

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年度-令和2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3(2021)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	2
II.	分担研究報告	18
1.	農作物中 Cs と長半減期核種の濃度測定に関する研究	19
	塚田祥文（福島大学 環境放射能研究所）	
2.	食品中の放射性核種濃度等に関する研究	35
	青野辰雄（量子科学技術研究開発機構） 長谷川 慎（量子科学技術研究開発機構） 明石真言（東京医療保健大学）	
3.	内部被ばく線量の推計に関する研究	52
	高橋知之（京都大学 複合原子力科学研究所） 福谷 哲（京都大学 複合原子力科学研究所）	
4.	食品中放射性物質濃度等に関する知見の評価検討	70
	青野辰雄（量子科学技術研究開発機構） 長谷川 慎（量子科学技術研究開発機構） 明石真言（東京医療保健大学）	
III.	研究成果の刊行に関する一覧	119

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)

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 総合研究報告書

研究代表者 明石 真言 (東京医療保健大学)

研究要旨

東京電力福島第一原子力発電所事故(FDNPS)により食品の摂取による内部被ばくが懸念され、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、 ^{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。福島県内、周辺地域と比較対象地域における農作物中、特にジャガイモを中心とした放射性Cs、 ^{90}Sr 及び ^{129}I 濃度調査では、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測定も困難なレベルであった。 ^{90}Sr 濃度は、事故由来による ^{90}Sr 濃度の増加は認められず、 ^{129}I 濃度は、福島県浜通りで他の地点より高い傾向にあるが、 ^{137}Cs 濃度に比べ6桁以上低い値であった。農作物摂取に起因する ^{137}Cs による年間内部被ばく線量推定値は、最も高い福島県浜通りの13-18歳の男子でも、年間0.0029 mSvであった。本評価では、測定した農作物から推定される放射性核種濃度の食品を、摂取する農作物全体の1/2と仮定しており、実際に摂取される農作物はより広範囲から購入されること、また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など安全側に評価しており、実際に摂取する放射性セシウム濃度は減少すると考えられる。 ^{90}Sr による被ばく線量は、性別年齢区分によって異なるが、年間0.0001 mSv前後であり、この線量のほとんどが大気圏核実験由来と考えられる。 ^{129}I 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歳女子であり、年間0.00000077 mSvであった。なお、 ^{129}I による被ばく線量と ^{137}Cs による被ばく線量の比の最大値は0.00060であり、農作物摂取に起因する ^{129}I による被ばく線量は、放射性Csによる被ばく線量に比べ十分に低いことが示唆された。福島相双海域で採取し、市場流通する魚介類中の放射性Csと ^{40}K の結果では、魚類可食部で ^{134}Cs は検出下限値以下で、 ^{137}Cs 濃度は0.08-1.12 Bq/kg-生重量であった。魚類中の放射性Csと ^{90}Sr 濃度の推定では、 ^{137}Cs 濃度は環境水を反映しているが、 ^{90}Sr 濃度は環境放射能分析法では検出下限値であることが

推定された。魚類アラ部中の ^{90}Sr 濃度を測定し、魚類(全身)中の ^{90}Sr 濃度を推定したが、海産魚類(全体)中の ^{137}Cs 濃度に対する ^{90}Sr 濃度の割合は、0.2-1%程度であった。さらに魚類全身中の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度は、検出下限値以下であった。以上の結果から、FDNPS 事故由来に起因する年間内部被ばく線量は、 ^{90}Sr 及び ^{129}I の寄与を考慮しても、年間 1 mSv を十分に下回っており、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。なお、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、妥当であり、 ^{129}I による被ばく線量も年間 1 mSv に比べて十分に小さく、また、放射性 Cs による被ばく線量に比べても十分低いことが確認された。

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 量子科学技術研究開発機構
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
長谷川 慎 量子科学技術研究開発機構

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が懸念された。厚生労働省は 2012 年 4 月以降、介入線量レベルを年間 1 mSv 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(「飲料水」:10Bq/L、「一般食品」:100 Bq/kg、「乳児用食品」及び「牛乳」:50 Bq/kg)を設定し、その他の核種については、原子力安全・保安院(当時)が 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)を規制対象核種として、放射性Csとの濃度比を推定することにより、その線量への寄与を考慮している。また、これらの規制対象核種以外は、モニタリング結果や核分裂収率、物理的半減期等から、放射性Csに比べて線量の寄与が無視し得る程十分に小さいと考えられ、規制対象核種には含まれていない。

内部被ばく線量に対する放射性Cs及びその他の核種の寄与率は、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1 mSvとした食品中の放射性Cs濃度基準値の妥当性の検証及び食品中に含まれる放射性物質の濃度等に関する科学的知見の集約を行うことを目的とした。

B. 研究方法

1. 農作物中Csと長半減期核種の濃度測定に関する研究

土壌及び作物(ホウレンソウ・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2018年から2020年に採取した。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、Ge半導体検出器を用いてセシウム-134 (^{134}Cs)、セシウム-137 (^{137}Cs)及びカリウム-40 (^{40}K)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 ^{90}Sr 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 (^{129}I)濃度を求めた。

2. 食品中の放射性核種濃度等に関する研究

平成30年度は福島県内水面試験場の協力を得て、各漁協で採取した市場流通する淡水魚を、福島県海洋水産研究センターの協力を得て、2019年は福島

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)を、令和 2 年度は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、Ge 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、 ^{90}Sr や $^{239+240}\text{Pu}$ の定量を行い、放射性 Cs に対する濃度比について調査を行った。

3. 内部被ばく線量の推計に関する研究

食品中放射性 Cs、 ^{90}Sr 及び ^{129}I 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、食品の種類を 3 種類の農作物(ホウレンソウ・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 Cs、 ^{90}Sr 及び ^{129}I 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。

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等に関する基礎的な資料を作成する作業の一環として、ロシア、ウクライナ及びベラルーシにおける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、中国、台湾及び韓国における食品中の放射性物質の濃度レベルや規制の設定変更の根拠に関する資料及び放射性物質の基準値導出時における汚染食品の割合に関する情報を収集し、とりまとめを行った。

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

2011 年の事故からの経過時間に伴い、土壌中の ^{134}Cs 濃度は、物理半減期によって ^{137}Cs 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 Cs 濃度の低減が進んだ。愛知県の土壌では、 ^{134}Cs が検出されず、主に核実験由来による ^{137}Cs であることが明らかになった。浜通りの圃場土壌中 ^{129}I 濃度は 0.4~1.1 mBq/kg と、福島県の他地域と比較しても高い値にあるが、 ^{137}Cs 濃度に比べ 6 桁以上低い値であった。作物中放射性 Cs 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 ^{90}Sr 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 ^{129}I 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。

2. 食品中の放射性核種濃度等に関する研究

2018 年の淡水魚中の可食部の ^{137}Cs 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 ^{137}Cs 濃度範囲は、1 mBq/kg-生重量以下であった。魚類アラ部中の ^{90}Sr 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 $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度範囲は、検出下限値以下~0.016 Bq/kg-生重量であった。

3. 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 ^{137}Cs による被ばく線量推定値は、福島県浜通りの 13-18 歳男子の年間 0.0029 mSv であった。 ^{90}Sr による被ばく線量は、性別年齢区分

によって異なるが、年間 0.0001mSv 前後であった。¹²⁹I 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、年間 0.00000077 mSv 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る。また、農作物摂取による年間内部被ばく線量推定値の ¹²⁹I/¹³⁷Cs 比の最大値は福島県中通り北部の 7-12 歳の女子の 0.00060 であり、¹²⁹I による被ばく線量は、放射性 Cs 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. 食品中放射性物質濃度等に関する知見の評価検討

調査対象資料を整理・解析し、放射性物質濃度の制限値に関する資料をまとめた。外国や地域の規制の設定根拠に関する詳細な解説は見当たらなかった。

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

葉菜類・根菜類・コメの放射性 Cs 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 ¹³⁷Cs 濃度と作物中 ¹³⁷Cs 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は作物への移行は、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 ⁹⁰Sr 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 ¹²⁹I 濃度は、浜通りで他地点より若干高いものの、土壌中 ¹²⁹I 濃度と玄米中 ¹²⁹I 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 ¹²⁹I 濃度は、作物中 ¹³⁷Cs 濃度より 6 桁以上低い濃度であった。

2. 食品中の放射性核種濃度等に関する研究

2018 年に測定した淡水魚の Cs 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 ¹³⁴Cs は検出されなかった。魚類中 ¹³⁷Cs 濃度から事故由来の ¹³⁴Cs 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 ¹³⁷Cs 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 ¹³⁷Cs 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 ¹³⁷Cs 濃度と濃縮比を用いて魚類中の ¹³⁷Cs 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 Cs 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 ⁹⁰Sr 濃度と濃縮比を用いて魚類中の ⁹⁰Sr 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 ²³⁹⁺²⁴⁰Pu 濃度から海産魚類(全身)中の ²³⁹⁺²⁴⁰Pu 濃度を計算した結果、検出下限値に近い値で、放射性 Cs に対する ²³⁹⁺²⁴⁰Pu 放射能比は極めて低いことが明らかになった。

3. 内部被ばく線量の推計に関する研究

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年間被ばく線量は、福島(浜通り)で 0.0007 mSv、福島(中通り)で 0.0008 mSv、福島(会津)で 0.0009 mSv であり、また福島県以外では 0.0005～0.0014 mSv 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 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年間 1 mSv を大幅に下回っていた。また、本試算においても、 ^{129}I による被ばく線量は、放射性 Cs 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. 食品中放射性物質濃度等に関する知見の評価検討

今回の調査において、外国や地域の食品中の放射性核種濃度の制限値や規制値は、日本の食品中の放射性物質の基準値に変更されていた。一方で制限値や規制値の考え方や計算方法等に関する情報や制限値や規制値の運用後の検証(マーケットバスケット法等)に関する情報は見当たらなかった。食品のカテゴリーや消費量に関する情報は食品項目や地域等の要因で差があることから安全側に設定されていたが、汚染食品の割合の割合に関し具体的な根拠は見出せなかった。

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・コム)中放射性 Cs、 ^{90}Sr 及び ^{129}I 濃度を調査した。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 ^{90}Sr 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 ^{90}Sr 濃度の増加は認められなかった。作物中 ^{129}I 濃

度は、浜通りで他の地点より高い傾向にあるが、 ^{137}Cs 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。

2. 食品中の放射性核種濃度等に関する研究

福島県内の淡水魚中の放射性 Cs 濃度は、基準値よりも非常に低い放射性 Cs 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 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 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 濃度は環境水を反映しているが、 ^{90}Sr 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 ^{90}Sr 濃度を測定し、魚類(全身)中の ^{90}Sr 濃度を推定した結果、海産魚類(全体)中の ^{137}Cs 濃度に対する ^{90}Sr 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された。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 $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度より魚類全身中の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度を推定したが、検出下限値以下であった。

3. 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、 ^{90}Sr 及び ^{129}I の寄与を考慮しても、年間 1 mSv を十分に下回っており、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。なお、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。 ^{129}I による被ばく線量も年間 1 mSv に比べて十分に小さく、また、放射性 Cs

による被ばく線量に比べても十分低いことが確認された。なお、¹²⁹I による内部被ばく線量評価については、より広範囲な調査研究が重要である。

4. 食品中放射性物質濃度等に関する知見の評価検討

チェルノブイリ事故後の対策や教訓を調査した各種のプロジェクトに関する知見を得るためには、改めて各種資料を精査する必要があると考えられる。また食品中の放射性核種濃度の制限値や食品カテゴリーについては、自国の制限値よりも日本が低く、安全という理由で日本の食品中の放射性物質の基準値に合わせたことが考えられる。今後、新たな値の運用による検証作業について、国内の取り組みを国外にアピールする必要があると考えられる。さらに食品のカテゴリーや消費量に関する情報は食品項目や地域等の要因で差があることから安全側に設定されていたが、汚染食品の割合に関する根拠については明確なものがあった。トリチウムは食品の基準値の対象核種でないものの、風評被害や不安の払拭のために、正確な情報を発信する必要がある。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究業績

(論文)

1. K. Tagami, H. Tsukada, S. Uchida and B. J. Howard (2018) Changes in the soil to brown rice concentration ratio of radiocaesium before and after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident in 2011, *Environmental Science and Technology* 52, 8339-8345.
2. Y. Ni, Z. Wang, J. Zheng, K. Tagami, Q.

Guo, S. Uchida and H. Tsukada (2019) The transfer of fallout plutonium from paddy soil to rice: a field study in Japan, *J. Environ. Radioactivity* 196, 22-28.

3. S. Ogasawara, T. Eguchi, A. Nakao, S. Fujimura, Y. Takahashi, H. Matsunami, H. Tsukada, J. Yanai and T. Shinano (2019) Phytoavailability of ¹³⁷Cs and stable Cs in soils from different parent materials in Fukushima, Japan, *J. Environ. Radioactivity* 198, 117-125.
4. 塚田祥文 (2018) 福島県の農業環境における放射性セシウムと内部被ばく線量, 第31回環境工学連合講演会講演論文集, pp5-8.
5. G. Yang, H. Tazoe, H. Tsukada, J. Hu, Y. Shao and M. Yamada (2019) Vertical distribution of I-129 in forest soil collected near the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant boundary, *Environmental Pollution* 250, 578-585.
6. K. Tagami, H. Tsukada and S. Uchida (2019) Quantifying spatial distribution of ¹³⁷Cs in reference site soil in Asia, *Catena* 180, 341-345.
7. K. Kurokawa, A. Nakao, H. Tsukada, Y. Mampuku and J. Yanai (2019) Exchangeability of ¹³⁷Cs and K in agricultural soils after decontamination in the eastern coastal area of Fukushima, *Soil Science and Plant Nutrition* 65, 401-408.
8. M. Kurihara, T. Yasutaka, T. Aono, N. Ashikawa, H. Ebina, T. Iijima, K. Ishimaru, R. Kanai, Z. Karube, Y. Konnai, T. Kubota, Y. Maehara, T. Maeyama, Y. Okizawa, H. Ota, S.

- Otosaka, A. Sakaguchi, H. Tagomori, K. Taniguchi, M. Tomita, H. Tsukada, S. Hayashi, S. Lee, S. Miyazu, M. Shin, T. Nakanishi, T. Nishikiori, Y. Onda, T. Shinano, H. Tsuji (2019) Repeatability and reproducibility of measurements of low dissolved radiocesium concentrations in freshwater using different pre-concentration methods, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 322, 477-485.
9. A. Takeda, Y. Unno, H. Tsukada, Y. Takaku and S. Hisamatsu (2019) Speciation of iodine in soil solution in forest and grassland soils in Rokkasho, Japan, *Radiation Protection Dosimetry* 184, 368-371.
 10. Z. A. Begum, I. M. M. Rahman, K. Ishii, H. Tsukada and H. Hasegawa (2020) Dynamics of Strontium and Geochemically Correlated Elements in Soil during Washing Remediation with Eco-Complaint Chelators, *Journal of Environmental Management* 259, 110018.
 11. 塚田祥文 (2019) 放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同研究拠点と今後の環境放射能研究. *NIES レターふくしま* 6, 1-5.
 12. 塚田祥文 (2019) 福島 of 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, *学術の動向* 24, 18-25.
 13. 斎藤梨絵, 塚田祥文 (2019) 被災地の野生動物はいま(中)イノシシに蓄積する放射性 Cs, *グリーン・パワー* 2019 .12, 10-11.
 14. Takashi Ishimaru and Tatsuo Aono (2019), 5.8 Pollution of Marine Fish and Shellfish, 5 *Ocean Transport of Radioactive Materials*, In: *Environmental Contamination from the Fukushima Nuclear Disaster; Dispersion, Monitoring, Mitigation and Lessons Learned*, p.148-154, Cambridge.
 15. R. Saito, Y. Nemoto and H. Tsukada (2020) Relationship between radiocesium in muscle and physicochemical fractions of radiocesium in the stomach of wild boar, *Scientific Reports* 10, 6796. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63507-5>
 16. A. Takeda, H. Tsukada, Y. Unno, Y. Takaku and S. Hisamatsu (2020) Effects of organic amendments on the natural attenuation of radiocesium transferability in grassland soils with high potassium fertility, *Journal of Environmental Radioactivity* 217, 106207. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2020.106207>.
 17. M. P. Johansen, D. Anderson, D. Child, M. Hotchkis, H. Tsukada, K. Okuda and T. G. Hinton (2021) Differentiating Fukushima and Nagasaki plutonium from global fallout using $^{241}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ atom ratios: Pu vs. Cs uptake and dose to biota, *Science of the Total Environment* 754, 141890. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141890>.
 18. N. P. Thoa, S. Kaneko, S. Koya, H. Ohira, H. Tsukada (2021) Radiation dose rate to Japanese cedar and plants collected from Okuma, Fukushima Prefecture, *Science of the Total Environment*, 779 (2021) 146350. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146350>.
 19. IAEA (2020) 4. Agricultural System in Environmental Transfer of Radionuclides in Japan following the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, Report of Working Group 4, Transfer Processes and Data for Radiological Impact Assessment, Subgroup 2 on Fukushima Data, IAEA

- Programme on Modelling and Data for Radiological Impact Assessments (MODARIA II), IAEA-TECDOC-1927, pp31-127.
(学会発表等)
20. A. Takeda, H. Tsukada, D. Yamada, Y. Unno, H. Harada, Y. Takaku and S. Hisamatsu (2018) Mobility of radiocesium from specific sorption sites in agricultural soils in northeastern Japan (21st World Congress of Soil Science, Rio de Janeiro, Brazil)
 21. H. Tsukada, K. Nanba and T. Hinton (2018) Transfer of ^{137}Cs and stable ^{133}Cs in plants and animals collected from a forest observatory site in Yamakiya, Fukushima, Japan (The 7th International Conference on Radioactivity in the Arctic and other vulnerable areas, Oslo, Norway)
 22. 塚田祥文、高橋知之、福谷哲、青野辰雄、明石 真言 (2018) 福島県浜通りにおける作物中放射性セシウムおよび ^{90}Sr 濃度と作物摂取による内部被ばく線量(第 51 回日本保健物理学会, 札幌)
 23. 塚田祥文、難波謙二、トーマス・ヒントン (2018) 福島県山木屋の森林観測所で採取した植物と動物における ^{137}Cs と安定 ^{133}Cs の移行(第 55 回アイソトープ・放射線研究発表会, 東京)
 24. 塚田祥文, 久保田富次郎 (2018) カラム試験による福島県大柵ダム底質からの ^{137}Cs 溶出(日本土壌肥料学会 2018 年度神奈川大会、藤沢)
 25. A. Takeda, Y. Unno, H. Tsukada, Y. Takaku and S. Hisamatsu (2018) Speciation of iodine in soil solution in forest and grassland soils in Rokkasho, Japan (9th International Conference on High Level Environmental Radiation Areas - For Understanding Chronic Low-Dose-Rate Radiation Exposure Health Effects and Social Impacts, ICHLERA 2018, Hirosaki, Japan)
 26. 久保田富次郎、塚田祥文、申文浩、李相潤、万福裕造、濱松潮香、八戸真弓 (2018) ため池の流入／流出における放射性 Cs の存在形態の変化(農業農村工学会 2018 年全国講演会)
 27. M. M. Rahman, Z. A. Begum, B. Ahmmad, H. Tsukada and H. Hasegawa (2018) Effect of extraction variables for the chelator-assisted washing remediation of strontium and geochemically-related elements from soils (日本分析化学会、東京)
 28. G. Yang, H. Tazoe, H. Tsukada and M. Yamada (2018) Distribution of I-129 in forest soil from the boundary of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant(放射化学会、京都)
 29. H. Tsukada, T. Hayasaka and T. Kubota (2018) Desorption of ^{137}Cs from contaminated sediment collected from irrigated Oogaki-dam in Fukushima by column experiment (The 15th Biennial Conference of the South Pacific Environmental Radioactivity Association, SPERA2018, Perth, Australia).
 30. R. Saito, Y. Nemoto, R. Kumada, H. Oomachi, M. Tamaoki, M. Nakamura and H. Tsukada (2018) Test of food habitat analysis using DNA analysis in wild boar to reveal

- relations between food habits and Caesium-137 activity concentration in the body (The 15th Biennial Conference of the South Pacific Environmental Radioactivity Association, SPERA2018, Perth, Australia).
31. Y. Wakiyama, Y. Igarashi, Y. Onda, J. Takahashi, S. Obrizan, G. Lisovy, G. Laptev, A. Konoplev, H. Tsukada and K. Nanba (2019) Hydrological response and ¹³⁷Cs wash-off evaluated by continuous observation with USLE plots in Chernobyl exclusion zone (EGU Spring Meeting 2019, Vienna).
 32. G. Yang, H. Tazoe, H. Tsukada and M. Yamada (2019) The I-129 situation in land surface soil and forest soil systems after the FDNPP accident (5th Fukushima University IER Annual Symposium)
 33. K. Tagami, H. Tsukada and S. Uchida (2019) Comparison of internationally available soil to rice grain transfer data of radiocaesium -the effect of soil types on the transfer data differences (5th Fukushima University IER Annual Symposium)
 34. R. Saito, Y. Nemoto, R. Kumada, H. Oomachi, M. Tamaoki, M. Nakamura and H. Tsukada (2019) Relations between Wild Boar Food Habits and ¹³⁷Cs Activity Concentration in the Body and its Seasonal Variation (5th Fukushima University IER Annual Symposium)
 35. Y. Wakiyama, A. Konoplev, N. Thoa, H. Tsukada, K. Nanba, V. Golosov, M. Zheleznyak (2019) Variations in dissolved and particulate ¹³⁷Cs concentrations in the Abukuma river water during a freshet (5th Fukushima University IER Annual Symposium)
 36. Y. Wakiyama, Y. Igarashi, Y. Onda, J. Takahashi, D. Samoilov, S. Obrizan, G. Lisovy, G. Laptev, A. Konoplev, H. Tsukada, K. Nanba (2019) Hydrological response and ¹³⁷Cs wash-off evaluated by continuous observation with USLE plots in Chernobyl exclusion zone (5th Fukushima University IER Annual Symposium)
 37. A. Konoplev, Y. Wakiyama, T. Wada, K. Nanba, T. Takase, V. Kanivets, H. Tsukada, T. Takahashi, I. M. Rahman, M. Zheleznyak (2019) Long-term dynamics of radiocaesium in aquatic ecosystems of Fukushima and Chernobyl contaminated areas (5th Fukushima University IER Annual Symposium)
 38. 塚田祥文 (2019) 被災地域における環境中の放射性セシウム濃度と内部被ばく線量(第 5 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
 39. 武田晃、向井康太、藤森崇、山崎慎一、土屋範芳、塚田祥文、矢内純太 (2019) XANES および抽出法による土壤中塩素の存在形態の評価手法の検討(第 20 回「環境放射能」研究会、つくば)
 40. 斎藤梨絵、根本唯、大町仁志、玉置雅紀、中村匡聡、白子智康、塚田祥文 (2019) DNA 解析によるイノシンの食性調査および食性と体内のセシウム ¹³⁷ 濃度の関係(第 66 回日本生態学会、神戸)(招待講演)
 41. 塚田祥文 (2018) 福島県の農業環境における放射性セシウムと内部被ばく線量の状

- 況、第31回環境工学連合講演会日本学術会議(東京)
42. 塚田祥文 (2018) 農業環境における放射性セシウムと作物摂取による被ばく線量、放射能測定分析技術研究会セミナー(東京)
 43. 塚田祥文 (2018) 2011年原発事故後の農業環境における放射性セシウム、藤沢市放射能測定器運営協議会学習会(藤沢)
 44. 塚田祥文 (2018) 福島県の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、公開シンポジウム「東日本大震災に係る食料問題フォーラム2018」(東京)
 45. 塚田祥文 (2019) 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、長崎大学・川内村/富岡町復興推進拠点活動報告会(川内村)
 46. Tatsuo Aono (2018) How to Communicate with Consumers who are Anxious about Food Radiation and Implications of Food Radioactivity Policies in Japan since the Fukushima Nuclear Power Plant Accident in Japan, International symposium on safety management of radionuclide in food (Korea)
 47. Tatsuo Aono (2018) Lessons learned from TEPCO Fukushima NPP accident, QST-KIRAMS training course on radiation emergency medicine for Korean medical professionals 2019 (Chiba)
 48. Tatsuo Aono (2018) Lecture: Effects of Fukushima Daiichi NPP accident on foodstuffs, Supporting Regional Nuclear Emergency Preparedness and Response in the Member States of ASEAN Region (Chiba)
 49. H. Kurikami, A. Malins, T. Niizato, K. Iijima, H. Tsukada (2019) Numerical study on sorption kinetics of radiocesium in forest soil (Migration 2019, 京都)
 50. 武田晃、塚田祥文、海野佑介、高久雄一、久松俊一 (2019) 交換性カリ含量が高い牧草地土壌に添加した ^{137}Cs の植物への移行に及ぼす有機物施用の影響(日本土壤肥料学会 2019年東北支部会、南相馬)
 51. N. P. Thoa, H. Ohira, S. Kaneko, H. Tsukada (2019) Internal and external radiation doses of Japanese cedar in Okuma(第56回アイソトープ・放射線研究発表会, 東京)
 52. 塚田祥文, 齋藤 隆 (2019) 試験水田における灌漑水・間隙水中 ^{137}Cs 濃度と変動要因(日本土壤肥料学会 2019年度静岡大会、静岡)
 53. 武田晃, 海野佑介, 塚田祥文, 高久雄一, 久松俊一 (2019) 青森県六ヶ所村の森林及び草地土壌における土壌溶液中ヨウ素の存在形態(日本土壤肥料学会 2019年度静岡大会、静岡)
 54. 山田大吾, 塚田祥文, 山口紀子, 渋谷岳, 榎村恭子 (2019) 牧草中放射性セシウム濃度の経時変化と土壌の放射性セシウム存在画分からの移行推定(日本土壤肥料学会 2019年度静岡大会、静岡)
 55. H. Tsukada, N. Yamaguchi, T. Saito (2019) Role of organic matter associated with temporal change of radiocaesium forms in soil (ESAFS2019, Taipei)
 56. 塚田祥文 (2019) 福島県大楯ダム灌漑水の溶存態および懸濁態 ^{137}Cs の経時変化(第52回日本保健物理学会, 仙台)
 57. Konoplev, Y. Wakiyama, V. Golosov, M.

- Ivanov, M. Komissarov, V. Kanivets, C. Udy, T. Niida, Sh. Moritaka, M. Usuki, K. Watanabe, A. Goto, H. Tsukada and K. Nanba (2020) Radiocesium wash-off, river transport and redistribution in soil-water environment after the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant accident (EGU, Vienna)
58. 難波謙二, ヴァシル ヨシエンコ, 石庭寛子, ドノヴァン アンダーソン, 兼子伸吾, 和田敏裕, 金指努, 塚田祥文 (2020) 福島大学環境放射能研究所の放射生態学研究 2019 年度(環境省主催野生動物の放射線影響調査報告、東京)
59. 武田晃, 塚田祥文, 中尾淳, 海野佑介, 山崎慎一, 土屋範芳, 高久雄一, 久松俊一 (2020) 六ヶ所村再処理施設周辺土壌における安定ヨウ素の存在形態(第 21 回「環境放射能」研究会、つくば)
60. 塚田祥文 (2020) 福島県上小国川と大楯ダムにおける ^{137}Cs 濃度の経時変化 (第 6 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
61. 大槻知恵子, 塚田祥文 (2020) 蘚苔類への放射性セシウムの蓄積 (第 6 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
62. 高橋純子, 佐々木拓哉, 日原大智, 恩田裕一, 塚田祥文 (2020) ゼロテンションライシメータを用いた土壌中放射性セシウムの下方移行量の評価 (第 6 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
63. 折田真紀子, 高村昇, 崔力萌, 平良文亨, 山田裕美子, 塚田祥文 (2020) 富岡町におけるイノシシ中の放射性物質濃度評価 (第 6 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
64. 菊池美保子, 塚田祥文 (2020) 避難指示解除後の自家消費作物の放射性セシウム濃度 (第 6 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
65. 沖澤悠輔, 塚田祥文 (2020) 東京電力福島第一原子力発電所事故による ^{60}Co 飛散の検証 (第 6 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
66. 遠藤佑哉, 山口克彦, 高瀬つぎ子, 植頭康裕, 塚田祥文 (2020) 空間線量率を用いた実効線量推定手法の高精度化 (第 6 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
67. 久保田富次郎, 塚田祥文 (2020) 帰還困難区域内のため池における形態別放射性 Cs の分画分析 (第 6 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
68. N. P. Thoa, S. Koya, H. Ohira, S. Kaneko, and H. Tsukada (2020) Radiation dose rate of Japanese cedar and plants collected from Okuma applying ERICA tool (第 6 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
69. 塚田祥文 (2019) 長崎大学大学院セミナー「福島大学環境放射能研究所における研究紹介・農業環境における放射性セシウムの動態と住民の被ばく線量」(長崎大学)
70. 塚田祥文 (2019) 「農業環境における放射性セシウム等について」(浪江町)
71. 塚田祥文 (2019) 北海道大学大学院水産科学院セミナー「福島大学環境放射能研究所の概要・被ばく線量の考え方について」(北海道大学)
72. 塚田祥文 (2019) Mini-symposium Academia Sinica“Radiocaesium in agricultural environment and internal radiation dose from foods in Fukushima after the nuclear accident of 2011” (Taipei)
73. 塚田祥文 (2019) 鹿児島県原子力安全・避

- 難計画等防災専門委員会 講演会「放射線被ばくと“いちき串木野市”における緊急時の対応」(いちき串木野市)
74. 塚田祥文 (2019) 農業環境における存在形態別放射性セシウムの動態(日本原子力学会東北支部研究交流会 特別講演, 仙台)
75. 塚田祥文 (2019) 福島森里川海の今～放射能問題からウナギ・カレイの新発見まで～(公開シンポジウム)福島大学創立 70 周年記念事業・福島大学環境放射能研究所研究活動懇談会 IER 研究懇談会「農業環境における放射性セシウム・ストロンチウムと作物摂取による被ばく線量」(京都)
76. 塚田祥文 (2019) NEA Workshop “Concentrations of radiocaesium, ^{90}Sr and ^{129}I in agricultural crops collected from Fukushima Prefecture and reference areas”(東京)
77. 塚田祥文 (2019) 環境科学技術研究所成果報告会「福島県の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」(基調講演 弘前)
78. Tatsuo Aono (2019), Radionuclide contamination in food and estimation of radiation doses from food intake since the Fukushima Nuclear Power Station Accident, 3rd International Conference “RADON IN THE ENVIRONMENT 2019”, Institute of Nuclear Physics, Polish Academy of Sciences, Poland.
79. 立田 穰, 津旨 大輔, 石丸 隆, 神田 穰太, 伊藤 友加里, 内田 圭一, 青山 道夫, 浜島 靖典, 青野 辰雄, 天野 洋典 (2020)、フサカサゴ科魚類における放射性セシウムの濃度低減機構の放射生態学的解明、第 21 回「環境放射能研究会」, 高エネルギー加速器研究機構放射線科学センター、筑波
80. 長谷川 慎, 矢島 千秋, 青野 辰雄, 山田 裕 (2019)、日常の食生活から受ける内部被ばく線量の評価システムの検討、放射性物質環境動態調査事業報告会, 福島
81. Tatsuo Aono (2019)、Lessons learned from TEPCO Fukushima NPP accident 2, QST-KIRAMS Training Course on Radiation Emergency Medicine for Korean Medical Professionals (Chiba) (学会発表等)
82. 塚田祥文、高橋純子、Mark Zheleznyak、Igor Chizhevskyy、Serhii Kerieiev、Valery Kashparov (2020) チェルノブイリ原子力発電所から 30-km 圏内の試験圃場における土壌からバレイショへの ^{137}Cs および ^{90}Sr の移行 (日本原子力学会, 福岡, オンライン)
83. 沖澤悠輔、塚田祥文 (2020) 2011 年の東京電力福島第一原子力発電所事故による ^{60}Co 飛散の検証(日本原子力学会, 福岡, オンライン)
84. 遠藤佑哉、山口克彦、高瀬つぎ子、植頭康裕、塚田祥文 (2020) 2011 年東電福島第一原発事故後の土壌中放射性セシウムによる空間線量率と実効線量の関係(日本原子力学会, 福岡, オンライン)
85. 菊池美保子、塚田祥文 (2020) 避難指示解除地域における自家消費作物の放射性セシウム濃度(日本原子力学会, 福岡, オンライン)
86. 大槻知恵子、塚田祥文 (2020) 蘚苔類への放射性セシウムの蓄積(日本原子力学会, 福岡, オンライン)
87. 塚田祥文 (2020) 大柿ダム底質から溶出する ^{137}Cs の灌漑水への寄与について(日本土壌肥料学会 2020 年度岡山大会、倉敷、オン

- ライン)
88. 武田晃、塚田祥文、海野佑介、高久雄一、久松俊一 (2020) 黒ボク土草地土壤に添加した放射性セシウム及びヨウ素の牧草への移行性に及ぼす有機物施用の影響(日本土壤肥料学会 2020 年度岡山大会、倉敷、オンライン)
 89. 塚田祥文、○山口紀子、山田大吾 (2020) 草地土壤の有機物による放射性セシウム固定阻害(日本地球化学会、リモート)
 90. 遠藤佑哉、植頭康裕、高瀬つぎ子、山口克彦、塚田祥文 (2020) 空間線量率を用いた実効線量推定手法の高精度化(ICRP-JAEA International Conference、リモート)
 91. 沖澤悠輔、塚田祥文(2020)2011 年の東京電力福島第一原子力発電所事故による⁶⁰Co 飛散の検証(第一回 環境研研究交流セミナー 六ヶ所村)
 92. 遠藤佑哉、高瀬つぎ子、山口克彦、塚田祥文(2020)2011 年東電福島第一原発事故後の土壤中放射性セシウムによる空間線量率と実効線量の関係(第一回 環境研研究交流セミナー 六ヶ所村)
 93. 菊池 美保子、塚田祥文(2020)避難指示解除地域における自家消費作物の放射性セシウム濃度(第一回 環境研研究交流セミナー 六ヶ所村)
 94. 大槻知恵子、塚田祥文(2020)蘚苔類への放射性セシウムの蓄積(第一回 環境研研究交流セミナー 六ヶ所村)
 95. Nguyen Phuong Thoa, Shigeo Kaneko, Shishido Koya, Hajime Ohira and Hirofumi Tsukada (2020) Radiation dose rate of Japanese cedar and plants collected in Okuma, Fukushima(第一回 環境研研究交流セミナー 六ヶ所村)
 96. 辰野宇大、塚田祥文 (2021) 土壤アーカイブ試料および土壤アーカイブデータベースシステムの紹介(第7回福島大学環境放射能研究所成果報告会、Online)
 97. 塚田祥文、齋藤隆 (2021) 大熊町試験水田における灌漑水・間隙水中 137Cs 濃度と変動要因(第7回福島大学環境放射能研究所成果報告会、Online)
 98. Nguyen Phuong Thoa and Hirofumi Tsukada (2021) Uptake of radiocaesium by brown rice from soils and irrigation water(第7回福島大学環境放射能研究所成果報告会、Online)
 99. 沖澤悠輔、塚田祥文 (2021) 2011 年東京電力福島第一原子力発電所事故による⁶⁰Co の放出(第7回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
 100. 遠藤佑哉、植頭康裕、高瀬つぎ子、山口克彦、塚田祥文 (2021) 東京電力福島第一原子力発電所事故後の土壤中放射性セシウムによる空間線量率と実効線量の関係(第7回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
 101. 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濃度と内部被ばく線量(第7回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
 102. 大槻知恵子、塚田祥文 (2021) 蘚苔類への放射性セシウムの移行と蓄積(第7回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
 103. 遠藤佑哉、植頭康裕、高瀬つぎ子、山口克彦、塚田祥文 (2021) 東京電力福島第一原子力発電所事故後の土壤中放射性セシウムによる空間線量率と実効線量の関係(第6回次世代イニシアティブ廃炉技術カンファレンス(NDEC-6)JAEA)

104. 杉浦広幸、塚田祥文 (2021) 福島の高層湿原の植物における放射性セシウム汚染 (放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同研究拠点報告会)
105. 塚田祥文 (2020) 福島大学食農学類放射線等学習会「農業環境における放射性セシウムと作物摂取による被ばく線量」(福島)
106. 塚田祥文 (2020) 令和2年度福島県原子力防災研修講師「放射線と放射能の基礎知識」(福島)
107. 塚田祥文 (2020) 安積高校「福島の農業環境と作物は“いま”―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―」(福島)
108. H. Tsukada (2020) Internal and external radiation dose rates in organisms collected from a forest observatory site in Yamakiya, Kawamata, Fukushima (日本放射線影響学会第63回大会 ワークショップ「福島原発事故による環境への影響」リモート)
109. N. P. Thoa, S. Koya, H. Ohira, S. Kaneko, and H. Tsukada (2020) Radiation dose rate of Japanese cedar and plants collected from Okuma applying ERICA tool (日本放射線影響学会第63回大会 ワークショップ「福島原発事故による環境への影響」リモート)
110. 塚田祥文 (2020) 2011年の事故後の環境放射能(檜葉町立檜葉中学校 放射線教育) (福島)
111. H. Tsukada (2020) Radiocaesium in the environment (ICRP International Conference、リモート)
112. 塚田祥文 (2020) 福島大学環境放射能研究所と福島における環境中 ^{137}Cs の変遷(第一回 環境研研究交流セミナー 六ヶ所村)
113. I.M.M. Rahman, Z.A. Begum, H. Tsukada and H. Hasegawa (2020) Chelator-assisted washing remediation of radionuclide-contaminated soils, In: 2nd International Conference on Research & Innovation in Civil Engineering (Chittagong, Bangladesh)
114. Tatsuo Aono, Yutaka Yamada: Estimation of internal exposure dose from diet in daily life, Low-dose Radiation for Patients and Population—Science, Technology and Society Concepts for Communication and Perception Among Medical Doctors and Stakeholders – (Webinar), IAEA, 2020-10-22.
115. Tateda Yutaka, Tsumune Daisuke, Misumi Kazuhiro, Aoyama Michio, Hamajima Yasunori, Ishimaru Takashi, Kanda Jota, Ito Yukari, Aono Tatsuo: The determining factors of radio-caesium levels in fish off Fukushima derived from dynamic biological transfer model simulation, Fukushima Dai-ichi and the Ocean: 10 years of study and insight, University of Tokyo (Webinar), 2021-03-04.
- H. 知的財産権の出願・登録状況
なし

II. 分担研究報告

厚生労働行政推進調査事業費補助金 (食品の安全確保推進研究事業)

農作物中 Cs と長半減期核種の濃度測定に関する研究 分担研究報告

分担研究者 塚田 祥文 (福島大学 環境放射能研究所)

研究要旨

東京電力福島第一原子力発電所(FDNPS)事故直後に設定された暫定規制値に代わり、2012 年4月以降の長期的な状況に対応するために新しい食品中の放射性物質の基準値が設けられた。その基準値は、放射性セシウム(Cs)について「一般食品」では 100 Bq/kg、「乳児用食品」及び「牛乳」では、より安全側に 50 Bq/kg とすることが妥当であると示された。この基準値の導出には、食品への移行経路毎に放射性核種移行評価を実施して食品中の放射性核種濃度比を推定することにより、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)の寄与も考慮されているが、ガンマ線測定によるモニタリングでは測定が困難なストロンチウム-90(^{90}Sr)について FDNPS 周辺地域では不安の声が大きい。また、ヨウ素-131(^{131}I)については放出量も多く、暫定基準値として設定されたが、半減期 8 日と短半減期であるため、現行基準値において規制対象核種となっていない。一方、2011 年の事故時に放出が認められているヨウ素-129(^{129}I)については、放出量がきわめて限定されていたため、規制対象外の放射性物質ではあるが、「食品の基準値の導出について」にもあるように、今後の測定によって確認する必要があるとされている。本研究では、2020 年度に福島県で採取した作物(玄米)中の放射性 Cs 濃度及びストロンチウム-90(^{90}Sr)濃度、並びに基準値の設定において影響が小さいとして規制対象核種に含まれなかった ^{129}I 濃度を測定し、周辺地域や 2011 年の事故による影響が限定的と考えられる対象地域においても作物を採取し、それぞれの濃度を求めた。低減化対策により福島県内で採取された作物中放射性 Cs 濃度は基準値を大幅に下回る値まで減少していた。また、福島県内で採取した作物中 ^{90}Sr 濃度についても、0.1 Bq/kg 以下と極めて低い水準にあった。福島県内で採取した作物中 ^{129}I 濃度は、0.1 mBq/kg 以下と放射性 Cs 濃度より 4 桁低い値にあった。

A. 研究目的

2011 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)事故により、大量の放射性物質が大気及び海洋に放出された。この事故により放出された放射性核種による食品の摂取による内部被ばくが懸念され、厚生労働省は平

成 24 年 4 月以降、食品からの内部被ばくを年間線量 1 mSv として導出された基準値を適用している。この基準値は、対象となる放射性 Cs 以外の核種(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、 ^{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ているが、このうちヨウ素-129 (^{129}I 、半減期 1570 万年)、テクネチウム-99 (^{99}Tc 、半減期 21 万年)等の長半減期核種については、「長期的には、今後の測定によって確認することが必要であるが、寄与は十分小さいと考えられる」としている。

これまでに、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や全国モニタリング調査²⁾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、作物から放射性 Cs 以外には事故の影響は見られなかった。また、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。福島県内では徐々に営農再開する地域は拡大している。しかしながら、帰還し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⁾。

現在環境中に存在する ^{129}I の起源は、主に大気圏核実験、核燃料再処理施設、チェルノブイリ原子力発電所事故などであるが、自然界でも大気中で宇宙線とキセノンの反応、ウランの自発核分裂などでも生成されている³⁾。2011 年の事故でも FDNPS から放出されたことが明らかになっている⁴⁻⁶⁾。そこで、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ため、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うことを目的とし、福島県内と周辺地域、並びに比較対象地域から作物を採取し、放射性 Cs、 ^{90}Sr 及び ^{129}I 濃度を測定し、2011 年の事故由来による作物中濃度への寄与を明らかにした。

B. 研究方法

1. 土壌及び作物採取

土壌及び作物(ハウレンソウ・ジャガイモ・玄米)は、福島県の浜通り、中通り(2 地点)、会津の 4 地点、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 地点から 2018 年～2020 年に採取した。作物はそれぞれ約 5 kg を採取した。土壌は、5 点法によって ϕ 50 mm のコアサンプラーで表層 0～20cm を 2018 年～2020 年に採取した。

2. 試料の前処理

作物(モミを除く)は水洗いした後、非可食部を除去した。その後、70℃で 3 日間以上乾燥した後、450℃で灰化した。乾燥または灰化した試料を放射性 Cs 測定試料とした。

可食部とした生試料の一部(500 g)は、1 週間凍結乾燥した後、ステンレススチール製カッターブレンダーで粉碎混合し、 ^{129}I 分析用玄米試料とした。

土壌は、50℃で約 1 週間乾燥後、2 mm のふるいを通し、5 地点から採取した土壌を混合し試料とした。

3. 放射性 Cs 濃度の測定

土壌及び作物試料(乾燥または灰)をプラスチック容器(U-8)に詰め、Canberra 社製の Ge 半導体検出器(GC2020、GC3020 及び GC4020)で、放射性 Cs

濃度を測定した。乾燥した玄米試料は 2L マリネリ容器に詰め、測定した。セシウム-134 (^{134}Cs) 及びセシウム-137 (^{137}Cs) の定量には、それぞれ 604.7 keV 及び 661.7 keV の γ 線を用いた。また、同時にカリウム-40 (^{40}K) (1,460 keV) も定量した。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、7 日間以上測定したが、放射性 Cs を検出できなかった。

4. ^{90}Sr 濃度の測定

福島県内で採取し灰化した作物試料に安定 Sr キャリアを添加し、硝酸、過酸化水素水で溶液に分解後、水酸化ナトリウム溶液で pH 10 以上とし、炭酸 Sr 沈殿を作製し、分離した。炭酸 Sr 沈殿を塩酸で溶解し、シュウ酸塩沈殿を生成させた。沈殿を灰化後、塩酸に溶解し、陽イオン交換樹脂でカルシウム (Ca) を除去した。更に、ラジウム (Ra) を除去するためイットリウム-90 (^{90}Y) をミルクングし、低バックグラウンドガスフローカウンターで 100 分間の計測をした。Fe-Y 共沈法で検出下限値を下回った試料 (2020P-7) は、炭酸塩の形態で低バックグラウンド 2π ガスフローカウンタにより長時間の β 線計測を行った。 ^{90}Sr 濃度の測定方法は、原則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)⁷⁾等に拠った。

5. ^{129}I 濃度の測定

5.1 土壌試料

土壌試料 5 g と五酸化バナジウムを同量秤量後に混合した。この混合試料を乗せた石膏ボートを石英管内に設置し、石英管内に水蒸気を含んだ酸素気流下にて 1000°C で加熱し試料からヨウ素を揮発させた。揮発したヨウ素は、アルカリ吸収溶液 (TMAH 25%

(TAMAPURE-AA, 多摩化学) 0.4 mL、5000 ppm の亜硫酸ナトリウム 0.2 mL 及び超純水 7 mL) 30 mL を使用した。 ^{129}I 測定試料と ^{127}I 測定試料にそれぞれ分取し、 ^{129}I 測定試料にはキャリア 2 mg を添加した。

トルエン 20 mL とアルカリ吸収溶液試料を分液ロート内で混合し、濃硝酸を滴下し pH を 1 に調整、10%亜硝酸ナトリウム水溶液 1 mL を入れ 2 分間振とう、ヨウ素イオンをヨウ素としてトルエンに抽出した。分離した水相をトルエン 10mL が入った別の分液ロートに分取し再度 2 分間振とうした。2 つの有機相を分液ロート内で混合、超純水 10 mL を加え 2 分間振とうし、有機相の洗浄を行った。洗浄した水相を除き、超純水 20 mL、5000 ppm 亜硫酸ナトリウム 0.8 mL を添加し 2 分間振とう、ヨウ素をヨウ素イオンとして水相側に逆抽出した。水相を回収、残った有機相に超純水 10 mL を加え 2 分間振とうし、先に回収した水相と混合しヨウ素イオン水溶液 30 mL を得た。

抽出を行ったヨウ素イオン水溶液 30 mL に濃アンモニア水 1.5 mL と 1M 硝酸銀水溶液 1 mL を添加し、ヨウ化銀の沈殿を生成した。この沈殿を暗所にて一晩放置後、上澄みを除去し回収した沈殿に対して 3000rpm で 5 分間の遠心分離を行った。遠心分離後の上澄みを除いた試料に超純水を加え、良く攪拌した試料を再び遠心分離した。上澄みを除去し、60°C に設定した乾燥機に 3 時間入れヨウ化銀試料を乾燥させた。乾燥したヨウ化銀試料の重量を測定し、回収量を求めた。

ヨウ化銀試料 (^{129}I 照射試料であるヨウ化銀ターゲット) を米国パデュー大学プライムラボ (Purdue university Purdue Rare Isotope Measurement Laboratory) に送り加速器質量分析装置 (AMS) で ^{129}I と ^{127}I の原子数比の測定を行った。 ^{127}I の定量は、ICP-MS (Agilent7500cx) で行い、 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比

と¹²⁷I 濃度から試料の¹²⁹I 濃度を求めた。

5.2 作物試料

農作物試料 2 g を秤量し石膏ボードに載せ石英管内に設置した。燃烧によって発生するタール等を完全燃烧させるための酸化銅 10 g を試料よりも下流側の石英管内に設置した。石英管内に酸素を流し 800°C で加熱、試料からヨウ素を揮発した。揮発したヨウ素は、アルカリ吸収溶液 (TMAH 25% (TAMAPUREAA, 多摩化学) 30 mL、5000 ppm の亜硫酸ナトリウム 1.0 mL で調整したアルカリ吸収溶液 31 mL) で回収した。アルカリ吸収溶液は、¹²⁹I 測定試料と¹²⁷I 測定試料にそれぞれ分取し、¹²⁹I 測定試料にはキャリア 2 mg を添加した。化学分離以降の工程は、土壌試料と同様である。

C. 研究結果

1. 土壌

土壌中¹³⁴Cs、¹³⁷Cs 及び¹²⁹I 濃度範囲、並びに¹²⁹I/¹²⁷I 原子数比を表 1 に示す。2011 年の事故からの経過時間に伴い、¹³⁴Cs 濃度は、2011 年の事故当初は¹³⁷Cs と同程度存在したが、10%程度かそれ以下まで減少した。福島県浜通り、中通りの圃場土壌中¹³⁷Cs 濃度は、除染前には数千 Bq/kg 程度^{8,9)}あったが、除染により大きく減少し数百 Bq/kg であった。また、福島県会津の圃場では表土剥ぎ取り除染はされていないものの土壌中¹³⁷Cs 濃度は、中通りや中通りに比べ低い濃度であった。宮城県及び栃木県で採取した土壌からは¹³⁴Cs が検出され FDNPS 由来の放射性 Cs の存在を確認した。一方、愛知県の土壌では¹³⁴Cs が検出されなかったことから、FDNPS からの由来は限定的で、大気圏核実験由来による¹³⁷Cs であることが明らかになった。浜通りの圃場土壌中¹²⁹I 濃度は、¹³⁷Cs 濃度に比べ十万分の一以下であった

が、他の地点より明らかに高く 2011 年の事故由来であると考えられる。また、中通りの伊達市から採取した土壌も、FDNPS 事故の影響を受けていないと考えられる愛知県の土壌中濃度に比べ 1 桁以上高い試料があり、事故由来であることが推測された。それ以外の地域から採取した土壌中¹²⁹I 濃度は、愛知県土壌中濃度レベルと同程度か若干高い値であった。

2. 作物

ホウレンソウ・ジャガイモ・玄米中放射性核種濃度を表 2 に示す。福島県で採取されたすべての作物種で、放射性 Cs 濃度は基準値を大きく下回った。同一作物種ごとに、地域間で¹³⁷Cs 濃度を比較すると、概ね浜通り>中通り(北部)≥中通り(南部)>会津の順にあった。先刻モニタリング調査の結果と比較しても、宮城県と栃木県の作物中¹³⁷Cs 濃度はすべて検出され、愛知県の値よりも高い傾向にあった。

同一地域で作物種間の¹²⁹I 濃度を比較すると、概ねホウレンソウ>玄米>ジャガイモの順にあった。地域別では浜通りで採取した作物中¹²⁹I 濃度が最も高く、次いで中通り北部であった。

D. 考察

2018 年～2020 年に福島県を除く全国で調査した作物中¹³⁷Cs 及び⁹⁰Sr 濃度²⁾を表 3 に示す。ホウレンソウの¹³⁷Cs 濃度は、南相馬市と福島市で全国の最大値よりも高い値にあった。ジャガイモの¹³⁷Cs 濃度は、会津を除く浜通りと中通りで全国の最大値よりも高い値にあった。玄米の¹³⁷Cs 濃度については、全国の最大値と同様の濃度であった。福島県内のホウレンソウ・ジャガイモ・玄米の⁹⁰Sr 濃度は、全国での調査結果の範囲内にあることから、概ね核実験由来であり、FDNPS 事故由来の⁹⁰Sr は限定的であると言える。

各作物中 ^{137}Cs 濃度と土壌中 ^{137}Cs 濃度は、正の相関を示し、移行係数を用いて作物中濃度の類推が可能であることが示された。

3 種類の作物とも ^{129}I 濃度は、浜通りで他の地点より明らかに高い傾向を示した。また、作物中 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比も、浜通りで高い値にあった。更に、浜通りのホウレンソウの $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比は 3.8×10^{-7} であり、栽培された土壌中 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比 (9.7×10^{-9}) の約 40 倍にあることから、大気など土壌以外の寄与も考えられた。しかしながら、これらの $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比は、チェルノブイリや核燃料再処理工場周辺土壌 ($10^{-6} \sim 10^{-4}$)¹⁰⁾ に比べると低い値であった。

土壌における ^{129}I の下方浸透は、 ^{137}Cs より早ことが報告¹¹⁾されており、除染前の福島県における圃場土壌中 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比 ($10^{-10} \sim 10^{-8}$)^{4, 12)} と比較しても同程度あり、表土剥ぎ取り除染による ^{129}I の除去は放射性 Cs より低いと考えられる。

E. 結論

本研究では、福島県内、周辺地域と比較対象地域における作物中放射性 Cs、 ^{90}Sr 及び ^{129}I 濃度を調査した。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り、福島県内であっても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る。作物中 ^{90}Sr 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 ^{90}Sr 濃度の増加は認められなかった。浜通りの土壌中 ^{129}I 濃度が他の地点よりも高く、作物中 ^{129}I 濃度も同様に高い値にあった。

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/nousan-qa.html>
- 2) 環境放射線データベース, <http://search.kankyo->

hoshano.go.jp/

- 3) H. Tsukada, J. Ishida and O. Narita: Particle-size distributions of atmospheric ^{129}I and ^{127}I aerosols. *Atmospheric Environment* 25A 905-908, 1990.
- 4) Y. Miyake, H. Matsuzaki, T. Fujiwara, T. Saito, T. Yamagata, M. Honda and Y. Muramatsu: Isotopic ratio of radioactive iodine ($^{129}\text{I}/^{131}\text{I}$) released from Fukushima Daiichi NPP accident, *Geochemical Journal* 46, 327-333, 2012.
- 5) T. Ohno, Y. Muramatsu, Y. Shikamori, C. Toyama, K. Nakano and H. Matsuzaki: Determination of ^{129}I in Fukushima soil samples by ICP-MS with an Octopole reaction system, *Analytical Sciences* 29, 271-274, 2013.
- 6) Y. Muramatsu, H. Matsuzaki, C. Toyama and T. Ohno: Analysis of ^{129}I in the soils of Fukushima Prefecture: preliminary reconstruction of ^{131}I deposition related to the accident at Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP). *Journal of Environmental Radioactivity* 139, 344-350, 2015.
- 7) 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)
- 8) H. Tsukada, T. Takahashi, S. Fukutani and M. Akashi: Concentrations of radiocesium and ^{90}Sr in agricultural plants collected from local markets and experimental fields before resuming agricultural in Fukushima Prefecture. In *Proceedings of the 14th International Congress of the International Radiation Protection Association*, Volume 1, Cape Town, pp. 37-42, 2016.
- 9) H. Tsukada and K. Ohse: Concentration of radiocaesium in rice and irrigation water, and soil management practices in Oguni, Date, Fukushima. *Int. Environ. Assess. Manage.* 12, 659-661, 2016.

- 10) G. Shaw, E. Bailey, N. Crout, L. Field, S. Freeman, S. Gaschek, X. Hou, M. Izquierdo, C. Wells, S. Xu, and S. Young: Analysis of ^{129}I and ^{127}I in soils of the Chernobyl Exclusion Zone, 29 years after the deposition of ^{129}I , *Science of the Total Environment* 966-974, 2019.
 - 11) G. Yang, J. Hu, H. Tsukada, H. Tazoe, Y. Shao and M. Yamada: Vertical distribution of ^{129}I and radiocesium in forest soil collected near the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant boundary. *Environmental Pollution* 250, 578-585, 2019.
 - 12) M. Honda, H. Matsuzaki, H. Nagai and K. Sueki: Depth profiles and mobility of ^{129}I originating from the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant disaster under different land uses, *Applied Geochemistry* 85, 169-179, 2017.
- F. 健康危険情報
なし
- G. 研究業績
(論文)
1. K. Tagami, H. Tsukada, S. Uchida and B. J. Howard (2018) Changes in the soil to brown rice concentration ratio of radiocaesium before and after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident in 2011, *Environmental Science and Technology* 52, 8339-8345.
 2. Y. Ni, Z. Wang, J. Zheng, K. Tagami, Q. Guo, S. Uchida and H. Tsukada (2019) The transfer of fallout plutonium from paddy soil to rice: a field study in Japan, *J. Environ. Radioactivity* 196, 22-28.
 3. S. Ogasawara, T. Eguchi, A. Nakao, S. Fujimura, Y. Takahashi, H. Matsunami, H. Tsukada, J. Yanai and T. Shinano (2019) Phytoavailability of ^{137}Cs and stable Cs in soils from different parent materials in Fukushima, Japan, *J. Environ. Radioactivity* 198, 117-125.
 4. G. Yang, H. Tazoe, H. Tsukada, J. Hu, Y. Shao and M. Yamada (2019) Vertical distribution of I-129 in forest soil collected near the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant boundary, *Environmental Pollution* 250, 578-585.
 5. K. Tagami, H. Tsukada and S. Uchida (2019) Quantifying spatial distribution of ^{137}Cs in reference site soil in Asia, *Catena* 180, 341-345.
 6. K. Kurokawa, A. Nakao, H. Tsukada, Y. Mampuku and J. Yanai (2019) Exchangeability of ^{137}Cs and K in agricultural soils after decontamination in the eastern coastal area of Fukushima, *Soil Science and Plant Nutrition* 65, 401-408.
 7. M. Kurihara, T. Yasutaka, T. Aono, N. Ashikawa, H. Ebina, T. Iijima, K. Ishimaru, R. Kanai, Z. Karube, Y. Konnai, T. Kubota, Y. Maehara, T. Maeyama, Y. Okizawa, H. Ota, S. Otsuka, A. Sakaguchi, H. Tagomori, K. Taniguchi, M. Tomita, H. Tsukada, S. Hayashi, S. Lee, S. Miyazu, M. Shin, T. Nakanishi, T. Nishikiori, Y. Onda, T. Shinano, H. Tsuji (2019) Repeatability and reproducibility of measurements of low dissolved radiocesium concentrations in freshwater using different pre-concentration methods, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 322,

- 477-485.
8. A. Takeda, Y. Unno, H. Tsukada, Y. Takaku and S. Hisamatsu (2019) Speciation of iodine in soil solution in forest and grassland soils in Rokkasho, Japan, *Radiation Protection Dosimetry* 184, 368-371.
 9. Z. A. Begum, I. M. M. Rahman, K. Ishii, H. Tsukada and H. Hasegawa (2020) Dynamics of Strontium and Geochemically Correlated Elements in Soil during Washing Remediation with Eco-Complaint Chelators, *Journal of Environmental Management* 259, 110018.
 10. R. Saito, Y. Nemoto and H. Tsukada (2020) Relationship between radiocaesium in muscle and physicochemical fractions of radiocaesium in the stomach of wild boar, *Scientific Reports* 10, 6796. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63507-5>
 11. A. Takeda, H. Tsukada, Y. Unno, Y. Takaku and S. Hisamatsu (2020) Effects of organic amendments on the natural attenuation of radiocesium transferability in grassland soils with high potassium fertility, *Journal of Environmental Radioactivity* 217, 106207. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2020.>
 12. M. P. Johansen, D. Anderson, D. Child, M. Hotchkis, H. Tsukada, K. Okuda and T. G. Hinton (2021) Differentiating Fukushima and Nagasaki plutonium from global fallout using $^{241}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ atom ratios: Pu vs. Cs uptake and dose to biota, *Science of the Total Environment* 754, 141890. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141890>.
 13. N. P. Thoa, S. Kaneko, S. Koya, H. Ohira, H. Tsukada (2021) Radiation dose rate to Japanese cedar and plants collected from Okuma, Fukushima Prefecture, *Science of the Total Environment*, 779 (2021) 146350. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146350>.
 14. IAEA (2020) 4. Agricultural System in Environmental Transfer of Radionuclides in Japan following the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, Report of Working Group 4, Transfer Processes and Data for Radiological Impact Assessment, Subgroup 2 on Fukushima Data, IAEA Programme on Modelling and Data for Radiological Impact Assessments (MODARIA II), IAEA-TECDOC-1927, pp31-127. (解説書)
 15. 塚田祥文(2018)福島県の農業環境における放射性セシウムと内部被ばく線量, 第31回環境工学連合講演会講演論文集, pp5-8.
 16. 塚田祥文(2019)放射能環境動態・影響評価 ネットワーク共同研究拠点と今後の環境放射能研究. NIES レターふくしま 6, 1-5.
 17. 塚田祥文(2019)福島県の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, 学術の動向 24, 18-25.
 18. 斎藤梨絵, 塚田祥文(2019)被災地の野生動物はいま(中)イノシシに蓄積する放射性Cs, グリーン・パワー 2019.12, 10-11. (学会発表)
 19. A. Takeda, H. Tsukada, D. Yamada, Y. Unno, H. Harada, Y. Takaku and S. Hisamatsu

- (2018) Mobility of radiocesium from specific sorption sites in agricultural soils in northeastern Japan (21st World Congress of Soil Science, Rio de Janeiro, Brazil)
20. H. Tsukada, K. Nanba and T. Hinton (2018) Transfer of ^{137}Cs and stable ^{133}Cs in plants and animals collected from a forest observatory site in Yamakiya, Fukushima, Japan (The 7th International Conference on Radioactivity in the Arctic and other vulnerable areas, Oslo, Norway)
21. 塚田祥文、高橋知之、福谷哲、青野辰雄、明石 真言 (2018) 福島県浜通りにおける作物中放射性セシウムおよび ^{90}Sr 濃度と作物摂取による内部被ばく線量(第 51 回日本保健物理学会, 札幌)
22. 塚田祥文、難波謙二、トーマス・ヒントン (2018) 福島県山木屋の森林観測所で採取した植物と動物における ^{137}Cs と安定 ^{133}Cs の移行(第 55 回アイソトープ・放射線研究発表会, 東京)
23. 塚田祥文、久保田富次郎 (2018) カラム試験による福島県大楯ダム底質からの ^{137}Cs 溶出(日本土壌肥料学会 2018 年度神奈川大会、藤沢)
24. A. Takeda, Y. Unno, H. Tsukada, Y. Takaku and S. Hisamatsu (2018) Speciation of iodine in soil solution in forest and grassland soils in Rokkasho, Japan (9th International Conference on High Level Environmental Radiation Areas - For Understanding Chronic Low-Dose-Rate Radiation Exposure Health Effects and Social Impacts, ICHLERA 2018, Hirosaki, Japan)
25. 久保田富次郎、塚田祥文、申文浩、李相潤、万福裕造、濱松潮香、八戸真弓 (2018) ため池の流入／流出における放射性 Cs の存在形態の変化(農業農村工学会 2018 年全国講演会)
26. M. M. Rahman, Z. A. Begum, B. Ahmmad, H. Tsukada and H. Hasegawa (2018) Effect of extraction variables for the chelator-assisted washing remediation of strontium and geochemically-related elements from soils (日本分析化学会、東京)
27. G. Yang, H. Tazoe, H. Tsukada and M. Yamada (2018) Distribution of I-129 in forest soil from the boundary of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant(放射化学会、京都)
28. H. Tsukada, T. Hayasaka and T. Kubota (2018) Desorption of ^{137}Cs from contaminated sediment collected from irrigated Oogaki-dam in Fukushima by column experiment (The 15th Biennial Conference of the South Pacific Environmental Radioactivity Association, SPERA2018, Perth, Australia).
29. R. Saito, Y. Nemoto, R. Kumada, H. Oomachi, M. Tamaoki, M. Nakamura and H. Tsukada (2018) Test of food habitat analysis using DNA analysis in wild boar to reveal relations between food habits and Caesium-137 activity concentration in the body (The 15th Biennial Conference of the South Pacific Environmental Radioactivity Association, SPERA2018, Perth, Australia).
30. Y. Wakiyama, Y. Igarashi, Y. Onda, J. Takahashi, S. Obrizan, G. Lisovy, G. Laptev, A. Konoplev, H. Tsukada and K. Nanba

- (2019) Hydrological response and ^{137}Cs wash-off evaluated by continuous observation with USLE plots in Chernobyl exclusion zone (EGU Spring Meeting 2019, Vienna).
31. G. Yang, H. Tazoe, H. Tsukada and M. Yamada (2019) The I-129 situation in land surface soil and forest soil systems after the FDNPP accident (5th Fukushima University IER Annual Symposium)
32. K. Tagami, H. Tsukada and S. Uchida (2019) Comparison of internationally available soil to rice grain transfer data of radiocaesium -the effect of soil types on the transfer data differences- (5th Fukushima University IER Annual Symposium)
33. R. Saito, Y. Nemoto, R. Kumada, H. Oomachi, M. Tamaoki, M. Nakamura and H. Tsukada (2019) Relations between Wild Boar Food Habits and ^{137}Cs Activity Concentration in the Body and its Seasonal Variation (5th Fukushima University IER Annual Symposium)
34. Y. Wakiyama, A. Konoplev, N. Thoa, H. Tsukada, K. Nanba, V. Golosov, M. Zheleznyak (2019) Variations in dissolved and particulate ^{137}Cs concentrations in the Abukuma river water during a freshet (5th Fukushima University IER Annual Symposium)
35. Y. Wakiyama, Y. Igarashi, Y. Onda, J. Takahashi, D. Samoilov, S. Obrizan, G. Lisovy, G. Laptev, A. Konoplev, H. Tsukada, K. Nanba (2019) Hydrological response and ^{137}Cs wash-off evaluated by continuous observation with USLE plots in Chernobyl exclusion zone (5th Fukushima University IER Annual Symposium)
36. A. Konoplev, Y. Wakiyama, T. Wada, K. Nanba, T. Takase, V. Kanivets, H. Tsukada, T. Takahashi, I. M. Rahman, M. Zheleznyak (2019) Long-term dynamics of radiocesium in aquatic ecosystems of Fukushima and Chernobyl contaminated areas (5th Fukushima University IER Annual Symposium)
37. 塚田祥文 (2019) 被災地域における環境中の放射性セシウム濃度と内部被ばく線量(第5回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
38. 武田晃、向井康太、藤森崇、山崎慎一、土屋範芳、塚田祥文、矢内純太 (2019) XANES および抽出法による土壤中塩素の存在形態の評価手法の検討(第20回「環境放射能」研究会、つくば)
39. 斎藤梨絵、根本唯、大町仁志、玉置雅紀、中村匡聡、白子智康、塚田祥文 (2019) DNA 解析によるイノシシの食性調査および食性と体内のセシウム ^{137}Cs 濃度の関係 (第66回日本生態学会、神戸)
40. H. Kurikami, A. Malins, T. Niizato, K. Iijima, H. Tsukada (2019) Numerical study on sorption kinetics of radiocesium in forest soil (Migration 2019、京都)
41. 武田晃、塚田祥文、海野佑介、高久雄一、久松俊一 (2019) 交換性カリ含量が高い牧草地土壤に添加した ^{137}Cs の植物への移行に及ぼす有機物施用の影響(日本土壤肥料学会 2019 年東北支部会、南相馬)
42. N. P. Thoa, H. Ohira, S. Kaneko, H. Tsukada

- (2019) Internal and external radiation doses of Japanese cedar in Okuma(第 56 回アイトー プ・放射線研究発表会, 東京)
43. 塚田祥文, 齋藤 隆 (2019) 試験水田における灌漑水・間隙水中 ^{137}Cs 濃度と変動要因 (日本土壌肥料学会 2019 年度静岡大会、静岡)
44. 武田晃, 海野佑介, 塚田祥文, 高久雄一, 久松俊一 (2019) 青森県六ヶ所村の森林及び草地土壌における土壌溶液中ヨウ素の存在形態(日本土壌肥料学会 2019 年度静岡大会、静岡)
45. 山田大吾, 塚田祥文, 山口紀子, 渋谷岳, 梅村恭子 (2019) 牧草中放射性セシウム濃度の経時変化と土壌の放射性セシウム存在画分からの移行推定(日本土壌肥料学会 2019 年度静岡大会、静岡)
46. H. Tsukada, N. Yamaguchi, T. Saito (2019) Role of organic matter associated with temporal change of radiocaesium forms in soil (ESAFS2019, Taipei)
47. 塚田祥文 (2019) 福島県大柿ダム灌漑水の溶存態および懸濁態 ^{137}Cs の経時変化(第 52 回日本保健物理学会, 仙台)
48. Konoplev, Y. Wakiyama, V. Golosov, M. Ivanov, M. Komissarov, V. Kanivets, C. Udy, T. Niida, Sh. Moritaka, M. Usuki, K. Watanabe, A. Goto, H. Tsukada and K. Nanba (2020) Radiocaesium wash-off, river transport and redistribution in soil-water environment after the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant accident (EGU, Vienna)
49. 難波謙二, ヴァシル ヨシエンコ, 石庭寛子, ドノヴァン アンダーソン, 兼子伸吾, 和田敏裕, 金指努, 塚田祥文 (2020) 福島大学環境放射能研究所の放射生態学研究 2019 年度(環境省主催野生動物の放射線影響調査報告、東京)
50. 武田晃, 塚田祥文, 中尾淳, 海野佑介, 山崎慎一, 土屋範芳, 高久雄一, 久松俊一 (2020) 六ヶ所村再処理施設周辺土壌における安定ヨウ素の存在形態(第 21 回「環境放射能」研究会、つくば)
51. 塚田祥文 (2020) 福島県上小国川と大柿ダムにおける ^{137}Cs 濃度の経時変化 (第 6 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
52. 大槻知恵子, 塚田祥文 (2020) 蘚苔類への放射性セシウムの蓄積 (第 6 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
53. 高橋純子, 佐々木拓哉, 日原大智, 恩田裕一, 塚田祥文 (2020) ゼロテンションライシメータを用いた土壌中放射性セシウムの下方移行量の評価 (第 6 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
54. 折田真紀子, 高村昇, 崔力萌, 平良文亨, 山田裕美子, 塚田祥文 (2020) 富岡町におけるイノシシ中の放射性物質濃度評価 (第 6 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
55. 菊池美保子, 塚田祥文 (2020) 避難指示解除後の自家消費作物の放射性セシウム濃度 (第 6 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
56. 沖澤悠輔, 塚田祥文 (2020) 東京電力福島第一原子力発電所事故による ^{60}Co 飛散の検証 (第 6 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
57. 遠藤佑哉, 山口克彦, 高瀬つぎ子, 植頭康裕, 塚田祥文 (2020) 空間線量率を用いた

- 実効線量推定手法の高精度化 (第 6 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
58. 久保田富次郎、塚田祥文 (2020) 帰還困難区域内のため池における形態別放射性 Cs の分画分析 (第 6 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
59. 塚田祥文、高橋純子、Mark Zheleznyak、Igor Chizhevskyy、Serhii Keriev、Valery Kashparov (2020) チェルノブイリ原子力発電所から 30-km 圏内の試験圃場における土壤からバレイショへの ^{137}Cs および ^{90}Sr の移行 (日本原子力学会, 福岡, オンライン)
60. 沖澤悠輔、塚田祥文 (2020) 2011 年の東京電力福島第一原子力発電所事故による ^{60}Co 飛散の検証 (日本原子力学会, 福岡, オンライン)
61. 遠藤佑哉、山口克彦、高瀬つぎ子、植頭康裕、塚田祥文 (2020) 2011 年東電福島第一原発事故後の土壤中放射性セシウムによる空間線量率と実効線量の関係 (日本原子力学会, 福岡, オンライン)
62. 菊池美保子、塚田祥文 (2020) 避難指示解除地域における自家消費作物の放射性セシウム濃度 (日本原子力学会, 福岡, オンライン)
63. 大槻知恵子、塚田祥文 (2020) 蘚苔類への放射性セシウムの蓄積 (日本原子力学会, 福岡, オンライン)
64. 塚田祥文 (2020) 大柿ダム底質から溶出する ^{137}Cs の灌漑水への寄与について (日本土壤肥料学会 2020 年度岡山大会、倉敷、オンライン)
65. 武田晃、塚田祥文、海野佑介、高久雄一、久松俊一 (2020) 黒ボク土草地土壤に添加した放射性セシウム及びヨウ素の牧草への移行性に及ぼす有機物施用の影響 (日本土壤肥料学会 2020 年度岡山大会、倉敷、オンライン)
66. 塚田祥文、山口紀子、山田大吾 (2020) 草地土壤の有機物による放射性セシウム固定阻害 (日本地球化学会、リモート)
67. 遠藤佑哉、植頭康裕、高瀬つぎ子、山口克彦、塚田祥文 (2020) 空間線量率を用いた実効線量推定手法の高精度化 (ICRP-JAEA International Conference、リモート)
68. 沖澤悠輔、塚田祥文 (2020) 2011 年の東京電力福島第一原子力発電所事故による ^{60}Co 飛散の検証 (第一回 環境研研究交流セミナー 六ヶ所村)
69. 遠藤佑哉、高瀬つぎ子、山口克彦、塚田祥文 (2020) 2011 年東電福島第一原発事故後の土壤中放射性セシウムによる空間線量率と実効線量の関係 (第一回 環境研研究交流セミナー 六ヶ所村)
70. 菊池美保子、塚田祥文 (2020) 避難指示解除地域における自家消費作物の放射性セシウム濃度 (第一回 環境研研究交流セミナー 六ヶ所村)
71. 大槻知恵子、塚田祥文 (2020) 蘚苔類への放射性セシウムの蓄積 (第一回 環境研研究交流セミナー 六ヶ所村)
72. Nguyen Phuong Thoa, Shigeo Kaneko, Shishido Koya, Hajime Ohira and Hirofumi Tsukada (2020) Radiation dose rate of Japanese cedar and plants collected in Okuma, Fukushima (第一回 環境研研究交流セミナー 六ヶ所村)
73. 辰野宇大、塚田祥文 (2021) 土壤アーカイ

- ブ試料および土壌アーカイブデータベースシステムの紹介 (第 7 回福島大学環境放射能研究所成果報告会、Online)
74. 塚田祥文、齋藤隆 (2021) 大熊町試験水田における灌漑水・間隙水中 ^{137}Cs 濃度と変動要因 (第 7 回福島大学環境放射能研究所成果報告会、Online)
75. Nguyen Phuong Thoa and Hirofumi Tsukada (2021) Uptake of radiocaesium by brown rice from soils and irrigation water (第 7 回福島大学環境放射能研究所成果報告会、Online)
76. 沖澤悠輔、塚田祥文 (2021) 2011 年東京電力福島第一原子力発電所事故による ^{60}Co の放出 (第 7 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
77. 遠藤佑哉、植頭康裕、高瀬つぎ子、山口克彦、塚田祥文 (2021) 東京電力福島第一原子力発電所事故後の土壌中放射性セシウムによる空間線量率と実効線量の関係(第 7 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
78. 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濃度と内部被ばく線量 (第 7 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
79. 大槻知恵子、塚田祥文 (2021) 蘚苔類への放射性セシウムの移行と蓄積 (第 7 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
80. 遠藤佑哉、植頭康裕、高瀬つぎ子、山口克彦、塚田祥文 (2021) 東京電力福島第一原子力発電所事故後の土壌中放射性セシウムによる空間線量率と実効線量の関係(第 6 回次世代イニシアティブ廃炉技術カンファレンス(NDEC-6)JAEA)
81. 杉浦広幸、塚田祥文 (2021) 福島の高層湿原の植物における放射性セシウム汚染 (放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同研究拠点報告会) (招待講演)
82. 塚田祥文 (2018) 福島県の農業環境における放射性セシウムと内部被ばく線量の状況, 第 31 回環境工学連合講演会(日本学会会議)(東京)
83. 塚田祥文 (2018) 農業環境における放射性セシウムと作物摂取による被ばく線量, 放射能測定分析技術研究会セミナー講師(一般社団法人 日本環境測定分析協会)(東京)
84. 塚田祥文(2018)2011 年原発事故後の農業環境における放射性セシウム, 藤沢市放射能測定器運営協議会学習会講師(藤沢市)
85. 塚田祥文 (2018) 福島の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, 公開シンポジウム「東日本大震災に係る食料問題フォーラム 2018」(日本学会会議)(東京)
86. 塚田祥文 (2019) 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, 長崎大学・川内村/富岡町復興推進拠点 活動報告会(川内村)
87. 塚田祥文 (2019) 「農業環境における放射性セシウム等について」(浪江町)
88. 塚田祥文 (2019) 北海道大学大学院水産科学院セミナー「福島大学環境放射能研究所の概要・被ばく線量の考え方について」(北海道大学)
89. 塚田祥文 (2019) 福島の森里川海の今～放射能問題からウナギ・カレイの新発見まで～(公開シンポジウム)福島大学創立 70 周年記念事業・福島大学環境放射能研究所

- 研究活動懇談会 IER 研究懇談会)「農業環境における放射性セシウム・ストロンチウムと作物摂取による被ばく線量」(京都)
90. 塚田祥文 (2020) 環境科学技術研究所成果報告会「福島県の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」(基調講演 弘前)
91. N. P. Thoa, S. Koya, H. Ohira, S. Kaneko, and H. Tsukada (2020) Radiation dose rate of Japanese cedar and plants collected from Okuma applying ERICA tool (第6回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
92. 塚田祥文 (2019) 長崎大学大学院セミナー「福島大学環境放射能研究所における研究紹介・農業環境における放射性セシウムの動態と住民の被ばく線量」(長崎大学)
93. 塚田祥文 (2019) Mini-symposium Academia Sinica“Radiocaesium in agricultural environment and internal radiation dose from foods in Fukushima after the nuclear accident of 2011” (Taipei)
94. 塚田祥文 (2019) 鹿児島県原子力安全・避難計画等防災専門委員会 講演会「放射線被ばくと“いちき串木野市”における緊急時の対応」(いちき串木野市)
95. 塚田祥文 (2019) 農業環境における存在形態別放射性セシウムの動態(日本原子力学会東北支部研究交流会 特別講演, 仙台)
96. 塚田祥文 (2019) NEA Workshop “Concentrations of radiocaesium, ^{90}Sr and ^{129}I in agricultural crops collected from Fukushima Prefecture and reference areas”(東京)
97. 塚田祥文 (2020) 福島大学食農学類放射線等学習会「農業環境における放射性セシウムと作物摂取による被ばく線量」(福島)
98. 塚田祥文 (2020) 令和2年度福島県原子力防災研修講師「放射線と放射能の基礎知識」(福島)
99. 塚田祥文 (2020) 安積高校「福島の農業環境と作物は“いま”ー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ー」(福島)
100. H. Tsukada (2020) Internal and external radiation dose rates in organisms collected from a forest observatory site in Yamakiya, Kawamata, Fukushima (日本放射線影響学会第63回大会 ワークショップ「福島原発事故による環境への影響」リモート)
101. N. P. Thoa, S. Koya, H. Ohira, S. Kaneko, and H. Tsukada (2020) Radiation dose rate of Japanese cedar and plants collected from Okuma applying ERICA tool(日本放射線影響学会第63回大会 ワークショップ「福島原発事故による環境への影響」リモート)
102. 塚田祥文(2020)2011年の事故後の環境放射能(檜葉町立檜葉中学校 放射線教育)(福島)
103. H. Tsukada (2020) Radiocaesium in the environment (ICRP International Conference、リモート)
104. 塚田祥文(2020)福島大学環境放射能研究所と福島における環境中 ^{137}Cs の変遷(第一回 環境研研究交流セミナー 六ヶ所村)
105. I.M.M. Rahman, Z.A. Begum, H. Tsukada and H. Hasegawa (2020) Chelator-assisted washing remediation of radionuclide-contaminated soils, In: 2nd International Conference on Research & Innovation in Civil

Engineering (Chittagong, Bangladesh)

H. 知的財産権の出願・登録状況

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)

食品中の放射性核種濃度に関する研究 分担研究報告

分担研究者 青野 辰雄 (量子科学技術研究開発機構)

分担研究者 明石 真言 (東京医療保健大学)

研究協力者 長谷川 慎 (量子科学技術研究開発機構)

研究要旨

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
年4月以降は、食品の摂取による介入線量レベルを年間1 mSv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、その線量へ
の寄与を考慮している。その寄与率は、環境モニタリングや環境移行パラメータにより推定されてお
り、また放射性 Cs 以外の ^{90}Sr などに対する内部被ばくの不安は依然として大きいことから、食品中
の放射性核種濃度を測定することにより、安全が担保されていることを検証することが必要不可欠
である。

海産物に比べて淡水魚は放射性 Cs 濃度の低下が遅く、出荷制限が多いことから、平成30年度
は淡水魚に着目し、福島県内で流通する水産物を入手し、これら試料の測定を行ったところ、セシ
ウム-137(^{137}Cs)濃度が15 Bq/kg-生重量を超えた試料はなかった。令和元年度と令和2年度に福島
県内で流通する水産物を入手し、これら試料の測定を行ったところ、セシウム-137 (^{137}Cs)濃度が2
Bq/kg-生重量を超えた試料はなかった。また魚類中 ^{137}Cs 濃度に対する ^{90}Sr や $^{239-240}\text{Pu}$ 濃度割合
も5%以下で、基準値への影響が小さいことが明らかにした。

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、その線量への寄与を
考慮している。そこで、本研究は食品中の放射性物
質の基準値を策定する際に推定された放射性 Cs の
線量への寄与率について、その妥当性を確認する

ために実施するものである。福島沖の海産物の放射性物質濃度のモニタリングでは、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。一方で、内陸の淡水魚に関しては依然、出荷制限されている魚種が多い¹⁾。これは海水魚に比べて淡水魚は浸透圧が低いために、生息環境中の影響を受けやすい状況にあるためである。そこで、平成 30 年度は淡水産物中の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、福島県内で流通する淡水魚を入手した。また令和元年度と令和2度は福島第一原発事故から約 9 年から 10 年が経過する福島県沖で漁獲された食品として流通する魚類を入手した。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、「食品中の放射性核種等濃度に関する研究」を実施した。さらに、これまで本事業で収集した水産物試料を用いて、放射性核種が濃縮されやすい部位中の放射性核種の分析を行い、魚類全身あたりの ⁹⁰Sr や Pu 同位体濃度と食品中の放射性物質濃度の基準値への影響について調査を実施した。

B. 研究方法

1. 水産物中の放射性物質の濃度測定

1.1. 調査協力と試料入手

福島県内水面試験場の協力を得て、2018 年は各漁協で採取した市場流通する淡水魚を本研究の対象とした。魚種、採取場所、採取日に関する情報を表1に示す。2020 年 2 月 12 日に福島相双海域で採取し、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)を、2021 年 1 月 22 日~28 日に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。魚種、体長や重量などの試料に関する情報を表 2-3 に示す。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 濃度と ⁹⁰Sr 濃度について調査するために、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処理を行った。ワカサギは個体毎の大きさが小さく、食用の場合でも全体を食べることから、そのままの状態で複数の個体を一つの試料として扱った。アユについては、体長が大きくなり、体重が 50g 以下であったため、ワカサギ同様に全体を試料とした。ただ、測定は1個体毎に行なった。ヒメマスは体重が 200g を越えていたため、可食部と非可食部(内臓部とアラ部)に分割した。それぞれの試料は冷凍後に、真空凍結乾燥機を用いて乾燥を行った。乾燥試料は、ミキサー等で粉碎後に乾燥試料とした。乾燥率(生重量に対する乾燥重量の割合)は 23-53%であった。海産魚類は、個体毎のばらつきを確認するために、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 °Cで恒量になるまで乾燥し、450 °Cで灰化を行なった。

乾燥試料または灰試料を 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)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、日本アイン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用いた。セシウム-134 (¹³⁴Cs) (604.7 keV 及び 796keV の加重平均値)、セシウム-137 (¹³⁷Cs) (661.7 keV) 及びカリウム-40 (⁴⁰K) (1460 keV) の定量結果を記録した。¹³⁴Cs 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、796 keV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²⁾、昨年度と同様に、この計算方法を用いた。なお¹³⁴Cs、¹³⁷Cs及び⁴⁰K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、¹³⁴Cs及び¹³⁷Csの検出下限値は、概ね1 Bq/kg-生重量であった。また安定元素の摂取量を利用する事による内部被ばく線量評価を行うため、安定元素のKとCaはICP発光分光分析装置で、SrとCsはICP質量分析装置を用いて、既知濃度の標準溶液で検量線を作成し、定量した。海水試料は孔径0.45 μ m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³⁾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。

1.3. γ 核種以外の放射性核種の測定

⁹⁰Srの分析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」(平成15年改訂)⁴⁾に準じて、前処理及び化学分離・精製を行った。計測は、Canberra社製2 π ガスフローカウンター(LB4200)等を用いて行なった。海水は40Lを使用し、魚類アラ部は、平成27年度から平成30年度にかけて採取した魚類試料について、同一地域かつ同一種の個体のアラ部を合わせて生重量で概ね1kgになるように灰試料18-70gを集約して、この灰試料の分析を行った。海水と魚類アラ部の検出下限値はそれぞれ0.3 mBq/Lと20 Bq/kg-生重量であった。²³⁹⁺²⁴⁰Puの分析は、文部科学省放射能測定法

シリーズ No.12「プルトニウム分析法」(平成2年改訂)⁵⁾に従って前処理及び化学分離・精製を行った。計測は、Canberra社製Alpha Analystを用いて行なった。魚類内臓部は、2016年から2018年にかけて採取した魚類試料について、同一地域かつ同一種の個体の内臓部を合わせて生重量で概ね0.2-0.8kgになるように灰試料4-13gを集約して、この灰試料の分析を行った。魚類内臓部の検出下限値は1 mBq/kg-生重量であった。

C. 研究結果

1. 水産物中の放射性物質の濃度測定

2018年度に入手した水産物中の放射性Cs及び⁴⁰K濃度測定の結果を表4-6に示した。各部位の平均値は、検出された値を用いて算術平均したものである。

ワカサギは、¹³⁴Cs濃度は2 Bq/kg-生重量以下で、¹³⁷Cs濃度は13-15 Bq/kg-生重量で、加重平均値は14.3 Bq/kg-生重量(n=6)であった。¹³⁴Cs/¹³⁷Cs放射能濃度比は0.1であった。2011年3月のFDNPS事故時に放出された¹³⁴Cs/¹³⁷Cs放射能濃度比は約1であり、¹³⁴Csと¹³⁷Csの物理学的半減期を用いて2018年11-12月に減衰補正すると、この放射能比は約0.1となるため、放射性Csは本事故由来であった。⁴⁰K濃度は、48-55 Bq/kg-生重量で、加重平均値は51.7 Bq/kg-生重量(n=6)であった。採取したアユの全長は14-16cm(平均15.2cm)で、体重は31-41g(平均34.8g)であった。アユ全体の¹³⁴Cs濃度は、検出下限値(1.5 Bq/kg-生重量)以下であった。¹³⁷Cs濃度は3-6 Bq/kg-生重量で、平均値は4.6 Bq/kg-生重量(n=5)であった。⁴⁰K濃度は、114-119 Bq/kg-生重量で、加重平均値は116.1 Bq/kg-生重量(n=5)であった。ヒメマス⁶⁾の可食部と非可食部ともに、

^{134}Cs 濃度は、検出下限値(0.52 Bq/kg-生重量)以下であった。ヒメマスの可食部の ^{137}Cs 濃度は 3~4 Bq/kg-生重量で、加重平均値は 3.93 Bq/kg-生重量(n = 5)であった。 ^{40}K 濃度は、113~119 Bq/kg-生重量で、加重平均値は 116.3 Bq/kg-生重量(n = 5)であった。またヒメマスの非可食部の ^{137}Cs 濃度は 3~4 Bq/kg-生重量で、加重平均値は 2.94 Bq/kg-生重量(n = 5)であった。 ^{40}K 濃度は、81~104 Bq/kg-生重量で、平均値は 94.3Bq/kg-生重量(n = 5)であった。ワカサギ、アユ及びヒメマス可食部中の安定 Cs 濃度はそれぞれ 0.06、0.06 及び 0.15 mg/kg-生重量で、安定 Sr 濃度はそれぞれ 7.4、12.0 及び 2.17 mg/kg-生重量であった。

2019 年度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 7-8 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、マダラ、マコガレイとババカレイから ^{134}Cs は検出されなかった。スズキ、マダラ、マコガレイとババカレイの可食部の ^{137}Cs 濃度平均(濃度範囲)は、それぞれ 0.64 Bq/kg-生重量(0.36-1.00 Bq/kg-生重量)、0.24 Bq/kg-生重量(0.21-0.26 Bq/kg-生重量)、0.75 Bq/kg-生重量(0.38-1.12 Bq/kg-生重量) 及び 0.25 Bq/kg-生重量(0.08-0.63 Bq/kg-生重量)であった。またスズキ、マダラ、マコガレイ及びババカレイの可食部の ^{40}K 濃度平均(濃度範囲)は、それぞれ 117 Bq/kg-生重量(114-120 Bq/kg-生重量)、113 Bq/kg-生重量(111-118 Bq/kg-生重量)、92 Bq/kg-生重量(78-103 Bq/kg-生重量) 及び 88 Bq/kg-生重量(82-98 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 2019 年 5 月と 10 月に福島沖で採取された魚類の濃度と近似

していた⁶⁾。

魚類が生息する海水中の放射性 Cs と ^{90}Sr 濃度の結果を表 9 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、6-34 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、採水時は海水が懸濁していた。これは採水日5日前に、降水量 138mm(1 時間最大 24mm)を記録しており⁷⁾、その影響を受けて河川より懸濁物が流入し、その影響によるものと考えられる。一方で ^{90}Sr 濃度は 0.9-1.0 mBq/L であった。Cs は粘土鉱物や有機物に吸着しやすいため、森林土壌に沈着した Cs が大雨等に伴い河川を通して沿岸に流入する一方で、Sr は可溶性として降水量に影響されることなく沿岸に流入することが考えられる。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、50 mBq/L 以上であり、 ^{90}Sr 濃度は 1.0 mBq/L 以下であり⁶⁾、今回の結果は平常時レベルと捉えることができる。

魚類アラ部中の ^{90}Sr 濃度(ワカサギは全身中の濃度)を表 10 に、魚類内臓部中の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度を表 11 にそれぞれ測定結果を示す。魚類アラ部中の ^{90}Sr 濃度は、海水魚の場合は 0.018-0.026 Bq/kg-生重量に対して、淡水魚の場合は 0.26-0.62 Bq/kg-生重量であった。

2020 年度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 12 と表 13 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。マダラ、スズキ、ババカレイ及びキアンコウから ^{134}Cs は検出されなかった。マダラ、スズキ及びババカレイの可食部の ^{137}Cs 濃度平均(濃度範囲)は、それぞれ 0.27 Bq/kg-生重量(0.22-0.30 Bq/kg-生重量)、0.24 Bq/kg-生重量(0.21-0.26 Bq/kg-生重量) 及び 0.40 Bq/kg-生重量

(0.13-0.98 Bq/kg-生重量) で、キアンコウは検出下限値以下であった。またマダラ、スズキ、ババカレイ及びキアンコウの可食部の⁴⁰K濃度平均(濃度範囲)は、それぞれ118 Bq/kg-生重量(110-126 Bq/kg-生重量)、115 Bq/kg-生重量(104-120 Bq/kg-生重量)、98 Bq/kg-生重量(93-103 Bq/kg-生重量)及び82 Bq/kg-生重量(75-86 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2020年6月と10月に福島沖で採取された魚類の濃度と近似していた⁸⁾。

魚類が生息する海水中の放射性Cs濃度の結果を表14に示した。海水中の¹³⁴Cs濃度は検出下限値以下であった。¹³⁷Cs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¹³⁷Cs濃度は、1.9-2.6 mBq/L以上であり、⁹⁰Sr濃度は0.6-0.8 mBq/L以下であり⁸⁾、今回の結果は平常時レベルと捉えることができる。魚類アラ部中の⁹⁰Sr濃度及び魚類可食部及び内臓部中の²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度を表15と表16にそれぞれに示す。魚類アラ部中の⁹⁰Sr濃度は、検出下限値(0.015 Bq/kg-生重量)以下と0.081 Bq/kg-生重量であった。

D. 考察

2018年に測定した淡水魚のCs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。ワカサギ、アユとヒメマスの中で最も高い放射性Csを検出したものは、ワカサギであった。一方、アユやヒメマスでは、ワカサギに比べて2倍ほど高い⁴⁰K濃度を示した。アユは秋に沿岸に近い地域で採取されたこと、ヒメマスもマス科の魚類であることから、ワカサギと代

謝プロセスが異なることも要因の一つとして考えられる。ワカサギやアユのように全体を可食部として、安定Sr濃度を測定すると可食部だけのヒメマスよりもアラ部(頭、エラや骨)を含むワカサギやアユは高い傾向にあった。K/CsとCa/Sr濃度比の範囲はそれぞれ、20~40、0.5~0.7であり、魚種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出ることが示唆された。

2019年に福島相双海域で採取したスズキ、マダラ、マコガレイ及びババカレイから¹³⁴Csは検出されなかった。2021年1月に福島相双海域で採取したマダラ、スズキ、ババカレイ及びキアンコウからも¹³⁴Cs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¹³⁴Csと¹³⁷Cs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¹³⁴Csと¹³⁷Csの物理学的半減期はそれぞれ約2年と30年であり、この原発事故から約9年を経過した2019年12月の時点では、計算上の¹³⁴Cs/¹³⁷Cs放射能比は約0.07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生重量より2-3%まで減容して濃縮した。この試料中から検出された¹³⁷Cs濃度に、¹³⁴Cs/¹³⁷Cs放射能比を用いて計算した¹³⁴Cs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¹³⁷Cs濃度(数百mBq/kg-生重量)の傾向が続く場合、さらに試料の前処理を行わない限り¹³⁴Csを検出することは難しいことが考えられる。2019年に福島相双海域で採取したスズキ、マダラ、マコガレイ及びババカレイの部位ごとの重量と¹³⁷Cs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40-50%、アラ部が30-40%で、内臓部が約10%であった。魚全体に対する部位ごとの¹³⁷Cs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。2021年1月に福島相双海域で採取したマダラ、スズキ、ババカレイ及びキアンコウ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、キアン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。また内臓部中の ^{137}Cs 存在量は低いが、これは重量割合が低いためであり、内臓部中の ^{137}Cs 濃度は可食部の濃度に近いものと考えられる。魚全身中の ^{137}Cs 濃度は、可食部中の濃度に比べて2割ほど低い値であった。これらの傾向は ^{40}K の場合も同じであった。 ^{40}K はもとも体内の体液(細胞外液)中に存在し、セシウムと同様の体内動態を示すため、 ^{40}K があるということは、部位中Cs、K濃度は体液が存在しその量が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 濃度は約6-34 mBq/Lであった。海産魚類のCsの濃縮比(CR) 50^{10} を用いて、海水中の ^{137}Cs 濃度から魚類中の ^{137}Cs 濃度を推定すると、0.2-1.5 Bq/Kg-生重量であった。今回、分析した魚類中の ^{137}Cs 濃度の範囲にあり、概ね魚類中の放射性Cs濃度は環境水中濃度を反映していることが考えられる。また海水中の ^{90}Sr 濃度は0.9-1.0 mBq/Lであった。海産魚類のSr濃縮比(CR) 3^{11} を用いて、海水中の ^{90}Sr 濃度から魚類可食部中の ^{90}Sr 濃度を推定すると、2.5-3.0 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」⁴⁾における検出下限値の6 mBq/Kg-生重量以下となる。可食部や内臓部中の ^{90}Sr 濃度の定量には、大量の試料を用いてSrを濃縮する方法などの検討を行う必要がある。

福島原発事故によって環境へ放出されたプルトニウム同位体について、海水や堆積物に沈着した総量が事故前に存在していた総量よりもはるかに小さいため、海洋環境への影響が見られないことが報告されている¹³⁾。一方でプルトニウムは、重金属類と同様に生物体内に取り込まれた場合には、内臓部に濃縮されることが報告されている¹⁴⁾ため、魚類内臓部中の分析を行った。ソウハチカレイ、コイ及びマダラから $^{239+240}\text{Pu}$ は検出されなかった。ババカレイ、マガレイ、スズキについて得られた結果より、海産魚類(全身)中の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度を計算した結果、内臓部中濃度よりも一桁少ない0.1-1.2 mBq/Kg-生重量となった。魚類全身中の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度の検出下限値は約1 mBq/kg-生重量程度であり、モニタリング調査結果の報告⁸⁾と類似していた。つまり、放射性Csに対する $^{239+240}\text{Pu}$ 放射能比は極めて低いことが明らかになった。

E. 結論

福島県内の淡水魚中の放射性Cs濃度は、5~15 Bq/kg-生重量の濃度範囲であり、放射性Cs食品中の基準値を超えた試料はなく、基準値よりも非常に低い放射性Cs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 濃度は検出下限値以下から1.1 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 濃度は環境水を反映していることが確認されたが、 ^{90}Sr 濃度は環境放射能分析法では検出下限値になることが推定された。そこで Ca と共に骨部に濃縮される Sr について、魚類アラ部中の ^{90}Sr 濃度を測定し、魚類(全身)中の ^{90}Sr 濃度を推定した。その結果、海産魚類(全体)中の ^{137}Cs 濃度に対する ^{90}Sr 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。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 $^{239+240}\text{Pu}$ 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、放射性 Cs に対する $^{239+240}\text{Pu}$ 放射能比も極めて低いことが明らかになった。

引用文献

- 1) 福島県: 内水面の採捕・出荷資源等の措置一覧
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/ps-suisanka-monita-top.html> (2021年3月アクセス)
- 2) 米沢 伸四郎: Ge 検出器- γ 線スペクトロメ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.
- 3) Aoyama, M. and Hirose, K. (2008) Radioact. in the Environ. 11, 137-162.
- 4) 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年改定)
- 5) 文部科学省放射能測定法シリーズ No.12 「プルトニウム分析法」(平成2年改訂)
- 6) 公益財団法人海洋生物環境研究所、平成30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、2019.
- 7) 気象庁、過去の気象データ検索、2020年1月の福島県浪江町、
https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/daily_a1.php?prec_no=36&block_no=0295&year=2020&month=1&day=&view= (2020年3月アクセス)
- 8) 公益財団法人海洋生物環境研究所、平成31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、2020.
- 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) 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.
- 11) IAEA, Technical Reports Series No.422: Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factors for Biota in the Marine Environment, p.36, 2004
- 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.
- 13) 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.

- 14) 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

1. Tatsuo Aono (2018) How to Communicate with Consumers who are Anxious about Food Radiation and Implications of Food Radioactivity Policies in Japan since the Fukushima Nuclear Power Plant Accident in Japan, International symposium on safety management of radionuclide in food (Korea)
2. Tatsuo Aono (2018) Lessons learned from TEPCO Fukushima NPP accident, QST-KIRAMS training course on radiation emergency medicine for Korean medical professionals 2019 (Chiba)
3. 1. Tatsuo Aono (2019), Radionuclide contamination in food and estimation of radiation doses from food intake since the Fukushima Nuclear Power Station Accident, 3rd International Conference “RADON IN THE ENVIRONMENT2019”, Institute of Nuclear Physics, Polish Academy of Sciences, Poland.
4. 2. 立田 穰, 津旨 大輔, 石丸 隆, 神田

穰太, 伊藤 友加里, 内田 圭一, 青山 道夫, 浜島 靖典, 青野 辰雄, 天野 洋典 (2020)、フサカサゴ科魚類における放射性セシウムの濃度低減機構の放射生態学的解明、第21回「環境放射能研究会」、高エネルギー加速器研究機構放射線科学センター、筑波

5. 3. 長谷川 慎, 矢島 千秋, 青野 辰雄, 山田 裕 (2019)、日常の食生活から受ける内部被ばく線量の評価システムの検討、放射性物質環境動態調査事業報告会、福島
 6. 1. Tatsuo Aono, Yutaka Yamada: Estimation of internal exposure dose from diet in daily life, Low-dose Radiation for Patients and Population-Science, Technology and Society Concepts for Communication and Perception Among Medical Doctors and Stakeholders - (Webinar), IAEA, 2020-10-22.
 7. 2. Tateda Yutaka, Tsumune Daisuke, Misumi Kazuhiro, Aoyama Michio, Hamajima Yasunori, Ishimaru Takashi, Kanda Jota, Ito Yukari, Aono Tatsuo: The determining factors of radio-cesium levels in fish off Fukushima derived from dynamic biological transfer model simulation, Fukushima Dai-ichi and the Ocean: 10 years of study and insight, University of Tokyo (Webinar), 2021-03-04
 - 8.
- H. 知的財産権の出願・登録状況
- なし

表1 福島県で採取された淡水魚

魚種	採取場所	採取日
ワカサギ	檜原湖	2018年4月30日
アユ	鮫川	2018年10月26日
ヒメマス	沼沢湖	2018年9月30日

表2 2020年2月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	個体重量	部位別重量		
					可食部	アラ部	内臓部
		cm	cm	kg	kg	kg	kg
スズキ	SB-1	55.0	48.5	1.46	0.59	0.63	0.18
	SB-2	52.0	45.7	1.12	0.49	0.52	0.09
	SB-3	48.5	42	0.99	0.39	0.38	0.18
	SB-4	49.5	43	1.00	0.40	0.39	0.18
	SB-5	51.5	45.5	1.13	0.45	0.53	0.11
マダラ	CF-1	47.7	44.6	1.25	0.52	0.47	0.18
	CF-2	50.7	47.5	1.42	0.56	0.60	0.19
	CF-3	49.3	45.8	1.19	0.49	0.48	0.15
	CF-4	45.1	42.2	0.96	0.37	0.42	0.11
	CF-5	50.0	45.9	1.36	0.50	0.60	0.19
マコガレイ	MFF-1	45.6	38.5	0.80	0.34	0.33	0.06
	MFF-2	43.4	37.8	0.82	0.40	0.30	0.06
	MFF-3	42.8	36	0.88	0.44	0.34	0.05
	MFF-4	42.4	36.4	0.70	0.27	0.31	0.05
	MFF-5	44.8	38.2	0.80	0.34	0.32	0.07
ババカレイ	BFF-1	44.8	37.8	1.08	0.62	0.33	0.07
	BFF-2	44.0	37.2	1.31	0.73	0.33	0.12
	BFF-3	44.6	38.1	1.01	0.54	0.33	0.08
	BFF-4	41.4	35.6	0.97	0.54	0.30	0.05
	BFF-5	43.4	37.5	0.96	0.49	0.30	0.08

表3 2021年1月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
マダラ	採取日 2021年1月22日						
	CF-1	46.0	42.0	1.03	0.35	0.43	0.26
	CF-2	49.0	45.0	1.01	0.48	0.42	0.11
	CF-3	48.0	44.0	1.09	0.45	0.51	0.13
	CF-4	46.0	42.0	1.10	0.47	0.39	0.24
	CF-5	47.0	42.5	1.13	0.45	0.50	0.18
スズキ	採取日 2021年1月28日						
	SB-1	56.5	48.0	1.27	0.60	0.54	0.13
	SB-2	51.0	44.0	1.07	0.49	0.46	0.12
	SB-3	52.0	45.0	1.21	0.60	0.45	0.16
	SB-4	44.5	39.0	0.78	0.34	0.31	0.13
	SB-5	49.0	41.5	0.91	0.42	0.32	0.17
ババカレイ	採取日 2021年1月22日						
	BFF-1	43.0	37.0	0.63	0.37	0.23	0.03
	BFF-2	36.0	30.0	0.51	0.28	0.18	0.05
	BFF-3	37.0	32.0	0.72	0.41	0.24	0.06
	BFF-4	40.5	35.5	0.84	0.50	0.26	0.08
	BFF-5	42.5	37.5	0.83	0.47	0.28	0.08
キアンコウ	採取日 2021年1月25日						
	AF-1	42.0	36.0	1.10	0.33	0.47	0.30
	AF-2	38.5	33.0	1.01	0.33	0.38	0.30
	AF-3	44.5	41.0	1.32	0.42	0.63	0.28
	AF-4	45.5	39.0	1.27	0.45	0.58	0.25
	AF-5	38.5	33.0	0.90	0.30	0.40	0.19

表 4 2018年4月福島県ワカサギ中の放射性核種濃度

番号	Cs-134		Cs-137		K-40	
	Bq/kg-生重量	± error	Bq/kg-生重量	± error	Bq/kg-生重量	± error
1	1.42	0.11	13.48	0.24	51.33	1.98
2	1.33	0.07	13.60	0.14	47.97	1.17
3	1.63	0.23	14.58	0.23	54.61	1.84
4	1.43	0.11	13.95	0.23	52.44	1.89
5	1.48	0.15	14.51	0.24	51.50	1.94
6	1.48	0.12	15.16	0.25	52.50	2.00
加重平均	1.46		14.27		51.70	

表 5 2018年10月福島県アユ中の放射性核種濃度

番号	全長	体長	体重	Cs-134	Cs-137	K-40		
	cm	cm	g	Bq/kg-生重量	Bq/kg-生重量	± error	Bq/kg-生重量	± error
1	16.0	13.5	40.58	< 1.5	5.67	0.31	114.52	2.87
2	15.2	13.3	33.25	< 1.5	5.64	0.37	116.45	2.88
3	15.2	12.9	33.21	< 1.5	3.47	0.32	119.46	2.86
4	14.8	12.6	35.82	< 1.5	4.03	0.31	113.73	2.91
5	14.8	12.2	31.23	< 1.5	3.82	0.35	116.86	2.98
平均	15.2	12.9	34.82	加重平均	-	4.57	116.09	

表 6 2018年9月福島県ヒメマス中の放射性核種濃度について

番号	部位	Cs-134	Cs-137	K-40		
		Bq/kg-生重量	Bq/kg-生重量	± error	Bq/kg-生重量	± error
1	可食部	< 0.35	3.65	0.16	114.52	2.87
2	可食部	< 0.35	4.22	0.17	116.45	2.88
3	可食部	< 0.35	4.29	0.15	119.46	2.86
4	可食部	< 0.35	3.64	0.15	113.73	2.91
5	可食部	< 0.35	3.80	0.16	116.86	2.98
	加重平均		3.93		116.25	
1	内臓+アラ部	< 0.52	2.94	0.16	87.48	3.69
2	内臓+アラ部	< 0.52	2.54	0.19	81.86	4.68
3	内臓+アラ部	< 0.52	3.55	0.17	104.16	3.70
4	内臓+アラ部	< 0.52	2.66	0.17	94.72	4.19
5	内臓+アラ部	< 0.52	2.81	0.17	98.89	4.17
	加重平均		2.94		94.31	

表7 福島相双海域で採取した魚介類中の¹³⁷Cs濃度

魚種	番号	全身 ¹⁾		可食部		アラ部		内臓部	
		Bq/kg-fresh	err	Bq/kg-fresh	err	Bq/kg-fresh	err	Bq/kg-fresh	err
スズキ	SB-1	0.27	± 0.02	0.36	± 0.03	0.19	± 0.02	0.23	± 0.02
	SB-2	0.76	± 0.03	0.89	± 0.04	0.58	± 0.03	1.13	± 0.03
	SB-3	0.74	± 0.03	1.00	± 0.04	0.55	± 0.02	0.58	± 0.03
	SB-4	0.58	± 0.04	0.66	± 0.04	0.60	± 0.04	0.37	± 0.02
	SB-5	0.35	± 0.03	0.42	± 0.03	0.29	± 0.03	0.34	± 0.03
	平均値 ²⁾	0.52	± 0.07	0.64	± 0.08	0.42	± 0.07	0.47	± 0.05
マダラ	CF-1	0.18	± 0.02	0.22	± 0.02	0.16	± 0.02	0.11	± 0.01
	CF-2	0.20	± 0.02	0.26	± 0.02	0.15	± 0.02	0.20	± 0.02
	CF-3	0.19	± 0.02	0.25	± 0.02	0.14	± 0.02	0.16	± 0.01
	CF-4	0.19	± 0.03	0.21	± 0.03	0.17	± 0.03	0.19	± 0.02
	CF-5	0.21	± 0.02	0.26	± 0.02	0.19	± 0.02	0.18	± 0.02
	平均値 ²⁾	0.20	± 0.05	0.24	± 0.05	0.16	± 0.05	0.17	± 0.04
マコガレイ	MFF-1	0.59	± 0.03	0.70	± 0.03	0.41	± 0.02	0.88	± 0.05
	MFF-2	1.01	± 0.03	1.12	± 0.03	0.62	± 0.02	2.22	± 0.04
	MFF-3	0.33	± 0.02	0.38	± 0.02	0.25	± 0.02	0.41	± 0.03
	MFF-4	0.72	± 0.02	0.96	± 0.04	0.56	± 0.02	0.44	± 0.02
	MFF-5	0.57	± 0.02	0.69	± 0.03	0.47	± 0.02	0.41	± 0.02
	平均値 ²⁾	0.64	± 0.05	0.75	± 0.07	0.46	± 0.04	0.87	± 0.07
ババカレイ	BFF-1	0.17	± 0.02	0.17	± 0.01	0.14	± 0.02	0.21	± 0.01
	BFF-2	0.07	± 0.01	0.08	± 0.01	0.00	± 0.00	0.21	± 0.02
	BFF-3	0.32	± 0.03	0.34	± 0.01	0.23	± 0.03	0.52	± 0.04
	BFF-4	0.13	± 0.02	0.13	± 0.01	0.11	± 0.01	0.31	± 0.02
	BFF-5	0.55	± 0.02	0.63	± 0.01	0.32	± 0.02	0.98	± 0.03
	平均値 ²⁾	0.23	± 0.04	0.25	± 0.02	0.16	± 0.04	0.44	± 0.06

1) 全身中の¹³⁷Cs濃度は、可食部、アラ部および内臓部中の¹³⁷Cs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¹³⁷Cs濃度と個別重量から加重平均により計算をした。

表8 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-fresh	err	Bq/kg-fresh	err	Bq/kg-fresh	err	Bq/kg-fresh	err
スズキ	SB-1	87.8 ± 0.9		117.9 ± 1.3		62.5 ± 0.7		78.1 ± 1.3	
	SB-2	95.1 ± 1.3		120.0 ± 1.4		66.9 ± 1.2		122.1 ± 1.4	
	SB-3	88.2 ± 1.0		116.2 ± 1.5		65.8 ± 0.8		74.5 ± 1.2	
	SB-4	85.3 ± 1.3		114.4 ± 1.4		65.8 ± 1.4		62.7 ± 1.1	
	SB-5	89.5 ± 1.3		114.0 ± 1.4		68.5 ± 1.2		90.8 ± 1.8	
	平均値 ²⁾	89.2 ± 2.6		116.7 ± 3.1		65.8 ± 2.4		80.6 ± 3.1	
マダラ	CF-1	93.3 ± 1.2		112.3 ± 1.3		74.4 ± 1.2		87.7 ± 1.3	
	CF-2	88.5 ± 1.1		113.7 ± 1.3		68.9 ± 1.1		76.1 ± 1.2	
	CF-3	95.5 ± 1.1		118.1 ± 1.4		75.6 ± 1.2		85.8 ± 0.8	
	CF-4	93.2 ± 1.4		111.7 ± 1.5		72.9 ± 1.2		110.2 ± 2.0	
	CF-5	88.6 ± 1.2		110.8 ± 1.3		68.6 ± 1.1		93.7 ± 1.3	
	平均値 ²⁾	91.6 ± 2.8		113.4 ± 3.0		71.7 ± 2.6		89.0 ± 3.1	
マコガレイ	MFF-1	70.4 ± 1.2		77.7 ± 1.1		58.5 ± 0.7		95.5 ± 2.0	
	MFF-2	88.2 ± 0.8		102.7 ± 1.2		69.8 ± 0.7		85.5 ± 1.1	
	MFF-3	91.1 ± 0.9		102.3 ± 1.1		70.6 ± 0.8		129.9 ± 1.4	
	MFF-4	71.8 ± 0.9		83.8 ± 1.3		58.4 ± 0.8		87.9 ± 1.2	
	MFF-5	78.2 ± 0.9		88.4 ± 1.2		63.3 ± 0.8		98.0 ± 1.1	
	平均値 ²⁾	80.4 ± 2.1		92.3 ± 2.6		64.2 ± 1.7		98.9 ± 3.1	
ババカレイ	BFF-1	79.3 ± 0.9		85.6 ± 0.5		62.3 ± 1.0		103.2 ± 1.1	
	BFF-2	76.6 ± 1.3		81.6 ± 0.4		52.5 ± 1.2		112.2 ± 1.8	
	BFF-3	78.8 ± 1.4		85.8 ± 0.5		59.1 ± 1.1		113.4 ± 2.2	
	BFF-4	88.2 ± 0.9		98.4 ± 0.5		67.1 ± 0.6		108.6 ± 1.4	
	BFF-5	79.9 ± 0.8		91.0 ± 0.5		59.8 ± 0.6		87.8 ± 1.2	
	平均値 ²⁾	80.3 ± 2.4		87.9 ± 1.1		60.1 ± 2.1		105.6 ± 3.6	

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9 福島沿岸における海水中の放射性Csと⁹⁰Sr濃度

番号	採取点	位置	北緯	東経	採取日時	Cs-134 ¹⁾	Cs-137	mBq/L	Sr-90	mBq/L
1	相馬港	相馬市原釜大津	37° 49'51"	140° 57'45"	2020年2月3日	検出下限値以下	5.95 ± 0.46		0.88 ± 0.15	
2	請戸漁港	双葉郡浪江町請戸中島	37° 28'52"	141° 01'45"	2020年2月3日	検出下限値以下	30.23 ± 0.88		0.88 ± 0.14	
3	富岡漁港	双葉郡富岡町仏浜釜田	37° 20'11"	141° 01'39"	2020年2月3日	検出下限値以下	33.97 ± 0.92		0.96 ± 0.14	
4	中ノ作漁港	いわき市中之作川岸	36° 57'38"	140° 57'07"	2020年2月3日	検出下限値以下	5.98 ± 0.45		0.91 ± 0.15	

1) ¹³⁴Csの検出下限値は、1.5-1.9 mBq/Lである。

表10 福島沖で採取した魚介類アラ部中の⁹⁰Sr濃度から推定する魚介類全身中の⁹⁰Sr濃度

No.	魚種	採取域	採取日	試料量 生重量 (g)	灰化率 (%)	アラ部中のSr-90 濃度 (測定値)		全身中のSr-90 濃度		可食部中のCs-137 濃度	
						(Bq/kg-生)	検出下限値	(Bq/kg-生)	推定値)	(Bq/kg-生)	実測値)
1	ババカレイ	相双海域	2016/12/7	1694.62	3.62	0.024 ± 0.006	0.017	0.016 ± 0.004		1.23 ± 0.12 ²⁾	
2	マガレイ	いわき沖	2016/11/25	1172.34	5.27	0.026 ± 0.006	0.017	0.017 ± 0.004		2.22 ± 0.19 ²⁾	
3	マガレイ	相双海域	2016/12/7	1182.52	5.18	0.018 ± 0.005	0.016	0.011 ± 0.003		0.86 ± 0.13 ²⁾	
4	ソウハチカレイ	いわき沖	2016/11/25	4235.57	6.43	0.022 ± 0.006	0.017	0.013 ± 0.003		1.87 ± 0.08 ²⁾	
5	サバ	いわき沖	2015/11/8	938.02	5.64	0.024 ± 0.006	0.019	0.014 ± 0.003		0.58 ± 0.03 ²⁾	
6	コイ	郡山	2018/2/15	4669.81	4.82	0.62 ± 0.02	0.015	0.31 ± 0.01		1.63 ± 0.03 ²⁾	
7	ワカサギ ¹⁾	会津	2018/4/30	1984.42	1.72	0.26 ± 0.01	0.014	-		14.27 ± 0.24 ³⁾	

1) ワカサギは、個体が小さいために全身試料として測定

2) 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。

3) 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年度総括・分担研究報告書、明石真言（量子科学技術研究開発機構）、2019。

表11 福島沖で採取した魚介類内臓部中の²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度から推定する魚介類全身中の²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度

No.	試料名	採取年月日	採取域	内臓部中の ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu濃度		全身中の ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu濃度		可食部中の ¹³⁷ Cs濃度	
				(測定値)	mBq/kg-生	(推定値)	mBq/kg-生	(測定値) ¹⁾	Bq/kg-生
1	ババカレイ	2016/12/7	相双海域	4.31 ± 0.86	0.27 ± 0.05		1.23 ± 0.12		
2	マガレイ	2016/11/25	いわき沖	2.86 ± 0.83	0.33 ± 0.10		2.22 ± 0.19		
3	マガレイ	2016/12/7	相双海域	1.86 ± 0.49	0.12 ± 0.03		0.86 ± 0.13		
4	ソウハチカレイ	2016/11/25	いわき沖	検出下限値 (1.0) 以下	-		1.87 ± 0.08		
5	コイ	2017/1/20	郡山	検出下限値 (1.0) 以下	-		1.63 ± 0.03		

1) 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。

表12 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-fresh	err	Bq/kg-fresh	err	Bq/kg-fresh	err	Bq/kg-fresh	err
マダラ	CF-1	0.21 ± 0.02		0.30 ± 0.02		0.18 ± 0.02		0.14 ± 0.03	
	CF-2	0.11 ± 0.01		0.24 ± 0.02		< 0.07		< 0.17	
	CF-3	0.20 ± 0.02		0.29 ± 0.02		0.13 ± 0.02		< 0.15	
	CF-4	0.14 ± 0.01		0.22 ± 0.02		< 0.07		0.07 ± 0.02	
	CF-5	0.21 ± 0.02		0.30 ± 0.03		0.16 ± 0.02		< 0.11	
	平均値 ²⁾	0.17 ± 0.04		0.27 ± 0.04		0.16 ± 0.02		0.11 ± 0.05	
スズキ	SB-1	0.18 ± 0.02		0.22 ± 0.02		0.16 ± 0.02		0.11 ± 0.01	
	SB-2	0.21 ± 0.02		0.26 ± 0.02		0.15 ± 0.02		0.20 ± 0.02	
	SB-3	0.20 ± 0.02		0.25 ± 0.02		0.14 ± 0.02		0.16 ± 0.01	
	SB-4	0.19 ± 0.03		0.21 ± 0.03		0.17 ± 0.03		0.19 ± 0.02	
	SB-5	0.22 ± 0.02		0.26 ± 0.02		0.19 ± 0.02		0.18 ± 0.02	
	平均値 ²⁾	0.20 ± 0.01		0.24 ± 0.02		0.16 ± 0.02		0.17 ± 0.04	
ババカレイ	BFF-1	0.16 ± 0.02		0.13 ± 0.03		0.13 ± 0.01		0.68 ± 0.01	
	BFF-2	0.26 ± 0.04		0.32 ± 0.03		0.15 ± 0.04		0.34 ± 0.10	
	BFF-3	0.30 ± 0.03		0.28 ± 0.02		0.19 ± 0.03		0.83 ± 0.10	
	BFF-4	0.19 ± 0.02		0.20 ± 0.02		0.14 ± 0.03		0.33 ± 0.01	
	BFF-5	0.76 ± 0.04		0.98 ± 0.03		0.45 ± 0.04		0.57 ± 0.08	
	平均値 ²⁾	0.35 ± 0.24		0.40 ± 0.34		0.22 ± 0.13		0.54 ± 0.22	
キアンコウ	AF-1	< 0.09		< 0.09		< 0.09		< 0.09	
	AF-2	< 0.09		< 0.09		< 0.09		< 0.09	
	AF-3	< 0.09		< 0.09		< 0.09		< 0.09	
	AF-4	< 0.09		< 0.09		< 0.09		< 0.09	
	AF-5	< 0.09		< 0.09		< 0.09		< 0.09	

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13 福島相双海域で採取した魚介類中のK-40濃度

魚種	番号	全身 ¹⁾		可食部		アラ部		内臓部	
		Bq/kg-fresh	err	Bq/kg-fresh	err	Bq/kg-fresh	err	Bq/kg-fresh	err
マダラ	CF-1	87.4	± 1.2	115.0	± 1.3	73.0	± 1.0	74.5	± 1.2
	CF-2	95.5	± 1.2	116.3	± 1.2	78.4	± 1.1	71.1	± 1.8
	CF-3	92.3	± 1.1	125.8	± 1.2	65.9	± 0.9	80.7	± 1.8
	CF-4	82.8	± 1.1	110.2	± 1.1	64.3	± 1.0	59.0	± 1.1
	CF-5	97.6	± 1.2	120.1	± 1.2	90.7	± 1.1	60.7	± 1.3
	平均値 ²⁾	91.1	± 6.0	117.5	± 5.8	74.7	± 10.7	67.8	± 9.2
スズキ	SB-1	88.7	± 1.1	117.7	± 1.0	62.5	± 1.1	63.0	± 1.5
	SB-2	91.1	± 1.2	119.7	± 1.1	67.7	± 1.1	63.2	± 1.6
	SB-3	87.6	± 1.1	114.2	± 1.0	62.2	± 1.1	58.9	± 1.3
	SB-4	87.7	± 1.3	103.8	± 1.2	71.2	± 1.3	85.6	± 1.9
	SB-5	90.5	± 1.3	115.3	± 1.2	67.0	± 1.2	73.3	± 1.5
	平均値 ²⁾	89.1	± 1.2	114.9	± 6.1	65.6	± 3.8	68.6	± 10.8
ババカレイ	BFF-1	86.1	± 1.2	98.4	± 1.3	66.6	± 1.6	83.6	± 5.7
	BFF-2	83.5	± 0.8	99.1	± 1.4	66.6	± 1.7	60.8	± 3.8
	BFF-3	89.6	± 0.9	103.4	± 1.2	70.6	± 1.5	72.1	± 3.4
	BFF-4	83.0	± 0.9	93.4	± 1.1	64.5	± 1.4	78.0	± 3.0
	BFF-5	84.4	± 0.9	96.8	± 1.1	67.9	± 1.4	69.6	± 2.9
	平均値 ²⁾	85.3	± 2.7	97.9	± 3.7	67.2	± 2.2	72.3	± 8.6
キアンコウ	AF-1	57.0	± 0.9	81.8	± 1.2	46.4	± 0.8	46.4	± 1.1
	AF-2	55.6	± 1.3	77.6	± 1.2	46.9	± 1.0	42.5	± 1.0
	AF-3	60.0	± 1.4	84.5	± 1.1	44.6	± 0.7	57.8	± 1.2
	AF-4	62.4	± 0.9	85.9	± 1.1	46.6	± 0.8	56.6	± 1.3
	AF-5	53.1	± 0.8	75.4	± 1.2	39.4	± 0.9	47.0	± 1.4
	平均値 ²⁾	58.0	± 3.6	81.6	± 4.5	44.9	± 3.1	49.9	± 6.8

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14 福島沿岸における海水中の放射性Cs濃度

番号	採取点	位置	北緯	東経	採取日時	Cs-134 ¹⁾	Cs-137 mBq/L
1	請戸漁港	双葉郡浪江町請戸中島	37° 28'52"	141° 01'45"	2020年9月30日	検出下限値以下	11.99 ± 0.28
2	請戸漁港	双葉郡浪江町請戸中島	37° 28'52"	141° 01'45"	2020年10月1日	検出下限値以下	10.27 ± 0.27
3	富岡漁港	双葉郡富岡町仏浜釜田	37° 20'11"	141° 01'39"	2020年9月30日	検出下限値以下	17.41 ± 0.34
4	富岡漁港	双葉郡富岡町仏浜釜田	37° 20'11"	141° 01'39"	2020年10月1日	検出下限値以下	18.29 ± 0.63

1) ¹³⁴Csの検出下限値は、1.5-1.9 mBq/Lである。

表15 福島沖で採取した魚介類アラ部中の⁹⁰Sr濃度から推定する魚介類全身中の⁹⁰Srおよび¹³⁷Cs濃度

No.	魚種	採取域	採取日	試料量 生重量 (g)	灰化率 (%)	アラ部中のSr-90 濃度 (測定値)		全身中のSr-90 濃度	全身中のCs-137 濃度
						(Bq/kg-生)	検出下限値	(Bq/kg-生 推定値)	(Bq/kg-生 実測値)
1	スズキ	相双海域	2020/2/12	1005.6	8.57	ND	0.015	ND	0.52 ± 0.07 ¹⁾
2	マコカレイ	相双海域	2020/2/12	1006.6	7.86	0.081 ± 0.007	0.016	0.03 ± 0.003	0.64 ± 0.05 ¹⁾

1) 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年度総括・分担研究報告書、明石真言（量子科学技術研究開発機構）、2019。

表16 福島沖で採取した魚介類内臓部中の²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度から推定する魚介類全身中の²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度

No.	採取域	魚種	可食部中の ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu濃度	内臓部中の ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu濃度	全身中の ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu濃度	可食部中の ¹³⁷ Cs濃度
			(測定値) mBq/kg-生	(測定値) mBq/kg-生	(推定値) mBq/kg-生	(測定値) ¹⁾ Bq/kg-生
採取日:2020年2月12日						
1	相双海域	スズキ	検出下限値(0.3)以下	1.5 ± 0.4	0.2 ± 0.1	0.52 ± 0.07
2	相双海域	マダラ	検出下限値(0.3)以下	検出下限値(0.3)以下	検出下限値(0.3)以下	0.20 ± 0.05
3	相双海域	マコカレイ	検出下限値(0.3)以下	2.1 ± 0.6	0.2 ± 0.1	0.64 ± 0.05
4	相双海域	ババカレイ	検出下限値(0.3)以下	15.7 ± 1.6	1.2 ± 0.1	0.23 ± 0.04

1) 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年度総括・分担研究報告書、明石真言（量子科学技術研究開発機構）、2019。

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)
分担研究報告

食品中放射性セシウム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)事故直後に設定された暫定規制値に代わり、2012年4月以降の長期的な状況に対応するために新しい基準値が設けられた。その適用された食品中の放射性物質の基準値は、放射性セシウム(Cs)について「一般食品」では100 Bq/kg、「乳児用食品」及び「牛乳」では、より安全側に50 Bq/kgとすることが妥当であると考えられた。この基準値の導出には、規制対象核種について、食品への移行経路毎に放射性核種移行評価を実施して食品中の放射性核種濃度比を推定することにより、測定対象核種である放射性Cs以外の核種の寄与も考慮されている。規制対象核種は、原子力安全・保安院(当時)が作成・公表した試算値のリストに掲載された核種のうち、半減期が1年以上の核種としているため、半減期が約8日のヨウ素-131 (^{131}I) は含まれていない。また、半減期が約1570万年のヨウ素-129 (^{129}I) は原子力安全・保安院の試算値に含まれていないため規制対象核種となっていないが、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されている。本研究では、2018～2020年度に福島県内で生産された農作物中の放射性Cs濃度及びストロンチウム-90 (^{90}Sr) 濃度、並びに基準値の設定において影響が小さいとして規制対象核種に含まれなかったヨウ素-129 (^{129}I) 濃度の測定結果から、放射性Cs及び ^{90}Sr 及び ^{129}I に起因する内部被ばく線量を推定することにより、現行の基準値によって食品中の放射性物質について安全性が十分に確保されていることを確認した。

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(以下「FDNPS 事故」という。)により、大量の放射性物質が大気及び海洋に放出された。このことから、

厚生労働省は、2011年3月17日に原子力安全委員会(当時)が原子力施設等の事故に備えて定めていた「原子力施設等の防災対策について」の「飲食物摂取制限の指標値」を「暫定規制値」として設定した。また、食品安全委員会は、放射性物質による食

品健康影響評価を実施し、10月27日に厚生労働大臣に対し、食品中に含まれる放射性物質に関する食品健康影響評価書を答申した。薬事・食品衛生審議会は、この答申を受け、2012年4月以降の長期的な状況に対応する食品中の放射性物質の基準値について、合理的に達成できる限り線量を低く保つという考えに立ち、より一層、国民の安全・安心を確保する観点から、介入線量レベルを年間1 mSvに引き下げることが妥当と判断した。そして、この線量に相当する食品中放射性セシウム(Cs)の限度値を導出することにより、基準値を設定した¹⁾。

この基準値を設定する際、農畜産物等への放射性核種の移行評価を行うことにより、食品の摂取に起因する内部被ばく線量評価を実施した。その結果、限度値が最も小さくなるのは、1年目における13-18歳(男)であり、想定外の食品摂取をしても安全が確保できるよう、介入線量レベルに一定の余裕を持たすため、一般食品の基準値は、この値を安全側に切り下げて100 Bq/kgと設定することが妥当とした。その設定に際し、モニタリング検査等から得られている実測値や流通食品に輸入食品が多く含まれる実態から、流通する食品の汚染割合を「一般食品」については50%であると仮定した。また、「乳児用食品」及び「牛乳」については、流通する全ての食品に基準値上限の放射性物質が含まれるとしても年間1 mSvを超えることがないよう、より安全側に50 Bq/kgの基準値を設定することが妥当とした。

基準値の設定にあたっては、最も内部被ばく線量に対する影響が大きいと推定され、迅速にかつ比較的容易に多数の食品について測定可能なセシウム-134(¹³⁴Cs)及びセシウム-137(¹³⁷Cs)を測定対象核種とした。なお、この内部被ばく線量評価の対象とする核種(以下「規制対象核種」という。)は、今回の事故で福島原発から大気中に放出され、原子力安全・保安院(当時)が作成・公表した試算値のリストに掲載さ

れた核種のうち、この基準値が2012年4月以降に適用されることに鑑み、半減期が1年以上の核種すべてを規格基準の設定で考慮することが妥当であるとした。すなわち、放射性セシウム(¹³⁴Cs、¹³⁷Cs)以外に、ストロンチウム-90(⁹⁰Sr)、ルテニウム-106(¹⁰⁶Ru)、プルトニウム同位体(²³⁸Pu、²³⁹Pu、²⁴⁰Pu、²⁴¹Pu)を規格基準における規制の対象となる放射性核種とした。よって、半減期が約8日のヨウ素-131(¹³¹I)は規制対象核種に含まれていない。また、放射性Cs以外の核種の影響については、検査の実効性を確保する観点から、放射性Csによる被ばく線量に対する当該放射性核種の被ばく線量の比を推定することにより管理し、放射性Cs濃度で規制を行うこととした。すなわち、食品への移行経路毎に放射性核種移行評価を実施して各食品中の放射性核種濃度比を推定することにより、放射性Csに対する基準値に反映させた。食品中の放射性核種濃度比は、土壤中放射性核種濃度の比や、環境移行モデル及びパラメータにより推定した。

また、この基準値の設定において、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ている。このうち、ヨウ素-129(¹²⁹I)、テクネチウム-99(⁹⁹Tc)等の長半減期核種については、「長期的には、今後の測定によって確認することが必要であるが、寄与は十分小さいと考えられる」としている。

本研究は、食品の安全に関する根拠を線量評価によって明示することにより、食品中の放射性物質の基準値の妥当性について検証し、国民の安心・安全を得ることを目的としている。本分担研究では、「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」(以下「分担研究1.」と記述する。)において採取・測定された、FDNPS周辺における食品中放射性核種濃度の測定値等を用いて、食品摂取による実際の内部被ばく線量を推定し、現行の規準値

によって食品中の放射性物質に安全性が十分に確保されていることについて検証する。特に長半減期核種である ^{129}I に着目し、「寄与は十分小さいと考えられる」とした報告の妥当性について検討する。

B. 研究方法

1. 線量評価方法

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。しかしながら、FDNPS 事故による放射性核種の沈着量は地域及び核種によって大きく異なる。よって、FDNPS 事故に起因する内部被ばく線量を精度良く評価するためには、一般に摂取されている食品中の各放射性核種濃度を地域ごとに網羅的に測定することが必要である。

本研究は、食品中放射性 Cs 、 ^{90}Sr と ^{129}I 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。しかしながら ^{90}Sr 及び ^{129}I については、大量の試料や特別な機器を用いなければ検出ができない。このため、測定に供する試料数及び種類は非常に限定的とならざるを得ない。

よって、本研究では、2018～2020 年度の 3 年間にわたり、食品の種類を各年度 1 種類に限定して福島県内外で採取し、それぞれの試料中放射性 Cs 、 ^{90}Sr 、 ^{129}I 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る。

また、本研究では、試料の種類が限られていることから、試料中放射性 Cs 、 ^{90}Sr 、 ^{129}I 濃度に加え、土壌から農作物への移行係数や、各試料中安定元素濃度を用いて、より精度良く内部被ばく線量を推定することを試みる。

なお、内部被ばく線量評価のための線量係数は、ICRP Publication No.72²⁾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)。

2. 対象とする食品

内部被ばく線量評価を実施するための測定試料とする農作物は、本研究の分担研究 1.において採取された、福島県内外におけるハウレンソウ、ジャガイモ、玄米とする。

3. 安定元素濃度の測定及び推定

Cs とカリウム(K)は同じアルカリ金属であり、生態圏内では似通った挙動を示すと考えられるため、安定 K の摂取量から放射性 Cs 摂取量の試算を行う。分担研究 1. において、放射性 Cs 濃度の測定とあわせて ^{40}K 濃度も測定されている。安定 K 濃度は、分担研究 1. で測定されたカリウム-40(^{40}K)濃度を、安定 K の単位重量あたりの ^{40}K 放射エネルギーである 30.4 Bq/kg^3 で除することによって推定する。

^{90}Sr による内部被ばく線量の試算においては、 Sr と同じアルカリ土類金属である安定カルシウム(Ca)濃度を用いる。分担研究 1. において採取された作物について、安定 Sr 濃度及び安定 Ca 濃度を測定する。測定は ICP 発光分光分析装置 (iCAP-6300, Thermo Fisher Scientific) 及び 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。

^{129}I による内部被ばく線量の試算においては、安定ヨウ素濃度として分担研究 1. で測定された ^{127}I 濃度を用いる。

なお、各年度において試料を採取した地点は、各地域内で若干異なるため、線量評価を実施する地域のカテゴリは、それぞれを代表する名称とする(表 2 参照)。

C. 研究結果

1. 農作物中放射性核種濃度の比較検討

線量評価に用いる農作物(ホウレンソウ、ジャガイモ、玄米)の ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 、 ^{40}K 及び ^{129}I 濃度(分担研究 1. において測定)を表 3(1)~(3)に示す。分担研究 1. で考察されたように、 ^{129}I 濃度は福島県浜通りが最も高く、FDNPS 事故の影響による濃度の上昇が現れている可能性がある。しかしながら、大気圏核実験由来の放射性核種濃度のばらつきは数オーダーにわたることから、福島県浜通りも含め、今回測定された放射性核種濃度について、FDNPS 事故の影響と大気圏核実験の影響を明確に区別することは困難である。よって本評価においては、分担研究 1. において測定された濃度をそのまま用い、FDNPS 事故由来と大気圏核実験由来を区別せずに線量評価を行うこととする。また、 ^{90}Sr は福島県内の試料のみ測定されているが、今回検出された ^{90}Sr はほとんどが大気圏核実験由来と考えられる。

なお、本研究では、2018~2020 年度に測定されたデータを使用するが、3 年間の ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 、 ^{129}I の放射性崩壊による減少の影響は小さいため、線量評価において各年度間の放射性崩壊による補正は行わず、測定された放射性核種濃度をそのまま用いることとする。

2. 安定元素濃度の測定及び推定結果

各試料について、安定元素濃度を推定あるいは測定した結果を表 4(1)~(3)に示す。前述したように、安定 K 濃度は分担研究 1. において測定された ^{40}K 濃度からの推定値、安定 Sr 及び安定 Ca 濃度は本分担研究における測定値、安定 I 濃度は分担研究 1. で測定された ^{127}I 濃度である。

表 4(1)~(3)に見られるように、植物の必須元素である K はそれぞれの種類で濃度が比較的安定しており、同じく必須元素である Ca もホウレンソウとジャガイモでは濃度が安定している。Sr 及び I はこれらに比べて濃度ばらつきが若干大きい、ほぼ一桁の範

囲内に収まっている。

3. 農作物摂取量を用いた内部被ばく線量評価

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⁾を表 5 に示す。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。

本研究では農作物のみを試料としていることから、食品摂取量を用いる方法では畜産物や水産物中濃度を推定することは困難であるため、農作物摂取による内部被ばく線量について検討する。

土壌から農作物への元素の移行のし易さは元素の種類によって異なることから、同じ放射性核種濃度の耕作地で栽培された農作物でも、可食部中の放射性核種濃度は異なる。よって、ホウレンソウ、ジャガイモ及び玄米中の放射性核種濃度を用いて他の農作物中における放射性核種濃度を推定するため、放射線医学総合研究所が資源エネルギー庁事業において測定した土壌-農作物移行係数⁴⁻⁷⁾を用いることとする。

本評価で用いる食品分類に対応する、安定 Cs、安定 Sr 及び安定 I の土壌-農作物移行係数の幾何平均値を表 6 にまとめて示す。これらの土壌-農作物移行係数を用いて、ホウレンソウ、ジャガイモ及び玄米中濃度から各農作物中濃度を推定する。農作物の種類及び生育形態の観点から、コメ(白米)及び穀類は玄米中濃度、葉菜、豆類及び果菜類はホウレンソウ中濃度、芋類及び根菜類はジャガイモ中濃度を用いてそれぞれの濃度を推定する。なお、 ^{134}Cs 濃度は検出されていない試料が多いことから、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。

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。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。

農作物の摂取による各核種による内部被ばく線量の推定結果を表 7 に示す。¹³⁷Cs 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「13-18 歳【男子】」であり、年間 0.0029 mSv であった。⁹⁰Sr による被ばく線量は、性別年齢区分によって異なるが、年間 0.0001 mSv 前後であり、推定値が最も高かったのは福島県浜通りの「13-18 歳【男子】」で、年間 0.00015 mSv であった。¹²⁹I 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】」であり、年間 0.00000077 mSv 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る。

また、農作物摂取による年間内部被ばく線量推定値の ¹²⁹I/¹³⁷Cs 比を表 8 に示す。比の最大値は福島県中通り北部の「7-12 歳【女子】」の 0.00060 であり、農作物摂取による ¹²⁹I による年間内部被ばく線量は、¹³⁷Cs による被ばく線量よりも極めて小さいことが明らかである。

4. 安定元素濃度を用いた内部被ばく線量の試算

測定された放射性核種濃度と、その食品に含まれている安定元素の濃度を比較し、一般的な安定元素の年間摂取量を用いることで、内部被ばく線量を推定することを試みる。

安定 K 及び安定 Ca の年間摂取量は、平成 29 年(2017 年)国民健康・栄養調査報告⁸⁾を用いる。しかしながら、安定 I の年間摂取量は国民健康・栄養調査報告には含まれていない。

「日本人の食事摂取基準(2020 年版)日本人の食事摂取基準」策定検討会報告書⁹⁾では、「日本人のヨウ素摂取量は、昆布製品などの海藻類をあまり

含まない献立での 500 μ g/日未満を基本に、間欠的に摂取する海藻類を含む献立分が加わり、平均で 1~3 mg/日だと推定できる。」としている。

すなわち、安定ヨウ素の摂取は「海藻類を多く含む食事分」の影響が非常に大きい。一方、本研究では農作物であるハウレンソウ、ジャガイモ及び玄米のデータを用いることから、このデータによって海藻類を含む摂取量に外挿することは不確実性が非常に大きい。よって、安定 I の摂取量については、「昆布製品などの海藻類をあまり含まない食事からの 500 μ g/日未満」を基として推定することとする。

まず、成人における「海藻類をあまり含まない食事」における安定 I 摂取量を安全側に 500 μ g/日と仮定する。次に、表 5 に示した「摂取量合計」から「海産物」を除いた摂取量を用い、「19歳以上【男子】」と「19歳以上【女子】」の当該摂取量の平均値を求める。この平均値で前述の安定 I 摂取量(500 μ g/日)を規格化し、各年齢性別区分の安定 I 摂取量の推定値とする。なお、国民健康・栄養調査報告の年齢区分は「1~6 歳」、「7~14 歳」、「15~19 歳」、「20 歳以上」(20 歳以上は 10 歳毎に区分した上「20 歳以上」として再集計されている)となっているため、表 4 の「1~6 歳」、「7~12 歳」、「13~18 歳」、「19 歳以上」をそれぞれ対応させることとする。これらの方法によって取りまとめた各年齢性別区分の各安定元素摂取量を表 9 に示す。

各採取地点の試料中¹³⁷Cs/安定 K、⁹⁰Sr/安定 Ca]及び¹²⁹I/安定 I]を表 10 (1)~(3)に示す。それぞれ安定 K 濃度は分担研究 1.において測定された⁴⁰K 濃度からの推定値、安定 Sr および安定 Ca 濃度は本分担研究における測定値、安定 I 濃度は分担研究 1.で測定された¹²⁷I 濃度である。食品の種類は多岐にわたることから、本手法による線量の試算ではこれらの平均値を用いることとする。表 10(1)~(3)の平均値を表 10(4)に示す。なお、¹³⁴Cs/安定 K は、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。

安定元素摂取量を用いた年間内部被ばく線量推定値を表11(1)～(8)に示す。なお、ここで、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 、 ^{40}K は全食品による摂取を対象とした推定値であるが、 ^{129}I による被ばく線量は、前述したように、「海藻類を多く含む食事分」を除いた推定値である。

全ての食品を考慮した放射性Csによる年間内部被ばく線量は、最も線量の高かった福島県浜通りの「男子20歳以上」でも年間0.0043 mSv程度であり、介入線量レベルである年間1 mSvを大幅に下回っている。なお ^{40}K による年間内部被ばく線量は0.1 mSvを上回っている。

また、 ^{90}Sr による被ばく線量は、多くが年間0.0001 mSvのオーダーであり、最大は福島県浜通りの「男子7-14歳」と「男子15-19歳」で、年間0.0020 mSv程度であった。

^{129}I による「海藻類をあまり含まない食事」における年間内部被ばく線量は、最も線量の高かった最大で福島県浜通りの「男子7-14歳」で、年間0.000031 mSv程度であり、放射性Csによる年間内部被ばく線量に比べて十分に低い値であった。

D. 考察

1. 農作物摂取量を用いた内部被ばく線量評価

表7に示したように、農作物摂取による年間内部被ばく線量推定値は、最も高い南相馬市の福島県浜通りの「13-18歳【男子】」でも年間0.0029 mSv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る。

なお、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年間被ばく線量¹⁰⁾は、福島(浜通り)で0.0007 mSv、福島(中通り)で0.0008 mSv、福島(会津)で0.0009 mSv

であり、また福島県以外では0.0005～0.0014 mSv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0.0001 mSv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、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は減少する影響も考えられる。

^{90}Sr による被ばく線量は、性別年齢区分によって異なるが、年間0.0001 mSv前後であった。分担研究1.において記述されているように、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いと考えられる。

^{129}I 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】」であり、年間0.00000077 mSvであった。また、農作物摂取による年間内部被ばく線量推定値の $^{129}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ 比を考えた場合、比の最大値は福島県中通り北部の「7-12歳【女子】」の0.00060であった。これらのことから、農作物摂取による ^{129}I による年間内部被ばく線量は、十分に低いことが示唆された。

2. 安定元素濃度を用いた内部被ばく線量の試算

安定K濃度を用いた放射性Csによる全ての食品を考慮した年間内部被ばく線量は、最も線量の高かった福島県浜通りの「男子20歳以上」でも年間0.0043 mSv程度であり、この手法による試算でも介入線量レベルである年間1 mSvを大幅に下回ってい

る。これは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年間被ばく線量¹⁰⁾を上回っているが、このような差異は、前述したように、実際に摂取される食品はより広範囲の産地から購入されることや、調理加工等に起因すると考えられる。また、農作物における比の平均値を全ての食品に適用したよる不確かさも考えられる。

安定 Ca 濃度を用いた⁹⁰Sr による全ての食品を考慮した内部被ばく線量の試算結果は年齢によって大きく変わるが、ほぼ 0.0001 mSv のオーダーであり、最大で 0.0020 mSv であった。分担研究 1.において記述されているように、今回検出された⁹⁰Sr は大気圏核実験由来と考えられる。よって、事故由来の⁹⁰Sr による被ばく線量はこの試算結果よりも十分に低いと考えられる。

¹²⁹I による「海藻類をあまり含まない食事」における年間内部被ばく線量の試算結果は、最も線量の高かった福島県浜通りでも年間 0.00001 mSv のオーダーであり、放射性 Cs による年間内部被ばく線量の試算結果に比べて十分に低い値であった。

なお、本試算においては、安定 I の成人における摂取量について、「海藻類をあまり含まない食事」として 500 μ g/日⁹⁾と仮定している。しかしながら、日本人学生を対象としたヨウ素摂取量調査¹¹⁾では、藻類を全く摂取しない人の 1 日平均ヨウ素摂取量を 72.7 μ g/日、中央値が 68.1 μ g/日となっており、本試算は農作物摂取の線量推定と考えた場合には過大評価となっている可能性がある。

このように、¹²⁹I による被ばく線量は放射性セシウムに比べて十分に低いと考えられるが、その推定結果については、現時点では不確実性が大きい、より精度の高い評価のためには、海藻類を含む海産物摂取の評価等、より広範囲な調査研究が重要である。

E. 結論

2018 年度～2020 年度に採取された農作物中放射性 Cs 濃度、⁹⁰Sr 濃度、¹²⁹I 濃度及び安定元素濃度を用いて、年間内部被ばく線量を推定した結果、極めて保守的な仮定を用い、過去の大気中核実験等のフォールアウト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、FDNPS 事故由来に起因する年間内部被ばく線量は、⁹⁰Sr 及び¹²⁹I の寄与を考慮しても、年間 1 mSv 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⁹⁰Sr 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。¹²⁹I による被ばく線量も年間 1 mSv に比べて十分に小さく、また、放射性 Cs による被ばく線量に比べても十分低いことから、基準値の設定において、「寄与は十分小さいと考えられる」と想定したことが妥当であることが確認された。

なお、本研究は3種類の農作物によって線量評価を実施した。食品中放射性核種濃度や、安定元素に対する濃度比はばらつきが大きく、また、同じ市町村においても沈着量のばらつきが大きい。特に本研究において着目した¹²⁹I による内部被ばく線量評価については、安定 I の摂取経路において海藻類の寄与が大きいことから、陸域環境における調査のみならず、より広範囲な調査研究が重要である。

本研究は、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うことを目的としている。本研究によって、FDNPS 事故由来に起因する年間内部被ばく線量は介入線量レベルである年間 1 mSv を大幅に下回っ

ている蓋然性が高いことを示したが、より精度の高い推定を行うためには、試料数を増やして測定を継続的に行い、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。

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) ICRP: Publication 72(1996).
- 3) アイントープ便覧(改訂3版)、日本アイントープ協会編、丸善(1984).
- 4) S. Uchida et al.: Soil-to-Plant Transfer Factors of Stable Elements and Naturally Occurring Radionuclides (1) Upland Field Crops Collected in Japan, J. Nucl. Sci. Technol., **44**, 628-640 (2007).
- 5) S. Uchida et al.: Soil-to-Plant Transfer Factors of Stable Elements and Naturally Occurring Radionuclides: (2) Rice Collected in Japan, J. Nucl. Sci. Technol., **44**, 779-790 (2007)
- 6) S. Uchida and K. Tagami: Iodine transfer from agricultural soils to edible part of crops, Proc. Radiochim. Acta 1, 279-283 (2011).
- 7) 放射線医学総合研究所:放射性廃棄物共通技術調査等委託事業「放射性核種生物圏移行評価高度化調査6年間(平成19年度～平成24年度)のまとめ[詳細版]」(2013).
- 8) 厚生労働省:平成29年国民健康・栄養調査報告(2018).
- 9) 厚生労働省:日本人の食事摂取基準(2020年版)「日本人の食事摂取基準」策定検討会報告書(2019).

10) 厚生労働省:食品中の放射性セシウムから受ける放射線量の調査結果(令和2年2~3月調査分)(2020).

11) 塚田信他:日本人学生のヨウ素摂取量調査 - 「日本食品標準成分表2010」に基づいて-、日本臨床栄養学会雑誌、**35**、30-38(2013).

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

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
I-129	1.7E-04	1.9E-04	1.4E-04	1.1E-04
K-40	2.1E-05	1.3E-05	7.6E-06	6.2E-06

表2 各年度の試料採取地点と地域名

地域名	2018年度	2019年度	2020年度
宮城県	宮城県大崎市	宮城県大崎市	宮城県大崎市
栃木県	栃木県日光市	栃木県鹿沼市	栃木県宇都宮市
愛知県	愛知県武豊町	愛知県武豊町	愛知県武豊町
福島県浜通り	福島県南相馬市	福島県南相馬市	福島県南相馬市
福島県中通り北部	福島県二本松市	福島県福島市	福島県伊達市
福島県中通り中部	福島県三春町	福島県郡山市	福島県郡山市
福島県会津地方	福島県下郷町	福島県猪苗代町	福島県猪苗代町

表3(1) 分担研究1.において測定されたホウレンソウ中放射性核種濃度(2018年度)

採取場所	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	⁴⁰ K	¹²⁹ I
	Bq/kg 生	Bq/kg 生	Bq/kg 生	Bq/kg 生
宮城県大崎市	9.1E-02	-	2.2E+02	8.6E-07
栃木県日光市	5.9E-02	-	2.2E+02	2.1E-07
愛知県武豊町	< 1.2E-02	-	2.2E+02	2.6E-07
福島県南相馬市	8.7E-01	6.8E-02	3.2E+02	6.2E-05
福島県二本松市	1.5E-01	6.0E-02	2.5E+02	7.4E-06
福島県三春町	4.7E-02	1.9E-02	2.3E+02	1.2E-06
福島県下郷町	1.3E-02	1.8E-02	2.5E+02	6.4E-07

表3(2) 分担研究1.において測定されたジャガイモ中放射性核種濃度(2019年度)

採取場所	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	⁴⁰ K	¹²⁹ I
	Bq/kg 生	Bq/kg 生	Bq/kg 生	Bq/kg 生
宮城県大崎市	6.5E-02	-	1.4E+02	8.0E-09
栃木県鹿沼市	7.2E-02	-	1.3E+02	< 1.2E-08
愛知県武豊町	< 1.5E-02	-	1.5E+02	< 9.3E-09
福島県南相馬市	4.4E-01	1.1E-02	1.4E+02	3.6E-07
福島県福島市	3.2E-01	7.2E-03	1.4E+02	6.9E-08
福島県郡山市	4.0E-01	6.4E-03	1.2E+02	7.3E-08
福島県猪苗代町	4.8E-02	8.7E-03	1.2E+02	< 9.1E-09

表 3 (3) 分担研究1.において測定された玄米中放射性核種濃度(2020 年度)

採取場所	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	⁴⁰ K	¹²⁹ I
	Bq/kg 生	Bq/kg 生	Bq/kg 生	Bq/kg 生
宮城県大崎市	8. 2E-02	-	6. 6E+01	2. 8E-07
栃木県宇都宮市	2. 2E-01	-	6. 4E+01	2. 2E-07
愛知県武豊町	< 1. 9E-02	-	5. 9E+01	8. 8E-08
福島県南相馬市	1. 8E+00	1. 4E-02	6. 0E+01	5. 0E-06
福島県伊達市	7. 4E-01	9. 7E-03	5. 6E+01	5. 6E-07
福島県郡山市	4. 3E-01	3. 8E-03	6. 2E+01	1. 9E-07
福島県猪苗代町	2. 8E-01	3. 8E-03	5. 9E+01	1. 2E-07

表 4 (1) ホウレンソウ中安定元素濃度(2018 年度)

採取場所	安定K (⁴⁰ Kから算定)	安定Sr	安定Ca	安定I
	gK/kg 生	gSr/kg 生	gCa/kg 生	gI/kg 生
宮城県大崎市	7. 1E+00	5. 0E-04	7. 1E-01	8. 7E-06
栃木県日光市	7. 1E+00	4. 5E-04	4. 6E-01	2. 9E-05
愛知県武豊町	7. 2E+00	3. 3E-04	4. 9E-01	1. 1E-05
福島県南相馬市	1. 1E+01	1. 4E-03	4. 4E-01	2. 5E-05
福島県二本松市	8. 3E+00	2. 0E-03	7. 3E-01	1. 9E-05
福島県三春町	7. 6E+00	2. 5E-03	7. 8E-01	2. 3E-05
福島県下郷町	8. 1E+00	6. 0E-04	5. 4E-01	3. 3E-05

表 4 (2) ジャガイモ中安定元素濃度(2019 年度)

採取場所	安定K (⁴⁰ Kから算定)	安定Sr	安定Ca	安定I
	gK/kg 生	gSr/kg 生	gCa/kg 生	gI/kg 生
宮城県大崎市	4. 4E+00	8. 0E-05	4. 4E-01	1. 6E-05
栃木県鹿沼市	4. 4E+00	5. 5E-05	3. 2E-01	4. 2E-05
愛知県武豊町	4. 8E+00	7. 8E-05	3. 2E-01	3. 3E-05
福島県南相馬市	4. 6E+00	1. 2E-04	3. 4E-01	9. 0E-06
福島県福島市	4. 5E+00	7. 6E-04	3. 3E-01	2. 4E-05
福島県郡山市	4. 0E+00	1. 3E-04	2. 8E-01	1. 8E-05
福島県猪苗代町	4. 0E+00	1. 5E-04	3. 9E-01	1. 4E-05

表 4 (3) 玄米中安定元素濃度(2020 年度)

採取場所	安定K (⁴⁰ Kから算定)	安定Sr	安定Ca	安定I
	gK/kg 生	gSr/kg 生	gCa/kg 生	gI/kg 生
宮城県大崎市	2. 2E+00	3. 3E-04	2. 8E-01	2. 6E-05
栃木県宇都宮市	2. 1E+00	1. 4E-04	9. 3E-02	3. 5E-05
愛知県武豊町	1. 9E+00	1. 5E-04	9. 4E-02	8. 0E-05
福島県南相馬市	2. 0E+00	1. 3E-04	7. 2E-02	4. 4E-05
福島県伊達市	1. 9E+00	2. 0E-04	1. 1E-01	7. 1E-05
福島県郡山市	2. 0E+00	1. 9E-04	8. 9E-02	4. 4E-05
福島県猪苗代町	1. 9E+00	1. 2E-04	8. 9E-02	8. 0E-05

表5 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6 各安定元素の土壌-農作物移行係数の幾何平均値(乾重量あたり)⁴⁻⁷⁾

	Cs	Sr	I
玄米	1.0E-03	3.2E-03	4.2E-03
白米	4.6E-04	8.1E-04	2.4E-03
芋類	5.5E-03	2.7E-02	6.9E-03
葉菜類	5.5E-03	2.2E-01	1.2E-02
根菜類	1.8E-03	1.2E-01	6.1E-03
麦類	7.6E-04	1.5E-02	4.9E-03
豆類	3.7E-03	7.5E-02	4.7E-03
果実類	5.8E-03	5.4E-02	1.4E-02

表 7 農作物摂取による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
宮城県	¹³⁴ Cs	5.4E-06	5.1E-06	8.3E-06	7.8E-06	1.3E-05	1.1E-05	1.4E-05	1.2E-05	1.1E-05
	¹³⁷ Cs	8.0E-05	7.6E-05	1.2E-04	1.1E-04	1.8E-04	1.5E-04	1.9E-04	1.7E-04	1.5E-04
	⁹⁰ Sr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	¹²⁹ I	9.4E-09	9.2E-09	1.3E-08	1.3E-08	1.1E-08	9.6E-09	9.8E-09	9.3E-09	8.9E-09
栃木県	¹³⁴ Cs	7.9E-06	7.3E-06	1.3E-05	1.2E-05	2.3E-05	1.7E-05	2.2E-05	1.7E-05	1.6E-05
	¹³⁷ Cs	1.2E-04	1.1E-04	1.9E-04	1.7E-04	3.2E-04	2.4E-04	3.0E-04	2.4E-04	2.2E-04
	⁹⁰ Sr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	¹²⁹ I**	3.2E-09	3.1E-09	4.9E-09	4.6E-09	4.2E-09	3.5E-09	3.5E-09	3.1E-09	3.0E-09
愛知県	¹³⁴ Cs*	9.6E-07	9.0E-07	1.5E-06	1.4E-06	2.6E-06	2.0E-06	2.5E-06	2.1E-06	2.0E-06
	¹³⁷ Cs*	1.4E-05	1.3E-05	2.2E-05	2.0E-05	3.5E-05	2.8E-05	3.4E-05	2.9E-05	2.7E-05
	⁹⁰ Sr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	¹²⁹ I**	2.9E-09	2.8E-09	4.1E-09	4.0E-09	3.3E-09	3.0E-09	3.0E-09	2.9E-09	2.7E-09
福島県浜通り	¹³⁴ Cs	7.7E-05	7.2E-05	1.2E-04	1.1E-04	2.1E-04	1.6E-04	2.1E-04	1.7E-04	1.6E-04
	¹³⁷ Cs	1.1E-03	1.1E-03	1.8E-03	1.6E-03	2.9E-03	2.2E-03	2.8E-03	2.3E-03	2.1E-03
	⁹⁰ Sr	5.3E-05	5.0E-05	1.1E-04	1.0E-04	1.5E-04	1.4E-04	5.6E-05	5.1E-05	5.2E-05
	¹²⁹ I	5.8E-07	5.7E-07	7.6E-07	7.7E-07	5.9E-07	5.7E-07	5.8E-07	5.8E-07	5.5E-07
福島県中通り北部	¹³⁴ Cs	2.5E-05	2.3E-05	4.3E-05	3.9E-05	7.6E-05	5.6E-05	7.0E-05	5.5E-05	5.1E-05
	¹³⁷ Cs	3.7E-04	3.4E-04	6.1E-04	5.5E-04	1.0E-03	7.7E-04	9.6E-04	7.6E-04	7.0E-04
	⁹⁰ Sr	4.1E-05	3.9E-05	8.2E-05	7.8E-05	1.2E-04	1.1E-04	4.4E-05	4.0E-05	4.1E-05
	¹²⁹ I	3.1E-08	1.9E-07	1.9E-07	3.3E-07	2.4E-07	2.7E-07	1.9E-07	2.3E-07	2.1E-07
福島県中通り中部	¹³⁴ Cs	1.5E-05	1.3E-05	2.6E-05	2.3E-05	4.6E-05	3.4E-05	4.1E-05	3.2E-05	3.0E-05
	¹³⁷ Cs	2.2E-04	2.0E-04	3.7E-04	3.3E-04	6.2E-04	4.6E-04	5.6E-04	4.4E-04	4.1E-04
	⁹⁰ Sr	1.7E-05	1.6E-05	3.5E-05	3.3E-05	4.9E-05	4.4E-05	1.8E-05	1.7E-05	1.7E-05
	¹²⁹ I	1.2E-08	1.2E-08	1.6E-08	1.6E-08	1.3E-08	1.2E-08	1.2E-08	1.2E-08	1.1E-08
福島県会津地方	¹³⁴ Cs	7.9E-06	7.1E-06	1.4E-05	1.2E-05	2.5E-05	1.8E-05	2.2E-05	1.7E-05	1.5E-05
	¹³⁷ Cs	1.2E-04	1.0E-04	1.9E-04	1.7E-04	3.4E-04	2.4E-04	3.1E-04	2.3E-04	2.1E-04
	⁹⁰ Sr	1.7E-05	1.7E-05	3.7E-05	3.5E-05	5.3E-05	4.7E-05	1.9E-05	1.8E-05	1.8E-05
	¹²⁹ I**	6.4E-09	6.3E-09	8.7E-09	8.7E-09	6.9E-09	6.5E-09	6.6E-09	6.4E-09	6.1E-09

* 愛知県の ¹³⁴Cs 及び ¹³⁷Cs の線量は、¹³⁷Cs 濃度の検出下限値が使用されている。

** 栃木県、愛知県、福島県会津地方の ¹²⁹I の線量は、一部に ¹²⁹I 濃度の検出下限値が使用されている。

表 8 農作物摂取による年間内部被ばく線量推定値の ¹²⁹I/¹³⁷Cs 比(単位:-)

		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
宮城県	¹²⁹ I/ ¹³⁷ Cs	1.2E-04	1.2E-04	1.1E-04	1.1E-04	5.8E-05	6.4E-05	5.2E-05	5.6E-05	5.7E-05
栃木県	¹²⁹ I/ ¹³⁷ Cs	2.8E-05	2.9E-05	2.6E-05	2.7E-05	1.3E-05	1.5E-05	1.2E-05	1.3E-05	1.4E-05
愛知県	¹²⁹ I/ ¹³⁷ Cs	2.1E-04	2.2E-04	1.8E-04	2.0E-04	9.4E-05	1.1E-04	8.8E-05	9.9E-05	1.0E-04
福島県浜通り	¹²⁹ I/ ¹³⁷ Cs	5.1E-04	5.4E-04	4.4E-04	4.8E-04	2.1E-04	2.6E-04	2.1E-04	2.5E-04	2.6E-04
福島県中通り北部	¹²⁹ I/ ¹³⁷ Cs	8.2E-05	5.4E-04	3.1E-04	6.0E-04	2.3E-04	3.5E-04	2.0E-04	3.0E-04	3.0E-04
福島県中通り中部	¹²⁹ I/ ¹³⁷ Cs	5.5E-05	5.9E-05	4.3E-05	4.8E-05	2.0E-05	2.6E-05	2.2E-05	2.7E-05	2.8E-05
福島県会津地方	¹²⁹ I/ ¹³⁷ Cs	5.6E-05	6.0E-05	4.5E-05	5.1E-05	2.0E-05	2.7E-05	2.1E-05	2.8E-05	2.9E-05

表 9 安定元素濃度摂取量(単位:g/y)

		1-6歳	7-14歳	15-19歳	20歳以上
男性	K	5.2E+02	8.5E+02	8.4E+02	8.7E+02
	Ca	1.5E+02	2.5E+02	1.9E+02	1.9E+02
	I	1.2E-01	1.8E-01	2.0E-01	2.0E-01
女性	K	4.8E+02	7.7E+02	7.0E+02	8.2E+02
	Ca	1.3E+02	2.4E+02	1.7E+02	1.9E+02
	I	1.2E-01	1.7E-01	1.6E-01	1.6E-01

表 10 (1) ホウレンソウ中の安定元素重量に対する放射性核種の放射能比(2018 年度)

採取場所	¹³⁷ Cs/安定K	⁹⁰ Sr/安定Ca	¹²⁹ I/安定I
	Bq/gK	Bq/gCa	Bq/gI
宮城県大崎市	1.3E-02	-	9.8E-02
栃木県日光市	8.3E-03	-	7.1E-03
愛知県武豊町*	1.7E-03	-	2.5E-02
福島県南相馬市	8.2E-02	1.6E-01	2.5E+00
福島県二本松市	1.9E-02	8.3E-02	3.9E-01
福島県三春町	6.3E-03	2.4E-02	5.2E-02
福島県下郷町	1.6E-03	3.2E-02	2.0E-02

*武豊町の ¹³⁷Cs の評価は ¹³⁷Cs 濃度の検出下限値を使用されている。

表 10 (2) ジャガイモ中の安定元素重量に対する放射性核種の放射能比(2019 年度)

採取場所	¹³⁷ Cs/安定K	⁹⁰ Sr/安定Ca	¹²⁹ I/安定I
	Bq/gK	Bq/gCa	Bq/gI
宮城県大崎市	1.5E-02	-	4.9E-04
栃木県鹿沼市**	1.6E-02	-	2.9E-04
愛知県武豊町*	3.1E-03	-	2.8E-04
福島県南相馬市	9.5E-02	3.3E-02	4.0E-02
福島県福島市	7.2E-02	2.2E-02	2.8E-03
福島県郡山市	9.8E-02	2.3E-02	4.1E-03
福島県猪苗代町**	1.2E-02	2.2E-02	6.7E-04

*武豊町の ¹³⁷Cs 及び ¹²⁹I の評価は ¹³⁷Cs 濃度及び ¹²⁹I 濃度の検出下限値を使用されている。

**鹿沼市及び猪苗代町の ¹²⁹I の評価は ¹²⁹I 濃度の検出下限値を使用されている。

表 10 (3) 玄米中の安定元素重量に対する放射性核種の放射能比(2020 年度)

採取場所	¹³⁷ Cs/安定K	⁹⁰ Sr/安定Ca	¹²⁹ I/安定I
	Bq/gK	Bq/gCa	Bq/gI
宮城県大崎市	3.8E-02	-	1.1E-02
栃木県宇都宮市	1.0E-01	-	6.2E-03
愛知県武豊町*	1.0E-02	-	1.1E-03
福島県南相馬市	9.3E-01	2.0E-01	1.1E-01
福島県伊達市	4.0E-01	9.2E-02	7.8E-03
福島県郡山市	2.1E-01	4.3E-02	4.3E-03
福島県猪苗代町	1.5E-01	4.3E-02	1.5E-03

*武豊町の ¹³⁷Cs の評価は ¹³⁷Cs 濃度の検出下限値を使用されている。

表 10 (4) 農作物中の安定元素重量に対する放射性核種の放射能比
(ホウレンソウ、ジャガイモ、玄米の平均値)

採取場所	¹³⁴ Cs/安定K	¹³⁷ Cs/安定K	⁹⁰ Sr/安定Ca	¹²⁹ I/安定I
	Bq/gK	Bq/gK	Bq/gCa	Bq/gI
宮城県	1.1E-03	2.2E-02	-	3.7E-02
栃木県**	2.2E-03	4.3E-02	-	4.5E-03
愛知県*	2.4E-04	4.9E-03	-	8.8E-03
福島県浜通り	1.8E-02	3.7E-01	1.3E-01	8.9E-01
福島県中通り北部	8.2E-03	1.6E-01	6.5E-02	1.3E-01
福島県中通り中部	5.3E-03	1.1E-01	3.0E-02	2.0E-02
福島県会津地方**	2.7E-03	5.3E-02	3.2E-02	7.3E-03

* 愛知県の ¹³⁴Cs 及び ¹³⁷Cs の濃度の平均値は、¹³⁷Cs 濃度の検出下限値が使用されている。また ¹²⁹I 濃度の平均値は、一部に ¹²⁹I 濃度の検出下限値が使用されている。

** 栃木県及び福島県会津地方の ¹²⁹I 濃度の平均値は、一部に ¹²⁹I 濃度の検出下限値が使用されている。

表 11(1) 安定元素摂取量を用いた年間内部被ばく線量試算値(単位:mSv/y)
(男子 1-6 歳)

採取場所	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹²⁹ I	⁴⁰ K
	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y
宮城県	7.4E-06	1.1E-04	-	7.7E-07	3.3E-01
栃木県**	1.5E-05	2.2E-04	-	9.6E-08	3.3E-01
愛知県*	1.7E-06	2.5E-05	-	1.9E-07	3.3E-01
福島県浜通り	1.2E-04	1.8E-03	9.2E-04	1.9E-05	3.3E-01
福島県中通り北部	5.5E-05	8.2E-04	4.7E-04	2.8E-06	3.3E-01
福島県中通り中部	3.6E-05	5.3E-04	2.2E-04	4.3E-07	3.3E-01
福島県会津地方**	1.8E-05	2.7E-04	2.3E-04	1.5E-07	3.3E-01

* 愛知県の ¹³⁴Cs 及び ¹³⁷Cs の線量の試算は、¹³⁷Cs 濃度の検出下限値が使用されている。また ¹²⁹I 濃度の線量の試算は、一部に ¹²⁹I 濃度の検出下限値が使用されている。

** 栃木県及び福島県会津地方の ¹²⁹I 濃度の線量の試算は、一部に ¹²⁹I 濃度の検出下限値が使用されている。

表 11(2) 安定元素摂取量を用いた年間内部被ばく線量試算値(単位:mSv/y)
(女子 1-6 歳)

採取場所	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹²⁹ I	⁴⁰ K
	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y
宮城県	6.9E-06	1.0E-04	-	7.4E-07	3.1E-01
栃木県**	1.4E-05	2.0E-04	-	9.2E-08	3.1E-01
愛知県*	1.5E-06	2.3E-05	-	1.8E-07	3.1E-01
福島県浜通り	1.2E-04	1.7E-03	8.2E-04	1.8E-05	3.1E-01
福島県中通り北部	5.1E-05	7.6E-04	4.1E-04	2.7E-06	3.1E-01
福島県中通り中部	3.3E-05	4.9E-04	1.9E-04	4.1E-07	3.1E-01
福島県会津地方**	1.7E-05	2.5E-04	2.1E-04	1.5E-07	3.1E-01

* 愛知県の ¹³⁴Cs 及び ¹³⁷Cs の線量の試算は、¹³⁷Cs 濃度の検出下限値が使用されている。また ¹²⁹I 濃度の線量の試算は、一部に ¹²⁹I 濃度の検出下限値が使用されている

** 栃木県及び福島県会津地方の ¹²⁹I 濃度の線量の試算は、一部に ¹²⁹I 濃度の検出下限値が使用されている

表 11(3) 安定元素摂取量を用いた年間内部被ばく線量試算値(単位:mSv/y)
(男子 7-14 歳)

採取場所	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹²⁹ I	⁴⁰ K
	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y
宮城県	1.3E-05	1.9E-04	-	1.3E-06	3.4E-01
栃木県**	2.6E-05	3.7E-04	-	1.6E-07	3.4E-01
愛知県*	2.9E-06	4.2E-05	-	3.1E-07	3.4E-01
福島県浜通り	2.2E-04	3.1E-03	2.0E-03	3.1E-05	3.4E-01
福島県中通り北部	9.7E-05	1.4E-03	1.0E-03	4.7E-06	3.4E-01
福島県中通り中部	6.3E-05	9.0E-04	4.6E-04	7.1E-07	3.4E-01
福島県会津地方**	3.2E-05	4.6E-04	5.0E-04	2.5E-07	3.4E-01

* 愛知県の ¹³⁴Cs 及び ¹³⁷Cs の線量の試算は、¹³⁷Cs 濃度の検出下限値が使用されている。また ¹²⁹I 濃度の線量の試算は、一部に ¹²⁹I 濃度の検出下限値が使用されている。

** 栃木県及び福島県会津地方の ¹²⁹I 濃度の線量の試算は、一部に ¹²⁹I 濃度の検出下限値が使用されている。

表 11(4) 安定元素摂取量を用いた年間内部被ばく線量試算値(単位:mSv/y)
(女子 7-14 歳)

採取場所	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹²⁹ I	⁴⁰ K
	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y
宮城県	1.2E-05	1.7E-04	-	1.1E-06	3.0E-01
栃木県**	2.3E-05	3.3E-04	-	1.4E-07	3.0E-01
愛知県*	2.6E-06	3.8E-05	-	2.8E-07	3.0E-01
福島県浜通り	2.0E-04	2.8E-03	1.8E-03	2.8E-05	3.0E-01
福島県中通り北部	8.8E-05	1.2E-03	9.3E-04	4.2E-06	3.0E-01
福島県中通り中部	5.6E-05	8.1E-04	4.3E-04	6.4E-07	3.0E-01
福島県会津地方**	2.9E-05	4.1E-04	4.6E-04	2.3E-07	3.0E-01

* 愛知県の ¹³⁴Cs 及び ¹³⁷Cs の線量の試算は、¹³⁷Cs 濃度の検出下限値が使用されている。また ¹²⁹I 濃度の線量の試算は、一部に ¹²⁹I 濃度の検出下限値が使用されている。

** 栃木県及び福島県会津地方の ¹²⁹I 濃度の線量の試算は、一部に ¹²⁹I 濃度の検出下限値が使用されている。

表 11(5) 安定元素摂取量を用いた年間内部被ばく線量試算値(単位:mSv/y)
(男子 15-19 歳)

採取場所	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹²⁹ I	⁴⁰ K
	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y
宮城県	1.7E-05	2.4E-04	-	1.0E-06	1.9E-01
栃木県**	3.4E-05	4.7E-04	-	1.3E-07	1.9E-01
愛知県*	3.9E-06	5.3E-05	-	2.5E-07	1.9E-01
福島県浜通り	2.9E-04	4.0E-03	2.0E-03	2.5E-05	1.9E-01
福島県中通り北部	1.3E-04	1.8E-03	1.0E-03	3.8E-06	1.9E-01
福島県中通り中部	8.4E-05	1.1E-03	4.7E-04	5.7E-07	1.9E-01
福島県会津地方**	4.3E-05	5.8E-04	5.0E-04	2.0E-07	1.9E-01

* 愛知県の ¹³⁴Cs 及び ¹³⁷Cs の線量の試算は、¹³⁷Cs 濃度の検出下限値が使用されている。また ¹²⁹I 濃度の線量の試算は、一部に ¹²⁹I 濃度の検出下限値が使用されている。

** 栃木県及び福島県会津地方の ¹²⁹I 濃度の線量の試算は、一部に ¹²⁹I 濃度の検出下限値が使用されている。

表 11(6) 安定元素摂取量を用いた年間内部被ばく線量試算値(単位:mSv/y)
(女子 15-19 歳)

採取場所	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹²⁹ I	⁴⁰ K
	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y
宮城県	1.5E-05	2.0E-04	-	8.3E-07	1.6E-01
栃木県**	2.9E-05	3.9E-04	-	1.0E-07	1.6E-01
愛知県*	3.3E-06	4.5E-05	-	2.0E-07	1.6E-01
福島県浜通り	2.5E-04	3.3E-03	1.7E-03	2.0E-05	1.6E-01
福島県中通り北部	1.1E-04	1.5E-03	8.8E-04	3.1E-06	1.6E-01
福島県中通り中部	7.0E-05	9.6E-04	4.1E-04	4.6E-07	1.6E-01
福島県会津地方**	3.6E-05	4.9E-04	4.4E-04	1.6E-07	1.6E-01

* 愛知県の ¹³⁴Cs 及び ¹³⁷Cs の線量の試算は、¹³⁷Cs 濃度の検出下限値が使用されている。また ¹²⁹I 濃度の線量の試算は、一部に ¹²⁹I 濃度の検出下限値が使用されている。

** 栃木県及び福島県会津地方の ¹²⁹I 濃度の線量の試算は、一部に ¹²⁹I 濃度の検出下限値が使用されている。

表 11(7) 安定元素摂取量を用いた年間内部被ばく線量試算値(単位:mSv/y)
(男子 20 歳以上)

採取場所	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹²⁹ I	⁴⁰ K
	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y
宮城県	1.8E-05	2.5E-04	-	8.2E-07	1.6E-01
栃木県**	3.6E-05	4.9E-04	-	1.0E-07	1.6E-01
愛知県*	4.0E-06	5.5E-05	-	2.0E-07	1.6E-01
福島県浜通り	3.0E-04	4.2E-03	6.7E-04	2.0E-05	1.6E-01
福島県中通り北部	1.3E-04	1.8E-03	3.4E-04	3.0E-06	1.6E-01
福島県中通り中部	8.7E-05	1.2E-03	1.6E-04	4.6E-07	1.6E-01
福島県会津地方**	4.4E-05	6.0E-04	1.7E-04	1.6E-07	1.6E-01

* 愛知県の ¹³⁴Cs 及び ¹³⁷Cs の線量の試算は、¹³⁷Cs 濃度の検出下限値が使用されている。また ¹²⁹I 濃度の線量の試算は、一部に ¹²⁹I 濃度の検出下限値が使用されている。

** 栃木県及び福島県会津地方の ¹²⁹I 濃度の線量の試算は、一部に ¹²⁹I 濃度の検出下限値が使用されている。

表 11(8) 安定元素摂取量を用いた年間内部被ばく線量試算値(単位:mSv/y)
(女子 20 歳以上)

採取場所	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹²⁹ I	⁴⁰ K
	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y
宮城県	1.7E-05	2.3E-04	-	6.5E-07	1.6E-01
栃木県**	3.4E-05	4.6E-04	-	8.0E-08	1.6E-01
愛知県*	3.8E-06	5.2E-05	-	1.5E-07	1.6E-01
福島県浜通り	2.9E-04	3.9E-03	6.7E-04	1.6E-05	1.6E-01
福島県中通り北部	1.3E-04	1.7E-03	3.4E-04	2.4E-06	1.6E-01
福島県中通り中部	8.2E-05	1.1E-03	1.6E-04	3.6E-07	1.6E-01
福島県会津地方**	4.2E-05	5.7E-04	1.7E-04	1.3E-07	1.6E-01

* 愛知県の ¹³⁴Cs 及び ¹³⁷Cs の線量の試算は、¹³⁷Cs 濃度の検出下限値が使用されている。また ¹²⁹I 濃度の線量の試算は、一部に ¹²⁹I 濃度の検出下限値が使用されている。

** 栃木県及び福島県会津地方の ¹²⁹I 濃度の線量の試算は、一部に ¹²⁹I 濃度の検出下限値が使用されている。

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)

食品中放射性物質濃度等に関する知見の評価検討 分担研究報告

分担研究者 青野 辰雄 (量子科学技術研究開発機構)

分担研究者 明石 真言 (東京医療保健大学)

研究協力者 長谷川 慎 (量子科学技術研究開発機構)

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基準値等に関する基礎的な資料を作成する作業の一環として、ロシア、ウクライナ及びベラルーシにおける食品中の放射性物質の濃度レベルや規制の設定変更の根拠についてまとめることを目的に、ロシア(ソビエト社会主義共和国連邦も含む)、ウクライナ及びベラルーシにおけるチェルノブイリ事故後に実施された防護措置の中で、1986年から2016年まで食品中の放射性物質濃度レベルの変遷とその根拠について、ロシア語、ウクライナ語、ベラルーシ語を含む資料を中心にまとめた。この事故については、IAEAの報告においても記載されているように、当時の時代と社会背景もあり、規制の設定根拠について詳細な解説は見当たらなかった。また許容量については多くの論文が文献の孫引きになっており、学術的な裏付けを調査するためには、国際機関の関与による調査を解析する事が重要と考えられる。

2011年以降の中国、台湾及び韓国における食品中の放射性物質の濃度レベルや規制の設定変更の根拠についてまとめることを目的に、収集した資料を中心にまとめた。食品中の放射性核種濃度の制限値や食品カテゴリーについては、それぞれの国や地域の制限値よりも日本のものが低く、安全という理由で、日本の食品中の放射性物質の基準値に合わせたことが考えられる。今後、日本の基準値の運用による検証作業について、国内の取り組みを国外にアピールする必要があると考えられる。さらに放射性物質の基準値導出時における汚染食品の割合に関する情報の収集を行い、とりまとめを行った。また東京電力福島第一原子力発電所(FDNPS)事故時、トリチウムは大量の放出が確認されていないために、食品の基準値策定時には、対象核種ではなかった。FDNPS事故から10年が経過し、施設内に保管されている汚染水の取扱いやこの汚染水に含まれる高濃度トリチウムの影響に関する議論が行われている。そのため、トリチウムは食品の基準値の対象核種でないものの、風評被害や不安の払拭のために、情報や知見も取りまとめる必要があると考えられ、とりまとめを行った。

A. 研究目的

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等に関する基礎的な資料を作成する作業の一環として、平成30年度はロシア、ウクライナ及びベラルーシにおける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に、ロシア(ソビエト社会主義共和国連邦も含む)、ウクライナ及びベラルーシにおけるチェルノブイリ事故後に実施された防護措置の中で、1986年から2016年までの食品中の放射性物質濃度レベルの変遷や規制の設定変更の根拠について、取りまとめを行った。令和元年度は、2011年以降の中国、台湾及び韓国における食品中の放射性物質の濃度レベルや規制の設定変更の根拠について調査することを目的とした。令和元年度は、放射性物質の基準値導出時における汚染食品の割合に関する情報の収集を行い、取りまとめを行った。また東京電力福島第一原子力発電所(FDNPS)事故時、トリチウムは大量の放出が確認されていないために、食品の基準値策定時には、対象核種ではなかった。FDNPS事故から10年が経過し、施設内に保管されている汚染水の取扱いやこの汚染水に含まれる高濃度トリチウムの影響に関する議論が行われている。そのため、トリチウムは食品の基準値の対象核種でないものの、風評被害や不安の払拭のために、情報や知見も取りまとめる必要があると考えられ、取りまとめを行った。

B. 研究方法

1. ロシア、ウクライナおよびベラルーシにおける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

ロシア(ソビエト社会主義共和国連邦も含む)、ウクライナおよびベラルーシにおけるチェルノブイリ事故後に実施された防護措置の中で、1986年から2016年まで食品中の放射性物質濃度レベルの変遷や規制の設定変更の根拠について、ロシア語、ウクライナ語、

ベラルーシ語を含む下記10編の資料を中心に、内容をとりまとめた。

2. 2011年以降の中国、台湾及び韓国における食品中の放射性物質の濃度レベルや規制の設定変更の根拠について

公表されている情報を、インターネット等を利用して、資料の収集を行った。

3. 放射性物質の基準値導出時における汚染食品の割合に関する情報の収集

公表されている情報を、インターネット等を利用して、資料の収集を行った。

C. 研究成果

1. ロシア、ウクライナ及びベラルーシにおける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

調査対象資料を整理・解析し、資料-1にまとめたが、チェルノブイリ事故については、IAEAの報告においても記載されているように、当時の時代と社会背景もあり、規制の設定根拠について詳細な解説は見当たらなかった。

2. 2011年以降の中国、台湾及び韓国における食品中の放射性物質の濃度レベルや規制の設定変更の根拠について

2.1 中華人民共和国について

2016年4月にXU Jin-Longらが、Journal of Food Safety and Quality (Vol.7, 1731-1738)に発表した論文“Comparison of radionuclides limitation in food of different countries (各国食品中放射性元素制限量の比較)”の要約を資料-1にまとめた。福島原発事故後の日本の対応、国際コーデックス委員会の指導基準、中国の食品汚染放射性核種の制限、EU 関連、米国関連や日本の

規制値や基準値についてまとめている。その中で、「中国の国家標準には、15 種類の放射性核種、3 つの標準、及び 66 の指標が含まれている。関係する基準は次のとおりである。GB19298-2014「ボトル(樽)の飲料水の基準」、GB8537-2008「天然ミネラルウォーターの飲用」、GB14882-1994「食品中の放射性物質の制限濃度基準」。食品中の放射性核種の最大残留限度に関する業界標準には、CJ 94-2005「飲料水品質の決定」、飲料水中の総ベータ放射能及び総アルファ放射能のみに関する標準が 1 つしかない。3 つの国家標準は、飲料水中の放射性核種の最大残留限度に特化したものである。3 つの国家標準に含まれる核種の名前と核種における 66 の指標の分布を表 2 に示す GB14882-1994「食品中放射性物質制限濃度標準」は、主要食品中の 12 の放射性物質の誘導限界濃度を規定しており、さまざまな食品、ジャガイモ、野菜、果物、魚、エビ、生乳に適用される。12 個の放射性物質のうち、トリチウム(^3H)、ストロンチウム-89 (^{89}Sr)、ストロンチウム-90 (^{90}Sr)、ヨウ素-131 (^{131}I)、セシウム-137 (^{137}Cs)、プロメチウム-147 (^{147}Pm)、プルトニウム-239 (^{239}Pu) の 7 種類の人工放射性核種と、ポロニウム-210 (^{210}Po)、ラジウム-226 (^{226}Ra)、ラジウム-228 (^{228}Ra)、天然ストロンチウム、天然ウランの 5 種類の天然放射性核種がある。この基準は、5 mSv を超えない食事摂取の年間公衆線量に基づいている。」と記載されている。

文中の GB14882-1994「食品中放射性物質制限濃度標準」を資料-2 に示した。1994 年 2 月 22 日に批准され、1994 年 9 月 1 日から実施されたものである。食品は、穀類、芋類、野菜・果物、肉・魚・甲殻類、生乳の 5 群で、7 核種について、核種毎に標準制限濃度を提示した。制限濃度は、年間摂取制限量を中国における最も多く飲食する人の 1 日の平均食用量から 1 年分を計算したものである。その後、GB14882-201X 「食品安全国家标准 食品中放射性物質制限濃度」が 2013 年以降に公開されているが、交付日と実施日は不明であ

る。資料-3 に概要を示した。資料-1 の論文は 2016 年に刊行されているが、これについて明記されていない。前言で、GB 14882-94 の更新で、名称の変更などが記載されている。2011 年の福島原発事故による影響を意識した内容が 3 適用原則に記載されている。食品カテゴリーは、「乳幼児食品と牛乳」と「その他の食品」の 2 つになり、放射性核種は 4 グループに分類されている。

2.2 中華民国(台湾)について

台湾衛生福利部は、2013 年 8 月 20 日に「食品中の放射性降下物或いは放射能汚染の安全基準値」(資料-4)を公告し、2016 年 1 月 18 日に改正した「食品中の放射性降下物或いは放射能汚染の基準値」(資料-5)を公告した。この「食品中の放射性降下物或いは放射能汚染の安全基準値」に関する改正案の説明は、現在「食品中の放射性降下物或いは放射能汚染の安全基準値」の規制限度値は、初期にソビエト連邦チェルノブイリ原子力発電所事故が発生した後に設けたものであり、その後、国際間において放射能汚染に対するリスク評価のパラメータ及び管理原則等が修正されたため、国際上の最新の管理及びリスク評価原則を参酌し、食品安全衛生管理法(以下「食安法」とする)第 15 条第 2 項規定に基づき、食品中の放射性降下物或いは放射能汚染の安全基準値(以下「本基準」とする)を改正する。改正の要点は以下の通り。

- 一 本基準の名称を「食品中の放射性降下物或いは放射能汚染の基準値」に変更する。
- 二 「乳及び乳製品」及び「ベビーフード」の $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ の限度値を改正する。
- 三 「その他食品」の ^{131}I 及び $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ の限度値を改正する。
- 四 「飲料及び飲料水」のカテゴリを追加し、 ^{131}I 及び $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ の限度値を設定する。
- 五 備考欄にて本基準の適用時期及び「その他食品」カテゴリの基準の適用範囲を説明する。

とされている。

また「食品中の放射性降下物或いは放射能汚染の基準値」の適用に関する Q&A(資料-6)において、基準値の根拠が記載されている。そこには、「我が国(ママ)本土の飲食習慣、国民の摂取量及び管理ニーズを参酌し、同時に CODEX、EU、米国、カナダ及び日本等の先進国の管理の現況を参考とし、総合的に評価した上で提議されたものである。当該案は2回の食品衛生安全及び栄養審議会委員及び行政院原子能委員会、核能研究所、放射性物質測定センターも含め、台湾の小児科医学会等の専門学識者の審査を経て予告公告したものであり、予告公告期間において各界の意見を募集し、改めてこれを参酌し修正して正式に公告される。」とある。つまり「日本等の先進国の管理の現況を参考」と記載されており、国民の食品年間摂取量や標準制限濃度など科学的根拠を基に計算されたものでないことが明らかとなった。

2.3 大韓民国(韓国)

2011年9月に改定された大韓民国食品基準(Korea Food Code)では、全食品の最大放射能濃度制限は、放射性 Cs が 370Bq/kg とされていた。線量限度は 1mSv/年とされているが、根拠となる計算式に関する資料¹⁾は見当たらなかった。

韓国政府は、2012年5月15日に「日本産水産物への新たな安全管理」を公表した²⁾。放射性物質検査証明書の提出が必要な地域が、北海道など7道県が加わり15都道県に増えたほか、日本側に対して1キロ当たり0.7ベクレル以下(従来は10ベクレル以下)の数値まで検出できる機器で検査するよう義務付けた。

2013年9月6日に「福島県を含む日本の8県(福島、茨城、群馬、宮城、岩手、栃木、千葉、青森)の全水産物に対して輸入を禁止する特別措置を決めた。」と発表した。その内容は、今回の措置の背景として以

下の3点を挙げ、(1)福島第1原発事故現場から毎日数百トンの放射性物質を多量に含んだ汚染水が海に流出しているとの報道に対し、国民の懸念が非常に高まっている、(2)今後も汚染水問題の処理には不確かさが残っている、(3)日本政府が今まで韓国政府に提供した資料だけでは今後の事態を正確に予測することが難しい。そして、日本政府に汚染水の流出状況などについての迅速かつ正確な情報を提供することを再び要請したと発表した。これは、農産物、加工食品に対しては既に適用している措置で、水産物と畜産物にも適用範囲を広げたものである。この措置が実行されると、基準値を下回る放射性 Cs が検出されたとしても、放射性 Sr、Pu 同位体などの追加検査は現実的には難しく、該当する商品の輸入は事実上困難となる。一方、韓国政府は国内産食品に対する放射能検査基準も、現在適用している放射性 Cs 基準(1kg 当たり 370Bq) を日本産食品適用基準の同 100 Bq/kg に強化することにした。これまでは日本政府が出荷制限を決めた水産物に対して輸入を禁止してきたが、今回の韓国政府の措置で、指定された8県の水産物は全て韓国内流通が禁止される。また、通関時に放射性物質が微量でも検出されたものは事実上輸入ができなくなる。」とある³⁾。なお、この韓国政府は国内産食品に対する放射能検査基準を日本産食品適用基準の同 100 Bq/kg に強化することにしたのは、2013年9月9日と報告されている⁴⁾。

3. 放射性物質の基準値導出時における汚染食品の割合に関する情報の収集

3.1 基準値導出時における汚染食品の割合

食品中の放射性物質の量に係る基準等を考慮する上で、食品摂取量や輸入食品の割合に関する情報が重要なために、資料-1 に EU における食品中の放射性物質に係る規制について、資料-2 に CODEX における誘導レベルの計算方法について、まとめた。

3.2 トリチウムに関する知見

FDNPS 事故時、トリチウムは大量の放出が確認されていないために、食品の基準値策定時には、対象核種ではなかった。事故から10年が経過し、施設内に保管されている汚染水の取扱い、この汚染水に含まれる高濃度トリチウムの取扱いやその影響に関する議論が行われている。トリチウムは食品の基準値の対象核種でないものの、風評被害や不安の払拭のために、関連する文献を資料-3 にまとめた。

4. 考察

4.1 ロシア、ウクライナ及びベラルーシにおける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

ロシア(ソビエト社会主義共和国連邦も含む)、ウクライナ及びベラルーシにおける規制値や基準値(許容量)に関する多くの論文が、文献の孫引きになっている事がわかった。また、チェルノブイリ事故の関係諸国は、社会制度的に、法律を決定するための審議会や研究会報告書などが公開されていないと考えられる。そのため学術的な裏付けを調査するためには、国際機関の関与による調査を解析する事が重要と考える。なお、放射性物質の基準値について記載された日本語・英語などの資料において、基準値の変更の年にずれがあった。これは、元の資料がロシア語、ウクライナ語、ベラルーシ語という言語の壁があるため「決定日」「改正日」「施行日」のいずれの日の区別が明確に出来ていないことが一因と思われる。

4.2 2011年以降の中国、台湾及び韓国における食品中の放射性物質の濃度レベルや規制の設定変更の根拠について

外国や地域の食品中の放射性核種濃度の制限値や規制値は、日本の食品中の放射性物質の基準値に変

更されていた。一方で考え方等に関する情報(食品摂取量等)やマーケットバスケット方などによる検証の実施の有無に関する情報も見当たらなかった。

4.3 放射性物質の基準値導出時における汚染食品の割合に関する情報の収集

E. 結論

4.1 ロシア、ウクライナ及びベラルーシにおける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
IAEAの報告書においては、1986年のセシウムの規制は、常時摂取する食品に対して、介入レベルを適用しない厳しいものであり、その結果、栄養の偏り、経済損出を起こしたという International Chernobyl Project の調査結果を引用している。チェルノブイリ事故後の対策や教訓を調査した各種のプロジェクトに関する知見を得るためには、改めて各種資料を精査する必要があると考えられる。

4.2 2011年以降の中国、台湾及び韓国における食品中の放射性物質の濃度レベルや規制の設定変更の根拠について

食品中の放射性核種濃度の制限値や食品カテゴリーについては、自国の制限値よりも日本が低く、安全という理由で日本の食品中の放射性物質の基準値に合わせたことが考えられる。今後、新たな値の運用による検証作業について、国内の取り組みを国外にアピールする必要があると考えられる。

4.3 放射性物質の基準値導出時における汚染食品の割合に関する情報の収集

基準値導出時における汚染食品の割合の割合に関しては、食品中の放射性物質の量に係る基準の計算方法に関する考え方については、関係資料から取りまとめることができた。一方で、食品のカテゴリーや消費量

に関する情報は食品項目や地域等の要因で差があることから安全側に設定されていたが、汚染食品の割合に関する根拠については明確なものがなかった。

トリチウムに関する知見に関しては、原子力施設から廃棄及び放出される放射性廃棄物に関しては、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律(原子炉等規制法)」により周辺監視区域外の放射性核種の限度濃度が定められている。しかし、環境放射能水準調査等で実施されているモニタリングにおける環境におけるトリチウム濃度レベルに対して、放射性核種の限度濃度が高いために不安が生じている。一方でトリチウムは宇宙線により生成されるものでもある。放射線リスクも含め正確に情報を発信する必要がある。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 日本産水産物の輸入規制を強化(6 月 5 日)、JETRO ビジネス短信、4fcd5ad44e9d0、2012.
- 3) 福島など 8 県産の水産物を輸入禁止(9 月 9 日)、JETRO ビジネス短信 522d27ec95e70、2013.
- 4) 日本産水産物輸入禁止措置、WTO 協定違反とした第一審の判断が上級委で取り消し(4 月 15 日)、JETRO ビジネス短信 ef9f3cc907d98d3e、2019.

F. 健康危険情報

なし

G. 研究業績

1. Tatsuo Aono (2018) Lecture: Effects of Fukushima Daiichi NPP accident on

foodstuffs, Supporting Regional Nuclear Emergency Preparedness and Response in the Member States of ASEAN Region (Chiba)

2. Tatsuo Aono (2019)、Lessons learned from TEPCO Fukushima NPP accident 2, QST-KIRAMS Training Course on Radiation Emergency Medicine for Korean Medical Professionals (Chiba).

H. 知的財産の出願・登録情報

なし

「食品中放射性物質濃度等に関する知見の評価検討」に関する資料集
平成 30 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
令和元年度 分担研究

2020 年 3 月

食品中の放射性物質濃度の規制と管理レベルに関する調査

1. 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基準値等に関する基礎的な資料を作成する作業の一環として、ロシア、ウクライナ及びベラルーシにおける食品中の放射性物質の濃度レベルや規制の設定変更の根拠について、まとめることを目的とする。

2. 内容

暫定許容濃度(TAL)や共和国管理レベル(RCL)の濃度がどのような前提で作成されたかを把握することを目的に、関連文献を収集・読み込み調査した。

ロシア(ソビエト社会主義共和国連邦も含む)、ウクライナ及びベラルーシにおけるチェルノブイリ事故後に実施された防護措置の中で、1986年から2016年まで食品中の放射性物質濃度レベルの変遷とその根拠について、4章の文書から内容をとりまとめた。

3. 調査文献

下記の文献より情報を収集した。

- ① USSR Ministry of Health 1986 Temporary Permissible Content of Radioactive Iodine (131I) in Drinking Water and Food Products for the Period of Accident Clean-Up Operations (TPL-86-131I).
- ② USSR Ministry of Health 1986 Temporary Permissible Levels for Radioactive Substances Contained in Food Products, Drinking Water and Medical Herbs (TPL-86-Gross Beta Activity).
- ③ USSR Ministry of Health 1988 Temporary Permissible Levels for Content of Caesium-134 and Caesium-137 in Food Products and Drinking Water (TPL-88).
- ④ USSR Ministry of Health 1991 Temporary Permissible Levels of the Content of Caesium Radionuclides and Strontium-90 in Food Products and Drinking Water Established Due to the Accident on the Chernobyl NPP (TPL-91).
- ⑤ IAEA, 2001, "Present and Future Environmental Impact of the Chernobyl Accident," IAEA-TECDOC-1240.
- ⑥ Ministry of Health of the Republic of Belarus 1999 Hygienic Standards (Republican Permissible Levels of the Content of Caesium-137 and Strontium-90 Radionuclides in Food Products and Drinking Water (RPL-99)). GN Nr 10-117-99.
- ⑦ State Committee of the Russian Federation for Sanitary Inspection 2001 Hygienic Requirements for the Safety and Nutritional Value of Food SanPiN 2.3.2.1078-01.
- ⑧ State Hygienic Standards 2006 Permissible Levels of the Content of 137Cs and 90Sr in Food Products and Drinking Water (PL-2006). HN 6.6.1.1-130-2006, Official Gazette of Ukraine No29 142.
- ⑨ Shandala N K, Titov A V and Metlyaev E G 2016 Emergency limitation of radionuclide concentrations in foodstuffs: from temporary permissible levels to normal practice Medical Radiology and Radiation Safety 61 98-102.

- ⑩ Eurasian Economic Commission 2010 Uniform Sanitary Epidemiological and Hygienic Requirements for the Goods Subject to Sanitary and Epidemiological Supervision. Section 1. Safety Requirements and Requirements for Nutritional Value of Foodstuff.

4. 文献の概要

調査対象文献を入手し、そのうちロシア語、ウクライナ語のものについては、必要箇所を翻訳し、内容の解析をした。

各文献の概要を以下に示す。

①～④は、ソ連において定められた、食品中の放射性ヨウ素、セシウム、ストロンチウムの暫定許容量値についての法令である。

- ① USSR Ministry of Health 1986 Temporary Permissible Content of Radioactive Iodine (^{131}I) in Drinking Water and Food Products for the Period of Accident Clean-Up Operations (TPL-86-131I)

言語：ロシア語

ソビエト社会主義共和国連邦(ソ連)1986年に制定された、飲料水および食品中 ^{131}I の暫定規制値である。

暫定値の根拠として、「1ヶ月に許容される甲状腺の総被ばく線量（成人については ^{131}I 以外のヨウ素の放射性核種からの線量を考慮に入れず 30 rasd）を念頭において算出された。」と注記がある。

② USSR Ministry of Health 1986 Temporary Permissible Levels for Radioactive Substances Contained in Food Products, Drinking Water and Medical Herbs (TPL-86-Gross Beta Activity)

言語：ロシア語

ソ連で、1986年8月1日に施行された食品、飲料水、薬草中の放射性物質の含有量の暫定許容値（全β放射能）の一覧表である。

③ USSR Ministry of Health 1988 Temporary Permissible Levels for Content of Caesium-134 and Caesium-137 in Food Products and Drinking Water (TPL-88)

言語：ロシア語

ソ連で施行された1987年12月15日付けの¹³⁴Csと¹³⁷Csの合計含有量の暫定許容値（VDU-88）の一覧表である。

表1に記載されていない食料、食品および食品添加物については、放射性物質の含有量に関する基準は定められず、放射線検査を行う必要はないとしている。

表1 食品および飲料水中の放射性核種セシウム134とセシウム137の合計含有量の暫定許容値（VDU-88）（1986年5月30日付VDU No.129-252に代わる）

番号	品目	(Ci/L, Ci/kg)
1	飲料水	$5 \cdot 10^{-10}$
2	牛乳、乳製品、スメタナ、カッテージチーズ、チーズ	$1 \cdot 10^{-8}$
3	バター、練乳	$3 \cdot 10^{-8}$
4	粉乳	$5 \cdot 10^{-8}$
5	肉（豚、羊）、鶏肉、魚、卵（冷凍混合卵）、肉・魚製品	$5 \cdot 10^{-8}$
6	牛肉	$8 \cdot 10^{-8}$
7	植物・動物性油脂、マーガリン	$1 \cdot 10^{-8}$
8	ジャガイモ、根菜、野菜、葉野菜、果実、ベリー類	$2 \cdot 10^{-8}$
9	パン・パン製品、穀粒、穀粉、砂糖	$1 \cdot 10^{-8}$
10	野菜・果実の缶・瓶詰め、ジュース、プリザーブ、ジャム、ジェリー、ハチミツ	$2 \cdot 10^{-8}$
11	子ども用食品（全ての種類）	$1 \cdot 10^{-8}$
12	キノコ、野生の生鮮ベリー類	$5 \cdot 10^{-8}$
13	乾燥キノコ、ドライフルーツ	$3 \cdot 10^{-7}$

④ USSR Ministry of Health 1991 Temporary Permissible Levels of the Content of Caesium Radionuclides and Strontium-90 in Food Products and Drinking Water Established Due to the Accident on the Chernobyl NPP (TPL-91)

言語：ロシア語

ソ連で 1991 年 1 月 22 日に施行されたセシウム¹³⁷の放射性核種と ⁹⁰Sr の含有量の暫定許容値(VDU-91)の一覧である。

連邦内の各共和国が、食品および飲料中の放射性核種の含有量の検査基準を定める権利を有するとしている。その際に、検査基準は VDU-91 の数値を超過してはならない。検査基準は、実際の放射線状況および共和国全体または特定の地域の経済的な可能性に基づき定められる。

また、

- ・ 汚染地域で生産された食品による子ども用食品の製造は推奨されない。
- ・ セシウムに関する暫定許容値を遵守すれば、原則として、⁹⁰Sr に関する暫定許容値の遵守も確保される。

ことが記載されている。

⑤ IAEA, 2001, “Present and Future Environmental Impact of the Chernobyl Accident,” IAEA-TECDOC-1240

言語：英語

国際原子力機関(International Atomic Energy Agency : IAEA)によるチェルノブイリ事故のインパクトについて、環境汚染状況、内部被曝・外部被曝の程度やその原因、食品の放射線レベル、農業対策、安全確保のための防御策、将来にわたる被曝の予想などについて、経済的、社会的背景も含めて解析したものである。

⑥ Ministry of Health of the Republic of Belarus 1999 Hygienic Standards <Republican Permissible Levels of the Content of Caesium-137 and Strontium-90 Radionuclides in Food Products and Drinking Water (RPL-99)> . GN Nr 10-117-99

言語：ロシア語(ベラルーシ共和国政府発行)

1999 年 4 月 26 日付け第 16 号ベラルーシ共和国主任国家衛生医師命令「食料品と飲料水に含まれる放射性物質に関する共和国向け許容レベル (RDU-99) の導入についての解説文書である。

この改訂は、ロシア連邦で適用されている規準に近づけるために提案されたものであるという説明がついている。

つまり、

ロシアの基準は、¹³⁷Cs の含有量は、ミルクで 50Bq/l、牛肉で 160Bq/kg であり、それに対して、この時点で、ベラルーシは、ミルクで 100Bq/l、牛肉で 500Bq/kg であるためという。

⑦ State Committee of the Russian Federation for Sanitary Inspection 2001 Hygienic Requirements for the Safety and Nutritional Value of Food SanPiN 2.3.2.1078-01

言語：ロシア語

2012 年から施行された衛生・防疫規則規準「食料品の安全性と栄養価に関する衛生規準／衛生規則規準第 2.3.2.1078-01 号」である。これは、食品の安全を保つために

必要な放射性物質の量や、残存農薬、化学物質汚染、微生物汚染に関する規制値、食品の栄養価指標などが一覧表となっているものである。

放射性物質に関しては、3.20 項に「食料品においては、放射性物質の含有量に関する衛生規準を管理する。」として以下が記載されている。

¹³⁷Cs と ⁹⁰Sr が関連する食料品の放射線安全は、本衛生規準によって定められた、放射性物質の比放射能の許容レベルを目安として判断する。食料品が放射線安全の基準を満たしているかどうかは、試料中の ¹³⁷Cs と ⁹⁰Sr の比放射能の測定結果をもとに数値を算出する適合指標 B 式を用いて判断する。

$$B = (A/H) {}^{90}\text{Sr} + {}^{137}\text{Cs}$$

A は、食料品中の ⁹⁰Sr と ¹³⁷Cs の比放射能の計測値 (Bq/kg) であり、H は当該食料品における ⁹⁰Sr と ¹³⁷Cs の比放射能の許容レベル (Bq/kg) である。

これ以外の放射性物質により汚染された食料品の放射線安全については、放射線安全基準に関する衛生規則を目安に判断する。

- ⑧ State Hygienic Standards 2006 Permissible Levels of the Content of ^{137}Cs and ^{90}Sr in Food Products and Drinking Water (PL-2006). HN 6.6.1.1-130-2006, Official Gazette of Ukraine No29 142.

言語：ウクライナ語

ウクライナ共和国の2006年(2008年の修正を含む)衛生防疫規準「食料品と飲料水に含まれる ^{137}Cs と ^{90}Sr の許容含有レベル」である。

許容量を管理するにあたり、放射性物質の測定結果の評価方法などがまとめられている。

- ⑨ Shandala N K, Titov A V and Metlyaev E G 2016 Emergency limitation of radionuclide concentrations in foodstuffs: from temporary permissible levels to normal practice Medical Radiology and Radiation Safety 61 98-102

言語：ロシア語

チェルノブイリ事故から現在に至る食品安全を確保するために、生鮮食品や食料品中の放射性物質管理政策に関してまとめた論文である。

基準の推移とその時の根拠や食品中の放射性物質の検査について概説されている。基準の根拠の詳細については以降の6.2項に記載する。

- ⑩ Eurasian Economic Commission 2010 Uniform Sanitary Epidemiological and Hygienic Requirements for the Goods Subject to Sanitary and Epidemiological Supervision. Section 1. Safety Requirements and Requirements for Nutritional Value of Foodstuff

言語：ロシア語

ユーラシア経済連合(Eurasian Economic Commission, 加盟国：ロシア、ベラルーシ、カザフスタン、アルメニア、キルギス)における衛生・疫学管理のため統一要件である。

この中で、セクション1が食品の安全要件であり、食品添加物、残存農薬や食品汚染、食品用容器包装、食品の表示、栄養成分についてなど、幅広く規定されている。

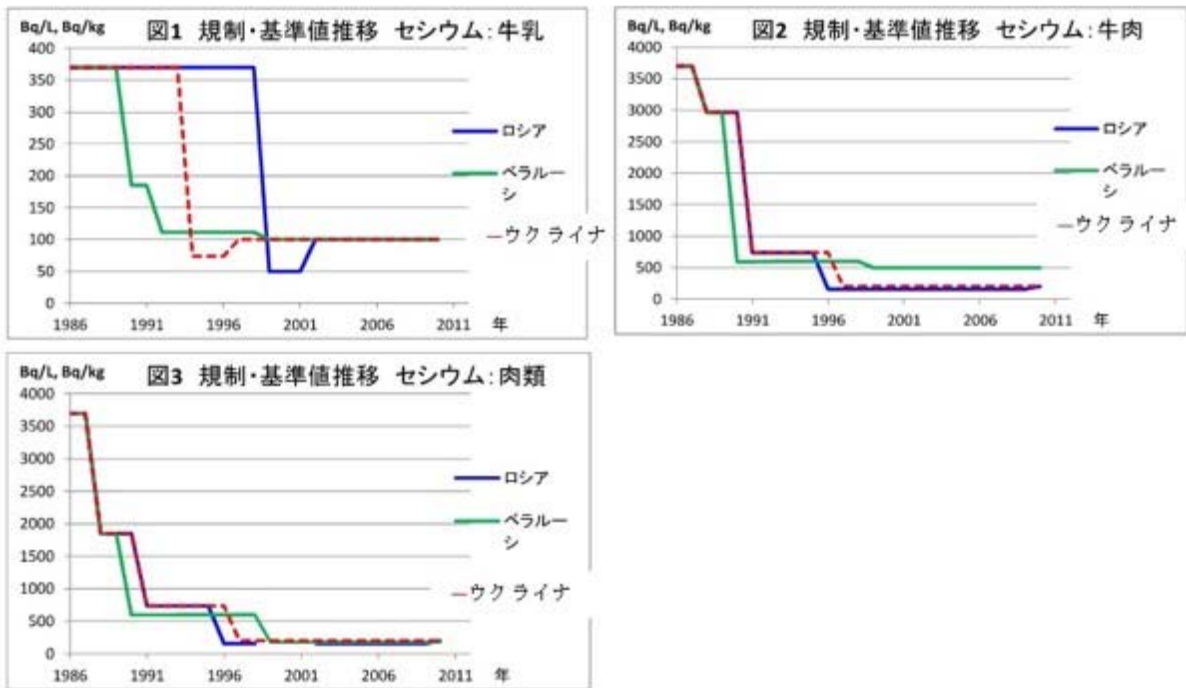
放射性物質については、食品別の許容基準が表3に記載されている。

図1～図3に示す。

6.2 食品中の放射性物質規制の変遷

チェルノブイリ原発事故以後の、ソ連/ロシア、ウクライナ、ベラルーシの食品中の放射性物質の規制値変遷に関して、収集した文献から整理し、セシウム(^{137}Cs , ^{134}Cs)とストロンチウム(^{90}Sr)について図1～図3に示す。

ここでは、主に、今回の解析対象文献からの数値をピックアップした。しかし、許容基準が発表されている規制資料には、根拠が記載されていなかったため、いくつかの論文なども確認した。その中で、数値と施行した年に関する記述には、文献によってズレがみうけられた。これは、ソ連/ロシア、ウクライナ、ベラルーシの食品中の放射性物質の管理が、調査対象文献7のリストのように、細かい食品区分により定められているため、論文の中でどの食品をひとまとめにしたかによって、数値のズレが出たものと推察される。また、施行年の違いについては、元の資料がロシア語、ウクライナ語、ベラルーシ語という言語の壁があることから、「決定日」「改正日」「施行日」のいずれの日の区別が明確に出来ていないためと思われる。許容値の推移を正確に確認するには、ソ連/ロシア、ウクライナ、ベラルーシ各国の法律の原報にあたる必要があると思われる。



チェルノブイリ事故直後の規制は、甲状腺被曝を抑制するために策定され、1ヶ月に許容される甲状腺被曝を、30rad(0.3 Gy)として算出されたものである¹。

この文献⑨によると、許容値の変更の理由は以下であり、当初は内部被曝を可能な限り低減する事を目的として、策定されている。

文献⑨の内容

事故直後は、¹³¹I を考慮し、子供の集団給食は大人の 1/10 として策定している。¹³¹I は事故直後の短期間のものであり、続いて、半減期の長い半減期の長い放射性核種 ¹³⁴Cs、¹³⁷Cs および ⁹⁰Sr の許容値基準が設定されている。

セシウム同位体による内部被曝の割り当て 5 rem/年(50mSv/年)に基づき、1986 年に設定され、1993 年には予想される実効線量の割り当て 5mSv/年をもとに、許容値が変更された。

さらに、Shandala らによると、食品ごとの許容値は、国民が摂取している食糧構成を考慮し、さらに、国民の経済活動が考慮され、1996 年の改訂では、農業従事者保護を目的として、牛乳の許容量はゆるく設定されている。ただし、1mSv/年を超過しないために、他の食品の許容量を厳しく設定している。

続いて変更された 1999 年には、子供の区分が追加され、1mSv/年を超過しないために、許容値を算定するために使用される線量係数を厳しいものとしている。

放射性物質の土壌から作物への移行に関する研究や、食品加工による放射性物質の低減などの研究をもとに新たな許容値に改訂されているという。

IAEA の報告書²5.3.6 項(92 ページ～)によると、下記のように、実際の放射性物質の量から、許容値を変更している。

文献⑤ IAEA, 2001 の内容

ベラルーシでは、1990 年から 1992 年にかけて、食品中の放射性物質量が許容レベルであったことから、内部被曝による年間線量は 1.7mSv 以下であった。例えば、牛乳および乳製品中の放射性セシウム濃度は 185 Bq/L を超えることはなかった。そのため、より厳しい基準が採用された。

許容量を改訂するために、農場、食品産業界、店舗、市場における食品汚染の定期

¹ 文献⑨Shandala, N. K., Titov, A. V. and Metlyaev, E. G, Emergency limitation of radionuclide concentrations in foodstuffs: from temporary permissible levels to normal practice, Medical Radiology and Radiation Safety, 2016,61 p98–102.

² 文献⑤IAEA, 2001, “Present and Future Environmental Impact of the Chernobyl Accident,” IAEA-TECDOC-1240

的モニタリングを実施してきた。

1回の分娩で汚染された牛乳が検出された時に、その地域の牛乳が汚染されているという取扱い制限を受け、これにより、経済的損失ばかりではなく、食事の栄養的な偏りを生じさせる問題が発生している。

IAEA の報告書² 6.4 項(109 ページ～)によると、チェルノブイリ事故地域(CIS : Commonwealth of Independent States)では、生涯線量 75mSv および 300mSv に相当する 5mSv および 20mSv/年を基準としている。CIS における食品の許容量は、¹³⁷Cs で数 10 ～数 100Bq/kg であり、これは一般的な国際的に推奨されている値より低い値である。

家畜の汚染は、屠殺前を放射性物質が低い清潔な飼料を与える事で改善し、農作物は、製粉など食品を加工することによって放射性物質の低減化が可能となっている。このようにして、食品の制限により生じた、経済的、栄養的な課題は、農業対策などの技術によって改善できるとしている。

以上

「食品中放射性物質濃度等に関する知見の評価検討」に関する資料集
令和元年度

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
令和元年度 分担研究

2020年3月

「食品中放射性物質濃度等に関する知見の評価検討」に関する資料集
令和元年度

資料リスト

- 資料-1 論文「各国食品中放射性元素制限量の比較」
- 資料-2 GB14882-1994 「食品中放射性物質制限濃度標準」
- 資料-3 GB14882-201X 「食品安全国家標準 食品中放射性物質制限濃度」(201X 年)
- 資料-4 Standards for the Safety Tolerance of Atomic Dust and Radioactivity Contamination in Foods
- 資料-5 Standards for the Tolerance of Atomic Dust and Radioactivity Contamination in Foods
- 資料-6 食品中の放射性降下物或いは放射能汚染の基準値の適用に係る Q&A

資料-1 論文「各国食品中放射性元素制限量の比較」の要約

(http://www.chinafoodj.com/ch/reader/create_pdf.aspx?file_no=20160302001&year_id=2016&quarter_id=4&falg=1、2020年3月アクセス)

Journal of Food Safety and Quality, Vol.7 No.4, 1731-1738, Apr., 2016

Comparison of radionuclides limitation in food of different countries

XU Jin-Long^{1*}, HUANG Wu¹, SUN Liang-Juan¹, XI Xing-Lin²

ABSTRACT: Radionuclides can transfer to human body through food, which could be harmful to human body. Therefore, the international Codex Alimentarius Commission (CAC) formulated the radionuclides limitation requirements, and different countries also developed targeted national standards according to their national conditions, with different limitation requirements in different time. By introducing the radionuclides limitation requirements in food of the international CAC, China, Japan, the United States, the European Union and other countries, especially emergency limitation requirements, this paper compared different radionuclides limitation requirements in food of different countries, interpreted the overall significance to each country of present guidance from the international CAC, and partly elaborated the reason why there were such obvious differences among the requirements. Each country's radionuclides limitation requirements in food are very good protection to citizens' radiological safety of trading nations.

KEY WORDS: radionuclide; food; limitation requirements

1. はじめに

食物には広範囲の放射性核種があり、自然要因の源もあります。人的要因の源泉、全体的な要因の観点から、自然的要因の源泉製品の影響は比較的小さいです。原子炉は1940年代に建設されて以来、広く使用されています。原子力の平和利用において、原子力発電の利用は主要な平和的応用の一つです。1985年末までに、世界中の約30か国で発電に使用される500を超える原子炉が運転中または建設中でした[1]。しかし、原子炉を使用して電気を生成することは危険がないわけではありません。1986年のチェルノブイリ原発事故、2011年の日本の福島原発事故、及びそれ以前の過酷な原発事故は、食品取引への深刻な悪影響を含め、原発事故の国際的な影響を明確に示しました。2015年12月9日に、日本は、水産物に対する放射性物質試験の結果[2]を発表しました。これは、食品に対する国民の信頼を回復するためです。福島原発事故以来、2015年11月30日の時点で、日本は、福島県の水産物の35,000サンプルを含む水産物の合計83,000サンプルを検出しました。合計48,000個が536個を超えてテストされ、47,000個が認定されました。2015年12月末、香港は日本から輸入された微量の放射線を含むティーバッグのサンプルを検出し[3]、2016年3月11日、イノシシと鹿肉から放射性セシウムを検出しました[4]。食品部門における放射性核種モニタリングの結果は、緊急事態において効果的な対策を提供して食品放射性核種汚染を制御し、公衆衛生への有害な影響を防ぐために、国際交流と協力を改善及び強化する必要性も示しています。食品中の核種の測定に関する国内及び国際基準は、食品安全性リスク評価に基づいています。そのため、食品汚

染物質の種類、食品カテゴリ、及び国家基準で指定されている制限値には特定の違いがあります。ただし、多くの人々の印象に反して、中国の多くの主要地域の一部の基準は国際基準よりも厳格です。食品には放射性核種の源が多くあり、関与する可能性のある放射性核種の範囲は非常に広く、特に核テロ現象に関与する核種はさらに予測不能です。たとえば、核燃料要素（中国の基本基準で指定された一般的な行動レベルの人工放射性核種を除く）ウラン、トリウム、劣化ウランなどの天然放射性核種（2006年11月以前のロンドンでのロシアのエージェント Litvinenko の偶発的な死、放射性物質を使用した人身傷害イベントを特徴とする多数の ^{210}Po の体内での発見など）[5]故パレスチナ国家元大統領のアラファト議長 の遺体に見られる致命的な ^{210}Po 痕跡[6]は除外すべきではありません。さらに、放射性核種は国民経済のさまざまな部門で広く使用されているため、人間の活動と動植物性食品の濃度による自然放射線の増加は、食品中の天然放射性核種の濃度の増加を引き起こす可能性があります。国民に放射性核種の制限要件をよりよく知ってもらうために、参考のために各国の放射性核種制限の要件を整理する必要があります。2014年、国際原子力機関（IAEA）は、「国際放射線防護及び放射線源の安全性に関する基本的な安全基準」5.22を発行しました[7]：「規制当局またはその他の関連当局は、建築材料、食品、飼料や飲料水などの商品に含まれる放射性核種の特定の参照レベルは、通常、約1ミリシーベルトの値を超えない代表的な個人の年間実効線量に基づいています。5.23は、「規制機関またはその他の放射性当局は、国連食糧農業機関及び世界食品機関共同コーデックス委員会によって発行された核または放射線緊急事態により放射性物質に含まれる可能性のある国際貿易食品に含まれる放射能を考慮しなければならない」と規定しています。放射性核種のガイダンスのレベル：この記事では、主に国際コーデックス委員会のガイダンスのレベル、中国、台湾、香港、欧州連合、米国、及び日本における食品中の放射性核種の制限の要件を紹介します。

2. 国際コーデックス委員会の指導基準

コーデックス委員会（CAC）は、1962年に世界食品機関（FAO）と世界保健機関（WHO）によって共同設立されました。世界保健機関（WHO）は、加盟国の食品規制と技術基準の調和を目指す唯一の政府間国際組織です。CACによって設定された基準は、すべての国の消費者の健康と安全を保護し、国際的な公正な食品取引を維持し、さまざまな国の食品基準の開発に関する重要な科学的基準を提供することを目的としています。チェルノブイリ原発事故後、国際貿易への不必要な干渉を防ぐため、CACは国際食糧農業機関（FAO）によって国際貿易に輸入された核または放射線緊急事態の修正プロセスを2003年に開始しました。2006年、世界保健機関（WHO）及びコーデックス委員会（CAC）は、CAC/GL 5-2006「核または放射線による汚染後に国際貿易に参入する食品中の放射性核種のガイダンスレベル」[8]を発行しました。規範のガイダンスレベルは、1年以内の1mSvの介入免除のレベル、汚染された食物の総消費量の10%、及び乳児と成人のそれぞれ200と550kgの食物消費のレベルを前提としています。CAC/GL 5-2006「核または放射線放出による汚染後に国際貿易に参入する食品中の放射性核種のガイダンスレベル」は、公式コーデックス規格の最新の改訂版に含まれました（CODEX STAN 193-1995）[8]。食品の分類、含まれる放射性核種の種類とグループ、及び放射能濃度の濃度値を表1に示します。

3. 食品汚染放射性核種の制限に関する国内要件[3-8]

3.1 中国の関連標準制限

中国の国家標準には、15種類の放射性核種、3つの標準、及び66の指標が含まれます。関係する基準は次のとおりです。GB19298-2014「ボトル（樽）の飲料水の基準」[9]、GB8537-2008「天然ミネラルウォーターの飲用」[10]、GB14882-1994「食品中放射性物質制限濃度標準」[11]。食品中の放射性核種の最大残留限度に関する業界標準には、CJ 94-2005「飲料水品質の決定」[12]、飲料水中の総ベータ放射能及び総アルファ放射能のみに関する標準が1つしかありません。最大残留限界が指定されています。3つの国家標準は、飲料水中の放射性核種の最大残留限度に固有のもので、3つの国家標準に含まれる核種の名前と核種における66の指標の分布を表2に示します。GB14882-1994「食品中の放射性物質の条件濃度基準」は、主要食品中の12の放射性物質の誘導限界濃度を規定しており、さまざまな食品、ジャガイモ、野菜、果物、魚、エビ、生乳に適用されます。12個の放射性物質のうち、 ^3H 、 ^{89}Sr 、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 ^{147}Pm 、 ^{239}Pu などの7種類の人工放射性核種と、 ^{210}Po 、 ^{226}Ra 、 ^{228}Ra 、天然ストロンチウム、天然ウランなどの5種類の天然放射性核種があります。この基準は、5 mSvを超えない食事摂取の年間公衆線量に基づいています。表3及び表4を参照してください。

GB 18871-2002「電離放射線の保護と放射線源の安全性に関する基本規格」[13]は、IAEA安全規格シリーズ No. GSR パート3「電離放射線に対する保護と放射線源の安全性に関する国際規格」[7]と同等です。いくつかの重要な人工放射性核種の食品と飲料水の一般的なレベルの作用と応用。中国のGBZ 113-2006「核及び放射線事故の介入と治療」[14] 5.7及び付録Cは、事故防止対策を特定するための緊急時対応計画の主要な措置の1つとして、この食品の全般的な対策を挙げた。中国のGB14882-1994「食品中の放射性物質の制限濃度基準」は、一般的な行動レベルの使用範囲とは異なり、通常条件下での食品中の放射性物質の濃度の制限です。香港は2006年にコーデックス委員会（CAC）によって発行されたCAC/GL5-2006「核または放射線緊急事態による汚染後の国際貿易に参入する食品中の放射性核種のガイドライン」を採用しました（公式のコーデックス規格CODEXに含まれています）最新の食品放射性核種のグループ化とガイダンスレベルは、STAN 193-1995の最新の改訂版に記載されています。台湾、中国[15]の食品中の原子塵または放射性エネルギーの安全許容基準を表5に示します。

3.2 EU 関連の標準制限

欧州連合は、1987年にチェルノブイリ原発事故により3954/87規制[16]を制定し、緊急または原子力事故後の食品及び飼料中の放射性核種の最大許容量を規定しています（表6を参照）。日本からヨーロッパに輸入された一部の商品の放射性核種は日本の制限を超えていますが、3954/87規制を超えていないため、EU 657/2011規制[17]は日本由来の輸入食品から日本食品を使用しています。放射性核種の制限はEUの制限です。2012年3月19日に、日本における新しい放射性セシウム制限は、EU規制No. 284/2012に含まれました[18]。

3.3 米国関連の標準制限

米国食品医薬品局FDA/ORA CPG 7119.14「国内及び輸入食品中の放射性核種のガイダンスレベル」[19]
全国の総食事調査データの核または放射線への適用

緊急事態後の放射性核種グループの食品の輸入及び国内循環に推奨される派生介入（DIL）のレベルを表7に示します。CACガイダンスレベルの使用原理と同様に、核種グループの異なるグループ間に貢献を追加

する必要はありません。各グループを個別に処理する必要があります。実際のアプリケーションでは、異なる核種グループによって与えられる DIL（または GL）値を個別に与える必要があります。これは、対応する核種グループ内の個々の核種の濃度の合計に個別に適用されます。直接食べることができる食品、希釈または再構成された乾燥または濃縮食品にのみ適しており、希釈または再構成されていない乾燥または濃縮食品には適していません。少量（たとえば、スパイスなど、1人あたり年間 10 kg 未満）を消費する食品の場合、DIL または GL は、主要な食品の 10 倍以上使用できます。

3.4 日本の関連標準限度

表 8 に示すように、日本の厚生省の「緊急時の放射性食品の検査に関するマニュアルのカタログ」[20]は、緊急事態における食品及び飲料水中の関連放射性核種にも制限を与えています。2011 年 3 月、日本の厚生省 暫定的な放射能制限値[20]を表 9 に示します。これは、食糧不足の一時的な制限基準です。2012 年、福島原発事故と放射性セシウムの崩壊特性により、放射性セシウムの制限が修正されました[21]、表 10 を参照してください。

3.5 一部の国または地域における福島原発事故後の日本における輸入食品の放射能濃度限界の基準値[22]

福島事故後、一部の国または地域の輸入食品に対して日本が設定した放射性核種の濃度制限の基準値は、日本の PRV と比較されます。

4. 議論

食品の放射性核種の限界を決定する原理、世界の食品中の放射性核種のガイダンスレベルの選択は、まず十分な安全空間を提供し、適用された場合の国際貿易の混乱の可能性を減らす必要があります。国と世界との間の食料貿易への影響であり、公衆衛生が影響を受けないように、または貿易を混乱させ、影響を受ける農業、畜産及び漁業及びその他の利害関係者の利益を保護する手段を講じる必要がある[23]。第二に、放射性核種の制限は簡単に受け入れられるべきです。消費者の利益を保護する国の食品法及び公衆衛生法及びその他の関連する一貫性の要件は、十分に検討する必要があります。緊急事態管理部門は、異常が発生する前に一般的な行動のレベルを指定し、現在の食品安全規制と調和するものとします。現在、さまざまな国での放射性核種のモニタリングの主な種類には、一般に Cs-137、Cs-134、ヨウ素-131、ストロンチウム同位体、ストロンチウムまたはスーパーストロンチウム (^{238}Pu 、 ^{239}Pu 、 ^{240}Pu 、 ^{242}Pu 、 ^{241}Am 、 ^{242}Cm) などの α 放射性核種が含まれます。 ^{243}Cm 及び ^{244}Cm の総放射能濃度のモニタリング[24]。基本的に人的要因に含まれる核種は、食品分野の代表的な核種に移行します。核種の半分の監視減少の範囲は広く、ヨウ素 131 の半減期は 8.04d であり、Pu-242 の寿命は 3.8×10^5 年であり、これらの核種のモニタリングは放射性核種の移動を理解するために使用できる[25-27]。食品の範囲に関しては、コーデックス食品はベビーフードと非ベビーフードの 2 つのカテゴリに分類され、各国はそれぞれの条件に応じて対応する改良を行っています。一般にベビーフードは一般リストに記載されていますが、それ以外の場合は一般に乳製品、野菜、肉と卵、飲料水、その他の食品に分類されます。制限の厳しさという点では、国家の差別化の理由は主に、食習慣、食糧不足、経済的地位、国家政策の違いに関係しています。2011 年の日本の福島事故による放射性物質の環境放出を例にとると、環境放出後、日本の輸入国に対する要件は依然として厳しく、国内企業による食料生産の要件は輸入国に対する要件よりもはるかに広い。主な理由は、当時

の食料が不足しているため、国の需要が緩んでいることである。現在、日本は「3 バッチの国内放射性食品検査のリスティング制限」[28]を変更していないが、「輸入食品の場合、注文検査をリリースするには 300 バッチの適格な検査を行う必要がある」。表 11 からわかるように、日本と EU は野菜やその他の食品に対するヨウ素 131 の要件が特に緩く、中国の 20 倍です。中国、韓国、台湾には、牛乳などの中国からの放射性食品の輸入に対する厳しい規制があります。乳製品、野菜、食品、肉、卵に関する Cs-137 及び Cs-134 の要件は、表に記載されているほとんどの国及び地域よりも厳しいです。おそらく飲料水は食品規制に含まれていないため、中国では飲料水と飲料の放射能に制限はありません。フィリピンは日本からの輸入食品に大きく依存しており、表 11 からわかるように、フィリピンが設定した放射能制限値はすべて 1000 Bq / kg であり、比較的緩やかです。欧州連合の日本の輸入に対する輸入割当は特に明白であり、野菜やその他の食品のヨウ素 131 の放射能制限値は最も緩いものであり、食事が野菜に基づいておらず、摂取量が少ない可能性があります。この点で、わが国にはより厳しい制限があります。中国の香港、シンガポール、ベトナム、マレーシアは、日本から輸入された放射性食品への曝露が同じ制限を受けており、どちらもヨウ素-131 ではより厳しく、Cs-134 と Cs-137 では比較的緩い[29]。要するに、国の食品放射性核種の制限は国際的な一般行動レベルの指導の下にあり、同時に国の特定の状況のために、国内の制限要件は、日常的または緊急事態における食品放射性核種制限管理の要件を満たすように設定されています。すべての国の人々の健康を守るため。(Wu Quan 先生のサポートと支援に感謝します。)

参照資料

[1] Jiang Jiangbo, Zhang Lizhu, Tang Musheng. 港の放射能汚染の監視と予防[M]。北京：Chemical Industry Press、2009 年。

Jiang JB, Zhang LZ, Tang MS. Monitoring and prevention of radioactive pollution in the port environment [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2009.

[2]日本は水産物の放射性物質試験結果を公開しています[EB / OL]

http://www.aqsiq.gov.cn/xxgk_13386/ywxx/spjhzp/201512/t20151211_45_6221.htm。2016-3-11。

Japan announced detection results of radioactive substances on aquatic products [EB/OL].

[3]香港は、微量放射線を含む日本のティーバッグのサンプルを検出しました[EB / OL]

http://www.aqsiq.gov.cn/xxgk_13386/ywxx/spjhzp/201512/t20151230_45_7447.htm。2015-12-30。

Hongkong detected japan's imports of tea samples containing trace amounts of radiation [EB/OL].

[4]日本はイノシシと鹿肉から放射性セシウムを検出しました[EB / OL]

http://www.aqsiq.gov.cn/xxgk_13386/ywxx/spjhzp/201603/t20160318_46_3075.htm。2016-3 -18。

Radioactive cesium was detected from wild boar and deer and the detection of radioactive cesium exceed the standard in Japan

[5]「リトビネンコ」はロシアとイギリスの関係を再公開します[EB / OL]

http://news.xinhuanet.com/world/2007-05/25/content_6150335.htm。2015-12-25。

"Lee Teuk Litvinenko case" and then exposing the relations between Russia and Britain [EB / OL]

[6]パレスチナの元指導者アラファトはゴキブリ中毒で死亡した可能性がある (図) [EB / OL]。

<http://world.people.com.cn/n/2012/0704/c157278-18441544.html> [2015-12-5]。

Former Palestinian leader Arafat may have died of polonium poisoning (Figure) [EB / OL]。

[7]国際原子力機関国際原子力機関の安全基準シリーズ No. GSR パート 3 : 国際放射線防護および放射線源の安全基本安全基準[S]。

International Atomic Energy Agency. International Atomic Energy Agency safety standards series Part3 GSR:The international radiation protection and safety of radiation sources of basic safety standards [S].

[8] Codex Alimentarius Commission. Codex general standard for contaminants and toxins in food and feed [S].

[9] GB 19298-2014 国家食品安全基準包装飲料水[S]

GB 19298-2014National standard for food safety Packaged drinking water [S].

[10] GB 8537-2008 天然ミネラルウォーターの飲酒[S]。GB8537-2008Drinking natural mineral water [S]

[11] GB 14882-1994 食品中放射性物質制限濃度標準[S]。Limit concentration of radioactive substances in food [S].

[12] CJ 94-2005 飲料水品質基準[S]。CJ 94-2005Water quality standard for drinking water [S].

[13] GB 18871-2002 電離放射線防護と放射線源の安全性に関する基本基準[S]。

GB 18871-2002Basic standard for the safety of ionizing radiation protection and radiation source [S].

[14] GBZ 113-2006 原子力および放射線事故の介入と治療[S]。

GBZ 113-2006 Intervention and medical treatment of nuclear and radiation accidents [S].

[15]台湾の原子塵または放射能汚染に対する安全性の改訂[EB / OL]

http://www.aqsiq.gov.cn/xxgk_13386/tzdt/gzdt/201601/t20160120_45873_0.htm、2016-3- 15。

Standard for safety of dust or radioactive contamination was corrected in Taiwan [EB/OL].

[16] EU、Council Regulation(Euratom)No 3954/87 of 22 December 1987, laying down maximum permitted levels of radioactive contamination of foodstuffs and of feeding stuffs following a nuclear accident or any other case of radiological emergency [S] .

[17] EU, Commission Implementing Regulation (EU) No 657/2011 of 7 July 2011, amending Regulation(EU) No 297/2011 imposing special conditions governing the import of feed and food originating in or consigned from Japan following the accident at the Fukushima nuclear power station [S].

[18] EU, Commission Implementing Regulation (EU)No 284/2012 of 29 March 2012, Imposing special conditions governing the import of feed and food originating in or consigned from Japan following the accident at the Fukushima nuclear power station and repealing Implementing Regulation (EU) No 961/2011 [S].

- [19] FDA/ORA CPG 7119.14 Guidance Levels for Radionuclides in Domestic and Imported Foods [EB/OL].
<http://www.fda.gov/Food/FoodborneIllnessContaminants/ChemicalContaminants/ucm078331.htm>. 2015-12-30.
- [20] 日本緊急時の食品放射能制限[EB / OL]。 http://www.mhlw.go.jp/shinsai_jouhou/shokuhin.html、2016-3-12。
Japanese food Limited of radioactivity in Emergency case [[EB] / OL]
Http://www.mhlw.go.jp/shinsai_jouhou/shokuhin.html。 2016-3-12。
- [21] 日本の厚生労働省は、食品中の放射能の新しい標準値[EB / OL]を公式に決定しました。
Http://news.xinhuanet.com/2012-02/24/c_111566985.htm。 2015-12-30。 Japan's health ministry officially confirmed the new standard of radioactive cesium in food value
- [22] 福島での事故後の日本における輸入食品の放射能濃度制限[EB / OL]。
<http://www.tbt-sps.gov.cn/tbtTbcx/getList.action>。 2015-12- 30。
- [23] Liu Changan、Zhou Yuyuan。 核または放射線緊急汚染後に国際貿易に参入する食品中の放射性核種のガイダンスレベル[J]。 Chinese Journal of Radiation Health。 2009、18 (3) : 295-298。
Liu CA, Zhou SY. The level of radioactivity in the food of international trade after contamination by nuclear or radiological emergency [J].
- [24] Wu Quan、Liu Qingfen、Zhang Xiaodong。 中国の食品中の放射性核種含有量および制限基準[J]。 Cancer Distortion Mutation、2012、24 (6) : 470-473。 Content and standard of radionuclides in food in China [J]。 Malig Trans Mut, 2012, 24(6): 470-473.
- [25] Pan Ziqiang。 放射線安全ハンドブック[M]。 北京： Science Press、2014 年。
Pang ZQ. Radiation safety manual choreography [M]. Beijing: Science Press, 2014.
- [26] Mao Yahong、Liu Hua。 放射線安全および保護管理マニュアル[M]。 Beijing： China Environment Press、2014。 Handbook of radiation safety and protection management
- [27] 環境保護省、環境保護省、放射線環境モニタリング技術、原子力技術応用放射線安全および保護[M]。 杭州：浙江大学出版社、2012 年。
Environmental Protection Department of radiation environmental monitoring technology center Ed. Application of nuclear technology in radiation safety and protection [M]. Hangzhou: Zhejiang University Press, 2012.
- [28] Bian Hongying。 日本における食品中の核放射性物質標準の進化[J]。 中国標準化、2012 年、429 (6) : 93-95。
Bian HB. The evolution of nuclear radioactive material to develop standard food in Japan [J]. China Stand, 2012, 429(6): 93-95.
- [29] FAO/WHO. Codex alimentarius general requirements section6.1, guideline levels for radio nuclides in foods following accidental nuclear [S].

Table 1 CAC "nuclear or radiation emergency situation in the international trade of food in the guidance of the radioactive isotope" (CAC/GL5-2006)

食品分類	代表核種	指導レベル(Bq/kg)
ベビーフード	^{238}Pu 、 ^{239}Pu 、 ^{240}Pu 、 ^{241}Am	1
	^{90}Sr 、 ^{106}Ru 、 ^{129}I 、 ^{131}I 、 ^{235}U	1×10^2
	^{35}S 、 ^{60}Co 、 ^{89}Sr 、 ^{103}Ru 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{144}Ce 、 ^{192}Ir	1×10^3
	^3H 、 ^{14}C 、 ^{99}Te	1×10^3
離乳食以外の食品	^{238}Pu 、 ^{239}Pu 、 ^{240}Pu 、 ^{241}Am	1×10^1
	^{90}Sr 、 ^{106}Ru 、 ^{129}I 、 ^{131}I 、 ^{235}U	1×10^2
	^{35}S 、 ^{60}Co 、 ^{89}Sr 、 ^{103}Ru 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{144}Ce 、 ^{192}Ir	1×10^3
	^3H 、 ^{14}C 、 ^{99}Te	1×10^4

表2 放射性核種の残留制限に関する中国の国家基準における対象核種の種類と記録のリスト

Table 2 Coverage of radionuclide species and the number of records in the national standard of China's food radioactive residue limits

核素名称	指標/項	核素名称	指標/項	核素名称	指標/項	核素名称	指標/項
天然铀 天然ウラン	5	^{131}I	5	^{226}Ra	6	总 β 放射性	3
天然钍 天然トリウム	5	^{147}Pm	5	^{228}Ra	5	总 α 放射性	2
^3H	5	^{90}Sr	5	^{210}Po	5		
^{137}Ce	5	^{239}Pu	5	^{89}Sr	5		

表3 GB 14882-1994における人工放射性核種の濃度制限 (Bq/kg またはBq/L)

Table 3 Limit concentration of artificial radionuclides in GB 14882-1994 (Bq/kg or Bq/L)

品種	^3H	^{89}Sr	^{90}Sr	^{131}I	^{137}Cs	^{147}Pm	^{239}Pu
食物	2.1×10^5	1.2×10^3	9.6×10^1	1.9×10^2	2.6×10^2	1.0×10^4	3.4
ポテト	7.2×10^4	5.4×10^2	3.3×10^1	8.9×10^1	9.0×10^1	3.7×10^3	1.2
野菜と果物	1.7×10^5	9.7×10^2	7.7×10^1	1.6×10^2	2.1×10^2	8.2×10^3	2.7
肉魚エビ	6.5×10^5	2.9×10^3	2.9×10^2	4.7×10^2	8.0×10^2	2.4×10^4	10.0
生乳	8.8×10^4	2.4×10^2	4.0×10^1	3.3×10^1	3.3×10^2	2.2×10^3	2.6

表4 GB 14882-1994における天然放射性核種の濃度制限 (Bq/kg またはBq/L)

Table 4 Limit concentrations of natural radionuclides prescribed by GB 14882-1994 (Bq/kg or Bq/L)

品種	²¹⁰ Po	²²⁶ Ra	²²⁸ Ra	天然トリウム	天然ウラン
食物	6.4	1.4×10 ¹	6.9	1.2	1.9
ポテト	2.8	4.7	2.4	4.0×10 ⁻¹	6.4×10 ⁻¹
野菜と果物	5.3	1.1×10 ¹	5.6	9.6×10 ⁻¹	1.5
肉魚エビ	1.5×10 ¹	3.8×10 ¹	2.1×10 ¹	3.6	5.4
生乳	1.3	3.7	2.8	7.5×10 ⁻¹	5.2×10 ⁻¹

表5 台湾地区の食品中原子塵または原子放射能汚染安全許容量 (Bq/kg)

Table 5 Safety standards for the safety of atomic dust or radioactive contamination in food in Taiwan, China(Bq/kg)

放射性核素	乳製品と離乳食	その他の食品
¹³¹ I	5.5×10	1.0×10 ²
¹³⁴ Cs + ¹³⁷ Cs	5.0×10	1.0×10 ²
⁹⁰ Sr, ¹⁰⁶ Ru	1.0×10 ²	1.0×10 ²
⁸⁹ Sr, ¹⁰³ Ru	1.0×10 ³	1.0×10 ³
²³⁸ Pu, ²³⁹ Pu, ²⁴¹ Am	1	1.0×10

表6 EU規制 No 3954/87食品及び飼料の著しい放射性物質汚染を引き起こす可能性がある又は引き起こしている原子力事故又はその他の放射線緊急事態の後に適用される放射性物質汚染の基準値 (Bq/kg またはBq/L)

Table 6 The maximum allowable amount of radioactive nuclide after a nuclear accident or emergency food and feed in the EU 3954/87 regulations(Bq/kg or Bq/L)

放射性核素分組	ベビーフード	牛乳と乳製品	流動食を除くその他の食品	流動食
総ストロンチウム同位体、特に ⁹⁰ Sr	7.5×10	1.25×10 ²	7.5×10 ²	1.25×10 ²
総ヨウ素同位体、特に ¹³¹ I	1.5×10 ²	5.0×10 ²	2.0×10 ³	5.0×10 ²
プルトニウムまたはスーパーグレードプル トニウムのアルファエミッター、特に ²³⁹ Puと ²⁴¹ Amの総同位体	1	2.0×10	8.0×10	2.0×10
半減期が10日を超える他の核種の合計、 特に ³ Hおよび ¹⁴ Cを除く ¹³⁴ Csおよび ¹³⁷ Cs	4.0×10 ²	1.0×10 ³	1.25×10 ³	1.0×10 ³

表7 米国における輸入食品と国内食品の放射性核種の分類に推奨されるの介入レベル(DIL)

Table 7 The recommended level of the derived intervention by radionuclide difference(DIL) of the import and distribution of domestic circulation of food of the United States

放射性核素分組	介入レベル(DIL) (Bq/kg)
⁹⁰ Sr	1.6×10 ²
¹³¹ I	1.7×10 ²
¹³⁴ Cs 和 ¹³⁷ Cs 合計 Total ¹³⁴ Cs and ¹³⁷ Cs	1.2×10 ³
²³⁸ Pu、 ²³⁹ Pu 和 ²⁴¹ Am 合計 Total ²³⁸ Pu, ²³⁹ Pu and ²⁴¹ Am	2
¹⁰³ Ru 和 ¹⁰⁶ Ru 合計 Total ¹⁰³ Ru and ¹⁰⁶ Ru	$[(C_{103Ru}/6800)+(C_{106Ru}/450)]<1$

表8 2002年の日本における緊急時における食品中の放射性核種濃度限度

Table 8 Limits of radionuclides in food and drinking water in the case of Japan (2002)

核素	食品種類	活度濃度限值(Bq/kg)
放射性碘(混合放射性核素中の代表性核素: ^{131}I)	飲料水	3.0×10^2
	牛乳、乳製品	3.0×10^2
放射性ヨウ素	野菜(根菜などを除く)	2.0×10^3
	飲料水	2.0×10^2
放射性銩 放射性セシウム	牛乳、乳製品	2.0×10^2
	野菜	5.0×10^2
	シリアル	5.0×10^2
	肉、卵、魚	5.0×10^2
	ベビーフード	2.0×10
铀 ウラン	飲料水	2.0×10
	牛乳、乳製品	2.0×10
	野菜	1.0×10^2
	シリアル	1.0×10^2
	肉、卵、魚	1.0×10^2
钷和超钷等 α 放射性核素(^{238}Pu 、 ^{239}Pu 、 ^{240}Pu 、 ^{242}Pu 、 ^{241}Am 、 ^{242}Cm 、 ^{243}Cm 和 ^{244}Cm 的总放射性浓度)	ベビーフード	1
	飲料水	1
	牛乳、乳製品	1
プルトニウムや超ウランなどのアルファ放射性核種	野菜	1.0×10
	肉、卵、魚	1.0×10
	ベビーフード	1.0×10

表9 2011年の地震後の日本の食品中の暫定規制値

Table 9 The limited value of radioactivity after the earthquake in Japan in 2011(Bq/kg)

	^{131}I	Cs				
	水、牛奶、乳製品	蔬菜类(根叶菜除外)	蔬菜、肉	魚	水果	蘑菇
成人	3.0×10^2	2.0×10^3	5.0×10^2	5.0×10^2	5.0×10^2	5.0×10^2
乳児	1.0×10^2	-	-	-	-	-

表10 日本の食品中の放射性核種濃度の基準値

Table 10 New limits of radioactive cesium in Japan(2012)

食物类别	管理限值(Bq/kg)
一般食品	1.0×10^2
乳幼児食品	5.0×10
牛乳	5.0×10
飲料水	1.0×10

表 11 福島原発事故後の日本からの輸入食品に対する放射性物質濃度の制限の基準
 Table 11 The standard of radioactive concentration limit for imported food from Japan after the Fukushima accident

国家和地区	¹³¹ I(Bq/kg)				¹³⁴ Cs 和 ¹³⁷ Cs 合計 Total ¹³⁴ Cs and ¹³⁷ Cs (Bq/kg)				
	飲料水	牛乳、乳製品	野菜	その他の食品	飲料水	牛乳、乳製品	野菜	一般食品	肉卵魚類
日本	3.0×10 ²	3.0×10 ²	2.0×10 ³ (根茎类蔬菜 和薯类除外)	2.0×10 ³ (鱼虾类)	2.0×10 ²	2.0×10 ²	5.0×10 ²	5.0×10 ²	5.0×10 ²
中国香港	1.0×10 ²	1.0×10 ²	1.0×10 ²	1.0×10 ²	1.0×10 ³	1.0×10 ³	1.0×10 ³	1.0×10 ³	1.0×10 ³
シンガポール	1.0×10 ²	1.0×10 ²	1.0×10 ²	1.0×10 ²	1.0×10 ³	1.0×10 ³	1.0×10 ³	1.0×10 ³	1.0×10 ³
ベトナム	1.0×10 ²	1.0×10 ²	1.0×10 ²	1.0×10 ²	1.0×10 ³	1.0×10 ³	1.0×10 ³	1.0×10 ³	1.0×10 ³
マレーシア	1.0×10 ²	1.0×10 ²	1.0×10 ²	1.0×10 ²	1.0×10 ³	1.0×10 ³	1.0×10 ³	1.0×10 ³	1.0×10 ³
タイ	1.0×10 ²	1.0×10 ²	1.0×10 ²	1.0×10 ²	5.0×10 ²	5.0×10 ²	5.0×10 ²	5.0×10 ²	5.0×10 ²
韓国	3.0×10 ²	1.5×10 ²	3.0×10 ²	3.0×10 ²	3.7×10 ²	3.7×10 ²	3.7×10 ²	3.7×10 ²	3.7×10 ²
中国	-	3.3×10	1.6×10 ²	4.7×10 ² (肉鱼虾 类)1.9×10 ² (粮 食)8.9×10(薯类)	-	3.3×10 ²	2.1×10 ²	2.6×10 ²	8.0×10 ² (肉鱼虾 类)9.0×10(薯类)
中国台湾	3.0×10 ²	5.5×10	3.0×10 ²	3.0×10 ²	3.7×10 ²	3.7×10 ²	3.7×10 ²	3.7×10 ²	3.7×10 ²
フィリピン	1.0×10 ³	1.0×10 ³	1.0×10 ³	1.0×10 ³	1.0×10 ³	1.0×10 ³	1.0×10 ³	1.0×10 ³	1.0×10 ³
米国	1.7×10 ²	1.7×10 ²	1.7×10 ²	1.7×10 ²	1.2×10 ³	1.2×10 ³	1.2×10 ³	1.2×10 ³	1.2×10 ³
カナダ	1.0×10 ²	1.0×10 ²	1.0×10 ³	1.0×10 ³	1.0×10 ²	3.0×10 ²	1.0×10 ³	1.0×10 ³	1.0×10 ³
欧州	3.0×10 ²	3.0×10 ²	2.0×10 ²	2.0×10 ²	2.0×10 ²	2.0×10 ²	5.0×10 ²	5.0×10 ²	5.0×10 ²

資料-2 GB14882-1994 「食品中放射性物質制限濃度標準」

(<http://www.nirp.cn/images/stories/biaozhun/fanghubiaozhun/GB14882-94.pdf>, 2020年3月アクセス)

GB14882-1994 「食品中放射性物質制限濃度標準」は、1994年2月22日に批准され、1994年9月1日から実施されたもの。食品は、穀類、芋類、野菜・果物、肉・魚・甲殻類、生乳の5群で、7核種について、核種毎に標準制限濃度を提示している。制限濃度は、年間摂取制限量を中国における最も多く飲食する人の1日の平均食用量から1年分で割ったもの。

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

GB 14882—94

Limited concentrations of
radioactive materials in foods

1 主题内容与适用范围

本标准规定了主要食品中 12 种放射性物质的导出限制浓度(以下简称限制浓度)。

本标准适用于各种粮食、薯类(包括:红薯、马铃薯、木薯)、蔬菜及水果、肉鱼虾类和奶类食品。

2 引用标准

GB 4792 放射卫生防护基本标准

GB 14883.1~14883.10 食品中放射性物质检验

3 各类食品中放射性核素限制浓度[Bq/kg(或 L 奶)]

3.1 人工放射性核素限制浓度见表 1。奶粉可折算为相当量的鲜奶来控制(1 kg 全脂淡奶粉相当于 7 L 鲜奶,下同)。

表 1

品种	^3H	^{89}Sr	^{90}Sr	^{131}I
粮食	2.1×10^5	1.2×10^3	9.6×10^1	1.9×10^2
薯类	7.2×10^4	5.4×10^2	3.3×10^1	8.9×10^1
蔬菜及水果	1.7×10^5	9.7×10^2	7.7×10^1	1.6×10^2
肉鱼虾类	6.5×10^5	2.9×10^3	2.9×10^2	4.7×10^2
鲜奶	8.8×10^4	2.4×10^2	4.0×10^1	3.3×10^1

品种	^{137}Cs	^{147}Pm	^{239}Pu
粮食	2.6×10^2	1.0×10^4	3.4
薯类	9.0×10^1	3.7×10^3	1.2
蔬菜及水果	2.1×10^2	8.2×10^3	2.7
肉鱼虾类	8.0×10^2	2.4×10^4	10.0
鲜奶	3.3×10^2	2.2×10^3	2.6

3.2 天然放射性核素(或元素)限制浓度见表 2。

附录 A
年摄入量限值
(补充件)

A1 各类人员年摄入量限值见表 A1。

表 A1

放射性核素(元素)	年摄入量限值, Bq		
	成人	儿童	婴儿
³ H	6.2×10 ⁷	5.3×10 ⁷	2.4×10 ⁷
⁸⁹ Sr	4.6×10 ⁵	1.9×10 ⁵	6.7×10 ⁴
⁹⁰ Sr	2.8×10 ⁴	2.3×10 ⁴	1.1×10 ⁴
¹³¹ I	7.7×10 ⁴	3.1×10 ⁴	9.1×10 ³
¹³⁷ Cs	7.7×10 ⁴	1.0×10 ⁵	9.1×10 ⁴
¹⁴⁷ Pm	3.2×10 ⁶	1.6×10 ⁶	5.9×10 ⁵
²¹⁰ Po	2.2×10 ³	1.0×10 ³	3.3×10 ²
²²⁶ Ra	4.0×10 ³	2.5×10 ³	1.0×10 ³
²²⁸ Ra	2.0×10 ³	2.1×10 ³	7.7×10 ²
天然钍 ¹³	347	297	206
天然铀 ¹³	551	358	142
²³⁹ Pu	1.0×10 ³	1.0×10 ³	7.1×10 ²

注: 1) 天然钍、天然铀的单位为 mg。

附加说明:

本标准由卫生部卫生监督司提出。

本标准由中国医学科学院放射医学研究所负责起草。

本标准主要起草人诸洪达。

本标准由卫生部委托技术归口单位卫生部食品卫生监督检验所负责解释。

表 2

品种	²¹⁰ Po Bq/kg	²²⁶ Ra Bq/kg	²²⁸ Ra Bq/kg	天然钍 mg/kg	天然铀 mg/kg
粮食	6.4	1.4×10	6.9	1.2	1.9
薯类	2.8	4.7	2.4	4.0×10 ⁻¹	6.4×10 ⁻¹
蔬菜及水果	5.3	1.1×10	5.6	9.6×10 ⁻¹	1.5
肉鱼虾类	1.5×10	3.8×10	2.1×10	3.6	5.4
鲜奶 ¹⁾	1.3	3.7	2.8	7.5×10 ⁻¹	5.2×10 ⁻¹

注: 1) 除天然铀、钍单位为 mg/kg(L 奶)外,其余核素单位均为 Bq/kg(L 奶)。

4 限制浓度的导出和放射卫生评价中注意事项

4.1 表 1、表 2 限制浓度 L_c 是按单一食品被单一放射性核素污染的假设按式(1)导出的。表 2 中的 L_c 是这样导出的数值再加上该类食品本底平均浓度。

$$L_c = ALI / (365 \times I_a) \dots\dots\dots (1)$$

式中: ALI ——年摄入量限值(参见附录 A(补充件));

I_a ——我国食用最多数人群的平均日食用量, kg/d。

4.2 对于多种食品(包括饮水)和(或)被多种放射性核素同时污染时,放射卫生评价时应符合式(2)要求:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{c_{ij}}{L_{c,ij}} \leq 1 \dots\dots\dots (2)$$

式中: c_{ij} —— j 类食品所含 i 类核素浓度;

$L_{c,ij}$ —— j 类食品对 i 类核素的限制浓度。

饮水中放射性物质按 GB 4792 导出食入浓度限制。在实际中还包括其他辐照途径的多源项受照场合,放射卫生评价时式(2)左边还应加上实际受照剂量(或污染浓度)与剂量限值(或相应导出限值)之比,以保证对有关人员的安全性。

資料-3 GB14882-201X 「食品安全国家标准 食品中放射性物質制限濃度」(201X 年)

(https://members.wto.org/crnattachments/2013/sps/CHN/13_3210_00_x.pdf, 2020 年 3 月アクセス)

概要

GB14882-201X 「食品安全国家标准 食品中放射性物質制限濃度」は、2013 年以降に公開されているが、交付日と実施日は不明。資料1の論文は 2016 年に刊行されているが、明記されていない。前言で、GB 14882-94 の更新で、名称の変更などが記載されている。

1 範囲

この規格は、 ^3H 、 ^{60}Co 、 ^{89}Sr 、 ^{90}Sr 、 ^{103}Ru 、 ^{106}Ru 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{238}Pu 、 ^{239}Pu 、 ^{241}Am 及び ^{210}Pb 、 ^{210}Po 、 ^{226}Ra 、 ^{228}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{234}U 、 ^{238}U 及び食品中のその他の放射性核種の調査のしきい限度値(Threshold Limit Values) (調査レベル)あるいは濃度許容限度(制限濃度)を指定します。

この基準は、通常の状況下であらゆる種類の食品に適用されます。

2 用語と定義

2.1 調査レベル

単位面積または体積あたりの実効線量、摂取量、汚染度などの規定値に達したとき、または超えたときは、その値を調査する。本基準の調査レベルは、通常の食品中の放射性核種の放射能濃度(または質量濃度)の規定値であり、この値以上になった場合に調査する必要があります。

3 適用の原則

3.1 放射性核種の調査レベルと制限された濃度が確立されているかどうかに関係なく、食品生産者と加工業者は適切な管理措置をとり、製品中の放射性核種の含有量は最低レベルに達しました。

3.2 食品中の放射性核種の調査レベルと限界濃度は、特に指定のない限り、食品の通常の可食部に基づいて計算されます。

3.3 この調査レベルと制限濃度は、直接食べることができる食品と、消費前に希釈または水分に戻した乾燥または濃縮食品に適用する必要があります。希釈または水分に戻していない乾燥または濃縮食品に直接適用しないでください。粉乳は、管理するためにかかりの量の生乳に変換することができます(1kg の全脂肪粉乳は 7kg の新鮮な牛乳に相当します)。

3.4 離乳食の 2 つのカテゴリである牛乳とその他の食品によれば、それぞれの調査レベルと限界濃度を使用して比較します。

4 インデックスの要件

4.1 人工放射性核種

4.1.1 食品中の人工放射性核種の調査レベルと制限濃度指数を表 1 に示す。

表1 食品中人工放射性核種の調査レベルと制限濃度

放射性核素	調査レベル Bq/kg		制限濃度 Bq/kg	
	乳児用食品と牛乳	其他食品	乳児用食品と牛乳	其他食品
^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{241}Am	0.1	1	0.3	3
^{90}Sr , ^{106}Ru , ^{131}I	10	10	30	30
^{60}Co , ^{89}Sr , ^{105}Ru , ^{134}Cs , ^{137}Cs	100	100	300	300
$^3\text{H}^a$	100	1000	300	3000
* トリチウムの有機的な組み合わせを代表した数値 (OBT)				

4.1.2 香辛料やお茶など、消費量が少ない(10kg /人・年未満など)食品については、表 1 にある他の食品の 10 倍の調査レベルと限界濃度を使用できます。

4.1.3 核種の異なるグループは個別に処理する必要があり、追加する必要はありません。同じグループ内の核種は、グループ内で検出されたさまざまな核種の総放射能について、グループの調査レベル及び限界濃度と比較する必要があります。

4.1.4 検査方法:GB 14883 で指定された方法に従って決定されます。

資料-4 Standards for the Safety Tolerance of Atomic Dust and Radioactivity Contamination in Foods
食品中の放射性降下物或いは放射能汚染の安全基準値
(<https://law.moj.gov.tw/ENG/LawClass/LawAll.aspx?pcode=L0040079>、2020年3月アクセス)

Standards for the Safety Tolerance of Atomic Dust and Radioactivity Contamination in Foods

Food No. 0970404024 Announced, 07/01/2008
MOHW Food No. 1021350146 Amended, 08/20/2013

Article 1

The Standards are established in accordance with the provisions of the second paragraph of Article 15 of the Act Governing Food Sanitation.

Article 2

The safety tolerances of atomic dust and radioactivity contamination in foods:

Food category	Milk products and infant foods	Other foods
Radioactive nucleus		
^{131}I	Not more than 55 Bq/kg	Not more than 300 Bq/kg
$^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$	Not more than 370 Bq/kg	Not more than 370 Bq/kg

Article 3

The Standards shall be implemented from the date of promulgation.

2013年8月20日に、台湾衛生福利部が MOHW Food No. 1021350146 Amended, 08/20/2013 を公告した。

第1条 the Act Governing Food Sanitation

(<https://law.moj.gov.tw/ENG/LawClass/LawAll.aspx?pcode=L0040001>)の15条の第2項に基づき規定する。

the Act Governing Food Sanitation の Chapter IV 食品衛生管理の第15条

次のいずれかの状況にある食品または食品添加物は、製造、加工、準備、包装、輸送、保管、販売、輸入、輸出、贈り物やまたは公に表示として提示してはいけない。:

一部抜粋

2. 熟していないために人間の健康に有害なもの。

6. 許容範囲を超える核放射性降下物または放射能により汚染され、それらを含んでいるもの
残留農薬または動物用医薬品の許容範囲、及び前段落のサブパラグラフ5と6に記載されている放射性降下物または放射能を管理する基準は、関係当局との協議を通じて中央管轄当局によって規定されるものとする。

第2条 食品中の放射性物質及び放射能汚染の安全許容量は以下のとおり。

第3条 本基準は発効日より施行する。

資料-5 Standards for the Tolerance of Atomic Dust and Radioactivity Contamination in Foods

食品中の放射性降下物或いは放射能汚染の基準値

(<https://www.graintrade.org.au/sites/default/files/file/Trade%20%26%20Market%20Access/Radioactivity%20Taiwan%2018Jan16.pdf>, 2020年3月アクセス)

2016年1月18日に台湾衛生福利部食品薬品管理署(TFDA)は、文書番号:部授食字第1041304620号(部長/蔣丙煌)で、「食品中の放射性降下物或いは放射能汚染の安全基準値」を改正し、名称についても改正し、「食品中の放射性降下物或いは放射能汚染の基準値」とすると公告した。

Standards for the Tolerance of Atomic Dust and Radioactivity Contamination in Foods

Article 1

The Standards are established in accordance with the provisions of the second paragraph of Article 15 of the Act Governing Food Safety and Sanitation.

Article 2

The tolerances of atomic dust and radioactivity contamination in foods:

Radioactive nucleus Food category	^{131}I	$^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$
Milk and Milk products	55 Bq/kg	50 Bq/kg
Infant foods	55 Bq/kg	50 Bq/kg
Soft drink and bottled water	100 Bq/kg	10 Bq/kg
Other foods ⁽¹⁾⁽²⁾	100 Bq/kg	100 Bq/kg

Note. The standards apply to a nuclear or radiological contamination, which includes both accidents and malevolent actions.

⁽¹⁾ Dry foods intended to be consumed in a reconstituted state (e.g., dried products of mushrooms, seaweeds, fish, shellfish and vegetables) shall apply to the tolerance for “Other foods” after reconstitute to ready-to-eat state. Foods intended to be consumed in a dried state (e.g., nori, niboshi, dried cuttlefish, raisin) shall directly apply to the tolerance for “Other foods”.

⁽²⁾ For tea leaves, a liquid extract obtained after brewing process shall apply to the tolerance for “Soft drink and bottled water”.

Article 3

The Standards shall be implemented from the date of promulgation.

第 1 条 本基準は食品安全衛生管理法第 15 条第 2 項に基づき規定する。

第 2 条 食品中の放射性物質及び放射能汚染 の限度量は以下のとおり。

注:本基準は、原子力又は放射能による汚染が発生した可能性がある時に適用される。突発事件及び悪意的な行動を含む。

(1) 乾燥及び濃縮されたもの等、水で戻してから食用に供する原料(例:きのこ、海藻類、魚介類及び野菜)は、水で戻した 後、食用に供する状態で「その他食品」 の限度量を適用する;但し、海苔、小さな干し魚、スルメ、干しブドウ等の乾燥した状態で食用に供するものは、直接「その他食品」の限度量を適用する。

(2) 茶葉は飲用の状態(抽出し茶湯とした後)で「飲料及び飲料水」の限度量を適用する。

第 3 条 本基準は発効日より施行する。

食品中の放射性降下物或いは放射能汚染の安全基準値に関する改正は、放射性物質及び放射能汚染をできる限り減少させるべきとの目的を考慮し、安全の二文字を削除する。法的根拠を改正する。

1. 「安全許容量」の文字を「限度量」に改正する。
2. 本条リストのタイトルを改正する。
3. 「乳製品」の意味を明確にするため、名称を「乳及び乳製品」に変更する。
4. 「乳及び乳製品」及び「ベビーフード」の「Cs134+Cs137」の限度量を改正する。
5. 「その他食品」の「I131」及び「Cs134+Cs137」の限度量を改正する。
6. 「飲料及び飲料水」のカテゴリを追加 し、「I131」及び「Cs134+Cs137」の限度量を設定する。
7. 「注」を新設し、本基準の適用時期を説明する。
8. 「その他食品」カテゴリについては、新設する注記(1)(2)の説明のとおり。

資料-6 食品中の放射性降下物或いは放射能汚染の基準値の適用に係る Q&A

(参照 <https://www.jetro.go.jp/industry/foods/notice/0099a50c91479aa2.html>)

Q1:「食品中の放射性降下物或いは放射能汚染の基準値」の改正に係る評価は以下に基づく:

「食品中の放射性降下物或いは放射能汚染の基準値」の改正は、我が国(ママ)本土の飲食習慣、国民の摂取量及び管理ニーズを参酌し、同時に CODEX、EU、米国、カナダ及び日本等の先進国の管理の現況を参考とし、総合的に評価した上で提議されたものである。

当該案は2回の食品衛生安全及び栄養審議会委員及び行政院原子能委員会、核能研究所、放射性物質測定センターも含め、台湾の小児科医学会等の専門学識者の審査を経て予告公告したものであり、予告公告期間において各界の意見を募集し、改めてこれを参酌し修正して正式に公告される。

Q2:基準値の適用時期の認定については以下のとおり:

「食品中の放射性降下物或いは放射能汚染の基準値」第2条に列举された限量の規定は、原子力又は放射能による汚染が発生した可能性があるときに適用され、突発事件及び悪意のある行動の場合を含むものとする。国外において原子力又は放射能による汚染事故が発生した際は、我が国に輸入する食品の安全性を確認するため、輸入食品の抽出検査を開始し、本基準に基づくモニタリング及び規制を実施しなければならない。この項に述べる基準値適用時期の規定については、CODEX 及びその他先進国の管理原則もまた同様である。

Q3:「乳及び乳製品」のカテゴリーの食品への適用

一 乳を主原料(乳の含有量 50%以上)とする乳製品、或いは当該乳製品を発酵させ、調味した製品(例えば発酵乳、乳飲料)は、なお乳製品の範疇に属するので、「乳及び乳製品」のカテゴリーの基準を適用しなければならない。

二 粉ミルク又は 50%以上の粉乳或いは乳製品を含み、水を加えて調合した上で飲用とする製品については、表示される割合で水を加え、或いは調合した後に、「乳及び乳製品」のカテゴリーの基準を適用しなければならない。

Q4:(お湯を入れて)調合した後に飲用とする産品(インスタント飲料或いは濃縮飲料)の適用

一 インスタントコーヒー等水を加えた後に飲用とする飲料(乳の含有量が 50%より少ないもの)については、表示された割合で水を加えて調整した後、「飲料及び飲料水」のカテゴリーの基準を適用しなければならない。

二 コーヒー豆或いはコーヒー豆を直接挽いたコーヒー粉末等、熱水にて抽出してはじめてその抽出液を飲用とできるものについては、直接製品状態をもって「その他食品」のカテゴリーの基準を適用しなければならない。

三 濃縮果汁等希釈した後に飲用とする飲料については、表示された希釈割合で希釈後に「飲料及び飲料水」のカテゴリーの基準を適用しなければならない。

Q5:ベビーフードのカテゴリーの適用 本基準が称するところの「ベビーフード」は一才以下の乳幼児に供する食品、或いは一才以下の乳幼児に供することができると表示されている食品であり、全て製品の販売形態に基づいて「ベビーフード」のカテゴリーの基準に厳しく従うものとする。

以上

「食品中放射性物質濃度等に関する知見の評価検討」に関する資料集
令和2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
令和2年度 分担研究

2021年3月

「食品中放射性物質濃度等に関する知見の評価検討」に関する資料集
令和2年度

資料リスト

資料-1 EUにおける食品中の放射性物質に係る規制について

資料-2 CODEXにおける誘導レベルの計算方法

資料-3 トリチウムについて

EU における食品中の放射性物質に係る規制について

1. はじめに

EU における食品中の放射性物質に係る規制値設定の経緯、根拠等について、整理を行なった。食品区分(一般食品、マイナーフーズ等)と規制値の設定の考え方について調査した。

2. EU における食品中の放射性物質規制に係る経緯

EU における放射性物質に係る安全基準としては、国際放射線防護委員会(ICRP)等の動向を踏まえ、基本安全基準(BSS、指令 3954/59/EURATOM、指令 80/836/EURATOM、指令 84/467/EURATOM)で対応していた。

チェルノブイリ事故が発生した当時、原子力事故の結果として汚染された食品を扱うための包括的な国際的ガイドラインはなかった。CODEX(食品国際規格)は、各国でとられる対策は緊急時計画の調和をとる必要があるとして、その規格作りに着手し、CODEX 委員会がその最初の規格を公表したのは 1989 年のことであった(CAC/GL 5-1989)。

一方、EU がチェルノブイリ事故対応として、最初の基準を示したのは 1987 年(規則 3954/87)であったが、その時点では整備されていない項目があり、記載された具体的な内容は乳製品と一般食品のみで、幼児用食品、マイナーフーズ及び家畜用飼料については、その後に出された修正等で対応された。

表 1.2.1 EU 規則における食品区分

規制対象食品区分	導入規則	年月日
幼児用食品	規則 2218/89	1989 年 7 月
乳製品	規則 3954/87	1987 年 12 月
一般食品(マイナーフーズを除く)	規則 3954/87	1987 年 12 月
液体状食品	規則 2218/89	1989 年 7 月
家畜用飼料	規則 770/90	1990 年 3 月

2011 年に発生した福島原子力発電所事故(以下、福島事故)への対応として、EU は 2011 年 3 月 25 日に実施規則 297/2011 を発表した。その内容は、上記の規則 3954/87(含む修正版)に基づいて日本の汚染地区からの輸入食品に対する規制を行うものであった。しかし、事故への対応としての日本規制関連機関が公表する対応策が EU の基準と整合性がないものであったため、より効率的な規制を実施するため、規制の枠組み(規制対象核種、規制値等)を日本側が実施する輸出規制と整合性のあるものへと修正を行った(EU 実施規則 351/2011、2011 年 4 月 11 日)。事故後の状況の変化に対応するように日本側の輸出規制の内容に変更が行われ、それらと整合性を持たせるように EU は実施規則の修正で対応を行ってきている。

福島事故へは上記の通り実施規則(implementing regulation)で対応してきたが、規則(regulation)自体はそのままとされていた。EU は国際的な安全基準への適合性を考慮しながら、2013 年には EU としての BSS を改訂した(指令

2013/59/EURATOM)。これらの動きを踏まえ、2016年1月15日、EUはそれまでの規則3954/87(及びその修正版)を廃止し、新しい規則2016/52を導入した。ただし、この規則の規制対象食品区分、規制対象核種及び基準値は、それまでの規則3954/87及びその修正版でまとめられてきたものと同じである(食品区分の定義等に若干の表現上の相違はある)。

上記でEUが示してきた食品中の放射性物質に係る規制については、規則・実施規則及びその修正版の参考文献のリストは以下の通りである。

- 1.1 COUNCIL REGULATION (Euratom) 2016/52 of 15 January 2016 laying down maximum permitted levels of radioactive contamination of food and feed following a nuclear accident or any other case of radiological emergency, and repealing Regulation (Euratom) No 3954/87 and Commission Regulations (Euratom) No 944/89 and (Euratom) No 770/90.
- 1.2 COUNCIL REGULATION (EURATOM) No 3954/87 of 22 December 1987 laying down maximum permitted levels of radioactive contamination of foodstuffs and of feeding stuffs following a nuclear accident or any other case of radiological emergency.
- 1.3 EU Radiation protection 105 (EU Food Restriction Criteria for Application after an Accident), 1998.
- 1.4 COUNCIL DIRECTIVE 2013/51/EURATOM of 22 October 2013 laying down requirements for the protection of the health of the general public with regard to radioactive substances in water intended for human consumption.
- 1.5 COUNCIL DECISION of 14 December 1987 on Community arrangements for the early exchange of information in the event of a radiological emergency (87/600/Euratom).

3. EUの食品中の放射性物質に係る規則

EUの食品中の放射性物質に係る規則の内容について、以下の2つの観点で整理した。

① 規則2016/52及びその前身である規則3954/87で規定されている重要事項の整理

EUの”Radiation Protection 105(課題文献7.1.3)”を出発とし、CODEX/WHO等の他の国際機関の関連文献の調査を行い、食品カテゴリー設定と許容レベル設定の考え方を整理する。

② 福島事故への対応の経緯

EUの文献では、何時の時点でどこが発表した内容に基づいて対応を変えてきたかについては、説明がなされていない。従って、日本の規制関連機関が発表してきた資料を収集整理し、福島対応でEUが行ってきた規則の改訂内容との関連性を比較しながら整理を行った。

4. EUにおける食品中の放射性物質規制

4.1 食品中の放射性物質規制基準の考え方

4.1.1 基本的考え方

(1) 基本式

食品中の放射性物質の量に係る基準を、具体的にBq/kgの形の誘導レベルとして評価するための考え方の基本は以下の式で示される。

$$CFIL = E / (f \times D \times I \times C)$$

E: 事故でもたらされた汚染した食品の年間の消費から生じる、参照個人実効線量(或いは介入レベルを個人の実効線量で示した値)。単位はmSv/年。

CFIL:特定の食品グループ、核種カテゴリーごとの誘導レベル毎の放射能濃度限度。単位は Bq/kg。

f:当該食品の個人による消費における年平均の放射能濃度についての判断を示す因子で、放射能濃度限度に対する割合で示す。チェルノブイリ事故後に行われた EU での実験では、0.1 と評価されている。

D:食品摂取に伴う線量係数である。単位は Sv/Bq。

I:当該食品の年間消費量。単位は kg/年。

C:一般食品(マイナーフーズ以外)のカテゴリーにおいて、対象とする食品の加算性への対応を取り入れるための修正係数である。半減期が数週間以上の核種の場合はこの係数の値は 5、放射性ヨウ素のように半減期が数日間程度の核種の場合は 1 と評価されている。

(2) 参考文献

- "Radiation protection 105, EU Food Restriction Criteria for Application after an Accident" 1998
- "Underlying data for derived emergency reference levels Post-Chernobyl action – Final report", EUR 12553 EN, 1991
- "DERIVED INTERVENTION LEVELS FOR RADIONUCLIDES IN FOOD - Guidelines for application after widespread radioactive contamination resulting from a major radiation accident", WHO, 1988
- "Criteria for Radionuclide Activity Concentrations for Food and Drinking Water", IAEA TECDOC-1788, 2016

4.1.2 介入レベルの設定

(1) 介入レベルの設定

チェルノブイリ事故以前から、どの程度の被ばくが予想される場合防護対策を実施するかについての介入レベルについては、いくつかの考え方が提示されていた。ここではまず、IAEA の文献で示されている介入レベルについて紹介する。IAEA は事故中期(intermediate phase)の防護対策として、食品・飲料水の制限を実施する介入レベルとして 5~50mSv(事故後最初の1年間)を提唱していた。一方、ICRP はこの問題に対して、事故後最初の1年間での線量として 5~50mSv を提案していた(ICRP Publication 40, 1984)。チェルノブイリ事故後の対応として、WHO は、「正当化」という概念からは介入レベルとしては 5mSv が妥当であるとして、この値に基づく評価方法について解説を行っていた。

一方、ICRP Publication 43 (1985)では、1985 年の ICRP 声明の以下の文を引用している。

「委員会は、公衆の構成員の確率的影響について、放射性物質に対する被曝からの預託実効線量当量は、いかなる 1 年間においても 5mSv に制限されるべきこと、また、長時間にわたって繰り返される被曝に関してはさらに、終生にわたる被曝の各 1 年につきこれを 1mSv に限定するのが賢明であろうと勧告している。」

即ち、被ばくが長期に及ぶ場合は、介入免除レベルとして 1mSv/年が提示されていたのである。

CODEX では、チェルノブイリ事故後の対応として、CAC/GL 5-1989 において、介入レベルについて以下の考え方を示していた。

「5mSv は、事故による被ばくに対する参照レベルとして採用された。ほとんどの放射性核種に関して、この値は、事故1年後までの期間における食物摂取がもたらす預託実効線量当量を示している。十分に安全側の仮定が採用されており、このレベルを適用すれば、個人の被ばく線量が 1mSv よりも高いものとなることはありそうもない。」

この内容については、ICRP の 1987 年 COMO 会議声明でも繰り返されている。

このような観点から、CODEX では介入免除レベル 1mSv/年に基づく基準を策定したものと考えられる(CODEX STAN 193-1995)。

同様に、EU においてもこれらの動きを踏まえ、介入免除レベルとして 1mSv/年を採用している。

(2) 参考文献

- IAEA Safety Series 72, 1985
- ICRP Publication 40, 1984
- ICRP Publication 43, 1985
- CAC/GL 5-1989, “Guideline Levels for Radionuclides in Foods Following Accidental Nuclear Contamination for Use in International Trade”
- ”GENERAL STANDARD FOR CONTAMINANTS AND TOXINS IN FOOD AND FEED”, CODEX STAN 193-1995

4.1.3 代表核種の選定

(1) 代表核種

1-1) 基本的考え方

実際の原子炉事故で環境中へ放出される放射性核種は、原子炉の型、事故の種類等によって異なる。そもそもの原子炉内での発生量、半減期等を考慮し、かつ野菜等の食品の生態によっても実質的には影響を受ける。原子炉の事故解析の分野では、ソースタームの言葉で研究されてきた課題であり、DERIVED INTERVENTION LEVELS FOR RADIONUCLIDES IN FOOD (WHO, 1988) では、WASH-1400 等の米国で 1970 年代に行われた研究を事例として挙げている。それらの研究の成果として、Sr の放射性同位体 (代表は Sr-90)、Cs の放射性同位体 (代表は Cs-134, Cs-137)、そして Pu-239 に代表されるアクチニドが挙げられる。食品安全という観点からは、これらの特定の放射性核種を対象として規制することで、他の放射性核種についても規制することが可能という考え方である。代表核種選定の重要な要因として、食品検査では膨大な量のサンプルを検査することになるので、比較的、短時間に検査ができる核種を対象とすることが必要となる。

1-2) EU 基準における考え方

- ① 先述したように、誘導レベルは注目する核種の線量変換係数に反比例する。ただし、核種毎に誘導レベルを設定していたのでは、膨大な量のサンプルを処理する現場では作業効率が悪くなるので、性質が類似したものを一括りとしている。

1-3) 核種カテゴリーについての他の事例

基本的なカテゴリー区分について、Radiation protection 105 (1988) では必ずしも明確な定義づけをしているわけではない。CODEX の食品中の放射性核種の濃度に係る基準構築の考え方を付属資料 1-3 に示す。基本的には、事故で放出される可能性が高いとされる核種毎に許容濃度限度 (誘導レベル) を計算しておき、それらの数値を丸め、その値を用いてクラス分けしている。また、IAEA (IAEA Safety Series No.109, Annex 1, 1994) の中で、実施する対策に伴う費用 (特定の食品を市場から撤去する費用) という観点でこの問題について検討しており、本質的には同じ結果を得ている。

4.1.4 対象食品の区分

食品の消費量は、食品項目、地域等の要因によってかなり差があるが、それらを踏まえた上で、安全側の仮定のもとに消費量を設定している。ただし、食品の区分毎にその仮定の成立が困難な場合もあり、いくつかのカテゴリ

リーに分けて誘導レベルを評価している。EU の規則では食品カテゴリーとして幼児フード、乳製品、マイナーフーズ、他の食品及び液状フーズの5つが導入されている。各カテゴリーで食品中の放射性核種濃度についての誘導レベルが異なるのは、カテゴリー間でそれらの食品カテゴリーの消費量が異なることを反映したものである。

(1) 全体の消費量

EU の規則がどのような考え方で策定されたかを示している Radiation protection105 (1988)では食品カテゴリー毎に消費量の評価データが示されている。

表 4.1.3 食品の消費量

食品項目	1才児	EU 成人	
		下限値	上限値
幼児食品	35kg(半年間)	-	-
乳製品	200kg	49kg	206kg
ポテト	10kg	35kg	126kg
肉	10kg	55kg	106kg
果物	20kg(果物+野菜)	52kg	172kg
野菜	-	71kg	156kg
穀物	20kg	58kg	115kg
液体状食品(飲料水を含む)	250リットル	600リットル	-

先述した CODEX では、「幼児食品」と「幼児食品以外の食品」の2つのカテゴリーが設定されており、幼児食品以外の食品については平均的な値として 550kg を用いている(CODEX STAN 193-1995)。EU 規則で用いられている食品項目カテゴリーに上表を当てはめると、271~675kg となり、CODEX では比較的高いレベルの値を用いていることが分かる(左欄の「ポテト」から「穀物」までの合計に CODEX の「幼児食品以外の食品」が対応すると考える)。

(2) 消費量に係る仮定

- ①誘導レベルの算定において、上記の食品消費量のうち、10%が事故で汚染された地域からのもの、90%が非汚染地域からのものと仮定されている。最初に示した誘導レベルの算定式において、f と記載された因子がこの効果を示しており、計算式において $f=0.1$ とおく。
- ②食品項目のうち、例えばスパイス類の消費量は他の食品と比較してかなり低いものであることは十分に想定される。その影響を考慮するために、EU 規則では「マイナーフーズ」という食品カテゴリーが設けられている。EU 規則では、この効果については規則 944/89 で具体的な対象となる食品項目が示され、誘導レベルについては一般食品の 10 倍とすることが示された(具体的な消費量については言及されていない)。このことは、マイナーフーズの消費量が少ないため、介入レベルの 1mSv に相当する誘導レベルとしては、一般食品よりも高いものとなることを示している。この 10 倍とする根拠については、IAEA の文献に以下の記載がある。
「一人あたりの年間消費量が少ない食品については(10kg 未満)、誘導レベルを一般食品の 10 倍以上とすることが可能である。」(IAEA Safety Series No.109 の頁 51 の TABLE V.)

尚、CODEX では検討はされたようではあるが、マイナーフーズという概念は用いられていない(CODEX の 1989

年ハーグでの会議等、Radiation protection105 (1988)には 10 倍という記載はある)。

- ③EU 規則、CODEX が示す基準は、非常に広範な地域を対象としており、実際には国ごと、地域ごとに食品の消費パターンは異なる。そのため、特殊な地域での誘導レベルについては、その地域特性を踏まえた対応が必要となる。

参考文献

- COUNCIL REGULATION (Euratom) 2016/52 of 15 January 2016, Official Journal of the European Union, L13.
- COUNCIL REGULATION (EURATOM) No 3954/87 of 22 December 1987 laying down maximum permitted levels of radioactive contamination of foodstuffs and of feeding stuffs following a nuclear accident or any other case of radiological emergency
- EU Radiation Protection Publication 105 (EU Food Restriction Criteria for Application after an Accident), 1998
- COUNCIL DIRECTIVE 2013/51/EURATOM of 22 October 2013 laying down requirements for the protection of the health of the general public with regard to radioactive substances in water intended for human consumption
- COUNCIL DIRECTIVE 87/600/Euratom of 14 December 1987 on Community arrangements for the early exchange of information in the event of radiological emergency

CODEX における誘導レベルの計算方法

食品中の放射性核種に係る誘導レベルについての EU 規則 3954/87 は、チェルノブイリ事故への対応として、1987 年から 1990 年にかけて整備された。同時期に CODEX は、事故直後という状況において、事故後1年間に適用する誘導レベルとして CAC/GL 5-1989 を発表した。その後、CODEX では、1年経過後も適用できる基準として、CODEX STAN 193-1995 を 1995 年に発表している。本資料では、本調査は現在の EU 規則に係るものであり、それに対応するものは CODEX STAN 193-1995 で、こちらに基づいて CODEX における考え方を整理する。

(1) 計算で用いる基本式及び仮定

①基本式

$$GL=IED/(M\times IPF\times e_{ing})$$

GL=CODEX ガイドラインレベル(誘導レベル) Bq/kg

IED=介入免除線量レベル(mSv/y) 1mSv/y と仮定

M=食品消費量(kg/y) 550kg/y

IPF=輸入生産率 10%

e_{ing} =食品摂取線量変換係(mSv/kg)

②上記パラメータについての仮定

- i 介入免除線量レベルとしては、長期に渡ることを想定しているため 1mSv/y とした(事故後1年間の場合は 5mSv/y)。
- ii 成人の食品摂取量を 550kg/y とした。
- iii 幼児の食品及びミルクの消費量を 200kg/y とした。
- iv 輸入食品の 10%が、汚染地域から輸入されたものと仮定。従って、IPF の値は 0.1 を採用した。
- v GL の利便性を図るため、適切な値に丸めることとした。同様に、放射性核種摂取に伴う線量変換係数も同程度にグルーピングを行った(オーダーで)。ただし、幼児と成人では、その影響の程度の差を考慮するため、区別して評価を行った。

(2) 計算事例

①幼児食品における I-131

$$GL=1\text{mSv}/(200\text{kg}\times 0.1\times 0.00018\text{mSv}/\text{Bq})=278\text{Bq}/\text{kg}$$

この計算値を 100Bq/kg と丸めた。

②成人食品における Cs-137

$$GL=1\text{mSv}/(550\text{kg}\times 0.1\times 0.000013\text{mSv}/\text{Bq})=1400\text{Bq}/\text{kg}$$

この計算値を 1000Bq/kg と丸めた。

上記において、線量変換係数は ICRP Publication 72 を用いている。

(3) 誘導レベルの評価結果

先の(2)の計算を代表核種について実行した結果を下表に示す。

誘導レベル Bq/kg	幼児食品 対象核種	幼児食品以外の食品 対象核種
1	Pu-238,Pu-239,Pu-240,Am-241	Pu-238,Pu-239,Pu-240,Am-241
100	Sr-90,Ru-106,I-129,I-131,U-235	Sr-90,Ru-106,I-129,I-131,U-235
1000	S-35,Co-60,Sr-89,Ru-103 Cs-134,Cs-137,Ce-144,Ir-192	S-35,Co-60,Sr-89,Ru-103 Cs-134,Cs-137,Ce-144,Ir-192
10000	H-3,C-14,Tc-99	H-3,C-14,Tc-99

参考文献

- Fact Sheet on Codex Guideline Level for Radionuclide in Foods Contaminated Following a Nuclear or Radiological Emergency – prepared by Codex Secretariat(2 May, 2011)
- Guideline Levels for Nuclides in Foods Following Accidental Nuclear Contamination for Use in International Trade, CAC/GI 5-1989

トリチウムについて

1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所事故時、は大量のトリチウムが放出されていないために、食品の基準値の策定時には、対象核種ではなかった。事故から10年が経過し、施設内に保管されている汚染水の取扱い、この汚染水に含まれる高濃度トリチウムの取扱いやその影響に関する議論が行われている。トリチウムは食品の基準値の対象核種でないものの、風評被害や不安の払拭のために、関連する文献を資料にまとめた。

2. 関連する資料

2.1 厚生労働省「食品中の放射性物質への対応 > よくある質問」

「Q4 東京電力福島第一原子力発電所から、トリチウムやストロンチウムを含む汚染水が海に流出しているとの報道がありますが、トリチウムやストロンチウムとは どのような物質ですか。水産物を食べて大丈夫ですか。」があり、トリチウムに関する解説記事がある。

Website: https://www.mhlw.go.jp/shinsai_jouhou/shokuhin_qa.html

2.2 国立保健医療科学院生活環境研究部「トリチウムはどうなっているの？」

保健福祉職員向け原子力災害後の放射線学習サイト内に、「放射線リスクを考えてみたい?」、「そもそもトリチウムって何?」、「原子炉でのトリチウムの生成」や「再処理工場からトリチウムの計画放出」などについて記載されている。

Website: <https://ndrecovery.niph.go.jp/trustrad/tritium-2.html>

2.3 トリチウム研究会「トリチウムとその取扱を知るために」

2018年3月に開催されたトリチウム研究会(主催/日本原子力学会、後援/日本原子力研究開発機構)の資料で、「環境中のトリチウム」、「環境生態系へのトリチウム影響」、「規制と管理」、「福島第一原子力発電所の汚染水の現状と汚染水中のトリチウム」などの講演資料が掲載されている。

Website: https://fukushima.jaea.go.jp/info/20140314_1.html

2.4 水産庁「東京電力福島第一原子力発電所事故における 水産物の安全性と汚染水対策について」

水産物の放射性物質調査の流れや調査結果について解説があり、「ストロンチウム90とトリチウムについて」や「福島第一原発専用港湾内への汚染水漏洩による影響について」の解説がされている。

Website: <https://www.jfa.maff.go.jp/j/koho/saigai/index.html>

2.5 福島県漁業協同組合連合会「1F 周辺海域における魚のトリチウム濃度分析結果」

東京電力福島第一原子力発電所海域における魚のトリチウム濃度分析結果とQ&Aが掲載されている。

Website: <http://www.fsgyoren.jf-net.ne.jp/sono/buhin/H3bunseki.pdf>

2.6 原子力規制庁「放射性廃棄物に対する規制について」

東京電力福島第一原子力発電所における放射性廃棄物に対する法令上の規制について解説している。

Website: https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/osensuitaisaku/committee/takakusyu/pdf/011_03_02.pdf

III. 研究成果の刊行物に関する一覧表

研究成果の刊行に関する一覧表

原著論文

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
K. Tagami, H. Tsukada, S. Uchida and B. J. Howard	Changes in the soil to brown rice concentration ratio of radiocaesium before and after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident in 2011	Environmental Science and Technology	52	8339-8345	2018
Y. Ni, Z. Wang, J. Zheng, K. Tagami, Q. Guo, S. Uchida and H. Tsukada	The transfer of fallout plutonium from paddy soil to rice: a field study in Japan	J. Environ. Radioactivity	196	22-28	2019
S. Ogasawara, T. Eguchi, A. Nakao, S. Fujimura, Y. Takahashi, H. Matsunami, H. Tsukada, J. Yanai and T. Shinano	Phytoavailability of ¹³⁷ Cs and stable Cs in soils from different parent materials in Fukushima	J. Environ. Radioactivity	198	117-125	2018
G. Yang, H. Tazoe, H. Tsukada, J. Hu, Y. Shao and M. Yamada	Vertical distribution of I-129 in forest soil collected near the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant boundary	Environmental Pollution	250	578-585	2019
K. Tagami, H. Tsukada and S. Uchida	Quantifying spatial distribution of ¹³⁷ Cs in reference site soil in Asia	Catena	180	341-345	2019
K. Kurokawa, A. Nakao, H. Tsukada, Y. Mampuku and J. Yanai	Exchangeability of ¹³⁷ Cs and K in agricultural soils after decontamination in the eastern coastal area of Fukushima	Soil Science and Plant Nutrition	65	401-408	2019
A. Takeda, Y. Unno, H. Tsukada, Y. Takaku and S. Hisamatsu	Speciation of iodine in soil solution in forest and grassland soils in Rokkasho, Japan	Radiation Protection Dosimetry	184	368-371	2019
M. Kurihara, T. Yasutaka, T. Aono, N. Ashikawa, H. Ebina, T. Iijima, K. Ishimaru, R. Kanai, Z. Karube, Y. Konnai, T. Kubota, Y. Maehara, T. Maeyama, Y. Okizawa, H. Ota, S. Otosaka, A. Sakaguchi, H. Tagomori, K. Taniguchi, M. Tomita, H. Tsukada, S. Hayashi, S. Lee, S. Miyazu, M. Shin, T. Nakanishi, T. Nishikiori, Y. Onda, T. Shinano, H. Tsuji	Repeatability and reproducibility of measurements of low dissolved radiocesium concentrations in freshwater using different pre-concentration methods	Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry	322	477-485	2019
Z. A. Begum, I. M. M.	Dynamics of Strontium and Geochemically Correlated	Journal of Environmental	259	110018	2020

Rahman, K. Ishii, H. Tsukada and H. Hasegawa	Elements in Soil during Washing Remediation with Eco-Complaint Chelators	Management			
R. Saito, Y. Nemoto and H. Tsukada	Relationship between radiocaesium in muscle and physicochemical fractions of radiocaesium in the stomach of wild boar	Scientific Reports	10	6796	2020
A. Takeda, H. Tsukada, Y. Unno, Y. Takaku and S. Hisamatsu	Effects of organic amendments on the natural attenuation of radiocesium transferability in grassland soils with high potassium fertility	Journal of Environmental Radioactivity	217	106207	2020
M. P. Johansen, D. Anderson, D. Child, M. Hotchkis, H. Tsukada, K. Okuda and T. G. Hinton	Differentiating Fukushima and Nagasaki plutonium from global fallout using $^{241}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ atom ratios: Pu vs. Cs uptake and dose to biota	Science of the Total Environment	754	141890	2021
N. P. Thoa, S. Kaneko, S. Koya, H. Ohira, H. Tsukada	Radiation dose rate to Japanese cedar and plants collected from Okuma, Fukushima Prefecture	Science of the Total Environment	779	146350	2021

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	福島県の農業環境における放射性セシウムと内部被ばく線量	第31回環境工学連合講演会講演論文集		5-8	2018
塚田祥文	福島の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	学術の動向	24	18-25	2019
塚田祥文	放射能環境動態・影響評価 ネットワーク共同研究拠点と今後の環境放射能研究	NIES レターふくしま	6	1-5	2019
斎藤梨絵, 塚田祥文	被災地の野生動物はいま(中)イノシシに蓄積する放射性 Cs	グリーン・パワー		10-11	2019
Takashi Ishimaru and Tatsuo Aono	5.8 Pollution of Marine Fish and Shellfish, 5 Ocean Transport of Radioactive Materials	Environmental Contamination from the Fukushima Nuclear Disaster, Dispersion, Monitoring, Mitigation and Lessons Learned		148 - 154	2019

H. Tsukada et al.	4. Agricultural System in Environmental Transfer of Radionuclides in Japan following the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, Report of Working Group 4, Transfer Processes and Data for Radiological Impact Assessment, Subgroup 2 on Fukushima Data, IAEA Programme on Modelling and Data for Radiological Impact Assessments (MODARIA II)	IAEA-TECDOC	19 27	31- 127	20210
-------------------	--	-------------	----------	------------	-------

学会発表等

1. A. Takeda, H. Tsukada, D. Yamada, Y. Unno, H. Harada, Y. Takaku and S. Hisamatsu (2018) Mobility of radiocesium from specific sorption sites in agricultural soils in northeastern Japan (21st World Congress of Soil Science, Rio de Janeiro, Brazil)
2. H. Tsukada, K. Nanba and T. Hinton (2018) Transfer of ^{137}Cs and stable ^{133}Cs in plants and animals collected from a forest observatory site in Yamakiya, Fukushima, Japan (The 7th International Conference on Radioactivity in the Arctic and other vulnerable areas, Oslo, Norway)
3. 塚田祥文、高橋知之、福谷哲、青野辰雄、明石 真言 (2018) 福島県浜通りにおける作物中放射性セシウムおよび ^{90}Sr 濃度と作物摂取による内部被ばく線量 (第 51 回日本保健物理学会, 札幌)
4. 塚田祥文、難波謙二、トーマス・ヒントン (2018) 福島県山木屋の森林観測所で採取した植物と動物における ^{137}Cs と安定 ^{133}Cs の移行 (第 55 回アイトープ・放射線研究発表会, 東京)
5. 塚田祥文、久保田富次郎 (2018) カラム試験による福島県大柿ダム底質からの ^{137}Cs 溶出 (日本土壌肥料学会 2018 年度神奈川大会、藤沢)
6. A. Takeda, Y. Unno, H. Tsukada, Y. Takaku and S. Hisamatsu (2018) Speciation of iodine in soil solution in forest and grassland soils in Rokkasho, Japan (9th International Conference on High Level Environmental Radiation Areas - For Understanding Chronic Low-Dose-Rate Radiation Exposure Health Effects and Social Impacts, ICHLERA 2018, Hirosaki, Japan)
7. 久保田富次郎、塚田祥文、申文浩、李相潤、万福裕造、濱松潮香、八戸真弓 (2018) ため池の流入／流出における放射性 Cs の存在形態の変化 (農業農村工学会 2018 年全国講演会)
8. M. M. Rahman, Z. A. Begum, B. Ahmmad, H. Tsukada and H. Hasegawa (2018) Effect of extraction variables for the chelator-assisted washing remediation of strontium and geochemically-related elements from soils (日本分析化学会、東京)
9. G. Yang, H. Tazoe, H. Tsukada and M. Yamada (2018) Distribution of I-129 in forest soil from the boundary of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (放射化学会、京都)
10. H. Tsukada, T. Hayasaka and T. Kubota (2018) Desorption of ^{137}Cs from contaminated sediment collected from irrigated Oogaki-dam in Fukushima by column experiment (The 15th Biennial Conference of the

South Pacific Environmental Radioactivity Association, SPERA2018, Perth, Australia).

11. R. Saito, Y. Nemoto, R. Kumada, H. Oomachi, M. Tamaoki, M. Nakamura and H. Tsukada (2018) Test of food habitat analysis using DNA analysis in wild boar to reveal relations between food habits and Caesium-137 activity concentration in the body (The 15th Biennial Conference of the South Pacific Environmental Radioactivity Association, SPERA2018, Perth, Australia).
12. Y. Wakiyama, Y. Igarashi, Y. Onda, J. Takahashi, S. Obrizan, G. Lisovy, G. Laptev, A. Konoplev, H. Tsukada and K. Nanba (2019) Hydrological response and ¹³⁷Cs wash-off evaluated by continuous observation with USLE plots in Chernobyl exclusion zone (EGU Spring Meeting 2019, Vienna).
13. G. Yang, H. Tazoe, H. Tsukada and M. Yamada (2019) The I-129 situation in land surface soil and forest soil systems after the FDNPP accident (5th Fukushima University IER Annual Symposium)
14. K. Tagami, H. Tsukada and S. Uchida (2019) Comparison of internationally available soil to rice grain transfer data of radiocaesium -the effect of soil types on the transfer data differences- (5th Fukushima University IER Annual Symposium)
15. R. Saito, Y. Nemoto, R. Kumada, H. Oomachi, M. Tamaoki, M. Nakamura and H. Tsukada (2019) Relations between Wild Boar Food Habits and ¹³⁷Cs Activity Concentration in the Body and its Seasonal Variation (5th Fukushima University IER Annual Symposium)
16. Y. Wakiyama, A. Konoplev, N. Thoa, H. Tsukada, K. Nanba, V. Golosov, M. Zheleznyak (2019) Variations in dissolved and particulate ¹³⁷Cs concentrations in the Abukuma river water during a freshet (5th Fukushima University IER Annual Symposium)
17. Y. Wakiyama, Y. Igarashi, Y. Onda, J. Takahashi, D. Samoilov, S. Obrizan, G. Lisovy, G. Laptev, A. Konoplev, H. Tsukada, K. Nanba (2019) Hydrological response and ¹³⁷Cs wash-off evaluated by continuous observation with USLE plots in Chernobyl exclusion zone (5th Fukushima University IER Annual Symposium)
18. A. Konoplev, Y. Wakiyama, T. Wada, K. Nanba, T. Takase, V. Kanivets, H. Tsukada, T. Takahashi, I. M. Rahman, M. Zheleznyak (2019) Long-term dynamics of radiocaesium in aquatic ecosystems of Fukushima and Chernobyl contaminated areas (5th Fukushima University IER Annual Symposium)
19. 塚田祥文 (2019) 被災地域における環境中の放射性セシウム濃度と内部被ばく線量(第 5 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
20. 武田晃、向井康太、藤森崇、山崎慎一、土屋範芳、塚田祥文、矢内純太 (2019) XANES および抽出法による土壌中塩素の存在形態の評価手法の検討(第 20 回「環境放射能」研究会、つくば)
21. 斎藤梨絵、根本唯、大町仁志、玉置雅紀、中村匡聡、白子智康、塚田祥文 (2019) DNA 解析によるイノシシの食性調査および食性と体内のセシウム ¹³⁷濃度の関係 (第 66 回日本生態学会、神戸)]
22. Tatsuo Aono (2018) Lessons learned from TEPCO Fukushima NPP accident, QST-KIRAMS training course on radiation emergency medicine for Korean medical professionals 2019 (Chiba)

23. Tatsuo Aono (2018) Lecture: Effects of Fukushima Daiichi NPP accident on foodstuffs, Supporting Regional Nuclear Emergency Preparedness and Response in the Member States of ASEAN Region (Chiba)
24. H. Kurikami, A. Malins, T. Niizato, K. Iijima, H. Tsukada (2019) Numerical study on sorption kinetics of radiocesium in forest soil (Migration 2019、京都)
25. 武田晃、塚田祥文、海野佑介、高久雄一、久松俊一 (2019) 交換性カリ含量が高い牧草地土壌に添加した¹³⁷Csの植物への移行に及ぼす有機物施用の影響(日本土壌肥料学会 2019年東北支部会、南相馬)
26. N. P. Thoa, H. Ohira, S. Kaneko, H. Tsukada (2019) Internal and external radiation doses of Japanese cedar in Okuma(第56回アイソトープ・放射線研究発表会、東京)
27. 塚田祥文、齋藤 隆 (2019) 試験水田における灌漑水・間隙水中¹³⁷Cs濃度と変動要因(日本土壌肥料学会 2019年度静岡大会、静岡)
28. 武田晃、海野佑介、塚田祥文、高久雄一、久松俊一 (2019) 青森県六ヶ所村の森林及び草地土壌における土壌溶液中ヨウ素の存在形態(日本土壌肥料学会 2019年度静岡大会、静岡)
29. 山田大吾、塚田祥文、山口紀子、渋谷岳、榎村恭子 (2019) 牧草中放射性セシウム濃度の経時変化と土壌の放射性セシウム存在画分からの移行推定(日本土壌肥料学会 2019年度静岡大会、静岡)
30. H. Tsukada, N. Yamaguchi, T. Saito (2019) Role of organic matter associated with temporal change of radiocaesium forms in soil (ESAFS2019, Taipei)
31. 塚田祥文 (2019) 福島県大柵ダム灌漑水の溶存態および懸濁態¹³⁷Csの経時変化(第52回日本保健物理学会、仙台)
32. Konoplev, Y. Wakiyama, V. Golosov, M. Ivanov, M. Komissarov, V. Kanivets, C. Udy, T. Niida, Sh. Moritaka, M. Usuki, K. Watanabe, A. Goto, H. Tsukada and K. Nanba (2020) Radiocesium wash-off, river transport and redistribution in soil-water environment after the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant accident (EGU, Vienna)
33. 難波謙二、ヴァシル ヨシエンコ、石庭寛子、ドノヴァン アンダーソン、兼子伸吾、和田敏裕、金指努、塚田祥文 (2020) 福島大学環境放射能研究所の放射生態学研究 2019年度(環境省主催野生動物の放射線影響調査報告、東京)
34. 武田晃、塚田祥文、中尾淳、海野佑介、山崎慎一、土屋範芳、高久雄一、久松俊一 (2020) 六ヶ所村再処理施設周辺土壌における安定ヨウ素の存在形態(第21回「環境放射能」研究会、つくば)
35. 塚田祥文 (2020) 福島県上小国川と大柵ダムにおける¹³⁷Cs濃度の経時変化(第6回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
36. 大槻知恵子、塚田祥文 (2020) 蘚苔類への放射性セシウムの蓄積(第6回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
37. 高橋純子、佐々木拓哉、日原大智、恩田裕一、塚田祥文 (2020) ゼロテンションライシメータを用いた土壌中放射性セシウムの下方移行量の評価(第6回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
38. 折田真紀子、高村昇、崔力萌、平良文亨、山田裕美子、塚田祥文 (2020) 富岡町におけるイノシシ中の放

放射性物質濃度評価 (第 6 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)

39. 菊池美保子、塚田祥文 (2020) 避難指示解除後の自家消費作物の放射性セシウム濃度 (第 6 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
40. 沖澤悠輔、塚田祥文 (2020) 東京電力福島第一原子力発電所事故による ^{60}Co 飛散の検証 (第 6 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
41. 遠藤佑哉、山口克彦、高瀬つぎ子、植頭康裕、塚田祥文 (2020) 空間線量率を用いた実効線量推定手法の高精度化 (第 6 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
42. 久保田富次郎、塚田祥文 (2020) 帰還困難区域内のため池における形態別放射性 Cs の分画分析 (第 6 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
43. 塚田祥文 (2019) 「農業環境における放射性セシウム等について」(浪江町)
44. 塚田祥文 (2019) 北海道大学大学院水産科学院セミナー「福島大学環境放射能研究所の概要・被ばく線量の考え方について」(北海道大学)
45. 塚田祥文 (2019) 福島の森里川海の今～放射能問題からウナギ・カレイの新発見まで～(公開シンポジウム)福島大学創立 70 周年記念事業・福島大学環境放射能研究所研究活動懇談会 IER 研究懇談会「農業環境における放射性セシウム・ストロンチウムと作物摂取による被ばく線量」(京都)
46. Tatsuo Aono (2019), Radionuclide contamination in food and estimation of radiation doses from food intake since the Fukushima Nuclear Power Station Accident, 3rd International Conference “RADON IN THE ENVIRONMENT2019”, Institute of Nuclear Physics, Polish Academy of Sciences, Poland.
47. 立田 穰, 津旨 大輔, 石丸 隆, 神田 穰太, 伊藤 友加里, 内田 圭一, 青山 道夫, 浜島 靖典, 青野 辰雄, 天野 洋典 (2020)、フサカサゴ科魚類における放射性セシウムの濃度低減機構の放射生態学的解明、第 21 回「環境放射能研究会」、高エネルギー加速器研究機構放射線科学センター、筑波
48. 長谷川 慎, 矢島 千秋, 青野 辰雄, 山田 裕 (2019)、日常の食生活から受ける内部被ばく線量の評価システムの検討、放射性物質環境動態調査事業報告会, 福島
49. Tatsuo Aono (2019)、Lessons learned from TEPCO Fukushima NPP accident 2, QST-KIRAMS Training Course on Radiation Emergency Medicine for Korean Medical Professionals (Chiba)
50. 塚田祥文、高橋純子、Mark Zheleznyak, Igor Chizhevskyy, Serhii Kerieiev, Valery Kashparov (2020) チェルノブイリ原子力発電所から 30-km 圏内の試験圃場における土壌からバレイショへの ^{137}Cs および ^{90}Sr の移行(日本原子力学会, 福岡, オンライン)
51. 沖澤悠輔、塚田祥文 (2020) 2011 年の東京電力福島第一原子力発電所事故による ^{60}Co 飛散の検証(日本原子力学会, 福岡, オンライン)
52. 遠藤佑哉、山口克彦、高瀬つぎ子、植頭康裕、塚田祥文 (2020) 2011 年東電福島第一原発事故後の土壌中放射性セシウムによる空間線量率と実効線量の関係(日本原子力学会, 福岡, オンライン)
53. 菊池美保子、塚田祥文 (2020) 避難指示解除地域における自家消費作物の放射性セシウム濃度(日本原子力学会, 福岡, オンライン)

54. 大槻知恵子、塚田祥文 (2020) 蘚苔類への放射性セシウムの蓄積(日本原子力学会, 福岡, オンライン)
55. 塚田祥文 (2020) 大柿ダム底質から溶出する ^{137}Cs の灌漑水への寄与について(日本土壌肥料学会 2020 年度岡山大会、倉敷、オンライン)
56. 武田晃、塚田祥文、海野佑介、高久雄一、久松俊一 (2020) 黒ボク土草地土壌に添加した放射性セシウム及びヨウ素の牧草への移行性に及ぼす有機物施用の影響(日本土壌肥料学会 2020 年度岡山大会、倉敷、オンライン)
57. 塚田祥文、○山口紀子、山田大吾 (2020) 草地土壌の有機物による放射性セシウム固定阻害(日本地球化学会、リモート)
58. 遠藤佑哉、植頭康裕、高瀬つぎ子、山口克彦、塚田祥文 (2020) 空間線量率を用いた実効線量推定手法の高精度化(ICRP-JAEA International Conference、リモート)
59. 沖澤悠輔、塚田祥文(2020)2011 年の東京電力福島第一原子力発電所事故による ^{60}Co 飛散の検証(第一回 環境研研究交流セミナー 六ヶ所村)
60. 遠藤佑哉、高瀬つぎ子、山口克彦、塚田祥文(2020)2011 年東電福島第一原発事故後の土壌中放射性セシウムによる空間線量率と実効線量の関係(第一回 環境研研究交流セミナー 六ヶ所村)
61. 菊池 美保子、塚田祥文(2020)避難指示解除地域における自家消費作物の放射性セシウム濃度(第一回 環境研研究交流セミナー 六ヶ所村)
62. 大槻知恵子、塚田祥文(2020)蘚苔類への放射性セシウムの蓄積(第一回 環境研研究交流セミナー 六ヶ所村)
63. Nguyen Phuong Thoa, Shigeo Kaneko, Shishido Koya, Hajime Ohira and Hirofumi Tsukada(2020) Radiation dose rate of Japanese cedar and plants collected in Okuma, Fukushima(第一回 環境研研究交流セミナー 六ヶ所村)
64. 辰野宇大、塚田祥文 (2021) 土壌アーカイブ試料および土壌アーカイブデータベースシステムの紹介 (第7回福島大学環境放射能研究所成果報告会、Online)
65. 塚田祥文、齋藤隆 (2021) 大熊町試験水田における灌漑水・間隙水中 ^{137}Cs 濃度と変動要因 (第7回福島大学環境放射能研究所成果報告会、Online)
66. Nguyen Phuong Thoa and Hirofumi Tsukada (2021) Uptake of radiocaesium by brown rice from soils and irrigation water (第7回福島大学環境放射能研究所成果報告会、Online)
67. 沖澤悠輔、塚田祥文 (2021) 2011 年東京電力福島第一原子力発電所事故による ^{60}Co の放出 (第7回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
68. 遠藤佑哉、植頭康裕、高瀬つぎ子、山口克彦、塚田祥文 (2021) 東京電力福島第一原子力発電所事故後の土壌中放射性セシウムによる空間線量率と実効線量の関係(第7回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
69. 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濃度と内部被ばく線量 (第7回福島大学環境放射能研究所成果報告会)

70. 大槻知恵子、塚田祥文 (2021) 蘚苔類への放射性セシウムの移行と蓄積 (第 7 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
71. 遠藤佑哉、植頭康裕、高瀬つぎ子、山口克彦、塚田祥文 (2021) 東京電力福島第一原子力発電所事故後の土壤中放射性セシウムによる空間線量率と実効線量の関係(第 6 回次世代イニシアティブ廃炉技術カンファレンス(NDEC-6)JAEA)
72. 杉浦広幸、塚田祥文 (2021) 福島の高層湿原の植物における放射性セシウム汚染 (放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同研究拠点報告会)
73. 塚田祥文 (2020) 安積高校「福島の農業環境と作物は“いま”－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－」(福島)
74. 塚田祥文(2020)2011 年の事故後の環境放射能(楡葉町立楡葉中学校 放射線教育)(福島)
75. Tatsuo Aono, Yutaka Yamada: Estimation of internal exposure dose from diet in daily life, Low-dose Radiation for Patients and Population–Science, Technology and Society Concepts for Communication and Perception Among Medical Doctors and Stakeholders – (Webinar), IAEA, 2020-10-22.
76. Tateda Yutaka, Tsumune Daisuke, Misumi Kazuhiro, Aoyama Michio, Hamajima Yasunori, Ishimaru Takashi, Kanda Jota, Ito Yukari, Aono Tatsuo: The determining factors of radio-caesium levels in fish off Fukushima derived from dynamic biological transfer model simulation, Fukushima Dai-ichi and the Ocean: 10 years of study and insight, University of Tokyo (Webinar), 2021-03-04

(招待講演)

1. 塚田祥文;第 31 回環境工学連合講演会(日本学術会議)「福島県の農業環境における放射性セシウムと内部被ばく線量の状況」(2018.5.22、東京)
2. 塚田祥文;放射能測定分析技術研究会セミナー講師(一般社団法人 日本環境測定分析協会):農業環境における放射性セシウムと作物摂取による被ばく線量(2018.8.9、東京)
3. 塚田祥文;藤沢市放射能測定器運営協議会学習会講師「2011 年原発事故後の農業環境における放射性セシウム」(2018.11.24、藤沢市)
4. 塚田祥文;公開シンポジウム「東日本大震災に係る食料問題フォーラム 2018」(日本学術会議)「福島の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」(2018.12.21、東京)
5. 塚田祥文;長崎大学・川内村/富岡町復興推進拠点 活動報告会「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」(2019.3.20、川内村)
6. Tatsuo Aono (2018) How to Communicate with Consumers who are Anxious about Food Radiation and Implications of Food Radioactivity Policies in Japan since the Fukushima Nuclear Power Plant Accident in Japan, International symposium on safety management of radionuclide in food (Korea)
7. 塚田祥文 (2019) 長崎大学大学院セミナー「福島大学環境放射能研究所における研究紹介・農業環境における放射性セシウムの動態と住民の被ばく線量」(長崎大学)

8. 塚田祥文 (2019) Mini-symposium Academia Sinica“Radiocaesium in agricultural environment and internal radiation dose from foods in Fukushima after the nuclear accident of 2011” (Taipei)
9. 塚田祥文 (2019) 鹿児島県原子力安全・避難計画等防災専門委員会 講演会「放射線被ばくと“いちき串木野市”における緊急時の対応」(いちき串木野市)
10. 塚田祥文 (2019) 農業環境における存在形態別放射性セシウムの動態(日本原子力学会東北支部研究交流会 特別講演, 仙台)
11. 塚田祥文 (2019) NEA Workshop “Concentrations of radiocaesium, ^{90}Sr and ^{129}I in agricultural crops collected from Fukushima Prefecture and reference areas”(東京)
12. N. P. Thoa, S. Koya, H. Ohira, S. Kaneko, and H. Tsukada (2020) Radiation dose rate of Japanese cedar and plants collected from Okuma applying ERICA tool (第6回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
13. 塚田祥文 (2020) 福島県の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(環境科学技術研究所成果報告会 基調講演, 弘前)
14. 塚田祥文 (2020) 福島大学食農学類放射線等学習会「農業環境における放射性セシウムと作物摂取による被ばく線量」(福島)
15. 塚田祥文 (2020) 令和2年度福島県原子力防災研修講師 「放射線と放射能の基礎知識」(福島)
16. H. Tsukada (2020) Internal and external radiation dose rates in organisms collected from a forest observatory site in Yamakiya, Kawamata, Fukushima(日本放射線影響学会第63回大会 ワークショップ「福島原発事故による環境への影響」リモート)
17. N. P. Thoa, S. Koya, H. Ohira, S. Kaneko, and H. Tsukada (2020) Radiation dose rate of Japanese cedar and plants collected from Okuma applying ERICA tool(日本放射線影響学会第63回大会 ワークショップ「福島原発事故による環境への影響」リモート)
18. H. Tsukada (2020) Radiocaesium in the environment(ICRP International Conference、リモート)
19. 塚田祥文(2020)福島大学環境放射能研究所と福島における環境中 ^{137}Cs の変遷(第一回 環境研研究交流セミナー 六ヶ所村)
20. I.M.M. Rahman, Z.A. Begum, H. Tsukada and H. Hasegawa (2020) Chelator-assisted washing remediation of radionuclide-contaminated soils, In: 2nd International Conference on Research & Innovation in Civil Engineering (Chittagong, Bangladesh)