

## Ⅱ. 分 担 研 究 報 告

食品中放射性物質等有害物質濃度データ調査

曾我 慶介

令和元年度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

研究代表者 蜂須賀 暁子 国立医薬品食品衛生研究所生化学部第一室長

研究分担者 曾我 慶介 国立医薬品食品衛生研究所生化学部研究員

研究要旨：本研究では、福島原発事故後に基準値として考慮された放射性セシウム等に加え、内部被ばくにおいて考慮すべき核種についての調査を行う。平成 29 年度の調査結果より、天然放射性核種であるポロニウム 210 の内部被ばく線量が、福島原発事故等に由来する人工放射性核種からの影響に比して大きいことが認められた。しかし、ポロニウム 210 分析法が煩雑な事もあり、文献データは測定試料数が少なく、線量範囲も大きな開きが見られた。そこで前年度までに、食品中ポロニウム 210 分析法の簡便化および精度評価を行い、食品に適用可能な方法を開発した。平成 31 (令和元年) 年度は、開発した方法を用いて流通している魚介類のポロニウム 210 放射能を測定した。分析したすべての試料でポロニウム 210 は検出され、イワシ、マアジ、アサリ、カキ(牡蠣)、シラスでは比較的高い放射能 (>10 Bq/kg) が認められた。また、魚類(サンマ、マイワシ、マアジ、ニシン) の筋肉と内臓を分離し、それぞれのポロニウム 210 濃度を測定したところ、筋肉部位 (0.60~44.54 Bq/kg) に比べて内臓部位 (14.2~1048.3 Bq/kg) では 10 倍以上の高い放射能濃度が認められた。魚介類では筋肉より内臓部位に多くのポロニウム 210 が蓄積されていることが示唆された。また、近年の食品に関連したポロニウム 210 に関する諸外国の文献を調べたところ、魚介類では同様の傾向が確認された。魚介類の内臓を偏って摂取した場合、内部被ばくによる実効線量を大きく増加させる可能性があるため注意が必要である。

## A. 研究目的

平成 23 年 3 月 11 日の東京電力福島第一原子力発電所事故により、放射性核種や化学物質が環境中に放出され、食品に移行したことで、食品衛生上の大きな問題となった。一方で、食品にはもともと天然の放射性核種等の人体に有害な化学物質がいくらか含まれているのも事実で

ある。そこで本研究では、原子力災害による汚染実態と近年の食品に含まれる放射性核種に関する文献調査を行い、人体に影響が大きい放射性核種として考慮すべき核種等を探索してきた。

これまでの調査より、日本の国民の天然放射性核種ポロニウム 210 による内部被ばく量は世界平均と比べて 10 倍以上高いとする報告もあ

り、人工放射性核種よりも寄与が大きいことが示唆されている (Ota et al, 2009)。また、食品中のポロニウム 210 分析法を検討し、精度評価を行ったところ、良好な分析法であることが確認された。今年度では、これまで検討してきた分析法を用いて流通する魚介類のポロニウム 210 放射能を分析し、その実態調査を行う。また、海外の食品または環境中のポロニウム 210 放射能濃度調査に関する科学論文を調査することで、実態調査結果との比較を行う。これらの調査結果を踏まえて、食品からのポロニウム 210 の被ばくについて考察する。

## B. 研究方法

### 1. 食品試料と放射能標準溶液

分析試料はスーパーマーケットで購入した。詳細な情報は表に示した (表 1)。一部魚類試料に関しては筋肉および内臓部位を包丁で細切・分離し、それぞれ別の分析試料とした。貝類は貝殻は除いた軟組織のみを分析試料とした。ポロニウム 209 (半減期: 102 年) 標準硝酸溶液 (拡張不確かさ [k=2]: 3.0%) は Eckert & Ziegler 社から日本アイソトープ協会を通じて購入した。

### 2. 流通食品中のポロニウム 210 放射能分析

#### ・湿式分解

食品生試料 5~25 g を 1L 容ビーカーに入れ、内部標準物質ポロニウム 209 硝酸標準溶液 1 mL (0.04 Bq 相当) と試料が浸かる量の硝酸を加え、ホットプレート上で加熱する (120°C) ことで試料を分解した。硝酸蒸発後は、再度硝酸と少量の過酸化水素水 (硝酸の約 1/20 量) を加え、120°C で湿式分解を行い、この操作を分解が終わるまで繰り返した。分解終了点は分解反応時に褐色の気体発生がなくなる時点とした。湿式分解液が乾固した後、4M 塩酸 10 mL を加え乾固直前

まで加熱濃縮した。0.5M 塩酸 10 mL を加え、加熱しながらに試料を完全に溶かし込み、ピペットで脂分を取らないようにして水溶性画分のみを抽出し、さらに固形物を除くために 0.45 nm メンブレンフィルター (Advantech 社) で吸引ろ過を行った。

#### ・ステンレス板電着法

ステンレス板 (Φ24.5 mm, 薄さ 1.0 mm) (東京光電社) 上にポロニウムを析出させるために、テフロン製容器底にステンレス板 (陰極) を固定した。前述のろ過液にアスコルビン酸を 1 g 加え、テフロン製容器に加え、そこに白金電極 (陽極) を浸し、パラフィルムで軽く蓋をして (密閉しない) 電解分析装置 ANA-2 (東京光電社) を用いて 0.1A で 2 時間通電した (以下、電着と表記)。電極間距離は 5 mm とした。電着後はテフロン製容器からステンレス板を取り出し、純水とアセトンでリンス後、自然乾燥させて測定試料とした。

#### ・α線測定

ポロニウム板を測定試料とし、450 mm<sup>2</sup> シリコン半導体検出器 PIPS (ミリオンテクノロジー・キャンベラ社) によって 86,400 秒間測定し、α線スペクトロメトリーを行った。データ解析には Genie 2000 spectroscopy system software (ミリオンテクノロジー・キャンベラ社) を使用した。α線スペクトロメトリーのエネルギー校正は Eckert & Ziegler 社から購入したガドリニウム 148 (3.18 MeV)、アメリカシウム 241 (5.49 MeV)、キュリウム 244 (5.79 MeV) の 3 点の円盤標準線源を用いて行った。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ける、バックグラウンド計測は 160,000 秒間測定して 0 または 1 カウントであった。この場合の検出限界値 (LOD) は、ISO 11929-7 (IAEA/AQ/12) に基づき、0.009~0.04

Bq/kg 未満となる（平成 30 年度報告書参照）。

ポロニウム 210 放射能濃度  $A_{Po}$  及びその測定不確かさ  $u(A_{Po})$  を以下の式を用いて算出した。

$A_{Po}$  : ポロニウム 210 放射能 (Bq/kg)、 $u(A_{Po})$  : ポロニウム 210 放射能の不確かさ、 $n_{Po}$  および  $\Delta n_{Po}$  : ポロニウム 210 の正味計数率 (cps) および計数誤差、 $D$  : 添加したポロニウム 209 の放射能 (Bq)、 $u(D)$  : 添加したポロニウム 209 の放射能の不確かさ、 $n_{add}$  および  $\Delta n_{add}$  : ポロニウム 209 の正味計数率 (cps) および計数誤差、 $W$  : 試料重量 (g) とする。放射能濃度はすべて生試料の湿重量 kg 単位あたりの値で示した。

$$A_{Po} = n_{Po} \cdot \frac{D}{n_{add}} \cdot \frac{1000}{W}$$

$$u(A_{Po}) = A_{Po} \left\{ \left( \frac{\Delta n_{Po}}{n_{Po}} \right)^2 + \left( \frac{\Delta n_{add}}{n_{add}} \right)^2 + \left( \frac{u(D)}{D} \right)^2 \right\}^{1/2}$$

放射能濃度は流通品を購入日の値に減衰補正した。試料購入から測定終了までの期間が 10 日以内になるように分析を行った。

### 3. 文献調査

文献検索エンジン PubMed、Google Scholar を用いて、食品または環境中のポロニウム 210 に関する直近 10 年間分の学術論文を探索した。国内の農・水産物等に含まれるポロニウム 210 放射能に関するデータを収集するために、原子力規制庁“環境放射線データベース”を利用した。

## C. 結果と考察

### 1. 流通食品中のポロニウム 210 放射能分析

食品中では、ポロニウム 210 は特に魚介類で多いことが認められているが、その放射能濃度は 0.01~100 Bq/kg と開きがある (Ota et al, 2009)。環境放射能データベース中の放射能濃度データも魚介類で高い一方で野菜や果実などの農産物では低いことが認められる (表 2)。本研究では、

流通食品の中でも魚介類に注目し、その実態を調査した結果を表 1 に示した。過去の分析データも参考のために示した。魚介類は 0.24~1048.3 Bq/kg ととても広範囲の値を示した。一方で、陸生のブタは 0.15 Bq/kg、海藻類は 0.28~0.73 Bq/kg と魚介類より低濃度域であった。サンマ、マアジ、ニシン、マイワシに関しては、筋肉と内臓を切り分けて分析を行ったところ、筋肉部位 (0.60~44.54 Bq/kg) に対して内臓部位 (14.2~1048.3 Bq/kg) は 10 倍以上の高い放射能濃度が認められた。全体が食用に相当するカキ、シラス、アサリ、ホタテ等では 4.5~41.4 Bq/kg の濃度で検出された。これらは環境放射能データベースの農産物の値 (表 2) と比べると高い値である。以上より、国内で流通している魚介類の中でも特に内臓を含む食品において、ポロニウム 210 量が多いことが認められた。今年度サンプリングを行ったシラス、マアジ、マイワシの筋肉部位の放射能濃度は、過去に測定していたものと比べて数倍の差がみられた。同じ魚種でも産地やサンプリング時期が違えば含有量が大きく異なることが示唆された。日立・鹿島沖産マイワシに限っては、内臓中の放射能が kg 単位あたり 1,000 Bq という極めて高い濃度であった。日本食では、刺し身や寿司、焼き魚など筋肉部を主とする料理の他に、イワシのように丸干し、煮干し等の内臓を含む形態で食すこともあるため、ポロニウム 210 摂取量調査時は何をサンプリングするかによって結果が大きく変動すると考えられる。週に一度、高濃度のポロニウム 210 を含むイワシを丸ごと一匹摂取した場合を例に、被ばく線量について推定する。イワシ内臓中のポロニウム 210 濃度を 1,000 Bq/kg とし、一匹の内臓の重さを 10g とすると、10 Bq/週 (7 日) の摂取量となり、年間 365 日とした場合、521 Bq/年と推定される。ICRP が発表

している成人の経口摂取時の実効線量係数 0.0012 mSv/Bq を用いて、実効線量は約 0.63 mSv/年となる。この値は日本の近年の摂取量調査の 0.73 mSv/年に匹敵する (Ota et al, 2009)。魚介類以外では、環境放射能データベース内に農産物で唯一茶の試料で高い値 (35 Bq/kg) が登録されている (表 2)。依然として測定試料数が少ないため、今後食材の種類に加え、地域、季節にも着目したサンプリングを行い、ポロニウム 210 の存在傾向を調べるのが重要と考えられる。

## 2. 文献調査

近年のポロニウム 210 に関する科学論文の調査を行った。海外のチームが発表した食品および環境試料中のポロニウム 210 放射能に関する科学論文で、直近 10 年分を調査したところ、60 報に達した。その概要を発表年順に表 3 に示した。日本においても、過去に報告はあるが (平成 29 年度報告書参照)、諸外国からはポーランド、イタリア、スペイン、フランス、スロベニア、トルコ、ポルトガル等のヨーロッパに加え、ベトナム、インド、クウェート、中国、韓国といったアジア国からもいくらか報告がなされている。試料では、海産物 (35 報) が最も多く、特に二枚貝については頻繁に報告されている。日本ではアサリなどが主な食材であるが、ヨーロッパではムール貝は食用に頻繁に用いられており、内部被ばくが懸念されていることが報告数が多い主な要因と考えられる。その他に陸生動植物 (18 報)、プランクトン等の水生微生物 (6 報)、河川、海洋等の環境水 (11 報) などの報告がみられた。

海産物の調査では、ほとんどの報告で 1 Bq/kg を超過しているが、その濃度範囲は広く、高い値では数千 Bq/kg まで見られる。食品として摂取する可能性のある生物で放射能濃度が 100

Bq/kg を越えた試料は、主に二枚貝、エスカルゴ、エビ、アンチョビ、アワビ、マサバ、マアジ、イワシ等であった。多くの報告で算出されたポロニウム 210 推定摂取量は年間実効線量で 1 mSv を下回っており、大きな問題はないとしているが、場合によっては 1 mSv に匹敵または超過する可能性があるという警笛を鳴らす報告もある (Jia et al, 2020, Duong et al, 2020, Guy et al, 2020, Uddin et al, 2019, Aoun et al, 2015)。韓国の Kim らはアワビ、ロブスター、魚類について部位別に放射能を測定し、他の組織と比べて内臓に多くポロニウム 210 が蓄積していることを報告している (Kim et al, 2017)。同様に Mársico らは捕食性の海洋魚である *Cynoscion microlepidotus* とキングクリップにおいて、Carvalho らはイワシ、マサバ、マアジ、メバチにおいて、筋肉に比して内臓に多くのポロニウム 210 が蓄積していることを報告している (Mársico et al, 2014, Carvalho et al, 2011)。その他に、海生哺乳動物であるイルカやアザラシ、ウミガラスでも筋肉に比して腎臓や肝臓に高い放射能が認められている (Hansen et al, 2020, Ciesielski et al, 2015)。これらのデータは本研究で行った分析結果と似た傾向を示している。今回調査した文献の中では、イワシの腸において 28,000 Bq/kg、深海の小エビの腸から 33,500 Bq/kg の放射能を含むとされ、一般の魚介類の筋肉部位の値と比べても極めて高い値であった (Carvalho et al, 2011)。Gjelsvik らによると、陸上動物でも内臓中放射能濃度は高く、オオカミでは腎臓中に最大 942 Bq/kg と報告された (Gjelsvik et al, 2014)。陸生植物では、キノコ、苔類、木の葉 (オーク、コショウボク) で比較的高い放射能 (100 Bq/kg 超過) が見られた (Strumińska-Parulska et al, 2020, Mrdakovic et al, 2020, Uğur et al, 2017, Borylo et al, 2017)。

河川、湖、海水中のポロニウム 210 に関する

複数の報告では、0.3~16,600 mBq/L と広範囲の濃度を示すが、高い値を示すのは帯水層の地下水等の一部試料で、海水では約 1 mBq/L であったことから季節や地域差は小さいようである。地下水や井戸水等でみられる高濃度のポロニウム 210 は地殻に長期間存在するウラン系列の核種から影響が大きいと考えられる。それ以前の報告においても、海水中ポロニウム 210 濃度は 0.3~3.08 mBq/L の範囲に留まっている (Fowler 2011)。

主に地殻に存在するウラン 238 は崩壊系列を成し、トリウム 230、ラジウム 226 等を経由した後、ラドン 222 (気体) となり一部は大気中に放出され、やがてその娘核種である鉛 210 とポロニウム 210 は地表および海水に降下し、海面では浮遊微生物であるプランクトン等に移行すると考えられている (図 1)。また、土壌に残留しているウラン系列の核種からの壊変生成物としても生じる。その他に、ウラン精錬、化学肥料や石油産業等施設も発生源として挙げられる (Aoun et al, 2015、Fonollosa et al, 2015、Jha et al, 2013、Skippend et al, 2013、Strok et al, 2011、Ugur et al, 2011)。

同じウラン系列に属する核種にも関わらず、ポロニウム 210 と鉛 210 の比率は試料の種類によって異なっている。魚介類ではほとんどの場合でポロニウム 210/鉛 210 比が 1 を越えており、貝類や一部魚類では 100 以上を示すものも存在した (Guy et al, 2020、Uğur et al, 2011、Carvalho et al, 2011)。一方で、キノコ類や海水では低く、海水では 1 以下になることもしばしば見られた (Szymańska et al, 2019、Sankaran et al, 2018、Strumińska-Parulska et al, 2017、Meli et al, 2013、Carvalho et al, 2011)。上記 2 核種は海水には溶けにくく、粒子として海水から除かれやすいが、それらの化学形と海洋と淡水の特性によ

って、分解、錯体生成、吸着、脱着、共沈などにおいて異なる性質を示す (Stricht and Kirchmann, 2001)。ポロニウム 210 は鉛 210 と比べて有機物に高い親和性を示すことが知られており、生物の細胞質のタンパク質に結合し、食物連鎖を通じて各海洋生物の臓器に濃縮される (Carvalho et al, 2011、Fowler 2011)。その結果、海洋生物では鉛 210 よりポロニウム 210 の放射能が高くなると考えられている。天然に存在するポロニウム 210 に加えて、その親核種鉛 210 を評価することは実効線量の正確な評価を行うために有用である。しかし、同じ試料から鉛 210 を分析する場合は、ポロニウム 210 と鉛 210 を化学分離し、数日後に鉛 210 から生成したポロニウム 210 の放射能を測定するなどの作業が必要であるため、大いに時間がかかる。また、ポロニウム 210 の成人の実効線量係数 (経口摂取) ( $1.2 \times 10^3$  mSv/Bq) は、鉛 210 ( $6.9 \times 10^4$  mSv/Bq) より約 2 倍大きい。よって、魚介類からの線量評価を行う場合、ポロニウム 210 を優先して分析することは時間効率と線量寄与率を考慮すると実用的と考えられる。その他に、二枚貝のポロニウム 210 の傾向はポリ塩化ビフェニル (Hurtado-Bermúdez et al, 2019) と似ていることや、水生植物において、銅 (Jha et al, 2013) 濃度と関連があるとも報告されている。

季節に関しては、降雨量の違いやモンスーンの時期、プランクトン発生時期でポロニウム 210 濃度差が見られた (Khan et al, 2014、Rožmarić et al, 2013、Sunith et al, 2013)。貝類は春の植物性プランクトンの増加に伴う放射能濃度増加がみられた。また、モンスーンの季節では、貝の放射能濃度は低い傾向であった。軟体動物は pH、温度、食環境の変化に敏感であるため、活性が落ちるものと考察されている。インド産の貝の大きさ別での放射能は、小さい個体ほど放射能

濃度が高い傾向であった (Khan et al, 2014, Sunith et al, 2013)。この理由に若い個体の方が、代謝が活発であると考察されている。一方で、スロベニアのトリエステ湾産の貝では大きい個体の方が高い放射能を示すとする報告もあり (Kristan et al, 2015)、貝の種類、地域差も関係している可能性がある。ブラジルで分析された捕食性の海洋魚である *Cynoscion microlepidotus* とキングクリップの比較では、キングクリップの方が放射能が小さいことが報告された (Mársico et al, 2014)。これには、*Cynoscion microlepidotus* が表層から水深 30 m の生息域なのに対し、キングクリップが深海の 200 m で生息していることから餌となる生物相が異なることが理由の一つに挙げられている。

海洋生物相のポロニウム 210 濃度は、生物種、地理的要因、個体重量と大きさ、食形態 (肉食性、草食性、雑食性)、代謝活性、水温など様々な環境要因に依存すると考えられ、一様に解釈することは困難であるが、捕食生物の臓器に高濃度で濃縮されることは本研究での分析結果と一致していた。魚介類の摂取量の多い日本食文化だが、主な摂取部位は筋肉部位でそこに含まれるポロニウム 210 は比較的少ないと考えられるが、貝類など全体を可食部とみなす食品の場合は試料重量あたりの放射能が高いので過剰摂取による被ばくには注意が必要である。

近年、Uddin らが魚やエビの調理の影響について調べ、グリル、ボイルや背わた除去等の処理を組み合わせることで最大 84% のポロニウム 210 の放射能の減少を確認している (Uddin et al, 2019)。また、Strumińska-Parulska らも、キノコを油で炒めることで放射能が低下することを示している (Strumińska-Parulska et al, 2020)。ポロニウムは揮発性が高いため、分析において高温による前処理は避けられるが、被ばく線量低

減化のためには、加熱処理は有効であることが示唆された。また、貝をプロテアーゼ処理することで、ポロニウム 210 が溶液中に抽出され、食用の貝中の放射能が低下するという報告もみられた (Kristan et al, 2015)。今後、被ばくの低減化という観点では、上記に挙げられた方法も有効かもしれないが、食品への適用性についてはより詳細な検証が必要である。

## D. 結論

今年度は、本研究で開発したポロニウム 210 分析法を用いた魚介類の放射能分析を行った。イワシ、マアジ、アサリ、カキ、シラスでは比較的高い放射能 (>10 Bq/kg) が認められた。特にイワシの内臓の分析値は極めて高く、1,000 Bq/kg を超過した。本研究で得られた分析結果と近年の諸外国の分析結果とを比較したところ、魚介類の内臓にポロニウム 210 が蓄積していることが認められた。国内の一般的な食生活であれば、実効線量 1 mSv/年を超過する可能性は低いですが、内臓等の偏食等による過度な内部被ばくには注意が必要である。

## E. 参考文献または資料

以下にアルファベット順で示した。

- ・原子力規制庁. “環境放射線データベース”. <https://search.kankyo-hoshano.go.jp/servlet/search.top>,
- ・アイソトープ手帳 11 版 日本アイソトープ協会
- ・平成 29 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」
- ・平成 30 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」

• Ababneh ZQ, Ababneh AM, Almasoud FI, et al. Assessment of the committed effective dose due to the  $^{210}\text{Po}$  intake from fish consumption for the Arabian Gulf population. *Chemosphere*. 2018;210:511–515.

• Ahmed MF, Alam L, Mohamed CAR, Mokhtar MB, Ta GC. Health Risk of Polonium 210 Ingestion via Drinking Water: An Experience of Malaysia. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(10):2056.

• Aközcan S. Levels of  $^{210}\text{Po}$  in some commercial fish species consumed in the Aegean Sea coast of Turkey and the related dose assessment to the coastal population. *J Environ Radioact*. 2013;118:93–95.

• Aoun M, El Samad O, Bou Khozam R, Lobinski R. Assessment of committed effective dose due to the ingestion of  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  in consumed Lebanese fish affected by a phosphate fertilizer plant. *J Environ Radioact*. 2015;140:25–29.

• A Procedure for the Determination of Po-210 in Water Samples by Alpha Spectrometry. *IAEA Analytical Quality in Nuclear Applications Series No. 12* (2006).

• Arunachalam KD, Baskaran KV, Rao DD, et al. Ingestion of polonium  $^{210}\text{Po}$  via dietary sources in high background radiation areas of south India. *Int J Radiat Biol*. 2014;90(10):867–875.

• Baumann Z, Casacuberta N, Baumann H, Masque P, Fisher NS. Natural and Fukushima-derived radioactivity in macroalgae and mussels along the Japanese shoreline. *Biogeosciences*. 2013;10:3809–3815.

• Belivermiş M, Kılıç Ö, Efe E, Sezer N, Gönülal O, Arslan Kaya TN. Mercury and Po-210 in mollusc

species in the island of Gökçeada in the north-eastern Aegean Sea: Bioaccumulation and risk assessment for human consumers. *Chemosphere*. 2019;235:876–884.

• Boryło A, Romańczyk G, Kaczor M, Skwarzec B.  $^{210}\text{Po}$  in popular medicinal herbs from Poland. *Isotopes Environ Health Stud*. 2019;55(3):308–316.

• Boryło A, Romańczyk G, Skwarzec B. Lichens and mosses as polonium and uranium biomonitors on Sobieszewo Island. *J Radioanal Nucl Chem*. 2017;311(1):859–869.

• Carvalho FP, Oliveira JM, Alberto G. Factors affecting  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  activity concentrations in mussels and implications for environmental bio-monitoring programmes. *J Environ Radioact*. 2011;102(2):128–137.

• Carvalho FP. Polonium ( $^{210}\text{Po}$ ) and lead ( $^{210}\text{Pb}$ ) in marine organisms and their transfer in marine food chains. *J Environ Radioact*. 2011;102(5):462–472.

• Charmasson S, Le Faouder A, Luyen J, Cosson RP, Sarradin PM.  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  in the tissues of the deep-sea hydrothermal vent mussel *Bathymodiolus azoricus* from the Menez Gwen field (Mid-Atlantic Ridge). *Sci Total Environ*. 2011;409(4):771–777.

• Chen J, Cooke MW, Mercier JF, Trudel M, Kellogg J, Cullen JT.  $^{210}\text{Po}$  in Pacific Salmon from the West Coast of Canada and its Contribution to Dose by Ingestion. *Health Phys*. 2019;117(3):248–253.

• Chen J, Rennie MD, Sadi B, Zhang W, St-Amant N. A study on the levels of radioactivity in fish samples from the experimental lakes area in Ontario, Canada. *J Environ Radioact*. 2016;153:222–230.

• Ciesielski T, Góral M, Szefer P, Jenssen BM, Bojanowski R.  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  and  $^{210}\text{Po}$  in marine mammals from the southern Baltic Sea. *Mar Pollut Bull*. 2015;101(1):422–428.

• Desideri D, Battisti P, Giardina I, et al. Assessment



- of radioactivity in Italian baby food. *Food Chem.* 2019;279:408–415.
- Desideri D, Meli MA, Roselli C. Natural radionuclides in seafood from the central Adriatic Sea (Italy). *Health Phys.* 2011;100(2):160–166.
  - Duong Van H. Assessment of the annual committed effective dose due to the  $^{210}\text{Po}$  ingestion from selected sea-food species in Vietnam. *Chemosphere.* 2020;252:126519.
  - Fonollosa E, Peñalver A, Aguilar C, Borrull F. Polonium-210 levels in different environmental samples. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2015;22(24):20032–20040.
  - Fowler SW.  $^{210}\text{Po}$  in the marine environment with emphasis on its behaviour within the biosphere. *J Environ Radioact.* 2011;102(5):448–461.
  - Gjelsvik R, Holm E, Kålås JA, Persson B, Asbrink J. Polonium-210 and Caesium-137 in lynx (*Lynx lynx*), wolverine (*Gulo gulo*) and wolves (*Canis lupus*). *J Environ Radioact.* 2014;138:402–409.
  - Guy S, Gaw S, Pearson AJ, Golovko O, Lechermann M. Spatial variability in Polonium-210 and Lead-210 activity concentration in New Zealand shellfish and dose assessment. *J Environ Radioact.* 2020;211:106043.
  - Hansen V, Mosbech A, Søgaaard-Hansen J, et al.  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  activity concentrations in Greenlandic seabirds and dose assessment. *Sci Total Environ.* 2020;712:136548.
  - Hurtado-Bermúdez S, Jurado-González JA, Santos JL, et al. Baseline activity concentration of  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  and dose assessment in bivalve molluscs at the Andalusian coast. *Mar Pollut Bull.* 2018;133:711–716.
  - Hurtado-Bermúdez S, Valencia JM, Rivera-Silva J, et al. Levels of radionuclide concentrations in benthic invertebrate species from the Balearic Islands, Western Mediterranean, during 2012-2018. *Mar Pollut Bull.* 2019;149:110519.
  - ICRP, 1995. Age-dependent Doses to the Members of the Public from Intake of Radionuclides - Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Coefficients. *ICRP Publication 72*. Ann. ICRP 26 (1).
  - ISO 11929-7 (2005) Determination of the detection limit and decision threshold for ionizing radiation measurements-Part 7: Fundamentals and general applications.
  - Jha VN, Tripathi RM, Sethy NK, Sahoo SK, Puranik VD. Uptake of  $^{210}\text{Po}$  by aquatic plants of a fresh water ecosystem around the uranium mill tailings management facility of Jaduguda, India. *Int J Radiat Biol.* 2013;89(10):770–781.
  - Jia G, Torri G, Magro L. The fate of the main naturally occurring radionuclides in mussels (*Mytilus edulis*) and their radiological impact on human beings. *Environ Monit Assess.* 2020;192(4):217.
  - Khan MF, Godwin Wesley S. Assessment of health safety from ingestion of natural radionuclides in seafoods from a tropical coast, India. *Mar Pollut Bull.* 2011;62(2):399–404.
  - Khan MF, Wesley SG. Baseline concentration of Polonium-210 ( $^{210}\text{Po}$ ) in tuna fish. *Mar Pollut Bull.* 2016;107(1):379–382.
  - Khan MF, Wesley SG, Rajan MP. Polonium-210 in marine mussels (bivalve molluscs) inhabiting the southern coast of India. *J Environ Radioact.* 2014;138:410–416.
  - Kılıç Ö, Belivermiş M, Cotuk Y, Topçuoğlu S. Radioactivity concentrations in mussel (*Mytilus galloprovincialis*) of Turkish Sea coast and contribution of  $^{210}\text{Po}$  to the radiation dose. *Mar Pollut Bull.* 2014;80(1-2):325 - 329.
  - Kim SH, Hong GH, Lee HM, Cho BE.  $^{210}\text{Po}$  in the

- marine biota of Korean coastal waters and the effective dose from seafood consumption. *J Environ Radioact.* 2017;174:30–37.
- Kristan U, Planinšek P, Benedik L, Falnoga I, Stibilj V. Polonium-210 and selenium in tissues and tissue extracts of the mussel *Mytilus galloprovincialis* (Gulf of Trieste). *Chemosphere.* 2015;119:231–241.
  - Mársico ET, Ferreira MS, São Clemente SC, et al. Distribution of Po-210 in two species of predatory marine fish from the Brazilian coast. *J Environ Radioact.* 2014;128:91–96.
  - Meli MA, Desideri D, Roselli C, Feduzi L. Assessment of <sup>210</sup>Po in Italian diet. *Food Chem.* 2014;155:87–90.
  - Meli MA, Desideri D, Penna A, Ricci F, Penna N, Roselli C. <sup>210</sup>Po and <sup>210</sup>Pb Concentration in Environmental Samples of the Adriatic Sea. *Int. J. Environ. Res.* 2013;7:51-60.
  - Milena-Pérez A, Piñero-García F, Expósito-Suárez VM, Mantero J, Benavente J, Ferro-García MA. DETERMINATION AND DOSE CONTRIBUTION OF URANIUM ISOTOPES AND <sup>210</sup>Po ACTIVITY CONCENTRATIONS OF NATURAL SPRING WATERS IN THE PROVINCE OF GRANADA, SPAIN. *Radiat Prot Dosimetry.* 2018;181(4):350–359.
  - Mrdakovic Popic J, Oughton DH, Salbu B, Skipperud L. Transfer of naturally occurring radionuclides from soil to wild forest flora in an area with enhanced legacy and natural radioactivity in Norway. *Environ Sci Process Impacts.* 2020;22(2):350–363.
  - 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.* 2009; 44:80-88.
  - Planinšek P, Benedik L, Smodiš B. Comparison of various dissolution techniques for determination of Po-210 in biological samples. *Appl Radiat Isot.* 2013;81:53 - 56.
  - Prabhath RK, Sreejith SR, Nair MG, Rao DD, Pradeepkumar KS. Determination of <sup>210</sup>Po concentration in commercially available infant formulae and assessment of daily ingestion dose. *J Radiat Res.* 2015;8:470-476.
  - Sankaran Pillai G, Satheeshkumar G, Shahul Hameed P. DISTRIBUTION AND BIOACCUMULATION OF <sup>210</sup>Po AND <sup>210</sup>Pb IN ABIOTIC AND BIOTIC COMPONENTS OF THE BAY OF BENGAL. *Radiat Prot Dosimetry.* 2018;182(2):273–284.
  - Stricht, E.V.D., Kirchmann, R. *Radioecology, radioactivity & ecosystems.* Fortemps, Liege, 2001; pp. 219–303.
  - Strok M, Smodiš B. Levels of <sup>210</sup>Po and <sup>210</sup>Pb in fish and molluscs in Slovenia and the related dose assessment to the population. *Chemosphere.* 2011;82(7):970–976.
  - Strok M, Smodiš B. Natural radionuclides in milk from the vicinity of a former uranium mine. *Nucl Eng Des.* 2011;241(4):1277-1281.
  - Sunith Shine SR, Feroz Khan M, Godwin Wesley S. Occurrence of <sup>210</sup>Po in periwinkle (*Littorina undulata*, Gray, 1839) collected from Kudankulam (Gulf of Mannar (GOM), Southeast coast of India). *Mar Pollut Bull.* 2013;75(1-2):276–282.
  - Rožmarić M, Rogić M, Benedik L, Štok M, Barišić D. Seasonal and spatial variations of <sup>210</sup>Po and <sup>210</sup>Pb activity concentrations in *Mytilus galloprovincialis* from Croatian coast of the Adriatic Sea. *Chemosphere.* 2013;93(9):2063–2068.
  - Rožmarić M, Rogić M, Benedik L, Štok M, Barišić

- D, Gojmerac Ivšić A.  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  activity concentrations in *Mytilus galloprovincialis* from Croatian Adriatic coast with the related dose assessment to the coastal population. *Chemosphere*.2012;87(11):1295 - 1300.
- Seiler R.  $^{210}\text{Po}$  in drinking water, its potential health effects, and inadequacy of the gross alpha activity MCL. *Sci Total Environ*. 2016;568:1010–1017.
  - Skipperud L, Jørgensen AG, Heier LS, Salbu B, Rosseland BO. Po-210 and Pb-210 in water and fish from Taboshar uranium mining Pit Lake, Tajikistan. *J Environ Radioact*. 2013;123:82–89.
  - Stewart GM, Fowler SW, Fisher NS. The bioaccumulation of U- and Th series radionuclides in marine organisms. In: Baxter, M. (Ed.), *Radioactivity in the Environment*,2008; vol. 13. Elsevier, pp. 269–305.
  - Strumińska-Parulska DI. Determination of  $^{210}\text{Po}$  in calcium supplements and the possible related dose assessment to the consumers. *J Environ Radioact*. 2015;150:121–125.
  - Strumińska-Parulska D, Falandysz J, Wang Y. Radiotoxic  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  in uncooked and cooked Boletaceae mushrooms from Yunnan (China) including intake rates and effective exposure doses. *J Environ Radioact*. 2020;217:106236
  - Strumińska-Parulska D, Olszewski G. Is ecological food also radioecological? -  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  studies. *Chemosphere*. 2018;191:190–195.
  - Strumińska-Parulska DI, Olszewski G, Falandysz J.  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  bioaccumulation and possible related dose assessment in parasol mushroom (*Macrolepiota procera*). *Environ Sci Pollut Res Int*. 2017;24(34):26858–26864.
  - Szymańska K, Falandysz J, Skwarzec B, Strumińska-Parulska D.  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  in forest mushrooms of genus *Leccinum* and topsoil from northern Poland and its contribution to the radiation dose. *Chemosphere*. 2018;213:133–140.
  - Szymańska K, Strumińska-Parulska D, Falandysz J. Isotopes of  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  in Hazel bolete (*Leccinellum pseudoscabrum*) - bioconcentration, distribution and related dose assessment. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2019;26(18):18904–18912.
  - Uddin S, Al-Ghadban AN, Behbehani M, Aba A, Al Mutairi A, Karam Q. Baseline concentration of  $^{210}\text{Po}$  in Kuwait's commercial fish species. *Mar Pollut Bull*. 2012;64(11):2599–2602.
  - Uddin S, Behbehani M. Bioaccumulation of  $^{210}\text{Po}$  in common gastropod and bivalve species from the northern Gulf. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2014;104:132–135.
  - Uddin S, Behbehani M, Al-Ghadban AN, et al.  $^{210}\text{Po}$  concentration in selected diatoms and dinoflagellates in the northern Arabian Gulf. *Mar Pollut Bull*. 2018;129(1):343–346.
  - Uddin S, Behbehani M, Al-Ghadban A, et al.  $^{210}\text{Po}$  concentration in selected calanoid copepods in the northern Arabian Gulf. *Mar Pollut Bull*. 2018;133:861–864.
  - Uddin S, Behbehani M, Fowler SW, Al-Ghadban A, Dupont S. Assessment of loss of  $^{210}\text{Po}$  from fish and shrimp by cooking and its effect on dose estimates to humans ingesting seafood. *J Environ Radioact*. 2019;205-206:1–6.
  - Uğur Görgün A, Aslan E, Kül M, et al. Association between radionuclides ( $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$ ) and antioxidant enzymes in oak (*Quercus coccifera*) and mastic tree (*Pistacia lentiscus*). *J Environ Radioact*. 2017;174:71–77.
  - Uğur A, Ozden B, Filizok I. Spatial and temporal variability of  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  in mussels (*Mytilus*

galloprovincialis) at the Turkish coast of the Aegean  
Sea. *Chemosphere*. 2011;83(8):1102 - 1107.

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

なし

### 2. 学会発表

曾我慶介, 近藤一成, 蜂須賀暁子「食品中の  
天然放射性核種ポロニウム 210 分析法の評価」  
フォーラム 2019 衛生薬学・環境トキシコロジー、  
京都、2019 年 8 月 31 日

### 3. その他

なし

## G. 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

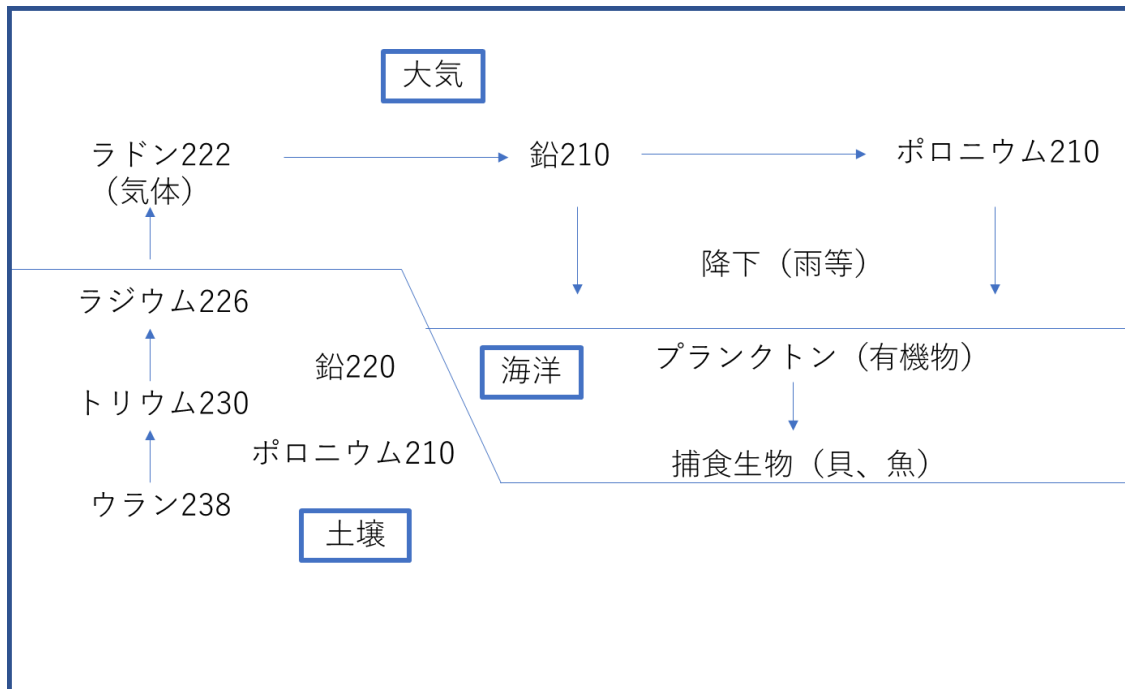


図1 環境中における代表的なウラン系列核種の動向 (概略図)

表1 流通食品中のポロニウム210放射能分析結果\*

食品名	サンプリング日	商品名	産地情報	前処理備考	試料供与量 (g)	放射能濃度 (Bq/kg)	不確かさ (Bq/kg)
さんま	2020/2/2	さんま解凍	北海道青森県 太平洋産	一匹から筋肉と内臓を分離	筋肉5.9	1.00	0.12
					内臓11.4	14.20	0.75
まあじ	2020/2/2	まあじ(中)	長崎県産	一匹から筋肉と内臓を分離	筋肉10.7	14.86	0.80
					内臓8.5	<b>166.53</b>	8.30
にしん	2020/2/2	生にしん	北海道沖 日本海産	一匹から筋肉と内臓を分離	筋肉11.0	0.60	0.07
					内臓14.5	77.40	3.84
まいわし	2020/2/9	まいわし	日立・鹿島沖産	一匹から筋肉と内臓を分離	筋肉13.0	44.54	2.26
					内臓12.3	<b>1048.30</b>	49.32
かき (牡蠣)	2020/2/16	加熱調理用かき	広島県産	一匹全体	15.0	17.16	0.85
しらす	2020/2/16	しらす干し	徳島県産	複数匹	11.2	9.90	0.56
あさり	2020/2/16	あさり (少量)	熊本県産	貝殻を除く (6匹)	10.4	41.36	2.08
ししゃも	2020/2/16	子持ちからふとししゃも	カナダ産	一匹全体	18.7	1.50	0.10
まあじ	2016/2/12	真あじ	長崎県産	一匹の筋肉の一部	34.1	4.85	0.26
まいわし	2016/2/12	真いわし	静岡県産	筋肉の一部(二匹分)	32.1	15.96	0.82
えび	2016/2/12	有頭ポイルエビ	タイ産	頭部と外殻を除く部位 (複数匹)	31.1	0.24	0.03
ほたて	2016/2/12	ポイルほたて貝 (加熱用)	北海道産	一匹全体	29.7	4.58	0.25
まだら	2016/4/18	真たら皮なし	宮城県産	一匹の筋肉の一部	22.9	0.40	0.13
しらす	2016/4/18	舞阪産しらす	静岡県産	複数匹	15.9	24.76	1.28
ひじき	2017/1/13	もどしひじき	大分県産		23.1	0.73	0.04
わかめ	2017/1/13	鳴門わかめ	徳島県産	試料中に大量の塩が見られた ため、銀板自然析出法により 調製	28.0	0.28	0.03
ぶた(豚)	2017/1/13	豚肉レバースライス	国産		33.0	0.15	0.02

\*一部過去の分析データを掲載

表2 環境放射能データベース中に登録されている国内の試料別のポロニウム 210 放射能濃度 (Bq/kg) データ\*

試料	年度	最小値	平均値	最大値	全試料数	検出数
貝類	1998	5.8	18	30	2	2
魚類	1997	6			1	1
	1998	0.26	8.6	42	8	8
甲殻類	1997	1.8			1	1
藻類	1998	1			1	1
頭足類	1996	2.3			1	1
	1997	0.36			1	1
いも類	1997	0.023			1	1
	1998	0.0066			2	1
その他の野菜類	1998	0.019	0.2	0.55	3	3
果菜類	1996	0.0048			1	1
	1997	0.0045	0.016	0.041	6	4
	1998	0.0038	0.0074	0.011	2	2
	2003	0.22			2	1
	2004	0.037			1	1
果実類	1996	0.012	0.019	0.025	2	2
	1997	0.0092			1	1
	1998	0.0083			1	1
	2003	0.017	0.042	0.066	7	2
穀類	1996				1	0
根菜類	1996	0.0039			1	1
	1997	0.0073	0.0074	0.0074	2	2
	2003	0.032	0.066	0.1	3	2
茶	2003	35			1	1
葉菜類	1997	0.0099	0.03	0.052	6	5

\*調査対象：放射能測定調査（放射能水準調査）、放射能調査（農林水産省）、放射能調査（気象庁）、放射能調査（防衛省）、食品試料の放射能水準調査、ラドン濃度測定調査

調査年度：1957～2019

調査地域：全国

調査試料：農林水産物

表3 文献調査リスト

試料採取場所	測定対象 (年)	核種放射能濃度	預託実効線量／その他情報	参照
中国雲南省玉溪市8地点	キノコ類 (2017) 油炒め約 10 分間	ポロニウム 210 生試料 42.0~308 Bq/湿重量 kg 調理(油炒め)試料 22.1~142 Bq/kg 鉛 210 生試料 3.6~51.8 Bq/湿重量 kg 調理試料 3.0~9.6 Bq/kg	ポロニウム 210 75~722 μSv/年 鉛 210 8.3~24 μSv/年 油で炒める事で被ばくの低減化が可能となることが示唆された。	Strumińska-Parulska et al, (2020). J Environ Radioact, 217:106236.
イタリア地中海	二枚貝 ムラサキガイ (2015-2016)	ポロニウム 210 16.8~102 Bq/湿重量 kg 鉛 210 0.602~3.21 Bq/湿重量 kg カリウム 40 16.7~66.8 Bq/湿重量 kg ウラン 238 0.106~0.413 Bq/湿重量 kg ウラン 234 0.120~0.460 Bq/湿重量 kg ウラン 235 0.0042~0.0163 Bq/湿重量 kg トリウム 232 0.034~0.257 Bq/湿重量 kg トリウム 230 0.0339~0.237 Bq/湿重量 kg トリウム 228 0.0477~0.266 Bq/湿重量 kg ラジウム 226 0.0384~0.135 Bq/湿重量 kg ラジウム 224 0.0486~0.244 Bq/湿重量 kg ラジウム 228 0.0328~0.196 Bq/湿重量 kg ラジウム 223 0.0041~0.0165 Bq/湿重量 kg	131~765 μSv/年 寄与率 ポロニウム 210 352 ± 209 μSv/年 > 鉛 210 6.00 ± 3.25 μSv > カリウム 40 1.74 ± 0.54 μSv/年 > ラジウム > トリウム > ウラン  ポロニウム 210/鉛 210 比 9.85~131	Jia et al, (2020). Environ Monit Assess, 192:217.
ベトナム	12 種類の海産物の可食部(筋肉) (2018-2019)	ポロニウム 210 肉食魚 0.82(マナガツオ)~18.9(マグロ) Bq/湿重量 kg 雑食魚 2.9(ウシエビ)~70.3(ハイガイ) Bq/湿重量 kg	18.5 ~1586 μSv/年 平均 394 μSv/年	Duong et al, (2020). Chemosphere, 252: 126519.
ノルウェー自然放射線が多い岩石地帯 3 地点	野生植物 (2008-2012)	ポロニウム 210 4~620 Bq/kg ラドン 226 3~67 Bq/kg ラドン 228 5~290 Bq/kg トリウム 232 不検出~92 Bq/kg ウラン 238 0.03~12 Bq/kg	ポロニウム 210 放射能 苔蘚 > 苔類 > タンポポ、シダ、牧草	Mrdakovic et al, (2020). Environ Sci Process Impacts, 22: 350-363.
ニュージーランド 14 地域	114 の貝類 (2018-2019)	ポロニウム 210 4.7~324 Bq/湿重量 kg 鉛 210 0.1~1.9 Bq/湿重量 kg	ポロニウム 210/鉛 210 比 13~412 試料間で季節、種類、貝の状態による大きな差は見られないが、地域差は見られる。 1日 10g 以上摂取する場合、預託実効線量は 1mSv 以上になる可能性がある。	Guy et al, (2020). J Environ Radioact, 211:106043.
グリーンランド	鳥 (2017-2018)	ポロニウム 210 ホンケワタガモ 筋肉 11.0~35.0 Bq/湿重量 kg、肝臓 23.0~52.2 Bq/湿重量 kg ウミガラス 筋肉 8.0~52.0 Bq/湿重量 kg、肝臓 23.2~243.1 Bq/湿重量 kg フルマカモメ 筋肉 0.4~3.0 Bq/湿重量 kg シロカモメ 筋肉 0.1~0.5 Bq/湿重量 kg 鉛 210 ホンケワタガモ 筋肉 0.08~3.0 Bq/湿重量 kg、肝臓 1.0~7.0 Bq/湿重量 kg ウミガラス 筋肉不検出~3.0 Bq/湿重量 kg、肝臓不検出~14.0 Bq/湿重量 kg フルマカモメ 筋肉 0.2~0.2 Bq/湿重量 kg シロカモメ 筋肉 0.01~0.4 Bq/湿重量 kg	成人 13 μSv/年 グリーンランド人 57 μSv/年 ポロニウム 210/鉛 210 比 筋肉 1~27、肝臓 8.1~10.3	Hansen et al, (2020). Sci Total Environ, 712: 136548.
スペイン東岸沖の西地中海バレアレス諸島 2 地点	二枚貝、ウニ (2012-2018)	ポロニウム 210 二枚貝 108~325 Bq/乾燥重量 kg ウニ 38~61.5 Bq/乾燥重量 kg 鉛 210 二枚貝 不検出~35 Bq/乾燥重量 kg ウニ 不検出~55 Bq/乾燥重量 kg カリウム 40 二枚貝 262~438 Bq/乾燥重量 kg ウニ 220~996 Bq/乾燥重量 kg トリウム 234 二枚貝 10~42 Bq/乾燥重量 kg ウニ 27~70 Bq/乾燥重量 kg ストロンチウム 90 すべての試料で不検出(1Bq/kg 未満)	二枚貝 102~640 μSv/年 ウニ 48~111 μSv/年 ポロニウム 210 放射能は PCBs の傾向と似ている ポロニウム 210/鉛 210 比 4~19 鉛の方が低い、ポロニウム 210 は主に細胞質と相互作用し、鉛 210 は細胞膜表面に主に結合することが理由の一つかもしれない。	Hurtado-Bermúdez et al, (2019). Mar Pollut Bull, 149: 110519.
トルコの島ギョクチェアダ	21 種類の軟体動物 (2018)	ポロニウム 210 11.7~1789 Bq/kg、平均 400 ± 448 Bq/kg 二枚貝 818 ± 434 (72 サンプル) Bq/kg 頭足綱の動物 126 ± 178 (20 サンプル) Bq/kg 腹足類の動物 117 ± 81 (71 サンプル) Bq/kg	二枚貝で高く、タコ、イカで低い傾向であった。 水銀は頭足綱の動物において特に高濃度で認められたが、ポロニウムとの関連は小さいと考えられる。	Belivermiş et al, (2019). Chemosphere, 235: 876-884.
カナダ	297 匹の太平洋サケの切り身 (2013-2016)	ポロニウム 210 不検出(<0.2 Bq/湿重量 kg)~4.7 Bq/湿重量 kg 平均 0.73 Bq/湿重量 kg	平均被ばく線量 0.88μSv/kg セシウム 137 よりポロニウム 210 の線量の方が 300 倍大きいと考えられる。	Chen et al, (2019). Health Phys, 117: 248-253.
ポーランド 5 地点	キノコ <i>L. pseudocabrum</i> (2000-2008)	ポロニウム 210 傘部分(0.74~8.59 Bq/乾燥重量 kg) 茎部分(0.81~8.23 Bq/乾燥重量 kg) 鉛 210 傘部分(0.61~6.33 Bq/乾燥重量 kg) 茎部分(0.83~4.59 Bq/乾燥重量 kg)	ポロニウム 210 0.89~10.3 μSv/kg 鉛 210 0.42~4.37 μSv/kg ポロニウム 210/鉛 210 比 0.59~2.62	Szymańska et al, (2019). Environ Sci Pollut Res Int, 26: 18904-18912.



クウェート 北部湾	16種の魚、エビの 可食部 (2017) 海産物の調理の影響 (グリル; 200°C 10 分、ボイル; 200°C 20分)	ポロニウム 210 魚生試料 0.74~47.42 Bq/湿重量 kg エビ 全体 253.12 Bq/湿重量 kg、除頭 220.86 Bq/湿重量 kg、除 背わた 58.52 Bq/湿重量 kg、脱殻 230.04 Bq/湿重量 kg、筋 肉 49.74 Bq/湿重量 kg、卵 123 Bq/湿重量 kg、消化管 471 Bq/湿重量 kg、肝臓 1853 Bq/湿重量 kg	776~5037 μSv/年 魚生試料 グリル 6~55%のロス、ボイル 0~ 45%のロス エビ グリル 18~25%のロス、ボイル 32 ~51%ロス エビは背わた除去によって約 75% 減少し、さらに調理することで計約 84%減少する。	Uddin et al, (2019). J Environ Radioact, 205- 206: 1-6.
ポーランド	48 個の薬用ハーブ (2018)	ポロニウム 210 0.29~28.2 Bq/kg	繊維をもつもの、常緑なもの、耐寒 性のあるものはポロニウム 210 放射 能が高い傾向が認められた。また、 地中より地表に出ている部位が高 い傾向であった。	Borylo et al, (2019). Isotopes Environ Health Stud, 55: 308- 316.
イタリア (生産国; イタリア ドイツ オランダ イタリア スイス EU)	ベビーフード 粉末牛乳 10 種類、 均質食品 12 種類、 穀物クリーム 3 種 類	ポロニウム 210 0.005~0.238 Bq/kg ウラン 238 0.0082~1.65 Bq/kg トリウム 232 0.0003~0.015 Bq/kg カリウム 40 <13.6~233.3 Bq/kg セシウム 137 とラジウム 226 は不検出	一歳児 ポロニウム 210 27.4~95.6 μSv/年 他核種合算 全体 280~800 μSv/年	Desideri et al, (2019). Food Chem, 279: 408-415.
ポーランド 4 地点	キノコ <i>L. pseudoscabrum</i> (2006-2010)	ポロニウム 210 0.59~3.2 Bq/乾燥重量 kg 鉛 210 0.45~3.1 Bq/乾燥重量 kg	ポロニウム 210 0.90~3.81 μSv/年 鉛 210 0.31~2.14 μSv/年	Szymańska et al, (2018). Chemosphere, 213: 133-140.
マレーシア ランガット川	川の水と浄水 (2015-2016)	ポロニウム 210 川の水 0.63 mBq/L ~ 14.98mBq/L 処理水 0.34 mBq/L ~6.80 mBq/L	飲水として最大で 0.0131 mSv/年 他の国より放射能濃度が高いが 、許容範囲内である。	Ahmed et al, (2018). Int J Environ Res Public Health, 15: 2056.
クウェート 北部湾	6 種類のカイアシ 類 (ミジンコ) (2017)	ポロニウム 210 カイアシ類 36.46~158.8 Bq/湿重量 kg 海水濃度 夏から秋 0.58~0.70 mBq/L 冬から春 0.30~0.38 mBq/L	カイアシ類は珪藻類および渦鞭毛 藻類より高い濃度である。	Uddin et al, (2018). Mar Pollut Bull, 133: 861-864.
クウェート 北部湾	植物性プランクトン (2017)	ポロニウム 210 珪藻類 6.99 ~11.4 Bq/ 湿重量 kg 渦鞭毛藻類 8.51~15.41 Bq/ 湿重量 kg		Uddin et al, (2018). Mar Pollut Bull, 129: 343-346.
スペインの アンダルシ アン沿岸地 域	4 種類の二枚貝 (2014-2015)	ポロニウム 210 40~515 Bq/乾燥重量 kg 鉛 210 不検出~73 Bq/乾燥重量 kg	39~477 μSv/年 貝の種類でも違いがみられた。	Hurtado- Bermúdez et al, (2018). Mar Pollut Bull, 133: 711-716.
サウジアラ ビア、ヨル ダン アラビア湾	20 種類の魚 (2016)	ポロニウム 210 0.1~14.7 Bq/湿重量 kg	38~85 μSv/年 最も高い放射能が検出されたのは 草食性のラビットフィッシュで、肉食 や雑食性の魚では低い値であった ことから、食性による違いを反映して いると考えられる。	Ababneh et al, (2018). Chemosphere, 210: 511-515.
スペイン グラナダ県 平均海面上 高度~ 1070m 37 地点	湧き水 (2016-2017)	ポロニウム 210 <0.4~17.65 mBq/ L ウラン 238 2.2~175 mBq/ L ウラン 234 3.87~208 mBq/ L ウラン 235 <0.2~6.93 mBq/ L	WHO の基準 100 μSv/年より低い値 である。	Milena-Pérez et al, (2018). Radiat Prot Dosimetry, 181: 350-359.
インド ベンガル湾 10 地点	21 種の貝類 43 種の魚類 海水 土壌	ポロニウム 210 海水 1.4~7.4 mBq/L 土壌 2.5~8.0 Bq/kg 貝類 3.4~58.6 Bq/kg 魚類 1.0~23.0 Bq/kg 鉛 210 海水 3.1~13.7 mBq/L 土壌 1.3~4.5 Bq/kg 貝類 0.5~11.5 Bq/kg 魚類 0.3~11.7 Bq/kg	貝類 81.0~281.2 μSv/年 魚類 14.4 ~165.6 μSv/ 年 ポロニウム 210/鉛 210 海水中 0.32~0.81 土壌中 1.33~2.19 魚介類 0.25~13.33 (0.25 は一種のみ、他は 1 以上) 土壌 地表から深いほど放射能は低下す る 生物種放射能傾向 カキ>貝>イカ>カニ>エビ>魚	Sankaran et al, (2018). Radiat Prot Dosimetry, 182: 272-284.
ポーランド	果実、野菜、穀類製 品 (2015)	ポロニウム 210 フサスグリ 0.254 Bq/湿重量 kg パスタ 0.317 Bq/湿重量 kg 他はほとんど 0.2 Bq/湿重量 kg 未満 鉛 210 はすべて 0.2 Bq/湿重量 kg 未満	ポロニウム 210 5.0~7.0 μSv/年 鉛 210 1.3~1.9 μSv/年	Strumińska- Parulska et al, (2018). Chemosphere, 191: 190-195.
ポーランド 16 地点	カラカサタケ <i>Macrolepiota procera</i>	ポロニウム 210 傘部分: 3.38~16.70 Bq/乾燥重量 kg 鉛 210 傘部分: 5.11~13.42 Bq/乾燥重量 kg	ポロニウム 210 2.03~10.02 μSv/年 鉛 210 1.60 ~4.63 μSv/年 ポロニウム 210/鉛 210 比 0.43~2.56	Strumińska- Parulska et al, (2017). Environ Sci Pollut Res Int, 24: 26858- 26864.
韓国 東シナ海と 朝鮮半島南	プランクトン、大 型藻類、甲殻類、 軟体動物、魚類 4	ポロニウム 210 大型藻類 0.97~1.43 Bq/湿重量 kg プランクトン 32~137 Bq/湿重量 kg	アンチョビを除く海産物 19~189 μSv/年 アンチョビ 80~534 μSv/年	Kim et al, (2017). J Environ

岸の間のエリア	種 (2013-2015)	アンチョビ 59~392 Bq/湿重量 kg アワビ 筋肉 2.93 Bq/湿重量 kg 内臓 1495 Bq/湿重量 kg ロブスター 筋肉 2.84 Bq/湿重量 kg 外骨格 46 Bq/湿重量 kg 内臓 906 Bq/湿重量 kg 二枚貝 47.8Bq/湿重量 kg カキ 45.3 Bq/湿重量 kg 魚類 筋肉 0.51~5.56 Bq/湿重量 kg 内臓 49.6~2236 Bq/湿重量 kg 皮 6.45~50.8 Bq/湿重量 kg		Radioact, 174: 30-37.
トルコ	季節ごとの同じ木(オークとコショウボク)の葉 (2012-2013)	ポロニウム 210 夏、秋、冬、春の平均値(各季節 n=6)(Bq/kg) オーク 1206±20, 231±15, 160±13, 247±15 コショウボク 420±20, 63±7, 196±14, 33±6 鉛 210 夏、秋、冬、春 オーク 35±6, 10±3, 23±5, 19±4 コショウボク 11±3, 8±3, 13±4, 12±3	夏では他の季節より放射能が高い傾向が認められた。	Uğur et al, (2017). J Environ Radioact, 174: 71-77.
ポーランド 5地点	苔(2009 春と秋)、 地衣類(2011 春と秋) 合計7種類	ポロニウム 210 苔 133~501 Bq/湿重量 kg 地衣類 104~499 Bq/湿重量 kg ウラン 238 苔 1.36~3.87 Bq/湿重量 kg 地衣類 0.22~1.12 Bq/湿重量 kg	春より秋に採取されたサンプルは放射能が高い傾向であった。種による放射能の違いがみられた。	Borylo et al, (2017). J Radioanal Nucl Chem, 311: 859-869.
USA (世界中のデータ含む)	飲水(地下水) USA で 400 検体分析 (その他文献からの引用データ含む)	ポロニウム 210 <0.1~16600 mBq/L (USA) 中央値 4.75 mBq/L	フィンランド、インド、スウェーデン、USA (サンプルの 10%以上) で 500 mBq/L 超過 (参考値)EU,WHO ガイドライン < 100 mBq/L (0.1 mSv/年)	Seiler. (2016). Sci Total Environ, 568: 1010-1017.
インド南部 クダンクラム 原発周辺	6種類のマグロ 可食部	ポロニウム 210 40.9~92.5 Bq/湿重量 kg	62.7~141.8 μSv/年	Khan et al, (2016). Mar Pollut Bull, 107: 379-382.
カナダ 3つの湖	125の一般的な魚の 可食部 (2014)	ポロニウム 210 <0.2~9.6 Bq/湿重量 kg 鉛 210 <0.2~0.7 Bq/湿重量 kg ラジウム 226 <0.06~0.1 Bq/湿重量 kg セシウム 137 3.5~17.5 Bq/湿重量 kg セシウム 134 は不検出	60 μSv/年	Chen et al, (2016). J Environ Radioact, 153: 222-230.
レバノン リン酸肥料 工場周辺	7種類の魚、海水 (2012)	ポロニウム 210 海水 0.001~0.007 Bq/L 魚類 3.6~140 Bq/湿重量 kg 鉛 210 魚類 不検出~98.7 Bq/湿重量 kg	ポロニウム 210 最大 1110 μSv/年 鉛 210 最大 450 μSv/年 Siganus rivulatus というアマゴ科の魚がポロニウム 210 放射能が最大であった。 ポロニウム 210/鉛 210 比 0.87~2.93	Aoun et al, (2015). J Environ Radioact, 140: 25-29.
ポーランド ノルウェー バルト海	哺乳動物 (ネズミイロカ、 マダライロカ、ア ザラシ) (1996-2003)	ポロニウム 210 肝臓(n=19) 0.35~328 Bq/湿重量 kg 中央値 58.1 Bq/湿重量 kg 腎臓(n=18) 0.15~465 Bq/湿重量 kg 中央値 59.2 Bq/湿重量 kg 筋肉(n=20) 0.68~102 Bq/湿重量 kg 中央値 32.9 Bq/湿重量 kg セシウム 137 6.76~52.5 Bq/湿重量 kg カリウム 40 40.7~140 Bq/湿重量 kg	線量 ポロニウム 210>カリウム 40>セシウム 137	Ciesielski et al, (2015). Mar Pollut Bull, 101: 422-428.
ポーランド	17種類のカルシウムのサプリメント	最も高いポロニウム 210 放射能濃度 ドロマト由来 3.88 Bq/乾燥重量 kg 石灰岩由来 3.36 Bq/乾燥重量 kg 乳酸カルシウム由来 0.07 Bq/乾燥重量 kg グルコン酸カルシウム由来 0.17 Bq/乾燥重量 kg	貝、岩などの天然資源由来サプリメントは高い放射能を有する傾向である。無機試料の方が有機試料よりも高い放射能を有する傾向である。加工工程でポロニウムが一部揮発するかもしれない。	Struminska- Parulska et al, (2015). J Environ Radioact, 150: 121-125.
スペイン エブロ川 リン酸肥料 工場、浄水 場付近	魚介類の可食部 (2014-2015)	ポロニウム 210 ナマズ、ヨーロピアンパーチ 2 Bq/乾燥重量 kg 未満 エスカルゴ 164 Bq/乾燥重量 kg ムラサキガイ 271~366 Bq/乾燥重量 kg	130~175 μSv/年 (スペインの他の地域 204Bq/乾燥重量 kg)川の upstream のリン酸肥料工場の影響によって、ポロニウム 210 放射能が高い可能性がある。	Fonollosa et al, (2015). Environ Sci Pollut Res Int, 22: 20032- 20040.
スロベニア イタリア (トリエ ステ湾)	二枚貝 ムラサキガイ (2012)	ポロニウム 210 222~399 Bq/乾燥重量 kg	大きい個体の方が放射能濃度が高い傾向がみられた。 貝のサンプルを 40°C で 1 時間ブローテアーゼ消化することで約 9 割のポロニウムが溶液中に抽出できることが示唆された。	Kristan et al, (2015). Chemosphere, 119: 231-241.
インド ムンバイ 店頭	粉ミルク11試料 (2013)	ポロニウム 210 0.08~0.23 Bq/kg	0.04~0.89 μSv/日 成分がミルクだけのものより、穀類や豆類が混入した製品のほうが放射能が高い傾向であった。	Prabhath et al, (2015). J Radiot Res, 8: 470-476.
インド南部	二枚貝 (2010-2011)	ポロニウム 210 Perna indica 31~186 Bq/湿重量 kg ミドリガイ 36~212 Bq/湿重量 kg	5.1~34.9 μSv/年 個体サイズが大きくなるほど放射能濃度は低下する。	Khan et al, (2014). J Environ

			→若い個体の方が代謝が活発 モンスーンの季節は放射能濃度は 低下する。	Radioact, 138: 410-416.
インド南部	陰膳調査、 マーケットバスケット調査 (2010)	陰膳調査 平均 74 mBq/湿重量 kg MB 調査 平均値 薬物野菜 2176 mBq/kg、その他野菜 55 mBq/kg イモ類 251 mBq/kg、果実類 65 mBq/kg 魚類 345 mBq/kg、肉類 117 mBq/kg 乳製品 20 mBq/kg、穀類 290 mBq/kg	陰膳調査 18 歳以上大人 52 μSv 12-17 歳 53 μSv 1-11 歳子供 109 μSv MB 調査 18 歳以上大人 76 μSv/年 12-17 歳 78 μSv/年 1~11 歳子供 141 μSv/年	Arunachalam et al, (2014). Int J Radiat Biol, 90: 867-875.
スウェーデン、ノルウェー	オオカミ、オオヤマネコ、クズリ (2010-1011)	ポロニウム 210 オオカミ 肝臓 20-523 Bq/乾燥重量 kg、 腎臓 24-942 Bq/乾燥重量 kg 筋肉 1-43 Bq/乾燥重量 kg 血液 2-54 Bq/乾燥重量 kg オオヤマネコ 肝臓 22-211 Bq/乾燥重量 kg クズリ 肝臓 16-160 Bq/乾燥重量 kg セシウム 137 オオカミ 肝臓 36-4050 Bq/乾燥重量 kg 腎臓 31-3453 Bq/乾燥重量 kg 筋肉 70-8410 Bq/乾燥重量 kg 血液 4-959 Bq/乾燥重量 kg オオヤマネコ 肝臓 44-13393 Bq/乾燥重量 kg 筋肉 125-10260 Bq/乾燥重量 kg クズリ 肝臓 22-3405 Bq/乾燥重量 kg 筋肉 53-4780 Bq/乾燥重量 kg	チェルノブイリ原発事故の影響でセシウム等は影響を受けている。	Gjelsvik et al, (2014). J Environ Radioact, 138: 402-409.
クウェート 南アラビア湾 ペルシャ湾 6 地点	海水、カタツムリ、二枚貝	ポロニウム 210 海水 0.44~0.76 mBq/L カタツムリ 10.36~60.47 Bq/乾燥重量 kg 二枚貝 45.42~215.6 Bq/乾燥重量 kg		Uddin et al, (2014). Ecotoxicol Environ Saf, 104: 132-135.
ブラジル 南大西洋 Cabo Frio 沿岸	捕食性海洋魚	臓器別のポロニウム 210 放射能平均値 Cynoscion microlepidotus (n=10) ナガニベ属 心臓 122.2 Bq/乾燥重量 kg、胃 490.0 Bq/乾燥重量 kg、肝臓 373.4 Bq/乾燥重量 kg、えら 106.3 Bq/乾燥重量 kg、腸 5539.8 Bq/乾燥重量 kg、目 68.7 Bq/乾燥重量 kg、筋肉 6.0 Bq/乾燥重量 kg キンククリップ (n=10) 心臓 29.3 Bq/乾燥重量 kg、胃 42.0 Bq/乾燥重量 kg、肝臓 147.0 Bq/乾燥重量 kg、えら 24.4 Bq/乾燥重量 kg、腸 249.2 Bq/乾燥重量 kg、目 28.4 Bq/乾燥重量 kg、筋肉 2.0 Bq/乾燥重量 kg	放射能の差はウミマサが水深 0~30 m で生活するのにに対し、キンククリップが 60~200 m で生活していることが影響していると考えられる。	Mársico et al, (2014). J Environ Radioact, 128: 91-96.
イタリア	120 以上の食品を 10 カテゴリー(小麦粉、パスタ、米、葉菜類、果菜類、その他野菜、果実、卵、牛乳、チーズ) (2012)	ポロニウム 210 小麦粉 0.005~0.039 Bq/湿重量 kg パスタ類 0.02~0.23 Bq/湿重量 kg 米類 0.026~0.081 Bq/湿重量 kg 葉菜類 0.007~0.651 Bq/湿重量 kg 果菜類 0.005~0.039 Bq/湿重量 kg その他野菜類 0.005~0.039 Bq/湿重量 kg 果実 0.006~0.069 Bq/湿重量 kg 卵類 0.02~0.23 Bq/湿重量 kg 牛乳 0.009~0.017 Bq/湿重量 kg チーズ 0.04~0.06 Bq/湿重量 kg	幼児 379 μSv/y 子供 222 μSv/y 大人 151 μSv/y	Meli et al, (2014). Food Chem, 155: 87-90.
トルコ 黒海、レバン ト海沿岸の 20 地点	貝類 (2012)	ポロニウム 210 26.3~279.6 Bq/乾燥重量 kg 鉛 210 1~23 Bq/乾燥重量 kg セシウム 137 不検出~1.37 Bq/乾燥重量 kg セシウム 134 不検出 カリウム 40 391~593 Bq/乾燥重量 kg ラジウム 226 不検出~1.26 Bq/乾燥重量 kg ラジウム 228 不検出~2.14 Bq/乾燥重量 kg	0.25~3.3μSv/年 ポロニウム 210/鉛 210 比 8~24	Kılıç et al, (2014). Mar Pollut Bull, 80: 325-329.
インド南部 クダンクラム 沿岸	二枚貝タマキビガイ (2011-2012)	ポロニウム 210 海水 平均 1.0 mBq/L 土壌 7.9~28.8 Bq/乾燥重量 kg タマキビガイ 13.5~58.9 Bq/湿重量 kg	2.2~9.6 μSv/年 小さい個体の方が、濃度が高い傾向であった。モンスーンの季節で濃度が低くなる傾向であった。	Sunith et al, (2013). Mar Pollut Bull, 74: 276-282.
スロベニア アドリア海添 いの 13 地点	二枚貝 タマキビガイ (2010-2011)	ポロニウム 210 春 303~1421 Bq /乾燥重量 kg 秋 104~1025 Bq /乾燥重量 kg 鉛 210 春 18.9~73.3 Bq /乾燥重量 kg 秋 8.2~94.1 Bq /乾燥重量 kg	ポロニウム 210/鉛 210 比 4~47.9 全体的に春の方が放射能が高い。季節的な植物性プランクトンの増加や降雨量変化など多くの自然因子が関与していると考えられる。	Rožmarič et al, (2013). Chemosphere, 93: 2063-2068.
インド ジャドゥゴダ (ウラン鉱山 等がある地 域)	水生植物	ポロニウム 210 糸状藻類 8~4884 Bq/湿重量 kg 尾鉱沈殿池の藻類は 227~4884 Bq/湿重量 kg その他 8~144 Bq/湿重量 kg 非糸状植物 <0.2~249 Bq/湿重量 kg	ポロニウム 210 と銅濃度に相関がみられる。	Jha et al, (2013). Int J Radiat Biol, 89: 770-781.

		土壌に根付く植物 <0.2~1601 Bq/湿重量 kg		
ノルウェー ウラン採鉱場 内の人造湖	金魚、コイ、バイクー ーチ、水 (2008)	ポロニウム 210 湖の水 5.6±0.7 mBq/L 金魚 肝臓 593~9380 Bq/湿重量 kg、骨 265~1390 Bq/湿重量 kg、筋肉 128~1280 Bq/湿重量 kg コイ 肝臓 80~284 Bq/湿重量 kg、骨 4~23 Bq/湿重量 kg、筋肉 3~11 Bq/湿重量 kg バイクーーチ 肝臓 11 Bq/湿重量 kg、骨 8 Bq/湿重量 kg、筋肉 2 Bq/湿重 量 kg 鉛 210 金魚 肝臓 25~327 Bq/湿重量 kg、骨 22~185 Bq/湿重量 kg、 コイ 肝臓 2.7~6.1 Bq/湿重量 kg、骨 0.81~0.89 Bq/湿重量 kg		Skipperud et al, (2013). J Environ Radioact, 123: 82-89.
イタリア アドリア海	海水、植物プランク トン、動物プランク トン (2009-2011)	ポロニウム 210 海水 0.16~0.53 Bq/m <sup>3</sup> 植物プランクトン 30.4~233.0 Bq/kg 動物プランクトン 71.0~227.0 Bq/kg 鉛 210 海水 不検出~1.1 Bq/m <sup>3</sup> 植物プランクトン 19.2~210.0 Bq/kg 動物プランクトン 9.9~182.0 Bq/kg	ポロニウム 210/鉛 210 比 海水 1未満 プランクトン 1 以上	Meli et al, (2013). Int J Environ Res, 7: 51-60.
トルコ エーゲ海	マイワシ、カタクチイ ワシ、ウミヒゴイ、ニシ マジ、ゴウシユウマ ダイの各可食部 (2010)	ポロニウム 210 不検出~389 Bq/乾燥質量 kg	実効線量 (μSv/年) カタクチイワシ (14.66) > マイワシ (12.28) > ウミヒゴイ (0.31) > ニシア マジ (0.18) > ゴウシユウマダイ (0.041)	Akőzcan et al, (2013). J Environ Radioact, 118: 93-95.
日本 福島・宮城 の海岸 磯原港、勿 来、御殿崎、 七ヶ浜	大型藻類、貝類 (2011年6月)	ポロニウム 210 茶色藻類 10.3~29.6 Bq/乾燥質量 kg 緑色藻類 18.1~272 Bq/乾燥質量 kg 貝類 14~300 Bq/乾燥質量 kg 鉛 210 茶色藻類 0.9~8.3 Bq/乾燥質量 kg 緑色藻類 5.1~8.8 Bq/乾燥質量 kg 貝類 1.3~7.7 Bq/乾燥質量 kg カリウム 40 茶色藻類 842~1369 Bq/乾燥質量 kg 緑色藻類 426~511 Bq/乾燥質量 kg 貝類 300~353 Bq/乾燥質量 kg セシウム 134 茶色藻類 80~239 Bq/乾燥質量 kg 緑色藻類 60~369 Bq/乾燥質量 kg 貝類 51~393 Bq/乾燥質量 kg セシウム 137 茶色藻類 87~282 Bq/乾燥質量 kg 緑色藻類 73~435 Bq/乾燥質量 kg 貝類 59~463 Bq/乾燥質量 kg	福島原発事故の影響でセシウムの放射能が増加している。	Baumann et al, (2013). Biogeosciences, 10: 3809-3815.
スロベニア	3種類の苔類、6種 類の貝類	ポロニウム 210 苔類 147~742 Bq/kg 貝類 2.2~367 Bq/kg		Planinšek et al, (2013). Appl Radat Isot, 81: 53-56.
クウェート アラビア湾	10種類の魚 (2010-2011)	ポロニウム 210 0.089~3.30 Bq /湿重量 kg	藻類、プランクトンに餌にする種 > 棘皮動物、軟体動物を餌にする種 > 魚を餌にする種の順で放射能濃 度は低い傾向が見られた。	Uddin et al, (2012). Mar Pollut Bull, 64: 2599-2602.
クロアチア アドリア海 13地点	貝(ムラサキイガイ) (2010)	ポロニウム 210 22.1~207 Bq /湿重量 kg 鉛 210 2.8~9.3 Bq /湿重量 kg	ポロニウム 210 53~497 μSv/年 鉛 210 3.9~12.9 μSv/年 ポロニウム 210/鉛 210 比 6.2~30.7 河口に近い地域では放射能が高い 傾向にあった。	Rožmarić et al, (2012). Chemosphere, 87: 1295-1300.
ポルトガル 北大西洋	海洋生物多数	ポロニウム 210 平均放射能濃度 (Bq /湿重量 kg) 全体 0.5(クラゲ)~28000(イワシ)、33500(エビ) Bq /湿重量 kg 表層から採取した甲殻系プランクトン 38~2921 Bq/湿重量 kg 潮間帯 藻類 1.6~9.1 Bq/湿重量 kg 軟体動物 5.8~283(タマキビガイ) Bq /湿重量 kg 甲殻類 25.1(エビ) Bq /湿重量 kg 魚類 6.2~7.9 Bq /湿重量 kg 沿岸エリア 主要なものだけ抜粋 イワシ(n=4) 筋肉 66、肝臓 2140、生殖腺 275、骨 197、胃 510、盲腸 2490、腸 28000 マサバ(n=4) 筋肉 19、肝臓 1035、生殖腺 183、骨 42 マジ(n=4) 筋肉 8.9、肝臓 615、生殖腺 56、骨 43 メバチ(n=1) 筋肉 3、肝臓 268、生殖腺 63、骨 8 深海魚 2.14~866 Bq/湿重量 kg	ポロニウム 210/鉛 210 比 全体 0.5~345 表層から採取した甲殻系プラン クトン 4.4~157 潮間帯 藻類 1.6~10.1、軟体動物 1~ 54、甲殻類 57、魚類 4.1~38 沿岸エリア イワシ 7.5~345、マサバ 3.7~ 141、マジ 2.8~5.1、メバチ 5~ 54 深海魚 5.3~142 トガリムネエソ(中深海魚) 98~272、 深海の甲殻類と頭足類 3.1~111 一部小エビ 8.8~94 筋肉より肝臓、腸で顕著に大き い。	Carvalho et al, (2011). J Environ Radioact, 102: 462-472.

		トガリムネエソ(中深海魚)(n=3) 筋肉 335、肝臓 8607、生殖腺 7908、腸 4443、残渣 648 深海の甲殻類と頭足類 2.8~365 Bq/湿重量 kg 一部小エビで 筋肉 185、肝臓 3760、腸 33500、外骨格 66	ポロニウム 210 はアミノ酸、タンパク質に結合し、食物連鎖を通じて各海洋生物に濃縮されると考えられる。しかし、濃縮程度はその食性によって大きく異なっている。	
ポルトガル 大西洋の海岸	二枚貝(ムラサキイガイ)、海水、河川水 年間を通して月単位計測	ポロニウム 210(固体はすべて単位乾燥重量あたりで表記) 海水 0.32~0.78 Bq/m <sup>3</sup> 、平均 0.57±0.13 Bq/m <sup>3</sup> 海水浮遊物 104~212 Bq/kg、平均 146±29 Bq/kg ムラサキイガイ 460~1470 Bq/kg、平均 759±277 Bq/kg 河川水 0.12~0.5 Bq/L、平均 0.24±0.12 Bq/L 河川浮遊物 19~116 Bq/kg、平均 67±27 Bq/kg 鉛 210 海水 0.31~1.43 Bq/m <sup>3</sup> 、平均 0.54±0.28 Bq/m <sup>3</sup> 海水浮遊物 32.6~145 Bq/kg、平均 78±32 Bq/kg ムラサキイガイ 23~96 Bq/kg、平均 45±19 Bq/kg 河川水 0.17~0.53 Bq/L、平均 0.29±0.13 Bq/L 河川浮遊物 8.1~242 Bq/kg、平均 52±29 Bq/kg	ポロニウム 210/鉛 210 比 ムラサキイガイ 18±6 河川水 0.95±0.44 海水中放射能の季節変化は小さいが、貝の放射能は夏で低いのにに対し、冬で高い傾向がみられた。鉛 210 の沈着量と降水量は正の相関が見られる。	Carvalho et al, (2011). J Environ Radioact, 102: 128-137.
スロベニア ウラン鉱山に近い農場、店頭	牛乳、幼児用粉ミルク	ポロニウム 210 0.055~0.611 Bq/kg 乾燥重量 ウラン 238 0.009~0.354 Bq/kg 乾燥重量 ウラン 234 0.019~0.177 Bq/kg 乾燥重量 ラジウム 226 0.041~0.110 Bq/kg 乾燥重量 鉛 210 0.290~0.652 Bq/kg 乾燥重量	大人 8.7~13.0 μSv 幼児 195~648 μSv 牛乳はポロニウム 210/鉛 210 の放射能比 0.7~1.2 であるが、あるメーカーの幼児用粉ミルクでは 0.1~0.3 と優位に小さいものもあった。	Strok et al, (2011). Nucl Eng Des, 241: 1277-1281.
スロベニア アドリア海、ウラン鉱業に関連のあった河川産および市場流通品	魚、イカ、二枚貝 (2007 の春と秋)	ポロニウム 210 アドリア海 魚類 3.7~28.1 Bq/生試料 kg 二枚貝 51.2~124.6 Bq/生試料 kg 淡水魚 0.06~0.18 Bq/生試料 kg 流通品 0.039~35.0 Bq/生試料 kg 鉛 210 アドリア海 魚類 0.25~1.51 Bq/生試料 kg 二枚貝 1.1~3.03 Bq/生試料 kg 淡水魚 0.08~1.05 Bq/生試料 kg 流通品 0.13~0.79 Bq/生試料 kg	ポロニウム 210 45.6 μSv/年 鉛 210 2 μSv/年 グリル(90℃)ではポロニウム放射能の有意な減少は確認されなかった。	Strok et al, (2011). Chemosphere, 82: 970-976.
トルコ エーゲ海 6地点	貝類 (2004~2006)	ポロニウム 210 53~1960 Bq/乾燥重量 kg 鉛 210 6~135 Bq/乾燥重量 kg	ポロニウム 210/鉛 210 比 3.64~137 ポロニウム 210 放射能濃度差に影響する土地はリン酸肥料工場、石油、ガス抽出、鉄鋼業などの施設周辺である。	Uğur et al, (2011). Chemosphere, 83: 1102-1107.
フランス 大西洋中央海嶺 トゥーロン港	イガイ (2006)	ポロニウム 210 大西洋中央海嶺 551.4~669.2 Bq/乾燥重量 kg トゥーロン港 203 Bq/乾燥重量 kg 鉛 210 大西洋中央海嶺 83.7~169.5 Bq/乾燥重量 kg トゥーロン港 34.4 Bq/乾燥重量 kg	ポロニウム 210/鉛 210 比 大西洋中央海嶺 3.9~6.6 トゥーロン港 4.9 消化管等で放射能が高い。	Chamasson et al, (2011). Sci Total Environ, 409: 771-777.
イタリア アドリア海	海産物(流通品)の可食部 (12 種類の魚類、3 種類の甲殻類、4 種類の貝類) (2007-2008)	ポロニウム 210 0.3~44.6 Bq/湿重量 kg 遠洋魚 1.8~27.5 Bq/湿重量 kg 底生魚 0.7~5.6 Bq/湿重量 kg 甲殻類 1.4~13.2 Bq/湿重量 kg 軟体動物 0.9~17.8 Bq/湿重量 kg カリウム 40 54.9~235.9 Bq/湿重量 kg 遠洋魚 145.7~174.4 Bq/湿重量 kg 底生魚 124.9~172.9 Bq/湿重量 kg 甲殻類 95.8~137 Bq/湿重量 kg 軟体動物 77~124.5 Bq/湿重量 kg 鉛 210 <0.7 Bq/湿重量 kg	95.9~466.4 μSv/年 ポロニウム 210 放射能はカタクティワシとムラサキイガイが高い傾向である。	Desideri et al, (2011). Health Phys, 100: 160-166.
インド インド洋	33 種類の魚類、9 種類の貝類 (2008-2009)	ポロニウム 210 軟体動物 5.4~248 Bq/湿重量 kg 甲殻類 28.2~96.2 Bq/湿重量 kg プランクトン食性魚類 16.4~92.3 Bq/湿重量 kg 草食魚類 4.8 Bq/湿重量 kg 遠洋肉食魚類 1.2~11.6 Bq/湿重量 kg 底生肉食魚類 12.9~36.1 Bq/湿重量 kg 鉛 210 軟体動物 2.3~9.2 Bq/湿重量 kg 甲殻類 7.6~11.4 Bq/湿重量 kg プランクトン食性魚類 3.4~14.6 Bq/湿重量 kg 草食魚類 4.9 Bq/湿重量 kg 遠洋肉食魚類 1.1~7.5 Bq/湿重量 kg 底生肉食魚類 4.6~14.8 Bq/湿重量 kg	ポロニウム 210 11.04~515.6 μSv/年 鉛 210 3.93~23.5 μSv/年 ポロニウム 210/鉛 210 軟体動物 1.6~26.9、甲殻類 2.8~8.4、プランクトン食性魚類 1.6~12.1、遠洋肉食魚類 0.5~3.2、底生肉食魚類 0.87~27.9	Khan et al, (2011). Mar Pollut Bull, 62: 399-404.