

厚生労働科学研究費補助金  
(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 年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 明石 真言

放射線医学総合研究所

平成 28(2016)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影響と評価手法に関する研究	3
II. 分担研究報告	
1. 営農再開地域における農作物中の放射性物質の濃度測定に関する研究	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等に関する研究	24
青野辰雄(放射線医学総合研究所福島復興支援本部)	
3. 内部被ばく線量に対する放射性 Cs の寄与率等の推定	30
高橋知之(京都大学 原子炉実験所)	
4. 食品中放射性物質濃度等に関する知見の評価検討	42
明石真言(放射線医学総合研究所)	
III. 研究成果の刊行に関する一覧表	81

## 1. 總括研究報告

## 厚生労働科学研究費補助金 (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に関する研究 主任研究報告書

研究代表者 明石 真言 (放射線医学総合研究所)

#### 研究要旨

平成 23 年 3 月の東京電力(株)福島第一原子力発電所(FDNPS)事故により食品の摂取による内部被ばくが懸念された。厚生労働省は平成 24 年 4 月以降、介入線量レベルを年間 1mSv として、新たな基準値を適用している。これは放射性セシウム(Cs)濃度について基準値を設定し、その他の核種については、原子力安全・保安院(当時)が公表した放出量試算値のリストに掲載された核種のうち、半減期が1年以上であるストロンチウム-90 ( $^{90}\text{Sr}$ )、ルテニウム-106 ( $^{106}\text{Ru}$ )、プルトニウム-238 ( $^{238}\text{Pu}$ )、プルトニウム-239 ( $^{239}\text{Pu}$ )、プルトニウム-240 ( $^{240}\text{Pu}$ )及びプルトニウム-241 ( $^{241}\text{Pu}$ )を評価対象核種として、放射性 Cs との濃度比を推定することにより、その線量への寄与を考慮している。また、その他の核種は、モニタリング結果や核分裂収率、物理的半減期等から、放射性 Cs に比べて線量寄与が無視し得る程十分に小さいと考えられ、評価対象核種には含まれていない。つまり、濃度基準値の妥当性を評価するためには、食品について、内部被ばくに対する核種の寄与率の状況を把握する必要がある。

本研究では食品(農畜水産物等)中の放射性 Cs とその他の長半減期放射性核種濃度の変化について調査を行い、基準値作成に用いられた濃度比との比較や食品の摂取に起因する内部被ばく線量に対する放射性 Cs の寄与率の推定から、食品中の放射性 Cs 濃度基準値の妥当性の検証を行うこととした。

営農再開地域における農作物中の放射性物質の濃度測定を行い、これまでに求めたデータと比較すると共に、全国のモニタリング結果と比較・検証した。また福島県沖合で採取され、市場流通する水産物を入手し、これら水産物可食部の放射性物質濃度の測定を行い、これらの結果により、水産物に対する基準値導出における推定方法も妥当であることが示唆された。福島県産品の食品(農産物及び海産物)の放射性 Cs 濃度及び  $^{90}\text{Sr}$  濃度を用いて内部被ばく線量評価を試みた結果、いずれについても介入線量レベルとして設定された年間 1 mSv よりも極めて低い値であり、現行の規準値によって食品中の放射性物質について安全性が十分に確保されていることを確認した。また食品中放射性物質濃度等に関する知見の評価検討のための基礎資料について取りまとめも行った。

研究分担者

塚田 祥文 福島大学環境放射能研究所

青野 辰雄 放射線医学総合研究所

高橋 知之 京都大学原子炉実験所

研究協力者

福谷 哲 京都大学原子炉実験所

## A. 研究目的

平成 23 年 3 月の東京電力(株)福島第一原子力発電所(FDNPS)事故により食品の摂取による内部被ばくが懸念された。厚生労働省は平成 24 年 4 月以降、介入線量レベルを年間 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<sup>1)</sup>のうち、半減期が1年以上であるストロンチウム-90 (<sup>90</sup>Sr)、ルテニウム-106 (<sup>106</sup>Ru)、プルトニウム-238 (<sup>238</sup>Pu)、プルトニウム-239 (<sup>239</sup>Pu)、プルトニウム-240 (<sup>240</sup>Pu)及びプルトニウム-241 (<sup>241</sup>Pu)を評価対象核種として、放射性 Cs との濃度比を推定することにより、その線量への寄与を考慮している。また、これらの評価対象核種以外は、モニタリング結果や核分裂収率、物理的半減期等から、放射性 Cs に比べて線量の寄与が無視し得る程十分に小さいと考えられ、評価対象核種には含まれていない。

内部被ばく線量に対する放射性 Cs 及びその他の核種の寄与率は、環境モニタリングによる土壌中放射性核種濃度や、これまでの環境移行パラメータによって推定されており、その評価は十分安全側と考えられるが、実際に食品中濃度を測

定した結果に基づくものではない。そのため、食品について測定及び評価を行い、内部被ばくに対する主要核種の寄与率の状況を把握する必要がある。

本研究では食品(農畜水産物等)中の放射性Cs及びその他の長半減期放射性核種の濃度変化について調査を行い、基準値作成に用いられた濃度比との比較や食品の摂取に起因する内部被ばく線量に対する放射性Csの寄与率の推定から、介入線量を年間1mSvとした食品中の放射性Cs濃度基準値の妥当性の検証および食品中に含まれる放射性物質の濃度等に関する科学的知見の集約を行うことを目的とした。

## B. 研究方法

### 1. 営農再開地域における農作物中の放射性物質の濃度測定に関する研究

FDNPS の周辺でも営農再開地域が徐々に増加しているが、そのような地域における作物中放射性核種濃度に関して、住民の不安は解消されていない。特に、FDNPS 周辺及びFDNPS から北西地域で営農再開に向け準備を進めている市町村等にとって、ガンマ線測定によるモニタリングで結果を出せない<sup>90</sup>Sr についての不安の声が大きい。そこで、ここ数年の内に営農再開が予定されている地域、原発から北西に位置する市場流通作物を対象に、農作物中の放射性 Cs 濃度と<sup>90</sup>Sr 濃度を求め、これまでに求めたデータと比較すると共に、全国のモニタリング結果と比較・検証した。

### 2. 食品中の放射性核種濃度等に関する研究

本研究で対象とする水産物は、福島沖で採取され市場に流通する水産物とした。福島県水産試

験場の協力を得て情報収集を行い、平成27年11月から12月に福島県沖合で採取され市場に流通する水産物を各漁協から購入し、放射性物質の濃度測定を行った。

### 3. 内部被ばく線量に対する放射性Csの寄与率等の推定

「1. 営農再開地域における農作物中の放射性物質の濃度測定に関する研究」で測定した農作物中放射性Cs濃度及び<sup>90</sup>Sr濃度、及び平成26年度の海産物中放射性Cs濃度を用いて、平成27年度における放射性Cs及び<sup>90</sup>Srによる内部被ばく線量を推定した。放射性Csによる内部被ばく線量の推定については、全ての食品がこの農作物や水産物に相当すると仮定する極めて保守的な方法と、安定カリウム(K)の摂取量を用いる方法で評価を実施した。<sup>90</sup>Srによる内部被ばく線量の推定については、安定カルシウム(Ca)の摂取量を用いる方法で評価を実施した。これらの内部被ばく線量の評価結果と介入線量レベルを比較検討した。

### 4. 食品中放射性物質濃度等に関する知見の評価検討

国際機関や諸外国等における食品中の放射性物質の規制値や基準値について、放射性物質の規制値や基準値に関する基礎的な資料を作成するため、規制値や基準値設定の背景や算出方法等について文献調査を行った。

## C. 研究成果

### 1. 営農再開地域における農作物中の放射性物質の濃度測定に関する研究

FDNPS から北西に位置する福島市、伊達市(平成23年度に作付したイネが500 Bq/kg-生重量を超えた地区)、及び川俣町から市場流通している農作物を購入し、放射性Csの平均濃度(濃度範囲)を求めた結果、 $1.9 \pm 2.1$  (0.12 ~ 7.3) Bq/kg-生重量であった。また、<sup>90</sup>Srの平均濃度(濃度範囲)は、 $0.0092 \pm 0.0066$  (0.0019 ~ 0.018) Bq/kg-生重量であった。一方、平成28年度に営農再開を計画している飯舘村、浪江町及び川俣町の試験圃場から採取した農作物中放射性Cs平均濃度(濃度範囲)は  $0.44 \pm 0.43$  (0.11 ~ 1.6) Bq/kg-生重量で、また<sup>90</sup>Sr平均濃度(濃度範囲)は  $0.0026 \pm 0.0030$  (0.0036 ~ 0.10) Bq/kg-生重量であり、市場流通品中濃度と同様な値であった。更に、これらの値は、福島県を除く日本全国の放射性Cs濃度(検出限界値以下 ~ 15 Bq/kg-生重量)及び<sup>90</sup>Sr濃度(検出限界値以下 ~ 0.91 Bq/kg-生重量)とも同程度にあった。

### 2. 食品中の放射性核種濃度等に関する研究

購入した水産物可食部の1個体ごとの放射性Cs濃度については、すべての個体の<sup>134</sup>Cs濃度は検出下限値(0.5Bq/kg-生重量)以下で、<sup>137</sup>Cs濃度は0.4~1.7 Bq/kg-生重量の範囲であった。またサバ、アジおよびイカ可食部中の<sup>90</sup>Srおよび<sup>239+240</sup>Pu濃度はいずれも検出下限値(<sup>90</sup>Sr:0.2 Bq/kg-生重量、<sup>239+240</sup>Pu:0.01 Bq/kg-生重量)未満であった。

### 3. 内部被ばく線量に対する放射性Csの寄与率等の推定

農畜産物と海産物の摂取に起因する放射性Csによる、極めて保守的な方法を用いた内部被ばく線量の評価結果は、19歳以上(男子)と19歳以上

(女子)でそれぞれ 0.015 mSv 及び 0.011 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た。安定 K の摂取量を用いる方法で評価した結果は 0.001 mSv のオーダーであった。また、 $^{90}\text{Sr}$  による内部被ばく線量の推定について、安定 Ca の摂取量を用いる方法で評価した結果は、19 才以下の年齢カテゴリーでは 0.001 mSv のオーダー、成人では 0.001 mSv 以下であった。

#### 4. 食品中放射性物質濃度等に関する知見の評価検討

国際機関における食品中の放射性物質の規制値や基準値、欧州連合(EU)、アメリカ合衆国およびカナダにおける食品中の放射性物質の規制値や基準値、チェルノブイリ事故後のソビエト社会主義共和国連邦、東欧における食品中の放射性物質の規制値や基準値、アジア諸国における食品中の放射性物質の規制値や基準値について、その設定の背景や算出方法等について調査し、根拠法令や報告書などの関連資料を整理した。

#### D. 考察

##### 1. 営農再開地域における農作物中の放射性物質の濃度測定に関する研究

市場流通と試験圃場から採取した作物中放射性 Cs 濃度は、概ね同様な濃度範囲にあり、両者とも基準値を下回った。これらの値は、福島県を除く日本全国の放射性 Cs 濃度(検出限界値以下 ~ 15 Bq/kg-生重量)の範囲にあった。また、平成 24 年度に調査した作物中放射性 Cs 濃度に比べ、平成 25 年度に調査した作物中放射性 Cs 濃度は減少したが、平成 25 年度と平成 27 年度の調査結果を比較すると明らかな減少は見られなかった。

市場流通と試験圃場から採取した作物中  $^{90}\text{Sr}$  濃度を比較すると、両地域から採取された作物中  $^{90}\text{Sr}$  濃度も、同様な濃度範囲であり、更に福島県を除く全国調査の作物中濃度範囲(検出限界値以下 ~ 0.91 Bq/kg-生重量)にあり、本研究で検出された  $^{90}\text{Sr}$  濃度は大気圏核実験に由来する濃度と同程度であると考えられる。

##### 2. 食品中の放射性核種濃度等に関する研究

サンマ可食部では、 $^{137}\text{Cs}$  濃度が検出された 3 個体の  $^{137}\text{Cs}$  濃度の平均値が 0.8 Bq/kg-生重量であったが、複数個体(n=15)を合わせた合算試料の生重量約 1kg の場合は 1.1 Bq/kg-生重量であった。サンマ可食部の  $^{40}\text{K}$  濃度(n=10)についても 73~98 Bq/kg-生重量の範囲であり、個体差による影響はあるものの、個別の測定結果の算術平均値と複数個体の合算試料の測定結果に大きな差は認められなかった。購入した水産物から  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{239+240}\text{Pu}$  が検出されなかったことから、 $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{239+240}\text{Pu}$  濃度は基準値の導出の考え方による  $^{90}\text{Sr} / ^{137}\text{Cs}$  濃度比及び  $^{239+240}\text{Pu} / ^{137}\text{Cs}$  濃度比よりも低いあるいは、大気圏内核実験由来の濃度レベルにあることが考えられた。

##### 3. 内部被ばく線量に対する放射性 Cs の寄与率等の推定

「C.結果」において記載したように、農畜産物と海産物の摂取に起因する放射性 Cs による、極めて保守的な方法を用いた内部被ばく線量の評価結果は、19 歳以上(男子)と 19 歳以上(女子)でそれぞれ 0.015 mSv 及び 0.011 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が、マーケットバスケット法による年間放射線量を一桁程度上回っている。その理由として、市場

希釈の効果を考慮していないこと、「その他」のカテゴリの放射性 Cs 濃度は、評価に用いた濃度よりも低いと考えられること、調理加工に伴う放射性 Cs 濃度の減少を考慮していないこと等があげられ、本推定値は保守的な仮定に基づく過大評価となっていると考えられる。

また、安定 K の摂取量を用いる方法で評価した放射性 Cs による内部被ばく線量の試算結果は、農畜産物毎のデータを用いた試算結果よりも低い値となったが、マーケットバスケット法よりも数倍高い値となっている。これは、「その他」の寄与に関しては本手法の方が現実的な評価結果を与えると考えられるが、市場希釈の効果等が評価に含まれないことによると考えられる。

$^{90}\text{Sr}$  による内部被ばく線量の評価結果は 0.001 mSv オーダーかそれ以下であったが、今回検出された  $^{90}\text{Sr}$  は大気圏核実験由来と考えられる。よって、事故由来の  $^{90}\text{Sr}$  による被ばく線量はこの評価結果よりも十分に低く、事故に起因する放射性 Cs による被ばく線量と比べても十分に低いと考えられる。

#### 4. 食品中放射性物質濃度等に関する知見の評価検討

国際機関や各国の規制値や基準値については、食品基準産出の考え方、レベルの計算方法や前提としている内部被ばく基準が異なるものであった。飲食物中の放射性物質が健康に及ぼす濃度を示すものでなく、緊急事態における介入線量レベルとして飲食物摂取制限措置の目安となるように設定されていた。

### E. 結論

#### 1. 営農再開地域における農作物中の放射性物

#### 質の濃度測定に関する研究

FDNPS から北西に位置する地域、および平成 28 年度から営農再開を予定している居住制限区域、避難指し解除準備を含む地区において試験圃場から作物を採取し、放射性 Cs と  $^{90}\text{Sr}$  濃度を測定した。採取した作物中放射性 Cs 濃度は全て基準値を大きく下回った。また、作物中  $^{90}\text{Sr}$  濃度も福島県を除く全国調査の範囲内にあり、事故由来による作物中  $^{90}\text{Sr}$  濃度の明らかな増加は認められなかった。

#### 2. 食品中の放射性核種濃度等に関する研究

福島県内の海域において採取され市場に流通する水産物中放射性 Cs 濃度は、検出下限値から 1.7 Bq/kg-生重量の濃度範囲で、食品の基準値より 2 桁も低い濃度であった。 $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{239+240}\text{Pu}$  濃度は検出下限値以下であり、本事故による影響は確認できなかったことから、水産物に対する基準値導出における推定方法も妥当であることが示唆された。

#### 3. 内部被ばく線量に対する放射性 Cs の寄与率等の推定

内部被ばく線量の評価結果は、過去の大気中核実験のフォールアウトによる  $^{90}\text{Sr}$  の寄与を含めても、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、事故に起因する  $^{90}\text{Sr}$  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。

#### 4. 食品中放射性物質濃度等に関する知見の評価検討

国際機関や各国の規制値や基準値について、



その根拠や計算方法について情報の収集と整理を行い、資料集を作成した。

#### 引用文献

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

F. 健康危険情報  
なし

G. 研究業績  
論文発表

1. F. Carini, M. Brambilla, N. G. Mitchell and H. Tsukada (2016) Radionuclides Behavior in Fruit Plants on Radiological Issues for Fukushima's Revitalized Future, Springer, pp 159-172.
2. H. Tsukada, T. Takahashi, S. Fukutani, K. Ohse, K. Kitayama and M. Akashi (2016) Concentrations of  $^{134}$ ,  $^{137}$ Cs and  $^{90}$ Sr in Agricultural Products Collected in Fukushima Prefecture on Radiological Issues for Fukushima's Revitalized Future, Springer, pp 179-187.
3. A. Takeda, H. Tsukada, M. Takahashi, Y. Takaku and S. Hisamatsu (2015) Changes in the chemical form of exogenous iodine in forest soils and their extracts. *Radiat. Prot. Dosim.*, 167, 181-186.

4. F. Bréchnagel, D. Oughton, C. Mays, L. Barnhouse, J. C. Beasley, A. Bonisoli-Alquati, C. Bradshaw, J. Brown, S. Dray, S. Geras'kin, T. Glenn, K. Higley, K. Ishida, L. Kapustka, U. Kautsky, W. Kuhne, M. Lynch, T. Mappes, S. Mihok, A. Møller, C. Mothersill, T. Mousseau, J. Otaki, E. Pryakhin, O. E. Rhodes, Jr, B. Salbu, P. Strand, H. Tsukada (2016) Addressing ecological effects of radiation on populations and ecosystems to improve protection of the environment against radiation: Agreed statements from a Consensus Symposium. *J. Environ. Radioactivity* 158-159, 21-29.
5. 山口紀子, 江口定夫, 林健太郎, 藤原英司, 塚田祥文 (2015) 農業環境技術研究所畑圃場における農作業に伴い巻き上がる土壌粒子に含まれる放射性物質, *農環研報* 34, pp 33-41.
6. 大瀬健嗣, 北山響, 末永清一, 松本清之, 鈴木千佳, 菅野章, 河津賢澄, 塚田祥文 (2015) 福島県大熊町の警戒区域で栽培された玄米、野菜、および果実中の放射性セシウム濃度, *FURE 福島大学うつくしまふくしま未来支援センター平成 25 年度年報*, pp181-185.
7. 北山響, 塚田祥文, 大瀬健嗣, 河津賢澄 (2015) 福島市および伊達市における大気中放射性セシウム濃度, *FURE 福島大学うつくしまふくしま未来支援センター平成 25 年度年報*, pp186-188.
8. 大瀬健嗣, 武内佳之, 河津賢澄, 島長義, 北山響, 塚田祥文 (2016) 大熊町における試験栽培作物中放射性セシウムの部位別濃度と経時変化, *FURE 福島大学うつくしまふくしま未来支援センター平成 27 年度年報*,

pp147-150.

9. 塚田祥文、大瀬健嗣、北山響、河津賢澄  
(2016) 水田に流入する形態別放射性セシウムの動態モニタリング、農地等の放射性物質の除去・低減技術の開発 - 農地土壌における放射性セシウム動態予測技術および拡散防止技術の開発 - 、農林水産技術会議事務局(農林水産省)、研究成果 553, 35-40.
10. 青野辰雄, 福田美保, 山崎慎之介, 吉田聡, 明石真言, 山田学, 山瀬遼昭文, 早乙女忠弘, 水野 拓治:福島沿岸沖における魚介類中の放射性核種の濃度分布について, Proceedings of the 15th Workshop on Environmental Radioactivity (KEK proceedings), 2015-7, 219-221, 2015.
11. Tatsuo Aono, Satoshi Yoshida, and Makoto Akashi: Initial and present situation of food contamination in Japan after the accident at the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant, Radiation Protection Dosimetry (Accept, Dec. 2015)

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

## II. 分担研究報告

# 厚生労働科学研究費補助金

## (食品の安全確保推進研究事業)

### 営農再開地域における農作物中の放射性物質の濃度測定に関する研究 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(株)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した飲食物中放射性核種濃度の基準値は、放射性セシウム(Cs)について「一般食品」については 100 Bq/kg、「乳児用食品」及び「牛乳」については、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 以外の核種の寄与も考慮されている。FDNPS 周辺環境では、営農を再開した地域、及び営農再開に向けた準備を進めている地域があるが、作物中放射性 Cs の他に、特に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 ( $^{90}\text{Sr}$ )についての不安の声が大きい。そこで、FDNPS から北西に位置する市場流通作物、ここ数年の内に営農再開が予定されている地域を対象に、農作物中の放射性 Cs 濃度と  $^{90}\text{Sr}$  濃度を求め、これまでに求めたデータと比較すると共に、全国のモニタリング結果と比較・検証した。その結果、市場流通品及び営農再開前の作物中放射性 Cs 濃度は、全て基準値を下回り、福島県を除く日本全国調査によって得られた作物中放射性 Cs 濃度の範囲内にあった。また、作物中  $^{90}\text{Sr}$  濃度も、日本全国調査で得られた範囲内にあり、今回の調査で採取した試験圃場から採取した作物中放射性 Cs と  $^{90}\text{Sr}$  濃度は、市場流通で採取した作物中濃度と同様であった。

#### A. 研究目的

薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会は、東京電力(株)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 に引き下げた。この線量に相当する食品中放射性核種について、放射性セシウム(Cs)、ストロンチウム-90 ( $^{90}\text{Sr}$ )、ルテニウム-106 ( $^{106}\text{Ru}$ ) 及びプルトニウム-238 ( $^{238}\text{Pu}$ )、プルトニウム-239 ( $^{239}\text{Pu}$ )、プルトニウム-240 ( $^{240}\text{Pu}$ )及びプルトニウム-241 ( $^{241}\text{Pu}$ ) を考慮した放射性 Cs の限度値を導出することにより、基

準値を設定した。その際、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、介入線量に一定の余裕を持たすため、基準値は、この値を安全側に切り下げて100 Bq/kgと設定した。また、「乳児用食品」及び「牛乳」については、流通する全ての食品が基準値上限の放射性物質が含まれるとしても影響がないよう、より安全側に50 Bq/kgの基準値を設定した。

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放射性Csを対象とした。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。

福島県においては全ての圃場において低減化対策が取られている。これまでの成果からも明らかのように、事故からの時間経過と共に、福島県内で市場流通している作物中放射性Cs濃度は減少している。しかしながら、FDNPSから北西地域の放射性Cs沈着量が比較的高い地域や居住制限区域、避難指示解除準備区域等では、未だに一部の作物では基準値を超え出荷停止されているものがあり、住民の不安の声は大きい。更に、帰還困難区域内で営農再開に向けた準備を進めている地域では、住民の不安は解消されていない。特に、これらの地域では、 $^{90}\text{Sr}$ のデータが十分に示されていないため、風評被害の払拭には至っていない。

そのため本研究は、FDNPSから北西地域で市場流通している福島県内産農産物、及び平成28年度以降に営農再開を予定している地域で実施している試験栽培作物を採取し、作物中の放射性Cs及び $^{90}\text{Sr}$ 濃度等を測定し、その測定結果を比較・検証した。また、福島県以外の日本全国の放射性Cs及び $^{90}\text{Sr}$ 濃度調査結果と比較・検証した。

## B. 研究方法

### 1. 市場流通及び試験圃場からの農作物採取

FDNPSから北西に位置する福島市、平成23年度に栽培したイネの一部が500 Bq/kgを超えた伊達市、及び川俣町産の市場流通作物を購入し、採取時の生重量を秤量し、これを分析試料とした(表1)。また、平成28年度から営農再開を計画している飯舘村、川俣町、及び浪江町で実施している試験圃場から作物を採取した(表2)。川俣町の大部分で営農を再開しているが、一部(山木屋地区)は未だに居住制限区域に指定されており営農再開に至っていない。採取地域を図1に示す。放射性Csは採取した全ての試料について分析した(市場流通:14試料;試験圃場:11試料)。また、 $^{90}\text{Sr}$ については、市場流通作物:4試料;試験圃場作物:11試料を分析対象とした。 $^{90}\text{Sr}$ 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、原則5kg以上を採取(放射性Csのみの分析対象試料は原則1kg)した。

### 2. 試料の前処理

採取した作物は実験室に持ち帰った後、直ちに洗浄し土壌を除去し、皮むき、根、腐敗部の除去等を行い可食部とした後、70℃で3日間以上乾燥した。放射性Cs分析試料は、ステンレススチー

ル製カッターブレンダーで粉碎し、均一な粉碎試料を作成した。<sup>90</sup>Sr の分析対象試料は、乾燥後 450 で灰化・粉碎し、均一な試料を作製した。新鮮重量に対する乾燥重量の割合を表3に示した。

### 3. 放射性 Cs 濃度の測定

乾燥粉末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 及び GC4020)で、放射性 Cs 濃度を測定した。セシウム-134 (<sup>134</sup>Cs)及びセシウム-137 (<sup>137</sup>Cs)の定量には、それぞれ 604.7 keV 及び 661.7 keV の 線をを用い、28000 ~ 500000 秒測定した。また、同時にカリウム-40(<sup>40</sup>K) (1460 keV)の測定も実施した。なお、日本アイソトープ協会製の5種類(5 ~ 50 mm、9.5 ~ 95.0 g)の標準試料で効率曲線を作成した。

### 4. <sup>90</sup>Sr 濃度の測定

灰化した作物試料 12 ~ 100 g に安定 Sr キャリアを添加し、硝酸、過酸化水素水で分解後、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する。沈殿を灰化後、塩酸に溶解し、陽イオン交換樹脂で Ca を除去した。更に、ラジウム(Ra)を除去しトリウム-90 (<sup>90</sup>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 ~ 1300 分測定した。<sup>90</sup>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)<sup>1-3)</sup>に拠った。

### C. 研究結果

福島市、伊達市及び川俣町から採取した市場流通作物中放射性 Cs 平均濃度(濃度範囲、試料

数)は、 $1.9 \pm 2.1$  (0.12 ~ 7.3、n=14) Bq/kg-生重量であり、基準値を大きく下回った(表 4)。この中で、タマネギが最も低く、ダイコンが最も高い値を示した。また、<sup>90</sup>Sr 平均濃度(濃度範囲、試料数)は、 $0.0092 \pm 0.0066$  (0.0019 ~ 0.018、n=4) Bq/kg-生重量であった。

一方、平成 28 年度から営農再開を計画している飯館村、浪江町及び川俣町の試験圃場から採取した農作物中放射性 Cs 濃度は  $0.44 \pm 0.43$  (0.11 ~ 1.6、n=11) Bq/kg-生重量であり、基準値を大きく下回った(表 5)。この中で、玄米(浪江町)で最も高く、ナガネギで最も低い値であった。また、<sup>90</sup>Sr 濃度は  $0.0026 \pm 0.0066$  (0.0036 ~ 0.10、n=11) Bq/kg-生重量であり、玄米(川俣町)で最も低く、ニンジンで高い値を示した。

### D. 考察

市場流通と試験圃場から採取した作物中放射性 Cs 濃度は、概ね同様な濃度範囲にあり、両者とも基準値を下回った。居住制限区域及び避難指示解除準備区域であっても、カリウム施用などの土壌管理によって作物中放射性 Cs 濃度を基準値以下に低減できることを示唆する結果である。また、これらの値は、福島県を除く日本全国の放射性 Cs 濃度(検出限界値以下 ~ 15 Bq/kg-生重量)の範囲にあった<sup>4)</sup>。平成 24 年度に調査した作物中放射性 Cs 濃度(平均値 7.6 Bq/kg-生重量)に比べ、平成 25 年度に調査した作物中放射性 Cs 濃度(平均値 1.8 Bq/kg-生重量)は減少したが、平成 25 年度と平成 27 年度の調査結果を比較すると明らかな減少は見られなかった。

市場流通と試験圃場から採取した作物中 <sup>90</sup>Sr 濃度を比較すると、両地域から採取された作物中 <sup>90</sup>Sr 濃度も、同様な濃度範囲あり、更に平成 25 年

に福島県を除く全国調査の作物中濃度範囲(検出限界値以下~0.91 Bq/kg-生重量)にあり、本研究で検出された<sup>90</sup>Sr濃度は大気圏核実験に由来する濃度と同程度であると考えられる。

#### E. 結論

本研究では、FDNPS から北西に位置する比較的放射性 Cs 沈着量が高い地域において、市場流通作物を福島市、伊達市及び川俣町から採取し、放射性 Cs と<sup>90</sup>Sr濃度を測定した。また、平成28年度から営農再開を予定している飯舘村、川俣町及び浪江町において試験圃場から作物を採取し、放射性 Cs と<sup>90</sup>Sr濃度を測定した。居住制限区域等を含む地区から採取した作物中放射性 Cs 濃度は全て基準値を大きく下回った。また、作物中<sup>90</sup>Sr濃度も福島県を除く全国調査の範囲内にあり、事故由来による作物中<sup>90</sup>Sr濃度の明らかな増加は認められなかった。

#### 引用文献

- 1) H. Tsukada, A. Takeda, T. Takahashi, H. Hasegawa, S. Hisamatsu and J. Inaba: Uptake and distribution of <sup>90</sup>Sr and stable Sr in rice plants. *Journal of Environmental Radioactivity* 81, 221-231, 2005.
- 2) H. Tsukada, A. Takeda and H. Hasegawa: Uptake and distributions of <sup>90</sup>Sr and <sup>137</sup>Cs in rice plants, 16th Pacific Basin Nuclear Conference, Aomori, Japan, P16 P1121, 2008.
- 3) 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)
- 4) 環境放射線データベース, <http://search.kankyo-hoshano.go.jp/>

#### G. 研究業績

1. F. Carini, M. Brambilla, N. G. Mitchell and H. Tsukada (2016) *Radionuclides Behavior in Fruit Plants on Radiological Issues for Fukushima's Revitalized Future*, Springer, pp 159-172.
2. H. Tsukada, T. Takahashi, S. Fukutani, K. Ohse, K. Kitayama and M. Akashi (2016) Concentrations of <sup>134</sup>, <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr in Agricultural Products Collected in Fukushima Prefecture on Radiological Issues for Fukushima's Revitalized Future, Springer, pp 179-187.
3. A. Takeda, H. Tsukada, M. Takahashi, Y. Takaku and S. Hisamatsu (2015) Changes in the chemical form of exogenous iodine in forest soils and their extracts. *Radiat. Prot. Dosim.*, 167, 181-186.
4. F. Bréchnac1, D. Oughton, C. Mays, L. Barnthouse, J. C. Beasley, A. Bonisoli-Alquati, C. Bradshaw, J. Brown, S. Dray, S. Geras'kin, T. Glenn, K. Higley, K. Ishida, L. Kapustka, U. Kautsky, W. Kuhne, M. Lynch, T. Mappes, S. Mihok, A. Møller, C. Mothersill, T. Mousseau, J. Otaki, E. Pryakhin, O. E. Rhodes, Jr, B. Salbu, P. Strand, H. Tsukada (2016) Addressing ecological effects of radiation on populations and ecosystems to improve protection of the environment against radiation: Agreed statements from a Consensus Symposium. *J. Environ. Radioactivity* 158-159, 21-29.
5. 山口紀子, 江口定夫, 林健太郎, 藤原英司, 塚田祥文 (2015) 農業環境技術研究所畑圃場における農作業に伴い巻き上がる土壌粒子に含まれる放射性物質, *農環研報* 34, pp 33-41.

6. 大瀬健嗣, 北山響, 末永清一, 松本清之, 鈴木千佳, 菅野章, 河津賢澄, 塚田祥文 (2015) 福島県大熊町の警戒区域で栽培された玄米、野菜、および果実中の放射性セシウム濃度, FURE 福島大学うつくしまふくしま未来支援センター平成 25 年度年報, pp181-185.
  7. 北山響, 塚田祥文, 大瀬健嗣, 河津賢澄 (2015) 福島市および伊達市における大気中放射性セシウム濃, FURE 福島大学うつくしまふくしま未来支援センター平成 25 年度年報, pp186-188.
  8. 大瀬健嗣, 武内佳之, 河津賢澄, 島長義, 北山響, 塚田祥文 (2016) 大熊町における試験栽培作物中放射性セシウムの部位別濃度と経時変化, FURE 福島大学うつくしまふくしま未来支援センター平成 27 年度年報, pp147-150.
  9. 塚田祥文, 大瀬健嗣, 北山響, 河津賢澄 (2016) 水田に流入する形態別放射性セシウムの動態モニタリング、農地等の放射性物質の除去・低減技術の開発 - 農地土壌における放射性セシウム動態予測技術および拡散防止技術の開発 -、農林水産技術会議事務局(農林水産省)、研究成果 553, 35-40.
- H. 知的財産権の出願・登録状況  
なし



表1 市場流通農作物

採取農作物	ナスビ	ジャガイモ	ナシ	タマネギ	ハクサイ	コマツナ	ナガネギ
番号	2015AP-5	2015AP-6	2015AP-7	2015AP-8	2015P-1	2015P-2	2015P-3
購入日	2015/8/10	2015/8/11	2015/8/12	2015/8/13	2015/11/16	2015/11/16	2015/11/16
生産地	伊達市	伊達市	伊達市	伊達市	川俣町	川俣町	福島市
採取重量(g)	6000	5900	6900	5700	1100	1000	960

採取農作物	サトイモ	ダイコン	カブ	ニンジン	サツマイモ	カキ	リンゴ
番号	2015P-4	2015P-5	2015P-6	2015P-7	2015P-8	2015P-9	2015P-10
購入日	2015/11/16	2015/11/16	2015/11/16	2015/11/16	2015/11/16	2015/11/16	2015/11/16
生産地	川俣町	福島市	福島市	福島市	川俣町	福島市	福島市
採取重量(g)	1200	1100	1500	1000	1500	1400	1200

表2 試験栽培農作物

採取農作物	キュウリ	カボチャ	ナスビ	ミニトマト	ナガネギ	ニンジン
番号	2015AP-1	2015AP-2	2015AP-3	2015AP-4	2015AP-9	2015AP-10
購入日	2015/8/6	2015/8/7	2015/8/8	2015/8/9	2015/8/14	2015/8/15
生産地	飯舘村	飯舘村	飯舘村	飯舘村	浪江町	浪江町
採取重量(g)	15000	6200	6600	3100	6100	14000

採取農作物	玄米	玄米	バレイショ	サトイモ	玄米
番号	2015AP-11	2015AP-12	2015AP-13	2015AP-14	2015AP-15
購入日	2015/8/16	2015/8/17	2015/8/18	2015/8/19	2015/8/20
生産地	浪江町	川俣町	川俣町	川俣町	川俣町
採取重量(g)	5200	6000	6000	5300	8400

表3 農作物中放射性セシウム及び<sup>90</sup>Sr濃度(乾燥重量)

試料名	試料番号	乾物割合	放射性核種濃度(乾燥重量)							
			<sup>134</sup> Cs*		<sup>137</sup> Cs		<sup>90</sup> Sr		<sup>40</sup> K	
Bq/kg 乾燥										
市場流通										
ナスビ	2015AP-5	0.052	2.6 ±	0.5	9.5 ±	0.6	0.35	± 0.03	1403 ±	23
ジャガイモ	2015AP-6	0.205	1.0 ±	0.2	3.7 ±	0.2	0.037	± 0.007	685 ±	7
ナシ	2015AP-7	0.107	3.7 ±	0.4	12.7 ±	0.5	0.018	± 0.002	380 ±	10
タマネギ	2015AP-8	0.083	ND		1.5 ±	0.1	0.11	± 0.02	548 ±	6
ハクサイ	2015P-1	0.027	1.9 ±	0.2	7.6 ±	0.3	-		3000 ±	15
コマツナ	2015P-2	0.049	1.9 <	0.4	8.3 <	0.5	-		2015 ±	23
ナガネギ	2015P-3	0.093	1.6 <	0.4	5.1 <	0.5	-		431 ±	13
サトイモ	2015P-4	0.220	3.8 <	0.4	14.2 <	0.5	-		472 ±	11
ダイコン	2015P-5	0.039	36 <	1.5	150.0 <	2.9	-		1511 ±	36
カブ	2015P-6	0.033	20 ±	0.5	88.0 ±	0.9	-		1924 ±	17
ニンジン	2015P-7	0.069	0.6 ±	0.2	2.3 ±	0.2	-		1320 ±	9
サツマイモ	2015P-8	0.313	1.0 ±	0.2	3.9 ±	0.2	-		444 ±	6
カキ	2015P-9	0.170	4.8 ±	0.3	22.2 ±	0.5	-		234 ±	7
リンゴ	2015P-10	0.158	1.3 ±	0.2	5.4 ±	0.3	-		244 ±	7
試料数	14									
最小値			0.6		1.5		0.0		234	
最大値			36.5		150.0		0.3		3000	
算術平均値			6.2		23.9		0.1		1044	
試験栽培										
キュウリ	2015AP-1	0.030	2.2 ±	0.3	8.0 ±	0.3	0.48	± 0.03	1885 ±	14
カボチャ	2015AP-2	0.168	1.0 ±	0.3	2.3 ±	0.2	0.18	± 0.01	925 ±	10
ナスビ	2015AP-3	0.049	ND		2.5 ±	0.2	0.25	± 0.03	1255 ±	11
ミニトマト	2015AP-4	0.075	ND		1.6 ±	0.2	0.087	± 0.007	890 ±	8
ナガネギ	2015AP-9	0.075	ND		1.5 ±	0.1	0.74	± 0.03	980 ±	8
ニンジン	2015AP-10	0.116	ND		1.4 ±	0.1	0.89	± 0.02	946 ±	7
玄米	2015AP-11	0.891	ND		1.8 ±	0.1	0.010	± 0.001	73 ±	3
玄米	2015AP-12	0.911	ND		0.6 ±	0.1	0.0053	± 0.0010	70 ±	2
バレイショ	2015AP-13	0.183	ND		1.9 ±	0.1	0.046	± 0.009	635 ±	6
サトイモ	2015AP-14	0.166	ND		1.5 ±	0.1	0.21	± 0.02	1200 ±	8
玄米	2015AP-15	0.915	ND		0.7 ±	0.1	0.0039	± 0.0009	76 ±	2
試料数	11									
最小値			1.0		0.62		0.0039		70	
最大値			2.2		8.0		0.89		1885	
算術平均値			1.6		2.2		0.26		812	

\* 604.7 keVの定量結果

表 4 市場流通農作物中放射性セシウム及び<sup>90</sup>Sr濃度（生重量）

試料名	試料番号	放射性核種濃度（新鮮重量）				放射性Cs濃度合計			放射能比	
		<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	<sup>40</sup> K	<sup>134</sup> Cs+ <sup>137</sup> Cs			<sup>134</sup> Cs/ <sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr/ <sup>137</sup> Cs
		Bq/kg 生				Bq/kg 生				
ナスビ	2015AP-5	0.13 ± 0.03	0.49 ± 0.03	0.018 ± 0.002	72 ± 1.2	0.62 ± 0.04	0.27 ± 0.1	0.036 ± 0.004		
ジャガイモ	2015AP-6	0.21 ± 0.04	0.75 ± 0.03	0.0075 ± 0.0013	140 ± 1.5	0.96 ± 0.05	0.29 ± 0.0	0.010 ± 0.002		
ナシ	2015AP-7	0.40 ± 0.04	1.36 ± 0.05	0.0019 ± 0.0002	41 ± 1.1	1.76 ± 0.06	0.29 ± 0.0	0.0014 ± 0.0002		
タマネギ	2015AP-8	ND	0.12 ± 0.01	0.0095 ± 0.0014	45 ± 0.5	0.12 ± 0.01	-	0.078 ± 0.014		
ハクサイ	2015P-1	0.05 ± 0.01	0.20 ± 0.01	-	80 ± 0.4	0.25 ± 0.01	0.24 ± 0.0			
コマツナ	2015P-2	0.09 ± 0.02	0.41 ± 0.02	-	99 ± 1.1	0.50 ± 0.03	0.23 ± 0.0			
オクラ	2015P-3	0.15 ± 0.04	0.47 ± 0.04	-	40 ± 1.2	0.62 ± 0.06	0.31 ± 0.1			
サトイモ	2015P-4	0.84 ± 0.08	3.13 ± 0.11	-	104 ± 2.3	3.97 ± 0.13	0.27 ± 0.0			
ダイコン	2015P-5	1.43 ± 0.06	5.90 ± 0.11	-	59 ± 1.4	7.33 ± 0.13	0.24 ± 0.0			
カブ	2015P-6	0.67 ± 0.02	2.91 ± 0.03	-	64 ± 0.5	3.58 ± 0.03	0.23 ± 0.0			
ニンジン	2015P-7	0.04 ± 0.01	0.16 ± 0.01	-	91 ± 0.6	0.21 ± 0.02	0.28 ± 0.1			
サツマイモ	2015P-8	0.32 ± 0.05	1.23 ± 0.06	-	139 ± 1.9	1.55 ± 0.08	0.26 ± 0.0			
カキ	2015P-9	0.81 ± 0.05	3.78 ± 0.09	-	40 ± 1.3	4.60 ± 0.10	0.21 ± 0.0			
リンゴ	2015P-10	0.21 ± 0.03	0.85 ± 0.05	-	39 ± 1.2	1.07 ± 0.06	0.25 ± 0.0			
試料数	14									
最小値	0.04		0.12		0.0019		39			
最大値	1.43		5.90		0.018		140			
算術平均値	0.41		1.55		0.0092		75			

\* 604.7 keVの定量結果

表 5 試験圃場作物中放射性セシウム及び<sup>90</sup>Sr濃度(生重量)

試料名	試料番号	放射性核種濃度(新鮮重量)					放射性Cs濃度合計		放射能比	
		<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	<sup>40</sup> K	<sup>134</sup> Cs+ <sup>137</sup> Cs	<sup>134</sup> Cs/ <sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr/ <sup>137</sup> Cs	<sup>134</sup> Cs/ <sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr/ <sup>137</sup> Cs
		Bq/kg 生					Bq/kg 生			
キュウリ	2015AP-1	0.06 ± 0.01	0.24 ± 0.01	0.014 ± 0.001	56 ± 0.4	0.31 ± 0.01	0.27 ± 0.0	0.059 ± 0.004	0.059 ± 0.004	0.004
カボチャ	2015AP-2	0.16 ± 0.05	0.39 ± 0.03	0.030 ± 0.002	155 ± 1.7	0.55 ± 0.06	0.41 ± 0.1	0.076 ± 0.008	0.076 ± 0.008	0.008
ナスビ	2015AP-3	ND	0.12 ± 0.01	0.012 ± 0.001	62 ± 0.5	0.12 ± 0.01	-	0.099 ± 0.013	0.099 ± 0.013	0.013
ミニトマト	2015AP-4	ND	0.12 ± 0.01	0.0065 ± 0.0005	66 ± 0.6	0.12 ± 0.01	-	0.054 ± 0.007	0.054 ± 0.007	0.007
ナガネギ	2015AP-9	ND	0.11 ± 0.01	0.055 ± 0.003	74 ± 0.6	0.11 ± 0.01	-	0.48 ± 0.05	0.48 ± 0.05	0.05
ニンジン	2015AP-10	ND	0.17 ± 0.01	0.10 ± 0.003	110 ± 0.8	0.17 ± 0.01	-	0.62 ± 0.05	0.62 ± 0.05	0.05
玄米	2015AP-11	ND	1.60 ± 0.13	0.0087 ± 0.0013	65 ± 3.0	1.60 ± 0.13	-	0.0054 ± 0.0009	0.0054 ± 0.0009	0.0009
玄米	2015AP-12	ND	0.56 ± 0.05	0.0048 ± 0.0009	63 ± 1.5	0.56 ± 0.05	-	0.0085 ± 0.0018	0.0085 ± 0.0018	0.0018
パレイショ	2015AP-13	ND	0.34 ± 0.02	0.0084 ± 0.0016	116 ± 1.0	0.34 ± 0.02	-	0.025 ± 0.005	0.025 ± 0.005	0.005
サトモ	2015AP-14	ND	0.26 ± 0.02	0.034 ± 0.003	199 ± 1.3	0.26 ± 0.02	-	0.13 ± 0.02	0.13 ± 0.02	0.02
玄米	2015AP-15	ND	0.65 ± 0.06	0.0036 ± 0.0008	69 ± 1.8	0.65 ± 0.06	-	0.0055 ± 0.0013	0.0055 ± 0.0013	0.0013
試料数	11									
最小値		0.1	0.11	0.0036	56					
最大値		0.2	1.60	0.10	199					
算術平均値		0.1	0.42	0.026	94					

\* 604.7 keVの定量結果

空間放射線量率( $\mu\text{Sv h}^{-1}$ , 2013年11月19日)

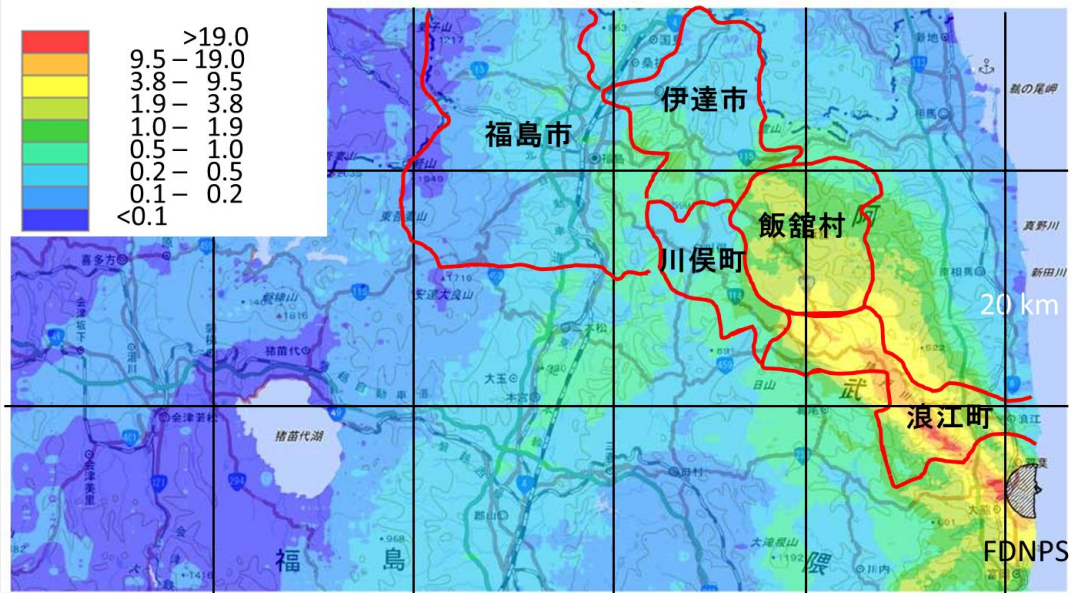


図1 農作物の採取地域

市場流通：福島市・伊達市・川俣町

試験圃場：飯館村・川俣町・浪江町

# 厚生労働科学研究費補助金 (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

### 研究要旨

平成 23 年 3 月に発生した東日本大震災に起因する東京電力(株)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、平成 24 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 ( $^{90}\text{Sr}$ )、ルテニウム-106 ( $^{106}\text{Ru}$ ) 及びプルトニウム-238 ( $^{238}\text{Pu}$ )、プルトニウム-239 ( $^{239}\text{Pu}$ )、プルトニウム-240 ( $^{240}\text{Pu}$ )及びプルトニウム-241 ( $^{241}\text{Pu}$ )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  $^{90}\text{Sr}$  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。

そこで福島県沖合で採取され、市場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 ( $^{137}\text{Cs}$ )濃度が 10Bq/kg-生重量を超えた試料はなかった。また可食部中の  $^{90}\text{Sr}$  及びプルトニウム-239+240 ( $^{239+240}\text{Pu}$ )濃度は検出下限値以下であった。

### 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 ( $^{90}\text{Sr}$ )、ルテニウム-106 ( $^{106}\text{Ru}$ ) 及びプルトニウム-238 ( $^{238}\text{Pu}$ )、プルトニウム-239 ( $^{239}\text{Pu}$ )、プルトニウム-240 ( $^{240}\text{Pu}$ ) 及びプルトニウム-241 ( $^{241}\text{Pu}$ )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。そこで食品中の放射性核種濃度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。東京電力(株)福島第一原発発電所(FDNPS)内では、汚染水等の漏洩に関する報告が続いた。放射性ストロンチウム(Sr)は水産生物のカルシウム(Ca)を多く含む骨に濃縮されることが知られている。そこで、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、福島沖で採取され、市場流通する魚介類を入手し、「食品中の放射性物質

の濃度に関する研究」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

本研究で対象とする水産物は、福島沖で採取され市場に流通する水産物とした。福島県水産試験場の協力を得て情報収集<sup>1)</sup>を行い、平成 27 年 11 月から 12 月に福島県沖合で採取され市場に流通する水産物を各漁協から購入した。入手した水産物について、採取日、海域、測定に使用した試料 1 個体の平均全長および平均重量の情報を表 1 に示す。

#### 1.2. 核種の濃度の測定

水産物は、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、可食部、内臓部とアラ部(皮、骨、鰓、頭、尾等の可食部及び内臓部以外)に分割し、個体毎に冷凍保存した。可食部、アラ部及び内臓部について、乾燥を行い、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 22~34%であった。これを次に電気炉を用いて灰化試料の作製を行った。乾燥重量に対する灰化率は 3~17%であった。測定に十分な試料量が確保できた可食部と一部のアラ部の灰試料を U8 容器に詰めて、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。セシウム-134(<sup>134</sup>Cs)(604.7 keV)、セシウム-137(<sup>137</sup>Cs)(661.7 keV)、カリウム-40(<sup>40</sup>K)(1460 keV)の定量結果を記録した。

これ以外の核種は計測されなかった。<sup>134</sup>Cs 及び <sup>137</sup>Cs の検出下限値は、それぞれ 0.5 Bq/kg-生重量であった。測定結果を表 2 に示す。

#### 1.3. <sup>90</sup>Sr 及びプルトニウム-239+240(<sup>239+240</sup>Pu)濃度の測定

水産物中の <sup>90</sup>Sr 及び <sup>239+240</sup>Pu 濃度は、FDNPS 事故以前においてはそれぞれで、検出下限値以下~0.26 Bq/kg-生重量と検出下限値以下~0.07 Bq/kg-生重量の範囲であった<sup>2)</sup>。これらの分析には生重量として約 0.5~1kg の試料が必要であるため、同一種の個体の灰試料を合わせて分析試料とした。水産物はサンマ、サバ及びアジで、測定する部位は可食部とした。灰試料を硝酸と過塩素酸により有機物の分解を行い、溶液試料とし、Sr 分析用と Pu 分析用の試料に二分割した。Sr 分析用試料は、Sr レジンを用いて Sr の分離・精製を行い、炭酸 Sr 沈殿を作製し、Eurisis 社製低バックグラウンドベータカウンターを用いて測定を行った。Pu 分析用試料は、陰イオン交換樹脂法により Pu の分離・精製を行い、電着試料を作製し、Canberra 社製アルファスペクトロメーターで測定を行った。

## C. 研究結果

### 1. 水産物中の放射性物質の濃度測定

平成 27 年に入手した水産物中の放射性 Cs および <sup>40</sup>K 濃度測定の結果を表 2 に示した。サンマ可食部 (n=10)の個体平均生重量は 66 g で、灰試料では 0.8 g であった。そのためにすべての個体で <sup>134</sup>Cs 濃度は検出下限値(0.3 Bq/kg-生重量)以下であった。<sup>137</sup>Cs 濃度(n=3)は 0.4~1.1 Bq/kg-生重量の範囲で検出され、残りは検出下限値(0.4 Bq/kg-生重量)以下であった。またサンマ 1

5匹の可食部をまとめた試料(生重量:0.9 kg、灰重量 13 g)の場合では、検出下限値が1桁下がるため、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ および $^{40}\text{K}$ 濃度はそれぞれ0.3、1.1および90.3 Bq/kg-生重量であった。また内臓部とアラ部(可食部と内臓部以外の部分)についても、同様に処理を行い、測定を行った。内臓部の $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ および $^{40}\text{K}$ 濃度はそれぞれ0.4、2.2および84.7 Bq/kg-生重量、アラ部の $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ および $^{40}\text{K}$ 濃度はそれぞれ0.2、0.7および65.1 Bq/kg-生重量であった。サバの可食部(n=5)の個体平均生重量は338gで、灰試料は10.8gであった。すべての個体の $^{134}\text{Cs}$ 濃度は検出下限値(0.2 Bq/kg-生重量)以下で、 $^{137}\text{Cs}$ 濃度は0.4~0.8 Bq/kg-生重量の範囲で検出された。アジの可食部(n=5)の個体平均生重量は59gで、灰試料は0.9gであった。すべての個体の $^{134}\text{Cs}$ 濃度は検出下限値(0.5 Bq/kg-生重量)以下で、 $^{137}\text{Cs}$ 濃度(n=4)は0.8~1.7 Bq/kg-生重量の範囲で検出された。イカの可食部(n=5)の個体平均生重量は282gで、灰試料は6.2gであった。すべての個体の $^{134}\text{Cs}$ および $^{137}\text{Cs}$ 濃度は検出下限値( $^{134}\text{Cs}$ : 0.1 Bq/kg-生重量、 $^{137}\text{Cs}$ : 0.3 Bq/kg-生重量)以下であった。サンマ、サバ、アジおよびイカ可食部中の $^{40}\text{K}$ 濃度は、73~130 Bq/kg-生重量の範囲にあった。またサバ、アジおよびイカ可食部中の $^{90}\text{Sr}$ および $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度はいずれも検出下限値( $^{90}\text{Sr}$ : 0.2 Bq/kg-生重量、 $^{239+240}\text{Pu}$ : 0.01 Bq/kg-生重量)未満であった。

#### D.考察

今回採取した魚介類から、食品中の基準値を超える試料はなく、サンマ、サバ、アジおよびイカ可食部については、 $^{134}\text{Cs}$ 濃度は検出下限値以下であった。サンマ可食部の場合、生重量約1kgの

試料を灰試料に測定した場合、 $^{134}\text{Cs}$ 濃度は0.26 Bq/kg-生重量であり、個体ごとの測定結果と一致した。 $^{137}\text{Cs}$ および $^{40}\text{K}$ 濃度が検出された個体試料について、最小値、最大値および平均値(算術)を表3に示した。イカ可食部中の $^{137}\text{Cs}$ 濃度はすべて検出下限値以下であった。サンマ可食部では、 $^{137}\text{Cs}$ 濃度が検出された3個体の平均値が0.8 Bq/kg-生重量であったが、生重量約1kgの試料の場合は1.1 Bq/kg-生重量であった。 $^{40}\text{K}$ 濃度についても73~98Bq/kg-生重量の範囲であり、個体差による影響はあるものの、個別の測定結果の平均値と複数個体の合算試料の測定結果に大きな差は認められなかった。また複数個体試料について、可食部、内臓部とアラ部中の $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ および $^{40}\text{K}$ 濃度と部位ごとの重量から加重平均で求めたサンマ全体(Whole body)中の $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ および $^{40}\text{K}$ 濃度は、0.2、1.0および79.5 Bq/kg-生重量であった。サンマの場合、可食部中の $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ および $^{40}\text{K}$ 濃度はサンマ全体(Whole body)の濃度を反映している結果を示した。水産総合研究センターによる水産物Sr等調査結果(平成28年3月24日)<sup>3)</sup>では、平成27年度の水産物試料から $^{90}\text{Sr}$ は検出下限値未満(0.001 Bq/kg-生重量)で、 $^{239+240}\text{Pu}$ は検出下限値未満(0.001 Bq/kg-生重量)~0.41 Bq/kg-生重量であった。今回、平成27年度の水産物可食部中の $^{90}\text{Sr}$ 及び $^{239+240}\text{Pu}$ は検出されなかったことから、福島県沖の魚介類についても過去の大気中核実験等のフォールアウトによる $^{90}\text{Sr}$ 及び $^{239+240}\text{Pu}$ が含まれている可能性を考慮しても、 $^{90}\text{Sr}$ 及び $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度は基準値の導出の考え方による $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ 濃度比及び $^{239+240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ 濃度比よりも低いあるいは、大気圏内核実験由来の濃度レベルにあることが考えられる。



## E. 結論

福島県内の海域において採取された水産物中の放射性 Cs、<sup>40</sup>K、<sup>90</sup>Sr 及び <sup>239+240</sup>Pu 濃度を測定した。採取された水産物可食部中の放射性 Cs 濃度は、検出下限値から 1.7 Bq/kg-生重量の濃度範囲であり、食品中の基準値を超えた試料はなかった。また <sup>90</sup>Sr 及び <sup>239+240</sup>Pu は検出下限値以下であり、本事故による影響は確認できなかったことから、水産物に対する基準値導出における推定方法も妥当であることが示唆された。

## 引用文献

- 1) 福島県水産課: 福島県の水産物の緊急時モニタリング検査結果、平成 27 年 5 月 20 日、<http://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/36035e/sui-sanka-monita-top.html>
- 2) Oikawa, S., Watabe, T., Inatomi, N., Isoyama, N., Misonoo, J., Suzuki, C., Nakahara, M., Nakamura, R., Morizono, S., Fujii, S., Hara, T.,

and Kido, K., Plutonium isotopes concentration in seawater and bottom sediment off the Pacific coast of Aomori sea area during 1991-2005, *Journal of Environmental Radioactivity* 102, 302-310 (2011).

- 3) 水産庁、水産総合研究センターによる水産物ストロンチウム等調査結果(平成 28 年 3 月 24 日)、[http://www.jfa.maff.go.jp/j/housyanou/pdf/strontium\\_2.pdf](http://www.jfa.maff.go.jp/j/housyanou/pdf/strontium_2.pdf)

## G. 研究業績

1. 青野辰雄, 福田美保, 山崎慎之介, 吉田聡, 明石真言, 山田学, 山迺邊昭文, 早乙女忠弘, 水野 拓治: 福島沿岸沖における魚介類中の放射性核種の濃度分布について, *Proceedings of the 15th Workshop on Environmental Radioactivity (KEK proceedings)*, 2015-7, 219-221, 2015.

H. 知的財産権の出願・登録状況  
なし

表 1 福島県沖において採取され市場流通する水産物の試料リスト

魚種	採取日	海域	緯度	経度	試料数	平均全長 (cm)	平均重量 (kg)
サンマ	平成27年11月16日	小名浜	北緯36度34分	東経141度41分	10	31.8	0.13
サバ	平成27年11月18日	相双	北緯37度40分	東経141度08分	5	39.9	0.64
アジ	平成27年11月18日	いわき	北緯36度59分	東経141度06分	5	—	0.38
スルメイカ	平成27年12月9日	いわき	北緯36度56分	東経141度20分	5	—	0.51

表 2 福島県沖において採取され市場流通する水産物中の放射性核種濃度

		<sup>134</sup> Cs Bq/Kg-wet	<sup>137</sup> Cs Bq/Kg-wet	<sup>40</sup> K Bq/Kg-wet
サンマ	可食部-1	< 0.3	1.08 ± 0.13	73.1 ± 2.1
サンマ	可食部-2	< 0.3	0.42 ± 0.06	87.6 ± 2.1
サンマ	可食部-3	< 0.3	< 0.4	85.9 ± 2.4
サンマ	可食部-4	< 0.3	0.90 ± 0.09	84.5 ± 2.4
サンマ	可食部-5	< 0.3	< 0.4	85.9 ± 2.5
サンマ	可食部-6	< 0.3	< 0.4	90.5 ± 2.6
サンマ	可食部-7	< 0.3	< 0.4	88.3 ± 2.3
サンマ	可食部-8	< 0.3	< 0.4	84.2 ± 2.7
サンマ	可食部-9	< 0.3	< 0.4	97.5 ± 2.5
サンマ	可食部-10	< 0.3	< 0.4	77.6 ± 2.4
サンマ	可食部-11*	0.26 ± 0.02	1.14 ± 0.03	90.3 ± 0.8
サンマ	内臓部*	0.45 ± 0.05	2.24 ± 0.10	84.7 ± 1.8
サンマ	アラ部*	0.17 ± 0.02	0.67 ± 0.02	65.0 ± 0.8
サバ	可食部-1	< 0.2	0.39 ± 0.04	133.9 ± 1.5
サバ	可食部-2	< 0.2	0.55 ± 0.04	123.5 ± 1.7
サバ	可食部-3	< 0.2	0.77 ± 0.04	126.6 ± 1.6
サバ	可食部-4	< 0.2	0.60 ± 0.03	137.7 ± 1.5
サバ	可食部-5	< 0.2	0.70 ± 0.05	126.2 ± 1.8
アジ	可食部-1	< 0.5	0.81 ± 0.19	113.2 ± 3.3
アジ	可食部-2	< 0.5	1.67 ± 0.09	128.3 ± 2.7
アジ	可食部-3	< 0.5	< 0.3	133.6 ± 3.4
アジ	可食部-4	< 0.5	0.96 ± 0.11	156.1 ± 3.7
アジ	可食部-5	< 0.5	1.14 ± 0.22	129.9 ± 3.7
イカ	可食部-1	< 0.1	< 0.3	116.7 ± 1.4
イカ	可食部-2	< 0.1	< 0.3	110.6 ± 1.3
イカ	可食部-3	< 0.1	< 0.3	112.2 ± 1.6
イカ	可食部-4	< 0.1	< 0.3	117.0 ± 1.7
イカ	可食部-5	< 0.1	< 0.3	117.7 ± 1.6

\* 可食部-11、内臓部およびアラ部は、サンマ15匹を各部位に分別し、混合した0.9kg、0.2kgおよび0.8kgの生試料を乾燥後に、灰化した試料の測定結果

表 3 福島県沖において採取された水産物中の検出された放射性核種の濃度範囲

魚種	検出試料数	<sup>137</sup> Cs Bq/Kg-wet			<sup>40</sup> K Bq/Kg-wet			
		最小値	算術平均	最大値	検出試料数	最小値	算術平均	最大値
サンマ	3	0.42	0.80	1.08	10	73.1	85.5	97.5
サバ	5	0.39	0.60	0.77	5	123.5	129.6	137.7
アジ	4	0.81	1.15	1.67	5	113.2	132.2	156.1
イカ	0	—	—	—	5	110.6	114.8	117.7

# 厚生労働科学研究費補助金

## (食品の安全確保推進研究事業)

### 内部被ばく線量に対する放射性 Cs の寄与率等の推定 分担研究報告

分担研究者 高橋 知之 京都大学 原子炉実験所

研究協力者 福谷 哲 京都大学 原子炉実験所

#### 研究要旨

東京電力(株)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放射性核種濃度の基準値は、放射性セシウム(Cs)については「一般食品」については 100 Bq/kg、「乳児用食品」及び「牛乳」については、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、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 以外の核種の寄与も考慮されている。本研究では、福島県内で生産された食品について、その放射性 Cs 濃度及びストロンチウム-90 ( $^{90}\text{Sr}$ )濃度と安定核種濃度を測定し、放射性 Cs 及び $^{90}\text{Sr}$ 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。

#### A. 研究目的

薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会は、東京電力(株)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、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<sup>1)</sup>。その際、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%であると仮定している。また、「乳児用食品」及び「牛乳」については、流通する全ての食品に基準値上限の放射性物質が含まれるとしても年間 1 mSv を超えることがないよう、より安全側に 50 Bq/kg の基準値を設定することが妥当とした。

基準値の設定にあたっては、最も内部被ばく線量に対する影響が大きいと推定され、迅速にかつ比較的容易に多数の食品について測定可能なセシウム-134 ( $^{134}\text{Cs}$ ) 及びセシウム-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) を対象とした。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。このため、食品の摂取による内部被ばくに対する放射性 Cs の寄与について評価を実施した。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食品中の放射性核種濃度比を推定することにより、放射性 Cs に対する基準値に反映させた。食品中の放射性核種濃度比は、土壤中放射性核種濃度の比や、環境移行モデル及びパラメータにより推定した。

そのため本研究は、市場流通している福島県産の農作物中の放射性核種濃度等を測定し、その測定結果を比較検討することにより、基準値の妥当性について検討することを目的としている。

本分担研究では、これらの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

の放射性物質について安全性が十分に確保されていることを確認する。

## B. 研究方法

### 1. 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. 営農再開地域における農作物中の放射性物質の濃度測定に関する研究」(以下「分担研究 1.」と記述する。)において採取された、福島市、伊達市、川俣町における市場流通作物、及び、平成 28 年度から営農再開を計画している飯舘村、川俣町、及び浪江町で実施している試験圃場から採取された作物とする。なお、分担研究 1. で示されたように、市場流通作物中  $^{137}\text{Cs}$  濃度の平均値は 1.9 Bq/kg-生重量であり、その範囲は 0.12 ~ 7.3 Bq/kg-生重量であった。一方、試験圃場から採取された作物中  $^{137}\text{Cs}$  濃度の平均値は 0.44 Bq/kg-生重量であり、その範囲は 0.11 ~ 1.6 Bq/kg-生重量であった。このように、 $^{137}\text{Cs}$  濃度の測定試料によるばらつきはいずれも 1 桁以上となっており、市場流通作物と試験圃場から採取された作物の差異はこのばらつきに比べて線量評価の観点から大きな差異ではないと判断し得ることから、線量評価においてはこれらの食品は区別せずに用いる。

また、海産物の摂取についても内部被ばく線量評価を実施する。海産物中放射性 Cs 濃度については、平成 26 年度に測定された、FDNPS の 30km 圏内の海域で採取された魚介類の可食部中  $^{137}\text{Cs}$  濃度<sup>2)</sup>を用いることとする。

### 2. 安定元素濃度の測定及び推定

安定元素の摂取量を利用することによる内部被ばく線量評価を行うため、分担研究 1. において

<sup>90</sup>Sr 濃度を測定した農作物について、安定 Sr 濃度及び安定カルシウム (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)及びフレームレス原子吸光光度計(ContraAA 700, 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。

放射性 Cs による内部被ばく線量を評価するために用いる安定カリウム (K) 濃度は、分担研究 1. で測定されたカリウム-40 (<sup>40</sup>K) 濃度を、安定 K の単位重量あたりの <sup>40</sup>K 放射エネルギーである 30.4 Bq/Kg<sup>3)</sup> で除することによって推定する。

### 3. 線量評価方法

食品摂取による内部被ばく線量は、測定した放射性核種濃度に食品摂取量及び内部被ばく線量係数を乗じ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、食品中放射性 Cs 及び <sup>90</sup>Sr 濃度を測定するための食品試料は、購入できる期間や種類が限られているため、一般に摂取されている食品を網羅的に測定することは困難である。また、<sup>90</sup>Sr については、大量の試料を用いなければ検出ができないため、その試料数及び種類は非常に限定的となる。

このため、線量評価方法として、測定した放射性核種濃度に食品摂取量及び内部被ばく線量係数を乗じて合計する方法に加え、これらの放射性核種濃度と、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。なお、安定元素 (K, Ca) の摂取量は、平成 25 年国民健康・栄養調査報告<sup>4)</sup>を用いることとする。

## C. 研究結果

### 1. 農畜産物毎のデータを用いた放射性 Cs による内部被ばく線量の試算

平成 27 年度の放射性 Cs 濃度のデータから、これらの食品の摂取による内部被ばく線量の推定を試みた。本評価では実際に福島県内で生産され、食品として販売されている農産物を対象としていることから、淡水産物及び海産物はこの評価では対象としないこととした。また、本評価の対象は成人とし、各食品の摂取量は食品中放射性核種濃度の基準値の算定における 19 歳以上 (男子) と 19 歳以上 (女子) の値を用いた。内部被ばく線量評価のための線量係数は、ICRP Publication No.72<sup>5)</sup> に記載されている経口摂取に係る内部被ばく線量係数 (表 1 参照) の成人の値を用いた。

食品の分類は基準値の導出において用いられたカテゴリーに従った。農作物については、分担研究 1. において採取した食品試料を各カテゴリーに分類して <sup>137</sup>Cs 濃度を平均し、各カテゴリーの濃度とした。ただし「穀類」及び「コメ」は、本研究では玄米濃度のみを測定しているため、いずれも玄米の濃度の平均値を用いた。

「豆類」は今回の測定では実施していないため、平成 25 年度の濃度を用いた<sup>2)</sup>。また、畜産物は、平成 24 年度の測定で全て検出下限値未満であり、その後は測定を実施していないため、卵については平成 24 年度の卵の検出下限値、その他の畜産物については平成 24 年度の肉類の検出下限値を平均濃度として用いた。「その他」については、キノコ類、菓子類、酒類、嗜好飲料、調味料等、広範囲な食品が含まれることから、上記に分類された農産物の平均値を「その他」の濃度として代表することとした。<sup>134</sup>Cs 濃度については、検出されていない試料も多く、誤差も大きいと考えられることから、平成 23 年 3 月 11 日における <sup>134</sup>Cs/<sup>137</sup>Cs 放

射能濃度比を 1:1 とし、平成 27 年 9 月 30 日における  $^{134}\text{Cs}$  濃度との比を算出し、 $^{137}\text{Cs}$  濃度に乗じることによって推定した。

平成 27 年度採取試料の濃度から推定した 19 歳以上の男女に対する線量の評価結果を表 2 に示す。内部被ばく線量の評価結果は年間約 0.01 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。

## 2. 海産物のデータを用いた放射性 Cs による内部被ばく線量の試算

平成 26 年度に測定された、FDNPS の 30km 圏内の海域で採取された魚介類の可食部中  $^{137}\text{Cs}$  濃度<sup>2)</sup>を用いて、海産物の摂取に起因する内部被ばく線量を評価した。なお、 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$  放射能濃度比は、農畜産物の評価と同様に平成 27 年 9 月 30 日における  $^{134}\text{Cs}$  濃度との比を用いることとした。

評価に用いた魚介類の可食部中  $^{137}\text{Cs}$  濃度を表 3 に示す。試料数で加重平均した可食部中  $^{137}\text{Cs}$  濃度は 2.88 Bq/kg 生であった。農作物摂取によると同様に、本評価の対象を成人とし、海産物摂取量を食品中放射性核種濃度の基準値の算定における 19 歳以上(男子)と 19 歳以上(女子)の値を用いた場合の内部被ばく線量の評価結果を表 4 に示す。内部被ばく線量の評価結果は年間約 0.002 mSv 程度であった。

なお、表 2 に示した農畜産物摂取による被ばく線量評価と合計すると、それぞれ 0.015 mSv 及び 0.011 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。

## 3. $^{40}\text{K}$ 濃度を用いた放射性 Cs による内部被ばく線量の試算

放射性 Cs 濃度の測定においては、あわせて  $^{40}\text{K}$  濃度も測定されている。Cs と 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。

安定 K の単位重量あたりの  $^{40}\text{K}$  放射エネルギーである 30.4 Bq/g を用いて計算を行った結果、 $^{137}\text{Cs}$  濃度/安定 K 濃度比の平均値は 0.52(Bq/g-K)であった。また、最大値は 3.0 (Bq/g-K)と、平均値の 6 倍程度であった。

この平均値を用いて放射性 Cs による内部被ばく線量を評価した結果を表 5 に示す。また、 $^{40}\text{K}$  による内部被ばく線量評価結果も同表にあわせて示す。ここで、表 1 の区分に従い、1~6 歳は 5 歳、7~14 歳は 10 歳、15~19 歳は 15 歳、20 歳以上の各区分は成人の線量係数を用いている。

放射性 Cs による年間内部被ばく線量は 0.001 mSv のオーダーであり、介入線量レベルである年間 1 mSv を大幅に下回っている。なお  $^{40}\text{K}$  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  $^{40}\text{K}$  による年間内部被ばく線量に比べて一桁以上低い値であった。

## 4. 安定 Sr 濃度及び安定 Ca 濃度を用いた Sr-90 による内部被ばく線量の試算

分担研究 1.において  $^{90}\text{Sr}$  濃度を測定した食品試料について、安定 Sr 及び安定 Ca 濃度の測定結果を放射性核種濃度とあわせて表 6 に示す。

食品試料中安定 Sr 濃度は 92~1120  $\mu\text{g}/\text{kg}$  であり、算術平均値は 328  $\mu\text{g}/\text{kg}$  であった。また、安定 Ca 濃度は、42~333 mg/kg であり、算術平均値は 133  $\mu\text{g}/\text{kg}$  であった。これらの値を用いると、 $^{90}\text{Sr}$  濃度/安定 Ca 濃度比の平均値は 0.00018

(Bq/mg-Ca)であった。

この平均値を用いて  $^{90}\text{Sr}$  による内部被ばく線量を評価した結果を表7に示す。19才以下の年齢カテゴリーでは 0.001 mSv のオーダー、成人では 0.001 mSv 以下であった。

#### D. 考察

##### 1. 農畜産物毎のデータを用いた放射性 Cs による内部被ばく線量の試算

「C.結果」において記載したように、農畜産物毎のデータを用いた内部被ばく線量の評価結果は年間約 0.01 mSv 程度であり、海産物摂取経路を合計しても、介入線量レベルである年間 1 mSv を大幅に下回っている。しかしながら、平成 27 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放射線量は福島県内において 0.0010～0.0020 mSv<sup>6)</sup>であり、本評価結果はこの結果を一桁程度上回っている。その理由として以下のことが考えられる。

- 1) 本研究では、摂取する食品について、福島市、伊達市、川俣町産における市場流通作物、及び、平成 28 年度から営農再開を計画している飯舘村、川俣町、及び浪江町で実施している試験圃場から採取された作物を対象としている。すなわち、本評価結果は、一年間に摂取する食品を全てこれらの地域で生産された食品と仮定した場合となる。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考えられる。
- 2) 本評価における各食品カテゴリーの寄与率を表8に示す。農作物の寄与率の合計は約6割程度であり、「その他」の寄与率が約3割を占めている。「その他」の中にはキノコ類、菓子類、

酒類、嗜好飲料、調味料等が含まれる。本推定では、全ての試料の平均値を「その他」の濃度として代表している。しかしながら実際には、酒類、嗜好飲料等のように水分が多く、放射性核種濃度が低い食品が多く、「その他」のカテゴリーの放射性 Cs 濃度の平均値は、推定値よりも低いと考えられる。

- 3) 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。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。
- 4) 畜産物は平成 24 年度の検出下限値を用いている。畜産物の寄与率は約1割程度であるが、実際には本評価よりも低い濃度であり、寄与も低いと考えられる。

これらのことから本推定値は保守的な仮定に基づく過大評価となっていると考えられる。すなわち、摂取する食品について、原材料も含め全て福島県北部地域(海産物については FDNPS の 30km 圏内の海域)から産出されたものとし、かつ、調理加工の効果を無視した場合でも年間被ばく線量は 0.01 mSv 程度であり、実際の被ばく線量は、より低い値であると解すべきである。

##### 2. 海産物のデータを用いた放射性 Cs による内部被ばく線量の試算

「C.結果」において記載したように、海産物摂取に起因する内部被ばく線量の評価結果は年間約 0.002 mSv 程度と評価された(表4参照)。

しかしながらこの評価は、摂取する全ての海産物を FDNPS の 30 km 圏内の海域で採取された魚介類と仮定した場合の評価結果であり、実際には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。

### 3. $^{40}\text{K}$ 濃度を用いた放射性 Cs による内部被ばく線量の試算

表5に示したように、 $^{40}\text{K}$  濃度を用いた放射性 Cs による内部被ばく線量の試算結果は、農畜産物毎のデータを用いた試算結果よりも低い値となったが、マーケットバスケット調査による線量評価結果<sup>6)</sup>法よりも数倍高い値となっている。

D.1に記載した原因のうち、「その他の食品」の寄与に関しては本手法が現実的評価を与えられ、考えられる。しかしながら、 $^{137}\text{Cs}$ /安定 K 比は今回測定された農作物データの平均値を用いているため、一般的に流通している  $^{137}\text{Cs}$  濃度が低い食品(すなわち、 $^{137}\text{Cs}$  /安定 K が低い食品)の摂取は考慮されておらず、市場希釈の効果が含まれないことによると考えられる。

### 4. 安定 Sr 濃度及び安定 Ca 濃度を用いた $^{90}\text{Sr}$ による内部被ばく線量の試算

安定 Sr 濃度及び安定 Ca 濃度を用いた  $^{90}\text{Sr}$  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 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  $^{90}\text{Sr}$  は大気圏核実験由来と考えられる。よって、事故由来の  $^{90}\text{Sr}$  による被ばく線量はこの評価結果よりも十分に低く、事故に起因する放射性セシウムによる被ばく線量と比べても十分に低いと考えられる。

### E. 結論

平成 27 年度に採取された農産物中放射性 Cs 濃度、 $^{90}\text{Sr}$  濃度及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(過去の大気中核実験等のフォールアウトによる  $^{90}\text{Sr}$  の寄与を含める)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。

これらの結果から、事故に起因する年間内部被ばく線量は、 $^{90}\text{Sr}$  の寄与を考慮しても、1 mSv/y を 2 桁下回っており、現行の規準値によって食品中の放射性物質について安全性が十分に確保されていることを確認した。また、事故に起因する  $^{90}\text{Sr}$  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。

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

### 引用文献

- 1) 厚生労働省ホームページ：  
<http://www.mhlw.go.jp/>
- 2) 明石真言：食品中の放射性物質濃度の基準値に対する影響に関する研究 平成 24-26 年度総合研究報告書 (2015)。
- 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) 厚生労働省：平成 25 年国民健康・栄養調査報告 (2015)。
- 5) ICRP: Publication 72(1996)。
- 6) <http://www.mhlw.go.jp/file/04-Houdouhappyou-11134000-Shokuhinanzenu-Kijunshinsaka/20151120.pdf>



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 (Sv/Bq)

放射性核種	5歳	10歳	15歳	成人
Cs-134	1.3E-08	1.4E-08	1.9E-08	1.9E-08
Cs-137	9.6E-09	1.0E-08	1.3E-08	1.3E-08
K-40	2.1E-08	1.3E-08	7.6E-09	6.2E-09
Sr-90	4.7E-08	6.0E-08	8.0E-08	2.8E-08

表2 農畜産物摂取による線量推定結果 (平成27年度採取試料)

	19歳以上[男子] 一日摂取量 (g/day)	19歳以上[女子] 一日摂取量 (g/day)	Cs137平均濃度 (Bq/kg)	19歳以上[男子] 一日摂取量 Bq/day	19歳以上[女子] 一日摂取量 (Bq/day)
穀類	127.5	110.9	0.9	0.11	0.10
コメ	424	292	0.9	0.38	0.26
芋類	60	55.8	1.1	0.07	0.06
葉菜類	142.9	130.2	0.3	0.04	0.04
根菜類	85.2	78.1	1.7	0.14	0.13
豆類	64.3	61.7	2.2	0.14	0.14
果菜類	229.7	243.1	0.9	0.21	0.22
乳製品	30.6	38.9	0.6	0.02	0.02
牛肉	17.7	12.1	0.6	0.01	0.01
豚肉	46.6	36.1	0.6	0.03	0.02
鶏肉	22.1	16.2	0.6	0.01	0.01
鶏卵	39.6	34.5	0.4	0.02	0.01
その他*	623.8	374	1.1	0.69	0.41
牛乳	82.3	87	0.6	0.05	0.05
			Cs137摂取量合計 (Bq/y)	7.0E+02	5.4E+02
			Cs134摂取量合計 (Bq/y)	1.8E+02	1.4E+02
			Cs137線量(mSv/y)	9.1E-03	7.1E-03
			Cs134線量(mSv/y)	3.5E-03	2.7E-03
			線量合計(mSv/y)	1.3E-02	9.8E-03

\*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3 FDNPSの30km圏内の海域で採取された魚介類の  
可食部中Cs-137濃度(平成26年度)

魚種及び部位	試料採取日	試料数	Cs-137濃度(平均値) (Bq/kg生)
ガザミ 可食部	平成26年11月24日	3	0.09
カツオ 可食部	平成26年11月24日	1	0.56
コモンカスベ 可食部	平成26年11月24日	4	6.51
サバ 可食部	平成26年11月28日	7	0.08
コモンカスベ 可食部	平成27年1月29日	6	4.35
アイナメ 可食部	平成27年1月29日	6	2.51
ヒラメ 可食部	平成27年1月29日	2	1.42
マコガレイ 可食部	平成27年1月29日	1	4.46
ババカレイ 可食部	平成27年1月29日	1	13.49
平均値(加重平均)			2.88

表4 FDNPSの30km圏内の海域で採取された魚介類摂取による線量推定結果

	19歳以上[男子]	19歳以上[女子]
海産物一日摂取量(g/day)	111.1	89.9
Cs-137年間摂取量(Bq/y)	1.2E+02	9.5E+01
Cs-134年間摂取量(Bq/y)	3.0E+01	2.5E+01
Cs137線量(mSv/y)	1.5E-03	1.2E-03
Cs134線量(mSv/y)	5.8E-04	4.7E-04
線量合計(mSv/y)	2.1E-03	1.7E-03

表5 放射性Cs及びK-40による年間内部被ばく線量推定値(単位:mSv/y)

		1-6歳	7-14歳	15-19歳	20-29歳	30-39歳	40-49歳	50-59歳	60-69歳	70歳以上
男	カリウム一日摂取量(mg/d)	1.5E+03	2.3E+03	2.2E+03	2.0E+03	2.1E+03	2.1E+03	2.3E+03	2.6E+03	2.7E+03
	Cs-137年間摂取量(Bq/y)	2.8E+02	4.3E+02	4.3E+02	3.8E+02	4.0E+02	4.1E+02	4.4E+02	5.0E+02	5.2E+02
	Cs-134年間摂取量(Bq/y)	7.2E+01	1.1E+02	1.1E+02	9.9E+01	1.1E+02	1.1E+02	1.2E+02	1.3E+02	1.3E+02
	Cs-137年間線量(mSv/y)	2.7E-03	4.3E-03	5.5E-03	5.0E-03	5.3E-03	5.3E-03	5.8E-03	6.5E-03	6.7E-03
	Cs-134年間線量(mSv/y)	9.4E-04	1.6E-03	2.1E-03	1.9E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.2E-03	2.5E-03	2.6E-03
	Cs-(134+137)線量(mSv/y)	3.6E-03	5.9E-03	7.6E-03	6.8E-03	7.3E-03	7.3E-03	8.0E-03	8.9E-03	9.3E-03
	K-40年間摂取量(Bq/y)	1.6E+04	2.5E+04	2.5E+04	2.2E+04	2.4E+04	2.4E+04	2.6E+04	2.9E+04	3.0E+04
	K-40年間線量(mSv/y)	3.4E-01	3.3E-01	1.9E-01	1.4E-01	1.5E-01	1.5E-01	1.6E-01	1.8E-01	1.9E-01
	女	カリウム一日摂取量(mg/d)	1.4E+03	2.0E+03	1.9E+03	1.8E+03	1.9E+03	1.9E+03	2.2E+03	2.5E+03
Cs-137年間摂取量(Bq/y)		2.8E+02	3.9E+02	3.5E+02	3.4E+02	3.6E+02	3.6E+02	4.3E+02	4.8E+02	4.5E+02
Cs-134年間摂取量(Bq/y)		7.2E+01	1.0E+02	9.2E+01	8.8E+01	9.4E+01	9.3E+01	1.1E+02	1.2E+02	1.2E+02
Cs137線量(mSv/y)		2.6E-03	3.9E-03	4.6E-03	4.4E-03	4.7E-03	4.7E-03	5.6E-03	6.2E-03	5.9E-03
Cs134線量(mSv/y)		9.3E-04	1.4E-03	1.7E-03	1.7E-03	1.8E-03	1.8E-03	2.1E-03	2.4E-03	2.2E-03
線量合計(mSv/y)		3.6E-03	5.3E-03	6.3E-03	6.1E-03	6.5E-03	6.4E-03	7.7E-03	8.6E-03	8.1E-03
K-40年間摂取量(Bq/y)		1.6E+04	2.3E+04	2.1E+04	2.0E+04	2.1E+04	2.1E+04	2.5E+04	2.8E+04	2.6E+04
K-40年間線量(mSv/y)		3.4E-01	3.0E-01	1.6E-01	1.2E-01	1.3E-01	1.3E-01	1.5E-01	1.7E-01	1.6E-01

表6 安定Sr濃度及び安定Ca濃度測定値

	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	<sup>40</sup> K	安定Sr	安定Ca
	Bq/kg 生	Bq/kg 生	Bq/kg 生	Bq/kg 生	μg/kg 生	mg/kg 生
キュウリ	0.1 ± 0.0	0.2 ± 0.0	0.014 ± 0.001	56 ± 0	347 ± 2	42 ± 0
カボチャ	0.2 ± 0.1	0.4 ± 0.0	0.030 ± 0.002	155 ± 2	489 ± 2	92 ± 3
ナスビ	ND	0.1 ± 0.0	0.012 ± 0.001	62 ± 1	166 ± 0	44 ± 1
ミニトマト	ND	0.1 ± 0.0	0.0065 ± 0.0005	66 ± 1	104 ± 1	78 ± 0
ナスビ	0.1 ± 0.0	0.5 ± 0.0	0.018 ± 0.002	72 ± 1	424 ± 3	52 ± 0
ジャガイモ	0.2 ± 0.0	0.7 ± 0.0	0.0075 ± 0.0013	140 ± 1	104 ± 2	94 ± 2
ナシ	0.4 ± 0.0	1.4 ± 0.1	0.0019 ± 0.0002	41 ± 1	92 ± 2	51 ± 0
タマネギ	ND	0.1 ± 0.0	0.0095 ± 0.0014	45 ± 1	170 ± 2	64 ± 0
ナガネギ	ND	0.1 ± 0.0	0.055 ± 0.003	74 ± 1	435 ± 3	188 ± 6
ニンジン	ND	0.2 ± 0.0	0.10 ± 0.003	110 ± 1	702 ± 4	186 ± 4
玄米	ND	1.6 ± 0.1	0.0087 ± 0.0013	65 ± 3	189 ± 1	253 ± 1
玄米	ND	0.6 ± 0.1	0.0048 ± 0.0009	63 ± 2	192 ± 1	98 ± 3
パレイショ	ND	0.3 ± 0.0	0.0084 ± 0.0016	116 ± 1	200 ± 3	153 ± 4
サトイモ	ND	0.3 ± 0.0	0.034 ± 0.003	199 ± 1	1120 ± 5	333 ± 6
玄米	ND	0.6 ± 0.1	0.0036 ± 0.0008	69 ± 2	183 ± 1	267 ± 4

表7 Sr-90による年間内部被ばく線量推定値(単位:mSv/y)

		1-6歳	7-14歳	15-19歳	20-29歳	30-39歳	40-49歳	50-59歳	60-69歳	70歳以上
男	カルシウム一日摂取量(mg/d)	4.2E+02	6.7E+02	5.0E+02	4.5E+02	4.5E+02	4.4E+02	4.7E+02	5.5E+02	5.9E+02
	Sr-90年間摂取量(Bq/y)	2.8E+01	4.4E+01	3.3E+01	2.9E+01	3.0E+01	2.9E+01	3.1E+01	3.6E+01	3.9E+01
	Sr-90年間線量(mSv/y)	1.3E-03	2.6E-03	2.6E-03	8.2E-04	8.3E-04	8.1E-04	8.7E-04	1.0E-03	1.1E-03
女	カルシウム一日摂取量(mg/d)	4.1E+02	6.1E+02	4.3E+02	4.1E+02	4.4E+02	4.2E+02	4.9E+02	5.4E+02	5.2E+02
	Sr-90年間摂取量(Bq/y)	2.7E+01	4.0E+01	2.8E+01	2.7E+01	2.9E+01	2.8E+01	3.2E+01	3.5E+01	3.4E+01
	Sr-90年間線量(mSv/y)	1.3E-03	2.4E-03	2.3E-03	7.4E-04	8.1E-04	7.7E-04	9.0E-04	9.9E-04	9.6E-04

表8 農畜産物摂取による線量推定結果(平成27年度採取試料)における  
各食品カテゴリーの寄与率(単位:%)

	19歳以上【男子】	19歳以上【女子】
穀類	6.0	6.7
コメ	19.9	17.6
芋類	3.4	4.1
葉菜類	2.2	2.6
根菜類	7.5	8.9
豆類	7.4	9.1
果菜類	10.8	14.7
乳製品	1.0	1.6
牛肉	0.6	0.5
豚肉	1.5	1.5
鶏肉	0.7	0.7
鶏卵	0.8	0.9
その他	35.7	27.6
牛乳	2.6	3.5

# 厚生労働科学研究費補助金

## (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

研究代表者 明石 真言 放射線医学総合研究所

分担研究者 青野 辰雄 放射線医学総合研究所

#### 研究要旨

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として、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、国際機関や諸外国等における食品中の放射性物質の規制値や基準値について、その設定の背景や算出方法等について調査し、根拠法令や報告書などの関連資料を整理し、資料を作成した。

#### A. 研究目的

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として、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

国際機関や諸外国等における食品中の放射性物質の規制値や基準値について、放射性物質の規制値や基準値に関する基礎的な資料を作成するため、規制値や基準値設定の背景や算出方法等について文献調査を行った。

#### C. 研究成果

国際機関における食品中の放射性物質の規制値や基準値、欧州連合(EU)、アメリカ合衆国、カナダ、チェルノブイリ事故後のソビエト社会主義共和国連邦、東欧およびアジア諸国における食品中の放射性物質の規制値や基準値について、その設定の背景や算出方法等について調査し、根拠法令や報告書などの関連資料を整理し、資料「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の考え方」を作成した。総括したものを表1及び2にまとめた。

#### D. 考察

国際機関や各国の規制値や基準値については、食品基準産出の考え方、

レベルの計算方法や前提としている内部被ばく基準が異なるものであった。飲食物中の放射性物質が健康に及ぼす濃度を示すものでなく、緊急事態における介入線量レベルとして飲食物摂取制限措置の目安となるように設定されていた。

#### E. 結論

国際機関や各国の規制値や基準値について、その根拠や計算方法につ

いて情報の収集と整理を行い、資料集「食品中の放射性物質の規制値や基準値について」を作成した。

#### G. 研究業績

なし

#### H. 知的財産の出願・登録情報

なし

	規制値、基準値		食品の基準算出の考え方				備考	計算式	前提としている内部被ばく基準など									
	名称	数値 (Bq/kg)	食品区分	食品摂取量	輸入比率汚染係数	年別区分			対象核種	名称	数値							
ICRP	1種類の食品に対する介入レベル(回帰線量の最適化)の予想範囲	2007年 (ICRP Publication 103, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection) <table border="1"> <tr> <td>食品</td> <td><math>\alpha</math>放出体</td> <td><math>\beta/\gamma</math>放出体</td> </tr> <tr> <td></td> <td>10-100</td> <td>10000-100000</td> </tr> </table>	食品	$\alpha$ 放出体	$\beta/\gamma$ 放出体		10-100	10000-100000	-	-	-	-	$L = \beta / (c\alpha)$ あるいは $\delta M\beta = \delta MLc\alpha$ $B = M\alpha c\alpha - (M\beta + d)$ L: 単位質量あたりの放射能濃度で表される、特定の食品品に關して摂取された介入レベル B: 正味の便益 M: その対象に關して回収された食品の質量 A: 回収された食品中の平均放射能濃度 c: 放射能摂取量から集団有効線量への換算係数 $\beta$ : 単位質量の食品品を一回、代償する費用 d: 回収する食品の質量に關係なくかかる固定経費 $\alpha$ : 単位集団線量の価値 回収を行う期間は、MIに含まれる。 ※介入レベルは、便益が正となるように設定する	介入レベル(食品)	10mSv/年 20-100mSv/年			
食品	$\alpha$ 放出体	$\beta/\gamma$ 放出体																
	10-100	10000-100000																
IAEA (介入レベル)	食品に対する事故後のOL6(作業介入レベル)	2011年 (IAEA Safety Standards: Criteria for Use in Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency General Safety Guide, No. GSG-2) <table border="1"> <tr> <td>食品</td> <td>I-131</td> <td>Sr-90</td> <td>Cs-134</td> <td>Cs-137</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3000</td> <td>200</td> <td>1000</td> <td>2000</td> </tr> </table>	食品	I-131	Sr-90	Cs-134	Cs-137		3000	200	1000	2000	-	-	-	OL6は、あらゆる人の実効線量を年間10mSv未満とするように摂取制限を行うための基準値。 ・すべての食品、ミルクおよび飲料水は直ちに汚染され、年間を通じ摂取される。 ・もっとも厳しい年輪依存性線量制限係数および摂取量(可能な限り均等に對するもの)を使用する。 記載無し	年間実効線量	10mSv/年 緊急被ばく状況における規制値は100mSv。 ※汚染域から移住しなかつた人々が、食品摂取を含めた総線量として確率に被ばく(規制)を被らないようにするため、合理的判断基準として年10mSvを使用。
食品	I-131	Sr-90	Cs-134	Cs-137														
	3000	200	1000	2000														
IAEA (一般アクションレベル)	-	-	-	-	-	-	記載無し 現存被ばく状況下における、日用品から1年間に関する参考レベルは、それそれ年間実効線量として、おおよそ、1mSvを越えないように設定。日用品には食品のほかに、建材水のほか、含まれるため、持続的な内部被ばく基準ではない。	年間実効線量(日用品全体からの被ばく)	1mSv/年									

表 1 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の考え方(総括)(1)



WHC (事故後)	規制値、基準値		食品の基準算出の考え方				計算式	前提としている内部被ばく基準																			
	名称	数値 (Bq/kg)	食品区分	食品摂取量	輸入比率 劣化係数	年齢区分		対象核種	備考	名称	数値																
WHC (事故後) 導出介入基準 のガイダンス レベル	1988年 (World Health Organization, DERIVED INTERVENTION LEVELS FOR RADIONUCLIDES IN FOOD)	<table border="1"> <tr> <th>シリアル</th> <th>野菜</th> <th>果物</th> <th>肉類</th> <th>ミルク</th> <th>魚介類</th> <th>飲料水</th> </tr> <tr> <td>35</td> <td>50</td> <td>80</td> <td>70</td> <td>100</td> <td>45</td> <td>7</td> </tr> </table> <p>※対象核種は、線量変換係数で2群に分けて設定 線量係数(10<sup>-5</sup>Sv/Bq):ヨウ素-131、セシウム-134、セシウム-137、ストロンチウム-90</p> <p>乳幼児用ミルクに関しては別にガイダンス値を定める。</p> <table border="1"> <tr> <th>乳幼児用ミルク</th> <th>飲料水</th> </tr> <tr> <td>160</td> <td>10</td> </tr> </table>	シリアル	野菜	果物	肉類	ミルク	魚介類	飲料水	35	50	80	70	100	45	7	乳幼児用ミルク	飲料水	160	10	<p>食品区分: 年間20kg以上摂取する食品をシリアル、イモ類、野菜、魚介類、肉類、果物、乳幼児のミルクの7群に分ける。</p> <p>食品摂取量: 食品摂取量は、FAOによる年間総摂取量550kg(水を除く)を運用。東ヨーロッパ、地中海、アフリカ、中央アジア、東アジア、東南アジア、北アメリカ、南アメリカの8タイプに分けて使用。</p>	-	<p>年齢区分: 線量係数は、1歳、10歳および成人の3群に対して、それぞれ、その年の年齢係数および年別別食品摂取量に基づき算出。</p>	<p>対象核種: 食品中の重要な放射性核種としてストロンチウム-90、ヨウ素-131、セシウム-134、セシウム-137、ストロンチウム-239</p>	<p>備考: 事故の際、数種の放射性核種が放出され、1種あるいは複数の放射性核種により、多くの食品が汚染された場合、各国当局は線量の加算を考慮して、5mSvを超過しないよう、特定の状況に応じた介入レベルを算出する。</p>	<p>計算式: ●各食品群(ヨウ素-131)が、一種の放射性核種で汚染された場合: <math>DIL = \frac{RLD}{m}</math> DIL: 導出介入レベル RLD: 介入レベル線量(Sv/year)(5mSv) m: 摂取量(kg/year) D: 線量係数(Sv/Bq) ●1種あるいは複数の放射性核種により多くの食品が汚染された場合: <math>\sum_i \frac{C_i(f)}{DIL(i,f)} \leq 1</math> C<sub>i</sub>(f): 食品 i 中のアイソトープ(同位体)の濃度 DIL<sub>i</sub>(f): 食品 i 中のアイソトープ(同位体)の導出介入レベル</p>	<p>名称: 葉の線量当量</p> <p>数値: 5mSv/年 放射性ヨウ素については、甲状腺に対する相対線量当量、ストロンチウム-90、セシウム-134、セシウム-137、ストロンチウム-239については、骨髄線量当量当量を用いた。</p>
シリアル	野菜	果物	肉類	ミルク	魚介類	飲料水																					
35	50	80	70	100	45	7																					
乳幼児用ミルク	飲料水																										
160	10																										
WHC (平常時)	ガイダンスレベル	<table border="1"> <tr> <th>飲料水</th> <th>10 Bq/L</th> <th>10 Bq/L</th> <th>10 Bq/L</th> <th>10 Bq/L</th> <th>10 Bq/L</th> <th>10 Bq/L</th> </tr> </table>	飲料水	10 Bq/L	10 Bq/L	10 Bq/L	10 Bq/L	10 Bq/L	10 Bq/L	<p>食品区分: 飲料水</p> <p>食品摂取量: 成人の年間摂取量として700Lを使用。</p>	-	-	-	<p>備考: 飲料水の種類は、20種以上の放射性核種を線量係数で考慮して4群に分ける。</p>	<p>計算式: <math>GL = \frac{IDC}{h_{ing} \times q}</math> GL: 飲料水中の放射性核種のガイダンスレベル(Bq/L) IDC: 個人線量基準、この計算では0.1 mSv/年 h<sub>ing</sub>: 成人による摂取の線量係数(mSv/Bq) q: 飲料水の年間摂取量、730 L/年と仮定(標準的な世界保健機関の飲料水摂取量である2L/日に相当)</p>	<p>名称: 個人線量基準</p> <p>数値: 0.1mSv/年</p>											
飲料水	10 Bq/L	10 Bq/L	10 Bq/L	10 Bq/L	10 Bq/L	10 Bq/L																					
CODEX (平常時)	ガイダンスレベル	<table border="1"> <tr> <th>飲料水</th> <th>10 Bq/L</th> <th>10 Bq/L</th> <th>10 Bq/L</th> <th>10 Bq/L</th> <th>10 Bq/L</th> <th>10 Bq/L</th> </tr> </table>	飲料水	10 Bq/L	10 Bq/L	10 Bq/L	10 Bq/L	10 Bq/L	10 Bq/L	<p>食品区分: 飲料水</p> <p>食品摂取量: 成人の年間摂取量として700Lを使用。</p>	-	-	-	<p>備考: 飲料水の種類は、20種以上の放射性核種を線量係数で考慮して4群に分ける。</p>	<p>計算式: <math>GL = \frac{IED}{M \times ipf \times e_{ing}}</math> GL: 飲料水中の放射性核種のガイダンスレベル(Bq/L) IED: 個人線量基準、この計算では0.1 mSv/年 M: 成人による摂取の線量係数(mSv/Bq) ipf: 飲料水の年間摂取量、730 L/年と仮定(標準的な世界保健機関の飲料水摂取量である2L/日に相当) e<sub>ing</sub>: 線量係数(mSv/Bq)</p>	<p>名称: 個人線量基準</p> <p>数値: 1mSv/年</p>											
飲料水	10 Bq/L	10 Bq/L	10 Bq/L	10 Bq/L	10 Bq/L	10 Bq/L																					

表 1 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の考え方(総括)(2)

名称	規制値、基準値		食品の基準算出の考え方			前置として、内部摂取基準など																								
	名称	数値	年区分	対象核種	備考	計算式	名称	数値																						
欧州連合 (EU)	最大許容量 (maximum permitted levels) = CFIL	2016年 (EU COMMISSION REGULATION (Euratom) 2016/52 Official Journal of the European Union(2016年1月20日)) <table border="1"> <tr> <td>放射線スロニウム (主として Sr-90)</td> <td>75</td> <td>150</td> <td>1</td> <td>400</td> </tr> <tr> <td>放射線セシウム (主として Cs-134+Cs-137+Am-241)</td> <td>7500</td> <td>20000</td> <td>800</td> <td>12500</td> </tr> <tr> <td>その他の食品 (マイナー食品を除く)</td> <td>750</td> <td>2000</td> <td>80</td> <td>1250</td> </tr> <tr> <td>液体食品</td> <td>125</td> <td>500</td> <td>20</td> <td>1000</td> </tr> </table>	放射線スロニウム (主として Sr-90)	75	150	1	400	放射線セシウム (主として Cs-134+Cs-137+Am-241)	7500	20000	800	12500	その他の食品 (マイナー食品を除く)	750	2000	80	1250	液体食品	125	500	20	1000	5カテゴリー (乳幼児用食品、乳製品、マイナー食品、その他の食品、液体食品) に区分	食品摂取量 各食品群の摂取量はそれぞれ加算されるため、ELRレポートに記載された高摂取量および低摂取量を採用	輸入比率汚染係数 基本は0.1とする。ただし特殊な状況の場合、ELRレポートに記載されていない。 (乳幼児用食品: 0.01) 乳幼児用食品: 0.5、飲料水及び液体食品: 0.01	年区分 -	対象核種 4カテゴリーに区分 ①放射線ストロンチウム、②放射線セシウム、③の肺臓放射線性、④プルトニウム、⑤およびトランサム、⑥半減期が10日以上である放射線性核種。	-	$CFIL = \frac{E}{f \times D \times I \times C}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>CFIL (Council Food Intervention limit): 放射性核種群および食品に関する放射線限界汚染度 (activity concentration limit)</li> <li>E: 1年間に汚染食品摂取による概算摂取量と個人の放射線量</li> <li>f: 実際の食品摂取量のうち、放射線限界汚染度 (activity concentration limit) のうち、年間平均でのどのくらいの割合で汚染されているかを表す係数。基本は0.1とする。ただし特殊な状況の場合はこの限りではない。(乳幼児用食品: 0.5、飲料水及び液体食品: 0.01)</li> <li>D: 線量係数 (Sv/Bq)</li> <li>I: 当該食品の1年間の摂取量 (kg)</li> <li>C: その他の食べ物 other foods のカテゴリーにおける加工性: 加工性 &gt; を受入んと修正する。総摂取量以上の半減期を有する放射性核種については、放射線指数 H-31 のような半減期が短いものは短く、長いものに関しては1とする。</li> </ul>	実効線量 1mSv/年
放射線スロニウム (主として Sr-90)	75	150	1	400																										
放射線セシウム (主として Cs-134+Cs-137+Am-241)	7500	20000	800	12500																										
その他の食品 (マイナー食品を除く)	750	2000	80	1250																										
液体食品	125	500	20	1000																										
アメリカ合衆国	導出介入レベル (DIL: Derived Intervention Levels)	1998年 (ACCIDENTAL RADIOACTIVE CONTAMINATION OF HUMAN FOOD AND ANIMAL FEEDS: RECOMMENDATIONS FOR STATE AND LOCAL AGENCIES) <table border="1"> <tr> <td>H-31</td> <td>Sr-90</td> <td>Cs-134+Cs-137</td> <td>Plu-238+Pu-239+Am-241</td> <td>Hu-103+Hu-106</td> </tr> <tr> <td>食品</td> <td>170</td> <td>160</td> <td>1200</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>(d) ルテニウム 103 およびルテニウム 106 に対する値</td> <td>106</td> <td>106</td> <td>106</td> <td>106</td> </tr> </table>	H-31	Sr-90	Cs-134+Cs-137	Plu-238+Pu-239+Am-241	Hu-103+Hu-106	食品	170	160	1200	2	(d) ルテニウム 103 およびルテニウム 106 に対する値	106	106	106	106	DIL は、食品群ごとではない年齢群における放射線摂取量 (飲料水を含む) をもとに算出。	食品摂取量 は、1994年 EPA レポート (年別および性別別の平均摂取量) のデータを参照し、1977-1978年全米食品消費調査に基づき、	汚染係数 30%と仮定し、乳幼児用食品における H-31 に対する DIL は 1.0 (100%) とする。汚染係数は通常、汚染率は10%とされている。米国産食品供給に依存する国民の存在を考慮し、3%の汚染係数を採用。	DIL は、放射線核種の種類は、その共通特性に基づき5群に分類 Sr-90, Cs-134+Cs-137, Ru-108+Ru-106, Pu-238+Pu-239+Am-241	-	$DILs (Bq/kg) = \frac{PAG (mSv)}{f \times FI (kg) \times DC (mSv/Bq)}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>PAG: 防護措置基準: 許容放射線量と等価として 5mSv</li> <li>DC: 線量係数: 単位当りの摂取放射性核種から受ける放射線量</li> <li>f: 汚染されたと推定する食品摂取量割合</li> <li>FI: 食品摂取量: ある期間における食品の消費量</li> </ul>	以下のうち、より制限の厳しい基準値となる方法として 50mSv/年 - 個人の組織あるいは器官に相当して許容線量として 50mSv それそれ、以下が最も厳しい制限の PAG であった。 Cs-134+Cs-137 群: Ru-103+Ru-106 群: 許容線量 5mSv。 Sr-90 群: H-31 群: Pu-238+Pu-239+Am-241 群: 単一の特定の組織に対する器官に相当する許容線量として 50mSv。						
H-31	Sr-90	Cs-134+Cs-137	Plu-238+Pu-239+Am-241	Hu-103+Hu-106																										
食品	170	160	1200	2																										
(d) ルテニウム 103 およびルテニウム 106 に対する値	106	106	106	106																										

表 2 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の考え方 (総括) (1)

カナダ	規制値、基準値		食品の基準算出の考え方				計算式	前提としている内部被曝係数など																																																		
	名称	数値 (Bq/kg)	食品区分	食品摂取量	年齢区分	対象核種		備考	名称	数値																																																
推奨アカウン トレベル	2000年 (Canadian Guidelines for the Restriction of Radioactively Contaminated Food and Water Following a Nuclear Emergency)	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>Sr-89</td> <td>Sr-90</td> <td>Ru-108</td> <td>Ru-106</td> <td>I-131</td> <td>Cs-134</td> <td>Cs-137</td> <td>Am-241</td> </tr> <tr> <td>生乳</td> <td>300</td> <td>30</td> <td>1000</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>300</td> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>一般食 品・飲料</td> <td>1000</td> <td>100</td> <td>1000</td> <td>300</td> <td>1000</td> <td>1000</td> <td>10</td> <td></td> </tr> <tr> <td>飲料水</td> <td>300</td> <td>30</td> <td>1000</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>1</td> <td></td> </tr> </table>		Sr-89	Sr-90	Ru-108	Ru-106	I-131	Cs-134	Cs-137	Am-241	生乳	300	30	1000	100	100	300	1		一般食 品・飲料	1000	100	1000	300	1000	1000	10		飲料水	300	30	1000	100	100	100	1		食品を3群 (①生乳、②一般食品と飲料、③飲料水) に分けて設定。	カナダ人の平均摂取量 (食品区分毎) 毎年齢層の年間3ヶ月見、10歳、15歳、成人別の摂取量) を適用。	輸入比率汚染係数 一般食品と飲料汚染係数0.5、生乳および飲料水汚染係数1。	-	核種ごとに設定。	-	$AI_{i,j,k} = \frac{IL}{M_{j,k} \times DC_{i,k} \times f_j}$ <p> <math>AI_{i,j,k}</math>: 食品群 j および年齢群 k における放射性核種 i のアカウンレベル (Sv)  <math>IL</math>: 許入レベル (Sv)  <math>M_{j,k}</math>: 評価期間を通じて年齢群 k により摂取される食品群 j の食品摂取量 (Sv/Bq)  <math>DC_{i,k}</math>: 年齢群 k の放射性核種 i の質量係数 (Sv/Bq) が汚染係数 (食品群 j) に対する汚染係数) </p>	緊急介入レベル 3つの食品グループについて、各1mSv/年												
	Sr-89	Sr-90	Ru-108	Ru-106	I-131	Cs-134	Cs-137	Am-241																																																		
生乳	300	30	1000	100	100	300	1																																																			
一般食 品・飲料	1000	100	1000	300	1000	1000	10																																																			
飲料水	300	30	1000	100	100	100	1																																																			
最大許容量 (年間時)	2010年 (Guidelines for Canadian Drinking Water Quality: Guideline Technical Document – Radiological Parameters)	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>H-3</td> <td>Sr-90</td> <td>I-131</td> <td>Cs-137</td> </tr> <tr> <td>飲料水</td> <td>7000</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>10</td> </tr> </table>		H-3	Sr-90	I-131	Cs-137	飲料水	7000	5	6	10	飲料水	1日の飲用量: 2L (730L/年)	-	-	-	$MAC (Bq/L) = 0.1 (mSv/年) \div 730 (L/年) \times DC (Sv/Bq) \times 1000 (mSv/Sv)$ <p>DC: 質量係数 (Sv/Bq)</p>	飲料水について 0.1mSv/年																																							
	H-3	Sr-90	I-131	Cs-137																																																						
飲料水	7000	5	6	10																																																						
シビエト連邦	暫定許容値 (MAC) Temporarily Permissible Levels of Radionuclide Concentration in foodstuffs	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>1986年 (4104-88)</td> <td>1986年 (1-29-252)</td> <td>1986年 (TPL-88)</td> <td>1981年 (TPL-91)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>I-131</td> <td>ベータ放射</td> <td>Cs-134</td> <td>Cs-137</td> </tr> <tr> <td>飲料水</td> <td>3700</td> <td>370</td> <td>185</td> <td>185</td> </tr> <tr> <td>ミルク</td> <td>370</td> <td>370</td> <td>370</td> <td>370</td> </tr> <tr> <td>酪農製品</td> <td>-3700</td> <td>370</td> <td>370</td> <td>370</td> </tr> <tr> <td>肉・肉製品</td> <td>-74000</td> <td>-18500</td> <td>-1850</td> <td>-185</td> </tr> <tr> <td>魚</td> <td>-</td> <td>3700</td> <td>1850</td> <td>740</td> </tr> <tr> <td>野菜・果物、ジャガイモ、根菜類</td> <td>-</td> <td>37000</td> <td>1850</td> <td>740</td> </tr> <tr> <td>小麦粉、シリア</td> <td>-</td> <td>3700</td> <td>740</td> <td>600</td> </tr> <tr> <td>ル</td> <td>-</td> <td>370</td> <td>370</td> <td>370</td> </tr> </table>		1986年 (4104-88)	1986年 (1-29-252)	1986年 (TPL-88)	1981年 (TPL-91)		I-131	ベータ放射	Cs-134	Cs-137	飲料水	3700	370	185	185	ミルク	370	370	370	370	酪農製品	-3700	370	370	370	肉・肉製品	-74000	-18500	-1850	-185	魚	-	3700	1850	740	野菜・果物、ジャガイモ、根菜類	-	37000	1850	740	小麦粉、シリア	-	3700	740	600	ル	-	370	370	370	食品8群+飲料水	-	Cs-134 Cs-137 Sr-90	英語文書には情報なし。 情報が記載されている可能性があるロシア語文書あり。	$AI_{i,j,k} = \frac{IL}{M_{j,k} \times DC_{i,k} \times f_j}$ <p> <math>AI_{i,j,k}</math>: 食品群 j および年齢群 k における放射性核種 i のアカウンレベル (Sv)  <math>IL</math>: 許入レベル (Sv)  <math>M_{j,k}</math>: 評価期間を通じて年齢群 k により摂取される食品群 j の食品摂取量 (Sv/Bq)  <math>DC_{i,k}</math>: 年齢群 k の放射性核種 i の質量係数 (Sv/Bq) が汚染係数 (食品群 j) に対する汚染係数) </p>	食品の全量が基準値より高い放射性物質を含んでいた場合の内臓部は、各1mSv/年 (TPL-91) 8mSv/年 (TPL-88) 50mSv/年 (TPL-86)
	1986年 (4104-88)	1986年 (1-29-252)	1986年 (TPL-88)	1981年 (TPL-91)																																																						
	I-131	ベータ放射	Cs-134	Cs-137																																																						
飲料水	3700	370	185	185																																																						
ミルク	370	370	370	370																																																						
酪農製品	-3700	370	370	370																																																						
肉・肉製品	-74000	-18500	-1850	-185																																																						
魚	-	3700	1850	740																																																						
野菜・果物、ジャガイモ、根菜類	-	37000	1850	740																																																						
小麦粉、シリア	-	3700	740	600																																																						
ル	-	370	370	370																																																						

表 2 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の考え方 (総括) (2)

ロシア連邦	規制値、基準値		食品の基準算出の考え方					計算式		前提としている内部曝ばく基																						
	名称	数値 (Bq/kg)	食品区分	食品摂取量	輸入比率汚染係数	年齢区分	対象校種	備考	計算式	名称	数値																					
ロシア連邦	許含有量	2001年(ロシア保健省(現ロシア保健・社会開発省)、衛生規則 SanPiN 3.21.1078-01)	食品 15 群	-	-	-	Cs-137 Sr-90	英語文書には詳細情報なし。 情報が記載されている可能性のあるロシア語文書あり。	英語文書には情報なし。 情報が記載されている可能性のあるウクライナ語文書あり。	平均実効 総量 あるいは 生涯実効 総量(70 歳にいた るまで)	1mSv/年  70mSv																					
		肉(すべての種類の産業動物及び野生動物の体のもの) 骨(すべての種類のもの) 家禽の肉(生加工品を含む) 卵及び液卵(全液卵、卵黄、卵白、卵黄) 牛乳 魚 食用穀物(小麦、ライ麦、ライ小麦、エン麦、大麦、キビ、米、トウモロコシ、ソルガムを含む) 豆類(エンドウ豆、インゲン豆、緑豆、ヒヨコ豆、レンズ豆など) パン類 餅類 菓料類、野菜、瓜類 果実、ベリー、ブドウ 野生のベリー 油種子 パター	Cs-137 Sr-90 160 50 (骨を除く) 160 200 180 80 50 100 25 130 100 70 40 50 60 40 20 100 80 120 40 40 30 60 70 90 200 60	51の食品区分について、それぞれに設定された(51区分は大まかに分けられ、それぞれに設定された品群にわけられている)	-	-	-	Cs-137 Sr-90	英語文書には詳細情報なし。 情報が記載されている可能性のあるウクライナ語文書あり。	英語文書には情報なし。 情報が記載されている可能性のあるウクライナ語文書あり。	実効総量 生涯実効 総量	1mSv/年  70mSv																				
ウクライナ	一時許容限度 Provisionally permissible limits	2006年(Permissible levels of 137Cs and 90Sr in food and drinking water). 51の食品区分について、Cs-137とSr-90の permissible limit が設定されている。以下は代表的食品区分を抜粋して記載。 <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Cs-137</th> <th>Sr-90</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>生乳</td><td>100</td><td>20</td></tr> <tr><td>穀物</td><td>50</td><td>20</td></tr> <tr><td>バター</td><td>200</td><td>40</td></tr> <tr><td>畜肉</td><td>200</td><td>20</td></tr> <tr><td>卵</td><td>100</td><td>30</td></tr> <tr><td>ジャガイモ</td><td>60</td><td>20</td></tr> </tbody> </table>		Cs-137	Sr-90	生乳	100	20	穀物	50	20	バター	200	40	畜肉	200	20	卵	100	30	ジャガイモ	60	20	51の食品区分について、それぞれに設定された(51区分は大まかに分けられ、それぞれに設定された品群にわけられている)	-	-	-	Cs-137 Sr-90	英語文書には情報なし。 情報が記載されている可能性のあるウクライナ語文書あり。	英語文書には情報なし。 情報が記載されている可能性のあるウクライナ語文書あり。	実効総量 生涯実効 総量	1mSv/年  70mSv
	Cs-137	Sr-90																														
生乳	100	20																														
穀物	50	20																														
バター	200	40																														
畜肉	200	20																														
卵	100	30																														
ジャガイモ	60	20																														

表 2 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の考え方(総括)(3)

ベラルーシ	規制値、基準値		食品の基準算出の考え方				計算式	前提としている内部線はく基準など																																																																																										
	名称	数値 (Bq/кг)	食品区分	食品摂取量	輸入比率 汚染係数	年毎区分		対象核種	備考	名称	数値																																																																																							
食品中の含有 量基準	1999年(食品及び飲用水に係る放射性核種セシウム137及びストロンチウム90の共和国許容水準(PDV-99))	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Cs-137</th> <th>Sr-90</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>飲用水</td> <td>10</td> <td>0.37</td> </tr> <tr> <td>牛乳、全乳製品</td> <td>100</td> <td>3.7</td> </tr> <tr> <td>練乳</td> <td>200</td> <td></td> </tr> <tr> <td>カッテージチーズ、同製品</td> <td>50</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ナチュラルチーズ、プロセスチーズ</td> <td>50</td> <td></td> </tr> <tr> <td>バター</td> <td>100</td> <td></td> </tr> <tr> <td>肉・肉製品のうち、牛肉、羊肉およびそれらの製品</td> <td>500</td> <td></td> </tr> <tr> <td>肉・肉製品のうち、豚肉、家禽肉およびそれらの製品</td> <td>180</td> <td></td> </tr> <tr> <td>魚介類</td> <td>80</td> <td>3.7</td> </tr> <tr> <td>パン類</td> <td>40</td> <td>3.7</td> </tr> <tr> <td>(穀物の粉・塊状物)、砂糖</td> <td>60</td> <td></td> </tr> <tr> <td>植物油類</td> <td>40</td> <td></td> </tr> <tr> <td>動物油脂</td> <td>100</td> <td></td> </tr> <tr> <td>野菜、根菜</td> <td>100</td> <td></td> </tr> <tr> <td>果実</td> <td>40</td> <td></td> </tr> <tr> <td>乾燥ベリー</td> <td>70</td> <td></td> </tr> <tr> <td>野菜、果実、栽培ベリーの缶詰等</td> <td>74</td> <td></td> </tr> <tr> <td>野生ベリー、同缶詰</td> <td>185</td> <td></td> </tr> <tr> <td>生鮮キノコ</td> <td>370</td> <td></td> </tr> <tr> <td>乾燥キノコ</td> <td>2500</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ベビーフード</td> <td>37</td> <td>1.95</td> </tr> <tr> <td>その他の食品</td> <td>370</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Cs-137	Sr-90	飲用水	10	0.37	牛乳、全乳製品	100	3.7	練乳	200		カッテージチーズ、同製品	50		ナチュラルチーズ、プロセスチーズ	50		バター	100		肉・肉製品のうち、牛肉、羊肉およびそれらの製品	500		肉・肉製品のうち、豚肉、家禽肉およびそれらの製品	180		魚介類	80	3.7	パン類	40	3.7	(穀物の粉・塊状物)、砂糖	60		植物油類	40		動物油脂	100		野菜、根菜	100		果実	40		乾燥ベリー	70		野菜、果実、栽培ベリーの缶詰等	74		野生ベリー、同缶詰	185		生鮮キノコ	370		乾燥キノコ	2500		ベビーフード	37	1.95	その他の食品	370		Cs-137について、食品21群+飲料水。 Sr-90については、食品4群+飲料水	-	-	-	-	Cs-137 Sr-90	-	(輸入原料は、見当たらなかった)	1 mSv/年																		
	Cs-137	Sr-90																																																																																																
飲用水	10	0.37																																																																																																
牛乳、全乳製品	100	3.7																																																																																																
練乳	200																																																																																																	
カッテージチーズ、同製品	50																																																																																																	
ナチュラルチーズ、プロセスチーズ	50																																																																																																	
バター	100																																																																																																	
肉・肉製品のうち、牛肉、羊肉およびそれらの製品	500																																																																																																	
肉・肉製品のうち、豚肉、家禽肉およびそれらの製品	180																																																																																																	
魚介類	80	3.7																																																																																																
パン類	40	3.7																																																																																																
(穀物の粉・塊状物)、砂糖	60																																																																																																	
植物油類	40																																																																																																	
動物油脂	100																																																																																																	
野菜、根菜	100																																																																																																	
果実	40																																																																																																	
乾燥ベリー	70																																																																																																	
野菜、果実、栽培ベリーの缶詰等	74																																																																																																	
野生ベリー、同缶詰	185																																																																																																	
生鮮キノコ	370																																																																																																	
乾燥キノコ	2500																																																																																																	
ベビーフード	37	1.95																																																																																																
その他の食品	370																																																																																																	
シンガポール共和国	WHO Drinking Water Guidelines および CODEX guidelines に基づく。		-	-	-	-	-	-	WHO Drinking Water Guidelines および CODEX guidelines に基づく。	実効線量 1 mSv/年																																																																																								
中国(通常規制)	1994年版(中華人民共和国国家標準 食品中の放射性物質制限濃度標準 GB-14882-94)。 <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>H-3</th> <th>Sr-89</th> <th>Sr-90</th> <th>I-131</th> <th>Cs-137</th> <th>Pm-147</th> <th>Pu-239</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>総平均</td> <td>210,000</td> <td>1,200</td> <td>96</td> <td>190</td> <td>260</td> <td>10,000</td> <td>3.4</td> </tr> <tr> <td>住宅地</td> <td>72,000</td> <td>540</td> <td>33</td> <td>89</td> <td>90</td> <td>3,700</td> <td>1.2</td> </tr> <tr> <td>野菜・果物</td> <td>170,000</td> <td>970</td> <td>77</td> <td>180</td> <td>210</td> <td>8,200</td> <td>2.7</td> </tr> <tr> <td>肉・魚・甲殻類</td> <td>650,000</td> <td>2,900</td> <td>290</td> <td>470</td> <td>800</td> <td>24,000</td> <td>10.0</td> </tr> <tr> <td>生乳</td> <td>88,000</td> <td>240</td> <td>40</td> <td>33</td> <td>390</td> <td>2,200</td> <td>2.6</td> </tr> </tbody> </table> 現在 GB-14882-201x に改訂中(トランプ案)		H-3	Sr-89	Sr-90	I-131	Cs-137	Pm-147	Pu-239	総平均	210,000	1,200	96	190	260	10,000	3.4	住宅地	72,000	540	33	89	90	3,700	1.2	野菜・果物	170,000	970	77	180	210	8,200	2.7	肉・魚・甲殻類	650,000	2,900	290	470	800	24,000	10.0	生乳	88,000	240	40	33	390	2,200	2.6	食品は5群。総平均、生乳、野菜・果物、肉・魚・甲殻類、生乳	-	-	-	7核種について核種ごとに規制。	-	$L_c = \frac{ALI}{365 \times I_d}$ <p> <math>L_c</math>: 制限濃度  <math>ALI</math>: 年間摂取制限値(下表、年間制限摂取量)  <math>I_d</math>: 中国における最も多く引用する人の平均食用量、kg/d。 </p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">放射性核種</th> <th colspan="2">年間制限摂取量(3q)</th> </tr> <tr> <th>成人</th> <th>乳児</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H-3</td> <td>62,000,000</td> <td>65,000,000</td> </tr> <tr> <td>Sr-89</td> <td>460,000</td> <td>190,000</td> </tr> <tr> <td>Sr-90</td> <td>23,000</td> <td>23,000</td> </tr> <tr> <td>I-131</td> <td>77,000</td> <td>31,000</td> </tr> <tr> <td>Cs-137</td> <td>77,000</td> <td>100,000</td> </tr> <tr> <td>Pm-147</td> <td>3,200,000</td> <td>1,600,000</td> </tr> <tr> <td>Pu-210</td> <td>2,200</td> <td>1,000</td> </tr> <tr> <td>Pu-238</td> <td>4,000</td> <td>2,500</td> </tr> <tr> <td>Pu-239</td> <td>2,000</td> <td>2,100</td> </tr> <tr> <td>天然のウラン</td> <td>347 mg</td> <td>397 mg</td> </tr> <tr> <td>天然のトリウム</td> <td>551 mg</td> <td>358 mg</td> </tr> <tr> <td>Pu-239</td> <td>1,000</td> <td>1,000</td> </tr> </tbody> </table>	放射性核種	年間制限摂取量(3q)		成人	乳児	H-3	62,000,000	65,000,000	Sr-89	460,000	190,000	Sr-90	23,000	23,000	I-131	77,000	31,000	Cs-137	77,000	100,000	Pm-147	3,200,000	1,600,000	Pu-210	2,200	1,000	Pu-238	4,000	2,500	Pu-239	2,000	2,100	天然のウラン	347 mg	397 mg	天然のトリウム	551 mg	358 mg	Pu-239	1,000	1,000	1 mSv/年
	H-3	Sr-89	Sr-90	I-131	Cs-137	Pm-147	Pu-239																																																																																											
総平均	210,000	1,200	96	190	260	10,000	3.4																																																																																											
住宅地	72,000	540	33	89	90	3,700	1.2																																																																																											
野菜・果物	170,000	970	77	180	210	8,200	2.7																																																																																											
肉・魚・甲殻類	650,000	2,900	290	470	800	24,000	10.0																																																																																											
生乳	88,000	240	40	33	390	2,200	2.6																																																																																											
放射性核種	年間制限摂取量(3q)																																																																																																	
	成人	乳児																																																																																																
H-3	62,000,000	65,000,000																																																																																																
Sr-89	460,000	190,000																																																																																																
Sr-90	23,000	23,000																																																																																																
I-131	77,000	31,000																																																																																																
Cs-137	77,000	100,000																																																																																																
Pm-147	3,200,000	1,600,000																																																																																																
Pu-210	2,200	1,000																																																																																																
Pu-238	4,000	2,500																																																																																																
Pu-239	2,000	2,100																																																																																																
天然のウラン	347 mg	397 mg																																																																																																
天然のトリウム	551 mg	358 mg																																																																																																
Pu-239	1,000	1,000																																																																																																

表 2 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の考え方(総括)(4)



名称	規制値、基準値		食品の基準算出の考え方					計算式		前提としている内部標準に基づく														
	名称	数値 (Bq/kg)	食品区分	食品摂取量	輸入比率 汚染係数	年区分	対象核種	備考	名称	数値														
大韓民国 最大放射性性 制限 Maximum Radioactivity Limits	2011年9月改定(大韓民国食品基準 Korea Food Code)	<table border="1"> <tr> <th>放射性核種</th> <th>数値</th> </tr> <tr> <td>I-131</td> <td>Os-134+Cs137</td> </tr> <tr> <td>食品</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>幼児用食品</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>乳および乳製品</td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>その他食品</td> <td>370</td> </tr> <tr> <td>全食品</td> <td>-</td> </tr> </table>	放射性核種	数値	I-131	Os-134+Cs137	食品	100	幼児用食品	100	乳および乳製品	300	その他食品	370	全食品	-	ヨウ素について、幼児用では、幼児用食品、乳製品、乳、乳製品、その他の食品の2区分、セシウムについては区分なし。	-	-	-	I-131 Os-134+ Cs137	-	総量限度 1msv/年	
放射性核種	数値																							
I-131	Os-134+Cs137																							
食品	100																							
幼児用食品	100																							
乳および乳製品	300																							
その他食品	370																							
全食品	-																							
大韓民国 permissible tolerance (緊急時、 平常時)	2013年に、規制値の見直し案が WTO に提出されているが、確定したかどうかは不明である。 2016年(中華民国 衛生福利部食品薬理署(TFDA)「食品中の放射性降下物或いは放射性汚染の基準値に関する改正」)	<table border="1"> <tr> <th>放射性核種</th> <th>数値</th> </tr> <tr> <td>I-131</td> <td>Os-134+Cs-137</td> </tr> <tr> <td>食品</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>乳および乳製品</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>乳児食</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>ソフトドリンク、ミネラルウォーター</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>その他食品</td> <td>100</td> </tr> </table>	放射性核種	数値	I-131	Os-134+Cs-137	食品	55	乳および乳製品	50	乳児食	50	ソフトドリンク、ミネラルウォーター	10	その他食品	100	4区分 牛乳及び乳製品、乳(乳食品)、カトリック、ミネラルウォーター、その他食品	-	-	-	I-131 Os-134+ Cs137	-	実効線量 1msv/年	
放射性核種	数値																							
I-131	Os-134+Cs-137																							
食品	55																							
乳および乳製品	50																							
乳児食	50																							
ソフトドリンク、ミネラルウォーター	10																							
その他食品	100																							

表 2 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の考え方(総括)(5)

## 食品中の放射性物質の規制値や基準値について

平成27年度厚生労働科学研究費補助金（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

## 1. 調査概要

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として、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、国際機関や諸外国等における食品中の放射性物質の規制値や基準値について、その設定の背景や算出方法等について調査し、根拠法令や報告書などの関連資料を整理し、資料を作成した。

## 2. 調査項目

- 1) 国際機関における食品中の放射性物質の規制値や基準値について、その設定の背景や算出方法等について調査し、根拠法令や報告書などの関連資料を整理し、規制値や基準値、およびその決定に至る背景、根拠やその考え方、また算出方法に関する内容の取りまとめを、国際放射線防護委員会(ICRP)、国際原子力機関(IAEA)(一般アクションレベル)、IAEA(介入レベル)、世界保健機構(WHO)(平常時)、WHO(事故後)、CODEX について行った。
- 2) 欧州連合(EU)、アメリカ合衆国およびカナダにおける食品中の放射性物質の規制値や基準値について、その設定の背景や算出方法等について調査し、根拠法令や報告書などの関連資料を整理し、規制値や基準値、およびその決定に至る背景、根拠やその考え方、また算出方法に関する内容の取りまとめを行った。また自国内流通品だけでなく、輸入品に対する考え方もまとめを行った。
- 3) チェルノブイリ事故後のソビエト社会主義共和国連邦、東欧における食品中の放射性物質の規制値や基準値について、規制値や基準値、およびその決定に至る背景、根拠やその考え方、また算出方法に関する内容の取りまとめを行った。また規制値や基準値の変更、その決定に至る背景、根拠やその考え方、また算出方法に関する内容の取りまとめも併せて行った。また自国内流通品だけでなく、輸入品に対する考え方もまとめをソビエト連邦(1991年以前)、ロシア連邦(1991年以降)、ウクライナおよびベラルーシ共和国の4件について行った。
- 4) アジア諸国における食品中の放射性物質の規制値や基準値について、その設定の背景や算出方法等について調査し、根拠法令や報告書などの関連資料を整理し、規制値や基準値、およびその決定に至る背景、根拠やその考え方、また算出方法に関する内容の取りまとめを行った。また自国内流通品だけでなく、輸入品に対する考え方もまとめをシンガポール共和国、中華人民共和国、大韓民国および中華民国の4件について行った。

## 3. 調査結果

国際機関や諸外国等における食品中の放射性物質の規制値や基準値について、概要をま



とめた。

#### 4. 国際機関について

##### 4.1. ICRP

###### 1) 勧告について

2007年勧告は、1990年勧告(Publication 60, ICRP, 1991)を改正したもので、この勧告に含まれる放射線源からの被ばくの管理に関するガイダンスは、Publication 60以降に発行されたガイダンスを追加し更新した。

緊急時被ばく状況の場合の介入を計画する一般原則は、Publication 60及び63(1991、1992)で発表されているが、追加助言はPublication 86,96,97,98に示されている。さらに、緊急時における防護措置に関するガイダンスを出している。

2007年勧告は、個々の方策ではなく、総合的な戦略に関する最適化に焦点をあてたものである。個々の防護方策の観点から見た防護の回避線量レベルは、1992年の回避線量レベルが引き続き有用であるかもしれない。

2007年勧告は、全体的には以前の数値を包含しているが適用範囲は広範である。異なる線量が存在している事に注意が必要である。

1991年の基準は、回避線量(介入レベル)で指定されているのに対し、2007年勧告の基準は、線量の増分(参考レベル)で指定されている。

したがって、参考レベルは、2007年勧告が基準であるが、介入レベル(特定の対策に関する回避線量)は、防護戦略の評価のため、参考レベルを補完するものとして引き続き使用されるものである。

###### 2) 基準値、規制値(食品中の放射性物質)

1種類の食品に対する介入レベル(回避線量)の最適値の予想範囲は以下の通りである。

放出体	;	10-100(Bq/kg)
/ 放出体	;	1000-10000(Bq/kg)

###### 3) 算出根拠

前提としている内部被ばく基準は、2007年勧告のもので、外部被ばく及び内部被ばくの合計を基準としている。特殊な状況においては、5年間にわたる平均が、年1mSvを超えなければ単一年に、これよりも高い実効線量が許されることがありうる。食品に対する、ほとんど常に正当化される介入レベルは10mSv/年である。

#### 4) 食品中の基準を設定する考え方

- ・約 100mSv 未満の線量でも、線量が増加するとそれに比例して、放射線に起因するがん又は遺伝的影響の発生確率は増加するという仮定に基づく。
- ・公衆被ばくの預託実効線量の積分期間は、成人に対して 50 年、子どもに対しては 70 歳に至るまでを基準とする。
- ・誘導介入レベルは、飲食に供されるかたちでの汚染食品中の放射能濃度で与え、粉ミルクのような濃縮されたかたちでの放射能濃度では与えない。
- ・食品の単位質量あたりの価格、一人あたり単位時間当たりの食品の消費量、および適切な線量係数を用いて、簡易化された一般的な最適化を行い、食品中の最適化された放射能濃度が直接得られる。

#### 5) 食品を含めた防護措置

- ・防護措置を導入する際に、それがプラスの便益を生み出すことを示す必要がある。(すなわち、介入レベルは便益が正である)
- ・達成される正味の便益が最大となるように、その措置の費用と他の損害に対してバランスをもたらすべきである。(防護の最適化)
- ・介入レベルの選択は、防護措置の正当化と最適化のプロセスの結果に基づいて行う。
- ・提案された介入は、害よりも益の方が大きいものであるべきである。損害低減と諸経費負担が正当化できなければならない。
- ・介入のかたち、規模、および期間は、線量低減の正味の便益(放射線損害の低減の便益から介入に関する損害を差し引いたもの)を最大とするように、最適化されるべきである。

#### 6) 計算式

$$L = \beta / (c\alpha) \quad \text{あるいは} \quad \delta M\beta = \delta MLc\alpha$$

$$B = MAc\alpha - (M\beta + d)$$

B : 正味の便益

L : 単位質量あたりの放射能濃度で表される, 特定の食品に関して提案された介入レベル

M : その対策によって回収された食品の質量

A : 回収された食品中の平均放射能濃度

c : 放射能摂取量から集団実効線量への換算係数

: 単位質量の食品を回収し, 代替する費用

d : 回収する食品の質量に関係なくかかる固定経費

: 単位集団線量の価値

回収を行う期間は、M に含まれる。

#### 参考文献

- 1) ICRP Publication 60, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP(1990)
- 2) ICRP Publication 63, Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency, ICRP (1992)
- 3) ICRP Publication 103, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP (1992)
- 4) ICRP Publication 40, Protection of the Public in the Event of Major Radiation Accidents - Principles for Planning, ICRP (1984)

#### 4.2. IAEA(一般アクションレベル・介入レベル)

##### 1) 基準値、規制値(食品中の放射性物質)

###### 介入レベル

I-131 : 3000 (Bq/kg)

Sr-90 : 200 (Bq/kg)

Cs-134 : 1000 (Bq/kg)

Cs-137 : 2000 (Bq/kg)

##### 2) 算出根拠

前提としている内部被ばく基準は、1mSv。これは現存被ばく状況下における、日用品 Commodities から1年間にうける被ばく量に関する参考レベルは、それぞれ年間実効線量として、おおよそ、1mSvを超えないように設定されている。Commodities には食品、飼料、飲料水のほか、建材などが含まれるため、純粋な内部被ばく基準ではない。内部被ばく以外の被ばく経路による線量も含まれる緊急被ばく状況における規制値は、100mSvである。

### 3) 食品中の基準を設定する考え方

・OIL6(食品、ミルクおよび飲料水に係る基準値)は、あらゆる人の実効線量を年間 10mSv 未満とするように摂取制限を行うための基準値。

・OIL6を超過した場合、非必須の食物、ミルク、飲料水の摂取は中止し、置換するか、置換できない場合には、住人の移転を行う。

・最終的には、緊急事態が収束した後、WHO のガイダンス )を用いて食糧、ミルク、飲料水が長期間摂取可能か決定する。

・OIL は、人が摂取する食品、ミルクおよび飲料水中の放射性核種に対して適用するが、乾燥食品および濃縮食品に対しては適用しない。

食品、ミルクおよび飲料水に関する OIL は、下記記載の保守的仮定に基づいて算出する。

すべての食品、ミルクおよび飲料水は直ちに汚染され、年間を通じ摂取される。

もっとも厳しい年齢依存性線量変換係数および摂取量(すなわち乳幼児に対するもの)を使用する。

汚染域から移住しなかった人々が、総線量(食品摂取による被ばく線量を含む)として確実に年 100mSv を越えないようにするため、包括的判断基準として年 10mSv が用いられた。

・K-40 は、体内に蓄積されず、摂取とは無関係に一定レベルで体内に存在するため、K-40 摂取による線量は関係しないものとみなす。

・例外的に、食品、飲料水の代替が不可能な場合や、状況の悪化などがある場合、包括的判断基準よりも高い基準を適用してもよいが、根拠文献 p11 の表 3 に示された値の 2-3 倍の値を超過してはならない。

・導出 OIL 算出の基準となる包括的判断基準値は、国民全体に対して基本原則を満足するため、特定の人口構成要素(たとえば、子どもや妊婦)を考慮して調整する必要はない。

・放射性物質を吸入あるいは摂取した場合、各器官に対する重度な確定的影響が生じうる閾値を特定するためには、30 日預託 RBE (生物学的効果比: Relative Biological Effectiveness)加重吸収線量を用いた。

・現存被ばく状況下では、1-20 mSv の線量拘束値あるいは参考レベル、緊急時被ばく状況下では、20-100 mSv の年間実効線量とする。この線量には、あらゆる経路による被ばく線量が含まれ

る。

・計画被ばく状況下における公衆の被ばく線量限度は

(a)1 年間の実効線量が 1 mSv

(b)特殊な状況下の場合、1 年間のみ上記実効線量を超えてもよいが、連続した 5 年間における平均実効線量が 1 mSv を超えてはならない。

(c)1 年間の目の水晶体(レンズ)の等価線量が 15 mSv

(d)1 年間の皮膚の等価線量が 50 mSv

・預託線量の算出に係る期間とは、成人の場合は 50 年、子どもの場合は 70 歳に至るまでの期間。

・放射性物質の摂取および吸入による預託線量の推定に用いる線量係数は、ICRP に基づく。

#### 参考文献

1) Criteria for Use in Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency  
General Safety Guide, No. GSG-2, IAEA Safety Standards(2011)

2) Radiation Protection and Safety of Radiation Sources, International Basic Safety Standards  
General Safety Requirements Part 3, No. GSR Part 3 (2014)

#### 4.3.WHO (平常時・事故後)

1) 基準値、規制値(食品中の放射性物質)

1 - 1) ガイドラインレベル(事故後)

・導出介入基準のガイドラインレベル（基準値）

核種	シリアル	イモ類	野菜	果物	肉類	ミルク	魚介類	飲料水
線量係数 ( $10^{-6}$ Sv/Bq) <プルトニウム-239>	35	50	80	70	100	45	350	7
線量係数 ( $10^{-8}$ Sv/Bq) <ヨウ素-131、セシウム-134、セシウム-137、ストロンチウム-90>	3500	5000	8000	7000	10000	4500	35000	700

対象核種は、線量係数で2群に分けて設定

乳幼児に対する導出介入基準のガイドラインレベル（基準値）

核種	(Bq/L)
ストロンチウム-90	160
ヨウ素-131	1600*
セシウム-137	1800
プルトニウム	7

\*ヨウ素-131の半減期 11.5 日、甲状腺への組織線量 50mSv に基づく

食品のガイドラインレベルは、一つの食品群(カテゴリー)が一つの核種によって汚染された場合、介入線量レベルが年間最大預託実効線量当量として 5mSv(甲状腺に対しては、131I の半減期 11.5 日及び最大預託線量当量として 50mSv)の線量に基づき算出している。

1 - 2) ガイダンスレベル(飲料水・平常時)

個人線量基準...0.1mSv

スクリーニングレベル... 全 放射能;0.5Bq/L

全 放射能;1Bq/L

ガイダンスレベル...  $\left. \begin{array}{l} \text{I-131} \\ \text{Cs-134} \\ \text{Cs-137} \\ \text{Sr-90} \end{array} \right\} \text{それぞれ } 10\text{Bq/L}$

ガイダンスレベルは、各放射性核種が、摂取する飲料水中に年間を通じて存在する場合、個人線量が 0.1mSv に達する濃度。

## 2) 算出根拠

事故後 1 年間の摂取による被ばく線量(内部被ばく)は、(年間最大預託)実効線量当量として 5mSv。甲状腺に対しては、(年間最大預託)線量当量として 50mSv。

## 3) 食品中の基準を設定する考え方

### 3 - 1) ガイドラインレベル(事故後)

食品摂取に関して、年間 20kg 以上摂取する食品を、シリアル、イモ類、野菜、果物、肉類、魚介類(一部地域)およびミルクの 7 群に分類し、食事タイプ分類として、アフリカ、中央アメリカ、中国、東地中海、ヨーロッパ、極東(Far Eastern)、北アフリカ、南アメリカの 8 タイプに分類したデータを使用した。

個人線量を算出する上で最大摂取量を用いると総摂取量が大きくなりすぎてしまうため、リファレンスグループのデータを用いる。食品摂取量は、FAO による年間総摂取量 550kg(水を除く)を適用する。

魚介類の消費量が高い地域の場合、魚介類は被ばく源として重要であるため、平均摂取量は 20kg を超過しないが、食品分類に含めた。

食品中の重要な放射性核種として、Sr-90、I-131、Cs-134、Cs-137、Pu-239。

線量係数は、1 歳、10 歳および成人の 3 群に対して、それぞれの年齢特異性線量および年齢別食品摂取量に基づき算出された。また、放射性ヨウ素については、甲状腺に対する預託線量当量、それ以外の Sr-90、Cs-134、Cs-137、Pu-239 については、預託実効線量当量を用いた。

特定の放射性核種からうける乳幼児の被ばく量は、成人の被ばく量よりも高い可能性があるため、乳幼児のミルクに関しては、別個にガイドライン値を定める。

導出介入レベルのためのガイドラインレベル(導出介入レベルの基準値)は、一つの食品群(カテゴリー)が、一つの核種によって汚染された場合、介入線量レベルが年間最大預託実効線量当量として 5mSv、(甲状腺に対しては、最大預託線量当量として 50mSv)の線量に基づき算出された。これは、事故後、各食品群において、いずれの核種が最も重要な位置を占めるか一般化できないためである。

事故の際、数種の放射性核種が放出され、1 種あるいは複数の放射性核種により、多くの食品が汚染された場合、各国当局は線量の加算を考慮して、5 mSv を超過しないよう、'特異的(状況適応した)'導出介入レベルを定める。

### 3 - 2) ガイダンスレベル(飲料水・平常時)

全 放射能測定を行い、基準値(1 Bq/L)を超過した場合、K-40 は一定の割合で自然界に存

在するため、K-40 を別途測定し、その寄与を差し引く。

長期被ばくの場合、100 mSv を超える線量でヒトの発がんリスクが増加する根拠が得られているが(Brenner ら, 2003)<sup>1)</sup>、これ以下の線量では、リスクの増加は疫学調査で確認されていない。

個人線量基準(IDC)0.1 mSv/年は、全 放射能および全 放射能のスクリーニングレベルがそれぞれ 0.1 Bq/L および 1 Bq/L であることに基づき第 2 版で定めたが、その後、経験的に全 放射能が 0.5 Bq/L 以下の場合、年間線量が通常は 0.1 mSv を超えないことが示されたため、第 4 版(現行)では、全 放射能が 0.5 Bq/L、全 放射能が 1 Bq/L とした。

実用的かつ保守的アプローチとして、放射性核種の由来にかかわらず、飲料摂取による1年間の個人線量基準(IDC)を 0.1 mSv とした。

年間個人線量基準 0.1 mSv およびスクリーニングレベルである全 放射能 0.1 Bq/L および全 放射能 1 Bq/L は、各国政府が追加検討なしで放射線学的観点から飲料水が消費に適しているかどうか判断できるように保守的な値とした。

成人の年間飲水量として 730 L を適用する。

#### 4) 計算式

##### 4 - 1) ガイドラインレベル(事故後)

各食品群(カテゴリー)が、一種の放射性核種で汚染された場合：

$$DIL = \frac{RLD}{md}$$

DIL : Derived Intervention Level ; 導出介入レベル

RLD : Reference(Intervention) level of dose (Sv/year) ; 介入レベル線量 (5mSv)

m : Mass of food consumed annually (kg/year) ; 年間食糧摂取量

d : Dose per unit intake (Sv/Bq) ; 線量係数

##### 4 - 2) ガイダンスレベル(飲料水・平常時)



### 飲料水中のガイダンスレベル

ガイダンスレベル 摂取する飲料水中に年間を通じ存在する場合、個人線量が 0.1mSv/年に達する濃度。

$$GL = \frac{IDC}{h_{ing} \times q}$$

GL : 飲料水中の放射性核種のガイダンスレベル (Bq/L)

IDC : 個人線量基準、この計算では 0.1 mSv/年

hing : 成人による摂取の線量換算係数 (mSv/Bq)

q : 飲料水の年摂取量、730 L/年と仮定 (標準的な世界保健機関の飲料水摂取率である 2 L/日に相当)

### 参考文献

- 1) World Health Organization, DERIVED INTERVENTION LEVELS FOR RADIONUCLIDES IN FOOD (1988)
- 2) WHO Guidelines for drinking water quality 3<sup>rd</sup> (2009)
- 3) WHO Guidelines for drinking water quality 4th (2011)

### 4.4 CODEX

#### 1) 基準値、規制値 (食品中の放射性物質)

カテゴリー	乳幼児用食品	一般食品
Pu-238, Pu-239, Pu-240, Am-241	1	10
Sr-90, Ru-106, I-129, I-131, U-235	100	100
S-35, Co-60, Sr-89, Ru-103, Cs-134, Cs-137, Ce-144, Ir-192	1000	1000
H-3, C-14, Tc-99	1000	10000

20 種の放射性核種は線量係数を基準に 4 群に分類

#### 2) 前提としている内部被ばく基準

年間 1mSv

#### 3) 食品中の基準を設定する考え方

ガイドラインレベル (指針レベル) は摂取する状態の食品に対して適用するが、乾燥食品および濃縮食品に対しては適用しない。

- ・食品に含まれる 20 種の放射性核種は線量係数を基準として 4 群に分類する。
- ・IPF (import to production factor) はより現実的な、FAO の統計データ解析に基づき、10% (0.1) と仮定する。
- ・香辛料のような摂取量がごく少量の食品や、総摂取量中の割合がごくわずかである食品に関しては、ガイドラインレベル(指針レベル)を 10 倍大きくすることができる。

年間の食料摂取量:成人;550 kg、乳幼児;200 kg

ガイドラインレベル(指針レベル)の値は簡易化のため概数として切り下げを行う。

放射性核種の吸収、代謝および放射線に対する感受性が成人と子どもで異なるため、それぞれガイドラインレベル(指針レベル)を導出する。

ガイドラインレベル(指針レベル)は、他のカテゴリー放射性核種の寄与分を加算する必要がないものとして設定した。4 種の放射性核種カテゴリーに対して、それぞれ独立してガイドラインレベル(指針レベル)を適用する。4 群それぞれのカテゴリー内で、ガイドラインレベル(指針レベル)は、単独あるいは複合的に各群の放射性核種に適用し、さらに、同群内の各放射性核種の放射能は加算する。

ガイドラインレベル(指針レベル)算出に使用する線量係数は、ICRP Publication72(1996)に基づく。

#### 4) 計算式

$$GL = \frac{IED}{M \times ipf \times e_{ing}} \quad \text{算出後、概数として切り下げる}$$

GL =Codex Guideline Levels (Bq/kg)

コーデックス ガイドラインレベル (指針レベル)

IED =Intervention Exemption Level of Dose (mSv/year) ; 介入免除線量レベル

= 1mSv /年

M =mass of food consumed (kg/year) ; 食品消費重量

= 成人 550kg/年

乳幼児 200kg/年

IPF =import to production factor ; 輸入食品割合

= 0.1 ( 10% )

$e_{ing}$  =ingestion dose coefficient (dose per unit intake, mSv/Bq) ; 線量係数

#### 参考文献

- 1) GENERAL STANDARD FOR CONTAMINANTS AND TOXINS IN FOOD AND FEED (CODEX STAN 193-1995), CODEX ALIMENTARIUS
- 2) Fact Sheet : Codex Guideline Levels for Radionuclides in Foods Contaminated Following a Nuclear or Radiological Emergency, Codex Secretariat, (2011)

## 5. 諸外国等

### 5 - 1. 欧州連合

#### 1) 基準値、規制値 (食品中の放射性物質)

2016年1月20日官報で発表された「原子力事故又はその他の放射線緊急事態の後の放射性物質汚染の基準値を食品群別及び飼料の対象動物別に設定し、関連する旧法令を廃止する理事会規則(Euratom) 2016/52」により、規制値が設定されている。

食品区分	乳幼児用食品	乳製品	マイナー食品	その他の食品(マイナー食品除く)	液体食品
代表的核種					
放射性ストロンチウム(主に Sr-90)	75	125	7500	750	125
放射性ヨウ素(主に I-131)	150	500	20000	2000	500
崩壊性放射性プルトニウムおよびトランスプルトニウム(主に Pu-239, Am-241)	1	20	800	80	20
半減期が10日以上であるその他の放射性核種(主に Cs134+Cs137)	400	1000	12500	1250	1000

#### 2) 前提としている内部被ばく基準

追加の実効線量として 1mSv/年

#### 3) 食品中の基準を設定する考え方

原発事故により放出される可能性もあるが、tritium および carbon-14 については、本基準設定(食品の基準設定)から除外する。

放射性核種は下記の4カテゴリーに分類する。

1. 放射性ヨウ素
2. 放射性ストロンチウム
3. 崩壊性放射性プルトニウムおよびトランスプルトニウム
4. 半減期が10日以上であるその他の放射性核種

食品は下記の5種のカテゴリーに分類する。

1. 乳幼児用食品:
2. 乳製品
3. マイナー食品
4. その他の食品
5. 液体食品

上記 5 分類により、食事の主な構成要素および主要な 2 つの年齢層が表現される。各カテゴリーにより年間摂取量が異なるため、放射性核種レベルの限界値は異なる。

食品摂取量、線量計数、f 値(平均汚染割合)、加算係数などが考慮されている。

#### 4) 計算式

$$CFIL = \frac{E}{f \times D \times I \times C}$$

CFIL ( Council Food Intervention limit ): 放射性核種群および食品に関する本法規制における放射能限界濃度 ( activity concentration limit )

E : 1 年間に汚染食品摂取による被ばく基準となる個人実効線量

f : 実際の食品摂取量のうち、放射能限界濃度 ( activity concentration limit ) のうち、年間平均でどのくらいの割合で汚染されているかを表す係数。

基本は 0.1 とする。ただし特殊な状況の場合はこの限りではない。

D : 線量係数 ( Sv/Bq )

I : 当該食品の 1 年間の摂取量 ( kg )

C : ‘ その他の食べ物 other food ’ のカテゴリーにおける加算性(additivity)を見込んだ補正率。数週間以上の半減期を有する放射性核種については 5、放射性ヨウ素 I131 のような半減期が数日あるいは短いものに関しては 1 とする。

#### 参考文献

- 1) EU CUNCIL REGULATION (Euratom) 2016/52, Official Journal of the European Union (2016)
- 2) Radiation Protection 105 : EU Food Restriction Criteria for Application after an Accident, EUROPEAN COMMISSION(Directorate-General Engironment, Nuclear Safety) (1998)
- 3) Underlying data for derived emergency reference levels. Post-Chernobyl action Final Report, Commission of the European Communities (Radiation Protection) (1991)

## 5 - 2 . アメリカ合衆国

### 1) 基準値、規制値(食品中の放射性物質)

導出介入レベル(DIL: Derived Intervention Levels)は、放射性核種群に対して、もっとも制限の厳しい防護措置基準(PAG)および年齢群に基づき設定している。

導出介入レベル(DIL: Derived Intervention Levels) (Bq/kg)

	I-131	Sr-90	Cs-134+Cs-137	Pu-238+Pu-239 +Am-241	Ru-103+Ru-106
食品	170	160	1200	2	$(C_3/6800) + (C_6/450) < 1$

Ru-103 および Ru-106 に対する個々の DIL は、大きく異なるため、それぞれ個別の DIL で割った後に合計する。合計値は、1以下とする。C3 および C6 は、同時に測定した Ru-103 と Ru-106 の濃度を示す。

### 2) 前提としている内部被ばく基準

PAGs(防護措置基準): 預託実効線量当量として 5mSv

個人の組織あるいは器官に対して預託線量当量として 50mSv のうち、より制限の厳しい基準値となる方

### 3) 食品中の基準を設定する考え方

年齢群は、3 か月齢、1 歳、5 歳、10 歳、15 歳、成人の 6 群に分類。

(線量係数を示した ICRP Publication 56(ICRP 1989)での年齢分類に対応)

DIL は Sr-90、I-131、Cs-134、Cs-137、Pu-238、Pu-239、Am-241、Ru-103、Ru-106 の 9 種の放射性核種について算出。

9 種の放射性核種は、その共通特性に基づき下記の 5 群に分類

・Sr-90 ・I-131 ・Cs-134+Cs-137 ・Ru-103+Ru-106 ・Pu-238+Pu-239+Am-241

DIL は、食品群ごとではなく、それぞれの年齢群における総摂取食品(飲料水を含む)をもとに算出。

DIL は、放射性核種群に対して、もっとも制限の厳しい防護措置基準(PAG)および年齢群に基づき設定

Cs-134+Cs-137 および Ru-103+Ru-106 の群に対しては、預託実効線量当量 5mSv、Sr-90、I-131 および Pu-238+Pu-239+Am-241 の群に対しては、単一の特異的組織あるいは器官に対する預託線量当量として 50mSv が最も制限の厳しい PAG であった。

線量係数は、ICRP Publication 56(ICRP 1989)のものを使用

預託線量当量および預託実効線量当量は、70 歳に至るまでの期間で算出。

・食品摂取量には、飲料水を含む、食事に含まれるあらゆる成分が含まれる。

・食品摂取量は、1年間の摂取量をいう。

・I-131(半減期 8.04 日)および Ru-103(半減期 39.3 日)は、他の放射性核種と比べ崩壊速度が速いため、それぞれ 60 日および 280 日の摂取量とする。

・食品摂取量は、1984 年 EPA レポート(年齢および性別ごとの平均日常食品摂取量が記載)のものを採用。当該レポートは、アメリカ合衆国農務省発行 1977-1978 年全国食品消費量調査に基づく。

汚染食品摂取量割合 (  $f$  )は、0.3(30%)とする。ただし、乳幼児用食品における I-131 に対しては 1.0(100%)とする。

通常、年間摂取量の 10%が汚染されていると考えられる(CEC 1986 および NEA 1989 により勧告されている)が、地産品供給に依存する国民の存在を考慮し、3 倍の 0.3(30%)を採用した。

乳幼児(すなわち 3 か月齢および 1 歳の群)の場合、食事の大部分をミルクが占めており、短期間にわたり、乳幼児の摂取するミルクの全量が事故により直接的に汚染している可能性があるため、 $f$  値は 1.0(100%)とする。

ルテニウム 103 と 106 の半減期はそれぞれ 39.3 日および 373 日と大きく異なり、結果、DIL が顕著に異なり、単純平均を用いるわけにはいかない。そこで、それぞれの濃度(C3 および C6)を、それぞれの DIL で割った後、合計し、その合計値を 1 未満とした。

#### 4) 計算式

$$DILs(Bq/kg) = \frac{PAG (mSv)}{f \times FI(kg) \times DC(mSv/Bq)}$$

**PAG** : 防護措置基準：預託実効線量当量として 5mSv、各組織・器官に対する預託線量当量として 50mSv のうち、より制限の厳しい規制値となる方

**DC** : Dose Coefficient；線量係数：単位当たりの摂取放射性核種から受ける放射線量

**f** : 汚染されたと推定する食品摂取量割合

**FI** : 食品摂取量；ある期間における食品の消費量

**DC** (線量係数) ...ICRP1989 (ICRP Publication 56) に記載されている線量係数を使用。

**FI** (食品摂取量) ...1984 年 EPA による、年齢および性別ごとの日常食品摂取量の平均についての報告を採用。

食品摂取量の基準期間は 1 年とする。ただし I-131 については 60 日、Ru-103 については 280 日を基準期間とする。

**f** (汚染食品摂取量割合) ...FDA では 30%。ただし、幼児の食品に関しては 100%。

ルテニウム 103 および 106 群 (Ru-103+Ru-106) について

Ru-103 および Ru-106 それぞれの濃度 (それぞれ C3 および C6) および、[1] 式にて算出した各 DIL を用いて、下記式を満足するか否かで、基準を超えているかどうかを判断する。

$$\frac{C3}{6800} + \frac{C6}{450} < 1 \quad (Bq/kg)$$

$$\frac{C3}{180,000} + \frac{C6}{12,000} < 1 \quad (pCi/kg)$$

#### 参考文献

- 1) Protecting and Promoting Your Health, News & Events, FDA Response to the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Facility Incident, U.S. Food and Drug Administration (2014)
- 2) FDA Derived Intervention Level (DIL) or Criterion for Each Radionuclide Group, U.S. Food and Drug Administration
- 3) ACCIDENTAL RADIOACTIVE CONTAMINATION OF HUMAN FOOD AND ANIMAL FEEDS: RECOMMENDATIONS FOR STATE AND LOCAL AGENCIES, Radiation Programs Branch Division of Mammography Quality and Radiation Programs, Office of Health and Industry

Programs, U.S. Food and Drug Administration (1998).

4) ACCIDENTAL RADIOACTIVE CONTAMINATION OF HUMAN FOOD AND ANIMAL FEEDS: RECOMMENDATIONS FOR STATE AND LOCAL AGENCIES, Radiation Programs Branch Division of Mammography Quality and Radiation Programs, Office of Health and Industry Programs, U.S. Food and Drug Administration (2005)

### 5 - 3 . カナダ

#### 1) 基準値、規制値 (食品中の放射性物質)

推奨アクションレベル(食品、飲料水)

Recommended action levels for radionuclides of potential significance to dose from the ingestion of contaminated food

Radionuclide	Action Levels (Bq kg <sup>-1</sup> ) <sup>(1)</sup>		
	Fresh Liquid Milk	Other Commercial Foods and Beverages	Public Drinking Water
<sup>89</sup> Sr	300	1 000	300
<sup>90</sup> Sr	30	100	30
<sup>103</sup> Ru	1 000	1 000	1 000
<sup>106</sup> Ru	100	300	100
<sup>131</sup> I	100	1 000	100
<sup>134</sup> Cs, <sup>137</sup> Cs	300	1 000	100
<sup>238</sup> Pu, <sup>239</sup> Pu, <sup>240</sup> Pu, <sup>242</sup> Pu, <sup>241</sup> Am	1	10	1

**Notes:**

(1) Bq L<sup>-1</sup> for Drinking Water.

Radionuclides of potential significance to dose from the ingestion of contaminated food

最大許容濃度 (MAC) (平常時の飲料水)

<i>Natural radionuclides</i>	<i>MAC</i>	<i>Artificial radionuclides</i>	<i>MAC</i>
<i>Total uranium<sup>1</sup></i>	<i>0.02 mg/L</i>	<i>Tritium (<sup>3</sup>H)</i>	<i>7000 Bq/L</i>
<i>Lead-210 (<sup>210</sup>Pb)</i>	<i>0.2 Bq/L<sup>a</sup></i>	<i>Strontium-90 (<sup>90</sup>Sr)</i>	<i>5 Bq/L</i>
<i>Radium-226 (<sup>226</sup>Ra)</i>	<i>0.5 Bq/L</i>	<i>Iodine-131 (<sup>131</sup>I)</i>	<i>6 Bq/L</i>
		<i>Cesium-137 (<sup>137</sup>Cs)</i>	<i>10 Bq/L</i>

#### 2) 前提としている内部被ばく基準

推奨アクションレベル(食品、飲料水)の介入レベルは、3 種の食品群(1)生乳、2)その他の食品および飲料、3)飲料水)に対し、実効線量として各 1 mSv/年としている。

最大許容濃度(平常時の飲料水)は、参照線量レベル(Reference dose level):0.1 mSv/年としている。



### 3) 食品中の基準を設定する考え方

推奨アクションレベル(食品、飲料水)は、下記のとおり。

#### (1)食品区分

以下の3群に分類する。

- 1)生乳
- 2)その他の食品および飲料
- 3)飲料水

#### (2)汚染係数

- 1) 生乳 : 1 (すべての年齢群において、評価期間中に摂取したものがすべて汚染されていると想定。)
- 2) その他の食品および飲料: 0.2 (公衆の大部分の1年間の食品摂取量のうち、緊急事態により直接汚染された食品の抗生割合は、一般的に10%以下との予測に基づく。)
- 3) 飲料水: 1(飲料水は、通常、一つの水源から供給されるため。)

食品摂取量は、カナダ人の平均摂取量(食品3区分毎、年齢層6段階(3ヶ月児、1歳児、5歳児、10歳、15歳、大人)別の摂取量)を適用している。

1日の飲用量は2L(730L/年)としている。

#### 4)計算式

推奨アクションレベル(食品、飲料水)は

$$AL_{i,j,k} = \frac{IL}{M_{j,k} \times DC_{i,k} \times f_j}$$

$AL_{i,j,k}$  : 食品群 j および年齢群 k における放射性核種 i のアクションレベル(Bq/kg)

$IL$  : 介入レベル(Sv)

$M_{j,k}$  : 評価期間を通じて年齢群 k により摂取される食品群 j の食品摂取量

$DC_{i,k}$  : 年齢群 k の放射性核種 i の線量係数(Sv/Bq)

$f_j$  : 汚染係数(食品群 j に対する汚染係数)

$AL_{i,j,k}$  = action level for radionuclide  $i$  in food group  $j$  and age group  $k$  (Bq kg<sup>-1</sup>)

$IL$  = intervention level (Sv)

$M_{j,k}$  = mass of food group  $j$  consumed by age group  $k$  over the assessment period (kg)

$DC_{i,k}$  = ingestion dose coefficient for radionuclide  $i$  and age group  $k$  (Sv Bq<sup>-1</sup>)

$f_i$  = contamination factor, equivalent to the fraction of an individual's dietary intake of food group  $j$  assumed to be uniformly contaminated to the full value of  $AL_{i,j,k}$

最大許容濃度(平常時の飲料水)は、

$$MAC(Bq/L) = \frac{0.1(mSv/年)}{730(L/年) \times DC(Sv/Bq) \times 1000(mSv/Sv)}$$

DC:線量係数

#### 参考文献

- 1) Canadian Guidelines for the Restriction of Radioactively Contaminated Food and Water Following a Nuclear Emergency, Health Canada (2000)
- 2) Guidelines for Canadian Drinking Water Quality: Guideline Technical Document - Radiological Parameters (2010)

#### 5 - 4. ソビエト連邦(1991年以前)

##### 1) 基準値、規制値(食品中の放射性物質)

チェルノブイリ事故後、ソビエト連邦における最初の暫定許容値は1986年5月のヨウ素についての基準値であり、次いで線放出核種に対する基準値が出された。その後、1988年にセシウムに関する暫定許容値が出され、1991年にはストロンチウムに関する基準も追加された。

チェルノブイリ事故後にソ連(1986-1991)で制定された、食品及び飲料水中に含まれる放射線核種に対する暫定許容値(TPL) [Bq/kg]

	1986年 (4104-88)	1986年 (129-252)	1988年 (TPL-88)	1991年(TPL-91)	
	I-131	ベータ放出核	Cs-134 Cs-137	Cs-134 Cs-137	Sr-90
飲料水	3700	370	18.5	18.5	3.7
ミルク	370-3700	370-3700	370	370	37
酪農製品	18500-74000	370-18500	370-1850	370-1850	37-185
肉・肉製品	-	3700	1850-3000	740	-
魚	37000	3700	1850	740	-
卵	-	37000	1850	740	-
野菜、果物、ジャガイモ、根菜類	-	3700	740	600	37
パン、小麦粉、シリアル	-	370	370	370	37

- 2) 前提としている内部被ばく基準
- 3) 食品中の基準を設定する考え方
- 2) 前提としている内部被ばく基準

食品の全てが基準ギリギリの放射性物質を含んでいた場合の内部被ばく量は以下である。

TPL-91	5 mSv/年
TPL-88	8mSv/年
TPL-86	50mSv/年

- 3) 食品中の基準を設定する考え方および4) 計算式

「

-137

-90

,

( -91) 」に

記載されている可能性がある。

#### 参考文献

- 1) チェルノブイリ原発事故による環境への影響とその修復: 20年の経験, チェルノブイリ・フォーラム専門家グループ「環境」の報告、IAEA, 日本学術会議 (2006)

#### 5 - 5. ロシア連邦

- 1) 基準値、規制値(食品中の放射性物質)

2001年基準による食品中のセシウム 137 及びストロンチウム 90 の許容含有量

食品の種類	<sup>137</sup> Cs (Bq/kg or L)	<sup>90</sup> Sr (Bq/kg or L)
肉(すべての種類の産業動物及び野生動物の体のもの)	160 (骨を除く)	50 (骨を除く)
骨(すべての種類のもの)	160	200
家禽の肉(半加工品を含む)	180	80
卵及び液卵(全液卵、卵白、卵黄)	80	50
牛乳	100	25
魚	130	100
食用穀物(小麦、ライ麦、ライ小麦、エン麦、大麦、キビ、米、トウモロコシ、ソルガムを含む)	70	40
豆類(エンドウ豆、インゲン豆、緑豆、ヒヨコ豆、レンズ豆など)	50	60
パン類	40	20
蜂蜜	100	80
馬鈴薯、野菜、瓜類	120	40
果実、ベリー、ブドウ	40	30
野生のベリー	160	60
油糧種子	70	90
バター	200	60

出典：長友 謙治，米国，カナダ，ロシア及び大規模災害対策(チェルノブイリ，ハリケーン・カトリーナ，台湾・大規模水害)：第4章 チェルノブイリ原発事故に関連する農業分野の法的規制について(ベラルーシ・ロシア関係)，農林水産政策研究所(平成24年3月) 平成23年度カントリーレポート 行政対応特別研究 [主要国横断] 研究資料 第3号 P138-139 第12表

2) 前提としている内部被ばく基準

平均実効線量として 1 mSv / 年、あるいは 70 歳にいたるまでの生涯実効線量として 70mSv。連続 5 年間の平均年間実効線量として 1mSv を超えない場合、当該線量を超過してもよい。

3) 食品中の基準を設定する考え方および4) 計算式

ロシア保健省(現ロシア保健・社会開発省)の衛生規則 SanPiN2.3.2.1078-01 に記載されていると見られる。

参考文献

- 1) FEDERAL LAW "On Public Radiation Safety", Russian Federation (1996)
- 2) IAEA, チェルノブイリ原発事故による環境への影響とその修復: 20 年の経験, チェルノブイリ・フォーラム専門家グループ「環境」の報告, 日本学術会議 (2006)
- 3) ウクライナ緊急事態省, チェルノブイリ事故から 25 年: 将来へ向けた安全性 2011 年ウクライナ国家報告: ISSN 2189-7107, 監修: 今中 哲二、監訳: 進藤 真人(京都大学原子炉実験所、2016 年 1 月)

## 5 - 6. ウクライナ

### 1) 基準値、規制値(食品中の放射性物質)

2006年”Permissible levels of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in food and drinking water.”において、51の食品区分について、 $^{137}\text{Cs}$ と $^{90}\text{Sr}$ のpermissible limitを設定。英文資料が見当たらないため、原文資料から、代表的食品区分を抜粋。

	Cs-137	Sr-90
生乳	100	20
穀物	50	20
バター	200	40
食肉	200	20
卵	100	30
ジャガイモ	60	20

### 2) 前提としている内部被ばく基準

1 mSv / 年とする。

追加被ばくが、実効線量として年間1mSv、全生涯を通じて70.0mSvを超過しない。

ただし、事故以前から存在する自然条件で被ばくした線量は、これに含まれない。

### 3) 食品中の基準を設定する考え方および4) 計算式

ウクライナ保健省(2006)、食品・飲料水中の放射性核種 $^{137}\text{Cs}$ 及び $^{90}\text{Sr}$ の許容レベルに記載されていると見られる。

## 参考文献

- 1) On Human Protection against Impact of Ionizing Radiation, Law of Ukraine (1998)
- 2) チェルノブイリ原発事故による環境への影響とその修復:20年の経験,チェルノブイリ・フォーラム専門家グループ「環境」の報告,IAEA,日本学術会議(2006)
- 3) チェルノブイリ事故から25年:将来へ向けた安全性 2011年ウクライナ国家報告、ウクライナ緊急事態省,ISSN 2189-7107,監修:今中 哲二、監訳:進藤 真人(京都大学原子炉実験所、2016年1月)
- 4) あらかじめ計算された放射線による死:EUと日本の食品放射能汚染制限値,トーマス・デルゼー、セバスチャン・プフルークバイル(ドイツ放射線防護協会)編/IPPNW(核戦争防止国際医師会議)ドイツ支部との共同作成,Foodwatch (2011)

5) 食品・飲料水中の放射性核種  $^{137}\text{Cs}$  及び  $^{90}\text{Sr}$  の許容レベル, ウクライナ保健省 (2006)

5 - 7. ベラルーシ

1) 基準値、規制値 (食品中の放射性物質)

食品及び飲用水に係る放射性核種セシウム 137 及びストロンチウム 90 の共和国許容水準 (1999 年制定)

食品の種類	Cs-137 ( Bq/kg, Bq/l )	Sr-90 ( Bq/kg, Bq/l )
飲用水	10	0.37
牛乳, 全乳製品	100	3.7
練乳	200	-
カッテージチーズ, 同製品	50	-
ナチュラルチーズ, プロセスチーズ	50	-
バター	100	-
肉・肉製品		-
うち牛肉, 羊肉及びそれらの製品	500	-
豚肉, 家禽肉及びそれらの製品	180	-
馬鈴薯	80	3.7
パン類	40	3.7
( 穀物の ) 粉・挽割り, 砂糖	60	-
植物油脂	40	-
動物油脂, マーガリン	100	-
野菜, 根菜	100	-
果実	40	-
栽培ベリー	70	-
野菜・果実・栽培ベリーの缶詰等	74	-
野生ベリー, 同缶詰等	185	-
生鮮キノコ	370	-
乾燥キノコ	2,500	-
ベビーフード	37	1.85
その他の食品	370	-

- ・ 一人当たり年間消費量が 5kg 以下の食品 (香辛料, 茶, 蜂蜜等) については, 「その他の食品」の 10 倍の基準値を適用する。
- ・ 馬肉, 野生動物の肉を原料に含む肉製品については, 牛肉の基準値を準用する。
- ・ パスタ製品については, パン類の基準値を準用する。

出典: 長友 謙治, 米国, カナダ, ロシア及び大規模災害対策 (チェルノブイリ, ハリケーン・カトリーナ, 台湾・大規模水害): 第 4 章 チェルノブイリ原発事故に関連する農業分野の法的規制について (ベラルーシ・ロシア関係), 農林水産政策研究所 (平成 24 年 3 月) 平成 23 年度カントリーレポート 行政対応特別研究 [主要国横断] 研究資料 第 3 号 P138 139 第 12 表

2) 前提としている内部被ばく基準

1 mSv / 年

3) 食品中の基準を設定する考え方および4) 計算式

関連資料は見当らず。

参考文献

- 1) 食品及び飲用水に係る放射性核種セシウム 137 及びストロンチウム 90 の共和国許容水準, ベラルーシ
- 2) チェルノブイリ原発事故による環境への影響とその修復:20年の経験, チェルノブイリ・フォーラム専門家グループ「環境」の報告, IAEA, 日本学術会議(2006)

5 - 8. シンガポール

- 1) 基準値、規制値(食品中の放射性物質)
- 2) 2011 年、シンガポール国内の水および食品の測定において、WHO Drinking Water Guidelines および CODEX guideline を参照していることから、WHO Drinking Water Guidelines および CODEX guidelines に基づくと思われる。

3) 前提としている内部被ばく基準

実効線量 1 mSv / 年。

4) 食品中の基準を設定する考え方

シンガポール国内の水および食品の測定において、WHO Drinking Water Guidelines および CODEX guidelines を参照している。

5) 計算式

基準値・規制値は CODEX に基づく。

参考文献

- 1) RADIATION PROTECTION ACT, Singapore (2001)
- 2) Basic Ionising Radiation Safety (General), Singapore National Environment Agency
- 3) Epidemiological News Bulletin, APRIL - JUNE 2011 VOL. 37 NO. 2, THE MINISTRY OF HEALTH, SINGAPORE (2011)

5 - 9. 中華人民共和国

1) 基準値、規制値(食品中の放射性物質)

	<sup>3</sup> H	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>131</sup> I	<sup>137</sup> Cs	<sup>147</sup> Pm	<sup>239</sup> Pu
穀類	210,000	1,200	96	190	260	10,000	3.4
イモ類	72,000	540	33	89	90	3,700	1.2
野菜・果物	170,000	970	77	160	210	8,200	2.7
肉・魚・甲殻類	650,000	2,900	290	470	800	24,000	10.0
生乳	88,000	240	40	33	330	2,200	2.6

単位は Bq/kg(生乳は Bq/L)

出典: JETRO 北京センター仮訳 中華人民共和国国家標準 食品中の放射性物質制限濃度基準(GB14882-94)

2) 前提としている内部被ばく基準および3)食品中の基準を設定する考え方  
関連資料は見当たらず。

4) 計算式

$$L_c = \frac{ALI}{365 \times I_d}$$

$L_c$ : 制限濃度

ALI: 年間摂取制限値(下表、年間制限摂取量)

$I_d$ : 中国における最も多く引用する人の平均食用量、kg/d



年間制限摂取量

放射性核種 (元素)	年間摂取制限量 (Bq)		
	成人	児童	乳児
<sup>3</sup> H	62,000,000	53,000,000	24,000,000
<sup>89</sup> Sr	460,000	190,000	67,000
<sup>90</sup> Sr	23,000	23,000	11,000
<sup>131</sup> I	77,000	31,000	9,100
<sup>137</sup> Cs	77,000	100,000	91,000
<sup>147</sup> Pm	3,200,000	1,600,000	590,000
<sup>210</sup> Po	2,200	1,000	330
<sup>226</sup> Ra	4,000	2,500	1,000
<sup>228</sup> Ra	2,000	2,100	770
天然トリウム <sup>1)</sup>	347	297	206
天然ウラン <sup>1)</sup>	551	358	142
<sup>239</sup> Pu	1,000	1,000	700

注：1)天然トリウム、天然ウランの単位は mg とする。

出典：JETRO 北京センター仮訳 中華人民共和国国家標準 食品中の放射性物質制限濃度基準 (GB14882-94)

参考文献

1) 中華人民共和国国家標準 食品中の放射性物質制限濃度基準 (GB14882-94)

5 - 10. 大韓民国

1) 基準値、規制値 (食品中の放射性物質)

放射性核種	I-131	Cs-134 + Cs137
食品		
幼児用食品	100	
乳および乳製品	100	
その他食品	300	
全食品		370

2) 前提としている内部被ばく基準、3) 食品中の基準を設定する考え方および4) 計算式  
関連資料は見当たらず。

参考文献

1) Korea Food Code, 大韓民国食品基準 (2010)

2) KFDA tightens radioactive cesium limits on Japanese Food Imports, 大韓民国食品医薬品  
安全庁

5 - 11 . 中華民国

1) 基準値、規制値(食品中の放射性物質)

放射性核種 食品	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs+ <sup>137</sup> Cs
牛乳及び乳製品	55 Bq/kg	50 Bq/kg
乳児食	55 Bq/kg	50 Bq/kg
ソフトドリンク・ミネラルウォーター	100 Bq/kg	10 Bq/kg
その他食品	100 Bq/kg	100 Bq/kg

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。突発事故及び悪意的な行動を含む。(根拠文献 および )

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

2) 前提としている内部被ばく基準

実効線量として 1 mSv

〔 水晶体に対する等価線量として 15mSv  
皮膚に対する等価線量として 50mSv 〕

3) 食品中の基準を設定する考え方

放射性核種の摂取による特定の組織あるいは器官に対する預託等価線量の基準期間は、17歳を超過する場合は50年、17歳以下の場合は70歳に至るまでの期間とする。

年間の摂取限度(Annual limit on intake ; ALI)は、預託実効線量として50 mSvあるいはいずれの組織あるいは器官に対しても、預託等価線量として500 mSvのうち、より小さくなる方を基準とする。

4) 計算式

関連資料は見当たらず。

参考文献

- Standards for the Tolerance of Atomic Dust and Radioactivity Contamination in Foods, 中華民国 衛生福利部食品薬品管理署 (2016)
- Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation, 中華民国行政院原子能委員会

(1970)

なお、「食品中の放射性物質の規制値や基準値について」は平成27年度厚生労働科学研究費補助金（食品の安全確保推進研究事業）の「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」において実施したものである。

### 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
A. Takeda, H. Tsukada, M. Takahashi, Y. Takaku and S. Hisamatsu	Changes in the chemical form of exogenous iodine in forest soils and their extracts.	Radiat. Prot. Dosim.	167	181-186	2015
F. Bréchna1, D. Oughton, C. Mays, L. Barnhouse, J. C. Beasley, A. Bonisoli-Alquati, C. Bradshaw, J. Brown, S. Dray, S. Geras'kin, T. Glenn, K. Higley, K. Ishida, L. Kapustka, U. Kautsky, W. Kuhne, M. Lynch, T. Mappes, S. Mihok, A. Møller, C. Mothersill, T. Mousseau, J. Otaki, E. Pryakhin, O. E. Rhodes, Jr, B. Salbu, P. Strand, H. Tsukada	Addressing ecological effects of radiation on populations and ecosystems to improve protection of the environment against radiation: Agreed statements from a Consensus Symposium	J. Environ. Radioactivity	158-159	21-29	2016
T. Aono, S. Yoshida, and M. Akashi	Initial and present situation of food contamination in Japan after the accident at the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant	Radiat. Prot. Dosim.			Accept, Dec. 2015

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
F. Carini, M. Brambilla, N. G. Mitchell and H. Tsukada	Radionuclides Behavior in Fruit Plants	Tomoyuki Takahashi	Radiological Issues for Fukushima's Revitalized Future,	Springer	Tokyo	2016	159-172
H. Tsukada, T. Takahashi, S. Fukutani, K. Ohse, K. Kitayama and M. Akashi	Concentrations of <sup>134</sup> Cs, <sup>137</sup> Cs and <sup>90</sup> Sr in Agricultural Products Collected in Fukushima Prefecture	Tomoyuki Takahashi	Radiological Issues for Fukushima's Revitalized Future,	Springer	Tokyo	2016	179-187

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
山口紀子, 江口定夫, 林健太郎, 藤原英司, 塚田祥文	農業環境技術研究所畑圃場における農作業に伴い巻き上がる土壌粒子に含まれる放射性物質	農環研報	34	33-41	2015
大瀬健嗣, 北山響, 末永清一, 松本清之, 鈴木千佳, 菅野章, 河津賢澄, 塚田祥文	福島県大熊町の警戒区域で栽培された玄米、野菜、および果実中の放射性セシウム濃度	FURE 福島大学つくしまふくしま未来支援センター 平成 25 年度年報		181-185	2016
北山響, 塚田祥文, 大瀬健嗣, 河津賢澄	福島市および伊達市における大気中放射性セシウム濃度	FURE 福島大学つくしまふくしま未来支援センター 平成 25 年度年報		186-188	2016
大瀬健嗣, 武内佳之, 河津賢澄, 島長義, 北山響, 塚田祥文	大熊町における試験栽培作物中放射性セシウムの部位別濃度と経時変化	FURE 福島大学つくしまふくしま未来支援センター 平成 25 年度年報		147-150	2016
塚田祥文, 大瀬健嗣, 北山響, 河津賢澄	水田に流入する形態別放射性セシウムの動態モニタリング、農地等の放射性物質の除去・低減技術の開発 - 農地土壌における放射性セシウム動態予測技術および拡散防止技術の開発 -	農林水産技術会議事務局（農林水産省）研究成果	553	35-40	2016
塚田祥文（分担）	環境放射能モニタリングのための水中の放射性セシウムの前処理法・分析法	国立研究開発法人産業技術総合研究所			2016
塚田祥文（分担）	「放射化学の事典」 環境放射能 10. 放射性および安定同位体の環境移動	朝倉書店			2015
塚田祥文（分担）	飲食物中放射性物質の基準値と福島県における農作物中濃度	経済同友		8・9月号	2015
塚田祥文	農作物の安全 徹底検査	東京新聞		11月17日	2015
塚田祥文	福島大学環境放射能研究所の活動から	福島大学地域創造	27	1-3	2016
青野辰雄, 福田美保, 山崎慎之介, 吉田聡, 明石真言, 山田学, 山迺邊昭文, 早乙女忠弘, 水野 拓治	福島沿岸沖における魚介類中の放射性核種の濃度分布について	Proceedings of the 15th Workshop on Environmental Radioactivity (KEK proceedings)		219-221	2015

## 学会発表等

1. F. Carini, M. Brambilla, N. Mitchell, H. Tsukada (2015) Radionuclides behavior in fruit plant, Radiological Issues for Fukushima's Revitalized Future (福島の復興に向けての放射線対策に関するこれからの課題) (2015.5.31, 福島)
2. H. Tsukada (2015) Concentrations of Radionuclides in Agricultural Products Collected in Fukushima Prefecture (福島の復興に向けての放射線対策に関するこれからの課題) (2015.5.31, 福島)
3. 海野佑介、塚田祥文、武田晃、高久雄一、久松俊一 (2015) 分配係数を用いた土壌深度毎の  $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{85}\text{Sr}$ 、 $^{125}\text{I}$  の挙動比較 (福島の復興に向けての放射線対策に関するこれからの課題) (2015.5.31, 福島)
4. 武田晃、塚田祥文、海野佑介、高久雄一、久松俊一 (2015) 青森と福島農地の農地土壌における放射性セシウム捕捉ポテンシャルと土壌特性 (福島の復興に向けての放射線対策に関するこれからの課題) (2015.5.31, 福島)
5. N. Yamaguchi, H. Tsukada, K. Kohyama, Y. Takata, and I. Taniyama (2015) Radiocesium behaviors in Japanese soils (13th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements, Fukuoka, Japan).
6. Y. Suzuki, H. Tsukada, Y. Sakuma, T. Yabuki, K. Yoshioka, and K. Inubushi (2015) Effect of Radiocesium Fractions in Irrigation Water on Radiocesium Uptake in Brown Rice (13th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements, Fukuoka, Japan).
7. A. Takeda, H. Tsukada, H. Kakiuchi, Y. Unno, Y. Takaku and S. Hisamatsu (2015) Soluble Form of Iodine Isotopes,  $^{127}\text{I}$ ,  $^{129}\text{I}$  and spiked  $^{125}\text{I}$ , in a grassland soil in Rokkasho, Japan (13th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements, Fukuoka, Japan).
8. H. Tsukada, A. Takeda, M. Sato, T. Saito and N. Yamaguchi (2015) Relationship between Soil-to-plant Transfer Factor of  $^{137}\text{Cs}$  in Agricultural Plants and Radiocesium Interception Potential (13th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements, Fukuoka, Japan).
9. H. Tsukada (2015) Time series and spatial distribution of  $^{137}\text{Cs}$  in dissolved and suspended fractions in irrigation water collected within 80 km zone around TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Stations (Fukushima COMET Workshop, Fukushima, Japan)
10. A. Takeda, H. Tsukada, H. Kakiuchi, Y. Takaku and S. Hisamatsu (2015) Soil-to-grass transfer and water-extractability of I-129 in grassland soils collected in Aomori Prefecture (XIX International Union for Quaternary Research, Nagoya, Japan).
11. H. Tsukada, K. Ohse, N. Shima and T. Saito (2015) Physicochemical fractions of  $^{137}\text{Cs}$  and its distribution coefficient in suspended solid in land water collected from Fukushima, Japan (XIX International Union for Quaternary Research, Nagoya, Japan).
12. 北山響、大瀬健嗣、河津賢澄、島長義、塚田祥文 (2015) 非線形回帰分析による大気中放射性

セシウム濃度の変動傾向解析（第 56 回大気環境学会年会、東京）

13. 山口紀子、中尾淳、武田晃、塚田祥文、江口定夫、平舘俊太郎 (2015) 放射性セシウム捕捉ポテンシャル (RIP) のセシウム濃度依存性 (日本土壤肥料学会, 京都)
14. 塚田祥文、鈴木安和、矢吹隆夫 (2015) 玄米に移行する農業用水中放射性 Cs と K の影響 (日本土壤肥料学会, 京都)
15. 武田晃、塚田祥文、山田大吾、海野佑介、原田久富美 (2015) 土壤中に選択的に保持された放射性 Cs の酢酸アンモニウム溶液による抽出性 (日本土壤肥料学会, 京都)
16. 大瀬健嗣、加藤美紀、北山響、塚田祥文 (2015) 土壌および懸濁物質中の「有機態」放射性セシウムの存在形態 (日本土壤肥料学会, 京都)
17. K. Nanba, M. Zheleznyak, A. Konoplev, Y. Wakiyama, V. Golosov, T. Wada and H. Tsukada (2015) Field and Laboratory Studies of Radiocesium Transfers in Soil-Water Environment at Fukushima Prefecture (AGU Fall meeting, San Francisco)