

厚生労働行政推進調査事業費補助金

(食品の安全確保推進研究事業)

食品中の放射性物質の基準値施行後の検証と

その影響評価に関する研究

令和3年度～5年度 総合研究報告書

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.	総合研究報告	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	3
	明石 真言（東京医療保健大学・教授）	
	資料集	15
	（資料-1）農作物中 Cs と長半減期核種の濃度測定に関する研究 （令和 3 年度-令和 5 年度分担研究報告書）	17
	（資料-2）水産物食品中の放射性物質濃度等に関する研究 （令和 3 年度-令和 5 年度分担研究報告書）	59
	（資料-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 （令和 3 年度-令和 5 年度分担研究報告書）	81
	（資料-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 （令和 3 年度-令和 5 年度分担研究報告書）	104
	（資料-5）食品中の放射性物質の基準値の検証に関する調査資料	122
	（資料-6）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	154
II.	研究成果の刊行に関する一覧表	164

I. 総合研究報告

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）
総合研究報告書

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

研究代表者 明石 真言（東京医療保健大学・教授）

研究要旨

東京電力福島第一原子力発電所(福島原発)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 2012 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ること、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、令和 5 年度には南相馬市と相馬市周辺地域を対象に、栽培された作物を網羅的に採取し、2011 年の事故から 10 年以上を経過した作物中放射性 Cs 濃度を測定し、近年の濃度の傾向を確認した。また、安定 Sr 濃度から予測した ^{90}Sr 濃度は、1 Bq/kg-生重量を下回る低い値であった。本評価において設定した年齢性別区分の中で、令和3年度から5年度に農作物摂取に伴う放射性 Cs(セシウム-134 (^{134}Cs)と ^{137}Cs の合計値)による年間被ばく線量の最も高い推定値は令和3年度の【19 歳以上男子】で、年間 0.0033mSv であった。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令和 5 年度の【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 3 年度から令和 5 年度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を入手し、個体ごとに部位別の測定を行った。調査期間の魚類の可食部位中のセシウム-134 (^{134}Cs)濃度は検出下限値以下で、 ^{137}Cs 濃度範囲は 0.2-0.8 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 やプルトニウム-239+240 ($^{239+240}\text{Pu}$)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のこれら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はその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。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。食品中基準値の設定のプロセスの検証に関する調査、基準値設定の基礎となった線量基準や汚染率、さらに消費量の少ない食品の設定等についてのまとめ及び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から放射性 Cs に対する基準値・規制値を抜粋し、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資料にまとめた。

研究分担者

塚田 祥文 福島大学環境放射能研究所・教授
青野 辰雄 福島国際研究教育機構・ユニットリーダー
高橋 知之 京都大学複合原子力科学研究所・准教授
福谷 哲 京都大学複合原子力科学研究所・准教授
研究協力者
鍋師 裕美 国立医薬品食品衛生研究所・室長
高田 兵衛 福島大学環境放射能研究所・准教授

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。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。放射性 Cs 濃度が「一般食品」では 100 Bq/kg、「乳児用食品」及び「牛乳」では 50 Bq/kg を設定した。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。

そこで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や福島沖で水揚げされた水産物等の食品中の放射性 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、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、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。

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

令和 3 年度に福島市周辺、令和 4 年度にいわき市周辺及び令和 5 年度に南相馬市と相馬市周辺の産地直売場において、それぞれ 102 試料、111 試料及び 117 試料の作物を採取した。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℃ 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)、 ^{137}Cs 及びカリウム-40 (^{40}K) の定量を行った。また、一部試料の ^{90}Sr 濃度は、これまでに本課題で得られている作物中 $^{90}\text{Sr}/\text{Sr}$ 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、福島沖で採取され、市場に流通する魚類のうち、令和 3 年はマダイ、スズキ及びイシガレイ、令和 4 年はスズキ及びブリ (小型) 及び令和 5 年はスズキ及びヒラメを研究対象とした。個体毎に可食部、内臓部とアラ部に分別し、真空凍結乾燥後に、燃焼して、個体毎の部位別の灰試料を作成し、Ge 半導体検出器を用いて、 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 やプルトニウム-239+240 ($^{239+240}\text{Pu}$) 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、その濃度が低いために定量が極めて難しい農作物中 ^{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.

農作物中 Cs と長半減期核種の濃度測定に関する研究において測定された放射性 Cs 濃度及び推定された⁹⁰Sr 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

福島原発事故から 10 年以上が経過したが、平成 23 年から平成 24 年の食品中の放射性物質の規制値や基準値の設定の議論や決定プロセスを、完全な履歴で追うことが難しい状況にある。そこで、基準値策定時の様々な議論の内容等について、取りまとめを行うことを目的に、食品中の放射性物質の基準値の設定の会合等に出席した関係者に聞き取り調査を行い、また時系列に関連する会議議事録やパブリックコメント等と合わせて整理を行った。

また、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線量基準や汚染率、さらに消費量の少ない食品の設定等についてまとめた。

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

令和 3 年度から令和 5 年度の 3 年間に亘り、計 330 試料の作物中放射性 Cs 濃度を測定したが、基準値を超える作物はなかった。根菜類、種実類及びその他作物を除く、玄米、芋類、葉菜類、豆類及び果菜類(果実

類を含む)の¹³⁷Cs 平均濃度は、1 Bq/kg-生重量以下であった。¹³⁷Cs 濃度が 10 Bq/kg-生重量を超えた作物は、2021-P38 のタケノコ(33 Bq/kg-生重量)、2022-P18 のシドケ(12 Bq/kg-生重量)と 2022-P60 のシイタケ(21 Bq/kg-生重量)の 3 試料のみであり、山菜と原木栽培キノコであった。作物中 Sr 濃度から類推した⁹⁰Sr 濃度は 1 Bq/kg-生重量以下(n=71)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 3 年から令和 5 年度に採取した 7 種の魚類可食部中の¹³⁴Cs 濃度は検出下限値(0.04 Bq/kg-生重量)以下で、年度毎の魚類可食部中の加重平均した¹³⁷Cs 濃度(n = 5)の範囲は、0.24 Bq/kg-生重量(令和4年ブリ(小型)) - 0.74 Bq/kg-生重量(令和 3 年スズキ)であった。また同部の⁴⁰K 濃度範囲は、119 Bq/kg-生重量(令和4年ブリ(小型)) - 148 Bq/kg-生重量(令和 3 年マダイ)であった。令和 2 年以前の調査結果とも大きな差は認められなかった。魚類可食部の¹³⁷Cs 濃度は、食品中放射性物質濃度基準値の 100 Bq/kg-生重量よりも低く、福島県のモニタリング調査の検出下限値 (10 Bq/kg-生重量)よりも低い結果であった。また、この期間に実施された福島沖の魚類のモニタリング調査の¹³⁷Cs 濃度(検出下限値:0.02 Bq/kg-生重量)と近似していた。魚類アラ部中の⁹⁰Sr の最大濃度は、令和 4 年と令和 5 年のスズキで 0.07 Bq/kg-生重量であったが、それ以外は検出下限値 (0.02 Bq/kg-生重量) 以下であった。魚類内蔵部中の²³⁹⁺²⁴⁰Pu 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。魚類を採取した海域の海水中¹³⁴Cs 濃度は検出下限値 (0.001 Bq/L)で、¹³⁷Cs 濃度範囲は 0.0008 - 0.0022 Bq/L であった。海水中の⁹⁰Sr 濃度は 0.002 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、農作物摂取による放射性セシウムによる被ばく線量(¹³⁴Cs と¹³⁷Cs の合計値)の推定結果の各年度の最も高い年齢区分と線量は、令和 3 年度の福島市周辺で栽培され

た農作物を摂取した場合は、【19 歳以上男子】で 0.0033 mSv/年、令和 4 年度のいわき市周辺及び令和 5 年度の南相馬市と相馬市周辺で栽培された農作物を摂取した場合はそれぞれ 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、令和3年度は【13-18 歳男子】の 0.00020 mSv/年、令和 4 年度は【13-18 歳男子】の 0.00082 mSv/年で、令和 5 年度は【13-18 歳男子】の 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。

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

令和3年度に第1部「食品中の放射性物質の基準値の設定に関わるプロセスの検証」として、関連する会議の資料や議事録と当時の薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会放射性物質対策部会の関係者の聞き取り結果等を共にまとめ、第2部「食品中の放射性物質の基準値の運用に関わる検証」に、これまでの調査研究の結果をまとめた。

令和4年度は、汚染率は、調査した国際機関および諸外国のうち、Codex、IAEA、EU では、一般的な食品に対する値として 0.1 が採用されていた。0.1 の根拠として、Codex では FAO の統計データから算出された世界各国の主食の平均輸入率 10%を挙げており、EU では、チェルノブイリ事故の経験を踏まえた値としていた。米国、カナダについては、一般的な汚染率 0.1 に追加係数(米国:3、カナダ:2)をかけることにより、特定地域の食糧供給により依存している集団を考慮するという方法がとられていた。追加係数がどのように決定されたかについては、情報を得ることができなかった。少量消費食品への対応では、EU、米国、カナダ、ベラルーシで、一般的な食品の基準値の 10 倍の値が少量消費食品の基準値として適用されていた。これは、Codex や IAEA、EU の勧告を参考にしたものであった。EU については少量消費食品のリストが示されており、少量消費食品の基準値が適用される食品が明確になっていたが、それ以外の国際機関および国については、香料などが例示してあるのみで、具体的な適用食品は

示されていなかった。一方、ロシアやウクライナにおいては、少量消費食品に対して希釈係数を用いるというような対応はとられておらず、食品を細かく区分し、食品区分ごとに異なる基準値が設定されていた。ノルウェーにおいては、チェルノブイリ事故後の対応として、事故後に設定された基準値をトナカイ生産者の生活や民族の文化を守る観点から見直し、トナカイ肉等の基準値の引き上げが行われた。一般的なノルウェー人のトナカイ肉消費量は少ないことから、この基準値引き上げは正当化されている。なお、トナカイ肉等の消費が多い集団に対しては、食事への助言や被ばく状況把握の機会が与えられるなど、特別な配慮がなされていた。

令和5年度は、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 年度から令和 5 年度の 12 年間に亘る作物種別 ^{137}Cs 濃度の経時変化について、ヨソクヒール=タプストラ検定で解析した結果、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($P<0.05$)。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、FDNPS事故から早い時点で効果的に作物中放射性 Cs 濃度が抑制されたこと、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。一方で、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中放射性 Cs 濃度は、栽培作物中濃度よりも高い傾向が見られ、今後も注視していく必要がある。さらに、放出が限定的であった ^{90}Sr について、作物中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 3 年から令和 5 年度に採取した 7 種の魚類可食部中の ^{137}Cs 濃度に対して、平成 23 年 3 月の原発事故時に環境に放出された放射性 Cs の $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放

射能比(概ね 1)から経過時間に伴う放射能減衰から推定した魚類可食部中の ^{134}Cs 濃度は、検出下限値以下に相当しており、現在の ^{137}Cs 濃度範囲では、FDNPS 事故由来の ^{134}Cs を検出することは難しいことが明らかになった。魚類が生息する環境の海水中の ^{137}Cs 濃度と Cs の魚類の濃縮比(CR = 100)から推定した魚類中の ^{137}Cs 濃度範囲内に、実測した魚類中の ^{137}Cs 濃度があり、魚類中の ^{137}Cs 濃度は生息する海水中の ^{137}Cs 濃度を反映していた。魚全身に対する部位ごとの ^{137}Cs 存在量比は、可食部が 40 - 70%、アラ部が 25 - 52%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。加重平均で求めた魚全身中の ^{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、軟組織中の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海水中の ^{137}Cs 濃度と濃縮比(CR:100)から魚類中の ^{137}Cs 濃度を推定すると、それぞれ 0.5-0.9 Bq/Kg-生重量であった。魚類中のこれら放射性 Cs 濃度は生息環境の海水中濃度を反映していた。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)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)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

^{134}Cs による被ばく線量は、 ^{137}Cs の被ばく線量に比べて 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「穀類」と「コメ」の被ばく線量は、「根菜類」の被ばく線量とその他の種類の被ばく線量の合計が、それぞれ全体の合計の約 1/3 ずつとなった。「穀類」と「コメ」の被ばく線量は、福島県における麦類の生産量や、精米の影響を考慮すると、実際の線量は本推計値よりも低いことが考えられる。調査期間中に根菜類については、33 Bq/kg-生重量と、比較的高い値を示したタケノコ(自生野菜として販売されていた可能性が高い)が含まれており、濃度の平均値が高くなったことが影響している。このような食品については、濃度の平均化や摂取量の取り扱いによって被ばく線量評価結果が大きく変動することに留意する必要がある。なお、実際に消費される食品はより広範囲の産地から購入されるため、被ばく線量は本評価値より低くなっていると考えられる。

また、本評価では調理加工に伴う放射性 Cs 濃度の損失は考慮していないが、喫食時の食品中の放射性 Cs 濃度は減少しており、被ばく線量の低下も考えられる。

^{90}Sr による被ばく線量は、今回検出された ^{90}Sr の多くは大気圏核実験由来によるものと考えられる。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

「食品中の放射性物質の基準値の設定に関わるプロセスの検証」では、半減期が 2 年以下の核種については食品摂取に伴う内部被ばくの影響はないことを確認した上で、半減期が 2 年以上の環境に放出された放射性核種について、その影響を考慮した実効線量係数を用いて試算を行なった。福島のみならず、福島原発事故の影響がない地域の土壌と作物について比較調査を行い、この作物のみを食べ続けた場合の内部被ばく線量の推定を行なったが、1 mSv/年よりも低い線量であった。つまり放射線防護の立場で計算される被ばくする放射線量が線量限度より低く抑えることも確認できた。

汚染率については、これが示されていた Codex、IAEA、EU、米国、カナダのうち、Codex、IAEA、米国では、すべての食品に対して一律の汚染率を適用していた。一方、EU およびカナダについては、乳児用食品(EU)、生乳(カナダ)に対しては、一般的な食品より高い汚染率が適用されていた。これは、日本の基準値策定時に考慮されたのと同様に、乳幼児に対して放射性物質の影響が成人よりも大きい可能性があることを考慮した対応であると考えられた。一般的な汚染率は 0.1 とされていたが、米国やカナダにおいては、自国の状況や考え方を反映して、独自に追加係数を設定して、基準値を導出していた。Codex ガイドラインでは、汚染率 0.1 という仮定が適用できないような状況においては、自国の領土内で使用するために異なる値を採用することを認めるとされており、米国やカナダの対応は妥当であると考えられた。少量消費食品に対する対応では、一般的な食品の基準値の 10 倍の基準値とする対応をしている国と、食品区分を細かく設定し、区分ごとに異なる基準値を設定する対応を取っている国があった。少量消費食品に該当する具体的な食品が示されているのは EU のみであり、その他の国においては、具体的にどのような食品に対して少量消費食品の基準が適用されているか不明であった。基準値や汚染率の値、少量消費食品への対応等は、国際機関および国によって異なっており、国際機関の勧告等に準拠しつつ、それぞれの国の状況や考え方を反映した対応がとられているようであった。

また、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

福島県中通りや浜通りの除染・低減化圃場で栽培された作物中放射性 Cs 濃度は基準値を超えるものではなく、経時的にも減少傾向にあることが確認できた。一方で、山菜などの自生野菜については栽培作物に比べ高い濃度であり、採取地域の拡大に伴い今後も留意が必要である。

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、市場流通する魚介類中の部位別の放射性 Cs と ^{40}K を定量した結果、魚類可食部で ^{134}Cs 濃度は検出下限値以下で、 ^{137}Cs 濃度範囲は 0.2 – 1.0 Bq/kg-生重量であった。魚介類が生息する福島沿岸における海水中の放射性 Cs 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 濃度の推定を行ったところ、 ^{137}Cs 濃度は環境水を反映していることが確認された。

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 の割合は極めて小さく、放射性 Cs 以外の放射性核種の濃度の割合を安全側に考慮した放射性 Cs に対する基準値の算定値は、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

国際機関により提唱されている十分に安全側の年間線量率を採用し、法令等に基づき調査されているデー

タを引用し、かつリスクを考慮した結果を基準値に適用し、さらに放射性セシウム以外の放射性核種についても実測の結果を用いて基準値の妥当性について科学的な検証が行われ、現行の基準値は、食品中の放射性物質については安全性が十分に確保されていることを主眼においたものと考えられ、食品中の放射性物質の基準値は科学的・合理的な根拠に基づいて決定されたものであることが確認できた。

令和4年度の文献調査では、主要な国際機関と欧米を中心とした諸外国における汚染率の設定および少量消費食品に対する対応を調査した。汚染率や少量消費食品については、機関や国ごとに考え方が異なり、基準値の設定は一律でなかった。欧米以外の諸外国についても調査し、情報を整理することが、日本の基準値の妥当性を考えるうえで有用であると考えられる。

令和5年度は、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. H. Tsukada (2021) Radiocaesium in the environment of Fukushima, Recovery after Nuclear Accidents, Annals of the ICRP 2021, 50(1_suppl), 44-54.
<https://doi.org/10.1177/01466453211006808>.
2. H. Tsukada, D. Yamada and N. Yamaguchi (2022) Accumulation of ^{137}Cs in aggregated organo-

mineral assemblage in pasture soils 8 years after the accident at Fukushima Daiichi nuclear power plant, Science of the Total Environment 806, 150688.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150688>.

3. N. P. Thoa, Y. Takagai and H. Tsukada (2022) Estimate the contribution of water-derived ^{137}Cs in the total ^{137}Cs in brown rice using water-to-brown rice transfer parameters and the ratio of $^{137}\text{Cs}/^{133}\text{Cs}$, Soil Sci. Plant Nutr. <https://doi.org/10.1080/00380768.2022.2031284>.
4. N. P. Thoa, T. Kurosawa, M. Kikuchi, V. Yoschenko and H. Tsukada (2022) Estimation of rooting depth of ^{137}Cs uptake by plants, Journal of Environmental Radioactivity 246, 106847.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2022.106847>.
5. 菊池美保子, 西康一, 高村昇, 塚田祥文 (2022) 2019年～2020年に採取した福島県浪江町における自家消費作物中放射性Cs濃度と内部被ばく線量, Radioisotopes 71, 185-193.
6. A. Takeda, Y. Unno, H. Tsukada, Y. Takaku and S. Hisamatsu (2022) Soil-soil solution distribution coefficient of radioiodine in surface soils around spent nuclear fuel reprocessing plant in Rokkasho, Japan, Radiation Protection Dosimetry 198, 1047-1051.
7. H. Tsukada, T. Takahashi and S. Fukutani (2022) Activity concentrations of radiocaesium, ^{90}Sr and ^{129}I in agricultural crops collected from Fukushima and reference areas, and internal radiation dose, Radiation Protection Dosimetry 198, 1104-1108.
8. Y. Wakiyama, A. Konoplev, N. Thoa, T. Niida, H. Tsukada, T. Takase, K. Nanba, V. Golosov, and M. Zheleznyak (2022) Temporal variations in particulate and dissolved ^{137}Cs concentration in the Abukuma river water during two high-flow events in 2018, Behavior of radionuclides in the Environment. Volume III – Fukushima, Chapter 8, 153-175.
9. D. Anderson, H. Tsukada and T. G. Hinton (2022)

- Transfer parameters for wild boar in radiocaesium in wild boar, Behavior of radionuclides in the Environment. Volume III – Fukushima, Chapter 16, 473-480.
10. R. Saito and H. Tsukada (2022) Physicochemical fractions of radiocaesium in the stomach contents of wild boar and its transfer to muscle tissue in radiocaesium in wild boar, Behavior of radionuclides in the Environment. Volume III – Fukushima, Chapter 16, 495-505.
 11. H. Tsukada (2022) Spatial distribution and temporal change of ^{137}Cs activity concentration in dissolved and suspended fractions of irrigation waters collected from Fukushima in Behavior of radiocaesium in agricultural environment, Behavior of radionuclides in the Environment. Volume III – Fukushima, Chapter 13, 355-364.
 12. 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.
 13. 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.
 14. 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.
 15. 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)
16. 塚田祥文 (2021) 福島における環境中放射性セシウムの変遷, 放計協ニュース 67, 2-7.
 17. 辰野宇大, 稲田文, 塚田祥文 (2021) 東電福島第一原子力発電所事故以降に福島県及び周辺地域で採取された土壌試料の整備及びデータベースシステムの構築, Radioisotopes 70, 323-327.
 18. 塚田祥文、高田祐介、前島勇治、神山和則、齋藤隆、山口紀子、中尾淳、藤村恵人、二瓶直登、古川純、信濃卓也 (2022) 原発事故から 10 年ーこれまで・今・これからの農業現場を考える, 日本
 19. 信濃卓也、塚田祥文 (2023) 放射性セシウム研究の進展と土壌肥料科学の貢献 6. 残された課題, 日本土壌肥料学雑誌 94, 196-202.
 20. 塚田祥文 (分担) (2024) 環境放射能学入門. 第 6 章 土壌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)
21. M. P. Johansen, D. Anderson, D. Child, M. Hotchkis, H. Tsukada, K. Okuda, T. G. Hinton (2021) Differentiating Fukushima and Nagasaki sourced plutonium from global fallout: Pu vs Cs in soils and biota (EGU General Assembly 2021, Online).
 22. A. Takeda, H. Tsukada and Y. Takaku (2021) Speciation of spiked iodine in solid and liquid phase of forest soil (Society for Environmental Geochemistry and Health, Online)
 23. 塚田祥文、山田大吾、山口紀子 (2021) 放射性セシウムで汚染した落葉の鋤き込みによる土壌及び牧草への影響 (日本土壌肥料学会 2021 年度北海道大会、札幌、オンライン)
 24. N. P. Thoa, H. Tsukada (2021) Uptake of radiocaesium from soil and irrigation water by rice plant cultivated with pot experiment (日本土壌肥料学会 2021 年度北海道大会、札幌、オンライン)

25. 菊池美保子、塚田祥文 (2021) 避難指示解除区域における自家消費作物の放射性セシウムと内部被ばく線量(日本土壤肥料学会 2021 年度北海道大会、札幌、オンライン)
26. H. Tsukada, T. Takahashi, S. Fukutani (2021) Activity concentrations of radiocaesium, ^{90}Sr and ^{129}I in agricultural crops collected from Fukushima and reference areas, and internal radiation dose (International Symposium 2021: Environmental Dynamics of Radionuclides and Biological Effects of Low Dose-Rate Radiation, Aomori)
27. A. Takeda, Y. Unno, H. Tsukada, Y. Takaku, S. Hisamatsu (2021) Soil-soil solution distribution coefficient of radioiodine in surface soils around spent nuclear fuel reprocessing plant in Rokkasho, Japan (International Symposium 2021: Environmental Dynamics of Radionuclides and Biological Effects of Low Dose-Rate Radiation, Aomori)
28. N. P. Thoa, Y. Takagai, H. Tsukada (2021) Uptake of ^{137}Cs from soil and irrigation water by rice plants cultivated with the pot experiment (International Symposium 2021: Environmental Dynamics of Radionuclides and Biological Effects of Low Dose-Rate Radiation, Aomori)
29. M. Kikuchi1, H. Tsukada (2021) Activity concentration of radiocaesium in self-consumed crops collected from evacuation order cancellation preparation zone and internal radiation doses (International Symposium 2021: Environmental Dynamics of Radionuclides and Biological Effects of Low Dose-Rate Radiation, Aomori)
30. 武田晃、海野佑介、塚田祥文、高久雄一、久松俊一 (2021) 六ヶ所村大型再処理施設周辺土壌におけるヨウ素の存在形態と固液分配の関係(日本地球化学会、弘前、オンライン)
31. 廣瀬勝己、恩田裕一、塚田祥文、平山愉子、岡田往子、木川田喜一 (2021) 天然水中の溶存と懸濁物/堆積物の間の ^{137}Cs 分配係数の化学的意味について(日本地球化学会、オンライン)
32. 塚田祥文、西康一、高村昇 (2021) 浪江町の作物中放射性セシウム濃度と摂取による内部被ばく線量(福島大学環境放射能研究所 国際シンポジウム:原発事故から10年後の福島の“森・川・海”と“食”～復興に向けて残された課題～)
33. N. P. Thoa, T. Kurosawa, M. Kikuchi1, V. Yoschenko, H. Tsukada (2021) Estimation of the rooting depth by the plant uptake of radiocaesium (福島大学環境放射能研究所 国際シンポジウム:原発事故から10年後の福島の“森・川・海”と“食”～復興に向けて残された課題～)
34. 菊池美保子、塚田祥文 (2021) 避難指示解除区域における自家消費作物の放射性セシウムと内部被ばく線量(IES 第2回環境研地域若手交流セミナー、六ヶ所村)
35. N. P. Thoa, T. Kurosawa, M. Kikuchi1, V. Yoschenko, H. Tsukada (2021) Estimation of rooting depth of ^{137}Cs by plant (IES 第2回環境研地域若手交流セミナー、六ヶ所村)
36. 塚田祥文、高橋知之、福谷哲 (2022) 作物中放射性 Cs と ^{129}I 濃度、及び摂取による内部被ばく線量(第8回福島大学環境放射能研究所成果報告会、福島)
37. 菊池美保子、塚田祥文 (2022) 避難指示が解除された浪江町における自家消費作物の放射性セシウム濃度と内部被ばく線量(第8回福島大学環境放射能研究所成果報告会、福島)
38. N. P. Thoa, T. Kurosawa, M. Kikuchi1, V. Yoschenko, H. Tsukada (2021) Estimation of rooting depth of ^{137}Cs by plant(第8回福島大学環境放射能研究所成果報告会、福島)
39. H. Tsukada, M. Kikuchi, K. Nishi, N. Takamura (2022) Activity concentrations of radiocaesium in self-consumed crops collected in Namie, Fukushima from 2019 to 2020 with associated internal radiation doses to humans (South Pacific Environmental Radioactivity Association, SPERA2022, Christchurch)
40. 塚田祥文 (2022) 農耕地土壌および作物における ^{129}I 濃度について(日本土壤肥料学会 2022

- 年度東京大会、東京)
41. 菊池美保子, 西康一, 高村昇, 塚田祥文 (2022) 福島県浪江町における自家消費作物中放射性 Cs 濃度と内部被ばく線量(2022 年度日本土壤肥料学会東北支部会(山形大会))
 42. 山口紀子, 塚田祥文, 山田大吾 (2022) 草地土壌における放射性セシウム蓄積への有機物の役割(日本放射化学会第 66 回討論会)
 43. 塚田祥文, 菊池美保子, 西康一, 高村昇 (2023) 福島県浪江町で採取した自家消費作物中 ^{137}Cs とヒトの内部被ばく線量について(第 9 回福島大学環境放射能研究所成果報告会、福島)
 44. 柳川賢斗, 辰野宇大, 塚田祥文 (2023) 2011 年に福島県から採取した土壌アーカイブ試料の ^{137}Cs 存在形態に関する研究(第 9 回福島大学環境放射能研究所成果報告会、福島)
 45. 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)
 46. H. Tsukada, A. Takeda, T. Takahashi, S. Fukutani, M. Akashi⁴, 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)
 47. 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)
 48. 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)
 49. 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)
 50. 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)
 51. 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)
 52. 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)
 53. 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)
 54. 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)
 55. 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)
 56. 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)
 57. 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)
58. 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)
 59. Hirofumi Tsukada (2021) Trends in radiocaesium and remaining issues in Fukushima after the 2011 accident (5th International Conference on Radioecology & Environmental Radioecology, Online Pre-ICRER Conference, リモート) 招待講演
 60. Hirofumi Tsukada (2021) Activity concentrations of radiocaesium and ^{129}I , and internal radiation doses from ingestion of crops (IAEA Technical Meeting on Radiation in Medicine Communications and Methodologies – International Perspectives and the Role of Science, Technology and Society in Low-Dose Radiation Settings, リモート) 招待講演
 61. Tatsuo Aono (2021) Impact on marine products (The QST webinar series on radiation emergency medicine 2021: Follow-up seminar (2), リモート講演.
 62. 塚田祥文(2021) 農業環境における放射性セシウムと作物摂取による内部被ばく線量(令和 3 年度放射線安全取扱部会年次大会(第 62 回放射線管理研修会)、リモート) 招待講演
 63. 塚田祥文(2021) はじまりは地震と共に: 成果を繋ぐ研究の進展(日本土壌肥料学会主催シンポジウム「原発事故から 10 年ーこれまで・今・これからの農業現場を考える」飯坂温泉) 招待講演
 64. 塚田祥文(2021) 食と放射能に関する説明会(一般社団法人福島県環境測定・放射能計測協会「農業環境における放射性セシウムと被ばく線量」郡山) 招待講演
 65. 塚田祥文(2022) はじまりは地震と共に: 成果を繋ぐ研究の進展(日本土壌肥料学会主催シンポジウム「原発事故から 10 年ーこれまで・今・これからの農業現場を考える」YouTube)
 66. 塚田祥文(2022) 食と放射能に関する説明会(一般社団法人福島県環境測定・放射能計測協会「農業環境における放射性セシウムと被ばく線量」浪江町 2 回) 招待講演
 67. 塚田祥文(2022) IAEA Technical Meeting on The importance of communicating scientific facts: addressing radiation concerns in societies – the role of science technology and society, Joint investigation of ^{137}Cs activity concentration in self-consumed crops produced by returnees in Namie, Fukushima (MOL&リモート) 招待講演
 68. 塚田祥文(2022) Summary Workshop of IAEA-FP Cooperative Projects, 日本における市場流通および自家消費作物中の ^{129}I および ^{137}Cs 濃度(福島県環境創造センター) 基調講演
 69. 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

(資料-1)

農作物中 Cs と長半減期核種の濃度測定に関する研究
(令和 3 年度～令和 5 年度分担研究報告書)

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）

令和 3 年度分担研究報告

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))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、測定結果を用いて内部被ばくに対する寄与率の状況を確認し、食品摂取に伴う内部被ばく線量を計算したところ、保守的な条件であっても十分に 1 mSv/年を下回る結果が得られた。福島県内では営農再開する地域の拡大が行われているが、すべての地域で避難指示区域が解除された状況ではなく、解除された居住制限区域及び避難指示解除準備区域などであっても、食品摂取による内部被ばくに対する不安は未だに大きい。そこで、原発事故から 10 年が経過したことを踏まえ、福島県で栽培され流通している多種多様の農作物を評価対象として作物中放射性 Cs レベルを把握し、この 10 年における放射性 Cs 濃度の減少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、福島県で人口が多く、放射性 Cs 沈着量が比較的高かった福島市周辺地域を対象とし、栽培されているさまざまな作物 102 試料を網羅的に採取し、平成 23 年の事故から 10 年を経過した作物中放射性 Cs レベルを把握した。作物としては、穀類(玄米)、芋類、葉菜類、根菜類、豆類、果菜類(果実類を含む)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 濃度の平均値(試料数)は、 0.83 ± 0.26 (n=2)、 0.71 ± 0.42 (n=6)、 0.64 ± 1.11 (n=34)、 5.93 ± 13.37 (n=6)、 0.86 ± 0.76 (n=7)、 0.67 ± 1.25 (n=42)及び 1.63 ± 0.98 (n=5) Bq/kg-生重量であった。これまでに得られた作物中放射性 Cs 濃度と比較し、近年の濃度の減少傾向を確認したが、山菜なども市場に出回るようになり、タケノコの ^{137}Cs 濃度が 33 Bq/kg-生重量であった。また、安定 Sr 濃度から予測した ^{90}Sr 濃度の平均値(試料数、濃度範囲)は、 0.015 ± 0.020 (n=15, 0.0013~0.079) Bq/kg-生重量と全て 0.1 Bq/kg-生重量を下回る値であった。

A. 研究目的

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災に起因する東京電力福島第一原子力発電所(FDNPS)事故により、大量の放射性物質が大气及び海洋に放出された。この事故により放出された放射性核種による食品の摂取による内部被ばくの影響が懸念され、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))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。また、基準値の設定の際、規制対象核種以外の核種の影響に関しては、いずれも影響は小さいと結論づけられ、これまでに実施された本研究課題でも確認されている。

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

福島県内では表土の剥ぎ取り¹²⁾や、カリウムの追加施肥¹³⁾などの低減化対策によって、営農再開する地域は拡大したが、帰還可能となった地域であってもすべての地域で営農再開を果たしたわけではなく、試験作付けによる作物中放射性核種濃度の検査を継続している地域も多く、食品摂取による内部被ばくに対する不安は未だに大きい¹⁾。そこで、原発事故から 10 年が経過したことを踏まえ、福島県で栽培され流通している多種多様の農作物を評価対象として作物中放射性 Cs レベルを把握し、この 10 年間における放射性 Cs 濃度の減少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

福島市、伊達市及び川俣町の産地直売場において 102 試料の作物を、令和 3 年 4 月 16 日から令和 3 年 10 月 21 日に採取した(表 1)。作物としては、穀類(玄米 $n=2$)、芋類($n=6$)、葉菜類($n=34$)、根菜類($n=6$)、豆類($n=7$)、果菜類(果実類を含む $n=42$)及びその他($n=5$)など地物として流通している作物とした。作物の採取重量は、104~10,000 g であった(表 1)。

2. 試料の前処理

穀類、豆類などを除く作物は、原則水洗いした後、傷んでいる部分、皮などの非可食部を取り除いた。その後、賽の目状にカットし、玄米、葉菜類、豆類などは 70°C で 1 週間ほど熱乾燥、比較的糖分の多い果実類、果菜類などは 2 週間ほど凍結乾燥した後、ステンレススチール製のカッターブレンダー(7011 HBC, Waring Commercial)で粉碎・混合した。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 15~110 g を詰め高さを一樣にして測定試料とした。玄米は、2 L マリネリ容器に 1,850~1,870 g を詰めて測定した(表 1)。

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。セシウム-134 (^{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、5,400~1,123,160 秒測定した。また、 ^{40}K は 1,460 keV の γ 線で定量した。日本アイソトープ協会製の 5 種類(5~50 mm、9.5~95.0 g)の標準試料を用いて効率曲線を作成した。なお、作物試料の一部は、3 日間以上の長時間の測定でも、放射性 Cs を検出できなかった。

4. ^{90}Sr 濃度の測定

作物中 ^{90}Sr 濃度は、平成 26 年から令和 2 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⁾。 ^{90}Sr と Sr 濃度が得られている 58 試料について、玄米($n=12$)、芋類($n=12$)、葉菜類($n=13$)、根菜類($n=7$)及び果菜類($n=14$)に分け、有意差検定を行ったが、作物種間の $^{90}\text{Sr}/\text{Sr}$ 比に違いはなかった(表 3)。一方、福島県を浜通り($n=41$)、中通り($n=14$)及び会津($n=3$)の 3 地域に分類して比較した

結果、浜通りと中通りで差がみられた(表 4)。よって本課題では、中通りの作物中 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 0.025 Bq/mg (令和 3 年に減衰補正)を用いて、作物中 ^{90}Sr 濃度を類推した。

C. 研究結果

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 事故から 10 年以上が経過し、4 試料を除く 98 試料で ^{134}Cs は検出限界値以下となった。穀類(玄米)、芋類、葉菜類、根菜類、豆類、果菜類(果実類を含む)及びその他作物の ^{137}Cs 濃度は、 0.83 ± 0.26 (0.6~1.0, n=2)、 0.71 ± 0.42 (0.2~1.2, n=6)、 0.64 ± 1.08 (0.04~4.9, n=34)、 5.93 ± 13.37 (0.2~33.2, n=6)、 0.86 ± 0.76 (0.4~2.5, n=7)、 0.67 ± 1.25 (0.04~6.0, n=42) 及び 1.63 ± 0.98 (0.3~2.6, n=5) Bq/kg 生であった(表 5)。基準値を超える作物はなかったが、タケノコ(2021-P38)の ^{137}Cs 濃度が、33 Bq/kg 生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、全て 0.1 Bq/kg 生以下(0.001~0.08 Bq/kg 生, n=15)とさきわめて低い濃度にあった(表 2))。また、作物種毎の ^{90}Sr 濃度を表 6 に示した。その中で、根菜類が最も高い 0.046 Bq/kg 生、芋類が最も低い 0.002 Bq/kg 生であった。

D. 考察

これまで平成 24 年から平成 29 年に本課題で測定してきた作物種別 ^{137}Cs 濃度と比較し、ボックスプロットを図 1 に示した。芋類、葉菜類及び果菜類の ^{137}Cs 濃度は、時間の経過と共に次第に減少していることが見て取れる。根菜類の図からはそのような傾向は見られないが、比較的高い値を示したタケノコ(自生野菜として販売されていた可能性が高い)を除くと同様の傾向にあった。これまでも指摘されているように、表土の剥ぎ取り除染や、K 施用による低減化対策が十分に実施されている圃場などで栽培されている作物中放射性 Cs 濃度は基準値を十分に下回るが、森林など表土の腐植除去に留まっている地点から、採取される山菜などの自生植物中放射性 Cs 濃度については今後も比較的高い濃度であることを周知しておくことが必要である。

E. 結論

本課題では、福島市と周辺を対象として栽培されている作物を採取し、作物中放射性 Cs 濃度を測定した。その結果、低減化対策により作物中放射性 Cs 濃度は全て基準値を下回り、 ^{137}Cs 濃度が 5 Bq/kg 生以下の割合が 97%を占めた。一方で、圃場以外の十分な低減化対策が行われていない未除染地域などから採取したと思われる自生野菜などでは、比較的高い値を示す野菜も見受けられ、そのような作物については今後も留意する必要があると見られた。

引用文献

- 1) 福島県農産物等の放射性物質モニタリング Q&A,
<http://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/nousa-n-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. H. Tsukada (2021) Radiocaesium in the environment of Fukushima, Recovery after Nuclear Accidents, *Annals of the ICRP* 2021, 50(1_suppl), 44-54.
<https://doi.org/10.1177/01466453211006808>.
 2. H. Tsukada, D. Yamada and N. Yamaguchi (2022) Accumulation of ^{137}Cs in aggregated organo-mineral assemblage in pasture soils 8 years after the accident at Fukushima Daiichi nuclear power plant, *Science of the Total Environment* 806, 150688.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150688>.
 3. N. P. Thoa, Y. Takagai and H. Tsukada (2022) Estimate the contribution of water-derived ^{137}Cs in the total ^{137}Cs in brown rice using water-to-brown rice transfer parameters and the ratio of $^{137}\text{Cs}/^{133}\text{Cs}$, *Soil Sci. Plant Nutr.*
<https://doi.org/10.1080/00380768.2022.2031284>.
- (解説)
4. 塚田祥文 (2021) 福島における環境中放射性セシウムの変遷, 放計協ニュース 67, 2-7.
 5. 辰野宇大, 稲田文, 塚田祥文(2021) 東電福島第一原子力発電所事故以降に福島県および周辺地域で採取された土壌試料の整備およびデータベースシステムの構築, *Radioisotopes* 70, 323-327.
- (学会発表)
6. M. P. Johansen, D. Anderson, D. Child, M. Hotchkis, H. Tsukada, K. Okuda, T. G. Hinton (2021) Differentiating Fukushima and Nagasaki sourced plutonium from global fallout: Pu vs Cs in

soils and biota (EGU General Assembly 2021, Online).

7. A. Takeda, H. Tsukada and Y. Takaku (2021) Speciation of spiked iodine in solid and liquid phase of forest soil (Society for Environmental Geochemistry and Health, Online)
8. 塚田祥文、山田大吾、山口紀子 (2021) 放射性セシウムで汚染した落葉の鋤き込みによる土壌および牧草への影響(日本土壌肥料学会 2021年度北海道大会、札幌、オンライン)
9. N. P. Thoa, H. Tsukada (2021) Uptake of radiocaesium from soil and irrigation water by rice plant cultivated with pot experiment(日本土壌肥料学会 2021年度北海道大会、札幌、オンライン)
10. 菊池美保子、塚田祥文 (2021) 避難指示解除区域における自家消費作物の放射性セシウムと内部被ばく線量(日本土壌肥料学会 2021年度北海道大会、札幌、オンライン)
11. H. Tsukada, T. Takahashi, S. Fukutani (2021) Activity concentrations of radiocaesium, ^{90}Sr and ^{129}I in agricultural crops collected from Fukushima and reference areas, and internal radiation dose (International Symposium 2021: Environmental Dynamics of Radionuclides and Biological Effects of Low Dose-Rate Radiation, Aomori)
12. A. Takeda, Y. Unno, H. Tsukada, Y. Takaku, S. Hisamatsu (2021) Soil-soil solution distribution coefficient of radioiodine in surface soils around spent nuclear fuel reprocessing plant in Rokkasho, Japan (International Symposium 2021: Environmental Dynamics of Radionuclides and Biological Effects of Low Dose-Rate Radiation, Aomori)
13. N. P. Thoa, Y. Takagai, H. Tsukada (2021) Uptake of ^{137}Cs from soil and irrigation water by rice plants cultivated with the pot experiment (International Symposium 2021: Environmental Dynamics of Radionuclides and Biological Effects of Low Dose-Rate Radiation, Aomori)
14. M. Kikuchi1, H. Tsukada (2021) Activity

- concentration of radiocaesium in self-consumed crops collected from evacuation order cancellation preparation zone and internal radiation doses (International Symposium 2021: Environmental Dynamics of Radionuclides and Biological Effects of Low Dose-Rate Radiation, Aomori)
15. 武田晃、海野佑介、塚田祥文、高久雄一、久松俊一(2021)六ヶ所村大型再処理施設周辺土壌におけるヨウ素の存在形態と固液分配の関係(日本地球化学会、弘前、オンライン)
 16. 廣瀬勝己、恩田裕一、塚田祥文、平山愉子、岡田往子、木川田喜一(2021)天然水中の溶存と懸濁物/堆積物の間の ^{137}Cs 分配係数の化学的意味について(日本地球化学会、オンライン)
 17. 塚田祥文、西康一、高村昇(2021)浪江町の作物中放射性セシウム濃度と摂取による内部被ばく線量(福島大学環境放射能研究所 国際シンポジウム:原発事故から10年後の福島の“森・川・海”と“食”～復興に向けて残された課題～)
 18. N. P. Thoa, T. Kurosawa, M. Kikuchi1, V. Yoschenko, H. Tsukada (2021) Estimation of the rooting depth by the plant uptake of radiocaesium (福島大学環境放射能研究所 国際シンポジウム:原発事故から10年後の福島の“森・川・海”と“食”～復興に向けて残された課題～)
 19. 菊池美保子、塚田祥文 (2021) 避難指示解除区域における自家消費作物の放射性セシウムと内部被ばく線量(IES 第2回環境研地域若手交流セミナー、六ヶ所村)
 20. N. P. Thoa, T. Kurosawa, M. Kikuchi1, V. Yoschenko, H. Tsukada (2021) Estimation of rooting depth of ^{137}Cs by plant (IES 第2回環境研地域若手交流セミナー、六ヶ所村)
 21. 塚田祥文、高橋知之、福谷哲 (2022) 作物中放射性 Cs と ^{129}I 濃度、および摂取による内部被ばく線量(第8回福島大学環境放射能研究所成果報告会、福島)
 22. 菊池美保子、塚田祥文 (2022) 避難指示が解除された浪江町における自家消費作物の放射性セシウム濃度と内部被ばく線量(第8回福島大学環境放射能研究所成果報告会、福島)
 23. N. P. Thoa, T. Kurosawa, M. Kikuchi1, V. Yoschenko, H. Tsukada (2021) Estimation of rooting depth of ^{137}Cs by plant(第8回福島大学環境放射能研究所成果報告会、福島)
招待講演
 24. Hirofumi Tsukada (2021) Trends in radiocaesium and remaining issues in Fukushima after the 2011 accident (5th International Conference on Radioecology & Environmental Radioecology, Online Pre-ICRER Conference, リモート) 招待講演
 25. Hirofumi Tsukada (2021) Activity concentrations of radiocaesium and ^{129}I , and internal radiation doses from ingestion of crops (IAEA Technical Meeting on Radiation in Medicine Communications and Methodologies – International Perspectives and the Role of Science, Technology and Society in Low-Dose Radiation Settings, リモート) 招待講演
 26. 塚田祥文(2021)農業環境における放射性セシウムと作物摂取による内部被ばく線量(令和3年度放射線安全取扱部会年次大会(第62回放射線管理研修会)、リモート)招待講演
 27. 塚田祥文(2021)はじまりは地震と共に:成果を繋ぐ研究の進展(日本土壌肥料学会主催シンポジウム「原発事故から10年ーこれまで・今・これから」の農業現場を考える」飯坂温泉)招待講演
 28. 塚田祥文(2021)食と放射能に関する説明会(一般社団法人福島県環境測定・放射能計測協会「農業環境における放射性セシウムと被ばく線量」郡山)招待講演
- H. 知的財産権の出願・登録状況
なし

表1 2021年度採取農作物一覧および前処理 (1/3)

試料番号	作物	試料情報		産地	試料重量 (g)	前処理						備考
		種類	購入日			洗浄後 (g)	非可食部	乾燥方法	可食部 (生) (W, g)	可食部(乾燥) (D, g)	乾燥割合 (D/W)	
2021-P1	ニラ	葉菜類	2021/4/16	福島市	221	219	2.0	熱乾燥 70℃	217.31	17.83	0.082	
2021-P2	ニンニク	葉菜類	2021/4/16	福島市	349	360	62.8	熱乾燥 70℃	297.12	36.23	0.122	
2021-P3	ダイコン葉	葉菜類	2021/4/16	福島市	537	535	52.5	熱乾燥 70℃	482.13	37.31	0.077	
2021-P4	キュウリ	果菜類	2021/4/16	福島市	988	985	34.7	凍結乾燥	950.60	48.55	0.051	
2021-P5	ウルイ	葉菜類	2021/4/16	福島市	619	642	4.0	熱乾燥 70℃	637.56	35.57	0.056	
2021-P6	ウド	葉菜類	2021/4/16	福島市	723	728	164.8	熱乾燥 70℃	562.79	31.76	0.056	
2021-P7	カブ	根菜類	2021/4/16	福島市	1316	867	224.8	凍結乾燥	642.41	42.00	0.065	試料重量はカブ葉 (2021-P8) を含む
2021-P8	カブ葉	葉菜類	2021/4/16	福島市	-	455	9.1	熱乾燥 70℃	445.92	23.82	0.053	
2021-P9	サトイモ	芋類	2021/4/16	福島市	1236	1242	428.4	凍結乾燥	813.15	151.97	0.187	
2021-P10	スナップエンドウ	果菜類	2021/4/16	福島市	453	453	29.1	熱乾燥 70℃	423.71	49.37	0.117	
2021-P11	タラノメ	葉菜類	2021/4/16	福島市	257	273	36.7	熱乾燥 70℃	236.12	27.14	0.115	
2021-P12	アスパラガス	葉菜類	2021/4/16	福島市	330	328	9.9	熱乾燥 70℃	318.03	20.82	0.065	
2021-P13	ナガネギ	葉菜類	2021/4/16	福島市	1108	1121	68.2	熱乾燥 70℃	1053.23	62.10	0.059	
2021-P14	ハウレンソウ	葉菜類	2021/4/16	福島市	705	720	122.3	熱乾燥 70℃	597.51	50.49	0.085	
2021-P15	キャベツ	葉菜類	2021/4/16	福島市	1249	715	87.6	熱乾燥 70℃	627.71	53.32	0.085	
2021-P16	フキ	葉菜類	2021/4/16	福島市	638	627	133.5	熱乾燥 70℃	493.05	31.61	0.064	
2021-P17	コマツナ	葉菜類	2021/4/16	福島市	733	732	46.3	熱乾燥 70℃	685.49	48.40	0.071	
2021-P18	ミツバ	葉菜類	2021/4/16	福島市	584	452	201.5	熱乾燥 70℃	250.29	24.14	0.096	
2021-P19	タマネギ	葉菜類	2021/5/13	福島市	1167	1169	67.4	熱乾燥 70℃	1101.82	79.86	0.072	
2021-P20	チンゲンサイ	葉菜類	2021/5/13	福島市	1455	1473	384.0	熱乾燥 70℃	1089.30	39.46	0.036	
2021-P21	ワラビ	葉菜類	2021/5/13	福島市	732	743	38.8	熱乾燥 70℃	703.91	57.52	0.082	
2021-P22	エシャロット	葉菜類	2021/5/13	福島市	377	382	20.4	熱乾燥 70℃	361.65	59.10	0.163	
2021-P23	バジル	葉菜類	2021/5/13	福島市	427	475	131.9	熱乾燥 70℃	343.10	32.33	0.094	
2021-P24	ブロッコリー	葉菜類	2021/5/13	福島市	1000	1016	38.3	熱乾燥 70℃	977.82	76.73	0.078	
2021-P25	サニーレタス	葉菜類	2021/5/13	福島市	631	671	75.9	熱乾燥 70℃	594.80	35.01	0.059	
2021-P26	シュンギク	葉菜類	2021/5/13	福島市	903	972	42.4	熱乾燥 70℃	929.20	68.19	0.073	
2021-P27	キャベツ	葉菜類	2021/5/13	伊達市	1698	1510	172.6	熱乾燥 70℃	1337.38	63.17	0.047	
2021-P28	インゲン	果菜類	2021/5/13	伊達市	669	668	82.3	熱乾燥 70℃	586.06	38.62	0.066	
2021-P29	キヌサヤ	果菜類	2021/5/13	伊達市	626	627	55.6	熱乾燥 70℃	571.65	77.49	0.136	
2021-P30	イチゴ	果菜類	2021/5/13	伊達市	1387	1403	114.9	凍結乾燥	1287.72	164.35	0.128	
2021-P31	キクイモ	芋類	2021/5/13	伊達市	462	459	61.6	熱乾燥 70℃	397.00	69.89	0.176	
2021-P32	サクランボ	果実類	2021/6/10	福島市	616	614	107.3	凍結乾燥	507.03	86.95	0.171	
2021-P33	イチゴ	果菜類	2021/6/10	福島市	603	605	10.5	凍結乾燥	594.14	63.51	0.107	
2021-P34	トマト	果菜類	2021/6/10	福島市	977	977	34.9	凍結乾燥	941.99	76.69	0.081	
2021-P35	アオウメ	果実類	2021/6/10	福島市	1970	1972	244.7	凍結乾燥	1727.28	184.14	0.107	

表1 2021年度採取農作物一覧および前処理 (2/3)

2021-P36	ジャガイモ	芋類	2021/6/10	福島市	755	756	160.5	凍結乾燥	595.39	128.45	0.216	
2021-P37	ジャガイモ	芋類	2021/6/10	福島市	739	740	156.2	凍結乾燥	583.63	112.55	0.193	
2021-P38	タケノコ	根菜類	2021/6/10	福島市	1006	1007	553.4	熱乾燥 70℃	453.69	28.03	0.062	
2021-P39	ズッキーニ	果菜類	2021/6/10	福島市	982	982	49.0	熱乾燥 70℃	933.11	37.02	0.040	
2021-P40	ソラマメ(豆)	豆類	2021/6/10	福島市	1158	1162	844.3	熱乾燥 70℃	318.09	109.05	0.343	試料重量は種皮 (2021-P4) を含む
2021-P41	ソラマメ(種皮)	豆類	2021/6/10	福島市	—	—	—	熱乾燥 70℃	145.26	32.34	0.223	
2021-P42	グリーンピース	豆類	2021/6/10	福島市	363	—	—	熱乾燥 70℃	362.99	110.02	0.303	無洗浄
2021-P43	サンショウ	その他	2021/6/10	福島市	140	143	17.1	熱乾燥 70℃	125.89	29.07	0.231	
2021-P44	ダイコン	根菜類	2021/6/24	福島市	1268	1124	86.8	熱乾燥 70℃	1037.57	34.83	0.034	
2021-P45	アオシソ	葉菜類	2021/6/24	福島市	231	291	29.6	熱乾燥 70℃	261.28	28.73	0.110	
2021-P46	ゴーヤ	果菜類	2021/6/24	福島市	715	719	138.3	熱乾燥 70℃	580.72	31.81	0.055	
2021-P47	ニンジン	根菜類	2021/6/24	福島市	1025	1026	132.1	熱乾燥 70℃	894.22	106.73	0.119	
2021-P48	ヤーコン	根菜類	2021/6/24	福島市	811	807	158.1	熱乾燥 70℃	649.30	99.76	0.154	
2021-P49	ゴボウ	根菜類	2021/6/24	福島県産	593	593	167.8	熱乾燥 70℃	425.07	86.50	0.203	
2021-P50	サクランボ	果実類	2021/6/24	福島市	628	625	91.0	凍結乾燥	534.39	106.24	0.199	
2021-P51	ナス	果菜類	2021/6/24	福島市	835	838	62.2	熱乾燥 70℃	775.83	44.72	0.058	
2021-P52	クワ(実)	果実類	2021/6/24	福島市	403	372	34.7	凍結乾燥	336.83	35.94	0.107	
2021-P53	ビワ	果実類	2021/6/24	福島市	1175	1150	355.3	凍結乾燥	794.50	91.12	0.115	
2021-P54	ブルーベリー	果実類	2021/6/24	福島市	397	397	0.4	凍結乾燥	397.01	60.27	0.152	
2021-P55	アカシソ	葉菜類	2021/6/24	福島市	1174	752	9.4	熱乾燥 70℃	742.81	65.65	0.088	
2021-P56	アンズ	果実類	2021/6/24	伊達郡	1297	1296	413.6	凍結乾燥	882.32	77.32	0.088	
2021-P57	コマツナ	葉菜類	2021/6/24	伊達市	927	892	4.5	熱乾燥 70℃	887.54	42.69	0.048	
2021-P58	ツルムラサキ	葉菜類	2021/7/13	福島市	938	1013	26.9	熱乾燥 70℃	985.81	51.72	0.052	
2021-P59	ダイコン葉	葉菜類	2021/7/13	福島市	816	838	75.8	熱乾燥 70℃	762.69	31.64	0.041	
2021-P60	モロヘイヤ	葉菜類	2021/7/13	福島市	390	432	113.8	熱乾燥 70℃	318.43	34.26	0.108	
2021-P61	ニンニク	葉菜類	2021/7/13	福島市	366	316	8.1	凍結乾燥	308.17	116.51	0.378	
2021-P62	トウガラシ	果菜類	2021/7/13	福島市	651	652	85.9	熱乾燥 70℃	566.12	45.27	0.080	
2021-P63	モモ	果実類	2021/7/13	福島市	1297	1299	388.3	凍結乾燥	910.38	120.40	0.132	
2021-P64	プラム	果実類	2021/7/13	福島市	1539	1538	92.2	凍結乾燥	1445.70	136.12	0.094	
2021-P65	トウモロコシ	果菜類	2021/7/13	福島市	1509	1185	520.5	熱乾燥 70℃	664.18	137.32	0.207	
2021-P66	タマネギ	葉菜類	2021/7/13	福島市	1617	1582	45.0	熱乾燥 70℃	1537.27	133.91	0.087	
2021-P67	ナス	果菜類	2021/7/13	福島市	664	663	45.3	熱乾燥 70℃	617.86	29.89	0.048	
2021-P68	カボチャ	果菜類	2021/7/13	福島市	1435	1433	262.3	熱乾燥 70℃	1170.85	271.37	0.232	
2021-P69	ピーマン	果菜類	2021/7/13	福島市	791	792	158.2	熱乾燥 70℃	634.18	29.88	0.047	
2021-P70	サヤインゲン	果菜類	2021/7/13	福島市	729	731	41.0	熱乾燥 70℃	690.33	46.97	0.068	

表1 2021年度採取農作物一覧および前処理 (3/3)

2021-P71	クウシンサイ	葉菜類	2021/7/13	福島市	735	802	43.0	熱乾燥 70℃	759.35	57.33	0.075	
2021-P72	モモ	果実類	2021/7/28	福島市	1591	1590	402.4	凍結乾燥	1187.23	144.33	0.122	
2021-P73	キュウリ	果菜類	2021/7/28	福島市	1110	1109	21.0	凍結乾燥	1088.49	44.73	0.041	
2021-P74	ハチミツ	その他	2021/7/28	福島市	150	—	—	—	—	—	1.000	無処理、トチ
2021-P75	ハチミツ	その他	2021/7/28	福島市	180	—	—	—	—	—	1.000	無処理、百花密
2021-P76	オクラ	果菜類	2021/7/28	福島市	555	556	132.4	熱乾燥 70℃	423.70	37.04	0.087	
2021-P77	ミニトマト	果菜類	2021/7/28	福島市	791	792	28.9	凍結乾燥	762.66	59.87	0.079	
2021-P78	エダマメ	豆類	2021/7/28	伊達市	1133	1140	696.3	熱乾燥 70℃	443.67	116.63	0.263	
2021-P79	ユウガオ	果菜類	2021/8/10	福島市	3771	3763	2094.6	熱乾燥 70℃	1668.44	44.52	0.027	
2021-P80	エダマメ	豆類	2021/8/10	福島市	742	742	276.3	熱乾燥 70℃	465.81	110.08	0.236	
2021-P81	シシトウ	果菜類	2021/8/10	福島市	395	391	76.8	熱乾燥 70℃	314.00	27.85	0.089	
2021-P82	ブラックベリー	果実類	2021/8/10	福島市	425	413	9.8	凍結乾燥	402.95	43.02	0.107	
2021-P83	ナシ	果実類	2021/8/10	福島市	1143	1141	352.2	凍結乾燥	788.96	101.63	0.129	
2021-P84	ヤマブドウ	果実類	2021/8/10	福島市	828	840	315.7	凍結乾燥	524.26	84.45	0.161	
2021-P85	ブドウ	果実類	2021/9/7	福島市	1542	1551	364.3	熱乾燥 70℃	1186.80	212.98	0.179	
2021-P86	ミョウガ	その他	2021/9/7	福島市	517	515	4.7	熱乾燥 70℃	510.24	19.50	0.038	
2021-P87	クリ	果実類	2021/9/7	福島市	1063	1050	332.8	熱乾燥 70℃	717.22	292.12	0.407	
2021-P88	キクラゲ	その他	2021/9/7	川俣町	595	—	1.2	熱乾燥 70℃	593.66	36.43	0.061	
2021-P89	サツマイモ	芋類	2021/9/7	福島市	710	710	27.7	熱乾燥 70℃	682.72	245.31	0.359	
2021-P90	西洋ナシ	果実類	2021/10/21	福島市	1773	1773	644.5	熱乾燥 70℃	1128.97	167.27	0.148	
2021-P91	カキ	果実類	2021/10/21	福島市	1663	1665	365.5	凍結乾燥	1299.11	222.99	0.172	刀根早生
2021-P92	ワサビ	葉菜類	2021/10/21	福島市	207	201	128.0	熱乾燥 70℃	72.75	17.89	0.246	
2021-P93	ヤマイモ	芋類	2021/10/21	福島市	984	981	245.7	熱乾燥 70℃	735.25	180.39	0.245	
2021-P94	ラッカセイ	豆類	2021/10/21	福島市	614	283	323.0	熱乾燥 70℃	282.55	137.89	0.488	
2021-P95	アズキ	豆類	2021/10/21	伊達市	299	—	—	熱乾燥 70℃	298.45	260.95	0.874	無洗浄
2021-P96	玄米	玄米	2021/10/21	伊達市	10000	—	—	熱乾燥 70℃	2307.08	2017.85	0.875	無洗浄、コシヒカリ
2021-P97	リンゴ	果実類	2021/10/21	福島市	1929	1930	400.7	凍結乾燥	1528.94	225.05	0.147	
2021-P98	カキ (甘柿 早秋)	果実類	2021/10/21	福島市	1518	1518	315.7	凍結乾燥	1202.64	189.18	0.157	
2021-P99	ハクサイ	葉菜類	2021/10/21	福島市	2444	2651	155.8	熱乾燥 70℃	2494.94	98.05	0.039	
2021-P100	玄米	玄米	2021/10/21	福島市	10000	—	—	熱乾燥 70℃	2271.78	2006.79	0.883	無洗浄、ヒトメボレ
2021-P101	ポポー	果実類	2021/10/21	福島市	905	903	428.0	熱乾燥 70℃	475.47	118.11	0.248	
2021-P102	ハックルベリー	果実類	2021/10/21	福島市	797	796	0.0	熱乾燥 70℃	796.36	83.35	0.105	

表2 放射能測定結果 (1/3)

		測定試料			¹³⁴ Cs		¹³⁷ Cs			⁴⁰ K			¹³⁴ Cs			¹³⁷ Cs			⁴⁰ K		⁹⁰ Sr		
試料番号	作物	重量(g)	高さ(cm)	測定時間(s)	Bq/kg 乾燥									Bq/kg 生									
2021-P1	ニラ	15.3618	2.70	231,500	<	2.1	6.0	±	0.5	1608	±	22		<	0.17	0.50	±	0.04	132	±	1.8		
2021-P2	ニンニク	35.3092	4.60	72,300	<	1.9	28.3	±	0.9	1104	±	20		<	0.23	3.45	±	0.11	135	±	2.5		
2021-P3	ダイコン葉	36.4189	4.55	772,000	<	0.4		<	0.4	2167	±	8		<	0.03		<	0.03	168	±	0.6		
2021-P4	キュウリ	18.7559	4.10	600,000	<	1.2	1.2	±	0.4	1280	±	13		<	0.06	0.06	±	0.02	65	±	0.7		
2021-P5	ウルイ	33.8910	4.20	87,300	<	1.2	5.0	±	0.4	1736	±	21		<	0.07	0.28	±	0.02	97	±	1.2		
2021-P6	ウド	31.4595	2.40	12,900	<	3.8	16.0	±	1.4	1591	±	51		<	0.21	0.90	±	0.08	90	±	2.9		
2021-P7	カブ	19.9380	4.10	431,600	<	0.8	3.1	±	0.2	1407	±	11		<	0.05	0.20	±	0.01	92	±	0.7		
2021-P8	カブ葉	23.3829	3.30	86,700	<	1.6	6.9	±	0.5	2476	±	28		<	0.09	0.37	±	0.03	132	±	1.5		
2021-P9	サトイモ	32.0292	4.10	337,801	<	0.7	2.7	±	0.2	1114	±	9		<	0.12	0.51	±	0.03	208	±	1.6		
2021-P10	スナップエンドウ	49.2263	3.60	600,000	<	0.4	0.5	±	0.1	426	±	5		<	0.05	0.05	±	0.01	50	±	0.5		
2021-P11	タラノメ	26.9234	2.50	15,000	<	4.2	19.6	±	1.6	1302	±	47		<	0.49	2.25	±	0.19	150	±	5.4		
2021-P12	アスパラガス	20.8032	1.80	520,800	<	0.6	1.4	±	0.1	1132	±	7		<	0.04	0.09	±	0.01	74	±	0.5	0.002	
2021-P13	ナガネギ	40.0282	4.25	600,000	<	0.6	0.6	±	0.1	1059	±	8		<	0.04	0.04	±	0.01	62	±	0.5		
2021-P14	ハウレンソウ	41.2435	4.85	79,200	<	1.5	4.3	±	0.4	2749	±	27		<	0.13	0.36	±	0.04	232	±	2.3	0.012	
2021-P15	キャベツ	52.3837	4.80	93,000	<	0.9	2.7	±	0.2	822	±	12		<	0.08	0.23	±	0.02	70	±	1.0		
2021-P16	フキ	31.5851	2.15	68,500	<	1.4	4.8	±	0.4	1984	±	22		<	0.09	0.31	±	0.02	127	±	1.4		
2021-P17	コマツナ	35.1484	4.60	688,001	<	0.6		<	0.8	1874	±	9		<	0.04		<	0.06	132	±	0.6	0.037	
2021-P18	ミツバ	22.5305	3.40	535,200	<	0.7	1.8	±	0.2	1928	±	10		<	0.07	0.17	±	0.02	186	±	1.0		
2021-P19	タマネギ	63.6859	4.60	600,000	<	0.4	0.9	±	0.1	557	±	5		<	0.03	0.07	±	0.01	40	±	0.3	0.007	
2021-P20	チンゲンサイ	26.5306	4.20	151,900	<	1.3	4.6	±	0.4	3080	±	24		<	0.05	0.17	±	0.01	112	±	0.9		
2021-P21	ワラビ	57.1018	4.50	18,501	2.1	±	0.5	60.5	±	1.8	1317	±	31	0.17	<	0.04	4.95	±	0.15	108	±	2.6	
2021-P22	エシャロット	58.1146	4.50	603,700	<	0.3	0.6	±	0.1	594	±	4		<	0.05	0.10	±	0.01	97	±	0.6		
2021-P23	バジル	25.0310	4.10	603,900	<	0.7	0.0	±	0.5	1251	±	8		<	0.06	0.00	±	0.05	118	±	0.8		
2021-P24	ブロッコリー	62.4315	4.80	234,600	<	0.5	1.3	±	0.1	1437	±	9		<	0.04	0.10	±	0.01	113	±	0.7		
2021-P25	サニーレタス	18.4045	3.80	85,200	<	3.7	8.1	±	0.7	1836	±	29		<	0.21	0.48	±	0.04	108	±	1.7		
2021-P26	シュンギク	25.4336	4.20	84,600	<	1.8	7.1	±	0.5	2037	±	27		<	0.13	0.52	±	0.04	149	±	2.0		
2021-P27	キャベツ	43.7655	4.80	90,200	<	1.1	3.3	±	0.3	1294	±	16		<	0.05	0.15	±	0.01	61	±	0.8		
2021-P28	インゲン	37.9933	2.90	689,500	<	0.4	1.0	±	0.1	1216	±	5		<	0.02	0.06	±	0.01	80	±	0.4	0.012	
2021-P29	キヌサヤ	71.3225	4.90	502,400	<	0.3	5.2	±	0.1	458	±	3		<	0.04	0.71	±	0.01	62	±	0.4		
2021-P30	イチゴ	29.4705	3.90	660,000	<	0.6	1.6	±	0.2	520	±	6		<	0.08	0.20	±	0.02	66	±	0.8		
2021-P31	キクイモ	68.7003	4.50	255,700	<	0.4	2.2	±	0.1	884	±	6		<	0.07	0.39	±	0.02	156	±	1.1		
2021-P32	サクラランボ	33.9233	3.60	243,400		<	0.6	7.3	±	0.2	522	±	7		<	0.10	1.25	±	0.04	89	±	1.2	
2021-P33	イチゴ	25.0496	3.80	16,100	4.4	±	1.3	51.1	±	2.6	596	±	33	0.47	<	0.14	5.46	±	0.28	64	±	3.5	
2021-P34	トマト	23.9165	4.00	677,600		<	0.6		<	0.5	974	±	7		<	0.05	0.00	±	0.04	79	±	0.6	0.006
2021-P35	アオウメ	28.9459	4.20	114,200	<	1.6	7.6	±	0.5	716	±	15		<	0.17	0.81	±	0.05	76	±	1.6		

表2 放射能測定結果 (2/3)

2021-P36	ジャガイモ	41.6807	3.90	319,601		<	0.7	4.0	±	0.2	534	±	6		<	0.14	0.86	±	0.04	115	±	1.4	0.002
2021-P37	ジャガイモ	43.9335	4.20	93,600		<	1.2	6.2	±	0.4	574	±	11		<	0.23	1.19	±	0.07	111	±	2.2	0.001
2021-P38	タケノコ	26.6724	1.90	5,400	21.0	±	2.8	537.4	±	11.6	2364	±	95	1.30	<	0.17	33.20	±	0.72	146	±	5.9	
2021-P39	ズッキーニ	30.5267	2.50	254,201		<	0.9	2.8	±	0.2	1852	±	13		<	0.04	0.11	±	0.01	73	±	0.5	0.006
2021-P40	ソラマメ(豆)	74.4316	4.60	101,700		<	0.5	2.3	±	0.2	391	±	6		<	0.18	0.79	±	0.06	134	±	2.2	0.008
2021-P41	ソラマメ(種皮)	31.2230	2.40	157,201		<	0.9	2.4	±	0.2	514	±	8		<	0.19	0.53	±	0.04	115	±	1.8	
2021-P42	グリーンピース	73.4388	4.60	112,700		<	0.6	1.4	±	0.1	395	±	6		<	0.17	0.41	±	0.04	120	±	1.9	
2021-P43	サンショウ	28.1602	3.65	72,800		<	2.1	7.2	±	0.6	528	±	16		<	0.49	1.66	±	0.14	122	±	3.7	
2021-P44	ダイコン	33.4659	2.70	85,862		<	1.7	6.9	±	0.5	2239	±	24		<	0.06	0.23	±	0.02	75	±	0.8	0.013
2021-P45	アオシソ	18.7411	4.00	264,322		<	1.9	0.0	±	1.6	1131	±	18		<	0.21	0.00	±	0.17	124	±	2.0	
2021-P46	ゴーヤ	30.8300	2.25	260,743		<	1.1	0.0	±	1.2	1378	±	12		<	0.06	0.00	±	0.07	75	±	0.7	
2021-P47	ニンジン	74.7042	4.50	232,399		<	0.4	2.1	±	0.1	958	±	7		<	0.05	0.25	±	0.01	114	±	0.8	
2021-P48	ヤーコン	74.1294	4.70	14,801		<	1.7	9.1	±	0.7	426	±	18		<	0.26	1.40	±	0.11	65	±	2.8	
2021-P49	ゴボウ	82.3741	4.70	224,742		<	0.5	1.3	±	0.1	373	±	5		<	0.10	0.27	±	0.02	76	±	1.0	0.079
2021-P50	サクラランボ	64.9170	4.15	87,700		<	0.7	2.8	±	0.2	430	±	8		<	0.13	0.55	±	0.04	86	±	1.5	
2021-P51	ナス	31.2793	4.60	283,400		<	1.0	2.7	±	0.2	1317	±	12		<	0.06	0.16	±	0.01	76	±	0.7	
2021-P52	クワ (実)	22.7181	3.30	163,700		<	1.6	9.1	±	0.5	706	±	14		<	0.18	0.97	±	0.05	75	±	1.5	
2021-P53	ビワ	35.8169	4.60	163,400		<	0.9	7.0	±	0.3	360	±	7		<	0.10	0.80	±	0.04	41	±	0.8	
2021-P54	ブルーベリー	58.3401	4.10	257,400		<	0.4	2.8	±	0.1	140	±	3		<	0.06	0.42	±	0.02	21	±	0.4	
2021-P55	アカシソ	25.7515	4.50	405,402		<	1.3	3.3	±	0.3	951	±	12		<	0.12	0.29	±	0.02	84	±	1.1	
2021-P56	アンズ	75.6794	4.60	269,500		<	0.4	0.9	±	0.1	657	±	5		<	0.03	0.08	±	0.01	58	±	0.4	
2021-P57	コマツナ	34.0570	4.10	452,461		<	0.9	2.0	±	0.2	2172	±	12		<	0.05	0.09	±	0.01	104	±	0.6	
2021-P58	ツルムラサキ	50.7457	4.70	239,697		<	0.9	4.5	±	0.2	2378	±	14		<	0.05	0.24	±	0.01	125	±	0.7	
2021-P59	ダイコン葉	28.9269	4.00	92,820		<	2.3	11.3	±	0.7	2817	±	31		<	0.09	0.47	±	0.03	117	±	1.3	
2021-P60	モロヘイヤ	27.8559	4.30	80,535		<	2.6	14.3	±	0.8	1207	±	24		<	0.28	1.53	±	0.09	130	±	2.6	
2021-P61	ニンニク	65.6603	4.70	604,500		<	0.3	0.5	±	0.1	298	±	3		<	0.13	0.19	±	0.02	113	±	1.2	
2021-P62	トウガラシ	44.1457	4.70	602,200		<	0.4	0.9	±	0.1	1078	±	6		<	0.03	0.07	±	0.01	86	±	0.5	
2021-P63	モモ	67.4809	4.50	492,200		<	0.3	0.6	±	0.1	381	±	3		<	0.04	0.08	±	0.01	50	±	0.4	
2021-P64	プラム	80.4341	4.85	24,900		<	1.1	3.8	±	0.4	380	±	13		<	0.11	0.36	±	0.03	36	±	1.2	
2021-P65	トウモロコシ	75.8098	4.80	603,200		<	0.2	0.4	±	0.0	436	±	3		<	0.05	0.09	±	0.01	90	±	0.6	
2021-P66	タマネギ	77.3507	4.90	605,589		<	0.3	0.5	±	0.1	440	±	4		<	0.03	0.04	±	0.01	38	±	0.3	
2021-P67	ナス	23.9209	4.30	269,900		<	1.0	2.6	±	0.2	1422	±	13		<	0.05	0.12	±	0.01	69	±	0.6	
2021-P68	カボチャ	77.9169	4.75	252,471		<	0.5	1.2	±	0.1	470	±	6		<	0.12	0.27	±	0.03	109	±	1.3	
2021-P69	ピーマン	29.2306	2.75	15,100		<	4.1	15.4	±	1.4	1331	±	47		<	0.19	0.72	±	0.07	63	±	2.2	
2021-P70	サヤインゲン	46.2360	3.20	6,563		<	6.3	26.8	±	2.3	1004	±	53		<	0.43	1.83	±	0.16	68	±	3.6	

表2 放射能測定結果 (3/3)

2021-P71	クウシンサイ	35.9983	4.60	1,123,160		<	0.5	0.9	±	0.1	2254	±	9		<	0.04	0.07	±	0.01	170	±	0.6	
2021-P72	モモ	80.5496	4.80	488,500		<	0.3	0.6	±	0.1	484	±	3		<	0.03	0.07	±	0.01	59	±	0.4	
2021-P73	キュウリ	41.6729	2.70	71,936		<	1.6	4.0	±	0.4	1754	±	21		<	0.07	0.16	±	0.02	72	±	0.9	
2021-P74	ハチミツ	104.7135	4.20	697,846		<	0.2	0.0	<	0.2	9	±	2		<	0.21		<	0.17	9	±	1.9	
2021-P75	ハチミツ	100.5572	4.10	66,638		<	0.8	2.6	±	0.2	23	±	3		<	0.77	2.64	±	0.21	23	±	3.5	
2021-P76	オクラ	36.2155	2.70	179,126		<	1.1	2.8	±	0.3	821	±	11		<	0.09	0.25	±	0.02	72	±	1.0	
2021-P77	ミニトマト	31.1569	4.30	331,174		<	1.1	2.6	±	0.2	931	±	11		<	0.08	0.21	±	0.02	73	±	0.9	
2021-P78	エダマメ	69.7022	4.70	343,106		<	0.5	1.5	±	0.1	559	±	5		<	0.13	0.41	±	0.03	147	±	1.4	0.023
2021-P79	ユウガオ	42.8637	4.30	337,744		<	0.8	1.6	±	0.2	1143	±	10		<	0.02	0.04	±	0.00	30	±	0.3	
2021-P80	エダマメ	66.8916	4.60	104,116	1.1	±	0.3	2.8	±	0.3	657	±	10	0.27	±	0.08	0.67	±	0.06	155	±	2.4	
2021-P81	シシトウ	26.7425	3.40	61,471		<	2.7	7.7	±	0.7	1060	±	25		<	0.24	0.68	±	0.06	94	±	2.2	
2021-P82	ブラックベリー	41.5604	3.00	67,833		<	1.5	6.9	±	0.4	407	±	12		<	0.16	0.73	±	0.05	43	±	1.3	
2021-P83	ナシ	67.3386	4.60	509,743		<	0.4	1.1	±	0.1	356	±	4		<	0.05	0.15	±	0.01	46	±	0.6	
2021-P84	ヤマブドウ	75.9309	3.30	86,369		<	0.8	4.8	±	0.3	300	±	7		<	0.14	0.77	±	0.04	48	±	1.1	
2021-P85	ブドウ	110.2563	4.30	103,508		<	0.4	1.4	±	0.1	222	±	5		<	0.08	0.25	±	0.02	40	±	0.9	
2021-P86	ミョウガ	18.9408	2.20	17,572		<	6.9	50.5	±	2.9	2839	±	76		<	0.26	1.93	±	0.11	109	±	2.9	
2021-P87	クリ	76.7896	4.70	11,186		<	2.5	14.8	±	1.1	309	±	20		<	1.01	6.02	±	0.47	126	±	8.1	
2021-P88	キクラゲ	35.1858	2.50	84,666		<	1.5	5.0	±	0.4	268	±	10		<	0.09	0.31	±	0.02	16	±	0.6	
2021-P89	サツマイモ	75.5846	4.70	66,498		<	1.0	3.2	±	0.3	287	±	8		<	0.35	1.16	±	0.10	103	±	3.0	
2021-P90	西洋ナシ	58.5811	4.20	340,707		<	0.5	1.4	±	0.1	271	±	5		<	0.08	0.21	±	0.02	40	±	0.7	
2021-P91	カキ	41.0287	4.40	260,767		<	0.8		<	0.7	257	±	7		<	0.14	0.00	±	0.12	44	±	1.3	
2021-P92	ワサビ	16.6905	1.00	259,521		<	1.3		<	1.1	470	±	11		<	0.33	0.00	±	0.26	115	±	2.6	
2021-P93	ヤマイモ	79.6576	4.70	611,617		<	0.3	0.7	±	0.1	496	±	4		<	0.08	0.17	±	0.02	122	±	1.0	
2021-P94	ラッカセイ	61.6959	4.20	414,988		<	0.5	1.3	±	0.1	212	±	4		<	0.22	0.65	±	0.06	103	±	2.1	
2021-P95	アズキ	69.2337	4.60	85,935		<	1.0	2.9	±	0.3	460	±	9		<	0.84	2.54	±	0.22	402	±	8.2	
2021-P96	玄米	1871.67	マリネリ 2L	16,400		<	0.1	0.7	±	0.1	68	±	2		<	0.10	0.65	±	0.05	60	±	1.6	0.010
2021-P97	リンゴ	33.6921	4.55	522,200		<	0.8	2.2	±	0.2	198	±	7		<	0.11	0.33	±	0.02	29	±	1.0	
2021-P98	カキ (甘柿 早秋)	37.4073	4.35	599,512		<	0.8	1.5	±	0.1	182	±	6		<	0.12	0.24	±	0.02	29	±	0.9	
2021-P99	ハクサイ	35.8743	4.30	178,385		<	1.3	4.8	±	0.3	1569	±	16		<	0.05	0.19	±	0.01	62	±	0.6	
2021-P100	玄米	1854.08	マリネリ 2L	53,199		<	0.1	1.1	±	0.0	71	±	1		<	0.06	1.01	±	0.03	62	±	0.9	0.009
2021-P101	ボポー	78.3676	4.65	79,874		<	0.9	2.3	±	0.2	363	±	8		<	0.22	0.56	±	0.06	90	±	2.0	
2021-P102	ハックルベリー	58.1248	4.45	185,821		<	0.8	2.2	±	0.2	1507	±	12		<	0.09	0.23	±	0.02	158	±	1.2	

表3 作物種別⁹⁰Sr/Sr濃度比 (⁹⁰Sr濃度は2021年に補正)

作物種	試料数	平均値	標準偏差
玄米	12	0.045	0.03
芋類	12	0.077	0.11
葉菜類	13	0.064	0.04
根菜類	7	0.070	0.03
果菜類	14	0.065	0.04

作物種間で有意差なし

表4 地域別作物種別⁹⁰Sr/Sr濃度比 (⁹⁰Sr濃度は2021年に補正)

地域	試料数	平均値	標準偏差
浜通り	41	0.079	0.062
中通り	14	0.025	0.015
会津	3	0.037	0.024

浜通りと中通りで有意差あり (P<0.05)

表5 2021年度種別農作物中¹³⁷Csと⁴⁰K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							Bq/kg 生					
玄米	2	0.9	±	0.3	69	±	2		0.83	±	0.26	61	±	2
芋類	6	3.2	±	1.8	648	±	298		0.71	±	0.42	136	±	40
葉菜類	34	7.8	±	12.0	1548	±	716		0.64	±	1.11	114	±	41
根菜類	6	93.3	±	217.6	1294	±	868		5.93	±	13.37	95	±	30
豆類	7	2.1	±	0.7	455	±	143		0.86	±	0.76	168	±	105
果菜類（果実類を含む）	42	5.5	±	9.1	729	±	468		0.67	±	1.25	67	±	27
その他	5	13.1	±	21.1	733	±	1196		1.63	±	0.98	56	±	55

表6 2021年度種別農作物中⁹⁰Sr平均濃度と標準偏差値

試料情報	試料数	⁹⁰ Sr
種類		Bq/kg 生
玄米	2	0.009
芋類	2	0.002
葉菜類	4	0.015
根菜類	2	0.046
豆類	2	0.016
果菜類 (果実類を含む)	3	0.008

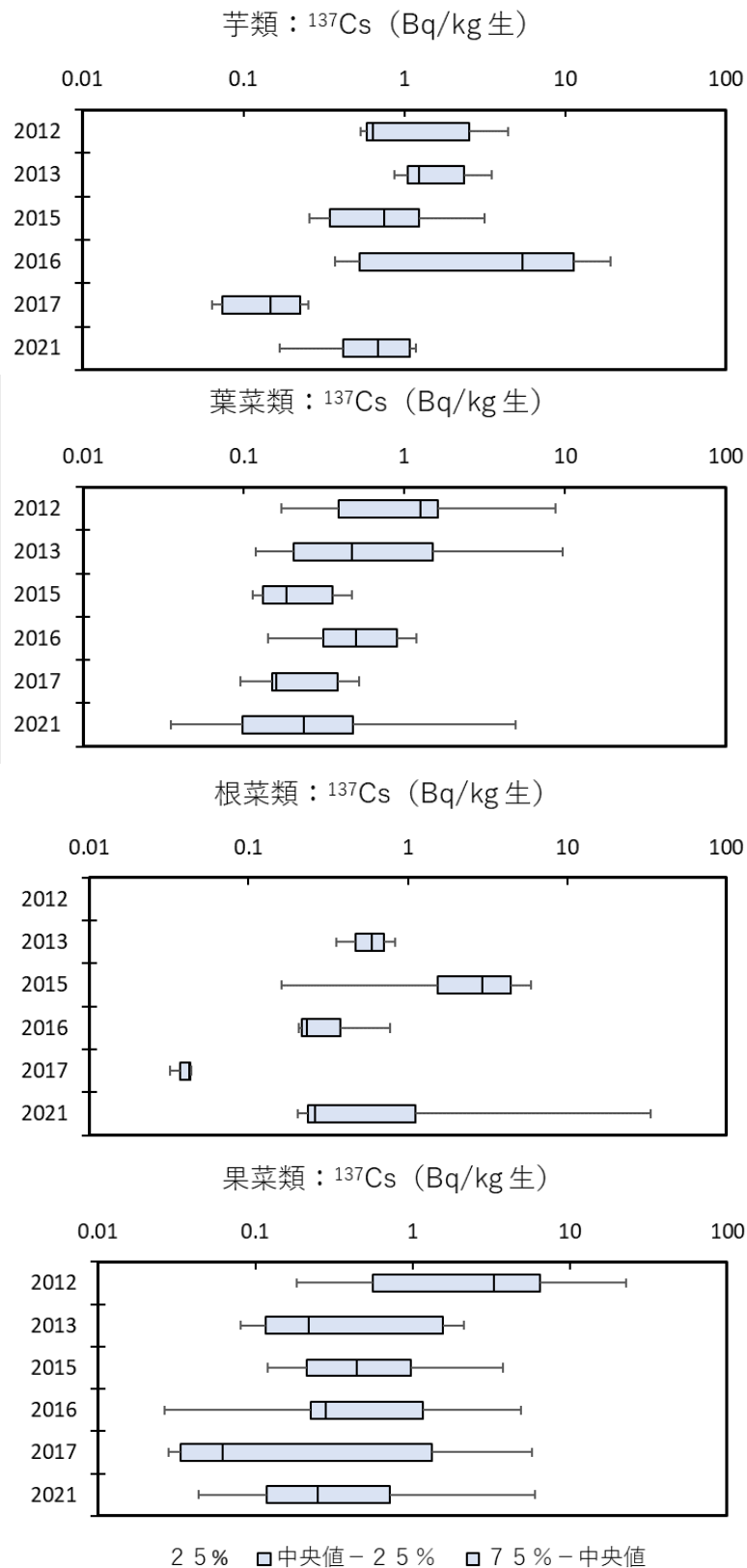


図1 2012年から2021年に福島県内で採取した作物中 ^{137}Cs 濃度(Bq/kg 生)

2012年, 中通り; 2013年, 中通り; 2015年, 浜通り;

2016年, 浜通り; 2017年, 浜通り; 2021年, 中通り

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）
令和 4 年度分担研究報告

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 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))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 FDNPS 事故の影響は見られなかった。さらに、測定結果を用いて内部被ばくに対する寄与率の状況を確認し、食品摂取に伴う内部被ばく線量を計算したところ、保守的な条件であっても十分に 1 mSv/年を下回る結果が得られた。福島県内では営農再開する地域の拡大が行われているが、すべての地域で避難指示区域が解除された状況ではなく、解除された居住制限区域及び避難指示解除準備区域などであっても、食品摂取による内部被ばくに対する不安は未だに大きい。そこで、FDNPS 事故から約 11 年が経過したことを踏まえ、福島県で栽培され流通している多種多様の農作物を評価対象として作物中放射性 Cs レベルを把握し、この 11 年間における放射性 Cs 濃度の傾向について考察を行った。また、作物中 ^{90}Sr 濃度は、これまでに得られた作物中 $^{90}\text{Sr}/\text{Sr}$ 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でさまざまな作物 111 試料を網羅的に採取し、平成 23 年の事故から 11 年以上を経過した作物中放射性 Cs レベルを調査した。作物としては、玄米、芋類、葉菜類、根菜類、豆類、果菜類(果実類を含む)、穀類、種実類及びその他など地物として流通している作物を対象とした。それぞれの ^{137}Cs 濃度は、 0.41 ± 0.29 (n=4)、 0.13 ± 0.05 (n=7)、 0.59 ± 2.08 (n=44)、 0.05 ± 0.03 (n=7)、 0.54 ± 0.34 (n=4)、 0.12 ± 0.14 (n=33)、 0.32 (n=1)、 1.43 (n=1)及び 3.03 ± 6.59 (n=10) Bq/kg-生重量であった。これまでに得られた作物中放射性 Cs 濃度と比較し芋類と果菜類で減少傾向にあるが、山菜なども市場に出回るようになり、シドケとシイタケの ^{137}Cs 濃度がそれぞれ、12 Bq/kg-生重量及び 23 Bq/kg-乾燥重量であった。また、安定 Sr 濃度から予測した ^{90}Sr 濃度の平均値は、 0.055 ± 0.055 (n=16, 0.0020~0.23) Bq/kg-生重量と全て 0.3 Bq/kg-生重量を下回る値であった。

A. 研究目的

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災に起因する東京電力福島第一原子力発電所事故(FDNPS 事故)により、大量の放射性物質が大気及び海洋に放出された。この事故により放出された放射性核種による食品の摂取による内部被ばくの影響が懸念され、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))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。また、基準値の設定の際、規制対象核種以外の核種の影響に関しては、いずれも影響は小さいと結論づけられ、これまでに実施された本研究課題でも確認されている。

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

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

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

B. 研究方法

1. 作物採取

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

2. 試料の前処理

穀類、豆類などを除く作物は、原則水洗いした後、傷んでいる部分、皮などの非可食部を取り除いた。その後、賽の目状にカットし、玄米、葉菜類、豆類などは 70°C で 1 週間ほど熱乾燥、比較的糖分の多い果実類、果菜類などは 2 週間ほど凍結乾燥した後、ステンレス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 3.7~124 g を詰め高さを一様にして測定試料とした(表 2)。玄米は、2 L マリネリ容器に 1,820~1,850 g を詰めて測定した。

3. 放射性 Cs 濃度の測定

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

4. ^{90}Sr 濃度の測定

作物中 ^{90}Sr 濃度は、平成 27 年から令和元年に本課題で得られた $^{90}\text{Sr}/\text{Sr}$ 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 0.077 Bq/mg(令和 4 年に減

衰補正)を用いて、作物中 ^{90}Sr 濃度を類推した(表 3)。

C. 研究結果

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

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

D. 考察

本課題において、平成 24 年から令和 3 年に測定した作物種別 ^{137}Cs 濃度と、令和 4 年に測定した作物種別 ^{137}Cs 濃度を比較し、ボックスプロットを図 2 に示した。芋類の ^{137}Cs 濃度は、令和 3 年度に福島市周辺で採取した芋類の値に比べ有意に低く、果菜類の ^{137}Cs 濃度も平成 24 年度の福島市周辺及び令和 3 年の福島市周辺で採取した果菜類の値より低かった。他の葉菜類、根菜類及び豆類では有意差がなかった。自生野菜のシドケ(2022-P18)と原木栽培のシイタケ(2022-P60)で、それぞれ 12 Bq/kg-生重量及び 21 Bq/kg-乾燥重量と、10 Bq/kg を超えた。表土の剥ぎ取り除染や、K 施用による低減化対策が十分に実施されている圃場などで栽培されている作物中放射性 Cs 濃度は基準値を十分に下回るが、表土の腐植除去に留まっている地点から、採取される山菜などの自生植物中放射性 Cs 濃度につ

いては今後も注視していく必要がある。

E. 結論

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

引用文献

- 1) 福島県農産物等の放射性物質モニタリング Q&A,
<http://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/nousa-n-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. N. P. Thoa, T. Kurosawa, M. Kikuchi, V. Yoschenko and H. Tsukada (2022) Estimation of rooting depth of ^{137}Cs uptake by plants, *Journal of Environmental Radioactivity* 246, 106847. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2022.106847>.
 2. 菊池美保子, 西康一, 高村昇, 塚田祥文 (2022) 2019 年～2020 年に採取した福島県浪江町における自家消費作物中放射性 Cs 濃度と内部被ばく線量, *Radioisotopes* 71, 185-193.
 3. A. Takeda, Y. Unno, H. Tsukada, Y. Takaku and S. Hisamatsu (2022) Soil-soil solution distribution coefficient of radioiodine in surface soils around spent nuclear fuel reprocessing plant in Rokkasho, Japan, *Radiation Protection Dosimetry* 198, 1047-1051.
 4. H. Tsukada, T. Takahashi and S. Fukutani (2022) Activity concentrations of radiocaesium, ^{90}Sr and ^{129}I in agricultural crops collected from Fukushima and reference areas, and internal radiation dose, *Radiation Protection Dosimetry* 198, 1104-1108.
 5. Y. Wakiyama, A. Konoplev, N. Thoa, T. Niida, H. Tsukada, T. Takase, K. Nanba, V. Golosov, and M. Zheleznyak (2022) Temporal variations in particulate and dissolved ^{137}Cs concentration in the Abukuma river water during two high-flow events in 2018, *Behavior of radionuclides in the Environment. Volume III – Fukushima*, Chapter 8, 153-175.
 6. D. Anderson, H. Tsukada and T. G. Hinton (2022) Transfer parameters for wild boar in radiocaesium in wild boar, *Behavior of radionuclides in the Environment. Volume III – Fukushima*, Chapter 16, 473-480.
 7. R. Saito and H. Tsukada (2022) Physicochemical fractions of radiocaesium in the stomach contents of wild boar and its transfer to muscle tissue in radiocaesium in wild boar, *Behavior of radionuclides in the Environment. Volume III – Fukushima*, Chapter 16, 495-505.
 8. H. Tsukada (2022) Spatial distribution and temporal change of ^{137}Cs activity concentration in dissolved and suspended fractions of irrigation waters collected from Fukushima in *Behavior of radiocaesium in agricultural environment, Behavior of radionuclides in the Environment. Volume III – Fukushima*, Chapter 13, 355-364.
- (解説)
9. 塚田祥文、高田祐介、前島勇治、神山和則、齋藤隆、山口紀子、中尾淳、藤村恵人、二瓶直登、古川純、信濃卓也 (2022) 原発事故から 10 年－これまで・今・これからの農業現場を考える, 日本(学会発表)
 10. H. Tsukada, M. Kikuchi, K. Nishi, N. Takamura (2022) Activity concentrations of radiocaesium in self-consumed crops collected in Namie, Fukushima from 2019 to 2020 with associated internal radiation doses to humans (South Pacific Environmental Radioactivity Association, SPERA2022, Christchurch)
 11. 塚田祥文 (2022) 農耕地土壌および作物における ^{129}I 濃度について(日本土壌肥料学会 2022 年度東京大会、東京)
 12. 菊池美保子, 西康一, 高村昇, 塚田祥文 (2022)

福島県浪江町における自家消費作物中放射性 Cs 濃度と内部被ばく線量(2022 年度日本土壤肥料学会東北支部会(山形大会)

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

H. 知的財産権の出願・登録状況
なし

表1 令和4年度採取農作物一覧および前処理 (1/3)

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

表1 令和4年度採取農作物一覧および前処理 (2/3)

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

表1 令和4年度採取農作物一覧および前処理 (3/3)

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

表2 放射能測定結果 (1/3)

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

表2 放射能測定結果 (2/3)

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

表2 放射能測定結果 (3/3)

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

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

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

浜通りと中通りで有意差あり ($P < 0.05$)

表 4 令和 4 年度種別農作物中放射能平均濃度と標準偏差値

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

表 5 令和 4 年度種別農作物中 ^{90}Sr 平均濃度

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

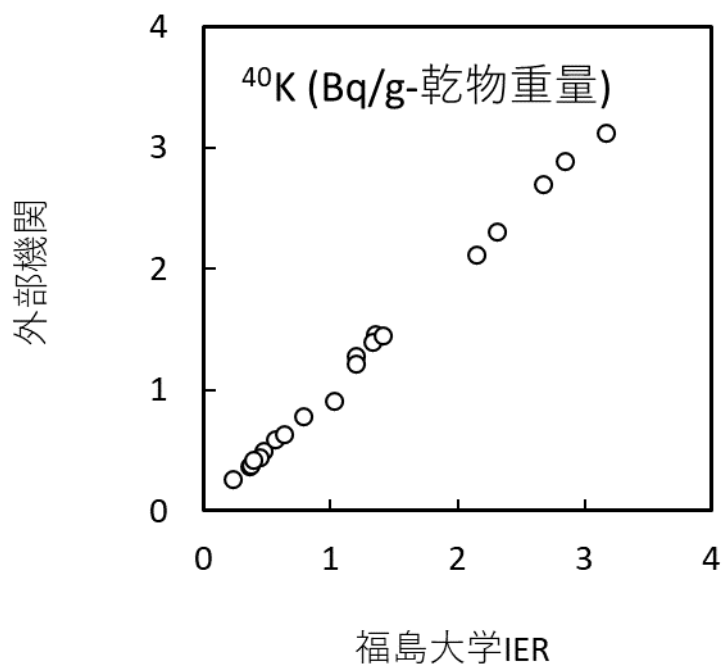
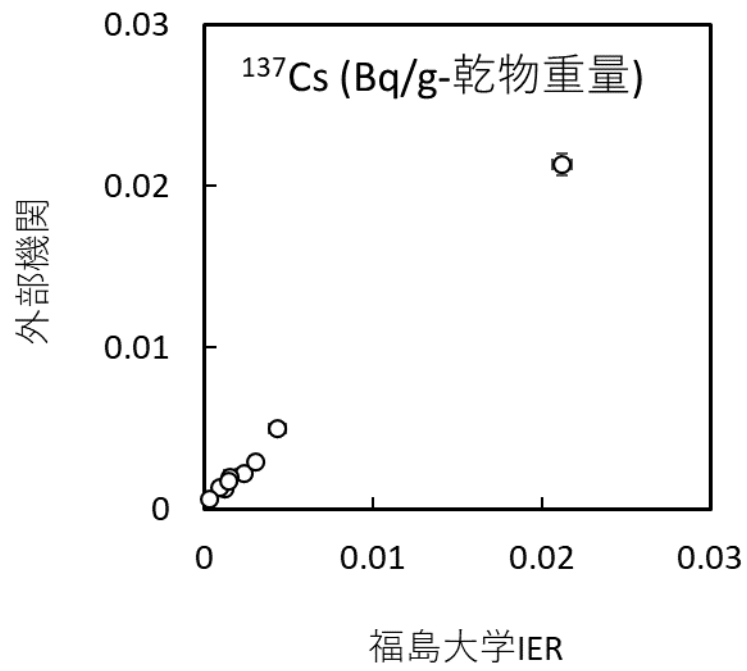


図1 外部機関との ^{137}Cs 及び ^{40}K 測定結果の比較

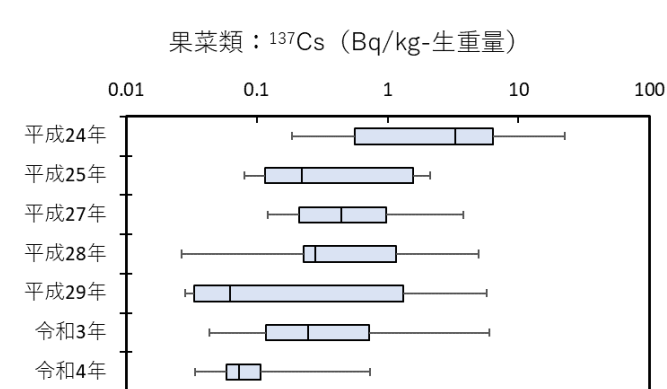
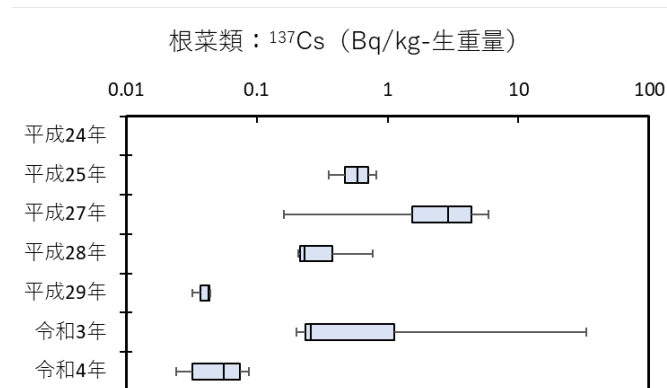
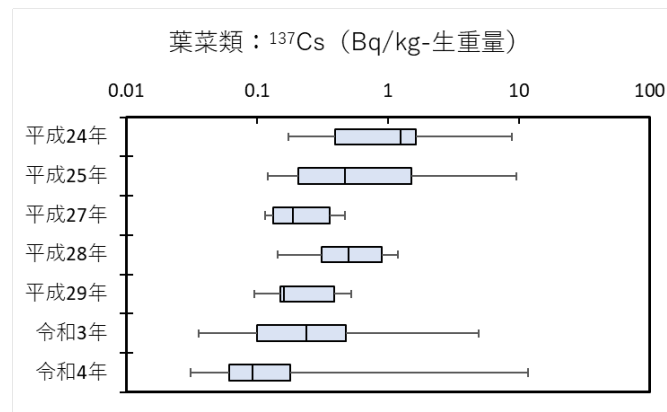
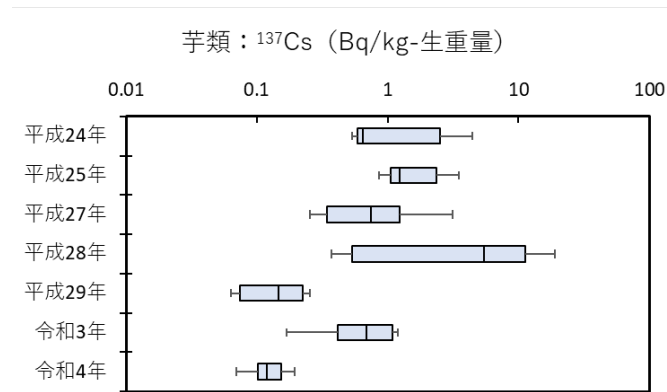


図2 平成24年から令和4年に福島県内で採取した作物中 ^{137}Cs 濃度 (Bq/kg-生重量)
 平成24-25年:中通り;平成27年-29年:浜通り;令和3年:福島市周辺;令和4年:いわき市周辺

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）
令和 5 年度分担研究報告

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い一致を示した(図 1)。作物中 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 及び ^{40}K 濃度を表 2 に示す。平成 23 年の FDNPS 原発事故から 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)

試料名	作物	種類	購入日	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	ニラ	葉菜類	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	ミョウガ	その他	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	フキ	葉菜類	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	ゴボウ	根菜類	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	ツボミナ	葉菜類	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	ハウレンソウ	葉菜類	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	タマネギ	葉菜類	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	エシャロット	根菜類	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	ウド	葉菜類	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	葉菜類	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	ミズナ	葉菜類	2023/4/24	相馬市	714	熱乾燥 70℃	729.95	55.82	0.0765	茎
2023-P12	キャベツ	葉菜類	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	タラノメ	葉菜類	2023/4/24	相馬郡新地町	133	熱乾燥 70℃	99.49	16.70	0.1679	茎
2023-P14	キクイモ	芋類	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	ハツカダイコン	根菜類	2023/4/24	相馬郡新地町	645	凍結乾燥	534.96	35.14	0.0657	葉
2023-P16	スティックセニョール	葉菜類	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	ダイコン（葉）	葉菜類	2023/5/15	相馬郡新地町	684	熱乾燥 70℃	576.92	39.25	0.0680	茎
2023-P18	ダイコン（根）	根菜類	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	セリ	葉菜類	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	スナックエンドウ	果菜類	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	カブ	根菜類	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	果菜類	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	キュウリ	果菜類	2023/5/15	相馬市	1,568	熱乾燥 70℃	1537.77	56.99	0.0371	上下ヘタ
2023-P24	ニンニク	葉菜類	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	ブロッコリー	葉菜類	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	ハクサイ	葉菜類	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	ダイコン	根菜類	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	ニンジン	根菜類	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	インゲンマメ	果菜類	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	シュンギク	葉菜類	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	イチゴ	果菜類	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	サニーレタス	葉菜類	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	チンゲンサイ	葉菜類	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	ジャガイモ	芋類	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	ズッキーニ	果菜類	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	ブルーベリー	果実類	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	ハチミツ	その他	2023/6/6	福島県	300	-	-	-	1.0000	
2023-P38	ラズベリー	果実類	2023/6/20	相馬市	450	凍結乾燥	454.18	71.52	0.1575	無し
2023-P39	ハチミツ	その他	2023/6/20	福島県	300	-	-	-	1.0000	
2023-P40	カボチャ	果菜類	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（カラドリ）	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年度採取農作物一覧および前処理 (3/3)

2023-P81	バジル	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	シャインマスカット	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	シソ (実)	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	ハバネロ	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	ショウガ	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)

		測定試料			¹³⁴ Cs		¹³⁷ Cs			⁴⁰ K					¹³⁴ Cs			¹³⁷ Cs			⁴⁰ K			⁹⁰ Sr	
試料名	作物	試料重量 (g)	試料高さ (cm)	測定時間 (s)	Bq/kg 乾燥									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	±	0.02	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	キクイモ	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	スティックセニョール	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2 放射能測定結果 (2/3)

2023-P41	トウモロコシ	62.553	4.3	300,000		<	0.54		<	0.45	408	±	6		<	0.12		<	0.10	89	±	1.2	
2023-P42	ウメ	75.574	4.55	264,309		<	0.36	5.66	±	0.14	798	±	6		<	0.03	0.51	±	0.01	72	±	0.5	
2023-P43	エダマメ	66.042	4.4	300,000		<	0.54		<	0.44	544	±	6		<	0.16		<	0.13	157	±	1.7	0.16
2023-P44	シソ (青)	10.662	2.1	422,617		<	1.40	2.66	±	0.29	1,224	±	13		<	0.16	0.31	±	0.03	142	±	1.5	
2023-P45	シソ (赤)	23.882	4.15	517,868		<	0.73	0.95	±	0.15	923	±	8		<	0.11	0.15	±	0.02	146	±	1.2	
2023-P46	オカワカメ	22.583	2.45	343,978		<	0.88	3.43	±	0.20	2,715	±	14		<	0.05	0.21	±	0.01	169	±	0.9	
2023-P47	ハワサビ	29.982	4	321,327		<	0.97	1.84	±	0.22	1,841	±	13		<	0.09	0.16	±	0.02	162	±	1.1	
2023-P48	モロヘイヤ	37.812	4.4	284,685		<	0.68	3.07	±	0.18	1,603	±	11		<	0.09	0.41	±	0.02	214	±	1.4	
2023-P49a	エゴマ	40.840	4.6	299,950		<	0.59		<	0.67	153	±	3		<	0.56		<	0.63	145	±	3.3	
2023-P50	トウガラシ	38.042	4.1	232,810		<	0.65	7.26	±	0.24	1,252	±	10		<	0.57	6.29	±	0.21	1,084	±	8.9	
2023-P51	ブラム	26.048	3.55	429,296		<	0.67	2.83	±	0.17	407	±	5		<	0.07	0.28	±	0.02	40	±	0.5	
2023-P52	ツルムラサキ	47.812	4.55	300,000		<	0.85	1.54	±	0.24	1,964	±	14		<	0.05	0.09	±	0.01	119	±	0.8	
2023-P53	アスパラガス	27.481	2.2	79,985		<	1.43	5.08	±	0.40	1,530	±	20		<	0.08	0.27	±	0.02	82	±	1.1	0.02
2023-P54	バセリ	22.058	4.35	299,946		<	1.13	2.39	±	0.24	1,666	±	14		<	0.15	0.32	±	0.03	221	±	1.9	
2023-P55	ピーマン	36.472	3.95	259,858		<	0.70	2.06	±	0.17	1,069	±	9		<	0.04	0.12	±	0.01	60	±	0.5	
2023-P56	ナス	30.479	4.4	299,945		<	0.84	1.87	±	0.19	1,086	±	10		<	0.06	0.12	±	0.01	72	±	0.6	
2023-P57	サトイモ茎 (カラドリ)	43.002	4.3	166,444		<	0.91	2.10	±	0.20	2,670	±	17		<	0.05	0.11	±	0.01	139	±	0.9	
2023-P58	パブリカ	55.288	4.15	299,943		<	0.45	0.53	±	0.09	968	±	7		<	0.03	0.03	±	0.005	54	±	0.4	
2023-P59	ゴーヤ	38.569	2.95	256,580		<	0.66	3.11	±	0.17	1,779	±	11		<	0.03	0.15	±	0.008	84	±	0.5	
2023-P60	ツルムラサキ	44.150	4.4	170,764		<	0.83	6.47	±	0.26	2,087	±	15		<	0.06	0.44	±	0.02	143	±	1.0	
2023-P61	コマツナ	33.164	4.35	299,938		<	0.88	1.80	±	0.18	2,618	±	14		<	0.05	0.10	±	0.01	148	±	0.8	0.31
2023-P62	トマト	22.252	3.2	299,945		<	0.98	1.49	±	0.21	1,066	±	11		<	0.10	0.15	±	0.02	104	±	1.0	0.13
2023-P63	パクチー	9.993	1.7	299,946		<	1.78	1.96	±	0.65	2,412	±	20		<	0.18	0.20	±	0.07	248	±	2.1	
2023-P64	オクラ	38.393	2.65	300,000		<	0.45	0.99	±	0.11	979	±	7		<	0.04	0.09	±	0.01	87	±	0.7	
2023-P65	シシトウ	26.678	3.55	300,000		<	0.76		<	0.93	1,137	±	10		<	0.07		<	0.08	98	±	0.9	
2023-P66	プリンスメロン	47.090	4.55	85,944		<	0.98	4.39	±	0.29	833	±	13		<	0.14	0.63	±	0.04	119	±	1.8	
2023-P67	キクラゲ	30.011	2.15	198,490		<	0.70	2.25	±	0.22	187	±	5		<	0.07	0.22	±	0.02	18	±	0.4	0.10
2023-P68	ウリ	54.207	4.55	258,385		<	0.48	1.32	±	0.12	904	±	7		<	0.07	0.18	±	0.02	123	±	1.0	
2023-P69	シロナス	57.935	4.65	300,000		<	0.47	0.74	±	0.10	925	±	7		<	0.03	0.05	±	0.006	60	±	0.4	
2023-P70	クウシンサイ	39.249	4.45	300,000		<	0.64	1.28	±	0.15	2,365	±	12		<	0.06	0.12	±	0.01	224	±	1.2	
2023-P71	リンゴ	41.127	4.45	300,000		<	0.89	1.20	±	0.19	266	±	6		<	0.12	0.16	±	0.03	36	±	0.8	
2023-P72	ナシ	100.146	4.85	300,000		<	0.39	0.73	±	0.09	288	±	4		<	0.05	0.10	±	0.01	40	±	0.5	
2023-P73	スイカ	47.508	4.45	51,455		<	2.02	5.56	±	0.55	532	±	17		<	0.22	0.60	±	0.06	58	±	1.9	
2023-P74	ハックルベリー	52.621	4.5	300,000		<	0.78		<	0.68	1,343	±	10		<	0.10		<	0.09	174	±	1.4	
2023-P75	ブドウ	107.146	4.55	300,000		<	0.36	0.88	±	0.09	218	±	3		<	0.07	0.16	±	0.02	40	±	0.6	
2023-P76	イチジク	32.385	4.45	300,000		<	1.05		<	1.02	376	±	8		<	0.16		<	0.16	57	±	1.2	
2023-P77	サツマイモ	70.503	4.55	270,483		<	0.56	1.30	±	0.13	382	±	5		<	0.19	0.45	±	0.04	131	±	1.8	
2023-P78	ダイズ	61.605	4.35	300,000		<	0.62	0.80	±	0.14	644	±	7		<	0.56	0.73	±	0.13	586	±	6.1	
2023-P79	ダイズ (クロ)	64.531	4.5	300,000		<	0.61	0.54	±	0.12	563	±	6		<	0.56	0.49	±	0.11	519	±	5.9	
2023-P80	サラダナ	15.650	3.05	300,000		<	1.96		<	1.90	2,225	±	23		<	0.09		<	0.09	108	±	1.1	

表2 放射能測定結果 (3/3)

2023-P81	バジル	6.610	1.05	300,000		<	3.52		<	2.81	1,320	±	25		<	0.45		<	0.36	168	±	3.2	
2023-P82	バターナッツカボチャ	68.092	4.35	3,600		<	7.97	38.58	±	3.73	1,094	±	76		<	0.83	4.03	±	0.39	114	±	7.9	
2023-P83	トウガン	70.761	4.3	39,727		<	1.88	5.43	±	0.54	2,752	±	35		<	0.05	0.14	±	0.01	73	±	0.9	
2023-P84	モロヘイヤ	31.582	4.05	300,000		<	1.19		<	1.54	1,253	±	13		<	0.16		<	0.20	164	±	1.7	
2023-P85	シャインマスカット	84.604	4.25	300,000		<	0.43	0.82	±	0.10	371	±	4		<	0.08	0.15	±	0.02	67	±	0.8	
2023-P86	ユズ	37.880	4.4	85,719		<	1.14	9.83	±	0.45	482	±	11		<	0.25	2.15	±	0.10	105	±	2.4	
2023-P87	サトイモ	69.859	4.4	101,072		<	0.62	1.69	±	0.16	825	±	10		<	0.11	0.31	±	0.03	153	±	1.8	
2023-P88	シソ (実)	14.783	4.05	68,697		<	3.34	12.03	±	0.94	635	±	23		<	0.78	2.81	±	0.22	148	±	5.3	
2023-P89	アロエ	10.026	0.6	21,317		<	5.87	22.91	±	1.91	2,136	±	64		<	0.05	0.21	±	0.02	19	±	0.6	
2023-P90	クリ	69.331	4.55	238,820		<	0.42	1.89	±	0.11	397	±	4		<	0.18	0.80	±	0.05	168	±	1.9	
2023-P91	スダチ	59.170	4.3	75,077		<	1.29	3.57	±	0.35	625	±	14		<	0.20	0.55	±	0.05	97	±	2.1	
2023-P92	キウイ	38.199	4.65	300,000		<	0.89	1.08	±	0.21	622	±	9		<	0.13	0.16	±	0.03	91	±	1.3	
2023-P93	ハチミツ	114.865	4.7	63,123		<	0.74	2.05	±	0.20	16	±	2		<	0.74	2.05	±	0.20	16	±	2.5	
2023-P94	ハヤトウリ	45.103	3	300,000		<	0.73	0.68	±	0.16	1,118	±	10		<	0.03	0.03	±	0.006	44	±	0.4	
2023-P95	コンニャクイモ	71.740	4.3	300,000		<	0.53	0.73	±	0.11	898	±	7		<	0.07	0.10	±	0.01	120	±	1.0	
2023-P96	ハバネロ	15.852	1.85	300,000		<	1.66	1.62	±	0.29	1,155	±	15		<	0.16	0.15	±	0.03	109	±	1.4	
2023-P97	キク	24.501	3.75	101,831		<	1.50	7.23	±	0.48	898	±	16		<	0.18	0.87	±	0.06	109	±	2.0	
2023-P98	カキ	37.140	4.45	300,000		<	0.62	0.57	±	0.17	438	±	6		<	0.10	0.09	±	0.03	69	±	0.9	
2023-P99	ショウガ	46.092	3.2	300,000		<	0.53	1.02	±	0.11	1,636	±	9		<	0.04	0.07	±	0.008	114	±	0.6	
2023-P100	ラッカセイ	75.383	4.45	300,000		<	0.29	0.30	±	0.07	257	±	3		<	0.23	0.23	±	0.05	199	±	2.4	
2023-P101	モチ麦	76.277	4.7	25,480		<	0.99	3.79	±	0.37	84	±	6		<	0.89	3.39	±	0.33	75	±	5.6	
2023-P102	ゲンマイ (コシヒカリ)	1824.020	マリネリ2L	234,164		<	0.03	0.39	±	0.01	68	±	0.5		<	0.03	0.34	±	0.01	59	±	0.4	0.26
2023-P103	ゲンマイ (天のつぶ)	1843.150	マリネリ2L	101,155		<	0.04	0.19	±	0.01	70	±	0.7		<	0.04	0.17	±	0.01	62	±	0.6	
2023-P104	マコモタケ	38.737	3.25	14,760		<	3.16	44.26	±	1.92	837	±	32		<	0.27	3.82	±	0.17	72	±	2.8	0.09
2023-P105	コールラビ	26.323	1.95	156,320		<	1.46	2.56	±	0.23	1,926	±	16		<	0.07	0.13	±	0.01	98	±	0.8	
2023-P106	パパイヤ	69.439	4.75	22,249		<	1.56	5.45	±	0.50	921	±	22		<	0.11	0.38	±	0.03	64	±	1.5	
2023-P107	ヤーコン	81.994	4.6	300,000		<	0.30		<	0.27	498	±	4		<	0.04		<	0.04	72	±	0.6	
2023-P108	カリフラワー	60.420	4.3	300,000		<	0.43	1.02	±	0.10	1,452	±	8		<	0.04	0.08	±	0.008	120	±	0.6	
2023-P109	ヤマイモ	76.600	4.5	261,564		<	0.37	1.56	±	0.09	877	±	6		<	0.05	0.22	±	0.01	123	±	0.8	
2023-P110	ギンナン	85.682	4.65	300,000		<	0.29	0.95	±	0.07	325	±	3		<	0.14	0.48	±	0.03	164	±	1.6	
2023-P111	タイナ	33.022	4.3	300,000		<	1.15		<	1.10	2,273	±	17		<	0.07		<	0.07	141	±	1.1	
2023-P112	タアサイ	31.666	4.35	300,000		<	0.81	1.64	±	0.19	2,100	±	13		<	0.04	0.08	±	0.01	106	±	0.7	
2023-P113	ナバナ	44.150	4.6	300,000		<	0.59	1.00	±	0.12	1,106	±	8		<	0.07	0.12	<	0.01	130	±	1.0	
2023-P114	アズキ	79.713	4.6	300,000		<	0.46	0.65	±	0.11	455	±	5		<	0.40	0.56	±	0.09	389	±	4.3	
2023-P115	カリン	66.439	4.65	205,331		<	0.67	1.68	±	0.17	377	±	6		<	0.14	0.35	±	0.03	79	±	1.3	
2023-P116	クルミ	88.720	4.7	227,958		<	0.47	1.30	±	0.13	162	±	3		<	0.45	1.25	±	0.12	156	±	3.3	
2023-P117	ゲンマイ (コシヒカリ)	1798.510	マリネリ2L	89,839		<	0.05	0.17	±	0.01	68	±	0.7		<	0.04	0.15	±	0.01	60	±	0.7	0.34

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

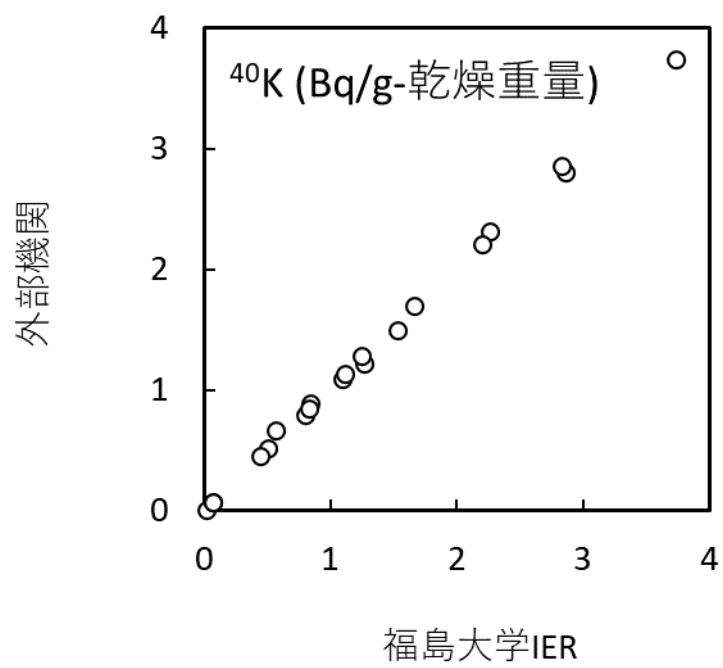
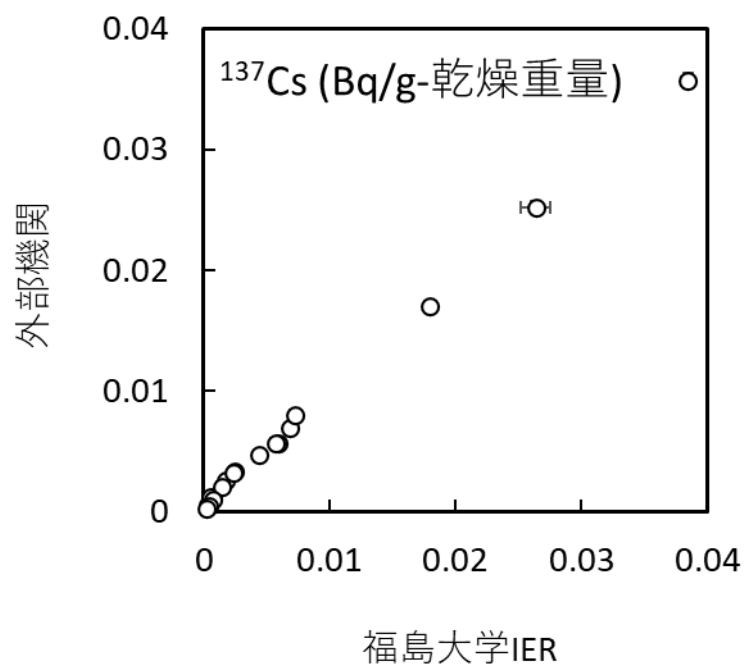


図1 外部機関との ^{137}Cs 及び ^{40}K 測定結果の比較

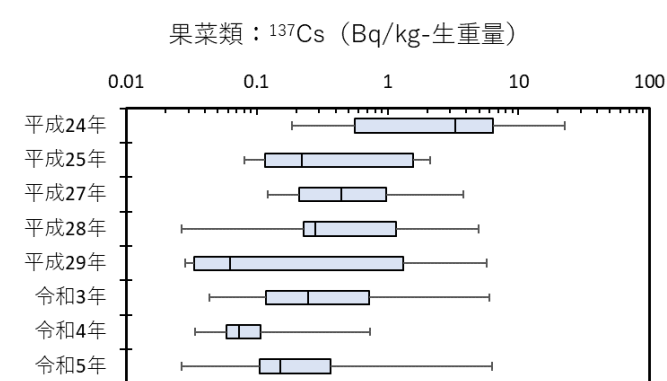
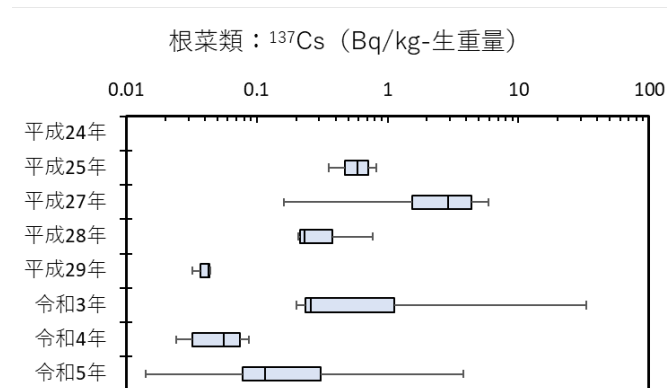
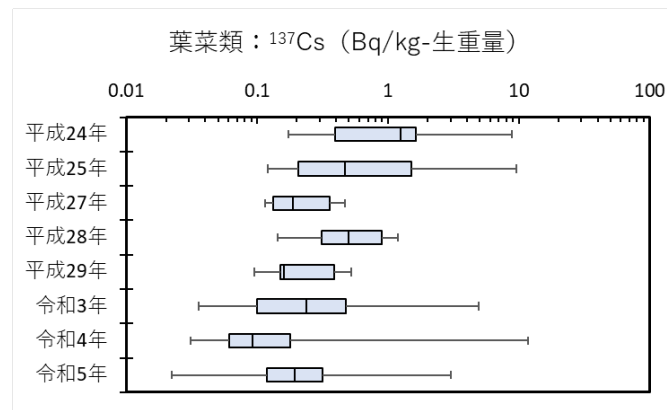
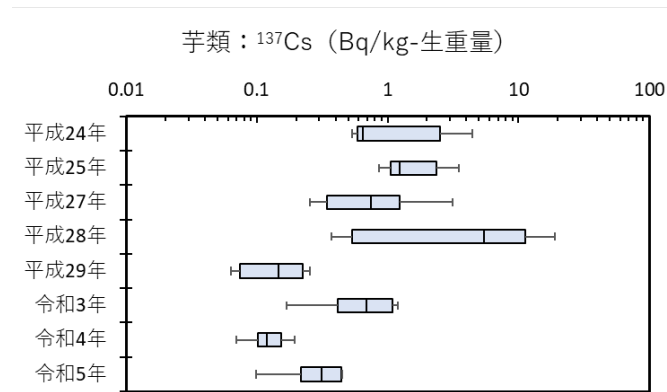


図2 平成24年から令和5年に福島県内で採取した作物中 ^{137}Cs 濃度 (Bq/kg-生重量)
 平成24-25年: 中通り; 平成27年-29年: 浜通り; 令和3年: 福島市周辺; 令和4年: いわき市周辺;
 令和5年度: 南相馬市と相馬市周辺

(資料-2)

水産物食品中の放射性物質濃度等に関する研究
(令和3年～令和5年度分担研究報告書)

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）
令和3年度分担研究報告

水産物食品中の放射性物質濃度等に関する研究

分担研究者 青野 辰雄（量子科学技術研究開発機構）

研究代表者 明石 真言（東京医療保健大学）

研究要旨

平成 23 年 3 月に発生した東日本大震災に起因する東京電力福島第一原子力発電所(FDNPS)事故によって大量の放射性物質が施設外の環境へ放出されたことにより、食品の摂取による内部被ばくの影響が懸念された。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。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-238 (^{238}Pu)、プルトニウム-239 (^{239}Pu)、プルトニウム-240 (^{240}Pu)及びプルトニウム-241 (^{241}Pu)については、環境モニタリングや環境移行パラメータにより放射性 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。また放射性 Cs 以外の ^{90}Sr などに対する内部被ばくの不安は依然として大きいことから、食品中の放射性核種濃度を測定することにより、安全が担保されていることを検証することが必要不可欠である。今年度は福島県水産海洋研究センターと相馬双葉漁業協同組合の協力を得て、福島沖で採取され、県内に流通する魚類 3 種を入手し、個体ごとに部位別の分別を行い、試料減容のために乾燥と灰化を行い、測定試料の作成を行った。魚類 3 種の可食部位中のセシウム-134 (^{134}Cs)濃度は検出下限値以下で、セシウム-137 (^{137}Cs)濃度は、福島県が実施しているモニタリングの検出下限値の 1 Bq/kg-生重量よりも十分に低い濃度であった。個体間による大きな濃度のばらつきも認められなかった。魚類を採取した海域の海水中の放射性 Cs を測定した結果、 ^{134}Cs 濃度は検出下限値以下で、 ^{137}Cs 濃度も福島原発事故以前に近い濃度(1-7 mBq/L) であった。この結果を用いて、すでに報告されている海水と魚類の濃縮比(CR)から魚類中の推定した ^{137}Cs 濃度範囲は、0.5-0.9 Bq/kg-生重量で、概ね一致しており、魚類中の ^{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。

A. 研究目的

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-238 (^{238}Pu)、プルトニウム-239 (^{239}Pu)、プルトニウム-240 (^{240}Pu)及びプルトニウム-241 (^{241}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、95%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⁾。今年度は福島第一原発事故から約11年が経過した福島県沖で漁獲された食品として流通する魚類について、部位毎の放射性核種の濃度比を明らかにすることを目的に、「水産物食品中の放射性物質濃度等に関する研究」を実施した。これまで、魚類中の可食部中の ^{90}Sr やPu同位体の濃度に関して調査を行ってきた。しかし、 ^{90}Sr やPu同位体の測定を行うためには、灰試料重量として約20-40gが必要で、個体毎の定量はできない。そこで、魚種毎の部位ごとに定量が可能となる試料の収集も行った。

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3年10月6日から29日に福島相双海域で採取し、市場に流通する魚介類3種(マダイ、スズキ及びイシガレイ)を本研究の対象とした。魚種、体長や重量などの試料に関する情報を表1に示す。調査を行った3種では、同種間で個体ごとの体長や重量に大きな差がでないように試料を選別した。また、海水中の放射性Cs濃度についても調査するために、採水を行なった。

1.2. γ 核種の濃度の測定

魚類は、個体毎のばらつきを確認するために、体液等のドリップによる損失が少ないように速やかに、体長や重量等の計量を行い、可食部、内臓部、アラ部(可食部と内臓部以外)に分別処理を行った。110度で恒量になるまで

乾燥し、450度で灰化を行なった。この灰試料をU8容器またはチューブに詰めて、Canberra社製低バックグラウンドGe半導体検出器(GX2019)等を用いて、24時間以上の γ 核種の測定を行った。Ge半導体検出器は、日本アイソトープ協会製の標準体積線源(5~50mm、9.5~95g、アルミナ)を用いて効率曲線を作成したものをを用いた。 ^{134}Cs (604.7 keV 及び 796 keV の加重平均値)、 ^{137}Cs (661.7 keV)及びカリウム-40 (^{40}K)(1460 keV)の定量結果を記録した。 ^{134}Cs は複数のエネルギーで検出されるために、これまでガンマ線放出率が最も高い604.7 keV(97.62%)の定量結果を用いてきた。しかし、796keVのガンマ線放出率(85.5%)も他のガンマ線エネルギーより高いことから、この2つのエネルギーで検出された定量結果を加重平均したものが望ましいため³⁾、従来と同様に、この計算方法を用いた。なお ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 及び ^{40}K 以外の γ 核種は計測されなかった。試料重量が少ない場合は検出下限値が高くなるが、 ^{134}Cs 及び ^{137}Cs の検出下限値は、概ね10 mBq/kg-生重量であった。海水試料は孔径0.45 μm のフィルターを用いてろ過を行い、溶存態放射性Csはリンモリブデン酸アンモニウム(AMP)法⁴⁾を用いて処理を行い、ゲルマニウム半導体検出器で測定を行った。検出下限値は、概ね1 mBq/Lであった。

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3年10月に入手した水産物中の放射性Cs及び ^{40}K 濃度測定の結果を表2と表3に示した。各部位の平均値は、検出された値と部位の重量を用いて加重平均したものであり、魚類全身(1個体)の濃度も同様に計算をして求めた。マダイ、スズキ及びイシガレイから ^{134}Cs は検出されなかった。マダラ、スズキ及びイシガレイの可食部の ^{137}Cs 濃度平均(濃度範囲)は、それぞれ0.44 Bq/kg-生重量(0.24-0.67 Bq/kg-生重量)、0.74 Bq/kg-生重量(0.56-0.95 Bq/kg-生重量)及び0.37 Bq/kg-生重量(0.22-0.63 Bq/kg-生重量)で、またマダイ、スズキ及びイシガレイの可食部の ^{40}K 濃度平均(濃度範囲)は、それぞれ148 Bq/kg-生重量(141-159 Bq/kg-生重量)、121 Bq/kg-生重量(113-125 Bq/kg-生重量)及び140 Bq/kg-生重量(130-149 Bq/kg-生重量)であった。これらの値は、海洋環境における放射能調査及び総合評価事業で令和3年9月と令和4

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⁵⁾。

魚類が生息する海水中の放射性Cs濃度の結果を表4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 濃度は、10-18 mBq/Lであった。請戸漁港と富岡漁港は請戸川と富岡川の河口に位置しており、河川水の流入による影響と考えられる。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、1.9-2.6 mBq/L以上であり、 ^{90}Sr 濃度は0.6-0.8 mBq/L以下であり⁷⁾、今回の結果は平常時レベルと捉えることができる。

D. 考察

1. 福島沖海産生物中の放射性核種濃度について

令和3年10月に福島相双海域で採取したマダイ、スズキ、及びイシガレイから ^{134}Cs は検出されなかった。福島原発事故時に環境へ放出された ^{134}Cs と ^{137}Cs の放射能比は概ね1:1であったことが報告されている⁹⁾が、 ^{134}Cs と ^{137}Cs の物理学的半減期はそれぞれ約2年と30年であり、福島原発事故から約11年を経過した令和4年1月の時点では、計算上の $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比は約0.06となる。試料中の放射性Cs濃度は低いことが予想されたため、検出下限値を下げるために、可食部、内臓部やアラ部の試料を灰にすることで重量を約数%まで減容した。このいわゆる濃縮した試料中から検出された ^{137}Cs 濃度に、 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比を用いて計算した ^{134}Cs の推定濃度は検出下限値に相当した。つまり、今回得られた ^{137}Cs 濃度(数十mBq/kg-生重量)の傾向が続く場合、さらに試料の前処理や濃縮操作を行わない限り ^{134}Cs を正確に検出することは難しいことが考えられる。

魚の部位ごとの重量と ^{137}Cs 濃度の比較を行った。個体重量に対する部位ごとの重量割合は、キアコウを除き可食部が40-50%、アラ部が30-40%で、内臓部が10-30%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50-60%、アラ部が20-30%で、内臓部が15-25%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、可食部中の濃度と比べ

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10-18 mBq/Lであった。海産魚類のCsの濃縮比(CR)⁵⁰⁾を用いて、海水中の ^{137}Cs 濃度から魚類中の ^{137}Cs 濃度を推定すると、0.5-0.9 Bq/Kg-生重量と推定される。今回、分析した魚類中の ^{137}Cs 濃度範囲以下であり、概ね魚類中の放射性Cs濃度は環境水濃度を反映していたことが考えられる。また海水中の ^{90}Sr 濃度は0.6-0.9mBq/Lであった。海産魚類のSrの濃縮比(CR)³¹⁰⁾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、1.8-2.7 mBq/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」における検出下限値の6 mBq/Kg-生重量以下となり、概ね魚類中の ^{90}Sr 濃度も環境水濃度を反映していたことが考えられる。

E. 結論

福島相双海域で採取し、市場流通する魚介類中の部位別の放射性Csと ^{40}K を定量した結果、魚類可食部で ^{134}Cs は検出下限値以下で、 ^{137}Cs 濃度範囲は検出下限値以下から1.0 Bq/kg-生重量であった。魚介類が生息する福島沿岸における海水中の放射性Csと ^{90}Sr 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と ^{90}Sr 濃度の推定を行ったところ、 ^{137}Cs および ^{90}Sr 濃度は環境水を反映していることが確認された。海産魚類(全体)中の ^{137}Cs 濃度に対する ^{90}Sr 濃度の割合は、5%程度であり、食品の基準値の算出基準の考え方¹⁴⁾に対して影響を与えないものであることが確認できた。さらに魚類では内臓部に濃縮されやすいPuについては、魚類内臓部中の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度の測定を行い、その結果より魚類全身中の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度は、検出下限値以下またはそれに近似した濃度であることを明らかにした。

引用文献

- 1) 福島県: 海産魚介類に関する出荷制限等の措置一欄 <https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/ps-suisanka-monita-top.html> (2022年3月アクセス)

- 2) 魚介類の放射線モニタリング検査に関する結果:
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/monitoring.html> (2022 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) 公益財団法人海洋生物環境研究所、令和 3 年度原子力施設等防災対策等委託費(海洋環境における放射能調査及び総合評価)事業 調査報告書、令和 4 年 3 月.
- 6) 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.
- 7) 立田 穰、海産生物への放射性セシウム移行に関するモデル解析について、Isotope News No.719、32-36、2014.
- 8) IAEA, Technical Reports Series No.422: Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factors for Biota in the Marine Environment, p.36, 2004
- 9) 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.
- 10) 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.
- 11) Jian Zheng et al., Release of Plutonium Isotopes into the Environment from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident: What Is Known and What Needs to Be Known, Environ. Sci. Technol. 47, 17, 9584-9595, 2013.
- 12) 原子力環境整備センター、環境パラメータシリーズ 6「海洋生物への放射性物質の移行」、1965.

F. 健康危険情報

なし

G.研究業績

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	全長	体長	個体	部位別生重量		
				生重量	可食部	アラ部	内臓部
		cm	cm	kg	kg	kg	kg
マダイ	採取日 令和3年10月6日						
	RSB-1	46.0	42.0	1.19	0.51	0.61	0.07
	RSB-2	49.0	45.0	1.19	0.52	0.58	0.09
	RSB-3	48.0	44.0	1.49	0.63	0.73	0.13
	RSB-4	46.0	42.0	1.15	0.49	0.60	0.07
	RSB-5	47.0	42.5	1.39	0.61	0.68	0.10
スズキ	採取日 令和3年10月6日						
	SB-1	56.5	48.0	1.56	0.68	0.71	0.16
	SB-2	51.0	44.0	1.33	0.59	0.63	0.11
	SB-3	52.0	45.0	1.44	0.69	0.66	0.09
	SB-4	44.5	39.0	1.53	0.76	0.62	0.15
	SB-5	49.0	41.5	1.16	0.52	0.52	0.12
イシガレイ	採取日 令和3年10月29日						
	SF-1	43.0	37.0	1.47	0.84	0.50	0.13
	SF-2	36.0	30.0	1.00	0.52	0.38	0.11
	SF-3	37.0	32.0	1.48	0.60	0.73	0.15
	SF-4	40.5	35.5	1.57	0.88	0.51	0.18
	SF-5	42.5	37.5	1.26	0.65	0.49	0.12

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		
			err			err			err			err	
マダイ	RSB-1	0.24	± 0.02		0.31	± 0.02		0.17	± 0.01		0.39	± 0.04	
	RSB-2	0.20	± 0.05		0.24	± 0.03		0.16	± 0.02		0.29	± 0.37	
	RSB-3	0.27	± 0.02		0.33	± 0.02		0.21	± 0.02		0.37	± 0.03	
	RSB-4	0.51	± 0.03		0.67	± 0.04		0.38	± 0.02		0.50	± 0.07	
	RSB-5	0.45	± 0.03		0.64	± 0.03		0.30	± 0.02		0.35	± 0.05	
	平均値 ²⁾	0.33	± 0.03		0.44	± 0.03		0.24	± 0.02		0.37	± 0.11	
スズキ	SB-1	0.39	± 0.02		0.56	± 0.03		0.27	± 0.02		0.20	± 0.02	
	SB-2	0.64	± 0.03		0.89	± 0.04		0.47	± 0.03		0.30	± 0.04	
	SB-3	0.48	± 0.02		0.65	± 0.02		0.33	± 0.01		0.29	± 0.03	
	SB-4	0.73	± 0.02		0.95	± 0.02		0.52	± 0.02		0.42	± 0.02	
	SB-5	0.43	± 0.03		0.62	± 0.04		0.28	± 0.02		0.21	± 0.04	
	平均値 ²⁾	0.52	± 0.02		0.74	± 0.03		0.35	± 0.02		0.28	± 0.03	
イシガレイ	SF-1	0.19	± 0.01		0.22	± 0.01		0.12	± 0.02		0.19	± 0.02	
	SF-2	0.23	± 0.02		0.29	± 0.02		0.16	± 0.01		0.17	± 0.02	
	SF-3	0.32	± 0.02		0.43	± 0.03		0.23	± 0.01		0.32	± 0.03	
	SF-4	0.49	± 0.02		0.63	± 0.02		0.34	± 0.01		0.17	± 0.02	
	SF-5	0.26	± 0.01		0.34	± 0.01		0.16	± 0.01		0.17	± 0.03	
	平均値 ²⁾	0.30	± 0.02		0.39	± 0.02		0.21	± 0.01		0.21	± 0.02	

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

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

表3 福島相双海域で採取した魚介類中の⁴⁰K濃度

魚 種	番号	全身 ¹⁾			可食部			アラ部			内臓部		
		Bq/kg-生重量		err	Bq/kg-生重量		err	Bq/kg-生重量		err	Bq/kg-生重量		err
マダイ	RSB-1	110.5	±	0.9	148.9	±	1.2	81.2	±	0.6	83.7	±	1.4
	RSB-2	118.8	±	1.3	158.5	±	1.7	88.6	±	0.9	82.4	±	2.2
	RSB-3	107.4	±	1.2	145.4	±	1.4	78.9	±	1.0	82.9	±	1.1
	RSB-4	110.8	±	1.2	141.7	±	1.5	86.5	±	0.8	104.4	±	1.6
	RSB-5	114.4	±	1.2	145.0	±	1.5	91.2	±	0.8	87.2	±	1.9
	平均値 ²⁾	112.2	±	1.2	147.8	±	1.5	85.1	±	0.8	87.1	±	1.6
スズキ	SB-1	88.2	±	1.0	116.9	±	1.2	70.5	±	0.9	44.9	±	0.7
	SB-2	103.4	±	1.2	113.2	±	1.3	66.0	±	1.2	51.9	±	1.2
	SB-3	96.1	±	0.8	124.3	±	1.0	72.9	±	0.6	53.1	±	1.0
	SB-4	99.9	±	0.9	125.1	±	1.0	72.4	±	0.7	84.0	±	0.9
	SB-5	87.7	±	1.2	121.7	±	1.5	65.1	±	0.8	36.8	±	1.0
	平均値 ²⁾	100.0	±	1.0	120.5	±	1.2	69.6	±	0.9	55.0	±	0.9
イシガレイ	SF-1	126.9	±	1.0	149.4	±	1.0	96.4	±	0.9	96.6	±	1.1
	SF-2	117.0	±	1.0	139.8	±	1.2	90.5	±	0.7	98.2	±	1.0
	SF-3	94.6	±	0.7	130.1	±	0.7	68.2	±	0.5	81.4	±	1.2
	SF-4	121.2	±	0.9	149.0	±	1.0	93.3	±	0.6	62.3	±	0.8
	SF-5	121.7	±	0.8	149.4	±	0.8	88.3	±	0.6	107.9	±	1.2
	平均値 ²⁾	116.1	±	0.8	140.1	±	1.1	81.0	±	0.7	74.1	±	1.0

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 福島沿岸における海水中の放射性Cs濃度

試料番号	採取点	位置 北緯	東経	採取日時	Cs-134 ¹⁾	Cs-137	mBq/L
1	NO-1 水深 5m	37° 30′	141° 30′	令和3年10月20日	検出下限値以下	1.14 ±	0.09
2	NO-1 水深 50m	37° 30′	141° 30′	令和3年10月20日	検出下限値以下	1.13 ±	0.09
3	NO-1 水深 126m	37° 30′	141° 30′	令和3年10月20日	検出下限値以下	1.50 ±	0.11
4	福島原発近傍沖	37° 26′	141° 03′	令和3年5月7日	検出下限値以下	4.87 ±	0.35
5	福島原発近傍沖	37° 26′	141° 03′	令和3年6月9日	検出下限値以下	2.93 ±	0.28
6	福島原発近傍沖	37° 26′	141° 03′	令和3年9月15日	検出下限値以下	2.50 ±	0.36
7	福島原発近傍沖	37° 26′	141° 03′	令和3年10月28日	検出下限値以下	6.91 ±	0.40
8	いわき市四倉沖	37° 03′	141° 01′	令和3年4月12日	検出下限値以下	2.06 ±	0.24
9	いわき市四倉沖	37° 03′	141° 01′	令和3年5月7日	検出下限値以下	2.97 ±	0.27
10	いわき市四倉沖	37° 03′	141° 01′	令和3年6月7日	検出下限値以下	2.56 ±	0.28
11	いわき市四倉沖	37° 03′	141° 01′	令和3年7月2日	検出下限値以下	2.99 ±	0.35
12	いわき市四倉沖	37° 03′	141° 01′	令和3年8月20日	検出下限値以下	2.38 ±	0.32
13	いわき市四倉沖	37° 03′	141° 01′	令和3年9月3日	検出下限値以下	1.72 ±	0.29
14	いわき市四倉沖	37° 03′	141° 01′	令和3年10月8日	検出下限値以下	6.68 ±	0.39
15	いわき市四倉沖	37° 03′	141° 01′	令和3年11月5日	検出下限値以下	3.59 ±	0.37
16	いわき市四倉沖	37° 03′	141° 01′	令和3年12月2日	検出下限値以下	2.31 ±	0.37

1) ¹³⁴Csの検出下限値は、1.5-1.9 mBq/Lである。

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）
令和4年度分担研究報告

水産物食品中の放射性物質濃度等に関する研究

分担研究者 青野 辰雄（量子科学技術研究開発機構）

研究代表者 明石 真言（東京医療保健大学）

研究要旨

平成23年3月に発生した東日本大震災に起因する東京電力福島第一原子力発電所(FDNPS)事故によって大量の放射性物質が施設外の環境へ放出されたことにより、食品の摂取による内部被ばくの影響が懸念された。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。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4年度は福島県水産海洋研究センターと相馬双葉漁業協同組合の協力を得て、福島沖で採取され、県内に流通する魚類2種を入手し、個体部位毎の分別を行い、試料減容を行い、測定試料の作成を行った。魚類可食部位中のセシウム-134 (^{134}Cs)濃度は検出下限値以下で、セシウム-137 (^{137}Cs)濃度は、福島県が実施しているモニタリングの検出下限値の10 Bq/kg-生重量よりも1桁小さい濃度であった。魚類を採取した海域の海水中の放射性 Cs 濃度は、 ^{134}Cs 濃度が検出下限値以下で、 ^{137}Cs 濃度も福島原発事故以前に近い濃度であった。この結果を用いて、すでに報告されている海水と魚類の濃縮比(CR)から魚類中の推定した ^{137}Cs 濃度範囲は、0.5-0.9 Bq/Kg-生重量で、実測値と概ね一致した。魚類中 ^{137}Cs 濃度範囲は生息環境の海水中濃度を反映していることが明らかとなった。カルシウム濃度が高い部位に濃縮しやすい ^{90}Sr は魚類アラ部を、Pu 同位体は濃縮されやすい内臓部について測定を行ったがいずれも検出下限値以下であった。魚類の生息環境から濃縮比を用いて推定する魚類中の ^{90}Sr や $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度は実測できない検出下限値で、海水魚中の放射性物質濃度はその生息環境を反映していることが明らかとなった。海産魚類(全体)中の ^{137}Cs 濃度に対する ^{90}Sr 及び $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度の割合は、1%程度であり、食品の放射性物質の基準値の算出基準の考え方に対して ^{90}Sr 及び $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度が影響を与えないことが確認できた。

A. 研究目的

食品中の放射線物質の基準値に関して、厚生労働省は、平成 24 年 4 月以降は、食品の摂取による介入線量レベルを 1 mSv/年とし、新たな基準値を適用した。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。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 10 Bq/kg-生重量)以下となっている^{1,2)}。今年度は FDNPS 事故から約 11 年が経過した福島県沖で漁獲された食品として流通する魚類について、部位毎の放射性核種の濃度比を明らかにすることを目的に、「水産物食品中の放射性物質濃度等に関する研究」を実施した。魚類中の ^{90}Sr や Pu 同位体の濃度に関しては、極めて濃度が低いため、個体毎の定量はできない。分析には灰試料重量として約 20-40 g が必要であるため、魚種毎の放射性物質が濃縮されやすい部位ごとに定量が可能となる試料重量を確保し、それぞれの部位の分析を行い、魚類全体の放射性物質濃度の推定を行なった。

B. 研究方法

1. 水産物中の放射性物質の濃度測定

1.1. 調査協力と水産物試料入手

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

1.2. γ 核種の濃度の測定

魚類は、個体毎のばらつきを確認するために、体液等のドリップによる損失が少ないように速やかに、体長や重量等の計量を行い、可食部、内臓部、アラ部(可食部と内臓部以外)

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

C. 研究結果

1. 水産物及び海水中の放射性物質の濃度測定

令和 4 年 12 月に入手した水産物中の放射性 Cs 及び ^{40}K 濃度測定の結果を表 2 と表 3 に示した。各部位の平均値は、検出された値と部位の重量を用いて加重平均したものであり、魚類全身(1 個体)の濃度も同様に計算をして求めた。スズキ及びブリから ^{134}Cs は検出されなかった。スズキ及び

ブリの可食部の ^{137}Cs 濃度平均(濃度範囲)は、それぞれ 0.74 Bq/kg-生重量(0.56-0.95 Bq/kg-生重量)及び 0.37 Bq/kg-生重量(0.22-0.63 Bq/kg-生重量)で、またスズキ及びブリの可食部の ^{40}K 濃度平均(濃度範囲)は、それぞれ 148 Bq/kg-生重量(142-159 Bq/kg-生重量)及び 121 Bq/kg-生重量(113-125 Bq/kg-生重量)であった。魚類可食部の ^{137}Cs 濃度は、食品中放射性物質濃度基準値の 100 Bq/kg-生重量よりも低く、福島県のモニタリング調査の検出下限値(10 Bq/kg-生重量)よりも低い結果であった。また海洋環境における放射能調査及び総合評価事業で令和4年9月と令和5年1月に福島沖で採取された魚類の濃度と近似していた⁷⁾。

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

D. 考察

1. 福島沖海産生物中の放射性核種濃度について

令和4年12月に福島相双海域で採取したスズキ及びブリから ^{134}Cs は検出されなかった。福島原発事故時に環境へ放出された ^{134}Cs と ^{137}Cs の放射能比は概ね 1:1 であったことが報告されている⁹⁾が、 ^{134}Cs と ^{137}Cs の物理学的半減期はそれぞれ約2年と30年であり、FDNPS 事故から約12年を経過した令和5年1月の時点では、理論上の $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比は約 0.05 となる。試料中の放射性 Cs 濃度は低いことが予想されたため、検出下限値を下げるために、可食部、内臓部やアラ部の試料を灰にすることで重量を数%まで減容した。このいわゆる濃縮した試料中から検出された ^{137}Cs 濃度に、 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比を用いて計算した ^{134}Cs の推定濃度は検出下限値に相当した。つまり、今回得られた ^{137}Cs 濃度(数十 mBq/kg-生重量)の傾向が続く場合、さらに試料の前処理や濃縮操作を行わない限り、 ^{134}Cs を正確に検出することは難しいことが考えられる。

魚の部位ごとの重量と ^{137}Cs 濃度の比較を行った。個体重量に対する部位ごとの重量割合は、可食部が 40-49%、アラ部が 43-47%で、内臓部が 8-15%であった。魚全体に対する部位ごとの ^{137}Cs 存在量比は、可食部が 44-51%、アラ部が

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

魚類を採取した海域に近い沿岸における海水中の放射性 Cs 濃度は、 ^{134}Cs 濃度は検出下限値以下、 ^{137}Cs 濃度は 1.8-38 mBq/L であった。海産魚類の Cs の濃縮比(CR)⁵⁰⁾を用いて、海水中の ^{137}Cs 濃度から魚類中の ^{137}Cs 濃度を推定すると、0.5-0.9 Bq/kg-生重量と推定される。今回、分析した魚類中の ^{137}Cs 濃度範囲以下であり、概ね魚類中の放射性 Cs 濃度は環境水濃度を反映していたことが明らかとなった。 ^{90}Sr はカルシウム(Ca)の含有量が多い部位に濃縮されやすい。そのため、アラ部中の ^{90}Sr 濃度の分析を行ったが、検出下限値(0.02 Bq/kg-生重量)以下であった。また海水中の ^{90}Sr 濃度は 0.5-0.9 mBq/L であった。海産魚類の Sr 濃縮比(CR)³¹⁰⁾を用いて、海水中の ^{90}Sr 濃度から魚類可食部中の ^{90}Sr 濃度を推定すると、0.0025-0.0005 Bq/kg-生重量と推定される。この推定値は、文部科学省放射能測定法シリーズ 2「放射性ストロンチウム分析法」⁵⁾における検出下限値の 0.02 mBq/kg-生重量以下となり、概ね魚類中の ^{90}Sr 濃度も環境水濃度を反映していたことが考えられる。 $^{239+240}\text{Pu}$ は生物の内蔵に濃縮されやすいことから内臓部中の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度分析を行ったところ、検出下限値(0.0008 Bq/kg-生重量)以下であった。海水中の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度と海産魚類の Pu 濃縮比(CR)^{40 10, 12)}を用いて、魚類可食部中の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度を推定すると、0.002 Bq/kg-生重量と推定される。これは分析法の検出下限値は 0.0008 Bq/kg-生重量⁹⁾で、推定濃度が検出下限値以下であることから、概ね魚類中の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度も環境水濃度を反映していたことが考えられる。

E. 結論

福島相双海域で採取し、市場流通する魚介類中の部位別の放射性 Cs と ^{40}K を定量した結果、魚類可食部で ^{134}Cs は検出下限値以下で、 ^{137}Cs 濃度範囲は 1.8-3.3 Bq/kg-生重量であった。魚介類が生息する福島沿岸における海水中の放射性 Cs、 ^{90}Sr 及び $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度から海洋生物への濃縮比を

用いて魚類中の放射性 Cs、 ^{90}Sr 及び $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度の推定を行った。放射性 Cs は概ね同じ濃度範囲で、 ^{90}Sr 及び $^{239+240}\text{Pu}$ は実測できない検出下限値以下であった。つまり魚類中のこれら放射性物質濃度は環境水を反映していることが確認された。海産魚類(全体)中の ^{137}Cs 濃度に対する ^{90}Sr 及び $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度の割合は、1%程度であり、食品の基準値の算出基準の考え方¹²⁾に対して影響を与えないものであることが確認できた。

引用文献

- 1) 福島県: 食品に関する安全・安心確保
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/m4-2.html>
(2023 年 3 月アクセス)
- 2) 福島県の水産物の緊急時モニタリング検査結果について: <https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/ps-suisanka-monita-top.html> (2023 年 3 月アクセス)
- 3) 米沢 伸四郎 他: Ge 検出器- γ 線スペクトロメトリーによる玄米認証標準物質中 ^{134}Cs , ^{137}Cs 及び ^{40}K の分析-第 1 部 放射能濃度の定量- 分析化学 65、645-655、2016.
- 4) Aoyama, M. and Hirose, K. (2008) Radioact. in the Environ. 11, 137-162.
- 5) 文部科学省、放射能測定シリーズ No.2「放射性ストロンチウム分析法(平成 15 年改訂)」
- 6) 文部科学省、放射能測定シリーズ No.12「プルトニウム分析法(平成 2 年改訂)」
- 7) 公益財団法人海洋生物環境研究所、令和 3 年度原子力施設等防災対策等委託費(海洋環境における放射能調査及び総合評価)事業 調査報告書、令和 4 年 3 月.
- 8) TEPCO、福島第一原子力発電所周辺の放射性物質の分析結果、
<https://www.tepco.co.jp/decommission/data/analysis/index-j.html>. (2023 年 3 月アクセス)
- 9) 小森 昌史 他: $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比を指標とした福島第一原子力発電所事故に由来する放射性核種の放出原子炉別汚染評価、BUNSEKI KAGAKU 62、475-483、2013.
- 10) IAEA, Technical Reports Series No.422: Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factors for Biota in the Marine Environment, p.36, 2004
- 11) 厚生労働行政推進調査事業費補助金(食品の安全確保推進研究事業)食品中の放射性物質濃度の基準値に対する影響と評価手法に関する研究、平成 27-29 年度 総合研究報告書、明石 真言(量子科学技術研究開発機構)、2018.
- 12) 別冊:食品の基準値の導出について、部会報告書(案)「食品中の放射性物質に係る規格基準の設定について」、薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会放射性物質対策部会資料(平成23年12月22日開催)、2011.

F. 健康危険情報

なし

G. 研究業績

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

表1 福島相双海域で採取した魚介類のリスト

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

表2 福島相双海域で採取した魚介類中のCs-137濃度

魚 種	番号	全身 ¹⁾	可食部	アラ部	内臓部
		Bq/kg-生重量	Bq/kg-生重量	Bq/kg-生重量	Bq/kg-生重量
スズキ	SB-1	0.41 ± 0.04	0.62 ± 0.03	0.31 ± 0.02	0.18 ± 0.02
	SB-2	0.32 ± 0.03	0.46 ± 0.02	0.20 ± 0.03	0.00 ± 0.00
	SB-3	0.74 ± 0.04	0.97 ± 0.03	0.49 ± 0.04	0.00 ± 0.00
	SB-4	0.31 ± 0.02	0.00 ± 0.00	0.28 ± 0.03	0.37 ± 0.04
	SB-5	0.34 ± 0.04	0.48 ± 0.03	0.26 ± 0.03	0.20 ± 0.03
	平均値 ²⁾	0.42 ± 0.04	0.64 ± 0.03	0.30 ± 0.03	0.26 ± 0.03
ブリ(小型)	FL-1	0.30 ± 0.04	0.38 ± 0.02	0.16 ± 0.03	0.62 ± 0.05
	FL-2	0.19 ± 0.04	0.20 ± 0.02	0.18 ± 0.03	0.00 ± 0.00
	FL-3	0.16 ± 0.03	0.19 ± 0.02	0.12 ± 0.02	0.00 ± 0.00
	FL-4	0.19 ± 0.04	0.21 ± 0.02	0.13 ± 0.02	0.37 ± 0.04
	FL-5	0.18 ± 0.03	0.21 ± 0.02	0.10 ± 0.02	0.35 ± 0.04
	平均値 ²⁾	0.20 ± 0.04	0.24 ± 0.02	0.14 ± 0.02	0.45 ± 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濃度と個体重量の加重平均により計算した。

表3 福島相双海域で採取した魚介類中の⁴⁰K濃度

魚 種	番号	全身 ¹⁾	可食部	アラ部	内臓部
		Bq/kg-生重量	Bq/kg-生重量	Bq/kg-生重量	Bq/kg-生重量
スズキ	SB-1	79.7 ± 1.6	108.0 ± 1.3	61.1 ± 0.9	61.4 ± 1.1
	SB-2	94.8 ± 1.6	144.7 ± 1.1	64.5 ± 1.2	64.0 ± 1.3
	SB-3	89.3 ± 1.6	116.1 ± 1.2	67.3 ± 1.2	68.8 ± 1.1
	SB-4	89.9 ± 1.6	115.6 ± 1.3	68.9 ± 1.3	77.3 ± 1.1
	SB-5	84.7 ± 1.9	110.7 ± 1.3	65.5 ± 1.2	72.6 ± 1.2
	平均値 ²⁾	87.7 ± 1.7	119.1 ± 1.3	65.3 ± 1.2	70.2 ± 1.2
ブリ(小型)	FL-1	96.0 ± 1.7	118.3 ± 1.2	75.6 ± 0.9	84.1 ± 1.6
	FL-2	100.9 ± 1.8	123.7 ± 0.9	80.1 ± 1.0	93.5 ± 2.1
	FL-3	103.7 ± 1.9	125.9 ± 1.2	81.7 ± 0.9	102.8 ± 2.4
	FL-4	97.9 ± 1.8	118.4 ± 0.9	77.9 ± 1.2	96.7 ± 1.7
	FL-5	95.0 ± 1.8	108.8 ± 1.1	79.0 ± 1.3	85.8 ± 1.6
	平均値 ²⁾	98.8 ± 1.8	118.9 ± 1.1	78.9 ± 1.0	92.5 ± 1.9

1) 全身中の⁴⁰K濃度は、可食部、アラ部および内臓部中の⁴⁰K合計量と個別重量から計算をした。2) 平均値は、全身または各部中の⁴⁰K濃度と個別重量から加重平均により計算をした。

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

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

表5 福島沖で採取した魚類内蔵部中の $^{239+240}\text{Pu}$ 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
イシガレイ	相双海域	2021/10/29	0.65	ND	0.0008

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

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

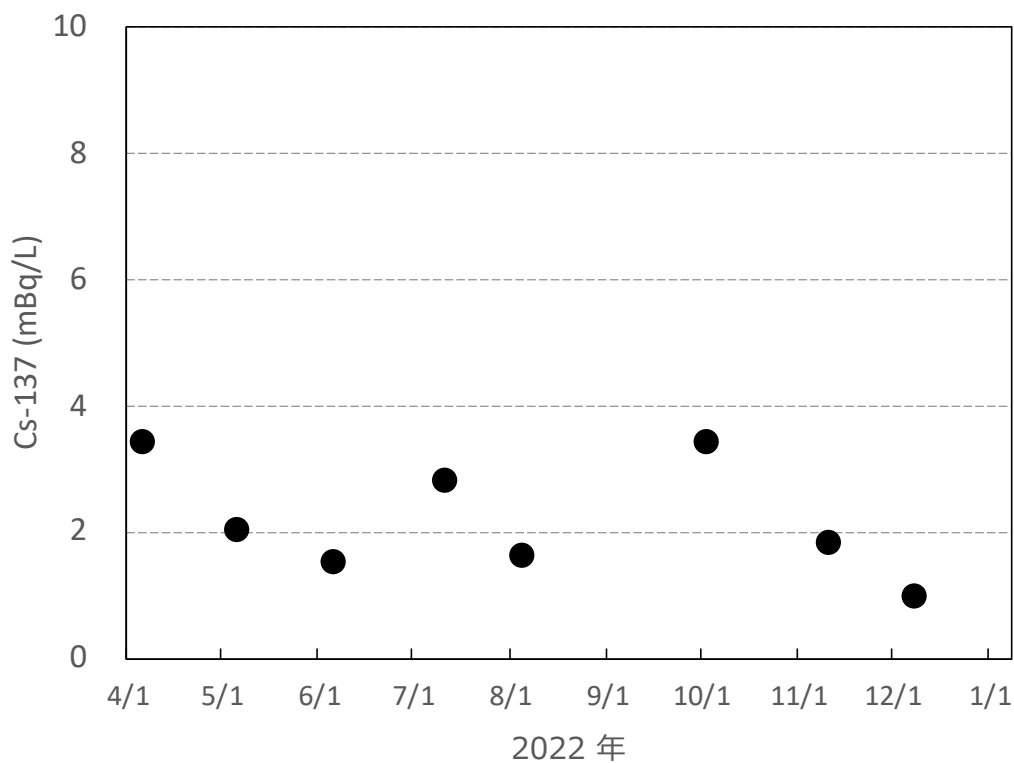


図1 福島小名浜沖における海水中の ^{137}Cs 濃度

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）
令和 5 年度分担研究報告

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¹³⁷Cs濃度が低いことが考えられる。魚全身中の¹³⁷Cs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⁴⁰K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、¹³⁴Cs濃度は検出下限値以下、¹³⁷Cs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¹³⁷Cs濃度から魚類中の¹³⁷Cs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¹³⁷Cs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。⁹⁰Sr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⁹⁰Sr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⁹⁰Sr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⁹⁰Sr濃度から魚類可食部中の⁹⁰Sr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⁹⁰Srが検出されない理由は、魚類の生息環境の海水中の⁹⁰Sr濃度を反映していたことが考えられる。²³⁹⁺²⁴⁰Puは生物の内蔵に濃縮されやすいことから内蔵部中の²³⁹⁺²⁴⁰Pu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⁺²⁴⁰Pu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⁺²⁴⁰Pu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⁺²⁴⁰Pu濃度が検出下限値以下であることから、概ね魚類中の²³⁹⁺²⁴⁰Pu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⁴⁰Kを定量した結果、魚類可食部で¹³⁴Csは検出下限値以下で、¹³⁷Cs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、⁹⁰Sr及び²³⁹⁺²⁴⁰Pu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、⁹⁰Sr及び²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度の推定を行った。放射性Csは概ね同じ濃度範囲で、⁹⁰Sr及び²³⁹⁺²⁴⁰Pu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¹³⁷Cs濃度に対する⁹⁰Sr及び²³⁹⁺²⁴⁰Pu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 伸四郎 他: Ge 検出器-γ線スペクトロメトリーによる玄米認証標準物質中¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs及び⁴⁰K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:¹³⁴Cs/¹³⁷Cs 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

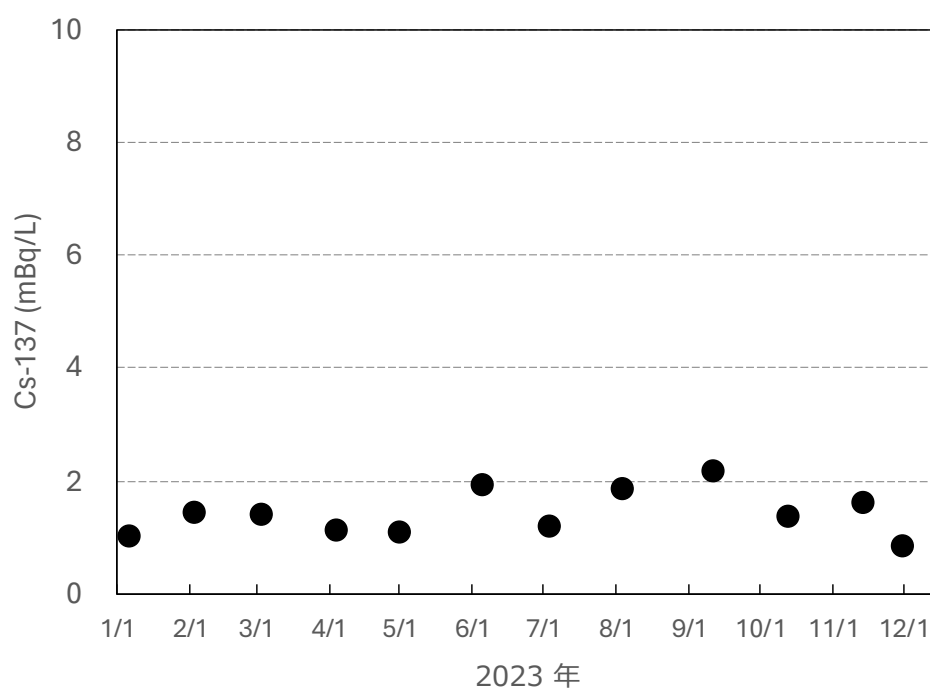


図1 福島小名浜沖における海水中の ^{137}Cs 濃度

(資料-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
(令和 3 年～令和 5 年度分担研究報告書)

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）
令和 3 年度分担研究報告

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

分担研究者 高橋 知之（京都大学 複合原子力科学研究所）

研究協力者 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-238 (^{238}Pu)、プルトニウム-239 (^{239}Pu)、プルトニウム-240 (^{240}Pu)及びプルトニウム-241 (^{241}Pu)については、放射性 Cs との濃度比を推定することから、これらの核種の濃度を推定し、設定された。先行研究では、営農再開を予定している地域を含め福島県内で栽培された農産物について測定を行ったが、放射性 Cs 濃度は全て基準値以下で、Cs 以外の放射性物質濃度(主に ^{90}Sr)は大気圏核実験由来と考えられるものが多く、流通する様々な食品から放射性 Cs 以外には事故の影響は見られなかった。さらに、測定結果を用いて内部被ばくに対する寄与率の状況を確認し、食品摂取に伴う内部被ばく線量を計算したところ、保守的な条件であっても十分に 1 mSv/年を下回る結果が得られた。福島県内では営農再開する地域の拡大が行われているが、すべての地域で避難指示区域が解除された状況ではなく、解除された居住制限区域及び避難指示解除準備区域などであっても、食品摂取による内部被ばくに対する不安は未だに大きい。そこで、原発事故から 10 年が経過したことを踏まえ、福島県で栽培され流通している多種多様の農作物を評価対象として、作物中放射性 Cs レベルの測定値から、農作物摂取に起因する放射性 Cs による内部被ばく線量の評価を行った、また、作物中安定 Sr 濃度を測定し、これまでに得られた作物中 $^{90}\text{Sr}/\text{Sr}$ 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 3 年度は、福島県で人口が多く、放射性 Cs 沈着量が比較的高かった福島市周辺地域を対象とした。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セシウムによる被ばく線量(セシウム-134 (^{134}Cs)とセシウム-137 (^{137}Cs)の合計値)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 0.0033 Sv/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 0.00020 Sv/年であった。いずれについても、介入線量レベルである 1 mSv/年を大幅に下回っていた。採取される山菜などの自生植物中放射性 Cs 濃度については、 ^{137}Cs 濃度が比較的高い可能性があり、このような食品については、濃度の平均化や摂取量の取り扱いによって被ばく線量評価結果が大きく変動することに留意する必要がある。

A. 研究目的

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核種による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を 1 mSv/年として導出された基準値を適用している。この基準値は、対象となる放射性 Cs 以外の核種(^{90}Sr 、 ^{106}Ru 及び Pu)については、 ^{137}Cs との放射能濃度比から、これらの核種の濃度を推定し、設定された¹⁾。また、基準値の設定の際、規制対象核種以外の核種の影響に関しては、いずれも影響は小さいと結論づけられ、これまでに実施された本研究課題でも確認されている。

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

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

B. 研究方法

1. 安定 Sr 濃度の測定

作物中の ^{90}Sr 濃度の推定のため、安定 Sr 濃度を測定する。測定試料は分担研究1で採取された作物のうち、作物に種類を考慮して、15試料を選択する。測定は ICP 質量分析装置 (PlasmaQuant MS, Analytik Jena)を用いて行い、濃度既知の標準溶液で検量線を作成し定量する。

2. 内部被ばく線量評価

食品摂取による内部被ばく線量は、各食品中放射性核種濃度に、当該食品の摂取量及び当該放射性核種の内部被ばく線量係数を乗じて、対象食品

及び核種について合計することによって求めることができる。本研究では分担研究1.において測定された放射性 Cs 濃度及び推定された ^{90}Sr 濃度を用いて、農作物の種類毎の被ばく線量を推定する。

なお、内部被ばく線量評価のための線量係数は、ICRP Publication No.72³⁾に記載されている経口摂取に係る内部被ばく線量係数を用いる(表 1 参照)。また、農作物の各種類後の摂取量は、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多いことから、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 1/2 と仮定する

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

C. 研究結果

1. 安定 Sr 濃度の測定

安定 Sr 濃度の測定に供した15試料の測定結果を表 3 に示す。この測定結果は分担研究1における ^{90}Sr 濃度の推定に用いられた。

2. 内部被ばく線量評価

内部被ばく線量評価に用いる ^{137}Cs 濃度及び ^{90}Sr 濃度は、分担研究1において集計された、農作物の種類ごとの作物中 ^{137}Cs 平均濃度及び ^{90}Sr 平均濃度を用いる。(表 4 参照)。 ^{134}Cs 濃度については、ほとんどの試料において検出されなかったことから、全ての試料について、平成 23 年 3 月 11 日における $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度比を 1:1 とし、令和 2 年 9 月 30 日における ^{134}Cs 濃度との比を算出し、 ^{137}Cs 濃度に乗じることによって推定する。

農作物の摂取に起因する ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 及び ^{90}Sr による年間内部被ばく線量推定値を、表5-1～表5-3に

示す。ここで、「コメ」については精米による濃度変化を考慮せず、玄米中濃度を用いている。また、「穀類」は、小麦等が、測定試料として採取されていないことから、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、その推定値は年間0.00017mSv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、その推定値は年間0.0031mSvであった。放射性セシウムによる被ばく線量(^{134}Cs と ^{137}Cs の合計値)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、その推定値は年間0.0033mSv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、その推定値は年間0.00020mSvであった。いずれについても、介入線量レベルである年間1mSvを大幅に下回っていた。

D. 考察

1. 安定Sr濃度の測定

15試料の安定Sr濃度の生重量当たりの安定Sr濃度は $52\mu\text{g/kg}$ 生((ジャガイモ)~ $3200\mu\text{g/kg}$ 生(ゴボウ)であり、その範囲は約2桁に及んでいる。根菜類は濃度が高い傾向が見られ、芋類は濃度が低い傾向が見られる。葉菜類は、作物によって濃度の幅が大きいと考えられる。

2. 内部被ばく線量評価

^{134}Cs による被ばく線量の推定結果が最も高かった年齢性別区分は【19歳以上男子】で、その推定値は年間0.00017mSvであった。半減期の5倍以上の期間が過ぎて物理的壊変が進んだことにより、 ^{137}Cs に比べて1/10以下であり、十分に低いレベルになっている。

^{137}Cs による被ばく線量の推定結果が最も高かった年齢性別区分は【19歳以上男子】で、その推定値は年間0.0031mSvであった。農作物の種類ごとに検討

すると、年間、「穀類」と「コメ」の合計が0.0011mSv、「根菜類」が0.0012mSv、その他の種類の合計が0.00082mSvで、それぞれ合計の約1/3ずつとなっている。

「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。

また、根菜類については、 33 Bq/kg 生と、比較的高い値を示したタケノコ(自生野菜として販売されていた可能性が高い)が含まれており、濃度の平均値が高くなったことが影響している。分担研究1で記されたように、採取される山菜などの自生植物中放射性Cs濃度については、 ^{137}Cs 濃度が比較的高い可能性があるが、このような食品は個人的嗜好等による摂取量の違いが大きいと考えられる。よって、このような食品については、濃度の平均化や摂取量の取り扱いによって被ばく線量評価結果が大きく変動することに留意する必要がある。本評価においてはタケノコを根菜類として濃度平均値を算出しているが、根菜類の試料数は6であり、実際の根菜類の摂取量に占めるタケノコの摂取量を考えると、過大評価となっている可能性が高いと考えられる。なお、実際に消費される食品はより広範囲の産地から購入されるため、被ばく線量は本評価値より低くなっていると考えられる。また、本評価では調理加工に伴う放射性セシウム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セシウム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、その推定値は年間0.00020mSvであった。これまでの本研究課題²⁾において記述されているように、今回検出された ^{90}Sr の多くは大気圏核実験由来と考えられる。よって、事故由来の ^{90}Sr による被ばく線量はこの評価結果よりも十分に低いと考えられる。

E. 結論

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

農作物摂取による放射性セシウムによる被ばく線量(^{134}Cs と ^{137}Cs の合計値)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、その推定値は年間 0.0033mSv 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、その推定値は年間 0.00020mSv であった。いずれについても、介入線量レベルである年間 1 mSv を大幅に下回っていた。なお、福島原発事故に起因する ^{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寄与を安全側に考慮した放射性Csに対する基準値の算定値は、妥当であったと考えられる。

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よって留意する必要がある。

F. 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).

G. 研究業績

(学会発表)

1. H. Tsukada, T. Takahashi, S. Fukutani (2021) Activity concentrations of radiocaesium, ^{90}Sr and ^{129}I in agricultural crops collected from Fukushima and reference areas, and internal radiation dose (International Symposium 2021: Environmental Dynamics of Radionuclides and Biological Effects of Low Dose-Rate Radiation, Aomori).
2. 塚田祥文、高橋知之、福谷哲 (2022) 作物中放射性 Cs と ^{129}I 濃度、および摂取による内部被ばく線量(第8回福島大学環境放射能研究所成果報告会、福島)

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

I. 健康危険情報

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	
2021-P12	アスパラガス	葉菜類	1486	± 60	97	± 4
2021-P14	ハウレンソウ	葉菜類	5979	± 145	505	± 12
2021-P17	コマツナ	葉菜類	21266	± 1182	1502	± 83
2021-P19	タマネギ	葉菜類	3744	± 109	271	± 8
2021-P28	インゲン	果菜類	7249	± 165	478	± 11
2021-P34	トマト	果菜類	2897	± 34	236	± 3
2021-P36	ジャガイモ	芋類	404	± 7	87	± 2
2021-P37	ジャガイモ	芋類	272	± 10	52	± 2
2021-P39	ズッキーニ	果菜類	6006	± 188	238	± 7
2021-P40	ソラマメ(豆)	豆類	1005	± 19	345	± 6
2021-P44	ダイコン	根菜類	15222	± 413	511	± 14
2021-P49	ゴボウ	根菜類	15723	± 211	3200	± 43
2021-P78	エダマメ	豆類	3571	± 102	939	± 27
2021-P96	玄米	玄米	451	± 14	394	± 13
2021-P100	玄米	玄米	413	± 12	365	± 10

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

種類	^{137}Cs	^{90}Sr
玄米	0.83	0.009
芋類	0.71	0.002
葉菜類	0.64	0.015
根菜類	5.93	0.046
豆類	0.86	0.016
果菜類（果実類を含む）	0.67	0.008

表 5-1 農作物摂取に伴う ^{134}Cs からの年間内部被ばく線量推定値 (単位:mSv/y)

	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	6.0E-06	5.9E-06	9.9E-06	8.6E-06	1.3E-05	1.2E-05	1.3E-05	1.2E-05	1.5E-05
コメ	1.4E-05	1.2E-05	2.5E-05	2.1E-05	5.3E-05	3.4E-05	4.5E-05	3.1E-05	2.4E-05
芋類	2.3E-06	2.1E-06	5.6E-06	5.2E-06	7.1E-06	6.1E-06	5.4E-06	5.0E-06	5.2E-06
葉菜類	3.8E-06	3.4E-06	7.5E-06	7.3E-06	1.1E-05	1.0E-05	1.2E-05	1.1E-05	1.0E-05
根菜類	1.9E-05	1.8E-05	3.8E-05	3.8E-05	5.8E-05	5.1E-05	6.4E-05	5.9E-05	5.0E-05
豆類	2.2E-06	2.1E-06	5.3E-06	5.1E-06	7.0E-06	6.8E-06	7.0E-06	6.7E-06	5.3E-06
果菜類	1.0E-05	1.0E-05	9.5E-06	1.0E-05	1.3E-05	1.3E-05	2.0E-05	2.1E-05	2.0E-05
合計	5.8E-05	5.4E-05	1.0E-04	9.5E-05	1.6E-04	1.3E-04	1.7E-04	1.4E-04	1.3E-04
合計（穀物を除く）	5.2E-05	4.8E-05	9.1E-05	8.7E-05	1.5E-04	1.2E-04	1.5E-04	1.3E-04	1.1E-04

表 5-2 農作物摂取に伴う ^{137}Cs からの年間内部被ばく線量推定値 (単位:mSv/y)

	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	1.2E-04	1.2E-04	1.9E-04	1.7E-04	2.5E-04	2.2E-04	2.5E-04	2.2E-04	2.8E-04
コメ	2.8E-04	2.4E-04	4.8E-04	4.2E-04	9.8E-04	6.4E-04	8.4E-04	5.8E-04	4.5E-04
芋類	4.6E-05	4.2E-05	1.1E-04	1.0E-04	1.3E-04	1.1E-04	1.0E-04	9.4E-05	9.7E-05
葉菜類	7.7E-05	6.9E-05	1.5E-04	1.4E-04	2.1E-04	1.9E-04	2.2E-04	2.0E-04	1.9E-04
根菜類	3.8E-04	3.7E-04	7.5E-04	7.4E-04	1.1E-03	9.6E-04	1.2E-03	1.1E-03	9.4E-04
豆類	4.4E-05	4.3E-05	1.0E-04	9.9E-05	1.3E-04	1.3E-04	1.3E-04	1.3E-04	9.9E-05
果菜類	2.1E-04	2.1E-04	1.9E-04	2.0E-04	2.4E-04	2.5E-04	3.7E-04	3.9E-04	3.7E-04
合計	1.2E-03	1.1E-03	2.0E-03	1.9E-03	3.0E-03	2.5E-03	3.1E-03	2.7E-03	2.4E-03
合計（穀物を除く）	1.0E-03	9.8E-04	1.8E-03	1.7E-03	2.8E-03	2.3E-03	2.8E-03	2.5E-03	2.2E-03

表 5-3 農作物摂取に伴う ^{90}Sr からの年間内部被ばく線量推定値 (単位:mSv/y)

	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	6.4E-06	6.3E-06	1.3E-05	1.1E-05	1.7E-05	1.5E-05	5.9E-06	5.1E-06	6.5E-06
コメ	1.5E-05	1.3E-05	3.1E-05	2.7E-05	6.6E-05	4.3E-05	2.0E-05	1.3E-05	1.0E-05
芋類	6.3E-07	5.9E-07	1.9E-06	1.7E-06	2.3E-06	2.0E-06	6.1E-07	5.7E-07	5.9E-07
葉菜類	8.9E-06	8.0E-06	2.1E-05	2.0E-05	3.1E-05	2.8E-05	1.1E-05	1.0E-05	9.8E-06
根菜類	1.5E-05	1.4E-05	3.5E-05	3.4E-05	5.2E-05	4.6E-05	2.0E-05	1.8E-05	1.6E-05
豆類	4.0E-06	3.9E-06	1.2E-05	1.1E-05	1.5E-05	1.4E-05	5.3E-06	5.0E-06	4.0E-06
果菜類	1.2E-05	1.2E-05	1.3E-05	1.4E-05	1.7E-05	1.8E-05	9.4E-06	9.9E-06	9.4E-06
合計	6.2E-05	5.8E-05	1.3E-04	1.2E-04	2.0E-04	1.7E-04	7.2E-05	6.2E-05	5.7E-05
合計（穀物を除く）	5.5E-05	5.2E-05	1.1E-04	1.1E-04	1.8E-04	1.5E-04	6.6E-05	5.7E-05	5.0E-05

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）
令和 4 年度分担研究報告

内部被ばく線量の推計に関する研究

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。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-238 (^{238}Pu)、プルトニウム-239 (^{239}Pu)、プルトニウム-240 (^{240}Pu)及びプルトニウム-241 (^{241}Pu)については、放射性 Cs との濃度比から、これらの核種の濃度を推定し、設定された。先行研究では、営農再開を予定している地域を含め福島県内で栽培された農産物について測定を行ったが、放射性 Cs 濃度は全て基準値以下で、Cs 以外の放射性物質濃度(主に ^{90}Sr)は大気圏核実験由来と考えられるものが多く、流通する様々な食品から放射性 Cs 以外には事故の影響は見られなかった。さらに、測定結果を用いて内部被ばくに対する寄与率の状況を確認し、食品摂取に伴う内部被ばく線量を計算したところ、保守的な条件であっても十分に 1 mSv/年を下回る結果が得られた。福島県内では営農再開する地域の拡大が行われているが、すべての地域で避難指示区域が解除された状況ではなく、解除された居住制限区域及び避難指示解除準備区域などであっても、食品摂取による内部被ばくに対する不安は未だに大きい。そこで、原発事故から 10 年が経過したことを踏まえ、福島県で栽培され流通している多種多様の農作物を評価対象として、作物中放射性 Cs レベルの測定値から、農作物摂取に起因する放射性 Cs による内部被ばく線量の評価を行った。また、作物中安定 Sr 濃度を測定し、これまでに得られた作物中 $^{90}\text{Sr}/\text{Sr}$ 比を用いて推定された作物中 ^{90}Sr 濃度を用いて、 ^{90}Sr による内部被ばく線量の評価もあわせて行った。

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

A. 研究目的

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

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

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

B. 研究方法

1. 安定Sr濃度の測定

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

2. 内部被ばく線量評価

食品摂取による内部被ばく線量は、各食品中放射性核種濃度に、当該食品の摂取量及び当該放射性核種の内部被ばく線量係数を乗じて、対象食品及び

核種について合計することによって求めることができる。本研究では分担研究1において測定された放射性Cs濃度及び推定された ^{90}Sr 濃度を用いて、農作物の種類毎の被ばく線量を推定する。

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

年齢区分「1-6歳」には5歳、「7-12歳」には10歳、「13-18歳」には15歳、「19歳以上」及び「妊婦」には成人の線量係数を用いる。なお、1歳未満は調整粉乳からの摂取量が大きいことから、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1/2と仮定する。

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

C. 研究結果

1. 安定Sr濃度の測定

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

2. 内部被ばく線量評価

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

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

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

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

D. 考察

1. 安定 Sr 濃度の測定

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

2. 内部被ばく線量評価

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

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

の合計が 0.00011 mSv/年 となっている。

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

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

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

E. 結論

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

mSv/年であった。

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

引用文献

- 1) 薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会放射性物質対策部会資料(平成23年12月22日開催)(2011).
- 2) 明石真言:厚生労働行政推進調査事業費補助金(食品の安全確保推進研究事業)食品中の放射性物質濃度の基準値に対する放射性核種濃度比の検証とその影響評価に関する研究 平成 30-令和 2 年度総括・分担研究報告書 (2021).
- 3) ICRP: Publication 72(1996).
- 4) 総務省統計局:作物統計調査 作況調査(水陸稲、麦類、豆類、かんしょ、飼料作物、工芸農作物) 確報 令和2年産作物統計(普通作物・飼料作物・工芸農作物).

F. 健康危険情報

なし

G. 研究業績

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

表 1 評価に用いた内部被ばく線量係数 (mSv/Bq)

放射性核種	5 歳	10歳	15歳	成人
Cs-134	1. 3E-05	1. 4E-05	1. 9E-05	1. 9E-05
Cs-137	9. 6E-06	1. 0E-05	1. 3E-05	1. 3E-05
Sr-90	4. 7E-05	6. 0E-05	8. 0E-05	2. 8E-05

表 2 食品区分ごとの平均 1 日摂取量 (g/日) ¹⁾

	1 歳未満	1-6歳 【男子】	1-6歳 【女子】	7-12歳 【男子】	7-12歳 【女子】	13-18歳 【男子】	13-18歳 【女子】	19歳以上 【男子】	19歳以上 【女子】	妊婦
穀類	20. 8	82. 7	82. 1	127. 5	110. 9	127. 5	110. 9	127. 5	110. 9	141. 6
コメ	69. 3	195. 5	168. 2	319. 4	276. 3	499. 4	323. 8	424. 0	292. 0	228. 0
芋類	13. 0	36. 8	34. 1	85. 0	78. 2	79. 2	67. 6	60. 0	55. 8	57. 7
葉菜類	5. 7	68. 9	61. 8	125. 1	122. 1	139. 9	128. 3	142. 9	130. 2	128. 3
根菜類	4. 5	37. 0	35. 2	69. 3	67. 9	77. 1	68. 4	85. 2	78. 1	67. 1
豆類	10. 0	29. 1	28. 4	66. 0	63. 0	64. 4	61. 9	64. 3	61. 7	48. 4
果菜類	66. 8	174. 9	178. 7	151. 6	161. 2	149. 4	156. 1	229. 7	243. 1	230. 3
乳製品	22. 0	52. 6	47. 4	28. 0	35. 4	25. 8	35. 5	30. 6	38. 9	47. 3
牛肉	0. 1	10. 2	7. 9	15. 5	15. 0	27. 3	19. 1	17. 7	12. 1	21. 2
豚肉	0. 7	36. 8	31. 6	51. 4	42. 5	68. 0	50. 5	46. 6	36. 1	43. 8
鶏肉	2. 0	14. 1	14. 1	23. 6	23. 2	39. 1	30. 7	22. 1	16. 2	21. 7
鶏卵	2. 9	28. 0	24. 3	35. 5	32. 1	51. 4	47. 4	39. 6	34. 5	39. 2
淡水産物	3. 0	3. 2	3. 5	5. 2	4. 7	6. 1	5. 5	9. 4	7. 6	4. 5
海産物	9. 7	38. 0	39. 5	75. 9	67. 1	82. 3	71. 9	111. 1	89. 9	53. 6
その他*	22. 6	292. 9	310. 0	395. 2	331. 6	398. 5	332. 7	623. 8	374. 0	533. 6
牛乳	5. 8	159. 7	139. 2	308. 2	259. 9	216. 2	152. 2	82. 3	87. 0	100. 2
調製粉乳 (粉状)	114. 0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
摂取量合計	372. 9	1260. 4	1206. 0	1882. 4	1691. 1	2051. 6	1662. 5	2116. 8	1668. 1	1766. 5

* その他にはキノコ類、菓子類、酒類、嗜好飲料、調味料等が含まれる

表 3 作物中安定 Sr 濃度測定値

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

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

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

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

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

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

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

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

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

厚生労働行政推進調査事業費補助金（食品の安全確保推進研究事業）
令和 5 年度分担研究報告

内部被ばく線量の推計に関する研究

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きいことから、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

(資料-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
(令和3年～令和5年度分担研究報告書)

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)

令和3年度分担研究報告

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

分担研究者 青野 辰雄(量子科学技術研究開発機構)

分担研究者 高橋 知之(京都大学 複合原子力科学研究所)

研究代表者 明石 真言(東京医療保健大学)

研究要旨

東電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から、食品の摂取に伴う内部被ばくが懸念され、厚生労働省は平成24年4月以降、食品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-238 (^{238}Pu)、プルトニウム-239 (^{239}Pu)、プルトニウム-240 (^{240}Pu)及びプルトニウム-241 (^{241}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、導出された基準値を適用している。福島原発事故から11年が経過したが、平成23年から平成24年の食品中の放射性物質の規制値や基準値の設定の議論や決定プロセスを、完全な履歴で追うことが難しい状況にある。そこで、国内の食品の安全に関する根拠を示し、国民が安心・安全を得ることができることを目的に、基準値策定時の様々な議論の内容等に関する資料の取りまとめを行いつつ、食品中の放射性物質の基準値の設定の会合等に参加した関係者を中心に記憶していることについての回答を得るためにアンケートとヒアリング調査を行い、また時系列で関連する会議議事録と合わせて整理を行い、報告書「食品中の放射性物質の基準値の検証に関する調査」を作成した。第1部「食品中の放射性物質の基準値の設定に関わるプロセスの検証」として、関連する会議の公開されている資料や議事録と当時の薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会放射性物質対策部会の関係者の聞き取り結果等を共にまとめた。第2部「食品中の放射性物質の基準値の運用に関わる検証」としてこれまでの調査の結果をまとめた。

国際機関により提唱されている十分に安全側の年間線量率を採用し、法令等に基づき調査されているデータを引用し、かつリスクを考慮した結果を基準値に適用し、さらに放射性セシウム以外の放射性核種についても実測の結果を用いて基準値の妥当性について科学的な検証が行われ、現行の基準値は、食品中の放射性物質については安全性が十分に確保されていることを主眼においたものと考えられる。すなわち食品中の放射性物質の基準値は科学的・合理的な根拠に基づいて決定されたものであることが確認できた。

A. 研究目的

東電福島第一原子力発電所(福島原発)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から、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。福島原発事故から 11 年が経過したが、平成 23 年から平成 24 年の食品中の放射性物質の規制値や基準値の設定の議論や決定プロセスを、完全な履歴で追うことが難しい状況にある。そこで、国内の食品の安全に関する根拠を示し、国民が安心・安全を得ることができることを目的に、基準値策定時の様々な議論の内容等に関する資料の取りまとめを行いつつ、食品中の放射性物質の基準値の設定の会合等に参加した関係者から聞き取り調査を行い、会議議事録やパブリックコメントと合わせて整理を行い、報告書を作成する。

B. 研究方法

平成 23 年 4 月から食品中の放射性物質の暫定規制値や基準値設定の議論や決定プロセスは、放射性物質対策部会で議論されているが、その内容は多岐にわたっており、それに対する意見公募手続の際にも様々な意見が寄せられている。また、決定のプロセスについても文部科学省放射線審議会、内閣府食品安全委員会での議論等を経て決定されており様々なプロセスを経ている。そこで、食品中の放射性物質の基準値の設定の会合等に参加した関係者に聞き取りを実施し、当該部会等の議事録や寄せられたパブリックコメントを中心に整理した。

C. 研究結果

関連する会議の資料や議事録を整理し、食品摂取量の考え方について、流通する食品の食品区分の考え方について、流通する食品の汚染割合(50%)の考

え方について、放射性セシウムと他の放射性核種の濃度の関連性の考え方について(環境移行パラメータの考え方を含む)および規制対象核種(半減期 1 年以上)の考え方についての 5 項目についてまとめた。また「食品中の放射性物質の基準値の運用に関わる検証」としてこれまでの調査の結果をまとめた。これらを「食品中の放射性物質の基準値の検証に関する調査資料」(資料-5)として作成した。

D. 考察

食品中の放射性物質の基準値は、福島原発事故発生から約 1 年が経過した平成 24 年 4 月 1 日に施行される関係で、半減期が 2 年以下の核種については食品摂取に伴う内部被ばくの影響はないことを確認した上で、半減期が 2 年以上の環境に放出された放射性核種について、その影響を考慮した実効線量係数を用いて試算を行なった。またその際に放出量は多くないが注視すべき放射性核種としてヨウ素-129 を報告した。このヨウ素-129 やストロンチウム-90 については福島のみならず、福島原発事故の影響がない地域の土壌と作物について比較調査を行い、この作物のみを食べ続けた場合の内部被ばく線量の推定を行なったが、1 mSv/年よりも低い線量であった。一方で事故から 11 年が経過しても、未だに福島県を含む東北地方や北関東において出荷制限がかかる食品があるが、これらの影響を考慮した場合でも安全かつ安心できる環境であることが評価できる。預託線量において大人の 50 年の預託期間について ICRP 2007 年勧告に、「50 年の預託期間は、委員会によって、労働人口に入る若い人の平均余命と考えられている丸められた値である。」と記載されている。つまり放射線防護の立場で計算される被ばくする放射線量が線量限度より低く抑えることも確認できた。

E. 結論

食品中の放射性物質の基準値の策定時の検証を行った。この検証は科学技術がもたらす便益とリスクの大きさを予測し、安全性や危険性の評価の根拠を提供し、実際の規制のためのデータの作成とその評価などを行うレギュトリーサイエンスを目的とした検証である。国際機関により提唱されている十分に安全側の年間線量率を採用し、法令等に基づき調査されているデータを引用し、かつリスクを考慮した結果を基準値に適用し、さらに放射性セシウム以外の放射性核種についても実測の結果を用いて基準値の妥当性について科学的な検証が行われている。現行の基準値によって食品中の放射性物質については安全性が十分に確保されていることを主眼においたものと考えられる。すなわち食品中の放射性物質の基準値は科学的・合理的根拠に基づいて決定されたものであった。

F. 引用文献

なし

G. 研究業績

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

I. 健康危険情報

なし

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）

令和4年度分担研究報告

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

研究協力者 鍋師 裕美（国立医薬品食品衛生研究所）

分担研究者 青野 辰雄（量子科学技術研究開発機構）

研究代表者 明石 真言（東京医療保健大学）

研究要旨

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

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

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

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

A. 研究目的

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

B. 研究方法

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

C. 研究成果

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

イドラインレベルを10倍にしても良いという記述がされていたが、少量消費食品に含まれる食品名や摂取量に関する情報はなかった。

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

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

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

米国およびカナダについては、一般的な食品に対する汚染率をそれぞれ 0.3 および 0.2 と設定していたが、これは一般的な汚染率 0.1 に追加係数をかけることによって、汚染地域産の食品を摂取する可能性のある集団を考慮した汚染率としていた。米国については、米国の影響を受けていない地域からの輸入によって汚染されていない食品がすぐに入手でき、汚染食品の市場流通を排除することができるという認識の下、一般市民のほとんどが摂取する食品については、汚染率が 10%未満となると予想して

いる。なお、汚染率 10%という値は、欧州共同体委員会(CEC)や経済協力開発機構(OECD)の原子力機関(NEA)の勧告と一致していた。一方で、「小集団が地域の食料供給により依存している可能性があるという事実を考慮して、追加係数 3 を適用した。」との記述があり、具体的なことは不明であるが、食料自給率の極めて高い集団等が存在しており、それを考慮して追加係数を適用したと考えられた。少量消費食品については、両国ともスパイスを例示した形で記述されており、希釈係数 10 を使用することを推奨していた。米国については、EU¹⁸⁾(Euratom No944/89)およびCODEX¹⁹⁾(CAC/GL 5-1989)のマイナーフードの勧告に基づいた対応であること、カナダについては IAEA Safety Series²⁾を参照したことが明示されていた。なお、両国とも、少量消費食品に含まれる食品の具体的なリストはなく、どのような食品に対して希釈係数が適用されているかは不明であった。

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

ノルウェーは牛乳、乳製品、乳幼児用食品およびそれ以外の食品については、EU が定める第三国に対する基準と同じ基準値(牛乳、乳製品、乳児用食:370 Bq/kg、それ以外の食品:600 Bq/kg)を採用している。ただし、半家畜化されたトナカイ肉および狩猟肉、天然の淡水魚に対

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

D. 考察

今年度の文献調査の対象とした国際機関・諸外国のうち、汚染率が示されていたのは CODEX、IAEA、EU、米国、カナダであった。CODEX、IAEA、米国では、すべての食品に対して一律の汚染率を適用していた一方、EU およびカナダについては、乳児用食品 (EU)、生乳 (カナダ) に対しては、一般的な食品より高い汚染率が適用されていた。これは、日本の基準値策定時に考慮されたのと同様に、乳幼児に対して放射性物質の影響が成人よりも大きい可能性があることを考慮した対応であると考えられた。CODEX、IAEA、EU では、一般的な汚染率として 0.1

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

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

E. 結論

今年度の文献調査では、主要な国際機関と欧米を中心

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

引用文献

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

5-1989 (1989)	F. 健康危険情報
20) ICRP: ICRP Publication 111, Application of the Commission's Recommendations to the Protection of People Living in Long-term Contaminated Areas after a Nuclear Accident or a Radiation Emergency (2008)	なし
	G. 研究業績
21) Norwegian Board of Health/Norwegian Directorate of Health: Dietary advice to persons with a high consumption of reindeer meat and freshwater fish (1987)	なし
	H. 知的財産の出願・登録情報
	なし

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

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

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

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

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

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

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

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

表 2. EU の定めるマイナーフードの一覧

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

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）
令和 5 年度分担研究報告

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

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資料-6 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

食品中の放射性物質の基準値の検証に関する調査資料

令和3年度厚生労働行政推進調査事業費補助金（食品の安全確保推進研究事業）
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

食品中の放射性物質の基準値の検証に関する調査資料

目次

第1部 食品中の放射性物質の基準値の設定に関わるプロセスの検証

1. 目的 (4)
2. 関連会議の開催日時とその議題 (5)
 - 2.1. 薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会
 - 2.2. 薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会及び薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会・放射性物質対策部会合同会議
 - 2.3. 薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会放射性物質対策部会
 - 2.4. 内閣府食品安全委員会
3. 調査によってわかったこと (6)
 - 3.1. 食品摂取量の考え方について
 - 3.2. 流通する食品の食品区分の考え方について
 - 3.3. 流通する食品の汚染割合（50％）の考え方について
 - 3.4. 放射性セシウムと他の放射性核種の濃度の関連性の考え方について（環境移行パラメータの考え方を含む）
 - 3.5. 規制対象核種（半減期1年以上）の考え方について
4. 結論 (12)
- 付録 (13)
 - 関連する会議議事録
 - (1) 薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会
 - (2) 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
 - (3) 内閣府食品安全委員会
 - (4) 放射性物質の食品健康影響評価に関するワーキンググループ（食品安全委員会）
 - パブリック・コメント

第2部 食品中の放射性物質の基準値の運用に関わる検証

1. 目的 (16)
 2. 方法 (16)
 - 2.1. 食品加工や調理に伴う食品中の放射性物質の濃度変化に関する研究
 - 2.2. 農畜産物中放射性核種の測定及び低減化に関する研究
 - 2.3. 食品中放射性セシウム濃度基準値の妥当性検証
 - 2.4. 営農再開地域における農作物中の放射性物質の濃度測定に関する研究
 - 2.5. 食品中の放射性核種濃度等に関する研究(I)
 - 2.6. 内部被ばく線量に対する放射性セシウムの寄与率等の推定
 - 2.7. 農作物中セシウムと長半減期核種の濃度測定に関する研究
- (2)

2.8. 食品中の放射性核種濃度等に関する研究(II)	
2.9. 内部被ばく線量の推計に関する研究	
3. 結果及び考察	(18)
3.1. 食品加工や調理に伴う食品中の放射性物質の濃度変化に関する研究	
3.2. 農畜産物中放射性核種の測定及び低減化に関する研究	
3.3. 食品中放射性セシウム濃度基準値の妥当性検証	
3.4. 営農再開地域における農作物中の放射性物質の濃度測定に関する研究	
3.5. 食品中の放射性核種濃度等に関する研究(I)	
3.6. 内部被ばく線量に対する放射性セシウムの寄与率等の推定	
3.7. 農作物中セシウムと長半減期核種の濃度測定に関する研究	
3.8. 食品中の放射性核種濃度等に関する研究(II)	
3.9. 内部被ばく線量の推計に関する研究	
4. まとめ	(24)
4.1. 食品加工や調理に伴う食品中の放射性物質の濃度変化に関する研究	
4.2. 農畜産物中放射性核種の測定及び低減化に関する研究	
4.3. 食品中放射性セシウム濃度基準値の妥当性検証	
4.4. 営農再開地域における農作物中の放射性物質の濃度測定に関する研究	
4.5. 食品中の放射性核種濃度等に関する研究(I)	
4.6. 内部被ばく線量に対する放射性セシウムの寄与率等の推定	
4.7. 農作物中セシウムと長半減期核種の濃度測定に関する研究	
4.8. 食品中の放射性核種濃度等に関する研究(II)	
4.9. 内部被ばく線量の推計に関する研究	
資料	
総括	(29)

第1部 食品中の放射性物質の基準値の設定に関わるプロセスの検証

1. 目的

平成23年4月8日に開催された薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会放射性物質対策部会（以下「放射性物質対策部会」という。）では「食品衛生法における放射性物質を含む魚介類の暫定規制値」について、「平成23年3月11日に発生した東京電力福島第一原子力発電所における災害（以下「福島原発事故」という。）により、周辺環境から通常より高い程度の放射能が検出され、厚生労働省は、平成23年3月17日に緊急的な措置として原子力安全委員会により示された「飲食物摂取制限に関する指標」を暫定規制値とし、これを上回る食品については食品衛生法第6条第2号に基づき規制を行うこととし、各自治体に対して通知をした。この規制は、食品安全基本法第24条第3項に基づき、厚生労働省より内閣府食品安全委員会（以下「食品安全委員会」という。）に対し、食品健康影響評価を要請したことを受け、平成23年3月29日に食品安全委員会より「放射性物質に関する緊急とりまとめ」が厚生労働大臣に通知された。平成23年3月31日に原子力安全委員会が原子力災害対策本部に対して行った助言を踏まえ、平成23年4月1日、原子力対策本部より厚生労働省に対し、我が国で初めての原子力緊急事態の発生に伴う放射性物質の放出が依然として終息していないこと等に鑑み、当分の間、食品中の放射性物質の規制の内容を現行のとおり維持する旨の見解が示された。」と説明されている。

平成23年7月12日に開催された同部会では、中長期的課題として、食品安全委員会による食品健康影響評価を踏まえた規制値の設定のあり方、長期的視点に立った規制値の設定のあり方、放射性物質の長期的影響を検討するために実施すべき研究課題が今後の検討課題と示され、平成23年10月31日の薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会及び薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会・放射性物質対策部会合同会議において、一定の方向性が示され、食品中の放射性物質の基準値の設定について、議論がなされた。また食品安全委員会委員長は平成23年3月29日に「放射性物質に関する緊急とりまとめ」を厚生労働大臣に通知するとともに、継続して審議を行い、平成23年10月27日に食品健康影響評価の答申がなされた。平成23年12月22日に開催された放射性物質対策部会では、放射性物質の基準値の見直しは、とりまとめた規格基準案を基に、WTO 通報及びパブリックコメントの手続に入り、文部科学省の放射線審議会への諮問の手続を進め、平成24年2月24日に開催された薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会では、2月16日に上述の審議会から最終的な答申をいただいたことを報告している。また、並行して、パブリック・コメント、WTO への通報、リスクコミュニケーションを実施している。このパブリック・コメントは、平成23年12月28日から平成24年1月27日に「水道水中の放射性物質に係る指標の見直し案に関する意見募集」が行われ、また平成24年1月6日から平成24年2月4日に「乳及び乳製品の成分規格等に関する省令の一部を改正する省令及び食品、添加物等の規格基準の一部を改正する件(食品中の放射性物質に係る基準値の設定)(案)等に関する意見募集」が行われ、結果は公表されている。

現在、福島原発事故から10年以上が経過したが、当時の食品中の放射性物質の暫定規制値や基準値設定の議論や決定プロセスは、放射性物質対策部会で議論されているがその内容は多岐にわたっており、それに対する意見公募手続の際にも様々な意見が寄せられている。また、決定のプロセスに

についても文部科学省放射線審議会、内閣府食品安全委員会での議論等を経て決定されており様々なプロセスを経ている。そこで、第一部では食品中の放射性物質の基準値の設定に関して、当時の放射性物質対策部会の関係者の聞き取りを実施し、当該部会等の議事録や寄せられたパブリックコメントを中心に整理した。

2. 関連会議の開催日時とその議題

2.1. 薬事・食品審議会食品衛生分科会

1) 平成 23 年 4 月 4 日

議題：食品衛生法における放射性物質を含む食品の規制について

2) 平成 24 年 2 月 24 日

議題：食品中の放射性物質の規格基準（案）について

2.2. 薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会及び薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会放射性物質対策部会合同会議

1) 平成 23 年 10 月 31 日

議題：食品中の放射性物質に係る食品健康影響評価結果と今後の検討課題について

2.3. 薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会放射性物質対策部会

1) 平成 23 年 4 月 8 日

議題：食品衛生法における放射性物質を含む魚介類の暫定規制値について

2) 平成 23 年 5 月 13 日

議題：食品衛生法における放射性物質を含む食品の規制について

3) 平成 23 年 7 月 12 日

議題：食品衛生法における放射性物質を含む食品の規制について

4) 平成 23 年 11 月 24 日

議題：食品衛生法における放射性物質を含む食品の規制について

5) 平成 23 年 12 月 22 日

議題：食品衛生法における放射性物質を含む食品の規制について

6) その他（放射性物質部会作業グループ（WG））

平成 23 年 5 月 13 日の放射性物質対策部会で、中長期的課題を検討するためには本部会だけでは難しいところがあるため専門グループを立ち上げて詳細な検討が必要であることが必要と部会長の提案があり、了承された。そして食品健康影響評価を踏まえた暫定規制値の設定のあり方を検討するにあたり、作業グループ毎で検討を進めていた。グループは作業グループ（線量計算等）及び作業グループ（食品分類等）があり、核種の放出から環境への移行、農水畜産物への移行という流れを考慮した形で、対象核種を選定した。それから食品のカテゴリーをどのようにしていくか、また最終的にはどのような線量を食品カテゴリーごとにどのように区分するかといった

(5)

ことについて、及びモニタリングデータから得られる食品中の放射性物質濃度と摂取量調査の値を用いて、国民の食事による被曝量をどのように考えることができるのかということについてそれぞれ検討され、検討結果は平成 23 年 7 月 12 日の部会等で報告されている。

2.4. 内閣府食品安全委員会

平成 23 年 3 月 20 日に厚生労働大臣より食品安全委員会委員長に食品健康影響評価の諮問がなされた。これを受けて、食品安全委員会委員長は 3 月 29 日に「放射性物質に関する緊急とりまとめ」を厚生労働大臣に通知するとともに、継続して審議を行い、10 月 27 日に食品健康影響評価の答申がなされた。

1) 平成 23 年 3 月 22 日 食品安全委員会第 371 回会合

議事：食品安全基本法第 24 条に基づく委員会の意見の聴取に関するリスク管理機関からの説明について・食品衛生法に基づき放射性物質について指標値を定めること

2) 平成 23 年 3 月 23 日 食品安全委員会第 372 回会合

議事：「食品衛生法に基づき放射性物質について指標値を定めること」に関する食品健康影響評価について

3) 平成 23 年 3 月 25 日 食品安全委員会第 373 回会合

議事：「食品衛生法に基づき放射性物質について指標値を定めること」に関する食品健康影響評価について

4) 平成 23 年 3 月 28 日 食品安全委員会第 374 回会合

議事：「食品衛生法に基づき放射性物質について指標値を定めること」に関する食品健康影響評価について

5) 平成 23 年 3 月 29 日 食品安全委員会第 375 回会合

議事：「食品衛生法に基づき放射性物質について指標値を定めること」に関する食品健康影響評価について

6) 平成 23 年 7 月 26 日 食品安全委員会第 392 回会合

議事：放射性物質の食品健康影響評価について

3. 調査によってわかったこと

3.1. 食品摂取量の考え方について

食品摂取量に関して放射性物質対策部会の議論としては、平成23年11月24日に放射性物質対策部会では「13歳～18歳、19歳以上の年齢区分につきましては、男女差による摂取量の差が非常に大きくなってまいります。こうしたことを踏まえて、13歳～18歳、19歳以上につきましては摂取量の男女差についても考慮してはどうか」という事が提案され、この方針が了承されたことが議事録に記載されている。また、平成23年12月22日に開催された放射性物質対策部会では「放射性物質のような長期的なばく露を考慮することが必要な物質につきましては、長期間毎日摂取を続けても安全であるかどうかということを評価する必要があります。これまで、残留農薬等の長期的なばく露に対する影響を評価

する際には、食品の平均摂取量を用いるという考え方が採用されております。また、この考え方は、我が国のみならず、国際的にも一般的なものと言えることから、こうした考え方に基づき、今回の基準値の誘導で用いる飲料水以外の1日摂取量、これは、国民の平均値を使うことといたしました。ただし、性差あるいは年齢区分、こういうものに明確に差が見られますので、このようなものを厳密に行うために、それぞれ先ほど申しましたような年齢区分、性差を考慮することといたしております。」と報告されており、食品摂取量については摂取量の年齢区分、性差等を考慮したうえで決定していたことが確認できる。

この点に関してはパブリックコメントに以下の内容が寄せられており、食品摂取量については元となったデータの母数が十分でないこと、平均より偏った食事をする場合に関する考慮をすべきであるといった意見を確認できる。

【摂取量に関する御意見】

- ・ 食品摂取量の調査対象は4,510名で十分な数とは言えない。また、食品の平均摂取量を用いる点で、平均よりも偏った食事をする場合の危険性について全く考慮されない。

これに対して当時は以下の回答を行っており、食品摂取量の母数としては十分な母数が確保できていると考えていること、慢性毒性評価を行う際には平均値を用いることが妥当であったということを回答している。

【摂取量に関する回答】

食品の平均摂取量は、年齢区分別の平均的な値をできるだけ正確に把握できるように、(独)国立健康・栄養研究所がとりまとめた「食品摂取頻度・摂取量調査の特別集計業務・報告書」のほか、「国民健康・栄養調査」及び(財)環境科学技術研究所が青森県において実施した「乳幼児の食品摂取実態調査」を参照しました。国民の平均的な食品摂取量を把握するためには、十分な母数の調査対象者数であると考えています。

また、長期間毎日摂取し続けても安全であるかどうかを評価するためには、時には平均を上回る量の食事をする場合もあれば、また平均を下回る量の食事をする場合もあるため、一時的な平均を上回る摂取量よりも長期間における平均値を用いた方が、慢性毒性評価を行う上では適当とする考え方が、我が国のみならず、WHOを初め国際的にも一般的です。

さらに、新しい基準値に基づく食品からの放射性セシウムによる実際の被ばく線量の推計結果からは、中央値濃度で年間0.043ミリシーベルトが仮に平均摂取量の2倍を摂取される方であっても、中央値濃度の食品を食べ続けた場合で、年間の被ばく線量は0.086ミリシーベルトとなり、介入線量レベル(年間1ミリシーベルト)に対して十分に小さい値に留まると考えられます。

3.2. 流通する食品の食品区分の考え方について

平成23年11月24日に開催された放射性物質対策部会の議事録では食品区分について暫定規制値では、全食品を5つの食品区分、すなわち「飲料水」「牛乳・乳製品」「野菜類」「穀物」「肉・卵・魚・その他」に分けていたものを、特別な配慮が必要と考えられる「飲料水」「乳児用食品」

(7)

「牛乳」の独立した区分を設け、それ以外の食品全体を1つの区分（一般食品）として管理されることが提案されている。

その理由として、1点目として個人の食習慣の違い、すなわち摂取する食品の偏りの影響を最小限にすることがこうした考え方で可能になること、2点目として、国民にとって単純でわかりやすい規制となること、3点目として、食品の国際規格を策定しているコーデックス委員会なども、同様の考え方を採用しているということが説明されている。それに対して当時の部会委員より、「ある種の食品で単価が高く余り食べないものに関して少し高くしてほしいという要望があるのであれば、そういったことに対する配慮が必要になるのではないかと思います。」との発言があり、特定の種の食品に対する規制値を高くすることが提案されている。それに対して当時の部会長として「なかなかこれを高くしても大丈夫ということがわかっていたとしても、一つだけ規制値を緩めたような形で設けるというのは、難しい。」と回答されており、最終的に食品区分は4区分として、「飲料水」「乳児用食品」「牛乳」「一般食品」とすることが了承された。

続く平成23年12月22日の放射性物質対策部会において、その区分に含まれる食品の具体的な範囲について最終的な整理がなされたことが確認できる。

この点に関してはパブリックコメントに以下の内容が寄せられており、より細分化した食品区分を設けるべきであるという意見があったことが確認できる。

【食品区分に関する御意見】

- ・ 「一般食品」の中においても一部を「乳幼児用一般食品」として区別する規制が必要。
- ・ 主食には厳しい基準値にするなど、食習慣に合わせた基準にすべき。
- ・ 一般食品の区分を細分化し、嗜好品や摂取量の少ないものは基準緩和を求める。
- ・ 汚染を低減できた農作物と汚染を低減できない農・水産物を「一般食品」というくくりで同じ区分として扱うのは適切ではない。
- ・ 淡水魚やキノコ類、日本では例えば山菜のように一般消費量が少ない食品については別途分類した方が良い。

これに対して当時は以下の回答を行っており、①個人の食習慣の違い（摂取する食品の偏り）の影響を最小限にすることが可能であること、②国民にとって分かりやすい規制となること、③食品の国際基準を策定するFAOとWHOの合同会議であるコーデックス委員会などの国際的な考え方と整合することを考慮して、食品全体（一般食品）を1つの区分とすることを基本としたということを回答している。

【食品区分に関する回答】

食品区分の設定に当たっては、①個人の食習慣の違い（摂取する食品の偏り）の影響を最小限にすることが可能であること、②国民にとって分かりやすい規制となること、③食品の国際基準を策定するFAOとWHOの合同会議であるコーデックス委員会などの国際的な考え方と整合することを考慮して、食品全体（一般食品）を1つの区分とすることを基本としました。ただし、飲料水については、すべての人が摂取し代替がきかず、その摂取量が多いこと、WHOが飲料水中の放射性物質のガイダンスレベルを示していること、水道水中の放射性物質は厳格な管理が可能で

あることを踏まえ、独立した区分としています。また、子どもの摂取量が特に多い牛乳及び乳児が食べる乳児用食品については、食品安全委員会が、「小児の期間については、感受性が成人より高い可能性」を指摘していることを踏まえ、独立した区分としています。

3.3. 流通する食品の汚染割合（50％）の考え方について

食品の汚染割合に関しては、平成 23 年 12 月 22 日に開催された放射性物質対策部会の議事録で「すべての流通食品が基準値濃度の上限値の放射性物質を含むと考えるのはちょっと妥当とは言えないというところから、現在のモニタリング検査等から得られている実測値、あるいは流通食品に輸入食品が多く含まれているという実態から、流通する食品の汚染割合を一般食品につきましては 50%であるという仮定を置いて計算しております。」と記載されており、この意見に対する質疑等は確認できなかった。さらに平成 24 年 2 月 24 日の薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会で、平成 24 年 2 月 16 日に文科省の放射線審議会からの答申が紹介されている。放射線審議会において、基準値を計算する際の占有率の 50%に関する部会での議論が報告されている。すなわち、コーデックス委員会の放射性物質のガイドラインで取り入れられている占有率という考え方を取り入れたこと、占有率については我が国の食糧需給率等の関係から輸入割合は安全側に 50%と設定したこと、その考えをもとにして流通する食品の半分が基準値上限で汚染されているという想定で基準値を計算したことが報告されている。一般食品について流通する食品の汚染割合（50％）の考え方について、薬事・食品衛生食品審議会食品衛生分科会として占有率という考え方が取り入れられ、食品の汚染率が 50%として決定したことが確認できる。

この点に関してはパブリックコメントに以下の内容が寄せられており、汚染割合の 50%については厳しくすべきという意見と、緩めるべきという意見の両論があった事が確認できる。

【汚染割合に関する御意見】

- ・ 汚染割合50%の根拠が見えず、大雑把な基準に納得がいかない。安全側に立って、100%と想定すべき。
- ・ 汚染割合50%、大人100ベクレル/kgに切り下げ、子どもは大人の半分の50ベクレル/kgと、計算の根拠がないように感じられる。すでに汚染物質の含まれた食品が流通していることも踏まえ、厳格な基準を望む。
- ・ 汚染割合は、食品衛生法上の従来の考え方を踏襲して100%とすべき。生鮮食品などは地元野菜が主流となるし、福島周辺の野菜を日常的に摂取しても安心が担保される基準値の設定をするべき。
- ・ 学校の給食を始め、子供たちには、そうした食品を与えないようにしている現実に対して、無茶苦茶に安全率を上げた決定法と言わねばならない。実態を調査すれば、汚染率は、10%を遥かに下回る。

これに対して当時は以下のように返答を行っており、コーデックス委員会で定められている放射線のガイドラインにおいて取り入れられている占有率という考えをもとに決定したことを回答している。

【汚染割合に関する回答】

流通食品の汚染割合については、コーデックス委員会で定められている放射性物質に関するガイドラインにおいて、すべての食品が汚染されていると仮定せず、代わりに占有率（流通する食品のうち、汚染国からの輸入される食品の割合）という考え方が取り入れられていることから、これを採用しました。「一般食品」では、我が国の食料自給率（2010年度はカロリーベースで39%、2020年度までに50%を目標）等との関係から、流通する食品の半分が汚染されているという安全側の想定の下に、基準値を100ベクレル/kgに設定しています。

3.4. 放射性セシウムと他の放射性核種の濃度の関連性の考え方について（環境移行パラメータの考え方を含む）

平成23年7月12日に開催された放射性物質対策部会議事録に放射性セシウムと他の放射性核種の濃度の関連性の考え方等について説明がなされ、これに関する議論が記載されている。放射性セシウムで代表させることと放射性セシウムに対する放射性ストロンチウム濃度比に関する回答が確認された。放射性セシウムはガンマ核種で比較的容易に測定できる一方で放射性ストロンチウムは分析に時間を要することで、暫定規制値の場合も放射性セシウム濃度に一定の放射性ストロンチウム濃度が加わっても対応できるようになっていることが説明されている。

3.5. 規制対象核種（半減期1年以上）の考え方について

平成23年4月8日に開催された放射性物質対策部会では、当時の部会委員より「今は原発からどんどん放水されていますのでどんどん放射性ヨウ素は供給されていくわけです。つまり、次から次へと摂取する可能性というのは続いているということです。内部被ばくの線量は1回だけでなく、どんどん補充されていくのですが、それはどういうふうに考慮されているのでしょうか。」と質疑がなされている。これに対して平成23年5月13日に開催された放射性物質対策部会では「ヨウ素につきましては、（略）既に炉の中の臨界が続いておりますので、炉の中で既にもう7半減期くらい過ぎておりますので、初期の量の100分の1以下になっていると思われれます。そうしますと、セシウムはその分は減っておりませんので、今もし同じような形で炉から出てきますと、どちらかという、直接沈着という意味ではセシウムの方がクリティカルになるのではないかと。」と参考人が発言した。また、平成23年7月12日に開催された放射性物質対策部会にて改めて「放射性ヨウ素ですが、こちらにつきましてはかなり既に減少していると考えられますけれども、まだ6月段階でも海草等で検出されている事例もございます（必ずしも東京電力福島第一原発事故に起因しないが）ので、このヨウ素につきましても取扱いについて議論を行う必要があるというふうに考えております。」と発言があり、引き続き議論があったことが確認される。この点に関しては、平成23年11月24日に開催された放射性物質対策部会において「放射性ヨウ素につきましては、先ほども申しましたように半減期が短いということがございます。現在、混合核種の代表核種としてヨウ素131が、暫定規制値が設定されておりますけれども、半減期が最も長いヨウ素131でも約8日間である。平成23年7月15日以降は検出された報告はないということもございますので、規制値を設定する対象とはしないというふう

に考えています。」と提案され、ヨウ素は規制を設定する対象外とすることが了承された。他にも同日に開催された放射性物質対策部会では半減期1年未満の放射性核種に対する考え方等について説明がなされ、半減期1年未満の放射性核種も含めて計算した場合、時間の経過と共にスケーリングファクターや安全係数の見直しの必要性の有無などが記録されている。この議論を元に放射性物質対策部会の1年以上の半減期を有する核種（ストロンチウム90、プルトニウム、ルテニウム106）が了承された。

放射線の規制対象核種についてはパブリックコメントに以下の内容が寄せられており、セシウム以外の核種に対する懸念があった事が確認できる。

【規制対象核種に関する御意見】

- ・ 放射性セシウム以外の核種（ヨウ素、ストロンチウム、プルトニウム、アメリシウム等）についても検査対象とすべき。
- ・ 乳製品にはストロンチウムが多く含まれると考えられるため基準を設定すべき。
- ・ 海洋汚染の程度が不明であり、海産物については、セシウム以外の基準値が必要ではないか。
- ・ セシウム以外の核種については、国が計画的に調査と情報公開をすべき。
- ・ セシウム以外の規制対象核種はどの地域における比率を用いたのか、どのような移行係数を用いたのか示すべき。
- ・ セシウム以外の核種の比率をベクレルで示すべき。

放射線対象核種に関してヨウ素については半減期が短く、平成23年7月15日以降に食品からの検出報告がないことから規制対象としておらず、放射線半減期が1年以上の核種すべて（セシウム134、セシウム137、ストロンチウム90、プルトニウム、ルテニウム106）を規制対象核種としていると述べている。また、セシウム以外の対象核種の比率については穀類、乳製品といった食品分類毎に比率の計算を行っているものの海産物については情報が十分でないため安全側の想定に立って、セシウム以外の核種の寄与率を計算したことが回答されている。

【規制対象核種に関する回答】

規制の対象とする放射性核種については、新基準値は、福島原発事故を受け、事故後の長期的な状況に対応するものであることから、比較的半減期が長く、長期的な影響を考慮する必要がある核種としています。

そこで、原子力安全・保安院の評価に基づき大気中に放出されたと考えられる核種のうち、半減期が1年以上の核種すべて（セシウム134、セシウム137、ストロンチウム90、プルトニウム、ルテニウム106）を規制対象核種としました。なお、放射性ヨウ素については、半減期が短く、平成23年7月15日以降に食品からの検出報告がないことから、規制の対象とはしていません。規制対象の核種のうち、セシウム以外の核種については測定に非常に時間がかかることから、移行経路ごとに放射性セシウムとの比率を算出し、合計して年間1ミリシーベルトを超えないように放射性セシウムの基準値を設定しています。放射性セシウムとの比率の計算

(11)

は、穀類、乳製品といった食品分類ごとに行っているため、放射性物質の移行に関する食品ごとの特性も考慮されています。

ただし、海産物については、海水中での生態等の情報が十分ではなく、陸域のように環境モニタリングデータを用いて比率を評価することが困難であるため、余裕を持たせた安全側の想定に立ち、海産物中における放射性セシウム以外の核種（ストロンチウム 90 など）の寄与率を 50%と仮定して基準値を計算しています。このように新基準値は、放射性セシウム以外の核種の影響も考慮したものとなっています。また、施行後においても、基準値設定の際に用いた前提等は検証をしていく予定です。さらに、食品中に含まれるストロンチウム、プルトニウム及びルテニウムについては国による買い上げ調査を通じて、濃度推移を把握していくこととしております。

4. 結論

今回の調査では、平成 23 年度の放射性物質対策部会を中心とした議論について議事録等を中心に再整理した。これらの議事録だけでなく、食品安全委員会などの議事録は開示されている。食品中の放射性物質の基準値が決定された経緯について再検証を行ったところ、当時、放射性物質対策部会は様々な点について議論していたが、規制対象核種、特にヨウ素に対する考慮という点について平成 23 年 4 月 8 日から議題になり、平成 23 年 11 月 24 日の放射性物質対策部会にて対象各種が了承されるまで重点的に議論していたことが確認できる。この点に関しては、半減期が 1 年以上の核種すべて（セシウム 134、セシウム 137、ストロンチウム 90、プルトニウム、ルテニウム 106）を規制対象核種とすること。なお、放射性ヨウ素については、半減期が短く、平成 23 年 7 月 15 日以降に食品からの検出報告がないことから、規制の対象とはしては外されたことが確認できる。

上述の結論に対して、食品中の放射性物質の新基準値については、当時、社会的に関心が高いことから、多数のパブリックコメントが寄せられており、これらについて合理的な説明を行っている。一方で、規制対象核種の寄与率に関しては、「食品中に含まれるストロンチウム、プルトニウム及びルテニウムについては国による買い上げ調査を通じて、濃度推移を把握していく」とパブリックコメントで回答しており、継続的な注視が必要であった部分だと認識していたことが確認できる。この点に関しては、平成 24 年以降に国立医薬品食品衛生研究所において放射線セシウム、ストロンチウム、プルトニウムを計測している。一方で、この調査についてはマーケットバスケット方式方式で実施しており、個別の食品分類毎に計測することを目的としているものではない。以上を踏まえ、本研究の第 2 部では、現行の基準値を策定した際に推計した放射性セシウムに対する、その他の長半減期放射性核種の寄与率を食品分類ごとにその妥当性の検証を行うこととする。

付録

- 関連する会議議事録

(1) 薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会

- 1) 平成 23 年 4 月 4 日薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会:

<https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r9852000002c30f.html>

- 2) 平成 23 年 10 月 31 日薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会及び薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会・放射性物質対策部会合同会議:

<https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r9852000002452q.html>

- 3) 平成 24 年 2 月 24 日薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会及び薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会放射性物質対策部会合同会議:

<https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r9852000002bzxb.html>

(2) 薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会放射性物質部会

- 1) 平成 23 年 4 月 8 日開催: <https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r9852000001df7o.html>

- 2) 平成 23 年 5 月 13 日開催: <https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r9852000001jhc0.html>

- 3) 平成 23 年 7 月 12 日開催: <https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r9852000001ml2y.html>

- 4) 平成 23 年 11 月 24 日開催: <https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r98520000024foy.html>

- 5) 平成 23 年 12 月 22 日開催: <https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r98520000024g9a.html>

(3) 食品安全委員会

- 1) 平成 23 年 3 月 22 日 食品安全委員会第 371 回会合:

<https://www.fsc.go.jp/fsciis/meetingMaterial/show/kai20110322sfc>

- 2) 平成 23 年 3 月 23 日 食品安全委員会第 372 回会合:

<https://www.fsc.go.jp/fsciis/meetingMaterial/show/kai20110323sfc>

- 3) 平成 23 年 3 月 25 日 食品安全委員会第 373 回会合:

<https://www.fsc.go.jp/fsciis/meetingMaterial/show/kai20110325sfc>

- 4) 平成 23 年 3 月 28 日 食品安全委員会第 374 回会合:

<https://www.fsc.go.jp/fsciis/meetingMaterial/show/kai20110328sfc>

- 5) 平成 23 年 3 月 29 日 食品安全委員会第 375 回会合:

<https://www.fsc.go.jp/fsciis/meetingMaterial/show/kai20110329sfc>

- 6) 平成 23 年 7 月 26 日 食品安全委員会第 392 回会合:

<http://www.fsc.go.jp/fsciis/meetingMaterial/show/kai20110726sfc>

(4) 放射性物質の食品健康影響評価に関するワーキンググループ（食品安全委員会）

- 1) 平成 23 年 4 月 21 日 第 1 回会合結果:

<https://www.fsc.go.jp/fsciis/meetingMaterial/show/kai20110421so1>

- 2) 平成 23 年 4 月 28 日 第 2 回会合結果:
<https://www.fsc.go.jp/fsciis/meetingMaterial/show/kai20110428so1>
- 3) 平成 23 年 5 月 12 日 第 3 回会合結果:
<https://www.fsc.go.jp/fsciis/meetingMaterial/show/kai20110512so1>
- 4) 平成 23 年 5 月 25 日 第 4 回会合結果:
<https://www.fsc.go.jp/fsciis/meetingMaterial/show/kai20110525so1>
- 5) 平成 23 年 6 月 16 日 第 5 回会合結果:
<https://www.fsc.go.jp/fsciis/meetingMaterial/show/kai20110616so1>
- 6) 平成 23 年 6 月 30 日 第 6 回会合結果:
<https://www.fsc.go.jp/fsciis/meetingMaterial/show/kai20110630so1>
- 7) 平成 23 年 7 月 13 日 第 7 回会合結果:
<https://www.fsc.go.jp/fsciis/meetingMaterial/show/kai20110713so1>
- 8) 平成 23 年 7 月 21 日 第 8 回会合結果:
<https://www.fsc.go.jp/fsciis/meetingMaterial/show/kai20110721so1>
- 9) 平成 23 年 7 月 26 日 第 9 回会合結果:
<https://www.fsc.go.jp/fsciis/meetingMaterial/show/kai20110726so1>

- パブリックコメント

- 1) 乳及び乳製品の成分規格等に関する省令の一部を改正する省令及び食品、添加物等の規格基準の一部を改正する件（食品中の放射性物質に係る基準値の設定）（案）等に関する御意見の募集について：<https://public-comment.e-gov.go.jp/servlet/Public?CLASSNAME=PCM1040&id=495110333&Mode=2>
- 2) 水道水中の放射性物質に係る指標の見直し案に関する意見の募集について：<https://public-comment.e-gov.go.jp/servlet/Public?CLASSNAME=PCM1040&id=495110329&Mode=2>

第2部 食品中の放射性物質の基準値の運用に関わる検証

1. 目的

第1部では食品中の放射性物質の基準値の設定に関わる当時のプロセスに関する検証についてまとめた。第2部では、平成24年4月から運用された食品中の放射性物質の現行の基準値に対する影響等について検証を行なった結果についてまとめることとする。

平成23年3月の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が懸念された。厚生労働省は平成24年4月以降、介入線量を1mSv/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、放射性セシウム濃度について基準値を設定し、その他の核種については、原子力安全・保安院が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、ルテニウム-106、プルトニウム-238、プルトニウム-239、プルトニウム-240、プルトニウム-241を評価対象核種として、放射性セシウムとの濃度比を推定することにより、その線量への寄与を考慮している。また、その他の核種は、モニタリング結果や核分裂収率、物理的半減期等から、放射性セシウムに比べて線量寄与が無視し得る程十分に小さいと考えられ、評価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セシウム及びその他の核種の寄与率は、環境モニタリングによる土壤中放射性核種濃度や、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・評価を行い、内部被ばくに対する主要核種の寄与率の状況を把握する必要がある。まず、食品（農畜水産物等）中の放射性セシウム及びその他の長半減期放射性核種濃度及び調理や加工に伴う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内部被ばく線量に対する放射性セシウムの寄与率の推定から、介入線量を1mSv/年とした際の食品中の放射性セシウム濃度基準値の妥当性の検証を行うことを目的とした。

2. 方法

2.1. 食品加工や調理に伴う食品中の放射性物質の濃度変化に関する研究

FDNPS から30km圏内の海域の魚介類の採取を行い、これらの可食部の放射性核種の測定を行った。また市場に流通する福島産水産物及び水産加工物を入手し、原材料及び加工品と放射性核種濃度の比較や調理加工に伴う放射性核種濃度の低減率について調査を行った。また農産物ではシイタケについて、乾燥シイタケを作り、原材料との濃度比較を行った。

2.2. 農畜産物中放射性核種の測定及び低減化に関する研究

福島県内のJA農作物直売所等で、福島県産品であることを確認した上で一般流通食品（農畜産物）試料を購入して、放射性セシウム、ストロンチウム-90及びプルトニウムを測定した。また、過去の大気圏内核実験によるフォールアウトに起因する農作物中放射性核種濃度の調査を行い、その濃度レベルや、規格基準値導出に用いられた濃度比と比較検討した。また山菜や野獣肉も地域の季節食材と

して流通することから、それらの放射性セシウム濃度と調理加工による低減割合について求めた。

2.3. 食品中放射性セシウム濃度基準値の妥当性検証

食品試料中安定元素濃度を測定し、基準値導出に用いられた濃度比や、過去の大気圏内核実験によるフォールアウトに起因する農作物中放射性核種の濃度レベルと比較検討した。また安定カリウム及び安定カルシウムの摂取量を用いて、農畜産物の経口摂取による放射性セシウム及びストロンチウム-90 に起因する内部被ばく線量を評価し、ストロンチウム-90 を考慮した内部被ばく線量と介入線量レベルを比較検討した。

2.4. 営農再開地域における農作物中の放射性物質の濃度測定に関する研究

FDNPS の周辺でも営農再開地域が徐々に増加しているが、そのような地域における作物中放射性核種濃度に関して、住民の不安は解消されていない。特に、浜通りの FDNPS 周辺及び FDNPS から北西地域で営農再開に向け準備を進めている市町村等にとって、ガンマ線測定によるモニタリングで結果を出せないストロンチウム-90 についての不安の声が大きい。FDNPS から北西に位置する地域と営農再開を準備している地域、営農が再開されている浜通りの南相馬市と帰還の規制を解除した浪江町の試験圃場、主に福島県で最も人口の多い浜通りのいわき市から市場流通作物や試験栽培された農作物を採取し、放射性セシウム濃度とストロンチウム-90 濃度を求め、これまでに求めたデータと比較すると共に、全国のモニタリング結果と比較・検証し、住民の安心・安全の醸成に資するための研究を行った。

2.5. 食品中の放射性核種濃度等に関する研究(I)

水産物は、福島沖で採取され市場に流通する水産物とした。福島県水産試験場の協力を得て情報収集を行い、福島県沖合で採取され市場に流通する水産物を各漁協から購入し、放射性物質の濃度測定を行った。また福島県養殖業者から水産物を購入し、放射性物質（放射性セシウム、ストロンチウム-90、プルトニウム-239+240）と安定元素（カリウム及びカルシウム）の測定を行った。

2.6. 内部被ばく線量に対する放射性セシウムの寄与率等の推定

「2.4 営農再開地域における農作物中の放射性物質の濃度測定に関する研究」で測定した農作物中放射性セシウム濃度及びストロンチウム-90 濃度、及び「2.5 食品中の放射性核種濃度等に関する研究」で測定した海産物中放射性セシウム濃度を用いて、放射性セシウム及びストロンチウム-90 による内部被ばく線量を推定した。放射性セシウムによる内部被ばく線量の推定については、全ての食品がこの農作物や水産物に相当すると仮定する極めて保守的な方法と、安定カリウムの摂取量を用いる方法で評価を実施した。ストロンチウム-90 による内部被ばく線量の推定については、安定カルシウムの摂取量を用いる方法で評価を実施した。これらの内部被ばく線量の評価結果と介入線量レベルを比較検討した。

2.7. 農作物中セシウムと長半減期核種の濃度測定に関する研究

(17)

土壌及び作物（ハウレンソウ・ジャガイモ・玄米）を、福島県の浜通り、中通り（2 地点）、会津の 4 地点、福島周辺地域として宮城県と栃木県、並びに FDNPS 事故の影響が限定されている愛知県の計 7 地点で採取した。採取した作物や土壌は乾燥や灰化を行い、放射性核種測定用試料を作成した。試料をプラスチック容器（U-8）または 2L マリネリ容器に詰め、ゲルマニウム半導体検出器を用いてセシウム-134、セシウム-137 及びカリウム-40 の定量を行った。文部科学省放射能測定シリーズ 2「放射性ストロンチウム分析法」（平成 15 年改定）を用いて福島県で採取した作物中のストロンチウム-90 濃度測定を行った。さらに、加速器質量分析装置（AMS）を用いて作物と土壌中のヨウ素-129 濃度を求めた。

2.8. 食品中の放射性核種濃度等に関する研究(II)

市場流通する淡水魚、福島沖で採取され、市場に流通する魚介類 4 種（スズキ、マダラ、マコガレイ及びババカレイ）及び福島相双海域で採取し、市場に流通する魚介類 4 種（マダラ、スズキ、ババカレイ及びキアンコウ）を本研究の対象とした。魚の灰試料を作成し、ゲルマニウム半導体検出器（GX2019）を用いて、 γ 核種の測定を行った。また海水やこれまでに採取した魚介類灰試料を用いて、ストロンチウム-90 やプルトニウム-239+240 の定量を行い、放射性セシウムに対する濃度比について調査を行った。

2.9. 内部被ばく線量の推計に関する研究

食品中放射性セシウム、ストロンチウム-90 及びヨウ素-129 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。食品の種類を 3 種類の農作物（ハウレンソウ・ジャガイモ・玄米）に限定して福島県内外で採取し、それぞれの同一試料中放射性セシウム、ストロンチウム-90 及びヨウ素-129 濃度を測定することにより、それぞれの核種による内部被ばく線量を推定することを試みた。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。

3. 結果及び考察

3.1. 食品加工や調理に伴う食品中の放射性物質の濃度変化に関する研究

水産加工物については、生試料を乾燥して干物にしてもカリウム-40 濃度は増加したが放射性セシウムは検出されなかった。生試料を煮だし実験を行った結果、放射性セシウムとカリウム-40 が 50-90%減少し、調理加工に伴い放射性核種濃度の低減が確認された。食品中の基準値を超えた試料は、楡葉町沖合で採取したコモンカスベのみで、その放射性セシウム 濃度は 109Bq/kg-生重量であった。同海域では平成 25 年度に比べて平成 26 年度の魚介類中の放射性セシウム濃度は約 1 割までに減少する傾向にあった。魚介類可食部中のストロンチウム-90 及びプルトニウム-239+240 濃度は検出下限値未満であった。また、シイタケは商業的に生産される過程に準じた方法で乾燥を行ったところ、実験室レベルでは乾燥キノコへの加工に伴い製品当たりの放射性セシウム濃度が平均で 9 倍程高くなった。水産加工物については、原材料(生魚の状態)からすべて内臓等が取り除かれ、機械乾燥や外干し

が行われており、水分量の減少による濃縮よりも、加工工程における内臓部等の除去や洗いによって放射性物質が流出したと考えられた。また煮だし調理加工に伴い、体液と共に放射性物質が流出したと考えられる。FDNPS から 30km 圏内の海域の魚介類中の放射性セシウム濃度の低下は、海水や餌となるプランクトン類中の放射性セシウム濃度が事故前のレベルまで下がっていることや堆積物中の濃度も年々低下していることが要因と考えられる。中層魚に比べて、底層魚は底生生物を捕食する影響で放射性セシウム濃度が他よりも高い傾向にあることが考えられる。採取した魚介類可食部中のストロンチウム-90 及びプルトニウム-239+240 は検出されなかったことから、福島県沖の魚介類についてもフォールアウトによるストロンチウム-90 及びプルトニウム-239+240 が含まれている可能性を考慮しても、大気圏核実験由来の濃度レベルにあり、基準値導出における推定方法が妥当であることが示唆された。シイタケはセシウムを吸収・蓄積するのに対してストロンチウム濃度は低いことから、食品として放射性セシウムに対する放射性ストロンチウムの寄与率は基準値導出における推定方法よりも低いと考えられる。

3.2. 農畜産物中放射性核種の測定及び低減化に関する研究

試料の一部は供試量を約 10 kg に増量し、ストロンチウム-90 濃度を定量することを試みた。その結果、帰還困難区域外の農作物中ストロンチウム-90 濃度は、0.0047～0.30 Bq/kg-生の値であった。また、帰還困難区域内から採取した作物中濃度は、0.21 及び 0.31 Bq/kg-生であった。これらの値は、平成 25 年の福島県を除く国内から採取された作物中濃度（検出限界値以下～0.91 Bq/kg-生）と比較しても、範囲内にあることが確認された。農作物中プルトニウム濃度は、きわめて低濃度であり、検出限界値以下～0.000085 Bq/kg-生であった。山菜、野獣肉の調理加工による放射性セシウム濃度を求めた結果、多くの試料で低下した。特に、イノシシ肉の血抜き処理では約 5 分の一に低下した。土壤中に事故由来のストロンチウム-90 が若干見受けられた帰還困難区域内で採取したカボチャとキャベツについては、実測値が評価値を下回り評価が妥当であったことが示された。一方、帰還困難区域外で採取した試料についても、3 試料（コマツナ、キュウリ、食用菊）を除く評価値が実測値を下回り妥当性が示された。一方、評価値が実測値を上回った 3 試料については、土壤中ストロンチウム-90 濃度に事故の寄与が見られないこと、作物中ストロンチウム-90 が福島県外で採取された作物中濃度と同様であったことから、大気圏核実験由来であったと考えられた。また、農作物中プルトニウムについては、濃度が極めて低かったために、事故由来の判断基準となるプルトニウム-240/プルトニウム-239 原子数比を確定することができなかった。事故由来によるプルトニウム-240/プルトニウム-239 原子数比は 0.323～0.330 と報告されているが、本研究で求めた土壤中プルトニウム-240/プルトニウム-239 原子数比はその値とは異なり、帰還困難区域内から採取した土壌試料も含め、0.171～0.197 と大気圏核実験由来 (0.180 ± 0.007) の値と一致した。

3.3. 食品中放射性セシウム濃度基準値の妥当性検証

平成 24 年度に福島県内産で一般流通食品（農畜産物）試料を 40 試料購入して測定した結果、放射性セシウム濃度は検出下限値未満から 40.2 Bq/kg-生重量であり、一般食品の基準値である 100 Bq/kg を超える農畜産物はなかった。また、食品中のセシウム-137 濃度は検出下限値未満から 25.2 Bq/kg-

生重量であった。ストロンチウム-90 濃度はすべて検出下限値未満であった。平成 25 年度の放射性セシウム濃度は検出下限値未満から 14.0 Bq/kg-生重量であり一般食品の基準値である 100 Bq/kg を超える農畜産物はなかった。また平成 24～25 年度の食品試料中安定ストロンチウム濃度は 16～6600 $\mu\text{g/kg}$ と、その範囲は二桁にわたっていた。また安定カルシウム濃度も 16～3900 mg/kg とその範囲は二桁にわたっていた。安定セシウム及び安定カリウム濃度は平成 25 年度の試料のみ測定を行った。安定セシウム濃度は検出下限値未満の試料が多く、濃度の範囲は検出下限値未満～5.7 $\mu\text{g/kg}$ であった。安定カリウム濃度は比較的変動範囲が小さく、1.2～7.5g/kg であった。本研究で検出されたセシウム-137 濃度及びストロンチウム-90 濃度検出下限値と、過去のフォールアウトの影響、及び評価に用いられた核種濃度比の比較検討を行った。その結果、ストロンチウム-90 濃度は過去の大気圏内核実験由来の濃度レベル以下と推定されたが、葉菜類、豆類、果菜類については、フォールアウトによるストロンチウム-90 が含まれている可能性を考慮しても、ストロンチウム-90 濃度は基準値の導出の考え方によるストロンチウム-90/セシウム-137 濃度比よりも低く、基準値導出における推定方法が妥当であることが示唆された。

本研究によって得られたセシウム-137 濃度から農畜産物摂取による被ばく線量を試算した結果、極めて保守的な仮定であっても 1mSv/年を大幅に下回っており、なおかつ平成 25 年度は平成 24 年度に比べて減少していることが明らかとなった。

また、安定元素濃度を利用して、平成 25 年度採取試料の濃度から推定した内部被ばく線量の評価結果は、フォールアウトによるストロンチウム-90 の寄与を含めても、介入線量レベルである 1mSv/年を大幅に下回っていた。帰還困難地域における試料においても事故由来のプルトニウムは検出されなかったこと、本研究も含めこれまでの食品試料の測定においてルテニウム-106 が検出された事例がないことから、これらの核種による影響はほとんど無いと考えられる。

3.4. 営農再開地域における農作物中の放射性物質の濃度測定に関する研究

平成 27 年度に実施した結果では、FDNPS から北西に位置する放射性セシウムの沈着量が比較的高かった福島市、伊達市（平成 23 年度に作付したイネが 500 Bq/kg-生重量を超えた地区）、及び川俣町から市場流通している農作物を購入し、放射性セシウム濃度を求めた結果、 1.9 ± 2.1 (0.12～7.3) Bq/kg-生重量であった。また、ストロンチウム-90 濃度は、 0.0092 ± 0.0066 (0.0019～0.018) Bq/kg-生重量であった。一方、営農再開を計画している飯舘村、浪江町及び川俣町の試験圃場から採取した農作物中放射性セシウム濃度は 0.44 ± 0.43 (0.11～1.6) Bq/kg-生重量、またストロンチウム-90 濃度は 0.0026 ± 0.0030 (0.0036～0.10) Bq/kg-生重量であり、市場流通品中濃度と同様な値であった。更に、これらの値は、福島県を除く日本全国の放射性セシウム濃度（検出限界値以下～15 Bq/kg-生重量）及びストロンチウム-90 濃度（検出限界値以下～0.91 Bq/kg-生重量）とも同程度にあった。平成 28 年度に実施した結果では、浜通りの南相馬市内で栽培され、市場流通していた作物中放射性セシウム平均濃度は、 2.2 ± 4.9 (0.03～22、n=27) Bq/kg-生重量であり、基準値を下回った。ストロンチウム-90 濃度は、 0.08 ± 0.13 (0.01～0.45、n=11) Bq/kg-生重量であった。これらの濃度は福島県を除く全国農作物中放射性セシウムやストロンチウム-90 濃度モニタリング結果（2015 年）の範囲にあった。営農再開を計画している浪江町の試験圃場から採取した 4 試料の農作物中放射性セシウ

ム濃度は 0.77 ± 0.43 ($0.37 \sim 1.3$, $n=4$) Bq/kg-生重量であり、基準値を下回った。また、ストロンチウム-90 濃度は 0.04 ± 0.04 ($0.008 \sim 0.099$, $n=4$) Bq/kg-生重量であった。

平成 29 年度に実施した結果では、浜通りいわき市内の圃場で栽培され、市場流通していた作物中放射性セシウム平均濃度は、 0.78 ± 1.69 (検出限界値以下 ~ 6.6 , $n=27$) Bq/kg-生重量であり、基準値を下回り、一般的なモニタリングでは検出できないほど低濃度になっていることが明らかになった。また、セシウム-134 は時間経過に伴い物理的半減期 (2.1 年) で減衰し、セシウム-134/セシウム-137 濃度比は 0.13 まで減少した。いわき市における作物中ストロンチウム-90 濃度は、 0.019 ± 0.017 ($0.0050 \sim 0.059$, $n=10$) Bq/kg-生重量であり、福島県を除く全国農作物中放射性セシウムやストロンチウム-90 濃度モニタリング結果と同様な範囲にあった。

市場流通と試験圃場から採取した作物中放射性セシウム濃度は、概ね同様な濃度範囲にあり、両者とも基準値を下回った。これらの値は、福島県を除く日本全国の放射性セシウム濃度 (検出限界値以下 ~ 15 Bq/kg-生重量) の範囲にあった。また、平成 24 年度に調査した作物中放射性セシウム濃度に比べ、平成 25 年度に調査した作物中放射性セシウム濃度は減少したが、平成 25 年度と平成 27 年度の調査結果を比較すると明らかな減少は見られなかった。福島県浜通りに位置し県内で最も人口の多いいわき市で栽培され、市場流通している作物中放射性セシウム濃度は基準値を大きく下回り、他県と比較しても同程度のレベルにまで低下していることを確認した。市場流通と試験圃場から採取した作物中ストロンチウム-90 濃度を比較すると、両地域から採取された作物中濃度も、同様な濃度範囲あり、更に福島県を除く全国調査の作物中濃度範囲 (検出限界値以下 ~ 0.91 Bq/kg-生重量) にあり、本研究で検出されたストロンチウム-90 濃度は大気圏核実験に由来する濃度と同程度であると考えられる。更に、いわき市の市場流通作物中ストロンチウム-90 濃度も、福島県を除く全国調査の作物中ストロンチウム-90 濃度範囲内にあり、農作物から検出されたストロンチウム-90 濃度は大気圏核実験に由来する濃度と同程度であると考えられる。

3.5. 食品中の放射性核種濃度等に関する研究(I)

平成 27 年度に購入した水産物可食部の 1 個体ごとの放射性セシウム濃度は、すべての個体のセシウム-134 濃度は検出下限値 (0.5Bq/kg -生重量) 以下で、セシウム-137 濃度は $0.4 \sim 1.7$ Bq/kg-生重量の範囲であった。またサバ、アジ及びイカ可食部中のストロンチウム-90 及びプルトニウム-239+240 濃度はいずれも検出下限値 (ストロンチウム-90 : 0.2 Bq/kg-生重量、プルトニウム-239+240 : 0.01 Bq/kg-生重量) 未満であった。平成 28 年に入手した水産物中の放射性セシウム及びカリウム-40 濃度の測定の結果は、セシウム-137 濃度及びカリウム-40 濃度は、アラ部に比べて可食部でわずかに高い傾向を示した。これはアラ部には有機物よりも骨格部分が多いため灰試料中にカルシウムが残ったことが要因と考えられる。また、すべての魚種の可食部中のストロンチウム-90 及びプルトニウム-239+240 濃度はいずれも検出下限値 (ストロンチウム-90 : 0.2 Bq/kg-生重量、プルトニウム-239+240 : 0.1 Bq/kg-生重量) 未満であった。平成 29 年度に入手した、養殖鯉可食部中のセシウム-134 濃度範囲 (Bq/kg-生重量) は $0.12\text{-}0.31$ ($n=4$) であった。セシウム-137 濃度範囲 (Bq/kg-生重量) は、可食部で $1.2\text{-}2.6$ ($n=4$)、アラ部で $0.12\text{-}0.19$ ($n=3$) 及び内臓部で $0.3\text{-}0.8$ ($n=4$) であった。セシウム-134 と セシウム-137 が検出された可食部とアラ部 (1 検体) のセシウム-134/セシウム-137 放射能

(21)

濃度比は 0.11-0.12 で、これは FDNPS 事故由来であった。内臓部では $^{137}\text{セシウム}$ 濃度が低いために、このセシウム-137 が FDNPS 事故由来か判断することはできなかった。アラ部の高いセシウム-137 濃度は周辺環境からの影響と考えられる。セシウム-137 濃度及びカリウム-40 濃度は、アラ部(1 検体を除き)や内臓に比べて可食部で高い傾向を示した。これはアラ部には有機物よりも骨格部分が多いため灰試料中にカルシウムが残ったことが要因と考えられる。平成 27 年度に採取したサンマ可食部では、セシウム-137 濃度が検出された 3 個体の平均値が 0.8 Bq/kg-生重量であったが、生重量約 1kg の複数個体を合わせた合算試料の場合は 1.1 Bq/kg-生重量であった。サンマ可食部のカリウム-40 濃度 (n=5) についても 73~85 Bq/kg-生重量の範囲であり、個体差による影響はあるものの、個別の測定結果の算術平均値と複数個体の合算試料の測定結果に大きな差は認められなかった。購入した水産物からストロンチウム-90 及びプルトニウム-239+240 が検出されなかったことから、ストロンチウム-90 及びプルトニウム-239+240 濃度は基準値の導出の考え方によるストロンチウム-90/セシウム-137 濃度比及びプルトニウム-239+240/セシウム-137 よりも低いあるいは、大気圏内核実験由来の濃度レベルにあることが考えられた。

平成 28 年度に採取した魚介類から、食品中の放射性物質濃度 100Bq/kg-生重量の基準値を超える試料はなく、採取した魚種の可食部については、セシウム-134 濃度は検出下限値以下または検出下限値に近い濃度であった。各部位ごとのセシウム-137 濃度及びカリウム-40 濃度から、各部位の生重量を加味した魚類試料 1 匹あたりの放射性濃度を求めた。また魚種ごとのセシウム-137 及びカリウム-40 の平均濃度と各部位ごとのこれらの濃度を比較すると、魚種ごとの平均濃度に対して、アラ部中の濃度は低く、可食部濃度は高い傾向にあった。これはアラ部に比べて可食部は軟組織であることが原因と考えられる。

平成 29 年度に採取した試料から、食品中の放射性物質濃度 100Bq/kg-生重量の基準値を超える試料はなく、採取した魚種の可食部については、セシウム-134 濃度は検出下限値以下または検出下限値に近い濃度であった。各部位の生重量を加味した養殖鯉 1 匹あたりの放射性濃度を求めたところ、各部位ごとのセシウム-137 濃度及びカリウム-40 濃度範囲 (Bq/kg-生重量) は、0.5-8.5 と 56.1-62.7 であった。安定元素のカルシウムとストロンチウム濃度はアラ部で高い傾向にあった。カリウム/セシウムとカルシウム/ストロンチウム濃度比は部位や個体による大きな差は認められなかった。安定元素の濃度比を利用した濃度推定が可能であることが示唆された。

3.6. 内部被ばく線量に対する放射性セシウムの寄与率等の推定

農畜産物と海産物の摂取に起因する放射性セシウムによる、極めて保守的な方法を用いた内部被ばく線量の評価結果は、各年度での変動はあるものの、0.01mSv 程度かそれ以下であり、介入線量レベルである 1mSv/年を大幅に下回っていた。安定カリウムの摂取量を用いる方法で評価した結果は 0.001 mSv のオーダーであり、介入線量レベルである 1mSv/年を大幅に下回っていた。ストロンチウム-90 による内部被ばく線量の推定について、安定カルシウムの摂取量を用いる方法で評価した結果は、0.001mSv/年のオーダー以下であった。農畜産物と海産物の摂取に起因する放射性セシウムによる、極めて保守的な方法を用いた内部被ばく線量の評価結果は、0.01mSv/年程度かそれ以下であり、介入線量レベルの 1 mSv/年を大幅に下回っていた。しかしながら、マーケットバスケット法による年

間放射線量を一桁程度上回っていた。その理由として、摂取する全ての食品について、原材料も含め全て福島県浜通り地域（海産物については FDNPS の 30km 圏内の海域）から産出されたものとし、市場希釈の効果を考慮していないこと、「その他」のカテゴリーの放射性セシウム濃度は、評価に用いた濃度よりも低いと考えられること、調理加工に伴う放射性セシウム濃度の減少を考慮していないこと等があげられ、本推定値は保守的な仮定に基づく過大評価となっていると考えられる。

ストロンチウム-90 による内部被ばく線量の評価結果は 0.001 mSv/年オーダーかそれ以下であったが、今回検出されたストロンチウム-90 は大気圏核実験由来と考えられるよって、事故由来のストロンチウム-90 による被ばく線量はこの評価結果よりも十分に低く、事故に起因する放射性セシウムによる被ばく線量と比べても十分に低いと考えられる。

3.7. 農作物中セシウムと長半減期核種の濃度測定に関する研究

2011 年の事故からの経過時間に伴い、土壌中のセシウム-134 濃度は、物理半減期によってセシウム-137 濃度の 10%程度まで減少した。福島県内の浜通り及び中通りでは表土剥ぎ取りによる除染が行われ、放射性セシウム濃度の低減化が進んだ。愛知県の土壌では、セシウム-134 が検出されず、主に核実験由来によるセシウム-137 であることが明らかになった。浜通りの圃場土壌中ヨウ素-129 濃度は 0.4~1.1 mBq/kg と、福島県その他地域と比較しても高い値にあるが、セシウム-137 濃度に比べ 6 桁以上低い値であった。作物中放射性セシウム濃度は、浜通りと中通りで採取した作物で他地域より若干高い値であったが、基準値を大きく下回る値（最も高い値は浜通りで採取した玄米：2.0 Bq/kg-生重量）であった。福島県内で採取した作物中ストロンチウム-90 濃度は、0.1 Bq/kg-生重量以下であり、福島県以外から採取された作物中濃度と同様であった。作物中のヨウ素-129 濃度は、土壌中濃度が高かった浜通りで 0.00036~0.062 mBq/kg-生重量と他地域でより高い値であった。葉菜類・根菜類・コメの放射性セシウム濃度は、基準値を大きく下回ることをあらためて確認した。また、作物種ごとに、土壌中セシウム-137 濃度と作物中セシウム-137 濃度は正の相関を示し、FDNPS から放出された放射性セシウムの作物への移行は、作物種が同様であれば、土壌中濃度に対する作物中濃度の比で示される「移行係数」で類推できることがあらためて示された。福島県内における作物中ストロンチウム-90 濃度は、福島県外で採取された値と比較しても同程度にあり、大気圏核実験由来と考えられた。

作物中ヨウ素-129 濃度は、浜通りで他地点より若干高いものの、土壌中ヨウ素-129 濃度と玄米中ヨウ素-129 濃度は正の相関を示し、移行係数による類推が可能であることが明らかになった。また、作物中ヨウ素-129 濃度は、作物中セシウム-137 濃度より 6 桁以上低い濃度であった。

3.8. 食品中の放射性核種濃度等に関する研究(II)

2018 年の淡水魚中の可食部のセシウム-137 濃度範囲は、2~15 mBq/kg-生重量で、2020 年~2021 年の海水魚の可食部のセシウム-137 濃度範囲は、1 mBq/kg-生重量以下であった。魚類アラ部中のストロンチウム-90 濃度範囲は、海水魚は検出下限値以下~0.08 Bq/kg-生重量に対して、淡水魚は 0.26-0.62 Bq/kg-生重量であった。また魚類内臓部中のプルトニウム-239+240 濃度範囲は、検出下限値以下~0.016 Bq/kg-生重量であった。2018 年に測定した淡水魚のセシウム濃度は、食品中の放射性物質

の基準値 100Bq/kg よりもはるかに低い濃度であった。2020～2021 年に福島相双海域で採取した魚類からセシウム-134 は検出されなかった。魚類中セシウム-137 濃度から事故由来のセシウム-134 を推定しても検出下限値以下であった。魚全体に対する部位ごとのセシウム-137 存在量比は、可食部が 40～60%、アラ部が 20～40%で、内臓部が 10-30%であった。水分量が少ないアラ部中のセシウム-137 濃度が低いことが考えられる。魚類を採取した海域の海水中のセシウム-137 濃度と濃縮比を用いて魚類中のセシウム-137 濃度を推定すると、0.2～1.5 Bq/Kg-生重量の範囲で、概ね魚類中の放射性セシウム濃度が環境水中濃度を反映していることが考えられる。海水中のストロンチウム-90 濃度と濃縮比を用いて魚類中のストロンチウム-90 濃度を推定すると、検出下限値以下であった。魚類内臓部中のプルトニウム-239+240 濃度から海産魚類（全身）中のプルトニウム-239+240 濃度を計算した結果、検出下限値に近い値で、放射性セシウムに対するプルトニウム-239+240 放射能比は極めて低いことが明らかになった。

3.9. 内部被ばく線量の推計に関する研究

農作物の摂取による各核種による内部被ばく線量を推定したところ、最も高いセシウム-137 による被ばく線量推定値は、福島県浜通りの 13-18 歳男子の 0.0029 mSv/年であった。ストロンチウム-90 による被ばく線量は、性別年齢区分によって異なるが、0.0001mSv/年前後であった。ヨウ素-129 による被ばく線量推定値が最も高かったのは、福島県浜通りの 7-12 歳女子で、0.00000077 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る。また、農作物摂取による内部被ばく線量推定値のヨウ素-129/セシウム-137 比の最大値は福島県中通り北部の 7-12 歳の女子の 0.00060 mSv/年であり、I-129 による被ばく線量は、放射性セシウム による被ばく線量に比べ十分に低いことが示唆された。2020 年 2 月～3 月に調査されたマーケットバスケット法による、放射性セシウムから受ける被ばく線量は、福島（浜通り）で 0.0007 mSv/年、福島（中通り）で 0.0008 mSv/年、福島（会津）で 0.0009 mSv/年であり、また福島県以外では 0.0005～0.0014 mSv/年であることから、地域による差異はほぼ見られなくなっている。本評価における線量は、福島県浜通り以外ではほとんど 0.0001mSv/年のオーダーであり、この線量評価が農作物摂取を対象としていることを考えると、妥当な評価であると考えられる。また、福島県浜通りではマーケットバスケット法による評価よりも高い推定値となっているが、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、実際の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。なお、本評価では調理加工に伴う放射性セシウム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セシウム濃度が減少する影響も考えられる。上記の手法に加え、安定元素の摂取量を用いて内部被ばく線量の試算を実施した。この試算では、農作物の摂取による各核種による内部被ばく線量よりも高い試算結果が得られたが、介入線量レベルである 1mSv/年を大幅に下回っていた。また、本試算においても、ヨウ素-129 による被ばく線量は、放射性セシウムによる被ばく線量に比べ十分に低いことが示唆された。

4. まとめ

4.1. 食品加工や調理に伴う食品中の放射性物質の濃度変化に関する研究

魚類については丸干しや開きの加工処理を行うことによって放射性セシウムの濃度が増加することではなく、煮だし調理加工によってその濃度が減少することが明らかとなった。福島沖の試験操業海域で採取した魚介類について、年々放射性セシウム濃度は減少していることが明らかとなった。魚類可食部に本事故由来のストロンチウム-90 及びプルトニウム-239+240 は検出されなかった。つまり本事故による影響は確認できなかったことから、水産物に対する基準値導出における推定方法も妥当であることが示唆された。シイタケは実験室レベルで試験用の乾燥キノコに加工することで放射性セシウムが9 倍ほど高くなった。いずれの食品共に放射性セシウムに対する放射性ストロンチウムの寄与率は基準値導出に用いたものよりも低いことが明らかになった。

4.2. 農畜産物中放射性核種の測定及び低減化に関する研究

本研究では、福島県において福島県産農畜産物に限定し、一部帰還困難区域内の試験圃場で栽培された作物についても測定を行うことにより、基準値策定時の妥当性について検証した。FDNPS から西 5 km の帰還困難区域内にある大熊町の試験圃場の土壌で栽培された農作物中ストロンチウム-90/セシウム-137 濃度比については、評価値よりも低く、その妥当性を検証した。大気圏核実験由来のストロンチウム-90 と考えられる一部試料で評価値を上回ったが、多くは評価値より低いストロンチウム-90/セシウム-137 濃度比であった。プルトニウムについては作物中濃度がきわめて低濃度のため、大気圏核実験か事故由来のプルトニウムかの由来を判定することができなかった。しかしながら、作物中プルトニウムは土壌から移行するため、精度良く測定することができる土壌中プルトニウム-240/プルトニウム-239 原子数比について確認した。その結果、土壌中プルトニウムは事故由来ではなく大気圏核実験由来であった。よって、作物中プルトニウムも大気圏核実験由来であると考えられる。山菜や野獣肉は、調理加工により放射性セシウム濃度が低減化するため、それら食品中濃度を直接測定した結果より調理加工後の値は、低くなる。そのため、食品中濃度から評価される被ばく線量より、調理加工された食品を摂取することによる被ばく線量は小さな値になると考えられる。調理加工により山菜や野獣肉中放射性セシウム濃度は減少し、特にイノシシ肉は血抜きによって大きく減少した。これは、植物細胞（細胞壁）と動物細胞（細胞膜）の構造上の違いがあると推測される。

4.3. 食品中放射性セシウム濃度基準値の妥当性検証

福島県内において福島県産品の食品（農畜産物）を平成 24 年度及び平成 25 年度にそれぞれ 40 個及び 42 個購入し、放射性セシウム濃度、ストロンチウム-90 濃度及び安定元素濃度を測定した。その結果、一般食品の基準値である 100 Bq/kg を超える農畜産物はなかった。なお、ストロンチウム-90 濃度は、測定を実施した平成 24 年度の試料において、全て検出下限値未満であった。測定されたセシウム-137 濃度及びストロンチウム-90 濃度の検出下限値を、過去の大気圏内核実験によるフォールアウトに起因する、平成 12 年～平成 22 年における農作物中セシウム-137 及びストロンチウム-90 の濃度の範囲、及び食品中放射性セシウム基準値の導出の際に評価した核種濃度比と比較検討した。その結果、葉菜類・豆類・果菜類については、セシウム-137 濃度が比較的高い試料においてもストロンチウム-90 濃度は検出下限値未満であり、基準値導出における推定方法が妥当であることが示唆され

た。得られた測定結果から推定した内部被ばく線量の評価結果は、フォールアウトによるストロンチウム-90 の寄与等他の核種の影響を含めても、介入線量レベルである 1mSv/年を大幅に下回っていた。チェルノブイリ原発事故では比較的沸点の高い放射性核種（ルテニウム等）が原発周辺で検出されているが、福島原発事故では検出されていない。これらの結果から、事故に起因する放射性セシウム以外の核種の影響は極めて小さく、ストロンチウム-90 等の他の放射性核種の寄与を安全側に考慮した放射性セシウムに対する基準値の算定値は、妥当であったと考えられる。

4.4. 営農再開地域における農作物中の放射性物質の濃度測定に関する研究

FDNPS から北西に位置する比較的放射性セシウム沈着量が高い地域、及び、平成 28 年度から営農再開を予定している居住制限区域、帰還困難区域を含む地区において試験圃場から作物を採取し、放射性セシウムとストロンチウム-90 濃度を測定した。採取した作物中放射性セシウム濃度は全て基準値を大きく下回った。また、作物中ストロンチウム-90 濃度も福島県を除く全国調査の範囲内にあり、事故由来による作物中ストロンチウム-90 濃度の明らかな増加は認められなかった。

浜通りにおいて、平成 28 年度には FDNPS から北に位置する南相馬市、平成 29 年度には南に位置するいわき市から農作物を採取し、放射性セシウムとストロンチウム-90 濃度を測定した。南相馬市から採取した作物中放射性セシウム濃度は全て基準値を大きく下回った。また、作物中ストロンチウム-90 濃度も福島県を除く全国調査の範囲内にあり、事故由来による作物中ストロンチウム-90 濃度の明らかな増加は認められなかった。いわき市において採取した作物中放射性セシウム濃度は全て基準値を大きく下回り、一般的なモニタリングでは検出が困難な程度まで減少し、2011 年の事故による放射性セシウム沈着量も他の浜通り地域と比べて低く、作物中濃度も FDNPS より北に位置する地域より低い傾向にあった。また、作物中ストロンチウム-90 濃度も福島県を除く全国調査の範囲内にあり、事故由来による作物中ストロンチウム-90 濃度の明らかな増加は認められなかった。

4.5. 食品中の放射性核種濃度等に関する研究(I)

平成 27 年度に福島県内の海域において採取され市場に流通する水産物中放射性セシウム濃度は、検出下限値から 1.7 Bq/kg-生重量の濃度範囲で、食品の基準値より 2 桁も低い濃度であった。ストロンチウム-90 及びプルトニウム-239+240 は検出下限値以下であり、本事故による影響は確認できなかった。また平成 28 年度に採取された魚類中の放射性セシウム、カリウム-40、ストロンチウム-90 及びプルトニウム-239+240 濃度を測定した。採取された魚類中の放射性セシウム濃度は、0.4-1.6 Bq/kg-生重量の濃度範囲であり、食品中の基準値を超えた試料はなかった。またストロンチウム-90 及びプルトニウム-239+240 は検出下限値以下であり、本事故による影響は確認できなかったことから、水産物に対する基準値導出における推定方法も妥当であることが示唆された。平成 29 年に福島県内の養殖鯉中の放射性セシウム、カリウム-40 及び安定元素濃度を測定した。養殖鯉 1 匹中の放射性セシウム濃度は、0.5-8.5 Bq/kg-生重量の濃度範囲であり、基準値を超えた試料はなく、本事故による影響は確認できなかった。

4.6. 内部被ばく線量に対する放射性セシウムの寄与率等の推定

(26)

平成 27～29 年度に採取された農産物、海産物中放射性セシウム濃度、農産物中ストロンチウム-90 濃度及び安定元素濃度を用いて年間内部被ばく線量を試算した結果、極めて保守的な仮定、すなわち、摂取する全ての食品について、原材料も含め全て福島県浜通り地域（海産物については FDNPS の 30km 圏内の海域）から産出されたものとし、過去の大気中核実験等のフォールアウトによるストロンチウム-90 の寄与を含めた場合であっても、介入線量レベルである 1 mSv/年を大幅に下回っていた。

すなわち、事故に起因する年間内部被ばく線量は、ストロンチウム-90 の寄与を考慮しても、1 mSv/年の 1/100 を下回っており、現行の規準値によって食品中の放射性物質について安全性が十分に確保されていることを確認した。また、事故に起因するストロンチウム-90 の寄与は極めて小さく、放射性セシウム以外の放射性核種の寄与を安全側に考慮した放射性セシウムに対する基準値の算定値は、妥当であったと考えられる。

4.7. 農作物中セシウムと長半減期核種の濃度測定に関する研究

福島県内、周辺地域と比較対象地域における作物（葉菜類・根菜類・コメ）中放射性セシウム、ストロンチウム-90 及びヨウ素-129 濃度を調査した。採取した作物中放射性セシウム濃度は全て基準値を大きく下回り、一般的なモニタリングでは検出が困難なレベルにまで低下していた。作物中ストロンチウム-90 濃度は福島県を除く全国調査の範囲内にあり、事故由来によるストロンチウム-90 濃度の増加は認められなかった。作物中ヨウ素-129 濃度は浜通りで他の地点より高い傾向にあるが、セシウム-137 濃度に比べ 6 桁以上低い濃度であり、被ばく線量への影響は極めて限定的であると考えられた。

4.8. 食品中の放射性核種濃度等に関する研究(II)

福島県内の淡水魚中の放射性セシウム濃度は、基準値よりも非常に低い放射性セシウム濃度のものが、市場に流通していることが確認できた。福島相双海域で採取し、市場流通する魚介類中の放射性セシウムとカリウム-40 を定量した結果、魚類可食部でセシウム-134 は検出下限値以下で、セシウム-137 濃度は 0.08-1.12 Bq/kg-生重量であった。魚介類が生息する海水中の放射性セシウムとストロンチウム-90 濃度から海洋生物への濃縮比を用いて魚類中の放射性セシウムとストロンチウム-90 濃度の推定を行ったところ、セシウム-137 濃度は環境水を反映しているが、ストロンチウム-90 濃度は検出下限値になることが推定された。魚類アラ部中のストロンチウム-90 濃度を測定し、魚類（全身）中のストロンチウム-90 濃度を推定した結果、海産魚類（全体）中のセシウム-137 濃度に対するストロンチウム-90 濃度の割合は、0.2-1%程度であり、食品の基準値の算出基準の考え方に対して影響を与えないものであることが確認した。さらに魚類では内臓部に濃縮されやすいプルトニウムについては、魚類内臓部中のプルトニウム-239+240 濃度より魚類全身中のプルトニウム-239+240 濃度を推定したが、検出下限値以下であった。

4.9. 内部被ばく線量の推計に関する研究

FDNPS 事故由来に起因する年間内部被ばく線量は、ストロンチウム-90 及びヨウ素-129 の寄与を考慮しても、1mSv/年を十分に下回っており、現行の基準値によって食品中の放射性物質について安

(27)

全性が十分に確保されていることを確認した。なお、事故に起因するストロンチウム-90 の寄与は極めて小さく、放射性セシウム以外の放射性核種の寄与を安全側に考慮した放射性セシウムに対する基準値の算定値は、妥当であったと考えられる。

資料

- ・ 厚生労働科学研究費補助金（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に関する研究」平成 24-26 年度総合研究報告書
- ・ 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
- ・ 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 年度総合研究報告書

総括

本研究では食品中の放射性物質の基準値の策定時の検証を行った。この検証は科学技術がもたらす便益とリスクの大きさを予測し、安全性や危険性の評価の根拠を提供し、実際の規制のためのデータの作成とその評価などを行うレギュラトリーサイエンスを目的とした検証である。

線量 1mSv/年とした根拠は、ICRP pub 63 (1992)の正当化される介入レベルは 10mSv/年、さらに安全側の指標として 5mSv/年であったが、「生涯 100mSv 以下の追加被ばくの影響は認められない」との食品安全委員会の評価結果を受けて、ICRP pub 82 (1999)から採用しているコーデックスの 1mSv/年を超えないというガイドラインを意識していたように考えられる。加えて、放射線防護を講じる際の ICRP の基本的な考え方に、「公衆被ばくを通常と考えられるレベルに近いあるいは同等のレベルまで引き下げするため、年間 1~20 ミリシーベルトの範囲の下方部分から、状況に応じて適切な「参考レベル」を選択し、長期目標として参考レベルを年間 1 ミリシーベルトとする」とある。参考レベルとは、経済的及び社会的要因を考慮し、被ばく線量を合理的に達成できる限り低くする「最適化」の原則に基づいて措置を講じるための目安とされており、線量 1mSv/年の根拠は、この考え方にも準ずるものである。

基準値の策定時に使用した年間摂取量は健康増進法(平成 14 年法律第 103 号)に基づき毎年実施される国民健康・栄養調査等をもとに、国民の身体の状態、栄養摂取量及び生活習慣の状態を明らかにし、国民の健康の増進の総合的な推進を図るための基礎資料を得ることを目的として、実施している信頼性が高い正当なデータを用いており、摂取量が多い年代や性別を選択した点も、リスクの大きさを考慮し、安全側に評価が行われている。

占有率 50%については、放射線審議会において基準値を計算する際の汚染割合は何%が妥当かという議論があったが我が国の食料自給率等の関係から食品の輸入における割合は安全側に 50%と設定し、基準値は計算されたことが報告されている。この決定については茶葉や椎茸のような乾燥して保存された食材があり、さらに加工されて利用されることも勘案し、当時の状況を考慮すると十分な安全性を確保するための妥当な選択と言える。

食品中の放射性物質の基準値は、福島原発事故発生から約 1 年が経過した平成 24 年 4 月 1 日に施行される関係で、半減期が 1 年以下の核種については食品摂取に伴う内部被ばくの影響はないことを確認した上で、半減期が 1 年以上の環境に放出された放射性核種について、その影響を考慮した実効線量係数を用いて試算を行なった。またその際に放出量は多くないが注視すべき放射性核種としてヨウ素-129 を報告した。このヨウ素-129 やストロンチウム-90 については福島のみならず、福島原発事故の影響がない地域の土壌と作物について調査を行い、この作物のみを食べ続けた場合の内部被ばく線量の推定を行なったが、1mSv/年よりも低い線量であった。一方で事故から 11 年が経過しても、未だに福島県を含む東北地方や北関東において出荷制限がかかる食品があるが、これらの影響を考慮した場合でも安全かつ安心できる環境であることが評価できる。預託線量において大人の 50 年の預託期間について ICRP 2007 年勧告に、「50 年の預託期間は、委員会によって、労働人口に入る若い人の平均余命と考えられている丸められた値である。」と記載されている。つまり放射線防護の立場で計算される被ばくする放射線量が線量限度より低く抑えることもできている。

結論として、国際機関により提唱されている十分に安全側の年間線量を採用し、法令に基づき調査

されているデータを引用し、かつリスクを考慮した結果を基準値に適用し、さらに放射性セシウム以外の放射性核種についても実測の結果を用いて基準値の妥当性について科学的な検証が行われており、現行の基準値によって食品中の放射性物質については安全性が十分に確保されることを主眼に置いていたと考えられる。すなわち食品中の放射性物質の基準値を算定した際の考え方は科学的・合理的な根拠に基づいて決定されたものであることが確認できる。基準値の検証作業は継続して実施する予定である。

以上

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1 mSv、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0.44 mSv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 측정 허용기준 제정 고시 제 89-19 호(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20kg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/d790cc486d02052e31637b43956be6f7.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%252B193-1995%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、栃木、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會資料)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=cbe183b5ad0a42eb6eab4524efe8936e&rs=/docviewer/result/data0008/3604/1/202401>
- 20) 이관엽, 김중수: 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 年度大韓放射線防禦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.aff.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), 韓国政府公式 Web Site
https://www.mfds.go.kr/brd/m_100/list.do
- 26) 韓国原子力安全委員會: 원자력시설 등의 방호 및 방사능 방재 대책법 시행규칙 [별표 4] (韓国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/3b0be724abfa418aa65dd78ea8cfac55/199608-contamination-and-radiation-exposure-evaluation-and-measures-in-the-nordic-countries-after-the-chernobyl-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/66f4f029351d4baea989543f24414795/198612-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: ELINTARVIKKEIDEN VIERASAINET 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%A4nt%C3%B6+2023+vierasaineet+MMM.pdf/fca92375-79d7-769d-46fb-6d6ed8c81f63/Lains%C3%A4%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線安全の基本標準 【GB18871-2002】 ²⁾ 《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) (【碍薬処告第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、食品医薬品安全処食品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	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			・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				・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	全ての食品	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	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 トナカイ、狩猟物、ベリー、淡水魚、キノコなどの特別食品	300 1500					
スウェーデン	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				「スウェーデン食料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。

II. 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
H. Tsukada	Radiocaesium in the environment of Fukushima, Recovery after Nuclear Accidents	Annals of the ICRP 2021	50 (1_suppl)	44-54	2021
H. Tsukada, D. Yamada and N. Yamaguchi	Accumulation of ¹³⁷ Cs in aggregated organo-mineral assemblage in pasture soils 8 years after the accident at Fukushima Daiichi nuclear power plant	Science of the Total Environment	806	150688	2021
N. P. Thoa, Y. Takagai and H. Tsukada	Estimate the contribution of water-derived ¹³⁷ Cs in the total ¹³⁷ Cs in brown rice using water-to-brown rice transfer parameters and the ratio of ¹³⁷ Cs/ ¹³³ Cs	Soil Sci. Plant Nutr.	68	2031284	2022
N. P. Thoa, T. Kurosawa, M. Kikuchi, V. Yoschenko and H. Tsukada	Estimation of rooting depth of ¹³⁷ Cs uptake by plants	Journal of Environmental Radioactivity	246	https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2022.106847	2022
菊池美保子, 西康一, 高村昇, 塚田祥文	2019 年～2020 年に採取した福島県浪江町における自家消費作物中放射性 Cs 濃度と内部被ばく線量	Radioisotopes	71	185-193	2022
A. Takeda, Y. Unno, H. Tsukada, Y. Takaku and S. Hisamatsu	Soil-soil solution distribution coefficient of radioiodine in surface soils around spent nuclear fuel reprocessing plant in Rokkasho, Japan	Radiation Protection Dosimetry	198	1047-1051	2022
H. Tsukada, T. Takahashi and S. Fukutani	Activity concentrations of radiocaesium, ⁹⁰ Sr and ¹²⁹ I in agricultural crops collected from Fukushima and reference areas, and internal radiation dose	Radiation Protection Dosimetry	198	1104-1108	2022
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	巻号	ページ	出版年
塚田祥文	福島における環境中放射性セシウムの変遷	放計協ニュース	67	2-7	2021
辰野宇大, 稲田文, 塚田祥文	東電福島第一原子力発電所事故以降に福島県および周辺地域で採取された土壌試料の整備およびデータベースシステムの構築	Radioisotopes	70	323-327	2021
Y. Wakiyama, A. Konoplev, N. Thoa, T. Niida, H. Tsukada, T. Takase, K. Nanba, V. Golosov, and M. Zheleznyak	Temporal variations in particulate and dissolved ^{137}Cs concentration in the Abukuma river water during two high-flow events in 2018	Behavior of radionuclides in the Environment. Volume III – Fukushima		153-175	2022
D. Anderson, H. Tsukada and T. G. Hinton	Transfer parameters for wild boar in radiocaesium in wild boar	Behavior of radionuclides in the Environment. Volume III – Fukushima		473-480	2022
R. Saito and H. Tsukada	Physicochemical fractions of radiocaesium in the stomach contents of wild boar and its transfer to muscle tissue in radiocaesium in wild boar	Behavior of radionuclides in the Environment. Volume III – Fukushima		495-505	2022
H. Tsukada	Spatial distribution and temporal change of ^{137}Cs activity concentration in dissolved and suspended fractions of irrigation waters collected from Fukushima in Behavior of radiocaesium in agricultural environment	Behavior of radionuclides in the Environment. Volume III – Fukushima		255-264	2022
塚田祥文、高田祐介、前島勇治、神山和則、齋藤隆、山口紀子、中尾淳、藤村恵人、二瓶直登、古川純、信濃卓也	原発事故から 10 年ーこれまで・今・これからーの農業現場を考える	日本土壌肥科学雑誌	93	46-61	2022
信濃卓也、塚田祥文	放射性セシウム研究の進展と土壌肥料科学の貢献 6.残された課題	日本土壌肥科学雑誌	94	196-202	2023

塚田祥文	第6章土壌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. M. P. Johansen, D. Anderson, D. Child, M. Hotchkis, H. Tsukada, K. Okuda, T. G. Hinton (2021) Differentiating Fukushima and Nagasaki sourced plutonium from global fallout: Pu vs Cs in soils and biota (EGU General Assembly 2021, Online).
2. A. Takeda, H. Tsukada and Y. Takaku (2021) Speciation of spiked iodine in solid and liquid phase of forest soil (Society for Environmental Geochemistry and Health, Online)
3. 塚田祥文、山田大吾、山口紀子 (2021) 放射性セシウムで汚染した落葉の鋤き込みによる土壌および牧草への影響(日本土壌肥料学会 2021 年度北海道大会、札幌、オンライン)
4. N. P. Thoa, H. Tsukada (2021) Uptake of radiocaesium from soil and irrigation water by rice plant cultivated with pot experiment(日本土壌肥料学会 2021 年度北海道大会、札幌、オンライン)
5. 菊池美保子、塚田祥文 (2021) 避難指示解除区域における自家消費作物の放射性セシウムと内部被ばく線量(日本土壌肥料学会 2021 年度北海道大会、札幌、オンライン)
6. H. Tsukada, T. Takahashi, S. Fukutani (2021) Activity concentrations of radiocaesium, ^{90}Sr and ^{129}I in agricultural crops collected from Fukushima and reference areas, and internal radiation dose (International Symposium 2021: Environmental Dynamics of Radionuclides and Biological Effects of Low Dose-Rate Radiation, Aomori)
7. A. Takeda, Y. Unno, H. Tsukada, Y. Takaku, S. Hisamatsu (2021) Soil-soil solution distribution coefficient of radioiodine in surface soils around spent nuclear fuel reprocessing plant in Rokkasho, Japan (International Symposium 2021: Environmental Dynamics of Radionuclides and Biological Effects of Low Dose-Rate Radiation, Aomori)
8. N. P. Thoa, Y. Takagai, H. Tsukada (2021) Uptake of ^{137}Cs from soil and irrigation water by rice plants cultivated with the pot experiment (International Symposium 2021: Environmental Dynamics of Radionuclides and Biological Effects of Low Dose-Rate Radiation, Aomori)
9. M. Kikuchi1, H. Tsukada (2021) Activity concentration of radiocaesium in self-consumed crops collected from evacuation order cancellation preparation zone and internal radiation doses (International Symposium 2021: Environmental Dynamics of Radionuclides and Biological Effects of Low Dose-Rate Radiation, Aomori)
10. 武田晃、海野佑介、塚田祥文、高久雄一、久松俊一(2021)六ヶ所村大型再処理施設周辺土壌におけるヨウ素の存在形態と固液分配の関係(日本地球化学会、弘前、オンライン)
11. 廣瀬勝己、恩田裕一、塚田祥文、平山愉子、岡田往子、木川田喜一(2021)天然水中の溶存と懸濁物/堆積物の間の ^{137}Cs 分配係数の化学的意味について(日本地球化学会、オンライン)
12. 塚田祥文、西康一、高村昇(2021)浪江町の作物中放射性セシウム濃度と摂取による内部被ばく線量(福島大学環境放射能研究所 国際シンポジウム:原発事故から 10 年後の福島の“森・川・海”と“食”～復興に向けて残された課題～)
13. N. P. Thoa, T. Kurosawa, M. Kikuchi1, V. Yoschenko, H. Tsukada (2021) Estimation of the rooting depth by the plant uptake of radiocaesium(福島大学環境放射能研究所 国際シンポジウム:原発事故から 10 年後の福島の“森・川・海”と“食”～復興に向けて残された課題～)

14. 菊池美保子、塚田祥文 (2021) 避難指示解除区域における自家消費作物の放射性セシウムと内部被ばく線量(IES 第 2 回環境研地域若手交流セミナー、六ヶ所村)
15. N. P. Thoa, T. Kurosawa, M. Kikuchi¹, V. Yoschenko, H. Tsukada (2021) Estimation of rooting depth of ¹³⁷Cs by plant (IES 第 2 回環境研地域若手交流セミナー、六ヶ所村)
16. 塚田祥文、高橋知之、福谷哲 (2022) 作物中放射性 Cs と ¹²⁹I 濃度、および摂取による内部被ばく線量(第 8 回福島大学環境放射能研究所成果報告会、福島)
17. 菊池美保子、塚田祥文 (2022) 避難指示が解除された浪江町における自家消費作物の放射性セシウム濃度と内部被ばく線量(第 8 回福島大学環境放射能研究所成果報告会、福島)
18. N. P. Thoa, T. Kurosawa, M. Kikuchi¹, V. Yoschenko, H. Tsukada (2021) Estimation of rooting depth of ¹³⁷Cs by plant(第 8 回福島大学環境放射能研究所成果報告会、福島)
19. H. Tsukada, M. Kikuchi, K. Nishi, N. Takamura (2022) Activity concentrations of radiocaesium in self-consumed crops collected in Namie, Fukushima from 2019 to 2020 with associated internal radiation doses to humans (South Pacific Environmental Radioactivity Association, SPERA2022, Christchurch)
20. 塚田祥文 (2022) 農耕地土壌および作物における ¹²⁹I 濃度について(日本土壌肥料学会 2022 年度東京大会、東京)
21. 菊池美保子、西康一、高村昇、塚田祥文 (2022) 福島県浪江町における自家消費作物中放射性 Cs 濃度と内部被ばく線量(2022 年度日本土壌肥料学会東北支部会(山形大会))
22. 山口紀子、塚田祥文、山田大吾 (2022) 草地土壌における放射性セシウム蓄積への有機物の役割(日本放射化学会第 66 回討論会)
23. 塚田祥文、菊池美保子、西康一、高村昇 (2023) 福島県浪江町で採取した自家消費作物中 ¹³⁷Cs とヒトの内部被ばく線量について(第 9 回福島大学環境放射能研究所成果報告会、福島)
24. 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 ¹³⁷Cs 存在形態に関する研究(第 9 回福島大学環境放射能研究所成果報告会、福島)
25. 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 ¹³⁷Cs 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)
26. H. Tsukada, A. Takeda, T. Takahashi, S. Fukutani, M. Akashi⁴, J. Takahashi, S. Uematsu, I. Chyzhevskiy, S. Kirieiev, V. Kashparov, M. Zheleznyak (2023) Transfer of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr from soil to potato: Interpretation of association from global fallout in Aomori to accidental released in Fukushima and Chornobyl (International Conference on Environmental Radioactivity, ENVIRA 2023, Seville)
27. K. Hirose, Y. Onda, H. Tsukada, Y. Hiroyama, Y. Okada, Y. Kikawada (2023) Chemical implication of partition coefficient of ¹³⁷Cs between aqueous and suspended and phases in natural water(International Conference on Environmental Radioactivity, ENVIRA 2023, Seville)
28. 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 ¹³⁷Cs 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)
29. 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)
30. 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)
31. 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 ¹³⁷Cs 存在形態について(日本原子力学会秋の大会、名古屋)

32. 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)
33. 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)
34. 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)
35. 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)
36. 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)
37. 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)
38. 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)

(招待講演)

1. Hirofumi Tsukada (2021) Trends in radiocaesium and remaining issues in Fukushima after the 2011 accident (5th International Conference on Radioecology & Environmental Radioecology, Online Pre-ICRER Conference, リモート)
2. Hirofumi Tsukada (2021) Activity concentrations of radiocaesium and ^{129}I , and internal radiation doses from ingestion of crops (IAEA Technical Meeting on Radiation in Medicine Communications and Methodologies – International Perspectives and the Role of Science, Technology and Society in Low-Dose Radiation Settings, リモート)
3. Tatsuo Aono (2021) Impact on marine products (The QST webinar series on radiation emergency medicine 2021: Follow-up seminar (2), リモート講演).
4. 塚田祥文 (2021) 農業環境における放射性セシウムと作物摂取による内部被ばく線量 (令和 3 年度放射線安全取扱部会年次大会 (第 62 回放射線管理研修会)、リモート)
5. 塚田祥文 (2021) はじまりは地震と共に: 成果を繋ぐ研究の進展 (日本土壌肥料学会主催シンポジウム「原発事故から 10 年ーこれまで・今・これからの農業現場を考える」飯坂温泉)
6. 塚田祥文 (2021) 食と放射能に関する説明会 (一般社団法人福島県環境測定・放射能計測協会「農業環境における放射性セシウムと被ばく線量」郡山)
7. 塚田祥文 (2022) はじまりは地震と共に: 成果を繋ぐ研究の進展 (日本土壌肥料学会主催シンポジウム「原発事故から 10 年ーこれまで・今・これからの農業現場を考える」YouTube)
8. 塚田祥文 (2022) 食と放射能に関する説明会 (一般社団法人福島県環境測定・放射能計測協会「農業環境における放射性セシウムと被ばく線量」浪江町 2 回)
9. 塚田祥文 (2022) IAEA Technical Meeting on The importance of communicating scientific facts: addressing

radiation concerns in societies – the role of science technology and society, Joint investigation of ^{137}Cs activity concentration in self-consumed crops produced by returnees in Namie, Fukushima (MOL&リモート)

10. 塚田祥文 (2022) Summary Workshop of IAEA-FP Cooperative Projects, 日本における市場流通および自家消費作物中の ^{129}I および ^{137}Cs 濃度 (福島県環境創造センター)
11. 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