

ヤマトシジミの大量斃死機構に関する基礎的研究 I

相崎守弘¹・高橋 愛¹・山口啓子¹

Study on the mechanism of the large amount death of *Corbicula japonica* I

Morihiro Aizaki¹, Ai Takahashi¹ and Keiko Yamaguchi¹

Abstract: *Corbicula japonica* is a typical bivalve in blackish water environment in Japan and is an important resource in fishery. It is also importance for nutrient circulation in blackish water ecosystem. *C. japonica* has a high ability to tolerate the anoxic condition and adapt to wide range of salinity concentration. However, a large amount death of *C. japonica* occurred in 1997 in Lake Shinji, a representative lake for fishery of *C. japonica* in Japan. We considered that there are causes for this large amount death in addition to the final deterioration in their health conditions.

For this study, several containers with different set of population densities of *C. japonica* were submerged in Ohashi River, an outflow of Lake Shinji, from the early August to the end of October. Death rate in each container, tolerance ability and filtration rate of *C. japonica* were collected periodically from each container. The following results were obtained: 1) The death rate increased in high population density of *C. japonica*. 2) The filtration rate decreased in high population density of *C. japonica*. 3) The tolerance ability for an anoxic condition decreased in high population density of *C. japonica*. 4) These effects occurred in the population of over 2000 ind./m² of *C. japonica* with ca. 2 cm length of shell size. 5) Tolerance ability for anoxic condition increased when water temperature decreased under 20°C, and little dead shells were observed in October. 6) The rapid decrease in dry flesh weight of *C. japonica* was observed before the decrease of tolerance in anoxic condition, with increase in number of death of *C. japonica*. It is concluded from these results that the health condition of *C. japonica*, such as the decrease of flesh weight, seemed to be an important factor for decrease in tolerance, and over population of *C. japonica* in Lake Shinji before the large amount death in 1997 was considered to be one of the cause of this phenomena.

Key words: *Corbicula japonica*, Lake Shinji, large amount death, population density, anoxic tolerance

1. はじめに

島根県にある宍道湖は日本を代表する汽水湖であり、ヤマトシジミの生産量は全国 1 位である(中村, 2000)。ヤマトシジミは水産資源として重要なこと

は言うまでもないが、近年水質保全の上でも重要な役割を果たしていることが明らかにされている(中村(由)ら, 1998; Nakamura *et al.*, 1988)。ヤマトシジミはろ過摂食により、湖水から植物プランクトンを直接体内に取り込み消化分解して排泄している。

¹ 島根大学生物資源科学部 Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University, Matsue 690-8504, Japan
E-mail:aizaki@life.shimane-u.ac.jp

1 個体が毎時 0.2 リットルの湖水をろ過する能力を持ち、宍道湖の湖水は単純計算では 3 日に 1 度ヤマトシジミの体内を通過している(相崎ら, 1998; 相崎・福地, 1998)。

この宍道湖を代表するヤマトシジミが 1997 年の夏季に大量斃死を起し、漁業に対して重大な被害を与えたばかりでなく、環境へも大きな影響を与えた。この大量斃死は宍道湖のヤマトシジミ現存量の 74% にもおよび、また全域にわたって被害を受けていた。従来、貧酸素水塊の影響を受けて水深の深い部分でヤマトシジミが斃死する現象は見られていたが、今回の斃死は水深の浅いところでも生じており、従来とは異なった初めての現象である(島根県水産試験場三刀屋内水面分場, 1998)。

島根県内水面水産試験場ではこの大量斃死の原因として、消去法により台風によってもたらされた多量の浮泥によるものと結論づけた(島根県水産試験場三刀屋内水面分場, 1998)。しかしながら、ヤマトシジミは本来懸濁物を排泄する高い能力を持っており、また状況が悪いときには殻を閉じてしばらくの間は回復するまで耐えることができる能力を持っている。したがって、直接的な原因は浮泥にあるにしても、間接的には抵抗力の低下した状態に置かれていたことが原因と考えられる。我々は、ヤマトシジミを使った水質浄化実験を行っているが、1998 年夏季に実験水槽の水が停止してしまい、生息密度の高い水槽など条件の悪かった水槽では全滅したが、停止前の環境の良かった水槽では大半が生き残ったという現象を体験している(前田ら, 2000)。このことから、ヤマトシジミの斃死には直接的な原因の他に、事前の健康状態が重要であり、健康状態によって耐性が変化してくるものと考えた。

そこで事前の健康状態が無酸素耐性に与える影響を調べる目的で、ヤマトシジミの生息密度を変化させた条件のコンテナを作り、大橋川に浸漬し、無酸素耐性とろ過活性や軟体部重量変化などについて調査した。

2. 実験方法

2.1 大橋川における調査

生息密度がヤマトシジミの斃死や無酸素耐性及び生理活性に与える影響を調べる目的で、大橋川に生息密度を変えたコンテナを浸漬し、実験を行った。実験期間は 1999 年 8 月初旬から 10 月下旬までの約

表 1 実験条件.

Table 1 Experimental Conditions.

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
Number of <i>C. japonica</i> /Container	200	300	400	600	800
Density of <i>C. japonica</i> (Ind./m ²)	1000	1500	2000	3000	4000

3 ヶ月間行った。内寸 470×400×225 mm のコンテナを 6 つ用意し、砂とヤマトシジミを入れ、大橋川の川辺に浸漬した。砂は宍道湖鳥ヶ崎の沿岸部で採取し、コンテナの底から約 10 cm の厚さになるように入れた。また、ヤマトシジミは宍道湖西部湖岸で採取したのものを使った。殻長は約 20 mm、湿重量は 2.7±0.4 g のものを用いた。生息密度は 1 m² 当たりの個体数として、No.1; 1,000, No.2; 1,500, No.3; 2,000, No.4; 3,000, No.5; 4,000(表 1)とした。また、コンテナは岸に近い方から No.4, No.1, No.2, No.3, No.5 の順で設置した。コンテナを設置した付近は岸辺にはヨシが茂っており、そのため水の流れは妨げられた。No.5 を設置した付近はちょうどヨシ帯が切れる付近で水の流れはよかったが、一番岸よりの No.4 のコンテナ付近は流れが特に悪かった。

週に 1 回の頻度で、各実験系からヤマトシジミを 20 個体ずつ採取し、研究室に持ち帰り実験を行った。ただし、No.1 については、個体数が少なく影響が出やすいためコンテナを 2 つ用意し、10 個体ずつ採取した。同時に、多項目水質計(水質チェッカー U-10, 堀場製作所)を用いて水温、溶存酸素(DO)、塩分濃度を測定した。また、実験系毎にヤマトシジミの斃死個体数の計数を行った。各実験系で計数された斃死個体数から累積斃死率を算出した。斃死個体の計数はコンテナを引き上げて確認し、開殻した状態のものを死貝とした。死貝はその都度コンテナから取り除いた。

2.2 ろ過速度の測定

1 リットルの広口ガラス瓶にヤマトシジミ 10 個体と試水 1 リットルを入れ、ふたをしない条件で培養した。底質は入れなかった。試水のみを入れたものをコントロールとした。実験容器は、20℃ に設定した恒温槽に保持し、暗条件下で 90 分間静置した。実験に先立ち、ヤマトシジミを設定水温で最低 1 時間馴化させた。実験に用いた試水は堀川から実験の当日に採水したのものを用いた。堀川は宍道湖の湖水が導水され、汽水環境になっているが、家庭排水等の流入により宍道湖に比べて汚濁した水質となっている。

実験開始時と実験終了時(90分後)に試水を300 mlずつ採取し、懸濁物質(SS)濃度、濁度、アンモニア態窒素(NH₄-N)濃度を測定した。試水はサイフォンを用いて、糞や擬糞が混入しないように注意しながら取水した。懸濁物質(SS)濃度は、ガラスフィルター(GF/F)でろ過後、105℃で乾燥させて重量を測定し求めた。濁度は携帯濁度計(Hach社、2100 P型)を用いて測定した。NH₄-N濃度はオートアナライザー(ブラン・ルーベ社、AA II型)を用いて分析した。実験に用いたヤマトシジミは、実験終了後、殻長及び湿重量を測定し、軟体部について60℃、24時間で乾燥させて軟体部乾燥重量を求めた。

懸濁粒子のろ過速度の測定は、経時変化の測定で藻類現存量が実験開始から90分までは直線的に変化している結果(相崎ら, 1998)を基に、その時間内での変化量から求めた。ろ過速度はヤマトシジミがろ過摂食、または呼吸のため一定時間に体内に通した水のろ過水量であり、懸濁粒子の除去速度と異なり、試水の初期の濃度に影響を受けない。したがって、ヤマトシジミの生理活性の指標として優れている。ヤマトシジミのろ過速度は以下の式にしたがって計算した(Nakamura *et al.*, 1988)。

$$F = (V/t) [\ln(C_{(0)}/C_{(t)}) - \ln(Cb_{(0)}/Cb_{(t)})]$$

V: 試水の量(L), t: 培養時間(h), C₍₀₎: ヤマトシジミを入れた容器内での実験開始時における懸濁粒子濃度(mg/l), C_(t): ヤマトシジミを入れた容器内でのt時間後における懸濁粒子濃度(mg/l), Cb₍₀₎: コントロール系の実験容器内での実験開始時における懸濁粒子濃度(mg/l), Cb_(t): コントロール系の容器内でのt時間後における懸濁粒子濃度(mg/l)を表す。

図1に示すように、本実験においてSS濃度と濁度との間には高い相関が得られ、濁度からほぼ正確なSS濃度を推定することが可能となった。そこで、本実験ではろ過速度を算出する際、濁度からSS濃度を換算して用いた。

2.3 無酸素耐性実験

ろ過速度の測定実験と同様な条件で、容器の上部まで試水を満たし、試水を無酸素状態にした後、ふたをして暗条件下の恒温槽で保持した。ただし、各実験系について、ろ過速度の測定に用いたヤマトシジミとは別の10個体を用いた。無酸素の試水は、溶解酸素(DO)がDOメーターで検出されなくなる(0.05 mg/l以下)まで窒素ガスを充分吹き込んで

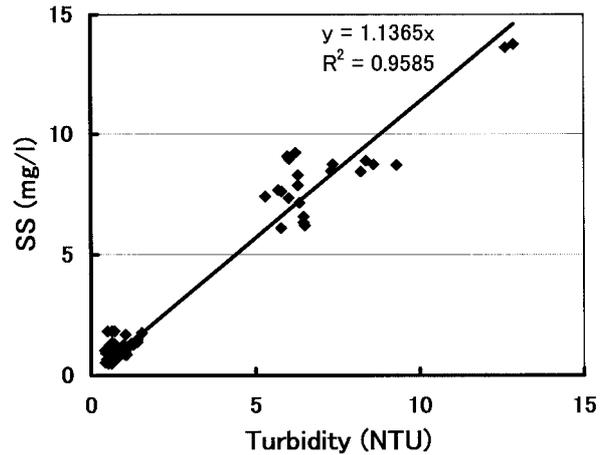


図1 濁度とSS濃度の関係。

Fig.1 Relationship between turbidity and SS concentration in experimental waters.

作った。生死の判定は、開殻した状態のものを死貝とした。毎日一定時刻に観察し、半数致死日数を調べ、生息密度の違いによる無酸素耐性の違いを調べた。

3. 結果

3.1 大橋川に浸漬したコンテナにおけるヤマトシジミの斃死状況

実験期間中の水温、DO濃度及び塩分濃度の変化を図2に示す。水温は8月26日の29.3℃をピークに次第に低下した。9月20日までは25℃以上であったが、10月18日以降には20℃以下となった。DO濃度は3.07~7.06 mg/lと、極端な貧酸素化は見られなかった。塩分濃度は3.6~10.1 psuと、極端な低塩分化、高塩分化は見られなかった。

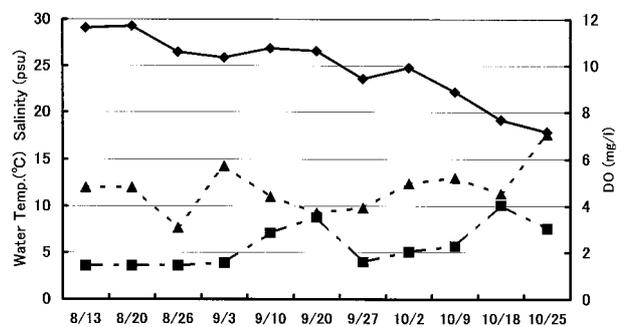


図2 大橋川実験地点における水温(◆)、塩分(■)及び溶解酸素濃度(▲)の変化。

Fig.2 Changes in the water temperature, salinity and dissolved oxygen concentrations at experimental site in Ohashi River during the experimental period.

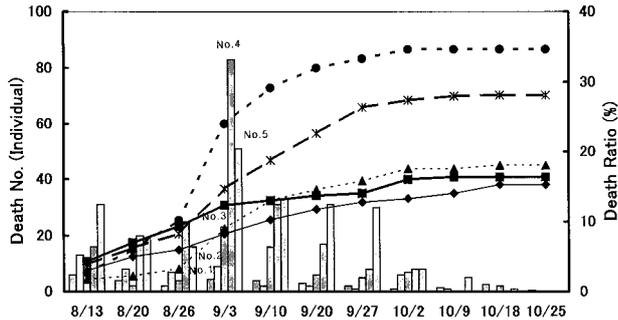


図3 大橋川に浸漬したコンテナでのヤマトシジミの斃死個体数と累積斃死率. (◆) No.1, (■) No.2, (▲) No.3, (●) No.4, (*) No.5.

Fig.3 Death numbers of *C.japonica* and death ratio in the each experimental container submerged in Ohashi River.

図3に大橋川に浸漬した各コンテナでのヤマトシジミの斃死個体数と累積斃死率を示す. 8月中は生息密度の高いNo.4, No.5のコンテナで20個程度の斃死個体が計測されたが, 密度の低いNo.1及びNo.2ではほとんどみられなかった. 9月3日は他の日に比べて多量の斃死個体がみられ, 特にNo.4では83個体という高い値が計測された. また, 9月中はNo.5のコンテナでは30個体程度が毎週死んでいたが, ほかのコンテナではさほど多くの死亡個体は見られなかった. No.4のコンテナでは9月3日に多くの死亡個体がみられたが9月下旬にはあまりみられなくなった. また10月にはいと死亡個体数は減少し10月25日には各系とも0となった. 累積斃死率をみると, 生息密度が2,000個体/m²までの密度では死亡率に大きな違いは見られず, 3,000個体以上で死亡率が高まることが明らかになった. No.4とNo.5を比較すると密度の低いNo.4の方が斃死率が高くなったが, これは9月3日に多量の斃死個体が見られたためであり, そのケースを除けばNo.5の方が死亡個体数が多かった. 9月3日にNo.4で多くの斃死個体が見られたのは, No.4のコンテナがもっとも岸寄りだったため, 水質悪化が激しかったことによるものと考えられた.

3.2 軟体部乾燥重量

大橋川に浸漬したコンテナにおけるヤマトシジミの軟体部乾燥重量の変化を図4に示す. 実験に用いたヤマトシジミは殻長約2cmのものをを用いたが, すべての個体と同じサイズではなかったことから, サイズによる補正を行うため, 殻長1cm当たりの軟体部乾燥重量に換算して示した. 生息密度の高い

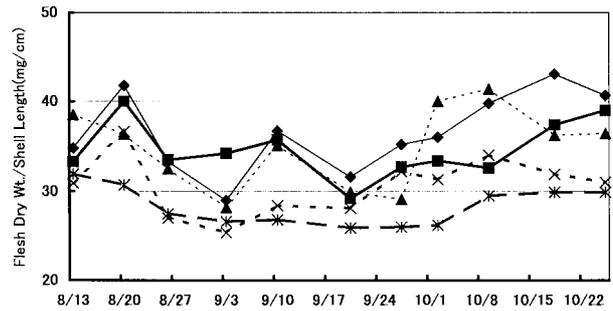


図4 単位殻長当たりの軟体部乾燥重量の変化. (◆) No.1, (■) No.2, (▲) No.3, (×) No.4, (*) No.5.

Fig.4 Changes in the flesh dry weight per unit shell length in each experimental container submerged in Ohashi River.

No.5では実験開始からすぐに重量は低下し, 8月26日には27mgまで低下した. 9月3日に大量の斃死個体が出たNo.4でもその前週の8月26日には軟体部乾燥重量は27mgまで低下しており, その他No.1, No.3でも9月3日には29mgと30mg以下となった. 大量斃死を起こしたNo.4では9月3日の軟体部重量は25mgまで低下した. 生息密度の高いNo.5ではその後も26~27mgの値を維持し, 10月9日になって30mgまで回復した. No.4では9月10日には28mgまで回復しており, 9月27日以降は30mgを超える値となった. No.1, 2, 3では9月3日以外は30mgを越えており, 高いときには約40mgの値を示した.

3.3 ろ過活性

図5にろ過活性の変化を示す. 0.15 l/Ind.・hを中心に変動しており, 生息密度の高いコンテナで変動が激しかった. 8月26日から9月10日までは密度の違いによるろ過速度の差が小さかった. 9月3日には全ての系で実験期間中最も低い値を示し, 斃死個体数が多かったNo.4では0.09 l/Ind.・hと最も低い値を示した. また, 9月3日以降, ろ過速度は回復傾向を示し, 密度の低い系ほど回復率が高かった.

図6に8月13日から9月27日までの実験で得られた各生息密度での平均ろ過速度を示す. No.1およびNo.2の系では平均ろ過速度は0.15 l/Ind.・hと同じであったが, 生息密度2,000個体のNo.3では0.145 l/Ind.・hと少し低下し, 3,000個体および4,000個体のNo.4およびNo.5では, 0.137, および0.135 l/Ind.・hとろ過速度が低下していることがわかった.

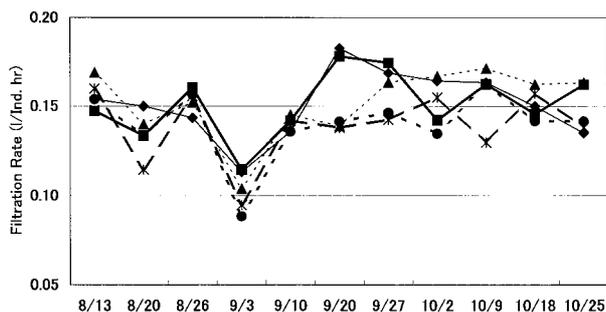


図5 生息密度の異なる各コンテナでのヤマトシジミのろ過速度の変化。(◆) No.1, (■) No.2, (▲) No.3, (●) No.4, (*) No.5.

Fig.5 Changes in the filtration rate of *C.japonica* in each experimental container submerged in Ohashi River.

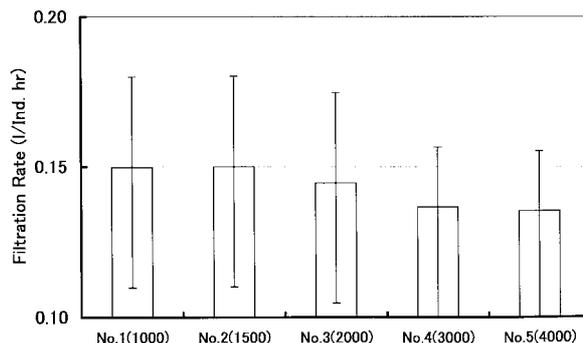


図6 生息密度の異なる各コンテナでのヤマトシジミの平均ろ過速度(8~9月).

Fig.6 Comparison among the mean filtration rates of *C.japonica* during Aug. to Sep. in the each container submerged in Ohashi River.

3.4 アンモニア排出速度

ろ過速度の測定と同時にアンモニアの排出速度についても測定した。その結果を図7に示す。アンモニア排出速度は1~15 $\mu\text{gN/Ind.}\cdot\text{h}$ の間を変動した。実験開始直後と9月27日には低い排出速度であったがその他では5~10 $\mu\text{gN/Ind.}\cdot\text{h}$ 程度の値を示すことが多かった。実験期間の全平均値は7 $\mu\text{gN/Ind.}\cdot\text{h}$ で生息密度とはほとんど関連性が見られなかった。また、排出速度と初期アンモニア濃度および試水のSS濃度との間には何の関係も見られなかった。同様にろ過速度や斃死個体数などとの関連も見られなかった。

3.5 無酸素耐性

表2に無酸素条件下におけるヤマトシジミの半数致死日数を示す。設定水温20℃とした8月13日には半数致死日数は約2週間であったが、8月20日には7~12日になった。特に、No.4で最も短くなった。8月26日のサンプルではすべて9日以上となった。

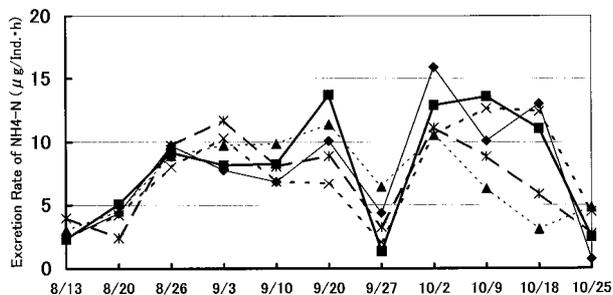


図7 生息密度の異なる各コンテナでのヤマトシジミからのアンモニア排出速度の変化。(◆) No.1, (■) No.2, (▲) No.3, (×) No.4, (*) No.5.

Fig.7 Changes in the excretion rate of $\text{NH}_4\text{-N}$ by *C.japonica* in the each container submerged in Ohashi River.

たところから、9月3日のサンプルでは設定温度を30℃に変更して実験を行ったところ2~3日という短い日数で半数が死亡した。前述したごとくこの日には大橋川に浸漬したコンテナでの死亡率も高かったところから、ヤマトシジミの健康状況はかなり悪かったものと推測される。9月10日以降は設定温度を25℃とし実験した。生息密度の低いNo.1及びNo.2では9月27日に8日程度まで延びその後大きな変化は見られなかったが、No.3, 4, 5では徐々に耐性が回復し、10月になると生息密度による違いは見られなくなった(図8)。

4. 考 察

宍道湖におけるヤマトシジミの大量斃死原因としては、夏場の高水温、台風による塩分の低下、貧酸素化、浮泥によるエラづまりなどが考えられ検討された。その結果、直接的原因は浮泥によるエラ詰まりであるとの結論が得られている(島根県水産試験場内水面分場, 1998)。しかしながら、その他の要

表2 無酸素耐性実験における半数致死日数。

Table 2. Median lethal time (days) in the experiment of anoxic condition.

Date	Exp. Temp.(°C)	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
13 Aug.	20	15	14	15	13	15
20 Aug.	20	9	12	9	7	9
26 Aug.	20	>9	>9	>9	>9	>9
3 Sep.	30	3	3	3	2	3
10 Sep.	25	4	4	4	4	3
20 Sep.	25	4	5	5	5	4
27 Sep.	25	8	9	6	6	6
2 Oct.	25	7	8	7	7	7
9 Oct.	25	8	8	7	8	7
18 Oct.	25	10	9	11	9	10
25 Oct.	25	9	9	10	9	8

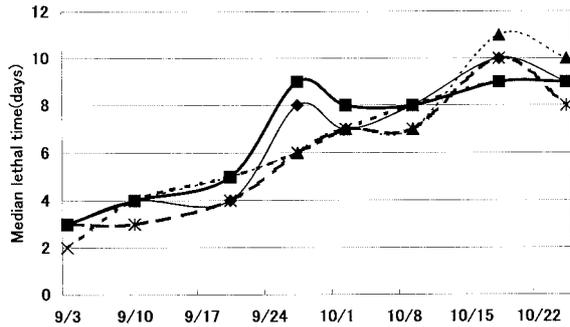


図8 無酸素耐性実験におけるヤマトシジミの半数致死日数の変化。(◆) No.1, (■) No.2, (▲) No.3, (×) No.4, (*) No.5.

Fig.8 Changes in the median lethal days of *C.japonica* in the anoxic tolerance experiment.

因についても可能性が否定されたわけではなく、特に、大量斃死が発生する前にヤマトシジミが異常発生しており、それが原因であると考えられる漁師もいたことが報告されている。図9に内水面水産試験場が推定した宍道湖におけるヤマトシジミの資源量を示す。1982年の夏季には約2万8千トンであった資源量が斃死直前には7万8千トンまで増加しており、それが大量斃死により1万1千トンまで低下している(島根県水産試験場内水面分場, 1998)。1982年の資源量は宍道湖にとって適当な資源量であったと考えられており、このときの個体密度はヤマトシジミのよく生息している0~3mまでの水深で約1,500個体/m²と推定されている(島根県水産試験場内水面分場, 1984)。この値に比べて斃死直前の生息密度は約2.8倍になっているところから、個体数では4,200個体/m²程度の値になっていたものと推測される。この生息密度は実験を行ったNo.5の生息密度とほぼ同じであるが、個体サイズは異なっていると考えられるところから単純には比較できない。しかし、大量斃死が起きる直前に生息密度が異常に高くなっていたことは、今回の実験結果と合わせて考えると、ヤマトシジミの大量斃死の伏線として大きなウエイトを占めるものと考えられる。

生息密度が高くなることにより、ヤマトシジミの無酸素耐性が低下することは図3及び図8から明らかであるが、その原因は明らかではない。ヤマトシジミは無酸素耐性が大きなことで知られており、健康な個体では20℃においては2週間以上生存可能であり、30℃においても半数致死日数は5日程度であることが知られている(中村(幹)ら, 1997)。今回の結果はこのような数字に比べると、20℃で

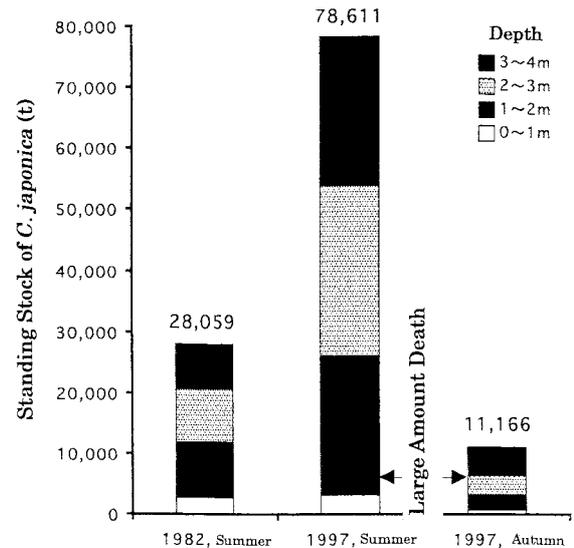


図9 宍道湖における1982年及び1997年の大量斃死前後でのヤマトシジミ現存量の比較(島根県水産試験場三刀屋内水面分場, 1998)。

Fig.9 Comparison among the standing stock of *C.japonica* in 1982 and before and after the large amount death of *C.japonica* in 1997.

測定した8月においても7日程度の半数致死日数がNo.4で測定されており、耐性が低下していたことが分かる。また、大量斃死が起きた9月3日では30℃での測定であったが2~3日という短い半数致死日数であり、ヤマトシジミの無酸素に対する耐性が著しく低下していたことが推測される。

このような無酸素耐性の低下と関連が見られるのは軟体部乾燥重量変化である。図4に示したごとく、大橋川で多くの個体が死亡したNo.4およびNo.5の系では軟体部乾燥重量が殻長1cm当たり25mg程度まで低下し、短期間の内に15%程度の重量減少が見られた。これは高水温における異常代謝が原因か、貧酸素化が生じ嫌気呼吸が起こったためによるものか原因は不明であるが、とにかく急激な重量減少が生じていたことは事実である。生息密度が高いNo.5では、軟体部重量の回復は進まず、その間毎週30個体程度づつ死亡していた。軟体部乾燥重量が30mg以上になった系での死亡個体数は少なく、無酸素耐性実験結果との直接的な関係は見られなかったが軟体部重量減少が無酸素耐性の低下に関係があることが強く示唆された。No.5でも10月になると斃死個体はほとんど見られなくなった。10月に斃死個体が見られなくなった原因としては水温が25℃以下まで低下したことが大きな要因と考えられるが、軟体部重量の回復もその原因の1つと考え

られる。

ヤマトシジミの殻長と軟体部乾燥重量との間には強い相関関係が見られ、大きなシジミほど重量も重くなる。1997年に宍道湖より採取した殻長2 cmのヤマトシジミの軟体部乾燥重量の平均値は77.1 mgであった⁴⁾。1 cmあたりでは39 mg程度に相当する。夏季における健康なヤマトシジミの軟体部乾燥重量は明らかでないが、今回の実験結果から考え合わせると殻長2 cm程度の個体では70~80 mg程度ではないかと推測される。今回の実験からはこの値が60 mgを低下すると危険な状態になり、50 mgまで低下するとかなり深刻であることが示唆された。しかし、単に重量だけが問題なのではなく、重量変化が重要である可能性も考えられる。重量変化の重要性に関しては次報で報告する。ヤマトシジミは殻長の他、殻高、殻幅などの測定が可能であり、体積として算出が可能である。軟体部重量を殻のサイズで補正する場合、体積当たりで補正した方がより精度が向上するものと考えられる。

軟体部重量がヤマトシジミの健康状況の指標として重要なことが示唆されたことから、今後の検討課題として健康な状況にあるヤマトシジミの軟体部重量が環境変動によりどのように変化するかを調査する必要がある。

その他、貧酸素耐性の変化に対応する活性として、ろ過活性及びアンモニア排出活性について調べた。その結果、貧酸素耐性が低下した9月3日にはろ過活性も著しく低下したが、その他の日については明確な関係は見られなかった。但し、平均的に見ると生息密度の高い系での個体当たりのろ過活性は低下しており、これは軟体部重量の低下や貧酸素耐性の低下の原因と結びつく可能性は高い。アンモニア排出速度に関しては、その変化の要因について明確にすることは出来なかった。

5. 摘 要

汽水域におけるヤマトシジミは漁業のみならず物質循環の上でも重要な役割を果たしている。ヤマトシジミは貧酸素耐性が高く、また広範囲の塩分濃度に適応できる能力を持っている。しかしながら、1997年に宍道湖において大量斃死が生じ、約74%が死滅したと報告されている。本研究では、ヤマトシジミの大量斃死には直接的原因の他に間接的な要因としてヤマトシジミの健康状況が重要な影響を及ぼしていると考え、実験を行った。実験はヤマトシジミ

の生息密度を変えたコンテナを大橋川に浸漬し、そこでの斃死率の調査、無酸素耐性実験及びろ過活性の測定を行った。その結果、以下のことが判明した。1) 生息密度が高まると斃死率が増加した。2) 生息密度が高まるとろ過活性が低下した。3) 生息密度が高まると無酸素耐性が低下した。4) 殻長2 cm程度のヤマトシジミの場合、2,000 個体/m²以上の生息密度になると影響が現れた。5) 水温が20℃以下に低下すると影響は見られなくなった。6) 軟体部重量の急激な減少の後に、無酸素耐性の低下や多数の死亡個体が見られた。

これらの結果から、ヤマトシジミの無酸素耐性の低下には軟体部重量の減少が重要な要因として関与していることが示唆され、高密度の生息環境は耐性の低下に関係していることが判明した。大量斃死前の宍道湖でのヤマトシジミの高い生息密度が、大量斃死を引き起こした要因として重要であることが示唆された。

6. 引用文献

- 相崎守弘, 森岡美津子, 木幡邦夫 (1998) ヤマトシジミを利用した汽水域の水質浄化に関する基礎的研究, 用水と排水, **40**: 142-147.
- 相崎守弘・福地美和 (1998) ヤマトシジミを用いた汽水性汚濁水域の浄化, 用水と排水, **40**: 894-898.
- 島根県水産試験場三刀屋内水面分場 (1984) 赤潮対策技術開発試験報告書, 島根県, 87 p.
- 島根県水産試験場三刀屋内水面分場 (1998) 宍道湖におけるシジミ大量へい死対策緊急調査報告書, 75 p.
- 中村幹雄編著 (2000) 日本のシジミ漁業—その現状と問題点, たたら書房, 265 p.
- M. Nakamura, M. Yamamuro, M. Ishikawa, H. Nishimura (1988) Role of the bivalve, *Corbicula japonica*, in the nitrogen cycle in mesohaline lagoon, *Marine Biol.*, **99**: 369-374.
- 中村幹雄・品川明・戸田顕史・中尾繁 (1997) ヤマトシジミの貧酸素耐性, 水産増殖, **45**: 9-15.
- 中村由行, F. Kerciku, 井上徹教, 二家本晃造 (1998) 汽水湖におけるヤマトシジミの水質浄化機能に関するボックスモデル解析, 用水と排水, **40**: 18-26.
- 前田伊佐武, 相崎守弘, 山口啓子, 藤田直樹 (2000) 汽水湖水を連続供給した屋外実験水槽でのヤマトシジミの水質浄化能に関する研究, 水環境学会誌, **23**: 716-720.