

令和 4 年 4 月 26 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H03025

研究課題名(和文) 底魚耳石のマンガンを指標とした貧酸素履歴推定手法の確立

研究課題名(英文) Study on manganese in otoliths of demersal fishes as an Indicator of hypoxia

研究代表者

片山 知史 (Katayama, Satoshi)

東北大学・農学研究科・教授

研究者番号：30224455

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,100,000円

研究成果の概要(和文)：内湾魚類の貧酸素環境履歴を推定する手法を確立するために、貧酸素条件下で底質から溶出するマンガンを注目した。室内飼育実験、および天然海域・東京湾内外のマコガレイについて、耳石Mnを計測した。外湾では極めて少なかったが、湾奥、内湾においては、特に春季、夏季に大きく増加することがわかった。また、天然海域の耳石Mn濃度は、飼育実験のいずれのMn添加区よりも有意に高かった。したがって、内湾の貧酸素条件等に加えてストレス等が耳石Mnを増加させるものと考えられた。これらの結果より、耳石Mnが内湾環境の指標となり得る可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでの耳石を用いた環境履歴の解析は、微量元素Srを指標とした塩分履歴が主であったが、本研究によって、内湾の貧酸素条件等に加えてストレス等が耳石Mnを増加させるものと考えられた。これらの結果より、耳石Mnが内湾環境の指標となり得ることが示され、耳石を用いた環境履歴解析において、新しい微量元素の有用性が示された。

さらには貧酸素のみならず、海洋酸性化・化学汚染が耳石の微量元素組成や微細構造に影響している可能性が示された。内湾漁業資源がどのような内湾環境を利用しながら生活しているかを明らかにするツールが開発され、社会的な課題解決につながるものと思われる。

研究成果の概要(英文)：To determine environmental history of the coastal fish living in and around anoxic and hypoxic inner bay, I focused on Mn eluted from the sediment under low oxygen conditions. Through rearing experiments, hypoxia increased the Mn concentration in seawater. The otolith Mn concentration also showed a significant increase for the Mn-added group, confirming that the otolith Mn is an indicator of the environmental history of hypoxic water. Otolith Mn was measured for the marbled flounder inside and outside Tokyo Bay. Mn in otolith was extremely low in the outside the bay, but it was found to increase significantly in the inner bay and the bay mouth, especially in the spring and summer. In addition, the otolith Mn concentration in the natural sea area was significantly higher than in any of the Mn-added groups in the rearing experiment. Therefore, it was considered that environmental stress, in addition to the hypoxic conditions of the inner bay, increased otolith Mn.

研究分野：沿岸資源学

キーワード：貧酸素 内湾 耳石 マンガン バリウム マコガレイ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

東京湾、伊勢三河湾、瀬戸内海といった日本内湾域は、近年栄養塩不足と思われる全体の生物生産量の減少がみられるものの、浮魚、底魚の漁場が形成され、各水域で数千トンの魚類の漁獲量がある。これらの内湾は、1960年台から継続して貧酸素・無酸素水塊（以下、貧酸素水）が形成され、現在も毎年ほぼ同程度発生している。貧酸素水はベントスの大量へい死をもたらし、大規模に発生した場合には底魚もへい死する。一方、貧酸素水が湾の一部のみの発生ならば、底魚は貧酸素水を回避し、貧酸素条件がある程度解消された後に再びその場に戻り死亡したベントスを利用する可能性もある。学問的な「問い」は、内湾の底魚がどのように貧酸素水が発生する海域を利用しているかである。貧酸素水と遭遇し、再びその海域を利用する機構を解明することで、底魚の内湾環境の利用様式が明らかとなり、および内湾の環境保全策を検討することが可能となる。

2. 研究の目的

魚類の耳石微量元素についての研究は大きく進展している。EPMAを用いたSrの分析によって、魚類塩分（海水：淡水）履歴を推定することが可能となった。近年では多元素同時分析質量計 ICPms にレーザー装置を組み合わせた LA-ICPms によって、Sr よりも微量な Mg, Mn, Fe といった元素を計測することができるようになった。しかし、これらの元素については、どのような環境の指標となっているのか、ほとんどわかっていない。

もしマンガンが貧酸素化で耳石に蓄積されるならば、耳石含有のマンガンを測定することで個体毎の貧酸素履歴をデータ化することが可能となる。さらに、内湾の魚類が貧酸素水の発生する海域を生活の場として利用している実態を明らかにすることができる。これまで耳石のマンガンと貧酸素水の関係を明らかにした研究はおこなわれておらず、さらにはその計測結果を貧酸素履歴として解析した例はない。この研究手法が確立されれば、内湾の魚類の生活と貧酸素という一見劣悪な環境との関係という新たな研究課題を設定することが可能となる。

本研究は、底魚耳石のマンガン指標とした貧酸素履歴推定手法を確立するために、飼育実験と漁獲物の分析を行う。

3. 研究の方法

< 飼育実験 >

マンガンの底質からの溶出、水中のマンガンの耳石への蓄積といったプロセスを明らかにした。

内湾の底質（砂泥）を採取し、密閉容器で窒素を吹き込み、貧酸素状態を作り出し、その後通気して貧酸素状態を解消させる。その処理の前後で、底質中、海水中のマンガン濃度を測定した。コントロールとして、底質の無い密閉容器で同様の処理を行った。

マコガレイ幼魚（全長 3-4cm）を試験魚として、測定された水中のマンガン濃度を参考に、数段階のマンガンを含まれた海水を設定し、マコガレイを数週間飼育した。その後、マンガンを含まれない海水中に戻し、魚体および耳石を成長させた後、耳石を摘出し LA-ICPms によってマンガンの含有量を測定した。測定は、耳石中心部から縁辺に掛けて走査的に計測することで、マンガン処理を行った器官の耳石マンガン量と水中のマンガン濃度の関係を得た。

< 漁獲物の分析 >

東京湾で漁獲されたマコガレイおよびその他の底魚について、耳石を採取しマンガン測定した。貧酸素水が発生しない外海（九十九里浜沿岸）貧酸素水の発生海域である内湾、および内湾から移動した個体が生息すると考えられる湾口において漁獲されたマコガレイの耳石を採集した。LA-ICPms を用いて耳石の耳石中心部から縁辺に掛けてマンガン含有量を測定した。そして海域間で比較することによって、貧酸素水の影響が耳石に現れるかどうかを明らかにした。

貧酸素水の発生海域である内湾で漁獲されたマコガレイについて、耳石の中心部から縁辺に掛けて測定されたマンガン含有量と、耳石に形成されている年輪構造との対応関係を解析することによって、マンガンが多く蓄積された季節と無酸素水の発生した季節との整合を解析した。

4. 研究成果

内湾に生息する魚類が貧酸素水に接しながら生活していること、および魚類の貧酸素環境履歴から内湾の貧酸素水動態を推定する手法を確立するために、貧酸素条件で底質から溶出するマンガンを注目した。飼育実験によって、マンガンの底質からの溶出、水中のマンガンの耳石への蓄積といったプロセスを明らかにした。そして、東京湾のマコガレイの耳石微量元素を測定し、各個体の貧酸素水環境履歴（どの季節に貧酸素水域を利用したか）を推定する。これらの結果によって、耳石のマンガンを内湾の貧酸素水の指標として用いる有用性を確認することを目的と

した。

室内飼育実験により、マンガンの底質からの溶出、水中のマンガンの耳石への蓄積といったプロセスを検討した。まず低酸素状態が海水中の Mn 濃度を増加させることを明らかにした。加えて Ba が変動することも示された。そして Mn および Ba の添加実験を行い、耳石への取り込みを定量化した。マコガレイ稚魚をさまざまな Mn 濃度（コントロール、30 倍、50 倍）、Ba 濃度（コントロール、10 倍、20 倍）で約 100 日間飼育し、飼育水の Mn 濃度、Ba 濃度とマコガレイ耳石の関係を調べた。Mn 濃度の耳石半径に沿った ICPms プロファイルは、Mn 添加区で耳石 Mn 濃度も有意に増加しており、耳石 Mn が貧酸素水という環境履歴の指標となることが確認された。一方、Ba 添加区の耳石 Ba 濃度は有意に増加しなかった。

天然海域・東京湾内外のマコガレイについて、耳石 Mn を計測した。外房（銚子）には極めて少なかったが、湾奥（船橋）、内房（竹岡、金田）においては、特に春季、夏季に大きく増加することがわかった。また、天然海域の耳石 Mn 濃度は、飼育実験のいずれの Mn 添加区よりも有意に高かった。したがって、内湾の貧酸素条件等に加えてストレス等が耳石 Mn を増加させるものと考えられた。これらの結果より、耳石 Mn が内湾環境の指標となり得る可能性が示された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 PEIQI HONG, SATOSHI KATAYAMA, MASAYUKI YAMAMOTO, MITSUHIRO ISHII, TOSHINORI BABA, MITSUHIRO SAEKI, MITSU HARU SUZUKI, MITSUHIRO NAKAYA, YUTA YAGI	4. 巻 32
2. 論文標題 Comparison of Age and Growth of the Marbled Flounder <i>Pseudopleuronectes yokohamae</i> in the Coastal Waters of Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Asian Fisheries Science	6. 最初と最後の頁 72-80
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.33997/j.afs.2019.32.02.004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Jiang Shengjian, Hong Peiqi, Katayama Satoshi	4. 巻 70
2. 論文標題 Impacts of H+ on the otolith morphology of the marbled flounder, <i>Pseudopleuronectes yokohamae</i>	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Aquaculture Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Jiang Shengjian, Hong Peiqi, Katayama Satoshi	4. 巻 -
2. 論文標題 What is the relationship between hypoxia, water chemistry, and otolith manganese content?	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Fish Biology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/jfb.15041	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔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
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------