

令和元年6月19日現在

機関番号：82678

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K16204

研究課題名(和文) 海洋酸性化が魚類の嗅覚行動に与える影響

研究課題名(英文) The effects of Ocean acidification on Olfactory behaviour of marine fish

研究代表者

山本 雄三 (Yamamoto, Yuzo)

公益財団法人海洋生物環境研究所・海生研実証試験場・主査研究員

研究者番号：60532405

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)：本研究は魚類の嗅覚に基づく行動に着目し、海洋酸性化が魚類の嗅覚機能に与える影響を明らかにすることを目的とした。実験にはカクレマノミを用い、(1)摂餌行動及び(2)カクレマノミとイソギンチャクの共生の2点の嗅覚行動を対象とした。自然濾過海水、1,000 ppm及び2,000 ppmの3段階の実験水に実験魚を曝露し、行動実験を行った。実験の結果、いずれの場合においても行動に大きな変化はみられなかったため、カクレマノミの嗅覚は海洋酸性化に対して耐性がある可能性が示唆された。しかし、本実験で用いた実験魚は成魚であったため、より脆弱な幼魚で影響がみられる可能性が考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人間活動で増加した大気中の二酸化炭素の一部は海洋に吸収され、海洋酸性化を引き起こす。陸水域における酸性雨による環境水の酸性化が魚類の嗅覚に与える影響については多くの既往研究があるが、低pHによる嗅覚機能の低下が主な影響として挙げられる。酸性雨の原因物質は二酸化硫黄と窒素酸化物であり、海洋酸性化とは原因物質が大きく異なるため、魚類の嗅覚に与える影響は2者で異なるのではないかと考えられている。しかし、魚類の生存の根幹をなす嗅覚行動に与える海洋酸性化の影響については、研究事例が極めて少ないのが現状であり、本申請で得られた知見は海洋酸性化が魚類に与える影響を議論する上で意義深いものであると考える。

研究成果の概要(英文)：Increasing atmospheric carbon dioxide (CO₂) concentrations may affect marine fish through ocean acidification as well as through global warming. Although adult fish are relatively robust to changes in the partial pressure of CO₂, very little is known about the sensitivity of olfactory behaviour of marine fish. We studied effect of ocean acidification on the olfactory behaviour of clownfish concerned with feeding and cohabitation with sea anemone. Exposure of adult clownfish to even much higher pCO₂ levels (2,000 ppm) than are expected in the future ocean does not prevent successful feeding and cohabitation with sea anemone behaviour. These findings indicate that adult clownfish's olfaction has a high tolerance for a high seawater pCO₂ levels.

研究分野：魚類生理

キーワード：海洋酸性化 魚類 嗅覚行動

1. 研究開始当初の背景

人為的に増加した大気中の二酸化炭素(CO₂)が主要因である地球温暖化は広く一般的に知られているが、さらに近年、大気中に放出されたCO₂を海洋が吸収することによって引き起される新たな問題として海水のpHが低下する「海洋酸性化」が指摘され海洋生物への影響が懸念されている。魚類の成魚はCO₂に対する急性毒性の致死レベルが海洋酸性化で想定されるレベルよりはるかに高いため、成魚には相当程度の耐性があると考えられている。そこで生活史において脆弱な成長段階初期の生残・成長に重点をおいた研究が行われるようになり、種レベルでの成長に対する影響が明らかになってきた(参考文献)。また卵や仔魚期など複数の脆弱な成長段階を含む再生産過程についても研究が始められ、本申請者らによってその影響が種によって異なる可能性が示唆されている(参考文献、英文原著論文は投稿中)。

嗅覚は魚類にとって、食物および生息環境の認識、個体の識別、繁殖行動など個体の生存や繁殖の根幹をなす非常に重要な感覚である。魚類は水に溶解している化学物質を主に嗅覚を通して知覚しているが、魚類の嗅覚によって知覚されるニオイ物質には、アミノ酸、無機塩類、胆汁酸、ステロイド、F-プロスタグランジン等が挙げられる。既往の研究により、これらの物質は魚類の摂餌、回遊、繁殖などの行動と密接に関わっていることが明らかになっている(参考文献)。例えば、サケの回遊行動において、稚魚が降河回遊する時に母川固有のニオイが記録され、親魚は記録したニオイを想起・識別して母川回帰する。この際、河川に固有のアミノ酸組成が重要な役割を果たしていることが先行研究および本申請者らの研究で明らかになった(参考文献)。マダイではセリン(L-serine)などのアミノ酸の添加が接餌行動を促進する(参考文献)。クサフグ *Takifugu niphobles* では、フグ毒であるテトロドトキシンが性フェロモンとして機能しており、成熟雄個体を誘引することから繁殖行動に重要な役割を果たすこと(参考文献)、他の生物種との社会行動(共生)では、ハタゴイソギンチャクの体表粘液に含まれるチラミン(tyramine)とトリプタミン(tryptamine)という2種のアミン類が、カクレクマノミを誘引する効果を持っている(参考文献)ことなどが明らかになった。魚類におけるこれら種々の物質の嗅覚閾値の多くは10⁻⁸M以下と極めて低濃度であり、このため、魚類の嗅覚は海洋環境の変化によりかく乱を受け易いと考えられている。

陸水域における酸性雨による環境水の酸性化が魚類の嗅覚に与える影響については多くの既往研究があるが、低pHによる嗅覚機能の低下が主な影響として挙げられる。酸性雨の原因物質は二酸化硫黄と窒素酸化物であり、海洋酸性化とは原因物質が大きく異なるため、魚類の嗅覚に与える影響は2者で異なるのではないかと考えられている。しかし、魚類の生存の根幹をなす嗅覚行動に与える海洋酸性化の影響については、クマノミの稚魚の帰巢行動に影響を与える(参考文献)という先行研究があるが、研究事例が極めて少ないのが現状である。

2. 研究の目的

人間活動で増加した大気中の二酸化炭素(CO₂)の一部は海洋に吸収され、海洋酸性化を引き起こす。一般的に魚類のCO₂に対する急性毒性レベルは高いことが知られているが、味覚・嗅覚・聴覚等、感覚器にCO₂が与える影響については、ほとんど明らかになっていない。特に魚類の嗅覚は、(1)摂餌行動、(2)繁殖行動、(3)社会行動、そして回遊行動などその役割が多岐にわたる。本研究はこれらの嗅覚に基づく種々の行動に着目し、行動学的手法を用いて海洋酸性化、すなわち低いレベルのCO₂曝露が魚類の嗅覚機能に与える影響を明らかにすることを目的とし、解明が急務とされている海洋酸性化の魚類への影響評価に寄与し、将来的に冷水性水産重要種であるサケ科魚類へ展開するための足がかりとする。

3. 研究の方法

実験にはカクレクマノミ *Amphiprion ocellaris*を用いた。本実験で対象とする嗅覚行動は(1)摂餌行動及び(2)カクレクマノミとイソギンチャクの共生(社会行動の2点)とした。

曝露に用いた実験水はCO₂濃度を調整し、自然濾過海水(コントロール)、1,000 ppm (IPCCによる2100年頃の高位CO₂濃度予測)2,000 ppm (2100年頃の高位CO₂濃度予測を大きく上回る濃度)の3段階を用意した。実験魚は各実験水で1ヶ月程度の期間にわたり曝露した後(図1)、海洋酸性化が嗅覚に与える影響について評価を行った。

酸性化の影響の評価を行うために1字水路を用いた行動実験を実施した(図2)。具体的には、水路に曝露に用いた実験水(自然濾過海水、酸性化海水)を流した状態で、水路の上流端からニオイ物質(摂餌行動:グルタミン酸、社会行動:チラミン)を滴下し、滴下1時間前後の実験魚の行動をビデオカメラにて記録した。酸性化の影響の有無はコントロール水に曝露した実験魚のニオイ物質に対する応答を基準とし、酸性化水に曝露した実験魚のニオイ物質に対する応答に鈍化が見られるかどうかで判定した。この手法を用いて、酸性条件下における嗅覚行動への影響、嗅覚刺激の濃度を変化させることにより嗅覚刺激に対する行動の変化について実験を行った。

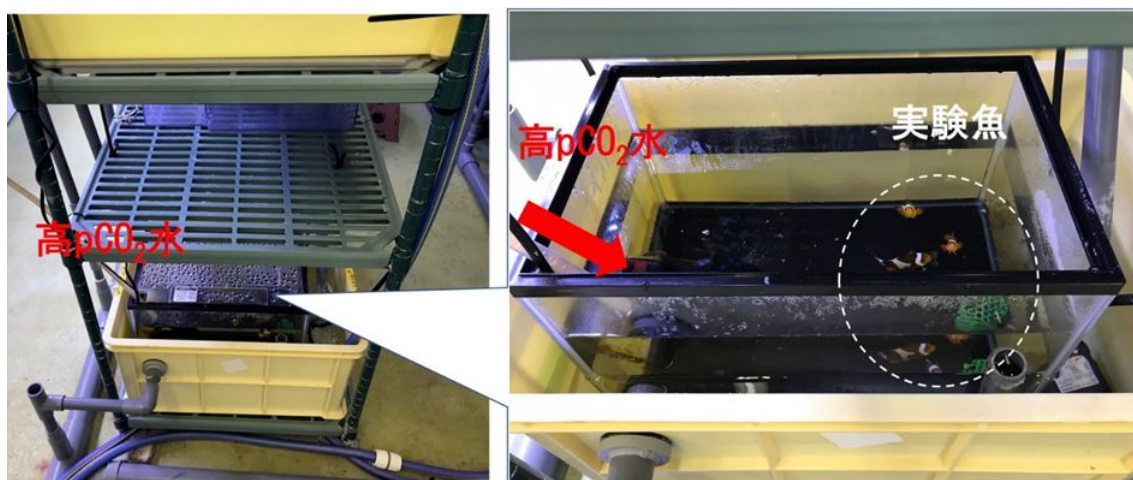


図1. 曝露水槽



図2. 行動実験の概略図

4. 研究成果

摂餌行動としてグルタミン酸を滴下した場合、全ての実験魚がニオイ物質に対し、応答を示し、それぞれコントロール水、1,000 ppm、および2,000 ppmの実験水に曝露した実験魚間で大きな変化は認められなかった。社会行動としてチラミンを滴下した場合も同様の結果であり、いずれの場合においてもクマノミの行動に大きな変化はみられなかった。以上より、カクレクマノミの嗅覚は海洋酸性化に対して耐性がある可能性が示唆された。しかし、本実験に用いた実験魚は成魚であったため、より脆弱な幼魚で影響がみられる可能性が考えられた。

陸水域における酸性雨による環境水の酸性化が魚類の嗅覚に与える影響については多くの既往研究があるが、低 pH による嗅覚機能の低下が主な影響として挙げられる。酸性雨の原因物質は二酸化硫黄と窒素酸化物であり、海洋酸性化とは原因物質が大きく異なるため、魚類の嗅覚に与える影響は2者で異なるのではないかと考えられている。しかし、魚類の生存の根幹をなす嗅覚行動に与える海洋酸性化の影響については、研究事例が極めて少ないのが現状であり、本申請で得られた知見は海洋酸性化が魚類に与える影響を議論する上で意義深いものであると考える。

また、海洋酸性化は、限定された海域で生ずる現象ではなく、全海洋のどこでも起こる現象である。炭酸系の化学から考えると、低水温域と高水温域で異なる現象が起こりうる。したがって、広い水温範囲の魚種について実験を行うことが求められる。本研究の対象種は、熱帯種であるが、将来的に冷水性水産重要種であるサケ科魚類へ展開するための足がかりとしても重要な結果であると言える。

< 引用文献 >

- : Ishimatsu, A., Hayashi, M., and Kikkawa, T. 2008. Mar. Ecol. Prog. Ser., 373, 295-302.
- : 山本雄三 (2014). 海洋酸性化と魚類の産卵. 電気評論10月号
- : Hara, T. J. 1994. Acta Physiol. Scand., 152: 207-217.

- : Shoji, T., H. Ueda, T. Ohgami, T. Sakamoto, Y. Katsuragi, K. Yamauchi and K. Kurihara. 2000. Chem. Senses, 25: 533-540.
- : Yamamoto Y, Shibata H and Ueda H, 2013. Zoological Science, 30(8), 607-612.
- : Goh, Y. and Tamura, T 1980. Comp. Biochem. Physiol., 6612, 225-229.
- : Matsumura, K. 1995. Nature,378: 563-564.
- : Murata, M., K. Miyagawa-Kohshima, K. Nakanishi and Y. Naya. 1986. Science,234: 585-587.
- : Munday,P. L., Dixson, D. L., Donelson, J. M., Jones, G. P., Pratchett, M. S., Devitsina, G. V., and Døving, K. B.,. 2008. PNAS, 106 (6), 1848-1852.

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。