

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

食品中の放射性核種濃度に関する研究

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

研究要旨

2011年3月に発生した東日本大震災に起因する東京電力福島第一原子力発電所(FDNPS)事故によって大量の放射性物質が施設外の環境へ放出されたことにより、食品の摂取による内部被ばくが懸念された。このため、厚生労働省は、2012年4月以降は、食品の摂取による介入線量レベルを年間1 mSvとし、新たな基準値を適用した。新たな基準は、放射性セシウム(Cs)濃度について基準値を設定し、ストロンチウム-90 (^{90}Sr)、ルテニウム-106(^{106}Ru) およびプルトニウム-238(^{238}Pu)、プルトニウム-239(^{239}Pu)、プルトニウム-240(^{240}Pu)およびプルトニウム-241(^{241}Pu)については、放射性Csとの濃度比を推定することにより、その線量への寄与を考慮している。その寄与率は、環境モニタリングや環境移行パラメータにより推定されており、また放射性Cs以外の ^{90}Sr などに対する内部被ばくの不安は依然として大きいことから、食品中の放射性核種濃度を測定することにより、安全が担保されていることを検証することが必要不可欠である。今年度は福島県内で流通する水産物を入手し、これら試料の測定を行ったところ、セシウム-137(^{137}Cs)濃度が2 Bq/kg-生重量を超えた試料はなかった。

A. 研究目的

新たな基準は、放射性セシウム(Cs)濃度について基準値を設定し、ストロンチウム-90 (^{90}Sr)、ルテニウム-106 (^{106}Ru) およびプルトニウム-238 (^{238}Pu)、プルトニウム-239 (^{239}Pu)、プルトニウム-240 (^{240}Pu)およびプルトニウム-241 (^{241}Pu)については、放射性Csとの濃度比を推定することにより、その線量への寄与を考慮している。そこで、本研究は食品中の放射性物質の基準値を策定する際に推定された放射性Csの線量への寄与率について、その妥当性を確認するために

実施するものである。福島沖の海産物の放射性物質濃度のモニタリングでは、95%以上の水産物で放射性Cs濃度が検出下限値(約10Bq/kg-生重量)以下となっている。一方で、海水魚に比べて淡水魚は浸透圧が低いために、生息環境中の影響を受けやすい状況にあり、内陸の淡水魚に関しては依然、広域で出荷制限されている魚種が多い¹⁾。淡水魚の場合、地域の出荷時期や漁獲量等の問題で、調査の協力を得ることが難しい状況であった。そのため今年度は福島第一原発事故から約9年が経過した福

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

B.研究方法

1.水産物中の放射性物質の濃度測定

1.1. 調査協力と水産物試料入手

福島県水産海洋研究センターの協力を得て情報収集²⁾を行い、2020年2月12日に福島相双海域で採取し、市場に流通する魚介類4種(スズキ、マダラ、マコガレイおよびシバカレイ)を本研究の対象とした。魚種、体長や重量などの試料に関する情報を表1に示す。調査を行った4種では、同種間で個体ごとの体長や重量に大きな差がでないように試料を選別した。また、海水中の放射性Cs濃度と⁹⁰Sr濃度について調査するために、採水を行なった。

1.2. γ 核種の濃度の測定

魚類は、個体毎のばらつきを確認するために、体液等のドリップによる損失が少ないように速やかに、体長や重量等の計量を行い、可食部、内臓部、アラ部

(可食部と内臓部以外)に分別処理を行った。110度で恒量になるまで乾燥し、450度で灰化を行なった。この灰試料をU8容器またはチューブに詰めて、Canberra社製低バックグラウンドGe半導体検出器(GX2019)等を用いて、24時間以上の γ 核種の測定を行った。Ge半導体検出器は、日本アイソトープ協会製の標準体積線源(5~50mm、9.5~95g、アルミナ)を用いて効率曲線を作成したものをを用いた。¹³⁴Cs(604.7 keV および 796keVの加重平均値)、¹³⁷Cs(661.7 keV)およびカリウム-40(⁴⁰K)(1460 keV)の定量結果を記録した。¹³⁴Csは複数のエネルギーで検出されるために、これまでガンマ線放出率が最も高い604.7 keV(97.62%)の定量結果を用いてきた。しかし、796keVのガンマ線放出率(85.5%)も他のガンマ線エネルギーより高いことから、この2つのエネルギーで検出された定量結果を加重平均したものが望ましいため³⁾、昨年度と同様に、この計算方法を用いた。なお¹³⁴Cs、¹³⁷Csおよび⁴⁰K以外の γ 核種は計測されなかった。試料重量が少ない場合は検出下限値が高くなるが、¹³⁴Csおよび¹³⁷Csの検出下限値は、概ね1 mBq/kg-生重量であった。海水試料は孔径0.45 μ mのフィルターを用いてろ過を行い、溶存態放射性Csはリンモリブデン酸アンモニウム(AMP)法⁴⁾を用いて処理を行い、ゲルマニウム半導体検出器で測定を行った。検出下限値は、概ね1 mBq/Lであった。

1.3. γ 核種以外の放射性核種の測定

⁹⁰Srの分析は文部科学省放射能測定法シリーズ2「放射性ストロンチウム分析法」(平成15年改訂)⁵⁾に準じて、前処理及び化学分離・精製を行った。計測は、Canberra社製2 π ガスフローカウンター(LB4200)等を用いて行なった。海水は40Lを使用し、魚類アラ部は、2015年から2018年にかけて採取

した魚類試料について、同一地域かつ同一種の個体のアラ部を合わせて生重量で概ね 1kg になるように灰試料 18-70g を集約して、この灰試料の分析を行った。海水と魚類アラ部の検出下限値はそれぞれ 0.3 mBq/L と 20 Bq/kg-生重量であった。²³⁹⁺²⁴⁰Pu の分析は、文部科学省放射能測定法シリーズ No.12 「プルトニウム分析法」(平成 2 年改訂)⁶⁾に従って前処理及び化学分離・精製を行った。計測は、Canberra 社製 Alpha Analyst を用いて行なった。魚類内臓部は、2016 年から 2018 年にかけて採取した魚類試料について、同一地域かつ同一種の個体の内臓部を合わせて生重量で概ね 0.2-0.8 kg になるように灰試料 4-13g を集約して、この灰試料の分析を行った。魚類内臓部の検出下限値は検出下限値は 1 mBq/kg-生重量であった。

C. 研究結果

1. 水産物および海水中の放射性物質の濃度測定

2019 年度に入手した水産物中の放射性 Cs および ⁴⁰K 濃度測定の結果を表 2 と表 3 に示した。各部位の平均値は、検出された値と部位の重量を用いて加重平均したものであり、魚類全身(1 個体)の濃度も同様に計算をして求めた。スズキ、マダラ、マコガレイとバンバカレイから ¹³⁴Cs は検出されなかった。スズキ、マダラ、マコガレイとバンバカレイの可食部の ¹³⁷Cs 濃度平均(濃度範囲)は、それぞれ 0.64 Bq/kg-生重量(0.36-1.00 Bq/kg-生重量)、0.24 Bq/kg-生重量(0.21-0.26 Bq/kg-生重量)、0.75 Bq/kg-生重量(0.38-1.12 Bq/kg-生重量)および 0.25 Bq/kg-生重量(0.08-0.63 Bq/kg-生重量)であった。またスズキ、マダラ、マコガレイとバンバカレイの可食部の ⁴⁰K 濃度平均(濃度範囲)は、それぞれ 117 Bq/kg-生重量(114-120 Bq/kg-生重量)、113 Bq/kg-生重量(111-118 Bq/kg-生重量)、92 Bq/kg-生重量(78-103 Bq/kg-生重量)お

よび 88 Bq/kg-生重量(82-98 Bq/kg-生重量)であった。これらの値は、海洋環境における放射能調査および総合評価事業で 2019 年 5 月と 10 月に福島沖で採取された魚類の濃度と近似していた⁷⁾。

魚類が生息する海水中の放射性 Cs と ⁹⁰Sr 濃度の結果を表 4 に示した。海水中の ¹³⁴Cs 濃度は検出下限値以下であった。¹³⁷Cs 濃度は、6-34 mBq/L であった。請戸漁港と富岡漁港は請戸川と富岡川の河口に位置しており、採水時は海水が懸濁していた。これは採水日 5 日前に、降水量 138mm(1 時間最大 24mm)を記録しており⁸⁾、その影響を受けて河川より懸濁物が流入し、その影響によるものと考えられる。一方で ⁹⁰Sr 濃度は 0.9-1.0 mBq/L であった。Cs は粘土鉱物や有機物に吸着しやすいため、森林土壌に沈着した Cs が大雨等に伴い河川を通して沿岸に流入する一方で、Sr は可溶性として降水量に影響されることなく沿岸に流入することが考えられる。なお、福島第一原発近傍(半径約 10km 圏)における表層海水中の ¹³⁷Cs 濃度は、50 mBq/L 以上であり、⁹⁰Sr 濃度は 1.0 mBq/L 以下であり⁷⁾、今回の結果は平常時レベルと捉えることができる。

魚類アラ部中の ⁹⁰Sr 濃度(ワカサギは全身中の濃度)を表 5 に、魚類内臓部中の ²³⁹⁺²⁴⁰Pu 濃度を表 6 にそれぞれ測定結果を示す。魚類アラ部中の ⁹⁰Sr 濃度は、海水魚の場合は 0.018-0.026 Bq/kg-生重量に対して、淡水魚の場合は 0.26-0.62 Bq/kg-生重量であった。

D. 考察

1. 福島沖海産生物中の放射性核種濃度について

2019 年に福島相双海域で採取したスズキ、マダラ、マコガレイとバンバカレイから ¹³⁴Cs は検出されなかった。福島原発事故時に環境へ放出された ¹³⁴Cs と ¹³⁷Cs の放射能比は概ね 1:1 であったことが報告され

ている⁹⁾。が¹³⁴Csと¹³⁷Csの物理学的半減期はそれぞれ約2年と30年であり、この原発事故から約9年を経過した2019年12月の時点では、計算上の¹³⁴Cs/¹³⁷Cs放射能比は約0.07となる。試料中の放射性Cs濃度は低いことが予想されたため、検出下限値を下げるために、可食部、内蔵部やアラ部の試料を灰にすることで生重量より2-3%まで減容して濃縮した。この試料中から検出された¹³⁷Cs濃度に、¹³⁴Cs/¹³⁷Cs放射能比を用いて計算した¹³⁴Csの推定濃度は検出下限値に相当した。つまり、今回得られた¹³⁷Cs濃度(数百mBq/kg-生重量)の傾向が続く場合、さらに試料の前処理を行わない限り¹³⁴Csを検出することは難しいことが考えられる。

魚の部位ごとの重量と¹³⁷Cs濃度の比較を行った。個体重量に対する部位ごとの重量割合は、可食部が40-50%、アラ部が30-40%で、内臓部が約10%であった。魚全体に対する部位ごとの¹³⁷Cs存在量比は、可食部が50-60%、アラ部が20-30%で、内臓部が15-25%であった。つまりアラ部は主として骨などの硬組織が含まれているために魚全体に占める重量の割合は約50%であるが、体液など水分量が他の2つの組織に比べて低いために、アラ部中の¹³⁷Cs濃度が低いことが考えられる。また内臓部中の¹³⁷Cs存在量は低いが、これは重量割合が低いためであり、内臓部中の¹³⁷Cs濃度は可食部の濃度に近いものと考えられる。魚全身中の¹³⁷Cs濃度は、可食部中の濃度に比べて2割ほど低い値であった。これらの傾向は⁴⁰Kの場合も同じであった。⁴⁰Kはもともと体内の体液(細胞外液)中に存在し、セシウムと同様の体内動態を示すため、⁴⁰Kがあるということは、部位中Cs、K濃度は体液が存在しその量が影響していることが考えられる。

魚類を採取した海域に近い沿岸における海水中の放射性Cs濃度は、¹³⁴Cs濃度は検出下限値以下、

¹³⁷Cs濃度は約6-30mBq/Lであった。海産魚類のCsの濃縮比(CR)⁵⁰⁾を用いて、海水中の¹³⁷Cs濃度から魚類中の¹³⁷Cs濃度を推定すると、0.3-1.5Bq/Kg-生重量と推定される。今回、分析した魚類中の¹³⁷Cs濃度の範囲にあり、概ね魚類中の放射性Cs濃度は環境水中濃度を反映していることが考えられる。また海水中の⁹⁰Sr濃度は0.9-1.0mBq/Lであった。海産魚類のCsの濃縮比(CR)³⁾を用いて、海水中の⁹⁰Sr濃度から魚類可食部中の⁹⁰Sr濃度を推定すると、2.7-3.0mBq/Kg-生重量と推定される。この推定値は、文部科学省放射能測定法シリーズ2「放射性ストロンチウム分析法」における検出下限値の6mBq/Kg-生重量以下となる。可食部や内臓部中の⁹⁰Sr濃度の定量には、大量の試料を用いてSrを濃縮する方法などの検討を行う必要がある。

2. 魚類中の放射性Srとプルトニウム同位体

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

合は、0.2-1%程度であり、食品の基準値の算出基準の考え方¹⁴⁾に対して影響を与えない範囲であることが明らかになった。

福島原発事故によって環境へ放出されたプルトニウム同位体について、海水や堆積物に沈着した総量が事故前に存在していた総量よりもはるかに小さいため、海洋環境への影響が見られないことが報告されている¹⁵⁾。一方でプルトニウムは、重金属類と同様に生物体内に取り込まれた場合には、内臓部に濃縮されることが報告されている¹⁶⁾ため、魚類内臓部中の分析を行った。ソウハチカレイとコイから²³⁹⁺²⁴⁰Puは検出されなかった。ババカレイとマガレイについて得られた結果より、海産魚類(全身)中の²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度を計算した結果、内臓部中濃度よりも一桁少ない0.1-0.3 mBq/Kg-生重量となった。魚類全身中の²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度の検出下限値は1 mBq/kg-生重量程度であり、モニタリング調査結果の報告と類似していた⁷⁾。つまり、放射性Csに対する²³⁹⁺²⁴⁰Pu放射能比は極めて低いことが明らかになった。

E. 結論

福島相双海域で採取し、市場流通する魚介類中の部位別の放射性Csと⁴⁰Kを定量した結果、魚類可食部で¹³⁴Csは検出下限値以下で、¹³⁷Cs濃度は0.08-1.12 Bq/kg-生重量であった。魚介類が生息する福島沿岸における海水中の放射性Csと⁹⁰Sr濃度から海洋生物への濃縮比を用いて魚類中の放射性Csと⁹⁰Sr濃度の推定を行ったところ、¹³⁷Cs濃度は環境水を反映していることが確認されたが、⁹⁰Sr濃度は環境放射能分析法では検出下限値になることが推定された。そこでCaと共に骨部に濃縮されるSrについて、魚類アラ部中の⁹⁰Sr濃度を測定し、魚類(全身)中の⁹⁰Sr濃度を推定した。その結果、海産魚類(全体)中の¹³⁷Cs濃度に対する⁹⁰Sr濃度の割合は、

0.2-1%程度であり、食品の基準値の算出基準の考え方¹⁴⁾に対して影響を与えないものであることが確認できた。さらに魚類では内臓部に濃縮されやすいプルトニウムについては、魚類内臓部中の²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度の測定を行い、その結果より魚類全身中の²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度は、検出下限値以下であることを明らかにした。

引用文献

引用文献

- 1) 福島県: 内水面の採捕・出荷資源等の措置一覧:
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/371425.pdf> (2020年3月アクセス)
- 2) 魚介類の放射線モニタリング検査に関する結果:
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/monitoring.html> (2020年3月アクセス)
- 3) 米沢 伸四郎 他:Ge 検出器- γ 線スペクトロメリーによる玄米認証標準物質中¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs及び⁴⁰Kの分析-第1部 放射能濃度の定量-。分析化学 65, 645-655, 2016.
- 4) Aoyama, M. and Hirose, K. (2008) Radioact. in the Environ. 11, 137-162.
- 5) 文部科学省放射能測定シリーズ No.2「放射性ストロンチウム分析法」(平成15年改定)
- 6) 文部科学省放射能測定法シリーズ No.12「プルトニウム分析法」(平成2年改訂)
- 7) 公益財団法人海洋生物環境研究所、平成31年度原子力施設等防災対策等委託費(海洋環境における放射能調査及び総合評価)事業 調査報告書、2020.
- 8) 気象庁、過去の気象データ検索、2020年1月の福島県浪江町、
<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/d>

- aily_a1.php?prec_no=36&block_no=0295&year=2020
&month=1&day=&view=(2020年3月アクセス)
- 9) 小森 昌史 他:¹³⁴Cs/¹³⁷Cs 放射能比を指標とした福島第一原子力発電所事故に由来する放射性核種の放出原子炉別汚染評価、BUNSEKI KAGAKU 62, 475-483, 2013.
- 10) 立田 穰、海産生物への放射性セシウム移行に関するモデル解析について、Isotope News No.719, 32-36, 2014.
- 11) IAEA, Technical Reports Series No.422: Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factors for Biota in the Marine Environment, p.36, 2004
- 12) 厚生労働行政推進調査事業費補助金(食品の安全確保推進研究事業)食品中の放射性物質濃度の基準値に対する影響と評価手法に関する研究、平成 27-29 年度 総合研究報告書、明石 真言(量子科学技術研究開発機構)、2018.
- 13) 厚生労働行政推進調査事業費補助金(食品の安全確保推進研究事業)食品中の放射性物質濃度の基準値に対する放射性核種濃度比の検証とその影響評価に関する研究、平成 30 年度 総括・分担研究報告書、研究代表者 明石 真言(量子科学技術研究開発機構)、2019.
- 14) 別冊:食品の基準値の導出について、部会報告書(案)「食品中の放射性物質に係る規格基準の設定について」、薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会放射性物質対策部会資料(平成23年12月22日開催)、2011.
- 15) Jian Zheng et al., Release of Plutonium Isotopes into the Environment from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident: What Is Known and What Needs to Be Known, Environ. Sci. Technol. 47, 17, 9584-9595, 2013.
- 16) 原子力環境整備センター、環境パラメータシリーズ 6「海洋生物への放射性物質の移行」、1965.
- F. 健康危険情報
なし
- G.研究業績
1. Tatsuo Aono (2019), Radionuclide contamination in food and estimation of radiation doses from food intake since the Fukushima Nuclear Power Station Accident, 3rd International Conference “RADON IN THE ENVIRONMENT2019”, Institute of Nuclear Physics, Polish Academy of Sciences, Poland.
2. 立田 穰, 津旨 大輔, 石丸 隆, 神田 穰太, 伊藤 友加里, 内田 圭一, 青山 道夫, 浜島 靖典, 青野 辰雄, 天野 洋典 (2020)、フサカサゴ科魚類における放射性セシウムの濃度低減機構の放射生態学的解明、第 21 回「環境放射能研究会」、高エネルギー加速器研究機構放射線科学センター、筑波
3. 長谷川 慎, 矢島 千秋, 青野 辰雄, 山田 裕 (2019)、日常の食生活から受ける内部被ばく線量の評価システムの検討、放射性物質環境動態調査事業報告会、福島
- H. 知的財産権の出願・登録状況
なし

表1 福島相双海域で採取した魚介類のリスト

魚種	番号	全長	体長	個体重量	部位別重量		
					可食部	アラ部	内臓部
		cm	cm	kg	kg	kg	kg
スズキ	SB-1	55.0	48.5	1.46	0.59	0.63	0.18
	SB-2	52.0	45.7	1.12	0.49	0.52	0.09
	SB-3	48.5	42	0.99	0.39	0.38	0.18
	SB-4	49.5	43	1.00	0.40	0.39	0.18
	SB-5	51.5	45.5	1.13	0.45	0.53	0.11
マダラ	CF-1	47.7	44.6	1.25	0.52	0.47	0.18
	CF-2	50.7	47.5	1.42	0.56	0.60	0.19
	CF-3	49.3	45.8	1.19	0.49	0.48	0.15
	CF-4	45.1	42.2	0.96	0.37	0.42	0.11
	CF-5	50.0	45.9	1.36	0.50	0.60	0.19
マコガレイ	MFF-1	45.6	38.5	0.80	0.34	0.33	0.06
	MFF-2	43.4	37.8	0.82	0.40	0.30	0.06
	MFF-3	42.8	36	0.88	0.44	0.34	0.05
	MFF-4	42.4	36.4	0.70	0.27	0.31	0.05
	MFF-5	44.8	38.2	0.80	0.34	0.32	0.07
ババカレイ	BFF-1	44.8	37.8	1.08	0.62	0.33	0.07
	BFF-2	44.0	37.2	1.31	0.73	0.33	0.12
	BFF-3	44.6	38.1	1.01	0.54	0.33	0.08
	BFF-4	41.4	35.6	0.97	0.54	0.30	0.05
	BFF-5	43.4	37.5	0.96	0.49	0.30	0.08

表2 福島相双海域で採取した魚介類中の¹³⁷Cs濃度

魚種	番号	全身 ¹⁾		可食部		アラ部		内臓部	
		Bq/kg-fresh	err	Bq/kg-fresh	err	Bq/kg-fresh	err	Bq/kg-fresh	err
スズキ	SB-1	0.27	± 0.02	0.36	± 0.03	0.19	± 0.02	0.23	± 0.02
	SB-2	0.76	± 0.03	0.89	± 0.04	0.58	± 0.03	1.13	± 0.03
	SB-3	0.74	± 0.03	1.00	± 0.04	0.55	± 0.02	0.58	± 0.03
	SB-4	0.58	± 0.04	0.66	± 0.04	0.60	± 0.04	0.37	± 0.02
	SB-5	0.35	± 0.03	0.42	± 0.03	0.29	± 0.03	0.34	± 0.03
	平均値 ²⁾	0.52	± 0.07	0.64	± 0.08	0.42	± 0.07	0.47	± 0.05
マダラ	CF-1	0.18	± 0.02	0.22	± 0.02	0.16	± 0.02	0.11	± 0.01
	CF-2	0.20	± 0.02	0.26	± 0.02	0.15	± 0.02	0.20	± 0.02
	CF-3	0.19	± 0.02	0.25	± 0.02	0.14	± 0.02	0.16	± 0.01
	CF-4	0.19	± 0.03	0.21	± 0.03	0.17	± 0.03	0.19	± 0.02
	CF-5	0.21	± 0.02	0.26	± 0.02	0.19	± 0.02	0.18	± 0.02
	平均値 ²⁾	0.20	± 0.05	0.24	± 0.05	0.16	± 0.05	0.17	± 0.04
マコガレイ	MFF-1	0.59	± 0.03	0.70	± 0.03	0.41	± 0.02	0.88	± 0.05
	MFF-2	1.01	± 0.03	1.12	± 0.03	0.62	± 0.02	2.22	± 0.04
	MFF-3	0.33	± 0.02	0.38	± 0.02	0.25	± 0.02	0.41	± 0.03
	MFF-4	0.72	± 0.02	0.96	± 0.04	0.56	± 0.02	0.44	± 0.02
	MFF-5	0.57	± 0.02	0.69	± 0.03	0.47	± 0.02	0.41	± 0.02
	平均値 ²⁾	0.64	± 0.05	0.75	± 0.07	0.46	± 0.04	0.87	± 0.07
ババカレイ	BFF-1	0.17	± 0.02	0.17	± 0.01	0.14	± 0.02	0.21	± 0.01
	BFF-2	0.07	± 0.01	0.08	± 0.01	0.00	± 0.00	0.21	± 0.02
	BFF-3	0.32	± 0.03	0.34	± 0.01	0.23	± 0.03	0.52	± 0.04
	BFF-4	0.13	± 0.02	0.13	± 0.01	0.11	± 0.01	0.31	± 0.02
	BFF-5	0.55	± 0.02	0.63	± 0.01	0.32	± 0.02	0.98	± 0.03
	平均値 ²⁾	0.23	± 0.04	0.25	± 0.02	0.16	± 0.04	0.44	± 0.06

1) 全身中の¹³⁷Cs濃度は、可食部、アラ部および内臓部中の¹³⁷Cs合計量と個別重量から計算をした。

2) 平均値は、全身または各部中の¹³⁷Cs濃度と個別重量から加重平均により計算をした。

表3 福島相双海域で採取した魚介類中の⁴⁰K濃度

魚種	番号	全身 ¹⁾		可食部		アラ部		内臓部	
		Bq/kg-fresh	err	Bq/kg-fresh	err	Bq/kg-fresh	err	Bq/kg-fresh	err
スズキ	SB-1	87.8	± 0.9	117.9	± 1.3	62.5	± 0.7	78.1	± 1.3
	SB-2	95.1	± 1.3	120.0	± 1.4	66.9	± 1.2	122.1	± 1.4
	SB-3	88.2	± 1.0	116.2	± 1.5	65.8	± 0.8	74.5	± 1.2
	SB-4	85.3	± 1.3	114.4	± 1.4	65.8	± 1.4	62.7	± 1.1
	SB-5	89.5	± 1.3	114.0	± 1.4	68.5	± 1.2	90.8	± 1.8
	平均値 ²⁾	89.2	± 2.6	116.7	± 3.1	65.8	± 2.4	80.6	± 3.1
マダラ	CF-1	93.3	± 1.2	112.3	± 1.3	74.4	± 1.2	87.7	± 1.3
	CF-2	88.5	± 1.1	113.7	± 1.3	68.9	± 1.1	76.1	± 1.2
	CF-3	95.5	± 1.1	118.1	± 1.4	75.6	± 1.2	85.8	± 0.8
	CF-4	93.2	± 1.4	111.7	± 1.5	72.9	± 1.2	110.2	± 2.0
	CF-5	88.6	± 1.2	110.8	± 1.3	68.6	± 1.1	93.7	± 1.3
	平均値 ²⁾	91.6	± 2.8	113.4	± 3.0	71.7	± 2.6	89.0	± 3.1
マコガレイ	MFF-1	70.4	± 1.2	77.7	± 1.1	58.5	± 0.7	95.5	± 2.0
	MFF-2	88.2	± 0.8	102.7	± 1.2	69.8	± 0.7	85.5	± 1.1
	MFF-3	91.1	± 0.9	102.3	± 1.1	70.6	± 0.8	129.9	± 1.4
	MFF-4	71.8	± 0.9	83.8	± 1.3	58.4	± 0.8	87.9	± 1.2
	MFF-5	78.2	± 0.9	88.4	± 1.2	63.3	± 0.8	98.0	± 1.1
	平均値 ²⁾	80.4	± 2.1	92.3	± 2.6	64.2	± 1.7	98.9	± 3.1
ババカレイ	BFF-1	79.3	± 0.9	85.6	± 0.5	62.3	± 1.0	103.2	± 1.1
	BFF-2	76.6	± 1.3	81.6	± 0.4	52.5	± 1.2	112.2	± 1.8
	BFF-3	78.8	± 1.4	85.8	± 0.5	59.1	± 1.1	113.4	± 2.2
	BFF-4	88.2	± 0.9	98.4	± 0.5	67.1	± 0.6	108.6	± 1.4
	BFF-5	79.9	± 0.8	91.0	± 0.5	59.8	± 0.6	87.8	± 1.2
	平均値 ²⁾	80.3	± 2.4	87.9	± 1.1	60.1	± 2.1	105.6	± 3.6

1) 全身中の⁴⁰K濃度は、可食部、アラ部および内臓部中の⁴⁰K合計量と個別重量から計算をした。

2) 平均値は、全身または各部中の⁴⁰K濃度と個別重量から加重平均により計算をした。

表4 福島沿岸における海水中の放射性Csと⁹⁰Sr濃度

番号	採取点	位置	北緯	東経	採取日時	Cs-134 ¹⁾	Cs-137 mBq/L	Sr-90 mBq/L
1	相馬港	相馬市原釜大津	37° 49'51"	140° 57'45"	2020年2月3日	検出下限値以下	5.95 ± 0.46	0.88 ± 0.15
2	請戸漁港	双葉郡浪江町請戸中島	37° 28'52"	141° 01'45"	2020年2月3日	検出下限値以下	30.23 ± 0.88	0.88 ± 0.14
3	富岡漁港	双葉郡富岡町仏浜釜田	37° 20'11"	141° 01'39"	2020年2月3日	検出下限値以下	33.97 ± 0.92	0.96 ± 0.14
4	中ノ作漁港	いわき市中之作川岸	36° 57'38"	140° 57'07"	2020年2月3日	検出下限値以下	5.98 ± 0.45	0.91 ± 0.15

1) ¹³⁴Csの検出下限値は、1.5-1.9 mBq/Lである。

表5 福島沖で採取した魚介類アラ部中の⁹⁰Sr濃度から推定する魚介類全身中の⁹⁰Sr濃度

No.	魚種	採取域	採取日	試料量 生重量 (g)	灰化率 (%)	アラ部中のSr-90 濃度 (測定値)		全身中のSr-90 濃度	可食部中のCs-137 濃度
						(Bq/kg-生)	検出下限値	(Bq/kg-生 推定値)	(Bq/kg-生 実測値)
1	ババカレイ	相双海域	2016/12/7	1694.62	3.62	0.024 ± 0.006	0.017	0.016 ± 0.004	1.23 ± 0.12 ²⁾
2	マガレイ	いわき沖	2016/11/25	1172.34	5.27	0.026 ± 0.006	0.017	0.017 ± 0.004	2.22 ± 0.19 ²⁾
3	マガレイ	相双海域	2016/12/7	1182.52	5.18	0.018 ± 0.005	0.016	0.011 ± 0.003	0.86 ± 0.13 ²⁾
4	ソウハチカレイ	いわき沖	2016/11/25	4235.57	6.43	0.022 ± 0.006	0.017	0.013 ± 0.003	1.87 ± 0.08 ²⁾
5	サバ	いわき沖	2015/11/8	938.02	5.64	0.024 ± 0.006	0.019	0.014 ± 0.003	0.58 ± 0.03 ²⁾
6	コイ	郡山	2018/2/15	4669.81	4.82	0.62 ± 0.02	0.015	0.31 ± 0.01	1.63 ± 0.03 ²⁾
7	ワカサギ ¹⁾	会津	2018/4/30	1984.42	1.72	0.26 ± 0.01	0.014	-	14.27 ± 0.24 ³⁾

1) ワカサギは、個体が小さいために全身試料として測定

2) 厚生労働行政推進調査事業費補助金（食品の安全確保推進研究事業）食品中の放射性物質濃度の基準値に対する影響と評価手法に関する研究、平成27-29年度総合研究報告書、明石真言（量子科学技術研究開発機構）、2018.

3) 厚生労働行政推進調査事業費補助金（食品の安全確保推進研究事業）食品中の放射性物質濃度の基準値に対する放射性核種濃度比の検証とその影響評価に関する研究、平成30年度総括・分担研究報告書、明石真言（量子科学技術研究開発機構）、2019.

表6 福島沖で採取した魚介類内臓部中の²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度から推定する魚介類全身中の²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度

No.	試料名	採取年月日	採取域	内臓部中の ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu濃度	全身中の ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu濃度	可食部中の ¹³⁷ Cs濃度
				(測定値) mBq/kg-生	(推定値) mBq/kg-生	(測定値) ¹⁾ Bq/kg-生
1	ババカレイ	2016/12/7	相双海域	4.31 ± 0.86	0.27 ± 0.05	1.23 ± 0.12
2	マガレイ	2016/11/25	いわき沖	2.86 ± 0.83	0.33 ± 0.10	2.22 ± 0.19
3	マガレイ	2016/12/7	相双海域	1.86 ± 0.49	0.12 ± 0.03	0.86 ± 0.13
4	ソウハチカレイ	2016/11/25	いわき沖	検出下限値 (1.0) 以下	-	1.87 ± 0.08
5	コイ	2017/1/20	郡山	検出下限値 (1.0) 以下	-	1.63 ± 0.03

1) 厚生労働行政推進調査事業費補助金（食品の安全確保推進研究事業）食品中の放射性物質濃度の基準値に対する影響と評価手法に関する研究、平成27-29年度総合研究報告書、明石真言（量子科学技術研究開発機構）、2018.