

栽培漁業技術シリーズ

ガザミ種苗生産技術の理論と実践

ガザミ種苗生産研究会編著



「栽培漁業技術シリーズの刊行について」

種苗生産技術をはじめ、中間育成、放流等の技術、並びに放流効果を把握するための調査手法等は、過去30余年の間に、当初の予想を上回る早さで開発されてきた。瀬戸内海をモデル海域として始まった栽培漁業への取り組みは、昭和50年代半ばに全国域に展開され、今日では国や都道府県の栽培漁業センターばかりでなく、市町村や漁業協同組合でも種苗生産施設が整備されるようになっている。

現在、我が国で栽培漁業の対象となっている魚介類は、技術開発の初期段階のものまで含めれば約90種類にのぼっている。そのうちいくつかの種類については、種苗の量産化・資源添加の技術が確立しつつあり、その中で疾病対策を含む種苗生産の安定化、生産コストの低減、放流効果を高めるための種苗性の強化、放流技術の向上等、栽培漁業の事業化に必要な新しい技術課題についても取り組みが行われている。

このような状況の下で、栽培漁業の実践をより一層促進するために、技術の体系化、マニュアル化が強く求められるようになり、平成5年度には、水産庁の栽培漁業技術体系化事業が開始された。

(財)日本栽培漁業協会では、この事業の委託を受け、栽培漁業に関する技術を体系的に整理し、種苗生産をはじめ中間育成、放流等に現場で携わっている方々のための実践的なマニュアルを作ることを目指して、「栽培漁業技術シリーズ」を刊行することとなった。

平成5年度にはシリーズNo.1「太平洋北区におけるヒラメ種苗生産技術集」、平成6年度にはシリーズNo.2「アワビ類の種苗生産技術」を刊行した。平成8年度はガザミ種苗生産研究会編著によって「ガザミ種苗生産技術の理論と実践」が取りまとめられ、シリーズNo.3として刊行することとなった。

ガザミは栽培漁業対象種の中でも種苗生産技術開発が進んでいるとはいえ、部分的には不安定な要素も含まれており、今後残された課題も少なくない。このため、種苗生産の現場においては、それぞれの条件に応じて、柔軟に技術を応用することが必要と思われる。本書が、各地の特性を生かしたガザミ種苗生産技術の発展・定着の一助となれば幸いである。

おわりに、本書の取りまとめにあたって多大なご苦勞をおかけした編著者各位に、心より感謝申し上げます。

平成9年3月

社団法人 日本栽培漁業協会
理事長 今村 弘二

ま え が き

ガザミは北海道から九州まで広く分布し、主に小型底曳網、刺網で漁獲されている産業上重要なカニであり、年間の漁獲量は約3,000トンと推定されている。ガザミは浅海域、特に内湾の砂泥地に生息しているために、経済活動等がもたらす自然環境変化の影響を受けやすく、昭和30～40年代の高度経済成長期には高い漁獲圧ともあいまって漁獲量は激減した。しかし、その後の環境規制や栽培漁業の実践等により再び資源量は回復しつつあり、現在に至っている。

ガザミの種苗生産が試みられてから既に半世紀以上が経ち、その間に種苗生産技術は大きな発展を遂げた。技術開発の経過を整理すると以下の4期に区分できる。

I 期（基礎開発期）；昭和10～30年代

小規模水槽での人工飼育に関する基礎的な実験が行われ、幼生の成長や形態変化が明らかにされた。昭和12年に初めて稚ガニが生産された。

II 期（開発期）；昭和30～40年代初め

昭和38年に水産庁の指定試験研究の対象種となり、事業規模での種苗生産技術の開発が始まった。飼育技術に関する様々な試験が精力的に行われた結果、基本的な餌料系列、飼育方法は完成したが、生残率は非常に低く、生産尾数も少なかった。

III 期（発展期）；昭和40～50年代

有機性懸濁物を利用した「水作り」による飼育方法が開発、実証され、生残率が向上するとともに生産尾数も飛躍的に増加した。微生物フロックによる「水作り」も開発され、1機関で初めて100万尾単位の生産が可能になった。昭和46年にはガザミ種苗生産研究会が発足し、技術や情報の交換によって技術開発を促進し、飼育技術や幼生の形態・生理・生態に関する基礎的知見が蓄積された。このように技術的には大きな発展がみられたが、メガロパへの変態時に大量へい死が生じることがあり、安定的に生産できなかった。

IV 期（成熟期）；昭和60年代～現在

開発段階から事業化へ移行し、各機関ともに量産体制が整備された。培養珪藻による「水作り」方法の改良、細菌を利用した「水作り」方法、いわゆる「バイオコントロール法」の開発、「水作り」によらない流水飼育法の開発、配合飼料の利用等種苗生産技術はさらに進歩した。また、幼生の摂餌量や栄養要求および生物餌料の栄養強化による効果が明らかにされるとともに、親ガニの産卵、幼生のふ化等に関する生物学的な知見が得られた。なおⅢ期まではほとんど問題とならなかった疾病が多発し、特に真菌症は全国的に大被害を及ぼした。そこで、官学一体となって真菌症防除研究が進められ、防除技術はほぼ確立された。しかし、メガロパへの変態時に生じやすい大量へい死問題は依然として解決されていない。

以上のようにガザミ種苗生産技術は絶えず発展してきており、Ⅱ期までの技術開発は「ガザミ種苗生産の経過と現状」（今、1973）に、Ⅲ期までの技術開発は「ガザミ種苗の量産技術」（ガザミ種苗生産研究会、1983）にそれぞれ総括されている。このようにほぼ10年毎に技術開発の成果が取りまとめられており、次の技術段階へのよき羅針盤となってきた。しかし、「ガザミ種苗の量産技術」が刊行されてから既に10年以上が経過しており、この間の技術の発展は目覚ましいものがある。また、毎年開催されるガザミ種苗生産研究検討会の資料の中には、印刷物として公表されない貴重な知見や技術上重要な情報も多数あった。今後、技術をさらに向上させるためには、この10年間に開発された技術や得られた知見を整理し、それらを再検討するとともに問題点を明らかにする必要がある。

そのような時に日本栽培漁業協会からガザミ種苗生産研究会に栽培漁業技術シリーズ No. 3 としてガザミ種苗生産マニュアル刊行のための執筆・編集の依頼があった。研究会として全面的に協力することになり、執筆・編集委員が選ばれた。そして編集方針、内容について討論を重ね、基本的には「ガザミ種苗の量産技術」以降の技術開発を中心

に取りまとめることになった。結果として一部の分野において優れた試験研究が割愛されることになったが、本書はすべてそれらの貴重な基礎の上に成り立っているということをご承知願いたい。

本書編集の意図は、当初ガザミ種苗生産マニュアルを作成することにあった。しかし、ガザミ種苗生産技術は多種多様であり、絶えず発展、変化しているため、現時点でのマニュアル化はかえって技術の進歩や自由な発想を妨げるのではないかという危惧があった。そのため本書はマニュアルとはせず、種苗生産工程ごとに技術理論と実践方法を体系化するとともに具体的な種苗生産方法の実例を紹介し、併せて今後解決すべき問題点を指摘することに重点を置いた。また、できるだけ具体的に現状を把握するためにガザミ種苗生産におけるハード、ソフトに関してガザミ種苗生産研究会会員にアンケート調査を行った。本文中で特にことわりのない集計結果はこのアンケート結果に基づいたものである。

本書は理論・実践編5章から成り立っており、各章の内容は全執筆者と編集者が討議を重ねてアウトラインを作成した後、分担執筆した。執筆者によって微妙に異なった表現やニュアンスもあるが、ガザミ種苗生産方法の多様性を考慮して敢えて統一を図ることはしなかった。各章ごとの執筆担当者を「ガザミ種苗生産技術の理論と実践」執筆者一覧にまとめた。また、各項の末尾に執筆担当者名を記載した。

ガザミ種苗生産には不安定要素が多数あり、現在の技術水準をもってしてもなお時として原因不明の大量へい死を経験することがある。また、同一な飼育条件で種苗生産をしていても生残率が大きく異なることがある。このようにガザミ種苗生産技術はまだ完成しておらず、開発途上であり、解決すべき課題は多い。新たに種苗生産を始める人たちが本書によって現在の技術水準から出発できれば種苗生産技術は短期間でさらに発展するものと思う。また、残された多くの課題について研究し、解決されることを願う。本書が来るべきV期（完成期）への礎となればこれ以上の喜びはない。

終わりに本書の編集に当たり終始貴重な助言をいただいた日本栽培漁業協会古澤徹常務、同西日本支部水田洋之介第1技術部長および玉野事業場関谷幸生場長、そしてこころよく貴重なデータを提供していただいたガザミ種苗生産研究会の会員の方々に執筆者一同厚くお礼申し上げる。

平成9年3月

岡山県水産試験場

専門研究員 尾田 正

「ガザミ種苗生産技術の理論と実践」執筆者一覧

I 親ガニ

浜 崎 活 幸 (社)日本栽培漁業協会玉野事業場
(現 (社)日本栽培漁業協会八重山事業場)

II 幼生飼育

安 東 徹 大分県漁業公社国東事業場
浜 崎 活 幸 前 出
水 呉 浩 (社)広島県栽培漁業協会
村 上 啓 士 (社)広島県栽培漁業協会
清 田 圭一郎 熊本県栽培漁業協会大矢野事業場
永 山 博 敏 (財)兵庫県栽培漁業協会
深 山 義 文 千葉県東京湾栽培漁業センター
(現 千葉海区漁業調整委員会事務局)
松 村 靖 治 長崎県水産試験場島原分場
(現 長崎県対馬支庁水産課)

III 疾病と対策

浜 崎 活 幸 前 出

IV 種苗量産事例

行 武 敦 (財)福岡県栽培漁業公社

V 問題点と今後の課題

尾 田 正 岡山県水産試験場栽培漁業センター
(現 岡山県水産試験場)

ガザミ種苗生産技術の理論と実践

目次

I 親ガニ	1	2-2-1 成長	41
1 概要	1	2-2-2 脱皮兆候	45
2 親ガニの利用形態	1	3 飼育方式	45
2-1 雌雄の判別と成熟脱皮	1	3-1 「水作り」の機構	45
2-2 利用形態	2	3-2 「水作り」の沿革	48
3 天然産親ガニの利用	3	3-3 飼育方式の発展	48
3-1 親ガニの入手と輸送	3	3-4 現在の「水作り」の定義と今後の方向性	49
3-1-1 入手	3	4 飼育時期	49
3-1-2 輸送	7	5 飼育管理	51
3-2 搬入後の処理	9	5-1 収容	51
3-3 親ガニの養成管理	10	5-1-1 収容方法とふ化幼生数の推定	51
3-3-1 養成水槽	11	5-1-2 収容密度	53
3-3-2 養成密度	14	5-2 水作り方式	55
3-3-3 養成環境管理	15	5-2-1 植物プランクトン	55
3-3-4 餌料と給餌	16	5-2-2 有機性懸濁物	60
3-3-5 日常の養成管理	17	5-2-3 細菌	60
3-3-6 親ガニの生残	19	5-3 水作りによらない飼育方式	61
3-4 成熟と産卵	20	5-4 飼育設備と環境管理	63
3-4-1 1番仔の成熟と産卵	20	5-4-1 水槽	63
3-4-2 繁殖期における再成熟と多回産卵	21	5-4-2 換水	65
3-4-3 産卵の予測と制御	21	5-4-3 通気	67
3-5 ふ化日の予測と制御	25	5-4-4 攪拌	68
3-5-1 養成水温と抱卵期間	25	5-4-5 底掃除	68
3-5-2 ふ化日の制御と同調化	27	5-4-6 照度	69
3-6 ふ化の管理	31	5-4-7 水質	69
3-6-1 ふ化時刻とふ化時の親ガニの行動	31	5-4-8 付着基材	72
3-6-2 ふ化方法の分類と特徴	31	5-4-9 分槽	73
3-6-3 直接法の実際	32	5-5 餌料と給餌	74
3-6-4 間接法の実際	32	5-5-1 餌料系列	74
3-7 ふ化幼生の活力判定	33	5-5-2 生物餌料	76
3-7-1 異常ふ化	33	5-5-3 魚介肉	83
3-7-2 ふ化幼生の活力判定	35	5-5-4 配合飼料	85
II 幼生飼育	37	5-6 幼生の摂餌と栄養要求	88
1 概要	37	5-6-1 摂餌	88
2 幼生の発育	38	5-6-2 栄養 (n-3HUFA) 要求	96
2-1 外部形態と齢期の判別	38	5-7 幼生の現存尾数の推定	102
2-1-1 外部形態	38	5-8 取り揚げと輸送	105
2-1-2 齢期の判別	41	5-8-1 取り揚げ方法	105
2-2 成長過程と脱皮の予測	41	5-8-2 計数方法	107
		5-8-3 輸送方法	108
		6 飼育幼生の生残と健全性の把握	111

6-1 幼生の生残	111	4-2 白濁症	137
6-1-1 生残状況と大量へい死の時期	112	4-3 壊死症	138
6-1-2 大量へい死要因	113	4-4 付着生物	138
6-1-3 大量へい死問題の解決に 向けて	114	4-5 形態異常	142
6-2 健全性の把握	115	IV 種苗量産事例	145
6-2-1 幼生の健全性の把握	115	1 ナンノクロロプシスから天然珪藻に移 行する方法（平成5年，大分県漁業公社 国東事業場）	145
6-2-2 種苗の健全性の把握	117	2 ナンノクロロプシスを添加する方法（平 成6年，秋田県水産振興センター）	147
7 省力化と低コスト化	119	3 <i>Chaetoceros calcitrans</i> を添加する方法（平 成3年，長崎県水産試験場島原分場）	151
7-1 省力化	119	4 流水方式で淡水クロレラを添加する方 法（平成7年，岡山県水産試験場栽培漁 業センター）	154
7-2 低コスト化	120	5 流水方式で食用色素を添加する方法（平 成5年，広島市水産振興協会）	156
III 疾病と対策	121	6 細菌を添加する方法（バイオコントロー ル法）（平成6年，日本栽培漁業協会玉 野事業場）	160
1 概要	121	7 飼育水の pH を調整する方法（平成6年， 兵庫県栽培漁業協会）	162
2 細菌性疾病	121	V 問題点と今後の課題	169
2-1 症状	122	文献	
2-2 発生状況	122	あとがき	
2-3 原因菌の分離と分類	122	付録 ガザミ種苗生産機関の連絡先	
2-4 病原性と感染経路	123		
2-5 防除対策	123		
3 真菌症	125		
3-1 症状	125		
3-2 発生状況	125		
3-3 原因菌の分離と分類	127		
3-4 病原性と感染経路	128		
3-5 寄生菌の出現状況と感染状況	131		
3-6 防除対策	132		
3-6-1 ホルマリン浴	132		
3-6-2 pH 調整	134		
3-6-3 その他の防除方法	135		
4 その他の症例	137		
4-1 ガス病	137		

I 親ガニ

1 概要

親ガニ養成は種苗生産過程の出発点となる重要な工程である。その養成工程は、選別、入手、種苗生産施設への輸送、および水槽内での養成管理から成る。ガザミは産卵卵を腹部に抱いてふ化まで保育するので、海水中に直接放卵する種類とは異なり、親と卵の管理を分けて考えることはできない。本章では、このようなガザミの生態を考慮に入れた形で、親ガニの選別・入手からふ化までの養成手法を概説するとともに、ガザミ種苗生産過程を計画的に行うための基礎となる成熟、産卵およびふ化の制御に関する最近の研究成果をとりまとめる。

2 親ガニの利用形態

親ガニを入手してふ化幼生を得るには、まず雌雄を判別し、少なくとも生物学的最小形以上の成熟型に達した雌を選別する必要がある。ここでは雌雄の判別方法並びに未成熟型と成熟型の形態差について述べ、ガザミ種苗生産過程における親ガニ利用形態の現状を示す。

2-1 雌雄の判別と成熟脱皮

ガザミの腹部はいわゆる“ふんどし”と呼ばれ、胸部に折りたたまれている。雄の腹部は雌よりも狭く（写真 I-1-A～C）、交尾用に特殊化した第1・第2腹肢（交尾肢）を備える（浜崎，1996a）（図 I-1-A～C）。一方、雌の腹部は雄よりも幅広く（写真 I-1-A～C）、卵が附着する二又型の腹肢を4対備える（浜崎，1996a）（図 I-1-D，E）。ただし、未熟型の雌はまだ抱卵しないので、その腹部は二等辺三角形状で雄よりも若干幅広い程度にすぎない（写真 I-1-A，B）。成熟型に達すると、その腹部は抱卵のために横方向に大きく広がり、胸部腹板を幅広く覆うようになる（写真 I-1-B，C）。このような腹部の劇的な形態変化は1回の脱皮で達成され、この脱皮が“成熟脱皮”と呼ばれる（Hartnoll，1974，1978，1982）。ガザミの成熟脱皮が起こる齢期は11～13齢（大島，1938；八塚，1968；浜崎，1996a），未成熟型と成熟型が重複する全甲幅範囲は113～143mmと報告されている（大島，1938；愛知県水産試験場，1974；浜崎，1996a）。雄

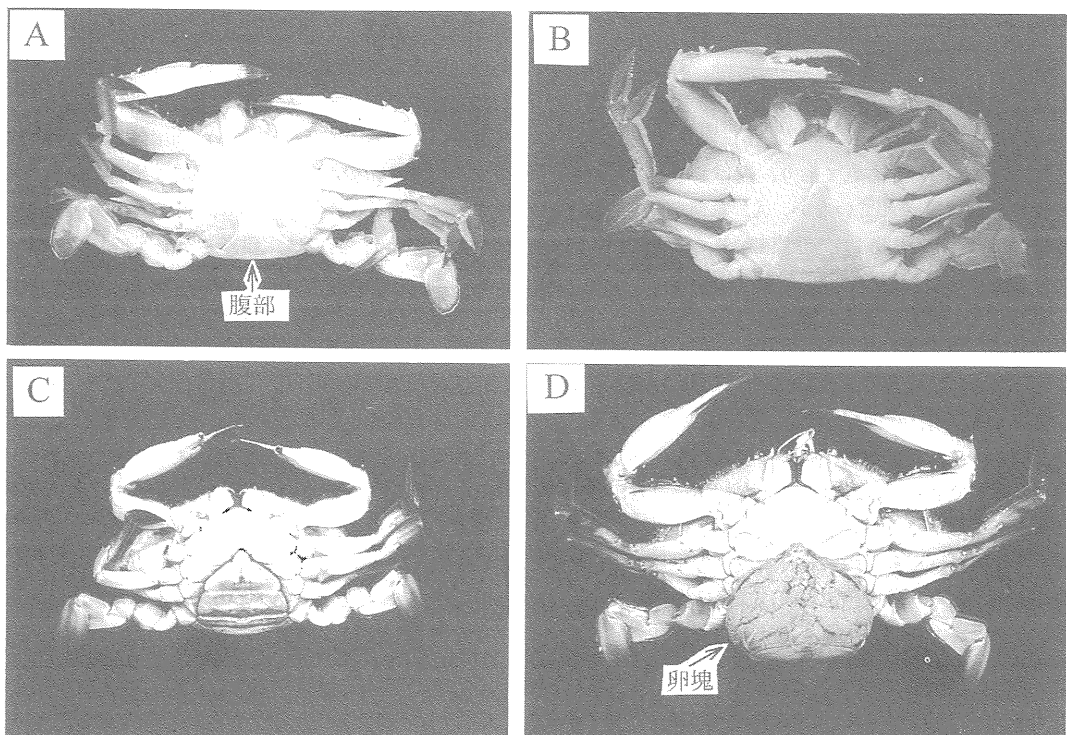


写真 I-1 ガザミの外部形態（日本栽培漁業協会玉野事業場）

A, 雄の腹面；B, 雌（未成熟型）の腹面；C, 雌（成熟型）の腹面；D, 抱卵親ガニの腹面。

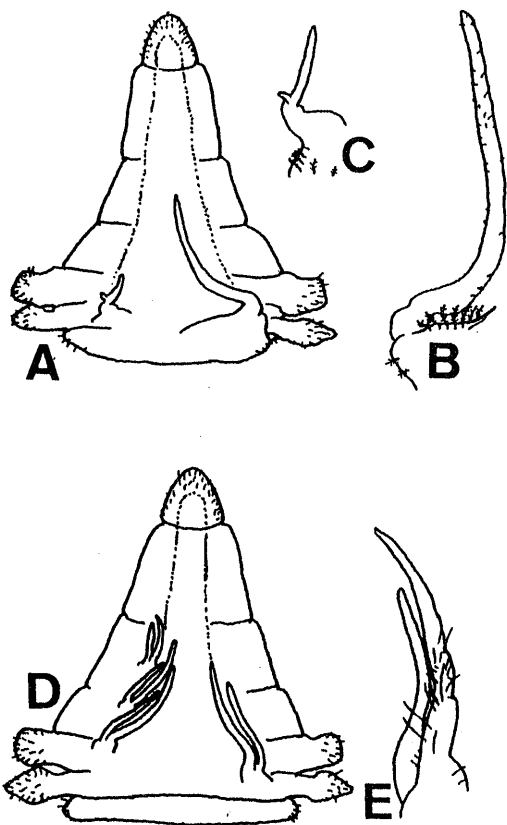


図 I-1 ガザミ幼ガニ（第5 齢）の腹部と腹肢（浜崎，1996a）

腹部は腹面から観察されており，煩雑さを避けるために腹肢の一部は描かれていない。A，雄腹部；B，第1交尾肢；C，第2交尾肢；D，雌腹部；E，雌腹肢。

では雌のような明瞭な成熟脱皮は認められないが，少なくとも11 齢（全甲幅110～120mm程度）から交尾可能，すなわち機能的に成熟し，以後雌に比較して缺脚が長大化していく（浜崎，1996a）。

以上のように，腹部の形状によって成熟型に達した雌を選ぶことができる。なお，抱卵した個体は一目瞭然で雌と判る（写真 I-1-D）。

ガザミの交尾は甲らが固い雄と脱皮後の甲らが柔らかい雌との間で行われ，成熟脱皮時にはほぼ例外なく交尾が起こる（大島，1938；八塚，1968；浜崎，1996a）。また雌は成熟後も年間1～2回，7月から10月に脱皮し（八塚，1968；兵庫県農林部水産課・兵庫県立水産試験場，1973；塩田，1990；有山，1992；浜崎，1996a），脱皮時には再び交尾する（大島，1938；八塚，1968；浜崎，1996a）。成雌は生殖口に開口する一対の貯精囊（受精囊）内に精子を保存することが可能で，保存精子を使って一

繁殖期に数回の産卵・受精を繰り返す（八塚，1968；浜崎，1996a）。そのため，雌を脱皮させて利用しない限り，採卵工程に雄を必要としない。

2-2 利用形態

親ガニ（雌）の利用形態は以下の3型に分けることができる。

- ① 漁獲された未抱卵親ガニを水槽内で短期間養成し産卵させる方法
 - ② 漁獲された抱卵親ガニ（以下，天然抱卵親ガニ）を入手する方法
 - ③ 生産した種苗を成熟型まで育成し産卵させる方法
- 前二者は天然産親ガニの，後者は人工生産親ガニの利用となる。アンケート調査の結果によれば，①のみを採用している機関は1，①と②の併用が7，②のみが12，②と③の併用が1機関ある。

天然産親ガニを利用する機関のうち②のみを採用している機関では，その採用理由として産卵までの養成の期間がかからず安定した入手が可能であることを挙げている。①と②を併用している機関のほとんどは，天然よりも早期にふ化幼生を得るために，まず未抱卵親ガニの1番仔の産卵を促進して利用し（I-3-4-1「1番仔の成熟と産卵」を参照），天然抱卵親ガニの漁獲が始まったら逐次利用する形態を採用している。また，天然抱卵親ガニの漁獲が不安定な機関では，あらかじめ親ガニを量的に確保する目的で未抱卵親ガニを入手しておく場合もある。

過去における人工生産親ガニの利用は，周辺海域での親ガニの漁獲が少なく入手が困難な場合に限られていたようであるが（岩本，1983），現在人工生産親ガニを利用している1機関では，親ガニを安定的に確保することに加え，早期採卵を図ることと，親ガニ（卵）由来の疾病（Ⅲ「疾病と対策」を参照）を防止することを目的としている。

以上の利用形態の他に，上述したようにガザミは一繁殖期に多回産卵を行うことから，ふ化後の親ガニを継続して養成し，再度産卵させて利用する方法も試みられている。ただし，親ガニの再利用は，現在のところ天然抱卵親ガニの入手が困難な場合の補助的な方法として位置付けられている。

以上，親ガニ利用形態の現状をみてきた。人工生産親ガニを利用している機関は，現状では1機関にすぎないこと，また「ガザミ種苗の量産技術」（ガザミ種苗生産研究会，1983）にその養成手法が詳述されていることから，ここでは人工生産親ガニの利用については取り扱わないこととし，以下には天然産親ガニの利用手法について述べることにする。

3 天然産親ガニの利用

天然産親ガニの利用形態は漁獲された未抱卵親ガニを水槽内で産卵させる場合と天然抱卵親ガニを直接入手する場合があった。ここでは、天然産親ガニを確保してふ化させるまでの工程を、入手と輸送、搬入後の処理、養成管理、成熟と産卵、ふ化の予測と制御、並びにふ化の管理とふ化幼生の活力判定に分けて詳述する。

3-1 親ガニの入手と輸送

種苗生産過程は、親ガニの入手から始まる、すなわちどのような親ガニを入手し、いかに種苗生産施設へ搬入するかが種苗生産過程の出発点となる。ここでは、親ガニの入手と輸送方法の現状を示す。

3-1-1 入 手

(1) 漁法と入手先

ガザミは小型底曳網、小型定置網、刺網、カニ簞等で漁獲されるが、親ガニとして利用されるものの90%は小型底曳網の漁獲物である。全国的に漁獲量が激減した昭和40年代には特に瀬戸内海での親ガニの確保が困難であったが（今，1973），近年では容易に確保することができる。

未抱卵・天然抱卵親ガニとも、ほとんどの機関が近隣の漁業協同組合あるいは仲買業者から入手しているが、宮城県栽培漁業センターでは周辺海域での天然抱卵親ガニの漁獲が不安定なので、大阪府内の活魚業者から入手する場合がある。

(2) 未抱卵親ガニの入手

未抱卵親ガニの入手は1月から6月と、10月から12月にかけて行い、前者は当年の生産用に、後者は次年度の生産用として確保している。親ガニの栄養要求がまったく判っていない現状では、できるだけ卵巣が発達した段階で親ガニを入手することが望ましいものと考えられる。東京湾以南の海域では、1番仔の卵巣は10月以後12月から1月にかけて発達し、水温が12℃を下回った冬季にはほとんど発達しない（I-3-4-1「1番仔の成熟と産卵」を参照）。また、ガザミの漁獲量は秋から初冬にかけて多い（北田，1984；Shiota，1993）。したがって、入手の難易と卵巣の発達の有無だけを考慮すると、未抱卵親ガニの入手は12月中に行うのが望ましいものと思われる。なお、北日本におけるガザミの卵巣発達に関する知見はないが、加温養成によって4月から1番仔の産卵がみられることから（宮城県栽培漁業センター，1995），それまでの卵巣発達過程は東京湾以南の海域と大差ないものと考えられる（I-3-4-3「産卵の予測と制御」を参照）。

(3) 繁殖期と天然抱卵親ガニの入手

天然抱卵親ガニの入手は、当然ガザミの繁殖期に限られる。ガザミの繁殖期は抱卵親ガニの出現状況によって調査されており、北日本の情報量が少ないが、おおむね4月から9月と長期にわたる（表I-1）。松田・岩本（1983）が指摘したように、繁殖期は越冬期の水温が高く、春の水温上昇が早いと考えられる海域ほど早く始まるようである。さらに、北日本では抱卵親ガニの出現は遅くまで続く。なお、同じ海域でも繁殖期は年変動することが認められている（愛媛県水産試験場ほか，1985）。ガザミの繁殖期が長期にわたるのは、同一個体が多回産卵を行うこと、また当年に成熟型に達した親ガニが夏季以後に産卵を始めること（八塚，1968；浜崎，1996a）に起因するものと考えられる。

表I-1 ガザミの繁殖期
（松田・岩本，1983に一部追加）

海域	繁殖期
日本海北部*	5月中～10月下旬
伊勢湾東部	4月上～9月中
播磨灘北東部	5月～9月
紀伊水道北部	4月～9月
水島灘・播磨灘西北部	5月～8月
有明海中東部	5月上～9月中
小浜湾	6月上～9月中

*秋田県水産振興センターほか（1993，1994）

3番仔以後のふ化幼生を種苗量産水槽へ収容した場合、その飼育成績は経験的に悪いといわれている（丹下・岩本，1983）。したがって、可能であれば2番仔の時期までに種苗生産事業を終了することが望ましい。浜崎（1996a）は養成下での1番仔の産卵状況、1番仔以後の産卵間隔と水温の関係、および産卵からふ化までの期間と水温の関係、並びに瀬戸内海の水温に関するデータを用いてシミュレーションを行い、瀬戸内海における抱卵親ガニの出現時期を示している。その結果によれば、産卵は計算上5番仔まで認められ、1番仔は5月上旬から6月下旬、2番仔は6月下旬から7月中旬、3番仔は7月中旬から8月上旬、4番仔は8月上旬から下旬、5番仔は8月下旬から9月中旬に出現する。浜崎（1996a）は夏季以後に成熟型に達して産卵を始める親ガニ群を考慮していないが、ここで挙げた番仔別の出現時期は、瀬戸内海と水温が大きく異ならない海域から搬入した抱卵親ガニの番仔を推測するに当たって参考になろう。

抱卵親ガニの入手は各機関の実状に応じて行われているが、現状での入手時期は抱卵親ガニの出現の盛期で、1～2番仔の時期に当たると考えられる5月から6月が

最も多い。

(4) 選別基準

親ガニの入手に当たって、各機関が採用している選別基準を以下にとりまとめて示した。なお、選別できず漁業協同組合等に任せている機関もある。

- ① 活力良好で鋏脚や歩脚の欠損のないもの
- ② 体サイズ（全甲幅あるいは体重、基準は各機関で異なる）
- ③ 卵塊がしっかりしているもの（天然抱卵親ガニのみ）
- ④ 特定の卵発生段階（天然抱卵親ガニのみ、基準は各機関で異なり、発生初期からふ化直前まで）

(5) 選別基準の一般性

以上に記した各機関が採用している選別基準の一般性について以下に考察する。

① 鋏脚と歩脚の欠損

鋏脚は主に摂餌に使用され、鋏脚あるいは第1～第3歩脚は卵塊の清掃（グルーミング）行動（松浦，1988）に使用される。また、ふ化時には第4歩脚（遊泳脚）で遊泳し、第1～第2歩脚を卵塊に突き刺してふ化を補助する行動もとる（中島，1984）。したがって、未抱卵親ガニでは、鋏脚の欠落は親ガニの栄養状態、ひいては卵・ふ化幼生の栄養状態の低下をもたらし、抱卵親ガニでは、歩脚の欠落はふ化率の低下につながる可能性がある。さらに、鋏脚と歩脚の欠落はグルーミング頻度の低下による付着生物の増加（Ⅲ-4-4「付着生物」を参照）、あるいは真菌感染（Ⅲ-3「真菌症」を参照）の増大をもたらし、死卵の増加につながる可能性がある。実際に、Stone crab, *Menippe mercenaria* では、鋏脚のない個体のグルーミング頻度が低下し、卵の死亡率が高まったことが報告されており（Schlieder, 1980）、またユビナガスジエビ *Palaemon macrodactylus* では、グルーミング用の鋏脚を実験的に切除した個体で卵への真菌感染が成立したと報告されている（Fisher, 1983）。

以上のように、ガザミの生活にとって脚の重要性は高いことから、選別基準として重要なものといえる。前述のように親ガニとして入手する個体は小型底曳網による漁獲物が多く、外傷のある個体の率も高いものと思われる。実際には必要尾数等を勘案し、できるだけ外傷の少ない（例えば鋏脚の欠落は1本まで）親ガニを選別するのが現実的かもしれない。なお、漁業者は漁獲個体の取り扱いを容易にするとともに、船の活け間内での闘争による鋏脚の欠落を防止するために、鋏脚の先端を切除することがある（地域により、不動指（前節）を切除する場合と可動指（指節）を切除する場合がある）。この場合はたとえ鋏脚が存在していても脚の欠落と同等の条件になる。これを避けるには、あらかじめ漁業者に鋏脚先

端を切除することなくゴム等で固定するように、あるいは鋏脚全体を体前部にたたみ、紐等でたすき掛けにして甲らに固定するように依頼しておく必要がある。

② 体サイズ

ガザミの一腹卵量は体サイズに規定される。すなわち、大型個体ほど一腹卵量は増加する（大島，1938；前川，1961；福井県栽培漁業センター，1981；浜崎，1996a）。したがって、体サイズは親ガニ別にふ化幼生数を予測し、その後の親ガニ利用計画を立てる上で重要な選別基準となる。

従来、ガザミの抱卵数は番仔が遅いほど少なく、卵塊重量も小さくなる傾向があるといわれていた（松田・岩本，1983）。しかし、最近浜崎（1996a）は天然抱卵親ガニと水槽内で産卵させた親ガニについて、全甲幅と卵塊重量および全甲幅とふ化幼生数の関係をふ化時期別（5～8月）、番仔（1～5番仔）別に解析し、従来と若干異なる結果を報告している。それによれば、同サイズの親ガニの卵塊重量は、ふ化時期あるいは番仔に伴い減少するが、ふ化幼生数はふ化時期によって、あるいは2番仔まで大きく変動しない。卵塊重量の減少は抱卵数自体の減少に起因するのではなく、ふ化時期の進行あるいは番仔に伴う産出卵の小型化に起因するという。ただし、養成親ガニの卵塊重量とふ化幼生数は3番仔以後に大幅に減少しており、これは養成条件の悪化によるものと推察している。また、養成親ガニのふ化幼生数は、天然抱卵親ガニよりも少ないことも報告している。

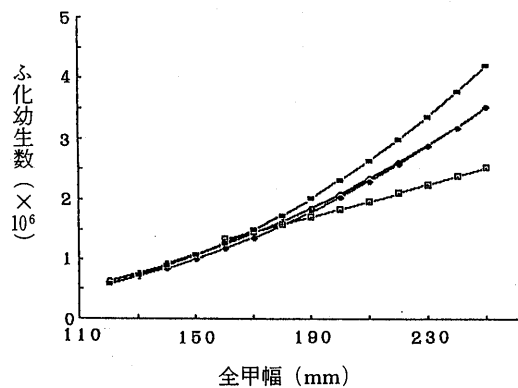


図 I-2 ガザミの全甲幅に対するふ化幼生数の計算値（浜崎，1996a）

全甲幅 (x) とふ化幼生数 (y) の関係は以下の式で表される。

- 1番仔 (○), $\ln y = 2.2229 + 2.3272 \ln x$ ($n=54$, $r=0.729$);
2番仔 (●), $\ln y = 1.3903 + 2.4784 \ln x$ ($n=29$, $r=0.722$);
3番仔 (□), $\ln y = 6.9545 + 1.4094 \ln x$ ($n=40$, $r=0.385$);
天然抱卵雌 (■), $\ln y = 0.3639 + 2.6962 \ln x$ ($n=111$, $r=0.878$).

ここで、天然抱卵親ガニと水槽内で産卵させた親ガニ(1~3番仔)の全甲幅とふ化幼生数の関係(浜崎, 1996a)を図I-2に示した。この関係によって、親ガニの全甲幅から大まかなふ化幼生数を推測できる。逆に必要なふ化幼生数から適当な体サイズの親ガニを決めることができる。例えば、100kl水槽を用いて2万尾/klの密度で幼生飼育を開始する場合、200万尾のふ化幼生を必要とするから、全甲幅200mm程度の親ガニを選別すればよい。また、ふ化日の同調化(I-3-5-2「ふ化日の制御と同調化」を参照)を図るのであれば、複数の小型親ガニを選別してもよい。ただし、入手先で体サイズを測定するのは一般的に行われない。通常は「大」、「中」、「小」(このサイズ設定は各機関で異なるであろう)の3段階程度に分けて入手先に依頼しておく。

③ 卵塊の状態

抱卵親ガニを選別するに当たっては卵塊の崩れがなく、しっかりしていることが第一条件である。卵塊が崩れる原因については、漁獲時の漁具あるいは蓄養中の同種他個体の銚脚による物理的衝撃等が考えられる。漁獲時の衝撃を避けることはできないが、蓄養中には銚脚先端をゴム等で固定し、できるだけ当日に水揚げされたものを利用することが望ましい。また、蓄養水槽内で1尾の親ガニにふ化が起った場合、他個体の卵が腹肢から離脱して卵塊が崩れる現象がみられる。これはアカテガニ *Sesarma haematocheir* で報告されているように(三枝, 1996)、ふ化時に卵自体から生じる OHSS (ovigerous-hair stripping substance, あるいは胚脱落誘発物質) による影響と考えられる。都合で数日間蓄養する場合には、OHSS の影響を軽減するために、蓄養水槽の注水率をできるだけ上げておく必要がある。

④ 卵の発生段階

天然抱卵親ガニを利用する場合には、発生のよく進んだ抱卵親ガニを異なる環境に収容すると、卵塊のまま放離したり、死卵となって脱離したり、あるいはふ化しても健全な状態でない場合が多いので、あまり発生が進んでいない抱卵親ガニを選別すべきとされていたが(今, 1973)、現状の選別基準は発生初期からふ化直前のものまで様々である。卵塊のしっかりしているものを選別し、搬入後の取扱いに注意すれば卵塊の放離等は防ぐことができる。ただし、搬入後翌朝にふ化するものは部分的なふ化であったり、ブリゾエ(I-3-7-1「異常ふ化」を参照)が高い割合で出現する例が多い。

ガザミの産出卵(胚)は、発生に伴い以下のような外観の変化を示す(浜崎ら, 1992; 浜崎, 1996a)。産出されて親ガニに抱かれた卵は楕円形である(写真I-2-A)。まず卵割が起り(同B)、割球は16細胞で明確になる(同C)。卵割が進行するに伴い割球は次第に小さくなり、

個々の割球が区別できなくなる(同D)。次に、透明な胚体が出現し(同E)、胚体は次第に成長して(同F, G)眼葉に褐色で糸状の色素(眼点)が出現する(発眼, 同H)。眼点は次第に大きくなり、胚体に黒色素が発達する(同I)。ふ化が近づくと、卵内ゾエアの眼点の前方に紫色色素(パープルポイント)が出現する(同J, K)。

浜崎(1996a)は卵の発生段階を定量的に捉えるために、数段階の水温で抱卵親ガニを産卵からふ化まで養成し、胚体の成長をEAI (Embryo Area Index, 卵の側面積に対する胚体域の側面積の百分率)とEPI (Eye Pigmented Index, 卵の側面積に対する眼点の側面積の千分率)として指数化している。EAIは以下の手順で求めている。まず卵の側面から卵黄域と胚体域をトレーシングペーパーにトレースし、トレースした卵黄域と胚体域を切り出してそれぞれの重量を測定する。そして、(胚体域の重量) / (卵黄域と胚体域の合計重量) $\times 10^2$ をEAIとしている。なお、面積の算出は、最近では画像解析装置を利用して簡単に行うことができる。EPIは(眼点の長径 $\times$ 短径) / (卵の長径 $\times$ 短径) $\times 10^3$ 、として求めている(図I-3)。養成水温の異なる個体の指数の変化を同一の尺度で比較するために、卵の標準齢 [(産卵から、あるいは発眼から各指数の測定日までの日数) / (産卵から、あるいは発眼からふ化までの日数) $\times 10^2$] に対して各指数をプロットし(図I-4)、図に示した関係式を得ている。各指数を求めて図I-4の式に代入することで卵の標準齢を知ることができる、すなわち産卵から、あるいは発眼から何%の期間が経過しているのか、またふ化まで何%の期間が残されているのかを知ることができる、後述するように(I-3-5-1「養成水温と抱卵期間」を参照)ふ化日を予測することができる。

浜崎(1996a)はガザミ卵の発生段階を、卵割期(産卵から胚体出現まで)、胚体成長期(胚体の出現から発眼まで)、複眼色素形成期(発眼からパープルポイント出現まで)、ふ化前期(パープルポイント出現からふ化まで)に区分し、前述の瀬戸内海における抱卵親ガニの出現時期と同様の方法によって各発生段階の出現状況を計算して示している(図I-5)。この計算上の出現状況は、目的とした発生段階にある抱卵親ガニの入手計画を立てる上で参考になるであろう。

卵の発生段階の判定は、入手先に顕微鏡を持ち込まない限り大まかなものにならざるを得ない。ガザミの卵塊は発生に伴い「黄橙色系(産卵から発眼まで)」→「茶褐色系(発眼から胚体に黒色素が発達するまで)」→「灰黒色系(胚体に黒色素が発達してからふ化まで)」と変化することから、肉眼によってその発生段階を大まかには3段階に区別することができる。卵の発生段階を詳細に決める必要がある場合、搬入後に卵を検鏡する必要

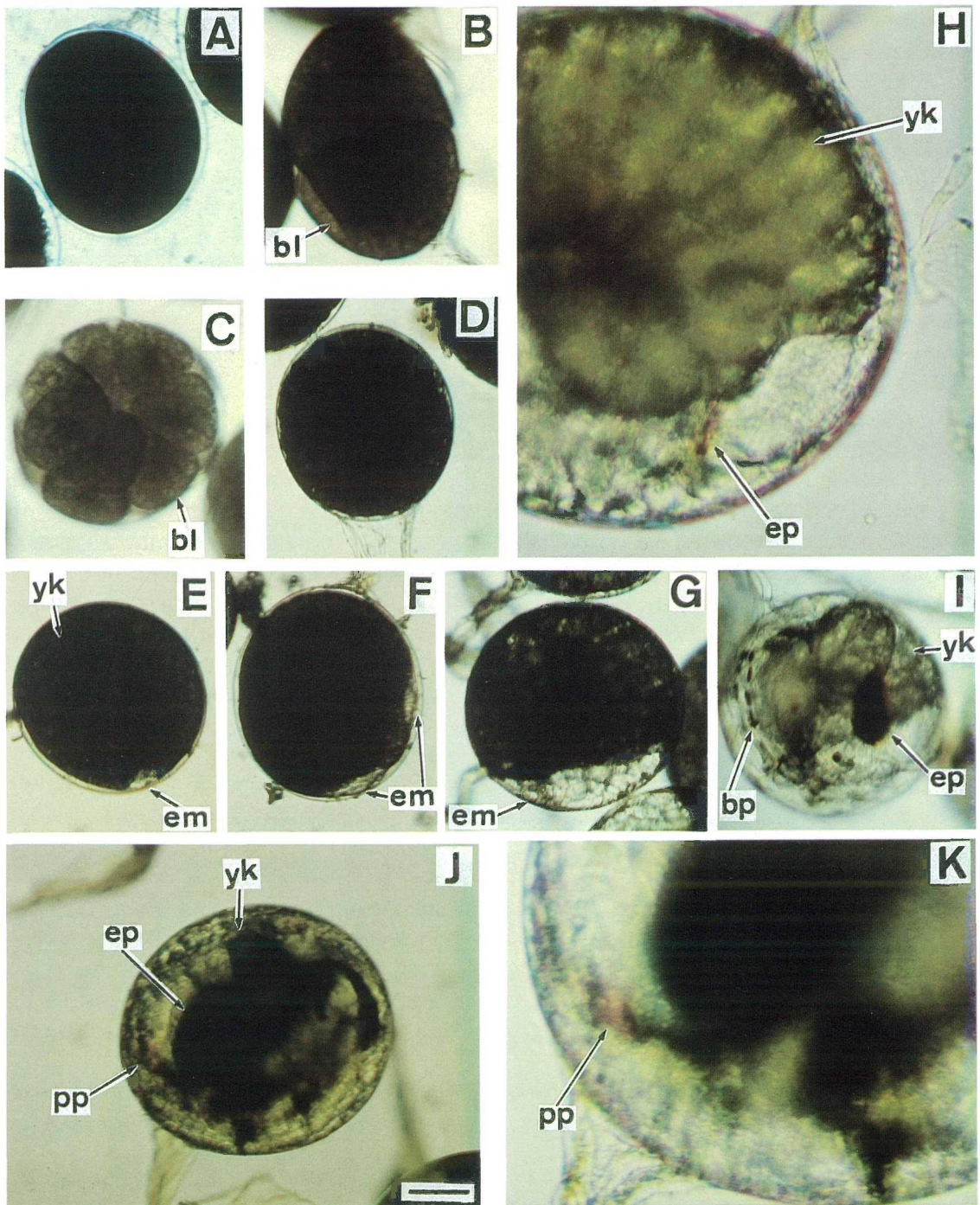


写真 I-2 ガザミ卵の発育過程における外観の変化 (浜崎ら, 1992; 浜崎, 1996a)

A, 産出されて腹肢内肢剛毛へ付着して間もない卵; B, 割球が見え始めた卵; C, 割球が明確になった卵; D, 卵割が進行し個々の割球が区別できない卵; E, 胚体が出現した卵; F, G, 胚体が成長した卵; H, 発眼した卵; I, 眼点成長した卵; J, パープルポイントが出現した卵; K, パープルポイントの拡大部. バー・スケールは100 μ m (A~G, I, J), 40 μ m (H, K). bl, 割球; bp, 黒色色素; em, 胚体; ep, 眼点; pp, パープルポイント; yk, 卵黄.

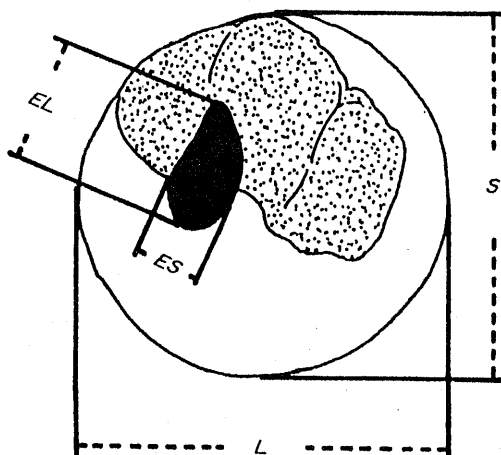


図 I-3 ガザミ卵の Eye Pigmented Index (EPI) を求めるための測定部位 (浜崎ら, 1992; 浜崎, 1996a)
EL, 眼点の長径; ES, 眼点の短径; L, 卵の長径; S, 卵の短径. $EPI = (EL \times ES) / (L \times S) \times 10^3$.

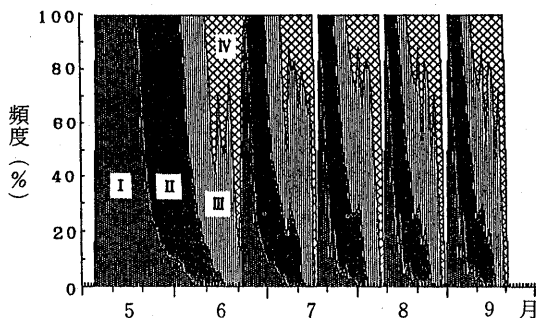


図 I-5 瀬戸内海におけるガザミ抱卵親ガニの卵発生段階の推移の推定 (浜崎, 1996a)

I, 卵割期 (産卵から胚体出現まで); II, 胚体成長期 (胚体出現から発眼まで); III, 複眼色素形成期 (発眼からパープルポイント出現まで); IV, ふ化前期 (パープルポイント出現からふ化まで).

がある。

3-1-2 輸 送

(1) 輸送方法の分類

親ガニの輸送方法には有水輸送と無水輸送があるが、有水で行われる場合が多い。輸送にあたっては抱卵親ガニの取扱いに特に注意し、卵塊が乾くほど長期間空中に放置してはいけない。特殊な理由がない限り、親ガニ、特に抱卵親ガニの輸送は有水で行う方がよい。

(2) 有水輸送

有水輸送の場合、輸送にはろ過海水と生海水をそれぞれ半数の機関が使用しているが、前者は購入先まで自機

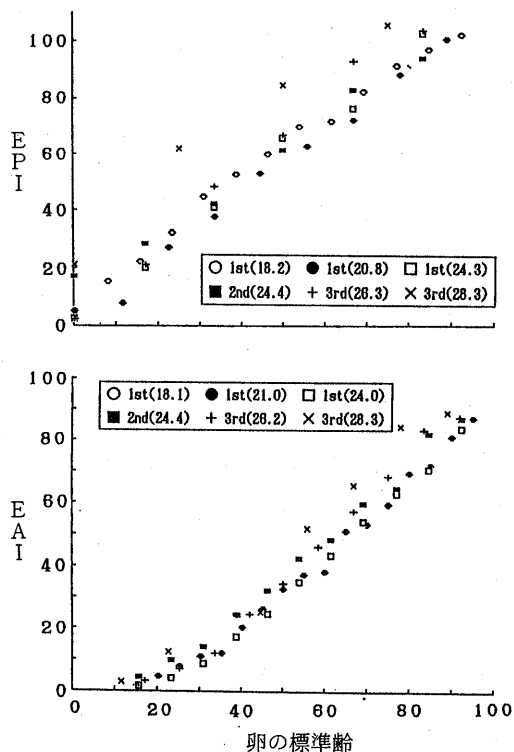


図 I-4 ガザミ卵の標準齢と EAI, EPI の関係 (浜崎, 1996a)

図中の記号は番仔 (養成水温) を示す。卵の標準齢は EPI の場合は産卵日を起点として、EAI の場合は発眼日を起点として算出される。詳細は本文を参照。卵の標準齢 (x) と EAI, EPI (y) の関係は以下の式で表される。

$$\begin{aligned} \text{EAI: } & x < 30, y = -6.1841 + 0.5752x \quad (n=57, r=0.868); \\ & x \geq 30, y = -30.1297 + 1.2606x \quad (n=224, r=0.984). \\ \text{EPI: } & y = 7.8673 + 1.1164x \quad (n=177, r=0.976). \end{aligned}$$

関から輸送容器に海水を入れて受け取りにいく場合で、後者は受取先のろ過設備を持たない漁業協同組合等の地先海水を使用するためと思われる。生海水を使用して卵への付着生物 (Ⅲ-4-4 「付着生物」を参照) が増えるようであれば、ろ過海水の使用に切り替えるべきである。

輸送容器として、小は10l以下のビニール袋から大は1kl以上の水槽を利用している。輸送時間が長いほど、大型の輸送容器を利用する傾向がある (図 I-6)。

輸送密度、すなわち輸送容器の単位容量 (kl) 当たりの輸送尾数と輸送時間の関係を見ると (図 I-7)、密度の上限は輸送時間に伴い指数関数的に減少しており、この範囲内の密度と輸送時間であれば、特に問題はないものと解釈できる。

輸送中の水温は無調節の機関が多いが、天然抱卵親ガニを搬入する場合にほぼ一定 (15℃, 17~18℃, 21~23℃)

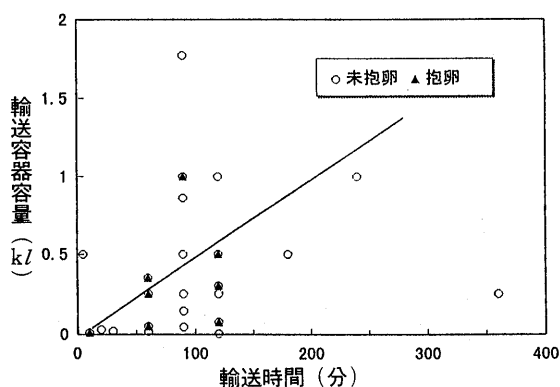


図 I-6 ガザミ親ガニの種苗生産施設までの輸送時間と輸送容器の容量の関係

アンケート調査結果から作成した。輸送時間は範囲で示されている場合が多かったが、ここでは最大値を採用した。図中の直線は目測で引いたものである。

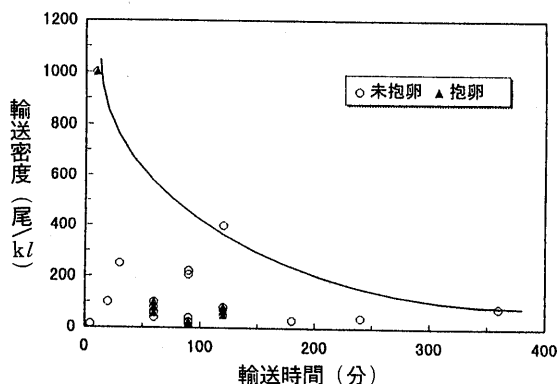


図 I-7 ガザミ親ガニの種苗生産施設までの輸送時間と輸送密度の関係

アンケート調査結果から作成した。輸送時間と輸送時の尾数は範囲で示されている場合が多かったが、ここでは最大値を採用した。図中の曲線は目測で引いたものである。

に保持している機関もある。また、同様に25℃を超えた高水温時に海水水で冷却を行う機関もある。輸送時の適正水温については、親ガニ自体の水温耐性、卵の水温耐性を考慮して決めるべきものであるが、そのような知見はない。ただし、卵割期は急激な温度変化に特に弱い段階である（浜崎ら、1992；浜崎、1996a）ことから、輸送前後の水温差が大きい場合（経験的に4℃以上）には温度馴致して収容すべきである。輸送水温の調節が可能な場合には、輸送水温は搬入後の親ガニ養成水温に合わせるべきであろう。

輸送中には酸素あるいは空気通気を行う機関が多い。通気を行っていない機関は輸送時間が5～20分と短い

か、あるいはビニール袋に1尾ずつ収容して輸送する機関である（その場合、ビニール袋に酸素封入する）。輸送中の不測の事態（渋滞等）に備えて通気は行った方が無難と思われる。

各機関が輸送時に工夫している点を以下にとりまとめて示した（未抱卵と抱卵を区別しない）。

- ① 鋏脚（あるいはその先端）を固定する。
- ② 親ガニをカゴに個別に入れて輸送容器に収容する。
- ③ 個別に輸送容器に収容する。

個別にカゴ等に収容せずに輸送する場合、鋏脚の固定は必須であり、鋏脚を固定しないとつかみ合いにより脚を自切したり、卵塊が崩れたりする。前述のように漁獲時に鋏脚の先端が切除された親ガニしか入手できない地域もあるが、その場合でも緊急を要さない限り鋏脚をゴムで固定したり、紐等でたすきがけ状に固定した方がよい。カゴに個別にいれて輸送容器に収容する方法は、卵塊を痛めない意味から天然抱卵親ガニの輸送に適した方法といえるが、カゴの容積によっては1回当たりの輸送尾数に限りが生じる。また、カゴの目合いが大きいと脚が引っかかり自切する恐れがある。それを防ぐには、脚を固定する必要がある。また、個別に輸送容器に収容する方法も同じような利点があるが、この場合にも輸送尾数に限りが生じる。

(3) 無水輸送

未抱卵親ガニを輸送する場合に2機関が、天然抱卵親ガニを輸送する場合に1機関が無水輸送を採用している。未抱卵親ガニを利用する1機関では、入手先の漁業協同組合からの搬入時間が短いので無水で十分対応可能としている。その場合、海水にウレタンを浸して脱水したものを発泡スチロール製の容器（40×42×23cm）内に敷き、1箱当たり輪ゴムで鋏脚を固定した数尾の親ガニを入れ、その上に同様にウレタンをかぶせ、温度無調節で30分～1時間20分かけて自動車で輸送している。宮城県栽培漁業センターでは前述の理由（I-3-1-1「入手」）により、大阪府内の活魚業者から宅配便で24～30時間かけて入手している。その場合、冷却したオガクズを入れた発泡スチロール製の容器に、1箱当たり輪ゴムで脚を固定した数尾の親ガニをカニ同士が重なり合わないように入れ、同時に保冷剤を入れて5℃前後で輸送している。天然抱卵親ガニを無水輸送する1機関では、自動車で10分程度の漁業協同組合から搬入するときに無水輸送としている。その場合、ビニールテープで鋏脚を固定したカニをクーラーボックス1個に数尾入れて温度無調節で輸送している。いずれの機関でも輸送後の親ガニの生残状況に、特に問題はみられていない。ただし、宅配便で輸送した機関では、輸送した60尾中外傷がなく活力良好な

39尾を選別し、養成している（宮城県栽培漁業センター，1994b）ことから，長時間の無水輸送による親ガニへの悪影響が少なからずみられるようである。

3-2 搬入後の処理

搬入後には，養成水槽への収容前に選別，体サイズ測定，個体識別番号の付設等を行う。

(1) 選 別

個体選別は活力（良好なもの），卵塊の状態（しっかりしているもの），卵の発生段階，真菌感染卵の有無（感染卵を持たない個体）等によって行う。活力と卵塊の状態による選別は，入手時に行うものであるが，輸送中に状態が悪化する場合もあることから，収容前に再度実施するべきものである。卵の発生段階については，入手時に大まかに判定しているが，より詳細な把握を必要とする場合には卵を検鏡し，前述した発生段階や胚体の成長指数（EAI，EPI）を適宜決める必要がある。

ガザミ種苗生産過程で最も問題となっている疾病は真菌症である（Ⅲ-3「真菌症」を参照）。ガザミ卵へは真菌類が感染し，その真菌類は幼生に病原性を示すことから，幼生飼育水槽での真菌症発生の第一要因は，卵への真菌感染の成立によるものと考えられている（浜崎・畑井，1993a，1993b，1994）。天然抱卵親ガニの卵へ真菌が感染している場合も多く，そのような親ガニを施設内へ持ち込むことは可能な限り避けたいところである。したがって，真菌感染卵を発見し，感染卵を持つ抱卵親ガニを選別して排除する意味からも，水槽への収容前に卵を検鏡することは重要である（真菌の感染状態については，Ⅰ-3-3-5「日常の養成管理」の写真Ⅰ-9とⅢ-3-3「原因菌の分離と分類」の写真Ⅲ-3を参照）。

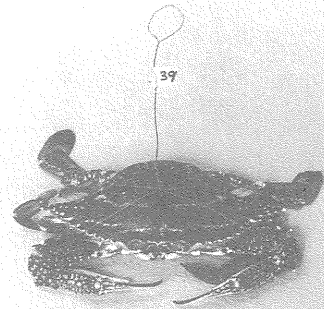
(2) 体サイズ測定

前述のように，体サイズ測定は親ガニ別にふ化幼生数を予測し，その後の親ガニ利用計画を立てる上で重要である。体サイズとして，通常は全甲幅を測定する。全甲幅は甲らの最大幅を1mm単位で測定する。ふ化幼生数は前述の図Ⅰ-2に示した関係式に全甲幅を代入することで計算できる。

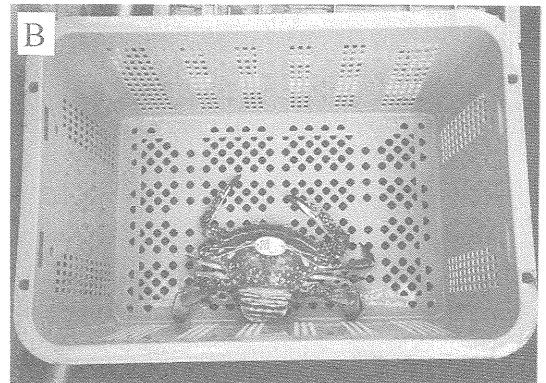
(3) 個体識別番号の付設

親ガニ別にふ化を予測するには，卵の発生状態を親ガニ別に把握する必要がある。親ガニを個体識別する必要がある。個体識別は甲らにマジックペンキ等で番号を記入するか，番号を記した標識票を取り付ける方法で行う。標識票は一般的には写真Ⅰ-3-Aに示した形態であるが，写真Ⅰ-3-BやCのような形態もある。砂を敷いた水槽内では親ガニ（特に未抱卵）が潜砂するためにその居場所が判り難いが，写真Ⅰ-3-Aのような標識票を取り付けると，砂中から標識票が露出するため一目でその位置

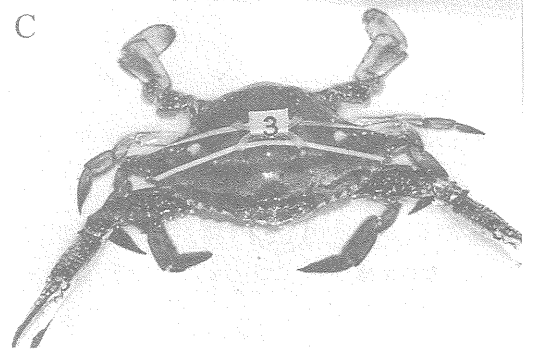
A



B



C



写真Ⅰ-3 ガザミ親ガニに付設される標識票の3タイプ

A（日本栽培漁業協会玉野事業場），被覆番線あるいはステンレス製の針金で作製し，ビニールテープに個体No.を記して標識票とする；B（愛知県栽培漁業協会），プラスチック製の板と輪ゴムで作製し，プラスチック板に個体No.や購入日等を記入する；C（熊本県栽培漁業協会大矢野事業場），輪ゴムとガムテープで作製し，ガムテープに個体No.を記入する。

を確認でき（写真Ⅰ-4），産卵の確認・卵の観察等の養成管理が容易となる。また，抱卵親ガニを砂を敷いていない水槽で養成する場合にも，標識票を取り付けているとその先端の輪をフックで引っかけることによって，卵



写真 I-4 標識票 A タイプを付けて潜砂したガザミ（日本栽培漁業協会玉野事業場）
矢印は潜砂したガザミを示す。

塊にダメージを与えることなく容易に個体を捕捉できる。

3-3 親ガニの養成管理

搬入後の処理が終わると、親ガニを養成水槽へ収容し、ふ化まで養成することになる。ここでは、親ガニ養成管理の現状について示すこととする。

3-3-1 養成水槽

(1) 水槽の種類

親ガニ養成に使用する水槽は FRP 製、コンクリート製、ポリエチレン製等多岐にわたり、その形状は角型・長方形が多く、ほとんどの機関が屋内に設置している。

未抱卵親ガニは底に砂を敷いた水槽（以下、砂敷き水槽）で養成し、抱卵親ガニは砂敷き水槽または砂を敷いていない水槽（以下、砂なし水槽）でふ化直前まで養成する。

使用水槽の容量は 2 kL 以下が多く、底面積は 5 m² 以下が多い。水槽水深は比較的浅く、ほとんどが 20～80 cm の範囲にある。水槽上面まで海水を満たしても、親ガニの逃亡はない。

各機関が使用している水槽数は 1～10 槽と幅がある。ここで各機関の水槽規模（底面積）に使用数を対比させると（図 I-8）、使用数の上限は水槽規模が大型に

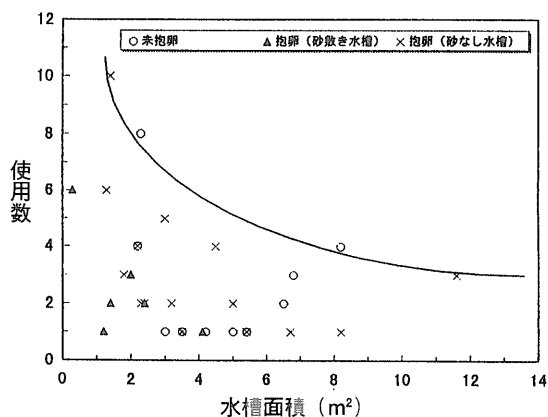


図 I-8 ガザミ親ガニ養成水槽の面積と使用数の関係
アンケート調査結果から作成した。図中の曲線は目測で引いたものである。

なるほど減少する傾向を示す。これは水槽規模の不足を数でカバーする面があることを意味するものである。実際に使用する水槽の総規模（総底面積）は、養成する親ガニ数と適正な養成密度（6 尾/m²以下、I-3-3-2「養成密度」を参照）によって決まる。ここでは水槽規模として底面積を選んだが、後述のように必ずしも水槽底の砂を必要としない抱卵親ガニを養成する場合に水槽を立体的に利用する手法を採れば（例えば、カゴに個別に収

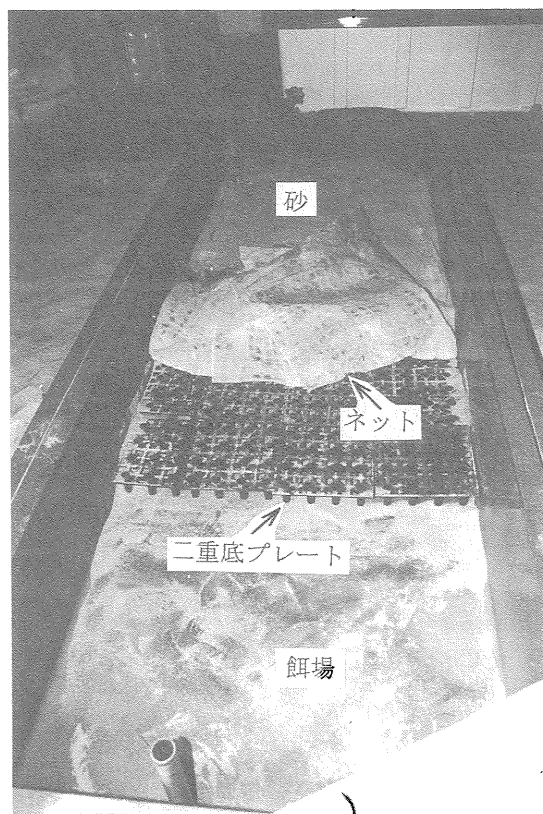
容し、カゴを重ねて水槽へ収容する)、水槽施設の節約につながるものと考えられる。

(2) 砂敷き水槽の構造

砂敷き水槽を使用している機関の70%は二重底構造(八塚, 1969a, 写真I-5)を採用しており、二重底には市販の二重底プレートを利用している。水槽に直接砂を敷いた場合、砂中の海水の交換が十分行われず、残餌や糞等の腐敗によって還元層が生じやすい。特に抱卵親ガニの養成であれば、砂環境の悪化は卵発生に悪影響を及ぼすことから、できるだけ二重底構造を採用することが望ましいものと考えられる。

二重底の場合、砂の流失を防ぐために二重底プレートの上にミューラガーゼあるいは30~200目のネットを敷設し、その上に砂を敷いている。使用している砂の粒径は1mm前後であり、厚さ10cm程度に敷く。

水槽の20~30%の面積に砂を敷かない区画を設け、餌を置く場所(餌場)とする場合もある(写真I-5)。餌場を設けた場合、冷凍餌料の残餌の処理はサイホンで簡単に行える。また、活きた貝類の場合でも親ガニが砕いた殻を簡単に除去できる。砂上に直接餌を置いた場合、冷凍餌料では残餌の取り残しによって砂環境が悪化する



写真I-5 二重底にした砂敷き水槽の構造(日本栽培漁業協会玉野事業場)

恐れがあり、活きた貝類では砕かれた殻が砂に残り、産卵環境を悪化させる懸念がある(次項の産卵行動に関する記述を参照)。以上のことから、可能であれば餌場を設けた方がよいであろう。

注水は水面上から、あるいは水槽底面(二重底の下)から行い、排水は多くの場合上面から行う。また水槽底面に小穴を開けた塩ビパイプを敷設し、エアリフトによって底面ろ過している機関もある(図I-9)。水槽底面からの注水は、砂中の海水交換を十分に行うこと、および砂中・砂上の糞等のゴミを吹き上げて排出すること、この2点をねらいとして実施する。後述のように、ガザミは産卵時にいったん卵を砂上に産み落とし抱卵することから、底面からの注水によって砂中に海水の通り道ができた場合、砂上の産出卵を吹き上げてしまう恐れがある。この点を勘案すると、産卵用の水槽として使用するときには注水は上面から行いたい、その場合砂中の海水交換が十分に行われない可能性がある、エアリフト等による底面ろ過によって海水を循環させるか、底面から排水するよう工夫する必要がある。

(3) 水槽の選択

前述のように未抱卵親ガニの養成には砂敷き水槽を使用し、抱卵親ガニの養成には砂敷き水槽あるいは砂なし水槽を使用する。

ガザミの産卵行動を観察した結果(浜崎ら, 1991; 浜崎, 1996a)によれば(図I-10; 写真I-6), ガザミは産卵時に腹部を体後方へ伸展し、腹部側面を腹肢外肢で覆う姿勢をとることから、腹部の下には親ガニの体と水槽底に敷かれた砂で囲まれた空所が形成される。生殖口から産出された卵は砂の上に落ちた後、腹部下の空所内へ流れ込み、前後に動く腹肢内肢の剛毛(担卵毛)に接触・付着して抱卵される。産卵時に潜砂が十分でなかった個体の産出卵は頭胸甲下部に広がり(写真I-6), そのような卵は腹肢内肢へ付着しない、いわゆる“流産”が起こる。さらに、砂のない場所で産卵した個体の産出卵は、ほとんど腹肢内肢へ付着しないという。また、瀬戸内海栽培漁業協会(1978a)は砂なし水槽で親ガニを養成した場合産卵率・抱卵率とも低かったことを報告し、小林ら(1979)は砂敷き水槽で1番仔のふ化後も親ガニを養成したところ2番仔の産卵がみられたのに対し、砂なし水槽では産卵がみられなかった事例を報告している。

以上のことから、水槽底の砂はガザミの産卵と抱卵にとって必要不可欠であり、水槽内での産卵・抱卵を目的として親ガニを養成する場合には、必ず水槽底に親ガニが十分潜砂できる質と量の砂を敷く必要がある。現状では粒径1mm前後の砂を10cm程度の厚さに敷いているが、特に問題は認められない。さらに粒径が大きくなった場

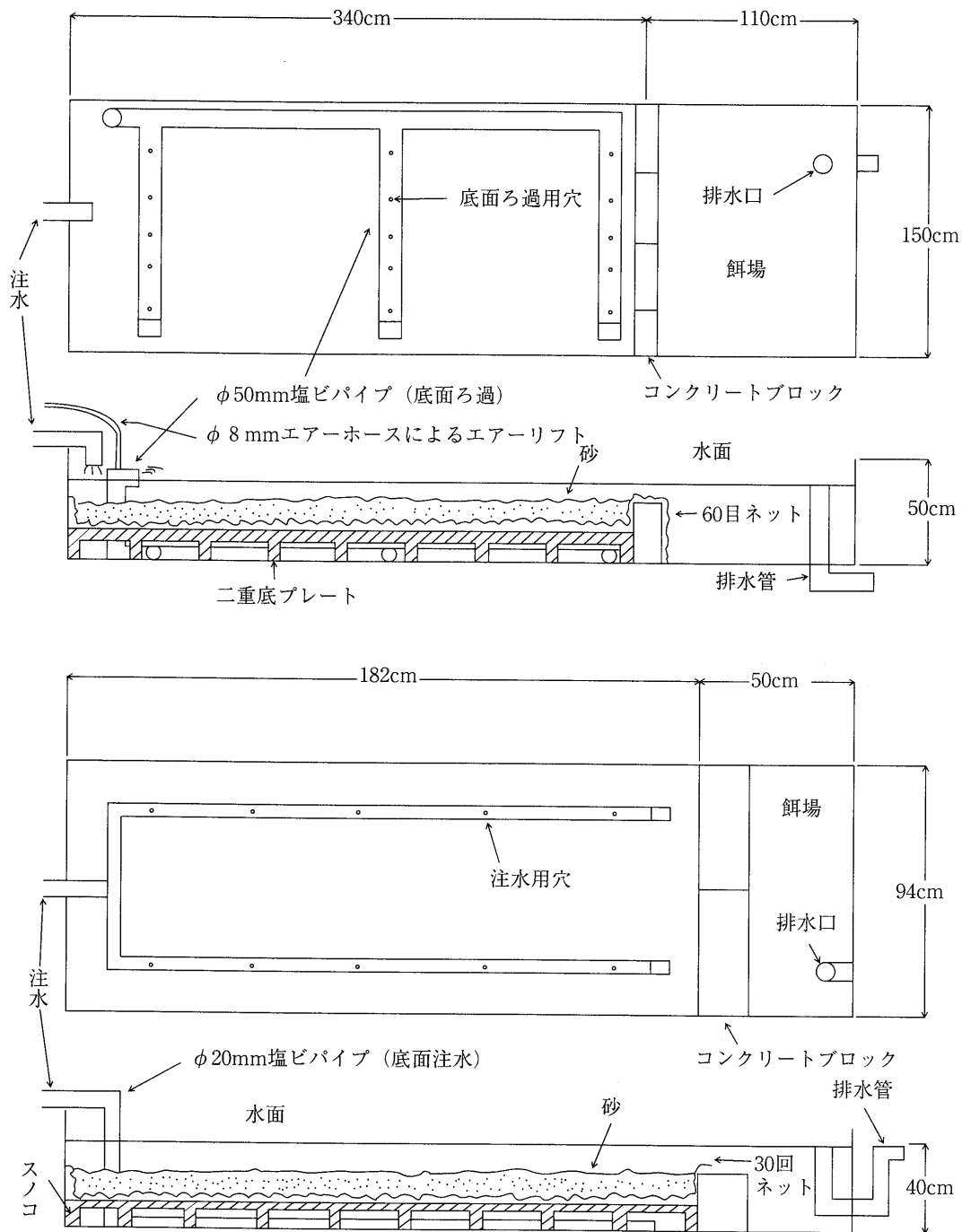


図 I -9 ガザミ親ガニ養成用二重底水槽の構造
アンケート調査結果から作成した。2 機関を代表として示した。

合に、例え親ガニが潜砂できても産出卵が砂の間に埋もれてしまう可能性があるため、その点にも留意する必要がある。

以上のように、産卵と抱卵には水槽底の砂が必要不可欠であるが、砂の有無が親ガニ自体の生死に及ぼす影響を実験的に解析した例はない。ガザミは昼間潜砂し、夜

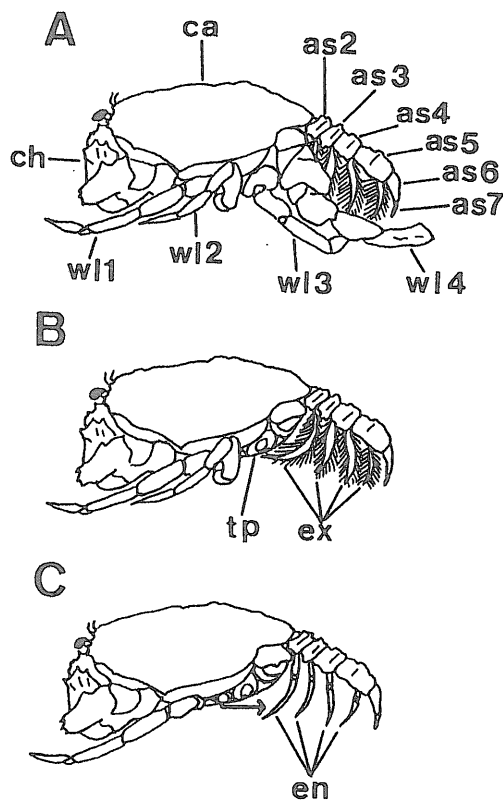


図 I-10 ガザミの産卵姿勢の模式図 (浜崎ら, 1991 ; 浜崎, 1996a)

通常は、体の一部あるいは体全体を潜砂させて産卵を行うと考えられるが、本図では砂は省略してある。A, 産卵姿勢の側面図；B, 図Aの第3, 第4歩脚を省略, 腹部の下には上面が第2～第5腹節, 側面が腹肢外肢, 前面が胸部腹板, 後面が第6, 第7腹節, 底面が砂である空所が形成されている；C, 図Aの腹肢外肢, および第2～第4歩脚を省略, 太い矢印は生殖口から産出された卵の流れを示す。as 2～7, 第2～第7腹節；ca, 頭胸甲；ch, 鋏脚；en, 腹肢内肢；ex, 腹肢外肢；tp, 胸部腹板, w11～4, 第1～第4歩脚。

間違え出して行動する習性を有している (八塚, 1969b) ことから, 少なくとも未抱卵親ガニを長期間養成する場合には, 水槽底に砂を敷く方が無難であろう。また, ガザミは水槽壁面に沿って分布する傾向があるといわれている (八塚, 1969a) ことから, 水槽全体を利用するには砂上に煉瓦やブロック等を適当に配置することが有効と考えられる。

各機関が抱卵親ガニの養成に砂敷き水槽あるいは砂なし水槽を採用する主な理由は, 前者では親ガニが潜砂することによって他個体からの干渉等のストレスの軽減が

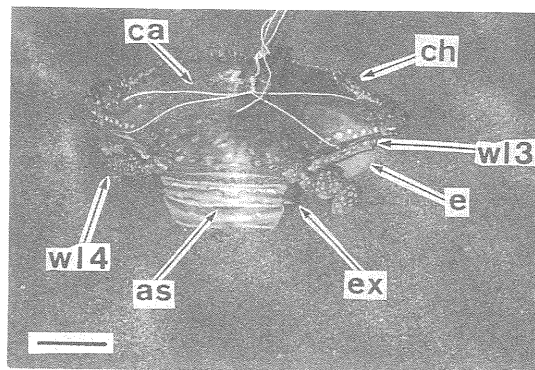


写真 I-6 ガザミの水槽内での産卵姿勢 (浜崎ら, 1991 ; 浜崎, 1996a)

砂に潜っていた個体を引き上げて観察した。頭胸甲には, マジックペンキで個体標識番号を記し, また針金で個体標識票を添付してある。as, 腹節；ca, 頭胸甲；ch, 鋏脚；e, 産出卵；ex, 腹肢外肢；w13, 第3歩脚；w14, 第4歩脚。バー・スケールは5 cm。

期待できること, 後者では砂敷き水槽では卵への真菌感染が成立しやすかったり, 底質の悪化によって卵へ糸状微生物 (Ⅲ-4-4「付着生物」を参照) や原生動物 (ツリガネムシ類) が付着しやすいと考えられることである。

抱卵した親ガニは抱卵初期には潜砂するが, 卵発生の進行に伴い潜砂頻度は少なくなり, ふ化直前になるとほとんど露出したままになるといわれている (岩本, 1983)。したがって, ある程度卵発生が進んだ段階で, ストレスを軽減するために砂敷き水槽を使用することの意味は薄いものと思われる。

砂敷き水槽で卵へ真菌類が感染しやすいか否かについての実験的な解析例はないが, 真菌感染によって死亡した卵が親ガニのグルーミング行動によって水槽底に落ちた場合, 砂なし水槽では水槽の底掃除によってそれらを水槽外へ排除することができる。しかし, 死卵が砂敷き水槽の砂層に落ちた場合, それらを排出することは比較的困難と思われ, さらなる感染源になる可能性は高い。

Dungeness crab, *Cancer magister* では, 富栄養化した海水中において卵へ付着する微生物が増加し, 卵の死亡率が高まると報告されている (Fisher, 1976 ; Fisher and Wickham, 1976)。また, 多量の微小生物が卵へ付着した場合, ふ化槽内でふ化幼生への付着が成立し, 幼生の大量へい死を引き起こす可能性もある (Ⅲ-4-4「付着生物」を参照)。砂敷き水槽の砂層には残餌や糞等による有機物質が多いものと考えられ, 卵塊がそのような砂に長期間接触した場合, 卵への糸状微生物やツリガネムシ類の付着量が増える危険性は高いものと考えられる。

以上のことを単純に考え合わせると、抱卵親ガニの養成水槽へ砂を敷く必要は特に認められない。

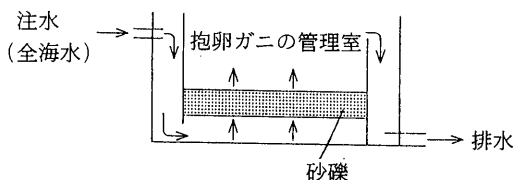
抱卵親ガニは夜間に歩脚で立ち上がり、鋏脚や第1～第3歩脚を使って卵塊を清掃（グルーミング）する。このグルーミング行動によって真菌感染等によって死亡した卵が腹肢から脱落し、新たな感染源になることが防がれているものと考えられる（I-3-1-1「入手」を参照）。親ガニの足場がしっかりし、卵塊のグルーミングが行いやすいという観点からは、水槽底に砂を敷いた方が良好な環境を提供できるものと考えられる。

以上述べたように、抱卵親ガニの養成水槽へ砂を敷くことには一長一短がある。いずれの水槽を利用しようとも、親ガニのグルーミング行動を妨げないように、また死卵等を水槽外へ排除できるよう水槽施設を工夫する必要がある。今後、最適な抱卵親ガニ養成水槽を開発するには、付着生物あるいは真菌感染とグルーミング行動の関係を実験的に解析する必要がある。なお、日本栽培漁業協会八重山事業場は、アミメノコギリガザミ*の抱卵親ガニを養成するに当たり、水槽からの死卵やゴミの排除を目的とし、さらに前述のグルーミング行動に適した環境を勘案して、図I-11に示すような水槽を使用している（手塚、1990）。

3-3-2 養成密度

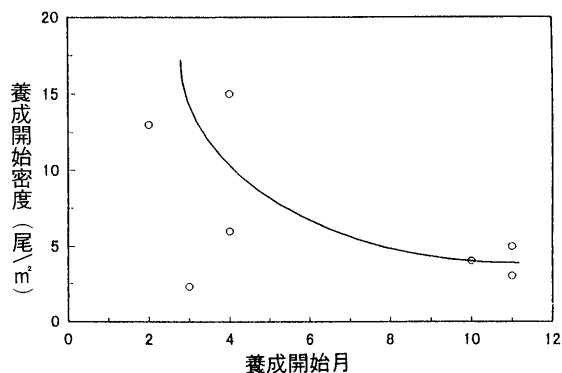
(1) 未抱卵親ガニ

未抱卵親ガニは、現状ではすべて「群」で養成している（以下、群養成と記す）。その養成開始密度は2～15尾/㎡と各機関によって大きく異なるが、特に2機関で13尾/㎡と15尾/㎡で高い。養成開始月と養成開始密度の関係をみると（図I-12）、この2機関は2月から4月に養成を開始している。したがって、これらの機関は産卵までの養成期間が短いことからこのような高い密度を設定しているものと思われる。



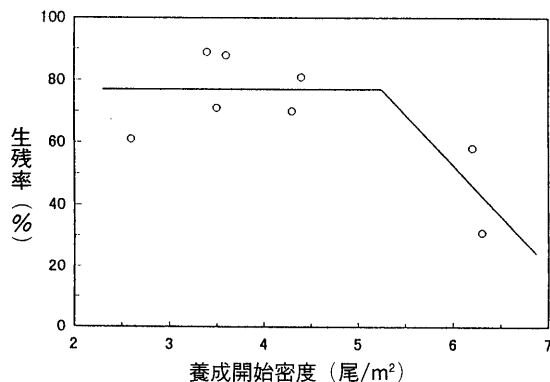
図I-11 アミメノコギリガザミ抱卵親ガニの養成水槽（手塚、1990）

矢印は海水の流れを示す。親ガニの足場がしっかりするよう砂礫が敷いてある。



図I-12 ガザミ未抱卵親ガニの養成開始月と養成開始密度の関係

アンケート調査結果から作成した。養成開始月が範囲で回答されている場合には早い時期を採用した。図中の曲線は目測で引いたものである。



図I-13 日本栽培漁業協会玉野事業場においてガザミ未抱卵親ガニの養成を秋季から開始した事例の養成開始密度と生残率の関係（浜崎、1996aより作成）

生残率は採卵用の養成を開始した時点での値である。図中の線は目測で引いたものである。

ここで、親ガニの年間養成尾数が最も多い日本栽培漁業協会玉野事業場において、10月から11月に養成を開始した事例の養成開始密度と産卵までの生残率の関係を対比させてみると、生残率は6尾/㎡を越えた場合に大きく低下する傾向を示す（図I-13）。このように、高すぎる養成密度は親ガニの生残に影響を及ぼすものと考えられる。現状では未抱卵親ガニの養成密度は、6尾/㎡以下が望ましいものと考えられる。

* ノコギリガザミは現在のところ分類学上 *Scylla serrata* 1種とされているが、最近は複数種を認める方向になりつつある（大城、1988；伏屋・渡邊、1995）。本邦では本土にトゲノコギリガザミ *Scylla tranquebarica* が、南西諸島にアミメノコギリガザミ *Scylla oceanica* が広く分布するとされている。

(2) 抱卵親ガニ

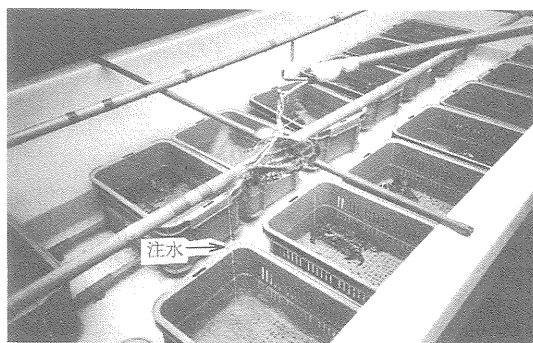
抱卵親ガニを砂敷き水槽で養成する機関のほとんどは群養成を採用しているが、100lの小型水槽で個別に、あるいはネットロン製の枠で砂場を区切り、その枠内で個別に養成している機関もある。砂なし水槽で抱卵親ガニを養成する機関は群養成するか、適当な大きさのカゴに個別に収容し、複数のカゴを一つの水槽に設置して養成する方法を採用している（写真I-7）。1kl水槽で個別養成している機関もあり、この機関は抱卵親ガニの養成水槽をそのままふ化槽として使用している。抱卵親ガニの養成密度はおおよそ1～10尾/m²と広い範囲を示す。抱卵親ガニの養成密度は2～3尾/m²が適当であり、収容密度が高すぎると相互間の干渉が激しくなり卵発生にも支障が生じるといわれているが（岩本，1983），現状の密度はこれよりも高い場合が多い。ただし，個別養成する場合には当然養成密度を上昇させ得る。個別に収容する場合，少なくとも抱卵親ガニの鉗脚や歩脚の動きを妨げない程度の広さをとる必要があろう。

3-3-3 養成環境管理

(1) 敷き砂の交換

二重底構造を採用した場合，砂環境が極端に悪化することはないことから，敷き砂を定期的に交換する機関は少なく，交換する場合には1～2年に1回行っている。ただし，砂敷き水槽内でふ化が起こった場合，未ふ化卵，死卵，卵殻等が砂上に散在し，それを放置した場合砂環境を著しく悪化させるので，直ちに砂を交換する必要がある。砂の交換を定期的に実施しない機関では，生産終了時あるいは開始前に減った砂を補充し，塩素消毒を行っている。砂を交換しない場合でも，二重底に敷いたネットから砂が洩れて水槽底に沈殿するので，少なくとも1～2年に1回はすべて掘り起こし，水槽を洗浄したほうがよい。

二重底構造を採用していない場合，砂環境の悪化が急



写真I-7 ガザミ抱卵親ガニのカゴでの養成状況（福岡県栽培漁業公社）

速に進行するものと考えられることから，定期的に還元層の有無を調べ，砂を交換する必要がある。

(2) 使用海水

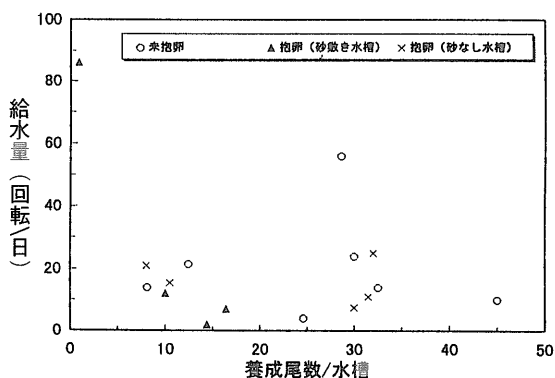
使用海水はいずれも過海水である。親ガニを生海水で養成することは可能ではあるが，水槽内への他生物の混入や卵への原生動物等の付着を考慮すると，何らかの方法でろ過した海水を使うことが望ましいものと考えられる。

(3) 給水

養成はいずれも流水で行い，給水量は0.5～86回転/日と各機関で大きく異なる。加温する場合には，加温装置の熱量と海水温の兼ね合いによって流量を通常よりも少なくする機関もある。給水は水槽内への酸素補給，水槽内に蓄積した溶存態有害物質の排除等を目的に行うものである。したがって，給水基準は親ガニと卵を含めた水槽内の酸素消費量，有害物質の親ガニと卵に対する急性・慢性的毒性を考慮して決めるべきものであるが，ガザミに関してはこのような知見は皆無である。参考までに水槽当たりの養成尾数と給水量の関係を図I-14に示す。極端に給水量が多い2例を除き，各機関の給水量は養成尾数にかかわらずほぼ30回転/日以下である。

(4) 通気

水槽への通気はほとんどの機関が実施しており，8.6～23.5l/分/klの範囲にある。未抱卵親ガニを養成した際に無通気の状態で給水が停止し，大量へい死が起こった機関もあることから，給水のみで酸素補給が十分な場



図I-14 ガザミ親ガニの水槽当たりの養成尾数と給水量の関係

アンケート調査結果から作成した。養成尾数は各機関が使用している水槽の面積に各機関の養成密度を掛けた値である。密度の範囲が示されている場合は中央値を採用し，複数の水槽が使用されている場合はすべての組み合わせで平均値を求めた。給水量は時間当たりの量で回答されていたので，ここでは水槽当たりの回転数に換算した。

合でも、不測の事態（給水の停止）に備えて通気すべきである。

(5) 遮 光

水槽の周囲を遮光する場合もある。水槽の設置場所が明るいと親ガニが落ちつかず、水槽内に付着珪藻や緑藻等が繁茂したり、親ガニの甲らや卵にも付着珪藻が繁茂する。水槽の設置場所の明るさは、藻類が繁殖しない程度の明るさに調整する必要がある。具体的な照度を挙げることはできないが、少なくとも遮光率90%程度の幕を二重に使用すれば藻類の繁殖を防ぐことが可能である。

(6) 水 質

親ガニ養成における水質環境としては、水温、塩分、溶存酸素、pH、窒素化合物等が考えられるが、親ガニ自身に及ぼす影響については水温以外ほとんど判っていない。

ガザミ成体型の臨界発育温度は14.0℃と推定されており（浜崎，1996a），理論的にはこの温度以下で発育が停止する。秋季から養成した個体は、水温が14～15℃まで下降するとは摂餌しなくなり（愛知県水産試験場尾張分場，1967），13℃以下では絶食する（八塚，1969b）。このように、理論的な臨界温度と実際の養成上の経験はよく一致する。親ガニは先の臨界発育温度よりもかなり低い温度まで耐えることができ、一時的には0℃にも耐えるが、長期間続くくと凍死する（大分県浅海漁業試験場，1967）。現実的な耐性限界水温の下限は5～7℃程度である（大分県浅海漁業試験場，1967；山口県内海水産試験場，1971）。なお、その上限に関する知見はないが、水槽水温が30℃を越えることはほとんどないことから、現実的には問題とならない。

水質環境を考える場合、親ガニ自身への影響に加え、卵巣成熟、産卵および卵発生に対する影響を考慮する必要がある。しかし、成熟、産卵および卵発生に及ぼす水質の影響については、水温以外まったく知見がない。水温の影響については、I-3-4「成熟と産卵」とI-3-5「ふ化日の予測と制御」で扱う。

親ガニ養成において、測定・管理する水質項目は水温以外にない。未抱卵親ガニの養成水温を産卵促進の目的（I-3-4-3「産卵の予測と制御」を参照）以外に調節することはない。抱卵親ガニの養成期間中には、卵発生速度を制御し、ふ化日を制御するために水温の調節を行う場合がある（I-3-5-2「ふ化日の制御と同調化」を参照）。調節はサーモスタット等の温度制御装置とプレートヒーターあるいはチタンヒーター、温水ボイラーとチタンの熱交換器、あるいは蒸気ボイラーによる蒸気直接吹き込みによって行う。抱卵親ガニの養成に冷却機を使用している機関もある。

3-3-4 餌料と給餌

(1) 餌料種類

親ガニ養成における餌料として、ほとんどの機関が活きたアサリやムラサキイガイ、あるいは冷凍したむき身アサリ等の貝類を使用しており、一部魚肉が使用されている。

ガザミは肉食性で、魚肉よりも貝肉に嗜好性がある（八塚，1969b）。また、稚ガニや幼ガニの成長はアサリを給餌した場合に最も早く、雑ガニ類と小型エビ類を給餌した場合にはやや遅れ、雑魚の場合には最も遅れたことが報告されている（宇都宮，1973）。これらのことから、現状で多用している貝肉は親ガニの餌料として大きな問題はないものと思われる。

(2) 給餌管理

未抱卵親ガニを養成する機関ではすべてが給餌を行っており、抱卵親ガニでは約3割の機関が給餌している。ガザミは主に夜間摂餌する（八塚，1969b）ことから、給餌は夕刻に行えばよい。砂敷き水槽では、砂環境の悪化を防ぐために餌場を設けて給餌する方がよい。

八塚（1969b）によれば、成熟前後のガザミの摂餌率（摂餌量/体重 $\times 10^2$ ）は水温20℃以上の時期で4～6%強である。給餌管理においてはこの数値が一応の目安となろうが、親ガニの摂餌量は環境水温や親ガニの状態（体サイズ、未抱卵、抱卵）によって大きく変わる。実際には残餌の状況をみながら適宜加減して給餌する必要がある。

環境水温は親ガニの摂餌量に大きな影響を及ぼし、前述のように初冬に水温が14～15℃まで低下すると親ガニはほとんど摂餌しなくなり、13℃以下では絶食する。ただし、春先には水温が10℃を越えると摂餌を開始する（愛知県水産試験場尾張分場，1967；山口県内海水産試験場，1971）ことから、水温下降期と上昇期では摂餌可能水温の下限が異なるようである。以上のことから、未抱卵親ガニの養成において、初冬に水温が13℃を下った時期から春先の10℃を越える時期まで給餌を行う必要はない。

未抱卵親ガニを卵巣が発達した時期（12月～）に搬入して養成する場合、水温は搬入後間もなく14℃を下回る（図I-15）ことから、翌春まではほとんど摂餌しない。春先には10℃を越えて2～3週間もすると産卵が始まるが（I-3-4-1「1番仔の成熟と産卵」を参照）、産卵までの水温は低いことからその間の摂餌量は少ない。加温して産卵を促進する場合には産卵まで比較的活発に摂餌するが、産卵までの期間は短い（I-3-4-1「1番仔の成熟と産卵」を参照）。抱卵親ガニは抱卵初期には比較的活発に摂餌するが、卵発生の進行に伴い次第に摂餌しなくなり、ふ化前にはほとんど摂餌しない。ふ化後には再び摂餌を開始する。親ガニと産出卵の間に体液的なつながり

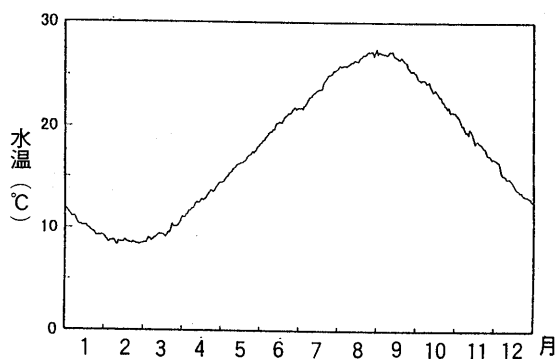


図 I-15 日本栽培漁業協会玉野事業場における昭和52年から平成5年までのガザミ親ガニ養成水槽の水温（自然水温）の平均値（浜崎，1996aより作成）

はない，すなわち給餌が抱かれた卵の質（栄養）等に直接的な影響を与えることはなく，むしろ給餌することによって，特に冷凍餌料の場合には養成環境が悪化し，卵発生に悪影響を与える可能性がある。したがって，抱卵親ガニへの給餌の必要性は，ふ化後も養成し再度産卵させて利用する形態（I-3-4-3「産卵の予測と制御」を参照）を採用しない限り，低いと考えられる。なお，日本栽培漁業協会玉野事業場では抱卵親ガニへの給餌を行っていないが，特に問題はみられていない。以上のことから，現状での親ガニ養成における給餌管理の重要性は低いといえる。

3-3-5 日常の養成管理

ここでは未抱卵親ガニと抱卵親ガニに分けて，養成水槽への収容後から前者では産卵まで，後者ではふ化槽への収容前までの日常の養成管理における留意点を述べる。

(1) 未抱卵親ガニ

養成期間中には毎日へい死をチェックし，へい死個体を発見したならば直ちに取り揚げる。特に越冬時には，親ガニは完全に潜砂してまったく動かない冬眠状態にあるので，必ず砂から静かに掘り起こして生死を確認する必要がある。確認しないとそのまま腐敗し，砂層の還元化につながる。

給餌は餌場で行うが，冷凍餌料を用いた場合には残餌が砂上に散在する場合もある。残餌や糞は砂上のはタモ網等で取り除き，餌場のものは毎日サイホンで取り除く必要がある。また，殻付きの貝類を餌場で給餌した場合には親ガニが砕いた殻が残るので，適宜取り除く必要がある。

水温は親ガニの行動を第一に規定する環境要因である

ことから，養成期間中に水温調節を行う場合は無論のこと，行わない場合にも毎日測定すべき項目であろう。

養成下での1番仔の産卵は，自然水温では4月中旬以後に始まり，加温した場合は促進される（I-3-4-1「1番仔の成熟と産卵」を参照）。ガザミの産卵行動についてはすでに述べたが（I-3-3-1「養成水槽」），産出卵の腹肢への付着過程についても調べられている（浜崎ら，1991；浜崎，1996a）。その結果によれば（写真I-8），産出直後の卵は粘着性を有し，付着柄（卵と剛毛を繋ぐ糸のようなもの）を持たない。卵の腹肢内肢剛毛（担卵毛）への付着は粘着性の卵膜（卵外皮）によって起こり，付着柄は卵膜が時間経過とともに伸展し，剛毛に巻き付き捩れることによって形成される。また簡単な実験結果から，産卵・抱卵時に親ガニが腹肢内肢を前後へ動かす行動は，付着柄の形成を促すものと解釈されている。

以上のガザミの産卵・抱卵行動を考慮して，産卵の有無の確認方法について二三の留意点を述べてみたい。まず，産卵中の親ガニを動かすことは，産出卵が腹部下部の空所からこぼれ出し，流産の原因となる。また，産卵が終わって腹肢内肢を前後に動かしている親ガニの行動を妨げることは，正常な付着柄の形成を阻害することにつながる。実際に抱卵直後に腹肢の動きを妨げた親ガニの卵には正常な付着柄は形成されず，卵が腹肢から脱落する現象が確認されている（浜崎ら，1991；浜崎，1996a）。このようなことから，水槽内でガザミの産卵の有無を確認する場合，まず第一に親ガニにできるだけ刺激を与えないことが肝要である。産卵の多くは夕刻から夜間・早朝にかけて起こることから（浜崎ら，1991；浜崎，1996a），産卵中の親ガニに刺激を与えないために，産卵の確認は日中に行うことが望ましいものと考えられる。実際の産卵の有無は，標識票先端の輪をフックで引っかけて，親ガニの頭胸甲後縁部が確認できるようわずかに砂から持ち上げ，腹部が膨らんでいるか否かで確認できる。

抱卵直後，すなわち付着柄が形成された直後の卵の付着はまだ強固ではなく，卵塊は粘液質で，ごく弱い物理的刺激でも卵が腹肢から脱落する。そのような個体を最低半日でもそのまま砂敷き水槽においておくと，卵塊はしっかりと固まる。したがって，産卵後に砂なし水槽へ移槽してふ化まで養成する場合でも，卵塊が強固になるまでそのまま砂敷き水槽においた方がよい。

(2) 抱卵親ガニ

抱卵後の親ガニの取扱いには注意し，卵塊が乾く位まで空中に長期間放置してはいけない。特にふ化間近な抱卵親ガニの取扱いを不用意に行うと，卵塊の一部が先にふ化したり，ふ化幼生の形態が異常となったり，またふ化しないまま全卵が離脱してしまうことがある（今，1973）。このような異常ふ化を誘発する要因については，

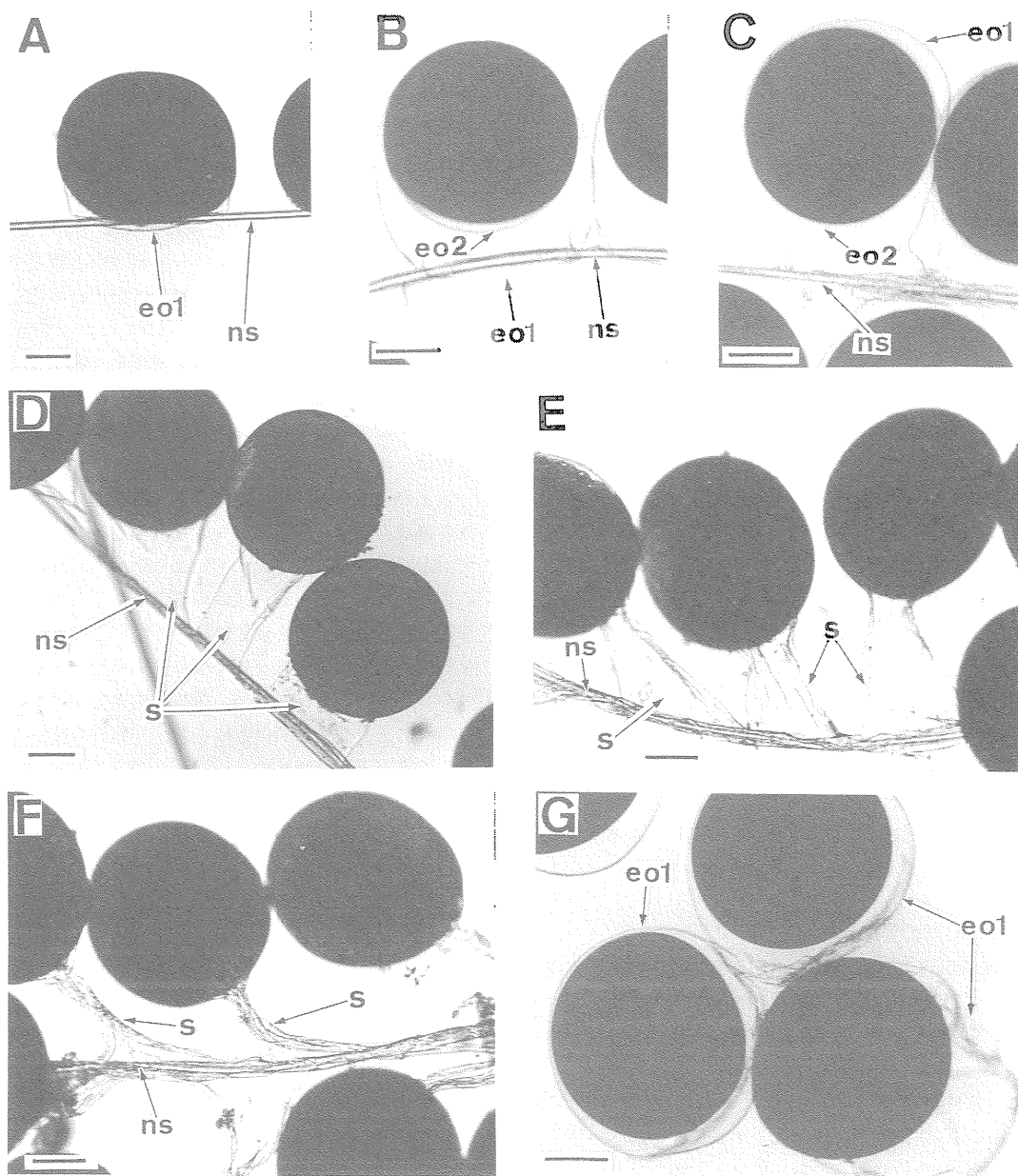


写真 I-8 ガザミの産出卵の腹肢内肢剛毛への付着過程（浜崎ら，1991；浜崎，1996a）

A，親ガニが腹肢を動かし始めた直後に採取した腹肢内肢剛毛に付着した卵，第1膜によって付着；B，第1膜の増大，第2膜の出現（Aの状態から約1時間経過，以下同様）；C，第1膜によって付着柄様の構造物が形成（約2時間）；D，板状の幅広い付着柄の形成（約3時間）；E，板状の捻れ始めた付着柄の形成（約3時間）；F，捻れた付着柄の形成（約3時間）；G，産出されて間もない相互に付着した卵，右下の卵には第1膜によって付着柄様の構造物が認められる．eo1，第1膜；eo2，第2膜；ns，剛毛；s，付着柄．バー・スケールは100 μ m．

I-3-7-1「異常ふ化」を参照いただきたい。

養成期間中のへい死のチェックは毎日行う。砂敷き水槽で給餌する場合には，卵の発生環境を好適に保つために残餌と糞の処理を未抱卵親ガニの場合と同様の方法で

十分に行う必要がある。砂なし水槽で養成する場合にも，給餌するならば残餌を取り除き，水槽底の糞や死卵等の脱落卵を毎日サイホン等で取り除く必要がある。カゴ内で抱卵親ガニを個別養成する場合には，カゴ内の汚れに

も注意し、できれば定期的にかゴを取り替える方がよい。

抱卵親ガニの養成環境のうち、最も注意しなければならないのは水温である。卵の発育速度は水温から大きな影響を受け、水温調節によってふ化日を制御することができる（Ⅰ-3-5-2「ふ化日の制御と同調化」を参照）。ガザミ卵は卵割期には水温上昇および低下の変化に、発眼以後には上昇の変化に弱い（浜崎ら、1992；浜崎、1996a）。正常な発育を示す水温変化の範囲については明らかにされていないが、実際の養成現場では最高3℃差まで問題はみられていない（浜崎、1996a）。ただし、パープルポイントが出現してふ化が近づいた親ガニに対して水温差を与えるような養成はできるだけ避ける必要がある。未抱卵親ガニの場合と同様、水温測定は毎日実施する必要がある。

養成期間中には、卵発生が正常に進行しているか否かを確認するために、また卵への真菌感染の有無、糸状微生物や原生動物（ツリガネムシ類）等の付着生物の有無を確認するために、定期的に卵塊から少量の卵をピンセットで採取し、検鏡する必要がある。卵の発生についてはⅠ-3-1-1「入手」を、卵へ感染する真菌類の種類と病原性についてはⅢ-3「真菌症」を参照されたい。

検卵によって発生が進行していないことを確認した場合、未発生卵には真菌感染が起こりやすいので（浜崎・畑井、1993a）、直ちに養成を中止する。真菌感染は卵塊

の縁辺部に起こりやすいことから（写真Ⅰ-9）、特に縁辺部から卵を採取して観察する必要がある。感染が重大な場合、肉眼でも容易に判別できる。そのような重大な感染個体の養成はすぐに中止する。感染が軽症と思われる場合には、ピンセットで感染卵を除去して生産に使用することもできる。

抱卵親ガニの養成において、最も避けたいことは養成水槽内でのふ化である。Ⅰ-3-1-1でも述べたように、水槽内で1尾の親ガニにふ化が起こった場合、他の親ガニの卵が腹肢から離脱し、卵塊が崩れる減少が見られる場合がある。卵塊が崩れ始めたらまずふ化まで至らないか、至った場合でもごく僅かなふ化幼生しか得られない。この現象を防ぐには、抱卵親ガニのふ化槽への移槽をふ化予定日の最低2日前に行う必要がある。

3-3-6 親ガニの生残

(1) 未抱卵親ガニ

各機関の未抱卵親ガニの産卵までの生残率は、およそ50～95%の範囲にある。親ガニの年間養成尾数が最も多い日本栽培漁業協会玉野事業場を例に未抱卵親ガニの生残状況の特徴をみると、10月から11月に養成を開始した事例の生残率は31～89%と広い範囲を示し、2月から4月に開始した事例では80%以上の率を示している（浜崎、1996a）（表Ⅰ-2）。なお、秋季に養成を開始した事例では、



写真Ⅰ-9 重大な真菌感染を受けたガザミの卵塊（日本栽培漁業協会玉野事業場）
本卵塊はふ化間近であり、卵塊縁辺上部（茶褐色）と下方（灰色）に真菌感染が生じている。

先述したように、親ガニの生残は養成密度から大きな影響を受ける（I-3-3-2「養成密度」、図I-13を参照）。

(2) 抱卵親ガニ

水槽内で産卵した抱卵親ガニ・天然の抱卵親ガニとも、ふ化までの生残率はおおむね80～90%の範囲にあり、比較的高い値を示す。これは養成期間が短いことによるものと考えられる。

3-4 成熟と産卵

未抱卵親ガニの産卵を予測し制御することは、種苗生産過程を計画的に進める上で極めて重要な課題である。ガザミの成熟と産卵に関する知見は少なく、産卵の予測・制御技術が開発されるまでには至っていない。しかし、最近いくつかの調査・研究が行われ（今井ら、1994a, 1994b；今井、1995；浜崎、1996a），その予測・制御がある程度可能な段階になりつつある。ここでは、最近の成熟と産卵に関する知見をとりまとめるとともに、現段階での産卵の予測・制御技術について述べてみたい。なお、雄の成熟過程に関しては、生殖腺熟度係数の季節変化が報告されているにすぎない（藍・山崎、1995）。

3-4-1 1番仔の成熟と産卵

浜崎（1996a）は瀬戸内海に位置する日本栽培漁業協会玉野事業場において、自然水温条件で養成した未抱卵親ガニの卵巣の発達過程を秋から繁殖期が始まる翌春にかけて調査している。また、養成下の1番仔の産卵状況

表I-2 日本栽培漁業協会玉野事業における未抱卵親ガニの生残（浜崎、1996a）

搬入年月日	搬入 尾数	全甲幅*1 (mm)	生残*2 (尾数/率%)
昭和61 12. 9	31	213(183～242)	19/ 61
62 3.11～ 4.16	25	199(155～238)	21/ 84
62 11.27～11.30	74	209(173～240)	43/ 58
63 2.20～ 4.22	28	202(158～233)	23/ 82
63 11.21～11.24	53	218(181～252)	43/ 81
平成 1 3.24～ 4.21	15	210(182～235)	14/ 93
1 11.25～12.13	94	203(149～240)	29/ 31
2 4.11～ 4.19	21	201(175～224)	21/100
2 12. 5～12. 7	65	200(168～242)	57/ 88
3 10.29～12.17	61	200(171～235)	54/ 89
4 4. 8～ 4.10	11	163(141～190)	11/100
4 11.25～12. 1	63	207(167～241)	45/ 71
合計	541	205(141～252)	380/ 70

*1 平均値（範囲）。

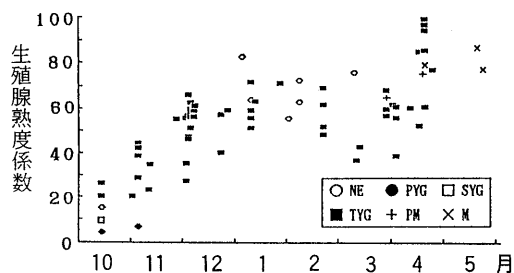
*2 採卵用の養成を開始するまでの生残。

についても調査・解析している。その結果によれば、生殖腺熟度係数 {卵巣重量 (g) / 全甲幅 (mm)³ × 10⁷} は10月から水温（図I-15）が12℃を下回る1月初旬までに直線的に増大し、卵巣の発達段階は第3次卵黄球期に達する（図I-16）。1月初旬以後には卵巣の発達段階に変化はなく、生殖腺熟度係数もほぼ一定のまま推移する。水温の上昇が始まる3月下旬になると、前成熟期に達した卵巣が出現し、水温が12℃を越えた4月中旬には生殖腺熟度係数が100に達するものもみられ、最も進んだ卵巣の発達段階は成熟期に達する。

ここで述べた養成下の卵巣の発達過程は、東京湾以南の海域における調査結果にはほぼ一致している（大島、1938；服部ら、1974；今井ら、1994a；今井、1995；藍・山崎、1995）。なお、ガザミ卵巣の発達過程を北日本の海域で調査した例はない。

日本栽培漁業協会玉野事業場において、平成3年から5年に自然水温で養成した未抱卵親ガニ群の1番仔の産卵は、4月16日から24日に始まり、遅い年には6月上旬までつづく（図I-17）。一方、同じ年の加温（約21℃）養成した群では、産卵は加温開始後2～5日目に始まり、自然水温条件に比べて短期に集中する傾向を示す（図I-17）。以上のように、1番仔の卵巣発達と産卵は水温から大きな影響を受ける。

昭和62年から平成5年に実施された未抱卵親ガニの加温（約21℃）養成における加温養成開始日と累積産卵率が0%、25%、50%、75%、100%に達するまでの所要日数の関係をみると（図I-18）、産卵までの日数は加温開始時期が遅くなるほど指数関数的に減少し、4月に入って加温養成を開始した場合、加温開始後2～6日後に産卵が始まる。そして、ほぼ10日以内に半



図I-16 秋から翌春に至るガザミ卵巣の生殖腺熟度係数の推移（浜崎、1996a）

生殖腺熟度係数=卵巣重量 (g) / 全甲幅 (mm)³ × 10⁷。

卵巣の発達段階は組織学的観察に基づき、未熟期 (IM)、第1次卵黄球期 (PYG)、第2次卵黄球期 (SYG)、第3次卵黄球期 (TYG)、前成熟期 (PM)、成熟期 (M)、に区分されている。NEは成熟段階が調査されていないことを示す。

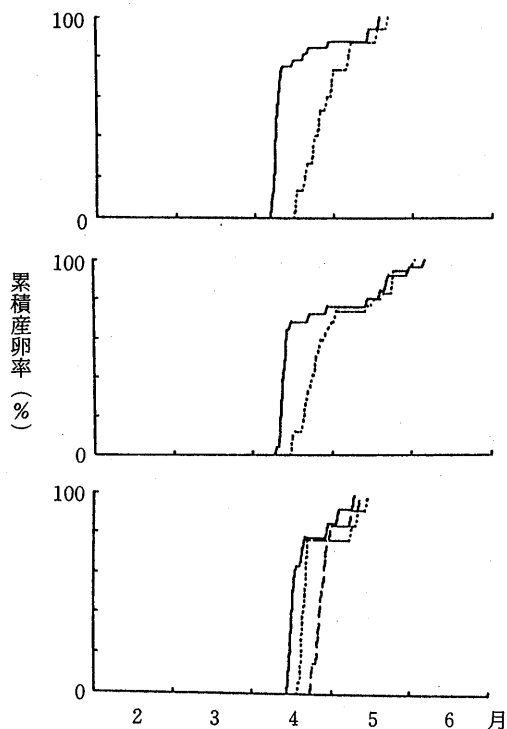


図 I-17 ガザミの1番仔の累積産卵率の推移 (浜崎, 1996a)

上から順に平成3年~5年の結果である。

-----, 自然水温条件下での産卵; ———, 加温 (21°C) 条件下での産卵。

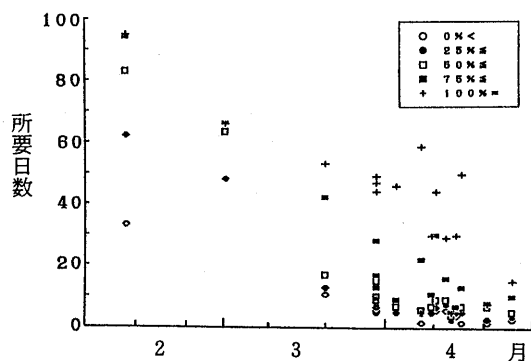


図 I-18 ガザミ未抱卵親ガニの加温養成開始日と一定の累積産卵率に達するまでの所要日数の関係 (浜崎, 1996a)

数の個体が, 20日以内に75%の個体が産卵している。

3-4-2 繁殖期における再成熟と多回産卵

(1) 再成熟

ガザミは多回産卵する。浜崎 (1996a) は1番仔を産んだ親ガニに生きアサリあるいは冷凍オキアミを給餌して継続養成し, その再成熟過程と多回産卵現象を調査している。その結果によれば, 産卵した親ガニの卵巣は再び発達し, その生殖腺熟度係数は産卵後の経過日数に伴い指数関数的に増大していく (図 I-19)。産卵から次の産卵までの日数 (産卵間隔) は水温の上昇に伴い短くなり, 給餌を制限した条件下では延長される (図 I-20)。産卵間隔と水温の関係は図 I-20に示した式で表される。

また, 繁殖期の卵巣発達に及ぼす水温の影響が積算温度法則 (八木・蒲生, 1942; 伊藤ら, 1980) の観点からも解析されており (図 I-21), 産卵間隔の逆数, すなわち卵巣発達速度と水温の関係は図 I-21に示したように直線関係になる。この関係を直線式で表すと, その直線と X 軸との交点が発達速度が0になる温度, すなわち卵巣発達の臨界温度となり, 直線の傾きの逆数が有効積算温度になる (八木・蒲生, 1942; 伊藤ら, 1980)。臨界温度は, それ以下では発育が停滞してしまう温度である。有効積算温度はある一定の発育を終えるのに必要な臨界温度以上の温度の総和であり, 日度 (D° ; day-degrees) という単位で表される。このようにして, 卵巣発達の臨界温度と産卵間の有効積算温度がそれぞれ 11.8°C と $290.1D^{\circ}$ と推定されている。すなわち, 理論的にはガザミ卵巣の発達は 11.8°C 以下で停止し, 繁殖期における産卵日から次の産卵前日までの日々の養成水温から 11.8°C を差し引いて積算した値が $290.1D^{\circ}$ となる。

(2) 産卵回数

養成下では一繁殖期に最高6回までの産卵が認められ, 産卵回数は親ガニの体サイズが大きいほど多くなる傾向を示す (図 I-22)。ただし, ここでの産卵回数は年内最初の脱皮までの値である。なお, 小型の親ガニは年内に2回脱皮し, 脱皮間に産卵する場合もあるが, 産卵する個体の割合は低い。大型個体ほど産卵回数が多くなるのは, 大型個体ほど脱皮間隔が長くなること, すなわち大型個体ほど産卵・抱卵が可能な期間が延長されることに起因するものと推察されている。

3-4-3 産卵の予測と制御

(1) 水温による予測と制御

前述のように, ガザミの卵巣発達と産卵は水温から大きな影響を受ける。養成した未抱卵親ガニ群の1番仔の産卵を予測するには, 自然水温条件下では図 I-17を, 産卵を促進することを目的として加温養成する場合には図 I-18の関係を参考にすることができる。ただし, 水温条件が異なれば単純には利用できない。そこで, 浜崎

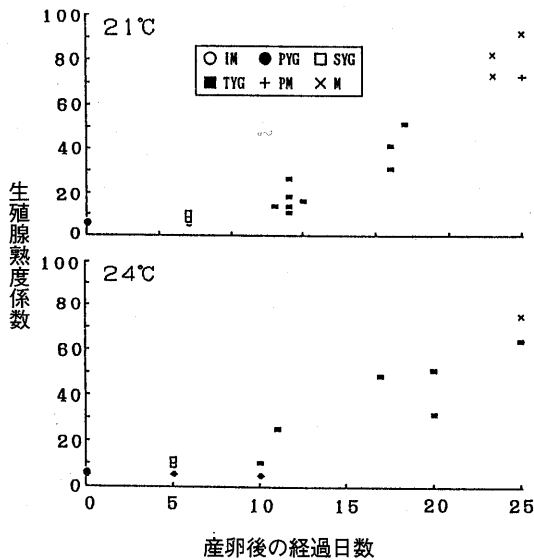


図 I-19 ガザミの繁殖期における産卵後の生殖腺熟度係数の変化 (浜崎, 1996a)

記号は図 I-16 に同じ。図中の温度は産卵後の養成水温を示している。

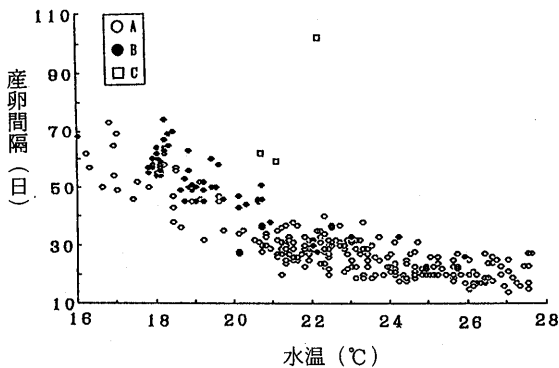


図 I-20 ガザミの繁殖期における養成水温と産卵間隔の関係 (浜崎, 1996a)

養成水温は産卵間の平均値である。記号は給餌条件を表す。A, 全期間給餌; B, 抱卵期間中無給餌; C, 次の産卵まで無給餌。給餌条件 A に関する水温 (x) と産卵間隔 (y) の関係は以下の式で表される。

$$\ln y = 10.2573 - 2.2245 \ln x \quad (n=253, r=-0.842).$$

(1996a) は自然水温条件下での産卵データも含めて、図 I-18 の一定の累積産卵率に達するまでの所要日数を有効積算温度で表し、養成開始日と有効積算温度の関係として解析することを試みている (図 I-23)。ここでの有効積算温度は、一定の累積産卵率に達する前日までの日々の養成水温から卵巣発達の臨界温度 (11.8°C) を差し引いて積算した値である。ただし、養成水温が臨界温

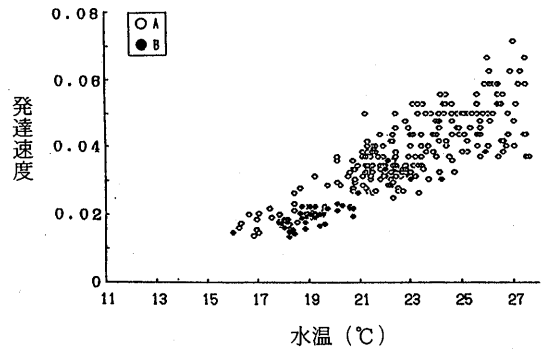


図 I-21 ガザミの繁殖期における養成水温と卵巣の発達速度の関係 (浜崎, 1996a)

図 I-20 の給餌条件 A と B について示してある。養成水温は産卵間の平均値である。発達速度 = (1 / 産卵間隔 (日))。給餌条件 A に関する水温 (x) と発達速度 (y) の関係は以下の式で表される。

$$y = -0.04071 + 0.003447x \quad (n=253, r=0.805).$$

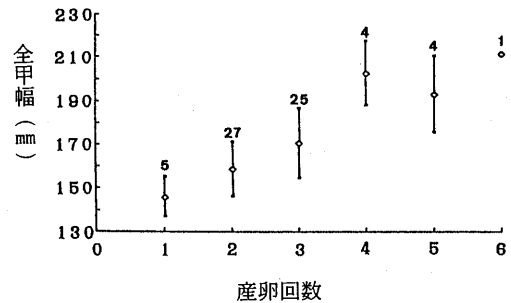


図 I-22 ガザミの産卵回数と全甲幅の関係 (浜崎, 1996a)

図中の数値は個体数である。ここでの産卵回数は年内最初の脱皮までの値である。

度以下の場合には積算しない。養成開始日は自然水温条件下では養成水温が臨界温度を越えた日、加温条件では加温開始日としている。そして、各養成開始日を閏年の場合には 2 月 9 日を 1 とおき、その他の年には 2 月 8 日を 1 とおいた連番で表し、この連番と一定の累積産卵率に達するまでの有効積算温度の関係を図 I-23 に示したように定式化している。これらの式によって、未抱卵親ガニ群が一定の累積産卵率に達するまでの有効積算温度を計算でき、有効積算温度から所要日数を推測することができる。例えば、4 月 1 日に加温養成を開始した場合、通常の年の 4 月 1 日の連番は 53 となり、この値を図 I-23 の関係式に代入すると累積産卵率が 0% <, 25% ≤, 50% ≤, 75% ≤, 100% =, に達するまでの有効積算温度は、それぞれ 42.5, 58.9, 81.2, 133.0, 235.5D° と

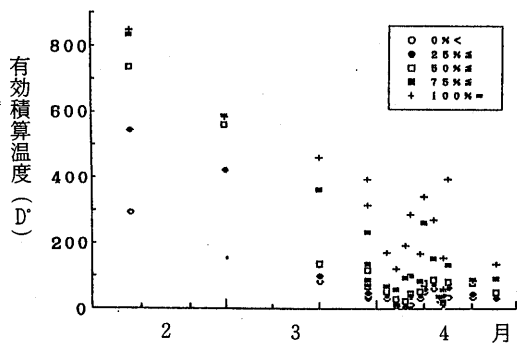


図 I-23 ガザミ未抱卵親ガニの養成開始日と一定の累積産卵率に達するまでの有効積算温度の関係 (浜崎, 1996a)

有効積算温度は養成水温から卵巣発達の臨界温度 11.8°C を差し引いて積算した値である。養成開始日を連番化 (閏年の場合には 2 月 9 日を 1, その他の年には 2 月 8 日を 1 とおく) した値 (x) と有効積算温度 (y) の関係は以下の式で表される。

$$\begin{aligned} 0\% <, \ln y &= 5.8435 - 0.03952x \quad (n=19, r=-0.731); \\ 25\% \leq, \ln y &= 6.2303 - 0.04064x \quad (n=19, r=-0.795); \\ 50\% \leq, \ln y &= 6.5735 - 0.04107x \quad (n=19, r=-0.812); \\ 75\% \leq, \ln y &= 6.8707 - 0.03736x \quad (n=19, r=-0.761); \\ 100\% =, \ln y &= 7.0298 - 0.02959x \quad (n=19, r=-0.687). \end{aligned}$$

計算できる。日本栽培漁業協会玉野事業場では、4 月 1 日の自然水温はまだガザミ卵巣発達の臨界温度を越えていないので、加温は開始 1 日後に 13°C 、2 日後に 17°C 、3 日後に 21°C に達し、以後 21°C を維持するよう調節する。未抱卵親ガニの累積産卵率は、4 月 1 日からの日々の水温から臨界温度 11.8°C を差し引いて積算した値が上述の各有効積算温度を越える日に一定値に達することになる。この例では、累積産卵率が $0\% <$ 、 $25\% \leq$ 、 $50\% \leq$ 、 $75\% \leq$ 、 $100\% =$ に達する日はそれぞれ 4 月 7 日、9 日、12 日、17 日および 28 日となる。同じように計算した 3 月から 4 月に加温養成を開始した場合の一定の累積産卵率に達する月日を表 I-3 に示す。この場合、加温条件は前述の通りであるが、自然水温が臨界温度を越えた場合には加温開始 1 日後に 17°C 、2 日後に 21°C に達するよう調節する。加温を開始していなくても、臨界温度以上の水温は有効水温として積算する。なお、自然水温には昭和 62 年から平成 5 年までの日本栽培漁業協会玉野事業場の水槽水温の平均値を利用している (図 I-15)。このように計算した表 I-3 によって、加温開始日を決めるとある一定の累積産卵率に達する月日を知ることができる。逆に、産ませたい時期を制御するには加温開始日を適当に選択すればよい。例えば、養成親ガニ群の産卵開始を 3

月 31 日にするには加温養成を 3 月 22 日に開始すればよく、この親ガニ群の累積産卵率は 4 月 2 日に 25%、6 日に 50%、14 日に 75% を越え 27 日に 100% に達する。ここでは日本栽培漁業協会玉野事業場で行われている加温調節のパタンで一定の累積産卵率に達する月日を計算した。当然、加温調節のパタンが異なれば、一定の累積産卵率に達する月日は異なる。換言すれば、産卵の調節は加温調節のパタンを変えることによっても可能と考えられる。

自然水温条件下での一定の累積産卵率に達する月日も計算されており、産卵は 5 月 1 日に始まり、累積産卵率は 5 日に 25%、10 日に 50%、19 日に 75% を越え、6 月 3 日に 100% に達する。したがって、加温のみによって産卵の調節を試みる場合、調節可能な期間は 4 月中に限られることになる。

ここまで述べてきた産卵の予測と制御方法は、少なくとも 1 番仔の卵巣の発達過程が瀬戸内海と大きく異ならない東京湾以南の海域では利用可能と思われる。ただし、ここでの計算に用いた自然水温は日本栽培漁業協会玉野事業場での水槽水温の平均値であるから、実際には各機関の水温を用いて計算する方が望ましい。北日本におけるガザミの卵巣発達過程に関する調査報告はないが、宮城県栽培漁業センター (1994b, 1995) では瀬戸内海産親ガニと地先の親ガニを用いて同じ様な採卵結果を得ているので、少なくともここで示した産卵の予測と制御方法は北日本の海域でも大まかな目安にはなるものと思われる。

以上のように、1 番仔の産卵の予測と制御がある程度可能になっている。今後、産卵の予測と制御をより高い精度で行うには、個体別に産卵を予測し、制御する技術を開発する必要があるものと考えらる。

1 番仔のふ化後も継続養成し、2 番仔以後を再利用する場合、一定水温条件下での次の産卵までの所要日数は図 I-20 に示した関係式で予測できる。また自然水温条件下では、日々の養成水温から卵巣発達の臨界温度 (11.8°C) を差し引いて積算した値が産卵間の有効積算温度 (290.1D°) を越えた日に次の産卵が起こる。給餌を制限した場合、次の産卵は遅れる傾向にあるので (図 I-20)、再利用する場合には抱卵期間中も給餌した方がよい。産卵回数は親ガニの体サイズに依存するので (図 I-22)、複数回産卵させて利用する場合には親ガニの体サイズに留意する。

(2) 水温と日長による制御

数種の甲殻類では、水温と日長はその成熟と産卵に影響を及ぼすことが知られている (Meusy and Payen, 1988)。ガザミについても、成熟と産卵に及ぼす水温と日長の影響を実験的に明らかにする試みがなされている

表 I-3 ガザミ未抱卵親ガニの加温養成における一定の累積産卵率に達する月日（浜崎，1996 a）

養成 開始日	一定の累積産卵率に達する月日					養成 開始日	一定の累積産卵率に達する月日				
	0%<	25%≦	50%≦	75%≦	100%=		0%<	25%≦	50%≦	75%≦	100%=
3. 1	3191	3.25	4. 3	4.18	5. 6	4. 1	4. 7	4. 9	4.12	4.17	4.28
2	19	25	3	17	5	2	8	10	12	18	29
3	19	26	3	17	4	3	9	11	13	18	29
4	20	26	3	16	3	4	10	11	14	19	29
5	20	26	3	15	3	5	11	12	14	19	30
6	21	26	3	15	2	6	11	12	14	19	30
7	21	26	3	15	1	7	12	13	15	19	30
8	22	27	3	14	1	8	12	14	16	20	30
9	22	27	3	14	4.30	9	13	15	16	21	30
10	23	27	3	14	30	10	14	15	17	21	30
11	24	28	3	13	29	11	15	16	18	22	5. 1
12	25	28	3	13	29	12	16	17	18	22	1
13	25	29	3	13	29	13	17	18	19	23	2
14	25	29	4	13	28	14	17	18	20	23	2
15	26	30	4	13	28	15	18	19	20	24	2
16	26	30	4	13	28	16	19	20	21	25	3
17	27	31	4	13	28	17	20	21	22	25	3
18	28	31	4	13	28	18	20	21	22	26	4
19	29	4. 1	5	13	27	19	21	22	23	26	4
20	29	1	5	13	27	20	22	23	24	27	4
21	30	2	6	14	27	21	23	23	25	27	5
22	31	2	6	14	27	22	23	24	25	28	5
23	31	3	7	14	27	23	24	25	26	29	6
24	4. 1	4	7	14	27	24	25	26	27	29	6
25	2	4	8	15	27	25	26	26	27	30	6
26	3	5	8	15	27	26	27	27	28	30	7
27	3	6	9	15	27	27	28	28	29	30	7
28	4	6	9	16	28	28	29	29	30	5. 1	8
29	5	7	10	16	28	29	30	30	5. 1	2	8
30	6	8	10	16	28	30	5. 1	5. 1	1	2	8
31	7	8	11	17	28						

（今井ら，1994b；今井，1995）。その結果によれば，10月中旬から12月初旬にかけて自然水温の長日（14L）・短日（10L）条件下で養成した場合，日長にかかわらず卵巣の発達は一進する（表 I-4）。1月初旬から水温（15，19℃）と日長（9，15L）を組み合わせで4区を設定し養成したところ，産卵までの日数は高水温一長日条件下で最も短くなる結果が得られている（表 I-5）。このような結果から，ガザミ卵巣は日長条件にかかわらず発達するが，最終成熟と産卵は高水温一長日条件下で誘起されやすいといえる。ガザミ卵巣の発達段階は2月から3月にかけてほとんど変化しなかったが（図 I-16），1番仔の産卵までの所要日数は加温開始時期が遅くなるほど

指数関数的に減少する傾向を示した（図 I-18）。この期間の日長は短日から長日へ徐々に変化する（浜崎，1996a）。したがって，実際の養成工程における産卵も長日条件下で水温が上昇することによって誘起されやすいことになる。ただし，実験的には短日条件下でも産卵がみられていることから，ガザミの最終成熟と産卵は一義的には水温によって規定されるものと考えられる。このような実験の試みによって，少なくとも産卵の促進条件が明らかになったとはいえる。実際に，高水温一長日条件下で1月初旬に産卵させることも可能になっている（浜崎，1996b）。

1～2番仔ふ化幼生の飼育成績が経験的によいことは

表 I-4 ガザミの卵巣発達に及ぼす日長の影響
(今井, 1995)

日長時間	供試親ガニ		
	尾数	全甲幅(mm)	生殖腺熟度係数
自然	4	148~177	54.3±8.2
10	7	158~190	55.9±6.6
14	7	153~181	50.8±4.9

実験期間: 10月14日~12月3日.

自然日長: 11時間→10時間.

水温: 自然水温 (23℃→15℃).

生殖腺熟度係数: 卵巣重量(g)/全甲幅³(mm)×10⁷.

開始時の生殖腺熟度係数: 19.4±8.7.

表 I-5 ガザミの産卵に及ぼす水温と日長の影響
(今井, 1995)

水温 (℃)	日長 時間	供試親ガニ		産卵 尾数	産卵までの 平均日数(範囲)
		尾数	全甲幅(mm)		
15	9	14	132~173	12	97(70~126)
15	15	14	129~168	9	96(70~133)
19	9	14	139~166	9	72(39~127)
19	15	14	124~179	8	41(23~63)

実験期間: 1月3日~産卵.

開始時の生殖腺熟度係数: 48.5±10.7.

すでに述べた。1~2番仔の利用期間を延長するために産卵を抑制する技術も必要であるが、前述のように日長の調節による産卵の抑制は困難である。理論的には、卵巣発達の臨界温度近くまで養成水温を下げれば、産卵を抑制することが可能と考えられ、実際に今井(1995)は未抱卵親ガニを水温12~13℃で養成し、1番仔の産卵を抑制できた事例を報告している。しかし、加温するより冷却の方がコスト高になる。したがって、1~2番仔の利用期間を延長するには、まず加温によって1番仔の産卵を促進して利用し、天然抱卵親ガニが漁獲され始めたら逐次利用する方法が現実的かもしれない。

3-5 ふ化日の予測と制御

幼生飼育を計画的に行うには、幼生のふ化日を予測し、制御する技術を確認する必要がある。大型水槽を用いた幼生飼育では、複数の親ガニからふ化した幼生を一度に水槽へ収容する。また、親ガニ1尾からの幼生で十分な収容数が確保される場合にも、必ずしも健全な幼生がふ化するとは限らないので、飼育開始日に複数の親ガニからふ化した幼生を準備することが望ましい。養成下で産卵させて抱卵親ガニを得る場合、I-3-4「成熟と産卵」で示したように、産卵の制御がある程度可能となってい

るが、特定日に産卵を集中させる技術はない。したがって、複数の親ガニから同日にふ化幼生を得るには、産卵日の異なる親ガニのふ化日を同調させる技術が必要になる。また、天然抱卵親ガニを利用する場合には、必ずしも同じ発生段階の卵を持った親ガニが得られるとは限らないことから、この場合にもふ化日の同調が必要となる。

ガザミ種苗生産過程においては、養成水温と抱卵期間の関係に基づき、ふ化日の予測・制御技術とふ化日の同調化技術が確立されつつある(浜崎ら, 1992; 浜崎, 1996a)。ここでは、その技術について述べることにする。

3-5-1 養成水温と抱卵期間

(1) 発生段階とふ化までの所要日数

ガザミ卵の発生速度は、水温に大きく左右される。ガザミ卵の発生段階はI-3-1-1「入手」で述べたように、卵割期(産卵から胚体出現まで)、胚体成長期(胚体の出現から発眼まで)、複眼色素形成期(発眼からパープルポイント出現まで)、ふ化前期(パープルポイント出現からふ化まで)、の四つの期間に区分されており(写真I-2)、各発生段階の始まりからふ化までの所要日数は水温上昇に伴い短くなる(図I-24)。これらの関係は表I-6に示した式で表される。抱卵親ガニの養成水温が決まれば、各発生段階の始まりを特定し、養成水温を表I-6の式に代入することで、ふ化までの日数を計算できる。また、水温を任意に調節することによって、ふ化日を制御することができる。参考までに、表I-6の式に各発生段階の始まりからふ化までの日数を代入して計算し

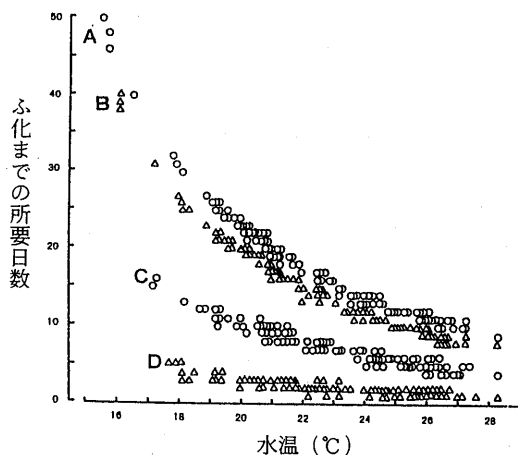


図 I-24 ガザミ抱卵親ガニの養成水温とふ化までの所要日数の関係(浜崎ら, 1992)

養成水温はふ化までの平均値である。A (○), 産卵からふ化まで; B (△), 胚体出現からふ化まで; C (○), 発眼からふ化まで; D (△), パープルポイント出現からふ化まで。

表 I-7 ガザミのふ化予定日までの所要日数を表 I-6 の関係式に代入して求めた水温（15～29℃の範囲で0.1℃間隔）（浜崎ら，1992；浜崎：1996 a）

ふ化予定日 までの日数	養成水温℃		ふ化予定日 までの日数	養成水温℃			
	産卵から ふ化	胚体出現 からふ化		産卵から ふ化	胚体出現 からふ化	発眼から ふ化	パープルポイント 出現からふ化
51	15.0		25	19.4	18.5		
50	15.1		24	19.7	18.7		
49	15.2		23	20.0	19.0	15.0	
48	15.4		22	20.3	19.3	15.2	
47	15.5		21	20.7	19.6	15.5	
46	15.6		20	21.0	20.0	15.8	
45	15.7	15.0	19	21.4	20.3	16.1	
44	15.8	15.2	18	21.9	20.7	16.4	
43	16.0	15.3	17	22.3	21.1	16.7	
42	16.1	15.4	16	22.8	21.6	17.1	
41	16.2	15.5	15	23.3	22.1	17.5	
40	16.4	15.7	14	23.9	22.6	18.0	
39	16.5	15.8	13	24.6	23.2	18.4	
38	16.7	16.0	12	25.3	23.8	19.0	
37	16.9	16.1	11	26.1	24.6	19.6	
36	17.0	16.3	10	27.0	25.4	20.3	
35	17.2	16.4	9	28.1	26.4	21.1	
34	17.4	16.6	8		27.5	22.0	
33	17.6	16.8	7		28.8	23.1	15.2
32	17.8	16.9	6			24.4	16.0
31	18.0	17.1	5			26.1	17.0
30	18.2	17.3	4			28.3	18.2
29	18.4	17.5	3				20.0
28	18.6	17.8	2				22.8
27	18.9	18.0	1				28.4
26	19.1	18.2					

た水温を表 I-7 に示す。

各発育段階の始まりを起点とした場合，産卵，胚体出現，発眼，パープルポイント出現の四つの起点からしかふ化の予測・制御を行うことができない。ガザミ卵の胚体の成長を EAI と EPI として定量化し，卵の標準年齢 { (EAI の場合は産卵から，EPI の場合には発眼から各指数の測定日までの日数) / (産卵から，あるいは発眼からふ化までの日数) $\times 10^2$ } との関係として定式化していることはすでに述べた (I-3-1-I「入手」，図 I-4 を参照)。抱卵親ガニについて EAI あるいは EPI を測定し，図 I-4 の関係式に代入すれば標準年齢を計算できる。すなわち，産卵から，あるいは発眼からふ化までの期間の何%を経過した段階にあるかを知ることができる。逆に，ふ化まで何%の期間が残されているかを知ることでもある。ここで，ある抱卵親ガニの EAI を測定したとし，ふ化ま

表 I-6 ガザミのふ化までの所要日数 (y) と養成水温 (x) の関係式 ($\ln y = \ln a + b \ln x$) のパラメタの推定値
(浜崎ら，1992；浜崎：1996 a)

	n*1	lna	b	r*2
産卵からふ化	181	11.4546	-2.7766	-0.9937
胚体出現からふ化	181	11.5928	-2.8717	-0.9919
発眼からふ化	181	10.6109	-2.7605	-0.9650
パープルポイント出現からふ化	181	10.4559	-3.1245	-0.8023

*1 標本数

*2 相関係数

でに残された期間の割合 (%) を x とおく。この個体がある一定の水温 t℃ で養成することとすると，産卵からふ化までの日数は表 I-7 から求めることができ，ここで

は y 日と置く。この抱卵親ガニを $t^{\circ}\text{C}$ で養成したとすると、ふ化までの日数は $x \times y$ として求めることができる。EPI を利用する場合には、発眼からふ化までの日数で同様に考えればよい。このように EAI と EPI を利用することによって、卵発生の任意の段階からふ化までの日数を予測することができる。ふ化日を制御したい場合は、ふ化までの予定日数を z とすると、 $y=z/x$ 、として y を求め、表 I-7 から設定すべき水温を決めることができる。

なお、浜崎 (1996a) は EAI あるいは EPI とふ化までの所要日数と水温の関係を直接定式化することを試みているので、その結果についても参照いただきたい。

(2) 卵の臨界発育温度とふ化までの有効積算温度

水温が変動する条件下でもふ化日の予測を簡便に行うために、積算温度法則も適用されている。その結果によれば、卵の臨界発育温度は 14.0°C 、各発生段階の始まりからふ化までの有効積算温度は産卵からふ化までが 136.1D° 、胚体の出現からふ化までが 116.6D° 、発眼からふ化までが 62.2D° 、パープルポイント出現からふ化までが 17.6D° である。養成個体の産卵、胚体の出現、発眼、パープルポイントの出現を確認し、日々の養成水温から臨界発育温度 (14.0°C) を差し引き積算した値が、各発生段階の始まりからふ化までの有効積算温度を超える日にふ化が起ることになる。卵発生の任意の段階から有効積算温度を利用してふ化日の予測を行うために、EAI あるいは EPI とふ化までの有効積算温度の関係も定式化している (図 I-25)。有効積算温度を利用する場合、水槽水温の平年値が判明していればいっそう便利である。

3-5-2 ふ化日の制御と同調化

(1) ふ化日の制御と同調化の方法

産卵日あるいは卵発生段階の異なる複数の抱卵親ガニがあった場合、各抱卵親ガニごとにふ化予定日までの所要日数を水温と各発生段階の始まりからふ化までの所要日数の関係式 (表 I-6) に代入して水温を計算するか (表 I-7 から直接求めることができる)、あるいは EAI、EPI を測定して前述のようにふ化までの予定日数とふ化までの期間 (%) から水温を求め、その水温に調節した別々の水槽で養成してふ化日を制御すれば、各抱卵親ガニのふ化日の同調が可能となる。しかし、親ガニ数が多くなった場合には水槽数が増え、管理が煩雑になるため実用的ではない。ここでは、できるだけ少ない水槽を用いて産卵日あるいは卵発生段階の異なる複数の抱卵親ガニのふ化日を制御し、同調させる方法を以下に紹介する。

今日産卵した親ガニ No. 1 を D 日後にふ化させて幼生飼育を開始する計画を立て、翌日以後に産卵した親ガニも親ガニ No. 1 と同日にふ化させたいとする。親ガニ

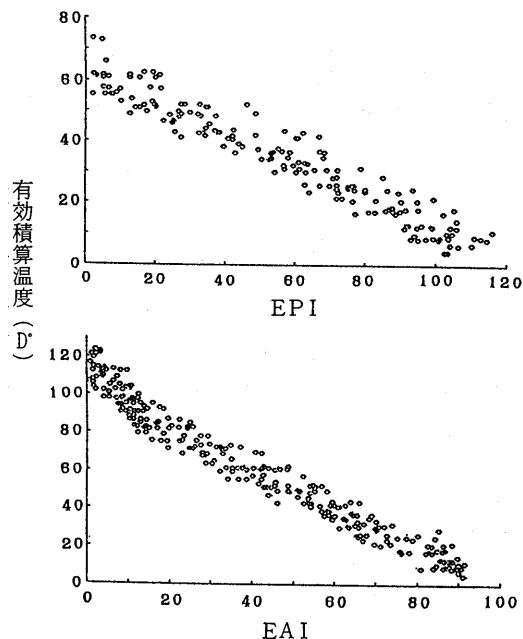


図 I-25 ガザミ卵の EAI, EPI とふ化までの有効積算温度の関係 (浜崎, 1996a)

有効積算温度は養成水温から卵の臨界発育温度 14.0°C を差し引いて積算した値である。EAI, EPI (x) とふ化までの有効積算温度 (y) の関係は以下の式で表される。

$$\text{EAI} < 10, y = 116.888 - 2.0762x \quad (n=52, r=-0.658);$$

$$\text{EAI} \geq 10, y = 101.915 - 1.0361x \quad (n=229, r=-0.978);$$

$$\text{EPI}, y = 63.468 - 0.5084x \quad (n=117, r=-0.964).$$

No. 1 の養成水温は表 I-7 から求めることができ、ここでは $X_1^{\circ}\text{C}$ とする。親ガニ No. 1 の産卵日から 1～3 日後に産卵する親ガニ No. 2～4 の幼生飼育開始日までの所要日数は $(D-1) \sim (D-3)$ 日間であり、設定すべき養成水温を同様に求めて、 $X_2 \sim X_4^{\circ}\text{C}$ と置く。なお、各水温には、 $X_1 < X_2 < X_3 < X_4$ の関係がある。ここで水温 $X_1^{\circ}\text{C}$ (最低水温) および $X_4^{\circ}\text{C}$ (最高水温) に設定した二つの水槽を準備すると、親ガニ No. 1 と No. 4 はそれぞれ $X_1^{\circ}\text{C}$, $X_4^{\circ}\text{C}$ の水槽で養成することによって、ふ化日の制御と同調が可能である。親ガニ No. 2 と No. 3 については、まず産卵後 $X_1^{\circ}\text{C}$ に設定した水槽で養成する。そして、抱卵期間の途中に $X_4^{\circ}\text{C}$ の水槽へ移槽し、ふ化まで養成することによって養成すべき水温である $X_2^{\circ}\text{C}$, $X_3^{\circ}\text{C}$ の設定が可能である。その場合、移槽日を Y 日後とすると、次式が成り立つ。

$$TD = X_1 Y + X_4 (D - Y) \quad (1)$$

これより

$$Y=D(T-X_4)/(X_1-X_4) \quad (2)$$

ここで、 D は親ガニのふ化予定日までの所要日数、 T は養成すべき水温（この例では X_2 、 X_3 ℃）、 Y は移槽日、 X_1 、 X_4 は水槽水温（℃）である。

ここでは低い水温に設定した水槽からより高い水温に設定した水槽へ移槽することを考えたが、逆に高い水温から低い水温への移槽も可能である。

ここで具体例について示す。 D 日=22日とすると、 $(D-1) \sim (D-3)$ 日=21~19日である。表Ⅰ-7から各親ガニを養成すべき水温（ $X_1 \sim X_4$ ）を求めると、それぞれ20.3、20.7、21.0および21.4℃となる。水槽水温として20.3℃（ X_1 ）と21.4℃（ X_4 ）を選び、それぞれの値を式（2）に代入すると、親ガニ No. 2 は13.4日後に、No. 3 は7.3日後に、20.3℃の水槽から21.4℃の水槽へ移槽することによって、各々の養成すべき水温である20.7℃および21.0℃を設定することができる。なお、ここでは9時から10時頃を起点にふ化までの所要日数が求められているため、移槽日の小数点以下は9時を起点として考える。

ここで示したふ化日の同調化方法を未抱卵親ガニから採卵するときに利用するとした場合、まず種苗の出荷時期から逆算して幼生飼育開始時期（ふ化時期）を決定し、次に抱卵親ガニの養成水温の範囲を大まかに決める。そして、抱卵親ガニの養成水温から、産卵からふ化までの所要日数の範囲を求める、すなわちふ化時期から逆算して親ガニの産卵時期の範囲を決める。決定された産卵時期が1番仔の繁殖期にない場合、産卵時期の範囲に必要な数の親ガニが産卵するよう加温開始時期を適当に選択すればよい。また、1番仔の繁殖期にある場合には、自然水温条件下で産卵する親ガニを利用できる。

以上には産卵からふ化までの期間について例示してきたが、産卵日が不明の場合にも、卵の胚体の出現、発眼、パープルポイントの出現状況等を手がかりとして、これらの各発生段階の始まりからふ化までの所要日数と養成水温の関係（表Ⅰ-7）を利用して同様に養成水温の調節を行うことができる。

天然抱卵親ガニを利用する場合には、特定日に搬入した抱卵親ガニのふ化日を制御することになるから、抱卵親ガニの入手可能な時期と卵の発生段階に関する情報が必要不可欠となる。瀬戸内海における繁殖期と卵の発生段階の推移を推定した例についてはすでに述べた（Ⅰ3-1-1「入手」を参照）。瀬戸内海と水温が大きく異なる海域においては、推定された発生段階の推移（図Ⅰ-5）を目安に、天然抱卵親ガニの搬入時期を決めることができる。例えば卵への胚体の形成を起点としてふ化日の制御を行うものとする、1番仔の胚体成長期の卵は5

月中旬に出現し始めることから、それ以前に抱卵親ガニを搬入するとよい。搬入した抱卵親ガニについては、卵を検鏡して発生段階を調べ、胚体出現日を確認して順次ふ化日の制御と同調化に組み込む。また複眼色素形成期の卵についても、同様に6月上旬以前に搬入する。6月中旬からはふ化前期の卵が出現し始めることから、搬入後間もなく幼生飼育を開始できる。2番仔以後の搬入についても、同様に考えることができる。胚体出現日や発眼日を特定できない場合には、EAIとEPIを利用してふ化日を制御できる。

(2) ふ化日の制御と同調化の実例

日本栽培漁業協会玉野事業場において、平成2年に上述の方法に基づいて行われたふ化日の制御と同調化の結果をとりまとめて表Ⅰ-8~10に示す。なお、ふ化1日前に抱卵親ガニに物理的刺激や激しい水温変化を与えるとふ化に異常をきたすことが経験上知られているため、ふ化前期における制御は行っていない。また、EAIを用いた制御についても試みていない。

水槽水温は17.8~22.8℃の範囲で設定し、40尾の抱卵親ガニを供試している。養成水槽には2kl水槽を最大5槽使用し、流量は5~10回転/日である。各抱卵親ガニは海水中に浮くプラスチック製のカゴに個別に収容し、水温は蒸気ボイラーによる蒸気直接吹き込みによって加温調節している。

産卵からふ化までの期間を制御し同調化を試みた結果（表Ⅰ-8）、水槽水温を常に一定に保つことはできなかったため、設定すべき養成水温と実際の養成水温との間に差がみられる例もあるが、ふ化予定日に43~67%の親ガニに、また予定日±1日には100%の親ガニにふ化がみられ、産卵日が2~14日間ずれた親ガニのふ化日をほぼ同調させることができている。胚体の出現からふ化まで、発眼からふ化までを制御した結果をみると（表Ⅰ-9）、上述の産卵からふ化までとほぼ同様の結果であり、それぞれふ化予定日に50~60%の親ガニに、予定日±1日には100%の親ガニにふ化がみられている。次に発眼以後からふ化までについて制御した結果をみると（表Ⅰ-10）、予定日に75%の親ガニに、予定日±1日には100%の親ガニにふ化がみられている。

その後も日本栽培漁業協会玉野事業場では同様の方法によってふ化日の同調化が実施されており、平成2年から4年にふ化予定日にふ化が起こった親ガニの割合は56%となっている（浜崎、1996a）。

ここに示した方法を用いれば、例えば水槽内で抱卵親ガニが産卵からふ化までに経験すると考えられる平均水温の最低値15℃と最高値29℃を水槽の設定水温とした場合、二つの水槽間の移槽により、その間のすべての養成水温の設定が可能である。しかし、本方法では水槽間の

表 I-8 ガザミのふ化日の制御と同調化の実例（産卵からふ化まで）
（浜崎ら，1992；浜崎：1996 a）

例	産卵 月日	ふ化 予定 月日	ふ化まで の日数	設定 水温* ¹ ℃	水槽水温℃* ²		水槽間の 移槽日* ³ (日後)	養成 水温* ⁴ ℃	ふ化 日	ふ化個体の割合%	
					1	2				予定日	予定日±1日
1	4. 5	4.27	22	20.3	20.3	-	-	20.2	4.27		
	4. 6	4.27	21	20.7	20.7	-	-	20.7	4.26		
	4. 6	4.27	21	20.7	20.7	-	-	20.7	4.26		
	4. 6	4.27	21	20.7	20.7	-	-	20.7	4.27	43	100
	4. 6	4.27	21	20.7	20.7	-	-	20.7	4.27		
	4. 6	4.27	21	20.7	20.7	-	-	20.7	4.28		
	4. 6	4.27	21	20.7	20.7	-	-	20.7	4.28		
2	4. 7	5. 4	27	18.9	17.8	19.1	4.2	18.9	5. 4		
	4. 8	5. 4	26	19.1	19.1	-	-	19.1	5. 5		
	4. 9	5. 4	25	19.4	19.1	20.3	18.8	19.4	5. 4	67	100
	4. 9	5. 4	25	19.4	19.1	20.3	18.8	19.4	5. 4		
	4.14	5. 4	20	21.0	20.7	21.9	15.0	20.9	5. 4		
	4.16	5. 4	18	21.9	21.9	-	-	21.8	5. 5		
3	4.23	5.25	32	17.8	17.8	-	-	17.8	5.26		
	4.25	5.25	30	18.2	17.8	19.1	20.8	18.2	5.26		
	4.26	5.25	29	18.4	17.8	19.1	15.6	18.4	5.25		
	4.27	5.25	28	18.6	17.8	19.1	10.8	18.6	5.25	50	100
	4.27	5.25	28	18.6	17.8	19.1	10.8	18.6	5.25		
	4.29	5.25	26	19.1	19.1	-	-	19.2	5.26		
	4.29	5.25	26	19.1	19.1	-	-	19.1	5.25		
	4.29	5.25	26	19.1	19.1	-	-	19.2	5.26		
4	4.30	6. 1	32	17.8	17.8	-	-	17.9	5.31		
	5. 1	6. 1	31	18.0	17.8	19.1	26.2	18.1	6. 1		
	5. 1	6. 1	31	18.0	17.8	19.1	26.2	18.1	6. 1	67	100
	5.11	6. 1	21	20.7	20.7	-	-	20.8	6. 2		
	5.11	6. 1	21	20.7	20.7	-	-	20.7	6. 1		
	5.14	6. 1	18	21.8	21.9	-	-	21.9	6. 1		

*¹ 表 I-7 から求めた設定すべき養成水温。

*² 産卵後まず水槽 1 で養成し，移槽日に水槽 2 に移してふ化まで養成することによって設定すべき水温を調整した。

*³ 小数点以下は，午前 9 時を起点に考えた。

*⁴ 実際に養成した場合のふ化までの平均水温。

移槽による急激な水温変化が卵発生に悪影響を与えることも考えられる。卵への影響を考慮して，水槽間の移槽による水温変化を小さくするには，設定する水温の範囲を狭くする必要がある。さらに卵へ与える水温変化を小さくしながら，設定したい水温範囲を広げたい場合には，用いる水槽数を増す必要が生じる。ガザミ卵の発生途中に極端な温度変化を与えた実験結果によれば（浜崎ら，1992；浜崎，1996a），卵割期が温度変化に最も弱い。したがって，産卵から胚体が出現するまでは，温度変化に注意すべきと考えられる。日本栽培漁業協会玉野事業場

では，抱卵期間の途中により高い水温の水槽へ抱卵親ガニを移槽する必要がある場合，移槽による水温差を最高でも 3℃としているが，卵発生への悪影響は特にみられていない。今後，本方法をさらに実用的なものにするには，卵発生に悪影響を与えない水温変化の範囲を明らかにする必要がある。

抱卵期間中の水温の上昇はふ化幼生の小型化をもたらすことが知られている（浜崎，1996a）。したがって，卵発生期間中の養成水温の高低によってふ化幼生の質が異なる可能性も考えられる。今後はふ化幼生の質的な要素

表 I-9 ガザミのふ化日の制御と同調化の実例 (例 1, 胚体出現からふ化まで; 例 2, 発眼からふ化まで)
(浜崎ら, 1992; 浜崎: 1996 a)

例	胚体 出現, 発眼 月日	ふ化 予定 月日	ふ化まで の日数	設定 水温 ^{*1} ℃	水槽水温℃ ^{*2}		水槽間の 移槽日 ^{*3} (日後)	養成 水温 ^{*4} ℃	ふ化 日	ふ化個体の割合%	
					1	2				予定日	予定日±1日
1	6. 8	6.25	17	21.1	20.7	21.9	11.3	21.2	6.25		
	6.10	6.25	15	22.1	21.9	22.8	11.7	22.1	6.24	50	100
	6.10	6.25	15	22.1	21.9	22.8	11.7	22.1	6.25		
	6.12	6.26	14	22.6	21.9	22.8	3.1	22.6	6.25		
2	5.20	6. 1	12	19.0	17.8	19.1	0.9	18.9	6. 2		
	5.20	6. 1	12	19.0	17.8	19.1	0.9	18.9	6. 1		
	5.23	6. 1	9	21.1	20.7	21.9	6.0	21.2	5.31	60	100
	5.24	6. 1	8	22.0	21.9	22.8	7.1	21.9	6. 1		
	6.16	6.25	9	21.1	20.7	21.9	6.0	21.1	6.25		

*1 表 I-7 から求めた設定すべき養成水温。

*2 胚体出現あるいは発眼後まず水槽 1 で養成し, 移槽日に水槽 2 に移してふ化まで養成することによって設定すべき水温を調整した。

*3 小数点以下は, 午前 9 時を起点に考えた。

*4 実際に養成した場合のふ化までの平均水温。

表 I-10 ガザミのふ化日の制御と同調化の実例 (発眼以後からふ化まで)
(浜崎ら, 1992; 浜崎: 1996 a)

EPI ^{*1}	ふ化 予定 月日	ふ化まで の日数	設定 水温 ^{*2} ℃	水槽水温℃ ^{*3}		水槽間の 移槽日 ^{*4} (日後)	養成 水温 ^{*5} ℃	ふ化 日	ふ化個体の割合%	
				1	2				予定日	予定日±1日
44.5	6.12	5	22.6	21.9	22.8	1.1	22.5	6.12		
46.3	6.12	5	22.3	21.9	22.8	2.8	22.3	6.12	75	100
47.8	6.12	5	22.1	21.9	22.8	3.9	21.9	6.11		
52.2	6.12	5	21.4	20.7	21.9	2.1	21.5	6.12		

*1 Eye Pigmented Index

*2 求め方については本文を参照。

*3 まず水槽 1 で飼育し, 移槽日に水槽 2 に移してふ化まで養成することによって設定すべき水温を調整した。

*4 小数点以下は, 午前 9 時を起点に考えた。

*5 実際に養成した場合のふ化までの平均水温。

について検討し, 抱卵親ガニの適正な養成水温の範囲についても明らかにする必要がある。ただし, 予定日にふ化する理論的な確率は養成水温が低いほど低くなること (浜崎, 1996a), また抱卵期間中の水温が高いほど病原性真菌類の卵への感染率が高くなり, 特に水温が24℃以上で顕著であること (浜崎・畑井, 1993a, 1994) から, 抱卵親ガニの養成水温は実用的には17~24℃の範囲にすることが望ましいとされている (浜崎, 1996a)。ただし, 養成下における自然水温は, 例えば日本栽培漁業協会玉野事業場では5月下旬に17℃を越える (図 I-15)。した

がって, 抱卵親ガニの養成水温を加温のみによって17℃に調節する場合, 産卵からふ化までの日数は36日 (表 I-7) になるので, ふ化日を制御可能な親ガニの産卵時期は4月中旬までに限定されることになる。また, 自然水温が24℃を越えるのは7月中旬 (図 I-15) であるので, 養成水温の調節は7月中旬までに限られる。このように加温のみによる水温調節では, 親ガニの利用期間が限定されることになり, ふ化時の自然水温を考慮して養成水温を決める必要が生じる。このような制限をなくすには, ふ化までの養成水温を任意に設定できる親ガニ養成施設

が必要となる。

ここで、抱卵親ガニの養成水温の設定範囲を17～24℃とすると、胚体出現からふ化までの日数は12～31日となる(表Ⅰ-7)。したがって、ふ化日の同調化が可能な胚体出現の期間は20日間となる。同様に発眼からふ化までの日数は7～16日となる(表Ⅰ-7)から、ふ化日の同調化が可能な発眼の期間は10日間となる。このようにふ化日の同調化が可能な期間は卵の発生段階が進むと短くなるから、抱卵親ガニの搬入は可能であれば発生の進んでいない卵が出現する時期に行う方がよい。なお、天然海域における抱卵親ガニの卵発生段階の推移と搬入時期の目安についてはすでに例示した。

3-6 ふ化の管理

抱卵親ガニを養成し、卵発生段階がふ化前期に達したらいよいよふ化が近づいたことになる。ふ化は親ガニ養成の最終段階であり、幼生飼育との接点でもある。ここではふ化管理の現状を示す。

3-6-1 ふ化時刻とふ化時の親ガニの行動

(1) ふ化時刻

福井県栽培漁業センター(1979)の観察によれば、ガザミのふ化は20時から翌朝4時の間に起こるが、ふ化時刻には特に決まった傾向は認められなかったという。なお、福永(1988)はできるだけふ化時刻に近い幼生を飼育に使用する目的で、濁度計とフォトビームセンサーを用いてふ化時刻の確認を試みているが、実用化には至っていない。

現在、ふ化時刻を正確に確認している機関はないが、前日にふ化した幼生を飼育に使用しないよう、担当者が24時にふ化の確認を行っている機関がある。

(2) ふ化時の親ガニの行動

中島(1984)によれば、ガザミ親ガニはふ化が近づくと第1～第3歩脚を用いて中腰状態となり、腹部を時々静かに上下する屈伸運動を始める。その後、腹部の屈伸運動を頻繁に行うようになり、体全体を振り子のように前後に緩慢に動かす。この運動がしばらく続くと尾節を衝動的にピクッと動かし始め、およそ10分後から幼生のふ化がみられ始める。ふ化が始まってから10分程度は親ガニの大きな動きもなく、ふ化も少しずつ続く(全体の4%程度)。その後、親ガニが急に動き始めてそのまま遊泳しながら水面まで浮上し、その動きと平行して第1および第2歩脚(主に第1歩脚)で卵塊をバラバラに崩し、幼生のふ化を助ける。この遊泳が終了する頃にはほとんどの幼生はふ化しており、この間の所要時間は約5～8分である。ふ化が終了すると、親ガニは直ちに腹部を時折開閉しては卵殻等の残余物の清掃を行い、最後には腹

部をしっかりと閉じてしまう。

親ガニが遊泳を始めてからふ化の後始末を終わるまでの所要時間は、およそ1時間30分～2時間であるが、実質的なふ化は前述のように数分で終わる。

3-6-2 ふ化方法の分類と特徴

(1) 分類

ふ化の方法には、抱卵親ガニ自体を幼生飼育水槽に収容してふ化させる方法と小型水槽をふ化槽としそこでふ化させる方法がある(今, 1973; 丹下・岩本, 1983)。前者では幼生飼育水槽で直接ふ化させるため、ふ化と幼生の収容が同時に実現される。後者ではふ化槽でふ化した幼生を幼生飼育水槽へ移す必要があり、ふ化と幼生の収容は別の工程となる。このようなことから、ふ化幼生の収容方法として、前者は直接法、後者は間接法と呼ばれる(丹下・岩本, 1983)。ここでは、ふ化するまでの親ガニの管理手法について取り扱うこととするが、便宜上直接法と間接法という名称を用いることとする。なお、ふ化幼生の幼生飼育水槽への収容方法については、Ⅱ-5-1-1「収容方法とふ化幼生数の推定」を参照いただきたい。

(2) 特徴

両方法の特徴(長所)は、今(1973)が指摘した事項に加えて以下のように整理できる。なお、ここではふ化幼生の収容に関する特徴も含まれる。

直接法の長所は、親ガニを収容する水槽が大型であるため、

- ① 親ガニへのストレスが少ない。
- ② ふ化後の幼生密度が間接法のように異常に高くなることはなく、幼生に対して溶存酸素不足や水の汚れ等の化学的障害を与える可能性が少ない。
- ③ 幼生飼育水槽へふ化幼生を収容する手間がなく、幼生に対して移槽による物理的障害を与えることはない。

間接法の長所は、

- ① ふ化幼生の活力を判定でき、選別して収容できる。
- ② 収容密度の調節が容易である。
- ③ 卵殻や真菌感染を受けた死卵等の夾雑物を除去することができる。
- ④ 真菌症対策として薬浴ができる。

昭和40年代後半から50年頃までは両方法とも広く用いられていたが(今, 1973)、現在は間接法が広く採用されており、直接法は2機関が行っているにすぎない。

ガザミ種苗生産過程で最も問題となっている疾病は真菌症である(Ⅲ-3「真菌症」を参照)。幼生飼育水槽での真菌症発生の第一要因は、卵への真菌感染の成立であり、ふ化時に感染卵から放出された遊走子がふ化後間も

ない幼生へ感染するものと考えられている(浜崎・畑井, 1993a, 1993b, 1994)。感染は水中の遊走子密度が高いほど起こりやすい(浜崎・畑井, 1993a)。間接法ではふ化幼生の密度は非常に高く、遊走子密度も高くなりやすいと考えられ、ふ化幼生と遊走子の遭遇確率が高くなるものと想像できる。一方、直接法ではふ化幼生と遊走子の遭遇確率は低くなるものと考えられるが、新たな感染源となる真菌感染卵を幼生飼育水槽へ持ち込むことになる。以上のような観点からは両方法ともに一長一短があるが、真菌感染源を幼生飼育水槽へ持ち込まない、すなわち真菌感染源を絶つ意味からは、ふ化の方法として間接法が適しているものと考えられる。間接法では、ふ化幼生への真菌感染を防除するために、ふ化槽内でのホルマリン浴(浜崎・畑井, 1993b, 1994)(Ⅲ-3-6-1「ホルマリン浴」を参照)やふ化用水のpH調整(安信ら, 1997)(Ⅲ-3-6-2「pH調整」を参照)が行われている。

3-6-3 直接法の実際

2機関で行われている直接法の内容を紹介する。

- ① 幼生飼育水槽(100kl)の水量は80klとし、ナンノクロロブシスを50万細胞/mlになるよう添加する。網生簀(100×100×250cm)を水槽内に設置し、検卵して翌朝にふ化すると判断した抱卵親ガニ1尾を収容する。ふ化の確認は翌朝行い、ふ化していた場合、親ガニを生簀ごと取り揚げる。
- ② 幼生飼育水槽(50kl)の水量は20klとし、ワムシ*を5個体/ml、ナンノクロロブシスを40万~50万細胞/mlになるよう添加する。検卵して翌朝から2日後にふ化すると判断した抱卵親ガニを幼生飼育水槽の中層に吊るした二つのカゴ(55×39×27cm)に1尾ずつ、計2尾を収容する。ふ化の確認は翌朝にカゴを引き上げて行い、ふ化していた場合は取り揚げ、していなかった場合にはそのままおく。幼生の収容密度が高すぎた場合、第2齢~第3齢ゾエアの間に分槽を実施する。

3-6-4 間接法の実際

(1) ふ化槽

ふ化に使用している水槽は、ポリカーボネイト製等の円形水槽であり、その水量は500l~1klである。親ガニの体サイズに応じてふ化槽の規模を選択することはなく、ふ化槽の規模は機関内では一定している。ふ化槽はほとんどの機関が屋内に設置している。

(2) 抱卵親ガニの収容

抱卵親ガニのふ化槽への収容は、先に述べたように(Ⅰ

-3-3-5「日常の養成管理」)、養成水槽内でのふ化を避けるため、ふ化予定日の2日前には行う必要がある。

抱卵親ガニはふ化槽へ個別に収容する。ふ化までは止水で管理するので、抱卵親ガニをふ化槽へ収容する時刻はできるだけ遅い方がよい。現状では、多くの機関が16時以後に収容している。翌朝観察してふ化が起こっていないければ、いったん養成水槽へ親ガニを戻し、再び夕刻に新しく準備したふ化槽へ収容する。

ふ化槽へ親ガニを移槽するときには、できるだけ卵塊を乾かさないう注意する。親ガニ養成水槽からふ化槽への移槽は、海水を入れたバケツに収容して行う。

ふ化幼生数を推定する目的で、ふ化槽への収容前に抱卵親ガニの体重を測定する必要がある場合(推定方法についてはⅡ-5-1-1「収容方法とふ化幼生数の推定」を参照)、パネ秤を用いると個体標識票先端の輪を引っかけて測定することができる。卵塊が直接秤に触れるような測定方法は避ける必要がある。

(3) ふ化環境管理

ふ化用水としてほとんどの機関がろ過海水を使用してはいるが、生海水、紫外線殺菌海水、塩素消毒し中和した海水を使用している機関もある。後二者は赤潮生物、あるいは真菌類の遊走子の混入を防ぐ目的で使用される。

通気はエアーストーンを用いて行われ、通気量は1~15l/分/klと幅がある。ガザミ幼生の飼育成績に及ぼす通気量の影響をみた実験結果によれば(南部, 1976; 柄田ら, 1984), 20l/分/kl以上の強い通気は初期ゾエアの死亡率を高める。また一方では, 2, 10, 30l/分/klの3段階の通気量で稚ガニまでの飼育を行った実験結果によれば(山口県内海水産試験場, 1973), 10l/分/kl以上の通気量で溶存酸素飽和度の変動幅は小さく、さらにアンモニア態窒素の蓄積も少なく、幼生の飼育成績も良好であったという。ふ化槽と通常の幼生飼育水槽の環境は著しく異なるものと考えられるが、上述した幼生の飼育成績に及ぼす通気量の影響をみた実験結果を参考にすれば、ふ化槽への通気は10~20l/分/klの範囲内で行う方がよいものと考えられる。

ふ化槽が余り明るすぎると抱卵親ガニが落ちつかないので、ふ化槽を遮光する場合もある。現状での遮光は、50~100%の遮光率で行われている。

ふ化に及ぼす水質環境の影響についてはほとんど判っていない。ふ化時の水質環境については、幼生飼育のそれに相通じるので、Ⅱ-5-4-7「水質」も参照いただきたい。ふ化槽の水質環境のうち、現状で調節・測定しているのは水温とpHである。pHの調節は真菌症防除対策として実施するものであり(Ⅲ-3-6-2「pH調整」を参照)、

* 各機関が給餌しているワムシのほとんどはS型ワムシである。詳細についてはⅡ-5-5-1「餌料系列」を参照。

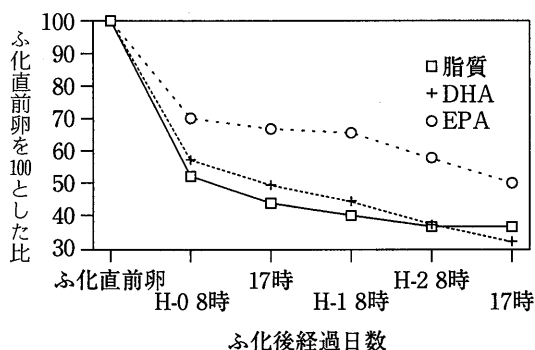
具体的な方法についてはⅣ章の実例を参照いただきたい。水温調節は9機関が行っており、2機関ではふ化槽収容前の親ガニ養成水温に合わせており、残りの機関では幼生飼育水槽の水温に合わせている。水温制御によるふ化日の調節を行う場合には、ふ化槽の水温は親ガニ養成水温に合わせたい。また、ふ化日の調節を行わない場合でも、“異常ふ化”（Ⅰ-3-7-1「異常ふ化」）を誘発しないためにふ化前の急激な水温変化は避けたいところである。一方、幼生飼育水温とふ化水温が極端に異なるのも問題がある。このジレンマに対して、日本栽培漁業協会玉野事業場ではふ化水温はそれまでの親ガニ養成水温に合わせ、収容時の幼生飼育水槽の水温をふ化水温と幼生飼育水温の中間の値に設定し、収容後に1℃/時の割合で飼育水温の設定値まで上昇させている。この水温差が3℃程度でも特に問題はみられていない。ふ化槽の水温調節はチタンヒーター等で行い、あらかじめ加温している幼生飼育水槽の海水をふ化槽へ入れるだけの機関もある。なお、加温によって水温調節を行う場合、調節は自然水温が各機関の設定値以下の時期に限られる。

(4) ふ化槽への給餌

ふ化した幼生の餌料として、約半数の機関がふ化槽へワムシを給餌しており、その給餌密度は1～100個体/mlと機関によって大きく異なる。また、2機関がワムシの餌料としてナンノクロロプシスを50万細胞/mlになるよう添加している。なお、仔魚の飼育水へナンノクロロプシスを50万細胞/ml程度になるよう添加することは、給餌したワムシの栄養価（EPA, Eicosapentaenoic acid, エイコサペンタエン酸）の維持に有効なことが実験的に明らかにされている（吉松ら、1995）。

ふ化槽への給餌の必要性和給餌密度の基準は、ふ化した幼生がいつ摂餌を開始するのか、また摂餌するとしたらどれくらいの量を摂取するのか等の摂餌生態を考慮して決められるべきものである。ガザミふ化幼生の摂餌開始時期に関する明確な知見はないが、ふ化後直ちに摂餌を開始するといわれている（八塚、1957）。尾田・藤井（1995b, 1995c）は、無給餌下のふ化幼生の脂質、DHA（Docosahexaenoic acid, ドコサヘキサエン酸）およびEPA含量がふ化後数時間で半減することから（図Ⅰ-26）、幼生はふ化後直ちに外部栄養を必要とし、外部栄養を摂取できた幼生はその後の生残に有利であろうと推測している。これらのことを考え合わせると、ふ化槽へ給餌する方が無難と思われる。

水温25℃でのガザミ第1齢ゾエア1尾当たりのワムシ日間摂餌量は24個体程度であり、この量を摂取するには10個体/ml以上の給餌密度が必要とされている（Ⅱ-5-6-1「摂餌」を参照）。なお、エネルギー収支から計算した第1齢ゾエア1尾のワムシ日間要求量は、23℃で



図Ⅰ-26 無給餌下におけるガザミ第1齢ゾエアの脂質、DHA、およびEPA含量の変化（尾田・藤井、1995b）

は37個体、27℃では46個体である（Ⅱ-5-6-1「摂餌」を参照）。仮に23℃に調温された500l水槽で200万尾の幼生がふ化し、幼生飼育水槽への収容まで6時間放置されたとする。このふ化幼生群の収容までのワムシ摂餌量を前述した日間摂餌量の値を単純に利用して計算すると1200万個体となり、これを500l水槽へ給餌すると、ワムシ密度は24個体/mlとなる。このようにごく大ざっぱに計算してみたが、実際にはふ化幼生数、収容までの時間、およびふ化水温はまちまちである。今後は、ふ化幼生の摂餌開始時期と収容までの摂餌量を実験的に調査し、ふ化槽への適正給餌量を明らかにする必要があるものと考えられる。

3-7 ふ化幼生の活力判定

ふ化槽へ親ガニを収容した翌朝にふ化槽を観察してふ化が起こっていた場合、まずふ化が異常か否かを判断し、活力良好と判断した幼生を飼育水槽へ収容する。ここでは、まず異常ふ化現象について考察する。次いで、各機関が実施しているふ化幼生の活力判定の現状を示すとともに、ふ化幼生の活力に影響する要因について考察し、他種での活力判定手法の研究例を紹介する。

3-7-1 異常ふ化

(1) ふ化に及ぼす環境要因の影響とプリゾエア

ガザミ卵のふ化の成否に及ぼす環境要因の影響を調べた事例はほとんどなく、ふ化前期卵へ急激な水温変化を与えたときのふ化率と正常な形態をした幼生の割合を調べた報告があるにすぎない（浜崎ら、1992；浜崎、1996a）。この実験では、20℃程度で発生した卵を±12℃の海水中で24時間発生させた後、20℃の海水へ戻し、その24時間後の生残率を調べている。その結果によれば、ふ化率と正常な幼生の割合は、急激な水温上昇の変化を与えた場合に大幅に低下したという。換言すれば、異常な形態を

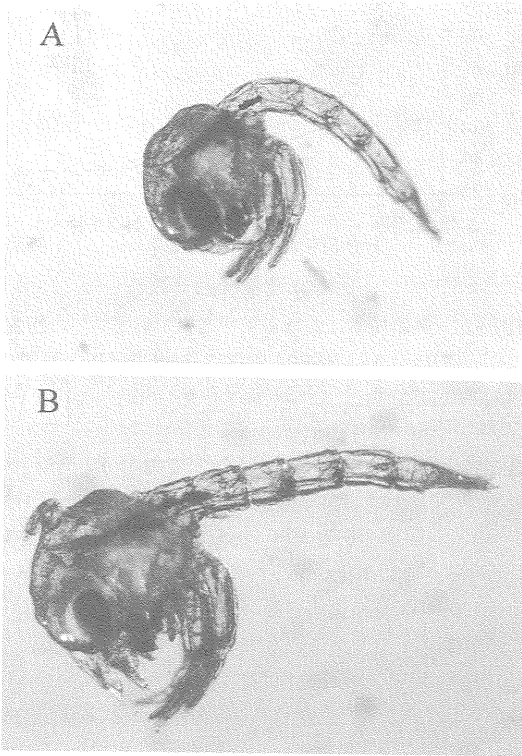


写真 I-10 ガザミのプリゾエアとプリゾエアから第1
齢ゾエアへの変態途中で止まった幼生（兵庫県水産試験場丹下勝義氏提供）

A, プリゾエア；B, 変態途中で止まった幼生，棘が伸びきっていない。

した幼生の割合が水温上昇という環境条件の悪化（急変）によって増加したことになる。浜崎ら（1992）と浜崎（1996a）は異常な幼生の形態について記述していないが、そこでの異常な形態をした幼生は、プリゾエアあるいはプリゾエアから第1齢ゾエアへの変態途中で止まった幼生である（写真 I-10）。

プリゾエアとは幼生を出す種類における胚期の最終段階であり、その体全体は胚外皮と呼ばれる極めて薄いクチクラ膜で包まれ、次のゾエア期にみられる頭胸甲の棘は胚外皮中にたたみ込まれた状態にある（小西・クインタナ, 1987）。ズワイガニ *Chionoecetes opilio*（今, 1967）やケガニ *Erimacrus isenbeckii*（Sasaki and Mihara, 1993）ではプリゾエアでふ化し、プリゾエアから第1齢ゾエアへの変態過程が示されている。一方、ワタリガニ科のノコギリガザミ（陳・鄭, 1985）とジャノメガザミ *Portunus sanguinolentus*（Campbell and Fielder, 1987）では、ガザミと同様にプリゾエアは環境条件の悪化によって出現すると報告されている。

小西・クインタナ（1987）は、プリゾエアが正常発生に含まれるか否か、すなわちプリゾエアとは異常な幼生発生の結果みられる不完全なゾエアの形態なのか、正常な幼生発生の中でみられる一形態（幼生期）なのか、についてカニ類をケースヒストリーとして議論し、「最近の研究者間ではプリゾエアは決して異常なものではなく、正常発生のおいて極めて短時間（数秒～数十分）このような形態のものが存在するという見解が大勢である」としている。また、「異常な、つまり発生条件が悪くて弱い個体は胚外皮をなかなか脱ぐことができず、このような状態にある“異常なプリゾエア”が観察者の目にふれるチャンスが多くなる」とも述べている。ガザミがプリゾエアでふ化するか否かについては今後の観察を待たねばならないが、少なくとも前述したガザミも含めたワタリガニ科のカニ類では、本来プリゾエアとしてふ化し、環境条件が悪い場合には胚外皮を脱ぎきれないプリゾエア、あるいは脱いだとしてもプリゾエアからゾエアへの変態途中で力尽きたものが異常な形態をした幼生として観察されると解釈することもできる。

（2）異常ふ化

ガザミ種苗生産過程において、異常ふ化する例は以下のようにまとめられる（今, 1973）。

- ① ふ化後ほとんど泳遊することなく、そのすべてが沈殿し死亡する。
- ② 一部のふ化幼生は浮遊しているが、間もなくそのほとんどが沈殿死亡する。
- ③ ふ化直後は正常と思われるながら、1～2日後に死滅する。

現在まで、異常ふ化した幼生の状態を詳しく記載した報告はないが、少なくとも①と②の例でみられる泳遊せず沈殿する幼生は、プリゾエアであったり、プリゾエアから第1齢ゾエアへの変態途中で止まった幼生と考えられる。丹下（1983b）は、このような幼生を奇型として取り扱っている。なお、プリゾエアや第1齢ゾエアへの変態途中で止まった幼生はいずれのふ化においても僅かながら認められることから、異常よりもむしろ正常なふ化の範囲を定義することの方が難しい。

異常ふ化を誘発する要因としては、経験的に次のようなことが考えられている（今, 1973）。

- ① 親ガニ（ふ化間近な抱卵親ガニ）を長期間空中においた後海水中に戻す。
- ② 親ガニを急に塩分や水温の違った海水に移す。
- ③ 親ガニを刺激して激しい行動をさせる。

②については、前述したようにガザミ、ノコギリガザミ、ジャノメガザミで実験的に確認されている。天然抱卵親ガニを搬入し翌朝にふ化していた場合、経験的に異常ふ化が起りやすいが、これは①あるいは③のような

抱卵親ガニの取り扱いが起きているのであろう。なお、ふ化時の管理において、①～③のような抱卵親ガニの取り扱いがどの程度まで許されるのか、すなわち空中への干出時間、水温と塩分の変化、親ガニへの刺激の許容範囲については今のところ判っていない。

上述した例の他、1尾の親ガニからのふ化が短期間にまとまって起こらず2～3日にもわたる例、いわゆる部分ふ化も異常ふ化に含められる(岩本, 1983)。部分ふ化は、原因は判らないが、大型の高齢親ガニに多くみられ、水槽底に沈殿する幼生が多数出現するという(高橋・松井, 1972)。なお、高橋・松井(1972)は、約半数の沈殿幼生が出現した部分ふ化において、遊泳している幼生のみを選別して飼育したところ、正常にふ化した幼生と同程度の生残率で稚ガニまでの飼育が可能であったことを報告している。

3-7-2 ふ化幼生の活力判定

(1) 判定基準

ふ化が異常か否かを判断した後、ふ化幼生の活力判定を行うが、そもそも活力とは何を意味するのであろう。種苗生産過程では、適正な条件で飼育した場合に、少なくともある発育段階の種苗まである割合で生き残れる質を有したものを、活力良好なふ化幼生と呼んでよいだろう。ここでの発育段階と生き残りの割合は、魚種ごとに異なるものである。

ガザミ種苗生産過程での活力判定は、ピーカーにすくったときの幼生の動き等を参考にしながら行われ、パッチを形成し浮上した幼生を飼育に使用する傾向にある。ただし、パッチの形成状態はふ化後の経過時間によって異なるともいわれている。いずれにしても、ガザミふ化幼生の活力を定量的に判定する基準は現在のところ見当たらない。

(2) 活力に影響する要因

ふ化幼生の活力(質)に影響する要因としては、親ガニの体質、番仔の違いによる卵の質・量的変化、抱卵期間中の養成環境管理の適否等が挙げられている(丹下・岩本, 1983)。

抱卵期間中の養成環境管理の適否の影響のうち、異常ふ化等の現象面についてはこれまでに記述した通りであるが、ふ化幼生の活力(質)そのものに及ぼす影響については検討されていない。

卵の量的な違いについては、卵径が番仔あるいは親ガニの産卵までの養成水温の上昇に伴って小型化することが知られている(浜崎, 1996a)。また、卵径とふ化幼生の体サイズとの間には正の相関関係が認められ、ふ化幼生の体サイズも先の条件によって小型化する(浜崎, 1996a)(Ⅱ-2-2「成長過程と脱皮の予測」, 図Ⅱ-10を参

照)。経験的には3番仔以後の卵に由来するふ化幼生の飼育成績が悪いといわれているが(丹下・岩本, 1983)、これが番仔に伴う卵とふ化幼生の量的な変化によるものか、あるいは質的な変化によるものかは判っていない。ただし、飼育成績の良否は、番仔よりもむしろ飼育環境に起因するという実験結果も報告されている(斉藤ら, 1995)。ふ化幼生の質は卵質に由来し、突き詰めれば親ガニの体質に由来するものと考えられる。このことに関連し、ふ化幼生のDHA含量とその後の飼育成績との間に関連性を指摘した報告もある(竹内ら, 1991)。

(3) 他種での活力判定手法の研究例

アミメノコギリガザミの種苗生産では、ふ化幼生の活力判定基準を定量化するために、パッチの形成具合を表すパッチ形成率とパッチ密度、無給餌生残指数(Survival activity index, SAI)、および体サイズ(背鰭棘間長、湿重量、乾燥重量)等の測定が試みられている(手塚, 1990, 1991; 加治, 1992; 手塚, 1993)。ここで、パッチ形成率は、(ふ化槽の通気を止めて5分後にパッチの部分海水ごとすくって他の水槽に移槽したゾエア数) / (ふ化ゾエアの全数) $\times 100$ 、パッチ密度は、(移槽したゾエア数) / (採水量 l) である。SAIは、 $\sum_{i=0}^k (N - h_i) \times i / N$ で表され(新聞・辻ヶ堂, 1981)、ここで N は試験開始時のふ化幼生数、 h_i は i 日目の累積へい死尾数、 k は生残尾数が0となるまでの日数である。これらの指標間の関係、あるいはこれら指標と幼生飼育成績の関係を検討した結果、指標間では有意な関係が認められる場合もあるが、飼育成績との間には特別な関連性は見だされていない(加治, 1992; 手塚, 1993)。ただし、SAIが高いほど1 l ピーカーを用いたゾエア飼育試験の生残率は高くなる傾向が認められており(加治, 1992; 手塚, 1993)(図Ⅰ-27)、シマアジ *Pseudocaranx dentex* (虫明・関谷, 1993) やブリ *Seriola quinqueradiata* (虫明ら, 1993) と同様にふ化幼生の活力判定に利用できる可能性が示唆されている。その他、最近では飼育幼生の活力判定にRNA/DNA比等の生化学的手法も取り入れられつつある(日本栽培漁業協会八重山事業場, 1994)。

以上述べたように、ガザミ種苗生産過程におけるふ化幼生の活力判定は、現状では経験的に行われているにすぎない。今後、定量的なふ化幼生の活力判定手法を開発するには、ふ化幼生の量的・質的側面と幼生の飼育成績を関連付けていく必要があり、そのためにはまず基準となるような実験的飼育手法を開発する必要があるものと考ええる。

以上、本章では天然産親ガニを確保してからふ化させるまでの工程を、ガザミに関する生物学的・生態学的知見を絡めながら詳述した。ガザミ種苗生産がここまで発

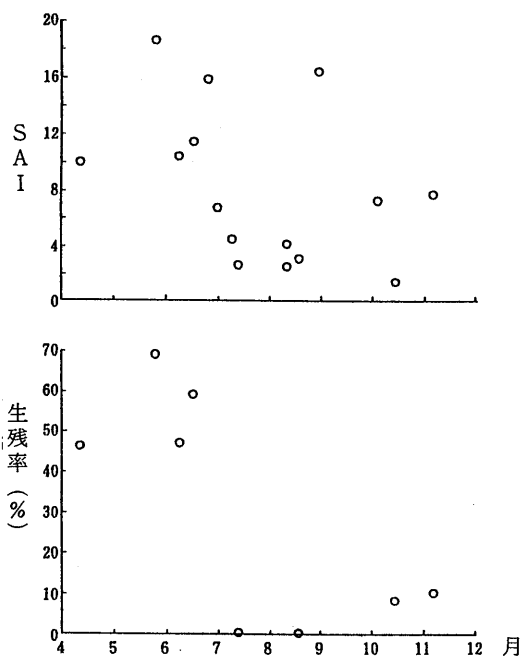


図 I -27 アミメノコギリガザミ第 1 齢ゾエアの SAI (上) と 11 ピーカーでの飼育試験における第 3 齢ゾエア時点の生存率 (下) の季節変化 (手塚, 1993)

展した現在、今後ますます事業化が促進され、計画的な種苗の生産が要求されるであろう。計画的な種苗生産を行う上で、計画的に採卵しふ化させる技術を持つことは極めて有益である。ガザミ種苗生産過程における産卵・ふ化の制御技術は開発段階にあるが、当面はここで示した技術を各機関の実状に合わせて運用していただきたい。そうすることによって残された問題点が具現化し、技術が進歩するものと思う。なお、浜崎 (1996a) は現状での産卵・ふ化の制御技術を用い、親ガニの搬入から種苗の出荷までの種苗生産過程を、種苗の出荷日から逆算して計画化する例を示しているの、参照いただきたい。

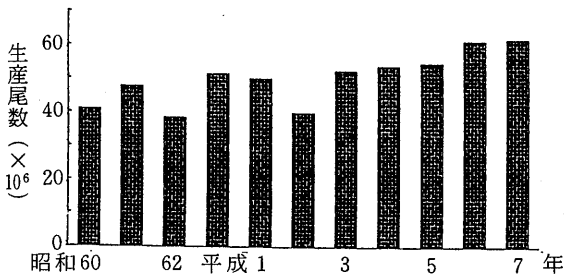
(浜崎活幸)

Ⅱ 幼生飼育

1 概要

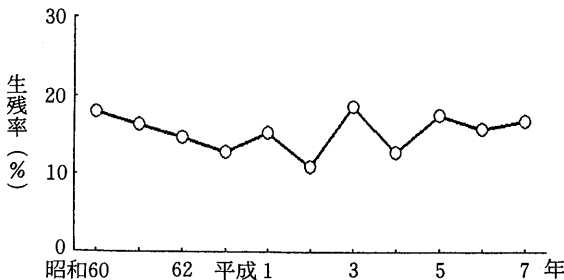
平成7年におけるガザミ種苗生産尾数は、ガザミ種苗生産研究会（参加19機関）の集計結果によると約6,000万尾である（図Ⅱ-1）。また、この時の生残率は機関別平均で約17%（図Ⅱ-2）、取り揚げ時の単位生産尾数は約4,600尾/k_lという結果が報告されている。

ガザミの種苗生産過程においては、しばしば発生する大量への死によって飼育の中止（図Ⅱ-3）や出荷計画の変更を余儀なくされる等、極めて不安定な生産状況が繰り返されてきた。しかし、近年になってこのような不測の事態は解消されつつあり、生産の安定性や効率性等の面で技術水準の向上がみられ、飼育技術が新しい段階にきたといえる。これは飼育施設を含めた立地条件や疾病対策等を考慮して開発された飼育方式の発展、流水飼育法の導入、生物餌料の栄養強化方法の改善、配合飼料の利用、真菌症等の疾病に対する防除技術の確立等数多くの研究成果によって達成されたものである。



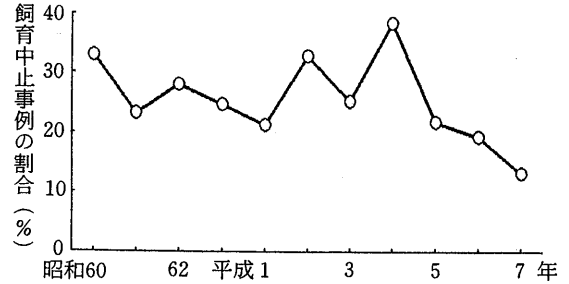
図Ⅱ-1 ガザミ種苗生産尾数の推移（昭和60年～平成7年）

ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。



図Ⅱ-2 ガザミ幼生飼育における生残率の推移（昭和60年～平成7年）

ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。ここでの生残率は全機関の算術平均として示した。



図Ⅱ-3 ガザミ幼生飼育における飼育中止事例の推移（昭和60年～平成7年）

ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。ここでは1水槽当たりの生産尾数が1万尾未満の事例を飼育中止事例とし、各年度の総飼育事例数に対する百分率で示した。

ガザミの幼生飼育は、いわゆる「水作り」という特有の方式で行われている。かつては、代表的な「水作り」方式といえば有機性懸濁物を利用した止水飼育法であったが、平成3年から4年頃にはこの方式を採用する機関はほとんどみられなくなった。現在の飼育方式は多岐にわたっており、過去の知見や技術を取り入れながら一方では各機関が独自の方式を試みており、単一の方式に統一化するのが困難となっている。飼育方式の例をあげると、止水飼育法を改良した天然珪藻を添加する方法やナンクロロプシスを添加する方法の他、日本栽培漁業協会玉野事業場で開発されたバイオコントロール法、長崎県水産試験場島原分場の *Chaetoceros calcitrans* を添加する方法、岡山県水産試験場栽培漁業センターの濃縮淡水クロレラを添加する方法、兵庫県栽培漁業センターの飼育水のpHを調整する方法等の新しい方法がある。また、幼生のための好適な環境作りに有機性懸濁物や微小生物を利用しない方法、いわば「水作り」をしない方法も行われている。これは流水飼育法といわれているもので、昭和60年に岡山県水産試験場栽培漁業センターにおいて試みられ、「水作り」に必要な飼育水中の微小生物を排除することによって、環境悪化や病原微生物の発生等「水作り」による弊害の解消を目的としている。この結果、換水（流水）によりゾエア幼生はそれまでいわれてきたほどストレスを受けないこと、餌料の栄養条件が良ければ「水作り」は必ずしも必要でないこと等が明らかとなった。

幼生飼育で最も重要なことは餌料系列と給餌基準の確立である。中でもガザミ幼生に対するワムシやアルテミ

ア*の適正給餌量の究明は最大の課題である。給餌基準については、長年にわたる残餌の観察等により経験的に決めている機関が多いが、最近になって実験的、理論的に決定する試みがなされている。現在では多くの機関がゾエア期に数種の配合飼料を給餌しているが、あくまでも生物餌料が基本であり、配合飼料の使用は補助的な段階に止まっているのが実状である。ガザミ幼生飼育における配合飼料の給餌効果に関する基礎的研究は、昭和61年からマリノフォーラム21でも研究課題として取り上げられ、生物餌料と併用すれば幼生の成長と生残に対して効果的なことが明らかにされている。しかし、現在の配合飼料は物性や嗜好性、栄養価の面で必ずしもガザミ幼生の要求を満足するものではなく、単独使用によって種苗が量産されるまでには至っていない。

メガロパへの変態時にしばしば生じる大量へい死については、依然未解決の問題である。大量へい死は餌料の栄養的な条件と密接な関係があることが以前から示唆されてきたが、最近第1齢～第3齢ゾエアの栄養状態がその後の生残を大きく左右するという飼育実験結果が報告されている。また、ガザミゾエア幼生がn-3HUFA (n-3 Highly unsaturated fatty acid, n-3系高度不飽和脂肪酸)を必要とすることも実験的に証明されている。このように、これまで経験的にいわれてきたことが実験的に証明されつつあるが、ガザミ幼生の栄養要求に関する研究はまだその緒についたばかりであり、今後様々な栄養素についての解析や相互関係等の究明が期待される。

ガザミ幼生の大量へい死原因の一つに疾病によるものがある。その中で最も大きな被害をもたらすのは真菌症である。昭和56年に福井県栽培漁業センターによって初めて報告されて以後、昭和60年頃から各地で猛威を奮ったが、現在ではふ化時のホルマリン浴や幼生飼育水のpH調整による防除法がほぼ確立され、真菌症の発生はここ数年減少しつつある。

以上述べてきたように「ガザミ種苗の量産技術」が刊行されて以後、「水作り」の改良、幼生の栄養要求の把握、疾病防除等多くの技術開発がなされてきた。この章では、まず飼育管理を円滑に進める上で必要不可欠といえる幼生の発育に関する知見をとりまとめる。そして、飼育方式として「水作り」を取り上げ、その機構と今後の方向性について議論するとともに、飼育適期について考察し、実際の飼育管理方法を理論面と実践面から紹介する。さらに、飼育幼生の生残と大量へい死の現状をとりまとめ、幼生の健全性を把握する方法を併せて紹介する。最後に、今後ガザミ種苗生産を事業として成立させる上で最も重

要な課題である省力化と低コスト化について言及することとする。

(安東 徹)

2 幼生の発育

ガザミ幼生は4～5齢のゾエアと1齢のメガロパを経て最小成体型である第1齢稚ガニへ脱皮・成長する(大島, 1938; 八塚, 1957, 1962; 前川, 1961; Kurata, 1975; 寺田, 1979; Yatsuzuka and Sakai, 1982)。給餌等の飼育管理は、通常は齢期に応じて行われる。したがって、齢期を判別し、次の齢期への脱皮を予測することは、飼育管理を円滑に進める上で必要不可欠といえる。

ここでは、幼生の外部形態と齢期の判別方法について述べ、幼生の発育に関する最近の研究報告、並びに脱皮の予測を可能にする方法を併せて紹介する。

2-1 外部形態と齢期の判別

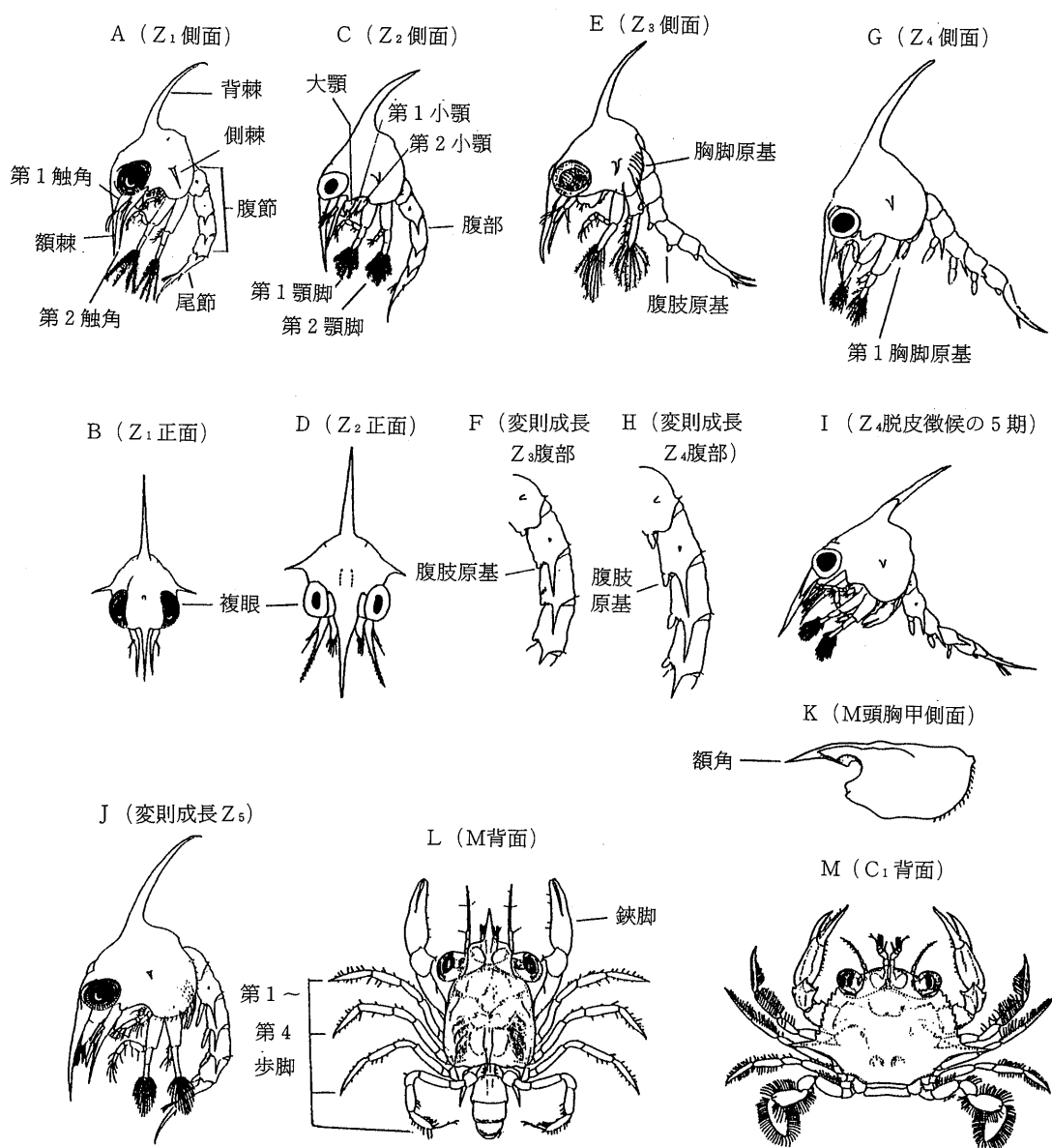
2-1-1 外部形態

幼生の外部形態を述べる前に、齢期数について若干ふれておきたい。ガザミ幼生は4～5齢のゾエアから成ると述べたが、通常は第4齢ゾエアからメガロパへ脱皮・変態する。幼生にとって飼育環境条件が不十分と考えられるときに、成育の遅れたものの中から通常よりも1齢期余分の第5齢ゾエアが出現する、いわゆる over growth (八塚, 1957, 1962)あるいは変則成長(八塚, 1962)を示す場合がある。ただし、第5齢ゾエアの出現に及ぼす環境条件の影響についてはよく判っていない。第5齢ゾエアの出現状況については、II-6-2-1「幼生の健全性の把握」を参照いただきたい。なお、ガザミはブリゾエアでふ化する可能性が指摘されているが(I-3-7-1「異常ふ化」を参照)、ブリゾエアは摂餌もせず極めて短期間で経過すると考えられることから、実質的な幼生期は第1齢ゾエアから始まるとみてよい。

第1齢ゾエアから第1齢稚ガニまでの体制を図II-4に、付属肢の形態を図II-5に示した。形態については、大島(1938)を初めとする研究報告(八塚, 1957, 1962; 前川, 1961; Kurata, 1975; 寺田, 1982; Yatsuzuka and Sakai, 1982)を参照し、各部位名称の基本は小西(1985)に従った。ここでは、一般的な成長過程(第4齢ゾエアからメガロパへの脱皮)を経る幼生の形態的特徴を述べ、変則成長する幼生の形態的特徴については後述の「齢期の判別方法」で述べることにする。

ゾエアの頭胸甲には背棘、額棘および1対の側棘が存在する。ゾエアは頭胸甲下部に7対の機能的な付属肢、

* 各機関で使用されるワムシはS型ワムシ、アルテミアはノーブリスがほとんどである。詳細についてはII-5-5-1「餌料系列」を参照。

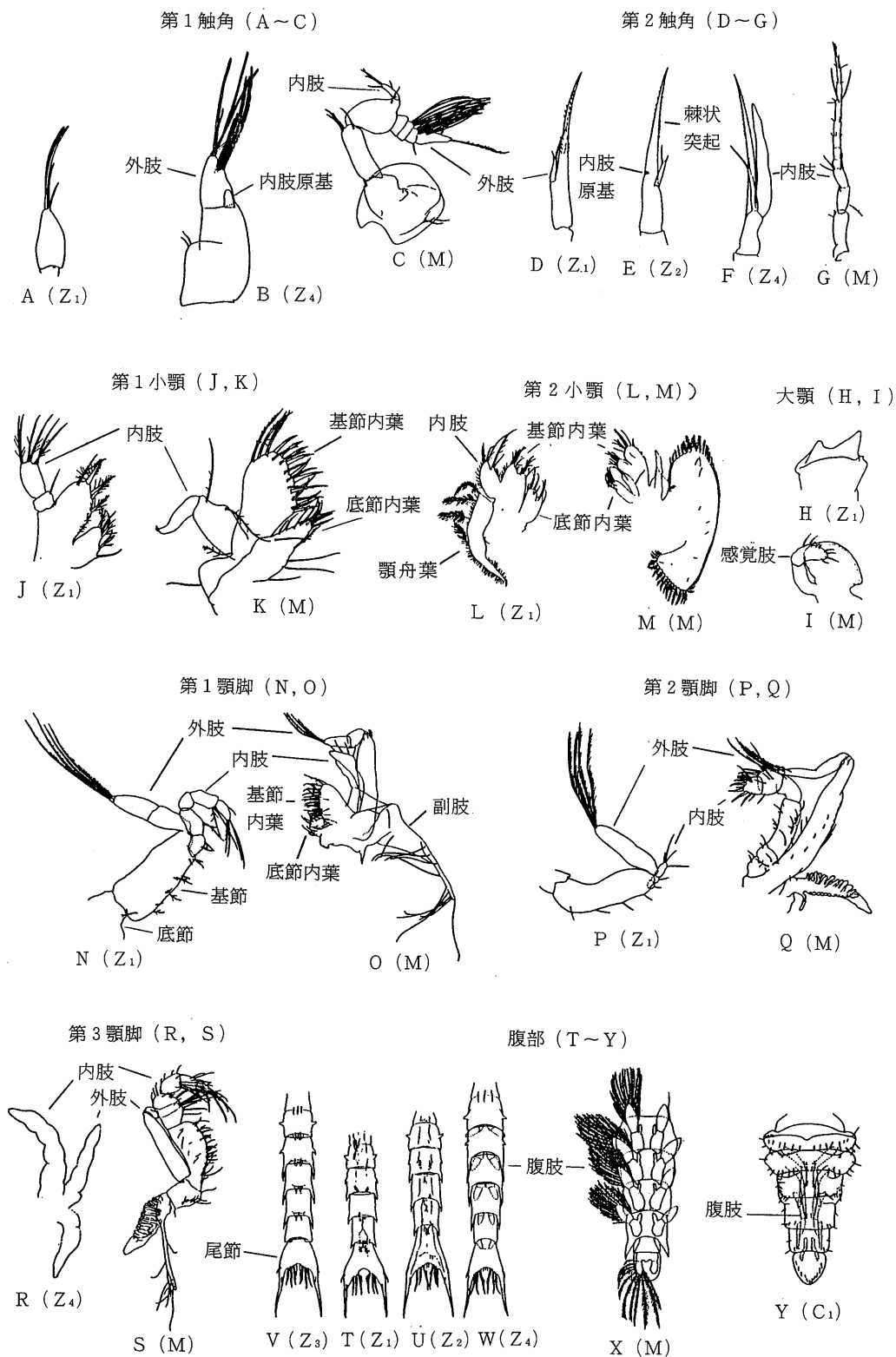


図II-4 ガザミ第1齢ゾエアから第1齢稚ガニまでの体制

各図の引用は以下のとおり。各図の縮尺は示していない。E, 八塚 (1957) ; A, B, F, H, J, K, Kurata (1975) ; L, M, Yatsuzuka and Sakai (1982) ; G, 浜崎 (1989) ; C, D, I, 浜崎原図。Z₁~Z₅, M, C₁はそれぞれ第1齢~第5齢ゾエア, メガロパ, 第1齢稚ガニを表す (本書では以下同様)。

すなわち前方から第1・第2触角, 大顎, 第1・第2小顎, 第1・第2顎脚を備え, 頭胸部の後方には腹部が続く (図II-4-A~E, G)。複眼は第1齢ゾエアでは甲に融合し柄を持たないが (図II-4-A, B), 第2齢ゾエア以後に有柄可動となる (図II-4-C, D)。第1触角の形態はゾエア期間中に大きく変化しないが, 第4齢ゾエア

で内肢原基が出現する (図II-5-A, B)。第2触角には第2齢ゾエアで内肢原基が出現し, 第4齢ゾエアにかけて伸長する (図II-5-D~F)。大顎と小顎は口器を成し, その形態はゾエア期間中に大きく変化しない (図II-5-H, J, L)。遊泳肢として機能する2対の顎脚の形態もゾエア期間中に大きく変わることはないが (図II



図II-5 ガザミ第1齡ゾエアから第1齡稚ガニまでの付属肢の形態

各図の縮尺は示していない。IはKurata (1975), Rは大島(1938), 他はYatsuzuka and Sakai (1982) から引用した。

-5-N, P), その外肢先端の遊泳毛数は脱皮に伴い, 4, 6, 8, 9~11と増加する。第3顎脚原基は第1齢から, 胸脚原基は第2齢から第4齢ゾエアにかけて発達し, 第1胸脚は第3齢ゾエアから缺状を呈する(図II-4-E, G, I)。腹部は第2齢ゾエアまでは5腹節と尾節から成り, 第3齢ゾエアで尾節から第6腹節が分節する(図II-4-A, C, E, G; 図II-5-T~W)。腹肢原基は第3齢ゾエアで第2~第6腹節に突起状に出現し, 第4齢ゾエアで伸長する(図II-4-E, G; 図II-5-T~W)。

メガロパへの脱皮が近づいた第4齢ゾエアの背棘内部の組織は基部まで後退し, 額棘内部の組織も後退する(図II-4-I)。これらの個体が殻を脱ぐとメガロパとなり, その頭胸甲には背棘の痕跡が認められるにすぎない(図II-4-K, L)。第4齢ゾエアの額棘はメガロパでは額角として伸長する。第1触角の内肢は明瞭になり, 外肢は分節する(図II-5-C)。第2触角は棘状突起と外肢がなくなり, 内肢が発達して節構造を示す(図II-5-G)。大顎では感覚肢が発達する(図II-5-I)。小顎の基本的形態はゾエアと変わらない(図II-5-K, M)。ゾエアで遊泳肢として機能していた第1・第2顎脚は大きく変化し(図II-5-O, Q), 口器へ取り込まれる。ゾエアで原基として出現した第3顎脚は大きくは代わり(図II-5-R, S), 口器として機能するようになる。すなわち口器は一番奥の大顎を第1・第2小顎と第1~第3顎脚で覆うように構成される。胸脚原基は大きく伸長し, 鋏脚と第1~第4歩脚として機能する(図II-4-L)。腹肢は発達し, 外肢に剛毛が出現する(図II-5-X)。メガロパは腹肢を使って遊泳する。遊泳時は左右の第2~第5腹肢を内肢の鈎で掛け合い左右一体として動かし, 第6腹肢は動かさずにバランスをとるのに役立つという(福田, 1979)。メガロパは腹部を胸部の腹側に折りたたみ, 歩脚を使って前方へ歩くこともできる。特に, 第1齢稚ガニへの脱皮が近づくと付着・歩行性が強くなる。

第1齢稚ガニでは, 頭胸甲が横方向に広がり, メガロパに比較して甲らの石灰化が進む。腹部は胸部腹板に折りたたまれ(図II-4-M), 腹肢は退化傾向を示す(図II-5-Y)。腹肢による遊泳は行わない。ただし, 第4歩脚(遊泳脚)をオールのように使って盛んに遊泳することができる。その他の付属肢の形態は, 基本的にメガロパと変わらない。

2-1-2 齢期の判別

ゾエアとメガロパ, メガロパと稚ガニは一目で区別することができる。ここでは, ゾエアの齢期の判別方法を示す。齢期の判別に用いる観察部位は, 脱皮ごとに形態が大きく変化し, かつ観察が容易である必要がある。このような観点から倉田(1983a)は, 齢期の判別に利用

表II-1 ガザミゾエアの齢期の識別
(倉田, 1983aを一部改変)

観察部位	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅
眼柄	融合	分離	同左	同左	同左
顎脚外肢遊泳毛数	4	6	8	9~11	12~14
第6腹節	融合	同左	分節	同左	同左
第2腹肢原基					
通常の成長*1	なし	同左	腹節の1/2	腹節の1/2	-
			より短い	より長い	
変則成長*2	なし	同左	小瘤状	腹節の1/2	腹節の1/2
				より短い	より長い

*1 Z₄からMへ変態する。

*2 Z₅からMへ変態する。

可能な観察部位とその形態変化をまとめている(表II-1)。この表からゾエアの齢期判別が可能である。

倉田(1983a)は変則成長を示す幼生の形態的特徴も示しており, 第3齢ゾエアで腹肢が明瞭に突出しないゾエアは(図II-4-F), 発育が遅れ(図II-4-H), 第5齢(図II-4-J)を経過する可能性が強いという。最近, 深山・井上(1995)は第3齢ゾエアの背額棘間長と腹肢原基長を測定し(図II-6), 第5齢ゾエア出現との関連性を調べている。その結果によれば(図II-7), 測定値の平均が背額棘間長2.3mm以下で腹肢原基長0.05mm以下の飼育事例のほとんどで第5齢ゾエアが出現しており, 倉田(1983a)の記述を数値的に裏付けている。なお, 深山・井上(1995)は腹肢がまったく認められない第3齢ゾエアを観察している(図II-7)。

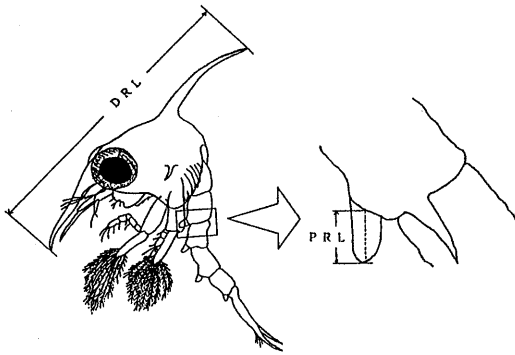
通常は飼育幼生のすべてが第5齢ゾエアを経過する訳ではない。第5齢ゾエアの出現率は, 第3齢ゾエアの時点で表II-1に示された形態を観察することによって予測できる。

2-2 成長過程と脱皮の予測

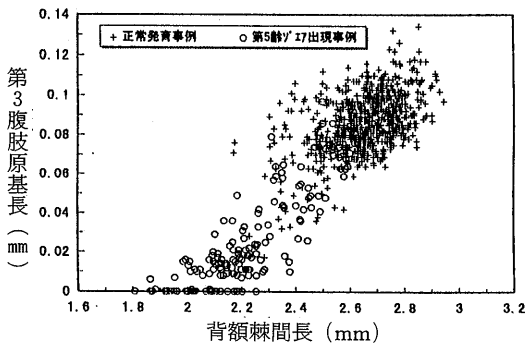
2-2-1 成長

甲殻類の成長は脱皮による体サイズの増大と脱皮頻度(脱皮間隔)によって規定される(倉田, 1960b; Kurata, 1962; Hartnoll, 1982, 1985)。したがって, 甲殻類の成長過程を捉えるには体サイズと脱皮間隔の二つの要素を明らかにする必要がある。

ガザミ幼生の体サイズについては, これまでにいくつかの研究報告がある。浜崎(1996a)は量産水槽で飼育したゾエアの背額棘間長(図II-6), メガロパの全甲長と第1齢稚ガニの全甲幅(図II-8)を測定し, 齢期間の体サイズの関係と脱皮前後の体サイズの関係を解析している。その結果によれば, ゾエア各齢期の体サイズの相関係数は高い値を示すが, ゾエアとメガロパ, ゾエアと



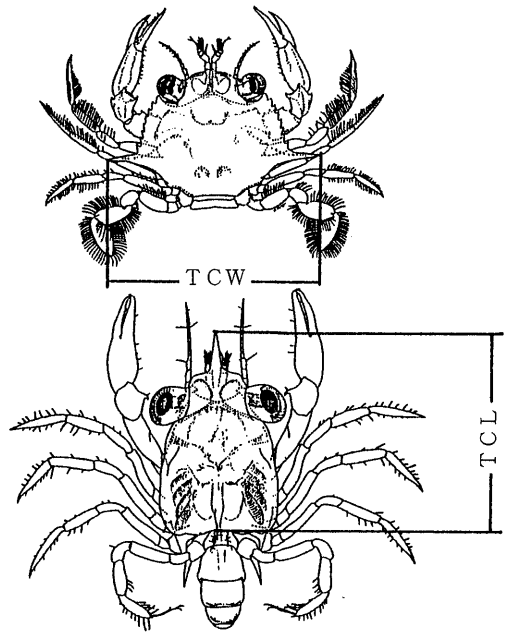
図Ⅱ-6 ガザミゾエア幼生の測定部位 (深山・井上, 1995)
DRL, 背額棘間長; PRL, 第3腹肢原基長. ゾエアの図は八塚(1957)から引用した.



図Ⅱ-7 ガザミの正常発育事例と第5齢ゾエア出現事例における第3齢ゾエアの体サイズと腹肢原基長の関係 (深山・井上, 1995)

第1齢稚ガニ, メガロパと第1齢稚ガニ間の相関係数は低い値を示す (表Ⅱ-2)。脱皮前後の体サイズの関係は図Ⅱ-9に示したように, ゾエアとメガロパ, メガロパと第1齢稚ガニでは測定部位が異なるために一連の過程として捉えられないが, ゾエア間では一連の過程として一つの直線式が当てはまる。このように, ふ化時 (第1齢ゾエア) の体サイズは第4齢ゾエアまで反映される傾向がある。なお, 第1齢ゾエアは番仔によって, また水温の上昇に伴って小型化することから (浜崎, 1996a) (図Ⅱ-10), これらの条件によって第2齢~第4齢ゾエアも小型化するものと考えられる。

体サイズを長さで表現した場合には, 体サイズは脱皮して齢期が変わらない限り一定の値を示す。しかし, その間に幼生の成長が止まっている訳ではない。ガザミ幼生の体サイズを体重で表すと, 体サイズは同じ齢期内で



図Ⅱ-8 ガザミメガロパと第1齢稚ガニの測定部位
TCL, 全甲長; TCW, 全甲幅. 図は Yatsuzuka and Sakai (1982) から引用した.

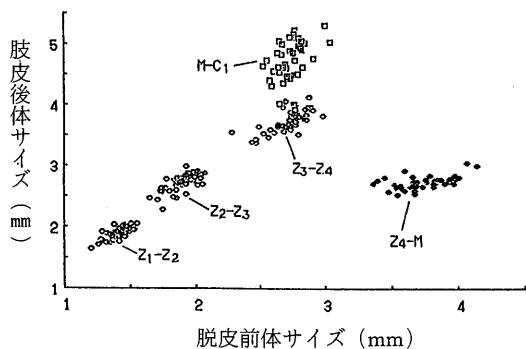
表Ⅱ-2 ガザミ幼生の体サイズの相関係数
(浜崎, 1996 a)

齢期	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	M	C ₁
Z ₁	—	0.780***	0.666***	0.688***	0.393**	0.167 ^{NS}
Z ₂	—	—	0.701***	0.787***	0.502***	0.231 ^{NS}
Z ₃	—	—	—	0.738***	0.339*	0.015 ^{NS}
Z ₄	—	—	—	—	0.550***	0.199 ^{NS}
M	—	—	—	—	—	0.409**

***, $P < 0.001$; **, $P < 0.01$; *, $P < 0.05$;

^{NS}, $P > 0.05$

も増加する傾向が認められている (丸山, 1990) (図Ⅱ-11)。体重と体成分 (C, N, P) の間には有意な比例関係があること (Lim and Hirayama, 1991) から, 体成分もまた図Ⅱ-11に示した体重と同じ増加傾向を示すものと思われる。ガザミ幼生のアデノシン 3 リン酸 (ATP) の測定も試みられており, 単位体重当たりの ATP 含量は脱皮時に, 特に第4齢ゾエアからメガロパへの脱皮時に大幅に低下する傾向が示されている (Lim and Hirayama, 1993) (図Ⅱ-12)。このようにメガロパへの脱皮時に多量のエネルギーを消費することが, 後述 (Ⅱ-6-1「幼生の生残」) するメガロパでの大量へい死の発生に関与しているものと想像される。この他, 幼生の内



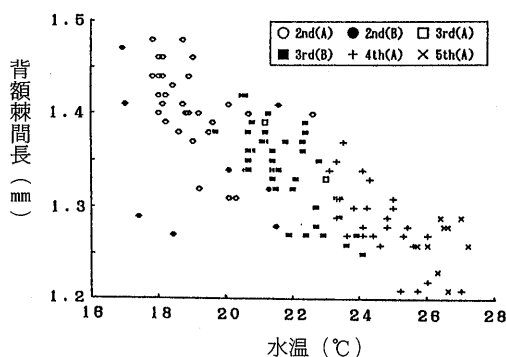
図II-9 ガザミ幼生の脱皮前後の体サイズの関係(浜崎, 1996a)

体サイズについては図II-6と-8を参照。両変数の関係は次式で表される。

$$\text{ゾエア}, y = 0.0162 + 1.3796x \quad (n=132, r=0.985);$$

$$Z_4 \sim M, y = 1.5876 + 0.3006x \quad (n=44, r=0.550);$$

$$M \sim C_1, y = 1.1995 + 1.2834x \quad (n=44, r=0.409).$$



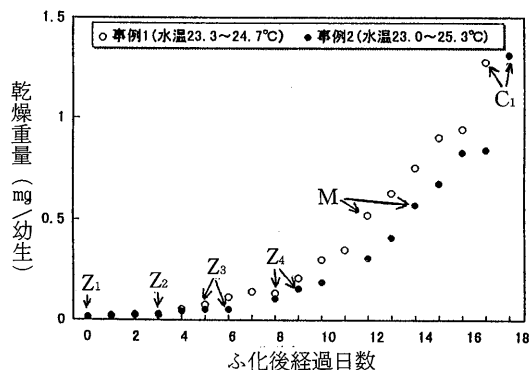
図II-10 ガザミ第1齡ゾエアの背額棘間長, 番仔, および親ガニ養成水温の関係(浜崎, 1996a)

記号は番仔と親ガニの給餌履歴を示す。A, 産卵から産卵まで給餌; B, 前回の産卵からふ化まで無給餌; C, 産卵から産卵まで無給餌。養成水温は前回の産卵から今回のふ化までの平均水温である。

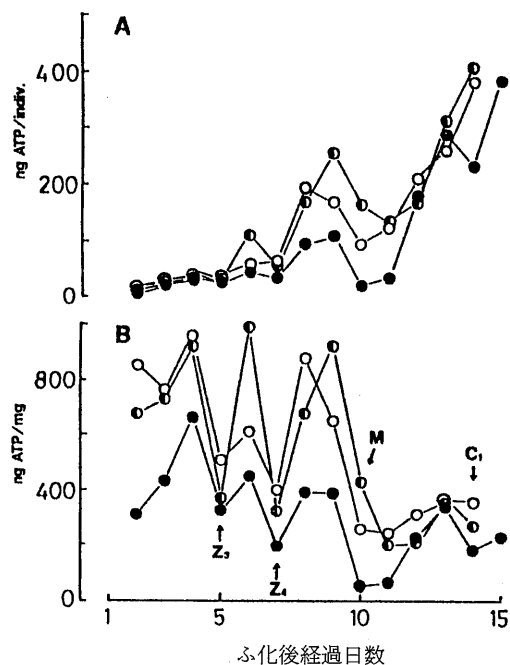
部器官と鰓の発達過程を組織学的に調査した研究報告もある(Nakamura, 1990; Nakamura and Sakaguchi, 1991)。

通常の成長と変則成長におけるガザミゾエアの体サイズ(長さ)を比較すると, 変則成長を示す第4齡ゾエアは約18%小さく, 逆に第5齡ゾエアは通常の第4齡ゾエアよりも約7%大きい(八塚, 1962)。また, メガロパは変則成長の方が大きいという(倉田, 1983a)。

ガザミ幼生の脱皮間隔に関連した研究事例もいくつか報告されている。まず, 量産水槽における飼育水温とふ



図II-11 ガザミ幼生の体重の変化(丸山, 1990より作成)



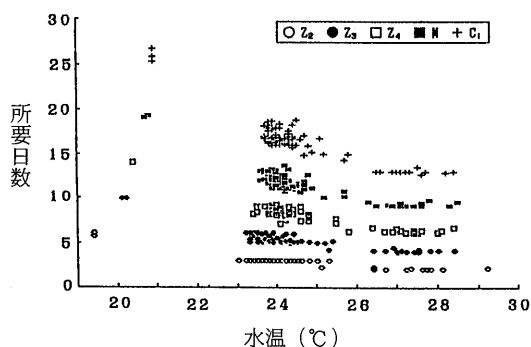
図II-12 ガザミ幼生のATP含量(Lim and Hirayama, 1993)

A, 幼生1尾当たりの含量; B, 単位体重(乾燥重量)当たりの含量。矢印は各齢期の初期を示す。一つの記号は一つの飼育事例に対応する。

化から各齢期までの所要日数の関係を解析した浜崎(1996a)によれば, 各齢期までの所要日数は飼育水温の上昇に伴い短くなる傾向を示すが, 水温27°C以上では一定となる傾向を示し(図II-13), その関係は図II-13に示した式で表される。また, これらの式を用いて各齢期までの所要日数を飼育水温別に計算して示している(表II-3)。浜崎(1996a)は飼育水温とふ化から各齢期まで

の所要日数の関係に積算温度法則も適用した結果、ガザミ幼生の臨界発育温度を14.6℃と推定し、各齢期の脱皮間隔を有効積算温度で表現している。すなわち、第1齡ゾエアからメガロバまでの値をそれぞれ27.6、22.6、28.0、35.0、および47.1D°、ふ化から第1齡稚ガニまでの値を160.3D°と推定している。なお、Lim and Hirayama (1991) も量産水槽におけるガザミ幼生の臨界発育温度とふ化から第1齡稚ガニまでの有効積算温度をそれぞれ13.4℃と198.9D°と推定しているが、それらの値は浜崎 (1996a) の値と若干異なる。これはLim and Hirayama (1991) が解析に用いた飼育事例の水温データが偏っていたことに起因するものと考えられている (浜崎, 1996a)。

上述した脱皮間隔に関連した研究成果は、脱皮の予測に利用できる。すなわち、ほぼ一定水温下で飼育を行う場合には表Ⅱ-3の数値を目安に各齢期の出現日を予測できる。また、各齢期の有効積算温度を目安に次の齢期の出現を予測することもできる。すなわち、毎日の飼育水温から14.6℃を差し引いて積算した値が有効積算温度を越える日に次の齢期が出現することになる。なお、浜崎 (1996a) はある齢期の出現率が50%を越えた場合に齢期が変わったものとして、ふ化から各齢期までの所要日数を求めている。したがって、ここでの脱皮の予測は大まかな目安にすぎないことを付記する。この他、第1齡稚ガニの出現時期を予測することを目的に、金丸 (1987) は最適化手法によって求めた基準水温18℃ (上述の臨界



図Ⅱ-13 ガザミ幼生の飼育水温とふ化から各齢期までの所要日数の関係 (浜崎, 1996a)

両変数の関係は次式で表される。ただし、 $x < 27^\circ\text{C}$ である。

$$Z_2, \ln y = 10.5003 - 2.9645 \ln x \quad (n=92, r=-0.941);$$

$$Z_3, \ln y = 11.2308 - 3.0060 \ln x \quad (n=89, r=-0.898);$$

$$Z_4, \ln y = 11.5298 - 2.9602 \ln x \quad (n=89, r=-0.933);$$

$$M, \ln y = 11.7099 - 2.9002 \ln x \quad (n=88, r=-0.914);$$

$$C_1, \ln y = 11.2840 - 2.6573 \ln x \quad (n=88, r=-0.911).$$

発育温度と同じ意味で使われている) を用いてふ化から各齢期までの積算水温を計算し、これによってふ化から稚ガニまでの総積算水温を予測する式を求めている (表Ⅱ-4)。ここで、ある齢期中の積算水温は、毎日の飼育水温から基準水温を差し引いた値にそのときの齢期の割合を掛けて積算した値であり、基準水温以下の場合には積算しない。予測式は次のように利用できる。例えば、

表Ⅱ-3 図Ⅱ-13の関係式から計算したガザミ幼生の飼育水温別 (18~27℃の範囲で0.5℃間隔) のふ化から各齢期までの所要日数 (浜崎, 1996a)

飼育水温 (℃)	齢 期				
	Z ₂	Z ₃	Z ₄	M	C ₁
18.0	6.9	12.7	19.6	27.9	36.7
18.5	6.4	11.7	18.0	25.7	34.1
19.0	5.9	10.8	16.7	23.8	31.8
19.5	5.4	10.0	15.4	22.1	29.7
20.0	5.1	9.3	14.4	20.5	27.8
20.5	4.7	8.6	13.3	19.1	26.0
21.0	4.4	8.0	12.4	17.8	24.4
21.5	4.1	7.5	11.6	16.7	22.9
22.0	3.8	7.0	10.8	15.6	21.5
22.5	3.6	6.5	10.1	14.6	20.3
23.0	3.3	6.1	9.5	13.7	19.1
23.5	3.1	5.7	8.9	12.9	18.1
24.0	2.9	5.4	8.3	12.1	17.1
24.5	2.8	5.0	7.9	11.4	16.2
25.0	2.6	4.7	7.4	10.8	15.3
25.5	2.5	4.5	7.0	10.2	14.6
26.0	2.3	4.2	6.6	9.6	13.8
26.5	2.2	4.0	6.2	9.1	13.1
27.0	2.1	3.8	5.9	8.6	12.5

表Ⅱ-4 ガザミ種苗量産水槽におけるふ化から各齢期までの積算水温 (x) とふ化から第1齡稚ガニまでの総積算水温 (y) の関係式 ($y=a+bx$) のパラメタの推定値 (金丸, 1987から作成)

積算水温	a	b
Z ₁ ~Z ₄	-10.92	1.57
Z ₁ ~Z ₃	7.84	1.97
Z ₁ ~Z ₂	43.81	1.92
Z ₁	81.66	1.44

積算水温は毎日の飼育水温から基準水温 (18℃) 以上の水温を積算した値である。

第1齢～第4齢ゾエアまでの積算水温が73.0D°のとき、総積算水温は103.7D°と計算できる。このときのメガロパは、 $103.7 - 73.0 = 30.7$ であるから、あと30.7D°で稚ガニになると推定できる。この後の飼育水温が24.0℃で推移したならば、基準水温を差し引いた値は6.0℃となるから、あと5日ですべての幼生が稚ガニになると予測できる。

2-2-2 脱皮兆候

甲殻類の脱皮から次の脱皮までの期間（脱皮周期）は四つの期間、すなわち脱皮後期、脱皮間期、脱皮前期、脱皮期に区分されている（Drach, 1939）。このうち、脱皮前期には体内で表皮細胞の活動が活発化し、新しい剛毛が形成され、次の脱皮に向けた準備が行われる。

ガザミ幼生飼育においても、次の脱皮に向けて幼生の発育が進行しているか否かの判断基準を得るために、また次の脱皮を詳細に予測するために、幼生の発育を脱皮周期として捉える試みがなされている（浜崎, 1989, 1996a）。具体的には、幼生体内における新しい剛毛の形成過程を連続的に観察し、その結果に基づいて次の脱皮に向けた準備期にある脱皮前期を5期に細区分している。脱皮前期の器官内部の形態的特徴（脱皮兆候）をまとめると、表皮の古い外骨格からの分離（脱皮兆候の1期）、表皮の褶曲（同2期）、新しい剛毛の陥入開始（同3期）、新しい剛毛への新しい羽状剛毛の出現（同4期）、新しい外骨格の出現（同5期）となる（図II-14）。図II-14-A～Gの形態は第3齢ゾエアまでは尾節で、第4齢ゾエアとメガロパでは第2顎脚内肢指節で観察しやすい。また、第4齢ゾエアとメガロパでは、それぞれ背棘と額角内部における表皮細胞の後退の程度で脱皮兆候のステージを知ることができる（図II-14-H～R）。

各期の経過時間と相対期間も表II-5のように示されている。この脱皮兆候の推移を観察することによって、幼生が正常に発育しているか否かを判断することができる。例えば、24℃で飼育した場合、第1齢ゾエアの所要日数は約3日（表II-3）、ふ化から脱皮兆候の4期に達するまでの相対期間は77%（表II-5）となるので、飼育幼生の多くが72時間（3日）に77%を乗じた時点、すなわちふ化開始後55時間後（飼育3日目の朝の観察時）に脱皮兆候の4期に達していない場合は発育が遅れていると判断できる。

脱皮兆候を観察することによって、次の脱皮を詳細に予測することもできる（浜崎, 1996a）。表II-6には、量産水槽において次の齢期への脱皮が起こる前日に脱皮兆候の3～5期の特徴を示した幼生の割合と翌朝に次の齢期へ脱皮していた幼生の割合（脱皮率）の関係が示されている。この表をみると、脱皮前日の脱皮兆候が4期以

表II-5 ガザミ幼生の脱皮周期の経過時間と相対期間
（浜崎, 1996a）

脱皮周期	齢 期				
	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	M
脱皮, 脱皮後期 および脱皮間期	37(51)	26.5(56)	36(50)	50(52)	60(50)
脱皮前期	35(49)	21.5(44)	36(50)	46(48)	60(50)
脱皮兆候1期	8(11)	4.5(9)	8(11)	10.5(11)	14(12)
2期	3(4)	2(4)	3(4)	4(4)	5(4)
3期	8(11)	4.5(9)	8.5(12)	10(10)	13(11)
4期	8(11)	5(10)	8.5(12)	10(10)	13(11)
5期	8(11)	5.5(10)	8(11)	11.5(12)	15(13)

相対期間は括弧内に示されている。ふ化と脱皮は午前2時に起こったものと仮定されている。ここでのZ₁～Mの経過日数は、それぞれ3, 2, 3, 4, 5日である。経過時間は脱皮兆候のモードの推移から求められている。相対期間＝（脱皮周期の経過時間）／（各齢期の経過時間）×10²。

上を示した幼生の割合と翌朝の脱皮率の間に強い正の相関関係が認められている。したがって、飼育幼生群が脱皮兆候の4期以上を示した場合は、翌朝に次の齢期へ脱皮しているものと判断できる。

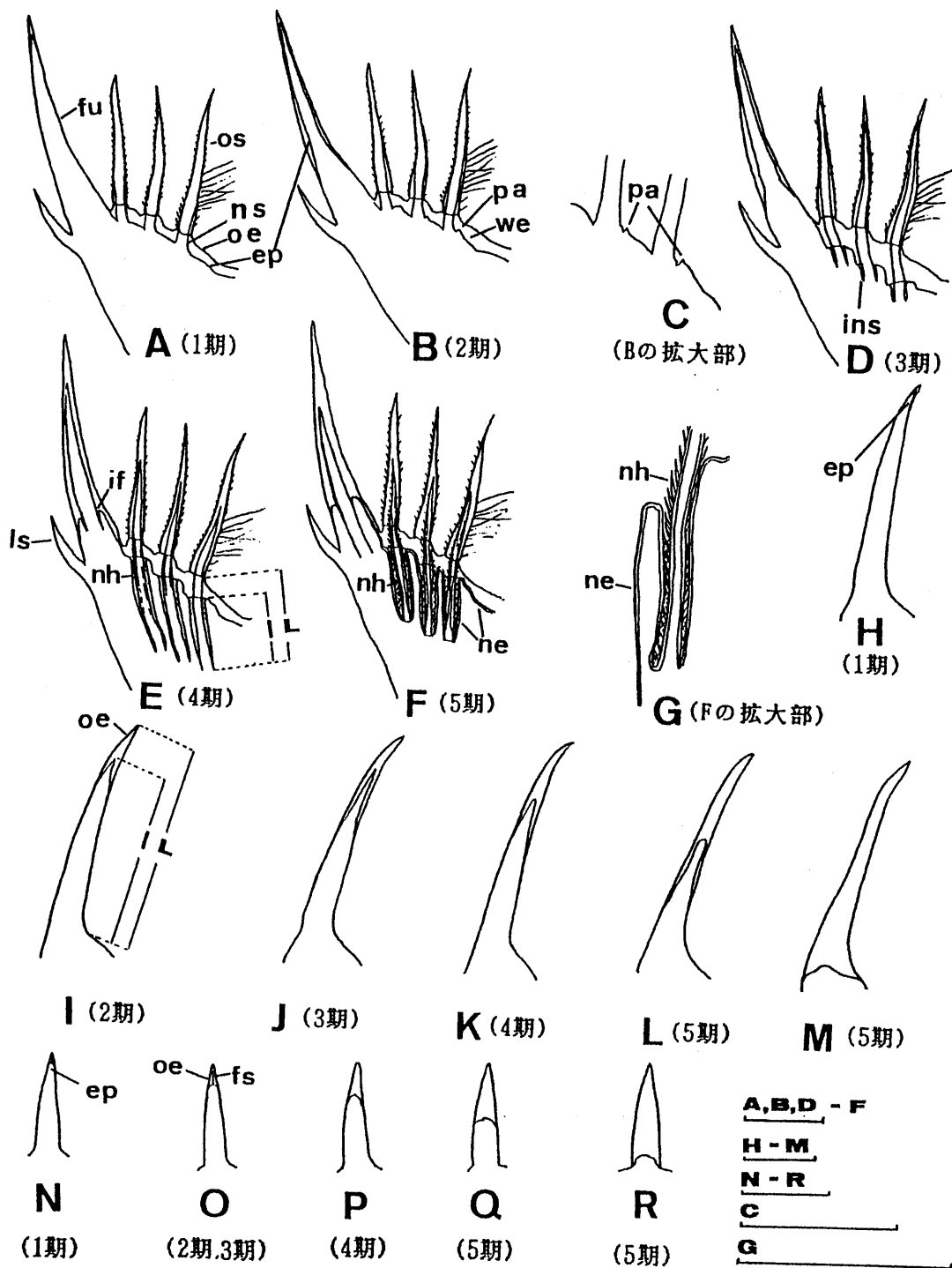
（浜崎活幸）

3 飼育方式

ガザミ幼生の飼育方式で特徴的なことは、いわゆる「水作り」を非常に重要視してきたことである。「水作り」とは、「ガザミ幼生にとって好適な生物的・非生物的環境を人為的に作り出し維持することである」（尾田, 1983a）。ガザミ幼生の飼育成績はこの「水作り」の良否に左右されることが多く、ガザミの種苗量産技術開発の歴史は、すなわち「水作り」の技術開発の歴史であったといっても過言ではない。そこでこの項では「水作り」の機構について考察し、ガザミ幼生飼育における「水作り」の歴史と発展を紹介するとともに、今後の「水作り」の方向性について若干言及してみたい。なお、水作り方式の詳細については、II-5-2「水作り方式」を参照いただきたい。

3-1 「水作り」の機構

「水作り」の簡単な概念図を図II-15に示した。まず「水作り」では食物連鎖の過程で低次にある細菌、植物プランクトン（原生動物が混在している場合が多い）等の微生物が直接飼育水に添加されたり、その発生を助長する物質が添加される。その結果、飼育水中に微生物群集が形成され、餌料として投与されたワムシ、アルテミアを



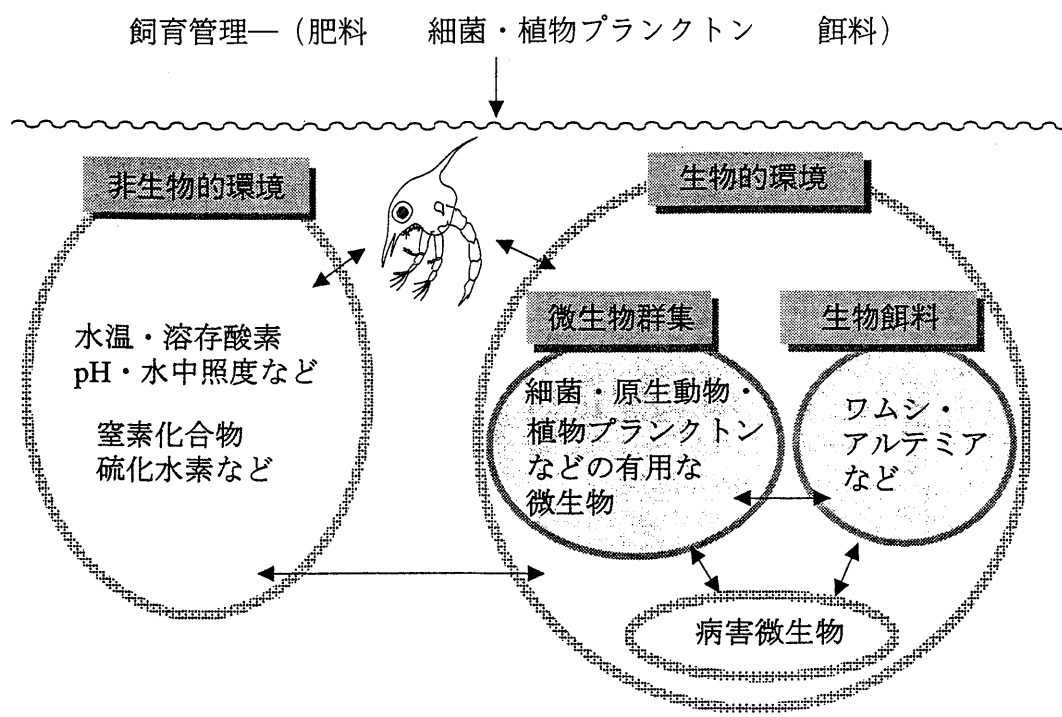
図II-14 ガザミ幼生の脱皮兆候の特徴 (浜崎, 1989, 1996a)

A~G, 尾節 (第1齢~第3齢ゾエア); H~M, 背棘 (第4齢ゾエア); N~R, 額角 (メガロパ). ep, 表皮; fs, 繊維状構造物; fu, 尾叉; if, 尾叉の陷入部分; ins, 新しい剛毛の陷入部分; ls, 側棘; ne, 新しい外骨格; nh, 新しい羽状剛毛; ns, 新しい剛毛器官; oe, 古い外骨格; os, 古い剛毛; pa, 乳頭状突起; we, 表皮の波うち, パー・スケールは0.1mm (A~G), 0.5mm (H~R).

表Ⅱ-6 ガザミ種苗量産水槽において3～5期の脱皮兆候を示した幼生の割合 (x) と翌朝に脱皮していた幼生の割合 (y) の関係式 ($y=a+bx$) のパラメタの推定値 (浜崎, 1986a)

齢期	観察時間	脱皮兆候	n	a	b	r	P*
Z ₁	7a.m.	4≦	33	71.3934	0.2817	0.543	***
	3p.m.	4≦	8	49.9910	0.4776	0.618	NS
	3p.m.	5	33	84.5893	0.1482	0.334	*
Z ₂	3p.m.	4≦	37	1.9198	0.9766	0.891	***
	3p.m.	5	5	99.4021	-0.0156	-0.375	NS
Z ₃	7a.m.	4≦	30	20.3839	0.7859	0.873	***
	3p.m.	4≦	16	11.2173	0.8331	0.968	***
	3p.m.	5	29	4.4504	0.9469	0.898	***
Z ₄	7a.m.	3≦	21	-29.0601	1.0851	0.769	***
	7a.m.	4≦	34	23.0559	1.6994	0.715	***
	7a.m.	5	13	85.4133	0.0306	0.033	NS
	3p.m.	3≦	11	-15.9915	0.8487	0.556	NS
	3p.m.	4≦	31	-19.6212	0.8818	0.465	**
	3p.m.	5	37	6.7726	0.9464	0.945	***
M	7a.m.	4≦	29	-23.3139	1.1519	0.858	***
	7a.m.	5	22	31.8623	0.7802	0.651	***
	3p.m.	4≦	28	-62.9042	1.4379	0.780	***
	3p.m.	5	33	-10.3725	1.1219	0.933	***

* ANOVA; ***, <0.001; **, <0.01; *, <0.05; NS, >0.05.



図Ⅱ-15 ガザミ幼生飼育の「水作り」における相互作用概念図

含めた一つの生態系が作られる。ガザミ幼生はそれら微生物を直接、あるいはワムシ、アルテミアを介して間接的に摂餌する結果、単にワムシ、アルテミアを供給するだけでは不足しがちなガザミ幼生にとって何らかの必須の栄養素が充足され、幼生の成長が促進されたり生残の向上につながるものと考えられる。このように「水作り」による好適な生物的環境形成の一面は、幼生にとって栄養豊かな餌料微生物群集の構築であると捉えることができる（前田，1988；前田，1994）。また、同時にこれら優占した微生物群が飼育水中の病害微生物と拮抗し、それらを抑制する役割の一端を担っていることも推察されている（Nogami and Maeda, 1992）。一方、これら微生物群の繁殖により、水色、水中照度、pH、溶存酸素量等が適正に保たれたり、有害な窒素化合物等が分解、吸収されて飼育環境が幼生にとって好ましい状態に保たれる。このように好適な生物的環境形成過程に付随して好適な非生物的環境が実現されることも「水作り」の特徴の一つであり、「水作り」は餌あるいは環境条件を良好に保つ微生物群集の形成過程を意味している（前田，1988；前田，1994）。

3-2 「水作り」の沿革

「水作り」は甲殻類の種苗生産ではクルマエビ *Penaeus japonicus* で最初に試みられ、その原型が生み出された。昭和40年代の前半に藤永・橋高（1966）は生海水を飼育用水としてそれに施肥し、発生する珪藻類を初めとするプランクトン類をクルマエビ幼生の餌料として利用する飼育法を、また同年代の後半には今村・相田（1972）が人工的に生産した有機懸濁物質である「微生物フロック」を餌料として利用する飼育法を検討した。

一方、ガザミでは高橋・松井（1971，1972）が、クルマエビ幼生飼育の「水作り」を昭和46年からガザミに準用し、飼育水へ有機性懸濁物（アサリ汁、醤油粕、プランクトン増殖促進剤（マリンG））を含む肥料を添加して飼育試験を行ったところ、第1齢稚ガニまでの生残率50.6%、単位生産尾数15,200尾/klという画期的ともいえる高密度生産に成功した。その後、この方法は全国に普及し、ガザミの種苗生産量を増大させるのに大きな役割を果たしてきた。しかし、この飼育方式による「水作り」が成功するか否かは天候等の環境条件に左右されやすく、常に同じ「水作り」を行うことは容易ではなかった。その後、植物プランクトンの増殖は無機肥料の添加によって可能なことから、地先海水中の珪藻類を元種として飼育水中で増殖させるか、別の水槽で培養したナンノクロロプシスや珪藻類を、単独あるいは複合して飼育水へ添加する方式が一般的となってきた。

3-3 飼育方式の発展

このような経緯の中で、より安定した飼育環境を構築できる飼育方式が試行されてきた。近年試みられている「水作り」方式は、ガザミ幼生にとって有益な特定の細菌や植物プランクトンを飼育水に添加する方法である。

日本栽培漁業協会玉野事業場は、前述の「微生物フロック」をガザミ幼生飼育にも使用して生産量を飛躍的に伸ばした。しかし、その培養は自然発酵に基づくものであったため、製造過程の条件によってはその性状が著しく異なり（多賀・安田，1979）、時には幼生にとって有害な微生物が発生することも考えられた（Maeda et al., 1992）。そこで、ガザミ幼生の生残率向上と成長促進作用、および病害微生物防除作用を持つ細菌（PM-4株）を大量に純培養して飼育水槽に投入し、餌料微生物群集の構築と病害微生物防除作用を期待する飼育方式（バイオコントロール法）を開発した（Nogami and Maeda, 1992）。この方式は平成元年から事業に導入され、日本栽培漁業協会玉野事業場における他の飼育方式と比較して安定した生産結果を残しており、現在同事業場における飼育方式の主流となっている。

平成2年に長崎県水産試験場島原分場の安元ら（1992）は、浮遊珪藻の一種 *Chaetoceros calcitrans* が容易に大量培養できる点に着目し、これを「水作り」に利用して第1齢稚ガニまでの生残率66.7%、単位生産尾数22,200尾/klというそれまでの量産規模としてはあまり例をみない高密度生産に成功した。その後、*Chaetoceros calcitrans* の添加効果が実験的に検討された結果、*Chaetoceros calcitrans* はゾエア幼生に対して直接的な餌料価値を持つものと推察されている（松村・高木，1993）。この飼育方式によって、長崎県水産試験場島原分場では高水温期の飼育においても高密度生産が可能となっている。また、*Chaetoceros calcitrans* を使用した飼育方式は、他の機関でも試みられるようになってきている。

以上に示した新しい飼育方式は、ある種の特定の微生物を利用して「水作り」を行う方式であるが、一方では「水作り」によらない飼育方式も検討された。昭和60年に尾田（1986a）は飼育水を常時流水とし、生物餌料に加えて微粒子配合飼料を給餌して第1齢稚ガニまでの平均生残率37.8%、平均単位生産尾数11,333尾/klという安定した生産を行い、従来の「水作り」による方法でなくとも幼生飼育が可能なることを示した。この飼育方式（一般に流水飼育と呼ばれている）は急速に多くの機関に波及した。現在、飼育当初から流水で飼育を行っている機関は全国の半数以上にのぼる。例えば、広島市水産振興協会は飼育水中の照度を調整することを目的に、少量のナンノクロロプシスや市販の濃縮淡水クロレラを添加する方法により流水飼育を行っている。また、ここでは植

物プランクトンの代わりに食品用添加色素を使用することもある（広島市水産振興協会，1995）。さらに，流水飼育を行う機関の中でも「水作り」をある程度念頭におきながら飼育水に植物プランクトンや肥料を添加している例もみられ，「水作り」を流水状態で維持する新たな飼育方式も派生している。

以上のような新しい飼育方式が模索されてきた結果，従来の有機性懸濁物による「水作り」方式で飼育していた頃と比較すれば，飼育中止事例は少なくなってきた（Ⅱ-1「概要」を参照）。しかし，いずれの方式を用いても，必ずしも安定して種苗を生産できるとは限らない。前述したように，「水作り」はガザミの種苗を量産する上で重要であり，その果たす役割は大きい。その反面，「水作り」には様々な要因が複雑に関与しているためその機構を科学的に解明することは容易ではなく，ガザミ種苗の量産技術を進展させる上で大きな障壁となってきたのも事実である。しかし「水作り」の機構が徐々に解明される中で近年試みられている種々の飼育方式では，幼生にとって有益な特定の細菌や植物プランクトンを探索してそれを使用する方法や，複雑な生態系を単純化して飼育環境中の不確定要因をできるだけ排除する方法により積極的な飼育管理を行っている。この点で従来と比較して格段の進歩を遂げており，倉田（1983b）により指摘された「水作りの科学」がなされてきているといえるであろう。

3-4 現在の「水作り」の定義と今後の方向性

ここで現在の「水作り」を改めて定義するなら，「ガザミ幼生にとって特定の有益な微生物やその発生を助長する物質を飼育水に添加して，幼生にとって好適な生物的・非生物的環境を人為的かつ計画的に作り出し維持することである」とすることができよう。

今後はさらにガザミ幼生の栄養要求を明らかにし，「水作り」の生物的環境の中で真に幼生にとって必要なものは何か，また好適な非生物的環境形成に微生物がどのように寄与しているのか等を明らかにする必要がある。そして将来これらのことが解明されれば，「水作り」自体単純化されるに違いない。また，ガザミ幼生飼育の中で発展してきたバイオコントロール法は，病害微生物防除の目的で魚類の種苗生産過程においても試行され始めており（日本栽培漁業協会，1995），このような生物制御手法は今後ますます進展するものと思われる（前田，1994）。

ガザミの幼生飼育に「水作り」が導入されておよそ四半世紀が過ぎた現在，これまで自然発生の経過に頼る面が大きく，いわば受け身的であったガザミ幼生の飼育方式が，ようやく人為的管理下におかれた計画的な飼育方

式に発展しつつあるといえる。今後も個々の現象を一つずつ数値と理論で裏付けし，「水作り」を科学的に捉える飼育方式を目指さなければならない。

4 飼育時期

本邦におけるガザミの繁殖期はおおむね4月から9月であり，このうち瀬戸内海において1番仔の出現時期は5月上旬から6月下旬，2番仔は6月下旬から7月中旬と推定されている（Ⅰ-3-1-1「入手」を参照）。また，それらのふ化時期はそれぞれ6月中旬，および7月上旬から中旬と推定されている（図Ⅰ-5を参照）。

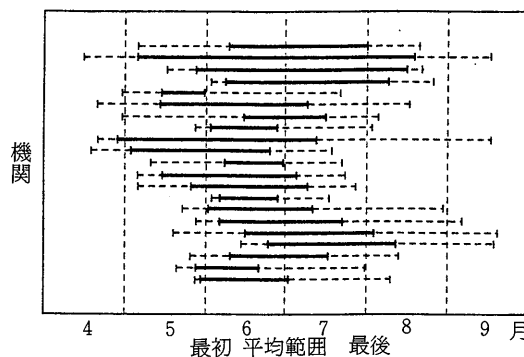
一方，昭和60年から平成7年までのガザミ種苗生産研究検討会資料から各機関の飼育時期をまとめてみると，幼生飼育の初回収容から最終回収までの期間は，図Ⅱ-16に示したように4月中旬から9月下旬まで5ヶ月以上にわたる。大半の機関は天然海域でふ化が始まる6月中旬以前から飼育を開始しているが，6月上旬までに飼育を開始するには，あらかじめ未抱卵親ガニや抱卵親ガニを早期に入手し，加温養成して産卵・ふ化時期を早める必要がある。6月上旬までに飼育を開始している機関では，実際に加温養成してふ化時期を早めている。

このような早期飼育が行われる理由として以下のことが考えられる。まず幼生飼育を行う側からの理由として，

- ① ガザミ種苗生産目標尾数が多い機関では，早い時期から飼育して生産回数を増やしたい。
- ② 各機関の種苗生産施設利用計画の関係でガザミでの使用時期が早期に限定されている。

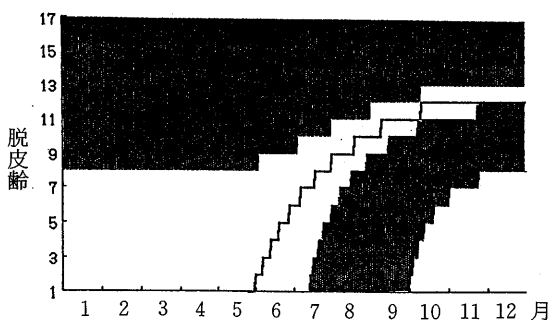
また，放流技術面からの理由として，

- ① 漁業者から早期種苗放流で天然群より早い成長（図Ⅱ-17）（浜崎，1996a）を期待する要望がある。
- ② 稚ガニの低塩分に対する耐性が低いため（福岡県



図Ⅱ-16 ガザミ種苗生産機関における幼生収容時期（昭和60年～平成7年）

ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。



図Ⅱ-17 瀬戸内海に放流されたガザミの第1齢から第12齢までの成長過程のシミュレーション（浜崎，1996a）

黒塗りの部分は天然群の発生状況を示す。

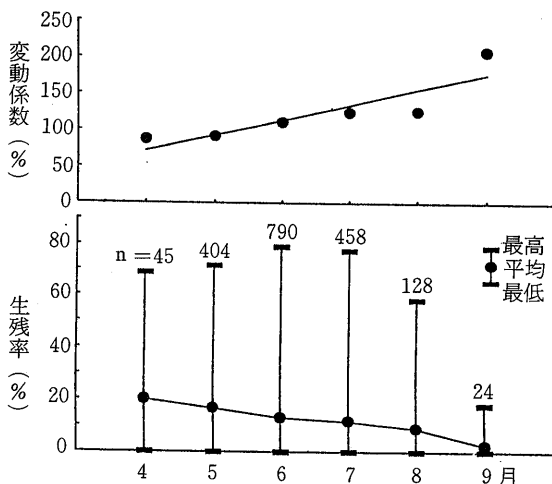
有明水産試験場，1982；原田・中村，1994），梅雨期前の放流により放流後の生残率を高めたい。

しかし，早期に種苗を放流することに関して浜崎（1996a）は，ガザミ成体型の臨界発育温度が14.0℃と推定されるため，種苗の放流・中間育成を始める時期の天然海水温が14℃を超えないと稚ガニの成長は期待できず，実際には臨界発育温度を十分に越えていること（17℃以上）が望ましいと指摘している。原田・中村（1994）も16℃以下では稚ガニの活動は不活発で脱皮率が低いことを指摘しており，低水温時に成長が遅れ，不活発な行動によって外敵から捕食されやすくなることを懸念している。

飼育開始時期が特に早い機関は4月中旬から開始しているが，放流後の生残を考慮すると適水温になってから出荷することが望ましい。例えば最近，日本栽培漁業協会玉野事業場は初回の稚ガニ出荷日を瀬戸内海の沿岸域の平均水温が17℃を超える5月下旬とし，飼育開始時期はこれから逆算して5月上旬に計画している（浜崎，1996a）。

昭和60年から平成7年までのガザミ種苗生産研究検討会資料に掲載された各機関の飼育事例（事例数1,849）について，幼生を収容した月ごとに，第1齢稚ガニまでの生残率の平均値，最高値，最低値および変動係数を示したのが図Ⅱ-18である。平均生残率は4月を最高に，月を経るにつれて徐々に低下する傾向がみられるが，逆に生残率の変動係数は大きくなる傾向にあり，飼育時期が遅くなるほど安定生産が難しくなることがうかがえる。生残率の平均値と最高値からみて，おおむね7月までの飼育成績が良好であると考えられる。

8月以降に生残率が低下する原因としては番仔の影響が挙げられよう。ここで，長崎県水産試験場島原分場



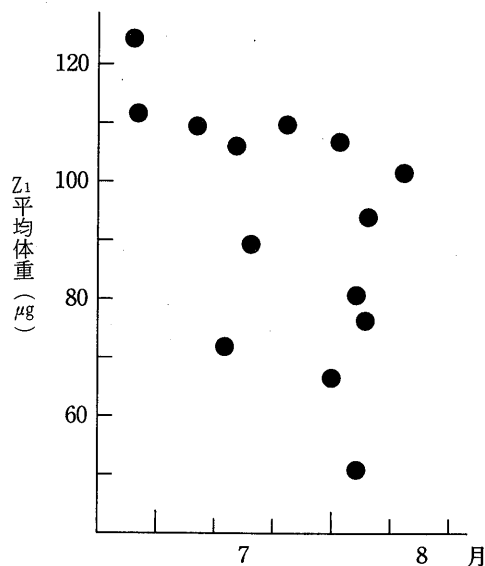
図Ⅱ-18 ガザミ幼生の収容時期と第1齢稚ガニまでの生残率およびその変動係数の関係（昭和60年～平成7年）

ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。

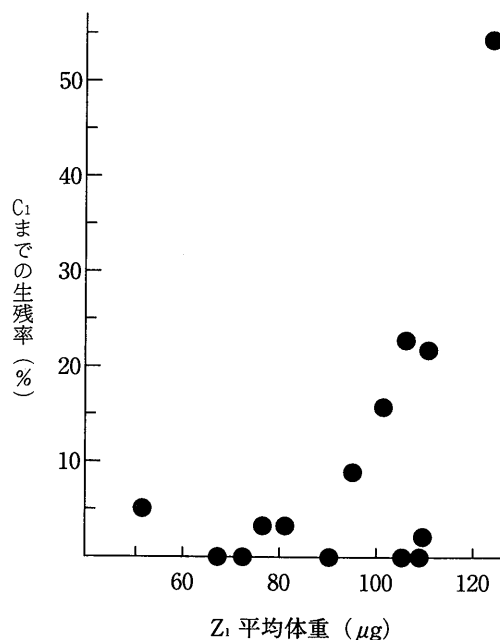
（1983）が調査したガザミのふ化時期と幼生の大きさ，幼生の大きさと生残率の関係をそれぞれ図Ⅱ-19と図Ⅱ-20に示した。図Ⅱ-19にみられるようにふ化日が遅くなる（番仔が進む）と第1齢ゾエアの平均体重は小さくなる傾向にあり，図Ⅱ-20にみられるように，第1齢ゾエアの平均体重が小さいほど第1齢稚ガニまでの生残率は低い結果が得られている。従来から3番仔以降のふ化幼生を使用した高水温時の飼育では良い結果が得られておらず，この原因は主に3番仔以降の幼生が小型化する現象（Ⅱ-2-2-1「成長」を参照）にみられるように，1，2番仔との質的な違いによる可能性が指摘されている（高橋・松井，1972；高橋，1974）。このことに関連し，最近竹内ら（1991）は高水温期にふ化した第1齢ゾエアのDHA含量は低いこと，第1齢ゾエアのDHA含量が高いほどその後の生残率は高くなる可能性があることを指摘している。今後はふ化幼生の平均体重とDHA含量およびDHA含量と稚ガニまでの生残率の関係について明らかにする必要があるだろう。

一方，一般的に生残率が低下する8月でも，第1齢稚ガニの単位生産尾数が1万尾/klを越える好成績を上げている事例もみられること（松村ら，1993，1994）から，単に番仔や高水温だけの問題でなく，この時期の飼育方法にも改善の余地が多分に残されているといえる。すなわち，与える餌が質・量ともに高水温下における幼生の要求を充たしているか，水作り等の水質管理は適切になされているか，また各季節の地先海水の水質や細菌相が飼育に適した状態のものであるか等，検討すべき課題は

べきであろう。



図Ⅱ-19 ガザミのふ化時期と第1齢ゾエアの平均体重の関係（長崎県水産試験場島原分場，1983を一部改変）



図Ⅱ-20 ガザミの第1齢ゾエアの平均体重と第1齢稚ガニまでの生残率の関係（長崎県水産試験場島原分場，1983を一部改変）

多い。限られた施設でより多くの種苗を効率的に、また経済的に生産するためには、今後、加温経費の要らない3番仔以降の時期の飼育方法についても積極的に検討す

5 飼育管理

5-1 収容

5-1-1 収容方法とふ化幼生数の推定

ガザミ幼生のふ化と収容方法は直接法と間接法で行っていることはすでに述べた（Ⅰ-3-6「ふ化の管理」を参照）。ここではふ化後の収容手順とふ化幼生数の推定方法の現状をとりまとめる。

(1) 直接法における収容手順

直接法では幼生を飼育水槽内でふ化させるため、ふ化後の作業としては親ガニを取り揚げるだけでよい。この場合のふ化幼生数は後述する卵塊重量から求めるか、飼育水槽から適当に採水して容積法によって推定する。

(2) 間接法における収容手順

間接法では、一般に複数の親ガニから同時にふ化幼生を得て、その中から飼育に供する幼生を選択することが多い。ふ化幼生数は容積法か卵塊重量から求める。間接法で飼育水槽に幼生を収容するまでの手順と留意点は大きく以下になる。

① ふ化の確認

② 親ガニの取り揚げ、親ガニの状態観察、卵塊重量からふ化幼生数を推定する場合には親ガニの体重測定

部分ふ化（Ⅰ-3-7-1「異常ふ化」を参照）の場合には、親ガニの腹部は完全に閉じず、腹部に抱かれた未ふ化の卵塊をみることができる。

③ ふ化幼生を選択

活力の良好なものを選ぶ。ふ化幼生の活力判定については、Ⅰ-3-7-2「ふ化幼生の活力判定」を参照いただきたい。

④ ふ化槽内の夾雑物の除去、ふ化幼生数を容積法で推定する場合にはふ化幼生の計数

使用する幼生が決まれば、収容までの作業を迅速に行うため飼育に供する幼生のふ化槽だけについて早めに夾雑物の除去等の収容準備を行う。夾雑物中には真菌に感染した卵が含まれている恐れがあり、この除去は真菌症防除の面から必ず行うべきである。

夾雑物の除去は通気を止め、水槽底に沈めてサイホンで吸い出しているが、このときの光の状態により幼生が水槽底に集まり吸い出されることがある。このような場合にはふ化槽上部に覆いをして照度を調整したり、あるいは幼生が通過する目合いのタモ網を用いたり、ピペットで夾雑物だけを取り除く方法もある。

⑤ ふ化幼生の収容

ふ化幼生数を卵塊重量から求める場合は、後述の

ようにふ化幼生の平均背鰭棘間長を測定し幼生数を確定する。

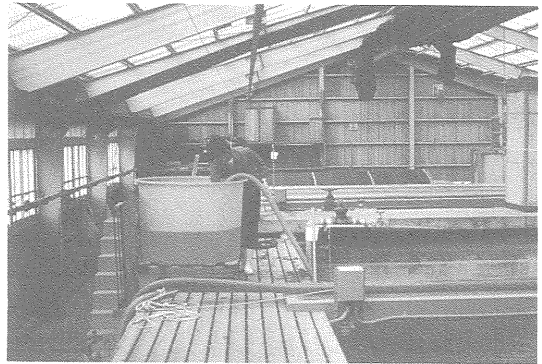
ふ化幼生を全て収容するか、一部を収容するかに関しては機関や場合によって異なる。全てを収容する場合は比較的大型の飼育水槽を使用している機関や、一腹からのふ化幼生だけでは収容予定数に足りない場合等にみられる。これらの場合、複数の親ガニから同時にふ化幼生が得られるよう、抱卵親ガニを養成する段階で水温を調整してふ化日の同調化を図ったり、あらかじめ多くの親ガニを確保しておく。一方、小型水槽の場合は必要幼生数が少ないため、ふ化した幼生のうち特に活発に遊泳している幼生のみを収容している場合が多い。飼育水槽への収容は、ホース（内径19～50mm）（写真Ⅱ-1）あるいはボール、バケツを用いて行っている。特にホースによるサイホンで幼生を収容する場合は、吸い込み口を水面に近づけすぎると渦が発生して空気を吸い込み幼生に衝撃を与える恐れがあるため、吸い込み口を極端に水面に近づけないようにしたり、ふ化槽と収容先の水槽との落差を小さくする等の配慮が必要である。

以上のほか、間接法を採用している機関で特に配慮している点は、

- ① ふ化槽に親ガニを収容した日の24時までにはふ化した幼生は使用しない（担当者が深夜に幼生のふ化を確認している）。
- ② 飼育水槽への幼生収容を早朝から行うこと、等である。

こうしたことに配慮するのは、幼生の過密状態を緩和するということと同時に、第1齢ゾエアのDHA含量の多少がその後の生残率に影響する可能性があること（竹内ら、1991）、また、ふ化幼生の脂質含量やn-3HUFA含量が無給餌下ではふ化後数時間を経過すると半減すること（尾田・藤井、1995b）等の理由から、可能な限り早く飼育水槽へ幼生を収容し、栄養価の高いワムシを給餌するためである。ただし、ふ化後経過時間に対する最初の給餌がゾエア幼生の生残・成長に及ぼす影響が調べられているが、現在のところ明確な関係はみられていない（尾田・藤井、1995c）。また、真菌症防除のためにふ化槽内でホルマリン浴を行う場合、ふ化時刻が遅く収容が早い時刻に行われると適正な薬浴時間が確保できない恐れがあり、逆にふ化時刻が早く、収容時刻が遅い場合にはふ化槽内のホルマリンは真菌類の遊走子を不活化できる濃度以下にまで減少する（Ⅲ-3-6-1「ホルマリン浴」を参照）。

いずれにしても幼生のふ化時刻が判れば、適正な薬浴時間を確保でき、かつふ化後あまり時間経過していない幼生を選択することが可能になる。なお、ふ化時刻を確



写真Ⅱ-1 ガザミ幼生の飼育水槽への収容（日本栽培漁業協会玉野事業場）

認している機関はほとんどない（Ⅰ-3-6-1「ふ化時刻とふ化時の親ガニの行動」を参照）。

（3）ふ化幼生数の推定

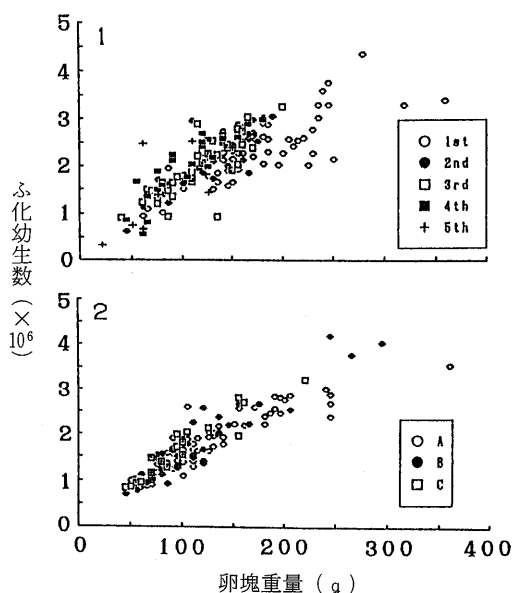
容積法によるふ化幼生数の推定は、通気と搅拌棒等でふ化用水を十分搅拌した状態で幼生ごと採水し（通常100ml程度のビーカーで3～5回）、その中に含まれる幼生数を計数し、単位水量当たりの幼生数の平均値にふ化槽の水量を乗じることによって行われている。飼育に供する幼生数が少ない機関では、活発な幼生のみをいったん100l程度の容器に移し、そこで計数する場合もある。なお、採水の際の過激な搅拌は幼生に損傷を与える恐れがあるため、緩やかに海水を環流させるよう配慮しなければならない。

浜崎（1996a）は、幼生に損傷を与えないように卵塊重量からふ化幼生数を推定する方法を考案している。ふ化幼生数は卵塊重量とふ化幼生数の関係式から求める。卵塊重量はふ化前後の親ガニの体重差から算出する。ここで、卵塊重量とふ化幼生数の関係を図Ⅱ-21に示した。図Ⅱ-21-1は水槽内で産卵させた親ガニについて番号別に、図Ⅱ-21-2は天然抱卵親ガニについてふ化時期別に調べた結果である。ふ化幼生数（ y 、尾）は、卵塊重量（ x 、g）に伴い直線的に増大する傾向を示し、その関係は両図をまとめて以下の式で表される。

$$y=597331+10664x \quad (n=202, r=0.836)$$

さらに、同重量の卵塊からふ化する幼生数は番仔の進行あるいはふ化時期の遅れに伴い多くなる傾向があることから、上式に番仔あるいはふ化時期を表す変数としてふ化幼生の背鰭棘間長（ z 、mm）を取り入れ、以下の重回帰式も求めている。

$$y=2561870+11571x-1474680z \quad (n=202, r=0.860)$$



図Ⅱ-21 ガザミの卵塊重量とふ化幼生数の関係（浜崎，1996a）

1の記号は番号を示し，2の記号はふ化時期を示す。
A，5月上旬～6月上旬；B，6月下旬～7月中旬；C，7月下旬～8月。

ふ化幼生数の推定は，この重回帰式を用いてより高い精度で行うことができるという。ただし，すべてのふ化槽についてふ化幼生の背鰭棘間長を測定し，ふ化幼生を推定するには手間がかかる。そこで，実際にはまず単回帰式からふ化幼生数を推定して幼生を選択・収容した後，収容したものについてその数を重回帰式により推定している。ふ化幼生の一部を収容した場合は，ふ化槽に残っている幼生数を容積法で算出し，その値を重回帰式の推定尾数から差し引いて収容数を確定している。

5-1-2 収容密度

(1) 適正収容密度

ふ化幼生の適正収容密度については，種苗量産技術の開発段階から検討されてきており（愛知県水産試験場，1967；岩本・宇都宮，1972；今，1973；高橋・松井，1972），飼育時の最大水量に対し1kl当たり2万～3万尾の収容密度が適当とされている（丹下・岩本，1983）。これを基にして，現在の量産規模における飼育事例のほとんどがこれに近い値で収容されている。しかし，この収容密度が適当であるとされてから現在まですでに10年以上が経過しており，その間にガザミ種苗の量産技術も進歩してきている。そこで，この項では昭和60年から平

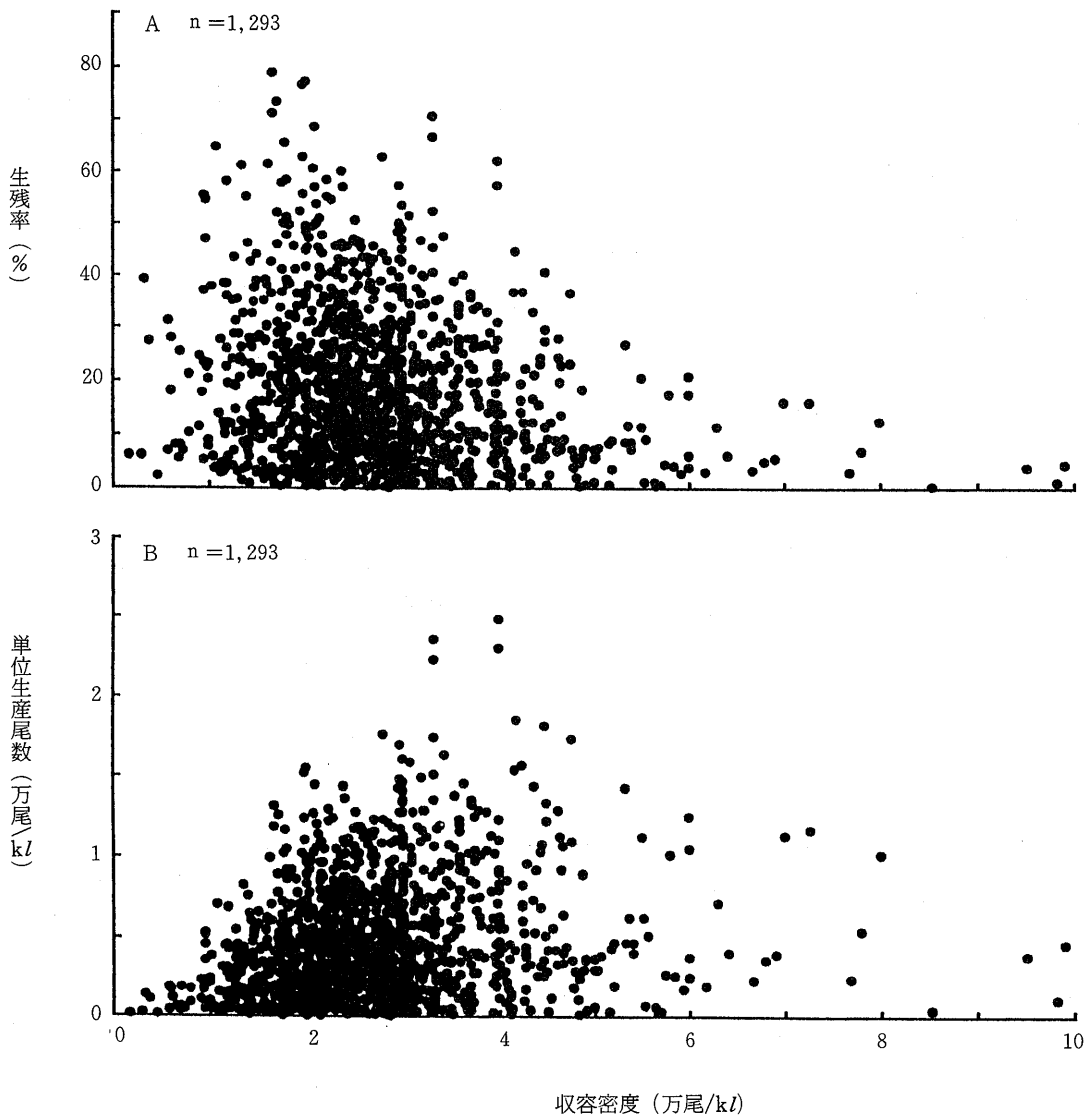
成7年のガザミ種苗生産研究検討会のデータ（事例数1,293）を用い，収容密度に対する第1齢稚ガニまでの生残率と単位生産尾数との関係を調べ，現在の飼育技術水準における適正な収容密度範囲がどの程度であるか，またそれが過去の知見と異なるかを考察した。使用した個々のデータは飼育方法や生産規模等の条件が異なるため，それぞれの条件で分類して検討すべきであるが，ここでは全体的傾向を知る目的で全てのデータを一様に取り扱った。ただし飼育を中断した事例は除外し，第1齢稚ガニまで生残率が判明している事例のデータのみを使用した。また，ふ化幼生の収容密度は飼育時の最大水量から，飼育途中で分槽（Ⅱ-5-4-9「分槽」を参照）を行っている場合は分槽先と分槽元水槽の最大水量の合計から計算した。

まず，収容密度と生残率の関係を図Ⅱ-22-Aに，収容密度と単位生産尾数の関係を図Ⅱ-22-Bに示した。両図ともにプロットに偏りがあり明瞭な相関関係はみられないものの，全体の大まかな傾向として，図Ⅱ-22-Aからは収容密度がおおよそ2万尾/klを境にしてそれより低い範囲では弱い正の相関が，それより高い範囲では負の相関が読みとれる。また図Ⅱ-22-Bからは収容密度3万～4万尾/klを境に同様の傾向がみられる。

図Ⅱ-22-Aのような傾向を示した理由として次のようなことが考えられる。すなわち，今回使用したデータの大半が既往の知見に基づき，2万～3万尾/klを基準に収容されている事例であり，給餌量や注水量等の飼育管理基準はこの収容密度を基準に決定されている。そのためこの値よりも収容密度が高く，給餌量を幼生数に対して定めた場合には，給餌量は必然的に多くなる。このような場合に注水量が不足する等の飼育管理上の欠陥があれば，飼育環境に対する負荷が大きくなるため水質悪化等を招きやすく生残率を低下させる要因となる。また反対に水質悪化を恐れて給餌量を抑えたり，給餌基準を単位水量当たりで定めている場合には幼生1尾当たりの給餌量は少なくなり，餌料不足となって生残率を低下させる要因となる。

一方，収容密度が低すぎる場合，収容尾数に対して給餌量を定めれば幼生が餌料に遭遇する機会が少なくなる。また，給餌基準を単位水量当たりで定めている場合には幼生1尾当たりの給餌量は過多となり，残餌による水質悪化が起こる可能性がある。なお，収容密度に適した給餌量や注水量等を明らかにした上で飼育を行えば，図Ⅱ-22の関係も多少変化するものと考えられる。

図Ⅱ-22から，第1齢稚ガニまで同一水槽で飼育する場合の適正収容密度は，2万～4万尾/klの範囲にあると考えられる。ただし，ゾエア期に分槽することを前提に飼育を行う場合はこれより高い値でも飼育は可能で



図Ⅱ-22 ガザミ幼生の収容密度と第1齢稚ガニまでの生残率および単位生産尾数の関係（昭和60年～平成7年）
ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。

あろう。ここで推察した適正収容密度は従来の2万～3万尾/klよりやや高い密度になっているが、これはこの約10年間で生産性が向上していることをうかがわせるものである。

適正収容密度は現段階の飼育技術レベルを反映したものであり、技術の向上に伴って変わってくる（福井県水産試験場，1972；南部，1976）。また、生産方式や飼育水槽の容量、生産計画尾数によっても異なり、それぞれの条件下でさらに検討しなければならない。

(2) 高密度飼育

種苗を効率的・経済的に生産するには、高密度生産を行う必要がある。そのためには、密度の上限を規制している要因が何であるかを明らかにし、その要因を制御する技術を開発することが重要である。

高密度での飼育実験は過去にいくつか行われている。兵庫県立水産試験場（1973）は生産効率の向上と高密度下での幼生の成長を明らかにすることを目的に、14万～21万尾/klの高密度で飼育実験を行ったが、給餌過多による水質悪化が原因で生残率、生産尾数ともに満足する

結果は得られなかった。また、南部（1979）は微流水飼育条件下で非生物餌料の投与量が幼生の生残と珪藻類の維持増殖に与える影響を検討した実験の中で、収容密度5.7万尾/klに対して、第1齡稚ガニまでの生残率36～62%、単位生産尾数2.1万～3.5万尾/klの好成績をあげた事例を報告している。また、中西・吉田（1986）は各齡期における飼育密度の上限を調べる目的で、通常より3～5倍高い収容密度11.0万尾、17.2万尾/klで飼育した結果、メガロバまでの生残率はそれぞれ51、44%、単位生産尾数はそれぞれ5.6万尾、7.6万尾/klであったことを報告している。

これらの高密度飼育実験で共通していることは、給餌した餌料の種類が多いことであり、さらに給餌量が比較的多い実験区で好成績が得られていることである。餌料の種類が多いということは、幼生の栄養要求を充たしていた可能性がある。このことは餌料の栄養価が十分である場合に、給餌量と換水率等の飼育管理を適切に行えば高密度生産も可能であることを示唆するものである。なお、南部（1979）や中西・吉田（1986）は高密度飼育の問題点として、幼生の成長による摂餌量の増大に対応して給餌量を増加させると水質悪化を招きやすく、飼育水中の植物プランクトンの代謝による水質浄化だけでは限界があることを指摘している。したがって、高密度飼育を可能にするには、幼生の成長段階別の飼育上限密度と水質悪化を引き起こさない給餌量の上限を把握するとともに、水質悪化を起こさないような飼育管理方式を開発する必要があることを指摘している。

ここに述べた高密度飼育実験は小規模で事例数も少ないため、これを直接量産規模には反映し難いと思われる。しかし、ガザミ幼生飼育における潜在的な単位生産能力と、分槽を前提とした場合の収容密度を考察する上では興味ある事例である。今後、ガザミ種苗の生産効率を高めるために、高密度飼育は再び検討されなければならない課題であろう。

一方、魚類の種苗生産過程においては、高密度飼育による種苗性の低下が指摘されている（津村・山本, 1993）。ガザミにおいてはその関係が不明であるが、高密度飼育について生産性・経済性の面からだけではなく、種苗性の観点からも今後検討していかなければならない。

（水呉 浩）

5-2 水作り方式

ガザミ幼生飼育における「水作り」の重要性についてはすでに述べた（Ⅱ-3「飼育方式」を参照）。ここでは現在行われている「水作り」方式を植物プランクトン、有機性懸濁物、細菌を使用する方法に分けて概説する。なお、具体的な手法についてはⅣ章の実例を参照いただ

きたい。

5-2-1 植物プランクトン

従来から「水作り」には種々の植物プランクトンが使用されており、大まかにはグリーン海水とブラウン海水に分類できる。ここでは、グリーン海水とブラウン海水について説明し、両者を「水作り」に用いた比較飼育試験を紹介する。

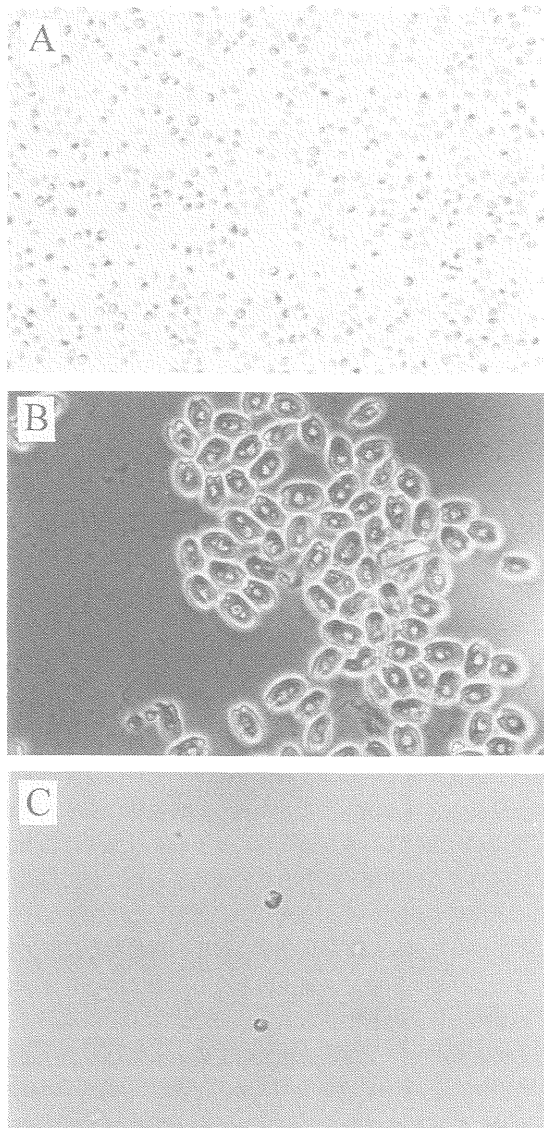
(1) グリーン海水

グリーン海水は一般に海産クロレラ、クラミドモナス等の単細胞緑色藻類が繁殖して緑色を呈する飼育海水の総称である（和田・丹下, 1983）。

グリーン海水の添加効果については、水中照度、pH、および溶存酸素の調節、窒素やリンの吸収等の好適な非生物的環境の構築が考えられている。ただし、これまでその効果を実験的に検討した例はない。ゾエア幼生に対する直接的な餌料価値については、いくつかの機関で研究が行われており、大分県浅海漁業試験場（1968）のクラミドモナスを用いた実験によると、ゾエア幼生がクラミドモナスを取り込むことは確認されたものの、その餌料価値については確認されていない。また、丹下・柄多（1978a）がクロレラ海水の第1齡ゾエアに対する餌料価値を調べた結果によると、第2齡ゾエアへ脱皮する個体が全くみられなかったことから、餌料価値はなく、生残期間が対照区よりも長かったのはクロレラ海水に二次的に発生する微生物が餌料として利用されたことに起因すると推察されている。これらのことからクラミドモナスやクロレラ海水はガザミ幼生に対する直接的な餌料価値はなく、ワムシ等の餌料生物を介した間接的な効果があるものと考えられている。

従来のグリーン海水の状態は天候や水温およびワムシの給餌によって左右され（南部, 1979）、藻類の密度が急激に低下して透明化した時（いわゆる水変わり）や、異常に増殖した時にはゾエアが大量にへい死する現象が観察されていることから（福井県水産試験場, 1970）、グリーン海水による安定した水作りは必ずしも容易ではなかった。

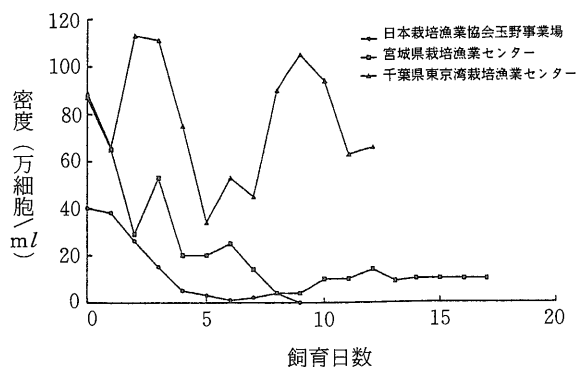
今日グリーン海水として使用されてるのはナンノクロロプシス（写真Ⅱ-2-A）であり、一般的には飼育水中の密度が40万～50万細胞/mlになるよう毎日不足分を添加する。ここで、飼育水中のナンノクロロプシス密度の推移を、日本栽培漁業協会玉野事業場、宮城県栽培漁業センター、および千葉県東京湾栽培漁業センターの代表例として図Ⅱ-23に示した。飼育水に添加したナンノクロロプシス密度は機関ごとに異なり、全体では数万から110万細胞/mlの範囲を上下変動を繰り返しながら推移しているが、飼育水中のナンノクロロプシス密度の維持



写真Ⅱ-2 ガザミ幼生飼育の「水作り」に使用するあるいは使用が期待される植物プラントン（日本栽培漁業協会）

A, ナンノクロロプシス（細胞長径約 $2 \sim 4 \mu\text{m}$ ）；B, テトラセルミス（細胞長径約 $10 \sim 15 \mu\text{m}$ ）；C, *Chaetoceros celcitrans*（細胞幅 $4 \sim 10 \mu\text{m}$ ）。

は、一般的に日本栽培漁業協会玉野事業場や宮城県栽培漁業センターの事例のように飼育経過に伴い困難になる。ナンノクロロプシスは増殖良好なものを選び、大半の機関が午前中にポンプで10～30分かけて添加している。また、千葉県東京湾栽培漁業センターや大阪府漁業振興基金栽培事業場では既存の植物プランクトン濃縮装置を用いていったん濃縮し、取り扱う水量を少なくして



図Ⅱ-23 ガザミ幼生飼育水槽におけるナンノクロロプシスの推移

アンケート調査結果から作成した。3機関の代表例を示した。

添加している。さらに日本栽培漁業協会玉野事業場や山口県内海栽培漁業センターでは、添加した肥料由来の窒素化合物の飼育水への持ち込みを防ぐため、ナンノクロロプシスが窒素化合物を吸収し、窒素濃度が低くなった培養開始後5日以上経過したものを使用している。これらの手法によりいくつかの機関で単位生産尾数1万尾/klを上回る事例もみられる。

ナンノクロロプシスの培養は、梅雨や夏季の高水温期にしばしば不調になることが知られている。この時期のナンノクロロプシスに替わる藻類として用いられてきたものの中にブラシノ藻類のテトラセルミス (*Tetraselmis tetrahele*) (写真Ⅱ-2-B) がある。岡内 (1988) によると、テトラセルミスは水温 $5 \sim 33^\circ\text{C}$ 、また塩分 $6 \sim 53\text{‰}$ の広い範囲にわたって増殖するため、周年培養条件を調整することなく屋外での大量培養が可能という。さらに、テトラセルミスを用いてクルマエビおよびその近縁種の量産試験を行ったところ、対照とした耐高温性の *Chaetoceros ceratosporum* 給餌区と大差ない結果が得られたことから、種苗量産過程へ導入が可能であると結論している。今後、ガザミ幼生飼育における「水作り」への応用が期待される。

(2) ブラウン海水

ブラウン海水とは *Skeletonema*, *Thalassiosira*, *Chaetoceros* 属等の珪藻類が繁殖して褐色を呈した飼育水の総称である (和田・丹下, 1983)。

ガザミ幼生飼育におけるブラウン海水の使用は、後述するように有機性懸濁物との併用によって単位生産尾数の飛躍的な増大をもたらした (高橋・松井, 1972)。そのため、それ以降ガザミ幼生飼育における「水作り」方式として、有機性懸濁物を使用し、ブラウン海水を維持する手法が一般化することになった。

表Ⅱ-7 ガザミ種苗産水槽へ添加される珪藻用肥料

機関	栄養塩の添加基準 (g /kl)					添加頻度
	KNO ₃	Na ₂ HPO ₄	NaH ₂ PO ₄	NaH ₂ SiO ₄	クレワット ₃₂	
静岡県温水利用研究センター	10.0	1.5		2.6	2.0	水色が薄くなったとき
山口県内海栽培漁業センター	20.0	2.0		2.5	1.5	貯水時, 3~4日ごと, 同上
愛媛県中予栽培漁業センター	1.3		0.2	0.2	1.0	幼生収容3日前
大分県漁業公社国東事業場	2.0	0.6		0.3	0.3	4~5日に1~2回

次項で述べるように、飼育水中の三態窒素濃度はブラウン海水の方がグリーン海水よりも低く推移することから、ブラウン海水を使用した場合、その水質保全効果が期待できる。丹下・柄多(1978a)はゾエア幼生に対するブラウン海水の餌料価値に関するいくつかの実験を行い、*Skeletonema* sp. を主体としたブラウン海水中(10万細胞/ml)に第1齢ゾエアを収容した結果、第3齢ゾエアまで高い生残率で成長した。このことから、ブラウン海水中には第1齢、第2齢ゾエアにとって有効な直接的餌料が存在する可能性が示された。また、ゾエア幼生が珪藻を直接摂餌するか否かについてはいくつかの実験例がある。一例として、広島県水産試験場(1978)は第1齢と第3齢ゾエアを *Chaetoceros calcitrans* と *Chaetoceros affinis* の中にそれぞれ収容し、24時間後のクロロフィル a の量的変化からゾエア幼生の珪藻に対する摂餌を評価した。その結果、*Chaetoceros calcitrans* に収容した第1齢ゾエアの実験区だけが対照区よりも明らかにクロロフィル a 量が少なかったことから、間接的な手法ではあるが、第1齢ゾエアによる *Chaetoceros calcitrans* の摂餌を確認している。以上のように、ブラウン海水を使用した場合、ゾエア幼生が珪藻を直接餌料として利用することが期待できる。なお、Harms and Seeger (1989) は、3種類の珪藻 (*Biddulphia sinensis*, *Thalassiosira rotula*, *Skeletonema costatum*) を餌料として飼育した7種類のカニ、ヤドカリ類のゾエア幼生の生残と発育が給餌を行わなかった対照区よりも良好であったことを報告している。

今日ブラウン海水を用いる「水作り」方式の多くは、飼育当初にあらかじめ他の水槽で培養した珪藻(通常は複数種)を元種として添加するか、あるいは飼育当初はナンノクロロプシスを添加し、その後適宜施肥(表Ⅱ-7)することによって珪藻の増殖を促し、その密度を一定に保持する方法で行われている。

飼育水中に出現する珪藻の種類や発生状況を調査した事例がいくつかみられる。大阪府水産試験場(1988)によると、出現した珪藻は13種であり、そのうち主要なものは *Skeletonema*, *Thalassiosira*, *Rhizosolenia*, *Chaetoceros*, *Eucampia*, および *Nitzschia* 属であった。また、ガザミ

幼生飼育水中に発生する珪藻は、おおむね *Skeletonema*, *Chaetoceros*, *Nitzschia* 属等の比較的小型種から *Rhizosolenia*, *Eucampia* 属等の比較的大型種へ推移する可能性が示されている。大分県漁業公社国東事業場の事例では、飼育当初にはナンノクロロプシスを添加しているが、第2齢ゾエアの頃には *Chaetoceros*, *Skeletonema*, *Thalassiosira*, および *Melosira* 属等数種類の珪藻が出現し、第3齢ゾエア頃にはナンノクロロプシスや珪藻の減少に伴って一時的に鞭毛藻類が増殖するが長く続かず、再び *Melosira* 属が増殖するようになるという。*Melosira* 属が優占種となると微小藻類の種組成が安定し飼育終了まで継続する場合が多く、例年ほぼ同様な消長パターンがみられるという。

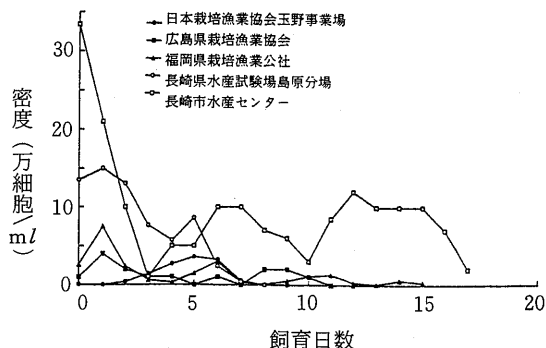
これらの手法は各事業場の地先海水に分布する珪藻を積極的に増殖させ、利用したものである。しかしながら、これらの手法によってガザミ幼生に好適な珪藻を必要な時に、しかも優占的に増殖させ、さらにその密度を適度に維持し続けることは決して容易なことではない。この対策として安元ら(1992)は、従来から貝類の餌料として用いられている *Chaetoceros calcitrans* (写真Ⅱ-2-C) を単一種で大量培養し、これを「水作り」使用したところ、単位生産尾数22,200尾/kl という好成績をあげることができた。以来、長崎県水産試験場島原分場では安定して単位生産尾数1万~2万尾/kl の好成績をあげている。*Chaetoceros calcitrans* は、元種培養から3~5l フラスコ、100l ポリカーボネイト水槽、および幼生飼育水槽である16あるいは45kl 水槽へと順次拡大培養する。ふ化幼生の収容は、*Chaetoceros calcitrans* が5万~10万細胞/ml 以上に増殖した段階で行い、その密度が第3齢ゾエアまで数万細胞/ml 以上になるよう別途培養した *Chaetoceros calcitrans* を適宜添加する。松村・高木(1993)は *Chaetoceros calcitrans* の添加効果について検討した結果、飼育水中の無機三態窒素およびリンの測定値は *Chaetoceros calcitrans* を添加した方が植物プランクトン無添加の対照区よりも高かったことから、*Chaetoceros calcitrans* の添加効果は水質保全よりもむしろ *Chaetoceros calcitrans* 自体が幼生に摂取されてその栄養要求が充足されることにあると推察している。

このような状況を背景に、他機関においても *Chaetoceros calcitrans* や近縁種の *Chaetoceros gracilis* を使用した「水作り」方式が試みられつつある。ここで、参考までに飼育期間中の珪藻密度の推移を *Chaetoceros calcitrans* の場合が長崎県水産試験場島原分場、日本栽培漁業協会玉野事業場、および広島県栽培漁業協会、また *Chaetoceros gracilis* の場合が長崎市水産センターを代表例として図Ⅱ-24に示した。また、*Chaetoceros gracilis* と天然珪藻を混合して使用している福岡県栽培漁業公社の事例も同時に図Ⅱ-24に示した。

一般に、水作りにブラウン海水やグリーン海水等の植物プランクトンを使用して飼育成績が良好となるのは、ガザミ幼生にとって好適な植物プランクトンやさらにそれを取りまく細菌相等の生態系が、生物学的および非生物学的環境面での必要条件を十分に充たした場合と考えられる。長崎県水産試験場島原分場において、*Chaetoceros calcitrans* を水作りに用いて飼育成績が格段に向上したということは、ガザミ幼生が要求する何らかの条件をかなり高い水準で充たしていたと考えることができる。現在のところ、飼育水に *Chaetoceros calcitrans* を添加した場合にガザミ幼生の生残に対して有効に作用する物質が何であり、その生成過程や作用等不明な点はあるものの、将来これらのことが解明され、代替餌料の開発が可能になれば、水作りを行わなくても効率よくガザミの種苗を量産することが可能になるであろう。その意味からすれば、単一種の珪藻を使用した飼育で良好な成績が得られていることは、今後の「水作り」を考える上で大変意義深いことと思われる。

(3) グリーン海水とブラウン海水の比較

グリーン海水やブラウン海水がガザミ幼生の生残に及ぼす影響を実験的に解析した例は少ないが、広島県栽培漁業協会と広島大学の松田らのグループは平成元年から

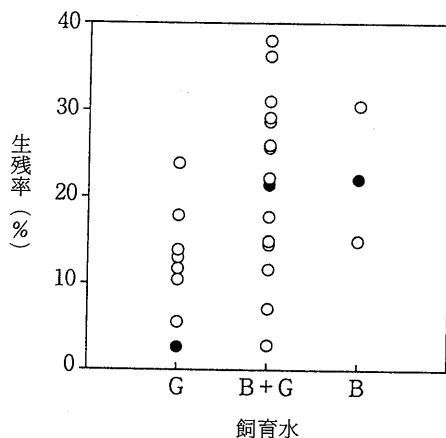


図Ⅱ-24 ガザミ幼生飼育水槽における珪藻密度の推移
アンケート調査結果から作成した。5機関の代表例を示した。

3年にかけてグリーン海水（ナンクロロプシス）、ブラウン海水、およびグリーン海水とブラウン海水を併用した3通りの「水作り」方法で飼育試験を行い、水質環境と植物プランクトンの生理状態がガザミ幼生の生残率に及ぼす影響を調査している（楊ら、1992；松田ら、1992；楊ら、1994）。

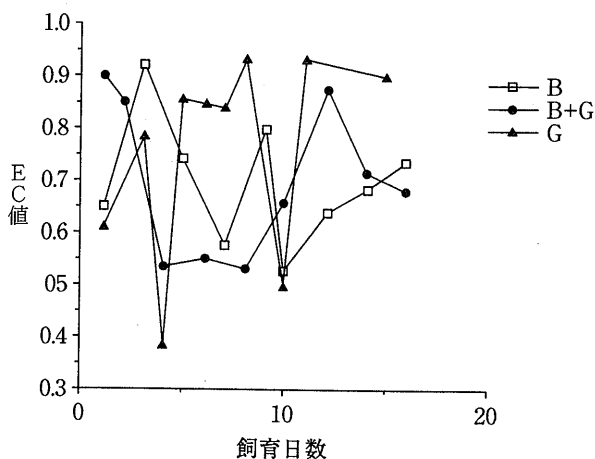
まず、3通りの「水作り」方法における生残率をみると（図Ⅱ-25）、グリーン海水を使用した場合には高い事例がほとんどなく、逆にブラウン海水の場合には極端に低くなる事例はなかった。

松田ら（1992）はグリーン海水やブラウン海水中の植物プランクトンの生理状態を、Energy charge (EC) と光合成色素類組成を指標として評価することを試みた。ECは次式で与えられる（松田ら、1991）。 $EC = (ATP + 1/2ADP) / (ATP + ADP + AMP)$ 。ここで、AMP、ADP、およびATPはそれぞれアデノシン1リン酸、アデノシン2リン酸、アデノシン3リン酸である。EC値は理論的には0から1まで変化する。松田ら（1991）は室内培養した珪藻 *Thalassiosira weissflogii* の増殖開始から死滅までのEC値を測定したところ、EC値は増殖開始時に高く（0.7以上）、増殖停止期まで徐々に低下して極小値（約0.6）を示し、その後再上昇するが、死滅時には再び低下（約0.5）することを確認し、EC値が植物プランクトンの増殖活性の指標になり得るものと推察している。一方、佐光ら（1991）によれば、植物プランクトンの増殖、死滅時には必ずクロロフィルaの消長、分解が伴うことから、クロロフィルaの量的変動とともにクロロ



図Ⅱ-25 3種の異なる海水を用いて飼育したガザミ幼生の生残率の比較（平成元年～3年）（楊ら、1994）

G、グリーン海水；B+G、ブラウン+グリーン海水；B、ブラウン海水。●は図Ⅱ-27に示した三態窒素が測定された事例である。

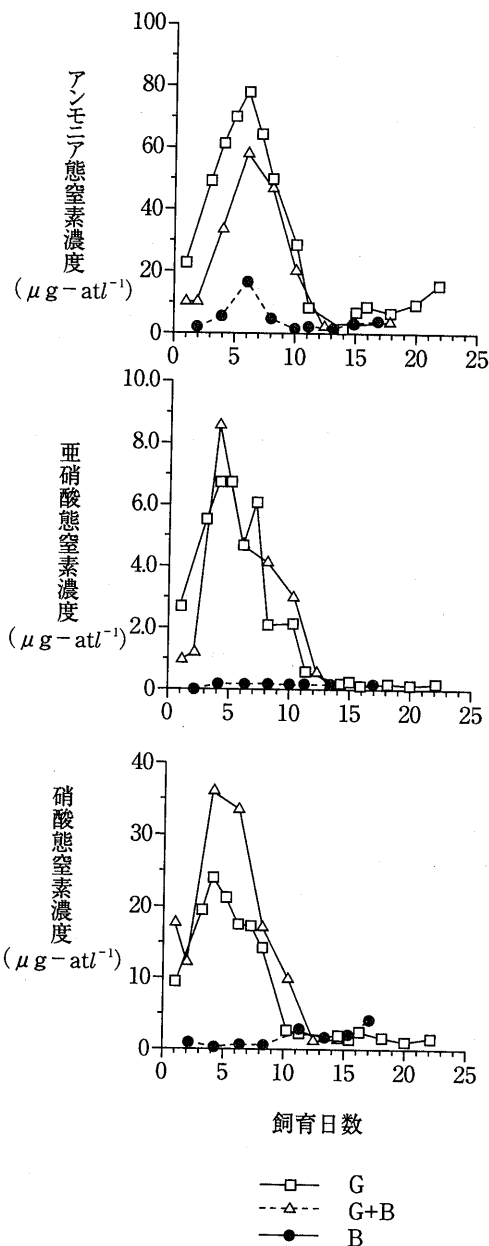


図II-26 3種の異なるガザミ幼生飼育水におけるEC値の変動(松田ら, 1992より作成)

フィルaの変質過程を捉えることができれば、海域における植物プランクトンの増減とともにその生理状態の変化も知ることができるという。また、珪藻 *Thalassiosira weissflogii* の増殖、死滅に伴うクロロフィルa類の組成変化、さらに天然植物プランクトン群集の各種栄養条件下でのクロロフィルa類の組成変化を半自然条件下において調べたところ、植物プランクトンの安定期から死滅期にかけてはクロロフィルaの分解産物であるフェオ色素の割合が高かったことを明らかにしている。松田ら(1992)によれば、平成3年に行った3通りの「水作り」手法におけるEC値(図II-26)は、ブラウン海水ではほぼ0.6以上の高い値であったのに対し、グリーン海水では0.4~0.9の範囲で大きく変動した。また、併用した場合はやや低めの値となった。一方、光合成色素類組成の分析結果によれば、ブラウン海水ではフェオ色素の占める割合が低かったのに対し、グリーン海水ではその割合が高かった。

また、楊ら(1994)は平成3年に行った各「水作り」手法におけるアンモニア態窒素、亜硝酸態窒素および硝酸態窒素の変動を調査したところ、グリーン海水の三態窒素はブラウン海水よりも高く推移していた(図II-27)。

以上のことから彼らは、グリーン海水を使用した飼育水槽では植物プランクトンの生理状態が不安定で、これが時として水槽底に大量の有機性の沈殿物を形成する場合があること、またナンノクロロプシスは珪藻に比較して蛋白質含有率が高く(楊ら, 1992)、その沈殿物が微生物によって分解されて水中のアンモニア濃度が上昇し、水質が悪化して低い生残率となったのに対し、ブラウン海水では植物プランクトンの生理状態が安定していたために水質の管理も容易になり、良好な飼育結果に



図II-27 3種の異なるガザミ幼生飼育水におけるアンモニア態窒素、亜硝酸態窒素および硝酸態窒素の変動(楊ら, 1994)

なったものと推察している。

実際に広島県栽培漁業協会においてグリーン海水単独で飼育した9事例のナンノクロロプシスの最高密度は120万~310万細胞/mlの範囲で、平均して224万細胞/mlもあった。このように一般的に使用されている密度よりも高くなった場合には、なんらかの要因によって植物プラ

ンクトンの生理状態が不安定となり、水槽底に大量の沈殿物を形成する可能性が高い。この際、こうした沈積物を底掃除によって除去したり、大量の換水によって水質を保全しなければ、局所的に貧酸素状態となったり、窒素化合物や硫化水素等幼生にとって有害な物質が多量に生成され、幼生に悪影響を及ぼすものと考えられる。

(村上啓士)

5-2-2 有機性懸濁物

高橋・松井(1972)は飼育水中のグリーンあるいはブラウン海水の色落ちによる水変わりを防止するため、クルマエビ幼生飼育における珪藻類増殖技術を応用して、いわゆる有機性懸濁物をガザミ幼生飼育の「水作り」に使用した。その具体的手法は、幼生収容時または数日前にガザミ幼生の飼育水にクロレラ(おそらくナンノクロロプシスと思われる)を低密度で添加した後、有機性懸濁物を含む肥料を添加し、クロレラと自然発生してくる珪藻類、原生動物等の密度と活性を飼育期間中適度に維持した状態を作り出すことであった。有機性懸濁物はアサリ汁、醤油粕、プランクトン増殖促進剤(マリンG)等の有機質肥料を混合したもので、彼らは1kl水槽を用いた飼育実験で飼育水にアサリ汁2g、醤油粕2g、およびマリンG1gを毎日添加することによって、第1齢稚ガニ15,200尾、生残率50.6%と極めて良好な飼育結果を得ることができた。以来この方法が「水作り」手法として一般的に用いられるようになった。

有機性懸濁物の添加効果はその後詳細に検討された結果、それを構成するアサリ汁、醤油粕、マリンG単独では幼生の直接餌料となり得ないが、マリンGとの複合作用により珪藻類の急激な減少を防ぐとともに、二次的に発生する微細プランクトンがワムシやアルテミアの餌料として利用されることで、その餌料価値が高まると推察されている(丹下・柄多, 1978a, 1979)。

しかしながら、有機性懸濁物による「水作り」が成功するか否かは天候に左右されやすく、また優占する植物プランクトンの種類や量を選択的に制御することが非常に困難で、技術者の経験と勘に頼る部分が多い。有機性懸濁物を使用した飼育事例の頻度は昭和60年には52%と高かったが、以上のような理由から平成2年には24%、平成7年には5%と年々低くなりつつある。

5-2-3 細菌

日本栽培漁業協会玉野事業場は、今村・梶田(1972)によってクルマエビ幼生の餌料として開発された人工の有機懸濁物、すなわち微生物フロックをガザミ幼生飼育へも応用した結果、昭和55年には平均生残率43.0%で586万尾の稚ガニを生産することができ、その効果を示

表Ⅱ-8 ガザミふ化幼生の生残と活力に及ぼす細菌と酵母の影響 (Maeda et al., 1992を一部改変)

株 ^{*1}	微生物	生残率(%) ^{*2}		活力 ^{*3}
		17時間後	24時間後	
F-1	酵母	13	0	0
F-2	細菌	38	38	0.33
F-3	細菌	75	75	0.67
F-4	酵母	67	11	0.17
F-5	酵母	44	11	0.25
対照		50	45	0.66

^{*1} 幼生飼育水へ珪藻 *Navicula* sp. (10^4 細胞/ml) とともに 10^8 細胞/mlになるよう添加した。

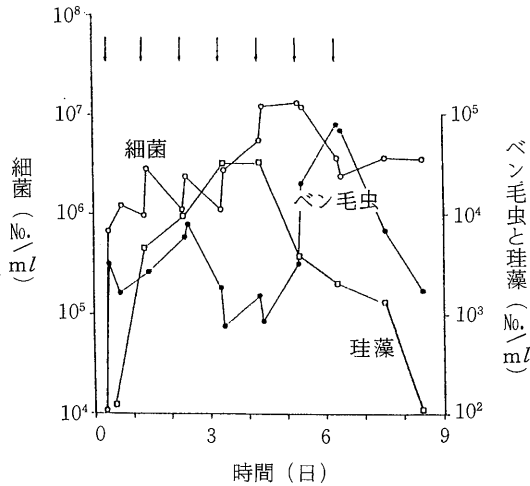
^{*2} ふ化後17,24時間後の生残率を示す。

^{*3} ふ化後17時間後に生残していた幼生のうち、走光性を示した幼生の割合を示す。

した。

この微生物フロックは、海水1lに原料としてグルコース1.5g、硫酸0.18g、および第2リン酸カリウム0.065gを添加し、水温を 31 ± 1 ℃に調整後、通気と攪拌を行って自然発酵させたものである(多賀・安田, 1979)。多賀・安田(1979)は微生物フロックの生産過程を解析した結果、上記のような手法では培養槽内の環境要因の経時的変化に伴い生産されるフロックの微生物相が特定なものへと変化していく一方で、培養に使用する海水中的細菌相も季節的に大きく変動するため、微生物フロックの微生物相を保持することが困難な場合があると指摘している。このように中身が安定しない微生物フロックを使用した飼育においては、飼育水中に常にガザミ幼生に好適な微生物群集をつくり出せるものではなく、時として幼生にとって好ましくない場合もある(Maeda et al., 1992)。現実には昭和60年以降にビブリオ病が頻発し、生産が一時不安定な状態となった(野上・手塚, 1986; 野上, 1989; 室賀ら, 1989)。

ガザミ幼生飼育を含めた水産増養殖における微生物の働き等については、前田(1994)の総説に詳しく報告されている。その総説によると、養殖環境には餌料生物や種苗の成長を促進する、あるいは阻害する微生物が存在しており、これらの微生物群と飼育対象物との相互作用が良好に推移した場合に生産性が向上すると考えられるので、細菌、原生動物、微細藻類等から構成される微生物群集の総合的な管理が必要という。例えば、Maeda et al. (1992)はガザミ幼生飼育水や自然海水から細菌や酵母を分離し、これらの純培養株をガザミ幼生の飼育水中に添加して幼生の生残率と活力を評価したところ、多くの株が幼生に対して毒性を示したが、その生残と活性を向上させる細菌も存在したという(表Ⅱ-8)。さらに、

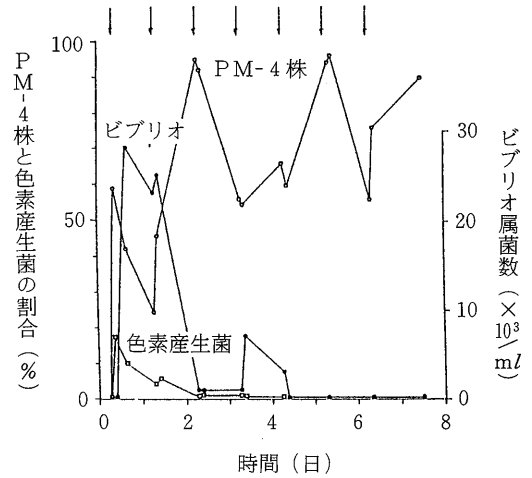


図Ⅱ-28 ガザミ幼生飼育水中の細菌、鞭毛虫、珪藻数 (Nogami and Maeda, 1992)

↓はPM-4培養株の添加を示す。

彼らは微生物フロックを使用したガザミ幼生飼育水中の細菌、珪藻、および原生動物の増減を調べたところ、ふ化直後には細菌数が急激に減少し、さらに第2齡ゾエアに至るまでにまず原生動物（鞭毛虫）、次いで珪藻が減少したことから、ガザミ幼生はふ化直後の数日間に、これら微生物を順次摂食しているものと考えている。

この前田（1994）の考え方にに基づき、日本栽培漁業協会玉野事業場は病害微生物防除の効果と微生物食物連鎖の利用を併せた微生物管理方法の実用化を目指し、新たな「水作り」手法の開発を行った結果、平成元年からガザミ幼生の生残と発育に有効な細菌を純培養して飼育水へ添加する手法（図Ⅱ-28）、いわゆる「バイオコントロール法」を事業へ導入し、実用化した（Nogami and Maeda, 1992）。同場は平成2年と3年に本法でそれぞれ831.0万尾、生残率27.2%、954.0万尾、生残率39.6%の種苗を生産した。これは同年のナンノクロブシス添加法による292.0万尾、生残率6.8%、351.0万尾、生残率12.1%と比較し、明らかに良好な飼育成績である（Nogami and Maeda, 1992）。この方法で用いる細菌は、Maeda and Liao（1992）がウシエビ *Penaeus monodon* 養殖池から分離した菌株（PM-4株）であり、表Ⅱ-8に示した菌株（F-3）よりもガザミ幼生の活力を向上させる効果を持つという。PM-4株はガザミ幼生に直接、あるいはワムシを介して間接的に餌料として利用されること（写真Ⅱ-3）（野上・前田, 1992a）、またビブリオ属細菌等の増殖を抑制すること（図Ⅱ-29）（Nogami and Maeda, 1992）が確認されている。



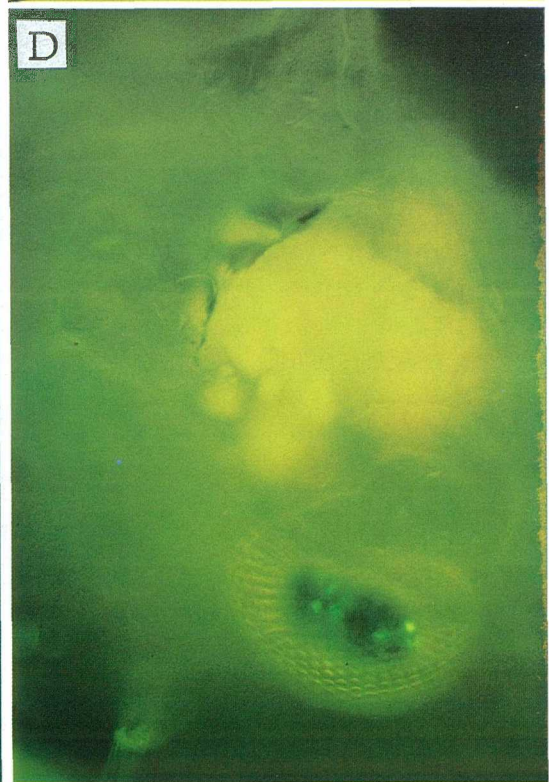
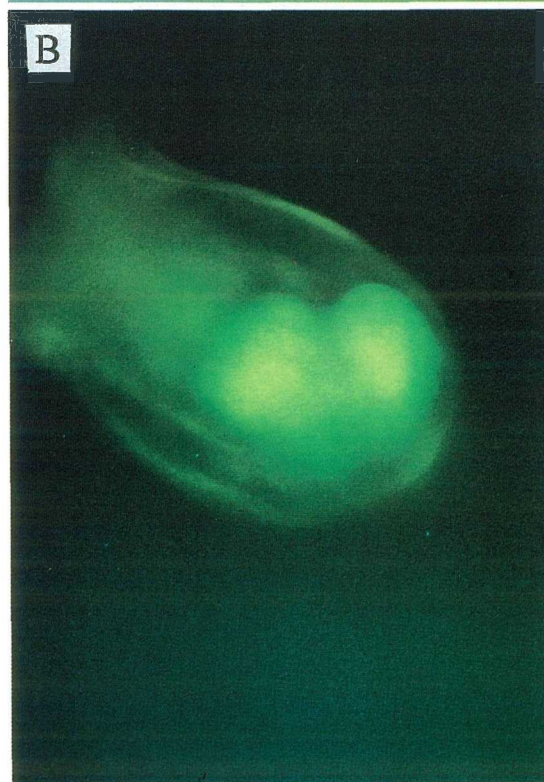
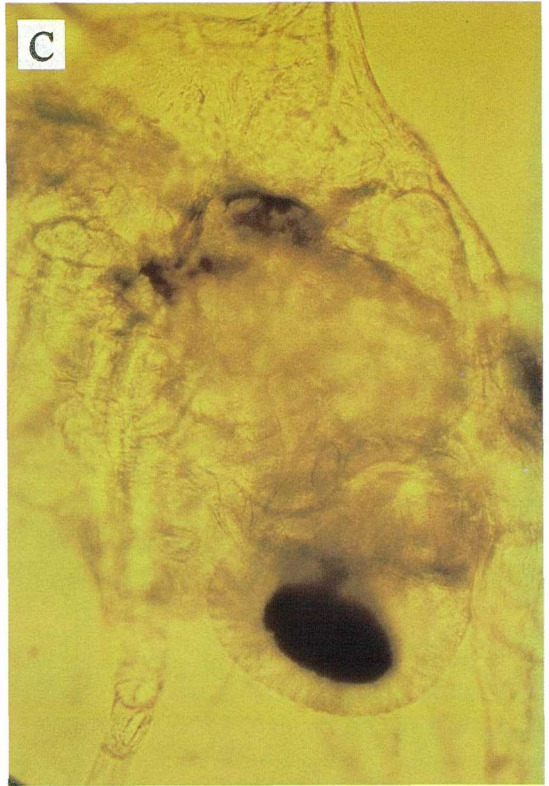
図Ⅱ-29 ガザミ幼生飼育水中における添加したPM-4株、ビブリオ属細菌および色素産生菌の変動 (Nogami and Maeda, 1992)

↓はPM-4培養株の添加を示す。

5-3 水作りによらない飼育方式

植物プランクトンの維持・培養を主体とした「水作り」は、地先海水の特性や天候等によって影響を受けやすく、幼生にとって常に有用な微生物生態系が形成されるとは限らない。近年では、勘に頼りがちな従来の「水作り」に代わるものとして、「水作り」によらない、換言すれば、飼育水中に微生物生態系の形成を意図的に行わない飼育方式もいくつか試みられている。

尾田（1986a）は、メガロパへの変態前後における大量へい死の原因が、水質の悪化、有害微生物の発生、栄養性欠陥を含む幼生の活力不足等によると考えられることから、これらの要因をできるだけ除去することを目的に以下の流水式飼育方法を試みた。すなわち、飼育水を常時流水として水質の安定化を図るとともに、生物餌料の薬浴による有害細菌の減少、生物餌料の脂質強化による栄養改善、さらに微粒子配合飼料の給餌による栄養補給を図った。その結果、第1齡稚ガニまでの平均生残率37.8%、平均単位生産尾数11,333尾/klという安定した飼育を行い、従来の「水作り」による方法でなくても幼生飼育が可能であることを示した。以来、岡山県水産試験場栽培漁業センターではこの手法を改良し、安定した飼育結果をあげている。具体的には、飼育水中の照度の制御や飼育水中のワムシの餌料としての効果を期待して、濃縮淡水クロレラを飼育水1kl当たり5～20mlを基準に、ゾエア期は午前中に1回、またメガロパから稚ガニまでは午前と午後に添加する。ワムシは給餌2日前から栄養強化のために油脂酵母で培養し、ニフルスチレ



写真Ⅱ-3 ワムシとガザミゾエア幼生による細菌 (PM-4株) の摂餌 (野上・前田, 1992a)

蛍光色素で染めた細菌がワムシ (個体の被甲長は $180\mu\text{m}$ 程度) とゾエアの胃部に確認できる。A, Cは通常の顕微鏡撮影によるワムシとゾエア, B, Dは蛍光顕微鏡撮影によるワムシとゾエアである。

ン酸ナトリウム（1 mg/l）で2時間薬浴して給餌する。配合飼料はゾエア期間中自動給餌機を使用し、5:00から19:00までの間に8回に分けて給餌する。この手法によって、平成7年の生産尾数は629.3万尾、生残率は22.2～42.5%の範囲で平均27.3%と高い水準に達している。

流水飼育は、水温が低い時期には加温に燃料費がかかりコスト高となるが、逆に水温が高い時期には流水によって水温の上昇を防止できるため、従来の止水飼育方式では不可能であった高水温期の飼育が可能になる等の利点もある。なお、飼育水中のワムシの栄養強化と飢餓防止、並びに飼育水中の照度調整を目的として使用されてきた素材として、濃縮淡水クロレラの他に濃縮ナンノクロロプシス、ユーグレナ（尾田ら、1995）、油脂酵母、イースト、および微粒子配合飼料等があり、単に照度調整用に使用されてきた素材として食用色素がある。これらの添加物はすべて市販されているもので、その品質、あるいは供給の面で自家培養した植物プランクトンよりも安定している。今後、これら添加物の効果を科学的に解明することによって、利用頻度はさらに高まるものと思われる。

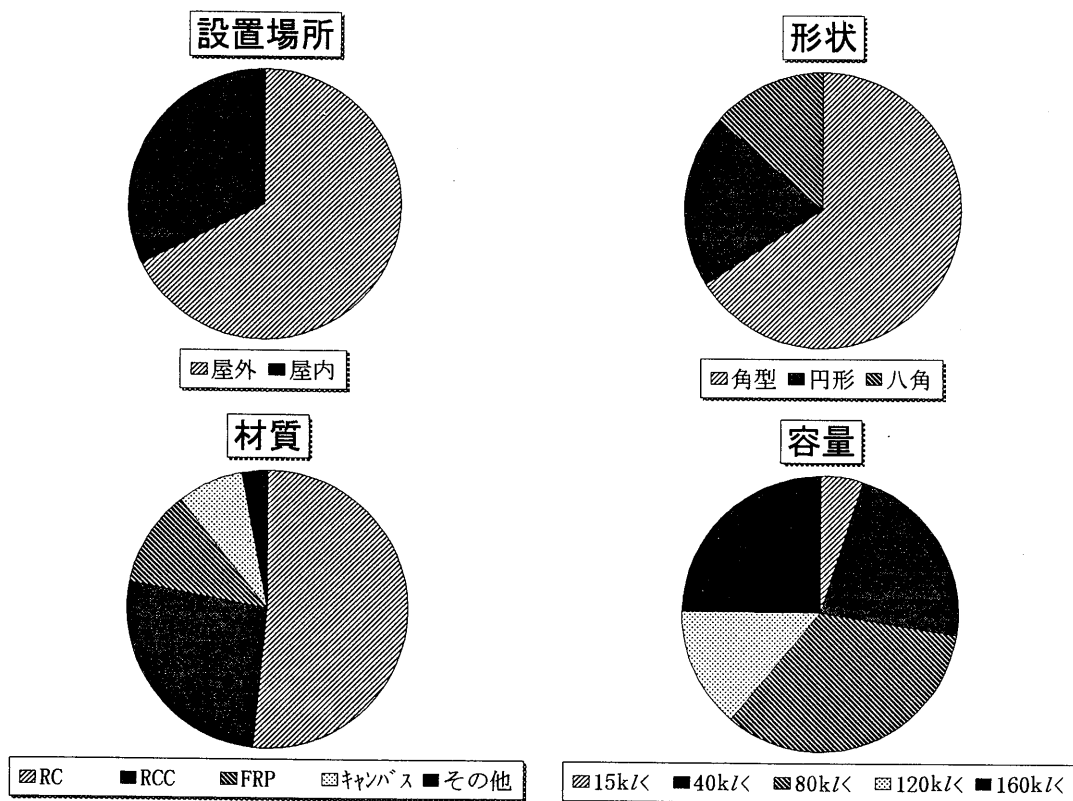
（村上啓士・水呉 浩）

5-4 飼育設備と環境管理

5-4-1 水槽

過去の調査（丹下、1983a）では、事業規模の飼育水槽として鉄筋コンクリート水槽が例外なく用いられており、特殊な例として素堀り池も利用されていた。現在では事業規模の大型水槽においてもFRP製やキャンバス水槽があり、各機関の立地条件や対象魚種の多様化により様々な水槽を使用するに至っている（表Ⅱ-9）。

今回のアンケート調査結果によれば（表Ⅱ-9、図Ⅱ-30）、21機関で延べ132水槽を使用しており、このうち約7割は屋内に設置した水槽で、材質は鉄筋コンクリート（RC）・キャンバス・FRPの3種類に大別され、鉄筋コンクリート水槽では表面をエポキシ樹脂やFRP等でコーティングしたもの（RCC）もある。形状は角型の水槽が大半を占めており、円形水槽や八角形的水槽もある。飼育水槽の容積（有効水量）は15～200kℓと多様であるが、100kℓ前後の水槽が最も多い。これは親ガニ1尾からふ化する幼生数を200万～300万尾とすると、平均的な収容密度（Ⅱ-5-1-2「収容密度」を参照）からみて適当



図Ⅱ-30 ガザミ幼生飼育水槽の設置場所、材質、形状および容量
アンケート調査結果から作成した。

表Ⅱ-9 ガザミ種苗量産に使用される水槽

機関	種類	材質*1	形状	使用数	場所	寸法 (m)	有効 水量 (kt)	平均水深 (m)	水槽			給水管			排水管			建設時の 使用目的
秋田県水産振興センター	1	RC (FRP)	角型	10	屋内	5.5×5.5×2.0	48	1.8	1/100	2	50	1	50	1	50	1	50	魚類生産
	2	RC (FRP)	角型	4	屋外	7.0×8.0×2.0	90	1.8	1/100	2	50	1	50	1	50	1	50	甲殻類生産
宮城県栽培漁業センター	1	RC	角型	2	屋内	9.0×9.0×1.6	70	1.1		3	50,65,65	1	50	1	50	1	50	餌料培養
	2	RC	角型	2	屋内	4.0×5.0×1.6	25	1.3		2	50,65	1	50	1	50	1	50	餌料培養
千葉県東京湾栽培漁業センター	1	FRP	円型	8	屋内	径5.5×1.1	25	1.1	75/2250	1	75	1	150	1	150	1	150	ワムシ培養
静岡県温利用研究センター	1	RC (エポキシ)	八角型	8*3	屋外	径10.0×2.5	160	2.0		1	65	1	250	1	250	1	250	親魚養成
	2	RC (エポキシ)	八角型	2	屋外	径10.0×2.5	160	2.0		1	65	1	150	1	150	1	150	クルマエビ生産
愛知県栽培漁業協会	1	RC	角型	4	屋外	10.8×9.8×2.0	200	2.0	30/1000	2	125	4	100	2	100	4	100	クルマエビ・ガザミ生産
大阪府漁業振興基金栽培事業場	1	RC	角型	4	屋内	7.3×6.7×2.0	100	2.0		3	40,100,100	2	100	2	100	2	100	ガザミ生産
兵庫県栽培漁業協会	1	RC (エポキシ)	円型	5	屋内	径8.0×2.5	100	2.2		3	75	1	200	1	200	1	200	ガザミ生産
岡山県水産試験場栽培漁業センター	1	RC	八角型	8	屋内	底92㎡×1.5	120	1.0~1.3	10/1000	2	100	2	200	1	200	2	200	ヨシエビ・ガザミ生産
	1	RC (FRP)	角型	6*4	屋内	10.0×10.0×2.2	200	2.0	3/100	3	50,75,100	3	100	3	100	3	100	クルマエビ生産
日本栽培漁業協会玉野事業場	1	RC	角型	3	屋内	3.7×4.6×1.5	25	1.5	1/50	2	15,20	2	100	2	100	2	100	ワムシ培養
広島市水産振興協会	1	RC	角型	4	屋内	8.0×8.0×1.7	85	1.7	10/178	2	50	2	125	2	125	2	125	ガザミ生産
広島県栽培漁業協会	1	RC	角型	4	屋内	6.5×5.5×1.5	45	1.3	5/100	1	100	2	100,150	1	100	2	100,150	アユ・クロダイ生産
山口県内海栽培漁業センター	2	RC	角型	6	屋内	6.5×7.0×1.5	55	1.3	5/100	1	100	2	100,150	1	100	2	100,150	ガザミ生産
香川県水産振興基金	1	RC	角型	3	屋内	9.0×7.5×1.5	100	1.5		1	100	1	150	1	150	1	150	ヒラメ・ガザミ生産
栽培種苗センター	2	RC	角型	4	屋内	7.5×4.25×1.25	40	1.25		1	75	1	150	1	150	1	150	ワムシ培養
	1	RC	角型	4	屋外	9.0×9.0×1.5	100	1.3	1/100	1	50	2	150	2	150	2	150	ガザミ生産
愛媛県中予栽培漁業センター	1	RC	角型	5	屋内	10.0×10.0×2.0	170	1.7	15/1000	2	75,100	1	150	1	150	1	150	クルマエビ生産
福岡県栽培漁業公社	1	RC	角型	3	屋外	2.0×5.0×2.0	17	1.0		1	50	1	75	1	75	1	75	ガザミ生産
長崎県水産試験場島原分場	2	RC	角型	2	屋外	5.0×5.0×2.0	45	1.0		2	50	1	75	1	75	1	75	ガザミ生産
	3	キャンパス	円型	1	屋外	径8.0	45	1.0		1	50	1	125	1	125	1	125	ガザミ生産
4	キャンパス	円型	1	屋外	径11.0		90	1.0		1	125	1	150	1	150	1	150	ガザミ生産
長崎県漁業公社	1	キャンパス	円型	6	屋外	径11.0×1.0	70	0.7		2	30	1	150	2	30	1	150	ナンノクロロブシス培養
	2	キャンパス	円型	2	屋外	径9.0×1.0	50	0.8		1	30	1	150	1	30	1	150	ナンノクロロブシス培養
	3	RC	角型	1	屋内	4.0×6.0×1.5	30	1.2		1	65	1	75	1	65	1	75	エビ類生産
	4	RC	角型	2	屋内	7.15×6.7×2.2	70	1.5		4	50	1	150	4	50	1	150	エビ類生産
長崎県水産センター	1	ターボリン	円型	4	屋外	径8.0×1.2	50	1.0		1	50	1	150	1	50	1	150	ナンノクロロブシス培養
	1	RC	角型	2	屋外	8.0×8.0×2.0	100	1.6		1	75	3	100	1	75	3	100	ナンノクロロブシス培養
大分県漁業公社国東事業場	1	FRP	角型	3	屋内	8.0×8.0×1.8	100	1.5		4	50	1	200	4	50	1	200	アユ生産
熊本県栽培漁業協会大矢野事業場	2	FRP	角落ち	4	屋内	5.7×5.7×1.8	50	1.5		4	50	1	150	4	50	1	150	ワムシ培養
	1	RC	角型	5	屋内	4.0×7.5×2.0	54	2.0		1	75	1	150	1	75	1	150	クルマエビ生産

*1 括弧内はコーティング素材。

*2 未記入箇所は数値不明。

*3 延べ使用数。

*4 1面は貯水槽として使用。

な大きさと思われる。また、近年の親ガニ養成技術の進歩により、幼生のふ化日を同調させることが可能になったことで（I-3-5-2「ふ化日の制御と同調化」を参照）、大型水槽を使用した飼育も比較的容易になりつつある。

飼育時の水深は0.7～2.2mで大型水槽ほど深くなる傾向があり、現状では1.5～2.0mの水槽が多くみられる。

水槽周辺の通路は、水槽壁の天端が床面と一致している例と、通路床面をやや下げた例とがあるが、いずれの場合でも間接法でふ化させる場合には（I-3-6-4「間接法の実際」を参照）、幼生のふ化に使用する500l～1.0klの小型水槽を設置し、幼生の収容作業ができる場所が必要となる。また、幼生の活力不足等のため飼育水槽に収容せず、ふ化幼生を廃棄し、ふ化槽を洗浄する場合もあるため、給水設備や排水溝が近くにあれば便利である。

水槽の底面勾配は水槽の設置条件によって制約されるが、現状では1.0～5.6%の範囲にある。底面勾配は、稚ガニ取り揚げ作業の能率を考えると大きい方が望ましく、3%程度の勾配は必要である。

このようにガザミ幼生飼育は大小様々な水槽を用いて行われているが、ガザミ種苗の生産を本来の目的として建設された水槽を持つ機関は9機関（45水槽）である。その他は、餌料（ワムシ、ナンノクロロプシス）培養水槽、魚類の種苗生産用水槽、エビ類の種苗生産用水槽を利用しており、これらの水槽ではガザミに合わせて、通気をパイプ主体またはエアーストーンとの併用にしたり、注水の流量調節を簡便に行うために流量計を設置する等の改良を行っている。その他、加温設備、遮光幕、紫外線殺菌装置、アジテーターの設置や水槽形状の改良を行って使用している機関もみられる。

（清田圭一郎）

5-4-2 換水

（1）使用海水

幼生飼育に使用する海水は、ろ過海水、ろ過処理を施さない生海水、およびろ過海水を再度ろ過した、あるいは消毒・殺菌した海水である。

ほとんどの機関がろ過海水を使用している。現在の種苗生産施設は、ろ過海水を使用することを前提として設計され、飼育水槽にろ過海水の配管しか設置されていない場合も多い。

ろ過装置は圧力を加える方式の違いにより、重力式ろ過装置と加圧式ろ過装置に大別される。前者は基本的にろ材上部に解放された水面を持ち、この圧力（重力）でろ過を行う方式で、解放型重力式と自己逆洗水槽保有型重力式（密閉型）がある。後者は密閉容器にろ材を入れ、ポンプ圧によってろ過を行うものである。現在、種苗生産を行っている機関は大半がろ過装置を有しており、一

部の機関が加圧式ろ過装置を使用しているが、ほとんどの機関は重力式（ろ材は砂）のろ過装置を設置している。なお、ろ過装置の構造的な特徴についてはマリノフォーラム21（1988）の資料を参照いただきたい。

飼育方式や取水海水の状況によっては、生海水、あるいは二次的な処理を施したろ過海水（二次処理海水）を使用する場合がある。生海水は地先海水中に存在する珪藻を元種として積極的に利用する目的で使用されるが、その使用例は少ない。二次処理海水は、赤潮生物や付着生物の除去を目的に使用されており、ろ過方式としては加圧式の急速ろ過装置が用いられている。また、飼育開始時の飼育水を消毒している機関もあり、日本栽培漁業協会玉野事業場はバイオコントロール法の効果を上げるため、有効塩素濃度5ppm-14時間、同様に広島市水産振興協会では赤潮生物、真菌類、および細菌の除去を目的に0.5～1.0ppmの塩素消毒を行っている。また、真菌対策として紫外線殺菌装置を用いて殺菌した海水を貯水し、飼育に使用している機関もある。さらに、飼育開始後の注水に用いる海水を消毒している機関もあり、広島市水産振興協会では真菌類の遊走子や有害な細菌等を排除する目的で塩素0.5～1.0ppmで消毒し、また日本栽培漁業協会玉野事業場、千葉県東京湾栽培漁業センター、および愛媛県中予栽培漁業センター等では紫外線殺菌装置を使用している。

日本栽培漁業協会玉野事業場のバイオコントロール法にみられるように、ガザミ幼生と飼育水中の微生物生態系との間には、相互に大きく影響し合う関係が存在するものと考えられることから、飼育水槽内の微生物生態系を視野にいたした「水作り」手法を取り入れる場合には、使用海水の消毒は重要と思われる。

（2）換水率

飼育環境を良好に保つ一つの方法として換水、すなわち、使用した海水と新鮮な海水とを交換する手法がある。飼育海水中の溶存酸素はガザミ幼生や生物餌料等の呼吸によって消費される一方で、飼育水にはガザミ幼生をはじめ生物餌料等の微生物の代謝産物、さらには水槽底の堆積物より溶出した窒素化合物等が蓄積される。これらの物質は幼生にとって有害であるため、できるだけ速やかにかつ効率良く排出することが望ましい。このように換水は飼育水の水質環境を良好に保つ上で重要な工程になるものと思われる。

従来の「水作り」では、グリーン海水であれば数百万細胞/mlの、またブラウン海水では数万細胞/mlの植物プランクトンを飼育水中に安定して維持することを一つの目標としていた。また、換水等によって急激な環境変化を与えた場合には、飼育成績が良くない場合が多かった（中村、1971；南部、1976；山口県内海水産試験場、

1972)。このようなことから、ゾエア期間中はほとんど止水状態で、メガロパ以降になって初めて流水飼育を行う方式が一般的であった。しかしながら、この飼育方式では植物プランクトンの急激な増減によって水質環境が著しく変化することが多く、飼育成績も不安定な場合が多かった。このような状況下で、尾田（1986a）が飼育当初から流水飼育を行い好結果を得たことから、これ以降流水飼育を行う機関が増えてきた（Ⅱ-3-3「飼育方式の発展」、Ⅱ-5-3「水作りによらない方式」を参照）。

現状での飼育水の管理手法は、大まかには飼育当初から第1齢稚ガニまで注水と換水だけを行うもの、飼育当初あるいはゾエア初期の段階から流水飼育するもの、およびそれらを併用したものとに分けられ、多くの機関が流水飼育を採用している。

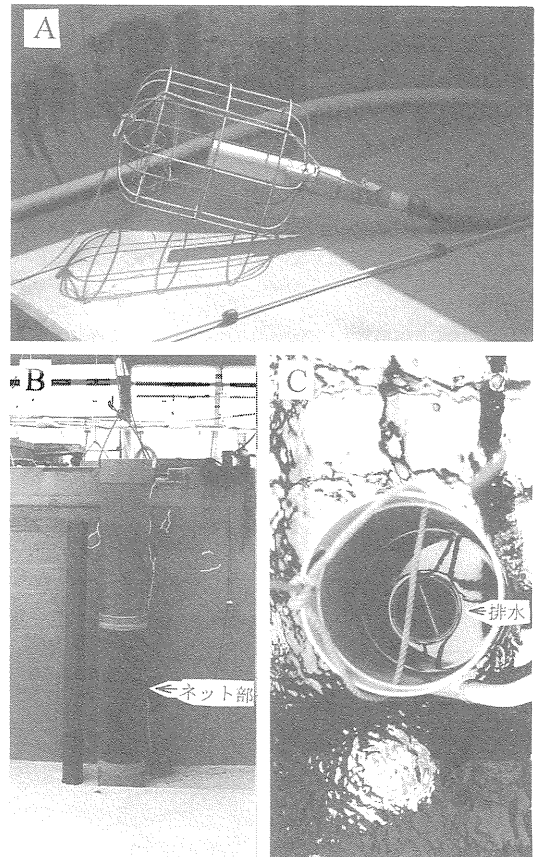
流水飼育の開始時期は各生産機関で種々異なるが、半数以上の機関が第2齢ゾエアまでに開始している。また、換水率も各生産機関で独自に定めている。実際の各齢期での平均的な換水率は、第1齢～第4齢ゾエアまでそれぞれ0.25回転/日、0.5回転/日、0.6回転/日、0.9回転/日、およびメガロパ期の1.5回転/日前後である。なお、飼育開始時の飼育水量は、満水時の2/3量程度としている機関が多い。この方法は、飼育開始後に植物プランクトン密度が低下した際、その培養水を添加したり、また逆に飼育水中の植物プランクトンが増えすぎた場合には海水を注入して希釈したり、あるいはワムシ等の流失による損失がない等のメリットがある。

現在のところ飼育開始時の水量や換水、注水、および流水の開始時期や割合が幼生飼育に及ぼす影響について実験的に比較検討した報告がほとんど見当たらないため、今後の研究が待たれるところである。

（3）換水ホース

現在のところ、飼育水の換水方法に関して定まった手順がある訳ではなく、各機関が既存の水槽、給水設備、および排水ストレーナーの位置や構造等を勘案しながら独自に行っている。

実際に換水を行う際には、排水ストレーナーから内径50～70mm程度のホースを使用してサイホンによって飼育水を排水している（Ⅳ「種苗量産事例」の写真Ⅳ-1～5を参照）。ホースを使用した換水では、ホース内の気泡によってサイホンが切れる場合があるため、定期的な点検が必要である。気泡が頻繁に発生する場合にはサイホンを落として速やかに気泡を除去するとともに、発生の一因となるエアレーションによる気泡を取り込むことのないよう通気装置（エアブロック、エアストーン、散気管）から離れた位置にストレーナーを設置する等の対策も必要である。



写真Ⅱ-4 ガザミ種苗量産に使用する排水ストレーナー

A、投げ込み型（大分県漁業公社国東事業場）；B、立ち上げ型（広島県栽培漁業協会）；C、Bの上面・アンドン型については写真Ⅳ-4、-5を参照。

（4）排水ストレーナー

前述したように飼育水と添加した新鮮な海水を効率良く交換することは、飼育環境を良好に維持する上で重要な作業になる。その意味で、排水ストレーナーの目合いは、幼生が流失せず、かつ水中の懸濁物等によって目詰まりを起こし難い範囲でできるだけ大きいものを選択する必要がある。特にアサリ、アミ類のミンチ肉を給餌する時期には、ネットの目詰まりを起こしやすくなるので、注意が必要である。

現状で使用されている排水ストレーナーは、使用水槽の形状、材質および容量等が種々異なっていることを反映し、設置場所や形態も実に多種多様であるが、代表的な例を写真Ⅱ-4に示した（Ⅳ「種苗量産事例」の写真Ⅳ-1～5も参照）。また、使用されている目合いは、表Ⅱ-10に示したとおりである。なお、ネットの目詰まりを防止するため、ネットの洗浄を1～2日に1回実施している機関が多い。また、機関によっては幼生の流失を防ぐため、ネットの目詰まりによる水位上昇に備えて満水

表Ⅱ-10 ガザミ種苗量産に使用する排水用ストレーナーの網地目合と使用する齢期

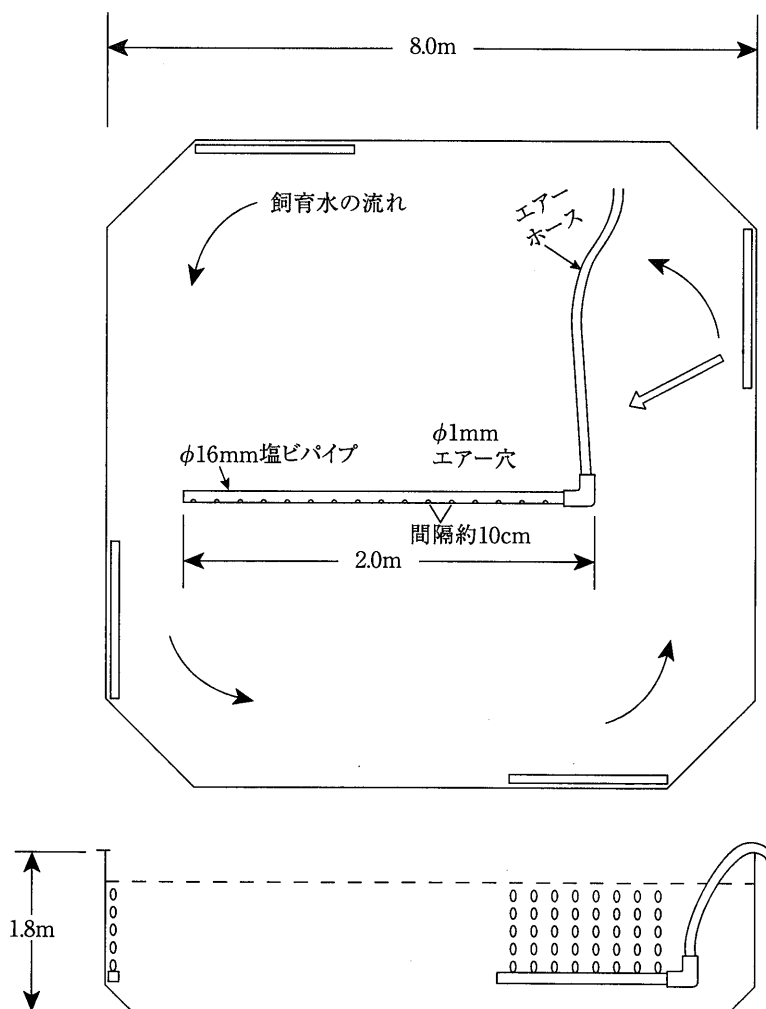
(村上啓士・清田圭一郎)

目合 (目)	オープニング (μm)	メッシュ (2.54cm^2 当たり)	使用する齢期
70	286	59×56	Z ₁
60	345	50×47	Z ₁
50	437	42×40	Z ₁ ～Z ₃
40	508	34×32	Z ₂ ～M
30	691	25×23	Z ₄ ～M
24	925	20×20	Z ₄ ～M
18	1,241	16×16	M～

警報器を設置している機関もある。

5-4-3 通 気

通気は飼育水中の溶存酸素や pH 等の水質環境に影響を与えるほか、有機物の分解や微生物の発生を促進したり、飼育水を流動させる等様々な効果をもたらすものと考えられる(南部, 1976)。通気装置は、エアーストーンのみを使用するものと後述するパイプのみを使用するもの、エアーストーンとパイプを併用するものがある。エアーストーンは市販の角形(50×50×170mm)のものが多く使われている。パイプは内径13～25mmで7.5～50cm間隔で0.8～1.5mmの穴を開けたものが使われている。設置については、水槽底面の周囲に這わせたものや同心円状に4重に設置したもの、網目状に組んだものにホース型の分散器を組み合わせたもの等、飼育水槽の形状に合



図Ⅱ-31 飼育水の攪拌に有効なガザミ幼生飼育水槽への通気管の設置例 (熊本県栽培漁業協会大矢野事業場)

わせてできるだけ飼育水が流動するように様々な工夫がなされている（Ⅳ「種苗量産事例」の写真Ⅳ-1～5を参照）。

飼育水中の餌料や幼生の分布を均一化するためには、通気量は多目の方がよい。しかし、南部（1976）はゾエア初期に飼育水 1 kl 当たり毎分 20 l 以上の強い通気を行うと初期減耗が大きい傾向がみられたと報告している。また、柄多ら（1984）が第 1 齢ゾエアを用いて行った研究においても、飼育水 500 l 当たり毎分 32 l 以上の強通気で飼育した場合、他の実験区と比較して生残率の低下が著しく、发育速度と成長量も劣ったことが報告されている。このことから、第 1 齢ゾエアは強通気下では摂餌が困難であることと、過剰にエネルギーを消費している可能性が考えられ、ゾエア初期の通気量には特に注意が必要と考えられる。しかし、現状では通気量を把握している機関は少なく、感覚的に第 1 齢～第 2 齢ゾエアが比較的弱め、第 3 齢ゾエア以降はやや強め、メガロパ以降は強め程度の調整を行っているのみである。

5-4-4 攪拌

赤沢（1973）は通気装置と機械的攪拌装置を使用してクルマエビの幼生飼育を行ったところ良好な結果を得ることができたとし、攪拌装置の有効性を示唆している。ガザミの幼生飼育においても、餌料の均一な分散や、餌料や排泄物の沈殿を防止することによる水質保全、幼生のパッチの形成防止、あるいは付着珪藻の繁殖を防止する目的で、生産機関のおよそ半数が攪拌を行っている。

攪拌は通常通気だけでは不十分な場合が多いため、通常アジテーター（Ⅳ「種苗量産事例」の写真Ⅳ-3、-4を参照）を使用して行われている。アジテーターは減速

機と回転翼を組み合わせた装置で、現在ガザミ種苗生産機関では、水槽の大きさに合わせて翼長が 5～9 m のものが使用されている。アジテーターの回転数はゾエア期が 0.5～1.0 回転/分、またメガロパ期が 1.0～1.5 回転/分の範囲で行う場合が多い。

通気を工夫して攪拌効果を上げている機関もあり、エアブロックを水槽の 4 隅（回転方向）に設置すると環流が起こり（図Ⅱ-31）、糞やゴミが水槽中央部に集まり排除が容易になるという。この攪拌装置は、特に中央排水を行う構造を持つ飼育水槽でアジテーター使用時と同様な効果をあげている。

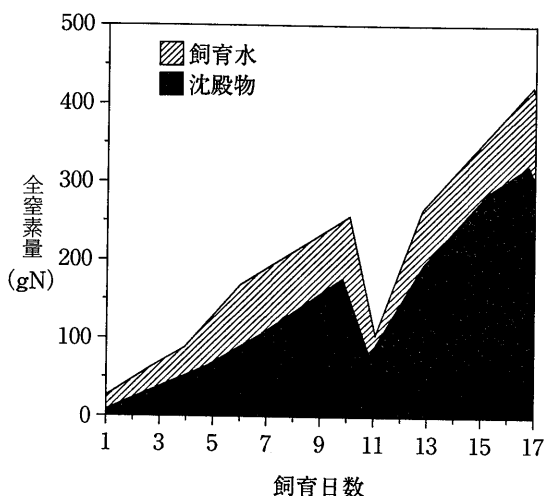
（清田圭一郎・村上啓士）

5-4-5 底掃除

飼育日数が経過するに伴い飼育水槽の底には幼生や生物餌料の排泄物、残餌、および死骸等が除々に沈殿物として堆積していく。やがてこの沈殿物は微生物の働きによってアンモニア、亜硝酸、硝酸へと除々に分解されていくが、これら無機窒素化合物が飼育水中の植物プランクトン等によって利用されなかった場合には、幼生に悪影響を及ぼす可能性がある。このため、沈殿物の発生状況には絶えず留意し、状況によっては底掃除等による除去が必要となる。

楊ら（1991）は餌料、ガザミ幼生、および池底沈殿物を採取して窒素含量を計測し、池水中の各態窒素を分析した結果から、ガザミ幼生に毒性の強いアンモニア濃度を低く維持するには、池底に沈殿物を蓄積させないことが極めて重要であると述べている。実際に池水中の全窒素量は図Ⅱ-32に示したとおり飼育日数の経過に伴い上昇する傾向を示しているが、底掃除を実施した飼育 11 日目には窒素量の著しい減少がみられており、底掃除が飼育水の環境を良好に保つための一つの有効な手段に成り得ることが示されている。

現状ではおよそ半数の機関が底掃除を実施している。実施時期は様々であり、一部の機関で毎日、あるいは第 3 齢ゾエアにすべて脱皮した日、メガロパ変態前日等と定めているところもあるが、ほとんどの機関が水槽の底を観察し、沈殿物を確認した際に随時実施している。通常サイホンを用いて実施するが、一部の機関はサイホンに小型ポンプを取り付けた動力式の底掃除機を使用している。底掃除を実施することによって、窒素化合物の濃度を低下させて飼育成績が向上する可能性があることのほか、回収された幼生の死骸によって、幼生のへい死状況を把握できる利点もある。ガザミ幼生飼育においては、今後配合飼料の投与量が増加することも予想されるため、ますます底掃除の必要性が高まるものと考えられる。ただし、サイホンを使用した人手による底掃除はかなり



図Ⅱ-32 ガザミ幼生飼育水槽中の全窒素量の経日変化（楊ら、1991より作成）



写真Ⅱ-5 サイホンによる底掃除（岡山県水産試験場栽培漁業センター）

の労力を要することから（写真Ⅱ-5），その方法については省力化，機械化を念頭において検討する必要がある，前述した攪拌装置の利用も一つの有効な方法であろう。（村上啓士）

5-4-6 照 度

照度が幼生に及ぼす影響については，幼生に対する直接的なものと，「水作り」等の環境を通じての間接的なものとがある。直接的な影響としては幼生の摂餌活動に対してや，紫外線の害作用が考えられる。村田・海老原（1969）は屋内で30l容器を使用し，照度を700～800lux，600～700lux，500～600lux，100～200lux，100lux以下の5段階に分けて，第1齢ゾエアから第1齢稚ガニまで飼育実験を行った（平均飼育水温は23.2～23.8℃）。その結果，生残率には顕著な差がみられなかったものの，最初にメガロパに脱皮するまでの所要日数は700～800luxが9～11日，100～700luxまで一部を除き12～13日を要し，さらに100lux以下では全くメガロパに変態しない実験区もみられたことから，照度は幼生の発育に対して明らかに影響を及ぼすと報告している。田畑・勝谷（1974）は紫外線照射による第1齢ゾエアの活力と生残率を調査し，紫外線（波長2537Å）を60分間照射した結果では，22時間後の平均生残率は23％であり，生き残った個体も瀕死の状態であった。さらに，7～8月に3～7日間，太陽光の直接照射下で行った飼育実験では，ガラスで覆いをした紫外線遮蔽区の生残率が52～98％であったのに対し，直接光を受けた区では生残率が2～68％であったことから，初期ゾエアに対して紫外線が極めて致死的に作用すると報告している。

照度は植物プランクトンを使用した「水作り」において植物プランクトン，細菌，および原生動物等の微小生物の増殖状況に影響を及ぼし，特に植物プランクトンに

対しては光合成の関連から大きな影響を及ぼすものと思われる。このため，上屋や壁の採光部には十分な光が採り入れられるようにガラスか透明または半透明の材質を使用している機関が多い。しかしながら，照度が高い環境下で植物プランクトンを維持する場合には，植物プランクトンの急激な増殖に伴い溶存酸素量やpHが急激に上昇する危険性がある。溶存酸素量が8.22mg/l以上で，pHが8.6よりも高くなる場合には，ゾエア幼生の腹節部の消化管内にガスが充満した状態，いわゆるガス病が多く発生すると指摘されており（宇都宮，1969），そのような状況下では遮光幕により光量を加減したり，追水により植物プランクトン密度を調整することが必要になる。

現状での照度調整は，ガス病の発生を予防するために植物プランクトンの同化作用の抑制（pH調整），幼生の蟬集防止，あるいは付着珪藻の増殖を抑制するために行われている。実際の光量の調整には遮光率50～90％の遮光幕が多く使用されており，遮光の実施基準は日本栽培漁業協会玉野事業場では飼育水のpHが8.6を越えないように，また，大分県漁業公社では第1齢～第3齢ゾエアまでは飼育水槽での照度が40,000luxを越えた場合に行っている。

現在のところ，飼育成績が屋外水槽と屋内水槽で顕著に異なることはないが，近年，飼育時の照度が高い屋外水槽で飼育した場合には，屋内水槽に比較して真菌症が発生しないか，あるいは発生しても軽微な場合が多いことが経験的に知られるようになっている。この点についてはⅢ-3-6-2「pH調整」を参照いただきたい。

5-4-7 水 質

(1) 水 温

水温はガザミ幼生の発育速度に大きな影響を及ぼす。水温と発育日数（速度）の関係については，Ⅱ-2-2「成長過程と脱皮の予測」に詳述されているので参照いただきたい。

これまでに記録されている稚ガニまでの飼育に成功した水温範囲は，飼育期間中の最低が15.8℃（大分県浅海漁業試験場，1968），最高が34.2℃（高橋・松井，1972）である。山口県内海水産試験場（1971）は小型水槽を使用し種々の水温条件下で飼育を行った結果，比較的水温の低い時期には水温を少なくとも22～23℃以上に保つ必要性を認めている。また，村田・海老原（1969）は屋内水槽では照度を高くし，水温を25℃程度に保った時に飼育成績が良かったことを報告している。

浜崎（1992）は飼育水温を24℃と28℃の2段階に設定し，ガザミゾエア幼生の生残に及ぼすワムシおよびアルテミアの給餌密度の影響について飼育実験を行った。そ

の結果によれば、メガロパまでの生残率はほとんどの密度区において水温を24℃に設定した方が高かった。また、各種苗生産機関における昭和60年から平成7年の飼育時期と生残率の関係(図Ⅱ-22)をみると、生残率は4月にピークを示し、以後飼育時期が遅く、水温が高くなるに伴い低下する傾向を示す。特に8月以降の生残率の低下は、番仔の進行とともに高水温による影響が現れているものと考えられている(Ⅱ-4「飼育時期」を参照)。

現状では水温の比較的低い時期に飼育を行う場合に、大半の機関が経験的あるいは実験的に適水温と考えられる24~26℃の範囲を目標に温水ボイラー、蒸気ボイラー、電気ヒーター等の加温設備によって飼育水温の調節を行っている。一方、気温が高い時期には、飼育水が外気の影響を受けて前述した適水温よりも高くなることもあるため、換水量を増すことによって水温制御を試みる場合もある。

(2) pH

従来の「水作り」では、止水環境に近い状態で植物プランクトンを維持する方法が一般的であったため、飼育期間中に植物プランクトンが急激に増殖する場合があります、それに伴ってしばしばpHの急激な上昇がみられていた。

馬渡・平山(1975)は、pHを5~10の範囲で1間隔の5段階に調整した海水中に「脱皮時期」と「脱皮間期」の幼生を収容し、24時間後の生残率を調べた。その結果、生残率は自然海水に近いpH(7.0~8.0)以外の海水の中では「脱皮時期」に著しく減少したという。

このような知見とガス病の発生条件(Ⅱ-5-4-6「照度」と本項の(3)溶存酸素量を参照)との関連から、幼生飼育水中のpHは8.2~8.6の範囲に制御維持することが目

標とされてきた(和田・丹下, 1983)。しかし、最近安信ら(1997)はガザミ幼生そのものは前述した調整目標の上限pH(8.6)よりも高い値に耐え得ることを明らかにし(図Ⅱ-33)、平成6年以降真菌症防除対策として飼育水のpHを9.25に維持する手法で飼育を行った。その結果、防疫上の有効性が明らかに認められ、比較的良好な成績で飼育を行うことができるようになった(Ⅲ-3-6-2「pH調整」、Ⅳ-7「飼育水のpHを調整する方法」を参照)。現在のところ、防疫上の効果を除き高いpHの下で好結果がもたらされた原因については不明確である。しかし、pHという要因だけに限った場合、これまで調整目標の上限値とされた8.6よりも高いpH下で飼育が十分可能であったことから、この事実が飼育水のpH管理のあり方に対して与えた影響は大きい。

いくつかの機関では、注水や換水、あるいは遮光によってpH調整を試みる場合がある。兵庫県栽培漁業協会のように水酸化ナトリウムを用いてpHを調整し、飼育を行う機関は少ない。この手法は前述したとおり真菌症を防除する上で有効な手段となり得たことから、今後使用する機関はさらに増えるものと思われる。

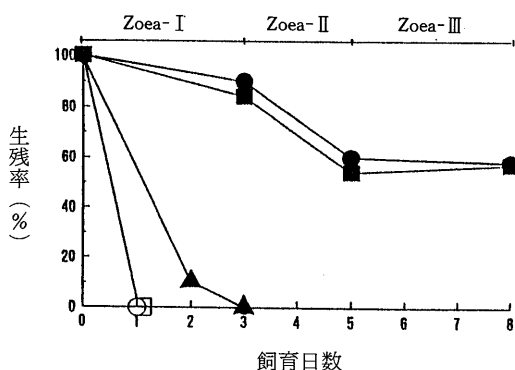
(3) 溶存酸素量

従来の「水作り」手法では、ゾエア期間中は止水に近い環境である場合が多かったことから、植物プランクトンの著しい増殖に伴い溶存酸素量やpHが急激に上昇し、その結果ガス病が発生する場合があった。今ら(1968)は、ガス病としての症状を呈す最初の個体は、酸素飽和度121~145%の範囲内では2時間30分以内に出現する可能性を報告している。このような状況の発生を防止するため、従来から遮光、換水あるいは追水等によって植物プランクトン密度の調整が行われてきた。

姜ら(1993)は貧酸素と硫化水素がガザミ幼生に及ぼす影響を、水温20.5~22.3℃の条件下で実験的に明らかにしている。その結果によると、72時間の貧酸素条件下で、各齢期の生残率は第1齢ゾエアでは3.4mgO₂/l以下、メガロパでは2.6mgO₂/l以下、第1齢稚ガニでは1.5mgO₂/l以下で有意に低下した。また、硫化水素の毒性を48時間の暴露によって調べており、各齢期の生残率は第1齢ゾエアでは5.2μgH₂S/l以上、メガロパでは9.5μgH₂S/l以上、第1齢稚ガニでは19.7μgH₂S/l以上で有意に低下したという。さらに、貧酸素単独の条件に比べ貧酸素と硫化水素の複合条件下で、生残率はさらに低下する傾向が認められたという。

現状での溶存酸素量の測定は全体の1/3程度の機関で行われているが、具体的な基準値を設けて通気量や注水量を調整している機関はほとんど見当たらない。

従来は「水作り」による飼育方式が主流であったが、近年では飼育当初から流水飼育を行い、植物プランクト



図Ⅱ-33 異なるpHに暴露したガザミ幼生の生残率(安信ら, 1997を1部改変)

水温は23℃で、ゾエアにはワムシとアルテミアを給餌し、ナンノクロロプシスを飼育水へ添加した。

記号は無調整(●), pH9.25(■), 9.5(▲), 9.75(○), 10(□)を示す。

ンが急激に増殖しないような方式へと変わりつつある。この現状を反映しているためか、ここ5年間でガス病による大量へい死事例はわずかに1例だけである(Ⅲ-4-1「ガス病」を参照)。ただし、「水作り」に植物プランクトンを使用した場合には、植物プランクトンの急激な増殖も起こり得る。また、過剰な給餌や幼生の大量へい死等によって水槽底に大量の有機物が堆積した場合には、前述した貧酸素や硫化水素が発生する可能性がある。したがって、飼育水中の溶存酸素量には常に留意しておく必要があろう。

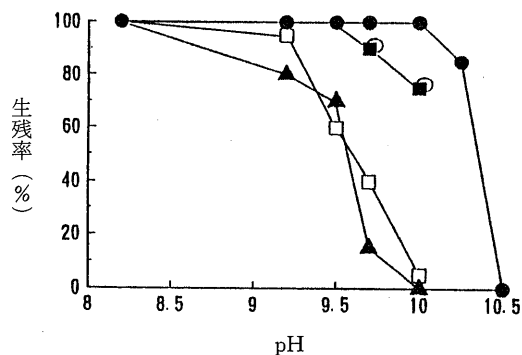
(4) 比重

飼育水の比重(塩分)と幼生の生残や発育の関係については、各機関で種々検討されている。山口県内海水産試験場(1971)はゾエア、メガロパ、および第1齢ガニの低比重耐性に関する実験を水温19.8~25.2℃で行い、ゾエア期は比重16.0(15℃換算、塩分は21.9‰)以上あれば安全であり、同様にメガロパは11.1(15.5‰)、また第1齢稚ガニは9.5(13.4‰)よりも高い比重で48時間後の生残率が60%以上であったと報告している。また、福井県水産試験場(1968)は7~8月の高水温期(25~29℃)に比重(15℃換算、塩分)を12.59(17.5‰)~25.95(34.9‰)の範囲で設定して飼育実験を行い、生残率は15.20(20.9‰)~18.70(25.4‰)の比較的比重の低い区で高かったことを報告している。一方、丹下(1976)は通常飼育水に使用するろ過海水(塩分31.2‰)を対照とし、26.0~36.0‰の範囲で2.5%間隔の実験区を設定し、水温22.4~23.5℃の範囲で無給餌飼育実験を行った結果、この範囲内の塩分では飼育結果に影響はなく、ガザミ幼生飼育は広い塩分範囲で可能なことを示唆している。

飼育水の比重は飼育水槽の設置場所や「水作り」の手法によって異なり、屋外でかつ止水状態で飼育した場合には、大量の降雨によって短時間で著しく低下し、また逆に長期間の晴天によって上昇も起こり得るが、屋内ではこのような心配はほとんどない。いずれにしても飼育当初から流水とする方式では特別な比重調整は必要ないものと思われる。実際に各機関で比重を測定している機関は全体の1/3程度であり、また具体的な設定値を設けて調整を行っている機関も見当たらない。

(5) 窒素化合物

飼育水中の窒素化合物は植物プランクトンの肥料として添加されるほか、ガザミ幼生や生物餌料の排泄物、あるいはへい死した幼生や餌料等の分解産物として生成される。これらは飼育水中において植物プランクトンの栄



図Ⅱ-34 ガザミ第1齢ゾエアへのアンモニアの毒性に及ぼすpHの影響(安信ら, 1997)

水温は23℃, 実験期間は24時間であった。

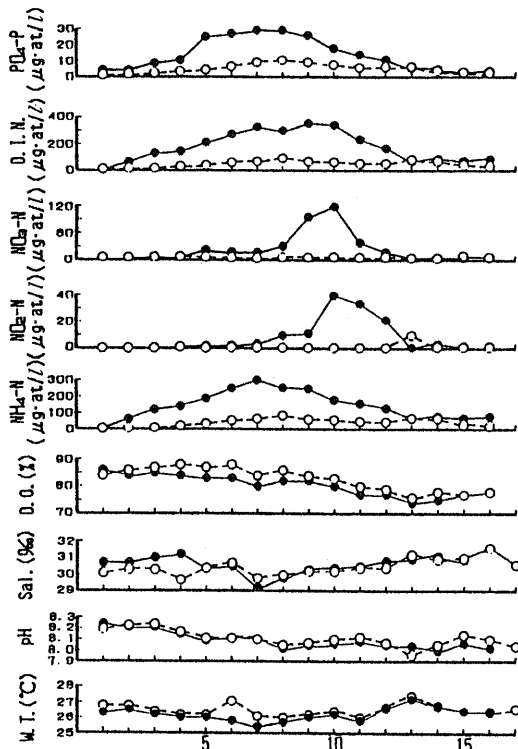
記号はアンモニア態窒素濃度, 0ppm (●), 1ppm (○), 2ppm (■), 4ppm (□), 8ppm (▲)を示す。

養塩である反面、ガザミ幼生にとって有害な物質とも成り得る。

馬渡・平山(1975)の報告によると、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、および硝酸態窒素の水温23℃, pH約8.0に調整した条件下での24時間半数致死濃度は、第1齢ゾエアから第1齢稚ガニまでの全期間を通じてそれぞれ67.2~106.4ppm*, 196~371ppm, および2,240~3,920ppmの範囲であった。また、柄多・丹下(1978)が定温(28.0~29.0℃)下の3段階のpHで、第1齢および第4齢ゾエアに対するアンモニア態窒素の急性的毒作用を調べた結果によれば、24時間半数致死濃度はpHが高くなるに伴い低下する傾向を示し、第1齢ゾエアのほうが耐性は低かったという。すなわち、その濃度は第1齢ゾエアがpH8.2において23~27ppmであったのがpH9.0では5.9~6.2ppmであり、第4齢ゾエアではpH8.2で41ppmであったのがpH9.0では12ppmであったという。

一方、安信ら(1997)はアンモニア態窒素濃度を0~8ppmの範囲で調整した23℃の海水中に第1齢ゾエアを収容し、異なるpH下で幼生の生残率を24時間後に調査した。その結果(図Ⅱ-34)、生残率は通常の飼育で経験するpH下では8ppmでも、pH9.25では4ppmまで、pH9.50では2ppmまでほとんど低下しなかった。この結果から、第1齢ゾエアに対するアンモニア態窒素濃度の毒性は4ppmまで認められないものと判断される。実際に兵庫県栽培漁業協会では、この結果を基に量産水

*本来ここで述べた窒素化合物量についてはppmではなくmg/lで表すべきであるが、ここでは原著に従った。なお、 $\mu\text{g-at/l}$ に窒素の原子量を乗じて1,000で除すことによってppm($\equiv\text{mg/l}$)に換算する。



ふ化後経過日数

図Ⅱ-35 ガザミ幼生飼育試験の成功および失敗事例における水質環境（水温，pH，塩分，溶存酸素，アンモニア，亜硝酸，硝酸，無機態窒素の合計，および無機リン）の経日変化（松村・高木，1993）

●は *Chaetoceros calcitrans* を添加した成功事例を，○は無添加の失敗事例を示す。

槽で pH を 9.25 に上昇させ，真菌症防除効果と良好な飼育成績をあげている（Ⅲ-3-6-2「pH 調整」とⅣ-7「飼育水の pH を調整する方法」を参照）。また，松村・高木（1993）がガザミ幼生飼育水中のアンモニア態窒素濃度を測定した事例では，その濃度が成功事例の飼育 7 日目（第 3 齡ゾエア）に $300 \mu\text{g-at/l}$ （4.2ppm）前後まで上昇したが⁸（図Ⅱ-35），単位生産尾数は 14,313 尾/k_l，生残率は 32.7% と良好な成績をあげている。

以上のように，ガザミ幼生飼育ではアンモニア態窒素濃度を 4 ppm 以下に抑える必要があるものと考えられる。しかし，アンモニア態窒素および亜硝酸態窒素の海産甲殻類幼生に対する 24 時間半数致死濃度は，それぞれ単独で存在するよりも共存する方がはるかに低くなること（Chen et al., 1989），さらに配合餌料の使用頻度が高くなる現状では給餌過多によって残餌から多量の窒素化合物が溶出することが予想されることから，飼育水中の三態窒素の動態には留意すべきものとする。なお，アンモニアは海水中でイオン状の NH_4^+ と非解離の分子状の NH_3 の形態で存在し，その存在割合は水温，pH，塩分によって異なり，特に高い pH 下では NH_3 の割合が増えること，また水生生物に対して分子状の NH_3 の方が毒性が強いことが知られているが⁸（城戸ら，1991），上述したようにガザミ幼生に対するアンモニアの毒性も pH の上昇によって強まっている。

（村上啓士・清田圭一郎）

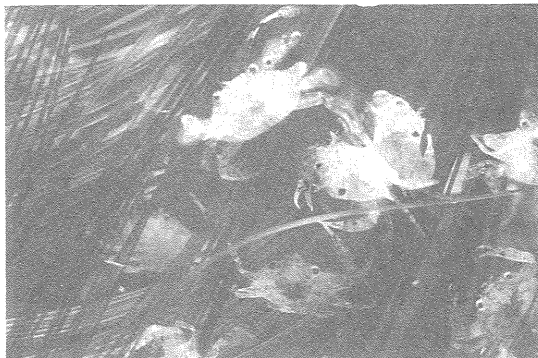
5-4-8 付着基材

ガザミはメガロパに変態すると鋏脚が発達してくるため共食いが激しくなり，またメガロパ後期になると水槽壁や水槽底にしがみついた脱皮する場合がある。この対策

表Ⅱ-11 ガザミ種苗量産水槽に設置する付着基材

機 関	種 類	大 き さ (m)	使 用 数
長崎県水産試験場 島原分場	ナイロン網	5×1.5	5枚 (20k _l 水槽) 10枚 (50k _l 水槽)
長崎県水産センター	キンラン		50～60本 (50k _l 水槽)
	140経，200経モジ網	3～7×1	8枚 キンランと同時に使用
大分県漁業公社 国東事業場	モジ網	4×0.9	10枚 (100k _l 水槽)
熊本県栽培漁業協会 大矢野事業場	モジ網	4×1.5 3.5×1.5	2枚 (100k _l 水槽) 2枚 (50k _l 水槽)
鹿児島県栽培 漁業センター	220経モジ網	4×1	2枚 (54k _l 水槽)

ここでは付着基材を使用している 10 機関のうち 5 機関を代表として示した。付着基材は飼育水中に懸垂して設置される。



写真Ⅱ-6 キンランに付着した稚ガニ (日本栽培漁業協会玉野事業場)

として大分県水産試験場高田分場 (1965) はモジ網を用いてメガロパの付着場所を設置し、生残率を比較した。その結果、共食いが幾分防止出来たことを報告している。

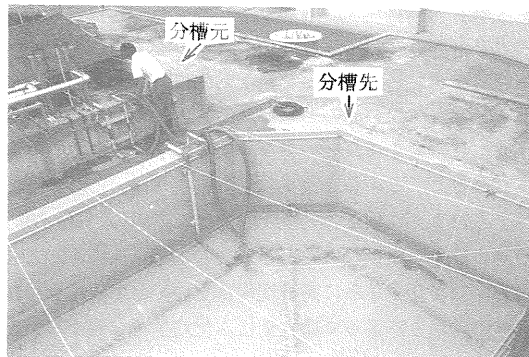
同様に福井県水産試験場 (1970) は懸垂網を水中で垂直 (立ち網)、傾斜 (斜め網)、水槽底に平行 (沈み網) の3通りに分けて設置し、比較試験を行った。その結果、懸垂網への付着個体はメガロパへ変態した直後よりも数日後に増加し、特に稚ガニへ変態する2～3日前にはほとんどすべてが付着し、浮遊している個体はごくわずかであったという。また付着数は斜め網の特に水面下10～20cm辺りに密集して最も多く、次に多かったのが立ち網であり、沈み網では最も少なかったことが報告されている。メガロパ後半にはほとんどすべての個体が付着したことや、前述したようにメガロパの脱皮が静止した状態で行われる場合があることから、メガロパ期に懸垂網を水槽内へ設置することは稚ガニの量産には欠くことのできない条件の一つとされていた。しかし、取り揚げ作業の煩雑さから懸垂網を全く使用しないで量産を行う事例も報告され (兵庫県立水産試験場, 1980)、以降付着基材を使用しない事例が増加してきている。

現状では、10機関が220経程度のモジ網等のネット類やキンランを付着基材として使用している (表Ⅱ-11; 写真Ⅱ-6)。付着基材の使用数量については明確な基準はなく、各機関で担当者が経験的に判断して使用している状況である。また、付着基材そのものの必要性について疑問視する声がある一方で、飼育技術がさらに安定して高密度生産が可能になった場合には必要ではないかとの見方もある。

(清田圭一郎・村上啓士)

5-4-9 分槽

通常、ガザミ幼生飼育は幼生の収容から取り揚げまで



写真Ⅱ-7 サイホンによるガザミ幼生の分槽 (愛媛県予栽培漁業センター)

同一の水槽で一貫して行われるが、飼育途中で分槽を行う場合がある。

南部 (1979) は屋外30k l 水槽にふ化ゾエアを12万尾/k l と高密度で収容し、第4齢ゾエア2日目に分槽を行っている。その方法は、まず分槽する先の水槽 (分槽先) の30k l 水槽にそれまでの飼育水槽 (分槽元) の飼育水をあらかじめ10k l 程度移槽する。その後、比較的幼生が密集している場所から50mm径のホースによるサイホンで幼生を飼育水ごと10k l 程度移槽する。分槽後の柱状サンプリングによる現存尾数の推定結果から、この方法によって100万尾の幼生を分槽先に移槽することが可能であった。第1齢稚ガニまでの飼育結果は、分槽元が生残率16.3%、単位生産尾数8,200尾/k l であったのに対し、分槽先ではそれぞれ43.5%と14,500尾/k l になり、いずれも分槽先の方が分槽元よりも優れていた。この結果から南部 (1979) は、高密度飼育は分槽による密度調整を行うことによって効率的な飼育方式になり得る可能性があるとして述べている。

収容密度を低くして飼育を行う場合は、ワムシやアルテミアの残餌が生じやすく、これが飼育水中で増殖したり成長して飼育管理の障害となることもある。一方、高密度で飼育する方法は、この点を解消することが可能になるほか、配合飼料やミンチ肉等の餌料が幼生と遭遇する機会が増大することから、利用効率の面で有利と推察される。また、分槽飼育は水槽替えによって水質環境の改善が図れるばかりでなく、メガロパ以降の共食いによる減耗も飼育密度の低下によって軽減できる可能性がある。

現状では全体の約1/4の機関で分槽が行われている。分槽は通常第4齢ゾエアからメガロパにかけて日中にサイホンを使用して行われ (写真Ⅱ-7)、この分槽方法によって分槽元のおよそ半数程度の幼生を移槽することが

可能になっている。また、分槽後の幼生の活力は分槽元と比較して遜色なく、前述したとおり分槽先の方が分槽元よりも飼育成績が良好である場合もあることから、現状のサイホンによる分槽作業が幼生に大きな障害を与える危険性は少ないものと思われる。

幼生数の大きな減耗の少ない第4齢ゾエアまでを高密度で飼育し、その後分槽する飼育方式では、これまで述べてきたように種々の効果が期待できる。しかしながら、分槽を行うためにはあらかじめ別の水槽を準備することが必要であり、さらに高密度飼育を前提とする場合には水槽の大きさによっては大量にふ化幼生を確保する必要がある。

(村上啓士)

5-5 餌料と給餌

ガザミの種苗生産が事業として始まった昭和40年代前半のうちに、ほぼ現状と同様のワムシ→アルテミア→魚介肉といった基本的な飼料系列が確立された。しかし、今なお餌料ごとの給餌期間や給餌量は各機関により大きな違いを残したまま飼育が行われている。これはガザミ種苗の量産技術開発に携わった研究者・技術者達が「水作り」を最も重要な過程と考え、その方面の検討に多くの努力が払われたことにもよるが、他の魚種にはないガザミに特有の問題が存在したことにもよう。

ガザミ幼生はその発育の過程で脱皮を繰り返すことにより劇的な成長を遂げるが、発育段階に応じた餌料種類の変移は他の魚種に比べると小さい。これはガザミ幼生は初期の頃から発達した切歯を備えた口器を用い、かなり大きな餌料を咀嚼して摂餌したり、微小な生物群や粒子を丸飲みする摂餌生態を示す(野上・前田, 1992b)。すなわち餌を捕捉したり摂取する能力が高く、餌料サイズへの適応範囲が広いためであると思われる。ガザミ幼

生の食性や栄養要求を完全に充たす単独餌料がまだ開発されていないため、複数の餌料種類を混用することでそれぞれの餌料の欠点を補っている現在の給餌方法では、単一餌料ごとに必要量を検討することは重要な問題として認識されなかった傾向にある。もちろん、仔稚魚の口径により摂餌可能な餌のサイズを推定できたり(代田, 1970)、消化管内の内容物を調査することにより飽食量を推定できる魚類(北島ら, 1976; 岡内ら, 1980; 安永, 1988)のように直接的な調査手法がとれないことが技術的に大きな障害であった。

このため、現状の種苗生産の現場においては、飼育上の作業性や施設の条件により経験的に確立された餌料系列や給餌量が多様なままに存在している。今後より高い水準でのガザミ種苗の量産技術を確立するためには、理論に裏打ちされた給餌体系作りが必要と思われるが、ここでは各機関で行われている給餌の状況を整理することで、その体系作りのための一助となることを期待したい。

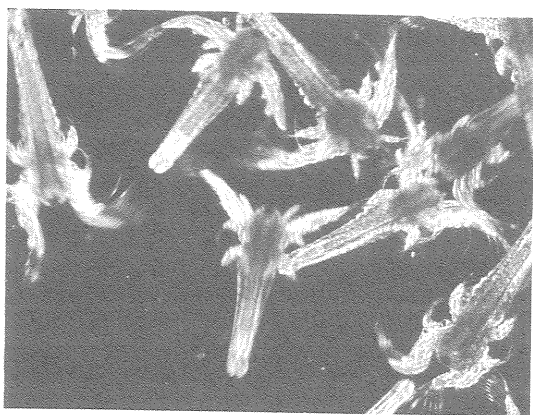
5-5-1 餌料系列

(1) 餌料種類

ガザミ幼生飼育で餌料として用いるものは、ワムシ(写真Ⅱ-3-A)、アルテミア(ノープリウス(写真Ⅱ-8)および養成アルテミア)、魚介肉および配合飼料である。

これら直接的に餌料として使用するもの以外に、植物プランクトン、有機性懸濁物、細菌、およびユグレナ等を飼育水へ添加することがある(Ⅱ-5-2「水作り方式」、Ⅱ-5-3「水作りによらない方式」、およびⅡ-5-6-2「栄養(n-3 HUFA)要求」を参照)。これらの添加効果として、給餌後のワムシやアルテミアが摂餌することでその栄養価が改善されること、好適な細菌相や飼育環境が実現されること等が考えられているが、初期ゾエアは微小な植物プランクトンを摂取することも知られている(Ⅱ-5-2-1「植物プランクトン」を参照)。また、第1齢ゾエアが細菌を直接摂取することも蛍光色素で染色した細菌(PM-4株)を飼育水に添加し、その蛍光色素をゾエア消化管内に確認することで明らかにされている(写真Ⅱ-3, 野上・前田, 1992a)。その他、微小生物であるユグレナについても直接摂取されることが推察されている(尾田ら, 1995)。しかし、植物プランクトンや細菌の添加効果が単に餌料として有効であるのかは、単独給餌試験ではゾエアの発育が進まなかったりするため(尾田, 1983b)に疑問が残るところである。また、微生物についてはその種類によって効果が大きく異なり、表Ⅱ-8(Ⅱ-5-2-3「細菌」を参照)に示したようにむしろ害作用をなす場合もあり、今後種類ごとに詳細な検討が必要である。

しかし、これら植物プランクトン、細菌あるいは有機



写真Ⅱ-8 ガザミ幼生に給餌するアルテミア(ふ化直後の体長は約0.35mm)(日本栽培漁業協会)

性懸濁物等は餌料としてよりむしろ前述のとおり基本餌料であるワムシやアルテミアが摂取することによる餌料価値の改善、微生物間の拮抗作用を利用しての病害微生物の防除、飼育水の照度調整、水質の安定化等の適正環境作りに主眼をおいて利用されているため、これらの詳細な解説はⅡ-5-2「水作り方式」の項に譲るものとする。以下にはワムシ、アルテミア、魚介肉および配合飼料の給餌時期について現状をとりまとめることとする。

(2) ワムシ

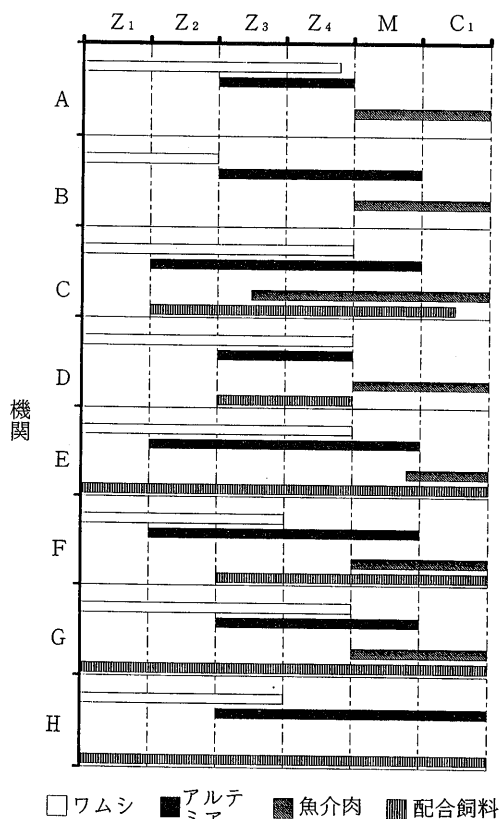
各機関が給餌しているワムシのほとんどはS型ワムシ (*Brachionus rotundiformis*) である。現在、L型ワムシ (*Brachionus plicatilis*) およびL型・S型が混在したものをを用いる機関はどちらも1機関のみである。ワムシの給餌は全機関でゾエア幼生の飼育開始とともに始まるが、給餌を終える時期は様々であり、最も早く終える機関では第2齢ゾエアまで、最も長く給餌する機関ではメガロバ出現までである。一般的には第4齢ゾエア終了日までとしている機関が多く、次いで第4齢ゾエア出現までとする機関が続いている。ガザミ幼生の飼育成績はワムシの給餌を第4齢ゾエア出現の時点で終える場合と第4齢ゾエア終了まで継続する場合で大差ないことから、ワムシ給餌の必要性が高いのは第4齢ゾエアの出現までと考えられる。ただし、ワムシの給餌を早期に終えることは、それだけアルテミアへの依存度が高いものになることを意味することから、魚類で問題にされたアルテミア単独給餌の弊害 (渡邊ら, 1978) を危惧するならば、ワムシの給餌は魚介肉の摂餌が活発になるメガロバ直前まで行うのが無難であろう。

(3) アルテミア

アルテミアノープリウスの給餌は第3齢ゾエアもしくは第2齢ゾエアから始め、メガロバまで継続する場合が多いが、第4齢ゾエアには全ての機関が必ず給餌している。第1齢ゾエアは1日1尾当たりアルテミアノープリウスを5個体程度摂餌することが観察されているが (山口県内海水産試験場, 1971), アルテミアノープリウスの単独給餌で第1齢ゾエアを飼育するには不適であることも報告されている (丹下・柄多, 1978 a)。また、高橋ら (1973) は有機性懸濁物を利用した大型水槽での飼育試験から検討した結果、第1齢ゾエアの時期にはアルテミアノープリウスの給餌は有効性が認められないとの見解を示している。第2齢ゾエア以降はアルテミアノープリウスに対する摂餌量も増加し、1日1尾当たり最大26個体の摂餌が確認されている (浜崎, 1992)。丹下・柄多 (1979) は第2齢ゾエアに対する各種基本餌料の効果を検討するために、1kl水槽を用いて飼育実験を行った。その結果、第2齢ゾエアに対してはワムシが良好な餌料と判断されるが、アルテミアノープリウスの単独給

餌による飼育も可能としている。

稚ガニへ脱皮以降はアルテミアノープリウスの単独給餌で中間育成が可能なこと (浜崎, 1996 a, 1996 b) から、アルテミアノープリウスはガザミにとって長い期間有効な餌料と考えられる。しかし、例外的な方法といえるが、ワムシと魚介肉の給餌だけで単位生産尾数3,000~4,000尾/klの飼育成績をあげた事例もあり (粕谷ら, 1979), 餌料種類としての必須のものとも言い切れない。



図Ⅱ-36 ガザミ幼生飼育における餌料系列

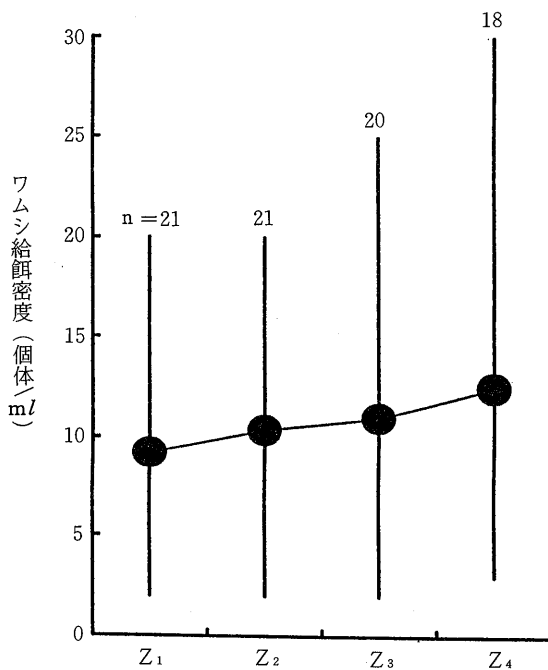
アンケート調査結果から作成した。ここでは機関によって利用状況が多様な魚介肉と配合飼料に着目して分類し、その代表事例を示した。

A (日本栽培漁業協会玉野事業場); B (静岡県温水利用研究センター), 配合飼料を用いない事例; C (熊本県栽培漁業協会大矢野事業場), 魚介肉を最も早く用いる事例; D (大阪府漁業振興基金栽培事業場), アルテミアの給餌期間のみ配合飼料を用いる事例; E (福岡県栽培漁業公社), メガロバ期に魚介肉をほとんど用いない事例; F (長崎県水産試験場島原分場), 微粒子配合飼料を用いない事例; G (岡山県水産試験場栽培漁業センター), 微粒子配合飼料を用いる事例; H (秋田県水産振興センター), 魚介肉を用いない事例。

以上を整理するならば、アルテミアノープリウスは第4齢ゾエアで最も重要度が高く、それ以外の齢期においても摂餌量の向上を図ったり栄養面での偏りを緩和するためには利便性の高い餌料と考えておきたい。アルテミアノープリウスを全長2mm位にまで養成したアルテミア（養成アルテミア）が餌料系列の中に組み込まれる場合もあったが、ノープリウスで十分に有効と考えられること、アルテミアの養成に多くの水槽が必要なこと、また作業量が増大すること等を理由に、現在餌料として用いるところは1機関にすぎない。

(4) 魚介肉

魚介肉は一般的にメガロバと稚ガニの餌料として用いるが、第2齢ゾエアになると利用可能と推定されている（南部，1979）。量産規模では最も早い場合に第3齢ゾエア3日目から給餌する機関があり、第4齢ゾエアになると3割程度の機関が給餌を行っている。ただし、生物餌料と異なり水中での浮遊性に乏しいことから、餌料の捕捉能力が十分に発達していないゾエア幼生に多量に与えると残餌が多くなり、飼育環境水の悪化を招く恐れがあるため注意して給餌する必要がある。



図II-37 ガザミ種苗生産機関におけるワムシ給餌量の設定範囲と平均値

アンケート調査結果から作成した。調査機関数は21機関である。図中のバーは範囲を、●は平均値を示す。範囲と平均値は無給餌の機関を除いて示した。

(5) 配合飼料

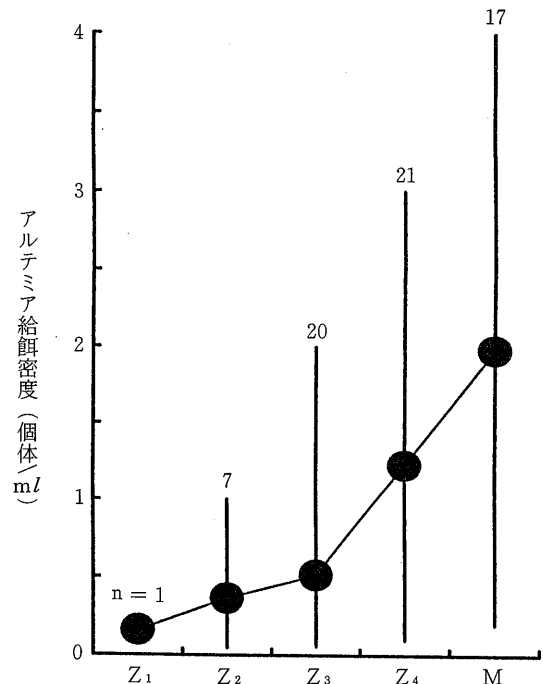
近年他の魚種では魚介肉に代わり配合飼料を利用する機会が多い。また、生物餌料（特にアルテミア）の代替餌料としても一般的なものになりつつある。一方、ガザミではマリノフォーラム21でガザミ幼生用配合飼料の開発が精力的に行われており、10年以上前と比較すると配合飼料を使用する機関ははるかに増加したが、使用する機関数は近年横這い状態にある。利用実態としては全く使用していない機関、魚介肉の補助的餌料や代替餌料としてのみ使用している機関、微粒子配合飼料を用いゾエア初期から生物餌料の補助的餌料として積極的に使用している機関に分けられる。

以上、ガザミ幼生飼育において使用する餌料種類について概説した。なお、参考として機関によって利用状況が多様な魚介肉と配合飼料に着目して分類した餌料系列を図II-36に示した。

5-5-2 生物餌料

(1) 給餌量

給餌密度が幼生の摂餌に影響を及ぼすため（八塚，1960；林田・松清，1982；浜崎，1992），給餌量の設定



図II-38 ガザミ種苗生産機関におけるアルテミア給餌量の設定範囲と平均値

アンケート調査結果から作成した。調査機関数は21機関である。図中のバーは範囲を、●は平均値を示す。範囲と平均値は無給餌の機関を除いて示した。

表Ⅱ-12 ガザミ種苗量産における給餌基準の比較

機関	餌料種類	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	M	C ₁
長崎県水産試験場 島原分場	ワシム (個体/ml)	5	5	6			
	アルテミア (個体/ml)		1	2	3	4	
	ミンチ肉 (g /kl)					100	
	配合飼料 (g /kl)			1~4	1~4	1~4	
千葉県東京湾 栽培漁業センター	ワシム (個体/ml)	10	10	25	25		
	アルテミア (個体/ml)				0.2~0.4	0.8~1.4	0.8~1.4
	ミンチ肉 (g /kl)					40~80	40~80
	配合飼料 (g /kl)	3.6	4.8	3.6	5.6	8	8
岡山県水産試験場 栽培漁業センター	ワシム (個体/ml)	5	5	5	5		
	アルテミア (個体/ml)			0.3	2	2	
	ミンチ肉 (g /kl)					10~20	10~20
	配合飼料 (g /kl)	2	2	3	3	3	4

表Ⅱ-13 ガザミ幼生への適正給餌率を求める実験における餌料系列と日間給餌量 (林田・松清, 1982を一部改変)

区	餌料種類	給餌齢期	給餌基準	給餌時刻
1~4	活きワムシ	Z ₁ ~Z ₃	5~7個体/ml	9:00
	冷凍ワムシ	Z ₂ ~Z ₄	5~15 g /kl	9:00 11:00
	アルテミア	Z ₃ ~M	0.2~2個体/ml	11:00 14:00
	冷凍チグリオプス	Z ₄ ~M	1~3 g /kl	10:00
	アミ・アサリミンチ肉	M~C ₁	30~50 g /kl	7:00 9:00 11:00
				13:00 15:00 17:00
5~8	活きワムシ	Z ₁ ~Z ₄	10~15個体/ml	9:00 11:00
	冷凍ワムシ	Z ₂ ~Z ₄	5~20 g /kl	10:00 11:00
	アルテミア	Z ₃ ~M	0.2~2個体/ml	11:00 14:00
	冷凍チグリオプス	Z ₄ ~M	2~3 g /kl	10:00
	アミ・アサリミンチ肉	M~C ₁	80~130 g /kl	7:00 9:00 11:00
				13:00 15:00 17:00

は単位飼育水量当たりの密度で行うのが一般的である。

ガザミ幼生の摂餌量を中心に検討すれば、Ⅱ-5-6「幼生の摂餌と栄養要求」で示したように生物餌料の適正給餌量を推定できるが、現状では様々な飼育方式の中で混用される餌料の種類や量のバランスによって、各機関のワシムとアルテミアの給餌期間は前述したように多様であるし、次に述べるようにその給餌量も大きく異なる。

ここで、齢期ごとのワシムとアルテミアの給餌密度を各機関の平均値±範囲として、図Ⅱ-37と図Ⅱ-38に示した。なお、図中には給餌を行う機関のみを示した。まず図Ⅱ-37をみると、ワシムの給餌基準には大きな幅があるが、その平均値は齢期に伴い9.5~12.5個体/mlと徐々に上昇する傾向を示す。次に図Ⅱ-38をみると、アルテミアの給餌基準にも大きな幅があるが、その平均値と最

大値の齢期に伴う増加傾向はワシムと比較して大きい。

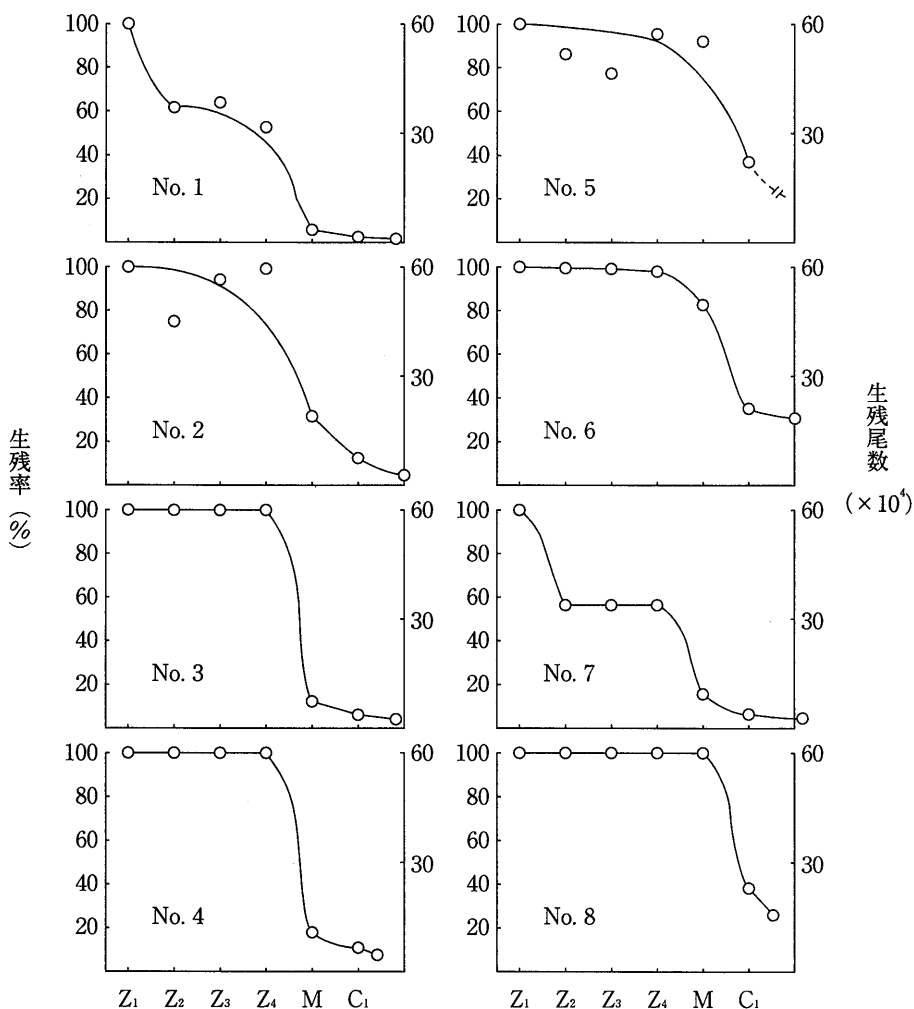
以上のように生物餌料の給餌基準が多様なのは、各機関ごとの経験的な判断に基づくことも大きいですが、初期ゾエアに対しては「水作り」を由来として生成された植物プランクトン、添加した細菌、有機性懸濁物あるいは微粒子配合飼料が、後期ゾエアとメガロパに対しては魚介肉や配合飼料がワシムやアルテミアとともに餌料として有効に活用されているからで、生物餌料とその他の餌料の摂餌割合をどう評価するかで給餌基準が異なってくるのであろう。

以上のような異なる条件の中で設定された多様な給餌基準を一律に論じても混乱を招くため、ここでは実例として、生物餌料を給餌する上でアルテミアを重視した長崎県水産試験場島原分場の事例 (事例1)、ワシムを重

視した千葉県東京湾栽培漁業センターの事例（事例2）、さらに配合飼料を効率的に利用するために生物餌料の給餌量を抑制する見地から給餌量のバランスを重視した岡山県水産試験場栽培漁業センターの事例（事例3）の給餌基準を表Ⅱ-12に示し検討を加えたい。

まず、生物餌料を重視した事例1と事例2のワムシとアルテミアに着目して給餌量を検討する。事例1では第3齢ゾエアまで *Chaetoceros calcitrans* を添加して5万細胞/ml以上に維持することを目標としており、珪藻の維持にはむしろ障害となるワムシの給餌密度を低く設定しているが、アルテミアの給餌を開始した第2齢ゾエア以降、アルテミアノープリウスの乾燥重量をワムシの約10倍として考えれば、生物餌料の給餌量はほぼ類似した値に設定されている。ただし、ここでアルテミアの乾燥重

量は孵化直後2.47 μg 、24時間後1.85 μg （二村，1987）、S型ワムシの乾燥重量は0.12~0.25 μg （山崎・平田，1986）として計算した。この2例に比べると事例3では第1齢ゾエアと第4齢ゾエアではあまり違いは認められないが、第2齢ゾエアと第3齢ゾエアでは生物餌料の給餌量は低く設定されている。第3齢ゾエアへの給餌量で考察すれば、飼育水1klに3万尾のゾエア幼生が生存しているとすると、ゾエア1尾当たりのワムシの飽食量を196個体として（深山・井上，1995）、1klで588万個体のワムシが必要になる。事例3の給餌基準で考えると、1kl当たり500万個体のワムシと30万個体のアルテミア（前述のように重量換算で約10倍と想定すれば、ワムシ300万個体に相当する）および3gの配合飼料を与えるため、生物餌料のみをとっても飽食量の1.4倍、配合飼



図Ⅱ-39 ガザミ幼生への適正給餌率を求める飼育実験における各飼育区ごとの生残率と生残数（林田・松清，1982）
飼育区については表Ⅱ-13に示した。

料も含めるならば2倍程度を給餌していることになり、利用効率が50～70%程度であれば必要量をほぼまかなっていることになる。この比較だけでいえば、事例1および事例2は事例3よりも過給餌との見方もある。しかし、給餌密度が幼生の摂餌に影響を及ぼすことが知られており（八塚，1960；林田・松清，1982；浜崎，1992），このことに対する評価が事例1，事例2および事例3の違いに現れたものと思われる。

給餌量と生産性について，林田・松清（1982）は単位生産尾数を5000尾/klから13,000尾/klに向上させる過程で，自らの飼育実験（表Ⅱ-13）と他機関の好飼育事例を参照して適正給餌率を検討した。その結果，給餌量に2倍以上の差をつけることによって図Ⅱ-39に示すように生産性が向上したことから，第4齢ゾエアからメガロパにかけての減耗要因は第3齢ゾエアから第4齢ゾエアの餌料不足にあると推察している。また，ゾエア期のワムシ給餌を5～7個体/mlから10～15個体/mlに増量することがゾエアのワムシ摂取量を増加させ，メガロパまでの生残率を高め得ると結論づけている。さらに，この実験結果と各機関の好飼育事例から，各齢期の湿重量

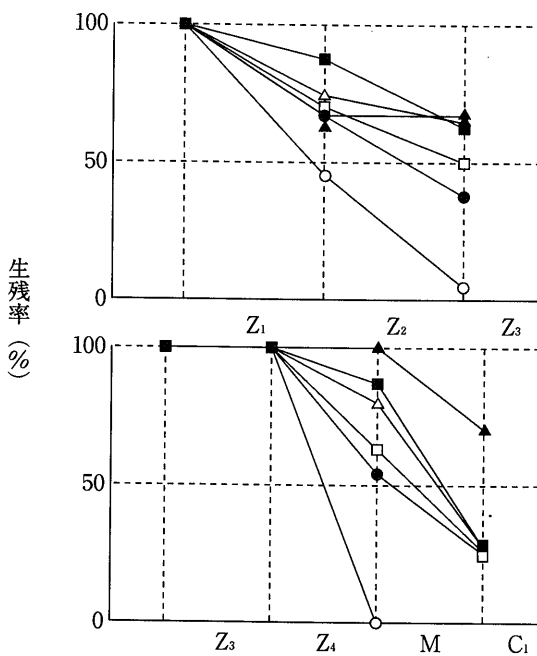
を第1齢ゾエアが0.10 mg，第2齢ゾエアが0.22 mg，第3齢ゾエアが0.35 mg，第4齢ゾエアが1.10 mg，メガロパが3.40 mg，および第1齢稚ガニが7.0 mg，また餌料のS型ワムシが1.5 μ g，L型ワムシが3 μ g，アルテミアが10 μ gとし，体重に対する適正給餌率を第1齢ゾエアから第2齢ゾエアでは5～10倍，第3齢ゾエアから第4齢ゾエアでは2～4倍，メガロパから第1齢稚ガニでは1.5～2倍と推察している。

また，馬久地・水呉（1986）は1klポリカーボネイト水槽を用い，流水飼育下で第1齢ゾエアから第2齢ゾエアには飼育水温22.5～25.7℃でワムシを餌料とし，また第3齢ゾエアからメガロパには飼育水温25.5～27.6℃でアルテミアノープリウスを餌料として，幼生の体重当たり50～1,000%の基準で給餌する実験を行った。なお，その実験では幼生の湿重量を第1齢ゾエアが0.09 mg，第2齢ゾエアが0.14 mg，第3齢ゾエアが0.5 mg，第4齢ゾエアが1.0 mg，およびメガロパが3.4 mgとし，ワムシとアルテミアの湿重量をそれぞれ1 μ gと20 μ gとして計算している。その結果，図Ⅱ-40に示したように250%の給餌率が適量と報告している。

以上，ワムシとアルテミアの給餌基準の現状をとりまとめ，給餌率に関する飼育実験結果を紹介した。ガザミ幼生の代謝は飼育水温の上昇に伴い高まり，餌料要求量も増加するものと考えられる（Ⅱ-5-6-1「摂餌」を参照）。したがって，飼育水温によって給餌基準を変更する必要があるものと考えられるが，現状では一部の機関で行われているにすぎない。今後は，幼生の飽食量の観点から推定された適切な給餌基準（Ⅱ-5-6-1「摂餌」を参照）を参考にしながら実際の飼育水温別の飼育実験によって真に適切な給餌基準を求めていく必要がある。

(2) 給餌作業

ワムシやアルテミアの給餌管理は前述のように飼育水中の密度で行われることから，給餌作業は1日1回の場合が多い。飼育方式によってワムシ密度の推移は異なり，特に屋外水槽を用いて「水作り」を行う飼育方式では，ワムシが植物プランクトン等を餌料として給餌基準よりも増殖する機会が多いことから，給餌回数は少ない傾向にある。給餌を2回に分けて行う場合には給餌間隔を5時間以上とし，残餌数を確認後に行う機関が多い。また，3回以上に分けて給餌するのは1機関だけであるが，この場合も日中になるべく給餌間隔をあけるようにしている。1日1回給餌する場合の給餌時刻は，ワムシでは午前9時から10時位であり，アルテミアではワムシの給餌時刻とずらして午後3時から4時の間である。給餌作業においては，栄養強化や他の飼育作業を円滑に進めることができれば，特定の時間に給餌する必要はないといえる。ただし，初期ゾエアの摂餌は夜間是不活発で



図Ⅱ-40 ガザミ幼生への適正給餌率を求める飼育実験における各飼育区の生残率（馬久地・水呉，1986を一部改変）

各飼育区は幼生の体重に対する給餌率を示す。1区（●），50%；2区（□），125%；3区（■），250%；4区（△）；500%；5区（▲），1000%；6区（○），無給餌。

表Ⅱ-14 ガザミ種苗生産機関における生物餌料の栄養強化方法

機関	ワムシ強化方法			アルテミア強化方法		
	強化剤	添加基準	ワムシ密度 (個体/ml)	強化剤	添加基準	アルテミア密度 (個体/ml)
宮城県栽培 漁業センター	アクアラン (サメ卵) *1	—	150~200	バワッシュA *4	—	150~200
秋田県水産 振興センター	すじこ乳化油 *2	6 g /億個体	400~800	スーパード カプセルA-1 *5	200ml /kl	100~200
千葉県東京湾 栽培漁業センター	ナンノクロロプシスと 油脂酵母 *3	1000万細胞/ml 500 g /kl	500~800	フリッパック ブースター *6	100 g /kl	70以下
静岡県温水利用 研究センター	濃縮ナンノクロロプシス (100億細胞/ml)	20/60億個体	—	イカ肝油	80ml /kl	40
大阪府漁業振興 基金栽培事業場	ナンノクロロプシスと 油脂酵母	2500~3000万細胞/ml 30 g /億個体	2000以下	ドコサ65Eと ドコサユークレナ *7	30~50ml /kl 100 g /億個体	100~500
岡山県水産試験場 栽培漁業センター	ナンノクロロプシスと 油脂酵母	— 50 g /億個体	200~300	—	—	—
日本栽培漁業協会 玉野事業場	ナンノクロロプシスと 油脂酵母	1000万細胞/ml 250~500 g /1.8kl	700~1500	—	—	—
広島市水産 振興協会	ナンノクロロプシス 油脂酵母 レッド *3	1500万細胞/ml 50 g /億個体	1000 200~800	マリニアルフア	3l /kl	100~150
広島県栽培 漁業協会	<i>Chaetoceros calcitrans</i>	5000細胞/ml	100~1000	—	—	—
香川県水産振興基金 栽培種苗センター	アクアラン (サメ卵)	125 g /kl	500	—	—	—
福岡県栽培 漁業公社	すじこ乳化油	10 g /kl	—	—	—	—
大分県漁業公社 国東事業場	ナンノクロロプシスと 油脂酵母	2000万細胞/ml 35 g /kl	50	ドコサユークレナ とマリニアルフア	100 g /億個体 500ml /kl	100~150
熊本県栽培漁業協会 大矢野事業場	マリニアルフア *2	1~1.5l /1.8kl	600~2000	ドコサユークレナ	100~200 g /1.8kl	100~450
長崎市水産センター	ナンノクロロプシスと 油脂酵母	1500万細胞/ml 50 g /億個体	100~150	—	—	—
鹿児島県栽培 漁業センター	—	—	—	スーパード アルテミア *8	100 g /億個体	200以下

この表に掲載されていない機関はワムシとアルテミアの栄養強化を行っていない。また、掲載された機関の空白は栄養強化を行っていない。

栄養強化剤の名称は主に商品名である。

*1 武田科学飼料, *2 日清サイエンス, *3 協和発酵, *4 オリエンタル酵母, *5 クロレラ工業, *6 フリッパック, *7 秋田十條化成, *8 ヒガシマル。

あること（八塚，1962），給餌後長時間経過したワムシは飢餓状態で栄養的に好ましくないこと，アルテミアはワムシに比べると栄養的に劣るにもかかわらず後期ゾエアでは摂餌選択性が高いこと，以上のことを考慮すれば，給餌直後のワムシを優先的に摂餌させるためワムシの給餌は午前の早い時間帯に行う方が望ましいと考えられる。

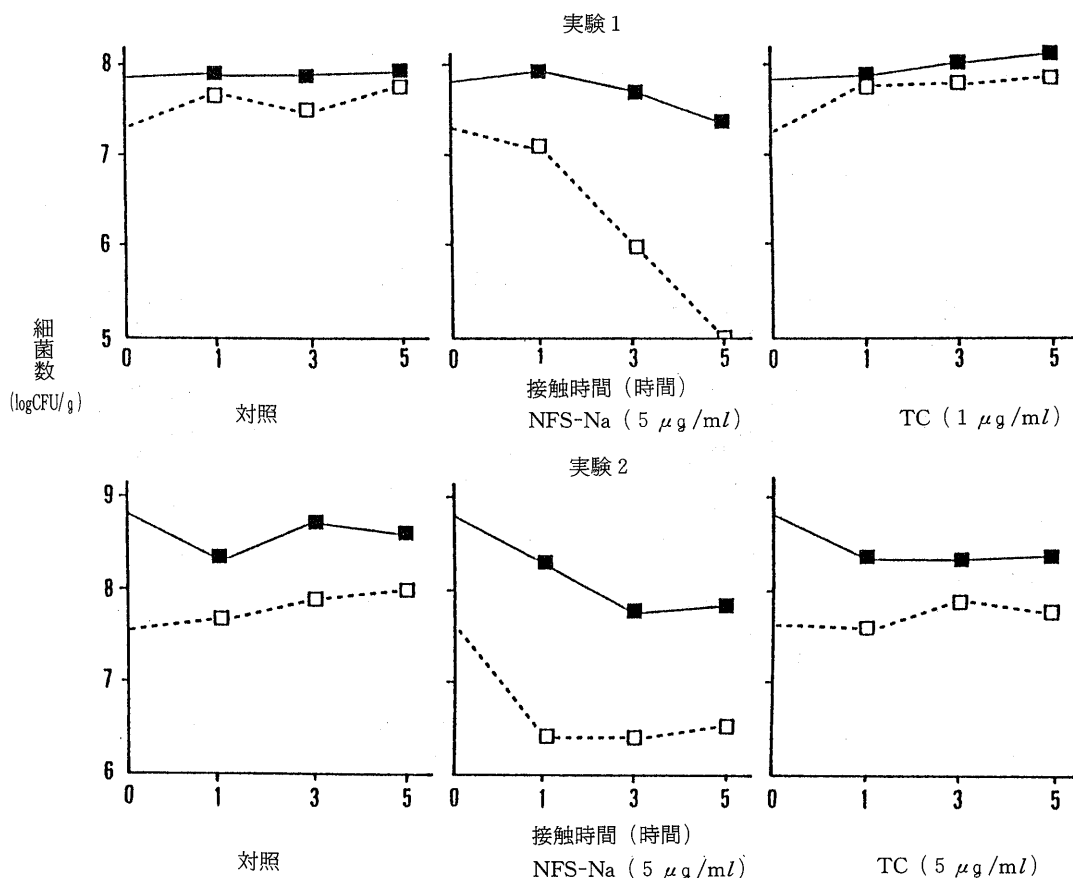
(3) 栄養強化

ガザミ幼生の栄養要求については不明な点が多いものの，ワムシの質的な違いが飼育結果に影響することが知られており，他の魚種での生物餌料の栄養強化と同様に，EPA や DHA 等の $n-3$ HUFA の強化が行われている。ワムシの栄養強化は生産機関中約 7 割の機関が，アルテミアでは約半数の機関が実施している。栄養強化される $n-3$ HUFA が他の魚種と同様にガザミゾエア幼生にとっても必須脂肪酸であることが実証され（浜崎ら，1995；竹内ら，1995），その適正量はワムシ乾燥重量当

たり 2 % 前後であると推察されている（Ⅱ-5-6-2「栄養（ $n-3$ HUFA）要求」を参照）。

実際の種苗生産の場では，「水作り」で使用される植物プランクトン，細菌，あるいは有機性懸濁物が直接ガザミ幼生に摂取されたり，生物餌料を経由して間接的に摂取されることで，餌料の栄養的な多様化をもたらしていることが推察され，栄養強化を行わない機関でも高い生残率をあげている事例もある。しかし，飼育水槽内の不安定な生物バランスに依存することが，原因不明の大量へい死を引き起こす可能性もあり，安定した結果を残すには生物餌料の計画的な栄養強化を行う必要がある。

ワムシ，アルテミアの栄養強化は表Ⅱ-14に示した方法で行われているが，新しい商品が次々と開発されており，各機関ともに年により強化剤が変わることも多い。ただし，種苗生産の現場では同じ強化剤を用いて同じ方法で栄養強化を行っても，餌料の栄養分析が安定しない



図Ⅱ-41 ワムシの細菌数に及ぼすニフルスチレン酸ナトリウムとテトラサイクリンの影響 (Tanasomwang and Muroga, 1989a)

■—■：ZoBell 培地における計数値，□—□：BTB 培地における計数値。

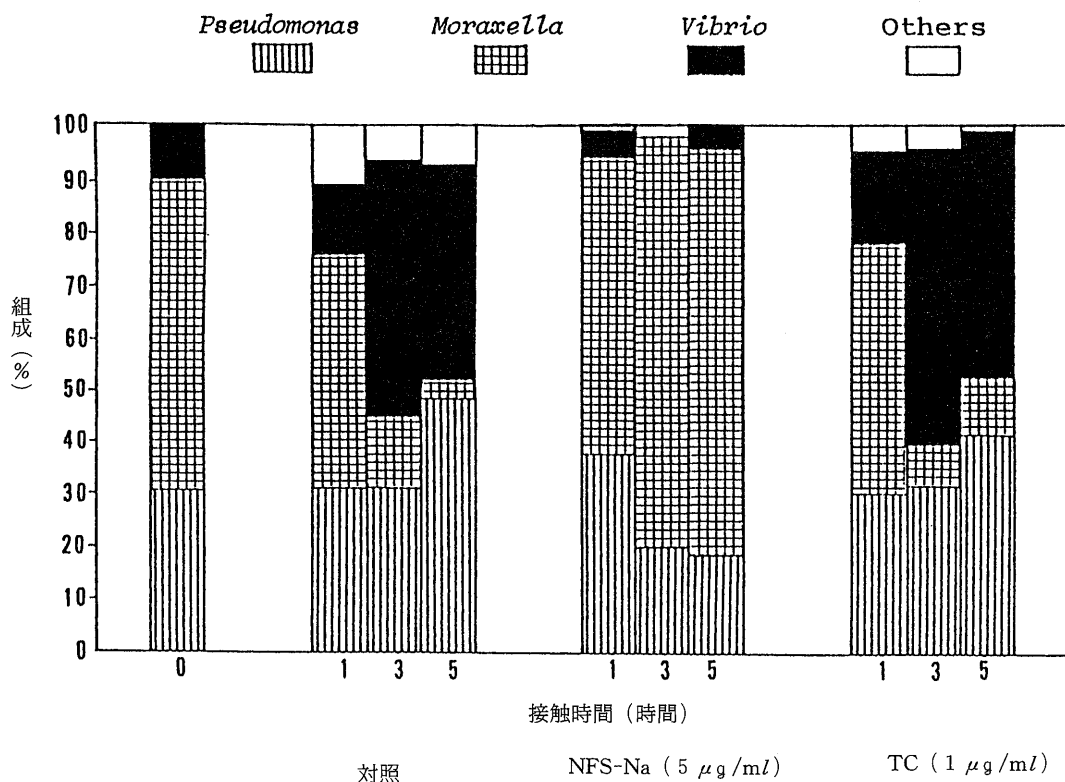
ことはよく経験するところである。現状ではそれぞれの強化方法の優劣の比較は難しく、また現在使用されている以外の強化方法についても、今後ガザミ幼生の栄養要求量の解明が進むに伴い検討・導入を図る必要がある。なお、種々の栄養強化剤によって強化した生物餌料の脂質と脂肪酸含量がⅡ-5-6-2「栄養（n-3 HUFA）要求」の表Ⅱ-22, 23に示してあるので参照いただきたい。

(4) 薬浴

一部の機関は、疾病の防除を目的に給餌前の生物餌料を薬浴する。海産魚の種苗生産過程においてしばしば *Vibrio* 属細菌による感染症が発生するが（室賀ら, 1987；山野井ら, 1988 a；文谷ら, 1987；室賀, 1995），ガザミゾエア幼生でも同様の感染症が知られている（室賀ら, 1989；Muroga et al., 1994）。ガザミゾエア幼生のビブリオ病原菌については、飼育水や餌料生物から検出されておらず（Suzuki et al., 1990），感染源や感染経路は確認されていない（室賀ら, 1989；Suzuki et al., 1990；Muroga et al., 1994）。一方、アユ *Plecoglossus altivelis* やクロダイ *Acanthopagrus schlegel* の種苗生産過程においては原因菌（*Vibrio anguillarum*）がワムシやアルテミア等の餌料生物から確認されており（武田ら, 1975；林ら, 1976；山野井ら, 1990），餌料生物培養槽で増殖した

Vibrio 属細菌が餌料とともに取り込まれた仔稚魚の消化管内でさらに増殖し、大量へい死を引き起こすと推察されている。

大量培養されたワムシ中の細菌数は高く、ZoBell's 2216 e 寒天培地および BTB ティポール寒天培地上でそれぞれ $10^7 \sim 10^9$ CFU/g と 10^6 CFU/g が計数されている。ニフルスチレン酸ナトリウムは *Vibrio* 属細菌に対して比較的強い殺菌効果を示すことが報告されている（山野井・杉山, 1987；宮川・室賀, 1988；Tanasomwang and Muroga, 1989 a）。Tanasomwang and Muroga (1989 a) は 2 g のワムシを 1 l ビーカーに入れ、それぞれニフルスチレン酸ナトリウム 5 μ g/ml とテトラサイクリン 1 μ g/ml および 5 μ g/ml で薬浴し、1, 3, 5 時間後の細菌数を ZoBell's 2216 e 寒天培地と BTB ティポール寒天培地上で計数した。その結果によれば（図Ⅱ-41），ニフルスチレン酸ナトリウム浴区のみで特に BTB ティポール寒天培地上の細菌数が 10^2 CFU/g 程度減少し、また細菌相の推移については図Ⅱ-42 に示すように、特に *Vibrio* 属細菌が減少している。また、山野井・杉山 (1987) もほぼ同様の実験を行い、ワムシをニフルスチレン酸ナトリウム 1 μ g/ml で 4 時間薬浴することによって、BTB ティポール寒天培地上の菌数を 10^3 CFU/g 程度減



図Ⅱ-42 ワムシの細菌相に及ぼすニフルスチレン酸ナトリウムとテトラサイクリンの影響 (Tanasomwang and Muroga, 1989a)

少させる効果があることを報告している。さらに、クロソイ *Sebastes schlegeli* とクロダイでは、ニフルスチレン酸ナトリウムで薬浴したワムシを給餌することで仔稚魚の消化管内細菌相から *Vibrio* 属細菌が顕著に減少することが知られている (Tanasomwang and Muroga, 1989 b; 山野井ら, 1990)。さらに、アユ種苗生産現場においてはこれらの知見に基づく生物餌料のニフルスチレン酸ナトリウム浴の実施が、細菌性疾病による大量へい死の発生を半減させているとの認識が持たれている (山野井ら, 1988 b)。

ガザミ幼生の飼育水、ガザミ幼生および給餌する餌料の細菌相を調査した Suzuki et al. (1990) によれば、飼育水の細菌相はゾエア初期の飼育水中では *Pseudomonas* 属の細菌が優占しているが、飼育に伴い *Vibrio* 属細菌が優占するようになる。さらに、餌料種類ごとの細菌数と細菌相は、ワムシおよびアルテミアでは *Vibrio* 属細菌が優占しているという。このことから、生物餌料の給餌がガザミ幼生飼育水の細菌相へ及ぼす影響は大きなものであると推定できる。アユ種苗生産過程におけるニフルスチレン酸ナトリウムによる生物餌料の薬浴が妥当なものと判断するならば、ガザミ種苗生産でも同様の判断が可能であろう。現場での生物餌料の薬浴の一例を挙げれば、ワムシでは給餌前にニフルスチレン酸ナトリウム 1 mg/l、アルテミアではニフルスチレン酸ナトリウム 1 mg/l と塩素 12 ppm の基準で 2 時間の薬浴を行う場合がある。

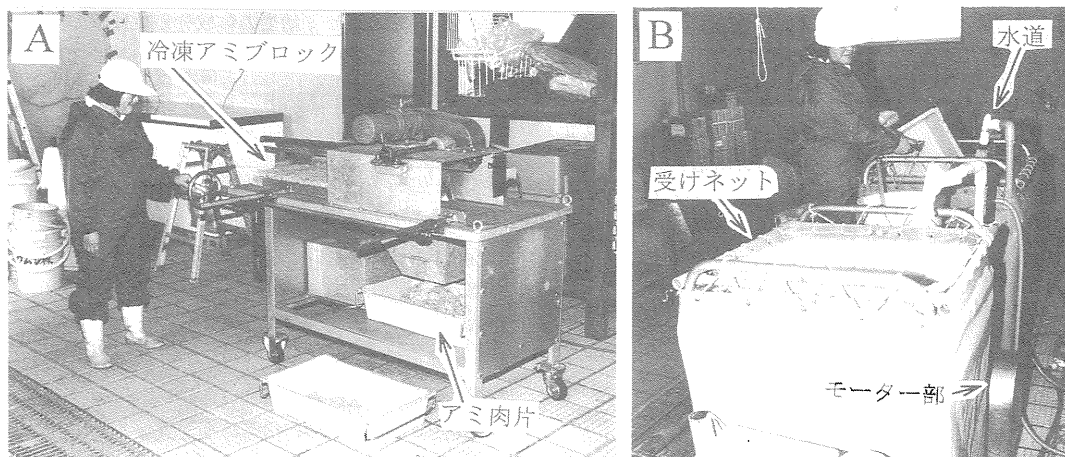
しかしながら、薬浴によって減少した餌料生物中の細菌数と疾病発生との関係や、給餌後の薬浴した餌料生物や飼育水の細菌数や細菌相の変動についての知見はなく、先の山野井・杉山 (1987) のニフルスチレン酸ナトリウムの薬浴効果を調べた実験においても、実験を重ね

るうちにニフルスチレン酸ナトリウム浴がワムシ中の細菌数に何ら影響を及ぼさないことを経験したことが述べられている。また、飼育担当者も明確な効果を確信できないままに薬浴を行っている場合もあるのが現状であり、このような状況の中でのニフルスチレン酸ナトリウムによる薬浴は、薬剤使用基準に対して適切であるとはいえないことや薬剤耐性菌の出現も危惧されることから慎重に行うべきと考える。

5-5-3 魚介肉

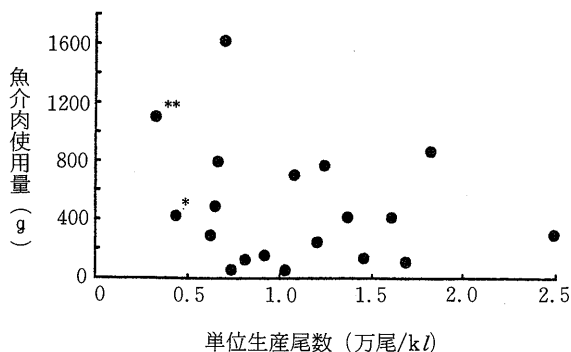
(1) 種類

各機関で使用する魚介肉の種類は冷凍むき身アサリ、イサザアミやアキアミ等の近海産の小型のアミ類と遠洋漁業で漁獲される大型のオキアミ類である。昭和50～60年代に使用された魚介肉の種類としては、アサリを中心に補助的にアミ類を使う機関が多かったが、現在はアミ類を中心にアサリを併用するか、もしくはアミ類を単独使用する機関が多くなっている。アサリからアミ類へ移行したのは、アミ類価格はアサリに較べて1/10程度と安価で、調餌の際にも洗浄ネットの目詰まりが少なく作業が容易であること、また従来の調餌機はミートチョッパーと呼ばれる冷凍魚肉をすり潰すタイプのものではあったが、現在では冷凍魚肉を細かく削り切る方式のスライサー型の調餌機 (写真Ⅱ-9-A) が普及したことによって考えられる。すなわち、アミ類の肉をすり潰して水洗い処理するとほとんど肉片が残らず、その利用率は悪いが、削り切りすることでエキス成分の流出も比較的少なく、その利用率が向上するようになった。これまで魚介肉を栄養面から評価した知見はなく、各機関の飼育結果から判断すると、魚介肉の種類が生残率に影響することは少ないようである。

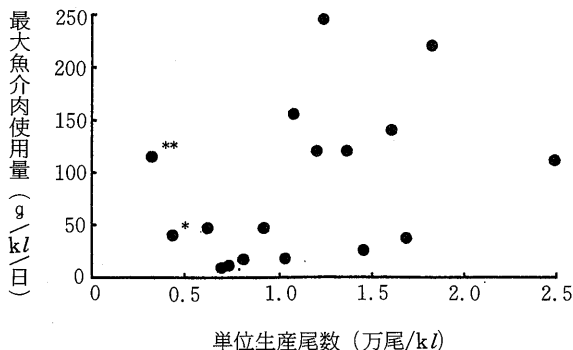


写真Ⅱ-9 ガザミ幼生に給餌するアミの調餌 (日本栽培漁業協会玉野事業場)

A, スライサーによる調餌; B, モーターによりネットが左右に振とうし、ミンチ肉を脱水する。



図Ⅱ-43 ガザミ種苗生産機関における最良飼育事例の単位生産尾数と稚ガニを1万尾生産するのに要した魚介肉使用量の関係(平成2年～6年)
ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。*第2齢稚ガニ；**第3齢稚ガニ；他は第1齢稚ガニである。



図Ⅱ-44 ガザミ種苗生産機関における最良飼育事例の単位生産尾数と単位飼育水量当たりの1日最大魚介肉使用量の関係(平成2年～6年)
ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。*第2齢稚ガニ；**第3齢稚ガニ；他は第1齢稚ガニである。

魚介肉は機器による処理後、水洗しながら18目程度のネットを通過させて40～200目のネットで受け(写真Ⅱ-9-B)、ミンチ肉として給餌まで冷蔵あるいは冷凍保存する。経験的ではあるが、1シーズン程度であれば冷凍保存して差し支えない。作業性の向上を図り酸化を防ぐには、1回分の給餌量程度を小分けにして袋詰めし、冷凍保存するのがよい。なお、調餌後のミンチ肉の重量は、調餌前魚介肉重量の25～75%程度と機関によって大きく異なる。

(2) 給餌量と給餌方法

平成2年から6年のガザミ種苗生産研究検討会資料を用い、各機関の最高事例における単位生産尾数と稚ガニ1万尾を生産するのに使用した魚介肉給餌量の関係を図

Ⅱ-43に示した。また、単位生産尾数と飼育水量当たりの1日最大給餌量の関係を図Ⅱ-44に示した。稚ガニ1万尾当たりの魚介肉給餌量は50～1600gと大きな差がみられ、単位生産尾数と魚介肉使用量との間に明確な相関は認められない。これは、幼生が大量に減耗するのは魚介肉の給餌を始める第4齢ゾエア以降であるため、幼生の生残数が不明確な場合が多く、給餌量の設定が曖昧になりやすいこと、水温や換水量等の飼育管理手法が異なること、またアルテミアや配合飼料との給餌割合が異なること等に起因するのであろう。なお、メガロパへの適正給餌率に関する知見(Ⅱ-5-5-2「生物餌料」を参照)や餌料要求量に関する検討結果(Ⅱ-5-6-1「摂餌」を参照)を参考にすれば、メガロパへの総給餌量の目安が得られ、魚介肉、アルテミアおよび配合飼料の給餌割合を決めることが可能であろう。

南部(1979)は生物餌料の一部を貝類のミンチ肉に置き換える実験の中で、1日1kl当たりミンチ肉70gと生物餌料20gを給餌することで、34,000尾/klの密度でメガロパの飼育が可能としている。さらに、過剰給餌としない給餌量の限界は、換水率を100%/日に設定した場合、70g/kl/日であろうと報告している。図Ⅱ-44に示したとおり、7機関が100g/kl/日以上で給餌しているが、メガロパにおける換水率は200%/日程度の機関が多いため、過給餌による悪影響がみられないものと考えられる。この図に示される10,000尾/kl以上の単位生産尾数は、100g/kl/日以上を給餌している場合に多くみられる。ただし、25～30g/kl/日の給餌でも15,000尾/kl程度を生産した事例がみられるため、必ずしも給餌量の増大が高い生産性を達成するための必要条件とはいえない。

給餌は大半の機関が1日に4～6回に分けて行っている。

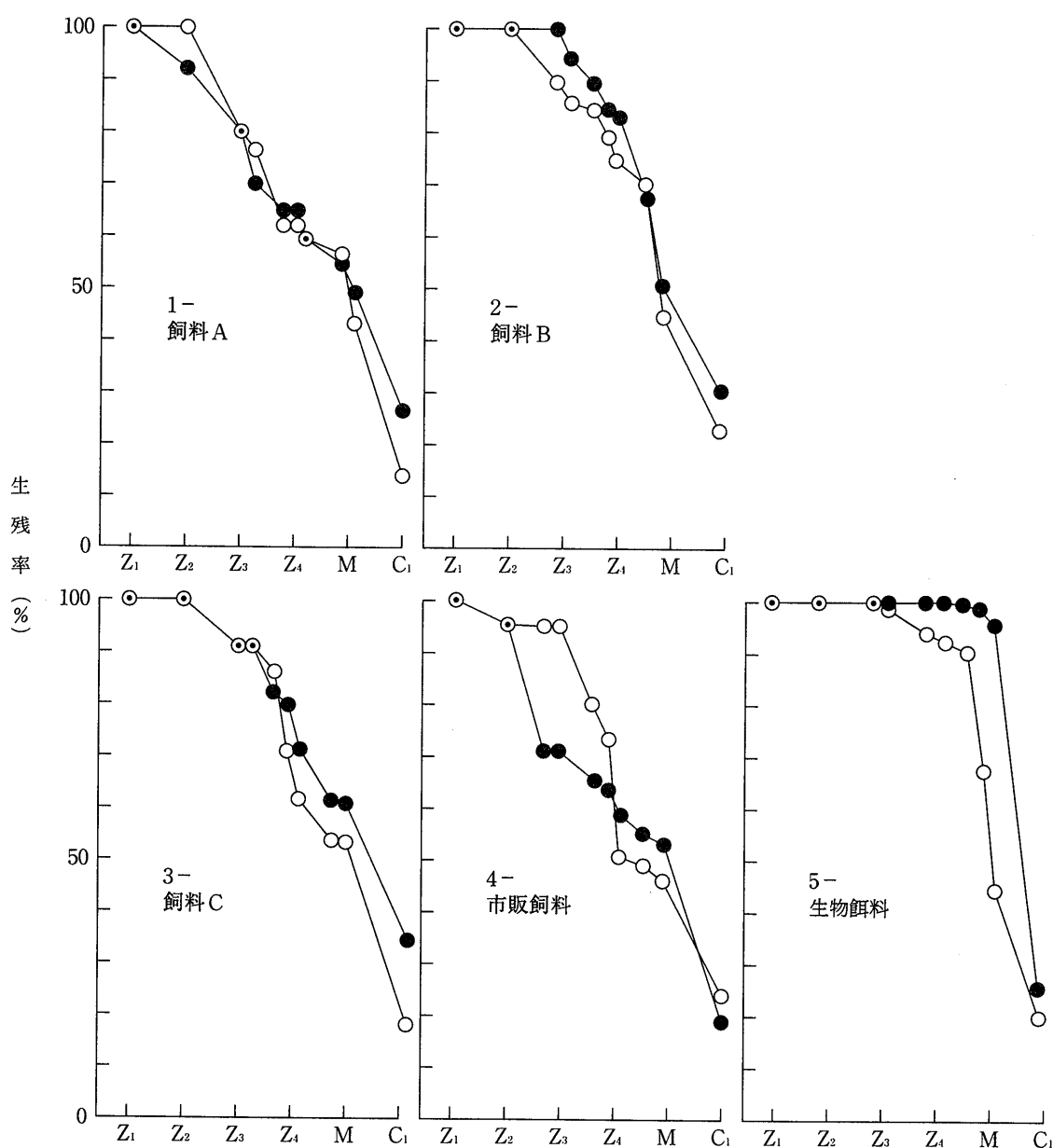
表Ⅱ-15 ガザミ幼生の体成分と生残率の関係
(柳本・尾田, 1992を一部改変)

サンプル名	脂質含量*1 (%)	脂肪酸組成*2		取り揚げ時の 生残率(%)
		EPA	DHA	
ふ化幼生	10.78	19.73	10.32	—
No. 1 *3	11.15	9.91	2.57	3.6
No. 2	12.04	11.43	4.56	6.7
No. 3	11.78	11.48	1.11	0
No. 4	11.53	9.12	5.21	16.9

*1 乾燥重量基準。

*2 総脂肪酸中に占める割合(%)。

*3 試験区で配合飼料の給餌時期が異なる。No. 1, Z₁～Z₂; No. 2, Z₃～Z₄; No. 3, 給餌なし; No. 4, Z₁～Z₄。



図II-45 ガザミ幼生への配合飼料給餌飼育実験における生存率の推移 (尾田ら未発表資料より作成)

●：配合飼料給餌量がZ₁, 1 g ; Z₂, 2 g ; Z₃, 4 g ; Z₄, 5 g ; M, 7 g .

○：配合飼料給餌量が上記の1/2.

生物餌料給餌量：両実験区ともゾエア期にワムシ2.5個体/mL, アルテミアをZ₃に0.5個体/mL, Z₄に1個体/mL.

る。給餌に際しては、ガザミ幼生が容易に捕足できるよう、時間をかけて飼育水槽全面に散布することが必要である。

5-5-4 配合飼料

(1) 給餌効果

ガザミ種苗生産研究会は昭和59年と60年の2年にわたって、「初期の生物餌料の節減を図るとともに健苗を育成できる配合飼料を開発する」目的で連絡実験を行っ

た。

配合飼料に対する関心は高く、両年ともに13機関が実験に参加し、昭和59年には延べ72水槽、昭和60年には延べ79水槽を用いて配合飼料の餌料効果について検討した。試験に用いた配合飼料はカゼイン・マイクロバインディング微粒子飼料で、第1齢ゾエアから実験終了時の第1齢稚ガニまで生物餌料とともに給餌した。その結果、昭和60年の連絡実験では生物餌料単独区に対して配合飼料併用区はわずかではあるが生残率が高かった。しかし、2年とも総体的に生残率が低く、かつ機関によってバラツキが大きかったためにその有効性についてはさらに検討する必要があった。

その後、尾田は配合飼料の給餌効果等に関する実験を行い、生物餌料と配合飼料を併用することで「水作り」が不要となり、メガロパでの大量へい死を防ぐことが可能になることを報告している（尾田，1984 a, 1984 b, 1986 a, 1986 b）。また、柳本・尾田（1992）はゾエア期における配合飼料の給餌期間の違いが生残率に及ぼす影響を検討した中で、配合飼料の給餌時期が生残率に影響を及ぼすことを明らかにするとともに、表Ⅱ-15に示すように生残率が高いほど稚ガニのDHA含量が高くなる傾向を示したことから、DHAを強化した餌料を与えることで稚ガニまでの生残率の向上が図れるのではないかと推察している。

尾田らは昭和61年から始まったマリノフォーラム21の人工配合飼料研究部会「ガザミ用微粒子人工配合飼料の

開発」の中でも実験を進め、例えば図Ⅱ-45に示したように実験区によって飼育経過に伴う生残状況は異なるが、配合飼料を給餌した区の第1齢稚ガニまでの生残率は、生物餌料を給餌した区と同等かむしろ上回る結果を得ている。

マリノフォーラム21における飼育実験は10年にわたり継続されており、その結果から次の見解が示されている（岡山県水産試験場，尾田 正氏私信）。

- ① 配合飼料を併用することでワムシの給餌量を削減できる。ワムシを一般的な給餌基準である10個体/mlで与えると、幼生が配合飼料を摂餌しないため、水質悪化を招き結果的に悪影響を及ぼす。それを防ぐには、ワムシの給餌基準を2.5個体/ml程度にするのが実験的には効果的である。
- ② 配合飼料の質によって生残率に明らかな差があることから、今後の開発により配合飼料の質がさらに向上すれば、生産性の高い飼料となる可能性がある。
- ③ 現状の配合飼料を単独給餌してもメガロパへの順調な飼育は行えない。また、生物餌料の単独給餌によっても時として大量へい死を起こすことがあることから、生物餌料と配合飼料を併用することで飼育成績の安定化を図ることができる。

マリノフォーラム21での配合飼料の開発は、他魚種に比べれば遅れているとはいえ、ガザミ幼生飼育への配合飼料導入の先駆けとなっており、今後の成果がますます期待される。

表Ⅱ-16 ガザミ種苗量産における配合飼料の使用事例

齢期	岡山県水産試験場栽培漁業センター			香川県水産振興基金栽培種苗センター			大分県漁業公社国東事業場		
	配合飼料 種類*1	粒径 (μ m)	給餌量 (g/kl)	配合飼料 種類*2	粒径 (μ m)	給餌量 (g/kl)	配合飼料 種類*3	粒径 (μ m)	給餌量 (g/kl)
Z ₁	B-250	250	2	CAR	5~30	1.5	MB-2	53~125	0.4
				CD2	30~90	1.5			
Z ₂	B-250	250	2	CAR	5~30	1.5	MB-2	53~125	0.4
				CD2	30~90	1.5			
Z ₃	B-400	400	3	CAR	5~30	1.5	MB-2	53~125	0.6
				CD2	30~90	1.5			
				CD3	80~150	1.5			
Z ₄	B-400	400	3	CAR	5~30	1.5	MB-3	125~250	0.9
				CD2	30~90	1.5			
				CD3	80~150	1.5			
M	B-700	700	3	C-700	700	10	MB-4	125~250	1.5
C ₁	B-700	700	4	C-700	700	10	MB-4	125~250	2

*1 協和発酵社製。

*2 CAR~CD3はフリバック社製、C-700は協和発酵社製、Z₄最終日はMと同じ給餌基準。

*3 武田科学飼料社製。

魚介肉を配合飼料で代替することは、マリノフォーラム21の飼育実験で魚介肉が用いられていなかったことから十分に可能と考えられていたが、実際の量産規模で魚介肉を完全に配合飼料で代替する機関はなかった。しかし、最近秋田県水産振興センターは魚介肉全てを配合飼料で置き換え、稚ガニまでの生残率37.5%を得ている(Ⅳ-2「ナンクロロブシスを添加する方法」を参照)。このように、実際の種苗量産過程で魚介肉を配合飼料で完全に代替可能なことが示されている。

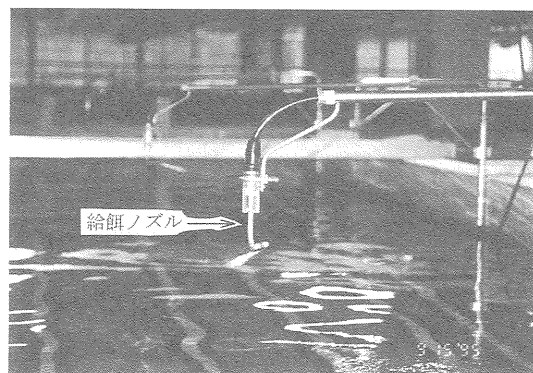
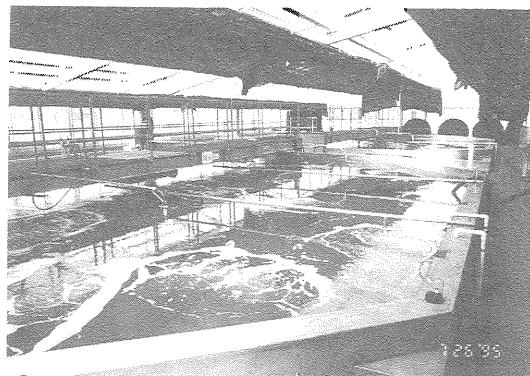
(2) 種類と給餌量

現在、各機関が用いている配合飼料は、微粒子配合飼料で3社の製品、通常の配合飼料では5社の製品である。表Ⅱ-16に微粒子配合飼料を使用する3機関を代表として、配合飼料の種類とその給餌基準を示した。全く配合飼料を使用しない機関もある中で、3機関とも第1齢ゾエアから微粒子配合飼料を使用しているが、配合飼料の大きさや給餌量については3機関でかなり異なり、特に第1齢ゾエアで顕著である。なお、前述したように配合飼料を給餌するにあたっては生物餌料とのバランスを考慮する必要があり、配合飼料の給餌量は単純には適正給餌率に関する知見(Ⅱ-5-5-2「生物餌料」を参照)、あるいは餌料要求量に関する検討結果(Ⅱ-5-6-1「摂餌」を参照)から、生物餌料の不足分を補うよう計算して求めることは可能である。

ガザミ幼生に給餌する配合飼料の大きさは様々で、その適正サイズに関する検討事例は少ない。内山・深山(1992)は水温25.4~25.5℃で5 l ビーカーを用い、第1齢ゾエアに対して粒径5~30 μm 、30~90 μm 、および80~150 μm のマイクロカプセル微粒子配合飼料を50 mg/日と100 mg/日を基準に単独給餌し、第2齢ゾエアでの生残率と背額棘間長を測定している。その結果によれば、ふ化後3日目の第2齢ゾエアへの脱皮率は粒径80~150 μm 区で20~23%であり、その他の区では5%程度であったという。この結果について彼らは、粒径5~30 μm と30~90 μm の配合飼料では咀嚼による破壊をほとんど受けていないため、消化酵素による化学的な消化が行えないままに排泄されてしまうのではないかと考え、口器による破壊を受ける粒径の大きさの配合飼料を給餌するのが妥当と推測している。

現在、各機関が使用している配合飼料の大きさは、第2齢ゾエアではワムシと同等の250 μm 、第3齢ゾエアではワムシおよびアルテミアノープリウスと同等の250~400 μm 、第4齢ゾエアではアルテミアノープリウスと同等の400 μm 、またメガロパおよび第1齢稚ガニでは700 μm 程度が最も多い。

マリノフォーラム21で行われた配合飼料の比較試験では、配合飼料の種類で飼育結果に違いがみられているも



写真Ⅱ-10 自動給餌器によるガザミ幼生への配合飼料の給餌(岡山県水産試験場栽培漁業センター)

給餌はコントローラー1機で調整し、各水槽に設置した給餌ノズルから配合飼料を散布する。

ものの、多くの機関は市販の配合飼料のうち特定のものを優れているとは考えないようである。いずれの甲殻類用配合飼料もクルマエビを主たる対象として開発されたものであるが、ガザミの栄養要求を満たす配合飼料の開発は今後の研究を待たねばならないとしても、物性面では早急な改良が必要であろう。すなわち、メガロパや稚ガニに与える配合飼料は、同じ大きさの配合飼料を与えるクルマエビ幼生が既に底棲生活を送っているため非常に沈降性の強いものであるが、メガロパや第1齢稚ガニは浮遊していることが多いことから、浮遊性の強いものを与えるほうが適しているものと考えられる。今後、配合飼料のいっそうの普及を図るために、ガザミ幼生を対象とした配合飼料の開発に期待するところである。

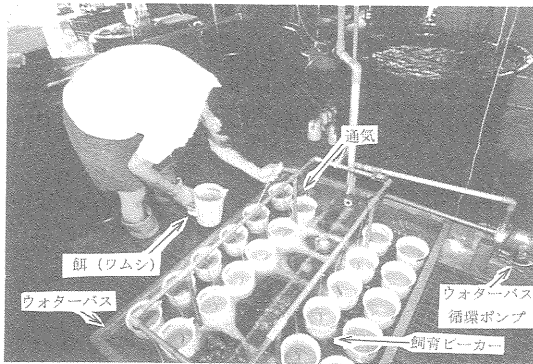
(3) 給餌方法

配合飼料の給餌は多くの機関が1日3~6回に分けて手撒きで行っているが、岡山県水産試験場栽培漁業センターや鹿児島県栽培漁業センターは自動給餌器を使用しており(写真Ⅱ-10)、鹿児島県栽培漁業センターでは1日11回の給餌を行っている。また、千葉県東京湾栽培漁

業センターや香川県水産振興基金栽培種苗センターでは早朝に給餌する場合のみに自動給餌器を用いている。

現状では、ガザミ幼生の摂餌選択性は配合飼料より生物餌料や魚介肉に対して強い。したがって、配合飼料を有効に用いるには、他の餌料種類と給餌時間をずらし、給餌回数を多くする等の工夫が必要であろう。

(永山博敏)



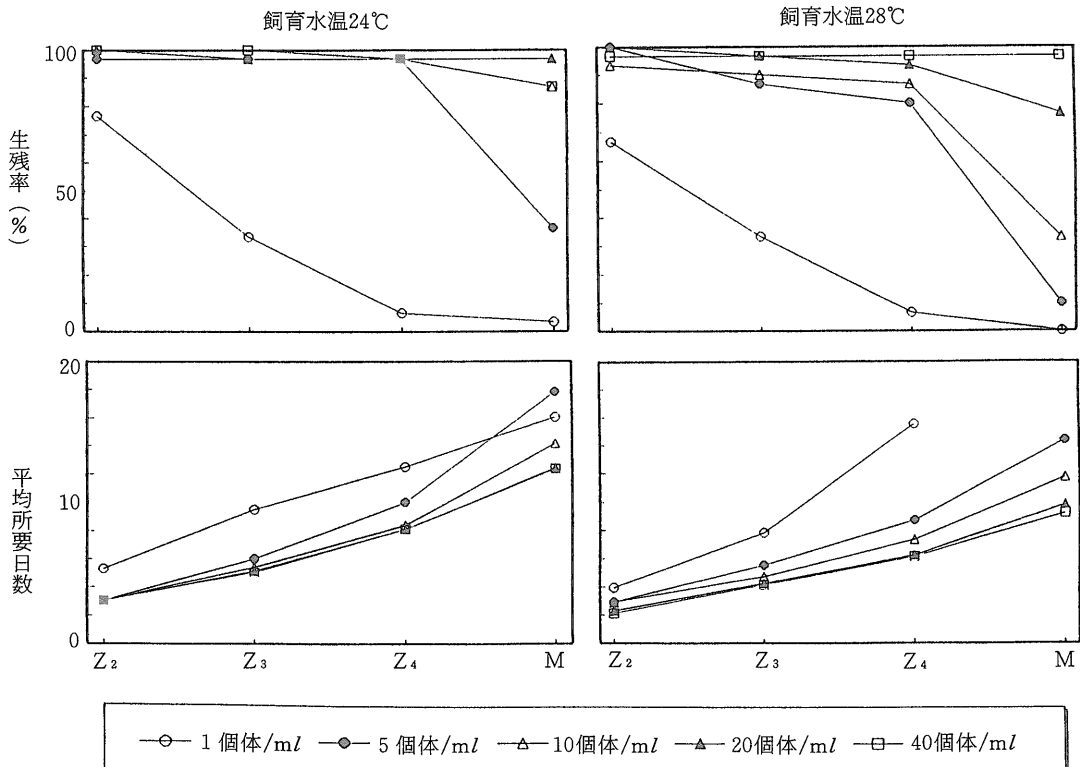
写真II-11 ガザミ幼生のビーカーによる飼育実験（日本栽培漁業協会玉野事業場）

5-6 幼生の摂餌と栄養要求

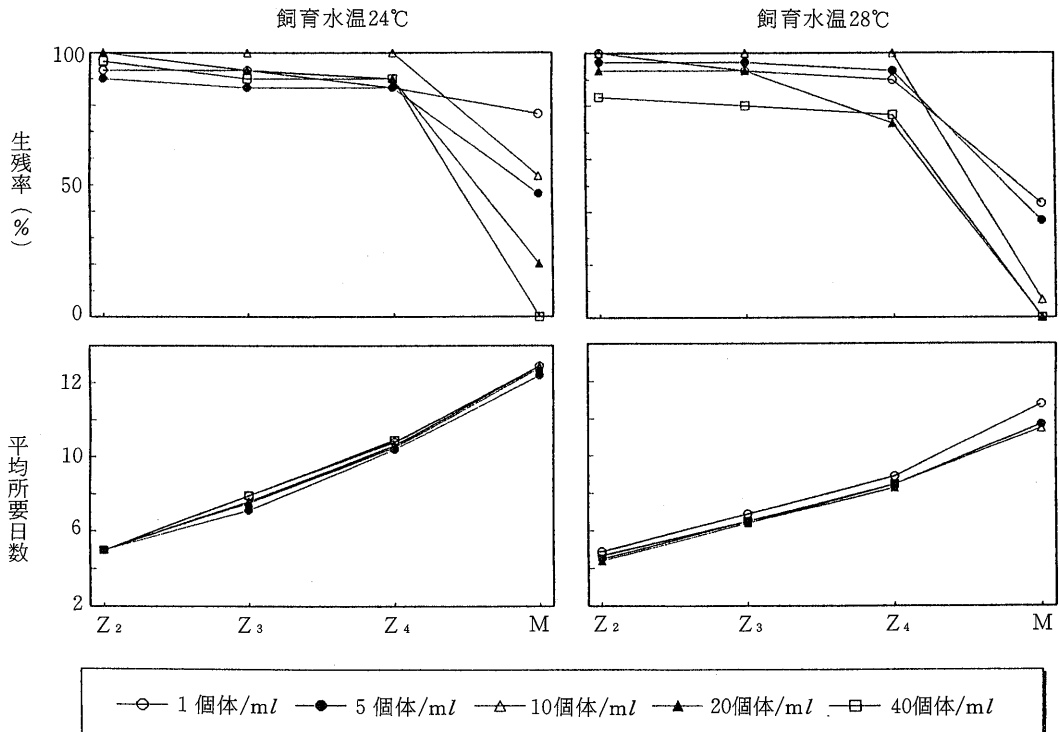
5-6-1 摂餌

(1) 給餌量と摂餌量

餌料条件は生物の飼育を行う上で検討すべき最も基本的な項目の一つであり、幼生飼育成績の安定化を目指す上では、給餌管理方法のモデル化を行うことが必要である。現在、ガザミの種苗生産を行っている多くの機関は、幼生期の生物餌料としてワムシおよびアルテミアを使用しているが、その給餌量や給餌期間は各機関で様々であり（II-5-5「餌料と給餌」を参照）、担当者の経験的な判断によっているところが多い。甲殻類幼生は、発達した切歯を用いてかなり大きな生物餌料を咀嚼して摂取することができる一方で、はるかに小型の微小生物や粒子を丸呑みするといわれており（野上・前田，1992b）、具体的には飼育水中に発生する微小藻類や原生動物、細菌等の微生物も餌料として利用しているものと考えられる。こうしたことから、機関によって異なる地先海水の特性や飼育水管理方法がこのような微生物相の違いに反映され、給餌管理方法にこれほどの多様性がみられる原因となっているのであろう。これに関連して、給餌した餌料の種類と飼育結果との関係を調べた研究（例えば丹下・柄多，1981；広島県水産試験場，1977，1978）にお



図II-46 ワムシ給餌密度別飼育実験におけるガザミ幼生の各齢期までの生残率と平均所要日数（浜崎，1992）



図Ⅱ-47 アルテミア給餌密度別飼育実験におけるガザミ幼生の各齢期までの生残率と平均所要日数（浜崎，1992）

いて明確な結果が得られた例が少ないのは、飼育実験が比較的大きな容量をもつ水槽で行われたために珪藻や原生動物の発生を制御できず、目的とした条件以外の影響が強く現れたことに起因するものと考えられる。特定の要因が幼生の发育や生残に及ぼす影響を明らかにするためには、飼育水中に自然発生する微小な生物等による影響を排除し、生物相を含めた飼育環境をできる限り単純化した条件下で実験を行う必要がある。

こうした観点から浜崎（1992）は、生物餌料の給餌密度がガザミ幼生の发育に及ぼす影響を調べるに当たり、給餌した生物餌料以外の影響をできる限り排除するために、1 l ビーカーを用いて飼育実験を行った（写真Ⅱ-11）。この実験では、餌料としてワムシとアルテミアをそれぞれ単独で用い、給餌密度は1，5，10，20，40個体/ml、飼育水温は24℃と28℃の2段階に設定された。また、実験期間中は幼生を1日1回新しい海水と餌料を入れたビーカーに広口ピペットで移すことにより、生物餌料の栄養価の低下や水質の悪化に関してもできる限りの注意が払われた。このような条件下でメガロパまでの发育と生残を調べたところ、図Ⅱ-46，-47のような結果が得られている。

ワムシを給餌した結果（図Ⅱ-46）を給餌密度別にみ

ると、全体的に低い給餌密度ほど若い齢期から发育が遅れ、メガロパまでの生残率も低くなった。またこうした发育の遅れは、齢期の進行に伴ってより顕著になる傾向があった。飼育水温別にみると、24℃で飼育した場合には生残率は10個体/ml以上、发育速度は20個体/ml以上の給餌密度でそれぞれ最高の値を示し、28℃で飼育した場合には生残率、发育速度ともに40個体/mlの給餌密度で最高になった。また、24℃における10個体/ml区と同等の生残率を得るためには、28℃では少なくとも20個体/mlの給餌密度が必要であり、飼育時の水温が高くなるほどメガロパまでの正常な发育に必要な最低の給餌密度は高くなることが明らかになった。

アルテミアを給餌した結果（図Ⅱ-47）をみると、全体的に24℃と28℃の飼育水温で同様の傾向がみられた。まず发育速度についてみると、1個体/mlで給餌した場合に限って第2齢ゾエア以降の齢期で发育が遅れる傾向があったが、5個体/ml以上の密度では发育速度に差がみられなかった。次に生残尾数についてみると、全ての給餌密度で第4齢ゾエアまでは大きな差がみられなかったが、給餌密度の高い区ではメガロパへの変態時に脱皮失敗による大量への死が発生し、ワムシを給餌した場合とは逆に給餌密度が低いほど生残率は高く、結果的に1

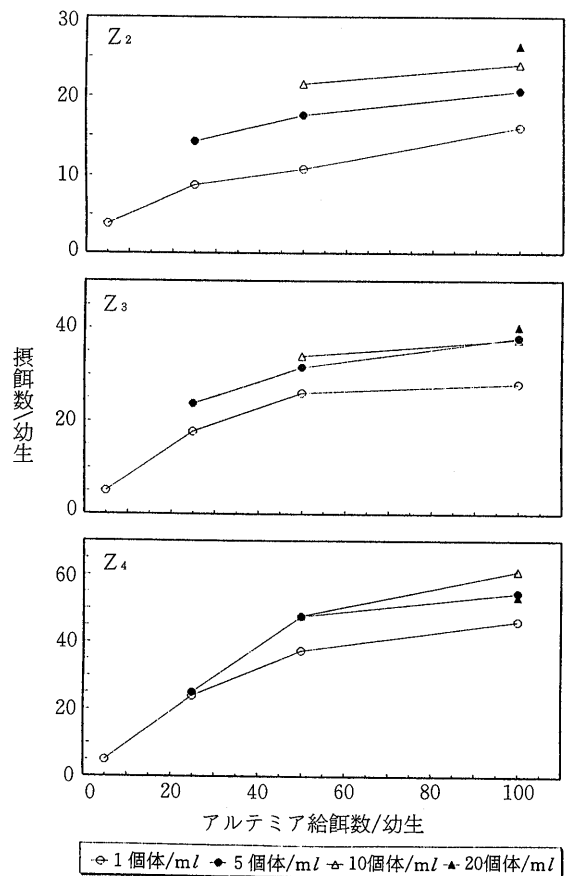
個体/ml区で最も多くのメガロパが得られた。また、28℃で飼育した場合には20個体/ml以上の給餌密度で第2齡ゾエア以降の生残率が低下する傾向があり、得られたメガロパの尾数も24℃で飼育した場合の50%以下であった。なお、ワムシを餌料とした実験では得られたメガロパがすべて活力の高いものだったのに対して、アルテミアを餌料として得られたすべてのメガロパは非常に活力が低く、遊泳することなくピーカーの底に沈んでいることが特徴的であった。

ワムシを給餌した実験結果から、給餌密度が幼生の发育と生残に大きな影響を与えることが明らかになり、その影響は齡期の進行や水温の上昇によってより顕著になることが判明した。こうした現象が観察されたのは、給餌密度が低い場合には摂餌量が低下し、結果として幼生の代謝を充たし得ないこと、また飼育水温が高いと幼生の代謝が高まるために餌料不足の影響がより強く現れることによるものと解釈されている。发育速度をみると、この実験設定の中で最短の脱皮間隔を得るために必要な給餌密度は齡期が進むにつれて高くなっており、28℃におけるその値は深山・井上（1995）が求めた最大摂餌量を得るための給餌密度（第1齡ゾエアでは10個体/ml、第3齡ゾエアでは25個体/ml、第4齡ゾエアでは50個体/ml以上、詳細は後述）とほぼ一致する。この結果から、ワムシ給餌密度管理の目安が得られるものと思われるが、各機関における給餌密度の実態はこの値を満足していない例が多い。それでも比較的安定した結果が得られている場合があるのは、初期ゾエアに対しては細菌や珪藻、原生動物が、また後期ゾエアに対してはアルテミアがワムシ給餌密度の不足を補っているものと考えられ、これら生物的要因以外には配合飼料の給餌による効果も推測される。

アルテミアを給餌した場合に給餌密度が最も低い区で生残率が高かったことは、栄養価の問題が関与しているものと考えられている。すなわち、この実験で給餌したアルテミアは栄養強化を行っておらず、高密度給餌区で脱皮失敗による大量への死がみられたことは、栄養価の低い餌料を飽食したことにより栄養障害の悪影響がより強く現れたものであろうと解釈されている。得られたメガロパが例外なく活力不足の状態を呈していたこともこの考えを裏付けているものといえよう。こうした餌料の質的な問題が想定されるにもかかわらずゾエア期間中の脱皮成長時には目立った減耗がなく、メガロパへの変態時に急激に減耗している。その原因としては、メガロパへの変態前の第4齡ゾエアが何らかの環境要因（アルテミア給餌密度が高すぎることによる水質の悪化等）に対して弱いことや、ゾエアの成長が同一ステージ内での发育であるのに対してメガロパへの脱皮は体制の大幅な変

化を伴う変態であることに何らかの関係があると推測される。

いくつかの機関は栄養強化を行なわないままアルテミアを給餌しているが（Ⅱ-5-5-2「生物餌料」を参照）、これらの機関ではこのことによる栄養障害が大きな問題となっていないようである。給餌後のアルテミアが飼育水中の微生物を摂取して栄養価を高めている可能性もあるが、ゾエア期間中のアルテミア給餌密度の設定値はほとんどの機関で2.0個体/ml以下となっており、アルテミアを単独で給餌した場合に幼生が飽食量を得るために必要な密度（第3齡、4齡ゾエアに対しては5個体/ml・50個体/ゾエア）（浜崎，1992）には達していない。メガロパ期前後の大量への死は先行する第3齡ゾエア以前における幼生の栄養状態に左右されることが報告されている（安元・吉田，1994）ことや、実際の餌料系列ではアルテミアに先立って微小藻類やワムシが給餌されていることから考えて、これらの餌料効果によりゾエア初



図Ⅱ-48 ガザミゾエア幼生のアルテミア摂餌数とアルテミア給餌量の関係（浜崎，1992）

ここでの摂餌数はゾエア1尾当たり24時間当たりの値である。

期の栄養条件が良好に維持されたことによってアルテミアの栄養的な欠陥の問題が顕在化しなかったとも考えられる。

ガザミに関して餌料の量や質と幼生期の発育や生残との関係を明らかにするためには、ゾエア幼生の摂餌生態や栄養要求を解明することが不可欠であり、まず摂餌生態についてはその第1段階として幼生の摂餌量（餌料要求量）を推定する必要がある。ガザミ幼生の摂餌量に関する研究としては、過去に八塚（1957）によるフジツボ幼生を用いた検討や、山口県内海水産試験場（1971）におけるワムシ、アルテミアを用いた検討がある。しかし前者においては第1齢ゾエアを用いた実験を行っているのみであり、さらに実験に先立った35時間という比較的長い絶食処理が幼生の活力に悪影響を及ぼしている可能性が考えられる。また後者においては、ゾエア幼生の摂餌について遭遇摂餌の傾向が強いことが推測されているにもかかわらず、給餌密度やゾエア1個体当たりの給餌量と摂餌量との関係を検討していない。こうした理由により、これらの研究から得られた摂餌量は幼生の摂餌能力を正しく評価していない可能性がある。

浜崎（1992）は、前述の給餌密度と発育、生残に関する実験結果を踏まえ、アルテミアを餌料として給餌量と摂餌量の関係に注目した実験を行った。この実験では、給餌密度と給餌量（ゾエア1個体当たりに与える生物餌

料個体数）を組み合わせた10区（飼育水量5～100ml）をそれぞれ5個の容器を用いて設定している。そして各容器に第2齢～第4齢ゾエアを個別に収容し、24時間後の残餌量からその摂餌量を求めている（図Ⅱ-48）。その結果によれば、第2齢ゾエアの摂餌量は給餌量よりも給餌密度の影響を強く受け、給餌密度が上がるほど顕著に増加する傾向を示し、最大の摂餌量は20個体/ml・100個体/ゾエアで給餌した場合に得られている。一方、第3齢～第4齢ゾエアの摂餌量は給餌密度1個体/mlでは最大に達せず、5個体/ml・50個体/ゾエア以上で給餌した場合には給餌量に伴い若干増加する傾向を示したが、給餌密度に関係なくほぼ最大の値を示したという。

このように、ガザミゾエア幼生の摂餌量に及ぼすアルテミア給餌密度の影響は齢期によって異なり、若い齢期では密度の影響をより強く受けることが明らかにされている。浜崎（1992）は、この現象がゾエアの成長に伴う運動量（行動範囲）の増大に起因しているものと推察している。また、このような摂餌特性から、第2齢ゾエアの給餌管理は密度を指標として行うことが望ましく、第3齢～第4齢ゾエアではある程度の餌料密度が保証されれば給餌量による管理が可能になるものと判断している。なお、この実験で同じ給餌密度でも給餌量の増加につれてゾエアの摂餌量が増えたことは、容器内でのアルテミアの分布が均一でなかったため、給餌量の増加に伴いゾエアと餌料生物の遭遇する機会が増えたためであろうと推測している。

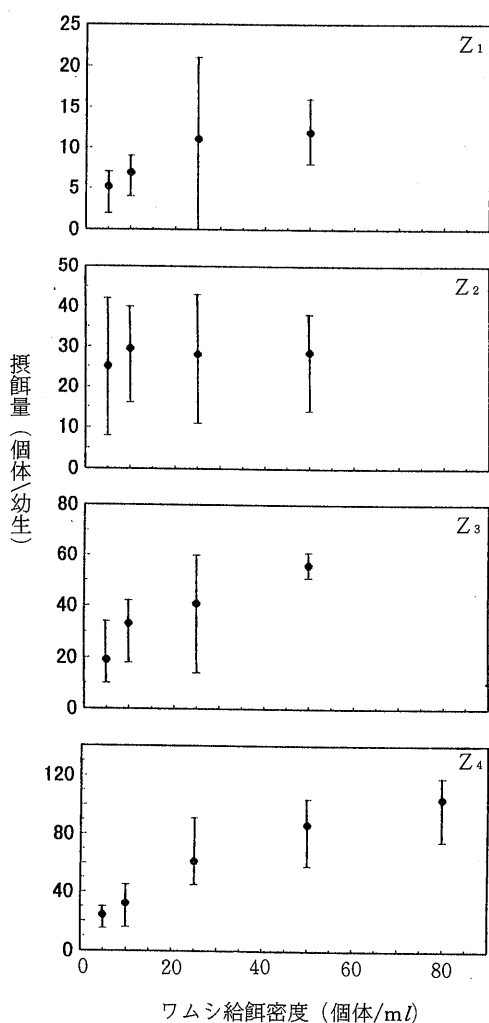
ここで、アルテミア給餌密度別飼育実験（図Ⅱ-47）におけるゾエアのアルテミア摂餌数の試算結果を表Ⅱ-17に示した。この表から1個体/mlの給餌密度では飽食量にとっても達しないことが明らかであるが、それにもかかわらず給餌密度別飼育実験（浜崎，1992）では1個体/ml給餌区で最も多くのメガロバが得られ、5個体/ml以上の区ではいずれもメガロバへの脱皮時に脱皮失敗により大きく減耗している。このことは、アルテミアの給餌に際しては餌料の質的な面（栄養価）からの検討が重要になることを示唆しているものであろう。

実際の幼生飼育においては、アルテミアはゾエア期の後半に給餌することが多く、一方ワムシは多くの機関がふ化直後からゾエア期間中を通じて給餌している（Ⅱ-5-5-1「餌料系列」を参照）。こうした理由から深山・井上（1995）はワムシを餌料に用いてガザミゾエア幼生の摂餌量を把握する実験を行い、第1齢ゾエアでは給餌密度10個体/ml、第3齢ゾエアでは25個体/ml、第4齢ゾエアでは50個体/ml以上でほぼ最大の摂餌量が得られることを明らかにしている（図Ⅱ-49）。この結果で特徴的なことは、前述のアルテミアを給餌した場合と違って最大摂餌量を得るための給餌密度がゾエアの発育に伴っ

表Ⅱ-17 アルテミア給餌密度別飼育実験（図Ⅱ-47）におけるガザミゾエアのアルテミア摂餌数の試算（浜崎，1992）

齢期	給餌密度 (個体/ml)	アルテミア数 /ゾエア	摂餌数の試算値* (個体/ゾエア/日)
Z ₂	1	33	9
	5	167	20
	10	333	24
	20	667	26
Z ₃	1	33	19
	5	167	38
	10	333	38
	20	667	40
Z ₄	1	33	23
	5	167	55
	10	333	61
	20	667	53

* 図Ⅱ-48から試算した。アルテミア数/ゾエアが100以上となる場合は、図Ⅱ-48において100個体/ゾエア以上で摂餌量が飽和に達すると仮定して100個体/ゾエアの場合の値を示した。



図Ⅱ-49 ガザミゾエア幼生のワムシ摂餌数とワムシ給餌密度の関係 (深山・井上, 1995)

ここでの摂餌数はゾエア1尾当たり6時間当たりの値である。給餌密度80個体/ml区ではワムシ320個体/ゾエアで給餌し、それ以外ではすべてワムシ200個体/ゾエアで給餌した。各ゾエア期における実験は異なる親ガニから得られた幼生を用い、3～5回行った。

て増加したことであり、このことはワムシを餌料とした場合にはゾエア期間中を通じて密度による給餌管理が必要となることを示している。

このように、摂餌の対象となる餌料生物によって密度に対する依存性等幼生の摂餌特性が異なって現れてくることは、ガザミ幼生の摂餌行動における特徴的な一面を表しているものと考えられる。すなわち、ガザミのゾエア幼生は顎脚内肢や小顎、尾節によって餌料を捕捉する

ことが知られており (八塚, 1957), 特にゾエアの主要な遊泳器官である顎脚 (八塚, 1957) の内肢による捕食は、摂餌行動と遊泳との密接な関連を示しているものであろう。一つの推測として、遊泳に際して使用される顎脚の外肢に連動してその内肢も「水掻き運動」を行うために、結果として水中に浮遊する餌料が口器へと運ばれ、こうして遊泳行動に付随した摂餌行動が成立する可能性が考えられる。このように考えると、遊泳力に優れたアルテミアに対しては視覚による定位と積極的な捕食行動が必要であるのに対して、遊泳能力の劣るワムシに対しては付随的な摂餌の占める比重が大きく、このことがワムシ捕食量にみられる密度依存的な傾向の原因となっているものと推測できる。

ガザミ幼生飼育で用いる餌料として、人工配合飼料の開発も精力的に進められているが、現状では生物餌料が基本となっており、実際にこの事業を実施しているほとんどの機関ではワムシとアルテミアを併用した餌料系列が採用されている (Ⅱ-5-5-1「餌料系列」を参照)。これらの生物餌料をサイズの観点からみると、後期ゾエア (特に第4齢) の餌料としてはワムシは小さすぎると考えられ、単独給餌によるメガロパまでの飼育を想定した場合には粗成長効率 (摂餌量に対する成長量の割合) の低さが問題となるであろう。山口県内海水産試験場 (1971) が実施した実験結果から、倉田 (1983 b) はゾエア幼生の日間摂餌量を重量でみた場合に大型餌料の方が小型餌料よりも著しく多く摂取されることが明瞭であると述べ、この理由として幼生のエネルギー経済上の意義を挙げている。多くの機関で第3齢～第4齢ゾエア以降にワムシに比べて大型の餌料であるアルテミアの給餌を開始していることも同様な認識によるものであろう。

以上に紹介したいくつかの研究結果から、飼育水温を24℃前後、餌料としてワムシとアルテミアのみを利用すると仮定した場合のそれぞれの給餌管理モデルを想定すると、以下のようなものになる。

① ワムシの給餌管理方法

栄養強化を行ったものをふ化直後から給餌し、可能であればゾエア期間中を通じて給餌を続ける。また、その給餌密度は第1齢ゾエアには5個体/ml、第2齢ゾエアには10個体/ml、第3齢ゾエア以降は20個体/ml以上にする。

② アルテミアの給餌管理方法

可能であれば栄養強化を行い、第3齢あるいは第4齢ゾエア以降に給餌を開始する。特に第4齢ゾエアに対してワムシ20個体/mlの給餌密度を想定した場合には、図Ⅱ-49から推測して幼生はその最大摂餌量の40%程度しか摂餌できない可能性があり、これによって生じた約60%の摂餌量不足をアルテミアによって補うことが必要

となる。表Ⅱ-20に示した餌料要求量の理論値（詳細は後述の「エネルギー収支からみた要求量」の項を参照）から、飼育水温23℃の条件下では第4齢ゾエアの1日当たりの餌料要求量（ワムシ換算値）は553.8個体/幼生/日であり、これに0.6を乗じた値は約332.3個体/幼生/日となる。この不足分について、ワムシ1個体当たりの乾燥重量を0.2μg（山崎・平田（1986）による測定値からの試算値）、ふ化直後のアルテミアノープリウス1個体当たりの乾燥重量を2.76μg（山下（1992）を参照した）として、その比率からアルテミア個体数に換算すると約24個体/幼生/日となる。表Ⅱ-17に示した試算から、アルテミアの給餌によってこの摂餌量を得るためには、給餌密度1個体/ml、給餌量33個体/幼生の条件で与えることが必要となる。

以上に給餌管理方法のモデルを提示したが、ここでは飼育水温を24℃前後と仮定していることに十分注意すべきである。特に夏季に幼生飼育を行う場合には、日射量の増加と地先水温の上昇によって、飼育水温はしばしば24℃以上に上昇する。既に紹介したように、高水温期の幼生飼育で好成績を得るには給餌密度を増加させることが必要となる（浜崎，1992）。飼育環境の変化に応じて柔軟にモデルの改変を行うことが重要である。

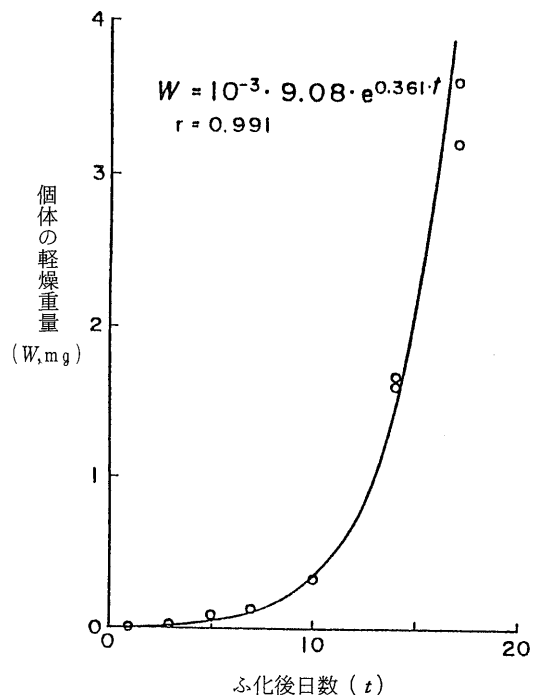
ガザミ幼生の摂餌行動に関わる要因は、上に述べた給餌密度や水温以外にもいくつか考えられ、村田・海老原（1969）や山口県内海水産試験場（1971）が行った幼生飼育に及ぼす照度の影響に関する試験結果から、和田・丹下（1983）はガザミ幼生の発育が1,000 lux 以下の低照度下で遅れると判断している。こうした発育の遅滞は照度の低下に伴う摂餌量の減少に起因するものと思われる、すなわち明るさが摂餌行動に影響を及ぼしていることを示唆しているものであろう。その他、生物学的な要因として、摂餌の日周性や脱皮周期による摂餌量の変動も考慮すべき重要な問題である。日周性については近縁種であるタイワンガザミ *Portunus pelagicus* に関する研究（八塚，1962）で、第1齢ゾエアのアルテミア捕食数が夜間に著しく減少することが報告されている。またガザミのゾエア幼生について行われた予備的な検討（深山・井上，1995）から、摂餌行動の日周性は主として照度の影響により発現するものの、ワムシを餌料とした場合には夜間にも比較的活発に摂餌している可能性が示唆されている。その一方で、体重変化からみたガザミ幼生の成長に関する検討（丸山，1990；日本栽培漁業協会玉野事業場，1991）からは夜間に成長が停滞している可能性も示されており、これは摂餌行動の極端な鈍化を意味しているものと考えられる。このような摂餌生態に関する研究として、ガザミ以外の十脚類幼生に関してはいくつかの報告があるが（Minagawa and Murano, 1993；林・

石渡，1993；倉田，1960；Dawirs and Dietrich, 1986）、ガザミ幼生についての知見は不足している。今後さらに精力的な研究が行われ、知見の収集が進むことを期待したい。

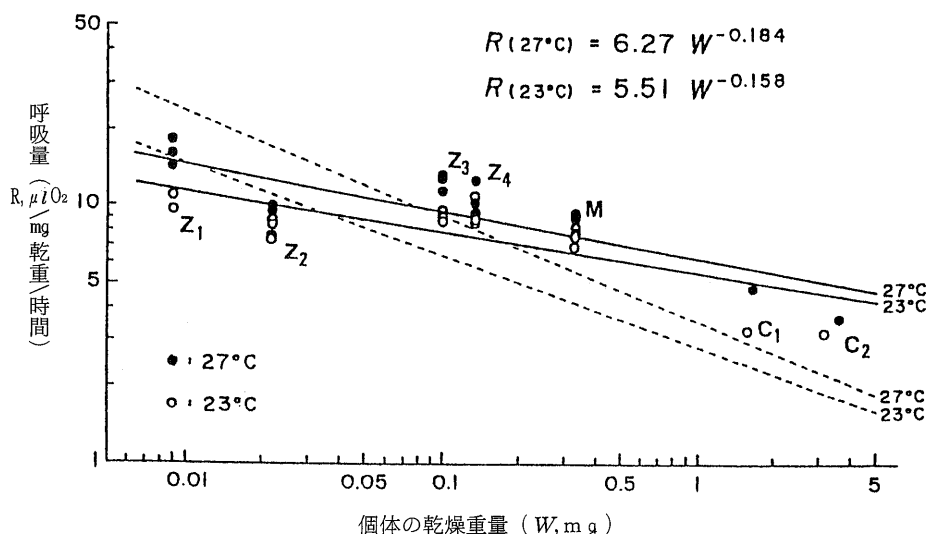
(2) エネルギー収支からみた要求量

種苗の量産技術を発展させる上で、対象となる生物の代謝に関する情報を得ることは重要であり、こうした知見は天然海域での彼らの生活を理解するためにも有用なものである。このような考えから、玉乃井ら（1979）はガザミの第1齢ゾエア～稚ガニまでの酸素消費量を測定し、個体の湿重量、乾燥重量、および酸素消費量それぞれの対数値の間には直線関係が成立することを明らかにした。また、Morioka et al.（1988）はそれをさらに発展させ、種苗生産したガザミの第1齢ゾエア～第2齢稚ガニまでの成長量、呼吸量を測定することにより、餌料要求量の算出を試みている。この実験の概要を以下に紹介する。

実験に使用したふ化幼生は3基の500 l 容黒色ポリエチレン水槽で飼育し、呼吸量は23℃（ふ化時の自然水温に相当）と27℃（実際の飼育水温に相当）の2段階の水温条件下で測定した。測定に供したサンプルは絶食の目的も兼ねてこれらの水温で2時間の馴致を行った後にBOD 瓶に収容し、1～2.7時間静置した後に Winkler 法



図Ⅱ-50 人工飼育されたガザミの初期生活段階における成長（相関係数 r は0.1%水準で有意）（Morioka et al., 1988）



図II-51 飼育されたガザミの2段階の水温における体重と体重当たりの呼吸量の関係（相関係数は両直線とも1%水準で有意）（Morioka et al., 1988）

破線は西部太平洋における動物プランクトンの一例を表す（Ikeda and Motoda, 1978から引用されている）。Z：ゾエア，M：メガロパ，C：稚ガニ。

表II-18 初期発育段階にあるガザミの23℃と27℃の水温条件下における1個体当たりの成長量，呼吸量，餌料要求量の計算値（炭素量ベース）（Morioka et al. 1988を一部改変）

齢期	ふ化後日数* ¹	体重 (μgC)* ²	成長量 (μgC/日)* ³	呼吸量(μgC/日)		餌料要求量(μgC/日)	
				23℃	27℃	23℃	27℃
Z ₁	1	3.44	1.24	1.11	1.73	2.94	3.71
Z ₂	3	8.80	3.18	2.28	2.38	6.82	6.95
Z ₃	5	39.4	14.2	11.0	14.8	31.5	36.3
Z ₄	7	53.2	19.2	16.2	18.0	44.3	46.5
M	10	132	47.7	32.1	33.8	99.7	102
C ₁	14	654	236	67.5	99.8	379	420
C ₂	17	1360	491	131	165	777	820

*¹ 各齢期が最も早期に発現したふ化後の日数。

*² 平均乾燥重量×0.4（Ikeda, 1974）。

*³ 体重*²×0.361。

により酸素量を測定した。また乾燥重量は，飼育水槽から採取したサンプルを1%ホルマリン海水で固定して発育段階を観察した後に，65℃で24時間乾燥してから測定した。

ふ化後日数に対してプロットした幼生の乾燥重量は，ふ化から第2齢稚ガニまで日齢に対して指数関数的に増加した（図II-50）。この図中の式から，乾燥重量に対する炭素量の比を0.4（動物プランクトンのおおよその平均値（Ikeda, 1974））とすると，*t*日目における成長速度（*P*, μgC/animal/day）に関して以下の関係式が得られ，

ガザミ幼生は1日当たり体重の36.1%という指數的な成長を示すことが明らかになった。

$$P = dW/dt = 1.31 \exp(0.361t)$$

異なる2段階の水温条件下で測定した酸素消費量は発育日数に伴って指數的に増加し，27℃の条件下で得られたその値は23℃の場合よりもわずかに高かった。実験に供した発育段階における体重当たりの呼吸量は，23℃で3.3～11.0 μlO₂/mg dry weight/hであったのに対して

27℃では3.7～18.2 $\mu\text{l O}_2/\text{mg dry weight/h}$ であった（図Ⅱ-51）。また齢期ごとのデータをみると、第2齢ゾエアの呼吸量は全齢期を込みにして求めた回帰直線と比較して低く、第3齢および第4齢ゾエアでは逆に高かった。後期ゾエアの呼吸量にみられるこうした高い値は代謝の高さを反映しており、幼生飼育時に第3齢～第4齢ゾエア間や第4齢ゾエア～メガロパ間に高い死亡率が観察されることと関連があるものと推察している。

以上の結果から、Morioka et al. (1988) はガザミの初期发育段階における同化効率を0.8 (Morioka, 1985) と仮定し、可溶性の有機排泄物と脱皮による外骨格の損失

を考慮に入れないものとして、以下の式によりガザミ幼生および初期稚ガニの餌料要求量を算出している（表Ⅱ-18, -19）。

$$F \cdot A = P + R$$

ここで、Fは餌料要求量、Aは同化効率、Pは純生産量、Rは代謝消費（呼吸量）である。

表Ⅱ-18, -19から、前述のようにガザミは1日当たり体重の36%という一定の割合で成長し、炭素量ベースでみた1日当たり、体重当たりの呼吸量は发育に伴って50～12%の範囲で減少することが判る。また、1日当たり、体重当たりの餌料要求量はゾエア期間中では79～108%、稚ガニ期では60～64%である。結果として、餌料要求量当たりの成長量は发育に伴って増加しているが、これとは対照的に餌料要求量に対する呼吸量は发育段階とともに減少した（表Ⅱ-19）ことから、ガザミ幼生はその发育に伴って呼吸によるエネルギー消費を節約し、餌料をより効率的に体組織に転換するものと推察している。

ここで、表Ⅱ-18で示した炭素量ベースの餌料要求量をワムシとアルテミアの個体数にそれぞれ換算した値と、過去に測定された日間摂餌量（実測値）をとりまとめて表Ⅱ-20に示した。山口県内海水産試験場（1971）による実測値をみると、第1齢、第2齢ゾエアにおけるアルテミア摂餌量が理論値を若干上回っている反面、ワムシ摂餌量および第3齢、第4齢ゾエアにおけるアルテミア摂餌量は理論値を大きく下回っている。このような結果が得られた原因として、ワムシについては、実験開

表Ⅱ-19 初期发育段階にあるガザミの27℃の水温条件下における体重当たりの成長量、呼吸量、餌料要求量と餌料要求量当たりの成長量と呼吸量（炭素量ベース）

（Morioka et al. 1988を一部改変）

齢期	日間 成長量	日間 呼吸量	日間 餌料 要求量	餌料要求量 当たりの 成長量	餌料要求量 当たりの 呼吸量
Z ₁	0.361	0.503	1.080	0.334	0.466
Z ₂	0.361	0.270	0.789	0.457	0.343
Z ₃	0.361	0.376	0.921	0.392	0.408
Z ₄	0.361	0.338	0.874	0.413	0.387
M	0.361	0.256	0.771	0.468	0.332
C ₁	0.361	0.153	0.642	0.562	0.238
C ₂	0.361	0.121	0.603	0.599	0.201

表Ⅱ-20 ガザミ幼生に関する計算上の餌料要求量（表Ⅱ-18）から換算した餌料要求量（理論値、個体/幼生/日）および過去に測定された日間摂餌量（実測値）

齢期	理 論 値 * ¹				実 測 値			
	ワムシ * ²		アルテミア * ³		山口県内海水試(1971)		浜崎 (1992)	深山・井上 (1995)
	23 * ⁵	27	23	27	ワムシ	アルテミア	アルテミア * ⁴	ワムシ
					22.3～25.8	20.8～23.0	28	25
Z ₁	36.8	46.4	2.7	3.4	16.5	4.86		24.1
Z ₂	85.3	86.9	6.2	6.3	19.2	7.79	26	68.8
Z ₃	393.8	453.8	28.5	32.9		12.94	40	195.7
Z ₄	553.8	581.3	40.1	42.1		14.14	61	322.6
M			90.3	92.4				

*¹ 表Ⅱ-18の餌料要求量からワムシ、アルテミア個体数に換算した。

*² S型ワムシ：乾燥重量を0.2 μg /個体（山崎・平田（1986）による測定値から試算した）、炭素含有割合を0.4（Ikeda, 1974）として計算した。

*³ ふ化直後のノープリウス：乾燥重量を2.76 μg /個体（山下（1992）を参照した）、炭素含有割合を0.4（Ikeda, 1974）として計算した。

*⁴ 表Ⅱ-17の各齢期における摂餌量試算値の最大値を採用した。

*⁵ 水温を示す。

始時の餌料密度は比較的高かった（7～14個体/ml）ものの実験終了時の24時間後には半数近くのワムシが捕食されており、餌料密度が低下した影響を受けたこと、幼生1個体当たりの給餌量が少なかったこと、また幼生密度が高すぎたこと等が考えられる。アルテミアについては、給餌密度に関する検討が不十分であり1.4～2個体/mlしか与えていないことや、それと比較して幼生の収容尾数が多すぎたことが、後期幼生の摂餌量を低く見積もる原因になったのであろう。深山・井上（1995）による実測値も理論値の50～80%程度と低くなっているが、このことについては実験条件や幼生の質に問題があった可能性を指摘している。これに対して浜崎（1992）の試算から得られた実測値は、いずれも理論値を上回っている。

この理論値を得るにあたって Morioka et al.（1988）はガザミ幼生の炭素含量（乾重ベース）を40%と仮定しているが、後の研究で Lim and Hirayama（1991）が体基本組成（C、N、P）に関する実測値を得ており、第1齢ゾエア～第1齢稚ガニまでの平均炭素含量は34.3%であったことを報告している。この点からは、ここで推定した理論値が若干過大評価であるといえる。しかし Morioka et al.（1988）が述べているように、彼らが算出した値は平常代謝量と活動代謝量の間隔的な値であり、可溶性の有機排泄物と脱皮による外骨格の損失を考慮しない値として与えられていることを考えれば、実際の飼育環境下では炭素含量による修正分を考慮してもなおこの値が過小評価である可能性があり、前述の浜崎（1992）による実測値（アルテミア）は飼育環境下における幼生の日間摂餌量の最大値に近いものではないかと考えられる。

ガザミ幼生の餌料要求量と摂餌量が判明すれば、実際の幼生飼育における給餌量の目安を得ることが可能になる。浜崎（1992）が給餌密度別実験から試算した結果（表Ⅱ-17）と表Ⅱ-20における27℃での餌料要求量のアルテミア換算値を照らし合わせてみると、アルテミア単独給餌での飼育を仮定した場合に必要な給餌量は第2齢ゾエアで1個体/ml、第3齢、第4齢ゾエアでは5個体/ml程度と考えられる。また、これをワムシの場合に置き換えてみると、前述の深山・井上（1995）の実験結果から、第3齢、第4齢ゾエアに対しては25～50個体/ml以上の給餌密度を設定する必要がある。しかし、飼育水槽における一般的な水量を考えると、以上のような高い給餌密度は現実的とはいえない。また、特にアルテミアに関しては表Ⅱ-17から明らかなように、こうした密度では給餌されたもののうち70～80%は幼生に捕食されずに残餌となることから、飼育水中に残留したアルテミアの栄養価の低下が幼生の生残に悪影響を及ぼす可能

性もある。現実的な手法としては、「給餌量と摂餌量」の項で論じたように、ゾエア期間中にはワムシとアルテミアを併用した給餌を行うことにより、こうした問題を回避する方向での検討が必要となるであろう。

5-6-2 栄養（n-3 HUFA）要求

（1）必要性

ガザミの種苗生産が試みられてから現在までに既に半世紀以上が経過している（尾田，1992）が、末だに飼育途中においてしばしば大量への死が発生し、それらのうちいくつかについては、その原因として栄養障害が推測されている（Ⅱ-6-1「幼生の生残」を参照）。しかし、ガザミ幼生の栄養要求が解明されていない現状では、こうした減耗に対して具体的に要因を絞り込んで対策を講じることは困難である。生物を飼育する上で、摂餌量を「量的な」問題と考えるならば栄養要求は「質的な」問題であり、これを解明することは飼育成績の安定化のみならず人工配合飼料の開発等飼育の効率化にも大きく貢献する。こうした考えから、餌料の栄養条件と幼生の生残や発育との関係についていくつかの研究が行われてきた。それらを以下に紹介する。

ガザミ幼生の n-3 HUFA 要求に関する検討は昭和50年代から行われ、いわゆるクロレラワムシとイーストワムシのガザミ幼生に対する餌料価値が比較された。この結果、丹下・柄多（1981）による飼育実験では、クロレラワムシとイーストワムシとの餌料価値に大差は認められず、栄養強化処理の必要性はないものと結論付けられた。また、広島県水産試験場が行った飼育実験（広島県水産試験場，1977）では、クロレラワムシの方がイーストワムシより飼育成績が良好な事例もあったが、その後に行われた実験（広島県水産試験場，1978）では油脂で栄養強化した生物餌料の效果に優位性は認められず、結論として n-3 HUFA の必要性に関する決定的な証拠は得られなかった。このような結果が得られた理由として、尾田（1983 b）は飼育水中に発生した珪藻や各種の原生動物をガザミ幼生が摂取したり、あるいは有害な原生動物や細菌が幼生の生残率に及ぼす影響を完全に排除できなかったために厳密な餌料実験が行われなかった可能性を指摘している。

近年、渡邊・竹内（1991）は、ナンノクロロプシスを「水作り」に使用した飼育（ナンノ換水法）とバイオコントロール法を用いた飼育における幼生、餌料、および餌料について脂質、脂肪酸等の分析を行った。その結果、飼育法としてはバイオコントロール法が優れており、同法を用いて飼育した幼生はナンノ換水法と比較して幼生期における DHA レベルの低下が少ないこと、またいずれの飼育法でも第4齢ゾエアからメガロバにかけて幼生

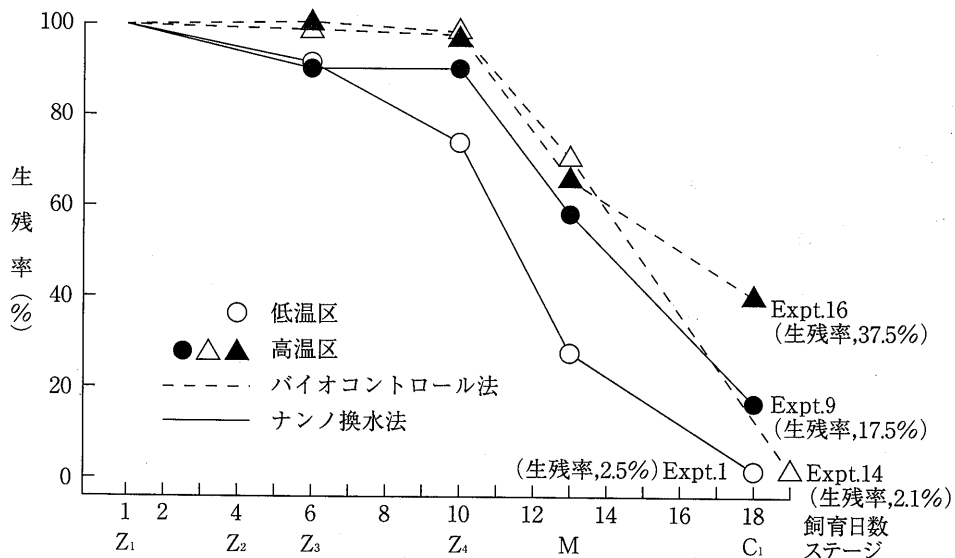
の脂質含量（特に極性脂質）が減少したが、この時期と生残率の低下時期とが一致していたことを報告している（図Ⅱ-52～54）。このように体成分組成の変化と生残率の低下との間に時期的な一致がみられたことについて、体成分は摂取された餌料によって影響を受けるものと思われることから、餌料中の $n-3$ HUFA 含量が幼生の生残に影響していると推察している。竹内（1992）はこの実験と同様な方法を用いて研究を重ね、バイオコントロール法を用いた飼育で幼生の体成分における DHA 含量の低下が緩和される理由として、飼育水に添加した珪藻の関与を推測したが、その後の研究（竹内，1993）で珪藻中に DHA がほとんど含まれないことが明らかとなり、この現象の原因は依然未解明のまま残されている。

現在、マリノフォーラム21を中心として進められているガザミ用微粒子人工配合飼料の開発の中で、油脂酵母で培養したワムシとパン酵母で培養したワムシの給餌効果が比較されており、油脂酵母ワムシの方が発育、生残の面で良好な結果（表Ⅱ-21）であったと報告されている（マリノフォーラム21，1993）。

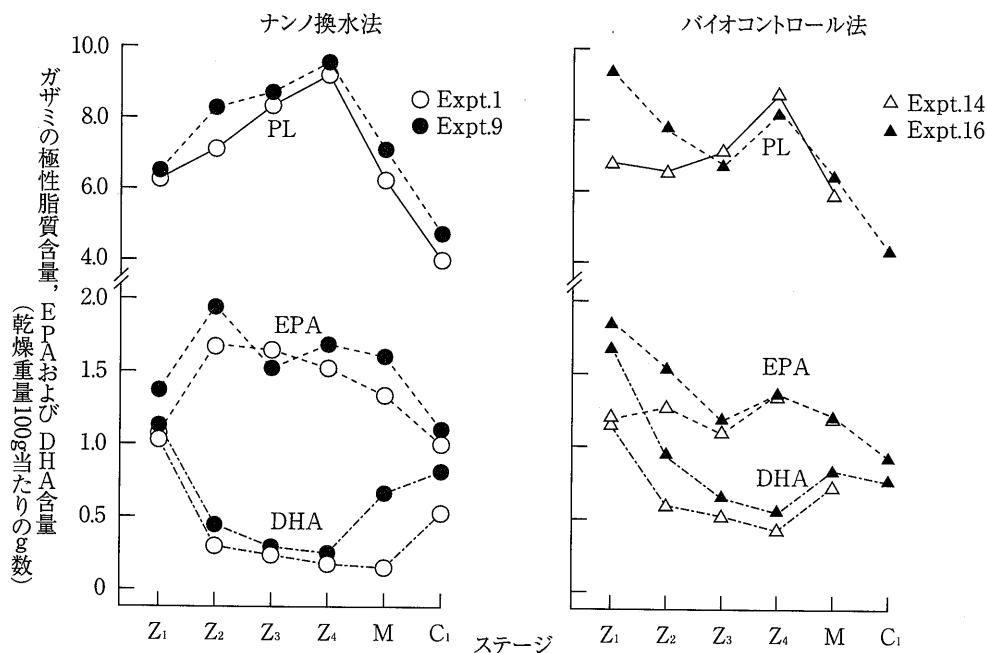
以上紹介したように近年までに行われた研究では、ガザミ幼生の $n-3$ HUFA 要求性についておおむね肯定的な結果が示されていたものの、いずれの場合でも厳密な意味での確証は得られていなかった。そこで浜崎ら（1995）は、ワムシの栄養強化方法と幼生の発育や生残との関係を明らかにするために、給餌密度実験（浜崎，1992）で使用した手法を応用して、21ピーカーで幼生を飼育した。ゾエア期の餌料として使用したワムシは、

事前にパン酵母、油脂酵母、ナンノクロロプシス、濃縮淡水クロレラ等で二次培養したものであり（以下それぞれの実験区を「パン酵母区」、「油脂酵母区」、「ナンノクロレラ区」、「淡クロ区」と呼ぶ）、稚ガニまでの発育（幼生期の発育速度と稚ガニの大きさ）と生残を指標とし餌料効果を検討している。なお、この実験ではメガロバの餌料としてアルテミアを給餌している。その結果、生残と発育はナンノクロレラ区が最良であり、ついで油脂酵母区が良好であった。パン酵母区や淡クロ区ではメガロバへ脱皮した個体はほとんどみられなかった（図Ⅱ-55、-56）。また、給餌したワムシの成分分析では、 $n-3$ HUFA 含量はナンノクロレラ区>油脂酵母区>パン酵母区≒淡クロ区であった（図Ⅱ-57）。以上の結果から、パン酵母や濃縮淡水クロレラで培養したワムシはガザミ幼生に対する餌料価値が低く、これは $n-3$ HUFA 含量を反映しているものと判断している。単純化された小規模な実験系でこうした結果が得られたことにより、ガザミ幼生の $n-3$ HUFA の要求性は実験的に証明されたものといえよう。

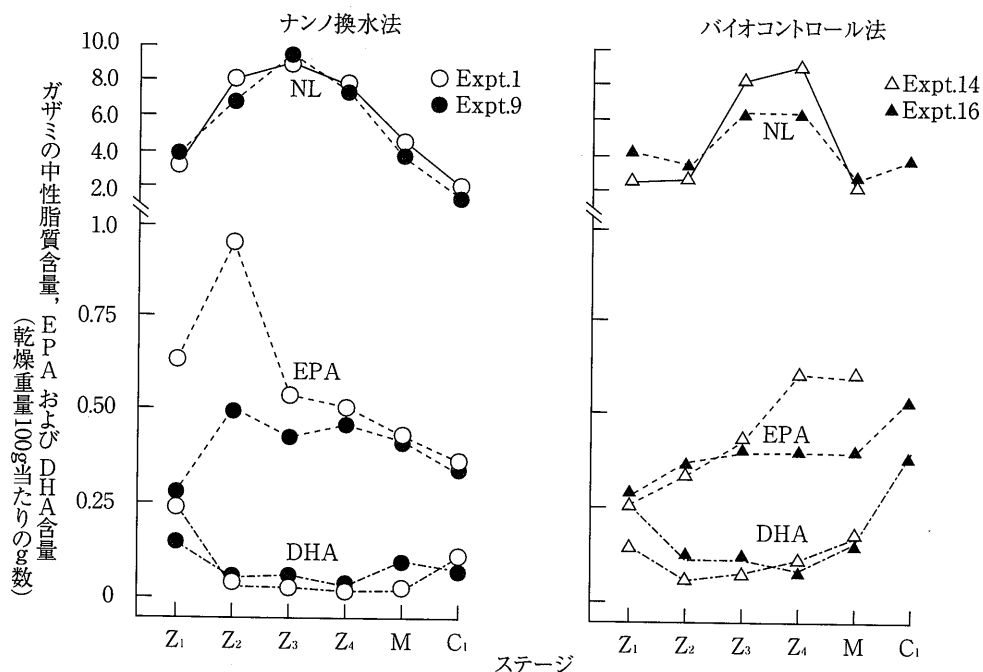
尾田ら（1995）が流水条件で行ったガザミ幼生に対するユーグレナの餌料効果に関する飼育実験においても、DHA 強化ユーグレナを飼育水に添加することによって無添加区の生残率と比較して最大3.5倍の向上がみられた例があり、生残率の高かった実験区で全甲幅も大きい傾向が認められている（図Ⅱ-58）。ただし、その一方で EPA、DHA を高レベルに含んだユーグレナを給餌した実験区で生残率、成長に対する効果が認められず、無強化ユーグレナの給餌区で良好な結果が得られた例もある



図Ⅱ-52 ナンノ換水法とバイオコントロール法を用いて飼育したガザミの各ステージにおける生残率（渡邊・竹内，1991）



図II-53 ナノ換水法とバイオコントロール法を用いて飼育したガザミの極性脂質含量 (PL), EPA および DHA 含量 (渡邊・竹内, 1991)



図II-54 ナノ換水法とバイオコントロール法を用いて飼育したガザミの中性脂質含量 (NL), EPA および DHA 含量 (渡邊・竹内, 1991)

(図II-59)。また、DHA 強化ユグレナの効果に関して引き続き行われた実験の結果 (尾田・藤井, 1995 a) でも、生物餌料や幼生の脂質含量あるいは脂肪酸組成と

生残率との間に特に関係は認められていない。こうした結果から、メガロパへの変態時にみられる大量への死の原因を幼生の EPA や DHA のレベルに求めることには

困難があり、n-3 HUFA 以外の何らかの成分が幼生の生残率向上、成長促進に影響を及ぼしている可能性を示唆しているものと推察している。

以上のようにガザミ幼生の栄養要求に関しては n-3 HUFA の重要性が明らかになったが、それ以外の要因の重要性を示唆する結果も得られている。脂肪酸以外の餌料の栄養価や飼育水槽中の物理環境等後天的要因のみならず、いわゆる「卵質」のような先天的要因と幼生の発育、生残の関係等、今後さらに研究されるべき課題は多い。

(2) 要求量

浜崎ら (1995) は前述の実験の中でワムシ乾物中の n-3 HUFA 含量と生残率の関係について検討し、給餌されたワムシの n-3 HUFA 含量が 0.2% 程度では第 4 齡ゾエアへほとんど脱皮がみられない場合があること、また 1% 未満ではメガロパと第 1 齡稚ガニまでの生残率は急激に低下することを明らかにしている (図 II-60)。

この結果を踏まえ、竹内ら (1995) (一部未発表) はガザミ幼生飼育におけるワムシへの n-3 HUFA 強化の必要性をさらに明確にし、その適正量を明らかにする目

的で飼育実験を行った。まず必要性に関する実験では、濃縮淡水クロレラ、ナンノクロロプシス、コーンオイル、DHA オイル、EPA オイル、ビタミン E を使い、これらの濃度あるいは組み合わせを変えてワムシの栄養強化を行い、給餌したワムシの成分分析結果と第 1 齡稚ガニまでの生残率や稚ガニの全甲幅との関係を比較検討した。その結果、ワムシ中の n-3 HUFA 含量の低い淡クロ区やコーンオイル区ではほとんどメガロパは得られず、n-3 HUFA 含量の高いナノクロ区、EPA 区、DHA 区お

表 II-21 配合飼料の給餌条件が同じ場合 (実験区 No. 1 と 8, 3 と 9, 7 と 10) における生物餌料の栄養強化方法とガザミ幼生飼育結果との関係 (マリノフォーラム 21, 1993 を一部改変)

実験区 No.	パン酵母ワムシ区			油脂酵母ワムシ区		
	1	3	7	8	9	10
平均生残率	×	×	×	◎	◎	◎
平均全甲幅	×	×	○	◎	◎	○
平均体重	◎	×	×	×	◎	◎
発育速度	○	×	×	○	◎	◎

◎：優れている，○：同じ，×：劣っている。

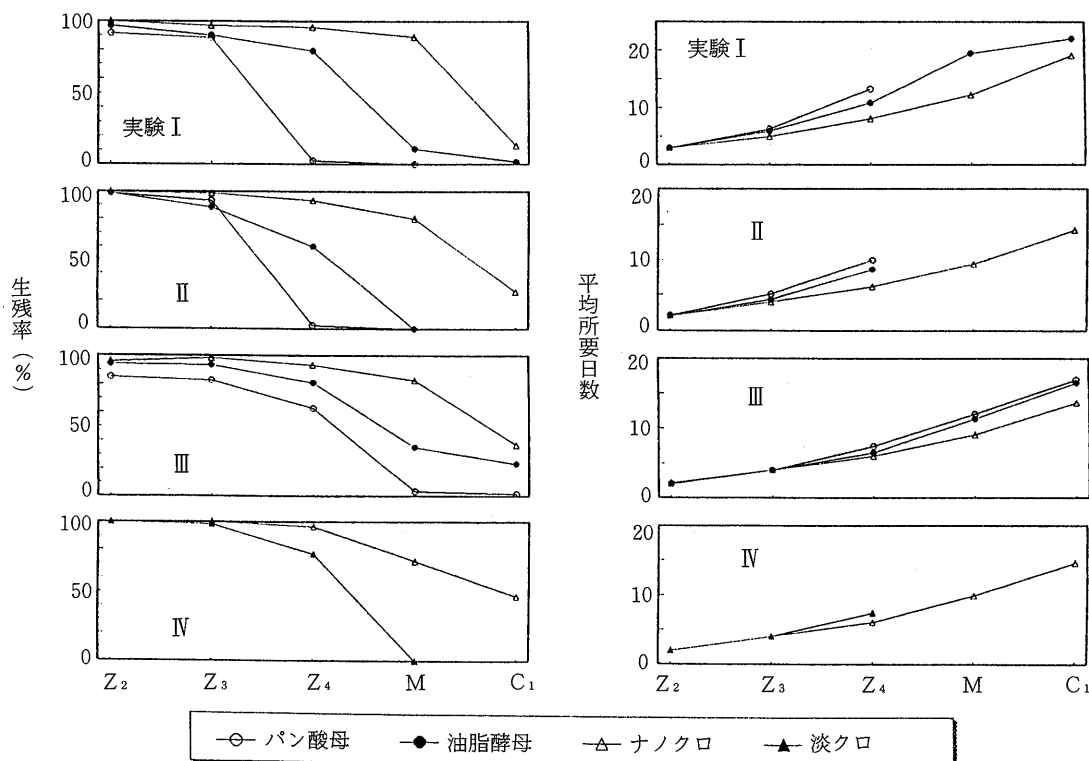
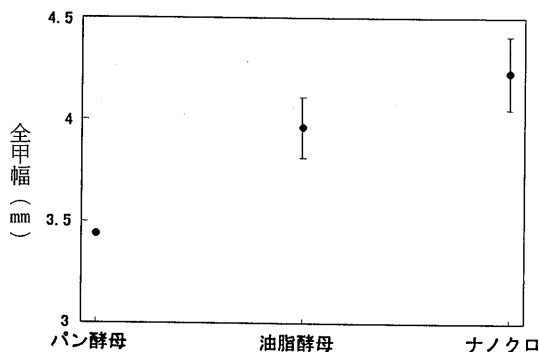


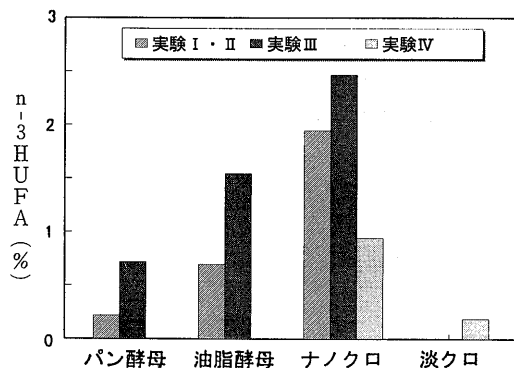
図 II-55 給餌したワムシの栄養強化方法がガザミ幼生の各齡期までの生残率と平均所要日数に及ぼす影響 (浜崎ら, 1995より作成)

飼育水温は実験 I では 24℃, 実験 II ~ IV では 28℃ である。給餌されたワムシは実験 I, II ではパン酵母で、実験 III では油脂酵母で、実験 IV では淡水クロレラで一次培養されたものである。

よびこれにビタミンEを加えた区では高い生残率で稚ガニまで脱皮した(図Ⅱ-61, -62)。このようにガザミ幼生飼育におけるワムシへのn-3 HUFA強化の必要性が再確認され、EPAとDHAの効果に差がないこと、またビタミンEの添加による顕著な効果の違いは見られないことが明らかになった。そこで、次にワムシ中のn-3 HUFA含量の適正値を明らかにするため、ワムシへのEPA強化濃度を変えた飼育実験を3回繰り返して行った。その結果、ワムシ中のn-3 HUFA含量とメガロバあるいは第1齢稚ガニまでの生残率との間には図Ⅱ-63のような関係がみられ、これからその適正含量はワ



図Ⅱ-56 図Ⅱ-55の実験Ⅲにおけるワムシの栄養強化方法と第1齢稚ガニの全甲幅の関係(浜崎ら, 1995より作成)
バーは標準偏差を示す。

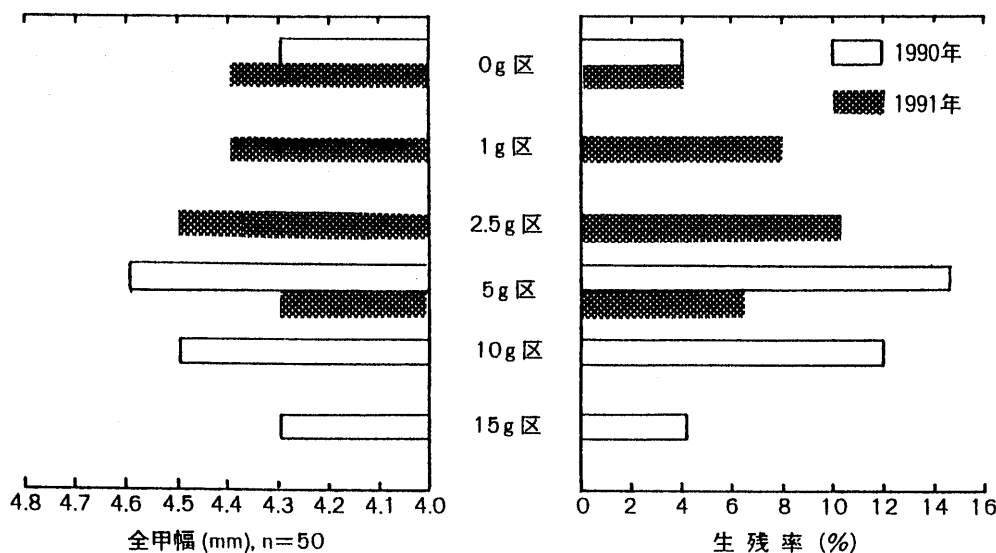


図Ⅱ-57 図Ⅱ-55の実験Ⅰ～Ⅳで給餌したワムシ中のn-3HUFA含量(乾燥重量基準)(浜崎ら, 1995より作成)

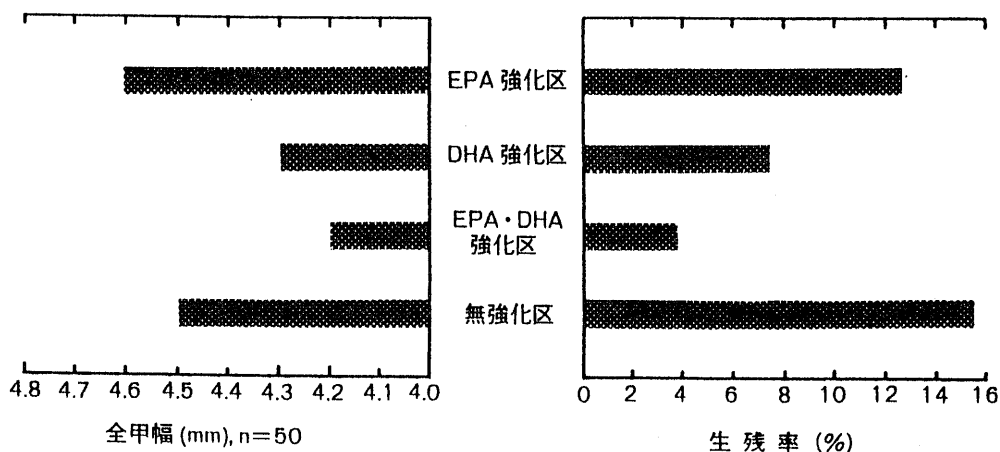
ムシ乾燥重量当たり2%前後であると推測している。

以上のように、近年の研究によってガザミ幼生の正常な生残や発育には、n-3 HUFAが必要であること、EPAとDHAで生残率向上に対する効果に差はないことが明らかになり、またワムシ中におけるその適正含量についても推定されるようになった。

現在多くの機関が生物餌料の栄養強化を行っており(Ⅱ-5-5-2「生物餌料」を参照)、いくつかの機関は栄養強化後の脂肪酸分析も行っているが、使用する栄養強化素材や手順は様々である。竹内・渡邊(1993)がとりま



図Ⅱ-58 ユーグレナの添加量と第1齢稚ガニの生残率・全甲幅との関係(尾田ら, 1995)



図Ⅱ-59 各種 HUFA 強化ユグレナと第1 齢稚ガニの生残率・全甲幅との関係 (尾田ら, 1995)

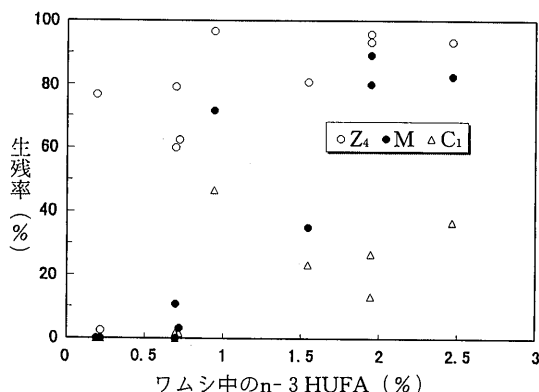
とめた栄養強化素材の種類とそれによって強化された生物餌料の脂質および脂肪酸含量の関係 (表Ⅱ-22, -23) をみると、市販されているどの栄養強化素材を用いた場合でもワムシ、アルテミアともに上述のレベル (乾重当たりの n-3 HUFA 含量で 1~2%) には比較的容易に到達できることが判る。ただし生物餌料中の n-3 HUFA は飼育水中に投与された後に減少すること (吉松ら, 1995; 日本栽培漁業協会玉野事業場私信) が予想されるため、この変動傾向やそれが幼生の生残に及ぼす影響について、また n-3 HUFA 中の組成比と生残率の関連や発育段階別にみた栄養要求の特性等についても今後さらに検討していく必要がある。

(3) 栄養強化素材の飼育水への添加

一般にいう栄養強化素材とは、EPA, DHA 等の n-3HUFA を含有した生物あるいは無生物の微小粒子や液体であり、ゾエア幼生が摂餌する直接的餌料としてではなく、主としてワムシやアルテミア等の生物餌料を経由してゾエア幼生に取り込まれることを意図して使用するものである。しかし、*Chaetoceros* spp. 等の珪藻類は栄養強化素材としてだけでなく、初期ゾエアの直接的な餌料としての効果も推測されており (丹下・柄多, 1978 a, 1978 b; 松村・高木, 1993), さらに水質悪化の低減や水質安定化に効果があること (松田ら, 1992; 楊ら, 1992; 楊ら, 1994) が知られている。また、ワムシの栄養強化素材として広く使用されているナンノクロロブシスは、海産生物の種苗生産過程で飼育水中の照度を低下させるために添加することが多いが、このことが同時に飼育水中におけるワムシの栄養価を維持する効果を持つこと (吉松ら, 1995) も明らかになってきている。さらに、最近では量産規模で飼育水に市販の栄養強化素材を添加している例もみられる (表Ⅱ-24)。

既に紹介したように、尾田ら (1995) は飼育水に DHA 強化ユグレナ (凍結品) を添加して稚ガニまでの飼育を行い、添加区の生残率や成長が向上する傾向があることや、対照区では生残率、全甲幅の大きさとともに劣っていること (図Ⅱ-58) 等から、ユグレナがゾエア幼生の直接的、間接的な餌料として利用されていることを推測している。また生残率と全甲幅から判断して、ユグレナの適正添加量は 6,250 細胞/ml 付近にあるものと推察している。

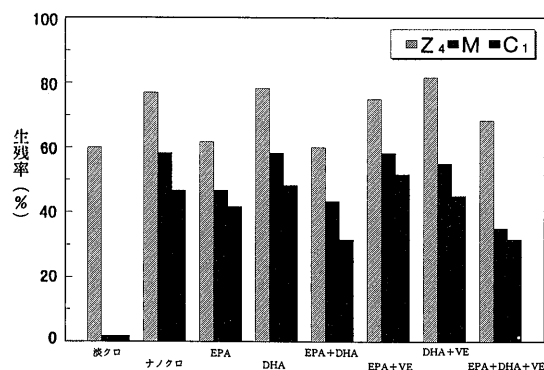
これらの微小藻類や栄養強化素材の添加による生残率の向上は、それらのゾエア幼生に対する直接あるいは間接的な餌料効果を示唆しているものと思われるが、その一方でこれら餌料価値の見込まれる素材の代わりに、水中照度を調節する目的から n-3HUFA を含まない濃縮淡水クロレラや食用色素を飼育水に添加したり、あるいは植物プランクトン等の添加を全く行わない飼育で比較的



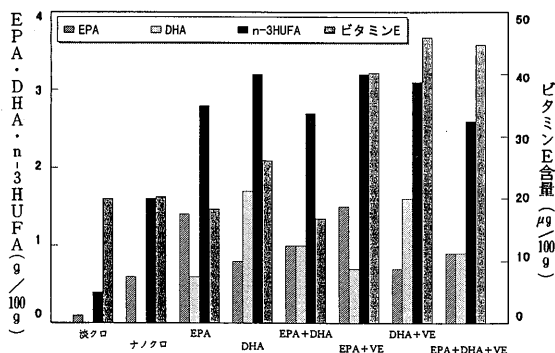
図Ⅱ-60 図Ⅱ-55の実験Ⅰ~Ⅳで給餌したワムシ中の n-3HUFA 含量 (乾燥重量基準) と各齢期までの生残率の関係 (浜崎ら, 1995より作成)

安定した生残を得ている例もあり（Ⅱ-5-3「水作りによらない飼育方式」とⅣ「種苗量産事例」を参照），ガザミの幼生飼育に影響を及ぼす環境要因の複雑さを示唆している。また，図Ⅱ-59に示したようにEPA，DHAを高濃度に含んだユーグレナではゾエア幼生に対する直接的な餌料効果が認められなかった例（尾田ら，1995）もあり，有効な成分および含有レベルの特定や配合のバランス等，製品化に向けて解明されるべき問題点は多い。しかし将来，水質に対する負荷が少なく，また飼育水中に残留した生物餌料の栄養価の維持やガザミ幼生に対する直接的な餌料として効果の高い製品が開発され，かつ安定的に供給されるようになれば，種苗生産に関する作業は格段に効率化されるであろう。

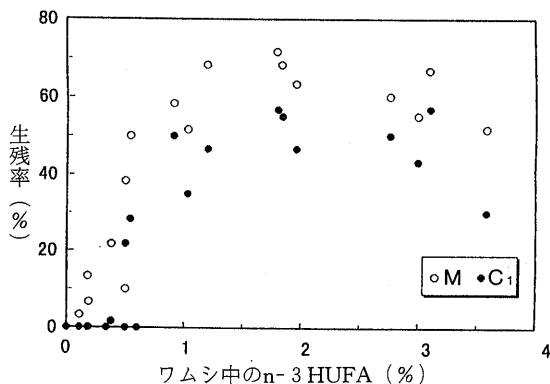
（深山義文）



図Ⅱ-61 ガザミ幼生の生残率に及ぼすEPA，DHAおよびビタミンE強化ワムシの影響（竹内ら，1995より作成）



図Ⅱ-62 図Ⅱ-61の実験で給餌したワムシ中のEPA，DHA，n-3HUFA およびビタミンE含量（乾燥重量基準）（竹内ら，1995より作成）



図Ⅱ-63 ワムシ中のn-3HUFA含量（乾燥重量基準）とガザミ幼生の生残率の関係（竹内ら，1995（一部未発表）より作成）

5-7 幼生の現存尾数の推定

幼生の現存尾数を把握することは，給餌量や注水量等を適切に管理する上で必要である。そして，取り揚げ前に現存尾数が判れば種苗の配付先の決定や輸送準備等の出荷計画を策定するのにも都合がよい。また，現存尾数の推移を知ることは減耗要因を考察する上で大いに参考となる。このように現存尾数の把握は幼生飼育工程で重要な課題である。ところが現在の技術では，いずれの魚種においても収容時と取り揚げ時の尾数は把握できても，飼育期間中の現存尾数を正確に把握することは難しい。ガザミについても同様であり，また現存尾数を正確に推定する方法に関する知見は少ない。

現在，全国のガザミ種苗生産機関のうち飼育幼生の現存尾数を推定している機関は全体のおよそ7割である。推定時期はほとんどの機関でゾエアとメガロバ期が主であり，塩ビパイプやアクリルパイプを使用した柱状サンプリングにより，また一部の機関では飼育水が十分に攪拌されている部分から柄付きカップ等の容器を用いて海水ごと幼生をすくい取る方法で行っている。現存尾数はそれら計数値に基づき容積法（待場，1983）で推定する。これらの機関のうち，第1齢稚ガニの現存尾数を推定しているのは1機関のみである。

推定結果をおおむね妥当と捉えているのは全体の約3割である。大半の機関では齢期の進行に伴い信頼性が低下するか，あるいは飼育期間を通じて信頼性は低いと考えており，推定結果をある程度の目安として取り扱っている。

現在，ガザミ種苗生産機関の中で数多く計数しているのは日本栽培漁業協会玉野事業場であり，またその推定値は実数値をほぼ反映していると考えていることから，ここではその計数・推定方法を紹介することとする。

表Ⅱ-22 各種強化剤で強化したワムシの脂質および脂肪酸含量
(竹内・渡邊, 1993を一部改変)

強化方法	乾燥重量当たりの含量(%)			
	粗脂肪	n-3HUFA* ¹	EPA* ¹	DHA* ¹
イーストワムシ	19.8±2.11 (17.5~21.6)	0.7±0.17 (0.5~0.8)	0.4±0.32 (0.2~0.8)	tr (tr~0.1)
マリンアルファ (12-24h)* ²	19.6~24.7	2.7~4.2	2.1~3.6	tr~0.1
イカ肝油(6-18h)	23.1	3.9	2.5	0.9
淡水クロレラワムシ	21.9±2.41 (13.1~16.4)	0.6±0.32 (0.5~0.9)	0.2±0.03 (tr~0.4)	tr (tr~0.1)
イカ肝油(6-12h)	24.5~26.2	3.4~6.4	1.8~3.0	1.3~2.8
イカ肝油+ナンノクロロブシス(6-12h)	25.8~29.5	4.5~7.9	2.9~5.4	1.3~1.9
ユーグレナ(EPA, 11.8%;DHA, 47.2%) (12h)	23.0±1.04	5.6±0.72	1.3±0.18	2.9±0.49
(18h)	25.2±3.81	5.7±4.14	1.2±0.91	3.3±2.35
サメ卵(9.3 g/10l) (12h)	29.6±2.03	5.7±0.61	1.7±0.13	2.6±0.30
(18h)	29.3±3.43	5.4±1.01	1.6±0.25	2.5±0.55
ナンノクロロブ	20.2±4.14	3.0±0.99	2.5±0.76	tr
シスワムシ	(17.5~27.5)	(2.1~4.6)	(1.7~3.7)	(tr~0.1)
イカ肝油(6h)	23.3±4.31 (15.4~27.1)	4.9±0.90 (3.1~5.7)	3.3±0.64 (2.1~3.9)	1.0±0.16 (0.7~1.2)
同(15h)	26.7±3.75 (23.8~32.1)	5.9±0.50 (5.5~6.6)	4.0±0.38 (3.7~4.5)	1.2±0.08 (1.1~1.3)
イカ肝油+油脂酵母 (15-22h)	22.7~3.29 (19.3~26.4)	4.2~0.51 (3.8~4.8)	2.7~0.44 (2.2~3.2)	0.9~0.22 (0.6~1.1)
ユーグレナ(EPA, 10.3%;DHA, 52.7%) (22h)	20.2	7.0	3.1	2.7
サメ卵(8 g/10l)(22h)	24.0	6.1	2.9	2.0

*¹ 各脂肪酸含量は便宜上(粗脂肪含量×各脂肪酸組成比)とした。

*² 強化時間。

幼生の計数を行っている齢期は第4齢ゾエアの1日目、メガロパに変態した1日目と2日目および第1齢稚ガニ期であり、第4齢ゾエアとメガロパでは各齢期への脱皮率が50%を超えた時に、第1齢稚ガニ期では出荷日程に合わせて適宜実施している。計数する時間帯は、第4齢ゾエアとメガロパでは暗くなって(日没約1時間後)から、第1齢稚ガニ期では反対に日中である。

計数・推定方法は、柱状サンプリングによる容積法(第4齢ゾエア、メガロパ、第1齢稚ガニ)と一定面積の枠(コドラート)を使用した坪刈りによる面積法(待場, 1983)(第1齢稚ガニのみ)である。計数に使用する器材を図Ⅱ-64に示した。このうち柱状サンプリング法に

用いる器材は透明アクリルパイプを加工したものである。採水した海水が漏れにくいように上部にバルブを取り付けたり、パイプの先端が暗所でも判りやすいようにテープで目印を付ける等の工夫がなされている。透明アクリルパイプを使用している理由は、日中に水槽底から採水した時に水槽底の堆積物量や稚ガニの数が目視でもある程度判別できるようにするためである。また、コドラートは針金を10 cm角に折り曲げ、取り扱いやすいように柄を取り付けている。

次に、計数・推定方法の作業手順を以下に述べる。第4齢ゾエアとメガロパでは、飼育水が通気とアジターにより良く攪拌されている状態で、図Ⅱ-65に示し

表Ⅱ-23 各種強化剤で強化したアルテミア幼生の脂質および脂肪酸含量
(竹内・渡邊, 1993を一部改変)

強化方法	乾燥重量当たりの含量(%)			
	粗脂肪	n-3HUFA ^{*1}	EPA ^{*1}	DHA ^{*1}
淡水型未処理または	26.4±2.15	1.1±0.21	0.8±0.16	tr
イースト添加	(24.1~28.6)	(0.8~1.3)	(0.7~1.1)	(tr)
エステル-85(15-24h) ^{*2}	25.3±3.84	3.7±0.91	2.1±0.55	1.3±0.35
	(21.3~30.5)	(2.6~5.1)	(1.5~3.0)	(0.9~1.8)
EPA28オイル TG型(24h)	33.6±1.57	5.9±1.55	3.8±0.78	0.8±0.40
	(33.3~35.3)	(4.1~7.0)	(3.2~4.7)	(0.4~1.2)
EPA28オイル EE 型(24h)	34.7±2.50	7.0±1.55	4.6±0.67	0.9±0.26
	(31.9~36.7)	(5.4~8.5)	(4.2~5.4)	(0.6~1.1)
サメ卵(4g/10l)(24h)	37.1~39.7	5.4~5.8	2.3~2.4	2.0~2.2
スーパーカプセル(22h)	33.9~36.9	5.2~5.5	2.5~2.6	1.8
海水型未処理または	17.5±2.01	2.0±0.47	1.9±0.42	tr
イースト添加	(16.1~19.8)	(1.6~2.5)	(1.6~2.4)	(tr)
イカ肝油(24h)	21.6±3.46	3.9±1.20	3.2±0.85	0.6±0.35
	(19.1~24.0)	(3.0~4.7)	(2.6~3.8)	(0.3~0.8)
エステル-85(24h)	20.4±1.51	4.4±0.38	3.2±0.38	1.0±0.22
	(18.9~21.8)	(4.0~4.7)	(2.7~3.6)	(0.8~1.3)
EPA28オイル TG 型(24h)	20.9	3.1	2.0	0.5
サメ卵(4g/10l)(22-24h)	22.1	3.5	2.2	0.7

アルテミア幼生は卵投入後24~36h経過したものを使用。

^{*1} 各脂肪酸含量は便宜上(粗脂肪含量×各脂肪酸組成比)とした。

^{*2} 強化時間。

た11定点において透明アクリルパイプをバルブを開けた状態で素早く水槽底まで突っ込み、バルブを閉じて引き上げて採水し、それをサンプリング定点に用意したバケツに入れる(写真Ⅱ-12)。現存尾数はサンプリングした海水中の幼生を計数し、単位水量当たりの幼生数を水槽全体の容積に乗じることによって推定する。第1齢稚ガニではアジテーターを停止した直後に図Ⅱ-65に示した5定点で同様に柱状サンプリングを行い、同時に一人が潜水し、コドラートを水槽底面(6点)と側壁(各側壁1点ずつで計4点)に当て、その中にいる第1齢稚ガニを計数する。現存尾数は単位面積当たりの稚ガニ尾数を水槽全体の面積に引き延ばし、同時に実施した容積法の推定値に加算して算出する。

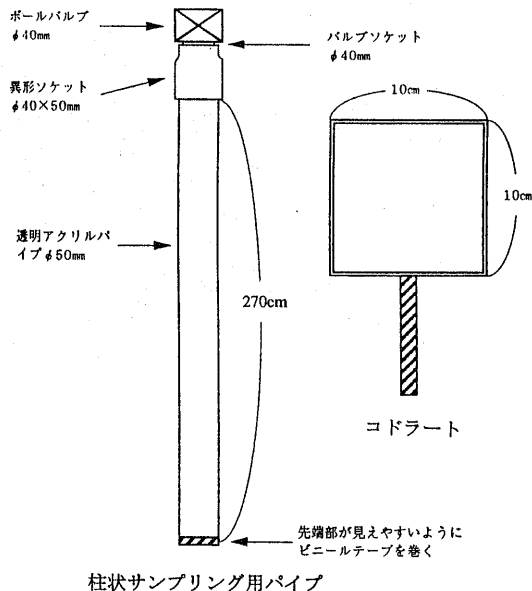
図Ⅱ-66に玉野事業場における各齢期の計数値と実際の第1齢稚ガニの取り揚げ尾数との関係(平成元年~7年の玉野事業場資料より作成)を示したが、取り揚げに近づくほど相関はより明瞭となっているのが判る。玉野事業場では図Ⅱ-66-Cの関係に基づき、第1齢稚ガニの取り揚げ尾数をメガロパ2日目の計数値の6~7割と推定し、さらに精度を高める必要がある時には第1齢稚ガ

表Ⅱ-24 ガザミ種苗量産における飼育水への栄養強化
素材添加の実例

実施機関	年度	使用した栄養強化素材
岡山県水産試験場栽培漁業センター	平成6	ドコサユエグレナ
熊本県栽培漁業協会大矢野事業場	平成6, 7	フリバックブスター
愛媛県中予栽培漁業センター	平成7	油脂酵母レッド

二期に計数を実施している。

ここで、計数する時間帯についてガザミ幼生の生態に関する知見と照らし合わせて考察してみる。カニ類のゾエアは一般的に正の走光性が強く、幼生の発育に伴い分散遊泳するものが多くなり(八塚, 1957), ガザミについても同様の傾向が観察される。金丸・松宮(1988)はゾエア、およびメガロパの現存尾数を日中と夜間に柱状サンプリング法で調査したところ、夜間の方が計数値の変動が小さいこと、すなわちより水槽全体に均一に分散していることを明らかにしており(図Ⅱ-67), ガザミ幼生の走光性の強さを裏付けている。一方、メガロパ以降については日数を経るにつれて走光性は弱まるが、反対



図Ⅱ-64 日本栽培漁業協会玉野事業場でガザミ幼生の
現存尾数推定に使用する器材

に物につかまる性質が強まると報告されている（山崎，1974）。このようなことを考慮し，玉野事業場はゾエア，メガロバ期は夜間に容積法を用いて，また第1齢稚ガニ期は日中に容積法と面積法の併用で計数している。

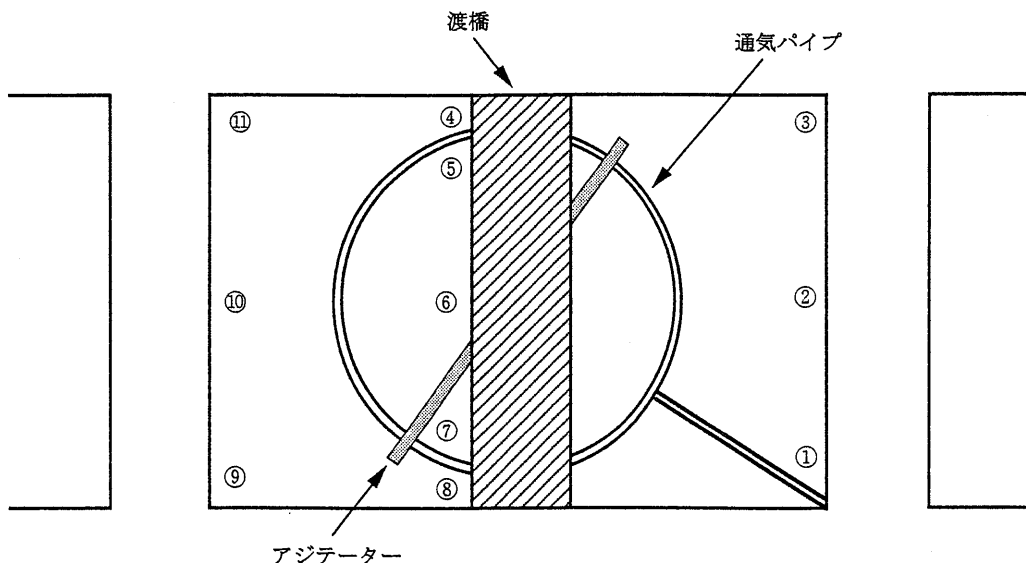
今後，幼生の現存尾数の推定をより精度良く行うためには，水槽内における幼生の分布特性に加え，サンプリング行為に対する幼生の逃避やその能力を把握する必要がある。その結果から，より適切なサンプリングの場所，器材，方法および回数等の検討が可能になるであろう。また，これらの条件の違いで，どの程度の誤差が生じるのかを把握することも重要である。これらの知見を集積して解析し計数作業の規準化，マニュアル化を進める必要がある。

（水呉 浩）

5-8 取り揚げと輸送

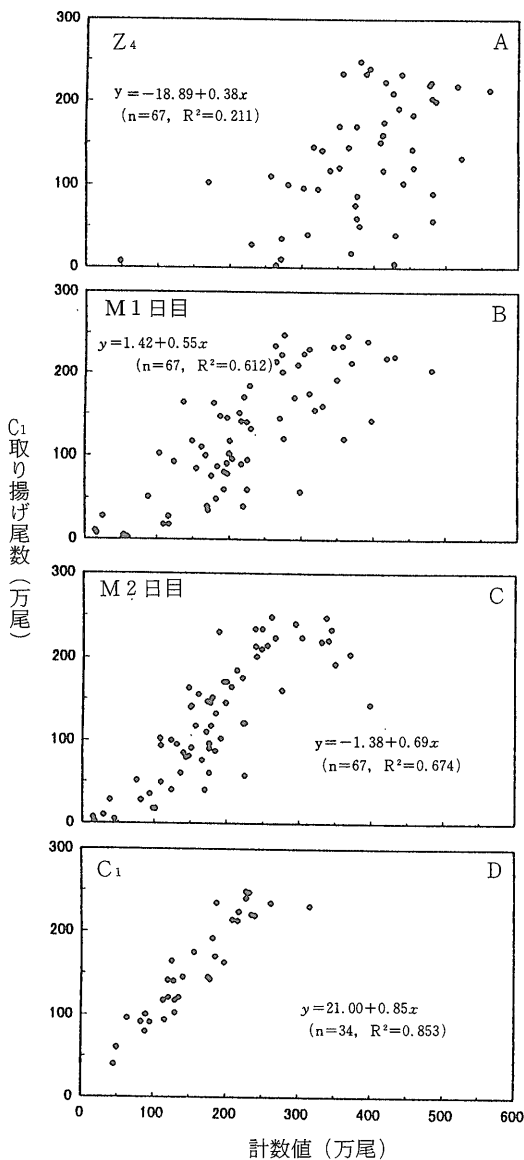
5-8-1 取り揚げ方法

取り揚げは，排水口から稚ガニを排出するときの衝撃によって脚の脱落等の損傷を防ぐため，飼育水槽の水位を満水時の半分～1/3程度まで下げた後，排水口のパルプを開いて側溝に用意したネットや取り揚げ容器へ流し



図Ⅱ-65 日本栽培漁業協会玉野事業場におけるガザミ幼生計数時のサンプリング定点

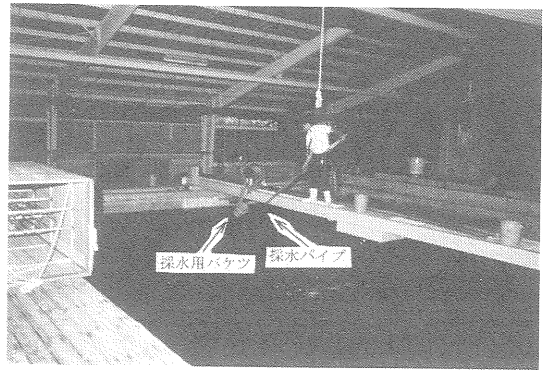
①～⑪は柱状サンプリングの定点を示す。メガロバまでは1人がパイプで採水し，1人がバケツに受ける。その際，パイプの先端を懐中電灯で照らす。①～③，⑨～⑪の定点では，水槽壁に近いところで採集すると，計数値が低くなる場合がある。稚ガニでは①，⑥～⑨の定点で採水する一方，潜水者がコドラートによって底面は通気パイプの内側3点と外側3点で，また壁面の各1カ所ずつ計4カ所で計数する。



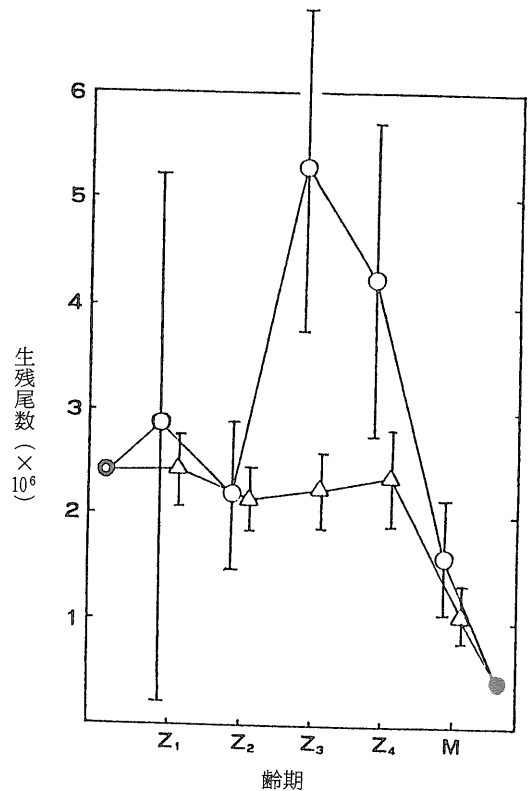
図Ⅱ-66 日本栽培漁業協会玉野事業場におけるガザミ幼生の計数値と第1齢稚ガニ取り揚げ尾数との関係（平成元年～7年）

日本栽培漁業協会玉野事業場資料から作成した。

取って行く（写真Ⅱ-13-A, -B）。側溝を利用する場合には、あらかじめ側溝に水を貯めておき、排水口が水面より下になるように設置して稚ガニが出てきた時に衝撃を与えないようにする。また、水流で稚ガニが底面に押しつけられないように、側溝内で排水口を上に向け、稚ガニが水面へわき上がるように設置している機関もあ



写真Ⅱ-12 ガザミ幼生飼育水槽における幼生の現存尾数の推定（日本栽培漁業協会玉野事業場）



図Ⅱ-67 ガザミの第1齢ゾエア（Z₁）期からメガロパ（M）期までの昼（○）と夜（△）の齢期別生残数の推定値（柱状サンプリングによる容積法）（金丸・松宮，1988）

（○）収容ふ化幼生数：すくいとりによる容積法。

（●）最終生残数：重量比例による重量法。

バーは標準偏差を示す。

る。これらの機関は取り揚げ用のネットとしてオープン

ング0.5～2.5 mm のものを使用しており、大きさもそれぞれの施設の構造に合わせて工夫されている。また、飼育水槽や側溝の構造によっては、取り揚げ容器を使用する方が容易な機関もあり、100～800 l 程度のポリ容器やポリカーボネイト水槽等を使用している。

側溝の沈殿物や取水栓の汚れは、取り揚げネットの目詰まりや計量の障害となり、輸送時の水質悪化を引き起こす原因にもなると考えられるため、取り揚げ前に掃除を行い、これらが混入しないように心がける必要がある。

採集した稚ガニは損傷を防ぐため、濃縮された状態で長く続かないように少量づつ小型のタモやザルで取り揚げる（写真Ⅱ-13-C）。

水槽底面の一部が露出するようになったら、人が中に入って稚ガニを長い間露出しないように注意しながら、壁や底面に残っている稚ガニを流していく。

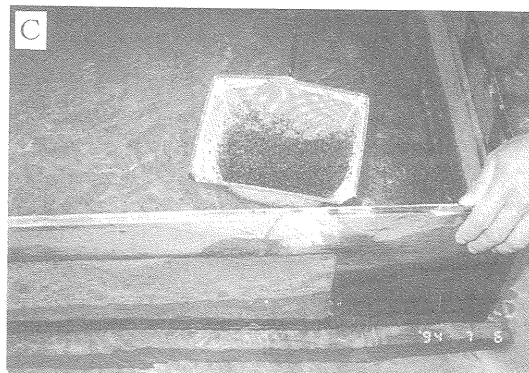
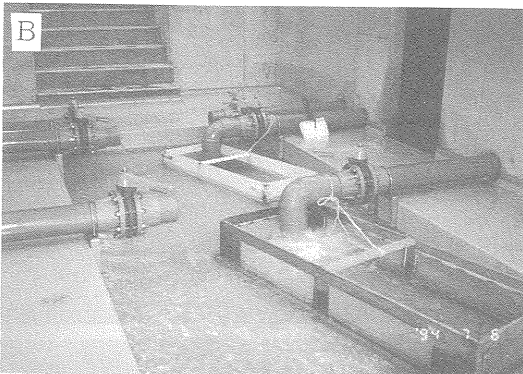
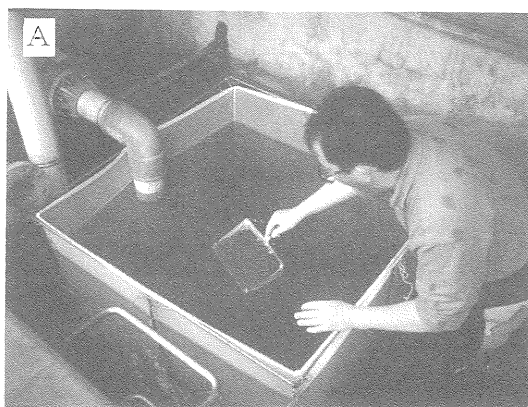
こうして取り揚げた稚ガニは、容量法による計数を行う機関ではそのままポリカーボネイト水槽に収容し、重量法を用いる機関では秤量後、出荷あるいは中間育成用水槽に収容する。

南部・竹田（1994）は鉋や脚等の脱落がない種苗の取り揚げ方法を検討するため、冷水を用いた稚ガニの麻酔実験を行い次のような結果を得ている（表Ⅱ-25）。すなわち、15℃では冷水収容直後から動きが鈍くなり、つかみ合いをする個体はみられなくなったが、それを通常海水に戻すと直ちに活動を開始したとしている。本実験は第3齢～第4齢の稚ガニを使ったものであるが、第1齢稚ガニへ応用することができれば、損傷が少ない種苗の取り揚げが可能となる。取り揚げられた種苗が健全であるか否かは、中間育成や放流後の生残率を左右すると考えられ（Ⅱ-6-2-2「種苗の健全性の把握」を参照）。今後このような試みをさらに検討し、稚ガニにやさしい取り揚げ方法を確立する必要がある。

付着基材を使用した飼育では、水位を低くする段階で基材を取り揚げる。数十本のキンラン・モジ網の引き上げ作業や、稚ガニをふるい落とす作業は、大変手間がかかるものである。取り揚げ作業において重要なことは、稚ガニに与える衝撃を少なくし、活力のある状態で手早く輸送容器へ収容することである。この意味で、できるだけ人の手を介さずに取り揚げた方がよいと考えられ、このことが近年になって付着基材を使用しない飼育を行う機関が増えてきている要因の一つになっている。

5-8-2 計数方法

稚ガニの計数は、重量法で行っている機関がほとんどであり、容積法や併用法（重量法と容積法の組み合わせ法）も数例みられる。各機関ごとに多少の違いはあるが、ここでは代表的な事例を紹介する。



写真Ⅱ-13 ガザミ稚ガニの取り揚げ

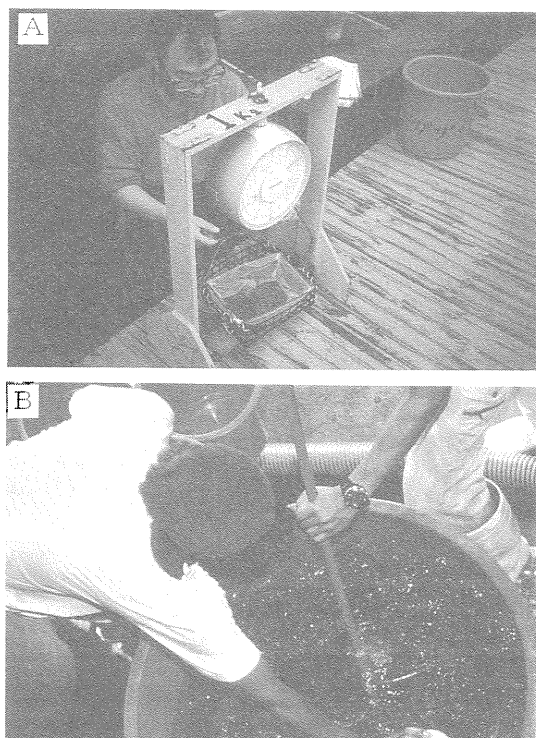
A, 愛知県栽培漁業協会；B, C, 岡山県水産試験場栽培漁業センター。

(1) 重量法の例

海水を入れたボールに20 g 程度の稚ガニを入れて重量を計った後、計数を行い1 g 当たりの尾数（または、1 尾当たりの重量）を算出する。その後は同様に海水を入れたボールに取り揚げた稚ガニを入れて重量を計り（写真Ⅱ-14-A, この例では直接タモ網に稚ガニを入れて重量を測定している）、先に算出した単位尾数（または、

表Ⅱ-25 ガザミ稚ガニの麻酔実験結果（南部・竹田，1994を一部改変）

実験温度 (℃)	冷水に收容した直後の状況	60分浸漬後の状況		
		3分以内	20分後	30分後
15	收容後直ちに活動が弱まり 多少脚を動かす程度で絡み 合いは見られない	すべて 活動開始	完全復活(100%)	同左
10	收容後動きが停止し反転す るものが見られる	一部活動開始	完全復活(20%) 動き弱い(80%)	完全復活(68%) へい死(32%)
5	完全に動きが停止し反転す るものが多い	動きが停止 したまま	動きが停止 したまま	へい死(100%)



写真Ⅱ-14 ガザミ稚ガニの計数

A, 重量法（愛知県栽培漁業協会）；B, 容積法（日本栽培漁業協会玉野事業場）。容積法では、海水の攪拌に塩ビパイプの先端に塩ビ板で作成した直径約30cmの円盤を直角に取り付けたものが使用される。

単位重量）から総尾数を算出する。重量法はそれ自体は作業能率が高い。しかし、基準となる単位重量は体表面についている水分の残り具合で変動し、誤差が大きくなる可能性がある。また、海藻や夾雑物（残餌等）が混入すると計数制度が著しく低下する。よくみられるのはアミ・アサリミンチ肉の残餌で、通常は目合いの大きなネットやザル等に收容し洗い落とすが、稚ガニを濃縮し

た状態で夾雑物の除去に時間をかけることは稚ガニの活力低下につながるため、場合によっては容積法を利用する等柔軟な対応が必要となる。

(2) 容積法の例

海水を貯めた500 l～1 kl水槽を用意し、通気を強目に行き取り揚げた稚ガニを1水槽当たり10万尾を目安に收容する。攪拌棒で十分に攪拌した後、3 lビーカーで5, 6ヶ所から採水して計数を行い、各水槽の水量に引き伸ばして総尾数を算出する。

容積法は多少の夾雑物があっても計数は可能であるが、重量法に比べて計数場所を広く確保する必要があり、出荷作業に時間を要す。

(3) 併用法の例（重量法と容積法を組み合わせた方法）

取り揚げ容器からすくい取った種苗を500 l水槽に40万尾を限度として收容する。收容した各500 l水槽から万遍なく稚ガニをネットで集め、ステンレス製のふるいに700 g程度を入れる。ふるいから海水が落ちない程度に水を切り、その重量を10 g単位で測定し、250 lの計数用水槽に收容する。250 l水槽を十分に攪拌後、1 lを3回サンプリングして計数し（写真Ⅱ-14-B）、250 l中の稚ガニ尾数を算出する。計数用水槽へ收容した稚ガニ総重量を算出した稚ガニ尾数で除して1尾当たりの重量を計算する。なお、この作業は2回行う。次に1尾当たりの重量に出荷必要尾数を乗じて必要な重量を計算し（通常は輸送タンクごとに行う）、稚ガニをふるいに入れて重量を測定しながら輸送タンクに收容する。

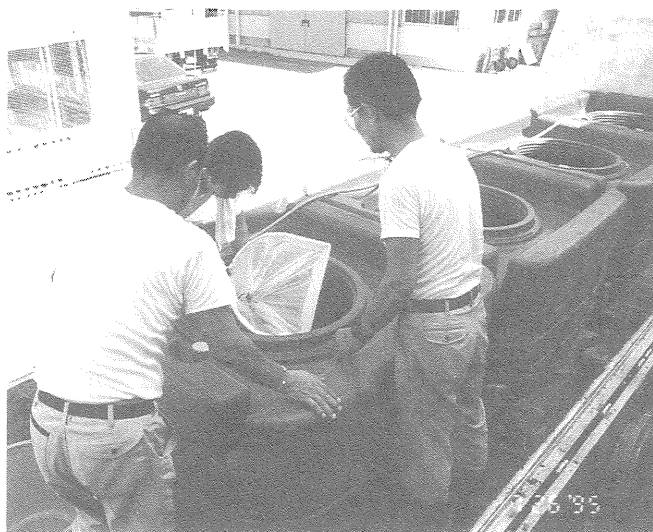
この方法は、取り揚げた群から万遍なくサンプリングを行うことやサンプリング重量を大きくとること、さらに計数を3回行うことで、重量法の課題である単位重量の変動を少なくすることができる。すなわち計数誤差が小さく、より正確な尾数を推定できるものと考えられる。

5-8-3 輸送方法

各機関の輸送方法を取りまとめて表Ⅱ-26に示した。稚ガニの輸送は有水で行う場合がほとんどで、トラック

表Ⅱ-26 ガサミ種苗の輸送方法

機関	有水 無水	容器 容量	手続 時間	種苗の 収容基準	水温と 調整方法	通気	付着基	留意点
秋田県水産 振興センター	有	ビニール袋 20l	乗用車 1時間20分	5万尾/袋				袋を動かさないようにする
宮城県栽培 漁業センター	有	キャンバス 1kl	トラック 1～2時間	20万尾/kl	夏場は海水水で冷却	酸素	無	時々様子を見て状態を確認する
千葉県東京湾 栽培漁業センター	有	800l	トラック 30分前後	C ₄ 5万尾/槽 (上限)		酸素	キンラン 約10本/槽	
大阪府漁業振興 基金栽培事業場	有	500l	バン			酸素	キンラン 30本/槽	適時通気を確認する
	無	輸送板	0.5～1.5時間 バン	2～5千尾/板	18～20℃			
	160経張り900×500×50mm		0.5～1.5時間					
兵庫県栽培漁業協会	有	1kl	0.5～2.0時間	20万尾/kl	25℃以上は氷で冷却			
岡山県水産試験場 栽培漁業センター	有	1kl	トラック 2時間	70万尾以下/kl		酸素	のり網 1枚/槽	多く入れすぎない 時々観察する 付着基材を入れる
日本栽培漁業協会 玉野事業場	有	500l～1kl	トラック 2～15時間	10～30万尾/kl	最低20℃、25℃以上は23℃ま で海水水で冷却	酸素	キンラン 30本/槽	2～3時間おきに状態を観察 近場の輸送には付着基なし
広島県水産 振興協会	有	ビニール袋 10l	船 30～40分	3～4千尾/l		酸素 封入	キンラン 1本/袋	稚ガニが揺れないように注意 時々観察する晴天時には陰におく
広島県栽培 漁業協会	有	ウナギ袋 20～30l	乗用車 2～4時間	1万尾/袋	高温時にエアコン稼働 軽トラックでは水をかける	酸素 封入	キンラン 2本/袋	へい死個体を入れない 温度上昇に留意する
山口県内海 栽培漁業センター	有	500l	トラック 5分～2時間	10～15万尾/槽	6月中自然水温、以降冷却水(16 ～17℃)	酸素 プロアー	キンラン	
愛媛県中予 栽培漁業センター	有	FRP 1.77kl	1～3時間	6～20万尾/kl	無調整	酸素 プロアー	無	通気で攪拌、途中で1～2回点検
福岡県栽培漁業公社	有	1kl	トラック 1～2.5時間	10～15万尾/kl	23℃以上は海水水で冷却	酸素 0.3kg/cm ² プロアー		通気確認
長崎県水産試験場 島原分場	有	FRP700l ～1kl	トラック 0.5時間	20万尾/kl		プロアー		
長崎県漁業公社	有	1kl ビニール袋 18l	トラック 2～4時間	C ₃ 2～3万/kl 2～3千/袋	高温時は海水水 シートをかぶせる	プロアー	アオサ類 キンラン	稚ガニの観察
長崎県水産センター	有	船倉 500l	船 20分～1.5時間	約5万尾/倉	23℃以上は海水水で冷却	プロアー	無	稚ガニの観察
大分県漁業公社 国東事業場	有	1kl	トラック 30分～2時間	10～20万尾/kl	19～20℃	酸素		
熊本県栽培漁業協会 大矢野事業場	有	500l～1kl ビニール袋 18l	トラック 0.5～2.0時間	10～20万尾/kl 2～3千/袋	海水水、シートの利用 保冷車の使用	—		
鹿児島県栽培 漁業センター	有	1kl	トラック 2.5～3.5時間	10万尾/kl		酸素 0.5l/分	キンラン 20本/槽	



写真Ⅱ-15 ガザミ種苗の輸送に使用するタンクの一例（岡山県水産試験場栽培漁業センター）

表Ⅱ-27 ガザミ種苗（C₁）の輸送時間と収容基準
（今泉，1983を一部改変）

輸送時間 （時間）	収容基準（万尾）			備 考
	5月下旬 16～18℃	6月 18～21℃	7月 21～26℃	
2～3	30	20～30	20	玉野—岡山県内
4～7	20	15	10～15	玉野—広島県下
8～10	15	10～15	10	玉野—大阪・山口県下
10～15	15	10～15	10	玉野—福岡・大分県下

収容基準は時期（水温）別に海水1kl当たりの収容尾数で示している。

の活魚水槽やキャンバス水槽、FRP製の水槽等500l～2kl規模のものが多く使用されている（写真Ⅱ-25）。その他、ビニール袋（10～30l）や船の活け間による輸送も行われている。有水輸送では通気の確認を適宜行い水温上昇に注意することと、付着基材を入れて稚ガニ同士が重ならないようにし、つかみ合いによる鋏や脚等の脱落を防ぐ必要がある。

輸送水槽への収容密度は、輸送距離（時間）や輸送水温に合わせて経験的に決定しているのが現状である。輸送時間は3時間以内で、輸送密度は第1齢稚ガニ10～20万尾/klとしている機関が多く、付着基材としてキンランを1水槽当たり10～30本入れている機関もある。なかには輸送時間が2時間の距離で、付着基材としてのり網を1水槽（1kl）に1枚入れ、70万尾/kl以内を目安に高密度輸送している機関もある。輸送時間と収容密度の関係を表Ⅱ-27に示し（今泉，1983）、使用している付着

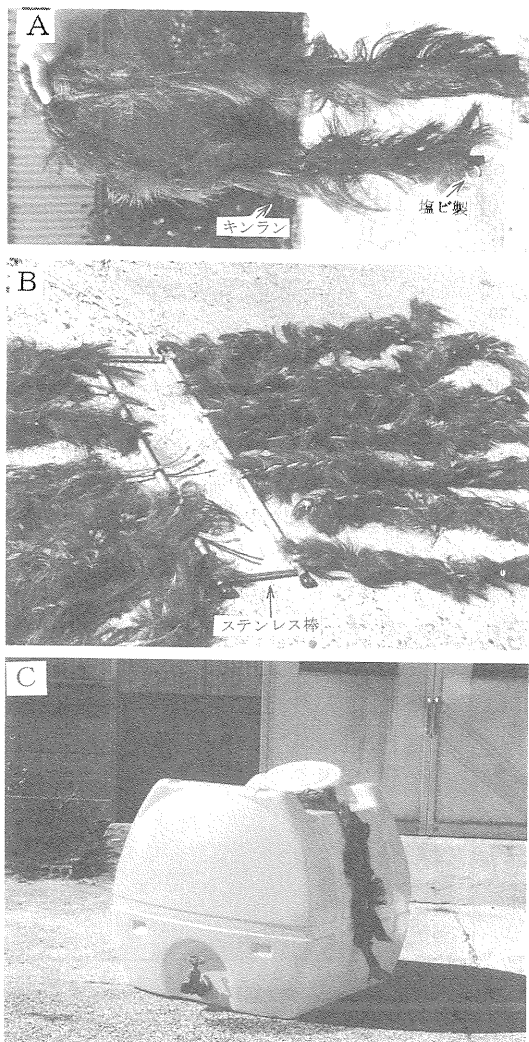
基材の1例を写真Ⅱ-16に示す。

通気は純酸素やブローアーによって行う。水温は、23℃を越えるような場合には海水水を輸送水槽に直接入れて冷やすか、あらかじめ16～17℃に冷やした冷却水を使用する等、20℃前後を目安に調整する。

福永（1990）は輸送水槽による長距離の輸送時に異臭を感じ、その後、稚ガニのキンランへの付着個体数が減る等の現象を経験した。そこで、その原因を明らかにする一環として、輸送中の水質（アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、リン酸態リン）の測定を行った（図Ⅱ-68）。この結果から、アンモニア態窒素濃度が0.5～0.6mg/lまで上昇した場合に異臭が発生することを推測し、これは種苗の代謝産物の影響と考えられるため、長時間の輸送の場合には積み込み前の餌止めをしっかりと行うことが重要であると指摘している。

ビニール袋による輸送には10～30lのものを使用しており、うなぎ用の2重袋を使用している機関もある。収容尾数は10l当たり1,000～20,000尾で、酸素を封入する。付着基材としてビニール袋1枚当たりキンランを1～2本入れる機関もある。ビニール袋による輸送時の水温は、外気環境の影響を受けやすいため、トラックを利用する場合には覆いを掛けて直射日光を避けたり、保冷車の使用や乗用車であればエアコンを使用する等、水温上昇を極力避けるよう努力されている。

一部の機関では航空便で輸送する場合や、船で放流現場へ運ぶ場合に無水輸送を実施している。無水輸送の一例を挙げると、輸送板に2,000～5,000尾（0.4～1.1尾/cm²）収容し、その上に湿ったさらし木綿をかぶせ、蓋付きの発砲スチロール製の箱に4～7段重ねて収容す

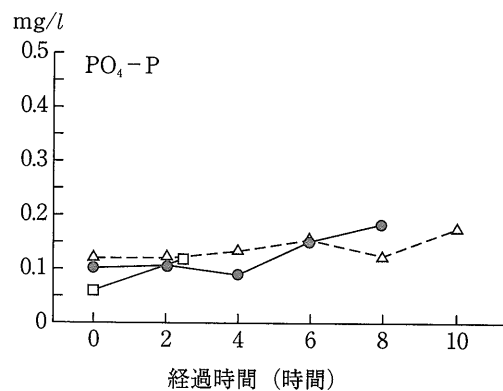
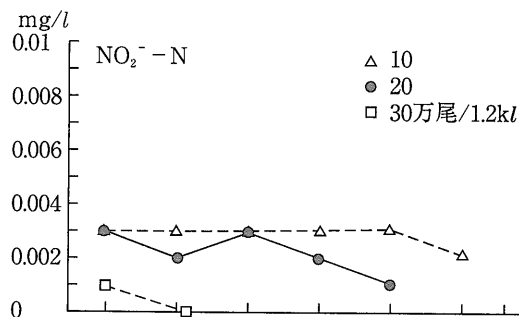
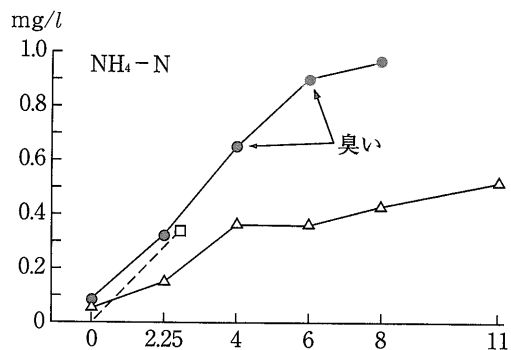


写真Ⅱ-16 ガザミ種苗の輸送時に使用する付着基材の一例（日本栽培漁業協会玉野事業場）

キンランを2本束ね(A)、塩ビパイプを細工したものでステンレス製の棒に取り付け(B)、輸送容器(C)に入れる。輸送容器に海水を入れるとキンランは海草状に浮く。

る。温度は18～20℃で、保冷剤を入れる等して温度の上昇を防いでいる。また、福永（1988）は無水輸送を行うに当たり、木枠にネル地を張った輸送板（25×20cm）上に稚ガニを均一になるように分布させて（1.2尾/cm²）（写真Ⅱ-17）ガーゼで覆いを施し、保冷剤（250 g）3個を入れた発砲スチロール製の容器にこの輸送板を8段重ねで収容した後、酸素を封入して10時間の輸送を行った結果、生残率が80%以上であったことを報告している。

このようにガザミ種苗の輸送は様々な条件下で行われ



図Ⅱ-68 ガザミ種苗輸送時の水質の変化（福永，1990）

ているが、輸送は脚脱落等の損傷を起こす要因となり、輸送後の生残に大きな影響を与えることが考えられるため（Ⅱ-6-2-2「種苗の健全性の把握」を参照）、今後さらに健苗性を意識した輸送方法の確立が望まれる。

（清田圭一郎）

6 飼育幼生の生残と健全性の把握

6-1 幼生の生残

水槽へ収容した第1齢ゾエアは、通常5回の脱皮を経て最小成体型の第1齢稚ガニまで发育する。収容したすべての幼生が稚ガニまで生き残ることが理想であるが、



写真II-17 ガザミ種苗の無水輸送に使用する輸送板(日本栽培漁業協会玉野事業場)

現実的には様々な原因で死亡し、時には大量へい死が起こる。II-1「概要」で述べられているように、依然として種苗をほとんど生産できない事例が存在する。このようないわゆる失敗事例をなくすには、まず大量へい死がいつ起こりその原因は何かについて認識する必要がある。

ここではガザミ種苗生産研究検討会の資料に基づき、量産水槽における幼生の生残状況、並びに大量へい死が起こる時期とその原因についてとりまとめた結果を示す。なお、昭和58年に刊行された「ガザミ種苗の量産技術」が昭和55年までの研究検討会資料に基づいて記述されていることから、ここでは昭和56年から平成7年までの資料を用いることとする。また、疾病が多発した機関の状況が研究検討会資料に詳しく記載されていない場合は、その機関の事業報告書を参照したが、それらについては引用文献に記していない。

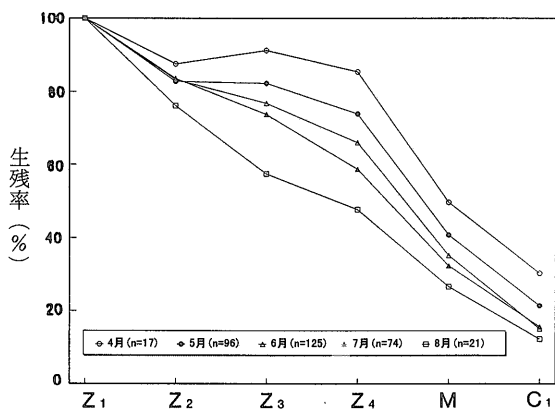
6-1-1 生残状況と大量へい死の時期

(1) 生残状況

ガザミ種苗生産研究検討会資料に掲載されていた各機関の第1齢稚ガニまでの齢期ごとの生残率を、飼育開始月別に平均化して図II-69に示した。飼育開始月別にみると、第1齢稚ガニまでの生残率はII-4「飼育時期」でも述べられているように、飼育時期が遅くなるに伴い低下する傾向を示す。生残曲線のバタンも時期によって異なり、稚ガニまでの生残率は飼育時期が遅くなるに伴い直線的に低下する。すなわちゾエア期間中の生残率が低くなる傾向を示す。全体的にみると、生残率は第4齢ゾエア以後に大きく低下する傾向を示す。

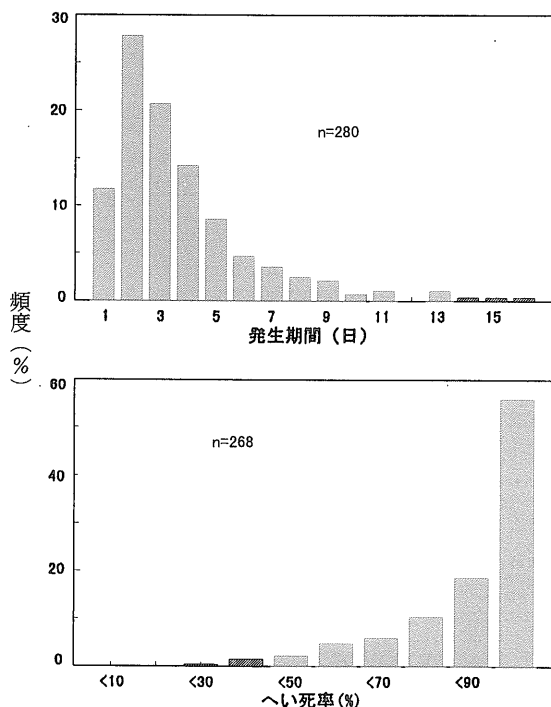
(2) 大量へい死時期

大量へい死の時期をまとめる前に“大量へい死”とは一体どのような状況を指すのか考えてみたい。大量へい



図II-69 ガザミ幼生飼育における生残率の推移 (昭和56年～平成7年)

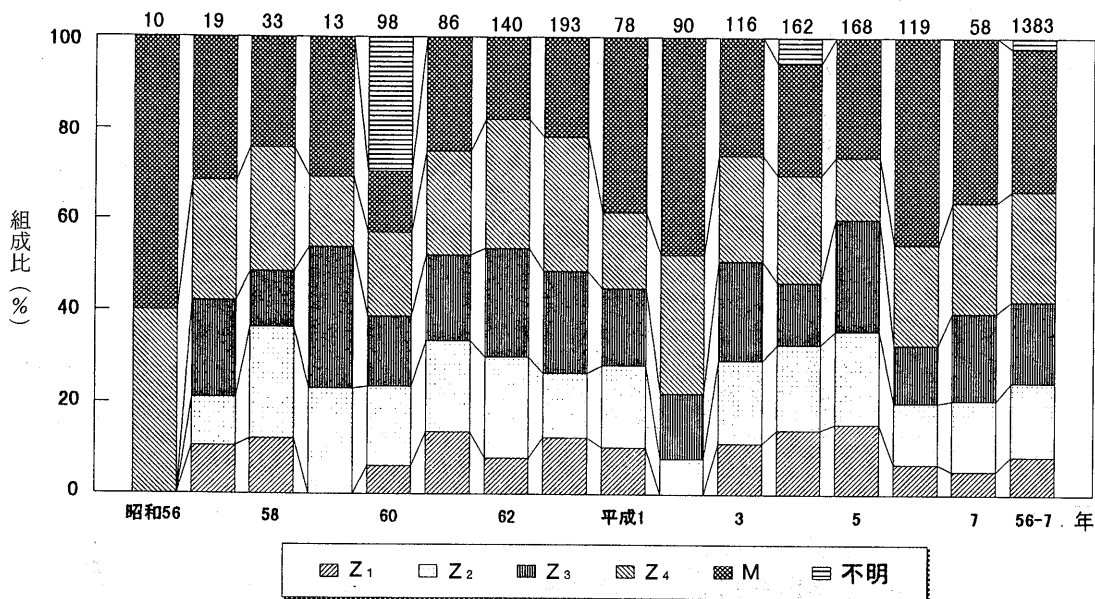
ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。生残率は飼育開始月ごとの平均値である。疾病が発生した飼育例のデータは計算から除外した。



図II-70 ガザミ幼生飼育における大量へい死の発生期間（上）とへい死率（下）の頻度分布 (昭和56年～平成7年)

ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。

死の捉え方は、種苗生産機関や担当者によって異なるものと考えられる。ガザミ種苗生産研究会は、昭和62年以



図Ⅱ-71 ガザミ幼生飼育における大量へい死が報告された齢期の組成比（昭和56年～平成7年）

ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。図上の数値は大量へい死の報告件数である。一つの飼育例において大量へい死が複数の齢期で、あるいは複数の大量へい死原因が報告される場合があるので、大量へい死の報告件数は大量へい死が発生した飼育例数と必ずしも一致しない。

後はほぼ毎年疾病発生あるいは大量へい死に関するアンケート調査を実施し、研究検討会資料としてとりまとめており、平成4年からは大量へい死の発生期間とその時のへい死率をアンケート調査の項目に加えている。それらのデータから発生期間とへい死率の頻度分布を描くと（図Ⅱ-70）、発生期間は1～16日と広い範囲を示すが、4日以下が多数を占める。また、へい死率は20～100%と広い範囲を示すが、80%以上が多数を示す。このように、各機関とも80%以上の幼生が4日以下の短期間にへい死した場合を大量へい死と捉える傾向がある。

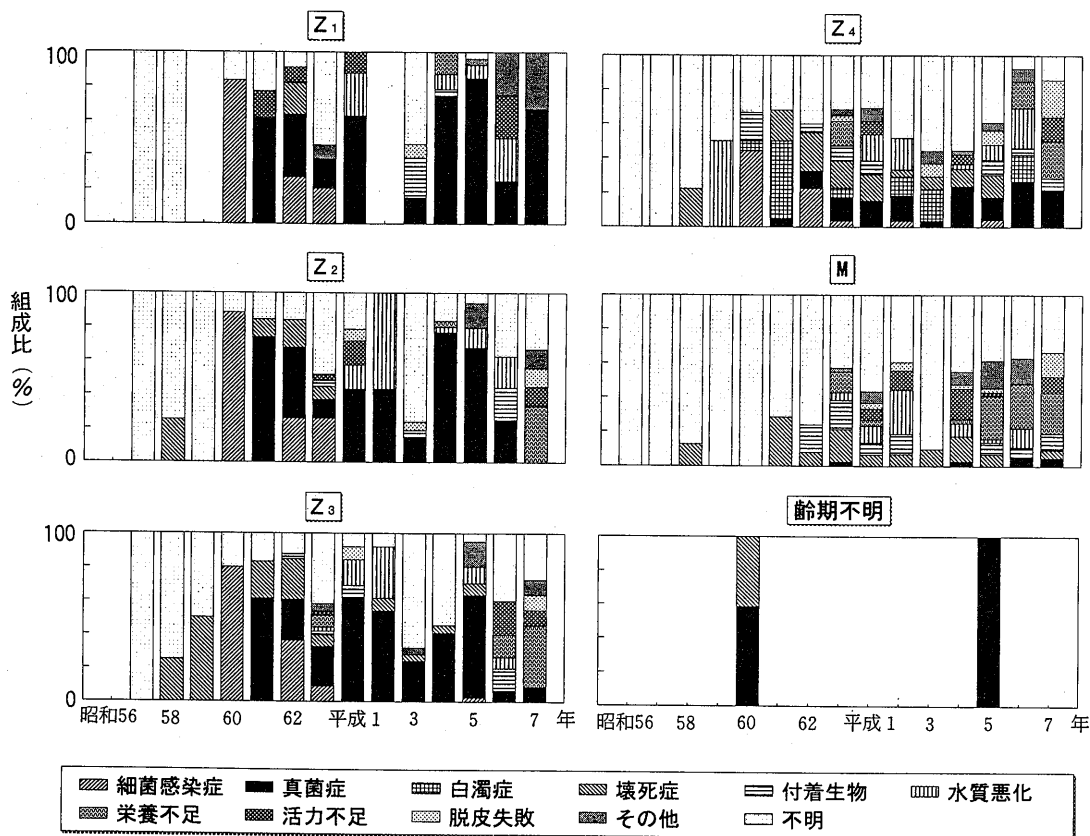
次に、各年度において大量へい死が報告された齢期の組成比を図Ⅱ-71に示した。大量へい死の発生はすべての齢期で認められているが、第4齢ゾエアとメガロパでの発生が多い傾向を示し、過去15年間の平均では両齢期の割合が60%近くを占める。このように大量へい死が起る齢期は、先に示した生残率が大きく低下する時期に一致する。なお、図Ⅱ-71には年別に大量へい死の報告件数も示したが、その値は昭和60年以後、特に62年以後に増加する傾向を示す。これは一つには次項で述べるように昭和60年以後に疾病により大量へい死が増加したこと、また一つにはガザミ種苗生産研究会が昭和62年以後はほぼ毎年疾病発生あるいは大量へい死に関するアンケート調査を実施するようになったこと、すなわち各機関と

も大量へい死を認識するようになったことに起因するものと考えられる。

6-1-2 大量へい死原因

推定された大量へい死原因の組成比を齢期別・年度別にとりまとめて図Ⅱ-72に示した。なお、ここでの大量へい死原因にはへい死した幼生の状態を示しているにすぎない項目も含まれている。報告された大量へい死の原因は11項目にも上り、昭和62年以後に増加する傾向を示す。これは先述したようにアンケート調査が開始されたことによるものと思われる。大量へい死原因は、疾病とそれ以外の項目に分けることができる。疾病として、細菌性疾病、真菌症、白濁症、壊死症、および付着生物によるへい死が報告されており、疾病以外の原因として、水質悪化、幼生の栄養不足・活力不足・脱皮失敗等が挙げられている。疾病についてはⅢ「疾病と対策」を参照いただきたい。

図Ⅱ-72をみると、第1齢～第3齢ゾエアまでの大量へい死原因の組成比はほぼ同様であり、白濁症を除く疾病の多発が特徴的である。特に昭和62年から63年にかけての細菌性疾病と昭和61年以後の真菌症が高い割合を示し、へい死原因の80%以上を占める年もある。疾病は「ガザミ種苗の量産技術」がまとめられた当時はほとんど問



図II-72 ガザミ幼生飼育における大量へい死原因の組成比 (昭和56年～平成7年)

ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。

題視されなかったが (丹下, 1983b), このように近年になって大きな問題となっている。次に, 第4 齢ゾエアの大量へい死原因をみると, 第3 齢ゾエアまでにみられた疾病に白濁症が加わり, 疾病の割合が60%を越える年もあるが, 総じて疾病の占める割合は低い。また, メガロパでは細菌性疾病と白濁症の報告はなく, 第4 齢ゾエアよりもさらに疾病の占める割合は低くなる。このように, 第4 齢ゾエアとメガロパでは大量へい死原因として疾病以外の原因が高い割合を占める。ただし, それら原因のほとんどはへい死した幼生の状態を示しているにすぎない。

大量へい死の原因として認識できるような状況がないにもかかわらず, 第4 齢ゾエアからメガロパへの脱皮時, あるいはメガロパから第1 齢稚ガニへの脱皮時に生残尾数が急減する場合がある。これは, 脱皮が2日以上にわたる場合, 先に脱皮した個体が残された個体あるいは脱皮した個体を捕食すること, いわゆる共食いに起因する。実際に, 飼育現場ではメガロパが第4 齢ゾエアを捕食している光景をよく目にする。例えば, 先に30%の個体が

脱皮し, 残りの個体を2尾ずつ捕食したとすると, 脱皮が遅れた個体群は全滅し, 結局その時点での生残率は30%になる。このように, 個体群としての脱皮同調率の低下は目にみえない大量へい死の原因になり得る。

6-1-3 大量へい死問題の解決に向けて

ここまでみてきた大量へい死の時期とその原因についてまとめると, 幼生の生残パターンは飼育時期によって異なるものの, 80%以上の幼生が4 日以下の短期間にへい死するいわゆる“大量へい死”は第4 齢ゾエアとメガロパに多く発生し, 生残率は第4 齢ゾエア以後に大きく低下する。大量へい死の原因として, 以前はあまり問題視されなかった疾病が第1 齢～第3 齢ゾエアで大きな割合を占めるようになってきているが, 大量へい死が頻発する第4 齢ゾエアとメガロパのへい死原因はよく判っていない。

「ガザミ種苗の量産技術」の中で“メガロパへの変態時にしばしば大量へい死が起こることが多く, その原因として種々考えられるが, いずれにしても単一要因だけ

では説明しきれないことが多い”という主旨の記述がある(尾田, 1983a)。この記述と上述した大量へい死の時期とその原因に関するまとめは、ほぼ同じことを意味している。このことは、第4齢ゾエアからメガロパでの大量へい死問題は、残念ながらここ15年間で解決されていないことを示すものである。

このような状況の中で、ガザミ種苗生産に関わる技術者が大量へい死の発生に手をこまねいていた訳ではなく、一部の疾病に関しては調査・研究が実施され、その防除対策が確立されつつある(Ⅲ「疾病と対策」を参照)。またガザミゾエアのn-3 HUFA 要求に関する研究が実施され、n-3 HUFA をほとんど含まないワムシを給餌した場合、生残率は第4齢ゾエアからメガロパにかけて大幅に低下したことが報告されている(浜崎ら, 1995; 竹内ら, 1995)。なおへい死した幼生の多くは、脱皮途中で変態を完了していない、いわゆる脱皮失敗個体であったという(浜崎未発表)。このように、餌料の栄養価が幼生の生残に影響を及ぼすことが実験的に明らかにされている。さらに、安元・吉田(1994)は数種餌料別にゾエアを個別飼育した結果、第4齢ゾエアからメガロパでの大量へい死の発生は、第3齢ゾエアまでの栄養状態に大きく左右されると指摘している。このことは、第3齢ゾエアまでの栄養状態、すなわち与える餌料の栄養価に十分留意すれば、第4齢ゾエアからメガロパでの大量へい死の発生を抑制することが可能になることを意味するものである。

以上のように、現状での大量へい死問題解決に向けた試みは、疾病を除くと、幼生の栄養不足・活力不足・脱皮失敗への対応になる。この他、水質悪化もしばしば報告される大量へい死原因であるが、実験的な研究例は少ない(Ⅱ-5-4-7「水質」を参照)。今後、ガザミ幼生に対する水質の急性的あるいは慢性的毒性に関する実験を通じて、“水質悪化”を評価する必要がある。また、脱皮同調率と環境諸要因の関係を明らかにし、脱皮同調率を高める飼育手法を確立する必要もある。

(浜崎活幸)

6-2 健全性の把握

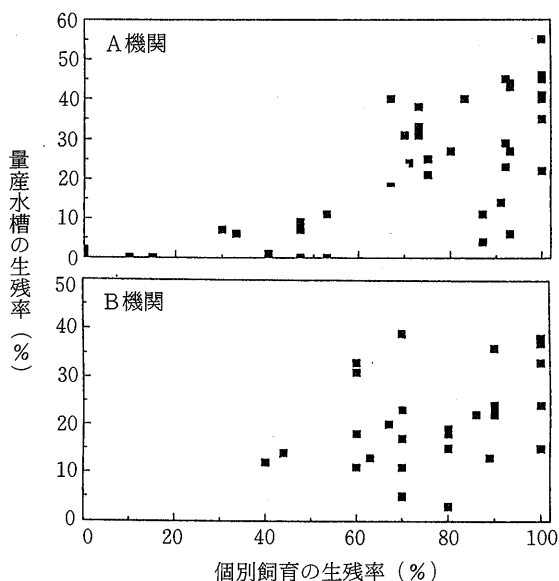
6-2-1 幼生の健全性の把握

(1) 個別飼育と量産飼育の比較

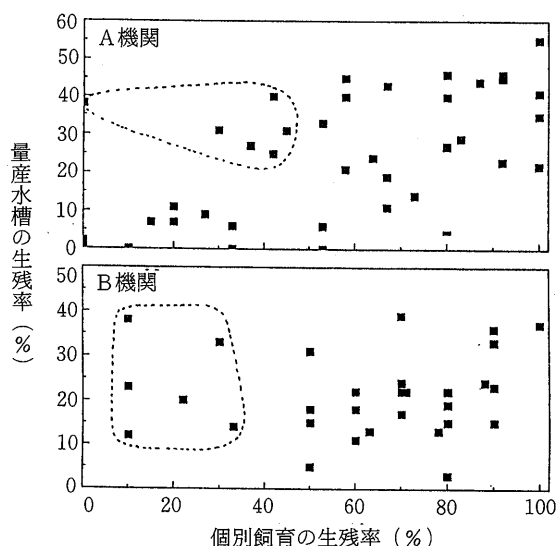
ガザミ幼生飼育においては、第4齢ゾエアからメガロパにかけて起こる大量へい死が問題視されている(Ⅱ-6-1「幼生の生残」を参照)。

ガザミ種苗生産研究会によると、平成7年に行われた種苗量産175事例のうち、56事例で大量へい死が発生し、このうち約3割に相当する16事例がメガロパでの発生であった。メガロパにおける大量へい死の原因として、水

質の悪化や栄養的な欠陥が考えられている(尾田, 1986a)。栄養的に十分満たされた健全なゾエアは、水質悪化等の要因を除外できれば、メガロパ、さらに第1齢稚ガニへと順調に脱皮し、この間にほとんど減耗しないものと考えられる。



図Ⅱ-73 個別飼育のメガロパまでの生残率と量産水槽の第1齢稚ガニまでの生残率の関係
ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。



図Ⅱ-74 個別飼育の第1齢稚ガニまでの生残率と量産水槽の第1齢稚ガニまでの生残率の関係
ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。破線については本文を参照。

安元・吉田（1994）は水質悪化等の要因を除外できる飼育方法としてシャーレを用いた個別飼育方法を開発し、ゾエアに給餌する餌料種類を変えて飼育実験を行った。その結果、メガロバ期前後に発生する大量への死は第3齢ゾエア以前における幼生の栄養状態に左右されると指摘している。したがって、量産水槽において健全性がすでに決定されている第4齢ゾエアを個別に飼育し、それ以降の生残率を調べることによって、栄養に由来するゾエアの健全性の程度を把握することが可能になるものと考えられる。

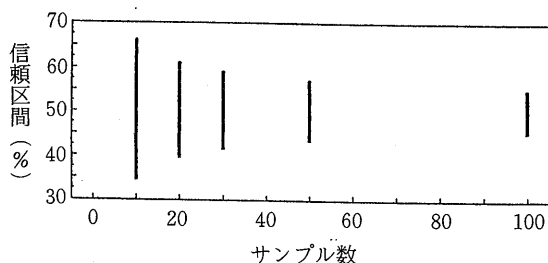
個別飼育では、まず量産水槽で飼育中の第4齢ゾエアを無作為に10尾取り出し、海水で満たしたシャーレに1個体ずつ収容する。そして、シャーレを恒温器内に静置し、一定の温度条件下で栄養強化していないアルテミアを給餌して、稚ガニまでの生残率を調べる。方法の詳細については以下に示した。

- ① 飼育容器：直径9 cmの深型プラスチックシャーレを用いる。
- ② 飼育水：ろ過海水をシャーレに30 ml入れ、1日1回10 mlをピペットで換水する。ただし、新しい海水を満たし、新しい餌料を入れた別のシャーレに幼生を移す方法をとる機関もある。
- ③ 通気：行わない。
- ④ 飼育温度：恒温器で24～26℃に保つ。
- ⑤ 照度：常時蛍光灯で照射する。
- ⑥ 餌料：アルテミアを1日1回給餌し、残餌は翌朝の給餌作業時にピペットで取り除く。ただし、前述のように新しい餌料を用いる場合もある。

この方法には以下のような特徴があり、得られたデータは機関ごとの解析が可能と考えられる。

- ① 水温や照度を均一にできる。
- ② 齢期や生残率を正確に把握できる。
- ③ メガロバ以降の共食いによる減耗を除外できる。

ガザミ種苗生産研究検討会では平成3年以降7機関が個別飼育実験をしているが、このうち実験回数が多い2機関の個別飼育事例について、第4齢ゾエアで開始した個別飼育におけるメガロバまでの生残率と量産水槽にお



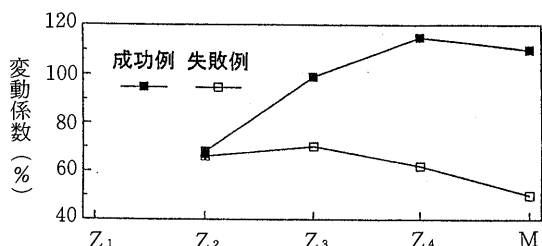
図II-75 ガザミ個別飼育におけるサンプル尾数と生残率50%の信頼区間の関係

ける稚ガニまでの生残率の関係を図II-73に示し、また個別飼育における稚ガニまでの生残率と量産水槽における稚ガニまでの生残率との関係を図II-74に示した。

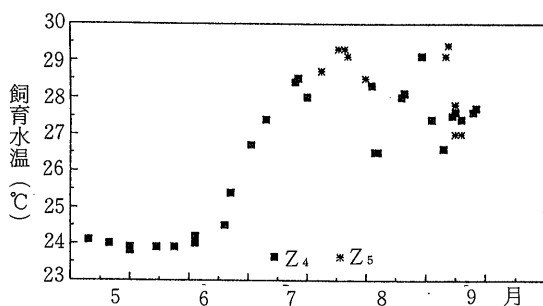
両者の関係を比較するためにスピアマンの順位相関係数（奥野，1989）を求めると、図II-73ではA機関： $R=0.666$ （1%の危険率で有意）、B機関： $R=0.448$ （1%の危険率で有意）、図II-74ではA機関： $R=0.527$ （1%の危険率で有意）、B機関： $R=0.183$ （5%の危険率で有意でない）が得られた。機関によって相関係数に差はあるものの、いずれもメガロバまでの生残率との関係の方が強く、稚ガニまでの生残率とは相関係数が低くなり、特にB機関では統計的に有意ではなかった。したがって、第4齢ゾエアにおける幼生の健全性を把握するには、個別飼育におけるメガロバまでの生残率の結果を用いる方が望ましく、この結果を量産水槽における飼育成績の出来不出来の目安とすることができる。稚ガニまで個別飼育した生残率との関係が弱くなる一因として、図II-74の点線部分で示したデータ（個別飼育の生残率が低いにもかかわらず量産水槽では比較的高い生残率が得られている）が相関係数の低下をもたらしていることから、例えば稚ガニまでの個別飼育ではメガロバまでより飼育日数が2日以上と長期化することで、栄養強化しないアルテミアの給餌による影響が顕在化することが考えられる。また機関ごとの相関係数に差がみられるが、このような要因の影響の程度が実験担当者の違いにより幾分異なるのであろう。

このように量産水槽における稚ガニまでの生残率と量産水槽から取り出した第4齢ゾエアの個別飼育によるメガロバまでの生残率とは相関が高く、本方法は第4齢ゾエアにおける幼生の健全性を評価できる有用な方法といえよう。

実際に量産レベルにおける第4齢ゾエアの健全性を把握し、稚ガニまでの生残率、あるいは取り揚げ尾数を予測するためには、今回解析に用いた機関のように個別飼育実験のデータを多く収集しておく必要がある。さらに、健全性をより高い精度で把握するためには、個別飼育の



図II-76 ガザミ幼生飼育実験の成功例と失敗例における齢期ごとの柱状サンプリングによる幼生密度の変動係数（松村・高木，1993）



図Ⅱ-77 ガザミ第5齢ゾエアの出現事例

A 機関における平成6年の観察事例に基づき作成した。

飼育尾数を増やし、生残率の信頼区間を短くする必要がある。具体的には図Ⅱ-75に示すように、サンプル数を10個から3倍の30個に増やすことで、生残率50%の信頼区間は約半分となり、精度は高くなる。

(2) その他の方法

アンケート調査によると全国のカザミ種苗生産を実施している21機関中、量産水槽において幼生の健全性を把握している機関が10機関みられた。そのほとんどが水槽内における幼生の遊泳状況、すなわち蜷集の状態（パッチ形成の有無）で活力を判断している。主観的であり明確な基準はないものの目視で簡単に行うことが可能な方法である。また松村・高木（1993）は蜷集の状況を簡単に定量化する方法として、量産水槽での柱状サンプリングの計数で得られる幼生密度の変動係数を用い、これによって幼生の活力を把握しようと試みている。これは蜷集の状況による分布の濃淡が計数で得られた密度の標準偏差の大小に現われることを利用したものである。図Ⅱ-76に同一親ガニのふ化幼生を用いて飼育実験を行った成功例（生残率 33%）と失敗例（同 12%）の柱状サンプリングによる幼生密度の変動係数を比較したが、飼育期間を通して成功例の変動係数が上回っており、幼生の蜷集の程度が強かったことを示している。幼生の活力を把握する方法として、この他には脱皮前期の幼生の形態的特徴により把握する方法（浜崎，1996a）、幼生の成長を体重変化から捉えてその成長の良否から把握する方法（丸山，1990；日本栽培漁業協会玉野事業場，1991）等が次の齢期へ脱皮が正常に行われているかどうかの健全性の一指標として考えられている。さらにアミメノコギリガザミでは飼育幼生の体成分の生化学分析により健全性を把握する試みがなされており、核酸比（蛋白質の合成能力）の多少が指標として有効と考えられている（日本栽培漁業協会八重山事業場，1994）。

(3) 第5齢ゾエアの出現事例

ガザミは通常4期のゾエアを経てメガロパへ変態するが、まれに5期のゾエアを経る場合がある。アンケート調査によるとこのような事例は過去5年間で21機関中6機関で認められたにすぎないが、観察上の見落としの可能性もあり、実際の事例数は今回の調査結果以上に多いものと考えられる。

図Ⅱ-77には、資料が整っているA機関における平成6年の出現事例を示した。これによると、第5齢ゾエアは種苗生産期の前半は全く出現せず、後半の7月下旬以降の高温時に発生する。特に28℃以上の飼育水温では生産事例の約半数を占め、多発する傾向が認められる。また、生残率を通常的事例と比較すると通常事例7.7%に対し5齢の出現事例が4.7%と悪い傾向が認められている。なお、このような傾向は他の機関でもみられている。第5齢ゾエアの出現はゾエア幼生が大型化し（八塚，1957）、結果としてメガロパや稚ガニが大型化するという利点はある。しかし、A機関における事例のように第4齢ゾエアが全て第5齢ゾエアになるのはまれで、ほとんどの事例ではメガロパに変態する個体と第5齢ゾエアに脱皮する個体が混在する。この場合、第4齢ゾエアを経てメガロパに変態する個体の方がメガロパや稚ガニへの移行が早いので、5齢を経る幼生との脱皮の同調性がなくなり、このことが共食いの多発の原因、ひいては生残率の低下となり好ましい現象ではない。

八塚（1957）は5齢の発生の原因は、ゾエア幼生が好適な環境に恵まれなかったために、通常の齢期数ではメガロパへの変態のための最終条件が整わないためであるとしている。発生のメカニズムは不明であるが親ガニの質的な差、餌料の栄養価の差、水温等の飼育環境の変化および番仔の進行による幼生の小型化等が発生の誘因と考えられ、今後この原因を解明し、5齢が出現しないような飼育方法を確立する必要がある。

また、第5齢ゾエアの出現は第3齢ゾエアの形態により事前に予測することが可能であり、その詳細についてはⅡ-2-1「外部形態と齢期の判別」を参照されたい。

6-2-2 種苗の健全性の把握

ガザミ種苗の健全性の把握については、近年、放流技術の側面から種々の取り組みがされている。重要甲殻類栽培資源管理手法開発調査報告書（秋田県水産振興センターほか，1993，1994）によると、活力判定として、オイゲノールによる麻酔時間が測定されている。これによると1/1000濃度での輸送前後の50%麻酔個体率を調査した結果、輸送前で21分、輸送後で9～12分と輸送後が麻酔時間が短くなり、輸送によるハンドリングで種苗の活力が低下していることを示している。また、種苗生産時

表Ⅱ-28 ガサミ種苗の配付前後の脚脱落率調査結果（平成5年日本栽培漁業協会玉野事業場資料）

回次	輸送前*1			輸送後*1			増加率*2		輸送前	輸送後	輸送	輸送
	調査 尾数	缺脚 (%)	歩脚 (%)	調査 尾数	缺脚 (%)	歩脚 (%)	缺脚 (%)	歩脚 (%)	水温 (℃)	水温 (℃)	密度 (万尾/kl)	時間 (時：分)
1	56	1	9	176	2	39	1	30	20.3	-	12.5	13：30
2	41	1	13	99	2	18	1	5	20.3	-	16.7	8：30
3	55	2	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	75	1	14	67	2	15	1	1	20.0	19.0	13.8	9：40
5	44	2	7	95	8	14	6	7	19.8	19.8	10.8	1：30
6	68	4	6	113	7	14	3	8	-	-	16.7	2：00
7*3	49	2	24	37	4	51	2	27	20.4	21.7	8.3	3：40
8*3	39	3	24	55	3	19	0	0	20.4	20.5	8.3	1：40
9	30	0	12	42	1	16	1	4	21.3	24.0	16.7	3：40
10	45	3	6	32	0	6	0	0	20.7	21.8	18.8	2：40
11	43	5	8	34	4	7	0	0	20.8	20.5	16.7	10：00
12	105	4	6	83	2	6	0	0	20.3	22.2	16.7	3：10
13	72	0	6	98	5	3	5	0	22.0	21.0	9.2	8：30
14	35	6	9	69	4	9	0	0	21.0	24.0	14.2	4：20
15	87	1	10	146	5	4	4	0	-	-	16.7	9：00
16	25	2	5	32	2	9	0	4	21.5	23.0	12.5	3：30
17	88	0	12	36	39	69	39	57	21.5	-	8.3	5：30
18	54	6	6	113	5	8	0	2	-	-	11.7	7：00
19	94	2	7	28	5	7	3	0	21.1	22.7	12.5	2：30
20	59	0	7	101	3	7	3	0	24.5	-	10.4	8：00
21	107	3	5	42	14	19	11	14	24.5	-	8.3	9：30

*1 輸送前の輸送容器と配付作業中の輸送容器から稚ガニを採取し、10%ホルマリン海水で固定した。固定標本の缺脚と歩脚をすべて計数し、各脚の不足数から脱落率を求めた。

*2 配付後の脱落率を差し引いた値である。負の値をとる場合は0とした。

*3 C₂種苗。他はC₁種苗。

の生残率が異なる種苗間では、生残率が低い種苗では麻酔時間が短くなる傾向が認められており、本方法がガザミ種苗の健全性を示す指標として評価されている。この他に脚の脱落の程度が健全性を把握する一指標として有効と考えられており、脚の脱落の有無で潜砂能力を調べた結果では潜砂状態および潜砂時間について両者で差が認められ、脚が脱落している個体で潜砂能力が劣っていることが判明している。しかも、放流種苗の脚脱落率は15～27%と意外と高い実態が報告されている。

アンケート調査によると21機関中、脚の脱落状況を把握しているのは2機関のみであるが、今後は少なくとも健苗性を示す指標として重要視されるものと考えられ、飼育終了時においては生産尾数や大きさと同様に把握すべき項目であろう。

表Ⅱ-28には日本栽培漁業協会玉野事業場の平成5年におけるガザミ種苗の脚脱落率の調査結果を示した。こ

れによると脱落率が出荷前では缺脚2.3%、歩脚9.8%であったものが輸送後では缺脚5.6%、歩脚16.2%と増加しており、輸送が脚脱落に大きく影響していることが示唆されている。また松村ら（1996）は輸送による脚脱落の要因として収容密度と収容時間を取り上げ、これらが第1齢稚ガニの脚脱落に及ぼす影響を実験的に明らかにしている。図Ⅱ-78に結果を示したが、これによると収容密度4通り（10万～80万尾/kl）と収容時間5通り（0.5～8時間）を組み合わせ、合計20区の脱落状況を調査した結果、缺脚および遊泳脚の脱落状況については収容密度と時間との間に明瞭な関係はみられないが、歩脚の脱落率は収容時間が長いほど、収容密度が高いほど大きくなる傾向がみられ、特に収容密度40万尾/kl以上、収容時間4時間以上では脱落率が30%以上と著しく高かった。一方、各区ともその後第3齢まで飼育したところ、その生残率は各区で80%以上を示し、第3齢稚ガニまで

の脱皮の所要日数は5.5～6.0日と、いずれも各区間に著しい差は認められなかった。しかし、脚脱落は摂餌能力や潜砂能力に伴う外敵からの回避能力に直接関わるため、放流後の初期減耗に大きく影響する要因として特に重要と考えられる。上述した実験結果のように、高密度での収容や長時間の輸送によっては脚脱落率が大きく増加し、健全性を損なう可能性も十分考えられる。今後、健全な種苗放流のための輸送方法のあり方についても詳細に検討していく必要がある。

種苗放流は今、“量”から“質”への転換が迫られている。ガザミ種苗の健全性に関する研究の歴史は浅いが、今までに得られた知見や放流の実態を知る限り、量的な実績を最優先とした現在の放流種苗ではその効果に限界があるものと思われる。生産者は何のための種苗生産であるのか、放流効果を高めるためにはどのような質の種苗が求められているのかを改めて認識する必要がある。

実績優先の飼育方式から、放流適性種苗を念頭に置いた生産体制へ如何に脱皮するか、今後はそういう種苗生産者の意識改革が必要と考える。

(松村靖治)

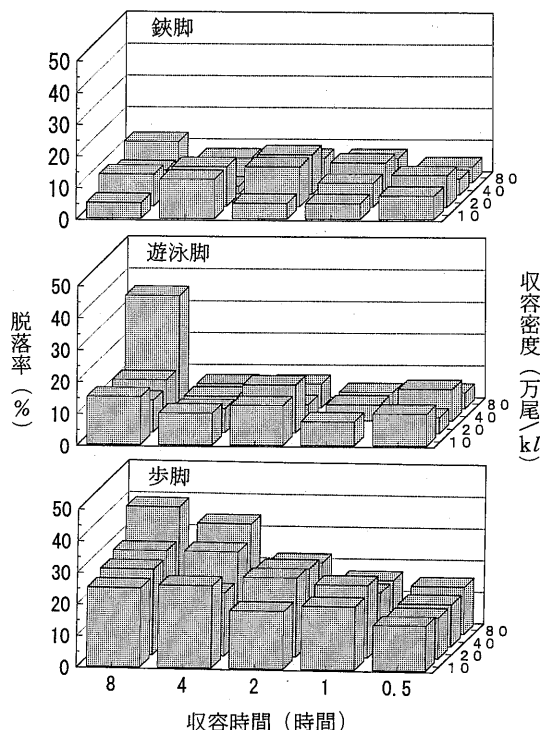
7 省力化と低コスト化

省力化・低コスト化は、ガザミ種苗の量産技術の発達とともに生産数量が年々増加する傾向にある現在では、最も重要な課題の一つになってきている。ここでは現状で行われている省力化の実例を紹介する。また低コスト化については、これに関する検討そのものが端緒についたばかりであることから、ここでは現状と問題点を提示することにとどめたい。

7-1 省力化

省力化は、機器の導入（自動化）と飼育方法の改良で行われている。

機器の導入による省力化は配合飼料の自動給餌器に代表され、導入することにより作業の省力化と同時に早朝や夕刻の給餌が可能になった。また、アサリ・アミ類の調餌はミンチやミキサーにかけ、目合いを変えたネットであるいをかけながら水洗いをしていたが、時間がかかるうえに調餌の際に内容物が流失し、効率が悪かった。そこで、冷凍したまま調餌が可能なスライスカッター（スライサー）が導入され、これによって短時間で作業が終了するとともに水洗いによる内容物の流失が少ないため調餌歩留まりが向上した。また、これら魚介肉のミンチ肉はガザミの幼生飼育が始まる前に必要量を作って冷凍保存することが可能であり、飼育期間中の作業量を格段に減少させることができる。



図II-78 ガザミ第1齢稚ガニの脚脱落に及ぼす収容密度と収容（輸送）時間の影響（松村ら，1996）

その他、近年導入された省力化機器としては、飼育水へのナンノクロロブシス添加作業の省力化を可能にするナンノクロロブシス濃縮装置があり、また真菌症発生防除のためにpH調整を自動で行っている例もある。

飼育方法の改良としては、設置や取り揚げ作業の煩雑さを避けるために付着基材を使用しない飼育を行ったり、生物餌料培養やアサリ・アミ類の調餌にかかる労力を軽減するために、配合飼料を主体に使用した飼育を試みる等の工夫がなされている。

また、一般に流水飼育と呼ばれる「水作り」によらない飼育方法は、飼育環境を安定させる目的で考案されたが、結果として「水作り」に伴う手間を省くことができたようになった。

餌料培養関係では、ワムシの培養を市販の濃縮淡水クロレラを使った高密度培養法（吉村，1994；中尾・萩原，1995）で行うことで、ナンノクロロブシスの培養管理作業の省力化も進んできている。

今後はさらに、添加藻類の“種（タネ）”保存培養装置、生物餌料の自動給餌器、水質測定装置、環境に異常が発生した場合の探知・制御装置や警報システム等、多くの省力化機器の導入や開発が望まれる。

7-2 低コスト化

低コスト化は、種苗生産に限らず技術開発を行う上で考慮すべき重要なテーマである。

一般に、低コスト化を考える場合、機械化による人件費の削減が考えられるが、現在のガザミ種苗生産工程は、通常1名の技術担当者とその他最小限のスタッフで運営されているため、これ以上に人手を省くことは難しい状態にあり、省力化には寄与するがコストの削減には直接結びつかないのが現状である。しかし、機械化による省力化は、担当技術者やスタッフにゆとりを与え、ひいては新たな技術開発や低コスト化に向けての試みを行う時間を与えることになるため、さらに進めていく必要がある。

飼育方法の改良による低コスト化は、まず消耗品費の削減が考えられ、特に餌料費の中で高価なアルテミアの削減は検討すべき問題である。また、配合飼料の給餌量や生物餌料の栄養強化剤の使用を必要最小限に止めることも重要である。

光熱水費は飼育時期や飼育期間に大きく左右され、特に燃料費は飼育時期に、電気料は飼育期間によって大きく増減する。燃料費を節約するには、自然水温で飼育できる時期に無加温で飼育を行うのが最もよい。電気料はポンプやブローアの稼働時間に比例することから、その削減のためには飼育期間の短縮が大きな課題となる。現

状では、担当技術者が管理できる最大限の水槽を用いて同時期に飼育を行うことが電気料の削減につながるものと思われる。

このような低コスト化を実現するためには、安定して効率的に種苗を量産する必要がある、飼育中止事例が一例でもあればコストはすぐに跳ね上がる。特に水温の低い時期の飼育には燃料費がかかるため、飼育中止は大きなコスト高となって返ってくる。この意味でも近年飼育中止事例が目に見えて減ってきていること(Ⅱ-1「概要」を参照)、また各機関において過去最高の飼育事例報告が多くみられるようになったことは、種苗量産技術が確実に進歩していることを示しており、低コスト化に向けて新しい段階に入ってきたことを示唆している。

ガザミ種苗生産を事業として成立させるためには、当然低コスト化が最も大きな課題になる。担当技術者にとってコストを意識することは、その技術を生残率や単位生産尾数とは違う視点で見直すことである。さらに、問題点を改良し対策を行った結果とその効果を金額という一定の評価基準で確認することにもなる。種苗生産を行うに当たっては、この点を念頭に入れてコストを意識するとともに、まず各機関で一定の計算方法に基づいて種苗生産コストを算出し、技術を評価していくことが重要であろう。

(清田圭一郎)

Ⅲ 疾病と対策

1 概要

昭和58年に刊行された「ガザミ種苗の量産技術」の「疾病と対策」の章には、ガス病、白濁症、奇型および付着生物の四つの疾病ないし問題点が挙げられているが、飼育成績を左右するほど大きな問題になった例は少ないとされている（丹下，1983b）。しかし、昭和60年代に入ると、疾病に起因すると考えられる幼生の大量へい死が問題視されるようになった（Ⅱ-6-1「幼生の生残」を参照）。報告された疾病は単一ではなく、細菌性疾病、真菌症、棘や脚等の一部が壊死する症例（ここでは壊死症と呼称する）、あるいは体表や鰓に多量の微小生物が付着してへい死する症例等であったが、中でも細菌性疾病と真菌症の被害が大きかった。このように、疾病の発生はガザミ幼生飼育において無視できない減耗要因の一つになってきている。

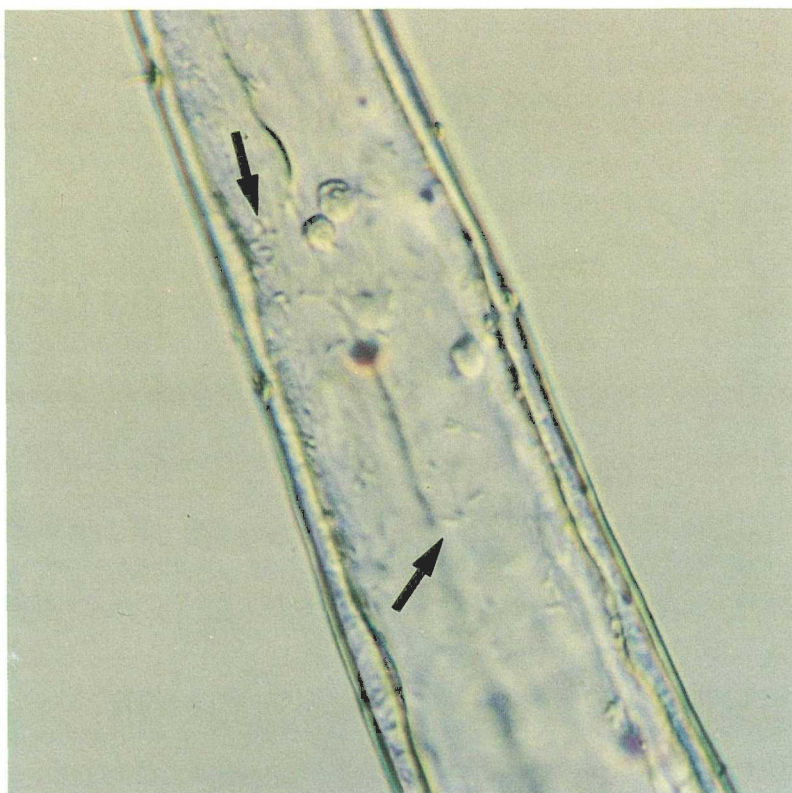
本章では、ガザミ種苗生産過程で卵と浮遊幼生に発生する疾病とその防除対策について、これまでに得られている情報と知見を細菌性疾病、真菌症、その他の症例に

分けて述べることにする。なお、各疾病の発生状況については、Ⅱ-6-1「幼生の生残」と同様に昭和56年から平成7年までのガザミ種苗生産研究検討会資料を中心にとりまとめた。

本章では卵と幼生の疾病を取り扱うが、養成したガザミ親ガニの疾病による大量へい死事例は、これまでのところ報告されていない。ただし、親ガニを水槽内で数ヶ月程度養成した場合、数種の甲殻類で知られているように（Johnson, 1983）、キチン分解菌によって外骨格に多数のクレーター状のくぼみが生じる場合がある。

2 細菌性疾病

室賀（1995）によれば、海産魚介類仔稚の細菌性疾病は大きくは全身感染型と局所感染型（腸炎型）に分けられるが、これまでのところ種苗生産過程の仔魚期に全身感染型の細菌性疾病が発生したという報告はないという。しかしながら、ガザミ種苗生産過程においては、全身感染型の細菌性疾病がゾエア期に発生し、多大な被害



写真Ⅲ-1 ガザミゾエア幼生への細菌の感染状態（日本栽培漁業協会玉野事業場）
背棘内部に運動性短桿菌がみえる（矢印）。

が報告された。ここではその症状、発生状況、原因菌、および分離菌株の病原性について調査・検討された結果を述べ、その防除対策について考察する。

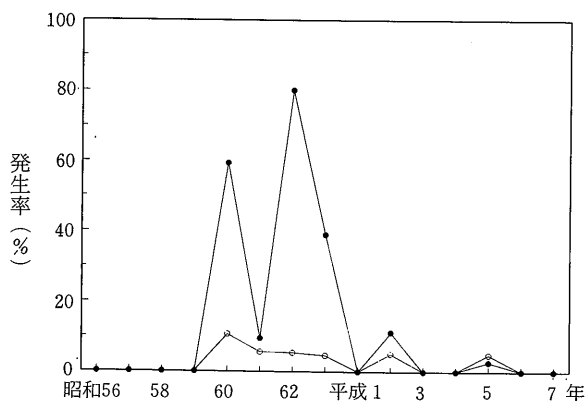
2-1 症状

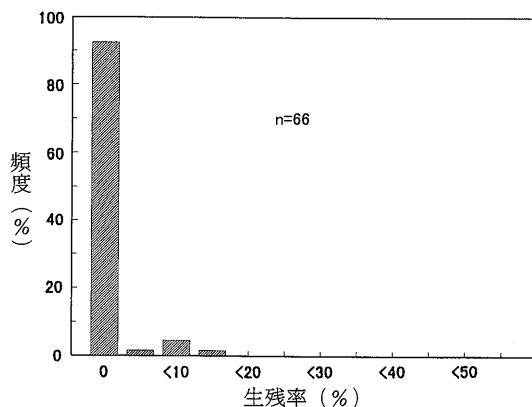
遊泳緩慢な衰弱ゾエアを検鏡し、背棘や額棘等の体腔内に運動性短桿菌を観察することによって発症を知る(写真Ⅲ-1)。本症の経過は急激であり、発症を確認した翌朝には全滅している場合もある。

2-2 発生状況

上述の症状を伴う大量へい死の発生は、これまで5機関で認められており、昭和60年に2機関(ガザミ種苗生産研究検討会の全参加機関数に対する割合は約10%)で初めて報告され、61年から63年までは毎年1機関(5%前後)で報告されている(図Ⅲ-1)。発症した機関の総飼育例数に対する本症が発生した飼育例数の割合は昭和60年、62年および63年に高く、80%の飼育例で発生した年もある。この3ヶ年に発生を報告した機関は徳島県栽培漁業センター(東條, 1986)と日本栽培漁業協会玉野事業場(室賀ら, 1989)であり、特に後者は3ヶ年にわたって甚大な被害を受けている。平成に入ってから、2年と5年にそれぞれ1機関(5%前後)の3~11%の飼育例で発生しているにすぎない。

本症はゾエア期のみには発生し、特に第1齢~第3齢ゾエアに集中する(図Ⅱ-72, 図Ⅲ-2)。発生は5月から8月に報告されており、特に8月の発生率が高い値を示す(図Ⅲ-3)。本症が発生した飼育事例のほとんどは全滅に至る(図Ⅲ-4)。





図Ⅲ-4 細菌性疾病が発生したガザミ幼生飼育水槽における生存率の頻度分布 (昭和56年～平成7年)

ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。生存率はほとんどが第1齢ガニまでの値である。ここでの生存率0%の事例には、生存率が0%になる前に飼育を中止した事例も含まれる。

れ (*Vibrio* sp. Zoea と仮称されている), 本菌には少なくとも三つ以上のO血清型が存在することが明らかになっている (室賀ら, 1989)。このように、玉野事業場で発生した細菌性疾病はビブリオ病であることが明らかになっている。なお、他の種苗生産機関において、ガザミ幼生に発生した細菌性疾病の原因菌が分離された例はない。

2-4 病原性と感染経路

室賀ら (1989) は分離菌株の病原性を明らかにするために感染実験を行っている。その結果によれば、分離菌株を幼生の飼育水へ添加して感染させる方法、あるいは菌株をワムシに取り込ませて経口的に感染させる方法、どちらの方法でもガザミゾエアへの感染が成立し、感染ゾエアからは実験に使用した菌株が優勢もしくはほぼ純粋に再分離されている。本菌に対する幼生の感受性は発育段階によって異なり、第1齢ゾエアで最も高く、以後脱皮・成長に伴い低下し、第1齢稚ガニでは認められなくなる (表Ⅲ-1)。この実験結果は種苗生産過程において本病がゾエア期のみが発生しているという事実 (図Ⅲ-2) とよく一致することから、本病はゾエア期に特有の病気と考えられている (室賀ら, 1989)。また、室賀ら (1989) と Muroga et al. (1994) によれば、本病原菌はアルテミア *Artemia* sp., スジエビ *Palaemon pascidens*, イソガニ *Hemigrapsus sanguineus* に対しては病原性を示すが、マダイ *Pagrus major*, コイ *Cyprinus carpio*, アユ等の魚類にはまったく病原性を示さないことから、甲殻類に対する特有の病原因子あるいは親和性を有している

表Ⅲ-1 添加攻撃によるガザミ幼生の *Vibrio* sp. Zoea (85 Z-1) に対する感受性の比較 (室賀ら, 1989を一部改変)

実験 (年)	齢期	攻撃量 (CFU/ml)	死亡率 (%) 18 or 48時間後
1 (1987)	Z ₁	1.1×10 ⁸	(18h) 100
		×10 ⁶	64
		×10 ⁴	4
		対照	6
21.0-26.5℃	Z ₃	1.1×10 ⁸	67
		×10 ⁶	16
		×10 ⁴	1
		対照	3
24.2-25.1℃	Z ₄	4.7×10 ⁵	(48h) 100
		×10 ³	97
		対照	12
		4.7×10 ⁵	18
	C ₁	×10 ³	8
		対照	9
		4.7×10 ⁵	0
		×10 ³	0
		対照	0

ものと考えられている。

本病は実験的には添加法および経口法のいずれによっても再現されたことから、本病原菌は飼育水あるいはワムシやアルテミア等の生物餌料に由来するか、もしくは発病前から幼生自身が保菌していると考えられている (室賀ら, 1989; Muroga et al., 1994)。しかし、昭和61年から平成元年まで4ヶ年にわたって玉野事業場の飼育幼生、餌料、環境水の細菌相が調査されたが、*Vibrio* sp. Zoea はいずれからも検出されておらず (Suzuki et al., 1990)、本菌の感染源と感染経路については明らかになっていない (室賀ら, 1989; Suzuki et al., 1990; Muroga et al., 1994)。

2-5 防除対策

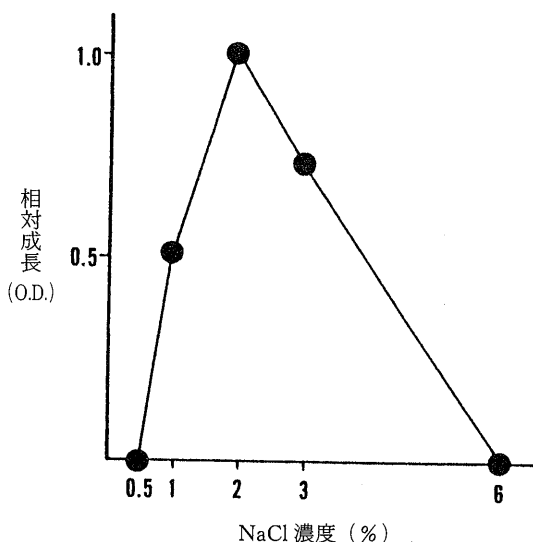
玉野事業場ではビブリオ病の防除対策として、換水率の増加、水作りへのナンノクロロブシスや珪藻の利用、発病前のゾエアの移槽等が検討されたが、いずれも有効性は認められず、本病が発生した (野上・手塚, 1986; 野上, 1989)。また、衰弱ゾエアの体腔内に運動性短桿菌を発見して直ちに飼育水へ抗生物質を添加した場合でも、本病の蔓延は防がれていない (野上・手塚, 1986; 野上, 1989)。

本菌の増殖に及ぼす温度、食塩濃度、およびpHの影響が調べられており、本菌は温度20～35℃ (至適値は30

～35℃), 塩分 1～3 % (同 2 %), pH 6～9 (同 7～8) の範囲で発育すると報告されている (室賀ら, 1989) (図Ⅲ-5～7)。本病は23～25℃の時に多発していること, また20℃でも発生し得ることから, 飼育水温の制御によって本病の発生を防除することは困難と考えられている (室賀ら, 1989)。塩分と pH については, ガザミゾエラ幼生の発育できる範囲値 (和田・丹下, 1983) が本菌の増殖できる範囲値に含まれるか, あるいはほぼ一致するために, 塩分や pH の制御により本病の発生を防ぐことは困難と思われる。なお, 本菌の増殖に及ぼす pH の影響を調べた結果を詳しくみると (図Ⅲ-7), pH 9 の増殖量は 6～8 の値の半分程度であり, pH 9 から10にかけて直線的に増殖がみられなくなる。後述のように真菌症防除対策としてガザミ幼生の飼育水を高pH (9.25) に維持する方法が考案され, 実用化されている (安信ら, 1997) ことから, 今後 pH 9～10の範囲で本菌の増殖を詳細に調べる価値はあるものと思われる。なお, 本菌は紫外線 (寒天培地上では $3 \times 10^3 \mu\text{wsec}/\text{cm}^2$, 深さ 5 cm の海水中では培地の場合の 2 倍量) で不活化されることが報告されている (Muroga et al., 1994)。

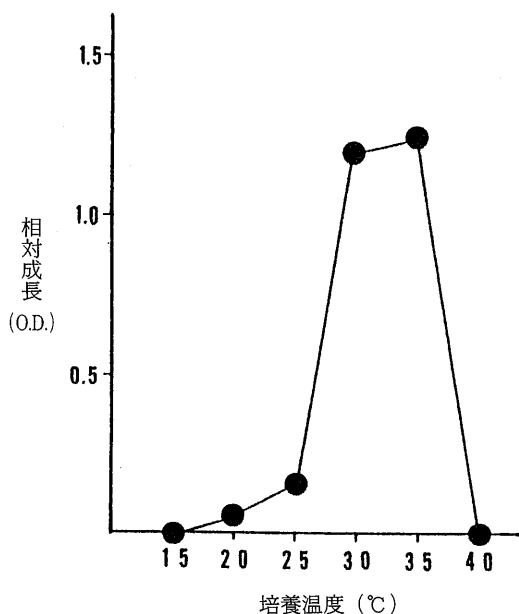
Ⅱ-3「飼育方式」やⅡ-5-2「水作り方式」でも述べられているように, 玉野事業場ではクルマエビ幼生の飼育餌料として開発された微生物フロック (今村・相田, 1972) をガザミ幼生飼育における「水作り」へ応用し (瀬戸内海栽培漁業協会, 1978b), 飼育成績を飛躍的に伸

ばしてきた。微生物フロックは, 生海水 (後に砂ろ過海水) ヘグルコース等の栄養基質を添加し, 温度 $31 \pm 1^\circ\text{C}$, 通気量 20 l/分の条件で培養される (多賀・安田, 1979)。微生物フロックはこのような方法で培養されるため, 常



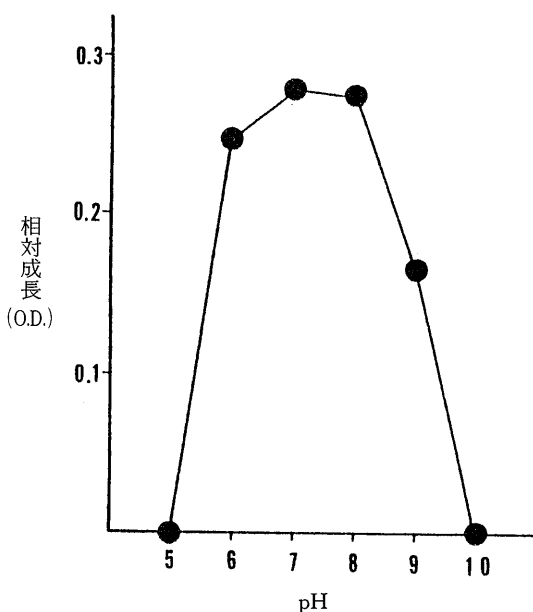
図Ⅲ-6 *Vibrio* sp. Zoea (85Z-1) の発育に及ぼす塩分の影響 (室賀ら, 1989)

培地, 1 % ペプトン (pH 7.0) 液体培地; 培養方法, 30℃で9時間の振とう培養。



図Ⅲ-5 *Vibrio* sp. Zoea (85Z-1) の発育に及ぼす温度の影響 (室賀ら, 1989)

培地, 5/6濃度の希釈海水で調整した普通ブイヨン (栄研) 液体培地; 培養方法, 9時間の振とう培養。



図Ⅲ-7 *Vibrio* sp. Zoea (85Z-1) の発育に及ぼす塩分の影響 (室賀ら, 1989)

培地, 1 % ペプトン液体培地; 培養方法, 30℃で6時間の振とう培養。

に同じ品質のものが生産されとは限らず(多賀・安田, 1979), その構成種がガザミ幼生に有益な微生物で占められるとは限らない。実際に微生物フロック中にはガザミ幼生に有害な微生物も存在する (Maeda et al., 1992)。玉野事業場はガザミ幼生にとって有害な微生物を含む微生物フロックを「水作り」へ使用したことがビブリオ病発生の原因の一つになったものと考え、平成元年以後その使用を中止している。代わって平成元年から採用した「水作り」方式が、飼育環境の構築、餌料としての好適微生物群集の形成、および病害微生物防除を目的として、ガザミ幼生飼育水へ純培養した細菌 (PM-4株) を添加する、いわゆる「バイオコントロール法」である (野上・前田, 1992a, 1992b; Nogami and Maeda, 1992; 前田, 1994)。この方法で飼育水へ添加される細菌 (PM-4株) はガザミ幼生の成長促進効果と抗ビブリオ作用を有すといわれている (Nogami and Maeda, 1992)。本法における病害微生物防除のメカニズムは必ずしも明確ではなく (室賀, 1995), また *Vibrio* sp. Zoea に対する拮抗作用の有無も調べられていないため、「水作り」への本法の採用と平成元年以後に玉野事業場で本病が発生していないことの関連性について言及することはできない。今後本法のメカニズムがより明確になれば、細菌性疾病を防除する有効な「水作り」手法になり得る可能性がある。

本病あるいは本病に類似した疾病は、平成に入ってから大きな被害を及ぼしていない。しかし、玉野事業場が経験したようにビブリオ病がいったん発生すると壊滅的な被害を蒙る可能性が高いので、飼育中の幼生を注意深く観察し、遊泳緩慢な衰弱個体を検鏡して運動性短桿菌の有無を確認する必要がある。本病原因菌は次亜塩素酸ナトリウム (力価) (0.3mg/l), ポビドンヨード (3 mg/l), 塩化ベンザルコニウム (10mg/l), ホルムアルデヒド (0.3%) を10分間作用させることによって不活化される (Muroga et al., 1994)。したがって、もし本病によって幼生が大量へい死した場合、これら薬剤で飼育水や器材を消毒する必要がある。

3 真菌症

甲殻類の真菌症は世界各地で広く知られており、その被害例も少なくない (Sparks, 1985)。それら原因菌の多くは卵菌類、クサリフクロカビ目の *Lagenidium* 属, *Haliphthoros* 属または *Atkinsiella* 属*に分類されている。本邦のガザミ類種苗生産施設でも、ノコギリガザミの卵へ感染した真菌 (*Atkinsiella hamanaensis*) が昭和50年代に報告されたが (Bian and Egusa, 1980), 飼育幼生

へ壊滅的な被害を与えた例はなかった。しかし、昭和60年代に入ると各地のガザミ類種苗生産機関で真菌症の発生が報告されるようになり、本症によって種苗をまったく生産できない機関もあった。このように真菌症はガザミ類の種苗生産過程において最も重要な疾病となったが、その防除対策について検討された結果、真菌症の発生あるいは蔓延を防止することが可能になりつつある。ここではガザミ類の卵と幼生に発生する真菌症とその防除対策について、最近のガザミに関する研究成果を中心に述べる。

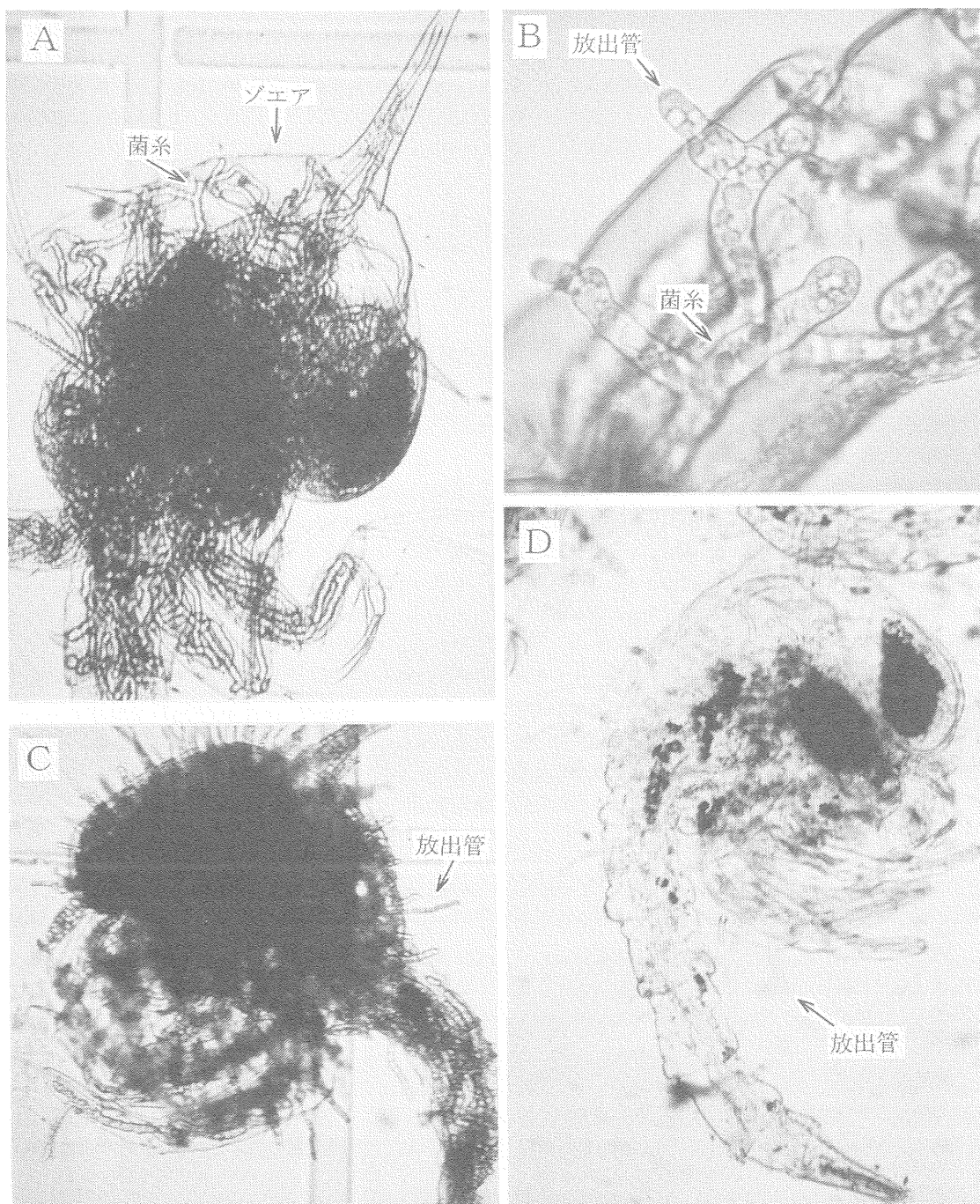
3-1 症状

本症の原因菌は組織内寄生菌であり、幼生体内で発育する菌糸を確認することでその発生を知る。菌糸は幼生体組織を栄養にして発育し、幼生体内に充満する (写真Ⅲ-2-A~C)。体内で菌糸が発育した幼生は早晚死亡する。発育した菌糸からは放出管が伸び (写真Ⅲ-2-B, C), 遊走子が遊出する (写真Ⅲ-2-D)。遊走子の遊出は幼生体内に菌糸が充満した段階で起こる場合と幼生の体の一部、例えば顎脚のみが感染を受けて起こる場合がある。なお、このような違いが真菌の種類によるのか明らかではない。真菌の感染を受けて菌糸の発育がある程度進んだ幼生は、遊泳緩慢で次第に衰弱する。本症発生を捉えるにはこのような幼生の出現に留意し、発見したならば直ちに検鏡する必要がある。真菌類は抱卵親ガニの卵へも感染し、後述のように感染卵の外部形態によって寄生菌のタイプが分類されている (浜崎・畑井, 1994) (写真Ⅲ-3)。感染卵は卵塊表面に黄褐色から茶褐色のパッチとして確認でき、特に卵塊縁辺部に目立つ (写真Ⅰ-9)。

3-2 発生状況

ガザミ種苗生産研究検討会資料に真菌症という言葉が登場するのは、昭和56年からであるが、具体的な症状や発生状況については明記されていない。ガザミ幼生の真菌症が実質的に認められるようになったのは昭和60年からであり、以後大量へい死原因として大きな割合を占め (図Ⅱ-72), その発生が20%前後の機関で報告されている (図Ⅲ-8)。発生した機関の総飼育例数に対する真菌症が発生した飼育例数の割合をみると、毎年比較的高い値を示し、50%以上の飼育例で発生している年もある。真菌類は稚ガニを除く全齢期へ感染するが (図Ⅱ-72), 第1齢~第3齢ゾエアで発生しやすい傾向がある (図Ⅲ-9)。本症は飼育時期に関係なく発生しているが、発生率は高水温期に近づくほど高くなる傾向を示す (図Ⅲ

* *Atkinsiella* 属の菌にはこれまで7種が知られている。最近, Nakamura and Hatai (1995b) は *Atkinsiella dubia* を除いた6種に対して *Halocrusticida* 属を新設しているが、ここで使用する属名は原著に従うこととする。



写真Ⅲ-2 ガザミ幼生への真菌の感染状態（日本栽培漁業協会王野事業場）

A, ゾエア体内に充満した菌糸；B (A の拡大), 放出管が伸長し始めている；C, 放出管が伸長している；D, 遊走子が遊出し、殻のみになったプリゾエア。

-10)。発症事例の生残率の頻度分布をみると(図Ⅲ-11)、0～45%と広い範囲を示すが、0%が最も多く70%強の割合を占める。生残率は若い齢期で発症するほど低くなる傾向を示す(図Ⅲ-12)。

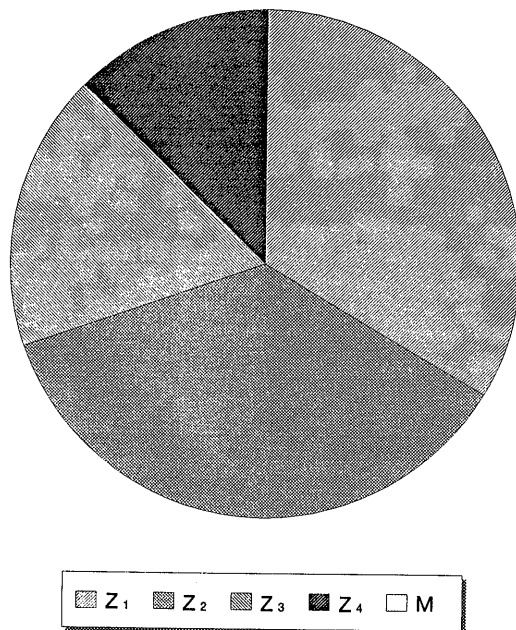
本症はガザミだけでなく、本邦のノコギリガザミ(加治ら, 1991; 浜崎, 1993)やタイワンガザミ(Nakamura and Hatai, 1995a)の種苗生産過程でも発生し、多大な被害を及ぼしている。

3-3 原因菌の分離と分類

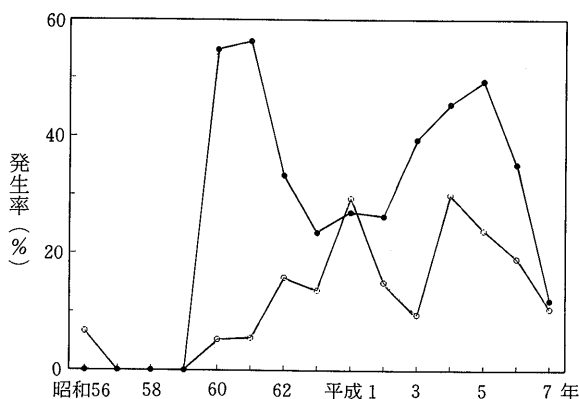
日本栽培漁業協会玉野事業場では、昭和60年から真菌症の発生が認められ、昭和63年にはノコギリガザミの種苗生産で大流行し、種苗をまったく生産できなかった(浜崎, 1993)。このような状況から玉野事業場では、昭和63年から平成元年にかけて真菌症に関する調査・研究が実施され、ガザミあるいはノコギリガザミの卵と幼生に寄生した菌の分離・培養が試みられた。その結果、昭和63年には18株、平成元年には122株の寄生菌類が分離された。それらの分離菌は集落の形状、栄養体の形態、遊走子の産生様式および発芽様式等から、主としてクサリフクロカビ目に属する6群の菌、*Haliphthoros* 属、*Lagenidium* 属、*Sirolpidium* 属、*Atkinsiella* 属、およびその他属未同定のクサリフクロカビ目の菌(α type)と組織外寄生菌のヤブレツボカビ目の菌(β type)とに分類されている(畑井ら, 1989; 高川ら, 1990)。なお、現在のところ種レベルまでの分類は行われていない。玉野事業場で分離された原因菌の他に、兵庫県栽培漁業協会では *Halocrusticida* 属の菌が分離されている(安信ら,

1997)。また、本邦のタイワンガザミ幼生からは *Lagenidium* 属、*Haliphthoros* 属、および *Atkinsiella* 属の菌が分離された事例がある(Nakamura and Hatai, 1995a)。

浜崎・畑井(1994)はガザミあるいはノコギリガザミ卵寄生菌の分類を簡便に行うために、卵寄生菌類の寄生様式と菌の形状等を基にして寄生菌のタイプを区分し、



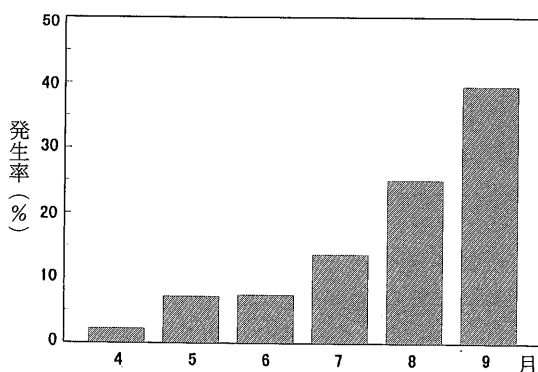
図Ⅲ-9 ガザミ幼生飼育水槽において真菌症の発生が始まった齢期の組成比(昭和56年～平成7年)
ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。



図Ⅲ-8 ガザミ種苗生産機関における真菌症の発生状況(昭和56年～平成7年)

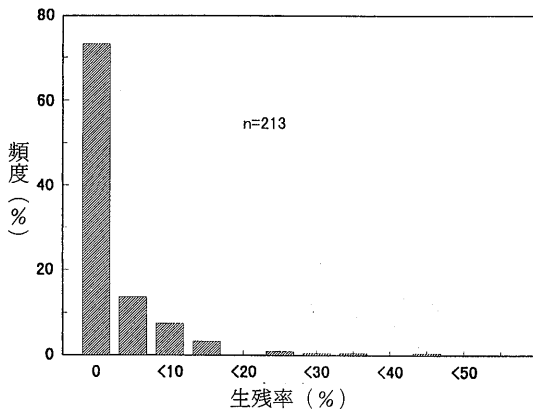
ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。

○, 研究検討会参加機関数に対する疾病発生機関数の割合; ●, 疾病発生機関の総飼育例数に対する疾病が発生した飼育例数の割合。



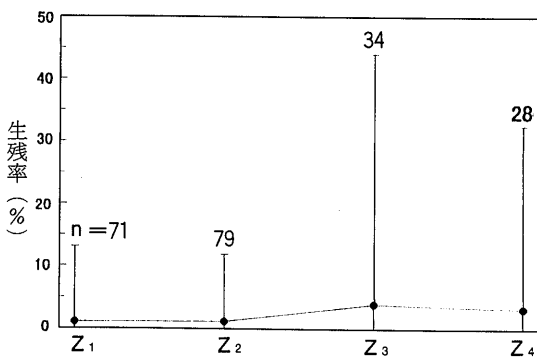
図Ⅲ-10 ガザミ幼生飼育水槽における真菌症の発生時期(昭和56年～平成7年)

ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。ここでの発生率(%)は真菌症が発生したすべての年の全機関の総飼育例数に対する真菌症発生例数の割合であり、飼育開始月ごとに求めた。



図Ⅲ-11 真菌症が発生したガザミ幼生飼育水槽における生残率の頻度分布（昭和56年～平成7年）

ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。生残率はほとんどが第1齢ガニまでの値である。ここでの生残率0%の事例には、生残率が0%になる前に飼育を中止した事例も含まれる。



図Ⅲ-12 ガザミ幼生飼育水槽における真菌症の発生が始まった齢期と生残率の関係（昭和56年～平成7年）

ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。生残率については図Ⅲ-11の説明に同じ。バーは範囲を示す。

各タイプの感染卵から分離・同定された菌6群の特徴との関連性を検討している。その結果によれば、寄生菌は7タイプに区分され（写真Ⅲ-3）、分離・同定された菌株との対比関係、並びに人為感染卵の形態との比較から、分類群と各タイプの対応関係を表Ⅲ-2のように推測している。このように卵寄生菌類については、その外部形態（特に放出管の形態）を観察することによって大まかな分類群を知ることができる。

幼生寄生菌類については、幼生体内の菌糸が顕微鏡下で容易に観察できることから、菌糸の形態や遊走子の産

表Ⅲ-2 ガザミ卵寄生菌各タイプと分類群との対応関係、出現特性及び病原性（浜崎・畑井, 1994）

分類群	タイプ	出現特性	病原性
<i>Haliphthoros</i> 属	4 or 5	低水温期～高水温期に出現	弱い～強い
<i>Lagenidium</i> 属	6	高水温期（26℃以上）に優占	強い
<i>Atkinsiella</i> 属	5	高水温期（24℃以上）に優占	強い
<i>Sirolpidium</i> 属	4 or 5	低水温期～高水温期に出現	弱い～強い
α type* ¹	3	低水温期（18℃以上）に優占	弱い
β type* ²	2(1?)	低水温期（18℃以上）に優占	ない?

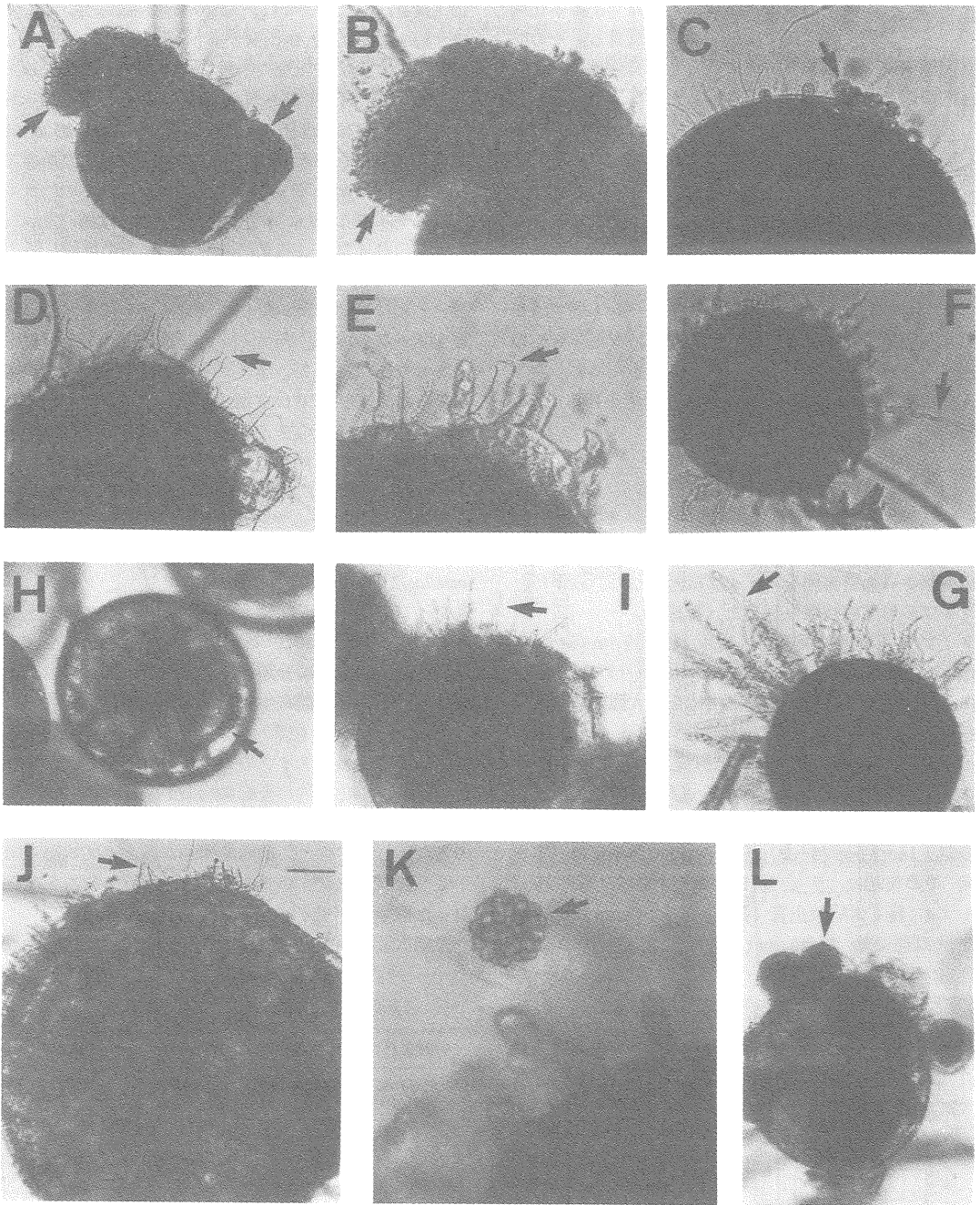
*¹ クサリフクロカビ目の菌。

*² ヤブレツボカビ目の菌。

生様式を観察することによって大まかに分類することができる（Nakamura and Hatai, 1995a, 1995b）（図Ⅲ-13）。すなわち、*Lagenidium* 属の菌は遊走子が放出管先端の小囊（vesicle）内に形成される。*Haliphthoros* 属は菌糸に fragment が形成され、それが遊走子嚢に変化する。*Sirolpidium* 属は菌糸の先端が囊状となりそれが脱落し（disarticulation）、遊走子嚢となる。*Atkinsiella* 属と *Halocrusticida* 属は菌糸が太く、そのほとんどすべてが遊走子嚢に変化し、前者では1次遊走子が遊走子嚢内で休眠するという特徴がある。

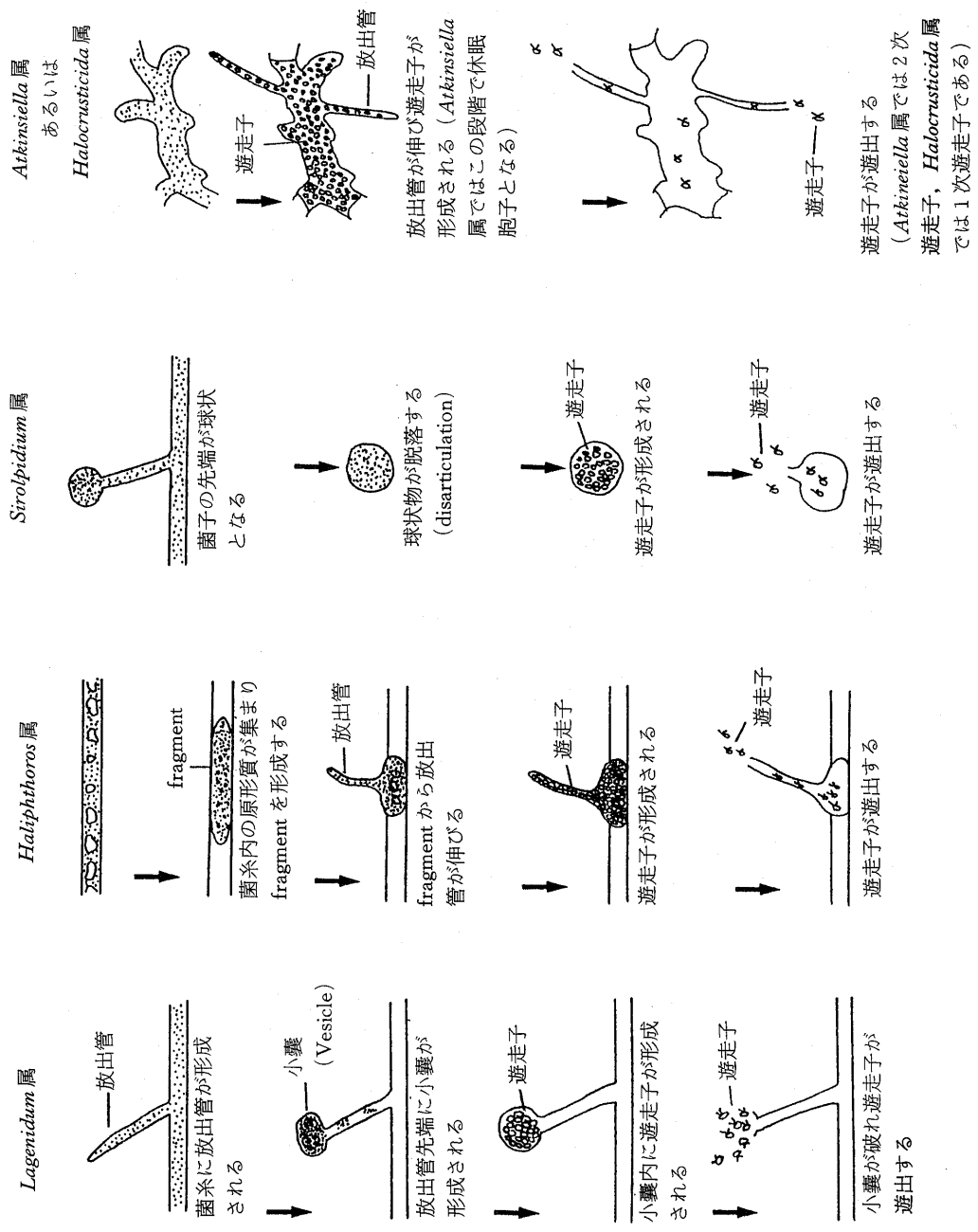
3-4 病原性と感染経路

浜崎・畑井（1993a）は玉野事業場で分離した140株のうち、分類群ごとに代表株1ないし2株、計7株を選択し、ガザミあるいはノコギリガザミの卵や幼生に対する人為感染実験を遊走子添加法によって試みている。その結果を表Ⅲ-3に要約して示した。感染率は *Haliphthoros* 属の1株、*Lagenidium* 属の2株、*Atkinsiella* 属の1株において高く、すなわちそれら4株の病原性が強く、 α typeを除いて実験温度が高いほど感染率も高くなる。感染率は卵の発生段階や幼生の齢期が進行するに伴い低下する傾向がみられ、また未発生卵の方が真菌感染に対する感受性は高い（図Ⅲ-14）。したがって、真菌感染に感受性が高い段階は未発生卵、産卵後あまり時間経過していない卵、および第1齢ゾエアであると考えられている。また、第1齢ゾエアで感染が成立しなかった菌株でも、ふ化前日卵の実験において実験容器内でふ化したゾエアへの感染率は高い値を示していることから、ふ化後間もない幼生の方が真菌感染に感受性が高いと判断されている。このようなガザミ幼生の真菌感染に対する感受性は、実際の幼生飼育水槽での真菌症発生状況によく一致している（図Ⅲ-9、-12）。なお、安信ら（1997）もガザミ幼生の真菌（*Halocrusticida okinawaensis*）感染に対する感受性が高齢ゾエアで低下したことを報告している。



写真Ⅲ-3 ガザミあるいはノコギリガザミ卵に観察された寄生菌各タイプの特徴 (浜崎・畑井, 1994)

タイプ1, 半円形の寄生体が卵表面にみられる (A), それを拡大観察すると小さな球形の構造物がみられる (B); タイプ2, 小さな球形の寄生体が卵表面にみられる (C); タイプ3, 太く短い放出管がみられ (D), その先端はラッパ状に膨らむ (E); タイプ4, 長く太い放出管がみられる (F, G); タイプ5, 卵内に黒く太い菌糸がみられ (H), 比較的短く細い放出管が出現する (I, J); タイプ6, 遊走子は放出管先端の小囊内に形成される (K); タイプ7, 大きな球形の寄生体が卵表面にみられる (L). 各特徴は写真中に矢印で示されている. バー・スケールは写真J中に示され, それぞれ100 μ m (A, B, D, F~I, L), 50 μ m (C, E, J), 25 μ m (K) を表す.



図III-13 ガザミ幼生寄生菌の分類学的指標

表Ⅲ-3 真菌症原因菌の病原性 (浜崎・畑井, 1993a から作成)

属あるいは type	菌株	卵* ¹			幼生* ²					適正* ³ 水温 (℃)
		I 期	II 期	III 期	HL	Z ₁	Z ₃	Z ₄	M	
<i>Haliphthoros</i>	NJM8804	++++* ⁴	++++	+++	++++	++++	+++	+	++	24~28
<i>Haliphthoros</i>	NJM8905	+	+	++	++++	+	-	NT	-	28
<i>Lagenidium</i>	NJM8814	++++	+++	++++	++++	++++	++	NT	+	28
<i>Lagenidium</i>	NJM8821	+	++++	++++	++++	+++	-	NT	+	28
<i>Atkinsiella</i>	NJM8825	++++	++++	++++	++	++++	++	NT	-	28
<i>Sirolopidium</i>	NJM8817	++	+	+	+++	-	-	NT	-	28
α type* ⁵	NJM8907	+	+	+	+	-	-	NT	+	20

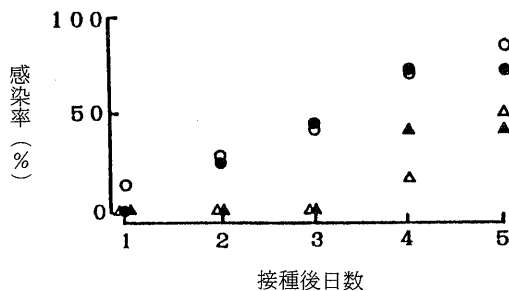
*¹ I 期, 卵割期; II 期, 胚体成長期; III 期, 複眼色素形成期. 写真 I-2 を参照. NJM8804 株ではノコギリガザミ卵が, 他の菌株ではガザミ卵が実験材料に使用されている.

*² HL はふ化前日卵を用いた感染実験において, 実験容器内でふ化した幼生を示す. 実験材料はすべてガザミ幼生である.

*³ 20, 24, 28℃ で行われた感染実験のうち, 感染率が高かった水温を示す.

*⁴ 記号は感染率を示す. -, 0%; +, 1~25%; ++, 26~50%; +++, 51~75%; +++, 76~100%; NT は実験が行われていないことを示す.

*⁵ 属未同定のクサリフクロカビ目の菌.



図Ⅲ-14 ノコギリガザミ未発生卵と発生卵に対する *Haliphthoros* sp. NJM8804 の感染実験結果 (浜崎・畑井, 1993a)

記号は遊走子の接種濃度 (zoospores/ml) を示す. 未発生卵; ○, 10²; ●, 10³; 発生卵 (胚体成長期); △, 10²; ▲, 10³.

以上の感染実験の結果から, ガザミ種苗生産過程における真菌症の発生経路としては, (感受性の高い発生段階の卵での感染成立) → (ふ化槽内での感染卵からの遊走子の遊出) → (ふ化後間もない幼生での感染成立) → (幼生飼育水槽へのふ化幼生の収容) → (幼生飼育水槽での真菌症発生), が考えられている (浜崎・畑井, 1993a). 卵での感染成立前に, 当然感染源としての遊走子の存在があるが, 今のところ遊走子の飼育環境下への進入経路については不明である. ただし, クサリフクロ

カビ目の菌類は甲殻類の卵や幼生へ感染するだけではなく, 海藻からも分離されている (Fuller et al., 1964) ので, 本症原因菌の遊走子は地先海水中に常に存在し, 取水海水から容易に種苗生産施設内へ進入して常在する可能性が高いものと思われる.

浜崎・畑井 (1993a) が指摘した感染経路の他に, 幼生飼育水槽における真菌症の発生が餌料生物であるワムシに起因する可能性も考えられている. すなわち, 千葉県東京湾栽培漁業センターと大阪府漁業振興基金栽培事業場は, ワムシとガザミ幼生への真菌症発生の時期が一致することを経験している. また, Nakamura et al. (1994) と Nakamura and Hatai (1994) によれば, 真菌 (*Atkinsiella parasitica*) がワムシへ感染し, 同菌はガザミのゾエア幼生にも病原性を示すという.

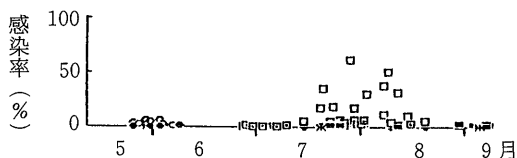
3-5 寄生菌類の出現状況と感染状況

浜崎・畑井 (1994) は玉野事業場におけるガザミ卵寄生菌の季節的な出現状況と死卵中の真菌感染率を明らかにしている. さらに, 調査した親ガニからふ化した幼生をシャーレに収容して無給餌で全滅するまで飼育し, 真菌感染によって死亡した幼生の割合も調査している. その結果によれば (表Ⅲ-2), 感染力の弱い α type の菌 (タイプ3) と組織外寄生菌で幼生に感染性を示さないと考えられる β type の菌 (タイプ2あるいは1) は, 低水温期 (18℃以下) に優占する. 感染力の弱い菌から強い菌を含む *Haliphthoros* 属や *Sirolopidium* 属 (タイプ4あるいは5) の菌は, 抱卵親ガニが出現する期間中観察され

る。病原性の特に強い *Lagenidium* 属 (タイプ6) や *Atkinsiella* 属 (タイプ5) の菌は、高水温期 (24~26℃以上) に優占する。

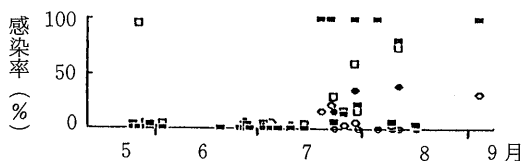
死卵への感染が多くみられたのはタイプ5の菌であり、感染率は7月中旬以後に高くなる傾向を示している (図Ⅲ-15)。また、ふ化幼生への真菌感染率も同様に7月中旬以後に高くなる傾向を示し、しかも真菌感染によって全滅する例もみられている (図Ⅲ-16)。

以上のように、ガザミの抱卵親ガニが出現する期間中、病原性の強い菌が卵に観察され、24℃以上の高水温期には特に病原性の強い菌が優占する。また、ふ化槽内で容易にふ化幼生への感染が成立し、卵の場合と同様に高水温期に感染率が高くなる。このようなことから、24℃を越える夏季には特に真菌感染に注意する必要があると指摘されている。なお、高水温下で卵やふ化幼生への真菌感染率が高まる事実は、先に述べた感染実験結果 (表Ⅲ-3) と幼生飼育水槽での真菌症発生状況 (図Ⅲ-10) によく一致している。



図Ⅲ-15 ガザミふ化槽内に残された死卵への寄生菌各タイプの感染率 (浜崎・畑井, 1994)

寄生菌各タイプについては写真Ⅲ-3を参照。感染率0%については煩雑さを避けるために図示されていない。記号は寄生菌各タイプを示す (+, タイプ1; ×, タイプ2; ○, タイプ3; ●, タイプ4; □, タイプ5; ■, タイプ6; *, タイプ7)。



図Ⅲ-16 ガザミふ化幼生への真菌感染率 (浜崎・畑井, 1994)

ホルマリン無添加のふ化槽内でふ化した幼生を4段階の水温で全滅するまで無給餌で飼育し、その間の真菌感染率が求められている。真菌のタイプは区別されていない。記号は幼生飼育水温を示す (○, 16℃; ●, 20℃; □, 24℃; ■, 28℃)。

以上に述べた玉野事業場における寄生菌類の出現と感染状況は、瀬戸内海と水温が大きく異なる地域とは異なる可能性もあるので、今後他の地域 (特に北日本) での調査も必要であろう。

3-6 防除対策

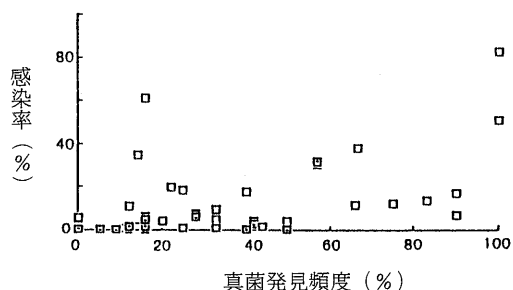
ガザミ種苗生産過程においては常に真菌感染の危険性にさらされている。真菌症を防除する上で最も重要なことは、真菌感染を受けた卵を持つ抱卵親ガニを使用しないことである。したがって、卵を注意深く観察し、病原性の強いタイプの感染卵を発見したならば、直ちにその親ガニの養成を中止する必要がある。また、真菌感染を受けている可能性の高い未発生卵や死卵を多く保有している抱卵親ガニを生産に供することは、可能な限り避ける必要がある。ただし、ある親ガニの抱卵期間中の検卵で真菌感染卵が発見されなかった場合にも、ふ化槽内に残された卵を検鏡したところ、卵への真菌感染が起こっていた例も報告されていることから (浜崎・畑井, 1994) (図Ⅲ-17)、現実的にはどのような親ガニを生産に使用しようとも、真菌症発生の可能性があることを頭に入れておく必要がある。また、前述のように餌料生物が感染源になる可能性も考えられることから、給餌する餌料生物が真菌の汚染を受けていないか常に注意深く観察することも重要である。

これまで真菌症防除のために種々の薬剤 (Armstrong et al., 1976; Fisher et al., 1976; Abrahams et al., 1977) が試験されたが、実際の飼育現場において著効を示す薬剤は見出されていなかった。しかし、最近本症防除に対するホルマリン浴の有効性が実験的にも、実際の飼育現場においても明らかにされた (加治ら, 1991; 浜崎・畑井, 1993b, 1994)。また、飼育水のpHを高く維持することによって本症の発生あるいは蔓延を防ぐ方法が考案され、実用化されるに至っており (安信ら, 1997)、この方法は薬剤を使用しない防除対策として注目に値する。

ここではこれら防除方法に関する知見を述べるとともに、その他考えられる防除方法について述べてみたい。

3-6-1 ホルマリン浴

加治ら (1991) はノコギリガザミの卵や幼生に感染した *Haliphthoros* sp. の遊走子に対するホルマリン浴の影響を試験した結果、遊走子の動きと遊出はホルマリン濃度20ppm-6.5時間の薬浴でみられなくなったことを報告している (表Ⅲ-4)。さらに、浜崎・畑井 (1993b) は種々のホルマリン濃度の海水中で真菌症原因菌5株によるガザミあるいはノコギリガザミの産卵後間もない卵とふ化前日卵への感染実験を行った結果、25ppm濃度ですべ



図Ⅲ-17 ガザミ卵での真菌発見頻度と死卵への感染率との関係 (浜崎・畑井, 1994)

寄生菌各タイプで同じ関係がみられたので死卵に高頻度でみられたタイプ5を代表として示されている。真菌発見頻度=(ある雌ガザミの卵に寄生菌を観察した回数)/(同雌ガザミの抱卵期間中の検卵回数)×100で表される。

ての菌株の感染が阻止されたことを報告している (表Ⅲ-5)。このように、卵やふ化幼生への真菌感染は実験的にはホルマリン25ppm濃度において阻止できることが明らかになっており、幼生飼育水槽での真菌症の発生を未然に防ぐには、親ガニ、卵およびふ化幼生へのホルマリンの毒性等を考慮して、ふ化槽でのホルマリン25ppm浴の実施が有効と判断されている (浜崎・畑井, 1993b)。

加治ら (1991) と浜崎・畑井 (1994) は、ホルマリン浴の効果を実際の飼育現場においても試験した結果、ふ化槽でのホルマリン25ppm浴の実施によってふ化幼生への真菌感染が抑制されたことを報告している (図Ⅲ-18, 表Ⅲ-6)。ただし、真菌感染は完全には防除できていない。最近、メガイアワビ *Halotis sieboldii* (Kitancharoen et al., 1994), ワムシ (Nakamura et al., 1994), およびイセエビ *Panulirus japonicus* のフィロゾーマ (Kitancharoen and Hatai, 1995) から分離された *Atkinsiella* 属の菌3種に対するホルマリンの影響が *in vitro* で調査されており、遊走子の発芽はそれぞれ31.3ppm, 7.8ppm, および50ppmで阻止されたことが報告されている。このことは、ふ化槽でのホルマリン25ppm浴が菌の種類によっては有効でない可能性があることを示すものであり、実際の飼育現場において真菌症の発生がホルマリン25ppm浴で完全には防除できていないこと (図Ⅲ-18, 表Ⅲ-6) の一つの原因と推察される。

ガザミ親ガニは通常夕刻にふ化槽へ収容し、ふ化用水へのホルマリンの添加は親ガニの収容と同時に進行。遊走子がホルマリン海水中で動かなくなるのは、薬浴開始後6.5時間であった (加治ら, 1991)。したがって、ふ化幼生の薬浴時間は6～7時間程度を確保したい。ガザミのふ化はほとんどすべて夜間に行われ (大島, 1938),

表Ⅲ-4 *Haliphthoros* sp. に感染したノコギリガザミ卵から遊出する遊走子に対するホルマリンの影響 (加治ら, 1991)

遊走子活性	接触時間 (時間)	ホルマリン濃度 (ppm)				
		0	10	20	40	60
動き	0.5	—	—	—	±	±
	2.0	—	—	±	+	+
	6.5	—	±	+	+	+
遊走子の遊出	0.5	—	—	—	+	+
	2.0	—	—	+	+	+
	6.5	—	+	+	+	±

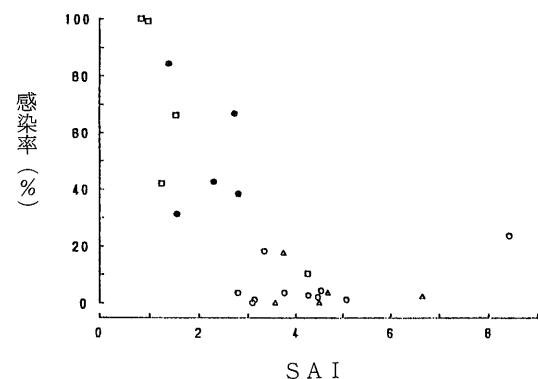
+: 遊走子の動きと遊出はみられない。

±: ほとんど動きと遊出はみられない。

—: 対照区と比較して変化がない。

表Ⅲ-5 真菌症原因菌の感染を阻止するホルマリン濃度 (浜崎・畑井, 1993b から作成)

属	菌 株	ホルマリン濃度 (ppm)
<i>Haliphthoros</i>	NJM8804	10
<i>Lagenidium</i>	NJM8814	5
<i>Lagenidium</i>	NJM8821	15
<i>Sirolopidium</i>	NJM8817	15
<i>Atkinsiella</i>	NJM8825	25



図Ⅲ-18 ノコギリガザミふ化幼生の無給餌生残指数 (SAI) と真菌感染率の関係 (加治ら, 1991)

●, ホルマリン浴なし; □, 抱卵期間中に2～5回ホルマリン25～75ppm浴を実施; △, ふ化槽でのホルマリン25ppm浴を実施; ○, □+△. SAIについては, I-3-7-2「ふ化幼生の活力判定」を参照。

ふ化時刻は20時から翌朝4時の間にあり特に決まった傾向は認められない (福井県栽培漁業センター, 1979)。

表Ⅲ-6 ガザミふ化幼生の真菌症に対するホルマリン
25ppm 浴の効果(浜崎・畑井, 1994を一部改
変)

幼生飼育 水温 (℃)	A/B/C *	
	試験区	対照区
16	30/0/0	35/ 8/ 3
20	30/0/0	35/15/19
24	30/0/0	35/18/20
28	30/3/2	35/14/18

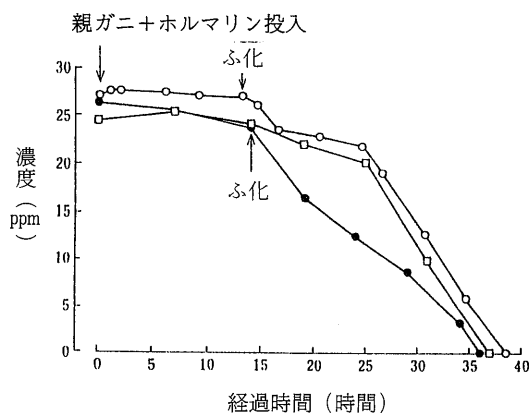
* A ; 実施例数 ; B, 真菌感染がみられた例数 ; C, 平均感染率(%)。

仮に飼育水槽への幼生の収容を6時から9時の間に行うものとする、20時にふ化した場合の薬浴時間は10～13時間、4時の場合は2～5時間となるから、ふ化時刻が遅い場合には、上述した適正と考えられる薬浴時間を確保できなくなる。ふ化用水のホルマリン濃度はふ化開始までは一定の値を示すが、ふ化後低下し、ふ化幼生数が多い場合にはふ化後十数時間経過すると10ppm程度にまで低下する(手塚, 1991)(図Ⅲ-19)。したがって、ふ化から収容まで長時間を要する場合にはホルマリン濃度が低下し、ふ化幼生への真菌感染が成立する可能性が高まる。前述したように、ふ化槽でのホルマリン浴は真菌症の発生を完全には防除できていないが(図Ⅲ-18, 表Ⅲ-6)、これは前述した菌の種類によるホルマリン感受性の違いに加え、上述の議論から推して薬浴時間が短かった、あるいは長すぎたことにも起因するものと思われる。

以上述べたように、ふ化槽でのホルマリン浴の実施は、幼生飼育水槽での真菌症の発生を完全ではないが抑制する。ただし、ホルマリン25ppm浴は卵内の菌糸に対しては無効であることから(浜崎未発表)、ふ化槽内に存在する真菌感染を受けた死卵をふ化幼生とともに幼生飼育水槽へ収容することは、新たな感染源を水槽へ添加することになる。したがって、収容前にはふ化槽への通気を止めて死卵等を沈殿させ、サイホンで除去することが重要な作業になる。

3-6-2 pH 調整

兵庫県栽培漁業協会では、ガザミ種苗生産事業が平成3年まで順調に行われていた。しかし、平成4年から5年にかけて、ふ化槽でのホルマリン浴を実施したにもかかわらず、真菌症が大流行し、多大な被害を蒙った(安信ら, 1997)(表Ⅲ-7)。真菌症防除対策として種々検討された結果、屋外水槽で稚ガニまで飼育できた例があっ



図Ⅲ-19 アミメノコギリガザミふ化槽内におけるホルマリン濃度の変化(手塚, 1991)

○, □, ふ化ゾエアの密度は4500尾/l; ●, 同5200尾/l。

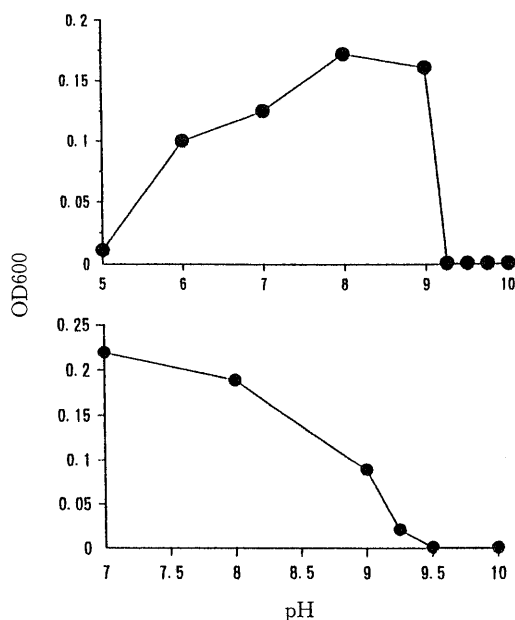
たが(表Ⅲ-7)、有効な方策はなかった。そこで、安信ら(1997)は真菌症の発生を未然に防ぐことを目的に、まず感染幼生から *Halocrusticida* 属の菌(*Halocrusticida okinawaensis*)を分離し、その病原性を感染実験によって確認するとともに、原因菌株の生理学的性状を調べた。その結果、原因菌は15～35℃, pH5.0～9.0の範囲で発育したが、pH9.25以上ではほとんど発育しないことが明らかになった(図Ⅲ-20)。そこで、pH9.25に調整した海水中でガザミ第1齢ゾエアに対する原因菌遊走子による攻撃実験を行ったところ、真菌感染はほとんど認められず(表Ⅲ-8)、pH調整による真菌症防除の可能性が示唆された。なお、pH9.25下での原因菌遊走子の生死を調べた結果、遊走子は死滅していないことが判明している。このことから、pH9.25下では遊走子の感染力が失われるものと推察されている。

これらの結果を受けて安信ら(1997)は、pH調整による真菌症防除方法を事業規模で実施するための基礎として、ガザミの卵割期卵、ふ化前期卵、第1齢ゾエアおよび餌料生物(ワムシ、アルテミア)に及ぼすpHの影響を実験的に検討するとともに、実際に100l水槽で飼育水のpHを数段階に調整してガザミ幼生の飼育実験を行っている。卵ではpH8～10.5の範囲で生残率への影響を調べた結果、pH10まで影響はみられていない。第1齢ゾエアと餌料生物では、その生残と活力に及ぼすpH(8.0～10.5)の影響を異なるアンモニア態窒素濃度(0～8 ppm)に調整した海水中で調べた結果、餌料生物では影響はみられないが、ゾエアではアンモニア態窒素濃度2 ppm以上pH9.7以上、アンモニア態窒素濃度4 ppm以上pH9.5以上で急性毒性が現れている(Ⅱ-5-4-7「水質」の図Ⅱ-34を参照)。100l水槽における

表Ⅲ-7 兵庫県栽培漁業協会におけるガザミ幼生真菌症の発生状況（安信ら，1997を一部改変）

年次	水槽	生産回数	真菌症発生回数	生残率* (%)
1992	屋内100kl	27	26	0.8
	屋外100kl	7	6	4.5
	合計	34	32	0.3
1993	屋内100kl	20	17	1.3
	屋外100kl	6	4	4.6
	屋外 70kl	11	0	4.3
	合計	37	21	2.6

* Z₁からC₁までの生残率。



図Ⅲ-20 *Halocrusticida okinawaensis* の发育に及ぼす pH の影響（安信ら，1997を一部改変）

上は ZH93株，下は ZH94株。PYGS 液体培地を用いて 25℃で培養し，10日後に吸光度（OD）を測定した。

飼育実験では，pH9.5以上の区で大量へい死がみられたが，pHを9.25に調整した区では幼生の活力や生残に影響はみられていない（Ⅱ-5-4-7「水質」の図Ⅱ-33を参照）。

以上のように，ガザミ幼生を高 pH（9.25）下で飼育することが可能なことから，飼育水の pH 調整は有効な真菌症防除方法になり得ると判断されている。兵庫県栽培漁業協会では，実際に平成 6 年から幼生飼育水槽の pH を 9.25 に調整したところ，明らかに真菌症の蔓延あるいは発生を防除することに成功している（表Ⅲ-9）。pH 調整をメガロバ直前あるいはメガロバまで行った場

表Ⅲ-8 pH 調整によるガザミ幼生の真菌症防除効果（安信ら，1997を一部改変）

菌株	pH	感染率 (%)	死亡率 (%)
Z H93	8.00	60	47
	9.25	0	0
Z H94	8.00	86	73
	9.25	2	4
対照	8.00	0	0
	9.25	0	0

真菌：*Halocrusticida okinawaensis*。

ガザミ幼生：Z₁，25個体。

攻撃遊走子濃度：10³（zoospores/ml）。

実験温度：25℃。

実験期間：3 日。

実験回数：2 回。

合，幼生の活力が低下し，生残率が低くなる傾向が認められることから（表Ⅲ-9），飼育水の pH 調整は最長でも第 4 齡ゾエア 2 日目までに終了している（兵庫県栽培漁業協会，1994，1995）。また，ふ化用水の pH も親ガニ収容時に 9.25 に調整するが，ふ化に問題はみられていない（兵庫県栽培漁業協会，1994，1995）。実際の pH の調整方法については，Ⅳ-7「飼育水の pH を調整する方法」を参照いただきたい。

これまで幼生飼育水槽内で真菌症が発生した場合その蔓延を防止する有効な手段がなかったことから，飼育水の pH 調整は真菌症を防除する上で非常に有効な手法といえる。日本栽培漁業協会においてもガザミ種苗生産過程における真菌症防除方法として pH 調整の効果が認められているが，高水温（27℃）下では幼生の生残や発育に高 pH の悪影響が現れることから，現状では水温が 26℃以下の時期に有効な手法と評価されている（浜崎，1996b）。また，pH 調整の効果が確認されているのは *Halocrusticida* 属の菌株のみである。今後，本防除方法を一般化するには，pH 調整の効果が及ぼす水温の影響を実験的に明らかにするとともに，他属の菌株に対する効果も明らかにする必要がある。

3-6-3 その他の防除方法

以上述べたように，ふ化槽でのホルマリン浴の実施と飼育水の pH（9.25）調整によって，真菌症の発生あるいは蔓延の防止がある程度可能になっている。しかし，薬剤の使用や幼生へ負荷がかかるような飼育はできるだけ避けたい。

甲殻類真菌症の原因菌として報告されている菌株は広

表Ⅲ-9 兵庫県栽培漁業協会のカサミ種苗産水槽での真菌症発生に対する pH 調整の効果
(平成6年度カサミ種苗生産研究検討会資料から作成)

年	飼育 例	生残率 (%)	水温 (℃)	pH			pH 調整期間*2	真菌症発生
				最小	最大	平均		
1994 (H6) 屋内	1	7.5	22.5	8.01	9.40	8.65	Z ₃ ~M	+
	2	6.8	22.6	8.00	9.35	8.68	Z ₂ ~M	+
	3	3.3	22.4	8.07	9.34	8.66	Z ₃ ~M	+
	4	5.8	22.4	8.05	9.42	8.66	Z ₂ ~M	+
	5	11.9	22.3	8.13	9.39	8.60	Z ₂ ~Z ₄	+
	6	15.2	23.8	8.05	9.33	8.78	Z ₁ ~Z ₄	—
	7	31.2	23.2	8.00	9.34	8.68	Z ₁ ~Z ₄	—
	8	50.0	26.1	7.95	9.38	8.72	Z ₁ ~Z ₄	—
	9	39.2*1	24.8	7.88	9.32	8.59	Z ₁ ~Z ₄	—
1994 (H6) 屋外	1	5.7	22.6	8.16	9.42	8.79	Z ₁	—
	2	8.9	22.6	8.09	9.26	8.55	Z ₁	—
	3	19.6	22.9	8.16	9.12	8.63	Z ₁	—
1995 (H7) 屋内	1	22.3	24.1	7.75	9.28	8.51	Z ₁ ~Z ₃	—
	2	4.6*1	23.9	7.90	9.35	8.56	Z ₁ ~Z ₃	—
	4	14.2	23.2	7.85	9.20	8.48	Z ₁ ~Z ₃	—
	5	50.5	24.2	7.81	9.11	8.46	Z ₁ ~Z ₃	—
	6	24.1	24.2	7.74	9.17	8.14	収容時	—
	7	29.5	23.8	7.80	8.12	7.93	—	—
	8	12.3	23.6	7.85	9.21	8.45	Z ₁ ~Z ₃	—
	9	40.5	24.7	7.72	9.20	8.19	収容時	—

*1 それぞれC₂とC₁+C₂で取り揚げ、他はC₁で取り揚げ。

*2 平成6年の屋内飼育例1～5では真菌症が発生した時点から pH 調整が開始されている。

なお、平成6年の屋内飼育例1～5と平成7年の飼育例7ではふ化槽でのホルマリン25ppm 浴が実施されている。

い温度範囲で発育し (Bian et al., 1979; Bian and Egusa, 1980; Hatai et al., 1980; Nakamura and Hatai, 1995a), ガザミの幼生飼育が行われる水温帯 (平均約24℃以上) では幼生への感染は十分に成立する (浜崎・畑井, 1993a)。したがって、水温制御による真菌症の防除は期待できない。

広島県水産試験場 (1990) はヨシエビ *Metapenaeus ensis* 幼生から分離された真菌の感染力に及ぼす飼育水塩分の影響を実験的に検討したところ、低塩分 (2/3海水) 下で感染を防除できたと報告している。また、最近真菌症が大流行しているヨシエビの種苗生産において、飼育水に通常の海水と希釈海水 (70%) を使用した比較試験が行われたところ (近藤ら, 1995), 前者では3水槽中2水槽で真菌症が発生し、うち1水槽では飼育中止に至っている。一方、後者では2水槽中1水槽で真菌感染幼生が確認されたものの2水槽とも順調にポストラバまでの飼育が可能であったという。ガザミ幼生の塩分耐性は比較的広く、塩分22%程度までは幼生の発育と生残

に問題はみられない (和田・丹下, 1983)。したがって、幼生の耐性範囲内で飼育水の塩分を低く調整することも真菌症防除方法の一つになり得るかも知れない。ただし、原因菌は通常広い塩分範囲で発育するといわれていることから (Bian et al., 1979; Bian and Egusa, 1980; Hatai et al., 1980; Nakamura and Hatai, 1995a), 真菌症対策としての飼育水の希釈効果については、さらに詳細な実験的検討が必要であろう。

飼育水槽で真菌症が発生した場合、感染したガザミ幼生からは最短2日後に遊走子が遊出する (浜崎・畑井, 1993a)。したがって、これら感染幼生を水槽系外へ排出することができれば、水槽内での二次的な感染を防止することが可能になるものと思われる。このような意味から、飼育水への通気を止めて真菌感染で死亡した幼生を水槽底へ沈め、これら死亡個体を底掃除によって取り除く作業は重要といえる。実際に真菌症が発生したガザミ幼生飼育水槽でこのような操作を行い、稚ガニまで比較的高い生残率をあげた事例がある (福岡県栽培漁業公社,

1989)。

先述したように遊走子は取水海水から侵入し、種苗生産施設に常在する可能性が高いと考えられる(Ⅲ-3-4「病原性と感染経路」)。したがって、飼育用水から遊走子を物理的に除去するか、飼育用水を滅菌することが一つの有効な真菌症防除対策になろう。また、幼生飼育水槽での真菌症発生は卵での真菌感染の成立に起因するものと考えられることから、真菌フリーの海水中で親ガニを養成し、産卵・ふ化させる手法も有効な真菌症防除対策になるものと期待できる。甲殻類寄生菌に汚染された海水をオゾンによって消毒する試みもなされており、実験的には0.8~1.0ppm(残留オキシダント濃度)で遊走子が死滅すると報告されている(Crisp and Bland, 1990)。今後、遊走子を除去する、あるいは死滅させる有効な手法について実験的に検討した上で、飼育現場へ応用していく必要がある。

真菌類の発育は他の生物によって抑制されることが知られており(畑井, 1986)、例えばミズカビの発育を抑制する細菌の存在が報告されている(Hatai and Willoughby, 1988)。また、甲殻類真菌症の原因菌(*Lagenidium callinectes* と *Haliphthoros milfordensis*)の発育を抑制する細菌の存在も知られている(Fisher, 1983)。このような真菌類と拮抗関係にある細菌は、種苗生産環境中に必ず存在するものと考えられ、今後そのような細菌を探索し、真菌症を生物学的に防除する方法を開発することも必要であろう。

先述した兵庫県栽培漁業協会における真菌症の発生は、屋内水槽よりも屋外水槽で少ない傾向があった(表Ⅲ-7)。同様の現象は、ヨシエビの種苗生産でも認められるという(睦谷・福永, 1994; 水呉ら, 1995)。この原因については、紫外線の効果、真菌に対して拮抗作用を有す微生物の発生等が考えられるが、その詳細については明らかではない。

以上では、卵から幼生に至る感染経路を念頭に置いて、真菌症防除対策について考えてきたが、前述したように餌料生物に由来する感染経路も考えられている。ワムシへの真菌感染については、メチレンブルー(0.5ppm)による薬浴を5~7日に一度実施することで防除可能という(大阪府漁業振興基金栽培事業場, 福永恭平氏私信)。

本項を終えるに当たり、御校閲を賜り、有益な助言をいただいた日本獣医畜産大学の畑井喜司雄教授に厚く御礼申し上げる。

4 その他の症例

ここまでは細菌性疾患と真菌症について述べた。ここでは、ガザミ幼生の大量へい死に関連する症例として、ガス病、白濁症、壊死症、付着生物、および形態異常に

ついて述べることにする。

4-1 ガス病

体表、循環系、消化器官等に気泡を生じた症状がガス病と呼ばれ、一般に過飽和の溶存酸素または窒素に起因する(丹下, 1983b)。本病は溶存酸素量が増加し、pHが上昇する条件下で発生しやすく、罹病個体の割合は溶存酸素が8.22ppm以上、pHが8.6以上の条件下ではpHが上昇するほど多くなる傾向を示すという(宇都宮, 1969)。植物プランクトンの同化作用が激しい場合には、このような条件が起こりやすいので、注水あるいは換水によって植物プランクトン密度の低下を図ったり、水槽の遮光を行う(和田・丹下, 1983)。ガザミ幼生飼育水槽のpHは、真菌症防除対策としてpHを9.25に調整する以外は、8.2~8.6の範囲を目標に調整する(和田・丹下, 1983)。

ガス病は、近年では平成5年に第1齢ゾエアで発生した事例が報告されているにすぎない。なお、本病については丹下(1983b)が詳説しているので参照されたい。

4-2 白濁症

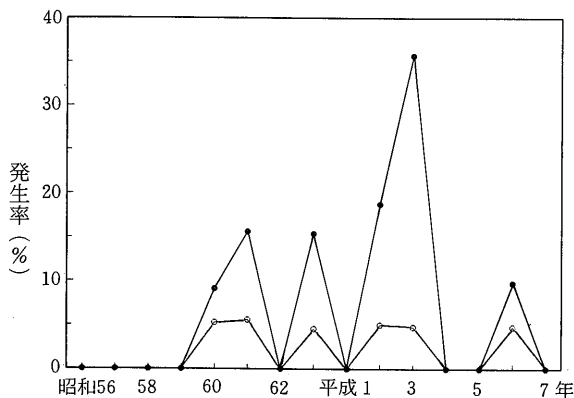
本症の発生は第4齢ゾエアのみで認められ、幼生の中腸腺背部と胸脚原基が白濁してみえることから白濁症と仮称されている(南部・千々波, 1977; 丹下, 1983b)。その症状を日本栽培漁業協会玉野事業場における発生の経過を例に説明する。飼育幼生は第4齢ゾエアへ脱皮後2日目、あるいは3日目の午前中まで活発に遊泳している。午後になって遊泳緩慢で飼育水の流動とともに流される個体が出現し、そのような個体をピーカーに採って観察すると胸脚が不透明で乳白色を示す。また、検鏡すると脱皮兆候(浜崎, 1989, 1996a)は4期まで進行しているものの、正常個体に比較して胸脚の発達が非常に悪く、組織が萎縮して壊死したようにみえる。翌朝にはほぼ全滅状態となっている。なお、白濁部位は顕微鏡下では黒褐色にみえる。

本症の発生は昭和60年に1機関(ガザミ種苗生産研究検討会参加機関数に対する割合は約5%)で報告され、以後散発的に報告されている(図Ⅲ-21)。報告された機関の30%以上の飼育例で発生した年もあるが、おおむね10~20%の飼育例で発生している(図Ⅲ-21)。本症の発生は5月から8月にかけて認められ、発生率は8月に高い値を示す(図Ⅲ-22)。本症が発生した飼育例は、例外なく全滅に至る。

白濁症と似たような症例として、タイのオニテナガエビ *Macrobrachium rosenbergii* の種苗生産場で、28日齢の幼生が不透明乳白色を呈して大量へい死した事例が報告されており(Nash et al., 1987)、病エビには病理組織

学的に病原体は認められず、体軀幹から付属肢に至るすべての横紋筋に筋繊維壊死と変性が生じていたという。なお、本病の再発は飼育密度を下げ溶存酸素を高めることで防除されている。また、クルマエビ類の筋肉が様々な疾病によって白色不透明化する現象も知られている(桃山・松里, 1987)。

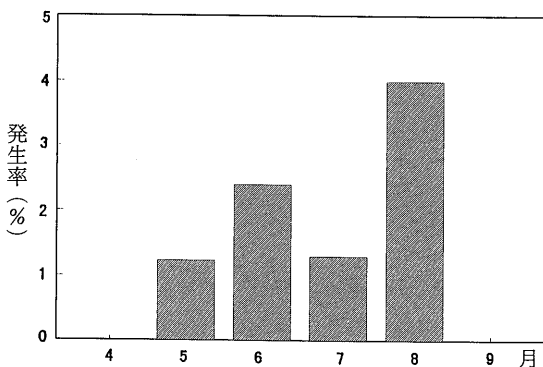
白濁症の発生原因については、現段階ではまったく不明である。ただし、日本栽培漁業協会では発症に先立つ第3齢～第4齢ゾエアへの脱皮時に古い外骨格を脱ぎきれない、いわゆる脱皮失敗個体が観察されている。また、発症個体の脱皮兆候は4期まで進むが、それ以上は進ま



図Ⅲ-21 ガザミ種苗生産機関における白濁症の発生状況 (昭和56年～平成7年)

ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。

○, 研究検討会参加機関数に対する疾病発生機関数の割合; ●, 疾病発生機関の総飼育例数に対する疾病が発生した飼育例数の割合。



図Ⅲ-22 ガザミ幼生飼育水槽における白濁症の発生時期 (昭和56年～平成7年)

ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。ここでの発生率(%)は白濁症が発生したすべての年の全機関の総飼育例数に対する白濁症発生例数の割合であり、飼育開始月ごとに求めた。

ない。したがって、白濁症の原因の一つとして、幼生の栄養要求が満たされていないことが考えられる。いずれにしても白濁症の原因を把握する一環として、まず発症個体の病理組織学的な調査を実施する必要がある。

4-3 壊死症

本症は白濁症に類似するが、幼生の背棘、額棘、触角、顎脚、胸脚、腹部、あるいは腹肢の一部が白濁し、組織が壊死した状態を示す(写真Ⅲ-4)。特に、メガロパでは第1触角の組織が壊死して崩壊するという特徴的な症状がみられる(写真Ⅲ-4-C)。なお、壊死した部位は顕微鏡下では黒褐色にみえる。

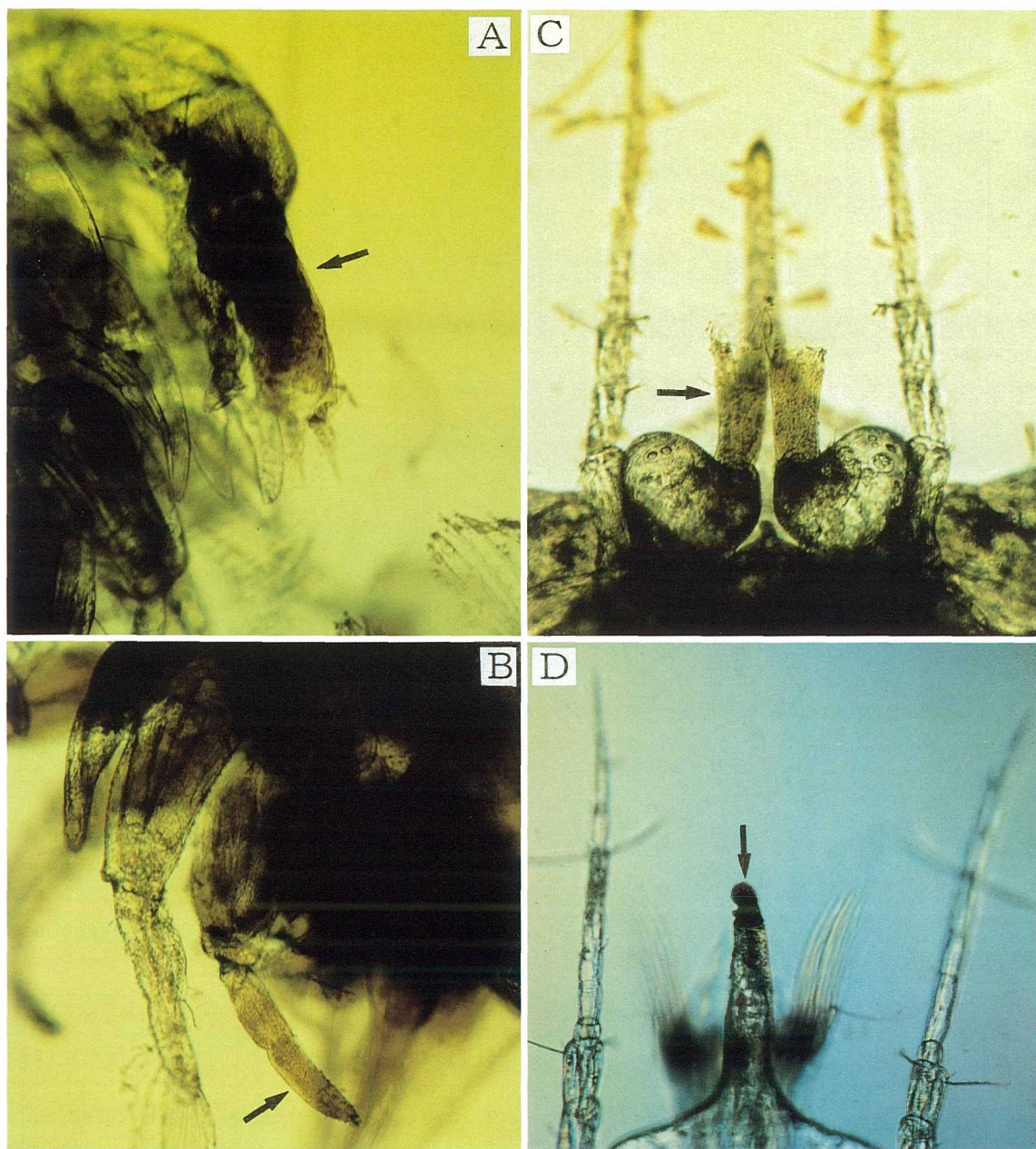
本症は昭和58年から毎年10%前後の機関で発生している(図Ⅲ-23)。報告された機関の50%の飼育例で発生した年もあるが、おおむね20%前後の飼育例で発生している(図Ⅲ-23)。本症の発生は齢期にかかわらずみられるが、後期ゾエアとメガロパの割合が高い(図Ⅲ-24)。本症の発生は5月から9月にかけてみられ、8月と9月の発生率が高い(図Ⅲ-25)。報告事例の生残率の頻度分布をみると(図Ⅲ-26)、生残率は0~25%の範囲を示すが、5%未満が最も多く75%の割合を占める。生残率は若い齢期で発症するほど低くなる傾向を示す(図Ⅲ-27)。

本症の原因についても白濁症と同様不明である。なお、ケガニの種苗生産過程においても飼育幼生の棘の一部が顕微鏡下で黒化して見える現象が知られており、黒化部位からタンパク質分解活性の高い細菌が分離されている(中川, 1995)。

4-4 付着生物

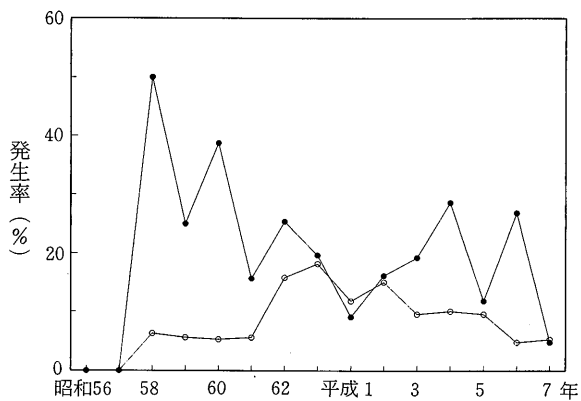
ガザミ卵の表面と幼生の体表面には、*Leucothrix* 属と思われる細菌あるいは青緑色の藻類と考えられる糸状微生物(filamentous form)、飼育現場で“ツリガネムシ類”と呼ばれる絨毛虫周毛類、あるいは珪藻類の着生が観察される(写真Ⅲ-5)。また、通常の検鏡では細菌(non-filamentous bacteria)の着生を見ることはできないが、幼生体表には $10^2 \sim 10^4$ CFU/幼生のレベルで細菌が着生していることが報告されている(Suzuki et al., 1990)。

ガザミ卵への微小生物の付着は産卵後の時間経過とともに増加するが、今のところ卵の死亡と付着生物の種類や量との関係については判っていない。なお、Dungeness crab, *Cancer magister*では、卵の付着生物量(糸状微生物で代表)と死亡率には関係があり(Fisher, 1976; Fisher and Wichham, 1976)、富栄養化した海水中では卵の付着生物量が増加し死亡率も高まるという(Fisher, 1976)。また、卵の死亡に関与しているのは抗生物質に感受性のある微生物(non-filamentous form)と推測されている(Fisher, 1976)。付着生物による卵の死亡原



写真Ⅲ-4 ガザミ幼生に観察された壊死症（日本栽培漁業協会玉野事業場）

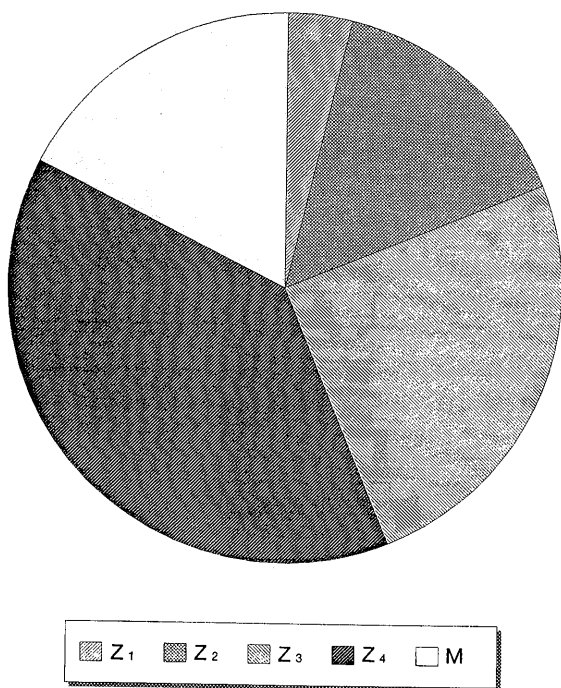
A, 第4齢ゾエア腹部；B, 第4齢ゾエア顎脚；C, メガロパ第1触角；D, メガロパ額角. 矢印は壊死部を表す.



図Ⅲ-23 ガザミ種苗生産機関における壊死症の発生状況（昭和56年～平成7年）

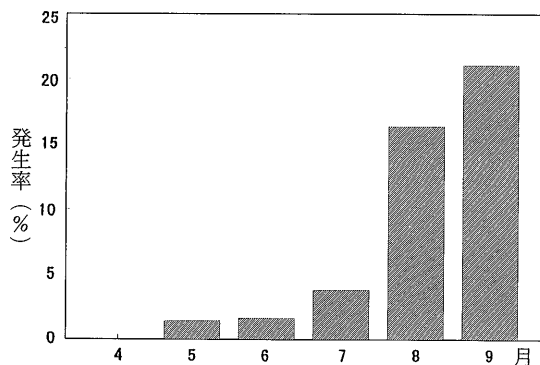
ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。

○，研究検討会参加機関数に対する疾病発生機関数の割合；●，疾病発生機関の総飼育例数に対する疾病が発生した飼育例数の割合。



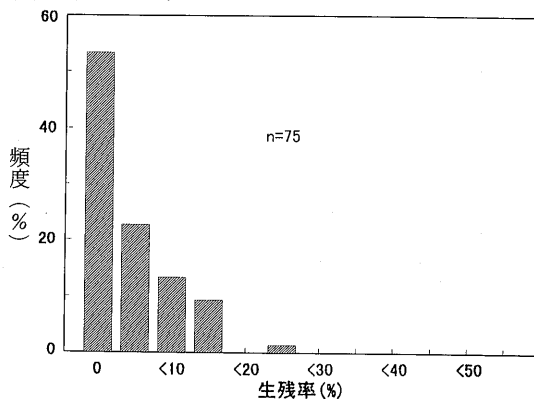
図Ⅲ-24 ガザミ幼生飼育水槽において壊死症の発生が始まった齢期の組成比（昭和56年～平成7年）

ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。



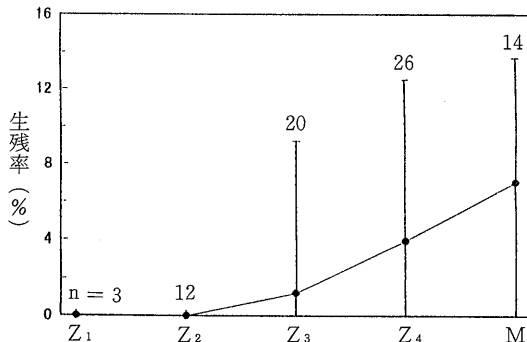
図Ⅲ-25 ガザミ幼生飼育水槽における壊死症の発生時期（昭和56年～平成7年）

ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。ここでの発生率（％）は壊死症が発生したすべての年の全機関の総飼育例数に対する壊死症発生例数の割合であり，飼育開始月ごとに求めた。



図Ⅲ-26 壊死症が発生したガザミ幼生飼育水槽における生存率の頻度分布（昭和56年～平成7年）

ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。生存率はほとんどが第1齢ガニまでの値である。ここでの生存率0％の事例には，生存率が0％になる前に飼育を中止した事例も含まれる。



図Ⅲ-27 ガザミ幼生飼育水槽における壊死症の発生が始まった齢期と生存率の関係（昭和56年～平成7年）

ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。生存率については図Ⅲ-26の説明に同じ。バーは範囲を示す。

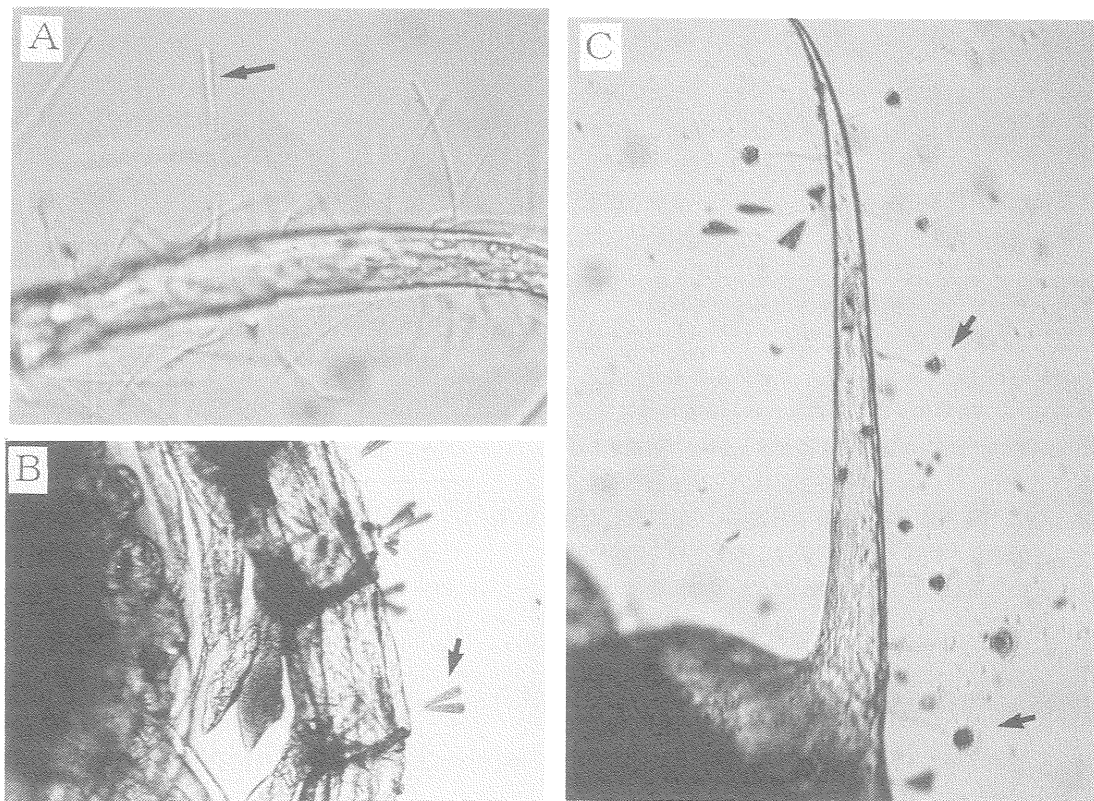
因は、卵表面でのガス交換等の代謝が抑制されることにあると考えられているが (Fisher et al., 1978 ; Johnson, 1983), 付着生物と卵死亡の関連に否定的な見解もある (Shields and Kuris, 1988)。

幼生は脱皮を繰り返して成長するので、体表への付着生物量が少ない場合には特に問題はない。ただし、飼育水温が低く脱皮間隔が長引くときには、付着量が著しく増加する場合がある。実際に2 l ビーカーにガザミ幼生を収容し、ワムシを高密度 (40個体/ml) で給餌して水温別 (16~31℃の範囲で3℃間隔) に飼育したところ、水温22℃以上ではメガロパまで高い生残率を示したが、19℃以下では *Leucothrix* 様の糸状微生物が幼生へ大量に付着し (体全体を覆う状態)、19℃では稚ガニへ、16℃ではメガロパへ脱皮した個体はなかった例がある (浜崎未発表)。付着生物による幼生の死亡原因は、卵と同様に鰓へ大量に付着した場合にガス交換等の代謝が阻害されること、また幼生の動きや脱皮が阻害されることにあると考えられている (Fisher et al., 1978 ; Johnson, 1983)。卵へ微小生物が付着していた場合、ふ化槽内でふ化幼生へ付着が成立し、飼育経過に伴い付着量が増加して上に例示したような幼生のへい死につながる可能性

は考えられる。したがって、卵への微小生物の付着には少なからず注意を払う必要があるものと考ええる。卵への微小生物の付着と抱卵親ガニ養成方法の関連についてはすでに考察したので、I-3-3-1「養成水槽」を参照していただきたい。

これまでのところ、ガザミ幼生のへい死と付着生物の種類や量との関係が定量化された事例はないが、幼生飼育水槽では昭和60年から付着生物に起因すると判断された大量へい死の発生が報告されている (図Ⅲ-28)。付着生物による大量へい死は昭和62年からは毎年10~20%の機関で発生しており、報告された機関の20%前後の飼育例で発生している (図Ⅲ-28)。本症の発生は齢期にかかわらず認められるが、第4齢ゾエアとメガロパの割合が高い (図Ⅲ-29)。本症は5月から7月にかけて発生している (図Ⅲ-30)。報告事例の生残率の頻度分布をみると (図Ⅲ-31)、生残率は0~55%の範囲を示すが、5%未満が最も多く77%の割合を占める。なお、生残率は発症した齢期によって大きく異ならない。

このように、幼生飼育水槽では付着生物に起因すると判断された大量へい死が報告されており、発生が認められた飼育例の生残率は低い。したがって、付着生物が大



写真Ⅲ-5 ガザミ幼生に観察された付着生物 (日本栽培漁業協会玉野事業場)

A, 糸状細菌; B, 付着珪藻; C, ツリガネムシ. 矢印は付着生物を示す。

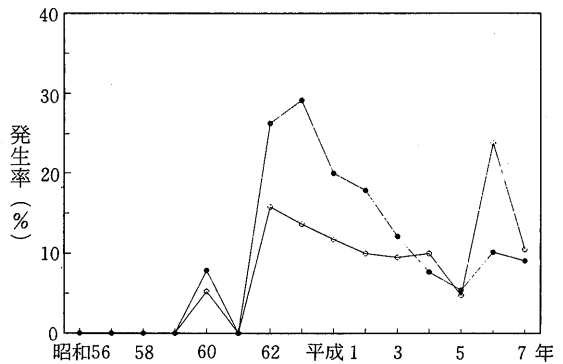
量へい死の真の原因であるか否かは別にして、付着生物を増加させない飼育管理を行う必要があるとはいえる。前述のように付着生物は富栄養化した海水中で増加することから、幼生への微小生物の付着状態を観察しながら第一に水質の維持に努める必要がある。付着性珪藻であれば、遮光や飼育水ヘナンノクロロプシスを添加することによって照度を低く抑える必要がある。また、ツリガネムシ類は給餌するワムシに付着した状態で幼生飼育水槽へ侵入することも多く、ワムシの状態についても常に観察しておく必要がある。幼生飼育水槽での多量のツリガネムシ類や珪藻の付着に対して、次亜塩素酸ナトリウムやホルマリンの効果が報告されており、前者ではゾエア期に1ppm・1時間（長崎県水産試験場島原分場，1989），後者では第2齢ゾエア～メガロパに50ppm・1時間の薬浴（宮城県栽培漁業センター，1994a）を行い、薬浴後にはいずれも流水飼育としている。

以上のようにガザミ種苗生産過程においては、付着生物が幼生へ悪影響を与える可能性があると考えられるが、微小生物の付着量が定量された事例がないために、付着生物の種類や量と卵や幼生の死亡との関連性を一般化するには困難な状況にある。今後、付着生物の実体と卵や幼生への影響を明確にする必要がある。

4-5 形態異常

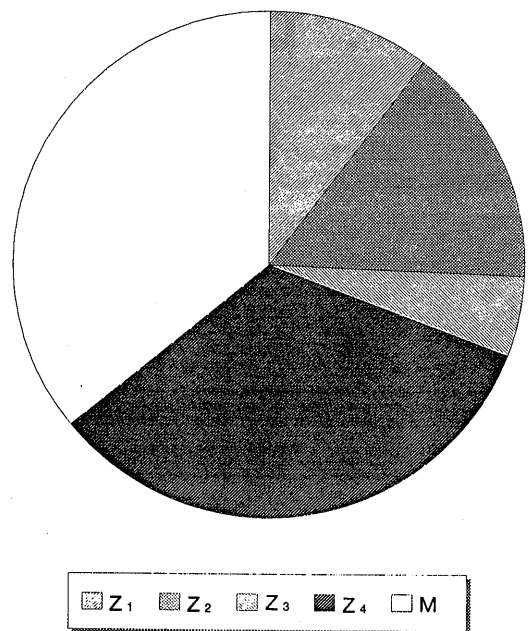
ふ化幼生の形態異常についてはブリゾエアとの関連ですでに考察した（I-3-7-1「異常ふ化」を参照）。第2齢ゾエア以後の形態異常については、丹下（1983b）が背棘と尾節の異常個体を示しており、写真をみる限り脱皮時に新しい棘や剛毛が伸びきっていない状態の個体と判断される。また、脱皮殻を付けたままの幼生を見ることもある。このような形態異常個体の出現率や原因については詳しい観察が行われていないが、何らかの原因で幼生の状態が悪化し、異常個体として目にふれるものと思われる。なお、第1触角が壊死したメガロパが脱皮すると、脱皮後に触角の部位の組織が成長せず、左右の眼柄が斜め前方へ突出した、いわゆる寄り眼状態を呈す形態異常個体となる（浜崎未発表）。丹下（1983b）が指摘したように、形態異常個体の飼育を続けても生き残るのかどうか、また正常な形態に戻るのかどうか等の問題については今のところ答えることはできないが、少なくとも寄り眼状態の稚ガニはへい死することを確認している（浜崎未発表）。

以上、ガザミ種苗生産過程における「疾病と対策」について述べてきた。特に重要な疾病と考えられる細菌性疾病や真菌症についてはある程度調査・研究が進んでいるが、一部の機関を除いて他の症例についてはほとんど



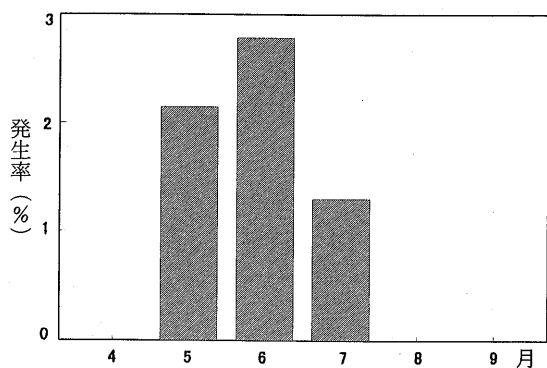
図Ⅲ-28 ガザミ種苗生産機関における付着生物による大量へい死の発生状況（昭和56年～平成7年）
ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。

○，研究検討会参加機関数に対する大量へい死発生機関数の割合；●，大量へい死発生機関の総飼育例数に対する大量へい死が発生した飼育例数の割合。



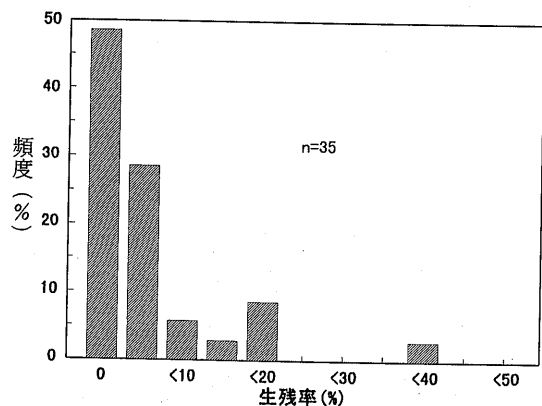
図Ⅲ-29 ガザミ幼生飼育水槽において付着生物による大量へい死の発生が始まった齢期の組成比（昭和56年～平成7年）
ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。

報告もなく、研究はまったく進んでいないのが現状である。また、最近クルマエビ類で流行しているウイルス病（PAV）のように、これまでまったく経験していない疾病が発生する可能性もあり、今後ますます疾病の被害が拡大することも考えられる。今後は、飼育幼生がどのような状態でへい死したのかを詳細に観察することから始



図Ⅲ-30 ガザミ幼生飼育水槽における付着生物による大量へい死の発生時期（昭和56年～平成7年）

ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。ここでの発生率（%）は付着生物による大量へい死が発生したすべての年の全機関の総飼育例数に対する付着生物による大量へい死発生例数の割合であり，飼育開始月ごとに求めた。



図Ⅲ-31 付着生物による大量へい死が発生したガザミ幼生飼育水槽における生残率の頻度分布（昭和56年～平成7年）

ガザミ種苗生産研究検討会資料から作成した。生残率はほとんどが第1齢ガニまでの値である。ここでの生残率0%の事例には，生残率が0%になる前に飼育を中止した事例も含まれる。

め，へい死原因を明確にすべく実験的な検討が必要である。

（浜崎活幸）

Ⅳ 種苗量産事例

幼生飼育の方法は、各機関で施設の条件や地先の水質等が異なるため全く同じではない。また、飼育方法の中でも特に飼育水の管理については、濃縮淡水クロレラの使用と微粒子配合飼料の開発に伴い近年様々な方法が用いられるようになってきている。「水作り」を含めた飼育方式の詳細については、Ⅱ-3「飼育方式」、Ⅱ-5-2「水作り方式」およびⅡ-5-3「水作りによらない方式」を参照いただきたい。

ここではガザミ種苗量産事例として、代表的な飼育方法で行われた7例を取り上げ、それぞれの方法における好成績な事例を、アンケート調査および各機関からの報告に基づき、具体的な飼育手順にそって紹介する。ただし、これらの事例は必ずしもその機関における最高事例ではなく、代表的な飼育方法による最近5年間における好事例を記載した。なお、各事例中の表「基準とした餌料系列と1日の給餌量および飼育水量と換水率」はその機関における基準値であるため、表「給餌量と残餌量の経過」等とは若干異なっている。

1 ナンノクロロプシスから天然珪藻に移行する方法（平成5年、大分県漁業公社国東事業場）

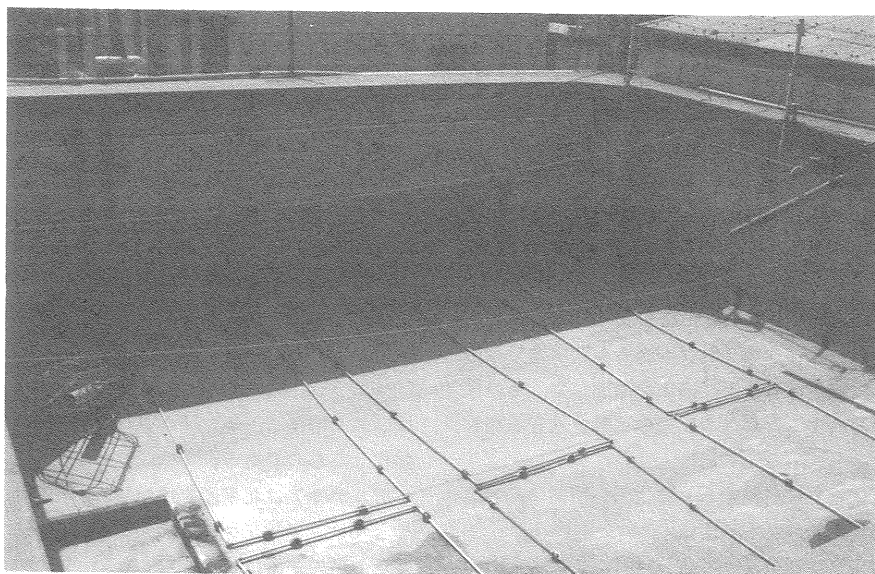
従来最も一般的であった方法で、いわゆる「ブラウン海水」の維持に主眼をおいた手法である。

この飼育例における従来方法（ゾエア期に止水または止水換水方式で飼育水を管理する）との相違点は、珪藻

の維持管理を容易にするため、ゾエア初期から飼育水量の30～60%を流水で連続的に交換することである。ここでは幼生収容前にナンノクロロプシスを飼育水へ添加し、さらに第2齢ゾエアからは別水槽においてろ過海水に肥料を添加して自然発生させた珪藻を添加する。その後、飼育水に肥料を添加して珪藻密度の維持に努めている。珪藻は幼生の直接的あるいは間接的な餌料として利用されるばかりでなく、その存在によって適正な水中照度の維持、および水中の窒素化合物の吸収といった効果が期待できる。幼生収容当初から珪藻を添加すると、飼育途中で珪藻の急激な密度低下が起きやすくなることが経験的に知られていることから、ふ化幼生収容時にはナンノクロロプシスを用いている点が特徴的である。しかし、「水作り」を自然発生した珪藻に頼っているため、使用海水の水質や天候条件によって珪藻密度が変化し、飼育水の透明化や水質悪化が起り、生残率が低下する可能性も否定できない。屋外水槽で成功例が多い方法である。

1-1 親ガニおよびふ化

親ガニは豊前海で漁獲された抱卵個体を使用した。輸送には200lの活魚タンク内に設置した直径25cmのネットロン製カゴ（ガザミ専用に自作）を使用し、その中に1～2尾の親ガニを収容した。搬入後の親ガニは砂敷き二重底構造の2kl水槽に収容し、砂ろ過海水による流水



写真Ⅳ-1 ガザミ幼生飼育水槽（大分県漁業公社国東事業場）

表Ⅳ-1 基準とした餌料系列と1日の給餌量および飼育水量と換水量（大分県漁業公社国東事業場）

餌料種類	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	M	C ₁
ワムシ(個体/ml)	5～8	8～12	8～10	3～5		
アルテミア(個体/ml)			0.7	1.5～2	2～2.5	
アサリミンチ肉(g/k _l)					14～18	
配合飼料*(g/k _l)	0.4	0.4	0.6	0.9	1.5	2.0
	MB2	MB2	MB2	MB3	MB4	MB4
水量(k _l)	90	100				
換水率(回転/日)	0	0.36		0.6		
	(60目)	(40目)		(30目)	(18目)	
ストレーナー目合い(μm)	335	526		761	1,241	

*武田科学飼料（MBカラゲナン）；MB2，53～125 μm；MB3，125～250 μm；MB4，250～350 μm。

として、通気、無給餌、無加温下で管理した。

ふ化幼生の収容は直接法で行い、幼生飼育槽内に垂下したニップ網カゴ（18目）の中にふ化直前の抱卵親ガニを収容した。親ガニ収容時にナンノクロロプシスを添加した。

使用した親ガニの体重は690 g（抱卵状態）で、収容した幼生数は380万尾であった。

1-2 飼育水槽および設備（写真Ⅳ-1）

飼育水槽には屋外角形水槽（コンクリート製；8×8×2 m；有効水量100k_l）を使用した。アジテーターの設置はない。温水ボイラーにより加温し、遮光施設はない。通気は直径1.5mmの穴60個を開けた内径16mmの塩ビパイプ54mを底面に梯子状に配管して行い、飼育期間中の通気量はほぼ一定とした。メガロパ以降は共食い防止のため、付着基材として220経モジ網（90×400cm）10枚を設置した。

1-3 飼育方法

1-3-1 飼育水および幼生の管理

飼育水には砂ろ過海水を使用した。換水は水槽底にストレーナーを設置し、内径75mmのホースによるサイホンで行った。飼育水量と換水率の経過は表Ⅳ-1に示したとおりである。

親ガニ収容時に50万細胞/mlになるようにナンノクロロプシスを添加した後、第2齢ゾエアから別水槽でろ過海水に施肥して発生させた天然珪藻を添加した。その後の珪藻密度を維持するため、表Ⅳ-2の肥料を適宜添加した。

水温は毎日午前11時に測定し、幼生飼育期間中の水温は23.6～25.2℃の範囲にあった。

メガロパ以降は底掃除後、底質改良材（貝殻の化石を原料とした吸着剤；商品名、スーパーグリーン；グリー

表Ⅳ-2 飼育水へ添加する植物プランクトン用肥料（大分県漁業公社国東事業場）

肥料組成	添加基準 (g/k _l)
KNO ₃	2
Na ₂ HPO ₄	0.6
Na ₂ SiO ₄	0.3
クレワット32	0.3
ビタミン混合液(B1, B2)	微量
ノリ糸状体用肥料	1

上記肥料を混合して4～5日に1回添加する。

ンカルチャー社製）を100～200g/k_lになるように散布した。

毎朝、幼生の遊泳状態を観察し、白色の透明度板を飼育水中に沈め、透明度板からの逃避力の強弱によって幼生の活力を推定した。メガロパへ脱皮した当日は、午前中活力が悪くても午後または翌日に活力が良くなる場合もあるので十分に観察を行った。飼育途中に幼生の計数は実施しなかった。

1-3-2 餌料

餌料系列と給餌基準を表Ⅳ-1に、給餌時刻を表Ⅳ-3に示した。また、ワムシとアルテミアの栄養強化方法を表Ⅳ-4に示した。

ワムシはS型で、濃縮淡水クロレラとナンノクロロプシスで培養し、ナンノクロロプシスと油脂酵母で栄養強化したものである。

アルテミアは北米産を使用し、ふ化後ドコサユグレナとマリンアルファで栄養強化した。なお、ワムシ、アルテミアの薬浴は行っていない。

アサリはガザミ種苗生産が始まる直前にミートチョッ

表Ⅳ-3 給餌時刻（大分県漁業公社国東事業場）

給餌時刻	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	M
8	AD	AD	AD	AD	AD
9	R	R	R	R	SM
10			AN	AN	AN, SM
11	AD	AD	AD	AD	AD, SM
12					SM
13					SM
14	AD	AD	AD	AD, AN	AN, AD, SM
15					SM
16					SM
17	AD	AD	AD	AD	AD, SM

R, ワムシ; AN, アルテミア; SM, アサリミンチ肉; AD, 配合飼料.

表Ⅳ-4 ワムシおよびアルテミアの栄養強化方法（大分県漁業公社国東事業場）

餌料種類	強化剤	添加基準	餌料密度 (個体/ml)	強化時間 (時間)
ワムシ	ナンノクロロブシス +油脂酵母* ¹	10kl(200万細胞/ml)/5億個体 同350g	500	24
アルテ ミア	ドコサユージェナ* ² +マリンアルファ* ³	100~150g/1~1.5億個体 同500ml	100~150	2~4

*¹協和発酵. *²秋田十條化成. *³日清サイエンス.

パーにかけてミンチ肉にし、1kgずつビニール袋に入れて冷凍保存した。冷凍したミンチ肉は投与前に18目のネットで濾して、ネットを通過したものを使用した。調餌中の洗浄は行っていない。

配合飼料は武田科学飼料社製のMBカラゲナンで、第1齢ゾエアから第1齢稚ガニまで手撒きで与えた。

飼育期間中の給餌量と残餌量、および珪藻密度の経過を表Ⅳ-5に示した。

1-4 飼育結果

ふ化幼生380万尾を収容し、第1齢稚ガニ128.8万尾を取り揚げた。生残率は33.9%、単位生産尾数は12,880尾/klであった。

1-5 取り揚げおよび出荷方法

取り揚げは排水ドレンに50×50×30cm、目合い18目の網カゴを設置し、集まった稚ガニをポリエチレン製のカゴですくい取る方法で行った。取り揚げ時の計数は重量法で行った。

出荷はトラック輸送で行い、1klのポリエチレン製活魚水槽に10~15万尾/klの基準で稚ガニを収容し、酸素通気を行った。付着基材は使用していない。輸送時間は0.5~2時間、輸送時の水温は19~20℃であった。

この事例では飼育期間中を通して比較的天候が不順であったという。このことがかえって飼育水中の珪藻の増殖維持を容易にし、その結果幼生の活力も良く、順調に飼育できたと考えられている。ただし、この事例では遮光幕を使用していないが、好天が続くと珪藻密度が高くなりガス病が発生することもあるため、開閉式の遮光幕を使用するとより管理が容易になるものと考えられる。

2 ナンノクロロブシスを添加する方法（平成6年、秋田県水産振興センター）

従来から一般的であった方法の一つで、適正な水中照度とワムシの餌料価値を維持することを目的に、幼生収容当初から毎日ナンノクロロブシスを添加する方法である。

この事例では飼育水の管理方法として、飼育開始当初から常時注水を行い、満水後は毎日少量の飼育水を排水する流水式と換水式を併用している。なお、ゾエア初期には止水換水式で行う場合もある。また、この事例では次の4点が特徴的である。

- ① 未抱卵親ガニから養成し採卵している。
- ② ふ化槽を設けず、直接法でふ化させている。
- ③ メガロパ以降の餌料として魚介肉を全く使用せず、ワムシ、アルテミアおよび配合飼料のみで飼育を

表Ⅳ-5 植物プランクトン密度、給餌量および残餌量の経過（大分県漁業公社国東事業場）

月日	日齢	齢期	生残	植物プランクトン* ¹		ワムシ* ²		アルテミア	アサリ	配合飼料
			尾数 (万尾)	密度 (万細胞/ml)	添加量 (kl)	残餌量 (個体/ml)	給餌量 (億個体)	給餌量 (億個体)	給餌量 (kg)	給餌量 (g)
6/20	0	Z ₁	380	100	2		5.28			
6/21	1	Z ₁		80	1	1.8	3.12			40
6/22	2	Z ₁		50	0	7.0	0			40
6/23	3	Z ₂		50	0	19.0	0			40
6/24	4	Z ₂			0.8	5	15.0	0		40
6/25	5	Z ₃			0.8	0	9.8	0	0.4	40
6/26	6	Z ₃			0.1	0	—	6.8	0.4	40
6/27	7	Z ₄			0.05	7	4.0	7.5	1.0	40
6/28	8	Z ₄			0.4	4	4.0	8.4	1.5	40
6/29	9	Z ₄			0.6	4	4.0	9.8	1.5	180
6/30	10	M			1.0	2	6.0	3.3	2.4	100
7/ 1	11	M			1.2		7.0		2.5	100
7/ 2	12	M			1.5			3.0	1.8	180
7/ 3	13	M			0.5			2.5	1.8	180
7/ 4	14	M			1.0			2.5	1.8	180
7/ 5	15	C ₁			1.0			2.0	1.8	180
7/ 6	16	C ₁	128.8	1.0				2.0		180
合計					25		44.2	21.7	7.2	1,600

*¹密度の左側と添加量の2日目まではナンノクロロプシスの値である。

*²ワムシの残餌量計数は給餌直前に行った。



写真Ⅳ-2 ガザミ幼生飼育水槽（秋田県水産振興センター）

行っている。

④ メガロパで分槽している。

2-1 親ガニおよびふ化

親ガニとして4月下旬に秋田県内で刺網により漁獲された未抱卵個体を搬入した。搬入後は砂敷き二重底水槽(円形FRP製;5kl)に収容し、砂ろ過海水による流水(6~7回転/日)で養成した。水温の調整は行っていない。餌料として冷凍イカナゴを1日1回夕刻に投与し、翌日残餌を取り除いた。

ふ化日は卵の顕微鏡観察により推定し、ふ化前日に親ガニを幼生飼育水槽に移槽した。ふ化は直接法で行い、幼生飼育水槽内にろ過海水を満水量の約40%に当る20klを貯め、飼育水中にワムシを5個体/mlとナンノクロロプシスを40万~50万細胞/mlになるように添加した後、ポリエチレン製のカゴ(55×39×27cm)を垂下して、その中に親ガニを1尾/槽になるよう収容した。ふ化幼生の計数は翌朝カゴごと親ガニを取り揚げてふ化を確認した後、内径40mmの塩ビパイプを用いて、10点採水の柱状サンプリングによる容積法で行った。

飼育に用いた親ガニの全甲幅は200mm、体重は670gであり、ふ化幼生収容数は120万尾であった。

2-2 飼育水槽および設備(写真Ⅳ-2)

幼生飼育には屋内角形水槽(コンクリート製でFRPコーティング;5.0×5.0×2.0m;有効水量48kl)を使用した。換水用のストレーナーは水槽中央に設置し、内径65mmホースによるサイホンで排水した。ナンノクロロプシス密度の低下時には幼生の蛸集を防ぐため、遮光率80%の遮光幕を使用した。アジテーターは設置していない。温水ボイラーと熱交換器により約24℃に加温した。

通気は折り曲げ可能なエアーストーン(直径10mm;長さ1m;商品名、エアーカーテン;ニッソー社製)4個を水槽の4角に設置して、飼育初期は弱く、成長に従って徐々に強くした。

2-3 飼育方法

2-3-1 飼育水および幼生の管理

飼育水は全て砂ろ過海水を使用し、飼育水量と換水率の経過は表Ⅳ-6に示した。幼生収容当初の水量は満水量の約40%の20klとし、第2齢ゾエアで満水量の48klになるように常時注水した。その後は毎日10~30%を排水し、満水量に対し第2齢ゾエアでは50%/日、第3齢ゾエアでは75%/日、第4齢ゾエアでは150%/日、メガロパでは225%/日の割合で常時注水した。

親ガニ収容時からナンノクロロプシスを飼育水中の密度が40万~50万細胞/mlになるように添加し、その後も50万~100万細胞/mlになるようにほぼ毎日添加した。その他、第2齢ゾエアから取り揚げ前日まで毎日サイホンによる底掃除を行った。

水質として毎朝、水温、pHおよび比重を測定した。測定結果は表Ⅳ-7に示したとおり、水温は22.0~26.7℃(平均24.0℃)、pHは8.0~8.6(平均8.23)、比重(σ_{15})は21.4~23.0(平均22.1)であった。

メガロパになった12日齢に内径65mmのホースを用いてサイホンにより分槽を行った。飼育途中の幼生の計数は行わなかった。

2-3-2 餌料

基準とした餌料系列および給餌量を表Ⅳ-6に、給餌時刻を表Ⅳ-8に示した。また、ワムシとアルテミアの栄養強化方法を表Ⅳ-9に示した。

表Ⅳ-6 基準とした餌料系列と1日の給餌量および飼育水量と換水率(秋田県水産振興センター)

餌料種類	Z ₁			Z ₂			Z ₃			Z ₄			M			C ₁		
ワムシ(個体/ml)	10																	
アルテミア(個体/ml)					0.3				0.6				0.6				0.6	
配合飼料*(g/kl)	0.6	1	1	1.5	2	3	3.5	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12	12
	A 250			A 250 + B 250			B 250 + B 400			B 400			B 400 + C 700			C 700 + C 100		
水量(kl)	20	→		48	→													
	(常時 注水)						(止水換水と流水を併用)											
換水率(回転/日)	0.15	→		0.5	→		0.75	→		1.5	→		2.25	→		4.0	→	
注水量(kl/時)	0.2	0.4	1.0				1.5			3.0	分槽		4.5			8.0		
													2.25	→		4.0	→	
	(60目)						(40目)						4.5		8.0			
ストレーナー目合い(μm)	335	→								526	→							

*協和発酵; A 250, 250 μm 以下; B 250, 250 μm 以下; B 400, 250~400 μm; C 700, 400~700 μm; 700~1000 μm.

表Ⅳ-7 飼育中の水質測定結果
(秋田県水産振興センター)

日 齢	齢 期	換水率 (回転/日)	水温 (℃)	pH	比重 σ_{15}
0	Z ₁	0.15	22.6	8.3	21.4
1	Z ₁	0.15	22.6	8.2	21.4
2	Z ₁	0.15	22.7	8.2	21.6
3	Z ₁	0.15	23.0	8.4	22.0
4	Z ₂	0.28	22.6	8.2	22.0
5	Z ₂	0.28	22.6	8.2	22.0
6	Z ₂	0.28	22.9	8.4	22.0
7	Z ₃	0.50	22.0	8.6	21.8
8	Z ₃	0.50	22.5	8.5	22.0
9	Z ₃	0.50	23.5	8.6	21.8
10	Z ₄	1.0	23.4	8.4	21.6
11	Z ₄	1.0	24.0	8.4	21.6
12	Z ₄	1.0	24.8	8.4	21.6
13	Z ₄ /M	2.0	24.6	8.1	21.8
14	M	2.25	24.5	8.0	22.2
15	M	2.25	24.2	8.0	22.6
16	M	2.25	25.2	8.0	23.0
17	M	2.25	25.3	8.0	23.0
18	M/C ₁	2.25	26.4	8.0	22.8
19	C ₁	4.0	26.5	8.0	22.6
20	C ₁	4.0	26.7	8.1	22.4
21	C ₁	4.0	26.0	8.0	22.6
平均			24.0	8.23	22.1

ワムシはS型とL型が混在したもので、ナンノクロ
ロブシスを用いて培養し、スジコ乳化油で栄養強化して
与えた。

アルテミアは北米産であり、スーパーカプセル A-1で
栄養強化して与えた。生物餌料の薬浴は行わなかった。

配合飼料は協和発酵社の初期餌料 A-250, B-250,
B-400, C-700, C-1000を粒径の小さいものから順に使
用した。

各餌料の給餌量を表Ⅳ-10に示した。なお、分槽後は
2水槽合わせた量を記載した。

2-4 飼育結果

ふ化幼生120万尾を收容し、第1齢稚ガニ45万尾を取
り揚げた。生残率は37.5%で、単位生産尾数は4,688尾
/klであった(分槽後の水量で計算)。

2-5 取り揚げおよび出荷方法

取り揚げは内径50mmの排水口にナイロン製の網カゴ
(95×55×75cm; 目合い1.0mm)を設置し、ドレンバルブ
を調整しながら稚ガニを流し込み、ステンレス製のザル
ですくい取って行った。稚ガニの計数は重量法で行った。

出荷は20lポリ袋にろ過海水を入れ酸素を十分に吹き
込み、この中に5万尾の稚ガニを收容し、ポリ袋が転が
らないように固定して車で輸送した。付着基材は使用し
なかった。輸送時間は1時間20分であった。

表Ⅳ-8 給餌時刻(秋田県水産振興センター)

給餌時刻	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	M	C ₁
8:30	AD	AD	AD	AD	AD	AD
9:30	AD	AD	AD	AD	AD	AD
10:30	R	S	R, AD	AD	AD	AD
11:50	AD	AD	AD	AD	AD	AD
13:00	AD	AD	AD	AD	AD	AD
14:00	R	R	R			
16:00			AN	AN	AN	AN

R, ワムシ; AN, アルテミア; AD, 配合飼料。

表Ⅳ-9 ワムシおよびアルテミアの栄養強化方法
(秋田県水産振興センター)

餌料種類	強化剤	添加基準	餌料密度 (個体/ml)	強化時間 (時間)
ワムシ	すじこ乳化油*1	6g/億個体	400~800	4~8
アルテミア	スーパーカプセルA-1*2	200ml/kl	100~200	5

*1日清サイエンス

*2クロレラ工業。

表Ⅳ-10 給餌量の経過（秋田県水産振興センター）

月日	日齢	齢期	生残* ¹ 尾数 (万尾)	ナンノクロロ* ² プシス添加量 (kl)	ワムシ 給餌量 (億個体)	アルテミア 給餌量 (億個体)	配合飼料 給餌量 (g)
7/ 3	0	Z ₁	120	0.5	1		
7/ 4	1	Z ₁		0	1		
7/ 5	2	Z ₁		0	2		12
7/ 6	3	Z ₁		1	5		20
7/ 7	4	Z ₂		1	5		40
7/ 8	5	Z ₂		1	5		60
7/ 9	6	Z ₂		1	5	0.19	80
7/10	7	Z ₃		1	5	0.19	125
7/11	8	Z ₃		2		0.45	150
7/12	9	Z ₃ /Z ₄		1		0.48	200
7/13	10	Z ₄		2		0.45	250
7/14	11	Z ₄		2.5		0.56	600
7/15	12	Z ₄ /M		2.5		0.6	650
7/16	13	M		3		0.76	750
7/17	14	M		3		0.64	850
7/18	15	M		3		0.69	725
7/19	16	M		3		0.44	850
7/21	17	M/C ₁		3		0.52	950
7/22	18	M/C ₁		3		0.45	1,050
7/23	19	C ₁		3		0.53	1,150
7/24	20	C ₁		3		0.5	1,200
7/25	21	C ₁ /C ₂				0.46	1,250
7/26	22	C ₁ /C ₂	45				
合計				36.5	29	7.91	10,962

*¹ 12日目に分槽した。分槽後の各値は2槽分の合計を示した。なお、餌料密度の計数は行っていない。

*² 2000万細胞/ml程度である。飼育水槽中の密度は未測定であるが50万～100万細胞/ml程度であった。

本方法の特徴としては、以下の2点が挙げられる。まず、ふ化を直接法で行っている。直接法の短所はⅠ-3-6-2「ふ化方法の分類と特徴」で述べられているとおりであり、収容密度の調整が困難なことであるが、この事例では分槽により対応している。次いで、メガロパ以降の餌料として配合飼料のみを使用していることであり、魚介肉の調餌の手間を考えると大きな省力化につながる。今後、自動給餌器を導入することによりさらなる省力化が可能と考えられる。

3 *Chaetoceros calcitrans* を添加する方法（平成3年，長崎県水産試験場島原分場）

ふ化幼生収容時から浮遊珪藻の *Chaetoceros calcitrans* を添加し、ガザミ幼生の栄養要求を直接的および間接的に満たすことを期待する方法である。

この方法により、本機関ではここ数年の単位生産尾数が10,000尾/kl以上と安定した好成績を収めている。留意点としては、第3齢ゾエアまで飼育水中の珪藻密度を5万細胞/ml以上で維持することが挙げられる。この飼育例では *Chaetoceros calcitrans* の添加は飼育当初だけであるが、飼育水中の珪藻密度の維持は地先海水の水質や天候にも影響されるため、他機関で同様の方法を用いる場合には、幼生飼育期間中も適宜 *Chaetoceros calcitrans* を添加できるように別途培養しておく方が、より確実であると思われる。

3-1 親ガニおよびふ化

親ガニは地元の長崎県島原地先で小型底曳網により漁獲された黒色外卵を持つ抱卵個体を使用した。搬入後はふ化直前まで500lポリエチレン水槽に収容した。ふ化

までの養成は砂ろ過海水による流水で行い、通気、無加温、無給餌条件とした。

ふ化は1klポリカーボネイト水槽に親ガニ1尾を収容し、止水、通気、無加温下で行った。ふ化槽には真菌症の予防として、ホルマリンを25ppmになるよう添加した。ふ化幼生数の推定は容積法で行い、ふ化槽内を攪拌して、10ml容量分を6回計数し、単位水量当たりの尾数を求めた。ふ化幼生の飼育水槽への収容は、内径35mmのホースによるサイホンで行った。

飼育に用いた親ガニの体重は530gであり、ふ化幼生数は180万尾であった。

3-2 飼育水槽および設備

幼生飼育には屋外形形水槽（コンクリート製；5×5×2m；有効水量45kl）を使用した。加温装置とアジーターはない。遮光幕は遮光率50～90％で、晴天時にpHの上昇を防ぐために使用した。通気には内径13mmの塩ビパイプ25mに直径1mmの穴を50cm間隔で開けて使用し

た。通気量は第1齢ゾエアでは弱く、第2齢ゾエア以降は強くした。メガロパでは共食いを防ぐため、付着基材としてナイロン網（5×1.5m）10枚を飼育水中に垂下した。

3-3 飼育方法

3-3-1 飼育水および幼生の管理

飼育水には全て砂ろ過海水を使用した。幼生収容時から満水とし、第2齢ゾエアまでは止水、第3齢ゾエアから流水とした。飼育水量と換水率の経過は表IV-11に示したとおりであった。

幼生収容前から別水槽で培養した *Chaetoceros calcitrans* を飼育水へ添加して増殖させておき、流水を始める第3齢ゾエアまで5万細胞/ml以上を維持した。なお、*Chaetoceros calcitrans* の培養方法は表IV-12に示すとおりである。

水質は毎日午前9時に水温、pH、比重、および塩分を測定した。幼生飼育中の水質測定結果を表IV-13に示

表IV-11 基準とした餌料系列と1日の給餌量および飼育水量と換水率（長崎県水産試験場島原分場）

餌料種類	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	M	C ₁
ワムシ(個体/ml)	5～6					
アルテミア(個体/ml)	1					
オキアミミンチ(g/kl)	2					
配合飼料*(g/kl)	4					
水量(kl)	45					
換水率(回転/日)	0	0.7				
		(40目)				
		(24目)				
		(14目)				
ストレーナー目合い(μm)		526				
		924				
		1,570				

*表IV-15を参照。

表IV-12 *Chaetoceros calcitrans* の培養方法（長崎県水産試験場島原分場）

拡大順	培養器容量	培地の滅菌方法	添加肥料	肥料添加量 (ppm, mg/l)	植え継ぎ密度 (細胞/ml)	期間 (日間)	備考
1	3～5l	オートクレーブ 121℃・5分間	タカラ培養液*	1000	1～3万	10	0.45μm ミリボアフィルターでろ過して通気
2	100l	塩素10ppm 24時間後中和	タカラ培養液	1000～2000	1万以上	5～10	200万～300万細胞/mlまで培養
3	50kl	塩素10ppm 24時間後中和	尿素 硫安 メタ珪酸ナトリウム 過磷酸石灰 クレファット32	20 100 2 20 5	0.2～1万	5～10	100l2面分を50klに植え継ぐ

*宝酒造。

表Ⅳ-13 飼育中の水質測定結果
(長崎県水産試験場島原分場)

日齢	齢期	換水率 (回転/日)	水温 (℃)	pH	比重 σ_{15}	塩分 S (%)
0	Z ₁	0	26.0	8.57	18.0	27.8
1	Z ₁	0	26.0	8.60	17.9	27.1
2	Z ₁	0	26.0	8.70	17.2	27.0
3	Z ₂	0	25.6	8.65	17.3	26.5
4	Z ₂	0	24.2	8.75	16.5	25.6
5	Z ₃	0.5	24.1	8.65	16.6	24.7
6	Z ₃	0.5	24.0	8.65	16.4	24.7
7	Z ₃	0.5	24.8	8.55	16.2	24.8
8	Z ₄	0.7	23.6	8.00	16.3	24.5
9	Z ₄	0.7	23.0	7.92	16.1	24.1
10	Z ₄	0.7	22.8	7.95	16.3	24.1
11	Z ₄	0.7	21.5	8.05	17.3	26.2
12	Z ₄ /M	0.7	21.1	8.05	17.1	24.8
13	M	0.9	21.5	7.95	17.2	24.9
14	M	1.5	22.0	8.00	17.4	25.4
15	M	1.5	22.5	7.95	18.3	26.8
16	M	2.0	22.5	7.95	18.4	26.4
17	M	2.0	22.3	7.95	18.0	26.4
18	M/C ₁	2.0	22.0	7.93	18.0	26.4
19	C ₁		23.0	7.95	17.1	25.5
平均			23.4	8.23	17.2	25.6

表Ⅳ-14 給餌時刻 (長崎県水産試験場島原分場)

給餌時間	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	M
8			AD	AD	AD
9					KM
10	R	R	R, AD	AD	AD
11					
12			AD	AD	KM
13					
14		AN	AN	AN	
15					KM
16					
17					AN

* R, ワムシ; AN, アルテミア; KM, オキアミミンチ肉; AD, 配合飼料.

した。水温は21.1~26.0℃ (平均23.4℃), pHは7.92~8.75 (平均8.23), 比重 (σ_{15}) は16.1~18.4 (平均17.2), 塩分は24.1~27.8‰ (平均25.6‰) であった。

飼育期間中の幼生の計数は内径50mmの塩ビパイプを用

い, 24点採水による柱状サンプリングで行い, 各齢期ごと日中に実施した。

3-3-1 餌料

餌料系列と1日の給餌基準を表Ⅳ-11に, 給餌時刻を表Ⅳ-14に示した。

ワムシは濃縮淡水クロレラで培養し, アルテミアは北米産で, いずれも栄養強化および薬浴は行わなかった。

オキアミはスライサーで2mm程度の細片にしたものを使用した。配合飼料は甲殻類用や魚類用の数種類を混用し, 粒径が250~1,200 μm のものを第3齢ゾエアからメガロパまで順次粒径を大きくして与えた。

給餌量と残餌量および珪藻密度の経過を表Ⅳ-15に示した。

3-4 飼育結果

ふ化幼生180万尾を収容し, 第1齢稚ガニ111.7万尾を取り揚げた。生残率は62.0%で, 単位生産尾数は24,822尾/klであった。

3-5 取り揚げおよび出荷

取り揚げは排水ドレンに目合い14目の網カゴ (60×40×30cm) を設置して, その中に排水とともに入った稚ガニを適宜熱帯魚用のタモ網 (目合い1mm) ですくい取る方法で行った。稚ガニの計数は重量法で行った。

出荷は活魚用角形FRP水槽 (700l~1kl) に20万尾/klの稚ガニを収容し, トラックで輸送した。付着基材は使用せず, 輸送中にはブローアによる空気通気を行った。輸送時間は30分間で, その間に水温調整は行わなかった。

本機関では平成元年まで添加珪藻として天然珪藻を使用してきたが, 飼育例ごとに珪藻の種類が一定せず増殖も不安定であり, 単位生産尾数も現在に比べて低密度であった。しかし, 平成2年以降 *Chaetoceros calcitrans* を使用するようになってから, 安定した好成績を続けている。*Chaetoceros calcitrans* の添加効果としては, 水質の安定化よりもゾエア幼生が直接摂取して栄養的な改善に役立つものと考えられている。

配合飼料は甲殻類用の他に魚類用のものが混用されていることから, 特に甲殻類用に開発された飼料でなくても十分使用可能と思われる。

4 流水方式で淡水クロレラを添加する方法 (平成7年, 岡山県水産試験場栽培漁業センター)

「水作り」を行わず, 水中照度の制御と飼育水中のワムシの餌料として, 濃縮淡水クロレラを飼育水へ毎日添

表Ⅳ-15 珪藻密度、給餌量および残餌量の経過（長崎県水産試験場島原分場）

月日	日齢	齢期	生残		ワムシ*1		アルテミア*1		オキアミ	配合飼料*2
			尾数 (万尾)	珪藻密度 (万細胞/ml)	残餌量 (個体/ml)	給餌量 (億個体)	残餌量 (個体/ml)	給餌量 (億個体)	給餌量 (kg)	給餌量 (g)
6/12	0	Z ₁	180	14.0		3.1				
6/13	1	Z ₁		17.4	8.0	0				
6/14	2	Z ₁		16.4	6.0	0				
6/15	3	Z ₂	180	17.0	3.0	0				
6/16	4	Z ₂		16.0	2.0	0		0.2		
6/17	5	Z ₃	180	15.0	2.0	0	0.4	0.2		
6/18	6	Z ₃		14.2	0	0	0.6	0.3		60
6/19	7	Z ₃		15.3	0	0	1.5	0.7		250
6/20	8	Z ₄	140	3.2			1.5	0.7		200
6/21	9	Z ₄		0			1.7	0.8		200
6/22	10	Z ₄					3.1	1.4		200
6/23	11	Z ₄					2.6	1.2		300
6/24	12	Z ₄ /M					2.2	1.0	5.0	350
6/25	13	M	140				2.2	1.0	4.0	300
6/26	14	M					2.2	1.0	4.0	600
6/27	15	M					2.2	1.0	5.0	300
6/28	16	M					2.2	1.0	5.0	650
6/29	17	M					2.0	0.9	5.0	
6/30	18	M/C ₁					2.0	0.9	5.0	
7/1	19	C ₁	111.7							
合計						3.1		12.3	33.0	3,410

*1 残餌量計数は給餌直前に行った。

*2 Z₃には協和発酵製C400 (250~400μm), Z₄にはクルマエビ用ラブラーバ2 (400~700μm), Mにはオリエンタル酵母製トラフグ4号 (1200μm) を与えた。

加し、流水で飼育する方法である。

淡水クロレラそのものはガザミ幼生の栄養を充たしていないと考えられるため、給餌するワムシは油脂酵母で栄養強化している。また、ゾエア初期から微粒子配合飼料を積極的に使用して、栄養補強を図っている点も特徴的である。この方法は飼育水中の生物学的・非生物的環境の維持を植物プランクトンの増殖の良否に頼らないため、地先海水の水質等に影響され難く、再現性も高いものと考えられる。

4-1 親ガニおよびふ化

親ガニは岡山県西部に水揚げされた抱卵個体であった。搬入後は厚さ5~10cmの砂敷きFRP水槽に収容した。養成は砂ろ過海水による流水で行い、通気、無給餌、無加温条件下で管理した。

ふ化前日の夕方に、1klの黒色ポリエチレン水槽に親ガニを1尾ずつ収容し、通気を施して止水で管理した。

ふ化槽にはワムシを40~50個体/mlになるよう投与した。ふ化した幼生は卵殻や未ふ化卵等を沈殿させてサイホンで除去した後に容積法で計数した。飼育水槽への収容は顕微鏡観察で幼生に異常のないことを確認した後、内径50mmのホースによるサイホンで行った。なお、ふ化幼生をふ化槽内に長時間入れたままにしておくと幼生の活力が低下すると考えられるため、24時以降にふ化した幼生を飼育に用いることとし、収容作業は早朝6時から行った。

使用した親ガニは全甲幅が184mm、体重が470gであり、収容したふ化幼生数は314.9万尾であった。

4-2 飼育水槽および設備（写真Ⅳ-3）

幼生飼育には屋内八角形水槽（コンクリート製；底面積80m²；有効水量120kl）を使用した。アジテーターは翼長9mで、その回転数は飼育開始時には0.5回転/分とし、その後徐々に上げてメガロパ以降は1回転/分とし

た。温水ボイラーと熱交換器を使用して24℃程度に加温した。遮光率95.9%の遮光幕は通常は閉めておき、曇天の日には開けて光量を調節した。通気はエアーストーンとパイプ式を併用し、エアーストーンは角形4.8×4.8×17cmのもの2個で、パイプ式は塩ビパイプ（内径20mmと30mm）約60mを底面に網目状に配管し、そのうち22ヶ所にエア分散ホース（内径30mm×1m）を接続して使用した。

4-3 飼育方法

4-3-1 飼育水および幼生の管理

飼育水には砂ろ過海水を使用した。ふ化幼生収容時の水量は満水量の67%に当たる80klとし、徐々に増水して第2齢ゾエアで100klにした後微流水とした。飼育期間中の換水率を表Ⅳ-16に示した。

水温とpHを午前10時に測定した結果、水温は22.6～24.7℃（平均24.1℃）、pHは8.01～8.31（平均8.14）であった。幼生収容直後に濃縮淡水クロレラを1l添加し、その後出荷前日まで0.5～2lずつ添加した（ゾエア期には午前1回、メガロパ期以降は午前と午後）。飼育途中の幼生の計数は行わなかった。

4-3-2 餌料

基準とした餌料系列を表Ⅳ-16に、給餌時刻を表Ⅳ-17に示した。

ワムシはナンノクロロプシスおよびパン酵母で培養し、餌料として使用する前の2日間は油脂酵母を与えた。収穫後はニフルスチレン酸ナトリウム（1mg/l）で2時

間の薬浴を行った。

アルテミアは北米産を使用し、ふ化槽に収容して17時間後にニフルスチレン酸ナトリウムを添加（1mg/l）して薬浴を行い、その7時間後に収穫して給餌した。

アミはスライサーで1mm幅に切断し、60目の網地に残った細片を20kg単位で-25℃の冷凍庫に保管した。アミミンチ肉は使用する前日に解凍して用いた。

配合飼料はゾエア初期では粒径250μmのもので、成長に応じて徐々に粒径を大きくした。給餌は全て自動給餌器で行った。

給餌量と残餌量の経過を表Ⅳ-18に示した。

4-6 飼育結果

ふ化幼生314.9万尾を収容し、第1齢稚ガニ97.5万尾を取り揚げた。生残率は31.0%、単位生産尾数は8,125尾/klであった。

4-5 取り揚げと出荷

取り揚げは排水ドレンに防虫ネットを木枠に張って作成した網カゴをセットし、排水とともに入った稚ガニをタモ網ですくい取る方法で行った。稚ガニの計数は重量法により行った。

出荷は1klのタンクを用いて行い、トラックによる約2時間の輸送を行った。輸送時は付着基材としてノリ網を1枚/槽の割合で入れ、酸素通気を行った。輸送中の水温の調節は行わなかった。輸送時の収容数は70万尾/kl以内に設定した。



写真Ⅳ-3 ガザミ幼生飼育水槽（岡山県水産試験場栽培漁業センター）

表Ⅳ-16 基準とした餌料系列と1日の給餌量および飼育水量と換水率
(岡山県水産試験場栽培漁業センター)

餌料種類	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	M	C ₁
ワムシ(個体/ml)	5					
アルテミア(個体/ml)	0.3~0.6 0.6~1.0 1.4~2.0					
アミミンチ肉(g/kl)	10~20					
配合飼料*(g/kl)	2.0	2.0	3.0	3.0	3.0	
	B250	B250	B400	B400	C700	
水量(kl)	80	100			120	
換水率(回転/日)	0	0.2	0.3	0.5	0.6	0.8 1.0 1.5
	(40目)				(24目)	
ストレーナー目合い(μm)	526				924	

*協和発酵；B250, 250 μm 以下；C400, 250~400 μm, ；C700, 400~700 μm.

表Ⅳ-17 給餌時刻(岡山県水産試験場栽培漁業センター)

給餌時刻	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	M	C ₁
≤6	A D	A D	A D	A D	A D	A D
7	A D	A D	A D	A D	A D	A D
8						
9	A D	A D	A D	A D	A D, MM	A D, MM
10	R	R	R	R		
11	A D	A D	A D	A D	A D, MM	A D, MM
12						
13	A D	A D	A D	A D	A D	A D
14						
15	A D	A D	A D	A D	A D, MM	A D
16	R	R	A N	A N	A N	MM
17	A D	A D	A D	A D	A D	A D
18≤	A D	A D	A D	A D	A D	A D

R, ワムシ；A N, アルテミア；MM, アミミンチ肉；A D, 配合飼料.

天候に左右されず、また、担当者の経験や勘に頼らず生産できるようにマニュアル化を意識して開発された方法である。配合飼料の給餌に自動給餌器を用いることや、アミの調餌も幼生飼育開始前に行い冷凍保存することにより省力化が図られている。

5 流水方式で食用色素を添加する方法(平成5年, 広島市水産振興協会)

飼育水の水色を物理的要因、すなわち水中照度の低下が幼生の蛸集や共食い防止に役立つものと捉え、飼育水がクロレラと同様の緑色をしていれば良いという考え方で採用された方法である。

飼育方法は「流水方式で淡水クロレラを添加する方法」と基本的に似ているが、淡水クロレラの代わりに水色の

濃淡が自在に調整できる食用色素を用いるのが特徴的であり、濃縮淡水クロレラを飼育水へ添加した場合にみられるような溶存酸素量の低下がない。その他、飼育方法の特徴としては塩素で殺菌した海水を使用している点と、生物餌料を全て栄養強化および薬浴している点である。これらのことにより、病害生物の侵入を阻止することができると同時に、取水する地先海水内の植物プランクトン等に影響されない飼育となるため、他の生産施設でも同様の飼育結果が期待できる手法となっている。

5-1 親ガニおよびふ化

親ガニは近隣の活魚店より購入した未抱卵個体を使用した。搬入後は屋内角形水槽(有効水量5kl)に収容した。養成にはアンセラサイト加圧式急速ろ過装置でろ過

表IV-18 給餌量と残餌量の経過（岡山県水産試験場栽培漁業センター）

月日	日齢	齢期	生残	淡水クロレラ	ワムシ*				アルテミア	アミ	配合飼料
			尾数 (万尾)	添加量 (l)	残餌量 (個体/ml)	給餌量 (億個体)			給餌量 (億個体)	給餌量 (kg)	給餌量 (g)
6/ 4	0	Z ₁	314.9	1.0	4.0	4.0	0.8				120
6/ 5	1	Z ₁		0.5	2.0	3.25	1.8	0.9			160
6/ 6	2	Z ₁		0.5	3.25	3.5	1.4	1.5			160
6/ 7	3	Z ₂		0.5	1.25	3.5	3.6	1.5			185
6/ 8	4	Z ₂		1.0	0	2.5	5.0	2.5			200
6/ 9	5	Z ₂ /Z ₃		1.5	2.25	4.0	3.2	2.0	0.4		225
6/10	6	Z ₃		1.5	3.0		2.1		0.65		263
6/11	7	Z ₄		1.5	2.0		3.0		0.6		300
6/12	8	Z ₃ /Z ₄		1.5	0.5		3.4		0.69		300
6/13	9	Z ₄		2.0	0.5		4.7		0.77		300
6/14	10	Z ₄		1.5	1.0		4.9		1.06		330
6/15	11	Z ₄ /M		2.0	1.5		4.2		1.4	1.5	350
6/16	12	M		2.0					1.5	2.1	345
6/17	13	M		2.0					1.93	2.1	315
6/18	14	M		2.0					1.82	2.1	340
6/19	15	M/C ₁		2.0					1.66	2.1	415
6/20	16	M/C ₁		1.8					1.31	1.5	450
6/21	17	C ₁	97.6	1.5						0.8	360
合計				26.3			50.5		13.79	12.2	5,118

*給餌はZ₂までは午前（左列）と午後（右列）の2回に分けて行い、残餌量は給餌直前に計数した。

した海水を18～22℃に調温して用いた。養成は20～30回転/日の流水で行い、ふ化まで無通気とした。餌料にはカキとムラサキガイを使用した。

ふ化時の水温が上昇しすぎないように、ふ化槽の500lポリカーボネイト水槽を、ろ過海水を通水してウォーターバスとした1kl水槽の中に置いた。ふ化槽へ親ガニを1尾/槽になるように収容し、止水、微通気としてワムシを50個体/mlになるように投与した。ふ化幼生のうちパッチを形成している幼生のみを100l水槽に移し、撪拌後100ml容量を3回採取して計数した後、バケツですくい取って飼育水槽に収容した。幼生収容時にはふ化槽と収容する飼育槽との水温差を0.2℃以下に抑えることと、幼生が一部分に集中しないように分散して収容することに留意している。ふ化幼生の収容数は73万尾であった。

5-2 飼育水槽および設備

幼生飼育には屋内角形水槽（3.7×4.6×1.5m；有効水量25kl）を使用した。アジテーターは設置していない。加温にはチタン棒状ヒーターを使用した。遮光幕は施設側面の窓のみに設置し、水槽上面には設置していない。

通気は角形エアーストーン（170×45×45mm）6個により行った。

5-3 飼育方法

5-3-1 飼育水および幼生の管理

飼育水は全てアンセラサイト加圧式急速ろ過装置でろ過した海水を塩素0.5～1ppmで殺菌した後、曝気して使用した。飼育水量は当初から満水量の25klとし、換水方法として溶存酸素量（DO）やpH等の水質の安定化と、細菌類やゴミ等を流出させるため、流水式を採用した。飼育水量と換水率の経過を表IV-19に示した。

水中懸濁物として食品添加物（色素）を使用した。食用青色1号と食用黄色3号を1：2の割合で混用し飼育水へ添加すると、濃縮淡水クロレラ様の緑色を呈する。飼育水槽への食用色素の添加は、あらかじめ500lポリカーボネイト水槽で溶解させたものを内径15mmのホースによるサイホンで1日に2～3回に分けて行った。換水率と食用色素の添加量の経過は表IV-20に示したとおりであった。

水質は毎日13時に、水温、pH、DO、塩分を測定し、飼育期間中の測定結果は水温が23.6～27.5℃、pHが

9.06～9.31, DOが6.2～7.4mg/l, 塩分は26～32‰であった。

その他, メガロバになった10日齢で内径50mmのホースによるサイホンで分槽した。なお, 分槽によるへい死はみられなかった。飼育途中の幼生の計数は行っていない。

5-3-2 餌料

餌料系列と給餌基準を表Ⅳ-19に, 給餌時刻を表Ⅳ-21に示した。また, ワムシとアルテミアの栄養強化と薬浴方法を表Ⅳ-22に示した。

ワムシはS型とL型が混在したもので, 濃縮淡水クロレラと油脂酵母レッドで培養したものを6～18時間ナンクロクロブシスと油脂酵母で栄養強化した。栄養強化中にはニフルスチレン酸ナトリウム (2 mg/l) で薬浴した。

アルテミアは北米産で, ふ化槽には卵収容と同時にニフルスチレン酸ナトリウム (2 mg/l) を添加して薬浴した。

オキアミは目合い2 mmまたは6 mmのミートチョッパーにかけたものを目合い70 μ m のネットに受けて海水で洗浄し, さらに脱水したものを冷凍保存して使用した。

飼育期間中の給餌量と残餌量の経過を表Ⅳ-23に示した。

5-4 飼育結果

ふ化幼生73万尾を収容し, 第1 齢稚ガニ27.6万尾を取り揚げた。生残率は37.8%, 単位生産尾数は5,520尾/klであった (2槽分の水量で算出)。

5-5 取り揚げおよび出荷

取り揚げは木枠 (100×50×20cm) の底に30目の網を

表Ⅳ-20 換水率と食用色素の添加量の経過
(広島市水産振興協会)

日 齢	換水率 (回転/日)	食用色素の添加量 (g) *			
		朝	昼	夕	計
0	0.4	1.8			1.8
1	0.4	1.4	1.0		2.4
2	0.6	2.6	1.0		3.6
3	0.6	2.25	1.5		3.75
4	0.8	3.0	1.5		4.5
5	1.0	3.0	1.5		4.5
6	1.2	3.0	1.5		4.5
7	1.4	4.2	2.1		6.3
8	1.6	4.8	2.4	4.8	12.0
9	1.8	5.4	2.4	5.4	13.2
10	2.0	6.0		6.0	12.0
11	2.4	9.0	3.0	9.0	21.0
12	2.8	9.0	6.0	9.0	24.0
13	2.8	9.0	7.5	12.0	28.5
14	2.8				

*食用色素は黄色3号：青色1号＝2：1に混合した重量。

張ったものを, 排水ドレン (内径100mm) の下に設置して稚ガニを受け, 溜まった稚ガニを適宜タモ網ですくい取る方法で行った。稚ガニの計数は重量法により行った。

出荷は海水を入れた10l ビニール袋に稚ガニ3,000～4,000尾/lを収容し, 付着基材としてキンランを1袋当たり1本入れて酸素を封入する方法で行った。輸送は船外機付きボートで行い, 輸送時間は30～40分であった。

この飼育事例では日中の照度が高い時に飼育水中の照度を低く安定させることが困難であったことから, 色素

表Ⅳ-19 基準とした餌料系列と1日の給餌量および飼育水量と換水率 (広島市水産振興協会)

餌料種類	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	M	C ₁
ワムシ(個体/ml)	10～20					
アルテミア(個体/ml)	0.2	0.4～0.7	1.2～1.5	2.0	2.4	
アミミンチ肉(g/kl)	50～90					
水量(kl)	25					
換水率(回転率/日)	0.4	0.6	0.8 1.0 1.2	1.4 1.6 1.8	2.0 2.4 2.8	
					分槽	
					↓	2.4 2.8
	(50目)				(30目)	
ストレーナー目合い(μ m)	442	761				

表IV-21 給餌時刻（広島市水産振興協会）

給餌時刻	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	M	C ₁
9:00	R	R	R	R	KM	KM(30)
9:30	N					
10:30	AN	AN	AN	AN	AN	
12:00					KN	
13:00					AN	KM(30)
14:30	R	R	R	R		
15:00					AN	
16:30	AN	AN	AN	AN		
17:00					KM	KM(40)

R, ワムシ; AN, アルテミア; KM, アミミンチ肉 (数字は1日の総給餌量に占める割合%).

表IV-22 ワムシの栄養強化方法（広島市水産振興協会）

餌料種類	強化剤	添加基準	餌料密度 (個体/ml)	強化時間 (時間)
ワムシ	ナンノクロロプシス	1,500万細胞/ml	1,000	6
	+油脂酵母*	0.5 g/100万個体	200~800	18

*協和発酵.

表IV-23 給餌量と残餌量の経過（広島市水産振興協会）

月日	日 齢	齢期	生残*1	ワムシ*2				アルテミア*2			アミ
			尾数 (万尾)	残餌量 (個体/ml)	給餌量 (億個体)		給餌量 (億個体)			給餌量 (kg)	
7/22	0	Z ₁	73	-	7.0	2.5	1.5				
7/23	1	Z ₁		14.25	13.5	1.0	1.5	0.025	0.025		
7/24	2	Z ₁		12.75	14.5	1.0	1.5	0.03	0.04		
7/25	3	Z ₂		6.0	12.0	2.5	1.5	0.05	0.07		
7/26	4	Z ₂		2.0	7.75	3.3	2.5	0.07	0.09		
7/27	5	Z ₃		6.5	12.25	3.0	1.7	0.06	0.06		
7/28	6	Z ₃ /Z ₄		3.0	4.75	3.5	3.5	0.15	0.15		
7/29	7	Z ₃ /Z ₄		0.5	2.25	4.4	4.2	0.2	0.2		
7/30	8	Z ₄		0.75	3.5	4.5	5.0	0.2	0.3		0.1
7/31	9	Z ₄		5.0	6.75	3.1	3.0	0.2	0.4		0.2
8/ 1	10	M						0.4	0.4	0.4	1.7
8/ 2	11	M						0.44	0.44	0.44	1.55
8/ 3	12	M						0.5	0.255	0.5	2.2
8/ 4	13	M						0.6		0.6	2.8
8/ 5	14	C ₁	27.6								
合計					54.7			7.295			8.55

* 11日目に分槽した. 分槽後の各値は2槽分の合計を示した.

* ワムシ, アルテミアの給餌は午前(左列)と午後(右列)の2回に分けて行い, ワムシの残餌計数は給餌前に行った. また, M期におけるアルテミアの給餌は3回に分けて行った.

添加量を増すか、あるいは水槽上面にも開閉式の遮光幕を設置して遮光する必要があると考えられている。屋内水槽の方が管理しやすい方法と思われる。

6 細菌を添加する方法（バイオコントロール法） （平成6年、日本栽培漁業協会玉野事業場）

日本栽培漁業協会玉野事業場は、従来から水作り素材として微生物フロックを使用する方法を採用し、好成績をあげてきた。しかしながら、フロックの生産条件（使用された海水の水質、水温、施肥量、通気量等）によって、生産されるフロックの内容はその都度変化し、安定しなかった。一般に微生物フロックを使用して生産したガザミ種苗は活力に優れているが、飼育成績は必ずしも安定せず、時にはフロックが結果的に好ましからぬ影響を与えていると判断されることもあった。そこで、より安定して種苗を量産でき、大量への死の発生を抑制できる「水作り」として考えられたのが、このバイオコントロール法である。具体的には、ガザミ幼生に有益な細菌（PM-4株）を培養して幼生飼育開始時から飼育水に添加するとともに、植物プランクトンとして別途培養した珪藻（*Chaetoceros calcitrans*）を添加する方法である。

6-1 親ガニおよびふ化

親ガニは小型底曳網で漁獲された抱卵個体を岡山県内の漁業協同組合から搬入した。搬入後は砂を敷いていない2kIFRP水槽に収容し、水温を17～23℃の範囲で調整することによってふ化日の同調化を行った。養成は砂ろ過海水による流水で行い、通気、無給餌下で管理した。

ふ化槽として700IFRP水槽を用い、ろ過海水550lを入れて親ガニを1尾ずつ収容した。ふ化槽へはワムシを20個体/mlになるように投与し、真菌症対策としてホルマリンを25ppmになるように添加した。ふ化槽へはエアーストーン1個により通気を行った。ふ化幼生数は卵塊重量とふ化幼生数の関係式から推定した。ふ化幼生の収容は内径50mmのホースによるサイホンで行った。ふ化幼生の収容尾数は530万尾であった。

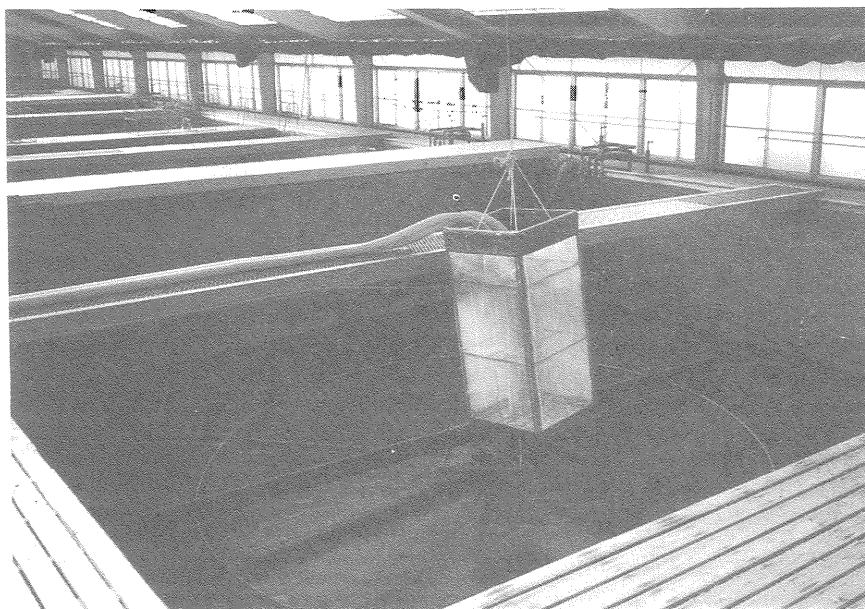
6-2 飼育水槽および設備（写真Ⅳ-4）

幼生飼育には屋内角形水槽（コンクリート製；10×10×2m；有効水量200kl）を使用した。アジテーター（翼長8m）の回転数はゾエア期間中は0.7回転/分、メガロパでは1回転/分とした。飼育水温は温水ボイラーで23～24℃になるよう調節した。遮光幕は開閉式であり、その遮光率は90%であった。通気はパイプ式で行い、直径1mmの穴を10cm間隔で開けた塩ビパイプ（内径16mm）23mを底面に円状に配管した。

6-3 飼育方法

6-3-1 飼育水および幼生の管理

開始時の飼育水として、砂ろ過海水を塩素（5ppm）で殺菌後、チオ硫酸ナトリウムで中和したものを使用した。飼育水量と換水率の経過を表Ⅳ-24に示した。飼育水量はふ化幼生収容時には満水量の75%に当たる150klとし、徐々に増水して第2齢ゾエア最終日までに満水量の200klとした。その後、ゾエア期間中は止水換水式で10～35%/日の割合で換水を行い、メガロパからは約1



写真Ⅳ-4 ガザミ幼生飼育水槽（日本栽培漁業協会玉野事業場）

回転/日の流水を行った。

珪藻 (*Chaetoceros calcitrans*) はふ化幼生収容時のみ飼育水中の密度が500~1,000細胞/mlになるよう添加し、ナンノクロプスはメガロパ以降に2,000万細胞/mlのものを3klずつ4日間添加した。

細菌は表IV-25のとおり培養したものを、ふ化幼生収容時から第3齢ゾエア最終日まで8日間、毎朝10時に添加した。

水質として水温、pH、比重を7時と15時に、アンモニア態窒素を7時に測定した。水質測定結果は表IV-26に示したように、水温は22.0~24.5℃ (平均23.9℃), pHは7.74~8.28 (平均8.00), 比重 (σ_{15}) は22.0~24.7 (平均23.0), アンモニア態窒素濃度は0.00~0.99mg/l (平均0.25mg/l) であった。

飼育期間中の幼生の計数は第4齢ゾエアの1日目 (日没1時間後), メガロパの1日目と2日目 (日没1時間後), 第1齢稚ガニ (日中) の計4回行った。第4齢ゾエアとメガロパの計数は、内径50mmの透明アクリルパイプを用いた11点採水による柱状サンプリングで行い、第1齢稚ガニでは柱状サンプリング (5点採水) とコドラー

ト法 (10×10cm; 水槽側面4点と底面6点) を併用して行った。

6-3-2 餌料

餌料系列と給餌基準を表IV-24に、給餌時刻を表IV-27に示した。

ワムシはナンノクロプシスとパン酵母, あるいは淡水クロレラと油脂酵母で培養し、栄養強化槽への収容1日前に油脂酵母で培養した。栄養強化は、表IV-28に示したとおり行った。薬浴は行わなかった。アルテミアは北米産で、栄養強化および薬浴ともに行わなかった。

魚介肉としてアミとアサリを使用した。アミはミニスーパーカッターで1~2mmに細断後、150目のネットで振とうさせながら淡水で洗浄・脱水した。アサリはミートチョッパー (3分目; 目合い9.6mm) にかけた後、2mm目合いのネットを通過させ、150目のネットで受け、淡水で洗浄・脱水した。

給餌量と残餌量の経過を表IV-29に示した。

表IV-24 基準とした餌料系列と1日の給餌量および飼育水量と換水率 (日本栽培漁業協会玉野事業場)

餌料種類	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	M	C ₁
ワムシ (個体/ml)	7	12	12	15		
アルテミア (個体/幼生1尾)			20	40		
アミンチ肉 (g/幼生1万尾)					90 125 150 150 110	
アサリミンチ肉 (g/幼生1万尾)					70 70 70 70 70	
水量 (kl)	150 160 170 180		200		180	
換水率 (回転率/日)			0.1 0.15 0.2 0.25 0.3 0.35		0.9~1.2	
			(40目)	(30目)	(24目)	
ストレーナー目合い (μ m)			526	761	924	

表IV-25 細菌 (PM-4株) の培養方法 (日本栽培漁業協会玉野事業場)

拡大 順	培養容量 (ml)	培地 形態	培地組成*		培養期間 (日)	通気 の有無	備考
			種類	量 (g/l)			
1	20	寒天	ZoBell 2216e	-	3	-	8lの培地では、細菌は1.5×10 ⁸ ~1.0×10 ¹⁰ CFU/mlまで増殖する。 Z ₁ ~Z ₃ 期の午前10時までに培地ごと15~16l槽の基準で添加する。 培養時の通気は0.45 μ mのミリボタフィルターを通して行う。
2	8	液体	ペプトン	1	1	-	
			ソイトン	2			
			モルトエキス	2			
			酵母エキス	1			
			酢酸鉄(III)	0.001			
3	100	液体	同上		1	-	
4	8000	液体	同上		5	+	

*ZoBell 培地については成書を参照いただきたい。液体培地のpHは7.8に調整する。

表IV-26 飼育中の水質測定結果（日本栽培漁業協会玉野事業場）

日 齢	齢 期	換水率 (回転/日)	水温 (℃)		pH		比重 (σ_{15})	アンモニア 態窒素濃度 (mg/l)
0	Z ₁	0	22.8	24.0	8.00	8.00	23.5	0.00
1	Z ₁	0	23.8	23.5	7.93	8.13	23.5	0.00
2	Z ₁	0	23.0	24.4	7.98	8.02	22.0	0.02
3	Z ₂	0	23.4	24.2	8.00	8.13	23.5	0.04
4	Z ₂	0	23.8	23.8	8.10	8.26	22.5	0.00
5	Z ₂ /Z ₃	0.1	24.3	23.5	8.19	8.28	24.0	0.00
6	Z ₃	0.15	23.8	24.3	8.18	8.12	24.0	0.00
7	Z ₃	0.2	23.8	24.1	8.03	8.03	23.6	0.05
8	Z ₄	0.25	23.7	24.1	7.93	8.10	24.7	0.16
9	Z ₄	0.3	23.7	23.5	7.78	7.98	22.8	0.29
10	Z ₄	0.35	23.7	24.1	7.95	8.04	22.8	0.27
11	Z ₄	0.35	23.8	23.9	7.95	8.06	23.0	0.28
12	Z ₄ /M	0.9	23.6	24.1	7.92	8.08	23.0	0.20
13	M	1.0	23.9	24.1	8.11	8.01	22.5	0.37
14	M	1.0	24.0	24.0	7.92	8.05	22.0	0.40
15	M	1.2	23.5	24.5	7.85	7.99	22.0	0.64
16	M	1.2	24.2	24.3	7.84	7.99	22.6	0.60
17	C ₁	1.2	23.9	24.0	7.82	7.74	22.0	0.54
18	C ₁	1.2	23.9	24.1	7.75	7.76	22.0	0.99
平均			23.9		8.00		23.0	0.25

水温, pH, 比重は7時と15時に, アンモニア態窒素は7時に採水し, 冷蔵後10時頃に測定した。

6-6 飼育結果

ふ化幼生を530万尾収容し, 第1齢稚ガニ230万尾を取り揚げた。生残率は43.4%, 単位生産尾数は11,500尾/k_lであった。

6-5 取り揚げおよび出荷

取り揚げはステンレス枠(155×55×60cm)に30目のネットをとりつけた網カゴに排水口(内径100mm)3ヶ所からホースを取り付けて抜き取り, 溜まった稚ガニをタモ網ですくい取る方法で行った。稚ガニの計数は重量法と容積法の併用で行った。

出荷は1k_lタンクを用いて, トラックによる2～15時間の有水路輸送で行った。付着基材としてキンラン30本をステンレス棒に取り付けて入れ, 稚ガニ収容時に25℃を越えた場合には海水水を入れて, 23℃まで冷却した。収容密度は10万～30万尾/k_lであった。

本機関は近年バイオコントロール法の他にナンノクロロプシス添加法や珪藻添加法での飼育も行っているが, 他の方法では好不調が激しく, このバイオコントロール

法がその中で最も大量へい死が少なく安定した成績を残している。

7 飼育水の pH を調整する方法 (平成6年, 兵庫県栽培漁業協会)

真菌症対策として幼生飼育水の pH を9.25まで上げて飼育する方法である。飼育方式は基本的にナンノクロロプシスを飼育水へ添加する方法である。

真菌症対策としては, ふ化槽内にホルマリンを添加する方法が一般的である。ガザミ幼生はふ化直後からワムシの摂餌が可能であるが, ホルマリン添加法ではふ化槽内にワムシを給餌してもワムシの活力が低下し沈下するため, ふ化幼生の活力低下が懸念される。そこで, ふ化槽内のワムシの活力を低下させず, かつ真菌症防除を可能にするよう開発されたのがこの方法である。pH9.25は真菌の遊走子を不活性化させるが, ワムシには悪影響はない。なお, ナンノクロロプシスの代わりに珪藻を使用すると, pH上昇によって珪藻密度を維持できず飼育水の管理が困難となる。

pH を上昇させるために水酸化ナトリウムを使用する

表IV-27 給餌時刻（日本栽培漁業協会玉野事業場）

給餌時刻	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	M	C ₁
7	R	R	R	R	MM(20)	MM(20)
8						
9					MM(20)	MM(20)
10			AN	AN		
11					MM(15)	MM(15)
12						
13					MM(15)	MM(15)
14						
15					MM(10)	MM(10)
16	R	R	R	R		
17						
18					MM(20) SM(100)	MM(20) SM(100)

R, ワムシ；AN, アルテミア；MM, アミミンチ肉；SM, アサリミンチ肉（数字は1日の総給餌量に占める割合％）.

表IV-28 ワムシの栄養強化方法（日本栽培漁業協会玉野事業場）

餌料種類	強化剤	添加基準	ワムシ密度 (個体/ml)	強化時間 (時間)	備考
ワムシ	ナンノクロロプシス	2,000万細胞/ml	700~1,500	6~15	栄養強化槽収容前日に 油脂酵母（50~78g / 億個体）で培養する.
	+油脂酵母*	10~21g /億個体			

*協和発酵.

が、劇薬であるため取り扱いには十分な注意が必要であり、またpHが9.40以上になると幼生の活力が低下するため、pH調整には正確さが要求される。なお、本方法を水温26℃以上で試みた結果、真菌症の発生は抑えられたものの、幼生の活力が低下し、生残率は低かった事例が報告されていることから、現状では水温26℃以下の時期に有効な手法であると考えられている（浜崎, 1996b）。

7-1 親ガニおよびふ化

親ガニとして小型底曳網または定置網で漁獲された抱卵個体を近隣の漁業協同組合から搬入した。搬入後は水槽に浮かべたカゴに1尾ずつ収容し、無加温、無給餌で養成した。

ふ化槽として500l黒色ポリエチレン水槽を用い、砂ろ過海水を500l貯めて、ふ化用水のpHを水酸化ナトリウムで9.25に調整した。ふ化槽へはワムシを20個体/mlになるよう投与し、通気はエアーストーン1個で行った。ふ化槽の水温はチタンパイプヒーターで21~22℃に調整した。ふ化幼生の収容は内径40mmのホースによるサイホンで行った。ふ化幼生数はふ化槽内をエアーで攪拌後、100mlを5回採水し、さらに20倍の10lに密度を薄めた後に1l容量分を2~3回計数して推定した。なお、ふ

化槽と幼生飼育槽との水温、pHの差をそれぞれ、1℃と0.2以下に調整することに留意した。

親ガニの全甲幅は200mmであり、ふ化幼生の収容尾数は211万尾であった。

7-2 飼育水槽および設備（写真IV-5）

幼生飼育には、屋内円形水槽（コンクリート製、内側エポキシ樹脂コーティング、直径8×2.5m、有効水量100kl）を使用した。アジテーターは設置していない。加温には温水ボイラーと熱交換器を使用した。遮光幕は天井部に設置しているがほとんど使用しなかった。通気には塩ビパイプ（内径13mm）25mを底面に配管し、直径1mmの穴を約150個開けて使用した。

7-3 飼育方法

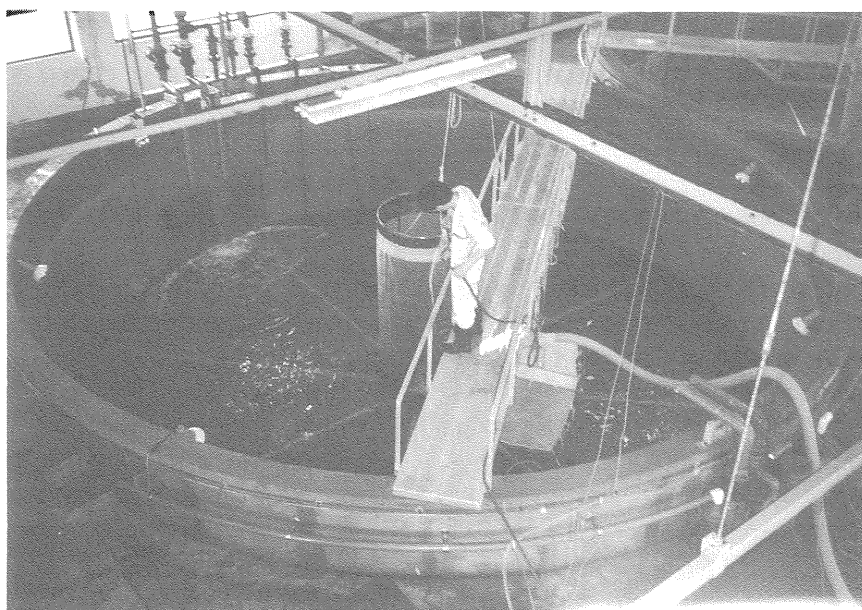
7-3-1 飼育水および幼生の管理

幼生飼育には砂ろ過海水を使用した。飼育開始時の水量は80klであり、徐々に増水して第2齢ゾエアで満水の100klとし、以降は流水とした。飼育水量と換水率の経過は表IV-30のとおりであった。飼育水へはナンノクロロプシスを毎日50万~100万細胞/mlになるように添加した。

表Ⅳ-29 珪藻密度、給餌量および残餌量の経過（日本栽培漁業協会玉野事業場）

月日	日齢	齢期	生残		ナンノクロロ ブシス添加量 (kl)	細菌 添加量 (l)	ワムシ		アルテミア		アミ 給餌量 (kg)
			尾数 (万尾)	珪藻密度 (万細胞/ml)			残餌量 (個体/ml)	給餌量 (億個体)	残餌量 (個体/ml)	給餌量 (億個体)	
5/20	0	Z ₁	530	0.03		15	3.8	11	5		
5/21	1	Z ₁		0.07		15	6.6	8.8	2	-	
5/22	2	Z ₁		0.10		15	6.8	4.4	2	5	
5/23	3	Z ₂		0.25		15	6.5	5.4	6	9	
5/24	4	Z ₂		0.23		15	11.4	6.8	4	7	
5/25	5	Z ₂ /Z ₃		0.24		15	5.8	11.8	14	2	
5/26	6	Z ₃		0.45		15	8.2	3.4	7	12	0.11 1.6
5/27	7	Z ₃		0.71		15	7.2	7.8	13	9	0.50 0.38 1.6
5/28	8	Z ₄	390	-			17.6	11.0	5	8	0.38 0.36 1.9
5/29	9	Z ₄		-			16.6	9.6	9	11	0.51 0.05 1.4
5/30	10	Z ₄		-			11.4	4.6	13	20	0.24 0 1.5
5/31	11	Z ₄					16.0	11.4	14	8	0.26 0.18 1.7
6/ 1	12	Z ₄ /M			3		23.6				1.0 26
6/ 2	13	M	311		3						34
6/ 3	14	M			3						33
6/ 4	15	M			3						39
6/ 5	16	M									14
6/ 6	17	C ₁									46
6/ 7	18	C ₁	230								59
合計					12	120			196	10.7	251

珪藻は幼生収容時のみ添加した。ワムシ、アルテミアの残餌量は7時と15時のワムシ給餌直前に計数した。
ナンノクロロブシスの添加量は2000万細胞/ml換算で表した。

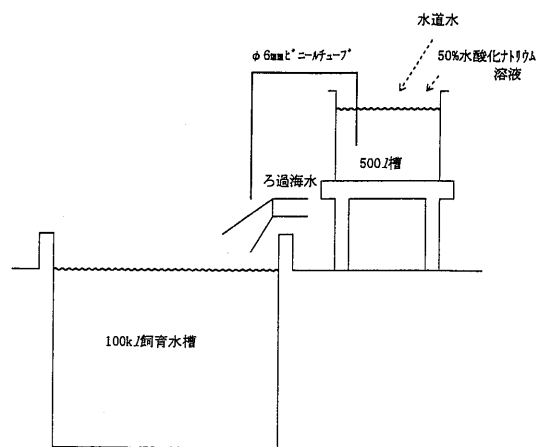


写真Ⅳ-5 ガザミ幼生飼育水槽（兵庫県栽培漁業協会）

真菌症対策として、ふ化幼生収容時から第4齢ゾエアまで水酸化ナトリウム溶液によってpHを9.25に調整した。具体的な方法としては、水槽より少し高い位置に500LFRP水槽を設置し、その中に工業用の50%水酸化ナトリウム溶液を水道水で70倍以上に薄めて入れ、内径6mmのビニールホースによるサイホンで、ろ過海水注水時に海水と混合しながら添加した(図IV-1)。

飼育期間中は水温とpHを午前9時に測定した。測定結果は水温が22.9～27.5℃(平均26.1℃)、pHは7.95～9.38(平均8.72)であった。

飼育期間中の幼生の計数は第4齢ゾエアとメガロパの2回、夜間に内径40mmの塩ビパイプを用いた8点採水による柱状サンプリングで行った。



図IV-1 ガザミ幼生飼育水のpH調整のための水酸化ナトリウム添加法(兵庫県栽培漁業協会)

7-3-2 餌料

餌料系列と給餌基準を表IV-30に、給餌時刻を表IV-31に示した。また、ワムシとアルテミアの栄養強化法方を

表IV-30 基準とした餌料系列と1日の給餌量および飼育水量と換水率(兵庫県栽培漁業協会)

餌料種類	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	M	C ₁
ワムシ(個体/㎡)	5	10	15	15		
アルテミア(個体/幼生1尾)			15	50	250	
アミミンチ肉(g/幼生1万尾)				5~20	100~180	
配合飼料*(g/幼生1万尾)	0.2	0.26~0.5	1~1.5	2~2.5	10~12	
	MB1+MB2	MB2+B250	MB3+C400	MB4+C400	C700	C1000
水量(kL)	80 → 100					
換水率(回転率/日)	0 → 0.2	0.2 → 0.6	0.6 → 1.2	1.2 → 1.4		
	(50目)		(30目)	(24目)		
ストレーナー目合い(μm)	442		761	924		

* 武田科学飼料(MBカラゲナン): MB1, 53μm以下; MB2, 53~125μm; MB3, 125~250μm; MB4, 250~350μm; . 協和発酵: B250, 250μm以下; C400, 250~400μm; C700, 400~700μm; C1000, 700~1000μm.

表IV-31 給餌時刻(兵庫県栽培漁業協会)

給餌時刻	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	M	C ₁
7	AD	AD	AD	AD	AD	AD
8				AN	AD, MM	AN, MM
9	AD	AD	AD	AD	AD	AD
10						
11					MM	MM
12	R	R	R	R		
13	AD	AD	AD	AD	AD	AD
14			AN	AN	AN	AN
15	AD	AD	AD	AD	AD	AD
16			R	R	MM, SM	MM, SM

R, ワムシ; AN, アルテミア; MM, アミミンチ肉; SM, アサリミンチ; AD, 配合飼料.

表Ⅳ-32 ワムシおよびアルテミアの栄養強化方法（兵庫県栽培漁業協会）

餌料種類	強化剤	添加基準	餌料密度 (個体/ml)	強化時間 (時間)
ワムシ	ナンノクロロプシス +油脂酵母 ^{*1}	2,500万～3,000万細胞/ml 30 g /kl	2,000以下	4～7
アルテミア	当日分；ドコサ65E ^{*2}	50ppm	500	5
	翌日分；ドコサ65E	30ppm	100	15
	ドコサユーグレナ ^{*2}	100 g /億個体		

^{*1}協和発酵. ^{*2}秋田十條化成.

表Ⅳ-33 給餌量と残餌量の経過（兵庫県栽培漁業協会）

月日	日齢	齢期	生残	ワムシ*1				アルテミア	アミ	アサリ*2	配合飼料
			尾数	残餌量		給餌量		給餌量	給餌量	給餌量	給餌量
			(万尾)	(個体/ml)		(億個体)		(億個体)	(kg)	(kg)	(g)
6/29	0	Z ₁	211	0		3.0					50
6/30	1	Z ₁		0		5.3					80
7/ 1	2	Z ₁		5	10	7.8	4.0				70
7/ 2	3	Z ₂		24	19	0	2.0				80
7/ 3	4	Z ₂ /Z ₃		31	16	0	4.5				150
7/ 4	5	Z ₃		17	18	8.4	6.0	0.38			200
7/ 5	6	Z ₃		17	16	8.3	3.7	0.37			300
7/ 6	7	Z ₄	211	20	13	6.0	6.8	1.0			400
7/ 7	8	Z ₄		6	10	15.9	7.0	1.5	2		400
7/ 8	9	Z ₄		4	22	17.4	2.0	1.5	4		500
7/ 9	10	Z ₄ /M					2.5	10			700
7/10	11	M					3.0	15			700
7/11	12	M	195				3.1	21			1000
7/12	13	M					3.5	23			1000
7/13	14	M/C ₁					2.75	24			1000
7/14	15	C ₁					2.7	14	4		1000
7/15	16	C ₁	105.5								
合計						101	22.3	113	4		7630

^{*1} ワムシの残餌量計数は午前（左列）と午後（右列）の給餌直前に行った。

^{*2} この事例では、アミミンチ肉の代替としてアサリミンチ肉をC₁時に1回与えた。

表Ⅳ-32に示した。

ワムシはナンノクロロプシスと油脂酵母で栄養強化し、アルテミアはドコサ65Eとドコサユーグレナで栄養強化した。なお、生物餌料の薬浴は行わなかった。

アミ、アサリは1mmのスライサーで細片にし、軽く洗った後、50目のネットに残ったものを与えた。

給餌量と残餌量の経過を表Ⅳ-33に示した。

7-4 飼育結果

ふ化幼生211万尾を収容し、第1齢稚ガニ105.5万尾を

取り揚げた。生残率は50.0%，単位生産尾数10,550尾/klであった。

7-5 取り揚げおよび出荷

取り揚げは内径200mmの排水ドレンからのパイプに設置した網カゴ（150×150×100cm）に抜き取り、溜まった稚ガニをタモ網ですくい取る方法により行った。稚ガニの計数は重量法で行った。

出荷は1klタンクを用い、トラックによる0.5～2時間の有水輸送で行った。原則として水温調節は行わない

が、水温が25℃以上の時は氷により冷却した。輸送時に付着基材は用いず、収容密度は20万尾/klとした。

本機関はこの方法を実用化した平成6年以降飛躍的に単位生産尾数を上げ、それ以前の約2倍となった。これはこの方法が真菌症に効果があったばかりでなく、飼育水のpHを上げたことによりナンノクロブロシスの維持が容易となり、ガザミ幼生に対し好適な飼育環境を作り出すことができるようになったためと考えられている。

(行武 敦)

V 問題点と今後の課題

ガザミ種苗生産には技術上解決すべき課題が依然として多く、今後、量産の安定化を図るためにはさらに科学的根拠に基づいた飼育方法を確立する必要がある。

ガザミ種苗生産に対する問題点や課題については、各章において既に詳述されているが、ここではアンケート結果をも踏まえて、再度問題点を整理するとともに今後の試験研究の展開方向について提言してみたい。

1 親ガニとふ化

ガザミの成熟・産卵とふ化に関しては最近の研究により大きな進歩を遂げ、親ガニの養成管理に理論的な根拠が示された。

アンケート結果によると、1機関を除いて比較的容易に地元で天然抱卵親ガニが確保できるために、親ガニの入手やふ化までの管理について問題点として挙げている機関はない。しかし、これは親ガニの質が稚ガニまでの飼育成績に及ぼす影響について今まで十分検討されてこなかったために問題点として認識されなかったとも考えられる。

1-1 親ガニ養成

種苗生産過程で生じる大量へい死については、未確認の疾病、栄養欠陥、生物的・非生物的环境の不適合等が原因として考えられるが、いずれも推測の域を出ていない。これらの原因はすべて後天的、すなわちふ化後の飼育管理によるものであるが、今後は親ガニの質や卵質等の先天的要因も含めて原因を究明していく必要がある。

安定生産のためには、まず良質卵を確保しなければならない。そのためには親の仕立てが重要であるが、ガザミ種苗生産においては漁獲量が激減した昭和40年代の一時期を除くと親を仕立てるという考え方はなかった。それは天然抱卵親ガニを短期養成することで簡単にふ化幼生を得ることができるためである。しかし、前述したように大量へい死の原因を卵質から考えていくためには、まず卵質と幼生の活力、ひいては生残能力との関係を明らかにする必要がある。そして関連性が明らかになれば、その養成管理方法について環境面、餌料面からも明確にしていける必要がある。

環境面からは、親ガニ由来の疾病防除のためにオゾン、紫外線殺菌装置を導入した循環ろ過殺菌水槽による養成管理方法の開発や適正養成密度、また人工種苗等の未成熟ガニを養成する場合には適正性比の解明あるいはベアリング養成の適否等を検討する必要がある。

餌料面からは、まず餌料と卵質の関係を明確にし、餌料の質や栄養添加物によって卵質が向上するならば、その餌料、栄養要求、必要給餌期間や給餌量等を解明する必要がある。

1-2 ふ化の制御

ふ化日の制御と複数の親ガニのふ化日を同調化することは、計画的な種苗生産を図る上で重要である。制御方法については理論的にはほぼ確立されているが、今後は卵発生に悪影響を与えない水温範囲の検討と抱卵親ガニの適正養成水温の検討が必要である。

1-3 ふ化幼生の活力判定手法の開発

飼育を開始する前に活力を判定する方法としては、パッチ形成の有無やその濃淡が用いられているだけであり、いずれも科学的な根拠にかけている。魚類で広く用いられている無給餌生残指数(SAI)や核酸比(RNA/DNA比)等を用いた方法は判定までに数日間を要するため迅速性に欠け、実用的でない。また、ガザミ類(アミメノコギリガザミ)に応用した例では生残率と明確な相関が認められるまでには至っていない。

ふ化幼生の活力は卵質とも密接な関係があると思われるので、産出卵の卵質およびふ化幼生の活力判定の指標と簡易な判定手法を開発しなければならない。

2 幼生飼育

アンケート結果によると、今後解決すべき問題として21機関中18機関が餌料関係を挙げ、次いで適正飼育環境、幼生の生理生態の解明を挙げたのがそれぞれ7機関ずつであった。

幼生飼育に関しては、「ガザミ種苗の量産技術」以降、幼生の栄養要求の一部解明や摂餌量の把握、「水作り」方法の改善等の技術的な進歩が見られた反面、ガザミ幼生の発育や生残に及ぼす生物的・非生物的环境要因については依然として不明な部分が多いのも事実である。

2-1 餌料

餌料関係で今後解決すべき問題として幼生の栄養要求の解明を挙げたのが9機関で最も多く、次いで5機関が摂餌生態の解明、4機関が人工配合飼料の開発を挙げた。

餌料は種苗生産成績を左右する最も重要な要因である。餌料系列については各種苗生産機関ごとで大まかに一致しているが、その給餌量や給餌期間、生物餌料の

栄養強化の有無等異なっている点も多い。これは、ガザミ幼生が餌料に対して幅広い選択性を持っていることとガザミ種苗生産が「水作り」という複雑な生態系の中で行われており、餌料の質や量が単純に飼育成績に反映されないためであると考えられる。

「水作り」における *Chaetoceros calcitrans* 等の珪藻類がゾエア幼生にとって餌料効果があることが指摘されているが、その具体的な栄養素を解明する必要がある。しかし、現時点では、ガザミ幼生の栄養要求に関しては n-3HUFA の要求量について一部解明されただけであり、基本的なタンパク質、脂質、ビタミン、ミネラルの要求量については研究されていない。

また、ガザミ種苗をより安定的に大量生産するためには、人工配合飼料の開発が必須である。人工配合飼料として備える条件は、幼生の栄養要求を満たす栄養成分を含み、消化吸収が容易で、摂餌しやすい物性を持ち、同時に水質を悪化させない物でなければならない。また、同時に人工配合飼料を用いた飼育手法の開発も必要である。

幼生の摂餌生態に関しては、摂餌の日周性や摂餌行動、餌料密度と摂餌量、水温・照度と摂餌量等の関係について知見が集積されつつあるが、さらに脱皮周期における摂餌量の把握、幼生の発育段階ごとのエネルギー収支の解明も重要な課題である。

2-2 環境

飼育環境としての「水作り」手法については改良が加えられ、計画的な「水作り」が可能になりつつある。また、細菌を用いたバイオコントロール法が開発される等飼育方式に発展が見られた。

「水作り」の目的は飼育水槽内にガザミ幼生にとって好適な有限の生態系を構築し、食物連鎖を含めた物質循環のバランスを保つことにあるが、その微生物環境が幼生の発育や生残に及ぼすメカニズムについてはほとんど究明されておらず、好適な微生物相の構築法とその制御方法を開発することは安定生産のために欠かすことはできない。

また、非生物的水質環境の面から見ると、「水作り」に用いられるナンクロロプシスの生きた植物プランクトンを添加することは水中照度を低下させるとともにその代謝活動等によって水質環境に影響を与えていると考えられる。一方、冷凍濃縮ナンクロロプシスや食用色素等の添加はガザミ幼生にとって好適な生物的環境を構築することなく、単に水中照度の低下をもたらしているに過ぎないにもかかわらず、生きたナンクロロプシスを添加する手法と比べて幼生の飼育成績に顕著な差はみられない。このことは「水作り」とガザミ幼生にとっ

ての好適な非生物的環境の関わりが希薄であることを示唆しているのではないと思われる。

「水作り」の何が、どのようなメカニズムで幼生の成長・生残に影響を与えているのか、明確にする必要がある。

また、基本的な環境要因に関する研究の取り組みは他の分野に比べて弱く、ほとんど進展は見られていない。水質環境に対する幼生の耐性と成長・生残に悪影響を及ぼさない適応範囲について、単一な環境要因だけではなく、様々な環境要因（水温、pH、塩分、照度、濁度、三態窒素等）の組み合わせの下で明らかにしなければならない。

2-3 飼育管理の改良

経済的、効率的に種苗生産を行うためには、集約的飼育を行い、単位生産尾数を上げなければならない。ガザミのように1尾の親から100万尾以上もの多くのふ化幼生を得られるような魚種では生残率よりもむしろ単位生産尾数の向上が重要と考えられる。そのためには各発育段階ごとの飼育密度の上限を明らかにし、その限界を規制する因子（餌料量、溶存酸素量、三態窒素量等）を究明しなければならない。そしてその因子を人為的に制御することによって単位生産尾数の高い、新しい飼育方式が確立できるものと考えられる。

また、一方では粗放的飼育についてもその経済性と稚ガニの種苗性の観点から見直しを行う必要がある。

2-4 幼生の生理生態の解明

甲殻類は成長するために脱皮を繰り返す。ガザミの場合、特に第4齢ゾエアからメガロパに脱皮・変態するときには形態的にも生理的にも最も大きな変化が生じる。そして同時にこの変態時は大量への死が最も起きやすい時期であり、それまでの餌料の質や量、環境の適不適等の影響が幼生の生残に直接現れる。

大量への死の原因究明の一環として、外的な要因（餌料、環境、疾病等）だけではなく、幼生自身の内的な要因からも検討していくために、脱皮・変態のエネルギー代謝、内分泌代謝等の機構を研究していかねばならない。

3 疾病

疾病には親由来の先天的なものとはふ化後の条件によって生じる後天的なものがある。親（卵）由来と考えられる疾病には真菌症やウイルス病等が考えられる。真菌症についてはふ化槽におけるホルマリン浴、幼生飼育水の pH 調整等によって防除技術はほぼ確立されつつある。ウイルス病に関しては幸いにもガザミにはその発症が確認されていないものの、クルマエビ類の急性ウイルス血

症（PAV）が瞬く間に全国に広がった例もあることからガザミについても十分注意し、検査体制を整えなければならぬ。

ジブリオ病については、一時期に大被害をもたらしたものの、発生が局地的であったこととその後の発生が見られないためにその対策も確立されないままになっている。将来的にはまた発生することも考えられるために、その防除対策としての餌料、飼育水の薬浴方法やオゾン、紫外線による飼育水の殺菌効果とその使用方法等について検討しておく必要がある。

ガザミ種苗がすべて放流用であることから、養殖用種苗の魚種に比べると疾病に対する研究への取り組みが弱いのも事実であり、今後は魚病専門家と積極的に連携して感染・発病の機構を解明し、防疫体制を確立する必要がある。

4 種苗性

メゴロパ期における大量へい死という問題は残っているものの各種苗生産機関では生産計画尾数を上回る生産が可能となってきた。しかし、生産尾数、すなわち放流尾数と漁獲量との相関は必ずしも明確でない。これは放流による添加効果以上に天然資源の発生量の変動幅が大きいことや放流稚ガニの天然資源への加入量が不明である等複雑な要因が関連しているためであり、放流効果について一概には論ずることはできない。

しかし、ガザミ種苗生産の目的は、人工種苗を大量に天然資源へ添加し、最終的には漁獲量を増加させることにある。そのためには放流量の増加、放流手法の開発とともに種苗が天然海域へ適応する能力、すなわち種苗性の向上を図らねばならない。従来の種苗生産は稚ガニまでの生残率向上、種苗生産尾数の増大を第一目標としてきたが、今後は量のみではなく質への転換も検討していかなければならない。そのためには、種苗性の指標を明らかにするとともに飼育過程において種苗性を賦与する技術を開発することは重要な課題となる。

5 遺伝的多様性の保持

ガザミは1尾の親ガニから100万尾以上の稚ガニを生産することも可能である。そのために人工種苗を大量に放流し、天然集団と交配すれば遺伝的多様性が失われる可能性も考えられる。しかし、魚類のように、限られた数の親魚集団から継代して採卵するのではなく、毎年、天然親ガニを親として用いている現状では近親交配による遺伝的劣化や多様性の喪失は生じにくいと思われるが、科学的に裏付けられた根拠はない。

今後は人工種苗と天然の地域種（系群）の遺伝的特性を把握するとともに放流種苗の天然での生き残りと再生

産への関わりについて明らかにすることが重要である。また、他海域の親ガニを使用したり、親ガニと異なる海域へ稚ガニを放流することは遺伝的特性を検討した上で慎重に行う必要がある。

以上、主な問題点と今後の課題について述べてきた。「ガザミ種苗の量産技術」で指摘された採卵、水作り、摂餌のエネルギー経済について新たな進展は見られたものの、なお根本的な解決には至っていない。しかし、当時と比べると問題とする内容は確実にレベルアップしており、この間の技術が着実に進歩したことが判る。

一般的に種苗生産に関する研究は、物理化学実験と異なり、各機関で共通の条件下で実施できないために、ある結果が出て地域性の問題として捉えられる傾向がある。これは現在の種苗生産システムが開放型であり、様々な地域的要因（海水の微生物相、栄養塩類、ワムシの株等）が試験結果に関与しているためであると考えられる。そのことがガザミ種苗生産方法のマニュアル化を困難にしている最も大きな原因である。今後、安定生産のためにマニュアル化を進めていくためには、まず目的とする要因以外を排除できる実験手法を確立した上で基礎的な実験研究を行い、データを集積していくことが重要であろう。そしてデータを解析して得られた理論を各種苗生産機関が量産にフィードバックして実践し、共通の事実として確認することによって初めてガザミ種苗生産マニュアルができると考えられる。

（尾田 正）

文 献

- Abrahams, D. and W. D. Brown (1977) Evaluation of fungicides for *Haliphthoros milfordensis* and their toxicity of juvenile European lobsters. *Aquaculture*, 12, 31-40.
- 愛知県水産試験場尾張分場 (1967) 昭和39~41年度指定試験研究事業, ガザミの種苗生産技術研究報告書 (総括編), 25pp.
- 愛知県水産試験場 (1974) 愛知県産ガザミの生態. 愛知水試研究業績Cしゅう, 6, 48pp.
- 藍 憲一郎・山崎明人 (1995) 東京湾内湾部におけるガザミの繁殖生態. 千葉水試研報, 53, 17-21.
- 赤沢能久 (1973) 種苗生産における飼育水の攪拌装置とその効果について. 栽培技研, 2, 49-55.
- 秋田県水産振興センター・静岡県水産試験場浜名湖分場・兵庫県立水産試験場・岡山県水産試験場・広島県水産試験場・山口県内海水産試験場・愛媛県中予水産試験場 (1993) 平成4年度重要甲殻類栽培資源管理手法開発調査報告書 (ガザミ).
- 秋田県水産振興センター・静岡県水産試験場浜名湖分場・兵庫県立水産試験場・岡山県水産試験場・広島県水産試験場・山口県内海水産試験場・愛媛県中予水産試験場 (1994) 平成5年度重要甲殻類栽培資源管理手法開発調査報告書 (ガザミ).
- 有山啓之 (1992) 水槽で飼育したガザミの脱皮と成長. 日水誌, 58, 1799-1805.
- Armstrong, D. A., D. V. Buchanan and R. S. Caldwell (1976) A mycosis caused by *Lagenidium* sp. in laboratory-reared larvae of the dungeness crab, *Cancer magister*, and possible chemical treatments. *J. Invertbr. Pathol.*, 28, 329-336.
- Bian, B. Z. and S. Egusa (1980) *Atkinsiella hamanensis* sp. nov. isolated from cultivated ova of the mangrove crab, *Scylla serrata* (Forsskal). *J. Fish. Dis.*, 3, 373-385.
- Bian, B. Z., K. Hatai, G. L. Po and S. Egusa (1979) Studies on the fungal diseases in crustaceans. I. *Lagenidium scyllae* sp. nov. isolated from cultivated ova and larvae of the mangrove crab (*Scylla serrata*). *Trans. Mycol. Soc. Japan*, 20, 115-124.
- Campbell, G. R. and D. R. Fielder (1987) Occurrence of a pre-zoea in two species of commercially exploited portunid crabs (Decapoda, Brachyura). *Crustaceana*, 52, 202-206.
- 陳弘成・鄭金華 (1985) 鰻苗人工培育之研究 I, 温度監度對鰻卵孵化及鰻苗生存和成長之影響. 台湾省水産学会刊, 12, 1-7.
- Chen, J. C., Chen, K. J. and Liag, J. M. (1989) Joint action of ammonia and nitrite on *Artemia* naupulii. *Aquaculture*, 77, 329-336.
- Crisp, L. M. and C. E. Bland (1990) Potential use of ozone to disinfect sea water of fungi causing diseases of cultured marine crustacea. *J. Invertbr. Pathol.*, 55, 380-386.
- Dawirs, R. R. and A. Dietrich (1986) Temperature and laboratory feeding rates in *Carcinus maenas* L. (Decapoda: Portunidae) larvae from hatching through metamorphosis. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 99, 133-147.
- Drach, P. (1939) Mue et cycle d'intermue chez les Crustacés Décapodes. *Annls Inst. Océanogr., Monaco*, 19, 103-391.
- 愛媛県水産試験場・佐賀県有明水産試験場・大阪府水産試験場 (1985) 昭和46~59年度栽培漁業放流技術開発事業, ガザミ班総括報告書, 51pp.
- Fisher, W. S. (1976) Relationships between epibiotic fouling and mortalities of eggs of the dungeness crab (*Cancer magister*). *J. Fish. Res. Board Can.*, 33, 2849-2853.
- Fisher, W. S. (1983) Eggs of *Palaemon macrodactylus*: III. Infection by the fungus, *Lagenidium callinectes*. *Biol. Bull.*, 164, 214-226.
- Fisher, W. S., E. H. Nilson, L. F. Follett and R. A. Shleser (1976) Hatching and rearing lobster larvae (*Homarus americanus*) in a disease situation. *Aquaculture*, 7, 75-80.
- Fisher, W. S., E. H. Nilson, J. F. Steenbergen and D. V. Lightner (1978) Microbial diseases of cultured lobsters: A review. *Aquaculture*, 14, 115-140.
- Fisher, W. S. and D. E. Wickham (1976) Mortalities and epibiotic fouling of eggs from wild populations of the dungeness crab, *Cancer magister*. *Fish. Bull.* 74, 201-207.
- 藤永元作・橘高二郎 (1966) クルマエビ幼生の変態と餌料. 日本プランクトン研究連絡会報, 13, 83-94.
- 福田 靖 (1979) カニ類の幼生 (総説). ペントス研連誌, 17/18, 18-32.
- 福井県栽培漁業センター (1979) 昭和54年度ガザミ種苗生産研究計画検討会資料, 20pp.
- 福井県栽培漁業センター (1981) 昭和56年度ガザミ種苗生産研究計画検討会資料, 7pp.
- 福井県水産試験場 (1968) 昭和42年度指定調査研究事業, 種苗生産技術研究報告書 (ガザミ), 27pp.
- 福井県水産試験場 (1970) 昭和44年度指定調査研究総合助成事業, 種苗生産技術研究報告書 (ガザミ), 16pp.
- 福井県水産試験場 (1972) 昭和47年度指定調査研究総合助成事業, 種苗生産技術研究中間報告書 (ガザミ), pp.1-19. (今, 1973から引用)
- 福永恭平 (1988) Ⅸ栽培漁業の促進, 1クルマエビおよびガザミ種苗の大量生産および配付. 日本栽培漁業協会事業年報昭和61年度, pp.408-410.
- 福永恭平 (1990) ガザミ種苗配付時の水質の変化. 平成2年度事業報告書, 日本栽培漁業協会山野事業場, pp.127-129.
- 福岡県有明水産試験場 (1982) F福岡県, 4. 人工種苗の生理試験. 昭和56年度栽培漁業放流技術開発事業, ガザミ班総合報告書, 福岡8-10.
- 福岡県栽培漁業公社 (1989) 平成元年度ガザミ種苗生産研究計画検討会資料, 3pp.
- Fuller, M. S., B. E. Fowles and D. J. McLaughlin (1964) Isolation and pure culture study of marine phycomycetes. *Mycologia*, 56, 745-756.
- 文谷俊雄・星合恵一・畑井喜司雄・玉井 登・窪田三郎 (1987) クロソイ稚魚の *Vibrio ordalii* 感染によるへい死例とその病理. 魚病研究, 22, 113-114.
- 伏屋玲子・渡邊精一 (1995) ノコギリガザミの分類に関する問題点. *Cancer*, 4, 5-8.
- ガザミ種苗生産研究会 (1983) 「ガザミ種苗の量産技術」, 日本水産資源保護協会, 東京, 129pp.
- 浜崎活幸 (1989) ガザミ幼生の脱皮前期における器官内部の形態変化について. 栽培技研, 17, 87-91.
- 浜崎活幸 (1992) (1) ガザミゾエア幼生の生残に及ぼすワムシ, アルテミア給餌密度の影響 (給餌密度試験), (2) ガザミ幼生の摂餌量を求めるための予備試験 (ゾエアのアルテミア摂餌数). 平成4年度ガザミ種苗生産研究検討会山野事業場資料, pp.10-12.
- 浜崎活幸 (1993) ノコギリガザミの種苗生産. 水産の研究, 12, 103-115.
- 浜崎活幸 (1996a) ガザミの生殖と発育に関する研究. 日本栽培漁業協会特別研究報告8号, 124pp.
- 浜崎活幸 (1996b) XI 栽培漁業の促進, 1クルマエビ, ガザミ

- 種苗の大量生産並びに配付。日本栽培漁業協会事業年報平成6年度, pp.326-331.
- 浜崎活幸・福永恭平・丸山敬悟 (1992) ガザミのふ化までの所要日数と飼育水温の関係およびふ化日の同調化について。栽培技研, 20, 73-85.
- 浜崎活幸・福永恭平・野上欣也・丸山敬悟 (1991) ガザミの産卵行動および産出卵の腹肢への付着過程。栽培技研, 19, 85-92.
- 浜崎活幸・畑井喜司雄 (1993a) ガザミおよびノコギリガザミの卵と幼生から分離された卵菌類の病原性について。日水誌, 59, 1059-1066.
- 浜崎活幸・畑井喜司雄 (1993b) ガザミおよびノコギリガザミの卵とふ化幼生の真菌症に対するホルマリン浴の効果。日水誌, 59, 1067-1072.
- 浜崎活幸・畑井喜司雄 (1994) ガザミ卵寄生菌類の特性およびふ化幼生のホルマリン浴による真菌症防止効果。栽培技研, 22, 99-108.
- 浜崎活幸・竹内俊郎・関谷幸生 (1995) ガザミ幼生の生残と発育に及ぼす数種餌料による強化ワムシの効果。平成7年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, p.40.
- 原田和弘・中村行延 (1994) ガザミ種苗の塩分および水温耐性。兵庫水試研報, 31, 17-23.
- Harms, J. and B. Seeger (1989) Larval development and survival in seven decapod species (Crustacea) in relation to laboratory diet. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 133, 129-139.
- Hartnoll, R. G. (1974) Variation in growth pattern between some secondary sexual characters in crabs (Decapoda Brachyura). *Crustaceana*, 27, 131-136.
- Hartnoll, R. G. (1978) The determination of relative growth in Crustacea. *Crustaceana*, 34, 281-293.
- Hartnoll, R. G. (1982) Growth. In "The Biology of Crustacea 2, Embryology, Morphology, and Genetics" (L. G. Abele, ed.), Academic Press, New York, New York, pp.111-196.
- Hartnoll, R. G. (1985) Growth, sexual maturity and reproductive output. In "Crustacean issues 3, Factors in adult growth" (A. M. Wenner, ed.), A. A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands, pp.101-128.
- 畑井喜司雄 (1986) 水カビ病の生物学的防除法に関する研究。昭和60年度科学研究費補助金(一般研究C)研究成果報告書, 31pp.
- Hatai, K., B. Z. Bian, M. C. L. Baticados and S. Egusa (1980) Studies on the fungal diseases in crustaceans. II. *Haliphthoros philippinensis* sp. nov. isolated from cultivated larvae of the jumbo tiger prawn (*Penaeus monodon*). *Trans. Mycol. Soc. Japan*, 21, 47-55.
- 畑井喜司雄・オンアッラオーハワイニト・高川恭敬・浜崎活幸 (1989) ガザミの卵および幼生から分離される卵菌類の性状について。平成元年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p.103.
- Hatai, K and L. G. Willoughby (1988) *Saprolegnia parasitica* from rainbow trout inhibited by the bacterium *Pseudomonas fluorescens*. *Bull. Eur. Ass. Fish. Pathol.*, 8, 27-29.
- 服部洋年・松村真作・篠原基之・寺島 朴 (1974) 播磨灘北西部水域におけるガザミの生態について。昭和48年度瀬戸内海栽培漁業事業, 魚類放流技術開発調査事業経過報告(カレイ・ガザミ), 岡山県水産試験場, pp.50-68.
- 林田豪介・松清恵一(1982) ガザミ種苗生産における適正給餌率。長崎水試研報, 8, 153-162.
- 林 孝市郎・木村俊夫・菅原 庸 (1976) アユの人工種苗生産における微生物学的研究-Ⅳ, シオミズツボウムシ及びタマジンコ汚染細菌除去について。三重水産研報, 3, 87-99.
- 広島県水産試験場 (1977) 昭和52年度ガザミ種苗生産研究計画検討会資料。25pp.
- 広島県水産試験場 (1978) 昭和53年度ガザミ種苗生産研究計画検討会資料。26pp.
- 広島県水産試験場 (1990) 病害対策研究。広島水試事業報告(平成元年度), pp.52-53.
- 広島市水産振興協会 (1995) 栽培漁業課業務, ガザミ種苗生産。平成5年度業務報告書, pp.12-14.
- 兵庫県農林部水産課・兵庫県立水産試験場 (1973) 昭和47年度魚類放流技術開発調査報告書(ガザミ), 35pp.
- 兵庫県栽培漁業協会 (1994) pHコントロールによる真菌症対策。平成6年度ガザミ種苗生産研究検討会資料, 2pp.
- 兵庫県栽培漁業協会 (1995) 平成7年度ガザミ種苗生産研究検討会資料, 8pp.
- 兵庫県立水産試験場 (1973) 昭和47年度指定調査研究総合助成事業, 種苗生産技術研究結果報告書(ガザミ), 24pp.
- 兵庫県立水産試験場 (1980) 昭和55年度ガザミ種苗生産研究会資料, 6pp.
- Ikeda, T. (1974) Nutritional ecology of marine zooplankton. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 22, 1-97.
- Ikeda, T. and S. Motoda (1978) Estimated zooplankton production and their ammonia excretion in the Kuroshio and adjacent seas. *Fish. Bull.*, 76, 357-367.
- 今井秀行 (1995) ガザミの成熟, 産卵と水温及び日長時間との関係。東海大学大学院平成六年度修士論文, 33pp.
- 今井秀行・浜崎活幸・関谷幸生・秋山信彦・林 繁一 (1994a) ガザミの卵巣の季節的变化。平成6年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, p.113.
- 今井秀行・浜崎活幸・関谷幸生・秋山信彦・林 繁一 (1994b) ガザミの成熟, 産卵と水温及び日長時間との関係。平成6年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, p.113.
- 今泉圭之輔 (1983) IV 取り上げと輸送。「ガザミ種苗の量産技術」(ガザミ種苗生産研究会), 日本水産資源保護協会, 東京, pp.124-126.
- 今村茂生・梶田拓治 (1972) クルマエビ種苗量産技術開発研究-人工的有機懸濁物を使用した初期飼育。栽培技研, 1, 35-46.
- 伊藤嘉昭・法橋信彦・藤崎憲治 (1980) 動物の個体群と群集, 東海大学出版会, 東京, pp.246-248.
- 岩本哲二 (1983) II 種苗生産, 2親ガニと採卵。「ガザミ種苗の量産技術」(ガザミ種苗生産研究会), 日本水産資源保護協会, 東京, pp.41-55.
- 岩本哲二・宇都宮正 (1972) 昭和46年度指定調査研究総合助成事業, 種苗生産技術研究結果報告書(ガザミ), 27pp.
- Johnson, P. T. (1983) Diseases caused by Viruses, Rickettsiae, Bacteria, and Fungi. In "The Biology of Crustacea 6, Pathobiology" (A. J. Provenzano, Jr., ed.), Academic Press, New York, New York, pp.1-78.
- 加治俊二 (1992) III-1成体の確保と採卵, L-9のこざりがざみ類, (2) アミメノコギリガザミ。日本栽培漁業協会事業年報平成2年度, pp.89-95.
- 加治俊二・兼松正衛・手塚信弘・伏見 浩・畑井喜司雄 (1991) ノコギリガザミの卵およびふ化幼生のハリフトロス症に対するホルマリン浴の効果。日水誌, 57, 51-55.
- 金丸彦一郎 (1987) 有効積算水温を用いたガザミ種苗生産における稚ガニへの変態時期の推定。佐賀県栽培漁業センター研報, 1, 83-88.
- 金丸彦一郎・松宮義晴 (1988) 種苗生産における統計的手法の利用例と問題点。栽培技研, 17, 59-67.
- 柄多 哲・中井昊三・山本 強・金尾博和 (1984) ガザミ種苗生産技術の検討-I, 通気の強弱条件がゾエア期幼生の成育に及ぼす影響について。兵庫水試研報, 22, 27-34.

- 柄多 哲・丹下勝義 (1978) 有機性懸濁物によるガザミの種苗生産研究-VI, ソエア幼生に対するアンモニアの急性毒性作用. 兵庫水試研報, 18, 67-69.
- 粕谷芳夫・中島輝彦・小林吉三・松崎 賢・今 攸 (1979) ガザミ種苗生産過程における餌料について, 水産増殖, 27, 1-4.
- 城戸勝利・渡辺康恵・中村幸雄・岡村武志 (1991) マダイ卵および仔稚魚の生残に及ぼすアンモニアの影響. 水産増殖, 39, 353-362.
- 北田修一 (1984) ガザミの種苗放流効果Ⅱ-瀬戸内海における漁獲増加現象と効果の広がり. 栽培技研, 13, 35-59.
- 北島 力・福所邦彦・岩本 浩・山本博敏 (1976) マダイ稚仔のシオミズツボワムシ摂餌量, 長崎水試研報, 2, 105-112.
- Kitancharoen, N. and K. Hatai (1995) A marine oomycete *Atkinsiella panulirata* sp. nov. from *philozoma* of spiny lobster, *Panulirus japonicus*. *Mycoscience*, 36, 97-104.
- Kitancharoen, N., K. Nakamura, S. Wada and K. Hatai (1994) *Atkinsiella awabi* sp. nov. isolated from stocked abalone, *Haliotis sieboldii*. *Mycoscience*, 35, 265-270.
- 小林吉三・中島輝彦・清水弘明・松崎 賢 (1979) ガザミ種苗生産事業. 昭和53年度福井県栽培漁業センター事業報告書, pp.10-25.
- 今 攸 (1967) ズワイガニに関する漁業生物学的研究-I, プレゾエア幼生について. 日水誌, 33, 726-730.
- 今 攸 (1973) 昭和42~47年度指定調査研究総合助成事業, ガザミ種苗生産の経過と現状(総括). 福井水試報告, 81, 54pp.
- 今 攸・山本 巖・石田信一 (1968) 溶存酸素の過飽和によるガザミ幼生のガス病. 水産増殖, 16, 73-80.
- 近藤正美・杉野博之・池田善平・元谷 剛 (1995) 希釈海水を用いたヨシエビの種苗生産について(真菌症発生防止を目的として). 平成7年度西日本種苗生産機関連絡協議会甲殻類分科会資料, 6pp.
- 小西光一 (1985) カニ類幼生の飼育と観察. 生物教材, 19/20, 107-115.
- 小西光一・R. キンタナ (1987) 十脚甲殻類におけるプリゾエア期について. 海洋と生物, 9, 372-378.
- 倉田 博 (1960a) タラバガニの幼生と稚ガニに関する研究Ⅱ, ソエアの摂餌習性. 北水研報, 21, 1-8.
- 倉田 博 (1960b) 甲殻類の脱皮時における長さの増大について. 北水研報, 22, 1-48.
- Kurata, H. (1962) Studies on the age and growth of Crustacea. *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.*, 24, 1-115.
- Kurata, H. (1975) Larvae of decapoda Brachyura of Arasaki, Sagami Bay-V. The swimming crabs of subfamily Portunidae. *Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab.*, 8, 39-65.
- 倉田 博 (1983a) I 生殖生態と初期生活史, 3 幼生と初期稚ガニ, 3.1 幼生の形態. 「ガザミ種苗の量産技術」(ガザミ種苗生産研究会), 日本水産資源保護協会, 東京, pp.19-24.
- 倉田 博 (1983b) あとがき. 「ガザミ種苗の量産技術」(ガザミ種苗生産研究会), 日本水産資源保護協会, 東京, p.128.
- Lim, B. K. and K. Hirayama (1991) Growth and elemental composition (C, N, P) during larval developmental stages of mass-cultured swimming crab *Portunus trituberculatus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 78, 131-137.
- Lim, B. K. and K. Hirayama (1993) Adenosine triphosphate (ATP) content of swimming crab *Portunus trituberculatus* mass cultured larvae in their early developmental stages. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59, 735.
- 林 小濤・石渡直典 (1993) オニテナガエビ幼生の飽食量に及ぼす照度の影響. 水産増殖, 41, 185-187.
- 待場 純 (1983) 種苗の計数方法アンケートの結果から. さいばい, 27, 55-60.
- 前田昌調 (1988) 微生物食物連鎖と水産増養殖. 海洋科学, 20, 24-28.
- 前田昌調 (1994) 水産増養殖における微生物バイオテクノロジー. 養殖研報, 23, 1-15.
- Maeda, M. and I. C. Liao (1992) Effect of bacterial population on the growth of a prawn larva, *Penaeus monodon*. *Bull. Natl. Res. Inst. Aquaculture*, 21, 25-29.
- Maeda, M., K. Nogami and N. Ishibashi (1992) Utility of microbial food assemblages for culturing a crab, *Portunus trituberculatus*. *Bull. Natl. Res. Inst. Aquaculture*, 21, 31-38.
- 前川兼佑 (1961) 瀬戸内海特に関山県沿海における漁業の調整管理と資源培養に関する研究. 山県県内海水試調研業績, 11, 1-483.
- 馬久地隆幸・水呉 浩 (1986) ガザミ幼生の流水飼育について. 昭和60年度広島県栽培漁業協会事業報告書, 5, 91-97.
- マリノフォーラム21 (1988) 種苗生産用海水ろ過施設(装置)等技術ブック. 44pp.
- マリノフォーラム21 (1993) ガザミ用微粒子人工配合飼料の開発. 平成4年度重要海産稚仔魚の栄養要求解明及び微粒子配合飼料の開発に関する報告書, 251-258.
- 丸山敬悟 (1990) 種苗生産時におけるガザミ幼生の大きさ, 重さの測定と成長, 生残について. 平成2年度事業報告書, 日本栽培漁業協会玉野事業場, pp.130-140.
- 松田泰嗣・岩本哲二 (1983) I 生殖生態と初期生活史, 1 成熟と産卵. 「ガザミ種苗の量産技術」(ガザミ種苗生産研究会), 日本水産資源保護協会, 東京, pp.10-17.
- 松田 治・可部田靖士・楊 琇瑩・佐光宏昭・村上啓士・慶徳尚壽 (1992) ガザミ種苗生産池における植物プランクトンの生理状態と水質の関係. 平成4年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, p.120.
- 松田 治・長野由明・佐光宏昭 (1991) エナジー・チャージを指標とした植物プランクトン群集の動態解析. 平成3年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p.223.
- 松村靖治・池田義弘・新山 洋・高木将愛 (1996) 島原分場, ガザミ種苗量産放流事業. 平成7年度長崎県水産試験場事業報告書, pp.129-131.
- 松村靖治・高木将愛 (1993) ガザミ種苗生産における浮遊珪藻 *Chaetoceros calcitrans* の添加効果. 長崎水試研報, 19, 45-51.
- 松村靖治・高木将愛・塚島康生 (1993) 島原分場, ガザミ種苗量産放流事業. 平成4年度長崎県水産試験場事業報告, pp.230-232.
- 松村靖治・塚島康生・高木将愛 (1994) 島原分場, ガザミ種苗量産放流事業. 平成5年度長崎県水産試験場事業報告, pp.127-128.
- 松浦修平 (1988) 6. ズワイガニ. 「エビ・カニ類の種苗生産」(平野礼次郎編), 恒星社厚生閣, 東京, pp.76-91.
- 馬渡健二・平山和次 (1975) 水産生物幼生の無機態窒素に対する抵抗力の成長にともなう変化. 長崎大水産研報, 39, 1-6.
- Meusy, J.-J. and G. G. Payen (1988) Female reproduction in Malacostracan Crustacea. *Zool. Sci.*, 5, 217-265.
- Minagawa, M. and M. Murano (1993) Larval feeding rhythms and food consumption by the red frog crab *Ranina ranina* (Decapoda, Raninidae) under laboratory conditions. *Aquaculture*, 113, 251-260.
- 宮川宗記・室賀清邦 (1988) シオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis* の細菌叢, 水産増殖, 35, 237-243.
- 宮城県栽培漁業センター (1994a) 平成6年度ガザミ種苗生産研究検討会資料, 5pp.
- 宮城県栽培漁業センター (1994b) 越冬飼育期の水温管理による親ガザミの抱卵時期の調整について. 平成6年度ガザミ種苗生産研究検討会資料, 5pp.
- 宮城県栽培漁業センター (1995) 平成7年度ガザミ種苗生産研究検討会資料, 3pp.

- 深山義文・井上雅之 (1995) 本年度行った取り組みの概要。平成7年度ガザミ種苗生産研究検討会資料, 12pp.
- 水呉 浩・田中 實・村上啓士・吉岡大介・中杉祥子・浦崎憲子 (1995) ヨシエビ種苗生産。平成6年度広島県栽培漁業協会事業報告書, 14, 37-44.
- 桃山和夫・松里寿彦 (1987) 養殖クルマエビの筋壊死症。魚病研究, 22, 69-75.
- Morioka, Y. (1985) Growth, respiration and food requirement of a flounder, *Paralichthys olivaceus*, in its early life history. *Bull. Seikai. Reg. Fish. Res. Lab.* 62, 67-77.
- Morioka, Y., C. Kitajima and G. Hayashida (1988) Oxygen consumption, growth and calculated food requirement of the swimming crab *Portunus trituberculatus* in its early developmental stage. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 54, 1137-1141.
- 村田靖彦・海老原天生 (1969) ガザミの種苗生産試験 (ゾエア初期から稚ガニ期までに与える照度の影響について)。千葉内湾水試報, 11, 65-74.
- 室賀清邦 (1995) 海産魚類の仔稚におけるウイルス性および細菌性疾患。魚病研究, 30, 71-85.
- 室賀清邦・鈴木康二・石橋矩久・野上欣也 (1989) ガザミ幼生に発生したビブリオ病。水産増殖, 37, 133-141.
- Muroga, K., K. Suzuki, K. Ishimaru and K. Nogami (1994) Vibriosis of swimming crab *Portunus trituberculatus* in larviculture. *J. World Aquaculture Soc.*, 25, 50-54.
- 室賀清邦・V. Tanasomwang・桃山和夫 (1987) トラフグ稚魚に発生した *Vibrio anguillarum* 感染症。魚病研究, 22, 29-30.
- 虫明敬一・藤本 宏・新聞脩子 (1993) ブリふ化仔魚の活力判定の試み。水産増殖, 41, 339-344.
- 虫明敬一・関谷幸生 (1993) シマアジふ化仔魚の活力判定の試み。水産増殖, 41, 155-160.
- 睦谷一馬・福永恭平 (1994) ヨシエビ種苗生産・放流事業。平成5年度事業報告書, 財団法人大阪府漁業振興基金栽培事業場, 13-17.
- 長崎県水産試験場島原分場 (1983) 昭和58年度ガザミ種苗生産研究計画検討会資料, 6pp.
- 長崎県水産試験場島原分場 (1989) 平成元年度ガザミ種苗生産研究計画検討会資料, 2pp.
- 中川雅弘 (1995) III-3種苗生産技術の開発, L-6ケガニ, (1) 厚岸事業場。日本栽培漁業協会事業年報平成5年度, pp.217-218.
- 中島輝彦 (1984) ガザミのふ化について一外仔卵ふ化時における親ガニの行動一。栽培技研, 13, 29-34.
- 中村雅人 (1971) ガザミの種苗生産。昭和45年度愛媛水試事報, pp.170-183.
- Nakamura, K. (1990) Organogenesis during metamorphosis in the swimming crab *Portunus trituberculatus*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56, 1561-1564.
- Nakamura, K. and K. Hatai (1994) *Atkinsiella parasitica* sp. nov. isolated from a rotifer, *Brachionus plicatilis*. *Mycoscience*, 35, 383-389.
- Nakamura, K. and K. Hatai (1995a) Three species of Lagenidiales isolated from the eggs and zoeae of the marine crab *Portunus pelagicus*. *Mycoscience*, 36, 87-95.
- Nakamura, K. and K. Hatai (1995b) *Atkinsiella dubia* and its related species. *Mycoscience*, 36, 431-438.
- Nakamura, K., M. Nakamura and K. Hatai (1994) *Atkinsiella* infection in the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Mycoscience*, 35, 291-294.
- Nakamura, K. and T. Sakaguchi (1991) Gill surface development of larval swimming crab. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57, 1807.
- 中西雅幸・吉田 弘 (1986) 小型水槽によるガザミ幼生の高密度飼育の試み。昭和61年度ガザミ種苗生産研究計画検討会資料, 11pp.
- 中尾 崇・萩原篤志 (1995) 空気通気によるワムシの高密度培養と短時間栄養強化。水産の研究, 14, 64-70.
- 南部豊揮 (1976) ガザミ種苗生産の現段階と問題点。熊本水試資料, 46, pp. 81-103.
- 南部豊揮 (1979) ガザミ種苗生産における貝肉餌料の投与と飼育水 (珪藻保持等) に関する試験。熊本水試研報, 1, 73-81.
- 南部豊揮・竹田健一 (1994) エビ・カニ類増殖試験-I (ガザミ種苗の大規模・効率化生産試験)。平成5年度熊本県水産研究センター事業報告書, p.33-36.
- 南部豊揮・千々波定雄 (1977) ガザミ種苗生産試験。昭和50年度熊本県水産試験場事業報告書, pp.208-211.
- Nash, G., S. Chinabut and C. Limsuwan (1987) Idiopathic muscle necrosis in the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* de Man, cultured in Thailand. *J. Fish Dis.*, 10, 109-120.
- 日本栽培漁業協会 (1995) Ⅶ章VNN対策取り組み事例, 1 シマアジ, ウイルス性神経壊死症防除技術開発のこれまでの成果。平成7年度栽培漁業技術開発促進事業ブロック協議会資料, p.87.
- 日本栽培漁業協会玉野事業場 (1991) 体重変化からみたガザミ種苗生産時の幼生の成長。平成3年度ガザミ種苗生産研究検討会資料, 7pp.
- 日本栽培漁業協会八重山事業場 (1994) アミメノコギリガザミ幼生の核酸の分析。平成6年度ガザミ種苗生産研究検討会資料, 9pp.
- 二村義八郎 (1988) ブラインシュリンプの生物学。昭和63年度栽培漁業技術研修事業基礎理論コース餌料生物シリーズNO. 7, 日本栽培漁業協会, 東京, 17pp.
- 野上欣也 (1989) IX栽培漁業の促進, 1 クルマエビ, ガザミ種苗の大量生産並びに配付。日本栽培漁業協会事業年報昭和62年度, pp.365-367.
- Nogami, K. and M. Maeda (1992) Bacteria as biocontrol agents for rearing larvae of the crab *Portunus trituberculatus*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49, 2373-2376.
- 野上欣也・前田昌調 (1992a) バイオコントロール法によるガザミ種苗生産。養殖, 29(4), 緑書房, 東京, pp.146-148.
- 野上欣也・前田昌調 (1992b) バイオコントロール法を用いたガザミ種苗生産。さいばい, 62, 35-40.
- 野上欣也・手塚信弘 (1986) Ⅳ栽培漁業の促進, 1 クルマエビおよびガザミ種苗の大量生産と配付。日本栽培漁業協会事業年報昭和60年度, pp.367-370.
- 尾田 正 (1983a) II種苗生産, 3幼生飼育, 3.1概要。「ガザミ種苗の量産技術」(ガザミ種苗生産研究会), 日本水産資源保護協会, 東京, pp.55-56.
- 尾田 正 (1983b) II種苗生産, 3幼生飼育, 3.5餌料と給餌。「ガザミ種苗の量産技術」(ガザミ種苗生産研究会), 日本水産資源保護協会, 東京, pp.97-112.
- 尾田 正 (1984a) 配合飼料によるガザミ幼生の飼育実験-I, ゾエア幼生に対する配合飼料の適正給餌率について。昭和58年度岡山水試事報, pp.88-92.
- 尾田 正 (1984b) 配合飼料によるガザミ幼生の飼育実験-II, キチンの添加効果について。昭和58年度岡山水試事報, pp.93-96.
- 尾田 正 (1986a) 微粒子飼料を使った流水式ガザミ種苗生産。栽培技研, 15, 129-134.
- 尾田 正 (1986b) 配合飼料によるガザミ幼生の飼育実験-III, 生物餌料との併用効果について。岡山水試報, 1, 85-88.
- 尾田 正 (1992) ガザミ種苗生産研究会のあゆみ。さいばい, 62, 28-30.
- 尾田 正・藤井義弘 (1995a) DHA含量の異なるユーグレナによる生物餌料の栄養強化効果と直接給餌によるガザミ幼生飼育実験。平成7年度ガザミ種苗生産研究検討会資料, 6pp.

- 尾田 正・藤井義弘 (1995b) ガザミ幼生の無給餌下における体脂肪酸組成の変化. 平成7年度ガザミ種苗生産研究検討会資料, 1p.
- 尾田 正・藤井義弘 (1995c) ふ化後経過時間に対する最初の給餌がゾエア幼生の成長・生残に及ぼす影響. 平成7年度ガザミ種苗生産研究検討会資料, 5pp.
- 尾田 正・藤原志津・林 雅弘 (1995) ガザミ幼生に対するユーグレナの餌料効果. 栽培技研, 23, 95-101.
- 大分県浅海漁業試験場 (1967) 昭和41年度指定試験研究事業, ガザミ種苗生産技術研究報告 (水試高田分場), 39pp.
- 大分県浅海漁業試験場 (1968) 昭和42年度指定調査研究総合助成事業 (種苗生産技術研究), ガザミ種苗生産技術研究報告書 (総括), 44pp.
- 大分県水産試験場高田分場 (1965) 昭和39年度指定試験研究事業, ガザミ種苗生産技術研究報告書, 14pp.
- 岡内正典 (1988) テトラセルミス *Tetraselmis tetrahele* (West, G.S) Butcher の大量培養に関する研究. 養殖研報, 14, 1-123.
- 岡内正典・尾城 隆・北村章二・辻ヶ堂 綺・福所邦彦 (1980) クロダイ仔稚魚の日間フムシ摂餌量. 養殖研報, 1, 39-45.
- 奥野忠一 (1989) 応用統計ハンドブック. 養賢堂, 東京, pp.79-82.
- 大阪府水産試験場 (1988) ガザミ飼育槽に出現した珪藻について. 昭和63年度ガザミ種苗生産研究計画検討会大阪府水産試験場資料, pp.4-8.
- 大島信夫 (1938) 瀬戸内海「がざみ」調査. 水産試験場報告, 9, 141-212.
- 大城信弘 (1988) ノコギリガザミ類. 「サンゴ礁の増養殖」(諸喜多茂充編著, 緑書房, 東京, pp.198-209.
- 三枝誠行 (1996) 動物胚の孵化機構Ⅱ, 甲殻類幼生の孵化について. 海洋と生物, 18, 298-304.
- 斉藤友宏・浜崎活幸・関谷幸生・秋山信彦・林 繁一 (1995) ガザミ幼生の成長と生残の番仔間比較. 平成7年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p.67.
- 佐光宏昭・長野由明・松田 治 (1991) 沿岸海域におけるクロフィル *a* 関連物質のHPLCによる解析. 平成3年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p.224.
- Sasaki, J. and Y. Mihara (1993) Early larval stages of the hair crab *Erimacrus isenbeckii* (Brandt) (Brachyura: Atelecyllidae), with special reference to its hatching process. *J. Crust. Biol.*, 13, 511-522.
- Schlieder, R. A. (1980) Effects of dessication and autospasy on egg hatching success in stone crab, *Menippe mercenaria*. *Fish. Bull.*, 77, 695-700.
- 姜 柱賛・松田 治・山本民次 (1993) 広島湾の貧酸素と硫化水素がガザミ幼生の初期発達段階に及ぼす影響. 広島大学生物生産学部紀要, 32, 61-70.
- 瀬戸内海栽培漁業協会 (1978a) 1. 種苗生産技術開発, 1) 卵形成体 (親) の確保と採卵, Bガザミ. 栽培漁業技術開発の歩み, pp.42-49.
- 瀬戸内海栽培漁業協会 (1978b) 1. 種苗生産技術開発, 2) 餌料生物の培養と餌料の開発, C人工有機懸濁物質 (Biological flock) の開発とその利用. 栽培漁業技術開発の歩み, pp.82-87.
- Shields, J. D. and A. M. Kuris (1988) An in vitro analysis of egg mortality in *Cancer anthonyi*: The role of symbionts and temperature. *Biol. Bull.*, 174, 267-275.
- 新聞脩子・辻ヶ堂諦 (1981) カサゴ親魚の生化学的性状と仔魚の活力について. 養殖研報, 2, 11-20.
- 塩田浩二 (1990) 水槽飼育における越冬ガザミの脱皮の経過について. 栽培技研, 19, 15-22.
- Shiota, K. (1993) Relationship between annual catch fluctuations and reproduction in the swimming crab in Hiuchi Nada, the Seto Inland Sea. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59, 1709-1715.
- 代田昭彦 (1970) 魚類稚仔期の口径に関する研究. 日水誌, 36, 353-367.
- Sparks, A. K. (1985) Synopsis of Invertebrate Pathology. Elsevier, Amsterdam, pp.211-230.
- Suzuki, K., K. Muroga, K. Nogami and K. Maruyama (1990) Bacterial flora of cultured swimming crab (*Portunus trituberculatus*) larvae. *Fish Pathol.*, 25, 29-36.
- 田畑和男・勝谷邦夫 (1974) ガザミのゾエアの変態及び生残に及ぼす紫外線の影響—特にGreen Waterとの関連に於て—. 昭和48年度岡山水試事報, pp.5-11.
- 多賀信夫・安田公昭 (1979) 飼料微生物フロックの生産とその利用に関する基礎的研究. 協会研究資料 No.13, 瀬戸内海栽培漁業協会, 45pp.
- 高川恭敬・畑井喜司雄・窪田三朗・浜崎活幸 (1990) ガザミ類の卵および幼生から分離された卵菌類について. 平成2年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p.144.
- 高橋伊勢雄 (1974) ガザミの種苗生産に関する研究—Ⅱ, 大型水槽を利用した高密度飼育について. 栽培技研, 3, 95-103.
- 高橋伊勢雄・松井芳房 (1971) ガザミの種苗生産について. 兵庫水試研報, 11, 7-10.
- 高橋伊勢雄・松井芳房 (1972) ガザミの種苗生産に関する研究—Ⅰ, 有機性懸濁物を利用した高密度飼育について. 兵庫水試研報, 12, 41-46.
- 高橋伊勢雄・前田三郎・松井芳房 (1973) ガザミの種苗生産に関する研究—Ⅱ, 大型水槽を利用した高密度飼育について. 兵庫水試研, 13, 57-63.
- 武田雷介・田畑和男・片嶋一男 (1975) 海水によるアユ種苗生産過程の病害研究—Ⅰ, ビブリオ病およびアルテミア幼生中のビブリオ菌の除去効果. 水産増殖, 23, 80-84.
- 竹内俊郎 (1992) 仔稚魚の体成分に関する比較生化学的研究. 平成3年度健苗育成技術開発研究成果の概要, pp.77-88.
- 竹内俊郎 (1993) 仔稚魚の体成分に関する比較生化学的研究. 平成4年度健苗育成技術開発研究成果の概要, pp.95-108.
- 竹内俊郎・中本吉彦・浜崎活幸・関谷幸生・渡邊 武 (1995) ガザミ幼生の生残と發育に及ぼす油脂強化フムシの効果. 平成7年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, p.40.
- 竹内俊郎・蔡 徳葵・渡邊 武・野上欣也・浜崎活幸・山下貴示・丸山敬悟 (1991) 種苗生産時におけるガザミ幼生の脂質組成変化. 平成3年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, p.5.
- 竹内俊郎・渡邊 武 (1993) 脂質による生物餌料の栄養価改善. 油脂研究会抄録Bシリーズ (養魚飼料油脂研究会), 34, 1-8.
- 玉乃井吾吾・平山和次・岡 正雄 (1979) ガザミ幼生の酸素消費量測定例. 長崎大水産学部研報, 47, 21-26.
- Tanasomwang, V and K. Muroga (1989a) Effects of sodium nifurstyrenate and tetracycline on the bacteria flora of rotifers (*Brachionus plicatilis*). *Fish Pathol.*, 24, 29-35.
- Tanasomwang, V and K. Muroga (1989b) Intestinal microflora of rockfish *Sebastes shlegelii*, tiger puffer *Takifugu rubripes* and red grouper *Epinephelus akaara* at their larval and juvenile stages. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55, 1371-1377.
- 丹下勝義 (1976) 有機性懸濁物によるガザミの種苗生産研究—Ⅱ, 飼育水の塩分濃度について. 兵庫水試研報, 16, 47-50.
- 丹下勝義 (1983a) Ⅱ種苗生産, 3幼生飼育, 3.2飼育設備. 「ガザミ種苗の量産技術」(ガザミ種苗生産研究会), 日本水産資源保護協会, 東京, pp.56-75.
- 丹下勝義 (1983b) Ⅲ疾病と対策. 「ガザミ種苗の量産技術」(ガザミ種苗生産研究会), 日本水産資源保護協会, 東京, pp.118-123.
- 丹下勝義・岩本哲二 (1983) Ⅱ種苗生産, 3幼生飼育, 3.3ふ化幼生の管理. 「ガザミ種苗の量産技術」(ガザミ種苗生産研

- 究会), 日本水産資源保護協会, 東京, pp.76-83.
- 丹下勝義・柄多 哲 (1978a) 有機性懸濁物によるガザミの種苗生産研究-Ⅲ, ゾエア1期幼生に対する各種基本餌料の検討. 兵庫水試研報, 18, 39-46.
- 丹下勝義・柄多 哲 (1978b) 有機性懸濁物によるガザミの種苗生産研究-Ⅳ, ゾエア2期幼生に対するクロレラ水および珪藻水の影響. 兵庫水試研報, 18, 47-51.
- 丹下勝義・柄多 哲 (1979) 有機性懸濁物によるガザミの種苗生産研究-Ⅴ, ゾエア2期幼生に対する各種基本餌料の検討. 兵庫水試研報, 19, 57-62.
- 丹下勝義・柄多 哲 (1981) 有機性懸濁物によるガザミの種苗生産研究-Ⅵ, 餌料としてのクロレラワムシとイーストワムシの検討. 兵庫水試研報, 20, 33-39.
- 寺田正之 (1979) ワタリガニ科ガザミ亜科ゾエア幼生の分類. 動物学雑誌, 88, 254-268.
- 手塚信弘 (1990) Ⅲ-1成体の確保と採卵, L-9のこざりがざみ類, (2) アミメノコギリガザミ. 日本栽培漁業協会事業年報昭和63年度, pp.78-81.
- 手塚信弘 (1991) Ⅲ-1成体の確保と採卵, L-9のこざりがざみ類, (2) アミメノコギリガザミ. 日本栽培漁業協会事業年報平成元年度, pp.68-70.
- 手塚信弘 (1993) Ⅲ-1成体の確保と採卵, L-8のこざりがざみ類, (2) アミメノコギリガザミ. 日本栽培漁業協会事業年報平成3年度, pp.70-72.
- 東條秀雄 (1986) ガザミ種苗生産. 昭和60年度徳島県栽培漁業センター事業報告書, pp.33-36.
- 津村誠一・山本義久 (1993) 7. 飼育方法と健苗性. 「放流魚の健苗性と育成技術」(北島 力編), 恒社杜厚生閣, 東京, pp.84-93.
- 内山雅史・深山義文 (1992) マイクロカプセル単独給餌によるゾエアⅠ令期の飼育実験. 平成4年度ガザミ種苗生産研究検討会資料, 2pp.
- 宇都宮 正 (1969) ガザミ種苗生産に関する研究-I, 飼育水のpH・酸素量の変化と幼生の歩留まり. 山口県内海水試調研業績, 18, 39-48.
- 宇都宮 正 (1973) ガザミ人工種苗からの親ガニ養成について. 栽培技研, 2, 1-10.
- 和田 功・丹下勝義 (1983) Ⅱ種苗生産, 3幼生飼育, 3.4飼育環境管理. 「ガザミ種苗の量産技術」(ガザミ種苗生産研究会), 日本水産資源保護協会, 東京, pp.83-96.
- 渡邊 武・竹内俊郎 (1991) 人工種苗の生化学的特性的研究. 平成2年度健苗育成技術開発研究成果の概要, pp.57-65.
- 渡邊 武・大和史人・北島 力・藤田矢郎 (1978) 脂肪酸組成からみた *Artemia* の栄養価, 日水誌, 44, 1115-1121.
- 八木誠政・蒲生俊興 (1942) 温度と生物, 養賢堂, 東京, 292pp.
- 山口県内海水産試験場 (1971) 昭和45年度指定調査研究総合助成事業, 種苗生産技術研究結果報告書(ガザミ), 30pp.
- 山口県内海水産試験場 (1972) 昭和46年度指定調査研究総合助成事業, 種苗生産技術研究結果報告書(ガザミ), 27pp.
- 山口県内海水産試験場 (1973) 昭和47年度指定調査研究総合助成事業, ガザミ種苗生産技術研究結果報告書, 27pp.
- 山野井英夫・萱野泰久・尾田 正 (1990) クロダイ仔稚魚の成長, 生残, 及び消化管内細菌叢等に及ぼす餌料生物のニフルスチレン酸ナトリウム浴と冷凍保存の影響. 水産増殖, 38, 13-22.
- 山野井英夫・桃山和夫・安信秀樹・室賀清邦 (1988a) ヒラメ稚魚に発生した *Vibrio anguillarum* 感染症. 魚病研究, 23, 69-70.
- 山野井英夫・杉山瑛之 (1987) シオミズツボワムシの保有細菌数に及ぼすニフルスチレン酸ナトリウム薬浴と紫外線照射の影響. 水産増殖, 35, 191-195.
- 山野井英夫・杉山瑛之・片山勝介 (1988b) アユの人工種苗生産における餌料と大量へい死に関するアンケート調査結果. 水産増殖, 35, 213-222.
- 山崎哲男 (1974) ガザミの *Megalopa* および稚ガニ初期の趨光性, 付着性および潜砂能力について. 栽培技研, 3, 19-25.
- 山崎繁久・平田八郎 (1986) L型及びS型シオミズツボワムシの摂餌率. 水産増殖, 34, 137-140.
- 山下 洋 (1992) 仔稚魚のエネルギ収支と成長. 平成4年度栽培漁業技術研修事業基礎理論コース仔稚魚期の発育シリーズ No 6, 日本栽培漁業協会, 東京, 18pp.
- 柳本志津・尾田 正 (1992) ガザミゾエア期の配合飼料給餌期間の違いが生残率におよぼす影響. 岡山水試報, 7, 141-143.
- 安元 進・高木将愛・吉田満彦 (1992) 島原分場, ガザミ種苗量産放流事業. 平成2年度長崎県水産試験場事業報告, pp.194-197.
- 安元 進・吉田範秋 (1994) ガザミ種苗生産におけるメガロバ期前後の大量へい死について. 長崎水試研報, 20, 61-65.
- 安永義暢 (1988) ヒラメ仔稚魚の生理生態に関する研究. 水産工学研究所研報, 9, 9-164.
- 安信秀樹・永山博敏・中村和代・畑井喜司雄 (1997) 飼育水のpHコントロールによるガザミ幼生真菌菌の防除. 日水誌, 63, 56-63.
- 八塚 剛 (1957) カニ *Brachyura* のゾエア幼生について. 「水産学集成」(末広恭雄・大島泰雄・松山義夫編), 東京大学出版会, 東京, pp.571-590.
- 八塚 剛 (1960) タイワンガザミ *zoea* 幼生の飼育, 餌料密度と捕食量. 水産増殖, 7, 37-42.
- 八塚 剛 (1962) カニ類とくにタイワンガザミ *Neptunus pelagicus* Linnaeus の幼生の人工飼育に関する研究. 高知大学宇佐臨海実験所研究報告, 9, 1-88.
- 八塚 剛 (1968) ガザミ養成の基礎知識(1). 養殖, 5(10), 緑書房, 東京, pp.108-112.
- 八塚 剛 (1969a) ガザミ養成の基礎知識(3). 養殖, 6(1), 緑書房, 東京, pp.73-76.
- 八塚 剛 (1969b) ガザミ養成の基礎知識(最終回). 養殖, 6(5), 緑書房, 東京, pp.101-108.
- Yatsuzuka, K. and S. Sakai (1982) The larvae and juvenile crabs of Japanese Portunidae (Crustacea, Brachyura). II. *Portunus (Portunus) trituberculatus* (Miers). *Rep. Usa mar. biol. Inst.*, 4, 9-26.
- 吉松隆夫・林 雅弘・戸田享次・古市政幸・北島 力 (1995) メナダ仔魚の必須脂肪酸要求と飼育槽へのナンノクロロプシスの添加効果. 日水誌, 61, 912-918.
- 吉村研治・北島 力・宮本義次・岸本源次 (1994) 濃縮淡水クロレラ給餌によるシオミズツボワムシの高密度培養における増殖阻害要因について. 日水誌, 60, 207-213.
- 楊 琇瑩・可部田靖士・松田 治・山本民次 (1994) 種苗生産池中の窒素化合物の挙動からみたガザミ生産成績の違いについて. 広島大学生物生産学部紀要, 33, 29-35.
- 楊 琇瑩・可部田靖士・村上啓士・慶徳尚壽・松田 治 (1991) ガザミ種苗生産池における窒素化合物の挙動と収支. 平成3年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p.147.
- 楊 琇瑩・松田 治・山本民次・可部田靖士・村上啓士・慶徳尚壽 (1992) ガザミ種苗生産池における植物プランクトンの違いが窒素化合物の挙動におよぼす影響. 平成4年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, p.120.

あ と が き

およそ種苗生産ほど喜怒哀楽に満ちた仕事はないと思う。種苗生産シーズンを前にして今年は計画尾数が生産できるか心配でたまらない。そして親ガニを購入し、水槽や器具の殺菌を行い、そして「水作り」の準備をする頃には、今年こそ生残率30%、単位生産尾数1万尾/kl以上を達成してやるという意気込みにあふれてくる。ふ化前日頃からテンションは最高潮に達し、幼生の収容、給餌、水質管理そして取り揚げまで怒涛のごとく一気呵成に突っ走る。そして無事稚ガニの出荷が終了し、後片づけをする頃からようやくクールダウンしていく。計画尾数が達成できた夜は自宅で家族とともに乾杯し、ほろ酔い気分で熟睡できる。昨夜までは水槽の中で幼生の死骸が山のように沈殿している夢を何度も見ていたのに。

本書においてガザミ種苗生産技術の理論と実践について様々な角度から論じてきた。技術的には現段階における最高水準であると信じている。しかし、私たちが明らかにできたのはほんのわずかであり、なお多くの問題が未解決のまま残っているのも事実である。ガザミ種苗生産技術の開発は、「ガザミ種苗の量産技術」で一つの峠を越え、本書によってようやく二つ目の峠を越えたばかりである。次の峠までどのような道のりで、どのくらいあるのか見当がつかないが、研究会員一同、道中を楽しみながら進みたいと思う。

最後になったが、ガザミ種苗生産研究会の生みの親でもあり、育ての親でもあった元北海道区水産研究所所長の倉田 博先生が平成5年9月1日に逝去された。先生は本研究会設立初期から第14回研究検討会（昭和58年）まで助言者として参加され、卓越した企画力と優れた統率力で研究会をまとめてくださった。先生が編集された「ガザミ種苗の量産技術」の次の手引き書が研究会員の手によってここによりやく完成した。内容的に未熟な部分もあり、必ずしも満足できるものではないが、10年後にはまた新しく刊行するという、先生との約束が果たせて少し肩の荷がおりた。出来映えはどうだろうか、先生の批評が聞けないのが残念である。

(尾田 正)

付録 ガザミ種苗生産機関(平成9年3月現在)の連絡先

機関名	郵便番号	所在地	電話番号
秋田県水産振興センター	010-05	男鹿市船川港台島字鵜ノ崎16	0185-27-3003 FAX 27-3004
宮城県栽培漁業センター	986-24	牡鹿郡牡鹿町大字谷河浜字前田22	0225-48-2341 FAX 48-2342
千葉県東京湾栽培漁業センター	293	富津市小久保2568-38	0439-65-4367 FAX 65-2979
静岡県温水利用研究センター	437-16	小笠郡浜岡町佐倉4427	0537-86-4439 FAX 85-3149
愛知県栽培漁業協会	441-36	渥美郡渥美町大字中山字一膳松1-3	05313-3-0565 FAX 2-2757
(財)大阪府漁業振興基金栽培事業場	599-03	泉南郡岬町多奈川谷川2926-1	0724-95-0516 FAX 95-5787
(財)兵庫県栽培漁業協会	674	明石市二見町南二見22-1	078-943-8113 FAX 941-4611
岡山県水産試験場栽培漁業センター	701-43	邑久郡牛窓町鹿忍6641-6	086934-5111 FAX 5110
(財)広島市水産振興協会	733	広島市西区商工センター8-5-1	082-277-6609 FAX 278-0632
(財)広島県栽培漁業協会	729-23	竹原市高崎町字西大乘新開185-12	0846-24-1631 FAX 24-1869
山口県内海栽培漁業センター	754-11	吉敷郡秋穂町東5179	0839-84-2031 FAX 84-2032
愛媛県中予栽培漁業センター	799-31	伊予市森字末宗甲121-3	0899-83-5378 FAX 83-5570
(財)福岡県栽培漁業公社	811-35	宗像郡玄海町鐘崎219-18	0940-62-3097 FAX 62-2589
長崎県水産試験場島原分場	855	島原市新田地347-4	0957-62-3640 FAX 64-1459
(株)長崎県漁業公社	857-04	北松浦郡小佐々町楠泊免字畑地1847	0956-69-2876 FAX 69-2756
長崎市水産センター	851-01	長崎市牧島町1619	0958-30-1131 FAX 30-1132
(社)大分県漁業公社国東事業場	873-05	東国東郡国東町鶴川1006-1	0978-72-1207 FAX 72-1255
(財)熊本県栽培漁業協会大矢野事業場	869-36	熊本県天草郡大矢野町中	0964-56-4636 FAX 56-4636
(社)日本栽培漁業協会玉野事業場	706	玉野市築港5-21-1	0863-32-3935 FAX 32-1301

「ガザミ種苗生産技術の理論と実践」

執筆・編集委員（順不同、敬称略）

千葉海区漁業調整委員会事務局

（平成7年度まで千葉県東京湾栽培漁業センター）

主任書記

深山義文

財団法人 兵庫県栽培漁業協会

業務課長

永山博敏

岡山県水産試験場

（平成7年度まで岡山県水産試験場栽培漁業センター）

専門研究員

尾田 正

社団法人 広島県栽培漁業協会

主 任

村上啓士

社団法人 広島県栽培漁業協会

主 任

水呉 浩

愛媛県水産局水産課

（平成7年度まで愛媛県中予栽培漁業センター）

専門員係長

市川 衛

財団法人 福岡県栽培漁業公社

研究員

行武 敦

長崎県対馬支庁水産課

（平成7年度まで長崎県水産試験場島原分場）

漁政係長

松村靖治

財団法人 熊本県栽培漁業協会大矢野事業場

主 任

清田圭一郎

社団法人 大分県漁業公社国東事業場

主幹研究員

安東 徹

社団法人 日本栽培漁業協会八重山事業場

（平成7年度まで同協会玉野事業場）

技術員

浜崎活幸

所属・役職は平成9年3月現在

栽培漁業技術シリーズ No.3

ガザミ種苗生産技術の理論と実践

平成9年3月25日発行

編集 ガザミ種苗生産研究会

発行 社団法人 日本栽培漁業協会

〒101 東京都千代田区内神田3-14-8

ニシザワビル5階

電話 (03) 5296-3181

印刷所 日昇印刷株式会社

〒116 東京都中央区湊1-14-14

電話 (03) 3553-3161