

ホッコクアカエビ種苗生産で得られた基礎的な知見について

有 瀧 真 人

(日本栽培漁業協会能登島事業場)

ホッコクアカエビ *Pandalus borealis* は太平洋・大西洋の北部、北極海に広く分布するタラバエビ科のエビ類である (伊東 1976)。日本近海では日本海から北海道周辺海域に分布しているが、日本海側はその南限にあるため主生息水深は400~500mと深い。本種は底曳網やエビ籠を用いて多量に漁獲されているものの近年資源の減少が著しく、日本海の水揚げは1982年に約4000トンであったものが、1987年には2000トン以下に落ち込んでいる (日本海ホッコクアカエビ研究チーム 1991)。(社)日本栽培漁業協会能登島事業場では、1983年の開所以来本種の種苗量産技術開発に取り組んできた。ここではそのなかで得られた基礎的な知見のうち①抱卵エビの確保と幼生の回収、②幼生の形態および成長と生態について概要を述べる。

親エビの確保と幼生の回収

種苗生産に用いる幼生を回収するため1983年以降、抱卵エビを購入して試験を行ってきた。抱卵エビはエビ籠と底曳網で漁獲されたものを用いた (図1)。

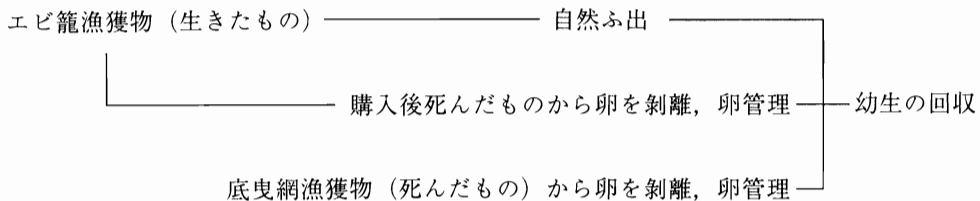


図1 幼生の回収方法

1 エビ籠漁獲物からの幼生の回収 (自然ふ出)

石川県西海漁協所属のエビ籠で漁獲されたエビは生きのまま水揚げされる。それらのなかから活きの良い抱卵エビを選別し、幼生の回収に用いるため事業場に搬入した。搬入した抱卵エビは当場の10m³角型コンクリート水槽 (2×4×1.5m) に収容し、4℃以下になるよう小型冷却装置を用いて管理した。抱卵エビはそのまま水槽内で自然ふ出させ、幼生を回収した。

抱卵エビは選別して購入しているものの、キズ等により斃死する個体が多く、幼生のふ出率は平均で55.7% (24.5~99.9%) と低かった。また最大ふ出率 (ピーク時のふ出幼生数/総ふ出幼生×100) も8.7%と低く、幼生を効率よく回収することは困難であった (表1)。

表1 幼生回収の概要

親エビ区分	年度	親エビ尾数	平均抱卵数	総抱卵数	管理水温	ふ出期間	ふ出幼生数	ふ出率 ¹⁾	1尾	日平均	日平均率 ⁴⁾	最大	最大	管理方法
		(尾)	(粒)	(粒)	(℃)	(日)	(尾)	(%)	当たり ²⁾	尾数 ³⁾	(%)	ふ出尾数 ⁵⁾	ふ出率 ⁶⁾	
エビ籠漁獲物 (生きたエビ)	1983	297	2,830	84.1	7.0	25	50.2	59.7	1,690	20,077	4.0	40,500	8.1	自然ふ出
	1984	1,620	2,874	465.6	7.0	31	114.0	24.5	704	36,774	3.2	88,000	7.7	自然ふ出
	1985	1,725	2,800	483.0	6.0	34	201.0	41.6	1,165	59,118	2.9	142,000	7.1	自然ふ出
	1986	1,125	2,101	236.4	3.5	36	134.8	57.0	1,198	37,444	2.8	76,200	5.7	自然ふ出
	1987	1,216	3,010	366.2	4.2	65	157.0	42.9	1,291	24,154	1.5	90,000	5.7	自然ふ出
	1988	1,460	2,839	414.5	4.1	42	216.0	52.1	1,479	51,429	2.4	163,000	7.5	自然ふ出
	1989	1,465	2,978	436.3	4.2	48	155.9	35.7	1,064	32,479	2.1	135,000	8.7	自然ふ出
	1990	500	2,270	113.5	4.5	24	99.6	87.7	1,991	41,496	4.2	89,000	8.9	自然ふ出
	1991	386	2,002	77.3	4.2	28	77.2	99.9	2,000	27,571	3.6	144,000	18.7	自然ふ出
	合計	9,794		2,676.6			1,205.7							
	平均	1,088	2,634	267.7	5.0	37	134.0	55.7	1,398	36,727	3.0	107,522	8.7	
エビ籠漁獲物 (斃死したエビ から卵を剥離)	1985	6	2,667	1.6	7.8	17	0.3	18.5	493	174	5.9			掛け流し
	1986	46	2,391	11.0	8.0	21	2.5	22.9	547	1,200	4.8			掛け流し
	1987	36	3,250	11.7	8.6	18	9.2	78.9	2,564	5,127	5.6			塩ビ筒
	1987	50	3,780	18.9	8.4	12	8.5	42.6	1,609	6,704	8.3			塩ビ筒
	1988	80	3,125	25.0	7.4	18	22.6	90.4	2,825	12,556	5.6			塩ビ筒
	1989	54	2,167	11.7	9.0	15	10.3	88.0	1,907	6,867	6.7	15,800	15.3	ふ化ビン
	1989	91	2,549	23.2	8.9	17	21.0	90.5	2,308	12,353	5.9	23,000	11.0	ふ化ビン
	1990	500	2,484	124.2	8.5	23	117.7	94.8	2,354	51,174	4.3	118,000	10.0	ふ化ビン
	1991	614	2,001	122.9	8.9	24	108.0	87.9	1,759	45,000	4.2	135,000	12.5	ふ化ビン
	1992	1,198	2,185	261.8	9.8	27	256.9	98.1	2,144	95,144	3.7	320,000	12.5	ふ化ビン
	1992	340	2,700	91.8	9.6	14	70.0	76.3	2,059	50,000	7.1	188,000	26.9	ふ化ビン
合計	3,015		703.8			626.6								
平均	274	2,930	64.0	8.6	19	57.0	71.7	1,870	26,027	5.6	133,300	14.7		
底曳網漁獲物 (剥離した卵)	1989	50	3,520	17.6	9.0	10	16.0	90.9	3,200	16,000	10.0	32,400	20.3	ふ化ビン
	1990	60	3,450	20.7	8.6	18	19.8	95.7	3,300	11,000	5.6	13,200	6.6	ふ化ビン
	1991	477	2,428	115.8	9.0	24	94.4	81.5	1,979	39,333	4.2	134,000	14.2	ふ化ビン
	合計	587		154.1			130.2			17,333				
平均	196	3,169	51.4	8.8	18	43.4	89.4	2,390		6.3	47,700	15.5		

1) 総ふ出幼生数/総抱卵数×100, 2) 総ふ出幼生数/親エビ尾数×100, 3) 総ふ出幼生数/ふ出期間,

4) (総ふ出幼生数/ふ出期間) / 総ふ出幼生数×100,

5) ピーク時のふ出幼生数, 6) ピーク時のふ出幼生数/総ふ出幼生数×100

2 エビ籠漁獲物からの幼生の回収 (剥離した卵)

1985年以降, 水槽収容後にスレや打ちキズ等により斃死したものは全て取り上げ, 卵を親エビから剥離して管理し, 幼生の回収を行った. 卵の管理は掛け流しから塩ビパイプを用いる方法を経て, 現在はふ化ビン (日特プラスチック kk. 長さ76cm, 外径2.5cm~15cm, 容量は4.2ℓ) を用いて行っている. このふ化ビンに注水する海水は自然水温で, 流量は収容した卵が排出されないよう, ふ化ビン1本当たり4~6ℓ/分に調整した. ふ化ビンへの注水は下方から行い, 注水口には卵に均等に注水が当たるようガラス玉を詰めた. 幼生の回収は排水をフレキシブルホースで0.5m³パンライト水槽に受けて行った.

掛け流しや塩ビパイプで管理していた当時はふ出率も低かったが, ふ化ビンで卵管理するようになって以降, ふ出率も76.3~98.1%と安定した. 最大ふ出率も14.7%と自然ふ出にくらべて高く, 短期間に多くの幼生を回収できるようになった. (表1).

3 底曳網漁獲物からの幼生の回収

安価で多量に確保できる底曳網漁獲物を親エビとして使用することを検討した. また幼生の回収は, 卵を剥離して管理することにより, 施設, 冷却コスト等の軽減を図った.

まず, 底曳網漁獲物が漁獲後何時間まで幼生の回収に使用できるかを検討するため, 試験を行った. 試験は生きたエビを水槽から取り上げ1~2℃に冷却したクーラーボックスに収容し1, 6, 24, 48時間後の卵の生残状況を観察した. 生残の判断は卵を顕微鏡下で観察し, 心臓の拍動があるか否かで行った. また, これらの抱卵エビから試験開始1, 6, 24時間後に卵を剥離して卵管理を行い, 幼生の回収率を比較した.

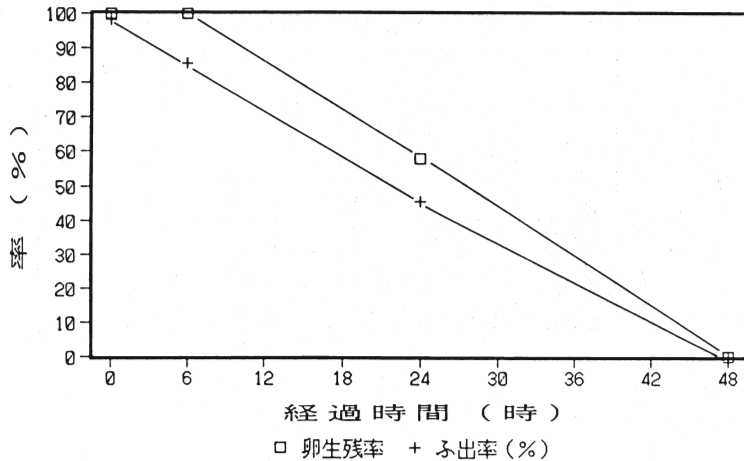


図2 水揚げ時間と卵の生残及び幼生ふ出率の変化

その結果、取り上げ後6時間までは生残率および幼生の回収率は高いものの、それ以降は低くなることが明らかとなり、幼生回収には水揚げ後6時間までの卵が有効であることが示された(図2)。

1989年以降は、実際に底曳網で漁獲された抱卵エビから幼生の回収試験を行った。使用した抱卵エビは、石川県西海漁協および富山県新湊漁協所属の底曳網船で漁獲されたものから選んで購入した。選別に当たっては、①漁獲後時間がたっていないこと、②エビ体幹部が白濁しておらず、卵が指で触っても取れずしっかりしていることを条件とした。搬入したものは直ちに卵を剥離し、ふ化ビンに収容して卵管理を行った。卵管理及び幼生の回収方法は、前述のものと同様である。

試験の結果、幼生のふ出率は平均で89.4%と高く、最大ふ出率も15.5%でエビ籠漁獲物の剥離卵と差がなかった(表1)。

以上の試験結果から、自然ふ出よりも剥離卵のほうが幼生の回収率は高いことや、底曳網漁獲物もエビ籠漁獲物と同様かそれ以上の割合で幼生を得られることが明らかとなった。

4 親エビ1尾当たりの幼生ふ出期間

親エビ1尾が全ての幼生をふ出する期間を知るため、観察を行った。観察には生きた抱卵エビと剥離した卵を用いた。

1) 自然ふ出

エビ籠で漁獲された抱卵エビを1尾づつ30ℓのパンライト水槽に収容し、ふ出開始から終了までの期間とふ出期間中の幼生数を観察した。用いた親エビは10尾、水温は4.7℃であった。

ふ出期間は5～7日間で、その平均値は5.8日であった。また、幼生のふ出は3～4日目にピークを迎え、ピーク時にはふ出総数の約25%がそれぞれふ出した(図3)。

2) 剥離卵

親エビから剥離した卵を1腹づつふ化ビンに収容し、ふ出開始から終了までの期間とふ出期間中の幼生数の観察を行った。用いた親エビは10尾、水温は8.5℃であった。ふ出期間は全て5日間で、ふ出のピークは4日目にあった。ピーク時のふ出幼生数は総数のおよそ40%を占めた(図

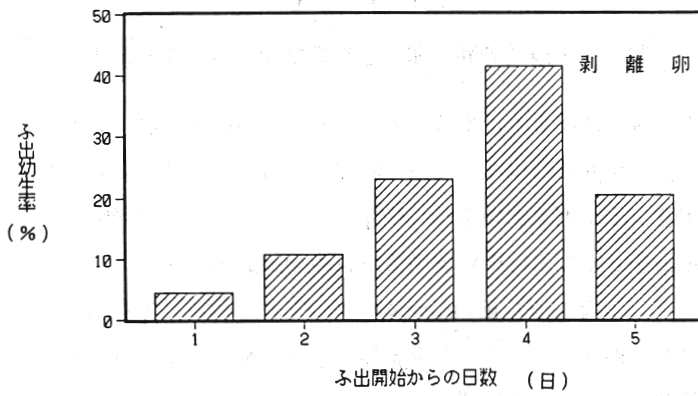
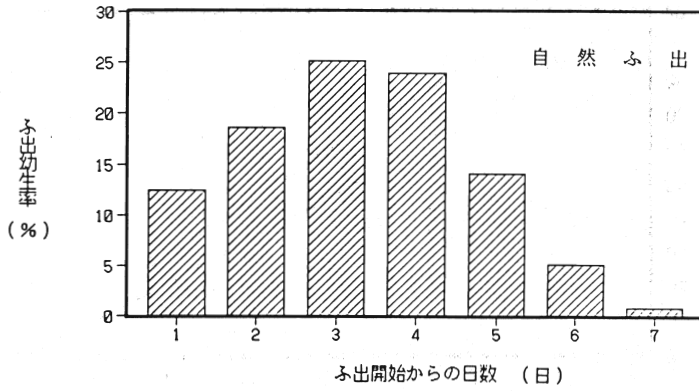


図3 抱卵エビ1尾当たりのふ出期間とふ出幼生尾数の経日変化

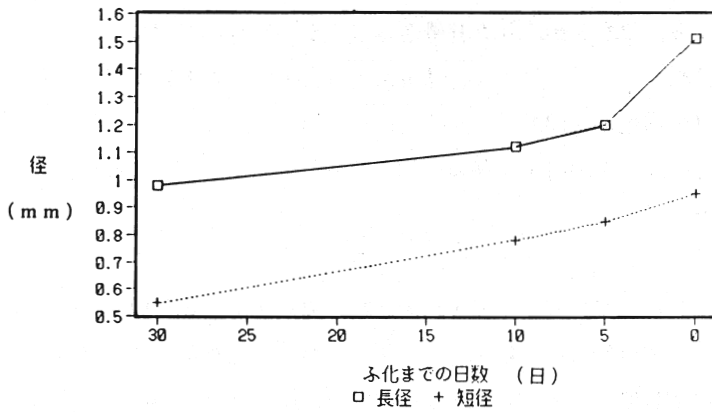


図4 卵径の径日変化

3).

以上のように、本種は1度に幼生をふ出するのではなく、5～7日間かけて幼生をふ出することが明らかとなった。また、そのピークは3～4日目にあることも示された。

5 卵径の変化

ふ出に至るまでの卵径（長径，短径）を観察した結果，卵径は発生段階によってサイズが異なり，ふ出の約30日前では長径0.98，短径0.55mmであったものが，ふ出直前には長径1.51，短径0.95mmにまで伸長した（図4）。

齢期の識別と成長，および形態的，生態的变化

1 齢期の識別

過去に報告された知見では，本種の幼生は6～11令期存在するといわれてきた（BERKELEY 1930；WIENBERG 1980，1982）。

1983年以降行った飼育の結果，いずれの例においてもふ出したゾエア幼生（以下Zと称す）は通常脱皮を7回繰り返す，7期から稚エビへ変態することが確認された。各齢期の識別は眼柄基部の癒合，尾肢，第2触角の分節，額角刺，胸脚外肢等の有無や尾節側縁の刺数によって可能であった（図5）。

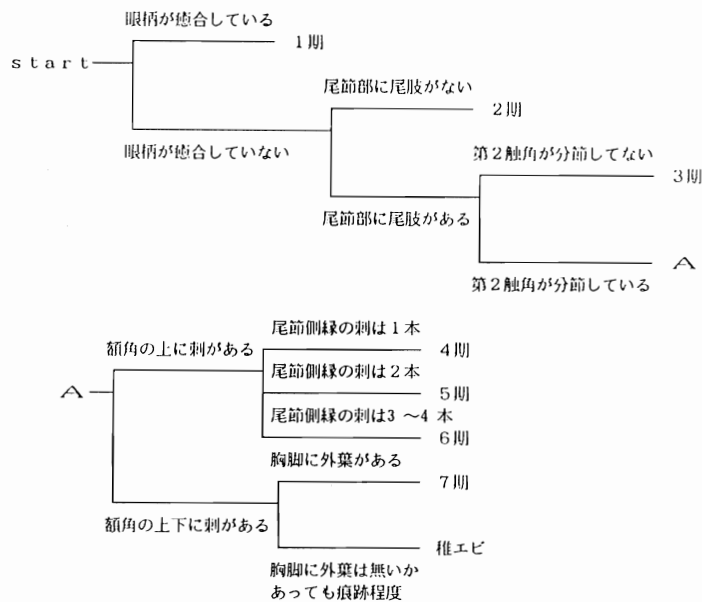


図5 齢期の検索

2 幼生の成長と齢期期間

各齢期の全長，体長および頭胸甲長を図6に示した。ふ出直後のZ1期では，全長5.9mm，体長5.1mm，頭胸甲長1.4mmのものが，稚エビ期には全長17.9mm，体長14.2mm，頭胸甲長3.8mmにまで成長した（図6）。

1989年から1992年に行った飼育例の各齢期期間を観察した結果，1齢期に費やす日数は5～10日間，その平均値は平均7.4日であった。また，Z1から稚エビまでは平均52日間かかった（図7）。

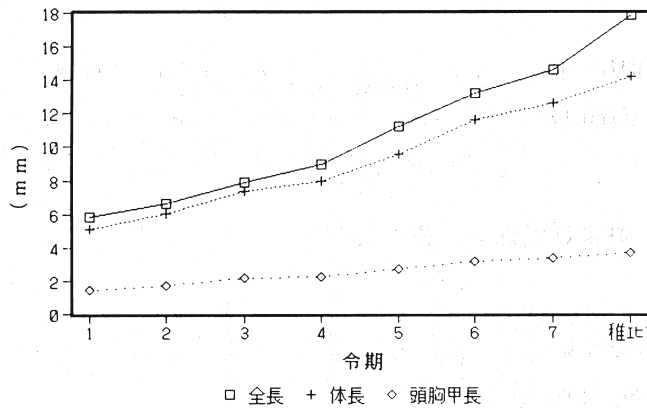


図6 幼生の成長

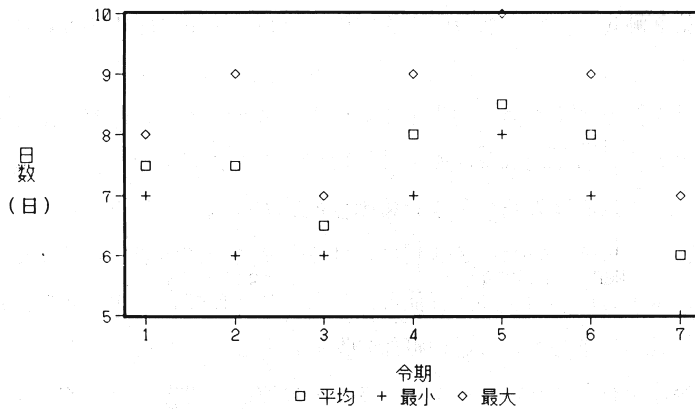


図7 齡期の期間

3 遊泳, 浮遊機能

遊泳に関わりのあると思われる, 胸脚外肢と尾肢の形態的な完成時期について観察を行った。その結果, Z 1 期の胸脚外肢は 2 本であるが Z 2 期以降 5 本となり, 尾肢は 3 期に出現した (表 2)。このことから幼生期の遊泳機能はふ出直後には未発達であるが, Z 1 ~ 3 期にかけて著しく発達し, Z 3 期には基本的な機構が整うことが示された。

また, 体各部の末端部 (額角, 尾節, 鱗節, 胸脚外肢等) を測定したところ, Z 1 ~ 3 期にかけて著しい退縮傾向を示した。このことは遊泳機能の未発達な Z 1 期は体末端部を伸長させることで浮遊機能を獲得しており, 遊泳機能の発達とともに浮遊機能が退行していくものと考えられる。さらに, Z 3 期に出現した尾肢についても同様に各部の測定を行ったところ, 尾肢の各部は Z 3 ~ 5 期に大きく伸長する傾向が観察された。これは Z 3 期に整った遊泳機能が Z 5 期に完成することを示唆していると思われる。

以上のことから幼生期の浮遊, 遊泳機能は Z 3 期と 5 期を転機として大きく変化することが示された。

表 2 幼生期外部形態の概要

令期	頭胸甲長 (mm)	目柄 基底	額角刺	第 2 触角 分節	尾節刺 下縁	尾節刺 側縁	尾肢	胸脚外肢 (本)
1	1.46	癒合	無	無	14	0	無	2
2	1.66	遊離	無	無	16	0	無	5
3	1.92	遊離	上有	無	16	0	有	5
4	2.35	遊離	上有	有	14	2	有	5
5	2.83	遊離	上有	有	12	4	有	5
6	2.91	遊離	上有	有	12	8	有	5
7	3.09	遊離	上下有	有	12	10	有	5
稚エビ	3.88	遊離	上下有	有	8	14	有	痕跡

4 遊泳行動

各齢期の遊泳姿勢を観察するため、幼生を 1 ℓ のガラスビーカーに収容し遊泳時の姿勢と方向等を観察した。ふ出直後の Z 1 期は腹面を上、頭部を下方にしてやや斜めの姿勢で胸脚の外肢を動かし、遊泳していた。胸脚外肢の動きで移動可能な方向は主に上方のみであり、下方への沈降は外肢の動きを止めて行っていた。Z 2 期における基本的な遊泳姿勢は Z 1 期の場合と大きな変化はなかったが、水平方向への移動が可能となった。Z 3 期では Z 1, 2 期の遊泳方向に加え、胸脚外肢を用いて能動的に下方への移動が可能になった。Z 4, 5 期は Z 3 期の遊泳姿勢に加え、腹面を下方にして遊泳を行うようになった。Z 6 期では遊泳姿勢等では変化がないものの、ビーカー内に網地など基物を入れるとこれに掴まるようになった。また飼育している水槽においても、排水用のネットに Z 6 期以降付着するようになることが観察された。Z 7 期においてはビーカーの底に着底する個体が見られ、これらは歩脚を用いて歩行が可能であった。このようにふ出直後の幼生は遊泳方向も単一であるが Z 3 期には胸脚外肢の完成や尾肢の出現により遊泳方向に広がりが見られた。また尾肢が完成する Z 4, 5 期には遊泳姿勢が変化し、より能動的な行動が可能になる。しかし、Z 6 期になると底生への移行の兆しが現われ、Z 7 期には着底生活を一部送るようになった (図 8)。

5 外部形態および生態的な知見と飼育の関わり

今まで述べてきた外部形態および生態的な知見を総括すると図 9 のようになる。

① 受動的浮遊生活期 (Z 1, 2 期)

形態的に未発達で遊泳能力も弱く、体各部末端部の伸長により浮遊機能を獲得している。

③ 移行期 (Z 3 期)

基本的な体構造が整う。体各部末端部の著しい縮小がほぼ終る。遊泳可能な方向が広がる。

④ 能動的浮遊生活期 (Z 4, 5 期)

尾肢の急激な発達、遊泳機能の完成、遊泳姿勢の多様化。能動的な浮遊生活期。

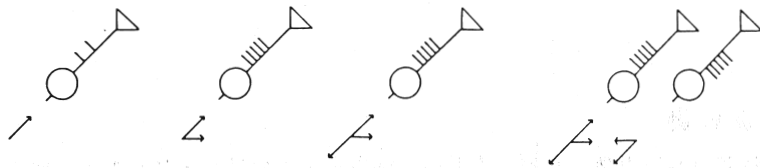
⑤ 移行期 (Z 6 期)

遊泳行動ばかりでなく、基物への付着を行うようになる。

⑥ 着定期 (Z 7 期)

着底し、歩脚での歩行が可能となる。

このように本種の幼生期は、脱皮変態を繰り返しながら浮遊生活から底生生活へと生活の場を移してゆくが、そのなかでも Z 3 期と 5, 6 期に外部形態および生態的な変化が起こることが伺えた。

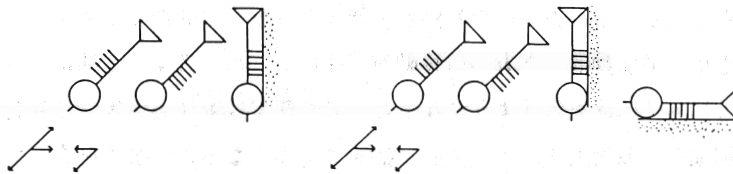


令期 : 1 期
遊泳姿勢: 仰向け
遊泳方向: 上

令期 : 2 期
遊泳姿勢: 仰向け
遊泳方向: 上、横

令期 : 3 期
遊泳姿勢: 仰向け
遊泳方向: 上、横、下

令期 : 4, 5
遊泳姿勢: 仰向け、俯せ
遊泳方向: 上、横、下



令期 : 6
遊泳姿勢: 仰向け、俯せ
遊泳方向: 上、横、下
ストレーナ等につかまる

令期 : 7
遊泳姿勢: 仰向け、俯せ
遊泳方向: 上、横、下
ストレーナ等につかまる、歩脚で着底

図 8 幼生の遊泳姿勢と方向

ゾエアステージ	1 期	2 期	3 期	4 期	5 期	6 期	7 期
生活様式	受動的浮遊生活		移行期	能動的浮遊生活		移行期	着底期
胸脚外肢	2 本	5 本	→				
尾肢			出現	→ 急激な発達			
遊泳能力	未発達	→ 向上	→		完成	→ 遊泳から着底へ → 着底	
外部形態	未発達	→ 基本的に整う					
体各部末端部	伸長	→ 縮小開始	→ 縮小ほぼ完成				

図 9 幼生の發育概要

過去の飼育試験の結果から、動物性の餌料（ワムシ、アルテミアノープリウス）のみで飼育を行うとZ3期以降、植物性の餌料（珪藻：フェオダクチラム）を単独で与えるとZ5期以降大量に減耗する傾向が見られた（図10）。減耗の原因として摂餌量等の観察から動物性餌料は質的な餌不足が、植物性餌料は量的な不足が推察されている。減耗時期がいずれの飼育においてもZ3～4期とZ5～6期に限定して起こるのは、今回述べてきた外部形態、生活様式の大きな転換期と一致し、餌料の量的、質的不足が幼生の発達や成育に異常を引き起こしたものと考えられる。

現在飼育は飼育初期から動物性、植物性両方の餌料を併用し、餌料が沈殿しないように水槽内を攪拌して飼育するようになったため大きな減耗も見られず飼育が可能になった（図10）。

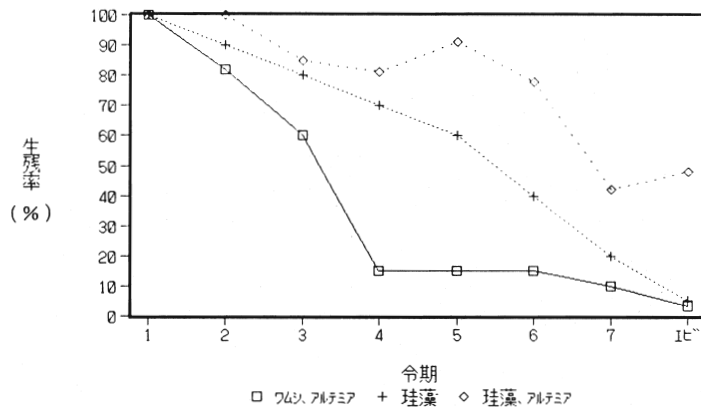


図10 餌料の種類と減耗期

このように幼生の形態的、生態的等の基礎的な知見は飼育技術とも大きな関りを持ち、種苗生産を行う場合重要な事項である。今後は、種苗生産技術の向上のためにも一層知見の集積に努めなければならないと考える。

文 献

- BERKELEY, A. A. (1930) The post-embryonic development of the common pandalids of British Columbia. *Contrib. Can. Biol., N. S.*, (6), 79-163.
- 伊東 弘 (1976) 日本海産ホッコクアカエビに関する2・3の知見. 日水研報告, (27), 75-89.
- 日本海ホッコクアカエビ研究チーム (1991) 特定研究開発促進事業 地域性重要水産資源管理技術開発総合研究総合報告書. 120pp.
- WIENBERG, R. (1980) Untersuchungen zur Larvalentwicklung und zur Nahrungsbiologie der Tiefseegarnele *Pandalus borealis* KRØYER, 1838. *Veroff. Inst. Kustenund Binneafiseh., Hamburg.*, (70), 1-82.
- WIENBERG, R. (1982) Larvalentwicklung im Labor erbruteter Tiefseegarnele *Pandalus borealis* KRØYER, 1838 (Crustacea: Decapoda). *Verh. Naturwiss. ver. Hamburg. (NF)*, (25), 185-205.