

## 伊勢湾・小鈴谷干潟におけるヒメハゼの資源状況から見たクルマエビの効果的な放流時期

原田 誠・野口大毅・菅谷琢磨・山本直生・宮脇 大・川村耕平  
横山文彬・小澤歳治・阿知波英明・服部克也

(2014年12月5日受付, 2015年1月22日受理)

### The season for efficient release of seedlings of the Kuruma prawn *Marsupenaeus japonicus* relative to the population of the Sharp-nosed sand goby *Favonigobius gymnauchen* in the Kosugaya tidal flat of Ise Bay

HARADA Makoto<sup>\*1</sup>, NOGUCHI Daiki<sup>\*2</sup>, SUGAYA Takuma<sup>\*3</sup>, YAMAMOTO Naoki<sup>\*4</sup>,  
MIYAWAKI Dai<sup>\*5</sup>, KAWAMURA Kohei<sup>\*6</sup>, YOKOYAMA Fumiaki<sup>\*5</sup>, OZAWA Tosiharu<sup>\*5</sup>,  
ACHIHA Hideaki<sup>\*5</sup> and HATTORI Katsuya<sup>\*6</sup>

**Abstract :** We investigated the effective season of direct kuruma prawn seeding on tidal flats using genetic paternity analysis and by releasing seedlings earlier than the typical seeding season (from June to August) by manipulating the production of spawn. The percentage of recaptured seedlings that were released in April was higher than that of seedlings released in June and August. So the effective season of the kuruma prawn seedlings directly to the tidal flat would be supposed as earlier season just as April. It was accordingly observed that the predation of kuruma prawn seeds by the short-nosed sand goby, which is common in the area of kuruma prawn seeding, was weaker in April than in the normal seeding season. Predation by the short-nosed sand goby would influence the percentage of the recaptured seedlings.

**キーワード:**クルマエビ, 遺伝標識, 伊勢湾, 小鈴谷干潟, ヒメハゼ, 放流, 時期, 食害

漁獲の安定, 資源の維持増大を目的とした栽培漁業は多くの魚種で行われており, クルマエビはその先駆的魚種として30年以上の歴史を有している。愛知県においては試験的な放流を含め1969年以降毎年, 伊勢・三河湾へ

の種苗放流が行われ, 2013年には2,000万尾が放流されている。愛知県では主に, 小鈴谷干潟(常滑市小鈴谷地先, Fig.1-St.A), 一色干潟周辺(西尾市一色町から幡豆町までの地先, Fig.1-St.B), 福江湾の干潟域(田原

\*1 愛知県農林水産部水産課 (Fisheries Division, Aichi Prefectural Government, Nagoya, Aichi 460-8501, Japan)

\*2 日本総合科学 (Nippon Total Science, Fukuyama, Hiroshima 720-0832, Japan)

\*3 (独) 水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所百島庁舎 (Momoshima Station, National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea, National Center for Stock Enhancement, Fisheries Research Agency, Onomichi, Hiroshima 722-0061 Japan)

\*4 知多農林水産事務所水産課 (Fisheries Division, Chita Agriculture, Forestry and Fisheries Regional Office, Aichi Prefectural Government, Handa, Aichi 475-0903, Japan)

\*5 愛知県水産試験場漁業生産研究所 (Marine Resources Research Center, Aichi Fisheries Research Institute, Toyohama, Minamichita, Aichi 470-3412, Japan)

\*6 公益財団法人愛知県水産業振興基金栽培漁業部 (Department of sea-farming, Aichi Prefectural Foundation of Fisheries Promotion, Tahara, Aichi 441-3615, Japan)

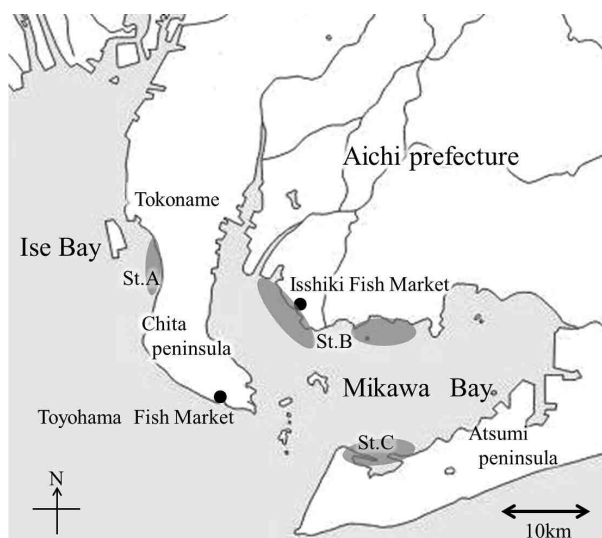


Fig.1 The areas where the seedlings were released (indicated by St. A, St. B, and St. C) and the fish markets (indicated by ●) that were surveyed for Kuruma prawns that were caught by trawl net fishing.

市小中山町地先, Fig. 1-St. C) において, 大潮の干潮時に形成されたタイドプールなどに, 公益財団法人愛知県水産業振興基金栽培漁業部 (以下栽培漁業部, 田原市小中山町一膳松) が生産した種苗が直接放流されている。直接放流は囲網など中間育成に係る人的コスト, 物的コストや中間育成中の減耗などと放流効果を勘案して選択され, 2010 年から行われている。しかし, 放流後の生残性等の検証については, 放流から約 1 カ月後までの間に放流場所周辺で小型桁網による調査が行われているものの, 漁獲物への混入率を含めた調査は 1980 年頃以降十分に行われていない。また, 直接放流する場所では, 事前に小型のひき網等により食害生物を駆除して, 放流後の生残性を高めることが行われているが, 実際の食害の影響について必ずしも十分には明らかとなっていない。

近年, クルマエビにおいてミトコンドリア DNA の D-Loop 領域の多型及びマイクロサテライト DNA 多型の解析により個体識別, 親子鑑定が可能となり, これら遺伝標識により放流個体を判別できる技術が開発された。<sup>1)</sup> <sup>2)</sup> また, 種苗生産における親エビの産卵制御技術が開発されたことから, 天然親エビの成熟時期に依存することなく種苗生産が計画的に行えるようになり,<sup>3)</sup> 従来は夏季中心に行われていた放流を春季に行うことも可能となった。種苗生産時期を春季にした場合, 水温が低い春季では水温の高い夏季と放流地点での食害生物の状態が異なるとともに, クルマエビの成長<sup>4)</sup> から推測して春季放流された種苗は放流年の漁獲に貢献できると期待された。

こうしたことから, 干潟域に直接放流する場合において効果の高い放流時期を検証するため, 春季と夏季にそれぞれ遺伝標識により識別できる種苗を放流し, 漁獲物中の放流種苗を調査するとともに, 放流域の食害魚の状況との関係性について検討したのでここに報告する。

## 材料及び方法

### (1) 遺伝標識クルマエビの種苗生産と放流

2010 年においては, 4 月 29 日, 5 月 1 日に一色市場 (Fig. 1, 西尾市一色町) で水揚げされた雌親 268 尾を栽培漁業部に収容して採卵 (2010-1 回次) 及び 7 月 1 日, 7 月 3 日に一色市場で水揚げされた雌親 226 尾を栽培漁業部に収容して採卵 (2010-2 回次) した。卵はヨード剤で殺菌後 200 トン水槽に収容し, ふ化した幼生をそれぞれ 30~37 日間飼育管理した。<sup>5)</sup> 飼育した種苗は, 2010-1 回次においては 6 月 8 日に福江湾へ 200 万尾, 6 月 10 日に小鈴谷干潟へ 400 万尾, 6 月 13 日に一色干潟へ 350 万尾が放流された。2010-2 回次においては 8 月 10 日に小鈴谷干潟へ 250 万尾, 一色干潟へ 350 万尾, 8 月 11 日に小鈴谷干潟へ 250 万尾が放流された。

2011 年においては, 栽培漁業部で畜養していた雌親 26 尾を片眼除去処理して催熟させ, 3 月 6 日と 3 月 19 日に成熟した 10 個体から採卵 (2011-1 回次), 4 月 30 日, 5 月 1 日, 5 月 3 日に一色市場で水揚げされた雌親 223 尾を栽培漁業部に収容して採卵 (2011-2 回次) 及び 6 月 26 日, 6 月 30 日に一色市場で水揚げされた雌親 260 尾を栽培漁業部に収容して採卵 (2011-3 回次) した。卵はヨード剤で殺菌後 200 トン水槽に収容し, ふ化した幼生をそれぞれ 30~37 日間飼育管理した。<sup>6)</sup> 飼育した種苗は, 2011-1 回次においては小鈴谷干潟へ 4 月 5 日に 45.8 万尾, 4 月 19 日に 35.5 万尾, 2011-2 回次においては 6 月 4 日に福江湾へ 200 万尾, 6 月 7 日に一色干潟へ 250 万尾, 小鈴谷干潟へ 500 万尾が放流された。2011-3 回次においては 7 月 30 日と 7 月 31 日に一色干潟へ計 450 万尾, 8 月 2 日に小鈴谷干潟へ 400 万尾が放流された。なお, 2010, 2011 年とも採卵に供した雌親は, 遊泳脚の一部を採取して 99.5% エチルアルコールで固定し遺伝子解析時まで保存した。また, 両年とも種苗は栽培漁業部から活魚水槽に収容して放流地点まで移送し, サイホンにより水槽内海水とともに放流した。

### (2) 放流種苗の再捕調査

2010 年 8~11 月と 2011 年 4~12 月において, 愛知県でクルマエビを漁獲している小型機船底引き網漁業の主な水揚げ市場となっている一色市場と豊浜市場 (Fig. 1) で調査を行った。調査は, 月 1 回程度両市場に水揚げさ

Table 1. Microsatellite DNA markers used in the discrimination of the parents of the seedlings

Locus	Number of allele	Heterozygosity		PIC*	Primer sequence (5'→3')
		He	Ho		
Mja3_01	3	0.250	0.242	0.215	F: TGTGTGTGTATGTGTGCTGTGG R: TCTCTAATTCCTTTACGGCCAC
Mja3_02	4	0.250	0.700	0.605	F: TGGAGTTTGTITGAAATCCTGA R: CTGCCTTTGTTGATGTTTGTGT
Mja4_03	9	0.857	0.901	0.819	F: GCGTGATGGTAGTGAGTGTGT R: TATCTATCCTCGTCCCTCTCCA
Mja4_04	12	0.750	0.958	0.890	F: TTTTAGGGGCATTTTAGCACAT R: GCAAATATAAGCAATGCCATGA
Mja4_05	8	0.750	0.867	0.789	F: TCATCTGCTGTTTTGGTGAAC R: AAAGGAAGAAGAAATTGTGGCA
Mja5_06	8	1.000	0.800	0.725	F: CGTAACAGCTCTACCTCCGTCT R: TATCCCTTCGTGTTGTCGTATG
Mja5_07	7	1.000	0.850	0.770	F: GACGATTCCTCAAGGAGACAAG R: TTGACTTCGCGTTTATCAGAA

\* Polymorphism Information Content

れた漁獲物の一部から遊泳脚を採取して 99.5% エタノールで固定保存し、分析に供した。

### (3) 遺伝標識の解析

産卵した雌親及び漁獲物からの DNA の抽出には市販の DNA 抽出キット (QIAGEN 社製 DNeasy 96 Blood & Tissue Kit) を用いた。抽出した DNA は山本ら<sup>7)</sup>の方法に従って PCR 反応に供し、ミトコンドリア DNA の D-Loop 領域及びマイクロサテライト DNA の増幅に用いた。増幅した DNA 断片は、キャピラリータイプの DNA シークエンサー (ABI 社製 Applied Biosystems 3730xl DNA Analyzer) を用いて塩基配列または増幅断片のサイズを分析した。また、DNA 抽出と DNA シークエンサーでの分析は、(株)日本総合科学 (広島県福山市水呑町) で実施した。雌親についてはミトコンドリア DNA のハプロタイプ及び「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業 (課題名: 種苗生産の早期安定化と放流効果の正確な判定によるクルマエビ類の栽培技術の高度化, 課題番号 22052)」で開発した 7 種のマイクロサテライト DNA マーカー・プライマーセット (Table 1) によって遺伝子型を把握した。漁獲物については、ミトコンドリア DNA 分析において雌親と共通のハプロタイプを持つ個体を抜き出し、これらについてマイクロサテライト DNA マーカーにより遺伝子型を解析して、山本ら<sup>7)</sup>の方法に従って放流エビを判定した。

### (4) 放流域の食害生物調査

種苗の半数が放流されており、かつ春季放流が実施さ

れた小鈴谷干潟を調査場所とした。調査は 2010 年 6 月～9 月、2011 年 4 月～8 月に月 1～3 回放流地点周辺に設定した 6 定点 (Fig. 2) において、船外機付き小型漁船で小型桁網 (Fig. 3, 開口幅 2m, 網目 4mm) を 30～120 秒間えい網して海底の生物を採取した。えい網距離については始点と終点を GPS (GARMIN 社製 etrex) で測位して求めた。採取した生物は採取後直ちにクーラーボックスに収

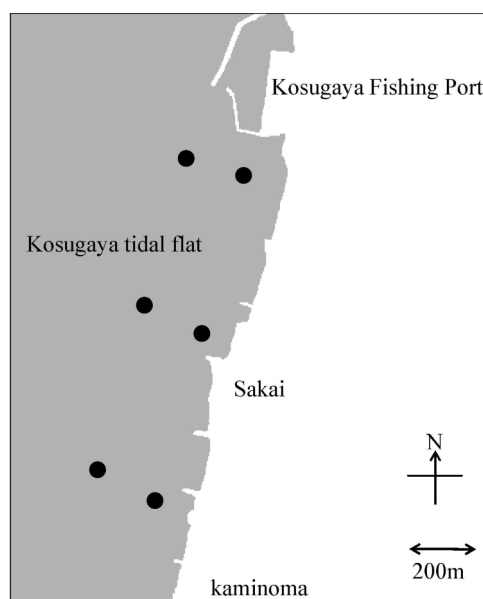


Fig. 2 The collection points (indicated by '●') in the predator research study in the Kosugaya tidal flat.

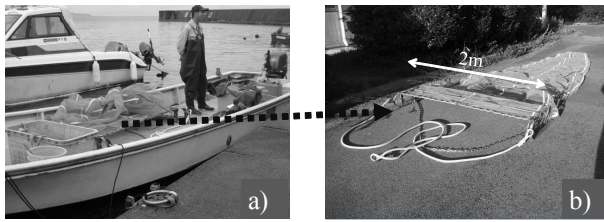


Fig. 3 The small fishing boat (a) and the dredge net (b) used in the predator research study.

容、氷冷保管して水産試験場漁業生産研究所（愛知県知多郡南知多町豊浜）に搬入し、分類・同定作業を行うまで冷凍庫（約-20℃）で保存した。事前の調査で放流地点周辺にはヒメハゼ *Favonigobius gymnauchen* とエビジャコ *Crangon affinis* が多数確認された。ヒメハゼとエビジャコについては動物食性<sup>8-10)</sup>であり、放流されたクルマエビ種苗を食害する可能性<sup>11)</sup>が考えられたため、2010年に採取したサンプルについては、解凍後、ヒメハゼ及びエビジャコの個体数を求めた。2011年に採取したサンプルについては、解凍後、種の同定、個体数、種別総重量を測定した。なお、クルマエビは放流個体と天然個体が混在しており、調査時に識別することが困難なため、採取された個体は調査結果に含めなかった。

さらに、放流したクルマエビのヒメハゼによる食害程度を調べるため、2013年の放流日と翌日に当たる4月8日、4月9日、5月28日、7月24日、7月25日に放流地点で形成されたタイドプールにおいて方形枠網(1m×1m)内のヒメハゼを採取し、全長の測定と胃内容物の確認を行った。また、ヒメハゼの全長と体重の関係を把握するため、2013年4~7月まで小鈴谷干潟で採集したヒメハゼの全長と体重を測定して、全長と体重の関係式を求めた。

## 結 果

### (1) 産卵個体及び漁獲物の遺伝子解析

雌親は、2010-1回次では268尾、2010-2回次では226尾、2011-1回次では10尾、2011-2回次では223尾、2011-3回次では260尾について解析した。一方、漁獲物については、豊浜市場と一色市場に水揚げされた漁獲物のうち2010年6~9月は356尾から、2011年4~8月は645尾から遊泳脚を採取して、親子鑑定を行った。生産回次別、漁獲物サンプルの採取年度毎に確認された再捕種苗の個体数を、種苗放流月、放流種苗数、平均頭胸甲長、再捕率（再捕個体数/放流種苗数）とともにTable 2に示した。また、生産回次間での再捕率の差をZ-検定により求めた結果もTable 2に示した。放流年に漁獲物として再捕された場合について、再捕率（(B/A)×10<sup>6</sup>）を比較したところ、4月放流の2011-1回次は、他の生産回次に比べて再捕率は有意（1%水準）に高かった。一方、8月放流の2010-2回次は、6月放流の2010-1回次と8月放流の2011-3回次に比べて、有意（5%水準）に再捕率は低く、最も劣っていた。6月放流の2011-2回次は、同じく6月放流の2010-1回次と8月放流の2011-3回次に比べてやや再捕率が低い傾向が認められた。2010-1回次と2010-2回次については放流翌年の漁獲物においても再捕個体が確認され、これを含めた再捕率（(C/A)×10<sup>6</sup>）の比較においても、4月放流の2011-1回次は、他の生産回次に比べて再捕率は有意（1%水準）に高かった。

### (2) 放流域の食害生物調査

2010年及び2011年に実施した生物調査の結果について、調査日毎にえい網100m（えい網面積200m<sup>2</sup>）当たりの個体数と平均体重（総重量/個体数）をTable 3に示した。期間中に採取された生物は、魚類ではヒメハゼ、ギンボ *Enedrias nebulosa*、インガレイ *Kareius bicoloratus*、メバル *Sebastes inermis*、スズキ

Table 2. The seedlings recaptured by the DNA analysis in each production. ( ) shows the average cephalothoraxes length, and values are mean ± standard deviation. The recapture rates were tested with Z-tests

Production No.	Seeding month	A) Number of seedling (inds.)	Number of recaptured seedling				Recapture rate		Recapture rate	
			in 2010 (inds.) (Average C.L.)	in 2011 (inds.) (Average C.L.)	B (inds.)	C (inds.)	(B/A)×10 <sup>6</sup>	Z- test	(C/A)×10 <sup>6</sup>	Z- test
a: 2010-1st	Jun.	950×10 <sup>4</sup>	12 (43.1±6.6 mm)	(2) (51.8±0.8 mm)	12	14	1.26	b*, c**	1.47	c**
b: 2010-2nd	Aug.	850×10 <sup>4</sup>	2 (35.4±8.5 mm)	(6) (42.7±8.6 mm)	2	8	0.24	a*, c**, e*	0.94	c**
c: 2011-1st	Apr.	78×10 <sup>4</sup>	-	7 (43.6±5.9 mm)	7	7	8.97	a**, b**, d**, e**	8.97	a**, b**, d**, e**
d: 2011-2nd	Jun.	950×10 <sup>4</sup>	-	8 (47.1±8.7 mm)	8	8	0.84	c**	0.84	c**
e: 2011-3rd	Aug.	850×10 <sup>4</sup>	-	13 (44.8±8.3 mm)	13	13	1.53	b*, c**	1.53	c**

\* P < 0.05

\*\* P < 0.01

*Lateolabrax japonicus*, クロダイ *Acanthopagrus schlegeli*, ヨウジウオ *Syngnathus schlegeli*, カワハギ *Stephanolepis cirrhifer*, アミメハギ *Rudarius ercodes*, クロウシノシタ *Paraplagusia japonica*, コチ *Platycephalus indicus*, ギマ *Triacanthus biaculeatus*, ヒイラギ *Leiognathus nuchalis*, 甲殻類ではエビジャコ, イソスジエビ *Palaemon pacificus*, クマエビ *Penaeus semisulcatus*であった。調査期間を通して放流域にはヒメハゼとエビジャコが優占していることが認められた。

魚食性が強いとされるメバルは4月に, スズキは4月, 5月及び8月に, 甲殻類を捕食するクロダイは4月及び6月に, イシガレイは4月, 5月及び8月に, クロウシノシタは5月及び6月に, カワハギは5月, ギマは8月にそれぞれ確認されたが, いずれも個体数は少なかった。魚類で最も多く確認されたヒメハゼの個体数は6月をピークに8月以降は減少する傾向が認められた。調査期間中におけるヒメハゼの平均体重の変化を Fig. 4 に示した。4~8月にかけて平均体重は増加しており, 平均体重は調

Table 3. The number and mean body weight (indicated by \*.\* g) of individuals from each species that were caught in 2010 and 2011 during the predator research study. The values are estimated per 100 m trawling of the dredge net

Species*	2010									2011					
	Jun. 4	Jun.11	Jun.17	Jul. 1	Jul.15	Aug.12	Aug.17	Sept. 1	Sept.16	Apr. 21	May 11	Jun. 8	Jun.28	Aug. 3	Aug. 24
(1)	18.7	9.5	21.4	28.5	21.8	34.2	44.1	21.9	6.9	26.5	18.6	54.0	68.9	13.6	32.2
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(0.51g)	(0.60g)	(0.57g)	(0.84g)	(0.74g)	(0.86g)
(2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2	3.9	0	0	0	0
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(0.64g)	(1.34g)	-	-	-	-
(3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.8	1.6	1.1	0	0	0
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(0.49g)	(3.08g)	(4.34g)	-	-	-
(4)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8	0	0	0	0	0
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(0.28g)	-	-	-	-	-
(5)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.5	1.8	0	0	0	1.4
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(0.10g)	(0.52g)	-	-	-	(0.85g)
(6)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	0	2.0	7.7	0	0
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(0.07g)	-	(0.05g)	(0.34g)	-	-
(7)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1.8	0	0	0	1.3
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(0.79g)	-	-	-	(2.18g)
(8)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1.8	0	0	0	0
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(1.02g)	-	-	-	-
(9)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0.8	0	0
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(2.99g)	-	-
(10)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0.6	0.7	0	0	0
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(0.89g)	(3.40g)	-	-	-
(11)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0.6	0	0	0	2.8
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(9.65g)	-	-	-	(2.76g)
(12)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	3.8	7.2
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(0.75g)	(0.18g)
(13)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	1.3	9.9
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(0.05g)	(1.09g)
(14)	221.3	341.5	287.0	111.5	188.0	103.5	234.9	91.5	40.9	231.6	422.9	354.1	302.0	268.8	206.9
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(0.10g)	(0.09g)	(0.09g)	(0.07g)	(0.05g)	(0.05g)
(15)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.0	1.7	1.4	5.7	10.7	5.6
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(0.21g)	(0.42g)	(0.58g)	(0.22g)	(0.17g)	(0.17g)
(16)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	2.1
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(0.11g)

\* (1) *Favonigobius gymnauchen*

(2) *Enedrias nebulosa*

(3) *Kareius bicoloratus*

(4) *Sebastes inermis*

(5) *Lateolabrax japonicus*

(6) *Acanthopagrus schlegeli*

(7) *Syngnathus schlegeli*

(8) *Stephanolepis cirrhifer*

(9) *Rudarius ercodes*

(10) *Paraplagusia japonica*

(11) *Platycephalus indicus*

(12) *Triacanthus biaculeatus*

(13) *Leiognathus nuchalis*

(14) *Crangon affinis*

(15) *Palaemon pacificus*

(16) *Penaeus semisulcatus*

査開始後の経過日数により示すことができると考えられた ( $R^2=0.7301$ )。エビジャコは 5~6 月をピークとして 9 月以降急激に減少する傾向が認められた。また、平均体重は 4~5 月が最も重く、以降体サイズは小型化する傾向が見られた。

2013 年の放流後調査で採捕したヒメハゼと胃内容物に確認されたクルマエビについて Fig. 5 に、調査期間中

に採捕したヒメハゼの全長と胃内容物にクルマエビが確認された個体の関係については Fig. 6 にそれぞれ示した。ヒメハゼの全長とクルマエビ捕食の関係においては、ヒメハゼの全長が 30 mm 未満であればクルマエビを捕食した個体は無かったものの、30 mm 以上で捕食個体が発見され、捕食個体の比率は 30mm 以上 40mm 未満で 16.7%、40mm 以上 50mm 未満で 71.4%、50mm 以上 60mm 未満は 1 個体

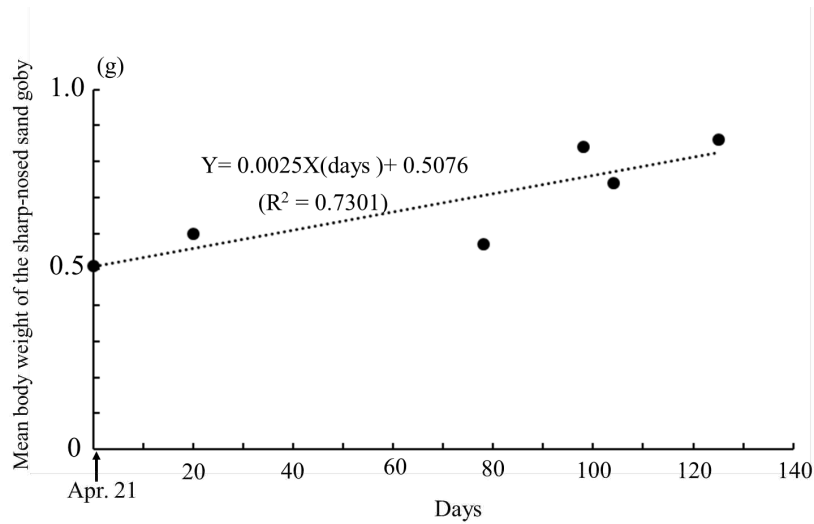


Fig. 4 The average body weight of the sharp-nosed sand goby in 2011 in the predator research study.

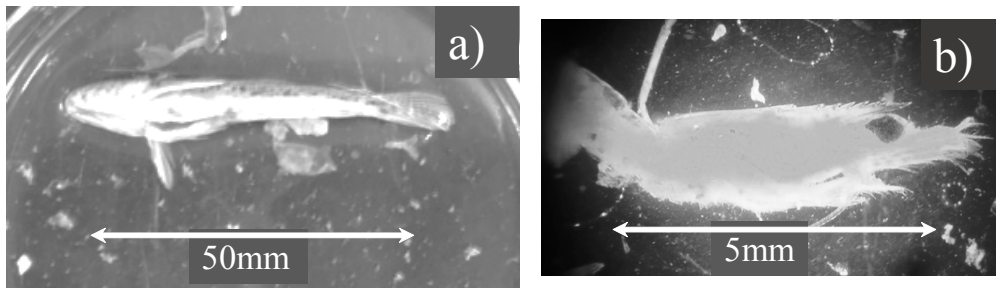


Fig. 5 A sharp-nosed sand goby that was caught soon after the release of Kuruma prawn seedlings (a) and the cephalothoraxes of Kuruma prawns in the individual's stomach (b).

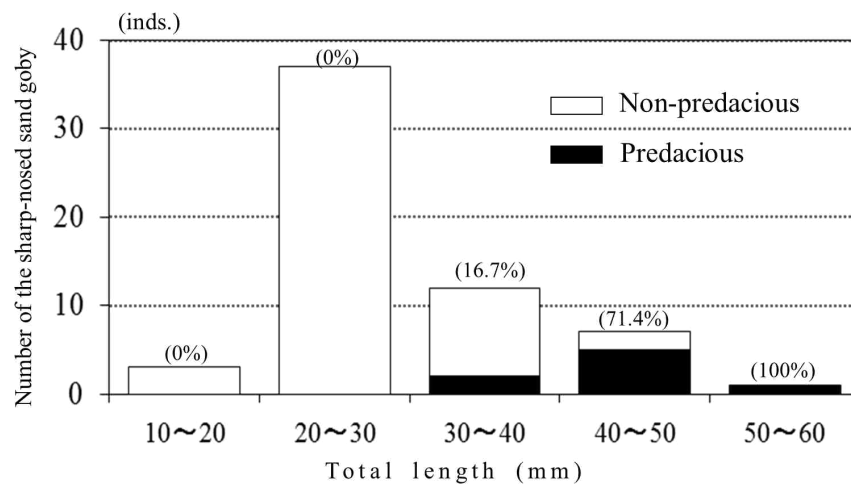


Fig. 6 The number of predacious and non-predacious sharp-nosed sand gobies. ( ) shows the rate of predation.

であったものの100%となり、大型化するにつれて捕食個体の比率は大きくなっていった。なお、調査域のタイドプールにおいて、ヒメハゼによるクルマエビの捕食行動が認められたものの、エビジャコは確認できなかった。

なお、ヒメハゼ276尾について全長と体重を測定した結果から、ヒメハゼの全長 (T.L.;mm) と体重 (B.W.;g) には  $T.L. = 48.824 \times B.W.^{0.3224}$  ( $R^2 = 0.9852$ ) の関係が認められた (Fig. 7)。

### (3) ヒメハゼの現存量と再捕率

放流したクルマエビを捕食していることが確認されたヒメハゼについては、種苗放流時における放流域のヒメハゼ現存量を推定するため、個体数と体重を求めた。個

体数では、Table 3 に示した個体数から放流月ごとの200 m<sup>2</sup>当たりの平均個体数を求めた。これにより2010年6月16.5個体、8月39.2個体、2011年4月26.5個体、6月61.5個体、8月22.9個体となった。また、体重では、各月のヒメハゼの平均体重を、Fig. 4 に示した回帰式を用い、開始日が4月21日であることから各月21日時点を基準として求めた。これにより各月の平均体重は、4月0.51g、6月0.66g、8月0.81gとなった。求めた平均個体数と平均体重から放流時のヒメハゼ現存量 (g/200 m<sup>2</sup>) を求め、再捕率との関係について Fig. 8 に示した。放流時のヒメハゼ現存量と再捕率の間には負の相関 ( $R^2 = 0.2472$ ) が認められた。

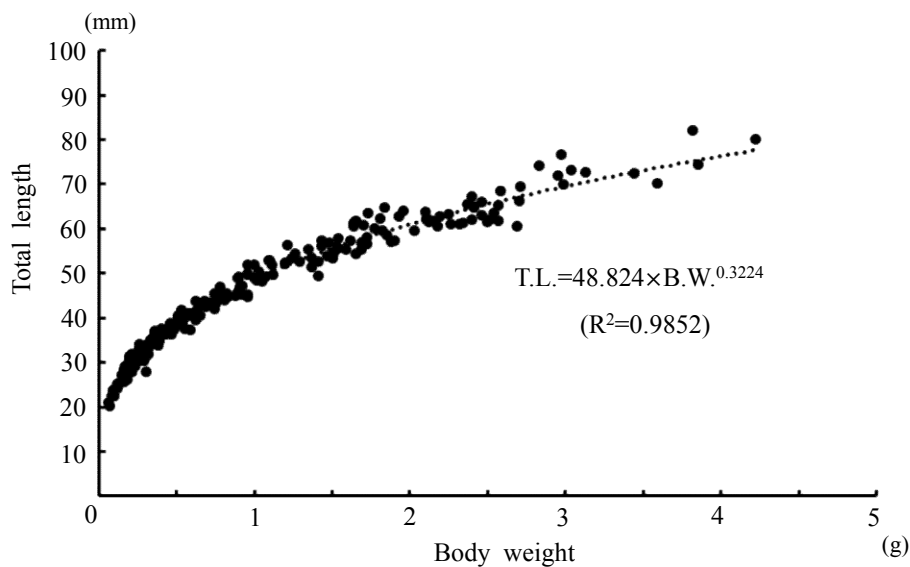


Fig. 7 The weight-length relationship of sharp-nosed sand gobies.

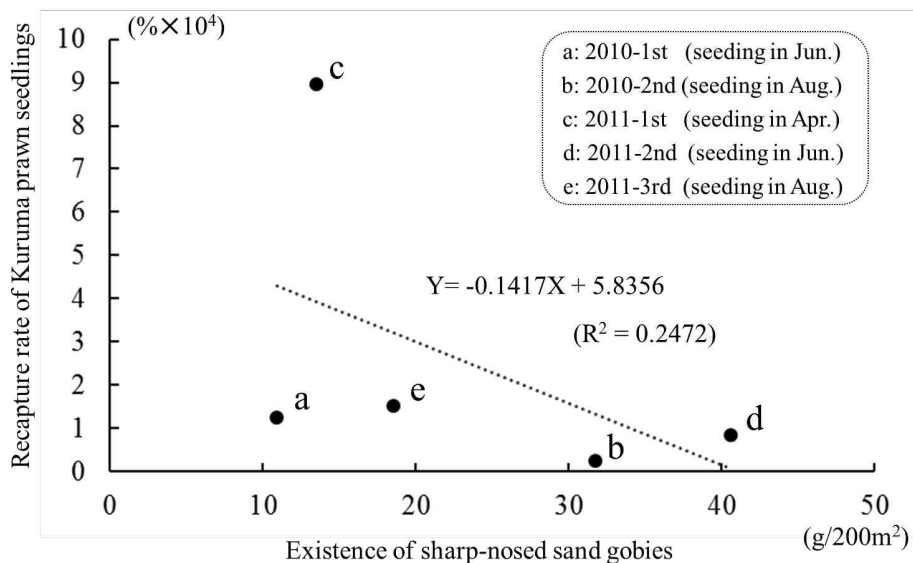


Fig. 8 Relationship between the recapture rate of Kuruma prawn seedlings (see Table 2, (B/A) × 10<sup>6</sup>) and the existence of sharp-nosed sand gobies in each seeding month.

## 考 察

クルマエビを直接放流する場合に最も放流効果の高い放流時期を、新たに開発された遺伝標識を用いた放流種苗の判別技術により種苗を捕食する食害生物との関係について検証した。調査を行った放流域の干潟においては、魚類ではヒメハゼ、甲殻類ではエビジャコの個体数が卓越していた。エビジャコについては放流クルマエビの再捕率が最も高い4月に個体数が多く、体サイズは大型で、再捕率が低くなる8月頃には個体数が減少、かつ体サイズも小型化しており、さらに放流後種苗を捕食しているところも観察されなかったことから食害圧は小さいと思われた。一方、胃内容物などの観察から種苗を食害していることが確認されたヒメハゼは、クルマエビが放流される春季から夏季にかけて個体数の増加と体サイズの大型化が認められ、クルマエビの放流効果に影響を与えていることが考えられた。このため、以下ヒメハゼの資源状況とクルマエビ種苗の再捕状況の関連性について考察した。

2010年と2011年におけるクルマエビの種苗放流と漁獲による種苗の再捕状況の結果からは、ヒメハゼの現存量と再捕率の間には負の相関が認められた。この中では、ヒメハゼの現存量が多い2010年8月と2011年6月に放流された種苗の再捕率は低く、ヒメハゼの現存量が放流後の生残性に大きく影響していることが伺われた。しかしながら、最もヒメハゼの現存量が少なかった2010年8月放流における再捕率は、それよりもヒメハゼの現存量が多かった2011年4月放流に比べて低かったことから、他の要因が関与していると思われた。ヒメハゼは、全長30mmより小さい個体では放流されたクルマエビを捕食していないことから、現存量に個体群の全長を加味して評価する必要があると考えられた。このため、Fig.7で求めた関係式を用いて、放流時点のヒメハゼの平均体重からヒメハゼの平均全長を推定した。ヒメハゼの平均全長は4月放流時39mm、6月放流時43mm、8月放流時46mmと推定された。全長30mm以上40mm未満では捕食個体の割合は16.7%、全長40mm以上50mm未満では捕食個体の割合は71.4% (Fig.6)であったことから、食害程度を平均全長だけから単純に比較すると6月と8月の放流では4月放流に比べて約4.3倍大きいと見積もられた。この食害程度の違いにより、現存量が小さい2011年6月放流で2011年4月よりも再捕率が低くなった一因と考えられた。

以上のことから、直接放流、つまり中間育成をしない小型の種苗を放流する場合、ヒメハゼによる食害が再捕に大きく影響すると考えられ、事前の食害生物の徹底的

な駆除が重要と考えられた。また、たった1度の放流試験ではあるが、ヒメハゼの食害程度が小さい春季に放流することは放流効果を高めるに当たり有効であると考えられた。さらに、4月放流では6月放流や8月放流に比べて、放流した年に漁獲に貢献していることが確認されたことから、春季に放流することのメリットは大きいと思われた。しかしながら、クルマエビの種苗生産において、最も生残と成長の良い飼育水温は24~25℃であることから、水温の低い春季の種苗生産においては飼育水を加温する必要がある。このため春季の種苗生産では生産コストが上昇することになり、こうしたコスト負担と放流後の効果を勘案して放流時期を決定していくことも必要と考えられた。

## 要 約

直接放流されているクルマエビの効果的な放流時期について、遺伝子解析技術と種苗生産レベルでの産卵制御技術を用いて生産した種苗の早期放流により検証した。4月に放流した種苗が漁獲物として再捕された比率は6月放流や8月放流に比べて非常に高く、早期放流が最も放流効果が高いことが示された。これは、放流域に優占して分布しているヒメハゼの放流種苗への食害程度が小さかったことと年内に漁獲サイズにまで成長できたことが影響していると考えられた。

## 謝 辞

本報告は、平成22~25年度「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業（課題名：種苗生産の早期安定化と放流効果の正確な判定によるクルマエビ類の栽培技術の高度化、課題番号22052）」により行った。また、調査に際して、豊浜漁業協同組合、小鈴谷漁業協同組合、西三河漁業協同組合一色支所にはご配慮いただいた。ここに記して謝意を表す。

## 文 献

- 1) 菅谷琢磨 (2007) クルマエビの放流効果調査へ DNA マーカーの応用. 養殖, No.557, pp.18-20.
- 2) 菅谷琢磨・團 重樹 (2013) ガザミ・クルマエビでの放流効果の把握に向けた集団解析手法の検討 (シンポジウム記録). 日水誌, 79 (1), 80.
- 3) 奥村卓二・水藤勝喜 編 (2014) クルマエビ類の成熟・産卵と採卵技術. 公益財団法人 愛知県水産業振興基金, 愛知県, pp.1-145.
- 4) 社団法人日本栽培漁業協会 (1986) クルマエビ栽培漁業の手引き. さいばい叢書, No.1, pp.1-33.



- 5) 水藤勝喜・市來亮祐・服部宏勇 (2011) 種苗生産結果の概要 (6 クルマエビ) . (財) 愛知県水産業振興基金栽培漁業部 平成 22 年度業務報告, 31-32.
- 6) 水藤勝喜・小椋友介・市來亮祐 (2012) 種苗生産結果の概要 (6 クルマエビ) . (財) 愛知県水産業振興基金栽培漁業部 平成 23 年度業務報告, 32-33.
- 7) 山本昌幸・野口大毅・小畑泰弘・菅谷琢磨・高木基裕 (2014) 瀬戸内海東部における DNA マーカーによるクルマエビの放流効果推定. 水産増殖, 62(4), 393-405.
- 8) 乃一哲久・草野 誠・植木大輔・千田哲資 (1993) 長崎県大瀬戸町柳浜においてヒラメ着底仔稚魚を捕食する魚類の食性. 長崎大水産学部研報, 73, 1-6.
- 9) 今田良造・難波高志 (1981) ヒメハゼによるガザミ捕食実験. 水産増殖, 29 (3) , 185-189.
- 10) Seikai T., Kinoshita I. and Tanaka M. (1993) Predation by crangonid shrimp on juvenile Japanese flounder under laboratory conditions. Nippon suisan gakkaiishi, 59 (2) , 321-326.
- 11) 安永義暢・奥石裕一・田中邦三・赤嶺達郎 (1981) 砂浜性海岸におけるクルマエビ種苗放流時の減耗に関する基礎的考察. 日水研報告, 32, 27-38.