

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}Sr)、ルテニウム-106 (^{106}Ru)、プルトニウム-238 (^{238}Pu)、プルトニウム-239 (^{239}Pu)、プルトニウム-240 (^{240}Pu)及びプルトニウム-241 (^{241}Pu)を評価対象核種として、放射性 Cs との濃度比を推定することにより、その線量への寄与を考慮している。また、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}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¹⁾のうち、半減期が1年以上であるストロンチウム-90 (⁹⁰Sr)、ルテニウム-106 (¹⁰⁶Ru)、プルトニウム-238 (²³⁸Pu)、プルトニウム-239 (²³⁹Pu)、プルトニウム-240 (²⁴⁰Pu)及びプルトニウム-241 (²⁴¹Pu)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⁹⁰Sr 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⁹⁰Sr 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⁹⁰Sr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⁹⁰Sr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。⁹⁰Sr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 ± 2.1 (0.12 ~ 7.3) Bq/kg-生重量であった。また、⁹⁰Srの平均濃度(濃度範囲)は、 0.0092 ± 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 ± 0.43 (0.11 ~ 1.6) Bq/kg-生重量で、また⁹⁰Sr平均濃度(濃度範囲)は 0.0026 ± 0.0030 (0.0036 ~ 0.10) Bq/kg-生重量であり、市場流通品中濃度と同様な値であった。更に、これらの値は、福島県を除く日本全国の放射性Cs濃度(検出限界値以下 ~ 15 Bq/kg-生重量)及び⁹⁰Sr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¹³⁴Cs濃度は検出下限値(0.5Bq/kg-生重量)以下で、¹³⁷Cs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⁹⁰Srおよび²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度はいずれも検出下限値(⁹⁰Sr:0.2 Bq/kg-生重量、²³⁹⁺²⁴⁰Pu: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}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}Sr 濃度を比較すると、両地域から採取された作物中 ^{90}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}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}Cs 濃度が検出された 3 個体の ^{137}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}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}Sr 及び $^{239+240}\text{Pu}$ が検出されなかったことから、 ^{90}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}Sr による内部被ばく線量の評価結果は 0.001 mSv オーダーかそれ以下であったが、今回検出された ^{90}Sr は大気圏核実験由来と考えられる。よって、事故由来の ^{90}Sr による被ばく線量はこの評価結果よりも十分に低く、事故に起因する放射性 Cs による被ばく線量と比べても十分に低いと考えられる。

4. 食品中放射性物質濃度等に関する知見の評価検討

国際機関や各国の規制値や基準値については、食品基準産出の考え方、レベルの計算方法や前提としている内部被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}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}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}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}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}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}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. Bréchnignac, 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. Möller, 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