

## 野生動物を用いた微量元素の環境モニタリングおよび母子間移行解明 ー宍道湖産ヤマトシジミの産地判別法に有効なツールの探索ー

寶來 佐和子（鳥取大学 農学部）、河野七海（鳥取大学大学院 農学研究科）、児玉芽依（鳥取大学大学院 農学研究科）、吉田静梨奈（鳥取大学大学院 農学研究科）、国末達也（愛媛大学 沿岸環境科学研究センター）

### 研究目的

シジミ属の二枚貝は、日本では商業的に重要な貝種である。日本に生息するシジミ属 *Corbicula* はヤマトシジミ (*Corbicula Japonica*)、セタシジミ (*Corbicula sandai*)、マシジミ (*Corbicula leana*) の3種である。ヤマトシジミは汽水域（汽水湖・河川感潮域）に圧倒的に優占し、内水面漁業の最も重要な漁業資源となっている。セタシジミは琵琶湖の固有種で、琵琶湖におけるシジミ漁業の漁獲対象生物である。現在、琵琶湖の水質・底質環境の悪化と乱獲のため、かつて約6000トンあった漁獲量は200トン以下になってしまっている（中村，2000）。マシジミは従来、水田周辺の小川を中心に多く生息していた。しかし、水田で有機肥料から化学肥料への転換や除草剤をはじめとする農薬の大量使用が行われたことと、河川改修・農地整備による護岸の直線・コンクリート化および3面工事によりほとんど姿を消してしまった（中村，2000）。

このように日本には3種のシジミが生息しているが、シジミ漁業の漁獲量の99%以上はヤマトシジミである（中村，2000）。本種は、砂礫質の底質中に存在し、植物プランクトンを主とする有機懸濁物を鰓で濾過摂取し食物としている（中村，2000）。そのことから、宍道湖の毒性評価に本種は指標生物として有効であると考えた。

2011年におけるシジミ属の日本での生産量は9500トンであった。日本の需要を満たすのに十分ではなかったため、4,300トンがロシア、中国、台湾、韓国、およびその他の国から輸入された。しかしシジミ貝が実際に外国から輸入されたとき、それらは国内産として誤って表示された。日本産のシジミは海外より値段が高いため、原産国の誤表示は売り手に大きな利益をもたらす可能性があり、誤表示の発生率は継続する可能性が高い（井口，2014）。食品を選択するとき消費者の要求を満たすための製品情報の提供には、正しい食品表示が不可欠である。日本では、農林産物の標準化と適正表示に関する法律（日本農林規格；JAS法）により、食品・飲料の品質表示基準が制定されている。JAS法は食品製造業者に義務を課している。小売業者は、生鮮食品に、正しい産地を含む製品情報のラベルを付けなければならない。したがって、日本産のシジミと海外産のシジミを区別するための認証技術が必要である（井口，2018）。

水産生物の硬組織中の元素は、生息環境の元素組成および生物の生理状態を反映して蓄積することから、生態調査、特に魚介類の回遊履歴の解析に用いられている。また、農産物では産地による土質と水質の違いや生育条件を反映して、元素組成が異なることから、原産地判別法が研究されている。このような元素分析法を水産食品に適用することによって産地ごとの元素組成に関するデータが蓄積し、産地に特有の元素組成を明らかにすることが可能であると考えられる。このような分析法を食品偽装が発生している水産物、特に輸入食品に適用することによって、水産食品の品質表示の内容を科学的に検証し、食品偽装の対策のための鑑別に活用されることが行政機関から期待されている（井口，2018）。

そこで本研究では、先行研究である宍道湖における堆積物の微量元素濃度を元に、宍道湖産ヤマトシジミの微量元素の蓄積特性を解明し、さらに微量元素分析を用いた本種の産地判別モデルの確立を目指した。

## 研究内容

### 試料

2018年8月に日本ヤマトシジミ研究所によって宍道湖90地点で採取されたヤマトシジミを実験に供試した。ヤマトシジミサンプルは化学分析まで-30℃で保存した。サンプリング地点を図1に示す。軟組織1342サンプル、殻509サンプルを地

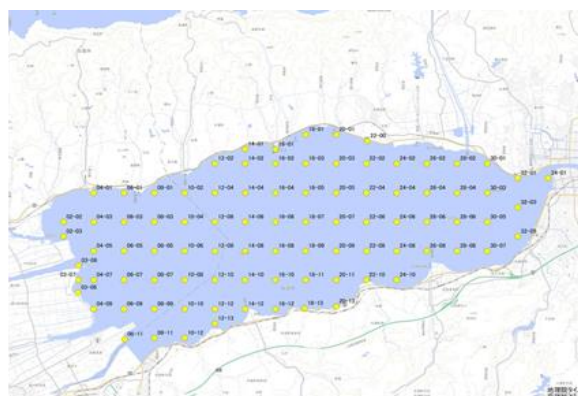


図1. 宍道湖産ヤマトシジミのサンプリング地点

点ごとにプールしてフリーズドライを行った。試料はバイオメトリを計測後、軟組織と殻に分け、殻は Mill-Q で洗浄したあと、テフロンシートを敷いたガラス製シャーレに試料を秤量し冷凍させ、凍結乾燥器を用いてフリーズドライを行った。殻については、同サイズごとに5個ずつにグループ分けし、1地点最大20個をフリーズドライした。その後、軟組織についてはメノウ乳鉢を用いて乾燥試料を粉末化させ試料として用いた。殻はミキサーを用いて粉末化し、試料として用いた。

### 方法

#### 微量元素分析方法

乾燥試料約0.1gを秤量し、 $\text{HNO}_3$ を3ml添加したものを12時間常温分解した。その後、マイクロウェーブ分解（120W、10分×2回）を行い、放冷後超純水で約25mlに希釈したものを溶液試料とした。この溶液試料を ICP-MS（Agilent 7500cx）を用いて26元素（Li、Mg、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Ga、

As、Se、Rb、Sr、Mo、Ag、Cd、In、Sn、Sb、Cs、Ba、Tl、Pb、Bi) の測定を行った。標準試料は Oyster Tissue (NIST Standard Reference Material® 1566b) を用いた。回収率は 100% (Li, Cr, Ga, Sr, Mo, In, Sn, Sb, Cs, Tl, Bi を除く) であった。

### 統計解析

統計解析は Statcel3(柳井, 2011)を使用した。2 群間の相関性は Spearman の順位相関を用いて検定した。2 群間の有意差検定には F 検定、Student の t 検定、Welch の t 検定、Mann-Whitney の U 検定を行った。有意水準は  $p < 0.05$  とした。

### 研究成果 (結果と考察)

ヤマトシジミの殻および軟組織中微量元素濃度とその生息環境となる堆積物中微量元素濃度との関係を解析した結果、軟組織において Rb 濃度 (図 2 左) が、殻において Ga 濃度 (図 2 右) のみが堆積物中濃度と相関を示した。先行研究において、宍道湖堆積物における Ni、Cu、As、Cd、Pb レベルは底生生物へ軽度の影響、Cr、Mn、Fe、Zn レベルは底生生物へ重度の影響を及ぼす可能性を示唆していた (田部, 2019)。しかし、本研究結果より、宍道湖堆積物中のこれら 9 元素は、本種の軟組織および殻中の元素レベルに直接的に反映しにくいことが示された。

次に本湖産ヤマトシジミにおける特徴的な元素について明らかにするため、地域比較解析を実施した。その結果、本湖産ヤマトシジミ軟組織中にお

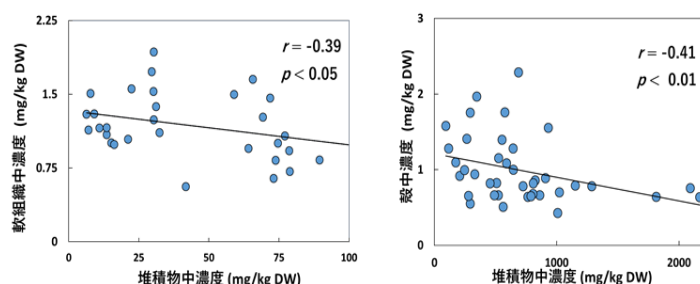


図2 堆積物とヤマトシジミ中Rb (左) とGa (右) 濃度の関係

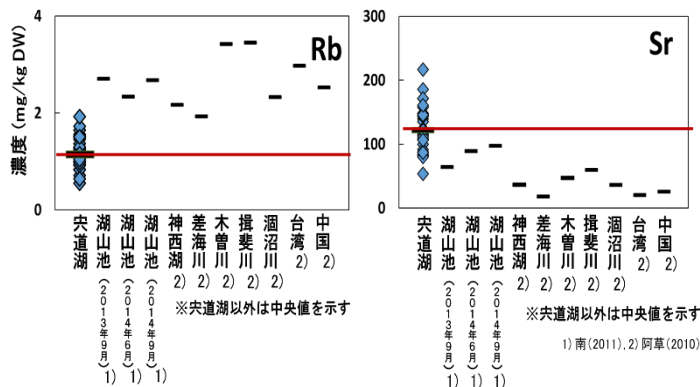


図3 ヤマトシジミ軟組織中Rb (左) とSr (右) 濃度の地域比較

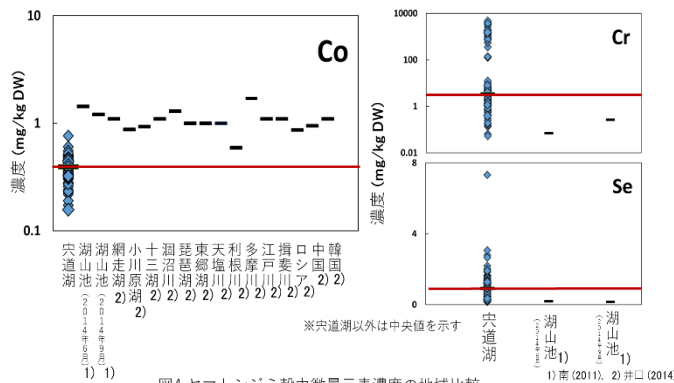


図4 ヤマトシジミ殻中微量元素濃度の地域比較

いて、Rb 濃度 (図 3 左) と Sr 濃度 (図 3 右) が他地域よりも高値であった。殻中微量元素レベルにおいて、宍道湖産ヤマトシジミの Co 濃度は他地域よりも低く、Cr と Se 濃度は高値を示した (図 4)。これら 5 元素が産地判別法の有効なツールになりうるかどうか検証した。

ヤマトシジミ軟組織中 Sr/Rb 濃度比の地域比較を解析したところ、宍道湖産は 105 であり、その他の国産および外国産の濃度比と大きく異なることが示された (表 1)。このことから、宍道湖産であるかどうかには

表1 ヤマトシジミ軟組織におけるSr/Rb濃度比の地域比較

宍道湖	105
湖山池(2013年9月)	23.7
湖山池(2014年6月)	38.4
湖山池(2014年9月)	36.4
神西湖	17.0
差海川	9.53
木曾川	13.9
揖斐川	17.2
湊沼川	15.8
台湾	6.97
中国	10.3

この Sr/Rb 濃度比は有効であることが明らかとなった。しかしながら、宍道湖以外の国内産と外国産に関しては区別が困難であることが示された。そこで、殻中の Co、Cr、Se 濃度比の有効性を検討したものの、宍道湖産とそれ以外の産地で判別が困難であった。そこで、軟組織の Sr/Rb 濃度比と殻中 Se/Co、Co/Cr、Se/Cr 比を組み合わせて解析を実施した。

表2 ヤマトシジミ軟組織および殻中微量元素濃度比の地域比較

	軟組織Sr/Rb	軟組織Sr/Rb	軟組織Sr/Rb
	殻Se/Co	殻Co/Cr	殻Se/Cr
宍道湖 (本研究)	45.2	656	276
湖山池(2014年6月)	294	1.86	14.2
湖山池(2014年9月)	259	8.06	57.4

※Co, Cr, Seは他地域の殻濃度データなし

その結果、宍道湖産と湖山池産ヤマトシジミが判別可能な濃度比が存在した (表 2)。今回の解析において、宍道湖産と湖山池産以外のヤマトシジミにおける Co、Cr、Se 濃度のデータが存在しなかったため、宍道湖産と湖山池産の本種しか解析することができなかった。

## 参考・引用文献

- ・中村幹雄(2000)：日本のシジミ漁業，たたら書房
- ・井口潤(2014)：元素分析による水産物の原産地判別法に関する研究 Fisheries Science, 1089–1096.
- ・田部創大(2019)：鳥取大学地域学部地域環境学科卒業論文
- ・柳井久江 (2011)：4Steps エクセル統計【第3版】
- ・阿草ら (2010)：第19回環境化学討論会要旨

## 成果発表

なし

## 今後の問題点

現在、湖山池産のヤマトシジミは地域活性化の一助となっており、将来的にブ

ランド化を視野に入れている。したがって、より正確な判別法は湖山池産本種のブランド化と資源保護に求められる。本研究で判別法として候補にあげられたCr、Co、Se、Rb、Srは宍道湖と湖山池以外の産地におけるヤマトシジミ中濃度の情報が不足しているため、今後の展望として、その他湖沼に生息する本種の微量元素濃度のデータ数を増やし、国内産と外国産を区別するより明瞭な産地判別法の確立が急務である。

### 特記事項

今年度はコロナ感染拡大防止対策により、予定していた国内外でのフィリマンダースのサンプリング延期を余儀なくされました。従って、本種を用いた微量元素の母子間移行解明研究の遂行に遅れが生じております。そのため、申請課題テーマにある母子間移行解明の結果報告を本報告書に記載することができなかったことを心からお詫び申し上げます。