

低酸素海水に反復暴露したリシケタイラギ (*Atrina lischkeana*) の浮上行動とへい死

誌名	九州大学大学院農学研究院学芸雑誌
ISSN	13470159
著者名	郡司掛,博昭 大嶋,雄治 松井,繁明 田上,航 今石,幸治 本田,匡人 諸石,淳也 姜,益俊 島崎,洋平 本城,凡夫
発行元	九州大学大学院農学研究院
巻/号	64巻1号
掲載ページ	p. 19-22
発行年月	2009年2月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



低酸素海水に反復暴露したりシケタイラギ (*Atrina lischkeana*) の浮上行動とへい死

郡司掛 博 昭¹・大 嶋 雄 治・松 井 繁 明²・田 上 航³
今 石 幸 治⁴・本 田 匡 人⁵・諸 石 淳 也⁶・姜 益 俊⁶
島 崎 洋 平・本 城 凡 夫

九州大学大学院農学研究院生物機能科学部門海洋生命化学講座水産生物環境学研究室
(2008年11月10日受付, 2008年12月5日受理)

Effects of Hypoxia on Behavior and Mortality of Pen Shell (*Atrina lischkeana*)

Yuji OSHIMA*, Hiroaki GUNJIKAKE¹, Shigeaki MATSUI², Wataru TANOUÉ³,
Koji IMAISHI⁴, Masato HONDA⁵, Junya MOROISHI⁶, Ik Joon KANG⁶,
Yohei SHIMASAKI and Tsuneo HONJO

Laboratory of Marine Environmental Science, Division of Marine Biological Chemistry,
Department of Bioscience and Biotechnology, Faculty of Agriculture,
Kyushu University, Fukuoka 812-8581, Japan

はじめに

近年日本沿岸域において、二枚貝とくにアサリの資源が激減し(関口ら, 2003)、水産上大きな問題となっている。この原因として乱獲や生息域の減少、赤潮、病気そして貧酸素水塊の発生等が考えられている。

貧酸素水塊の多くは富栄養化した閉鎖性の強い海域

の底層に形成される。有明海で貧酸素水塊は、水温や塩分躍層が形成される夏季に、潮汐が弱まった小潮時の底層に発生する傾向が強く、干潮、満潮の潮の動きに応じて移動するため、調査定点における溶存酸素濃度は周期的に変化することが連続観測によって報告されている(松井, 2002)。よって沿岸に生息するベントスは、貧酸素海水に繰り返し暴露されていると予想

¹九州大学大学院生物資源環境科学府生物機能科学専攻海洋生命化学講座水産生物環境学研究室

²福岡県水産海洋技術センター

³水産庁

⁴日本臓器製薬

⁵九州大学農学部生物資源環境学科動物生産科学コース水産学分野

⁶九州大学大学院農学研究院生物機能科学部門水圏バイオモニタリング学講座

¹Laboratory of Marine Environmental Science, Division of Marine Biological Chemistry, Department of Bioscience and Biotechnology, Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University

²Fukuoka Fisheries and Marine Technology Research Center

³Fisheries Agency

⁴NIPPON-ZOKI SEIYAKU Co. Ltd

⁵Program of Fisheries, Course of Animal Production Science, Department of Bioresource and Bioenvironmental, School of Agriculture, Kyushu University

⁶Laboratory of Aquatic biomonitoring and environmental, Division of Marine Biological Chemistry, Department of Bioscience and Biotechnology, Faculty of Agriculture, Kyushu University

*Corresponding author (E-mail: yoshima@agr.kyushu-u.ac.jp)

される (Wu *et al.*, 1999).

貧酸素海水 (低酸素) に暴露された影響として, southern oyster drill (*Stramonita haemastoma*) では成長の低下が (Das *et al.*, 1993), アメリカガキ (*Crassostrea virginica*) やヨーロッパイガイ (*Mytilus edulis*) ではへい死や成長阻害が報告されている (Baker *et al.*, 1992; Wang *et al.*, 1991). 魚類や甲殻類は貧酸素水塊に対し忌避行動をとることができる (Breitburg *et al.*, 1994; 富永, 2008). しかし, 貝類は殆ど自立的に移動することができない. よってアサリ (*Ruditapes philippinarum*) やヤマトシジミ (*Corbicula japonica*) 等の二枚貝は, 閉殻して嫌気呼吸を行うことにより, 低酸素に対応している (中村, 1997).

リシケタイラギ (*Atrina lischkeana*, 以下タイラギ) は, イガイ目ハボウキ科に属する貝であり, 西日本の沿岸域に広く生息し, 水産上重要な種である. しかし近年, 特に有明海で生息域の減少と立ち枯れを伴う大量へい死が報告され (川原・伊藤, 2003), 深刻な漁業被害が起こっており, 早急な原因解明が必要とされている. よって, 本研究ではタイラギを低酸素海水に反復暴露してその行動と生存に及ぼす影響を調べた.

材料と方法

2008年7月, 有明海大牟田沖より潜水によって採取したタイラギ (1 齢, 殻長 13.1 ± 0.66 cm; 平均±標準偏差) を厚さ20 cm に砂 (平均粒径0.5 mm) を敷き詰めた120 L ポリカーボネート製円形水槽 (直径60 cm, 高さ40 cm) 1 個に16個体を入れ, ろ過海水を2.5 L/min の流速で流し, 無給餌で1週間馴致した. このタイラギを, ろ過海水を止め水槽中に窒素ガスを30分間強く通気して酸素濃度を0.5 mg/L 以下まで下げ, その後緩やかに窒素ガスを通気して低酸素状態で6時間暴露した. その後, 通気して好気状態にするともろ過海水を流し, この操作を31日間繰り返した. 窒素ガス通気前後に, 底面から露出したタイラギ殻先端までの長さを毎日測定した (露出長). 同時に溶存酸素濃度を光学式 DO 計 (Hach 社, HQ30d, USA, Loveland) で測定した. また, 低酸素暴露に対する耐性の変化を見るために, 低酸素暴露15日目より6個体を別の水槽に移し, 窒素通気により連続して低酸素に暴露した (連続低酸素暴露). 対照区は, 同じ時に採取し馴致したタイラギ6個体を同様に収容し, 低酸素暴露を行わず, 1日6時間海水を止め通気を行う処

理を繰り返した. 実験期間中, 照明は行わず, 水温は24.7~30.0 °C であった. 露出長およびへい死率はそれぞれ Wilcoxon の順位と検定法, 一般化 Wilcoxon 法を用い有意差 ($p < 0.05$) を求めた.

結果と考察

実験中の水中における溶存酸素濃度を Fig. 1 に示す. 窒素ガス通気による低酸素暴露前の平均濃度は6.37 mg/L, 低酸素暴露終了直後の平均濃度は0.27 mg/L であった.

低酸素海水に繰り返し暴露したタイラギの露出長の変化を Fig. 2 に示す. 低酸素暴露直前の露出長は, 対照区に比べて暴露3日目以降で有意に大きくなった. また, 低酸素暴露直後の露出長は対照区に比べて1日目以降で有意に大きくなった. 暴露日数の経過とともにタイラギは砂より露出する程度 (露出長) が大きく

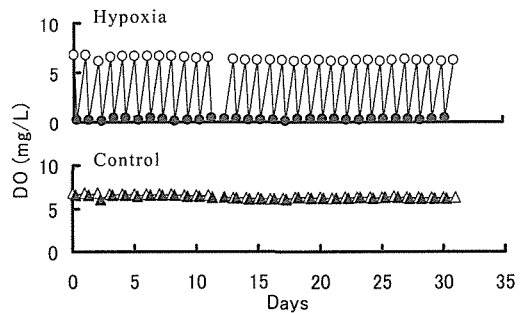


Fig. 1. The level of dissolved oxygen (DO) concentrations in seawater before (○) and after (●) exposure in hypoxia, and before (△) and after (▲) exposure in control.

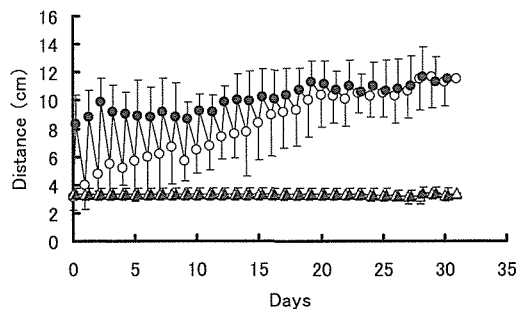


Fig. 2. The distance between top of shell and bottom level on pen shell *Atrina lischkeana*, before (○) and after (●) in hypoxia, and before (△) and after (▲) in control.

なり、反復低酸素暴露4日目より自立できなくなり底面に横たわるタイラギが観察され始め、その後外套膜を殻外に出し殻を大きく開いて衰弱した個体が多く観察され、最後にへい死に至った。

低酸素に反復暴露したタイラギの生残を Fig. 3 に示す。反復低酸素暴露20日目からへい死が観察され、暴露31日目まで10個体全てがへい死し、そのへい死亡率は対照区に比べて有意に高かった。また反復低酸素暴露15日目より連続低酸素暴露を行ったタイラギ6個体は、48時間以内に全てへい死し、そのへい死亡率は反復暴露区より有意に高かった。なお対照区では実験期間中で6個体中1個体のみがへい死した。

本研究の結果、タイラギは低酸素条件下では浮上行動を行って砂面から露出し、酸素濃度が上昇すると潜行する行動が観察された。山元ら (2006) は低酸素状態によるタイラギの浮上行動を報告している。秋本ら (2004) はタイラギを27.5 °C、酸素飽和度0%の海水で12時間飼育したが、へい死は起こらなかったことを報告している。本実験で、反復低酸素暴露15日目より連続低酸素暴露を行ったタイラギ6個体が48時間以内に全てへい死したことからも、低酸素に対する耐性が低下したと考えられた。この原因の一つとして生理的な異変が考えられた。二枚貝は、一般に低酸素状態になると、プロピオン酸を中間代謝物とする呼吸代謝経路で嫌気呼吸を行い (Zwaan and Matieu, 1992)、短期の低酸素ではへい死しないと考えられる。Inoueら (2007) はタイラギをラップフィルムで包み嫌気状態にした結果、72時間後でもへい死は見られなかったが、プロピオン酸代謝系へ呼吸が切り替わったことを報告している。今回低酸素海水に繰り返し暴露したタイラギがへい死した原因として、嫌気呼吸代謝物の高

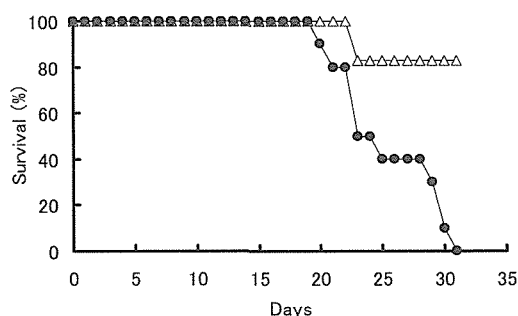


Fig. 3. The percentages of survival in pen shell *Atrina lischkeana*, treated with repeated hypoxia (●), and control (△).

濃度蓄積による影響が考えられた。

タイラギは低酸素に暴露されると浮上行動を起こす。これは酸素濃度が低下した底面直上水から逃れ、酸素濃度のより高い海水で呼吸しようとして浮上する忌避行動であると考えられる。アサリやカキでは低酸素時に長期間殻を閉じて耐える閉殻行動が報告されている (Sobral and Widdows, 1997)。しかし、タイラギは長期間殻を閉じることができず、このような浮上行動を行うと推測された。

有明海ではタイラギの大量へい死が起こっているが、その時生息個体が浮上して底面に露出してへい死している状態 (立ち枯れ) が報告されている (松井, 2002)。よって、今回室内反復低酸素暴露で観察されたタイラギの浮上行動は、有明海で報告された立ち枯れ現象と良く一致していた。

本研究の結果は有明海におけるタイラギの立ち枯れの原因が底面直上の貧酸素に対する忌避行動とそれに伴う衰弱死であることを強く示唆している。有明海的环境調査における多くの溶存酸素濃度は、海底面から20 cm 以上で測定されており (<http://www.ariake-do.jp/ariake/top.html>)、今後タイラギの立ち枯れへい死の解明には、生息環境である底面直上水の溶存酸素濃度の測定が必要である。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり福岡県水産海洋技術センター皆様の御協力を得た。また、本研究の一部は、水産庁委託研究「水産基盤整備調査委託事業」によった。

要 約

有明海産リシケタイラギ (*Atrina lischkeana*, 1 齢; 平均殻長13.1 cm) を水槽に収容し、1日1回6時間で31日間、低酸素海水に反復暴露して浮上行動と生残について調べた。その結果、1) タイラギは低酸素条件下で底面から浮上し、酸素濃度が回復すると潜行する運動を繰り返し、2) 繰り返し低酸素に暴露されると潜行できなくなり浮き上がって倒れる個体が観察され、3) 暴露31日目まで10個体全てがへい死した。よって、タイラギは低酸素条件に繰り返し暴露されると、浮上してへい死に至ると結論された。

文 献

Baker, S. M. and R. Mann 1992 Feeding ability during settlement and metamorphosis in the oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1971)

- and the effects of hypoxia on post-settlement ingestion rates. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 181: 239-253
- Breitburg, D. L. 1994 Behavioral response of fish larvae to low dissolved oxygen concentrations in a stratified water column. *Mar. Biol.*, 120: 615-625
- Inoue S., Y. Oshima, S. Abe, R. Wu, K. Nakayama and T. Honjo 2007 Effects of tributyltin on energy metabolism of pen shell (*Atrina pectinata japonica*). *Chemosphere*, 66: 1226-1229
- Sobral, P. and J. Widdows 1997 Influence of hypoxia and anoxia on the physiological responses of the clam *Ruditapes decussatus* from southern Portugal. *Mar. Biol.*, 127: 455-461
- Das, T. and W. B. Stickle 1993 Sensitivity of carbs *Callinectes sapidus* and *C. similis* and the gastropod *Stramonita haemastoma* to hypoxia and anoxia. *Mar. Ecol. Prog.*, 98: 263-274
- Wang, W. X., and J. Widdows 1991 Physiological responses of mussel larvae *Mytilus edulis* to environmental hypoxia and anoxia. *Mar. Ecol. Prog.*, 70: 223-236
- Wu, R. S. S. 1999 Eutrophication, trace organics and water-borne pathogens: pressing problems and challenge. *Mar. Pollut. Bul.*, 39: 11-22
- Zwaan, D. A. and M. Matieu 1992 Cellular biochemistry and endocrinology. In "The Mussel *Mytilus*: Ecology, Physiology, Genetics and Culture" ed. by Elizabeth, G., Elsevier, London, pp.223-307
- 関口英夫・石井 亮 2003 有明海の環境異変－有明海のアサリ漁獲量激減の原因について－. *海の研究*, 12: 21-36
- 松井繁明 2002 有明海北東部漁場におけるタイラギの資源変動. *福岡水技セ研報*, 12: 29-35
- 富永 敦 2008 親テナガエビが生存可能な溶存酸素濃度. *茨城県内水試研報*, 41: 15-23
- 中村幹雄 1997 宍道湖におけるヤマトシジミと環境との相互関係に関する生理生態学的研究. 北海道大学大学院博士論文
- 川原逸朗・伊藤史郎 2003 2000, 2001年夏季に有明海北東部漁場で発生したタイラギの斃死－1発生状況. *佐賀水研報*, 21: 7-13
- 山元憲一・半田岳志・西岡 晃 2006 リシケタイラギの換水に及ぼす低酸素の影響. *水産増殖*, 54: 319-323
- 秋本恒基・林 宗徳・岩淵光伸・山元憲一 2004 リシケタイラギの致死酸素飽和度. *水産増殖*, 52: 199-200

Summary

This study examines the effect of repeated hypoxia on up and down movement behavior and their survival of pen shell (*Atrina lischkeana*). Pen shells (shell length ca. 13.1 cm) were collected from Ariake Sea, Japan and placed in plastic chamber (120 L volume) filled with washed sand (diameter 0.5 mm) at 20 cm depth. The pen shells acclimated were exposed to repeated hypoxia (DO<0.5 mg/L; 6 hours at one day; for 31 days) by bubbling with N₂ gas. Before and after the exposure of hypoxia, height of shell at top from bottom was measured. As a result, move up behavior was observed under hypoxia, and shell sinking behavior under aerobic conditions. However, movements of shell at hypoxia and aerobic conditions were decreased from the 3rd day of exposure, and finally all pen shell were died at day 31st of exposure. Thus, we could conclude that pen shell become weak, decreased their move up and down behavior, and then finally died by repeated exposure of hypoxia.