

第6節 事業規模での親クルマエビ養成 —素掘り池を利用した実例—

Section 6

崎山 一孝



独立行政法人水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所海産無脊椎動物研究センター（旧日本栽培漁業協会百島事業場）では、1979年から塩田跡を改造した素掘り池を用いてクルマエビの親養成試験を行い、種苗生産用親エビの大量確保を目的に稚エビから親エビまでの一貫した養成技術の開発に取り組んできた。この技術開発では、ウイルスを保有しない健全な親エビの養成を行い、毎年雌雄合わせて5,000～7,000尾の親クルマエビの生産が可能となった。以下に養成試験の概要と親クルマエビの養成方法を記した。

1. 養成施設

親クルマエビの養成に使用した素掘り池を図4-6-1に示した。池の底面積は、1号池は約11,000 m²（現在は改修されて5,200 m²）、2号池と3号池は約7,500 m²であり、各池とも最大水深は約2 mで底質は砂泥である。養成池の換水は以下の方法で行った。まず、満潮時に外海水を調整池に取り入れ、調整池からは注水口側のゲート弁の開閉により注水した。排水は引き潮を利用し、排水口側のゲート弁の開閉により排水量を調整した。この

方法での1日の換水率は、養成池水位の変化量から推定して40～60%であった。注水口にはクルマエビの成長に合わせて0.8～5.3 mm目合の仕切網を設置し、大型魚介類等の外敵生物の侵入を防止した。池内には攪水機（桜川ポンプ製）2基を設置し、海水の攪拌と酸素の供給を行った。

2. 養成試験に使用した稚エビの由来

1993～2002年に行った6例の養成試験に使用した稚エビの由来を表4-6-1に示した（以下、93年群～02年群と称す）。93年群と94年群は愛媛県伯方町の民間養殖場で天然親エビを用いて種苗生産されたもの、95～97年群は日本栽培漁業協会百島事業場（現、瀬戸内海区水産研究所海産無脊椎動物研究センター）で養成した1歳エビを親エビとして同場で種苗生産したものである。また、99年群は大分県鶴見産の天然親エビを用いて日本栽培漁業協会上浦事業場（現、増養殖研究所上浦庁舎）で種苗生産して得たものである。00年群と01年群は、99年群から採卵し種苗生産した稚エビを使用した。02年群は99年群と同様に大分県鶴見産の天然親エビを用

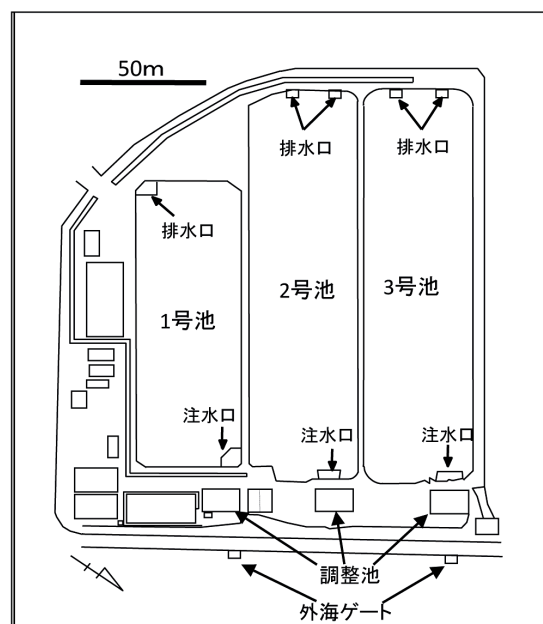


図4-6-1 親クルマエビの養成試験に使用した素掘り池

表 4-6-1 クルマエビ親養成試験の概要

試験群	親の履歴	養成池	養成試験に使用した稚エビ				年月日	養成期間 (日)	取揚げ時				総給餌量	
			年月日	尾数 (尾)	平均体長 (mm)	平均体重 (g)			尾数 (尾)	生残率 (%)	平均体長 (mm)	平均体重 (g)	生餌 (kg)	配合飼料 (kg)
1993年群	天然	1号池	1993.5.1	40,000	20.7	0.11	1994.12.9	587	5,000	27.4	180.1	72.0	5,413	7,186
1994年群	天然	2号池	1994.5.7	60,000	25.0	0.18	1995.10.5	462	7,600	7.7	170.7	63.0	8,450	5,544
1995年群	天然	3号池	1995.5.12	53,000	27.6	0.17	1996.9.1	478	2,500	12.2	176.2	68.3	9,345	6,011
1996年群	人工	2号池	1996.7.22	39,000	30.6	0.30	1997.8.11	385	5,500	25.0	177.6	76.0	2,795	3,543
1997年群	人工	3号池	1997.8.29	25,000	36.0	0.18	1998.8.21	357	*1	*1	*1	*1	*1	*1
1999年群	天然	3号池	1999.7.2	23,000	40.2	0.66	2001.5.10	678	1,700	15.3	175.2	66.7	0	2,595
2000年群	人工	2号池	2000.8.31	30,000	34.0	0.45	2002.6.15		1,600					
2001年群	人工	3号池	2001.8.24	20,000	50.0	1.60								
2002年群	天然	2号池	2002.7.24	40,000	30.3	0.30								

*1: 97年群は96年群（1歳）と混養したため、給餌量、生残尾数、および取揚げ時の大きさは不明である。

いて日本栽培漁業協会上浦事業場（現、増養殖研究所上浦分舎）で種苗生産したものである。93年群、94年群および99～02年群の稚エビの輸送には1 kLと0.5 kLのポリエチレン製水槽を用い、酸素とブローアによる通気を行った。輸送した稚エビは輸送タンクから直接当センターの素掘り池へ収容した。収容時のクルマエビの平均体長は20.7 mm（93年群）～50.0 mm（01年群）、1池あたりの収容尾数は2.3万尾（99年群）～6.0万尾（94年群）であった。

3. 素掘り池の環境

99年群の養成期間中における水温、pH、および塩分濃度の変化を図4-6-2に示した。1年間の水温の変動傾向は、7～8月の水温が最も高く30℃に達し、1～2月が最も低く10℃以下となった。この傾向は他の年でも同様であった。しかし、養成池の換水は潮の干満差を利用していることから止水時間が長く、外気温の影響を受け易い。そのため93年は7～8月の平均水温が28℃以下に、逆に94年は30℃以上の高水温期が約2ヶ月間続いた。また、97年は4～5月に水温が急激に上昇するなど、年によって季節的な変動傾向に差が認められた。pHは7～9、塩分濃度は30～35 psuの間にあり、両者とも顕著な季節変動は認められなかった。また、DOは2～8 mg/Lの範囲にあり、夏期は低く冬期に高い傾向が認められた。

4. 親エビの養成方法

養成試験のうち、生餌と配合飼料を併用した93年群と、配合飼料単独で養成した99年群の成長を図4-6-3に示した。両群とも0歳での成長が速く、12月時点の平均体長は93年群で雌151.9±9.5 mm、雄137.0±5.6

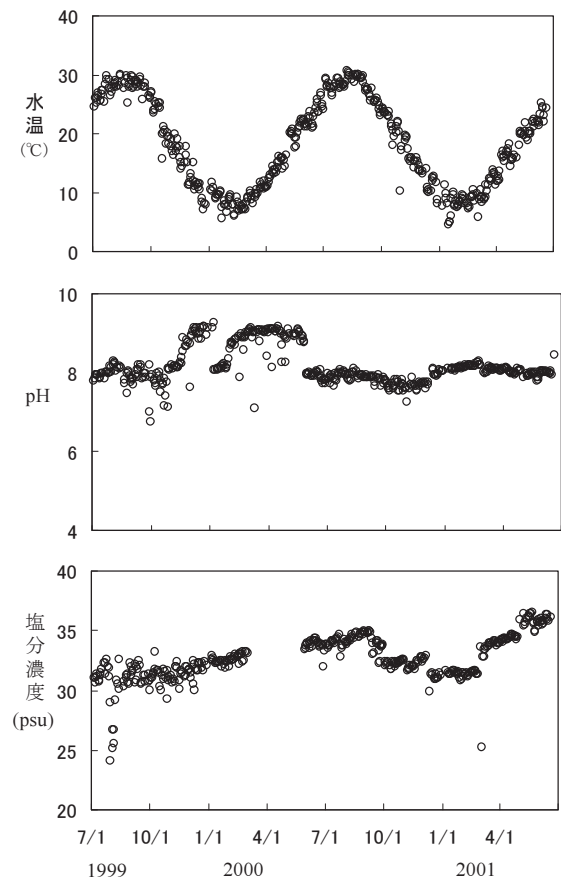


図 4-6-2 クルマエビ養成期間中における素掘り池の環境変化

mm、および99年群では雌151.7±7.5 mm、雄138.6±5.9 mmとほとんど同様の成長を示した。0歳の12月までの月間の平均成長速度は93年群で14.2 mm/月、99年群で20.2 mm/月となり、99年群に他の年次群より速い成長が認められた。しかし、冬期間は成長が停滞し、両群とも1歳の5月には雌の平均体長は150.4±9.8と152.8±7.3 mm、雄は138.4±4.1 mmと139.3±3.6 mmであった。他の群でも同様の傾向が認められ、1歳の5月

の雌の体長は 94～97 年群では、それぞれ 157.9 ± 5.6 mm, 160.8 ± 3.6 mm および 153.6 ± 3.9 mm および 135 ± 19.5 mm であった。6 例の養成試験のうち 5 例で、1 歳エビは 5 月に体長 150～161 mm, 体重 38～53 g となり、成熟卵巣卵を持つ雌の最小形とされている 130 mm¹⁾ を大きく上回り、産卵用親エビとして充分利用可能であった。

養成池内でのクルマエビの成長には、外気温に影響される水温が最も大きな作用要因であると考えられる。特に冬期の 10℃以下の低水温は成長を 3 ヶ月間停滞させ、さらに急激に生残率を低下させる原因となった。また、夏期の 29℃以上の高水温も成長に悪影響を及ぼすことが知られており²⁾、素掘り池は必ずしもクルマエビの成長に良い環境であるとはいえない。このため、1 歳の成熟個体を得るには、成長が停滞する 0 歳の 12 月までに成熟可能な大きさに成長させておくことが重要であり、適した時期に稚エビを養成池に収容する必要がある。稚エビ（体長 20～40 mm）を 7 月に収容しても初期の成長が速く、5 月に稚エビを収容した場合と同じように、11～12 月には体長 140～150 mm と成熟可能な大きさに達した。一方、8 月末に収容した稚エビの初期成長は他の群より早い、成長に適した水温の期間が短いため 12 月時点での平均体長は 125 mm と小型であった。したがって、養成池への稚エビの収容は、遅くとも 7 月までに行う必要があると推察された。

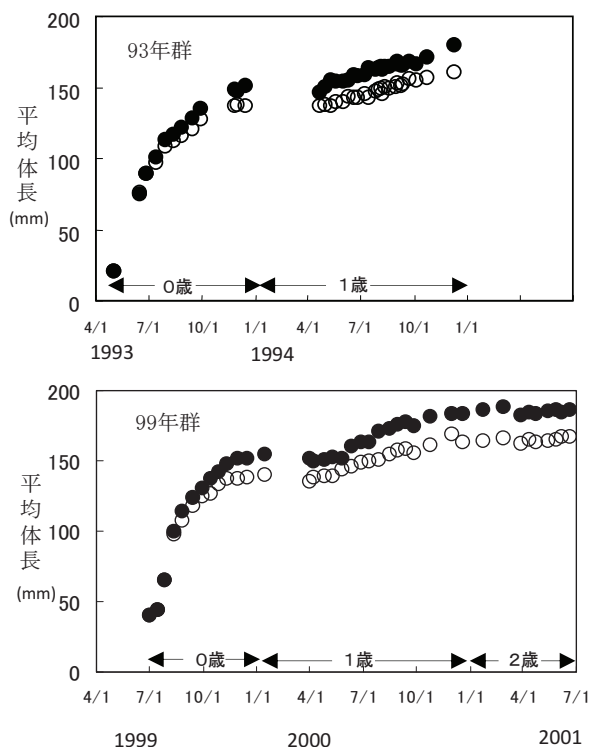


図 4-6-3 素掘り池で養成したクルマエビの成長

●：雌 ○：雄

給餌基準については、生餌と配合飼料を併用した飼育例では、年度により各餌の使用割合が異なり、また養成途中の生残状況を把握しなかったため適した給餌量を明らかにすることができなかった。一方、生餌併用の飼育例と同程度の成長が得られた配合飼料の単独給餌では、摂餌状況を観察しながら投餌したときの給餌率は養成水温と密接な関係が見られ、現在の基準では 15℃では体重の 2～3%、20℃以上では 5～6%が適当な値と考えられた。ただし、養成初期においては、この給餌率では単位面積あたりの給餌量が少なく稚エビに充分に行き渡らないため、20～30%が適量と考えられる。また、冬期の無給餌期間の前には水温 15℃以下の時期でも 2～3%量を給餌し、越冬前に十分に摂餌させておくことも重要である。毎日の給餌量の決定には、養成池内の生残尾数を常に把握することが重要であるが、コドラート法による推定値が実数に近い値を示したことから、コドラート法は養成池における有効な計数方法であるといえる。

5. 素掘り池で養成した親エビの成熟

各養成年群の卵影が大きくなった成熟個体の出現率の推移を図 4-6-4 に示した。1 歳時の成熟個体は、96 年群以外では 4 月下旬～5 月上旬から出現した。96 年群では 1, 2 歳時とも成熟個体が 4 月上旬から出現し、1 歳時での出現は他の群より早かった。各養成年群における成熟個体の最大出現率は 18～89%と顕著な差が認められた。また、94 年群では 50%以上の高い出現率が約 1 カ月間続いたが、97 年群では期間を通じて 20%未満であり、

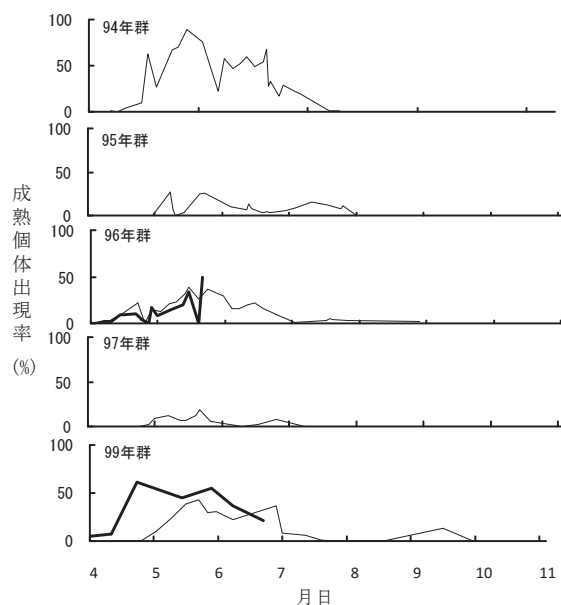


図 4-6-4 養成池で養成したクルマエビの成熟個体

出現率の推移

細線：1 歳時，太線：2 歳時

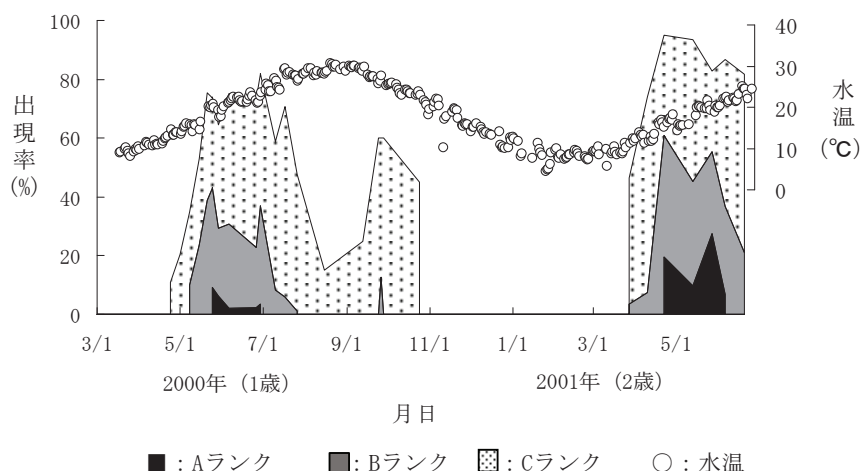


図 4-6-5 養成したクルマエビ（99 年群）の目視法による各成熟ランク出現の推移

成熟個体の出現状況に群による差が認められた。年齢別の成熟個体出現率では、96 年群は 1 歳時と 2 歳時で顕著な差は認められなかったが、99 年群は最高値が 1 歳時の 40%に対し、2 歳時で 60%と高くなった。

さらに、99 年群の 1 歳時 3 月から 2 歳時 6 月までについて、成熟状況と水温の変化を図 4-6-5 に示す。卵巢がわずかに膨らむ段階である C ランクは、1 歳時では 4 月 24 日～10 月 24 日の間に出現し、2 歳時では 3 月 27 日から確認された。成熟個体である A および B ランクは、1 歳時では 5 月 8 日～7 月 26 日に出現し、9 月 26 日にも一時的に確認された。2 歳時では、1 歳時より 1 カ月早い 3 月 27 日から観察された。C ランク出現時の水温は、1 歳時では 15℃、2 歳時では 10℃であった。また、B ランク出現時の水温は、1 歳時では 20℃、2 歳時では 15℃と年齢により違いが見られた。

成熟個体のうち、卵巢卵に表層胞が確認された個体は、1 歳時では 5 月 25 日～6 月 26 日、2 歳時では 4 月 22 日～6 月 6 日の間に確認された（図 4-6-6）。表層胞が観察された個体が成熟個体中に占める割合は、1 歳時では 9.4%（5.5～13.6%）、2 歳時では 13.0%（8.6～18.9%）であった。

素掘り池で養成したクルマエビの場合、成熟個体の出現時期は 1 歳時では 5～8 月、2 歳時では 4 月以降であり、種苗生産の開始時期^{*1}と一致する。近年は PRDV（penaeid rod-shaped DNA virus）の感染率が低い天然エビの確保が可能な 4～5 月からの種苗生産に移行しつつあるが、養成個体の 2 歳時では、例数は少ないが 4 月に成熟個体が出現したことから、養成による早期の親エビ供給の可能性が示された。

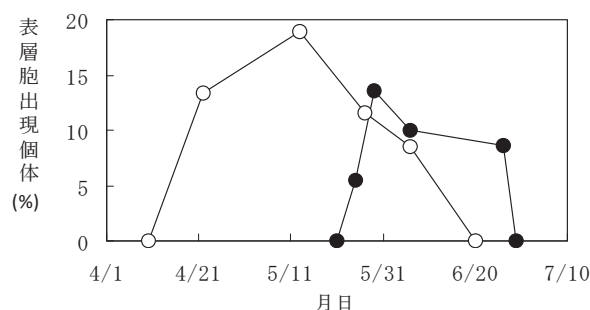


図 4-6-6 養成した成熟クルマエビ（99 年群）

卵巢卵に表層胞が確認された個体の割合

●：1 歳時 ○：2 歳時

6. 養成した親エビからの採卵

養成した成熟エビからの採卵試験には、A および B ランク個体を用いた。これらの個体は、生検法で卵巢卵に表層胞が確認された個体(成熟段階は前成熟期または成熟期)と確認されない個体(成熟段階は第 3 卵黄球期)に分けた。採卵方法として、表層胞を有する個体には眼柄処理を行わないで産卵させた（表層胞区）。卵巢卵に表層胞が確認できない第 3 卵黄球期にある個体は、片眼柄を手術用縫合糸で結紮する個体（眼柄処理区）と無処理の個体（眼柄無処理区）に分け、眼柄処理による産卵誘発方法の効果を比較した。養成エビの成熟個体を用いた採卵試験の結果を表 4-6-2 に示す。各試験区における産卵個体率は、眼柄無処理区の 2.6%に対し、眼柄処理区で 40～100%、表層胞区で 73.3～76.5%と顕著に高くなった。眼柄処理区を年齢によって比較してみると、96 年群と 99 年群の 1 歳時と 2 歳時とも産卵個体率は 70%以上を示し、年齢による差は認められなかった。

1 尾当たりの平均産卵数は、対照区が 26.1 万粒、眼柄無処理区が 23.6 万粒、眼柄処理区が 4.7～19.3 万粒、および表層胞区が 9.0～29.6 万粒であった。眼柄処理区で

^{*1} 平成 12～23 年度西日本種苗生産機関連絡協議会甲殻類分科会資料。

表 4-6-2 素掘り池で養成した成熟クルマエビの産卵方法と産卵結果

養成群	試験期間	体長 (mm)	表層胞区			眼柄処理区			無処理区		
			供試尾数 (尾)	産卵個体率 (%)	産卵量 (万粒/尾)	供試尾数 (尾)	産卵個体率 (%)	産卵量 (万粒/尾)	供試尾数 (尾)	産卵個体率 (%)	産卵量 (万粒/尾)
94年群	4.28～7.8	157～170	26	75.0	29.6	15	40.0	19.3	-	-	-
95年群	5.8～7.23	160～176	15	73.3	17.4	6	66.7	9.6	-	-	-
96年群	4.15～7.18	153～175	51	76.5	9.0	90	71.1	10.6	38	2.6	23.6
97年群	5.8～5.23	174～185	-	-	-	32	70.0	4.7	-	-	-
99年群	5.31～6.30	152～171	-	-	-	20	70.0	9.4	-	-	-
96年群 ^{*1}	4.28～5.15	188～195	-	-	-	5	100.0	17.0	-	-	-
99年群 ^{*1}	5.11～5.18	183～186	-	-	-	29	69.0	19.1	-	-	-
天然1 ^{*2}	3.24	167～206	4	75.0	18.5	6	0.0	0.0	5	16.7	18.5
天然2 ^{*2}	7.14	140～180	8	25.0	16.3	2	0.0	0.0	-	-	-

*1: 2歳時

*2: 愛知県一色町産 (1997年)

表 4-6-3 素掘り池で養成したクルマエビの PRDV 検出結果

年	月日	雌検出結果(陽性個体数/検査個体数)						雄検出結果(陽性個体数/検査個体数)					
		尾数	平均体長 (mm)	受精囊	卵巣卵	胃	第5歩脚	尾数	平均体長 (mm)	精巣	胃	第5歩脚	
1999	11.30	10	151	0/10				5	137	0/5			
2000	3.31	10	151	0/10				10	135	0/10			
	4.7	28	150	0/28				23	138	0/23			
	5.9	10	152	0/10	0/10	0/10	0/10	10	139	0/10	0/10	0/10	
	6.8	56	160		0/56								
	8.30	10	172	0/10	0/10	0/10		19	155	0/19	0/19	0/19	

*: 雌雄区別無し

空欄は未調査

は、1 歳時の産卵数は 96 年群の 10.6 万粒、99 年群の 9.4 万粒に対し、2 歳時の産卵数は、それぞれ 17.0 万粒、19.1 万粒と 1 歳の約 2 倍であった。

7. PRDV フリー親エビの養成

クルマエビの種苗生産では、PRDV の感染経路の一つとして、親エビから卵を介した垂直感染が主要な感染経路と考えられており³⁾、種苗生産過程での PAV の防除には PRDV を保有していない親エビの確保が重要とされている⁴⁾。そこで、養成期間中のクルマエビと池内に生息するカニ類、スナモグリおよび多毛類についてウイルス保有状況を検査したが、PRDV は検出されなかった。そこで、PRDV フリーの親エビ (PCR 法により PRDV 遺伝子が検出されない親エビ) の確保と、その親エビから PRDV フリーの稚エビ生産の可能性について検証した。

PRDV の感染経路には、水平感染と垂直感染の両方が存在すると考えられている^{4,5)}。そのため、人工稚エビを用いた親エビの養成過程において、PAV の防除にはこの二つの感染経路を遮断するような対策を講ずることが重要である。

垂直感染の防除には、種苗生産過程でウイルスを保有していない親エビから得られた卵の使用、およびヨード

剤を用いた卵の消毒が有効であることが報告されている^{3,4,6)}。今回素掘り池試験に用いた稚エビの生産過程においても、これら 2 つの予防対策を講じたことで PRDV の垂直感染を防除できたと考えられる。

一方、水平感染の場合、種苗生産や中間育成場での飼育過程における様々な要因がストレスとして宿主に負荷をかけ、その結果として PRDV に対する感受性を増大させるとともに、PRDV の宿主生体内での増殖を誘導する可能性が指摘されている⁴⁾。素掘り池でのストレスとしては、高密度飼育、餌不足および環境の悪化が挙げられる。しかし、本試験における稚エビの収容密度は 3.7 尾/m² であり、養殖での一般的な収容密度 (20 尾/m²)²⁾ に比べてかなり低く、飼育密度の影響は少ないと考えられる。また、養成期間中にクルマエビの体重や肥満度の低下が認められなかったことから、餌不足であったとは考えにくい。このように、今回、素掘り池を用いた低密度養成により、クルマエビへのストレスを軽減させることができたことが親エビ養成に成功した要因の一つと考えられた。

素掘り池内に PRDV が侵入し水平感染を引き起こす可能性の一つとして、外海に棲息する PRDV キャリアーの素掘り池への侵入に伴い、諸要因によりストレスを受けたクルマエビが容易に PRDV に感染するケースが想定される。実際に PRDV に感染したニホンスナモグ

表 4-6-4 素掘り池の環境生物の PRDV 検出検査結果

種 類	検査結果(陽性個体数/検査個体数)		
	1995年5月	1995年8月	1996年3月
スナモグリ	0/32	0/24	0/14
多毛類	0/15	0/10	0/6
カニ類	0/11	0/41	0/12

リと同居させることにより、クルマエビ種苗に PRDV の水平感染が成立することが実験的に確かめられている^{*2}。本試験で 1 年間の養成を行った結果、養成エビに PRDV の感染が認められなかったこと(表 4-6-3)から、素掘り池への侵入生物による PRDV の持ち込みはなかったものと考えられる。現在、天然クルマエビ以外にも *Ephydriidae* 属の昆虫、コペポーダ(*Schmackeria dubia*)、エビ類(*Exopalaemon orientis*)、カニ類(*Helice tridens*)での PRDV の感染事例⁷⁾や、感染は成立するものの死亡に至らずキャリアとして生存し続ける事例⁸⁾が報告されている。PCR 法にはウイルスの量的な検出限界があり、また、今回の試験でも検査サンプル数も十分であるとは言いがたいが、調査した素掘り池内に生息するスナモグリ、カニ類および多毛類のいずれからも PRDV は検出されなかった事実(表 4-6-4)から、これらの環境生物における PRDV の感染濃度は極めて低いと考えられた。また、仮にそれらの生物にごく微量の PRDV が感染していたとしても、養成クルマエビが適正な飼育条件下に管理され宿主側の抵抗力が正常に機能していたために水平感染を受けることがなかったとも考えられる。すなわち、潜水調査時に死亡個体やごみなどの除去を行うとともに、餌料を配合飼料のみとしたことで水質の悪化を防止できたことも水平感染の防除に効果があったと推察された。

本試験で養成したクルマエビから PRDV は検出されず、PAV も発生しなかったことから、水平感染はなかったものと判断された。しかし、使用した素掘り池の水温は、夏期が 29℃以上に上昇し、冬期には 5℃に下降することから、この水温変動の較差が最も大きなストレスになり得る可能性は残されている。また、クルマエビの養殖場では、29℃以上の高水温は種苗の成長に悪影響を及ぼすことが報告されている。今後、素掘り池を利用した親エビ養成を行う際の課題として検討する必要がある。

(崎山一孝)

- 1) Minagawa M, Yasumoto S, Ariyoshi T, Uemoto T, Ueda T. Interannual seasonal, local and body size variations in reproduction of the prawn *Penaeus (Marsupenaeus) japonicus* (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) in the Ariake Sea and Tachibana Bay, Japan. *Mar. Biol.* 2000; **136**: 223-231.
- 2) 門脇秀策. 透明度から見た養殖クルマエビの成長. 水産増殖 1993; **41**: 61-65.
- 3) 佐藤 純, 虫明敬一, 森広一郎, 有元 操, 今泉圭之輔, 西澤豊彦, 室賀清邦. クルマエビの種苗生産過程における PAV の発生状況. 魚病研究 1999; **34**: 33-38.
- 4) 虫明敬一, 有元 操, 佐藤 純, 森広一郎. 天然クルマエビ成体からの PRDV の検出. 魚病研究 1998; **33**: 503-509.
- 5) 中野平二, 渡邊 博, 梅沢 敏, 桃山和夫, 平岡三登里, 井上 潔, 大迫典久. 1993 年に西日本で発生した養殖クルマエビの大量死: 発生状況および感染実験. 魚病研究 1994; **29**: 135-139.
- 6) 宮島義和, 松本 淳. 人工養成クルマエビを用いた生検法による採卵用親エビの成熟度判別と効率的な採卵方法. 栽培技研 1996; **25**: 37-40.
- 7) Lo CF, Ho CH, Peng SE, Chen CH, Hsu HC, Chiu YL, Chang CF, Liu KF, Su MS, Wang CH, Kou GH. White spot syndrome baculovirus (WSBV) detected in cultured and captured shrimp, crabs and other arthropods. *Dis. Aquat. Org.* 1996; **27**: 215-225.
- 8) Rajendran KV, Vijayan KK, Santiago TC, Krol RM. Experimental host range and histopathology of white spot syndrome virus (WSSV) infection in shrimp, prawns, crabs and lobsters from India. *J. Fish Dis.* 1999; **22**: 183-191.

^{*2} 福田 穰(1999)クルマエビ養殖池に生息するニホンスナモグリからの PRDV の検出. 平成 11 年度日本魚病学会春季大会講演要旨集, 38.