

# 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 ( $^{90}\text{Sr}$ )、ルテニウム-106 ( $^{106}\text{Ru}$ )及びプルトニウム(Pu)同位体)については、セシウム-137 ( $^{137}\text{Cs}$ )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 $^{90}\text{Sr}$ 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 ( $^{134}\text{Cs}$ )と $^{137}\text{Cs}$ 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、 $^{90}\text{Sr}$ 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 $^{90}\text{Sr}$ 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 ( $^{134}\text{Cs}$ )濃度は検出下限値以下で、 $^{137}\text{Cs}$ 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 $^{90}\text{Sr}$ 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 $^{90}\text{Sr}$ 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 $^{137}\text{Cs}$ 濃度に対する $^{90}\text{Sr}$ 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 $^{90}\text{Sr}$ 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 ( $^{90}\text{Sr}$ )、ルテニウム-106 ( $^{106}\text{Ru}$ )、プルトニウム (Pu) 同位体については、セシウム-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) 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 °C で 1 週間ほど熱乾燥、比較的糖分の多い果実類、果菜類などは 2 週間ほど凍結乾燥した後、粉碎・混合した。ハチミツは、前処理せずそのままの状態で測定した。乾燥粉碎試料をプラスチック容器 (U-8) に詰め測定した。玄米は、2 L マリネリ容器に詰めて測定した。Ge 半導体検出器を用いてセシウム-134 ( $^{134}\text{Cs}$ )、 $^{137}\text{Cs}$  及びカリウム-40 ( $^{40}\text{K}$ ) の定量を行った。また、一部試料の  $^{90}\text{Sr}$  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、 $\gamma$  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、 $^{90}\text{Sr}$  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  $^{90}\text{Sr}$  による内部被ばく線量をそれぞれ推定し、比較検討することを目的としている。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  $^{90}\text{Sr}$  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  $^{90}\text{Sr}$  濃度を用いて、農作物の種類ごとの被ばく線量を推定した。なお、内部被ばく線量評価のための線量係数は、ICRP Publication No.72 に記載されている経口摂取に係る内部被ばく線量係数を用いた。

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

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参加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  $^{137}\text{Cs}$  平均濃度は、1 Bq/kg-生重量以下であった。 $^{137}\text{Cs}$  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  $^{90}\text{Sr}$  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  $^{134}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{40}\text{K}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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、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  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{90}\text{Sr}$  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  $^{239+240}\text{Pu}$  濃度は検出下限値 (0.001 Bq/kg-生重量) 以下であった。また令和 5 年 11 月に採取したスズキとヒラメ中のトリチウム濃度は検出下限値 (0.6 Bq/L) 以下であった。魚類を採取した海域の海水中  $^{134}\text{Cs}$  濃度は検出下限値 (0.001 Bq/L)で、 $^{137}\text{Cs}$  濃度範囲は 0.0008 - 0.0022 Bq/L であった。海水中の  $^{90}\text{Sr}$  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( $^{134}\text{Cs}$  と  $^{137}\text{Cs}$  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<sup>90</sup>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<sup>137</sup>Cs濃度の経時変化について、ヨソヒール=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<sup>90</sup>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種の魚類肉食部中の<sup>137</sup>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<sup>134</sup>Cs/<sup>137</sup>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  $^{134}\text{Cs}$  濃度は、検出下限値以下に相当しており、現在の  $^{137}\text{Cs}$  濃度範囲では、FDNPS 事故由来の  $^{134}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  濃度と Cs の魚類の濃縮比(CR = 100)から推定した魚類中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度範囲内に、実測した魚類中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度があり、魚類中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度は生息する海水中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度を反映していた。魚全身に対する部位ごとの  $^{137}\text{Cs}$  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、 $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{40}\text{K}$  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  $^{137}\text{Cs}$  濃度と濃縮比(CR:100)から魚類中の  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{90}\text{Sr}$  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  $^{90}\text{Sr}$  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  $^{90}\text{Sr}$  濃度から魚類可食部中の  $^{90}\text{Sr}$  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  $^{90}\text{Sr}$  が検出されない理由は、魚類の生息環境の海水中の  $^{90}\text{Sr}$  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

$^{134}\text{Cs}$  による被ばく線量は、 $^{137}\text{Cs}$  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。

$^{137}\text{Cs}$  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。

$^{90}\text{Sr}$  による被ばく線量は、今回検出された  $^{90}\text{Sr}$  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  $^{90}\text{Sr}$  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にあり、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  $^{40}\text{K}$  を定量した結果、魚類可食部で  $^{134}\text{Cs}$  濃度は検出下限値以下で、 $^{137}\text{Cs}$  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、 $^{137}\text{Cs}$  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  $^{90}\text{Sr}$  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  $^{90}\text{Sr}$  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、 $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  in the total  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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,  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{129}\text{I}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  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—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,  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{129}\text{I}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{129}\text{I}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{129}\text{I}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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. Akashi<sup>4</sup>, J. Takahashi, S. Uematsu, I. Chyzyevskiy, S. Kirieiev, V. Kashparov, M. Zheleznyak (2023) Transfer of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$

- 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  $^{129}\text{I}$ , 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  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{129}\text{I}$  および  $^{137}\text{Cs}$  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