

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 10 月 13 日現在

機関番号：41601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25871019

研究課題名(和文) 安心・安全な福島食材で防災食を ～災害時の「美味しい食」を求めて～

研究課題名(英文) Disaster prevention food to make with cooking ingredients of Fukushima

## 研究代表者

小林 未希 (Kobayashi, Miki)

会津大学短期大学部・その他部局等・助手

研究者番号：20633514

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,000,000円

研究成果の概要(和文)：放射性セシウム濃度が基準値以下(100～90Bq/kg)の福島県産大豆を用いて、家庭で一般的に行われる浸漬と煮熟で放射性セシウムをさらに低減させる方法を検討した。浸漬液は、魔法瓶に入れた重曹湯の除去率が最も高く62.6%で、さらに煮熟により約1/5まで低減された。この大豆を用いて家庭で調理できる災害食としてキッシュを作り、1ヶ月の保存を検討した。その結果、市販の冷凍保存用袋を使用しても、真空度99%で保存しても品質に大きな差はみられなかった。

本研究より、流通している福島県産食材は、放射性セシウム濃度は当然基準値以下であるが、一般的な家庭調理によりさらに低減され、安心して食すことが示唆された。

研究成果の概要(英文)： Investigated the effect of reduction of radioactive Cs in soybeans during cooking. A dried soybean grain contained radioactive Cs ( $^{134}\text{Cs}$  plus  $^{137}\text{Cs}$ : 90 to 100 Bq/kg). The soybean was soaked with 7 kinds of different solutions. Drained soybeans were measured with a germanium semiconductor detector. The processing factor was the reduction percentage of radioactive Cs concentration in the soybean before and after soaking. The processing factor in sodium bicarbonate water and sodium bicarbonate hot water was 50.3% and 62.6%, respectively. Further, the soybeans soaked were boiled with a pan and a pressure cooker. Then, the remaining radioactive Cs in the boiled soybeans was measured. The processing factor was the percentage of radioactive Cs concentration in the soybean before and after boiling. The processing factor in hot water and sodium bicarbonate hot water was 0.4 and 0.2, respectively. The result suggests that soaking soybean with sodium bicarbonate hot water reduced radioactive Cs.

研究分野：給食管理学、食品加工学

キーワード：放射性セシウム 福島県産食材 家庭調理 災害食 大豆

### 1. 研究開始当初の背景

全国に流通している福島県産の食材は、当然すべて放射性セシウム濃度が基準値以下であり安全が確認されているが、未だ風評被害があり消費量は完全には回復されていない。そこで本研究は、市場に流通している福島県産食材を用い、家庭調理における過程で、放射性セシウム濃度がどの程度低減されるかを比較検討する。

### 2. 研究の目的

災害時でも身近な食材で普段の食事をすることを課題とし、放射性セシウム濃度が基準値以下である 100~90Bq/kg の福島県産大豆を用い、大豆を家庭で調理する際に通常行う浸漬と煮熟により、放射性セシウムがどの程度低減するかを知る目的で研究を行った。

「安全な」食は確保されている今、福島農産物が「安心できるもの」であることを全国に伝え、風評を払拭する。

### 3. 研究の方法

大豆は乾燥後に収穫されるため組織が硬く、軟化させるためにまず浸漬し、吸水させてから煮熟する。浸漬には水を用いるほかに、食塩水や重曹水などが用いられる。食塩水の場合は大豆が柔らかくなるのが速いとされ、重曹によるアルカリ液の場合も煮熟した豆が柔らかいとされる。また浸漬時に味付けも兼ねて水に酢や日本酒を加えることもある。さらに軟化を速める方法として、浸漬に湯と魔法瓶を用いた方法もある。大豆を煮熟するための鍋は、家庭では通常のステンレス鍋のほかに圧力鍋も多く用いられる。本研究における調理法として、このようないくつかの条件を考慮して行った。

#### (1) 試料

平成25年8月に、放射性セシウム濃度が基準値以下(100~90Bq/kg)の大豆(前年秋収

穫)を福島県内において入手し、使用直前で5日の冷蔵庫で保管した。

#### (2) 調整

##### 洗浄

洗浄は大豆300gに対し水道水600g(20℃,20回攪拌/20秒)を用いて行い、これを3回繰り返した。ざるを用いて10分間の水切り後に大豆の重量を測定し、その後洗浄した大豆の放射性セシウム濃度の測定を行った。

##### 浸漬

浸漬条件は、洗浄後に10分間水切りした大豆を300g、浸漬液を1,500g、時間は水温20℃で16時間および85℃で6時間とした。浸漬液は水、重曹水、酢水、日本酒水、食塩水、湯および重曹湯の7種類を用いた。

水による浸漬は、水1,500g(水温20℃)に洗浄後の大豆300gを入れ、16時間浸漬した。

重曹水による浸漬は、水1,470gに重曹30gを溶かして2%の重曹希釈水(水温20℃)を作り、洗浄後の大豆300gを加えて16時間浸漬した。

酢水による浸漬は、水1,470gに穀物酢30gを溶かして2%の酢希釈水(水温20℃)を作り、洗浄後の大豆300gを加えて16時間浸漬した。

日本酒水による浸漬は、水1,350gに日本酒(アルコール度数13%以上14%未満)150gを溶かして10%の日本酒希釈水(水温20℃)を作り、洗浄後の大豆300gを加えて16時間浸漬した。

食塩水による浸漬は、水1,470gに食塩30gを溶かして2%の食塩水(水温20℃)を作り、洗浄後の大豆300gを加えて16時間浸漬した。

湯による浸漬は、魔法瓶(内訳:容量;2.2ℓ,内瓶;ステンレス鋼,保温効力;50℃以上/24時間,76℃以上/6時間)に沸騰させた95℃の湯1,500gと洗浄後の大豆300gを入れて6時間浸漬した(開始時水温85℃,終了時64℃)。

重曹湯による浸漬は魔法瓶に湯1,470gを

入れ、重曹30gを溶かして2%の重曹希釈湯を作り、そこに洗浄後の大豆300gを入れて6時間浸漬した（開始時水温85℃，終了時64℃）。

浸漬処理終了後、それぞれの大豆はざるを用いて10分間水切りを行い、重量を測定した。その後、浸漬した大豆について放射性セシウム濃度の測定をした。

#### 煮熟

水、湯および重曹湯による3種類の浸漬大豆を、家庭で通常用いられるステンレス鍋（直径:20cm）および圧力鍋（直径:22cm）を使用し、ガスコンロで煮熟した。いずれの浸漬大豆にも水700gを加え、ステンレス鍋の場合は食べられる硬さ（加圧500gでつぶれる硬さ）になるまで加熱し（水浸漬大豆と湯浸漬大豆は沸騰後に弱火で50分間、重曹湯浸漬大豆は沸騰後に弱火で20分間）、圧力鍋の場合はいずれも加圧後に弱火で5分間加熱し、消火後15分間蒸らした。圧力鍋の加熱時間条件は、使用説明書を参考にいずれの浸漬大豆も同じとした。

煮熟後、それぞれの大豆はざるで10分間水を切り重量を測定後に、放射性セシウム濃度の測定を行った。

#### (3)放射性セシウムの測定方法

大豆のサンプルをV-5容器に充填し、ゲルマニウム半導体検出器（テクノエーピー社製,TG150B）を用いて $^{134}\text{Cs}$ と $^{137}\text{Cs}$ の濃度を測定した。測定時間は3,600秒で行い、 $^{134}\text{Cs}$ と $^{137}\text{Cs}$ の合計値を放射性セシウム濃度とした。

大豆の調理過程における放射性セシウムの除去率、残存割合の算出は次式で行った。なお、大豆は洗浄、浸漬、煮熟による水分吸収のため増体するのでそれぞれ重量比を求め、また摂食時は膨潤した状態（生重量）であることから、本研究においても生重量を用いて算出した（乾燥重量では示さなかった）。

・重量比 = 処理後の大豆重量 ÷

原材料大豆の重量

・放射性セシウムの濃度比 = 処理後大豆の放射性セシウム濃度 ÷ 原材料大豆の放射性セシウム濃度

・残存割合 = 放射性セシウムの濃度比 × 重量比

・除去率 (%) = (1 - 残存割合) × 100

#### (4)統計解析

大豆のそれぞれの調理過程における測定は、3回の繰り返し実験で行った。各値は3回の平均値 ± 標準偏差で示した。各処理方法間における平均値の有意差検定は、Excel 2013 (Microsoft) に追加したアドインソフト Excel 統計2012 ((株)社会情報サービス) を用い、一元配置法により分散分析を行い、Tukeyの多重検定により検討した。

#### 4. 研究成果

##### (1)洗浄および浸漬による放射性セシウムの除去率

水により洗浄した大豆と、洗浄後に7つの方法で浸漬した大豆の測定結果を図1に示した。原材料大豆を水で洗浄することにより、放射性セシウムは $8.0 \pm 5.42\%$ 除去されることが示された。また洗浄後の大豆をそれぞれの方法で浸漬を行った場合、放射性セシウムの除去率は重曹湯によるものが最も高く $62.6 \pm 0.91\%$ であった。その次に湯による浸漬の除去率が高く $50.3 \pm 4.38\%$ であった。一方、重曹水を用いた場合は $20.2 \pm 3.83\%$ 、水は $19.6 \pm 3.1\%$ 、酢水は $14.4 \pm 1.22\%$ 、日本酒水は $11.3 \pm 3.77\%$ 、食塩水は $15.2 \pm 2.83\%$ であり、それぞれ間に有意な差は認められなかった。

##### (2)煮熟による放射性セシウムの残存割合

浸漬を水、湯および重曹湯で行った大豆について、それぞれステンレス鍋および圧力鍋を用いて煮熟した。図2に煮熟大豆の放射性セシウム残存割合を示した。原材料大豆の放

放射性セシウム残存割合を1とした場合、水による浸漬後にステンレス鍋および圧力鍋で煮熟した大豆の残存割合は、 $0.60 \pm 0.03$ および $0.66 \pm 0.04$ でありこの2つの間に有意な差は認められなかった。また、湯による浸漬後にステンレス鍋および圧力鍋で煮熟した場合の残存割合は、 $0.42 \pm 0.04$ および $0.40 \pm 0.01$ であり、2つの間に有意な差は認められなかった。重曹湯の浸漬後にステンレス鍋および圧力鍋で煮熟した場合の残存割合は、 $0.20 \pm 0.05$ および $0.19 \pm 0.01$ でこの2つの間にも有意な差は認められなかった。このことから同じ浸漬方法であれば、使用した鍋が違っていても放射性セシウムの残存割合に差が無いことが示された。一方、浸漬法の違いについてはどちらの鍋を使った場合でも、重曹湯浸漬法の大豆の放射性セシウム残存割合が有意に低く、次に湯浸漬大豆であり、水浸漬大豆が最も高い値であった。

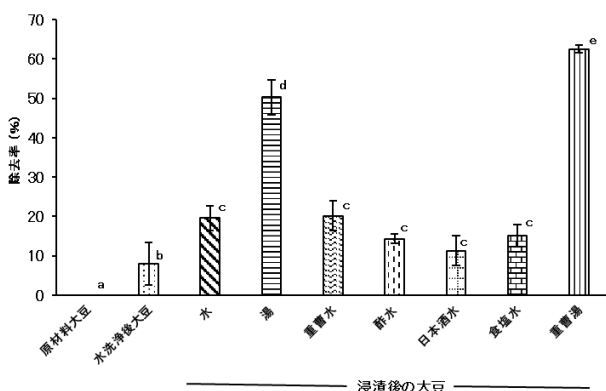


図1. 大豆の洗浄および各浸漬法による放射性セシウムの除去率 (n=3, 平均値±SD, p<0.01, 異符号間に有意差有り)

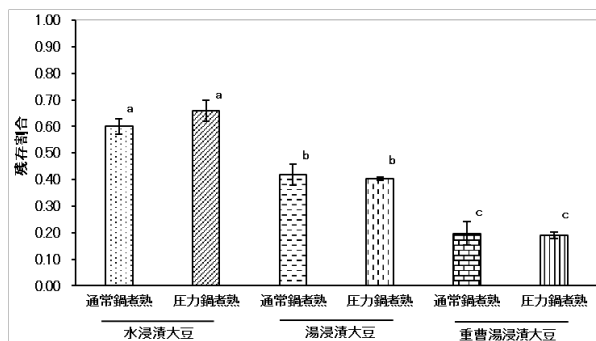


図2. 浸漬法と鍋の組み合わせ 煮熟大豆の放射性セシウム残存割合 (n=3, 平均値±SD, p<0.01, 異符号間に有意差有り)

浸漬および煮熟後に大豆の水切りを行っ

たが、これは放射性セシウムの浸漬水および煮熟水への移行が考えられるためである。浸漬水を放棄して新たな水で煮熟する場合と、浸漬水を用いて煮熟する場合を比べると、豆の栄養成分量にほとんど差がないため、浸漬水は使用しないこととした。

原材料の大豆を水で洗浄したことによる放射性セシウムの除去率は、 $8.0 \pm 5.42\%$ であった。このことから、水の洗浄によっても多少の除去が行われることが示された。放射性物質の農作物への移行は、大きく2つの経路が考えられる。大気中の放射性物質が、農産物の表面に直接付着する場合と、畑作土壌に降下して作物の根から吸収され、それが移行する場合であるが、事故から4年経過した現在は後者によるものが多いと考えられている。しかし大豆においては、乾燥や収穫作業時における土ぼこり等からの二次的な影響も指摘されている。水の洗浄による除染率は小さいが、このような状況に対しては有効であると考えられる。

浸漬による放射性セシウム除去率は、いずれの方法でも原材料の大豆に対し有意に効果が示された。しかし水、重曹水、酢水、日本酒水および食塩水のそれぞれ20 における浸漬では、いずれも除去率が10~20%と低く相互間の差もなかった。これらの浸漬大豆の重量は原材料大豆の2.0~2.3倍になり、体積も同様に増している。水による浸漬に比べ、重曹水や食塩水などは軟化を促進するとされるが、低温における大豆の浸漬は、水分吸収による細胞の膨潤は起こるが細胞組織の崩壊はあまり見られない。放射性セシウムは大豆の細胞内にあるため、主に細胞組織の変性や崩壊によって放射性セシウムが排出されることが考えられている。このようなことから水温20 の浸漬法では、除去率はあまり高くないものと考えられる。

一方、重曹湯および湯を魔法瓶で保温しながら行う浸漬法は放射性セシウムの除去率

が高く、水温20 の各浸漬法よりも2~3倍の値を示した。またこの浸漬法では、重量が原材料大豆の2.3~2.5倍となった。浸漬の温度について、高温の方が水分の吸収時間が早い。水温20 の各浸漬大豆と比較して、重量比の増加以上に重曹湯および湯の浸漬大豆の放射性セシウム除去率が大幅に高かった。70~90 で4時間以上の浸漬により豆類の細胞組織の崩壊が起こること、また魔法瓶浸漬法の温度変化について、湯を大豆の3倍量入れた場合は4時間後であっても80.5 であることが報告されている。このことから魔法瓶を用いた保温浸漬により、大豆内の放射性セシウムは細胞組織の崩壊に伴い、浸漬液に溶出したものと考えられる。

図2のように鍋の違いによる比較は、どの浸漬方法においても有意な差はなかった。しかし浸漬方法の違いは、煮熟の結果に大きく影響した。浸漬時における除去率では、湯によるものよりも重曹湯のほうが高かったが、その差はあまりなかった。しかし、重曹湯浸漬の大豆を煮熟した場合、除去率は湯浸漬よりも大きな上昇がみられた。浸漬時の重曹添加は弱アルカリ性の作用により、大豆たんぱく質のグリシニン分解を促し、また繊維質の軟化を進めるため、煮熟を早めることができる。このことから煮熟時の大豆細胞の組織崩壊は、湯浸漬よりも大きいものと考えられ、その結果として放射性セシウムの除去が促進されたものと考えられる。

結論として、洗浄した大豆を魔法瓶に入れ重曹湯による保温浸漬を行い、その後鍋による煮熟を行うことにより、家庭における調理においても放射性セシウム濃度を約1/5にすることが可能であることが分かった。調理過程で大豆は水分吸収による膨潤のため重量が増し、それに伴い重量当たりでは放射性セシウム濃度の値が低くなるが、それ以上に排出による高い除去率が示された。浸漬の魔法瓶活用は、災害時だけでなく、日常におけ

るエネルギー節約の観点からも有効な手段である。重曹の活用については、軟化促進としての効果があるが、しかし濃度が濃すぎるとビタミンB<sub>1</sub>の破壊が懸念され、また臭いや色など風味にも影響することがある。重曹濃度が気になる場合には、湯を用いた保温浸漬法でも十分に効果があり活用できる。

このように煮熟した大豆は、日本料理の一つである五目豆などへの活用だけではなく、米と共に食べると栄養バランスも高まるため、炊き込みご飯に用いることもできる。その他、パスタやスープ、主菜、サラダや和え物など非常に幅広く家庭料理に活用できる。

本研究は、今回の原子力発電所の事故と同様の災害時を想定し、これに備えた食事の安全性確保のための知見を得ることを目的とした。災害時にこそ、身近な食材をいつも通りに調理し普段の食事をする、この重要な課題に対し、本研究の示した成果が役立つものと考えられる。

#### < 引用文献 >

鎌田栄基, 海老根英男, 中野政弘:大豆製品の着色に関する研究-11・12-. 農産加工技術研究会誌 1961, 8, 231-240.

松岡洋子, 塩川美絵: 食塩水浸漬・加熱黒大豆の性状. 日本調理科学会誌 1990; 23, 3: 311-314.

寺崎敬子, 押田洋子:無機質の調理科学的研究-2-調理用水の硬度が煮豆に及ぼす影響. 市邨学園短期大学自然科学研究会会誌 1972; 6, 2: 1-6.

牧野秀子, 畑江敬子, 島田淳子: 食塩水浸漬が煮豆のやわらかさにおよぼす影響. 日本家政学会誌 1987; 38, 8: 719-723.

今中鏡子: 食品組織の基礎的研究( ) - 煮熟したマメ類について - . 広島文化女子短期大学紀要 1989; 22: 31-43.

齋藤章: 豆の基本的調理法に関する諸説を検証(その2). 豆類時報 2013; 71: 28-36.

内田滋夫：調理加工による放射性核種の除去．食品と開発 2012；47，6：24-26．

公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター技術報告書 RMMC-TRJ-13001-1，環境パラメータ・シリーズ4増補版(2013年)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 - .2013.9.

Hachinohe Mayumi, Kimura Keitarou, Kubo Yuji, Tanji Katsuo, Hamamatsu Shioka, Hagiwara Shoji, Nei Daisuke, Kameya Hiromi, Nakagawa Rikio, Matsukura Ushio, Todoriki Setsuko, Kawamoto Shinichi: Distribution of radioactive cesium ( $^{134}\text{Cs}$  plus  $^{137}\text{Cs}$ ) in a contaminated Japanese Soybean cultivar during the preparation of Tofu, Natto, and Nimame (boiled soybean) . Journal of Food Protection. 2013; 76, 6: 1021-1026.

齋藤章：豆の基本的調理法に関する諸説を検証(その1)．豆類時報 2013；70：30-49．

福島県農林水産部：大豆とそばの放射性セシウム吸収抑制対策，「ふくしまからはじめよう。」．農業技術情報 2013.3；第38号．

瓦家千代子：豆の調理．生活衛生 1986；30，1：48-52．

Nakamura Isei, Kurusu Keiji, Nakagawa Mitsutoshi : Effect of Temperature on Water Absorption Coefficient of Soybeans (Amsoy) in Soaking Process. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi. 1979, 26, 8, 362-364.

浅野三夫，大久保一良，山内文男：大豆からのしんじゅつ成分挙動に及ぼす浸漬温度の影響．日本食品工業学会誌 1989；36，8：636-642．

飯島久美子，奥山綾子，早川和那，藤井義晴，香西みどり：ムクナ属マメの調理性に関する研究(第1報) - 煮豆としての浸漬・加熱条件 - ．日本調理科学会誌 2009；42，

2：93-101．

長野隆男：大豆グリシニンのゲル構造と分子間力．大豆たん白質研究 2009；12：58-62．

吉田恵子，小松明美，柳生純代，江面恵子：調理方法の違いによる大豆の性状と嗜好．つくば国際短期大学紀要 2007；35：51-58．

足利千枝：調理とビタミン B<sub>1</sub>．生活衛生 1959；3，5：223-236．

## 5．主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

小林 未希、齋藤 文也、大豆の家庭調理による放射性セシウム量の低減、日本災害食学会誌、査読無、Vol.1、No.1、2014、59-63

〔学会発表〕(計2件)

小林 未希、齋藤 文也、大豆の家庭調理におけるローリングストック法の検討、日本災害食学会、2014年7月12日、大田区産業プラザ 小展示ホール(東京都・大田区)

小林 未希、大豆の調理工程における放射性セシウムの除去率、福島県栄養改善学会、2015年2月14日、ビッグパレットふくしま(福島県・郡山市)

## 6．研究組織

(1)研究代表者

小林 未希 (KOBAYASHI, Miki)

公立大学法人 会津大学短期大学部・食物栄養学科・助手

研究者番号：20633514

(2)連携研究者

齋藤 文也 (SAITO, Fumiya)

公立大学法人 会津大学短期大学部・食物栄養学科・教授

研究者番号：70538694