

201327046A

厚生労働科学研究費補助金

食品の安全確保推進研究事業

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25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 堤 智昭

国立医薬品食品衛生研究所 松田りえ子

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 渡邊 敬浩

国立医薬品食品衛生研究所 畝山智香子

## 目 次

### 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. 流通食品中の放射性物質濃度の調査

堤 智昭・・・・・・・・・・ 1 5

2. 食品中放射性物質検査における適正なサンプリング計画策定

渡邊 敬浩・・・・・・・・・・ 2 3

3. 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・・・・・・・・・・ 4 7

4. 食品中の放射性物質の検査に係る信頼性評価手法の検討

蜂須賀暁子・・・・・・・・・・ 6 7

5. 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・・・・・・・・・・ 7 9

6. 震災・津波による食品の化学物質汚染実態の調査

渡邊 敬浩・・・・・・・・・・ 9 3

7. 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・・・・・・・・・・ 1 3 5

### III. 研究成果の刊行に関する一覧表

# 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25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 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代謝生化学部第一室長   |
| 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      |
| 研究分担者 | 松田りえ子 | 国立医薬品食品衛生研究所食品衛生管理部主任研究官 |
| 研究分担者 | 鍋師 裕美 | 国立医薬品食品衛生研究所食品部研究員       |
| 研究分担者 | 渡邊 敬浩 | 国立医薬品食品衛生研究所食品部第三室長      |
| 研究分担者 | 畝山智香子 | 国立医薬品食品衛生研究所安全情報部第一室長    |

#### 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4月からは新たな基準値による規制が施行された。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全く検討されていない。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。

まず、地方自治体による食品中の放射性物質に係るモニタリングの効果を検証することを目的として、流通する食品の買い上げ調査を実施した。本年度に調査した試料数は1674で、このうち放射性セシウムの基準値である100 Bq/kgを超過したものは5試料(0.3%)であり、昨年度の同様の調査での基準値超過率と同程度であった。

食品検査のサンプリングに関しては、これまで国による明確な規定はないため、放射性物質を対象とする食品検査において規定すべきサンプリングについて検討する。本年度は、昨年度に実施された放射性物質検査結果を集計し、放射性物質濃度の分布について考察した。また、食品ロット内の濃度に分布を想定しない(想定し得ない)場合に合意されうるサンプリング計画について国際的な規格等を調査し比較した。さらに、ロット内濃度の分布型を仮定し、それらロットを対象に上記合意されうるサンプリング計画を実行した場合の性能についてシミュレーション解析した。

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、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。平成25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90,826件を集計し、放射性セシウム

検出率、基準値超過率、統計量を求めた。産地、食品カテゴリ別の集計も行った。流通する食品では、基準値を超える食品の割合は 0.02%であり、非常に低かったが、非流通食品では基準値超過率が 1.6%あり、また高濃度の試料が見られた。このことから、非流通品の検査により、高濃度の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。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、環境中の放射性セシウム濃度の変化の指標として、山菜、きのこ、淡水魚、野生鳥獣肉のような天然の食品中の放射性セシウムの測定を増加させていくことが重要と考えられた。

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、食品衛生法に基づく食品中放射能検査における各操作と不確かさの要因との関連を考察した。本年度は、試料の形状の違いによるジオメトリーの変化に伴うピーク効率の変化、さらに放射能濃度換算への影響を検討した。分析検査の全操作の不確かさを推定すること、そして各操作及び要因の不確かさが最終結果に与える影響の程度を理解していることが、分析値の品質を保証する上で重要と考えられた。

ところで、放射性物質汚染食品の安全対策のためには、調理・加工によって生じる食品中の放射性物質濃度の変化の情報提供も重要である。そこで、なめこおよびわかさぎを用いて調理に伴う食品中の放射性セシウム濃度の変化を評価した。その結果、なめこのゆでの放射性セシウムの除去率は約 40%であり、わかさぎの種々の調理による除去率は、素焼き、甘露煮、から揚げで約 0~10%、南蛮漬けで約 30%であることがわかった。

また、津波による、放射性物質以外の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、各種有害化学物質の実態を調査した。本年度は、ポリ塩化ビフェニル(PCBs)を対象に、5つの津波被災地域(青森、岩手、宮城、茨城、千葉各県)で市販された魚類製品 101 試料を買い上げ、それら食品の PCBs 濃度の実態を調査した。総 PCBs 濃度に加え、異性体別及び同族体別濃度も明らかにするために、測定には高分解能 GC-MS を用いた。また、昨年度の研究により取得した津波被災地域で買い上げた各種食品中の 15 元素濃度データを主成分分析し、その結果から説明可能な内容を考察した。

東日本大震災で環境中に放出された化学物質や放射性物質による一般の人々の健康リスクを評価する過程で、環境や食品中の汚染物質濃度の変動よりも個人の行動変化のほうが健康リスクへの寄与率が高そうであることが昨年度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することで全体の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により被災地の困難を増やすだけでなく、適切なリスク管理が行われないという意味で食品の安全性を実際に脅かすものである。そこでこれまでのこの研究課題により得られた食品中の放射性物質に関するデータを提示するとともに、消費者が適切なリスク管理を行うために必要な情報はどのようなものかを探るための調査を実施した。食生活全体のリスクを適切に管理するためには、特定の項目だけではなく全体のリスクに関する情報も同時に提示することが望ましいことが示唆された。

## 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皆無である。

このような状況をふまえ、(1) 食品中の放射性物質検査及び(2) サンプルング、(3) 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、(4) 放射性物質の検査に係る信頼性評価手法の検討、(5) 食品中放射性物質の調理及び加工による影響の検討、(6) 震災・津波による食品の化学物質汚染実態の調査、(7) 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、の7つの研究を実施する。

(1) では、現行の検査体制によって、基準を超えて放射性物質を含む食品が流通していないことを確認する。(2) では食品中の放射性物質検査におけるサンプルング法を策定して適正な検査体制の構築に資する。(3) 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。(4) 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し、情報を提供することにより、分析結

果の信頼性評価法の確立に資する。(5) 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することにより、安全対策に資する。(6) 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。(7) 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。

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における農漁業の復興、生活の再建につながるものと期待される。

以下、研究課題毎に実験方法、結果及び考察を示す。

### (1) 流通食品中の放射性物質濃度の調査及びサンプルング法の検討

## B. 方法

### 調査対象地域

平成23年度及び24年度の調査対象地域と同様の考え方から、福島県、岩手県、山

形県、宮城県、埼玉県、東京都、神奈川県、栃木県、長野県、静岡県、山梨県、青森県、秋田県、茨城県、千葉県、新潟県、群馬県、和歌山県を対象とした。

#### 調査対象食品

調査対象地域で生産された食品全般を調査対象としたが、昨年度の結果を踏まえ、栗・ギンナン等の果実、原木シイタケを中心としたきのこ類、山菜類、海水魚を重点的に調査した。また、生鮮食品だけでなく、加工食品も調査対象とした。

#### 測定方法

乾燥品等を除く試料では、最初にNaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータによるスクリーニングを行った。スクリーニング測定は、平成24年3月1日発厚生労働省食品安全部監視安全課事務連絡「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」別添に示された、食品中の放射性セシウムスクリーニング法に従って行った。

スクリーニング法により、測定下限値を超えた試料は、ゲルマニウム半導体検出器付γ線スペクトロメータにより確定検査を実施した。検出下限20 Bq/kgを目標として、確定検査の条件を設定した。また、乾燥した食品のように充填密度が小さく、スクリーニング法の測定下限値が高くなる試料は、スクリーニング法による測定を行わずに、確定検査を実施した。

### C. 結果・考察

本年度に検査した試料の総数は、1674であった。NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータの測定下限である25 Bq/kgを越えた試料を、検出した試料とした。調

査期間中、基準値である100 Bq/kgを超過した試料数は5であり、全調査数に対する割合は0.3%であった。この内4試料はきのこ類であった。きのこ類は296試料中36試料から検出され、検出割合は12%であった。この割合は、昨年度とほぼ同じである。基準値を超過した他の試料はワラビであった。

果実338試料中3試料から放射性セシウムが検出された。検出された試料は銀杏2、及びウメボシであった。野菜597試料中4試料から検出があり、検出率は果実と同程度の0.7%であった。ワラビ1試料から301 Bq/kgが検出された。

以上の結果から、植物性の食品では、樹木に関連するきのこ、果実、葉のような食品において、放射性セシウムの検出割合が高いと考えられる。

動物性の食品では、牛肉を含めた肉135試料及び海水魚90試料中に放射性セシウムが検出された試料は見られなかった。淡水魚では、76試料中、5試料から放射性セシウムが検出された。検出された試料はすべて茨城産で4試料がワカサギ、1試料がハゼであった。

放射性セシウム検出割合の高かった食品群の濃度を調べると、キノコは検出率も高く、また放射性セシウム濃度は、果実あるいは野菜に比較して高く、検出された試料の40%以上が50 Bq/kgを越えた。キノコ試料中シイタケは146試料あり、その内56試料が原木栽培品であった。基準値超過となった3試料は、いずれも原木栽培のシイタケであった。他に基準値超過となったナメコは天然キノコであった。

淡水魚中の放射性セシウム濃度は、果

実・野菜と同程度であった。

県別の検出割合は、東北地方の県より茨城県及び群馬県のような関東地方の県が高かった。

(2) 食品中放射性物質検査における適正なサンプリング計画策定

#### B. 方法

##### 1) 放射性物質検査結果の解析

厚生労働省のHP上の平成24年度の放射性物質検査の結果をデータとし、食品種別に検査結果として報告された分析値の頻度を解析した。一定数以上の検査結果が報告されていることも考慮しつつ、食品種には、野菜、果実、穀類、きのこ類、海水魚、淡水魚を選択した。また、全国の検査結果と原子力発電所の事故の影響を強く受けられていると考えられる福島県とを分けて解析した。

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

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

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

#### の性能

前節により明らかにした、食品ロット内に特定の濃度分布を想定し得ない場合に合意に基づき用いるサンプリング計画の性能を評価した。

#### C. 結果・考察

##### 1) 放射性物質検査結果の解析

平成24年度に実施された放射性物質検査の濃度のヒストグラムを作成した。その結果、概観すれば、全国と福島県とで大きくパターンが異なる食品は、米を除いて認められなかった。今回実施した検査結果の解析からは、ある特定ロット内の濃度分布を推測することはできない。個々のロット内の濃度分布を知るためには、ロット平均値の高かった食品を選び、個々のロットから多数のサンプルを抜き取り分析する事を複数のロットに対して繰り返し行い、その結果からの推定が必要である。そのような推定がされるまでは、食品ロット内の放射性物質濃度の分布には想定がない(想定し得ない)として取り扱わざるを得ない。

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

Codex ガイドライン並びに規格及び EC Commission directive 2002/63/EC から抜粋し、特定の分布型を想定せず合意によって決められているサンプリング計画を比較した。端的に言えば、ロットサイズに応じてサンプルサイズを1、3、5、10 にすることだけが決められており、この計画の実施による生産者危険や消



費者危険は不明である。しかし、このサンプリング計画が合意に基づき使用されることで、検査実施者間での不整合が回避される。

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

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

### (3) 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

#### B. 方法

厚生労働省ホームページに公表された、平成 25 年 4 月から平成 26 年 3 月までの、食品中のセシウムの検査データを用い、産地、食品カテゴリ別に、セシウム検出率、濃度等を集計した。

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を除いたものを対象とした。

#### C. 結果・考察

平成 25 年度の総試料数は 90,826 であり、その内 61,861 が流通前の段階で収集された食品(非流通品)、28,965 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 32%であった。

検査機関ごとに検出下限は異なっているため、セシウム濃度が 25 Bq/kg 以上の試料数を検出数、全体に対する割合を検出率として計算した場合、非流通品の検出率は 9.4%、流通品は 0.4%で、流通品の検出率は非流通品よりもはるかに低かった。

放射性セシウム基準値を超過した試料の割合は、非流通品では 1.6%、流通品では 0.02%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。

本研究の分担課題である「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」では、流通品の買い上げ調査を実施している。その結果、基準値を超過した試料の割合は 0.3%で、上記の流通品の基準値超過率 0.02%を上回った。この分担課題では、これまでの研究の結果に基づき、セシウム濃度が高いあるいは基準値超過の可能性が高いと予想される食品を重点的に選択し、購入しているため、本課題で求められた各自治体等の任意の選択による試料の基準値超過割合よりも高くなったと考えられる。

試料産出地別では、流通品、非流通品共に、試料数が最も多いのは福島県(25,915)であった。その他の試料数の多い地域は、

宮城県、栃木県、茨城県、岩手県等で、福島県近隣の県の産品が多く検査された。

非流通品の基準値超過率の高い県は、群馬県、長野県、山梨県、福島県、静岡県で、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、青森県、山形県、岩手県、宮城県、茨城県、栃木県、群馬県であった。福島県の非流通品の基準値超過率は高いが、流通品に基準値超過はなく、非流通品の管理が適切に行われていると考えられる。

非流通品の検出率が高い食品カテゴリは、野生鳥獣肉(65.4%)、淡水魚(17.6%)、豆類(16.8%)、きのこ(16.5%)、であった。流通品において検出率の高い食品カテゴリはきのこ(6.8%)、淡水魚(4.8%)で、非流通品で検出率の高い野生鳥獣肉からの検出は0%、豆からの検出は0.1%であった。

セシウムが検出された試料の濃度のヒストグラムは、大部分の食品カテゴリにおいて、低濃度側の頻度が最も高く、高濃度側にかけて急速に減少するパターンを示した。このパターンから大きく異なっていたのは穀類で、50-100 Bq/kg にピークが認められた。また、検出率の高い天然山菜、きのこ、海水魚、淡水魚、野生鳥獣肉のヒストグラムは、頻度の低下が小さく、濃度範囲が広い分布を示す傾向が認められた。

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。したがって、環境中の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、タケノコ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、逆に検出頻度の低い牛肉が年間100,000試料も検査されており、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。食品中のセシウムの濃度・検出の実態を考慮し、自治体の検査計画を作成することが、食品の安全につながると考えられる。

#### (4) 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

##### B. 方法

食品中放射能の測定は、一般的な化学的な手法による食品中有害物質の測定とは原理が異なるため、放射能分析特有のモデル式及び要因の評価が必要になる。そこで、食品中放射能の分析値を評価する場合の問題点、特に放射能測定に特異な事項であるジオメトリーに關与する試料体積について検討を行った。

放射線測定のモデル式は、IAEAの放射線測定に関する報告書を参考にし、ピーク効率、U-8容器の高さの異なる放射能標準ガンマ体積線源をゲルマニウム半導体検出器で測定することにより求めた。

##### C. 結果・考察

食品中放射能検査で求める重量あたりの放射能濃度と、正味計数値、ピーク効率、γ線放出比、試料重量、各種補正係数とのモデル式をもとに、食品中放射能検査の操作、並びに各操作で求まるパラメータ及び不確かさの要因を列挙し、考察した。

不確かさの要因の一例として、ゲルマニ

ウム半導体検出器での測定における U-8 容器の試料高さの変動による放射能濃度算出への影響及びその不確かさの大きさを試算した。円筒容器の 0.5cm ごとの高さにおける相対計数効率、高さ 0 から 0.5 cm の測定位置と、4.5 から 5.0 cm の測定位置とでは、約 5 倍の差になることが示された。次に、試料高さ 1.0 cm と 5.0 cm での 0.1cm の読み取り誤差を設定し、放射能濃度算出に与える影響を試算した。試料高さを小さく読み取ると、ピーク効率が大きく見積もられ、結果として放射能濃度は小さく算出されるため、負の誤差となり、逆に高さを大きく読み取ると、放射能濃度では正の誤差となる。つまり、試料の過剰充填は負のバイアスとなることを示した。また、試料高さが小さい方が計数効率の変動率が大きいため、同じ 0.1mm の誤差の場合は、高さが低い試料の方が、高い試料より影響が大きくなることを確認した。

#### (5) 食品中放射性物質の調理及び加工による影響の検討

##### B. 方法

##### 1. なめこのゆでによる放射性セシウム量の変化

放射性セシウムによる汚染が確認された生のなめこを用い、なめこの調理として最も一般的な「ゆで」による放射性セシウム量の変化について検討を行った。

##### 2. わかさぎの調理による放射性セシウム量の変化

調理による放射性物質の変化に関する報告例がほとんどない淡水魚類を用いた検討として、放射性セシウムを含むわかさ

ぎを用いた検討を実施した。調理方法としては、一般的な素焼き、甘露煮、から揚げ、南蛮漬けの 4 種類の調理法で丸のままのわかさぎを調理し、その前後におけるわかさぎ中の放射性セシウム量の変化を評価した。

##### 3. わかさぎの南蛮漬けによる放射性セシウム除去における食酢濃度の影響

食品中の水分移動が外液の浸透圧に影響されることやセシウムが酸性溶液中へ移行しやすいことが知られている。そこで、食酢濃度が異なる 5 種類の混合調味液に揚げたわかさぎを浸漬した際の放射性セシウムの除去率を求め、食品からの放射性セシウム除去における食酢の影響を検討した。

#### C. 結果・考察

##### 1. なめこのゆでによる放射性セシウム量の変化

なめこをゆでた場合、1 試料あたりの放射性セシウム量は、調理前後で 10 Bq から 6.3 Bq に減少しており、除去率は 38% となった。なめこから除去された約 4 Bq の放射性セシウムは、ゆで汁中に移行していた。

##### 2. わかさぎの調理による放射性セシウム量の変化

わかさぎで用いられる代表的な調理法においては、南蛮漬けでわかさぎ中の放射性セシウムを 20%程度除去できるものの、から揚げや素焼き、甘露煮では除去効果はほとんど期待できないという結果となった。魚の調理においては、煮魚のように煮汁を煮詰めないような調理法で調理し、煮汁を除いて摂取することが、放射性セシウムの除去に効果的な方法であると考えられた。

### 3. わかさぎの南蛮漬けによる放射性セシウム除去における食酢濃度の影響

素揚げしたわかさぎを、食酢濃度が 0～80 w/w%の混合調味液に3時間浸漬した際のわかさぎ中の放射性セシウムの残存率は33～42 となり、食酢の濃度に関係なくほぼ一定の残存率を示した。

今回の検討では、比較したすべての調味液が弱酸性であり、食酢濃度や調味液の pH と放射性セシウムの除去効果に相関性は認められなかった。しかし、日本料理に多用される醤油を含む調味液での浸漬や煮物などの調理は、放射性セシウムの除去に効果的な酸性溶液中での調理となることから、放射性セシウムの除去に促進的な働きをする可能性が考えられた。

### (6) 震災・津波による食品の化学物質汚染実態の調査

#### B. 方法

1) 日本地理学会が作成した津波被災マップを参考に、青森、岩手、宮城、茨城、千葉各県の津波被災地域及び津波被災地域に隣接する地域を実態調査の対象地域に選択した。調査する食品の種類(食品種)には、購入地域での流通の状況及び PCBs による汚染の蓋然性を勘案し、魚類製品としてアイナメ、カレイ、ヒラメ、サバを選択し、2012 年 7 月から 2013 年 2 月にかけて各食品を購入した。分析は、PCBs 全 209 異性体を対象とした。

2) 昨年度の研究により取得した津波被災地域で買い上げた各種食品中の 15 元素濃度データを主成分分析した。

## C. 結果・考察

### 1) PCBs 同族体及び総 PCBs 濃度の概観

分析値を試料の種類(食品群)ごとに集計し、それぞれの食品群ごとに、各同族体濃度及び総 PCBs 濃度の基本統計量を算出した。総 PCBs 濃度の平均値はアイナメで 8.10 ng/g、ヒラメ・カレイで 2.83 ng/g、サバで 11.2 ng/g、また標準偏差はアイナメで 6.8 ng/g、ヒラメ・カレイで 4.5 ng/g、サバで 15 ng/g であった。これらの平均値と標準偏差からは、同種の魚種であっても、試料(個体)によって総 PCBs 濃度が大きく変動していることが分かる。分析結果からは、3 つの食品群中、ヒラメ・カレイの総 PCBs 濃度が最も低いことが示唆される。

### 地域と食品群の組合せ別総 PCBs 濃度の分布

地域と食品群との組合せごとの総 PCBs 濃度の分布において、25%タイル値から 75%タイル値の範囲を比較すると、地域によらず 3 食品群中、ヒラメ・カレイの総 PCBs 濃度は低めの傾向があった。アイナメとサバとでは、どちらの魚種の総 PCBs 濃度がより高いと言った明確な傾向は認められなかった。

### 試料中での PCBs 同族体構成比率

総 PCBs 濃度に対する各同族体濃度の比率を調べると、全ての試料で、4～7 塩素化同族体の構成比率が高く、総 PCBs 濃度はこれら同族体濃度を主としていることが分かる。しかし、同族体構成比率は試料ごとに異なる事も分かる。

高塩素化同族体が食品となる魚の個体に摂取された後、それが採取されるまでの間

に脱塩素して低塩素化同族体に変化することを仮定すれば、高塩素化同族体の構成比率はPCBsによる新たな汚染の指標となる。このような仮説を検証するためには、今回のデータは不足であり、新たな解析手法を導入する必要もある。今後、今回の調査地域に非津波被災地を加えることや購入する魚種を増やすことを検討し、データを拡充した上で、統計学的解析を実施し、津波被災による新たなPCBs汚染の有無を明らかにしていく。

## 2) 被災地で購入した食品の元素濃度の主成分分析

本研究で得られた各食品中の一連の元素濃度のデータから、食品種別元素濃度の特徴を把握することができた。そこで、同種食品の元素濃度データの主成分分析によって、その食品が買上げられた地域の特徴を把握することが可能か検討した。その結果、特定の地域と食品の組合せにおいて、主成分スコアに特徴的な傾向は認められず、特定の地域と元素濃度との組合せに関する考察はできなかった。ただし、主成分スコアのプロット数をもても明らかとなり、地域と食品種の組合せデータの数が少ない。このデータ数の少なさが、地域別元素濃度の特徴の把握を困難にさせている可能性も十分考えられる。今後、より多くのデータを蓄積し、引き続き主成分分析等の手法を用いることで、特定地域における特定元素濃度の特徴の把握を検討する。

(7) 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

### B. 方法

食品中化学物質の安全性に関する情報提供の前後で、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。情報提供は講義形式で行ったものと、少人数から意見を聞き取る場合と両方を行った。ベースラインの食品に関する不安と、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。

### C. 結果・考察

今回のアンケートの目的は、食品中の放射能に関する不安や受容度が、食品のリスクについての情報を提供されることで変わるのではないかという仮説を検証することである。そのため放射性物質とは何か、基準値はどうやって決められたか、といった、通常の放射性物質のリスクコミュニケーションで話されていることにはほとんど触れずに、消費者庁の提供している情報を参考情報として配布しただけである。その代わりに食品そのものは安全性が確認された上で食べているものではないこと、食品中に天然に含まれる発がん物質のリスクなどについて説明をしている。その結果として放射能汚染に対する不安のスコアが減る場合があることが確認された。食品中の放射能の基準値についてもより大きな数値でも許容できると考える人が増える傾向にはあるが、不安感の変化ほどには基準値への受容は大きくは変わらない。これは一度決めたことを変更するのは他のどのような場合でも難しいことが経験的にわかっている（例えばかつて発がん性の疑いありとして使用が禁止された添加物は、発がん性の疑いが

晴れたとしても復活するのは困難である)ので予想された結果ではある。これはたとえ暫定的ではあっても基準値を設定する場合には相当慎重な検討をしないとその後のコミュニケーションに大きな障害となることをも示す。

#### D. 結論

現行の検査体制によって、基準を超えて放射性物質を含む食品が流通していないことを確認するため、流通品 1674 試料を購入し、放射性セシウム濃度を測定した。基準値を超過したものは5試料(0.3%)であり、昨年度の超過率とあまり変化していない。今後も監視を継続すべき食品群は、原木栽培品を中心としたきのこ類、山菜を中心とした野菜類、淡水魚を中心とした魚類、種実類と考えられた。

検査における適正なサンプリング規定を検討する目的で、平成 24 年度に自治体等で実施された放射性物質検査の結果を、食品種また全国と福島県とで区別し集計した。その結果、これまでの検査結果を活用し、規格値を超える蓋然性が高い食品種を選択の上、その食品に対する検査頻度を上げた方が、法律の主旨に叶ったより効率の良い検査になるだろうことが示唆された。しかし、ある特定の食品について、効率的なサンプリング計画を策定するために必要な濃度分布に関する情報を得ることはできなかった。

特定の分布を想定しえない場合に合意により採用するサンプリング計画により指示されるサンプルサイズが、1、3、5、10 であることが明らかとなった。このサンプルサイズに従い、仮定した一定の分布をもつ

ロットから抜き取られるサンプル平均をシミュレーション解析した。その結果、仮定した分布型と分布の範囲であれば、得られるサンプル平均がロット平均 $\pm 10\%$ の範囲に 50%の確率で含まれるようにするために、十分な性能を有していることが示された。ロット平均値に対し、どの程度の正確な判定を可能とするサンプル平均を必要とするのか、またそのサンプル平均が得られる確率をどのくらいに設定すべきなのかは、今後の検討課題である。また、今回のシミュレーションはあくまで仮定した分布に対して行われたものである。放射性物質に汚染されたロット内の実際の濃度分布を知ることが、今後不可欠である。

また、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、平成 25 年度の食品中の放射性セシウム濃度データ 90,826 件を集計し、産地、食品カテゴリ別の放射性セシウム検出率、基準値超過率、統計量、濃度等を解析した。流通する食品では、基準値を超える食品の割合は 0.02%であり、非常に低かったが、非流通食品では基準値超過率が 1.6%あり、また高濃度の試料が見られた。このことから、非流通品の検査により、高濃度の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。

多くの食品カテゴリにおいて、濃度分布ヒストグラムは濃度の低い側から単調に減少する類似した形状となっており、中央値にも大きな差が見られなかった。放射性セシウムが検出された試料の濃度のヒストグラムは、大部分の食品カテゴリにおいて、低濃度側の頻度が最も高く、高濃度側にかけて急速に減少するパターンを示した。こ

のパターンから大きく異なったのは穀類で、50-100 Bq/kg にピークが認められた。また、検出率の高い天然山菜、きのこ、海水魚、淡水魚、野生鳥獣肉のヒストグラムは、頻度の低下が小さく、濃度範囲が広い分布を示す傾向が認められた。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、環境中の放射性セシウム濃度の変化の指標として、山菜、きのこ、淡水魚、野生鳥獣肉のような天然の食品中の放射性セシウムの測定を増加させていくことが重要と考えられる。

検査における分析値の品質保証は、一般には不確かさの推定値がパラメータとして用いられる。食品衛生法に基づく食品中放射能検査では、計数の統計による不確かさ（計数誤差）のみが記載され、それによって評価することとされているが、食品検査にはこれ以外にも多くの要因があり、その中には放射線測定特有の要因も含まれる。本年度は、基本となる放射能測定のモデル式を示し、食品検査における各操作と分析の要因との関連を考察した。また、放射線測定特有の因子の一例として、試料の形状の違いによるジオメトリーの変化に伴うピーク効率の変化、さらに放射能濃度換算への影響を検討した。放射線測定では、試料体積の変動は、その体積変化そのものではなく、位置による計数効率の変動を介して放射能濃度に影響することに注意が必要である。

調理及び加工による放射性物質の濃度変化を明らかにする目的で、検討した結果、①なめこ中の放射性セシウムは、ゆでることによって元の約 60% に減少し、約 40% を除去することが可能であること、②わかさぎの調理による放射性セシウムの除去率は、素焼き 0%、甘露煮約 10%、から揚げ約 5% と低く、これらの調理では放射性セシウムの除去効果は期待できないものの、南蛮漬けでは約 30% の放射性セシウムが除去できること、また、加熱後に調味液へ浸漬した場合でも放射性セシウムが除去できること、③弱酸性の調味液中へのわかさぎの浸漬では、食酢濃度に関係なく一定の放射性セシウム除去効果を示すことが明らかとなった。

これらの結果から、焼いたり揚げたりするような調理法と比較して、ゆでたり調味液に浸漬するような調理法が放射性セシウムの除去に適していることを確認した。

津波による、放射性物質以外の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、本年度は、ポリ塩化ビフェニル (PCBs) を対象に、津波被災地域で市販された魚類製品 101 試料を買い上げ、それら食品の PCBs 濃度の実態を調査した。分析結果からは、同種の魚種であっても、試料(個体)によって総 PCBs 濃度が大きく変動していることが分かった。総 PCBs 濃度に対する各同族体濃度の比率を調べると、全ての試料で、4~7 塩素化同族体の構成比率が高く、総 PCBs 濃度はこれら同族体濃度を主としているが、同族体構成比率は試料ごとに異なる事も分かった。高塩素化同族体が食品となる魚の個体に摂取された後、それが採取されるまでの間に脱塩素して低塩素化同族体に変化することを仮定すれば、

高塩素化同族体の構成比率はPCBsによる新たな汚染の指標となる。このような仮説を検証するためには、今後、今回の調査地域に非津波被災地を加えることや購入する魚種を増やすことを検討し、データを拡充した上で、統計学的解析を実施し、津波被災による新たなPCBs汚染の有無を明らかにしていく必要がある。

また、昨年度の研究により取得した津波被災地域で買い上げた各種食品中の15元素濃度データを主成分分析した結果、一定の地域と食品の組合せにおいて、特徴的な傾向は認められず、特定の地域と元素濃度との組合せに関する考察はできなかつた。これは、データ数の少なさが、地域別元素濃度の特徴の把握を困難にさせている可能性も十分考えられる。今後、より多くのデータを蓄積し、引き続き主成分分析等の手法を用いることで、特定地域における特定元素濃度の特徴の把握を検討する。

放射線のリスクコミュニケーションにおいては、放射線の情報提供にとどまらずに食品やがんのリスク全体の情報を提供することが重要である。食品安全リスク分析における「リスクコミュニケーション」は単にリスク情報を伝えることではない。「食の安全 Food safety」は消費者がフードチェーンの外側にいて「安全な食品 safe food」と安全でない食品を区別して「安全な食品」を選ぶことではない。独立して安全な食品というもの存在しない。同じ食品でも消費者の食べ方次第で「安全」にもなれば「安全でない」ものにもなる。必要なのは消費者の食生活のありようを含めたシステム全体が安全性を担保するというを納得できるようなコミュ

ニケーションのあり方である。

## E. 健康危険情報

なし

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

- 1) 堤 智昭：食品に含まれる放射性物質の調査．公衆衛生，78(3),208-212 (2014)
- 2) 鍋師裕美，堤 智昭，五十嵐敦子，蜂須賀暁子，松田りえ子：流通食品中の放射性セシウム調査、食品衛生学雑誌 54(2), 131-150, 2013.
- 3) 松田りえ子：トータルダイエツト試料を用いた放射性セシウムの預託実効線量推定に関する解説、獣医疫学雑誌、17(1), 57-62 (2013)
- 4) 蜂須賀暁子：食品中放射性物質の分析と検査. 食品衛生雑誌, 54(2), 102-110 (2013)
- 5) 鍋師裕美，堤智昭，蜂須賀暁子，松田りえ子：調味液への浸漬による牛肉中放射性セシウム量の変化に関する検討. 食品衛生学雑誌，54(4)，298-302 (2013)
- 6) 鍋師裕美，堤智昭，蜂須賀暁子，松田りえ子：わかさぎ中の放射性セシウムの調理による除去効果に関する検討. 食品衛生学雑誌，54(4)，303-308 (2013)
- 7) 畝山智香子：食品を介した有害物質摂取のリスク ～放射性物質摂取のリスク～. 食品衛生学雑誌，54(2)，83-88 (2013)
- 8) 畝山智香子：食品中発がん物質のリス



- ク評価について. GGT ニュースレター, 99, 5-6 (2014)
- 9) 畝山智香子: 食品と放射線のリスクを考える - 発がんリスクの評価について, 日本原子力学会誌 10, 58-62 (2013)
2. 学会発表
- 1) 鍋師裕美, 堤 智昭, 蜂須賀暁子, 中村里香, 松田りえ子, 手島玲子: 市販流通食品中の放射性セシウム検査～平成 24 年度流通食品検査のまとめ～. 第 22 回環境化学討論会 (2013.7)
- 2) 鍋師裕美, 堤 智昭, 蜂須賀暁子, 中村里香, 松田りえ子, 手島玲子: 平成 24 年度における市販流通食品中の放射性セシウム検査のまとめ. 第 50 回全国衛生科学技術協議会年会 (2013.11)
- 3) 松田りえ子, 堤智昭, 蜂須賀暁子, 鍋師裕美, 手島玲子: 都道府県等が実施した食品中の放射性物質検査結果の解析. 第 50 回全国衛生科学技術協議会年会 (2013.11)
- 4) 蜂須賀暁子, 鍋師裕美, 堤智昭, 中村里香, 手島玲子, 松田りえ子: 食品中放射能スクリーニング検査の性能要件と測定機器について. 第 50 回全国衛生科学技術協議会年会 (2013.11)
- 5) 鍋師裕美, 堤 智昭, 蜂須賀暁子, 松田りえ子: 調味液への浸漬による牛肉中放射性セシウムの低減に関する検討. 日本食品衛生学会第 104 回学術講演会. (2013.9)
- 6) 鍋師裕美, 堤 智昭, 蜂須賀暁子, 松田りえ子, 手島玲子: わかさぎ中放射性セシウムの調理による除去効果に関する検討. 日本食品衛生学会第 106 回学術講演会. (2013.11)
- 7) 松尾真紀子, 畝山智香子: 食品中の放射性物質リスクを巡る共同事実確認 (JFF) の実践 - 異なるディシプリンを超えて, 日本リスク研究学会第 26 回年次大会 (2013.11)
- 8) 片岡洋平, 渡邊敬浩, 林智子, 蜂須賀暁子, 手島玲子; 東日本大震災・津波被害地域における食品中の金属類濃度実態調査. 第 106 回日本食品衛生学会学術講演会 (2013.11)
3. その他
- 1) 畝山智香子 分担執筆日本都市センター: 自治体の風評被害対応～東日本大震災の事例～, 日本都市センター, 東京 (2014), pp 114-124, 第 6 章 風評被害予防のためのリスク情報共有について
- 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

流通食品中の放射性物質濃度の調査

堤 智昭

平成 25 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 分担報告書

流通食品中の放射性物質濃度の調査

研究代表者 蜂須賀暁子 国立医薬品食品衛生研究所代謝生化学部第一室長  
研究分担者 堤 智昭 国立医薬品食品衛生研究所食品部第二室長

研究要旨

地方自治体による食品中の放射性物質に係るモニタリングの効果を検証することを目的として、流通する食品の買い上げ調査を実施した。調査した試料数は 1674 であり、このうち放射性セシウムの基準値である 100 Bq/kg を超過したものは 5 試料 (0.3%) であり、昨年度の同様の調査での基準値超過率と同程度であった。平成 25 年度に基準値を超過した試料は、原木栽培シイタケ 3 試料、ナメコ、ワラビであった。24 年度に基準値を超過した試料は、桑茶、シイタケ、ナメコであり、基準値超過試料にきのこ類が多い状態が継続している。NaI (TI) シンチレーションスペクトロメーターを用いたスクリーニング検査及びゲルマニウム半導体検出器による確定検査により 25 Bq/kg 以上の濃度となった試料数は 50 あり、そのうちの 36 試料がキノコ、6 試料が淡水魚、4 試料が山菜 (タラノメ、ワラビ) 及び根菜 (タケノコ、サツマイモ)、3 試料がギンナン・ウメ (梅干し) のような木の実、1 試料がエビ加工品であった。

研究協力者 鍋師 裕美 国立医薬品食品衛生研究所食品部  
植草 義徳 国立医薬品食品衛生研究所食品部  
五十嵐敦子 国立医薬品食品衛生研究所食品部  
中村 里香 国立医薬品食品衛生研究所代謝生化学部  
松田りえ子 国立医薬品食品衛生研究所食品衛生管理部

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の結果、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、関係自治体が検査計画を策定して検査を実施することとなった。この検査のための検体は、主として農場等の生産現場からサンプリングされた。一方、自治体による検査の実効性を評価する目的で、平成 23

年度厚生労働科学研究により、放射性物質汚染が予想される地域産食品の流通段階での買い上げ調査が実施された。この結果、1435 試料中暫定規制値である 500 Bq/kg を超過したものは 6 試料 (全数の 0.4%) であり、食品中の放射性物質に係るモニタリングが適正に機能していることが確認された。平成 24 年 4 月には一般食品中の放射性セシウムの基準値として 100 Bq/kg が設定されるとともに、流通段

階食品の買い上げ調査が継続された。この結果、基準値が引き下げられたにも関わらず、基準値超過率は0.3%であった。これらの結果は、生産地での検査と出荷制限という行政施策食品の有効性を示すと共に、食品の放射性物質汚染に対する不安を軽減することにもつながった。

一方、わずかながらも基準値を超過する食品が見られることから、流通する食品の放射性セシウム汚染状況の確認も必要と考えられたため、本年度も流通段階での食品の調査を継続した。

## B. 調査方法

### 調査対象地域

平成23年度及び24年度の調査対象地域と同様の考え方から、福島県、岩手県、山形県、宮城県、埼玉県、東京都、神奈川県、栃木県、長野県、静岡県、山梨県、青森県、秋田県、茨城県、千葉県、新潟県、群馬県、和歌山県を対象とした。

### 調査対象食品

調査対象地域で生産された食品全般を調査対象としたが、昨年度の結果を踏まえ、栗・ギンナン等の果実、原木シイタケを中心としたきのこ類、山菜類、海水魚を重点的に調査した。また、生鮮食品だけでなく、加工食品も調査対象とした。

### 調査方法

都市のスーパーマーケット等の小売店、地方の店舗（道の駅等）で、またはインターネットを通じて、食品を購入して試料とした。

### 測定方法

購入した食品は、包丁等で細切し、測定容器に充填した後に、測定した。試料間のコンタミネーションを防止するため、まな板・手袋等の器具は試料毎に交換した。

乾燥品等を除く試料では、最初にNaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータによるスクリーニングを行った。スクリーニング測定は、平成24年3月1日発厚生労働省食品安全部監視安全課事務連絡「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」別添に示された、食品中の放射性セシウムスクリーニング法に従って行った。NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータはアロカ社製AccuFLEX  $\gamma$ 7001を使用し、20mLバイアルに充填した試料を60分間測定した。測定下限値は25 Bq/kg、スクリーニングレベルは50 Bq/kgとなることは、Cs-137溶液の密封線源により確認した。また、一連の測定（15-20試料）毎に、ブランクを2試料とCs-137標準溶液（50 Bq/kg及び25 Bq/kg）を測定し、ブランクの上昇、機器換算係数の変化、エネルギーレベルのズレが無いことを確認した。これらの可能性が観察された時には、清掃、再校正を行った。

スクリーニング法により、測定下限値を超えた試料は、ゲルマニウム半導体検出器付 $\gamma$ 線スペクトロメータ（Canberra社製GC4019）により確定検査を実施した。検出下限20 Bq/kgを目標として、確定検査の条件を設定した。また、乾燥した食品のように充填密度が小さくスクリーニング法の測定下限値が高くなる試料