSA)、英国食品・消費者製品・環境中化学物質のがん原性に関する科学委員会 (COC)、フランス食品環境労働衛生安全庁 (ANSES)、欧州食品安全機関 (EFSA)、FAO/WHO 合同食品添加物専門家会議 (JECFA)、オランダ 国立公衆健康環境研究所 (RIVM)、香港食品安全センター (CFS)、ヘルスカナダ、カタルーニャ州食品安全機関、ベルギー連邦フードチェーン安全庁 (AFSCA) などである。

②震災後の食品に関して一般の人々に提供されている情報

2012年秋の時点で、食品の放射性物質汚染に関する書籍で、ネット書籍販売大手 Amazon の売り上げ上位リストに掲載されていたり書店やネットで宣伝されている書籍を購入し、食品についてどのような記述がなされているかを調べた。さらにその後2016年冬の時点まで、Amazon の「売れ筋ランキング」本 > 暮らし・健康・子育て > 家庭医学・健康 > 食・栄養 > 添加物・食品汚染 のカテゴリーでランクインしている書籍について継続して調査を行った。

③震災により人々の食生活にどのような変化がおこっているか

震災によって消費者の食生活に変化があったのかどうか、あったとしたらどのようなものなのかについてアンケート調査を行った。(参考資料1)

④食品中化学物質の安全性に関する一般的な情報提供の前後で、食品の安全性に関して不安があるかどうかを尋ねるアンケートを実施した(参考資料2)。ベースラインの食品に関する不安の程度と、情報提供後の不安感の変化を数値化して評価することを試みた。また放射能に関するリスク認知の変化も検討した。

(倫理面への配慮) アンケートの際に個人情報収集しない

C. 結果

①ヒト健康影響が懸念されている化学物質のリストアップ

何らかの形で監視対象となっている化合物として合計 2200 程度の物質がリストアップされた(表省略)。これらが全てヒト健康リスクとして重要であるというわけではなく、ここに含まれなければ問題がないというわけでもない。しかしながらこれらの物質については、調査研究や消費者団体の検査あるいは企業による自主検査などの形で食品や消費者製品から検出された場合にはその量の如何に関わりなく、規制機関が監視対象にしているものであるという理由で話題になることがある。このリストは、日常的にこれらの物質が使用され監視され

ている世界に我々が生きているということを再確認するためのものである。天然物も多数含まれるこれら全ての化合物を常に「測定」「監視」することは不可能であり、従って何らかの形で優先順位付けをしなければならない。そのために役立つ指標のひとつが暴露マージン(MOE)である。表1に既存の評価を集めた。(この表は年度の報告書として既に報告したものにその後新しく発表された値を加えて更新したものである。)日本ではまだMOEを使った食品中化学物質評価の事例が少ないものの、今後増加していくと考えられる。MOEの小さいものほどリスク管理の優先順位が高い。この値は基本的に事故などの起こっていない平常状態のバックグラウンドレベルについてのものであるが、震災や事故で変動があった場合にこれがどう変化し、結果として優先順位が変動するかどうかを検討するための基本情報となる。放射性物質についても同様で、現在測定されている食品中の放射性物質のMOEと他の化学物質によるリスクとを比較することで対策の優先順位の目安とすることが可能である。例えば、食品安全委員会が福島第一原子力発電所の事故により放出された放射性物質のリスクについて、100mSv以下で健康に有害影響があるというデータはないという評価を行った。これを暴露マージンの計算に用いる出発点(POD: point of departure)として採用すると、10mSvの被曝は $100 \div 10 = 10$ となり、MOEは10である。MOEが一桁(10未満)の値となるものは表2より無機ヒ素や鉛である。この10mSvという値は、福島県の、原子力災害による避難地域には指定されていない地域のうちで比較的線量の

高い地域に住み続けている住民が、事故により放出された放射性物質により事故後数年で被曝する量の最大値程度である。外部からの被曝がない日本のほとんどの地域においては流通中の食品による被曝は目安となる年間 1mSv より遙かに低いことがこの研究班の研究を含む各種調査研究で既に明らかとなっている。計算上放射性セシウム 137 を 100 ベクレル/kg 含む食品を 1kg 食べた場合は 0.0013 mSv となり、暴露マージンは $100 \div 0.0013 = 76923$ となる。この数字は表 2 の中ではヒ素やアクリルアミド、アフラトキシンより大きく、PAH や 6 価クロムと同程度である。現在市中に流通している食品で 100 ベクレル/kg のものを発見するのはほぼ不可能で、ごく希に基準値を超過していると報告されるものでも山菜や乾燥品など大量に継続して食べるようなものはない。従って一般の人々にとって、リスク管理の優先順位としては、放射性物質はアクリルアミド、アフラトキシンより低いといえる。外部からの被曝がそれなりにある福島市などの住民にとってすら、リスク管理の優先順位としてはヒ素や鉛のほうが高い。

放射性物質以外の津波等による災害影響による変化でも、ヒ素や鉛のようなもともとリスクの大きいものの変動を注意して観察する必要があるといえるが、現時点で津波や地震によってこれらの有害物質の環境中濃度が変動したという報告はない。

②震災後の食品に関して一般の人々に提供されている情報

入手できた書籍は 2012 年の秋の時点で合計 56 冊で、食品の放射性物質対策に関す

るものがほとんどだった。その多くが対策として薦めていることの根拠を提示せず、～と言われている、～と思う、という程度のもので、食生活のバランスを崩したり他の病気になるリスクを高くするような内容を薦めているものもあった。国の機関や地方自治体による食品中放射性物質の測定結果などの公式発表はウェブサイトには掲載されているが、書籍としては発行されていないので、書店や図書館などでは見つけることができない。そのため地方自治体や学校などの図書館には根拠のない情報をのせた書籍ばかりが多数並ぶことになる。それらを例えば中高生が調べ学習の教材として使うことになることを考えると、単純に資料としてだけでもこれまでの測定結果や国の機関による発表を書籍の形で発行して流通させる必要があると思われる。

さらにその後の書籍の動向については図 1 にまとめた。この数値はネット書籍販売大手 Amazon の「売れ筋ランキング」の添加物・食品汚染カテゴリーを年に数回チェックして入手できたものを整理して発行年別にまとめたものである。このランキングには大体ベスト 100 までが掲載されているが、新しく出版された本が上位に入る可能性が高いとはいえ常に監視していたわけではないことと入手できなかったものは含まれないので全てを網羅しているわけではなく、おおまかな傾向である。この図からわかるように、2011 年 2012 年は放射能関係の本がたくさん出版され、実際に売っていたようである。2013 年にはあまり新しい本は出版されていないが 2014 年以降また出版されるようになってきた。ただそのタイトルや内容に占める放射能の割合は大きく下が

り、特にこの 1-2 年は震災以前からずっとこのカテゴリーの常連だった食品添加物や輸入食品やその他いろいろなものが危険だという主張の本が「復活」している。前述したように放射能に関する情報が不適切なものの方が多く、それと同じように各種「食品汚染」を警告する書籍には正確でない情報のほうが多いというのも震災以前と同様である。2017 年の時点では、食品の放射能汚染は、その他多くの食品汚染のうちの一つとして日常的になったとみなすことができるだろう。これまで食品の安全性について消費者が心配だと思うものといえば食品添加物、残留農薬、輸入食品、といったものが常に常連だったがその一つに放射能が入ったという状況である。例えば 2016 年発行の典型的な恐怖扇動本である「最新ポケット版 農薬・添加物は我が家で落とせ」増尾清（青春出版社）の「危ない食べ物知っていますか？」という章では残留農薬、環境ホルモン、遺伝子組み換え食品（本の記述どおり）、BSE、食品添加物、トランス脂肪酸、放射性物質、PM2.5 といった項目が同じような扱いで並んでいる。逆に典型的な健康本である「なぜ水素で細胞から若返るのか」辻直樹（PHP 新書、2016 年）では水素がアンチエイジングに有効と主張するものであるが、水素が糖の有害影響や内部被曝予防に効果があるとも書いている。食品添加物、残留農薬、放射能（しばしば人工のみが問題と主張されている）などは実際に安全性について理解されることがないまま、とにかく避けるべきものとみなされることが多いという点でも同じである。

③震災により人々の食生活にどのような変化がおこっているか

アンケートの主な結果は参考資料 1 に示す。震災直後に何らかの食生活の変化があったとしても短期間であれば特に健康リスクにつながるとは考えられない。しかし一部の人たちは継続しており、それは風評被害や健康リスクにつながる可能性がある。回答のなかでリスクがある可能性のあるものとしては水道水をミネラルウォーターや井戸水に変えた、魚など海産物を食べなくなった、飲酒量が増えた、特定のいわゆる健康食品を常用している、というものがある。放射性物質対策になると称する特定の健康食品を使用したり高額な浄水装置を購入したりしている人たちが数は少ないものの確認され、震災に便乗してはびこっている詐欺行為の犠牲者であり、経済的被害防止のためにも正確な情報の提供が必要であろう。

震災により食生活を変えたと回答した人の割合はコープ会員、男性より女性、子どものいない人よりいる人のほうが多い傾向があった。これは食品の安全性に関心が高い集団と一致する。従ってその食生活の変更はより安全にするためであろうと想定されるが実際には安全性が低くなる行動に出ている人が多いようである。水道水をミネラルウォーターに変えた人のなかで、水道水よりミネラルウォーターのほうがもともと安全性に関する基準が緩いということを知っている人がどれだけいるか（注：ボトル入りミネラルウォーターの基準は順次水道水基準に近い値に置き換えられている）、もしミネラルウォーターのほうが計算上はリスクが高いという情報が提供されていた

らどうしていただろうか。これは②の調査結果とも関連するが、放射能汚染により食品の安全が脅かされた、だから〇〇という対策をとらなければならない、という間違っただ情報が書籍を始め各種メディアで多数を占めているため、間違っただ情報をもとに間違っただ行動をとってしまった結果かもしれない。

④食品中化学物質の安全性に関する一般的な情報提供の前後で、食品の安全性に関して不安があるかどうかを尋ねるアンケート

アンケートは参考資料 2、集計結果は参考資料表 2 および 3 に記す。

この調査の目的は、食品中の放射能に関する不安や受容度が、食品のリスクについての情報を提供されることで変わるのではないかという仮説を検証することである。そのため放射性物質とは何か、基準値はどうやって決められたか、といった、通常の放射性物質のリスクコミュニケーションで主に話されていることにはほとんど触れずに、食品そのものの安全性について説明をしている。手法としては講義を始める前に事前アンケートを行い、80分程度の講義を行ったあとに事後アンケートを行う。同じ項目に対して事前と事後で不安感を比較する。

対象者は比較的長時間の講義とアンケート調査に協力できる集団、という条件のために主に大学生や高校生、専門職の社会人が多くなった。地域としては被災地のM県と、被災地からは遠い西日本を対象にした。対照群として厚生労働省食品安全部と食品安全委員会事務局に協力をお願いしている。全体として、

・一般的な食品の安全性に関しては専門職だったり食品を学んでいたりする知識がある集団のほうが不安感は少ないようである。特に食品添加物や残留農薬、輸入食品で差が大きいようであった。

・いわゆる健康食品への警戒感は非常に小さい。

・遺伝子組換え食品についてはそれほど不安に思われていないようだ。

・生レバーやフグやキノコなどの自然毒のリスクについての認識は集団毎のばらつきが大きいようだ。

・塩、砂糖、脂肪の摂り過ぎなどに注意してバランスの良い食生活をする事の大切さについては概ね認識されているようである。

講義前後での変化について

・最も大きく変化するのはどの場合でも健康食品に関する認識であった。多分多くの人にとって健康食品をリスクとして考えたことがないためギャップが大きいのであろう。

・食品添加物や残留農薬、輸入食品については講義の中でリスクを過剰に認識していると説明しているため、概ねその説明が理解され受け入れられているようである。

・放射線以外の食品全体のリスクについて認識することによって放射線のリスク認識が相対的に小さくなる人もいる。

・食品中の放射能レベルについては現在の基準値をさらに厳しくすべきだという意見はほとんどなく、現行のままあるいはより緩和するといった意見が大勢だった。これは選択肢を国際基準と並べたためかもしれない。

・一部は食品にリスクがあるという話を初めて聞いて不安が高くなっている。いわゆる健康食品の場合と同様、「なんとなく安心していた」場合には実はリスクがあるという聞いて不安になりやすいのだろう。

放射線に関する理解

放射線の知識についての設問では、専門家と実際に放射線対策を行っている宮城県の農業部門の職員のほうが知識がある。しかしそれでも同じシーベルトで表現されている数字であっても「内部被ばくのほうが外部被ばくより危険」という誤解が全グループで広く定着している。これはシーベルトという単位が他の物理的量を表す単位とは異なる意味をもつものであることが理解しにくいことも原因のひとつであろうが、食品に含まれる放射能が特に危険であるから避けなければならないという思い込みに関連するだろう。震災後の時間経過とともに、特に話題にならなくなった西日本地方では学び直す動機も機会もそれほどないと思われる、誤解が修正されないままになってしまいう可能性が高い。

放射線リスクの受容について

このアンケート調査の主目的である、放射線への不安やリスク受容の程度が、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変わるのかどうか、については、変わる場合もあるし変わらない場合もある、という結果だった。変わる場合はほとんどが受容度が拡大する方向になるので、全体としては放射線への受容度が拡大する傾向があった。

その他

アンケートの記述内容から、関心の高い事は放射性物質などから、より直近に大きく報道された異物混入事件や偽装などに移行することが伺える。食品に関する不祥事や事件・事故のニュースが多いと食品への全体的不安感が増加し、報道などで話題になることが減ると特に何もなくても安心感が増す、というのが一般的傾向のようである。震災直後は放射能汚染のために全体的に食品への不安が高くなったが5年も経つと放射能への関心は薄れていくようだ。問題は、話題になっては忘れられる、を繰り返しているわりにはそれぞれの話題への理解が進まないようであること、である。消費者が適切な情報をもとに判断して適切なリスク管理対策をとるということができない様子が見える。

D. 考察

震災による変化を監視すべき食品中化学物質として、もともとリスクが高めだったヒ素、鉛、多環芳香族炭化水素、ダイオキシン類などが優先順位の高いものとしてあげられる。しかし震災によりこれら化合物の環境中濃度に大きな変動があったということは報告されていない。例えば宮城県農業・園芸総合研究所・宮城県古川農業試験場による「平成25年度農業の早期復興に向けた試験研究連携プロジェクト成績概要書」では土壌中のカドミウムやヒ素、銅などの濃度を報告しているが、特に異常な値というわけではなかった。メキシコ湾の重油流出事故のような大規模な事故でも、一部の地域や生物で高濃度汚染が報告されている (Bagby SC et al., Natl Acad Sci U S

A. 2017 Jan 3;114(1):E9-E18.) とはいえ数年後の周辺一般に環境中の濃度はそれほど大きく変わらず、もともとの地域差のほうが大きい。事故により実際に汚染がある食品は通常リスク管理機関による対策で市場に流通しない場合が多い。そのため事故関連情報を受け取った消費者の行動変化のほうがもともと個人間で変動のある有害物質暴露量に与える影響が大きいようだ。

東日本大震災の場合には放射線被曝による健康影響を避けるためとしてむしろリスクを高くする行為が薦められている場合が多々確認された。アンケート調査では特に一時的に東京都の浄水場で放射性ヨウ素が検出されたと報道された水道水（平成 23 年 4 月中旬以降は検出されていないというアナウンスはされている）への不信からミネラルウォーターや宅配水、井戸水などを利用している人たちが増えたようであるが、これらの水の安全性は不明である。一般論としてこれらの中では水道水が最も安全性が高く、井戸水は飲用に適さない場合もある。目に見える健康被害に至ることはなさそうであるが、生活が大変になったり経済的負担、環境への負荷が大きくなっているとは言える。

一部の書籍で推奨されている極端な食事制限や特定の食品だけを食べるような「放射能対策」は実際に行っている人はあまりいないであろうがそのような情報に触れることにより何かをしないとイケないのではないかという不安をもつ人はいるだろう。そうした漠然とした不安から、簡単にできることとして例えば福島産の食品をなんとなく避けたり、良いと言われているものを少し増やしたりすることはあるかもしれな

い。常にそうするという強い意思での行動ではなくとも、ほんの少しだけ回数が減るといった避け方でも人数がそれなりに多ければ全体として売りに上げに影響が出ることもあるだろう。

食品の安全性全体に関するアンケート調査からは、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ように見える。福島県内外の一般市民および医師の福島第一原子力発電所事故後の放射線被曝に対する意識調査（Journal of UOEH Vol. 34 (2012) No. 1 pp 91-105）でも、「放射線の知識が高い人（この場合は医師）が、現状の放射線に対する不安は少ない」と報告されていて、一定以上の知識があることは不安の予防要因となりうると考えられる。一方あまり考えたことがない場合でも比較的安心しているようだ。食品関連の事故や不祥事などのニュースがあると一般的不安は増加し、特段報道などが無い状態が続くと安心感が増すようである。食品のリスクについての情報提供は、もともと食品にリスクがあると思っていない場合には食品への不安感を惹起させるようであるが、食品への不安が高い場合には不安感を軽減する方向に働くようである。

個別の項目についての不安感は、これまでの多くの消費者意識調査等と概ね一致していて、砂糖や塩の摂りすぎのような食生活の問題と食中毒が最も不安だと思われていて、次いで放射能や食品添加物や残留農薬、ダイオキシンや PCB、輸入食品、といった、食品安全上問題であると思われる項目になっている。しばしばニュースになるフグやキノコなどの自然毒に比べて、アクリルアミドの認知度は低いようだ。生

レバーは個人差が大きい。水道水と遺伝子組換え食品は最近話題になったことがあまりないせいかそれほど不安には思われていない。

こうした「不安」は不安を惹起する要因となる情報とそれを受け取る側の知識あるいはリテラシーの両方に関係する。不安情報が全くない状態は非現実的であるしそのような環境では些細なリスクに関する情報にも大きく反応してしまう可能性があり望ましくはない。食品にもともとリスクがあるという現実を反映した日頃からのリスク情報の伝達とその受けとめかたの訓練が必要である。

健康維持のための方法に関しては健康体重の維持や減塩、タバコを吸わない、飲酒は控えめに、運動するといった項目の方が農薬や食品添加物、放射能を避けるという項目より重要だと考えている人が多く、健全であった。知識としては十分周知されていると考えられる。多くが学生なので、飲酒や喫煙を正当化する理由はないのだろう（成人で飲酒習慣がある場合は飲酒が健康リスクになるということを過小評価する傾向がある）。経年変化については明確な傾向はわからなかった。

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が確認された。これは情報提供のしかたに工夫と改善の余地があることを示す。通常何かの問題について関心が高まっているときは、その関心となる事項についての情報提供をすることになるが、その際関心が明示的には示されていない事項についての事前

の知識が、与えられた情報の受け取り方に影響することを示唆するからである。消費者からの希望に応じて情報提供をする場合は特に、消費者が持っていないことを認識していない情報については無視されがちである。しかし食品の安全性確保にとって重要な、リスクに関する適切な情報をもとに選択するためには、包括的な情報提供が必須である。そうでないと今回のアンケート調査で示されたように、特定のリスクを避けようとしてかえってリスクの高い行為を選択してしまう結果になってしまう。情報提供の際には全体の見通しを示した上での個々の詳細情報を提供するといった工夫が必要であると考えられる。

風評被害対策という観点からは、一般の消費者が放射線だけを避けているという状況では既にないと思われるので一気に解決するのは困難だろう。食品添加物や残留農薬については「無添加」や「無農薬」といった宣伝で製品を売ったり本や雑誌を売ったりしたい人たちによりこれらを危険だ、避けるべきという情報が常に供給されている状況にある。その「避けるべきもの」リストの中に「放射線」が入ってしまっているので、こうした情報を好む一部の人たちの間ではずっと避けられ続けるだろう。「無添加」や「無農薬」を宣伝しているものは食品全体の中では少ないのでネガティブキャンペーンによる売り上げへの影響はあまり目立たないが放射能に関しては特定地域が避けられることになるので目立つのであろう。こうした嘘の情報によるネガティブキャンペーンは本来あってはならないが現実には多数存在し無くなることはないだろうと思われる。特効薬はなく、教育、啓

発、倫理的商行為の促進といった地道な方法しかないを考える。

E. 結論

震災により放射線以外に化学物質の環境中濃度が高くなって消費者のリスクが高くなっている事例は特に見つけられなかった。一方放射線を気にした結果としての消費者の行動変化によるリスクの変動がある可能性が示唆された。放射線のリスクコミュニケーションにおいては放射線の情報提供にとどまらずに食品やがんのリスク全体の情報を提供することが重要である。

事故から時間が経過するに従って特に放射線だけを気にするような状況ではなくなってきたようである。放射線はこれまで食の安全について常に誤解されてきた食品添加物や残留農薬や残留動物用医薬品、輸入食品、BSE といった類の「好ましくないもの」の一つになったようである。これは表面上放射能だけを気にする人が減って落ち着いているかのように見えるかもしれないが、偏見と誤解と差別が定着したということでもあり、簡単には「風評被害」が払拭できないことを意味する。

放射能についての一般的理解もあまり進んでおらず、同じシーベルトという単位でも内部被曝のほうが外部被曝より危険だという誤解は相当根強い。

添加物や残留農薬への「風評」が何十年も続いていることを考えると放射線についてだけ理解が進むことは想定できず、より広範な、長期的な食の安全のための情報提供を継続する方法を探る必要がある。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 畝山智香子: 食品を介した有害物質摂取のリスク～放射性物質摂取のリスク～. 食品衛生学雑誌, 54(2), 83-88 (2013)
- 2) 畝山智香子: 食品安全リスク分析の視点から農薬を含む食品中化学物質のリスクを考える. 日本農薬学会誌, 38(1). 21-23. 2013
- 3) 畝山智香子: 食の安全とは. 学校給食, 64(4). 27-35. 2013
- 4) 畝山智香子: 食品と放射線のリスクを考える, 日本原子力学会誌, 55(10), 58-62 (2013)
- 5) 畝山智香子: 食品中発がん物質のリスク評価について, GGTニュースレター, 99, 5-6 (2014)
- 6) 畝山智香子: 農薬や放射性物質等の食品中化学物質のリスクについて, 小児科臨床, 第67巻 第12号 (特集 子どもと食 2014) , pp. 2503-2509
- 27) 畝山智香子: 食品中化学物質のリスクについて, 香料, 262, 33-39 (2014)
- 8) 畝山智香子: 総論: 健康食品の有効性・安全性について, 日本食品安全協会誌 第12巻第1号1-7(2017)

2. 学会発表

- 1) 畝山智香子: 食品中化学物質のリスクの考え方. 日本子ども学会第二回放射線と子ども研究会. 平成 24 年 東京
- 2) 畝山智香子: 食品中の遺伝毒性発がん物

質のリスク評価. 第 48 回 日本食品照射研究協議会 教育講演会. 平成 24 年 東京

3) 松尾真紀子, 畝山智香子: 食品中の放射性物質リスクを巡る共同事実確認 (JFF) の実践—異なるディシプリンを超えて, 日本リスク研究学会第 26 回年次大会 (2013.11)

なし

3. その他

1) 畝山智香子 分担執筆日本都市センター: 自治体の風評被害対応～東日本大震災の事例～、日本都市センター、東京 (2014)、pp 114-124, 第6章 風評被害予防のためのリスク情報共有について

2) 畝山智香子:”子どもを守るために知っておきたいこと”, 第3章食, 株式会社メタモル出版, 東京, pp.108-124

3) 畝山智香子:”地球とつながる暮らしのデザイン”, 食品の安全を確保する, 小林光・豊貞佳奈子編, 株式会社木楽舎, 東京, pp.80-87

H. 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む。)

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3.その他

なし

表1政府機関によるMOE評価

物質	MOE	条件	機関、年度	POD
ベンゾ(a)ピレン	130,000-7,000,000	食品由来	COC, 2007	動物実験のBMDL ₁₀ 0.1mg/kg 体重/日
6価クロム	9,100-90,000	食品由来	COC, 2007	動物実験のBMDL ₁₀
クロム	770,000-5,500,000	飲料水	COC, 2007	動物実験のBMDL ₁₀
1,2-ジクロロエタン	4,000,000-192,000,000	飲料水	COC, 2007	動物実験のBMDL ₁₀
ベンゾ(a)ピレン	17,000,000-1,600,000,000	飲料水	COC, 2007	動物実験のBMDL ₁₀ 0.1mg/kg 体重/日
1,2-ジクロロエタン	355,000 - 48,000,000	室内空気	COC, 2007	動物実験のBMDL ₁₀
ベンゾ(a)ピレン	10800-17900	食品由来	EFSA, 2008	動物実験のBMDL ₁₀ 0.07mg/kg 体重/日
PAH2	15,900	平均的摂取群	EFSA, 2008	動物実験のBMDL ₁₀ 0.17mg/kg 体重/日
PAH4	17,500	平均的摂取群	EFSA, 2008	動物実験のBMDL ₁₀ 0.34mg/kg 体重/日
PAH8	17,000	平均的摂取群	EFSA, 2008	動物実験のBMDL ₁₀ 0.49mg/kg 体重/日
カルバミン酸エチル	18,000	アルコール以外	EFSA, 2007	動物実験のBMDL ₁₀ 0.3mg/kg 体重/日
カルバミン酸エチル	>600	ブランドーとテキーラを飲む人	EFSA, 2007	動物実験のBMDL ₁₀ 0.3mg/kg 体重/日
アクリルアミド	78-310	ラット乳腺腫瘍を指標	JECFA, 2010	動物実験のBMDL ₁₀ 0.31mg/kg 体重/日
アクリルアミド	50-200	非発がん影響(神経形態)	JECFA, 2010	動物実験のNOAEL 0.2mg/kg 体重/日
アクリルアミド	45-180	マウスハーダー腺腫瘍	JECFA, 2010	動物実験のBMDL ₁₀ 0.18mg/kg 体重/日
カルバミン酸エチル	20,000	平均的摂取群	JECFA, 2005	動物実験のBMDL ₁₀ 0.3mg/kg 体重/日
カルバミン酸エチル	3,800	高摂取群	JECFA, 2005	動物実験のBMDL ₁₀ 0.3mg/kg 体重/日
アクリルアミド	133-429	オランダの2-6才の子ども	RIVM, 2009	動物実験のBMDL ₁₀ 0.3mg/kg 体重/日
アクリルアミド	300-1,000	オランダの1-97才	RIVM, 2009	動物実験のBMDL ₁₀ 0.3mg/kg 体重/日
アフラトキシンB1	63-1,130	オランダの2-6才の子ども	RIVM, 2009	動物実験のBMDL ₁₀ 0.16x 10-3mg/kg 体重/日
フラン	480-960	食品由来	JECFA, 2010	動物実験のBMDL ₁₀ 0.96mg/kg 体重/日
食品中ヒ素	余裕はない	ヨーロッパの平均的消費量(注1)(注2)	EFSA, 2009	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3 ~ 8 µg/kg 体重/日
食品中ヒ素	1.1-33	フランス成人平均	ANSES, 2011	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3 ~ 8 µg/kg 体重/日
食品中ヒ素	0.6-17	フランス成人95パーセンタイル	ANSES, 2011	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3 ~ 8 µg/kg 体重/日
食品中ヒ素	0.8-27	フランス子ども平均	ANSES, 2011	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3 ~ 8 µg/kg 体重/日
食品中ヒ素	0.4-13	フランス子ども95パーセンタイル	ANSES, 2011	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3 ~ 8 µg/kg 体重/日
アクリルアミド	419-721	フランス成人平均	ANSES, 2011	動物実験のBMDL ₁₀ 0.18-0.31mg/kg 体重/日
アクリルアミド	176-304	フランス成人95パーセンタイル	ANSES, 2011	動物実験のBMDL ₁₀ 0.18-0.31mg/kg 体重/日
アクリルアミド	261-449	フランス子ども平均	ANSES, 2011	動物実験のBMDL ₁₀ 0.18-0.31mg/kg 体重/日
アクリルアミド	100-172	フランス子ども95パーセンタイル	ANSES, 2011	動物実験のBMDL ₁₀ 0.18-0.31mg/kg 体重/日
PAH4	113409-230041	フランス成人	ANSES, 2011	動物実験のBMDL ₁₀ 0.34mg/kg 体重/日
PAH4	72433-150509	フランス子ども	ANSES, 2011	動物実験のBMDL ₁₀ 0.34mg/kg 体重/日
無機ヒ素	9-32	香港平均	CFS, 2012	ヒト疫学データのBMDL ₀₅ 3.0 µg/kg 体重/日(注3)
無機ヒ素	5-18	香港高摂取群	CFS, 2012	ヒト疫学データのBMDL ₀₅ 3.0 µg/kg 体重/日
PAH4	186800-138800	英国乳児、野菜果物由来、平均暴露群	FSA, 2012	動物実験のBMDL ₁₀ 0.34mg/kg 体重/日
PAH4	68800-50900	英国乳児、野菜果物由来、97.5パーセンタイル暴露群	FSA, 2012	動物実験のBMDL ₁₀ 0.34mg/kg 体重/日
PAH4	145900-119700	英国幼児、野菜果物由来、平均暴露群	FSA, 2012	動物実験のBMDL ₁₀ 0.34mg/kg 体重/日
PAH4	74600-63900	英国幼児、野菜果物由来、97.5パーセンタイル暴露群	FSA, 2012	動物実験のBMDL ₁₀ 0.34mg/kg 体重/日
PAH4	202400-166700	英国若者、野菜果物由来、平均暴露群	FSA, 2012	動物実験のBMDL ₁₀ 0.34mg/kg 体重/日
PAH4	102400-84200	英国若者、野菜果物由来、97.5パーセンタイル暴露群	FSA, 2012	動物実験のBMDL ₁₀ 0.34mg/kg 体重/日
PAH4	323800-267700	英国成人、野菜果物由来、平均暴露群	FSA, 2012	動物実験のBMDL ₁₀ 0.34mg/kg 体重/日
PAH4	179900-149800	英国成人、野菜果物由来、97.5パーセンタイル暴露群	FSA, 2012	動物実験のBMDL ₁₀ 0.34mg/kg 体重/日
PAH4	269800-223700	英国ベジタリアン、野菜果物由来、平均暴露群	FSA, 2012	動物実験のBMDL ₁₀ 0.34mg/kg 体重/日
PAH4	157400-129300	英国ベジタリアン、野菜果物由来、97.5パーセンタイル暴露群	FSA, 2012	動物実験のBMDL ₁₀ 0.34mg/kg 体重/日
PAH4	27600-15500	英国人全食品由来平均-97.5パーセンタイル	EFSA 2008	動物実験のBMDL ₁₀ 0.34mg/kg 体重/日

PAH8	45,606	成人	カタルーニャ州食品安全機関,2012	動物実験のBMDL ₁₀ 0.49mg/kg 体重/日
PAH8	40,078	子ども	カタルーニャ州食品安全機関,2012	動物実験のBMDL ₁₀ 0.49mg/kg 体重/日
PAH8	44,081	10代の若者	カタルーニャ州食品安全機関,2012	動物実験のBMDL ₁₀ 0.49mg/kg 体重/日
B(a)P	56,147	成人	カタルーニャ州食品安全機関,2012	動物実験のBMDL ₁₀ 0.07mg/kg 体重/日
B(a)P	51,050	子ども	カタルーニャ州食品安全機関,2012	動物実験のBMDL ₁₀ 0.07mg/kg 体重/日
B(a)P	58,906	10代の若者	カタルーニャ州食品安全機関,2012	動物実験のBMDL ₁₀ 0.07mg/kg 体重/日
ヒ素	0.77-20.5(注4)	男性	カタルーニャ州食品安全機関,2012	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3 ~ 8 µg/kg 体重/日
ヒ素	0.66-17.7	女性	カタルーニャ州食品安全機関,2012	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3 ~ 8 µg/kg 体重/日
ヒ素	0.32-8.6	子ども	カタルーニャ州食品安全機関,2012	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3 ~ 8 µg/kg 体重/日
ヒ素	0.66-17.7	十代少年	カタルーニャ州食品安全機関,2012	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3 ~ 8 µg/kg 体重/日
ヒ素	0.73-19.5	十代少女	カタルーニャ州食品安全機関,2012	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3 ~ 8 µg/kg 体重/日
ヒ素	0.75-20	65才以上男性	カタルーニャ州食品安全機関,2012	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3 ~ 8 µg/kg 体重/日
ヒ素	0.83-22	65才以上女性	カタルーニャ州食品安全機関,2012	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3 ~ 8 µg/kg 体重/日
アクリルアミド	947-339(注5)	1才未満	ヘルスカナダ, 2012	動物実験の非発がん影響のNOAEL 200 microg/kg bw/day
アクリルアミド	328-132	1-3才	ヘルスカナダ, 2012	動物実験の非発がん影響のNOAEL 200 microg/kg bw/day
アクリルアミド	335-144	4-8才	ヘルスカナダ, 2012	動物実験の非発がん影響のNOAEL 200 microg/kg bw/day
アクリルアミド	452-192	9-13才	ヘルスカナダ, 2012	動物実験の非発がん影響のNOAEL 200 microg/kg bw/day
アクリルアミド	562-220	14-18才	ヘルスカナダ, 2012	動物実験の非発がん影響のNOAEL 200 microg/kg bw/day
アクリルアミド	694-270	19-30才	ヘルスカナダ, 2012	動物実験の非発がん影響のNOAEL 200 microg/kg bw/day
アクリルアミド	806-368	31-50才	ヘルスカナダ, 2012	動物実験の非発がん影響のNOAEL 200 microg/kg bw/day
アクリルアミド	1070-545	51-70才	ヘルスカナダ, 2012	動物実験の非発がん影響のNOAEL 200 microg/kg bw/day
アクリルアミド	1274-651	71才以上	ヘルスカナダ, 2012	動物実験の非発がん影響のNOAEL 200 microg/kg bw/day
アクリルアミド	853-305	1才未満	ヘルスカナダ, 2012	動物実験のBMDL ₁₀ 0.18mg/kg 体重/日
アクリルアミド	296-119	1-3才	ヘルスカナダ, 2012	動物実験のBMDL ₁₀ 0.18mg/kg 体重/日
アクリルアミド	302-130	4-8才	ヘルスカナダ, 2012	動物実験のBMDL ₁₀ 0.18mg/kg 体重/日
アクリルアミド	407-173	9-13才	ヘルスカナダ, 2012	動物実験のBMDL ₁₀ 0.18mg/kg 体重/日
アクリルアミド	506-198	14-18才	ヘルスカナダ, 2012	動物実験のBMDL ₁₀ 0.18mg/kg 体重/日
アクリルアミド	625-243	19-30才	ヘルスカナダ, 2012	動物実験のBMDL ₁₀ 0.18mg/kg 体重/日
アクリルアミド	726-331	31-50才	ヘルスカナダ, 2012	動物実験のBMDL ₁₀ 0.18mg/kg 体重/日
アクリルアミド	963-490	51-70才	ヘルスカナダ, 2012	動物実験のBMDL ₁₀ 0.18mg/kg 体重/日
アクリルアミド	1146-586	71才以上	ヘルスカナダ, 2012	動物実験のBMDL ₁₀ 0.18mg/kg 体重/日
鉛	0.9-1.9	母乳のみを飲んでいる乳児	COT2012(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.5 µg/kg 体重/日(IQ)
鉛	1.6-10	ミルクのみを飲んでいる乳児	COT2012(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.5 µg/kg 体重/日(IQ)
鉛	1.3-5	ミルクと離乳食	COT2012(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.5 µg/kg 体重/日(IQ)
鉛	1.9-6.3	水	COT2012(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.5 µg/kg 体重/日(IQ)
鉛	0.2-0.9	土壌	COT2012(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.5 µg/kg 体重/日(IQ)
鉛	100-833	空気	COT2012(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.5 µg/kg 体重/日(IQ)
鉛	3	香港平均、食事のみ	CFS, 2013	ヒト疫学データの血圧1mmHg上昇(JECFA2010) 1.2 µg/kg bw/day
鉛	6	香港高摂取群 食事のみ	CFS, 2013	ヒト疫学データの血圧1mmHg上昇(JECFA2010) 1.2 µg/kg bw/day
無機ヒ素	3	ベルギー成人	AFSCA, 2013	BMDL01: 0.3 µg/kg 体重/日
無機ヒ素	68	ベルギー成人	AFSCA, 2013	BMDL01: 7.5 µg/kg 体重/日
鉛	4.2-11.5	ベルギー成人 平均-95パーセンタイル	AFSCA, 2013	心血管系影響(BMDL01 = 1.50 µg/kg 体重/日)
鉛	1.8-4.8	ベルギー成人	AFSCA, 2013	神経毒性(BMDL10 = 0.63 µg/kg 体重/日)
鉛	0.5-1.2	ベルギー幼児2.5-6.5才	AFSCA, 2013	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.5 µg/kg 体重/日(IQ)
鉛	1	ベルギー乳児 3か月	AFSCA, 2013	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.5 µg/kg 体重/日(IQ)

アクリルアミド	847	香港平均	CFS, 2013	動物実験のBMDL ₁₀ 0.18mg/kg 体重/日 (マウス雄のハーダー腺腫瘍)
アクリルアミド	1,459	香港平均	CFS, 2013	動物実験のBMDL ₁₀ 0.18mg/kg 体重/日
アクリルアミド	334	香港高摂取群	CFS, 2013	動物実験のBMDL ₁₀ 0.31mg/kg 体重/日 (ラット雌の乳腺腫瘍)
アクリルアミド	576	香港高摂取群	CFS, 2013	動物実験のBMDL ₁₀ 0.31mg/kg 体重/日
クロム (VI)	3100 - 21000	飲料水 乳児	EFSA, 2014	マウス小腸の腺腫とがんの合計のBMDL ₁₀ 1.0 mg Cr(VI)/kg b.w. per day
クロム (VI)	3100 - 21000	飲料水 幼児	EFSA, 2014	マウス小腸の腺腫とがんの合計のBMDL ₁₀ 1.0 mg Cr(VI)/kg b.w. per day
クロム (VI)	6600 - 360000	飲料水 その他の子ども	EFSA, 2014	マウス小腸の腺腫とがんの合計のBMDL ₁₀ 1.0 mg Cr(VI)/kg b.w. per day
クロム (VI)	6300 - 71000	飲料水 全年齢	EFSA, 2014	マウス小腸の腺腫とがんの合計のBMDL ₁₀ 1.0 mg Cr(VI)/kg b.w. per day
アクリルアミド	50-220	9ヶ月、平均	FSANZ, 2014	動物実験の非発がん影響のNOAEL 200 microg/kg bw/day
アクリルアミド	30-110	9ヶ月、90パーセンタイル	FSANZ, 2014	動物実験の非発がん影響のNOAEL 200 microg/kg bw/day
アクリルアミド	60-110	2-5才、平均	FSANZ, 2014	動物実験の非発がん影響のNOAEL 200 microg/kg bw/day
アクリルアミド	40-70	2-5才、90パーセンタイル	FSANZ, 2014	動物実験の非発がん影響のNOAEL 200 microg/kg bw/day
アクリルアミド	80-160	6-12才、平均	FSANZ, 2014	動物実験の非発がん影響のNOAEL 200 microg/kg bw/day
アクリルアミド	50-90	6-12才、90パーセンタイル	FSANZ, 2014	動物実験の非発がん影響のNOAEL 200 microg/kg bw/day
アクリルアミド	120-240	13-16才、平均	FSANZ, 2014	動物実験の非発がん影響のNOAEL 200 microg/kg bw/day
アクリルアミド	80-130	13-16才、90パーセンタイル	FSANZ, 2014	動物実験の非発がん影響のNOAEL 200 microg/kg bw/day
アクリルアミド	130-310	17才以上、平均	FSANZ, 2014	動物実験の非発がん影響のNOAEL 200 microg/kg bw/day
アクリルアミド	80-150	17才以上、90パーセンタイル	FSANZ, 2014	動物実験の非発がん影響のNOAEL 200 microg/kg bw/day
アクリルアミド	80-330	9ヶ月、平均	FSANZ, 2014	動物実験のBMDL ₁₀ 0.31mg/kg 体重/日
アクリルアミド	40-170	9ヶ月、90パーセンタイル	FSANZ, 2014	動物実験のBMDL ₁₀ 0.31mg/kg 体重/日
アクリルアミド	90-180	2-5才、平均	FSANZ, 2014	動物実験のBMDL ₁₀ 0.31mg/kg 体重/日
アクリルアミド	60-110	2-5才、90パーセンタイル	FSANZ, 2014	動物実験のBMDL ₁₀ 0.31mg/kg 体重/日
アクリルアミド	130-240	6-12才、平均	FSANZ, 2014	動物実験のBMDL ₁₀ 0.31mg/kg 体重/日
アクリルアミド	80-140	6-12才、90パーセンタイル	FSANZ, 2014	動物実験のBMDL ₁₀ 0.31mg/kg 体重/日
アクリルアミド	190-370	13-16才、平均	FSANZ, 2014	動物実験のBMDL ₁₀ 0.31mg/kg 体重/日
アクリルアミド	120-200	13-16才、90パーセンタイル	FSANZ, 2014	動物実験のBMDL ₁₀ 0.31mg/kg 体重/日
アクリルアミド	190-370	17才以上、平均	FSANZ, 2014	動物実験のBMDL ₁₀ 0.31mg/kg 体重/日
アクリルアミド	130-480	17才以上、90パーセンタイル	FSANZ, 2014	動物実験のBMDL ₁₀ 0.31mg/kg 体重/日
ピロリジンアルカロイド	7373-12268	ドイツの平均のお茶摂取	BfR, 2013	ラシオカルピンの動物実験での発がんのBMDL10 0.073 mg PA/kg bw/day
ピロリジンアルカロイド	22118-36803	そのうちハーブティーによるもの	BfR, 2013	ラシオカルピンの動物実験での発がんのBMDL10 0.073 mg PA/kg bw/day
ピロリジンアルカロイド	1475-2454	比較的頻繁にいろいろなお茶を飲む	BfR, 2013	ラシオカルピンの動物実験での発がんのBMDL10 0.073 mg PA/kg bw/day
ピロリジンアルカロイド	2458-4089	そのうちハーブティーによるもの	BfR, 2013	ラシオカルピンの動物実験での発がんのBMDL10 0.073 mg PA/kg bw/day
ピロリジンアルカロイド	2368-2699	特定ブランドのハーブを平均的頻度で	BfR, 2013	ラシオカルピンの動物実験での発がんのBMDL10 0.073 mg PA/kg bw/day
ピロリジンアルカロイド	7104-8098	そのうちハーブティーによるもの	BfR, 2013	ラシオカルピンの動物実験での発がんのBMDL10 0.073 mg PA/kg bw/day
ピロリジンアルカロイド	474-540	特定ブランドのハーブを頻繁に飲む	BfR, 2013	ラシオカルピンの動物実験での発がんのBMDL10 0.073 mg PA/kg bw/day
ピロリジンアルカロイド	789-900	そのうちハーブティーによるもの	BfR, 2013	ラシオカルピンの動物実験での発がんのBMDL10 0.073 mg PA/kg bw/day
アクリルアミド	143-500	7-15才、50-99パーセンタイル	RIVM, 2014	動物実験のBMDL ₁₀ 0.3mg/kg 体重/日
アクリルアミド	214-1000	16-69才、50-99パーセンタイル	RIVM, 2014	動物実験のBMDL ₁₀ 0.3mg/kg 体重/日
アクリルアミド	95-333	7-15才、50-99パーセンタイル	RIVM, 2014	動物実験のNOAEL 0.2 mg/kg 体重/日 (神経毒性)
アクリルアミド	143-667	16-69才、50-99パーセンタイル	RIVM, 2014	動物実験のNOAEL 0.2 mg/kg 体重/日 (神経毒性)
アクリルアミド	1,303	成人(15歳以上)平均	AFSCA, 2014	神経毒性(BMDL10 = 0.43 mg/kg 体重/日)
アクリルアミド	896	ティーンエイジャー(12.5~17.5歳)平均	AFSCA, 2014	神経毒性(BMDL10 = 0.43 mg/kg 体重/日)
アクリルアミド	597	子供(2.5~6.5歳)平均	AFSCA, 2014	神経毒性(BMDL10 = 0.43 mg/kg 体重/日)
アクリルアミド	287	成人(15歳以上)97.5パーセンタイル	AFSCA, 2014	神経毒性(BMDL10 = 0.43 mg/kg 体重/日)
アクリルアミド	198	ティーンエイジャー(12.5~17.5歳)97.5パーセンタイル	AFSCA, 2014	神経毒性(BMDL10 = 0.43 mg/kg 体重/日)
アクリルアミド	133	子供(2.5~6.5歳)97.5パーセンタイル	AFSCA, 2014	神経毒性(BMDL10 = 0.43 mg/kg 体重/日)
アクリルアミド	515	成人(15歳以上)平均	AFSCA, 2014	動物実験のBMDL ₁₀ 0.17mg/kg 体重/日
アクリルアミド	354	ティーンエイジャー(12.5~17.5歳)平均	AFSCA, 2014	動物実験のBMDL ₁₀ 0.17mg/kg 体重/日
アクリルアミド	236	子供(2.5~6.5歳)平均	AFSCA, 2014	動物実験のBMDL ₁₀ 0.17mg/kg 体重/日
アクリルアミド	113	成人(15歳以上)97.5パーセンタイル	AFSCA, 2014	動物実験のBMDL ₁₀ 0.17mg/kg 体重/日
アクリルアミド	78	ティーンエイジャー(12.5~17.5歳)97.5パーセンタイル	AFSCA, 2014	動物実験のBMDL ₁₀ 0.17mg/kg 体重/日
アクリルアミド	53	子供(2.5~6.5歳)97.5パーセンタイル	AFSCA, 2014	動物実験のBMDL ₁₀ 0.17mg/kg 体重/日
ニッケル	10未満	子ども平均急性摂取量 3.4-14.3 μg Ni/kg bw	EFSA, 2015	ニッケルアレルギーのヒトの急性暴露による皮膚炎誘発の用量反応解析によるBMDL10 of 1.1 μg Ni/kg bw

ニッケル	10未満	子ども95パーセントアイル8.6-35.0µg Ni/kg b.w	EFSA, 2015	ニッケルアレルギーのヒトの急性暴露による皮膚炎誘発の用量反応解析によるBMDL10 of 1.1 µg Ni/kg b.w
ニッケル	10未満	成人平均急性摂取量 2.5-4.9 µg Ni/kg b.w	EFSA, 2015	ニッケルアレルギーのヒトの急性暴露による皮膚炎誘発の用量反応解析によるBMDL10 of 1.1 µg Ni/kg b.w
ニッケル	10未満	成人95パーセントアイル5.5-11.8µg Ni/kg b.w	EFSA, 2015	ニッケルアレルギーのヒトの急性暴露による皮膚炎誘発の用量反応解析によるBMDL10 of 1.1 µg Ni/kg b.w
ピロリジンアルカロイド	2333 - 101449	ハーブティー、平均摂取量	RIVM,2015	リデリンの動物での発がんのBMDL10 0.3mg/kg bw/day
ピロリジンアルカロイド	1167 - 27668	ハーブティー、最悪シナリオ	RIVM,2015	リデリンの動物での発がんのBMDL10 0.3mg/kg bw/day
ピロリジンアルカロイド	5000 - 700000	ハーブサプリメント、推奨量の最小量	RIVM,2015	リデリンの動物での発がんのBMDL10 0.3mg/kg bw/day
ピロリジンアルカロイド	500 - 210000	ハーブサプリメント、推奨量の最高量	RIVM,2015	リデリンの動物での発がんのBMDL10 0.3mg/kg bw/day
無機ヒ素	1-32	4ヶ月-1才、コメ製品の基準値を0.1mg/kgにしたコメライスフレークを	BfR, 2015	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3 ~ 8 µg/kg 体重/日
無機ヒ素	3-67	1-2才、コメ製品の基準値を0.1mg/kgにしたコメライスフレークを20g食べる	BfR, 2015	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3 ~ 8 µg/kg 体重/日
無機ヒ素	9-500	ドイツ子ども平均、コメ由来	BfR, 2015	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3 ~ 8 µg/kg 体重/日
無機ヒ素	2-143	ドイツ子ども平均、コメ由来	BfR, 2015	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3 ~ 8 µg/kg 体重/日
無機ヒ素	37-1000	ドイツ高齢者平均、コメ由来	BfR, 2015	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3 ~ 8 µg/kg 体重/日
無機ヒ素	12-320	ドイツ高齢者平均、コメ由来	BfR, 2015	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3 ~ 8 µg/kg 体重/日
ニトロフラン代謝物(フラゾリドン)	2.9 × 10 ⁵	幼児	EFSA, 2015	マウス気管腺がんのBMDL10 3.5 mg/kg bw/d, AOZとして1.6 mg/kg b.w. per
ニトロフラン代謝物(フラゾリドン)	6.2 × 10 ⁵	成人	EFSA, 2015	マウス気管腺がんのBMDL10 3.5 mg/kg bw/d, AOZとして1.6 mg/kg b.w. per
ニトロフラン代謝物(フラゾリドン)	3.6 × 10 ³	幼児	EFSA, 2015	血球アルカリホスファターゼへのBMDL 05 0.02 mg/kg
ニトロフラン代謝物(フラゾリドン)	7.7 × 10 ³	成人	EFSA, 2015	血球アルカリホスファターゼへのBMDL 05 0.02 mg/kg
ニトロフラン代謝物(ニトロフランイン)	5.4 × 10 ⁶	幼児	EFSA, 2015	雄ラットの骨肉腫 のBMDL10 61 mg/kg b.w. per day (AHDとして29.5 mg/kg b.w. per day.)
ニトロフラン代謝物(ニトロフランイン)	1.1 × 10 ⁷	成人	EFSA, 2015	雄ラットの骨肉腫 のBMDL10 61 mg/kg b.w. per day (AHDとして29.5 mg/kg b.w. per day.)
ニトロフラン代謝物(ニトロフランイン)	8.7 × 10 ⁵	幼児	EFSA, 2015	非発がん影響(精子形成)最小投与量 10 mg/kg b.w. per day (AHDとして4.8 mg/kg b.w. per day.)
ニトロフラン代謝物(ニトロフランイン)	1.8 × 10 ⁶	成人	EFSA, 2015	非発がん影響(精子形成)最小投与量 10 mg/kg b.w. per day (AHDとして4.8 mg/kg b.w. per day.)
Ogataea polymorphaで発現させた Fusarium heterosporum由来	少なくとも1300	食品添加物としての使用	JECFA, 2015	ラット13週間試験での最大投与量(有害影響なし)と食事からの摂取量0.5 mg/kgとの比。これを根拠にADI「設定せず」
Bacillus licheniformisで発現させた Pseudomonas stutzeri由来	少なくとも900	食品添加物としての使用	JECFA, 2015	ラット13週間試験での最大投与量(有害影響なし)と食事からの摂取量0.1 mg/kgとの比。これを根拠にADI「設定せず」
テトラヒドロラーゼ				
Rasamsonia emersonii由来ベータグルカナーゼとセルラーゼとキシラナーゼの混合物	少なくとも1000	食品添加物としての使用	JECFA, 2015	ラット13週間試験での最大投与量(有害影響なし)と食事からの摂取量0.08 mg/kgとの比。これを根拠にADI「設定せず」
Disporotrichum dimorphosporum由来由来ベータグルカナーゼとキシラナーゼの混合物	少なくとも280	食品添加物としての使用	JECFA, 2015	ラット13週間試験での最大投与量(有害影響なし)と食事からの摂取量0.7 mg/kgとの比。これを根拠にADI「設定せず」
非ダイオキシン様PCB	4.5-5000	成人	JECFA, 2015	短期や長期毒性試験での肝臓と甲状腺の僅かな病理組織学的変化2.8-7 µg/kg bw per dayを体負荷に換算して計算
ピロリジンアルカロイド	懸念が高い	お茶とハチミツを多く摂る成人	JECFA, 2015	リデリンによる雌ラット血管肉腫BMDL10 182 µg/kg bw
ピロリジンアルカロイド	懸念が高い	お茶を平均的に飲む子ども	JECFA, 2015	リデリンによる雌ラット血管肉腫BMDL10 182 µg/kg bw
Tagetes erecta由来ルテインエステル	1500以上	食品添加物としての使用	JECFA, 2014	ラット13週間試験での最大投与量(有害影響なし)と食事からの摂取量0.32 mg/kgとの比。これを根拠にADI「設定せず」
ペクチン	0.8-0.9	乳児用ミルクに食品添加物としての使用	JECFA, 2014	新生ブタへの3週間使用での摂食量減と体重増加抑制のNOAEL 84.7mg/kg に対する提案されている使用量(0.5%)は懸念となる
鉛	0.9-2.9	母乳のみを飲んでいる乳児(0-4ヶ月)	COT2015(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.5 µg/kg 体重/日(IQ)
鉛	>4->6	母乳のみを飲んでいる乳児(0-4ヶ月)	COT2015(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.5 µg/kg 体重/日(IQ)
鉛	>1.9->3	4-12ヶ月総食事	COT2015(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.5 µg/kg 体重/日(IQ)
鉛	>1.8->1	12-18ヶ月総食事	COT2015(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.5 µg/kg 体重/日(IQ)
鉛	>1.1->1.5	18-24ヶ月総食事	COT2015(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.5 µg/kg 体重/日(IQ)
鉛	>1.2->1.9	24-60ヶ月総食事	COT2015(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.5 µg/kg 体重/日(IQ)
鉛	0.2-1.2	9-12ヶ月土壌由来	COT2015(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.5 µg/kg 体重/日(IQ)
鉛	0.4-1.3	12-15ヶ月土壌由来	COT2015(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.5 µg/kg 体重/日(IQ)
鉛	0.4-1.4	15-18ヶ月土壌由来	COT2015(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.5 µg/kg 体重/日(IQ)

鉛	0.3-1.5	18-24ヶ月土壌由来	COT2015(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.5 µg/kg 体重/日(IQ)
鉛	0.25-2	24-60ヶ月土壌由来	COT2015(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.5 µg/kg 体重/日(IQ)
ヒ素	>44.8→66.7	0-4ヶ月の母乳のみの乳児	COT2016(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3µg/kg 体重/日
ヒ素	2.4-3.4	0-4ヶ月のミルクのみの乳児(水のヒ素濃度中央値0.4 microg/L)	COT2016(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3µg/kg 体重/日
ヒ素	0.7-1.1	0-4ヶ月のミルクのみの乳児(水のヒ素濃度97.5パーセンタイル2.1)	COT2016(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3µg/kg 体重/日
ヒ素	0.6-1.5	4-12ヶ月総食事	COT2016(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3µg/kg 体重/日
ヒ素	0.3-0.4	12-24ヶ月総食事	COT2016(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3µg/kg 体重/日
ヒ素	0.3-0.5	24-60ヶ月総食事	COT2016(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3µg/kg 体重/日
無機ヒ素	30-15	アイルランド成人平均	FSAI, 2016	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3µg/kg 体重/日
無機ヒ素	5-4	アイルランド成人97.5パーセンタイル	FSAI, 2016	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3µg/kg 体重/日
無機ヒ素	10-6	アイルランド子ども平均	FSAI, 2016	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3µg/kg 体重/日
無機ヒ素	2-2	アイルランド子ども97.5パーセンタイル	FSAI, 2016	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3µg/kg 体重/日
無機ヒ素	800-400	アイルランド成人平均	FSAI, 2016	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 8µg/kg 体重/日
無機ヒ素	133-100	アイルランド成人97.5パーセンタイル	FSAI, 2016	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 8µg/kg 体重/日
無機ヒ素	267-160	アイルランド子ども平均	FSAI, 2016	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 8µg/kg 体重/日
無機ヒ素	62-57	アイルランド子ども97.5パーセンタイル	FSAI, 2016	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 8µg/kg 体重/日
鉛	16-5	アイルランド成人平均	FSAI, 2016	ヒト疫学データのBMDL ₁₀ 0.63 µg/kg 体重/日(慢性腎疾患)
鉛	6-3	アイルランド成人97.5パーセンタイル	FSAI, 2016	ヒト疫学データのBMDL ₁₀ 0.63 µg/kg 体重/日(慢性腎疾患)
鉛	38-13	アイルランド成人平均	FSAI, 2016	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 1.5 µg/kg 体重/日(血圧)
鉛	14-7	アイルランド成人97.5パーセンタイル	FSAI, 2016	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 1.5 µg/kg 体重/日(血圧)
鉛	13-3	アイルランド子ども平均	FSAI, 2016	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.5 µg/kg 体重/日(IQ)
鉛	6-2	アイルランド子ども97.5パーセンタイル	FSAI, 2016	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.5 µg/kg 体重/日(IQ)
アクリルアミド	2606-1143	アイルランド成人平均	FSAI, 2016	神経毒性(BMDL ₁₀ = 0.43 mg/kg 体重/日)
アクリルアミド	842-419	アイルランド成人97.5パーセンタイル	FSAI, 2016	神経毒性(BMDL ₁₀ = 0.43 mg/kg 体重/日)
アクリルアミド	753-603	アイルランド子ども平均	FSAI, 2016	神経毒性(BMDL ₁₀ = 0.43 mg/kg 体重/日)
アクリルアミド	344-302	アイルランド子ども97.5パーセンタイル	FSAI, 2016	神経毒性(BMDL ₁₀ = 0.43 mg/kg 体重/日)
アクリルアミド	1030-452	アイルランド成人平均	FSAI, 2016	動物実験のBMDL ₁₀ 0.17mg/kg 体重/日
アクリルアミド	333-166	アイルランド成人97.5パーセンタイル	FSAI, 2016	動物実験のBMDL ₁₀ 0.17mg/kg 体重/日
アクリルアミド	298-238	アイルランド子ども平均	FSAI, 2016	動物実験のBMDL ₁₀ 0.17mg/kg 体重/日
アクリルアミド	136-119	アイルランド子ども97.5パーセンタイル	FSAI, 2016	動物実験のBMDL ₁₀ 0.17mg/kg 体重/日
アフラトキシン	734-16	アイルランド成人平均	FSAI, 2016	BMDL ₁₀ 170ng/kg 体重/日
アフラトキシン	218-6	アイルランド成人97.5パーセンタイル	FSAI, 2016	BMDL ₁₀ 170ng/kg 体重/日
アフラトキシン	303-25	アイルランド子ども平均	FSAI, 2016	BMDL ₁₀ 170ng/kg 体重/日
アフラトキシン	115-14	アイルランド子ども97.5パーセンタイル	FSAI, 2016	BMDL ₁₀ 170ng/kg 体重/日
PAH4	326393-82330	アイルランド成人平均	FSAI, 2016	動物実験のBMDL ₁₀ 0.34mg/kg 体重/日
PAH4	39788-45045	アイルランド成人97.5パーセンタイル	FSAI, 2016	動物実験のBMDL ₁₀ 0.34mg/kg 体重/日
PAH4	59671-63199	アイルランド子ども平均	FSAI, 2016	動物実験のBMDL ₁₀ 0.34mg/kg 体重/日
PAH4	91460-37775	アイルランド子ども97.5パーセンタイル	FSAI, 2016	動物実験のBMDL ₁₀ 0.34mg/kg 体重/日
アクリルアミド	>400	母乳のみの乳児、UpperBound	COT, 2016	動物実験のBMDL ₁₀ 0.17mg/kg 体重/日
アクリルアミド	>1000	母乳のみの乳児、UpperBound	COT, 2016	神経毒性(BMDL ₁₀ = 0.43 mg/kg 体重/日)
アクリルアミド	1,800	ミルクのみの乳児、LowerBound	COT, 2016	動物実験のBMDL ₁₀ 0.17mg/kg 体重/日
アクリルアミド	>500	ミルクのみの乳児	COT, 2016	神経毒性(BMDL ₁₀ = 0.43 mg/kg 体重/日)
アクリルアミド	50-280	1-5才の幼児	COT, 2016	動物実験のBMDL ₁₀ 0.17mg/kg 体重/日
アクリルアミド	>100	1-5才の幼児	COT, 2016	神経毒性(BMDL ₁₀ = 0.43 mg/kg 体重/日)
ヒ素(無機、DMA含む)	0.7-6.7	0-4ヶ月乳児、水や土壌由来を含む全ての暴露	COT2016(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3µg/kg 体重/日
ヒ素(無機、DMA含む)	0.9-2.8	4-6ヶ月	COT2016(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3µg/kg 体重/日
ヒ素(無機、DMA含む)	0.6-1.6	6-9ヶ月	COT2016(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3µg/kg 体重/日
ヒ素(無機、DMA含む)	0.5-1.2	9-12ヶ月	COT2016(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3µg/kg 体重/日
ヒ素(無機、DMA含む)	0.2-0.4	12-15ヶ月	COT2016(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3µg/kg 体重/日
ヒ素(無機、DMA含む)	0.3-0.4	15-18ヶ月	COT2016(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3µg/kg 体重/日
ヒ素(無機、DMA含む)	0.2-0.4	18-24ヶ月	COT2016(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3µg/kg 体重/日
ヒ素(無機、DMA含む)	0.3-0.5	24-60ヶ月	COT2016(案)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3µg/kg 体重/日
グリシドール	25500-12800	乳児(平均のmin-max 測定値は中央値使用)	EFSA, 2016	雄ラットの腹腔中皮腫のT25の 10.2 mg/kg bw per day (T25なのでMOEはBMDL10の2.5倍の2500を目安とする)

グリシドール	25500-11300	幼児(平均のmin-max 測定値は中央値使用)	EFSA, 2016	雄ラットの腹膜中皮腫のT25の 10.2 mg/kg bw per day(T25なのでMOEはBMDL10の2.5倍の2500を目安とする)
グリシドール	34000-11300	その他子ども(平均のmin-max 測定値は中央値使用)	EFSA, 2016	雄ラットの腹膜中皮腫のT25の 10.2 mg/kg bw per day(T25なのでMOEはBMDL10の2.5倍の2500を目安とする)
グリシドール	51000-20400	青少年(平均のmin-max 測定値は中央値使用)	EFSA, 2016	雄ラットの腹膜中皮腫のT25の 10.2 mg/kg bw per day(T25なのでMOEはBMDL10の2.5倍の2500を目安とする)
グリシドール	51000-34000	成人(平均のmin-max 測定値は中央値使用)	EFSA, 2016	雄ラットの腹膜中皮腫のT25の 10.2 mg/kg bw per day(T25なのでMOEはBMDL10の2.5倍の2500を目安とする)
グリシドール	102000-34000	高齢者(平均のmin-max 測定値は中央値使用)	EFSA, 2016	雄ラットの腹膜中皮腫のT25の 10.2 mg/kg bw per day(T25なのでMOEはBMDL10の2.5倍の2500を目安とする)
グリシドール	102000-34000	超高齢者(平均のmin-max 測定値は中央値使用)	EFSA, 2016	雄ラットの腹膜中皮腫のT25の 10.2 mg/kg bw per day(T25なのでMOEはBMDL10の2.5倍の2500を目安とする)
グリシドール	8500-4900	乳児(P95のmin-max 測定値は中央値使用)	EFSA, 2016	雄ラットの腹膜中皮腫のT25の 10.2 mg/kg bw per day(T25なのでMOEはBMDL10の2.5倍の2500を目安とする)
グリシドール	10200-5100	幼児(P95のmin-max 測定値は中央値使用)	EFSA, 2016	雄ラットの腹膜中皮腫のT25の 10.2 mg/kg bw per day(T25なのでMOEはBMDL10の2.5倍の2500を目安とする)
グリシドール	12800-6000	その他子ども(P95のmin-max 測定値は中央値使用)	EFSA, 2016	雄ラットの腹膜中皮腫のT25の 10.2 mg/kg bw per day(T25なのでMOEはBMDL10の2.5倍の2500を目安とする)
グリシドール	25500-9300	成人(P95のmin-max 測定値は中央値使用)	EFSA, 2016	雄ラットの腹膜中皮腫のT25の 10.2 mg/kg bw per day(T25なのでMOEはBMDL10の2.5倍の2500を目安とする)
グリシドール	34000-17000	青少年(P95のmin-max 測定値は中央値使用)	EFSA, 2016	雄ラットの腹膜中皮腫のT25の 10.2 mg/kg bw per day(T25なのでMOEはBMDL10の2.5倍の2500を目安とする)
グリシドール	51000-17000	高齢者(P95のmin-max 測定値は中央値使用)	EFSA, 2016	雄ラットの腹膜中皮腫のT25の 10.2 mg/kg bw per day(T25なのでMOEはBMDL10の2.5倍の2500を目安とする)
グリシドール	51000-14600	超高齢者(P95のmin-max 測定値は中央値使用)	EFSA, 2016	雄ラットの腹膜中皮腫のT25の 10.2 mg/kg bw per day(T25なのでMOEはBMDL10の2.5倍の2500を目安とする)
グリシドール	54,000	ミルクしか飲まない乳児の平均濃度を使ったシナリオ	EFSA, 2016	雄ラットの腹膜中皮腫のT25の 10.2 mg/kg bw per day(T25なのでMOEはBMDL10の2.5倍の2500を目安とする)
グリシドール	2,100	ミルクしか飲まない乳児のP95濃度を使ったシナリオ	EFSA, 2016	雄ラットの腹膜中皮腫のT25の 10.2 mg/kg bw per day(T25なのでMOEはBMDL10の2.5倍の2500を目安とする)
ヘキサブロモシクロデカン(HBCDDs)	20000-30000	母乳のみの乳児平均-ハイレベル	COT2016(案)	新生マウスに単回投与した場合の大人になってからの行動変化について体負荷を考慮して3microg/kg
ヘキサブロモシクロデカン(HBCDDs)	500-700	ミルクのみの乳児平均-ハイレベル	COT2016(案)	新生マウスに単回投与した場合の大人になってからの行動変化について体負荷を考慮して3microg/kg
ヘキサブロモシクロデカン(HBCDDs)	2000-10000	市販乳児用食品	COT2016(案)	新生マウスに単回投与した場合の大人になってからの行動変化について体負荷を考慮して3microg/kg
ヘキサブロモシクロデカン(HBCDDs)	20,000	乳幼児、空気由来	COT2016(案)	新生マウスに単回投与した場合の大人になってからの行動変化について体負荷を考慮して3microg/kg
ヘキサブロモシクロデカン(HBCDDs)	2-700	乳幼児、ダスト由来、平均-ハイレベル	COT2016(案)	新生マウスに単回投与した場合の大人になってからの行動変化について体負荷を考慮して3microg/kg
PAH4	57000-110000	1-4ヶ月、平均-90パーセンタイル	ANSES,2016(iTDS)	動物実験のBMDL ₁₀ 0.34mg/kg 体重/日
PAH4	66000-110000	5-6ヶ月、平均-90パーセンタイル	ANSES,2016(iTDS)	動物実験のBMDL ₁₀ 0.34mg/kg 体重/日
PAH4	57000-93000	7-12ヶ月、平均-90パーセンタイル	ANSES,2016(iTDS)	動物実験のBMDL ₁₀ 0.34mg/kg 体重/日
PAH4	58000-90000	13-36ヶ月、平均-90パーセンタイル	ANSES,2016(iTDS)	動物実験のBMDL ₁₀ 0.34mg/kg 体重/日
アクリルアミド	200-1200	1-4ヶ月、平均-90パーセンタイル	ANSES,2016(iTDS)	動物実験のBMDL ₁₀ 0.17mg/kg 体重/日
アクリルアミド	200-600	5-6ヶ月、平均-90パーセンタイル	ANSES,2016(iTDS)	動物実験のBMDL ₁₀ 0.17mg/kg 体重/日
アクリルアミド	200-400	7-12ヶ月、平均-90パーセンタイル	ANSES,2016(iTDS)	動物実験のBMDL ₁₀ 0.17mg/kg 体重/日
アクリルアミド	100-200	13-36ヶ月、平均-90パーセンタイル	ANSES,2016(iTDS)	動物実験のBMDL ₁₀ 0.17mg/kg 体重/日
フラン	3429-6857	1-4ヶ月、平均-90パーセンタイル	ANSES,2016(iTDS)	動物実験のBMDL ₁₀ 0.96mg/kg 体重/日
フラン	744-1600	5-6ヶ月、平均-90パーセンタイル	ANSES,2016(iTDS)	動物実験のBMDL ₁₀ 0.96mg/kg 体重/日
フラン	632-1143	7-12ヶ月、平均-90パーセンタイル	ANSES,2016(iTDS)	動物実験のBMDL ₁₀ 0.96mg/kg 体重/日
フラン	1231-2595	13-36ヶ月、平均-90パーセンタイル	ANSES,2016(iTDS)	動物実験のBMDL ₁₀ 0.96mg/kg 体重/日
アフラトキシン	21-∞	1-4ヶ月、平均-90パーセンタイル	ANSES,2016(iTDS)	BMDL ₁₀ 170ng/kg 体重/日
アフラトキシン	27-∞	5-6ヶ月、平均-90パーセンタイル	ANSES,2016(iTDS)	BMDL ₁₀ 170ng/kg 体重/日
アフラトキシン	29-∞	7-12ヶ月、平均-90パーセンタイル	ANSES,2016(iTDS)	BMDL ₁₀ 170ng/kg 体重/日
アフラトキシン	41-35000	13-36ヶ月、平均-90パーセンタイル	ANSES,2016(iTDS)	BMDL ₁₀ 170ng/kg 体重/日
無機ヒ素	0.6-3.2	1-4ヶ月、平均-90パーセンタイル	ANSES,2016(iTDS)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3 µg/kg 体重/日

無機ヒ素	0.7-1.6	5-6ヶ月、平均-90パーセンタイル	ANSES,2016(iTDS)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁	0.3 µg/kg 体重/日
無機ヒ素	0.4-1.0	7-12ヶ月、平均-90パーセンタイル	ANSES,2016(iTDS)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁	0.3 µg/kg 体重/日
無機ヒ素	1.0-1.7	13-36ヶ月、平均-90パーセンタイル	ANSES,2016(iTDS)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁	0.3 µg/kg 体重/日
無機ヒ素	17.0-86.0	1-4ヶ月、平均-90パーセンタイル	ANSES,2016(iTDS)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁	8 µg/kg 体重/日
無機ヒ素	18.2-43.5	5-6ヶ月、平均-90パーセンタイル	ANSES,2016(iTDS)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁	8 µg/kg 体重/日
無機ヒ素	9.5-25.8	7-12ヶ月、平均-90パーセンタイル	ANSES,2016(iTDS)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁	8 µg/kg 体重/日
無機ヒ素	26.0-46.0	13-36ヶ月、平均-90パーセンタイル	ANSES,2016(iTDS)	ヒト疫学データのBMDL ₀₁	8 µg/kg 体重/日
鉛	3-13	1-4ヶ月、平均-90パーセンタイル	ANSES,2016(iTDS)	ヒト疫学データのBMDL ₁₀	0.63 µg/kg 体重/日(慢性腎疾患)
鉛	2-5	5-6ヶ月、平均-90パーセンタイル	ANSES,2016(iTDS)	ヒト疫学データのBMDL ₁₀	0.63 µg/kg 体重/日(慢性腎疾患)
鉛	2-4	7-12ヶ月、平均-90パーセンタイル	ANSES,2016(iTDS)	ヒト疫学データのBMDL ₁₀	0.63 µg/kg 体重/日(慢性腎疾患)
鉛	2-3	13-36ヶ月、平均-90パーセンタイル	ANSES,2016(iTDS)	ヒト疫学データのBMDL ₁₀	0.63 µg/kg 体重/日(慢性腎疾患)
グリシドール	8000-24000	成人平均(LB-UB)	JECFA83(2016)	雄ラット精巣鞘膜/腹膜中皮腫のBMDL10	2.4 mg/kg 体重/日
グリシドール	3000-12000	成人高摂取群(LB-UB)	JECFA83(2016)	雄ラット精巣鞘膜/腹膜中皮腫のBMDL10	2.4 mg/kg 体重/日
グリシドール	2400-12000	こども平均(LB-UB)	JECFA83(2016)	雄ラット精巣鞘膜/腹膜中皮腫のBMDL10	2.4 mg/kg 体重/日
グリシドール	1100-6000	こども高摂取群(LB-UB)	JECFA83(2016)	雄ラット精巣鞘膜/腹膜中皮腫のBMDL10	2.4 mg/kg 体重/日
グリシドール	670-24000	乳児平均(LB-UB)	JECFA83(2016)	雄ラット精巣鞘膜/腹膜中皮腫のBMDL10	2.4 mg/kg 体重/日
グリシドール	490-8000	乳児高摂取群(LB-UB)	JECFA83(2016)	雄ラット精巣鞘膜/腹膜中皮腫のBMDL10	2.4 mg/kg 体重/日
ステリグマトシスチン	9400-530000	成人平均(LB-UB)	JECFA83(2016)	雄ラット肝血管肉腫のBMDL10	0.16mg/kg体重/日
ステリグマトシスチン	4700-270000	成人高摂取群(LB-UB)	JECFA83(2016)	雄ラット肝血管肉腫のBMDL10	0.16mg/kg体重/日
ステリグマトシスチン	4700-5000	アフリカ成人高摂取群(LB-UB)	JECFA83(2016)	雄ラット肝血管肉腫のBMDL10	0.16mg/kg体重/日
アクリルアミド	59-120	1.5-3才、平均-97.5パーセンタイル	FSA,2017	動物実験のBMDL ₁₀	0.17mg/kg 体重/日
アクリルアミド	65-120	4-6才、平均-97.5パーセンタイル	FSA,2017	動物実験のBMDL ₁₀	0.17mg/kg 体重/日
アクリルアミド	77-160	7-10才、平均-97.5パーセンタイル	FSA,2017	動物実験のBMDL ₁₀	0.17mg/kg 体重/日
アクリルアミド	110-230	11-18才、平均-97.5パーセンタイル	FSA,2017	動物実験のBMDL ₁₀	0.17mg/kg 体重/日
アクリルアミド	160-300	19+才、平均-97.5パーセンタイル	FSA,2017	動物実験のBMDL ₁₀	0.17mg/kg 体重/日
アクリルアミド	150-310	1.5-3才、平均-97.5パーセンタイル	FSA,2017	動物実験のBMDL ₁₀	0.43mg/kg 体重/日(非がん)
アクリルアミド	170-310	4-6才、平均-97.5パーセンタイル	FSA,2017	動物実験のBMDL ₁₀	0.43mg/kg 体重/日(非がん)
アクリルアミド	200-390	7-10才、平均-97.5パーセンタイル	FSA,2017	動物実験のBMDL ₁₀	0.43mg/kg 体重/日(非がん)
アクリルアミド	290-570	11-18才、平均-97.5パーセンタイル	FSA,2017	動物実験のBMDL ₁₀	0.43mg/kg 体重/日(非がん)
アクリルアミド	390-770	19+才、平均-97.5パーセンタイル	FSA,2017	動物実験のBMDL ₁₀	0.43mg/kg 体重/日(非がん)

PAH2: ベンゾ(a)ピレン/クリセン、PAH4:ベンゾ(a)ピレン、クリセン、ベンズ(a)アントラセン、ベンゾ(b)フルオランテン

PAH8:ベンゾ(a)ピレン、ベンズ(a)アントラセン、ベンゾ(b)フルオランテン、ベンゾ(k)フルオランテン、ベンゾ(ghi)ペリレン、クリセン、ジベンズ(a,h)アントラセン及びインデノ([1,2,3-cd)ピレン

注1: BMDL₀₁が 0.3 ~ 8 µg/kg 体重/日に対して推定摂取量0.13~ 0.56 µg/kg 体重/日

注2: BMDL₀₁が 0.3 ~ 8 µg/kg 体重/日に対して推定摂取量0.37~ 1.22 µg/kg 体重/日。

なお海藻を食べる人達は4 µg/kg 体重/日程度になる可能性があり米を食べる3才未満の子どもは成人の2-3倍になる

注3: 香港が使用しているPODはJECFAが2010年に設定したもの、香港によれば香港の食事からの無機ヒ素摂取量は日本人の約半分

注4: 数字が小さい方はPODIに0.3を使用、大きい方は8を使用

注5: 平均摂取量と90パーセンタイルの値

COC: 食品、消費者製品、環境中化学物質のがん原性に関する科学委員会(英国)

ANSES: フランス食品環境労働衛生安全庁

EFSA: 欧州食品安全機関

FSA: 英国食品基準庁

JECFA: FAO/WHO合同食品添加物専門家会議

RIVM: オランダ 国立公衆健康環境研究所

CFS: 香港食物環境衛生署食品安全センター

BfR: ドイツ連邦リスク評価研究所

AFSCA: ベルギー連邦フードチェーン安全庁

FSAI: アイルランド食品安全局

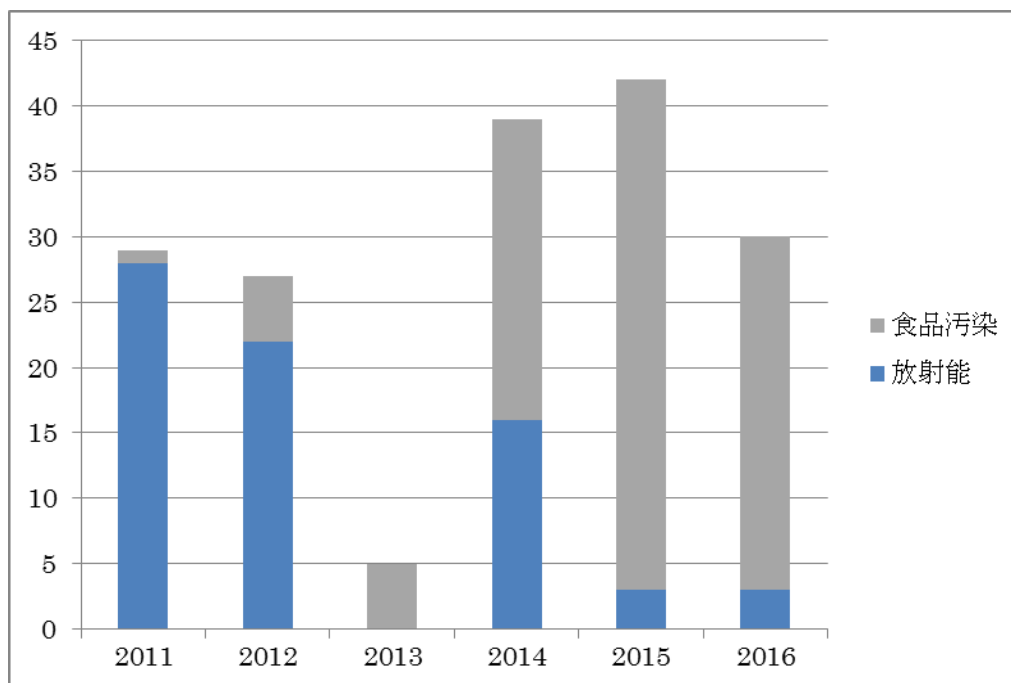
BMDL: ベンチマーク用量95%信頼下限値

BMDL₁₀: 腫瘍発生が10%増加するBMDL

NOAEL: 無影響量、有害影響が観察されない最高投与量

(LB-UB) Lower bound-Upper

図1. amazonの「添加物・食品汚染」売れ筋ランキングに掲載されていた書籍の発行年ごとの数とそのうち放射能を扱ったものの割合



注：2011-2016年の間のどこかの時点で売れ筋ランキングに入っていた本の発行年

参考資料 1

食生活に関するアンケートの結果

アンケート結果

質問内容は以下の通り

1.	東日本大震災の前後であなたや家族の食生活で変えた・変わったことはありますか
	ある（1年以内の短期間）
	ある（1年以上現在も）
	ない
2.	ある場合はその内容についてできるだけ具体的にお知らせ下さい （たとえば飲料水をミネラルウォーターに変えた、魚を食べなくなった、特定の健康食品を常用している、など）
3.	食生活を変えたことに伴って変わったことはありますか。 （たとえば買い物が大変になった、食費が増えたり減ったりした、など）
4.	あなたについて差し支えない範囲でお知らせ下さい
	性別 男 女
	居住地 県 あるいは 市
	年代 20才未満 20-30代 40-50代 60代以上
	同居家族 人 うち子ども 人
	震災による住居や仕事の変化 有り 無し

質問期間は 2012 年秋から冬にかけて

回収できた件数 合計 1635

概要

1. 回答者のプロフィール

全件数 1635 うち男性 408 女性 1206 未記入 21

住居地は関東地方の方が 1158 人と最も多い

コープとうきょうとちばコープで 843 その他 792

年齢：30 代以下 548、 40-50 代 659、 60 才以上 382、未記入 46

同居家族に子どものいる人 791、子どもいない人 724

2. 食生活の変化について

事故直後から1年以内の変化を短期変化、その後もアンケート調査を行った時点(2012年冬)まで継続しているものを長期変化と分類した。

全体では約半分の人が短期的には何らかの対応をし、2年近く経過して約半分がもとに戻り残り半分は変化を継続している様子だった。

家族に子どもがいるかどうかで違いがあるかどうかをみたのが図2-2で、子どものいない人は6割が変化無しであったが子どものいる人は4割であった。子どものいる人の方が何らかの対応をする割合が高かった。

男女別では女性の方が変化した割合が高かった。

年代による違いはあまり大きくはなかった。

3. 食生活の変化の内容について

具体的にどのような変化があったのかについて自由記述で回答してもらったが、特に多かった項目をまとめてみた。産地を気にする、特に水産物について産地が気になるという人が多く、次に水道水を他の水に変えたという回答が多かった。産地を気にする、というなかに被災地を応援するため積極的に買う、という回答が20件ほど(産地を気にするという人の中で4%くらい)あり、災害に備えて食料や水をストックするようになったという回答は食生活に変化があったと回答した人全体の10%程度あった。時間経過とともに気にする人の数は減っていくが気にする項目の割合にはあまり変化はなかった。

表 変化有りとした全体(760件)の中での内容

産地を気にする	420	55.3%
水	222	29.2
水産物	75	9.9
きのこ	20	2.6
備蓄	89	11.7

4. 不便になったこと

なんらかの不都合を報告している375件のうち、水を購入するために買い物の時の荷物が増えたり商品を選ぶための時間がかかる、欲しいものを探すために店を何軒も回るなどの不便になったという回答が96、食費が増えたり水関連の出費が増えたという回答が170あった。

表

全体	375
不便になった	96

5. 注意を要するコメント

健康リスクになりそうな行動（飲酒量が増えた）や、効果のない健康食品やサプリメント、高額な浄水器などを購入している事例が散見された。

食生活に関して

- ・ビールが増えた。
- ・魚介類、きのこ類（太平洋産、東日本産）は一切食べない。
- ・避難所にいたため、3～7月まで弁当生活で栄養バランスは取れていたと思うが、味覚が変わった気がする。
- ・避難生活のため家族が二重生活、夫は酒量が大きくなり血液が濃くなりなり食事に気を使うようになったがメタボは治りません。

間違った情報を信じている可能性

- ・免疫力を上げるとされるサプリメントを利用。
- ・震災の原発事故後、ヨウ素を含む食材を常時とっていました。
- ・リスクに負けないような身体づくりを意識。サプリメントの常用、白米から胚芽米や玄米、有機野菜を摂るようになった。
- ・健康食品を多く用意してある。
- ・放射の対策で、子供にヨウ素入りの天然サプリメントを飲ませている。
- ・毒素を排出してくれるという玄米を時々食べるようにしている。

水関係

- ・水道水は一切飲まないようになりました。
- ・「安全な食品を手に入れることが難しい」という不満、不安（思い込み）が日常化した。
- ・子供が生まれたので、子供だけはミネラルウォーターにしている。
- ・ご飯を炊く水と飲料用に井戸水（九州の）を利用している。
- ・ほとんどの食材をアルカリイオン水で洗ってから使う様にしている。
- ・飲料水、料理に使うものもイオンアルカリ性のものに替えた。イオンアルカリ性にするための機械に20万円の費用をかけた。

不信など

- ・放射性物質汚染（微量でも）が人間に対する影響がよくわかっていないのに、大丈夫だとしている一部のものの理解が出来ない。真実が知りたい。（日本で公開されない現状）
- ・ただ、中国産だからというだけで判断しておらず国産でも、いつまでおいても決して発

芽しない玉ねぎやジャガイモなどは次から買わないようにするなど不自然な野菜について注意している。

- ・極力外食はしないようにしている。
- ・国、自治体、食品メーカーの検査はサンプリング方式なので100%安心できない。
- ・両親がテレビの影響を受け、一時的に被災地の物を食べなくなった。今も、被災地の食品の摂取量を気にしており、大丈夫という言葉にも聞く耳を持たず困っている。
- ・子供が生まれた時の障害を両親が気にし理解してくれない。親子関係にも影響を与える問題となった。
- ・トラックの音や地鳴りのような低い音を聞くと、心臓がドキドキしたり、めまいがしたりするようになった。

参考資料 2

食品の安全性に関するアンケート

アンケート質問票

事前アンケート

I.食品の安全性について不安がありますか

とても不安 やや不安 あまり不安でない 全く不安でない

1

2

3

4

どのようなものに不安がありますか。

自由にお書き下さい

以下の項目についてどの程度不安ですか

●微生物による食中毒

とても不安

やや不安

あまり不安でない

全く不安でない

1

2

3

4

●放射能汚染

1

2

3

4

●食品添加物

1

2

3

4

●残留農薬

1

2

3

4

●遺伝子組換え

1

2

3

4

●BSE

1 2 3 4

●塩の摂りすぎ

1 2 3 4

●砂糖や脂肪の摂りすぎ

1 2 3 4

●ダイオキシンやPCBなど環境汚染物質

1 2 3 4

●健康食品

1 2 3 4

●アクリルアミド

1 2 3 4

●ふぐやキノコなどの自然毒

1 2 3 4

●食品の値段や食料不足

1 2 3 4

●水道水

1 2 3 4

●生レバー

1 2 3 4

●輸入食品

1 2 3 4

II. 食生活によってがんや脳卒中、心筋梗塞などの非伝染性疾患のリスクを下げるができます。どのようなことに注意すればいいと思いますか。

自由にお書き下さい

以下の項目は非伝染性疾患予防に関係すると思いますか。

●喫煙しない	とても重要	少しは関係する	関係ない
	1	2	3
●飲酒は控えめに	1	2	3
●できるだけ食品添加物を避ける	1	2	3
●できるだけ残留農薬を避ける	1	2	3
●できるだけ国産の食品を選ぶ	1	2	3
●放射線を避ける	1	2	3
●運動する	1	2	3
●健康体重を維持する（バランスのとれた食生活）	1	2	3
●焦げたものを食べない	1	2	3
●水道水の代わりにミネラルウォーターを使う	1	2	3

1 2 3
●健康食品やサプリメントを摂る

1 2 3
●減塩する

1 2 3

III.食品中の放射能レベルについて

●放射性セシウム(セシウム134と137の和)がどのレベルなら食べても良いと考えますか。

- ・ 検出限界 ND 未満（機器により検出下限は異なる。ゼロではない。）
- ・ 100 Bq/kg 以下（現在の日本の基準）
- ・ 500 Bq/kg 以下（暫定基準）
- ・ 1000 Bq/kg 以下（コーデックスによる国際基準）

IV. 放射線について

●単位

ベクレル (Bq) は、1 秒間に放射線を発生する回数、放射線の量 (頻度) を表す単位であり、シーベルト (Sv) は、放射線の生体影響を数値化するための単位です。この2つの単位を知っていましたか。

- ・ よくわかっている
- ・ あまりわかっていない
- ・ 知らない

●被ばく状況とシーベルト (Sv) 注: 1 mSv (ミリシーベルト) =0.001 Sv

放射線を出す物質が体外にある外部被ばくの 1mSv と、放射線を出す物質が体内にある内部被ばくの 1mSv では、違いがあると思いますか。

- ・ 外部被ばく 1mSvの方が、内部被ばく 1mSvより生体影響が大きい。
- ・ 内部被ばく 1mSvの方が、外部被ばく 1mSvより生体影響が大きい。
- ・ どちらも 1mSvなので、同じである。
- ・ わからない。

回答者について

性別 男 女

年代 20 未満 20-30 代 40-50 代 60 代以上

家族に子ども 有 無

その他

事後アンケート

I.食品の安全性について不安がありますか

とても不安	やや不安	あまり不安でない	全く不安でない
1	2	3	4

どのようなものに不安がありますか

自由にお書き下さい

以下の項目についてどの程度不安ですか

●微生物による食中毒

とても不安	やや不安	あまり不安でない	全く不安でない
1	2	3	4

●放射能汚染

1	2	3	4
---	---	---	---

●食品添加物

1	2	3	4
---	---	---	---

●残留農薬

1	2	3	4
---	---	---	---

●遺伝子組換え

1	2	3	4
---	---	---	---

●BSE

1	2	3	4
---	---	---	---

●塩の摂りすぎ

1 2 3 4
●砂糖や脂肪の摂りすぎ

1 2 3 4
●ダイオキシンや PCB など環境汚染物質

1 2 3 4
●健康食品

1 2 3 4
●アクリルアミド

1 2 3 4
●ふぐやキノコなどの自然毒

1 2 3 4
●食品の値段や食料不足

1 2 3 4
●水道水

1 2 3 4
●生レバー

1 2 3 4
●輸入食品

1 2 3 4

II. 食生活によってがんや脳卒中、心筋梗塞などの非伝染性疾患のリスクを下げるができます。どのようなことに注意すればいいと思いますか。
自由にお書き下さい

以下の項目は非伝染性疾患予防に関係すると思いますか。

- | | とても重要 | 少しは関係する | 関係ない |
|-------------------------|-------|---------|------|
| | 1 | 2 | 3 |
| ●喫煙しない | | | |
| ●飲酒は控えめに | | | |
| ●できるだけ食品添加物を避ける | | | |
| ●できるだけ残留農薬を避ける | | | |
| ●できるだけ国産の食品を選ぶ | | | |
| ●放射線を避ける | | | |
| ●運動する | | | |
| ●健康体重を維持する（バランスのとれた食生活） | | | |
| ●焦げたものを食べない | | | |

1 2 3
●水道水の代わりにミネラルウォーターを使う

1 2 3
●健康食品やサプリメントを摂る

1 2 3
●減塩する

1 2 3

III.放射線について

1) シーベルト (Sv) について

放射線の生体影響の単位 Sv は、核種、放射線の種類、被ばくの状況（外部／内部被ばく、経口／吸入経路）、年齢（0歳から成人まで）などが考慮されているので、被ばく状況が違っていても、Svの数値はそのまま比較や加算ができます。例えば、外部被ばく 1mSv と内部被ばく 1mSv では、同じ 1mSv ですので、生体影響の強さは同じになります。

- このことを納得できますか。
- ・納得できる
- ・納得できない

2) 生体影響と基準値

100 mSv の被ばくにより、生涯で発がん死が 0.5% 増えると評価されています。

(ICRP によるリスク係数 $5.5 \times 10^{-2}/\text{Sv}$)

生涯 100mSv 以下となるように、日本の現在の食品中放射性物質の基準は、食品中の放射性物質 8 核種からの影響が、年間 1mSv 以下になるように設定されています。(分析のしやすさから、放射性セシウムに他の 6 核種（ストロンチウム、プルトニウム、ルテニウム）の影響を比率計算により入れ込み、食品ごとの摂取量を考慮し、放射性セシウムの基準値濃度を算定しています。)

- 基準値の設定根拠を知っていましたか。
- ・よくわかっている
- ・だいたいわかっている
- ・あまりわかっていない
- ・知らない

3) 摂取量推定

基準値設定にあたっては、食品の 50%が汚染している場合を想定しています。

複数の実態調査により、汚染率はそれよりも低く、放射能濃度も基準値より低いため、結果として食品からの被ばく量は、(少なくとも、新基準値以降は) 年間 0.01mSv 以下と推定されています。

一方、天然放射性核種であるカリウム 40 による内部被ばくは年間 0.17mSv 程度です。食品以外の吸入による内部被ばくや、宇宙・地殻からの外部被ばくを合わせると、天然放射線による総合的な被ばくは、全世界一人平均で年間 2.4mSv とされています。

この講演の前に、以下の事柄を知っていましたか。

●天然放射線による被ばくは世界平均で約年間 2.4 mSv

- ・知っていた
- ・知らなかった

●カリウム 40 による食品からの被ばくは約年間 0.17 mSv

- ・知っていた
- ・知らなかった

●放射性セシウムの食品からの被ばくは実際には年間 0.01 mSv 以下

- ・知っていた
- ・知らなかった (→・講演により知った)

IV. 食品中の放射能レベルについて

放射性セシウムがどのレベルなら食べても良いと考えますか。

- ・ ND (機器により定量下限は異なる)
- ・ 100 Bq/kg 以下 (現在の日本の基準)
- ・ 500 Bq/kg 以下 (暫定基準)
- ・ 1000 Bq/kg 以下 (コーデックスによる国際基準)

V. 今回のお話であなたにとって重要だと思われること、新しい情報、もっと知りたいと思っただことなどは何ですか。

回答者について

性別 男 女

年代 20未満 20-30代 40-50代 60代以上

家族に子ども 有 無

その他

参考資料 3

提供情報

リーフレット三種（三つ折り）：食べものと放射性物質のはなし

- ・厚生労働省：その1 新しい基準値のはなし

http://www.mhlw.go.jp/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/shokuhin/dl/houshasei_leaf.pdf

- ・食品安全委員会：その2 放射性物質と健康影響

http://www.fsc.go.jp/sonota/hanashi/houshasei_leaf.pdf

- ・農林水産省：その3 生産現場の取組

http://www.maff.go.jp/j/syouan/soumu/saigai/pdf/leaf_maff.pdf

講義資料略

表3 放射線についての知識

事前アンケートの設問

●被ばく状況とシーベルト (Sv) 注: 1 mSv (ミリシーベルト) =0.001 Sv

放射線を出す物質が体外にある外部被ばくの1mSvと、放射線を出す物質が体内にある内部被ばくの1mSvでは、違いがあると思いますか。

- ・外部被ばく1mSvの方が、内部被ばく1mSvより生体影響が大きい。
- ・内部被ばく1mSvの方が、外部被ばく1mSvより生体影響が大きい。
- ・どちらも1mSvなので、同じである。
- ・わからない。

- 1、外部被ばく > 内部被ばく
- 2、外部被ばく < 内部被ばく
- 3、同じ
- 4、わからない

	1	2	3	4
食品安全部(H25)	0	4	9	1
食品安全委員会(H26)	0	12	15	5
食品化学(H26)	0	12	6	0
M県職員(H25)	0	37	16	6
EJA(H26)	0	9	1	6
M大学(H25)	4	30	3	3
E大学(H26)	9	69	8	35
M大学(H26)	7	28	2	12
A県栄養士(H26)	1	10	1	9
E大学(H27)	1	25	2	13
EM高校(H27)	8	35	3	33
EE高校(H27)	2	2	0	15
M大学(H27)	1	22	1	12
F大学2年(H27)	4	13	2	20
F大学3年(H27)	0	17	3	13
E高校(科学部)(H28)	4	24	5	25
EE高校(H28)	0	1	1	19
M大学(H28)	2	35	2	11
E大学(H28)	1	12	4	2

Ⅱ. 分 担 研 究 報 告

食品中放射性物質濃度データ解析による効率的検査計画の検討

松田 りえ子

平成 24-28 年度厚生労働科学研究補助金 食品の安全確保推進研究事業

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 研究分担総合報告書

食品中放射能物質濃度データ解析による効率的検査計画の検討

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
研究分担者 松田りえ子 国立医薬品食品衛生研究所食品部主任研究官

研究要旨

平成 24 年度から平成 28 年度にわたり、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を集計し、試料数、放射性セシウム検出率、基準値超過率、放射性セシウム濃度のパーセンタイル値を求めた。基準値を超える試料の割合は、平成 24 年度は 2.6%であったが、徐々に低下し平成 27 年度には 0.4%になった。放射性セシウム濃度が 25 Bq/kg を超える試料の割合（検出率）は、平成 24 年度は 9.8%であったが、平成 27 年度は 2.5%になった。しかし、平成 28 年度は基準値超過率、検出率共に増加し、0.7%及び 3.4%となった。流通する食品の基準値超過率は、全体として非流通食品よりも低かった。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、流通から排除されていると考えられた。一方、流通品にも非常に高濃度の放射性セシウムを含む試料も見られた。これらの高濃度試料には野生鳥獣肉、山菜、きのこが含まれた。これらは検出率、基準値超過率ともに高く、山林にその起源をもつことが特徴である。これらの食品が生育する山林では、事故により広がった放射性セシウムがそのまま存在する状態が継続していると考えられる。一方、通常の方法で栽培あるいは飼養されている農作物あるいは畜産物を含む、上記以外の食品カテゴリには基準値超過はなくなり、放射性セシウム濃度も 25 Bq/kg 以下に低下した。現在機能している、基準値を超える食品を流通させないための監視に加えて、山菜、きのこ、淡水魚、野生鳥獣肉のような食品中の放射性セシウムの検査を重点的に実施していくことが重要と考えられる。

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。地方自治体は、厚生労働省が定めたガイドラインに基づき、食品中放射性セシウムの

検査計画を策定して検査を実施し、またガイドラインによらない自主的な検査も広く実施された。これらの検査結果は、厚生労働省に報告され、ホームページ上に公表されている。

本研究課題では、平成 24 年度から平成 28 年度までに、厚生労働省ホームページに公表された、食品中放射性セシウム検査で得られたデータを解析し、試料とな

った食品、放射性セシウム濃度、検出される率の経年的変化、食品カテゴリ間での差等を見出すことにより、今後の放射性物質モニタリングを効率的に進める方法を検討した。

B. 方法

厚生労働省ホームページに公表された、平成 24 年 4 月から平成 29 年 3 月までの、食品中の放射性セシウムの検査データを集計し、放射性セシウムの検出率、基準値超過率等を求めた。

集計は、公表されたデータから、屠畜場における牛肉の検査データと思われるデータを除いたものを対象とした。

C. 結果

試料数、検出率、基準値超過率

Fig.1 に解析の対象とした試料数を、非流通品と流通品に分けて示す。試料数は、平成 24 年度は 91,276、平成 25 年度は 90,824、平成 26 年度は 79,067、平成 27 年度は 66,663、平成 28 年度は 63,121 で、平成 24 年度が最も多く、その後は徐々に減少している。全ての年度において、非流通品数が流通品数を上回った。

Fig.2 は食品カテゴリ別の試料数の推移を示す。食品カテゴリは、農産物、水産物、畜産物、野生鳥獣肉、乳、乳児用食品、飲料水、加工品とした。厚生労働省が公表したデータではその他(加工品)となっているものの内、単一の食品を乾燥・冷凍・水煮のような簡単な加工をしたものは、農産物、水産物、畜産物等に分類した。全ての年度において、農産物の試料数が最も多く、次いで水産物の試

料数が多かった。

Fig.3 には、放射性セシウムが検出された試料数の推移を、非流通品と流通品に分けて示す。データを報告した検査機関ごとに検出下限は異なっており、測定下限が 25 Bq/kg のスクリーニング法の結果と、検出下限が 1 Bq/kg 以下である、Ge 半導体検出器による確定検査結果が混在しているため、単純に検出率を求めることによって食品間の放射性セシウム検出の状況を比較することはできない。スクリーニング法の測定下限は 25 Bq/kg 以下とされており、これ以上の濃度の試料はどのような方法でも検出されると考えられることから、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とした。

検出試料数は、平成 24 年度は 8,962、平成 25 年度は 5,820、平成 26 年度は 2,852、平成 27 年度は 1,673、平成 28 年度は 2,160 であった。平成 24 年度から平成 27 年度まで徐々に減少したが、平成 28 年度にはやや増加した。検出試料の大部分が非流通品で、平成 26 年度以降の流通品試料の検出数は 100 以下となった。

Fig.4 は食品カテゴリ別の検出試料数の推移を示す。平成 24 年度には乳及び乳児用食品を除く食品カテゴリで検出試料が見られた。平成 25 年度には、畜産物の検出試料数もゼロとなった。検出試料の大部分を占める農産物と水産物の数は徐々に減少したが、野生鳥獣肉の検出試料数は数百程度で推移し減少傾向は認められなかった。

Fig.5 は検出率の推移を示す。平成 25 年度以降の流通品の検出率は 1%を下回

った。非流通品の検出率も平成 24 年度から 27 年度まで、継続的に減少した。流通品、非流通品の検出率ともに、平成 28 年度はわずかに増加した。

Fig.6 には、放射性セシウム濃度が基準値を超過した試料数の推移を、非流通品と流通品に分けて示す。基準値超過試料数は、平成 24 年度は 2,370、平成 25 年度は 1,025、平成 26 年度は 565、平成 27 年度は 291、平成 28 年度は 461 であった。平成 24 年度が最も多く、その後徐々に減少したが、平成 28 年度にはやや増加した。基準値を超過した試料の 95%以上が非流通品で、流通品で基準値を超過した試料数は全ての年度で 20 以下であった。なお、本研究で解析対象外とした非流通品の牛肉における基準値超過試料数は、平成 24 年度は 2 であり、平成 25 年度以降は超過試料はなかった。

Fig.7 は食品カテゴリ別の基準値超過試料数の推移を示す。畜産物、牛乳、乳児用食品は全ての年度で、基準値を超過した試料は見られなかった。検出試料と同様に、農産物、水産物、野生鳥獣肉が多いが、農産物と水産物の基準値超過試料数が徐々に減少しているのに対して、野生鳥獣肉の基準値超過試料数は大きな変化は見られず、最も少ない平成 27 年度でも 167 試料が基準値を超過した。

Fig.8 は基準値超過率の推移を示す。流通品の基準値超過率は全ての年度で 0.1%以下であった。非流通品の基準値超過率は平成 24 年度から平成 27 年度までは低下したが、平成 28 年度はわずかに上昇した。

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おり、非流通品の検査によって放射性セシウム濃度の高い食品の流通が防止されたと考えられる。

放射性セシウム濃度

Fig.9 及び Fig.10 に、非流通品及び流通品において放射性セシウムが検出された試料中の濃度のパーセンタイル値の年次推移を示した。Fig.11 には最高値の年次推移を示した。25 Bq/kg 以下となった試料の率が大きく、全体としての中央値、75%タイル値は 25 Bq/kg 以下あるいは 0 となってしまうために、濃度が 25 Bq/kg を超えた試料のみの統計量を示している。

25%タイル、中央値は、非流通品および、流通品ではほぼ同じであった。非流通品の 25%タイル、中央値は経年的に徐々に低下しているが、流通品では平成 28 年度に上昇がみられた。90%タイル値、95%タイル値は非流通品・流通品ともに、経年的な低下は見られず、平成 27 年度以降は上昇した。流通品においては、最高値も平成 25 年度以降は経年的に増加している。

検出率、基準値超過率、放射性セシウム濃度の 90%タイル値～最高値は、平成 27 年度に比較して平成 28 年度が大きくなっておなっている。

高濃度試料を含む食品カテゴリ

平成 28 年度において放射性セシウム濃度が 500 Bq/kg 以上であった試料は 99 あり、89 が野生鳥獣肉、6 が山菜、4 がきのこであった。農産物に分類される山菜およびきのこにおいても、高濃度の放射性セシウムを含む試料は、山野に自生しているものが大部分である。このよ

うに、高濃度試料の大部分が山林に起源をもつ食品である状況は、他の年度でも同様であった。

D. 考察

全ての年度で、非流通品の検出率が流通品を上回ったことから、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る。一方、高濃度の放射性セシウムを含む食品は、野生鳥獣肉、山野に起源をもつ山菜及びきのこであり、高濃度放射性セシウムを含む食品を流通させないことを目的とするならば、これらのカテゴリの食品を重点的に検査すべきと考えられる。

また、検出率、基準値超過率、放射性セシウム濃度の90%タイル値は、平成27年度から28年度にかけて増加している。また、野生鳥獣肉の検出試料数、基準値超過試料数は大幅に増加した。震災後5年以上を経過し、通常の方法で栽培あるいは飼養される食品が高濃度の放射性セシウムを含むことはなくなったが、天然山菜、天然きのこ、野生鳥獣肉には、高濃度の放射性セシウムを含むものが残っている。これらの食品を産出している山林では、事故により広がった放射性セシウムがそのまま存在する状態が継続していると考えられる。基準値を超える食品の監視のためには、野生鳥獣肉、天然きのこ、山菜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。しかし、これらの食品の検査数は必ずしも大きくなく、放射性セシウム検査が効率的に行

われているとは考えられない。放射性セシウム濃度の高くなりやすい、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カテゴリの食品を重点的に検査する体制の整備が重要と考えられる。

E. 研究発表

1. 論文発表

1) 松田りえ子：トータルダイエツト試料を用いた放射性セシウムの預託実効線量推定に関する解説、獣医疫学雑誌、17(1), 57-62 (2013)

2. 学会発表

1) 松田りえ子，堤智昭，蜂須賀暁子，鍋師裕美，手島玲子：都道府県等が実施した食品中の放射性物質検査結果の解析．第50回全国衛生科学技術協議会年会（2013.11）

2) 松田りえ子，堤智昭，鍋師裕美，植草義徳，蜂須賀暁子，手島玲子：都道府県等が実施した食品中の放射性物質検査結果の解析．第51回全国衛生科学技術協議会年会（2014.11）

F. 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

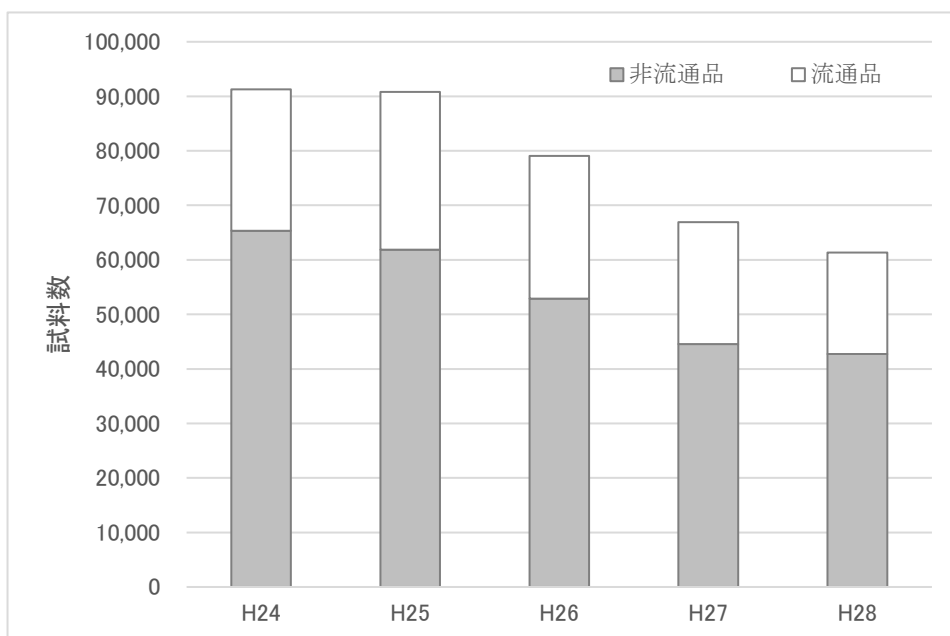


Fig.1 解析の対象とした試料数（非流通品と流通品別）

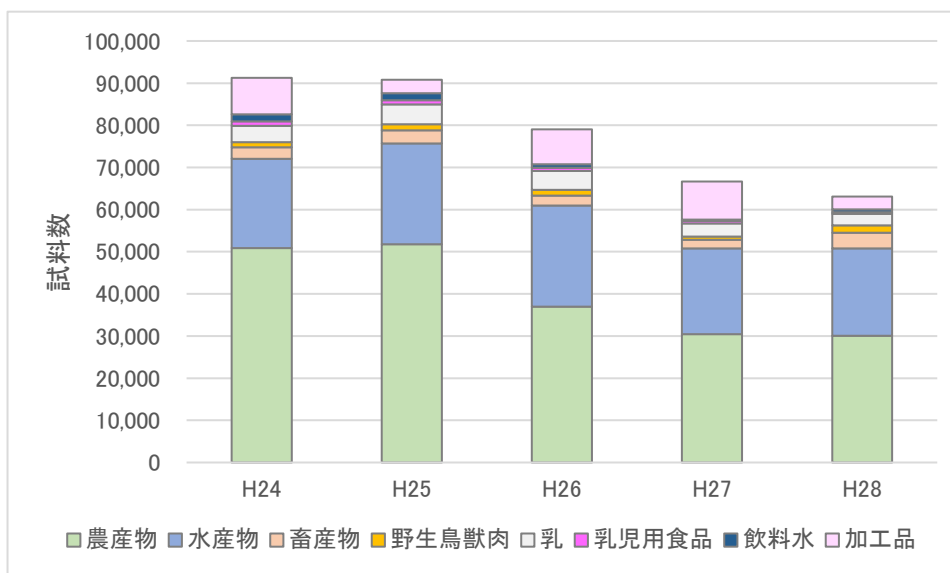


Fig.2 解析の対象とした試料数（食品カテゴリ別）

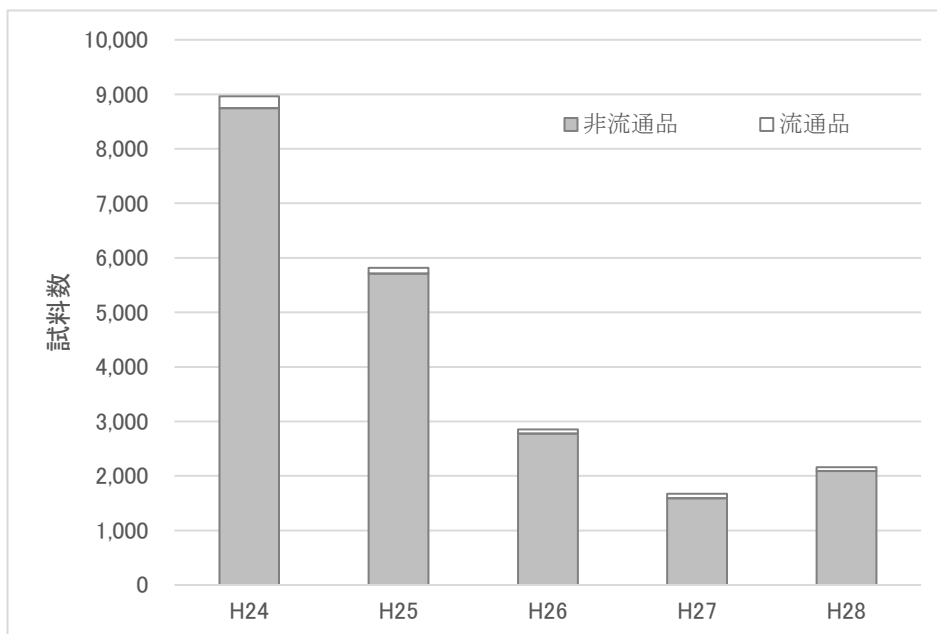


Fig.3 放射性セシウムが検出された試料数（非流通品・流通品別）

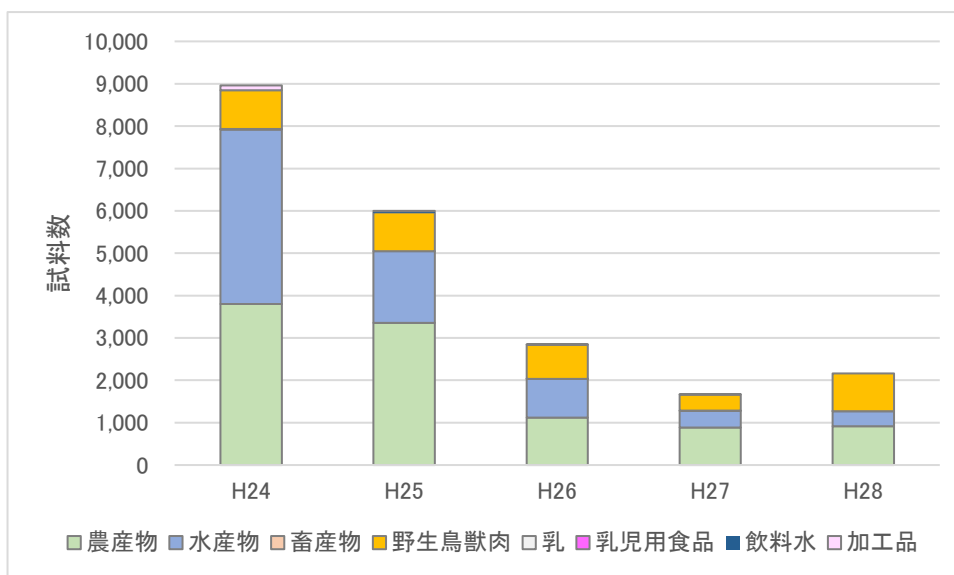


Fig.4 放射性セシウムが検出された試料数（食品カテゴリ別）

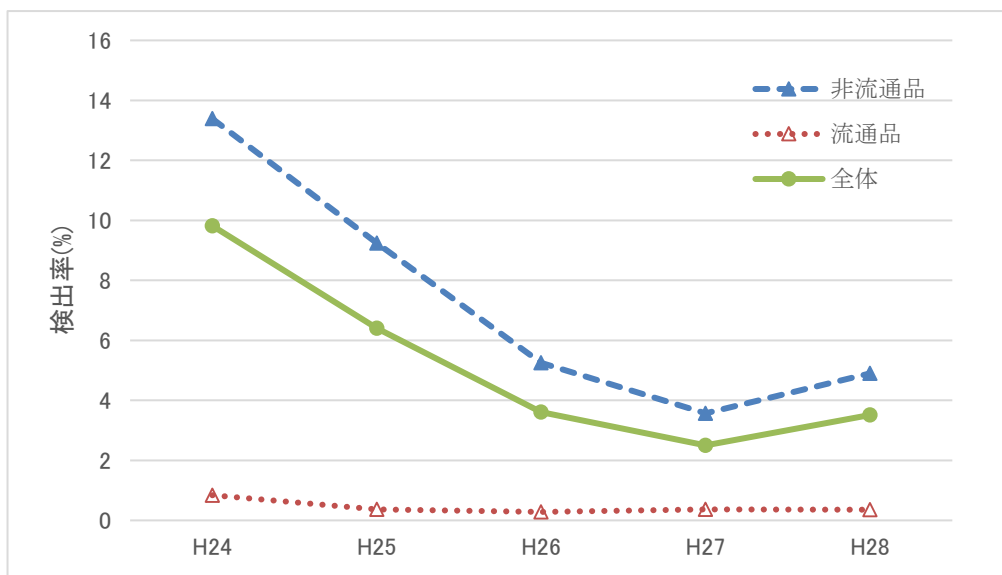


Fig.5 放射性セシウムが検出された試料の割合の年次推移

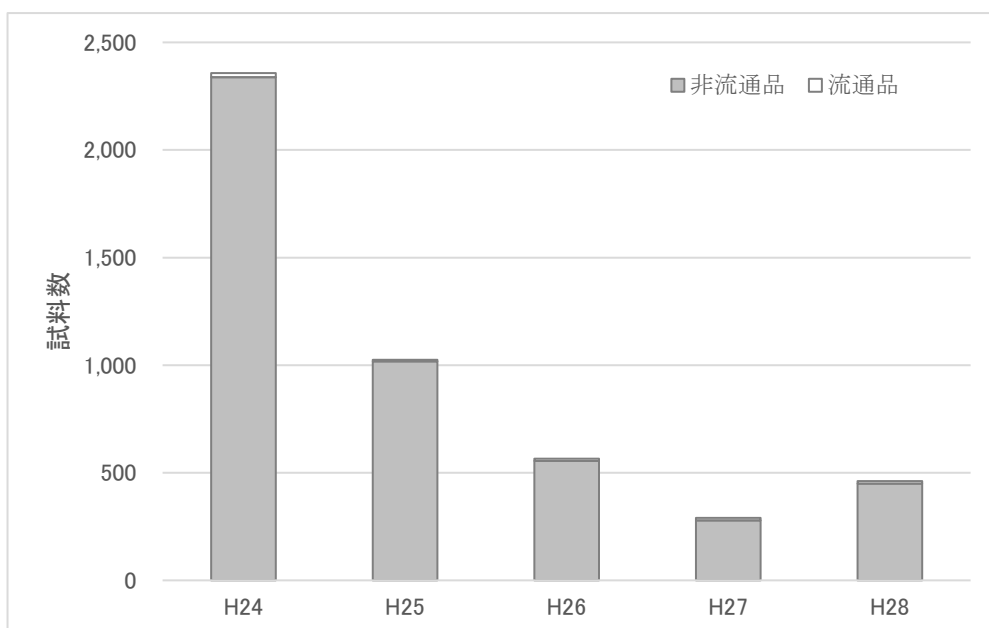


Fig.6 放射性セシウムの基準値を超過した試料数（非流通品・流通品別）

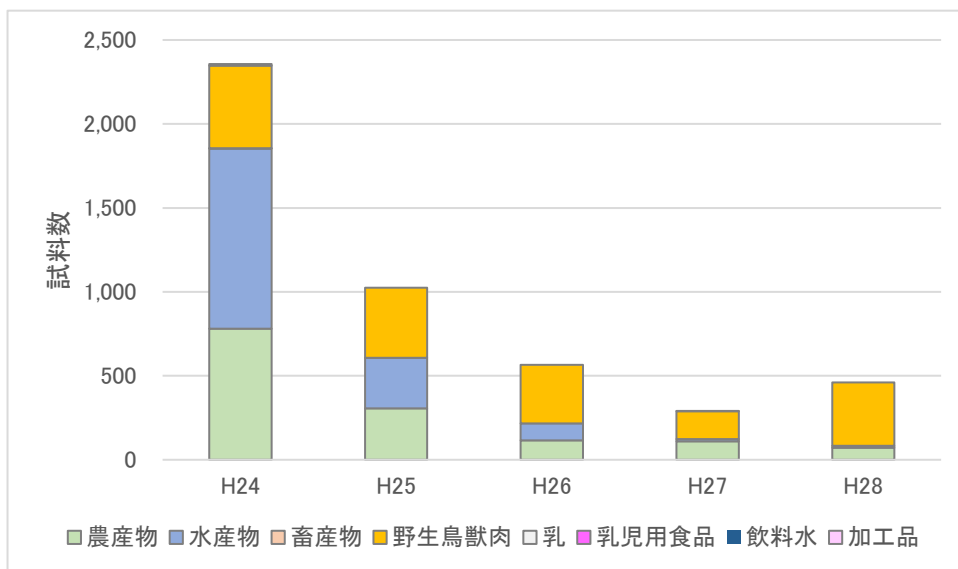


Fig.7 放射性セシウムの基準値を超過した試料数（食品カテゴリ別）

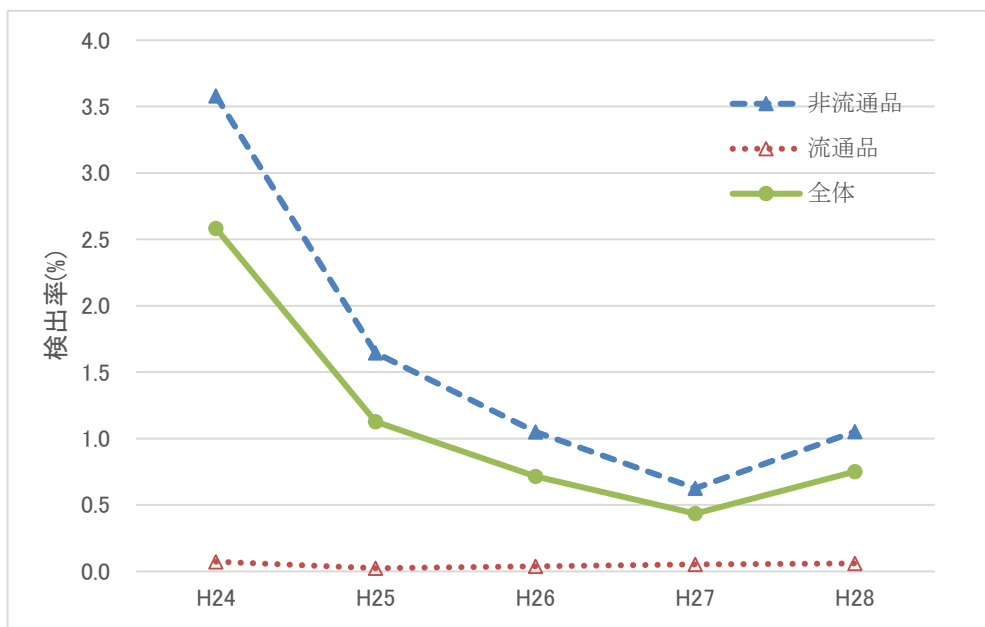


Fig.8 放射性セシウムの基準値を超過した試料の割合の年次推移

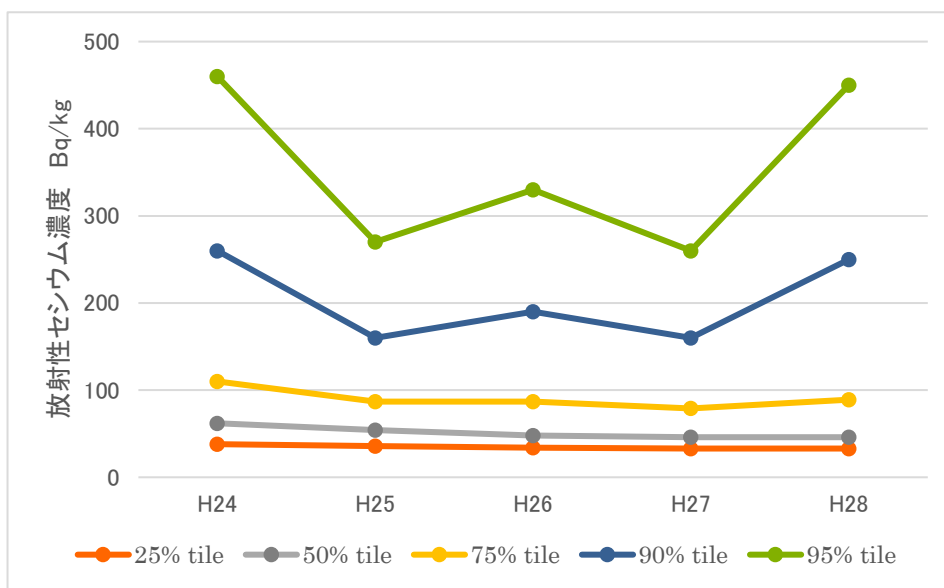


Fig.9 放射性セシウムが検出された非流通品試料の濃度のパーセンタイル値の年次推移

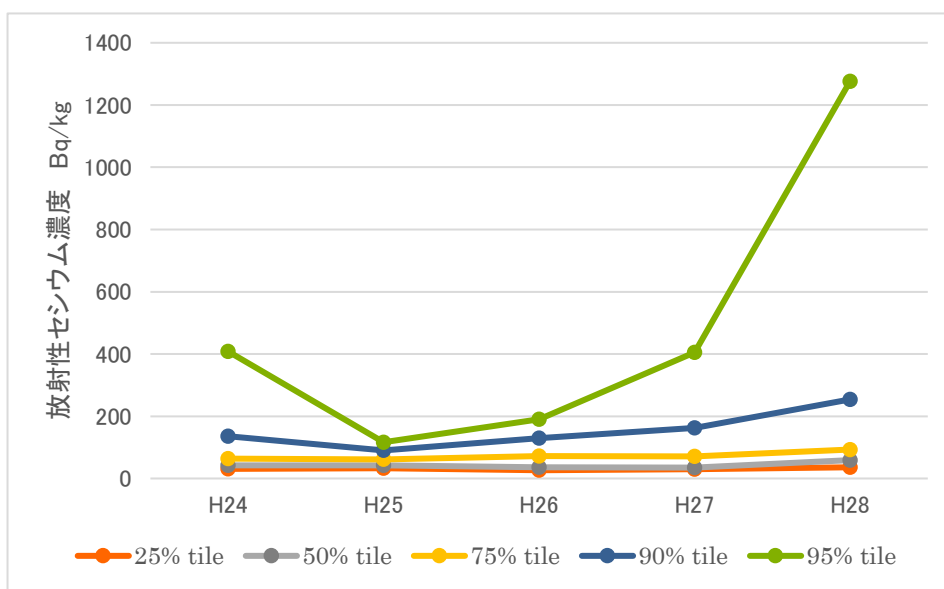


Fig.10 放射性セシウムが検出された流通品試料の濃度のパーセンタイル値の年次推移

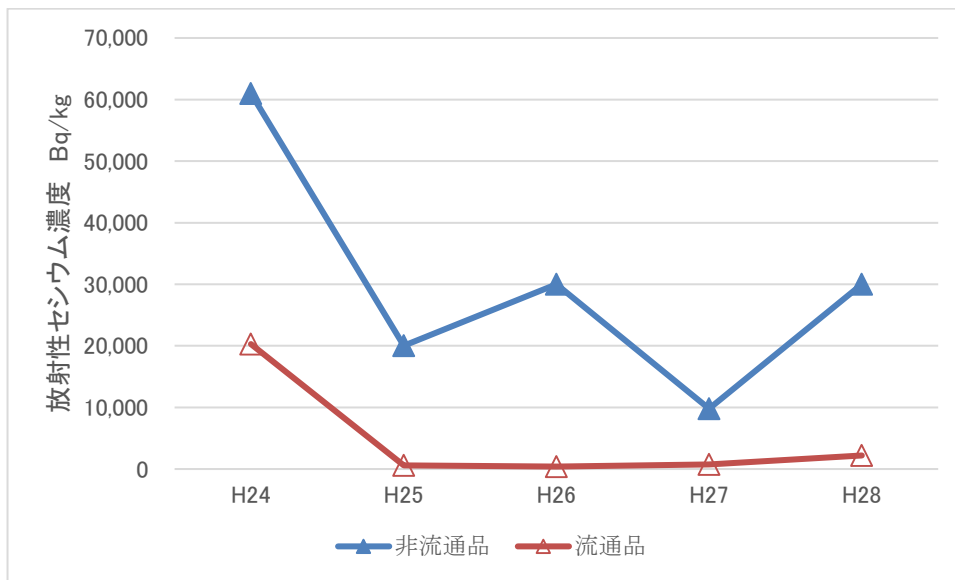


Fig.11 放射性セシウムが検出された流通品試料の最高濃度の年次推移

Ⅲ. 研究成果の刊行に関する一覧表

研究成果の刊行に関する一覧表

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
蜂須賀暁子	食品中の放射能測定法	雑誌放射線	38(3)	129-136	2012
蜂須賀暁子	平成23年度厚生労働科学研究(食品の安心・安全確保推進研究)食品中の放射性物質に関する研究	食品衛生研究	62(12)	15-21	2012
T.Watanabe, R.Matsuda	Effect of the distribution of analyte concentration in lot, sample size, and number of analytical runs on food-testing results.	<i>J. Agric. Food Chem.</i>	60(42)	10702-8	2012
堤智昭、鍋師裕美、五十嵐敦子、蜂須賀暁子、松田りえ子	マーケットバスケット方式による放射性セシウムおよび放射性カリウムの預託実効線量推定	食品衛生学雑誌	54(1)	7-13	2013
鍋師裕美、堤智昭、蜂須賀暁子、松田りえ子	乾しいたけの水戻しおよび牛肉の加熱調理による放射性セシウム量の変化	食品衛生学雑誌	54(1)	65-70	2013
畝山智香子	食品安全リスク分析の視点から農薬を含む食品中化学物質のリスクを考える	日本農薬学会誌	38(1).	21-23	2013
畝山智香子	食の安全とは	校給食	64(4)	27-35	2013
鍋師裕美、堤智昭、五十嵐敦子、蜂須賀暁子、松田りえ子	流通食品中の放射性セシウム調査	食品衛生学雑誌	54(2)	131-150	2013
松田りえ子	トータルダイエツト試料を用いた放射性セシウムの預託実効線量推定に関する解説	獣医疫学雑誌	17(1)	57-62	2013
蜂須賀暁子	食品中放射性物質の分析と検査	食品衛生学雑誌	54(2)	102-110	2013

鍋師裕美, 堤智昭, 蜂須賀暁子, 松田りえ子	調味液への浸漬による牛肉中放射性セシウム量の変化に関する検討	食品衛生学雑誌	54(4)	298-302	2013
鍋師裕美, 堤智昭, 蜂須賀暁子, 松田りえ子	わかさぎ中の放射性セシウムの調理による除去効果に関する検討	食品衛生学雑誌	54(4)	303-308	2013
畝山智香子	食品を介した有害物質摂取のリスク ～放射性物質摂取のリスク～	食品衛生学雑誌	54(2)	83-88	2013
畝山智香子	食品と放射線のリスクを考える - 発がんリスクの評価について	日本原子力学会誌	10	58-62	2013
堤 智昭	食品に含まれる放射性物質の調査	公衆衛生	78(3)	208-212	2014
畝山智香子	食品中発がん物質のリスク評価について	GGT ニュースレター	99	5-6	2014
畝山智香子	農薬や放射性物質等の食品中化学物質のリスクについて	小児科臨床	67(12) (特集 子どもと 食2014)	2503 -2509	2014
畝山智香子	食品中化学物質のリスクについて	香料	262	33-39	2014
植草義徳, 鍋師裕美, 中村里香, 堤智昭, 蜂須賀暁子, 松田りえ子, 手島玲子	市販流通食品中の放射性セシウム調査 (平成 24 年度および平成 25 年度)	食品衛生学雑誌	56(2)	49-56	2015
畝山智香子, 登田美桜	世界各国のトランス脂肪酸のリスク評価について	食品衛生研究	65(11)	15-25	2015
Nabeshi H., Tsutsumi T., Uekusa Y., Matsuda R., Akiyama H., Teshima R., Hachisuka A	Effects of Cooking Process on the Changes of Concentration and Total Amount of radioactive Cesium in Beef, Wild Plants and Fruits.	Radio-isotopes	65(2)	45-58	2016

鍋師裕美	調理加工による食品中の放射性セシウム量の低減効果について,	ILSI	125	4-12	2016
畝山智香子	農薬や放射性物質等の食品中化学物質のリスクについて	小児科臨床	67(12)	2503-2509	2015
蜂須賀暁子	放射能分析における計数の統計的不確かさについて	食品衛生学雑誌	67(2)	J25-29	2016
Uekusa, Y., Takatsuki, S., Tsutsumi, T., Akiyama, H., Matsuda, R., Teshima, R., Hachisuka, A., Watanabe, T.	Determination of polychlorinated biphenyls in marine fish obtained from tsunami-stricken areas of Japan.	PlosOne	12(4)	e0174961	2017
畝山智香子	健康食品の有効性・安全性について	日本食品安全協会誌	12(1)	1-7	2017

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の編集者名	書 籍 名	出版社名	出版地	出版年	ページ
松田りえ 子、蜂須賀 暁子	放射性物質測定 値の統計学的特 徴と食品中のセ シウム検査	公益社団法 人日本食品 衛生協会	放射性物質測 定値の統計学 的特徴と食品 中のセシウム 検査	公益社団 法人日本 食品衛生 協会	東京	2014	pp.1-152
畝山智香子	第6章 風評被 害予防のための リスク情報共有	公益財団法 人日本都市 センター	自治体の風評 被害対応～東 日本大震災の 事例～	公益財団 法人日本 都市セン ター	東京	2014	pp. 114-124
畝山智香子	第3章 食	(13名の 共著)	子どもを守る ために知って おきたいこと	株式会社 メタモル 出版	東京	2016	pp.108-12 4
畝山智香子	地球とつながる 暮らしのデザイ ン	小林光・豊貞 佳奈子	食品の安全を 確保する	株式会社 木楽舎	東京	2016	pp.80-87