

マーケットバスケット方式による放射性セシウムおよび放射性カリウムの預託実効線量推定

誌名	食品衛生学雑誌
ISSN	00156426
著者名	堤, 智昭 鍋師, 裕美 五十嵐, 敦子 蜂須賀, 暁子 松田, りえ子
発行元	[日本食品衛生学会]
巻/号	54巻1号
掲載ページ	p. 7-13
発行年月	2013年2月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



報 文

マーケットバスケット方式による放射性セシウム
および放射性カリウムの預託実効線量推定

(平成24年8月6日受理)

堤 智昭 鍋師裕美 五十嵐敦子 蜂須賀暁子 松田りえ子*

Estimation of the Committed Effective Dose of Radioactive Cesium
and Potassium by the Market Basket MethodTomoaki TSUTSUMI, Hiromi NABESHI, Atsuko IKARASHI,
Akiko HACHISUKA and Rieko MATSUDA*National Institute of Health Sciences: 1-18-1 Kamiyoga,
Setagaya-ku, Tokyo 158-8501, Japan;

* Corresponding author

The Tokyo Electric Power Company's Fukushima Daiichi nuclear power plant disaster after the Great East Japan Earthquake has caused radioactive contamination in food. Using the market basket method, total diet samples in Tokyo, Miyagi prefecture and Fukushima prefecture were analyzed for cesium-134 and -137 (radioactive cesium) and naturally occurring potassium-40 (radioactive potassium) in order to estimate the committed effective doses of these radioactive materials from food. Doses were calculated on the assumption that "not detected" corresponded to zero or to half the limit of detection (values in brackets). The estimated doses of radioactive cesium in Tokyo, Miyagi and Fukushima were 0.0021 (0.0024), 0.017 (0.018) and 0.019 (0.019) mSv/year, respectively. Although the doses in Miyagi and Fukushima were more than 8 times the dose in Tokyo, they were significantly lower than the maximum permissible dose (1 mSv/year) determined by the Ministry of Health, Labour and Welfare, Japan. The estimated doses of naturally occurring radioactive potassium in these areas were in the range of 0.17-0.20 (0.18-0.20) mSv/year, and there were no significant differences between the areas.

(Received August 6, 2012)

Key words: 放射性セシウム radioactive cesium; 放射性カリウム radioactive potassium; マーケットバスケット法 market basket method; 一日摂取量 daily intake; 預託実効線量 committed effective dose

緒 言

平成23年3月の東京電力福島第一原子力発電所事故により、発電所周辺環境のみならず、近接する地域で生産された野菜、肉類などといった食品からも放射性物質が検出される事態となった。国民の健康保護のため、原子力安全委員会により示された飲食物摂取制限に関する指標値を食品衛生法上の暫定規制値として、食品衛生法第6条第2号に当たるものとしての措置が採られ、多数の食品の検査が行われた。これらの検査結果から得られた、食品中の放射性物質濃度の分布を根拠として、確定的方法および確率論的方法により、国民が1年に摂取する放射性物質量が計算さ

れた。これによれば、放射性物質濃度の中央値に当たる食品を継続して摂取した場合の、1年当たりの預託実効線量は0.099 mSv、確率論的推計による中央値は0.092 mSv、90パーセントイル値は0.19 mSvであった¹⁾。これらの値はカリウム-40など天然放射性核種による預託実効線量(日本平均)である0.4 mSvと比較して大きくないと考えられた¹⁾。

被ばく線量の実態を知るためには、トータルダイエット(TD)試料などのような実態に即した試料の測定に基づく推定も必要である。TD試料の分析による摂取量推定調査の1つに、マーケットバスケット方式がある。マーケットバスケット方式は、調査対象となる地域における食品の摂取量情報を基に該当地域で広範囲の食品を購入し、それぞれの食品ごとに調理を行い、それらを群ごとに混合する方法である。本方式では、対象地域の集団における平均的な

* 連絡先

国立医薬品食品衛生研究所: 〒158-8501 東京都世田谷区
上用賀1-18-1

摂取量情報が得られるとともに、推定した摂取量には加工・調理が放射性物質に与える影響も加味されるためより実態に即した摂取量が推定できると考えられる。また、放射性物質をどの食品群から多く摂取しているかを推定することが可能である。

そこで本研究では、日本全体の平均的な地域として東京都、放射性物質汚染が懸念される地域として宮城県と福島県の食材を使用してマーケットバスケット方式によるTD試料を調製し、その放射性物質濃度をヨウ素-131、セシウム-134、セシウム-137およびカリウム-40について測定した。これらの濃度から、各地域において平均的食事を1年間摂取したときの預託実効線量を推定した。推定においては、セシウム-134とセシウム-137の総和を放射性セシウムとし、カリウム-40を放射性カリウムとした。

実 験

TD試料調製

平成19年に実施された国民健康・栄養調査の東北および関東地方における食品摂取量結果を集計し、99の小分類ごとに1日に摂取する量の平均を求めた。

平成23年9月に東京都世田谷区および宮城県仙台市において、平成23年11月に福島県福島市において、小売店で食材を購入した。生鮮食品は、可能な限り地元県産を購入し、入手できない場合には近県産、国産を優先して購入した。購入した食品は14の群に分別し、ゆでる・焼くなどの調理を行った後に、上記の一日摂取量に従って混合し、14群の試料を作製した。各群の内容は、米(1群)、雑穀・芋(2群)、砂糖・菓子(3群)、油脂(4群)、豆・豆加工品(5群)、果実(6群)、有色野菜(7群)、その他の野菜・海藻・きのこ(8群)、嗜好飲料(9群)、魚介(10群)、肉・卵(11群)、乳・乳製品(12群)、調味料(13群)、飲料水(14群)とした。生鮮品を加工した食品は対応する原

料の群に含めた。各地で作製したTD試料に含まれる各群の食品数および各群の一日摂取量をTable 1に示す。

放射性ヨウ素、放射性セシウム、および放射性カリウム濃度の測定

測定には、ゲルマニウム半導体検出器ガンマ線スペクトロメータ(Canberra社製、GC4019、相対効率36.3%)を使用した。測定データの解析は付属の解析ソフト(ガンマエクスペローラ)を用いて行った。効率の校正は、放射能標準ガンマ体積線源(9核種混合)を用いて行い、原則として1か月ごとに効率の確認を実施した。調製した各群の試料約2kgを2Lマリネリ容器に入れ、24時間測定した。測定は試料調製した日の午後に開始し、測定結果はTD試料調製日に減衰補正した。検出限界はI-131、Cs-134およびCs-137が0.05 Bq/kg程度、K-40が0.5 Bq/kg程度であった。

バックグラウンドは、空の2Lマリネリ容器を用いて測定した。バックグラウンドの測定時間は48時間とし、1か月に1回以上の測定を実施した。合計6回のバックグラウンド測定を行い、Cs-134、Cs-137およびK-40について得られた最小と最大の平均をバックグラウンドとした。バックグラウンドとして差し引いた計数率は、Cs-134が 2.6×10^{-4} counts/sec、Cs-137が 2.2×10^{-4} counts/sec、K-40が 7.4×10^{-4} counts/secであった。

各TD試料に含まれる個別食品中のCs-134およびCs-137の測定も、ゲルマニウム半導体検出器ガンマ線スペクトロメータで実施した。試料容器としてU-8容器を使用し、測定時間は1,800秒とした。検出限界はCs-134とCs-137の合計値として20 Bq/kg付近であった。

預託実効線量の計算

各群試料中の放射性セシウムおよび、放射性カリウム濃度(Bq/kg)に、該当群の一日量(g/day)を乗じ、1日に摂取する量(Bq/day)を計算した。国連環境計画(UNEP)と世界保健機関(WHO)などの国連専門機関が中心と

Table 1. Information on TD samples in Tokyo, Miyagi and Fukushima

Food group	Tokyo		Miyagi		Fukushima	
	No. of foods included	Daily intakes (g/day)	No. of foods included	Daily intakes (g/day)	No. of foods included	Daily intakes (g/day)
1 Rice and rice products	2	312.2	2	370.9	2	370.9
2 Cereals, potatoes and nuts	19	179.1	19	177.3	19	165.3
3 Sugars and confectioneries	12	34.3	12	29.8	12	32.3
4 Fats and oils	5	11.1	5	8.7	5	8.7
5 Pulses and their products	8	53.5	8	128.8	8	67.6
6 Fruits	12	114.6	11	125.4	11	125.4
7 Colored vegetables	9	107.2	9	103.0	9	106.9
8 Vegetables, seaweeds and mushrooms	18	190.6	18	222.1	18	217.1
9 Preference beverages	12	612.2	12	535.0	12	515.0
10 Fish and seafoods	28	75.0	29	94.9	28	84.7
11 Meat and eggs	17	119.2	19	103.4	19	97.2
12 Milk and milk products	12	134.8	12	121.3	12	121.3
13 Seasoning	19	93.4	19	93.6	19	93.6
14 Drinking water	1	250.0	1	250.0	1	250.0

なって設立された地球環境モニタリングシステム (Global Environmental Monitoring System; GEMS) の食品中の微量化学物質測定データの取り扱いに関する推奨法では、NDとならなかった試料数が全体の60%以上となった場合には、NDとなった試料の濃度をLOD/2とするとされている。これに従い、NDとなった試料の濃度を0およびLOD/2として一日摂取量を算出した。算出した一日摂取量に放射性物質ごとの実効線量係数を乗じて足し合わせ、365を乗じて、1年間平均的食事を摂取したときの預託実効線量を求めた。実効線量係数として、ICRP Publ.72²⁾に掲載された成人が経口摂取した場合の値を用いた。

結果および考察

1. TD試料中の放射性物質濃度

3地域のすべての試料中のI-131濃度は検出限界以下であった。Cs-134, Cs-137およびK-40の濃度をTable 2に示す。

東京都で調製した試料中のCs-134およびCs-137濃度は、ND~0.53 Bq/kg およびND~0.64 Bq/kgであった。一方、宮城県の試料ではCs-134およびCs-137濃度は、ND~3.8 Bq/kg およびND~4.6 Bq/kg、福島県の試料では、ND~5.6 Bq/kg およびND~7.2 Bq/kgであった。これら2地域での最大の放射性セシウム濃度は東京の7~11倍であった。各地域で14試料中、NDとなった試料数は、

Table 2. Concentrations of radioactive Cs and K in TD samples prepared in three different areas (Bq/kg)

Area	Food group	Cs			K-40
		Cs-134	Cs-137	Total	
Tokyo	1 Rice and rice products	0.11±0.011	0.11±0.015	0.22±0.018	7.3±0.33
	2 Cereals, potatoes and nuts	0.084±0.011	0.12±0.015	0.20±0.018	36±0.60
	3 Sugars and confectioneries	<0.05	0.21±0.017	0.21±0.017	40±0.63
	4 Fats and oils	<0.05	<0.06	<0.11	1.2±0.19
	5 Pulses and their products	<0.05	<0.06	<0.11	83±0.94
	6 Fruits	0.15±0.011	0.17±0.017	0.32±0.02	53±0.72
	7 Colored vegetables	0.14±0.013	0.12±0.017	0.27±0.022	93±1.0
	8 Vegetables, seaweeds and mushrooms	0.13±0.011	0.15±0.017	0.28±0.020	65±0.82
	9 Preference beverages	<0.05	<0.05	<0.10	10±0.36
	10 Fish and seafoods	0.53±0.017	0.64±0.026	1.2±0.031	80±0.91
	11 Meat and eggs	<0.05	0.061±0.014	0.061±0.014	70±0.87
	12 Milk and milk products	0.12±0.010	0.18±0.018	0.30±0.020	47±0.70
	13 Seasoning	<0.05	<0.05	<0.10	80±0.88
	14 Drinking water	<0.05	<0.05	<0.10	<0.6
Miyagi	1 Rice and rice products	0.23±0.013	0.28±0.023	0.51±0.026	6.3±0.31
	2 Cereals, potatoes and nuts	0.59±0.017	0.74±0.027	1.3±0.032	38±0.64
	3 Sugars and confectioneries	<0.04	0.22±0.017	0.22±0.017	35±0.58
	4 Fats and oils	<0.05	<0.06	<0.11	1.2±0.19
	5 Pulses and their products	<0.06	<0.06	<0.12	85±1.0
	6 Fruits	1.7±0.025	2.0±0.040	3.7±0.047	55±0.75
	7 Colored vegetables	0.71±0.019	0.89±0.030	1.6±0.036	130±1.1
	8 Vegetables, seaweeds and mushrooms	0.63±0.017	0.76±0.028	1.4±0.033	66±0.84
	9 Preference beverages	<0.05	<0.05	<0.10	9.9±0.36
	10 Fish and seafoods	3.8±0.037	4.6±0.059	8.4±0.069	76±0.88
	11 Meat and eggs	0.21±0.013	0.25±0.020	0.46±0.024	77±0.92
	12 Milk and milk products	3.0±0.033	3.7±0.053	6.7±0.063	49±0.72
	13 Seasoning	<0.05	<0.06	<0.11	91±0.94
	14 Drinking water	<0.05	<0.05	<0.10	<0.5
Fukushima	1 Rice and rice products	0.35±0.014	0.44±0.023	0.79±0.027	7.0±0.30
	2 Cereals, potatoes and nuts	0.81±0.018	1.1±0.032	1.9±0.037	45±0.67
	3 Sugars and confectioneries	0.052±0.017	0.19±0.016	0.24±0.023	37±0.59
	4 Fats and oils	<0.05	<0.06	<0.11	1.0±0.20
	5 Pulses and their products	<0.05	<0.06	<0.11	76±0.89
	6 Fruits	5.6±0.043	7.2±0.073	13±0.085	50±0.72
	7 Colored vegetables	1.5±0.026	2.0±0.042	3.6±0.050	110±1.1
	8 Vegetables, seaweeds and mushrooms	0.10±0.011	0.13±0.016	0.23±0.020	64±0.81
	9 Preference beverages	<0.05	<0.05	<0.1	9.0±0.34
	10 Fish and seafoods	1.8±0.026	2.4±0.044	4.2±0.052	99±1.0
	11 Meat and eggs	0.83±0.020	1.1±0.032	1.9±0.037	82±0.93
	12 Milk and milk products	0.38±0.015	0.60±0.025	0.98±0.029	49±0.71
	13 Seasoning	<0.05	<0.05	<0.10	77±0.85
	14 Drinking water	<0.05	<0.05	<0.10	<0.5

東京都が7 (Cs-134) および5 (Cs-137), 宮城県が6 (Cs-134) および5 (Cs-137), 福島県が5 (Cs-134) および5 (Cs-137) であった。

東京都の試料中のK-40濃度はND~93 Bq/kg, 宮城県の試料中濃度はND~130 Bq/kg, 福島県の試料中濃度はND~110 Bq/kgであった。放射性セシウムと異なり, 天然放射性核種であるK-40については地域間の濃度差は見られなかった。各地域での14試料中NDとなった試料数は, 東京都が1, 宮城県が1, 福島県が1で, すべて14群であった。

次に, 各食品群の放射性セシウム濃度および放射性カリウム濃度について比較した。東京都で調製した試料中の放射性セシウム濃度は10群(魚介類)が最も高く, 1群(米), 2群(雑穀・芋), 3群(砂糖・菓子), 6群(果実), 7群(有色野菜), 8群(その他の野菜・海藻・きのこ), 12群(乳・乳製品)が同程度の濃度であった。宮城県で調製した試料中の放射性セシウム濃度は東京都と同じく10群(魚介類)が最も高く, 次いで12群(乳・乳製品), 6群(果実), 7群(有色野菜), 8群(その他の野菜・海藻・きのこ), 2群(雑穀・芋)が高かった。福島県で調製した試料中の放射性セシウム濃度は6群(果実)が最も高く, 次いで10群(魚介類), 7群(有色野菜), 11群(肉・卵), 2群(雑穀・芋)が高かった。全体として放射性セシウムが高濃度であった食品群は, 10群(魚介類), 6群(果実), 7群(有色野菜)であった。これらの食品群には生鮮食品が多く含まれており, 環境中の放射性セシウムの影響を受けていると考えられる。

放射性セシウム濃度が検出限界以下となった群は, 3群(東京・Cs-134, 宮城・Cs-134), 4群(東京, 宮城, 福島), 5群(東京, 宮城, 福島), 9群(東京, 宮城, 福島), 13群(東京, 宮城, 福島), 14群(東京, 宮城, 福島)で, 3地域ではほぼ一致した。4群は油脂の群であり, 水溶性のセシウムが移行しにくいことと, 原料に輸入食品が多いため放射性セシウム濃度が低かったと考えられる。豆・豆加工品類の5群も原料の大豆の大部分が輸入されている。9群(嗜好飲料)および13群(調味料)は加工品のみで構成されている群である。加工品では, 原子力発電所事故以前に製造された製品も流通しており, 今後これらの食品中の放射性セシウム濃度が上昇する可能性がある。14群は飲料水の群であり, 試料としては水道水を使用した。このことから, 調査時期には水道水中の放射性セシウムは十分に低濃度となっていたと考えられた。

東京都で調製した試料中の放射性カリウムは7群(有色野菜), 5群(豆・豆加工品), 10群(魚介類), 13群(調味料), 11群(肉・卵)で高濃度であり, 1群(米), 4群(油脂), 9群(嗜好飲料)で低濃度であった。宮城県で調製した試料中の放射性カリウムは7群(有色野菜), 13群(調味料), 5群(豆・豆加工品), 11群(肉・卵), 10群(魚介類)で高濃度であり, 1群(米), 4群(油脂), 9群(嗜好飲料)で低濃度であった。福島県で調製した試料中の放射

性カリウムは7群(有色野菜), 10群(魚介類), 11群(肉・卵), 5群(豆・豆加工品), 13群(調味料)で高濃度であり, 1群(米), 4群(油脂), 9群(嗜好飲料)で低濃度であった。

2. 預託実効線量の推定

前述のように, すべての試料においてI-131は検出されなかった。試料調製・測定を行った9月あるいは11月は, 原発事故から20半減期以上を経過しており, I-131の濃度は影響を無視しうる程度に減衰していると考えられたため, I-131からの預託実効線量は計算しなかった。TD試料から推定した放射性セシウムおよび放射性カリウムの一日摂取量をTable 3に, また, これらの放射性物質の預託実効線量推定結果をTable 4に示す。なお, 括弧内は, NDとなった試料濃度をLOD/2として計算した結果である。

東京都で調製した試料から推定した放射性セシウムの一日摂取量は0.37 (0.42) Bq/day, 預託実効線量は0.0021 (0.0024) mSv/year, 放射性カリウムの一日摂取量は77 (77) Bq/day, 預託実効線量は0.17 (0.18) mSv/yearであった。宮城県で調製した試料から推定した放射性セシウムの一日摂取量は3.0 (3.1) Bq/day, 預託実効線量は0.017 (0.018) mSv/year, 放射性カリウムの一日摂取量は90 (91) Bq/day, 1年当たりの預託実効線量は0.20 (0.20) mSv/yearであった。福島県で調製した試料から推定した放射性セシウムの一日摂取量は3.3 (3.4) Bq/day, 1年当たりの預託実効線量は0.019 (0.019) mSv/year, 放射性カリウムの一日摂取量は82 (83) Bq/day, 預託実効線量は0.19 (0.19) mSv/yearであった。

3地域における食品からの放射性セシウムおよび放射性カリウムの預託実効線量を比較した(Fig. 1)。放射性セシウムの預託実効線量は, 放射性カリウムに比較して小さく, 放射性セシウム預託実効線量の放射性カリウム預託実効線量に対する比は, 東京都では1.2%, 宮城県では8.4%, 福島県では10%であった。さらに, 放射性セシウムの預託実効線量は, 厚生労働省より示された許容線量1 mSv/yearを大きく下回っていた。また, 宮城県および福島県の値は東京都の8倍以上であった。事故を起こした原子力発電所に近い福島県および宮城県での放射性セシウム預託実効線量が高く, 遠い東京都で低い傾向が認められた。福島県および関東地方(群馬・栃木・茨城・千葉・埼玉・東京・神奈川)における放射性セシウムの摂取量について陰膳調査をした結果が, 朝日新聞社と京都大学の共同研究によって報告されている³⁾。この研究によると, 放射性セシウムの一日摂取量の中央値は, 福島で4.01 Bq/day, 関東地方では0.35 Bq/dayであり, 預託実効線量は福島で0.023 mSv/year, 関東地方で0.002 mSv/yearと報告されている。これはわれわれの結果とほぼ同等の値であった。

マーケットバスケット方式による摂取量推定の利点の1つとして, 対象物質をどの食品群から多く摂取しているかを推定することが可能であることが挙げられる。そこで,

Table 3. Daily intakes of radioactive Cs and K from each food group in three different areas (Bq/day)*¹

Food group	Tokyo		Miyagi		Fukushima	
	Cs-134+137	K-40	Cs-134+137	K-40	Cs-134+137K-40	K-40
1 Rice and rice products	0.069 (0.069)	2.3 (2.3)	0.19 (0.19)	2.3 (2.3)	0.29 (0.29)	2.6 (2.6)
2 Cereals, potatoes and nuts	0.037 (0.037)	6.4 (6.4)	0.23 (0.23)	6.8 (6.8)	0.31 (0.31)	7.4 (7.4)
3 Sugars and confectioneries	0.0072 (0.0080)	1.4 (1.4)	0.0065 (0.0071)	1.0 (1.0)	0.0077 (0.0077)	1.2 (1.2)
4 Fats and oils	0 (0.00060)	0.013 (0.013)	0 (0.00046)	0.010 (0.010)	0 (0.00046)	0.0088 (0.0088)
5 Pulses and their products	0 (0.0031)	4.5 (4.5)	0 (0.0078)	11 (11)	0 (0.0039)	5.2 (5.2)
6 Fruits	0.037 (0.037)	6.1 (6.1)	0.46 (0.46)	6.8 (6.8)	1.6 (1.6)	6.3 (6.3)
7 Colored vegetables	0.029 (0.029)	10 (10)	0.17 (0.17)	13 (13)	0.38 (0.38)	12 (12)
8 Vegetables, seaweeds and mushrooms	0.053 (0.053)	12 (12)	0.31 (0.31)	15 (15)	0.050 (0.050)	14 (14)
9 Preference beverages	0 (0.030)	6.2 (6.2)	0 (0.026)	5.3 (5.3)	0 (0.026)	4.6 (4.6)
10 Fish and seafoods	0.088 (0.088)	6.0 (6.0)	0.79 (0.79)	7.2 (7.2)	0.36 (0.36)	8.4 (8.4)
11 Meat and eggs	0.0073 (0.011)	8.4 (8.4)	0.047 (0.047)	8.0 (8.0)	0.19 (0.19)	8.0 (8.0)
12 Milk and milk products	0.040 (0.040)	6.4 (6.4)	0.81 (0.81)	5.9 (5.9)	0.12 (0.12)	5.9 (5.9)
13 Seasoning	0 (0.0047)	7.5 (7.5)	0 (0.0050)	8.6 (8.6)	0 (0.0049)	7.2 (7.2)
14 Drinking water	0 (0.012)	0 (0.070)	0 (0.012)	0 (0.067)	0 (0.011)	0 (0.066)
Total intake	0.37 (0.42)	77 (77)	3.0 (3.1)	90 (91)	3.3 (3.4)	82 (83)

*¹ The values were calculated at ND=0 and at ND=LOD/2 (values in brackets).Table 4. Estimation of the committed effective doses of radioactive Cs and K in each food group in three different areas (mSv/year)*¹

Food group	Tokyo		Miyagi		Fukushima	
	Cs-134+137	K-40	Cs-134+137	K-40	Cs-134+137	K-40
1 Rice and rice products	0.00040 (0.00040)	0.0051 (0.0051)	0.0011 (0.0011)	0.0053 (0.0053)	0.0017 (0.0017)	0.0059 (0.0059)
2 Cereals, potatoes and nuts	0.00021 (0.00021)	0.014 (0.014)	0.0013 (0.0013)	0.015 (0.015)	0.0018 (0.0018)	0.017 (0.017)
3 Sugars and confectioneries	0.000034 (0.000040)	0.0031 (0.0031)	0.000031 (0.000035)	0.0023 (0.0023)	0.000040 (0.000040)	0.0027 (0.0027)
4 Fats and oils	0 (0.0000035)	0.000030 (0.000030)	0 (0.0000027)	0.000024 (0.000024)	0 (0.0000027)	0.000020 (0.000020)
5 Pulses and their products	0 (0.000018)	0.010 (0.010)	0 (0.000046)	0.025 (0.025)	0 (0.000022)	0.012 (0.012)
6 Fruits	0.00021 (0.00021)	0.014 (0.014)	0.0026 (0.0026)	0.015 (0.015)	0.0092 (0.0092)	0.014 (0.014)
7 Colored vegetables	0.00017 (0.00017)	0.023 (0.023)	0.00094 (0.00094)	0.029 (0.029)	0.0022 (0.0022)	0.027 (0.027)
8 Vegetables, seaweeds and mushrooms	0.00031 (0.00031)	0.028 (0.028)	0.0018 (0.0018)	0.033 (0.033)	0.00028 (0.00028)	0.031 (0.031)
9 Preference beverages	0 (0.00017)	0.014 (0.014)	0 (0.00015)	0.012 (0.012)	0 (0.00015)	0.010 (0.010)
10 Fish and seafoods	0.00050 (0.00050)	0.014 (0.014)	0.0046 (0.0046)	0.016 (0.016)	0.0020 (0.0020)	0.019 (0.019)
11 Meat and eggs	0.000035 (0.000057)	0.019 (0.019)	0.00027 (0.00027)	0.018 (0.018)	0.0011 (0.0011)	0.018 (0.018)
12 Milk and milk products	0.00022 (0.00022)	0.014 (0.014)	0.0046 (0.0046)	0.013 (0.013)	0.00066 (0.00066)	0.013 (0.013)
13 Seasoning	0 (0.000027)	0.017 (0.017)	0 (0.000029)	0.019 (0.019)	0 (0.000029)	0.016 (0.016)
14 Drinking water	0 (0.000072)	0 (0.00016)	0 (0.000069)	0 (0.00015)	0 (0.000065)	0 (0.00015)
Total intake	0.0021 (0.0024)	0.17 (0.18)	0.017 (0.018)	0.20 (0.20)	0.019 (0.019)	0.19 (0.19)

*¹ The values were calculated at ND=0 and at ND=LOD/2 (values in brackets).

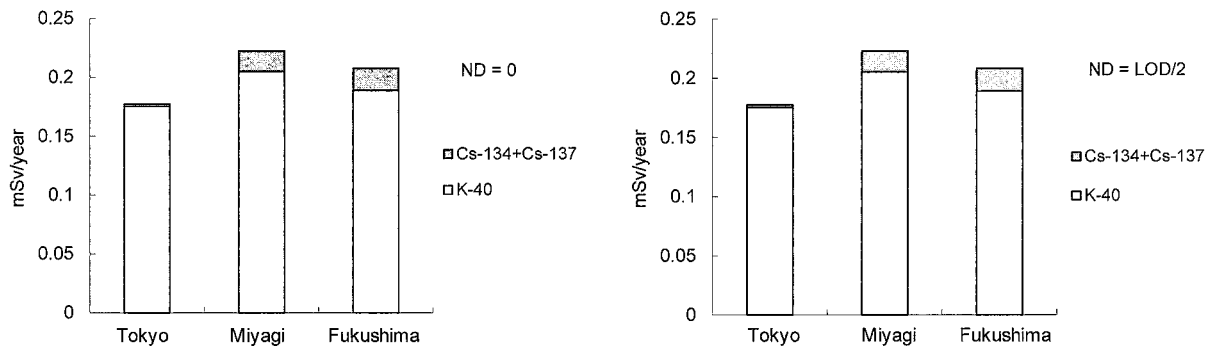


Fig. 1. Comparison of the committed effective doses of radioactive Cs and K among the three different areas

食品群ごとの放射性セシウムおよび放射性カリウムの預託実効線量について比較した。東京都試料から推定した放射性セシウムによる預託実効線量への寄与が高い群は、10群（魚介類）、1群（米）、8群（その他の野菜・海藻・きのこ）、12群（乳・乳製品）、2群（雑穀・芋）、6群（果実）、7群（有色野菜）であった。宮城県試料から推定した、放射性セシウムによる預託実効線量が高い群は、10群（魚介類）、12群（乳・乳製品）、6群（果実）、8群（その他の野菜・海藻・きのこ）、2群（雑穀・芋）、1群（米）、7群（有色野菜）であった。福島県試料から推定した、放射性セシウムによる預託実効線量が高い群は、6群（果実）、7群（有色野菜）、10群（魚介類）、2群（雑穀・芋）、1群（米）、11群（肉・卵）、12群（乳・乳製品）であった。全体として放射性セシウム預託実効線量への寄与が大きい食品群は、濃度の場合と同じく10群（魚介類）、6群（果実）、7群（有色野菜）、12群（乳・乳製品）であった。また、1群（米）試料の放射性セシウム濃度は高くないが、1日に摂食する量が多いため預託実効線量への寄与が認められる。

3. TD試料を構成する食品中の放射性セシウム濃度

宮城県および福島県試料中の放射性セシウム濃度が高かった食品群においては、試料作製に用いた残余食品中の放射性セシウム濃度の測定を行った。放射性セシウムを含む可能性の高い食品として、東北地方、北関東地域で生産された生鮮食品を選択した。

宮城県試料調製に使用したカラーピーマンから 31 ± 6 Bq/kg、真アジから 120 ± 11 Bq/kg、牛乳3製品中2製品から 26 ± 5 Bq/kgおよび 21 ± 2 Bq/kgの放射性セシウムが検出された。カラーピーマンが含まれる7群試料中の放射性セシウム濃度は1.6 Bq/kgであった。31 Bq/kgの放射性セシウムを含むカラーピーマンは7群試料重量の2%程度を占めるに過ぎず、この寄与による7群濃度は1 Bq/kg以下と考えられる。したがって、検出限界以下となった他の個別食品にも数Bq/kgの放射性セシウムが含まれていたと考えられた。

真アジが含まれる宮城10群中の放射性セシウム濃度は8.4 Bq/kgであった。真アジは10群全体の8%を占めており、真アジのみに放射性セシウム120 Bq/kgが含まれていたと仮定して計算される10群の濃度は10 Bq/kg程度とな

る。したがって、真アジ以外の10群構成食品中の放射性セシウム濃度は、検出限界である20 Bq/kgよりもかなり低いと推定される。牛乳が含まれる12群の放射性セシウム濃度は6.7 Bq/kgであった。12群構成食品は70%が牛乳であり、牛乳以外の食品はチーズ、ヨーグルトなどの加工品が多く、放射性セシウムを高濃度に含むとは考えられない。放射性セシウムが検出された2食品は、12群総重量の50%程度を占めており、これらの寄与のみで12群濃度は10 Bq/kg程度となることも、この推定を裏づけている。

福島県試料調製に使用したリンゴから 24 ± 3 Bq/kg、カラーピーマンから 32 ± 7 Bq/kg、真ダラから 95 ± 9 Bq/kg、カツオから 18 ± 4 Bq/kg、牛肉4製品中1製品から 74 ± 5 Bq/kgの放射性セシウムが検出された。リンゴが含まれる福島6群試料中の放射性セシウム濃度は13 Bq/kgであり、今回測定したTD試料の構成食品中、最も高かった。試料の30%を占めるリンゴから推定される6群の試料濃度は7 Bq/kg程度であり、地元県産の梨あるいは柿に10 Bq/kg程度の放射性セシウム濃度の食品が含まれていた可能性が高い。

カラーピーマンが含まれる福島7群試料中の放射性セシウム濃度は3.6 Bq/kgであった。宮城県の試料と同じく、カラーピーマンだけから7群中の放射性セシウム濃度を説明することはできない。7群試料濃度が宮城県よりも高いことから、カラーピーマン以外の構成食品中放射性セシウム濃度もやや高かった可能性がある。

真ダラ、カツオが含まれる福島10群試料中の放射性セシウム濃度は4.2 Bq/kgであった。試料全体中の真ダラの割合は3%程度であり、真ダラからの放射性セシウムの寄与で10群濃度は3.2 Bq/kgと計算される。これに18 Bq/kgのカツオの寄与を加えると、4 Bq/kgの濃度となった。

牛肉が含まれる11群試料中の放射性セシウム濃度は1.9 Bq/kgであった。放射性セシウムが検出された牛肉試料の11群に占める割合は2.3%であり、この試料からの放射性セシウムの寄与で11群濃度は1.7 Bq/kgと計算される。この牛肉試料中の放射性セシウムが11群中の放射性セシウムの大部分を占めていると考えられる。

6群および7群に含まれる食品で比較的高い放射性セシウム濃度が検出されている理由として、露地栽培により植

物体に直接放射性セシウムが沈着したことが考えられる。また、表面汚染のみにとどまらず、アルカリ金属である放射性セシウムは、一部イオン化して、気孔や細胞膜を通過して植物体内にも取り込まれやすいこと、さらに、放射性セシウムはいったん植物体内に取り込まれた後に他の部位に移動しやすいことが報告されており⁴⁾、事故当時、可食部が生育していないリンゴなどの果実などに関しても、放射性セシウムが転流し、高濃度になったものと考えられた。一方、放射性セシウムの土壌からの移行係数は高くないことも報告されており⁴⁾、事故から1年以上経過した現在においては、果樹の落葉、あるいは前年度の作物は除去されており、野菜類は新たに種子あるいは苗を植えるため、植物体に取り込まれている放射性セシウムは大幅に減少していると考えられ、今後、可食部における放射性セシウム量も減少していくものと予想される。

10群の魚介類については、生物濃縮によって放射性セシウムを体内に蓄積する傾向があり、タラやスズキなどの魚種で放射性セシウム濃度が高いことが報告されている⁵⁾。事実、福島10群の構成食品である真ダラにおいて比較的高い濃度の放射性セシウムが検出されている。海水温などの要因が魚体中の放射性セシウムの蓄積や排泄に関与するとの報告もなされているが⁵⁾、どのような期間で生物濃縮されていくかについては、詳細には不明であるため、今後も魚介類、特に食物連鎖の高位に位置するような肉食魚類などの放射性セシウム汚染には注意を払うべきであろう。

結 論

東京電力福島第一発電所事故に起因する、食品中の放射性物質による健康影響を評価するために、東京都、宮城県、および福島県でTD試料を作製し、セシウム-134およびCs-137濃度を測定した。また、天然放射性核種であるカリウム-40濃度も測定し、これらの濃度から預託実効線量を推定した。

その結果、放射性セシウムの預託実効線量は東京都が

0.0021(0.0024) mSv/year、宮城県が^a0.017(0.018) mSv/year、福島県が^a0.019(0.019) mSv/yearであった。また、天然放射性核種である放射性カリウムの預託実効線量は、0.17(0.18)~0.20(0.20) mSv/yearであり、地域間で大きな差は見られなかった。

一方、TD試料調製には多数の食品を含めているが、選択する食品の種類および同種食品内の変動があり、TD試料から推定した有害物質摂取量の変動は大きい。放射性物質による預託実効線量推定値も例外ではない。また、被ばくの原因となる福島第一原子力発電所事故から半年後に試料作製および測定を実施したことから、加工食品のように、影響が現れていない食品が含まれている可能性もある。放射性物質による健康影響を評価するためには、多数の地域における摂取量推定とともに、継続的な監視が必要と考えられる。

謝 辞

本研究は平成23年度厚生労働科学研究費補助金(課題名 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)により実施したものである。

文 献

- 1) 食品摂取による被ばく量の推計結果。薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会 放射性物質対策部会作業グループ(線量計算等) http://www.mhlw.go.jp/shinsai_jouhou/dl/hibakusenryousuikiei_02.pdf
- 2) ICRP, 1995. Age-dependent Doses to the Members of the Public from Intake of Radionuclides—Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Coefficients. ICRP Publication 72. Ann. ICRP 26 (1).
- 3) 朝日新聞。2012年1月19日 朝刊
- 4) 田上恵子。直接沈着及び経根吸収による放射性核種の植物への移行。Radioisotopes, **61**, 267-279 (2012)。
- 5) 平良文亨, 中村心一, 濱野敏一, 山口仁士。 ¹³⁷Csが海産生物に蓄積するメカニズム (2008年度~2010年度) Radioisotopes, **61**, 145-152 (2012)。

LC-MS/MSによる農産物および畜水産物中のジノセブおよびジノテルブの分析法 (報文)

高橋邦彦* 石井里枝 根本 了 松田りえ子
食衛誌 54(1), 1~6 (2013)

LC-MS/MSを用いた農産物と畜水産物中のジノセブおよびジノテルブの分析法を開発した。農産物はアセトンで抽出し、得られた抽出液にヘキサンと飽和塩化ナトリウム溶液を加えて振とうした後、その上層をPSAミニカラムによる精製に供した。一方、畜水産物はアセトン-ヘキサン-水-塩化ナトリウムで抽出し、得られた抽出液をPSAミニカラム精製に供した。測定条件として分析カラムにC18を、移動相に0.005%酢酸含有メタノール-水混液(19:1)のアイソクラティックモードで、イオン化はESIのネガティブモードを用いた。検量線は0.0005~0.04 µg/mLの範囲で直線性($r^2>0.997$)を示した。農産物および畜水産物の計20種に基準値濃度で添加して操作したときのジノセブおよびジノテルブの平均回収率($n=5$)は77~111%, 相対標準偏差は2~15%, 定量限界値は両成分ともに0.001 µg/gであった。

* 埼玉県衛生研究所

LC-MS/MSによる農産物中残留農薬の一斉分析 (報文)

渡邊美奈恵* 上野英二 井上知美 大野春香
猪飼誉友 森下智雄 大島晴美 林 留美子
食衛誌 54(1), 14~24 (2013)

LC-MS/MSによる農産物中残留農薬の一斉分析法を検討した。試料からアセトニトリルで抽出したのち、GPC/グラファイトカーボンSPEで精製し、さらに、シリカゲル/PSA連結SPEにより精製してScheduled MRMモードのLC-MS/MSにより測定した。ほうれんそう、玄米、大豆、オレンジおよびトマトに124種類の農薬成分を0.1 µg/g添加して回収率を求めたところ、回収率70~120%(相対標準偏差 $\leq 15\%$)に収まった農薬成分は121種類であった。本法を適用して農産物239検体について実態調査を行ったところ、98検体から49種類の農薬成分が検出された。

* 愛知県衛生研究所

GC-FIDを用いたトランス脂肪酸分析法の性能評価手法および性能基準値の検討 (報文)

渡邊敬浩* 石川智子 松田りえ子
食衛誌 54(1), 31~48 (2013)

GC-FIDを用いたトランス脂肪酸分析法の性能評価手法ならびに性能基準値を検討した。測定法は、The American Oil Chemists' Society (AOCS)の公認法(Ce1h-05)を原法とした。一般食品からの脂質抽出法は、衛生第13号に記載の方法およびAOAC 996.06を原法とした。分散推定時の自由度が4以上になる実験計画に従い添加試料を分析し、得られた一群の定量値から真度および精度を推定することを性能評価手法とした。添加試料の調製には、食品に含まれる蓋然性の低いトランス脂肪酸分子種を用いた。実際に推定した真度および精度の解析結果に基づき、90~110%を真度の基準値、相対標準偏差として10%を室内精度の基準値とすることが提案される。

* 国立医薬品食品衛生研究所

マーケットバスケット方式による放射性セシウムおよび放射性カリウムの預託実効線量推定 (報文)

堤 智昭 鍋師裕美 五十嵐敦子
峰須賀暁子 松田りえ子*
食衛誌 54(1), 7~13 (2013)

東日本大震災に伴い発生した東京電力福島第一原子力発電所事故により、食品が放射性セシウムをはじめとする人工放射性物質に汚染される事態が生じている。そこで、食品中の放射性物質による健康影響を評価するために、東京都、宮城県、および福島県でマーケットバスケット方式によるトータルダイエット試料を作製し、セシウム-134およびセシウム-137(放射性セシウム)および、天然放射性核種であるカリウム-40(放射性カリウム)濃度を測定し、1年当たりの預託実効線量を推定した。放射性セシウムの預託実効線量は、検出限界以下の濃度をゼロ(検出下限の1/2)とした場合、東京都が0.0021(0.0024) mSv/year、宮城県が0.017(0.018) mSv/year、および福島県が0.019(0.019) mSv/yearであった。宮城県および福島県の値は東京都の8倍以上であったが、いずれも厚生労働省より示された許容線量1 mSv/yearを大きく下回っていた。一方、放射性カリウムの預託実効線量は、0.17~0.20(0.18~0.20) mSv/yearであり、地域間で大きな差は見られなかった。

* 国立医薬品食品衛生研究所

遺伝子組換えトウモロコシLY038系統特異的定量PCR法の開発と妥当性確認 (報文, 英文)

真野潤一 増渕友子 波田野修子 布藤 聡
小岩智宏 峯岸恭孝 野口秋雄 近藤一成
穂山 浩 手島玲子 倉嶋たけ代
高島令王奈 橘田和美*
食衛誌 54(1), 25~30 (2013)

遺伝子組換えトウモロコシLY038系統に対するリアルタイムPCRを用いた新規定量検知法について報告する。まず、LY038系統およびトウモロコシ内在性のスターチンターゼIIb遺伝子に対するリアルタイムPCRを設計した。つづいて、LY038系統特異的DNAおよび内在性DNAのコピー数比から重量比によるGMトウモロコシ混入率を算出するために必要となる内標比を決定した。最後に、分析法の妥当性を確認するため、LY038系統を0, 0.5, 1.0, 5.0, 10.0%含むDNA溶液をブラインド試料として、国際的にハーモナイズされたガイドラインに従って試験室間共同試験を実施した。開発した分析法の室間再現精度は、ブラインド試料のすべての混入レベルにおいて25%を下回り、分析法の定量検知下限はISO 24276の定義に基づいて0.5%と評価された。以上の結果から、開発した分析法が実際の定量検査に利用可能であることが確認された。

* (独)農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所

沖縄県沿岸に分布する腐肉食性および肉食性巻貝類の毒性と毒成分 (報文)

谷山茂人 高谷智裕 反町太樹 相良剛史
久保弘文 大城直雅 小野 要
肖 寧 橋 勝康 荒川 修*
食衛誌 54(1), 49~55 (2013)

2009年1~6月に沖縄県沿岸で採集した小型巻貝8科15種計64個体のうち、5種にマウス毒性が認められた。このうち、キンシバイの毒力は総じて高く、筋肉で最高461 MU/gに達した。その他の4種(サツマビナ、ヘコマクラ、イボヨフバイ、カゲロウヨフバイ)の毒力はおおむね10 MU/g前後であった。LC-MS分析により、有毒個体の毒の主体はいずれもTTXで、キンシバイではこれに加えて4,9-anhydroTTX, 4-epiTTX, 11-oxoTTXを含むことが示された。また、アワムシロの可食部からもTTX(5.08 MU/g)が検出された。一方、残りの9種には、マウス毒性もTTXも全く認められなかった。

* 長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科