

食品衛生基準行政推進調査事業費補助金
(食品の安全確保推進研究事業)
分担研究報告

食品摂取に伴う内部被ばく線量の推定とその評価のまとめ

研究分担者 矢島 千秋(量子科学技術研究開発機構 主任研究員)

研究代表者 青野 辰雄(福島国際教育機構 ユニットサブリーダー)

研究分担者 明石 真言(東京医療保健大学 教授)

研究要旨

東京電力福島第一原子力発電所事故(福島原発事故)により放出された放射性物質による環境の汚染のため、食品の摂取に伴う内部被ばくの影響が懸念され、厚生労働省は平成 24 年 4 月以降、介入線量レベル(食品の安全性に十分に配慮した放射線量の目安)を年間 1 mSv として新たな基準値を適用した。この基準値の導出においては、放射性セシウム(Cs)濃度について基準値を設定し、その他の核種(ストロンチウム-90 (^{90}Sr)、ルテニウム-106 (^{106}Ru)、プルトニウム($^{239+240}\text{Pu}$))を規制対象核種として、放射性 Cs との濃度比を推定することにより、その線量を考慮している。また、これらの規制対象核種以外は、モニタリング結果や核分裂収率、物理的半減期等から、放射性 Cs に比べて線量の寄与が無視し得る程十分に小さいと考えられ、規制対象核種には含まれていない。先行研究では、福島県内で栽培された農産物や福島沖で水揚げされた水産物等の流通食品中の放射性物質濃度について調査し、調査結果を用いて食品摂取に伴う内部被ばく線量を推定したところ、保守的な条件であっても十分に年間 1 mSv を下回る結果が得られた。福島県内では徐々に営農再開や出荷制限の解除が行われているが、すべての避難指示区域が解除された状況ではなく、食品摂取による内部被ばくに対する不安は未だに大きい。

そこで、本研究では、食品中の放射性物質の基準値に伴う内部被ばく線量に関する知見の収集を目的として、令和 6 年度に福島県内で栽培された農作物中のセシウム-137 (^{137}Cs) 濃度から、農作物摂取に伴う放射性 Cs による内部被ばく線量の評価を行った。線量推定(計算)には、量子科学技術研究開発機構保有の「食品摂取に伴う内部被ばく線量評価システム」を改修の上、使用した。農作物は、穀類、いも類、豆類、種実類、緑黄色野菜、その他の野菜、果実類、きのこ類の 8 つの食品群に分類し、食品群毎の摂取量は、令和 5 年国民健康・栄養調査結果の概要に掲載された食品群別摂取量(1 歳以上、性・年齢階級別)の値を用いた。線量推定には分担研究 2 において測定された農作物中 ^{137}Cs 濃度から、農作物の種類(食品群)毎に含まれる作物中で最大となる濃度を各食品群の代表 ^{137}Cs 濃度として用いた。 ^{134}Cs による線量は、 ^{134}Cs と ^{137}Cs の放射能濃度比及び ^{134}Cs と ^{137}Cs の線量係数比を勘案して評価した。摂取量の年齢区分と線量係数の年齢区分を考慮し、1 歳から 80 歳以上までの間に 14 の線量推定の年齢区分を設定した。推定線量が最大となったのは、年齢性別区分が【15-17 歳男性】及び【18-19 歳男性】の場合で、その推定値は 9.3×10^{-3} mSv/年であり、介入線量レベルである年間 1 mSv を大幅に下回る値となった。

A. 研究目的

東京電力福島第一原子力発電所事故(福島原発事故)により放出された放射性物質による環境の汚染のため、食品の摂取に伴う内部被ばくの影響が懸念され、厚生労働省は平成 24 年 4 月以降、介入線量レベル(食品の安全性に十分に配慮した放射線量の目安)を 1 mSv/年として新たな基準値を適用した。この基準値の導出においては、放射性セシウム(Cs)濃度について基準値を設定し、その他の核種(ストロンチウム-90 (^{90}Sr)、ルテニウム-106 (^{106}Ru)、プルトニウム(Pu))を規制対象核種として、放射性 Cs との濃度比を推定することにより、その線量を考慮している¹⁾。また、これらの規制対象核種以外は、モニタリング結果や核分裂収率、物理的半減期等から、放射性 Cs に比べて線量の寄与が無視し得る程十分に小さいと考えられ、規制対象核種には含まれていない。

先行研究では、福島県内で栽培された農産物や福島沖で水揚げされた水産物等の流通食品中の放射性物質濃度について調査し、調査結果を用いて食品摂取に伴う内部被ばく線量を推定したところ、保守的な条件であっても十分に年間 1 mSv を下回る結果が得られた^{2, 3)}。福島県内では徐々に営農再開や出荷制限の解除が行われているが、すべての避難指示区域が解除された状況ではなく、食品摂取による内部被ばくに対する不安は未だに大きい。

そこで、本研究では、食品中の放射性物質の基準値に伴う内部被ばく線量に関する知見の収集を目的として、福島県内で栽培された農作物中のセシウム-137 (^{137}Cs) 濃度から、農作物摂取に伴う放射性 Cs による内部被ばく線量の評価を行った。

B. 研究方法

食品摂取による内部被ばく線量は、食品中の放射性物質濃度に、当該食品の摂取量及び当該放射性核種の内部被ばく線量係数を乗じ、対象食品及び核種について合計することによって求めることができる。本研究では、分担研究 2 において令和 6 年度に測定された福島県で栽培された農作物中の

^{137}Cs 濃度を用いて、農作物の摂取に伴う放射性 Cs による内部被ばく線量を推定した。

線量推定(計算)には、量子科学技術研究開発機構保有の「食品摂取に伴う内部被ばく線量評価システム」を改修の上、使用した。内部被ばく線量係数は、ICRP Publication 72⁴⁾に記載されている年齢別の経口摂取に係る線量係数を用いた(表 1)。農作物は、穀類、いも類、豆類、種実類、緑黄色野菜、その他の野菜、果実類、きのこ類の 8 つの食品群に分類した。食品群毎の摂取量は、令和 5 年国民健康・栄養調査結果の概要⁵⁾に掲載された食品群別摂取量(1 歳以上、性・年齢階級別)の値を用いた(表 2)。摂取量の年齢区分と線量係数の年齢区分を考慮し、1 歳から 80 歳以上までの間に 14 の線量推定の年齢区分を設定した。当該食品中の放射性物質濃度には、分担研究 2 において測定された農作物中 ^{137}Cs 濃度から、農作物の種類(食品群)毎に含まれる作物中で最大となる濃度を各食品群の代表 ^{137}Cs 濃度として用いた(表 3)。ただし、豆類については先行研究³⁾において取得された ^{137}Cs 濃度(令和 5 年度測定値)を用いた。 ^{134}Cs による線量は、 ^{134}Cs と ^{137}Cs の放射能濃度比及び ^{134}Cs と ^{137}Cs の線量係数比を勘案して評価した。摂取する農作物はすべて当該放射性核種が含まれると仮定し、調理加工等による放射性物質濃度の低減については考慮しなかった。

C. 研究結果

令和 6 年度に福島県内で栽培された農作物の摂取に伴う放射性 Cs (^{134}Cs + ^{137}Cs) による年間内部被ばく線量推定値を表 4-1(男性)及び表 4-2(女性)に示す。線量推定値が最大となった線量推定年齢区分は【15-17 歳男性】及び【18-19 歳男性】で、その推定値は 9.3×10^{-3} mSv/年であった。この推定値は、介入線量レベルである 年間 1 mSv を大幅に下回っている。

D. 考察

福島原発事故から 14 年以上が経過し、 ^{134}Cs については 6 半減期以上の物理壊変が進んでおり、

Ge 半導体検出器を用いた測定においても農作物中の ^{134}Cs 濃度はほとんど検出下限以下となっており、平成 23 年 3 月 11 日における ^{137}Cs に対する ^{134}Cs の放射能濃度比を 1 とすると、令和 6 年 10 月 1 日において半減期補正した $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度比は約 0.014 となる。 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 線量係数比は、年齢区分により異なり 1.33～1.46 となる。本研究では、令和 6 年 10 月 1 日を推定基準として $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度比及び $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 線量係数比から、 ^{134}Cs による線量寄与を ^{137}Cs による線量推定値の約 2% の大きさとして評価した。今後、時間の経過とともに ^{134}Cs による線量寄与割合はさらに減少する。

推定線量の最大値は、 9.3×10^{-3} mSv/年（【15-17 歳男性】及び【18-19 歳男性】）であった。農作物の摂取に伴う放射性 Cs による内部被ばく線量に限定した評価であることに注意する必要があるが、介入線量レベルの 1 mSv/年を大幅に下回る値であった。本評価では各食品群に含まれる作物の濃度の最大値を線量推定に用いる代表 ^{137}Cs 濃度として設定した。また、摂取する農作物はすべて放射性 Cs が含まれると仮定し、調理加工等による放射性物質濃度の低減についても考慮していない。そのため、本評価は保守的な評価となっており、実際の摂取状況（作物とその摂取量、調理など）では、本評価よりも低レベルの内部被ばく線量になると考えられる。

E. 結論

本研究では、分担研究 2 で測定された福島県内で栽培された農作物中 ^{137}Cs 濃度を用いて農作物摂取に伴う放射性 Cs による内部被ばく線量の評価を行った。推定線量が最大となったのは、年齢性別区分が【15-17 歳男性】及び【18-19 歳男性】の場合で、その推定値は 9.3×10^{-3} mSv/年であり、介入線量レベルである年間 1 mSv を大幅に下回る値となった。

引用文献

1) 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資料（平成 23 年 12 月 22 日

開催）(2011).

2) 明石真言：厚生労働行政推進調査事業費補助金（食品の安全確保推進研究事業）食品中の放射性物質濃度の基準値に対する放射性核種濃度比の検証とその影響評価に関する研究 平成 30 年度-令和 2 年度 総合研究報告書(2021).

3) 明石真言：厚生労働行政推進調査事業費補助金（食品の安全確保推進研究事業）食品中の放射性物質の基準値施行後の検証とその影響評価に関する研究 令和 3 年度～5 年度 総合研究報告書(2024).

4) ICRP: Publication 72(1996).

5) 厚生労働省：令和 5 年国民健康・栄養調査結果の概要(2024).

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

表1 評価に用いた内部被ばく線量係数 (mSv/Bq)⁴⁾

	1～2歳	3～7歳	8～12歳	13～17歳	18歳以上
Cs-134	1.6×10^{-8}	1.3×10^{-8}	1.4×10^{-8}	1.9×10^{-8}	1.9×10^{-8}
Cs-137	1.2×10^{-8}	9.6×10^{-9}	1.0×10^{-8}	1.3×10^{-8}	1.3×10^{-8}

表2 食品群別平均1日摂取量 (g/日)⁵⁾

性別	食品群	1-6歳	7-14歳	15-19歳	20-29歳	30-39歳	40-49歳	50-59歳	60-69歳	70-79歳	80歳以上
男性	穀類	267.2	440.7	658.8	514.6	509.3	510.8	494.4	483.8	438.1	427.3
	いも類	38.6	62.3	54.3	55	52.1	53	41.1	48.2	50.2	49.6
	豆類	31.1	39.4	49.4	49.9	45.8	48.2	51.4	63.6	69.5	65.5
	種実類	0.4	1.9	1.3	0.9	2	2.1	3.6	2.5	2.8	2.3
	緑黄色野菜	50.7	66.5	76.1	59.8	69.5	69	77.6	79.6	88.5	96.8
	その他の野菜	90.4	150.1	179.2	171.1	173.7	168.7	182.4	192.6	195.2	182.7
	果実類	77	56.9	63.7	41.3	41.3	39.1	59.8	93.2	124.7	148.4
	きのこ類	4.2	9.8	15.8	8.9	12.7	12.1	15.7	17.5	15	12.8
女性	穀類	249.8	388.6	408.4	340.7	382.5	377.2	357.3	344.7	336	347.1
	いも類	35.5	54.3	47.1	43.3	45.6	39.7	41.7	44.2	55.8	46.9
	豆類	26.8	40.5	38.7	40.3	39.8	53.7	62.2	68.3	68.7	59.2
	種実類	0.7	1.2	1.7	2.6	1.7	2.8	2.7	2.4	3.4	2.7
	緑黄色野菜	51.2	65	78.4	63.6	69.7	65	71.1	82.3	99.9	98
	その他の野菜	74.2	144.5	138.3	148.1	149.8	157	167.3	180.6	188.6	168.1
	果実類	76	61.1	60.8	47.7	57.4	57.6	73	104.8	158.8	160.6
	きのこ類	5.2	9.3	9.6	13.7	12.9	12	15	15.4	18.1	11.3

表3 評価に用いた代表¹³⁷Cs濃度 (Bq/kg-wet)

食品群	¹³⁷ Cs
穀類	1.81
いも類	3.74
豆類	0.73
種実類	3.10
緑黄色野菜	2.22
その他の野菜	1.41
果実類	0.78
きのこ類	1.26

表 4-1 農作物摂取に伴う放射性 Cs ($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$) による年間内部被ばく線量推定値(男性) (mSv/年)

食品群	核種	1-2歳	3-6歳	7歳	8-12歳	13-14歳	15-17歳	18-19歳
穀類	^{137}Cs	2.1×10^{-3}	1.7×10^{-3}	2.8×10^{-3}	2.9×10^{-3}	3.8×10^{-3}	5.7×10^{-3}	5.7×10^{-3}
いも類	^{137}Cs	6.3×10^{-4}	5.1×10^{-4}	8.2×10^{-4}	8.5×10^{-4}	1.1×10^{-3}	9.6×10^{-4}	9.6×10^{-4}
豆類	^{137}Cs	1.0×10^{-4}	8.0×10^{-5}	1.0×10^{-4}	1.0×10^{-4}	1.4×10^{-4}	1.7×10^{-4}	1.7×10^{-4}
種実類	^{137}Cs	$< 1.0 \times 10^{-5}$	$< 1.0 \times 10^{-5}$	2.1×10^{-5}	2.1×10^{-5}	2.8×10^{-5}	1.9×10^{-5}	1.9×10^{-5}
緑黄色野菜	^{137}Cs	4.9×10^{-4}	3.9×10^{-4}	5.2×10^{-4}	5.4×10^{-4}	7.0×10^{-4}	8.0×10^{-4}	8.0×10^{-4}
その他の野菜	^{137}Cs	5.6×10^{-4}	4.5×10^{-4}	7.4×10^{-4}	7.7×10^{-4}	1.0×10^{-3}	1.2×10^{-3}	1.2×10^{-3}
果実類	^{137}Cs	2.6×10^{-4}	2.1×10^{-4}	1.6×10^{-4}	1.6×10^{-4}	2.1×10^{-4}	2.4×10^{-4}	2.4×10^{-4}
きのこ類	^{137}Cs	2.3×10^{-5}	1.8×10^{-5}	4.3×10^{-5}	4.5×10^{-5}	5.8×10^{-5}	9.4×10^{-5}	9.4×10^{-5}
合計 (^{137}Cs)		4.2×10^{-3}	3.4×10^{-3}	5.2×10^{-3}	5.4×10^{-3}	7.0×10^{-3}	9.2×10^{-3}	9.2×10^{-3}
合計 ($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$)		4.3×10^{-3}	3.4×10^{-3}	5.3×10^{-3}	5.5×10^{-3}	7.2×10^{-3}	9.3×10^{-3}	9.3×10^{-3}

食品群	核種	20-29歳	30-39歳	40-49歳	50-59歳	60-69歳	70-79歳	80歳以上
穀類	^{137}Cs	4.4×10^{-3}	4.4×10^{-3}	4.4×10^{-3}	4.3×10^{-3}	4.2×10^{-3}	3.8×10^{-3}	3.7×10^{-3}
いも類	^{137}Cs	9.8×10^{-4}	9.2×10^{-4}	9.4×10^{-4}	7.3×10^{-4}	8.5×10^{-4}	8.9×10^{-4}	8.8×10^{-4}
豆類	^{137}Cs	1.7×10^{-4}	1.6×10^{-4}	1.7×10^{-4}	1.8×10^{-4}	2.2×10^{-4}	2.4×10^{-4}	2.3×10^{-4}
種実類	^{137}Cs	1.3×10^{-5}	2.9×10^{-5}	3.1×10^{-5}	5.3×10^{-5}	3.7×10^{-5}	4.1×10^{-5}	3.4×10^{-5}
緑黄色野菜	^{137}Cs	6.3×10^{-4}	7.3×10^{-4}	7.3×10^{-4}	8.2×10^{-4}	8.4×10^{-4}	9.3×10^{-4}	1.0×10^{-3}
その他の野菜	^{137}Cs	1.1×10^{-3}	1.2×10^{-3}	1.1×10^{-3}	1.2×10^{-3}	1.3×10^{-3}	1.3×10^{-3}	1.2×10^{-3}
果実類	^{137}Cs	1.5×10^{-4}	1.5×10^{-4}	1.5×10^{-4}	2.2×10^{-4}	3.5×10^{-4}	4.6×10^{-4}	5.5×10^{-4}
きのこ類	^{137}Cs	5.3×10^{-5}	7.6×10^{-5}	7.2×10^{-5}	9.3×10^{-5}	1.0×10^{-4}	8.9×10^{-5}	7.6×10^{-5}
合計 (^{137}Cs)		7.6×10^{-3}	7.6×10^{-3}	7.6×10^{-3}	7.6×10^{-3}	7.9×10^{-3}	7.7×10^{-3}	7.7×10^{-3}
合計 ($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$)		7.7×10^{-3}	7.8×10^{-3}	7.8×10^{-3}	7.7×10^{-3}	8.0×10^{-3}	7.9×10^{-3}	7.9×10^{-3}

表 4-2 農作物摂取に伴う放射性 Cs ($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$) による年間内部被ばく線量推定値(女性) (mSv/年)

食品群	核種	1-2歳	3-6歳	7歳	8-12歳	13-14歳	15-17歳	18-19歳
穀類	^{137}Cs	2.0×10^{-3}	1.6×10^{-3}	2.5×10^{-3}	2.6×10^{-3}	3.3×10^{-3}	3.5×10^{-3}	3.5×10^{-3}
いも類	^{137}Cs	5.8×10^{-4}	4.6×10^{-4}	7.1×10^{-4}	7.4×10^{-4}	9.6×10^{-4}	8.4×10^{-4}	8.4×10^{-4}
豆類	^{137}Cs	9.0×10^{-5}	7.0×10^{-5}	1.0×10^{-4}	1.1×10^{-4}	1.4×10^{-4}	1.3×10^{-4}	1.3×10^{-4}
種実類	^{137}Cs	$< 1.0 \times 10^{-5}$	$< 1.0 \times 10^{-5}$	1.3×10^{-5}	1.4×10^{-5}	1.8×10^{-5}	2.5×10^{-5}	2.5×10^{-5}
緑黄色野菜	^{137}Cs	5.0×10^{-4}	4.0×10^{-4}	5.1×10^{-4}	5.3×10^{-4}	6.8×10^{-4}	8.3×10^{-4}	8.3×10^{-4}
その他の野菜	^{137}Cs	4.6×10^{-4}	3.7×10^{-4}	7.2×10^{-4}	7.4×10^{-4}	9.7×10^{-4}	9.3×10^{-4}	9.3×10^{-4}
果実類	^{137}Cs	2.6×10^{-4}	2.1×10^{-4}	1.7×10^{-4}	1.7×10^{-4}	2.3×10^{-4}	2.3×10^{-4}	2.3×10^{-4}
きのこ類	^{137}Cs	2.9×10^{-5}	2.3×10^{-5}	4.1×10^{-5}	4.3×10^{-5}	5.5×10^{-5}	5.7×10^{-5}	5.7×10^{-5}
合計 (^{137}Cs)		3.9×10^{-3}	3.1×10^{-3}	4.7×10^{-3}	4.9×10^{-3}	6.4×10^{-3}	6.5×10^{-3}	6.5×10^{-3}
合計 ($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$)		4.0×10^{-3}	3.2×10^{-3}	4.8×10^{-3}	5.0×10^{-3}	6.5×10^{-3}	6.7×10^{-3}	6.7×10^{-3}

食品群	核種	20-29歳	30-39歳	40-49歳	50-59歳	60-69歳	70-79歳	80歳以上
穀類	^{137}Cs	2.9×10^{-3}	3.3×10^{-3}	3.2×10^{-3}	3.1×10^{-3}	3.0×10^{-3}	2.9×10^{-3}	3.0×10^{-3}
いも類	^{137}Cs	7.7×10^{-4}	8.1×10^{-4}	7.0×10^{-4}	7.4×10^{-4}	7.8×10^{-4}	9.9×10^{-4}	8.3×10^{-4}
豆類	^{137}Cs	1.4×10^{-4}	1.4×10^{-4}	1.9×10^{-4}	2.2×10^{-4}	2.4×10^{-4}	2.4×10^{-4}	2.1×10^{-4}
種実類	^{137}Cs	3.8×10^{-5}	2.5×10^{-5}	4.1×10^{-5}	4.0×10^{-5}	3.5×10^{-5}	5.0×10^{-5}	4.0×10^{-5}
緑黄色野菜	^{137}Cs	6.7×10^{-4}	7.3×10^{-4}	6.8×10^{-4}	7.5×10^{-4}	8.7×10^{-4}	1.1×10^{-3}	1.0×10^{-3}
その他の野菜	^{137}Cs	9.9×10^{-4}	1.0×10^{-3}	1.1×10^{-3}	1.1×10^{-3}	1.2×10^{-3}	1.3×10^{-3}	1.1×10^{-3}
果実類	^{137}Cs	1.8×10^{-4}	2.1×10^{-4}	2.1×10^{-4}	2.7×10^{-4}	3.9×10^{-4}	5.9×10^{-4}	6.0×10^{-4}
きのこ類	^{137}Cs	8.2×10^{-5}	7.7×10^{-5}	7.1×10^{-5}	8.9×10^{-5}	9.2×10^{-5}	1.1×10^{-4}	6.7×10^{-5}
合計 (^{137}Cs)		5.8×10^{-3}	6.3×10^{-3}	6.2×10^{-3}	6.3×10^{-3}	6.6×10^{-3}	7.2×10^{-3}	6.9×10^{-3}
合計 ($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$)		5.9×10^{-3}	6.4×10^{-3}	6.3×10^{-3}	6.4×10^{-3}	6.7×10^{-3}	7.3×10^{-3}	7.0×10^{-3}