

## 親テナガエビが生存可能な溶存酸素濃度

富 永 敦

Oxygen density for survival of adult *Macrobrachium nipponense*

Atsushi Tominaga

Key Words : *Macrobrachium nipponense* (テナガエビ), Oxygen depletion (貧酸素化),  
Lake Kasumigaura (霞ヶ浦)

## はじめに

霞ヶ浦においてテナガエビ *Macrobrachium nipponense* は、漁船漁業が発達した 1960 年代後半から現在に至るまで、全漁獲量の 20~50% を占める重要な漁獲対象種である。テナガエビの漁獲量は、1975 年には最高の 4,305 トンに達したが、その後 2006 年までの約 30 年間は長期的減少が続いている。親エビと稚エビとに分けて資源動向を検討した結果、親エビは稚エビよりも早い 1980 年代半ばから減少が始まり、2000 年代には極めて低水準になっていることから、特に危機的な資源状況であると指摘されている(富永, 2006)。

霞ヶ浦で夏季に発生したテナガエビは、水温が低下する 11 月頃には成長が止まり、越冬期を迎える。そして 4 月ころから再び成長し、6 月~9 月に産卵期を迎える(位田, 1983; 酒井, 1986, 茨城内水試, 2004)。産卵前や産卵期に漁獲されるテナガエビは、雄は「大エビ」、「手長エビ」、雌は「中エビ」、「子持ちエビ」などと呼ばれるが、総称して「親エビ」と呼ばれる。この親エビの減少は越冬期から産卵期のどこかで減耗したためと考えられるが、減耗要因としては、低水温による越冬期の減耗(酒井, 1986)、食害(熊丸, 1998; 半澤, 2004)、春夏季の貧酸素(外岡・浜田, 1990)などがあげられているものの、個々の要因を具体的に取り上げた研究は少ない。

霞ヶ浦における貧酸素化によるテナガエビ斃死については、1988 年 7~8 月に発生した事例の報告があり(外岡・浜田, 1990)、このとき湖心を中心とした広い水域で、底層の酸素濃度が 0.5 mg/リットル以下だったこと、貧酸素の原因が植物プランクトン大量発生に起因する「水変わり」であることが報告されている。しかし、この報告ではテナガエビの斃死を引き起こす DO 濃度について詳しく触れていない。一方、テナガエビの逃避行動や生残に影響を与える DO 濃度については、姜ら(1995a,b)が飼育実験によって 1.2 mg/リットル以下で有意な影響が出ることを明らかにしている。しかし、この実験は飼育水温が約 20 であること、用いたエビが体長 27.3~32.2 mm と霞ヶ浦の親エビとしては小さい方であること、さらに雌雄や抱卵状

態別に試験区が設定されていないことから、霞ヶ浦の春夏季における親エビへの影響を検討するには十分な知見とはいえない。

そこで、本研究では、貧酸素が親エビの行動・生残などに及ぼす影響を明らかにするため飼育試験等を行った。

## 方 法

飼育試験は 2005 年 7~8 月に茨城内水試の実験室で行った。ガラス製 1 リットルビーカー(直径 10 cm, 高さ 15 cm)を水槽に用い、湖水 1 リットルを飼育水として、各水槽に 1 尾のエビを投入した。その後、最長 100 時間の飼育期間中に行動や生残等を観察し、あわせて水温や溶存酸素濃度(以下「DO 濃度」と呼ぶ)を測定した。

飼育水の DO 濃度調整は、エアレーションで行い、強弱によって 3 タイプの試験区を設定した。他に雌雄別、はしご設置別などの条件も加え、計 7 試験区を設けた(表 1)。霞ヶ浦のエビは貧酸素化すると、杭などに登り酸素の多い水面近くに逃避することがあるので、飼育試験では貧酸素化に伴う逃避行動を観察するために、水槽の底から水面に向けてはしごを設置した。水槽内の水温や明暗は、実験室内の室温・日照に伴う明暗変化に委ねた。その結果、水温は 22.8~29.0 の範囲で日周的に変動した。

テナガエビは、内水試地先の霞ヶ浦で採集し、1 日畜養したものを用いた。雌エビ試験区では抱卵している個体を、雄エビ試験区では第 2 胸脚が長大化した「手長」状態のエビを用いた。ただし、卵の発育が発眼卵まで進み、ふ化間近なエビは用いなかった。餌は、毎日夕方に全長 1~1.5 cm の生きたユスリカ幼虫を 5 尾づつ与え、食べ残した場合は翌日の夕方に計 5 尾になるよう投餌した。なお、水槽内の DO 濃度は、YSI 社製 OXYGEN Meter を用いて水面近くと底の 2 層を測定した。

霞ヶ浦における DO 濃度の動向を検討するため、沖合のデータとして内水試が毎月 1 回実施している湖沼観測データを、湖岸域のデータとして内水試地先で土日を除き毎日観測している棧橋観測データを整理した。

## 結 果

(1) 飼育期間全体における試験区別の生残率、雌エビの産卵率等

## 雌エビ

表 2 に飼育期間を通じての各試験区での生残率、産卵率及び産卵後の脱皮率を示した。試験区 1「エア有・はしご有」の生存率は 100%と全てが生残し、試験区 2「エア少・はしご有」では 90%の個体が生存した。しかし、試験区 3,4「エア無」では、それぞれ 50%、0%と生残率が低かった。「エア無・はしご有」の試験区 3 では、DO 濃度が低下す

ると、一部のエビが水面近くのはしごに掴まる行動がみられ、このようなエビだけが生残した。以上のように生残率は、DO 濃度が低い試験区ほど悪かった。

次に、産卵率や産卵脱皮率だが、試験区 1 では 6 個体が飼育期間中に産卵し、うち 3 個体が次の交尾・抱卵の準備のために産卵脱皮した。試験区 2 では 5 個体が産卵したが、産卵脱皮した個体はなかった。一方、試験区 3,4 では全ての個体が産卵しないまま斃死、あるいは試験が終了した。以上のことから、DO 濃度の低下は、雌の親エビの生残率だけでなく、産卵や産卵脱皮に影響する可能性が示唆された。

表 1 DO 濃度変化に伴うテナガエビ生残試験の試験区内容

試験区 No.「通称」	雌	平均 CL (mm)	エアレーション (DO 濃度) 設定	はしご	水槽数
試験区 1 「エア有・はしご有」		13.7 ± 1.34	十分なエアレーションで、DO 濃度 6 ~ 7 mg / リットル前後を維持する	あり	各試験区で 10 個
試験区 2 「エア少・はしご有」		14.0 ± 1.09	弱いエアレーションで、DO 濃度が 3 ~ 4 mg / リットル前後で変動するよう設定		
試験区 3 「エア無・はしご有」		12.9 ± 0.89	エアレーションを行わずエビの酸素消費に伴い DO 濃度が低下する		
試験区 4 「エア無・はしご無」		12.9 ± 1.51		なし	
試験区 5 「エア有・はしご無」		16.5 ± 1.34	十分なエアレーションで、DO 濃度が 6 ~ 7 mg / リットル前後を維持する	なし	各試験区で 5 個
試験区 6 「エア少・はしご無」		18.3 ± 1.89	弱いエアレーションで、DO 濃度が 3 ~ 4 mg / リットル前後で変動するよう設定		
試験区 7 「エア無・はしご無」		17.1 ± 2.26	エアレーションを行わずエビの酸素消費に伴い DO 濃度が低下する		

予備調査で「手長」の雄にはしごに登る行動が見られなかったことから、雄の試験区 5 ~ 7 は全てはしご設置なしとした。

表 2 飼育期間 (最大 100 時間) を通じての生残結果等の総括 (雌試験区)

試験区	飼育 個体数	生残個体数 (生残率%)	産卵個体数 (産卵率%)	産卵脱皮個体 (脱皮率%)
試験区 1「エア有・はしご有」	10 個体	10 個体 (100%)	6 個体 (60%)	3 個体 (50%)
試験区 2「エア少・はしご有」	"	9 個体 (90%)	5 個体 (50%)	0 個体 (0%)
試験区 3「エア無・はしご有」	"	5 個体 (50%) *	0 個体 (0%)	-
試験区 4「エア無・はしご無」	"	0 個体 (0%) *	0 個体 (0%)	-

\* : 試験区 1 と有意差が認められた ( 2 検定 P < 0.05 )

表3 飼育期間（最大100時間）を通じての生残結果等の総括（雄試験区）

試験区	飼育 個体数	生残個体数 (生残率%)	脱皮個体数 (脱皮率%)
試験区5「エア有・はしご無」	5個体	5個体(100%)	2個体(40%)
試験区6「エア少・はしご無」	"	4個体(80%)	0個体(0%)
試験区7「エア無・はしご無」	"	0個体(0%) *	0個体(0%)

\* : 試験区5と有意差が認められた(2検定  $P < 0.05$ )

#### 雄エビ

表3に飼育期間を通じての雄エビの生残率、脱皮率を示した。試験区5「エア有・はしご無」の生残率は、100%だった。試験区6「エア少・はしご無」では80%にあたる4個体が生残した。しかし、試験区7「エア無・はしご無」の生残率は0%だった。以上のように、生残率は、雌と同様に、DO濃度が低い試験区ほど悪かった。脱皮個体は、試験区5だけで2個体が脱皮した。

#### (2) DO濃度とエビの行動・生残率の時間変化

試験区ごとに飼育時間経過に伴う表・底層のDO濃度及びエビの生残率変化を示した。(図1-a~g)。なお、雌エビ(試験区1~4)については、はしごの水面近くに掴まっているエビの割合を表層移動率とし、その推移を生残率とあわせて示した。

#### 雌

##### (ア)試験区1「エア有・はしご有」

DO濃度は、表・底層ともに6.0mg/リットル以上を維持していた(図1-a)。飼育期間中死亡する個体は無く、生残率100%を維持した。表層移動率は、20~25時間経過時に10%に上昇したが、そのほかの時間帯では、表層移動個体はなかった。

##### (イ)試験区2「エア少・はしご有」

エアレーションを手動で調節した結果、各水槽のDO濃度にばらつきが発生したため、DO濃度が概ね4.0mg/リット前後で変動した5水槽(図1-b)と3.0mg/リット前後で推移した5水槽(図1-c)とに分けて示した。

まず、DO濃度が概ね4.0mg/リット前後で変動した水槽(図1-b)だが、DO濃度は試験開始直後は6.8mg/リットあったが、2時間後には5.1mg/リットに減少し、20時間経過時には3.9mg/リットとなり、その後約100時間後までの間は2.5~4.6mg/リットの範囲で変動した。表層のDO濃度は底層よりも0.1~0.5mg/リットほど高いが、ほぼ底層と同じ変動を示した。生残率は、約80時間後まで100%で推移したが、93時間後に80%に低下した。上層移動率は、飼育期間を通じて0~40%の間で変動した。

次に、DO濃度が概ね3.0mg/リット前後で変動した水槽(図1-c)だが、DO濃度は試験開始直後の7.3mg/リットから、6時間後には4.1mg/リットに減少し、18時間後には3.6mg/リットとなり、25時間後には一時的に5.4mg/リットに上昇したが、29時間以降は2.2~3.4mg/リットの範囲で変動した。

表層のDO濃度は底層よりも僅かに高いが底層とほぼ同じ変動を示した。飼育期間中斃死する個体はなく、生残率は100%で推移した。上層移動率は、飼育期間中DO濃度が低かった30~50時間後、及び75~100時間後に40~80%と高くなった。

##### (ウ)試験区3「エア無・はしご有」

底層DO濃度は、試験開始直後は6.9mg/リットあったが、2時間後には3.0mg/リットに減少し、20時間経過時には2.0mg/リットを下回り、その後約100時間後まで1.0~2.0mg/リットの間を推移した(図1-d)。表層のDO濃度も底層より僅かに高い値ながら同様の変動を示した。生残率はDO濃度が2.0mg/リットを下回った44時間経過後から低下し、最終的には50%まで低下した。表層移動率は、DO濃度が3.0mg/リット以下に低下したところから50%まで急上昇し、70時間経過以降は表層移動個体のみが生残していた。

##### (エ)試験区4「エア無・はしご無」

DO濃度は、試験開始直後から3.0mg/リット以下に低下し、20時間以降にはほぼ2.0mg/リット以下で推移した(図1-e)。生残率は、DO濃度が2.0mg/リットになった20時間後には10%まで低下し、44時間後には全個体が斃死した。

#### 雄エビ

##### (ア)試験区5「エア有・はしご無」

DO濃度は、表・底層ともに7.0~8.0mg/リットを維持していた(図1-f)。飼育期間中に斃死する個体は無く、生残率100%で終了した。

##### (イ)試験区6「エア少・はしご無」

DO濃度は、表・底層ともに試験開始直後は7.0mg/リットあったが、約50時間後には3.5mg/リットに低下し、その後試験終了まで3.0~4.0mg/リットで推移した(図1-g)。生残率は、DO濃度が3.5mg/リットに低下した約50時間後に80%となったが、その後は斃死する個体はなかった。

##### (ウ)試験区7「エア無・はしご無」

底層DO濃度は、試験開始直後は7.0mg/リットであったが4時間後には2.0~3.0mg/リットに低下し、その後もほぼ同じ値で推移した(図1-h)。表層DO濃度は底層より0.5~1.1mg/リット高い値で変動した。生残率は、DO濃度の推移と同様に4時間後から低下し始め、約22時間後には全個体が斃死し0%となった。

エビの逃避行動、斃死を引き起こす DO 濃度の目安

飼育試験中の各観察時における底層 DO 濃度とエビの様子(表層移動の有無、餌の食べ残しの有無、斃死)を整理して(表 4.5), 行動変化, 食欲低下, 斃死を引き起こす DO 濃度の指標値を検討した。

まず, 表層移動であるが, 各観察時における底層 DO 濃度とエビがいた場所について階級分けして整理した。その結果, 3.0mg/リットル以上の環境下では表層に移動する割合は 0~10%であるが, 2.0~3.0mg/リットル未満では 27%に増加し, 2.0mg/リットル未満の環境では約 70%が表層に移動しており, エビの表層移動は貧酸素時に偏って現れる行動であることが示された。このことから, テナガエビは, 底層 DO 濃度が 3.0mg/リットル未満に低下すると, 逃避のため DO 濃度が高い表層に移動しはじめることが示唆された。

次に残餌であるが, 雌の試験区では DO 濃度 6.0~7.0mg/リットル未満で 1 例だけ残餌が観察されたが, その他は全て 3.0mg/リットル未満の時で, 残餌が観察されたときには斃死している場合がほとんどだった。雄の試験区では残餌は観察されなかった。

雌の試験区で, 斃死を確認したときの底層 DO 濃度のうち, 最高値は 3.5mg/リットルであるが, 最も頻度が多かったのは 1.0~2.0mg/リットル未満で, 16 回観察したうちの 81%を占めた。雄の試験区では, 斃死の観察数が 6 回と少ないが, そのうち 1.0~3.0mg/リットル未満の範囲で 5 回観察された。

このことから, 抱卵した雌は DO 濃度 2.0mg/リットル未満, 「手長」の雄は 3.0mg/リットル未満の環境に一定時間以上さらされると斃死の危険が高まることが示された。「一定時間以上」の具体値については今後の研究課題となるが,

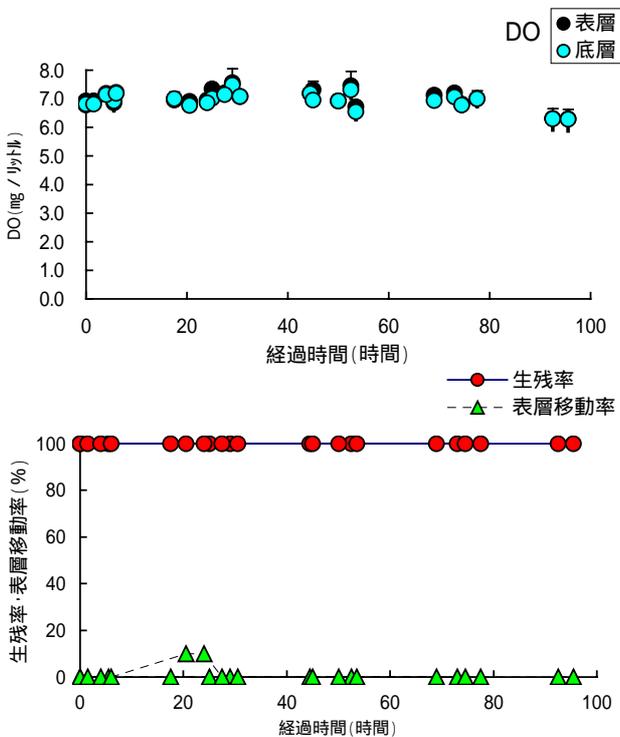


図 1-a 試験区 1 (・エア有・はしご有) における DO と生残率の推移

試験区 4 の結果(図 1-e)は, 抱卵雌が 2.0mg/リットル未満の環境下では 15~20 時間以上生存出来ないことを示唆している。

(3) 霞ヶ浦における春夏季の DO 濃度動向  
沖合の動向

越冬したテナガエビは, 6~8 月に産卵期を迎える。霞ヶ浦沖合における 6~8 月の底層 DO 濃度を 1978~2005 年について示した(図 2)。湖心, 木原, 大井戸の観測点はいずれも底層 DO 濃度が低下傾向にある。観測値の多くはテナガエビの逃避行動や, 斃死を引き起こす 3.0mg/リットル未満ではないが, 近年, 3.0mg/リットル未満を観測する確率が上昇している。例えば, 湖心観測点で 3.0mg/リットルを下回る確率は, 1983 年以前の豊漁年代(富永, 2006)では 33 観測中 3 回(9%)で, 中漁年代(1984~1995 年)では 66 観測中 4 回(6%)であったが, 不漁・減少年代(1996 年~)では 30 観測中 8 回(27%)に増加している。同じように比較すると, 木原では 6% 12% 17%, 大井戸では 15% 11% 27%と不漁・減少年代には 3.0mg/リットルを下回る確率が増加している。以上のことから, 霞ヶ浦沖合域において, 近年, テナガエビの行動や生残に影響を及ぼすような貧酸素化が頻繁になっていることが示唆された。

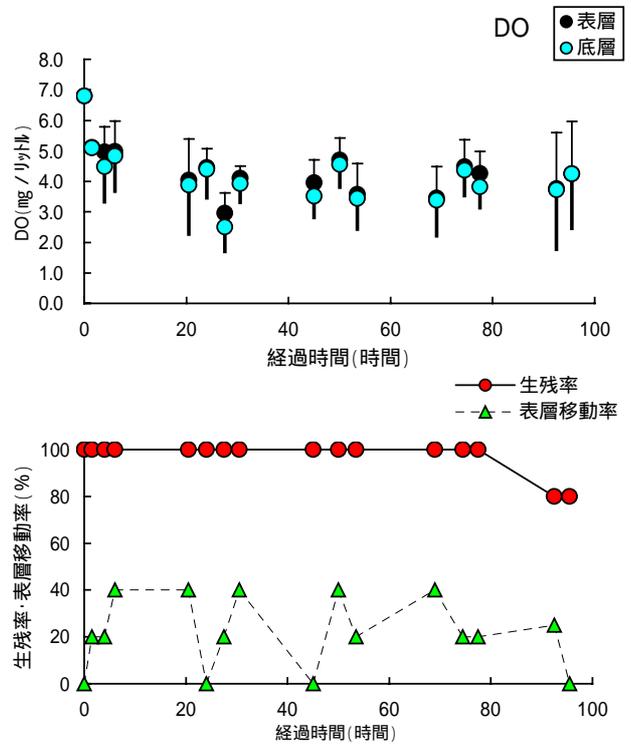


図 1-b 試験区 2 (・エア少・はしご有) における DO と生残率の推移

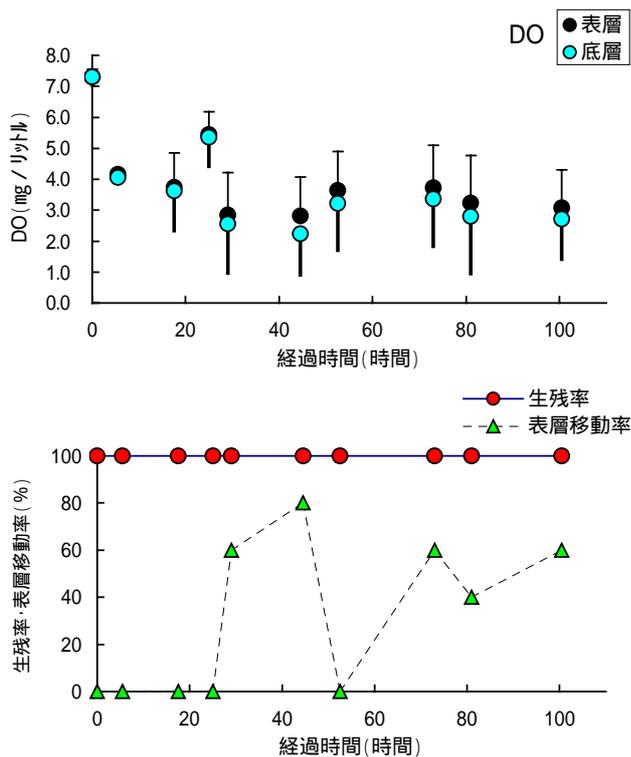


図 1-c 試験区 2 ( ・エア少・はしご有 ) における DO と生存率の推移

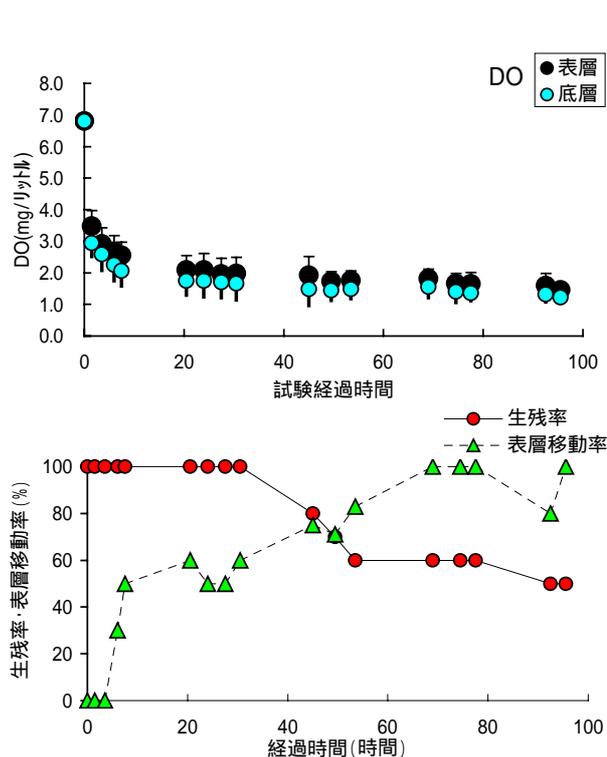


図 1-d 試験区 3 ( ・エア無・はしご有 ) における DO と生存率の推移

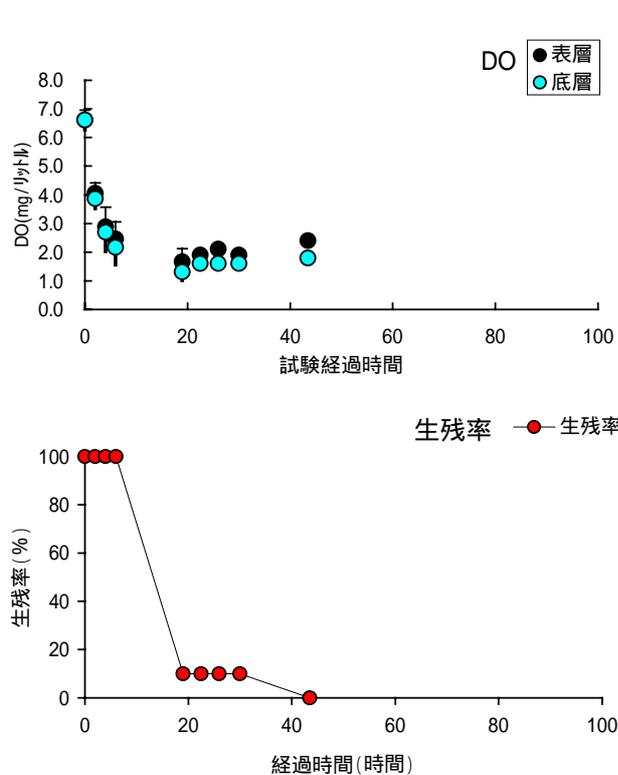


図 1-e 試験区 4 ( ・エア無・はしご無 ) における DO と生存率の推移

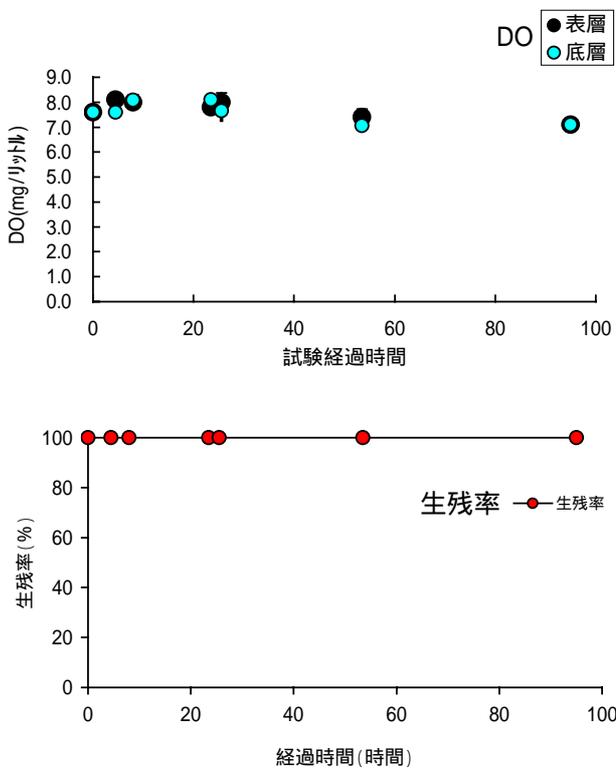


図 1-f 試験区 5 ( ・エア有・はしご無 ) における DO と生存率の推移

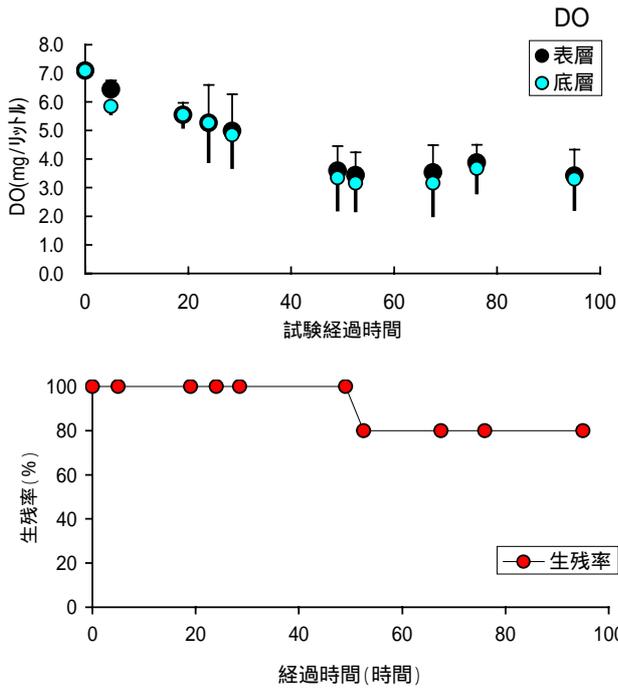


図 1-g 試験区 6 ( ・エア少・はしご無) における DO と生存率の推移

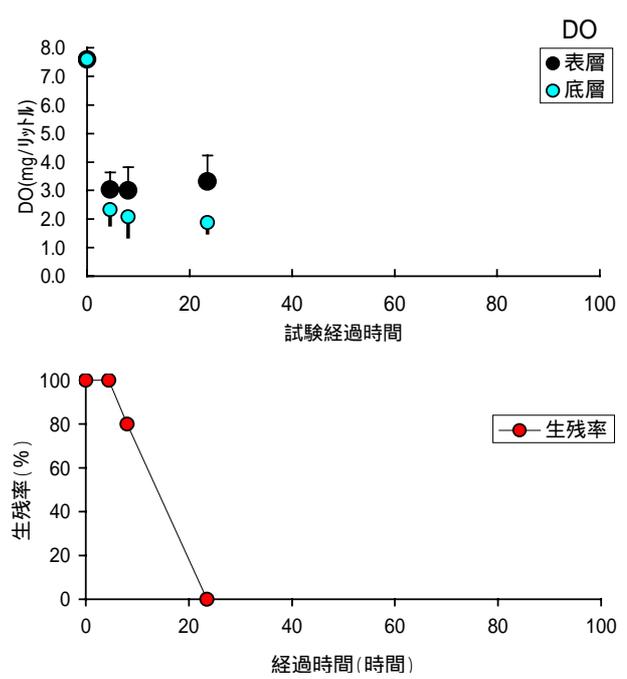


図 1-h 試験区 7 ( ・エア無・はしご無) における DO と生存率の推移

表 4 水槽の底層 DO 濃度区別のテナガエビの行動

DO濃度区分 (mg/リットル)	観察数(回)			表層移動率 (%)
	底層	表層	計	
0.0-0.9	0	2	2	100
1.0-1.9	33	72	105	69
2.0-2.9	33	12	45	27
3.0-3.9	37	1	38	3
4.0-4.9	32	1	33	3
5.0-5.9	19	2	21	10
6.0-6.9	72	2	74	3
7.0-7.9	63	0	63	0
8.0-8.9	0	0	0	-
計	289	92	381	

試験区 1,2,3 で, 各観察時の底層 DO 濃度とエビの位置を整理した。

表 5 テナガエビに斃死, 残餌が観察されたときの DO 濃度区分

DO濃度区分 (mg/リットル)	斃死観察数(回)		残餌観察数(回)	
	底層	表層	底層	表層
0.0-0.9	1	0	0	-
1.0-1.9	13	2	13	-
2.0-2.9	1	3	2	-
3.0-3.9	1	1	0	-
4.0-4.9	0	0	0	-
5.0-5.9	0	0	0	-
6.0-6.9	0	0	1	-
7.0-7.9	0	0	0	-
8.0-8.9	0	0	0	-
計	16	6	16	-

残餌は, 雄の試験区では観察されなかった。

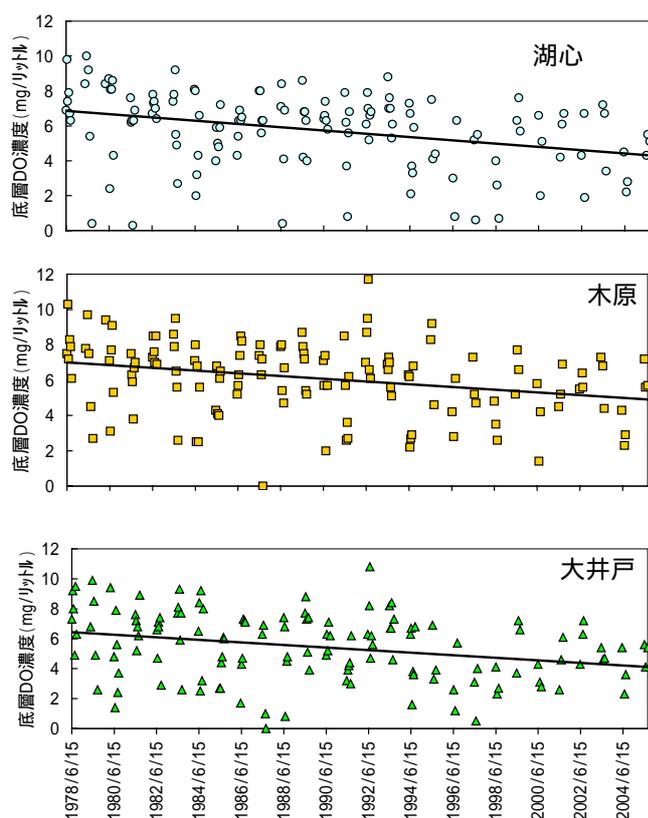


図2 霞ヶ浦の沖合底層における DO 濃度

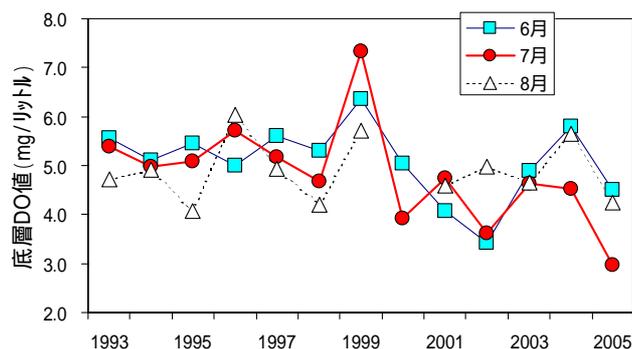


図 3-a 内水試棧橋における底層平均 DO 値の年推移

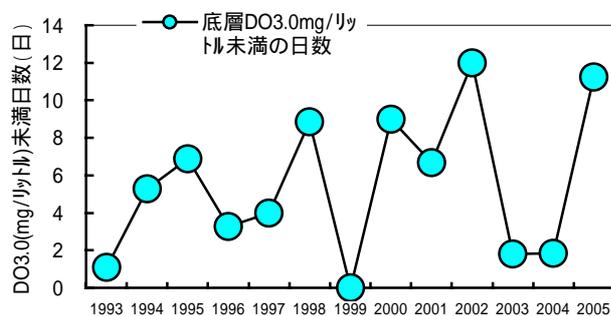


図 3-b 内水試棧橋における底層 DO3.0mg/L未満日数 (6-8月)の経年変化

観測日数は年により 40~67 日の範囲でばらつきがあるので、観測日数 60 日あたりに補正した日数を用いた。

湖岸域の動向

湖岸域の貧酸素状態の指標として、内水試棧橋で観測した底層 DO 濃度を 1993~2005 年の 6~8 月期について整理し、各月の平均 DO 濃度と DO3.0mg/L未満となった延日数の年経過を示した(図 3-a,b)。

6~8 月の各月平均 DO 濃度は、1993~1999 年の間は概ね 4.0~6.0mg/Lの範囲で変動していたが、2000 年以降は 5.0mg/Lを上回ることが少なくなった。特に 7 月の DO 濃度は、2000 年以降の低下が目立っている。

3.0mg/L未満の延日数は、年による増減はあるが、1999、2003、2004 年を除けば増加傾向にある。以上のことから、湖岸域においてもテナガエビの行動や生残に影響を及ぼすような貧酸素化が頻繁になっていることが示唆された。

考 察

(1) 実験方法の整理

テナガエビの貧酸素に対する行動を精密に研究する場合は、実験チャンパーを用いて飼育水に O<sub>2</sub> ガスと N<sub>2</sub> ガスを注入しながら DO 濃度を調節する方法などが用いられる(姜ら, 1995a,b)。本研究の試験装置は、エアレー

ションでの酸素増加と飼育エビの酸素消費との差し引きによって DO 濃度が変動することから 精密かつ安定した DO 濃度設定による実験は出来ていない。しかし、霞ヶ浦における貧酸素化は、急激に発生・進行することが特徴で、1988 年 7 月の貧酸素化ではわずか 1~2 日のうちに DO 濃度が 6.3mg/Lから 1.8mg/Lに低下している(茨城内水試, 1988)。今回の実験は、このような状況下に近い試験区も含まれており、得られた結果から親テナガエビの貧酸素に対する耐久性等を推し量ることは十分可能と考える。

(2) 既存知見との比較

姜ら(1995a,b)が行った実験では、DO 濃度 1.2mg/Lでは 2.0mg/L以上の試験区に比べて逃避行動を起こすこと、また別に行った生残率の実験では、DO 濃度 2.0mg/L以上の試験区に比べて 1.2 及び 0.6mg/Lの試験区では生残率が低下することを明らかにした。一方、本研究では、飼育水が 3.0mg/L未満になると逃避ははじめ、姜ら(1995a,b)の結果よりもやや高い値で逃避行動を起こす結果となった。生残に影響が出る指標値については、2.0mg/Lとほぼ同じ値であったが、姜ら(1995a)の実験では DO 濃度 1.2mg/Lで生残率約 60%、0.6mg/Lで 38%という値に対し、本研究では試験区 4、7 と

に生残率 0% という極めて低い結果であった。この生残率の差は、水温約 20 で安定した DO 濃度設定であった姜ら (1995a,b) の実験に対し、本研究の試験区 4,7 は DO 濃度急減後に 1.7~2.0mg/リットルで数時間経過したこと、水温が 22.8~29.0 と高かったなど飼育条件の違いが一因と思われる。また、本研究で用いたエビの体サイズが大きかったこと、抱卵エビは卵の発育のため腹肢を常に動かし卵に水を送る行動をとることなどにより、エビの要求 DO 濃度が高かったことも一因と考えられる。

次に霞ヶ浦で実際に発生した貧酸素化と比較する。霞ヶ浦では、1988 年 7 月に植物プランクトンの *Oscillatoria* が大量発生した後、それらが一斉に枯死して「水変わり」に伴う貧酸素化が起きた (外岡・浜田, 1990)。湖心の底層 DO 濃度は、7 月 7 日には 6.3mg/リットルと貧酸素状態ではなかったが、9 日には 1.8mg/リットル、12 日には 0.6mg/リットルに急減し、13, 14 日には 4.5mg/リットル、7.0mg/リットルに回復した。この間の 7 月 11 日に湖心付近で操業された底びき網のテナガエビ漁獲物は 95% 以上が斃死しており、その後 8 月中旬まで漁獲量が低迷して操業にならない状態が続いた。この状況から、テナガエビは DO 濃度 1.8mg/リットル以下となった 9~11 日の間に斃死したと推測される。本研究で得られた結果「テナガエビは、2.0mg/リットル未満の貧酸素が発生した場合、十数時間以内に貧酸素が解消されるか、貧酸素水から逃避しないと、高い確率で斃死してしまう」は、実際に発生した 1988 年 7 月の貧酸素化・斃死事例と照らして矛盾しない。

### (3) 貧酸素が産卵活動に与える影響

試験区 3,4 で抱卵エビが斃死したことや水面近くに逃避したエビの卵がふ化しなかったという結果から、貧酸素が親テナガエビの生残だけでなく、産卵活動にも悪影響を与えることは間違いないと思われる。ここでは、さらに試験区 1 と 2 で産卵脱皮率に差が現れた点 (表 2) について注目したい。

産卵中に同一個体が複数回産卵するテナガエビは、抱卵中の卵がふ化すると間もなく次の交尾、抱卵に備えて脱皮 (産卵脱皮) する (小笠原, 1984)。本研究の試験区 1 では 6 個体が飼育期間中に放卵し、うち 3 個体が同日か翌日に産卵脱皮した。しかし、試験区 2 では 5 個体が放卵したが、産卵脱皮した個体はなかった。このことから、試験区 2 のように斃死・逃避を引き起こさない軽度な貧酸素であっても、産卵脱皮を阻害し、産卵回数を減少させてしまう可能性があるため更に研究を進める必要がある。

### (4) 近年の貧酸素発生とテナガエビ資源への影響

霞ヶ浦北浦における大規模な貧酸素の発生は 1988 年の事例以降、報告がほとんどない。しかし、今回整理した沖合や湖岸の底層 DO 濃度の動向は、近年、貧酸素化の頻度が高くなっていることを示していた。また、規模等は不明ながら、1991 年 6 月に霞ヶ浦で、1995 年 5 月と 2004 年 7 月には北浦で貧酸素化し、漁獲物にエビ死骸が混入したり、逃避したと思われるエビが湖岸の張り網に大量に入網などの現象が確認されている (茨内水試, 未発表)。このようなことから、春夏季に発生する貧酸素化は、近年にお

ける親エビ資源減少の一要因となっていると考えて間違いないだろう。

貧酸素化によるテナガエビの斃死を最小限に抑えるためには、貧酸素が起きにくい環境を取り戻すよう努めることはもちろんだが、貧酸素が発生した場合でもエビが逃避出来るように、貧酸素になりにくい遠浅な湖岸域を増やすことや、底層の貧酸素から鉛直方向に逃げられるよう、現在の霞ヶ浦でほとんどなくなった沈水植物帯を再生することなどが有効ではないだろうか。また、近年における貧酸素化の規模や発生メカニズムが 1970~80 年代と同じなのか、などについても研究を進める必要がある。

## 要 約

- (1) 霞ヶ浦の春夏季に発生する貧酸素が、テナガエビの親エビの行動・生残などに及ぼす影響を明らかにするため、飼育実験等を行った。
- (2) DO 濃度は、3 タイプの試験区を設定した。他に雌雄別、はしご設置別などの条件も加え、計 7 試験区を設け、最長 100 時間の飼育期間中に、1 日数回、行動や生残等を観察し、あわせて水温と溶存酸素濃度 (以下「DO 濃度」と呼ぶ) を測定した。また、霞ヶ浦における近年の底層 DO 濃度の動向を検討するため、沖合の湖沼観測データと湖岸域の内水試棧橋観測データを整理した。
- (3) 生残率は、DO 濃度が 2.0mg/リットル未満に低下した試験区では雄雌とも 0% だった。また、産卵率や産卵脱皮率では、DO 濃度が十分高い試験区 1 では 6 個体が飼育期間中に産卵し、うち 3 個体が同日か翌日に産卵脱皮した。やや DO 濃度を低く設置した試験区 2 では 5 個体が産卵したが、産卵脱皮した個体はいなかった。このことから、斃死・逃避を引き起こさない軽度な貧酸素であっても、産卵脱皮を阻害し、産卵回数を減少させる可能性が考えられた。
- (4) 観察時の DO 濃度とエビの様子の記録から、行動変化、斃死を引き起こす DO 濃度の指標値を検討したところ、テナガエビは、底層 DO 濃度が 3.0mg/リットル未満に低下すると、逃避のため DO 濃度の高い表層に移動しはじめることが示唆された。斃死については、DO 濃度が 2.0mg/リットル未満の環境に一定時間以上さらされると斃死の危険が高まることが示された。「一定時間以上」の具体値については、試験区 4,7 の結果から、2.0mg/リットル未満の環境下では 15~20 時間以上生存出来ないことが示唆された。
- (5) 霞ヶ浦の底層 DO 濃度は、沖合・湖岸域ともに、3.0mg/リットル未満を観測する確率が近年増加しており、テナガエビが逃避したり斃死する貧酸素の発生が増加していることが示唆された。
- (6) 本研究の結果、春夏季に発生する貧酸素は、近年における親エビ資源減少の一要因となっていると考えられた。

## 文 献

- 姜柱賛・松田治・今村憲史(1955 a) 児島湖における貧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.
- 姜柱賛・松田治・今村憲史(1955 b) 貧酸素と硫化水素に対するテナガエビの逃避行動. 日水誌, 61, 827-831.
- 半澤浩美(2004) 霞ヶ浦におけるチャネルキャットフィッシュ (*Ictalurus punctatus*) の食性. 茨城県内水面水産試験場調査研究報告, 39, 52-58.
- 茨城内水試(1988) 茨城内水試霞ヶ浦酸欠観測資料.
- 茨城内水試(2004) テナガエビの重要資源変動機構解析調査. 茨城県内水面水産試験場事業報告 2004 年度, 28-42.
- 位田俊臣(1983) 霞ヶ浦産テナガエビ資源の動態に関する研究 - 抱卵期などについて. 茨城県内水面水産試験場調査研究報告, 20, 36-42.
- 熊丸敦郎(1998) ブルーギルの湖内における捕食量の推定. 茨城県内水面水産試験場調査研究報告, 34, 41-58.
- 小笠原義光(1984) エビ類の生態. 日本のエビ・世界のエビ, 成山堂書店, 30-38.
- 酒井光夫(1986) 霞ヶ浦におけるテナガエビ資源に関する研究. 東京大学農学系研究科学学位論文, 73-108.
- 外岡建夫・浜田篤信(1990) 1988年に霞ヶ浦北浦で発生した酸素欠乏について. 茨城県内水面水産試験場調査研究報告, 26, 48-59.
- 富永敦(2006) 霞ヶ浦におけるテナガエビ資源の減少と操業形態の変化. 茨城県内水面水産試験場調査研究報告, 40, 7-22.