

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

平成 31(2019)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	6
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	16
	塚田祥文（福島大学 環境放射能研究所）	
2.	食品中の放射性核種濃度等に関する研究.....	30
	青野辰雄（放射線医学総合研究所）	
3.	内部被ばく線量の推計に関する研究	37
	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等に関する知見の評価検討.....	53
	青野辰雄（放射線医学総合研究所） 明石真言（量子科学技術研究開発機構）	
III.	研究成果の刊行に関する一覧	65

I. 総括研究報告

厚生労働行政推進調査事業費補助金 (食品の安全確保推進研究事業)

食品中の放射性物質濃度の基準値に対する放射性核種濃度比の検証と その影響評価に関する研究 主任研究報告書

研究代表者 明石 真言 (量子科学技術研究開発機構)

研究要旨

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Cs以外の核種(^{90}Sr 、 ^{106}Ru 、 Pu)については、 ^{137}Cs との放射能濃度比から、これらの核種の濃度を推定し、設定された。先行研究では、営農再開を予定している地域を含め福島県内で栽培された農産物や水揚げされた水産物等の食品について測定を行った。その結果、放射性Cs濃度は全て基準値以下で、Cs以外の放射性物質濃度(主に ^{90}Sr)は検出下限値以下や大気圏核実験由来と考えられるものが多く、流通する様々な食品から放射性Cs以外には事故の影響は見られなかった。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1mSv/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の拡大や出荷制限解除された水産物等の流通が行われているが、すべての避難指示区域が解除された状況ではなく、食品摂取による内部被ばくに対する不安は未だに大きい。そこで、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い、さらに得られた成果は学術論文だけでなく、福島県民や一般向けのセミナーや講演を通して理解が深まることを目的とした。

具体的には、営農再開地域における農作物中の放射性物質の濃度測定を行い、これまでに求めたデータと比較すると共に、全国のモニタリング結果と比較・検証した。また福島県内に流通する水産物を入手し、これら水産物の放射性物質濃度と安定元素の測定を行ったところ、これらの結果により、市場流通の水産物に対する放射性Cs濃度が基準値よりもはるかに低い濃度であることが明らかとなった。福島県産品の食品(農産物)の放射性Cs濃度および ^{90}Sr 濃度を用いて内部被ばく線量評価を試みた結果、いずれについても介入線量レベルとして設定された年間1mSvよりも極めて低い値であり、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。また食品中放射性物質濃度等に関する知見の評価検討のための基礎資料について取りまとめを行った。

研究分担者

塚田 祥文 福島大学環境放射能研究所

青野 辰雄 放射線医学総合研究所

高橋 知之 京都大学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 放射線医学総合研究所

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1mSvとして導出された新たな基準値を適用した。新たな基準値の導出においては、放射性セシウム(Cs)濃度について基準値を設定し、その他の核種については、原子力安全・保安院(当時)が2011年6月に公表した放出量試算値のリストに掲載された核種のうち、半減期が1年以上であるストロンチウム-90 (^{90}Sr)、ルテニウム-106 (^{106}Ru)、プルトニウム-238 (^{238}Pu)、プルトニウム-239 (^{239}Pu)、プルトニウム-240 (^{240}Pu) 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1mSvとした食品中の放射性Cs濃度基準値の妥当性の検証および食品中に含まれる放射性物質の濃度等に関する科学的知見の集約を行うことを目的とした。

B. 研究方法

1. 農作物中Csと長半減期核種の濃度測定に関する研究

土壌及び作物(ホウレンソウ)は、福島県の浜通り、中通り、会津から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。灰化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 ^{129}I 濃度を求めた。

2. 食品中の放射性核種濃度等に関する研究

福島県内水面試験場の協力を得て、2018年度に漁協で採取した市場流通する淡水魚(ワカサギ、

アユ、ヒメマス)を本研究の対象とした。魚の乾燥試料を作成し、Ge 半導体検出器(GX2019)を用いて、24 時間以上の γ 核種の測定を行った。

3. 内部被ばく線量の推計に関する研究

食品中放射性 Cs、 ^{90}Sr と ^{129}I による内部被ばく線量をそれぞれ推定し、比較検討する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(ホウレンソウ)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 、 ^{129}I 濃度を測定することにより、それぞれの核種による内部被ばく線量を推定することを試みる。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等に関する知見の評価検討

国際機関や諸外国等における食品中の放射性物質の規制値や基準値等に関する基礎的な資料を作成する作業の一環として、ロシア、ウクライナおよびベラルーシにおける食品中の放射性物質の濃度レベルや規制の設定変更の根拠について、まとめることを目的に、ロシア(ソビエト社会主義共和国連邦も含む)、ウクライナおよびベラルーシにおけるチェルノブイリ事故後に実施された防護措置の中で、1986 年から 2016 年まで食品中の放射性物質濃度レベルの変遷と規制の設定変更の根拠について、ロシア語、ウクライナ語、ベラルーシ語を含む資料を中心に、内容の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。福島県会津の土壌中 ^{137}Cs 濃度は、宮城県や栃木県より低かったが、愛知県よりは高い濃度にあり ^{134}Cs も検出されたことから、2011 年の事故由来による ^{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 濃度に比べ千分の一以下の 0.40 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。他地点の土壌中 ^{129}I 濃度は、愛知県の値と同様であった。作物中放射性 Cs 濃度は、1 Bq/kg 生重量以下で、基準値の百分の一以下まで下がり、通常の商品検査などで行われている生試料を用いた測定での検出は難しい状況となっていることがわかった。福島県内で採取した全ての作物中 ^{90}Sr 濃度は、0.1 Bq/kg 生重量以下であった。 ^{129}I 濃度は、最も高い値でも 0.1 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 由来であることが考えられた。

2. 食品中の放射性核種濃度等に関する研究

ワカサギ、アユおよびヒメマスの乾燥試料から ^{134}Cs 、 ^{137}Cs および ^{40}K 以外の γ 核種は計測されなかった。淡水魚中 ^{134}Cs 濃度は、ワカサギで 2 Bq/kg-生重量以下で、アユおよびヒメマスは検出下限値(1.5 Bq/kg-生重量)以下であった。ワカサギ、アユおよびヒメマス(可食部)の ^{137}Cs の平均濃度はそれぞれ、14.2 Bq/kg-生重量、4.5 Bq/kg-生重量および 3.92 Bq/kg-生重量であった。また、ワカサギ、アユおよびヒメマス(可食部)の ^{40}K の平均濃度はそれぞれ、51.7 Bq/kg-生重量、116.2 Bq/kg-生重量および 116.2 Bq/kg-生重量であった。

3. 内部被ばく線量の推計に関する研究

農作物の摂取による各核種による内部被ばく線量を推定したところ、最も高い¹³⁷Csによる被ばく線量推定値は、南相馬市の「19歳以上【男子】」の年間0.0012 mSvであった。最も高い⁹⁰Srによる被ばく線量推定値は、南相馬市の「13-18歳【男子】」の年間0.00050 mSvであった。最も高い¹²⁹Iによる被ばく線量推定値は、南相馬市の「13-18歳【男子】」の年間0.00000080mSv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、¹²⁹Iによる被ばく線量は、放射性Csによる被ばく線量よりも3桁以上低く、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十分に低いことが示唆された。

4. 食品中放射性物質濃度等に関する知見の評価検討

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

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¹³⁷Cs濃度と作物中¹³⁷Cs濃度では、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あらためて示し

た。福島県内で採取した作物中⁹⁰Sr濃度は、福島県外の作物から得られている値と同様であり、大気圏核実験由来と考えられる。土壌中¹²⁹I濃度と作物中¹²⁹I濃度は比較的相関を示すように見えるが、最も高い値を除くと有意な相関はなかった。葉菜類は、土壌からの経根吸収のみならず大気経路による葉面吸収も考えられる。今後予定している作物データと照会し、検討が必要である。

2. 食品中の放射性核種濃度等に関する研究

今回測定した淡水魚のCs濃度は、食品中の放射性物質の基準値100Bq/kgよりもはるかに低い濃度であった。ワカサギ、アユとヒメマスの中で最も高い放射性Csを検出したものは、ワカサギであった。ワカサギ中の¹³⁴Cs/¹³⁷Cs放射能濃度比は0.1で、これはFDNPS事故由来であり、影響を受けていることが明らかとなった。一方、アユやヒメマスでは、ワカサギに比べて2倍ほど高い⁴⁰K濃度を示した。アユは秋に沿岸に近い地域で採取されたこと、ヒメマスもマス科の魚類であることから、ワカサギと代謝プロセスが異なることも要因の一つとして考えられる。

3. 内部被ばく線量の推計に関する研究

平成29年2月～3月に調査されたマーケットバスケット法による、放射性セシウムから受ける年間被ばく線量と比較すると、本評価結果は農作物摂取のみでこれらの値とほぼ同等となった。その理由として、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、市場希釈の効果が働くことによると考えられる。また⁹⁰Srによる被ばく線量は、性別年齢区分によって異なるが、

年間 0.0001 mSv のオーダーであった。この線量のほとんどが大気圏核実験由来と考えられた。¹²⁹I による被ばく線量も、放射性 Cs による被ばく線量に比べ十分に低いことが示唆された。

4. 食品中放射性物質濃度等に関する知見の評価検討

今回の調査において、許容量についての多くの論文が、文献の孫引きになっている事がわかった。また、チェルノブイリ事故の関係諸国は、社会制度的に、法律を決定するための審議会や研究会報告書などが公開されていないと考えられる。そのため学術的な裏付けを調査するためには、国際機関の関与による調査を解析する事が重要と考える。

なお、食品中の放射性物質の基準値について記載された日本語・英語などの資料において、基準値の変更の年にずれがあった。これは、元の資料がロシア語、ウクライナ語、ベラルーシ語という言語の壁があるため「決定日」「改正日」「施行日」のいずれの日の区別が明確に出来ていないことが一因と思われる。

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、その由来は明らかではなかった。

2. 食品中の放射性核種濃度等に関する研究

福島県内の淡水魚中の放射性 Cs 及び ⁴⁰K 濃度を測定した結果、放射性 Cs 濃度は、5~15 Bq/kg-生重量の濃度範囲であり、食品中の放射性物質の基準値を超えた試料はなく、基準値よりも非常に低い放射性 Cs 濃度のものが、市場に流通していることが確認できた。

3. 内部被ばく線量の推計に関する研究

FDNPS 事故由来に起因する年間内部被ばく線量は、⁹⁰Sr 及び ¹²⁹I の寄与を考慮しても、1 mSv/y の 1/100 を下回っており、現行の規準値によって食品中の放射性物質について安全性が十分に確保されていることを確認した。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 1mSv に比べて十分に小さく、また、放射性 Cs による被ばく線量に比べても十分低いことが確認された。なお、¹²⁹I による内部被ばく線量評価については、より広範囲な調査研究が重要である。

4. 食品中放射性物質濃度等に関する知見の評価検討

IAEA の報告書においては、1986 年のチェルノブイリ原発事故の影響を受けた周辺諸国のセシウムの規制は、常時摂取する食品に対して、介入レベルを適用しない厳しいものであり、その結果、栄養の偏り、経済損出を起こしたという International Chernobyl Project の調査結果を引用している。チェルノブイリ事故後の対策や教訓を調査した各種

のプロジェクトに関する知見を得るためには、改めて各種資料を精査する必要があると考えられる。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究業績

1. K. Tagami, H. Tsukada, S. Uchida and B. J. Howard (2018) Changes in the soil to brown rice concentration ratio of radiocaesium before and after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident in 2011, *Environmental Science and Technology* 52, 8339-8345.
2. Y. Ni, Z. Wang, J. Zheng, K. Tagami, Q. Guo, S. Uchida and H. Tsukada (2019) The transfer of fallout plutonium from paddy soil to rice: a field study in Japan, *J. Environ. Radioactivity* 196, 22-28.
3. S. Ogasawara, T. Eguchi, A. Nakao, S. Fujimura, Y. Takahashi, H. Matsunami, H. Tsukada, J. Yanai and T. Shinano (2019) Phytoavailability of ^{137}Cs and stable Cs in soils from different parent materials in Fukushima, Japan, *J. Environ. Radioactivity* 198, 117-125.
4. 塚田祥文 (2018) 福島県の農業環境における放射性セシウムと内部被ばく線量, 第 31 回環境工学連合講演会講演論文集, pp5-8.
5. A. Takeda, H. Tsukada, D. Yamada, Y. Unno, H. Harada, Y. Takaku and S. Hisamatsu (2018) Mobility of radiocesium from specific sorption sites in agricultural soils in northeastern Japan (21st World Congress of Soil Science, Rio de Janeiro, Brazil)
6. H. Tsukada, K. Nanba and T. Hinton (2018) Transfer of ^{137}Cs and stable ^{133}Cs in plants and animals collected from a forest observatory site in Yamakiya, Fukushima, Japan (The 7th International Conference on Radioactivity in the Arctic and other vulnerable areas, Oslo, Norway)
7. 塚田祥文、高橋知之、福谷哲、青野辰雄、明石 真言 (2018) 福島県浜通りにおける作物中放射性セシウムおよび ^{90}Sr 濃度と作物摂取による内部被ばく線量(第 51 回日本保健物理学会, 札幌)
8. 塚田祥文、難波謙二、トーマス・ヒントン (2018) 福島県山木屋の森林観測所で採取した植物と動物における ^{137}Cs と安定 ^{133}Cs の移行(第 55 回アイソトープ・放射線研究発表会, 東京)
9. 塚田祥文, 久保田富次郎 (2018) カラム試験による福島県大柵ダム底質からの ^{137}Cs 溶出(日本土壌肥料学会 2018 年度神奈川大会、藤沢)
10. A. Takeda, Y. Unno, H. Tsukada, Y. Takaku and S. Hisamatsu (2018) Speciation of iodine in soil solution in forest and grassland soils in Rokkasho, Japan (9th International Conference on High Level Environmental Radiation Areas - For Understanding Chronic Low-Dose-Rate Radiation Exposure Health Effects and Social Impacts, ICHLERA 2018, Hirosaki, Japan)
11. 久保田富次郎、塚田祥文、申文浩、李相

- 潤、万福裕造、濱松潮香、八戸真弓 (2018) ため池の流入／流出における放射性Csの存在形態の変化(農業農村工学会 2018 年全国講演会)
12. M. M. Rahman, Z. A. Begum, B. Ahmmad, H. Tsukada and H. Hasegawa (2018) Effect of extraction variables for the chelator-assisted washing remediation of strontium and geochemically-related elements from soils (日本分析化学会、東京)
 13. G. Yang, H. Tazoe, H. Tsukada and M. Yamada (2018) Distribution of I-129 in forest soil from the boundary of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant(放射化学会、京都)
 14. H. Tsukada, T. Hayasaka and T. Kubota (2018) Desorption of ^{137}Cs from contaminated sediment collected from irrigated Oogaki-dam in Fukushima by column experiment (The 15th Biennial Conference of the South Pacific Environmental Radioactivity Association, SPERA2018, Perth, Australia).
 15. R. Saito, Y. Nemoto, R. Kumada, H. Oomachi, M. Tamaoki, M. Nakamura and H. Tsukada (2018) Test of food habitat analysis using DNA analysis in wild boar to reveal relations between food habits and Caesium-137 activity concentration in the body (The 15th Biennial Conference of the South Pacific Environmental Radioactivity Association, SPERA2018, Perth, Australia).
 16. Y. Wakiyama, Y. Igarashi, Y. Onda, J. Takahashi, S. Obrizan, G. Lisovy, G. Laptev, A. Konoplev, H. Tsukada and K. Nanba (2019) Hydrological response and ^{137}Cs wash-off evaluated by continuous observation with USLE plots in Chernobyl exclusion zone (EGU Spring Meeting 2019, Vienna).
 17. G. Yang, H. Tazoe, H. Tsukada and M. Yamada (2019) The I-129 situation in land surface soil and forest soil systems after the FDNPP accident (5th Fukushima University IER Annual Symposium)
 18. K. Tagami, H. Tsukada and S. Uchida (2019) Comparison of internationally available soil to rice grain transfer data of radiocaesium -the effect of soil types on the transfer data differences (5th Fukushima University IER Annual Symposium)
 19. R. Saito, Y. Nemoto, R. Kumada, H. Oomachi, M. Tamaoki, M. Nakamura and H. Tsukada (2019) Relations between Wild Boar Food Habits and ^{137}Cs Activity Concentration in the Body and its Seasonal Variation (5th Fukushima University IER Annual Symposium)
 20. Y. Wakiyama, A. Konoplev, N. Thoa, H. Tsukada, K. Nanba, V. Golosov, M. Zheleznyak (2019) Variations in dissolved and particulate ^{137}Cs concentrations in the Abukuma river water during a freshet (5th Fukushima University IER Annual Symposium)
 21. Y. Wakiyama, Y. Igarashi, Y. Onda, J. Takahashi, D. Samoilov, S. Obrizan, G. Lisovy, G. Laptev, A. Konoplev, H. Tsukada,

- K. Nanba (2019) Hydrological response and ¹³⁷Cs wash-off evaluated by continuous observation with USLE plots in Chernobyl exclusion zone (5th Fukushima University IER Annual Symposium)
22. A. Konoplev, Y. Wakiyama, T. Wada, K. Nanba, T. Takase, V. Kanivets, H. Tsukada, T. Takahashi, I. M. Rahman, M. Zheleznyak1 (2019) Long-term dynamics of radiocesium in aquatic ecosystems of Fukushima and Chernobyl contaminated areas (5th Fukushima University IER Annual Symposium)
23. 塚田祥文 (2019) 被災地域における環境中の放射性セシウム濃度と内部被ばく線量(第 5 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
24. 武田晃、向井康太、藤森崇、山崎慎一、土屋範芳、塚田祥文、矢内純太 (2019) XANES および抽出法による土壤中塩素の存在形態の評価手法の検討(第 20 回「環境放射能」研究会、つくば)
25. 斎藤梨絵、根本唯、大町仁志、玉置雅紀、中村匡聡、白子智康、塚田祥文 (2019) DNA 解析によるイノシシの食性調査および食性と体内のセシウム ¹³⁷ 濃度の関係(第 66 回日本生態学会、神戸)(招待講演)
26. 塚田祥文 (2018) 福島県の農業環境における放射性セシウムと内部被ばく線量の状況、第 31 回環境工学連合講演会日本学術会議(東京)
27. 塚田祥文 (2018) 農業環境における放射性セシウムと作物摂取による被ばく線量、放射能測定分析技術研究会セミナー(東京)
28. 塚田祥文 (2018) 2011 年原発事故後の農業環境における放射性セシウム、藤沢市放射能測定器運営協議会学習会(藤沢)
29. 塚田祥文 (2018) 福島県の農業環境における放射性セシウムと作物摂取による内部被ばく線量、公開シンポジウム「東日本大震災に係る食料問題フォーラム 2018」(東京)
30. 塚田祥文 (2019) 農業環境における放射性セシウムと作物摂取による内部被ばく線量、長崎大学・川内村/富岡町復興推進拠点活動報告会(川内村)
31. Tatsuo Aono (2018) How to Communicate with Consumers who are Anxious about Food Radiation and Implications of Food Radioactivity Policies in Japan since the Fukushima Nuclear Power Plant Accident in Japan, International symposium on safety management of radionuclide in food (Korea)
32. Tatsuo Aono (2018) Lessons learned from TEPCO Fukushima NPP accident, QST-KIRAMS training course on radiation emergency medicine for Korean medical professionals 2019 (Chiba)
33. Tatsuo Aono (2018) Lecture: Effects of Fukushima Daiichi NPP accident on foodstuffs, Supporting Regional Nuclear Emergency Preparedness and Response in the Member States of ASEANRegion (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)

農作物中 Cs と長半減期核種の濃度測定に関する研究 分担研究報告

分担研究者 塚田 祥文 (福島大学 環境放射能研究所)

研究要旨

東京電力福島第一原子力発電所(FDNPS)事故直後に設定された暫定規制値に代わり、平成 24 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、放射性 Cs 以外の ^{90}Sr 、 ^{106}Ru 及び Pu 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、平成 30 年度に福島県内で生産された作物(ホウレンソウ)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、0.1 Bq/kg 以下と極めて低い水準にあった。福島県内で採取した作物中 ^{129}I 濃度は、0.1 mBq/kg 以下と放射性 Cs 濃度の千分の一の水準にあった。

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気及び海洋に放出された。この事故により放出された放射性核種

による食品の摂取による内部被ばくが懸念され、厚生労働省は平成 24 年 4 月以降、食品からの内部被ばくを年間線量 1 mSv として導出された基準値を適用している。この基準値は、対象となる放射性 Cs 以外の核種(^{90}Sr 、 ^{106}Ru 、Pu)については、

^{137}Cs との放射能濃度比から、これらの核種の濃度を推定し、設定された。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 1mSv/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、核燃料廃処理施設、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(ホウレンソウ)は、表 1 及び表 2 に示す福島県の浜通り、中通り、会津から 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 7 地点で採取した。

土壌は、5 点法によって $\phi 50\text{ mm}$ のコアサンプラーで表層 0~20cm を採取した。 ^{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、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 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、Cannberra 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、作物は 260,000 ~ 780,000 秒、土壌は 12,000 ~ 85,000 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、9 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 61 ~ 111 g (3,300 ~ 5,100 g 生重量) 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) をミルキングし、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。 ^{127}I の定量は、ICP-MS (Agilent 7500cx) 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 で過熱、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 2mg 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、宮城県や栃木県より低かったが、愛知県よりは高い濃度にあり ^{134}Cs も検出されたことから、2011 年の事故由来による ^{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 濃度に比べ千分の一以下の 0.40 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。他地点の土壌中 ^{129}I 濃度は、愛知県の値と同様であった。

2. 作物

作物中放射性核種濃度を表 4 に示す。全ての

作物中放射性 Cs 濃度は、1 Bq/kg 生重量以下で、基準値の百分の一以下まで下がり、通常の食品検査などで行われている生試料を用いた測定での検出は難しい状況となっていることがわかった。南相馬市の試料のみ ^{134}Cs を検出したが、他の試料では長時間測定にもかかわらず ^{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 生重量以下であった。 ^{129}I 濃度は、最も高い値でも 0.1 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 由来であることが考えられた。

D. 考察

土壌中 ^{137}Cs 濃度と作物中 ^{137}Cs 濃度の相関を図 1 に示す。両者は相関を示し、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あらためて示している。現在では作物中濃度がきわめて低い濃度にあり測定が困難であっても、土壌中放射性 Cs 濃度を求めれば、作物中濃度を予測できることを示している。

福島県内で採取した作物中 ^{90}Sr 濃度は、福島県外の作物から得られている値と同様であり、大気圏核実験由来と考えられる。

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 の半減期はきわめて長く、環境中では安定 ^{127}I と類似した移行を示すと考えられることから、 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比を使って示される場合が多い。これまでに報告されている土壌中 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比を表 5 に示す。南相馬市の土壌中 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 濃度比は、大気圏核実験後の値と同程度であり、チェルノブイリや核燃料処理工場周辺土壌に比べると低い値を示した。また、本調査で得られた福島県内における $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$

原子数比を、これまでに得られている福島県内土壌の値(表6)と比較すると、低い値であることから、除染の効果が予想される。土壌中 ^{129}I 濃度と作物中 ^{129}I 濃度の相関を図2に示す。比較的相関を示すように見えるが、最も高い値を除くと有意な相関はなかった。葉菜類は、土壌からの経根吸収のみならず大気経路による葉面吸収も考えられる。今後予定している作物データと照合し、検討が必要である。

E. 結論

本研究では、福島県内、周辺地域と比較対象地域における作物中放射性 Cs、 ^{90}Sr 及び ^{129}I 濃度を調査した。採取した作物中放射性 Cs 濃度は全て基準値を大きく下回り、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 ^{90}Sr 濃度は、福島県を除く全国調査の範囲内にあり、事故由来による ^{90}Sr 濃度の増加は認められなかった。作物中 ^{129}I 濃度は、浜通りで他の地点より高い傾向にあるが、その由来は明らかではなかった。

引用文献

- 1) 福島県農産物等の放射性物質モニタリングQ & A,
<http://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/nou-san-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) 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)
- 5) 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.
- 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) 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.
- 11) 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.

- 12) 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.

F. 健康危険情報
なし

G. 研究業績
(論文)

1. K. Tagami, H. Tsukada, S. Uchida and B. J. Howard (2018) Changes in the soil to brown rice concentration ratio of radiocaesium before and after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident in 2011, *Environmental Science and Technology* 52, 8339-8345.
2. Y. Ni, Z. Wang, J. Zheng, K. Tagami, Q. Guo, S. Uchida and H. Tsukada (2019) The transfer of fallout plutonium from paddy soil to rice: a field study in Japan, *J. Environ. Radioactivity* 196, 22-28.
3. S. Ogasawara, T. Eguchi, A. Nakao, S. Fujimura, Y. Takahashi, H. Matsunami, H. Tsukada, J. Yanai and T. Shinano (2019) Phytoavailability of ^{137}Cs and stable Cs in soils from different parent materials in Fukushima, Japan, *J. Environ. Radioactivity* 198, 117-125.
4. 塚田祥文 (2018) 福島県の農業環境における放射性セシウムと内部被ばく線量, 第 31 回環境工学連合講演会講演論文集, pp5-8. (学会発表)
5. A. Takeda, H. Tsukada, D. Yamada, Y. Unno, H. Harada, Y. Takaku and S. Hisamatsu (2018) Mobility of radiocesium from specific sorption sites in agricultural soils in northeastern Japan (21st World Congress of Soil Science, Rio de Janeiro, Brazil)
6. H. Tsukada, K. Nanba and T. Hinton (2018) Transfer of ^{137}Cs and stable ^{133}Cs in plants and animals collected from a forest observatory site in Yamakiya, Fukushima, Japan (The 7th International Conference on Radioactivity in the Arctic and other vulnerable areas, Oslo, Norway)
7. 塚田祥文、高橋知之、福谷哲、青野辰雄、明石 真言 (2018) 福島県浜通りにおける作物中放射性セシウムおよび ^{90}Sr 濃度と作物摂取による内部被ばく線量(第 51 回日本保健物理学会, 札幌)
8. 塚田祥文、難波謙二、トーマス・ヒントン (2018) 福島県山木屋の森林観測所で採取した植物と動物における ^{137}Cs と安定 ^{133}Cs の移行(第 55 回アイソトープ・放射線研究発表会, 東京)
9. 塚田祥文、久保田富次郎 (2018) カラム試験による福島県大柿ダム底質からの ^{137}Cs 溶出(日本土壌肥料学会 2018 年度神奈川大会、藤沢)
10. A. Takeda, Y. Unno, H. Tsukada, Y. Takaku and S. Hisamatsu (2018) Speciation of iodine in soil solution in forest and grassland soils in Rokkasho, Japan (9th International Conference on High Level Environmental Radiation Areas - For Understanding Chronic Low-Dose-Rate Radiation Exposure Health Effects and Social

- Impacts, ICHLERA 2018, Hirosaki, Japan)
11. 久保田富次郎、塚田祥文、申文浩、李相潤、万福裕造、濱松潮香、八戸真弓 (2018) ため池の流入／流出における放射性 Cs の存在形態の変化(農業農村工学会 2018 年全国講演会)
 12. M. M. Rahman, Z. A. Begum, B. Ahmmad, H. Tsukada and H. Hasegawa (2018) Effect of extraction variables for the chelator-assisted washing remediation of strontium and geochemically-related elements from soils (日本分析化学会、東京)
 13. G. Yang, H. Tazoe, H. Tsukada and M. Yamada (2018) Distribution of I-129 in forest soil from the boundary of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant(放射化学会、京都)
 14. H. Tsukada, T. Hayasaka and T. Kubota (2018) Desorption of ^{137}Cs from contaminated sediment collected from irrigated Oogaki-dam in Fukushima by column experiment (The 15th Biennial Conference of the South Pacific Environmental Radioactivity Association, SPERA2018, Perth, Australia).
 15. R. Saito, Y. Nemoto, R. Kumada, H. Oomachi, M. Tamaoki, M. Nakamura and H. Tsukada (2018) Test of food habitat analysis using DNA analysis in wild boar to reveal relations between food habits and Caesium-137 activity concentration in the body (The 15th Biennial Conference of the South Pacific Environmental Radioactivity Association, SPERA2018, Perth, Australia).
 16. Y. Wakiyama, Y. Igarashi, Y. Onda, J. Takahashi, S. Obrizan, G. Lisovy, G. Laptev, A. Konoplev, H. Tsukada and K. Nanba (2019) Hydrological response and ^{137}Cs wash-off evaluated by continuous observation with USLE plots in Chernobyl exclusion zone (EGU Spring Meeting 2019, Vienna).
 17. G. Yang, H. Tazoe, H. Tsukada and M. Yamada (2019) The I-129 situation in land surface soil and forest soil systems after the FDNPP accident (5th Fukushima University IER Annual Symposium)
 18. K. Tagami, H. Tsukada and S. Uchida (2019) Comparison of internationally available soil to rice grain transfer data of radiocaesium -the effect of soil types on the transfer data differences- (5th Fukushima University IER Annual Symposium)
 19. R. Saito, Y. Nemoto, R. Kumada, H. Oomachi, M. Tamaoki, M. Nakamura and H. Tsukada (2019) Relations between Wild Boar Food Habits and ^{137}Cs Activity Concentration in the Body and its Seasonal Variation (5th Fukushima University IER Annual Symposium)
 20. Y. Wakiyama, A. Konoplev, N. Thoa, H. Tsukada, K. Nanba, V. Golosov, M. Zheleznyak (2019) Variations in dissolved and particulate ^{137}Cs concentrations in the Abukuma river water during a freshet (5th Fukushima University IER Annual Symposium)
 21. Y. Wakiyama, Y. Igarashi, Y. Onda, J. Takahashi, D. Samoilov, S. Obrizan, G. Lisovy, G. Laptev, A. Konoplev, H. Tsukada, K. Nanba (2019) Hydrological response and ^{137}Cs wash-off evaluated by continuous observation with USLE plots in Chernobyl exclusion zone (5th Fukushima University IER Annual Symposium)
 22. A. Konoplev, Y. Wakiyama, T. Wada, K. Nanba,

T. Takase, V. Kanivets, H. Tsukada, T. Takahashi, I. M. Rahman, M. Zheleznyakl (2019) Long-term dynamics of radiocesium in aquatic ecosystems of Fukushima and Chernobyl contaminated areas (5th Fukushima University IER Annual Symposium)

23. 塚田祥文 (2019) 被災地域における環境中の放射性セシウム濃度と内部被ばく線量(第 5 回福島大学環境放射能研究所成果報告会)
24. 武田晃、向井康太、藤森崇、山崎慎一、土屋範芳、塚田祥文、矢内純太 (2019) XANES および抽出法による土壤中塩素の存在形態の評価手法の検討(第 20 回「環境放射能」研究会、つくば)
25. 斎藤梨絵、根本唯、大町仁志、玉置雅紀、中村匡聡、白子智康、塚田祥文 (2019) DNA 解析によるイノシシの食性調査および食性と体内のセシウム 137 濃度の関係 (第 66 回日本生態学会、神戸)
(招待講演)
26. 塚田祥文 (2018) 福島県の農業環境における放射性セシウムと内部被ばく線量の状況、第 31 回環境工学連合講演会日本学術会議(東京)
27. 塚田祥文 (2018) 農業環境における放射性セシウムと作物摂取による被ばく線量、放射能測定分析技術研究会セミナー(東京)
28. 塚田祥文 (2018) 2011 年原発事故後の農業環境における放射性セシウム、藤沢市放射能測定器運営協議会学習会(藤沢)
29. 塚田祥文 (2018) 福島の農業環境における放射性セシウムと作物摂取による内部被ばく線量、公開シンポジウム「東日本大震災に係る食料問題フォーラム 2018」(東京)
30. 塚田祥文 (2019) 農業環境における放射性セ

シウムと作物摂取による内部被ばく線量、長崎大学・川内村/富岡町復興推進拠点活動報告会(川内村)

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
2018S-1	宮城県大崎市	泥炭土	2018年5月11日	2115	1733
2018S-2	栃木県日光市	黒ボク土	2018年6月20日	1485	1128
2018S-3	愛知県知多郡武豊町	黄色土	2018年4月27日	2142	1721
2018S-4	福島県南相馬市	灰色低地土	2018年8月1日	1956	1671
2018S-5	福島県二本松市	グライ低地土	2018年7月31日	2250	1898
2018S-6	福島県三春町	褐色森林土	2018年6月28日	2121	1891
2018S-7	福島県南会津郡下郷町	黒ボク土	2018年10月2日	1603	1187

表 2 ホウレンソウ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		
2018P-1	宮城県大崎市	2018年5月11日	5448	305	5142	0.0678	0.0168
2018P-2	栃木県日光市	2018年6月20日	4846	38	4809	0.0628	0.0170
2018P-3	愛知県知多郡武豊町	2018年4月27日	5119	161	4957	0.0652	0.0166
2018P-4	福島県南相馬市	2018年8月1日	5009	291	4719	0.0754	0.0210
2018P-5	福島県二本松市	2018年7月31日	5205	125	5080	0.0930	0.0198
2018P-6	福島県三春町	2018年6月6日	6542	234	6308	0.0843	0.0216
2018P-7	福島県南会津郡下郷町	2018年10月2日	4749	169	4581	0.0728	0.0186

表 3 土壤中 ^{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(乾燥重量)					$^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比
		$^{134}\text{Cs}^*$		^{137}Cs		^{40}K	
		Bq/kg 乾燥	Bq/kg 乾燥	Bq/kg 乾燥	Bq/kg 乾燥	mBq/kg 乾燥	
2018S-1	宮城県大崎市	15 ± 0.9	155 ± 2.6	320 ± 15	0.052 ± 0.008	± 0.008	3.5E-09
2018S-2	栃木県日光市	22 ± 1.7	197 ± 4.9	168 ± 20	0.035 ± 0.006	± 0.006	1.0E-09
2018S-3	愛知県知多郡武豊町	< 0.7	2.8 ± 0.2	353 ± 6	0.034 ± 0.005	± 0.005	7.8E-10
2018S-4	福島県南相馬市	77 ± 2.4	831 ± 7.6	433 ± 23	0.40 ± 0.05	± 0.05	9.7E-09
2018S-5	福島県二本松市	31 ± 1.7	310 ± 5.1	328 ± 21	0.062 ± 0.010	± 0.010	4.2E-09
2018S-6	福島県三春町	11 ± 1.4	123 ± 3.5	690 ± 33	0.023 ± 0.004	± 0.004	1.7E-09
2018S-7	福島県南会津郡下郷町	2.2 ± 0.1	24.0 ± 0.3	257 ± 3	0.029 ± 0.004	± 0.004	2.6E-10

* 604.7 keVの定量結果

表 4 ホウレンソウ中 ^{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			
		$^{134}\text{Cs}^*$		^{137}Cs		^{90}Sr		^{40}K		^{129}I		
		Bq/kg 生	Bq/kg 生	Bq/kg 生	Bq/kg 生	Bq/kg 生	Bq/kg 生	Bq/kg 生		mBq/kg 生		
2018S-1	宮城県大崎市	< 0.037	0.091 ± 0.008	-	217 ± 0.7	0.00086 ± 0.00006	1.5E-08					
2018S-2	栃木県日光市	< 0.011	0.059 ± 0.002	-	216 ± 0.3	0.00021 ± 0.00002	1.1E-09					
2018S-3	愛知県知多郡武豊町	< 0.013	< 0.012	-	220 ± 0.3	0.00026 ± 0.00003	3.7E-09					
2018S-4	福島県南相馬市	0.076 ± 0.006	0.873 ± 0.013	0.068 ± 0.004	324 ± 0.8	0.062 ± 0.011	3.8E-07					
2018S-5	福島県二本松市	< 0.017	0.155 ± 0.005	0.060 ± 0.003	253 ± 0.4	0.0074 ± 0.0014	5.9E-08					
2018S-6	福島県三春町	< 0.014	0.047 ± 0.003	0.019 ± 0.002	230 ± 0.4	0.0012 ± 0.0001	7.9E-09					
2018S-7	福島県南会津郡下郷町	< 0.013	0.013 ± 0.002	0.018 ± 0.002	246 ± 0.3	0.00064 ± 0.00031	3.0E-09					

表 5 由来別 ^{129}I 放出量及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比

	大気圏核実験前 (~1940) 宇宙線・自核発分裂 (一定)	大気圏核実験 (1945-1975)	チェルノブイリ原子力発電所事故 (1986)	核燃料再処理施設 (La Hague)	核燃料再処理施設 (Sellafield)	核燃料再処理施設 (東海村)
^{129}I 積算放出量(kg)				75 (大気, 1965-2007) 3800 (海洋, 1965-2007)	180 (大気, 1965-2007) 1400 (海洋, 1965-2007)	1.1 (1997-2005)
^{129}I 生成・放出量(kg/y)	180 (大気) 60 (海洋)	57	1.3-9	2 (大気) 50 (海洋, 1965-1990) 250 (海洋1990-)	4 (大気) 50 (海洋, 1965-1990) 80 (海洋, 1990-)	
$^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$	10^{-13} - 10^{-12} (海洋) 10^{-15} - 10^{-14} (岩石圏)	10^{-11} - 10^{-10} (海洋) 10^{-11} - 10^{-10} (陸圏)	10^{-6} (汚染地域)	10^{-8} - 10^{-5} (海洋) 10^{-6} - 10^{-4} (陸圏) 10^{-3} (周辺<50 km)	10^{-8} - 10^{-5} (海洋) 10^{-6} - 10^{-4} (陸圏) 10^{-3} (周辺<50 km)	10^{-6} - 10^{-4} (陸圏)

表 6 2011 年の FDNPS 事故による土壌中 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比

事故前の日本における森林土壌	10^{-8}
FDNPS から 1 km 南の森林土壌 0~20 cm	$10^{-7} \sim 10^{-4}$
FDNPS から 5 km、大熊町の表層土壌	10^{-7}
FDNPS から 30 km、飯館村長泥の表層土壌	10^{-6}
FDNPS から 5~60 km の表層土壌	$10^{-7} \sim 10^{-6}$
FDNPS から 4~48 km の水田表層土壌	$10^{-8} \sim 10^{-6}$

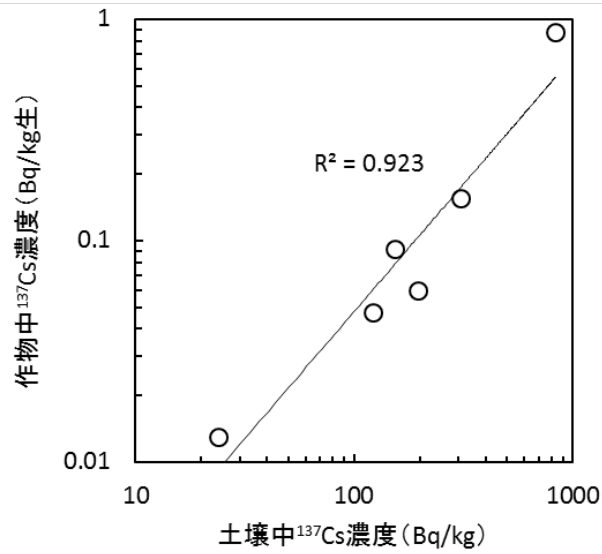


図 1 土壌中 ^{137}Cs 濃度と作物中 ^{137}Cs 濃度の関係

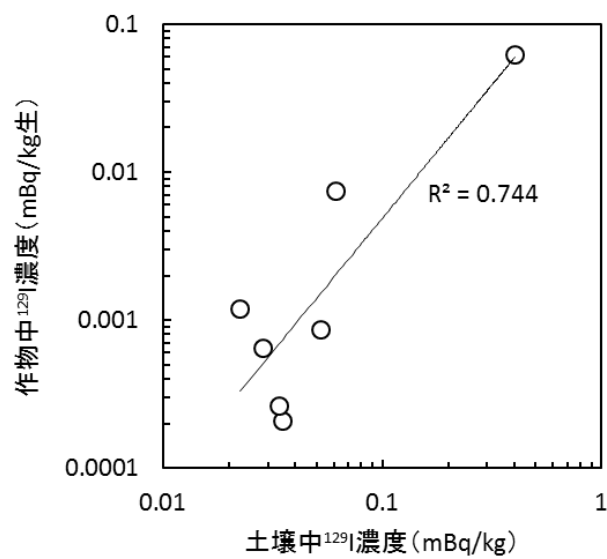


図 2 土壌中 ^{129}I 濃度と作物中 ^{129}I 濃度の関係

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)

食品中の放射性核種濃度に関する研究 分担研究報告

分担研究者 青野 辰雄 (放射線医学総合研究所)
研究協力者 長谷川 慎 (放射線医学総合研究所)

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1mSv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(⁹⁰Sr)、ルテニウム-106(¹⁰⁶Ru) およびプルトニウム-238(²³⁸Pu)、プルトニウム-239(²³⁹Pu)、プルトニウム-240(²⁴⁰Pu)およびプルトニウム-241(²⁴¹Pu)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⁹⁰Srなどに対する内部被ばくの不安は依然として大きいことから、食品中の放射性核種濃度を測定することにより、安全が担保されていることを検証することが必要不可欠である。

海産物に比べて淡水魚は放射性Cs濃度の低下が遅く、出荷制限が多いことから、今年度は淡水魚に着目し、福島県内で流通する水産物を入手し、これら試料の測定を行ったところ、セシウム-137(¹³⁷Cs)濃度が15 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(⁹⁰Sr)、ルテニウム-106(¹⁰⁶Ru) およびプルトニウム-238(²³⁸Pu)、プルトニウム-239(²³⁹Pu)、プルトニウム-240(²⁴⁰Pu)およびプルトニウム-241(²⁴¹Pu)については、放射性Csとの濃度比を推定することにより、その線量への寄与を考慮している。そこで、本研

究は食品中の放射性物質の基準値を策定する際に推定された放射性Csの線量への寄与率について、その妥当性を確認するために実施するものである。福島沖の海産物の放射性物質濃度のモニタリングでは、95%以上の水産物で放射性Cs濃度が検出下限値(約10Bq/kg-生重量)以下となっている。一方で、内陸の淡水魚に関しては依然、広域で出荷制限されている魚種が多

い¹⁾。これは海水魚に比べて淡水魚は浸透圧が低いために、生息環境中の影響を受けやすい状況にあるためである。そこで、淡水産物中の部位毎の放射性核種の濃度比を明らかにすることを目的に、福島県内で流通する淡水魚を入手し、「食品中の放射性核種等濃度に関する研究」を実施した。

B. 研究方法

1. 水産物中の放射性物質の濃度測定

1.1. 調査協力と試料入手

福島県内水面試験場の協力を得て情報収集¹⁾を行い、2018年度に各漁協で採取した市場流通する淡水魚を本研究の対象とした。魚種、採取場所、採取日に関する情報を表1に示す。

1.2. γ 核種の濃度の測定

魚類は、個体毎のばらつきを確認するために、体液等のドリップによる損失が少ないように速やかに処理を行った。ワカサギは個体毎の大きさが小さく、食用の場合でも全体を食べることから、そのままの状態複数の個体を一つの試料として扱った。アユについては、体長が大きくなり、体重が50g以下であったため、ワカサギ同様に全体を試料とした。ただ、測定は1個体毎に行った。ヒメマスは体重が200gを越えていたため、可食部と非可食部(内臓部とアラ部)に分割した。それぞれの試料は冷凍後に、真空凍結乾燥機を用いて乾燥を行った。乾燥試料は、ミキサー等で粉碎後に乾燥試料とした。乾燥率(生重量に対する乾燥重量の割合)は23~53%であった。この乾燥試料をU8容器またはチューブに詰めて、Canberra社製低バックグラウンド Ge 半導体検出器(GX2019)を用いて、24時間以上の γ 核種の測

定を行った。Ge 半導体検出器は、日本アイントープ協会製の標準体積線源(5~50mm、9.5~95g、アルミナ)を用いて効率曲線を作成したものをを用いた。セシウム-134 (^{134}Cs)(604.7 keV および796keV の加重平均値)、セシウム-137 (^{137}Cs)(661.7 keV)およびカリウム-40 (^{40}K)(1460 keV)の定量結果を記録した。 ^{134}Cs は複数のエネルギーで検出されるために、これまでガンマ線放出率が最も高い604.7 keV (97.62%)の定量結果を用いてきた。しかし、796keV のガンマ線放出率(85.5%)も他のガンマ線エネルギーより高いことから、この2つのエネルギーで検出された定量結果を加重平均したものが望ましいため²⁾、昨年度と同様に、この計算方法を用いた。なお ^{134}Cs 、 ^{137}Cs および ^{40}K 以外の γ 核種は計測されなかった。試料重量が少ない場合は検出下限値が高くなるが、 ^{134}Cs および ^{137}Cs の検出下限値は、概ね1 Bq/kg-生重量であった。また安定元素の摂取量を利用する事による内部被ばく線量評価を行うため、安定元素のKとCaはICP発光分光分析装置で、SrとCsはICP質量分析装置を用いて、既知濃度の標準溶液で検量線を作成し、定量した。

C. 研究結果

1. 水産物中の放射性物質の濃度測定

2018年に入手した水産物中の放射性Csおよび ^{40}K 濃度測定の結果を表2、3と5に示した。各部位の平均値は、検出された値を用いて算術平均したものである。

ワカサギは、 ^{134}Cs 濃度は2 Bq/kg-生重量以下で、 ^{137}Cs 濃度は13~15 Bq/kg-生重量で、加重平均値は14.3 Bq/kg-生重量(n=6)であった。 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度比は0.1であった。2011

年3月のFDNPS事故時に放出された $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度比は約1であり、 ^{134}Cs と ^{137}Cs の物理学的半減期を用いて2018年11-12月に減衰補正すると、この放射能比は約0.1となるため、放射性Csは本事故由来であった。 ^{40}K 濃度は、48~55 Bq/kg-生重量で、加重平均値は51.7 Bq/kg-生重量(n = 6)であった。採取したアユの全長は14~16 cm(平均15.2 cm)で、体重は31~41g(平均34.8 g)であった。アユ全体の ^{134}Cs 濃度は、検出下限値(1.5 Bq/kg-生重量)以下であった。 ^{137}Cs 濃度は3~6 Bq/kg-生重量で、平均値は4.6 Bq/kg-生重量(n = 5)であった。 ^{40}K 濃度は、114~119 Bq/kg-生重量で、加重平均値は116.1 Bq/kg-生重量(n = 5)であった。採取したヒメマスの全長は26~28 cm(平均27.1 cm)で、体重は200~240g(平均221.5 g)であった。ヒメマスの可食部と非可食部ともに、 ^{134}Cs 濃度は、検出下限値(0.5 Bq/kg-生重量)以下であった。ヒメマスの可食部の ^{137}Cs 濃度は3~4 Bq/kg-生重量で、加重平均値は3.93 Bq/kg-生重量(n = 5)であった。 ^{40}K 濃度は、113~119 Bq/kg-生重量で、加重平均値は116.3 Bq/kg-生重量(n = 5)であった。またヒメマスの非可食部の ^{137}Cs 濃度は3~4 Bq/kg-生重量で、加重平均値は2.94 Bq/kg-生重量(n = 5)であった。 ^{40}K 濃度は、81~104 Bq/kg-生重量で、平均値は94.3 Bq/kg-生重量(n = 5)であった。ワカサギ、アユ、ヒメマス可食部中の安定Cs濃度はそれぞれ0.06、0.06、0.15 mg/kg-生重量で、安定Sr濃度はそれぞれ7.4、12.0、2.17 mg/kg-生重量であった。

D. 考察

今回測定した淡水魚のCs濃度は、食品中の放射性物質の基準値100Bq/kgよりもはるかに低

い濃度であった。ワカサギ、アユとヒメマスの中で最も高い放射性Csを検出したものは、ワカサギであった。一方、アユやヒメマスでは、ワカサギに比べて2倍ほど高い ^{40}K 濃度を示した。アユは秋に沿岸に近い地域で採取されたこと、ヒメマスもマス科の魚類であることから、ワカサギと代謝プロセスが異なることも要因の一つとして考えられる。ワカサギやアユのように全体を可食部として、安定Sr濃度を測定すると可食部だけのヒメマスよりもアラ部(頭、エラや骨)を含むワカサギやアユは高い傾向にあった。K/CsとCa/Sr濃度比の範囲はそれぞれ、20~40、0.5~0.7であり、魚種による大きな差は認められなかった。安定元素の濃度比を利用した濃度推定が可能であることが示唆された。

E. 結論

福島県内の淡水魚中の放射性Cs及び ^{40}K 濃度を測定した。放射性Cs濃度は、5~15 Bq/kg-生重量の濃度範囲であり、食品中の基準値を超えた試料はなく、基準値よりも非常に低い放射性Cs濃度のものが、市場に流通していることが確認できた。

引用文献

- 1) 福島県: 内水面の採捕・出荷資源等の措置一覧
<http://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/261033.pdf>
- 2) 米沢 伸四郎: Ge 検出器- γ 線スペクトロメリーによる玄米認証標準物質中 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 及び ^{40}K の分析-第1部 放射能濃度の定量-. 分析化学 65, 645-655, 2016.

F. 健康危険情報

なし

G. 研究業績

1. Tatsuo Aono (2018) How to Communicate with Consumers who are Anxious about Food Radiation and Implications of Food Radioactivity Policies in Japan since the Fukushima Nuclear Power Plant Accident in Japan, International symposium on safety management of radionuclide in food (Korea)
2. Tatsuo Aono (2018) Lessons learned from TEPCO Fukushima NPP accident, QST-KIRAMS training course on radiation emergency medicine for Korean medical professionals 2019 (Chiba)

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

表 1 本研究対象の福島県淡水魚について

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

表 2 福島県ワカサギ中の放射性核種濃度について

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

表 3 福島県アユ中の放射性核種濃度について

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

表 4 福島県ヒメマスの体長と体重

番号	全長 cm	体長 cm	体重 g
1	27.3	21.1	223.6
2	26.4	21.2	201.8
3	27.5	23.5	240.6
4	27.3	21.6	231.5
5	27.1	23.3	210.0
平均	27.1	22.1	221.5

表 5 福島県ヒメマス中の放射性核種濃度について

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

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)

内部被ばく線量の推計に関する研究 分担研究報告

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、平成 24 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、平成 30 年度に福島県内で生産された食品(ホウレンソウ)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、長半減期核種である ^{129}I については、「寄与は十分小さいと考えられる」とした報告の妥当性を確認した。

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、平成 24 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)を規制対象核種とした。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、この基準値が平成24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、土壌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の安全性が十分に確保されていること

について検証する。長半減期核種である ^{129}I については、「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、 ^{90}Sr と ^{129}I による内部被ばく線量をそれぞれ推定し、比較検討することを目的としている。しかしながら ^{90}Sr 及び ^{129}I については、大量の試料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(ホウレンソウ)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 、 ^{129}I 濃度を測定することにより、それぞれの核種による内部被ばく線量を推定することを試みる。

また、本研究では、試料がホウレンソウに限られていることから、試料中放射性 Cs、 ^{90}Sr 、 ^{129}I 濃度に加え、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葉菜(ホウレンソウ)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 ^{40}K 濃度も測定されている。安定 K 濃度は、分担研究 1. で測定されたカリウム-40(^{40}K)濃度を、安定 K の単位重量あたりの ^{40}K 放射能である 30.4 Bq/kg^3)で除することによって推定する。

^{90}Sr による内部被ばく線量評価は、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)を用いて行い、濃度既知の標準溶液で検量線を作成し定量する。

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

C. 研究結果

1. ホウレンソウ中放射性核種濃度の比較検討

線量評価に用いるホウレンソウ中の ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 、 ^{40}K 及び ^{129}I 濃度(分担研究 1. において測定)を表2に示す。分担研究 1. で考察されたように、南相馬市における放射性 Cs 濃度及び ^{129}I 濃度は 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。

本研究はホウレンソウを対象としており、農作物の種類が一種類であるため、安定元素濃度は変動が比較的小さく、いずれの元素も濃度の変動は 1 桁以内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. はホウレンソウ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、ホウレンソウ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。ホウレンソウが属する葉菜類は、いずれの元素も他の種類に比べ高い傾向にあり、特に、Sr では高い傾向が顕著であることが分かる。

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、葉菜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 0.23~0.28、I については 0.51~0.66 であった。

この換算係数にホウレンソウ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、南相馬市の試料以外からは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、平成 29 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 0.0012 mSv であった。⁹⁰Sr 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 0.00050 mSv であった。¹²⁹I による被ばく線量推定値が最も高かったのは、南相馬市の「13～18 歳【男子】」であり、年間 0.00000080 mSv であった。いずれについても、介入線量レベルである年間 1 mSv を大幅に下回っている。

4. 安定元素濃度を用いた内部被ばく線量の試算

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

各採取場所のハウレンソウ中 ¹³⁴Cs/安定 K、¹³⁷Cs/安定 K、⁹⁰Sr/安定 Ca/及び ¹²⁹I/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 ⁴⁰K 濃度からの推定値、安定 Sr および安定 Ca 濃度は本分担研究における測定値、安定 I 濃度は分担研究 1. で測定された ¹²⁷I 濃度である。

安定 K 及び安定 Ca の年間摂取量は、平成 29 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(2015 年版)」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食事からの 500 μg/日未満を基本として、間欠的に摂取される海藻類を多く含む食事分が加わり、平均で 1～3 mg/日になると推定できる。」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ハウレンソウ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。そして、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】」の平均値を求める。この平均値で前述の安定 I 摂取量を規格化し、各年齢性別区分の安定 I 摂取量を推定する。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毎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、¹³⁴Cs、¹³⁷Cs、⁹⁰Sr、⁴⁰K は全食品による摂取を対象とした推定値であるが、¹²⁹I 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。

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 0.001 mSv 未満であり、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 ⁴⁰K 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、性別年齢区分によっては年間 0.001 mSv のオーダーであった。

^{129}I による被ばく線量は、最も線量の高かった南相馬市でも年間 0.00001 mSv のオーダーであり、放射性 Cs による年間内部被ばく線量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 0.0012 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。しかしながら、平成 29 年 2 月～3 月に調査されたマーケットバスケット法による、放射性セシウムから受ける年間被ばく線量は、福島（浜通り）で 0.0009 mSv、福島（中通り）で 0.0010 mSv、福島（会津）で 0.0007 mSv¹²⁾であり、本評価結果は農作物摂取のみでこれらの値とほぼ同等となっている。その理由として、本評価では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、市場希釈の効果が働き、この結果よりもかなり低くなると考えられる。また、本評価では調理加工に伴う放射性セシウム濃度の減少は考慮していないが、調理加工によって実際に摂取する放射性セシウム濃度は減少するため、実際に摂取する放射性核種量は本評価よりも少ないと考えられる。

^{90}Sr による被ばく線量は、性別年齢区分によって異なるが、年間 0.0001 mSv 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。

^{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「13～18歳【男子】」であり、年間 0.00000080 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3桁以上低く、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 0.001 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⁹⁾とほぼ同レベルであった。

安定 Ca 濃度を用いた ^{90}Sr による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、0.001 mSv のオーダーかそれ以下であった。分担研究 1.において記述されているように、今回検出された ^{90}Sr は大気圏核実験由来と考えられる。よって、事故由来の ^{90}Sr による被ばく線量はこの評価結果よりも十分に低いと考えられる。

^{129}I による被ばく線量は、最も線量の高かった南相馬市でも年間 0.00001 mSv のオーダーであり、放射性 Cs による年間内部被ばく線量に比べて十分に低い値であった。この結果は、「海藻類を多く含む食事分」を含まない仮定であるが、農作物摂取量を用いた内部被ばく線量の試算を2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、「海藻類を多く含む食事分」として 500 μg /日と仮定している。海藻類を多く含む食事分が加わった場合の安定 I の摂取量が平均で 1～3 mg/日とされていることから、海藻類にお

ける ^{129}I /安定 I が今回測定されたハウレンソウと等しいと仮定した場合には、 ^{129}I 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。

^{129}I による被ばく線量の推定については、現時点では不確実性が大きく、より精度の高い評価のためには、海産物をふくむ今後の更なる研究が必要である。

3. ^{129}I の沈着量の地域差に関する検討

表 2 に示したように、ハウレンソウ中 ^{129}I 濃度は南相馬市が福島県外における 3 地域よりも 2 オーダー程度高く、二本松市及び三春町でも若干高い傾向が見られ、下郷町では福島県外における 3 地域とほぼ同程度であった。これらのデータが線量評価においてどの程度代表性を持つかについて検討する。

日本原子力研究開発機構は、平成 24 年度及び平成 25 年度に、文部科学省及び原子力規制庁の委託事業として、 ^{131}I の沈着量分布を把握することを目的として、福島県内外で採取された土壌試料中 ^{129}I 濃度の測定を行い^{13,14}、 ^{129}I 沈着量のデータを公開している¹⁵。この事業によって測定された ^{129}I 沈着量の市町村毎の平均値を表 11 に示す。本研究において試料を採取した 4 市町の ^{129}I 沈着量の平均値はいずれも 0.01 Bq/m^2 のオーダーであり、ハウレンソウ中 ^{129}I 濃度に見られるような大きな差は見られない。

よって、これらの 4 市町の沈着量の傾向の差異について検討するため、各市町の土壌試料から測定された ^{129}I 沈着量の累積分布関数を図 1 に示す。南相馬市は他の地域に比べ、沈着量が 0.1 Bq/m^2 より多い試料が比較的多く見られており、この傾向がハウレンソウ中 ^{129}I 濃度の差異に現れた可能性がある。しかしながら現時点ではデータが少ないため、この沈着量の差異が原因であることを確認す

ることは困難である。

図 1 に見られるように、FDNPS 事故由来の放射性物質の沈着状況は同じ市町村内でも大きく異なる。よって、線量評価結果の考察においては、その不確実性についても十分に考慮する必要があり、更なるデータの蓄積が必要である。

E. 結論

平成 30 年度に採取されたハウレンソウ中放射性 Cs 濃度、 ^{90}Sr 濃度、 ^{129}I 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 ^{90}Sr の寄与を含めた場合であっても、介入線量レベルである年間 1 mSv を大幅に下回っていた。

すなわち、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、 1 mSv/y の $1/100$ を下回っており、現行の基準値によって食品中の放射性物質について安全性が十分に確保されていることを確認した。なお、事故に起因する ^{90}Sr の寄与は極めて小さく、放射性 Cs 以外の放射性核種の寄与を安全側に考慮した放射性 Cs に対する基準値の算定値は、妥当であったと考えられる。 ^{129}I による被ばく線量も年間 1 mSv に比べて十分に小さく、また、放射性 Cs による被ばく線量に比べても十分低いことが確認された。

なお、今回はハウレンソウのデータのみで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 ^{129}I 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。

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(2015 年版)」策定検討会報告書(2014).
- 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(平成 30 年 2~3 月調査分)
- 13) 日本原子力研究開発機構:「福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の第二次分布状況等に関する調査研究」の報告書(2013).
- 14) 日本原子力研究開発機構:「平成 25 年度東京電力(株)福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の長期的影響把握手法の確立事業」成果報告書(2014).
- 15) 日本原子力研究開発機構: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 <https://emdb.jaea.go.jp/emdb/portals/b1020311>

F. 健康危険情報

なし

G. 研究業績

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

表1 評価に用いた内部被ばく線量係数 (mSv/Bq)

放射性核種	5歳	10歳	15歳	成人
Cs-134	1.3E-05	1.4E-05	1.9E-05	1.9E-05
Cs-137	9.6E-06	1.0E-05	1.3E-05	1.3E-05
Sr-90	4.7E-05	6.0E-05	8.0E-05	2.8E-05
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ホウレンソウ中放射性核種濃度

採取場所	¹³⁷ Cs		⁹⁰ Sr		⁴⁰ K			¹²⁹ I		
	Bq/kg 生		Bq/kg 生		Bq/kg 生			Bq/kg 生		
宮城県大崎市	9.1E-02	± 7.8E-03	-	-	2.2E+02	± 7.2E-01	8.6E-07	± 6.4E-05		
栃木県日光市	5.9E-02	± 2.5E-03	-	-	2.2E+02	± 2.9E-01	2.1E-07	± 1.9E-05		
愛知県武豊町	<	1.2E-02	-	-	2.2E+02	± 3.5E-01	2.6E-07	± 2.9E-05		
福島県南相馬市	8.7E-01	± 1.3E-02	6.8E-02	± 3.8E-03	3.2E+02	± 8.2E-01	6.2E-05	± 1.1E-02		
福島県二本松市	1.5E-01	± 5.0E-03	6.0E-02	± 3.2E-03	2.5E+02	± 4.5E-01	7.4E-06	± 1.4E-03		
福島県三春町	4.7E-02	± 3.2E-03	1.9E-02	± 1.6E-03	2.3E+02	± 3.7E-01	1.2E-06	± 1.3E-04		
福島県下郷町	1.3E-02	± 2.5E-03	1.8E-02	± 1.9E-03	2.5E+02	± 3.4E-01	6.4E-07	± 3.1E-04		

表3 各試料中安定元素濃度

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	7.1E+00	5.0E-04	7.1E-01	8.7E-06
栃木県日光市	7.1E+00	4.5E-04	4.6E-01	2.9E-05
愛知県武豊町	7.2E+00	3.3E-04	4.9E-01	1.1E-05
福島県南相馬市	1.1E+01	1.4E-03	4.4E-01	2.5E-05
福島県二本松市	8.3E+00	2.0E-03	7.3E-01	1.9E-05
福島県三春町	7.6E+00	2.5E-03	7.8E-01	2.3E-05
福島県下郷町	8.1E+00	6.0E-04	5.4E-01	3.3E-05

表4 食品区分ごとの平均1日摂取量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 葉菜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	2.4E-01	2.5E-01	2.6E-01	2.7E-01	2.3E-01	2.6E-01	2.5E-01	2.8E-01	2.8E-01
I	6.4E-01	6.6E-01	5.6E-01	5.9E-01	5.1E-01	5.7E-01	5.7E-01	6.3E-01	6.5E-01

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	7.1E-06	6.9E-06	1.1E-05	1.0E-05	1.5E-05	1.4E-05	1.7E-05	1.6E-05	1.6E-05
	¹³⁷ Cs	5.6E-05	5.5E-05	8.0E-05	7.9E-05	1.1E-04	1.0E-04	1.2E-04	1.2E-04	1.1E-04
	⁹⁰ Sr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	¹²⁹ I	9.3E-09	9.1E-09	1.4E-08	1.4E-08	1.1E-08	1.0E-08	9.8E-09	9.5E-09	9.0E-09
栃木県日光市	¹³⁴ Cs	4.6E-06	4.5E-06	6.8E-06	6.7E-06	9.7E-06	9.0E-06	1.1E-05	1.1E-05	1.0E-05
	¹³⁷ Cs	3.6E-05	3.5E-05	5.2E-05	5.1E-05	7.1E-05	6.6E-05	8.0E-05	7.7E-05	7.3E-05
	⁹⁰ Sr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	¹²⁹ I	2.3E-09	2.2E-09	3.5E-09	3.4E-09	2.7E-09	2.5E-09	2.4E-09	2.3E-09	2.2E-09
愛知県武豊町	¹³⁴ Cs*	9.3E-07	9.1E-07	1.4E-06	1.4E-06	2.0E-06	1.8E-06	2.2E-06	2.1E-06	2.0E-06
	¹³⁷ Cs*	7.3E-06	7.1E-06	1.1E-05	1.0E-05	1.4E-05	1.3E-05	1.6E-05	1.6E-05	1.5E-05
	⁹⁰ Sr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	¹²⁹ I	2.9E-09	2.8E-09	4.4E-09	4.3E-09	3.4E-09	3.1E-09	3.0E-09	2.9E-09	2.8E-09
福島県南相馬市	¹³⁴ Cs	6.8E-05	6.6E-05	1.0E-04	9.9E-05	1.4E-04	1.3E-04	1.6E-04	1.6E-04	1.5E-04
	¹³⁷ Cs	5.4E-04	5.2E-04	7.7E-04	7.5E-04	1.0E-03	9.7E-04	1.2E-03	1.1E-03	1.1E-03
	⁹⁰ Sr	2.0E-04	2.0E-04	3.6E-04	3.5E-04	5.0E-04	4.6E-04	2.0E-04	1.9E-04	1.8E-04
	¹²⁹ I	6.7E-07	6.5E-07	1.0E-06	1.0E-06	8.0E-07	7.4E-07	7.1E-07	6.8E-07	6.5E-07
福島県二本松市	¹³⁴ Cs	1.2E-05	1.2E-05	1.8E-05	1.8E-05	2.5E-05	2.3E-05	2.9E-05	2.8E-05	2.6E-05
	¹³⁷ Cs	9.5E-05	9.2E-05	1.4E-04	1.3E-04	1.9E-04	1.7E-04	2.1E-04	2.0E-04	1.9E-04
	⁹⁰ Sr	1.8E-04	1.8E-04	3.2E-04	3.1E-04	4.4E-04	4.1E-04	1.8E-04	1.7E-04	1.6E-04
	¹²⁹ I	8.0E-08	7.8E-08	1.2E-07	1.2E-07	9.5E-08	8.8E-08	8.5E-08	8.2E-08	7.8E-08
福島県三春町	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	2.9E-05	2.8E-05	4.2E-05	4.1E-05	5.7E-05	5.3E-05	6.4E-05	6.2E-05	5.9E-05
	⁹⁰ Sr	5.7E-05	5.6E-05	1.0E-04	9.9E-05	1.4E-04	1.3E-04	5.5E-05	5.3E-05	5.1E-05
	¹²⁹ I	1.3E-08	1.3E-08	2.0E-08	2.0E-08	1.5E-08	1.4E-08	1.4E-08	1.3E-08	1.2E-08
福島県下郷町	¹³⁴ Cs	1.0E-06	9.8E-07	1.5E-06	1.5E-06	2.1E-06	2.0E-06	2.4E-06	2.3E-06	2.2E-06
	¹³⁷ Cs	7.9E-06	7.7E-06	1.1E-05	1.1E-05	1.6E-05	1.4E-05	1.7E-05	1.7E-05	1.6E-05
	⁹⁰ Sr	5.3E-05	5.1E-05	9.3E-05	9.1E-05	1.3E-04	1.2E-04	5.1E-05	4.9E-05	4.7E-05
	¹²⁹ I	6.9E-09	6.8E-09	1.1E-08	1.0E-08	8.2E-09	7.6E-09	7.3E-09	7.0E-09	6.7E-09

* 武豊町の ¹³⁴Cs 及び ¹³⁷Cs の線量は ¹³⁷Cs 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 安定元素に対する放射能比

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	1.2E-03	1.3E-02	-	9.8E-02
栃木県日光市	7.8E-04	8.3E-03	-	7.1E-03
愛知県武豊町*	1.6E-04	1.7E-03	-	2.5E-02
福島県南相馬市	7.7E-03	8.2E-02	1.6E-01	2.5E+00
福島県二本松市	1.7E-03	1.9E-02	8.3E-02	3.9E-01
福島県三春町	5.9E-04	6.3E-03	2.4E-02	5.2E-02
福島県下郷町	1.5E-04	1.6E-03	3.2E-02	2.0E-02

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

表10 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	8.1E-06	6.4E-05	-	2.1E-06	3.3E-01
栃木県日光市	5.3E-06	4.2E-05	-	1.5E-07	3.3E-01
愛知県武豊町*	1.1E-06	8.3E-06	-	5.3E-07	3.3E-01
福島県南相馬市	5.2E-05	4.1E-04	1.1E-03	5.3E-05	3.3E-01
福島県二本松市	1.2E-05	9.3E-05	5.9E-04	8.3E-06	3.3E-01
福島県三春町	4.0E-06	3.1E-05	1.7E-04	1.1E-06	3.3E-01
福島県下郷町	1.0E-06	8.0E-06	2.3E-04	4.2E-07	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	7.6E-06	6.0E-05	-	2.0E-06	3.1E-01
栃木県日光市	4.9E-06	3.9E-05	-	1.4E-07	3.1E-01
愛知県武豊町*	9.8E-07	7.7E-06	-	5.0E-07	3.1E-01
福島県南相馬市	4.8E-05	3.8E-04	9.8E-04	5.1E-05	3.1E-01
福島県二本松市	1.1E-05	8.6E-05	5.2E-04	7.9E-06	3.1E-01
福島県三春町	3.7E-06	2.9E-05	1.5E-04	1.1E-06	3.1E-01
福島県下郷町	9.4E-07	7.4E-06	2.0E-04	4.0E-07	3.1E-01

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	1.4E-05	1.1E-04	-	3.4E-06	3.4E-01
栃木県日光市	9.3E-06	7.1E-05	-	2.5E-07	3.4E-01
愛知県武豊町*	1.9E-06	1.4E-05	-	8.7E-07	3.4E-01
福島県南相馬市	9.2E-05	7.0E-04	2.4E-03	8.8E-05	3.4E-01
福島県二本松市	2.1E-05	1.6E-04	1.3E-03	1.4E-05	3.4E-01
福島県三春町	7.0E-06	5.4E-05	3.7E-04	1.8E-06	3.4E-01
福島県下郷町	1.8E-06	1.4E-05	4.9E-04	6.9E-07	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	1.3E-05	9.8E-05	-	3.1E-06	3.0E-01
栃木県日光市	8.4E-06	6.4E-05	-	2.2E-07	3.0E-01
愛知県武豊町*	1.7E-06	1.3E-05	-	7.8E-07	3.0E-01
福島県南相馬市	8.3E-05	6.3E-04	2.2E-03	7.9E-05	3.0E-01
福島県二本松市	1.9E-05	1.4E-04	1.2E-03	1.2E-05	3.0E-01
福島県三春町	6.3E-06	4.8E-05	3.4E-04	1.6E-06	3.0E-01
福島県下郷町	1.6E-06	1.2E-05	4.6E-04	6.2E-07	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	1.9E-05	1.4E-04	-	2.8E-06	1.9E-01
栃木県日光市	1.2E-05	9.1E-05	-	2.0E-07	1.9E-01
愛知県武豊町*	2.5E-06	1.8E-05	-	7.0E-07	1.9E-01
福島県南相馬市	1.2E-04	9.0E-04	2.4E-03	7.0E-05	1.9E-01
福島県二本松市	2.8E-05	2.0E-04	1.3E-03	1.1E-05	1.9E-01
福島県三春町	9.4E-06	6.9E-05	3.7E-04	1.5E-06	1.9E-01
福島県下郷町	2.4E-06	1.7E-05	5.0E-04	5.5E-07	1.9E-01

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	1.6E-05	1.2E-04	-	2.2E-06	1.6E-01
栃木県日光市	1.0E-05	7.6E-05	-	1.6E-07	1.6E-01
愛知県武豊町*	2.1E-06	1.5E-05	-	5.6E-07	1.6E-01
福島県南相馬市	1.0E-04	7.5E-04	2.1E-03	5.7E-05	1.6E-01
福島県二本松市	2.3E-05	1.7E-04	1.1E-03	8.9E-06	1.6E-01
福島県三春町	7.8E-06	5.7E-05	3.3E-04	1.2E-06	1.6E-01
福島県下郷町	2.0E-06	1.5E-05	4.4E-04	4.5E-07	1.6E-01

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	1.6E-05	1.2E-04	-	2.2E-06	1.6E-01
栃木県日光市	1.0E-05	7.6E-05	-	1.6E-07	1.6E-01
愛知県知多郡武豊町*	2.1E-06	1.5E-05	-	5.6E-07	1.6E-01
福島県南相馬市	1.0E-04	7.5E-04	2.1E-03	5.7E-05	1.6E-01
福島県二本松市	2.3E-05	1.7E-04	1.1E-03	8.9E-06	1.6E-01
福島県三春町	7.8E-06	5.7E-05	3.3E-04	1.2E-06	1.6E-01
福島県会津下郷町	2.0E-06	1.5E-05	4.4E-04	4.5E-07	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	2.0E-05	1.4E-04	-	2.2E-06	1.6E-01
栃木県日光市	1.3E-05	9.4E-05	-	1.6E-07	1.6E-01
愛知県武豊町*	2.6E-06	1.9E-05	-	5.6E-07	1.6E-01
福島県南相馬市	1.3E-04	9.3E-04	8.1E-04	5.6E-05	1.6E-01
福島県二本松市	2.9E-05	2.1E-04	4.3E-04	8.8E-06	1.6E-01
福島県三春町	9.7E-06	7.1E-05	1.3E-04	1.2E-06	1.6E-01
福島県下郷町	2.5E-06	1.8E-05	1.7E-04	4.4E-07	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	1.9E-05	1.4E-04	-	1.7E-06	1.6E-01
栃木県日光市	1.2E-05	8.9E-05	-	1.3E-07	1.6E-01
愛知県武豊町*	2.4E-06	1.8E-05	-	4.4E-07	1.6E-01
福島県南相馬市	1.2E-04	8.8E-04	8.1E-04	4.4E-05	1.6E-01
福島県二本松市	2.7E-05	2.0E-04	4.3E-04	7.0E-06	1.6E-01
福島県三春町	9.2E-06	6.7E-05	1.3E-04	9.3E-07	1.6E-01
福島県下郷町	2.3E-06	1.7E-05	1.7E-04	3.5E-07	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	1.9E-05	1.4E-04	-	1.7E-06	1.6E-01
栃木県日光市	1.2E-05	8.9E-05	-	1.3E-07	1.6E-01
愛知県知多郡武豊町*	2.4E-06	1.8E-05	-	4.4E-07	1.6E-01
福島県南相馬市	1.2E-04	8.8E-04	8.1E-04	4.4E-05	1.6E-01
福島県二本松市	2.7E-05	2.0E-04	4.3E-04	7.0E-06	1.6E-01
福島県三春町	9.2E-06	6.7E-05	1.3E-04	9.3E-07	1.6E-01
福島県会津下郷町	2.3E-06	1.7E-05	1.7E-04	3.5E-07	1.6E-01

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

表 11 福島県内の市町村における ^{129}I 沈着量の平均値

市町村	沈着量の平均値 (Bq/m ²)	市町村	沈着量の平均値 (Bq/m ²)
いわき市	5.9E-02	双葉郡富岡町	6.9E-01
安達郡大玉村	3.5E-02	双葉郡浪江町	6.5E-01
伊達郡国見町	1.1E-01	相馬郡新地町	3.6E-02
伊達郡川俣町	1.3E-01	相馬郡飯館村	2.3E-01
伊達市	1.0E-01	相馬市	5.0E-02
会津若松市	2.2E-02	大沼郡昭和村	4.9E-03
岩瀬郡天栄村	5.1E-02	田村郡三春町	3.8E-02
喜多方市	1.7E-02	田村郡小野町	1.1E-02
郡山市	4.2E-02	田村市	4.9E-02
須賀川市	4.5E-02	東白川郡鮫川村	5.3E-02
西白河郡西郷村	3.8E-02	東白川郡棚倉町	3.5E-02
西白河郡泉崎村	2.7E-02	東白川郡塙町	1.1E-02
西白河郡中島村	3.1E-02	東白川郡矢祭町	3.8E-02
西白河郡矢吹町	2.4E-02	南会津郡下郷町	7.2E-02
石川郡古殿町	2.8E-02	南会津郡只見町	3.4E-02
石川郡石川町	2.3E-02	南会津郡南会津町	9.5E-02
石川郡浅川町	2.2E-02	南相馬市	8.1E-02
石川郡平田村	1.4E-02	二本松市	5.8E-02
双葉郡葛尾村	1.8E-01	白河市	4.3E-02
双葉郡広野町	1.4E-01	福島市	8.7E-02
双葉郡川内村	7.4E-02	本宮市	6.9E-02
双葉郡双葉町	1.9E+00	耶麻郡猪苗代町	3.5E-02
双葉郡大熊町	9.1E-01	耶麻郡磐梯町	1.1E-01
双葉郡檜葉町	2.0E-01	耶麻郡北塩原村	6.2E-02

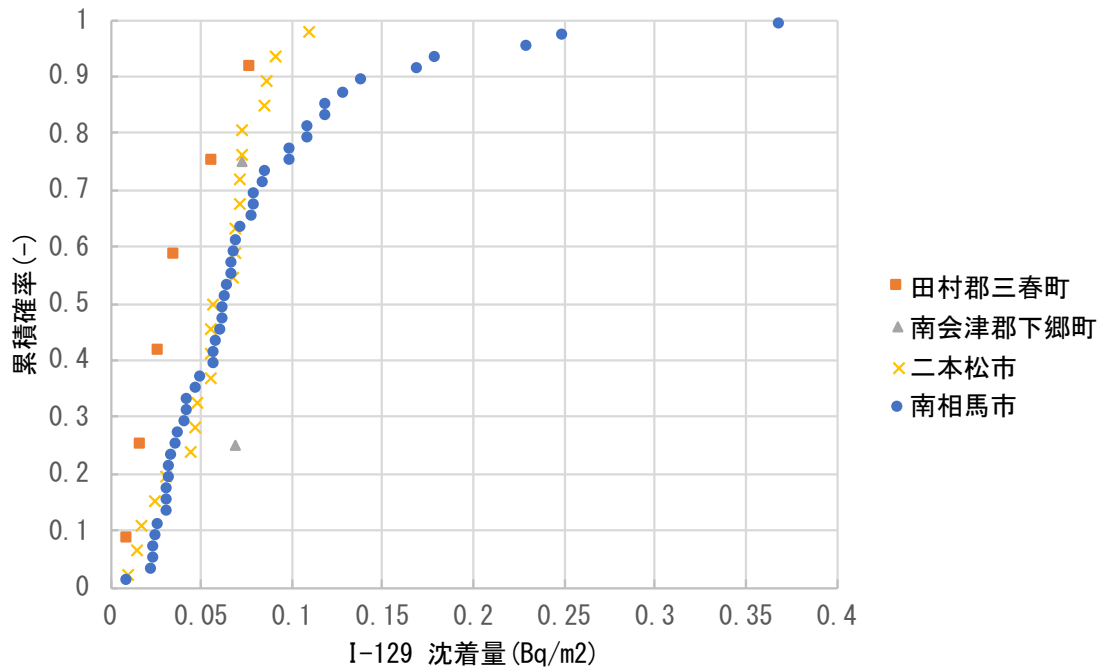


図 1 各土壌試料から測定された ^{129}I 沈着量の累積分布関数

厚生労働行政推進調査事業費補助金 (食品の安全確保推進研究事業)

食品中放射性物質濃度等に関する知見の評価検討 分担研究報告

分担研究者 青野 辰雄 放射線医学総合研究所

分担研究者 明石 真言 量子科学技術研究開発機構

研究協力者 長谷川 慎 放射線医学総合研究所

研究要旨

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

A. 研究目的

国際機関や諸外国等における食品中の放射性物質の規制値や基準値等に関する基礎的な資料を作成する作業の一環として、ロシア、ウクライナおよびベラルーシにおける食品中に含まれる放射性物質の濃度等に関する科学的知見の集約を行うことを目的に、ロシア（ソビエト社会主義共和国連邦も含む）、ウクライナおよびベラルーシにおけるチェルノブイリ事故後に実施された防護措置の中で、1986年から2016年までの食品中の放射性物質濃

度レベルの変遷や規制の設定変更の根拠について、取りまとめを行った。

B. 研究方法

ロシア（ソビエト社会主義共和国連邦も含む）、ウクライナおよびベラルーシにおけるチェルノブイリ事故後に実施された防護措置の中で、1986年から2016年まで食品中の放射性物質濃度レベルの変遷や規制の設定変更の根拠について、ロシア語、ウクライナ語、ベラルーシ語を含む下記10編の資料を中心に、内容をとりまとめた。

1. USSR Ministry of Health, 1986, Temporary Permissible Content of Radioactive Iodine (131I) in Drinking Water and Food Products for the Period of Accident Clean-Up Operations (TPL-86-131I).
 2. USSR Ministry of Health, 1986, Temporary Permissible Levels for Radioactive Substances Contained in Food Products, Drinking Water and Medical Herbs (TPL-86-Gross Beta Activity).
 3. USSR Ministry of Health, 1988, Temporary Permissible Levels for Content of Caesium-134 and Caesium-137 in Food Products and Drinking Water (TPL-88).
 4. USSR Ministry of Health, 1991, Temporary Permissible Levels of the Content of Caesium Radionuclides and Strontium-90 in Food Products and Drinking Water Established Due to the Accident on the Chernobyl NPP (TPL-91).
 5. IAEA, 2001, "Present and Future Environmental Impact of the Chernobyl Accident," IAEA-TECDOC-1240.
 6. Ministry of Health of the Republic of Belarus, 1999, Hygienic Standards 〈Republican Permissible Levels of the Content of Caesium-137 and Strontium-90 Radionuclides in Food Products and Drinking Water (RPL-99)〉. GN Nr 10-117-99.
 7. State Committee of the Russian Federation for Sanitary Inspection, 2001, Hygienic Requirements for the Safety and Nutritional Value of Food San PiN 2.3.2.1078-01.
 8. State Hygienic Standards, 2006, Permissible Levels of the Content of 137Cs and 90Sr in Food Products and Drinking Water (PL-2006). HN 6.6.1.1-130-2006, Official Gazette of Ukraine No29 142.
 9. Shandala, N. K., Titov, A. V. and Metlyaev, E. G, 2016, Emergency limitation of radionuclide concentrations in foodstuffs: from temporary permissible levels to normal practice Medical Radiology and Radiation Safety 61 98–102.
 10. Eurasian Economic Commission, 2010, Uniform Sanitary Epidemiological and Hygienic Requirements for the Goods Subject to Sanitary and Epidemiological Supervision. Section 1. Safety Requirements and Requirements for Nutritional Value of Foodstuff.
- C. 研究成果
- 調査対象資料を整理・解析し、資料-1にまとめたが、チェルノブイリ事故については、IAEAの報告においても記載されているように、当時の時代と社会背景もあり、規制の設定根拠について詳細な解説は見当たらなかった。
- D. 考察
- 今回の調査において、ロシア(ソビエト社会主義共和国連邦も含む)、ウクライナおよびベラルーシにおける規制値や基準値(許容量)に関する多くの論文が、文献の孫引きになっている事がわかった。また、チェルノ

ブイリ事故の関係諸国は、社会制度的に、法律を決定するための審議会や研究会報告書などが公開されていないと考えられる。そのため学術的な裏付けを調査するためには、国際機関の関与による調査を解析する事が重要と考える。

なお、放射性物質の基準値について記載された日本語・英語などの資料において、基準値の変更の年にずれがあった。これは、元の資料がロシア語、ウクライナ語、ベラルーシ語という言語の壁があるため「決定日」「改正日」「施行日」のいずれの日の区別が明確に出来ていないことが一因と思われる。

E. 結論

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

F. 健康危険情報

なし

G. 研究業績

1. Tatsuo Aono (2018) Lecture: Effects of Fukushima Daiichi NPP accident on foodstuffs, Supporting Regional Nuclear

Emergency Preparedness and Response in the Member States of ASEANRegion (Chiba)

H. 知的財産の出願・登録情報

なし

食品中の放射性物質濃度の規制と管理レベルに関する調査

1. 目的

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

2. 内容

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

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

3. 調査文献

下記の文献より情報を収集した。

- ① USSR Ministry of Health 1986 Temporary Permissible Content of Radioactive Iodine (131I) in Drinking Water and Food Products for the Period of Accident Clean-Up Operations (TPL-86-131I).
- ② USSR Ministry of Health 1986 Temporary Permissible Levels for Radioactive Substances Contained in Food Products, Drinking Water and Medical Herbs (TPL-86-Gross Beta Activity).
- ③ USSR Ministry of Health 1988 Temporary Permissible Levels for Content of Caesium-134 and Caesium-137 in Food Products and Drinking Water (TPL-88).
- ④ USSR Ministry of Health 1991 Temporary Permissible Levels of the Content of Caesium Radionuclides and Strontium-90 in Food Products and Drinking Water Established Due to the Accident on the Chernobyl NPP (TPL-91).
- ⑤ IAEA, 2001, "Present and Future Environmental Impact of the Chernobyl Accident," IAEA-TECDOC-1240.
- ⑥ Ministry of Health of the Republic of Belarus 1999 Hygienic Standards (Republican Permissible Levels of the Content of Caesium-137 and Strontium-90 Radionuclides in Food Products and Drinking Water (RPL-99)). GN Nr 10-117-99.

- ⑦ State Committee of the Russian Federation for Sanitary Inspection 2001 Hygienic Requirements for the Safety and Nutritional Value of Food SanPiN 2.3.2.1078-01.
- ⑧ State Hygienic Standards 2006 Permissible Levels of the Content of ^{137}Cs and ^{90}Sr in Food Products and Drinking Water (PL-2006). HN 6.6.1.1-130-2006, Official Gazette of Ukraine No29 142.
- ⑨ Shandala N K, Titov A V and Metlyayev E G 2016 Emergency limitation of radionuclide concentrations in foodstuffs: from temporary permissible levels to normal practice Medical Radiology and Radiation Safety 61 98–102.
- ⑩ Eurasian Economic Commission 2010 Uniform Sanitary Epidemiological and Hygienic Requirements for the Goods Subject to Sanitary and Epidemiological Supervision. Section 1. Safety Requirements and Requirements for Nutritional Value of Foodstuff.

4. 文献の概要

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

各文献の概要を以下に示す。

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

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

言語：ロシア語

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

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

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

言語：ロシア語

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

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

言語：ロシア語

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

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

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

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

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

言語：ロシア語

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

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

また、

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

ことが記載されている。

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

言語：英語

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

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

言語：ロシア語(ベラルーシ共和国政府発行)

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

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

つまり、

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

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

言語：ロシア語

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

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

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

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

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

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

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

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

言語：ウクライナ語

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

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

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

言語：ロシア語

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

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

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

言語：ロシア語

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

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

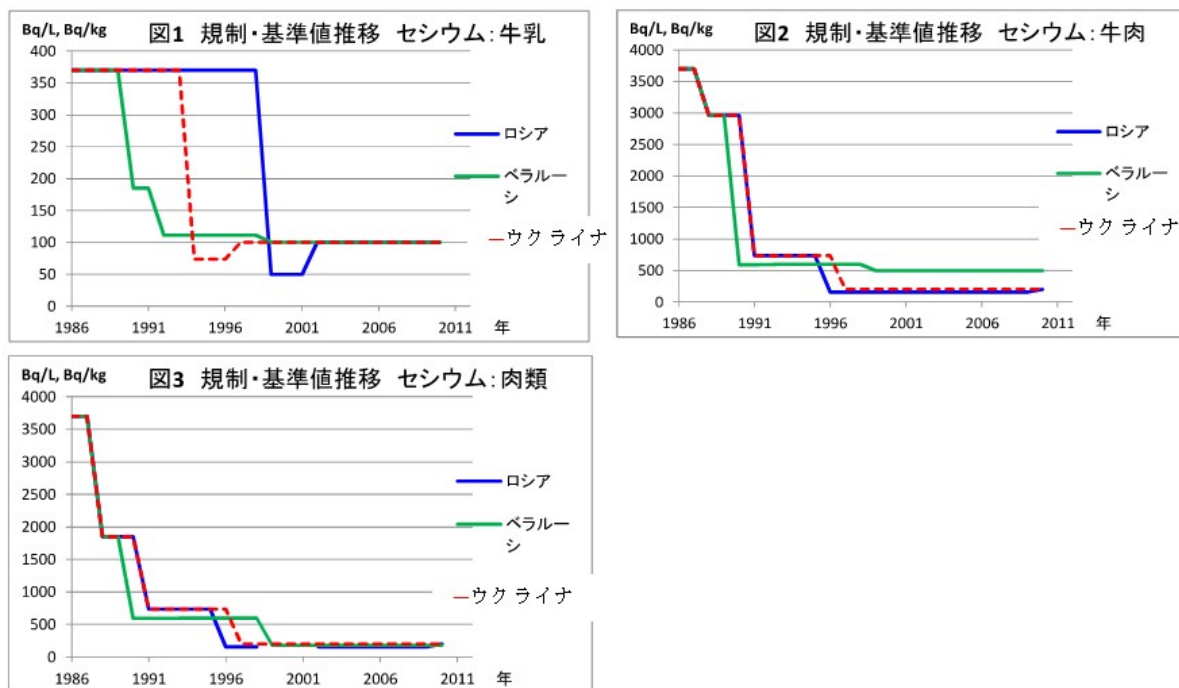
放射性物質については、食品別の許容基準が表3に記載されている。

図1～図3に示す。

6.2 食品中の放射性物質規制の変遷

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

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



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

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

文献⑨の内容

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

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

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

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

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

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

文献⑤ IAEA, 2001の内容

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

許容量を改訂するために、農場、食品産業界、店舗、市場における食品汚染の定期

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

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

的モニタリングを実施してきた。

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

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

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

以上

III. 研究成果の刊行物に関する一覧表

研究成果の刊行に関する一覧表

原著論文

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
K. Tagami, H. Tsukada, S. Uchida and B. J. Howard	Changes in the soil to brown rice concentration ratio of radiocaesium before and after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident in 2011	Environmental Science and Technology	52	8339-8345	2018
Y. Ni, Z. Wang, J. Zheng, K. Tagami, Q. Guo, S. Uchida and H. Tsukada	The transfer of fallout plutonium from paddy soil to rice: a field study in Japan	J. Environ. Radioactivity	196	22-28	2019
S. Ogasawara, T. Eguchi, A. Nakao, S. Fujimura, Y. Takahashi, H. Matsunami, H. Tsukada, J. Yanai and T. Shinano	Phytoavailability of ¹³⁷ Cs and stable Cs in soils from different parent materials in Fukushima	J. Environ. Radioactivity	198	117-125	2018

書籍 (査読付き)

著者氏名	論文タイトル名	書籍編集者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ

プロシーディング、年報、総説、解説、紹介記事

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
塚田祥文	福島県の農業環境における放射性セシウムと内部被ばく線量	第31回環境工学連合講演会講演論文集		5-8	2018

学会発表等

1. A. Takeda, H. Tsukada, D. Yamada, Y. Unno, H. Harada, Y. Takaku and S. Hisamatsu (2018) Mobility of radiocesium from specific sorption sites in agricultural soils in northeastern Japan (21st World Congress of Soil Science, Rio de Janeiro, Brazil)
2. H. Tsukada, K. Nanba and T. Hinton (2018) Transfer of ^{137}Cs and stable ^{133}Cs in plants and animals collected from a forest observatory site in Yamakiya, Fukushima, Japan (The 7th International Conference on Radioactivity in the Arctic and other vulnerable areas, Oslo, Norway)
3. 塚田祥文、高橋知之、福谷哲、青野辰雄、明石 真言 (2018) 福島県浜通りにおける作物中放射性セシウムおよび ^{90}Sr 濃度と作物摂取による内部被ばく線量(第 51 回日本保健物理学会, 札幌)
4. 塚田祥文、難波謙二、トーマス・ヒントン (2018) 福島県山木屋の森林観測所で採取した植物と動物における ^{137}Cs と安定 ^{133}Cs の移行(第 55 回アイソトープ・放射線研究発表会, 東京)
5. 塚田祥文, 久保田富次郎 (2018) カラム試験による福島県大柿ダム底質からの ^{137}Cs 溶出(日本土壌肥料学会 2018 年度神奈川大会、藤沢)
6. A. Takeda, Y. Unno, H. Tsukada, Y. Takaku and S. Hisamatsu (2018) Speciation of iodine in soil solution in forest and grassland soils in Rokkasho, Japan (9th International Conference on High Level Environmental Radiation Areas - For Understanding Chronic Low-Dose-Rate Radiation Exposure Health Effects and Social Impacts, ICHLERA 2018, Hirosaki, Japan)
7. 久保田富次郎、塚田祥文、申文浩、李相潤、万福裕造、濱松潮香、八戸真弓 (2018) ため池の流入／流出における放射性 Cs の存在形態の変化(農業農村工学会 2018 年全国講演会)
8. M. M. Rahman, Z. A. Begum, B. Ahmmad, H. Tsukada and H. Hasegawa (2018) Effect of extraction variables for the chelator-assisted washing remediation of strontium and geochemically-related elements from soils (日本分析化学会、東京)
9. G. Yang, H. Tazoe, H. Tsukada and M. Yamada (2018) Distribution of I-129 in forest soil from the boundary of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant(放射化学会、京都)
10. H. Tsukada, T. Hayasaka and T. Kubota (2018) Desorption of ^{137}Cs from contaminated sediment collected from irrigated Oogaki-dam in Fukushima by column experiment (The 15th Biennial Conference of the South Pacific Environmental Radioactivity Association, SPERA2018, Perth, Australia).
11. R. Saito, Y. Nemoto, R. Kumada, H. Oomachi, M. Tamaoki, M. Nakamura and H. Tsukada (2018) Test of food habitat analysis using DNA analysis in wild boar to reveal relations between food habits and Caesium-137 activity concentration in the body (The 15th Biennial Conference of the South Pacific Environmental Radioactivity Association, SPERA2018, Perth, Australia).
12. Y. Wakiyama, Y. Igarashi, Y. Onda, J. Takahashi, S. Obrizan, G. Lisovy, G. Laptev, A. Konoplev, H. Tsukada and K. Nanba (2019) Hydrological response and ^{137}Cs wash-off evaluated by continuous observation with USLE plots in Chernobyl exclusion zone (EGU Spring Meeting 2019, Vienna).

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

(招待講演)

1. 塚田祥文;第 31 回環境工学連合講演会(日本学術会議)「福島県の農業環境における放射性セシウムと内部被ばく線量の状況」(2018.5.22、東京)
2. 塚田祥文;放射能測定分析技術研究会セミナー講師(一般社団法人 日本環境測定分析協会):農業環境における放射性セシウムと作物摂取による被ばく線量(2018.8.9、東京)

3. 塚田祥文;藤沢市放射能測定器運営協議会学習会講師「2011 年原発事故後の農業環境における放射性セシウム」(2018.11.24、藤沢市)
4. 塚田祥文;公開シンポジウム「東日本大震災に係る食料問題フォーラム 2018」(日本学術会議)「福島 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」(2018.12.21、東京)
5. 塚田祥文;長崎大学・川内村/富岡町復興推進拠点 活動報告会「農業環境における放射性セシウムと作物摂取による内部被ばく線量」(2019.3.20、川内村)
6. Tatsuo Aono (2018) How to Communicate with Consumers who are Anxious about Food Radiation and Implications of Food Radioactivity Policies in Japan since the Fukushima Nuclear Power Plant Accident in Japan, International symposium on safety management of radionuclide in food (Korea)

厚生労働大臣 殿

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 印



次の職員の平成30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） 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
 本部 放射線緊急時支援センター・センター長
 （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 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。

平成31年 3月31日

厚生労働大臣 殿

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 印



次の職員の平成30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) 放射線医学総合研究所 福島再生支援本部 環境動態研究チーム
(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 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。

平成31年3月31日

厚生労働大臣 殿

機関名 京都大学複合原子力科学研究所

所属研究機関長 職名 所長

氏名 川端 祐司 印



次の職員の平成30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） 京都大学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 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。

平成31年3月29日

厚生労働大臣
(国立医薬品食品衛生研究所長) 殿
(国立保健医療科学院長)

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



次の職員の平成30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。