

I. 総括研究報告

厚生労働行政推進調査事業費補助金 (食品の安全確保推進研究事業)

食品中の放射性物質濃度の基準値に対する影響と評価手法に関する研究 主任研究報告書

研究代表者 明石 真言 (量子科学技術研究開発機構)

研究要旨

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、介入線量を年間 1mSv とし、新たな基準値を適用している。これは放射性セシウム(Cs)濃度について基準値を設定し、その他の核種については、原子力安全・保安院(当時)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 (^{90}Sr)、ルテニウム-106 (^{106}Ru)、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)およびプルトニウム-241 (^{241}Pu)を評価対象核種として、放射性 Cs との濃度比を推定することにより、その線量への寄与を考慮している。また、その他の評価対象外の核種は、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 Cs 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。つまり、濃度基準値の妥当性を評価するためには、食品について、内部被ばくに対する核種の寄与率の状況を把握する必要がある。

本研究では食品(農畜水産物等)中の放射性 Cs とその他の長半減期放射性核種濃度の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 Cs の寄与率の推定から、食品中の放射性 Cs 濃度基準値の妥当性の検証を行うこととした。

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を行い、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・検証した。また福島県沖合で採取され、市場流通する水産物や福島県内で養殖された淡水魚を入手し、これら水産物可食部の放射性物質濃度の測定を行い、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。福島県産品の食品(農産物及び海産物)の放射性 Cs 濃度及び ^{90}Sr 濃度を用いて内部被ばく線量評価を試みた結果、いずれについても介入線量レベルとして設定された年間 1 mSv よりも極めて低い値であり、本基準値による規制が十分妥当であることが示された。また食品中放射性物質濃度等に関する知見の評価検討のための基礎資料について取りまとめも行った。

研究分担者

塚田 祥文 福島大学環境放射能研究所

青野 辰雄 放射線医学総合研究所

高橋 知之 京都大学原子炉実験所

研究協力者

福谷 哲 京都大学原子炉実験所

A. 研究目的

平成23年3月の東京電力(TEPCO)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、介入線量を年間1mSvとして導出された新たな基準値を適用した。新たな基準値の導出においては、放射性セシウム(Cs)濃度について基準値を設定し、その他の核種については、原子力安全・保安院(当時)が2011年6月に公表した放出量試算値のリストに掲載された核種のうち、半減期が1年以上であるストロンチウム-90 (^{90}Sr)、ルテニウム-106 (^{106}Ru)、プルトニウム-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)を評価対象核種として、放射性Csとの濃度比を推定することにより、その線量への寄与を考慮している。また、これらの評価対象核種以外は、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、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Cs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、食品について測定及び評価を行い、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。

本研究では食品(農畜水産物等)中の放射性Cs及びその他の長半減期放射性核種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内部被ばく線量に対する放射性Csの寄与率の推定から、介入線量を年間1mSvとした食品中の放射性Cs濃度基準値の妥当性の検証および食品中に含まれる放射性物質の濃度等に関する科学的知見の集約を行うことを目的とした。

B. 研究方法

1. 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周辺および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 ^{90}Sr についての不安の声が大きい。平成27年度は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、平成28年度は営農が再開されている浜通りの南相馬市と平成29年度から帰還の規制を解除した浪江町の試験圃場、平成29年度は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Cs濃度と ^{90}Sr 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. 食品中の放射性核種濃度等に関する研究

本研究で対象とする水産物は、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、平成 27 年 11 月から 12 月および平成 28 年 11 月から 12 月に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。また福島県内水面試験場の協力を得て情報収集を行い、平成 30 年 1 月に福島県の養殖業者から水産物を購入し、放射性物質と安定元素の測定を行った。

3. 内部被ばく線量に対する放射性 Cs の寄与率等の推定

「1. 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 Cs 濃度および ^{90}Sr 濃度、および「2. 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 Cs 濃度を用いて、放射性 Cs および ^{90}Sr による内部被ばく線量を推定した。放射性 Cs 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(K)の摂取量を用いる方法で評価を実施した。 ^{90}Sr 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(Ca) 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。

4. 食品中放射性物質濃度等に関する知見の評価検討

国際機関や諸外国等における食品中の放射

性物質の規制値や基準値について、放射性物質の規制値や基準値に関する基礎的な資料を作成するため、規制値や基準値設定の背景や算出方法等について文献調査を行った。また東欧における食品中の放射性物質の規制値や基準値について、基礎的な資料を作成するため、規制値や基準値設定の背景や算出方法等について関連する文献調査を行った。さらに EU における食品中の放射性物質の規制値等の設定変更の背景や FDNPS 原発事故後の食品モニタリングデータを使用して算出された内部被ばくに関連する文献調査を行った。

C. 研究成果

1. 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 Cs 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)、および川俣町から市場流通している農作物を購入し、放射性 Cs 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、 ^{90}Sr 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、浪江町および川俣町の試験圃場から採取した農作物中放射性 Cs 濃度は 0.44 ± 0.43 (0.11~1.6) Bq/kg-生重量、また ^{90}Sr 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 Cs 濃度(検出限界値以下~15 Bq/kg-生重量)および ^{90}Sr 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 Cs 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。 ^{90}Sr 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 Cs や ^{90}Sr 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 Cs 濃度は 0.77 ± 0.43 (0.37~1.3、 $n=4$) Bq/kg-生重量であり、基準値を下回った。また、 ^{90}Sr 濃度は 0.04 ± 0.04 (0.008~0.099、 $n=4$) 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 Cs 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、 ^{134}Cs は時間経過に伴い物理的半減期 (2.1 年) で減衰し、 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 濃度比は 0.13 まで減少した。いわき市における作物中 ^{90}Sr 濃度は、 0.019 ± 0.017 (0.0050~0.059、 $n=10$) Bq/kg-生重量であり、福島県を除く全国農作物中放射性 Cs や ^{90}Sr 濃度モニタリング結果と同様な範囲にあった。

2. 食品中の放射性核種濃度等に関する研究

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 Cs 濃度は、すべての個体の ^{134}Cs 濃度は検出下限値 (0.5Bq/kg-生重量) 以下で、 ^{137}Cs 濃度は 0.4~1.7 Bq/kg-生重量の範囲であった。またサバ、アジおよびイカ可食部中の ^{90}Sr および $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度はいずれも検出下限値 (^{90}Sr :

0.2 Bq/kg-生重量、 $^{239+240}\text{Pu}$: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 Cs および ^{40}K 濃度の測定の結果は、 ^{137}Cs 濃度および ^{40}K 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 Ca 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 ^{90}Sr および $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度はいずれも検出下限値 (^{90}Sr :0.2 Bq/kg-生重量、 $^{239+240}\text{Pu}$: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 ^{134}Cs 濃度範囲 (Bq/kg-生重量) は 0.12-0.31 ($n=4$) であった。 ^{137}Cs 濃度範囲 (Bq/kg-生重量) は、可食部で 1.2-2.6 ($n=4$)、アラ部で 0.12-0.19 ($n=3$) および内臓部で 0.3-0.8 ($n=4$) であった。 ^{134}Cs と ^{137}Cs が検出された可食部とアラ部 (1 検体) の $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度比は 0.11-0.12 で、これは FDNPS 事故由来であった。内臓部では ^{137}Cs 濃度が低いために、この ^{137}Cs 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 ^{137}Cs 濃度は周辺環境からの影響と考えられる。 ^{137}Cs 濃度および ^{40}K 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 Ca が残ったことが要因と考えられる。

3. 内部被ばく線量に対する放射性 Cs 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 Cs 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年間 1 mSv を大幅に下回っていた。安定 K 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年間 1 mSv を大幅に下回っていた。

^{90}Sr による内部被ばく線量の推定について、安定 Ca の摂取量を用いる方法で評価した結果は、0.001mSv のオーダー以下であった。

4. 食品中放射性物質濃度等に関する知見の評価検討

国際機関における食品中の放射性物質の規制値や基準値、欧州連合(EU)、アメリカ合衆国およびカナダにおける食品中の放射性物質の規制値や基準値、チェルノブイリ事故後のソビエト社会主義共和国連邦、東欧における食品中の放射性物質の規制値や基準値、アジア諸国における食品中の放射性物質の規制値や基準値について、その設定の背景や算出方法等について調査し、根拠法令や報告書などの関連資料を整理した。次に東欧における食品中の放射性物質の規制等に関する4つの文献について、食品中の放射性物質の基準値と規制値について、算出根拠、設定理由、設定の考え方等について整理を行った。また「食品中の放射性物質に関する研究論文」の収集と整理を行った。また、EUにおける食品中の放射性物質の規制値(1987年の制定と2016年の改定、一般食品、マイナーフードの選定基準や基準設定根拠等)及びFDNPS事故後の輸入食品等に関する規制値について、内容をとりまとめた。また「東電福島原子力発電所事故後の食品中の放射性物質モニタリングデータを用いた内部被ばく線量の推定に関連する研究論文」の収集と整理を行った。

D. 考察

1. 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

市場流通と試験圃場から採取した作物中放射性 Cs 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 Cs 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 Cs 濃度に比べ、平成 25 年度に調査した作物中放射性 Cs 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 Cs 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 ^{90}Sr 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 ^{90}Sr 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 ^{90}Sr 濃度も、福島県を除く全国調査の作物中 ^{90}Sr 濃度範囲内にあり、農作物から検出された ^{90}Sr 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。

2. 食品中の放射性核種濃度等に関する研究

平成 27 年度に採取したサンマ可食部では、 ^{137}Cs 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 ^{40}K 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 ^{90}Sr および $^{239+240}\text{Pu}$ が検出されなかったことから、 ^{90}Sr および $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度は基準値の導出の考え方による $^{90}\text{Sr} / ^{137}\text{Cs}$ 濃度比および $^{239+240}\text{Pu} / ^{137}\text{Cs}$ 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、 ^{134}Cs 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 ^{137}Cs 濃度および ^{40}K 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 ^{137}Cs および ^{40}K 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、 ^{134}Cs 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 ^{137}Cs 濃度および ^{40}K 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 Ca と Sr 濃度はアラ部で高い傾向にあった。K/Cs と Ca/Sr 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. 内部被ばく線量に対する放射性 Cs の寄与率等の推定

「C.結果」において記載したように、農畜産物と海産物の摂取に起因する放射性 Cs 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 程度かそれ以下であり、介入線量レベルの年間 1 mSv 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 Cs 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 Cs 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。

^{90}Sr による内部被ばく線量の評価結果は 0.001 mSv オーダーかそれ以下であったが、今回検出された ^{90}Sr 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く、事故に起因する放射性 Cs による被ばく線量と比べても十分に低いと考えられる。

4. 食品中放射性物質濃度等に関する知見の評価検討

国際機関や各国の規制値や基準値については、食品基準産出の考え方、レベルの計算方法や前提としている内部被曝基準が異なるものであった。飲食物中の放射性物質が健康に及ぼす濃度を示すものでなく、緊急事態における介入レベ

ルとして飲食物摂取制限措置の目安となるように設定されていた。ロシア、ウクライナおよびベラルーシの規制値や基準値について、食品基準産出の考え方、レベルの計算方法や前提としている内部被ばく基準が明らかとなった。基本は、1990年のICRPの勧告に基づいたものであった。食品中の放射性物質に関する研究論文については、SrあるいはPuに関する記載がある論文は限られており、FDNPS事故に関連するものはなかった。EUにおける放射性物質規制基準の考え方とFDNPS事故対応におけるEU食品規制基準にまとめた。また「FDNPS事故後の食品中の放射性物質モニタリングデータを用いた内部被ばく線量の推定に関連する研究論文」のうち、本評価検討のために抽出された69編より35件については概要を取りまとめ、さらに15編については詳細を取りまとめた。被ばく線量の評価や推定法に関して比較することができた。

E. 結論

1. 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Cs沈着量が高い地域、および、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Csと⁹⁰Sr濃度を測定した。採取した作物中放射性Cs濃度は全て基準値を大きく下回った。また、作物中⁹⁰Sr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⁹⁰Sr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

Csと⁹⁰Sr濃度を測定した。南相馬市から採取した作物中放射性Cs濃度は全て基準値を大きく下回った。また、作物中⁹⁰Sr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⁹⁰Sr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Cs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Cs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⁹⁰Sr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⁹⁰Sr濃度の明らかな増加は認められなかった。

2. 食品中の放射性核種濃度等に関する研究

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Cs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。⁹⁰Srおよび²³⁹⁺²⁴⁰Pu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Cs、⁴⁰K、⁹⁰Srおよび²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度を測定した。採取された魚類中の放射性Cs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⁹⁰Srおよび²³⁹⁺²⁴⁰Pu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Cs、⁴⁰Kおよび安定元素濃度を測定した。養殖鯉1匹中の放射性Cs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。

3. 内部被ばく線量に対する放射性 Cs の寄与率等の推定

平成 27～29 年度に採取された農産物、海産物中放射性 Cs 濃度、農産物中 ^{90}Sr 濃度およ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 ^{90}Sr の寄与を含めた場合であっても、介入線量レベルである年間 1 mSv を大幅に下回っていた。

すなわち、事故に起因する年間内部被ばく線量は、 ^{90}Sr の寄与を考慮しても、1 mSv/y 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 ^{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 に対する規準値の算定値は、妥当であったと考えられる。

なお、食品中放射性 Cs 濃度や ^{90}Sr 濃度と安定元素濃度の比はばらつきが大きいと、より精度の高い推定を行うためには、試料数を増やして放射性物質濃度と安定元素濃度の関連性について評価解析を実施するなど、より詳細な検討が必要と考えられる。

4. 食品中放射性物質濃度等に関する知見の評価検討

国際機関や各国の規制値や規準値について、

その根拠や計算方法について情報の収集と整理を行い、資料集を作成した。東欧における規制値や規準値に関する根拠や計算方法についての資料作成、および、食品中の放射性物質に関する研究論文の情報収集と整理を行い、資料集「食品中の放射性物質の規制値等に関する文献調査」を作成した。EU における放射性物質規制基準の考え方と FDNPS 対応における EU 食品規制基準についての資料作成、および FDNPS 事故後の食品中の放射性物質モニタリングデータを用いた内部被ばく線量の推定に関連する研究論文情報の収集と整理を行い、資料集「食品中の放射性物質の規制値の見直しや被ばく線量の推定等に関する文献調査」を作成した。

引用文献

1. 文部科学省、農林水産省: 東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に伴い放出された放射性物質の分布状況等に関する調査研究結果、平成 23 年度科学技術戦略推進費「重要政策課題への機動的対応の推進および総合科学技術会議における政策立案のための調査」、「放射性物質による環境影響への対策基盤の確立」、1-82-1-88、2012.

F. 健康危険情報

なし

G. 研究業績

論文発表

1. F. Carini, M. Brambilla, N. G. Mitchell and H. Tsukada (2016) Radionuclides Behavior in Fruit Plants on Radiological Issues for Fukushima's Revitalized Future, Springer, pp 159-172.

2. H. Tsukada, T. Takahashi, S. Fukutani, K. Ohse, K. Kitayama and M. Akashi (2016) Concentrations of 134 , 137 Cs and 90 Sr in Agricultural Products Collected in Fukushima Prefecture on Radiological Issues for Fukushima's Revitalized Future, Springer, pp 179-187.
3. A. Takeda, H. Tsukada, M. Takahashi, Y. Takaku and S. Hisamatsu (2015) Changes in the chemical form of exogenous iodine in forest soils and their extracts. *Radiat. Prot. Dosim.*, 167, 181-186.
4. F. Bréchnac1, D. Oughton, C. Mays, L. Barnhouse, J. C. Beasley, A. Bonisoli-Alquati, C. Bradshaw, J. Brown, S. Dray, S. Geras'kin, T. Glenn, K. Higley, K. Ishida, L. Kapustka, U. Kautsky, W. Kuhne, M. Lynch, T. Mappes, S. Mihok, A. Møller, C. Mothersill, T. Mousseau, J. Otaki, E. Pryakhin, O. E. Rhodes, Jr, B. Salbu, P. Strand, H. Tsukada (2016) Addressing ecological effects of radiation on populations and ecosystems to improve protection of the environment against radiation: Agreed statements from a Consensus Symposium. *J. Environ. Radioactivity* 158-159, 21-29.
5. 山口紀子, 江口定夫, 林健太郎, 藤原英司, 塚田祥文 (2015) 農業環境技術研究所畑圃場における農作業に伴い巻き上がる土壤粒子に含まれる放射性物質, *農環研報* 34, pp 33-41.
6. 大瀬健嗣, 北山響, 末永清一, 松本清之, 鈴木千佳, 菅野章, 河津賢澄, 塚田祥文 (2015) 福島県大熊町の警戒区域で栽培された玄米、野菜、および果実中の放射性セシウム濃度, *FURE 福島大学うつくしまふくしま未来支援センター平成 25 年度年報*, pp181-185.
7. 北山響, 塚田祥文, 大瀬健嗣, 河津賢澄 (2015) 福島市および伊達市における大気中放射性セシウム濃, *FURE 福島大学うつくしまふくしま未来支援センター平成 25 年度年報*, pp186-188.
8. 大瀬健嗣, 武内佳之, 河津賢澄, 島長義, 北山響, 塚田祥文 (2016) 大熊町における試験栽培作物中放射性セシウムの部位別濃度と経時変化, *FURE 福島大学うつくしまふくしま未来支援センター平成 27 年度年報*, pp147-150.
9. 塚田祥文、大瀬健嗣、北山響、河津賢澄 (2016) 水田に流入する形態別放射性セシウムの動態モニタリング、農地等の放射性物質の除去・低減技術の開発ー農地土壌における放射性セシウム動態予測技術および拡散防止技術の開発ー、農林水産技術会議事務局(農林水産省)、研究成果 553, 35-40.
10. 青野辰雄, 福田美保, 山崎慎之介, 吉田聡, 明石真言, 山田学, 山迺邊昭文, 早乙女忠弘、水野 拓治:福島沿岸沖における魚介類中の放射性核種の濃度分布について, *Proceedings of the 15th Workshop on Environmental Radioactivity (KEK proceedings)*, 2015-7, 219-221, 2015.
11. Tatsuo Aono, Satoshi Yoshida, and Makoto Akashi (2016) Initial and present situation of food contamination in Japan after the accident at the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant, *Radiation Protection Dosimetry*, 171, 14-19
12. 青野辰雄, 福田美保, 山崎慎之介, 吉田聡,

- 伊藤友加里, 石丸隆, 神田穰太, 早乙女忠弘: 福島沿岸域における海水とプランクトン試料中の放射性 Cs の濃度変動 について, Proceedings of the 15th Workshop on Environmental Radioactivity (KEK proceedings), 2014-7, 206-209, 2014.
13. T. Aono, M. Fukuda, S. Yoshida, T. Sotome, T. Mizuno, S. Igarashi, Y. Ito, J. Kanda and T. Ishimaru: Activities of radionuclides in the Pacific coastal area of Fukushima since the TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident, Proceedings of International Conference on Radioecology & Environmental Radioactivity, COMUNICACION_0_1405422310789.docx.pdf, 2014.
 14. L. Cao, J. Zheng, H. Tsukada, S. Pan, Z. Wang, K. Tagami and S. Uchida (2016) Simultaneous determination of radiocesium (^{135}Cs , ^{137}Cs) and plutonium (^{239}Pu , ^{240}Pu) isotopes in river suspended particles by ICP-MS/MS and SF-ICP-MS. *Talanta* 159, 55-63.
 15. K. Kitayama, K. Ohse, N. Shima, K. Kawatsu and H. Tsukada (2016) Regression model analysis of the decreasing trend of cesium-137 concentration in the atmosphere since the Fukushima accident. *J. Environ. Radioactivity* 164, 151-157.
 16. A. Takeda, H. Tsukada, Y. Takaku, N. Satta, M. Baba, T. Shibata, H. Hasegawa, Y. Unno, and S. Hisamatsu (2016) Measurement of iodide, iodate and total iodine concentration in environmental water samples by HPLC with electrochemical detection and post-column reaction method. *Anal. Sci.* 32, 839-845.
 17. N. Akata, H. Tsukada, H. Kakiuchi, T. Takahashi and S. Fukutani (2016) A simple method for sampling and analysis of particulate, inorganic gaseous and organic gaseous halogens in the atmosphere. *Radiat. Environ. Med.* 5, 29-32.
 18. H. Tsukada and K. Ohse (2016) Concentration of radiocaesium in rice and irrigation water, and soil management practices in Oguni, Date, Fukushima. *Int. Environ. Assess. Manage.* 12, 659-661.
 19. 三上剛史, 眞家永光, 嶋田浩, 塚田祥文, 柿崎竹彦, 馬場光久, 高松利恵子, 丹治肇 (2016) 阿武隈川支流の堤外地における ^{137}Cs 蓄積量の経時的変化. *水環境学会誌* 39. 171-179.
 20. A. Nakao, S. Sugihara, Y. Maejima, H. Tsukada and S. Funakawa (2017) Ferralsols in the Cameroon plateaus, with a focus on the mineralogical control on their cation exchange capacities, *Geoderma* 285, 206-216.
 21. Y. Unno, H. Tsukada, A. Takeda, Y. Takaku and S. Hisamatsu (2017) Soil-soil solution distribution coefficient of soil organic matter is a key factor for that of radioiodide in surface and subsurface soils. *J. Environ. Radioactivity* 169-170, 131-138
 22. 保高徹生, 申文浩, 恩田裕一, 信濃卓郎, 林誠二, 塚田祥文, 青野辰雄, 飯島和毅, 江口定夫, 大野浩一, 吉田幸弘, 北村清司, 久保田富次郎, 野川憲夫, 吉川夏樹, 山口裕顕, 末木啓介, 辻英樹, 宮津 進, 岡田住子, 栗原モモ, Sandor Tarjan (2017) 陸水中における微量溶存態放射性セシウム濃縮法

- の比較. 分析化学 66, 299-307.
23. N. Yamaguchi, H. Tsukada, K. Kohyama, Y. Takata, A. Takeda, S. Isono and I. Taniyama (2017) Radiocesium interception potential of agricultural soils in northeast Japan. *Soil Sci. Plant Nutr.* 63, 119-126.
24. A. M. Jagonoy and H. Tsukada (2017) Characterization of radiocesium levels and fractions of ^{137}Cs in soil collected from Oguni, Date using manual and instrument software calculation based on Covell method. *Philippine J. Sci.* 146, 193-199.
25. H. Tsukada, S. Nihira, T. Watanabe and S. Takeda (2017) The ^{137}Cs activity concentration of suspended and dissolved fractions in irrigation waters collected from the 80 km zone around TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Station. *J. Environ. Radioactivity* 178-179, 354-359.
26. M. Murakamia, M. Saha, Y. Iwasaki, R. Yamashita, Y. Koibuchi, H. Tsukada, H. Takada, K. Sueki and T. Yasutaka (2017) Source analysis of radiocesium in river waters using road dust tracers, *Chemosphere* 187, 212-220.
27. H. Tsukada, T. Takahashi, S. Fukutani and M. Akashi (2017) Concentrations of radiocesium and ^{90}Sr in agricultural plants collected from local markets and experimental fields before resuming agriculture in Fukushima Prefecture, *Proceeding of the 14th International Congress of the International Radiation Protection Association (IRPA14)*, Cape Town, South Africa, pp 37-42.
28. 青野 辰雄, 福島第一原子力発電所事故に伴い放出された放射性物質による海洋汚染と海洋生物への影響、In: 原子力安全基盤科学3 放射線防護と環境放射線管理, 高橋千太郎編、p.176-182, 京都大学学術出版、2017.
29. 青野 辰雄, 高橋 知之, 福谷 哲, 塚田 祥文, 福田 美保, 山崎 慎之介, 明石 真言, 食品中の放射性セシウム濃度と基準値に対する影響, *Proceedings of the Workshop on Environmental Radioactivity (KEK Proceedings)*, p.253-256, 2017.
- H. 知的財産権の出願・登録
なし