

Table 3 食品区分ごとの検出割合

食品区分	検出割合 (%)		
	第1期	第2期	第3期
	>20(10) Bq/kg*	>50(20) Bq/kg*	>20(10) Bq/kg*
茶	66.7	50.0	—
米	—	0	0
卵	0	0	—
その他	0	3.7	0
乳	20.0	11.1	0
牛肉	16.7	5.3	0
果実	3.0	4.7	17.2
きのこ	25.0	6.0	20.9
野菜	1.8	3.4	2.2
海藻	0	0	0
魚介類	8.5	4.6	4.7

* () 内は乳を示す。

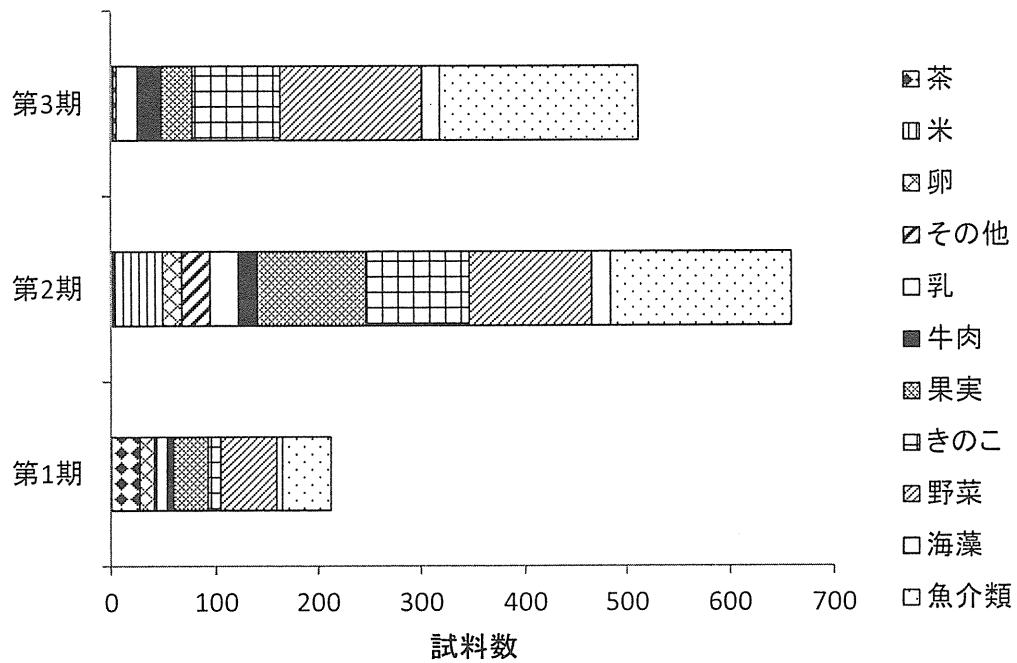


Fig. 1 調査期間毎の試料数と食品区分内訳

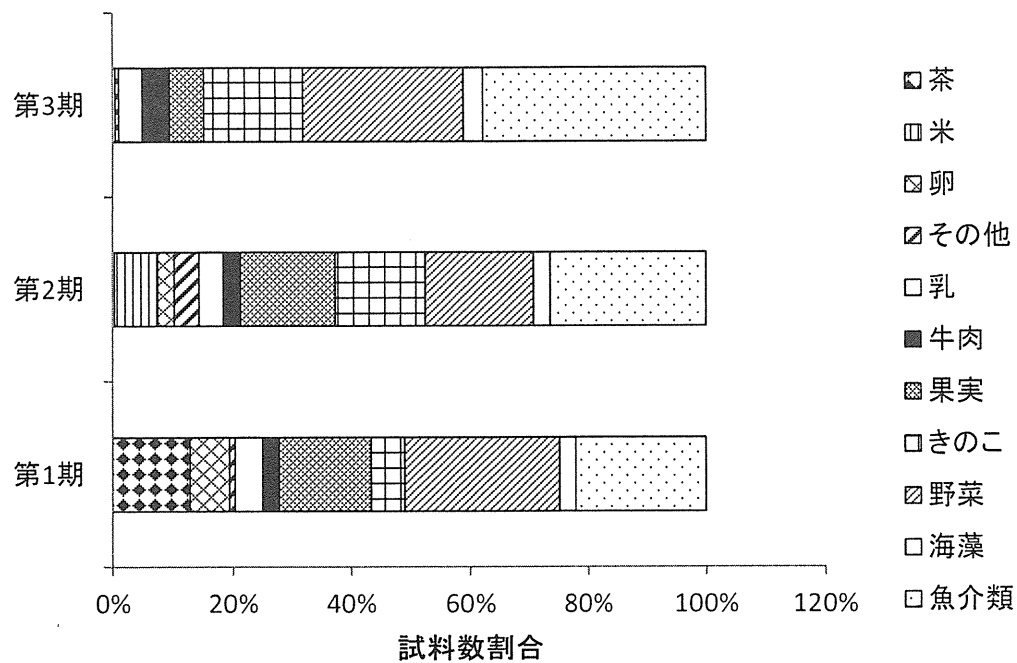


Fig. 2 調査期間毎の食品区分割合

分 担 研 究 報 告

乾燥製品等の各種食品における摂食実態及び調理等による
放射性物質の低減状況の把握

堤 智昭

平成 23 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

食品中の放射性物質モニタリング信頼性向上及び
放射性物質摂取量評価に関する研究
研究分担報告書

乾燥製品等の各種食品における摂食実態及び
調理等による放射性物質の低減状況の把握

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

放射性物質汚染食品の安全対策のためには、放射性物質汚染食品を食事として摂取した場合の実際の内部被ばく量の推定が必要不可欠である。しかし、調理・加工の過程における食品中の放射性物質濃度の変化については、十分に情報が蓄積されていなかった。そこで本検討では、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。干しシイタケの水戻しにおける放射性セシウム濃度の変化率を評価した結果、水戻しによって乾燥状態の約 50%の放射性セシウムがシイタケから溶出し、戻し汁に移行することが判明した。牛肉を 4 種類の加熱調理法で調理した場合、牛肉中の放射性セシウム濃度は、焼くことで約 10%、揚げることで約 12%、ゆでることで 60~75%、煮込むことで約 80%除去できることが明らかとなった。また、牛肉の調味液(塩分濃度 10%)への浸漬では、継時的に放射性セシウムが牛肉中から除去され、24 時間後で浸漬前の 20%が、7 日後には約 75%が除去された。さらに、製茶からの浸出液への放射性セシウムの移行率について、4 つの浸出条件を検討した。その結果、製茶から浸出液への放射性セシウムの移行率は 39~77%であった。また、浸出液の放射性セシウム濃度は製茶の 1/50 以下であった。

研究協力者 国立医薬品食品衛生研究所食品部第二室 鍋師裕美

A. 研究目的

放射性物質による食品汚染が拡大している現状において、健康への影響を最小限に留めるためには、実際の食事から摂取される放射性物質の量を推定・把握し、放射線汚染食品を適切に規制することが重要である。現在、食品衛生法に基づく食品中の放射性物質の規制は原材料の測定によって実施されているが、多くの食品は原材料のまま摂取する訳ではなく、

調理した状態で摂取されることから、調理によって食品中の放射性物質濃度の変化に関する科学的データを集積することは、実際の内部被ばく量を推定するために有用な情報となる。また、より食品を安全に摂取するための方法論を科学的データに基づき明らかにすることは、国民に対して安心感を与えることにもつながるものと考えられる。そこで、放射性物質汚染が確認された食品を用いて、調理加工

の際の放射性セシウム量の変化を評価した。

B. 実験

1. 干しシイタケの水戻し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ている生のシイタケを用いて検討を行った。シイタケは、濡れたペーパータオルで汚れを拭き取り、固い石づきを取り除いて5 mm程度の厚さにスライスした。これを網に並べて冷蔵庫で2週間乾燥させ、干しシイタケとした。干しシイタケは9.5 gを乾燥状態のままU8容器に充填し、ゲルマニウム半導体検出器(Canberra社製、GC4019-7915-30-2002C)にて放射性セシウム濃度(Cs134+137)を測定した。その後、U8容器から干しシイタケをビーカーに移し、40°Cの湯200 mLを加えて30分間静置した。戻したシイタケは、包丁で細断しU8容器に充填後、重量を測定した。戻し汁については、全重量を測定後、一部をU8容器に充填し、再度重量を測定した。U8容器に充填した戻しシイタケおよび戻し汁中の放射性セシウム濃度はゲルマニウム半導体検出器にて測定し、それぞれの総重量から1試行あたりの放射性セシウム量を算出し、さらに変化率を求めた。以上の検討を3試行実施した。

2. 牛肉の加熱調理による放射性セシウム量の変化

高濃度の放射性セシウム汚染が確認されている牛肉のうち、脂肪分の少ない内モモ肉およびランプ肉を用いて検討を

行った。加熱調理法としては、一般的によく用いられる調理法である、焼く、ゆでる、揚げる、煮るの4種類を用いた。いずれの加熱方法においても、まず、生の牛肉をU8容器に充填して重量を測定後、ゲルマニウム半導体検出器で放射性セシウム濃度を測定した。その後、U8容器から牛肉を取り出して調理し、牛肉を細断して再度U8容器に充填して、加熱調理後の放射性セシウム濃度を測定した。それぞれの総重量から1試行あたりの放射性セシウム量を算出し、さらに変化率を求めた。また、ゆでる、煮るの調理においては、得られたゆで汁、煮汁についても放射性セシウム濃度を測定した。以上の検討を各調理法につき3試行実施した。それぞれの調理条件は下記のとおりである。

焼く：厚さ約1 cmの牛肉を2 cm x 2 cmのサイコロ状に切ったものを検討に用いた。クッキングシートを敷いたフライパンで表面を強火で30秒間、裏面を弱火で1分30秒間焼いた。

ゆでる：厚さ1~2 mmの薄切り牛肉の余分な脂肪部分を除き、沸騰水500 mLの中で、1分30秒間ゆでた。

揚げる：厚さ約1 cmの牛肉の脂肪部分を取り除き、2 cm x 2 cmのサイコロ状に切ったものに片栗粉で薄く衣をつけ、180°Cの油の中で、3分間揚げた。

煮込む：厚さ約1 cmの牛肉の脂肪部分を取り除き、2 cm x 2 cmのサイコロ状に切ったものを沸騰水100 mL中に入れ、再度沸騰してきたら弱火にして30分間煮込む。

3. 牛肉の調味液浸漬による放射性セシウム量の変化

高濃度の放射性セシウム汚染が確認されている牛肉を用い、生の牛肉を U8 容器に充填して重量を測定後、ゲルマニウム半導体検出器で放射性セシウム濃度を測定した。その後、U8 容器から牛肉を取り出して、調味液 A(10%食塩水)、調味液 B(こいくち醤油：水=1:1) に浸漬した。浸漬開始 1 時間半後に、牛肉を調味液から取り出し、U8 容器に充填して重量を測定後、ゲルマニウム半導体検出器を用いて放射性セシウム濃度を測定した。測定後、牛肉を元の調味液中に戻し、さらに浸漬を続け、浸漬後 24 時間後に牛肉を取り出し、放射性セシウム濃度の測定を実施した。その際に、調味液についても総重量を測定後 U8 容器に充填し、放射性セシウム濃度を測定した。その後、調味液 A に浸漬した牛肉については、新しい調味液に浸漬し、24 時間ごとに 7 日後まで牛肉と調味液の放射性セシウム濃度を測定した。以上の検討を 3 試行実施した。

4. 製茶から浸出液への放射性セシウムの移行

放射性セシウムの汚染が確認された製茶を使用し、浸出液への放射性セシウムの移行率について検討した。浸出液は下記の 4 つの条件により調製した。条件 A 及び B は、実際にお茶を入れる際に使用される一般的な急須を使用して浸出液を調製した。条件 C 及び D については、浸

出液に含まれる放射性セシウムを検査するための試験法を想定し、浸出操作を標準化した。

条件 A：告示法に記載の抹茶以外の茶の抽出条件¹⁾を参考にした。急須(ハリオ CHIMN-70, 700 mL) に製茶 9.0 g を入れた後、100°C の湯 (540 mL) を加え、5 分間放置した。その後、急須から注いだ浸出液を濾過 (5A ろ紙) し、測定試料とした。

条件 B：日本茶インストラクター協会の浸出条件²⁾を参考にした。急須(ハリオ CHIMN-70, 700 mL) に製茶 13.0 g を入れた後、90°C の湯 (559 mL) を加え、1 分間放置した。急須から注いだ浸出液を測定試料とした。

条件 C：日本茶インストラクター協会の浸出条件²⁾を参考にした。2L ビーカー (TPX 製) に約 95°C の湯 (約 1 L) を入れて予熱した。予熱の湯を捨てた後、ビーカーに 90°C の湯 (1,290 mL (1,245 g)) を秤量した。製茶 30 g を加え、スパークルで 5 回程度攪拌し、茶葉を拡散させた。製茶を湯に加えてから 1 分後、篩 (φ 150 × 60 mm, 目開き 500 μm) を素早く通し茶葉を取り除いた浸出液を測定試料とした。

条件 D：農林水産省の報告³⁾に記載されている浸出条件を参考にした。2 L ビーカー (TPX 製) に約 95°C の湯 (約 1 L) を入れて予熱した。予熱の湯を捨てた後、ビーカーに 90°C の湯 (1,200 mL (1,158 g)) を秤量した。製茶 40 g を加え、スパークルで 5 回程度攪拌し、茶葉を拡散させた。製茶を湯に加えてから 1 分後、篩

(φ150×60 mm, 目開き 500 μm) を素早く通し茶葉を取り除いた浸出液を測定試料とした。

試料中の放射性セシウムはゲルマニウム半導体検出器により測定した。条件 A 及び B については上記の浸出操作を 2 回実施し、得られた抽出液を合わせて、1L マリネリ容器に充填し測定に供した。条件 C 及び D については、上記の浸出操作を独立に 3 回実施し、各浸出液を 1L マリネリ容器に充填し、測定に供した。また、浸出後の茶葉についても U8 容器に充填し、茶葉に残存する放射性セシウムを測定した。

C. 結果及び考察

1. 干しシイタケの水戻しによる放射性セシウム量の変化

まず、1 包装に含まれる複数個体を使用した干しシイタケの放射性セシウム濃度を測定した結果、個体により放射性セシウム濃度が最大 35 倍異なることが判明した(図 1)。この結果は、キノコ類においては、同一産地で栽培されていても原木によって汚染状況が大きく異なる可能性を示唆している。出荷の段階で異なる原木で栽培されたシイタケが混合されて包装されるため、1 包装の中にも放射性セシウム濃度の違いあったものと考えられた。このような農作物については、検査の際のサンプリングに注意する必要があると考えられた。

前述の測定で、干しシイタケの個体ごとに放射性セシウム濃度が大きく異なることが明らかになったことから、いく

つかの個体を均等に混合し、ほぼ同じ放射性セシウム濃度となる干しシイタケを 3 試料準備し、これを試料とした。水戻しの結果、シイタケの重量は乾燥状態のおよそ 6 倍になり、戻し汁は、元の量の 70%程度に減少した(図 2)。一般的に乾物の水戻しにより、その重量は 5~8 倍程度に増加するとされていることから³⁾、今回の検討における重量変化は妥当な値であると考えられた。水戻し前後のシイタケと戻し汁の様子を図 3 に示す。干しシイタケと戻しシイタケ、戻し汁をゲルマニウム半導体検出器で測定し、放射性セシウム濃度を測定した結果、シイタケの放射性セシウム濃度は 4071 Bq/kg から 308.2 Bq/kg に減少し(図 4) た。重量が 6 倍に増加したことを考慮しても、この減少率はそれを上回っており、シイタケ中の放射性セシウムが戻し汁に溶出したと考えられた。そこで、測定重量からシイタケ一検体あたりの放射性セシウム量を算出し、水戻し前後、また戻し汁への移行量を比較した結果、干しシイタケ、戻しシイタケ、戻し汁の放射性セシウム量の平均は、それぞれ 38.8 Bq、18.2 Bq、18.0 Bq となった(図 5)。本結果から、干しシイタケを水戻しすることにより、放射性セシウムは戻し汁中におよそ 50%が移行し、戻したシイタケにおよそ 50%が残存することが明らかとなった。また、戻しシイタケと戻し汁中の放射性セシウム量の合計は干しシイタケの放射性セシウム量とほぼ等しく、その収率は 98.1%であった(図 6)。以上の結果を表 1 にまとめた。放射性セシウム

は水溶性の核種であることから、水戻しの過程で戻し汁中に溶出したものと考えられた。現在、干しシイタケの検査においては、水分含有率を生シイタケに戻した値が換算率として用いられているが、実際の摂取を考えた場合においては、さらに放射性セシウムは減少しているものと考えられる。一方で、一般的にだし汁として用いられる干しシイタケの戻し汁には、放射性セシウムが溶出しているため、内部被ばくの低減を目指す場合には、戻し汁は他の料理に使用すべきでない。

2. 牛肉の加熱調理による放射性セシウム量の変化

まず、ステーキのように牛肉を焼いた場合の放射性セシウム量の変化を検討した。その結果、牛肉を焼くことによってその重量はおよそ 15%程度減少することが明らかとなった(図 7)。これは、加熱により牛肉中の脂肪と水分が流出したためであると考えられる。加熱後の牛肉中の放射性セシウム濃度は、総重量が減少したことから内モモ、ランプのいずれの部位でも約 6%程度増加した(図 8)。ステーキ 1 枚当たりの放射性セシウム量で考えると、どちらの部位においても放射性セシウム量はおよそ 10%減少することが判明した(図 9、10)。これは、肉中の水分流出に伴って水溶性核種である放射性セシウムも流出したためであると考えられる。しかし、短時間の高温加熱で、肉汁の流出を最小限にする調理法であることから、その減少率は高くなかったもの

と考えられた。また、今回 2 部位を用いて検討したが、加熱による牛肉中の放射性セシウム溶出率に大きな変化はなかった。

しゃぶしゃぶのように薄切り肉をゆでた場合において(図 11)は、ゆでることにより重量は調理前のおよそ 65%にまで減少した(図 12)。ステーキ状の厚い肉を焼くのと比べ、薄切り肉では、効率よく加熱され、脂肪、水分が熱水中へ溶出したものと考えられた。調理後の牛肉中に含まれる放射性セシウム濃度は、重量変化が大きかったにもかかわらず、内モモで元のおよそ 65%、ランプで元のおよそ 50%にまで減少した(図 13)。また、検体あたりの放射性セシウム量は内モモ、ランプでそれぞれ調理前の約 40%、35%まで減少しており(図 14)、ゆでることによって効率よく牛肉中の放射性セシウムを除去できることが明らかとなった。一方で、ゆで汁には牛肉から調理前の約 60%の放射性セシウムが検出されており、ゆで汁と調理後の牛肉中の放射性セシウム量の合計はおよそ 100%であった(図 15)。通常のしゃぶしゃぶのように、ゆで汁を出し汁として利用することは避け、ゆでた牛肉のみを摂取すれば、より放射性セシウムの摂取を低減させられることが示唆された。ここまでの 2 つの加熱方法の検討において、内モモ肉とランプ肉の 2 部位の検討を実施したが、両部位に大きな変化はなかった。そこで、以降の検討では、内モモあるいはランプのどちらかを用いて検討した。

牛肉(ランプ肉)を揚げた際の変化を

検討した結果、重量が調理前の約 70%にまで減少し (図 16)、放射能濃度は約 16%増加した (図 17)。検体あたりの放射性セシウム量は調理前の約 90%であり、焼く場合と同程度の減少率であった (図 18、19)。揚げる場合も焼く場合と同様に短時間の高温加熱であること、衣をつけて肉汁の流出を防ぐことなどから、放射性セシウムの除去率は高くなかったものと考えられる。

最後に、シチューなどのような煮込む調理における牛肉および煮汁中の放射性セシウム量の変化を評価した。20 分間煮込むことで、牛肉の重量は元の 40%程度まで減少し (図 20)、牛肉中の放射性セシウム濃度は調理前の約 40%に減少した (図 21)。検体あたりの放射性セシウム量に換算すると、調理前の約 80%の放射性セシウムが減少しており、牛肉中には元の 20%しか残存していないことが明らかとなった (図 22)。牛肉から減少した放射性セシウムは煮汁中に含まれており、牛肉と煮汁の合計でほぼ 100%の収支となった (図 23)。煮込む場合、牛肉の放射性セシウム量を多く低減させることが可能であるものの、多くの場合、煮汁を同時に摂取することになるので、摂取量としては低減することが困難であると考えられた。効果的に放射性セシウムの摂取量を低減させるには、煮込んだ牛肉を別の鍋に移し、新しいだし汁で調理するなどの工夫が必要となる。

以上の 4 種類の加熱調理法での検体あたりの放射性セシウム量の除去率を比較すると、焼く、揚げる、ゆでる、煮込む

の順にその除去率は高くなり、それぞれおよそ 10%、12%、60~75%、80%となった (表 2)。すなわち、熱水中で調理する方が、直接高温加熱する調理法より、放射性セシウムの減少率が高いといえる。また、ゆで汁、煮汁中には除去された分の放射性セシウムが移行していることから、これらを一緒に摂取しないようにすることが、放射性セシウムの摂取の低減には重要であると考えられた。

3. 牛肉の調味液浸漬による放射性セシウム量の変化

2 種類の調味液を用い、調味液への浸漬による牛肉中の放射性セシウム量の変化を評価した。24 時間の浸漬により、牛肉の重量は、浸漬前後で約 15%増加した (図 24)。これは、調味液が肉の組織内に取り込まれたためと考えられた。3 試行の結果、調味液 A、B とともに、24 時間の浸漬前後で平均放射性セシウム濃度は、およそ 5000 Bq/kg から、3000 Bq/kg 程度に減少し (図 25)、検体あたりで計算すると約 20%の放射性セシウムが牛肉中から溶出し、調味液へ移行していることが明らかとなった (図 26)。24 時間浸漬後の牛肉と調味液中の放射性セシウム量を合計すると、元の牛肉とおおよそ同じ値となり、収支はほぼ 100%であった (図 27)。調味液 A、B はそれぞれ塩分濃度が 10%、8%であり、浸透圧により肉の細胞が破壊され、肉中の水分と調味液が交換されたものと考えられた。

調味液 A に関して、24 時間ごとに調味液を交換し、牛肉および調味液中の放射

性セシウム量を経時的に評価した。牛肉の重量は、48時間の浸漬後、ほぼプラトーに達し、その後の重量増加はごくわずかであった(図 28)。各浸漬時間における放射性セシウム濃度測定の結果、牛肉中の放射性セシウム濃度および検体あたりの放射性セシウム量は、継時的に減少することが明らかとなった(図 29、30)。牛肉中の放射性セシウム残存率は、浸漬後 24 時間で調理前のおよそ 80%、48 時間で 60%、120 時間で 40%、144 時間で 30%、168 時間で 25%まで減少した(図 31)。一方で、調味液中の放射性セシウム濃度は、24 時間後で最も高く、以降減少していく傾向があった(図 32)。また、検体あたりの放射性セシウム量も同様の傾向であった(図 33)。調味液中の放射性セシウム量を累積すると、継時的に放射性セシウム量は増加し(図 34)、いずれの測定点においても、牛肉中の放射性セシウム量との合計はおよそ 100%であった(図 35)。調味液 A への浸漬における牛肉中の放射性セシウム量の変化を表 3 にまとめた。本検討の結果から、調味液への浸漬は、浸漬後の調味液は廃棄し、牛肉のみを摂取することから、放射性セシウムの除去に非常に有用な方法であることが示唆された。今回は食塩水に最長 7 日間の浸漬という条件で実施したが、牛肉の味噌漬けなどでは、味噌を主体とした調味液に長期間漬け込むことから、同様の効果が期待できるものと考えられる。

4. 製茶から浸出液への放射性セシウムの移行

今回検討した浸出液の調製条件の概要を表 4 に示した。まず、実際にお茶を入れる際に使用される一般的な急須を使用した条件について検討した。放射性セシウム濃度が異なる 2 種の製茶を使用し、条件 A と B について検討した結果を表 5 に示す。条件 A の浸出液への放射性セシウムの移行率は、製茶#1 で 77%、製茶#2 で 71%であった。各々の浸出液の放射性セシウム濃度は、10.6 Bq/kg 及び 31.3 Bq/kg であり、製茶の濃度の 1/71 以下であった。一方、条件 B の浸出液への移行率は製茶#1 で 39%、製茶#2 で 45%であった。各々の浸出液の放射性セシウム濃度は、7.6 Bq/kg 及び 28.6 Bq/kg あり、製茶の濃度の 1/84 以下となった。浸出液への放射性セシウムの移行率は、条件 A が B よりも 1.6~2.0 倍高かった。条件 A は農薬等の告示分析法¹⁾に記載の浸出条件を参考にしたため、100℃の湯を使用して 5 分間浸出操作を実施した。このため、飲用を目的とした条件 B の浸出条件より過酷であるため、放射性セシウムの浸出液への移行率が高くなったと考えられる。また、浸出後の茶葉についても、浸出液に移行した残分に相当する放射性セシウムが検出された。従って、二煎目以降の浸出液についても放射性セシウムの移行が考えられる。

次に、飲用状態での放射性セシウム検査のための試験法開発を目的として、浸出操作の標準化を行った。急須に規格はなく様々な形状のものが存在するため、急須の形状が検査結果に影響を与えることが否定できない。そこで、抽出容器に

は形状がほぼ一定しており、かつ入手が容易であるビーカーを選択した。また、浸出後に茶葉を取り除く操作については、迅速性を考慮して篩を用いた。放射性セシウムの汚染が確認された茶葉1種類を使用して、飲用を目的とする浸出条件について検討した結果を表6に示す。浸出液への放射性セシウムの移行率は、条件Cで平均54%、条件Dで平均47%であった。条件C及びDの浸出液の放射性セシウム濃度は10.8 Bq/kg及び13.9 Bq/kgであり、製茶の濃度の1/68及び1/53であった。条件DではCと比較し製茶の使用量がやや多いため、浸出液の放射性セシウム濃度も高くなったと考えられる。また、条件Dと同様の場合、浸出液の放射性セシウム濃度は荒茶の1/50以下となることが報告⁴⁾されている。製茶と荒茶の違いはあるが、本研究結果は、既報の結果を支持していた。浸出後の茶葉についても、浸出液に移行した残分に相当する放射性セシウムが検出された。

D. 結論

本検討の結果、①干しシイタ中の放射性セシウムは、水戻しの過程で元の約50%まで減少すること、②牛肉の加熱調理では、焼く(約10%)、揚げる(約12%)、ゆでる(約35~40%)、煮る(約80%)の順に牛肉中の放射性セシウム除去率が高いこと、また、ゆで汁や煮汁中には牛肉中から溶出した放射性セシウムが高濃度移行していること、③牛肉の調味液への浸漬により、1時間30分の浸漬でも元の約20%の放射性セシウムが牛肉から除去

されること、さらに、継時的に調味液を交換して浸漬を続けると7日後には元の80%近い放射性セシウムが除去されることが明らかとなった。

これらの結果は、調理の過程で放射性セシウムを容易に低減することが可能であることを示唆している。特に水戻しやゆで、煮込み調味液への浸漬で除去率が高く、放射性セシウムの摂取量低減に有用な調理法であることが明らかとなったが、一方で、干しシイタケの戻し汁や、牛肉のゆで汁、煮汁などは、通常だし汁などとして利用されるものであることから、放射性セシウム除去の目的で調理した場合、これらのだし汁としての利用は避ける必要があると考えられた。

また、製茶からの浸出液への放射性セシウムの移行率について4つの条件を検討した結果、移行率は39~77%であった。浸出液中の放射性セシウム濃度は全ての条件で製茶の1/50以下であった。

E. 参考文献

- 1) 食品、添加物等の規格基準(昭和34年厚生省告示第370号)
- 2) 日本茶のすべてが分かる本(NPO法人日本茶インストラクター協会 企画・編集) ISBN978-4-540-08187-3
- 3) 新・調理学(松本文子 編著 光生館)
- 4) 放射性セシウム濃度の低減に向けた対応について, 23生産第2397号, 農林水産省(平成23年6月29日)

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

- 1) 鍋師裕美、堤 智昭、蜂須賀暁子、
松田りえ子：食品中放射性セシウム量
の調理変化に関する検討、日本食品衛
生学会第 103 回学術講演会（平成 24
年 5 月）

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし.

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

各個体ごとの放射性セシウム濃度

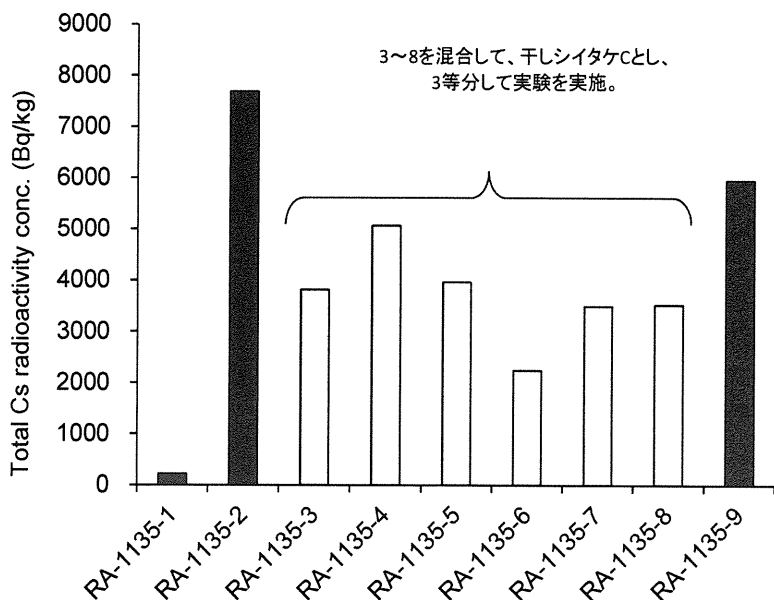


図1：干しシイタケの個体ごとの放射性セシウム濃度
個体ごとに干しシイタケをU8容器に充填し、ゲルマニウム半導体検出器を用いて、それぞれの放射性セシウム濃度を測定した。

試料重量の変化

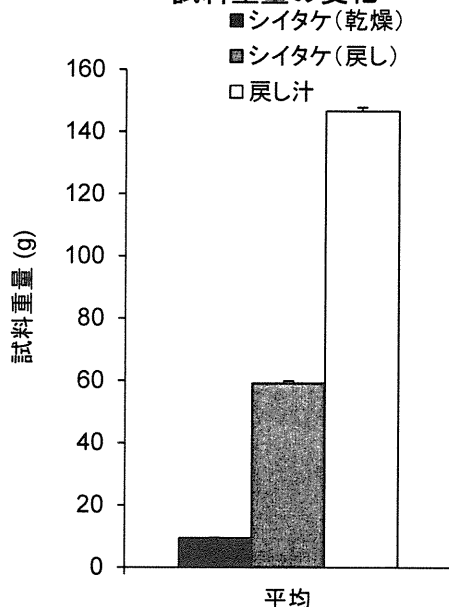


図2：干しシイタケの水戻しによる重量変化
干しシイタケ約10gを40℃のぬるま湯で30分間戻した後、重量を測定した。



図3：干しシイタケの水戻しによる外観の変化

干しシイタケ約10gを40℃のぬるま湯で30分間戻した後、戻し汁と戻しシイタケを分離した。

(A) 干しシイタケ(乾燥)、(B) 戻しシイタケ、(C) 戻し汁

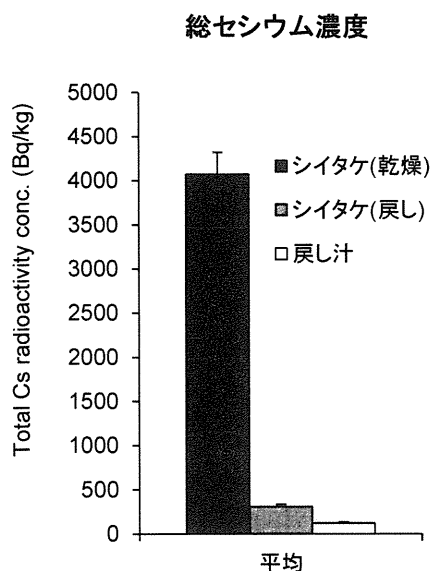


図 4：干しシイタケの水戻し前後、戻し汁の平均放射性セシウム濃度
干しシイタケの水戻し前後、戻し汁をU8容器に充填し、ゲルマニウム半導体検出器を用いて放射性セシウム濃度を測定した。検討は3試行実施した。

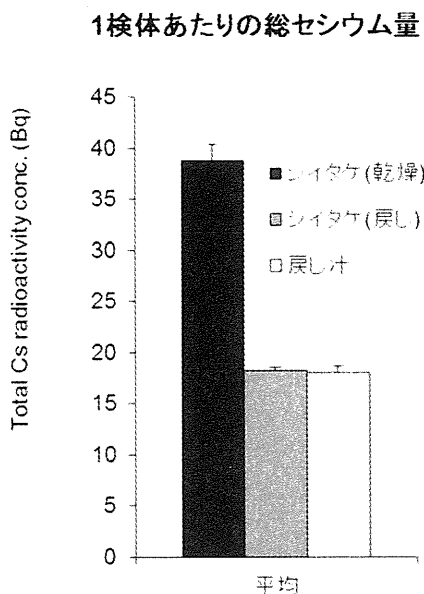


図 5：干しシイタケの水戻し前後、戻し汁の平均放射性セシウム量
干しシイタケの水戻し前後、戻し汁の放射性セシウム濃度とそれぞれの総重量から、1検体あたりの放射性セシウム量を算出した。検討は3試行実施した。

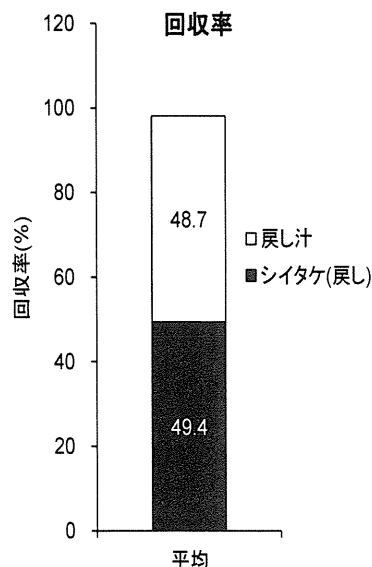


図 6：放射性セシウムの移行率
戻しシイタケと戻し汁への放射性セシウムの移行量から、元の干しシイタケ中の放射性セシウム量に対する移行率を算出した。両者の合計はほぼ100%となった。

表 1：干しシイタケの水戻しによる放射性セシウム濃度の変化（まとめ）

干しシイタケから戻し汁への放射性セシウムの移行¹⁾

試料 ²⁾	干しシイタケ (Bq/kg)	戻し汁		戻した後のシイタケ		回収率 (%) ³⁾
		Cs濃度 (Bq/kg)	Cs移行率 (%)	Cs濃度 (Bq/kg)	Cs残存率 (%)	
通常調理A 干しシイタケC (RA-1135)	4071 ± 164.1	122.9 ± 4.7	49 ± 1.8	308.2 ± 5.2	50 ± 1.2	99 ± 3.0

1)乾燥状態の干しシイタケはU8容器(90 mL)で30分間測定した。戻した後のシイタケ、戻し汁はU8容器(90 mL)で15分間測定した。

2)干しシイタケC(RA-1135):栃木県産 原木しいたけ 2012.2.3購入

3)戻し汁および戻し後のシイタケから回収できたセシウムの割合(戻し前のシイタケに対する回収率)

なお、試験は、3試行実施した。

戻し汁の調整法

戻し汁の調製法	戻し汁の作製法				備考
	干しシイタケ量	湯量	湯の温度	戻し時間	
通常調理A	10 g	200 mL	40°C	30分	農林水産省お手軽料理のレシピを参考にした。

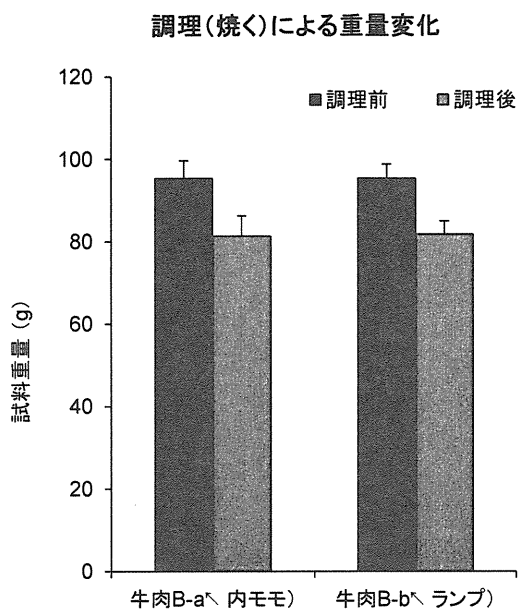


図7: 牛肉の加熱(焼く)による重量変化
牛肉約100gを表面強火で30秒、裏面弱火で90秒焼いた後、重量を測定した。

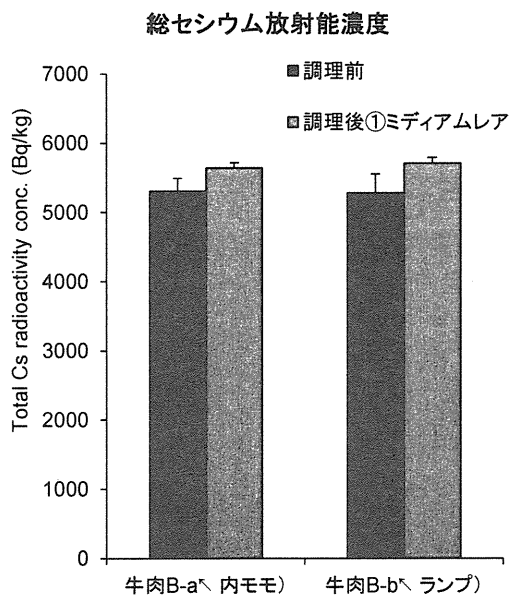


図8: 牛肉の加熱(焼く)前後の平均放射性セシウム濃度
加熱(焼く)前後の牛肉をU8容器に充填し、ゲルマニウム半導体検出器を用いて放射性セシウム濃度を測定した。検討は3試行実施した。

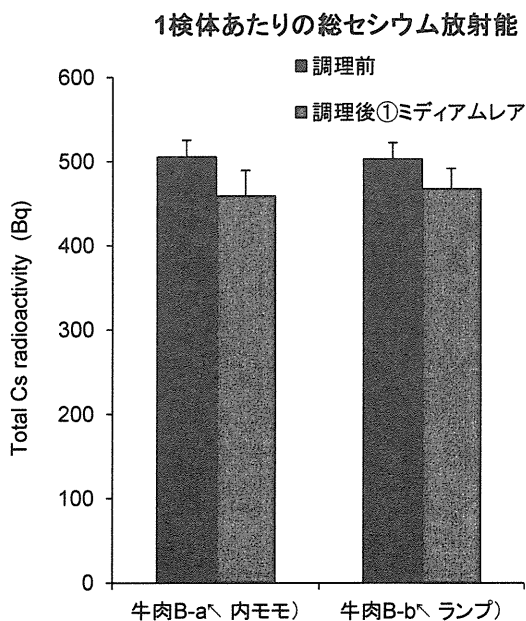


図9: 牛肉の加熱(焼く)前後の平均放射性セシウム量
牛肉の加熱(焼く)前後の放射性セシウム濃度とそれぞれの総重量から、1検体あたりの放射性セシウム量を算出した。検討は3試行実施した。

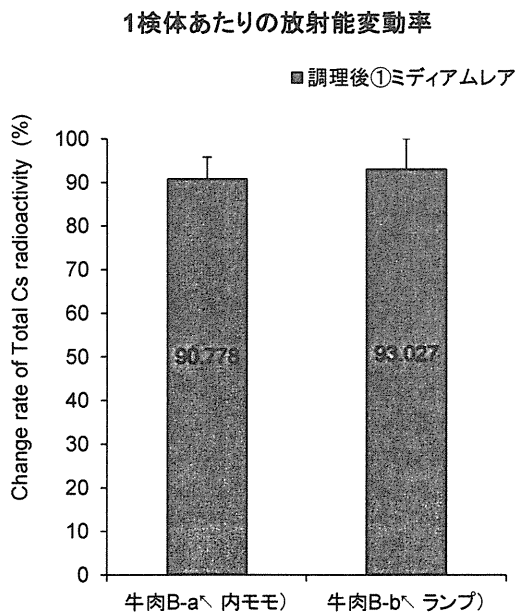


図10: 放射性セシウムの移行率
加熱(焼く)後の牛肉の放射性セシウム量から、元の牛肉中の放射性セシウム量に対する変化率を算出した。

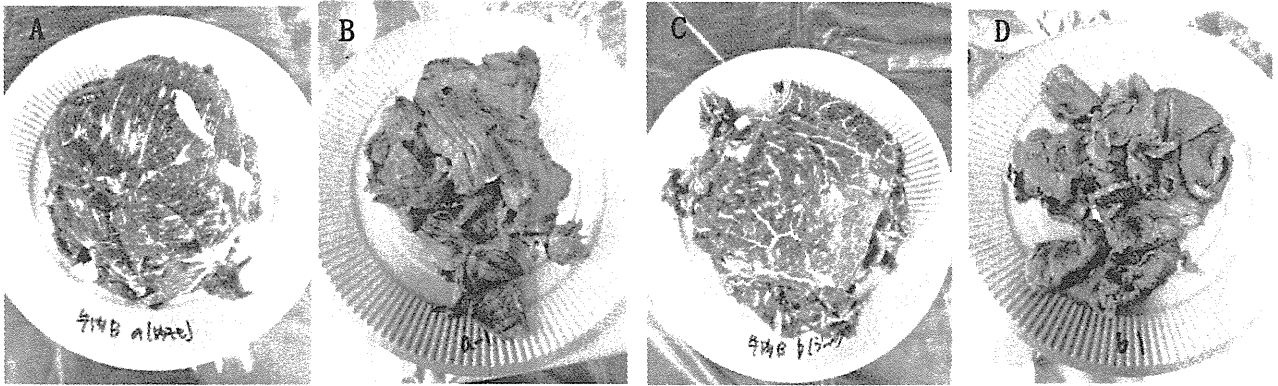


図 11：牛肉の加熱（ゆで）による外観の変化

牛肉約 100 g を沸騰水中で 90 秒間ゆでた後、牛肉とゆで汁を分離した。

(A) 調理前（内モモ）、(B) 調理後（内モモ）、(C) 調理前（ランプ）、(D) 調理後（ランプ）

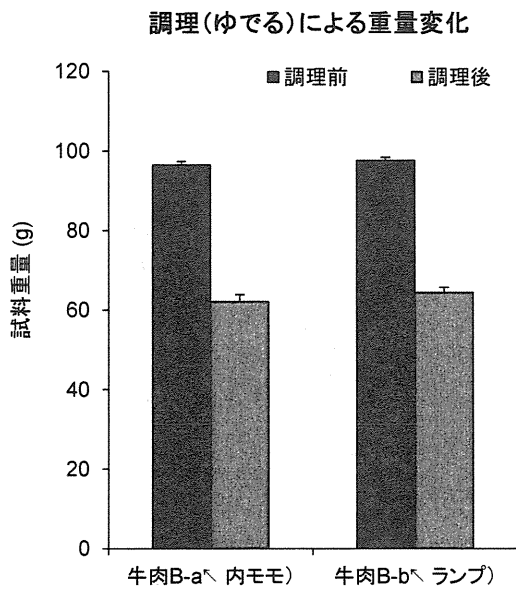


図 12：牛肉の加熱（ゆでる）による重量変化
牛肉約 100 g を沸騰水中で 90 秒間ゆでた後、重量を測定した。

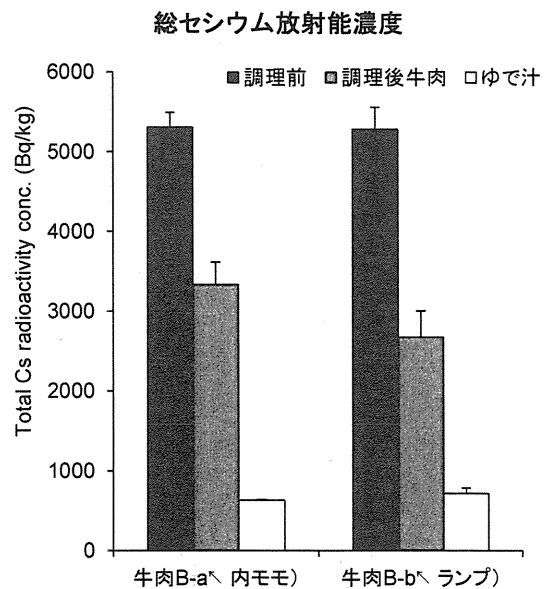


図 13：牛肉の加熱（ゆでる）前後の平均放射性セシウム濃度

加熱（ゆでる）前後の牛肉およびゆで汁を U8 容器に充填し、ゲルマニウム半導体検出器を用いて放射性セシウム濃度を測定した。検討は 3 試行実施した。

1検体あたりの総セシウム放射能

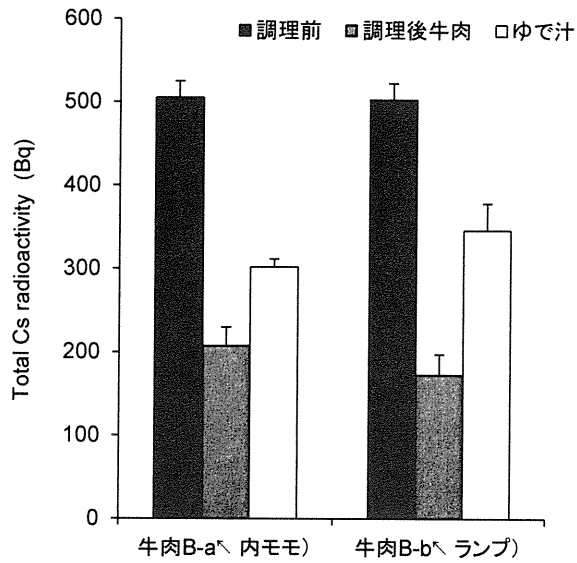


図 14：牛肉の加熱（ゆでる）前後の平均放射性セシウム量

加熱（ゆでる）前後の牛肉およびゆで汁の放射性セシウム濃度とそれぞれの総重量から、1検体あたりの放射性セシウム量を算出した。検討は3試行実施した。

回収率

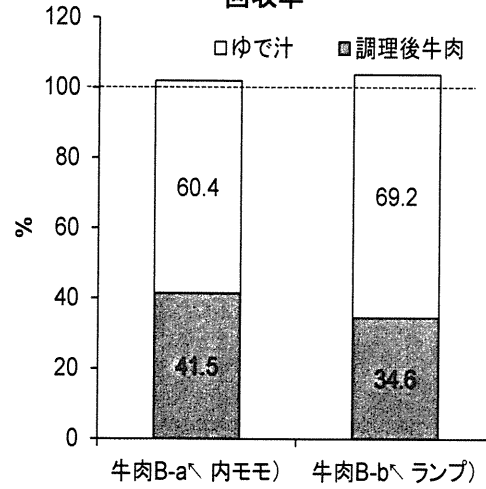


図 15：放射性セシウムの移行率

ゆでた牛肉とゆで汁への放射性セシウムの移行量から、元の牛肉中の放射性セシウム量に対する移行率を算出した。両者の合計はほぼ100%となった。

重量変化

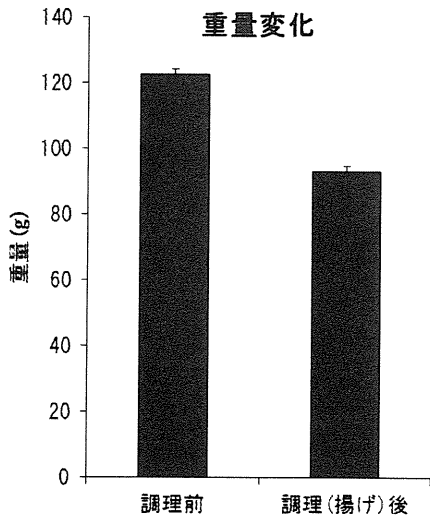


図 16：牛肉の加熱（揚げる）による重量変化
牛肉約 100 g を 180℃ の油で 3 分間揚げた後、重量を測定した。

放射性セシウム濃度 (Bq/kg)

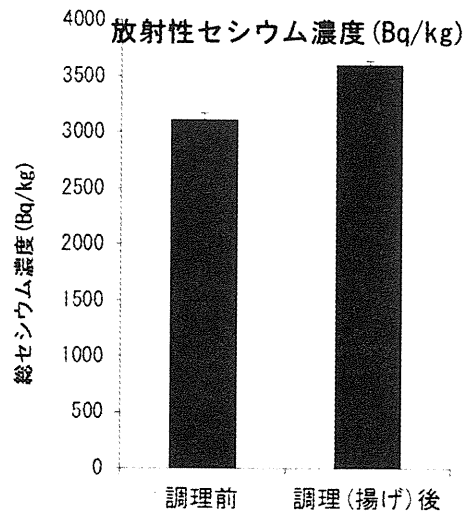


図 17：牛肉の加熱（揚げる）前後の平均放射性セシウム濃度

加熱（揚げる）前後の牛肉を U8 容器に充填し、ゲルマニウム半導体検出器を用いて放射性セシウム濃度を測定した。検討は3試行実施した。

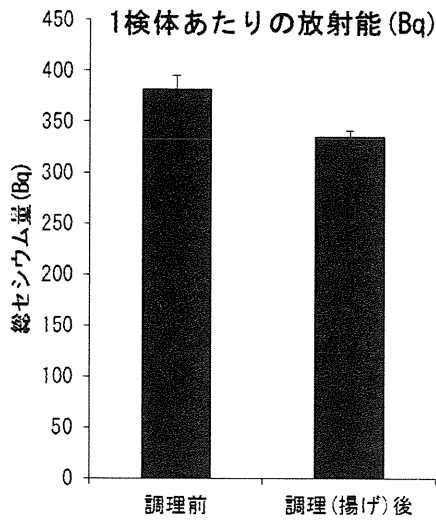


図 18：牛肉の加熱（揚げる）前後の平均放射性セシウム量
加熱（揚げる）前後の牛肉の放射性セシウム濃度とそれぞれの総重量から、1 検体あたりの放射性セシウム量を算出した。検討は 3 試行実施した。

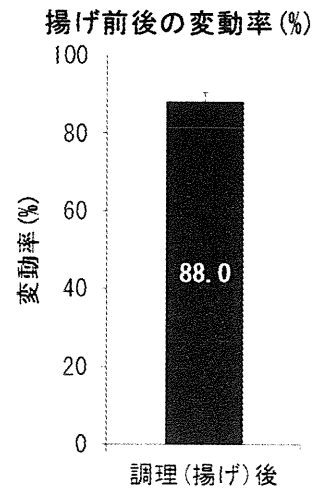


図 19：放射性セシウムの移行率
加熱（揚げる）後の牛肉の放射性セシウム量から、元の牛肉中の放射性セシウム量に対する変化率を算出した。

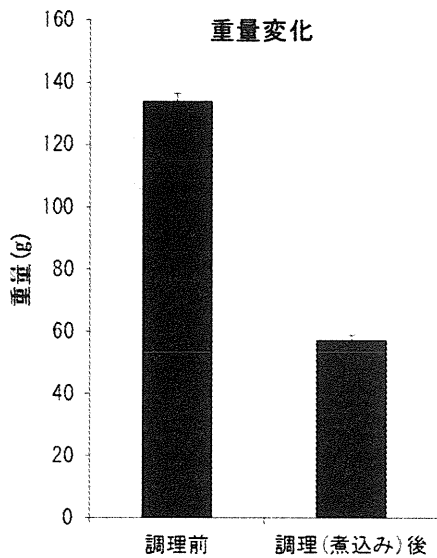


図 20：牛肉の加熱（煮込む）による重量変化
牛肉約 100 g を 20 分間ゆでた後、重量を測定した。

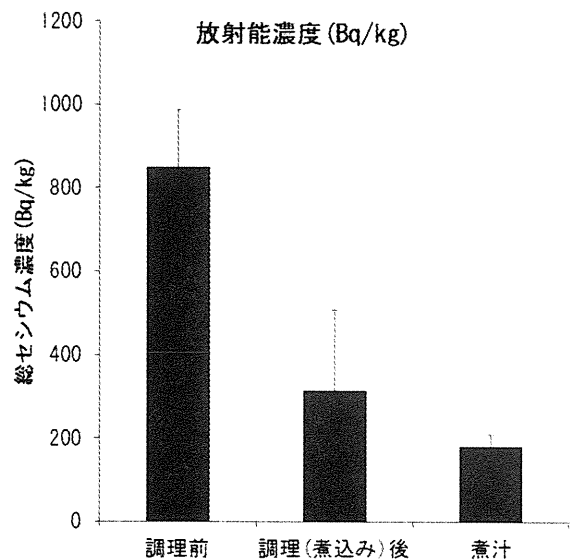


図 21：牛肉の加熱（煮込む）前後の平均放射性セシウム濃度
加熱（煮込む）前後の牛肉および煮汁を U8 容器に充填し、ゲルマニウム半導体検出器を用いて放射性セシウム濃度を測定した。検討は 3 試行実施した。

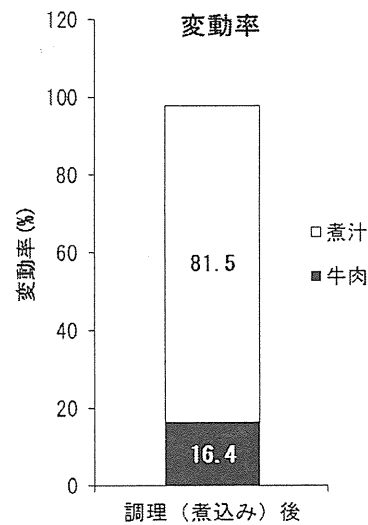
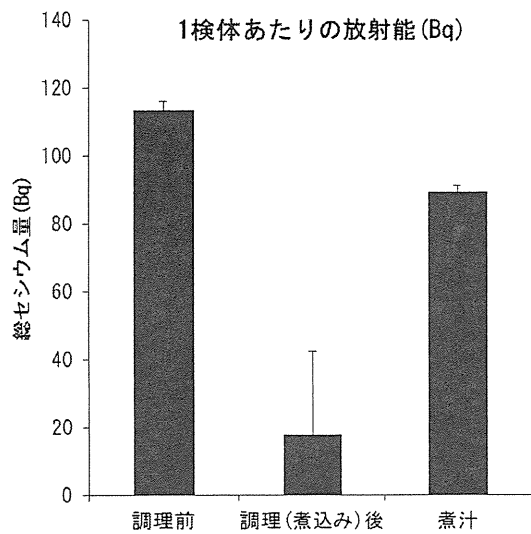


図 22：牛肉の加熱（煮込む）前後の平均放射性セシウム量
加熱（煮込む）前後の牛肉および煮汁の放射性セシウム濃度とそれぞれの総重量から、1 検体あたりの放射性セシウム量を算出した。検討は 3 試行実施した。

図 23：放射性セシウムの移行率
煮込んだ牛肉と煮汁への放射性セシウムの移行量から、元の牛肉中の放射性セシウム量に対する移行率を算出した。両者の合計はほぼ 100%となった。

表 2：牛肉の加熱調理による放射性セシウム濃度の変化（まとめ）

牛肉の調理による放射性セシウム量の変化¹⁾

試料 ²⁾	調理前		調理後牛肉			ゆで汁・煮汁			回収率 (%) ³⁾	残存率 (%) ⁴⁾	
	Cs放射能濃度 (Bq/kg)	1検体あたりのCs放射能(Bq)	Cs放射能濃度 (Bq/kg)	1検体あたりのCs放射能(Bq)	Cs放射能濃度 変化率(%)	Cs放射能濃度 (Bq/kg)	1検体あたりのCs放射能(Bq)	Cs放射能濃度 変化率(%)			
通常調理B (焼く)	牛肉B-a (内モモ)	4916 ± 177.76	468.15 ± 4.78	5221.33 ± 75.27	424.92 ± 27.89	106 ± 4.5			91 ± 5.1	91 ± 5.1	
	牛肉B-b (ランプ)	5026 ± 478.54	478.63 ± 40.24	5283 ± 74.22	432.29 ± 22.59	106 ± 10.6			91 ± 10.4	91 ± 10.4	
通常調理C (ゆでる)	牛肉B-a (内モモ)	4783.67 ± 99.14	461.42 ± 7.42	3079.00 ± 262.74	191.55 ± 20.61	64 ± 5.1	579.87 ± 4.63	277.45 ± 8.72	12 ± 0.2	102 ± 3.4	42 ± 4.1
	牛肉B-b (ランプ)	4726.33 ± 15.95	461.61 ± 4.44	2469.50 ± 302.08	159.37 ± 22.78	52 ± 6.3	658.70 ± 64.23	318.67 ± 30.65	14 ± 1.4	102 ± 3.7	35 ± 5.0
通常調理D (煮込む)	牛肉B-a (内モモ) ⁵⁾	848.93 ± 196.99	113.53 ± 24.62	312.47 ± 29.15	17.88 ± 2.02	38 ± 10.8	180.21 ± 24.14	89.24 ± 10.31	22 ± 6.5	98 ± 26.3	16 ± 4.8
通常調理E (揚げる)	牛肉B-b (ランプ) ⁶⁾	3106.00 ± 40.78	381.40 ± 5.23	3597.00 ± 87.28	335.53 ± 8.15 ⁶⁾	116 ± 3.2			88 ± 2.6	88 ± 2.6	

- 1) 牛肉は調理前、調理後にU8容器(90 mL)で5~30分間測定した。全試料、検出下限の10倍以上の測定値を得ている。
 - 2) 牛肉B: 大阪府健康医療部食の安全推進課から送付されてきたCs汚染牛肉 2011.8.23入手 a)内モモ、b)ランプ
 - 3) 調理後の牛肉およびゆで汁・煮汁から回収できたセシウムの割合(調理前の牛肉に対する回収率)、焼いた際の肉汁は回収できず未測定、揚げた際の油中では未検出のため、牛肉のみからの計算となっている。
 - 4) 調理後の牛肉に残存したセシウムの割合(調理前の牛肉に対する割合)。
 - 5) 検討に用いた牛肉は、調味液への浸漬実験(7日間)後の牛肉のため、調理前の放射性セシウム量が少ない。
 - 6) 検討に用いた牛肉は、調味液への浸漬実験(24時間)後の牛肉のため、調理前の放射性セシウム量が少ない。
 - 7) 衣重量を含んだ値、牛肉のみの場合より、若干高値になっていると考えられる。
- なお、各試験につき、3試行ずつ実施した。

牛肉の調理方法

調理方法	牛肉重量	肉の厚さ	肉の大きさ	湯量	加熱時間	備考
通常調理B (焼く)	約100g	約1 cm	約2 cm x 2 cm	-	表面: 強火30秒 裏面: 弱火90秒	熊本県畜産協会のレシピを参考にした。 クッキングシートを使用し、油を使わずに焼いた。
通常調理C (ゆでる)	約100g	約1~2 mm	約5cm x 10 cm	500 mL	強火90秒	肉全体に火が通り、再度沸騰する直前で火を止める程度の加熱時間として90秒を設定した。
通常調理D (煮る)	約100g	約1 cm	約2 cm x 2 cm	500 mL	沸騰後、 弱火20分	
通常調理E (揚げる)	約100g	約1 cm	約2 cm x 2 cm	揚げ油 約320 g	180°C、3分	同一の揚げ油を用いて、3試行分の試料を調理した。

調理(漬け込み)による重量変化

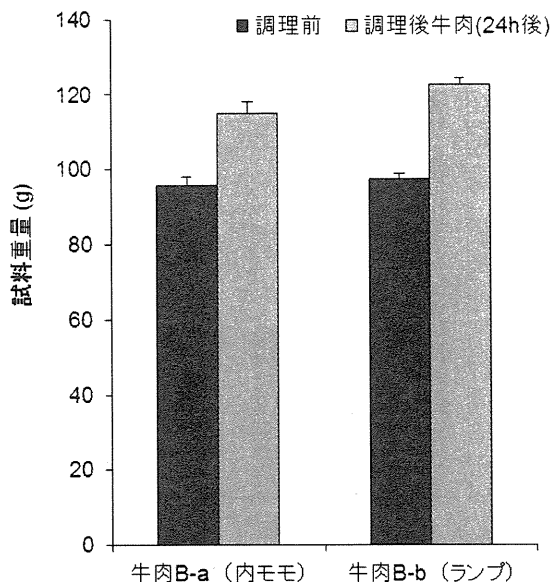


図 24：牛肉の調味液への浸漬による重量変化
牛肉約 100 g を調味液に 24 時間浸漬した後、重量を測定した。内モモは調味液 A (10%食塩水)、ランプは調味液 B (こいくち醤油：水=1：1) に浸漬した。

総セシウム放射能濃度

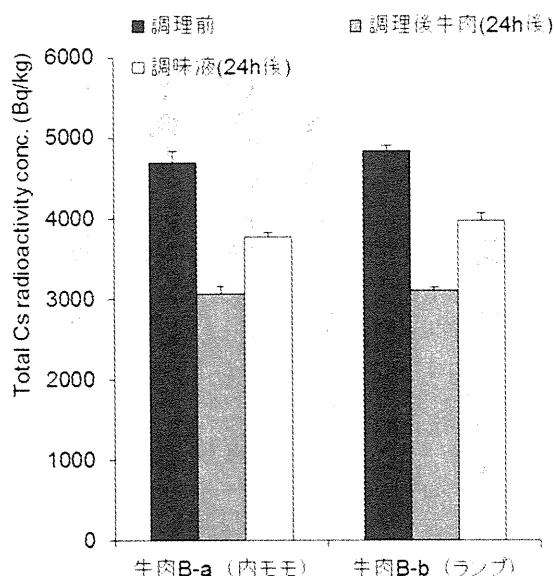


図 25：牛肉の調味液浸漬前後の平均放射性セシウム濃度
調味液浸漬前後の牛肉および調味液を U8 容器に充填し、ゲルマニウム半導体検出器を用いて放射性セシウム濃度を測定した。検討は 3 試行実施した。

1検体あたりの総セシウム放射能

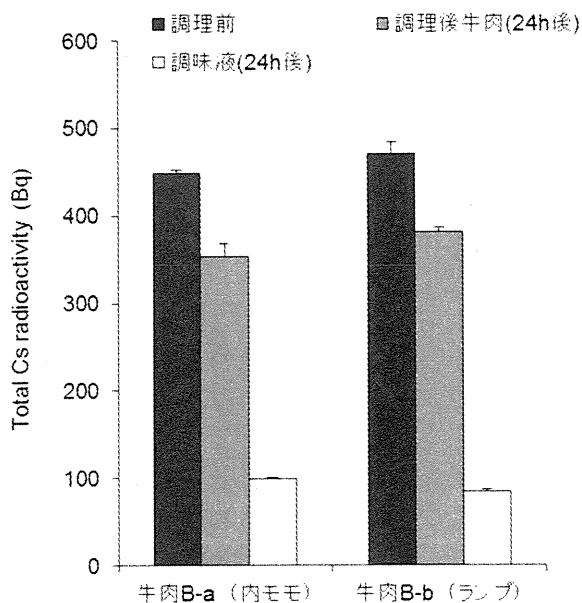


図 26：牛肉の調味液浸漬前後の平均放射性セシウム量
調味液浸漬前後の牛肉および調味液の放射性セシウム濃度とそれぞれの総重量から、1 検体あたりの放射性セシウム量を算出した。検討は 3 試行実施した。

回収率

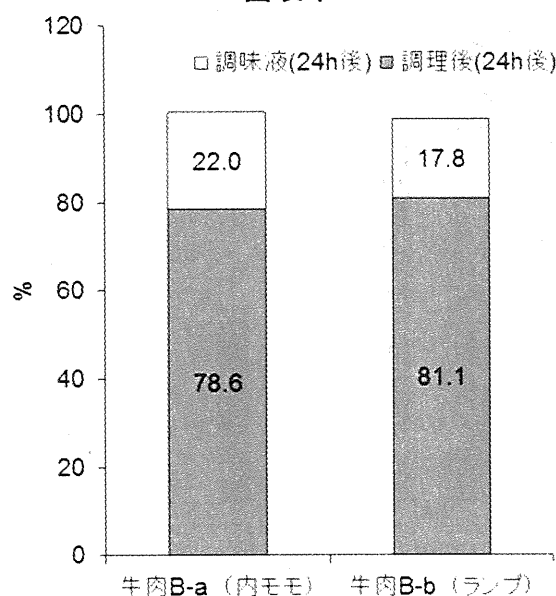


図 27：放射性セシウムの移行率
調味液に浸漬した牛肉と調味液への放射性セシウムの移行量から、元の牛肉中の放射性セシウム量に対する移行率を算出した。両者の合計はほぼ 100%となった。