

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関する研究(23KA1006)

令和 6 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

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。今年度は魚介類のうち喫食量が多いとされる 10 種類の貝について調査した。その結果、ポロニウム 210 は分析した 110 試料全てから検出された。このうち最大の濃度が検出されたのはアサリで 100 Bq/kg を超える試料もあったが、その他の貝の全ての試料で 100 Bq/kg 未満であった。貝の種類別の平均放射能濃度は、ムールガイが最も高く、シジミ、アサリ、ハマグリ、カキの順に平均放射能濃度が高かった。これらの貝では平均放射能濃度が 20-50 Bq/kg の範囲にあった。次いで、ホタテ、サザエ、ホッキガイ、ツブ、アワビの順に平均放射能濃度が高く、これらの貝では平均放射能濃度が 1-10 Bq/kg の範囲にあった。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、貝の種類ごとにポロニウム 210 の被ばく線量を推定した結果、最大値はアサリの 0.020 mSv/year であった。調査した 10 種類の貝の預託実効線量の合計値は 0.049 mSv/year であり、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 6.8% に相当する結果となった。今回調査した 10 種類の貝の喫食量は、貝の全喫食量の 98.3% であったことから、今回調査しなかった他の全ての貝の各預託実効線量が、調査した 10 種類の貝と同程度に推定されたと仮定しても、貝全体からの預託実効線量は 0.05 mSv/year 程度と推定され、日本で見積もられている食品からのポロニウム 210 による被ばく線量に貝が占める割合も同程度の推定値になることが考えられた。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、現在では各貝ともに預託実効線量が推定値より低く見積もられることが推測される。

以上の結果より、一般的な食生活では、貝から過度にポロニウム 210 の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 の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として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る。

研究協力者 蜂須賀 暁子 国立医薬品食品衛生研究所有機化学部主任研究官
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
波多江 良実 国立医薬品食品衛生研究所生化学部
門脇 光里 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及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言える。

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、今年度は市場に流通する貝のポロニウム 210 の放射能濃度の実態を調査した。

B. 研究方法

1) 試料

購入する貝については、小売店での入手のし易さや後で述べる喫食量を考慮し、10 種(アサリ、アワビ、カキ、サザエ、シジミ、ツブ、ハマグリ、ホタテ、ホッキガイ、ムールガイ)を選定した。

令和 6 年(2024 年)8 月から令和 7 年(2025 年)3 月にかけて首都圏の小売店等を通じて、合計 110 点を購入した。購入では 1 パックを購入単位として、生の状態の貝を購入した。

各試料は一般的な食習慣で食される部分を可食部として粉碎し、分析試料とした。アワビ、サザエ、ツブ、ホタテ、ホッキガイは身のみ、それ以外の貝については、身と内臓と一緒に粉碎した。

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 を量り取り、

水を加えて 1000 mL に定容した。

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

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

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

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

・6M 硝酸溶液：硝酸 77.2 mL を量り取り、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 を量り取り、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、標準溶液及び校正用標準線源

・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($0.100\pm 0.003\text{ kBq/g}$)、鉛 210 標準原液：鉛 210(半減期：22.2 年)標準硝酸溶液($9.85\pm 1.06\text{ kBq/g}$)、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 を量り取り、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 を量り取り、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)、アメリカシウム 241(5.49 MeV)、キュリウム 244(5.79 MeV)、以上、Eckert&Ziegler 社製

③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及び 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 の回収率が 75%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 及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 及び過酸化水素水 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 及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)及びポロニウム 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} 及び ΔA_{Po} ：ポロニウム 210 放射能及びその統計誤差(Bq/kg)、 n_{Po} 及び Δn_{Po} ：ポロニウム 210 の正味計数率及びその統計誤差(cps)、 D 及び ΔD ：添加したポロニウム 209 の放射能及びその統計誤差(Bq)、 n_{add} 及び Δn_{add} ：ポロニウム 209 の正味計数率及びその統計誤差(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 110 試料を分析した結果のうち、放射能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、検出された放射能濃度の基本統計量を表 4 に示した。なお、各試料の検出限界値は 0.06 ～0.20 Bq/kg であった。また、カラム分離を行って分析した試料はなかった。

ポロニウム 210 は分析した試料全てから検出された。このうち最大の放射能濃度が検出されたのはアサリで全 12 試料中 1 試料が 102 Bq/kg であったが、その他の全ての試料では 100 Bq/kg 未満であった。

貝の種類別の平均放射能濃度は、ムールガイが最も高く、シジミ、アサリ、ハマグリ、カキの順に平均放射能濃度が高かった。これらの貝では平均放射能濃度が 20-50 Bq/kg の範囲にあった。次いで、ホタテ、サザエ、ホッキガイ、ツブ、アワビの順に平均放射能濃度が高く、これらの貝では平均放射能濃

度が 1-10 Bq/kg の範囲にあった。これらの結果は、既報⁹⁾の結果(0.02-120 Bq/kg)と同等であった。

これまでにポロニウム 210 は内臓に蓄積されることが既に判明している。ムールガイ、シジミ、アサリ、ハマグリ、カキについては、身と内臓を可食部として分析試料としたため、ホタテ、サザエ、ホッキガイ、ツブ、アワビよりも高い濃度でポロニウム 210 が検出されたと考えられた。

また、ムールガイを除く貝については、産地の違いによる放射能濃度の値に顕著な差は見られなかった。一方、ムールガイについては、外国産の試料で他の日本産の試料の放射能濃度と比較して、20%以下の濃度と明らかに低かったが、調査した試料数が少ないため、明確な傾向は不明である。放射能濃度が低かった原因としては、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ること、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試料中のポロニウム 210 が減衰していた可能性が考えられた。

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) 各貝の喫食量

各貝の喫食量は、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・栄養研究所が取りまとめた資料¹⁰⁾の値を用いた(1 歳以上の全日本国民の一日平均喫食量)。各貝の一日平均喫食量を表 5 に示した。今回調査した 10 種類の貝の喫食量は、この資料における貝の全喫食量の 98.3%に相当した。

なお、上記資料では各貝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¹¹⁾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 $1.2 \sim 8.8 \times 10^{-6}$ Sv/Bq である。

4) 内部被ばく線量推定

各貝のポロニウム 210 の平均濃度及び喫食量データ、並びに実効線量係数を用いて、式 1 及び式 2 により貝ごとにポロニウム 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 1.2×10^{-6} Sv/Bq を用いた。

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

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

調査した貝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 0.045 Bq 程

度、年間平均摂取量が最大 16 Bq 程度、預託実効線量が最大 0.02 mSv/year 程度と推定され、いずれもアサリで最大であった。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 2.7%であった。

また、調査した 10 種類の貝の預託実効線量の合計値は 0.049 mSv/year となり、この結果は、既報¹²⁾の結果と同等であった。また、この合計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 6.8%に相当した。先に述べたように調査した 10 種類の貝の喫食量は、貝の全喫食量の 98.3%であったことから、今回調査しなかった他の全ての貝の各預託実効線量が、調査した 10 種類の貝と同程度に推定されたと仮定しても、貝全体からの預託実効線量は約 0.05 mSv/year となり、日本で見積もられている食品からのポロニウム 210 による被ばく線量に貝の占める割合も同程度の推定値になることが考えられた。

なお、今回の預託実効線量の推定に用いた各貝の喫食量は 2005～2007 年の資料¹⁰⁾に基づいているが、水産白書¹³⁾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る。

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、市場に流通する喫食量の多い 10 種類の貝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、アサリで最大 100 Bq/kg を超える放射能濃度が見られたが、その他の全ての貝の試料では 100 Bq/kg 未満であった。また、平均放射濃度は 10 種類の貝を通じて、1-50 Bq/kg の範囲にあった。以上の結果は、既報¹⁰⁾と同等の結果であった。

また、貝ごとにポロニウム 210 の被ばく線量を推定した結果、最大値はアサリの約 0.02 mSv/year であった。また、調査した 10 種類の貝の預託実効線量の合計値は 0.049 mSv/year であり、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 6.8% に相当した。調査した 10 種類の貝の喫食量は、貝の全喫食量の 98.3% であったことから、貝全体からの預託実効線量は約 0.05 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 による被ばく線量に貝が占める割合も同程度の推定値になることが考えられた。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る。

以上の結果より、一般的な食生活では、貝から過度にポロニウム 210 の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 ²¹⁰Pb and ²¹⁰Po 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. <i>Jpn. J. Health Phys.</i> , 44, 80-88 (2009).	2. 実用新案登録 なし 3. その他 なし
---	---------------------------------

10) 平成 22 年度受託調査(厚生労働省医薬食品局食品安全部基準審査課)「食品摂取頻度・摂取量調査の特別集計業務報告書」及び「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」

11) 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).

12) 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).

13) 令和 5 年度 水産白書, 水産庁 (2024).

G. 研究発表

1. 論文発表
なし

2. 学会発表

1) 片岡洋平、永山彩子、波多江良実、曾我慶介、蜂須賀暁子、柴田識人：魚に含有される天然放射性核種ポロニウム210の実態調査. 第 110 回日本食品衛生学会学術講演会 春日井市 (2024.11.8)

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得
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	-	0.0000082
	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 分析試料の概要

試料番号	種類	購入日	産地等	試料番号	種類	購入日	産地等
1	アサリ	2024/7/29	千葉	56	シジミ	2024/8/22	茨城
2		2024/8/22	福岡	57		2024/8/25	茨城
3		2024/8/25	福岡	58		2024/8/25	島根
4		2024/8/25	千葉	59		2024/8/25	三重
5		2024/8/25	千葉	60		2024/8/25	茨城
6		2024/8/28	千葉	61		2024/8/28	島根
7		2024/9/5	福岡	62		2024/9/5	茨城
8		2024/9/5	福岡	63		2024/11/4	鳥取
9		2024/11/10	中国	64		2024/11/4	茨城
10		2024/11/10	中国	65		2024/11/10	島根
11		2024/11/10	中国	66	ツブ	2024/8/21	北海道
12		2024/11/17	北海道	67		2024/8/25	北海道
13	アワビ	2024/8/25	韓国	68		2024/12/1	北海道
14		2024/11/10	韓国	69		2024/12/8	北海道
15		2024/12/8	韓国	70		2024/12/22	北海道
16		2024/12/22	北海道	71		2025/3/18	北海道
17		2025/2/16	—	72		2025/3/18	北海道
18		2025/3/2	韓国	73		2025/3/18	—
19		2025/3/18	—	74	ハマグリ	2024/8/20	千葉
20		2025/3/19	韓国	75		2024/8/21	千葉
21		2025/3/19	韓国	76		2024/8/25	千葉
22	カキ	2024/8/25	石川	77		2024/8/25	愛知
23		2024/11/4	広島	78		2024/9/5	三重
24		2024/12/1	兵庫	79		2024/11/4	千葉
25		2024/12/1	岩手	80		2024/11/10	千葉
26		2024/12/8	岩手	81		2024/11/10	千葉
27		2024/12/22	宮城	82		2024/11/17	千葉
28		2025/3/2	長崎	83		2024/11/17	中国
29		2025/3/2	岡山	84		2024/12/1	三重
30		2025/3/5	広島	85		2024/12/8	千葉
31		2025/3/9	宮城	86		2024/12/8	千葉
32		2025/3/9	広島	87		2024/12/8	千葉
33		2025/3/17	広島	88		2024/12/22	千葉
34		2025/3/17	岡山	89	ホタテ	2024/8/20	青森
35		2025/3/17	岡山	90		2024/8/22	北海道
36		2025/3/18	岡山	91		2024/8/25	北海道
37	サザエ	2024/8/22	青森	92		2024/9/5	北海道
38		2024/8/25	青森	93		2024/11/10	北海道
39		2024/8/25	長崎	94		2024/12/8	北海道
40		2024/11/10	山口	95		2024/12/22	北海道
41		2024/12/1	長崎	96		2024/12/22	北海道
42		2024/12/8	長崎	97		2024/12/22	北海道
43		2024/12/17	長崎	98		2025/3/2	北海道
44		2024/12/22	新潟	99	ホッキガイ	2024/9/5	北海道
45		2025/2/15	長崎	100		2024/11/10	北海道
46		2025/3/2	長崎	101		2024/12/1	北海道
47		2025/3/18	長崎	102		2024/12/8	北海道
48	シジミ	2024/7/30	茨城	103		2024/12/17	青森
49		2024/8/19	茨城	104		2025/1/13	静岡
50		2024/8/19	青森	105		2025/2/15	北海道
51		2024/8/20	三重	106		2025/3/18	北海道
52		2024/8/20	愛知	107	ムールガイ	2024/11/10	宮城
53		2024/8/21	茨城	108		2024/11/17	宮城
54		2024/8/21	愛知	109		2024/12/8	チリ
55		2024/8/21	青森	110		2025/3/17	宮城

表3 試料の分析結果

試料番号	種類	放射能濃度 (Bq/kg)	統計誤差 (Bq/kg)	試料番号	種類	放射能濃度 (Bq/kg)	統計誤差 (Bq/kg)
1	アサリ	33.19	1.64	56	シジミ	22.91	1.19
2		24.33	1.27	57		66.45	3.20
3		27.52	1.35	58		44.85	2.16
4		22.87	1.15	59		20.59	1.04
5		19.35	0.95	60		39.49	2.06
6		26.94	1.47	61		56.13	2.68
7		30.44	1.51	62		28.24	1.53
8		32.00	1.67	63		76.68	3.90
9		22.85	1.19	64		18.06	0.93
10		73.05	3.77	65		45.52	2.18
11		25.78	1.31	66	ツブ	1.10	0.10
12		102.33	4.80	67		2.87	0.19
13	アワビ	1.92	0.15	68		5.65	0.35
14		2.56	0.20	69		7.43	0.48
15		2.29	0.16	70		3.42	0.25
16		4.50	0.28	71		0.77	0.08
17		1.73	0.13	72		1.17	0.11
18		1.11	0.10	73		3.94	0.26
19		1.30	0.12	74	ハマグリ	36.14	1.91
20		1.31	0.11	75		42.42	2.27
21		1.16	0.10	76		37.54	1.94
22	カキ	63.53	3.22	77		28.29	1.45
23		8.24	0.50	78		20.96	1.04
24		8.95	0.51	79		46.06	2.28
25		48.51	2.36	80		41.37	2.06
26		59.99	3.08	81		72.98	3.77
27		62.27	3.06	82		33.65	1.66
28		38.41	1.82	83		8.77	0.50
29		13.38	0.74	84		10.32	0.56
30		12.82	0.66	85		27.09	1.38
31		71.93	3.26	86		33.51	1.57
32		13.27	0.68	87		25.63	1.28
33	サザエ	16.20	0.82	88		32.77	1.74
34		8.41	0.46	89	ホタテ	18.80	0.98
35		10.13	0.54	90		14.13	0.74
36		7.00	0.38	91		7.18	0.39
37		10.36	0.55	92		9.84	0.51
38		8.19	0.47	93		11.84	0.67
39		7.53	0.43	94		7.38	0.43
40		3.52	0.24	95		3.53	0.26
41		6.61	0.38	96		5.89	0.34
42		7.33	0.43	97		1.79	0.15
43		9.98	0.63	98		10.70	0.56
44	シジミ	10.41	0.68	99	ホッキガイ	4.63	0.31
45		4.85	0.29	100		9.95	0.56
46		4.18	0.24	101		7.54	0.45
47		3.30	0.21	102		8.21	0.56
48		28.57	1.50	103		8.35	0.47
49		31.30	1.55	104		2.10	0.16
50		26.48	1.26	105		2.56	0.17
51		34.13	1.75	106		2.70	0.19
52		44.92	2.20	107	ムールガイ	65.80	3.17
53		30.57	1.54	108		43.77	2.22
54		43.16	2.20	109		7.03	0.39
55		33.29	1.57	110		83.35	3.88

表 4 種類ごとの実態調査結果の概要

a) 平均値

種類	平均値		
	放射能濃度 (Bq/kg)	標準偏差 (Bq/kg)	相対標準偏差 (%)
ムールガイ	49.99	32.90	66
シジミ	38.41	20.03	52
アサリ	36.72	24.93	68
ハマグリ	33.17	15.39	46
カキ	29.54	24.76	84
ホタテ	9.11	5.07	56
サザエ	6.93	2.69	39
ホッキガイ	5.75	3.11	54
ツブ	3.30	2.36	72
アワビ	1.99	1.07	54

b) 最大値、最小値、中央値、検出数

種類	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	
ムールガイ	83.35	3.88	7.03	0.39	54.78	2.74	4(4)
シジミ	76.68	3.90	18.06	0.93	33.71	1.66	18(18)
アサリ	102.33	4.80	19.35	0.95	27.23	1.42	12(12)
ハマグリ	72.98	3.77	8.77	0.50	33.51	1.57	15(15)
カキ	71.93	3.26	7.00	0.38	13.38	0.74	15(15)
ホタテ	18.80	0.98	1.79	0.15	8.61	0.47	10(10)
サザエ	10.41	0.68	3.30	0.21	7.33	0.43	11(11)
ホッキガイ	9.95	0.56	2.10	0.16	6.08	0.39	8(8)
ツブ	7.43	0.48	0.77	0.08	3.15	0.22	8(8)
アワビ	4.50	0.28	1.11	0.10	1.73	0.13	9(9)

* : 検出限界値を終える濃度で検出された試料数

表 5 各貝の一人あたりの一日常常喫食量

種類	一日常常喫食量 (g)
ホタテ	1.721
カキ	1.271
アサリ	1.223
シジミ	0.277
ツブ	0.089
ハマグリ	0.079
サザエ	0.055
アワビ	0.032
ホッキガイ	0.017
ムールガイ(イガイ)	0.011

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 各貝中のポロニウム 210 からの被ばく線量の推定値

種類	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)
アサリ	4.5E-02	16	2.0E-02
カキ	3.8E-02	14	1.6E-02
ホタテ	1.6E-02	5.7	6.9E-03
シジミ	1.1E-02	3.9	4.7E-03
ハマグリ	2.6E-03	0.96	1.1E-03
ムールガイ	5.5E-04	0.20	2.4E-04
サザエ	3.8E-04	0.14	1.7E-04
ツブ	2.9E-04	0.11	1.3E-04
ホッキガイ	9.8E-05	0.036	4.3E-05
アワビ	6.4E-05	0.023	2.8E-05

実効線量係数：公衆成人の 1.2E-06 Sv/Bq を用いて推定した

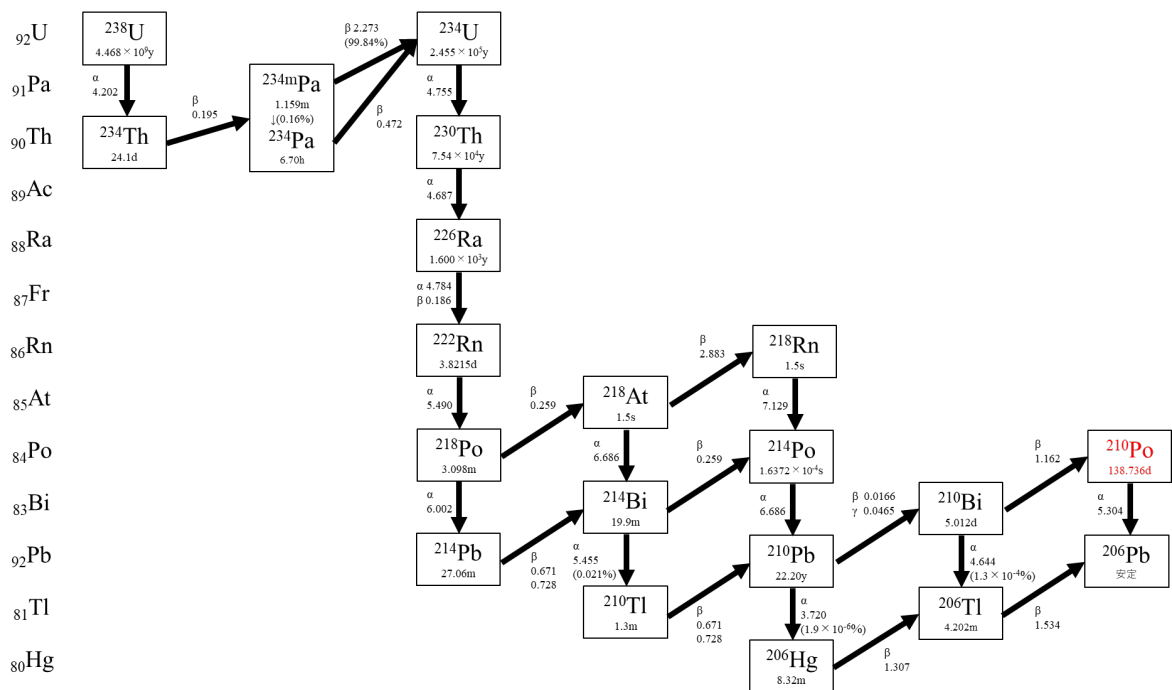


図 1 ウラン壊変系列図

核種の下に数字は半減期、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。

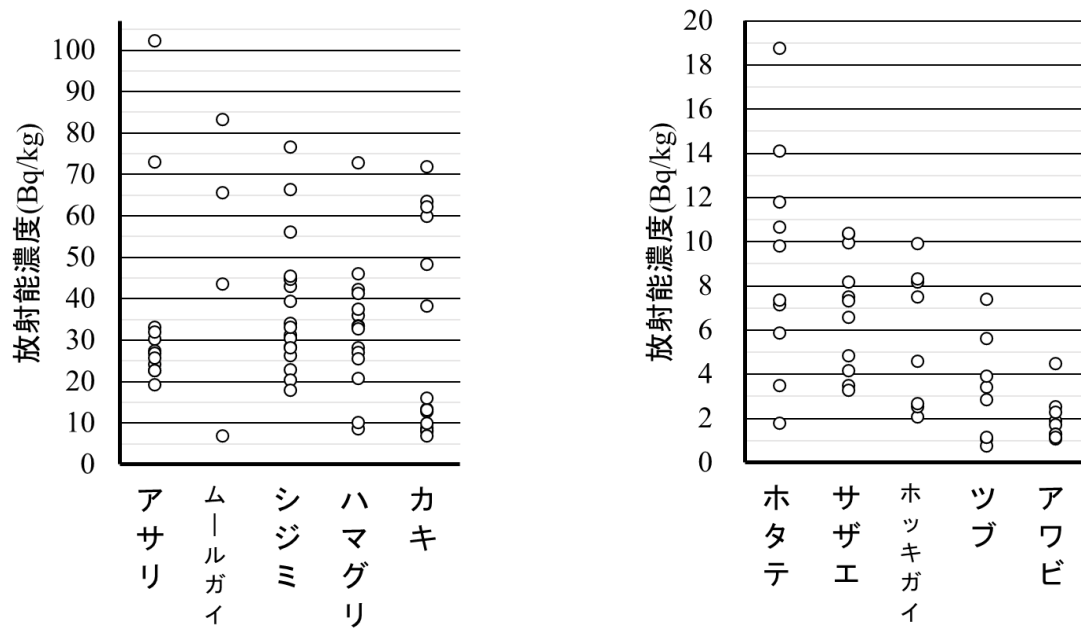


図 2 各貝のポロニウム 210 の放射能濃度