

令和3年度 分担研究報告書

食品中の放射性物質の規制継続による線量低減効果に関する研究
～データ整理及び放射性核種の最新データに関する検証～

研究分担者 工藤 幸清 弘前大学大学院保健学研究科・教授
研究分担者 對馬 恵 弘前大学大学院保健学研究科・講師
研究分担者 細川 翔太 弘前大学大学院保健学研究科・助教

東京電力（株）（当時）福島第一原子力発電所事故（以下「原発事故」という。）を受け、事故直後に設定された暫定規制値に続き、平成24年4月からは食品中の放射性物質に関する現行の基準値（以下「基準値」という。）が適用されている。本基準値を指標として、原子力災害対策本部で定めたガイドラインに基づき17都県を中心に地方自治体においてモニタリング検査が継続して実施されており、基準値を超過した食品が流通しないように回収・廃棄や出荷制限といった厳格な措置が取られている。

本研究課題では、蓄積されたモニタリング検査結果を活用し内部被ばく線量の低減効果を検証する。その予備段階として、分担研究では、膨大なデータの整理方法の構築・解析及び近年公開された放射性核種の半減期の最新データに関する検証を行うことを目的とした。

モニタリング検査結果を用いて内部被ばく線量を算出するには、モニタリング検査結果の品目ごとの食品摂取量が必要となる。本研究では、国民健康・栄養調査における食品の98小分類に飲料水や山菜を加えた100分類の摂取量を利用することとした。モニタリング検査の品目名を100分類に対応させる必要があり、その事前準備としてプログラミング処理等によってそれぞれの検査品目が該当する食品分類の候補を半自動的に抽出した。これにより、手作業による分類作業を大きく効率化させることができた。

放射性核種の半減期に関する最新データを参照し、内部被ばく線量推定に及ぼす影響や現行の基準値の妥当性を検討した。本研究で線量推定に用いる放射性セシウム（Cs-134とCs-137の合計放射能）に対する線量係数への新たな半減期の影響は極めて小さく、改定前のデータにより導出した値と同等であった。また、新たな半減期によって基準値が変化することはなく、現行規制が妥当であることが確認できた。

A. 研究目的

東京電力（株）（当時）福島第一原子力発電所事故（以下「原発事故」という。）を受け、事故直後に設定された暫定規制値に続き、平成24年4月からは食品中の放射性物質に関する現行の基準値（以下「基準値」という。）が適用されている。本基準値を指標として、原子力災害対策本部で定めたガイドラインに基づき17都県を中心に地方自治体においてモニタリング検査が継続して実施されており、基準値を超過した食品が流通しないように回収・廃棄や出荷制限といった厳格な措置が取られている。モニタリング検査結果は厚生労働省が取りまとめてウェブサイト上で公開しているが、暫定規制値適用当時（平成23年3月～平成24年3月）から累計すると令和3年3月までで270万件程度に及ぶ。

本研究課題では、蓄積されたモニタリング検査結果を活用し内部被ばく線量の低減効果を検証する。その予備段階として、分担研究では、膨大なデータの整理方法の構築・解析及び近年公開された放射性核種の物理学的半減期（以下「半減期」という。）の最新データに関する検証を行うことを目的とした。

B. 研究方法

1. 検査データの整理方法の構築及び解析

昨年度は食品を国民健康・栄養調査における食品の98小分類に飲料水を加えた99分類に分け、分類ごとの摂取量から内部被ばく線量を推定したが、今年度からはさらに山菜も加え100分類とした。モニタリング検査の品目名はある程度の自由

度を持っており、上記の100分類に仕分けるためには人の判断に基づく手作業が必要となる。昨年度に引き続き各検査品目を食品の小分類に仕分ける負担を軽減するため、小分類番号の候補を提示する処理を行った。

厚生労働省が公開しているモニタリング検査結果（Microsoft® Excel®ファイル）を表記フォーマットの調整およびデータクリーニングを施した。対象としたデータは2012年から2016年度の5年分とした。Python言語にてPandasモジュールを用いてモニタリング結果が記載されているExcel®ファイルを読み込みDataFrame形式に変換した。

各年度の品目名列でNormalization Form Compatibility Composition(NFKC正規化)を行い書式の標準化を行ったあと、改行コード、半角と全角スペースを削除しPandasのunique関数を用いて一意な品目名を取得した。国民健康・栄養調査食品群別表の各小分類の例として挙げられている食品名に加え、PandasのSeries.str.contains関数を用いて決定した各小分類を代表するキーワード（昨年度の成果）を用いて小分類の推定を行った。

2. 半減期の最新データに関する検証

現行の基準値策定時に参照している日本アイソトープ協会発行の「アイソトープ手帳」が2020年に改定された。本研究では、次のとおり、半減期の最新データを踏まえ、内部被ばく線量推定に及ぼす影響や現行の食品規制の妥当性を検討した。

①線量係数

本研究に使用する放射性セシウムの線量

係数 (Sv/Bq) は、半減期による減衰率を考慮した加重平均による線量係数 (Cs-134とCs-137の合計放射能に対する線量係数) である。

最新データである新たなCs-134とCs-137の半減期は2.0652yと30.08y [アイソトープ手帳12版¹⁾ (以下「12版」という。)] であり、本研究で使用してきた改定前のCs-134とCs-137の半減期は2.0648yと30.167y [アイソトープ手帳11版²⁾ (以下「11版」という。)] である。新たな半減期が加重平均した線量係数に及ぼす影響を評価するため、両者の半減期による放射性セシウムの線量係数を算出し比較した。

②誘導濃度

規制対象核種 (Cs-134, Cs-137, Sr-90, Ru-106, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-241) それぞれの新たな半減期と以前の半減期との違いを確認し、現行の基準値の妥当性を検討した。

規制対象核種 (Cs-134, Cs-137, Sr-90, Ru-106, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-241) における半減期は11版と12版では異なるものがあるため、両者の半減期に基づき、基準値策定時と同様に、放射性セシウムの限度値 (Bq/kg) (全ての規制対象核種からの線量を考慮して1 mSv/年を超えない値) (以下「誘導濃度」という。) を算出し比較した。算出方法は、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報告書「食品中の放射性物質に係る規格基準の設定について」³⁾ に従った。使用した半減期をTable 1に示す。また算出にあたっては食品に対する放射性セシウムの誘導濃度が一番低い13～18歳 (男) を対象とした。

C. 研究結果と考察

1. 検査データの整理方法の構築及び解析

検査結果は2012年度から2016年度でそれぞれ、268,060行分、321,930行分、299,079行分、328,087行分および297,797行分であった。一意な品目名は2012年度から2016年度でそれぞれ、3,119品目、2,328品目、2,335品目、1,974品目および1,728品目であった。また、そのうち前年度までに含まれない一意な品目名数は (2012年は3,119品目として) 2013年度から2016年度でそれぞれ、1037品目、787品目、291品目159品目であった (Fig. 1)。全検査数は微増しているが、一意な品目名は減少しており、検査対象が絞られているもしくは品目名が統一されてきていると思われる。前年度までに含まれない一意な品目名は当然ながら年々減少しており、品目名と小分類を対応づける作業の負担は小さくなった。本処理により2012年度から2016年度において、それぞれ78.4%、71.9%、74.7%、69.1%、61.6% の品目名に1つ以上かつ6つ以下の小分類番号の候補を提示することができた。これらにより各検査品目を食品の小分類に仕分ける作業を効率的に行うことができた。

2. 半減期の最新データに関する検証

①線量係数

最新データである新たな半減期を使用して算出した放射性セシウムの線量係数をTable 2に示す。改定前の半減期を使用して算出した線量係数との違いは、年齢区分10歳・14年後の一箇所のみである。この数値は 1.00×10^{-08} Sv/Bq (12版) と 1.01×10^{-08} Sv/Bq (11版) になったが、表示する桁を5桁に

した場合は、 1.0049×10^{-08} Sv/Bq (12版) と 1.0050×10^{-08} Sv/Bq (11版) であり、差は無視できるほど小さいことが判った。

これにより新たな半減期が加重平均した線量係数に及ぼす影響は極めて小さいと考えられた。

②誘導濃度

13～18歳(男)の食品に対する放射性セシウムの誘導濃度をTable 3に示す。算出した誘導濃度は少なくとも有効数字2桁までは新たな半減期(12版)と改定前の半減期(11版)との値に違いはなかった。

「食品中の放射性物質に係る規格基準の設定について」³⁾の表8-6に示された13～18歳(男)の誘導濃度と今回算出した値にわずかな差が生じた。この原因の詳細については確認できないが表中の飲料水摂取による線量(mSv/y)と食品に割り当てる線量(mSv/y)には今回算出した値と大きな差はないことから、誘導濃度の導出過程での各種数値データの桁数の違いが影響している可能性が考えられた。

規制対象核種の半減期が現行の基準値策定当時の値(11版)と異なるものがあれば、規制対象核種それぞれの残存率が異なり、放射性セシウムに代表させた基準値が変わってくる恐れがある。しかし基準値の決定に使用された誘導濃度の一番低い13～18歳(男)1年後の値には新たな半減期と改定前の半減期との間で違いがなかったため、現行の基準値に与える影響はないと考えられた。以上のことから新たな半減期によって基準値が変化することはなく、現行規制が妥当であることを確認した。

D. 結論

昨年度に引き続き、プログラミング処理による作業の効率化により、2012年度から2016年度分の各検査品目を食品の小分類に仕分ける作業を行った。対象年度を5年度分に拡大したことで検査品目数の推移がより明瞭となった。また、2020年に半減期が改定されたことを踏まえ、内部被ばく線量推定および現行の食品規制に及ぼす影響を検討した。改定による線量係数に及ぼす影響は極めて小さく、現行規制が妥当であると考えられた。

参考文献

- 1) アイソトープ手帳 12版. 日本アイソトープ協会, 令和2年3月.
- 2) アイソトープ手帳 11版. 日本アイソトープ協会, 平成23年1月.
- 3) 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. 食品中の放射性物質に係る規格基準の設定について. 平成 23 年 12 月 22 日
<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r98520000023nbs-att/2r98520000023ng2.pdf>
(最終アクセス日:2022年3月31日)

E. 研究発表

1. 論文発表

- Osanai M, Hirano D, Mitsunashi S, Kudo K, Hosokawa S, Tsushima M, Iwaoka K, Yamaguchi I, Tsujiguchi T, Hosoda M, Hosokawa Y, Saito Y. Estimation of effect of radiation dose reduction for internal exposure by food regulations under the current criteria for radionuclides in

foodstuff in Japan using monitoring results. *Foods*. 2021; 10(4): 691.

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

2. 学会発表

- ・ 小山内暢, 平野大介, 三橋誌織, 工藤幸清, 細川翔太, 對馬恵, 岩岡和輝, 山口一郎, 辻口貴清, 細田正洋, 細川洋一郎, 齋藤陽子. モニタリング検査結果を活用した食品中の放射性物質の規制による内部被ばく線量低減効果の検証. 第58回アイソトープ・放射線研究発表会. 2021年7月. オンライン開催
- ・ 野呂朝夢祐, 小山内暢, 木村将乃助, 工藤幸清, 對馬恵, 細川翔太, 土屋涼子. 食品中の放射性物質の規制による内部被ばく線量低減効果. 第8回保健科学研究発表会. 2021年9月. 弘前

3. その他

- ・ Osanai M. Food safety in Japan after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. 2021 KIRAMS – Hirosaki University Webinar on Radiation Emergency Medicine. 2021年9月. virtually
- ・ 野呂朝夢祐, 木村将乃助, 小山内暢 (指導教員). 食品中の放射性物質の規制に関する研究. 弘前大学医学部保健学科放射線技術科学専攻卒業研究発表会. 2021年11月. 弘前

E. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む。）

1. 特許取得

図表

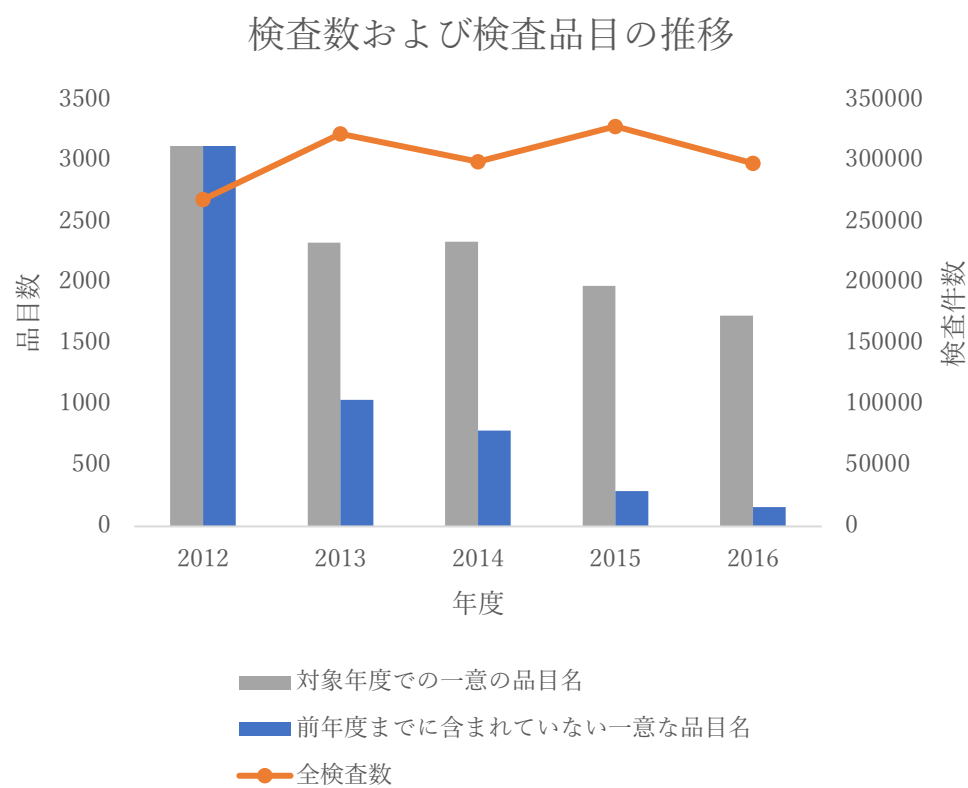


Fig. 1 検査数および一意な検査品目の推移

Table 1 放射性核種の半減期 (単位 : y)

	アイソトープ手帳	
	11 版	12 版
Cs-134	<u>2.06</u>	<u>2.07</u>
Cs-137	<u>30.17</u>	<u>30.08</u>
Sr-90	28.79	28.79
Ru-106	1.02	1.02
Pu-238	87.7	87.7
Pu-239	24110	24110
Pu-240	<u>6564</u>	<u>6561</u>
Pu-241	<u>14.35</u>	<u>14.33</u>

二重下線 : 11 版と 12 版で値が異なる。

(単位 : Sv/Bq)

Table 2 放射性セシウムの線量係数 (アイソトープ手帳 12 版の半減期を使用)

年後	年度	年齢区分				
		3months	5 years	10 years	15 years	adult
1	2012	2.31E-08	1.10E-08	1.17E-08	1.55E-08	1.55E-08
2	2013	2.27E-08	1.08E-08	1.14E-08	1.51E-08	1.51E-08
3	2014	2.24E-08	1.06E-08	1.11E-08	1.47E-08	1.47E-08
4	2015	2.21E-08	1.04E-08	1.09E-08	1.43E-08	1.43E-08
5	2016	2.19E-08	1.02E-08	1.07E-08	1.40E-08	1.40E-08
6	2017	2.17E-08	1.01E-08	1.05E-08	1.38E-08	1.38E-08
7	2018	2.15E-08	9.94E-09	1.04E-08	1.36E-08	1.36E-08
8	2019	2.14E-08	9.86E-09	1.03E-08	1.35E-08	1.35E-08
9	2020	2.13E-08	9.79E-09	1.02E-08	1.33E-08	1.33E-08
10	2021	2.12E-08	9.74E-09	1.02E-08	1.33E-08	1.33E-08
11	2022	2.12E-08	9.71E-09	1.01E-08	1.32E-08	1.32E-08
12	2023	2.11E-08	9.68E-09	1.01E-08	1.31E-08	1.31E-08
13	2024	2.11E-08	9.66E-09	1.01E-08	1.31E-08	1.31E-08
14	2025	2.11E-08	9.64E-09	<u>1.00E-08</u>	1.31E-08	1.31E-08
15	2026	2.10E-08	9.63E-09	1.00E-08	1.31E-08	1.31E-08
20	2031	2.10E-08	9.61E-09	1.00E-08	1.30E-08	1.30E-08
30	2041	2.10E-08	9.60E-09	1.00E-08	1.30E-08	1.30E-08
50	2061	2.10E-08	9.60E-09	1.00E-08	1.30E-08	1.30E-08
100	2111	2.10E-08	9.60E-09	1.00E-08	1.30E-08	1.30E-08

二重下線 (一箇所) : アイソトープ手帳 11 版の半減期使用の場合は 1.01E-08 である。

Table 3 食品に対する放射性セシウムの誘導濃度（13～18歳、男）

	手帳	年後							
		1	3	5	10	20	30	50	100
飲料水摂取による線量 (mSv/y)	11版	1.191E-01	<u>1.147E-01</u>	1.115E-01	1.077E-01	1.065E-01	1.063E-01	1.061E-01	<u>1.055E-01</u>
	12版	1.191E-01	<u>1.148E-01</u>	1.115E-01	1.077E-01	1.065E-01	1.063E-01	1.061E-01	<u>1.056E-01</u>
食品に割り当てる線量 (mSv/y)	11版	8.809E-01	<u>8.853E-01</u>	8.885E-01	8.923E-01	8.935E-01	8.937E-01	8.939E-01	<u>8.945E-01</u>
	12版	8.809E-01	<u>8.852E-01</u>	8.885E-01	8.923E-01	8.935E-01	8.937E-01	8.939E-01	<u>8.944E-01</u>
食品に対する放射性Csの誘導濃度 (Bq/kg)	11版	1.304E+02	1.330E+02	<u>1.350E+02</u>	1.373E+02	1.380E+02	1.381E+02	1.382E+02	<u>1.384E+02</u>
	12版	1.304E+02	1.330E+02	<u>1.349E+02</u>	1.373E+02	1.380E+02	1.381E+02	1.382E+02	<u>1.383E+02</u>

二重下線：アイソトープ手帳 11 版と 12 版の半減期の違いによる値の相違箇所