

高知県における日常食中の放射性セシウム および放射性カリウムの一日摂取量調査

宅間 範雄・徳橋 慎介・芦田 拓*¹⁾・植村 多恵子
影山 温子・平松 佐穂・高宮 真美

Studies on Daily Dietary Intake of Radioactive Cesium and Potassium in KOCHI

Norio TAKUMA, Shinsuke TOKUHASHI, Taku ASHIDA, Taeko UEMURA,
Atsuko KAGEYAMA, Saho HIRAMATSU, and Masami TAKAMIYA

【要旨】 平成23年3月に発生した東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所事故の影響による食の安全・安心に関する不安を取り除くことを目的に、陰膳方式による日常食中の放射性セシウム及びカリウムの摂取量調査を行った。

放射性セシウムの摂取量は、小学生でCs-134で0.067Bq/人日、Cs-137で0.073Bq/人日、合計で0.14Bq/人日、同様に成人で、0.067Bq/人日、0.071Bq/人日、0.14Bq/人日であった。放射性カリウム (K-40) の摂取量は、小学生で49Bq/人日、成人で60Bq/人日だった。この結果から計算される放射性セシウムの実効線量は、小学生で0.00059mSv/年、成人で0.00080mSv/年であり、平成24年4月からの食品の基準値を定める根拠となった1mSv/年の0.1%未満で、高知県での日常食からの放射性セシウムの摂取は極めて少ないことがわかった。高知県におけるこれまでの調査結果では、日常食のCs-137摂取量の最大値は、昭和38年6月の3.2Bq/人日であるが、この値から計算される実効線量は0.015mSv/年であり、核実験が頻繁に行われていた頃の実効線量でも1mSv/年の1.5%程度であった。

Key words : セシウム-134、セシウム-137、カリウム-40、一日摂取量、実効線量、ゲルマニウム半導体検出器、陰膳方式
Radioactive Cesium, Radioactive Potassium, Daily dietary intake, Effective dose, Ge Detector, duplicate diet method

I はじめに

平成23年3月11日に発生した東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所事故により、大量の放射性核種が大気中等に放出された。

東京電力(株)の発表によると、平成23年3月中の大気への排出量は、希ガス (0.6MeV換算値)、I-131、Cs-134、Cs-137がそれぞれ約500PBq、約500PBq、約10PBq、約10PBq (PBq(ペタベクレル)= 1×10^{15} Bq)と推定

された。¹⁾

また、高知県でも平成23年4月分の降下物からI-131を検出した²⁾ こと、4月分から7月分の降下物からCs-134を検出した²⁾ こと、さらに平成23年5月から12月に採取した土佐湾沖のかつお3試料からCs-134を検出した²⁾³⁾ ことから福島原発事故由来の影響を確認した。

これらのことから、高知県でも食品への福島原発事故由来の放射性物質の影響に関する住民の不安は大きく、当研究所にも多くの問い合わせや調査の要請があっ

*1) 前衛生研究所

た。

この住民の不安を、科学的に解消する目的で、陰膳方式による日常食中の放射性物質の摂取量調査を行い、被ばく線量を計算したのでその概要を報告する。

II 検査方法

1 調査試料

対象を、高知市に居住する小学生男女各2名、成人男女各2名とし、平成24年6月、9月、12月及び平成25年3月の4回陰膳方式による試料を調査した。

試料の採取は、昭和58年12月 文部科学省放射能測定法シリーズ「環境試料採取法」第15章日常食 に記載の方法に準じて実施した。

2 前処理

試料をステンレス製なべで加熱し水分を除去、一部炭化した試料を200℃の温風循環式乾熱器で乾燥炭化した後、電気炉中450℃で灰化した。これを、ポリプロピレン製U-8容器に充填したものを測定試料とした。

3 測定装置

γ線核種分析には下記のゲルマニウム半導体検出器を用いた。

- ① 検出器 ORTEC GEM15-70S 波高分析器SEIKO EG&G MCA7600
- ② 検出器 ORTEC GEM30-70 波高分析器SEIKO EG&G MCA7600

4 分析方法

平成4年8月(3訂)文部科学省放射能測定法シリーズ「ゲルマニウム半導体検出器によるγ線スペクトロメトリー」に記載の方法に準じて行った。

測定時間は3時間(10,800秒)とし、必要に応じて延長した。

III 結果及び考察

1 摂取量

日常食中の放射性核種分析結果を表1に示した。全32試料のうちCs-134とCs-137の両核種を検出した試

料は平成24年6月(第1回調査)に採取した小学生男子1試料のみであり、Cs-134が 0.19 ± 0.044 Bq/人日、Cs-137が 0.27 ± 0.046 Bq/人日であった。

また、Cs-137を検出した試料は、平成24年9月(第2回調査)に採取した成人男性1試料の 0.070 ± 0.014 Bq/人日と平成25年3月(第4回調査)に採取した小学生女子1試料の 0.029 ± 0.0072 Bq/人日の合わせて2試料であった。

成人男性と小学生女子の試料については、10,800秒の測定で定量はできないレベルではあるがピークが存在していたことから、測定時間を延長して検出したため、他の試料に比べて検出限界が低くなった。

一方、K-40については32試料すべてから検出された。

検出限界未満となった試料の濃度の1/2を摂取量として計算した結果、小学生のCs-134、Cs-137、K-40は、それぞれ $0.056 \sim 0.079$ Bq/人日、 $0.060 \sim 0.087$ Bq/人日、 $47 \sim 51$ Bq/人日、成人のCs-134、Cs-137、K-40はそれぞれ $0.067 \sim 0.068$ Bq/人日、 $0.069 \sim 0.073$ Bq/人日、 $60 \sim 61$ Bq/人日となった。なお、減衰補正を行い試料採取日の摂取量とした。

小学生女子のCs-137について検出しなかった方が摂取量が大きいという逆転が起こったが、これは検出限界値未満となった場合に試料の濃度の1/2を摂取量と仮定したこと及び、測定時間に違いがあったことにより検出限界値が大きく異なったためである。

2 放射性セシウムの被ばく線量

2.1 検出事例の被ばく線量(実効線量)

検出した3事例の日常食を1年間摂取し続けた場合の実効線量を計算した。表2に計算に用いる経口摂取による実効線量への換算係数及び実効線量を示した。⁴⁾

第1回調査の小学生男子のCs-134が 0.00097 mSv、Cs-137が 0.00099 mSv、合計で 0.0019 mSvであった。第2回調査の成人男性はCs-137のみで 0.00033 mSv、第4回調査の小学生女子もCs-137だけで 0.00011 mSvであった。

表1 陰膳方式による日常食中の核種分析結果

調査回	試料採取日	摂取量(kg)	Cs-134 (Bq/人日)		Cs-137 (Bq/人日)		K-40 (Bq/人日)	
第1回	2012/6/3	小学生女子	2.2	<0.15		<0.15		78 ± 2.7
			1.9	<0.14		<0.15		63 ± 2.3
		小学生男子	1.3	0.19	± 0.044	0.27	± 0.046	66 ± 1.9
			2.1	<0.11		<0.12		46 ± 1.7
		成人女性	1.5	<0.12		<0.12		37 ± 1.7
		1.9	<0.13		<0.14		63 ± 2.0	
		成人男性	3.8	<0.16		<0.16		79 ± 2.6
			1.6	<0.12		<0.12		40 ± 1.6
第2回	2012/9/2	小学生女子	1.5	<0.12		<0.13		46 ± 1.9
			1.8	<0.15		<0.14		52 ± 2.1
		小学生男子	1.3	<0.14		<0.11		60 ± 1.9
			2.1	<0.12		<0.14		44 ± 1.9
		成人女性	1.8	<0.17		<0.17		120 ± 3.2
		2.0	<0.13		<0.14		48 ± 1.7	
		成人男性	3.8	<0.16		<0.15		50 ± 2.1
			2.3	<0.043		0.070 ± 0.014	54 ± 0.70	
第3回	2012/12/2	小学生女子	1.5	<0.11		<0.13		48 ± 2.0
			0.98	<0.10		<0.11		38 ± 1.7
		小学生男子	1.0	<0.12		<0.10		31 ± 1.5
			1.6	<0.13		<0.13		44 ± 1.9
		成人女性	3.4	<0.13		<0.13		44 ± 1.8
		1.9	<0.13		<0.13		59 ± 2.2	
		成人男性	1.6	<0.13		<0.13		48 ± 2.0
			3.5	<0.17		<0.17		88 ± 3.0
第4回	2013/3/10	小学生女子	1.7	<0.022		0.029 ± 0.0072	40 ± 0.38	
			0.94	<0.11		<0.095		40 ± 1.4
		小学生男子	1.2	<0.14		<0.12		37 ± 1.8
			1.9	<0.13		<0.13		45 ± 2.0
		成人女性	1.9	<0.15		<0.14		68 ± 2.5
		1.6	<0.12		<0.13		43 ± 1.9	
		成人男性	2.2	<0.14		<0.14		70 ± 2.5
			2.6	<0.15		<0.16		55 ± 2.4
摂取量		小学生女子	0.056		0.060		51	
		小学生男子	0.079		0.087		47	
		成人女性	0.068		0.069		60	
		成人男性	0.067		0.073		61	

表2 実効線量及び経口摂取による実効線量への換算係数

	Cs-134		Cs-137	
	実効線量(mSv)	換算係数(mSv/Bq)	実効線量(mSv)	換算係数(mSv/Bq)
第1回調査 小学生男子	0.00097	1.4×10^{-5}	0.00099	1.0×10^{-5}
第2回調査 成人男性		1.9×10^{-5}	0.00033	1.3×10^{-5}
第4回調査 小学生女子		1.4×10^{-5}	0.00011	1.0×10^{-5}

2. 2 セシウム摂取量の被ばく線量(実効線量)

1で求めた小学生男女と成人男女の摂取量の日常食を1年間摂取し続けたと仮定し、計算した実効線量は、小学生でCs-134が $0.00029 \sim 0.00040$ mSv、Cs-137が $0.00022 \sim 0.00032$ mSv、合計で $0.00051 \sim 0.00072$ mSv、成人でCs-134が $0.00046 \sim 0.00047$ mSv、Cs-137が $0.00033 \sim 0.00035$ mSv、合計で $0.00079 \sim 0.00082$ mSvであった。

2.1及び2.2で求めた線量は、平成24年4月からの食品の基準値を定める根拠となった1mSv/年の0.1%未

満となり、高知県における日常食からの放射性セシウムの摂取は極めて少ないことがわかった。

3 過去との比較

日常食中のCs-137については、環境放射能水準調査の一つとして、昭和38年6月から平成元年6月まで、高知県で採取した日常食を日本分析センターで測定していた。

平成元年11月からは、当所にゲルマニウム半導体検

出器が配備され、平成20年12月まで高知県で日常食調査を実施しており、その結果と本調査の結果を合わせて図1に示した。(検出しなかった試料については、図から除いている。)

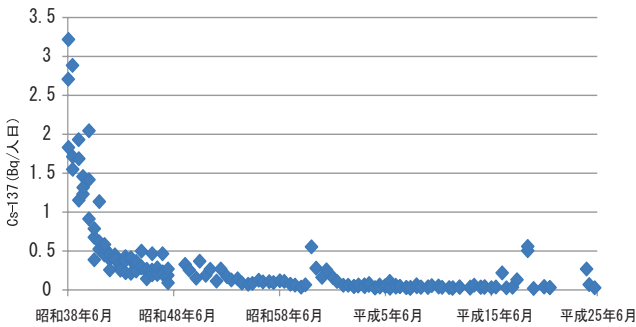


図1 高知県における日常食中のセシウム-137の時間的推移

昭和20年7月に核実験が始まって以来、昭和55年10月の中国の核実験まで大気圏内核実験が行われ、その間に放出された人工放射性核種はフォールアウトとして地球表面に降下し、環境汚染の原因となった。そのため、昭和41年頃までは0.5Bq/人日を超えるようなCs-137の摂取が認められたが、核実験の減少とともに摂取量も減少してきた。昭和61年4月にソビエト連邦(現ウクライナ)で起こったチェルノブイリ原子力発

電所事故により一過性の摂取量の増加が見られたが、それ以降摂取量は減少傾向が続いていた。

高知県では、平成16年、平成17年、平成18年の日常食(各10試料)のうち1試料にそれぞれヨーロッパ産のブルーベリー入りのワイン、ヨーロッパ産のブルーベリー入りヨーグルトまたはジャム、鹿肉、というCs-137濃度の少し高い食品が混入していた⁵⁻⁷⁾ため減少傾向の曲線から若干上にはずれた点となっている。

本調査での3試料は第1回調査の小学生男子の摂取量については、福島原発事故の影響もあり若干高くなっている。摂取量の違いもあるので比較は難しいが、ヨーロッパ産のブルーベリー入りの食品や鹿肉の影響よりも、小さいと考えられた。他の2試料については過去の日常食と同程度であった。

昭和38年6月の高知県の日常食中のCs-137の最大値3.2Bq/人日を成人が1年間食べ続けたと仮定した場合の実効線量は、0.015mSvである。今では考えられない大きな汚染であるが、それでも、1mSv/年の1.5%程度であった。

4 セシウム-137の摂取源調査

表1の検出事例について、試料採取時に同時に調査した献立表を表3に示した。

表3 献立表

第1回調査 小学生男子		第2回調査 成人男性		第4回調査 小学生女子		
朝食	ブドウ入り食パン アロエヨーグルト トマトジュース イチゴ(高知) みかん(高知) オレンジゼリー	1 1 1 2 1 1	朝食 牛乳 コーヒー(クリープ入り) 食パン 菓子パン 目玉焼き サラダ(レタス、キャベツ) 梨 バナナ おむすび(高知) 水 スポーツ飲料	1 1 1/2 少々 1 1 1/6 1/3 1/2 1 1	朝食 スナックパン(チョコ) 牛乳 乳酸菌飲料	2 100ml 400ml
昼食	焼きそば (キャベツ、玉ねぎ、人参、豚バラ) サラダ (きゅうり、トマト、人参(高知)) おにぎり いも天 お菓子(きんつば)	1 1 1 1/2 1	昼食 ご飯(高知) 塩さんま焼き 味噌汁 (豆腐、えのき、わかめ、油揚げ) 卵焼き とうもろこし(高知) ウーロン茶 クッキー	1.5 1 1 1 1/2 1 1	昼食 いなりずし 赤飯 からあげ お茶	3 少々 3 400ml
夕食	もち麦入りご飯 ほうれん草おひたし (ちりめんじゃこ、ごま) ウインナーともやし(岡山)炒め ちりめんじゃこ(高知) りんご みかん 乳酸菌飲料	1 1 1 少々 1/6 2 1	夕食 冷しソーメン180g 冷奴 焼き魚(ブリ) ウーロン茶 マドレーヌ	1 1/2 1 2 1	夕食 オムライス (米、ハム、コーン、卵(高知)) なめこの味噌汁 (油揚げ(高知)、なめこ) ペンネサラダ (ペンネ、コーン、ハム) お茶	1 2 1 200ml

献立表から、これまでの環境放射能水準調査や全国でのモニタリング結果を踏まえ、Csが検出されたことがある食品またはその可能性のある食品として、乳製品、米、水産物、きのこ類、乾物が考えられた。入手可能な範囲内で同一商品（一部類似商品）を購入しゲルマニウム半導体検出器を用いて、核種分析を行った。米と水産物については同一品がなく検査できなかった。その結果を、表4に示した。

表4 個別食品の核種分析結果

食品名	Cs-134 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	K-40 (Bq/kg)
ブドウ入り食パン			50 ± 1.9
ちりめんじゃこ			49 ± 2.9
アロエヨーグルト		0.19 ± 0.028	45 ± 1.7
ブルーベリーヨーグルト		0.13 ± 0.037	50 ± 1.8
プレーンヨーグルト	0.021 ± 0.016	0.043 ± 0.019	55 ± 0.69
なめこ		0.79 ± 0.16	41 ± 3.6

第1回調査のCs-134はプレーンヨーグルトからしか検出されず、Cs-134の摂取源は特定できなかった。ヨーグルト類全般に0.021Bq/kg程度のCs-134が含まれ、それを100g摂取したと仮定してもその寄与は1.1%程度でほとんどのCs-134の由来は解明できなかった。

また、Cs-137は、アロエヨーグルトを100g摂取したと仮定して、ヨーグルトからの寄与は7.0%程度でありほとんどのCs-137の由来も解明できなかった。

第4回調査のCs-137は、同一商品のなめこを分析した。なめこは味噌汁として2杯摂取しており、総量として30g程度は喫食していると考えられたため、30g摂取したと仮定した場合のなめこの寄与率は82%であり、ほぼ全量のCs-137の由来が解明できた。

5 放射性カリウム

K-40は、同位体存在比0.0117%の天然に存在する放射性核種である。カリウムは必須元素で、成人の体重1kgあたり約2g程度存在していることから、K-40は、成人の人体中に約4000Bq存在する。

飲食によって人体中のカリウムの量は増加するが、一方で同等の量がすぐに排出され、常に一定に保たれている。

このため、カリウムの摂取量にかかわらずK-40による年間の被ばく線量は、成人で約0.17mSv程度と言われている。

以上の事から、本調査ではK-40の実効線量は計算しなかった。

IV まとめ

平成23年3月に発生した東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所事故の影響による、食の安全・安心に関する住民の不安を解消するため、日常食中の放射性セシウム及びカリウムの摂取量調査を行った。試料の一部から日常食調査では初めてCs-134を検出したことから、福島第一原子力発電所事故の影響が高知県の食生活にも及んでいることが明らかとなった。

放射性セシウムの摂取量は、小学生でCs-134で0.067Bq/人日、Cs-137で0.073Bq/人日、合計で0.14Bq/人日、同様に成人で、0.067Bq/人日、0.071Bq/人日、0.14Bq/人日であった。

放射性カリウム (K-40) の摂取量は、小学生で49Bq/人日、成人で60Bq/人日だった。

この結果から計算される実効線量は、小学生で0.00059mSv/年、成人で0.00080mSv/年であり、これは平成24年4月からの食品の基準値を定める根拠となった1mSv/年の0.1%未満となるため、高知県での日常食からの放射性セシウムの摂取は極めて少ないことがわかった。

高知県での最大の日常食のCs-137摂取量は、昭和38年6月調査時点のもので、3.2Bq/人日であるが、この値から計算される実効線量は0.015mSv/年であり、核実験が頻繁に行われていた当時の実効線量でも1mSv/年の1.5%程度であった。

また、放射性セシウムの摂取源調査を並行して行ったが、献立表から推定し、後日調査を行う2段階調査では限界があり、一部の食品しか特定できなかった。これは摂取源調査をすることを前提に、陰膳方式の日常食調査実施時に各食材を相当量確保しておくことである程度解消できると考えられた。

なお、当初の計画では、小学生男女、成人男女の4区分にわけて調査し放射性セシウムと放射性カリウムの一日摂取量を明らかにする予定であったが、各区分で検出事例が4件しかなかったため、詳細な比較検討することができず、小学生と成人の2区分で考察した。

再度日常食のCsの摂取量調査を行う機会があれば、規模を拡大して行うこと、測定時間を1日(86,400秒)程度にして検出限界を低くすること、食材の確保を同時に行うことを検討したい。

謝 辞

陰膳方式の日常食を提供してくださった方々に深謝いたします。

文 献

- 1) 福島第一原子力発電所事故における放射性物質の大気中への放出量の推定について 平成24年5月 東京電力株式会社
- 2) 徳橋慎介ら：高知県の環境放射能調査－第26報 平成23年度－, 高知県衛研報, 58, 45-51, 2012
- 3) 宅間範雄ら：高知県の環境放射能調査－福島第一原子力発電所事故に伴う調査－, 高知県衛研報, 58, 35-44, 2012
- 4) 緊急時における食品の放射能測定マニュアル, 厚生労働省医薬局食品保健部監視安全課、平成14年3月
- 5) 近澤紘史, 植村多恵子, 石井隆夫：ワイン及びブルーベリー中の¹³⁷Cs, 高知県衛研報, 51, 43-44, 2005
- 6) 宅間範雄, 近澤紘史, 植村多恵子：高知県の環境放射能調査－第20報 平成17年度－, 高知県衛研報, 52, 65-72, 2006
- 7) 麻岡文代, 宅間範雄, 植村多恵子：高知県の環境放射能調査－第21報 平成18年度－, 高知県衛研報, 53, 77-85, 2007