

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

食品中放射性セシウム濃度基準値の妥当性検証及び被ばく線量評価

分担研究者 高橋 知之 (京都大学 複合原子力科学研究所)
研究協力者 福谷 哲 (京都大学 複合原子力科学研究所)

研究要旨

東京電力福島第一原子力発電所(FDNPS)事故直後に設定された暫定規制値に代わり、2012年4月以降の長期的な状況に対応するために新しい基準値が設けられた。その適用された食品中の放射性物質の基準値は、放射性セシウム(Cs)について「一般食品」では100 Bq/kg、「乳児用食品」および「牛乳」では、より安全側に50 Bq/kg とすることが妥当であると考えられた。この基準値の導出には、規制対象核種について、食品への移行経路毎に放射性核種移行評価を実施して食品中の放射性核種濃度比を推定することにより、測定対象核種である放射性 Cs 以外の核種の寄与も考慮されている。規制対象核種は、原子力安全・保安院(当時)が作成・公表した試算値のリストに掲載された核種のうち、半減期が1年以上の核種としているため、半減期が約8日のヨウ素-131 (^{131}I)は含まれていない。また、半減期が約1570 万年のヨウ素-129 (^{129}I)は原子力安全・保安院の試算値に含まれていないため規制対象核種となっていないが、規制対象核種以外の核種の影響に関しては、いずれも影響は小さいとされている。本研究では、2019 年度に福島県内で生産されたジャガイモ中の放射性 Cs 濃度及びストロンチウム-90 (^{90}Sr)濃度、並びに基準値の設定において影響が小さいとして規制対象核種に含まれなかったヨウ素-129 (^{129}I)濃度の測定結果から、放射性 Cs および ^{90}Sr 及び ^{129}I に起因する内部被ばく線量を推定することにより、現行の基準値によって食品中の放射性物質について安全性が十分に確保されていることを確認した。

A. 研究目的

2011年3月11日に発生した東日本大震災に起因する東京電力福島第一原子力発電所(FDNPS)事故(以下「FDNPS 事故」という。)により、大量の放射性物質が大気及び海洋に放出された。このことから、厚生労働省は、2011年3月17日に原子力安全委員会(当時)が原子力施設等の事故に備えて定めていた「原子力施設等の防災対策について」の「飲食物摂取制限の指標値」を「暫定規制値」として

設定した。また、食品安全委員会は、放射性物質による食品健康影響評価を実施し、10月27日に厚生労働大臣に対し、食品中に含まれる放射性物質に関する食品健康影響評価書を答申した。薬事・食品衛生審議会は、この答申を受け、2012年4月以降の長期的な状況に対応する食品中の放射性物質の基準値について、合理的に達成できる限り線量を低く保つという考えに立ち、より一層、国民の安全・安心を確保する観点から、介入線量レベルを年

間 1 mSv に引き下げることが妥当と判断した。そして、この線量に相当する食品中放射性セシウム(Cs)の限度値を導出することにより、基準値を設定した¹⁾。

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

基準値の設定にあたっては、最も内部被ばく線量に対する影響が大きいと推定され、迅速にかつ比較的容易に多数の食品について測定可能なセシウム-134(¹³⁴Cs)およびセシウム-137(¹³⁷Cs)を測定対象核種とした。なお、この内部被ばく線量評価の対象とする核種(以下「規制対象核種」という。)は、今回の事故で福島原発から大気中に放出され、原子力安全・保安院(当時)が作成・公表した試算値のリストに掲載された核種のうち、この基準値が2012年4月以降に適用されることに鑑み、半減期が1年以上の核種すべてを規格基準の設定で考慮することが妥当であるとした。すなわち、放射性セシウム(¹³⁴Cs、¹³⁷Cs)以外に、ストロンチウム-90(⁹⁰Sr)、ルテニウム-106(¹⁰⁶Ru)、プルトニウム同位体(²³⁸Pu、²³⁹Pu、²⁴⁰Pu、²⁴¹Pu)を規格基準における規制の対象

となる放射性核種とした。よって、半減期が約8日のヨウ素-131(¹³¹I)は規制対象核種に含まれていない。また、放射性Cs以外の核種の影響については、検査の実効性を確保する観点から、放射性Csによる被ばく線量に対する当該放射性核種の被ばく線量の比を推定することにより管理し、放射性Cs濃度で規制を行うこととした。すなわち、食品への移行経路毎に放射性核種移行評価を実施して各食品中の放射性核種濃度比を推定することにより、放射性Csに対する基準値に反映させた。食品中の放射性核種濃度比は、土壤中放射性核種濃度の比や、環境移行モデルおよびパラメータにより推定した。

また、この基準値の設定において、規制対象核種以外の核種の影響に関しては、いずれも影響は小さいと結論づけられている。このうち、ヨウ素-129(¹²⁹I)、テクネチウム-99(⁹⁹Tc)等の長半減期核種については、「長期的には、今後の測定によって確認することが必要であるが、寄与は十分小さいと考えられる」としている。

本研究は、食品の安全に関する根拠を線量評価によって明示することにより、食品中の放射性物質の基準値の妥当性について検証し、国民の安心・安全を得ることを目的としている。本分担研究では、「分担研究1. 農作物中Csと長半減期核種の濃度測定に関する研究」(以下「分担研究1.」と記述する。)において採取・測定された、FDNPS周辺における食品中放射性核種濃度の測定値等を用いて、食品摂取による実際の内部被ばく線量を推定し、現行の規準値によって食品中の放射性物質に安全性が十分に確保されていることについて検証する。特に長半減期核種である¹²⁹Iに着目し、「寄与は十分小さいと考えられる」とした報告の妥当性について検討する。

B.研究方法

1. 線量評価方法

食品摂取による内部被ばく線量は、各食品中放射性核種濃度に、当該食品の摂取量および当該放射性核種の内部被ばく線量係数を乗じて、対象食品及び核種について合計することによって求めることができる。しかしながら、FDNPS 事故による放射性核種の沈着量は地域及び核種によって大きく異なる。よって、FDNPS 事故に起因する内部被ばく線量を精度良く評価するためには、一般に摂取されている食品中の各放射性核種濃度を地域ごとに網羅的に測定することが必要である。

本研究は、食品中放射性 Cs、⁹⁰Sr と ¹²⁹I による内部被ばく線量をそれぞれ推定し、比較検討することを目的としている。しかしながら ⁹⁰Sr 及び ¹²⁹I については、大量の試料や特別な機器を用いなければ検出ができない。このため、測定に供する試料数および種類は非常に限定的とならざるを得ない。

よって、今回の研究では、食品の種類を同一種類(ジャガイモ)に限定して福島県内外で採取し、それぞれの同一試料中放射性 Cs、⁹⁰Sr、¹²⁹I 濃度を測定することにより、それぞれの核種による内部被ばく線量を推定することを試みる。

また、本研究では、試料がジャガイモに限られていることから、試料中放射性 Cs、⁹⁰Sr、¹²⁹I 濃度に加え、各試料中安定元素濃度、土壌から農作物への移行係数、放射性物質の分布状況等調査によるヨウ素の放射能濃度分析結果等を用いて、より精度良く内部被ばく線量を推定することを試みる。

なお、内部被ばく線量評価のための線量係数は、ICRP Publication No.72²⁾に記載されている経口摂取に係る内部被ばく線量係数を用いる(表 1 参照)。

2. 本研究で対象とする食品

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

外における農作物(ジャガイモ)とする。

3. 安定元素濃度の測定及び推定

Cs とカリウム(K)は同じアルカリ金属であり、生態圏内では似通った挙動を示すと考えられるため、安定 K の摂取量から放射性 Cs 摂取量の推定を行う。分担研究 1. において、放射性 Cs 濃度の測定とあわせて ⁴⁰K 濃度も測定されている。安定 K 濃度は、分担研究 1. で測定されたカリウム-40(⁴⁰K)濃度を、安定 K の単位重量あたりの ⁴⁰K 放射能である 30.4 Bq/kg³⁾で除することによって推定する。

⁹⁰Sr による内部被ばく線量評価においては、Sr と同じアルカリ土類金属である安定カルシウム(Ca)濃度を用いる。分担研究 1. において採取された作物について、安定 Sr 濃度および安定 Ca 濃度を測定する。測定は ICP 発光分光分析装置 (iCAP-6300, Thermo Fisher Scientific)及び ICP 質量分析装置 (PlasmaQuant MS, Analytik Jena)を用いて行い、濃度既知の標準溶液で検量線を作成し定量する。

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

C. 研究結果

1. ジャガイモ中放射性核種濃度の比較検討

線量評価に用いるジャガイモ中の ¹³⁷Cs、⁹⁰Sr、⁴⁰K 及び ¹²⁹I 濃度(分担研究 1. において測定)を表 2 に示す。分担研究 1. で考察されたように、南相馬市における ¹²⁹I 濃度が最も高く、FDNPS 事故の影響による濃度の上昇が現れている可能性がある。しかしながら、大気圏核実験由来の放射性核種濃度のばらつきは数オーダーにわたることから、南相馬市も含め、今回測定された放射性核種濃度について、FDNPS 事故の影響と大気圏核実験の影響を明確に区別することは困難である。よって本線量評価に

おいては、分担研究 1. において測定された濃度をそのまま用い、FDNPS 事故由来と大気圏核実験由来を区別せずに線量評価を行うこととする。

2. 安定元素濃度の測定及び推定結果

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

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

3. 農作物摂取量を用いた内部被ばく線量の試算

基準値の設定において用いられた各年齢性別区分における、食品区分毎の食品摂取量¹⁾を表 4 に示す。なお、1 歳未満は調整粉乳からの摂取量が大きいことから、本評価からは除外する。

本年度は分担研究 1. はジャガイモを試料としていることから、食品摂取量を用いる方法では畜産物や水産物中濃度を推定することは困難であることから、農作物摂取による内部被ばく線量について検討する。

土壌から農作物への元素の移行のし易さは元素の種類によって異なることから、同じ放射性核種濃度の耕作地で栽培された農作物でも、可食部中の放射性核種濃度は異なる。よって、ジャガイモの放射性核種濃度を用いて他の農作物中における放射性核種濃度を推定するため、放射線医学総合研究所が資源エネルギー庁事業において測定した土壌-農作物移行係数⁵⁻⁸⁾を用いることとする。本評価で用いる食品分類に対応する、安定 Cs、安定 Sr 及

び安定 I の幾何平均値を表 5 にまとめて示す。ジャガイモが属する芋類の移行係数は、いずれの元素も農作物全体の平均的な値を示している。

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

この換算係数にジャガイモ中放射性核種濃度を乗じ、さらに農作物の摂取量及び線量係数を乗じることにより、農作物摂取に起因する年間内部被ばく線量を求めることができる。年齢区分「1-6 歳」には 5 歳、「7-12 歳」には 10 歳、「13-18 歳」には 15 歳、「19 歳以上」及び「妊婦」には成人の線量係数を用いる。また、基準値の設定における想定と同様に、当該放射性核種が含まれる食品は、摂取する食品の 1/2 と仮定する。また ^{134}Cs 濃度については、いずれの試料からも検出されていないことから、全ての試料について、平成 23 年 3 月 11 日における $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度比を 1:1 とし、令和元年 9 月 30 日における ^{134}Cs 濃度との比を算出し、 ^{137}Cs 濃度に乗じることによって推定する。

農作物の摂取による各核種による内部被ばく線量の推定結果を表 7 に示す。 ^{137}Cs による被ばく線量推定値が最も高かったのは、南相馬市の「19 歳以上【男子】」であり、年間 0.00059 mSv であった。 ^{90}Sr による被ばく線量推定値が最も高かったのは、南相馬市の「13-18 歳【男子】」であり、年間 0.000082 mSv であった。 ^{129}I による被ばく線量推定値が最も高かったのは、南相馬市の「7~12 歳【男子】」であり、年間 0.0000000061 mSv であった。であった。いずれについても、介入線量レベルである年間 1 mSv を大幅に下回っている。

4. 安定元素濃度を用いた内部被ばく線量の試算

測定された放射性核種濃度と、その食品に含まれている安定元素の濃度を比較し、一般的な安定元素の年間摂取量(表 8)を用いることで、内部被ばく線量を推定することを試みる。

各採取場所のジャガイモ中 ^{134}Cs /安定 K、 ^{137}Cs /安定 K、 ^{90}Sr /安定 Ca 及び ^{129}I /安定 I を表 9 に示す。それぞれ安定 K 濃度は分担研究 1. において測定された ^{40}K 濃度からの推定値、安定 Sr および安定 Ca 濃度は本分担研究における測定値、安定 I 濃度は分担研究 1. で測定された ^{127}I 濃度である。

安定 K 及び安定 Ca の年間摂取量は、平成 29 年(2017 年)国民健康・栄養調査報告⁹⁾を用いる。しかしながら、安定 I の年間摂取量は国民健康・栄養調査報告には含まれていない。

「日本人の食事摂取基準(2020 年版)日本人の食事摂取基準」策定検討会報告書¹⁰⁾では、「日本人のヨウ素摂取量は、昆布製品などの海藻類をあまり含まない献立での 500 μg /日未満を基本に、間欠的に摂取する海藻類を含む献立分が加わり、平均で 1~3 mg/日だと推定できる。」としている。また、大学生を対象とした調査結果¹¹⁾に基づきで、「海藻類を食べない集団のヨウ素摂取量が平均で 73 μg /日に過ぎないと報告されている」としている。

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

まず、成人における「海藻類をあまり含まない食事」における安定 I 摂取量を安全側に 500 μg /日と仮定

する。次に、表 4 に示した「摂取量合計」から「海産物」を除いた摂取量を用い、「19歳以上【男子】」と「19歳以上【女子】」の当該摂取量の平均値を求める。この平均値で前述の安定 I 摂取量(500 μg /日)を規格化し、各年齢性別区分の安定 I 摂取量の推定値とする。なお、国民健康・栄養調査報告の年齢区分は「1~6歳」、「7~14 歳」、「15~19 歳」、「20 歳以上」(20 歳以上は 10 歳毎に区分した上「20 歳以上」として再集計されている)となっているため、表 4 の「1~6歳」、「7~12 歳」、「13~18 歳」、「19 歳以上」をそれぞれ対応させることとする。これらの方法によって取りまとめた各年齢性別区分の各安定元素摂取量を表 8 に示す。

この各安定元素摂取量に、安定元素摂取量を用いた年間内部被ばく線量推定値を表 10 に示す。なお、ここで、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 、 ^{40}K は全食品による摂取を対象とした推定値であるが、 ^{129}I による被ばく線量は、前述したように、「海藻類を多く含む食事分」を除いた推定値である。

全ての食品を考慮した放射性 Cs による年間内部被ばく線量は、最も線量の高かった南相馬市の「男性 20 歳以上」でも年間 0.0011 mSv 程度であり、介入線量レベルである年間 1 mSv を大幅に下回っている。なお ^{40}K による年間内部被ばく線量は 0.1 mSv を上回っている。すなわち、放射性 Cs による年間内部被ばく線量は ^{40}K による年間内部被ばく線量に比べて 2 オーダー以上低い値であった。 ^{90}Sr による被ばく線量は、いずれの地域及び性別年齢区分においても年間 0.0001 mSv のオーダーであった。

^{129}I による「海藻類をあまり含まない食事」における年間内部被ばく線量は、最も線量の高かった南相馬市でも年間 0.000001 mSv のオーダーであり、放射性 Cs による年間内部被ばく線量に比べて十分に低い値であった。

D. 考察

1. 農作物摂取量を用いた内部被ばく線量の試算

表 7 に示したように、農作物摂取による年間内部被ばく線量推定値は、最も高い南相馬市の「19 歳以上【男子】」でも、年間 0.00059 mSv であり介入線量レベルである年間 1 mSv を大幅に下回っている。なお、2018 年 9 月～10 月に調査されたマーケットバスケット法による、放射性セシウムから受ける年間被ばく線量¹²⁾は、福島（浜通り）で 0.0009 mSv、福島（中通り）で 0.0011 mSv、福島（会津）で 0.0010 mSv であり、また福島県以外では 0.0006～0.0010 mSv であることから、地域による差異はほぼ見られなくなっている。本評価における最大線量は、農作物摂取によるもののみで、これらの値の 1/2～1/10 程度の評価結果となっている。なお、今回測定したジャガイモから推定される放射性核種濃度の食品は、本評価では基準値の設定における想定と同様に、摂取する食品の 1/2 と仮定しているが、実際に摂取される食品はより広範囲から購入されるため、全体的に平均化していることが考えられる。また、本評価では調理加工に伴う放射性セシウム濃度の減少は考慮していないが、調理加工によって実際に摂取する放射性セシウム濃度は減少する影響も考えられる。

⁹⁰Sr による被ばく線量は、性別年齢区分によって異なるが、年間 0.00001 mSv のオーダーであった。前述したように、この線量のほとんどが大気圏核実験由来と考えられる。

¹²⁹I による被ばく線量推定値が最も高かったのは、南相馬市の「7～12 歳【男子】」であり、年間 0.0000000061 mSv であった。この線量は、放射性 Cs による被ばく線量よりも 5 桁程度低く、農作物摂取に起因する ¹²⁹I による被ばく線量は、放射性 Cs による被ばく線量に比べて十分に低いことが示唆された。

2. 安定元素濃度を用いた内部被ばく線量の試算

安定 K 濃度を用いた放射性 Cs による全ての食品を考慮した年間内部被ばく線量は、最も線量の高かった南相馬市の「男性 20 歳以上」でも年間 0.0011 mSv あり、介入線量レベルである年間 1 mSv を大幅に下回っている。これはマーケットバスケット法による、放射性セシウムから受ける年間被ばく線量¹²⁾とほぼ同レベルであった。

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

¹²⁹I による「海藻類をあまり含まない食事」における年間内部被ばく線量は、最も線量の高かった南相馬市でも年間 0.000001 mSv のオーダーであり、放射性 Cs による年間内部被ばく線量に比べて十分に低い値であった。この結果は、農作物摂取量を用いた内部被ばく線量の試算を 2～3 桁程度上回っている。

なお、本評価においては、安定 I の成人における摂取量について、「海藻類をあまり含まない食事」として 500 μ g/日と仮定している。一方、「間欠的に摂取する海藻類を含む献立分が加わり、平均で 1～3 mg/日だと推定できる。」¹⁰⁾とされていることから、仮に海藻類における ¹²⁹I /安定 I が今回測定されたジャガイモと等しいと仮定した場合には、¹²⁹I による内部被ばく線量は、表 10 に示した線量の 2～6 倍となるが、それでも十分に低い値である。

このように、¹²⁹I による被ばく線量は放射性セシウムに比べて十分に低いと考えられるが、その推定結果については、現時点では不確実性が大きい、より

精度の高い評価のためには、海藻類を含む海産物摂取の評価等、より広範囲な調査研究が重要である。

E. 結論

令和元年度に採取されたジャガイモ中放射性 Cs 濃度、⁹⁰Sr 濃度、¹²⁹I 濃度および安定元素濃度を用いて、年間内部被ばく線量を試算した結果、極めて保守的な仮定、すなわち、摂取する全ての農作物あるいは食品について、原材料も含め全て福島県内から産出されたものとし、過去の大気中核実験等のフォールアウトによる ⁹⁰Sr の寄与を含めた場合であっても、介入線量レベルである年間 1 mSv を大幅に下回っていた。

すなわち、FDNPS 事故由来に起因する年間内部被ばく線量は、⁹⁰Sr 及び ¹²⁹I の寄与を考慮しても、年間 1 mSv の 1/1000 程度であり、現行の基準値によって食品中の放射性物質について安全性が十分に確保されていることを確認した。なお、事故に起因する ⁹⁰Sr の寄与は極めて小さく、放射性 Cs 以外の放射性核種の寄与を安全側に考慮した放射性 Cs に対する基準値の算定値は、妥当であったと考えられる。¹²⁹I による被ばく線量も年間 1 mSv に比べて十分に小さく、また、放射性 Cs による被ばく線量に比べても十分に低いことが確認された。

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

本研究は、食品中の放射性物質の基準値に対して、国民が安心・安全を得ることができること、そして

国内の食品の安全に関する根拠を示すことを目的に、食品中の放射性物質の基準値の妥当性について検証を行うことを目的としている。本研究によって、FDNPS 事故由来に起因する年間内部被ばく線量は介入線量レベルである年間 1 mSv を大幅に下回っている蓋然性が高いことを示したが、より精度の高い推定を行うためには、試料数を増やして測定を継続的に行い、放射性物質濃度と安定元素濃度の関連性について評価解析を実施するなど、より詳細な検討が必要と考えられる。

F. 引用文献

- 1) 薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会放射性物質対策部会資料(平成23年12月22日開催)(2011).
- 2) ICRP: Publication 72(1996).
- 3) アイソトープ便覧(改訂3版)、日本アイソトープ協会編、丸善(1984)。
- 4) 明石真言:厚生労働行政推進調査事業費補助金(食品の安全確保推進研究事業)食品中の放射性物質濃度の基準値に対する影響と評価手法に関する研究 平成 27-29 年度 総括・分担研究報告書 (2018).
- 5) S. Uchida et al.: Soil-to-Plant Transfer Factors of Stable Elements and Naturally Occurring Radionuclides (1) Upland Field Crops Collected in Japan, J. Nucl. Sci. Technol., **44**, 628-640 (2007).
- 6) S. Uchida et al.: Soil-to-Plant Transfer Factors of Stable Elements and Naturally Occurring Radionuclides: (2) Rice Collected in Japan, J. Nucl. Sci. Technol., **44**, 779-790 (2007)
- 7) S. Uchida and K. Tagami: Iodine transfer from agricultural soils to edible part of crops, Proc. Radiochim. Acta 1, 279-283 (2011).
- 8)放射線医学総合研究所:放射性廃棄物共通技術

- 調査等委託事業「放射性核種生物圏移行評価高度化調査 6 年間(平成 19 年度～平成 24 年度)のまとめ[詳細版]」(2013).
- 9) 厚生労働省:平成 29 年国民健康・栄養調査報告 (2018).
- 10)厚生労働省:日本人の食事摂取基準(2020 年版)「日本人の食事摂取基準」策定検討会報告書」(2019).
- 11) 塚田信他:日本人学生のヨウ素摂取量調査—「日本食品標準成分表 2010」に基づいて—日本臨床栄養学会雑誌、**35**、30–38(2013).
- 12) 厚生労働省:食品中の放射性セシウムから受ける放射線量の調査結果 (2018年9～10月調査分)
- G. 研究業績
なし
- H. 知的財産権の出願・登録状況
なし
- I. 健康危険情報
なし

表1 評価に用いた内部被ばく線量係数 (mSv/Bq)

放射性核種	5歳	10歳	15歳	成人
Cs-134	1.3E-05	1.4E-05	1.9E-05	1.9E-05
Cs-137	9.6E-06	1.0E-05	1.3E-05	1.3E-05
Sr-90	4.7E-05	6.0E-05	8.0E-05	2.8E-05
I-129	1.7E-04	1.9E-04	1.4E-04	1.1E-04
K-40	2.1E-05	1.3E-05	7.6E-06	6.2E-06

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

採取場所	¹³⁷ Cs		⁹⁰ Sr		⁴⁰ K			¹²⁹ I				
	Bq/kg 生		Bq/kg 生		Bq/kg 生			Bq/kg 生				
宮城県大崎市	6.5E-02	±	5.1E-03	-	-	1.4E+02	±	4.8E-01	8.0E-09	±	3.2E-09	
栃木県鹿沼市	7.2E-02	±	3.9E-03	-	-	1.3E+02	±	3.3E-01	<	<	1.2E-08	
愛知県武豊町	<	<	1.5E-02	-	-	1.5E+02	±	3.5E-01	<	<	9.3E-09	
福島県南相馬市	4.4E-01	±	1.5E-02	1.1E-02	±	1.7E-03	1.4E+02	±	8.9E-01	3.6E-07	±	1.5E-08
福島県福島市	3.2E-01	±	1.2E-02	7.2E-03	±	1.4E-03	1.4E+02	±	8.0E-01	6.9E-08	±	6.9E-09
福島県郡山市	4.0E-01	±	2.5E-02	6.4E-03	±	1.6E-03	1.2E+02	±	1.4E+00	7.3E-08	±	7.5E-09
福島県猪苗代町	4.8E-02	±	4.8E-03	8.7E-03	±	1.8E-03	1.2E+02	±	4.2E-01	<	<	9.1E-09

表3 ジャガイモ中安定元素濃度

採取場所	安定K (⁴⁰ Kから算定)	安定Sr	安定Ca	安定I
	gK/kg 生	gSr/kg 生	gCa/kg 生	gI/kg 生
宮城県大崎市	4.4E+00	8.0E-05	4.4E-01	1.6E-05
栃木県鹿沼市	4.4E+00	5.5E-05	3.2E-01	4.2E-05
愛知県武豊町	4.8E+00	7.8E-05	3.2E-01	3.3E-05
福島県南相馬市	4.6E+00	1.2E-04	3.4E-01	9.0E-06
福島県福島市	4.5E+00	7.6E-04	3.3E-01	2.4E-05
福島県郡山市	4.0E+00	1.3E-04	2.8E-01	1.8E-05
福島県猪苗代町	4.0E+00	1.5E-04	3.9E-01	1.4E-05

表4 食品区分ごとの平均1日摂取量 (g/日) ¹⁾

	1歳未満	1-6歳 【男子】	1-6歳 【女子】	7-12歳 【男子】	7-12歳 【女子】	13-18歳 【男子】	13-18歳 【女子】	19歳以上 【男子】	19歳以上 【女子】	妊婦
穀類	20.8	82.7	82.1	127.5	110.9	127.5	110.9	127.5	110.9	141.6
コメ	69.3	195.5	168.2	319.4	276.3	499.4	323.8	424.0	292.0	228.0
芋類	13.0	36.8	34.1	85.0	78.2	79.2	67.6	60.0	55.8	57.7
葉菜類	5.7	68.9	61.8	125.1	122.1	139.9	128.3	142.9	130.2	128.3
根菜類	4.5	37.0	35.2	69.3	67.9	77.1	68.4	85.2	78.1	67.1
豆類	10.0	29.1	28.4	66.0	63.0	64.4	61.9	64.3	61.7	48.4
果菜類	66.8	174.9	178.7	151.6	161.2	149.4	156.1	229.7	243.1	230.3
乳製品	22.0	52.6	47.4	28.0	35.4	25.8	35.5	30.6	38.9	47.3
牛肉	0.1	10.2	7.9	15.5	15.0	27.3	19.1	17.7	12.1	21.2
豚肉	0.7	36.8	31.6	51.4	42.5	68.0	50.5	46.6	36.1	43.8
鶏肉	2.0	14.1	14.1	23.6	23.2	39.1	30.7	22.1	16.2	21.7
鶏卵	2.9	28.0	24.3	35.5	32.1	51.4	47.4	39.6	34.5	39.2
淡水産物	3.0	3.2	3.5	5.2	4.7	6.1	5.5	9.4	7.6	4.5
海産物	9.7	38.0	39.5	75.9	67.1	82.3	71.9	111.1	89.9	53.6
その他*	22.6	292.9	310.0	395.2	331.6	398.5	332.7	623.8	374.0	533.6
牛乳	5.8	159.7	139.2	308.2	259.9	216.2	152.2	82.3	87.0	100.2
調製粉乳(粉状)	114.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
摂取量合計	372.9	1260.4	1206.0	1882.4	1691.1	2051.6	1662.5	2116.8	1668.1	1766.5

* その他にはキノコ類、菓子類、酒類、嗜好飲料、調味料等が含まれる

表5 各安定元素の土壌-農作物移行係数の幾何平均値(乾重量あたり) ⁵⁾

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

表6 芋類中濃度から農作物中濃度への換算係数(-)

	1-6歳 【男子】	1-6歳 【女子】	7-12歳 【男子】	7-12歳 【女子】	13-18歳 【男子】	13-18歳 【女子】	19歳以上 【男子】	19歳以上 【女子】	妊婦
Cs	5.6E-01	5.8E-01	5.1E-01	5.4E-01	4.4E-01	5.1E-01	5.0E-01	5.7E-01	5.8E-01
Sr	2.0E+00	2.0E+00	2.1E+00	2.2E+00	1.9E+00	2.2E+00	2.1E+00	2.3E+00	2.3E+00
I	1.1E+00	1.1E+00	9.7E-01	1.0E+00	8.8E-01	9.8E-01	1.0E+00	1.1E+00	1.1E+00

表7 農作物摂取による年間内部被ばく線量推定値 (単位: mSv/y)

		1-6歳 【男子】	1-6歳 【女子】	7-12歳 【男子】	7-12歳 【女子】	13-18歳 【男子】	13-18歳 【女子】	19歳以上 【男子】	19歳以上 【女子】	妊婦
宮城県大崎市	¹³⁴ Cs	3.7E-06	3.6E-06	5.5E-06	5.4E-06	7.8E-06	7.2E-06	8.8E-06	8.5E-06	8.1E-06
	¹³⁷ Cs	4.0E-05	3.9E-05	5.7E-05	5.6E-05	7.8E-05	7.2E-05	8.8E-05	8.5E-05	8.1E-05
	⁹⁰ Sr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	¹²⁹ I	8.7E-11	8.5E-11	1.3E-10	1.3E-10	1.0E-10	9.6E-11	9.2E-11	8.8E-11	8.4E-11
栃木県鹿沼市	¹³⁴ Cs	4.1E-06	4.0E-06	6.0E-06	5.9E-06	8.6E-06	7.9E-06	9.7E-06	9.3E-06	8.9E-06
	¹³⁷ Cs	4.4E-05	4.3E-05	6.3E-05	6.2E-05	8.6E-05	7.9E-05	9.7E-05	9.3E-05	8.9E-05
	⁹⁰ Sr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	¹²⁹ I**	1.3E-10	1.3E-10	2.1E-10	2.0E-10	1.6E-10	1.5E-10	1.4E-10	1.4E-10	1.3E-10
愛知県武豊町	¹³⁴ Cs*	8.3E-07	8.1E-07	1.2E-06	1.2E-06	1.8E-06	1.6E-06	2.0E-06	1.9E-06	1.8E-06
	¹³⁷ Cs*	9.0E-06	8.8E-06	1.3E-05	1.3E-05	1.8E-05	1.6E-05	2.0E-05	1.9E-05	1.8E-05
	⁹⁰ Sr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	¹²⁹ I**	1.0E-10	9.9E-11	1.6E-10	1.5E-10	1.2E-10	1.1E-10	1.1E-10	1.0E-10	9.8E-11
福島県南相馬市	¹³⁴ Cs	2.5E-05	2.4E-05	3.7E-05	3.6E-05	5.2E-05	4.8E-05	5.9E-05	5.7E-05	5.4E-05
	¹³⁷ Cs	2.7E-04	2.6E-04	3.8E-04	3.8E-04	5.2E-04	4.8E-04	5.9E-04	5.7E-04	5.4E-04
	⁹⁰ Sr	3.3E-05	3.2E-05	5.9E-05	5.8E-05	8.2E-05	7.6E-05	3.2E-05	3.1E-05	3.0E-05
	¹²⁹ I	3.9E-09	3.8E-09	6.1E-09	6.0E-09	4.7E-09	4.3E-09	4.1E-09	4.0E-09	3.8E-09
福島県福島市	¹³⁴ Cs	1.8E-05	1.8E-05	2.7E-05	2.7E-05	3.9E-05	3.6E-05	4.4E-05	4.2E-05	4.0E-05
	¹³⁷ Cs	2.0E-04	1.9E-04	2.8E-04	2.8E-04	3.9E-04	3.6E-04	4.3E-04	4.2E-04	4.0E-04
	⁹⁰ Sr	2.2E-05	2.1E-05	3.8E-05	3.8E-05	5.3E-05	4.9E-05	2.1E-05	2.0E-05	1.9E-05
	¹²⁹ I	7.5E-10	7.3E-10	1.1E-09	1.1E-09	8.9E-10	8.2E-10	7.9E-10	7.6E-10	7.2E-10
福島県郡山市	¹³⁴ Cs	2.3E-05	2.2E-05	3.3E-05	3.3E-05	4.8E-05	4.4E-05	5.4E-05	5.2E-05	4.9E-05
	¹³⁷ Cs	2.4E-04	2.4E-04	3.5E-04	3.4E-04	4.7E-04	4.4E-04	5.4E-04	5.2E-04	4.9E-04
	⁹⁰ Sr	1.9E-05	1.9E-05	3.4E-05	3.3E-05	4.8E-05	4.4E-05	1.9E-05	1.8E-05	1.7E-05
	¹²⁹ I	7.9E-10	7.7E-10	1.2E-09	1.2E-09	9.4E-10	8.7E-10	8.3E-10	8.0E-10	7.6E-10
福島県猪苗代町	¹³⁴ Cs	2.7E-06	2.7E-06	4.1E-06	4.0E-06	5.8E-06	5.3E-06	6.5E-06	6.3E-06	6.0E-06
	¹³⁷ Cs	2.9E-05	2.9E-05	4.2E-05	4.2E-05	5.8E-05	5.3E-05	6.5E-05	6.3E-05	6.0E-05
	⁹⁰ Sr	2.6E-05	2.5E-05	4.6E-05	4.5E-05	6.4E-05	5.9E-05	2.5E-05	2.4E-05	2.3E-05
	¹²⁹ I**	9.9E-11	9.6E-11	1.5E-10	1.5E-10	1.2E-10	1.1E-10	1.0E-10	1.0E-10	9.5E-11

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

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

表8 安定元素濃度摂取量 (単位: g/y)

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

表 9 安定元素重量に対する放射性核種の放射能比

採取場所	¹³⁴ Cs/安定K	¹³⁷ Cs/安定K	⁹⁰ Sr/安定Ca	¹²⁹ I/安定I
	Bq/gK	Bq/gK	Bq/gCa	Bq/gI
宮城県大崎市	1.0E-03	1.5E-02	-	4.9E-04
栃木県鹿沼市**	1.1E-03	1.6E-02	-	2.9E-04
愛知県武豊町*	2.1E-04	3.1E-03	-	2.8E-04
福島県南相馬市	6.5E-03	9.5E-02	3.3E-02	4.0E-02
福島県福島市	4.9E-03	7.2E-02	2.2E-02	2.8E-03
福島県郡山市	6.7E-03	9.8E-02	2.3E-02	4.1E-03
福島県猪苗代町**	8.3E-04	1.2E-02	2.2E-02	6.7E-04

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

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

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

男性1-6歳					
採取場所	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹²⁹ I	⁴⁰ K
	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y
宮城県大崎市	6.8E-06	7.3E-05	-	1.0E-08	3.3E-01
栃木県鹿沼市**	7.6E-06	8.2E-05	-	6.2E-09	3.3E-01
愛知県武豊町*	1.4E-06	1.5E-05	-	6.0E-09	3.3E-01
福島県南相馬市	4.4E-05	4.8E-04	2.4E-04	8.6E-07	3.3E-01
福島県福島市	3.4E-05	3.6E-04	1.6E-04	6.0E-08	3.3E-01
福島県郡山市	4.6E-05	4.9E-04	1.7E-04	8.8E-08	3.3E-01
福島県猪苗代町**	5.6E-06	6.0E-05	1.6E-04	1.4E-08	3.3E-01

女性1-6歳					
採取場所	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹²⁹ I	⁴⁰ K
	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y
宮城県大崎市	6.3E-06	6.8E-05	-	1.0E-08	3.1E-01
栃木県鹿沼市**	7.1E-06	7.6E-05	-	5.9E-09	3.1E-01
愛知県武豊町*	1.3E-06	1.4E-05	-	5.7E-09	3.1E-01
福島県南相馬市	4.1E-05	4.4E-04	2.1E-04	8.2E-07	3.1E-01
福島県福島市	3.1E-05	3.4E-04	1.4E-04	5.7E-08	3.1E-01
福島県郡山市	4.2E-05	4.6E-04	1.5E-04	8.4E-08	3.1E-01
福島県猪苗代町**	5.2E-06	5.6E-05	1.4E-04	1.4E-08	3.1E-01

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

男性7-14歳					
採取場所	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹²⁹ I	⁴⁰ K
	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y
宮城県大崎市	1.2E-05	1.3E-04	-	1.7E-08	3.4E-01
栃木県鹿沼市**	1.3E-05	1.4E-04	-	1.0E-08	3.4E-01
愛知県武豊町*	2.5E-06	2.6E-05	-	9.9E-09	3.4E-01
福島県南相馬市	7.8E-05	8.2E-04	5.0E-04	1.4E-06	3.4E-01
福島県福島市	5.9E-05	6.2E-04	3.3E-04	9.9E-08	3.4E-01
福島県郡山市	8.1E-05	8.4E-04	3.6E-04	1.5E-07	3.4E-01
福島県猪苗代町**	9.9E-06	1.0E-04	3.4E-04	2.3E-08	3.4E-01

女性7-14歳					
採取場所	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹²⁹ I	⁴⁰ K
	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y
宮城県大崎市	1.1E-05	1.1E-04	-	1.6E-08	3.0E-01
栃木県鹿沼市**	1.2E-05	1.3E-04	-	9.1E-09	3.0E-01
愛知県武豊町*	2.2E-06	2.3E-05	-	8.9E-09	3.0E-01
福島県南相馬市	7.0E-05	7.3E-04	4.7E-04	1.3E-06	3.0E-01
福島県福島市	5.3E-05	5.5E-04	3.1E-04	8.9E-08	3.0E-01
福島県郡山市	7.2E-05	7.5E-04	3.3E-04	1.3E-07	3.0E-01
福島県猪苗代町**	8.9E-06	9.3E-05	3.1E-04	2.1E-08	3.0E-01

男性15-19歳					
採取場所	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹²⁹ I	⁴⁰ K
	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y
宮城県大崎市	1.6E-05	1.6E-04	-	1.4E-08	1.9E-01
栃木県鹿沼市**	1.8E-05	1.8E-04	-	8.2E-09	1.9E-01
愛知県武豊町*	3.3E-06	3.3E-05	-	8.0E-09	1.9E-01
福島県南相馬市	1.0E-04	1.0E-03	5.1E-04	1.1E-06	1.9E-01
福島県福島市	7.9E-05	7.9E-04	3.4E-04	7.9E-08	1.9E-01
福島県郡山市	1.1E-04	1.1E-03	3.6E-04	1.2E-07	1.9E-01
福島県猪苗代町**	1.3E-05	1.3E-04	3.4E-04	1.9E-08	1.9E-01

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

女性15-19歳					
採取場所	^{134}Cs	^{137}Cs	^{90}Sr	^{129}I	^{40}K
	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y
宮城県大崎市	1.3E-05	1.3E-04	-	1.1E-08	1.6E-01
栃木県鹿沼市**	1.5E-05	1.5E-04	-	6.6E-09	1.6E-01
愛知県武豊町*	2.8E-06	2.8E-05	-	6.5E-09	1.6E-01
福島県南相馬市	8.7E-05	8.7E-04	4.5E-04	9.2E-07	1.6E-01
福島県福島市	6.6E-05	6.6E-04	2.9E-04	6.4E-08	1.6E-01
福島県郡山市	9.0E-05	9.0E-04	3.2E-04	9.4E-08	1.6E-01
福島県猪苗代町**	1.1E-05	1.1E-04	3.0E-04	1.5E-08	1.6E-01

男性20歳以上					
採取場所	^{134}Cs	^{137}Cs	^{90}Sr	^{129}I	^{40}K
	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y
宮城県大崎市	1.7E-05	1.7E-04	-	1.1E-08	1.6E-01
栃木県鹿沼市**	1.9E-05	1.9E-04	-	6.5E-09	1.6E-01
愛知県武豊町*	3.5E-06	3.5E-05	-	6.4E-09	1.6E-01
福島県南相馬市	1.1E-04	1.1E-03	1.7E-04	9.1E-07	1.6E-01
福島県福島市	8.2E-05	8.2E-04	1.1E-04	6.3E-08	1.6E-01
福島県郡山市	1.1E-04	1.1E-03	1.2E-04	9.3E-08	1.6E-01
福島県猪苗代町**	1.4E-05	1.4E-04	1.2E-04	1.5E-08	1.6E-01

女性20歳以上					
採取場所	^{134}Cs	^{137}Cs	^{90}Sr	^{129}I	^{40}K
	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y	mSv/y
宮城県大崎市	1.6E-05	1.6E-04	-	8.8E-09	1.6E-01
栃木県鹿沼市**	1.8E-05	1.8E-04	-	5.1E-09	1.6E-01
愛知県武豊町*	3.3E-06	3.3E-05	-	5.0E-09	1.6E-01
福島県南相馬市	1.0E-04	1.0E-03	1.7E-04	7.1E-07	1.6E-01
福島県福島市	7.7E-05	7.7E-04	1.1E-04	5.0E-08	1.6E-01
福島県郡山市	1.1E-04	1.1E-03	1.2E-04	7.3E-08	1.6E-01
福島県猪苗代町**	1.3E-05	1.3E-04	1.2E-04	1.2E-08	1.6E-01

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

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