

[ノート]

兵庫県における食事からの放射性物質の摂取量調査

—陰膳方式およびマーケットバスケット方式—

吉岡 直樹^{1*} 赤松 成基¹ 林 幸子¹ 小林 直子¹竹中 麻希子¹ 三橋 隆夫¹ 小関 朋子² 深澤 譲²

Estimation of Dietary Intake of Radioactive Materials by Duplicate Portion Study and Market Basket Study in Hyogo Prefecture

Naoki YOSHIOKA^{1*}, Shigeki AKAMATSU¹, Sachiko HAYASHI¹, Naoko KOBAYASHI¹,
Makiko TAKENAKA¹, Takao MITSUHASHI¹, Tomoko KOSEKI² and Yuzuru FUKAZAWA²

¹*Life Science Division, Public Health Science Research Center, Hyogo Prefectural Institute of Public Health and Consumer Sciences, 2-1-29, Arata-cho, Hyogo-ku, Kobe 652-0032, Japan and*
²*Hyogo NCC College*

Duplicate portion study and market basket study were carried out in Hyogo prefecture to estimate the dietary intake of radioactive materials. Twenty eight samples of one-day duplicate diet were analyzed in the duplicate portion study and 175 samples of foods (14 food groups) were analyzed in the market basket study by using germanium semiconductor detector. The committed effective doses from ¹³⁴Cs and ¹³⁷Cs were estimated to be 0.000018 mSv/year in the duplicate portion study and 0.0022 mSv/year in the market basket study. These doses were well below the maximum permissible dose of 1 mSv/year.

I はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災による東京電力福島第一原子力発電所の事故により、放射性物質が環境中に放出された。そこで、厚生労働省は同年3月17日、食品中の放射性物質に対する暫定規制値を設定し、2012年4月からは、さらに厳しい基準値を新たに設定した。兵庫県では、基準値を超える食品が市場に流通しないように放射性物質の検査を行い、食品の安全性確保に努めている。

今回、県民の不安解消に対応するため、流通食品からの放射性物質摂取量の実態調査を目的として、2方式による調査を行った。陰膳方式により、1年を四期に分けた季節ごとのモデル献立を作製し、兵庫県内で流通している食品を用いてサンプルを調製し、放射性物質の含有量を測定した。さらにマーケットバスケット方式を用いて、食品群毎の放射性物質含有量を測定することにより、平均的な食事からの放射性物質の摂取量を調査し、内部被曝線量を推定した。

II 方法

1. 試料

1.1 陰膳方式による調査

平成20年度ひょうご健康食生活実態調査¹⁾の食品群

¹健康科学部 ²兵庫栄養調理製菓専門学校

*別刷請求先：〒652-0032 神戸市兵庫区荒田町2-1-29
兵庫県立健康生活科学研究所 健康科学研究センター
健康科学部 吉岡 直樹

別摂取量をもとに、30代女性をモデルとした1週間分の献立（朝食・昼食・夕食の3食分、間食を含む場合あり）を季節毎に作成した（兵庫県健康福祉部健康局健康増進課が分担）。この献立をもとに、2012年6月（春季）、8月（夏季）、11月（秋季）、2013年1月（冬季）に兵庫県内の小売店で購入した食品を用いて陰膳試料を調製した（兵庫栄養調理製菓専門学校が分担）。これらを1日分ごとにホモジナイズしたものを分析用試料とした。Table 1に春季メニューの一例を示した。

Table 1 陰膳方式による献立の例（春季）

	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目
朝食	ご飯(白米) 厚焼き卵 オクラのごま和え 味噌汁 緑茶	トースト チキンサラダ 牛乳	ご飯(白米) 納豆 ピーマンの炒め物 さくらんぼ 緑茶	ロールパン ハムエッグ トマトスープ	ご飯(白米) ししゃも 味噌汁 味付け海苔 緑茶	オープンサンド コーンスープ 夏みかん	ご飯(白米) 卵豆腐 トマトのチーズ焼き 緑茶
昼食	スープパスタ バケット ミルクティー	牛丼 味噌汁 ピワ 緑茶	マカロニグラタン ロールパン コンソメスープ	キーマカレー ラッシー	かき揚げうどん 玄米茶	おにぎり 揚げ出し豆腐 味噌汁 麦茶	ご飯(白米) イカリング ごぼうサラダ 麦茶
夕食	ご飯(白米) チキン南蛮 豆腐の白和え 玄米茶	ご飯(白米) かじきの味噌漬け ポテトサラダ 吸い物 玄米茶	ひじきチャーハン 野菜サラダ 玄米茶	ご飯(白米) 鯉のたたき 枝豆 けんちん汁 ビール	枝豆ごはん 豚の生姜焼き きのこ和え 玄米茶	ご飯(白米) 肉詰めピーマン のトマト煮 たまねぎとタコの サラダ ワイン	ご飯(白米) 肉じゃが きゅうりの酢の物 メロン 玄米茶
間食	オレンジジュース	プリン 紅茶	ココア	(なし)	ショートケーキ コーヒー	バナナヨーグルト	クッキー コーヒー

Table 2 Contents of the food groups

No.	Food groups	Daily intake (g/day)	Number of food items	Examples
I	Rice and rice products	313.3	4	polished rice, brown rice, rice cake, rice vermicelli
II	Cereals, seeds and potatoes	168.4	29	flour, bread, noodle, corn flake, potato, etc.
III	Sugars and confectioneries	35.2	12	sugar, honey, candy, cake, chocolate, etc.
IV	Fats and oils	10.4	8	butter, margarine, olive oil, rapeseed oil, etc.
V	Pulses	52.4	12	tofu, fried tofu, fermented soybeans, soymilk, bean jam, etc.
VI	Fruits	99.0	13	mandarin orange, apple, banana, blueberry jam, grape juice, etc.
VII	Green vegetables	100.0	11	tomato, carrot, spinach, pumpkin, tomato juice, etc.
VIII	Other vegetables, mushrooms and seaweeds	186.0	18	cabbage, onion, Japanese radish, lotus root, Chinese cabbage, wakame, etc.
IX	Beverages	727.8	12	rice wine, beer, wine, coffee, green tea, etc.
X	Fish and shellfish	82.3	24	horse mackerel, sardine, tunny, squid, shrimp, fish cake, etc.
XI	Meat and eggs	126.9	13	beef, pork, chicken, ham, liver, egg, etc.
XII	Milk and dairy products	119.7	7	milk, cheese, yogurt, coffee creamer, etc.
XIII	Seasonings and spices	103.4	11	sauce, soy sauce, miso, mayonnaise, etc.
XIV	Drinking water	600.0	1	tap water

1.2 マーケットバスケット方式による調査

2012年12月に兵庫県内の小売店で174種の食品を購入した。これらの食品を、厚生労働省平成19年国民健康・栄養調査における地域ブロック別の食品群別摂取量²⁾に従って秤取し、処理なし、または、皮むき・加熱等の通常の調理をした後、I~XIII群の13群に分けてホモジナイズした。また、XIV群の飲料水は、兵庫県立健康生活科学研究所健康科学研究センターの水道水を用い、合計14食品群を分析用試料とした。各食品群の内容をTable 2に示した。

両調査方式とも、食品の購入に際しては、特に産地を特定せず、その時期に市場で一般的に出回るものを入手した。

2. 測定方法

各試料を 2L マリネリ容器に入れて重量を正確に測定した後、ゲルマニウム半導体検出器（CANBERRA 製 GC3520, 相対効率：39.9%, 分解能：1.85keV (Co-60, 1.33MeV)）および多重波高分析器（CANBERRA 製 DSA-1000）を用いて、80,000 秒間測定した。

Ⅲ 結果および考察

1. 測定結果

1.1 陰膳方式による調査

Table 3 に陰膳試料についてのゲルマニウム半導体検出器による測定結果を示した。検出下限値は試料によ

Table 3 Concentrations of radioactive nuclides in the samples for duplicate portion study

Samples	(Bq/kg)			
	¹³¹ I	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
Spring	1st day	ND	ND	29
	2nd day	ND	ND	28
	3rd day	ND	ND	29
	4th day	ND	ND	30
	5th day	ND	ND	14
	6th day	ND	ND	32
	7th day	ND	ND	22
Summer	1st day	ND	ND	27
	2nd day	ND	ND	32
	3rd day	ND	ND	0.045
	4th day	ND	ND	30
	5th day	ND	ND	28
	6th day	ND	ND	21
	7th day	ND	ND	18
Autumn	1st day	ND	ND	29
	2nd day	ND	ND	29
	3rd day	ND	ND	30
	4th day	ND	ND	29
	5th day	ND	ND	24
	6th day	ND	ND	31
	7th day	ND	ND	25
Winter	1st day	ND	ND	32
	2nd day	ND	ND	40
	3rd day	ND	ND	24
	4th day	ND	ND	33
	5th day	ND	ND	19
	6th day	ND	ND	29
	7th day	ND	ND	26

ND: Not Detected

Limit of detection (LOD)

¹³¹I: 0.046~0.099 Bq/kg

¹³⁴Cs: 0.036~0.047 Bq/kg

¹³⁷Cs: 0.038~0.062 Bq/kg

て異なるが、¹³¹I (ヨウ素-131) : 0.046~0.099 Bq/kg, ¹³⁴Cs (セシウム-134) : 0.036~0.047 Bq/kg, ¹³⁷Cs (セシウム-137) : 0.038~0.062 Bq/kg であった。測定値がその計数誤差の3倍以下のものを不検出 (ND) とした。各陰膳試料のうち、夏季3日目の試料から ¹³⁷Cs が 0.045 Bq/kg 検出されたが、その他の試料については人工放射性核種は検出されなかった。また天然放射性核種である ⁴⁰K (カリウム-40) はすべての試料から検出され、14~40 Bq/kg の範囲であった。

夏季3日目の試料から、微量の ¹³⁷Cs を検出した原因について、当日の献立から、他の不検出であった日の献立と重複するものを除くと、「冷やしうどん」、「天ぷら」、「ヨーグルト」、「照り焼きチキン丼」、「かぼちゃの煮物」中の食材が疑われたが、個別の食材の測定は行っていないため、詳細は不明である。

1.2 マーケットバスケット方式による調査

Table 4 にマーケットバスケット試料についてのゲルマニウム半導体検出器による測定結果を示した。検出下限値は試料によって異なるが、¹³¹I:0.047~0.089 Bq/kg, ¹³⁴Cs:0.032~0.057 Bq/kg, ¹³⁷Cs:0.036~0.073 Bq/kg, ⁴⁰K: 0.52 Bq/kg であった。測定値が計数誤差の3倍以下のものを不検出とした。各食品群のうち、V群 (豆類) から ¹³⁴Cs が 0.069 Bq/kg, ¹³⁷Cs が 0.13 Bq/kg 検出され、VI群 (果実類) から ¹³⁴Cs が 0.055 Bq/kg, ¹³⁷Cs が 0.097 Bq/kg 検出された。また、VIII群 (淡色野菜・藻類) からは ¹³⁴Cs が 0.67 Bq/kg, ¹³⁷Cs が 1.2 Bq/kg 検出され、X群 (魚介類) および XII群 (牛乳・乳製品) からは ¹³⁷Cs がそれぞれ 0.13 Bq/kg および 0.072 Bq/kg 検出された。その他の食品群からは人工放射性核種は検出されなかった。また天然放射性核種である ⁴⁰K は XIV群 (飲料水) 以外のすべての試料から検出され、1.6~94 Bq/kg の範囲であった。

¹³⁴Cs および ¹³⁷Cs が検出された VIII群について、個別の食材についての測定は行っていないが、重量比で全体の約1割を占めるレンコンについて、同じ購入店から同産地 (関東地方産) のものを再度入手し、測定したところ ¹³⁴Cs が 4 Bq/kg, ¹³⁷Cs が 7 Bq/kg 検出されたことから、レンコンによる寄与が推定された。

2. 預託実効線量

放射性物質が人体に与える影響を表す単位として、実効線量 (Sv) があり、内部被曝の評価には、食品摂取後 50 年間 (子供・乳幼児の場合は、摂取から 70 歳まで) に受ける線量を最初の1年間に受けたとして計算される預託実効線量が用いられることが多い。これは、放射性物質の量 (Bq) に実効線量係数 (Sv/Bq) を乗ずること

Table 4 Concentrations of radioactive nuclides in the samples for market basket study

No.	Food groups	¹³¹ I	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
I	Rice and rice products	ND	ND	ND	15
II	Cereals, seeds and potatoes	ND	ND	ND	35
III	Sugars and confectioneries	ND	ND	ND	48
IV	Fats and oils	ND	ND	ND	1.6
V	Pulses	ND	0.069	0.13	94
VI	Fruits	ND	0.055	0.097	58
VII	Green vegetables	ND	ND	ND	91
VIII	Other vegetables, mushrooms and	ND	0.67	1.2	72
IX	Beverages	ND	ND	ND	7.8
X	Fish and shellfish	ND	ND	0.13	82
XI	Meat and eggs	ND	ND	ND	67
XII	Milk and dairy products	ND	ND	0.072	54
XIII	Seasonings and spices	ND	ND	ND	80
XIV	Drinking water	ND	ND	ND	ND

(Bq/kg)

ND: Not detected

Limit of detection (LOD)

¹³¹I: 0.047~0.089 Bq/kg

¹³⁴Cs: 0.032~0.057 Bq/kg

¹³⁷Cs: 0.036~0.073 Bq/kg

⁴⁰K: 0.52 Bq/kg

により換算することができる。今回、実効線量係数として成人の経口摂取の値、¹³¹I: 2.2×10^{-8} , ¹³⁴Cs: 1.9×10^{-8} , ¹³⁷Cs: 1.3×10^{-8} , ⁴⁰K: 6.2×10^{-9} (すべて Sv/Bq) を用いた³⁾。

また、預託実効線量を計算するにあたり、各試料の測定値 ND を 0 Bq/kg として算出する方式と、より人体に対して安全側に立って評価する目的で、ND を検出下限値の 1/2 含有するものと仮定する場合の 2 方式で評価を行った。

2.1 陰膳方式による調査

Table 3 の陰膳試料中の放射性物質の濃度を用いて、1 年間、毎日この陰膳試料を摂取し続けたと仮定して計算した預託実効線量を Table 5 に示した。

ND を 0 Bq/kg とした場合、人工放射性核種 (¹³¹I, ¹³⁴Cs および ¹³⁷Cs) からの線量は、¹³⁷Cs を検出した夏季の献立からは年間 0.000072 mSv と算出され、その他の 3 季節は 0 mSv であった。また、ND を検出下限値の 1/2 とした場合では、年間 0.0011~0.0012 mSv であった。さらに、春季・夏季・秋季・冬季の献立を、それぞれ 1 年の 1/4 期間ずつ食べ続けたとすると、ND が 0 Bq/kg の場合は、年間 0.000018 mSv, ND が検出下限値の 1/2

の場合は、年間 0.0012 mSv と算出された。

また、天然放射性核種である ⁴⁰K については、両計算方式とも、すべての季節の献立について、年間 0.14 mSv と算出された。

2.2 マーケットバスケット方式による調査

Table 4 のマーケットバスケット試料中の放射性物質濃度を用いて、1 年間、本食材を用いて調理した食品を摂取したと仮定して計算した預託実効線量を Table 6 に示した。ND を 0 Bq/kg とした場合、人工放射性核種 (¹³¹I, ¹³⁴Cs および ¹³⁷Cs) からの線量は年間 0.0022 mSv と算出され、ND を検出下限値の 1/2 とした場合で、年間 0.0035 mSv であった。また、天然放射性核種である ⁴⁰K からは、両計算方式とも年間 0.20 mSv と算出された。

3. 他の調査データとの比較

3.1 過去のデータとの比較

文部科学省の環境放射能水準調査において、2008 年度までは「日常食」の測定項目があり、兵庫県においても給食等の食事 1 日分の放射性物質の濃度を測定していた。これによると、2011 年の福島第一原発事故以前の 2000~2008 年度において、人工放射性核種 (¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs) のうち、¹³⁷Cs が 1 日分の食事あたり ND~0.031 Bq 検出されており⁴⁾、これを預託実効線量に換算すると、年間 0~0.00014 mSv (濃度 ND を 0 Bq/kg とした場合) と算出された。この検出された ¹³⁷Cs については、過去のフォールアウト(放射性降下物)の影響と推定される。

この日常食の調査方法は陰膳方式と類似しており、今回の陰膳方式による調査結果(年間 0~0.000072 mSv) は、原発事故以前の日常食データの範囲内であった。

3.2 他地域のデータとの比較

2011 年の原発事故以降の放射性物質の摂取量調査のデータとして、日本生活協同組合連合会商品検査センターが 2011 年 11 月~2012 年 4 月に陰膳方式による放射性物質の調査を行った結果が報告されている⁵⁾。これによると、全国 250 試料中(うち 100 試料は福島県の試料)、11 試料から放射性セシウム (¹³⁴Cs および ¹³⁷Cs) が検出され、それらの試料を 1 年間継続して食べたと仮定した場合の預託実効線量は年間 0.019~0.14 mSv と推定されている。

また、マーケットバスケット方式では、2011 年 9 月および 11 月に、東京都、宮城県、福島県において調査を行った結果、放射性セシウムからの預託実効線量は、東京都で年間 0.0021 (0.0024) mSv, 宮城県で 0.017 (0.018) mSv, 福島県で 0.019 (0.019) mSv (括弧内は ND を検出下限値の 1/2 とした場合) であったと報告されている⁶⁾。このマーケットバスケット方式による結果は、宮城

Table 5 The committed effective doses by duplicate portion study (mSv)

Season	Nuclides	ND → 0	ND → LOD × 1/2	
Spring	Artificial radionuclides	¹³¹ I	0	0.00058
		¹³⁴ Cs	0	0.00033
		¹³⁷ Cs	0	0.00023
		Total	0	0.0011
	Natural radionuclide	⁴⁰ K	0.14	0.14
Summer	Artificial radionuclides	¹³¹ I	0	0.00059
		¹³⁴ Cs	0	0.00031
		¹³⁷ Cs	0.000072	0.00026
		Total	0.000072	0.0012
	Natural radionuclide	⁴⁰ K	0.14	0.14
Autumn	Artificial radionuclides	¹³¹ I	0	0.00066
		¹³⁴ Cs	0	0.00034
		¹³⁷ Cs	0	0.00024
		Total	0	0.0012
	Natural radionuclide	⁴⁰ K	0.14	0.14
Winter	Artificial radionuclides	¹³¹ I	0	0.00057
		¹³⁴ Cs	0	0.00034
		¹³⁷ Cs	0	0.00023
		Total	0	0.0011
	Natural radionuclide	⁴⁰ K	0.15	0.15

Table 6 The committed effective doses by market basket study (mSv)

Nuclides	ND → 0	ND → LOD × 1/2	
Artificial radionuclides	¹³¹ I	0	0.00070
	¹³⁴ Cs	0.00096	0.0013
	¹³⁷ Cs	0.0012	0.0015
	Total	0.0022	0.0035
Natural radionuclide	⁴⁰ K	0.20	0.20

県と福島県では1桁高いものの、東京都の試料の預託実効線量は、今回の我々のデータとほぼ同レベルであった。

これらの陰膳およびマーケットバスケット方式による預託実効線量のデータは、東日本地域の試料であっても高値は認められず、厚生労働省が定める食品からの放射性物質の許容線量である年間1 mSvを大きく下回っていた。

IV まとめ

兵庫県内で流通している食品を用いて、陰膳方式およびマーケットバスケット方式により食品中の放射性物質濃度を測定し、内部被曝線量を推定した。

陰膳方式においては、28日分(合計84食)の食事での濃度を測定した結果、1日分から微量(0.045 Bq/kg)の¹³⁷Csが検出された。この結果をもとに、人工放射性

核種(¹³¹I, ¹³⁴Csおよび¹³⁷Cs)からの預託実効線量を求めると、NDを0 Bq/kgとした場合、年間0.000018 mSvとなった。一方、人体に対してより安全側に立って評価するために、NDを検出下限値の1/2とした場合、年間0.0012 mSvと算出された。これらは、食品からの放射性物質の許容線量である年間1 mSvと比較して十分低い値であり、天然放射性核種である⁴⁰Kからの預託実効線量と比較しても、それぞれ約1/8000, 1/120という低いレベルであった。

また、マーケットバスケット方式では、175種の食品を14食品群に分けて、各群毎の濃度を測定した結果、V群(豆類)、VI群(果実類)、VIII群(淡色野菜・藻類)、X群(魚介類)およびXII群(牛乳・乳製品)から¹³⁴Cs, ¹³⁷Csが検出された。本方式における人工放射性核種(¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs)からの預託実効線量は、NDを0 Bq/kgとした場合で年間0.0022 mSv, NDを検出下限値の1/2

とした場合で年間 0.0035 mSv と計算され、年間許容線量 1 mSv と比較して十分低い値であり、天然放射性核種である ⁴⁰K からの預託実効線量のそれぞれ約 1/90, 1/60 程度であった。

謝 辞

陰膳試料調製にご協力頂きました兵庫県健康福祉部健康局健康増進課、生活消費局生活衛生課の関係者の方々に深謝致します。

文 献

- 1) 兵庫県健康福祉部健康局健康増進課：平成 20 年度ひょうご健康食生活実態調査結果報告書 (2009)
- 2) 厚生労働省健康局総務課生活習慣病対策室：平成 19 年国民健康・栄養調査報告 (2010)
- 3) ICRP Publication 72: Age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides : Part 5, Compilation of Ingestion and Inhalation Coefficients, Annals of the ICRP, 26 (1996)
- 4) 吉岡直樹, 前田絵理：兵庫県における放射能調査, 第 51 回環境放射能調査研究成果論文抄録集 (平成 20 年度), 205-208 (2009)
- 5) 和田伊知朗：食品販売・流通事業者における放射能問題への対応 ～主に日本生協連の対応について～, 食衛誌, 53, J-380-J-384 (2012)
- 6) 蜂須賀暁子：食品中の放射性物質の摂取量調査, 平成 24 年度厚生労働科学研究 (食品の安全確保推進研究) シンポジウム「食品の安全を考える」講演要旨集, p.25-p.31 (2012), 東京

[平成 25 年 3 月 4 日受理]