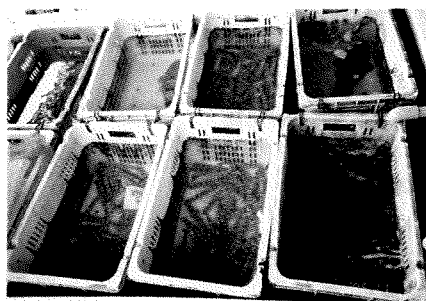


クルマエビの放流技術 開発—X

—放流効果推定の試み—

宮 嶋 俊 明
浜 中 雄 一
竹 野 功 壘



1995年7月にクルマエビ種苗の尾肢を切除して放流し、放流後から市場および現地において追跡調査を行った。標識クルマエビは放流後2年間にわたって採捕された。採捕結果から回収率は18.0%と推定された。また、京都府のクルマエビ水揚げ物に占める放流クルマエビの水揚げ量の割合が高いことが示唆された。

栽培漁業を推進していく上で、種苗の放流効果を把握することは重要である。クルマエビの場合、瀬戸内海で初めて種苗放流が開始されてから30年以上が経過した。その間、放流効果については様々な検討が行われたが、放流から漁獲サイズに至るまで使用できる標識が無かったため、その効果の把握は不十分であった。これまでも体長組成からの群分離によって放流効果を算出した例（静岡県，1986）はあるが、この効果把握の手法は天然群の発生時期や成長について正確に把握し、かつ放流群と他の放流群や天然群を分離する必要があるため、事前に詳細な調査を行っておく必要がある。京都府ではこれまでから漁獲量変動を放流効果の指標としてきたが、この手法は天然クルマエビの資源変動が考慮されていないため、その精度は非常に曖昧であった。

そこで本報告では、小型クルマエビ用に開発した尾肢切除標識（宮嶋他，1996）を用いて標識放流を行い、市場などの追跡調査結果から得られた標識エビの採捕状況から放流効果の推定を試みた。

材料および方法

標識放流

標識放流は、1995年7月27日に佐賀県産のクルマエビ種苗の左側尾肢を切除し、京都府立海洋センター内の水槽で1日間飼育した後に、翌日の7月28日に Fig. 1 に示す京都府宮津市由良地先に1,680尾（平均体長 63 mm）を放流した。また、同日に Fig. 1 に示す由良地先より約 4 km 西方の中村地先から、栗田漁業協同組合により14万4千尾（平均体長 59 mm）の種苗が放流された（宮嶋他，1995）。

追跡調査

京都府では、クルマエビの大部分は若狭湾西部海域（通称：丹後海）で刺し網によって漁獲され、京都府漁業協同組合連合会宮津市場および舞鶴市場に水揚げされている。したがって、この2市場の調査で丹後海のクルマエビの水揚げ状況は把握できる。市場調査は1996年5月から1997年12月にかけて、京都府漁業協同組合連合会宮津市場および舞鶴市場で行った。調査は、市場に出向いた日に水揚げさ

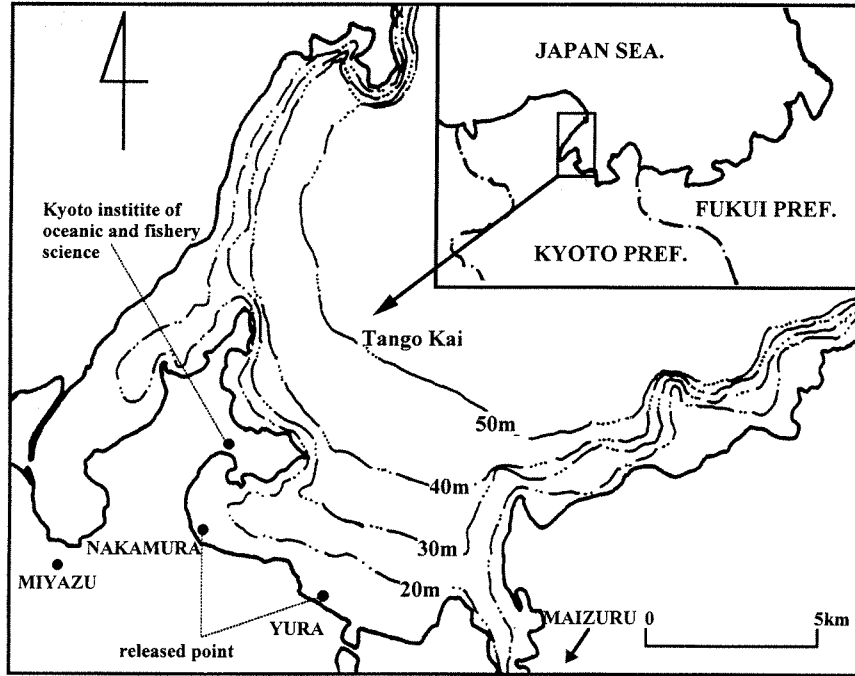


Fig. 1. Map showing survey area

れた全てのクルマエビを対象として雌雄別に8,753尾の体長の測定を行うとともに、標識エビの発見に努めた。

また、1995年9月から1997年12月にかけて、2市場および現地で5,817尾のクルマエビについて買い取り調査を行い、雌雄別に体長、体重等を測定した。

回収率の推定

回収率の推定には日数による引き延ばし法と出荷量による引き延ばし法の2つの方法で比較・検討した。

(1) 日数による引き延ばし法

今回の市場調査は、調査日を抽出単位としたクラスターサンプリング(北田, 1996)となり、下記の式により標識エビの回収尾数、市場への水揚げ尾数およびそれぞれの95%信頼限界値を推定した。なお、市場へのクルマエビ水揚げ日数は、京都府漁業協同組合連合会の資料を用いた。

$$\hat{M} \text{ or } \hat{N} = \frac{D}{d} \sum_{i=1}^d m_i \text{ or } n_i$$

$$V(\hat{M} \text{ or } \hat{N}) = D^2 \frac{D-d}{D-1} \frac{\hat{\sigma} m^2 \text{ or } \hat{\sigma} n^2}{d}$$

$$95\% \text{ C.I.} = 1.96 \sqrt{V(\hat{M} \text{ or } \hat{N})}$$

\hat{M} : 標識エビの推定回収尾数

\hat{N} : 推定水揚げ尾数

D : 各市場におけるクルマエビの水揚げ尾数

d : 調査日数

m_i : 調査日 i の標識エビ発見尾数

n_i : 調査日 i の水揚げ尾数

$V(\hat{M})$: \hat{M} の分散

$V(\hat{N})$: \hat{N} の分散

$\hat{\sigma} m^2$: 1日あたりの標識エビの発見尾数の不偏分散

$\hat{\sigma} n^2$: 1日あたりの市場への水揚げ尾数の不偏分散

95% C.I.: 95%の信頼限界

(2) 出荷量による引き延ばし

体重の測定結果から得られた平均体重、各市場へのクルマエビ出荷および、市場調査および買い取り調査の全調査結果から、下記の式を用いて標識エビの回収尾数を推定した。なお、クルマエビ出荷量には、京都府漁業協同組合連合会の漁獲統計資料を用いた。

$$\hat{M}' = \frac{\hat{N}' m'}{n'}$$

$$\hat{N}' = W/w$$

\hat{M}' : 標識エビの推定回収尾数

\hat{N}' : 市場における推定水揚げ尾数

n' : 調査尾数

m' : 標識エビ発見尾数

W : 市場における出荷量

w : 1個体当たりの平均体重

Table 1. Results of marking experiment. Number is recaptured number in 1995-1998.

	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
1995	—	—	—	—	0	11	6	0	1
1996	—	14	12	7	0	0	0	0	0
1997	1	5	2	0	0	0	0	0	0

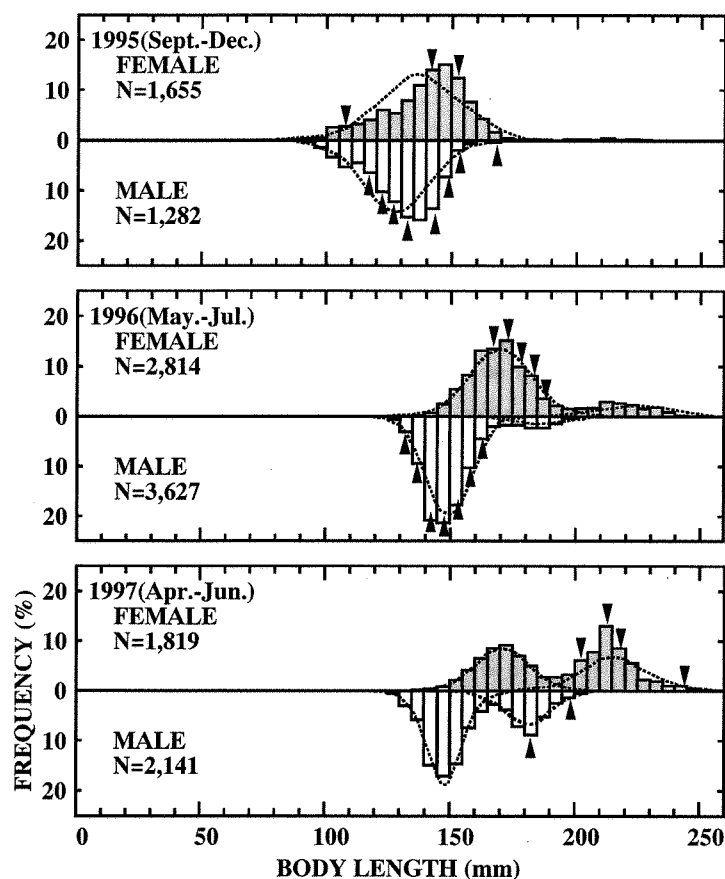


Fig. 2. Body length compositions of kuruma prawn from September to December 1995, from May to July 1996 and from April to June 1997. Solid triangle (▲) indicate the size of recaptured marking prawn. Dot line indicate the standard curve.

放流効果の推定

標識エビの回収率から栗田漁業協同組合放流種苗の回収尾数を推定した。また、体長測定結果を堤・田中 (1987) のプログラム PROGEAN. BAS を用いて正規分解して、標識エビが含まれる群を放流種苗が含まれる群とし、この群の平均体重を回収尾数に乗じて放流効果を推定した。

結果

標識エビの月別採捕尾数を Table 1 に示した。標識エビの採捕は放流当年の1995年9月から始まり、12月まで採捕

された。翌年の1996年1月～4月にかけては越冬期間中であるため、漁獲量はほとんど無かった。5月～7月には再び採捕されたが、8月以降は採捕されなかった。放流翌々年の1997年4月～6月に再び採捕されたが、7月以降は採捕されなかった。

市場調査および買い取り調査で得られた体長組成を雌雄別に Fig. 2 に示した。▲印は採捕された標識エビの体長を示している。1995年9月～12月 (以降1995年期) についてみると、メスは体長 80～225 mm の範囲で出現し、

Table 2. Results of the survey of kuruma prawn landed on Miyazu and Maizuru market.

(Miyazu)				(Maizuru)			
Date of survey	Number surveyed	Number of the marked	mark ratio (%)	Date of survey	Number surveyed	Number of the marked	mark ratio (%)
1996.5.13	225	0	0.00	1996.5.17	331	3	0.91
5.14	213	1	0.47	5.23	31	1	3.23
5.16	108	1	0.93	5.28	66	0	0.00
5.24	114	1	0.88	6. 6	48	0	0.00
5.27	282	2	0.71	6.11	475	3	0.63
5.29	75	0	0.00	6.24	140	0	0.00
5.30	117	1	0.85	7. 2	181	1	0.55
6. 3	281	4	1.42	7.18	46	0	0.00
6. 4	327	2	0.61	1996 total	1,318	8	0.61
6. 5	233	1	0.43	1997.5. 7	61	0	0.00
6. 6	111	0	0.00	5.13	74	1	1.35
6.12	176	0	0.00	5.16	0	0	0.00
6.18	318	0	0.00	5.26	95	0	0.00
6.24	181	1	0.55	6. 6	252	1	0.40
6.28	210	0	0.00	6.11	55	0	0.00
7. 2	178	2	1.12	6.13	180	0	0.00
7. 8	144	1	0.69	6.17	67	0	0.00
7.12	289	1	0.35	6.23	5	0	0.00
7.17	140	0	0.00	6.27	103	0	0.00
7.26	132	1	0.76	1997 total	892	2	0.22
1996 total	3,854	19	0.49	Total	2,210	10	0.45
1997.4. 7	12	0	0.00				
4. 8	8	0	0.00				
4.10	6	0	0.00				
4.28	8	0	0.00				
4.30	62	1	1.61				
5. 2	83	0	0.00				
5. 6	213	0	0.00				
5.12	110	0	0.00				
5.13	249	1	0.40				
5.15	96	1	1.04				
5.16	73	0	0.00				
5.19	102	0	0.00				
5.23	161	0	0.00				
5.26	163	0	0.00				
6. 4	354	1	0.28				
6. 9	244	0	0.00				
6.13	173	0	0.00				
6.16	93	0	0.00				
6.23	149	0	0.00				
6.27	95	0	0.00				
6.30	235	0	0.00				
1997 total	2,689	4	0.15				
Total	6,543	23	0.35				

モードは体長 145~150 mm であった。このうち、標識クルマエビは体長 105~155 mm の範囲で採捕された。オスは体長 90~175 mm で出現し、モードは 135~140 mm であった。このうち、標識クルマエビは体長 115~170 mm の範囲で採捕された。それぞれ採捕された標識クルマエビの体長と群分離結果から、放流種苗が含まれる群を、メスでは体長 180 mm 以下、オスでは体長 175 mm 以下の群とした。1996年 5月~7月（以降1996年期）についてみると、メスでは体長 170~175 mm と 210~215 mm にモードを持つ 2群が出現し、標識エビは体長 170~175 mm にモードを持つ小さい方の群に含まれていた。オスでは体長 145~150 mm と 170~175 mm にモードを持つ 2群が出現し、標識エビは体長 145~150 mm にモードを持つ小さい方の群に含まれていた。したがって放流種苗が含まれる群を、メスでは体長 200 mm 以下、オスでは体長 175 mm 以下の群とした。1997年 4月~6月（以降1997年期）についてみると、メスでは体長 170~175 mm、210~215 mm にモードを持つ 2群が出現し、標識エビは体長 210~215 mm にモードを持つ大きい方の群に含まれた。オスでは、

Table 3. Estimates of number of recaptured (M) and number of catch (N) and variance based on the data in Table 2 from May to July 1996, from April to June 1997. 95% confidence intervals are shown in parenthesis.

(Miyazu)			
		M	N
1996	Estimate	70	14,260
	Variance	202	1,185,930
	95% C.I	[42: 98]	[12,125: 16,394]
1997	Estimate	14	9,347
	Variance	30	1,589,989
	95% C.I	[3: 25]	[6,976: 11,819]
(Maizuru)			
		M	N
1996	Estimate	73	12,027
	Variance	1,031	15,475,945
	95% C.I	[10: 136]	[4,316: 19,737]
1997	Estimate	13	5,709
	Variance	62	2,056,097
	95% C.I	[-3: 28]	[2,898: 8,519]

Table 4. Results of number of surveyed (n'), number of marked (m'), mean body weight (w) and catch (C) from September to December 1995, from May to July 1996, from April to June 1997. Estimates of number of catch (N') and recaptured (M') based on n' , m' , C and w in several periods.

	n'	m'	w (kg)	C (kg)	Nn	M'
1995	2,937	18	0.0311	677	21,768	133
1996	6,608	33	0.0528	1,945	36,837	184
1997	4,013	8	0.0766	1,052	13,734	27

体長 145~150 mm と 180~185 mm にモードを持つ 2 群が出現し、標識エビは大きい方の群に含まれていた。したがって放流種苗が含まれる群を、メスでは体長 195 mm 以上、オスでは体長 165 mm 以上の群とした。

標識エビが発見された期間の宮津、舞鶴市場における市場調査結果を Table 2 に示した。1996 年期は宮津市場で延 20 日、舞鶴市場で延 8 日、1997 年期は宮津市場で延 21 日、舞鶴市場で延 10 日の調査を行った。なお、1996 年期のクルマエビ水揚げ日数は宮津市場が 74 日、舞鶴市場が 73 日、1997 年期は宮津市場が 73 日、舞鶴市場が 64 日であった。

Table 5. Estimates of catch of released prawn (C') based on number of recaptured (N'') and mean body weight of cohort within marking prawn from september to december 1995, from May to July 1996, from April to June 1997. Estimates of N'' based on recapture ratio (R) in several periods.

	R	N''	m' (kg)	C' (kg)
1995	0.079	11,376	0.0302	344
1996	0.085	12,257	0.0472	579
1997	0.016	2,314	0.1006	233

$$N'' = 144,000 \text{ (number of released)} \times R$$

$$C' = N'' \times m'$$

1996 年期の混獲率は宮津市場で 0.49%、舞鶴市場で 0.61%、1997 年期の混獲率は宮津市場で 0.15%、舞鶴市場で 0.22% であった。

市場調査結果 (Table 2) と市場への水揚げ日数から、日数引き延ばし法で得られたそれぞれの市場での標識エビの回収尾数、水揚げ尾数およびそれぞれの 95% 信頼限界値を、Table 3 に示した。1996 年期の回収尾数は、宮津市場では 70 尾 (42~98 尾)、舞鶴市場では 73 尾 (10~136 尾) となった。したがって両市場の合計は 143 尾 (52~234 尾) となった。また、水揚げ尾数は、宮津市場では 14,260 尾 (12,125~16,394 尾)、舞鶴市場では 12,027 尾 (4,316~19,737 尾) となり、両市場の水揚げ尾数は 26,287 尾 (16,441~36,131 尾) となった。

1997 年期の回収尾数は、宮津市場では 14 尾 (3~25 尾)、舞鶴市場は 13 尾 (-3~28 尾) となり、両市場の合計は 27 尾 (0~53 尾) となった。また、水揚げ尾数は、宮津市場では 9,347 尾 (6,876~11,819 尾)、舞鶴市場では 5,709 尾 (2,898~19,737 尾) となり、両市場の推定水揚げ尾数は 15,056 尾 (9,774~31,556 尾) となった。

したがって、両市場の 1996 年、1997 年の調査期間中の総回収尾数は 170 尾 (52~287 尾) となり、回収率 (採捕尾数/放流尾数) は 10.1% (3.1~17.1%) となった。また、総水揚げ尾数は 41,343 尾 (26,215~47,950 尾) となった。

1995 年 9 月~12 月 (以降 1995 年期)、1996 年期および 1997 年期の全測定尾数、全標識エビ発見尾数、全測定エビの平均体重、クルマエビ出荷量と、これらのデータから出荷量引き延ばし法で算出したクルマエビ水揚げ尾数および標識エビ回収尾数の推定結果を、Table 4 に示した。1995 年期的水揚げ尾数は 21,768 尾、回収尾数は 133 尾となり、1996 年期的水揚げ尾数は 36,837 尾、回収尾数は 184 尾となった。1997 年期的水揚げ尾数は 13,734 尾、回収尾数は 27 尾となった。したがって 1995 年期的回収率は 7.9%、1996

年期の回収率は11.0%，1997年期の回収率は1.6%となった。また、1996年、1997年を合わせた場合の回収率は12.6%となった。

期間別の放流種苗の回収尾数、放流種苗を含む群の平均体重、放流効果（漁獲量）を Table 5 に示した。1996年期および1997年期の回収尾数の推定には、市場調査結果（Table 3）で得られた回収率を用いたが、1995年期は市場調査資料が無いので重量による引き延ばし（Table 4）で得られた回収率を用いた。放流種苗の水揚げ量は1995年期が344 kg、1996年期が579 kg、1997年期が233 kgと推定された。したがって期間中の放流効果の合計は、期間中の漁獲量3,674 kg（Table 4）の30%以上にあたる1,156 kgとなる。また、1995年期の放流効果は調査期間中の全漁獲量（677 kg）の51%、1996年期は全漁獲量（1,945 kg）の30%、1997年期は全漁獲量（1,052 kg）の22%を占めていた。

考察

一般に標識放流調査から回収率の推定を行う場合、調査が簡便という理由等から、出荷量（水揚げ量）による引き延ばし法が用いられる。しかし、出荷量資料が不十分であったり、出荷量を尾数に換算する際に偏りを生じる可能性があるため、回収率推定の検討には日数による引き延ばし法と出荷量による引き延ばし法の2つの推定方法から検討を行った。日数による引き延ばし法は不偏推定になり、誤差推定も可能である（北田、1996）。回収率について、日数引き延ばし法による結果と、出荷量引き延ばし法による結果を比較すると、出荷量引き延ばし法の方が2.5ポイント高い数値であった。前述の理由等から、やや偏りが生じていたと考えられる。しかし、出荷量引き延ばし法による推定結果は、いずれも日数引き延ばし法による推定結果の95%信頼限界を大きく逸脱するものではなかった。したがって両推定法の結果はほぼ同じであり、どちらの推定方法用いても良いと考えられた。ただ、現段階では偏りの無い日数引き延ばし法の方が、誤差が少ないと考えられる。

推定結果の精度については、回収尾数、水揚げ尾数ともに95%信頼限界が広くなり、高いとはいえなかった。これは市場出荷量の日変動が大きいことを意味しており、今回の市場調査もやや偏った抽出となっていた。対策として

は、調査日数の増加、推定期間の短縮等が考えられる。しかし、回収率推定の精度の向上を図る上で、根本的な問題は標識エビの発見尾数が少ないことであり、今後、標識放流尾数の増加を検討する必要がある。

回収率については、日数引き延ばし結果に、1995年期の出荷量引き延ばし結果を加えると、放流後1年間で16.4%、2ヶ年の累計では18%であった。他海域においては、放流1年目の回収率を静岡県は13.6~94.0%、愛知県は0.5~10.0%と報告している（伏見、1986）。ただ、回収率は漁獲努力と関係することから一般的な比較は困難であり、また、これらの推定結果は群分離によるものであり、分離した群の中には他の放流群や天然群も混在することから、精度的には問題が残る。

次に、漁獲に占める放流種苗の割合から種苗放流について検討した。調査期間中の出荷量に占める放流クルマエビの割合は30%であった。しかし、体長組成が単峰形を示した1995年期は50%を占めていたことを考えると放流効果はかなり高いと考えられた。このことから、京都府では放流資源がクルマエビの出荷量中に大きなウェートを占め、種苗放流量の変動が漁獲量に対して大きな影響を与えており、クルマエビの漁獲量の増加には一定量の種苗放流を継続的に実施する必要があることが示唆された。

参考文献

- 伏見 浩. 1986. さいばい叢書1 クルマエビ栽培漁業の手引き. 日本栽培漁業協会, 東京, 210-213.
- 静岡県, 1984. 昭和58年度放流技術開発事業報告書, クルマエビ類. 静1-静58.
- 北田修一. 1996. サンプルングによる遊魚釣獲量の推定, 栽培資源調査検討資料, 12, 日本栽培漁業協会.
- 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.
- 宮嶋俊明・浜中雄一・竹野功聖. 1995. 栗田湾における放流クルマエビ小型種苗の初期動向, 京海セ研報18, 51-56.
- 堤 裕昭・田中雅生. 1987. 体長頻度分布からの世代解析, パソコンによる世代解析プログラム集, 東海水研, 189-207.

Synopsis

Studies on the Releasing of Reared Juvenile Kuruma Prawn *Penaeus japonicus*—X

—Consideration to Estimate Releasing Effectiveness of Reared Kuruma Prawn *Penaeus japonicus* for Fisheries Resources through Tagging Experiments—

Toshiaki MIYAJIMA, Yuichi HAMANAKA and Koji TAKENO

Reared Kuruma prawn *Penaeus japonicus* tagged by cutting uropods (mean body length: 65 mm, 1,680 individuals) were released in front of Yura, Miyazu city, Kyoto, Japan in 1995, for a purpose to estimate recovery rate. Recovery rate was estimated 18.0% by cluster sampling on two markets and sampling on the fields. It was suggested that releasing effectiveness for fisheries resources was not so small.