

都内小売店で販売されている弁当類の放射性物質含有量の調査及び

陰膳法による放射性物質の摂取量の推定

横山 知子^a, 森内 理江^a, 鷲 直樹^b, 嵩本 希望^a, 久木元 園美^a, 木村 圭介^a, 飯田 憲司^a,
平山 いずみ^a, 松島 ゆき子^{b,c}, 萩野 賀世^a, 小澤 秀樹^a, 吉川 光英^a, 門間 公夫^{b,d},
大石 充男^a, 田端 節子^a, 笹本 剛生^a

平成23年3月の東京電力福島第一原子力発電所の事故で放出された放射性物質による食品の汚染状況を調査するため、平成24年12月から平成25年10月までの期間に東京都内で販売されている弁当類19品を購入し、ゲルマニウム半導体核種分析装置を用いて放射性セシウム (Cs-134及びCs-137) を測定した。自然放射性核種である放射性カリウム (K-40) についても同時に測定を行った。放射性セシウムは19品中8品から0.05~0.29 Bq/kg検出されたが、厚生労働省が示した放射性セシウムの一般食品の基準値100 Bq/kgと比較すると、極めて低い値であった。K-40は19品全てから検出され、17~60 Bq/kgであった。また、平成26年9月及び10月に陰膳法により採取した成人の1日分の食事4検体についても同様の検査を行った。Cs-134は4検体全てで不検出であったが、Cs-137については4検体中2検体から検出され、成人1日分の食事に含まれるCs-137は0.14 Bq/day及び0.15 Bq/dayであった。これと同等の放射性セシウムを含む食事を1年間継続して摂取したと仮定して年当り預託実効線量を試算すると0.00066 mSv/year及び0.00072 mSv/yearであった。K-40は4検体全てから検出され、60~84 Bq/dayであり、K-40の年当り預託実効線量は0.14~0.19 mSv/yearと算出された。放射性セシウムから受ける年当り預託実効線量は、厚生労働省が定めた食品中の規制対象となる放射性物質からの被ばく線量の上限である1 mSv/yearを大きく下回る結果となった。

キーワード: 放射性セシウム, 放射性カリウム, 市販弁当, 陰膳法, 摂取量, 年当り預託実効線量

はじめに

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による東京電力福島第一原子力発電所の事故で、放射性物質に汚染された食品の流通が危惧される事態となった。

平成24年3月厚生労働省は、より一層、食品の安全と安心を確保するために、事故後の緊急的な対応ではなく長期的な観点から、食品中の規制対象となる放射性物質からの被ばく線量の上限を年間5ミリシーベルトから年間1ミリシーベルトに引き下げた。これを基に暫定規制値^{1,2)}に代わり放射性セシウム (Cs-134及びCs-137) の新たな基準値³⁾が設定され、平成24年4月1日から施行された。

食品成分研究科では食品監視部門と連携し、事故発生直後から現在に至るまで、都民の食の安全・安心を確保するため、厚生労働省が示した基準値を上回る食品が流通し食用に供されることのないよう、都内で流通する食品に含まれる放射性物質の検査を行いその結果を報告してきた^{4,6)}。

また、食品成分研究科は福祉保健局健康安全部環境保健衛生課と共同で、マーケットバスケット法により日常の食事に含まれる放射性ヨウ素 (I-131)、放射性セシウム (Cs-134, Cs-137) 及び放射性カリウム (K-40) を調査し、

内部被ばく線量を推定するトータルダイエットスタディを行っており、平成24年度実施分については詳細を報告⁷⁾した。

このように、都内に流通している個々の食品や、栄養調査に基づく都民の平均的な食事について放射性物質の調査は実施されているが、実際に都民が摂取している食事の調査データは少ない。そこで本報では、平成24年12月から平成25年10月までの期間に都内小売店で購入した弁当類 (以下、市販弁当) 19品と平成26年9月及び10月に陰膳法により採取した成人の1日分の食事4検体 (以下、陰膳試料) について放射性セシウム (Cs-134, Cs-137) 及び放射性カリウム (K-40) の放射能検査を行ったのでその結果を報告する。

実験方法

1. 試料

1) 市販弁当

平成24年12月から平成25年10月までの期間に、東京都内の小売店 (デパート内専門店, コンビニエンスストア, スーパーマーケット及び持ち帰り弁当店等) で弁当類19品を

^a 東京都健康安全研究センター食品化学部食品成分研究科
169-0073 東京都新宿区百人町 3-24-1

^b 東京都健康安全研究センター食品化学部食品成分研究科 (当時)

^c 東京都立立川ろう学校

^d 東京都健康安全研究センター食品化学部食品添加物研究科

購入し試料とした（19検体）。

2) 陰膳試料

平成26年9月及び10月に東京都内に居住する成人4人から1日分の食事（間食や飲料水などの水分も含む。ただし、薬やサプリメントは除く。）の提供を受け試料とした（4検体）。提供者の内訳は、50代女性1人、40代男性2人及び30代女性1人であった。

2. 検査機器・試薬・器具

核種分析は2台のゲルマニウム半導体核種分析装置（以下、Ge半導体検出器）を用いた。

装置1：検出器（キャンベラGC3018型、相対効率37.0%）、遮へい体（伸和MS-110939-01）

装置2：検出器（キャンベラGC3018型、相対効率34.8%）、遮へい体（キャンベラ777B/S）

標準線源：日本アイソトープ協会製9核種混合放射能標準ガンマ体積線源 MX033U8PP（U-8容器：充填高さ5, 10, 20, 30及び50 mm）及びMX033MR（2L容マリネリ容器）

測定容器：2L容マリネリ容器、2L容マリネリ容器専用内袋

データ解析ソフト：スペクトルエクスプローラ

3. 試料の前処理方法

1) 市販弁当

各々の弁当の可食部全てを混合・均質化し、専用内袋を挿入した2L容マリネリ容器に調製した試料を空隙がないように充填して分析試料とした。2L容マリネリ容器に満たない場合は、超純水を加え混合・均質化し、所定量を充填して分析試料とした。

2) 陰膳試料

各人1日分の食事を混合・均質化し、専用内袋を挿入し

た2L容マリネリ容器に充填して分析試料とした。

4. 測定方法

厚生労働省通知「食品中の放射性物質の試験法について」⁸⁾に準拠し、Cs-134、Cs-137及びK-40の測定を行った。

1) バックグラウンド補正

Ge半導体検出器の遮へい体内に、何も入れない状態で210,000秒間測定して作成したバックグラウンドファイルにより、バックグラウンド補正を行った。

2) 試料の測定

Ge半導体検出器を用いて86,400秒間測定し、試料購入日又は採取日を基に減衰補正を行った。検出限界値の算出についてはCooper⁹⁾の方法によった。なお、平成24年12月及び平成25年1月に購入した市販弁当10検体については装置1、平成25年9月及び10月に購入した市販弁当9検体と陰膳試料4検体については、装置2により測定した。

結果及び考察

1. 市販弁当の放射能検査結果

表1に市販弁当のCs-134、Cs-137及びK-40の放射能検査の結果を示した。

Cs-134は、19品中2品から検出された。平成25年1月購入の「野菜弁当」は0.10 Bq/kg、平成25年10月購入の「幕の内弁当」は0.06 Bq/kgであった。Cs-137については19品中8品から検出され、0.05～0.19 Bq/kgの範囲であった。平成25年9月に購入した握り寿司4品のうち3品からCs-137が検出され、0.05～0.07 Bq/kgの範囲であった。Cs-134とCs-137の合計値は0.05～0.29 Bq/kgの範囲であり放射性セシウムについては、厚生労働省が示した放射性セシウムの一般食品の基準値100 Bq/kgと比較すると、全ての市販弁当において極めて低い値であった。K-40については、19品全ての市販弁当から検出され、17～60 Bq/kgの範囲であった。

表1. 市販弁当のCs-134、Cs-137及びK-40の測定結果

購入店	品名	購入年月	購入数 (食)	Cs-134 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	Cs-134 + Cs-137 (Bq/kg)	K-40 (Bq/kg)
A	幕の内弁当	平成24年12月	5	ND (0.05)*	ND (0.05)*	0 **	29
A	ハンバーグ弁当	平成24年12月	5	ND (0.05)*	ND (0.05)*	0 **	28
A	おにぎり弁当	平成24年12月	5	ND (0.08)*	ND (0.08)*	0 **	45
B	煮魚弁当	平成24年12月	5	ND (0.05)*	ND (0.05)*	0 **	17
C	照り焼きチキン弁当	平成24年12月	5	ND (0.05)*	ND (0.05)*	0 **	30
D	幕の内弁当	平成25年 1月	6	ND (0.05)*	0.10	0.10 **	29
E	牛すき焼き弁当	平成25年 1月	6	ND (0.06)*	ND (0.06)*	0 **	21
F	鯖塩焼き弁当	平成25年 1月	6	ND (0.05)*	ND (0.06)*	0 **	58
G	野菜弁当	平成25年 1月	6	0.10	0.19	0.29	53
H	オムライス弁当	平成25年 1月	10	ND (0.06)*	0.06	0.06 **	60
I	握り寿司	平成25年 9月	8	ND (0.04)*	0.07	0.07 **	28
J	握り寿司	平成25年 9月	8	ND (0.05)*	0.05	0.05 **	29
K	握り寿司	平成25年 9月	8	ND (0.04)*	ND (0.04)*	0 **	30
L	握り寿司	平成25年 9月	8	ND (0.04)*	0.07	0.07 **	36
M	幕の内弁当	平成25年10月	8	ND (0.04)*	ND (0.06)*	0 **	30
N	幕の内弁当	平成25年10月	8	ND (0.04)*	ND (0.05)*	0 **	28
O	幕の内弁当	平成25年10月	8	0.06	0.12	0.18	25
P	海苔弁当	平成25年10月	8	ND (0.04)*	0.05	0.05 **	33
Q	海苔弁当	平成25年10月	6	ND (0.04)*	ND (0.04)*	0 **	26

*：()内は検出限界値

**：測定結果がNDの場合は0 Bq/kgとして算出した。

表2. 市販弁当1食当りのCs-134, Cs-137及びK-40の含有量*

購入店	品名	1食当りの重量 (g)	Cs-134 (Bq/食)	Cs-137 (Bq/食)	Cs-134+Cs-137 (Bq/食)	K-40 (Bq/食)
A	幕の内弁当	469	0	0	0	14
A	ハンバーグ弁当	533	0	0	0	15
A	おにぎり弁当	320	0	0	0	14
B	煮魚弁当	599	0	0	0	10
C	照り焼きチキン弁当	606	0	0	0	18
D	幕の内弁当	434	0	0.04	0.04	13
E	牛すき焼き弁当	317	0	0	0	6.7
F	鯖塩焼き弁当	433	0	0	0	25
G	野菜弁当	399	0.04	0.08	0.12	21
H	オムライス弁当	261	0	0.02	0.02	16
I	握り寿司	315	0	0.02	0.02	8.8
J	握り寿司	269	0	0.01	0.01	7.8
K	握り寿司	300	0	0	0	9.0
L	握り寿司	300	0	0.02	0.02	11
M	幕の内弁当	390	0	0	0	12
N	幕の内弁当	337	0	0	0	9.4
O	幕の内弁当	357	0.02	0.04	0.06	8.9
P	海苔弁当	392	0	0.02	0.02	13
Q	海苔弁当	417	0	0	0	11

*:測定結果がNDの場合は0 Bq/kgとして算出した。

各市販弁当の測定結果 (Bq/kg) に当該弁当の1食分の重量 (g/食) 及び 10^{-3} を乗じて各市販弁当の1食当りの放射性物質含有量 (Bq/食) を算出して表2に示した。ただし、測定結果が不検出 (以下NDと略す。) の場合は0 Bq/kgとして算出した。検出されたものについては、Cs-134は0.02~0.04 Bq/食、Cs-137は0.01~0.08 Bq/食、Cs-134とCs-137の合計値は0.01~0.12 Bq/食の範囲であった。K-40については、6.7~25 Bq/食の範囲であった。

「野菜弁当」はCs-134が0.04 Bq/食、Cs-137が0.08 Bq/食、K-40が21 Bq/食であり、検査した市販弁当のうち最も放射性セシウムを多く含むが、仮にこれと同等の放射性物質を含む食事を1日3食1年間摂取した場合の年当り預託実効線量を試算すると、Cs-134及びCs-137の合計値は0.0020 mSv/year、K-40は0.14 mSv/yearとなった。放射性セシウム含有量が最も高値であった野菜弁当で試算しても、厚生労働省が定めた食品中の規制対象となる放射性物質からの被ばく線量の上限である1 mSv/yearを大きく下回った。年当り預託実効線量は、弁当1食当りに含まれる放射性物質 (Bq/食) \times 3 (食) \times 365 (日) \times 放射線ごとの実効線量係数 (Sv/Bq) $\times 10^3$ により算出した。また、実効線量係数は、国際放射線防護委員会 (ICRP) による食物摂取の場合の成人の実効線量係数¹⁰⁾ (Cs-134 : 1.90×10^{-8} Sv/Bq, Cs-137 : 1.30×10^{-8} Sv/Bq, K-40 : 6.20×10^{-9} Sv/Bq) を用いた。市販弁当の放射性物質含有量と食材等について一定の傾向を見出すことは困難であった。

2. 陰膳試料の放射能検査結果

表3に陰膳試料のCs-134, Cs-137及びK-40の放射能の測定結果を示した。Cs-134は4検体とも不検出であった。Cs-137は4検体中2検体から検出され0.05 Bq/kg及び0.06 Bq/kgであった。K-40は4検体から検出され21~29 Bq/kgの範囲であった。

陰膳試料の測定により得られた結果 (Bq/kg) に重量 (g/day) 及び 10^{-3} を乗じて放射性物質の一日摂取量 (Bq/day) を算出し表4に示した。ただし、測定結果が不検出の場合は0 Bq/kgとして算出した。検出されたものについては、Cs-137は0.14 Bq/day及び0.15 Bq/dayであった。K-40については、60~84 Bq/dayの範囲であった。

放射性セシウムの一日摂取量が最も多い陰膳試料3と同等の放射性セシウムを含む食事 (Cs-134 : ND = 0 Bq/day, Cs-137 : 0.15 Bq/day) を1年間摂取したと仮定して放射性セシウムの年当り預託実効線量を試算すると、0.00072 mSv/yearであった。年当り預託実効線量は、陰膳法による放射性セシウムの一日摂取量 (Bq/day) \times 365 (日) \times 放射線ごとの実効線量係数 (Sv/Bq) $\times 10^3$ により算出した。実効線量係数は、前項記載のとおりである。また、陰膳試料4についても同様の方法で試算すると、放射性セシウムの年当り預託実効線量は0.00066 mSv/yearとなり、いずれの場合も厚生労働省が定めた食品中の規制対象となる放射性物質からの被ばく線量の上限である1 mSv/yearを大きく下回る結果となった。4検体の陰膳試料について自然放射性核種であるK-40の年当り預託実効線量を試算すると、0.14~0.19 mSv/yearとなった。

厚生労働省は平成25年3月に国内10地域において陰膳試料による放射性セシウムの調査を行い、その結果を「食品から受ける放射線量の調査結果 (平成25年3月陰膳調査分)」¹¹⁾として報告している。東京都分では成人3人を調査対象とし、食品中の放射性セシウムから受ける年間放射線量 (陰膳試料による預託実効線量の平均値) は、0.0011 mSv/yearであったと推定しているが、この結果と比較すると我々が得た結果はやや低めであった。年間放射線量 (年当り預託実効線量) を算出する際に、我々は測定値がNDの場合には0 Bq/kgとして算出しているが、厚生労働省は測定値がNDの場合に検出限界値の1/2で計算していること

表3. 陰膳試料のCs-134, Cs-137及びK-40の測定結果

試料番号	調査対象者	採取年月	Cs-134 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	Cs-134+Cs-137 (Bq/kg)	K-40 (Bq/kg)
陰膳1	50代 女性	平成26年 9月	ND (0.04)*	ND (0.04)*	0 **	29
陰膳2	40代 男性A	平成26年 10月	ND (0.04)*	ND (0.05)*	0 **	24
陰膳3	40代 男性B	平成26年 10月	ND (0.04)*	0.05	0.05 **	21
陰膳4	30代 女性	平成26年 10月	ND (0.04)*	0.06	0.06 **	26

* : ()内は検出限界値

** : 測定結果がNDの場合は0 Bq/kgとして算出した。

表4. 陰膳試料によるCs-134, Cs-137及びK-40の一日摂取量*

試料番号	重量 (g)	Cs-134 (Bq/day)	Cs-137 (Bq/day)	Cs-134+Cs-137 (Bq/day)	K-40 (Bq/day)
陰膳1	2415	0	0	0	70
陰膳2	3495	0	0	0	84
陰膳3	3021	0	0.15	0.15	63
陰膳4	2312	0	0.14	0.14	60

* : 測定結果がNDの場合は0 Bq/kgとして算出した。

と、我々の陰膳試料採取時期が厚生労働省の調査より1年半遅い時期であり、半減期が約2年であるCs-134の自然減衰の影響等が我々の結果が厚生労働省の結果より低かった理由ではないかと推察される。

食品成分研究科と環境保健衛生課が共同で実施しているマーケットバスケット法によるトータルダイエツトスタディの平成26年度調査結果では、都民(成人)が食品中の放射性セシウムから受ける年間放射線量の推計値は0.00063 mSv/year、自然放射性核種である放射性カリウム(K-40)は0.18 mSv/year(放射性セシウム及び放射性カリウムいずれもND=0 Bq/kgとして計算)と報告されており¹²⁾、我々の陰膳試料による調査結果は、これと同程度であった。

今回の陰膳調査は限られた検体数で行われたものであり、東京都の成人を代表するものではないが、貴重な資料となった。

ま と め

本調査では、平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震による東京電力福島第一原子力発電所の事故で放出された放射性物質による食品の汚染状況を調べるため、平成24年12月から平成25年10月に購入した市販弁当19品及び平成26年9月及び10月に採取した成人の陰膳試料4検体について検査を実施した。市販弁当では放射性セシウムは、19品中8品から0.05~0.29 Bq/kgが検出されたが、極めて低い値であった。陰膳試料の測定結果から放射性セシウムの年当り預託実効線量を試算すると0.00066 mSv/year及び0.00072 mSv/yearであり、被ばく線量の上限である1 mSv/yearを大きく下回る結果となった。しかし、Cs-137は半減期が約30年と長いので、個々の食品の放射能検査を継続して行うとともに、陰膳法やマーケットバスケット法を用いたトータルダイエツトスタディによる被ばく線量の推定を行っていくことは、都民の食の安全・安心を確保するために重要であると考えられる。

文 献

- 1) 厚生労働省医薬食品局食品安全部長：放射能汚染された食品の取り扱いについて、食安発0317第3号、平成23年3月17日。
- 2) 厚生労働省医薬食品局食品安全部長：魚介類中の放射性ヨウ素に関する暫定規制値の取扱いについて、食安発0405第1号、平成23年4月5日。
- 3) 厚生労働省医薬食品局食品安全部長：乳及び乳製品の成分規格等に関する省令の一部を改正する省令、乳及び乳製品の成分規格等に関する省令別表の二の(一)の(1)の規定に基づき厚生労働大臣が定める放射性物質を定める件及び食品、添加物の規格基準の一部を改正する件について、食安発0315第1号、平成24年3月15日。
- 4) 森内理江、藤沼賢司、小澤秀樹、他：東京健安研七周年報、63, 181-187, 2012。
- 5) 平山いづみ、門間公夫、船山恵市、他：東京健安研七周年報、64, 107-111, 2013。
- 6) 鷲 直樹、嵩本希望、久木元園美、他：東京健安研七周年報、65, 153-159, 2014。
- 7) 横山知子、森内理江、松島ゆき子、他：東京健安研七周年報、65, 147-152, 2014。
- 8) 厚生労働省医薬食品局食品安全部長：食品中の放射性物質の試験法について、食安発0315第4号、平成24年3月15日。
- 9) Cooper, J. A.: *Nuclear Instruments and Methods* 82, 273-277, 1970。
- 10) International Commission on Radiological Protection: *Ann. ICRP*, 26(1), 16, 27, 1996。
- 11) 厚生労働省医薬食品局食品安全部基準審査課：食品から受ける放射線量の調査結果(平成25年3月陰膳調査分)、
<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/0000028844.html>

(2015年7月9日現在, なお本URLは変更または抹消の可能性はある)

- 12) 東京都福祉保健局健康安全部環境保健衛生課: 平成26年度 食事由来の化学物質等摂取量推計調査,
http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/kankyo/kankyo_e

[isei/chosa/dxn_chemi/taisaku/shokuji/kekka.files/26shokuji..pdf](#)

(2015年8月10日現在, なお本URLは変更または抹消の可能性はある)

**Levels of Radioactive Materials in Boxed Lunches (Bento) purchased in Tokyo and
Estimation of Dietary Intake of Radioactive Materials using the Duplicate Diet Method**

Tomoko YOKOYAMA^a, Rie MORIUCHI^a, Naoki SAGI^b, Nozomi TAKEMOTO^a, Sonomi KUKIMOTO^a, Keisuke KIMURA^a,
Kenji IIDA^a, Izumi HIRAYAMA^a, Yukiko MATSUSHIMA^b, Kayo HAGINO^a, Hideki OZAWA^a, Mitsuhide YOSHIKAWA^a,
Kimio MONMA^a, Mitsuo OISHI^a, Setsuko TABATA^a, and Takeo SASAMOTO^a

We report herein the results of the analysis of radioactive materials in 19 samples of boxed lunches (bento) purchased in Tokyo from December 2012 to October 2013. The concentration of radioactive materials in food was determined using a germanium semiconductor detector. Radioactive cesium (Cs-134 and Cs-137) was detected in 8 bento (0.05–0.29 Bq/kg); however, the levels of radioactive cesium were lower than the value specified by Japanese regulations. Notably, K-40 was detected in all the bento (17–60 Bq/kg).

In order to estimate human intake and annual committed effective doses of radioactive materials, such as Cs-134, Cs-137, and K-40, duplicated diet samples from 4 adults were analyzed for these materials using a germanium semiconductor detector between September and October 2014 in Tokyo. Cs-134 was not detected in any of the samples. However, Cs-137 was detected in 2 samples for which the dietary intakes were 0.14 Bq/day and 0.15 Bq/day. K-40 was detected in all samples and the dietary intake was 60–84 Bq/day. Annual committed effective doses of radioactive cesium were 0.00066 mSv/year and 0.00072 mSv/year, which are much lower than the maximum permissible dose (1 mSv/year) for food products in Japan. On the other hand, the annual committed effective doses of K-40 calculated here (0.14–0.19 mSv/year) were almost the same as the formerly reported values.

Keywords: radioactive cesium, radioactive potassium, boxed lunches, duplicated diet method, dietary intake, annual committed effective dose

^a Tokyo Metropolitan Institute of Public Health,
3-24-1, Hyakunin-cho, Shinjuku-ku, Tokyo 169-0073, Japan

^b Tokyo Metropolitan Institute of Public Health, at the time when this work was carried out.