

摘要

島根県宍道湖において、ヤマトシジミの漁場環境特性、分布、生理的環境耐性能力とその生化学的適応機構を調べ、ヤマトシジミの生理生態的特性と生息環境との相互関係を明らかにした。

ついで相互関係の結果に基づき、特に漁場環境保全と改善策について検討した。以下に得られた結果を要約する。

第1章 宍道湖の環境特性

近年10年間(1986~1996年)の水質および動・植物プランクトンのデータをもとに宍道湖の水質環境の特性を明らかにした。

1) 塩分量の10年間の平均値は表層水で3.6psu、底層水で6.1psuであった。また、季節的变化はみられないが空間的变化幅は大きく、底層水の最大値は19.5psu、最小値は0.9psuであった。

2) 塩分躍層は水深4~5mに形成され、塩分差が小さく鉛直混合が起きやすい。

3) 底層水のDO濃度は夏期の塩分躍層の形成時に減少した。

4) 動物プランクトンは汽水産である *Sinocalanus tenellus*、*Copepoda nauplius*、*Keratella craciformis* の順で卓越した。植物プランクトンは塩分濃度の高いときは珪藻類の *Cyclotella* sp. が優占し、低いときはらん藻類の *Microcystis incerta* が優占した。

第2章 生態分布

第1節 底質とマクロベントス群集

1) 湖底はDO濃度が高く、塩分濃度、泥含有率、強熱減量(IL)、CODそして硫化物量が低い湖棚部と、DO濃度が低く、塩分濃度、泥含有率、IL、CODそして硫化物量が高い湖底平原部とに二分された。

2) マクロベントス群集は、種数が23種であり、ヤマトシジミが全個体数の51.36%、全重量の99%以上を占める優占種であった。

3) 主要ベントス種のヤマトシジミとゴカイは沿岸部の砂泥底、ヤマトスピオ *Notomastus* sp. 及び *Tubifex* sp. は湖底平原の泥底を中心に分布していた。

4) マクロベントス群集はA~Dの4つの群集型に分類された。それぞれの群集型の優占種は、A群集型がヤマトシジミ、B群集型がヤマトスピオ、C群集型がユスリカとイトミミズ、D群集型が *Notomastus* sp.、ユスリカおよびヤマトスピオであった。

5) ヤマトシジミの優占するA群集型は底質粒度が粗く有機物量の少ない湖棚に、B群集型、およびC、

D 群集型は底質粒度が細かく有機物量の多い湖底平原に分布していた。

第2節 ヤマトシジミの生態分布と底質環境

- 1) ヤマトシジミの水平分布は季節に関係なく水深3~4m以浅の湖棚であった。
- 2) ヤマトシジミの垂直分布は表面からの深さ2cmまでに夏では83.9%、冬では12%の生息が確認された。
- 3) ヤマトシジミの生息密度が1,000個/m²以上の好適環境範囲は水深3.5m以浅、DO飽和度80%以上、強熱減量5%未満、CODが5mg/l未満、シルト・粘土含有率10%未満であった。
- 4) ヤマトシジミの分布密度とシルト・粘土含有率、強熱減量、水深との相関係数はそれぞれ-0.63、-0.59、-0.56であった。

第3節 生息を制限する環境要因

- 1) 累積曲線法により抽出されたヤマトシジミの生息を制限する環境要因は、底質の粒度組成（シルト・粘土の含有率）であった。
- 2) 同様に、*Neanthes japonica* は底質の粒度組成、*Notomastus* sp.は塩素量、*Prionospio japonica* はDO濃度が制限要因として抽出された。

第4節 ヤマトシジミが宍道湖の窒素循環に果たす役割

- 1) ヤマトシジミが1日で取り込む窒素の量は29.7t、糞・疑糞としての排泄量が8.7t、尿としての排泄量が5.2tである。
- 2) ヤマトシジミの漁獲によって宍道湖より取り出される窒素の量は1日に0.2tであった。
- 3) 宍道湖への無機態・有機態窒素の流入量、湖内での植物プランクトンによる有機窒素の生産量、底土から溶出する窒素の量は、それぞれ5.7t、17.5t、32tと見積もられた。

第3章 環境耐性

宍道湖産ヤマトシジミの主要な環境要因で、変化が大きく生存に大きな影響のある環境要因に対する耐性を明らかにした。

第1節 ヤマトシジミの塩分耐性

- 1) ヤマトシジミの体液塩分は環境水の塩分とほぼ等しいことから、この種は浸透圧順応型で、0~35psuの変化に耐え得る広塩性型であった。
- 2) 宍道湖での水温範囲で生息可能な塩分濃度は1.5psu~22psuであった。

3) 22psu 以上の高塩分域では水温の上昇に伴い、塩分耐性が弱くなった。

4) 高塩分耐性は、成貝より稚貝の方が弱かった。

第2節 ヤマトシジミの水温耐性

1) 24時間以内の100%生存可能な温度範囲は0~35℃であった。

2) 30日間の生息可能な上限温度は32℃であった。

3) 高温域への急激な温度変化は生残に重大な影響をおよぼす。また、高温環境に馴致させた場合、生息限界温度が上昇した。

4) 成貝と稚貝の水温耐性は、ほぼ同程度であった。

第3節 ヤマトシジミの貧酸素耐性

1) 水温により貧酸素耐性の強さは大きく変化した。無酸素状態でも20℃までは死亡しないが(17日間)、30℃では、成貝でLT₅₀が8日、LT₁₀₀が10日であった。

2) 成貝と稚貝の無酸素耐性には顕著な違いはなかった。

3) 水温28℃において、長期間(30日間)では、DO濃度1.0mg/ℓ以下で生存に影響があるが、1.5mg/ℓ以上では影響を受けなかった。

第4節 ヤマトシジミの硫化水素耐性

1) 成貝と稚貝では硫化水素耐性に大きな違いは見られなかった。

2) 硫化水素に対する耐性時間は水温条件が同じであればその濃度が高いほど短くなる。

3) 硫化水素耐性の強さは水温の影響を強く受け、高水温時に耐性が弱くなった。低水温(18℃)40日間では、硫化水素濃度が7mg/ℓ以下では50%以下の死亡であったが、高水温(28℃)では、3mg/ℓ以上の濃度で14日以内に100%が死亡した。

4) 水温28℃、40日間において、硫化水素濃度1mg/ℓ以上で死亡への影響があるが、0.5mg/ℓ以下では影響を受けなかった。

5) 硫化水素耐性は、これまで報告された他の生物種と比較して強い。

第5節 汽水産二枚貝4種の環境耐性

1) 中海・宍道湖の汽水産二枚貝のヤマトシジミ、サルボウ、アサリ、ホトトギスガイの水温耐性は、4種とも30℃までは影響が無く、34℃での耐性は、ヤマトシジミが最も強く、ホトトギスガイ、サルボウ、アサリの順に弱くなった。

2) 塩分耐性は、ヤマトシジミが淡水側に耐性が強く、20psu以上に生息限界濃度があった。サルボウ、アサリ、ホトトギスガイは海水側に強く、5psu以下では生存に影響があった。

3) 貧酸素耐性の強さは、ヤマトシジミ、サルボウ、アサリ、ホトトギスガイの順であった。特にヤマト

シジミは強く、ホトトギスガイは弱かった。

4) 硫化水素耐性の強さは、貧酸素耐性と同様に、ヤマトシジミ、サルボウ、アサリ、ホトトギスガイの順であった。

5) 中海にアサリ、サルボウ、ホトトギスガイが生息し、宍道湖にヤマトシジミのみが分布するのは、それぞれの種の水溫耐性と塩分耐性が影響し、4種の生息密度は貧酸素と硫化水素が重要な制限要因となっている。

第4章 塩分変動に対する適応

本章では、細胞内浸透圧調節因子とされる有機物中、特に重要な物質である遊離アミノ酸を中心に、環境水の塩分変化に対応した生体内での変動を調べた。

第1節 水槽実験での体内成分の変化

1-1 異なる塩分濃度で24時間馴致したときの生体成分の変動

1) ヤマトシジミの水分含量は環境塩分濃度の増加に伴い減少した。

2) エキス窒素量は塩分濃度の上昇に伴い顕著に上昇し、ヤマトシジミ体内の窒素成分含量が環境水の塩分濃度に影響された。

3) 0~10psuまでの塩分変動に対し、ヤマトシジミはアラニン(D,L体)が主に細胞内浸透圧調節物質(オズモライト)として働き、次いでプロリン、グリシン、グルタミン酸および γ -アラニンが寄与した。

4) グリシンにおいて、オスで浸透圧調節への寄与度が高く、メスで低い傾向を示した。他の成分については顕著な性差は認められなかった。

1-2 淡水に馴致したときの生体成分の経時変化(低浸透圧調節における遊離アミノ酸の応答)

1) ヤマトシジミの体液塩分は淡水馴致直後から6時間目まで急激に減少したが、それ以降ほぼ一定の値で推移した。

2) 水分含量は雌雄とも淡水馴致直後から2時間目まで急激に上昇した。以後6時間目まで緩やかな上昇が続き、6時間目以降わずかな減少が観察された。

3) エキス窒素量は淡水馴致後2時間目まで著しく減少した。2時間以降24時間目までは緩やかな減少が観察され、体液塩分濃度の変化と同様の傾向を示した。

4) 淡水馴致における遊離アミノ酸の変動では、アラニンの変動が大きく、主要なオズモライトと推定された。次いでグリシンとグルタミン酸が浸透圧調節に寄与していると判断された。他のアミノ酸は顕著な減少は認められなかった。

5) 成分変動の性差では、オスでグリシンが顕著に減少し、浸透圧調節の寄与度がメスより高いことが確

認された。

1-3. 淡水から汽水（5 および 10psu）に馴致したときの生体成分の経時変化（高浸透圧調節における遊離アミノ酸の応答）

1) 淡水から汽水に移行したときのヤマトシジミの体液塩分は速やかに対応し、汽水馴致後約 2 時間で環境水とほぼ等浸透になった。

2) 水分の変動は馴致塩分の濃度により減少速度に違いがみられた。

3) エキス窒素量は汽水馴致後 6 時間まで速やかに増加し、以後 24 時間まで緩やかな上昇傾向を示した。変動速度は体液塩分や水分に比べ、緩慢であった。

4) 5psu 汽水馴致における遊離アミノ酸の変動は、アラニン、グルタミン酸、プロリン、グリシンの 4 成分が 24 時間目まで緩やかに増加した。変動量の大きい成分はアラニンとグルタミン酸であった。

5) 10psu 汽水馴致の遊離アミノ酸の変動では、アラニン、グルタミン酸およびプロリンの 3 成分が馴致後 4 時間目まで急激に増加し、以後アラニンとプロリンが 24 時間目まで緩やかに上昇した。グリシンの増加は 24 時間目まで緩慢であった。上記 4 成分が主要なオズモライトと判断された。

1-4. 高塩分域で長期間馴致したときの生体成分変動

1) 体液塩分はすべての馴致環境水の塩分とほぼ等張であった。

2) 水分は馴致環境水の塩分濃度の上昇に伴い減少した。

3) 環境水の塩分濃度が 7 倍と大幅に増加しても、組織中の水分は約 4%の変動にとどまり、水分調節の可能性が示唆された。

4) エキス窒素量は塩分濃度の上昇に伴い、顕著に増加した。また、エキス窒素量に占めるアミノ態窒素の割合が塩分濃度の上昇と共に増加した。

5) 遊離アミノ酸総量も馴致塩分濃度の上昇に伴い著しく増加した。増加量は 5psu に比べ、35psu では 7.5 倍の増加量であった。

6) アラニン、プロリン、グリシンの 3 成分は 35psu 移行まで継続的に上昇した。しかし、グルタミン酸は 15psu、 γ -アラニンは 20psu の塩分濃度の環境水までは上昇が認められたが、これ以上の塩分では増加は観察されなかった。

第 2 節 フィールドでの適応

1) 2 年間の宍道湖のヤマトシジミ体内成分を調べた結果、明瞭な季節的変動は見られなかった。

2) ヤマトシジミ軟体部の水分と湖水塩分との間に有意な相関はなかった。

3) ヤマトシジミの体液塩分濃度、およびナトリウム濃度の変動と湖水塩分濃度の両者には強い相関があった。

4) エキス窒素量、および遊離アミノ酸総量の変動は、湖水塩分と強い相関があった。

5) 湖水塩分濃度と最も強い相関を示した成分はアラニンで、次いでグルタミン酸、グリシン、 γ -アラニン、プロリンの順で有意な相関を認めた。

第5章 酸素不足に対する適応

本章では、酸素不足に対するヤマトシジミの生体内の適応を解明することを目的とし、代謝上重要と考えられるグリコーゲン、遊離アミノ酸、有機酸、アデニンヌクレオチドおよびオピン類を分析した。

第1節 水温 20 と 30 における無酸素適応

- 1) 水分含量の変動は、無酸素代謝が進行するとともに上昇し、高水温ほどその上昇が早かった。
 - 2) 全窒素量の変動は、無酸素状態が続くとやや上昇した。
 - 3) エキス窒素量の変動は、20 では7日目まで緩やかに上昇し、30 では20 に比べ、急激に上昇した(12時間目まで)。
 - 4) 遊離アミノ酸総量は、温度とともに増加し、20 では25日目に最高に達し、30 では短時間で急激に上昇した。アミノ酸総量の増加速度も高水温ほど速かった。アラニンは、遊離アミノ酸の変動の大部分を占め、増加速度は高水温ほど早かった。プロリンは無酸素状態の進行とともに顕著に上昇し、高水温ほど上昇速度が速い。グルタミン酸は無酸素状態の進行とともに徐々に減少した。
 - 5) 有機酸総量は、20 では飼育開始3時間目から増加し始め、最高値(146.6 μmol)に達する21日目まで増加し続けた。30 でも同様の変動パターンが見られ、増加速度は高水温ほど早かった。コハク酸は、有機酸の変動のほとんどを占めた。プロピオン酸と酢酸は、飼育開始時は検出されず、無酸素状態の進行に伴い急激に上昇した。
 - 6) ATP は、20 では大きな変動を示さず、ほぼ一定の割合で推移し、飼育終了時に大きく減少した。30 でもほぼ一定の値で10日目まで推移した。ADP・AMPともに大きな変動は認められなかった。IMPは、無酸素の進行とともに顕著に減少した。
 - 7) グリコーゲンの変動は、20 では徐々に減少し、飼育終了時には初期値の半分以下になった。30 は減少速度が速かった。無酸素状態でヤマトシジミを飼育した場合、グリコーゲンを消費してエネルギーを産生すると思われる。
 - 8) オクトピンの変動は、20 , 30 ともに飼育後急激に減少し、その後ほぼ一定の値で推移した。なお、アラノピンなど他の酸性オピン類は検出されなかった。
- ヤマトシジミの無酸素環境に適応する能力は極めて高く、海産の二枚貝より優れていることがわかった。

第2節 貧酸素適応

- 1) 水分含量の変動は、好氣的条件から貧酸素状態までは一定の値であった。無酸素状態が進行した4日

目以降、水分の増加が観察された。

2) 全窒素量は、好氣的条件や貧酸素状態の飼育ではさほど変動しなかった。しかし、無酸素状態が続くと上昇する傾向が認められた。

3) エキス窒素量は、顕著な増減は認められなかった。

4) 遊離アミノ酸総量は、好氣的条件で多少の減少傾向が認められた。以降貧酸素から無酸素と溶存酸素濃度の減少に伴い、緩やかに上昇した。アラニンは好氣的条件から初期の貧酸素状態下でやや減少し、貧酸素状態が進行すると緩やかに上昇し、無酸素状態下ではやや急激な上昇に転じた。プロリンは、好氣的条件から貧酸素状態ではさほど変動せず、無酸素状態で顕著に上昇した。一方、グルタミン酸は酸素の減少とともに徐々に低下し、特に無酸素状態で減少傾向が顕著であった。

5) 有機酸総量は好氣的条件から初期貧酸素状態では大きな変動は認められなかったが、貧酸素状態の進行とともに急増した。コハク酸の変動も貧酸素状態の進行とともに急激な上昇が認められた。プロピオン酸は貧酸素状態下までは全く検出されず、無酸素状態の進行とともに検出され、飼育終了時に急激に上昇した。酢酸の変動も上記2成分に次いで大きく、変動パターンはプロピオン酸に類似していた。

6) アデニンヌクレオチドの変動では、ATP、ADP および AMP の合計はほぼ一定の値を示した。一方、IMP は無酸素状態の進行とともに急激に減少した。

7) グリコーゲンの変動は貧酸素状態から減少傾向が顕著で無酸素状態の飼育最終日には初期値の約 1/6 まで低下した。

8) オクトピンの変動は飼育開始時 0.43mg 認めたものが貧酸素状態で急激に減少し、その後無酸素状態までほぼ一定の値で推移した。なお、アラノピンなど他の酸性オピン類は検出されなかった。

第6章 覆砂による底質改良

底泥を改善し、同時に新たな漁場造成を目的とした、覆砂による底質改良実証試験を行い、次の結果を得た。

1) 環境要因

(1) 底層水および直上水の水温、塩分濃度、DO 飽和度のいずれも覆砂区と対照区で差が見られなかった。間隙水水質では、 $\text{NO}_3\text{-N}$ のみ対照区より覆砂区の方が高かったが、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ は、覆砂区の方が低かった。

(2) 底質の硫化物量、T-N、T-P、IL、COD はいずれも対照区に比べて覆砂区の方が低い値であった。また、覆砂区が礫・粗砂から成り、対照区がシルト・粘土から成っていた。

2) マクロベントス群集

(1) 底生動物は、ヤマトシジミ、カワグチツボ、ゴカイ、ヤマトスピオ、イトゴカイ科の一種 *Notomastus* sp.、ケヤリ科の一種 *Chone* sp.、イトミミズ類 Tubificidae、ユスリカ類 Chironimidae、ヨコエビ類 Amphipoda、キクチスナウミナナフシ、クマ目 Cumacea の 11 種が確認された。

(2) 覆砂区と対照区で出現種数に差はなかったが、個体数は覆砂区の方が多く、それらはヤマトシジミ、カワグチツボの個体数増加による。

3) ヤマトシジミ

(1) 実験開始から 3 年後の 1996 年 9 月の終了時におけるヤマトシジミの生息個体数、および湿重量は、覆砂区でそれぞれ 3570 個体/m²、1655.9g/m²、対照区で 100 個体/m²、27g/m² で、覆砂区では対照区の 35.7 倍の個体数、61.7 倍の湿重量であった。

(2) ヤマトシジミの個体数密度と湿重量は実験開始翌年の夏までは対照区が、それ以降、実験終了時まででは、覆砂区が常に多かった。

(3) 対照区では 4mm 以上の個体がほとんど生息しておらず、殻長組成の変化も確認できないのに対し、覆砂区では 4mm 以上の個体も多く、成長していることが確認された。

(4) 初期着底稚貝の殻長は 0.2~0.4mm であった。着底稚貝は対照区でほとんど出現しなかったのに対し、覆砂区では 1994 年 8 月、1995 年 4 月、10 月に多量に出現し、また、殻長から 1994 年 8 月と 1995 年 10 月の個体が着底初期稚貝と推察された。

以上の結果から、ヤマトシジミ漁場の造成に覆砂工法が有効な手段であることが示唆された。

謝辞

本研究を行うにあたって、終始懇切なご指導を賜るとともに本稿の御校閲を賜った北海道大学水産学部中尾繁教授に謹んで感謝の意を表します。また、本稿の御校閲を賜り多くの有益な御批判を頂いた同学部麦谷泰雄教授ならびに学習院女子短期大学助教授品川明博士に深く感謝致します。

本研究の遂行に当たっては島根県内水面水産試験場の研究員各位から多大の御協力をいただいた。特に調査船の運行、サンプル採集、水質測定等には山根恭道主任研究員、山本孝二主任技師、島根県栽培センターの松本洋典研究員、またマクロベントスのソーティングについては小川絹代氏、須山富士子氏の協力に負うところ大である。

第2章の生態分布に関して、島根大学汽水域研究センターの高安克己教授、同大学理学部地質学教室の徳岡隆夫教授、島根医科大学の坂本巖助教授、地質調査所の山室真澄主任研究員、北海道大学水産学部大学院博士課程の園田武氏には助言、指導をいただいた。

第3章の耐性実験では、島根県衛生環境公社の戸田顕史氏、島根県水産試験場海洋課の安木茂主任研究員に多大な協力をいただいた。

第4章、第5章の塩分、貧酸素に対するヤマトシジミの適応に関する生化学実験は、学習院女子短期大学の品川明助教授、高橋文子講師との共同研究の成果である。

第6章の覆砂による底質改良実験の調査には、島根県水産振興課の向井哲也主任技師に協力いただいた。

そして本論文の資料整理等に際しては、島根大学理学部大学院生の原田茂樹氏、島根県松江水産事務所の開内洋技師に多大な助力をいただいた。

最後に、長岡正一組合長をはじめとした宍道湖漁協組合員の皆様からは、著者の長期間にわたる調査に絶えず有益な助言と支援・激励をいただいた。宍道湖のヤマトシジミに関しては、井原信夫、庄司裕三、綿識好吉、原保男、河谷武光の各氏から多くの助言、助力をいただいた。

以上の方々に、心からお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 秋山優 (1975) 宍道湖のプランクトンおよび着生藻類の推移に関する調査．中海・宍道湖の水質保全に関する調査報告書，島根県，第1報，31-54．
- 2) 秋山優 (1977a) 宍道湖のプランクトンおよび着生藻類の推移に関する調査．中海・宍道湖の水質保全に関する調査報告書，島根県，第2報，23-58．
- 3) 秋山優 (1977b) 宍道湖のプランクトンおよび着生藻類の推移に関する調査．中海・宍道湖の水質保全に関する調査報告書，島根県，第3報，25-72．
- 4) 秋山優 (1978) 宍道湖のプランクトンおよび着生藻類の推移に関する調査．中海・宍道湖の水質保全に関する調査報告書，島根県，第4報，25-52．
- 5) 秋山優 (1979) 宍道湖のプランクトンおよび着生藻類の推移に関する調査．中海・宍道湖の水質保全に関する調査報告書，島根県，第5報，33-62．
- 6) 秋山優 (1980) 中海ならびに宍道湖産藻類の生態．海洋・湖沼の生物・植物エネルギー利用戦略シンポジウム報告，新魚種開発協会，361-368．
- 7) 秋山優 (1986) 宍道湖・中海．島根県，23-29．
- 8) Allen, J. A. and M.R. Garrett (1971) Taurine in marine invertebrates, *Adv. Mar. Biol.*, **9**, 205-253.
- 9) 朝比奈英三 (1941) 北海道に於ける蜆の生態学的研究．日水誌，**10**，146-152.
- 10) Aswad, D. W. (1984) Determination of D- and L-aspartate in amino acid mixtures by high-performance liquid chromatography after derivatization with a chiral adduct of o-phthalaldehyde. *Anal. Biochem.*, **137**, 405-409.
- 11) Badman, D. G. and S. L. Chin (1973) Metabolic responses of the fresh-water bivalve, *Pleurobema coccineum* (Conrad), to anaerobic conditions. *Comp. Biochem. Physiol.*, **44B**, 27-32.
- 12) Bagarinao, T. and R. D. Vetter (1989) Sulfide tolerance and detoxification in shallow water marine fishes. *Mar. Biol.*, **103**, 291-302.
- 13) Baginski, R. M. and S. K. Pierce, Jr. (1975) Anaerobiosis: A possible source of osmotic solute for high-salinity acclimation in marine molluscs. *J. Exp. Biol.*, **62**, 589-598.
- 14) Baginski, R. M. and S. K. Pierce, Jr. (1977) The time course of intracellular free amino acid accumulated in tissues of *Mytilus edulis* during high salinity adaptation. *Comp. Biochem. Physiol.*, **57A**, 407-412.
- 15) Baginski, R. and S. K. Pierce, Jr. (1978) A comparison of amino acid accumulation during high salinity

- adaptation with anaerobic metabolism in the ribbed mussel, *Modiolus demissus demissus*. *J. Exp. Zool.*, **203**, 419-428.
- 16) Bedford, J. J. (1971) Osmoregulation in *Melanopsis trifasciata gray* 1843- . The intracellular nitrogenous compounds. *Comp. Biochem. Physiol.*, **40A**, 899-910.
- 17) Beer, J. R. (1967) The species distribution of some naturally occurring quaternary ammonium compounds. *Comp. Biochem. Physiol.*, **21**, 11-21.
- 18) Begon, M., J. L. Harper and C. R. Townsend (1996) Communities. *In Ecology*, 3rd ed., Blackwell Science, Boston, 675-952.
- 19) Bestwick, B. W., I. J. Robbins and L. M. Warren (1989) Metabolic adaptations of the intertidal polychaete *Cirriiformia tentaculata* to life in an oxygen-sink environment. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **125**, 193-202.
- 20) Bowlus, R. D. and G. R. Somero (1979) Solute compatibility with enzyme function and structure: Rationales for the selection of osmotic agents and end-products of anaerobic metabolism in marine invertebrates. *J. Exp. Zool.*, **208**, 137-152.
- 21) Bray, C. R. and J. T. Curtis (1957) An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, **27**, 325-349
- 22) Bryant, V., D. S. McLusky, K. Roddie and D. M. Newbery (1984) Effect of temperature and salinity on the toxicity of chromium to three estuarine invertebrates (*Corophium volutator*, *Macoma balthica*, *Nereis diversicolor*). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **20**, 137-149.
- 23) Campbell, J. W. and S. H. Bishop (1970) Nitrogen metabolism in mulluscs. *In Comparative Biochemistry of Nitrogen Metabolism* (ed. by J. W. Campbell), Vol. 1, Academic Press, New York, 103-206
- 24) Cloern, J. E. (1982) Does the benthos control phytoplankton biomass in South San Francisco Bay? *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **9**, 191-202.
- 25) Collicutt, J. M. and P. W. Hochachka (1977) The anaerobic oyster heart: coupling of glucose and aspartate fermentation. *J. Comp. Physiol.*, **115**, 147-157.
- 26) Dando, P. R., K. B. Storey, P. W. Hochachka and J. M. Storey (1981) Multiple dehydrogenase in marine molluscs: Electrophoretic analysis of alanopine dehydrogenase, strombine dehydrogenase, octopine dehydrogenase and lactate dehydrogenase. *Mar. Biol. Lett.*, **2**, 249-257.
- 27) 伊達善夫 (1990) 宍道湖・中海における水質特性 . 国際生態学シンポジウム島根'90 汽水域・その豊かな生態系を求めて 報告集 , 163-171 .

- 28) de Zwaan, A. and D. I. Zandee(1972)The utilization of glycogen and accumulation of some intermediates during anaerobiosis in *Mytilus edulis* L. *Comp. Biochem. Physiol.*, **43B**,47-54.
- 29) de Zwaan, A and W. Zurburg (1981) The formation of strombine in the adductor muscle, *Mytilus edulis* L. *Mar. Biol. Lett.*,**2**,179-192.
- 30)de Zwaan, A., D. A. Holwerda and P. R. Veenhof(1981)Anaerobic malate metabolism in mitochondria of the sea mussel *Mytilus edulis* L.*Mar. Biol. Lett.*,**2**,131-140.
- 31) de Zwaan, A., P. Cortesi, G. V. Thillart, J. Roos and K. B. Storey (1991) Differential sensitivities to hypoxia by two anoxia-tolerant marine molluscs: a biochemical analysis. *Mar. Biol.*,**111**,343-351.
- 32) Deaton, L. E., T. J. Hilbish and R. K. Koehn (1985) Hyperosmotic volume regulation in the tissues of the mussel *Mytilus edulis*.*Comp. Biochem. Physiol.*,**80A**,571-574.
- 33) 道津光生・木下秀明 (1988) ハマグリ の卵・浮遊幼生・稚貝の高温耐性 . 海生研報告 , No.88201 , 1-23 .
- 34) 江川善則 (1981) 八郎湖におけるシジミガイ類の生息調査 . 秋田内水指事報 , 7 , 64-68 .
- 35) Evans, C. L. (1967) The toxicity of hydrogen sulphide and other sulphides. *Q. J. Exp. Physiol.*, **52**, 231-248.
- 36) Fauchald, K. and P. Jumars(1979)The diet of worms: a study of polychaete feeding guilds.*Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, **17**, 193-284.
- 37) Fuke, S., M. Komastu, A. Kawaguchi, K. Sezaki, N. Negishi and M. Arita (1993) Changes in taste and taste-active components in bivalves acclimated to different salinity. Seventh Symposium on Salt, Vol. ,601-607.
- 38) Gade, G. (1983) Energy production during anoxia and recovery in the adductor muscle of the file shell, *Lima hians*. *Comp. Biochem. Physiol.*,**76B**,73-77.
- 39) Gade, G. and M. K. Grieshaber (1986) Pyruvate reductase catalyze the formation of lactate and opiens in anaerobic invertebrates. *Comp. Biochem. Physiol.*,**83B**,255-272.
- 40) Gainey, L. F. Jr. (1978a) The response of the corbiculidae (Mollusca: Bivalvia) to osmotic stress: The organismal response. *Physiol. Zool.*,**51**,68-78.
- 41) Gainey, L. F. Jr. (1978b) The response of the corbiculidae (Mollusca: Bivalvia) to osmotic stress: The organismal response. *Physiol. Zool.*,**52**,79-91.
- 42) Gardner, W. S., T. F. Nalepa, D. R. Slavens and G. A. Laird(1983)Patterns and rates of nitrogen release by benthic chironomidae and oligochaeta. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **40**, 259-266.

- 43) Gardner, J. A. and G. King (1922) Respiratory exchange in fresh water fish. Part . Further comparison of goldfish and trout. *J. Biochem.*, **16**,729-735.
- 44) Gasteiger, E. L., J. A. Gergen and P. C. Haake (1955) A study of the distribution of homarine (N-methyl picolinic acid). *Biol. Bull.*,**109**,345-346.
- 45) Gilles, R. (1972) Osmoregulation in three Molluscs: *Acanthochitona discrepans* (brown), *Glycymeris glycymeris* (L.) and *Mytilus edulis* (L.). *Biol. Bull.*,**142**,25-35.
- 46) Gilles, R. (1975) Mechanisms of ion and osmoregulation. *In* Marine Ecology (ed. by O. Kinne), Vol.2, Wiley-Interscience, New York, 259-347.
- 47) Gilles, R. (1979) Intracellular organic osmotic effectors. *In* The Mollusca (ed. by P. W. Hochachka), Vol.2, Academic Press, New York and London, 111-154.
- 48) Gilles, R. and C. H. Jeuniaux (1979) Osmoregulation and ecology in media of fluctuating salinity. *In* Mechanism of Osmoregulation in Animals (ed. by R. Gilles), Wiley-Interscience, New York, 581-608.
- 49) Gray, J. S. (1974) Animal-sediment relationships. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* **12**,223-261.
- 50) 荻田健二 (1985) 貧酸素水と硫化水素水のアサリへい死に与える影響 . 水産増殖 , **33** , 67-71 .
- 51) M. Hatsumi, M. Nakamura, M. Hosokawa and S. Nakao (1995) Phylogeny of three *Corbicula* species and isozyme polymorphism in the *Corbicula japonica* population. *Venus (Jpn. J. Malac)* , **54**, 185-193 .
- 52) Henry, R. P., C. P. Mangum and K. L. Webb (1980) Salt and water balance in the oligohaline clam, *Rangia cuneata* . Accumulation of intracellular free amino acids during high salinity adaptation. *J. Exp. Zool.*,**211**,1-24.
- 53) Hochachka, P. W. (1984) 低酸素適応の生化学 (橋本周久・阿部弘喜・渡辺終伍訳) . 恒星社厚生閣 , 東京 , 15-129.
- 54) Hochachka, P. W. and G. N. Somero (1984) Limiting oxygen availability. *In* Biochemical Adaptation (ed. by P.W.Hochachka and G. N. Somero), Princeton University Press, Princeton and New Jersey, 145-181.
- 55) Holwerda, D. A., P. R. Veenhof and A. DE Zwaan (1984) Physiological and biochemical investigation of the ecological relevance of anaerobiosis in bivalves. . The changes in activity of mussel adductor muscle and mantle pyruvate kinase during aerial exposure and reimmersion. *Mar. Biol. Lett.*,**5**, 185-190.
- 56) 位田俊臣・浜田篤信 (1978) 酸素欠乏にともなうヤマトシジミの代謝変動について . 水産増殖 , **23** , 111-114.
- 57) 伊賀哲朗 (1976) 中海・宍道湖水系のペントスの生息とその推移に関する調査 . 中海・宍道湖の水質保全に関する調査報告書 第 2 報 , 島根県環境保健部 , 59-82 .

- 58) 伊賀哲朗 (1977) 中海・宍道湖水系のベントスの生息とその推移に関する調査．中海・宍道湖の水質保全に関する調査報告書 第3報，島根県環境保健部，73-83．
- 59) 伊賀哲朗 (1978) 中海・宍道湖水系のベントスの生息とその推移に関する調査．中海・宍道湖の水質保全に関する調査報告書 第4報，島根県環境保健部，53-71．
- 60) 池末弥・松本直 (1956) アサリの生態学的研究- ．沈着初期アサリの体比重並びに高温に対する抵抗性．有明海研究報告，(3)，16-23．
- 61) 石田修・今関修典・石井重之 (1972) 印旛沼におけるヤマトシジミの放流調査．千葉内面報，5，97-105．
- 62) 石田修・石井俊雄 (1971) ヤマトシジミの塩分に対する抵抗性．水産増殖，19，167-182．
- 63) Ishitobi, Y., H.Kamiya, K.Hayashi and M. Gomyoda (1989) The tidal exchange in Lake Shinji under low discharge conditions. *Jap. J. Limnol.* **50**,105-113.
- 64) 板沢靖男 (1977) 呼吸．魚類生理学概論 (田村保編)，恒星社厚生閣，東京，29-31.
- 65) Johannes, R. E. and M.Satomi (1966) Composition and nutritive value of faecal pellets of a marine crustacean. *Limnol. Oceanogr.*, **11**, 191-197.
- 66) Jones, D.J. (1973) A unifying principle in the study of life on the sea floor. *Helgolander Wiss. Meeresunters.*, **24**, 102-111.
- 67) Jørgensen, B. B. (1980) Seasonal oxygen depletion in the bottom water of Danish fjord and its effect on the benthic community. *Oikos.*, **34**, 68-76.
- 68) 姜桂賛・松田治・今村憲史 (1995a) 酸素と硫化水素の発生がテナガエビの生存に及ぼす影響．日水誌，**61**，821-826．
- 69) 姜桂賛・松田治・今村憲史 (1995b) 貧酸素水塊に対するテナガエビの逃避行動．日水誌，**61**，827-831．
- 70) 梶山英二 (1933) 小鯛の O_2 消費量及び呼吸停止時に於ける O_2 -含有量に及ぼす水温，Salinity 及び水素イオン濃度の影響．日水誌，**2**，9-15.
- 71) 柿野純 (1996) 東京湾盤洲干潟における波浪環境とアサリの移動について．平成8年度 日本水産工学会学術講演会講演集，135-138．
- 72) 柿野純 (1982) 青湖によるアサリへい死原因について，貧酸素水および硫化物の影響．千葉水試研報，40，1-6．
- 73) 神園真人・江藤拓也・上妻智行 (1994) 覆砂による備前海の底質改善効果．福岡水技研報，(2)，129-133．

- 74) Kasschau, M. R. (1975) The relationship of free amino acids to salinity changes and temperature-salinity interactions in the mud-flat snail, *Nassarius obsoletus*. *Comp. Biochem. Physiol.*, **51A**, 301-308.
- 75) 川上誠一 (1982) 宍道湖の水質汚濁物質の流入負荷 . 昭和 56 年度 日本農芸化学会日本支部大会シンポジウム報告集 , 1 ~ 44 .
- 76) 川那部浩哉 (1960) 川の動物群集をどうとらえるか-食物関係にもとづく群集理解の試み- . 生理生態 , **9** , 1-10 .
- 77) 川那部浩哉 (1991) 山から海への系列における汽水域 . 国際生態学シンポジウム島根'90 汽水域・その豊かな生態系を求めて 報告集 , 島根県 , 173-177 .
- 78) 川島隆寿・後藤悦郎 (1988) 宍道湖におけるヤマトシジミ D 型幼生の出現時期について . 島根水試事報 , 昭和 61 年度 , 103-112 .
- 79) 川島隆寿・鈴木博也・山根恭道・小川絹代 (1989) ヤマトシジミの現存量調査 . 島根水試事報 , 昭和 62 年度 , 200-210 .
- 80) 川島隆寿・山根恭道・鈴木博也 (1991) ヤマトシジミ天然採苗 . 島根水試事報 , 平成元年度 , 154-159 .
- 81) Kawatsu, M., H. Kamiya, H. Ishitobi, Y. Yasuda and K. Hayashi (1984) Mineralization of nutrient salt in the lake sediment (2). *Rep. Shimane Prefect. Inst. of Publ. Health and Environ. Sci.*, **26**, 34-41.
- 82) Kikuchi, T. (1964) Ecology and biological production of Lake Naka-umi and adjacent regions 3. Macro-benthic communities of Lake Shinji-ko and Lake Naka-umi. *Spec. Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, Ser. , **1**, 21-44.
- 83) 菊池泰二 (1977) 浅海底生動物群集の生態分布と環境-殊に動物底質型関係を中心に . ベントス研連誌 , **13/14** , 17-24 .
- 84) 木下秀明 (1985) アサリの卵・浮遊幼生・稚貝の高温耐性 . 海生研報告 , 85204 , 1-38 .
- 85) 鴻巣章二 (1971) 水産動物筋肉中の含窒素エキス成分の分布 . 日水誌 , **37** , 763-770 .
- 86) 鴻巣章二 (1992) 魚介肉の化学 . 1. 一般成分 . 水産利用化学 (鴻巣章二・橋本周久編) , 恒星社厚生閣 , 東京 , 25-39 .
- 87) 鴻巣章二・品川明 (1988) 無脊椎動物の含窒素エキス成分 . 魚介類のエキス成分 (坂口守彦編) , 恒星社厚生閣 , 東京 , 9-24 .
- 88) 高知県水産試験場 (1983) 赤潮対策技術開発試験 . 高知県 , 203 .
- 89) 國井秀伸・高安克己・橋谷博・中村幹雄・中尾繁 (1993) 汽水湖生態系の特性と日本における

研究の現状 . 日生態会誌 , 43 , 195-209 .

- 90) Lewin, J., J. E. Eckman and G. N. Ware (1979) Blooms of surf-zone diatoms along the coast of the Olympic Peninsula, Washington. . Regeneration of ammonium in the surf environment by the pacific razor clam *Siliqua patula*. *Mar. Biol.*, **52**, 1-9.
- 91) Livingstone, D. R., A. DE Zwaan, M. Leopold and E. Martejn (1983) Studies on the phylogenetic distribution of pyruvate oxidoreductases. *Biochem. Syst. Ecol.*, **11**, 415-425.
- 92) Lanso, R. L.(1991) Tolerance of low dissolved oxygen and hydrogen sulfide by the polychaete *Streblospio benedicti* (Webster). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **153**, 165-178.
- 93) Lockwood, A. P. M. (1976) Physiological adaptation to life in estuaries. *In* Adaptation to environment (ed. by R. C. Newell), Butterworths, London. 315-392.
- 94) 益子帰来也 (1981) 汽水の生物学 . 陸水雑 , 42 , 108-117 .
- 95) 丸邦義 (1981) 網走湖産ヤマトシジミ *Corbicula japonica* Prime の生殖周期 . 北水試報 , 23 , 83-95 .
- 96) Matsushima, O., H. Katayama, K. Yamada and Y. Kado (1984) Occurrence of free D-alanine and alanine racemase activity in bivalve molluscs with special reference to intracellular osmoregulation. *Mar. Biol. Lett.*, **5**, 217-225.
- 97) Mattice, J.S. and L.L. Dye (1976) Thermal tolerance of adult Asiatic clam. *In* Thermal Ecology (ed. by G.W.Esch and R.W.McFarlane), National Technical Information Service, U.S.Department of Commerce, Springfield, Virginia, 130-135.
- 98) McMahon, R.F.(1979) Response to temperature and hypoxia in the oxygen consumption of the introduced Asiatic freshwater clam *Corbicula fluminea* (Muller). *Comp. Biochem. Physiol.*, **63A**, 383-388.
- 99) McMahon, R.F. and C.J. Williams (1986) Growth, life cycle, upper thermal limit and downstream colonization rates in a natural population of the freshwater bivalve mullusc, *Corbicula fluminea* (Muller) receiving thermal effluents. *In* Proceedings of Second International Corbicula Symposium (ed. by J.C.Britton), American Malacological Bulltin Special Edition (2), 151-166.
- 100) McMahon, R.F. (1983) Ecology of an invasion pest bivalve, *Corbicula*. *In* The Mollusca (ed. by W. D. Russell-Hunter), Vol.6, Ecology, Academic Press, San Diego), 505-561.
- 101) Miyadi, D. (1932) Studies on the bottom fauna of Japanese. *Zool.*, **4**, 41-79.
- 102) 宮地伝三郎 (1962) 中海干拓・淡水化事業に伴う魚族生態調査報告書 . 226 .
- 103) 水野篤行・角靖夫・鈴木尉元 (1966) 宍道湖の堆積環境と底棲動物群集についての予察的研究 .

地質調査所報告, 241, 1-28.

- 104) 森本直知・川上誠一・石原純子・葛原美紀雄 (1977) 宍道湖の水質汚濁と植物プランクトン・用水と廃水, **19**, 407-419.
- 105) Mountford, M. D. (1962) An index of similarity and its application to classificatory problems. *In Progress in Siol Zoology* (ed. by Z. W. Murphy), Butterworth, London., 43-50.
- 106) Nakamura, M., M. Yamamuro, M. Ishikawa, and H. Nishimura (1988) Role of the bivalve *Corbicula japonica* in the nitrogen cycle in a mesohaline lagoon. *Mar. Biol.*, **99**, 369-374.
- 107) 中村幹雄・山本孝二・須藤正志・後藤悦朗・大島展志 (1983) 昭和 58 年度 赤潮対策技術開発試験報告書. 島根県, 1-87.
- 108) 中村幹雄・山本孝二・小川絹代・須藤正志・後藤悦朗・大島展志 (1984) 宍道湖の底生動物と底質 1982 年 夏期相. 島根水試事報, 昭和 57 年度, 186-204.
- 109) 中村幹雄・山本孝二・山室真澄・小川絹代・周藤正志 (1985) 宍道湖の底生動物と底質の季節変化. 島根水試事報, 昭和 58 年度, 195-200.
- 110) 中村幹雄・山本孝二・後藤悦朗・大島展志 (1985) 赤潮対策技術開発, 島根水試事報, 昭和 58 年度, 201-202.
- 111) 中村幹雄・山根恭道・森脇晋平・川島隆寿・坂本巖 (1992) ヤマトシジミの漁場調査. 島根水試事報, 平成 2 年度, 170-174.
- 112) 中村幹雄・山根恭道・坂本巖 (1992) ヤマトシジミ漁場と生息密度および現存量. 島根水試事報, 平成 2 年度, 175-177.
- 113) 中村幹雄・山根恭道・坂本巖 (1993) ヤマトシジミの漁場別分布. 島根水試事報, 平成 3 年度, 179-184.
- 114) 中村幹雄 (1993) 汽水湖の生物と漁業. *アーバンクボタ*, 32, 14-23.
- 115) 中村幹雄・山本孝二・小川絹代・須藤正志・後藤悦朗・大島展志 (1984) 宍道湖の底生動物と底質 1982 年 夏期相. 島根水試事報, 平成 4 年度 186-204.
- 116) 中村幹雄・山根恭道・松本洋典・安木茂 (1994) ヤマトシジミの連続採集による殻長組成. 島根水試事報, 平成 4 年度, 207-211.
- 117) 中村幹雄・園田武・中尾繁・山根恭道・安木茂・松本洋典 (1994) 大型底生動物の季節変化. 島根水試事報, 平成 4 年度, 212-233.

- 118) 中村幹雄・山根恭道・向井哲也・松本洋典・安木茂 (1995) ヤマトシジミの連続採集による殻長組成. 島根水試事報, 平成5年度, 163-166.
- 119) 中村幹雄・品川明・高橋文子・山根恭道・向井哲也・安木茂・松本洋典 (1995) ヤマトシジミの「うま味」を増す砂抜き・保存法. 島根水試事報, 平成5年度, 167-175.
- 120) 中村幹雄・安木茂・高橋文子・品川明・中尾繁 (1996a) ヤマトシジミの塩分耐性. 水産増殖, **44**, 31-35.
- 121) 中村幹雄・品川明・中尾繁 (1996b) ヤマトシジミの温度耐性. 水産増殖, **44**, 267-271.
- 122) 中村幹雄・品川明・戸田顕史・中尾繁 (1997a) ヤマトシジミの貧酸素耐性. 水産増殖, **45**, 9~15.
- 123) 中村幹雄・品川明・戸田顕史・中尾繁 (1997b) ヤマトシジミの硫化水素耐性. 水産増殖, **45**, 17~24.
- 124) 中村義治・三村信男 (1990) 波による二枚貝の輸送モデルと漁場形成機構. 海岸工学論文集, **37**, 818-822 (1990).
- 125) Nakao, S. (1978) Distribution of benthos in relation to the sulphide-content in the bottom sediments of mixo-polyhaline Lake Noto, Hokkaido. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **29**, 199-212.
- 126) Nakao, S. (1979) Seasonal and spatial changes in the structure of mixohaline benthic communities. *Bull. Fac. Fish Hokkaido Univ.*, **30**, 1-13.
- 127) Nakao, S. (1982) Community structures of the macro-benthos in the shallow waters in northern Japan. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **28**, 225-304.
- 128) 中尾繁・園田武 (1995) ベントス. 神西湖の自然. 神西湖の自然編集委員会編, たたら書房, 鳥取県, 101-114.
- 129) Newell, R. C. (1965) The role of detritus in the nutrition of two marine deposit feeders, the prosobranch *Hydrobia ulvae* and the bivalve *Macoma balthica*. *Pro.Zool. Soc. Lond.*, **144**, 25-45.
- 130) 日本水産資源保護協会 (1985) 底質改良事業実施指針. 110.
- 131) Ochiai, H. and R. Sugai (1981) Runoff of pollutant at River Hii at the event of flood. *J. Water and Waste*, **19**, 407-419.
- 132) Oeschger, R. and R. D. Vetter (1992) Sulfide detoxification and tolerance in *Halicryptus spinulosus* (Priapulida) : a multiple strategy. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **86**, 167-179.
- 133) Okamoto, A. and B. Arimoto (1986) Chromosomes of *Corbicula japonica*, *C. sandai* and *C. (Colubiculina) leana* (Bivalvia: Corbiculidae). *Venus*, **45**, 203-209.

- 134) Pierce, S. K. Jr. and M. J. Greenberg (1972) The nature of cellular volume regulation in marine bivalves. *J. Exp. Biol.*, **57**, 681-692.
- 135) Powell, E. N., M. Kasschau, E. Chen, M. Koenig and J. Pecon (1982) Changes in the free amino acid pool during environmental stress in the gill tissue of the oyster, *Crassostrea virginica*. *Comp. Biochem. Physiol.*, **71A**, 591-598.
- 136) Redeke H. C. (1933) Uber den jetzigen Stand unserer Kenntnisse der Flora und Fauna des Brackwassers. *Verh. Internat. Ver. Limnol.*, **6**, 46-61.
- 137) Remane, A. (1971) Ecology of brackish water. In *Biology of Brackish Water* (ed. by A. Remane and C. Schliper), John Wiley & Sons, Inc. New York-Toronto Sydney, 1-210.
- 138) 李元山・中尾繁 (1985) 北海道汽水湖群の底生動物群集，特に群集系列と環境との関係．北大水産彙報，36，12-27．
- 139) Robertson, J.D. (1964) Osmotic and ionic regulation. In *Physiology of Mollusca* (ed. by K. M. Wilbur and C. M. Yonge), Vol. 1, Academic Press, New York, San Francisco and London, 283-308.
- 140) 佐伯清子・熊谷洋 (1982) アサリの成長にともなう一般成分および無機成分の変動．日水誌，**48**，201-203．
- 141) 佐伯清子・熊谷洋 (1989a) シジミにおける一般成分および無機成分含量の季節変動．山口衛公研業報，(10) ，40-43．
- 142) 佐伯清子・熊谷洋 (1989b) ヤマトシジミの成長にともなう一般成分および無機成分含量の変化．山口衛公研業報，(10) ，44-46．
- 143) Sakaguchi, M. and M. Murata (1989) Seasonal variations of free amino acids in oyster whole body and adductor muscle. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **55**, 2037-3041.
- 144) 酒井直己・神山享一・田祥麟・網尾勝 (1994) 日本産シジミ属 3 種の遺伝的類縁関係．日水誌，**60**，605-610.
- 145) 坂本巖・中村幹雄・山根恭道 (1991) 宍道湖のヤマトシジミ漁場並びに保護区．汽水湖研究，創刊号，25-27．
- 146) Sanders, H. L. (1958) Benthic studies in Buzzards Bay. .Animal sediment relationships. *Limnol. Oceanogr.*, **3**, 245-258.
- 147) Santos, S. L. (1980) Response of soft bottom benthos to annual catastrophic disturbance in South Florida estuary. *Mar. Biol. Prog. Ser.*, **3**, 347-355.
- 148) 佐藤泉 (1978) 八郎湖におけるヤマトシジミおよびセタシジミの生息状況調査．秋田内水試事

- 報, 4, 38-44 .
- 149) 佐藤泉 (1979) シジミ類の分布と漁業環境 . 秋田内水試事報, 5, 44-46 .
- 150) 佐藤直紀・内田晃 (1978a) ヤマトシジミ環境変化 (塩分量) に伴う影響について . 千葉内面報, (2), 27-30 .
- 151) 佐藤直紀・内田晃 (1978b) ヤマトシジミの環境変化 (塩分量) に伴う影響について . 千葉内面報, (2), 31-33 .
- 152) 沢村貴史・中村幹雄・中尾繁・山根恭道 (1991) 中海の環境群と生物群集 . 島根県水試事報, 平成元年度, 201-211 .
- 153) Schoffeniels, E. and R. Gilles (1972) Ionoregulation and osmoregulation in mollusca. In Chemical Zoology (ed. by M. Florkin and B.T. Scheer), Vol.7, Academic Press, New York and London, 393-420.
- 154) Seike, Y., K. Kondo, H. Hashitani, M. Okumura, K. Fujinaga and Y. Date (1990) Nitrogen metabolism in the brackish Lake Nakanoumi. -Seasonal variation of nitrate nitrogen-. *Jpn. J. Limnol.*, **51**, 137-148.
- 155) Shumway, S. E., T. M. Scott and J. M. Shick (1983) The effects of anoxia and metabolic rate in the coot clam, *Mulinia lateralis* (Say) . *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **71**, 135-146.
- 156) 白石淳・坂本薫・澄川精吾・藤井久雄 (1986) ムラサキイガイおよびその各部分の一般成分の季節的变化 . 家政誌, **37**, 661-666 .
- 157) 白石淳・長修司・三島かおり (1995) 北部九州産アサリ (*Ruditapes philippinarum*) の筋肉部分と内蔵部分の一般成分の周年変化 . 家政誌, **46**, 313-319 .
- 158) Smith, L., H. Kruszyna and R. P. Smith (1977) The effect of methemoglobin on the inhibition of cytochrome c oxidase by cyanide, sulfide or azide. *Biochem. Pharmacol.*, **26**, 2247-2250.
- 159) Somero, G. N. and R. D. Bowler (1983) Osmolytes and metabolic end products of molluscs. In Mechanism of Osmoregulation in Animals (ed. by R. Gilles), Wiley-Interscience, New York, 77-100.
- 160) 園田武・中村幹雄・山根恭道・中尾繁 (1991) 宍道湖の環境群と生物群集 . 島根水試事報, 平成元年度, 189-200 .
- 161) Stachowitsch, M. (1984) Mass mortality in the Gulf of Trieste: the course of community destruction. *Mar. Ecol.*, **5**, 243-264.
- 162) Stephen, B. H., L. L. Ellis and J. M. Burcham (1983) Amino acid metabolism in molluscs. In The Mollusca (ed. by P.W. Hochachka), Vol.2, Academic Press, New York and London, 243-327.
- 163) Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons (1972) A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res.*

Bd Can., **167**,1-310.

- 164) 菅原兼男・海老原天生・佐藤正春・青木邦昭・宮沢公男・川名順之・飯田健二 (1967a) 赤潮観測委託およびハマグリ漁場調査結果とハマグリ被害について．千葉水試研報，(9)，99-73．
- 165) 菅原兼男・海老原天生・川名順之・飯田健二 (1967b) 東京湾奥部のアサリ被害原因について．千葉水試研報，(9)，77-88．
- 166) 菅原兼男・佐藤正春 (1967) 赤潮観測委託結果と貝類被害について．千葉水試研報，(10)，60-78．
- 167) 菅原兼男・海老原天生・青木邦昭・宮沢公男・兼子昭夫・川名順之・飯田健二 (1968) アサリ・ハマグリ漁場環境調査．千葉水試研報，(10)，32-59．
- 168) 水産庁研究部漁場保全課 (1983) 赤潮対策技術開発試験マニュアル集．189.
- 169) 須山三千三 (1992) 魚介肉の化学．4.エキス成分．水産利用化学 (鴻巣章二・橋本周久編) 恒星社厚生閣，東京，103-126．
- 170) 高木一郎・清水亘 (1963) 水産動物肉に関する研究- . 介肉成分の季節変化，とくに味との関連について．日水誌，**29**，66-70．
- 171) 高木光造・飯田優・村山花子・相馬すが (1970) 貝肉のエキスアミノ酸組成．北大水産彙報，**21**，128-132．
- 172) 高橋哲夫・川崎梧朗 (1973a) ヤマトシジミの塩分に対する抵抗性について- . 千葉内面報，(5)，50-53．
- 173) 高橋哲夫・川崎梧朗 (1973b) ヤマトシジミの塩分に対する抵抗性について- . 千葉内面報，(5)，54-56．
- 174) 高橋文子・橋本典子・水上儀子・森田千恵子・浜口陽一 (1965) 蛋白質食品の栄養学的研究．-しじみ，かきのアミノ酸組成．家政学研究，**12**，71-73．
- 175) 高橋文子・浜口陽一 (1963) 蛋白性食品の栄養学的研究．-ハマグリのアミノ酸組成．家政学研究，**10**，30-33．
- 176) 高丸禮好，中尾繁 (1982) 北海道東部，浜中湾および琵琶瀬湾におけるホッキガイ漁場の底生動物群集，北水試報，**24**，51-58．
- 177) 玉井恭一 (1993) シズクガイの貧酸素耐性．日水誌，**59**，615-620．
- 178) 玉井恭一 (1994) シズクガイの硫化水素耐性．日本ベントス会誌，**46**，41-48．
- 179) 田中彌太郎 (1980) ホッキガイ稚貝の耐高温性について．水産増殖，**28**，165-170．

- 180) 田中彌太郎 (1984a) ヤマトシジミの塩分耐性について . 養殖研報 , 6 , 29-32 .
- 181) 田中彌太郎 (1984b) ヤマトシジミ稚仔期の形態および生理的特性について . 養殖研報 , 6 , 23-27 .
- 182) 俵佑方人 , 日比野光 , 伊藤英之進 (1983) 三河湾の干潟利用 . 水産土木 , 14 , 33-37 .
- 183) Tenore, K. R. (1975) Detrital utilization by the polychaete, *Capitella capitata*. *J. mar. Res.*, **33**, 261-274.
- 184) Tenore, K. R., and U. K. Gopalan (1974) Feeding efficiencies of the polychaete *Nereis virens* cultured on hard-clam tissue and oyster detritus. *J. Fish. Res. Bd Can.*, **167**, 5-1678.
- 185) Tenore, K. R. , J. H., Tietjen and J. J., Lee (1977) Effect of meiofauna of incorporation of aged ellgrass, *Zostera marina*, detritus by the polychaete *Nephtys incisa*. *Bull. Fac. Fish Hokkaido Univ.*, **34**, 563-567.
- 186) Thompson, R. J. and B. L. Bayne (1972) Active metabolism associated with feeding in the mussel *Mytilus edulis* L. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **9**, 111-124.
- 187) 徳岡隆夫 , 大西郁夫 , 高安克己 , 三梨昂 (1990) 中海・宍道湖の地史と環境変化 . 地質学論集 , 36 , 15-34 .
- 188) 富山哲夫 , 神崎喜端夫 (1952) 底泥に含まれる硫化物の少量定量法 . 日水誌 , 17 , 115-121 .
- 189) Torrans, E. L. and H. P. Clemens (1982) Physiological and biological effects of acute exposure of fish to hydrogen sulfide. *Comp. Biochem. Physiol.*, **71C**, 183-190.
- 190) Toryu, Y. (1927) The respiratory exchange in *Carassius auratus* and the gaseous exchange of the air bladder. *Sci. Rep. Tohoku Univ.* 3, 87, 3~5
- 191) Tsuchiya, M. and Y. Kurihara (1976) Studies on the distribution of the macrobenthos with special reference to the movement of the fine particle at Gamo lagoon, Miyagi Prefecture. *Physiol. Ecol.*, **17**, 145-151.
- 192) Tsuchiya, M. and Y. Kurihara (1979) The feeding habits and food sources of the deposit-feeding polychaete, *Neanthes japonica* (Izuka). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **36**, 79-89.
- 193) 土屋誠 (1980) 基質-水界面における底生動物による Biodeposition と栄養循環 . ベントス研連誌 , 19/20 , 1-19 .
- 194) 上野益三 (1943) 日本の汽水湖特に潟湖の生態学的研究 (第1報) . 服部報恩会研究報告 , 10 , 409-425 .
- 195) Vevnberg, F. J and S. V. Silverthorn (1979) Temperature and osmoregulation in aquatic species. *In Mechanism of Osmoregulation in Animals* (ed. by R. Gilles), Wiley-Interscience, New York, 537-562.

- 196) Vismann, B. (1990) Sulfide detoxification and tolerance in *Nereis* (*Hediste*) *diversicolor* and *Nereis* (*Neanthes*) *virens* (Annelida:Polychaeta). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **59**, 229-238.
- 197) 渡辺幸彦 (1988) アコヤガイの稚貝・幼貝・成貝の高温耐性 . 海生研報告 , (88203) , 33-71 .
- 198) Widdows J. (1976) Physiological adaptation of *Mytilus edulis* to temperature. *J. Comp. Physiol.*, **105**,115-122.
- 199) Yamamuro, M. (1986) Distributions of Polychaete, Gastropoda and Bivalvia in brackish coastal lagoon in Japan, and environmental conditions as determinants. Masters Thesis, Faculty of Science, University of Tokyo.
- 200) Yamamuro, M. (1987) Macrobenthic faunas of two brackish lagoons with different salinity in Kamikoshiki Island, Kagoshima Prefecture. *Jpn. J. Limnol.*, **48**, 177-186.
- 201) 山室真澄・小池勲夫 (1990) 宍道湖・中海における水質特性 . 国際生態学シンポジウム島根'90 汽水域・その豊かな生態系を求めて 報告集 , 121-128 .
- 202) Yamamuro, M., M. Nakamura and M. Nishimura (1990) A method for detecting and identifying the lethal environmental factor on a dominant macrobenthos and its application to Lake Shinji, Japan. *Mar. Biol.*, **107**, 479-483.
- 203) Zurburg, W. and A. de Zwaan (1981) The role of amino acids in anaerobiosis and osmoregulation in bivalves. *J. Exp. Zool.*, **215**,315-325.