総 説

Brine shrimp の 生 態

二 村 義 八 朗

(1967 年 2 月 9 日受理)

BIOLOGY OF THE BRINE SHRIMP

Yoshihachiro NIMURA*

Brine shrimp はその耐久卵の保存が容易であり、随時容易に孵化させられるので魚、甲殻類などの稚仔を飼育するための餌料として適しているばかりでなく^{124,126,他¹} ほかに放射線、毒物などの生物検定の材料としても用いられることが少なくない¹²⁷⁾。また塩田においては繁茂する植物プランクトンを摂取し、粗塩の着色を防ぐなどの働きもしている¹²⁸⁾。またかつては食用にされたともいう^{1,142)}。

近年、水産動物の種苗生産が広く行なわれるようになり、brine shrimp 耐久卵の需要が著しく増大してきたが、従来輸入されていた California 産耐久卵は米国内の需要増大のためか輸入が止まり、最近では Great Salt Lake (米国, Utah 州) 産のものの輸入に依存している。わが国でも数年前より瀬戸内海沿岸^{6,9)} および宮城県⁷⁾ の塩田の鹹水溜に brine shrimp が見出され、それに対する関心が増大してきている。しかしこれまでに報告されている brine shrimp に関する多くの知見も集録したものがないので充分利用されているとはいえない。ここでは brine shrimp を大量に培養する場合を考えて、その生態をめぐる諸点について綜述して参考に供したいと思う。

分 類

Brine shrimp は brine worm, Saltztierchen, verm de sale (伊) などとも呼ばれる鹹水産の下等甲殻類であり、分類学上、鰓脚目 (Branchiopoda), 無殻亜目 (Anostraca), アルテミア科 (Artemiidae^{9,14)}; Branchinectidae⁴⁾) に属し, *Artemia salina* LEACH の種名が与えられている。しかしこれには多くの地方種があつて、形態も環境によつてかなり変化することが知られており^{1,11,12,他¹}、染色体もまた $2n \sim 8n$ ($n=21$) の範囲にわたり^{8,10,他¹}、かつ必ずしも n の整数倍のみではなく多少の変異がある⁵⁾。このようにその分類はまだ混乱したままであるので、研究上は通常その原産地を明らかにする必要がある。これらの地方種は雄が常時 (ほとんど) みられないものと (瀬戸内海沿岸産, ♂を認めず?, ? 筆者; フランス産, 地名不明, ♀のみのときも ♂ のいるときもある²⁴⁾), 常時雌雄双方がみられるもの (カリフォルニア産; ユタ産) に分けられる。しかるに無殻亜目は通常雄の第2触角^{4,14)}、または陰茎⁸⁾ の形態によつて科が分けられるので雌のみしか見出されないものでは種の査定が非常に困難となる。さらにまた鹹水および半鹹水に棲息する無殻亜目に属する種類は本種の他に 6 種ほどが知られている**。しかし LINDER⁸⁾ によれば *Artemia* は幸いにして雌の育房に特徴があり、その腹側に 1 対の刺を有し、これは無殻亜目の中では他に *Tanymastix affinis*, *T. stagnalis* に限られるという。後の 2 種は、大きさは *Artemia* とほぼ同じであるが、尾叉の形

* 東京大学農学部水産学科 (Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, University of Tokyo, Tokyo, Japan)

** *Branchinecta ferox* M.-EDWARD, *Branchinectella salina* DADAY, *Chilocephalus stagnalis* D., *Parartemia contracta* LINDER, *P. serventyi* LINDER, *P. zietziana* SAYCE. 文献 1), 8) による。

第1図 尾叉の形態

1 *Artemia salina* v. *köppeniana*; 2 v. *milhausenii*; 3 v. *arietina*; 4 v. *principalis*; 5 v. *jelskii*; 6 *Tanytastix affinis* (ABONYI¹⁾, DADAY⁴⁾)

態が異なる⁴⁾。すなわち後の2種では第1図に示すように尾叉は剣のような形で細長いが、*Artemia*ではそうでない。属の査定ができれば *Artemia* は1属1種であるので^{1,8,14)} 種の査定もできる。変種の査定は第1図のように尾叉の形態によるが^{1,4)} この形態は鹹度によつても変化するので¹⁾ 現在では重視されていない。

分 布

本種は Greenland に棲息することが知られている他に、両極地以外の全世界に分布し、鹹度の高い (σ 12~240 以上) 陸水に棲息する⁴⁾。欧州については比較的よく調査され、STELLA¹³⁾ がその生殖様式および核相について調べ、分布図を作っている。わが国では現在、瀬戸内海沿岸 (岡山県⁶⁾, 山口県⁹⁾) および宮城県⁷⁾ の塩田の鹹水溜に棲息している。瀬戸内海沿岸産のものはもと大連から粗塩と共に移入されたものであるといわれているが、詳かではない*。

生 殖

本種は雌雄異体で、両性が常にいる地方種は有性生殖により、雌のみの場合は処女生殖により**、ときに雄の出現する地方種では双方の生殖法により繁殖すると考えられている¹⁵⁾。その出産には母虫が育房にある生殖孔よりノープリウスを産む卵胎生と耐久卵を放卵する卵生の2様式がある。この2つの出産様式は双方いずれの生殖法による場合も認められ、生殖法の違いとは無関係である。

雄の第2触角は発達して把握器 (clasper) となつている (第4図参照)。第12, 13 体節は生殖体節とも呼ばれ、雄は1対の紡錘状の外部生殖器を腹側にもつ。雌の第2触角はあまり発達しない。卵巢は腸の左右を後方に伸びており、前部では輸卵管を経て育房に開く。育房は1個で生殖体節の腹側に附いていて西洋梨型をしており、後方に1個の開孔をもつ。育房の内壁には2細胞が1単位となつている多数の卵殻腺がある^{30,44)}。

成熟した雌は第2触角で雌の育房の前部を把えて腹側を上にして一緒に泳ぎ***、時に腹部を著しく曲げて交尾するが、短時間 (ほぼ1分以内) に終る。また出産には、有性生殖の場合、毎回交尾が必要であり^{18,31,33)}、水温 28°C 位では交尾後 50~80 時間で出産し、出産様式の差異によつてその時間に差をきたさない。また出産と母虫の脱皮とは必ずしも同時ではなく、かつ同周期とも思われない。1回の産卵数 (卵生の場合) または産仔数 (卵胎生) は 2~300 で、多くは 80~150 である。この数は同一個体でもかなり変動があるが、初期はやや少なく、以後はほぼ一定している^{18,33)}。出産間隔は 2.5 日以上 (28°C 位) であり、1個体が 17 回出産した場合もあるが、多くは 5~10 回のようである。しかしこれらは栄養状態でも著しく変わる。また雌では出産後、衰弱で死亡する個体も多い³³⁾。

出産様式 (耐久卵の形成) 出産様式には育房内で孵化したノープリウスを産む卵胎生と耐久卵を産む卵生があるが、ミジンコと同様に世代交替によるとの誤解が根強かつた。雌は生涯に必ずしも同じ出産様式のみをとるものではなく、双方の出産様式をとるものも多い。1腹の産出をみると通常、耐久卵かノープリウスのどちらか一方のみであるが、極く稀には両者が混じつていないかと思われる場合もある。ちなみに卵生の場合は耐久卵とすぐ孵化する卵の2種類があるとの説もある^{45,61)}。すぐに孵化する卵の存在を否定するのではないが、もしあつてもそれは非常に稀なことであるので、ここでは問題にしない。

天然における出産様式と季節との関係は様々である^{29,52,133,143)}。またこれまで古くから出産様式に関与す

* わが国に棲息する無殻亜目は他にホウネンエビ *Branchinella kugenumaensis* C. ISHIKAWA のみで、これは体長 15~20 mm になり、雌雄が出現し、淡水に棲息する¹⁴⁾。追記参照。

** 雌のみで雄の全く出現しない地方種はないのかもしれない。

*** 光に対し腹側を向ける¹⁴⁶⁾。riding position³⁰⁾。

ると考えられた要因は世代交番、鹹度¹⁾、温度²⁸⁾、出産回数(成熟度)^{28,31)}などであるが、そのいずれも直接には関与しない。

耐久卵は育房壁にある卵殻腺によつて卵殻を被せられる。この卵殻はヘマチンを多く含み、これは雌のヘモグロビンが卵殻腺を経て排泄されたものと考えられている^{67,68,74)}。ヘモグロビンは環境水の溶存酸素濃度が低い場合に *Artemia* の体内に作られ、溶存酸素濃度が高い場合は作られないし、かつ体内にあつても速かに排泄される。しかも雌の方が雄より排泄速度が速いという¹⁰³⁾。DUTRIEU^{67,68)} は緑色鞭毛虫の *Chlamydomonas*, あるいはクロロフィルもカロチノイドも持たないビール酵母を餌として、さらにヘモグロビンの含量を変えるために溶存酸素濃度を変えて *Artemia* を飼つた。その結果クロロフィルを含む餌を摂り、ヘモグロビンの多いものの群のみ耐久卵を作り得たという。これらのことより彼女はクロロフィルを含む餌を摂り、ヘモグロビンの多いものは卵殻の内にヘマチンとしてヘモグロビンを排泄し、かつ植物に由来するカロチノイドと蛋白質の複合体が卵の休眠因子となつており、これが脱水によつてカロチノイドと蛋白質に分解し、休眠も解除されると考えた。この説は未だ実験的裏付けが充分とはいいいがたく、さらに検討する必要があるけれども注目に値する。

孵 化

卵胎生の場合には薄い膜を被つた胚は、通常育房内でその膜を脱いで、生殖孔からノープリウスとして産み出される。また卵生の場合、産み出された耐久卵の発生段階は胞胚期⁵⁶⁾とも後期囊胚期^{67,68)}ともいわれ、はつきりしない。この耐久卵は乾燥、寒冷^{20,63)}、真空^{63,125)}などの逆境にも耐えて休眠を続け、適当な環境になれば孵化する。孵化はまず外側の厚い卵殻と薄膜が破れ、その薄膜に連らなつたもう1枚の膜に包まれてノープリウスが頭部を下にしてぶらさがる。次いでその包んでいた膜も頭より破れてノープリウスが泳ぎ出す^{51,54)}。一般に JENNINGS and WHITAKER⁵⁴⁾ に従つて前の段階を emerge (-nce), 後のを hatch (-ing) と呼んで区別している。前者は滲透圧による殻の破壊であり⁶⁴⁾、後者には孵化酵素が関与しているのではないかと予想されている⁵³⁾。

産出された耐久卵は風乾^{57,58,67,68)}あるいは高張鹹水^{57,58)}などの何らかの方法で脱水されないと後で孵化しない。これは胚の休眠因子と思われるカロチノイド蛋白が脱水によつてカロチノイドと蛋白質に分解して休眠が解除されるためと考えられている^{67,68)}。この乾燥した耐久卵は乾燥状態では代謝が止つているらしいが、水と酸素が供給されると発生が進む^{67,68,他)} (第8図参照)。CLEGG⁶⁴⁾によれば、耐久卵の乾重量の17%を占めるトレハロースが耐久卵浸水後の代謝基質の主たるもので、これよりグリセロールが生合成され、これが内部の滲透圧を高めて吸水を促し、遂には卵殻の破壊に導くという。この過程における呼吸の変化については呼吸の項で述べる (第8図参照)。

孵化条件については種々検討されている。水温については BOONE and BAAS-BECKING¹¹⁴⁾ がカリフォルニア産のものを海水中(筆者推定)で孵化させて第2図のような結果を得ている。また瀬戸内海沿岸の宇野産のものでも同様の結果が得られている⁵⁹⁾。

塩類組成の影響については、 $K^+ > Ca^{++} > Mg^{++}$ の順で塩化物に毒性が認められるが、 Na^+ イオンがそれらに対して拮抗作用をもつことが知られている¹¹⁴⁾。これらのイオンは emergence ではなく hatching に対して影響をもち、emergence は蒸溜水中でもみられる⁵⁴⁾。

鹹度も著しく孵化に影響をおよぼす^{57,59,136,他)}。

第2図 水温と孵化時間の関係
○ emergence, ● hatching
(BOONE and BAAS-BECKING¹¹⁴⁾)

* 成体についても同様のことがいわれている¹²¹⁾。

第3図 鹹度と孵化の関係
 ● 孵化率 (hatching/emergence)
 ○ 孵化時間 (hatching)
 ◎ 孵化時間 (emergence). 水温 25°C
 (JENNINGS and WHITAKER⁵⁴⁾)

成 長

Artemia はノープリウスで孵化して成長し、著しい変態をしないで成体になる。卵生、卵胎生を問わず孵化直後のノープリウスは体長約 0.35 mm で第1および第2触角と大顎とをもち、主に第2触角を用いて泳ぐ。消化管は未完成で腹部に卵黄粒がある。頭部には単眼、口唇と後頭部を丸屋根状に被う neck organ (dorsal organ, nuchal body) をもつ。

第4図 *Artemia salina* v. *principalis* SIMON の外部形態

1 第1令, 体長 0.36 mm; 2 第7令, 体長 2 mm; 3 第8令, 体長 2.4 mm; 4 第11令 (♂), 体長 5.2 mm (HEATH⁴²⁾)

JENNINGS and WHITAKER⁵⁴⁾ はカリフォルニア産のものを用いて、海水を基本にして $\sigma 0 \sim 56$ の種々の濃度で孵化させたところ一様に約 60% emerge し、emerge したもののうち hatch したものの割合ならびに emergence および hatching の速さと鹹度の関係は第3図のようになり、 $\sigma 7 \sim 30$ の海水での hatching が最も速いという。 $\sigma 75$ 以上では通常孵化しない^{57,124)}。これは呼吸量と滲透圧との関係⁶⁴⁾からもうなずけるところである(第8図, 呼吸の項参照)。

孵化の技術的な問題は他の機会に譲る。また発生過程における形態や生化学的変化についての報文も多いが、この点に関しては GREEN の綜述⁷⁰⁾を参照されたい。

HEATH⁴²⁾ によれば、このノープリウスは第1令の末期には消化管も完成し、摂餌をはじめめる。その後、脱皮と共に体節、游泳肢の数も増えて発達し、体長 2~3 mm で泳ぎもなめらかになり⁹³⁾、雌雄の別も外部的に判るようになる。すなわち第7令(2 mm)で雌雄共に生殖体節に外部生殖器の原基が認められ、第8令(2.5 mm)で雌雄共に第2触角が変化して先端が後方へ向く。第12令(6.5 mm)になると雄は特に発達した第2触角で雌を把えて riding をはじめめる。第14令位までは形態的に区別できるが、それ以後はできないという。この間の形態的变化は HEATH⁴²⁾ が脱皮と関連づけて*、CLAUS³⁹⁾ が組織学的に研究を行なった。また WEISZ^{50,51)} は生物計測学ならびに組織学的手法を用いて体節、附属

* HEATH⁴²⁾ は採集した標本の形態的变化に基づいて instar (令) の区別をした。しかし甲殻類の脱皮は必ずしも成長および形態的变化を伴うものではなく、このためさらに 1~2 の令を追加すべきだという説もある^{49,82)}。また WEISZ⁵⁰⁾ は孵化から性成熟までの脱皮回数は不定であるという。また大島¹⁴⁵⁾ は令 (instar) は脱皮に基づくもの、期 (stage) は形態的变化に基づくものとして区別して考えている。

肢の発達過程をしらべた。

成長は水温、餌料、鹹度などに左右されるが、適温^{25, 32, 98)}の 28°C 前後では孵化後 1 日以内に摂餌をはじめ、8 日目に riding し (交尾も同日と考えられる)、11 日目に出産した例^{33, 34)}もあるが、大体は早くて孵化後 2~3 週間で出産する。寿命は大体 2~3 カ月位であるが、9 カ月生存した例¹⁸⁾もある。成体は体長 10 mm 前後 (なかには 16 mm にもなる地方種もある⁴⁾) になり、雌の方が最終的には僅かに大きくなる⁴⁰⁾。また成体 (あるいは同令) の大きさは鹹度の高いほど小さい^{37, 38, 40, 他)}。しかし鹹度と成長速度の関係は未だ一致した結果が報告されていない^{40, 50, 91, 98)}。これは飼育条件の制御に問題があるためと考えられるが、成長速度は鹹度にあまり影響されないようである。

なお鹹度によつて形態も変化する。すなわち一般に鹹度が高いほど腹部が長くなるといわれているが^{1, 12, 37)}、異論もある^{38, 40, 50)}。WEISZ⁵⁰⁾は種々の鹹度でカリフォルニア産のものを飼つて体の各部を測定し、鹹度によつて体の各部の比は変わらないという。

上記のように鹹度によつて形態が変化するが、体長と体重の関係を図示すると第 5 図のようになる。体長の大きい方ではカリフォルニア産^{90, 104)}もユタ

第 5 図 *Artemia* の体長と乾重量の関係
—, ○ カリフォルニア産^{90, 104)}
--- ユタ産⁹⁸⁾
乾重量と湿重量の比 (%)¹⁰⁴⁾

第 1 表 一般成分分析表 (百分率表示)

(水分以外は乾物中の百分率)

	水 分	蛋 白 質	脂 肪	炭 水 化 物	灰 分	産 地	備 考
成 体	95.0	55.0				ユ タ	文献 75)
仔 虫	90.3	66.4	9.4		6.4	カリフォルニア	39 Cal/100 g 1.1~1.7 mm 文献 78')
N*	93.6	62.6	12.9			ユ タ	I.V. = 106 文献 75)
N (24h)*	78.9	61.8	15.2		6.0	"	95 Cal/100 g 文献 78')
"	81.9	55.6	18.9		7.2	カリフォルニア	84 Cal/100 g 文献 78')
N (48h)*	89.1	63.1	15.2		9.2	"	48 Cal/100 g 文献 78')
"	89.0	63.1	15.2		9.6	ユ タ	文献 78)
胚**	8.5	46.2~.9	12.5~20.0	16.4~.8		カリフォルニア	文献 66, 67)
♂	90	36.9~43.1	16~17	9		"	文献 66, 67)
胚**	11.6	51.8	10.6	22.7	3.2		文献 72)

* 例えば, N (24h) は孵化後 24 時間のノープリウスを示す。

** 卵殻を除く。

産⁹⁸⁾も大体一致するが、小さい方では相違が出ている。これは原報⁹⁰⁾の図の尺度がこの図のものと違うためかもしれない。また乾重量と湿重量の比を第5図の下の方に示したが、この比は S 35% のものも S 140% のものも差がないという¹⁰⁴⁾。また一般成分をまとめてみると第1表ようになる。しかし摂餌開始後は消化管内容物が全体に対してかなりの割合を占めるので、その影響も考慮しなければならない。この他に色素^{97,68,74,77)}、脂肪酸⁷⁶⁾などの成分についての報告もある。

摂 餌

微細藻類および原生動物を食べる雑食性であることはすでに JOLY²⁹⁾ が明らかにしているが、典型的な filter feeder で、時に scraping をする。

天然に棲息するものの餌料についての記載^{29,32,133)}の他に、飼育実験によつて植物プランクトンの餌料価値についての検討も行なわれ^{88,89,94)}、非常に近い種類の植物プランクトンでも餌料価値が異なるといわれている³⁴⁾。BOND⁸²⁾ は PÜTTER 説の反証に *Artemia* を用い、粒子状の餌料が必要であることを示した。PROVASOLI and SHIRAISHI⁹³⁾ は無生物餌料によつて *Artemia* の栄養要求について検討し、無菌海水で trypticase、肝臓浸出液、核酸加水分解物、血清、蔗糖、コレステロール、ゾウリムシ因子、グルタチオン、ビタミンB混合物、微粒子澱粉を与えて飼育に成功した。特に澱粉粒子を懸濁させることは必須で、これが上記の溶けている栄養素の摂取を助けるという。しかし他の栄養素が澱粉粒子に吸着されて摂取されるのか、粒子が摂取される際に溶液も取込まれるのであるかについては解明されていないし、成長速度も非常に遅いものであるが、栄養要求の研究に第1歩を記した。この他にも粒子状の無生物餌料も多く用いられ、ブタノール醗酵残渣³⁴⁾、大豆粉と小麦粉の混合粉末⁷⁸⁾、おからの粉、しょう油粕の粉、澱粉粕の粉なども無菌飼育ではないが有効であることが判っている³³⁾。

摂餌はノープリウスの時代には主として第2触角で集めた粒子をさらに大顎で口唇の部分に集めて消化管へ送り込むといったやり方で行なわれる⁸⁷⁾。成体では游泳肢で腹部正中線の food groove に集めたものをさらに游泳肢の内肢基部にある剛毛で前方に送り、口唇、口部附属肢により消化管へ送り込む^{83,84)}。これらの過程で一度游泳肢で集められた粒子が food groove などより外れることもある。游泳肢によつて単位時間に汙過される水量は汙水率 (汙水量, filtering rate, ml/尾/日) で、また実際に摂取される餌の量 (細胞数) は摂餌率 (摂餌速度, grazing rate, feeding rate, 細胞数/尾/日) で表わされ、両者は明確に区別されなければならない。汙水率は摂餌能力を示すもので、水温、体長などによつても著しく変わる。しかし動物プランクトンの汙水率は汙過された水量を直接測るのではなく、摂餌率から換算して求めるのが一般である。したがって餌料濃度によつても著しく変わる^{91,95)}。

REEVE⁹⁵⁾ は種々の大きさの *Artemia* の汙水率と摂餌率を餌料濃度を変えて測定した。それによると低餌料濃度では汙水率は一定であるが、ある臨界濃度以上になると摂餌率が一定になつて汙水率は低下するという。見かけ上最大である低餌料濃度の時の汙水率と体長の関係はほぼ第6図のようになる。また

第6図 体長と汙水率の関係

○ カリフォルニア産 29°C^{91,92)}
● ユタ産 25°C⁹⁵⁾

下するという。見かけ上最大である低餌料濃度の時の汙水率と体長の関係はほぼ第6図のようになる。また

一般に汙水率は雌雄によつて差がなく³³⁾、鹹度⁹¹⁾、明暗^{83,82)}などによつても影響されないが、飼育水を攪拌すると低下する⁸²⁾。攪拌の影響は餌料が food groove より外れるためであろう。また摂餌は無選択的であるが^{92,96)}、砂などの無機物が混在すると、最大摂餌率がやや増加するという⁹⁶⁾。

最大摂餌率は、*Chlamydomonas* sp. ($10 \sim 15 \times 6 \sim 9 \mu$) を餌とした場合、水温 28°C で、体長 5 mm の *Artemia* では約 700 万細胞/尾/日⁹²⁾で、この場合の維持食量 $10 \sim 30$ 万細胞/尾/日^{33,91)}に比べて著しく大きい。このように filter feeder は一般に必要量に比して非常に大きな摂餌能力をもつようである。しかし餌料効率は摂餌率によつて大きく左右され、摂餌率が大きい場合はかえつて著しく低下し⁹²⁾、成長速度もやや遅い⁹¹⁾。*Artemia* の摂餌と成長に関してもいくつかの研究があるが^{90~92,96,99)}、filter feeder の摂餌と成長(生産)との関係については、橈脚類でよく研究されているが、superfluous feeding 説^{80,81)}やその反対説^{85,86)}などが出ており、さらに一層の検討が必要である(安楽の綜述⁷⁹⁾参照)。

呼 吸

呼吸量(酸素消費量)の測定は胚から成体までの種々の大きさのものについて、種々の目的のもとに行なわれている。プランクトンの呼吸量を測定する場合には一般にそうであるが、*Artemia* でも測定値が被検体のどのような状態のもとにおいて得られたものであるか明確ではないことが多い。したがつてその値の比較および解釈には充分注意を払う必要がある。

鹹度の違いによる呼吸量の違いが *Artemia* の大きな滲透圧調節能力の故に、まず研究者の興味をひき、測定された³⁰⁾。鹹度と共に呼吸量も増加³⁰⁾、あるいは減少する^{67,68,102)}という報文もあるが、GILCHRIST¹⁰⁴⁾は S 35‰ と 140‰ の静止した鹹水中で、溶存酸素濃度、体長、性を揃えて測定し、両者に有意差を認めなかつた。滲透圧調節のためのエネルギーは S 195‰ では全体のエネルギー消費の 6% 位と計算されていること¹²⁰⁾などからも、平常代謝は S 10~200‰ ではほとんど変わらないものと考えられる^{91,109)}。

体の大きさと呼吸量の関係は VON BERTALANFFY and KRYWIENCZK¹⁰⁰⁾が KIRK の装置で測定して体長との関係を求めた。他にも WINKLER 法で測定して *Artemia* の全窒素量¹⁰²⁾、乾重量^{101,104)}に対して同様の関係を求めた報文がある。それらを体長に対してのものに換算してまとめてみると第 7 図のようになり、平常代謝は体長のほぼ自乗に比例するものと考えられる。性による差は通常認められないが^{30,104)}、鹹度が高くなると雌の方が雄より多く酸素を消費する¹⁰⁵⁾。地方種による差はノープリウスでは認められないが¹¹⁰⁾、成体の雌では認められている⁴⁰⁾。またノープリウスの呼吸量は明るいところでも暗いところでも変わらないという¹⁰²⁾。

温度の影響は相互に比較しうるものがないので断然としないが、体長 5 mm のものについて第 7 A 図

第 7 図 呼吸量と体長 (A)、水温 (B) の関係
a 30°C ¹⁰⁰⁾, b 25°C ¹⁰⁴⁾, c 15°C ¹⁰²⁾,
d 13°C ¹⁰¹⁾, e 5°C ¹⁰¹⁾; B 体長 5 mm;
呼吸量の単位 $\mu\text{l O}_2/\text{hr}/\text{尾}$

* NH_3 の排泄量はノープリウスおよび初期のメタノープリウスではカリフォルニア産 (2n) よりユタ産 (4n) の方が多かった。尿素の排泄はなかった^{112,113)}。

を描き直すと第7B図のようになる。したがって異論はあるが¹⁰²⁾、適温での Q_{10} はかなり大きいように思われる。

溶存酸素濃度の影響については GILCHRIST¹⁰³⁾ がヘモグロビンの機能との関連のもとに調べ、21~22°Cの海水中では、ヘモグロビンを持たない個体は酸素の飽和度 20% 位*では2日位で半数以上死亡したが、ヘモグロビンを持った個体はほとんど死亡しなかつたという。また S195% の鹹水では飽和度 80% (1.6 ml O_2/l 位) 以上になると呼吸量はほぼ一定となつたが、ヘモグロビンを持つものはヘモグロビンを CO で阻害したものより多く呼吸し、両者の差は飽和度 53% 位 (1.05 ml O_2/l) 以下ではなくなるという。しかし *Artemia* は棲息塩分範囲が広く、同じ酸素分圧 (飽和度) でも鹹度が著しく違えば濃度 (ml O_2/l) も著しく異なるのでヘモグロビンの機能の研究^{67, 68, 103, 107)} と共にさらに検討が必要であろう。

第8図 孵化時における呼吸量

- A 呼吸量の時間的变化, ● 27°C, 2% NaCl 液, R.Q. = 0.90~0.93⁷¹⁾; ○ 29°C, 海水, R.Q. = 1.02⁶⁷⁾; ⊙ 30°C, 1 m NaCl 液, R.Q. = 0.94~1.02⁶⁴⁾。但し乾燥卵は 2.35 γ /卵として計算した。
- B 孵化用水の滲透圧と呼吸量の関係⁶⁴⁾
呼吸量は浸水後4時間までのもので、蒸留水中のものを 1.0 とした。
但し、滲透圧 1 気圧 $\equiv \sigma 1$ 。

耐久卵の孵化に伴う物質代謝の研究は多いが、それらのうちから酸素消費量の測定例を拾うと第8図のようになる。これで見ると 30°C で 6 $m\mu l/h$ /卵を越さないが、この値は孵化直後の個体の 30 $m\mu l/h$ /尾¹⁰⁰⁾に比べて著しく少ない。これは卵殻の酸素に対する透過性が低いためではないかと思われる。また孵化用水の滲透圧と浸水後4時間の酸素消費量との関係⁶⁴⁾は孵化率との関係と同様の傾向を示し、 $\sigma 75$ (約 75 気圧)ではほとんど孵化^{57, 124, 144)}も呼吸⁶⁴⁾もしないということは興味がある。

滲透圧調節

広範な塩分範囲の鹹水に棲息し、かなり急激な塩分変化に耐えうる *Artemia* は大きな滲透圧調節能力をもっている。古くからこの点について注目され研究もなされたが^{30, 122)}、近年 CROGHAN^{117~120)} が詳しい研究を行なっている。すなわち環境水の滲透圧と体液の滲透圧とを氷点降下法で測つて、それに相当する NaCl

* SHEPARD¹⁰⁸⁾ のいう zone of resistance に入る。

溶液の濃度に換算すると第9図のようになる。しかし両者のイオン組成は著しく異なり、体液中の K^+ , Mg^{++} は少ない¹¹⁷⁾。また消化管の滲透圧調節に対する寄与を知るために消化管の前後をしぼったり、 $KMnO_4$ 溶液で特定の器官を破壊したりして種々の濃度の鹹水などに入れて、体液などの滲透圧やイオン組成の変化をしらべた。それによると、*Artemia* は消化管壁を通して水および塩類を吸収し、塩類のみを前部10対の鰓脚の metepipodite から排泄する。鰓脚の排泄器官が充分発達しない若い時は後頭部の neck organ がその代用をするものと考え

られている。特に鰓脚の metepipodite にミトコンドリア・ポンプと呼ばれる細胞器官が見出されている¹¹⁵⁾。また放射性同位元素を用いた実験から Na^+ , Cl^- などのイオンは環境水と体表(鰓脚?、?は原報)を通して交換拡散*によつて非常に速く交換し、その交換量は排泄量を大きく上まわることも判つた¹²⁰⁾。

あ と が き

この綜述では *Artemia* を大量培養することを念頭においてその生態ならびに生理の基礎的知識を集録したが、わが国で現在使用されている耐久卵はほとんど全部を輸入に頼っており、これが自給できるかどうかは大量培養法の技術的確立とその採算性のいかににかかっている。したがって最後に実際の生産状況などにも触れながら、大量培養を実施するにあつてどのような問題があるか、またその解決には将来どのような点を追究すべきかについて考えてみたい。

大量培養の試みは、現在のところ比較的大型の生き餌を確保するためにのみ行なわれている。ソ連邦ではチョウザメの種苗生産に餌として大型の *Artemia* を必要とするため、25 m² のコンクリート水槽で馬糞の施肥や植物プランクトン、イーストの投餌を行なつて飼育し、2カ月後に耐久卵も得られたが湿重量で 2 kg/m²(水深 1 m, 筆者推測)の現存量を得たという^{27,36)}。これはカリフォルニアの塩田の現存量の 7¹³⁴⁾ ~ 15¹³³⁾ 倍であり、寺本・木下³⁴⁾ がブタノール醗酵残渣で培養した場合の結果とほぼ同程度である。長崎水試⁷⁸⁾ では大豆粉と小麦粉の混合粉末 (1:1) を餌としてノープリウスから育てて 13 日で体長 1.5~6.5 mm にし、そのときの密度は 6 尾/ml であつたという。また筆者の試みたところでは、植物プランクトンを含む海水を流して、小さな網イケス (3×3×6 cm) でカリフォルニア産耐久卵から得たノープリウスを 40~60 尾/ml の高密度で飼つて、3週間後に生残率約 40% で大半の個体を成体にする事ができた (これは取上げ時の湿重量で 40~80 kg/m³ に相当する)³³⁾。飼育密度は長期の継代培養の場合と単なる育成の場合とは同一に論ずることはできないが、上記の例が一応の目安になろう。このような高密度飼育では餌料の確保、供給が大きな問題となるが、施肥よりも人工餌料などの投餌に頼らなければならないことも多くなろう (摂餌および出産様式の項も参照)**。

第9図 環境水の滲透圧と体液の滲透圧の関係
a 消化管内容物, b 血リンパ。単位は % NaCl
(CROGHAN¹¹⁷⁾)

* 交換拡散 (exchange diffusion): 境界膜の両側に充分量のイオンがあり、境界膜自体としてはイオン不透過性であるが carrier を有し、両側のイオンを 1:1 で交換し、net flux はなく、したがってエネルギーも必要としない。またイオンに対し選択性のある場合がある¹²³⁾。

** 通気して人工餌料を与えて飼った場合、幼期の死亡率が高い³³⁾。

耐久卵の生産は現在のところすべてを天然に依存している。カリフォルニアの塩田の 1 m^2 当りの年間生産量は乾燥卵で $2.8\sim 5.6\text{ g}^{(14)}$ または $0.11\sim 0.45\text{ g}^{(14)}$ といわれている。しかし処女生殖をする種類では全個体が直接出産に寄与できるので、そのような種類を選んで培養し、すべてが母虫になつて、それぞれ4日に1回、100個ずつの耐久卵を生み（生殖の項参照）、また放卵された耐久卵が100%回収され、かつその時の飼育密度が上記のソ連邦での密度に相当する20万尾/ m^2 であるとする、乾燥卵で $10\text{ g}/\text{m}^2/\text{日}$ の生産があげられることになる。この値は天然での生産量に比べて非常に大きく、技術の進歩と共に将来生産量を大幅に増加させる可能性を示すものと考えられる。

大量培養の目的を比較的大型の個体の生産におく場合は単なる育成でよいが、その目的を耐久卵におく場合には、さらに耐久卵形成のための特別な餌料および環境条件があるので（生殖の項参照）単なる育成の場合とは多少異なつた培養法を考えねばならないだろう。したがつて、それぞれの生産目的および生産方法（集約的か粗放的か）に応じて餌料の質と量、ならびに環境条件と、それらの条件のもとでの個体または群の成長、生殖（再生産率、出産様式）、生残率などが検討されなければならない。特に *Artemia* は餌料効率が摂餌率（速度）によつて大きく左右されるし（摂餌の項参照）、大量培養の場合は餌料の確保、供給が重要な条件となるので、餌料の有効利用という観点から摂餌と成長の量的検討が急務であり、ついでその知見を基礎にして餌料の質的検討がされる必要がある。

拙筆にあたり、終始御指導、御鞭撻を賜つた東京大学大島泰雄教授に深く感謝いたします。

文 献

分類・分布・染色体

- 1) A. ABONYI: *Z. wiss. Zool.*, **114**, 95~168 (1915).
- 2) C. BARIGOZZI: *Anee Biol.*, **35**, 241~250 (1957).
- 3) A. BRAUER: *Arch. mikr. Anat.*, **43**, 163~222 (1893).
- 4) E. DADAY DE DÉES: *Ann. Sci. Nat. Zool.*, ser. 9, **11**, 91~492 (1910).
- 5) E. GOLDSCHMIDT: *J. Morph.*, **91**, 111~131 (1952).
- 6) 勝谷邦夫: 私信 (1961).
- 7) 小金沢昭光: 私信 (1966).
- 8) F. LINDER: *Zool. Bidr. Uppsala*, **20**, 103~302 (1941).
- 9) 前川兼祐: 私信 (1961).
- 10) A. PETRUNKEWITSCH: *Anat. Anz.*, **21**, 256~263 (1902).
- 11) W.T. SCHMANKEWITSCH: *Z. wiss. Zool.*, **25** Suppl., 103~116 (1875).
- 12) W.T. SCHMANKEWITSCH: *Z. wiss. Zool.*, **29**, 429~494 (1877).
- 13) E. STELLA: *Z. ind. Abst. Vererb. Lehre*, **65**, 412~446 (1933).
- 14) 上野益三: 甲殻綱、鰓脚目、日本動物分類, **9-1-1**, 135頁, 三省堂, 東京 (1937).

生 殖

- 15) C. ARTOM: *Arch. Zellforsch.*, **7**, 277~295 (1911).
- 16) I.C. BAID: *Nature*, **184**, 73~75 (1959).
- 17) I.C. BAID: *Acta Zool.*, **45**, 167~177 (1964).
- 18) S.T. BOWEN: *Biol. Bull.*, **122**, 25~32 (1962).
- 19) S.T. BOWEN: *ibid.*, **124**, 17~23 (1963).
- 20) S.T. BOWEN: *ibid.*, **125**, 431~440 (1963).
- 21) S.T. BOWEN: *ibid.*, **126**, 333~344 (1964).
- 22) S.T. BOWEN and J. HANSON: *Genetics*, **47**, 277~280 (1962).
- 23) T. VON SIEBOLD: Parthenogenesis in *Artemia salina*. (1873), A monograph of the phyllopod crustacea of North America, with remarks on the order Phyllocarida. A.S. PACKARD (1883).
- 24) 富川寿子: 私信 (1966).

生活史一般・培養

- 25) C. BARIGOZZI: *Atti Soc. Ital. Sci. Nat.*, **78**, 137~160 (1939).
- 26) R.M. BOND: A method for rearing *Artemia salina*. Culture methods for invertebrate animals, 205~206, 590頁, Comstock, N.Y. (1937).

- 27) A. F. GUN'KO: *Trazovsk Nauchn.-Issled. Inst. Rybn. Khoz.*, **5**, 73~96, Biol. Abst., **46**, 553 (1962).
 - 28) 檜山義夫: 採飼, **1**, 225~229 (1939).
 - 29) N. JOLY: *Ann. Sci. Nat.*, II, **13**, 225~290 (1840).
 - 30) D.J. KUENEN: *Arch. Néerland. Zool.*, **3**, 365~449 (1939).
 - 31) J.H. LOCHHEAD: *Turtos News*, **19**, 41~45 (1941).
 - 32) P. MATHIAS: *Ann. sci. nat. 10 Zool.*, **17**, 433~439 (1934).
 - 33) 二村義八朗: 未発表.
 - 34) 寺本賢一郎・木下祝郎: 本誌, **27**, 801~805 (1961).
 - 35) 辻本春彦: 科学朝日, **15** (7), 46~49 (1955).
 - 36) K. A. VOSKRESENSKII, A. F. GUN'KO and P. I. NECHAEV: *Rybnoe Khoz. Moscow*, 201~203, Biol. Abst., **43**, 8766 (1960).
- 形 態
- 37) I.C. BAID: *J. Exp. Zool.*, **153**, 279~284 (1963).
 - 38) R.M. BOND: *Int. Rev. gesam. Hydrob. Hydrog.*, **28**, 117~125 (1933).
 - 39) C. CLAUS: *Arbeit. Zool. Inst. Univ. Wien*, **6**, 267~370 (1886).
 - 40) B.M. GILCHRIST: *Proc. Zool. Soc. Lond.*, **134**, 221~235 (1960).
 - 41) C.M. GREENE: *Science*, **60**, 411~412 (1924).
 - 42) H. HEATH: *J. Morph.*, **38**, 453~483 (1924).
 - 43) F. LEYDIG: *Z. wiss. Zool.*, **3**, 280~307 (1851).
 - 44) H.J. LINDER: *J. Morph.*, **104**, 1~60 (1959).
 - 45) J.H. LOCHHEAD and M.S. LOCHHEAD: *Anat. Rec.*, **78**, Suppl. 75~76 (1940).
 - 46) J.H. LOCHHEAD and M.S. LOCHHEAD: *J. Morph.*, **68**, 593~632 (1941).
 - 47) R. VEHSTEDT: *Z. wiss. Zool. Abt.*, A **154**, 1~39 (1940).
 - 48) H.S. WARREN: *Trans. Amer. Micro. Soc.*, **49**, 189~209 (1930).
 - 49) H.S. WARREN: *J. Morph.*, **62**, 263~289 (1938).
 - 50) P.B. WEISZ: *Biol. Bull.*, **91**, 119~140 (1946).
 - 51) P.B. WEISZ: *J. Morph.*, **81**, 45~95 (1947).
 - 52) N. ZOGRAP: *Z. wiss. Zool.*, **86**, 446~522 (1907).
- 孵 化
- 53) 石田寿老: 動物の孵化, 137 頁, 河出書房, 東京 (1948).
 - 54) R.H. JENNINGS and D.M. WHITAKER: *Biol. Bull.*, **80**, 194~201 (1941).
 - 55) P. MATHIAS: *C.R. Acad. Sci. Paris*, **194**, 1195~1197 (1932).
 - 56) Y.H. NAKANISHI, T. IWASAKI, T. OKIGAKI and H. KATO: *Annot. Zool. Japan*, **35**, 223~233 (1962).
 - 57) 二村義八朗: 本会 1965 年年会講演.
 - 58) 二村義八朗・大島泰雄: 本会関東支部 1961 年 6 月例会講演.
 - 59) 岡山県水産試験場: 餌料生物大量培養技術研究, 中間報告書, 5 頁 (1965).
 - 60) A.A. OSTROUMOFF: *Trudi Kazanskago Obshestba Estest. Kazan*, **198**, 91~? (1901).
 - 61) I. SCIACCHITANO: *Riv. Biol.*, **9**, 70~86 (1927).
 - 62) THA MYINT: *Proc. Louisiana Acad. Sci.*, **19**, 24~28 (1956).
 - 63) D.M. WHITAKER: *J. Exp. Zool.*, **83**, 391~399 (1940).
- 発生の生化学
- 64) J.S. CLEGG: *J. Exp. Biol.*, **41**, 879~892 (1964).
 - 65) J.S. CLEGG: *Comp. Biochem. Physiol.*, **14**, 135~143 (1965).
 - 66) J. DUTRIEU: *C. R. Acad. Sci.*, **243**, 98~100 (1956).
 - 67) J. DUTRIEU: *Archiv. Zool. Exp. Gén.*, **99**, 1~134 (1960).
 - 68) J. DUTRIEU: *Rend. Inst. Sci. Univ. Camerino*, **1**, 196~224 (1960).
 - 69) D.N. EMERSON: *Proc. S. Dak. Acad. Sci.*, **42**, 131~135 (1963).
 - 70) J. GREEN: *Biol. Rev.*, **40**, 580~600 (1965).
 - 71) S. MURAMATSU: *Embryologia*, **5**, 95~106 (1960).
 - 72) E. URBANI: *Acta Embryol. Morph. Exptl.*, **2**, 171~194 (1959).
 - 73) E. URBANI: Comparative biochemical studies on Amphibian and Invertebrate development.

Adv. Morphogen., 2, 61~108, 338, Acad. Press, N. Y. (1962).

生 化 学

- 74) B.M. GILCHRIST and J. GREEN: *Proc. Roy. Soc., B*, 152, 118~136 (1960).
- 75) D.C. HALES and A. BANGERTER: *Job Compl. Rept., Utah, Dept. Fish and Game, D. J. Project F-7-B-1*, 45 頁, (1957).
- 76) M. KAYAMA, Y. TSUCHIYA and J.F. MEAD: 本誌, 29, 452~458 (1963).
- 77) N.I. KRINSKY: *Comp. Biochem. Physiol.*, 16, 181~187 (1965).
- 78) 長崎県水産試験場: 餌料培養技術研究, 中間報告書, 6 頁 (1964).
- 78') 長崎県水産試験場: 餌料培養技術研究, 結果報告書, 21 頁 (1965).

摂 餌

- 79) 安楽正照: 日本プランクトン研究連絡会報, 9, 10~35 (1963).
- 80) C.W. BEKLEMISHEV: *Zool. Zhur.*, 33, 1210~1230 (1954).
- 81) C.W. BEKLEMISHEV: *Rapp. Cons. Explor. Mer*, 153, 108~113 (1961).
- 82) R.M. BOND: *Bull. Bingham Oceanogr. Coll.*, 4 (4), 1~89 (1933).
- 83) H.G. CANNON: *Trans. Roy. Soc. Edinb.*, 55, 807~822 (1928).
- 84) H.G. CANNON: *Phil. Trans.*, B, 222, 340~352 (1933).
- 85) R.J. CONOVER: *Limnol. Oceanogr.*, 11, 338~345 (1966).
- 86) R.J. CONOVER: *ibid.*, 11, 346~354 (1966).
- 87) D.T. GAULD: *Proc. Zool. Soc. Lond.*, 132, 31~50 (1959).
- 88) A. GIBOR: *Biol. Bull.*, 111, 230~234 (1956).
- 89) A. GIBOR: *Nature*, 179, 1304 (1957).
- 90) D.T. MASON: *Crustaceana*, 5, 138~150 (1963).
- 91) 二村義八朗: 本誌, 29, 424~433 (1963).
- 92) 二村義八朗: 本会 1964 年秋季大会講演.
- 93) L. PROVASOLI and K. SHIRAISHI: *Biol. Bull.*, 117, 347~355 (1959).
- 94) L. PROVASOLI, K. SHIRAISHI and J.R. LANCE: *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 77, 250~261 (1959).
- 95) M.R. REEVE: *J. Exp. Biol.*, 40, 195~205 (1963).
- 96) M.R. BEEVE: *ibid.*, 40, 207~214 (1963).
- 97) M.R. BEEVE: *ibid.*, 40, 215~221 (1963).
- 98) M.R. BEEVE: *Biol. Bull.*, 125, 133~145 (1963).
- 99) L.M. SUSHCHENYA: *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 143, 1205~1207 (1962).

呼 吸

- 100) L. VON BERTALANFFY and J. KRYWIENCZK: *Amer. Nat.*, 87, 107~110 (1953).
- 101) R.J. CONOVER: *Biol. Bull.*, 119, 399~415 (1960).
- 102) E. ELIASSEN: *Univ. Bergen Årbok Naturvit.*, r. 11, 1~17 (1952).
- 103) B.M. GILCHRIST: *Proc. Roy. Soc., B*, 143, 136~149 (1954).
- 104) B.M. GILCHRIST: *Hydrobiologia*, 8, 54~65 (1956).
- 105) B.M. GILCHRIST: *ibid.*, 12, 26~27 (1958).
- 106) J.N.R. GRAINGER: *Nature*, 178, 930~931 (1956).
- 107) N. GRAVILESCU, L. DINISCIOTU and R. MIHELITS: *Commun. Acad. Rep. pop. rom.*, 12, 1041~45 (1957).
- 108) M.P. SHEPARD: *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 12, 387~433 (1955).
- 109) F. STOICOVICI and D.I. ROSCA: *Stud. Cercetari Biol.*, 9, 103~112, *Biol. Abst.*, 35, 4710 (1958).
- 110) M. DE VINCENTIIS and E. URBANI: *Rend. Inst. Sci. Univ. Camerino*, 2, 293~296 (1961).
- 111) E. ZEUTHEN: *Quart. Rev. Biol.*, 28, 1~12 (1953).

窒 素 排 泄

- 112) L. BELLINI and M. DE VINCENTIIS: *Rend. Inst. Sci. Univ. Camerino*, 1, 60~66 (1960).
- 113) L. BELLINI and M. DE VINCENTIIS: *Exptl. Cell. Res.*, 21, 239~241 (1960).

滲透圧およびイオン調節

- 114) E. BOONE and L.G. M. BAAS-BECKING: *J. Gen. Physiol.*, 14, 753~763 (1931).
- 115) E. COPELAND: *Science*, 151, 470~471 (1966).
- 116) P.C. CROGHAN: *J. Exp. Biol.*, 35, 213~218 (1958).
- 117) P.C. CROGHAN: *ibid.*, 35, 219~233 (1958).

- 118) P.C. CROGHAN: *ibid.*, **35**, 234~242 (1958).
- 119) P.C. CROGHAN: *ibid.*, **35**, 243~249 (1958).
- 120) P.C. CROGHAN: *ibid.*, **35**, 425~436 (1958).
- 121) E.G. MARTIN and B.C. WILBUR: *Amer. J. Physiol.*, **55**, 290~291 (1921).
- 122) N.B. MEDWEDEWA: *Z. vergl. Physiol.*, **5**, 547~554 (1927).
- 123) W.T.W. POTTS and G. PARRY: *Osmotic and ionic regulation in animals*, 423 頁, Pergamon Press, Oxford (1964).
- 利 用
- 124) R.P. DEMPTSER: *Calif. Fish Game*, **39**, 355~364 (1953).
- 125) R.P. DEMPTSER and G.D. HANNA: *Aquarium J.*, **27**(3), 10~11 (1956).
- 126) 平野礼次郎・大島泰雄: 本誌, **29**, 282~297 (1963).
- 127) A.S. MICHAEL, C.G. THOMPSON and M. ABRAMOVITZ: *Science*, **123**, 464 (1956).
- 128) T. RACKETT: *Trans. Linn. Soc. Lond.*, **11**, 205~206 (1812).
- 129) J.D. RILEY: *J. Conseil*, **30**, 204~221 (1966).
- 130) SAN FRANCISCO AQUARIUM SOC., INC.: *The brine shrimp and how to hatch its eggs*. 2nd ed., Steinhart Aquarium, San Francisco (1953).
- 131) J.E. SHELBOURNE, J.D. RILEY and G.T. THACKER: *J. Conseil* **28**, 50~69 (1963).
- 環境・生産
- 132) C.G. ANDERSON: *Limnol. Oceanogr.*, **3**, 259~269 (1958).
- 133) L.H. CARPELAN: *Ecology*, **38**, 375~390 (1957).
- 134) J.D. CASSEL: *The morphology of Artemia salina*. M.A. Thesis, Stanford University (1937).
- 140) より引用.
- 135) N.K. DEKSBACH: *Nauchn. Dokl. Vysshei Shkoly. Biol. Nauk*, **1**, 9~11. *Biol. Abst.*, **43**, 12272 (1962).
- 136) A.C. JESSEN: *Biol. Bull.*, **34**, 18~33 (1918).
- 137) 猪野 峻: 水増, **3**, 28~31 (1956).
- 138) 勝谷邦夫: 餌料生物大量培養技術研究, 結果報告書, 15 頁, 岡山水試 (1965).
- 139) D. KRISHNA and I.C. BAID: *Proc. Natl. Acad. Sci. India*, B, **28**, 416~423 (1958).
- 140) M.N. MCGINLEY: 私信 (1961).
- 141) M. RAKOWICZ: 私信 (1961).
- 142) G.M. RELYEA: *Amer. Nat.*, **71**, 612~616 (1937).
- 143) R. STEFANI: *Riv. Biol. (Perugia)*, **54**, 457~469 (1961).
- 144) 山口県内海水産試験場: 餌料生物大量培養技術研究, 中間報告書, 10 頁 (1964).
- そ の 他
- 145) 大島泰雄: 私信 (1966).
- 146) R. SEIFERT: *Z. vergl. Physiol.*, **16**, 111~184 (1932).
- 147) C.G. WILBER and B. METZ: *Anat. Rec.*, **94**, 52 (1946).

追 記

投稿後, 偶然に中国山東省産の *Artemia* 耐久卵を入手したので, 孵化させて飼育したところ, 雌のみで, 外部形態が瀬戸内海沿岸産のものに非常によく似た成体を得た。