

II. 分 担 研 究 報 告

食品中放射性物質等の実態調査

片岡 洋平

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検査システムの評価手法の開発に資する研究(23KA1006)

令和5年度 研究分担報告書

食品中放射性物質等の実態調査

研究分担者 片岡 洋平 国立医薬品食品衛生研究所 生化学部 第一室長

研究要旨

食品からの内部被ばくによる影響は人工放射性核種よりも天然放射性核種のものの方が大きいとされており、特に魚介類の喫食量が多い日本においてはポロニウム 210 の影響が大きいことがこれまでの研究により判明している。しかし、これまでに各魚介類におけるポロニウム 210 の放射能濃度のデータ数は少ない。そこで魚介類からのポロニウム 210 の被ばく線量の推定を目的に、市場に流通する魚介類のポロニウム 210 の放射能濃度を実態調査した。令和5年度は魚介類のうち魚類の海水魚及び淡水魚の14魚種について調査した。その結果、主に筋肉部位からなる可食部ではシラス、カツオで最大100 Bq/kgを超える放射能濃度が見られた。また、平均放射能濃度は14魚種を通じて、0.5-60 Bq/kgの範囲にあった。一方、サンマの内臓では最大で可食部の最大値より約7倍高い700 Bq/kgを超える放射能濃度が見られた。以上の結果は、これまでの報告と同等の結果であった。

また、魚種ごとにポロニウム 210 の被ばく線量を推定した結果、最大値はカツオの約0.1 mSv/yearであった。また、調査した14魚種の預託実効線量の合計値は0.35 mSv/yearであった。今回調査した14魚種の喫食量は、魚の全喫食量の約73%であったことから、調査しなかった他の全魚種の各預託実効線量が、調査した14魚種と同程度に推定されたと仮定すると、魚全体からの預託実効線量は0.48 mSv/yearと推定され、日本で見積もられている食品からのポロニウム 210 による被ばく線量0.73 mSvの約66%に相当した。サンマの内臓についてもかなり保守的にポロニウム 210 の被ばく線量を推定した結果、日本で見積もられている食品からのポロニウム 210 による被ばく線量0.73 mSv/yearに相当する推定値が得られた。近年では魚介類の喫食量は全体として若年層ほど減少傾向にあることから、現在では各魚種ともに預託実効線量が推定値より低く見積もられる可能性が示唆された。以上の結果より、一般的な食生活では、魚から過度にポロニウム 210 により内部被ばくをする可能性は低いと推測された。より正確な食品中ポロニウム 210 による被ばくの影響を評価するには、引き続き筋肉部位だけの可食部だけでなく内臓を喫食する魚介類の調査や、貝類や甲殻類などについても今後の調査が重要であることが考えられた。

研究協力者 蜂須賀 暁子 国立医薬品食品衛生研究所 生化学部 主任研究官
曾我 慶介 国立医薬品食品衛生研究所 生化学部 主任研究官
永山 彩子 国立医薬品食品衛生研究所 生化学部

A. 研究目的

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所事故により大量の放射性物質が環境中に放出された。これによる農林水産物の汚染が食品衛生上の問題とされただけでなく、食品への移行による健康被害が懸念される状況となった。事故後、厚生労働省は、半年ごとに人工放射性核種である放射性セシウム、放射性ストロンチウムおよびプルトニウムについて、食品からの内部被ばく線量の推定結果や食品中の濃度の調査結果をホームページで公表している。これによると、環境中への飛散量から最も健康影響が懸念される放射性セシウムにおいては、ここ数年間、基準値である年間上限線量 1 mSv の 0.1%程度と推定されている。

その一方、地球上には種々の天然放射性核種が存在し、多くの食品に元々これら天然放射性核種が含まれているため、食事によって体内に摂取されている。したがって、先に述べた人工放射性核種による内部被ばくの影響を正しく評価するためには、天然放射性核種からの内部被ばくの影響を把握し、評価しておくことが重要である。

国連科学委員会報告¹⁾では、自然放射線源から受ける世界一人あたりの平均年間被ばく線量は 2.4 mSv と推定されている。このうち食品の摂取による内部被ばく線量は 0.29 mSv であり、核種としては主にカリウム 40 とポロニウム 210 や鉛 210 を含むウラン系列の核種が挙げられている(表 1)。他方、日本における自然放射線源から受ける一人あたりの平均年間線量は、2.1 mSv と推定さ

れており、そのうち食品の摂取に伴う内部被ばく線量は 0.99 mSv と見積もられている。このうち、カリウム 40 からは 0.18 mSv、ポロニウム 210 からは 0.73 mSv、鉛 210 からは 0.058 mSv と推定されている。

食品の摂取による内部被ばくは、事故等における緊急時の人工放射性核種によるものが注目されがちだが、平時では天然放射性核種の影響が大きくなる。カリウム 40 を除く天然放射性核種と人工放射性核種を合わせた内部被ばく線量の約 90%が天然放射性核種によるものであり、このうちの約 50%がポロニウム 210 によると推定²⁻³⁾されており、食品の摂取による内部被ばくへの寄与は大きいといえる。

ポロニウムは、酸素・硫黄・セレン等と同じ第 16 属に属する元素番号 84 の元素で、全ての同位体が放射性であり、安定同位体は存在しない。同位体のうち、天然の放射性壊変系列(ウラン系列、トリウム系列、アクチニウム系列)には 7 種類(ポロニウム 210、211、212、214、215、216、218)あり、いずれも α 崩壊をする。ポロニウム 210 はウラン系列(図 1)に属し、天然放射性核種のポロニウムでは最長の半減期 138 日であることから環境に広く存在し、 α 崩壊して安定核種である鉛 206 に変わる⁴⁾。また、 α 線以外の放射線をほとんど放出しないため、人体への影響としては内部被ばくが問題となる。人体には、食品の摂食やタバコの喫煙からポロニウム 210 を直接取り込むほか、ラドン 222 の吸入等のウラン系列の上流の核種の摂取により取り込まれる。

日本では食品からのポロニウム 210 によ

る内部被ばく線量への寄与が大きいことが示唆されており⁵⁾、令和4年度までの調査から、ポロニウム210による内部被ばく量の約8割が魚介類に由来することが判明している⁶⁾。

そこで本研究では、魚介類からのポロニウム210の被ばく線量の推定を目的に、市場に流通する魚介類のポロニウム210の放射能濃度の実態を調査した。

B. 研究方法

1) 試料

購入する魚種については、魚介類のうち魚類の海水魚及び淡水魚を小売店で入手のし易さと喫食量を考慮し、14魚種(アジ、アユ、イワシ、カツオ、カレイ、サケ、サンマ、シシャモ、シラス、スズキ、タイ、ブリ、マグロ、マス)を選定した。

令和5年(2023年)10月から令和6年(2024年)2月にかけて首都圏の小売店等を通じて各魚種10点以上、合計146点を購入し、試料とした。購入では1パックを購入単位として、切り身または生の状態の魚を購入した。生の状態で販売されていない魚種については、茹でられた状態のもの、もしくは生干しされたものを購入した。

各試料は切り身のものはそのまま、姿見の魚については通常の食習慣で食べられる部分の可食部と内臓とに分けて粉碎し、分析試料とした。また、シシャモ、シラスについては、まるごと粉碎し、分析試料とした。

各試料の概要を表2に示した。

2) 試薬・試液等

① 試薬、試液及び器具

・水：メルク社製の装置(Milli-Q Advantage)により製造した超純水(比抵抗 $>18.2\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$ 、

TOC $<3\mu\text{g/L}$ 、最終フィルター：EDS-Pak)を使用した。

・硝酸、塩酸、アセトン、メタノール：特級、以上、富士フイルム和光純薬株式会社製

・0.5M塩酸溶液：塩酸43.1 mLを量りとり、水を加えて1000 mLに定容した。

・4M塩酸溶液：塩酸344.8 mLを量りとり、水を加えて1000 mLに定容した。

・6M塩酸溶液：塩酸517.2 mLを量りとり、水を加えて1000 mLに定容した。

・8M塩酸溶液：36%塩酸689.6 mLを量りとり、水を加えて1000 mLに定容した。

・1M硝酸溶液：硝酸64.3 mLを量りとり、水を加えて1000 mLに定容した。

・6M硝酸溶液：硝酸77.2 mLを量りとり、水を加えて200 mLに定容した。

・アスコルビン酸飽和溶液：アスコルビン酸18 gを量りとり、水を加えて50 gとし、よく振り混ぜた。これを1500 rpm 5 minで遠心分離した後、上澄み液を分取した。

・抽出カラム：Sr/Spec Resin 50-100 μm Cartridges-2 ml、Eichrom Technologies社製

・ステンレス板： $\Phi 24.5\text{ mm}$ 、薄さ1.0 mm、東京光電社製

② 標準原液、標準溶液および校正用標準線源

・ポロニウム209標準原液：ポロニウム209(半減期：102年)標準硝酸溶液(0.100 \pm 0.003 kBq/g)、鉛210標準原液：鉛210(半減期：22.2年)標準硝酸溶液(9.85 \pm 1.06 kBq/g)、以上、Eckert&Ziegler社製

・0.4 Bq/mlポロニウム209標準溶液：ポロニウム209標準原液0.4 mLを量りとり、1M硝酸溶液を加えて100 mLに定容した。

・0.04 Bq/mlポロニウム209標準溶液：0.4 Bq/mlポロニウム209標準溶液硝酸50 mL

を量りとり、1M 硝酸溶液を加えて 500 mL に定容した。

・校正用円盤標準線源：ガドリニウム 148(3.18 MeV)、アメリシウム 241(5.49 MeV)、キュリウム 244(5.79 MeV)、以上、Eckert&Ziegler 社製

②装置等

・電解分析装置：ANA-2、東京光電社製
・ α 線スペクトロメータ：Alpha Analyst、PIPS 検出器：A450-18AM、 α 線スペクトロメータ制御および α 線スペクトル解析ソフト：Genie 2000 Alpha Analysis Software、以上、ミリオンテクノロジーズ・キャンベラ株式会社製

3)食品中ポロニウム 210 の α 線分析

既報等^{6,8)}を参照し、試料中を硝酸で湿式分解したのち、キレート抽出クロマトグラフィーによりポロニウムを分離し、電気分解によりステンレス鋼板上にポロニウムを析出させ、その α 線を測定した。なお、昨年度までの報告⁹⁾でカラム分離を行った場合と行わなかった場合における濃度の違いに大きな差がなかったことから、内部標準物質として用いたポロニウム 209 の回収が 80%未満である場合を除き、カラム分離を行わなかった。その場合は、キレート抽出クロマトグラフィーを省略して操作した。

・湿式分解

分析試料 10 g を 1L 容ビーカーに入れ、内部標準物質として 0.04 Bq/ml ポロニウム 209 硝酸標準溶液 1 mL および試料が浸かる量の硝酸を加え、時計皿で蓋をして 1 時間静置した。ホットプレート上で 130°C まで加熱し、硝酸蒸発後は、硝酸 30 mL および過

酸化水素水 1 mL を加え、乾固した。この操作を褐色の気体発生がなくなるまで繰り返した。湿式分解後に、6M 塩酸溶液 20 mL を加え 120°C で乾固直前まで加熱濃縮した。

・カラム分離

4M 塩酸溶液 20 mL を加えて加熱・懸濁し、0.45 nm のメンブレンフィルターでろ過した。抽出カラムに、コンデショニングとして 4M 塩酸溶液 20 mL を予め通液させた後、上記のろ過液を負荷した。4M 塩酸溶液 20 mL を通液後、8M 塩酸溶液 20 mL で鉛を溶出させ、次いで 6M 硝酸溶液 4 mL を通液後、6M 硝酸溶液 20 mL でポロニウム 210 を溶出した。溶出液を 130°C で乾固直前まで加熱濃縮後、6M 塩酸溶液 10 mL を加え、120°C で乾固直前まで加熱濃縮した。これに 0.5M 塩酸溶液 5 mL を加えて溶解させ、ポロニウム塩化物フォーム溶液とした。

・電着

ステンレス板上にポロニウムを析出させるために、テフロン製容器の電解セルの底にステンレス板(陰極)を固定し、アスコルビン酸飽和溶液 1 ml およびポロニウム塩化物フォーム溶液を入れた。白金電極(陽極)をステンレス板(陰極)との電極間距離が 5 mm となるように設置し、テフロン製容器をパラフィルムで軽く蓋をして電解分析装置で、0.1 アンペアで 2 時間半通電した。通電後、テフロン製容器からステンレス板を取り出し、水とメタノールとアセトンで洗浄後、自然乾燥させて測定試料とした。

・ α 線測定

ポロニウムを電着したステンレス板を、PIPS 検出器を装備した α 線スペクトロメー

タで 86,400 秒間測定し、 α 線スペクトロメトリを行った。

バックグラウンド計測は、ポロニウム 209(4.88 MeV)およびポロニウム 210(5.30 MeV)のエネルギー領域において、160,000 秒間測定した(0 または 1 カウント)。

なお、 α 線スペクトロメトリのエネルギー校正は 3 点の円盤標準線源を用いて行った。

・放射能濃度の算出

α 線スペクトル解析ソフトによる解析結果を用いて、ポロニウム 210 の放射能濃度及びその統計誤差を、以下の式により算出した。

$$A_{Po} \pm \Delta A_{Po} = n_{Po} \cdot \frac{D}{n_{add}} \cdot \frac{1000}{W}$$
$$\pm \Delta A_{Po} \sqrt{\left(\left(\frac{\Delta n_{Po}}{n_{Po}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta n_{add}}{n_{add}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta(D)}{D}\right)^2\right)}$$

ただし、 A_{Po} および ΔA_{Po} : ポロニウム 210 放射能およびその統計誤差(Bq/kg)、 n_{Po} および Δn_{Po} : ポロニウム 210 の正味計数率およびその統計誤差(cps)、 D および ΔD : 添加したポロニウム 209 の放射能およびその統計誤差(Bq)、 n_{add} および Δn_{add} : ポロニウム 209 の正味計数率およびその統計誤差(cps)、 W : 試料重量(g)である。検出限界値(LOD)は、 $A_{Po} = 3\Delta A_{Po}$ とした。なお、分析試料の放射能濃度は試料購入日での放射能濃度に減衰補正した。また、内臓を除く試料は購入後 60 日以内を目安に分析した。

D. 研究結果・考察

1) 各試料中のポロニウム 210 濃度

全 146 試料を分析した結果のうち、濃度が検出限界値を上回った場合を検出とし、

表 3 と図 2 に結果を示した。また、検出された濃度の基本統計量を表 4 に示した。なお、内臓の結果については分析が終了したサンマの試料のみの結果を示した。

ポロニウム 210 はアジ、アユ、イワシ、カツオ、カレイ、サンマ、シシャモ、シラス、スズキ、ブリ、マグロ、マス、サンマ(内臓)では分析した試料全てから検出されたが、サケ、タイ、マスからは検出されない試料もあった。特に、マスでは半数以上の試料から検出されなかったが、この理由については、魚種による要因、試料の大部分が外国産であったことから産地による要因、ならびに漁獲されてから加工され日本に輸入されるまでに日数がかかっていることが推測され、ポロニウム 210 の半減期が 138 日であることから、試料購入日においては試料中のポロニウム 210 が減衰していた可能性などが考えられた。

また、養殖の可否による放射能濃度の違いについては、今回の試料ではアユでは天然より養殖の試料の方が放射能濃度の値が高い試料が多かったが、逆にタイ、ブリでは養殖より天然の試料の方が放射能濃度の値が高い試料が多かった。その他の魚種では放射能濃度の値に顕著な差は見られなかった。

魚種別の平均放射能濃度は、シラスが最も高く、サンマ、カツオ、アジ、イワシの順に平均放射能濃度が高かった。これらの魚種では平均放射能濃度が 10 -60 Bq/kg の範囲にあった。ついで、ブリ、タイ、マグロ、アユ、サケ、シシャモの順に平均放射能濃度が高く、これらの魚種では平均放射能濃度が 1-8 Bq/kg の範囲にあった。スズキ、マスについては、平均放射能濃度が~1 Bq/kg 程度であった。これらの結果は、既報⁹⁾の結果

果(0.02-120 Bq/kg)と同等であった。

シラスで平均放射能濃度が最も高かった理由としては、魚全体が可食部であり、ポロニウム 210 が蓄積するとされる内臓を含んで分析しているからであることが考えられた。一方で、シラスと同様に内臓を可食部とするにも関わらず、シシャモでは平均放射能濃度がシラスよりも 0.02 倍程度であった。理由としては、先に述べたマスと同様のことが考えられた。

サンマの内臓については、平均放射能濃度 535 Bq/kg、最大放射能濃度 736 Bq/kg、最小放射能濃度 332 Bq/kg であり、サンマの可食部の放射能濃度と比較すると、平均放射能濃度で約 17 倍高い値となった。また、個々の試料で比較すると、サンマの内臓の放射能濃度は筋肉の放射能濃度の 5.8-28(平均 17±8)倍高かった。この結果についても既報¹⁰⁾と同等であった。

なお、試料購入日のポロニウム 210 濃度を減衰補正により算出したが、試料測定日(カラム分離日)におけるポロニウム 210 は、試料購入日において元来、含有されていたポロニウム 210 と、親核種である鉛 210 から壊変により生じたポロニウム 210 の合算となる。ここでは全てポロニウム 210 からとして減衰補正しているため、鉛 210 の寄与が大きい場合は過大評価していることになることに注意が必要である。既報⁹⁾では、食品中からの摂取量はポロニウム 210 が 610 Bq/year、鉛 210 が 85 Bq/year と報告されていることから、この比率で存在していたと仮定し試料購入日での放射能濃度に減衰補正すると、試料購入日に存在していたポロニウム 210 より大きな値が算出される。この比率の場合、経過日数が 60 日のときは、5%過大評価となる。

2) 各魚種の喫食量

各魚種の喫食量は、平成 22 年度に厚生労働省医薬食品局食品安全部基準審査課の委託調査として、(独)国立健康・栄養研究所がとりまとめた資料¹¹⁾の値を用いた(1 歳以上の全日本国民の一日平均喫食量)。各魚種の一日平均喫食量を表 5 に示した。今回調査した 14 魚種の喫食量は、この資料における魚の全喫食量の約 73%に相当した。

なお、上記資料では各魚種の摂取を摂取量としているが、本報告書内では食品の摂取は喫食量、ポロニウム 210 の摂取を摂取量と記載する。

3) 実効線量係数

ICRP の資料¹²⁾で示している公衆のポロニウム 210 の預託実効線量係数を表 6 に示した。離乳食前の 3 ヶ月児を除くと、預託実効線量係数は 1.2~8.8E-06 Sv/Bq である。

4) 内部被ばく線量推定

各魚種のポロニウム 210 の平均濃度および喫食量データ、ならびに実効線量係数を用いて、式 1 および式 2 により魚種ごとにポロニウム 210 の被ばく線量を推定した結果を表 7 に示した。なお、ポロニウム 210 の預託実効線量係数は最も喫食量の多い公衆成人の 1.2E-06 Sv/Bq を用いた。

(式 1) 各魚種のポロニウム 210 一日平均摂取量(Bq/day) = 各魚種のポロニウム 210 平均濃度(Bq/kg) × 各魚種の喫食量(kg/day)

(式 2) 各魚種のポロニウム 210 預託実効線量(mSv/year) = 各魚種のポロニウム 210 一日平均摂取量(Bq/day) × 365(day/year) × 預託実効線量係数(Sv/Bq)

調査した14魚種の可食部におけるポロニウム210の一日平均摂取量は、最大0.3 Bq程度、年間平均摂取量が最大95 Bq程度、預託実効線量が最大0.1 mSv/year程度と推定され、いずれもカツオで最大であった。推定された預託実効線量の最大値は、日本で見積もられている食品からのポロニウム210による被ばく線量0.73 mSvの約15%であった。

また、調査した14魚種の預託実効線量の合計値は0.35 mSv/yearであった。先に述べたように調査した14魚種の喫食量は、魚の全喫食量の約73%であったことから、調査しなかった他の全魚種の各預託実効線量が、調査した14魚種と同程度に推定されたと仮定すると、魚全体からの預託実効線量は0.48 mSv/yearと推定され、日本で見積もられている食品からのポロニウム210による被ばく線量0.73 mSvの約66%に相当した。

なお、今回の預託実効線量の推定に用いた各魚種の喫食量は2005～2007年の資料⁴⁾に基づいているが、水産白書¹²⁾によると近年、魚介類の喫食量が年々減少しており2021年の資料と比較すると約7割に減少していることから、現在ではより低い値として預託実効線量が推定されると推測された。

サンマの内臓については、今回最大濃度を検出したサンマの内臓または平均濃度のサンマの内臓を週に一度、喫食した場合を仮定し、ポロニウム210の被ばく線量の推定を試みた。今回、分析したサンマ10試料の内臓の平均重量は17.7 gであったことから、最大濃度を検出したサンマの内臓を全て喫食した場合、週間平均摂取量13 Bq/week、年間平均摂取量676 Bq/yearとなり、預託実効線量が0.81 mSv/yearと推定された。平均濃度のサンマの内臓を全て喫食

した場合、週間平均摂取量9.5 Bq/week、年間平均摂取量492 Bq/yearとなり、預託実効線量が0.59 mSv/yearと推定された。これら推定された預託実効線量の値は、先と同様に日本で見積もられている食品からのポロニウム210による被ばく線量0.73 mSv/yearと比較すると、それに匹敵する値であった。したがって、可食部だけでなく内臓も喫食する他の魚種についても引き続き調査することが重要であると考えられた。

E. 結論

食品からの内部被ばくによる影響は人工放射性核種よりも天然放射性核種のものの方が大きいとされており、特に魚介類の喫食量が多い日本においてはポロニウム210の影響が大きいことがこれまでの研究により判明している。そこで魚介類からのポロニウム210の被ばく線量の推定を目的に、市場に流通する14魚種におけるポロニウム210の放射能濃度を実態調査した。

その結果、主に筋肉部位からなる可食部ではシラス、カツオで最大100 Bq/kgを超える放射能濃度が見られた。また、平均放射能濃度は14魚種を通じて、0.5-60 Bq/kgの範囲にあった。一方、サンマの内臓では最大で可食部(筋肉のみ)の最大値より約7倍高い700 Bq/kgを超える放射能濃度が見られた。個々の試料で比較すると、サンマの内臓の放射能濃度は筋肉の放射能濃度の5.8-28(平均17±8)倍高かった。以上の結果は、既報¹⁰⁾と同等の結果であった。

また、魚種ごとにポロニウム210の被ばく線量を推定した結果、最大値はカツオの約0.1 mSv/yearであった。また、調査した14魚種の預託実効線量の合計値は0.35 mSv/yearであり、調査した14魚種の喫食量

は、魚の全喫食量の約 73%であったことから、調査しなかった他の全魚種の各預託実効線量が、調査した 14 魚種と同程度に推定されたと仮定すると、魚全体からの預託実効線量は 0.48 mSv/year と推定され、日本で見積もられている食品からのポロニウム 210 による被ばく線量 0.73 mSv の約 66% に相当した。サンマの内臓についてもかなり保守的にポロニウム 210 の被ばく線量を推定した結果、日本で見積もられている食品からのポロニウム 210 による被ばく線量 0.73 mSv/year に相当する推定値が得られた。なお、近年では魚介類の喫食量は全体として若年層ほど減少傾向にあることから、現在ではより低い値として預託実効線量が推定されると推測された。

以上の結果より、一般的な食生活では、魚から過度にポロニウム 210 により内部被ばくをする可能性は低いと考えられた。引き続き筋肉部位だけの可食部だけでなく内臓を喫食する魚介類の調査が期待され、これに該当する貝類や甲殻類などについても今後の調査の重要性が示された。

F. 参考文献・資料

- 1) United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing radiation, *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) 2008 report, volume I: Report to the general assembly, with scientific annexes A and B-sources*. United Nations, (2010).
- 2) International Atomic Energy Agency, Exposure due to radionuclides in food other than during a nuclear or radiological emergency, *IAEA-TECDOC-2011*, IAEA, Vienna (2022).
- 3) International Atomic Energy Agency, Exposure due to radionuclides in food other than during a nuclear or radiological emergency. part 1: technical material, *Safety Reports Series No. 114*, IAEA, Vienna (2023).
- 4) アイソトープ手帳 12 版, 日本アイソトープ協会 (2020).
- 5) 生活環境放射線 (国民線量の算定) 第 3 版, 公益財団法人 原子力安全研究協会 (2021).
- 6) 令和 4 年度 厚生労働科学研究補助金 食品の安全確保推進研究事業「食品中の放射性物質等検査システムの評価手法の開発に関する研究」分担研究報告書「食品中放射性物質等有害物質濃度データ調査」
- 7) Miura, T., Hayano, K., Nakayama, K. Determination of ^{210}Pb and ^{210}Po in environmental samples by alpha ray spectrometry using an extraction chromatographic resin. *Analytical sciences*, 15, 23-28 (1999).
- 8) 衛生試験法・注解 2020, 公益社団法人 日本薬学会 (2020).
- 9) Ota T, Sanada T, Kashiwara Y, Morimoto T, Sato K. Evaluation for committed effective dose due to dietary foods by the intake for Japanese adults. *Jpn. J. Health Phys.*, 44, 80-88 (2009).
- 10) Kim, S. H., Hong, G. H., Lee, H. M., Cho, B. E. ^{210}Po in the marine biota of Korean coastal waters and the effective dose from seafood consumption. *Journal of environmental radioactivity*, 174, 30-37 (2017).

- 11) 平成 22 年度受託調査(厚生労働省医薬食品局食品全部基準審査課)「食品摂取頻度・摂取量調査の特別集計業務報告書」および「食品摂取頻度・摂取量調査の特別集計業務報告書追加資料」
- 12) ICRP, Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides - Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Coefficients. *ICRP Publication* 72. Ann. ICRP 26 (1995).
- 13) 令和 4 年度 水産白書, 水産庁 (2023).

G. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

表1 自然放射線源による一人年間被ばく線量

被ばく区分	被ばく線源	平均実効線量(mSv/year)	
		世界 ^{*1}	日本 ^{*2}
宇宙放射線	直接電離成分と光子成分	0.28	-
	中性子成分	0.1	-
	宇宙線生成放射性核種	0.01	-
	宇宙線および宇宙線生成 合計	0.39	0.3
外部地殻放射線	屋外	0.07	-
	屋内	0.41	-
	外部地殻放射線 合計	0.48	0.33
吸入	ウラン、トリウム系列	0.006	0.006
	ラドン222	1.15	0.37
	トロン(ラドン220)	0.1	0.09
	喫煙(Pb-210、Po-210など)	-	0.006
	吸入 合計	1.26	0.47
経口摂取	カリウム40	0.17	0.18
	ウラン、トリウム系列	0.12	0.80
	このうちポロニウム210、鉛210	-	0.788
	炭素14	-	0.014
	トリチウム	-	0.000082
	経口摂取 合計	0.29	0.99
	合計	2.4	2.1

*1 UNSCEAR2008年報告書 Vol.1 付属書 B. 表 12

*2 原子力安全研究協会「生活環境放射線 第3版」(令和2年11月)

表2 試料の概要

試料番号	魚種	購入日	産地等	養殖の可否	内蔵のみの分析試料の有無	試料番号	魚種	購入日	産地等	養殖の可否	内蔵のみの分析試料の有無
1		2023/10/17	石川県		○	74		2023/10/17	—		
2		2023/10/22	石川県			75		2023/10/18	—		
3		2023/10/22	三重県		○	76		2023/10/25	アイスランド		
4		2023/10/22	長崎県			77		2023/10/25	—		
5		2023/10/23	長崎県			78		2023/10/26	アイスランド		
6	アジ	2023/10/25	石川県		○	79	シシャモ	2023/11/13	ノルウェー		
7		2023/10/25	三重県		○	80		2023/11/28	—		
8		2023/10/25	長崎県		○	81		2023/11/28	ノルウェー		
9		2023/10/26	千葉県			82		2023/11/30	アイスランド		
10		2023/10/26	鳥根県		○	83		2023/11/30	北海道		
11		2023/10/26	三重県		○	84		2023/10/24	茨城県		
12		2023/10/15	愛知県	○		85		2023/10/25	静岡県		
13		2023/10/18	愛媛県	○		86		2023/10/25	大阪府		
14		2023/10/25	愛知県	○		87		2023/10/25	徳島県		
15		2023/10/26	和歌山県	○		88		2023/10/25	茨城県		
16		2024/2/20	—			89	シラス	2023/10/25	瀬戸内海産		
17	アユ	2024/2/20	岐阜/富山			90		2023/10/26	大阪府		
18		2024/2/20	—			91		2023/10/26	茨城県		
19		2024/2/20	徳島県			92		2023/10/26	—		
20		2024/2/20	愛知県	○		93		2023/10/26	—		
21		2024/2/20	栃木県	○		94		2023/10/15	千葉県		
22		2023/10/17	青森県		○	95		2023/10/18	千葉県		
23		2023/10/25	三重県			96		2023/10/22	千葉県		
24		2023/10/26	北海道		○	97		2023/10/23	千葉県		
25		2023/10/26	千葉県		○	98	スズキ	2023/10/24	千葉県		
26		2023/10/26	長崎県			99		2023/10/25	宮城県		
27	イワシ	2023/11/30	北海道		○	100		2023/10/26	千葉県		
28		2023/11/30	北海道			101		2023/10/26	宮城県		
29		2023/11/30	北海道		○	102		2023/11/28	宮城県		
30		2023/12/12	北海道		○	103		2023/11/30	千葉県		
31		2023/12/11	北海道		○	104		2023/10/17	愛媛県	○	
32		2023/10/12	太平洋産			105		2023/10/22	愛知県	○	
33		2023/10/17	宮崎県			106		2023/10/22	愛媛県	○	
34		2023/10/22	太平洋産			107		2023/10/22	三重県	○	
35		2023/10/22	三陸南部沖			108		2023/10/24	熊本県		
36		2023/10/23	宮城県			109		2023/10/25	愛媛県	○	
37	カツオ	2023/10/25	宮城県			110	タイ	2023/10/25	山口県		
38		2023/10/25	宮城県			111		2023/10/26	愛媛県	○	
39		2023/10/25	宮城県			112		2023/10/26	長崎県		
40		2023/10/26	静岡県			113		2023/10/26	静岡県	○	
41		2023/10/26	宮城県			114		2023/10/26	三重県	○	
42		2023/11/16	太平洋産			115		2023/10/26	福岡県		
43		2023/10/14	北海道			116		2023/10/26	鳥取県		
44		2023/10/17	北海道			117		2023/10/14	宮崎県	○	
45		2023/10/19	福井県			118		2023/10/25	北海道		
46		2023/10/22	アイスランド			119		2023/10/26	北海道		
47	カレイ	2023/10/22	北海道			120		2023/10/26	北海道		
48		2023/10/22	ロシア			121	ブリ	2023/10/26	—	○	
49		2023/10/22	北海道			122		2023/10/26	宮崎県		
50		2023/11/28	北海道			123		2023/10/26	北海道		
51		2023/11/28	北海道			124		2023/10/26	北海道		
52		2023/11/28	北海道			125		2023/11/13	長崎県		
53		2023/10/22	北海道			126		2023/11/16	愛知県	○	
54		2023/10/23	宮城県			127		2023/10/22	パヌアツ		
55		2023/10/24	北海道			128		2023/10/22	太平洋産		
56		2023/10/24	北海道			129		2023/10/25	宮崎県		
57		2023/10/24	北海道			130		2023/10/25	大西洋産		
58	サケ	2023/10/25	北海道			131	マグロ	2023/10/25	鹿児島県		
59		2023/10/26	北海道			132		2023/10/25	静岡県		
60		2023/11/30	オーストラリア	○		133		2023/10/26	大西洋産		
61		2023/11/30	宮城県	○		134		2023/10/26	—		
62		2023/11/30	ノルウェー	○		135		2023/10/26	インド洋産		
63		2023/12/18	青森県			136		2023/10/26	神奈川県		
64		2023/10/14	三陸北部沖		○	137		2023/10/24	ノルウェー	○	
65		2023/10/17	北海道		○	138		2023/10/24	チリ	○	
66		2023/10/17	岩手県		○	139		2023/10/25	チリ	○	
67		2023/10/18	北海道		○	140		2023/10/26	チリ	○	
68	サンマ	2023/10/22	北海道		○	141	マス	2023/10/26	チリ	○	
69		2023/10/22	三陸北部沖		○	142		2023/10/26	青森県	○	
70		2023/10/23	三陸北部沖		○	143		2023/11/13	チリ	○	
71		2023/10/24	三陸北部沖		○	144		2023/11/16	チリ	○	
72		2023/10/25	宮城県		○	145		2023/11/28	チリ	○	
73		2023/10/26	三陸北部沖		○	146		2023/11/30	チリ	○	

表3 分析試料の分析結果

a) 可食部

試料番号	魚種	放射能濃度 (Bq/kg)	統計誤差 (Bq/kg)	試料番号	魚種	放射能濃度 (Bq/kg)	統計誤差 (Bq/kg)
1	アジ	18.26	0.94	74	シシャモ	1.75	0.16
2		5.47	0.36	75		1.37	0.12
3		36.02	1.75	76		1.89	0.14
4		11.06	0.62	77		1.09	0.10
5		41.32	2.05	78		0.69	0.08
6		54.83	2.64	79		1.68	0.14
7		26.76	1.32	80		0.18	0.04
8		6.16	0.37	81		0.78	0.08
9		2.97	0.21	82		1.31	0.11
10		9.68	0.54	83		1.10	0.10
11		63.76	3.05	84		75.65	3.55
12	アユ	3.25	0.23	85	109.99	5.28	
13		2.84	0.21	86	13.41	0.71	
14		2.87	0.20	87	63.49	3.02	
15		3.86	0.26	88	73.74	3.50	
16		0.94	0.08	89	9.40	0.50	
17		0.36	0.05	90	26.82	1.34	
18		0.90	0.08	91	67.45	3.28	
19		0.87	0.08	92	51.27	2.48	
20		3.04	0.19	93	57.88	2.87	
21		0.21	0.03	94	0.11	0.03	
22	イワシ	12.95	0.70	95	1.25	0.12	
23		22.75	1.16	96	0.30	0.06	
24		8.98	0.49	97	0.26	0.05	
25		24.82	1.26	98	0.72	0.08	
26		30.61	1.56	99	0.75	0.08	
27		34.18	1.69	100	0.65	0.08	
28		16.95	0.87	101	0.54	0.07	
29		18.10	0.90	102	0.61	0.07	
30		24.34	1.22	103	0.37	0.05	
31		9.28	0.50	104	-(0.08)		
32	カツオ	75.43	3.02	105	0.35	0.06	
33		21.49	0.91	106	-(0.07)		
34		15.20	0.82	107	0.15	0.03	
35		11.77	0.64	108	8.86	0.49	
36		14.63	0.64	109	0.08	0.02	
37		12.90	0.71	110	1.21	0.11	
38		15.23	0.80	111	0.21	0.04	
39		11.10	0.61	112	7.32	0.42	
40		47.89	2.43	113	9.45	0.51	
41		15.55	0.83	114	0.33	0.05	
42		108.28	5.22	115	4.89	0.30	
43		カレイ	3.26	0.19	116	1.02	0.11
44	0.46		0.07	117	0.15	0.03	
45	0.43		0.06	118	8.06	0.45	
46	-(0.08)			119	6.70	0.38	
47	0.27		0.04	120	8.65	0.47	
48	-(0.07)			121	0.25	0.04	
49	5.74		0.34	122	0.28	0.05	
50	2.32		0.17	123	11.41	0.59	
51	5.99		0.34	124	8.74	0.48	
52	1.31		0.12	125	29.82	1.45	
53	サケ	0.82	0.08	126	0.20	0.04	
54		0.63	0.07	127	0.24	0.04	
55		-(0.07)		128	2.99	0.22	
56		1.44	0.12	129	8.19	0.48	
57*		0.78	0.13	130	0.23	0.04	
58		0.28	0.05	131	10.58	0.51	
59		0.42	0.04	132	2.06	0.19	
60		10.56	0.55	133	0.67	0.08	
61		0.09	0.03	134	1.47	0.13	
62		-(0.08)		135	2.27	0.17	
63		0.52	0.06	136	1.72	0.15	
64		サンマ	18.38	0.79	137	1.49	0.12
65	31.90		1.54	138	0.10	0.03	
66	33.90		1.66	139	-(0.08)		
67	35.06		1.71	140	0.19	0.04	
68	37.24		1.86	141	-(0.08)		
69	22.46		1.14	142	0.18	0.04	
70	22.00		1.12	143	-(0.07)		
71	45.80		2.22	144	-(0.09)		
72	85.80		4.14	145	-(0.08)		
73	35.44		1.71	146	-(0.08)		

* : カラム精製をして分析した試料

- : 検出限界値未満、括弧内の数字は定量限界値

b) 内臓

試料番号	魚種	放射能濃度 (Bq/kg)	統計誤差 (Bq/kg)
64		487.68	22.39
65		736.48	36.76
66		346.93	15.96
67		331.89	15.36
68	サンマ	566.50	30.68
69	(内臓)	620.92	29.30
70		525.96	24.28
71		587.71	29.64
72		495.20	26.96
73		645.93	30.83

表4 魚種ごとの実態調査結果の概要

a) 平均値

魚種	平均値		
	放射能濃度 (Bq/kg)	標準偏差 (Bq/kg)	相対標準偏差 (%)
アジ	25.1	21.2	84
アユ	1.9	1.4	72
イワシ	20.3	8.6	42
カツオ	31.8	32.3	102
カレイ	2.5	2.3	94
サケ	1.7	3.3	193
サンマ	36.8	19.1	52
シシャモ	1.2	0.5	45
シラス	54.9	31.0	56
スズキ	0.6	0.3	58
タイ	3.1	3.8	113
ブリ	7.4	9.0	121
マグロ	3.0	3.5	115
マス	0.5	0.7	136
サンマ(内臓)	534.5	126.7	24

b) 最大値、最小値、中央値、検出数

魚種	最大値(Bq/kg)		最小値(Bq/kg)		中央値(Bq/kg)		検出数* (分析試料数)
	放射能濃度	統計誤差	放射能濃度	統計誤差	放射能濃度	統計誤差	
アジ	63.76	3.05	2.97	0.21	18.26	0.94	11(11)
アユ	3.86	0.26	0.21	0.03	1.89	0.16	10(10)
イワシ	34.18	1.69	8.98	0.49	20.42	1.04	10(10)
カツオ	108.28	5.22	11.10	0.61	15.23	0.80	11(11)
カレイ	5.99	0.34	0.27	0.04	1.82	0.15	10(10)
サケ	10.56	0.55	0.09	0.03	0.63	0.07	9(11)
サンマ	85.80	4.14	18.38	0.79	34.48	1.69	10(10)
シシャモ	1.89	0.14	0.18	0.04	1.20	0.11	10(10)
シラス	109.99	5.28	9.40	0.50	60.68	2.95	10(10)
スズキ	1.25	0.12	0.11	0.03	0.57	0.07	10(10)
タイ	9.45	0.51	0.08	0.02	1.02	0.11	11(13)
ブリ	29.82	1.45	0.15	0.03	7.38	0.42	10(10)
マグロ	10.58	0.51	0.23	0.04	1.89	0.17	10(10)
マス	1.49	0.12	0.10	0.03	0.18	0.04	4(10)
サンマ(内臓)	736.48	36.76	331.89	15.36	593.71	30.00	10(10)

* : 検出限界値を終える濃度で検出された試料数

表5 各魚種の一人あたりの一平均喫食量

魚種	一日平均喫食量 (g)
アジ	5.468
アユ	0.156
イワシ	6.474
カツオ	8.169
カレイ	1.994
サケ ^{*1}	9.584
サンマ	4.476
シシャモ	0.589
シラス ^{*2}	0.47
スズキ	0.121
タイ	1.652
ブリ	3.344
マグロ	6.433
マス ^{*1}	9.584

*1:「サケ・マス」の喫食量を用いた

*2:「しらす干し(関東-微乾燥品)」の喫食量を用いた

表6 ポロニウム210の預託実効線量係数

年齢	預託実効線量係数 (Sv/Bq)
3ヶ月(0~1歳)	2.6E-05
1歳(1~2歳)	8.8E-06
5歳(2歳~7歳)	4.4E-06
10歳(7~12歳)	2.6E-06
15歳(12~17歳)	1.6E-06
成人(17歳を超える)	1.2E-06

表7 各魚種中のポロニウム210からの被ばく線量の推定値

魚種	ポロニウム210 平均摂取量 (Bq/day)	ポロニウム210 平均摂取量 (Bq/year)	ポロニウム210 預託実効線量 (mSv/year)
アジ	1.37E-01	50.1	0.0602
アユ	2.99E-04	0.109	1.31E-04
イワシ	1.31E-01	48.0	0.0576
カツオ	2.60E-01	94.7	0.114
カレイ	4.93E-03	1.80	0.00216
サケ	1.57E-02	5.74	0.00688
サンマ	1.65E-01	60.1	0.0721
シシャモ	6.98E-04	0.255	0.000306
シラス	2.58E-02	9.42	0.0113
スズキ	6.73E-05	0.0246	0.0000295
タイ	5.09E-03	1.86	0.00223
ブリ	2.48E-02	9.06	0.0109
マグロ	1.96E-02	7.14	0.00857
マス	4.70E-03	1.71	0.00206

預託実効係数：公衆成人の1.2E-06 Sv/Bqを用いて推定した

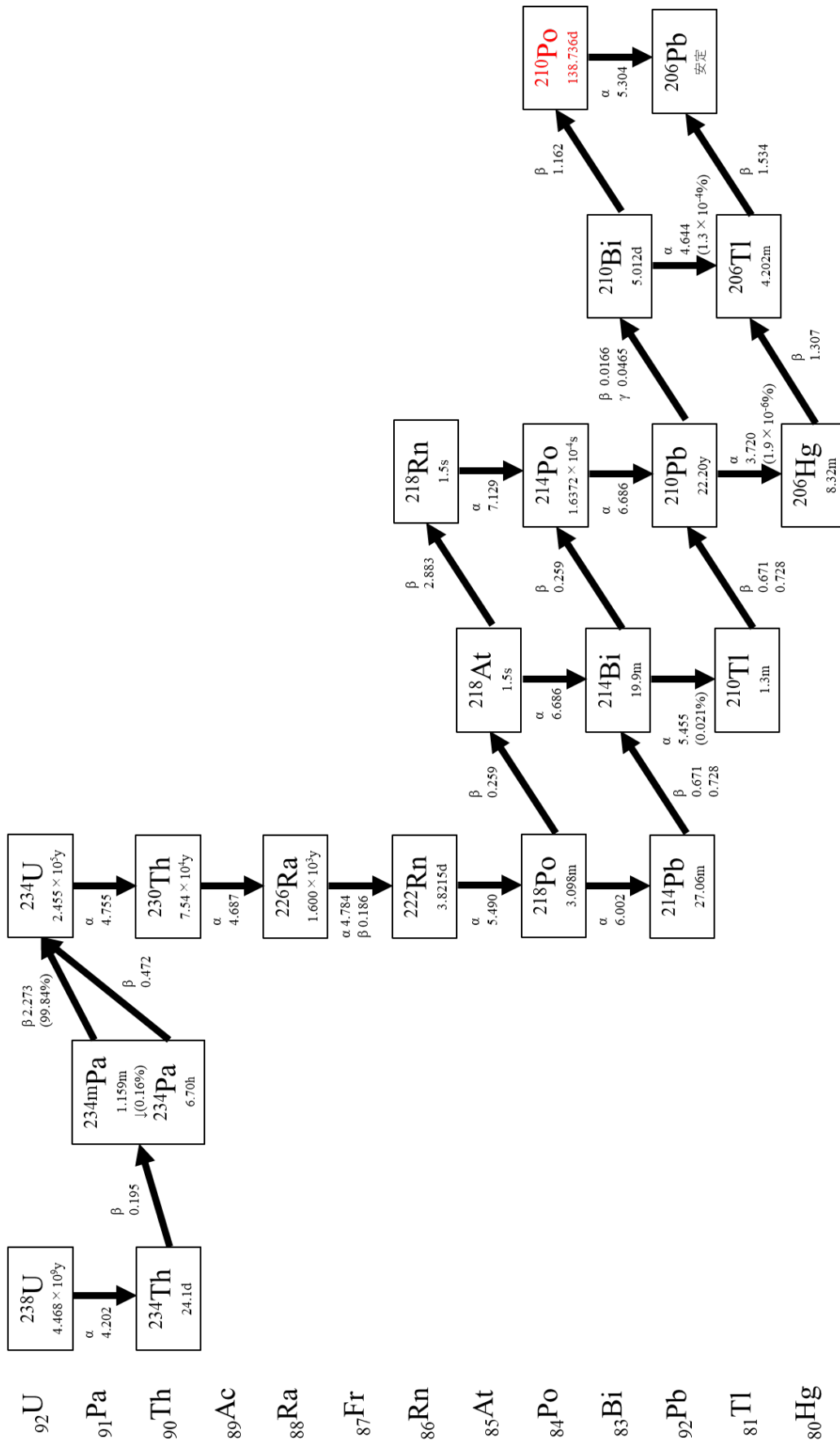
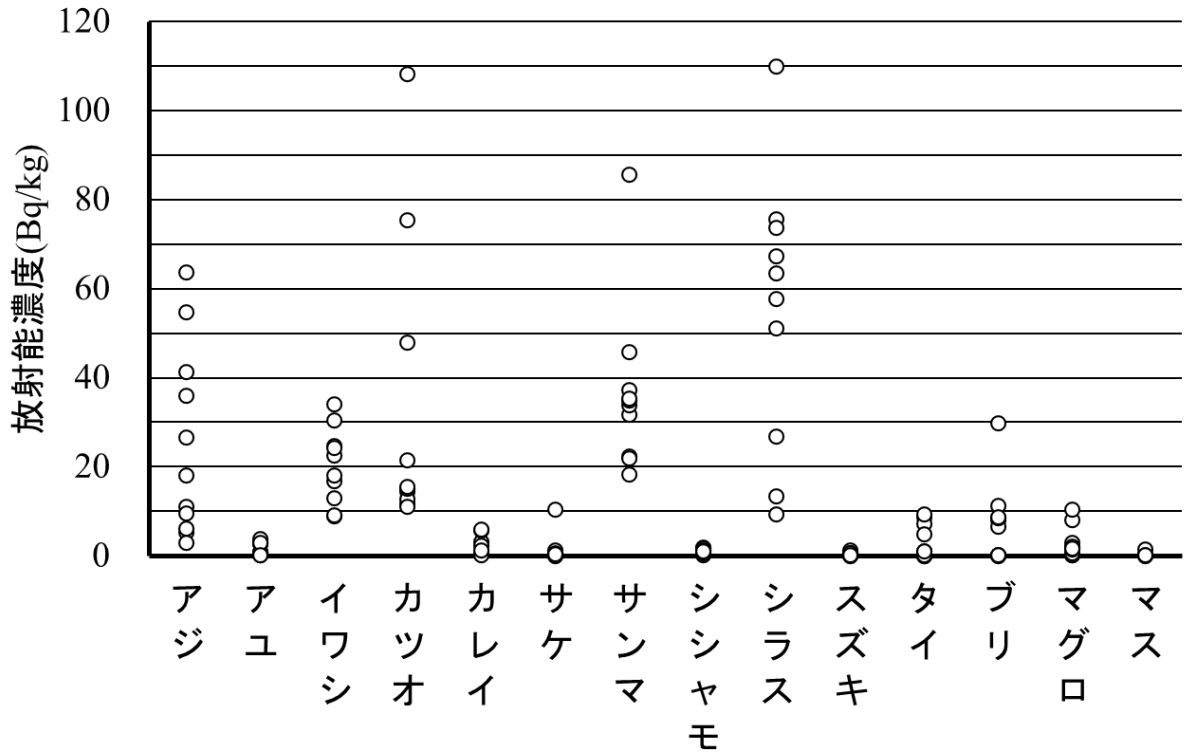


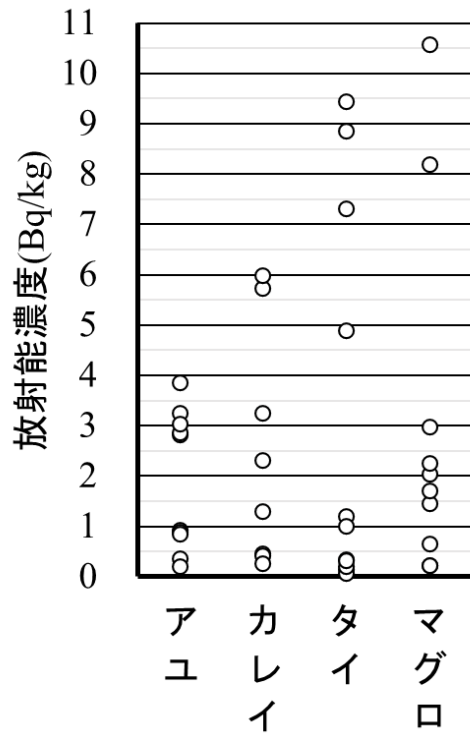
図1 ウラン壊変系列図

核種の下の数字は半減期、壊変様式の下または横の数字は放射線のエネルギー(MeV)を示す

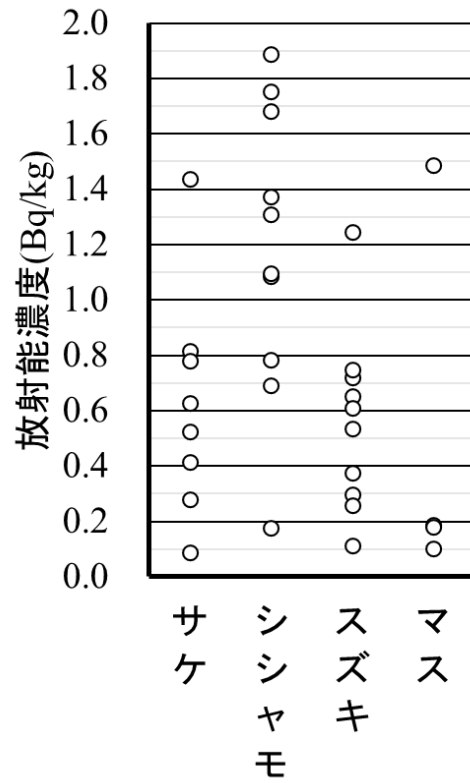
a)



b)



c)



d)

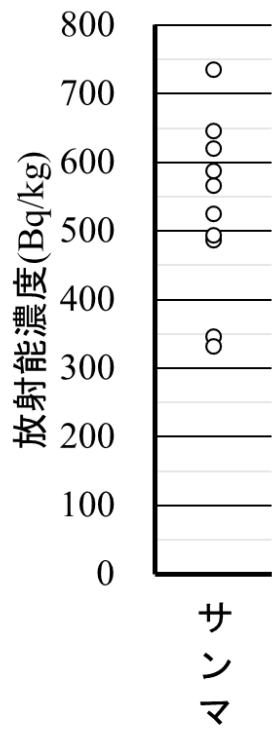


図2 各魚種のポロニウム 210 の放射能濃度

- a) 全魚種の可食部
- b) 可食部 (アユ、カレイ、タイ、マグロ)
- c) 可食部(サケ、シシャモ、スズキ、マス)
- d) 内臓(サンマ)

