

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 総括・分担研究報告書

研究代表者 明石 真言

茨城県竜ヶ崎保健所

令和2(2020)年3月

目次

I.	総括研究報告	
	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	
1.	農作物中 Cs と長半減期核種の濃度測定に関する研究	13
	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に関する研究.....	26
	青野辰雄（量子科学技術研究開発機構）	
3.	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	36
	高橋知之（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の知見に関する評価検討.....	50
	青野辰雄（量子科学技術研究開発機構） 明石真言（茨城県竜ヶ崎保健所）	
III.	研究成果の刊行に関する一覧	76

I. 総括研究報告

厚生労働行政推進調査事業費補助金
(食品の安全確保推進研究事業)
総括研究報告書

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

研究代表者 明石 真言 (茨城県竜ヶ崎保健所)

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)およびプルトニウム(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、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。農作物摂取のみ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19歳以上の男子でも、年間0.00059 mSvであった。本評価では、測定したジャガイモから推定される放射性核種濃度の食品を、摂取する食品全体の1/2と仮定しており、実際に摂取される食品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0.00001 mSvのオーダーであり、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、南相馬市7～12歳男子であり、年間0.000000069 mSvであるが、この線量は、放射性Csによる被ばく線量よりも5桁程度低く、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。魚類アブラ部中の ^{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。さらに魚類では内臓部に濃縮されやすいPuについては、魚類内臓部中の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度の測定を行ない、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 の 1/1000 程度であり、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 ^{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(「一般食品」では 100 Bq/kg、「乳児用食品」および「牛乳」では、50 Bq/kg)を設定し、その他の核種については、原子力安全・保安院(当時)が 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) およびプルトニウム-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 およ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、食品について測定および評価を行い、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およ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および食品中に含まれる放射性物質の濃

度等に関する科学的知見の集約を行うことを目的とした。

B. 研究方法

1. 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(ジャガイモ)は、福島県の浜通り、中通り(2地点)、会津の4地点、福島周辺地域として宮城県と栃木県、並びに FDNPS 事故の影響が限定されている愛知県の計 7 地点で採取した。採取した作物や土壌は乾燥や灰化を行い、放射性核種測定用試料を作成した。試料をプラスチック容器(U-8)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) およびカリウム-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に関する研究

福島県海洋水産研究センターの協力を得て、2019 年度に福島沖で採取され、市場に流通する魚介類 4 種(スズキ、マダラ、マコガレイおよびバシカレイ)を研究対象とした。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. 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

食品中放射性 Cs、 ^{90}Sr および ^{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、食品の種類を同一種類(ジャガイモ)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 および ^{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.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た。

4. 食品中放射性物質濃度の知見に関する評価検討

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、中国、台湾およ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、 ^{137}Cs 濃度の約 10%まで減少した。福島県会津(猪苗代町)の土壌中 ^{137}Cs 濃度は、宮城県や栃木県と同程度であった。福島県中通り及び浜通りの土壌中 ^{137}Cs 濃度は、除染などの低減化により作物中濃度が基準値を超えないように十分な低減化が確認できた。愛知県の土壌では 2018 年の調査に続き ^{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。南相馬市の圃場土壌中 ^{129}I 濃度は愛知県に比べ 20 倍であるが、 ^{137}Cs 濃度に比べ一万分の一以下の 0.84 mBq/kg であった。しかし、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。愛知県を除き他地点の土壌

中 ^{129}I 濃度は、同様であった。作物中放射性 Cs 濃度は、福島県内で採取した作物でも 1 Bq/kg 生重量以下で、基準値の百分の一以下まで低減した。福島県内で採取した作物中 ^{90}Sr 濃度は、0.1 Bq/kg 生重量以下であった。 ^{129}I 濃度は、全ての地点で 0.001 mBq/kg 生重量を下回るきわめて低い値であった。

2. 食品中の放射性核種濃度に関する研究

スズキ、マダラ、マコガレイとババカレイから ^{134}Cs は検出下限値(2 mBq/kg-生重量)以下であった。スズキ、マダラ、マコガレイとババカレイの可食部の ^{137}Cs 濃度の加重平均(n=5)は、それぞれ 0.64 Bq/kg-生重量、0.24 Bq/kg-生重量、0.75 Bq/kg-生重量および 0.25 Bq/kg-生重量であった。またスズキ、マダラ、マコガレイとババカレイの可食部の ^{40}K 濃度の加重平均(n=5)は、それぞれ 117 Bq/kg-生重量、113 Bq/kg-生重量、92 Bq/kg-生重量および 88 Bq/kg-生重量であった。これらの値は、福島沖で採取された魚類のモニタリング結果と近似していた。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。

3. 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

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、南相馬市の「19歳以上【男子】」であり、年間 0.00059 mSv であった。 ^{90}Sr による被ばく線量推定値が最も高かったのは、南相馬市の「13-18歳【男子】」であり、年間 0.000082 mSv であった。 ^{129}I による被ばく線量推定値が最も高かったのは、南相馬市の「7~12歳【男子】」であり、年間 0.0000000061 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た。また、 ^{129}I による被ばく線量は、放射性 Cs による被ばく線量よりも 5 桁程度低く、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。

4. 食品中放射性物質濃度の知見に関する評価検討

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。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

土壌中 ^{137}Cs 濃度と作物中 ^{137}Cs 濃度は正の相関を示し、FDNPS から放出された放射性セシウムの作物への移行は、作物種が同様であれば、土壌中濃度に対する作物中濃度の比で示される「移行係数」で類推できることがあらためて示された。福島県内の浜通りと中通りで採取したジャガイモ中 ^{137}Cs 濃度は他の地点より高いものの、1 Bq/kg 生重量を下回り、基準値を十分に下回っていることを確認した。福島県内におけるジャガイモ中 ^{90}Sr 濃度に違いは見られず、また、福島県外で採取された根菜類と比較しても低い値にあり、大気圏核実験由来と考えられる。

土壌中 ^{129}I 濃度とジャガイモ中 ^{129}I 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。ジャガイモ中 ^{129}I 濃度は、南相馬市で採取した試料で他の地点より若干高いものの、0.001 mBq/kg 生重量以下と、 ^{137}Cs 濃度より 6 桁低い濃度であった。

2. 食品中の放射性核種濃度に関する研究

2019年に福島相双海域で採取したスズキ、マダラ、マコガレイとババカレイから ^{134}Cs は検出されなかった。試料中の検出された ^{137}Cs 濃度に対して、 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比から計算した魚類中の ^{134}Cs の推定濃度は検出下限値に相当し、さらに試料の前処理を行わない限り ^{134}Cs を検出することは難しいことが考えられる。魚の部位ごとの重量と ^{137}Cs 濃度の比較を行った。魚全身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 ^{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。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 はもともと体内の体液(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、部位中に体液が存在しその量が影響していることが考えられる。つまり部位中の体液の存在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海水中の放射性Cs濃度と ^{90}Sr 濃度の定量を行い、濃縮比(CR)から魚類中の ^{137}Cs 濃度と ^{90}Sr 濃度を推定すると、それぞれ0.3-1.5 Bq/Kg-生重量と2.7-3.0 mBq/Kg-生重量であった。魚類中の ^{137}Cs 濃度は生息環境の海水中濃度を反映していたが、 ^{90}Sr 濃度は検出下限値以下であることが明らかとなった。福島事故前から日本沿岸におけるモニタリング調査結果でも、魚類可食部中の放射性Cs濃度に比べて放射性Srやプルトニウム同位体の濃度は検出下限値以下の報告が多いため、濃縮されやすい部位中の定量を行ない、その結果より、魚類全身あたりの放射性核種の濃度比を計算した結果、いずれの放射性核種共に放射性Csに比べて濃度割合が極めて低いことを明らかにした。

3. 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

2018年9月～10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¹²⁾は、福島(浜通り)で0.0009 mSv、福島(中通り)で0.0011 mSv、福島(会津)で0.0010 mSvであり、また福島県以外では0.0006～0.0010 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、農作物摂取のみによるもので、マーケットバスケット法による値の1/2～1/10程度の評価結果となっていた。また ^{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0.00001 mSvのオーダーであったが、この線量のほとんどが大気圏核実験由来と考えられた。 ^{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。

CsとKは体内では似た動態を示すため、安定Kの摂取量から放射性Cs摂取量の推定が可能である。また ^{90}Sr による内部被ばく線量評価では、同様に安定カルシウム(Ca)濃度を用いることができる。 ^{129}I においては、安定ヨウ素や ^{127}I を用いることができる。この安定元素濃度を用いた内部被ばく線量の試算では、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推定結果が得られたが、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、本手法においても、 ^{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の知見に関する評価検討

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。

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中放射性 Cs、⁹⁰Sr 及び ¹²⁹I 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測定も困難なレベルになってきている。作物中 ⁹⁰Sr 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 ⁹⁰Sr 濃度の増加は認められなかった。作物中 ¹²⁹I 濃度は、浜通りで他の地点より高い傾向にあるが、¹³⁷Cs 濃度に比べ6桁低い値であった。

2. 食品中の放射性核種濃度に関する研究

福島相双海域で採取し、市場流通する魚介類中の放射性 Cs と ⁴⁰K を定量した結果、魚類可食部で ¹³⁴Cs は検出下限値以下で、¹³⁷Cs 濃度は 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 ⁹⁰Sr 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 ⁹⁰Sr 濃度の推定を行ったところ、¹³⁷Cs 濃度は環境水を反映しているが、⁹⁰Sr 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。魚類アラ部中の ⁹⁰Sr 濃度を測定し、魚類(全身)中の ⁹⁰Sr 濃度を推定した結果、海産魚類(全体)中の ¹³⁷Cs 濃度に対する ⁹⁰Sr 濃度の割合は、0.2-1%程度であり、食品の基準値の算出基準の考え方に対して影響を与えないものであることが確認した。さらに魚類では内臓部に濃縮されやすい Pu については、魚類内臓部中の ²³⁹⁺²⁴⁰Pu 濃度の測定を行い、その結果より魚類全身中の ²³⁹⁺²⁴⁰Pu

濃度は、検出下限値以下であることが明らかにした。

3. 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

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 の 1/1000 程度であり、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 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の知見に関する評価検討

食品中の放射性核種濃度の制限値については、値が低いという理由で日本の食品中の放射性物質の基準値に下げ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。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究業績

(論文)

1. 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.
2. K. Tagami, H. Tsukada and S. Uchida (2019) Quantifying spatial distribution of ^{137}Cs in reference site soil in Asia, *Catena* 180, 341–345.
 3. 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.
 4. 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.
 5. 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.
 6. 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. (学会発表等)
 7. 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)
 8. 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)
 9. 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)
 10. 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)
 11. 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壤における土壤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)
 12. 山田大吾、塚田祥文、山口紀子、渋谷岳、榊村恭子 (2019) 牧草中放射性セシウム濃度の経時変化と土壤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)
 13. H. Tsukada, N. Yamaguchi, T. Saito (2019) Role of organic matter associated with temporal change of radiocaesium forms in soil (ESAFS2019, Taipei)

14. 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 ^{137}Cs の経時変化 (第 52 回日本保健物理学会, 仙台)
15. 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)
16. 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)
17. 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)
18. 塚田祥文 (2020) 福島県上小国川と大柵ダムにおける ^{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)
19. 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)
20. 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方下移行量の評価 (第 6 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
21. 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)
22. 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)
23. 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)
24. 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)
25. 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)
26. 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)
27. 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)
28. 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)
29. 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)

30. 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)
31. 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)
32. 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)
33. 塚田祥文 (2019) 福島 of 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)
34. 塚田祥文 (2019) NEA Workshop “Concentrations of radiocaesium, 90Sr and 129I in agricultural crops collected from Fukushima Prefecture and reference areas” (東京)
35. 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)
36. 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.
37. 塚田祥文 (2019) 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.
38. 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.
39. 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.
40. 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.
41. 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
42. 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
43. 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)
分担研究報告

農作物中 Cs と長半減期核種の濃度測定に関する研究

分担研究者 塚田 祥文 (福島大学 環境放射能研究所)

研究要旨

東京電力福島第一原子力発電所(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」および「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)およびプルトニウム(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)についての不安の声が大きい。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、2019 年度に福島県内で生産された作物(ジャガイモ)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 濃度は基準値の百分の一(1 Bq/kg 生重量)以下まで減少していた。また、福島県内で採取した作物中 ^{90}Sr 濃度についても、0.01 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、0.001 mBq/kg 以下と放射性 Cs 濃度の一万分の一以下の水準にあった。

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气及び海洋に放出された。この事故により放出された放射性核種による食品の

摂取による内部被ばくが懸念され、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)およびプル

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 1600 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。また、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。

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。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。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(ジャガイモ)は、表 1 及び表 2 に示す福島県の浜通り、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 地点で採取した。

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 を採取した。作物中 ^{90}Sr の分析結果を得るには、作物を灰化・減容し、大量の試料を用いる必要から、作物は土壌を採取した圃場から非可食部の歩留まりが 5 kg となるように考慮して採取した。土壌及び作物の採取重量は、それぞれ表 1 及び表 2 に示した。

2. 試料の前処理

採取した作物は、水で洗浄し土壌を除去し、根、皮、腐敗部等の非可食部の除去等を行い可食部とした。処理した可食部の一部(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 分析用試料とした。その他の試料は、70°C で 3 日間以上乾燥した後 450°C で灰化した後、粉碎混合し、放射性 Cs 及び ^{90}Sr 分析試料とした。新鮮重量に対する乾燥重量の割合と新鮮重量に対する灰重量を表 2 に示した。

3. 放射性 Cs 濃度の測定

灰化試料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 および GC4020) で、放射性 Cs 濃度を測定した。セシウム-134 (^{134}Cs) およびセシウム-137 (^{137}Cs) の定量には、それぞれ 604.7 keV および 661.7 keV の γ 線を用い、土壌は 650~428,698 秒、作物は 11,216~609,841 秒測定した。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、検出できなかった。

4. ^{90}Sr 濃度の測定

灰化した作物試料 30~42 g (3,540~4,190 g 生重量相当) 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。 ^{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) 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 10 mL 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。 ^{129}I の定量は、

ICP-MS (Agilent7500cx) で行い、 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比と ^{127}I 濃度から試料の ^{129}I 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。燃焼によって発生するタール等を完全燃焼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、 ^{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。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

土壌中放射性核種濃度の測定結果を表 3 に示す。2011 年の事故からの経過時間に伴い、 ^{134}Cs 濃度は、 ^{137}Cs 濃度の約 10% まで減少した。福島県浜通り、中通りの圃場土壌中 ^{137}Cs 濃度は、除染により大きく減少していることが確認された。また、福島県会津の土壌中 ^{137}Cs 濃度は、宮城県や栃木県と同程度のレベルにあった。愛知県の土壌では 2018 年度に採取した試料と同様に ^{134}Cs が検出されなかったことから、大気圏核実験由来による ^{137}Cs であることが明らかになった。南相馬市の圃場土壌中 ^{129}I 濃度は、 ^{137}Cs 濃度に比べ一万分の一以下の 0.84 mBq/kg 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。愛知県を除き他地点の土壌中 ^{129}I 濃度は、同程度のレベルにあった。

2. 作物

ジャガイモ中放射性核種濃度を表 4 に示す。福島県産の作物中 ^{137}Cs 濃度は会津を除き他の地点よりも約 1 桁高い濃度にあるが、1 Bq/kg 生重量以下と基準値の百分の一以下まで減少し、通常の食品検査などでの測定では検出が難しい状況であることが確認された。また、福島県内を含め全ての試料で、長時間測定にもかかわらず 2011 年度の事故から 8 年以上が経過したため、半減期が 2.06 年の ^{134}Cs が検出されなかった。福島県内で採取した全ての作物中 ^{90}Sr 濃度は、0.1 Bq/kg 生重量を大きく下回る 0.006~0.011 Bq/kg 生重量で、福島県以外での範囲にあり、これまで同様に大気圏核実験由来と考えられる。 ^{129}I 濃度が、最も高い値でも 0.001 mBq/kg 生重量を下回ったが、南相馬市の試料では他の地域より明らかに高い値を示し、FDNPS 由来であると考えられた。

D. 考察

土壌中 ^{137}Cs 濃度とジャガイモ中 ^{137}Cs 濃度の相関を図 1 に示す。両者は正の相関を示し、FDNPS から放出された放射性セシウムの作物への移行は、作物種が同様であれば、土壌中濃度に対する作物中濃度の比で示される「移行係数」で類推できることを示唆している。しかしながら、本課題で得られた ^{137}Cs 移行係数の幾何平均値は、青森県で採取した試料から求めた文献値より約 1 桁低い値にあり、有意差が見られた ($p < 0.05$)。これは、青森県の土壌は、Cs の強固結合性が比較的低い火山灰土壌が卓越しているためではないかと考えられる。

福島県内で採取した作物中 ^{90}Sr 濃度の平均値は 0.008 ± 0.002 Bq/kg 生重量であり、また、地域による差が見られず、福島県以外で範囲内にあり、大気圏核実験由来と考えられる。更に、環境放射線デー

データベースによる全国調査結果から得られる福島県外産の根菜類から得られた値(ダイコン、0.051 ± 0.027、ND~0.15 Bq/kg 生重量、n=53)と比較しても十分に低い値であることを確認できた。

FDNPS 事故によって環境中に放出された ^{129}I は、1.2~8.1 GBq であると評価されている。 ^{129}I の半減期は約 1600 万年ときわめて長く、環境中ではやがて安定 ^{127}I と類似した移行を示すと考えられる。そのため、 ^{129}I 濃度のみならず、 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比を使って示されることがある。令和元年に報告した大気圏核実験後の土壤中 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比の値と比較すると、愛知県を除き若干高い値にあり、その中でも南相馬市で高い値であったが、チェルノブイリや核燃料再処理工場周辺土壌(10^{-6} ~ 10^{-4})に比べると低い値であった。更に、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^{-8} ~ 10^{-6})と比較しても、低い値にあり、除染による ^{129}I の低減と考えられる。

土壌中 ^{129}I 濃度とジャガイモ中 ^{129}I 濃度の相関を図 2 に示す。両者は正の相関を示し、ジャガイモ中 ^{129}I 濃度の推定に移行係数が有効であることが確認できた。一方で、 ^{129}I の移行係数は、これまでに得られた文献値による ^{127}I の移行係数より約 1 桁高く、有意差が認められた ($p < 0.05$)。チェルノブイリをフィールドとした調査研究でも、事故後 29 年を経過した土壌であっても移動しやすい ^{129}I の割合が ^{127}I より高いことが報告されており、2011 年の東電福島第一原発事故由来の ^{129}I の移行係数が、安定 ^{127}I より高い移行係数であると類推される。

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。採取したジャガイモ中放射性 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 (0.1 Bq/kg-生重量) にまで低下している。ジャガイモ中 ^{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 濃度が中通りよりも高く、作物中 ^{129}I 濃度も浜通りで他の地点より高い値にあった。作物中 ^{129}I 濃度は、土壌中 ^{129}I 濃度と正の相関を示し、土壌濃度から類推が可能であることが示された。福島県産作物の $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比は、 6.1×10^{-9} ~ 6.2×10^{-10} にあり、チェルノブイリ(10^{-6})や核燃料再処理施設周辺(10^{-6} ~ 10^{-4})に比べ、きわめて低いであることが確認された。

引用文献

- 1) 福島県農産物等の放射性物質モニタリング Q&A, <http://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/nousan-qa.html>
- 2) 環境放射線データベース, <http://search.kankyo-hoshano.go.jp/>
- 3) 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.
- 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) 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)
- 6) Y. Muramatsu, H. Matsuzaki, C. Toyama, 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) 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.
- 8) T. Ohno, Y. Muramatsu, Y. Shikamori, C. Toyama, N. Okabe and H. Matsuzaki: Determination of ultratrace ^{129}I in soil samples by Triple Quadrupole ICP-MS and its application to Fukushima soil samples, *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* 28, 1283–1287, 2013.
- 9) 大野 剛, 村松康行: 誘導結合プラズマ質量分析法を用いた福島環境放射能研究. *地球科学* 49, 239–246, 2015.
- 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) H. Tsukada, and Y. Nakamura: Transfer of ^{137}Cs and stable Cs from soil to potato in agricultural fields. *The Science of the Total Environment* 228, 111–120, 1999.
- 12) H. Tsukada, A. Takeda, T. Takahashi, H. Hasegawa, S. Hisamatsu and J. Inaba: Uptake and distribution of ^{90}Sr and stable Sr in rice plants. *Journal of Environmental Radioactivity* 81, 221–231, 2005.
- 13) H. Tsukada, A. Takeda and H. Hasegawa: Uptake and distributions of ^{90}Sr and ^{137}Cs in rice plants, 16th Pacific Basin Nuclear Conference, Aomori, Japan, P16 P1121, 2008.
- 14) 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.
- 15) H. Tsukada, and Y. Nakamura: Transfer factors of 31 elements in several agricultural plants collected from 150 farm fields in Aomori, Japan. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 236, 123–131, 1998.
- F. 健康危険情報
なし
- G. 研究業績
(論文)
- 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.
 - K. Tagami, H. Tsukada and S. Uchida (2019) Quantifying spatial distribution of ^{137}Cs in reference site soil in Asia, *Catena* 180, 341–345.
 - 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.
4. 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. Ootosaka, 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.
 5. 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.
 6. 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. (解説書)
 7. 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.
 8. 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.
 9. 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)
 10. 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)
 11. 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)
 12. N. P. Thoa, H. Ohira, S. Kaneko, H. Tsukada (2019) Internal and external radiation doses of Japanese cedar in Okuma(第 56 回アイントープ・放射線研究発表会, 東京)
 13. 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)
 14. 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壤における土壤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)
 15. 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壤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)
 16. H. Tsukada, N. Yamaguchi, T. Saito (2019) Role of organic matter associated with temporal change of radiocaesium forms in soil (ESAFS2019, Taipei)

17. 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)
18. 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)
19. 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)
20. 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)
21. 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)
22. 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)
23. 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)
24. 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)
25. 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)
26. 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)
27. 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)
28. 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)
29. 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)
30. 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)
31. 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) (招待講演)
32. 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)

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

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

表 1 土壌の採取日及び処理重量

試料番号	採取地点	土壌分類	試料採取日	採取試料重量	乾燥後重量
				g	g
2019S-1	宮城県大崎市	灰色低地土	2019年7月23日	2366	1844
2019S-2	栃木県鹿沼市	灰色低地土	2019年7月17日	1948	1283
2019S-3	愛知県知多郡武豊町	黄色土	2019年7月4日	2308	1851
2019S-4	福島県南相馬市	灰色低地土	2019年7月27日	2025	1727
2019S-5	福島県福島市	褐色森林土	2019年8月1日	1781	1330
2019S-6	福島県郡山市	褐色森林土	2019年8月1日	2309	1843
2019S-7	福島県猪苗代町	黒ボク土	2019年8月1日	1797	1286

表 2 ジャガイモの採取日及び処理重量

試料番号	採取地点	試料採取日	採取試料重量	非可食部	可食部	乾燥割合	灰化割合
			g	g	g		
2019P-1	宮城県大崎市	2019年7月20日	5202	648	4554	0.201	0.0090
2019P-2	栃木県鹿沼市	2019年7月17日	5292	800	4492	0.221	0.0088
2019P-3	愛知県知多郡武豊町	2019年6月26日	5293	563	4730	0.234	0.0103
2019P-4	福島県南相馬市	2019年7月26日	5366	698	4668	0.228	0.0088
2019P-5	福島県福島市	2019年7月24日	5824	640	5184	0.219	0.0092
2019P-6	福島県郡山市	2019年7月15日	5161	668	4493	0.195	0.0085
2019P-7	福島県猪苗代町	2019年7月28日	5071	659	4412	0.190	0.0084

表3 土壤中¹³⁴Cs、¹³⁷Cs、⁴⁰K、¹²⁹I濃度及び¹²⁹I/¹²⁷I原子数比

試料番号	採取地点	放射性核種濃度(乾燥重量)					¹²⁹ I/ ¹²⁷ I原子数比
		¹³⁴ Cs*		¹³⁷ Cs		¹²⁹ I	
		Bq/kg 乾燥	Bq/kg 乾燥	Bq/kg 乾燥	Bq/kg 乾燥	mBq/kg 乾燥	
2019S-1	宮城県大崎市	2.7 ± 0.5	46.0 ± 0.8	224 ± 8	0.12 ± 0.008	7.4E-09	
2019S-2	栃木県鹿沼市	7.3 ± 1.4	63.9 ± 3.6	402 ± 35	0.25 ± 0.01	5.2E-09	
2019S-3	愛知県知多郡武豊町	< 0.4	2.4 ± 0.1	272 ± 3	0.046 ± 0.003	1.0E-09	
2019S-4	福島県南相馬市	45.3 ± 2.5	645.7 ± 8.4	442 ± 28	0.84 ± 0.05	9.9E-08	
2019S-5	福島県福島市	73.5 ± 3.2	981.4 ± 11.0	252 ± 23	0.40 ± 0.03	2.1E-09	
2019S-6	福島県郡山市	50.8 ± 8.3	530.2 ± 26.2	524 ± 104	0.17 ± 0.009	3.6E-09	
2019S-7	福島県猪苗代町	5.5 ± 0.7	74.5 ± 1.8	235 ± 13	0.20 ± 0.01	1.5E-09	

* 604.7 keVの定量結果

表 4 ジャガイモ中 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{40}K 、 ^{129}I 濃度及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比

試料番号	採取地点	放射性核種濃度							$^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比
		$^{134}\text{Cs}^*$ Bq/kg 生	^{137}Cs Bq/kg 生	^{90}Sr Bq/kg 生	^{40}K Bq/kg 生	^{129}I mBq/kg 生			
2019P-1	宮城県大崎市	< 0.019	0.065 ± 0.005	-	135 ± 0.5	0.000008 ± 0.000003	7.5E-11		
2019P-2	栃木県鹿沼市	< 0.013	0.072 ± 0.004	-	133 ± 0.3	< 0.000012	-		
2019P-3	愛知県知多郡武豊町	< 0.015	< 0.015	-	146 ± 0.4	< 0.000009	-		
2019P-4	福島県南相馬市	< 0.035	0.435 ± 0.015	0.011 ± 0.002	139 ± 0.9	0.000036 ± 0.000001	6.1E-09		
2019P-5	福島県福島市	< 0.018	0.322 ± 0.012	0.007 ± 0.001	136 ± 0.8	0.000007 ± 0.000007	4.2E-10		
2019P-6	福島県郡山市	< 0.031	0.396 ± 0.025	0.006 ± 0.002	122 ± 1.4	0.000007 ± 0.000008	6.2E-10		
2019P-7	福島県猪苗代町	< 0.017	0.048 ± 0.005	0.009 ± 0.002	121 ± 0.4	< 0.000009	-		

表 6 土壌から作物への ^{137}Cs 、 ^{129}I 及び ^{127}I の移行係数

	幾何平均値	±95%信頼区間		試料数
^{137}Cs	0.00074	0.00028	— 0.0020	n=6
^{129}I	0.00021	0.000037	— 0.0012	n=4
^{127}I	0.0029	0.00043	— 0.020	n=7
文献値				
^{137}Cs	0.0058	0.00094	— 0.036	n=26
^{127}I	0.00069	0.000036	— 0.013	n=26

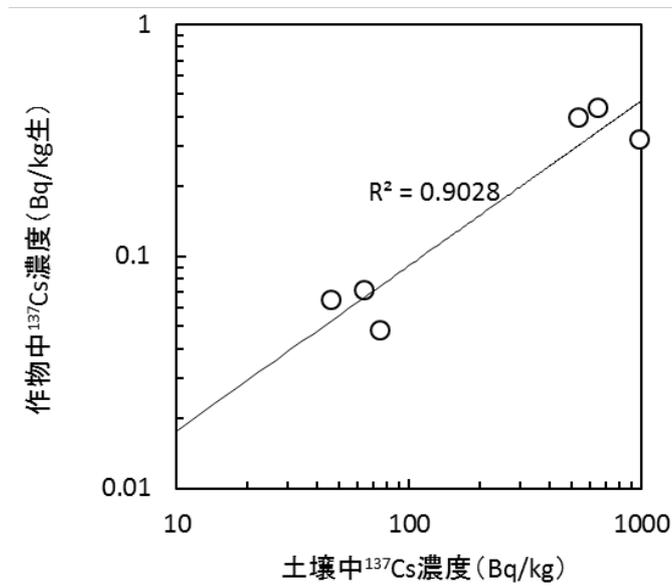


図 1 土壌中 ^{137}Cs 濃度と作物中 ^{137}Cs 濃度の関係

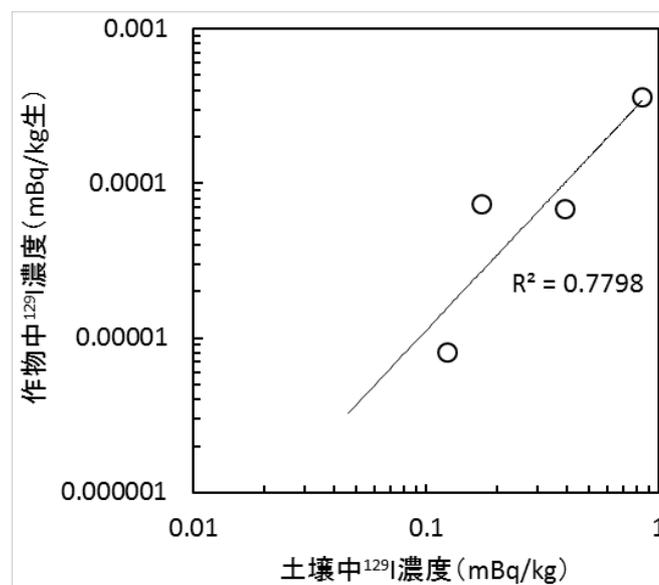


図 2 土壌中 ^{129}I 濃度と作物中 ^{129}I 濃度の関係

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

食品中の放射性核種濃度に関する研究

分担研究者 青野 辰雄 (量子科学技術研究開発機構)
研究協力者 長谷川 慎 (量子科学技術研究開発機構)

研究要旨

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)事故によって大量の放射性物質が施設外の環境へ放出されたことにより、食品の摂取による内部被ばくが懸念された。このため、厚生労働省は、2012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) およびプルトニウム-238(^{238}Pu)、プルトニウム-239(^{239}Pu)、プルトニウム-240(^{240}Pu)およびプルトニウム-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。今年度は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。

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) およびプルトニウム-238 (^{238}Pu)、プルトニウム-239 (^{239}Pu)、プルトニウム-240 (^{240}Pu)およびプルトニウム-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、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り、内陸の淡水魚に関しては依然、広域で出荷制限されている魚種が多い¹⁾。淡水魚の場合、地域の出荷時期や漁獲量等の問題で、調査の協力を得ることが難しい状況であった。そのため今年度は福島第一原発事故から約9年が経過した福

島県沖で漁獲された食品として流通する魚類について、部位毎の放射性核種の濃度比を明らかにすることを目的に、「食品中の放射性核種等濃度に関する研究」を実施した。これまで、魚類中の可食部中の⁹⁰SrやPu同位体の濃度に関して調査を行ってきた。しかし、Srはカルシウム(Ca)と化学的性質が類似しているために骨格部、またPuは内臓部への吸着や濃縮が報告されている。福島事故に伴い環境へ放出されたプルトニウムが海水や堆積物に与える影響は無視できると報告されている。一方で、プルトニウムは重金属と同様に海洋生物の内臓部に濃縮されることが報告されている。そこで、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、魚類全身あたりの放射性核種の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. 調査協力と水産物試料入手

福島県水産海洋研究センターの協力を得て情報収集²⁾を行い、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、マコガレイおよびシバカレイ)を本研究の対象とした。魚種、体長や重量などの試料に関する情報を表1に示す。調査を行った4種では、同種間で個体ごとの体長や重量に大きな差がでないように試料を選別した。また、海水中の放射性Cs濃度と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、体長や重量等の計量を行い、可食部、内臓部、アラ部

(可食部と内臓部以外)に分別処理を行った。110度で恒量になるまで乾燥し、450度で灰化を行なった。この灰試料をU8容器またはチューブに詰めて、Canberra社製低バックグラウンドGe半導体検出器(GX2019)等を用いて、24時間以上の γ 核種の測定を行った。Ge半導体検出器は、日本アイソトープ協会製の標準体積線源(5~50mm、9.5~95g、アルミナ)を用いて効率曲線を作成したものをを用いた。¹³⁴Cs(604.7 keV および 796keVの加重平均値)、¹³⁷Cs(661.7 keV)およびカリウム-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、796keVのガンマ線放出率(85.5%)も他のガンマ線エネルギーより高いことから、この2つのエネルギーで検出された定量結果を加重平均したものが望ましいため³⁾、昨年度と同様に、この計算方法を用いた。なお¹³⁴Cs、¹³⁷Csおよび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および¹³⁷Csの検出下限値は、概ね1 mBq/kg-生重量であった。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⁴⁾を用いて処理を行い、ゲルマニウム半導体検出器で測定を行った。検出下限値は、概ね1 mBq/Lであった。

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)⁵⁾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、2015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)⁶⁾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 0.2-0.8 kg 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. 水産物および海水中の放射性物質の濃度測定

2019 年度に入手した水産物中の放射性 Cs および ⁴⁰K 濃度測定の結果を表 2 と表 3 に示した。各部位の平均値は、検出された値と部位の重量を用いて加重平均したものであり、魚類全身(1 個体)の濃度も同様に計算をして求めた。スズキ、マダラ、マコガレイとバンバカレイから ¹³⁴Cs は検出されなかった。スズキ、マダラ、マコガレイとバンバカレイの可食部の ¹³⁷Cs 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)および 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、マコガレイとバンバカレイの可食部の ⁴⁰K 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)お

よび 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および総合評価事業で 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⁷⁾。

魚類が生息する海水中の放射性 Cs と ⁹⁰Sr 濃度の結果を表 4 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、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⁸⁾、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 ⁹⁰Sr 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 ¹³⁷Cs 濃度は、50 mBq/L 以上であり、⁹⁰Sr 濃度は 1.0 mBq/L 以下であり⁷⁾、今回の結果は平常時レベルと捉えることができる。

魚類アラ部中の ⁹⁰Sr 濃度(ワカサギは全身中の濃度)を表 5 に、魚類内臓部中の ²³⁹⁺²⁴⁰Pu 濃度を表 6 にそれぞれ測定結果を示す。魚類アラ部中の ⁹⁰Sr 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。

D. 考察

1. 福島沖海産生物中の放射性核種濃度について

2019 年に福島相双海域で採取したスズキ、マダラ、マコガレイとバンバカレイから 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。

魚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。つまりアラ部は主として骨などの硬組織が含まれているために魚全体に占める重量の割合は約50%であるが、体液など水分量が他の2つの組織に比べて低いために、アラ部中の¹³⁷Cs濃度が低いことが考えられる。また内臓部中の¹³⁷Cs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¹³⁷Cs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¹³⁷Cs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⁴⁰Kの場合も同じであった。⁴⁰Kはもともと体内の体液(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、⁴⁰K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、¹³⁴Cs濃度は検出下限値以下、

¹³⁷Cs濃度は約6-30mBq/Lであった。海産魚類のCsの濃縮比(CR)⁵⁰¹⁰⁾を用いて、海水中の¹³⁷Cs濃度から魚類中の¹³⁷Cs濃度を推定すると、0.3-1.5Bq/Kg-生重量と推定される。今回、分析した魚類中の¹³⁷Cs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⁹⁰Sr濃度は0.9-1.0mBq/Lであった。海産魚類のCsの濃縮比(CR)³¹¹⁾を用いて、海水中の⁹⁰Sr濃度から魚類可食部中の⁹⁰Sr濃度を推定すると、2.7-3.0mBq/Kg-生重量と推定される。この推定値は、文部科学省放射能測定法シリーズ2「放射性ストロンチウム分析法」における検出下限値の6mBq/Kg-生重量以下となる。可食部や内臓部中の⁹⁰Sr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。

2. 魚類中の放射性Srとプルトニウム同位体

魚類可食部中の放射性Srやプルトニウム同位体の濃度は、福島事故前から日本沿岸におけるモニタリング調査結果でも、放射性Cs濃度¹²⁾に比べて、検出下限値以下の報告⁷⁾が多い。SrはCaと同じアルカリ土類元素であるため、高濃度のCaが存在する魚類アラ部に着目し、測定した結果、⁹⁰Sr濃度は、海水魚の場合は0.018-0.026Bq/kg-生重量に対して、淡水魚の場合は0.26-0.62Bq/kg-生重量であった。コイ(郡山、養殖、2018年購入)中のSr濃度はアラ部では23Bq/kg-生重量であり、魚全体のSrの98.5%がアラ部に集約していることを報告している¹³⁾。そこでアラ部中の⁹⁰Sr濃度から魚全体中の⁹⁰Sr濃度の計算を行った結果、海産魚類(全体)では0.011-0.016mBq/Kg-生重量と推定された。海水中の⁹⁰Sr濃度から魚類可食部中の⁹⁰Sr濃度を推定した結果よりもわずかながら高い値が示された。一方で、海産魚類(全体)中の¹³⁷Cs濃度に対する⁹⁰Sr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¹⁴⁾に対して影響を与えない範囲であることが明らかになった。

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¹⁵⁾。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¹⁶⁾ため、魚類内臓部中の分析を行った。ソウハチカレイとコイから²³⁹⁺²⁴⁰Puは検出されなかった。ババカレイとマガレイについて得られた結果より、海産魚類(全身)中の²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度を計算した結果、内臓部中濃度よりも一桁少ない0.1-0.3 mBq/Kg-生重量となった。魚類全身中の²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度の検出下限値は1 mBq/kg-生重量程度であり、モニタリング調査結果の報告と類似していた⁷⁾。つまり、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。

E. 結論

福島相双海域で採取し、市場流通する魚介類中の部位別の放射性Csと⁴⁰Kを定量した結果、魚類可食部で¹³⁴Csは検出下限値以下で、¹³⁷Cs濃度は0.08-1.12 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⁹⁰Sr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⁹⁰Sr濃度の推定を行ったところ、¹³⁷Cs濃度は環境水を反映していることが確認されたが、⁹⁰Sr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⁹⁰Sr濃度を測定し、魚類(全身)中の⁹⁰Sr濃度を推定した。その結果、海産魚類(全体)中の¹³⁷Cs濃度に対する⁹⁰Sr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¹⁴⁾に対して影響を与えないものであることが確認できた。さらに魚類では内臓部に濃縮されやすいプルトニウムについては、魚類内臓部中の²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度の測定を行い、その結果より魚類全身中の²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度は、検出下限値以下であることを明らかにした。

引用文献

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/uploaded/attachment/371425.pdf> (2020年3月アクセス)
- 2) 魚介類の放射線モニタリング検査に関する結果:
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/monitoring.html> (2020年3月アクセス)
- 3) 米沢 伸四郎 他:Ge 検出器- γ 線スペクトロメリーによる玄米認証標準物質中¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs及び⁴⁰Kの分析-第1部 放射能濃度の定量-。分析化学 65, 645-655, 2016.
- 4) Aoyama, M. and Hirose, K. (2008) Radioact. in the Environ. 11, 137-162.
- 5) 文部科学省放射能測定シリーズ No.2「放射性ストロンチウム分析法」(平成15年改定)
- 6) 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)
- 7) 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.
- 8) 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/d>

- aily_a1.php?prec_no=36&block_no=0295&year=2020
&month=1&day=&view=(2020年3月アクセス)
- 9) 小森 昌史 他:¹³⁴Cs/¹³⁷Cs 放射能比を指標とした福島第一原子力発電所事故に由来する放射性核種の放出原子炉別汚染評価、BUNSEKI KAGAKU 62, 475-483, 2013.
- 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) 厚生労働行政推進調査事業費補助金(食品の安全確保推進研究事業)食品中の放射性物質濃度の基準値に対する影響と評価手法に関する研究、平成 27-29 年度 総合研究報告書、明石 真言(量子科学技術研究開発機構)、2018.
- 13) 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、研究代表者 明石 真言(量子科学技術研究開発機構)、2019.
- 14) 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.
- 15) 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.
- 16) 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 (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.
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
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
- H. 知的財産権の出願・登録状況
なし

表1 福島相双海域で採取した魚介類のリスト

魚種	番号	全長	体長	個体重量	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2 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3 福島相双海域で採取した魚介類中の⁴⁰K濃度

魚種	番号	全身 ¹⁾		可食部		アラ部		内臓部	
		Bq/kg-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4 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5 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6 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)		(推定値)		(測定値) ¹⁾
				mBq/kg-生		mBq/kg-生		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.

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」および「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、2019年度に福島県内で生産されたジャガイモ中の放射性 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 および ^{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」および「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)およびセシウム-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、環境移行モデルおよ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¹²⁹I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、当該食品の摂取量およ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、⁹⁰Sr と ¹²⁹I 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 ⁹⁰Sr 及び ¹²⁹I 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および種類は非常に限定的とならざるを得ない。

よって、今回の研究では、食品の種類を同一種類(ジャガイモ)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、⁹⁰Sr、¹²⁹I 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、試料がジャガイモに限られていることから、試料中放射性 Cs、⁹⁰Sr、¹²⁹I 濃度に加え、各試料中安定元素濃度、土壌から農作物への移行係数、放射性物質の分布状況等調査によるヨウ素の放射能濃度分析結果等を用いて、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. 本研究で対象とする食品

本研究で内部被ばく線量評価の対象とする農作物は、分担研究 1.において採取された、福島県内

外における農作物(ジャガイモ)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 摂取量の推定を行う。分担研究 1. において、放射性 Cs 濃度の測定とあわせて ⁴⁰K 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(⁴⁰K)濃度を、安定 K の単位重量あたりの ⁴⁰K 放射能である 30.4 Bq/kg³⁾で除することによって推定する。

⁹⁰Sr による内部被ばく線量評価においては、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 濃度および安定 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。

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

C. 研究結果

1. ジャガイモ中放射性核種濃度の比較検討

線量評価に用いるジャガイモ中の ¹³⁷Cs、⁹⁰Sr、⁴⁰K 及び ¹²⁹I 濃度(分担研究 1. において測定)を表 2 に示す。分担研究 1. で考察されたように、南相馬市における ¹²⁹I 濃度が最も高く、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、南相馬市も含め、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。よって本線量評価に

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。

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 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 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 ^{127}I 濃度である。

表 3 に見られるように、植物の必須元素である K 及び Ca は濃度が比較的安定している。Sr 及び I はこれらに比べて濃度のばらつきが大きい、その変動は 1 桁程度に収まっていることが分かる。

3. 農作物摂取量を用いた内部被ばく線量の試算

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 4 に示す。なお、1 歳未満は調整粉乳からの摂取量が大きいことから、本評価からは除外する。

本年度は分担研究 1. はジャガイモ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ことから、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、ジャガイモ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⁵⁻⁸⁾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 の幾何平均値を表 5 にまとめて示す。ジャガイモが属する芋類の移行係数は、いずれの元素も農作物全体の平均的な値を示している。

表 5 に示した土壌-農作物移行係数を用い、表 4 における農作物の摂取量で重み付けすることにより、ジャガイモ中濃度から農作物中濃度への換算係数を導出することができる。各年齢性別区分葉菜中濃度から農作物中濃度への換算係数を表 6 に示す。Cs については 0.44~0.58、Sr については 1.9~2.3、I については 0.88~1.1 であった。

この換算係数にジャガイモ中放射性核種濃度を乗じ、さらに農作物の摂取量及び線量係数を乗じることにより、農作物摂取に起因する年間内部被ばく線量を求めることができる。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。また ^{134}Cs 濃度については、いずれの試料からも検出されていないことから、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、令和元年 9 月 30 日における ^{134}Cs 濃度との比を算出し、 ^{137}Cs 濃度に乗じることによって推定する。

農作物の摂取に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。 ^{137}Cs による被ばく線量推定値が最も高かったのは、南相馬市の「19 歳以上【男子】」であり、年間 0.00059 mSv であった。 ^{90}Sr による被ばく線量推定値が最も高かったのは、南相馬市の「13-18 歳【男子】」であり、年間 0.000082 mSv であった。 ^{129}I による被ばく線量推定値が最も高かったのは、南相馬市の「7~12 歳【男子】」であり、年間 0.0000000061 mSv であった。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。

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(表 8)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。

各採取場所のジャガイモ中 ^{134}Cs /安定 K、 ^{137}Cs /安定 K、 ^{90}Sr /安定 Ca 及び ^{129}I /安定 I を表 9 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 ^{40}K 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 ^{127}I 濃度である。

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⁹⁾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¹⁰⁾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 μg /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。また、大学生を対象とした調査結果¹¹⁾に基づきで、「海藻類を食べない集団のヨウ素摂取量が平均で 73 μg /日に過ぎないと報告されている」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ジャガイモ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 μg /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 μg /日と仮定

する。次に、表 4 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 μg /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 8 に示す。

この各安定元素摂取量に、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 10 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南相馬市の「男性 20 歳以上」でも年間 0.0011 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。すなわち、放射性 Cs による年間内部被ばく線量は ^{40}K による年間内部被ばく線量に比べて 2 オーダー以上低い値であった。 ^{90}Sr による被ばく線量は、いずれの地域及び性別年齢区分においても年間 0.0001 mSv のオーダーであった。

^{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南相馬市でも年間 0.000001 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の試算

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「19 歳以上【男子】」でも、年間 0.00059 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、2018 年 9 月～10 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¹²⁾は、福島（浜通り）で 0.0009 mSv、福島（中通り）で 0.0011 mSv、福島（会津）で 0.0010 mSv であり、また福島県以外では 0.0006～0.0010 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。本評価における最大線量は、農作物摂取によるもののみで、これらの値の 1/2～1/10 程度の評価結果となっている。なお、今回測定したジャガイモから推定される放射性核種濃度の食品は、本評価では基準値の設定における想定と同様に、摂取する食品の 1/2 と仮定しているが、実際に摂取される食品はより広範囲から購入されるため、全体的に平均化していることが考えられる。また、本評価では調理加工に伴う放射性セシウム濃度の減少は考慮していないが、調理加工によって実際に摂取する放射性セシウム濃度は減少する影響も考えられる。

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 0.00001 mSv のオーダーであった。前述したように、この線量のほとんどが大気圏核実験由来と考えられる。

¹²⁹I による被ばく線量推定値が最も高かったのは、南相馬市の「7～12 歳【男子】」であり、年間 0.0000000061 mSv であった。この線量は、放射性 Cs による被ばく線量よりも 5 桁程度低く、農作物摂取に起因する 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て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南相馬市の「男性 20 歳以上」でも年間 0.0011 mSv 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。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¹²⁾とほぼ同レベルであった。

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評価結果は年齢によって大きく変わるが、0.0001 mSv のオーダーであった。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評価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は、最も線量の高かった南相馬市でも年間 0.000001 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に比べて十分に低い値であった。この結果は、農作物摂取量を用いた内部被ばく線量の試算を 2～3 桁程度上回っている。

なお、本評価においては、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 μg/日と仮定している。一方、「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。」¹⁰⁾とされていることから、仮に海藻類における ¹²⁹I /安定 I が今回測定されたジャガイモと等しいと仮定した場合には、¹²⁹I による内部被ばく線量は、表 10 に示した線量の 2～6 倍となるが、それでも十分に低い値である。

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

令和元年度に採取されたジャガイモ中放射性 Cs 濃度、⁹⁰Sr 濃度、¹²⁹I 濃度および安定元素濃度を用いて、年間内部被ばく線量を試算した結果、極めて保守的な仮定、すなわち、摂取する全ての農作物あるいは食品について、原材料も含め全て福島県内から産出されたものとし、過去の大気中核実験等のフォールアウトによる ⁹⁰Sr 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 の 1/1000 程度であり、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に低いことが確認された。

なお、今回はジャガイモのデータ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) アイソトープ便覧(改訂3版)、日本アイソトープ協会編、丸善(1984) .
- 4) 明石真言:厚生労働行政推進調査事業費補助金(食品の安全確保推進研究事業)食品中の放射性物質濃度の基準値に対する影響と評価手法に関する研究 平成 27-29 年度 総括・分担研究報告書 (2018).
- 5) 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).
- 6) 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)
- 7) S. Uchida and K. Tagami: Iodine transfer from agricultural soils to edible part of crops, Proc. Radiochim. Acta 1, 279-283 (2011).
- 8)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).
- 9) 厚生労働省:平成 29 年国民健康・栄養調査報告 (2018).
- 10)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).
- 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).
- 12) 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 (2018年9～10月調査分)
- 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 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	±	5.1E-03	-	-	1.4E+02	±	4.8E-01	8.0E-09	±	3.2E-09	
栃木県鹿沼市	7.2E-02	±	3.9E-03	-	-	1.3E+02	±	3.3E-01	<	<	1.2E-08	
愛知県武豊町	<	<	1.5E-02	-	-	1.5E+02	±	3.5E-01	<	<	9.3E-09	
福島県南相馬市	4.4E-01	±	1.5E-02	1.1E-02	±	1.7E-03	1.4E+02	±	8.9E-01	3.6E-07	±	1.5E-08
福島県福島市	3.2E-01	±	1.2E-02	7.2E-03	±	1.4E-03	1.4E+02	±	8.0E-01	6.9E-08	±	6.9E-09
福島県郡山市	4.0E-01	±	2.5E-02	6.4E-03	±	1.6E-03	1.2E+02	±	1.4E+00	7.3E-08	±	7.5E-09
福島県猪苗代町	4.8E-02	±	4.8E-03	8.7E-03	±	1.8E-03	1.2E+02	±	4.2E-01	<	<	9.1E-09

表3 ジャガイモ中安定元素濃度

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 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5 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) ⁵⁾

	Cs	Sr	I
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
果菜類	5.8E-03	5.4E-02	1.4E-02

表6 芋類中濃度から農作物中濃度への換算係数(-)

	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
Cs	5.6E-01	5.8E-01	5.1E-01	5.4E-01	4.4E-01	5.1E-01	5.0E-01	5.7E-01	5.8E-01
Sr	2.0E+00	2.0E+00	2.1E+00	2.2E+00	1.9E+00	2.2E+00	2.1E+00	2.3E+00	2.3E+00
I	1.1E+00	1.1E+00	9.7E-01	1.0E+00	8.8E-01	9.8E-01	1.0E+00	1.1E+00	1.1E+00

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
宮城県大崎市	¹³⁴ Cs	3.7E-06	3.6E-06	5.5E-06	5.4E-06	7.8E-06	7.2E-06	8.8E-06	8.5E-06	8.1E-06
	¹³⁷ Cs	4.0E-05	3.9E-05	5.7E-05	5.6E-05	7.8E-05	7.2E-05	8.8E-05	8.5E-05	8.1E-05
	⁹⁰ Sr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	¹²⁹ I	8.7E-11	8.5E-11	1.3E-10	1.3E-10	1.0E-10	9.6E-11	9.2E-11	8.8E-11	8.4E-11
栃木県鹿沼市	¹³⁴ Cs	4.1E-06	4.0E-06	6.0E-06	5.9E-06	8.6E-06	7.9E-06	9.7E-06	9.3E-06	8.9E-06
	¹³⁷ Cs	4.4E-05	4.3E-05	6.3E-05	6.2E-05	8.6E-05	7.9E-05	9.7E-05	9.3E-05	8.9E-05
	⁹⁰ Sr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	¹²⁹ I**	1.3E-10	1.3E-10	2.1E-10	2.0E-10	1.6E-10	1.5E-10	1.4E-10	1.4E-10	1.3E-10
愛知県武豊町	¹³⁴ Cs*	8.3E-07	8.1E-07	1.2E-06	1.2E-06	1.8E-06	1.6E-06	2.0E-06	1.9E-06	1.8E-06
	¹³⁷ Cs*	9.0E-06	8.8E-06	1.3E-05	1.3E-05	1.8E-05	1.6E-05	2.0E-05	1.9E-05	1.8E-05
	⁹⁰ Sr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	¹²⁹ I**	1.0E-10	9.9E-11	1.6E-10	1.5E-10	1.2E-10	1.1E-10	1.1E-10	1.0E-10	9.8E-11
福島県南相馬市	¹³⁴ Cs	2.5E-05	2.4E-05	3.7E-05	3.6E-05	5.2E-05	4.8E-05	5.9E-05	5.7E-05	5.4E-05
	¹³⁷ Cs	2.7E-04	2.6E-04	3.8E-04	3.8E-04	5.2E-04	4.8E-04	5.9E-04	5.7E-04	5.4E-04
	⁹⁰ Sr	3.3E-05	3.2E-05	5.9E-05	5.8E-05	8.2E-05	7.6E-05	3.2E-05	3.1E-05	3.0E-05
	¹²⁹ I	3.9E-09	3.8E-09	6.1E-09	6.0E-09	4.7E-09	4.3E-09	4.1E-09	4.0E-09	3.8E-09
福島県福島市	¹³⁴ Cs	1.8E-05	1.8E-05	2.7E-05	2.7E-05	3.9E-05	3.6E-05	4.4E-05	4.2E-05	4.0E-05
	¹³⁷ Cs	2.0E-04	1.9E-04	2.8E-04	2.8E-04	3.9E-04	3.6E-04	4.3E-04	4.2E-04	4.0E-04
	⁹⁰ Sr	2.2E-05	2.1E-05	3.8E-05	3.8E-05	5.3E-05	4.9E-05	2.1E-05	2.0E-05	1.9E-05
	¹²⁹ I	7.5E-10	7.3E-10	1.1E-09	1.1E-09	8.9E-10	8.2E-10	7.9E-10	7.6E-10	7.2E-10
福島県郡山市	¹³⁴ Cs	2.3E-05	2.2E-05	3.3E-05	3.3E-05	4.8E-05	4.4E-05	5.4E-05	5.2E-05	4.9E-05
	¹³⁷ Cs	2.4E-04	2.4E-04	3.5E-04	3.4E-04	4.7E-04	4.4E-04	5.4E-04	5.2E-04	4.9E-04
	⁹⁰ Sr	1.9E-05	1.9E-05	3.4E-05	3.3E-05	4.8E-05	4.4E-05	1.9E-05	1.8E-05	1.7E-05
	¹²⁹ I	7.9E-10	7.7E-10	1.2E-09	1.2E-09	9.4E-10	8.7E-10	8.3E-10	8.0E-10	7.6E-10
福島県猪苗代町	¹³⁴ Cs	2.7E-06	2.7E-06	4.1E-06	4.0E-06	5.8E-06	5.3E-06	6.5E-06	6.3E-06	6.0E-06
	¹³⁷ Cs	2.9E-05	2.9E-05	4.2E-05	4.2E-05	5.8E-05	5.3E-05	6.5E-05	6.3E-05	6.0E-05
	⁹⁰ Sr	2.6E-05	2.5E-05	4.6E-05	4.5E-05	6.4E-05	5.9E-05	2.5E-05	2.4E-05	2.3E-05
	¹²⁹ I**	9.9E-11	9.6E-11	1.5E-10	1.5E-10	1.2E-10	1.1E-10	1.0E-10	1.0E-10	9.5E-11

* 武豊町の ¹³⁴Cs 及び ¹³⁷Cs の線量は ¹³⁷Cs 濃度の検出下限値を使用

** 鹿沼市、武豊町、猪苗代町の ¹²⁹I の線量は ¹²⁹I 濃度の検出下限値を使用

表8 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 9 安定元素重量に対する放射性核種の放射能比

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
宮城県大崎市	1.0E-03	1.5E-02	-	4.9E-04
栃木県鹿沼市**	1.1E-03	1.6E-02	-	2.9E-04
愛知県武豊町*	2.1E-04	3.1E-03	-	2.8E-04
福島県南相馬市	6.5E-03	9.5E-02	3.3E-02	4.0E-02
福島県福島市	4.9E-03	7.2E-02	2.2E-02	2.8E-03
福島県郡山市	6.7E-03	9.8E-02	2.3E-02	4.1E-03
福島県猪苗代町**	8.3E-04	1.2E-02	2.2E-02	6.7E-04

*武豊町の ¹³⁴Cs/安定 K、¹³⁷Cs/安定 K 及び ¹²⁹I/安定 I は ¹³⁷Cs 濃度及び ¹²⁹I 濃度の検出下限値を使用

**鹿沼市及び猪苗代町の ¹²⁹I/安定 I は ¹²⁹I 濃度の検出下限値を使用

表 10-1 安定元素摂取量を用いた年間内部被ばく線量推定値 (単位: mSv/y)

男性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
宮城県大崎市	6.8E-06	7.3E-05	-	1.0E-08	3.3E-01
栃木県鹿沼市**	7.6E-06	8.2E-05	-	6.2E-09	3.3E-01
愛知県武豊町*	1.4E-06	1.5E-05	-	6.0E-09	3.3E-01
福島県南相馬市	4.4E-05	4.8E-04	2.4E-04	8.6E-07	3.3E-01
福島県福島市	3.4E-05	3.6E-04	1.6E-04	6.0E-08	3.3E-01
福島県郡山市	4.6E-05	4.9E-04	1.7E-04	8.8E-08	3.3E-01
福島県猪苗代町**	5.6E-06	6.0E-05	1.6E-04	1.4E-08	3.3E-01

女性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
宮城県大崎市	6.3E-06	6.8E-05	-	1.0E-08	3.1E-01
栃木県鹿沼市**	7.1E-06	7.6E-05	-	5.9E-09	3.1E-01
愛知県武豊町*	1.3E-06	1.4E-05	-	5.7E-09	3.1E-01
福島県南相馬市	4.1E-05	4.4E-04	2.1E-04	8.2E-07	3.1E-01
福島県福島市	3.1E-05	3.4E-04	1.4E-04	5.7E-08	3.1E-01
福島県郡山市	4.2E-05	4.6E-04	1.5E-04	8.4E-08	3.1E-01
福島県猪苗代町**	5.2E-06	5.6E-05	1.4E-04	1.4E-08	3.1E-01

表 10-2 安定元素摂取量を用いた年間内部被ばく線量推定値（単位：mSv/y）

男性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
宮城県大崎市	1.2E-05	1.3E-04	-	1.7E-08	3.4E-01
栃木県鹿沼市**	1.3E-05	1.4E-04	-	1.0E-08	3.4E-01
愛知県武豊町*	2.5E-06	2.6E-05	-	9.9E-09	3.4E-01
福島県南相馬市	7.8E-05	8.2E-04	5.0E-04	1.4E-06	3.4E-01
福島県福島市	5.9E-05	6.2E-04	3.3E-04	9.9E-08	3.4E-01
福島県郡山市	8.1E-05	8.4E-04	3.6E-04	1.5E-07	3.4E-01
福島県猪苗代町**	9.9E-06	1.0E-04	3.4E-04	2.3E-08	3.4E-01

女性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
宮城県大崎市	1.1E-05	1.1E-04	-	1.6E-08	3.0E-01
栃木県鹿沼市**	1.2E-05	1.3E-04	-	9.1E-09	3.0E-01
愛知県武豊町*	2.2E-06	2.3E-05	-	8.9E-09	3.0E-01
福島県南相馬市	7.0E-05	7.3E-04	4.7E-04	1.3E-06	3.0E-01
福島県福島市	5.3E-05	5.5E-04	3.1E-04	8.9E-08	3.0E-01
福島県郡山市	7.2E-05	7.5E-04	3.3E-04	1.3E-07	3.0E-01
福島県猪苗代町**	8.9E-06	9.3E-05	3.1E-04	2.1E-08	3.0E-01

男性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
宮城県大崎市	1.6E-05	1.6E-04	-	1.4E-08	1.9E-01
栃木県鹿沼市**	1.8E-05	1.8E-04	-	8.2E-09	1.9E-01
愛知県武豊町*	3.3E-06	3.3E-05	-	8.0E-09	1.9E-01
福島県南相馬市	1.0E-04	1.0E-03	5.1E-04	1.1E-06	1.9E-01
福島県福島市	7.9E-05	7.9E-04	3.4E-04	7.9E-08	1.9E-01
福島県郡山市	1.1E-04	1.1E-03	3.6E-04	1.2E-07	1.9E-01
福島県猪苗代町**	1.3E-05	1.3E-04	3.4E-04	1.9E-08	1.9E-01

表 10-3 安定元素摂取量を用いた年間内部被ばく線量推定値（単位：mSv/y）

女性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
宮城県大崎市	1.3E-05	1.3E-04	-	1.1E-08	1.6E-01
栃木県鹿沼市**	1.5E-05	1.5E-04	-	6.6E-09	1.6E-01
愛知県武豊町*	2.8E-06	2.8E-05	-	6.5E-09	1.6E-01
福島県南相馬市	8.7E-05	8.7E-04	4.5E-04	9.2E-07	1.6E-01
福島県福島市	6.6E-05	6.6E-04	2.9E-04	6.4E-08	1.6E-01
福島県郡山市	9.0E-05	9.0E-04	3.2E-04	9.4E-08	1.6E-01
福島県猪苗代町**	1.1E-05	1.1E-04	3.0E-04	1.5E-08	1.6E-01

男性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
宮城県大崎市	1.7E-05	1.7E-04	-	1.1E-08	1.6E-01
栃木県鹿沼市**	1.9E-05	1.9E-04	-	6.5E-09	1.6E-01
愛知県武豊町*	3.5E-06	3.5E-05	-	6.4E-09	1.6E-01
福島県南相馬市	1.1E-04	1.1E-03	1.7E-04	9.1E-07	1.6E-01
福島県福島市	8.2E-05	8.2E-04	1.1E-04	6.3E-08	1.6E-01
福島県郡山市	1.1E-04	1.1E-03	1.2E-04	9.3E-08	1.6E-01
福島県猪苗代町**	1.4E-05	1.4E-04	1.2E-04	1.5E-08	1.6E-01

女性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
宮城県大崎市	1.6E-05	1.6E-04	-	8.8E-09	1.6E-01
栃木県鹿沼市**	1.8E-05	1.8E-04	-	5.1E-09	1.6E-01
愛知県武豊町*	3.3E-06	3.3E-05	-	5.0E-09	1.6E-01
福島県南相馬市	1.0E-04	1.0E-03	1.7E-04	7.1E-07	1.6E-01
福島県福島市	7.7E-05	7.7E-04	1.1E-04	5.0E-08	1.6E-01
福島県郡山市	1.1E-04	1.1E-03	1.2E-04	7.3E-08	1.6E-01
福島県猪苗代町**	1.3E-05	1.3E-04	1.2E-04	1.2E-08	1.6E-01

*武豊町の ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 及び ^{129}I の評価は ^{137}Cs 濃度及び ^{129}I 濃度の検出下限値を使用

**鹿沼市及び猪苗代町の ^{129}I の評価は ^{129}I 濃度の検出下限値を使用

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

食品中放射性物質濃度の知見に関する評価検討

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 茨城県竜ヶ崎保健所
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、2011年以降の中国、台湾およ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。

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、2011年以降の中国、台湾およ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。

B. 研究方法

2011年以降の中国、台湾およ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

C. 研究成果

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、および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および総アルファ放射能のみに関する標準が1つしかない

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)、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)などの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、天然ウランなどの5種類の天然放射性核種がある。この基準は、5mSv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「食品安全国家標準 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. 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。

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実さが残っている、(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100Bq/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100Bq/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⁾。

4. 考察

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。

E. 結論

食品中の放射性核種濃度の制限値や食品カテゴリについては、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性があると考えられる。

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 (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に関する知見の評価検討」に関する資料集

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に関する知見の評価検討」に関する資料集

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&falq=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、およ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およ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および国際基準は、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、およ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、「国際放射線防護およ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、国連食糧農業機関およ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、およ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）およ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%、およ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、およ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、および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およ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す。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および表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「核および放射線事故の介入と治療」[14] 5.7および付録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およ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「国内およ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およ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およ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、畜産および漁業およ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および公衆衛生法およ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 および ^{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およびCs-134の要件は、表に記載されているほとんどの国およ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_456221.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_457447.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_463075.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 19298-2014 National 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]。 GB8537-2008 Drinking 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 94-2005 Water 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 18871-2002 Basic 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]。 Malign 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
	³ H、 ¹⁴ C、 ⁹⁹ Tc	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
	³ H、 ¹⁴ C、 ⁹⁹ Tc	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
³ H	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	³ H	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	活度濃度限度(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
	野菜(根菜などを除く)	2.0×10 ³
放射性ヨウ素	飲料水	2.0×10 ²
	牛乳、乳製品	2.0×10 ²
放射性セシウム	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
	飲料水	2.0×10
軸 ウラン	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
	ベビーフード	1
	飲料水	1
	牛乳、乳製品	1
钚和超钚等 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)	野菜	1.0×10
	飲料水	1
プルトニウムや超ウランなどのアルファ放射性核種	牛乳、乳製品	1
	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 (根茎類野菜 和薯類除外)	2.0×10 ³ (魚蝦類)	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 (肉魚蝦 類)1.9×10 ² (糧 食)8.9×10(薯類)	-	3.3×10 ²	2.1×10 ²	2.6×10 ²	8.0×10 ² (肉魚蝦 類)9.0×10(薯類)
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	³ H	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
⁸⁶ 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 ¹⁾	347	297	206
天然铀 ¹⁾	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)之比值,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 および ^{210}Pb 、 ^{210}Po 、 ^{226}Ra 、 ^{228}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{234}U 、 ^{238}U およ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

^a 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およ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
^{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、およ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	^{131}I	$^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$
Food category		
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、調味した産品(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産品については、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

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
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. 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,	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. Rahman, K. Ishii, H. Tsukada and H. Hasegawa	Dynamics of Strontium and Geochemically Correlated Elements in Soil during Washing Remediation with Eco-Complaint Chelators	Journal of Environmental Management	259	110018	2020

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 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	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
齋藤梨絵, 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

学会発表等

1. 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)
2. 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)
3. N. P. Thoa, H. Ohira, S. Kaneko, H. Tsukada (2019) Internal and external radiation doses of Japanese cedar in Okuma (第 56 回アイントープ・放射線研究発表会、東京)
4. 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)
5. 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壤における土壤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)
6. 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壤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)
7. H. Tsukada, N. Yamaguchi, T. Saito (2019) Role of organic matter associated with temporal change of radiocaesium forms in soil (ESAFS2019, Taipei)

8. 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)
9. 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)
10. 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)
11. 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)
12. 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)
13. 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)
14. 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方下移行量の評価 (第 6 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
15. 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)
16. 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)
17. 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)
18. 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)
19. 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)
20. 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)
21. 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)
22. 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)
23. 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.

24. 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
25. 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
26. Tatsuo Aono (2019)、Lessons learned from TEPCO Fukushima NPP accident 2, QST-KIRAMS Training Course on Radiation Emergency Medicine for Korean Medical Professionals (Chiba)

(招待講演)

1. 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)
2. 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)
3. 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)
4. 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)
5. 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)
6. 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)
7. 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)

令和2年3月31日

厚生労働大臣

機関名 茨城県竜ヶ崎保健所

所属研究機関長 職名 所長

氏名 明石 真言



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

- 1. 研究事業名 厚生労働行政推進調査事業費補助金（食品の安全確保推進研究事業）
- 2. 研究課題名 食品中の放射性物質濃度の基準値に対する放射性核種濃度比の検証とその影響評価に関する研究
- 3. 研究者名 （所属部局・職名）茨城県竜ヶ崎保健所
（氏名・フリガナ） 明石 真言 （アカシ マコト）

4. 倫理審査の状況

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

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

その他（特記事項）

（※2）未審査の場合は、その理由を記載すること。

（※3）廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」や「臨床研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由：)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関：国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由：)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容：)

（留意事項） ・該当する□にチェックを入れること。

・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

令和2年3月27日

厚生労働大臣 殿

機関名 国立大学法人 福島大学

所属研究機関長 職名 学長

氏名 中井 勝己



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

- 研究事業名 厚生労働行政推進調査事業費 補助金（食品の安全確保推進研究事業）
- 研究課題名 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（H30-食品-指定-004）
- 研究者名 （所属部局・職名） 環境放射能研究所・教授
（氏名・フリガナ） 塚田 祥文（ツカダ ヒロフミ）

4. 倫理審査の状況

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

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

その他（特記事項）

（※2）未審査に場合は、その理由を記載すること。

（※3）廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」や「臨床研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

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

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

厚生労働大臣

機関名 国立研究開発法人
量子科学技術研究開発機構

所属研究機関長 職名 理事長

氏名 平野 俊夫



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

- 研究事業名 厚生労働行政推進調査事業費補助金（食品の安全確保推進研究事業）
- 研究課題名 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
- 研究者名（所属部局・職名） 高度被ばく医療センター 福島再生支援研究部
（氏名・フリガナ） 青野 辰雄 ・ アオノ タツオ

4. 倫理審査の状況

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

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

その他（特記事項）

（※2）未審査に場合は、その理由を記載すること。

（※3）廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」や「臨床研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

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

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

令和 2 年 3 月 3 1 日

厚生労働大臣 殿

機関名 国立大学法人京都大学

所属研究機関長 職 名 総長

氏 名 山 極 壽 一 印

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

- 研究事業名 厚生労働行政推進調査事業費 補助金（食品の安全確保推進研究事業）
- 研究課題名 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（H30-食品-指定-004）
- 研究者名 （所属部局・職名） 複合原子力科学研究所・准教授
（氏名・フリガナ） 高橋 知之（タカハシ トモユキ）

4. 倫理審査の状況

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

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

その他（特記事項）

（※2）未審査に場合は、その理由を記載すること。

（※3）廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」や「臨床研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

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

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