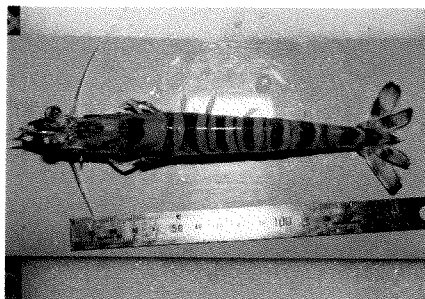


クルマエビの放流技術 開発—V—

—放流種苗の成長について—

宮 嶋 俊 明
浜 中 雄 一
竹 野 功 璽



放流後のクルマエビの成長過程を明らかにするために、1995年7月～1996年7月の間に採集および漁獲されたクルマエビの測定結果と尾肢切除種苗の再捕結果を検討した。放流種苗は9月に漁獲資源に添加し、翌年の7月には雄で155～160 mm、雌で175～180 mmに成長することが明らかとなり、放流海域周辺では漁獲の主体群中に放流種苗が含まれていることが分かった。また、これらの結果から放流種苗の成長式について推定を行った。

京都府ではクルマエビの種苗放流が1972年から行われている。これまで夏期に放流した種苗は秋期には漁獲の対象となり、越冬した群が翌年の春夏期に漁獲されると考えられていた。しかし小型放流種苗に対して有効な標識が開発されていなかったために、実際には放流種苗の成長や分布等の動向は不明であり、漁獲されているクルマエビが果たして放流種苗かどうか分からなかったのが現状であった。クルマエビ放流事業を進めていく上においては、その放流効果を把握することが必要であり、そのための基礎資料として、放流後の種苗の成長や移動等について把握することが不可欠であると考えられる。

そこで、尾肢切除標識（宮嶋他，1996）でマーキングされた種苗の再捕結果と、放流後に放流海域周辺で漁獲されたクルマエビの体長測定結果から、1995年に栗田漁業協同組合が放流したクルマエビ種苗の放流から約1年後までの成長について検討を行ったので報告する。

材料および方法

1. 試験操業

1995年6月22日～7月28日まで、京都府宮津市中村地先（Fig. 1）で、栗田漁業協同組合により14.4万尾（平均体長59 mm）の種苗が海面育成され、7月28日に放流された。海面育成中は随時、種苗の体長が測定された。種苗放流後から3, 4, 5, 6, 7, 13, 20, 26, 39日後に放流海域周辺の水深1.5 m～5.0 mで試験操業を行い、採集した種苗の体長を測定した。

2. 市場調査

放流種苗が漁獲資源に添加した1995年8月下旬（宮嶋他，1995）から1996年7月にかけて、放流海域周辺で漁獲されたクルマエビの体長を測定した。ただし、京都府では冬季はほとんどクルマエビは漁獲されないため、1月～4月はデータを収集することができなかった。体長データの収集は雌雄別にノギスを用いて体長測定を行った。

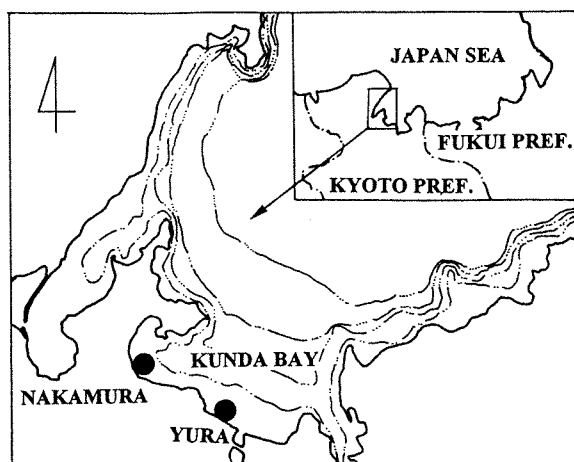


Fig. 1. Map of survey area. (●) indicate releasing sites in Kunda Bay.

Table 1. Number of specimens (Kuruma prawn) collected by commercial gill-nets and experimental small trawl net.

Sampling month		Number of prawns	
		males	females
Jul.	late	174	174
Aug.	early	406	406
	middle	57	57
	late	168	103
Sept.	early	136	121
	middle	262	177
	late	124	244
Oct.	early	9	9
	middle	170	107
	late	152	232
Nov.	early	22	70
	middle	102	318
	late	31	15
Dec.	early	118	398
	middle	172	26
May.	middle	569	537
	late	560	288
Jun.	early	790	430
	middle	586	329
	late	389	379
Jul.	early	316	407
	middle	166	251
	late	107	148

3. 標識放流

栗田漁業協同組合による放流と同日に、平均体長 65 mm の種苗 1,680 尾の左尾肢を切除し、京都府宮津市由良地先 (Fig. 1) に放流した。放流後から、現地および京都府漁連宮津市場、舞鶴市場において標識種苗の発見に努めた。

4. 成長曲線の推定

1996年7月下旬までの放流群の成長式の推定を雌雄別に試みた。中間育成、試験操業から得られた放流種苗の平均体長と標準偏差および標識放流クルマエビが混獲されていた漁獲群の平均体長と標準偏差 (Table 2) を計算に用いて、放流群の成長について von Bertalanffy と季節成長を考慮して周期関数によって拡張した式へのあてはめを行った。各パラメーターの推定には Akamine (1986) のプロ

Table 2. Estimated mean body lengths for calculating growth formulae.

Year of age	Males		Females	
	Mean (mm)	S.D. (mm)	Mean (mm)	S.D. (mm)
0.23	30	5.6	30	5.6
0.26	34	5.3	34	5.3
0.29	39	7.3	39	7.3
0.30	45	6.3	45	6.3
0.31	49	7.2	49	7.2
0.33	61	7.6	61	7.6
0.35	67	12.8	67	12.8
0.38	83	16.0	83	16.0
0.41	113	15.0	110	25.6
0.43	113	13.6	114	15.3
0.45	118	11.8	121	15.7
0.49	118	10.6	126	13.5
0.50	125	10.7	139	11.2
0.55	414	10.7	150	11.3
0.58	128	10.6	135	12.8
0.63	134	7.7	146	7.5
0.67	138	5.3	152	7.6
0.72	140	5.3	160	8.4
1.13	146	8.0	163	7.1
1.16	146	8.4	165	7.6
1.19	145	7.6	164	9.3
1.21	147	6.9	167	10.0
1.24	148	7.8	169	12.0
1.27	151	6.8	173	10.0
1.29	153	8.0	175	8.2
1.32	155	4.9	179	7.5

グラムを用いた。拡張した成長式は下記の通りです。

$$F(t) = (1+a)t/2 + (1-a)/4\pi \times \text{SIN } 2\pi(t-t_1)$$

L: 体長, L_∞ : 最大体長, K: 成長係数, t_0 : L=0 の年齢, a: $F'(t)$ の最小値

結果

Fig. 2, 3 に1995年7月下旬~1996年7月までの旬別のクルマエビの体長組成を雌雄別に5mmごとに集計して

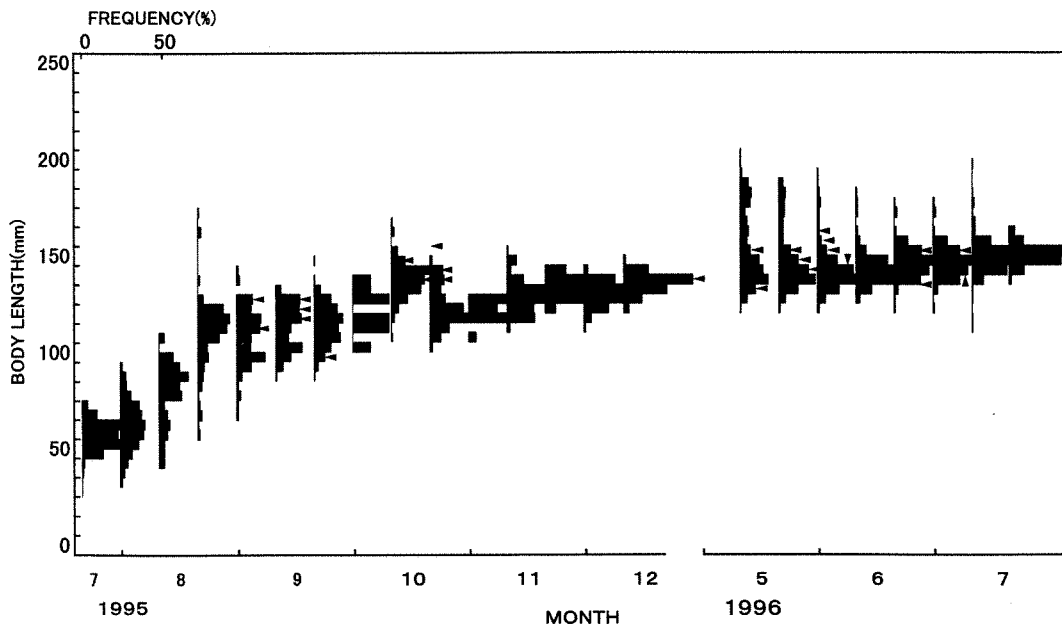


Fig. 2. Body length compositions of male Kuruma prawn from July 1995 to July 1996. Arrows indicate the size of recaptured marking prawn.

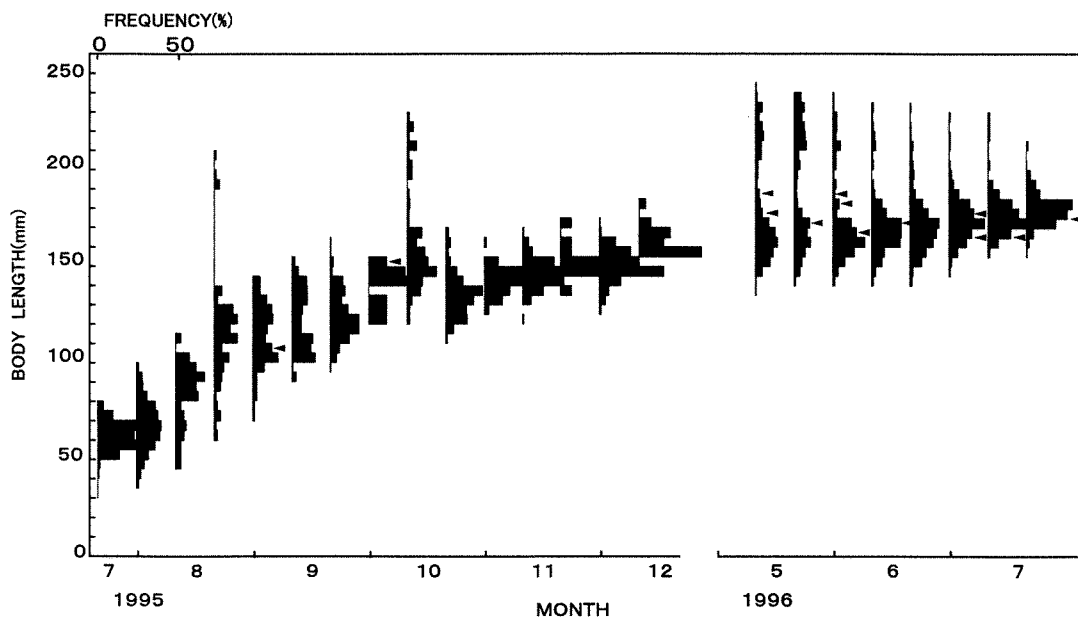


Fig. 3. Body length compositions of female Kuruma prawn from July 1995 to July 1996. Arrows indicate the size of recaptured marking prawn.

示した。測定尾数は10,724尾であった。ただし、試験操業の結果では放流種苗は9月上旬までは雌雄間に成長差が見られなかったため、この間の体長データは雌雄別に分けなかった。最初に Fig. 2 の雄の体長組成から検討する。図中の矢印は再捕された尾肢切除種苗の体長を示している。8月中旬についてみると、モードが65~70 mm の群と90~95 mm の群の2峰型を示した。9月上旬になると体長70~150 mm の範囲のクルマエビが採集され、モードは100~105 mm と、120~125 mm にみられた。尾肢切除種苗の体長もこの範囲内であった。9月中旬には体長80~145 mm の範囲で漁獲され、モードは105~110 mm、120~125 mm にみられた。9月下旬には体長100~150 mm の範囲で漁獲された。モードは120~135 mm であった。10月中旬には体長145~150 mm にモードを持つ群が漁獲された。再捕された尾肢切除種苗の体長もこの群の範囲内であった。10月下旬には、中旬よりも小さい120~125 mm にモードを持つ群が漁獲された。12月に入ると体長140~145 mm にモードを持つ群が漁獲された。再捕された尾肢切除種苗の体長もこの群の範囲内であった。1月~5月にかけてはクルマエビはほとんど漁獲されなかったが、5月中旬から再び漁獲され始めた。体長範囲は115~205 mm と広がったが、体長140~145 mm にモードを持つ群が卓越していた。再捕された尾肢切除種苗の体長もこの卓越群の範囲内であった。この卓越群は以降も漁獲され続けた。卓越群のモードは6月上旬まで変わらなかったが、6月中旬以降大きくなり、7月下旬にはモードが155~160 mm に成長した。

次に Fig. 3 のメスについて検討した。9月上旬は体長70~145 mm の範囲で漁獲され、尾肢切除種苗もこの範囲内で再捕された。また、オスと同様に2つのモードがみられた。9月中旬には体長90~155 mm の範囲で漁獲され、100~105 mm、130~135 mm にモードがみられた。9月下旬には体長105~165 mm の範囲で漁獲され、モードは115~125 mm、135~145 mm にみられた。10月中旬には体長145~150 mm にモードを持つ卓越群が漁獲された。

10月下旬には中旬よりも小さい体長135~140 mm にモードを持つ群が漁獲された。12月に入ると体長150~160 mm にモードを持つ群が漁獲されていた。越冬明けの5月中旬には体長160~165 mm にモードを持つ群が卓越して漁獲された。この卓越群は6月中旬まではモードがほぼ同じであったが、中旬以降成長して7月下旬にはモードは170~175 mm になった。また、再捕された尾肢切除種苗の体長も、この卓越群の範囲内であった。

von Bertalanffy と周期関数で拡張した成長式へのあてはめを実施した計算結果を Table 3 に示した。通常の式と周期関数で拡張した式の AIC (Akaike, 1973) を比較した結果、当然のことであるが雌雄ともに、拡張式の方があてはまりが良い結果となり、数式の上でも季節的成長が示唆された。得られたパラメーターから雌雄それぞれの成長式は von Bertalanffy

$$\text{雄} : L=152.5 \{1-\text{EXP}(-4.7(t-0.2029))\}$$

$$\text{雌} : L=174.7 \{1-\text{EXP}(-4.0(t-0.2063))\}$$

周期関数による拡張式

$$\text{雄} : L=162.2 \{1-\text{EXP}(-5.2(F(t)-F(0.1006)))\}$$

$$F(t)=0.442t+0.279\pi \times \text{SIN } 2\pi(t-0.4761)$$

$$\text{雌} : L=212.9 \{1-\text{EXP}(-3.3(F(t)-F(0.1216)))\}$$

$$F(t)=0.558t+0.221\pi \times \text{SIN } 2\pi(t-0.4579)$$

となった。なお、Fig. 4, 5 に周期関数によって拡張した成長式を示した。

考察

漁獲されたクルマエビの体長組成から、放流種苗が漁獲資源に添加した8月下旬(宮嶋ら, 1996)以降から卓越群が出現し、翌年の8月まで漁獲の主対象となっていたことが分かった。また、再捕された全ての尾肢切除標識種苗がこの卓越群の体長範囲内のサイズであったことから、卓越群中に放流種苗の大部分が含まれていると考えられた。したがって、秋~冬期に取り残した放流群は翌年の春~夏期に漁獲されるというこれまでの推測(中路, 1986)が実証

Table 3. Growth parameters of calculation for released Kuruma prawn for fitting to two growth formulae.

Sex	Type	Parameter				Ymin	AIC
		K	t0	t1	A		
Male	von Bertalanffy growth curve	4.6586	0.2029			25.79	29.79
Male	periodic function	5.1733	0.1006	0.4761	-0.116	11.79	19.79
Female	von Bertalanffy growth curve	4.0260	0.2063			26.50	30.50
Female	periodic function	3.3060	0.1216	0.4579	-0.122	9.45	17.45

Ymin = -2ln (maximam likelihood) + const. AIC = Ymin + 2 × number of estimated parameters

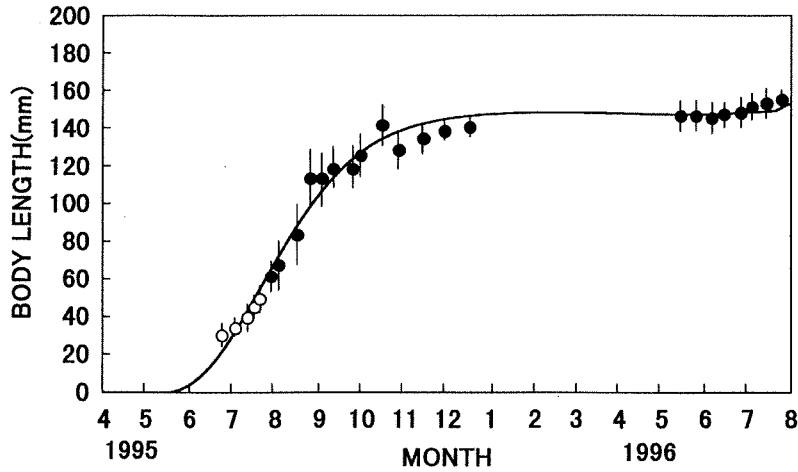


Fig. 4. Mean body length and standard deviation by day of age of male Kuruma prawn from 1995 to 1996. Curve indicates growth formula using periodic function. (○) indicate mean body length during the period of the cultivation in the sea.

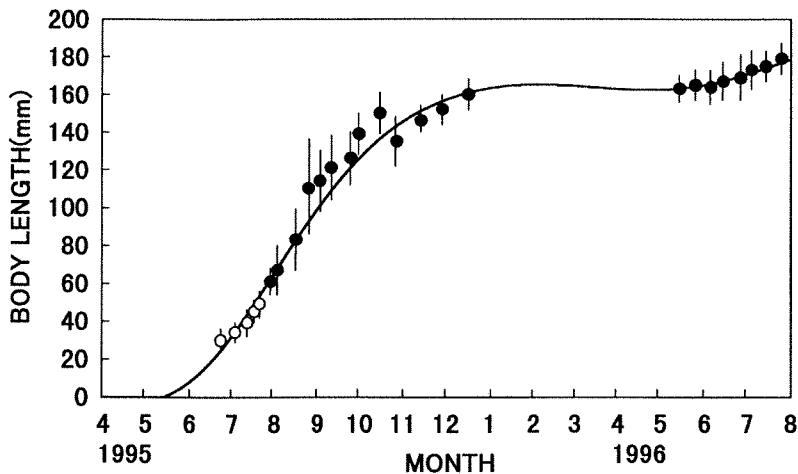


Fig. 5. Mean body length and standard deviation by day of age of female Kuruma prawn from 1995 to 1996. Curve indicates growth formula using periodic function. (○) indicate mean body length during the period of the cultivation in the sea.

された。また、その結果1995年の8月～9月および1996年の5月以降に漁獲された、卓越群よりもさらに大型の個体(メスで体長 200 mm 以上, オスで体長 160 mm 以上)は、放流群よりも1～2年、年級が古い群と考えられ、成長曲線の推定に卓越群のみのデータを用いたのは妥当であると考えられた。

成長曲線 (Fig. 4, 5) の結果をみると、雌雄共に全体としては、おおむね実測値に当てはまっていた。ただ、発生時期については実際の放流種苗の生産開始時期が4月下旬

であるのに対して、成長式では5月中旬となった。今回は放流から1年後までのデータから推定を行ったが、クルマエビの寿命は約3年(倉田, 1986)であるので、最大体長付近の値を加えることによって、補正されることが考えられる。また、8月下旬から12月にかけてやや適合が悪かった。これは体長組成の結果からも分かるように、この期間中の卓越群が2峰型を示していたことによるものと考えられた。また、サンプリングの偏りのためか、10月下旬は雌雄共に、前旬よりもサイズが小さくなっていった。放流種

苗は1995年6月22日から7月28日までの約1ヶ月間にわたって海面育成されているが、7月12日に育成中の種苗よりも約10mm小さい種苗が追加搬入された。8月中旬の体長組成が2峰型を示しているのはこの追加搬入された種苗の一部を含む成長の遅い群であると考えられた。また、9月上旬から下旬にかけては、卓越群中の小型個体の多くは、大型個体が漁獲されている漁場よりも、放流場所から離れた漁場で漁獲された。したがって、この期間中に漁獲された小型個体の多くは、栗田からの放流群とは考えにくい。他海域からの放流群である可能性もあるが、漁場の水深が約10mと浅いことや、他海域の放流場所からの距離から、天然発生群が加入した可能性が高いと考えられた。

今回、京都府における放流種苗の成長を把握し、放流種苗を含む群が主対象として漁獲されていたことが分かった。また、夏期に放流された放流群の成長曲線が定まったことから、他の漁獲への加入群（天然発生群を含む）の把握も可能となった。今後、クルマエビの資源管理を行っていく上においても、各加入群を量的に把握することが必要となるだろう。

参考文献

- 宮嶋俊明・浜中雄一・竹野功璽. 1995. クルマエビの放流技術開発—Ⅲ, 栗田湾における放流クルマエビ種苗の初期動向, 京都府立海洋センター研報, **18**: 51-56
- 宮嶋俊明・豊田幸詞・浜中雄一・小牧博信. 1996. クルマエビ標識放流における尾肢切除法の有効性について, 栽培技研, **25**(1): 41-46.
- Akamine, T., 1986: Expansion of growth curves using a periodic function and BASIC program by Marquardt's method. *Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab.*, (36), 77-107.
- Akaike, H., 1973: Infomation theory and an extension of the maximum likelihood principle. in "2nd International Symposium on Information Theory" (B.N. Petrov and Csaki F., ed.), 267-281, Akademiai Kiado, Budapest).
- 中路 実. 1986. クルマエビ種苗放流効果の事例, さいばい叢書1くるまえば栽培漁業の手引き, 日本栽培漁業協会, 東京, 222-250.

Synopsis

Method of Releasing Juvenile Kuruma Prawn *Penaeus japonicus*—V.

—Growth of release prawn—

Toshiaki MIYAJIMA, Yuichi HAMANAKA and Koji TAKENO

The present study is concerned with growth of released Kuruma prawn (*Penaeus japonicus*). The reared prawns with 59 mm BL (body length) recruited into catch resources, until early September 1995. In July of the next year, BL of the males and females were 155–160 mm and 175–180 mm, respectively. The formulae for the both sexes growth curves using periodic function were estimated as follows;

males

$$L = 162.2 \{1 - \exp(F(t) - F(0.1006))\}$$

$$F(t) = 0.442t + 0.279\pi \times \sin 2\pi(t - 0.4761)$$

females

$$L = 212.9 \{1 - \exp(F(t) - F(0.1216))\}$$

$$F(t) = 0.558t + 0.221\pi \times \sin 2\pi(t - 0.4579)$$

The estimated growth curves of both sexes were will fitted to mean body length of Kuruma prawn collected just after release to recapture.