

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^{1,2)}。このように生産者や地方自治体などの努力により、現在市場に出回っている食品中に基準値を超えるようなレベルの放射性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 γ 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」³⁾に記載のとおり、複数の異なるエネルギーを持つ γ 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」⁴⁾に記載されているイオン交換法及び水酸化鉄(Ⅲ)共沈法に従った。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)⁵⁾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⁶⁾。

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、塩茹で後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⁷⁾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⁸⁾。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
- 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ー我が国の放射性セ

シウムの除去率データを中心にー(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

- 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

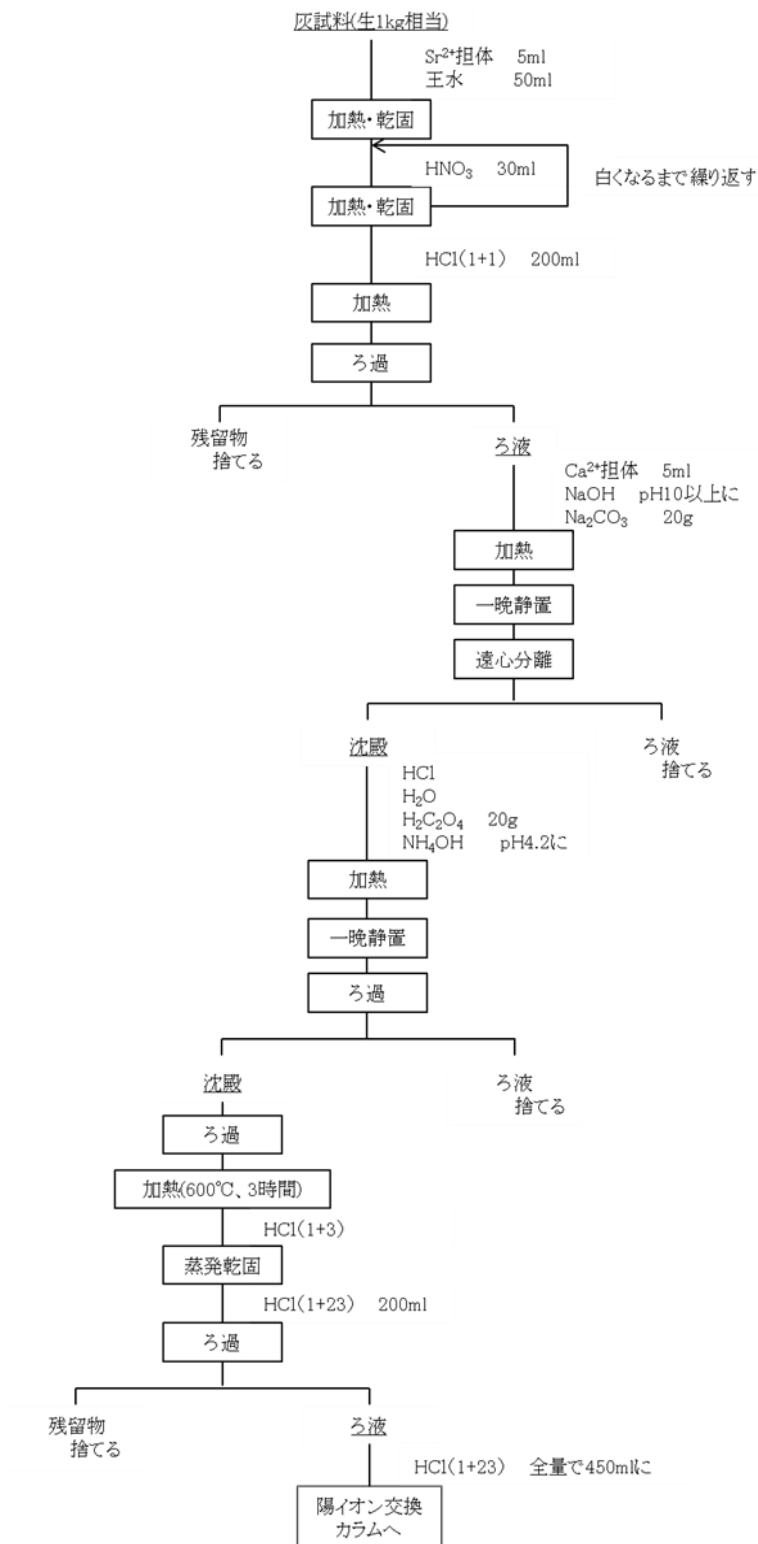


図1 Sr-90分析の流れ

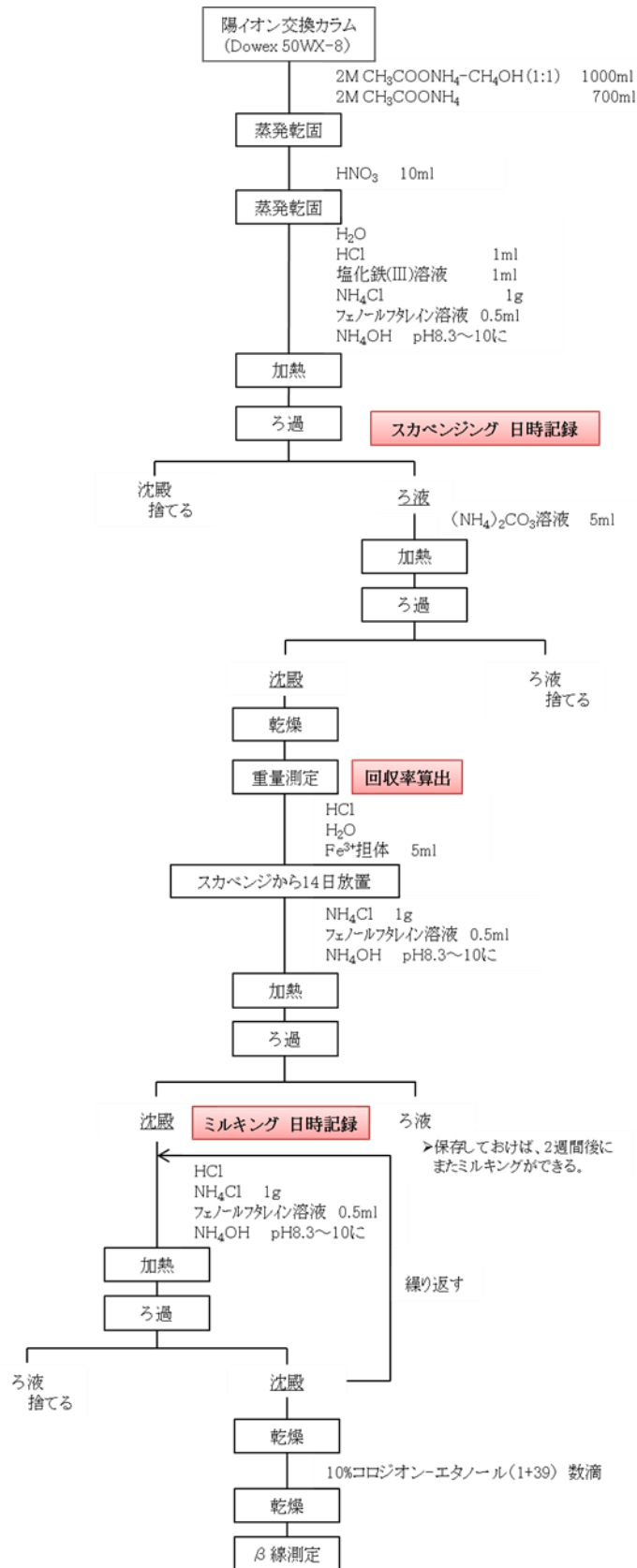


図1 Sr-90 分析の流れ (続き)

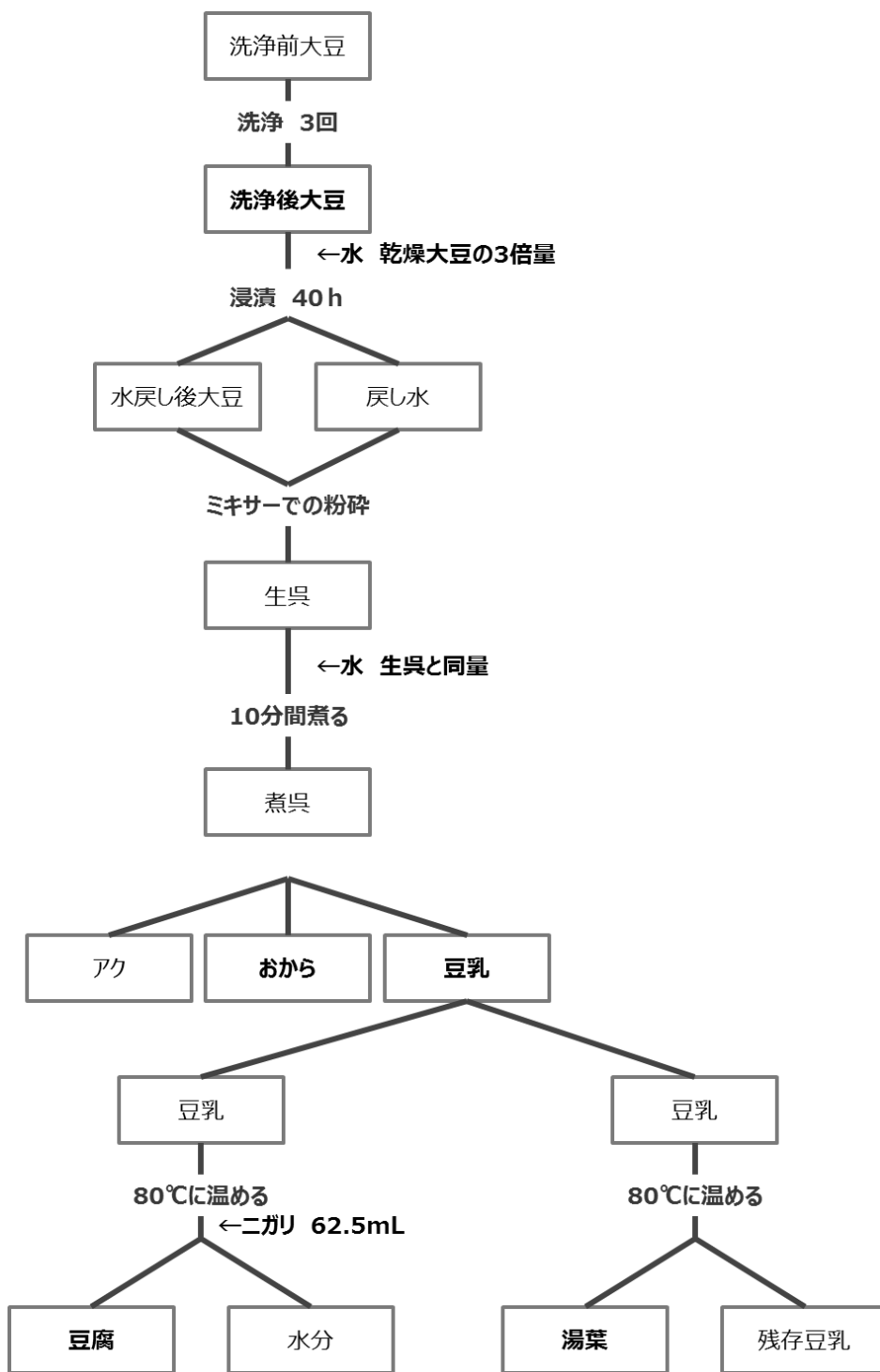


図 2 大豆加工の流れ

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

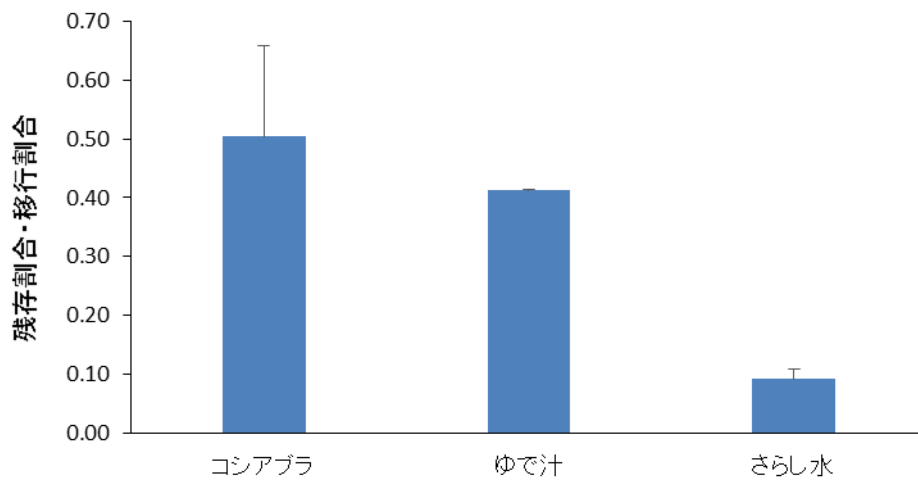


図4 コシアブラ、ゆで汁およびさらし水における放射性セシウムの残存割合および移行割合

乾マイタケ 水戻し⇒戻し汁中での加熱

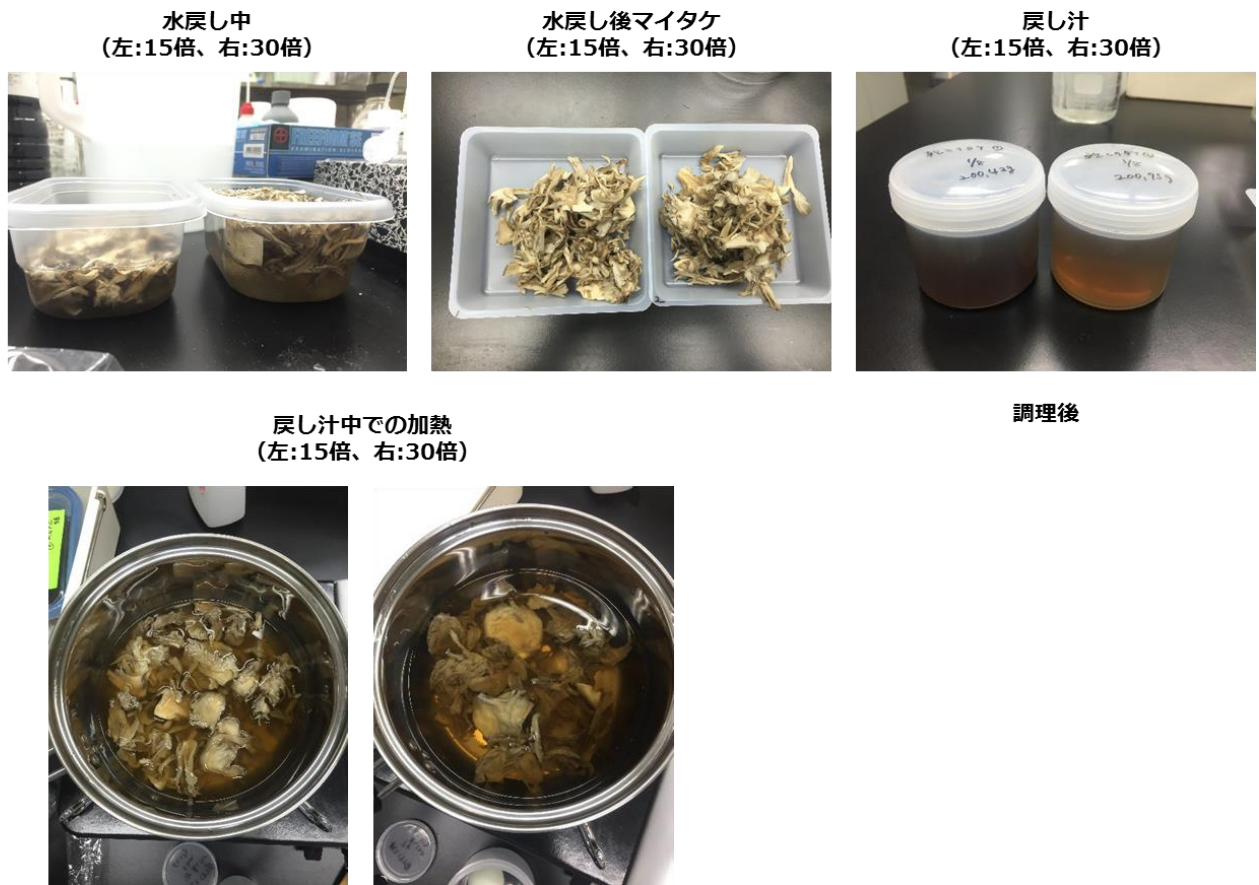


図5 乾燥マイタケの調理の様子

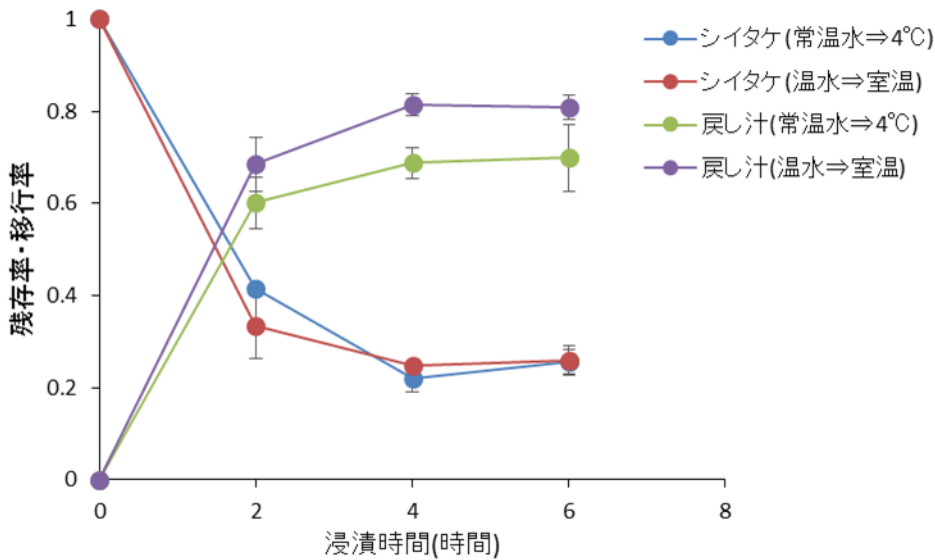


図6 乾シイタケおよび戻し汁中の放射性セシウムの残存率および移行率の経時変化

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 ³⁾
	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 ^①
		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 ³⁾		
	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 <i>Pf</i>	重量比 <i>Pe</i>	残存割合 <i>Fr</i>			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 <i>Pf</i>	重量比 <i>Pe</i>	残存割合 <i>Fr</i>			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 ³⁾
	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 Pf	重量比 Pe	残存割合 Fr			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 ¹⁾
		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	36	0.40	1.61	0.64	0.58	0.72