

令和 2 年 6 月 10 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K17861

研究課題名(和文) イメージング質量分析を用いた魚類に取り込まれたセシウムの動態に関する研究

研究課題名(英文) Studies of the dynamics of cesium accumulated in fish with imaging mass spectrometry

研究代表者

青木 順 (Aoki, Jun)

大阪大学・理学研究科・助教

研究者番号：90452424

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、イメージング質量分析技術を用いて、魚類をサンプルとして生体内に取り込まれたセシウムの動態を明らかにすることを目的としている。投影型イメージング質量分析装置の開発の進展とサンプル処理方法の確立により、高空間分解能での測定が可能になり測定時間も大幅に短縮された。この装置によりセシウムが入った餌を摂取した魚の全身のイオン分布を測定し、セシウム動態を分析した結果、セシウム摂取後に消化器官系でセシウムが検出されるようになり、3日程度の時間で全身へと分布するようになることが観測できた。さらにその後30日程度で生態内のセシウム量が半減することが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、イメージング質量分析技術によって魚類におけるセシウムの蓄積動態を測定した。これにより魚の食べた食物中のセシウムが、消化器系から吸収されて全身に移行する様子が明らかとなった。さらにその後、30日をかけて生体内のセシウム濃度が低下する過程が確認された。この過程は、放射線セシウムに汚染された生物の扱いについて、重要な示唆を与えるものである。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to clarify the dynamics of cesium accumulated in the body of fish by using imaging mass spectrometry. Because of the improvements of the our imaging mass spectrometer and the establishment of the sample processing method, the spatial resolution was reached to 1  $\mu\text{m}$  and the measurement time was significantly reduced. With this device, the cesium distribution of the whole body of the fish was measured. As a result, cesium was detected in the digestive system after ingestion of cesium, and cesium was spread to the whole body in about 3 days. Furthermore, it was confirmed that the amount of cesium in the fish was reduced to half after 30 days.

研究分野：質量分析学

キーワード：イメージング質量分析 生物動態

## 1. 研究開始当初の背景

近年、福島における原発事故により、放射性物質の拡散とその人体や環境への影響が大きな社会問題となっている。特に放射性同位体の  $^{137}\text{Cs}$  や  $^{90}\text{Sr}$  は半減期が 30 年程度と比較的長いために、今後長期にわたって影響が続くと考えられる。さらにこれらの元素は生体内において Na, K や Ca と似た振る舞いをするため、食品に含まれた状態で人間の体内へと取り込まれて、生体に蓄積しやすいとされており、そこから内部被曝につながる危険性が高い。この事故で拡散した放射性物質は多くが最終的に海に到達するため、とりわけ海洋生物への蓄積が強く懸念される。水循環系の滞留点であるダム湖においては、福島県内での調査において、すでに放射性セシウムが基準値を超える濃度で堆積していることが明らかになっている。日本人にとってこれらの水産資源は重要な食糧源であるため、放射性物質が水生生物の生体内にどのように蓄積されているかについての知見を得ることは喫緊の課題である。海水中の放射性物質の濃度と生体への蓄積量の関係がわかれば、含有量の見積もりや、清浄な水での飼育による蓄積量の低減手法の評価が期待できる。さらに生体内に蓄積された放射性物質の分布情報まで得ることができれば、どこから取り込まれどこから排出されているかといったより詳細な蓄積・排出メカニズムの解明につながることを期待でき、また局所的に蓄積している部位の食用を避けるといった対処も可能になる。

## 2. 研究の目的

放射性のセシウムやストロンチウムが食用となる海産物をはじめとした動植物の体内へ蓄積されることが懸念されており、その蓄積や排出の過程を明らかにすることは喫緊の課題である。本研究では、独自に開発した投影型イメージング質量分析装置を用いて、魚類に蓄積されたセシウムの生体内での分布情報を高空間分解能で観測し、ここで得られた分布情報からセシウムの蓄積と排出の詳細な過程を明らかにする。さらに、このメカニズムを応用して生体に蓄積された放射性物質の低減技術の開発や部位ごとの蓄積量の多寡に基づいた可食部の判定基準を検討することで、食の安全性の向上に貢献することが期待できる。

## 3. 研究の方法

本研究では魚類におけるセシウムの生体内での蓄積と排出の機構を明らかにする。小型の海水魚を飼育して、餌にセシウムを混ぜて魚に摂取させる。その後の、生体内でのセシウムの蓄積・排出に伴う分布の変化を明らかにする。これによりセシウムの蓄積・排出の過程における局所的な変化を調べることで、セシウムがどこから吸収されてどこへ蓄積されどこから排出されるかという生体内での動態を明らかにする。セシウムの分布の測定には、イメージング質量分析装置を用いる。セシウムを摂取した後の魚をサンプルとして時間間隔をあけて採取して、凍結切片にして測定する。

## 4. 研究成果

### (1) 投影型イメージング質量分析装置の改良

測定に用いるイメージング質量分析装置の自動化を進めることで、測定時間を大幅に短縮することができた。これにより魚の全身範囲がオーバーナイトで測定可能となり時間当たりにも多くサンプルを測定できることになったため、動態測定の時間間隔を密にすることができた。

### (2) サンプル処理方法の開発

サンプルを凍結させる際に、凍結速度が組織の形状の保存に大きく影響する。本研究では急速凍結によるサンプル処理法を確立し、これにより筋繊維が明瞭に観測できるようになることを確認した。また、質量分析のためにはイオン化を促進する処理が必要であるが、これまでの手法ではサンプルが一時的にウェットな状態になるため、拡散による物質分布の広がりによって空

間分解能が低下することが懸念されていた。そこで、金属の真空蒸着によって生成されるナノ粒子を用いたイオン化促進法を開発した。この手法であれば、サンプルは常にドライな状態に保たれるため、物質の拡散は防止される。

### (3)セシウム動態の測定

イメージング質量分析により魚がセシウムを含んだ餌を摂取した後の、体内のセシウム分布の時間変化を観測した。結果を図1に示す。摂取直後(3 時間後)は消化器系のみ分布していたセシウムが、1 日後には全身へと広がり、7 日後にはほぼ全身に均一に分布していることが確認された。この後、徐々にセシウムの濃度が全体的に低下していき、30 日程度をかけて半減することが確認されている。この観測像は全域で $2\mu\text{m}$ の空間分解能で測定されており、細部を見れば筋繊維が確認できるほどの高い分解能である。したがって、より細かい組織毎や細胞毎の分布情報を得ることも可能であり、セシウム蓄積のメカニズムについて今後さらに詳細な検討を進めていく。

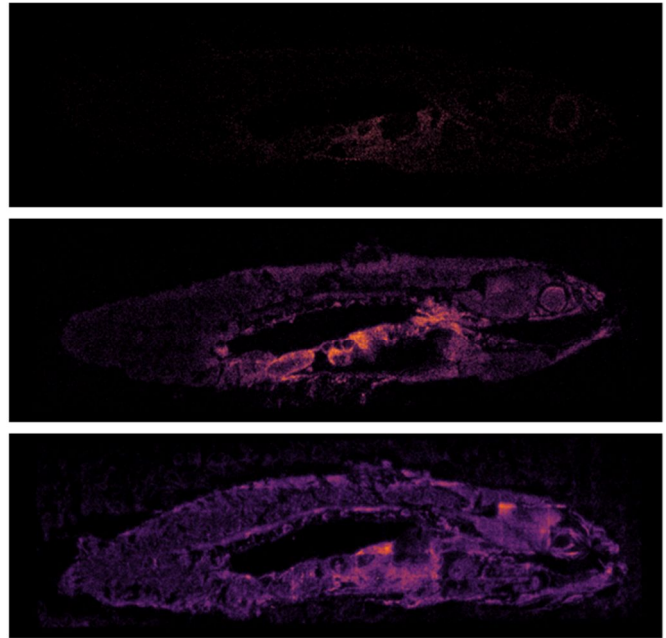


図1. 魚類中のセシウムの分布. 上からセシウム摂取後 3時間, 1日, 7日.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 青木順, 豊田岐聡
2. 発表標題 投影型イメージング質量分析による高空間分解能かつ高速な分布計測
3. 学会等名 67回質量分析総合討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jun Aoki, Michisato Toyoda
2. 発表標題 Development of High Spatial Resolution and High Speed Projection-type Imaging Mass Spectrometer
3. 学会等名 The 67th ASMS Conference on Mass Spectrometry and Allied Topics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jun Aoki, Michisato Toyoda
2. 発表標題 High Spatial Resolution Observation of Metal Distribution in Fish by Projection-type Imaging Mass Spectrometer
3. 学会等名 Metallomics 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jun Aoki, Michisato Toyoda
2. 発表標題 Observation of Bioaccumulated Cesium Distribution in Marine Fish by using Imaging Mass Spectrometry
3. 学会等名 Goldschmidt 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jun Aoki, Hisanao Hazama, Michisato Toyoda
2. 発表標題 Development of High Spatial Resolution Stigmatic Imaging Mass Spectrometer
3. 学会等名 Single Cell Europe 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----