

II. 分担研究報告

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)

農作物中 Cs と長半減期核種の濃度測定に関する研究
分担研究報告

分担研究者 塚田 祥文 (福島大学 環境放射能研究所)

研究要旨

東京電力福島第一原子力発電所事故 (FDNPS 事故) により環境へ放出された放射性物質の影響を受け、食品へ放射性物質による汚染が生じ、食品の摂取に伴う内部被ばくが懸念され、厚生労働省は平成 24 年 4 月以降、食品からの内部被ばくを年間線量 1 mSv として、導出された基準値を適用している。この基準値は、対象となる放射性 Cs 以外の核種 (^{90}Sr 、 ^{106}Ru 、 Pu) については、 ^{137}Cs との放射能濃度比から、これらの核種の濃度を推定し、設定された。先行研究では、営農再開を予定している地域を含め福島県内で栽培された農産物について測定を行ったが、放射性 Cs 濃度は全て基準値以下で、Cs 以外の放射性物質濃度 (主に ^{90}Sr) は大気圏核実験由来と考えられるものが多く、流通する様々な食品から放射性 Cs 以外には FDNPS 事故の影響は見られなかった。さらに、測定結果を用いて内部被ばくに対する寄与率の状況を確認し、食品摂取に伴う内部被ばく線量を計算したところ、保守的な条件であっても十分に 1 mSv/年を下回る結果が得られた。福島県内では営農再開する地域の拡大が行われているが、すべての地域で避難指示区域が解除された状況ではなく、解除された居住制限区域及び避難指示解除準備区域などであっても、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、FDNPS 事故から約 11 年が経過したことを踏まえ、福島県で栽培され流通している多種多様の農作物を評価対象として作物中放射性 Cs レベルを把握し、この 11 年間における放射性 Cs 濃度の傾向について考察を行った。また、作物中 ^{90}Sr 濃度は、これまでに得られた作物中 $^{90}\text{Sr}/\text{Sr}$ 比を用いて類推した。

令和 3 年度は中通りで人口が多い福島市周辺地域を対象に 102 試料、令和 4 年は浜通りで人口が多いいわき市周辺でさまざまな作物 111 試料を網羅的に採取し、平成 23 年の事故から 11 年以上を経過した作物中放射性 Cs レベルを調査した。作物としては、玄米、芋類、葉菜類、根菜類、豆類、果菜類 (果実類を含む)、穀類、種実類及びその他など地物として流通している作物を対象とした。それぞれの ^{137}Cs 濃度は、 0.41 ± 0.29 (n=4)、 0.13 ± 0.05 (n=7)、 0.59 ± 2.08 (n=44)、 0.05 ± 0.03 (n=7)、 0.54 ± 0.34 (n=4)、 0.12 ± 0.14 (n=33)、 0.32 (n=1)、 1.43 (n=1) 及び 3.03 ± 6.59 (n=10) Bq/kg-生重量であった。これまでに得られた作物中放射性 Cs 濃度と比較し芋類と果菜類で減少傾向にあるが、山菜なども市場に出回るようになり、シドケとシイタケの ^{137}Cs 濃度がそれぞれ、12 Bq/kg-生重量及び 23 Bq/kg-乾燥重量であった。また、安定 Sr 濃度から予測した ^{90}Sr 濃度の平均値は、 0.055 ± 0.055 (n=16, 0.0020~0.23) Bq/kg-生重量と全て 0.3 Bq/kg-生重量を下回る値であった。

A. 研究目的

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災に起因する東京電力福島第一原子力発電所事故(FDNPS 事故)により、大量の放射性物質が大気及び海洋に放出された。この事故により放出された放射性核種による食品の摂取による内部被ばくが懸念され、厚生労働省は平成 24 年 4 月以降、食品からの内部被ばくを年間線量 1 mSv として導出された基準値を適用している。この基準値は、対象となる放射性 Cs 以外の核種(^{90}Sr 、 ^{106}Ru 及び Pu)については、 ^{137}Cs との放射能濃度比から、これらの核種の濃度を推定し、設定された。また、基準値の設定の際、規制対象核種以外の核種の影響に関しては、いずれも影響は小さいと結論づけられ、これまでに実施された本研究課題でも確認されている。

これまでに、本研究課題において営農再開を予定している地域を含め福島県内で栽培された作物の放射性 Cs や ^{90}Sr 濃度を測定してきた。その結果、放射性 Cs 濃度は、避難指示解除準備区域、居住制限区域等での試験栽培によって得られた作物も含め、福島県内の流通作物は全て基準値以下であった¹⁾。また、これまでに実施した本課題²⁻¹⁰⁾や全国モニタリング調査¹¹⁾によっても作物中 ^{90}Sr 濃度は、福島県以外で生産されている作物中濃度の範囲にあり、大気圏核実験由来と考えられた。さらに、測定結果を用いて内部被ばくに対する寄与率の状況を確認し、食品摂取に伴う内部被ばくを計算したところ、保守的な条件であっても十分に 1 mSv/年を下回る結果が得られた。

福島県内では表土の剥ぎ取り¹²⁾や、カリウムの追加施肥¹³⁾などの低減化対策によって、営農再開する地域は拡大したが、帰還可能となった地域であってもすべての地域で営農再開を果たしたわけではなく、試験作付けによる作物中放射性核種濃度の検査を継続している地域も多く、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¹⁾。そこで、原発事故から 10 年が経過したことを踏まえ、福島県で栽培され流通している多種多様の農作物を評価対象として作物中放射性 Cs レベルを把握し、この 11 年間における放射性 Cs 濃度の傾向について考察することとした。また、作物中 ^{90}Sr 濃

度は、これまでに得られた作物中 $^{90}\text{Sr}/\text{Sr}$ 比を用いて類推した。

B. 研究方法

1. 作物採取

いわき市の産地直売場において 111 試料の作物を、令和 4 年 4 月 26 日から令和 4 年 11 月 22 日に採取した(表 1)。作物としては、玄米(n=4)、芋類(n=7)、葉菜類(n=44)、根菜類(n=7)、豆類(n=4)、果菜類(果実類を含む n=33)、穀類(n=1)、種実類(n=1)及びその他(n=10)など地物として流通している作物とした。作物の採取重量は、124~10,000 g であった(表 1)。

2. 試料の前処理

穀類、豆類などを除く作物は、原則水洗いした後、傷んでいる部分、皮などの非可食部を取り除いた。その後、賽の目状にカットし、玄米、葉菜類、豆類などは 70°C で 1 週間ほど熱乾燥、比較的糖分の多い果実類、果菜類などは 2 週間ほど凍結乾燥した後、ステンレススチール製のカッターブレンダー(7011 HBC, Waring Commercial)で粉碎・混合した(表 1)。ハチミツは、前処理せずそのままの状態測定した。乾燥粉碎試料をプラスチック容器(U-8)に 3.7~124 g を詰め高さを一様にして測定試料とした(表 2)。玄米は、2 L マリネリ容器に 1,820~1,850 g を詰めて測定した。

3. 放射性 Cs 濃度の測定

試料の放射性 Cs 及び ^{40}K 濃度を、Ge 半導体検出器(Canberra:GC2020, GC3020 及び GC4020)で測定した。 ^{134}Cs 及び ^{137}Cs の定量には、それぞれ 604.7 keV 及び 661.7 keV の γ 線を用い、1,917~496, 600 秒測定した。また、 ^{40}K は 1,460 keV の γ 線で定量した。日本アイソトープ協会製の 5 種類(5~50 mm、9.5~95.0 g)の標準試料を用いて効率曲線を作成した。

4. ^{90}Sr 濃度の測定

作物中 ^{90}Sr 濃度は、平成 27 年から令和元年に本課題で得られた $^{90}\text{Sr}/\text{Sr}$ 比を用いて類推した⁴⁻¹⁰⁾。浜通り

の作物中 Sr 濃度を ICP-質量分析装置(ICP-MS)で測定し、 $^{90}\text{Sr}/\text{Sr}$ 比 0.077 Bq/mg(令和 4 年に減衰補正)を用いて、作物中 ^{90}Sr 濃度を類推した(表 3)。

C. 研究結果

本課題の 20 試料について外部機関と ^{137}Cs と ^{40}K についてクロスチェックした結果良い一致を示した(図 1)。作物中 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 及び ^{40}K 濃度を表 2 に示す。平成 23 年の FDNPS 原発事故から 10 年以上が経過し、基準値を超える作物はなく、全ての試料で ^{134}Cs が検出限界値以下となった。玄米、芋類、葉菜類、根菜類、豆類、果菜類(果実類を含む)、穀類、種実類及びその他作物の ^{137}Cs 濃度は、 0.41 ± 0.29 (n=4)、 0.13 ± 0.05 (n=7)、 0.59 ± 2.08 (n=44)、 0.05 ± 0.03 (n=7)、 0.54 ± 0.34 (n=4)、 0.12 ± 0.14 (n=33)、 0.32 (n=1)、 1.43 (n=1)及び 3.03 ± 6.59 (n=10) Bq/kg-生重量であった。(表 4)。基準値を超える作物はなかったが、シドケ(2022-P18)とシイタケ(2022-P60)の ^{137}Cs 濃度が、それぞれ 12 Bq/kg-生重量と 21 Bq/kg-乾燥重量と 10 Bq/kg を超えた。

作物中 Sr 濃度から類推した ^{90}Sr 濃度は、全て 0.3 Bq/kg -生重量以下(0.0020~0.23 Bq/kg-生重量, n=16)と低い濃度にあった(表 2))。また、作物種毎の ^{90}Sr 濃度を表 5 に示した。その中で、根菜類が最も高い 0.14 Bq/kg-生重量、芋類が最も低い 0.019 Bq/kg-生重量であった。

D. 考察

本課題において、平成 24 年から令和 3 年に測定した作物種別 ^{137}Cs 濃度と、令和 4 年に測定した作物種別 ^{137}Cs 濃度を比較し、ボックスプロットを図 2 に示した。芋類の ^{137}Cs 濃度は、令和 3 年度に福島市周辺で採取した芋類の値に比べ有意に低く、果菜類の ^{137}Cs 濃度も平成 24 年度の福島市周辺及び令和 3 年の福島市周辺で採取した果菜類の値より低かった。他の葉菜類、根菜類及び豆類では有意差がなかった。自生野菜のシドケ(2022-P18)と原木栽培のシイタケ(2022-P60)で、それぞれ 12 Bq/kg-生重量及び 21 Bq/kg-乾燥重量と、10 Bq/kg を超えた。表土の剥ぎ取り除染や、K 施用に

よる低減化対策が十分に実施されている圃場などで栽培されている作物中放射性 Cs 濃度は基準値を十分に下回るが、表土の腐植除去に留まっている地点から、採取される山菜などの自生植物中放射性 Cs 濃度については今後も注視していく必要がある。

E. 結論

本課題では、いわき市と周辺で栽培されている作物を対象として採取し、作物中放射性 Cs 濃度を測定した。その結果、低減化対策により作物中放射性 Cs 濃度は全て基準値を下回り、 ^{137}Cs 濃度が 1 Bq/kg-生重量以下の割合が 95%を占め、シドケ(2022-P18)、シイタケ(2022-P60)、ハチミツ(2022-P75)、ギンナン(2022-P95)及びイモガラ(2022-P110)の 5 試料のみが 1 Bq/kg-生重量を超えた。一方で、圃場以外の十分な低減化対策が行われていない地点などから採取したと思われる自生野菜や原木シイタケなどでは、比較的高い値を示す作物も見受けられ、そのような作物については今後も留意する必要がある見られた。

引用文献

- 1) 福島県農産物等の放射性物質モニタリング Q&A,
<http://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/nousa-n-ga.html>
- 2) 厚生労働省, 平成 24 年度食品中放射性セシウム濃度基準値の妥当性検証
- 3) 厚生労働省, 平成 25 年度食品中の放射性物質濃度の基準値に対する影響に関する研究
- 4) 厚生労働省, 平成 26 年度食品中の放射性物質濃度の基準値に対する影響に関する研究
- 5) 厚生労働省, 平成 27 年度食品中の放射性物質濃度の基準値に対する影響と評価手法に関する研究
- 6) 厚生労働省, 平成 28 年度食品中の放射性物質濃度の基準値に対する影響と評価手法に関する研究
- 7) 厚生労働省, 平成 29 年度食品中の放射性物質

- 濃度の基準値に対する影響と評価手法に関する研究
- 8) 厚生労働省, 平成 30 年度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
 - 9) 厚生労働省, 令和元年度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
 - 10) 厚生労働省, 令和2年度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
 - 11) 環境放射線データベース, <http://search.kankyo-hoshano.go.jp/>
 - 12) 環境省, 除染情報サイト. <http://josen.env.go.jp/>
 - 13) 福島県, 農業技術情報(原子力災害対策). <https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/ps-nogyo-nousin-gijyutu04.html>
- F. 健康危険情報
なし
- G. 研究業績
(論文)
1. N. P. Thoa, T. Kurosawa, M. Kikuchi, V. Yoschenko and H. Tsukada (2022) Estimation of rooting depth of ^{137}Cs uptake by plants, *Journal of Environmental Radioactivity* 246, 106847. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2022.106847>.
 2. 菊池美保子, 西康一, 高村昇, 塚田祥文 (2022) 2019 年～2020 年に採取した福島県浪江町における自家消費作物中放射性 Cs 濃度と内部被ばく線量, *Radioisotopes* 71, 185-193.
 3. A. Takeda, Y. Unno, H. Tsukada, Y. Takaku and S. Hisamatsu (2022) Soil-soil solution distribution coefficient of radioiodine in surface soils around spent nuclear fuel reprocessing plant in Rokkasho, Japan, *Radiation Protection Dosimetry* 198, 1047-1051.
 4. H. Tsukada, T. Takahashi and S. Fukutani (2022) Activity concentrations of radiocaesium, ^{90}Sr and ^{129}I in agricultural crops collected from Fukushima and reference areas, and internal radiation dose, *Radiation Protection Dosimetry* 198, 1104-1108.
 5. Y. Wakiyama, A. Konoplev, N. Thoa, T. Niida, H. Tsukada, T. Takase, K. Nanba, V. Golosov, and M. Zheleznyak (2022) Temporal variations in particulate and dissolved ^{137}Cs concentration in the Abukuma river water during two high-flow events in 2018, *Behavior of radionuclides in the Environment. Volume III – Fukushima, Chapter 8*, 153-175.
 6. D. Anderson, H. Tsukada and T. G. Hinton (2022) Transfer parameters for wild boar in radiocaesium in wild boar, *Behavior of radionuclides in the Environment. Volume III – Fukushima, Chapter 16*, 473-480.
 7. R. Saito and H. Tsukada (2022) Physicochemical fractions of radiocaesium in the stomach contents of wild boar and its transfer to muscle tissue in radiocaesium in wild boar, *Behavior of radionuclides in the Environment. Volume III – Fukushima, Chapter 16*, 495-505.
 8. H. Tsukada (2022) Spatial distribution and temporal change of ^{137}Cs activity concentration in dissolved and suspended fractions of irrigation waters collected from Fukushima in *Behavior of radiocaesium in agricultural environment, Behavior of radionuclides in the Environment. Volume III – Fukushima, Chapter 13*, 355-364.
- (解説)
9. 塚田祥文、高田祐介、前島勇治、神山和則、齋藤隆、山口紀子、中尾淳、藤村恵人、二瓶直登、古川純、信濃卓也(2022)原発事故から10年—これまで・今・これからの農業現場を考える, 日本(学会発表)
 10. H. Tsukada, M. Kikuchi, K. Nishi, N. Takamura

- (2022) Activity concentrations of radiocaesium in self-consumed crops collected in Namie, Fukushima from 2019 to 2020 with associated internal radiation doses to humans (South Pacific Environmental Radioactivity Association, SPERA2022, Christchurch)
11. 塚田祥文 (2022) 農耕地土壌および作物における ^{129}I 濃度について(日本土壌肥料学会 2022 年度東京大会、東京)
 12. 菊池美保子, 西康一, 高村昇, 塚田祥文 (2022) 福島県浪江町における自家消費作物中放射性 Cs 濃度と内部被ばく線量(2022 年度日本土壌肥料学会東北支部会(山形大会))
 13. 山口紀子, 塚田祥文, 山田大吾 (2022) 草地土壌における放射性セシウム蓄積への有機物の役割(日本放射化学会第 66 回討論会)
 14. 塚田祥文, 菊池美保子, 西康一, 高村昇 (2023) 福島県浪江町で採取した自家消費作物中 ^{137}Cs とヒトの内部被ばく線量について(第 9 回福島大学環境放射能研究所成果報告会、福島)
 15. 柳川賢斗, 辰野宇大, 塚田祥文 (2023) 2011 年に福島県から採取した土壌アーカイブ試料の ^{137}Cs 存在形態に関する研究(第 9 回福島大学環境放射能研究所成果報告会、福島)
(招待講演)
 16. 塚田祥文(2022)はじまりは地震と共に:成果を繋ぐ研究の進展(日本土壌肥料学会主催シンポジウム「原発事故から 10 年—これまで・今・これからの農業現場を考える」YouTube)
 17. 塚田祥文(2022)食と放射能に関する説明会(一般社団法人福島県環境測定・放射能計測協会「農業環境における放射性セシウムと被ばく線量」浪江町 2 回)招待講演
 18. 塚田祥文(2022)IAEA Technical Meeting on The importance of communicating scientific facts: addressing radiation concerns in societies – the role of science technology and society, Joint investigation of ^{137}Cs activity concentration in self-consumed crops produced by returnees in Namie, Fukushima (MOL&リモート)招待講演
 19. 塚田祥文(2022)Summary Workshop of IAEA-FP Cooperative Projects, 日本における市場流通および自家消費作物中の ^{129}I および ^{137}Cs 濃度(福島県環境創造センター)基調講演
- H. 知的財産権の出願・登録状況
なし

表1 令和4年度採取農作物一覧および前処理 (1/3)

試料名	作物	試料情報			前処理		乾燥後可食部重量 (D, g)	乾燥割合 (D/W)	非可食部除去前処理方法	
		種類	購入日	産地	試料重量 (g)	洗浄後可食部 (W, g)				乾燥方法
2022-P1	ハタマネギ	葉菜類	2022/4/26	いわき市	879	755.49	熱乾燥 70℃	71.7	0.0949	変色葉(黄)、根元より2cm, 枯れた葉
2022-P2	ウド	葉菜類	2022/4/26	いわき市	988	886.23	熱乾燥 70℃	40.3	0.0455	切り口より3cm、黒に変色した芽、茶に変色した皮
2022-P3	フキ	葉菜類	2022/4/26	いわき市	694	346.34	熱乾燥 70℃	21.91	0.0633	筋(表皮)、切り口より1cm(両端)、葉の部位(洗浄前にカット済み)
2022-P4	コゴミ	葉菜類	2022/4/26	いわき市	412	401.5	熱乾燥 70℃	47.26	0.1177	切り口より2cm、コゴミ1本(床に落下)
2022-P5	スナップエンドウ	果菜類	2022/4/26	いわき市	403	374.85	熱乾燥 70℃	42.37	0.1130	筋、両端(いずれも手もぎにて除く)
2022-P6	ギョウジャニンニク	葉菜類	2022/4/26	いわき市	377	366.12	熱乾燥 70℃	46.12	0.1260	切り口より1~2cm, 黄変した葉
2022-P7	ニラ	葉菜類	2022/4/26	いわき市	582	576.65	熱乾燥 70℃	47.89	0.0830	変色した葉の一部
2022-P8	ホウレンソウ	葉菜類	2022/4/26	いわき市	602	614.65	熱乾燥 70℃	42.73	0.0695	根元より2~3cm(※購入時、根元にやや土壌付着有)、虫卵付着箇所(葉)
2022-P9	リーフレタス	葉菜類	2022/4/26	福島県	541	485.16	熱乾燥 70℃	28.72	0.0592	痛み葉、株元より5cm程度(硬い芯の箇所)
2022-P10	キャベツ	葉菜類	2022/4/26	いわき市	806	717.85	熱乾燥 70℃	42.13	0.0587	切り口(株元)より約3cmまでの硬い芯、痛み葉
2022-P11	ワサビナ	葉菜類	2022/4/26	いわき市	681	741.64	熱乾燥 70℃	72.54	0.0978	ほぼ無し
2022-P12	ツボミナ	葉菜類	2022/4/26	いわき市	660	626.97	熱乾燥 70℃	59.8	0.0954	切り口より約2cm, 虫食い葉
2022-P13	ダイコン(根部)	根菜類	2022/4/26	いわき市	1,774	978.36	熱乾燥 70℃	38.64	0.0395	皮、先端より約5cm、切り口(首元)より0.5cm程度、身のうち、茶色の斑点箇所、その周囲1~2mm
2022-P14	ダイコン(葉)	葉菜類	2022/4/26	いわき市	555	598.61	熱乾燥 70℃	30	0.0501	茎元より2~3cm, 根部との切り離し後の首元の一部
2022-P15	ホウレンソウ	葉菜類	2022/4/26	いわき市	664	614.65	熱乾燥 70℃	70.81	0.1152	根元より約2~3cm(※購入時より根元洗浄状態良好)、痛み葉
2022-P16	ミツバ	葉菜類	2022/4/26	いわき市	498	476.99	熱乾燥 70℃	47.41	0.0994	切り口より2~3cm, 前処理中の床上下分(2本分)
2022-P17	フキ	葉菜類	2022/4/26	いわき市	1,091	550.92	熱乾燥 70℃	26.09	0.0474	筋(表皮)、両端より1~2cm, 葉の部位(洗浄前にカット済み)
2022-P18	シドケ	葉菜類	2022/5/17	いわき市	406	431.11	熱乾燥 70℃	27.68	0.0642	切り口より0.5~1cm
2022-P19	コマツナ	葉菜類	2022/5/17	いわき市	762	729.41	熱乾燥 70℃	43.81	0.0601	株元より1~2cm、葉のうち茶色の物質が付着した箇所(※当初から虫食い葉多し)
2022-P20	サラダシュンギク	葉菜類	2022/5/17	いわき市	555	531.43	熱乾燥 70℃	24.27	0.0457	株元より2cm程度、痛み葉、洗浄中に流出した葉
2022-P21	ミョウガタケ	その他	2022/5/17	いわき市	588	561.52	熱乾燥 70℃	27.41	0.0488	切り口より0.5~1cm、黄変箇所の葉
2022-P22	ヤマブキ(自生)	葉菜類	2022/5/17	いわき市	788	585.5	熱乾燥 70℃	40.98	0.0700	洗浄前: 葉部; 洗浄後: 筋、両端0.5~1cm, 黒色となったフキ(痛んだ茎)
2022-P23	ブロッコリー	葉菜類	2022/5/17	いわき市	1,017	774.49	熱乾燥 70℃	59.96	0.0774	茎の外側(凹凸の粗い部分)、切り口より3cm(茎のうち硬い部分)、葉
2022-P24	ホウレンソウ	葉菜類	2022/5/17	いわき市	663	633.07	熱乾燥 70℃	38.49	0.0608	軸(根元)より1~2cm, 汚れが付着した箇所の茎、虫食い箇所の葉
2022-P25	ラディッシュ	根菜類	2022/5/17	いわき市	389	294.88	熱乾燥 70℃	11.48	0.0389	洗浄前: 葉・茎; 洗浄後: 切り口(首)より0.5cm程度(青みの芯が残る箇所)、底部の茶変した皮 0.5~1.0cm、表皮のうち茶色の斑点箇所、ひげ根
2022-P26	クキナ	葉菜類	2022/5/17	いわき市	693	687.46	熱乾燥 70℃	51.86	0.0754	切り口より1~1.5cm
2022-P27	スナップエンドウ	果菜類	2022/5/17	いわき市	466	436.71	熱乾燥 70℃	52.06	0.1192	筋、両端(0.5~1cm がくも含む)
2022-P28	カブ(根部)	根菜類	2022/5/17	いわき市	1,007	703.04	熱乾燥 70℃	33.79	0.0481	皮、切り離しの切断面より1cm程度、果肉のうち茶斑点の箇所
2022-P29	カブ(葉)	葉菜類	2022/5/17	いわき市	555	109.78	熱乾燥 70℃	7.13	0.0649	黄変した茎・葉、切り口(切断面)より1.5cm(汚れの付着した茎)
2022-P30	タマネギ	葉菜類	2022/5/17	いわき市	1,387	1,338.9	熱乾燥 70℃	103.3	0.0772	洗浄前: 表皮(茶色の薄皮)、根; 洗浄後: 根側の茎、上部の芽の一部、変色した葉の一部
2022-P31	ブロッコリー	葉菜類	2022/6/9	いわき市	993	932.51	熱乾燥 70℃	98.32	0.1054	切り口より0.5~1cm, 葉、痛み箇所
2022-P32	トマト	果菜類	2022/6/9	いわき市	1,626	1,543.16	凍結乾燥	127.43	0.0826	ヘタ、ヘタ周囲の果肉
2022-P33	サトイモ	芋類	2022/6/9	いわき市	1,146	814.93	凍結乾燥	150.12	0.1842	皮、痛み箇所(茶色)
2022-P34	ジャガイモ(マークイン)	芋類	2022/6/9	いわき市	1,606	1,415.94	凍結乾燥	260.29	0.1838	皮、痛み箇所(茶色)
2022-P35	ハチミツ(サクラ)	その他	2022/6/9	いわき市	260				1.0000	無し
2022-P36	アオウメ	果実類	2022/6/9	いわき市	2,080	1,464.06	凍結乾燥	135.72	0.0927	ヘタ、種、種周囲の果肉、斑点箇所の皮、
2022-P37	ズッキーニ	果菜類	2022/6/9	いわき市	993	930.35	熱乾燥 70℃	30.77	0.0331	ヘタ、底部より0.5~1cm, 変色した皮(白・茶)、及び果肉(茶)
2022-P38	ラッキョウ	葉菜類	2022/6/9	いわき市	889	724.83	熱乾燥 70℃	212.82	0.2936	薄皮、汚れが付着した皮、底部(根)より0.5cm, 先端(首)0.5~1cm
2022-P39	カボチャ	果菜類	2022/6/9	いわき市	1,028	806.57	熱乾燥 70℃	206.38	0.2559	種、ワタ、ヘタ、底部より0.5cm

表1 令和4年度採取農作物一覧および前処理 (2/3)

2022-P40	インゲン	果菜類	2022/6/9	いわき市	834	808.36	熱乾燥 70℃	43.1	0.0533	両端より約1cm
2022-P41	オカヒジキ	葉菜類	2022/6/9	いわき市	814	838.53	熱乾燥 70℃	60.02	0.0716	切り口より0.5~1cm
2022-P42	タマネギ	葉菜類	2022/6/9	いわき市	1,423	1337.31	熱乾燥 70℃	120.09	0.0898	根、表皮(茶)、首元(茎)
2022-P43	ジャガイモ(キタアカリ)	芋類	2022/6/9	いわき市	1,794	1504.74	凍結乾燥	322.08	0.2140	皮、果肉の赤い箇所(芽元)
2022-P44	ニンニク	葉菜類	2022/6/9	いわき市	552	445.83	凍結乾燥	150.48	0.3375	皮、茎、根の付け根、薄皮
2022-P45	ナガネギ	葉菜類	2022/6/22	いわき市	2,154	1348.48	熱乾燥 70℃	91.87	0.0681	皮、茎、根の付け根、薄皮
2022-P46	トマト	果菜類	2022/6/22	いわき市	1,209	1111.89	凍結→熱乾燥(70℃)	76.92	0.0692	ヘタ、ヘタ周囲の果肉、他
2022-P47	キュウリ	果菜類	2022/6/22	いわき市	1,489	1477.69	熱乾燥 70℃	40.76	0.0276	両端より0.2cm
2022-P48	ニンニク	葉菜類	2022/6/22	いわき市	567	438.36	凍結乾燥	159.93	0.3648	茎、外皮、薄皮
2022-P49	アカシソ	葉菜類	2022/6/22	いわき市	792	456.9	熱乾燥 70℃	48.02	0.1051	茎、汚れの付着した葉、虫食い葉等
2022-P50	シュンギク	葉菜類	2022/6/22	いわき市	560	521.54	熱乾燥 70℃	37.14	0.0712	切り口より0.5~1.0cm, 痛み葉/茎(多め)
2022-P51	ブルーベリー	果実類	2022/6/22	いわき市	503	503.77	熱乾燥 70℃	65.35	0.1297	茎2本
2022-P52	グミ(自生)	果実類	2022/6/22	いわき市	613	371.82	熱乾燥 70℃	61.99	0.1667	種、種周囲の果肉、黒色の果肉
2022-P53	カリフラワー	葉菜類	2022/6/22	いわき市	1,535	1376.83	熱乾燥 70℃	91.04	0.0661	硬い茎、葉、つぼみの表面側のうち、茶/黒色の斑点箇所を削り落とし
2022-P54	オクラ	果菜類	2022/6/22	いわき市	409	330.15	熱乾燥 70℃	29.18	0.0884	ヘタ
2022-P55	キャベツ	葉菜類	2022/6/22	いわき市	2,836	2368.69	熱乾燥 70℃	123.84	0.0523	外葉計2枚、芯、汚れのある葉
2022-P56	ダイコン(根部)	根菜類	2022/6/22	いわき市	1,909	1614.32	熱乾燥 70℃	56.2	0.0348	皮、果肉のうち茶色の斑点箇所、底部より0.2cm, 切り離し後の首側の切り口より0.5cm
2022-P57	ダイコン(葉)	葉菜類	2022/6/22	いわき市		74.05	熱乾燥 70℃	5.29	0.0714	切り落とし後の首側の切り口より1.5cm, 汚れの付着した葉、痛み葉・茎
2022-P58	ナス	果菜類	2022/6/22	いわき市	667	600.06	熱乾燥 70℃	36.46	0.0608	ヘタ、ヘタ周囲の果肉、茶色に変色した皮
2022-P59	ピーマン	果菜類	2022/6/22	いわき市	558	397.31	熱乾燥 70℃	25.28	0.0636	ヘタ、ヘタ周囲の果肉、種(概ね全量)、ワタ、黒色に変色した皮
2022-P60	乾燥シイタケ(原木)	その他	2022/7/12	いわき市	310	207.21	熱乾燥 70℃	193.61	0.9344	無し
2022-P61	トウモロコシ	果菜類	2022/7/12	いわき市	929	447.41	熱乾燥 70℃	103.67	0.2317	包葉
2022-P62	ツルムラサキ	葉菜類	2022/7/12	いわき市	883	911.42	熱乾燥 70℃	50.47	0.0554	切り口より0.5~1.0cm, 痛み葉
2022-P63	プラム(メスレ)	果実類	2022/7/12	いわき市	1,402	1120.21	熱乾燥 70℃	103.44	0.0923	種、種に付着した果肉、ヘタ、茎
2022-P64	パプリカ(黄)	果菜類	2022/7/12	福島県	944	857.81	熱乾燥 70℃	47.71	0.0556	ヘタ、ワタ、種、ヘタ周囲の果肉
2022-P65	キクラゲ	その他	2022/7/12	いわき市	540	486.78	熱乾燥 70℃	39.74	0.0816	石づき
2022-P66	ナス	果菜類	2022/7/12	いわき市	1,280	1173	熱乾燥 70℃	69.27	0.0591	ヘタ、ヘタに付着した果肉
2022-P67	ハチミツ(百花蜜)	その他	2022/7/27	福島県	300				1.0000	無し
2022-P68	ハチミツ(アカシア)	その他	2022/7/27	福島県	180				1.0000	無し
2022-P69	ゴーヤ	果菜類	2022/7/27	いわき市	982	748.34	熱乾燥 70℃	46.36	0.0620	ワタ、種、両端より1~2cm
2022-P70	アスパラガス	葉菜類	2022/7/27	いわき市	918	907.53	熱乾燥 70℃	51.15	0.0564	切り口より0.1~0.2cm
2022-P71	モロヘイヤ	葉菜類	2022/7/27	いわき市	488	424.49	熱乾燥 70℃	60.88	0.1434	洗浄前) 痛み葉 洗浄後) 切り口より0.5~1cm, 痛み葉、
2022-P72	ミョウガ	その他	2022/7/27	いわき市	616	597.33	熱乾燥 70℃	23.65	0.0396	切り口より0.1~0.2cm, 汚れの付着した茎、皮
2022-P73	スイカ	果菜類	2022/7/27	いわき市	3,721	2045.67	凍結乾燥	185.32	0.0906	皮、種、果肉(白色、赤色の一部)、ツル
2022-P74	モモ	果実類	2022/7/27	いわき市	1,931	1468.86	凍結乾燥	179.53	0.1222	種、皮、果肉の一部(茶褐色)、ヘタ
2022-P75	ハチミツ	その他	2022/7/27	いわき市	150				1.0000	無し
2022-P76	ハチミツ(ヤブカラシ)	その他	2022/8/9	いわき市	600				1.0000	無し
2022-P77	クウシンサイ	葉菜類	2022/8/9	いわき市	592	616.81	熱乾燥 70℃	37.91	0.0615	切り口より1.0~3.0cm, 痛み葉
2022-P78	アオシソ	葉菜類	2022/8/9	いわき市	403	314.01	熱乾燥 70℃	41.28	0.1315	茎、痛み葉、虫食い葉、幼葉
2022-P79	シントウ	果菜類	2022/8/9	いわき市	420	366.39	熱乾燥 70℃	28.97	0.0791	ヘタ

表1 令和4年度採取農作物一覧および前処理 (3/3)

2022-P80	トウガン	果菜類	2022/8/31	いわき市	1,825	1425.99	熱乾燥 70℃	34.89	0.0245	皮、わた、種
2022-P81	ナシ	果実類	2022/8/31	いわき市	2,245	1636.97	凍結乾燥	204.66	0.1250	皮、種、芯
2022-P82	食用ホオズキ	果実類	2022/8/31	いわき市	443	400.51	熱乾燥 70℃	59.3	0.1481	洗浄前)ガク、洗浄後)ヘタ(果実)
2022-P83	ブドウ	果実類	2022/8/31	いわき市	1,946	1334.17	凍結乾燥	246.57	0.1848	皮、枝、穂軸
2022-P84	サニーレタス	葉菜類	2022/8/31	いわき市	754	666.91	熱乾燥 70℃	24.82	0.0372	茎、葉の根元(土壌付着箇所)
2022-P85	サツマイモ	芋類	2022/10/13	いわき市	1,206	1092.95	熱乾燥 70℃	340.36	0.3114	両端1~1.5cm、根、根元より周囲1cm程度の皮及び果肉、変色した皮
2022-P86	カボス	果実類	2022/10/13	いわき市	1,138	986.82	熱乾燥 70℃	152.61	0.1546	ヘタ、種、変色した皮
2022-P87	ゴボウ	根菜類	2022/10/13	田村市	562	393.33	熱乾燥 70℃	80.7	0.2052	皮、両端より約2cm
2022-P88	ショウガ	根菜類	2022/10/13	いわき市	1,283	473.5	熱乾燥 70℃	38.19	0.0807	皮
2022-P89	マコモタケ	葉菜類	2022/10/13	福島県	1,048	906.42	熱乾燥 70℃	54.33	0.0599	腐敗部
2022-P90	スダチ	果実類	2022/10/13	いわき市	1,533	1391.6	熱乾燥 70℃	179.96	0.1293	種、ヘタ、皮の一部(変色箇所)
2022-P91	金時豆	豆類	2022/10/13	いわき市	396	396.08	熱乾燥 70℃	337.16	0.8512	無し
2022-P92	イチジク	果実類	2022/10/13	いわき市	1,077	778.47	熱乾燥 70℃	97.99	0.1259	皮、ヘタ
2022-P93	リンゴ	果実類	2022/10/13	いわき市	2,188	1623.45	凍結乾燥	214.86	0.1323	皮、種、芯、ヘタ
2022-P94	ラッカセイ	豆類	2022/10/13	いわき市	713	322.48	熱乾燥 70℃	140.1	0.4344	穴雑物
2022-P95	ギンナン	種実類	2022/10/13	いわき市	765	528.53	熱乾燥 70℃	234.73	0.4441	外皮、薄皮、作業中落下により除外した実有り
2022-P96	モチ麦	穀類	2022/10/13	いわき市	638	638.18	熱乾燥 70℃	566.55	0.8878	無し
2022-P97	シソ(実)	その他	2022/10/13	いわき市	268	303.35	熱乾燥 70℃	36.99	0.1219	洗浄前)幼葉、穂の茎 洗浄中)流出した実有り
2022-P98	ゲンマイ(コシヒカリ)	玄米	2022/10/27	福島県	3,026	3025.84	熱乾燥 70℃	2652.16	0.8765	無し
2022-P99	ゲンマイ(ヒトメボレ)	玄米	2022/10/27	福島県	3,022	3021.68	熱乾燥 70℃	2631.48	0.8709	無し
2022-P100	ゲンマイ(天のつぶ)	玄米	2022/10/27	福島県	3,037	3035.82	熱乾燥 70℃	2644.95	0.8712	無し
2022-P101	カキ(蜂家)	果実類	2022/10/27	いわき市	2,074	1564.78	凍結乾燥	256.2	0.1637	ヘタ、種、皮、果肉(ヘタ周囲)
2022-P102	金時豆	豆類	2022/10/27	いわき市	395	395.27	熱乾燥 70℃	337.65	0.8542	無し
2022-P103	キウイ	果実類	2022/10/27	いわき市	1,341	993.26	凍結乾燥	138.47	0.1394	表皮、両端より0.5cm程度、果梗部(硬さ、変色有)
2022-P104	カキ(富有柿)	果実類	2022/10/27	いわき市	1,284	943.98	凍結乾燥	152.28	0.1613	ヘタ、種、皮、果肉(ヘタ周囲、痛み箇所)
2022-P105	ジネンジョ	芋類	2022/11/22	いわき市	699	607.7	熱乾燥 70℃	187.77	0.3090	根先端より約5cm、皮、上部より1cm
2022-P106	ベニキクイモ	芋類	2022/11/22	福島県	523	319.95	熱乾燥 70℃	68.71	0.2148	皮、両端より約0.5cm、付着土壌
2022-P107	アズキ	豆類	2022/11/22	いわき市	498	497.87	熱乾燥 70℃	426.73	0.8571	無し
2022-P108	ヤマトイモ	芋類	2022/11/22	いわき市	844	616.3	熱乾燥 70℃	147.93	0.2400	皮、茎首(固い箇所)約3~5cm
2022-P109	ヤーコン	根菜類	2022/11/22	いわき市	1,655	1359.61	熱乾燥 70℃	217.35	0.1599	両端より0.2cm、皮、果肉の一部(傷み)
2022-P110	イモガラ	葉菜類	2022/11/22	いわき市	124	124.57	熱乾燥 70℃	104.24	0.8368	無し
2022-P111	ゲンマイ(コシヒカリ)	玄米	2022/11/22	いわき市	100,000	2157.46	熱乾燥 70℃	1894.75	0.8782	無し

表2 放射能測定結果 (1/3)

試料番号	作物	測定試料			¹³⁴ Cs		¹³⁷ Cs		⁴⁰ K		¹³⁴ Cs		¹³⁷ Cs		⁴⁰ K		⁹⁰ Sr
		重量 (g)	高さ (cm)	測定時間 (s)	Bq/kg-乾燥重量						Bq/kg-生重量						
2022-P1	ハタマネギ	44.5473	4.50	345,600	<	0.71	<	0.70	560 ±	7.4	<	0.07	<	0.07	53 ±	0.7	
2022-P2	ウド	37.4041	3.20	231,509	<	0.97	2.52 ±	0.25	1,884 ±	15.7	<	0.04	0.11 ±	0.01	86 ±	0.7	
2022-P3	フキ	19.8889	1.90	345,600	<	1.25	1.56 ±	0.30	2,274 ±	17.5	<	0.08	0.10 ±	0.02	144 ±	1.1	
2022-P4	ゴゴミ	44.6727	4.10	33,546	<	2.47	7.81 ±	0.77	973 ±	28.9	<	0.29	0.92 ±	0.09	114 ±	3.4	
2022-P5	スナップエンドウ	39.6669	2.75	345,600	<	0.63	<	0.80	446 ±	6.3	<	0.07	<	0.09	50 ±	0.7	0.044
2022-P6	ギョウジャニンニク	38.8265	4.70	247,964	<	1.02	2.33 ±	0.23	856 ±	11.7	<	0.13	0.29 ±	0.03	108 ±	1.5	
2022-P7	ニラ	33.9798	4.60	345,600	<	1.02	<	0.94	1,885 ±	14.7	<	0.08	<	0.08	157 ±	1.2	
2022-P8	ホウレンソウ	38.1176	4.10	345,600	<	1.33	1.16 ±	0.21	2,957 ±	16.6	<	0.09	0.08 ±	0.01	206 ±	1.2	0.058
2022-P9	リーフレタス	24.9246	3.90	345,600	<	1.23	<	1.08	1,652 ±	15.7	<	0.07	<	0.06	98 ±	0.9	
2022-P10	キャベツ	38.5185	3.80	345,600	<	0.79	<	0.82	1,380 ±	11.3	<	0.05	<	0.05	81 ±	0.7	
2022-P11	ワサビナ	31.4002	4.50	345,600	<	1.02	<	0.90	1,284 ±	12.9	<	0.10	<	0.09	126 ±	1.3	
2022-P12	ツボミナ	43.2197	4.60	345,600	<	0.78	0.86 ±	0.19	945 ±	9.6	<	0.07	0.08 ±	0.02	90 ±	0.9	
2022-P13	ダイコン (根部)	35.9379	2.30	345,600	<	0.82	<	0.71	3,165 ±	15.5	<	0.03	<	0.03	125 ±	0.6	0.040
2022-P14	ダイコン (葉)	27.4677	2.75	345,699	<	0.75	<	0.62	2,870 ±	13.5	<	0.04	<	0.03	144 ±	0.7	
2022-P15	ホウレンソウ	44.6257	4.80	345,600	<	0.82	<	0.75	1,580 ±	11.9	<	0.09	<	0.09	182 ±	1.4	
2022-P16	ミツバ	42.8851	4.40	345,600	<	0.81	1.13 ±	0.18	1,773 ±	12.5	<	0.08	0.11 ±	0.02	176 ±	1.2	
2022-P17	フキ	23.7362	1.90	149,574	<	1.74	3.60 ±	0.47	2,645 ±	25.8	<	0.08	0.17 ±	0.02	125 ±	1.2	
2022-P18	シドケ	25.1381	4.00	1,917	<	26.25	181.32 ±	17.30	1,915 ±	226.0	<	1.69	11.64 ±	1.11	123 ±	15	
2022-P19	コマツナ	36.4818	4.80	345,600	<	1.01	<	0.89	2,461 ±	16.2	<	0.06	<	0.05	148 ±	1.0	0.071
2022-P20	サラダシュンギク	22.0625	3.80	345,600	<	1.54	<	1.27	3,232 ±	22.7	<	0.07	<	0.06	148 ±	1.0	
2022-P21	ミョウガタケ	25.5304	3.70	176,626	<	1.81	3.02 ±	0.54	3,041 ±	28.0	<	0.09	0.15 ±	0.03	148 ±	1.4	
2022-P22	ヤマブキ (自生)	38.5969	2.80	300,000	<	0.88	<	0.80	2,800 ±	15.7	<	0.06	<	0.06	196 ±	1.1	
2022-P23	ブロッコリー	56.5923	4.40	91,509	<	1.25	1.23 ±	0.35	1,565 ±	19.5	<	0.10	0.10 ±	0.03	121 ±	1.5	
2022-P24	ホウレンソウ	34.2708	4.10	50,115	<	2.75	4.38 ±	0.75	2,646 ±	43.3	<	0.17	0.27 ±	0.05	161 ±	2.6	
2022-P25	ラディッシュ	9.7821	0.80	349,800	<	1.83	1.74 ±	0.38	2,556 ±	20.1	<	0.07	0.07 ±	0.01	100 ±	0.8	
2022-P26	クキナ	43.8655	4.70	300,000	<	0.85	<	0.79	1,340 ±	11.8	<	0.06	<	0.06	101 ±	0.9	
2022-P27	スナップエンドウ	49.3400	3.40	300,000	<	0.63	<	0.55	447 ±	6.4	<	0.08	<	0.07	53 ±	0.8	
2022-P28	カブ (根部)	31.5657	2.40	300,000	<	0.95	<	0.76	1,334 ±	12.1	<	0.05	<	0.04	64 ±	0.6	
2022-P29	カブ (葉)	5.6715	0.60	319,900	<	2.76	2.76 ±	0.56	1,631 ±	24.1	<	0.18	0.18 ±	0.04	106 ±	1.6	
2022-P30	タマネギ	70.3185	4.80	300,000	<	0.52	<	0.74	396 ±	5.3	<	0.04	<	0.06	31 ±	0.4	0.005
2022-P31	ブロッコリー	66.8178	4.80	300,000	<	0.61	<	0.52	1,240 ±	9.3	<	0.06	<	0.05	131 ±	1.0	
2022-P32	トマト	22.5201	3.90	328,799	<	0.93	<	0.75	898 ±	9.5	<	0.08	<	0.06	74 ±	0.8	
2022-P33	サトイモ	32.0916	4.30	494,538	<	0.57	1.02 ±	0.12	1,006 ±	7.0	<	0.10	0.19 ±	0.02	185 ±	1.3	
2022-P34	ジャガイモ (メークイン)	48.5854	4.35	300,000	<	0.67	<	0.66	646 ±	7.9	<	0.12	<	0.12	119 ±	1.5	0.029
2022-P35	ハチミツ (サクラ)	112.9235	4.65	71,467	<	0.65	0.90 ±	0.18	8 ±	2.2	<	0.65	0.90 ±	0.18	8 ±	2.2	
2022-P36	アオウメ	77.0343	4.85	154,804	<	0.71	0.79 ±	0.18	955 ±	10.3	<	0.07	0.07 ±	0.02	89 ±	1.0	
2022-P37	ズッキーニ	28.0069	2.20	345,520	<	0.66	1.02 ±	0.20	2,080 ±	10.9	<	0.02	0.03 ±	0.01	69 ±	0.4	0.090
2022-P38	ラッキョウ	80.5872	4.80	300,000	<	0.39	<	0.43	315 ±	4.5	±	0.12	<	0.13	93 ±	1.3	
2022-P39	カボチャ	77.1374	4.70	300,000	<	0.48	<	0.39	371 ±	5.0	<	0.12	<	0.10	95 ±	1.3	

表2 放射能測定結果 (2/3)

2022-P40	インゲン	40.2607	2.80	300,000	<	0.76	<	0.67	1,106 ±	10.1	<	0.04	<	0.04	59 ±	0.5	0.054
2022-P41	オカヒジキ	41.8509	4.60	300,000	<	1.01	<	0.91	3,592 ±	19.2	<	0.07	<	0.07	257 ±	1.4	
2022-P42	タマネギ	65.4328	4.80	319,200	<	0.37	<	0.43	485 ±	4.4	<	0.03	<	0.04	44 ±	0.4	
2022-P43	ジャガイモ (キタアカリ)	49.0812	3.90	300,000	<	0.69	<	0.56	568 ±	7.4	<	0.15	<	0.12	122 ±	1.6	0.008
2022-P44	ニンニク	68.8958	4.60	300,000	<	0.52	<	0.43	381 ±	5.2	<	0.17	<	0.14	129 ±	1.8	
2022-P45	ナガネギ (泥付き)	37.4000	4.40	300,000	<	0.95	0.90 ±	0.26	840 ±	10.4	<	0.06	0.06 ±	0.02	57 ±	0.7	
2022-P46	トマト	57.6775	4.50	214,744	<	0.77	0.84 ±	0.17	874 ±	9.7	<	0.05	0.06 ±	0.01	60 ±	0.7	0.014
2022-P47	キュウリ	38.4762	3.00	320,800	<	0.53	3.53 ±	0.15	987 ±	7.1	<	0.01	0.10 ±	0.00	27 ±	0.2	
2022-P48	ニンニク	57.4901	4.40	320,900	<	0.40	<	0.30	320 ±	3.7	<	0.15	<	0.11	117 ±	1.4	
2022-P49	アカシソ	16.0401	3.55	496,600	<	1.07	<	0.79	956 ±	9.4	<	0.11	<	0.08	101 ±	1.0	
2022-P50	シュンギク	33.2742	4.55	344,300	<	0.78	<	0.65	2,135 ±	12.1	<	0.06	<	0.05	152 ±	0.9	
2022-P51	ブルーベリー	62.0093	4.30	20,558	<	2.30	3.85 ±	0.67	168 ±	13.9	<	0.30	0.50 ±	0.09	22 ±	1.8	
2022-P52	グミ (自生)	51.3961	3.90	211,202	<	0.75	1.19 ±	0.22	293 ±	6.2	<	0.13	0.20 ±	0.04	49 ±	1.0	
2022-P53	カリフフラワー	60.5657	4.30	75,777	<	1.31	1.53 ±	0.30	1,400 ±	19.5	<	0.09	0.10 ±	0.02	93 ±	1.3	
2022-P54	オクラ	27.3465	2.30	300,000	<	1.00	<	0.87	812 ±	10.3	<	0.09	<	0.08	72 ±	0.9	
2022-P55	キャベツ	49.7174	4.55	14,226	<	4.28	4.37 ±	0.86	1,227 ±	48.2	<	0.22	0.23 ±	0.05	64 ±	2.5	
2022-P56	ダイコン (根部)	52.9670	3.90	300,000	<	0.76	<	0.69	2,662 ±	14.1	<	0.03	<	0.02	93 ±	0.5	
2022-P57	ダイコン (葉)	3.7279	0.50	300,000	<	5.36	<	4.26	1,781 ±	38.0	<	0.38	<	0.30	127 ±	2.7	
2022-P58	ナス	24.6687	4.10	300,000	<	1.37	<	1.19	1,111 ±	14.4	<	0.08	<	0.07	68 ±	0.9	
2022-P59	ピーマン	23.8431	2.80	300,000	<	1.27	<	0.98	1,051 ±	13.0	<	0.08	<	0.06	67 ±	0.8	
2022-P60	乾燥シイタケ (原木)	25.7145	4.10	4,637	<	12.64	22.56 ±	4.47	495 ±	76.3	<	11.81	21.08 ±	4.17	462 ±	71	0.105
2022-P61	トウモロコシ	63.8991	4.50	300,000	<	0.63	<	0.46	361 ±	5.3	<	0.15	<	0.11	84 ±	1.2	
2022-P62	ソルムラサキ	36.1589	4.20	300,000	<	1.17	1.18 ±	0.28	2,306 ±	16.5	<	0.06	0.07 ±	0.02	128 ±	0.9	
2022-P63	ブラム (メスレ)	76.6727	4.70	185,000	<	0.43	0.47 ±	0.08	470 ±	5.2	<	0.04	0.04 ±	0.01	43 ±	0.5	
2022-P64	パプリカ (黄)	43.5470	4.50	300,000	<	0.94	0.84 ±	0.19	1,349 ±	11.8	<	0.05	0.05 ±	0.01	75 ±	0.7	
2022-P65	キクラゲ	37.2479	2.90	46,751	<	2.03	2.35 ±	0.46	231 ±	12.8	<	0.17	0.19 ±	0.04	19 ±	1.0	
2022-P66	ナス	25.5661	4.25	300,000	<	1.43	<	1.18	1,024 ±	13.8	<	0.08	<	0.07	60 ±	0.8	
2022-P67	ハチミツ (百花蜜)	121.1909	4.80	56,253	<	0.67	0.81 ±	0.16	<	8.1	<	0.67	0.81 ±	0.16	<	8.1	
2022-P68	ハチミツ (アカシア)	123.5833	4.90	148,750	<	0.40	0.40 ±	0.08	6.3 ±	1.5	<	0.40	0.40 ±	0.08	6 ±	1.5	
2022-P69	ゴーヤ	44.5388	3.25	64,001	<	1.17	3.00 ±	0.30	1,203 ±	16.7	<	0.07	0.19 ±	0.02	74 ±	1.0	
2022-P70	アスパラガス	48.2180	3.65	23,000	<	2.15	4.32 ±	0.52	1,333 ±	29.1	<	0.12	0.24 ±	0.03	75 ±	1.6	0.002
2022-P71	モロヘイヤ	37.3379	4.30	300,000	<	0.97	0.91 ±	0.24	1,407 ±	13.1	<	0.14	0.13 ±	0.03	202 ±	1.9	
2022-P72	ミョウガ	21.5648	2.40	300,000	<	1.41	1.26 ±	0.35	3,160 ±	21.9	<	0.06	0.05 ±	0.01	125 ±	0.9	
2022-P73	スイカ	50.8880	4.35	300,000	<	0.74	<	0.58	560 ±	7.5	<	0.07	<	0.05	51 ±	0.7	
2022-P74	モモ	37.6751	4.70	343,200	<	0.60	<	0.49	443 ±	5.6	<	0.07	<	0.06	54 ±	0.7	
2022-P75	ハチミツ	95.3305	3.90	3,955	<	4.20	6.07 ±	1.21	<	38.0	<	4.20	6.07 ±	1.21	<	38	
2022-P76	ハチミツ (ヤブカラシ)	105.2510	4.30	300,000	<	0.32	0.40 ±	0.09	30 ±	1.9	<	0.32	0.40 ±	0.09	30 ±	1.9	
2022-P77	クウシンサイ	34.5249	4.50	347,900	<	0.80	<	0.57	2,673 ±	13.3	<	0.05	<	0.04	164 ±	0.8	
2022-P78	アオシソ	30.5407	4.45	256,500	<	0.82	1.47 ±	0.22	785 ±	8.9	<	0.11	0.19 ±	0.03	103 ±	1.2	
2022-P79	シシトウ	26.5625	3.10	300,000	<	1.23	<	0.96	1,196 ±	13.3	<	0.10	<	0.08	95 ±	1.0	

表2 放射能測定結果 (3/3)

2022-P80	トウガン	31.7921	2.00	251,099	<	0.76	1.37	±	0.16	2,846	±	13.9		±	0.02	0.03	<	0.004	70	±	0.3	
2022-P81	ナシ	36.3948	3.55	343,900	<	0.58		<	0.40	372	±	4.7		<	0.07		<	0.05	47	±	0.6	
2022-P82	食用ホオズキ	53.4393	3.90	300,000	<	0.67		<	0.58	630	±	7.3		<	0.10		<	0.09	93	±	1.1	
2022-P83	ブドウ	111.5748	4.40	234,301	<	0.23	0.22	±	0.05	258	±	2.8		<	0.04	0.04	±	0.01	48	±	0.5	
2022-P84	サニーレタス	22.3257	4.00	300,000	<	2.53	21.19	±	0.59	2,151	±	20.6		<	0.09	0.79	±	0.02	80	±	0.8	
2022-P85	サツマイモ	87.3361	4.80	434,300	<	0.24	0.27	±	0.04	392	±	2.9		<	0.07	0.08	±	0.01	122	±	0.9	
2022-P86	カボス	61.8995	4.60	237,800	<	0.42	0.41	±	0.09	382	±	4.6		<	0.06	0.06	±	0.01	59	±	0.7	
2022-P87	ゴボウ	77.7561	4.80	300,000	<	0.45		<	0.40	507	±	5.7		<	0.09		<	0.08	104	±	1.2	0.230
2022-P88	葉ショウガ→ショウガ	36.1061	3.00	300,000	<	0.81		<	0.69	1,180	±	11.0		<	0.07		<	0.06	95	±	0.9	
2022-P89	マコモタケ	47.4428	4.70	36,578	<	2.30	2.99	±	0.60	1,201	±	30.6		<	0.14	0.18	±	0.04	72	±	1.8	
2022-P90	スタチ	71.2797	4.60	318,800	<	0.34	1.47	±	0.09	526	±	4.3		<	0.04	0.19	±	0.01	68	±	0.6	
2022-P91	金時豆	85.8353	4.75	124,324	<	0.62	0.77	±	0.15	475	±	7.9		<	0.52	0.66	±	0.13	404	±	6.7	0.035
2022-P92	イチジク	76.9519	4.70	76,346	<	0.86	1.04	±	0.21	466	±	10.5		<	0.11	0.13	±	0.03	59	±	1.3	
2022-P93	リンゴ	30.0768	4.10	280,994	<	1.08	1.53	±	0.30	267	±	7.6		<	0.14	0.20	±	0.04	35	±	1.0	
2022-P94	ラッカセイ	71.8663	4.60	300,000	<	0.45		<	0.41	217	±	4.1		<	0.20		<	0.18	94	±	1.8	
2022-P95	ギンナン	69.2967	4.20	12,531	<	2.63	3.21	±	0.61	398	±	24.5		<	1.17	1.43	±	0.27	177	±	11	
2022-P96	モチ麦	76.2481	4.60	300,000	<	0.44		<	0.36	111	±	3.1		<	0.39		<	0.32	99	±	2.8	
2022-P97	シソ (実)	25.9057	4.50	179,354	<	1.68	2.09	±	0.42	632	±	14.4		<	0.20	0.25	±	0.05	77	±	1.8	
2022-P98	ゲンマイ (コシヒカリ)	1845.60	マリネリ2L	9,300	<	0.17	0.75	±	0.07	76	±	2.5		<	0.15	0.66	±	0.06	66	±	2.2	0.046
2022-P99	ゲンマイ (ヒトメボレ)	1831.88	マリネリ2L	249,600	<	0.03	0.07	±	0.01	71	±	0.5		<	0.02	0.06	±	0.01	61	±	0.4	0.050
2022-P100	ゲンマイ (天のつぶ)	1847.16	マリネリ2L	66,100	<	0.06	0.71	±	0.03	67	±	0.9		<	0.05	0.62	±	0.02	58	±	0.8	
2022-P101	カキ (蜂家)	34.4983	4.30	88,127	<	1.20	1.74	±	0.27	393	±	10.2		<	0.20	0.29	±	0.04	64	±	1.7	
2022-P102	金時豆	81.6731	4.50	300,000	<	0.39		<	0.42	469	±	5.2		<	0.34		<	0.36	401	±	4.4	
2022-P103	キウイ	31.6640	4.20	342,496	<	0.69		<	0.63	579	±	6.5		<	0.10		<	0.09	81	±	0.9	
2022-P104	カキ (富有柿)	34.9344	4.40	16,500	<	2.86	4.52	±	0.78	355	±	22.3		<	0.46	0.73	±	0.13	57	±	3.6	
2022-P105	ジネンジョ	85.4907	4.65	319,000	<	0.28		<	0.22	546	±	4.0		<	0.09		<	0.07	169	±	1.2	
2022-P106	ベニキクイモ	65.5571	3.50	197,901	<	0.44	0.55	±	0.10	1,033	±	7.4		<	0.10	0.12	±	0.02	222	±	1.6	
2022-P107	アズキ	78.9242	4.60	84,508	<	0.57	1.11	±	0.14	373	±	6.7		<	0.49	0.95	±	0.12	320	±	5.8	
2022-P108	ヤマトイモ	72.3654	4.30	319,602	<	0.31	0.81	±	0.07	600	±	4.5		<	0.07	0.20	±	0.02	144	±	1.1	
2022-P109	ヤーコン	87.7119	4.70	246,917	<	0.46	0.54	±	0.11	458	±	5.6		<	0.07	0.09	±	0.02	73	±	0.9	
2022-P110	イモガラ	40.7706	4.50	321,459	<	0.62	9.57		0.23	2,185	±	11.4		<	0.52	8.00	±	0.19	1829	±	9.5	
2022-P111	ゲンマイ (コシヒカリ)	1824.01	マリネリ2L	85,418	<	0.05	0.33	±	0.02	75	±	0.8		<	0.04	0.29	±	0.02	66	±	0.7	

表3 地域別作物種別 $^{90}\text{Sr}/\text{Sr}$ 濃度比 (^{90}Sr 濃度令和4年に補正)

地域	試料数	平均値	標準偏差
浜通り	41	0.077	0.060
中通り	14	0.024	0.014
会津	3	0.036	0.023

浜通りと中通りで有意差あり (P<0.05)

表4 令和4年度種別農作物中放射能平均濃度と標準偏差値

試料情報	試料数	^{137}Cs				^{40}K				^{137}Cs				^{40}K						
		Bq/kg-乾燥重量								Bq/kg-生重量										
種類																				
玄米	4	0.5	±	0.3	72	±	4	0.41	±	0.29	63	±	4							
芋類	7	0.6	±	0.3	684	±	242	0.13	±	0.05	155	±	39							
葉菜類	44	6.3	±	27.2	1641	±	837	0.59	±	2.08	160	±	262							
根菜類	7	0.8	±	0.4	1694	±	1093	0.05	±	0.03	93	±	20							
豆類	4	0.7	±	0.3	383	±	121	0.54	±	0.34	305	±	146							
果菜類 (果実類を含む)	33	1.2	±	1.0	766	±	557	0.12	±	0.14	63	±	18							
穀類	1	0.4			111			0.32			99									
種実類	1	3.2			398			1.43			177									
その他	10	4.0	±	6.7	765	±	1251	3.03	±	6.59	92	±	139							

表5 令和4年度種別農作物中 ^{90}Sr 平均濃度

試料情報	試料数	^{90}Sr
種類		Bq/kg-生重量
玄米	2	0.048
芋類	2	0.019
葉菜類	4	0.034
根菜類	2	0.135
豆類	1	0.035
果菜類 (果実類を含む)	4	0.050
その他	1	0.105

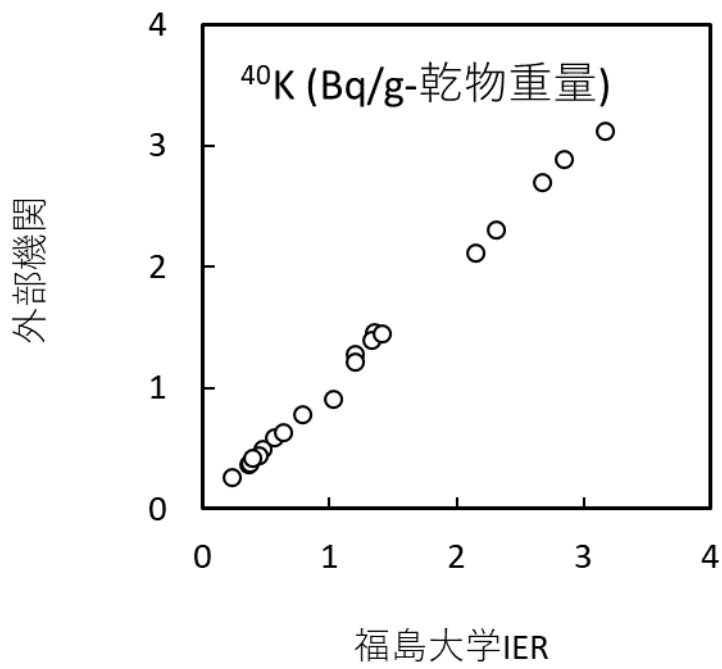
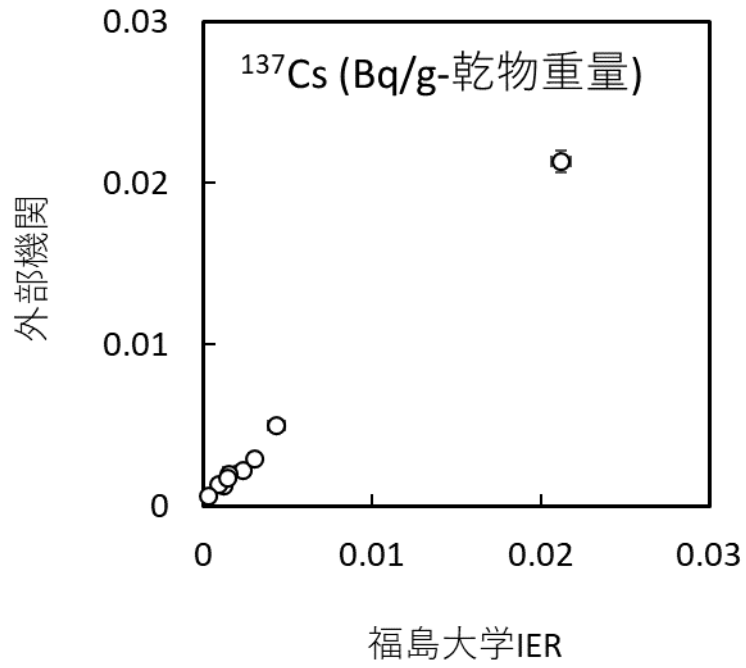


図1 外部機関との ^{137}Cs 及び ^{40}K 測定結果の比較

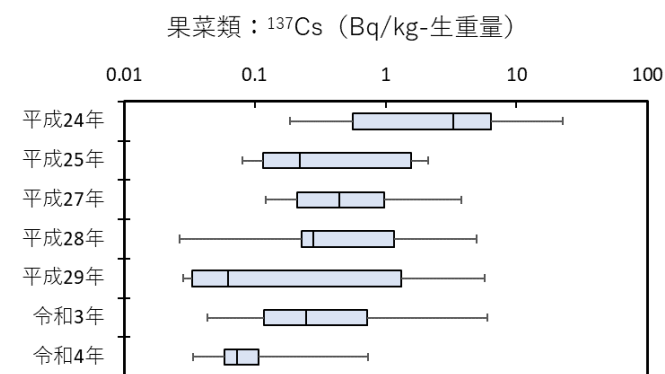
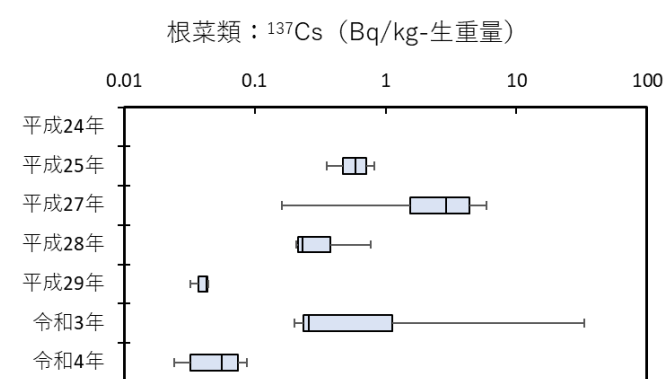
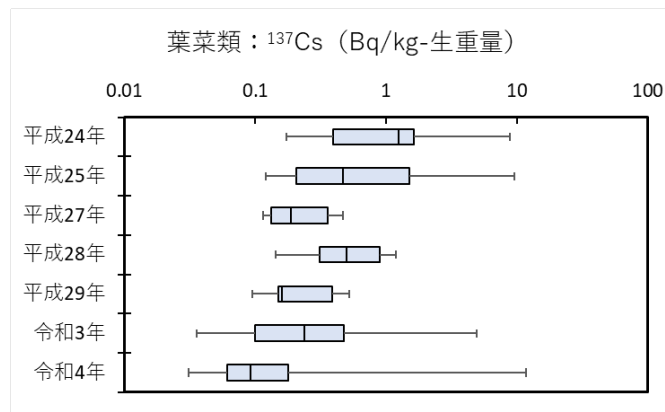
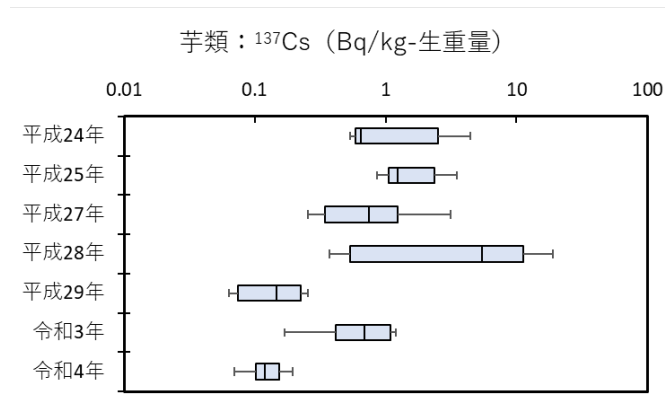


図2 平成24年から令和4年に福島県内で採取した作物中¹³⁷Cs濃度(Bq/kg-生重量)
平成24-25年:中通り;平成27年-29年:浜通り;令和3年:福島市周辺;令和4年:いわき市周辺

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)

水産物食品中の放射性物質濃度等に関する研究 分担研究報告

分担研究者 青野 辰雄 (量子科学技術研究開発機構)
研究代表者 明石 真言 (東京医療保健大学)

研究要旨

平成 23 年 3 月に発生した東日本大震災に起因する東京電力福島第一原子力発電所(FDNPS)事故によって大量の放射性物質が施設外の環境へ放出されたことにより、食品の摂取による内部被ばくが懸念された。このため、厚生労働省は、平成 24 年 4 月以降は、食品の摂取による介入線量レベルを 1 mSv/年とし、新たな基準値を適用した。放射性セシウム(Cs)濃度については、新たな基準値を設定し、ストロンチウム-90 (^{90}Sr)、ルテニウム-106 (^{106}Ru) 及びプルトニウム (Pu)については、放射性 Cs との濃度比を推定することにより、その線量への寄与を考慮している。その寄与率は、環境モニタリングや環境移行パラメータにより推定されており、また放射性 Cs 以外の ^{90}Sr などに対する内部被ばくの不安は依然として大きいことから、食品中の放射性核種濃度を測定することにより、安全が担保されていることの検証が必要不可欠である。令和 4 年度は福島県水産海洋研究センターと相馬双葉漁業協同組合の協力を得て、福島沖で採取され、県内に流通する魚類 2 種を入手し、個体部位毎の分別を行い、試料減容を行い、測定試料の作成を行った。魚類可食部位中のセシウム-134 (^{134}Cs)濃度は検出下限値以下で、セシウム-137 (^{137}Cs)濃度は、福島県が実施しているモニタリングの検出下限値の 10 Bq/kg-生重量よりも 1 桁小さい濃度であった。魚類を採取した海域の海水中の放射性 Cs 濃度は、 ^{134}Cs 濃度が検出下限値以下で、 ^{137}Cs 濃度も福島原発事故以前に近い濃度であった。この結果を用いて、すでに報告されている海水と魚類の濃縮比(CR)から魚類中の推定した ^{137}Cs 濃度範囲は、0.5-0.9 Bq/Kg-生重量で、実測値と概ね一致した。魚類中 ^{137}Cs 濃度範囲は生息環境の海水中濃度を反映していることが明らかとなった。カルシウム濃度が高い部位に濃縮しやすい ^{90}Sr は魚類アラ部を、Pu 同位体は濃縮されやすい内臓部について測定を行ったがいずれも検出下限値以下であった。魚類の生息環境から濃縮比を用いて推定する魚類中の ^{90}Sr や $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度は実測できない検出下限値で、海水魚中の放射性物質濃度はその生息環境を反映していることが明らかとなった。海産魚類(全体)中の ^{137}Cs 濃度に対する ^{90}Sr 及び $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度の割合は、1%程度であり、食品の放射性物質の基準値の算出基準の考え方に対して ^{90}Sr 及び $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度が影響を与えないことが確認できた。

A. 研究目的

食品中の放射線物質の基準値に関して、厚生労働省は、平成 24 年 4 月以降は、食品の摂取による介入線量レベルを 1 mSv/年とし、新たな基準値を適用した。新たな基準は、放射性セシウム(Cs)濃度について基準値を設定し、ストロンチウム-90 (^{90}Sr)、ルテニウム-106 (^{106}Ru) 及びプルトニウム(Pu)については、放射性 Cs との濃度比を推定することにより、その線量への寄与を考慮している。そこで、本研究は食品中の放射性物質の基準値を策定する際に推定された放射性 Cs の線量への寄与率について、その妥当性を確認するために実施するものである。福島沖の海産物の放射性物質濃度のモニタリングでは、97%以上の水産物で放射性 Cs 濃度が検出下限値(約 10Bq/kg-生重量)以下となっている^{1,2)}。今年度は FDNPS 事故から約 11 年が経過した福島県沖で漁獲された食品として流通する魚類について、部位毎の放射性核種の濃度比を明らかにすることを目的に、「水産物食品中の放射性物質濃度等に関する研究」を実施した。魚類中の ^{90}Sr や Pu 同位体の濃度に関しては、極めて濃度が低いため、個体毎の定量はできない。分析には灰試料重量として約 20-40 g が必要であるため、魚種毎の放射性物質が濃縮されやすい部位ごとに定量が可能となる試料重量を確保し、それぞれの部位の分析を行い、魚類全体の放射性物質濃度の推定を行なった。

B. 研究方法

1.水産物中の放射性物質の濃度測定

1.1. 調査協力と水産物試料入手

福島県水産海洋研究センターと相馬双葉漁業協同組合の協力を得て、情報収集³⁾を行い、令和 4 年 12 月 14 日に福島相双海域で採取し、市場に流通する魚介類 2 種(スズキ及びブリ(小型))を本研究の対象とした。魚種、体長や重量などの試料に関する情報を表 1 に示す。調査を行った 2 種では、同種間で個体ごとの体長や重量に大きな差がでないように試料を選別した。また、海水中の放射性 Cs 濃度についても調査するために、採水を行なった。

1.2. γ 核種の濃度の測定

魚類は、個体毎のばらつきを確認するために、体液等

のドリップによる損失が少ないように速やかに、体長や重量等の計量を行い、可食部、内臓部、アラ部(可食部と内臓部以外)に分別処理を行った。110 度で恒量になるまで乾燥し、450 度で灰化を行なった。この灰試料を U8 容器またはチューブに詰めて、Canberra 社製低バックグラウンド Ge 半導体検出器(GX2019)等を用いて、24 時間以上の γ 核種の測定を行った。Ge 半導体検出器は、日本アイソトープ協会製の標準体積線源(5 - 50 mm、9.5 - 95 g、アルミナ)を用いて効率曲線を作成したものをを用いた。 ^{134}Cs (604.7 keV 及び 796 keV の加重平均値)、 ^{137}Cs (661.7 keV)及びカリウム-40 (^{40}K)(1460 keV)の定量結果を記録した。 ^{134}Cs は複数のエネルギーで検出されるために、これまでガンマ線放出率が最も高い 604.7 keV (97.62 %)の定量結果を用いてきた。しかし、796keV のガンマ線放出率(85.5 %)も他のガンマ線エネルギーより高いことから、この2つのエネルギーで検出された定量結果を加重平均したものが望ましいため³⁾、従来と同様に、この計算方法を用いた。なお ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 及び ^{40}K 以外の γ 核種は計測されなかった。試料重量が少ない場合は検出下限値が高くなるが、 ^{134}Cs 及び ^{137}Cs の検出下限値は、概ね 10 mBq/kg-生重量であった。海水試料は孔径 0.45 μm のフィルターを用いてろ過を行い、溶存態放射性 Cs はリンモリブデン酸アンモニウム(AMP)法⁴⁾を用いて処理を行い、ゲルマニウム半導体検出器で測定を行った。検出下限値は、概ね 1 mBq/L であった。アラ部中の ^{90}Sr の分析は、令和 3 年に採取したイシガレイアラ部の生重量が約 1kg になるように複数個体の灰試料を合わせて一つの試料として、文部科学省放射能測定シリーズ No.2「放射性ストロンチウム分析法(平成 15 年改訂)」⁵⁾に従って行った。本法の検出下限値は 0.02Bq/kg-生重量であった。内臓部中の $^{239+240}\text{Pu}$ の分析は、令和 3 に採取したイシガレイ内臓部の生重量が約 0.7kg になるように複数個体の灰試料を合わせて一つの試料として、文部科学省放射能測定シリーズ No.12「プルトニウム分析法(平成 2 年改訂)」⁶⁾に従って行った。本法の検出下限値は 0.0008 Bq/kg-生重量であった。

C. 研究結果

1.水産物及び海水中の放射性物質の濃度測定

令和4年12月に入手した水産物中の放射性Cs及び ^{40}K 濃度測定の結果を表2と表3に示した。各部位の平均値は、検出された値と部位の重量を用いて加重平均したものであり、魚類全身(1個体)の濃度も同様に計算をして求めた。スズキ及びブリから ^{134}Cs は検出されなかった。スズキ及びブリの可食部の ^{137}Cs 濃度平均(濃度範囲)は、それぞれ0.74 Bq/kg-生重量(0.56-0.95 Bq/kg-生重量)及び0.37 Bq/kg-生重量(0.22-0.63 Bq/kg-生重量)で、またスズキ及びブリの可食部の ^{40}K 濃度平均(濃度範囲)は、それぞれ148 Bq/kg-生重量(142-159 Bq/kg-生重量)及び121 Bq/kg-生重量(113-125 Bq/kg-生重量)であった。魚類可食部の ^{137}Cs 濃度は、食品中放射性物質濃度基準値の100 Bq/kg-生重量よりも低く、福島県のモニタリング調査の検出下限値(10 Bq/kg-生重量)よりも低い結果であった。また海洋環境における放射能調査及び総合評価事業で令和4年9月と令和5年1月に福島沖で採取された魚類の濃度と近似していた⁷⁾。

魚類が生息する福島沿岸の海水中の放射性Cs濃度の結果を図1に示した。海水中の ^{134}Cs 濃度は検出下限値以下であった。 ^{137}Cs 濃度範囲は、1-4 mBq/Lであった。なお、福島第一原発近傍(半径約10km圏)における表層海水中の ^{137}Cs 濃度は、10-20 mBq/Lであり、 ^{90}Sr 濃度は0.6-0.8 mBq/L以下であった。⁸⁾ 海水中の ^{134}Cs 濃度は、福島第一原発近傍に比べて低い濃度であった。

D. 考察

1. 福島沖海産生物中の放射性核種濃度について

令和4年12月に福島相双海域で採取したスズキ及びブリから ^{134}Cs は検出されなかった。福島原発事故時に環境へ放出された ^{134}Cs と ^{137}Cs の放射能比は概ね1:1であったことが報告されている⁹⁾が、 ^{134}Cs と ^{137}Cs の物理学的半減期はそれぞれ約2年と30年であり、FDNPS事故から約12年を経過した令和5年1月の時点では、理論上の $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比は約0.05となる。試料中の放射性Cs濃度は低いことが予想されたため、検出下限値を下げるために、可食部、内蔵部やアラ部の試料を灰にすることで重量を数%まで減容した。このいわゆる濃縮した試料中から検出された ^{137}Cs 濃度

に、 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比を用いて計算した ^{134}Cs の推定濃度は検出下限値に相当した。つまり、今回得られた ^{137}Cs 濃度(数十 mBq/kg-生重量)の傾向が続く場合、さらに試料の前処理や濃縮操作を行わない限り、 ^{134}Cs を正確に検出することは難しいことが考えられる。

魚の部位ごとの重量と ^{137}Cs 濃度の比較を行った。個体重量に対する部位ごとの重量割合は、可食部が40-49%、アラ部が43-47%で、内臓部が8-15%であった。魚全体に対する部位ごとの ^{137}Cs 存在量比は、可食部が44-51%、アラ部が1-2%で、内臓部が16-31%であった。つまりアラ部は主として骨などの硬組織が含まれているために魚全体に占める重量の割合は約50%であるが、体液など水分量が他の2つの組織に比べて低いために、アラ部中の ^{137}Cs 濃度が低いことが考えられる。魚全身中の ^{137}Cs 濃度は、可食部中の濃度に比べて20-30%ほど低い値であった。これらの傾向は ^{40}K の場合も同じで、部位中CsおよびK濃度は体液等に影響していることが考えられる。

魚類を採取した海域に近い沿岸における海水中の放射性Cs濃度は、 ^{134}Cs 濃度は検出下限値以下、 ^{137}Cs 濃度は1.8-38 mBq/Lであった。海産魚類のCsの濃縮比(CR) $50^{10)}$ を用いて、海水中の ^{137}Cs 濃度から魚類中の ^{137}Cs 濃度を推定すると、0.5-0.9 Bq/kg-生重量と推定される。今回、分析した魚類中の ^{137}Cs 濃度範囲以下であり、概ね魚類中の放射性Cs濃度は環境水濃度を反映していたことが明らかとなった。 ^{90}Sr はカルシウム(Ca)の含有量が多い部位に濃縮されやすい。そのため、アラ部中の ^{90}Sr 濃度の分析を行ったが、検出下限値(0.02 Bq/Kg-生重量)以下であった。また海水中の ^{90}Sr 濃度は0.5-0.9 mBq/Lであった。海産魚類のSr濃縮比(CR) $3^{10, 11)}$ を用いて、海水中の ^{90}Sr 濃度から魚類可食部中の ^{90}Sr 濃度を推定すると、0.0025-0.0005 Bq/kg-生重量と推定される。この推定値は、文部科学省放射能測定法シリーズ2「放射性ストロンチウム分析法」⁵⁾における検出下限値の0.02 mBq/kg-生重量以下となり、概ね魚類中の ^{90}Sr 濃度も環境水濃度を反映していたことが考えられる。 $^{239+240}\text{Pu}$ は生物の内蔵に濃縮されやすいことから内蔵部中の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度分析を行ったところ、検出下限値(0.0008 Bq/kg-生重量)以下であった。海水中の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度と海産魚類のPu濃縮比(CR) $40^{10, 12)}$ を用

いて、魚類可食部中の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度を推定すると、 0.002 Bq/kg -生重量と推定される。これは分析法の検出下限値は 0.0008 Bq/kg -生重量⁶⁾で、推定濃度が検出下限値以下であることから、概ね魚類中の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度も環境水濃度を反映していたことが考えられる。

E. 結論

福島相双海域で採取し、市場流通する魚介類中の部位別の放射性 Cs と ^{40}K を定量した結果、魚類可食部で ^{134}Cs は検出下限値以下で、 ^{137}Cs 濃度範囲は $1.8\text{-}3.3 \text{ Bq/kg}$ -生重量であった。魚介類が生息する福島沿岸における海水中の放射性 Cs、 ^{90}Sr 及び $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度から海洋生物への濃縮比を用いて魚類中の放射性 Cs、 ^{90}Sr 及び $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度の推定を行った。放射性 Cs は概ね同じ濃度範囲で、 ^{90}Sr 及び $^{239+240}\text{Pu}$ は実測できない検出下限値以下であった。つまり魚類中のこれら放射性物質濃度は環境水を反映していることが確認された。海産魚類(全体)中の ^{137}Cs 濃度に対する ^{90}Sr 及び $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度の割合は、1%程度であり、食品の基準値の算出基準の考え方¹²⁾に対して影響を与えないものであることが確認できた。

引用文献

- 1) 福島県: 食品に関する安全・安心確保
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/m4-2.html> (2023年3月アクセス)
- 2) 福島県の水産物の緊急時モニタリング検査結果について: <https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/ps-suisanka-monita-top.html> (2023年3月アクセス)
- 3) 米沢 伸四郎 他: Ge 検出器- γ 線スペクトロメトリーによる玄米認証標準物質中 ^{134}Cs , ^{137}Cs 及び ^{40}K の分析-第1部 放射能濃度の定量-. 分析化学 65, 645-655, 2016.
- 4) Aoyama, M. and Hirose, K. (2008) Radioact. in the Environ. 11, 137-162.
- 5) 文部科学省、放射能測定シリーズ No.2「放射性ストロンチウム分析法(平成15年改訂)」
- 6) 文部科学省、放射能測定シリーズ No.12「プルトニウム分析法(平成2年改訂)」

- 7) 公益財団法人海洋生物環境研究所、令和3年度原子力施設等防災対策等委託費(海洋環境における放射能調査及び総合評価)事業 調査報告書、令和4年3月.
- 8) TEPCO、福島第一原子力発電所周辺の放射性物質の分析結果、
<https://www.tepco.co.jp/decommission/data/analysis/index-j.html>. (2023年3月アクセス)
- 9) 小森 昌史 他: $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比を指標とした福島第一原子力発電所事故に由来する放射性核種の放出原子炉別汚染評価、BUNSEKI KAGAKU 62, 475-483, 2013.
- 10) IAEA, Technical Reports Series No.422: Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factors for Biota in the Marine Environment, p.36, 2004
- 11) 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影響と評価手法に関する研究、平成27-29年度 総合研究報告書、明石 真言(量子科学技術研究開発機構)、2018.
- 12) 別冊:食品の基準値の導出について、部会報告書(案)「食品中の放射性物質に係る規格基準の設定について」、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.

F. 健康危険情報

なし

G. 研究業績

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

表1 福島相双海域で採取した魚介類のリスト

魚種	番号	個体			部位別生重量		
		全長	体長	生重量	可食部	アラ部	内臓部
		cm	cm	kg	kg	kg	kg
スズキ	採取日	2022年12月14日					
	SB-1	46.0	42.0	1.59	0.63	0.74	0.22
	SB-2	49.0	45.0	1.78	0.67	0.80	0.31
	SB-3	48.0	44.0	1.70	0.76	0.68	0.26
	SB-4	46.0	42.0	1.66	0.69	0.68	0.29
	SB-5	47.0	42.5	1.67	0.68	0.79	0.21
ブリ(小型)	採取日	2022年12月14日					
	YT-1	56.5	48.0	1.88	0.87	0.85	0.16
	YT-2	51.0	44.0	1.82	0.84	0.88	0.10
	YT-3	52.0	45.0	1.93	0.89	0.89	0.15
	YT-4	44.5	39.0	2.05	0.94	0.95	0.15
	YT-5	49.0	41.5	1.77	0.92	0.71	0.15

表2 福島相双海域で採取した魚介類中のCs-137濃度

魚種	番号	全身 ¹⁾	可食部	アラ部	内臓部
		Bq/kg-生重量	Bq/kg-生重量	Bq/kg-生重量	Bq/kg-生重量
スズキ	SB-1	0.39 ± 0.02	0.56 ± 0.03	0.27 ± 0.02	0.20 ± 0.02
	SB-2	1.45 ± 0.14	0.89 ± 0.04	2.17 ± 0.26	0.30 ± 0.04
	SB-3	0.48 ± 0.02	0.65 ± 0.02	0.33 ± 0.01	0.29 ± 0.03
	SB-4	0.73 ± 0.02	0.95 ± 0.02	0.52 ± 0.02	0.42 ± 0.02
	SB-5	0.43 ± 0.03	0.62 ± 0.04	0.28 ± 0.02	0.21 ± 0.04
	平均値 ²⁾	0.69 ± 0.04	0.74 ± 0.03	0.72 ± 0.07	0.28 ± 0.03
ブリ (小型)	YT-1	0.19 ± 0.01	0.22 ± 0.01	0.12 ± 0.02	0.19 ± 0.02
	YT-2	0.23 ± 0.02	0.29 ± 0.02	0.16 ± 0.01	0.17 ± 0.02
	YT-3	0.27 ± 0.01	0.30 ± 0.01	0.23 ± 0.01	0.32 ± 0.03
	YT-4	0.49 ± 0.02	0.63 ± 0.02	0.34 ± 0.01	0.17 ± 0.02
	YT-5	0.26 ± 0.01	0.34 ± 0.01	0.16 ± 0.01	0.17 ± 0.03
	平均値 ²⁾	0.29 ± 0.02	0.37 ± 0.02	0.21 ± 0.01	0.21 ± 0.02

1) 全身中のCs-137濃度は、可食部、アラ部および内臓部中のCs-137合計量と個別重量から計算した。

2) 平均値は、全身中のCs-137濃度と個体重量のから加重平均により計算した。

表3 福島相双海域で採取した魚介類中の⁴⁰K濃度

魚種	番号	全身 ¹⁾	可食部	アラ部	内臓部
		Bq/kg-生重量	Bq/kg-生重量	Bq/kg-生重量	Bq/kg-生重量
スズキ	SB-1	87.8 ± 0.9	148.9 ± 1.2	81.2 ± 0.6	83.7 ± 1.4
	SB-2	95.1 ± 1.3	158.5 ± 1.7	88.6 ± 0.9	82.4 ± 2.2
	SB-3	88.2 ± 1.0	145.4 ± 1.4	78.9 ± 1.0	82.9 ± 1.1
	SB-4	85.3 ± 1.3	141.7 ± 1.5	86.5 ± 0.8	104.4 ± 1.6
	SB-5	89.5 ± 1.3	145.0 ± 1.5	91.2 ± 0.8	87.2 ± 1.9
	平均値 ²⁾	89.2 ± 2.6	147.8 ± 1.5	85.1 ± 0.8	87.1 ± 1.6
ブリ (小型)	YT-1	88.2 ± 1.0	116.9 ± 1.2	70.5 ± 0.9	44.9 ± 0.7
	YT-2	247.9 ± 4.6	113.2 ± 1.3	406.8 ± 8.2	51.9 ± 1.2
	YT-3	96.1 ± 0.8	124.3 ± 1.0	72.9 ± 0.6	53.1 ± 1.0
	YT-4	99.9 ± 0.9	125.1 ± 1.0	72.4 ± 0.7	84.0 ± 0.9
	YT-5	87.7 ± 1.2	121.7 ± 1.5	65.1 ± 0.8	36.8 ± 1.0
	平均値 ²⁾	126.6 ± 1.6	120.5 ± 1.2	138.2 ± 2.3	55.0 ± 0.9

1) 全身中の⁴⁰K濃度は、可食部、アラ部および内臓部中の⁴⁰K合計量と個別重量から計算をした。

2) 平均値は、全身または各部中の⁴⁰K濃度と個別重量から加重平均により計算をした。

表4 福島沖で採取した魚類アラ部中の⁹⁰Sr濃度から推定する魚類中の⁹⁰Sr濃度

魚類	採取域	採取日	試料重量 kg-生重量	アラ部中 ⁹⁰ Sr濃度 Bq/kg-生重量	検出下限値 Bq/kg-生重量
イシガレイ	相双海域	2021/10/29	0.99	ND	0.02

表5 福島沖で採取した魚類内蔵部中の²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度から推定する魚類中の²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度

魚類	採取域	採取日	試料重量 kg-生重量	内蔵部中 ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu濃度 Bq/kg-生重量	検出下限値 Bq/kg-生重量
イシガレイ	相双海域	2021/10/29	0.65	ND	0.0008

表6 海水中の放射性物質濃度と濃縮係数から推定する魚類中の⁹⁰Srおよび²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度

放射性核種	海水濃度 m Bq/L	濃縮比	魚類中の推定放射性物質濃度 Bq/kg-生重量
⁹⁰ Sr	0.51-0.9	5	0.0025-0.0005
²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	0.005	40	0.0002

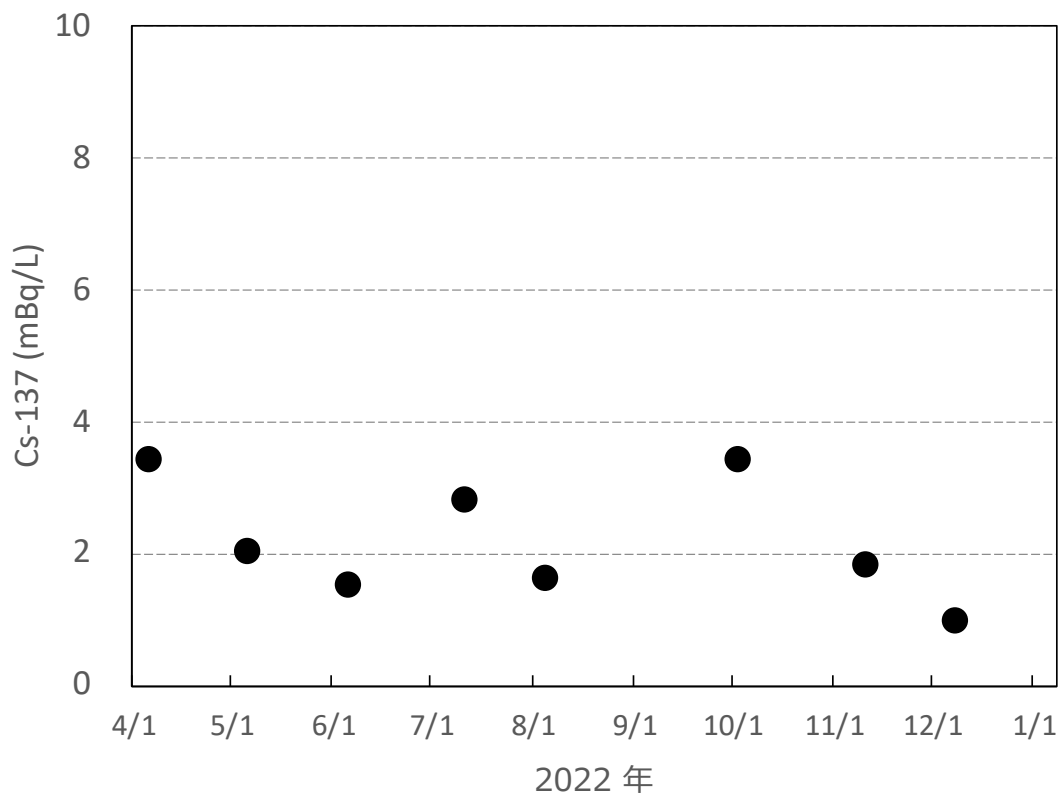


図1 福島小名浜沖における海水中の¹³⁷Cs濃度

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)

内部被ばく線量の推計に関する研究 分担研究報告

分担研究者 福谷 哲 (京都大学 複合原子力科学研究所)

研究要旨

東京電力福島第一原子力発電所(FDNPS)事故により環境へ放出された放射性物質の影響を受け、食品へ放射性物質による汚染が生じ、食品の摂取に伴う内部被ばくが懸念され、厚生労働省は平成 24 年 4 月以降、食品からの内部被ばく線量を 1 mSv/年として、導出された基準値を適用している。この基準値は、対象となる放射性 Cs 以外の核種(^{90}Sr 、 ^{106}Ru 、 Pu)については、 ^{137}Cs との放射能濃度比から、これらの核種の濃度を推定し、設定された。先行研究では、営農再開を予定している地域を含め福島県内で栽培された農産物について測定を行ったが、放射性 Cs 濃度は全て基準値以下で、Cs 以外の放射性物質濃度(主に ^{90}Sr)は大気圏核実験由来と考えられるものが多く、流通する様々な食品から放射性 Cs 以外には事故の影響は見られなかった。さらに、測定結果を用いて内部被ばくに対する寄与率の状況を確認し、食品摂取に伴う内部被ばく線量を計算したところ、保守的な条件であっても十分に 1 mSv/年を下回る結果が得られた。福島県内では営農再開する地域の拡大が行われているが、すべての地域で避難指示区域が解除された状況ではなく、解除された居住制限区域及び避難指示解除準備区域などであっても、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、原発事故から 10 年が経過したことを踏まえ、福島県で栽培され流通している多種多様の農作物を評価対象として、作物中放射性 Cs レベルの測定値から、農作物摂取に起因する放射性 Cs による内部被ばく線量の評価を行った。また、作物中安定 Sr 濃度を測定し、これまでに得られた作物中 $^{90}\text{Sr}/\text{Sr}$ 比を用いて推定された作物中 ^{90}Sr 濃度を用いて、 ^{90}Sr による内部被ばく線量の評価もあわせて行った。

令和 4 年度は、浜通りで人口が多いいわき市周辺で採取したさまざまな作物を対象とした。本評価において設定した年齢性別区分の中で、農作物摂取による放射性 Cs による被ばく線量(^{134}Cs と ^{137}Cs の合計値)の推定結果が最も高かった年齢性別区分は【13-18 歳男子】で、その推定値は 0.0010 mSv/年であった。また、 ^{90}Sr による被ばく線量の推定結果が最も高かった年齢性別区分は【13-18 歳男子】で、その推定値は 0.00082 mSv/年であった。いずれについても、介入線量レベルである 1 mSv/年を大幅に下回っていた。採取される山菜などの自生植物中放射性 Cs 濃度については、 ^{137}Cs 濃度が比較的高い可能性があり、このような食品については、濃度の平均化や摂取量の取り扱いによって被ばく線量評価結果が大きく変動することに留意する必要がある。

A. 研究目的

2011年3月11日に発生した東日本大震災に起因する東京電力福島第一原子力発電所(FDNPS)事故により、大量の放射性物質が大気及び海洋に放出された。この事故により放出された放射性核種による食品の摂取による内部被ばくが懸念され、厚生労働省は平成24年4月以降、食品からの内部被ばく線量を1 mSv/年として導出された基準値を適用している。この基準値は、対象となる放射性 Cs 以外の核種(^{90}Sr 、 ^{106}Ru 及び Pu)については、 ^{137}Cs との放射能濃度比から、これらの核種の濃度を推定し、設定された¹⁾。また、基準値の設定の際、規制対象核種以外の核種の影響に関しては、いずれも影響は小さいと結論づけられ、これまでに実施された本研究課題でも確認されている。

これまでに、本研究課題²⁾において、営農再開を予定している地域を含め福島県内で栽培された作物の放射性 Cs や ^{90}Sr 濃度を用いて、内部被ばく線量評価を実施してきた。その結果、保守的な条件であっても十分に1 mSv/年を下回る結果が得られた。

本研究では、分担研究1で測定された多種多様の作物中放射性 Cs レベルから、農作物摂取に起因する放射性 Cs による内部被ばく線量の評価を行う。また、作物中安定 Sr 濃度を測定し、分担研究1において推定された作物中 ^{90}Sr 濃度を用いて、 ^{90}Sr による内部被ばく線量の評価もあわせて行う。

B. 研究方法

1. 安定 Sr 濃度の測定

作物中の ^{90}Sr 濃度の推定のため、安定 Sr 濃度を測定する。測定試料は分担研究1で採取された作物の種類を考慮して、16 試料を選択する。測定は ICP 質量分析装置(PlasmaQuant MS, Analytik Jena)を用いて行い、濃度既知の標準溶液で検量線を作成し定量する。

2. 内部被ばく線量評価

食品摂取による内部被ばく線量は、各食品中放射性核種濃度に、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て、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1において測定された放射性 Cs 濃度及び推定された ^{90}Sr 濃度を用いて、農作物の種類毎の被ばく線量を推定する。

なお、内部被ばく線量評価のための線量係数は、ICRP Publication No.72³⁾に記載されている経口摂取に係る内部被ばく線量係数を用いる(表1参照)。また、農作物の種類毎の摂取量は、基準値の設定において用いられた各年齢性別区分における、食品区分毎の食品摂取量¹⁾を用いる(表2参照)。

年齢区分「1-6歳」には5歳、「7-12歳」には10歳、「13-18歳」には15歳、「19歳以上」及び「妊婦」には成人の線量係数を用いる。なお、1歳未満は調整粉乳からの摂取量が大きいため、本評価からは除外する。また、基準値の設定における想定と同様に、当該放射性核種が含まれる食品は、摂取する食品の1/2と仮定する。

なお、表2における「その他」には「キノコ類」等一部の農作物が含まれるが、「菓子類」、「酒類」、「嗜好飲料」、「調味料」等、農作物でないものも多く含まれ、分担研究1の表5における「その他」と意味合いが異なるため、評価に用いないこととする。

C. 研究結果

1. 安定 Sr 濃度の測定

安定 Sr 濃度の測定に供した16試料の測定結果を表3に示す。この測定結果は分担研究1における ^{90}Sr 濃度の推定に用いられた。

2. 内部被ばく線量評価

内部被ばく線量評価に用いる ^{137}Cs 濃度及び ^{90}Sr 濃度は、分担研究1において集計された、農作物の種類ごとの作物中 ^{137}Cs 平均濃度及び ^{90}Sr 平均濃度を用いる。(表4参照)。 ^{134}Cs 濃度については、ほとんどの試料において検出されなかったことから、全ての試料について、平成23年3月11日における $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度比を1:1とし、令和4年9月30日における ^{134}Cs 濃度との比を算出し、 ^{137}Cs 濃度に乗じることによって推定する。

農作物の摂取に起因する ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 及び ^{90}Sr に

よる年間内部被ばく線量推定値を、表 5-1～表 5-3 に示す。ここで、「コメ」については精米による濃度変化を考慮せず、玄米中濃度を用いている。また、「穀類」は、サンプル数が $n=1$ と少ないことから、線量評価においては玄米中濃度を用いている。なお、合計については「穀類」を除いた場合もあわせて記載している。

本評価において設定した年齢性別区分の中で、農作物摂取による ^{134}Cs による被ばく線量の推定結果が最も高かったのは【13-18 歳男子】で、その推定値は 0.000038 mSv/年であった。 ^{137}Cs による被ばく線量の推定結果が最も高かった年齢性別区分は【13-18 歳男子】で、その推定値は 0.00096 mSv/年であった。放射性 Cs による被ばく線量(^{134}Cs と ^{137}Cs の合計値)の推定結果が最も高かった年齢性別区分は【13-18 歳男子】で、その推定値は 0.00082 mSv/年であった。また、 ^{90}Sr による被ばく線量の推定結果が最も高かった年齢性別区分は【13-18 歳男子】で、その推定値は 0.00082 mSv/年であった。いずれについても、介入線量レベルである 1 mSv/年を大幅に下回っていた。

D. 考察

1. 安定 Sr 濃度の測定

16 試料の安定 Sr 濃度は 26 $\mu\text{g}/\text{kg}$ -生重量(アスパラガス)～ $3,200$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ -生重量(ゴボウ)であり、その範囲は約2桁に及んでいる。根菜類は濃度が高い傾向が見られ、芋類は濃度が低い傾向が見られる。葉菜類は、作物によって濃度の幅が大きいと考えられる。

2. 内部被ばく線量評価

^{134}Cs による被ばく線量の推定結果が最も高かった年齢性別区分は【13-18 歳男子】で、その推定値は 0.000038 mSv/年であった。半減期の5倍以上の期間が過ぎて物理的壊変が進んだことにより、 ^{137}Cs に比べて $1/10$ 以下であり、十分に低いレベルになっている。

^{137}Cs による被ばく線量の推定結果が最も高かった年齢性別区分は【13-18 歳男子】で、その推定値は 0.00096 mSv/年であった。農作物の種類ごとに検討すると、「穀類」と「コメ」の合計が 0.00061 mSv/年、「葉・根・果菜類」が 0.00024 mSv/年、その他の種類

の合計が 0.00011 mSv/年となっている。

「穀類」と「コメ」について、「穀類」の多くは輸入された小麦と考えられ、また国内産の麦類に占める福島県産の割合は極めて小さい⁴⁾。このため事故に起因する穀類の摂取による被ばく線量は極めて低いと考えられる。また、本評価では玄米中濃度を使用しているが、精米により放射性セシウム濃度は減少するため、白米を摂取した場合には被ばく線量は本評価よりも低くなる。

分担研究1で記されたように、採取される山菜などの自生植物中放射性 Cs 濃度については、 ^{137}Cs 濃度が比較的高い可能性があるが、このような食品は個人的嗜好等による摂取量の違いが大きいと考えられる。よって、このような食品については、濃度の平均化や摂取量の取り扱いによって被ばく線量評価結果が大きく変動することに留意する必要がある。なお、実際に消費される食品はより広範囲の産地から購入されるため、被ばく線量は本評価値より低くなっていると考えられる。また、本評価では調理加工に伴う放射性 Cs 濃度の減少は考慮していないが、調理加工によって実際に摂取する放射性 Cs 濃度は減少する影響も考えられる。

^{90}Sr による被ばく線量の推定結果が最も高かった年齢性別区分は【13-18 歳男子】で、その推定値は 0.00082 mSv/年であった。これまでの本研究課題²⁾において記述されているように、今回検出された ^{90}Sr の多くは大気圏核実験由来と考えられる。よって、事故由来の ^{90}Sr による被ばく線量はこの評価結果よりも十分に低いと考えられる。

E. 結論

本研究では、分担研究1で測定された多種多様の作物中放射性 Cs レベルから、農作物摂取に起因する放射性 Cs による内部被ばく線量の評価を行った。また、作物中安定 Sr 濃度を測定し、分担研究1において推定された作物中 ^{90}Sr 濃度を用いて、 ^{90}Sr による内部被ばく線量の評価もあわせて行った。農作物摂取に起因する放射性 Cs による被ばく線量(^{134}Cs と ^{137}Cs の合計値)の推定結果が最も高かった年齢性別区分は【13-18 歳男子】で、その推定値は 0.0010

mSv/年であった。

また、 ^{90}Sr による被ばく線量の推定結果が最も高かった年齢性別区分は【13-18 歳男子】で、その推定値は 0.00082 mSv/年であった。

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-令和 2 年度総括・分担研究報告書 (2021).
- 3) ICRP: Publication 72(1996).
- 4) 総務省統計局:作物統計調査 作況調査(水陸稲、麦類、豆類、かんしょ、飼料作物、工芸農作物) 確報 令和2年産作物統計(普通作物・飼料作物・工芸農作物).

F. 健康危険情報

なし

G. 研究業績

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)

放射性核種	5歳	10歳	15歳	成人
Cs-134	1.3E-05	1.4E-05	1.9E-05	1.9E-05
Cs-137	9.6E-06	1.0E-05	1.3E-05	1.3E-05
Sr-90	4.7E-05	6.0E-05	8.0E-05	2.8E-05

表2 食品区分ごとの平均1日摂取量 (g/日)¹⁾

	1歳未満	1-6歳 【男子】	1-6歳 【女子】	7-12歳 【男子】	7-12歳 【女子】	13-18歳 【男子】	13-18歳 【女子】	19歳以上 【男子】	19歳以上 【女子】	妊婦
穀類	20.8	82.7	82.1	127.5	110.9	127.5	110.9	127.5	110.9	141.6
コメ	69.3	195.5	168.2	319.4	276.3	499.4	323.8	424.0	292.0	228.0
芋類	13.0	36.8	34.1	85.0	78.2	79.2	67.6	60.0	55.8	57.7
葉菜類	5.7	68.9	61.8	125.1	122.1	139.9	128.3	142.9	130.2	128.3
根菜類	4.5	37.0	35.2	69.3	67.9	77.1	68.4	85.2	78.1	67.1
豆類	10.0	29.1	28.4	66.0	63.0	64.4	61.9	64.3	61.7	48.4
果菜類	66.8	174.9	178.7	151.6	161.2	149.4	156.1	229.7	243.1	230.3
乳製品	22.0	52.6	47.4	28.0	35.4	25.8	35.5	30.6	38.9	47.3
牛肉	0.1	10.2	7.9	15.5	15.0	27.3	19.1	17.7	12.1	21.2
豚肉	0.7	36.8	31.6	51.4	42.5	68.0	50.5	46.6	36.1	43.8
鶏肉	2.0	14.1	14.1	23.6	23.2	39.1	30.7	22.1	16.2	21.7
鶏卵	2.9	28.0	24.3	35.5	32.1	51.4	47.4	39.6	34.5	39.2
淡水産物	3.0	3.2	3.5	5.2	4.7	6.1	5.5	9.4	7.6	4.5
海産物	9.7	38.0	39.5	75.9	67.1	82.3	71.9	111.1	89.9	53.6
その他*	22.6	292.9	310.0	395.2	331.6	398.5	332.7	623.8	374.0	533.6
牛乳	5.8	159.7	139.2	308.2	259.9	216.2	152.2	82.3	87.0	100.2
調製粉乳(粉状)	114.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
摂取量合計	372.9	1260.4	1206.0	1882.4	1691.1	2051.6	1662.5	2116.8	1668.1	1766.5

* その他にはキノコ類、菓子類、酒類、嗜好飲料、調味料等が含まれる

表 3 作物中安定 Sr 濃度測定値

試料番号	作物	種類	μg/kg-乾燥		μg/kg-生	
2022-P5	スナップエンドウ	果菜類	5,023 ±	230	568 ±	26
2022-P8	ホウレンソウ	葉菜類	10,796 ±	902	751 ±	63
2022-P13	ダイコン (根部)	根菜類	13,299 ±	3,264	525 ±	129
2022-P19	コマツナ	葉菜類	15,438 ±	2,714	927 ±	163
2022-P30	タマネギ	葉菜類	758 ±	10	59 ±	1
2022-P34	ジャガイモ (メークイン)	芋類	2,055 ±	44	378 ±	8
2022-P37	ズッキーニ	果菜類	35,326 ±	7,659	1,168 ±	253
2022-P40	インゲン	果菜類	13,074 ±	2,983	697 ±	159
2022-P43	ジャガイモ (キタアカリ)	芋類	496 ±	2	106 ±	1
2022-P46	トマト	果菜類	2,694 ±	104	186 ±	7
2022-P60	乾燥シイタケ (原木)	その他	1,456 ±	28	1361 ±	26
2022-P70	アスパラガス	葉菜類	454 ±	5	26 ±	0
2022-P87	ゴボウ(泥付き)	根菜類	14,562 ±	1,319	2,988 ±	271
2022-P91	金時豆	豆類	533 ±	6	454 ±	5
2022-P98	ゲンマイ (コシヒカリ)	玄米	678 ±	10	595 ±	9
2022-P99	ゲンマイ (ヒトメボレ)	玄米	747 ±	11	650 ±	9

表 4 種別農作物中 ^{137}Cs 及び ^{90}Sr の平均濃度 (Bq/kg-生重量)

種類	^{137}Cs	^{90}Sr
玄米	0.41	0.048
芋類	0.13	0.019
葉菜類	0.59	0.034
根菜類	0.05	0.135
豆類	0.54	0.035
果菜類 (果実類を含む)	0.12	0.05

表 5-1 農作物摂取による年間内部被ばく線量推定値 (^{134}Cs) (単位：mSv/年)

	1-6 歳 【男子】	1-6 歳 【女子】	7-12 歳 【男子】	7-12 歳 【女子】	13-18 歳 【男子】	13-18 歳 【女子】	19 歳以上 【男子】	19 歳以上 【女子】	妊婦
穀類	2.2E-06	2.2E-06	3.6E-06	3.1E-06	4.9E-06	4.3E-06	4.9E-06	4.3E-06	5.4E-06
コメ	5.1E-06	4.4E-06	9.0E-06	7.8E-06	1.9E-05	1.2E-05	1.6E-05	1.1E-05	8.7E-06
芋類	3.1E-07	2.8E-07	7.6E-07	7.0E-07	9.6E-07	8.2E-07	7.3E-07	6.8E-07	7.0E-07
葉菜類	2.6E-06	2.3E-06	5.1E-06	5.0E-06	7.7E-06	7.1E-06	7.9E-06	7.2E-06	7.1E-06
根菜類	1.2E-07	1.1E-07	2.4E-07	2.3E-07	3.6E-07	3.2E-07	4.0E-07	3.7E-07	3.1E-07
豆類	1.0E-06	9.8E-07	2.5E-06	2.3E-06	3.3E-06	3.1E-06	3.2E-06	3.1E-06	2.4E-06
果菜類	1.3E-06	1.4E-06	1.3E-06	1.3E-06	1.7E-06	1.8E-06	2.6E-06	2.7E-06	2.6E-06
合計	1.3E-05	1.2E-05	2.2E-05	2.1E-05	3.8E-05	3.0E-05	3.6E-05	3.0E-05	2.7E-05
合計 (穀物を除く)	1.1E-05	9.5E-06	1.9E-05	1.7E-05	3.3E-05	2.6E-05	3.1E-05	2.5E-05	2.2E-05

表 5-2 農作物摂取による年間内部被ばく線量推定値 (^{137}Cs) (単位：mSv/年)

	1-6 歳 【男子】	1-6 歳 【女子】	7-12 歳 【男子】	7-12 歳 【女子】	13-18 歳 【男子】	13-18 歳 【女子】	19 歳以上 【男子】	19 歳以上 【女子】	妊婦
穀類	5.9E-05	5.9E-05	9.5E-05	8.3E-05	1.2E-04	1.1E-04	1.2E-04	1.1E-04	1.4E-04
コメ	1.4E-04	1.2E-04	2.4E-04	2.1E-04	4.9E-04	3.1E-04	4.1E-04	2.8E-04	2.2E-04
芋類	8.4E-06	7.8E-06	2.0E-05	1.9E-05	2.4E-05	2.1E-05	1.9E-05	1.7E-05	1.8E-05
葉菜類	7.1E-05	6.4E-05	1.3E-04	1.3E-04	2.0E-04	1.8E-04	2.0E-04	1.8E-04	1.8E-04
根菜類	3.2E-06	3.1E-06	6.3E-06	6.2E-06	9.1E-06	8.1E-06	1.0E-05	9.3E-06	8.0E-06
豆類	2.8E-05	2.7E-05	6.5E-05	6.2E-05	8.3E-05	7.9E-05	8.2E-05	7.9E-05	6.2E-05
果菜類	3.7E-05	3.8E-05	3.3E-05	3.5E-05	4.3E-05	4.4E-05	6.5E-05	6.9E-05	6.6E-05
合計	3.5E-04	3.2E-04	5.9E-04	5.4E-04	9.6E-04	7.6E-04	9.1E-04	7.5E-04	6.9E-04
合計 (穀物を除く)	2.9E-04	2.6E-04	5.0E-04	4.6E-04	8.4E-04	6.5E-04	7.9E-04	6.4E-04	5.5E-04

表 5-3 農作物摂取による年間内部被ばく線量推定値 (^{90}Sr) (単位: mSv/年)

	1-6 歳 【男子】	1-6 歳 【女子】	7-12 歳 【男子】	7-12 歳 【女子】	13-18 歳 【男子】	13-18 歳 【女子】	19 歳以上 【男子】	19 歳以上 【女子】	妊婦
穀類	3.4E-05	3.4E-05	6.7E-05	5.8E-05	8.9E-05	7.8E-05	3.1E-05	2.7E-05	3.5E-05
コメ	8.0E-05	6.9E-05	1.7E-04	1.5E-04	3.5E-04	2.3E-04	1.0E-04	7.2E-05	5.6E-05
芋類	6.0E-06	5.6E-06	1.8E-05	1.6E-05	2.2E-05	1.9E-05	5.8E-06	5.4E-06	5.6E-06
葉菜類	2.0E-05	1.8E-05	4.7E-05	4.5E-05	6.9E-05	6.4E-05	2.5E-05	2.3E-05	2.2E-05
根菜類	4.3E-05	4.1E-05	1.0E-04	1.0E-04	1.5E-04	1.3E-04	5.9E-05	5.4E-05	4.6E-05
豆類	8.7E-06	8.5E-06	2.5E-05	2.4E-05	3.3E-05	3.2E-05	1.2E-05	1.1E-05	8.7E-06
果菜類	7.5E-05	7.7E-05	8.3E-05	8.8E-05	1.1E-04	1.1E-04	5.9E-05	6.2E-05	5.9E-05
合計	2.7E-04	2.5E-04	5.1E-04	4.8E-04	8.2E-04	6.7E-04	2.9E-04	2.5E-04	2.3E-04
合計 (穀物を除く)	2.3E-04	2.2E-04	4.4E-04	4.2E-04	7.4E-04	5.9E-04	2.6E-04	2.3E-04	2.0E-04

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)

食品中放射性物質濃度と食品摂取に伴う内部被ばく線量の評価等に関する知見の評価検討
分担研究報告

研究協力者 鍋師 裕美 (国立医薬品食品衛生研究所)
分担研究者 青野 辰雄 (量子科学技術研究開発機構)
研究代表者 明石 真言 (東京医療保健大学)

研究要旨

国際機関や諸外国等における食品中の放射性物質の規制値や食品摂取に伴う内部被ばく線量の評価等に関する基礎的な資料を作成する作業の一環として、食品中の放射性物質の規制および基準値等の設定の際に用いられた汚染率についての情報や摂取量の少ない食品についての取り扱い等について、国際機関や各国の設定状況を調査し、資料をとりまとめた。

汚染率は、調査した国際機関および諸外国のうち、CODEX、IAEA、EU では、一般的な食品に対する値として0.1が採用されていた。0.1の根拠として、CODEXではFAOの統計データから算出された世界各国の主食の平均輸入率10%を挙げており、EUでは、チェルノブイリ事故の経験を踏まえた値としていた。米国、カナダについては、一般的な汚染率0.1に追加係数(米国:3、カナダ:2)をかけることにより、特定地域の食糧供給により依存している集団を考慮するという方法がとられていた。

少量消費食品への対応では、EU、米国、カナダ、ベラルーシで、一般的な食品の基準値の10倍を少量消費食品の基準値として適用されていた。これは、CODEXやIAEA、EUの勧告を参考にしたものであった。EUについては少量消費食品のリストが示されており、少量消費食品の基準値が適用される食品が明確になっていたが、それ以外の国際機関および国については、香辛料などが例示してあるのみで、具体的な適用食品は示されていない。

汚染率が示されていたCODEX、IAEA、EU、米国、カナダのうち、CODEX、IAEA、米国では、すべての食品に対して一律の汚染率を適用していた。一方、EUおよびカナダについては、乳児用食品(EU)、生乳(カナダ)に対しては、一般的な食品より高い汚染率が適用されていた。これは、日本の基準値策定時に考慮されたのと同様に、乳幼児に対して放射性物質の影響が成人よりも大きい可能性があることを考慮した対応であると考えられた。汚染率や少量消費食品については、機関や国ごとに考え方が異なり、基準値の設定は一律でなかった。欧米以外の諸外国についても調査し、情報を整理することが、日本の基準値の妥当性を考えるうえで有用であると考えられる。

A. 研究目的

国際機関や諸外国等における食品中の放射性物質の規制値や食品摂取に伴う内部被ばく線量の評価等に関する基礎的な資料を作成する作業の一環として、食品中の放射性物質の基準値等の設定の際に用いられた汚染率についての情報や摂取量の少ない食品についての取り扱い等について、国際機関や各国の設定状況を調査することを目的とした。

B. 研究方法

放射線防護や食品安全等に関連する国際機関および諸外国から公表されている資料や論文等の文献調査として、本年度はCODEX、IAEA、EU、米国、カナダ、ベラルーシ、ロシア、ノルウェー、スイス、ウクライナについて調査した。表1に放射性セシウムに対する基準値・規制値のみを抜粋し、基準値設定の基礎となった線量基準、汚染率などをまとめた。また、消費量の少ない食品に対する設定の有無、設定がある場合は、その詳細についてまとめた。

C. 研究成果

放射線防護や食品安全等に関連する国際機関および諸外国から公表されている資料や論文等の文献を調査した結果を表1にまとめた。CODEXは、食品の貿易の観点から定めたガイドラインレベルを示している。CODEXのガイドラインレベルは、核種グループごとに介入免除レベルの1 mSv/年を超えないように設定されており、ガイドラインレベル導出にはWHOが示した世界平均の食品摂取量が用いられていた。汚染率は0.1と設定されているが、この値はFAOの統計データから算出された世界各国の主食の平均輸入率10%に基づいて輸入率を10%とし、輸入された食品すべてがガイドラインレベル濃度で汚染されているという仮定の下で設定された値であった。CODEXでは、食品貿易の観点でガイドラインレベルを示していることから、自国外からの輸入食品が汚染されているという考え方がとられていた。ただし、上述の仮定が適用できないような状況においては、自国の領土内で内部使用のために異なる値を採用することを認めるとされていた。摂取量の少ない食品に対しては、香辛料

など、食事全体に占める割合が少ないものについて、ガイドラインレベルを10倍にしても良いという記述がされていたが、少量消費食品に含まれる食品名や摂取量に関する情報はなかった。

IAEAでは、原子力事故後の緊急時や緊急時以外の状況など、汚染状況に応じたガイダンスレベル等を示している。IAEA Safety Series No.115(1996年)²⁾において示されているアクションレベルは、CODEXのガイドラインレベルをベースにしているとの記載があった。消費量が少ない食品については、「スパイスのように少量(例えば一人当たり年間10 kg未満)しか摂取されない食品については、主要な食品の10倍のアクションレベルを使用できる」との記載がされており、消費量の目安として年間10 kg未満という値が例示されていた。IAEA TEC-DOC-2011(2022年)⁴⁾では、個々の食品区分に対してのガイダンスレベルが示されているが、少量消費食品については、CODEXやIAEA Safety Series No.115²⁾と同様にガイダンスレベルの10倍の値が適用できるとの記載がされていた。

EUについては、COUNCIL REGULATION (Euratom) 2016/5210⁵⁾において食品中の放射性物質規制に関する理事会規則を定めている。この中で、食品や飼料に重大な放射線汚染が発生した場合や原子力事故が生じた場合などにおいては、実行規則を採択しなければならないとされており、チェルノブイリ原発事故への対応として第三国に対する実行規則⁶⁾が、福島原発事故への対応として日本に対する実行規則⁷⁾が定められている。それぞれの実行規則内において、第三国産の食品および日本産の食品に対する基準値が設定されており、日本に対しては、2011年当初、日本国内の暫定規制値に準拠した基準値が定められていた。実行規則は定期的に見直しが行われており、2012年の日本国内の規制が暫定規制値から基準値に変わったことに対応して、現行の日本国内の基準値に変更されている。EU内の基準値については、前提とする線量基準として1 mSv/年が採用されており、核種グループごとに5つの食品区分に対して基準値が定められていた。乳児用食品については汚染率を0.5、乳製品、その他の食品については汚染率を0.1としていた。Radiation Protection 105, EU Food Restriction Criteria for Application after an Accident(1998)¹⁷⁾によると、汚染率は、「個人が実際に消費する食品中の平均年間濃度は放射能濃度限度

の割合であるとの判断を反映した係数である。チェルノブイリ事故後のEUでの経験は、影響を受けた地域からの種類と距離について類似した条件下で発生する事故においては、0.1 という値が適切であることを示唆している。」との記述があり、チェルノブイリ原発事故の経験を踏まえて0.1という汚染率が算出されたことが示唆された。また、基準値導出の式において仮定される汚染率0.1には、食品内の放射能濃度の変動や個人の食事の地理的起源の変動などの要因が含まれ、地域内の平均として放出後1年間の個人の特定の食品からの放射性核種の摂取量は、10%が基準値レベルで汚染され、90%が汚染ゼロの食事を摂取したことに等しいという考え方がとられているようであった。また、広い地域から供給される食品を多くの人が入手できる国においては、この平均汚染率の仮定値は過剰評価されている一方、食品が広い地域から供給されていない国については、仮定値の妥当性を見直すことが有益であるとも記載されていた。液体状食品については、飲料水のかんりの部分が地下水に依存しており、放射性物質降下による直接の影響を受ける可能性が小さいことを踏まえて、慎重な仮定として汚染率を0.01としていた。ただし、汚染率の設定については、食料調達状況によってリスクにさらされる可能性が高い場合は、より高い値を設定することができるかとされていた。少量消費食品については、マイナーフードというカテゴリーに分類されており、マイナーフードの一覧も存在していた(表2)。マイナーフードの一覧には、にんにく、トリュフ、ケッパー、コショウ、ショウガ、キャビア、ココアペースト等が挙げられており、香辛料、ハーブ類が中心であった。キノコとしてはトリュフとその加工品がマイナーフードのリストに含まれていたが、その他のキノコ類や野生鳥獣肉等はリストに含まれていなかった。また、第三国および日本に対する基準においては、マイナーフードの考え方は取り入れられていなかった。

米国およびカナダについては、一般的な食品に対する汚染率をそれぞれ0.3および0.2と設定していたが、これは一般的な汚染率0.1に追加係数をかけることによって、汚染地域産の食品を摂取する可能性のある集団を考慮した汚染率としていた。米国については、米国の影響を受けていない地域からの輸入によって汚染されていない食品がすぐに入手でき、汚染食品の市場流通を排除することができるという認識の下、一般市民のほとんどが摂取す

る食品については、汚染率が10%未満となると予想している。なお、汚染率10%という値は、欧州共同体委員会(CEC)や経済協力開発機構(OECD)の原子力機関(NEA)の勧告と一致していた。一方で、「小集団が地域の食料供給により依存している可能性があるという事実を考慮して、追加係数3を適用した。」との記述があり、具体的なことは不明であるが、食料自給率の極めて高い集団等が存在しており、それを考慮して追加係数を適用したと考えられた。少量消費食品については、両国ともスパイスを例示した形で記述されており、希釈係数10を使用することを推奨していた。米国については、EU¹⁸⁾(Euratom No944/89)およびCODEX¹⁹⁾(CAC/GL5-1989)のマイナーフードの勧告に基づいた対応であること、カナダについてはIAEA Safety Series²⁾を参照したことが明示されていた。なお、両国とも、少量消費食品に含まれる食品の具体的なリストはなく、どのような食品に対して希釈係数が適用されているかは不明であった。

ベラルーシ、ロシア、スイス、ウクライナにおいては、チェルノブイリ原発事故の影響を強く受けた国であるためか、食品を細かく分類し、食品区分ごとに異なる基準値が設定されていた。これらの国の基準値設定時に用いられた汚染率の情報は記載されていなかった。野生のベリーや野生のキノコについては、栽培ベリーや栽培キノコとは別の区分として基準値が設定されていた。野生動物の肉については、ベラルーシやロシアでは牛肉と同様の基準とされている一方で、スイスやウクライナでは別の区分として畜肉とは異なる基準値が設定されていた。少量消費食品については、ロシア、ウクライナについては記載がなかったが、ウクライナでは、少量消費食品として例示されることが多い香辛料等について「スパイス・調味料」という食品区分を設定し、個別の基準値を定めていた。ベラルーシでは、1人当たり年間消費量が5kg以下の食品(香辛料、茶、ハチミツ等)については「その他の食品」の10倍の基準値を適用すると定められていた。スイスでは、重要性が低い食品という区分が存在しており、この区分が少量消費食品に当たると考えられた。

ノルウェーは牛乳、乳製品、乳幼児用食品およびそれ以外の食品については、EUが定める第三国に対する基準と同じ基準値(牛乳、乳製品、乳幼児用食品:370 Bq/kg、それ以外の食品:600 Bq/kg)を採用している。ただし、半家

畜化されたトナカイ肉および狩猟肉、天然の淡水魚に対しては、3,000 Bq/kg の Cs-137 の基準値を設定している。ノルウェーでは、チェルノブイリ原発事故後の対応として、国内の食物生産を維持するとともにこれら生産物に対する消費者の信頼を保つことに重点が置かれており、当初、基本的な食品に対しての放射性セシウムの基準値として 600 Bq/kg が設定されたが、国内のトナカイ生産の 85% が基準値に不適合となることを避けるため、またトナカイ飼育者およびサーミの人々の文化、生活様式を守るために、トナカイ肉の基準値が 1986 年 11 月に 6000 Bq/kg に引き上げられた。一般のノルウェー人のトナカイ肉消費量は少ないことから、この基準値の引き上げは正当化された。その後、状況が改善されるにつれて、トナカイ肉の基準値は 1994 年に 3,000 Bq/kg に引き下げられ、現在に至っている²¹⁾。現在においても、住民への被ばくを減らすための監視と対策が実施されており、さらにトナカイ肉の基準値が引き下げられるかどうかについての検討がなされている¹³⁾。また、サーミの人々を含むトナカイや淡水魚を多く消費する人に対する食事への助言等が実施され、例えば、トナカイ肉や淡水魚の放射性物質濃度が 3,000 Bq/kg の場合には週 2 食、600 Bq/kg の場合には週 10 食の摂取頻度を超えない等、年間摂取放射物質量が 80,000 Bq (成人が Cs-137 のみを経口摂取したと仮定すると約 1 mSv の預託実効線量に相当) を超えないように、食品中の放射性物質濃度と摂取頻度の関係を具体的に示す等の対応がとられ、食品中の放射性物質濃度を低下させるための調理法についての助言も行われた²¹⁾。さらに、サーミの人々には定期的に全身線量測定により個人の被ばく状況を把握する機会が与えられるなど、特別な配慮がなされていた。

D. 考察

今年度の文献調査の対象とした国際機関・諸外国のうち、汚染率が示されていたのは CODEX、IAEA、EU、米国、カナダであった。CODEX、IAEA、米国では、すべての食品に対して一律の汚染率を適用していた一方、EU およびカナダについては、乳児用食品 (EU)、生乳 (カナダ) に対しては、一般的な食品より高い汚染率が適用されていた。これは、日本の基準値策定時に考慮されたのと同様に、乳幼児に対して放射性物質の影響が成人よりも大きい可能性があることを考慮した対応であると考えられ

た。CODEX、IAEA、EU では、一般的な汚染率として 0.1 が用いられており、米国、カナダにおいては、一般的な汚染率 0.1 に追加係数をかけることで、汚染地域産の食品を摂取する可能性のある集団を考慮するという方法がとられていた。CODEX ガイドラインでは、食品の輸入率が 10% で、輸入食品のすべてが汚染されているという仮定により、0.1 という汚染率を設定していた。輸入率 10% の根拠は、FAO の統計データに基づいて算出された世界各国の主食の平均輸入率であった。EU については、チェルノブイリ事故と同等の条件下では汚染率 0.1 が適切とされており、詳細な設定経緯は不明であるが、チェルノブイリ事故の経験を踏まえて設定されたようであった。米国やカナダについては、自国の状況、考え方を反映して、独自に追加係数を設定しているが、追加係数を 3 (米国) および 2 (カナダ) と設定した理由に関する情報を得ることはできなかったことから、更なる調査が必要であると考えられた。CODEX ガイドラインにおいては、汚染率 0.1 という仮定が適用できないような状況においては、自国の領土内で内部使用のために異なる値を採用することを認めるとされており、米国やカナダの対応は妥当であると考えられた。

少量消費食品に対する対応では、EU、米国、カナダ、ベラルーシで少量消費食品に対する基準値を一般的な食品に対する基準値の 10 倍としていた。これは、CODEX や IAEA などの国際機関が推奨した少量消費食品に対する対応に準拠した対応であると考えられた。少量食品として例示される食品は主に香辛料やハーブ類であり、天然キノコや野生鳥獣肉等が少量消費食品として取り扱われているかについては不明であった。EU においてはマイナーフードのリストが公表されているが、このリストの中にはトリュフ以外のキノコ類および野生鳥獣肉は含まれていなかった。一方、自国内で大規模な原子力事故が発生したロシアやウクライナについては、少量消費食品に対して 10 倍の希釈係数を用いるというような対応はなされておらず、食品区分を細かく設定して、食品区分ごとに基準値を設定するという対応がとられていた。これらの国においては、食品消費量を考慮して基準値を設定していると考えられた。

E. 結論

今年度の文献調査では、主要な国際機関と欧米を中心とした諸外国における汚染率の設定および少量消費食品に対する対応を調査した。汚染率については、多くの国際機関や国において 0.1 を一般的な値として用いている場合が多かった。一方、CODEX ガイドライン等を参考にしつつ、追加係数を用いて自国の状況や考え方に応じた汚染率を設定している国もあった。少量消費食品に対する対応については、CODEX や IAEA、EU の考え方に基づいて希釈係数を用いる対応をしている国と、細かく食品を区分し、食品区分ごとに異なる基準値を設定している国があった。なお、少量消費食品に対して希釈係数を用いている国において、具体的な適用食品をリスト化しているのは EU のみであった。このように、国によって基準値の設定は一律でないため、欧米以外の諸外国についても調査し、情報を整理することが、日本の基準値の妥当性を考えるうえで有用であると考えられる。今後も、諸外国等の情報収集を行う予定である。

引用文献

- 1) CODEX: CODEX STAN 193-1995, GENERAL STANDARD FOR CONTAMINANTS AND TOXINS IN FOOD AND FEED, CXS 193-1995 (1995), Revised in 1997, 2006, 2008, 2009
- 2) IAEA: IAEA Safety Series No.115 (1996)
- 3) IAEA: IAEA Safety Standard General Safety Guide No. GSG-2, Criteria for Use in Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency (2011)
- 4) IAEA: IAEA-TECDOC-2011, Exposure Due to Radionuclides in Food Other Than During a Nuclear or Radiological Emergency (2022)
- 5) EU: COUNCIL REGULATION (Euratom) 2016/52, of 15 January 2016 (2016)
- 6) EU: COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) 2020/1158 of 5 August 2020 (2020)
- 7) EU: COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) 2021/1533 of 17 September 2021 (2021)
- 8) FDA: ACCIDENTAL RADIOACTIVE CONTAMINATION OF HUMAN FOOD AND ANIMAL FEEDS: RECOMMENDATIONS FOR STATE AND LOCAL AGENCIES (1998)
- 9) Health Canada: Canadian Guidelines for the Restriction of Radioactively Contaminated Food and Water Following a Nuclear Emergency (2000)
- 10) Постановление Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 26 апреля 1999 г. №16 "О введении Республиканских допустимых уровней содержания радионуклидов в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99) (食品及び飲料水中の放射性物質の共和国の許容レベルの導入について(RDU-99)) (1999)
- 11) ロシア保健省: 衛生規則 SanPiN2.3.2.1078-01 (2001)
- 12) チェルノブイリ 25 周年報告 (2011)
- 13) Norwegian Scientific Committee for Food Safety (VKM): VKM Report 2017:25, Risk assessment of radioactivity in food (2017)
- 14) Norwegian Radiation and Nuclear Safety Authority: Radioactivity in food and drink (2021)
- 15) Markus Zehringer: Radioactivity in Food: Experiences of the Food Control Authority of Basel-City since the Chernobyl Accident (2016)
- 16) Про затвердження Державних гігієнічних нормативів "Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr у продуктах харчування та питній воді (国家衛生基準「食品および飲料水中の¹³⁷Cs および⁹⁰Sr 放射性核種含有量の許容レベル」の承認について)
- 17) European Commission: Radiation Protection 105, EU Food Restriction Criteria for Application after an Accident (1998)
- 18) European Commission: COMMISSION REGULATION (Euratom) No 944/89 of 12 April 1989 (1989)
- 19) CODEX: GUIDELINE LEVELS FOR RADIONUCLIDES IN FOODS FOLLOWING

ACCIDENTAL NUCLEAR CONTAMINATION
FOR USE IN INTERNATIONAL TRADE. CAC/GL
5-1989 (1989)

- | | |
|---|-----------------------|
| 20) ICRP: ICRP Publication 111, Application of the Commission's Recommendations to the Protection of People Living in Long-term Contaminated Areas after a Nuclear Accident or a Radiation Emergency (2008) | F. 健康危険情報
なし |
| 21) Norwegian Board of Health/Norwegian Directorate of Health: Dietary advice to persons with a high consumption of reindeer meat and freshwater fish (1987) | G. 研究業績
なし |
| | H. 知的財産の出願・登録情報
なし |

表1. 国際機関および欧米諸国の基準値・規制値(放射性セシウムのみを抜粋)および汚染率、少量消費食品に関する情報

国・機関	核種	名称	食品区分	基準値・規制値等 (Bq/kg)	線量基準 (mSv/year)	汚染率	消費量の少ない食品 に対する記述・設定	備考	参考文献
Codex 【緊急事態後の貿易】 GENERAL STANDARD FOR CONTAMINANTS AND TOXINS IN FOOD AND FEED CXS 193-1995 (1995年)	Cs-134,137他	ガイドラインレベル Guideline Level	乳児用食品	1,000	1	0.1	あり	○汚染率についての記述： ・FAOの統計データ（世界各国による主食の平均輸入量率）に基づき0.1と仮定（輸入率が10%でそのすべてが汚染されているという考え方） ・広範囲の放射能汚染の場合など、ガイドラインレベルを導出するために行われた食品流通に関する仮定が適用されない場合には、自国の領域内での内部使用のために異なる値を採用することを認める ○消費量が少ない食品についての記述： ・香辛料等の少量消費食品で、食事全体に占める割合が少ないものについてはガイドライン値を10倍にしてもよい（具体的な食品、摂取量の情報はなし）	1
			乳児用食品以外の食品（乾燥食品、濃縮食品除く）	1,000					
IAEA IAEA Safety Series No.115 (1996年) 【緊急時】	Cs-134,Cs-137,Ru-103	一般的アクションレベル Generic action levels	一般消費を目的とした食品	1,000	1	0.1	あり	○基準値はCodexのガイドラインレベルをベースにしているとの記述があるため、線量基準、汚染率はCodexと同じ値を記載した ○消費量が少ない食品についての記述： ・スパイスのように少量（例えば一人当たり年間10kg未満）しか摂取されない食品については、主要な食品の10倍のアクションレベルを使用できる	2
			ミルク、乳児用食品、飲料水	1,000					
IAEA GSG-2 (2011) 【緊急時】	Cs-137	運用上の介入レベル operational intervention level (OIL6)	食物、ミルク、飲料水（乾燥食品、濃縮食品は含まない）	2,000	10	1	なし		3
	Cs-134			1,000					
IAEA IAEA TEC-DOC-2011 (2022年) 【緊急時以外の状況】	134Cs	ガイダンスレベル Guidance Level	個々の食品区分に対して	10	0.1	考慮なし	あり	○消費量が少ない食品についての記述： ・スパイス、ハーブなど、広く食されているが消費量が少ない食品（マイナーフード）については、ガイダンスレベルを10倍にすることができる	4
	137Cs			10					

表1. 国際機関および欧米諸国の基準値・規制値(放射性セシウムのみを抜粋)および汚染率、少量消費食品に関する情報(続き)

国・機関	核種	名称	食品区分	基準値・規制値等 (Bq/kg)	線量基準 (mSv/year)	汚染率	消費量の少ない食品 に対する記述・設定	備考	参考文献
EU 【理事会規則】	Cs-134,137他	上限値 Maximum Permitted Levels	乳児用食品	400	1	0.5	あり	○汚染率についての記述： ・チェルノブイリ事故と同様の条件下では0.1が適切 ・食料調達状況により少数の住民がリスクにさらされる可能性が高い場合は、より高い値を指定することができる ○消費量が少ない食品についての記述： ・「マイナーフード」とは、住民による食料消費への貢献がわずかな、食事上の重要性が低い食品を意味する（具体的な食品のリストあり、リストにはトリュフ以外のきのこ、野生獣肉については記載されていない）	5
			乳製品	1,000					
			マイナーフード以外のその他の食品	1,250		0.1			
			マイナーフード	12,500					
			液体状食品	1,000		0.01			
EU 【チェルノブイリ原発事故への対応（第三国に対する基準）】	Cs-137	累積最大許容量 (EU流入時)	牛乳	370	不明	不明	あり	○消費量が少ない食品についての記述： ・マイナーフードも含むとの記載があることから、少量消費食品に対しては、牛乳、乳製品、乳幼児用食品以外のすべての食品と同様の基準が適用されると考えられる ○第三国に指定されているのは2022年現在以下の13か国（アルバニア、ベラルーシ、ボスニア・ヘルツェゴビナ、コソボ、北マケドニア、モルドバ、モンテネグロ、ロシア、セルビア、スイス、トルコ、ウクライナ、北アイルランドを除くグレートブリテン連合王国）	6
			乳製品	370					
			乳幼児用食品	370					
			上記3種類以外の全ての食品および飼料	600					
EU 【福島原発事故への対応（日本に対する基準）】	Cs-134+Cs-137	累積最大許容量 (EU流入時)	乳幼児用食品	50	不明	不明	なし	○日本の国内基準に準拠した基準値であり、日本からの輸入品に適用される	7
			牛乳・乳飲料	50					
			ミネラルウォーター及びこれに類する飲料と未発酵の葉から淹れた茶	10					
			その他の食品	100					
USA	Cs-134+Cs-137	誘導介入レベル Derived Intervention Level	全ての食品	1,200	5	0.3	あり	○汚染率についての記述： ・特定地域の食糧供給に依存している人々を考慮して、一般的な汚染率（0.1）に追加係数3を乗じた ○消費量が少ない食品についての記述： ・非常に少量しか消費されないスパイスについては、希薄化係数10を使用する（EU（Euratom No944/89）およびCodex（CAC/GL5-1989）のマイナーフードの勧告による） ○乾燥・濃縮製品に対しては、再生に適した係数で調整	8

表1. 国際機関および欧米諸国の基準値・規制値(放射性セシウムのみを抜粋)および汚染率、少量消費食品に関する情報(続き)

国・機関	核種	名称	食品区分	基準値・規制値等 (Bq/kg)	線量基準 (mSv/year)	汚染率	消費量の少ない食品 に対する記述・設定	備考	参考文献
カナダ	Cs-134+ Cs-137	推奨アクションレベル Recommended action levels	生乳	300	1	1	あり	○汚染率についての記述： ・緊急事態の影響を直接受ける食品をより大きい割合で消費する可能性があるサブグループを考慮して、その他の市販食品および飲料について10%という予想値に係数2を適用 ・市販生乳は一般的に地元や地域の供給源から供給されており、緊急事態の影響を直接受けた供給源だけで構成されている場合があるため、生乳については全年齢層の摂取量全体が汚染されている(汚染率=1)と仮定 ・ほとんどの個人は通常は単一の水源から水を得ているため、公共飲料水についても汚染率=1と仮定 ○消費量が少ない食品についての記述： ・少量しか消費されず、食事全体に占める割合が非常に少ない種類の食品(スパイスなど)については、希釈係数10を推奨(IAEA Safety Series No.109 (1994年)、No.115 (1996年))	9
			その他の市販食品および飲料	1,000		0.2			
			公共飲料水	100		1			
ベラルーシ RDU-99 (1999年)	Cs-137	含有量基準	飲用水	10	1	不明	あり	○消費量が少ない食品についての記述： ・1人当たり年間消費量が5kg以下の食品(香辛料、茶、ハチミツ等)については「その他の食品」の10倍の基準値を適用する ○野生動物の肉を原料に含む肉製品については、牛肉の基準値を準用する ○パスタ製品についてはパン類の基準値を準用する	10
			牛乳, 全乳製品	100					
			練乳	200					
			カッテージチーズ, 同製品	50					
			ナチュラルチーズ, プロセスチーズ	50					
			バター	100					
			牛肉, 羊肉及びそれらの製品	500					
			豚肉, 家禽肉及びそれらの製品	180					
			馬鈴薯	80					
			パン類	40					
			(穀物の)粉・挽割り, 砂糖	60					
			植物油脂	40					
			動物油脂, マーガリン	100					
			野菜, 根菜	100					
			果実	40					
			栽培ベリー	70					
			野菜・果実・栽培ベリーの缶詰等	74					
野生ベリー, 同缶詰等	185								
生鮮キノコ	370								
乾燥キノコ	2,500								
ベビーフード	37								
その他の食品	370								

表1. 国際機関および欧米諸国の基準値・規制値(放射性セシウムのみを抜粋)および汚染率、少量消費食品に関する情報(続き)

国・機関	核種	名称	食品区分	基準値・規制値等 (Bq/kg)	線量基準 (mSv/year)	汚染率	消費量の少ない食品 に対する記述・設定	備考	参考文献
ロシア	Cs-137	最大有効レベル	肉(すべての種類の畜肉および野生動物(骨なし))	160	1※	不明	なし	○線量基準について: 平均年間実効線量1 mSvあるいは、70歳に至るまでの生涯実効線量として70 mSv。連続5年間の平均年間実効線量として1 mSvを超えない場合、当該線量を超過しても良い ○食品区分はさらに細かく区分、規定されている(きのこ500 Bq/kgなど)(ロシア語文献の為、精査が必要) 左記の区分、数値については、チェルノブイリ25周年報告(2011年) P121、表5.5を引用	11 12
			骨(すべての種類)	160					
			家禽の肉(半加工品も含む)	180					
			卵および液卵(全液卵、卵白、卵黄)	80					
			牛乳	100					
			魚	130					
			食用穀物(小麦、ライ麦、ライ小麦、エン麦、大麦、キビ、米、トウモロコシ、ソルガムを含む)	70					
			豆類、エンドウ豆、インゲンマメ、緑豆、ヒヨコ豆、レンズ豆	50					
			パン類	40					
			蜂蜜	100					
			馬鈴薯、野菜、瓜類	120					
			果実、ベリー、ぶどう	40					
			野生のベリー	160					
			油糧種子	70					
バター	200								
ノルウェー	Cs-137	最大レベル maximum level (ML)	半家畜化されたトナカイ肉、狩猟肉(羊肉は含まない)、野生の淡水魚	3,000	不明	不明	—	○トナカイ肉のMLの変遷 チェルノブイリ事故直後600 Bq/kg→1989年11月6000 Bq/kg→1994年3000 Bq/kg	13
			乳児用食品、牛乳、乳製品	370				○EUの第三国に対する基準値に準じている	
			その他の食品	600	1	0.1	あり	○消費量が少ない食品への特別な対応はなし	
スイス	Cs-134+136+137	許容値 tolerance value 【平常時】	ベビーフード	10	1	不明	あり	○消費量が少ない食品についての記述: 明記されていないが「重要性が低い食品」の分類がある(ハチミツはこれに分類される) ○ベビーフードについては消費費用に再構成された状態に対する基準値	14 15
	Cs-134+136+137		液体状食品	10					
	Cs-134+136+137		重要性が高い食品	10					
	Cs-134+136+137		重要性が低い食品	10					
	放射性セシウム		狩猟物	600					
	放射性セシウム		野生ベリー類	100					
	Cs-134+136+137	限界値 limit value 【緊急時】	ベビーフード	400					
	Cs-134+136+137		液体状食品	1,000					
	Cs-134+136+137		重要性が高い食品	1,250					
	Cs-134+136+137		重要性が低い食品	20,000					
放射性セシウム	狩猟物	1,250							
放射性セシウム	野生ベリー類	1,250							

表 2. EU の定めるマイナーフードの一覧

CN code	内容
0703 20 00	にんにく(生・冷蔵)
0709 59 50	トリュフ(生・冷蔵)
0709 99 40	ケッパー(生・冷蔵)
0711 90 70	ケーパー(暫定的に保存されているが、その状態では即時消費には適さない)
ex 0712 39 00	トリュフ(乾燥させたもの、丸ごと、切ったもの、スライスしたもの、砕いたもの又は粉末にしたもので、それ以上の調製をしていないもの)
0714	マニオク、クズ、サレップ、エルサレムのアーティチョーク、サツマイモおよびその他これらに類する根及び塊茎でデンプン又はイヌリンを多く含有するもので新鮮なもの、冷蔵したもの、冷凍したもの又は乾燥したもの、スライスしてあるかないか又はペレット状にしてあるかを問わない。);サゴノキ
0814 00 00	柑橘類又はメロン(スイカを含む。)の皮で、新鮮なもの、冷凍したもの、乾燥したもの又はかん水、硫黄水その他の保存用の溶液に暫定的に保存したもの
0903 00 00	マテ
0904	コショウ属のコショウ;トウガラシ属またはピメンタ属の乾燥した、または砕いた、または挽いた果実
0905 00 00	バニラ
0906	シナモンとシナモンの花
0907 00 00	クローブ(ホールフルーツ、クローブ、茎)
0908	ナツメグ、メイス、カルダモン
0909	アニス、パディアン、フェネル、コリアンダー、クミンまたはキャラウェイの種子;ジュニパーベリー
0910	生姜、サフラン、ターメリック(クルクマ)、タイム、ローリエ、カレーおよびその他のスパイス
1106 20	0714項のサゴ又は根若しくは塊茎のあら粉および粉末、
1108 14 00	マニオク(キャッサバ) デンプン
1210	ホップコーン(生鮮のもの及び乾燥したもの、粉碎してあるかないか、粉末又はペレット状かは問わない。);ルプリン
1211	植物及び植物の部分(種子及び果実を含む。)であって、主として香料、薬又は殺虫、殺菌その他これらに類する目的に使用される種類のもの(生鮮のもの及び乾燥したもの、カット、粉碎、粉末。食料生産に使用される植物または植物の一部を除く)
1301	ラック;天然ガム、樹脂、ガム樹脂、オレオレジン(例えばバルサム)
1302	野菜の樹液および抽出物;ペクチン質とペクチン酸塩;寒天その他の野菜製品に由来する粘質物及び増粘剤(加工の有無を問わない。)
1504	魚類又は海洋哺乳類の油脂及びその画分(精製してあるかないかを問わないものとし、化学修飾していないものに限る。)
1604 31 00	キャビア
1604 32 00	キャビアの代用品
1801 00 00	カカオ豆(全粒又は粉碎)、生又は焙煎したもの
1802 00 00	カカオの殻、皮、その他のカカオの廃棄物
1803	ココアペースト(脱脂の有無は問わない)
2003 90 10	トリュフ(酢または酢酸以外で調理または保存)
2006 00	野菜、果実、木の実、果皮その他の植物の部分を砂糖で保存したもの(水気を切った、光沢のある、結晶化した)
2102	酵母(活性または不活性);その他の単細胞微生物、死んでいるもの(第3002項のワクチンを除く);調製したベーキングパウダー
2936	プロビタミン及びビタミン(天然のもの又は合成により再生されたもの(天然の濃縮物を含む。))を含む。)、主としてビタミンとして使用されるその誘導体並びにこれらの混合物(溶剤に溶解してあるかないかを問わない。)
3301	コンクリートやアブソリュートを含む精油(テルペンレスか否かを問わない);レジノイド;抽出オレオレジン;エンフルーレまたはマセレーションによって得られる、脂肪、固定油、ワックスなどに含まれる精油の濃縮物;精油の分解によるテルペンの副産物;精油の水溶性蒸留物および水溶液