

無酸素環境中におけるアサリの濾水機能の変化について

徳島大学	学生会員	○青木菜摘	徳島大学大学院	正会員	上月康則
徳島大学大学院	正会員	山中亮一	徳島大学大学院	学生会員	鴨狩諒
徳島大学	学生会員	山下勇也	ガタガール	非会員	松重摩耶

1. 緒論

アサリは、水産有用種であることと、摂餌活動による高い水質浄化能を有する二枚貝であるために、保全対象とされる生物である。その一方で、貧酸素、無酸素化によって大量に死亡することもある。アサリの生息する浅海域では、水温、塩分などが大きく変動し、これまでも塩分 10psu 以下¹⁾、水温 30℃以上²⁾となると生存に不適であると言われている。本研究では、塩分と水温の複合的な気象要素に加え、無酸素化といった影響が作用した場合のアサリへの影響について、検討することとした。

2. 実験方法

1) **アサリの貝殻の開閉距離測定方法**：アサリの貝殻にホールセンサーと磁石を装着し、貝殻の開閉によって変動する電圧を測定した。その後、測定した電圧を開閉距離に換算した³⁾。

2) **アサリの行動の分類方法**：アサリは貧酸素・無酸素化では、体内物質を使用し嫌気代謝を行うことで生命に必要なエネルギーを得ている。長期間貧酸素・無酸素化が継続すると、体内物質が枯渇し、開殻筋の機能を低下させ、貝殻の開閉に影響を及ぼす⁴⁾。上月ら³⁾は、貝殻の開閉距離の変化に着目し、アサリの行動を図

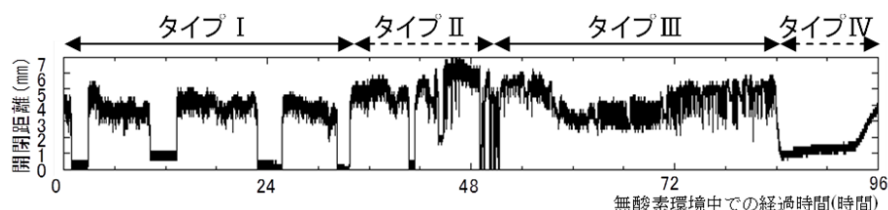


図1 アサリの貝殻の開閉距離波形

1 のように、タイプ I (貝殻を繰り返し開閉する)、タイプ II (大きく水管と斧足を出し、殻を完全に閉じない)、タイプ III (水管と斧足を出し、もがく)、タイプ IV (死亡) と 4 つに分類している。ここでもこの 4 つのタイプに区分し、考察した。

3) **アサリのろ水量の測定方法**：広口 T 型瓶 300ml に *Skeletonema costatum* を赤潮と同程度となるように加え、水温 25℃に調整した。その後、容器にアサリを入れ、水管を出し始めてから 1 時間後まで 15 分間隔で蛍光量を測定し、ろ水速度を算出した。なお、2 時間経過しても水管を出さなかった個体については計測不可とした。

4) **実験方法**：大阪湾湾奥にあって、貧酸素化や、ときには青潮も発生する、兵庫県西宮市御前浜での 2014 年と 2015 年 2 年間分の夏季の連続水質データから、塩分と水温の頻出時間と貧酸素化した時間を求めた。その中から比較的発生確率が高い、水温、塩分条件の 7 つ (①25℃・10psu, ②25℃・15psu, ③25℃・20psu, ④25℃・25psu, ⑤25℃・30psu, ⑥30℃・30psu, ⑦35℃・30psu) を選び、それを実験条件とした。水温はヒーターによって、DO は窒素ガスでの曝気によって 0.05mg/L 以下に整えた。1 回の実験には 7 個のアサリを用い、それぞれのアサリの貝殻の開閉距離の連続観測を行い、24 時間ごとにろ水速度を測定した。

3. 結果および考察

1) 御前浜での水温塩分条件の発生確率

当海浜では、夏期には、塩分は最高 32.9psu、最低 5.4psu、水温は最高 34.3℃、最低 19.2℃となっており、2 年間共に、水温 20～25℃、塩分 30～35psu となることが多かった。貧酸素化は、水温 25～30℃、塩分 25～30psu となるときに発生する確率が高かった。貧酸素化が、塩分や水温がやや低い時に比較的好く起こっているのは、表層の海水の密度が大きくなり、表層の海水と底層の無酸素水塊とが混合するためである。実際に、貧酸素化は成層の崩れる秋期に長時間生じ、時には青潮も発生していた。

表 1 2014 年, 2015 年 7~10 月の御前浜での水温塩分条件における貧酸素化時間の割合

水温(°C)\塩分(psu)	10 以下	10~15	15~20	20~25	25~30	30~35
20~25	9.5/577	9/50.5	11/64.5	20.5/184	95.3/382	262/1311
25~30	153/709.5	0/67.5	16/290.5	60.5/536.5	189.5/822.5	147/469
30~35	1/37.5	0/56	2.5/65.5	1/33.5	4/57	0/0

2) アサリに及ぼす複合的要因

図 2 に水温 25°C におけるアサリの Kaplan-Meier 生存曲線を示す。結果より、無酸素環境中では 60 時間を超えると死亡する個体が現れ、100~140 時間の間に 7 個体全ての個体が死亡した。倉茂ら⁵⁾によれば、塩分が約 15psu となると 5 日後程度からへい死する個体が見られたとあり、ここでも 10, 15psu の系では、早期に死亡するようにも見られるが、塩分の違いによる有意な差は見られなかった (Log-rank test, $P>0.05$)。

図 3 に、塩分 30psu におけるアサリの生存曲線を水温別に示す。この図より、水温が高いほど生存時間が短くなることが明瞭にわかる (Log-rank test, $P<0.01$)。以上により、アサリは高水温時に無酸素化が発生すると、貧酸素耐性は著しく失われることがわかる。特に、35°C 環境中では、酸素飽和環境であっても死亡する個体が見られた。御前浜では、30°C 以上となることは年間に 50~200 時間と限られるが、この時に貧酸素化することもみられた。

図 4 に、アサリの行動タイプ別にろ水速度をまとめた。アサリはタイプⅢの行動を示すようになるとろ水速度はストレスを与える前の 1/4 程度にまで低下し、タイプⅢはタイプⅠ、Ⅱと比較して有意な差が見られた。 (Tukey test, $P<0.01$)。このことよりアサリは死亡する前にろ水機能に大きな障害を起こすことがわかった。タイプⅠ、Ⅱとなる時間は、死亡するまでの時間の $49\pm 8.7\%$ と約半分の時間で生じていた。アサリは貧酸素化後に生残しても、長期間にわたってろ水機能に障害を起こし、死亡することが知られている⁶⁾が、本研究ではその発生時期を把握することができた。

4. 結論

アサリは、水温が 30°C 以上になると、無酸素環境の影響をより強く受けることがわかった。水温 35°C では酸素飽和環境にあっても死亡する個体が見れ、これに無酸素化の影響が加わると 1 日中に多くの個体が死亡することがわかった。一方、塩分の影響は明確には見られなかった。また、ろ水速度は貝殻の開閉行動のタイプⅢになると大きく低下することがわかった。

参考文献

- 1) 松田正彦：低塩分がアサリの生残、血リンパ浸透圧および軟体部水分含量に与える影響、水産増殖, Vol. 56, No. 1, pp127-136, 2008,
- 2) 平野慶二ら：諫早湾のアサリ養殖場における夏季大量へい死対策：底層溶存酸素の改善試験、水産工学, Vol.47, No.1, 53~6, 2010,
- 3) 上月康則ら：貧酸素・無酸素化した海水中でのアサリの行動に関する考察、土木学会論文, B2(海岸工学), Vol.71, No.2, 2015,
- 4) 武田忠明ら：環境ストレス負荷によるホタテガイ *Mizuhopecten yessoensis* の活力低下と開殻筋 ATP およびアルギニンリン酸含量の関係、日本水産学会誌, 80(5), 753-760, 2014,
- 5) 倉茂栄次郎：海水塩分の変化に対する朝鮮産アサリの抵抗性、日本海洋学会誌, Vol. 1, No. 1-2 pp.29-43, 1942,
- 6) 上月康則ら：貧酸素によるアサリのろ水機能への後遺障害に関する研究、土木学会論文集 B2 海岸工学, Vol. 67, No. 2, pp1006-1010, 2011,

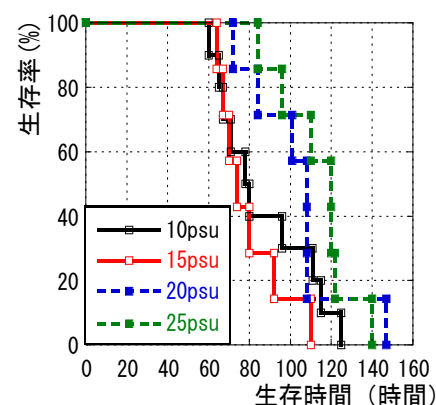


図 2 生存曲線

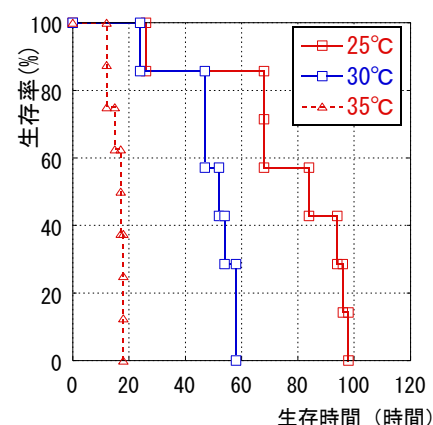


図 3 生存曲線

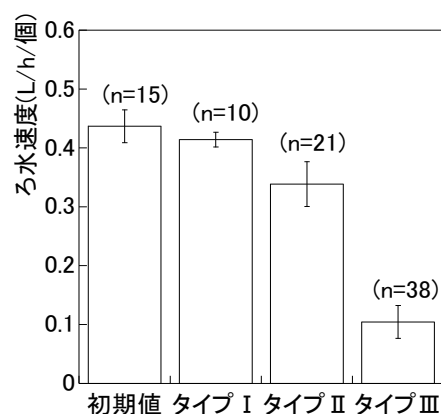


図 4 行動タイプ別ろ水速度