

生徒の主体性を重んじた食の安全に関する授業：

原発事故による放射能汚染の食材の調理をめぐって

石津みどり*¹・荒川 悦雄*²・中西 史*³・大竹美登利*⁴・南 道子*⁵

生活科学分野

(2015年9月16日受理)

1. はじめに

福島原発事故による食材の放射能汚染問題が、食の安全を考える上で大きな課題となっている¹⁾。食の安全の視点から、放射能の影響を受けて内部被ばくにつながる可能性がある食品²⁾について考えるなど、家庭科教育をはじめとする学校教育でも放射線教育の実践が可能で有り、また重要と考える。そこで、中学校・高等学校の家庭科において、食品の放射能汚染に関する情報の収集や放射線に関する授業の可能性を探り、その1つとして、様々な食品、あるいは調理後の放射線量を測定し、食品の安全を放射線汚染の問題から考える授業実践を行った。生徒は、測定を繰り返すことで、放射能の存在を身近に感じ、放射線に関する新たな疑問を持ち、その疑問を解決するために、生徒が主体的に放射線量の測定を希望し、線量測定の授業実践を展開することになった。

この授業実践を通じて、生徒は、食品の放射線測定には個体による誤差が大きいこと、空間線量の影響を大きく受けることなどを理解した。複数の個体を測定して平均値を算出したり、鉛で囲った箱の中で測定したりするなど、生徒が考えた測定方法を試しながら、極力正確に測定を行うよう努めた。精密な測定機器を借用したり、測定を依頼したりするなど、試行錯誤を通じて、生徒は思考過程や取り組みを整理分析しながら、放射線が食生活にあてる影響を生徒の主体的な学びとして展開できたといえよう。

2. 食の安全と放射線問題を考える2つの授業実践

2. 1 中等教育学校2年生の授業（放射線問題と食生活の工夫）

放射線と食生活の授業実践は、二つの学年で授業実践を行った。その一つは中等教育学校2年生（中学2年相当）の家庭科での実践である（表1）。

表1 授業計画

1次	食の安全と健康
2次	身近な空間の放射線量の測定を通して、放射線の健康への影響を考える
3次	調理方法や食材の工夫による放射性物質の減少

*1 東京学芸大学附属国際中等教育学校（178-0063 練馬区東大泉 5-22-1）
*2 東京学芸大学 基礎自然科学講座 物理科学分野（184-8501 小金井市貫井北町 4-1-1）
*3 東京学芸大学 基礎自然科学講座 理科教育学分野
*4 東京学芸大学 生活科学講座 家庭科教育学分野
*5 東京学芸大学 生活科学講座 生活科学分野

授業では、はじめの1時間で、腐敗や食品添加物などを含む食の安全と健康について学んだ。

次に、食の安全で社会問題になっている点について意見を交換したところ、原発事故の放射線問題と食の安全について意見が出てきた。これを受けて放射線量について基本的な理解を図るために、身近な放射線（廊下や花壇などの空間線量）を測定することにした。グループ毎に、放射線測定器で教室の空間線量を測って使い方を確認した。引き続き、校内の測定をしてみたい場所を数カ所選んで測定し、その結果をグループ毎に発表し、それを元に意見交換を行った。生徒は放射線測定の結果がゼロではない結果に驚いていた。

この活動をうけて、放射線に全く関心を示さなかった生徒たちが、自分が食べている食品が安全であるかどうかを考え、将来の健康を意識するようになった。授業前の生徒は、頭では放射線の危険性を理解していても、普段の食生活が放射線の影響を受けているという感覚はなく、風評被害について論じる程度で、食品における放射線の影響が将来につながる大事なこと³⁾である意識は薄かった。

しかし、実際に測定して放射線の存在を確認したことで、身体への影響や自分の食生活にかかわることだと考えることができるようになった。

これらの学習をうけて、次に家庭で調理方法や食材の工夫で放射性物質の身体への影響が減少すること⁴⁾ができることを学び、その効果について、科学的に確かめたいという探究心が芽生えた。

2. 2 中等教育学校5年生（高校2年相当）の授業（食品の放射線測定をめざす授業）

中等教育学校2年生の授業実践で、放射線を実際に測定し自分たちで確かめることが、食生活の安全について自らの問題として考えるようになったことを踏まえて、中等教育学校5年生で実施している選択授業（高校2年1単位）で「放射線に負けない食生活」を開設し、食品の放射線測定を中心とする年間を通した授業を行った。ここで紹介する授業実践の内容は、二年間にわたるこの授業の展開の足取りである。一年目は10人の生徒が選択し、二年目は11人の生徒が選択した。対象者は違っているが、一年目に行った授業結果を次の年の受講者が引き取り、それを踏まえて、次の授業に発展させるというリレー方式の授業展開であった。

2. 2. 1 なぜ放射線量が違うのかという疑問から、様々な食品の放射線量の測定の展開

授業では、選択授業の利点を活かし、2台の高性能の放射線測定器を大学で借用し、生徒自らがガイガーカウンター PKC107で放射線を測り、空間線量を含め、様々な食材の放射能汚染の状況を調べ、それらが自分たちの食生活や健康に影響があるかを調査分析し、自分の食生活をどのようにしていくかを考える授業を実践した。ここでは季節の野菜や住んでいる地域の野菜、また地中に根を張る植物や食材の皮と身と種での放射線量の相違、カボチャの上部、中部、下部に分けての測定など、食品の種類や部位による相違に関心を示し、生徒達がみずから様々な食材を選んで測定することになった。

身近な地域で栽培されている様々な野菜（表2、3）と、調理前後の野菜（表4）、ならびにカボチャについては部位により（表5、6）、相違があるのではないかと疑問を受けて、それぞれの放射線量を測定した。しかし、福島産でも線量は高くなく、相違は出なかった。また空間線量を測定したところ、野菜の線量とはほぼ同様であった（表7）ことから、野菜の線量を測っているつもりでも、結局は野菜を囲んでいる空間線量の影響が強く、その線量を測っているのではないかと結論に達した。

表2 住んでいる地域の食品の放射線量の測定（空間線量）

食品	小松菜（新座産）	キャベツ（新座産）	ブロッコリー（新座産）	かき菜（茨城産）
測定結果	0.12	0.13	0.12	0.13

使用測定器：PKC107（Belvar社製）、単位：μSv、食品から3cmの距離で測定

表3 販売店で購入した福島産の野菜測定

食材（野菜）	1回目	2回目	3回目	平均
いんげん	0.11	0.11	0.15	0.120
梨	0.13	0.17	0.12	0.140
キュウリ	0.10	0.11	0.15	0.120

使用測定器：PKC107、単位：μSv、平均は少数第四位四捨五入

表4 食品の調理過程による放射線量の変化を測定

	キュウリ	青梗菜	じゃがいも	たまねぎ
購入時のまま	0.12	0.13	0.13	0.11
調理過程	ピクルス0.17	おひたし0.12	ボイル0.12	洗浄0.15

使用測定器: PKC107, 単位: μSv , 食品から 3cm の距離で測定

表5 カボチャの部位ごとの放射線量の変化を測定

食品	測定日	上部の身 (皮)	中部の身 (皮)	下部の身 (皮)	種
カボチャ	1 回目 (11月20日)	0.08 (0.12)	0.14 (0.12)	0.13 (0.13)	
	2 回目 (1月27日)	0.10 (0.12)	0.14 (0.19)	0.19 (0.10)	0.13

使用測定器: PKC107, 単位: μSv , 食品から 3cm の距離で測定

表6 地域産のカボチャの部位別放射性測定 (LBとRAM GENE-1は大学から借用して使用した。)

食材 (野菜)	測定器	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	平均
カボチャの上部	PKC107	0.14	0.11	0.13	0.14	0.13
	RAM GENE-1	0.08	0.07	0.08	0.06	0.073
	LB125	0.01 ~ 0.03	0.01 ~ 0.02	0.01 ~ 0.03	0.01 ~ 0.06	0.01 ~ 0.035
カボチャの下部	PKC107	0.16	0.14	0.14	0.16	0.15
	RAM GENE-1	0.07	0.06	0.08	0.08	0.073
	LB125	0.01 ~ 0.03	0.01 ~ 0.03	0.01 ~ 0.04	0.01 ~ 0.05	0.01 ~ 0.038

単位: PKC107とRAM GENE-1は μSv , LB125はcpm (一分間あたりの放射線の数), 平均は少数第四位四捨五入

表7 測定場所の空間線量 (バックグラウンド測定)

測定場所	1 回目	2 回目	3 回目	平均
調理室	0.16	0.13	0.11	0.133

使用測定器: PKC107, 単位: μSv , 平均は少数第四位四捨五入

ここでは, 食材の種類や部位, 調理方法による放射線量の相違が明確に出ない結果となった。特に空間線量とほぼ同様の線量が測定されたことから, 線量測定の方法を改良する必要があることに生徒は気づいていった。この授業ではそれを試すことに至らなかったが, 生徒は色々な疑問を抱いて授業は終了したことから, この結果を次の学年に引き継ぐことになった。

2. 2. 2 測定結果への疑問から鉛の箱の測定器具の開発

食品の放射線量は簡単に測れないことや, 空間線量の影響を極力少なくしなければ測定できないことを理解した前年度の生徒による放射線と食の安全をテーマにした研究発表と教員の提案を参考にし, 次の授業では放射線測定方法の改良に取り組んだ。教室で使用できる機器としては簡易放射線測定器が適していることから, それを使った放射線量の測定方法を色々試すことになった。

食品の種類や部位, ゆでこぼし前後など, 放射線量が相違すると思われる食品の放射性物質の測定 (空間線量) を続けた。その結果, 食品によっては測定値に違いは見られたが, 測定値が同じになる場合もあった。なぜ測定結果が同じになったのか生徒たちが考察する時間を設けたところ, 測定場所の空間線量が高いために食品からでている放射線の量が測定できないのではないかという考えが出された。

そこで生徒は, 空間線量の影響を受けないように, 鉛の箱を作り, その中で食材を測定すれば, より正確な値が出ると仮説をたて, 図1のように鉛で覆われた箱を製作することにした。

重くて柔らかい鉛の板では箱を作ることが難しく, 何度も変形してつぶれてしまったが, 厚さ1ミリの鉛の板を土台となるダンボールに貼り付け, 変形しないようにテープで補強をすることで, 完成させることができた。実際にその中で空間線量を測定した結果, 箱の中の空間線量が外部より低く, 鉛の箱を使うことでより正確な測定が行えるようになったと考えられた。放射線に関わる情報の収集などの調査研究をすすめるうちに, 鉛からの影響も考える必要があると知り, アルミホイルで鉛の箱の内部を覆うことにした。内側に貼るのは困難だったので, ひと回り小さな箱の外側にアルミホイルを貼り付け, 内箱とした。完成した鉛の箱の中は, 外部よりも空間線量の値が低く, 空間線量の影響を受けない測定に一步近づくことができた (表8)。

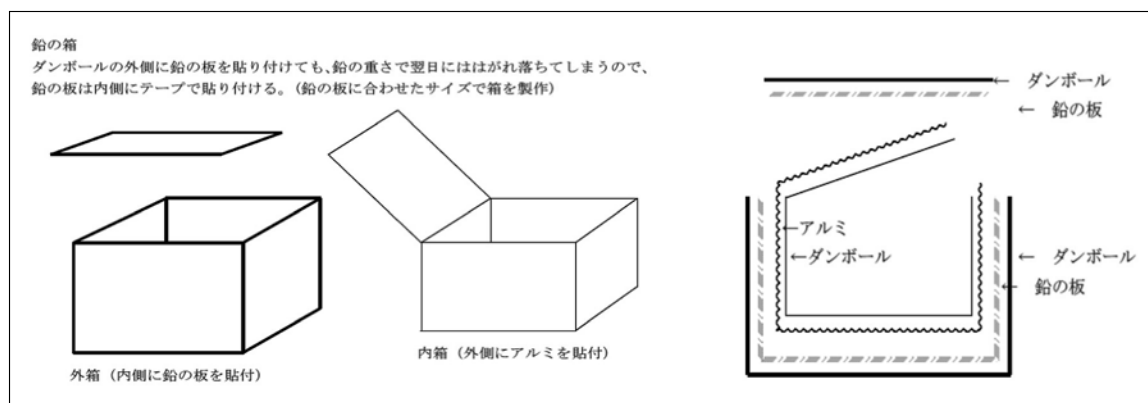


図1 鉛の箱の構造図

表8 鉛の箱の空間線量を内部と外部で測定

測定場所	1回目	2回目	3回目	平均
箱の内部	0.14	0.11	0.11	0.12
箱の外部	0.15	0.14	0.17	0.153

使用測定器：PKC107, 単位： μSv , 平均は少数第四位四捨五入

鉛の箱の内部と外部の空間線量を比較すると、箱内部は放射線量が外部より低く、バックグラウンドの影響を減らすことができた。しかし、まだバックグラウンドの影響があるので、次の測定は、内箱のアルミホイルを二重貼りからもっと何重にも重ねて貼ることで鉛の影響を減らし、放射線をよりはっきりと測定できるかを確認するために理科室からカリウム（畑の肥料にも含まれる放射性物質）を500g借りてきて測定をする計画をたてた。

鉛の箱の性能を上げて食品の測定をするためには、箱のふたと本体の隙間や測定時のふたの開閉をどうするかなど、課題はまだ多い。残念ながら、様々な理由で二年目の授業は、授業時間が取れず、鉛の箱での食材測定までは至らない見通しとなった。

生徒は、調理による放射線量の減少が確認できなかったことから、鉛の箱を使わなくても測定することはできないかを考え、できればもっと精度の良い機器で測定したいという意欲が、生徒から出てきた。大学にさらに一層高性能な放射線量測定器があることがわかり、かつ大学の教員も測定に協力してくれることとなり、GDM-15という機器で放射線を測定することとなった。

3. 大学の協力による放射線測定

3. 1 大学の協力によるGDM-15での放射線測定

GDM-15での放射線測定は、大学実験室に設置され容易に動かすことができないこと、また大学教員など、専門家の協力がなく測定が不可能であったので、生徒自身が測定に直接参加することはできなかった。しかし、生徒の疑問をもとに、放射線量の測定対象を決定し、それを大学で測定した結果を生徒に示すという形で授業を進めたことで、生徒は自分たちが主体的に考え、それが授業の進行に反映しているという意識が生まれたと考える。以下にその結果を示す。

3. 2 生徒の疑問と小松菜の測定

ネットや雑誌には多くのことが取り上げられているが⁵⁾、酸や加熱による元素の変化は考えにくく^{6) 7)}、もともと食品に含まれている放射性物質があり⁸⁾、詳細がわからないことから、調理の工夫で放射性物質は減少するといわれるが、本当に放射線量は減少するのか、生徒は疑問をもった。特に、測定の条件が詳細に記されていないので、放射性物質の含有量、ゆでこぼしの時間、酢や食塩の量などの条件に不明の点が多い⁹⁾。そこで、実際に流通している食材を使って、調理の下ごしらえによる放射線の変化を表9のように測定した。

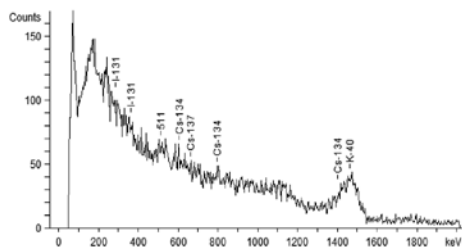
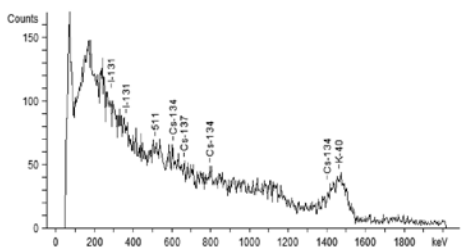
表9 埼玉産小松菜の測定

使用測定器	GDM-15 (シンチレーション検出器ガンマ線スペクトロメトリー放射能測定システム)
試料	小松菜 (埼玉県大型スーパーで埼玉産を購入)
測定方法	2kgの小松菜を洗浄し, 株を半分に切り, 1kgずつになるように分け, 片方をゆでこぼし (4Lの湯で20秒間), ミキサーでペースト状にしてから, それぞれ30分測定する。(個体差と重量に配慮する。)

3. 3 小松菜の測定結果と比較

埼玉産小松菜の放射性物質測定結果は, 表10の通りである。

表10 埼玉産小松菜の放射性物質測定結果

	洗浄済みの小松菜 (試料A)	洗浄後, ゆでこぼしにした小松菜 (試料B)																																																												
核種別グラフ表示																																																														
核種別一覧表 (抜粋)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>核種</th> <th>検出/不検出</th> <th>放射能 (Bq/kg)</th> <th>誤差 (Bq/kg)</th> <th>検出限界 (Bq/kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>D/ND</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cs-137</td> <td>ND</td> <td>0</td> <td>-</td> <td>3.49</td> </tr> <tr> <td>Cs-134</td> <td>ND</td> <td>0</td> <td>-</td> <td>3.11</td> </tr> <tr> <td>I-131</td> <td>ND</td> <td>0</td> <td>-</td> <td>1.60</td> </tr> <tr> <td>K-40</td> <td>D</td> <td>112</td> <td>18.2</td> <td>42.1</td> </tr> </tbody> </table>	核種	検出/不検出	放射能 (Bq/kg)	誤差 (Bq/kg)	検出限界 (Bq/kg)		D/ND				Cs-137	ND	0	-	3.49	Cs-134	ND	0	-	3.11	I-131	ND	0	-	1.60	K-40	D	112	18.2	42.1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>核種</th> <th>検出/不検出</th> <th>放射能 (Bq/kg)</th> <th>誤差 (Bq/kg)</th> <th>検出限界 (Bq/kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>D/ND</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cs-137</td> <td>ND</td> <td>0</td> <td>-</td> <td>3.49</td> </tr> <tr> <td>Cs-134</td> <td>ND</td> <td>0</td> <td>-</td> <td>3.11</td> </tr> <tr> <td>I-131</td> <td>ND</td> <td>0</td> <td>-</td> <td>1.60</td> </tr> <tr> <td>K-40</td> <td>D</td> <td>61.2</td> <td>17.7</td> <td>42.1</td> </tr> </tbody> </table>	核種	検出/不検出	放射能 (Bq/kg)	誤差 (Bq/kg)	検出限界 (Bq/kg)		D/ND				Cs-137	ND	0	-	3.49	Cs-134	ND	0	-	3.11	I-131	ND	0	-	1.60	K-40	D	61.2	17.7	42.1
核種	検出/不検出	放射能 (Bq/kg)	誤差 (Bq/kg)	検出限界 (Bq/kg)																																																										
	D/ND																																																													
Cs-137	ND	0	-	3.49																																																										
Cs-134	ND	0	-	3.11																																																										
I-131	ND	0	-	1.60																																																										
K-40	D	112	18.2	42.1																																																										
核種	検出/不検出	放射能 (Bq/kg)	誤差 (Bq/kg)	検出限界 (Bq/kg)																																																										
	D/ND																																																													
Cs-137	ND	0	-	3.49																																																										
Cs-134	ND	0	-	3.11																																																										
I-131	ND	0	-	1.60																																																										
K-40	D	61.2	17.7	42.1																																																										
測定結果の説明等	Cs-137は3.49Bq/kg, Cs-134は3.11Bq/kg, I-131は1.60Bq/kgの検出限界があるため, 検出限界未満の場合には, セシウム (Cs-137, Cs-134) とヨウ素 (I-131) が含まれていても検出できない。カリウム (K-40) は, 112Bq/kgの表示があるが, 112 ± 18.2Bq/kgであり, 誤差の部分は数値の部分の有効数値に合わせて記述した。	洗浄済み小松菜の測定結果同様に, セシウム (Cs-137, Cs-134) とヨウ素 (I-131) は検出できない。カリウム (K-40) は61.2Bq/kgの表示があるが, 61.2 ± 17.7Bq/kgであり, 誤差の部分は数値の部分の有効数値に合わせて記述した。セシウム, カリウム, ヨウ素を含め, 今回測定した核種は, 自然界の放射性物質と原発事故により拡散された放射性物質との区別はない。																																																												

試料A (洗浄済みの小松菜) と試料B (洗浄後にゆでこぼしをした小松菜) の測定結果を比較すると, セシウムとヨウ素は検出されなかったが, カリウムが検出された。セシウムは, 分析機器付属の解析ソフトでは不検出となったが, 核種別グラフ表示の生データを見ると, ピークが立ちそうなところに, ピークらしきものが見えなくもない。ソフトの解析の仕方あるいは表現の仕方のポリシーに関わることで, セシウムが含有されていることを全く否定出来る訳ではない。

カリウムは, セシウムの同族元素 (化学的性質が似ていて, 周期表中で同じ縦の列中に配列されている元素) なので, 食品から除去される原理も同様であると考えられ, 小松菜にセシウムが含まれていれば, カリウム同様に減少すると考えられる。

今回の測定で, 洗浄済みの小松菜 (試料A) に含まれるカリウムが112Bq/kg, 洗浄後にゆでこぼしをした小松菜 (試料B) に含まれるカリウムが61.2Bq/kgとなり, ゆでこぼしをすると約45%減少したことがわかった。

これらの測定結果から, ゆでこぼしは, カリウムの減少に効果があり, 一般に流通している食材である今回の試料 (小松菜) からは, セシウムを検出することができず, セシウムの除去率をカリウムから推測するしか手だてがなかった。しかし, ゆでこぼしによりカリウムの減少が認められたので, 含まれているかもしれない放射線物質を減少させることについては, ゆでこぼしをしてから調理するのは, 放射性物質の減少に効果があるとわかった。しかし, 減少したとしても, 放射性物質がゼロになるわけではないので, 安心はできない¹⁰⁾。

3. 4 測定結果から

今回の測定は、小松菜に含まれる放射性物質が微量であり、試料の個体差などの誤差の程度を考慮すると測定結果の比較がはっきりわかるものではなかった。洗浄と未洗浄の比較のほうが、結果が明確になると推測された。そこで、試料Aと試料Bの小松菜の株を2つに分けることで個体差を最小限に抑えて比較したように、株を3つに分けて、未洗浄と洗浄後とゆでこぼし後で比較する測定をおこなう。さらに、放射性物質が含まれている可能性が高い食品の測定を試みることにした。その測定からは、調理過程における放射性物質の除去について、より明確な結果が得られるはずである。

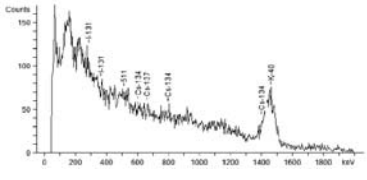
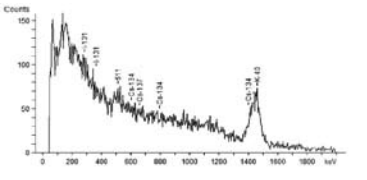
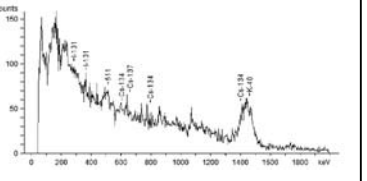
3. 5 洗浄・未洗浄・ゆでこぼしの比較測定

より明確な結果を得るため、除染対象の基準値（空間線量）に近い値が測定された畑で収穫されたほうれん草を表11、表12のように試料を作成し、測定した。

表11 福島産ほうれん草の測定

使用測定器	GDM-15 (シンチレーション検出器ガンマ線スペクトロメトリー放射能測定システム)
試料	ほうれん草 (福島県伊達市の農家から購入) を洗浄前、洗浄済み、洗浄後のゆでこぼしで測定し、比較をする。
測定方法	3kgの小松菜の株を3分の1に切り、1kgずつになるように分け、洗浄前、洗浄済み、洗浄後のゆでこぼし (4Lの湯で20秒間)、をミキサーでペースト状にしてから、それぞれ30分測定する。(個体差と重量に配慮する。)

表12 洗浄やゆでこぼしの有無による放射性物質の比較

	未洗浄 (試料A)	洗浄 (試料B)	洗浄後ゆでこぼし (試料C)																																																																											
核種別グラフ表示																																																																														
核種別一覧表 (抜粋)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>核種</th> <th>検出/不検出</th> <th>放射能 (Bq/kg)</th> <th>誤差 (Bq/kg)</th> <th>検出限界 (Bq/kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cs-137</td> <td>ND</td> <td>0</td> <td>-</td> <td>3.19</td> </tr> <tr> <td>Cs-134</td> <td>ND</td> <td>0</td> <td>-</td> <td>2.84</td> </tr> <tr> <td>I-131</td> <td>ND</td> <td>0</td> <td>-</td> <td>1.45</td> </tr> <tr> <td>K-40</td> <td>D</td> <td>226</td> <td>17.5</td> <td>39.6</td> </tr> </tbody> </table>	核種	検出/不検出	放射能 (Bq/kg)	誤差 (Bq/kg)	検出限界 (Bq/kg)	Cs-137	ND	0	-	3.19	Cs-134	ND	0	-	2.84	I-131	ND	0	-	1.45	K-40	D	226	17.5	39.6	<table border="1"> <thead> <tr> <th>核種</th> <th>検出/不検出</th> <th>放射能 (Bq/kg)</th> <th>誤差 (Bq/kg)</th> <th>検出限界 (Bq/kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cs-137</td> <td>ND</td> <td>0</td> <td>-</td> <td>31.2</td> </tr> <tr> <td>Cs-134</td> <td>ND</td> <td>0</td> <td>-</td> <td>2.78</td> </tr> <tr> <td>I-131</td> <td>ND</td> <td>0</td> <td>-</td> <td>1.42</td> </tr> <tr> <td>K-40</td> <td>D</td> <td>192</td> <td>16.9</td> <td>38.7</td> </tr> </tbody> </table>	核種	検出/不検出	放射能 (Bq/kg)	誤差 (Bq/kg)	検出限界 (Bq/kg)	Cs-137	ND	0	-	31.2	Cs-134	ND	0	-	2.78	I-131	ND	0	-	1.42	K-40	D	192	16.9	38.7	<table border="1"> <thead> <tr> <th>核種</th> <th>検出/不検出</th> <th>放射能 (Bq/kg)</th> <th>誤差 (Bq/kg)</th> <th>検出限界 (Bq/kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cs-137</td> <td>ND</td> <td>0</td> <td>-</td> <td>2.97</td> </tr> <tr> <td>Cs-134</td> <td>ND</td> <td>0</td> <td>-</td> <td>2.65</td> </tr> <tr> <td>I-131</td> <td>ND</td> <td>0</td> <td>-</td> <td>1.36</td> </tr> <tr> <td>K-40</td> <td>D</td> <td>180</td> <td>16.0</td> <td>36.9</td> </tr> </tbody> </table>	核種	検出/不検出	放射能 (Bq/kg)	誤差 (Bq/kg)	検出限界 (Bq/kg)	Cs-137	ND	0	-	2.97	Cs-134	ND	0	-	2.65	I-131	ND	0	-	1.36	K-40	D	180	16.0	36.9
核種	検出/不検出	放射能 (Bq/kg)	誤差 (Bq/kg)	検出限界 (Bq/kg)																																																																										
Cs-137	ND	0	-	3.19																																																																										
Cs-134	ND	0	-	2.84																																																																										
I-131	ND	0	-	1.45																																																																										
K-40	D	226	17.5	39.6																																																																										
核種	検出/不検出	放射能 (Bq/kg)	誤差 (Bq/kg)	検出限界 (Bq/kg)																																																																										
Cs-137	ND	0	-	31.2																																																																										
Cs-134	ND	0	-	2.78																																																																										
I-131	ND	0	-	1.42																																																																										
K-40	D	192	16.9	38.7																																																																										
核種	検出/不検出	放射能 (Bq/kg)	誤差 (Bq/kg)	検出限界 (Bq/kg)																																																																										
Cs-137	ND	0	-	2.97																																																																										
Cs-134	ND	0	-	2.65																																																																										
I-131	ND	0	-	1.36																																																																										
K-40	D	180	16.0	36.9																																																																										
測定結果の説明等	Cs-137, Cs-134, I-131は検出限界があるため、検出限界未満の場合には、セシウム (Cs-137, Cs-134) とヨウ素 (I-131) が含まれていても検出できない。カリウム (K-40) は、226 ± 17.5Bq/kgの表示があるが、226 ± 17.5Bq/kgであり、誤差の部分は数値の部分の有効数値に合わせて記述した。	未洗浄のほうれん草の測定結果同様に、セシウムとヨウ素は検出できない。カリウム (K-40) は192Bq/kgの表示があるが、192 ± 38.7Bq/kgであり、誤差の部分は数値の部分の有効数値に合わせて記述した。セシウム、カリウム、ヨウ素を含め、今回測定した核種は、自然界の放射性物質と原発事故により拡散された放射性物質との区別はない。	洗浄済み小松菜をゆでこぼした測定結果は、セシウムとヨウ素は検出できない。カリウム (K-40) は180Bq/kgの表示があるが、180 ± 36.9Bq/kgであり、誤差の部分は数値の部分の有効数値に合わせて記述した。小松菜のゆでこぼし同様にカリウムは、セシウムと化学的に性質が似ている元素なので、食品から除去される原理も同様であると考えられる。																																																																											

A, B, Cの試料からは、放射性物質は検出されなかった。小松菜の測定同様にカリウムの減少が認められたので、含まれているかもしれない放射線物質を減少させることについては、ゆでこぼしをしてから調理するのは、放射性物質の減少に効果があるとわかったが、減少の割合については、明確ではない。そこで、今回測定したほうれん草よりも放射性物質を含む可能性が高い食材をゆでこぼしてセシウムの減少を測定した。

3. 6 福島産タケノコの測定

福島からタケノコを取り寄せて放射性物質の測定をし、表13のような結果がでた。このタケノコは、セシウム-137だけでも115Bq/kgの放射性物質を含み、日本の食品に含まれる放射性物質の基準値である100 Bq/kg

を超えている¹¹⁾。(竹林所有者は、放射性物質の測定をしていなかったが、原発事故以来、食用にしていない。)このタケノコを試料として、調理過程における放射性物質の減少について表14のように測定をする。

表13 福島県産タケノコの測定 (GDM-15による測定)

Nuclide	Detected/ND	Activity (Bq/L)	Activity (Bq/kg)	Error (Bq/kg)	Det.Lim. (Bq/kg)
核種	検出/不検出	アクティビティ	アクティビティ	誤差	検出限界
Cs-137	D	115	115	2.44	3.45
Cs-134	D	30.6	30.7	1.88	3.08
I-131	ND	0	0	—	1.58
K-40	D	63.3	63.5	20.4	42.8

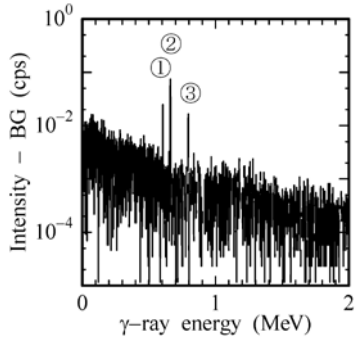
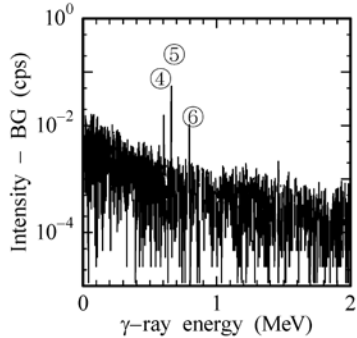
表14 福島産タケノコの放射性物質測定

使用測定器	ゲルマニウム半導体検出器を搭載した超軽量バッテリー駆動型ポータブルガンマ線核種分析装置 (ORTEC社 Micro-Thans-SPEC)
試料	タケノコ (福島県二本松市の竹林所有者から寄贈)
測定方法	2kgのタケノコを2分の1に切り、1kgずつになるように分け、生とゆでこぼしをそれぞれペースト状にする。

3. 7 福島産タケノコの測定結果

福島産タケノコを生とゆでこぼしで測定した結果は、表15の通りである。「測定値の比較」をみると、①、②、③が、それぞれ④、⑤、⑥に減少し、セシウムが71～87%に減少したことがわかる^{12) 13)}。

表15 福島産タケノコの生とゆでこぼしの測定結果の比較

	タケノコ (生)	タケノコ (ゆでこぼし)
核種別グラフ表示		
測定値の比較	① セシウム-134 0.107 ± 0.006 cps (積分強度) ② セシウム-137 0.299 ± 0.008 cps ③ セシウム-134 0.063 ± 0.005 cps 核種別グラフ表示の飛び出ているところを比較	① セシウム-134 0.077 ± 0.006 cps ② セシウム-137 0.250 ± 0.008 cps ③ セシウム-134 0.054 ± 0.005 cps 核種別グラフ表示の飛び出ているところを比較
セシウムの減少	④/① = 0.71 ± 0.07 (約71 ± 7%) ⑤/② = 0.83 ± 0.03 (約83 ± 3%) ⑥/③ = 0.87 ± 0.11 (約87 ± 11%)	セシウム-134は、約28 ± 7%減少 セシウム-137は、約16 ± 3%減少 セシウム-134は、約13 ± 11%減少

3. 8 生徒の感想

GDM-15での放射線測定は、生徒自身が測定に直接参加することはできなかったが、生徒の意見を反映させた線量測定を大学が請け負ってくれるという双方向の授業展開のおかげで、生徒から以下のような感想を引き出すことができた。

すなわち、「こんなに放射線が身近にあるものだとは思わなかった。」「目に見えない放射線を意識することができた。また、チャンスがあれば実際に自分で測ってみたい。」「めったにできない体験をさせてもらった。」「実験を通して、解決できない問題がまだまだたくさんあるのだと感じ、放射線やその危険性について学ぶ必要があると思った。」という意見がでてきた。このように、生徒は、この授業展開を通して、食品の放射線量測定の授業に強く関心を持ち、意欲的に取り組み、放射線と食品の安全について、それぞれの立場で積極的に考える授業展開ができたと言える。

4. 考察

4. 1 放射性物質測定の結果から

市場に出回っている食品（野菜）を使って、調理の下ごしらえ（ゆでこぼし）で放射性物質を除去することができるかどうかは、今回の実験では明らかにされなかったが、セシウムと化学的性質が似ているカリウムの減少から、調理による放射性物質の除去にある程度の効果が期待できることがわかり、日本の規準値を超える放射性物質を含む食品の測定では、調理の下ごしらえ（ゆでこぼし）で放射性物質を大幅に減少させる結果が出た。これらの測定から、洗浄するだけで放射性物質が大幅に減少するというのは、食品の表面に多量に放射性物質が付着している場合に限り、測定した結果にあらわれたのではないかと考えられる。

4. 2 成果と課題

原発事故による放射能汚染の問題を取り上げた授業では、食の安全と放射線教育を結びつけた授業を行った。測定する機器とその使い方や放射線がおよぼす影響について、生徒たちが自ら調べるなど、生徒が主体的に学習行動を起こしており、そのことを通じて少しずつ放射線への理解を深めていった。放射線が食品や環境におよぼす影響は、何が正しいのか専門家でも意見が分かれることがある¹⁴⁾ので結論は出ないが、原発事故の食生活にあたる影響を、ニュースなどの社会の見解に流されることなく、自分で確認し、自分自身が判断していく問題として考え続けていく姿勢を育めたことは、この研究の成果である。

時間の経過とともに原発事故のことは忘れられようとしている。しかし、放射性物質の影響は食生活の課題であり、今後、放射性物質による健康被害が懸念される。生徒の疑問は、全てが解決できたわけではない。その疑問を解決しようとする姿勢が、自ら安全な生活を築くことにつながる。

高性能の放射線測定器の使用で、測定器によって値が多様になることも理解でき、生徒が実際に測定まで行うといった実践的な放射線教育を通して、多様な視点から検討することによって研究視点を広げられる可能性が見いだせた。

本研究を通して、放射能汚染の問題を考えるために、食品から出る放射線量の測定を試みる授業をすることができた。さらに、調査結果を生徒にフィードバックしたり、調査方法を生徒と一緒に考え検証したりすることは、原発事故による放射能汚染の観点から学ぶ食の安全と放射線教育として非常に有効であるといえる。

店舗で販売されている食品には、規制値を超える放射性物質が含まれていないはずだが、山林などで採取してきたり、譲り受けたりしたものはその限りではない。食の安全と放射線の影響について学ぶことで、食の安全を意識した生活を積極的に営む姿勢を育みたい。

ただ、今回は高性能の放射線測定器を使用でき、放射線を専門とする大学教員の絶大な協力の下に、本授業の展開が可能となった。これを一般の学校の授業で展開することは非常に難しいと考える。しかし、一般的な実験結果だけで考えるのではなく、自分たちの疑問を実際の測定に繋げてさらに自分たちで考察して、食品の安全などの生活の問題を考えていく授業の展開は、生活問題を主体的に考える力量を育むといえよう。こうした方策を他の学校での授業展開でも応用できる可能性はゼロではないと思われる。

謝辞

大学での放射線測定をご指導してくださった鎌田正裕先生に深く感謝する。

参考文献

- 1) 五十嵐泰正 2012年 みんなで決めた「安心」のかたち 亜紀書房 p228-252
- 2) 富永國比古 2011年 放射性物質から身を守る食事法 河出書房新社 p166-186
- 3) 中川恵一 2012年 放射線のものさし 日の出出版社 p43-168
- 4) 阿部一里・堀田忠弘 2011年 放射能汚染から命を守る最強の知恵 コスモ21 p58-145
- 5) 大島紘二・杉山徹宗 監修 2011年 放射能のすべて 日本文芸社 p76-83
- 6) 安部公子 1989年 調理操作による根菜中無機8元素含有量の変化 The Japan Society of Cookery Science p86-93
- 7) 稲葉佳代子 2015年 調理操作による食品中のミネラル残存量に関する研究 小田原短期大学研究紀要 第45号 p64-70
- 8) 安斎育郎 2011年 家族で語る食卓の放射能汚染 同時代社 p32-119
- 9) 財団法人 原子力環境整備センター理事長福田俊雄 1994年 食品の調理・加工による・放射性核種の除去率 p1-33
- 10) 戸田山和久 2011年 「科学的思考」のレッスン NHK出版 p245-262
- 11) 厚生労働省 2012年 医薬食品局食品安全部 リーフレット 食品の放射性物質の新たな基準値 p1-2
- 12) 社団法人日本アイソトープ協会編 2011年 「アイソトープ手帳」11版, 丸善株式会社 p20-100
- 13) 石川友清編 1994年 「放射線概論」 通商産業研究社 p297-394
- 14) 一ノ瀬正樹・伊東乾・影浦峯・児玉達彦・島蘭進・中川恵一 2012年 低線量被曝のモラル 河出書房新社 p252-345

生徒の主体性を重んじた食の安全に関する授業：

原発事故による放射能汚染の食材の調理をめぐって

Food Safety Class which Focuses on Student's Self-Engagement:

Cooking using ingredients contaminated with radiation from a nuclear accident

石津みどり*¹・荒川 悦雄*²・中西 史*²・大竹美登利*²・南 道子*²

Midori ISHIZU, Etsuo ARAKAWA, Fumi NAKANISHI, Midori OTAKE
and Michiko MINAMI

生活科学分野

Abstract

The purpose of this study is to develop a class which allows the student to think independently about the food safety of the radioactive contamination from the nuclear accident as well as to clarify what kind of study was developed through the class. The raised learning motivation of students from the measurement of the radiation amount within the school environment developed into a class for measuring the radiation amount in food. That is to say, to verify the change in radiation amount according to the type and cooking method of the food, the students developed the methodology to perform the measurement of the radiation amount. These classes verified that the various published cooking methods to lower the radiation amount in food do not necessarily deliver the results expected. As for the radiation impact on daily food consumption, it can be said that the class nurtured the attitude of each student to think independently without becoming confused by other opinions.

Keywords: food safety, Home Economy, Cesium, Radiation amount in food

Department of Human Life Studies, Tokyo Gakugei University, 4-1-1 Nukuikita-machi, Koganei-shi, Tokyo 184-8501, Japan

要旨： 高等学校の家庭科において、原発事故による放射能汚染による食の安全について、生徒が主体的に考える授業を展開し、この授業を通してどんな学びが展開されたかを明らかにすることが本研究の目的である。学校空間の放射線量の測定から食の放射線量に関心を持った生徒の学習意欲を、食品の放射線量の測定の授業に発展させた。すなわち、食材の種類や調理による放射線量の変化を確認するために、生徒が食材の放射線測定を行う方法を開発した。これらの一連の授業を通して、様々に発表されている食品の放射線量の低下を目指した調理方法が必ずしもその通りにならないことを確認し、放射線が食生活に与える影響について、他の意見に惑わされず生徒1人1人が主体的に考え判断する姿勢が育まれたといえる。

キーワード： 食の安全、家庭科、セシウム、食品中の放射線量

*1 Tokyo Gakugei International Secondary School (5-22-1 Higashi-Oizumi, Nerima-ku, Tokyo, 178-0063, Japan)

*2 Tokyo Gakugei University (4-1-1 Nukuikita-machi, Koganei-shi, Tokyo, 184-8501, Japan)