

# 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28年度 総括・分担研究報告書

#### 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 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 堤 智昭

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

## 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・・・1

## II. 分担研究報告

1. 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

曾我 慶介・・・19

2. 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・・・37

3. 震災・津波による食品の化学物質汚染実態の調査

堤 智昭・・・65

4. 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・・・77

5. 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・・・113

## III. 研究成果の刊行に関する一覧表

・・・125

# 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 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	堤 智昭	国立医薬品食品衛生研究所食品部第二室長
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 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、平成 24 年からは新たな基準値による規制が施行されている。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ため、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。本研究では、食品中の放射性物質検査の信頼性を保証し、食品の安全安心に資するために、また、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。

放射能測定における信頼性に関わる要因及びその影響を明らかにし、分析結果の信頼性評価法の確立に資するため、本年度は妨害核種の判定、校正、試料及び測定環境の維持管理について総合的に検討した。食品中放射性物質の試験法においては測定前の分離操作は行っていないことから、放射性セシウムの測定ピークエネルギー範囲の計数が放射性セシウムによるものかどうかの判定が確定法では必要であり、妨害となりうる核種について検討し、一次情報であるスペクトルの重要性を指摘した。放射性物質検査は定量法であることから校正についても考察した。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検討した。放射能検査においても他の検査と同様に、検査の全操作を把握し、各操作における不確かさや偏りを生じさせる要因を推定し、それらの最終結果に与える影響の大きさを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。

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、各種食品を用いて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。大豆については、調理加工前後のストロンチウム 90 (Sr-90) 濃度の分析を行った。その結果、コシアブラでは、あく抜き過程で調理前の約 50%の放射性セシウムが除去されるが、その後の油のための調理では放射性セシウム量に変化が生じなかった。乾燥マイタケの水戻しの水量影響では、水量が多い方が 60 分後の放射性セシウム

の除去率は高くなったが、その差は10%未満であった。さらに、水戻し後に戻し汁中で加熱することによりわずかに除去率が増加した。乾シイタケの水戻しにおける浸漬水の温度と放置温度については、浸漬2時間では高温で水戻しする方が10%程度放射性セシウムの除去率が高くなることを示したが、4時間以上浸漬した場合には温度の影響は認められなかった。ヒメマス一夜干しおよび燻製では、ソミュール液への浸漬とその後の塩抜きの過程で調理前の約60%の放射性セシウムが除去される一方で、燻製の過程では放射性セシウムは除去されないことが示された。イワタケを用いた検討では、摂食に必須である水戻しおよび洗浄を行った結果、重量変化以上の放射性セシウム濃度の低下が認められた。大豆のおからへの加工では、調理前大豆の約65%のSr-90がおからで検出され、これは放射性セシウムの分配割合とは大きく異なるものであった。

震災に伴う津波が魚介類を介したポリ塩化ビフェニル(PCBs)摂取量に与えた影響を調査するため、津波被災地域(A及びB地域)および非津波被災地域(C及びD地域)から魚介類を使用した一食分試料を購入し、これら試料からのPCBs摂取量を調査した。一食分試料としては、各調査対象地域産の魚介類を多く使用した握り寿司及び海鮮丼を購入し、魚介類を使用した具材のみを均一化してPCBs分析の試料とした。A~D地域で購入した一食分試料(各地域n=10)からのPCBs摂取量の25、50、75パーセンタイル値を比較した。津波被災地域におけるパーセンタイル値は非津波被災地域のパーセンタイル値を大きく上回ることはなく、非津波被災地域と比較してPCBs摂取量が高い傾向は見られなかった。また、各一食分試料からの総PCBs摂取量におけるPCBs同族体の割合を解析したところ、津波被災地域の試料において新たなPCBs汚染源を示唆するようなPCBs同族体の組成は認められず、非津波被災地域の試料と同様に4~7塩素化PCBsの占める割合が大きかった。以上の結果から、津波被災地域の一食分試料において、注視すべき高いPCBs摂取量は認められず、津波による影響は確認できなかった。

リスクコントロールが必要となる因子探索では、東日本大震災により環境中に放出された化学物質や放射性物質による日本人の健康リスクについて検討してきた。この研究班およびその他の機関により行われた調査により、震災による環境中化学物質の濃度変化は、過去の自然の変動や地理的変動の中に埋もれて明確に区別できないもので、健康に意味のある影響を与えるようなものとは考えられないことが示されている。また食品中や環境中の放射性物質濃度も、一部避難地域等を除けば健康に影響するレベルではないことが明らかにされてきた。その一方で、震災をきっかけにした個人の行動変化のほう健康リスク変動への寄与率が高そうであることが1年目の研究成果として示唆された。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むしろ他の要因によるリスクを大きくする事例が確認された。このような現象は風評被害の原因ともな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という意味で食の安全を脅かすものである。そこで前々年度から引き続きこの研究班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し、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。震災から時間が経過し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っていて、そのため放射性物質に関する関心も薄れている。風評被害対策としての情報提供は見かけ上有効ではない状況も見られる。放射能汚染だけに特化した情報提供は役割を終え、食品安全全体についての理解の促進に目標を進化させるべきであろう。

効率的検査計画の検討のため、平成 28 年度に厚生労働省ホームページに公表された、食品中の放射性セシウム濃度データ 63,121 件を集計し、放射性セシウム検出率、基準値超過率、濃度の統計量を求めた。産地、食品カテゴリ別の集計も行った。基準値を超える食品の割合は 0.73%であった。流通する食品の基準値超過率は 0.06%で非常に低かったが、非流通食品では 1.0%であり、また非常に高濃度の放射性セシウムを含む試料も見られた。このことから、流通前の検査により、高濃度の放射性セシウムを含む食品が、効果的に流通から排除されていると考えられた。山菜、きのこ、淡水魚、野生鳥獣肉は、検出率が 5%を超える食品カテゴリであり、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。現在有効に機能している、基準値を超える食品を流通させないための監視に加えて、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維持していくことが重要と考えられる。

## A. 研究目的

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、平成 23 年 3 月食品衛生法第 6 条による暫定規制値が設定された。続いて、平成 24 年 4 月には第 11 条に移り、全ての食品に放射性セシウムの基準値が設定された。このような規制により安全な食品の流通を保証するためには、信頼性が高い検査体制の構築・維持が重要である。一方、震災により放出された放射性物質以外の化学物質による食品への影響についての研究はほとんどなされていない。

このような状況をふまえ、(1) 放射性物質の検査に係る信頼性評価手法の検討、(2) 食品中放射性物質の調理及び加工による影響の検討、(3) 震災・津波による食品の化学物質汚染実態の調査、(4) 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、(5) 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、の 5 つの研究を実施する。なお、流通食品中の放射性物質濃度の調査及びサンプリング法の検討の 2 課題は、予定した成果を達成

したため、平成 26 年度に終了した。

(1) では、放射能測定における信頼性に関わる要因及びその影響を明らかにすることにより、分析結果の信頼性評価法の確立に資する。(2) では、調理及び加工による放射性物質の濃度変化を明らかにし、基準値超過の可能性を検討することにより、安全対策に資する。(3) では、震災・津波により海洋に流出した可能性の高い有害化学物質 (PCB、重金属等) の食品中濃度の実態を明らかにする。それらの濃度に上昇が認められた場合には、異性体存在比や含有金属種のパターンを解析し、健康危害リスクをより適正に評価の上、追加的規制の必要性を検討する。(4) では、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。

(5) では、国により収集された放射性物質モニタリングデータを解析し、放射性セシウム濃度の経時的変動、食品間での濃度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する。

これらの研究成果は、リスクコントロールの考え方に立った、震災起因の環境中に放出された放射性物質ならびに化学物質の適切な規制に供される。食品検査が適正に実施されることにより、流通食品の安全性が確保される。そして、安全な食品の提供だけではなく、食品のリスクについて正確な情報提供をも併せて行っていくことが、消費者の適切な食品のリスク管理には必要である。消費者の適切な判断が、食品のリスクを低減すると同時に食品の風評被害を防止することにもなり、そのことが被災地域の再建にもつながるものと期待される。

## B. 方法

### (1) 食品中の放射性物質の検査に係る信頼性保証手法の検討

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、国際原子力機関 IAEA/Live Chart of Nuclides を参照した。

校正に関しては、日本の計量標準の整備・維持・供給を担っている国立研究開発法人産業技術総合研究所計量標準総合センターの情報を参照した。

試料及び測定環境の維持管理に関しては、「放射能測定法シリーズ 文部科学省」及び「水道水等の放射能測定マニュアル平成 23 年 10 月厚生労働省健康局水道課」、「ISO/IEC 17025(試験及び校正を行う試験所の能力に関する一般要求事項)」を参考にした。

### (2) 食品中放射性物質の調理及び加工による影響の検討

#### 1. 試料中の放射性セシウム濃度の測定

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  $\gamma$  線スペクトロメーターを用いて測定した。

#### 2. 試料中の Sr-90 濃度の測定

大豆試料は、「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」のイオン交換法及び水酸化鉄(III)共沈法に従い、低バックグラウンドガスフロー  $\beta$  線検出器にて  $\beta$  線を測定し、調製日で減衰補正を行った。

#### 3. 食品試料の調理

##### 3-1. コシアブラの塩茹で(あく抜き)

コシアブラは、試料重量の約 10 倍量の熱水で 1.5 分間ゆでた後、試料重量の約 10 倍量の冷水中で 2 分間放冷した。

##### 3-2. コシアブラの油炒め

3-1.の処理をしたコシアブラを用いて、フライパンでの油いためを行った。

##### 3-3. 乾燥マイタケの水戻し(水量および加熱の検討)

マイタケの水戻しは、水戻しに用いる水量をマイタケ重量の 15 倍量と 30 倍量の 2 条件で、室温 60 分間で実施した。その後、戻し汁中で加熱する検討も実施した。

##### 3-4. 乾シイタケの水戻し(温度および浸漬時間の検討)

乾シイタケは、あらかじめスライスした状態で乾燥させてある試料を用い、乾シイタケ重量の 20 倍量の水を用い、水および戻し時の温度を変えてシイタケおよび戻し汁中の放射性セシウム濃度の経時変化を測定した。

##### 3-5. ヒメマスの燻製

頭および内臓を除去したドレスの状態のヒメマスを用いて、ソミュール液(10%

食塩水)に浸漬して調味し、塩抜き後、乾燥させてから燻製を行い、浸漬後のソミュール液、乾燥後のヒメマス、燻製後のヒメマスについて放射性セシウム濃度等を測定した。

### 3-6. イワタケの水戻し・洗浄

地衣類のイワタケは乾燥状態で流通し、水戻し後、洗浄して食用とすることから、水戻しおよび洗浄を実施した。

### 3-7. 大豆の調理加工 (おから・豆腐・湯葉への加工)

大豆から豆乳およびおからを調製後、豆乳を2分し、豆腐および湯葉に加工し、各試料の Sr-90 放射能等を測定した。

## 4. 調理による放射能濃度変化等の算出

各食品試料を用いた調理加工の前後の重量、放射能濃度から、それぞれ1試行あたりの放射エネルギーを算出し、残存割合、重量比、濃度比、除去率を算出した。

## (3) 震災・津波による食品の化学物質汚染実態の調査

### 1. 一食分試料

津波被災地域として岩手県及び宮城県、並びに比較対照となる非津波被災地として静岡県及び石川県を選択した。これらの地域で販売されていた握り寿司と海鮮丼を一食分試料として購入した。PCBs は主として魚介類を介して摂取されることが明らかになっていることから、購入した試料から魚介類を使用した具材を分別し、混合均一化したものを PCBs 分析試料とした。魚介類以外の具材や飯は、一般に PCBs 濃度が極めて低いことから分析試料から除外した。

### 2. PCBs 分析法

昨年度と同様に、高分解能 GC-MS を用

いて 209 異性体を対象に異性体分析を実施した。

3. 一食分試料からの PCBs 摂取量の推定  
一食分の具材を均一化した試料の PCBs 濃度に、具材の重量を乗じて PCBs 摂取量を推定した。また、定量下限値 (LOQ) 未満の異性体濃度はゼロとして計算した。

## (4) 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。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。

## (5) 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

厚生労働省ホームページに公表された、平成 28 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、産地、食品カテゴリ別に集計し、放射性セシウムの検出率、濃度等を求めた。

集計は、公表されたデータから、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・考察

### (1) 食品中の放射性物質の検査に係る信頼性保証手法の検討

#### 1. 測定ピークの判定

Cs-137 は、ベータ線を放出して Ba-137 になるベータ壊変核種であり、その過程で数種のガンマ線 (光子) を放出するが、測定に利用されるのは実質上、放出割合



85.1%の 662 keV の光子 1 種類になる。複数ピークでの確認ができないため、核種同定にあたっては測定ピークの形状等を注意深く確認する必要がある。

Cs-134 は、そのほとんど (99.9997%) は Cs-137 と同様にベータ線を放出して Ba-134 に変わり、一部 (0.0003%) は軌道電子を捕獲して Xe-134 に変わる。ベータ壊変時に複雑なエネルギー準位を経るため複数の光子が放出されるが、一般に 605 keV (放出割合 97.6%) と 796 keV (放出割合 85.5%) の 2 本が測定に用いられる。高濃度の試料の場合は、569 keV (放出割合 15.4%) 等のピークの検出も可能になる。Cs-134 のように複数ピークが検出される核種では、核種同定においてピーク比も重要な情報となる。

測定妨害ピークを考えるにあたっては、測定機器のエネルギー分解能、妨害核種の放出光子エネルギー、半減期、放出確率、存在確率などが影響要因として挙げられる。エネルギー分解能は機器の性能に依存する。食品検査の試験法通知では、エネルギー分解能については触れられていないが、コバルト 60 の 1333 keV における半値幅が 2.0 keV 前後の機器が一般に使用されていると推定される。よって、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ところ、Cs-137 の 662 keV で 43 核種、Cs-134 の 605 keV で 46 核種、Cs-134 の 796 keV で 31 核種が抽出された。抽出された核種の半減期について、想定される食品検査の所要時間と比較し、短過ぎるものを除き、当該エネルギー光子の放出割合及び存在確率を考慮し、妨害と

なる可能性が高い核種を推定した。

その結果、Cs-137 の 662 keV 及び Cs-134 の 795.86 keV 近傍の光子リストでは、半減期、放出確率、存在確率から、表中の核種はいずれも妨害の可能性は通常は低いと考えられた。Cs-134 の 605 keV 近傍リストに、ウラン壊変系列に属する Bi-214 の 609.32keV (半減期 19.9m、放出確率 145.49%) が抽出された。光子エネルギーには 4.6keV の差はあるもの留意する必要がある。

一般には、Cs-134 の 605 keV と 796 keV の 2 本のピークは、放出割合が各々 97.6% と 85.5% であることから、前者の方が計数値が大きく信頼性が高いとされるが、妨害を考慮すると、後者の方が信頼性が高くなる場合もある。測定状況ごとに総合的に判断することが重要である。

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。

多くの測定機器では、予めピークエネルギー領域を指定しておけば自動的にピーク認識を行い、ピーク面積を計算し、放射能濃度が帳票に記載される。しかしながら、ピークの形状の評価は機器に装備されていないか、あるいは不十分なものもあると思われる、検査者がスペクトルごとに直接評価することが重要となる。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。バックグラウンドによる変動影響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。バックグラウンドも含めた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、妨害核種の性質や量により、測定時間を長くする、あるいは時間をおいて再度測定することなどを試みる。放射能測定においては確率的影響が常にあるため、合計の測定時間は同じでも、長時間の1回測定よりも分割して測定の方が情報量は多くなることも考慮し、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。

## 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いと行えない。食品中の放射能検査の通知法においては、機器校正法として「校正及びスペクトル解析方法は『文部科学省編放射能測定シリーズ No.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』に記載の方法、あるいは国際的に認められた方法に従う。」とあり、国家標準にトレーサブルな標準線源を用いて校正する。食品中放射能測定に用いられる放射線計測器の校正は、このように放射線エネルギーと放射能が既知の標準体積線源を用いて行うことになる。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。

## 3. 試料及び測定環境の維持管理

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、そのときの測定核種（物理・化学的性状）と汚染状況（量・均質性）によって留意すべき点は異なってくる。

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するのが特徴である。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。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。これらのことから、測定環境を放射能で極力汚染しないように常に留意することが重要である。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、直ちに的確に除染及び汚染拡大防止等の措置を取る。

上述した内容の多くは通知「食品中の放射性物質の試験法について、厚生労働省食安発0315第4号 平成24年3月15日」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通知内容の遵守が重要である。

### (2) 食品中放射性物質の調理及び加工による影響の検討

#### 1. コシアブラの塩茹で（あく抜き）

コシアブラの塩茹での前後で、濃度比は0.62、除去率は50%となった。塩水中での

加熱の過程で調理前のコシアブラに含まれる放射性セシウムの約 40%がゆで汁中に移行し、水さらしの過程でさらに約 10%が水中に移行した。

## 2. コシアブラの油炒め

コシアブラの塩茹であく抜き後の油炒めによる放射性セシウムの濃度比、除去率は、塩茹であく抜きのみとほぼ同等であり、油炒めの過程では放射性セシウムは除去されなかった。

## 3. 乾燥マイタケの水戻し（水量および加熱の検討）

マイタケ重量の 15 倍量及び 30 倍量の水で戻した際の放射性セシウムの除去率は 67%、75%となり、この条件では多くの水で戻す方が放射性セシウムの除去率が高くなった。水戻し後、さらに戻し汁中での加熱を行った場合の除去率は、15 倍量の水で戻した場合は 3%、30 倍量の水で戻した場合は 9%増加した。

## 4. 乾シイタケの水戻し（温度および浸漬時間の検討）

水温を常温（23.1℃）として 4℃下で浸漬した場合と、水温を 40℃として室温で浸漬させた場合の 2 条件について、乾シイタケ中の放射性セシウムの残存割合の経時変化を測定した。浸漬時間が 2、4、6 時間のときの残存割合は、常温水、4℃浸漬の条件では、それぞれ 0.41、0.22、0.26 であり、40℃水、室温浸漬の条件では、0.33、0.25、0.26 であった。両条件とも、浸漬後 4 時間以降の残存割合にほとんど変化がなかった。シイタケと戻し汁中の放射性セシウム濃度が、浸漬 4 時間で同程度となっているためと考えられた。

## 5. ヒメマスの燻製

ヒメマスは、ソミュール液に浸漬し、塩抜き後、冷蔵庫内で 27 時間乾燥させたものと、乾燥後、さらに燻製を行ったものに分けて検討した。

調理前の 1 試行あたりの放射性セシウム量は 34 Bq であったが、乾燥後には 11 Bq に減少しており、調理前後の濃度比は 0.34、重量比は 0.92 となった。途中、ソミュール液に移行した放射性セシウム量は 11 Bq であり、塩抜きの段階はおよそ 11 Bq 程度が除去されたと推定された。これらのことから、ヒメマス中の放射性セシウムは、およそ 1/3 がソミュール液の浸漬の段階で、さらに塩抜きの段階で 1/3 が除去され、最終的にヒメマス中には調理前のおよそ 1/3（残存割合 0.32）が残存し、除去率は 68% となった。この調理では、27 時間冷蔵庫内で乾燥させる工程があるが、乾燥前に液体に浸漬することから、重量比は 0.92 と調理の前後で大きく変化していない。また、浸漬や塩抜きの段階での放射性セシウムの除去率が高いため、調理前後の濃度比は 0.34 と 1 を大きく下回る結果となった。

燻製後の検討においては、ヒメマス中の放射性セシウム量は、調理前に 34 Bq、燻製後は 12 Bq であり、残存割合は 0.35 と乾燥後の値とほぼ同等の結果となった。一方、濃度比は 0.45、重量比は 0.79 であり、燻製により乾燥後より重量は軽く、濃度は濃くなった。これらの結果より、燻製では重量比は減少するものの、浸漬と塩抜きの段階で調理前の 65%の放射性セシウムが除去されるため、濃度比は 1 を超えないことが示された。

## 6. イワタケの水戻し・洗浄

イワタケを食用とする際の前処理では、

水戻し後、表面の汚れを落とす必要があるため、一晚水に浸漬して戻した後、表面の汚れをブラシでこそげ落とし、さらに水で洗浄した後のイワタケを調理後の試料として放射性セシウム濃度などの測定を実施した。水戻し、洗浄前後で、重量比は 2.27 倍、放射性セシウムの濃度比は 0.13、残存割合は 0.30、除去率は 70%であった。以上のように、重量比のみで濃度を補正する以上の放射性セシウム濃度および量の減少が生じた。

乾燥食品は「食品中の放射性物質の試験法の取り扱いについて」(厚生労働省 食安基発 0315 第 7 号、平成 24 年 3 月 15 日)に則って検査が行われており、一般の乾燥食品では水戻しなどの過程で生じる放射性セシウムの除去率については考慮されていない。しかし、イワタケのように積極的な汚れの除去の工程が必須の食品中の放射性セシウム検査においては、その過程における除去率等を考慮した濃度比を用いるほうが実態に即していると考えられた。

## 7. 大豆の調理加工（おから・豆腐・湯葉への加工）

大豆を調理前試料として、加工後のおから、豆腐、湯葉の重量、Sr-90 濃度などを求めた。おからでは Sr-90 濃度が検出されたが、豆腐、湯葉では、検出下限値未満となった。

調理前の大豆中の Sr-90 濃度が 0.29 Bq/kg であったのに対し、おからでは 3 試行すべての試料で Sr-90 が検出され、濃度比は 0.40、残存割合は 0.64 となった。このことから、豆乳には残りの 0.36 程度の Sr-90 が分配されていると推測された。昨年度の放射性セシウムの検討では、大豆中

の放射性セシウムは豆乳に 64%、おからに 30%の割合で分配されたが、今回の Sr-90 は放射性セシウムとは異なる比率で分配することが示された。大豆の組織において、カリウムは種子全体に分布するのに対しカルシウムは種皮中に多く子葉中には少ないことが報告されている。セシウムはカリウムと、ストロンチウムはカルシウムと同じような挙動を示すと考えられることから、これらの核種は大豆内でも分布に違いがあり、種皮の含有率が異なるおからと豆乳で各放射性核種の分配比に違いが出たものと考えられた。これまでに、日本に特有の食材で Sr-90 の調理加工による濃度比や残存割合、除去率などを検討した例はほとんどなく、この検討結果は貴重なデータであると考えられた。

## (3) 震災・津波による食品の化学物質汚染実態の調査

### 1. 一食分試料からの PCBs 摂取量

津波被災地域（A 及び B 地域）及び非津波被災地域（C 及び D 地域）における一食分試料（計 40 試料）からの各 PCBs 同族体の摂取量、及びそれらの合計となる総 PCBs 摂取量を算出し、それらの統計量を求めた。

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 パーセントイル値はそれぞれ、171 ng、250 ng、654 ng であった。また、B 地区の平均値は 839 ng、25、50、75 パーセントイル値はそれぞれ、362 ng であり、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

タイル値はそれぞれ、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 パーセンタイル値はそれぞれ、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 パーセンタイル値は、非津波被災地域である C 及び D 地域のパーセンタイル値を下回っていた。また、津波被災地域である B 地域については 25、75 パーセンタイル値が、非津波被災地域である C 及び D 地域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。

各地域の総 PCBs 摂取量の分布をみると、津波被災地域の総 PCBs 摂取量が非津波被災地域と比較して、高濃度側に集中して分布しているようには見えなかった。いずれの地域でも高濃度側に裾を引いた分布となっていた。一般に 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ため、総 PCBs 摂取量の分布もこれを反映しているものと考えられた。また、津波被災地域である A 地域の総 PCBs 摂取量は、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。A 地域で購入した一食分試料にはイカ、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。一般的にこれらの魚介類の PCBs 濃度は魚と比較すると低いため、A 地域の総 PCBs 摂取量に影響したことが推測された。総 PCBs 摂取量の最大値は、非津波被災地域である D 地域の D-07 試料で得られ、一食あたりの総 PCBs 摂取量は 12 µg であった。この値は今回の調査結果の中で突出して高く、A～C 地域の最大値と比較すると 4.5～8.8 倍の値であった。前述したように、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、かつ、魚介類の種類によってもその濃度範囲は大きく異なる。これらのことを考慮すると総 PCBs 摂取量が突出して高かった D-07 試料は、地域を要因としてではなく、偶発的に高濃度の PCBs を含む魚介類が一食分試料に含まれていたと考える方が適当である。また、D-07 試料では一般に PCBs 濃度が低いと考えられるイカ、エビ、カイ、タコなどの魚介類を含んでおらず、魚のみから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総 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。我々は、平成 25 年から 27 年度にかけて津波被災地域及び非津波被災地域で買い上げた魚試料を対象に PCBs 濃度を調査しており、これまでに、津波被災地域において注視すべき PCBs 濃度の上昇は認められなかったことを報告している。また、我々は別途、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 摂取量調査も実施しているが、津波被災地域における PCBs 摂取量の増加は確認できていない。本年度の調査結果はこれまでの調査結果を支持するものと考えられた。

## 2. PCBs 同族体の割合

各一食分試料からの総 PCBs 摂取量に占める PCBs 同族体の割合を調べたところ、津波被災地域と非津波被災地域における PCBs 同族体の割合に顕著な違いは認められず、いずれの試料でも 4～7 塩素化 PCBs が主体であった。これらの同族体の総

PCBs 摂取量に占める割合は 83～96%であった。

日本では過去にコンデンサやトランスにカネクロール (KC) が使用されていたことから、一般には過去に環境中に放出された KC に由来する PCBs が魚介類の主な汚染源になっていると考えられる。環境中に放出された PCBs については、低塩素化 PCBs は揮発性が高く、ガラスホッパー現象や大気中でのラジカル分解の影響を受けることで、高塩素化 PCBs と比較して環境中で速やかに減少傾向を示すと考えられている。実際に阿久津らは過去のトータルダイエット試料 (10 群 ; 魚介類) の PCBs を分析し、1980 年代から 2000 年代にかけて低塩素化 PCBs (3 及び 4 塩素化物) の割合が減少していることを報告している。また、生体中では低塩素化 PCBs は高塩素化 PCBs と比較すると代謝が速いと言われている。これらのことから、津波により新たに発生した PCBs 汚染源にさらされた魚介類の PCBs 同族体の割合は、過去に放出された PCBs が汚染源となっている魚介類と比較し、低塩素化 PCBs の割合が大きくなると予想された。しかし、津波被災地域の一食分試料の低塩素化 PCBs (1～4 塩素化物) の割合は 15～27%であり、非津波被災地域の一食分試料の低塩素化 PCBs の割合 (9～30%) と同程度であった。また、震災前の魚介類中の PCBs 同族体の調査結果については限られているものの、環境省によるモニタリング調査の報告がある。この調査結果によると、アイナメ、スズキ、カイなど 111 試料の 1～4 塩素化 PCBs の割合は 4～56%であった。以上より、今回の一食分試料の低塩素化 PCBs の割合は高

いと判断できず、PCBs 同族体割合の解析から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。

#### (4) 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

##### ・食品の安全性について

食品の安全性について不安なことを最初に自由に書いてもらった場合、前年度は食品偽装や異物混入が多かったのに今年度はそれほど多くは見られなかった。事故や事件があつてメディア報道が多いとそれが気になるものの、報道されなくなると意識されなくなつて不安もなくなるという状況なのであろう。今年度は特に大きな食品に関する問題がおきていなかったためか、一般的な食中毒と、例年通りの農薬、食品添加物、輸入食品といった単語が並んだ。食品で不安なこととして放射能をあげた人はいなかった。

項目を上げて尋ねた場合の事前の食品の放射能汚染に関する懸念は食中毒より少なく、ダイオキシンや PCB よりも少なく、残留農薬や食品添加物程度であった。昨年食品安全委員会がメッセージを発表し、それなりにメディア報道もされた健康食品についての警戒感はほとんどないままであり、圧倒的な量の広告を前に重要なメッセージは届いていない様子がかがえる。これはどの集団でも傾向はあまり変わらず、他の世論調査の結果ともあまり大きな違いはない。

今回はこれまで 3-4 年同じ調査を行つてきて初めて、全てのグループで食品の安全性についての講義を受けた後で食品への不安が高くなった。今回対象とした集団の、

最初の食品の安全性についての不安のレベルが今までよりも低く（つまり安心度が高く）、食品にいろいろなリスクがあるという今まで知らなかった話を聞いて不安になった人が少なくなかったようである。特にサイエンスリーダースキルアッププログラムに参加している理科が得意な高校生ではほぼ全てのリスク要因項目で講義を聞いた後に不安が高くなっていて、いわゆる「寝た子を起こす」状態になったようだ。ベースラインの食品への安心度が高いことは決して悪いことではないが、それが単に何も知らないから、ではいろいろな情報に流されやすく脆弱性が高い。高校生、大学生が食品の安全性についてあまり知らないのはしかたがないのかもしれないが系統的に学ぶ機会がないまま社会人となり親となって教える側になることを考えると、食品の安全性の科学について全ての人が学ぶ機会がどこかの段階であったほうが望ましい。

食品中の放射能基準値についてはこれまで通り現行基準値とそれより大きな値を選ぶ人がほとんどで、現行より厳しくすることを望む人はほとんどいない。

#### ・放射線に関する理解

放射線の知識についての設問では、これまで同様、あまり興味が無く理解もすすんでいない様子であった。内部被曝のほうが外部被曝より害が大きいという思いこみは強い。天然放射線や、天然に食品に含まれるカリウムによる被曝と事故による放射性セシウムによる被曝の大きさについては何度も繰り返し大きさを説明する必要がある。

ただ前段落でも述べたが、被災地から遠いE県の学生に関しては、既に食品の放射能汚染についてはほとんど関心を失ってい

るようで、そのために見かけ上「気にしていない」。教育をすることが見かけ上放射能汚染に関する風評被害対策としては逆効果になる可能性がある。被災地のM大学の学生では教育は効果があるように見える。もちろん理想的には全ての国民が自分でしっかりと判断できるだけの知識と能力をもつこと、ではあるが限られたリソースをどう配分するかを考えると、異なる集団には異なるアプローチをすべきということになるのかもしれない。

#### ・経年変化

数年続けて同じ学年で調査を行っている二校について過去の調査結果と比較してみた。M大学の人数は比較的一定であるがE大学の場合は必修科目ではないので人数にばらつきがあり経年変化というよりはその集団の特性によって多少変動するだけのように見える。食品安全への不安感については年度による明確な変化傾向は見られなかった。他の個別項目についても、特に明確な傾向が見られなかったので食品中の放射能レベルについての設問の結果のみ示した。対照として放射能基準を設定した時の行政担当者の結果を示した。M大は放射能に限らず設問の全体に渡ってE大より許容度が高く、あまり不安でないと回答する傾向がある。これが地域によるものなのか食品を専攻しているためなのかは判断できない。

#### （5）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

解析の対象とした総試料数は 63,121 であり、その内 44,478 が流通前の段階で収集された食品（非流通品）、18,643 が流通段階で採取された食品（流通品）であった。

試料全体に対する流通品の割合はおよそ30%であった。

検査機関ごとに検出下限は異なっているため、放射性セシウム濃度が 25 Bq/kg を超えた試料数を検出試料数、全体に対する検出試料数の割合を検出率とした。全体の検出試料数は 2,160、検出率は 3.4% となった。非流通品の検出率は 4.7%、流通品の検出率は 0.35% で、流通品の検出率は非流通品の 10 分の 1 以下であった。全体の基準値超過試料数は 461、基準値超過率は 0.73% となった。非流通品では基準値超過試料数 450、基準値超過率は 1.0% であり、流通品では 11 試料数、0.06% であった。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。

試料産地では、試料数が最も多いのは福島県(20,667)であった。その他の試料数の多い地域は、宮城県(8,215)、栃木県(4,268)、岩手県(4,249)、茨城県(3,810)等で、福島県近隣の県の産品が多く検査された。産地が特定されない試料も 1,884 あり、このうち 1,533 が流通品であった。

基準値超過率の高い試料の産地は、山梨県(3.6%)、群馬県(1.9%)、福島県(1.4%)、静岡県(1.4%)、宮城県(0.7%)、であった。静岡県・新潟県より西の県では基準値超過する試料はなかった。流通品において基準値超過試料があった県は、宮城県、栃木県、山形県、群馬県、福島県であり、いずれも 1 あるいは 2 試料であった。これらの県での非流通品の基準値超過率は 0.2%~2.9% で、流通品の基準値超過率よりも高く、非流通品の検査により、基準値超過試料が流

通しないよう管理されていると考えられる。

食品カテゴリは、農産物、水産物、畜産物、野生鳥獣肉、牛乳、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うち、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、畜産物に分類した。試料数は農産物(30,087)と水産物(20,672)が多く、次いで畜産物、加工品、牛乳、野生鳥獣肉、飲料水、乳児用食品の順であった。

非流通品で検出率が高い食品カテゴリは、野生鳥獣肉(51.8%)、農産物(4.2%)、水産物(2.0%)であった。流通品において検出試料が見られた食品カテゴリは農産物のみで、検出率は 0.7% であった。基準値を超過した試料は、非流通品では野生鳥獣肉、農産物、水産物で、それぞれの超過率は 22.1%、0.3%、0.06% であった。流通品で基準値を超過したのは農産物のみで超過率は 0.1% であった。放射性セシウム濃度が 25 Bq/kg を超える試料について、食品カテゴリ別に濃度の平均値、25%tile 値、中央値、75%tile 値、90%tile 値、95%tile 値、及び最大値を算出したところ、すべてのパラメータは野生鳥獣肉で最も高くなった。

農産物の小分類では、試料数は根菜・山菜以外の野菜がもっとも多く、ついできのこ、山菜が多かった。検出率はきのこが 9.6% でもっとも高く、次いで山菜の検出率が 8.9% であった。根菜・山菜以外の野菜の検出率は 0.04% であった。

穀類は 2,769 試料が検査されたが、放射性セシウムが検出された試料はアマランサス 1 試料のみで、濃度は 33 Bq/kg であった。いも類は 1,402 試料が検査されたが、



放射性セシウムが検出された試料はなかった。豆類 1,763 試料中、放射性セシウムが検出された試料は 19 であったが、基準値超過試料はみられなかった。根菜・山菜以外の野菜は 9,111 試料が検査され、放射性セシウムが検出された試料数は 4 で、すべて非流通品であった。根菜類は 2,265 試料が検査され、放射性セシウムが検出された試料数は非流通品 1 試料であった。

山菜の試料数は 4,173 で、非流通品が 3,766、流通品が 407 試料あり、通常の野菜に比較して非流通品の割合が高かった。放射性セシウムが検出された試料数は 373 で、検出率は 8.9%であった。野生、自生と明記された山菜で放射性セシウムが検出された試料数は 295、検出率は 13%となった。非流通品の山菜の放射性セシウム検出率は 9.3%、流通品の検出率は 5.2%であった。200 Bq/kg を超える試料が 23 あり、内訳はコシアブラが 12、タケノコが 6、タラの芽が 4、ワラビが 1 であった。最高濃度はコシアブラの 2,200 Bq/kg、2 番目もコシアブラで 1,600 Bq/kg であり、これらの 2 試料はいずれも流通品であった。

きのこの試料数は 5,223 であり、非流通品が 4,601、流通品が 622 で、山菜と同じく、流通品の割合が少なかった。対象となったきのこのうちシイタケが 3,165 試料と半分以上を占め、その他、ナメコ(432)、シメジ類(191)、マイタケ(178)が含まれた。きのこ全体の放射性セシウム検出率は 9.6%、非流通品の検出率は 10.0%、流通品の検出率は 6.8%であった。基準値を超過したきのこ試料数は 24 あり、天然産が 19 試料あったが、原木栽培品の基準値超過はみられなかった。乾燥シイタケが 1 試料

基準値を超過した。濃度が 200 Bq/kg を超えた試料は 15 試料あった。基準値を超過した試料には、山梨県、静岡県のような福島第一原子力発電所から距離のある産地のものも含まれていた。

果実の試料数は 3,376 であり、放射性セシウムが検出された試料数は 16 で検出率は 0.47%、基準値超過した試料はなかった。平成 27 年度までは、干し柿あるいはあんぽ柿に基準値超過が見られたが、本年度は乾燥した果実でも 50 Bq/kg 以下であった。

水産物の小分類では、試料数は海水魚がもっとも多く、ついで魚以外の魚介類、淡水魚の順であった。一方、検出率は淡水魚が 15.5%でもっとも高く、海水魚が 0.38%で、魚以外の魚介類の検出率は 0.12%であった。基準値を超過した試料数は 11 すべて淡水魚であった。

畜産物の小分類では、試料数は肉がもっとも多く、ついで卵、ハチミツの順であった。卵には放射性セシウムが検出された試料はなく、肉 2 試料とハチミツの 1 試料から放射性セシウムが検出された。肉、卵、牛乳生産のために飼育されている、野生ではない通常の家畜、家禽は飼料が管理されており、放射性セシウムの摂取は低い状態にあると考えられる。

野生鳥獣肉試料は 1,715 試料が検査され、その 51.7%にあたる 886 試料から放射性セシウムが検出され、22%にあたる 378 試料が基準値を超過した。検出率、基準値超過率ともに通常肉と比較して高いだけでなく、全カテゴリ中最も高い結果であった。1,000 Bq/kg 以上の試料が 37 あり、最高は 30,000 Bq/kg のイノシシ肉であった。

牛乳、乳児用食品は 50 Bq/kg の基準値

が、飲料水は 10 Bq/kg が適用される。いずれも検出された試料はなかった。加工食品の試料総数は 3,029 あり、放射性セシウムが検出された試料数はなかった。

食品カテゴリ毎の検出率は様々であった。全体の検出率を大きく上回ったのは、野生鳥獣肉(51.7%)、淡水魚(15.5%)、きのこ(9.6%)、山菜(8.9%)であった。これらのカテゴリの流通品の割合は、野生鳥獣肉(0.35%)、淡水魚(2.5%)、きのこ(11.9%)、山菜(9.8%)で、全試料における流通品の割合である 30%を大きく下回っていた。流通前の検査で見逃された違反を、流通品検査において発見することが目的ならば、流通品検査においては検出率・違反率の高い野生鳥獣肉、淡水魚、きのこ、山菜を重点的に検査すべきと考えられる。

食品カテゴリ毎の検出率は様々であった。全体の検出率を大きく上回ったのは、野生鳥獣肉(51.7%)、淡水魚(15.5%)、きのこ(9.6%)、山菜(8.9%)であった。これらのカテゴリの流通品の割合は、野生鳥獣肉(0.35%)、淡水魚(2.5%)、きのこ(11.9%)、山菜(9.8%)で、全試料における流通品の割合である 30%を大きく下回っていた。流通前の検査で見逃された違反を、流通品検査において発見することが目的ならば、流通品検査においては検出率・違反率の高い野生鳥獣肉、淡水魚、きのこ、山菜を重点的に検査すべきと考えられる。

産地での出荷前検査が機能を果たし、流通食品での検出率は低く抑えられていると考えられるが、流通品の山菜及びきのこには基準値を大幅に超える試料が現れており、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。

## D. 結論

### (1) 食品中の放射性物質の検査に係る信頼性保証手法の検討

放射能測定における信頼性に関わる要因及びその影響を明らかにし、分析結果の信頼性評価法の確立に資するため、本年度は、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。

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、測定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多くなってきている。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、最も信頼性が高くかつ情報量の多い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し、さらに測定だけでなく測定環境や試料の汚染状況についても留意し、総合的に判断することが重要と考えられる。

### (2) 食品中放射性物質の調理及び加工による影響の検討

本検討の結果、コシアブラの調理では、あく抜きとして実施した塩茹でおよび水さらしの過程でそれぞれ調理前の約 40%および 10% の放射性セシウムが除去され

ることが明らかとなった。一方で、その後  
に油いための調理を実施しても、コシアブ  
ラ中の放射性セシウムの残存量には変化が  
ないことを示した。

乾燥マイタケの調理においては、水戻し  
に用いる水量を変えた検討を実施した結果、  
乾燥マイタケ重量の 15 倍量の水で戻すよ  
りも 30 倍量の水で戻すほうが、60 分後の  
マイタケからの放射性セシウムの除去率が  
高くなる結果となったが、その差は 10%未  
満であり、水量と比例するものではなかつ  
た。一般的な浸漬時間での水戻しでは、大  
きな差とはならないものの、水戻しに用い  
る水量が多いほうが、放射性セシウムの除  
去効率が高いことが示された。

乾シイタケの水戻しでは、浸漬の水温と  
放置温度について検討した。2 時間の浸漬  
においては、40℃水を用いて室温で戻す方  
が、常温水を用いて 4℃で戻すよりも、10%  
程度放射性セシウムの除去率が高くなつた  
が、4 時間以上の浸漬では差は認められな  
かった。

ヒメマスを用いた検討では、ソミュール  
液を用いた立て塩法で調味を行い、流水下  
で塩抜きをした後、冷蔵庫内で乾燥させた  
際のヒメマスと、その後さらに温燻法で燻  
製したヒメマスの放射性セシウムの除去率  
を検討した。その結果、ソミュール液への  
浸漬とその後の塩抜きの過程で調理前の約  
60%の放射性セシウムが除去される一方  
で、燻製の過程では放射性セシウムは除去  
されないことが明らかとなった。乾燥や燻  
製の過程で試料重量は調理前と比較して減  
少するものの、浸漬および塩抜きの過程で  
の放射性セシウムの除去量が多いことから、  
調理後のヒメマスの濃度比が調理前を上回

ることはなかった。

イワタケを用いた検討では、摂食に必須  
である水戻しおよび洗浄を行った結果、重  
量変化率（重量比）以上の放射性セシウム  
濃度の変化が認められた。イワタケは一般  
的な食品ではないため、摂取量、流通量な  
どは少ないと考えられるが、検査の際には、  
他の乾燥食品とは異なり、水戻しおよび洗  
浄過程における除去率等を考慮した濃度比  
を用いるほうがより実態に即していると考え  
られた。

大豆からおからの加工では、調理前の大  
豆の約 65%の Sr-90 が分配されていること  
が明らかとなった。これは放射性セシウム  
の分配割合とは大きく異なるものであつた。

### (3) 震災・津波による食品の化学物質汚 染実態の調査

本年度は、津波被災地域（2 地域）およ  
び非津波被災地域（2 地域）から一食分試  
料（計 40 試料）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、一食分試料か  
らの PCBs 摂取量における 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。

以上より、津波被災地域の一食分試料に  
おいて、注視すべき高い PCBs 摂取量は認  
められず、津波による影響は確認できな  
かった。

### (4) 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

昨年一昨年同様、放射性物質についての食品安全上の不安感は、これまで食品のリスクとみなされてきた残留農薬や食品添加物や BSE などと同じような程度と種類のものになっているようである。震災の被災地から遠い地域では言われなければ思い出さないようなものとなっているようである。理解は進んでいない。バランスの良い食生活が大事であることは知識としては浸透している。残留農薬、食品添加物、輸入食品、遺伝子組換え食品、といった、食品の分野では常に誤解され間違った情報のほうが目立ってきたものの中に放射能汚染が入っているという状況のようである。これまで残留農薬、食品添加物、輸入食品、といったテーマで何度となくリスクミが行われ情報提供の努力もされてきたが、それ以上に間違った情報の拡散が多く消費者に理解されていない。こうした状況は既に数十年は続いているため、放射能についての問題だけが数年でおさまるとは想定できない。放射能だけに特化して対策をとるべき時期は既に過ぎ、食品安全全体への理解を深める基本的教育パッケージの一部として放射能汚染も組み込み、集団や地域によるニーズや時期に応じて情報提供していくべきであろう。

#### (5) 食品中放射性物質濃度データ解析

効率的検査計画の検討のため、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 63,121 件を集計し解析を行った。基準値を超える食品の割合は 0.73%であった。流通する食品の基準値超過率は 0.06%で非常に低かったが、非流通食品では 1.0%であり、また非常に高

濃度の放射性セシウムを含む試料も見られた。このことから、流通前の検査により、高濃度の放射性セシウムを含む食品が、効果的に流通から排除されていると考えられた。山菜、きのこ、淡水魚、野生鳥獣肉は、検出率が 5%を超える食品カテゴリであり、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。現在有効に機能している、基準値を超える食品を流通させないための監視に加えて、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維持していくことが重要と考えられる。

#### E. 健康危険情報

なし

#### F. 研究発表

##### 1. 論文発表

- 1) 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) 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) <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174961>
- 3) 畝山智香子:総論:健康食品の有効性・安全性について, 日本食品安全協会会誌第 12 巻第 1 号 1-7(2017)

## 2. 学会発表

- 1) 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 (2017.03)
- 2) 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 (Dioxin 2016), Florence (Italy), August (2016).

## 3. その他

- 1) 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
- 2) 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

## 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

## 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

曾我 慶介

## 平成 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 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 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。分析値の品質保証において一般にパラメータとして用いられる不確かさについて、平成 25 年度は計数の統計による不確かさを中心に、平成 26 年度は測定操作全体の不確かさについて、平成 27 年度は測定値の偏りを生じさせる因子としてジオメトリーについて、測定結果に及ぼす影響を理論と実測から検討した。平成 28 年度は、検査に影響する要因として、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総合的に検討した。食品中放射性物質の試験法においては測定前の分離操作は行っていないことから、放射性セシウムの測定ピークエネルギー範囲の計数が放射性セシウムによるものかどうかの判定が確定法では必要であり、妨害となりうる核種について検討し、一次情報であるスペクトルの重要性を指摘した。放射性物質検査は定量法であることから校正についても考察した。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検討した。

放射能検査においても他の検査と同様に、検査の全操作を把握し、各操作における不確かさや偏りを生じさせる要因を推定し、それらの最終結果に与える影響の大きさを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。

#### A. 研究目的

法に基づく検査は常に同じ分析結果が得られることが重要である。食品衛生法に基づく放射能検査では、図 1 に示すようなスキームによって対応がなされており、検査結果によっては、自治体単位の出荷制限、さらには摂取制限の措置が取られる。従って、検査の判定に用いられる放射能の分析値の品質は、一定水準以上にあることが要求される。そのためには、まず検査の信頼性が評価されている

必要がある。

当研究課題においては、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いて、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。測定の不確かさは、GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in

Measurement、計測における不確かさの表現のガイド)の定義によれば、「測定の結果に附随した、合理的に測定量に結び付けられ得る値のばらつきを特徴づけるパラメータ」とされる。実質上、「『測定値』からどの程度のばらつきの範囲内に『真の値』があるかを示す、測定の結果に附随するパラメータ」と解釈されている。平成 26 年は前年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、測定値の偏りを生じさせる放射能測定に特有の因子として、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。放射性セシウムの汚染試料を用いて測定試料の不均質性の測定結果へ及ぼす影響を検討し、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、放射能濃度が過小評価されることを示した。

最終年度である平成 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。

放射線測定では、試料に含まれている放射性核種から核壊変により放出される放射線を検出器で測定する。現行の食品放射能検査法では、測定対象核種である放射性セシウム(セシウム 137 (Cs-137) とセシウム 134 (Cs-134)) から放出されるガンマ線を測定しており、その検査法はガンマ線、すなわち光子の優れた透過

性を利用し、放射性核種の抽出など分離抽出操作は行わずに、食品を測定容器に充填するのみの前処理となっている。従って、確定法において正しい判定をするためには、放射性セシウムのピークエネルギー位置における計数値が放射性セシウムによるものかどうかの評価が必須であることから、妨害となりうる核種など測定ピークの判定について検討した。

また、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、信頼性の高い計測を行うためには測定機器が校正されている必要があることから、校正についても検討を行った。最後に、食品中放射能検査が必要とされる場合は、原子力施設等の事故により高濃度汚染試料の存在が疑われることから、試料の汚染防止及び測定環境の維持管理についても考察を行った。

## B. 方法

### 1. 測定ピークの判定

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/nuclldata/index\\_J.html](http://www.ndc.jaea.go.jp/nuclldata/index_J.html)、国際原子力機関 IAEA /Live Chart of Nuclides <https://www-nds.iaea.org/relnsd/vcharthtml/VChartHTML.html> を参照した。

### 2. 校正

日本の計量標準の整備・維持・供給を担っている国立研究開発法人産業技術総合研究所計量標準総合センターの情報を



参照した。

### 3. 試料及び測定環境の維持管理

「放射能測定法シリーズ 文部科学省」及び「水道水等の放射能測定マニュアル 平成 23 年 10 月厚生労働省健康局水道課」、「ISO/IEC 17025(試験及び校正を行う試験所の能力に関する一般要求事項)」を参考にした。

## C. 結果及び考察

### 1. 測定ピークの判定

測定核種である Cs-137 及び Cs-134 の壊変図を図 2 にそれらの主な放射線エネルギーを表 1 に示す。

Cs-137 は、ベータ線を放出して Ba-137 になるベータ壊変核種であり、その過程で数種のガンマ線(光子)を放出するが、測定に利用されるのは実質上、放出割合 85.1% の 662 keV の光子 1 種類になる。複数ピークでの確認ができないため、核種同定にあたっては測定ピークの形状等を注意深く確認する必要がある。

Cs-134 は、そのほとんど (99.9997%) は Cs-137 と同様にベータ線を放出して Ba-134 に変わり、一部 (0.0003%) は軌道電子を捕獲して Xe-134 に変わる。ベータ壊変時に複雑なエネルギー準位を経るため複数の光子が放出されるが、一般に 605 keV (放出割合 97.6%) と 796 keV (放出割合 85.5%) の 2 本が測定に用いられる。高濃度の試料の場合は、569 keV (放出割合 15.4%) 等のピークの検出も可能になる。Cs-134 のように複数ピークが検出される核種では、核種同定においてピーク比も重要な情報となる。なお、Cs-134

のように複数のガンマ線がカスケード状に放出される場合は、情報が多くなる反面、サム効果の適切な補正が必要になる。

測定妨害ピークを考えるにあたっては、測定機器のエネルギー分解能、妨害核種の放出光子エネルギー、半減期、放出確率、存在確率などが影響要因として挙げられる。エネルギー分解能は機器の性能に依存する。食品検査の試験法通知(食品中の放射性物質の試験について 食安発 0315 第 4 号 平成 24 年 3 月 15 日)では、使用機器として、「ゲルマニウム半導体検出器を用いたガンマ線スペクトロメータ:検出器の相対効率は 15%以上とし、検出器周辺を暑さ 10~15 cm の鉛遮蔽体等で囲む。」と記載されており、エネルギー分解能については触れられていない。一方で、我が国の放射線測定法の基本となっている放射線測定法シリーズには関連するものが 2 件あり、「放射能測定法シリーズ No.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 科学技術庁」では、機器仕様例として、相対効率は 10%程度、エネルギー分解能はコバルト 60 の 1333 keV において半値幅 (FWHM) 1.9-2.0 keV 以下となっており、「放射能測定法シリーズ No.33 ゲルマニウム半導体検出器を用いた in-situ 測定法 平成 29 年 原子力規制庁」では、機器仕様例として、相対効率 25%程度、コバルト 60 の 1333 keV に対して半値幅 2.3 keV 以下が例示されている。これらのことから、食品検査でも同等クラスの機器、すなわちコバルト 60 の 1333 keV における半値幅が 2.0 keV 前後

の機器が一般に使用されていると推定される。よって、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ところ、Cs-137 の 662 keV で 43 核種 (表 2-1)、Cs-134 の 605 keV で 46 核種 (表 2-2)、Cs-134 の 796 keV で 31 核種 (表 2-3) が抽出された。抽出された核種の半減期について、想定される食品検査の所要時間と比較し、短過ぎるものを除き、当該エネルギー光子の放出割合及び存在確率を考慮し、妨害となる可能性が高い核種を推定した。

その結果、Cs-137 の 662 keV 近傍の光子リスト (表 2-1) 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 657.76 keV (半減期 249.76d、放出割合 94.32%)、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 657.94 keV (半減期 72.1h、放出割合 98.23%) 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。なお、エネルギー差 6 keV のため、表 2-1 の欄外に記載したが、原子力施設事故直後において環境汚染を引き起こしやすい人工核種 I-132 は、中性子誘起核分裂反応  $\text{U}(n, f)^{132}\text{Te}$  の後、ベータ壊変で生成するため、その 667.7 keV (半減期 2.295h、放出割合 98.7%) は量によっては妨害となる可能性がある。ただし、I-132 が検出される状況においては、I-132 以外にも検出される核種が数多く、ベースラインの設定が困

難な状況と予想される。このような状況においては、エネルギーピークの同定は機器のエネルギー分解能に頼るだけでなく、時間をおいて複数回測定することにより半減期など情報の種類を増やして多角的に検討することが有用である。

Cs-134 の 605 keV 近傍の光子リスト (表 2-2) 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 (図 3) 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 609.32keV (半減期 19.9m、放出確率 145.49%、表 1-2 参照) は、測定光子エネルギー 604.72 keV と 4.6keV 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 795.86 keV 近傍の光子リスト (表 2-3) では、半減期、放出確率、存在確率から、表中の核種はいずれも妨害の可能性は通常は低いと考えられた。

一般には、Cs-134 の 605 keV と 796 keV の 2 本のピークは、放出割合が各々 97.6% と 85.5% であることから、前者の方が計数値が大きく信頼性が高いとされるが、妨害を考慮すると、後者の方が信頼性が高くなる場合もある。測定状況ごとに総合的に判断することが重要である。

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。

Cs-134 の 604.72 keV に Bi-214 の 609.32keV の妨害が疑われる場合を例に挙げれば、まず、Cs-134 の 604.72 keV のピーク位置、形状を確認する。この作業は、機器の性能管理としてエネルギー校正が適切になされていることが前提条件になる。その結果、Bi-214 の妨害が疑われた場合は、Bi-214 の主ピークである 609 keV (46.1%) の他、1120 keV (15.1%)、1764 keV (15.4%) のピークを調べる。また、Cs-134 側においても、604.72 keV (97.6%) と 795.86 keV (85.8%) の検出比に矛盾がないか確認する(表1参照)。さらに、現状においてはCs-134 と Cs-137 の比率も有力な情報となる。福島第一原子力発電所事故においては、汚染源が1か所ではなく、その汚染源ごとに2核種の比率が異なるため、環境中に放出された2核種の比率は場所により完全には同一ではないものの、今までの検査データからほぼ一定の範囲内と考えられる。

計算例として、原子力安全・保安院が公表している「大気中への放射性物質の放出量の試算値 (Bq)」を表3に、その情報に基づくCs-137 と Cs-134 の放射能量及びそれらの比率の物理的減衰による経時変化を図4に示す。この推定値によ

れば、平成23年3月においてはCs-137及びCs-134の放射能量は各々15 PBq、18 PBqであり、Cs-137のCs合計(Cs-134とCs-137の総和)に対する比は45.5%である。半減期2.1年であるCs-134は、半減期30年のCs-137に比べて早く減衰し、事故後6年を経過した平成29年3月においてはCs-137及びCs-134の放射能量は各々13.1 PBq、2.4 PBqであり合計値は15.5 PBqとなり、平成23年3月に比べ半分以下となっている。同じ推定値を用いて、Cs-137のCs合計量に対する比率変化を右軸で示したが、事故直後から1年毎の数値は、45、53、61、68、74、80%と増加し、平成29年3月は84%となっている。現在において検出されるCs-134は、その半減期から福島第一原子力発電所由来と考えられるが、Cs-137はこの事故の他に、過去の原爆実験等のフォールアウトの影響を受けている可能性がある。これらのことから測定2核種の比率は、放出推定量から求められた比率と同じか、あるいはそれよりもCs-137過多側になることが予想され、その比率から大きくずれている場合は、データを精査する必要がある。このように測定で得られる情報を多面的に活用し、測定核種に由来すると推定されるピーク面積を求め、濃度を算出することが信頼性の高い検査に繋がる。

多くの測定機器では、予めピークエネルギー領域を指定しておけば自動的にピーク認識を行い、ピーク面積を計算し、放射能濃度が帳票に記載される。しかしながら、ピークの形状の評価は機器に装

備されていないか、あるいは不十分なものもあると思われる、検査者がスペクトルごとに直接評価することが重要となる。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。例えば、ピーク領域のバックグラウンドの正負の変動はそのままピーク面積の正負の変動となり、ピーク前後のベースライン領域の正負の変動は逆にピーク面積の負正の変動となる。つまり、ピーク前後のベースライン領域において負側に変動した場合は、ピーク面積を多く見積もることとなり、逆にベースライン領域において正側に変動した場合は、ピーク面積を小さく見積もることになる。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。バックグラウンドも含めた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、妨害核種の性質や量により、測定時間を長くする、あるいは時間をおいて再度測定することなどを試みる。放射能測定においては確率的影響が常にあるため、合計の測定時間は同じでも、長時間の1回測定よりも分割して測定の方が情報量は多くなることも考慮

し、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。

## 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。校正は、JIS Z 8103:2000 計測用語においては「計器又は測定系の示す値、若しくは実量器又は標準物質の表す値と、標準によって実現される値との間の関係を確定する一連の作業。備考：校正には、計器を調整して誤差を修正することは含まない。」と定義されている。

食品中の放射能検査の通知法においては、機器校正法として「校正及びスペクトル解析方法は『文部科学省編放射能測定シリーズ No.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』に記載の方法、あるいは国際的に認められた方法に従う。」とあり、国家標準にトレーサブルな標準線源を用いて校正する。

放射線測定機器の校正に用いられる標準線源には、放射線のエネルギー、放射能、線量率等があるが、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。トレーサビリティとは、測定の信頼性が測定現場で使用

する末端の測定機器にまで一定のレベルで保証されることを目的とする考え方であり、国際相互承認と併せて計測値の社会的認知を得る国際的な基本的条件である。食品中放射能測定に用いられる放射線計測器の校正は、このように放射線エネルギーと放射能が既知の標準体積線源を用いて行うことになる。

図5に放射能計測のトレーサビリティ体系を示す。日本では産業技術総合研究所 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。なぜならガンマ線スペクトロメトリーでは、測定試料と検出器の位置関係であるジオメトリー、及び試料から検出器までの透過率が計数効率に影響するからであり、測定試料と標準線源との間をできる限り同じ条件にすることが信頼性の高い検査結果を得るためには重要となる。測定容器と異なる形状・材質の標準線源では校正することはできない。そのため、検査で複数の異なる測定容器・体積を用いる場合は、容器・体積ごとの校正が必要である。逆に、標準線源を共有して複数の測定機器を校正するような場合では、検査における測定容器・体積を標準線源のそれと同じにする必要がある。

### 3. 試料及び測定環境の維持管理

平成 25 年度より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てみると、そのときの測定核種（物理・化学的性状）と汚染状況（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、通常の商品検査と同程度の注意で対応できると考えられる。例えば、基準値の 10 倍の汚染試料が 0.1% 混入した場合は、計算上は基準値の 1% の増加と算定される。現在、このようなレベルを超えることはまずないと考えられ、検査の判定に影響する可能性は低いと思われる。しかし、事故直後のように極端に高濃度の試料が存在する場合は、試料受付時からサーベイメータなどで試料をランク付けして低濃度試料と動線を分けるなどの物理的な対策が必要になることもありえる。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ないための物理・化学的な取扱い条件を設定する必要がある。

また、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。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、粒子1つで基準値超過にする高濃度粒子も存在しうる。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測定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。これらのことから、測定環境を放射能で極力汚染しないように常に留意することが重要である。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、直ちに的確に除染及び汚染拡大防止等の措置を取る。

上述した内容の多くは、「食品中の放射性物質の試験法について．厚生労働省食安発0315第4号 平成24年3月15日」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下記通知内容の遵守が重要である。

### 「3 検査結果の信頼性管理

- 1) 測定日毎にバックグラウンドを測定し、通常範囲を超えて上昇していないことを確認する。
- 2) 測定日毎に空の測定容器を用いてブランクを測定し、分析系に放射性表面汚染がないことを確認する。
- 3) 定期的に標準線源を用いて校正を行う。
- 4) 測定日毎にエネルギーのスケールがずれていないことを確認する。
- 5) 試料を測定容器に詰める際には、特に検出器付近に空隙ができないように留意する。
- 6) 試料による分析系の放射性表面汚染、あるいは試料間の汚染が起らないように留意する。特に検出部位の汚染を防ぐため、検出器をポリエチレン袋で覆う、測定容器の外側に試料を付着させない等の措置を講じる。
- 7) 測定容器をくりかえし使用する場合は、測定容器の内側にポリエチレン袋を入れて試料を充填するなど、測定容器の汚染を防ぐ措置を講じる。
- 8) 試料の取り違えを防止するための措置を講じる。」

### D. 結論

放射能測定における信頼性に関わる要因及びその影響を明らかにし、分析結果の信頼性評価法の確立に資するため、本年度は、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。

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、測定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、最も信頼性が高くかつ情報量の多い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し、さらに測定だけでなく測定環境や試料の汚染状況についても留意し、総合的に判断することが重要と考えられる。

2. 実用新案登録  
なし
3. その他  
なし

## E. 研究発表

1. 論文発表
  - 1) 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) 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 (2017.03)

## F. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得  
なし.

表1 壊変データ (Cs-137、Cs-134、Bi-214)

核種	半減期	壊変形式	主なβ線のエネルギー(MeV)と放出割合	主な光子のエネルギー(MeV)と放出割合	内部転換電子の放出割合(%)
Cs-137	30.1671 y	β-	0.514 94.4% 1.176 5.6%	<b>0.662 85.1%</b> 0.0321 5.8% Ba-Kα 0.0365 1.3% Ba-Kβ	9.7
Cs-134	2.0648 y	β-	0.0886 27.3% 0.415 2.5% 0.658 70.2% 他	0.475 1.5% 0.563 8.4% 0.569 15.4% <b>0.605 97.6%</b> <b>0.796 85.5%</b> 0.802 8.7% 1.168 1.8% 1.365 3.0% 他 0.0321 0.69% Ba-Kα 0.0365 0.16% Ba-Kβ	0.061 0.15 0.58 0.26 0.026
Bi-214	19.9 m	α β-	5.455 0.011% 他 1.068 5.7% 1.153 4.3% 1.425 8.2% 1.508 17.0% 1.542 17.8% 1.894 7.4% 3.272 18.2% 他	<b>0.609 46.1%</b> 0.768 4.9% 1.120 15.1% 1.238 5.8% 1.378 4.0% 1.764 15.4% 2.204 5.4% 他 0.0787 1.6% Po-Kα	0.95 0.080 0.25 0.075 0.016 0.080 0.015

アイソトープ手帳 11 版 (編集・発行: 日本アイソトープ協会) 及び  
Nuclear Data Center (<http://www.ndc.jaea.go.jp/NuC/sbygame.html>) より抜粋



表2 測定核種光子エネルギー近傍の光子リスト

「Nuclear Data Center (<http://wwwndc.jaea.go.jp/NuC/sbygame.html>)」及び「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γ線スペクトロメトリー 平成4年 科学技術庁」よりデータを抽出

表2-1 Cs-137の661.66 keVのピーク前後5 keVの光子放出核種

	核種	エネルギー (keV)	放出割合 (%)	壊変形式	半減期	実効光度* (dps)
-21	35-Br-76	657.02	15.91	EC	16.2 H	1.89E-06
20	33-As-76	657.05	6.17	B-	26.24 H	4.53E-07
19	54-Xe-142	657.05	*791.	B-	1.22 S	* 4.49E+00
18	49-In-121	657.32	7.1	B-	23.1 S	2.13E-03
17	83-Bi-202	657.49	60.56	EC	1.71 H	6.82E-05
16	47-Ag-110	657.5	4.5	B-	24.6 S	1.27E-03
	49-In-110	657.75	98.1	EC	69.1 M	1.64E-04
15	49-In-110	657.75	98.29	EC	4.9 H	3.86E-05
14	47-Ag-110m	657.76	94.32	B-	249.76 D	3.03E-08
13	41-Nb-97	657.94	98.23	B-	72.1 M	1.57E-04
12	49-In-104	658	100	EC	1.8 M	6.42E-03
11	42-Mo-89	658.6	5.84	EC	2.11 M	3.20E-04
10	52-Te-127	658.9	0.01	B-	109 D	7.36E-12
9	31-Ga-81	659.1	6.04	B-,N	1.217 S	3.44E-02
8	47-Ag-94	659.1	* 50.7	EC	0.55 S	* 6.39E-01
7	31-Ga-80	659.14	78	B-	1.676 S	3.23E-01
6	10-Ne-18	659.25	0.14	B+	1.672 S	5.80E-04
5	91-Pa-235	659.3	--	B-	24.1 M	N/A
4	85-At-208	660.04	88.82	EC	1.63 H	1.05E-04
3	68-Er-149	661	0.02	EC,P	8.9 S	1.56E-05
2	67-Ho-148	661.3	58.94	EC	9.59 S	4.26E-02
1	53-I-117	661.5	5.1	B+	2.22 M	2.65E-04
	<b>55-Cs-137</b>	<b>661.66</b>	<b>85.1</b>	<b>B-</b>	<b>30.08 Y</b>	<b>6.21E-10</b>
	<b>56-Ba-137</b>	<b>661.66</b>	<b>89.9</b>	<b>IT</b>	<b>2.552 M</b>	<b>4.07E-03</b>
1	88-Ra-208	661.9	* 84.	IT	--	* N/A
2	46-Pd-98	662.2	19.72	EC	17.7 M	1.29E-04
3	72-Hf-171	662.2	*266.	EC	12.1 H	* 4.23E-05
4	92-U-239	662.24	0.18	B-	23.45 M	8.87E-07
5	57-La-132	663.07	11.23	EC	24.3 M	5.34E-05
6	51-Sb-109	664	9.75	EC	17 S	3.98E-03
7	37-Rb-78	664.42	38.74	EC	5.74 M	7.80E-04
8	58-Ce-143	664.57	5.69	B-	33.039 H	3.32E-07
9	88-Ra-211	665	5.00E-04	Alpha	13 S	N/A

0	89-Ac-232	665	15.3	B-	119	S	8.91E-04
11	86-Rn-207	665.1	98	IT	184.5	US	3.68E+03
12	18-Ar- 34	665.54	2.5	EC	844.5	MS	2.05E-02
13	47-Ag-100	665.7	86	EC	2.24	M	4.44E-03
14	47-Ag-100	665.7	98.8	EC	2.01	M	5.68E-03
	35-Br- 80	665.8	1.08	EC	17.68	M	7.06E-06
15	39-Y -100	665.8	10.4	B-	0.94	S	7.67E-02
16	85-At-200	665.9	*100.	EC	--		* N/A
17	39-Y -100	665.98	7.74	B-	735	MS	7.30E-02
18	51-Sb-126	666.1	85.67	B-	19.15	M	5.17E-04
19	33-As- 80	666.2	42	B-	15.2	S	1.92E-02
20	53-I -126	666.33	32.88	EC	12.93	D	2.04E-07
21	51-Sb-126	666.5	99.6	B-	12.35	D	6.47E-07
22	51-Sb-107	666.6	13.86	EC	4	S	2.40E-02
欄外	53-I -132	667.7	98.7%	B-	2.295	H	8.28E-05

\* ) 実効光度 Effective Intensities (dps) は光子の放出割合 intensity と半減期 half-life から算出される。

Effective Intensity (dps) = { Intensity (%) ÷ 100 } × { log<sub>e</sub>2 ÷ Half-life (s) }

\*: relative 相対値, ~: approximate 概算値, ?: calculated or estimated 計算または推定値

表 2 - 2 Cs-134 の 604.72 keV のピーク前後 5 keV の光子放出核種

核種	エネルギー (keV)	放出割合 (%)	壊変形式	半減期	実効光度* (dps)	
23	53-I -132	599.8	14	B-	1.387 H	1.94E-05
22	70-Yb-161	599.88	27.72	EC	4.2 M	7.62E-04
21	70-Yb-151	599.9	69	IT	20 US	2.39E+04
20	41-Nb-100	600.3	69.35	B-	2.99 S	1.61E-01
19	37-Rb- 97	600.5	10.76	B-	169.1 MS	4.41E-01
18	77-Ir-194	600.5	62	B-	171 D	2.91E-08
17	93-Np-240	600.57	20	B-	61.9 M	3.73E-05
16	51-Sb-125	600.6	17.65	B-	2.75856 Y	1.41E-09
	53-I -118	600.6	8.04	B+	13.7 M	6.78E-05
15	53-I -118	600.6	93.28	B+	8.5 M	1.27E-03
14	88-Ra-226	600.66	5.00E-04	Alpha	1600 Y	N/A
3	53-I -138	601	1.14	B-,N	6.41 S	1.23E-03
12	53-I -137	601.05	4.8	B-	24.5 S	1.36E-03
11	53-I -120	601.1	87	EC	53 M	1.90E-04
10	69-Tm-154	601.4	39.5	EC	3.3 S	8.30E-02
9	84-Po-208	601.52	1.00E-03	EC	2.898 Y	N/A
8	88-Ra-211	601.6	--	Alpha	13 S	N/A
7	39-Y - 82	601.9	1.1	B+	8.3 S	9.19E-04

6	55-Cs-140	602.25	53.3	B-	63.7	S	5.80E-03
	61-Pm-136	602.7	49.74	EC	107	S	3.22E-03
5	61-Pm-136	602.7	*384.	EC	--		* N/A
	51-Sb-124	602.72	25	B-	93	S	1.86E-03
4	51-Sb-124	602.73	97.79	B-	60.2	D	1.30E-07
3	53-I -124	602.73	62.9	EC	4.176	D	1.21E-06
2	52-Te-135	603.7	27.9	B-	19	S	1.02E-02
1	49-In-105	604.12	9.21	EC	5.07	M	2.10E-04
	<b>55-Cs-134</b>	<b>604.72</b>	<b>97.62</b>	<b>B-</b>	<b>2.0652</b>	<b>Y</b>	<b>1.04E-08</b>
1	57-La-134	604.72	5.04	EC	6.45	M	9.03E-05
2	75-Re-190	605.14	14.89	B-	3.2	H	8.96E-06
3	77-Ir-190	605.14	39.9	EC	11.78	D	2.72E-07
4	73-Ta-164	605.2	14.1	EC	14.2	S	6.88E-03
5	79-Au-188	605.3	* 16.3	EC	8.84	M	* 2.13E-04
6	53-I -118	605.6	77.61	B+	13.7	M	6.54E-04
	53-I -118	605.6	100.17	B+	8.5	M	1.36E-03
7	29-Cu- 74	605.9	86	B-	1.63	S	3.66E-01
8	52-Te-110	605.9	--	EC	18.6	S	N/A
9	36-Kr- 79	606.09	8.12	EC	35.04	H	4.46E-07
10	49-In-112	606.4	1.11	EC	14.97	M	8.57E-06
11	51-Sb-136	606.62	18	B-	0.923	S	1.35E-01
12	47-Ag-112	606.7	3.1	B-	3.13	H	1.91E-06
13	58-Ce-135	606.76	18.81	EC	17.7	H	2.05E-06
14	48-Cd-105	607.22	3.74	EC	55.5	M	7.78E-06
15	27-Co- 70	607.6	*100.	B-	0.5	S	*1.39E+00
16	83-Bi-204	608.1	93.5	IT	1.07	MS	6.06E+02
17	54-Xe-135	608.18	2.9	B-	9.14	H	6.11E-07
18	82-Pb-192	608.2	18.62	EC	3.5	M	6.15E-04
19	31-Ga- 74	608.4	14.41	B-	8.12	M	2.05E-04
20	33-As- 74	608.43	0.55	EC	17.77	D	2.48E-09
21	22-Ti- 51	608.55	1.18	B-	5.76	M	2.37E-05
22	86-Rn-218	609.31	0.12	Alpha	35	MS	2.38E-02
23	<b>83-Bi-214</b>	<b>609.32</b>	<b>45.49</b>	<b>B-</b>	<b>19.9</b>	<b>M</b>	<b>2.64E-04</b>

表 2 - 3 Cs-134 の 795.86 keV のピーク前後 5keV の光子放出核種

	核種	エネルギー (keV)	放出割合 (%)	壊変形式	半減期		実効光度* (dps)
13	50-Sn-125	791.6	* 55.	IT	0.23	US	* 1.66E+06
12	39-Y - 97	791.7	69.37	IT	142	MS	3.39E+00
11	75-Re-184	792.07	37.68	EC	35.4	D	8.54E-08
10	46-Pd- 97	792.7	13.84	EC	3.1	M	5.16E-04
9	50-Sn-125	792.8	* 40.	IT	6.2	US	* 4.47E+04
8	32-Ge- 81	792.94	34.08	B-	7.6	S	3.11E-02
	39-Y - 84	793	30	EC	4.6	S	4.52E-02
7	39-Y - 84	793.1	98.3	EC	39.5	M	2.87E-04
6	53-I -122	793.28	1.33	EC	3.63	M	4.23E-05
	51-Sb-130	793.4	86	B-	6.3	M	1.58E-03
5	51-Sb-130	793.4	100	B-	39.5	M	2.92E-04
4	52-Te-131	793.75	13.37	B-	33.25	H	7.74E-07
3	61-Pm-134	794.7	22.75	EC	5	S	3.15E-02
2	49-In-100	794.9	86.59	EC	5.9	S	1.02E-01
1	56-Ba-134	795.7	--	IT	2.63	US	N/A
	<b>55-Cs-134</b>	<b>795.86</b>	<b>85.46</b>	<b>B-</b>	<b>2.0652</b>	<b>Y</b>	<b>9.09E-09</b>
1	65-Tb-149	796	96.98	EC	4.16	M	2.69E-03
2	25-Mn- 46	796.1	1.6	EC	36.2	MS	3.06E-01
3	69-Tm-149	796.2	~*250.	EC	0.9	S	* 1.93E+00
4	48-Cd-107	796.46	0.06	EC	6.5	H	1.78E-08
5	45-Rh-110	796.7	5.35	B-	3.2	S	1.16E-02
6	26-Fe- 49	797.1	23.7	B+	64.7	MS	2.54E+00
7	27-Co- 50	797.3	26.99	B+P	38.81	MS	4.82E+00
8	50-Sn-131	798.5	* 86.	B-	--		* N/A
9	69-Tm-162	798.68	5.18	EC	24.3	S	1.48E-03
	69-Tm-162	798.68	8.38	EC	21.7	M	4.46E-05
10	97-Bk-246	798.7	61	EC	1.8	D	2.72E-06
11	56-Ba-143	798.79	15.56	B-	14.5	S	7.44E-03
12	95-Am-246	798.8	24.8	B-	25	M	1.15E-04
13	64-Gd-143	798.89	10.71	EC	110	S	6.75E-04
14	31-Ga- 84	798.9	--	B-,N	85	MS	N/A
15	60-Nd-154	799.55	10.66	B-	25.9	S	2.85E-03
16	72-Hf-182	799.6	9.4	B-	61.5	M	1.77E-05
17	81-Tl-210	799.6	98.96	B-	1.3	M	8.79E-03
18	84-Po-214	799.7	0.01	Alpha	164.3	US	4.22E-01

表3 大気中への放射性セシウムの放出量及びその比率

核種	1号機	2号機	3号機
	放出量 PBq		
Cs-134	0.71	16	0.82
Cs-137	0.59	14	0.71
合計	1.3	30	1.53
	比率 %		
Cs-134	54.6	53.3	53.6
Cs-137	45.4	46.7	46.4

放出量は下記資料の数値を引用し、それを基に比率を算出した。

- ・東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に係る1号機、2号機及び3号機の炉心の状態に関する評価について：平成23年6月6日 原子力安全・保安院、  
[http://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo\\_6017222\\_po\\_20110606-1nisa.pdf?contentNo=1&alternativeNo=](http://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_6017222_po_20110606-1nisa.pdf?contentNo=1&alternativeNo=)  
「表5 解析で対象とした期間での大気中への放射性物質の放出量の試算値(Bq)」

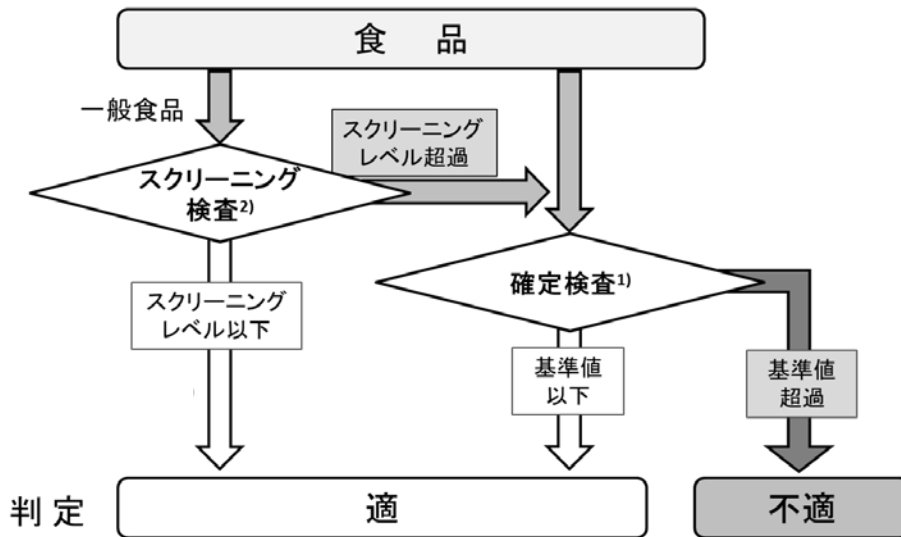


図1 食品中の放射性セシウムの検査の流れ

- 1) 食安発0315第4号 平成24年3月15日
- 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

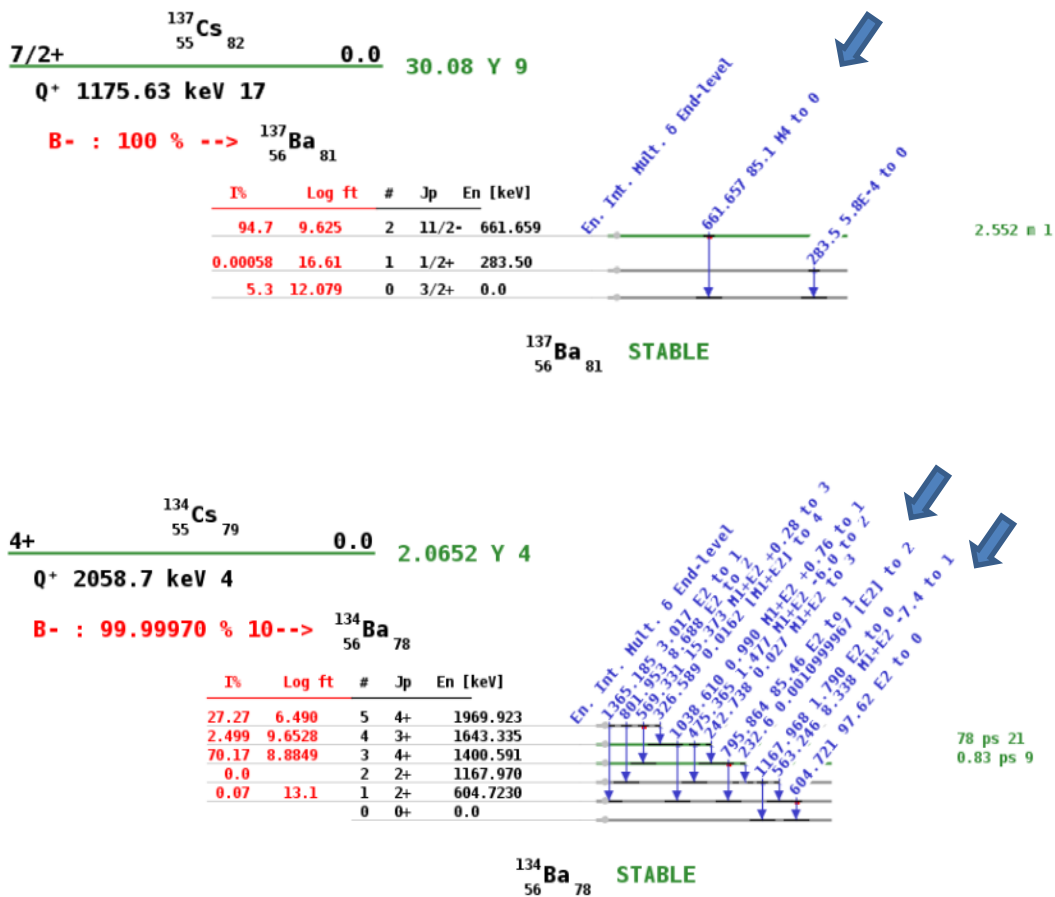
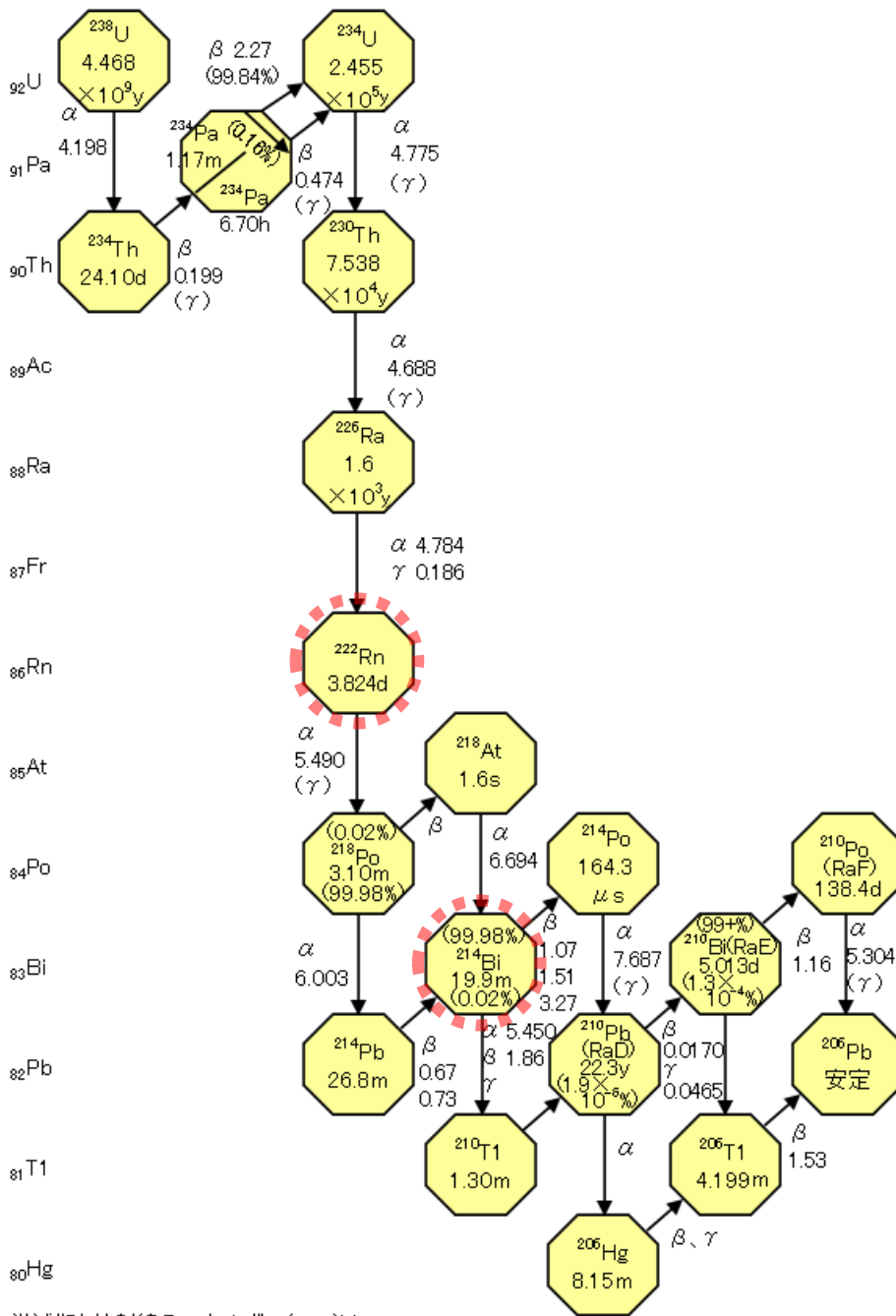


図2 Cs-137 及び Cs-134 の壊変図 (IAEA/Live Chart of Nuclides の図に太矢印を加筆)

<https://www-nds.iaea.org/relnsd/vcharthtml/VChartHTML.html>



半減期と放射線のエネルギー(MeV)は  
 Evaluated Nuclear Structure Data File(1995年2月)

### ウラン( $^{238}\text{U}$ )壊変系列

【出典】日本アイソトープ協会(編):アイソトープ手帳、丸善(2002年7月)、p.13

図3 ウラン壊変系列

原子力百科事典 ATOMICA : 一般財団法人 高度情報科学技術研究機構  
<http://www.rist.or.jp/atomica/data/pict/08/08010312/07.gif> の図に赤破線加筆

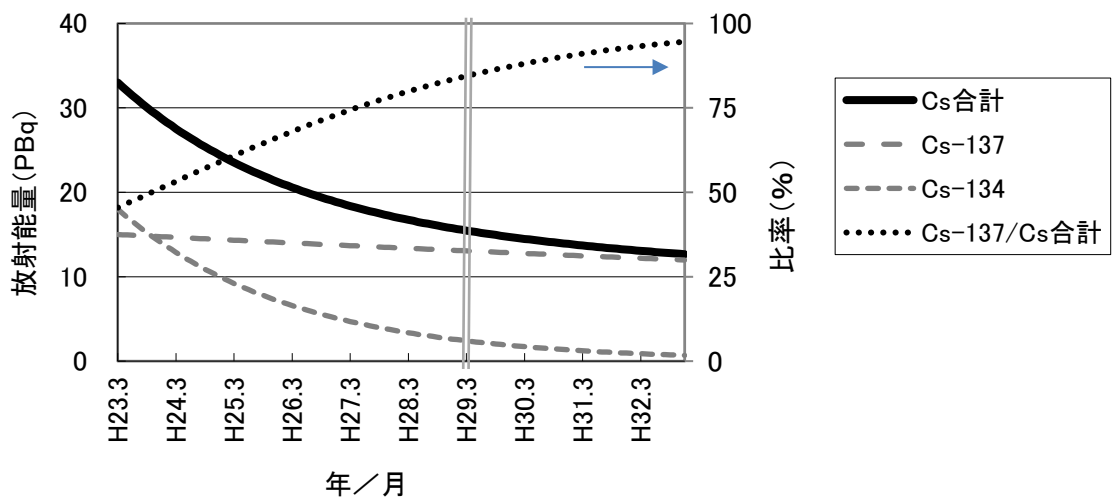


図4 放射性セシウムの減衰による経時変化 (表3参照)

平成23年3月の放出量をCs-137:15 PBq、Cs-134:18 PBq(平成23年6月6日原子力安全・保安院推定値)とし、それぞれの半減期を30年、2.1年としたときの核種ごとの放射能量の減衰による経時変化、およびそれらの合計量の変化を左軸で示す。また、Cs-137の放射性セシウム(Cs-134+Cs-137)に対する比率変化を右軸で示す。

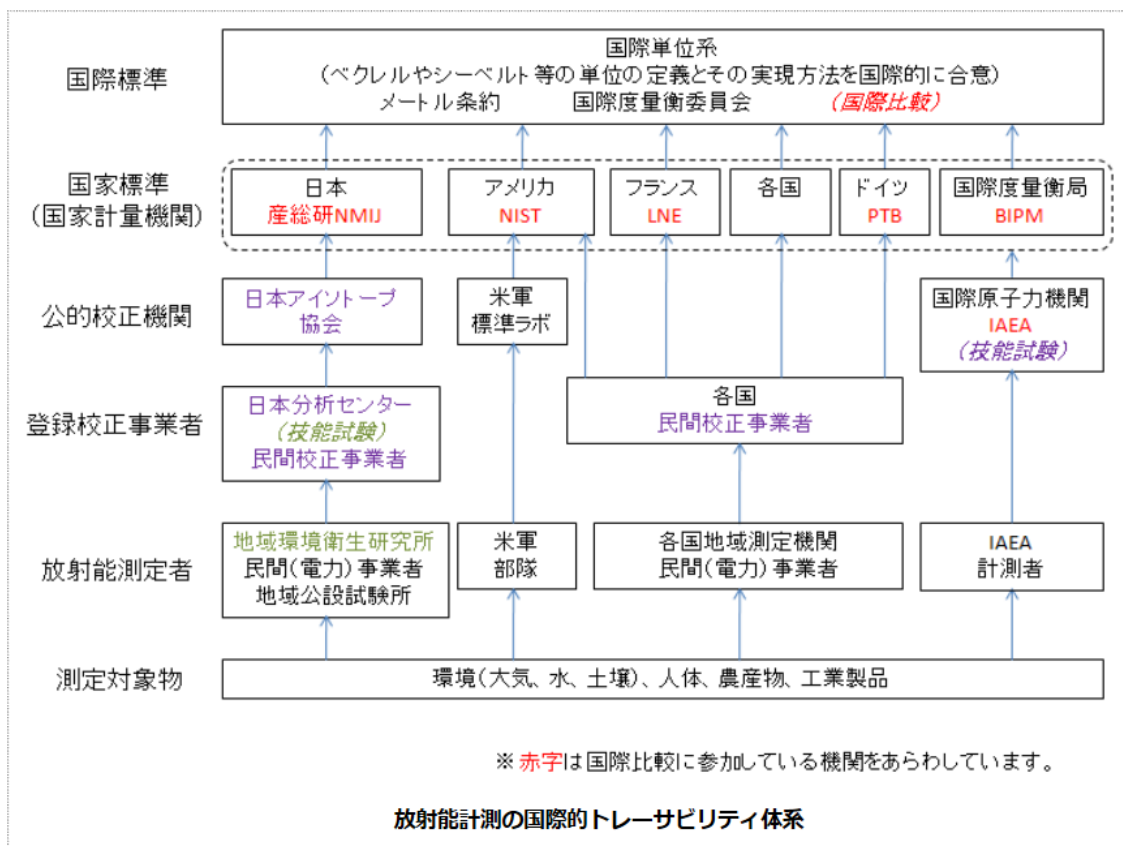


図5 放射能計測の国際的トレーサビリティ体系

[https://www.nmij.jp/library/IR\(J\)/confidence/index.html](https://www.nmij.jp/library/IR(J)/confidence/index.html) より



## 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 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  
研究分担報告書

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第二室主任研究官

**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、各種食品（コシアブラ、乾燥マイタケ、乾シイタケ、ヒメマス、イワタケ）を用いて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。また大豆については、調理加工前後のストロンチウム 90 (Sr-90) 濃度の分析を行った。その結果、コシアブラのあく抜き過程で調理前の約 50%の放射性セシウムが除去される一方で、その後油いため調理を実施しても、放射性セシウムの残存量には変化が生じないことが示された。また、乾燥マイタケでは水戻しに用いる水量を変えた検討を実施した結果、水量が多い方が 60 分後の放射性セシウムの除去率は高くなったが、その差は 10%未満であった。さらに、水戻し後に戻し汁中で加熱することによりわずかに除去率が増加することが明らかとなった。乾シイタケの水戻しでは、浸漬に用いた水の温度と放置温度について検討し、2 時間の浸漬において高温で水戻しの方が 10%程度放射性セシウムの除去率が高くなることを示したが、4 時間以上浸漬した場合には温度の影響は認められなかった。ヒメマス一夜干しおよび燻製では、ソミュール液への浸漬とその後の塩抜きの過程で調理前の約 60%の放射性セシウムが除去される一方で、燻製の過程では放射性セシウムは除去されないことが明らかとなった。イワタケを用いた検討では、摂食に必須である水戻しおよび洗浄を行った結果、重量変化率（重量比）以上の放射性セシウム濃度の変化が認められた。大豆の加工では、おから、豆腐、湯葉での Sr-90 の変化を検討したが、豆腐、湯葉では試料量が少なく検出下限値以上の Sr-90 を検出することができなかった。おからでは、調理前大豆の約 65%の Sr-90 が分配されていることが明らかとなった。これは放射性セシウムの分配割合とは大きく異なるものであった。

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。出荷前および流通食品の検査結果は厚生労働省のホームページ上にて随時公開されており、食品中の放射性セシウム濃度の動向を知ることができるようになっている。流通食品の買い上げ調査における、基準値違反率は 0.5%以下に抑えられており、出荷前検査が効率的に機能していることが示されている<sup>1,2)</sup>。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セシウムが含まれることはほとんどないと考えられる。しかし、基準値以下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除去に関する情報を収集し、提供することは、食品の安心を確保する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どう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上でも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セシウムを比較的高濃度に含む食品（コシア

ブラ、乾燥マイタケ、乾シイタケ、ヒメマス、イワタケ、大豆）を用いて簡単な調理・加工を行い、調理前後の放射性セシウム濃度および総量の変化について検討した。また、調理に使用する液体の量や塩分濃度、pH などを変化させた検討により放射性物質の除去率の違いについても検討した。さらに、情報の少ない放射性ストロンチウム (Sr-90) の調理・加工による挙動についても検討を実施した。

## B. 実験

### 1. 試料中の放射性セシウム濃度の測定

本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  $\gamma$  線スペクトロメーター (Canberra 社製、相対効率 36.3%) を用いて測定した。得られたスペクトルを解析ソフトウェア (ガンマエクスペローラー、Canberra 社製) を用いて解析し、試料中の放射性セシウム濃度 (Cs-134 + Cs-137) を算出した。母材は、ほとんどの食品試料については、「水・寒天」を選択したが、乾燥状態の食品試料 (調理前の乾燥マイタケ、乾シイタケ、イワタケ) については、「海底土・土壌・灰化物」を選択して自己吸収補正を行った。測定時間は試料中の放射性セシウム濃度に応じて 600~7200 秒とした。測定結果はサム効果補正を行った。また、調理前の食品試料中の放射性セシウム濃度を測定した日を基準日として減衰補正を行なった。「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」<sup>3)</sup>に記載のとおり、複数の異なるエネルギーを持つ  $\gamma$  線を放出する

Cs-134 は、壊変で生じる 475.4、563.3、569.3、604.7、795.8、801.8、1038.5、1167.9、1365.1 keV のピークから得られた荷重平均放射能濃度を算出し、Cs-137 の 661.6 keV の放射能濃度との合計値を試料中の放射性セシウム濃度とした。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ものについては、放射性セシウム濃度の測定を同様の方法で行った。

## 2. 試料中の Sr-90 濃度の測定

Sr-90 の調理・加工による挙動についての検討に用いた大豆については、同一ロットの試料を用い、一部を調理前の Sr-90 濃度の測定に使用した。残りの大豆は調理・加工後に Sr-90 濃度の測定に用いた。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」<sup>4)</sup>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。灰試料にストロンチウム担体溶液を添加し、王水及び硝酸で酸分解後、塩酸で抽出・ろ過し、試料溶液を得た。この試料溶液にカルシウム担体溶液、水酸化ナトリウム、炭酸ナトリウムを添加して加熱することで、炭酸塩沈殿を生成させた。炭酸塩沈殿を遠心分離により回収し、塩酸で再溶解後、シュウ酸及びアンモニア水を添加しシュウ酸塩沈殿を生成させた。シュウ酸塩沈殿を吸引ろ過により回収し、600°C で 3 時間焼成後、塩酸で再溶解・ろ過した試料溶液を陽イオン交換カラムにかけ、ストロンチウムとカルシウムの分離を行った。得られたストロンチウムを含む溶離

液を蒸発乾固させ、さらに硝酸を加えて乾固させることで硝酸ストロンチウムの結晶を得た。硝酸ストロンチウム結晶を水で溶解し、塩酸、塩化鉄(Ⅲ)溶液、塩化アンモニウムを加えて、加熱沸騰させ、さらにアンモニア水を加えることで、水酸化鉄(Ⅲ)とイットリウムを共沈させた。この沈殿をろ過により分離し、ストロンチウムからイットリウムを除去した(スカベンジング)。得られたろ液にアンモニア水と飽和炭酸アンモニウム溶液を加えて炭酸ストロンチウム沈殿を生成させた。これを重量既知のろ紙上に回収して乾燥・放冷後重量を測定し、ストロンチウムの回収率を求めた。ろ紙上の炭酸ストロンチウム沈殿をビーカーに移して塩酸溶液で溶解した後、イットリウム生成が平衡に達するまで 2 週間以上静置した。2 週間以上経過後、塩化アンモニウムを加えて加熱沸騰させ、さらにアンモニア水を加えることで、水酸化鉄(Ⅲ)とイットリウムを共沈させた。この沈殿をろ紙に回収し、イットリウムからストロンチウムを除去した(ミルクキング)。回収したイットリウムを含む沈殿を乾燥後、低バックグラウンドガスフローβ線検出器にてβ線を測定した。放射能測定法シリーズ 2 放射性ストロンチウム分析法の記載に従い、ミルクキング後のβ線計数値から Sr-90 の放射能を算出した。分析の流れを図 1 に示す。結果は、生 1 kg あたりの濃度で表記し、調製日で減衰補正を行った。また、検出限界は Cooper 法により 3σ に相当する濃度とし、それ以下の濃度の場合 ND とした。

### 3. 食品試料の調理

#### 3-1. コシアブラの塩茹で（あく抜き）

コシアブラは平成 26 年度の報告書において、てんぷらの調理を実施し、その結果を報告した。今年度は塩茹でにてあく抜きし、調理前後の放射性セシウムの移行割合等を検討した。

コシアブラ重量の約 10 倍量の水に 2% となるように食塩を加えて沸騰させ、調理前の放射性セシウム濃度を測定したコシアブラを入れて強火で 1.5 分間ゆでた。その後、試料重量の約 10 倍量の冷水中で 2 分間放置した。冷水から取り出し、水分を軽く絞った後、試料重量およびコシアブラ中の放射性セシウム濃度を測定した。さらに、ゆで汁および放冷に用いた冷水についても回収し、重量および放射性セシウム濃度を測定した。なお、検討は 3 併行で実施した。

#### 3-2. コシアブラの油炒め

3-1. コシアブラの塩茹で（あく抜き）を実施したコシアブラの一部を用いて、フライパンでの油いためを行い、調理後の放射性セシウムの移行割合等を検討した。

フライパンにサラダ油 2 g を入れて熱し、コシアブラを加えて強火で 1 分間炒めた。その後、弱火にして濃口醤油を 1 g 回し入れ、さらに 10 秒間炒めて取り出して放冷し、調理後のコシアブラの重量および放射性セシウム濃度を測定した。なお、検討は 3 併行で実施した。

#### 3-3. 乾燥マイタケの水戻し（水量および加熱の検討）

乾燥マイタケは水戻しに用いる水量を変えた検討を実施し、その後、戻し汁中で加熱した検討も実施することで、放射性セシウムの除去における水量の影響および加熱の影響を評価した。

乾燥マイタケに重量の 15 倍量および 30 倍量の水（常温、18℃）を加え、室温にて 60 分間水戻しを行った。水戻ししたマイタケを軽く絞り、マイタケと戻し汁に分けた後、マイタケおよび戻し汁中の重量および放射性セシウム濃度を測定した。測定後、マイタケと戻し汁を鍋に移し、中火で 5 分間加熱した。加熱終了直後にマイタケと煮汁を分け、放冷後、重量および放射性セシウム濃度の測定を行った。なお、検討は試料重量が少なかったため、各 1 施行の検討とした。

#### 3-4. 乾シイタケの水戻し（温度および浸漬時間の検討）

乾シイタケは、あらかじめスライスした状態で乾燥させてある試料を用い、戻し水の温度および戻し時の温度を変えて経時的にシイタケおよび戻し汁中の放射性セシウム濃度を測定することにより、温度および浸漬時間の影響を評価した。

乾シイタケは、重量の 20 倍量の水（常温、23.1℃）を加えて 4℃で浸漬、あるいは温水（40℃）を加えて室温（25℃）で浸漬し、2 時間後にシイタケと戻し汁に分けて重量および放射性セシウム濃度を測定した。測定後のシイタケと戻し汁を容器に戻し、再度 2 時間（合計 4 時間）4℃あるいは室温にて浸漬し、シイタケと戻し汁に分けて重量および放射性セシウム濃度を測定した。さらに、測定後のシ

イタケと戻し汁を容器に戻して 2 時間（合計 6 時間）4℃あるいは室温にて浸漬後、シイタケと戻し汁に分けて重量および放射性セシウム濃度を測定した。なお、検討は各 2 併行で実施した。

### 3-5. ヒメマスの燻製

ヒメマスなどの川魚は、生食、塩焼き、甘露煮など様々な方法で調理・加工される。本検討では、頭および内臓を除去したドレスの状態のヒメマスを用いて、燻製を作製した際の各過程における放射性セシウムの挙動を検討した。

ドレスの状態になっているヒメマスを

(1) ソミュール液（10%食塩水）に浸漬して調味し、(2) 塩抜き後、(3) 乾燥させてから (4) 燻製を行い、浸漬後のソミュール液、乾燥後のヒメマス、燻製後のヒメマスについて重量および放射性セシウム濃度を測定した。各工程の詳細は以下のとおりである。なお、検討は 5 併行で開始し、うち 2 施行分を (3) 乾燥後の重量および放射性セシウム濃度の測定に用い、残りの 3 施行分を (4) 燻製後の重量および放射性セシウム濃度を測定に用いた。なお、1 施行当たりのヒメマスの重量は約 550 g（6 匹）であった。

#### (1) ソミュール液への浸漬

①終濃度が 10%となるように食塩と水を鍋に入れ、加熱溶解後、放冷してソミュール液を調製した。

②ヒメマス重量のおよそ 0.55 倍量のソミュール液とヒメマスをジッパー付きのフリーザーバッグに入れ、4℃で 16 時間浸漬した。

③浸漬後のソミュール液を回収し、重量および放射性セシウム濃度を測定した。

#### (2) 塩抜き

①直径 30 cm 程度のステンレス製ボールにヒメマスに移し、流水下で 3 時間放置し、塩抜きを行った。

#### (3) 乾燥

①塩抜き後のヒメマスの余分な水分を除去した後、腹部を開いて爪楊枝で固定し、平ざるに重ならないように並べた。

②4℃（冷蔵庫内）にて、27 時間放置し、ヒメマスの乾燥を実施した。

③乾燥後のヒメマスのうち 2 施行分を用いて、重量および放射性セシウム濃度を測定した。

#### (4) 燻製

①乾燥後のヒメマスの尾びれ部分にタコ糸を結び、マルチオープン（ワクイ）に吊り下げた。

②ウッドチップ（ヒッコリー；SOTO）200 g をマルチオープンの下段に入れ、カセットコンロにて加熱しながら、約 50℃を保った状態で 2 時間燻製を実施した（温燻）。なお、ウッドチップは、加熱開始 45 分後に 100 g、75 分後にさらに 100 g 追加し、合計 400 g を使用した。

③2 時間の燻製後、ウッドチップをマルチオープンから出し、ヒメマスを吊り下げたまま 1 時間半放冷後、重量および放射性セシウム濃度を測定した。なお、燻製は 3 併行で実施した。

### 3-6. イワタケの水戻し・洗浄

イワタケは深山の断崖の岩場に自生する地衣類であり、成長に時間がかかること、採取が困難なことから、貴重な山の幸とされており、流通量は多くないものの、産地周辺の小売店やインターネット上で販売されている。イワタケは乾燥状態で流通しているが、実施に摂取する際には水戻し後、洗浄する必要があるため、食品中の放射性セシウム濃度検査を実施する際には摂取状態での濃度に換算する必要がある。しかし、イワタケの前処理は、乾燥シイタケなどの乾燥キノコ類や野菜、山菜、魚、海藻の乾物など「食品中の放射性物質の試験法の取り扱いについて」(厚生労働省 食安基発 0315 第 7 号、平成 24 年 3 月 15 日)<sup>5)</sup>に記載されている食品とは異なる特殊な工程であるため、これらの重量変化率を適用するのは適当でないと考えられる。そこで、イワタケの水戻しおよび洗浄を実施し、乾燥状態と洗浄後の重量および放射性セシウム濃度から重量比、放射性セシウムの濃度比や除去率を求めた。

イワタケは、商品に記載してあった方法に従い、下記の通りに水戻しおよび洗浄を行った。

①ボールにイワタケとイワタケ重量の約 65 倍量の 1.5%食塩水を入れてよくかき混ぜ、室温で一晩放置した。

②ブラシを用いてイワタケの裏面(黒くない方の面)をこすり、表面の汚れをこそげ取った。

③きれいな水で 3 回洗浄し(合計で約 1000 g の水を使用)、水気を絞った後、重量および放射性セシウム濃度を測定した。

### 3-7. 大豆の調理加工(おから・豆腐・湯葉への加工)

大豆は、煮豆や煎り豆、豆腐、豆乳、おからなど様々な食品に調理、加工される。昨年度の検討では、大豆から豆乳、おから、豆腐、湯葉を調製し、放射性セシウムの移行割合等を明らかとした。今年度の検討では、Sr-90 の大豆から豆乳およびおからを調製後、豆乳を 2 分し、豆腐および湯葉に加工し、できたおから、豆腐および湯葉中の Sr-90 濃度を測定して、調理前的大豆に対する Sr-90 の移行割合等を検討した。

まず、大豆を水で 3 回(合計 5L の水を使用)洗浄し、ザルに上げて水分を除いた後、(1)大豆の膨潤、(2)生呉の作製、(3)煮呉の作製、(4)豆乳・おからの作成、(5)豆腐の作製、(6)湯葉の作製を順に行った。それぞれの加工法は以下の通りである。また、加工の流れを図 2 に示す。

#### (1)大豆の水戻し

① 大豆の乾燥重量の 3 倍量の水に大豆を室温で約 40 時間浸漬した。

#### (2)生呉の作製

① 水戻し後の大豆、戻し後の水を家庭用ミキサーに入れ、大豆を粉砕した。細かく粉砕するため、一度粉砕した生呉を再度ミキサーにて粉砕した。

#### (3)煮呉の作製

① 生呉と同量の水を鍋で沸騰させ、生呉を加えてかき混ぜながら、10 分間

煮た。途中、出たアクは除去した。

#### (4) 豆乳・おからの作製

- ① 煮呉を熱いうちにさらしに取って絞り、豆乳とおからに分けた。

#### (5) 豆腐の作製

- ① 豆乳 1200 g を鍋に移し、80°Cに温めた後、ニガリ液(ニガリ原液(手づくり豆腐用天塩にがり、株式会社天塩) 12.5 ml を白湯 50 ml で希釈したもの)を加えて軽く混ぜ、ふたをして15分間放置した。
- ② さらしを敷いた豆腐型に入れ、上から約 1 kgの重しを載せて1時間水を切った。

#### (6) 湯葉の作製

- ① 残りの豆乳をグリルパンに移し、80°C程度に温め、表面に張った膜(湯葉)をくみ上げた。
- ② 豆乳が少なくなるまでこれを繰り返した。

すべての検討は同一ロットの大豆を用いて3試行実施した。

### 4. 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<sup>6)</sup>。

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. コシアブラの塩茹で(あく抜き)

コシアブラの塩茹で(あく抜き)前後の重量、放射性セシウム濃度などのデータを表2に示した。また、実測データを基に算出した濃度比などの情報を表3に示した。調理工程の各工程における試料の様子を図3にまとめた。

コシアブラの塩茹で(あく抜き)では、試料重量の約10倍量の熱水で1.5分間ゆでた後、試料重量の約10倍量の冷水中で2分間放冷する方法を用いた。この方法で茹でたコシアブラ中の放射性セシウム濃度は、調理前の約1800 Bq/kgから約1100 Bq/kgに低下しており、濃度比は0.62となった。1検体あたりの放射性セシウム量は29 Bqから15 Bqに減少し、除去率は50%となった。ゆで汁および放冷に用いた水中の重量および放射性セシウム濃度測定から算出された放射性セシウムの移行割合は、それぞれ約0.4および0.1となり(図4)、コシアブラ中の放射性セシウムの残存割合と合算するとそ



の収支は1となった。本検討により、塩水中での加熱の過程で調理前のコシアブラに含まれる放射性セシウムの約40%がゆで汁中に移行し、水さらしの過程でさらに約10%が水中に移行することが明らかとなった。

## 2. コシアブラの油炒め

コシアブラの油炒めは、塩茹でによるあく抜き後に実施した。調理前後の前後の重量、放射性セシウム濃度などのデータを表2に示した。また、実測データを基に算出した濃度比などの情報を表3に示した。調理工程の各工程における試料の様子を図3にまとめた。

コシアブラの油炒め後の放射性セシウムの濃度比、重量比は塩茹でとほぼ同等であり、除去率についても47%と、塩茹での除去率とほぼ同等であった。油炒めの過程では放射性セシウムは除去されず、塩茹での過程でゆで汁などに移行した分が除去されたのみであった。

## 3. 乾燥マイタケの水戻し（水量および加熱の検討）

乾燥マイタケの水戻し前後の重量、放射性セシウム濃度などのデータを表3に、実測データに基づいて算出した濃度比などの情報を表4に示した。また、調理の様子を図5に示した。

マイタケの水戻しは、水戻しに用いる水量をマイタケ重量の15倍量と30倍量とした2条件で実施した。15倍量の水で戻した際の放射性セシウムの濃度比は0.09、30倍量の水で戻した際の放射性セシウムの濃度比は0.06であり、30倍量

の水で戻した方が15倍量の水で戻すよりも約1.5倍濃度比が低くなった。一方、15倍量と30倍量の水で戻した際の重量比はそれぞれ3.65および4.14となり、放射性セシウムの除去率はそれぞれ67%および75%となった。室温での60分間の水戻しでは、30倍量の水で戻す方が15倍量の水で戻すよりも多くの放射性セシウムがマイタケから除去されることが明らかになった。さらに、戻し汁中で加熱することによる影響を検討した結果、加熱することによって、マイタケからの放射性セシウムの除去率は15倍量の水で戻した場合では67%から69%に、30倍量の水で戻した場合では75%から84%に上昇した。5分間の加熱によって、放射性セシウムの除去率はわずかに上昇することが明らかとなった。加熱後のマイタケと戻し汁中の放射性セシウム濃度は、15倍量の水で戻した場合ではほぼ同等の濃度となっていたため、加熱による放射性セシウムの除去効果が小さかった一方で、30倍量の水で戻した場合には1.4倍程度の濃度差があったことから、さらなる加熱や加熱後の戻し汁中での浸漬を行うことで、除去率がより高くなる可能性が考えられた。

## 4. 乾シイタケの水戻し（温度および浸漬時間の検討）

乾シイタケの水戻し前後の重量、放射性セシウム濃度などのデータを表5に、実測データに基づいて算出した濃度比などの情報を表6および7に示した。

乾シイタケの水戻しは、乾シイタケ重量の20倍量の水に浸漬させることによ

って実施した。水温を常温（23.1℃）とし、4℃下で浸漬した場合と、水温を40℃として室温で浸漬させた場合の2条件について検討した。浸漬時間は2時間、4時間、6時間とし、乾シイタケ中の放射性セシウムの残存割合の経時的な変化を確認した。その結果、常温水、4℃浸漬の条件では、シイタケ中の放射性セシウムの濃度比が2、4、6時間の浸漬でそれぞれ0.10、0.05、0.06となり、重量比はそれぞれ4.04、4.26、4.39となった。シイタケ中の放射性セシウムの残存割合はそれぞれ0.41、0.22、0.26であった。40℃水、室温浸漬の条件では、シイタケ中の放射性セシウムの濃度比が2、4、6時間の浸漬でそれぞれ0.09、0.06、0.06となり、重量比はそれぞれ3.91、4.14、4.23となった。シイタケ中の放射性セシウムの残存割合はそれぞれ0.33、0.25、0.26であった。各条件におけるシイタケ中の放射性セシウムの残存割合および戻し汁への移行割合の経時的変化を図6に示した。どちらの条件においても、浸漬後4時間と6時間における残存割合にほとんど変化がなく、4時間以上浸漬しても除去効果は高くないことが示唆された。4時間および6時間浸漬におけるシイタケと戻し汁中の放射性セシウム濃度間にはほとんど差がなくなっており、濃度差による放射性セシウムの拡散が生じなくなったことが、放射性セシウムのシイタケから戻し汁へ移行しなくなった要因であると考えられた。浸漬に用いた水温および浸漬温度の影響は、2時間の浸漬においてわずかに認められ、40℃水を用いて室温で水戻しの方が、常温水を用い

て4℃で水戻しするよりも、0.1程度残存割合が低くなった。しかし、4時間以上浸漬した場合には両者に差は認められず、高温での浸漬によるシイタケからの放射性セシウムの溶出促進効果は、2時間以内の短時間の浸漬においてのみ認められるという結果となった。

## 5. ヒメマスの燻製

ヒメマスの調理前後の重量、放射性セシウム濃度などのデータを表8に、実測データから算出した濃度比などの情報を表9に示した。また、調理の各工程の様子を図7に示した。

ヒメマスは、ソミュール液に浸漬し、塩抜き後、冷蔵庫内で27時間乾燥させた状態での放射性セシウム濃度などを測定した群と、乾燥後、さらに燻製を行ってから放射性セシウム濃度などを測定した群に分けて、検討を実施した。乾燥後に測定を行ったヒメマスでは、調理前の1試行あたりの放射性セシウム量は34 Bqであったが、ソミュール液への浸漬、塩抜き後、冷蔵庫内で27時間の乾燥後にはヒメマスの放射性セシウム量は11 Bqに減少しており、調理前後の濃度比は0.34、重量比は0.92となった。また、ヒメマスを浸漬した後のソミュール液中に移行した放射性セシウム量は11 Bqであった。塩抜きは流水下で実施したため、塩抜きに用いた水中に移行した放射性セシウム濃度などは測定できなかったが、放射性セシウムの収支を考えるとおよそ11 Bq程度の放射性セシウムが塩抜きの段階で除去されたと考えられた。本結果から、ヒメマス中の放射性セシウムは、調理前

のおよそ 1/3 がソミュール液の浸漬の段階で除去され、塩抜き段階でさらに 1/3 が除去され、最終的にヒメマス中には調理前のおよそ 1/3 (残存割合 0.32) が残存したことが明らかとなり、放射性セシウムの除去率は 68%となった。この調理では、27 時間冷蔵庫内で乾燥させる工程があるが、乾燥前に液体に浸漬することでヒメマスに水分が付与され重量がいったん増えるうえ、低温での乾燥のため水分の蒸発は少なく、重量比は 0.92 と調理前の重量と大きく変化していない。また、ソミュール液への浸漬や塩抜きの段階での放射性セシウムの除去率が高いため、調理前後の濃度比は 1 を大きく下回る結果となった。

燻製後に放射性セシウム濃度などを測定した群においては、調理前のヒメマス中の放射性セシウム量は 34 Bq、調理後のヒメマス中の放射性セシウム量は 12 Bq であり、残存割合は 0.35 と乾燥後に測定した群とほぼ同等の結果となった。一方、濃度比は 0.45、重量比は 0.79 であり、燻製で加熱されたことによって水分の蒸発や脂肪分の溶出が起こり、乾燥のみの状態より重量は軽く、濃度は濃くなったと考えられた。ヒメマス浸漬後のソミュール液中への放射性セシウムの移行量は 9.7 Bq、収支から推定される塩抜きに用いた水への放射性セシウムの移行量はおよそ 12 Bq であり、これらの移行割合は乾燥のみの場合と大きく異なっていない。これらの結果より、燻製後のヒメマスにおいては、燻製前のソミュール液への浸漬と塩抜きの段階で放射性セシウムが除去されるものの、燻製の

段階では放射性セシウムの除去は起こらないことが明らかとなった。また、ソミュール液への浸漬と塩抜きの段階で、調理前の 65%の放射性セシウムが除去されるため、燻製により調理前の 0.79 まで重量比は減少するものの、濃度比は 1 を超えないことが明らかとなった。

## 6. イワタケの水戻し・洗浄

イワタケの調理(洗浄)前後の重量、放射性セシウム濃度などのデータを表 10 に、実測データから算出した濃度比などの情報を表 11 に示した。また、調理の各工程の様子を図 8 に示した。

イワタケを食用とする際の前処理では、水戻し後、表面の汚れを落とす必要があるため、一晩水に浸漬して戻した後、表面の汚れをブラシでこそげ落とし、さらに水で洗浄した後のイワタケを調理後の試料として放射性セシウム濃度などの測定を実施した。水戻し、洗浄前後で、重量は 31g から 71g に増加し、重量比は 2.27 倍となった。イワタケ中の放射性セシウム濃度は、水戻し、洗浄前後で 301 Bq/kg から 40 Bq/kg に減少し、濃度比は 0.13 となった。1 試行あたりの放射性セシウム量は水戻し、洗浄前後で 9.4 Bq から 2.9 Bq になり、残存割合は 0.30、除去率は 70%であった。以上のように、イワタケの摂取状況を踏まえた前処理を実施すると、重量比のみで濃度を補正する以上の放射性セシウム濃度および量の減少が生じることが明らかとなった。他の乾燥食品では、水戻しなどの過程で生じる放射性セシウムの除去率について考慮されていないが、イワタケのように積

極的な汚れの除去の工程が必須の食品中の放射性セシウム検査においては、その過程における除去率等を考慮した濃度比を用いるほうが実態に即していると考えられた。

## 7.大豆の調理加工（おから・豆腐・湯葉への加工）

大豆を調理前試料として、大豆の加工後にできたおから、豆腐、湯葉の重量、Sr-90濃度(Bq/kg)、1試行あたりのSr-90量(Bq)などの情報を表12に示した。また、おからについては、残存割合、重量比、濃度比、除去率を表13に示した。

表12に示す通り、豆腐、湯葉については、調理後のSr-90濃度が検出下限値未満となり、1試行あたりのSr-90量や残存割合などを算出することができなかった。この原因として、分析に用いた豆腐や湯葉の試料量が少なく、検出下限値が高くなったことが考えられた。実際、おからの場合は検討した3試行のすべてで1000g近い試料量が得られており、検出下限値が0.02 Bq/kgとなったが、豆腐および湯葉では、得られた試料量が300g程度であり、検出下限値が0.06~0.1 Bq/kgに高くなった。これにより、豆腐や湯葉の各試料に含まれるSr-90が検出下限値未満の濃度になったと考えられた。

調理前的大豆中のSr-90濃度が0.29 Bq/kg、1試行あたりのSr-90量が0.19 Bqであったのに対し、すべての試料でSr-90が検出されたおからでは、Sr-90濃度が0.12 Bq/kg、1試行あたりのSr-90量が0.12 Bqであり、濃度比は0.40、残

存割合は0.64という結果となった。豆腐および湯葉のSr-90残存割合については、Sr-90濃度が検出下限値未満となったため、算出することができなかったが、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の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。昨年度の報告書<sup>7)</sup>にて報告し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。大豆の組織において、カリウムは種皮、子葉にかかわらず種子全体に分布していた一方で、カルシウムは種皮中に多くが分布しており、子葉中の存在量が少ないことが報告されている<sup>8)</sup>。セシウムはカリウムと、ストロンチウムはカルシウムと同じような挙動を示すことから、セシウムとストロンチウムについても、カリウムとカルシウムのように大豆内での分布に違いがあると考えられる。そのため、種皮を含むおからと含まない豆乳のそれぞれの放射性核種の分配比に違いが出たものと考えられた。これまでに、日本に特有の食材でSr-90の調理加工による濃度比や残存割合、除去率などを検討した例はほとんど

なく、この検討結果は貴重なデータであると考えられた。

#### D. 結論

本検討の結果、コシアブラの調理では、あく抜きとして実施した塩茹でおよび水さらしの過程でそれぞれ調理前の約40%および10%の放射性セシウムが除去されることが明らかとなった。一方で、その後に油いための調理を実施しても、コシアブラ中の放射性セシウムの残存量には変化がないことが明らかとなった。

乾燥マイタケの調理においては、水戻しに用いる水量を変えた検討を実施した結果、乾燥マイタケ重量の15倍量の水で戻すよりも30倍量の水で戻すほうが、60分後のマイタケからの放射性セシウムの除去率が高くなる結果となったが、その差は10%未満であり、水量と比例するものではなかった。さらに、水戻し後に戻し汁中での加熱を行った場合、15倍量の水で戻した場合は3%、30倍量の水で戻した場合は9%除去率が増加した。一般的な浸漬時間での水戻しでは、大きな差とはならないものの、水戻しに用いる水量が多いほうが、放射性セシウムの除去効率が高いことが示された。

乾シイタケの水戻しでは、浸漬に用いた水の温度と放置温度について検討を実施した。浸漬に用いた水温および浸漬温度の影響は、2時間の浸漬においてわずかに認められ、40℃水を用いて室温で水戻しする方が、常温水を用いて4℃で水戻しするよりも、10%程度放射性セシウムの除去率が高くなった。しかし、4時

間以上浸漬した場合には両者に差は認められず、短時間で水戻しをする場合においては、高温下で実施するほうが放射性セシウムの除去が高効率に行われることが示された。

ヒメマスを用いた検討では、ソミュール液を用いた立て塩法で調味を行い、流水下で塩抜きをした後、冷蔵庫内で乾燥させた際のヒメマスと、その後さらに温燻法で燻製したヒメマスの放射性セシウムの除去率を検討した。その結果、ソミュール液への浸漬とその後の塩抜きの過程で調理前の約60%の放射性セシウムが除去される一方で、燻製の過程では放射性セシウムは除去されないことが明らかとなった。冷蔵庫内での乾燥や燻製の過程で試料重量は調理前と比較して減少するものの、ソミュール液への浸漬および塩抜きの過程での放射性セシウムの除去量が多いことから、調理後のヒメマスの濃度比が調理前を上回ることはなかった。

イワタケを用いた検討では、摂食に必須である水戻しおよび洗浄を行った結果、重量変化率（重量比）以上の放射性セシウム濃度の変化が認められた。イワタケは一般的な食品ではないため、摂取量、流通量などは少ないと考えられるが、検査の際には、他の乾燥食品とは異なり、水戻しおよび洗浄過程における除去率等を考慮した濃度比を用いるほうがより実態に即していると考えられた。

大豆の加工では、おから、豆腐、湯葉でのSr-90の変化を検討したが、豆腐、湯葉では試料量が少なく検出下限値以上のSr-90を検出することができなかった。

おからでは、調理前的大豆の約 65%の Sr-90 が分配されていることが明らかとなった。これは放射性セシウムの分配割合とは大きく異なるものであった。

## 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) 厚生労働省「食品中の放射性物質の試験法の取り扱いについて」食安基発 0315 第 7 号、平成 24 年 3 月 15 日 [http://www.mhlw.go.jp/shinsai\\_jouhou/dl/shikenhou\\_120319.pdf](http://www.mhlw.go.jp/shinsai_jouhou/dl/shikenhou_120319.pdf)
- 6) 環境パラメータ・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) [http://www.rwmc.or.jp/library/other/file/RWMC-TRJ-130012\\_zyokyoritu\\_kaitei\\_honPen.pdf](http://www.rwmc.or.jp/library/other/file/RWMC-TRJ-130012_zyokyoritu_kaitei_honPen.pdf)

- 7) 鍋師裕美 (2015). 食品中の放射性物質の調理及び加工による影響の検討. 平成 27 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
- 8) 徐 錫元, 茶村修吾, 早川利郎, 小林正義 (1980) X 線マイクロアナライザーの利用による大豆種子中の無機元素の分布調査. Japan. Jour. Crop Sci. 49 (3) : 506-507.

## F. 研究発表

1. 論文発表  
なし
2. 学会発表  
なし

## 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

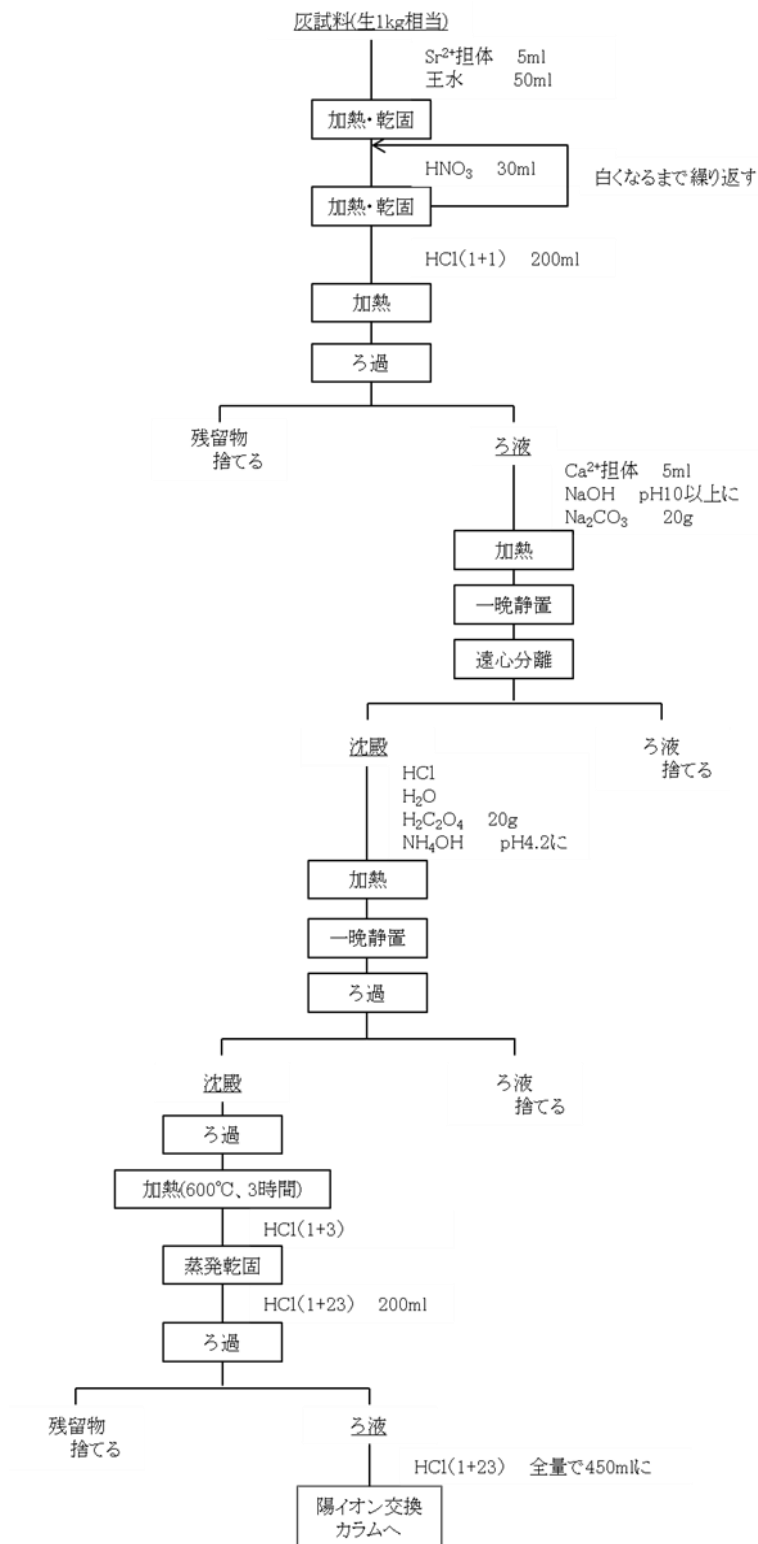


図1 Sr-90分析の流れ

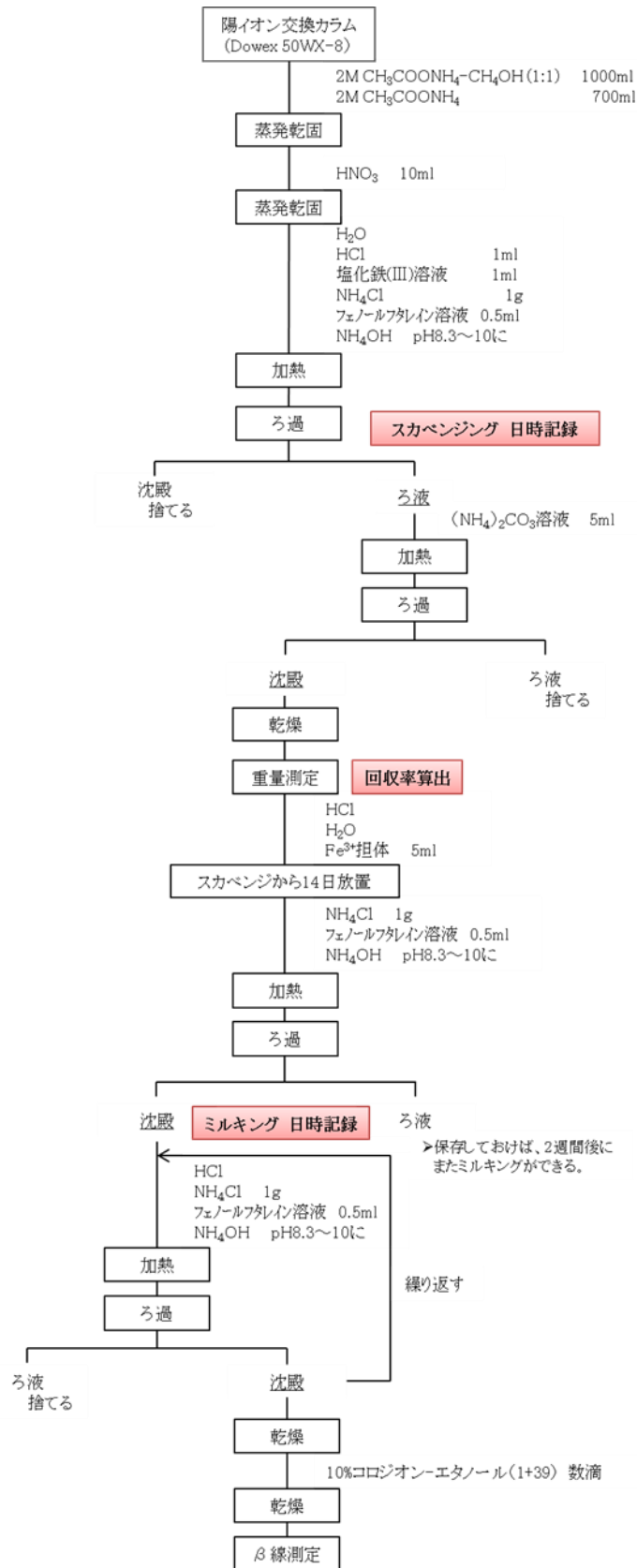


図1 Sr-90 分析の流れ (続き)



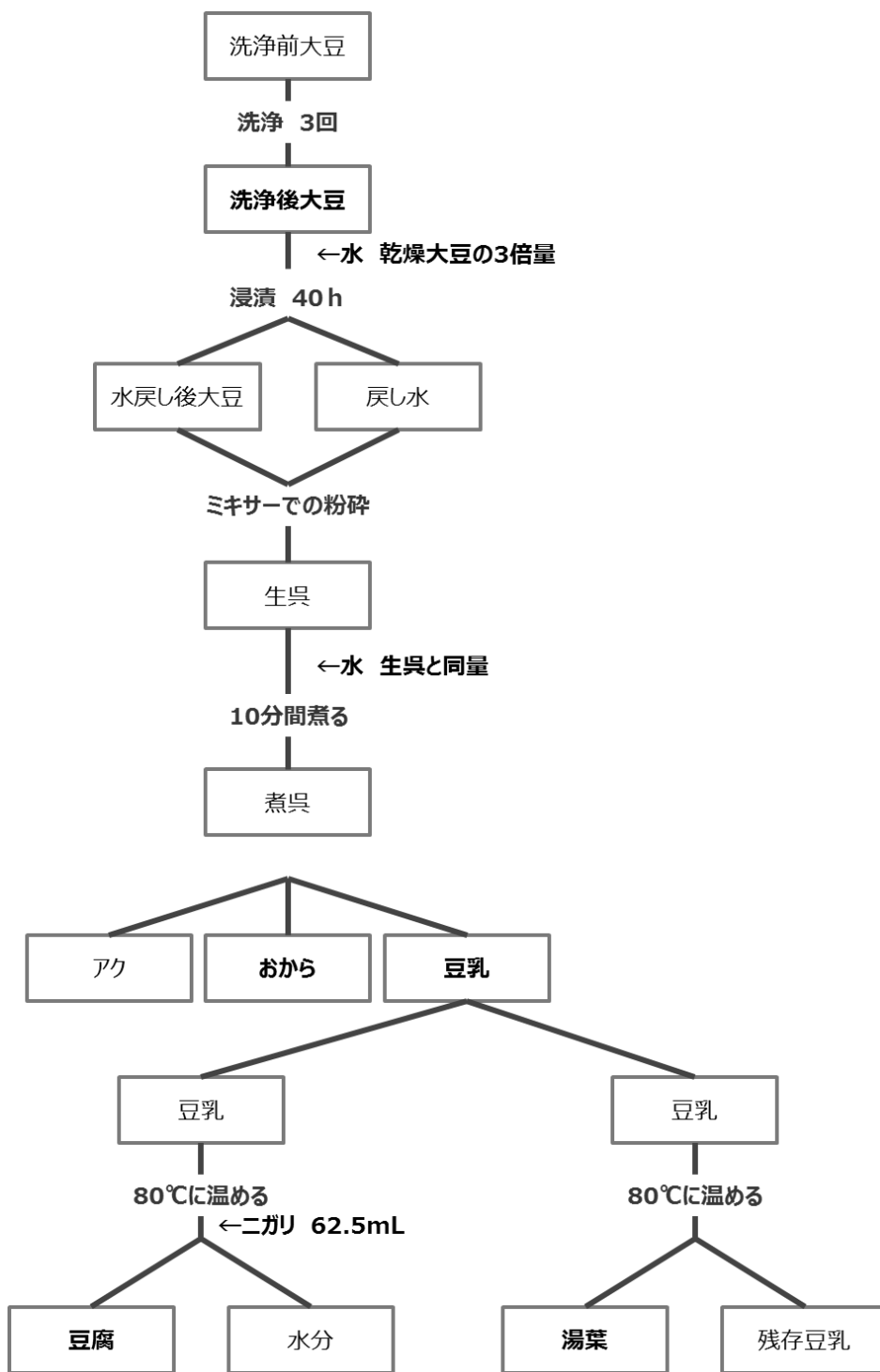


図2 大豆加工の流れ

コシアブラ ゆで（あく抜き）



コシアブラ ゆで（あく抜き）→油炒め



図3 コシアブラの調理の様子

放射性Cs残存割合・移行割合

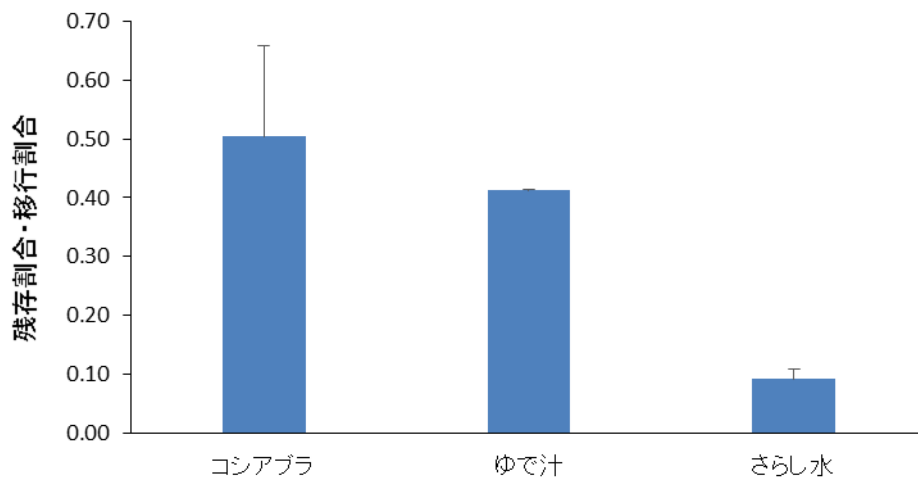


図4 コシアブラ、ゆで汁およびさらし水における放射性セシウムの残存割合および移行割合

乾マイタケ 水戻し⇒戻し汁中での加熱

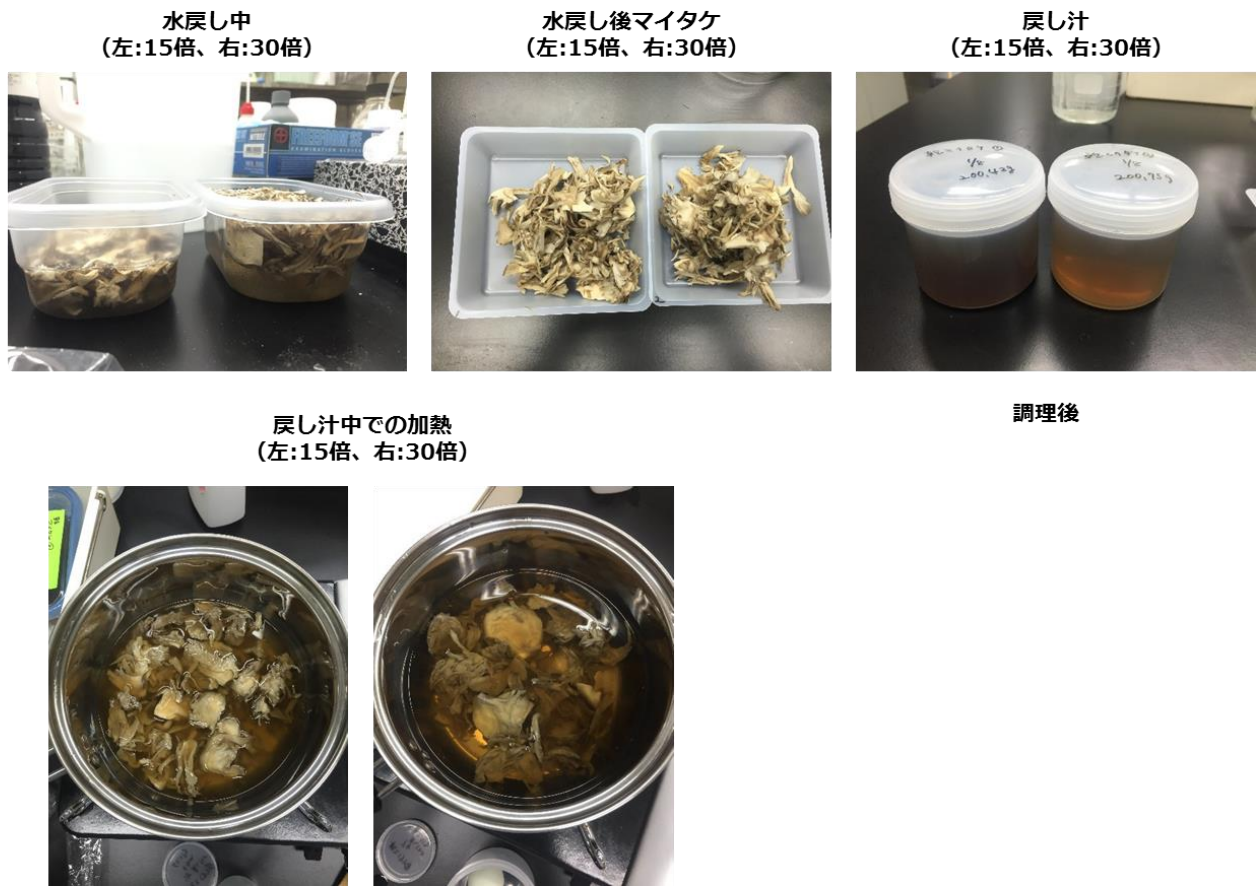


図5 乾燥マイタケの調理の様子

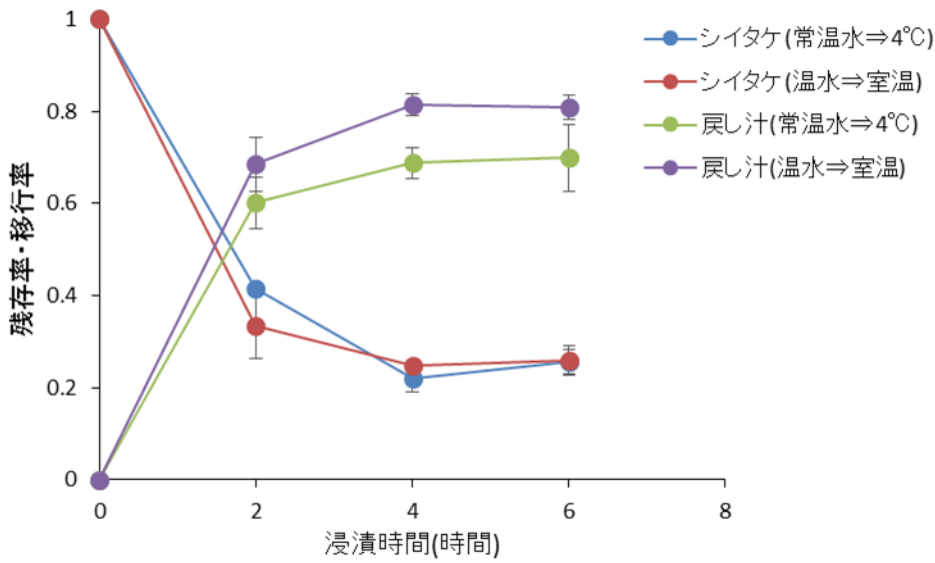


図6 乾シイタケおよび戻し汁中の放射性セシウムの残存率および移行率の経時変化



ソミュール液漬け込み直後    ソミュール液漬け込み16時間後    漬け込み後ソミュール液



塩抜き中



塩抜き後乾燥前



乾燥27時間後



燻製前



燻製中



燻製2時間後



図7 ヒメマス調理の様子

【洗浄前】



【浸漬直後】



【一晩浸漬後】



【洗浄後】



【浸漬・洗浄水】



図8 イワタケの洗浄の様子

表1 コシアブラの調理による重量、放射性セシウム濃度、放射性セシウム量の変化

試料	調理前			調理後				最終除去率 <sup>3)</sup>
	重量(g)	Cs放射能濃度 (Bq/kg)	1検体あたりのCs放射能(Bq)	重量(g)	Cs放射能濃度 (Bq/kg)	1検体あたりのCs放射能(Bq)	1試料あたりの放射性Cs残存率	
あく抜き コシアブラ	17 ± 2.2	1782 ± 463	29 ± 3.8	14 ± 2.1	1060 ± 30	15 ± 2.6	0.50 ± 0.2	0.50
あく抜き→油炒め コシアブラ	26 ± 0.5	2706 ± 654	70 ± 18	21 ± 0.6	1780 ± 416	36 ± 8.1	0.53 ± 0.04	0.47

1)最終除去率は、(1-調理後のコシアブラ 1 試料あたりの放射性 Cs 残存率) で求めた。

表2 コシアブラの調理による放射性セシウムの除去率・濃度比・重量比・残存割合

材料 調理・加工品	除去率・移行率 (%)	濃度比 <i>Pf</i>	重量比 <i>Pe</i>	残存割合 <i>Fr</i>			試料数
				平均	最小	最大	
コシアブラ あく抜き コシアブラ	50	0.62	0.81	0.50	0.39	0.61	2
コシアブラ あく抜き→油炒め コシアブラ	47	0.66	0.80	0.53	0.49	0.57	3

表3 乾燥マイタケの調理による重量、放射性セシウム濃度、放射性セシウム量の変化

	試料	調理前			調理後				最終除去率 <sup>①</sup>
		重量(g)	Cs放射能濃度 (Bq/kg)	1検体あたりの Cs放射能(Bq)	重量(g)	Cs放射能濃度 (Bq/kg)	1検体あたりの Cs放射能(Bq)	1試料あたりの 放射性Cs残存率	
水戻し (15倍)	乾マイタケ	16.7	126.6	2.1	61	11.4	0.7	0.33	0.67
水戻し (15倍)	戻し汁				202	7.6	1.5	0.73	
水戻し (30倍)	乾マイタケ	16.4	151.1	2.5	68	9.1	0.6	0.25	0.75
水戻し (30倍)	戻し汁				436	4.5	1.9	0.79	
水戻し後加熱 (15倍)	乾マイタケ	16.7	126.6	2.1	62	10.6	0.7	0.31	0.69
水戻し後加熱 (15倍)	戻し汁				139	10.8	1.5	0.71	
水戻し後加熱 (30倍)	乾マイタケ	16.4	151.1	2.5	58	7.0	0.4	0.16	0.84
水戻し後加熱 (30倍)	戻し汁				381	5.0	1.9	0.78	

1) 最終除去率は、(1-調理後の乾燥マイタケ1試料あたりの放射性Cs残存率)で求めた。

表4 乾燥マイタケの調理による放射性セシウムの除去率・濃度比・重量比・残存割合

材料 調理・加工品	除去率・移行率 (%)	濃度比 <i>Pf</i>	重量比 <i>Pe</i>	残存割合 <i>Fr</i>	試料数
乾マイタケ 水戻し(15倍) マイタケ	67	0.09	3.65	0.33	1
乾マイタケ 水戻し(15倍) 戻し汁	27	0.06		0.73	1
乾マイタケ 水戻し(30倍) マイタケ	75	0.06	4.14	0.25	1
乾マイタケ 水戻し(30倍) 戻し汁	21	0.03		0.79	1

材料 調理・加工品	除去率・移行率 (%)	濃度比 <i>Pf</i>	重量比 <i>Pe</i>	残存割合 <i>Fr</i>	試料数
乾マイタケ 水戻し後加熱(15倍) マイタケ	69	0.08	3.70	0.31	1
乾マイタケ 水戻し後加熱(15倍) 戻し汁	29	0.09		0.71	1
乾マイタケ 水戻し後加熱(30倍) マイタケ	84	0.05	3.51	0.16	1
乾マイタケ 水戻し後加熱(30倍) 戻し汁	22	0.03		0.78	1

表5 乾シイタケの水戻しによる重量、放射性セシウム濃度、放射性セシウム量の変化

試料	調理前			戻し時間 (時間)	調理後			最終除去率 <sup>3)</sup>		
	重量(g)	Cs放射能濃度 (Bq/kg)	1検体あたりの Cs放射能(Bq)		重量(g)	Cs放射能濃度 (Bq/kg)	1検体あたりの Cs放射能(Bq)		1試料あたりの 放射性Cs残存率	
水戻し(20倍) 常温水⇒4°C静置	乾シイタケ	9.5 ± 0.04	659 ± 95	6.2 ± 0.9	2	38 ± 0.4	68 ± 9.7	2.6 ± 0.3	0.41 ± 0.007	0.59
水戻し(20倍) 常温水⇒4°C静置	乾シイタケ				4	40 ± 0.4	35 ± 9.5	1.4 ± 0.4	0.22 ± 0.03	0.78
水戻し(20倍) 常温水⇒4°C静置	乾シイタケ				6	41 ± 0.7	39 ± 9.3	1.6 ± 0.4	0.26 ± 0.03	0.74
水戻し(20倍) 40°C水⇒室温静置	乾シイタケ	9.5 ± 0.04	578 ± 8.7	5.5 ± 0.1	2	37 ± 1.4	49 ± 9.1	1.8 ± 0.4	0.33 ± 0.3	0.67
水戻し(20倍) 40°C水⇒室温静置	乾シイタケ				4	39 ± 0.4	35 ± 0.5	1.4 ± 0.01	0.25 ± 0.004	0.75
水戻し(20倍) 40°C水⇒室温静置	乾シイタケ				6	40 ± 1.3	36 ± 3.4	1.4 ± 0.2	0.26 ± 0.03	0.74

1) 最終除去率は、(1-調理後の乾シイタケ 1 試料あたりの放射性 Cs 残存率) で求めた。



表6 乾シイタケの水戻しによる放射性セシウムの除去率・濃度比・重量比・残存割合

材料 調理・加工品	除去率・移行率 (%)	濃度比 $Pf$	重量比 $Pe$	残存割合 $Fr$			試料数	戻し時間 (時間)
				平均	最小	最大		
乾シイタケ 水戻し(20倍) 常温水⇒4℃静置 シイタケ	59	0.10	4.04	0.41	0.41	0.42	2	2
乾シイタケ 水戻し(20倍) 常温水⇒4℃静置 シイタケ	78	0.05	4.26	0.22	0.20	0.24	2	4
乾シイタケ 水戻し(20倍) 常温水⇒4℃静置 シイタケ	74	0.06	4.39	0.26	0.24	0.27	2	6

材料 調理・加工品	除去率・移行率 (%)	濃度比 $Pf$	重量比 $Pe$	残存割合 $Fr$			試料数	戻し時間 (時間)
				平均	最小	最大		
乾シイタケ 水戻し(20倍) 40℃水⇒室温静置 シイタケ	67	0.09	3.91	0.33	0.28	0.38	2	2
乾シイタケ 水戻し(20倍) 40℃水⇒室温静置 シイタケ	75	0.06	4.14	0.25	0.25	0.25	2	4
乾シイタケ 水戻し(20倍) 40℃水⇒室温静置 シイタケ	74	0.06	4.23	0.26	0.24	0.28	2	6

表7 乾シイタケの水戻しによる戻し汁中の放射性セシウムの移行率・濃度比・移行割合

材料 調理・加工品	除去率・移行率 (%)	濃度比 <i>Pf</i>	重量比 <i>Pe</i>	移行割合			試料数	戻し時間 (時間)
				平均	最小	最大		
乾シイタケ 水戻し(20倍) 常温水⇒4℃静置 戻し汁	40	0.04		0.60	0.56	0.64	2	2
乾シイタケ 水戻し(20倍) 常温水⇒4℃静置 戻し汁	31	0.04		0.69	0.66	0.71	2	4
乾シイタケ 水戻し(20倍) 常温水⇒4℃静置 戻し汁	30	0.04		0.70	0.65	0.75	2	6

材料 調理・加工品	除去率・移行率 (%)	濃度比 <i>Pf</i>	重量比 <i>Pe</i>	移行割合			試料数	戻し時間 (時間)
				平均	最小	最大		
乾シイタケ 水戻し(20倍) 40℃水⇒室温静置 戻し汁	32	0.04		0.68	0.64	0.73	2	2
乾シイタケ 水戻し(20倍) 常温水⇒4℃静置 戻し汁	19	0.05		0.81	0.80	0.83	2	4
乾シイタケ 水戻し(20倍) 常温水⇒4℃静置 戻し汁	19	0.05		0.81	0.79	0.83	2	6

表 8：ヒメマスの調理による重量、放射性セシウム濃度、放射性セシウム量の変化

試料	調理前			調理後				最終除去率 <sup>3)</sup>
	重量(g)	Cs放射能濃度 (Bq/kg)	1検体あたりのCs放射能(Bq)	重量(g)	Cs放射能濃度 (Bq/kg)	1検体あたりのCs放射能(Bq)	1試料あたりの放射性Cs残存率	
ソミュール液浸漬→塩抜き→乾燥 ヒメマス	543 ± 15	63 ± 5.0	34 ± 3.5	506 ± 15	22 ± 6.1	11 ± 2.7	0.32 ± 0.05	0.68
ソミュール液浸漬→塩抜き→乾燥→燻製 ヒメマス	558 ± 5.3	61 ± 3.8	34 ± 2.5	441 ± 7.0	27 ± 5.4	12 ± 2.3	0.35 ± 0.05	0.65

1) 最終除去率は、(1-調理後のヒメマス 1 試料あたりの放射性 Cs 残存率) で求めた。

表 9 ヒメマスの調理による放射性セシウムの除去率・濃度比・重量比・残存割合

材料 調理・加工品	除去率・移行率 (%)	濃度比 <i>Pf</i>	重量比 <i>Pe</i>	残存割合 <i>Fr</i>			試料数
				平均	最小	最大	
ヒメマス ソミュール液浸漬→ 塩抜き→乾燥 ヒメマス	68	0.34	0.92	0.32	0.28	0.35	2
ヒメマス ソミュール液浸漬→ 塩抜き→乾燥→燻製 ヒメマス	65	0.45	0.79	0.35	0.30	0.39	3

表 10 イワタケの洗浄による重量、放射性セシウム濃度、放射性セシウム量の変化

	洗浄前					洗浄後				
	重量 (g)	Cs-134 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	Total (Bq/kg)	放射性Cs量 (Bq)	重量 (g)	Cs-134 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	Total (Bq/kg)	放射性Cs量 (Bq)
イワタケ	31	65	236	301	9.43	71	6.2	34	40	2.85

表 11 イワタケの洗浄による放射性セシウムの除去率・濃度比・重量比・残存割合

	重量比	濃度比	残存割合	除去率(%)
イワタケ	2.27	0.13	0.30	70

表 12 大豆の加工による重量、Sr-90 濃度、Sr-90 量の変化

	試料	調理前(大豆)			調理後				最終除去率 <sup>1)</sup>
		重量(g)	Sr-90放射能濃度 (Bq/kg)	1検体あたりの Sr-90放射能(Bq)	重量(g)	Sr-90放射能濃度 (Bq/kg)	1検体あたりの Sr-90放射能(Bq)	1試料あたりの Sr-90残存率	
おから	大豆	648 ± 24	0.29	0.19 ± 0.007	1039 ± 67	0.12 ± 0.06	0.12 ± 0.02	0.64 ± 0.07	0.36
	豆腐	319 ± 15	0.29	0.093 ± 0.004	341 ± 40	ND	-	-	-
	湯葉	282 ± 12	0.29	0.083 ± 0.004	181 ± 23	ND	-	-	-

1)最終除去率は、(1-調理後のおから 1 試料あたりの Sr-90 残存率) で求めた。

表 13 大豆の加工によるおから中の Sr-90 の除去率・濃度比・重量比・残存割合

材料	除去率	濃度比	重量比	残存割合 $Fr$		
				平均	最小	最大
調理・加工品	(%)	$Pf$	$Pe$			
おから	<b>36</b>	0.40	1.61	<b>0.64</b>	0.58	0.72

## 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

堤 智昭

平成 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

研究分担報告書

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 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

震災に伴う津波が魚介類を介したポリ塩化ビフェニル (PCBs) 摂取量に与えた影響を調査するため、津波被災地域 (A 及び B 地域) および非津波被災地域 (C 及び D 地域) から魚介類を使用した一食分試料を購入し、これら試料からの PCBs 摂取量を調査した。一食分試料としては、各調査対象地域産の魚介類を多く使用した握り寿司及び海鮮丼を購入し、魚介類を使用した具材のみを均一化して PCBs 分析の試料とした。

A~D 地域で購入した一食分試料 (各地域  $n = 10$ ) からの PCBs 摂取量の 25、50、75 パーセンタイル値を比較した。津波被災地域におけるパーセンタイル値は非津波被災地域のパーセンタイル値を大きく上回ることはなく、非津波被災地域と比較して PCBs 摂取量が高い傾向は見られなかった。また、各一食分試料からの総 PCBs 摂取量における PCBs 同族体の割合を解析したところ、津波被災地域の試料において新たな PCBs 汚染源を示唆するような PCBs 同族体の組成は認められず、非津波被災地域の試料と同様に 4~7 塩素化 PCBs の占める割合が大きかった。

以上の結果から、津波被災地域の一食分試料において、注視すべき高い PCBs 摂取量は認められず、津波による影響は確認できなかった。

研究協力者 国立医薬品食品衛生研究所食品部

高附 巧、植草義徳、前田朋美

## 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、これまでに複数種の食品における各種有害化学物質濃度の実態を調査してきた。特にポリ塩化ビフェニル（PCBs）については、PCBsを含むトランスやコンデンサなどが海に流出した可能性が指摘されていることから、平成25年度から27年度にかけて津波被災地域及び非津波被災地域で買い上げた魚試料を対象にPCBs濃度を調査してきた<sup>1-3)</sup>。これまでに、津波被災地域で買い上げた魚試料において注視すべきPCBs濃度の上昇は認められていないものの、調査対象が数種の魚種に限られていた。魚介類は握り寿司や海鮮丼など一食分の形態で食する機会も多く、地域産の種々の魚介類が使用されることがある。そのため、津波により生じたPCBs汚染が、津波被災地域で食されている握り寿司や海

鮮丼からのPCBs摂取量へ与える影響が懸念された。

そこで本年度は、地域産の魚介類が含まれる握り寿司及び海鮮丼を、津波被災地域（岩手県、宮城県）及び非津波被災地域（石川県、静岡県）で買い上げ、これら一食分試料からのPCBs摂取量を調査した。

## B. 研究方法

### 1. 一食分試料

津波被災地域として岩手県及び宮城県、並びに比較対照となる非津波被災地として静岡県及び石川県を選択した。これらの地域で販売されていた握り寿司と海鮮丼を一食分試料として購入した。なお、表示などから対象地域産の魚介類が多く使用されている試料を購入した。また、使用されている魚介類の種類に大きな偏りがある試料は調査対象から除外した。

購入した試料の詳細を表1に示す。PCBsは主として魚介類を介して摂取されることが明らかになっていることから、購入した試料から魚介類を使用した具材を分別し、混合均一化したものをPCBs分析試料とした。魚介類以外の具材や飯は、一般にPCBs濃度が極めて低いことから分析試料から除外した。



## 2. PCBs 分析法

昨年度<sup>3)</sup>と同様に、高分解能 GC-MS を用いて 209 異性体を対象に異性体分析を実施した。新たなロットの GC カラムを分析に用いたことから、定量下限値 (LOQ) をあらためて推定した (表 2)。

## 3. 一食分試料からの PCBs 摂取量の推定

一食分の具材を均一化した試料の PCBs 濃度に、具材の重量を乗じて PCBs 摂取量を推定した。また、LOQ 未満の異性体濃度はゼロとして計算した。高分解能 GC-MS による PCBs 分析を実施することで LOQ は十分に低く設定できている。そのため、LOQ 未満の濃度で極微量に含まれる PCBs 異性体が存在していても、推定される PCBs 摂取量に与える影響はごく僅かであり、その影響は実質上無視できると考えられる。

## C. 結果および考察

### 1. 一食分試料からの PCBs 摂取量

津波被災地域 (A 及び B 地域) 及び非津波被災地域 (C 及び D 地域) における一食分試料 (計 40 試料) からの各 PCBs 同族体の摂取量、及びそれらの合計となる総 PCBs 摂取量を表 3 に、算出した統計量を表 4 に示した。また、地域別の総 PCBs 摂取量の箱ひげ図を図 1 に示した。

表 4 に示したように、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 パーセンタイル値はそれぞれ、171 ng、250 ng、654 ng であった。また、B 地区の平均値は 839 ng、25、50、75 パーセンタイル値はそれぞれ、362 ng であり、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 パーセンタイル値はそれぞれ、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 パーセンタイル値はそれぞれ、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 パーセンタイル値は、非津波被災地域である C 及び D 地域のパーセンタイル値を下回っていた。また、津波被災地域である B 地域については 25、75 パーセンタイル値が、非津波被災地域である C 及び D 地域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。

各地域の総 PCBs 摂取量の箱ひげ図 (図 1) をみると、津波被災地域の総 PCBs 摂取量が非津波被災地域と比較して、高濃度側に集中して分布しているようには見えなかった。いずれの地域でも高濃度側に裾を引いた分布となっていた。一般に PCBs などの環境汚染物質の濃度分布は対

数正規分布に従うため、総 PCBs 摂取量の分布もこれを反映しているものと考えられた。また、津波被災地域である A 地域の総 PCBs 摂取量は、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。A 地域で購入した一食分試料にはイカ、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(表 1)。一般的にこれらの魚介類の PCBs 濃度は魚と比較すると低いため、A 地域の総 PCBs 摂取量に影響したことが推測された。総 PCBs 摂取量の最大値は、非津波被災地域である D 地域の D-07 試料で得られ、一食あたりの総 PCBs 摂取量は 12 µg であった。この値は今回の調査結果の中で突出して高く、A~C 地域の最大値と比較すると 4.5~8.8 倍の値であった。前述したように、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、かつ、魚介類の種類によってもその濃度範囲は大きく異なる。これらのことを考慮すると総 PCBs 摂取量が突出して高かった D-07 試料は、地域を要因としてではなく、偶発的に高濃度の PCBs を含む魚介類が一食分試料に含まれていたと考える方が適当である。また、D-07 試料では一般に PCBs 濃度が低いと考えられるイカ、エビ、カイ、タコなどの魚介類を含んでおらず、魚のみから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総 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。我々は、平成 25 年から 27 年度にかけて津波被災地域及び非津波被災地域で買い上げた魚試料を対象に PCBs 濃度を調査しており、これまでに、津波被災地域において注視すべき PCBs 濃度の上昇は認められなかったことを報告している<sup>1-3)</sup>。また、我々は別途、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ット試料(10 群;魚介類)を用いた PCBs 摂取量調査も実施しているが、津波被災地域における PCBs 摂取量の増加は確認できていない<sup>4)</sup>。本年度の調査結果はこれまでの調査結果を支持するものと考えられた。

## 2. PCBs 同族体の割合

各一食分試料からの総 PCBs 摂取量に占める PCBs 同族体の割合を図 2 に示した。津波被災地域と非津波被災地域における PCBs 同族体の割合に顕著な違いは認められず、いずれの試料でも 4~7 塩素化 PCBs が主体であった。これらの同族体の総 PCBs 摂取量に占める割合は 83~96% であった。

日本では過去にコンデンサやトランス

にカネクロール（KC）が使用されていたことから、一般には過去に環境中に放出された KC に由来する PCBs が魚介類の主な汚染源になっていると考えられる。環境中に放出された PCBs については、低塩素化 PCBs は揮発性が高く、グラスホッパー現象や大気中でのラジカル分解の影響を受けることで、高塩素化 PCBs と比較して環境中で速やかに減少傾向を示すと考えられている<sup>5)</sup>。実際に阿久津らは過去のトータルダイエット試料（10 群；魚介類）の PCBs を分析し、1980 年代から 2000 年代にかけて低塩素化 PCBs（3 及び 4 塩素化物）の割合が減少していることを報告している<sup>5)</sup>。また、生体中では低塩素化 PCBs は高塩素化 PCBs と比較すると代謝が速いと言われている。これらのことから、津波により新たに発生した PCBs 汚染源にさらされた魚介類の PCBs 同族体の割合は、過去に放出された PCBs が汚染源となっている魚介類と比較し、低塩素化 PCBs の割合が大きくなると予想された。しかし、津波被災地域の一食分試料の低塩素化 PCBs（1～4 塩素化物）の割合は 15～27%であり、非津波被災地域の一食分試料の低塩素化 PCBs の割合（9～30%）と同程度であった（図 2）。また、震災前の魚介類中の PCBs 同族体の調査結果については限られているものの、環境省によるモニタリング調査の報告がある<sup>6)</sup>。

この調査結果によると、アイナメ、スズキ、カイなど 111 試料の 1～4 塩素化 PCBs の割合は 4～56%であった。以上より、今回の一食分試料の低塩素化 PCBs の割合は高いと判断できず、PCBs 同族体割合の解析から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. 研究方法

本年度は、津波被災地域（2 地域）および非津波被災地域（2 地域）から一食分試料（計 40 試料）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、一食分試料からの PCBs 摂取量における 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。

以上より、津波被災地域の一食分試料において、注視すべき高い PCBs 摂取量は認められず、津波による影響は確認できなかった。

#### E. 参考文献

1) 平成 25 年度厚生労働科学研究費補助

金研究報告書「震災に起因する食品中の放射性物質ならびに有害物質の実態に関する研究」(研究分担報告書 震災・津波による食品の化学物質汚染実態の調査)

2) 平成 26 年度厚生労働科学研究費補助金研究報告書「震災に起因する食品中の放射性物質ならびに有害物質の実態に関する研究」(研究分担報告書 震災・津波による食品の化学物質汚染実態の調査)

3) 平成 27 年度厚生労働科学研究費補助金研究報告書「震災に起因する食品中の放射性物質ならびに有害物質の実態に関する研究」(研究分担報告書 震災・津波による食品の化学物質汚染実態の調査)

4) 堤智昭, 高附巧, 植草義徳、渡邊敬浩、松田りえ子, 穂山浩, 手島玲子. 東日本大震災が魚介類を介した PCBs 摂取量に与えた影響 ～震災後のマーケットバスケット試料による摂取量の推定～. 第 24 回環境化学討論会要旨集, P-034 (2015)

5) 阿久津和彦, 桑原克義, 小西良昌, 松本比佐志, 村上保行, 田中之雄, 松田りえ子, 堀伸二郎. GC/MS による食品中のポリ塩化ビフェニルの異性体分析. 食品衛生学雑誌, **46**, 99-108 (2005).

6) 環境省 平成 18 年度版「化学物質と環境」モニタリング調査.

## F. 健康危険情報

なし

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

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>

### 2. 学会発表

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 (Dioxin 2016)*, Florence (Italy), August (2016).

## H. 知的所有権の取得状況

### 1. 特許取得

なし

### 2. 実用新案登録

なし

### 3. その他

なし

表 1 購入した一食分試料の詳細

購入地域	試料コード	種類	一食あたりの重量(g) <sup>1)</sup>	具材(魚介類を使用した具材のみ表記)	
津波被災地域	A	A-01	海鮮丼	164	サーモン, シマアジ, マグロ, イカ, イクラ, エビ, タコ, ホタテ
		A-02	握り寿司	72	ヒラメ, マグロ, イクラ, エビ, カニ, タコ, ホタテ
		A-03	海鮮丼	150	サーモン, スズキ, マグロ, イカ, イクラ, ウニ, エビ, タコ, ホタテ, ホッキ貝
		A-04	海鮮丼	157	カンパチ, サーモン, タラ, マグロ, イカ, イクラ, ウニ, エビ, タコ, ホタテ
		A-05	握り寿司	83	アジ, サバ, シマアジ, ヒラメ, アワビ, イカ, ウニ, タコ, ホタテ, ホッキ貝
		A-06	海鮮丼	155	カンパチ, サーモン, マグロ, イカ, イクラ, ウニ, エビ, タコ, ホタテ
		A-07	握り寿司	73	ヒラメ, マグロ, イクラ, エビ, カニ, タコ, ホタテ
		A-08	海鮮丼	146	サーモン, シマアジ, ネギトロ, マグロ, イカ, イクラ, ウニ, タコ, ホタテ, ポタンエビ
		A-09	握り寿司	93	アジ, イワシ, サバ, サーモン, ヒラメ, マグロ, アワビ, イカ, ウニ, タコ, ホタテ, ホッキ貝
		A-10	握り寿司	153	アジ, イワシ, サバ, サーモン, ヒラメ, マグロ, アワビ, イカ, ウニ, タコ, ホタテ, ホッキ貝
	B	B-01	握り寿司	137	アイナメ, イワシ, カンパチ, サーモン, ヒラメ, マグロ, マコカレイ, 赤エビ, 赤貝, イカ, タコ
		B-02	握り寿司	153	アイナメ, イワシ, 銀ザケ, タイ, マグロ, マコカレイ, ヒラメ, カニ, ホタテ
		B-03	海鮮丼	157	アイナメ, カツオ, サーモン, サワラ, シメサバ, ネギトロ, ヒラメ, 本マグロ, イクラ
		B-04	海鮮丼	146	銀ザケ, タコ, ヒラメ, マグロ, マコカレイ, 赤エビ, イカ, 数の子, ホタテ
		B-05	握り寿司	149	サーモン, シメサバ, タイ, ヒラメ, マコカレイ, ワラサ, タコ, ホタテ
		B-06	海鮮丼	152	カツオ, 銀ザケ, タイ, ホンダカレイ, 本マグロ, ミズカレイ, タコ, ホタテ, ホヤ
		B-07	海鮮丼	141	かつお, 銀ザケ, ヒラメ, マグロ, イクラ, 岩牡蠣, エビ, 数の子, タコ
		B-08	握り寿司	137	アジ, エンガワ, サーモン, スズキ, ヒラメ, マグロ, ウニ, タコ, ホタテ, ヤリイカ
		B-09	海鮮丼	70	カンパチ, タイ, マグロ, エビ, カニ
		B-10	握り寿司	106	イワシ, カンパチ, ヒラメ, マグロ, イカ, ウニ
非津波被災地域	C	C-01	海鮮丼	93	ウナギ, カレイ, カンパチ, キハダマグロ, タイ, マグロ, アマエビ, イカ, イクラ, サザエ
		C-02	握り寿司	108	イワシ, サーモン, スズキ, ブリ, イカ
		C-03	海鮮丼	157	アジ, サーモン, 白身魚, ブリ, マグロ, イカ, イクラ, エビ, カニ
		C-04	握り寿司	134	アジ, サーモン, ハマチ, マダイ, アマエビ
		C-05	握り寿司	106	アジ, アナゴ, サヨリ, ハタハタ, ブリ, マグロ, アマエビ, イカ, カニ, バイ貝
		C-06	握り寿司	73	白身魚#1, 白身魚#2, ノドグロ, ブリ, イカ, エビ, カニ, 白エビ, ホタルイカ
		C-07	握り寿司	113	サーモン, ヒラマサ, マグロ, 甘エビ, ヤリイカ
		C-08	海鮮丼	108	サーモン, 白身魚, ハマチ, マグロ, イクラ, ウニ, エビ, カニ
		C-09	海鮮丼	146	アジ, サーモン, ハマチ, ビンチョウマグロ, マグロ, イカ, イクラ, エビ, カニ
		C-10	海鮮丼	152	アジ, サーモン, ビンチョウマグロ, マグロ, メカジキ, 甘エビ, イカ, イクラ, カニ
	D	D-01	海鮮丼	108	イサキ, カサゴ, コダイ, ヒメコダイ, 真アジ, シラス, ジンドウイカ
		D-02	海鮮丼	172	ショウサイフグ, タイ, 真アジ, マグロ, 桜エビ, シラス
		D-03	握り寿司	60	アジ, イサキ, キンメダイ, コショウダイ, ネギトロ, マグロ, イカ
		D-04	海鮮丼	81	アジ, インダイ, カサゴ, コチ, マグロ, イカ, シラス
		D-05	握り寿司	107	アジ, ウナギ, マグロ, メダイ, イカ, 桜エビ, シラス
		D-06	握り寿司	108	アジ, アナゴ, タチウオ, ビンチョウマグロ, マグロ, イカ, 桜エビ, シラス
		D-07	海鮮丼	163	アジ, アブラボウズ, カンパチ, コショウダイ, ホウボウ, マグロ
		D-08	握り寿司	92	イワシ, コショウダイ, サーモン, タチウオ, ネギトロ, ビンチョウマグロ, マグロ, イカ, イクラ, エビ
		D-09	握り寿司	113	アジ, サワラ, 白身魚, タイ, マグロ, イカ, 桜エビ, シラス
		D-10	海鮮丼	109	サーモン, タイ, マグロ, イカ, イクラ, エビ

1) 魚介類を使用した具材のみの重量

表 2 PCBs 分析の定量下限値

	LOQ, ng/g
M1CBs #1	0.0012
#2	0.0013
#3	0.0014
D2CBs #4	0.0029
#6	0.0020
#7	0.0020
#8/#5	0.0079
#9	0.0020
#10	0.0017
#11	0.023
#13/#12	0.0018
#14	0.0020
#15	0.0021
T3CBs #16	0.0087
#17	0.011
#18	0.0258
#19	0.0036
#20/#33	0.029
#21	0.0028
#22	0.0140
#23	0.0028
#24	0.0028
#25	0.0028
#26	0.0028
#27	0.0028
#28	0.032
#29	0.0028
#30	0.0028
#31	0.023
#32	0.010
#34	0.0028
#35	0.0028
#36	0.0028
#37	0.019
#38	0.0022
#39	0.0028
T4CBs #40/#57	0.0032
#41	0.0035
#42	0.0076
#43/#49	0.016
#44	0.010
#45	0.0035
#46	0.0035
#48/#47	0.0096
#50	0.0035
#51	0.0035
#52/#69	0.019
#53	0.0035
#54	0.0022
#55	0.0035
#56	0.0081
#58	0.0035
#59	0.0035
#60	0.0050
#61	0.0035
#62	0.0035
#63	0.0035
#64/#72	0.0040
#65/#75	0.0035
#66	0.011
#67	0.0035
#68	0.0035
#70	0.019
#71	0.010
#73	0.0035
#74	0.013
#76	0.0035
#77	0.0043
#78	0.0043
#79	0.0028
#80	0.0035
#81	0.0067

	LOQ, ng/g
P5CBs #82	0.0049
#83/#108	0.0049
#84	0.0049
#85	0.0049
#86/#117/#97	0.0049
#87/#115	0.012
#88	0.0049
#89/#90	0.0049
#91/#121	0.0049
#92	0.0049
#94	0.0049
#96	0.0049
#98/#95	0.0061
#99	0.0084
#100	0.0049
#101	0.017
#102/#93	0.0049
#103	0.0049
#104	0.0037
#105/#127	0.0050
#106	0.0049
#109/#107	0.0049
#110	0.015
#111	0.0049
#112/#119	0.0049
#113	0.0049
#114	0.0067
#118	0.011
#120	0.0049
#122	0.0049
#123	0.0033
#124	0.0049
#125/#116	0.0049
#126	0.0071
H6CBs #128/#162	0.0022
#129	0.0032
#130	0.0032
#131/#133	0.0032
#132/#161	0.0032
#134	0.0032
#135	0.0032
#136/#148	0.0032
#137	0.0032
#138	0.0034
#140	0.0032
#141	0.0032
#142	0.0032
#143	0.0032
#144	0.0032
#145	0.0032
#146	0.0032
#147	0.0032
#149/#139	0.0031
#150	0.0032
#151	0.0032
#152	0.0032
#153	0.0033
#154	0.0032
#155	0.0017
#156	0.0026
#157	0.0037
#158	0.0032
#159	0.0032
#160	0.0032
#164/#163	0.0032
#165	0.0032
#166	0.0032
#167	0.0038
#168	0.0032
#169	0.0047

	LOQ, ng/g
H7CBs #170	0.0044
#171	0.0038
#172	0.0038
#173	0.0038
#174	0.0040
#175	0.0038
#176	0.0038
#177	0.0038
#178	0.0038
#179	0.0038
#180	0.0035
#181	0.0038
#182/#187	0.0047
#183	0.0038
#184	0.0038
#185	0.0038
#186	0.0038
#188	0.0030
#189	0.0031
#190	0.0038
#191	0.0038
#192	0.0038
#193	0.0038
O8CBs #194	0.0081
#195	0.0033
#196	0.0030
#197	0.0030
#198	0.0030
#199	0.0030
#200	0.0031
#201	0.0030
#202	0.0024
#203	0.0023
#204	0.0030
#205	0.0033
N9CBs #206	0.0038
#207	0.0028
#208	0.0018
D10CB #209	0.0012

表3 魚介類を使用した一食分試料からの PCBs 摂取量 (ng/食)

試料 コード	M1CBs	D2CBs	T3CBs	T4CBs	P5CBs	H6CBs	H7CBs	O8CBs	N9CBs	D10CB	総PCBs
A1	0.42	4.04	55.3	196	449	525	144	22	2.66	3.22	1402
A2	0.10	4.78	8.0	21	41	50	17	3	0.66	0.39	145
A3	0.33	9.01	40.7	128	250	288	80	14	2.06	4.86	817
A4	0.26	2.12	14.5	40	71	82	26	5	0.52	1.18	243
A5	0.24	2.89	13.1	31	67	92	36	6	0.85	0.93	250
A6	0.35	2.56	17.5	57	123	152	47	9	0.96	1.81	410
A7	0.16	1.55	7.0	14	22	26	9	1	0.15	0.08	82
A8	0.29	2.77	23.7	94	170	217	75	13	1.25	2.03	599
A9	0.14	2.60	8.8	28	58	60	18	3	0.68	0.61	180
A10	0.29	5.14	15.2	40	74	83	27	5	0.70	0.79	250
B1	0.57	5.16	32.8	151	363	489	157	28	4.39	3.82	1235
B2	1.69	16.25	82.6	341	827	1073	323	56	7.66	6.09	2734
B3	0.82	8.48	46.3	204	403	475	160	36	6.23	8.91	1348
B4	0.46	3.39	13.2	41	83	111	40	7	0.90	0.98	301
B5	0.78	5.54	29.0	96	188	254	85	17	3.01	3.79	682
B6	0.23	3.03	17.1	51	92	126	46	14	3.91	4.74	358
B7	0.22	16.01	15.7	48	103	132	40	6	0.87	0.92	363
B8	0.12	3.38	26.3	72	106	124	40	8	1.50	1.22	383
B9	0.21	2.02	20.1	83	158	218	76	13	1.67	3.25	576
B10	0.24	3.70	17.9	62	111	154	54	9	1.13	1.32	414
C1	0.19	1.83	17.0	69	149	210	87	14	2.36	27.32	577
C2	1.31	21.14	61.6	83	162	253	120	19	3.12	5.70	730
C3	0.62	9.01	45.2	171	368	519	211	36	6.23	46.22	1412
C4	0.63	7.28	32.4	114	259	379	165	29	4.57	25.83	1016
C5	0.52	6.10	50.5	278	656	924	343	62	12.74	7.57	2341
C6	0.25	2.37	12.3	44	105	139	51	8	1.53	1.41	364
C7	0.19	1.51	8.5	30	68	96	32	5	1.03	4.04	246
C8	0.16	1.77	10.5	34	74	120	56	10	1.18	1.16	309
C9	0.50	4.17	33.8	130	293	369	112	18	2.84	13.24	977
C10	0.44	4.33	34.1	115	221	278	93	16	2.41	2.47	767
D1	0.26	7.28	24.9	70	101	150	66	13	0.88	0.39	435
D2	0.20	4.00	20.8	70	217	222	57	7	0.61	0.28	600
D3	0.11	1.23	6.6	26	57	101	50	9	1.02	0.65	252
D4	0.24	6.66	43.5	140	219	240	72	11	1.07	1.28	734
D5	0.14	1.89	5.7	21	46	60	22	5	1.85	1.10	165
D6	0.18	4.74	25.0	147	252	247	78	14	1.32	0.80	770
D7	0.43	5.26	116.6	925	3431	5320	1995	426	60.08	26.37	12305
D8	0.25	3.45	71.5	349	455	370	117	19	2.41	6.39	1394
D9	0.31	2.34	11.8	45	74	99	39	7	0.78	2.64	282
D10	0.31	2.95	21.1	67	108	118	42	10	1.65	1.22	373

表 4 総 PCBs 摂取量の統計量 (ng/食)

	津波被災地域			非津波被災地域		
	A	B	全体	C	D	全体
<i>n</i>	10	10	20	10	10	20
max	1,402	2,734	2,734	2,341	12,305	12,305
75%tile	654	1,263	783	1,115	926	1,006
50%tile	250	495	397	748	517	665
25%tile	171	362	250	350	274	322
min	82	301	82	246	165	165
平均	438	839	639	874	1,731	1,302



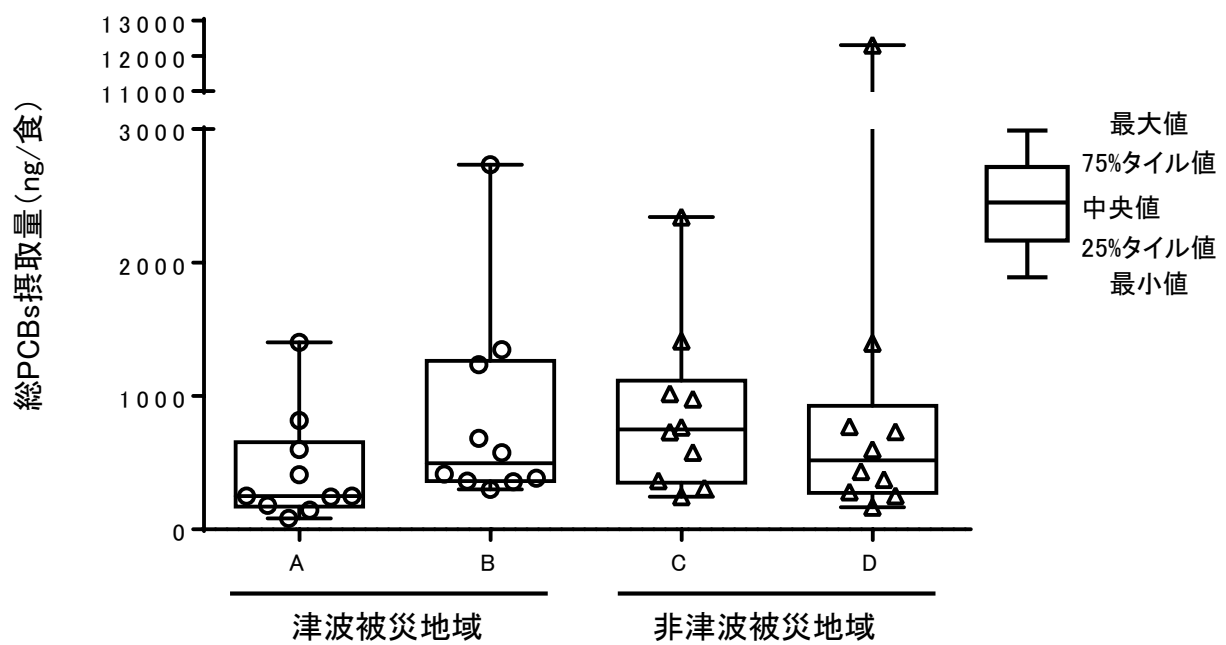


図1 総 PCBs 摂取量の箱ひげ図 (地域別)

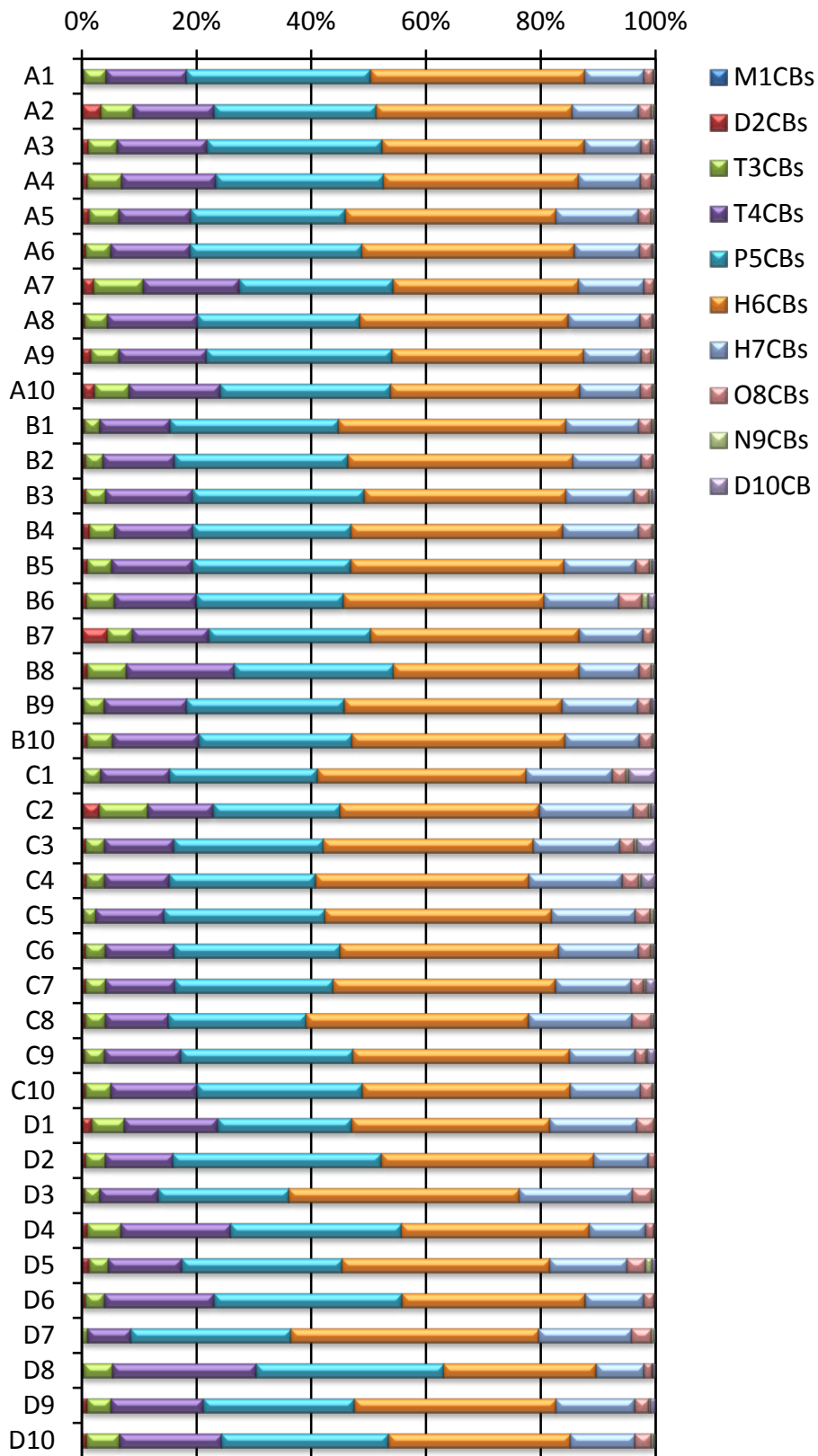


図2 総 PCBs 摂取量における各同族体の割合 (%)

## 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 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：この研究ではこれまで平成 23 年 3 月 11 日の東日本大震災により環境中に放出された化学物質や放射性物質による日本人の健康リスクについて検討してきた。この研究班およびその他の機関により行われた調査により、震災による環境中化学物質の濃度変化は、過去の自然の変動や地理的変動の中に埋もれて明確に区別できないもので、健康に意味のある影響を与えるようなものとは考えられないことが示されている。また食品中や環境中の放射性物質濃度も、一部避難地域等を除けば健康に影響するレベルではないことが明らかにされてきた。その一方で、震災をきっかけにした個人の行動変化のほう健康リスク変動への寄与率が高そうであることが 1 年目の研究成果として示唆された。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むしろ他の要因によるリスクを大きくする事例が確認された。このような現象は風評被害の原因ともな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の安全を脅かすものである。そこで前々年度から引き続きこの研究班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し、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。震災から時間が経過し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っていて、そのため放射性物質に関する関心も薄れている。風評被害対策としての情報提供は見かけ上有効ではない状況も見られる。放射能汚染だけに特化した情報提供は役割を終え、食品安全全体についての理解の促進に目標を進化させるべきであろう。

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

放射線物質や化学物質が環境中に放出された。食品にはもともと天然の放射性物質を  
平成 23 年 3 月 11 日の東日本大震災では、

始め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し、適切なリスク管理を行うための方法を探ることを目的とした。1年目の研究でこれまで知られている各種環境中有害化学物質のリストを作成するとともに、被災地以外の消費者の、震災をきっかけとした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更したり、魚等の水産物を食べないといった、食生活全体としてのリスクがむしろ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。適切なリスク管理を行うためには放射線に関する情報のみでは不十分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。これまでの年度に引き続

き、情報提供によるリスク認識の変化を検討した。同じ集団（同じ大学の同学年）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にする。また今年度は高校生も対象にした。

## B. 研究方法

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（アンケート票は参考資料1）。

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。

（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

アンケート集計結果は以下のとおりである。自由記述部分の回答は資料として添付した。

### アンケート結果

#### 食品の安全性について不安がありますか。

1：とても不安、2：やや不安、3：あまり不安でない、4：全く不安でない

	人	平均
<b>事前</b>		
E 高校（科学部）	63	2.58
E E 高校	22	2.55
M 大学（食品専攻）	52	2.69
E 大学	19	2.72
<b>事後</b>		
E 高校（科学部）	63	2.17

E E 高校	22	2.45
M大学（食品専攻）	51	2.64
E 大学	19	2.61
<b>事後マイナス事前</b>		
E 高校（科学部）		<b>-0.41</b>
E E 高校		<b>-0.09</b>
M大学（食品専攻）		<b>-0.05</b>
E 大学		<b>-0.11</b>

注：表の順番は以下同じ

数値は小さいほど不安の程度が大きい

差がプラスの値は不安が減った、マイナス（赤）は不安が増えた

E 高校（科学部）はサイエンスリーダースキルアッププログラムに参加している理科の得意な生徒

E E 高校は家庭科の授業の一環として実施

E 大学は教育学部の 1～4 回生で特定の科目を履修している学生

M大学は 3 年生

以下の項目についてどの程度不安ですか。

1：とても不安、2：やや不安、3：あまり不安でない、4：全く不安でない

事前	微生物 による 食中毒	放射能 汚染	食品添 加物	残留農 薬	遺伝子 組換え	BSE	塩の摂 りすぎ
E 高校（科学部）	2.15	2.34	2.48	2.30	2.60	2.64	2.29
E E 高校	1.82	2.18	2.64	2.14	2.50	2.45	2.14
M大学（食品専攻）	2.13	2.81	2.87	2.87	3.15	2.29	2.00
E 大学	2.16	2.26	2.63	2.05	2.74	2.68	2.11
<b>事後</b>							
E 高校（科学部）	2.16	2.11	2.21	2.17	2.48	2.40	2.02
E E 高校	2.27	2.23	2.73	2.68	2.50	2.60	2.00
M大学（食品専攻）	2.29	2.78	3.04	2.98	3.25	2.55	2.06
E 大学	2.32	2.42	2.79	2.68	2.63	2.89	2.53
<b>事後マイナス事前</b>							
E 高校（科学部）	0.01	<b>-0.23</b>	<b>-0.28</b>	<b>-0.12</b>	<b>-0.12</b>	<b>-0.25</b>	<b>-0.27</b>
E E 高校	<b>0.45</b>	0.05	0.09	<b>0.55</b>	0.00	0.15	<b>-0.14</b>
M大学（食品専攻）	0.16	<b>-0.02</b>	0.17	0.12	0.10	0.26	0.06

E 大学	0.16	0.16	0.16	<b>0.63</b>	<b>-0.11</b>	0.21	<b>0.42</b>
------	------	------	------	-------------	--------------	------	-------------

砂糖や脂肪の摂りすぎ	ダイオキシンやPCBなどの環境汚染物質	健康食品	アクリルアミド	ふぐやキノコなどの自然毒	食品の値段や食料不足	水道水	生レバー	輸入食品
2.08	2.13	2.81	2.66	2.65	2.02	2.81	2.18	2.34
2.05	1.95	2.67	2.35	1.52	2.24	2.57	2.00	2.24
1.83	2.52	3.13	2.44	2.40	1.77	2.96	2.37	2.52
2.11	2.11	2.89	2.74	1.95	1.84	2.42	2.00	2.11
1.98	2.02	1.83	2.16	2.08	2.13	2.62	2.11	2.27
1.86	2.41	1.82	2.25	1.91	2.23	2.41	2.09	2.23
1.88	2.67	2.20	2.39	2.37	2.18	3.20	2.51	2.73
2.16	2.32	1.74	2.16	2.05	2.21	2.58	2.37	2.26
<b>-0.10</b>	<b>-0.11</b>	<b>-0.98</b>	<b>-0.50</b>	<b>-0.57</b>	0.11	<b>-0.19</b>	<b>-0.07</b>	<b>-0.07</b>
<b>-0.18</b>	<b>0.46</b>	<b>-0.85</b>	<b>-0.10</b>	<b>0.39</b>	<b>-0.01</b>	<b>-0.16</b>	0.09	<b>-0.01</b>
0.06	0.15	<b>-0.94</b>	<b>-0.05</b>	<b>-0.03</b>	<b>0.41</b>	<b>0.23</b>	0.14	<b>0.21</b>
0.05	0.21	<b>-1.16</b>	<b>-0.58</b>	0.11	<b>0.37</b>	0.16	0.37	0.16

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。

1：とても重要、2：少しは関係する、3：関係ない

事前	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	出来るだけ国産の食品を選ぶ	放射能を避ける
E 高校（科学部）	1.21	1.31	1.77	1.58	1.94	1.56
E E 高校	1.27	1.50	1.71	1.43	1.73	1.36
M 大学（食品専攻）	1.21	1.56	2.22	2.10	2.60	1.94
E 大学	1.32	1.26	1.74	1.37	2.11	1.32
事後						
E 高校（科学部）	1.24	1.30	1.71	1.68	1.98	1.60
E E 高校	1.41	1.45	1.95	1.86	2.14	1.59
M 大学（食品専攻）	1.29	1.51	2.37	2.24	2.57	2.20

E 大学	1.22	1.33	1.83	1.78	2.11	1.61
事後マイナス事前						
E 高校 (科学部)	0.03	0.00	-0.06	0.10	0.05	0.04
E E 高校	0.14	-0.05	0.24	0.44	0.41	0.23
M 大学 (食品専攻)	0.08	-0.05	0.16	0.14	-0.03	0.25
E 大学	-0.09	0.07	0.10	0.41	0.01	0.30

運動する	健康体重を維持する	焦げたものを食べない	水道水の代わりにミネラルウォーターを使う	健康食品やサプリメントをとる	減塩する
1.21	1.26	1.89	2.34	2.32	1.39
1.45	1.32	1.73	2.05	2.05	1.55
1.10	1.12	2.23	2.77	2.44	1.35
1.26	1.26	2.00	2.37	2.26	1.32
1.32	1.22	1.75	2.23	1.84	1.98
1.64	1.45	1.59	2.23	1.95	1.45
1.35	1.27	2.10	2.53	2.29	1.53
1.39	1.28	1.94	2.26	2.21	1.63
0.10	-0.04	-0.14	-0.11	-0.48	0.60
0.18	0.14	-0.14	0.18	-0.09	-0.09
0.26	0.16	-0.13	-0.24	-0.15	0.18
0.13	0.01	-0.06	-0.11	-0.05	0.32

#### 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。

- 1、検出限界 ND 未満
- 2、100Bq/kg 以下
- 3、500Bq/kg 以下
- 4、1000Bq/kg 以下

事前	
E 高校 (科学部)	2.23
E E 高校	2.05



M大学（食品専攻）	2.42
E 大学	2.32
<b>事後</b>	
E 高校（科学部）	2.24
E E 高校	2.10
M大学（食品専攻）	2.69
E 大学	2.47
<b>事後マイナス事前</b>	
E 高校（科学部）	0.01
E E 高校	0.05
M大学（食品専攻）	<b>0.26</b>
E 大学	0.16

### 放射線について

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。

	E 高校（科学部）	E E 高校	M大学（食品専攻）	E 大学
1、よくわかっている	9	1	5	3
2、あまりわかっていない	35	2	35	15
3、知らない	17	19	12	1

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

1、外部被ばく＞内部被ばく	4	0	1	1
2、外部被ばく＜内部被ばく	24	1	26	12
3、同じ	5	1	2	4
4、わからない	25	19	16	2

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。

1、納得できる	46	15	41	15
2、納得できない	17	7	9	3

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。

1、よくわかっている	1	0	1	1
2、だいたいわかっている	14	7	16	5
3、あまりわかっていない	33	11	28	13
4、知らない	15	4	6	0

天然放射線による被ばくは世界平均で約年間 2.4 mSv

1、知っていた	8	0	8	7
2、知らなかった	55	22	42	12

カリウム 40 による食品からの被ばくは約年間 0.17 mSv

1、知っていた	6	1	5	2
2、知らなかった	57	21	45	17

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

1、知っていた	10	0	10	3
2、知らなかった	53	22	40	16

### 経年変化について

E 大学と M 大学では継続して同じ学年で同じ調査を行っているので、年度による違いがあるかどうかについて比較した。一般的な項目では毎回増減はあるものの明確な傾向は確認されなかった。食品中の放射能レベルについてのみ結果を示す。

### 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。

- 1、検出限界 ND 未満
- 2、100Bq/kg 以下
- 3、500Bq/kg 以下
- 4、1000Bq/kg 以下

<b>事前</b>	
行政 (H25) (対照)	2.86
E 大学 (教育、工学 H26)	2.36
E 大学 (H27)	2.20
E 大学 (H28)	2.32
M 大学(食品専攻 H25)	2.45
M 大学(食品専攻 H26)	2.61
M 大学(食品専攻 H27)	2.43
M 大学(食品専攻 H28)	2.42
<b>事後</b>	
行政 (H25) (対照)	2.83
E 大学 (教育、工学 H26)	2.46
E 大学 (H27)	2.13
E 大学 (H28)	2.47
M 大学(食品専攻 H25)	2.65
M 大学(食品専攻 H26)	2.65
M 大学(食品専攻 H27)	2.59
M 大学(食品専攻 H28)	2.69
<b>後マイナス前</b>	
行政 (H25) (対照)	-0.02
E 大学 (教育、工学 H26)	0.10
E 大学 (H27)	-0.07
E 大学 (H28)	0.16
M 大学(食品専攻 H25)	0.20
M 大学(食品専攻 H26)	0.03
M 大学(食品専攻 H27)	0.16

## D. 考察

### ・食品の安全性について

食品の安全性について不安なことを最初に自由に書いてもらった場合（個々の記述については参考資料参照）、前年度は食品偽装や異物混入が多かったのに今年度はそれほど多くは見られなかった。事故や事件があってメディア報道が多いとそれが気になるものの、報道されなくなると意識されなくなって不安なくなるといった状況なのであろう。今年度は特に大きな食品に関する問題がおきていなかったためか、一般的な食中毒と、例年通りの農薬、食品添加物、輸入食品といった単語が並んだ。食品で不安なこととして放射能をあげた人はいなかった。

項目を上げて尋ねた場合の事前の食品の放射能汚染に関する懸念は食中毒より少なく、ダイオキシンやPCBよりも少なく、残留農薬や食品添加物程度であった。昨年食品安全委員会がメッセージを発表し、それなりにメディア報道もされた健康食品についての警戒感はほとんどないままであり、圧倒的な量の広告を前に重要なメッセージは届いていない様子が見える。これはどの集団でも傾向はあまり変わらず、他の世論調査の結果ともあまり大きな違いはない。今回はこれまで3-4年同じ調査を行ってきた初めて、全てのグループで食品の安全性についての講義を受けた後で食品への不安が高くなった。今回対象とした集団の、最初の食品の安全性についての不安のレベルが今までよりも低く（つまり安心度が高く）、

食品にいろいろなリスクがあるという今まで知らなかった話を聞いて不安になった人が少なくなかったようである。特にサイエンスリーダースキルアッププログラムに参加している理科が得意な高校生ではほぼ全てのリスク要因項目で講義を聞いた後に不安が高くなっていて、いわゆる「寝た子を起こす」状態になったようだ。ベースラインの食品への安心度が高いことは決して悪いことではないが、それが単に何も知らないから、ではいろいろな情報に流されやすく脆弱性が高い。高校生、大学生が食品の安全性についてあまり知らないのはしかたがないのかもしれないが系統的に学ぶ機会がないまま社会人となり親となって教える側になることを考えると、食品の安全性の科学について全ての人が学ぶ機会がどこかの段階であったほうが望ましい。

食品中の放射能基準値についてはこれまで通り現行基準値とそれより大きな値を選ぶ人がほとんどで、現行より厳しくすることを望む人はほとんどいない。

### ・放射線に関する理解

放射線の知識についての設問では、これまで同様、あまり興味が無く理解もすすんでいない様子であった。内部被曝のほうが外部被曝より害が大きいという思いこみは強い。天然放射線や、天然に食品に含まれるカリウムによる被曝と事故による放射性セシウムによる被曝の大きさについては何度か繰り返して大きさを説明する必要がある。ただ前段落でも述べたが、被災地から遠い

E県の学生に関しては、既に食品の放射能汚染についてはほとんど関心を失っているようで、そのために見かけ上「気にしていない」。教育をすることが見かけ上放射能汚染に関する風評被害対策としては逆効果になる可能性がある。被災地のM大学の学生では教育は効果があるように見える。もちろん理想的には全ての国民が自分でしっかりと判断できるだけの知識と能力をもつこと、ではあるが限られたリソースをどう配分するかを考えると、異なる集団には異なるアプローチをすべきということになるのかもしれない。

#### ・経年変化

数年続けて同じ学年で調査を行っている二校について過去の調査結果と比較してみた。M大学の人数は比較的一定であるがE大学の場合には必修科目ではないので人数にばらつきがあり経年変化というよりはその集団の特性によって多少変動するだけのように見える。食品安全への不安感については年度による明確な変化傾向は見られなかった。他の個別項目についても、特に明確な傾向が見られなかったため食品中の放射能レベルについての設問の結果のみ示した。対照として放射能基準を設定した時の行政担当者の結果を示した。M大は放射能に限らず設問の全体に渡ってE大より許容度が高く、あまり不安でないと回答する傾向がある。これが地域によるものなのか食品を専攻しているためなのかは判断できない。

## E. 結論

昨年一昨年同様、放射性物質についての

食品安全上の不安感は、これまで食品のリスクとみなされてきた残留農薬や食品添加物やBSEなどと同じような程度と種類のものになっているようである。震災の被災地から遠い地域では言われなければ思い出さないようなものとなっているようである。理解は進んでいない。バランスの良い食生活が大事であることは知識としては浸透している。残留農薬、食品添加物、輸入食品、遺伝子組換え食品、といった、食品の分野では常に誤解され間違った情報のほうが目立ってきたものの中に放射能汚染が入っているという状況のようである。これまで残留農薬、食品添加物、輸入食品、といったテーマで何度となくリスクミが行われ情報提供の努力もされてきたが、それ以上に間違った情報の拡散が多く消費者に理解されていない。こうした状況は既に数十年は続いているため、放射能についての問題だけが数年でおさまるとは想定できない。放射能だけに特化して対策をとるべき時期は既に過ぎ、食品安全全体への理解を深める基本的教育パッケージの一部として放射能汚染も組み込み、集団や地域によるニーズや時期に応じて情報提供していくべきであろう。

## 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：総論：健康食品の有効性・安全性について、日本食品安全協会会誌 第12巻第1号1-7(2017)

## 2. 学会発表

なし

## 3. その他

1) 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

2) 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

参考資料1 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ことは可能です。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
●喫煙しない			
	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
●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。

●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  
●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、被ばくの状態（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の数値はそのままで比較や加算ができます。例えば、外部ひばく 1mSv と内部被ばく 1mSv では、同じ 1mSv です。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 と言われています。

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 2 アンケートの自由記述

### 事前アンケート

#### 食品の安全性に関して不安なこと

食中毒など。

どのような食材をつかっているか。

どうやってつくられたものかということ。

異物混入、賞味期限の改ざん。

食品添加物

ソルビン酸 K、亜硝酸 Na、安息香酸、タール色素

科学物質、放射線

中国からなどの輸入品。ファストフードの商品。

食中毒。どこの国で作られたか。

ニュースで取り上げられたもの。

生鮮食品

消費期限

異物混入。食中毒。

食中毒にならないか。

生産国

体に悪い食品添加物

食中毒など。

食中毒。どこの国で作られたか。

食中毒。どこの国で作られたか。外国食品。

食中毒。食品添加物。

食中毒

生ものなど。

肉類

保存料や防腐剤などの食品添加物の体への害。

食中毒

食中毒

食中毒

体への悪影響

異物混入

### O157

悪徳業者の手を経たもの。

野菜、魚

添加物、寄生虫

食中毒など、家庭でどこでも起こりうる問題。

外国産の加工食品（長期保存可のもの）

輸入食品

異物混入

会社に不満を持った従業員が製品に異物を故意に混入したというニュースが怖いなど思った。あと、アレルギー表示もしっかりしてほしいと思っている。

食中毒

冷凍食品の異物混入、生ものの腐り。

食中毒

ノロウイルス

食中毒

食中毒

じゃがいも

鶏肉、卵

食中毒

添加物

外国産のもの。

食中毒

食中毒

食中毒

食中毒

偽装

食中毒（ユッケ類）

病気、偽装

食中毒、消費期限

輸入されている食品

ノロウイルスなど。

カキ、レバー、ユッケ

外国産の食べ物など。

加工食品

外国産かどうか。

加工食品への添加物など。

食品添加物の量

農業、産地

中国産

残留農薬

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ことはできません。どのようなことに注意すればいいと思いますか。

暴飲暴食をしない。適切な時間帯に飲食する。塩分を摂りすぎない。

日頃の食生活から考える。

栄養バランスが良くなるように食事をする。ガンなどになりにくくなる食べ物を調べ、それを食べていく。

栄養のバランスを考える。

適度な運動

人工的な添加物をあまり摂らないようにする。

適度な運動。正しい知識。

バランスの良い食事をとる。

食材を出来るだけ加熱すること。

食品に含まれる成分を確認して安全なものを選ぶ。

薄味にする。

バランスの良い食事。

塩分控えめ。

減塩を心掛ける。

栄養を過不足なく摂取する。

"バランスのとれた食事。

塩とか摂りすぎない。"

特定の栄養素を摂取しすぎること。

体に有害な物の摂取を避ける。

塩分、糖분을摂りすぎない。

食べ過ぎないこと。

食生活の偏りをさける。食べ過ぎない。

野菜をしっかり食べる。

塩分をひかえる。運動をする。

バランスのとれた食事。

バランスの良い食事。規則正しい食事の時間。

塩分のとりすぎに注意する。

糖質をとり過ぎないようにする。

肉ばかり食べない。

脂質や糖分、塩分を控えめにして、野菜や肉などバランスよく食事する。

塩分を摂り過ぎない。

食事に気を付ける。

お焦げを食べない。

"野菜をちゃんと食べる。  
バランスのとれた食事をする。  
1日3食。間食しない。"  
アルコールをとり過ぎない。  
一汁三菜を大切にす。  
塩や糖のとりすぎ」。偏食。  
塩分の摂り過ぎ。  
過剰な塩分の摂取を控えること。  
減塩、栄養バランス、過食制御、酒、たばこ断ち。  
バランスよく食べること。  
"バランスの良い食事。  
塩分を摂り過ぎないなど、昔から言われている健康に関する食生活を行う。  
"バランスのとれた食事。  
塩分、脂肪、糖質を摂り過ぎない。適度な運動。"  
規則正しく、バランスの良い食事を摂る。  
バランスの良い食事。適度な量を摂取する。自分が食べている食品の栄養価を知る。  
脂肪食を食べ過ぎない。塩分、糖分は控え目にする。野菜、果物を積極的に摂取する。  
食塩摂取量を少なくする。脂肪を摂り過ぎない健康バランスに気を付けた食生活をする。  
バランスの良い食事をとること。  
栄養バランスに優れた食生活。  
減塩、低脂質  
塩分の摂り過ぎ注意。  
運動をする。栄養バランスのとれた食事をする。  
お酒やたばこ、また食品では腐っている物や、腐っていそうなもの、焦げている物は控えるようにする。  
バランスのとれた食事を心がける。  
バランスのとれた食事にする。塩分、脂質の摂り過ぎに気を付ける。  
塩分の摂取量を抑える。  
バランスよく栄養素を取り入れます。野菜をたくさん食べて、肉<魚中心にすればよいのでは。  
濃食を減らす。必要な栄養素を取り入れる。  
バランスのよい食事。  
適切な食事。睡眠をとるようにする。  
脂質、塩分過多にならないよう気を付ける。  
塩分や脂質も摂取。  
塩分を摂り過ぎない。

塩分の摂取量に気を付ける。  
バランスのとれた食事。適度な運動。  
塩分、脂肪分の摂り過ぎに注意する。  
バランスの良い適度な食事をとる。  
栄養バランスがとれた食事を摂ること。  
適度な運動やバランスのよい食事。  
塩分の摂り過ぎを控える。副流煙に注意する。  
食事バランスに気を付ける。糖や脂肪を摂り過ぎない。  
バランスの良い食事をとる。塩分をあまり摂り過ぎない。  
塩分をひかえた食事を心がける。酸化した油脂を摂取しない。  
昼食や外食に偏らず、自分で調理することで塩や脂肪を摂取しすぎないように調整する。  
栄養バランスの良い食事。規則正しい生活を送ること。  
偏食に注意し、バランスのとれた食事を継続していけるようにする。また、適度な運動も心がける。  
塩分の摂取を控える。偏った食生活をしない。  
塩分の摂り過ぎに注意する。バランスのよい食事。食べ過ぎない。  
バランスの良い食事。  
食事のバランス  
バランスのとれた食事を毎日3食食べるようにする。  
偏りや不規則な食生活を避ける。  
塩分、脂質の摂り過ぎに注意し、運動不足やストレスをため込み過ぎずに健康を目指す。  
健康診断を受ける。  
食塩、脂質の摂り過ぎに注意する。  
適度な運動  
脂肪の摂り過ぎに注意する。  
バランスのとれた食事をする。  
栄養バランスが偏らないようにする。  
塩分の摂り過ぎ。  
一汁三菜を心がけ、よく噛んで食べる。  
食べ物のバランスや調理方法を工夫する。  
偏った食べ方をせずバランスよく食べる。  
バランス  
塩分、糖分を摂り過ぎない。過度な飲酒をしない。  
塩分の摂り過ぎに気を付ける。  
バランスのよい食事。  
糖分や塩分を摂り過ぎない。

塩分、脂を摂り過ぎない。

毎日3食摂取し、バランスの取れた食事をとる。

栄養の偏りを減らす。

塩分

塩分、糖分、脂質を抑える。

塩分を摂り過ぎない。

脂肪や塩分、間食の摂り過ぎに気を付ける。野菜を食べる。

野菜を多く食べたり、食べ合わせの組み合わせを知ること。

塩分を摂り過ぎない。

塩分や糖、脂肪の摂取量を減らす。

栄養バランスに気を付ける。三食しっかり食べる。

毎日、三食、栄養のバランスの取れた食事をする。

無理をせずまずは「一週間のこの日この日・・・」などと、少しずつ気を付けて続けていく。

栄養バランス、塩分の摂取量

バランスのよい食事。塩分、糖分を摂り過ぎない。

色々な野菜を食べる。動物性油脂をあまり摂らない。

## 事後アンケート

### 食品の安全性に関して不安なこと

食中毒

生産国

食中毒

発がん、食中毒など。

間違った食品のとり方。健康食品。

放射能汚染。食中毒。

健康食品

食品は安全ではないということ。

長期的なもの。

"汚染があったり、毒性があるもので、常に食べ続けているもの。"

地産地消よりも。いろいろな地方の農産物を栄養素に偏りなく食するのが大切であると感じた。"

発がん性物質

健康食品、ジャガイモ。

食品添加物

サプリメント、米など。

サプリメント

毒性のあるもの。

情報がちがうこと。

健康食品はあまり信じられないということ。

いろいろ

健康サプリメント

残留農薬

サプリメント

偏食

今まで思っていたことと違って、何が安全で、何が安全でないかの判断が難しいと思  
った。

どのような材料を使っているか。

少量ならば「PH 調整剤」などしか表示されない現在の表示法。

農薬など。

あやしい健康食品。

健康食品の危険性。

サプリメントの安全性。微生物汚染。

わからないもの。

生もの

まさか、ジャガイモとタマネギ。

ノロウイルス

発がん性

健康食品

調理方法や保管の仕方。

健康食品

食中毒

何が危険かわからないこと。

食品そのものの安全性

安い輸入食品

リスク

どのようなものが健康食品なのかいまいちわからない。

じゃがいも、タマネギなどの毒

健康食品について。

食材は必ずしも安全ではないこと。

腐敗

食品の取り扱い方。



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することができます。どのようなことに注意すればいいと思いますか。

食品の選び方

塩とか摂り過ぎないようにする。

バランスのとれた食生活。

漬け物と焼き魚（こげ）を一緒に食べない。

多様な食品とバランスのとれた食生活。

食事のバランスに気を付ける。

調理方法を変えたりする。

食事をバランスよくとる。いろいろな地域のものを食べる。

焦げ目のあるものをあまり作らない。

バランスのとれた食事。

いろいろなものを食べる。

焼きすぎ（焦げ）

きちんと運動する。禁煙する。

バランスのいい食事。いろいろなものを食べる。（一つのものに偏らない。）

アルコールを控える。様々な食品を食べる。

"偏りのないバランスのよい食事をとるようにする。

肉類は控えめ、魚類や野菜はしっかりとるようにする。"

同じ食品を調べるのではなく、違う食品も食べる。

塩分を摂り過ぎない。バランスのよい食事をする。

食べ物の調理など。

バランスのとれた食品を選ぶ。

食べすぎ。

なんでも食す。

食事の仕方を変える。

バランスのとれた食事。

バランスのとれた食事をとること。

バランスの良い食生活。適度な運動。

バランスの良い食事。

定められた作り方で食べる。

添加物の少ない食品を食べる。

バランスの良いきちんとした食事。

注意をはらうこと。

きちんとした食生活。バランスのとれている食生活。

栄養バランスを考える。

色々なものを食べる。

減塩、運動、バランスのとれた食事。

事前アンケートでは、栄養面でバランスの良い食事が良いと思いましたが、授業を聞いて、リスク分散という意味のバランスの良い食事が大切だと思いました。

減塩

お酒、たばこ、腐っている食品、焦げているもの。

食生活

リズムある健康的な生活。

バランスの良い適度な食事

運動。正しい知識で食品を選択する。

バランスの良い食生活。

食事のバランス

塩分を控える。バランスの良い食事をとる。

健康食品等に頼らない。

栄養バランスの良い食事。

正しい食生活を送る。

多様なものを食べる。サプリメントにたよりすぎない。

塩分の過剰摂取をしない。

食べ方を考える。

バランスのとれた食生活

リスクを少なめにする。

食事の質

塩分、脂肪の摂り過ぎ。

食生活のバランス。

気を付ける。

量を調整すること。

規則正しい食生活と、食事バランス。

いろいろなものを食べる。

いろんなものを食べる。

栄養バランス

バランスの良い栄養をとる。

リスクを分散する。

バランスの良い食事をする。

表示されている情報を全てうのみにしない。

記述を信用しない。

食品の調理方法や管理などに気を配る。リスクが大きいとされている食品の摂取量について考えておく。

特定の食品に偏らないこと。

日々の食生活を気を付ける。

様々な産地のものを食べる。

適切な量をバランスよく食べる。

偏った食生活（産地なども含めて）をしない。

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ことなどは何ですか。

地産地消や国内産の食べ方は安全だと思っていたけれど、一つの場所の食べ物だけを摂取することは体に良くないことだとわかったので、色々な場所の食べ物を摂取したと思います。

食べるのは信用できるものを食べること。

食品についてももっと詳しく調べてみたいです。

食品についてインターネットを使って調べてみたいと思いました。

食品中の汚染が、意図せずされてしまうということは怖いと思った。

食品とは未知の化学物質のかたまりであることを始めて知った。

食品は安全でないということを頭内に入れておくこと。

健康食品のサプリメントについてもっと知りたいと思った。

多様な食品をバランスよくとり、リスクを分散させる必要があること。

食品・食生活において、バランスのとれたものにする事でリスク管理をするという考え方。

食品は安全ではないという考え方で、リスクを分散させる食事が大切だということが分かった。

リスクの正しい考え方を知ること。

今まで「日本の食は安全」というイメージが強かったが、これからは自分の摂取によって安全か安全でないかをコントロールしたいと思う。

重要なのはバランスよく食事をとることだと理解しました。

インターネットなどの情報を安易に利用せず、公式な情報を選んで自身の健康を作っていくこと。

"ニュースでの情報で安全かどうかは分からないということ。

今回のお話で聞いたことは、すべて新しかった。"

有害物質の基準について、もっと知りたい。

安全だと思われる食べ物でも注意しないといけないと思いました。

偏らない、簡単には信用しない。いろいろなものを食べる。

"リスクの考え方が分かった。

健康食品は、表示が成分表示があいまいで危険なものであると感じた。とにかく摂取しすぎは良くないと感じた。

リスクはあらゆる所にあるので、各食品のリスクを理解し、どう食生活につなげるか、リスクを分散していくことが大事だと感じた。

特定のものばかりを食べ続けるのは良くないと感じた。"

食品添加物の表示されていない物質。

食品は安全ではない、ということ。「食べること」は壮大な人体実験。という言葉が印象に残りました。

安全でないのが食品だけど、これから安全である食品を生み出すのか。

いつも食べている物が全て安全だとは限らないことがわかりました。

危険性のある食べ物について、もっと詳しく知りたい。

自然（天然）の食品に潜むリスク。人工甘味料。

"テレビなどのメディアだけを信用してはいけない。

あらゆる面から見なければ真実は分からないということが大切だと思います。"

食中毒になりやすい人となりにくい人がいる。

正しい情報を知ること。（メディアを過信しない。）

公的機関の情報が貴重なリソースになっていること。今後ホームページなどで調べてみたいと思います。

食品を安全に食べる調理法がもっと知りたいと思った。

子供と大人で摂取するものの毒性に差が出るものについて、もっと知っていきたい。

健康食品の危険性

リスクを分散させる。

食べることで自体にリスクがある。

ガンの防止策についてもっと詳しく。

真実を知っていないと危険だということ。

健康食品を今後どのように活用していくかを知りたい。

地産地消は食品安全の面で考えると、あまりよくないということ。

添加物等を含んだ食品の適切な調理法。

MDI についての自分の食生活に当てはめたもの。

健康食品サプリメントなどについて。

サプリメントや健康食品にも、食の安全性を脅かすものがあるということ。

インターネットの情報をうかつに信じない。

バランスの良い食事をとる。

"サプリが危険にもなること。

一番危ないのは偏食や、全体的に良くない生活だということ。"

常に危険性を意識しておくこと。

食品は安全ではないということ。間違った知識、考え方が世間に広がっていること。世間に正しい情報を伝えきれていないところ。

安全な食品はないということ。

健康食品と謳った商品を食べていたのに亡くなったという事例がとても衝撃的だった。

DAY's、クックパッドのひじきご飯事例。リスク評価の視野が広がった。

「食品は安全である」と決めつけないこと。違う視点で食品の安全性を考えること。

全ては毒。問題は量。

食べ方が大事であるということを意識したことがなかったので、今後はそのようなことを意識してみたい。

健康食品の過剰摂取は、気付いてない人も多いのではないかと思います。

添加物を使わないことがよいことのようにされていますが、必ずしもそうでないことが分かり驚きました。

リスク分散という面では、地産地消よりはいろんな産地のものを食べるのがいいということとは新しい学びだった。

健康について。

基準があるから大丈夫、ではないこともあるのだと思った。（日本と海外の違いなど。）

消費者が正しい知識を持つこと。

健康食品、サプリメントの危険性などしっかり知って、身近な人にその危険性を正確に伝えたいと思った。

地産地消というのが広がっているが、今まで生まれ育った地の同じ産物を食べるのが大切だと思っていたので、様々な土地のものを食べられるように心がけたい。

間違った情報に惑わされないようにしなければならないと思った。

健康食品の危険性は自分にとって新しい情報でした。

食品添加物は思っているほど危険ではない。

やはり同じものを摂取し続けるというリスクはあまりに大きいと感じた。

じゃがいもは安全性が低いと感じていたが、タマネギは意外でした。

偏ったものを食べずにバランスよく食べる。不安になり過ぎるのが体に悪い。

本当の安全とは何かということが分かった。

サプリメントや健康食品とうたわれるものは、公的なものであればいいものばかりだと思っていた。

サプリメントなどはあまり信じられないものだということが分かりました。

身近な食べ物に危険があったとは驚きました。なので、自分たちの身近にあるものの危険性なども知りたいです。

じゃがいもの危険性

自分たちが食べ物をどう調理するか。

発がん性を引き起こす食べ物。

健康食品と書かれている物はあぶない。

食品の正しい知識。

バランスの良い食事を摂ること。

全ての食品にリスクがあることを知って驚きました。すべてのリスクある食品を避けることはできないのバランスのとれた食事を心がけていきたいと思います。

まだ知られていない意外と身近にある MOE 値の高い食品について知りたいと思いました。食品そのものは危険ではないということを十分に理解できました。

一番印象深かったのは、じゃがいもの食中毒です。毎年のように食中毒になっていて、1年のときに農業の授業を受けていたけれど、じゃがいもの栽培が難しいことに驚きました。

あまり偏らずに、いろんなところのいろんな物を食べること。

大量に同じものを摂取できず、たくさんのものをたべるということ。

今まで特定の食品は、地元の食品の方が安全だと思っていましたが、実際は同じものばかり摂り過ぎると逆に危険ということが分かりすごく驚きました。なので、将来、一人暮らしなどするときに、特定のものばかり食べずいろんな幅広い分野のバランスのとれた食事を摂りたいです。すごく勉強になりました。

リスクの高い食品をもっと知りたい。

ニュースなどで取り上げられていることではなく、食品そのものの取り扱い方が重要だということです。

食品内に含まれている発がん物質について。

何か1つにこだわらないことが重要だと思った。

暴露量が大切だということ。(健康食品、サプリメント注意)

正しい情報

リスクを避けていくのではなく、うまくリスクと付き合っていくことが大切だということ。健康食品が意外にも危険なものを知り驚いた。また、メディアなどによる多少過剰な反応に対しても流され過ぎないように気を付ける必要があると感じた。

様々な角度からリスクについて考えること。

一般的食品のリスクはゼロではない。安全性確保のためには生産者だけではなく消費者の責任も必要。

自然食品の危険性について、もっと知りたいと思いました。

日本だからといって食の安全性に納得せず、広い視野で食品について考える必要があると感じた。

リスク分散というキーワードは初めて聞いた。ある特定の場所のものだけを食べることは危険かもしれないという考えに驚いた。

リスクの大きさによって食品を選択すべきだという話。ひじきのリスクが高い。

安全基準の決め方に関して、その数値が危険なものかと思っていたから、影響がでにくいなど、あることがよく分かった。

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

講義資料は前年度報告書とほぼ同じ。

# 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 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 分担報告書

#### 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

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

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 63,121 件を集計し、放射性セシウム検出率、基準値超過率、濃度の統計量を求めた。産地、食品カテゴリ別の集計も行った。基準値を超える食品の割合は 0.73% であった。流通する食品の基準値超過率は 0.06% で非常に低かったが、非流通食品では 1.0% であり、また非常に高濃度の放射性セシウムを含む試料も見られた。このことから、流通前の検査により、高濃度の放射性セシウムを含む食品が、効果的に流通から排除されていると考えられた。山菜、きのこ、淡水魚、野生鳥獣肉は、検出率が 5% を超える食品カテゴリであり、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。現在有効に機能している、基準値を超える食品を流通させないための監視に加えて、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維持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。

平成 24 年度から平成 27 年度の本研究課題では、厚生労働省ホームページに公表された、平成 23 年度から 27 年度までの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。本年度は、これに引き続き、平成 28 年度に厚生労働省ホームページに公表されたデータを同様に解析した。

## B. 方法

厚生労働省ホームページに公表された、平成 28 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、産地、食品カテゴリ別に集計し、放射性セシウムの検出率、濃度等を求めた。

集計は、公表されたデータから、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

Table 1-3 に解析の対象とした試料数、検出の状況、基準値超過の状況をまとめて示す。総試料数は 63,121 であり、その内 44,478 が流通前の段階で収集された食品（非流通品）、18,643 が流通段階で採取された食品（流通品）であった。試料全体に対する流通品の割合はおよそ 30% であった。

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、全体に対する検出試料数の割合を検出率とした。

このように計算したときの検出試料数は 2,160、検出率は 3.4% となった。非流通品の検出率は 4.7%、流通品の検出率は 0.35% で、流通品の検出率は非流通品の 10 分の 1 以下であった。

基準値を超過した試料数は 461、全試料中の基準値超過試料の割合は 0.73%、非流通品では 1.0%、流通品ではわずか 0.06% であった。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。

### 検査法

食品中の放射性セシウムの検査には、スクリーニング法とゲルマニウム半導体検出器による確定法が使用可能である。平成 28 年度に使用されたスクリーニング機器は、NaI シンチレーションカウンター及び CsI シンチレーションカウンターで、両者を合わせた検査数は 10,302 であり、全検査数の 16% であった。依然として検査の半分以上はゲルマニウム半導体検出器による確定法により行われている。スクリーニング法で検査された流通品は 5,191（総数 18,643）、非流通品は 5,112（総数 44,478）で、流通品においてスクリーニング法により検査される割合が高かった。

### 試料産地

Table 4 に試料産地別の試料数、検出数、基準値超過数を示す。試料数が最も多いのは福島県(20,667)であった。その他の試料数の多い地域は、宮城県(8,215)、栃木県(4,268)、岩手県(4,249)、茨城県(3,810)

等で、福島県近隣の県の産品が多く検査された。産地が特定されない試料も 1,884 あり、このうち 1,533 が流通品であった。産地が特定されない試料には、種々の産地の原材料から作られる加工品（惣菜、給食、菓子、調味料等も含む）、牛乳、乳製品、乳児用食品、飲料・飲料水が含まれていた。

基準値超過率の高い試料の産地は、山梨県(3.6%)、群馬県(1.9%)、福島県(1.4%)、静岡県(1.4%)、宮城県(0.7%)、であった。静岡県・新潟県より西の県では基準値超過する試料はなかった。流通品において基準値超過試料があった県は、宮城県、栃木県、山形県、群馬県、福島県であり、いずれも 1 あるいは 2 試料であった。これらの県での非流通品の基準値超過率は 0.2%~2.9% で、流通品の基準値超過率よりも高く、非流通品の検査により、基準値超過試料が流通しないよう管理されていると考えられる。

#### 放射性セシウム濃度

Table 5 に、放射性セシウムが検出された試料中の濃度の統計量を示した。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。

最大値以外は、非流通品、流通品および全体の統計量はほぼ同じであった。全体の平均値は 156 Bq/kg、中央値は 47 Bq/kg であり、平均値が中央値の 3 倍程度になっていることから、濃度分布は非対称であり、低濃度側に偏った分布であ

ると考えられる。Fig.1 には流通品と非流通品の放射性セシウム濃度のヒストグラムを示す。

流通品の平均値は 161 Bq/kg、中央値は 53 Bq/kg で、共に非流通品をやや上回った。流通品の最高値は 2200 Bq/kg で非流通品の 30000 Bq/kg よりは小さいが、95%タイル値は同程度であった。また、平成 27 年度の最大値は非流通品が 9800 Bq/kg、流通品が 720 Bq/kg、95%タイル値は非流通品が 260 Bq/kg、流通品が 270 Bq/kg であり、共に平成 28 年度が大きくなっており、放射性セシウム濃度が高い試料が流通品に含まれる確率が上昇していることが懸念される。

#### 食品カテゴリ

食品カテゴリは、農産物、水産物、畜産物、野生鳥獣肉、牛乳、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、畜産物に分類した。Table 1 に示したように、試料数は農産物(30,087)と水産物(20,672)が飛びぬけて多かった。次いで畜産物、加工品、牛乳、野生鳥獣肉、飲料水、乳児用食品の順であった。

非流通品で検出率が高い食品カテゴリは、野生鳥獣肉(51.8%)、農産物(4.2%)、水産物(2.0%)であった。流通品において検出試料が見られた食品カテゴリは農産物のみで、検出率は 0.7%であった。基準値を超過した試料は非流通品では農産物、水産物、野生鳥獣肉で、それぞれの超過

率は0.3%、0.06%、22.1%であった。流通品で基準値を超過したのは農産物のみで、超過率は0.1%であった。

Table 6 に放射性セシウム濃度が 25 Bq/kg を超える試料について、食品カテゴリ別に濃度の平均値、25%tile 値、中央値、75%tile 値、90%tile 値、95%tile 値、及び最大値を示した。畜産物は 25 Bq/kg を超える試料数が 3 であったために、表示していない。すべてのパラメータは野生鳥獣肉で最も高くなった。

Table 7 に農産物の小分類ごとの試料数と検出数及び検出率を示す。試料数は根菜・山菜以外の野菜がもっとも多く、ついできのこ、山菜が多かった。検出率はきのこが 9.6% でもっとも高く、次いで山菜の検出率が 8.9% であった。根菜・山菜以外の野菜の検出率は 0.04% であった。

穀類は 2,769 試料が検査され、コメの試料数は 1,542 で半数以上を占めたが、コメからは放射性セシウムは検出されなかった。穀類中、放射性セシウムが検出された試料はアマランサス 1 試料のみで、濃度は 33 Bq/kg であった。

いも類は 1,402 試料が検査されたが、放射性セシウムが検出された試料はなかった。

豆類 1,763 試料中、放射性セシウムが検出された試料は 19 あり検出率は 1.1% であったが、基準値超過試料はみられなかった。放射性セシウムが検出された試料は全て大豆で、濃度は最も高い試料でも 55 Bq/kg であった。

根菜・山菜以外の野菜は 9,111 試料が検査され、非流通品は 5,421 試料、流通

品が 3,690 試料あった。放射性セシウムが検出された試料数は 4 で、すべて非流通品であった。最高濃度は 56 Bq/kg であった。

根菜類は 2,265 試料が検査され、非流通品は 1,154 試料、流通品が 1,111 試料あった。放射性セシウムが検出された試料数は非流通品の行者ニンニク 1 試料のみで、濃度は 27 Bq/kg であった。

山菜には、タケノコ、ウド、コシアブラのような食品を含めた。試料数は 4,173 あったが、野生、自生と明記された山菜の試料数は 2,273 であり、栽培品も含まれている可能性がある。非流通品が 3,766、流通品が 407 試料あり、通常の野菜と比較して非流通品の割合が高かった。放射性セシウムが検出された試料数は 373 で、検出率は 8.9% であった。野生、自生と明記された山菜で放射性セシウムが検出された試料数は 295、検出率は 13% となった。

非流通品の山菜の放射性セシウム検出率は 9.3%、流通品の検出率は 5.2% で、流通品の検出率は全カテゴリ中、2 番目に高かった。200 Bq/kg を超える試料が 23 あり、その最高濃度はコシアブラの 2,200 Bq/kg、2 番目もコシアブラで 1,600 Bq/kg であった。これらの 2 試料はいずれも流通品であった。200 Bq/kg を超える試料には、コシアブラが 12 試料、タケノコが 6 試料、タラの芽が 4 試料、ワラビが 1 試料含まれた。

きのこの試料数は 5,223 であり、非流通品が 4,601、流通品が 622 で、山菜と同じく、流通品の割合が少なかった。対象

となったきのこ中、シイタケが 3,165 試料あり半分以上をしめた。その他、ナメコ(432)、シメジ類(191)、マイタケ(178)が含まれた。きのこ全体の放射性セシウム検出率は 9.6%、非流通品の検出率は 10.0%、流通品の検出率は 6.8%であった。

原木を用いて栽培した試料は 364、天然あるいは野生とされる試料が 492 あった。ただし、天然産あるいは原木栽培品の記載が厳密に守られて報告されているかは不明である。

基準値を超過したきのこ試料数は 24 あり、天然産が 19 試料あったが、原木栽培品の基準値超過はみられなかった。乾燥シイタケが 1 試料基準値を超過した。濃度が 200 Bq/kg を超えた試料は 15 試料あった。基準値を超過した試料には、山梨県、静岡県のような福島第一原子力発電所から距離のある産地のものも含まれており、これらの地域にも局地的汚染が残っていると考えられる。

果実の試料数は 3,376、非流通品が 2,333、流通品が 1,043 試料であった。放射性セシウムが検出された試料数は 16 で、検出率は 0.47%であった。基準値超過した試料はなかった。平成 27 年度までは、干し柿あるいはあんぼ柿に基準値超過が見られ、これらは乾燥加工されたことにより放射性セシウム濃度が上昇したと考えられたが、本年度は乾燥した果実でも、放射性セシウム濃度は 50 Bq/kg 以下であった。山菜・きのこ等とは異なり、天然産とされる果実試料は 14 と少なく、これらの中で放射性セシウムが検出されたものは、野生マタタビ 1 試料(38 Bq/kg)

のみであった。

Table 8 に水産物の小分類ごとの試料数と検出数及び検出率を示す。試料数は海水魚がもっとも多く、ついで魚以外の魚介類、淡水魚の順であった。一方、検出率は淡水魚が 15.5%でもっとも高く、海水魚が 0.38%で、魚以外の魚介類の検出率は 0.12%であった。基準値を超過した試料数は 11 ですべて淡水魚であった。

海水魚の試料数は 14,910 であり、非流通品が 12,466、流通品が 2,444 であった。海水魚の検出試料数は 56、検出率は 0.38%であった。流通品には検出された試料はなく、非流通品に限った検出率は 0.45%となった。

淡水魚の試料数は 1,893 あり、非流通品が 1,845、流通品が 48 であった。淡水魚の放射性セシウム検出率は 15.5%、非流通品の検出率は 15.9%であった。

基準値を超えた試料数は 10 で、基準値超過率は 0.5%となった。最高濃度はヤマメの 170 Bq/kg であった。

魚以外の魚介類には、貝類、軟体動物、甲殻類が含まれる。試料数は 3,224、検出数は 4、検出率は 0.12%で、海水魚よりもかなり低かった。検出試料は全てスジエビで、放射性セシウム濃度は 50 Bq/kg 未満であった。

海藻の試料数は 625 であり、非流通品が 367、流通品が 258 であった。乾燥品のような加工品も多く含まれた。海藻試料で放射性セシウムが検出された試料はなかった。

クジラ類が 13 試料検査されたが、放射性セシウムが検出された試料はなかった。

B. 方法でも述べたように、屠畜場における牛肉の検査データは肉類の解析から除いた。屠畜場の試料数は非常に多く、放射性セシウムの検出が無いため、これを含めると他の食品カテゴリとの検出率比較が困難になるためである。畜産物には肉、卵及びハチミツが含まれる。Table 9 に畜産物の小分類ごとの試料数と検出数及び検出率を示した。試料数は肉がもっとも多く、ついで卵、ハチミツの順であった。卵には放射性セシウムが検出された試料はなく、肉 2 試料とハチミツの 1 試料から放射性セシウムが検出された。

一方、山林で捕獲された野生のイノシシやシカのような野生鳥獣肉試料は 1,715 試料が検査され、その 51.7%にあたる 886 試料から放射性セシウムが検出され、22%にあたる 378 試料が基準値を超過した。検出率、基準値超過率ともに通常の肉と比較して高いだけでなく、全カテゴリ中最も高い結果であった。1,000 Bq/kg 以上の試料が 37 あり、最高は 30,000 Bq/kg のイノシシ肉であった。

牛乳試料数は 2,704 あり、非流通品が 1,462、流通品が 1,242 であった。牛乳は基準値が一般食品の 1/2 の 50 Bq/kg であり、スクリーニングも認められていない。このため、測定の検出下限は 10 Bq/kg 以下に設定されている。このため、10 Bq/kg 以上を検出としたが、検出された試料はなかった。

肉、卵、牛乳生産のために飼育されている、野生ではない通常の家畜、家禽は飼料が管理されており、放射性セシウムの摂取は低い状態にあると考えられる。

また、一般食品の 1/10 の 10 Bq/kg の基準が適用される飲料水（茶・氷を含む）の試料数は 702 あったが、放射性セシウムが検出された試料はなかった。

乳児用食品にも 50 Bq/kg の基準値が適用される。乳児用食品の試料数は 434 あり、調製粉乳が 132、飲料が 62、他の食品（ベビーフード、菓子等）が 240 あった。検出試料数は 0 であった。

加工食品には、複数の材料から作られる惣菜等の加工品、給食、菓子、調味料等を含めた。加工食品の試料総数は 3,029 あり、放射性セシウムが検出された試料数は 0 であった。

#### D. 考察

試料全体の放射性セシウム検出率は 3.4% であった。非流通品の検出率は 4.7%、流通品の検出率は 0.35% であった。流通品の基準値超過率は 0.06% で、非流通品の基準値超過率である 1.0% の 17 分の 1 であった。ただし、流通品の基準値超過試料すべてが、2 カ所から報告されており、機関の間で流通品の検査対象の選択に違いがある可能性が考えられる。非流通食品には高濃度の試料が見られたが、流通食品においては高濃度試料は少なく、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。

食品カテゴリ毎の検出率は様々であった。全体の検出率を大きく上回ったのは、野生鳥獣肉(51.7%)、淡水魚(15.5%)、きのこ(9.6%)、山菜(8.9%)であった。これらの

カテゴリの流通品の割合は、野生鳥獣肉(0.35%)、淡水魚(2.5%)、きのこ(11.9%)、山菜(9.8%)で、全試料における流通品の割合である 30%を大きく下回っていた。流通前の検査で見逃された違反を、流通品検査において発見することが目的ならば、流通品検査においては検出率・違反率の高い野生鳥獣肉、淡水魚、きのこ、山菜を重点的に検査すべきと考えられる。

Fig.1 のヒストグラムに見られるように、流通品にも 1,000 Bq/kg を超える試料が少数ながら現れている。流通品の高濃度試料は、山菜及びきのこであった。流通品きのこのような高濃度試料は、平成 27 年度までは見られなかった。天然山菜、天然きのこ、淡水魚、野生鳥獣肉は、山林にその起源をもつ天然品であり、これらの食品では、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。これらの食品における検出率及び基準値超過率は、他の食品カテゴリよりも高かった。この傾向はこれまでのデータでも明らかであった。環境中の放射性セシウムの食品への影響と、基準値を超える食品の監視のためには、淡水魚、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。

産地での出荷前検査が機能を果たし、流通食品での検出率は低く抑えられていると考えられるが、流通品の山菜及びきのこには基準値を大幅に超える試料が現

れており、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

## 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

Table 1 食品カテゴリ別の試料数

食品カテゴリ	試料数		
	非流通品	流通品	全体
農産物	20,459	9,628	30,087
水産物	17,593	3,079	20,672
畜産物	2,760	1,018	3,778
野生鳥獣肉	1,709	6	1,715
牛乳	1,462	1,242	2,704
乳児用食品	6	428	434
飲料水	71	631	702
加工品	418	2,611	3,029
合計	44,478	18,643	63,121

Table 2 食品カテゴリ別の検出数と検出率

食品カテゴリ	検出試料数			検出率(%)		
	非流通品	流通品	全体	非流通品	流通品	全体
農産物	852	66	918	4.2	0.69	3.1
水産物	353		353	2.0		1.7
畜産物	3		3	0.11		0.08
野生鳥獣肉	886		886	51.8		51.7
牛乳						
乳児用食品						
飲料水						
加工品						
合計	2,094	66	2,160	4.7	0.35	3.4

Table 3 食品カテゴリ別の基準値超過数と基準値超過率

食品カテゴリ	基準値超過試料数			基準値超過率(%)		
	非流通品	流通品	全体	非流通品	流通品	全体
農産物	61	11	72	0.3	0.11	0.24
水産物	11		11	0.063		0.053
畜産物				22.1		
畜産物	378		378			22.0
野生鳥獣肉						
牛乳						
乳児用食品						
飲料水						
加工品						
合計	450	11	461	1.0	0.059	0.73



Table 4 試料産地別の試料数、検出数、基準値超過数

産地	試料数			検出試料数			基準値超過試料数		
	非流通品	流通品	全体	非流通品	流通品	全体	非流通品	流通品	全体
北海道	583	555	1,138						
青森県	1,304	815	2,119	1		1			
秋田県	87	174	261	3		3			
岩手県	3,597	652	4,249	135	8	143	15		15
山形県	446	315	761	17	2	19	1	2	3
宮城県	7,122	1,093	8,215	358	12	370	57	2	59
福島県	19,232	1,435	20,667	756	7	763	290	1	291
茨城県	2,619	1,191	3,810	114	5	119	1		1
栃木県	3,915	353	4,268	341	9	350	25	2	27
群馬県	1,264	732	1,996	173	6	179	36	1	37
埼玉県	356	289	645	2		2			
千葉県	1,605	973	2,578	96	6	102	2		2
東京都	213	166	379						
神奈川県	219	305	524	1		1			
新潟県	608	624	1,232	19		19	1		1
長野県	188	610	798	20	2	22	5		5
山梨県	144	160	304	46	4	50	11		11
静岡県	134	295	429	12		12	6		6
岐阜県		10	10						
愛知県		50	50						
三重県		13	13						
富山県		11	11						
石川県		7	7						
福井県		3	3						
滋賀県		120	120						
京都府	145	49	194						
奈良県		25	25						
大阪府		25	25						
和歌山県		336	336						
兵庫県	8	56	64						
鳥取県		13	13						
島根県		5	5						
岡山県		14	14						
広島県		7	7						
香川県		18	18						
徳島県	7	55	62						
愛媛県		38	38						
高知県		126	126						
山口県		2	2						
福岡県		17	17						
大分県		9	9						
佐賀県		15	15						
長崎県		29	29						
宮崎県		37	37						
熊本県		15	15						
鹿児島県		48	48						
沖縄県		3	3						

Table 5 放射性セシウムが検出された試料の濃度の統計量 (Bq/kg)

	非流通品	流通品	全体
平均値	152	161	156
25%tile値	33	36	33
中央値	46	53	47
75%tile値	90	88	94
90%tile値	240	229	250
95%tile値	440	478	470
最大値	30,000	2,200	30,000

Table 6 放射性セシウムが検出された試料の濃度の統計量 (Bq/kg)

	農産物	水産物	野生鳥獣肉
平均値	63	46	294
25%tile値	30	33	44
中央値	37	42	85
75%tile値	52	49	210
90%tile値	94	69	495
95%tile値	160	88	870
最大値	2,200	170	30,000

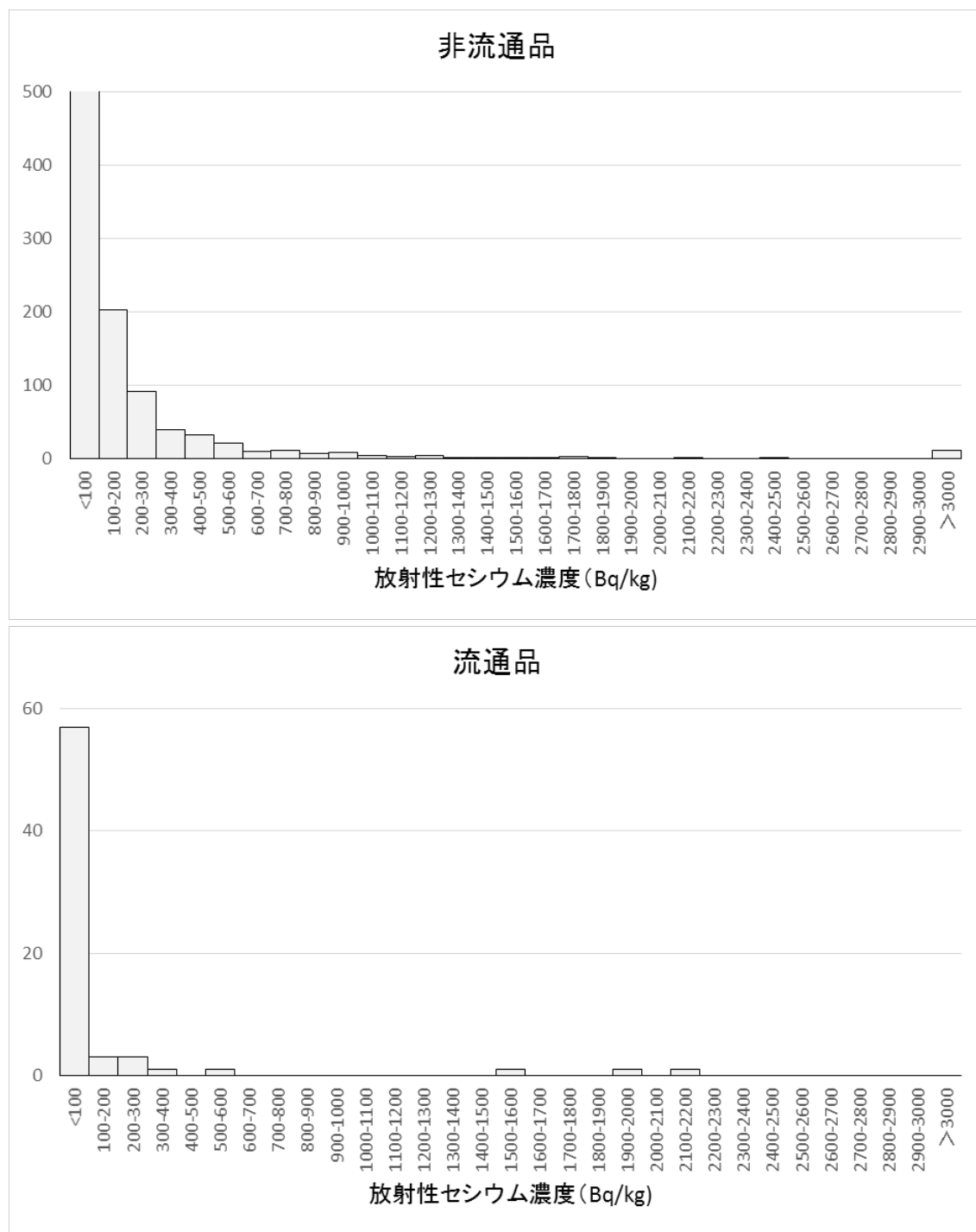


Fig.1 流通品と非流通品の放射性セシウム濃度のヒストグラム

Table 7 農産物の小分類ごとの試料数と検出数及び検出率

	試料数			検出数			検出率 %		
	非流通品	流通品	全体	非流通品	流通品	全体	非流通品	流通品	全体
穀類	642	585	1,227	1		1	0.16		0.08
穀類_米	831	711	1,542						
いも	620	782	1,402						
豆	1,086	677	1,763	19		19	1.7		1.1
野菜	5,421	3,690	9,111	4		4	0.07		0.04
野菜_根菜	1,154	1,111	2,265	1		1	0.09		0.04
野菜_山菜	3,766	407	4,173	352	21	373	9.3	5.2	8.9
果実	2,333	1,043	3,376	13	3	16	0.56	0.29	0.47
きのこ	4,601	622	5,223	462	42	504	10.0	6.8	9.6

Table 8 水産物の

小分類ごとの試料数と検出数及び検出率

	試料数			検出数			検出率 %		
	非流通品	流通品	全体	非流通品	流通品	全体	非流通品	流通品	全体
海水魚	12,466	2,444	14,910	56		56	0.45		0.38
淡水魚	1,845	48	1,893	293		293	15.9		15.5
魚介類(魚以外)	2,908	316	3,224	4		4	0.14		0.12
魚卵	2	5	7						
くじら	5	8	13						
海藻	367	258	625						

Table 9 畜産物の小分類ごとの試料数と検出数及び検出率

	試料数			検出数			検出率 %		
	非流通品	流通品	全体	非流通品	流通品	全体	非流通品	流通品	全体
肉	2,520	791	3,311	2		2	0.079		0.060
卵	187	194	381						
ハチミツ	53	33	86	1		1	1.9		1.2

### Ⅲ. 研究成果の刊行物・別刷

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	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	日本食品安全協会会誌	12(1)	1-7	2017

単行本

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
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.108-124
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