

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5年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 明石 真言

東京医療保健大学

令和6(2024)年3月

目次

I.	総括研究報告	1
	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	2
II.	分担研究報告	9
1.	農作物中 Cs と長半減期核種の濃度測定に関する研究 塚田 祥文（福島大学 環境放射能研究所）	10
2.	水産物食品中の放射性物質濃度等に関する研究 青野 辰雄（福島国際研究教育機構） 高田 兵衛（福島大学 環境放射能研究所） 明石 真言（東京医療保健大学）	24
3.	食品中放射性 Cs 濃度基準値の妥当性検証及び被ばく線量評価 福谷 哲（京都大学 複合原子力科学研究所）	32
4.	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 鍋師 裕美（国立医薬品食品衛生研究所） 青野 辰雄（福島国際研究教育機構） 明石 真言（東京医療保健大学）	40
	別紙-1 アジア地域および北欧地域における食品中の放射性物質 の規制に関する調査	43
III.	研究成果の刊行に関する一覧	53

I. 総括研究報告

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)

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 主任研究報告書

研究代表者 明石 真言 (東京医療保健大学)

研究要旨

東京電力福島第一原子力発電所(FDNPS)事故により食品の摂取による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、食品からの内部被ばく線量(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、導出された基準値を適用している。この基準値は、対象となる放射性セシウム(Cs)以外の核種(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)同位体については、セシウム-137 (^{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。当該事業では、食品中の放射性物質の基準値に対して、国民が安心・安全を得ることができ、そして国内の食品の安全に関する根拠を示すことを目的に、食品中の放射性物質の基準値の妥当性について検証を行なうことを目的とした。令和3年度は福島市周辺地域、令和4年度はいわき市周辺地域、及び令和5年度には南相馬市と相馬市周辺地域で栽培している様々な作物を網羅的に採取し、平成23年のFDNPS事故から10年以上を経過した作物中放射性Cs濃度を測定した結果、全て基準値以下(^{137}Cs の平均濃度:0.57 Bq/kg-生重量、n=117)であり、平成24年度から実施している本課題でこれまでに得られた作物中放射性Cs濃度と比較し、芋類、葉菜類、根菜類と果菜類で ^{137}Cs 濃度の減少傾向を確認した。また、安定Sr濃度から予測した ^{90}Sr 平均濃度は、0.16 Bq/kg-生重量(n=40)であった。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(^{134}Cs と ^{137}Cs の合計値)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【19歳以上男子】で、その推定値は0.0010 mSv/年であった。本研究では、測定結果から得られた放射性物質濃度の食品を安全側に評価しており、実際に摂取する放射性Cs濃度は本評価より減少すると考えられる。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0.0040 mSv/年であった。なお、この線量の大部分が大気圏核実験由来の ^{90}Sr によるものと考えられる。令和5年11月に福島相双海域で採取され、市場流通する水産物食品として魚類2種を入手し、個体ごとに部位別の測定を行った。魚類可食部中の ^{134}Cs 濃度は検出下限値以下で、 ^{137}Cs 濃度は、0.19 - 0.50 Bq/kg-生重量であった。同種個体間による濃度のばらつきも認められなかった。海水魚中の ^{90}Sr や $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度は検出下限値以下またはそれに近い濃度であった。魚類の生息環境の海水中放射性物質濃度とその濃縮比を用いて魚類中の ^{90}Sr 濃度や $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度を推定したところ、いずれも検出下限値以下の濃度であり、魚類中の放射性物質濃度はその生息環境の海水濃度を反映していることが明らかとなった。魚類中の ^{137}Cs 濃度に対する ^{90}Sr 及び $^{239+240}\text{Pu}$ の総濃度の割合は、5%以下であり、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 $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度が放射性物質の基準値に影響を与えないことが確認できた。さらに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、放射性Cs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汚染率や消費量の少ない食品の設定等についてまとめた。

研究分担者

塚田 祥文 福島大学環境放射能研究所

青野 辰雄 福島国際研究教育機構

福谷 哲 京都大学複合原子力科学研究所

研究協力者

鍋師 裕美 国立医薬品食品衛生研究所

高田 兵衛 福島大学環境放射能研究所

A. 研究目的

東京電力福島第一原子力発電所 (FDNPS) 事故により食品の摂取による内部被ばくの影響が懸念された。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/年として導出された新たな基準値を適用した。新たな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(「一般食品」では 100 Bq/kg、「乳児用食品」及び「牛乳」では、50 Bq/kg)を設定し、その他の核種については、原子力安全・保安院(当時)が平成 23 年 6 月に公表した放出量試算値のリストに掲載された核種のうち、半減期が 1 年以上であるストロンチウム-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。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。

内部被ばく線量に対する放射性 Cs 及びその他の放射性物質濃度の割合は、環境モニタリングによる土壤中放射性物質濃度や、これまでの環境移行パラメータによって推定されており、その評価は十分安全側と考えられるが、実際に食品中濃度を測定した結果に基づくものではない。そのため、食品について測定及び評価を行い、内部被ばくに対する主要放射性物質の割合の状況を把握する必要がある。

また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の作成を目的に調査を行った。

本研究では食品(農水産物等)中の放射性 Cs 及び長半減期放射性核種等の濃度変化について調査を行い、基準値作成に用いられた濃度比との比較や食品の摂取

に起因する放射性 Cs の内部被ばく線量の推定から、介入線量レベルを 1 mSv/年とした食品中の放射性 Cs 濃度基準値の妥当性の検証及び食品中に含まれる放射性物質の濃度等に関する科学的知見の集約を行うことを目的とした。

B. 研究方法

1. 農作物中 Cs と長半減期核種の濃度測定に関する研究

南相馬市、相馬市及び新地町の産地直売場において 117 試料の作物を、令和 5 年 4 月 24 日から令和 5 年 11 月 28 日に採取した。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、粉碎・混合した。ハチミツは、前処理せずそのままの状態で測定した。乾燥粉碎試料をプラスチック容器(U-8)に詰め測定した。玄米は、2 L マリネリ容器に詰めて測定した。Ge 半導体検出器を用いてセシウム-134 (^{134}Cs)、セシウム-137 (^{137}Cs) 及びカリウム-40 (^{40}K) 濃度を求めた。また、一部試料の ^{90}Sr 濃度は、安定 Sr 濃度を測定した後、平成 27 年から令和元年までに本課題で得られている浜通りで採取された作物中 $^{90}\text{Sr}/\text{Sr}$ 濃度比から類推した。

2. 水産物食品中の放射性物質濃度等に関する研究

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、令和 5 年 11 月に福島相双海域で採取し、市場に流通する魚類 2 種(スズキ及びヒラメ)を本研究の対象とした。魚類の灰試料を作成し、Ge 半導体検出器(GX2019)を用いて、 γ 線放出核種の測定を行った。またこれまでに収集した魚類灰試料を用いて、 ^{90}Sr や $^{239+240}\text{Pu}$ の定量を行い、放射性 Cs に対する濃度比について調査を行った。トリチウムは食品中放射性物質の基準値の対象核種ではないが、東京電力ホールディングス ALPS 処理水の海洋放出を受けて、魚類中のトリチウムの定量も行った。

3. 食品中放射性 Cs 濃度基準値の妥当性検証及び被ばく線量評価

農作物の摂取に起因する放射性 Cs 及び ^{90}Sr による内部被ばく線量をそれぞれ推定し、比較検討するところを目的としている。今回の研究では、農作物中 ^{90}Sr 濃度の推定のために安定 Sr 濃度を測定するとともに、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、農作物の種類ごとの被ばく線量を推定した。なお、内部被ばく線量評価のための線量係数は、ICRP Publication No.72 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た。

4. 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

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行政機関のウェブサイト、論文等の資料を調査することにより、本年度は中国、香港、台湾、韓国、フィンランドおよびスウェーデンについて食品中の放射性物質に係わる規制および規制値設定の際に用いられた汚染率や摂取量の少ない食品の取り扱いについて調査し、アジア地域および北欧地域に分けて表にまとめた。

C. 研究成果

1. 農作物中 Cs と長半減期核種の濃度測定に関する研究

一部試料について、 ^{137}Cs とカリウム-40 (^{40}K)濃度を外部機関による測定値とクロスチェックした結果、両者の値はよく一致した。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、それぞれ 0.22 ± 0.11 ($n=3$)、 0.30 ± 0.15 ($n=6$)、 0.35 ± 0.55 ($n=40$)、 0.75 ± 1.51 ($n=10$)、 0.50 ± 0.20 ($n=4$)、 0.55 ± 1.24 ($n=42$)、 3.39 ($n=1$)、 0.84 ± 0.39 ($n=3$)及び 1.37 ± 1.03 ($n=8$) Bq/kg-生重量であった。基準値を超える作物はなく、トウガラシ (2023-P50) の ^{137}Cs 濃度で 6.3 Bq/kg-生重量が最も高い値であった。

作物中 Sr 濃度から類推した ^{90}Sr 濃度は、全て 1.0 Bq/kg-生重量以下 ($0.021 - 0.52$ Bq/kg-生重量、 $n=40$)と低い濃度であった。

2. 水産物食品中の放射性物質濃度等に関する研究

令和 5 年 11 月に入手した魚類中の放射性 Cs 濃度測定の結果、 ^{134}Cs は検出下限値 (0.002 Bq/kg-生重量) 以下であった。スズキ及びヒラメの可食部の ^{137}Cs 平均濃度は、それぞれ 0.42 Bq/kg-生重量及び 0.24 Bq/kg-生重量であった。海水中の ^{134}Cs 濃度は検出下限値 (0.001 Bq/kg-生重量以下)で、 ^{137}Cs 濃度範囲は 0.0008 - 0.0022 Bq/L であった。海水中の ^{90}Sr 濃度は 0.002 Bq/L 以下であった。採取した魚類アラ部中の ^{90}Sr 濃度は、スズキでは 0.07 Bq/kg-生重量であったが、ブリやヒラメでは検出下限値 (0.02 Bq/kg-生重量) 以下であった。令和 4 年 12 月に採取した魚類アラ部中の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度は検出下限値 (0.001 Bq/kg-生重量) 以下であった。また令和 5 年 11 月に採取したスズキとヒラメ中のトリチウム濃度は検出下限値 (0.6 Bq/L) 以下であった。

3. 食品中放射性 Cs 濃度基準値の妥当性検証及び被ばく線量評価

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【19 歳以上男子】で、その推定値は 0.000028 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【19 歳以上男子】で、その推定値は 0.00098 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【19 歳以上男子】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 0.0040 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。

4. 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

アジア地域および北欧地域における食品中の放射性物質の規制に関する調査結果をまとめた資料を作成した。

D. 考察

1. 農作物中 Cs と長半減期核種の濃度測定に関する研究

平成24年度から実施している本課題で得られた年度別作物種毎の ^{137}Cs 濃度を比較した。有意差($P < 0.05$)となったのは、芋類では平成29年度と令和3年度、平成29年度と令和4年度、葉菜類では平成27年度と平成28年度、平成28年度と平成29年度、果菜類(果実類を含む)では令和3年度と令和4年度であった。しかしながら、平成24年度から令和5年度までの長年に亘って福島県内で採取した ^{137}Cs 濃度の変化をヨソクヒール=タブストラ検定した結果、芋類、葉菜類、根菜類、豆類及び果菜類(果実類を含む)で減少傾向が認められた。作物中放射性Cs濃度が減少している要因としては、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、また、放射性Csの物理的減衰により、作物中放射性Cs濃度は基準値を十分に下回っていると言える。令和5年度の調査では、表土剥ぎ取りなどの十分な除染が実施されていない地点から採取される山菜などの自生植物は見られなかったが、今後も注視していく必要がある。また、作物中 ^{90}Sr 濃度は低い濃度であることが確認された。

2. 水産物食品中の放射性物質濃度等に関する研究

令和5年に福島相双海域のスズキ及びヒラメから ^{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 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比は概ね1であったことが報告されている¹⁰⁾が、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0.02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、可食部、内臓部やアラ部の試料を灰に減容した。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福島原発事故由来の ^{134}Cs の推定濃度は検出下限値(0.01 Bq/kg-生重量)に相当した。つまり、 ^{137}Cs 濃度(1 Bq/kg-生重量以下)の傾向が続く場合、 ^{134}Cs を検出することは難しいことが考えられる。

魚全身に対する部位ごとの ^{137}Cs 存在量比は、可食部が54-70%、アラ部が25-41%で、内臓部が3-14%であった。つまりアラ部は体液など水分量が他の2つの組織に比べて低いために、 ^{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、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0.0018 - 0.0021 Bq/Lであった。海産魚類のCsの濃縮比(CR) $100^{11)}$ 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、0.08 - 0.2 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濃度は生息環境の海水濃度を反映していたことが明らかとなった。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0.0005 - 0.0009 Bq/Lであった。海産魚類のSr濃縮比(CR) $5^{11), 12)}$ 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、検出下限値の0.0002 Bq/kg-生重量以下となり、魚類中の ^{90}Sr が検出されない理由は、魚類の生息環境の海水中の ^{90}Sr 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) $40^{11), 13)}$ を用いて、魚類可食部中の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度を推定すると、0.0002 Bq/kg-生重量と推定され、検出下限値(0.0008 Bq/kg-生重量)以下であることから、概ね魚類中の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度も生息環境の海水中の濃度を反映していたことが考えられる。ALPS処理水の海洋放出に伴う魚類へのトリチウムの影響も認められなかった。

3. 食品中放射性Cs濃度基準値の妥当性検証及び被ばく線量評価

食品摂取に伴う ^{134}Cs による被ばく線量は、 ^{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 による被ばく線量は、「穀類」と「コメ」の合計が全般的に高くなっているが、「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。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Cs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。したがって、「穀類」と「コメ」による実際の線量は本推計値よりも低いことが考えられる。また、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。

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 による被ばく線量について、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。

4. 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

中国、韓国等のアジア地域およびスウェーデン等の北欧地域における食品中の放射性物質の規制に関連する情報を調査し、整理した。中国では、汚染率のパラメータは含まれていなかった。一方、香港、台湾、韓国については、Codexのガイドラインレベルの導出に用いられた計算式およびパラメータが用いられており、汚染率についても考慮されていた。

チェルノブイリ原発事故の影響を強く受けたと考えられた北欧地域では、スウェーデン、フィンランドにおいては、食品中の放射性物質の濃度と摂取頻度についての助言や野生きのこや野生淡水魚等の摂取についての様々な助言が行政機関のホームページ等で行われていることが確認できた。

E. 結論

1. 農作物中 Cs と長半減期核種の濃度測定に関する研究

南相馬市及び相馬市周辺で栽培されている作物(117試料)を直売場で採取し、放射性 Cs 濃度を測定した結果、基準値を超える作物はなかった。作物種毎の ^{137}Cs 平均濃度は、ハチミツ等を含むその他作物を除き 1 Bq/kg -生重量以下であり、表土剥ぎ取り除染やカリウムの施用により、作物中放射性 Cs 濃度は十分に低い値であることが再確認された。また、 ^{90}Sr の平均濃度は、 0.16 Bq/kg -生重量であった。

2. 水産物食品中の放射性物質濃度等に関する研究

福島相双海域で採取し、市場流通する水産物食品とし

て魚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 $0.24 - 0.42\text{ Bq/kg}$ -生重量であった。アラ部中 ^{90}Sr 濃度や内蔵部中 $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度から推定する魚類中の ^{90}Sr 濃度や $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度は、検出下限値以下あるいはそれに近い値であった。魚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。魚類中の放射性 Cs は実測値と概ね同じ濃度範囲で、 ^{90}Sr 及び $^{239+240}\text{Pu}$ は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生息環境の海水中濃度を反映していることが確認された。魚類中の ^{137}Cs 濃度に対する ^{90}Sr 及び $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度の割合は、5%以下であり、食品の基準値の算出基準の考え方¹³⁾に対して影響を与えないものであることが確認できた。

3. 食品中放射性 Cs 濃度基準値の妥当性検証及び被ばく線量評価

農作物の摂取に起因する放射性 Cs 及び ^{90}Sr による内部被ばく線量をそれぞれ推定し、比較検討を実施した。いずれについても、介入線量レベルである 1 mSv/年 を大幅に下回っており、また、事故に起因する ^{90}Sr の寄与は極めて小さく、放射性 Cs 以外の放射性核種の割合を安全側に考慮して算出した放射性 Cs の基準値は、妥当であったと考えられる。

なお、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。

4. 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

これまでの調査から、各国の食品中の放射性物質の規制値は、それぞれの国の考え方や状況に応じて決定されていることが確認された。一方で、規制値の設定に係わる前提や情報がすべて開示されている訳ではないため、汚染率、スパイス等の少量消費食品の取り扱い等については不明な点も多かった。諸外国の規制状況や規制値の変遷等の調査で得られた情報は非常に有用であるものの、

規制値の設定は、各国の考え方や、規制値設定時の国内の食料事情等が大きく影響するため、異なるタイミングで設定された各国の規制値を一律に比較することは困難であると考えられた。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究業績

(論文)

1. S. Ueno, Y. Hasegawa, S. Kato, H. Mori, H. Tsukada, H. Ohira, S. Kaneko (2023) Rapid survey of de novo mutations in naturally growing tree species following the March 2011 disaster in Fukushima: the effect of low-dose-rate radiation, *Environmental International* 174, 107893.
2. T. Kubota, H. Tsukada, M. Shin, Y. Mampuku, M. Hachinohe (2023) Dynamics of suspended and dissolved radiocaesium in a small irrigation pond based on vertical profiles of water quality, *Agricultural Water Management* 286, 108387.
3. H. Tsukada, A. Takeda, T. Takahashi, S. Fukutani, M. Akashi, J. Takahashi, S. Uematsu, I. Chyzhevskiy, S. Kirieiev, V. Kashparov, M. Zheleznyak (2023) Transfer of ^{137}Cs and ^{90}Sr from soil-to-potato: Interpretation of the association from global fallout in Aomori to accidental release in Fukushima and Chernobyl, *Science of the Total Environment* 899, 165467.
4. M. Suzuki, K. Kubo, M. Hachinohe, T. Sato, H. Tsukada, N. Yamaguchi, T. Watanabe, H. Maruyama, T. Shinano (2024) Effects of cattle manure compost application on crop growth and soil-to-crop transfer of cesium in a physically radionuclide-decontaminated field, *Science of the Total Environment* 908, 167939.
5. 信濃卓也、塚田祥文 (2023) 放射性セシウム研究の進展と土壤肥料科学の貢献 6. 残された課題, *日本土壤肥料科学雑誌* 94, 196-202.
6. 塚田祥文 (分担) (2024) 環境放射能学入門. 第 6 章 土壤の放射性セシウムと作物への移行, 福島大学環境放射能研究所, pp 110-126.
(学会発表)
7. 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 60 回アイソトープ・放射線研究発表会, 東京)
8. H. Tsukada, A. Takeda, T. Takahashi, S. Fukutani, M. Akashi, J. Takahashi, S. Uematsu, I. Chyzhevskiy, S. Kirieiev, V. Kashparov, M. Zheleznyak (2023) Transfer of ^{137}Cs and ^{90}Sr from soil to potato: Interpretation of association from global fallout in Aomori to accidental released in Fukushima and Chernobyl (International Conference on Environmental Radioactivity, ENVIRA 2023, Seville)
9. K. Hirose, Y. Onda, H. Tsukada, Y. Hiroshima, Y. Okada, Y. Kikawada (2023) Chemical implication of partition coefficient of ^{137}Cs between aqueous and suspended and phases in natural water (International Conference on Environmental Radioactivity, ENVIRA 2023, Seville)
10. 塚田祥文、齋藤隆、平山孝、松岡宏明、中尾淳 (2023) 田面水および間隙水中 ^{137}Cs 濃度の変化とイネへの移行 (日本土壤肥料学会 2023 年度愛媛大会、松山)
11. 武田晃、海野佑介、塚田祥文、高久雄一、久松俊一 (2023) 放射性ヨウ素の土壌固相—液相間分配係数の変動要因 (日本土壤肥料学会 2023 年度愛媛大会、松山)
12. N. Yamaguchi, H. Tsukada, D. Yamada (2023) Radiocaesium aggregated with a plant-derived organic matter in soils affected by nuclear accident (2023 ASA, CSSA, SSSA International Annual Meeting, St. Louis, Missouri)
13. 柳川賢斗、辰野宇大、塚田祥文 (2023) 2011 年に東京電力福島第一原子力発電所の 20 km 圏内から採取した土壌アーカイブ試料の ^{137}Cs 存在形態について (日本原子力学会秋の大会, 名古屋)

14. S. Ueno, Y. Hasegawa, S. Kato, H. Mori, H. Tsukada, H. Ohira, S. Kaneko (2023) Rapid assessment of mutational risks in tree species exposed to low-dose-rate radiation following the nuclear disaster in 2011 (ICRP 2023, Tokyo)
15. H. Tsukada, S. Fukutani, T. Aono, M. Akashi (2023) Time-series analysis of ^{137}Cs activity concentrations and internal radiation doses from marketable crops cultivated and distributed in Fukushima Prefecture from 2012 to 2022 (ICRP 2023, Tokyo)
16. 上野真義、長谷川陽一、加藤珠理、森英樹、塚田祥文、大平創、兼子伸吾 (2024) 低線量率放射線による突然変異リスクの迅速評価法の開発 (第 135 回日本森林学会大会, 東京)
17. H. Tsukada, A. Takeda, N. Yamaguchi, T. Saito, N.P. Thoa (2024) Predicting ^{137}Cs and ^{90}Sr activity concentrations in brown rice using specific activity ratios of $^{137}\text{Cs}/\text{Cs}$ and $^{90}\text{Sr}/\text{Sr}$ in the exchangeable fraction of soil (The 16th International Conference of The East and Southeast Asia Federation of Soil Science Societies (ESAFS 2024), Thai Nguyen)
18. 塚田祥文、齋藤隆、平山孝、松岡宏明、中尾淳 (2024) 田面水および間隙水中 ^{137}Cs 濃度の変化とイネへの移行 (第 10 回福島大学環境放射能研究所成果報告会、福島)
19. 柳川賢斗、辰野宇大、塚田祥文 (2024) 2011 年に福島県から採取した土壌アーカイブ試料の ^{137}Cs 存在形態の経時変化に関する研究 (第 10 回福島大学環境放射能研究所成果報告会、福島)
20. 田中草太、伊藤陽日葵、森下祐樹、鳥居建男、塚田祥文 (2024) ミミズが土壌表層の放射性セシウム分布に与える影響の可視化 (第 71 回日本生態学会大会、横浜)
21. 食品検査結果に関するリスクコミュニケーション (2024) 「放射性物質に関する基礎知見と福島県の作物と被ばく線量」(双葉町・福島修明高校・東京) (招待講演)

H. 知的財産権の出願・登録状況
なし

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の影響が懸念され、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 12 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な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 12 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 $^{90}\text{Sr}/\text{Sr}$ 濃度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を対象に作物 111 試料、令和 5 年度は南相馬市と相馬市周辺地域で栽培しているさまざまな作物を網羅的に 117 試料採取し、平成 23 年の事故から 12 年以上を経過した作物中放射性 Cs 濃度を調査した。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、 0.22 ± 0.11 ($n=3$)、 0.30 ± 0.15 ($n=6$)、 0.35 ± 0.55 ($n=40$)、 0.75 ± 1.51 ($n=10$)、 0.50 ± 0.20 ($n=4$)、 0.55 ± 1.24 ($n=42$)、 3.39 ($n=1$)、 0.84 ± 0.39 ($n=3$) 及び 1.37 ± 1.03 ($n=8$) Bq/kg-生重量であった。基準値を超える作物はなく、トウガラシ (2023-P50) の ^{137}Cs 濃度で 6.3 Bq/kg-生重量が最も高い値であった。市場では山菜などの流通も見受けられなかった。また、平成 24 年度から実施している本課題でこれまでに得られた作物中放射性 Cs 濃度と比較し、芋類、葉菜類、根菜類と果菜類で ^{137}Cs 濃度の減少傾向を確認した。安定 Sr 濃度から予測した ^{90}Sr 濃度の平均値は、 0.16 ± 0.12 ($n=40$)、 $0.021 - 0.52$ Bq/kg-生重量と低い値であった。

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(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物質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。また、基準値の設定の際、規制対象核種以外の核種(例えばヨウ素-129 (^{129}I))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、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、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物質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 12 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な農作物を評価対象として作物中放射性 Cs 濃度を把握し、この 12 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 $^{90}\text{Sr}/\text{Sr}$ 濃度比を用いて類推した。

B. 研究方法

1. 作物採取

南相馬市、相馬市及び新地町の産地直売場において 117 試料の作物を、令和 5 年 4 月 24 日から令和 5 年 11 月 28 日に採取した(表 1)。作物としては、玄米($n=3$)、芋類($n=6$)、葉菜類($n=40$)、根菜類($n=10$)、豆類($n=4$)、果菜類(果実類を含む $n=42$)、穀類($n=1$)、種実類($n=3$)及びその他($n=8$)など地物として流通している作物とした。それぞれの作物の採取重量は、90 - 30,000 g であった。

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 で測定した。乾燥粉碎試料をプラスチック容器(U-8)に 4.9 - 120 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 1,800 - 1,840 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 及びカリウム-40 (^{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、3,600 - 755,576 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(高さ 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 $^{90}\text{Sr}/\text{Sr}$ 濃度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、 $^{90}\text{Sr}/\text{Sr}$ 濃度比は 0.075 Bq/mg(令和 5 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

本課題で採取した試料のうち 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好一致を示した(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 12 年以上が経過し、基準値を超える作物はなく、半減期 2 年の ^{134}Cs を検出した試料は、セリ(2023-P19)の 1 試料のみであった。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、それぞれ 0.22 ± 0.11 ($n = 3$)、 0.30 ± 0.15 ($n = 6$)、 0.35 ± 0.55 ($n = 40$)、 0.75 ± 1.51 ($n = 10$)、 0.50 ± 0.20 ($n = 4$)、 0.55 ± 1.24 ($n = 42$)、 3.39 ($n = 1$)、 0.84 ± 0.39 ($n = 3$)及び 1.37 ± 1.03 ($n = 8$) Bq/kg-生重量であった(表 4)。基準値を超える作物はなく、トウガラシ(2023-P50)の ^{137}Cs 濃度が 6.3 Bq/kg-生重量と最も高い値であった。

作物中 Sr 濃度から類推した ^{90}Sr 濃度は、 0.16 ± 0.12 Bq/kg-生重量($n = 40$, 濃度範囲 0.021 - 10.52)と低い濃度であった(表 2)。また、作物種毎の ^{90}Sr 濃度を表 5 に示した。その中で、芋類が最も高い 0.35 Bq/kg-生重量、根菜類が最も低い 0.095 Bq/kg-生重量であった。

D. 考察

本課題において、平成 24 年度から令和 4 年度までに測定した作物種別 ^{137}Cs 濃度と、令和 5 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。令和 3 年度から令和 5 年度の間で、 ^{137}Cs 濃度に有意な差が見られた作物種はなかった。平成 24 年度からの長期間に亘る芋類、葉菜類、根菜類、豆類及び果菜類(果実類を含む)の ^{137}Cs 濃度については、変動範囲は大きいものの経年変化をヨンクヒール=タブストラ検定した結果、減少傾向が認められた。

表土の剥ぎ取り除染、K 施用による低減化対策、放射性 Cs の減衰や土壤中放射性 Cs の交換態画分から強固結合態画分への割合の変化によって、作物中放射性 Cs 濃度は基準値を十分に下回っていることが明らかになった。しかしながら、表土の腐植除去に留まっている帰還困

難区域等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、南相馬市と相馬市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、低減化対策等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 5-10 Bq/kg-生重量であった試料はトウガラシ(2023-P50)の 1 試料のみ、1-5 Bq/kg-生重量であった試料はミョウガ(2023-P2)、フキ(2023-P3)、セリ(2023-P19)、バターナッツカボチャ(2023-P32)、ユズ(2023-P36)、シソ(2023-P38)、モチムギ(2023-P101)、ハチミツ(2023-P37、2023-P93)、マコモタケ(2023-P104)及びクルミ(2023-P116)の 11 試料であり、1 Bq/kg-生重量以下の割合が 90%を占めた。一方で、圃場以外で十分な低減化対策が行われていない地点などから採取されるところと思われる山菜などでは、比較的高い値を示すことも考えられるため、今後も留意する必要がある。

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/nousan-qa.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. S. Ueno, Y. Hasegawa, S. Kato, H. Mori, H. Tsukada, H. Ohira, S. Kaneko (2023) Rapid survey of de novo mutations in naturally growing tree species following the March 2011 disaster in Fukushima: the effect of low-dose-rate radiation, *Environmental International* 174, 107893.
 2. T. Kubota, H. Tsukada, M. Shin, Y. Mampuku, M. Hachinohe (2023) Dynamics of suspended and dissolved radiocaesium in a small irrigation pond based on vertical profiles of water quality, *Agricultural Water Management* 286, 108387.
 3. H. Tsukada, A. Takeda, T. Takahashi, S. Fukutani, M. Akashi, J. Takahashi, S. Uematsu, I. Chyzhevskiy, S. Kirieiev, V. Kashparov, M. Zheleznyak (2023) Transfer of ^{137}Cs and ^{90}Sr from soil-to-potato: Interpretation of the association from global fallout in Aomori to accidental release in Fukushima and Chernobyl, *Science of the Total Environment* 899, 165467.
 4. M. Suzuki, K. Kubo, M. Hachinohe, T. Sato, H. Tsukada, N. Yamaguchi, T. Watanabe, H. Maruyama, T. Shinano (2024) Effects of cattle manure compost application on crop growth and soil-to-crop transfer of cesium in a physically radionuclide-decontaminated field, *Science of the Total Environment* 908, 167939. (解説)
 5. 信濃卓也, 塚田祥文 (2023) 放射性セシウム研究の進展と土壤肥料科学の貢献 6. 残された課題, *日本土壤肥料学雑誌* 94, 196-202.
 6. 塚田祥文(分担) (2024) 環境放射能学入門. 第6章 土壤の放射性セシウムと作物への移行, *福島大学環境放射能研究所*, pp 110-126. (学会発表)
 7. 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壤アーカイブ試料の ^{137}Cs 存在形態に関する研究(第60回アイソトープ・放射線研究発表会, 東京)
 8. H. Tsukada, A. Takeda, T. Takahashi, S. Fukutani, M. Akashi, J. Takahashi, S. Uematsu, I. Chyzhevskiy, S. Kirieiev, V. Kashparov, M. Zheleznyak (2023) Transfer of ^{137}Cs and ^{90}Sr from soil to potato: Interpretation of association from global fallout in Aomori to accidental released in Fukushima and Chernobyl (International Conference on Environmental Radioactivity, ENVIRA 2023, Seville)
 9. K. Hirose, Y. Onda, H. Tsukada, Y. Hiroshima, Y. Okada, Y. Kikawada (2023) Chemical implication of partition coefficient of ^{137}Cs between aqueous and suspended and phases in natural water(International Conference on Environmental Radioactivity, ENVIRA 2023, Seville)
 10. 塚田祥文, 齋藤隆, 平山孝, 松岡宏明, 中尾淳 (2023) 田面水および間隙水中 ^{137}Cs 濃度の変化とイネへの移行(日本土壤肥料学会2023年度愛媛大会, 松山)
 11. 武田晃, 海野佑介, 塚田祥文, 高久雄一, 久松俊一 (2023) 放射性ヨウ素の土壤固相—液相間分配係数の変動要因(日本土壤肥料学会2023年度愛

媛大会、松山)

12. N. Yamaguchi, H. Tsukada, D. Yamada (2023) Radiocaesium aggregated with a plant-derived organic matter in soils affected by nuclear accident (2023 ASA, CSSA, SSSA International Annual Meeting, St. Louis, Missouri)
13. 柳川賢斗、辰野宇大、塚田祥文 (2023) 2011 年に東京電力福島第一原子力発電所の 20 km 圏内から採取した土壌アーカイブ試料の ^{137}Cs 存在形態について(日本原子力学会秋の大会, 名古屋)
14. S. Ueno, Y. Hasegawa, S. Kato, H. Mori, H. Tsukada, H. Ohira, S. Kaneko (2023) Rapid assessment of mutational risks in tree species exposed to low-dose-rate radiation following the nuclear disaster in 2011 (ICRP 2023, Tokyo)
15. H. Tsukada, S. Fukutani, T. Aono, M. Akashi (2023) Time-series analysis of ^{137}Cs activity concentrations and internal radiation doses from marketable crops cultivated and distributed in Fukushima Prefecture from 2012 to 2022 (ICRP 2023, Tokyo)
16. 上野真義、長谷川陽一、加藤珠理、森英樹、塚田祥文、大平創、兼子伸吾 (2024) 低線量率放射線による突然変異リスクの迅速評価法の開発(第 135 回日本森林学会大会, 東京)
17. H. Tsukada, A. Takeda, N. Yamaguchi, T. Saito, N.P. Thoa (2024) Predicting ^{137}Cs and ^{90}Sr activity concentrations in brown rice using specific activity ratios of $^{137}\text{Cs}/\text{Cs}$ and $^{90}\text{Sr}/\text{Sr}$ in the exchangeable fraction of soil (The 16th International Conference of The East and Southeast Asia Federation of Soil Science Societies (ESAFS 2024), Thai Nguyen)
18. 塚田祥文、齋藤隆、平山孝、松岡宏明、中尾淳 (2024) 田面水および間隙水中 ^{137}Cs 濃度の変化とイネへの移行(第 10 回福島大学環境放射能研究所成果報告会、福島)
19. 柳川賢斗、辰野宇大、塚田祥文 (2024) 2011 年に福島県から採取した土壌アーカイブ試料の ^{137}Cs 存在形態の経時変化に関する研究(第 10 回福島大学環境放射能研究所成果報告会、福島)
20. 田中草太、伊藤陽日葵、森下祐樹、鳥居建男、塚田祥文 (2024) ミミズが土壌表層の放射性セシウム分布に与える影響の可視化(第 71 回日本生態学会大会、横浜)
21. 食品検査結果に関するリスクコミュニケーション (2024)「放射性物質に関する基礎知見と福島県の作物と被ばく線量」(双葉町・福島修明高校・東京)招待講演

H. 知的財産権の出願・登録状況
なし

表1 令和5年度採取農作物一覧および前処理 (1/3)

	試料情報		前処理								
	種類	作物	産地	試料重量 (g)	乾燥方法	乾燥前可食部 重量 (W, g)	乾燥後可食部 重量 (D, g)	乾燥割合 (D/W)		非可食部除去部	
2023-P1	葉菜類	ニラ	2023/4/24 南相馬市	921	熱乾燥 70℃	782.61	83.43	0.1066	茎と先端部 (変色あり)		
2023-P2	その他	ミョウガ	2023/4/24 南相馬市	632	熱乾燥 70℃	459.30	25.00	0.0544	茎 (下部分)、葉の上部		
2023-P3	葉菜類	フキ	2023/4/24 南相馬市	1,085	熱乾燥 70℃	818.50	57.35	0.0701	茎 (下部分)		
2023-P4	根菜類	ゴボウ	2023/4/24 南相馬市	844	熱乾燥 70℃	818.64	74.39	0.0909	ひげ根、変色部分、一部表皮		
2023-P5	葉菜類	ツボミナ	2023/4/24 南相馬市	642	熱乾燥 70℃	592.26	65.77	0.1110	茎 (下部分約1cm)		
2023-P6	葉菜類	ホウレンソウ	2023/4/24 南相馬市原町区	889	熱乾燥 70℃	880.33	64.47	0.0732	茎 (ピンク色部分付近)		
2023-P7	葉菜類	タマネギ	2023/4/24 南相馬市原町区	1,749	熱乾燥 70℃	1517.18	108.63	0.0716	上下一部、皮		
2023-P8	根菜類	エシャロット	2023/4/24 南相馬市原町区	531	熱乾燥 70℃	385.98	71.75	0.1859	葉、茎 (一部)		
2023-P9	葉菜類	ウド	2023/4/24 南相馬市鹿島区	989	熱乾燥 70℃	661.91	37.07	0.0560	葉、変色部分		
2023-P10	ネギ	ネギ	2023/4/24 相馬市	1,667	熱乾燥 70℃	900.52	94.62	0.1051	葉、根元の変色部分		
2023-P11	葉菜類	ミズナ	2023/4/24 相馬市	714	熱乾燥 70℃	729.95	55.82	0.0765	茎		
2023-P12	葉菜類	キャベツ	2023/4/24 福島県	1,852	熱乾燥 70℃	223.58	15.81	0.0707	表側葉1〜2枚、芯の一部		
2023-P13	葉菜類	タラノメ	2023/4/24 相馬郡新地町	133	熱乾燥 70℃	99.49	16.70	0.1679	茎		
2023-P14	芋類	キクイモ	2023/4/24 相馬郡新地町	1,184	凍結乾燥	1122.09	208.45	0.1858	変色部分 (赤)		
2023-P15	根菜類	ハツカダイコン	2023/4/24 相馬郡新地町	645	凍結乾燥	534.96	35.14	0.0657	葉		
2023-P16	葉菜類	ステイックセニョール	2023/5/15 相馬郡新地町	871	熱乾燥 70℃	841.61	66.50	0.0790	茎約5mm		
2023-P17	葉菜類	ダイコン (葉)	2023/5/15 相馬郡新地町	684	熱乾燥 70℃	576.92	39.25	0.0680	茎		
2023-P18	根菜類	ダイコン (根)	2023/5/15 相馬郡新地町	-	熱乾燥 70℃	103.61	3.20	0.0309	ひげ根、先の部分		
2023-P19	葉菜類	セリ	2023/5/15 相馬郡新地町	309	熱乾燥 70℃	286.43	22.49	0.0785	根元約1cm		
2023-P20	果菜類	スナックエンドウ	2023/5/15 相馬郡新地町	527	熱乾燥 70℃	502.55	58.43	0.1163	上下ヘタ、スジ		
2023-P21	根菜類	カブ	2023/5/15 相馬市	1,743	熱乾燥 70℃	903.20	36.24	0.0401	葉、ひげ根、先の部分		
2023-P22	サヤエンドウ		2023/5/15 相馬市	424	熱乾燥 70℃	389.65	48.64	0.1248	上下ヘタ、スジ		
2023-P23	果菜類	キュウリ	2023/5/15 相馬市	1,568	熱乾燥 70℃	1537.77	56.99	0.0371	上下ヘタ		
2023-P24	葉菜類	ニンニク	2023/5/15 相馬市	779	熱乾燥 70℃	332.84	87.17	0.2619	皮 (外側・内側)、薄皮、根元		
2023-P25	葉菜類	ブロッコリー	2023/6/6 南相馬市原町区	1,737	熱乾燥 70℃	1702.31	146.24	0.0859	芯の中心・下の部分、葉、変色部分		
2023-P26	葉菜類	ハクサイ	2023/6/6 南相馬市原町区	3,945	熱乾燥 70℃	3748.86	145.53	0.0388	芯、変色部分		
2023-P27	根菜類	ダイコン	2023/6/6 南相馬市原町区	3,053	熱乾燥 70℃	2483.18	65.33	0.0263	葉、皮、先の部分		
2023-P28	根菜類	ニンジン	2023/6/6 南相馬市小高区	939	熱乾燥 70℃	775.65	52.90	0.0682	ヘタ、先の部分、皮		
2023-P29	果菜類	インゲンマメ	2023/6/6 南相馬市原町区?	569	熱乾燥 70℃	555.00	38.76	0.0698	上下ヘタ		
2023-P30	葉菜類	シュンギク	2023/6/6 南相馬市原町区	712	熱乾燥 70℃	727.77	57.59	0.0791	茎の下の部分、葉の一部		
2023-P31	果菜類	イチゴ	2023/6/6 南相馬市原町区	1,517	凍結乾燥	1441.81	136.74	0.0948	ヘタ、落下		
2023-P32	葉菜類	サニーレタス	2023/6/6 南相馬市原町区	1,046	熱乾燥 70℃	991.22	42.40	0.0428	芯、変色部分		
2023-P33	葉菜類	チンゲンサイ	2023/6/6 南相馬市原町区	827	熱乾燥 70℃	812.07	59.99	0.0739	根元部分		
2023-P34	芋類	ジャガイモ	2023/6/6 南相馬市原町区	1,749	熱乾燥 70℃	1477.60	256.58	0.1736	皮、芽		
2023-P35	果菜類	ズッキーニ	2023/6/6 南相馬市鹿島区	1,451	熱乾燥 70℃	1406.01	42.07	0.0299	上下ヘタ		
2023-P36	果実類	ブルーベリー	2023/6/6 南相馬市原町区	471	凍結乾燥	472.06	64.58	0.1368	ヘタ		
2023-P37	その他	ハチミツ	2023/6/6 福島県	300	-	-	-	1.0000			
2023-P38	果実類	ラズベリー	2023/6/20 相馬市	450	凍結乾燥	454.18	71.52	0.1575	無し		
2023-P39	その他	ハチミツ	2023/6/20 福島県	300	-	-	-	1.0000			
2023-P40	果菜類	カボチャ	2023/6/20 相馬市	1,469	熱乾燥 70℃	1214.33	329.86	0.2716	わた、種		

表 1 令和5年度採取農作物一覧および前処理 (2/3)

2023-P41	トウモロコシ	果菜類	2023/6/20	相馬市	1,612	熱乾燥	70℃	1021.59	223.17	0.2185	ひげ、芯、つぶれた実
2023-P42	ウメ	果実類	2023/6/20	相馬市	2,193	熱乾燥	70℃	1546.15	140.38	0.0908	ヘタ、種 (実の付着あり)
2023-P43	エダマメ	果菜類	2023/6/20	相馬市	895	熱乾燥	70℃	424.14	122.31	0.2884	さや、薄皮 (一部)、落下
2023-P44	シソ (青)	葉菜類	2023/6/20	相馬市	125	熱乾燥	70℃	118.79	13.76	0.1158	軸、葉の変色部分
2023-P45	シソ (赤)	葉菜類	2023/6/20	相馬市	731	熱乾燥	70℃	244.97	38.64	0.1577	軸、茎、根
2023-P46	オカワカメ	葉菜類	2023/6/20	相馬郡新地町	399	熱乾燥	70℃	406.90	25.30	0.0622	無し
2023-P47	ハワサビ	葉菜類	2023/6/20	相馬市	500	熱乾燥	70℃	479.26	42.23	0.0881	茎の変色部分
2023-P48	モロヘイヤ	葉菜類	2023/7/4	南相馬市原町区	486	熱乾燥	70℃	491.41	65.63	0.1336	茎 下の部分
2023-P49	エゴマ	その他	2023/7/4	南相馬市鹿島区	283	熱乾燥	70℃	239.11	225.90	0.9448	
2023-P50	トウガラシ	果菜類	2023/7/4	南相馬市小高区	117	熱乾燥	70℃	67.55	58.53	0.8665	ヘタ、種、わた (一部)
2023-P51	ブラム	果実類	2023/7/4	南相馬市原町区	1,633	凍結乾燥		1365.40	133.51	0.0978	腐敗、種、ヘタ
2023-P52	ツルムラサキ	葉菜類	2023/7/4	南相馬市原町区	1,123	熱乾燥	70℃	1080.71	65.25	0.0604	茎 下の部分
2023-P53	アスパラガス	葉菜類	2023/7/4	南相馬市原町区	618	熱乾燥	70℃	551.12	29.70	0.0539	下部約2 cm
2023-P54	パセリ	葉菜類	2023/7/4	南相馬市原町区	394	熱乾燥	70℃	273.09	36.30	0.1329	茎
2023-P55	ピーマン	果菜類	2023/7/4	南相馬市原町区	975	熱乾燥	70℃	702.93	39.62	0.0564	ヘタ、種、わた、痛み部分
2023-P56	ナス	果菜類	2023/7/4	南相馬市原町区	1,419	熱乾燥	70℃	1282.26	85.22	0.0665	上下ヘタ
2023-P57	サトイモ茎 (カドラリ)	果菜類	2023/7/4	南相馬市原町区	1,625	熱乾燥	70℃	1314.58	68.66	0.0522	上下の一部、痛み部分
2023-P58	パプリカ	果菜類	2023/7/4	南相馬市原町区	1,305	熱乾燥	70℃	1037.42	57.98	0.0559	上下ヘタ、種、わた
2023-P59	ゴーヤ	果菜類	2023/7/18	相馬郡新地町	1,035	熱乾燥	70℃	881.19	41.40	0.0470	上下ヘタ、種、わた
2023-P60	ツルムラサキ	葉菜類	2023/7/18	相馬市	711	熱乾燥	70℃	733.31	50.36	0.0687	無し
2023-P61	コマツナ	葉菜類	2023/7/18	相馬市	1,012	熱乾燥	70℃	936.89	52.80	0.0564	茎の下部部分
2023-P62	トマト	果菜類	2023/7/18	相馬市	1,488	凍結乾燥		917.97	89.93	0.0980	ヘタ、痛み
2023-P63	パクチー	葉菜類	2023/7/18	相馬郡新地町	139	熱乾燥	70℃	122.40	12.57	0.1027	根
2023-P64	オクラ	果菜類	2023/7/18	相馬市	550	熱乾燥	70℃	460.31	40.97	0.0890	ヘタ
2023-P65	シシトウ	果菜類	2023/7/18	相馬市	378	熱乾燥	70℃	337.22	29.16	0.0865	ヘタ
2023-P66	プリンスメロン	果菜類	2023/7/18	相馬市	2,174	凍結乾燥		986.00	141.16	0.1432	皮、種、わた (一部)
2023-P67	キクラゲ	その他	2023/7/18	相馬市	345	熱乾燥	70℃	336.27	32.29	0.0960	石づき
2023-P68	ウリ	果菜類	2023/8/8	南相馬市鹿島区	1,879	凍結乾燥		780.09	106.33	0.1363	皮、種、わた
2023-P69	シロナス	果菜類	2023/8/8	南相馬市鹿島区	1,556	熱乾燥	70℃	1443.12	93.08	0.0645	ヘタ、がく、傷のあった部分
2023-P70	クウシンサイ	葉菜類	2023/8/8	南相馬市原町区	714	熱乾燥	70℃	697.79	66.14	0.0948	茎最下部約1~2cm
2023-P71	リンゴ	果実類	2023/8/8	南相馬市原町区	1,785	凍結乾燥		1259.89	170.24	0.1351	皮、種、芯、ヘタ、痛み
2023-P72	ナシ	果実類	2023/8/8	相馬市	3,085	凍結乾燥		2055.56	283.21	0.1378	皮、種、芯、ヘタ、痛み、落下
2023-P73	スイカ	果菜類	2023/8/8	南相馬市原町区	2,368	凍結乾燥		1331.34	143.95	0.1081	皮、種
2023-P74	ハックルベリー	果実類	2023/8/8	相馬市	1,002	凍結乾燥		1000.75	129.94	0.1298	無し
2023-P75	ブドウ	果実類	2023/8/8	相馬市	1,653	凍結乾燥		1076.62	198.95	0.1848	皮、枝
2023-P76	イチジク	果実類	2023/8/22	相馬郡新地町	2,202	凍結乾燥		1424.18	216.62	0.1521	皮、ヘタ、腐敗
2023-P77	サツマイモ	芋類	2023/8/22	相馬市	1,064	熱乾燥	70℃	1037.30	354.95	0.3422	上下ヘタ、ひげ根 (一部)
2023-P78	ダイズ	豆類	2023/8/22	相馬市	319	熱乾燥	70℃	318.78	290.26	0.9105	無し
2023-P79	ダイズ (クロ)	豆類	2023/8/22	相馬市	296	熱乾燥	70℃	296.67	273.54	0.9220	無し
2023-P80	サラダナ	葉菜類	2023/8/22	南相馬市原町区	456	熱乾燥	70℃	381.62	18.48	0.0484	芯

表1 令和5年度採択農作物一覧および飼処理(3/3)

2023-P81	パズル	葉菜類	2023/8/22	南相馬市原町区	90	熱乾燥 70℃	69.74	8.87	0.1272	茎、枯れ葉
2023-P82	バターナッツカボチャ	果菜類	2023/9/5	南相馬市小高区	1,649	熱乾燥 70℃	1382.69	144.60	0.1046	皮、種、わた、ヘタ
2023-P83	トウガン	果菜類	2023/9/5	南相馬市小高区	4,320	熱乾燥 70℃	2831.59	75.45	0.0266	皮、種、わた、ヘタ
2023-P84	モロヘイヤ	葉菜類	2023/9/5	相馬郡新地町	318	熱乾燥 70℃	310.95	40.61	0.1306	茎最下部約1cm
2023-P85	シヤインマスカット	果実類	2023/9/5	相馬郡新地町	1,541	凍結乾燥	1488.35	270.35	0.1816	枝、種、痛み
2023-P86	ユズ	果実類	2023/9/5	相馬市椎木	996	凍結乾燥	735.62	160.81	0.2186	種、ヘタ、落下
2023-P87	サトイモ	芋類	2023/9/27	南相馬市原町区	1,478	熱乾燥 70℃	1015.55	188.88	0.1860	皮、上下一部
2023-P88	シシ(美)	その他	2023/9/27	南相馬市原町区	380	熱乾燥 70℃	394.53	92.03	0.2333	茎
2023-P89	アロエ	その他	2023/9/27	南相馬市原町区	2,248	熱乾燥 70℃	1398.63	12.72	0.0091	皮、最下部約2cm、先の部分
2023-P90	クリ	種実類	2023/9/27	相馬市	1,072	熱乾燥 70℃	426.56	180.74	0.4237	皮、腐敗、虫食い、落下
2023-P91	スダチ	果実類	2023/10/24	相馬郡新地町	763	熱乾燥 70℃	634.04	97.86	0.1543	ヘタ、種
2023-P92	キウイ	果実類	2023/10/24	相馬郡新地町	1,409	凍結乾燥	990.93	144.79	0.1461	皮、ヘタ
2023-P93	ハチミツ	その他	2023/10/24	相馬郡新地町	250	-	-	-	1.0000	
2023-P94	ハヤトウリ	果菜類	2023/10/24	相馬郡新地町	1,398	熱乾燥 70℃	1234.36	48.26	0.0391	皮、種
2023-P95	コンニャクイモ	芋類	2023/10/24	相馬市	1,416	熱乾燥 70℃	1162.57	155.52	0.1338	皮、芽、痛み
2023-P96	ハネネロ	果菜類	2023/10/24	相馬市	265	熱乾燥 70℃	194.54	18.32	0.0942	ヘタ、種、わた、痛み
2023-P97	キク	葉菜類	2023/10/24	相馬郡新地町	381	熱乾燥 70℃	336.30	40.67	0.1209	ヘタ
2023-P98	カキ	果実類	2023/10/24	相馬市	1,496	凍結乾燥	986.74	154.46	0.1565	ヘタ、皮、痛み
2023-P99	シウウガ	根菜類	2023/10/24	相馬市	921	熱乾燥 70℃	706.64	49.13	0.0695	葉、剥がれた皮
2023-P100	ラッカセイ	豆類	2023/10/24	相馬市	613	熱乾燥 70℃	256.15	197.81	0.7722	殻、腐敗、落下
2023-P101	モチ麦	その他	2023/10/24	南相馬市	484	熱乾燥 70℃	484.35	432.32	0.8926	無し
2023-P102	ゲンマイ(コシヒカリ)	玄米	2023/10/24	相馬市	4,985	熱乾燥 70℃	2714.28	2370.51	0.8733	無し
2023-P103	ゲンマイ(天のつぶ)	玄米	2023/10/24	相馬市	4,998	熱乾燥 70℃	2757.32	2442.23	0.8857	無し
2023-P104	マコモタケ	根菜類	2023/10/24	南相馬市原町区	1,076	熱乾燥 70℃	492.27	42.44	0.0862	葉、皮、ヘタ
2023-P105	コールラビ	葉菜類	2023/10/24	南相馬市鹿島区	1,143	熱乾燥 70℃	560.66	28.38	0.0506	上下ヘタ、皮、葉、茎
2023-P106	パパイヤ	果菜類	2023/10/24	相馬郡新地町	1,853	熱乾燥 70℃	1555.53	107.49	0.0691	皮、ヘタ、種、わた
2023-P107	ヤーコン	根菜類	2023/11/28	南相馬市原町区	1,058	熱乾燥 70℃	921.00	133.46	0.1449	皮、痛み、両端
2023-P108	カリフラワー	葉菜類	2023/11/28	南相馬市原町区	960	熱乾燥 70℃	774.90	63.86	0.0824	茎、葉
2023-P109	ヤマイモ	芋類	2023/11/28	南相馬市原町区	1,523	熱乾燥 70℃	1350.87	189.07	0.1400	皮、変色部分
2023-P110	ギンナン	種実類	2023/11/28	相馬郡新地町	597	熱乾燥 70℃	426.40	215.08	0.5044	殻、薄皮、落下
2023-P111	タイナ	葉菜類	2023/11/28	南相馬市小高区	1,123	熱乾燥 70℃	1013.06	62.87	0.0621	茎最下部
2023-P112	タアサイ	葉菜類	2023/11/28	相馬市	792	熱乾燥 70℃	755.94	38.13	0.0504	茎最下部
2023-P113	ナバナ	葉菜類	2023/11/28	相馬市	756	熱乾燥 70℃	773.19	90.60	0.1172	無し
2023-P114	アズキ	豆類	2023/11/28	相馬市	310	熱乾燥 70℃	309.37	264.93	0.8564	無し
2023-P115	カリン	果実類	2023/11/28	相馬郡新地町	1,886	熱乾燥 70℃	1323.76	277.77	0.2098	皮、両端、種
2023-P116	クルミ	種実類	2023/11/28	相馬郡新地町	794	熱乾燥 70℃	228.94	220.17	0.9617	殻
2023-P117	ゲンマイ(コシヒカリ)	玄米	2023/11/28	相馬郡新地町	30,000	熱乾燥 70℃	3138.43	2761.52	0.8799	無し

表2 放射能測定結果 (1/3)

試料名	作物	測定試料		¹³⁴ Cs		¹³⁷ Cs		⁴⁰ K		¹³⁴ Cs		¹³⁷ Cs		⁴⁰ K		⁹⁰ Sr					
		試料重量 (g)	試料高さ (cm)	測定時間 (s)	Bq/kg 乾燥		Bq/kg 生		Bq/kg 生		Bq/kg 生		Bq/kg 生								
2023-P1	ニラ	30.519	4.25	300,000	<	1.12	1.29 ±	0.23	±	1.488	±	14	<	0.12	0.14	±	159	±	1.5	0.19	
2023-P2	ミョウガ	22.719	2.85	80,000	<	3.25	26.37 ±	1.19	2,858	±	40	<	<	0.18	1.44	±	0.06	156	±	2.2	0.13
2023-P3	フキ	54.251	4	80,000	<	1.26	17.97 ±	0.49	2,265	±	19	<	<	0.09	1.26	±	0.03	159	±	1.4	0.21
2023-P4	ゴボウ	53.269	4.05	300,000	<	0.65	1.44 ±	0.16	1,110	±	9	<	<	0.06	0.13	±	0.01	101	±	0.8	0.18
2023-P5	ツボミナ	39.158	4.4	300,000	<	0.92	2.09 ±	0.22	1,142	±	11	<	<	0.10	0.23	±	0.02	127	±	1.3	0.28
2023-P6	ホウレンソウ	35.189	4.25	300,000	<	1.04	1.71 ±	0.24	3,729	±	21	<	<	0.08	0.13	±	0.02	273	±	1.5	0.29
2023-P7	タマネギ	68.723	4.55	349,363	<	0.34	0.31 ±	0.09	510	±	4	<	<	0.02	0.02	±	0.007	37	±	0.3	0.11
2023-P8	エシャロット	62.589	4.5	193,678	<	0.70	1.98 ±	0.20	565	±	8	<	<	0.13	0.37	±	0.04	105	±	1.5	0.11
2023-P9	ウド	33.379	2.45	264,860	<	0.68	3.44 ±	0.17	1,886	±	11	<	<	0.04	0.19	<	0.01	106	±	0.6	0.05
2023-P10	ネギ	40.597	3.7	300,000	<	0.78	<	0.66	660	±	8	<	<	0.08	<	<	0.07	69	±	0.9	0.10
2023-P11	ミズナ	31.030	4.2	300,000	<	1.14	<	1.06	1,946	±	17	<	<	0.09	<	<	0.08	149	±	1.3	0.48
2023-P12	キャベツ	13.153	1.4	300,000	<	1.70	2.68 ±	0.44	1,393	±	18	<	0.12	0.19	±	0.03	99	±	1.2	0.08	
2023-P13	タラノメ	13.785	1.25	181,290	<	2.14	5.88 ±	0.58	1,093	±	20	<	0.36	0.99	±	0.10	183	±	3.4	0.43	
2023-P14	クワイモ	34.551	3.6	175,505	<	0.79	2.40 ±	0.20	843	±	10	<	0.15	0.45	±	0.04	157	±	1.9	0.18	
2023-P15	ハツカダイコン	32.305	3.6	300,000	<	1.01	<	0.94	1,579	±	14	<	<	0.07	<	<	0.06	104	±	0.9	0.07
2023-P16	ステイックセニーール	63.564	4.45	340,080	<	0.37	0.60 ±	0.08	1,118	±	6	<	<	0.03	0.05	±	0.006	88	±	0.5	0.06
2023-P17	ダイコン (葉)	27.806	4.2	256,041	<	0.98	5.67 ±	0.27	1,758	±	14	<	<	0.07	0.39	±	0.02	120	±	0.9	0.32
2023-P18	ダイコン (根)	4.894	0.3	364,049	<	2.38	<	2.53	1,890	±	20	<	<	0.07	<	<	0.08	58	±	0.6	0.08
2023-P19	セリ	19.880	2.9	332,313	1.32 ±	0.25	38.44 ±	0.52	1,528	±	12	0.10 ±	0.02	3.02	±	0.04	120	±	1.0	0.25	
2023-P20	スナックエンドウ	55.734	3.55	300,000	<	0.55	0.71 ±	0.15	441	±	6	<	<	0.06	0.08	±	0.02	51	±	0.7	0.17
2023-P21	カブ	33.895	2.7	511,506	<	0.48	<	0.60	2,054	±	8	<	<	0.02	<	<	0.02	82	±	0.3	0.09
2023-P22	サヤエンドウ	45.697	3.25	343,512	<	0.43	0.56 ±	0.08	442	±	4	<	<	0.05	0.07	±	0.01	55	±	0.6	0.11
2023-P23	キュウリ	54.071	3.85	300,000	<	0.67	<	0.61	1,668	±	11	<	<	0.02	<	<	0.02	62	±	0.4	0.07
2023-P24	ニンニク	79.443	4.45	345,480	<	0.28	<	0.33	238	±	3	<	<	0.07	<	<	0.09	62	±	0.7	0.12
2023-P25	ブロッコリー	63.045	4.55	127,738	<	0.89	2.38 ±	0.24	1,258	±	14	<	0.08	0.20	±	0.02	108	±	1.2	0.08	
2023-P26	ハクサイ	35.802	4.3	300,000	<	0.99	1.13 ±	0.30	2,008	±	15	<	<	0.04	0.04	±	0.01	78	±	0.6	0.04
2023-P27	ダイコン	61.118	4.35	518,592	<	0.38	0.53 ±	0.11	2,829	±	8	<	<	0.01	0.01	±	0.003	74	±	0.2	0.05
2023-P28	ニンジン	50.468	3.15	191,929	<	0.54	1.46 ±	0.13	1,345	±	9	<	<	0.04	0.10	±	0.009	92	±	0.6	
2023-P29	インゲンマメ	35.969	2.85	63,439	<	1.56	5.47 ±	0.54	870	±	20	<	<	0.11	0.38	±	0.04	61	±	1.4	0.07
2023-P30	シュンギク	25.054	4.15	300,000	<	1.36	2.66 ±	0.36	1,876	±	18	<	<	0.11	0.21	±	0.03	148	±	1.4	0.17
2023-P31	イチゴ	32.704	4.1	755,576	<	0.42	0.53 ±	0.15	567	±	4	<	<	0.04	0.05	±	0.01	54	±	0.4	0.09
2023-P32	サニーレタス	19.731	3.6	348,819	<	1.07	1.42 ±	0.22	2,203	±	15	<	<	0.05	0.06	±	0.009	94	±	0.6	
2023-P33	チンゲンサイ	42.917	4.9	258,204	<	0.69	6.86 ±	0.22	1,269	±	10	<	<	0.05	0.51	±	0.02	94	±	0.7	
2023-P34	ジャガイモ	69.792	4.45	337,003	<	0.35	<	0.28	700	±	5	<	<	0.06	<	<	0.05	122	±	0.8	0.52
2023-P35	ズッキーニ	38.824	2.7	105,581	<	1.47	5.05 ±	0.50	2,537	±	25	<	<	0.04	0.15	±	0.01	76	±	0.7	0.03
2023-P36	ブルーベリー	46.771	3.6	527,042	<	0.33	2.17 ±	0.09	142	±	2	<	<	0.05	0.30	±	0.01	19	±	0.3	
2023-P37	ハチミツ	111.777	4.65	414,704	<	0.19	2.20 ±	0.07	19	±	1	<	<	0.19	2.20	±	0.07	19	±	1.5	
2023-P38	ラズベリー	40.884	3.9	300,000	<	0.77	<	0.68	310	±	6	<	<	0.12	<	<	0.11	49	±	0.9	
2023-P39	ハチミツ	119.842	4.45	148,823	<	0.27	0.67 ±	0.07	17	±	1	<	<	0.27	0.67	±	0.07	17	±	1.1	
2023-P40	カボチャ	73.534	4.4	434,649	<	0.28	0.52 ±	0.07	614	±	4	<	<	0.08	0.14	±	0.02	167	±	1.1	

表 3 地域別作物種別 $^{90}\text{Sr}/\text{Sr}$ 濃度比 (^{90}Sr 濃度令和 5 年に補正)

地域	試料数	平均値	標準偏差
浜通り	41	0.075	0.059
中通り	14	0.023	0.014
会津	3	0.035	0.023

浜通りと中通りで有意差あり ($P < 0.05$)

表 4 令和 5 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		
種類		Bq/kg-乾燥重量							Bq/kg-生重量					
玄米	3	0.3	±	0.1	69	±	1		0.22	±	0.11	60	±	1
芋類	6	1.5	±	0.6	754	±	195		0.30	±	0.15	134	±	17
葉菜類	40	4.3	±	6.9	1672	±	665		0.35	±	0.55	136	±	51
根菜類	10	8.4	±	17.5	1434	±	723		0.75	±	1.51	87	±	18
豆類	4	0.6	±	0.2	480	±	167		0.50	±	0.20	423	±	171
果菜類（果実類を含む）	42	3.6	±	6.5	890	±	628		0.55	±	1.24	104	±	159
穀類	1	3.8			84				3.39			75		
種実類	3	1.4	±	0.5	295	±	120		0.84	±	0.39	141	±	44
その他	8	9.8	±	10.9	752	±	1112		1.37	±	1.03	67	±	68

表 5 令和 5 年度種別農作物中 ^{90}Sr 平均濃度

種類	試料数	^{90}Sr
		Bq/kg 生
玄米	2	0.30
芋類	2	0.35
葉菜類	19	0.19
根菜類	7	0.095
果菜類 (果実類を含む)	8	0.10
その他	2	0.11

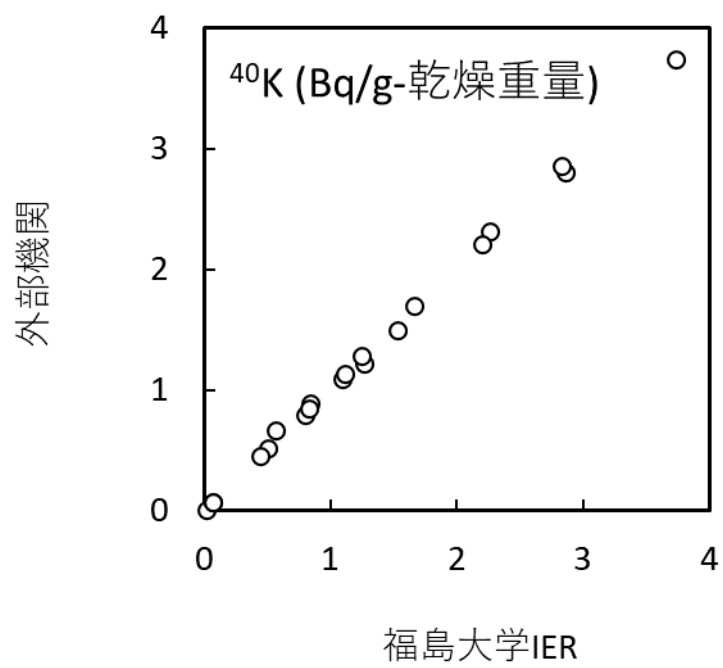
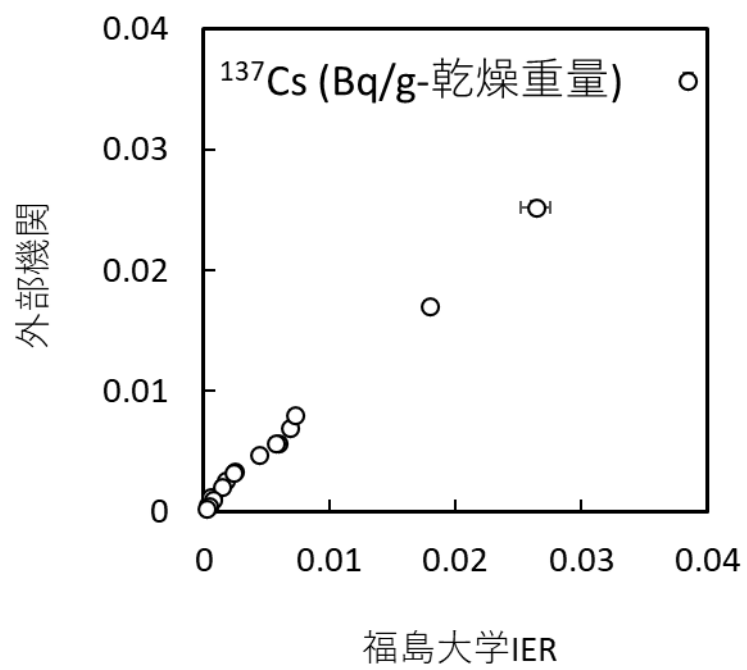


図1 外部機関との ^{137}Cs 及び ^{40}K 測定結果の比較

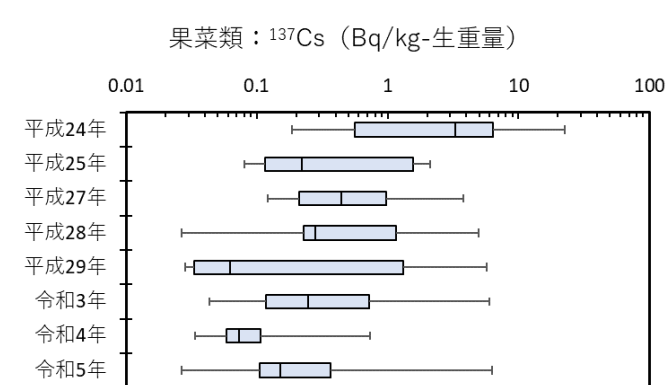
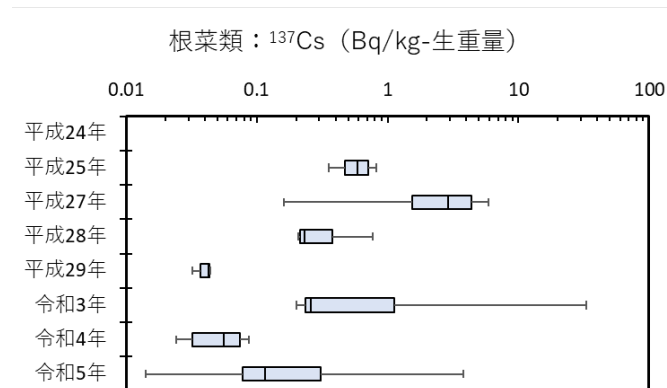
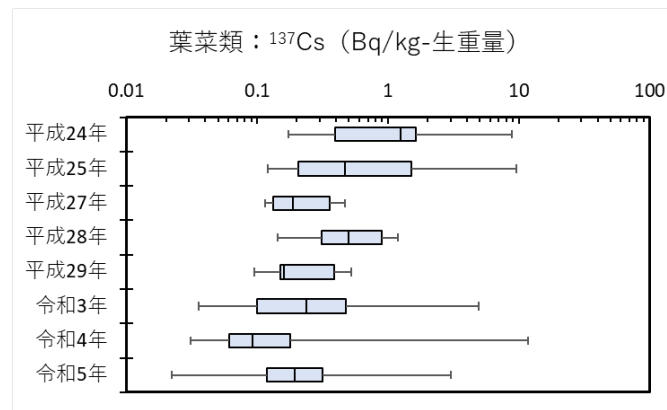
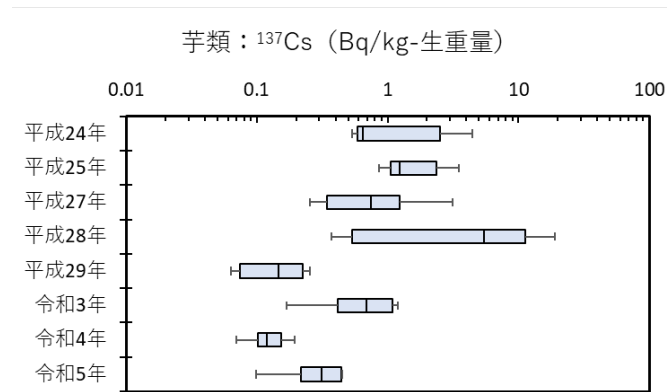


図2 平成24年から令和5年に福島県内で採取した作物中 ^{137}Cs 濃度(Bq/kg-生重量)
 平成24-25年:中通り;平成27年-29年:浜通り;令和3年:福島市周辺;令和4年:いわき市周辺;
 令和5年度:南相馬市と相馬市周辺

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)

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 (福島国際研究教育機構)
研究協力者 高田 兵衛 (福島大学環境放射能研究所)
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、これらの線量を考慮している。その濃度比は、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いるが、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、食品中の放射性物質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 5 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、県内に流通する水産物食品として海産魚類 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。魚類個体別の可食部位中のセシウム-134 (^{134}Cs)濃度は検出下限値(0.01 Bq/kg-生重量)以下で、セシウム-137 (^{137}Cs)濃度は、0.19 - 0.50 Bq/kg-生重量で、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 2 桁以上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中 ^{137}Cs 濃度と魚類の濃縮比(CR)から魚類中の推定した ^{137}Cs 濃度範囲は、0.08 - 0.22 Bq/Kg-生重量で、実測値の範囲と概ね一致した。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の測定を行ったが、魚類全身の濃度に換算すると、検出下限値以下あるいはそれに近似する濃度であった。魚類の生息環境水濃度と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、魚類中の放射性物質濃度はその生息環境の海水中放射性物質濃度を反映していた。魚類中の ^{137}Cs 濃度に対する ^{90}Sr 及び $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度の割合は 5%以下であり、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

食品中の放射性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 の線量への割合について、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 12 年が経過した福島県沖で漁獲された水産物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に絞り込み、定量が可能となる試料重量を確保の上、分析を行い、魚類の放射性物質濃度の推定や魚類中の放射性 Cs 濃度に対する他の放射性物質の濃度比について調査を行った。

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²⁾を行い、令和 5 年 11 月 29 日に福島相双海域で採取し、市場に流通する魚類 2 種(スズキ及びヒラメ)を水産物食品として、本研究の対象とした。魚種、体長や重量などの入手した魚類に関する情報を表 1 に示す。調査を実施した魚類 2 種では、同魚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、魚類の生息環境の海水を採取し、放射性 Cs と ^{90}Sr 濃度の分析を行った。

1.2. γ 核種の放射性物質濃度の測定

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。真空凍結乾燥機で試料は恒量になるまで乾燥し、450 度から 550 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(マンガン-54、コバルト-60、ルテニウム-106 及びセリウム-144 等)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 0.01 Bq/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 0.001 Bq/L であった。

1.3. γ 核種以外の放射性物質濃度の測定

魚類中の ^{90}Sr の分析は、令和 4 年度に採取したスズキとブリのアラ部および令和 5 年 11 月に採取したスズキとヒラメのアラ部の生重量が約 1kg になるように、同時期に採取した同魚種の複数個体の灰試料を合わせて一つの試料として、さらに海水中の ^{90}Sr は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⁾に従って定量を行った。本法での魚類中の ^{90}Sr 検出下限値は 0.02 Bq/kg・生重量であった。内臓部中の $^{239+240}\text{Pu}$ の分析は、令和 4 年 11 月に採取し

たスズキとブリ内臓部の生重量がそれぞれ約 0.7 kg になるように同魚種の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 $^{239+240}\text{Pu}$ の検出下限値は 0.0005 Bq/kg-生重量であった。

東京電力ホールディングスは、放出管理の目標値を定め、令和 5 年 8 月より ALPS 処理水の海洋放出を実施している。ALPS 処理水に含まれるトリチウムは、食品中放射性物質の基準値に含まれないが、今回は参考値として魚類中のトリチウムの分析を行った。魚類個体ごとの可食部について、真空凍結乾燥を行い、水分を回収し、文部科学省放射能測定シリーズ No.9「トリチウム分析法(平成 14 年改訂)」⁷⁾に従って行った。

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 5 年 11 月に入手した魚類中の放射性 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推定した。スズキ及びヒラメから ^{134}Cs は検出されなかった。スズキ及びヒラメの可食部の ^{137}Cs 濃度平均(濃度範囲)は、それぞれ 0.42 Bq/kg-生重量(0.32 - 0.50 Bq/kg-生重量)及び 0.24 Bq/kg-生重量 (0.19 - 0.38 Bq/kg-生重量) で、またスズキ及びヒラメの可食部の ^{40}K 濃度平均(濃度範囲)は、それぞれ 128 Bq/kg-生重量 (120 - 136 Bq/kg-生重量)及び 141 Bq/kg-生重量 (135 - 146 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、福島県の食品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 5 年 9 月と令和 6 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⁸⁾。

魚類が生息する福島沿岸の海水中の ^{137}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、0.8 - 2.2 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。⁹⁾ 魚類を採取した同じ時期の令和 5 年 11 月と 12 月に福島沖で採取した海水中の ^{90}Sr 濃度は 2mBq/L 以下であった。これらの結果は平常時の濃度範囲と捉えることができる。

令和 4 年 12 月と令和 5 年 11 月に採取した魚類アラ部中の ^{90}Sr 濃度は、スズキでは 0.07 Bq/kg-生重量であったが、ブリやヒラメでは検出下限値(0.02 Bq/kg-生重量)以下であった。令和 4 年 12 月に採取した魚類アラ部中の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度は、スズキとブリ共に検出下限値(0.001 Bq/kg-生重量)以下であった。

また令和 5 年 11 月に採取したスズキとヒラメ中のトリチウム濃度は検出下限値(0.6 Bq/L)以下であった。

D. 考察

1. 福島沖海産生物中の放射性物質濃度について

令和 5 年 11 月に福島相双海域で採取したスズキ及びヒラメから ^{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 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比は概ね 1 であったことが報告されている¹⁰⁾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 13 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 0.02 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、定量する検出下限値を下げるために、可食部、内臓部やアラ部の試料を灰にすることで生重量から数%まで減容した。このいわゆる濃縮した試料から検出された ^{137}Cs 濃度に、 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比を用いて計算した福島原発事故由来の ^{134}Cs の推定濃度は 0.005 Bq/kg-生重量で、検出下限値(0.01 Bq/kg-生重量)に相当した。つまり、今回得られた ^{137}Cs 濃度(1 Bq/kg-生重量以下)の傾向が続く場合、 ^{134}Cs を検出することは難しいことが考えられる。

魚類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、スズキとヒラメの可食部が 38 - 52%、アラ部が 44 - 50%で、スズキ内臓部が 11 - 13%で、ヒラメ内臓部が 3 - 5%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 54 - 70%、アラ部が 25 - 41%で、内臓部が 3 - 14%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 - 2.1 mBq/Lであった。海産魚類のCsの濃縮比(CR)100¹¹⁾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、0.08-0.2 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濃度は生息環境の海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 - 0.9mBq/Lであった。海産魚類のSr濃縮比(CR)5^{11, 12)}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 が検出されない理由は、魚類の生息環境の海水中の ^{90}Sr 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^{11, 13)}を用いて、魚類可食部中の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度を推定すると、0.0002 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、海水濃度と濃縮比から推定した $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度が検出下限値以下であることから、概ね魚類中の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度も生息環境の海水中の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、市場流通する水産物として魚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0.2-0.4 Bq/kg-生重量であった。魚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生息環境の海水中濃度を反映していることが確認された。魚類中の ^{137}Cs 濃度に対する ^{90}Sr 及び $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度の割合は、5%以下であり、食品の基準値の算出基準の考え方¹³⁾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) ふくしま復興情報ポータルサイト: 農林水産物のモニタリング検査結果の概要
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/89-4.html> (2024年3月アクセス)
- 2) 基準値(100Bq/kg)を超えた海産魚介類の検体数・割合と、不検出の検体数・割合(令和6年4月末現在):
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/629626.pdf> (2024年3月アクセス)
- 3) 米沢 仲四郎 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4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5年3月.
- 8) 文部科学省、放射能測定シリーズNo.9「トリチウム分析法(平成14年改訂)」
- 9) TEPCP、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>. (2024 年 3 月アクセス)

- 10) 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.
- 11) IAEA, Technical Reports Series No.422: Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factors for Biota in the Marine Environment, p.36, 2004
- 12) 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.
- 13) 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			部位別生重量割合		
		全長	体長	生重量	可食部	アラ部	内臓部	可食部	アラ部	内臓部
		cm	cm	kg	kg	kg	kg			
スズキ	採取日	2023年11月29日								
	SB-1	59.7	50.8	1.54	0.57	0.76	0.17	0.38	0.50	0.12
	SB-2	55.0	45.8	1.36	0.52	0.64	0.18	0.39	0.48	0.13
	SB-3	58.2	47.8	1.50	0.56	0.73	0.18	0.38	0.50	0.12
	SB-4	53.3	44.9	1.26	0.49	0.60	0.14	0.40	0.49	0.11
	SB-5	59.3	48.8	1.56	0.59	0.76	0.18	0.38	0.50	0.12
ヒラメ	採取日	2023年11月29日								
	FL-1	48.6	40.7	1.02	0.51	0.44	0.05	0.51	0.44	0.05
	FL-2	47.7	40.4	1.06	0.53	0.46	0.04	0.51	0.45	0.04
	FL-3	48.9	42.2	1.21	0.60	0.52	0.05	0.51	0.45	0.04
	FL-4	51.9	43.6	1.25	0.63	0.54	0.04	0.52	0.45	0.03
	FL-5	53.5	45.1	1.55	0.76	0.68	0.07	0.50	0.45	0.05

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	0.26 ± 0.04	0.39 ± 0.03	0.18 ± 0.02	0.19 ± 0.03
	SB-2	0.28 ± 0.04	0.41 ± 0.03	0.18 ± 0.02	0.29 ± 0.03
	SB-3	0.29 ± 0.04	0.45 ± 0.03	0.19 ± 0.02	0.22 ± 0.02
	SB-4	0.36 ± 0.04	0.50 ± 0.03	0.25 ± 0.02	0.29 ± 0.03
	SB-5	0.20 ± 0.03	0.32 ± 0.02	0.12 ± 0.02	0.14 ± 0.02
	平均値 ²⁾	0.28 ± 0.04	0.42 ± 0.03	0.19 ± 0.02	0.24 ± 0.03
ヒラメ	FL-1	0.28 ± 0.04	0.38 ± 0.02	0.16 ± 0.03	0.29 ± 0.06
	FL-2	0.19 ± 0.04	0.20 ± 0.02	0.18 ± 0.03	0.23 ± 0.04
	FL-3	0.16 ± 0.03	0.19 ± 0.02	0.12 ± 0.02	0.12 ± 0.02
	FL-4	0.18 ± 0.04	0.21 ± 0.02	0.13 ± 0.02	0.31 ± 0.04
	FL-5	0.16 ± 0.03	0.21 ± 0.02	0.10 ± 0.02	0.12 ± 0.02
	平均値 ²⁾	0.19 ± 0.04	0.24 ± 0.02	0.13 ± 0.02	0.20 ± 0.03

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⁾ Bq/kg-生重量	可食部 Bq/kg-生重量	アラ部 Bq/kg-生重量	内臓部 Bq/kg-生重量
スズキ	SB-1	100.0 ± 1.9	134.0 ± 1.4	79.0 ± 1.0	80.0 ± 1.2
	SB-2	97.2 ± 1.8	136.0 ± 1.4	66.0 ± 0.9	95.0 ± 1.2
	SB-3	94.6 ± 1.9	125.0 ± 1.3	70.0 ± 1.0	100.0 ± 1.2
	SB-4	90.0 ± 1.9	120.0 ± 1.4	64.0 ± 1.0	96.0 ± 1.4
	SB-5	82.5 ± 1.7	123.0 ± 1.3	53.0 ± 0.8	75.0 ± 1.1
	平均値 ²⁾	92.8 ± 1.8	127.7 ± 1.4	66.5 ± 0.9	88.9 ± 1.2
ヒラメ	FL-1	112.1 ± 2.0	141.0 ± 1.2	80.0 ± 1.2	101.0 ± 1.8
	FL-2	106.3 ± 2.0	135.0 ± 1.2	78.0 ± 1.1	57.0 ± 1.3
	FL-3	112.3 ± 1.8	146.0 ± 1.2	79.0 ± 1.0	58.0 ± 0.9
	FL-4	107.1 ± 1.8	138.0 ± 1.1	73.0 ± 1.0	81.0 ± 1.6
	FL-5	109.6 ± 1.7	144.0 ± 1.0	73.0 ± 1.0	90.0 ± 1.1
	平均値 ²⁾	109.46 ± 1.8	141.1 ± 1.1	76.2 ± 1.0	78.6 ± 1.3

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 福島沖の海水中⁹⁰Sr濃度

採取域	採取日	⁹⁰ Sr濃度 mBq/L	検出下限値 mBq/L
相双海域	2023/11/21	< 2 (1.6 ± 0.33)	0.91
相双海域	2023/12/6	< 2 (1.2 ± 0.29)	0.83
いわき沖	2023/11/14	< 2 (0.96 ± 0.27)	0.82
いわき沖	2023/12/61	< 2 (1.2 ± 0.29)	0.79

表5 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
スズキ	相双海域	2022/12/14	3.68	0.066 ± 0.007	0.01
ブリ	相双海域	2022/12/14	4.28	< 0.02	0.01
スズキ	相双海域	2023/11/29	3.49	0.067 ± 0.007	0.02
ヒラメ	相双海域	2023/11/29	2.65	< 0.02	0.02

表6 福島沖で採取した魚類内蔵部中の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度から推定する魚類中の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度

魚類	採取域	採取日	試料重量 kg-生重量	内蔵部中 $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度 Bq/kg-生重量	検出下限値 Bq/kg-生重量
スズキ	相双海域	2022/12/14	3.68	< 0.001	0.0005
ブリ	相双海域	2022/12/14	4.28	< 0.001	0.0007

表7 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 ^{90}Sr および $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度

放射性核種	海水濃度 mBq/L	濃縮比	魚類中の推定放射性物質濃度 Bq/kg-生重量
^{137}Cs	0.84-2.17	100	0.084-0.217
^{90}Sr	0.51-0.9	5	0.0025-0.0005
$^{239+240}\text{Pu}$	0.005	40	0.0002

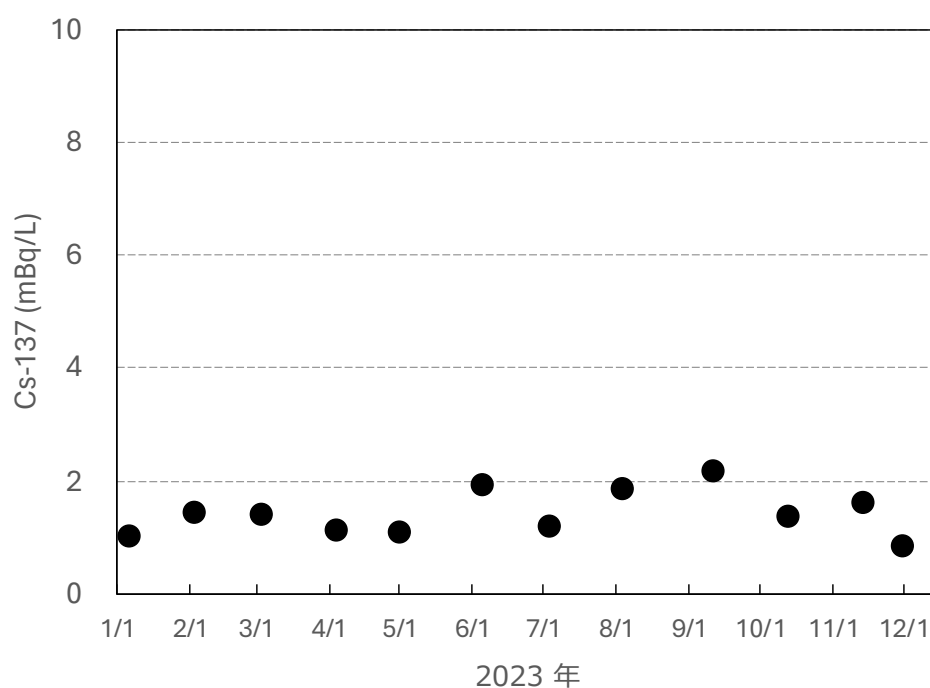


図1 福島小名浜沖における海水中の ^{137}Cs 濃度

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)

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の影響が懸念され、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、対象となる放射性セシウム (Cs)以外の核種(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) 同位体については、セシウム-137 (^{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の影響に対する不安はいまだに大きい。そこで、FDNPS 事故から 12 年以上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 濃度の測定値から、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 $^{90}\text{Sr}/\text{Sr}$ 濃度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 5 年度は、南相馬市と相馬市周辺地域を対象に、栽培された作物を対象とした。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【19 歳以上男子】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 0.0040 mSv/年であった。いずれについても、介入線量レベル(食品の安全性に十分配慮した放射線量の目安)である 1 mSv/年を大幅に下回っていた。圃場以外で、十分な低減化対策が行われていない地域など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、 ^{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、放射性物質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物質による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、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、対象となる放射性セシウム(Cs)以外の核種(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)同位体)については、セシウム-137(^{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、40試料を選択した。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いことから、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50%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40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とし、令和5

年 9 月 30 日において半減期補正した ^{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【19 歳以上男子】で、その推定値は 0.000028 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【19 歳以上男子】で、その推定値は 0.00098 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【19 歳以上男子】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 0.0040 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

40 試料の安定 Sr 濃度は $110 \text{ }\mu\text{g/kg}$ -生重量(アスパラガス) - $19,000 \text{ }\mu\text{g/kg}$ -生重量(ゴボウ)であり、その範囲は約 2 桁に及んでいる。

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【19 歳以上男子】で、その推定値は 0.000028 mSv/年 であった。半減期の 6 倍程度の期間が過ぎて物理的壊変が進んだことにより、 ^{137}Cs による被ばく線量に比べて $1/10$ 以下であり、介入線量レベルよりも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【19 歳以上男子】で、その推定値は 0.00098 mSv/年 であった。【19 歳以上男子】において農作物の種類ごとに検討すると、「穀類」と「コメ」の合計が 0.00029 mSv/年 、「葉・根・果菜類」の合計が 0.00057 mSv/年 、「芋類」「豆類」の合計が 0.00012 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、圃場以外で、十分な低減化対策が行われていない地点など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、 ^{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、本評価は消費される各食品の半分が福島県内で栽培された作物であるとして算出しているが、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 0.0040 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、FDNPS 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【19 歳以上男子】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 0.0040 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		
2023-P001	ニラ	葉菜類	78,606	±	468	8,380	±	50
2023-P002	ミョウガ	その他	38,908	±	1,028	2,118	±	56
2023-P003	フキ	葉菜類	29,014	±	263	2,033	±	18
2023-P004	ゴボウ	根菜類	38,715	±	593	3,518	±	54
2023-P005	ツボミナ	葉菜類	48,668	±	857	5,405	±	95
2023-P006	ハウレンソウ	葉菜類	22,367	±	644	1,638	±	47
2023-P007	タマネギ	葉菜類	48,843	±	556	3,497	±	40
2023-P008	エシャロット	根菜類	32,261	±	272	5,997	±	51
2023-P009	ウド	葉菜類	13,455	±	239	754	±	13
2023-P010	ネギ	葉菜類	27,639	±	321	2,904	±	34
2023-P011	ミズナ	葉菜類	6,171	±	102	472	±	8
2023-P012	キャベツ	葉菜類	14,047	±	603	993	±	43
2023-P013	タラノメ	葉菜類	14,285	±	197	2,398	±	33
2023-P014	キクイモ	芋類	30,369	±	648	5,642	±	120
2023-P015	ハツカダイコン	根菜類	15,835	±	372	1,040	±	24
2023-P016	スティックセニョール	葉菜類	34,730	±	825	2,744	±	65
2023-P017	ダイコン (葉)	葉菜類	14,397	±	182	980	±	12
2023-P018	ダイコン (根)	根菜類	32,107	±	697	992	±	22
2023-P019	セリ	葉菜類	44,908	±	825	3,526	±	65
2023-P020	スナックエンドウ	果菜類	40,602	±	508	4,721	±	59
2023-P021	カブ	根菜類	13,236	±	137	531	±	5
2023-P022	サヤエンドウ	果菜類	6,894	±	155	861	±	19
2023-P023	キュウリ	果菜類	5,262	±	65	195	±	2
2023-P024	ニンニク	葉菜類	74,612	±	1,437	19,541	±	376
2023-P025	ブロッコリー	葉菜類	17,934	±	207	1,541	±	18
2023-P026	ハクサイ	葉菜類	14,615	±	390	567	±	15
2023-P027	ダイコン	根菜類	4,098	±	57	108	±	1
2023-P029	インゲンマメ	果菜類	64,003	±	862	4,470	±	60
2023-P030	シュンギク	葉菜類	15,502	±	108	1,227	±	9
2023-P031	イチゴ	果菜類	5,328	±	96	505	±	9
2023-P034	ジャガイモ	芋類	24,252	±	475	4,211	±	82
2023-P035	ズッキーニ	果菜類	9,604	±	181	287	±	5
2023-P043	エダマメ	豆類	14,099	±	247	4,066	±	71
2023-P053	アスパラガス	葉菜類	15,283	±	216	824	±	12
2023-P061	コマツナ	葉菜類	102,899	±	2,593	5,799	±	146
2023-P062	トマト	果菜類	16,874	±	385	1,653	±	38
2023-P067	キクラゲ	その他	41,133	±	873	3,950	±	84
2023-P102	ゲンマイ (コシヒカリ)	玄米	15,653	±	350	13,671	±	306
2023-P104	マコモタケ	根菜類	16,447	±	243	1,418	±	21
2023-P117	ゲンマイ (コシヒカリ)	玄米	11,426	±	261	10,054	±	229

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	0.22	0.30
芋類	0.30	0.35
葉菜類	0.35	0.19
根菜類	0.75	0.095
豆類	0.50	0.16
果菜類 (果実類 を含む)	0.55	0.10

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	1-6歳	7-12歳	7-12歳	13-18歳	13-18歳	19歳以上	19歳以上	妊婦
	【男子】	【女子】	【男子】	【女子】	【男子】	【女子】	【男子】	【女子】	
穀類	8.5E-07	8.5E-07	1.4E-06	1.2E-06	1.9E-06	1.7E-06	1.9E-06	1.7E-06	2.1E-06
コメ	2.0E-06	1.7E-06	3.5E-06	3.1E-06	7.5E-06	4.9E-06	6.4E-06	4.4E-06	3.4E-06
芋類	5.2E-07	4.8E-07	1.3E-06	1.2E-06	1.6E-06	1.4E-06	1.2E-06	1.1E-06	1.2E-06
葉菜類	1.1E-06	1.0E-06	2.2E-06	2.2E-06	3.4E-06	3.1E-06	3.4E-06	3.1E-06	3.1E-06
根菜類	1.3E-06	1.2E-06	2.6E-06	2.6E-06	4.0E-06	3.5E-06	4.4E-06	4.0E-06	3.4E-06
豆類	6.8E-07	6.7E-07	1.7E-06	1.6E-06	2.2E-06	2.1E-06	2.2E-06	2.1E-06	1.7E-06
果菜類	4.5E-06	4.6E-06	4.2E-06	4.5E-06	5.6E-06	5.9E-06	8.7E-06	9.2E-06	8.7E-06
合計	1.1E-05	1.1E-05	1.7E-05	1.6E-05	2.6E-05	2.3E-05	2.8E-05	2.6E-05	2.4E-05
合計 (穀物を除く)	1.0E-05	9.7E-06	1.6E-05	1.5E-05	2.4E-05	2.1E-05	2.6E-05	2.4E-05	2.1E-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	1-6歳	7-12歳	7-12歳	13-18歳	13-18歳	19歳以上	19歳以上	妊婦
	【男子】	【女子】	【男子】	【女子】	【男子】	【女子】	【男子】	【女子】	
穀類	3.2E-05	3.2E-05	5.1E-05	4.5E-05	6.7E-05	5.8E-05	6.7E-05	5.8E-05	7.4E-05
コメ	7.5E-05	6.5E-05	1.3E-04	1.1E-04	2.6E-04	1.7E-04	2.2E-04	1.5E-04	1.2E-04
芋類	1.9E-05	1.8E-05	4.7E-05	4.3E-05	5.6E-05	4.8E-05	4.3E-05	4.0E-05	4.1E-05
葉菜類	4.2E-05	3.8E-05	8.0E-05	7.8E-05	1.2E-04	1.1E-04	1.2E-04	1.1E-04	1.1E-04
根菜類	4.9E-05	4.6E-05	9.5E-05	9.3E-05	1.4E-04	1.2E-04	1.5E-04	1.4E-04	1.2E-04
豆類	2.5E-05	2.5E-05	6.0E-05	5.7E-05	7.6E-05	7.3E-05	7.6E-05	7.3E-05	5.7E-05
果菜類	1.7E-04	1.7E-04	1.5E-04	1.6E-04	1.9E-04	2.0E-04	3.0E-04	3.2E-04	3.0E-04
合計	4.1E-04	4.0E-04	6.1E-04	5.9E-04	9.1E-04	7.8E-04	9.8E-04	8.9E-04	8.2E-04
合計 (穀物を除く)	3.8E-04	3.6E-04	5.6E-04	5.4E-04	8.4E-04	7.2E-04	9.1E-04	8.3E-04	7.4E-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	1-6歳	7-12歳	7-12歳	13-18歳	13-18歳	19歳以上	19歳以上	妊婦
	【男子】	【女子】	【男子】	【女子】	【男子】	【女子】	【男子】	【女子】	
穀類	2.1E-04	2.1E-04	4.2E-04	3.6E-04	5.6E-04	4.9E-04	2.0E-04	1.7E-04	2.2E-04
コメ	5.0E-04	4.3E-04	1.0E-03	9.1E-04	2.2E-03	1.4E-03	6.5E-04	4.5E-04	3.5E-04
芋類	1.1E-04	1.0E-04	3.3E-04	3.0E-04	4.0E-04	3.5E-04	1.1E-04	1.0E-04	1.0E-04
葉菜類	1.1E-04	1.0E-04	2.6E-04	2.5E-04	3.9E-04	3.6E-04	1.4E-04	1.3E-04	1.2E-04
根菜類	3.0E-05	2.9E-05	7.2E-05	7.1E-05	1.1E-04	9.5E-05	4.1E-05	3.8E-05	3.3E-05
豆類	4.0E-05	3.9E-05	1.2E-04	1.1E-04	1.5E-04	1.4E-04	5.3E-05	5.0E-05	4.0E-05
果菜類	1.5E-04	1.5E-04	1.7E-04	1.8E-04	2.2E-04	2.3E-04	1.2E-04	1.2E-04	1.2E-04
合計	1.2E-03	1.1E-03	2.4E-03	2.2E-03	4.0E-03	3.1E-03	1.3E-03	1.1E-03	9.8E-04
合計 (穀物を除く)	9.5E-04	8.6E-04	2.0E-03	1.8E-03	3.5E-03	2.6E-03	1.1E-03	8.9E-04	7.7E-04

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)

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(少量消費食品)についての取り扱い等について、アジア地域(中国、香港、台湾、韓国)および北欧地域(フィンランド、スウェーデン)の国々の設定状況を調査した。アジア地域では、中国では独自の導出式を用いて食品中の放射性物質の規制値を設定しており、香港では、Codex のガイドラインレベルを規制値として採用していた。台湾では、Codex ガイドラインレベルの導出に用いられた計算式や線量基準等を採用していたが、汚染率を 0.5 と設定しているため、Codex ガイドラインレベルとは異なる規制値での規制が行われていた。韓国では、福島原発事故を受け、より保守的な規制が行われていた。スウェーデン、フィンランドでは、チェルノブイリ原発事故を受けて、規制値が設定されたが、事故による汚染状況が両国で異なるため、規制値や食品区分、天然・野生由来の食品の取り扱いなどが異なっていた。このように、汚染率や少量消費食品に対する規制値設定の考え方については、各国一律ではなかった。また、規制値の設定に係わるすべての情報が開示されている訳でないことに加え、規制値の設定は、各国の考え方や規制値設定時の国内の食料事情等が大きく影響するため、異なるタイミングで設定された各国の規制値を一律に比較することは困難であった。しかし、諸外国の食品中の放射性物質の規制状況に係わる情報は、日本の食品中の放射性物質の基準値を考察するうえで有用な情報であると考えられるため、今後、チェルノブイリ原発事故後の各国の食品中の放射性物質の規制の変遷等を調査し、どのようなパラメータを変更させたのか、少量消費食品をどのように扱っていたのか等の情報を整理することが重要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、アジア地域や北欧地域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行政機関のウェブサイト、論文等の資料を調査することにより、本年度は中国、香港、台湾、韓国、フィンランドおよびスウェーデンについて食品中の放射性物質に係わる規制および規制値設定の際に用いられた汚染率や摂取量の少ない食品の取り扱いについて調査し、アジア地域および北欧地域に分けて表にまとめた。

C. 研究成果

アジア地域および北欧地域における食品中の放射性物質の規制に関する調査結果を別紙-1 にまとめた。

D. 考察

令和5年度は、中国、韓国等のアジア地域およびスウェーデン等の北欧地域における食品中の放射性物質の規制に関連する情報を調査し、整理した。

中国では、規制値の導出に独自の計算式を用いており、その中に汚染率のパラメータは含まれていなかった。一方、香港、台湾、韓国については、Codexのガイドラインレベルの導出に用いられた計算式およびパラメータが用いられており、汚染率についても考慮されていた。香港では汚染率0.1を採用しており、Codexのガイドラインレベルと全く同じ規制値となっている。台湾では、汚染率を成人で0.5、乳児で1と設定しており、食品区分および規制値は日本の食品中の放射性物質の基準値とほぼ同じであった。韓国では、2021年に規制値の改定が行われ、汚染率が改定前の0.1から0.5に引き上げられた。これにより、規制値は厳しくなり、日本の基準値と同じ値となった。なお、韓国の現行の規制により推定される年間線量は0.44 mSv/年と試算さ

れており、より保守的な管理を行っていることが明らかとなった。少量消費食品の取り扱いについては、香港ではCodexのガイドラインレベルを適用しているため、少量消費食品(マイナーフード)の枠組みが導入されていると考えられたが、その他のアジア諸国においては、現在のところ少量消費食品の枠組みは導入されていなかった。

チェルノブイリ原発事故の影響を強く受けたと考えられた北欧地域では、スウェーデンにおいて、一旦引き下げた規制値がトナカイ肉、野生のキノコ、ベリー、淡水魚等に対して引き上げられるという対応が行われていた。これは、80%以上のトナカイ肉が規制値を超えるという状況を回避し、特定の民族の文化や生活様式を守るための措置である。一般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ている。一方、フィンランドにおいては、地理的、気候的条件から、トナカイ肉等の深刻な汚染は生じておらず、トナカイ肉や天然・野生の食品に対して特別な規制値を設定するという措置は実施されていなかった。スウェーデン、フィンランドにおいては、食品中の放射性物質の濃度と摂取頻度についての助言や野生きのこや野生淡水魚等の摂取についての様々な助言が行政機関のホームページ等で行われていることが確認できた。

E. 結論

これまでの調査から、各国の食品中の放射性物質の規制値は、それぞれの国の考え方や状況に応じて決定されていることが確認された。例えば、チェルノブイリ原発事故後の対応をスウェーデンとフィンランドで比較すると、国内の汚染状況の違いから、規制値を定める食品区分の設定や規制値などが大きく異なっており、トナカイや天然・野生由来の食品に対する規制の枠組みの有無などが異なっていた。それぞれの国における放射能汚染状況や、食品の管理体制、食糧事情、食習慣等の様々な要因が規制値の設定に影響を及ぼしたと考えられた。一方で、規制値の設定に係わる前提や情報がすべて開示されている訳ではないため、汚染率、スパイス等の少量消費食品の取り扱い等については不明な点も多かった。諸外国の規制状況や規制値の変遷等の調査で得られた情報は非常に有用であるものの、規制値の設定は、各国の考え方や、規制値設定時の国内の食料事情等が

大きく影響するため、異なるタイミングで設定された各国の規制値を一律に比較することは困難であると考えられた。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究業績

なし

H. 知的財産の出願・登録情報

なし

アジア地域および北欧地域における食品中の放射性物質の規制に関する調査

令和5(2023)年3月

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

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

はじめに

アジア地域における調査として、中国、香港、台湾、韓国について、食品中の放射性物質の規制値のうち放射性セシウムについて抜粋し、その規制値の導出に用いたパラメータ等を表 1 にまとめた。また、チェルノブイリ原発事故の影響を強く受けたと考えられる北欧地域の調査として、スウェーデン、フィンランドにおける食品中の放射性物質の規制に関する情報のうち、放射性セシウムについての情報を抜粋して表 2 にまとめた。

【中国(中華人民共和国)】

平常時における食品中の放射性物質の規制は、「中華人民共和国国家標準 食品中の放射性物質制限濃度標準【GB 14882-94】(1994 年 9 月施行)」¹⁾に基づく規制であり、現在もこの規制が施行されている。対象核種はトリチウム(H-3)、ストロンチウム 89(Sr-89)、ストロンチウム 90(Sr-90)、ヨウ素 131(I-131)、セシウム 137(Cs-137)、プロメチウム 147(Pm-147)、プルトニウム 239(Pu-239)、ポロニウム 210(Po-210)、ラドン 226(Ra-226)、ラドン 228(Ra-228)、天然トリウム、天然ウランで、それぞれに規制値が定められている。放射性セシウムとして基準値が設定されているのは、Cs-137 のみであり、“穀類”、“芋類”、“野菜・果物”、“肉・魚・甲殻類”、“生乳”の 5 つの区分について、制限濃度(Lc)が定められている。この Lc は単一食品が単一放射線核種に汚染されたという仮定に基づいた計算式によって算出された値となっている。前提とする線量基準は年間 5 mSv(長期間継続的に被ばくする場合は 1 mSv)とされている²⁾が、Cs-137 の年間制限摂取量(ALI)は、成人(17 歳以上)で 77,000 Bq、児童(7 歳以上 12 歳以下)で 100,000 Bq、乳児(1 歳以上 2 歳以下)で 91,000 Bq との記述があった。ALI と Cs-137 の各年齢別の実効線量係数を用いて実効線量を算出すると、すべての区分で実効線量は約 1 mSv となることから、Cs-137 の Lc は年間 1 mSv を超えないように定められていると考えられた。規制値導出に用いられた食品摂取量(Id)としては、中国における最も多く飲食する集団の平均一日摂取量が用いられているとの記載があったが、具体的な食品摂取量は不明であった。汚染率については記述がないが、Lc 導出の計算式に汚染率に相当するパラメータが含まれていないことから、食品の一部が汚染されているという考え方はとられておらず、すべての食品が汚染されている、すなわち汚染率 1 として、制限濃度が算出されていると考えられた。

緊急時における規制としては、電離放射防護と放射源安全の基本標準【GB18871-2002】³⁾が定められており、“ミルク・ベビーフード・飲料水”および“一般消費食品”の 2 つの区分に対して汎用アクションレベルが定められている。対象核種は、Cs-134、Cs-137、Ru-103、Ru-106、Sr-89、I-131、Sr-90、Am-241、Pu-238、Pu-239 であり、人工放射性核種のみが対象となっている。これは、「CAC/GL5-1989 事故後の国際貿易における食品放射性核種汚染のガイドラインレベル」⁴⁾を採用したものであり⁵⁾、直接摂取可能な食品、希釈又は水戻し後に摂取される乾燥又は濃縮食品に適用される。食品不足等の懸念がある場合は、より高い数値の食品および飲料のアクションレベルが使用可能だが、正当性、最適化の分析が必要とされている。スパイス等、消費量が少ない食品(1 人あたり年間 10 kg 未満)については、人の食事全体に占める割合が小さく、個人被ばくの増加も少ないため、主な食品の 10 倍のアクションレベルを採用することができるとされている。また、国際貿易についてもこれに従うとされている。

【香港】

香港では、食品中の放射性物質の規制として Codex のガイドラインレベル⁷⁾を採用しており、中国本土とは異なる規制が行われている。日本産食品に対しても Codex のガイドラインレベルに基づいた規制が行われており⁸⁾、このガイドラインレベルを超える食品については、食品安全条例第 30 条⁹⁾に基づいて回収・廃棄等の対応がとられる。日本からの輸入食品の放射性物質検査結果は、香港政府の Centre for Food Safety のウェブサイト¹⁰⁾において毎日公開されている。

【台湾(中華民国)】

台湾の食品中の放射性物質の規制は、緊急時の許容量(Tolerance)として“乳及び乳製品”、“ベビーフード”、“ソフトドリンクおよびボトルドウォーター”、“その他の食品”の4つの区分について、食品安全衛生管理法第15条第2項¹¹⁾に基づき定められている¹²⁾。対象核種は、I-131、Cs-134、Cs-137で、放射性セシウムについてはCs-134とCs-137の合計値として、許容量が定められている。許容量の導出には、Codex ガイドラインレベルの算出に用いられた計算式、線量基準、食品摂取量が用いられている。一方で、汚染率については、成人で0.5、乳児(1歳未満)で1としているため、台湾の許容量はCodex ガイドラインレベルとは異なる値となっている。許容量設定の経緯や日本産食品への規制値の適用に関する情報として、座談会資料¹³⁾やQ&A¹⁴⁾が公表されている。その中で、乳児における汚染率は、感受性の高い集団であることを踏まえ1としているとの記述があったが、成人に適用された汚染率0.5が、どのような根拠に基づいて設定されたのかについては不明であった。なお、座談会資料¹³⁾の千葉、栃木、茨城、群馬の4県産の食品の輸入を再開した場合の曝露評価の中で、台湾における日本からの輸入食品の割合は台湾国民の食品摂取量の1.4%と記載されていた。

【韓国】

韓国で現在運用されている食品中の放射性物質の規制は、2021年に施行された食品衛生法【Food code(No.2021-54)】¹⁵⁾に基づく最大放射能限度(Maximum Radioactivity Limit)である。対象核種はI-131、Cs-134、Cs-137で、放射性セシウムに対してはCs-134とCs-137の合計値で“乳児用ミルク類”、“牛乳・乳製品・アイスクリーム”、“その他の食品”の3つの区分に対して最大放射能限度が定められている。この規制値は、福島原発事故をきっかけに、より保守的に管理するため従来の規制値を見直したものである。前提となる線量基準は年間1mSv、汚染率は0.5として、Codex ガイドラインレベル導出に用いられた計算式を用いて導出されている。この規制値の適用により、年間被ばく量は0.44mSvになると試算されており¹⁶⁾、保守的な規制値となっていると考えられる。

福島原発事故以前の規制値は、チェルノブイリ原発事故を受けて1989年に식품 중의 방사능 잠정 허용기준 제정 고시 제89-19호(食薬処告示第89-19号)^{17),18)}で定められた暫定許容基準で、I-131、Cs-134、Cs-137が対象核種となっていた。放射性セシウムの規制値は、すべての食品に対してCs-134とCs-137の合計値で370 Bq/kgとされていた。その後、福島原発事故を受けた改定によりI-131の規制値が変更されたが、放射性セシウムの規制値は変更されず370 Bq/kgのままであった¹⁹⁾。福島原発事故を受けた規制値の改定に関する論文^{20),21)}や食品医薬品安全処の発表¹⁶⁾によると、この規制値は、Codex ガイドラインレベル導出に用いられた計算式を用い、線量基準は1 mSv/年、汚染率は0.1と仮定して算出された値であった。なお、International Risk Informationとして、韓国食品医薬品安全機関から2012年4月に日本産食品に対しての特別な規制値が設けられたとの情報が公開されている²²⁾が、当サイトに記載されている限度濃度(放射性セシウムについて、“牛乳”、“乳製品”、“すべての食品”の3つの区分に対して、Cs-134とCs-137の合計値でそれぞれ50 Bq/kg、10 Bq/kg、100 Bq/kg)は、農水省²³⁾やJETRO²⁴⁾から公表されている限度濃度と異なっている。この措置は日本での食品中の放射性物質の規制が、暫定規制値から現行の基準値に変更されたことに伴うものであったとされているが、日本の基準値とも異なっており、正確な情報ではない可能性が高いと考えられる。韓国における日本産食品の放射能検査の結果は、定期的に食品医薬品安全処のウェブサイトで公表されている²⁵⁾。

韓国では、上述の食品衛生法による規制以外に放射能防災法²⁶⁾に基づく緊急時の規制が存在している。この放射能防災法により定められた摂取制限基準の対象核種は、Cs-134、Cs-137、Ru-103、Ru-106、Sr-89、I-131、Sr-90、U-235、U-238、Am-241、Pu-238、Pu-239、Pu-240、Pu-242、H-3(水・牛乳のみ)である。規制値は、IAEA Safety Series 109²⁷⁾の費用便益法を使用した計算により得られた濃度範囲を基に設定した値であり^{20),28)}、“水・牛乳”、“ベビーフード”、“野菜・果実”、“肉・魚・穀物”の4つの区分に対して設定されている。このように韓国では、I-131 および放射セシウムに対して食品衛生法と放射能防災法で異なる規制値が存在している状況にあり、統一した基準を設定する必要があるとの見解もなされている²⁰⁾ようであった。

【スウェーデン】

スウェーデンでは、1986年5月2日にチェルノブイリ原発事故後の最初の月の介入レベルとして、I-131と放射性セシウムに対して規制値が設定された。放射性セシウムの規制値は、輸入食品に対して10,000 Bq/kg、国産食品に対して1,000 Bq/kgであった^{29,30)}。規制値設定の背景には、輸入食品の消費量が国産食品よりはるかに低いため、輸入食品に対してはより高い値を使用できるという考えがあったとされている。その後、5月13日にI-131に対する規制値が、5月16日に放射性セシウムに対する規制値が変更された。放射性セシウムの規制値は、対象核種がCs-137に限定され、すべての食品に対して300 Bq/kgに変更された。この変更は、50年間の平均線量が最も被ばくした集団でも1 mSv/年未満、単年では5 mSv/年以下²⁹⁾という線量基準が前提となっている。Cs-137の規制値は、最も被ばくした集団である1歳児の食品摂取量(約0.3 kg/日)と換算係数(10^7 Sv/Bq)を用いて、5 mSv/年を超えないように決定された³¹⁾ようであるが、具体的な計算式や汚染率については不明であった。

その後1987年6月に、トナカイ、狩猟肉、ベリー、淡水魚、キノコなどの食品に対する区分ができ、Cs-137について1,500 Bq/kgの規制値が設定された。その他の主要食品に対しては300 Bq/kgの規制値が継続して使用された^{29),32),33)}。この食品区分の導入により、規制値を超過するトナカイの割合は約80%から約40%に減少した²⁹⁾。規制値を超えた食品の一般市場での販売は許可されなかった。この食品区分の設定は、スウェーデンに住むサーミの人々や天然・野生の食品を多く摂取する人々を考慮して設定されたものと考えられたが、規制値導出に用いられた計算式やパラメータに関しては不明であった。規制値の変更と併せて生野菜や非栽培の植物、キノコ等に対して様々な対策が実施され、食品洗浄の推奨、摂取頻度や調理についての助言、東側諸国(ロシア、ウクライナ周辺地域)からの生鮮食品の輸入禁止等が実施されていた³¹⁾。

現行の規制は2012年3月に発効したLIVSFS 2012:3³⁴⁾による規制で、対象核種からI-131が外れCs-137のみに規制値が設定されている。Cs-137の規制値として“家畜の肉、その他の可食部およびその加工品”、“穀物製品”、“ナッツ以外の果物”、“キノコ以外の調理用植物”、“乳製品”、“ベビーフード”、“海水魚”に対して300 Bq/kg、その他の食品に対して1,500 Bq/kgという規制値が設定されている³⁴⁾。スウェーデン食品庁のホームページ³⁵⁾には、その他の食品に該当する食品として、“トナカイ肉やヘラジカ、シカ、イノシシなどの狩猟肉等”、“野生のベリー”、“キノコ”、“淡水魚”、“ナッツ”が記載されている。また、同ホームページにはセシウムを含む食品の摂取に対する助言等が掲載されており、「300～1,500 Bq/kgのものは、週に数回以上食べるべきでない」、「1,500～3,000 Bq/kgのものは月に数回以上食べるべきではない」、「10,000 Bq/kgを超えるものは絶対に食べるべきではない」など、食品中のCs-137濃度と摂取頻度についての助言や、特にCs-137濃度の高いキノコの種類についての情報、濃度の高い産地の情報、調理によるCs-137の低減方法等についての情報が公開されている³⁵⁾。なお、上記のその他の食品に該当する食品以外の食品については特別な設定はなく、例えばスパイスやハーブのようにCodexやEUで少量消費食品として扱われているような食品に対しての特別な対応はなされていないようであった。

【フィンランド】

フィンランドでは、チェルノブイリ原発事故直後の緊急時の介入レベルとして、I-131とCs-137に対する規制が実施された²⁹⁾。前提とする線量基準は、最初の1年間に最大5 mSv(実効線量)および単一臓器に対して最大50 mSv、50年間の平均として1 mSv/年以下(等価線量)であり、放射性セシウムの規制値はCs-137として、ミルク、肉、その他の食品に対して1000 Bq/kgと設定されていた。規制値を導出した計算式や、食品摂取量、汚染率に関する情報は不明であった。フィンランドではトナカイ飼育地域での降水量が非常に少なかったため、キノコ豊年の秋にトナカイ、シカ、ヘラジカ、ヒツジの放射能濃度が他の年に比べて大きく増加するという現象は明確には認められなかった³⁶⁾。そのため、スウェーデンのようなトナカイに特化した規制値の設定はされていなかった。また、狩猟肉中の放射性セシウム濃度調査等の結果に基づき、1986年の秋には狩猟を制限する必要はないと結論付けている³⁷⁾。ただし、このシーズンに汚染のあった地域で捕獲された水鳥の肉については、1人当たり年間20 kg以上食べないことを推奨していた³⁷⁾。また、栽培でない植物やキノコ、淡水魚については、摂取頻度や調理に関する勧

告がなされていた²⁹⁾。一方、EU のマイナーフードリストに含まれるスパイスやハーブなどの消費量の少ない食品に関する特別な配慮についての情報はなかった。

現在は、2023 年に更新された食品中の汚染物に関する規制³⁸⁾に基づき、EU の第三国に対する基準(EU 規則 2020/1158)³⁹⁾に定められた最大レベルを規制値として用いている。現行の Cs-137 の規制値は、“牛乳・乳製品”、“ベビーフード”、“その他の食品”の 3 つの食品区分に対してそれぞれ 370 Bq/kg、370 Bq/kg、600 Bq/kg と定められている。また、キノコや淡水魚の摂取については、前の規制値の適用時から引き続き、種類の選択や摂取頻度、調理方法等についての助言が行われている⁴⁰⁾⁴¹⁾。

参考資料

- 1) 中华人民共和国卫生部: 中华人民共和国国家标准 食品中放射性物质限制浓度标准 (中華人民共和國衛生部 中華人民共和國國家標準 食品中の放射性物質制限濃度標準), GB 14882-94 (1994)
<https://openstd.samr.gov.cn/bzgk/gb/newGbInfo?hcno=470F794FB6FF802A88DEAAD2829D7DC4>
- 2) 国家标准化管理委员会: 放射卫生防护基本标准 (放射線健康防護の基本標準), GB 4792 — 1984 (1985)、
<http://www.chte.org/d/file/2013-01-09/d790cc486d02052c31637b43956be6f7.pdf>
- 3) 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局: 电离辐射防护与辐射源安全基本标准 (中華人民共和國國家品質監督檢查檢疫總局 電離放射防護と放射源安全の基本標準), GB18871-2002, 10.3 介入の決定と介入レベル, 付録 E (2002)
<https://openstd.samr.gov.cn/bzgk/gb/newGbInfo?hcno=61888EEB7C3060FDB7312BDC8B0BC29B>
- 4) CODEX: CAC/GL 5-1989, GUIDELINE LEVELS FOR RADIONUCLIDES IN FOODS FOLLOWING ACCIDENTAL NUCLEAR CONTAMINATION FOR USE IN INTERNATIONAL TRADE (1989)
- 5) Wu Q, Liu QF, Zhang XD, et al.: Content and standard of radionuclides in food in China[J], Carcinog Teratog Mutagen, 2012, 24(6): 470-473. DOI: 10.3969/j.issn.1004-616x.2012.06.017
<https://www.egh.net.cn/CN/10.3969/j.issn.1004616x.2012.06.017>
- 6) CODEX: CAC/GL5-2006, Codex Guideline Levels for Radionuclides in Foods Contaminated Following a Nuclear or a Radiological Emergency for Use in International Trade (2006)
- 7) CODEX: GENERAL STANDARD FOR CONTAMINANTS AND TOXINS IN FOOD AND FEED, CXS 193-1995 (1995), Revised in 1997, 2006, 2008, 2009
https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B193-1995%252FCXS_193e.pdf
- 8) Centre for Food Safety, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region website
https://www.cfs.gov.hk/english/programme/programme_rafs/programme_rafs_fc_01_30_Q&A_4.html
- 9) Food safety orders, Hong Kong e-Legislation Cap. 612 Food Safety Ordinance, Part 4 Food Safety Orders, 30.
https://www.elegislation.gov.hk/hk/cap612!en@2021-04-08T00:00:00?tab=m&xpid=ID_1438403526702_004
- 10) Centre for Food Safety, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region website, Control Measures on Foods Imported from Japan
https://www.cfs.gov.hk/english/programme/programme_rafs/daily_japan_nuclear_incidents.htm
- 11) 台湾衛生福利部: 食品安全衛生管理法第 15 條 第2項
<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawSingle.aspx?pcode=L0040001&flno=15>
- 12) 台湾衛生福利部: 食品中原子塵或放射能污染安全容許量標準 (食品中の放射性降下物又は放射能汚染許容量基準) (2016)

<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=L0040079>

- 13) 台湾行政院食品安全辦公室、衛生福利部等:《日本核災後食品風險危害評估及管理 及茨城、樺木、千葉、群馬食品開放與否公聽會》科學與技術議題相關爭點交流座談會資料 (《日本の原子力災害後の食品リスクの評価と管理 及び茨城、栃木、千葉、群馬の食品を開放するか否かに関する公聴会》科学技術議題に関する争点交流座談会資料)曝露評価(3), 4-2 測定関連(2016)
<https://www.fda.gov.tw/tc/includes/GetFile.ashx?mid=133&id=22279&t=s>
- 14) 台湾衛生福利部: 食品中原子塵或放射能污染容許量標準之適用 Q&A (食品中の放射性降下物又は放射能汚染許容量基準の適用に係る Q&A) (2015)
<https://www.fda.gov.tw/tc/includes/GetFile.ashx?mid=133&id=17626&t=s>
- 15) 食品医薬品安全処: Food Code (No.2021-54) (2021)
https://www.mfds.go.kr/eng/brd/m_15/view.do?seq=72437&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&page=1
- 16) 食品医薬品安全処: “우리나라 식품 방사능 기준, 국제 규격보다 10 배 엄격해(韓國の食品の放射能基準は国際基準の10倍厳しい)”, 韓國政府公式 Web Site, (2023)
<https://www.korea.kr/news/policyNewsView.do?newsId=148916841>
- 17) 食品医薬品安全処: 식품 중의 방사능 잠정 허용기준 제정 고시 제 89—19 호(食品医薬品安全処告示第 89-19 号) (1989)
- 18) 홍 석 현: A Study the Factors Influencing MDA in Radioactivity Measurement , 조선대학교 대학원 석사학위 논문(朝鮮大学大学院 修士学位論文) (2020)
<https://oak.chosun.ac.kr/bitstream/2020.oak/14141/2/%eb%b0%a9%ec%82%ac%eb%8a%a5%20%ec%b8%a1%ec%a0%95%ec%8b%9c%20MDA%20%eb%b3%80%ed%99%94%20%ec%9a%94%ec%9d%b8%20%eb%b6%84%ec%84%9d.pdf>
- 19) 食品医薬品安全処: 식품의약품안전청 고시 제 2011-41 호(食品医薬品安全処告示第 2011-41 号) (2011)
<https://www.mfds.go.kr/docviewer/skin/doc.html?fn=cbe183b5ad0a42eb6cab4524efe8936e&rs=/docviewer/result/data0008/3604/1/202401>
- 20) 이관엽, 김종수ら: 국내 방사선비상시 음식물섭취제한기준 개선방안(国内放射線緊急時の食品摂取制限基準の改善方法), 2014 년도 대한방사선방어학회 춘계 학술발표회 논문요약집 (2014 年度大韓放射線防衛学会春季學術發表會論文要約集), 202-203 (2014)
<https://www.earticle.net/Article/A273515>
- 21) 권중호: 방사능, 방사선, 그리고 농식품 안전 (放射能、放射線、農食品安全), Food Preservation and Processing Industry, 16(1), 55-78 (2017)
<https://koreascience.kr/article/JAKO201726868620454.pdf>
- 22) 食品医薬品安全処: International Risk Information, (2012)
https://www.mfds.go.kr/eng/brd/m_60/view.do?seq=67404#:~:text=The%20Korea%20Food%20and%20Drug%20Administration%20%28KFDA%29%20and,limit%20of%20370Bq%2Fkg%20to%20100B%20starting%20in%20April.
- 23) 農林水産省食料産業局: 韓国向けに輸出される食品に関する輸入規制の変更について (2012)
https://www.maff.go.jp/j/export/e_shoumei/pdf/tuuchi_120403.pdf
- 24) JETRO: ビジネス短信 日本産食品に対する放射性セシウム基準を強化(韓国) (2012)
<https://www.jetro.go.jp/biznews/2012/03/4f750ca96a338.html>
- 25) 食品医薬品安全処: 일본산 수입식품 방사능검사 결과 (日本からの輸入食品の放射能検査結果), 韓國政府公式

Web Site

https://www.mfds.go.kr/brd/m_100/list.do

- 26) 韓国原子力安全委員会: 원자력시설 등의 방호 및 방사능 방재 대책법 시행규칙 [별표 4] (韓國放射能防災法施行規則[別表 4]) (2021)
<https://law.go.kr/flDownload.do?gubun=&flSeq=111185437>
- 27) IAEA: IAEA Safety series 109, Intervention Criteria in a Nuclear or Radiation Emergency (1994)
<https://www.iaea.org/publications/5159/intervention-criteria-in-a-nuclear-or-radiation-emergency>
- 28) Jong Tai Lee, Goan Yup Lee, et al.: Application for Limitation of Food Stuffs in a Radiological Emergency, 放射線學會誌, 27(2), 89-94 (2002)
<https://koreascience.kr/article/JAKO200201919955641.pdf>
- 29) Jan Olof Snihs: Contamination and Radiation Exposure. Evaluation and Measures in the Nordic Countries after the Chernobyl Accident. p27 Countermeasures, SSI-rapport 96-08 (1996)
ISSN: 0282-4434
<https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/contentassets/3b0bc724abfa418aa65dd78ea8cfac55/199608-contamination-and-radiation-exposure-evaluation-and-measures-in-the-nordic-countries-after-the-chemobyl-accident>
- 30) 佐藤吉宗: 原子力事故をめぐる社会の反応—スウェーデンにおけるチェルノブイリ原発事故後の混乱とその特徴—, Isotope News, 724, 42-52 (2014)
https://www.jrias.or.jp/books/pdf/201408_JIYUKUKAN_SATO.pdf
- 31) Chernobyl - its impact on Sweden, 4. Countermeasures and their effects, SSI-rapport 86-12 (1986)
ISSN: 0282-4434
<https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/contentassets/66f4f029351d4baca989543f24414795/198612-chemobyl---its-impact-on-sweden>
- 32) Livsmedelsverkets (スウェーデン食品庁): Livsmedelsverkets föreskrifter om åtgärder för att begränsa intaget av radioaktiva ämnen genom livsmedel, SLVFS 1987:4 (食品による放射性物質の摂取を制限するための措置に関するスウェーデン食品庁の規制 SLVFS 1987:4) (1987)
- 33) Swedish Radiation Protection Authority: Post-Chernobyl decisions (2002)
<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=bc34c255fbb5313641016415e493f248c46a196>
- 34) Livsmedelsverkets (スウェーデン食品庁): Livsmedelsverkets föreskrifter om främmande ämnen i livsmedel, LIVSFS 2012:3 (食品中の異物に関するスウェーデン食品庁の規制 LIVSFS 2012:3) (2012)
<https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/om-oss/lagstiftning/frammande-amnen--oonskade/livsfs-2012-3.pdf>
- 35) Livsmedelsverkets (スウェーデン食品庁) Website: Radioaktiva ämnen - cesium (放射性物質-セシウム) (2023 last update Ver.)
<https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/oonskade-amnen/radioaktivitet-och-bestralning/radioaktiva-amnen>
- 36) Ritva Saxén, Riitta Hänninen, et al.: RADIOAKTIIVISET AINEET JA RAVINTO (放射性物質と栄養), Säteily ympäristössä Säteily- ja ydinturvallisuus -kirjasarja, (環境中の放射線 放射線・原子力安全書籍シリーズ) 第 6 章(6.4 Lapin luonto on herkkä laskeuman vaikutuksille), 201-243 (2003)
<https://stuk.fi/documents/150192312/162661266/kirja2-6-sateily-ymparistossa-ravinto.pdf/b7a039a9-c12e-bbf6-b0df-b9fd06cb633e/kirja2-6-sateily-ymparistossa-ravinto.pdf?t=1684851445296>
- 37) Aino Rantavaara, Tuire Nygrén, et al.: RADIOACTIVITY OF GAME MEAT IN FINLAND AFTER THE CHERNOBYL

ACCIDENT IN 1986, Annual Report STUK-A62 ABSTRACT (1987)

ISBN 951-47-0493-2 ISSN 0781-1705

https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/19/076/19076477.pdf

- 38) Finnish MINISTRY OF AGRICULTURE AND FORESTRY: ELINTERVIKKEIDEN VIERASAINEITA KOSKEVAT SÄÄDÖKSET (食品中の異物に関する規制) (2023)

<https://mmm.fi/documents/1410837/1875432/Lains%C3%A4%C3%A4d%C3%A4nt%C3%B6+2023+vierasaineet+MMM.pdf/fca92375-79d7-769d-46fb-6d6ed8c81f63/Lains%C3%A4%C3%A4d%C3%A4nt%C3%B6+2023+vierasaineet+MMM.pdf?t=1688986282679>

- 39) EUROPEAN COMMISSION: COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) 2020/1158 (2020)

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R1158>

- 40) Finnish Food Safety Authority Evira and STUK-Radiation and Nuclear Safety Authority Website: Guidelines for handling of mushrooms Reduction of radioactive cesium

https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/julkaisut/esitteet/elintarvikkeet/guidelines_for_handling_of_mushrooms.pdf

- 41) Finnish Food Safety Authority Evira Website: Varying species of fish twice a week

https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/julkaisut/esitteet/elintarvikkeet/varying_species_of_fish_twice_a_week.pdf

表 1. 中国・香港・台湾・韓国の基準値及び規制値(放射性セシウムについて抜粋)ならびに汚染率、少量消費食品に関する情報

国	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
中国	Cs-137	制限濃度 (Lc) (中華人民共和国国家標準 食品中の放射性物質制限濃度標準 【GB 14882-94】 ¹⁾ (1994年9月実施) 《現行》)	穀類	260	5 1* *(長期間継続的に被ばくする場合)			・制限濃度は、単一食品が単一放射性核種に汚染されたという仮定に基づいた式によって算出された値 ・LCの導出式には汚染率のパラメータは含まれていないため、汚染率による希釈は行われていないと考えられる	1.2
			芋類	90					
			野菜・果物	210					
			肉・魚・甲殻類	800					
			生乳	330					
中国	Cs-134 Cs-137	汎用アクションレベル (電離放射防護と放射源安全の基本標準 【GB18871-2002】 ³⁾ 《現行》)	ミルク、ベビーフード、飲料水	1000	1 (特別な状況下では、5 連続年の平均年間線量が1 mSvを超えなければ、1年間の実効線量を5 mSvまで上げることができる)		あり	・緊急時被ばく状況下で用いられる値 ・直接摂取可能な食品、希釈又は水戻し後に摂取される乾燥又は濃縮食品に適用 ・スパイス等、消費量が少ない(1人あたり年間10 kg未満)食品については、10倍のアクションレベルを適用できる ・CAC/GL5-1989 ⁴⁾ に準拠	3.5
			一般消費食品	1000					
香港	Cs-134 Cs-137	ガイドラインレベル	すべての食品	1000	1	0.1	あり*	・CodexのGL (CAC/GL5-2006) ⁶⁾ を採用 *CodexのGLをそのまま採用していることから、消費量の少ない食品の取り扱いもCodexと同様と考えられる	6,7,8,9
台湾	Cs-134 + Cs-137	許容値 (Tolerance) (食品中の放射性降下物又は放射能汚染 許容量基準 (2016) 【食品安全衛生法第15条第2項】 ¹¹⁾ 《現行》)	乳及び乳製品	50	1	0.5 (成人) 1 (乳児)		・核汚染または放射線汚染の可能性がある場合に適用(緊急時) ・許容量はCodexやICRPの評価に基づき、食事摂取量や汚染係数などを考慮して厳格に設定	11,12 13,14
			ベビーフード	50					
			ソフトドリンク及びボトルドウォーター	10					
			その他の食品	100					
韓国	Cs-134 + Cs-137	放射能基準 (Radioactive Standard) (【医薬処告被第89-19号】) ¹⁷⁾	すべての食品	370	1	0.1		・最大放射能濃度の算出式は、Codexの計算式を使用したのが、前提とする年間線量をCodexより引き下げて、適切なガイドライン値を選択	16,17,18 20,21
韓国	Cs-134 + Cs-137	最大放射能濃度 (Maximum Radioactivity Limit) (食品衛生法 (2021) 【Food Code(No.2021-54)】 ¹⁵⁾ 《現行》)	乳児用調合乳、フォローアップ用調合乳、乳幼児用ベビーフード、乳幼児用特別調合乳、乳幼児用ミルク調合乳、フォローアップ用ミルク調合乳	50	1	0.5		・2011年の福島原発事故をきっかけに、より保守的に管理するため基準値を見直し ・基準値変更により、年間被ばく量は0.44 mSv/年になると試算 ・汚染率等の情報は、食品医薬品安全処基準企画官の発言を紹介した韓国政府公式サイト ¹⁶⁾ を参照	15,16
			牛乳および乳製品、アイスクリーム	50					
			その他の食品	100					
韓国	Cs-134 + Cs-137	摂取制限基準 (【放射能防災法施行規則 (第15条別表4)】 ²⁶⁾ 《現行》)	肉、魚、穀物	2000				・放射能防災法による基準 (国内で食品衛生法と放射能防災法で異なる基準値が存在している状況) ・IAEA Safety Series 10927)の介入レベルの算出方法(費用便益法)を使用した計算により得られた濃度範囲を基に設定 ・経済的パラメーター等は韓国の値を使用 ・大人と子供に対して算出	20,26,28
			野菜・果物	1000					
			水・牛乳	200					
			ベビーフード	100					

※該当情報が見つからなかった欄については空欄とした。

表 2. スウェーデン・フィンランドの基準値及び規制値（放射性セシウムについて抜粋）ならびに汚染率、少量消費食品に関する情報

国	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
スウェーデン	放射性セシウム	介入レベル	輸入食品	10000				・チェルノブイリ事故後最初の月に施行 ・輸入食品の消費量は国産食品よりはるかに少なく、そのためより高い値を使用できるという考えに基づいている	29,30,31, 32,33
			国産食品	1000					
	Cs-137	介入レベル	全ての食品	300	50年間の平均線量は、最も被ばくしたグループでも1 mSv/年未満で、単年では（事故後数年間）では5 mSv/年以下			・上の基準発表後すぐに施行 ・300 Bq/kgのCs 137により、当初は1 mSv/年を超える可能性があるが、時間経過とともにそれによる線量は低下 ・食品の下処理、調理法、摂取頻度などのアドバイスも行った	
	Cs-137	介入レベル (Livsmedelsverkets föreskrifter om åtgärder för att begränsa intaget av radioaktiva ämnen genom livsmedel【SLVFS 1987:4】 ³¹⁾)	主要食品	300				・1987年6月～ ・この変更により排除されるトナカイの割合は約80%→約40%に減少	
	Cs-137	制限値 (Livsmedelsverkets föreskrifter om främmande ämnen i livsmedel【LIVSFS 2012:3】 ³³⁾ 《現行》)	・家畜の肉や可食部分、およびその加工品 ・穀物製品 ・ナッツ以外の果物 ・キノコ以外の調理用植物 ・乳製品 ・ベビーフード ・海水魚	300				「スウェーデン食品庁HP_Cs-137に関する情報」34)には、セシウムを含む食品の摂取に対するアドバイスがある ◆摂取頻度 ・300～1500 Bq/kgのものは、週に数回以上食べるべきでない ・1500～3000 Bq/kgのものは月に数回以上食べるべきではない ・10,000 Bq/kgを超えるものは絶対に食べるべきではない ◆特に濃度の高いキノコについての情報提供（他のキノコを選ぶことを推奨） ◆調理による放射性セシウムの低減についての情報提供 ◆濃度の高い地域情報の提供	34,35
			その他の食品	1500					
フィンランド	Cs-137	介入レベル	ミルク、肉、その他の食品	1000	最初の1年間に最大5 mSv（実効線量）および単一臓器に対して最大50 mSv、50年間の平均として1 mSv/年以下			・チェルノブイリ事故直後に適用された値 ・トナカイに対する介入レベルは無し（トナカイは大きな問題とはならなかった） ・フィンランドではトナカイ飼育地域での降水量が非常に少なかったため、キノコ豊年の秋にトナカイ、シカ、ヘラジカ、ヒツジの放射能濃度が他の年に比べ大きく増加するという現象は明確には認められず ・栽培でない植物やキノコの摂取と調理に関するアドバイス（摂取は最大で週1～2回）、淡水魚の摂取に関する勧告あり ・狩猟肉中の放射性Csの全国平均含有量調査等により、1986/1987年には狩猟を制限する必要はないと結論（1986年秋） ・1986年狩猟期に主な内陸性降下物地域で捕獲された水鳥の肉については、一人当たり20 kg以上は食べないことを推奨	29,36,37
フィンランド	Cs-137	最大レベル (【EU規則2020/1158】 ³⁸⁾ 《現行》)	牛乳、乳製品	370				・EUの第三国に対する基準（ECNo.733/2008）（現EU規則2020/1158） ³⁸⁾ を利用	38,39,40, 41
			ベビーフード	370					
			その他の食品	600					

※該当情報が見つからなかった欄については空欄とした。

III. 研究成果の刊行物に関する一覧表

研究成果の刊行に関する一覧表

原著論文

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
S. Ueno, Y. Hasegawa, S. Kato, H. Mori, H. Tsukada, H. Ohira, S. Kaneko	Rapid survey of de novo mutations in naturally growing tree species following the March 2011 disaster in Fukushima: the effect of low-dose-rate radiation	Environmental International	174	107893	2023
T. Kubota, H. Tsukada, M. Shin, Y. Mampuku, M. Hachinohe	Dynamics of suspended and dissolved radiocaesium in a small irrigation pond based on vertical profiles of water quality	Agricultural Water Management	286	108387	2023
H. Tsukada, A. Takeda, T. Takahashi, S. Fukutani, M. Akashi, J. Takahashi, S. Uematsu, I. Chyzhevskiy, S. Kirieiev, V. Kashparov, M. Zheleznyak	Transfer of ^{137}Cs and ^{90}Sr from soil-to-potato: Interpretation of the association from global fallout in Aomori to accidental release in Fukushima and Chornobyl	Science of the Total Environment	899	165467	2023
M. Suzuki, K. Kubo, M. Hachinohe, T. Sato, H. Tsukada, N. Yamaguchi, T. Watanabe, H. Maruyama, T. Shinano	Effects of cattle manure compost application on crop growth and soil-to-crop transfer of cesium in a physically radionuclide-decontaminated field	Science of the Total Environment	908	167939	2024

プロシーディング、年報、総説、解説、紹介記事

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	ページ	出版年
信濃卓也、塚田祥文	放射性セシウム研究の進展と土壤肥料科学の貢献 6.残された課題	日本土壤肥料学雑誌 94	196-202	2023
塚田祥文	第6章 土壤の放射性セシウムと作物への移行	環境放射能学入門(分担)	110-126	2024

学会発表等

1. 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 60 回アイソトープ・放射線研究発表会, 東京)
2. H. Tsukada, A. Takeda, T. Takahashi, S. Fukutani, M. Akashi, J. Takahashi, S. Uematsu, I. Chyzhevskiy, S. Kirieiev, V. Kashparov, M. Zheleznyak (2023) Transfer of ^{137}Cs and ^{90}Sr from soil to potato: Interpretation of association from global fallout in Aomori to accidental released in Fukushima and Chernobyl (International Conference on Environmental Radioactivity, ENVIRA 2023, Seville)
3. K. Hirose, Y. Onda, H. Tsukada, Y. Hiroyama, Y. Okada, Y. Kikawada (2023) Chemical implication of partition coefficient of ^{137}Cs between aqueous and suspended and phases in natural water(International Conference on Environmental Radioactivity, ENVIRA 2023, Seville)
4. 塚田祥文、齋藤隆、平山孝、松岡宏明、中尾淳 (2023) 田面水および間隙水中 ^{137}Cs 濃度の変化とイネへの移行(日本土壌肥料学会 2023 年度愛媛大会、松山)
5. 武田晃、海野佑介、塚田祥文、高久雄一、久松俊一 (2023) 放射性ヨウ素の土壌固相—液相間分配係数の変動要因(日本土壌肥料学会 2023 年度愛媛大会、松山)
6. N. Yamaguchi, H. Tsukada, D. Yamada (2023) Radiocaesium aggregated with a plant-derived organic matter in soils affected by nuclear accident (2023 ASA, CSSA, SSSA International Annual Meeting, St. Louis, Missouri)
7. 柳川賢斗、辰野宇大、塚田祥文 (2023) 2011 年に東京電力福島第一原子力発電所の 20 km 圏内から採取した土壌アーカイブ試料の ^{137}Cs 存在形態について(日本原子力学会秋の大会, 名古屋)
8. S. Ueno, Y. Hasegawa, S. Kato, H. Mori, H. Tsukada, H. Ohira, S. Kaneko (2023) Rapid assessment of mutational risks in tree species exposed to low-dose-rate radiation following the nuclear disaster in 2011 (ICRP 2023, Tokyo)
9. H. Tsukada, S. Fukutani, T. Aono, M. Akashi (2023) Time-series analysis of ^{137}Cs activity concentrations and internal radiation doses from marketable crops cultivated and distributed in Fukushima Prefecture from 2012 to 2022 (ICRP 2023, Tokyo)
10. 上野真義、長谷川陽一、加藤珠理、森英樹、塚田祥文、大平創、兼子伸吾 (2024) 低線量率放射線による突然変異リスクの迅速評価法の開発(第 135 回日本森林学会大会, 東京)
11. H. Tsukada, A. Takeda, N. Yamaguchi, T. Saito, N.P. Thoa (2024) Predicting ^{137}Cs and ^{90}Sr activity concentrations in brown rice using specific activity ratios of $^{137}\text{Cs}/\text{Cs}$ and $^{90}\text{Sr}/\text{Sr}$ in the exchangeable fraction of soil (The 16th International Conference of The East and Southeast Asia Federation of Soil Science Societies (ESAFS 2024), Thai Nguyen)
12. 塚田祥文、齋藤隆、平山孝、松岡宏明、中尾淳 (2024) 田面水および間隙水中 ^{137}Cs 濃度の変化とイネへの移行(第 10 回福島大学環境放射能研究所成果報告会、福島)
13. 柳川賢斗、辰野宇大、塚田祥文 (2024) 2011 年に福島県から採取した土壌アーカイブ試料の ^{137}Cs 存在形態の経時変化に関する研究(第 10 回福島大学環境放射能研究所成果報告会、福島)
14. 田中草太、伊藤陽日葵、森下祐樹、鳥居建男、塚田祥文 (2024) ミズが土壌表層の放射性セシウム分布に与える影響の可視化(第 71 回日本生態学会大会、横浜)

(招待講演)

1. 塚田祥文(2024) 食品検査結果に関するリスクコミュニケーション(2024)「放射性物質に関する基礎知見と福島県の作物と被ばく線量」(双葉町・福島修明高校・東京)招待講演

厚生労働大臣 殿

機関名 東京医療保健大学

所属研究機関長 職 名 学長

氏 名 亀山 周二

次の職員の令和5年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 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）
2. 研究課題名 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
3. 研究者名 （所属部署・職名） 東が丘看護学部看護学科 大学院看護学研究科・教授
（氏名・フリガナ） 明石 真言（アカシ マコト）

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無 有 無	左記で該当がある場合のみ記入（※1）		
		審査済み	審査した機関	未審査（※2）
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針（※3）	☐ 有 ☒ 無	☐		☐
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	☐ 有 ☒ 無	☐		☐
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	☐ 有 ☒ 無	☐		☐
その他、該当する倫理指針があれば記入すること （指針の名称： ）	☐ 有 ☒ 無	☐		☐

（※1）当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他（特記事項）

- （※2）未審査の場合は、その理由を記載すること。
- （※3）廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 ☒ 未受講 ☐
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 ☒ 無 ☐ （無の場合はその理由：
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 ☒ 無 ☐ （無の場合は委託先機関：
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 ☒ 無 ☐ （無の場合はその理由：
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 ☐ 無 ☒ （有の場合はその内容：

（留意事項） ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

厚生労働大臣 殿

機関名 国立大学法人福島大学

所属研究機関長 職 名 学長

氏 名 三浦 浩喜

次の職員の令和5年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 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）
2. 研究課題名 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
3. 研究者名 （所属部署・職名） 環境放射能研究所・教授
（氏名・フリガナ） 塚田 祥文（ツカダ ヒロフミ）

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無 有 無	左記で該当がある場合のみ記入（※1）		
		審査済み	審査した機関	未審査（※2）
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針（※3）	☐ 有 ☒ 無	☐		☐
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	☐ 有 ☒ 無	☐		☐
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	☐ 有 ☒ 無	☐		☐
その他、該当する倫理指針があれば記入すること （指針の名称： ）	☐ 有 ☒ 無	☐		☐

（※1）当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他（特記事項）

- （※2）未審査の場合は、その理由を記載すること。
- （※3）廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 ☒ 未受講 ☐
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 ☒ 無 ☐ （無の場合はその理由：
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 ☒ 無 ☐ （無の場合は委託先機関：
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 ☒ 無 ☐ （無の場合はその理由：
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 ☐ 無 ☒ （有の場合はその内容：

（留意事項） ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

厚生労働大臣 殿

機関名 福島国際研究教育機構
所属研究機関長 職 名 理事長
氏 名 山崎 光悦

次の職員の令和5年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 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）
2. 研究課題名 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
3. 研究者名 （所属部署・職名） 放射生態学ユニット・ユニットリーダー
（氏名・フリガナ） 青野 辰雄（アオノ タツオ）

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無 有 無	左記で該当がある場合のみ記入（※1）		
		審査済み	審査した機関	未審査（※2）
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針（※3）	☐ 有 ☒ 無	☐		☐
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	☐ 有 ☒ 無	☐		☐
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	☐ 有 ☒ 無	☐		☐
その他、該当する倫理指針があれば記入すること （指針の名称： ）	☐ 有 ☒ 無	☐		☐

（※1）当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他（特記事項）

- （※2）未審査の場合は、その理由を記載すること。
- （※3）廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 ☒ 未受講 ☐
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 ☒ 無 ☐ （無の場合はその理由：
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 ☒ 無 ☐ （無の場合は委託先機関：
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 ☒ 無 ☐ （無の場合はその理由：
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 ☐ 無 ☒ （有の場合はその内容：

（留意事項） ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

厚生労働大臣 殿

機関名 国立大学法人京都大学
所属研究機関長 職 名 総長
氏 名 湊 長博

次の職員の令和5年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 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）
2. 研究課題名 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
3. 研究者名 （所属部署・職名） 複合原子力科学研究所・准教授
（氏名・フリガナ） 福谷 哲（フクタニ サトシ）

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無 有 無	左記で該当がある場合のみ記入（※1）		
		審査済み	審査した機関	未審査（※2）
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針（※3）	☐ 有 ☒ 無	☐		☐
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	☐ 有 ☒ 無	☐		☐
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	☐ 有 ☒ 無	☐		☐
その他、該当する倫理指針があれば記入すること （指針の名称： ）	☐ 有 ☒ 無	☐		☐

（※1）当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他（特記事項）

- （※2）未審査の場合は、その理由を記載すること。
- （※3）廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 ☒ 未受講 ☐
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 ☒ 無 ☐ （無の場合はその理由：
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 ☒ 無 ☐ （無の場合は委託先機関：
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 ☒ 無 ☐ （無の場合はその理由：
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 ☐ 無 ☒ （有の場合はその内容：

（留意事項） ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。