

有明海島原半島沿岸域におけるクルマエビ人工種苗の 放流効果の検討

森川 晃, 村瀬 慎司

Stocking Effectiveness of Hatchery-produced Kuruma Prawn
Penaeus japonicus in the Coastal Waters of Shimabara Peninsula of
Ariake Sound

Akira Morikawa, Shinji Murase

This study used a two-stage sampling survey of commercial landings to evaluate the stocking effectiveness of hatchery-produced Kuruma Prawn in the coastal waters of Shimabara peninsula of Ariake Sound. The estimated recovery rates (\pm SE) of hatchery-produced Kuruma prawn released on the innermost area (Saga coast) and the central area (Nagasaki coast) in Ariake Sound were 1.25 (\pm 0.21)% and 0.19 (\pm 0.06)%, respectively. The expected income for release on the Saga coast was 7.4 times that for the Nagasaki coast. It was guessed that prawns released on the Saga coast migrated south from the release site with growth and were recruited in this area, whereas most of the Nagasaki coast group did not. The result suggests that the Saga coast is a better site for release than the Nagasaki coast in view of migration and growth of Kuruma prawn in Ariake Sound.

クルマエビ *Penaeus japonicus* は有明海において、げんじき網や小型底曳網等によって漁獲される重要な漁業資源である。近年漁獲の減少が著しく、漁業者からは人工種苗の資源添加による栽培漁業の確立が強く望まれている。

有明海に面する福岡、佐賀、熊本、長崎のいわゆる有明4県では、20年以上も前から各県地先で本種の種苗放流が行われ、その放流尾数は年により変動はあるものの年間約2,000万尾に達する。しかしながら、放流尾数、放流サイズ、放流場所の選定などは各県独自に決められ実施されているのが現状であり、放流効果を定量的に評価した事例もほとんどない。

このような観点から、4県では1994年から共同で本種の資源生態ならびに放流効果調査を実施し、これまでに有明海における4県のクルマエビ漁業は同

一資源を利用していることを明らかにした¹⁾。今後、有明海におけるクルマエビ資源を持続的に有効利用するためには、放流適地、放流適正サイズ等の解明により、放流種苗の資源への添加効果を向上させ、これらの知見をもとにした4県共同による放流事業の展開が望まれている。

本研究では、有明海における本種の種苗放流地点として適地と考えられる有明海湾奥部²⁾の佐賀県早津江川沖合と長崎県がこれまで実施してきた一放流場所である有明海湾中部の長崎県島原半島の有明町地先で人工種苗の尾肢切除標識³⁻⁶⁾による標識放流試験を行い、有明海島原半島沿岸域における両放流群の放流効果を推定し比較検討した。

材料および方法

標識放流 標識放流には宮崎県の民間クルマエビ養殖場で生産された人工種苗を用いた。種苗は、放流前日あるいは前々日に標識として片側の尾肢2枚(内肢および外肢)を切除し、8tの活魚トラックで放流場所付近の漁港まで輸送した後、約2tの水槽を搭載した小型漁船に積み替え、放流海域まで輸送しカナラインホースを用いて海底に放流した。活魚トラックへの積み込みから放流までの所要時間は5~7時間であった。湾奥部の佐賀県早津江川沖合での放流(以下、佐賀放流群と略す。)では、2000年6月28日から7月17日の間に9回に分けて、標識として右側の尾肢を切除した種苗を1,015千尾(平均体長37.2mm)放流した。また、湾中央部の長崎県島原半島地先での放流(以下、長崎放流群と略す。)で

Table 1. Date, site, mark, number and mean body length of Kuruma prawn stocked in 2000

Date of release	Release site	Marking method	Number of individuals	Mean body length at release
28 Jun. - 17 Jul.	Saga coast	Right uropod clipping	1,015,330	37.2 mm
19 Jul. - 22 Jul.	Nagasaki coast	Left uropod clipping	156,520	39.5 mm

は、2000年7月19日から7月22日の間に3回に分けて、標識として左側の尾肢を切除した種苗を157千尾(平均体長39.5mm)放流した(Fig. 1, Table 1)。放流の状況から種苗の活力に差は見られなかった。**追跡調査** 有明海島原半島沿岸域では、クルマエビは8~10月まではげんじき網により、11~12月は小型底曳網により漁獲され、その大部分は島原半島沿岸の3漁協4市場に水揚げされている(Fig. 1)。2000年4月1日現在の当海域におけるげんじき網の許可隻数は263隻、小型底曳網は42隻であるが、実際の稼働隻数は漁協および市場での聞き取り調査の結果、げんじき網が132隻、小型底曳網が40隻であった。8~10月に操業しているげんじき網は有明海特有の潮流を利用した漁業で、大潮を中心に操業されている。そこで、毎月2回の大潮を中心とした13~15日間を1漁期とみなし、1ヶ月を前期、後期の2漁期に分けて調査を行った。追跡調査は2000年8月から12月まで、島原市漁協又は深江町漁協所属のげんじき網漁船23隻と小型底曳網漁船6隻を調査船として選定し、水揚げ時に調査船ごとに、1日のクルマエビ総漁獲尾数(重量)とそのうちの放流エビの漁獲尾数(重量)を全数計数した。放流エビは全数の体長・体重測定を行い、天然エビは約半数の調査船の漁獲物について体長測定を行った。なお、放流エビの判別は宮島⁷⁾の判別基準に従い、片側の尾肢のうち、内肢および外肢両方の色素および形状異常のものを放流エビとした。また、クルマエビが水揚げされるすべての漁協および市場において、聞き取り調査もしくは水揚げ仕切り書の整理により、水揚げ日ごとの水揚げ隻数と水揚げ量を記録した。水揚げ場

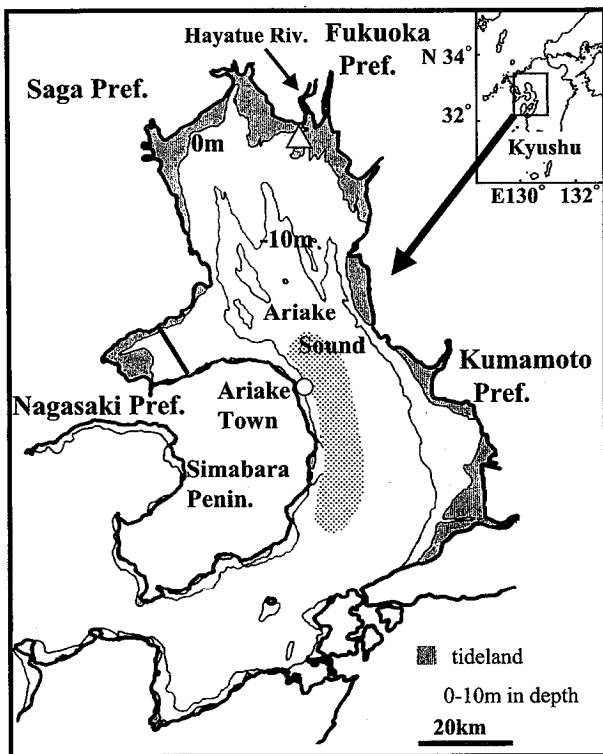


Fig. 1. Research area marked by dotted indicates the fishing ground in coastal waters of Shimabara peninsula of Ariake Sound. Asterisk, release site at Saga coast; open circle, release site at Nagasaki coast.

所のうち水揚げ量が多い上位 2 カ所については水揚げ日の平均単価も併せて調査した。

放流効果の推定 今回の追跡調査は、第 1 次抽出単位を調査船、第 2 次抽出単位を水揚げ日とした 2 段サンプリングとみることができるため、下記の式⁸⁻¹¹⁾を適用して、総漁獲尾数（重量）と放流エビの回収尾数（重量）とそれぞれの 95% 信頼区間を求め、これらの推定値を基に回収率および漁獲（回収）金額を推定した。

$$\hat{Y} = \frac{K}{k} \sum_{i=1}^k \frac{Mi}{mi} \sum_{j=1}^{mi} y_{ij}$$

$$\hat{V}(\hat{Y}) = \left(\frac{K}{k}\right)^2 \sum_{i=1}^k Mi^2 \frac{Mi - mi}{Mi - 1} \frac{\hat{\sigma}_i^2}{mi} + K^2 \frac{K - k}{K - 1} \frac{\hat{\sigma}_b^2}{k}$$

$$\hat{\sigma}_i^2 = \frac{1}{mi - 1} \sum_{j=1}^{mi} (y_{ij} - \bar{y}_i)^2$$

$$\hat{\sigma}_b^2 = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (\hat{Y}_i - \hat{Y})^2 - \frac{k - 1}{k^2} \sum_{i=1}^k Mi^2 \frac{Mi - mi}{Mi - 1} \frac{\hat{\sigma}_i^2}{mi}$$

$$\hat{Y}_i = Mi \bar{y}_i \quad \hat{Y} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \hat{Y}_i$$

$$95\% \text{ C.I.} = \hat{Y} \pm 1.96 \sqrt{\hat{V}(\hat{Y})}$$

$$\hat{Y}_T = \frac{\hat{Y}}{N} \quad \hat{V}(\hat{Y}_T) = \frac{1}{N^2} \hat{V}(\hat{Y})$$

$$\hat{S} = \hat{Y} C$$

\hat{Y} = 推定漁獲（回収）尾数（重量）

K = 稼働隻数

k = 調査船隻数

$\hat{V}(\hat{Y})$ = \hat{Y} の分散の推定量

Mi = i 番目の調査船の総水揚げ日数

mi = i 番目の調査船の調査日数

Y_i = i 番目の調査船の漁獲（回収）尾数（重量）

y_{ij} = i 番目の調査船の j 番目の水揚げ日の漁獲（回収）尾数（重量）

$\hat{\sigma}_i^2$ = 日間分散 σ_i^2 の不偏推定量

$\hat{\sigma}_b^2$ = 船間分散 σ_b^2 の不偏推定量

95% C.I. = \hat{Y} の 95% 信頼区間

\hat{Y}_T = 回収率

$\hat{V}(\hat{Y}_T)$ = \hat{Y}_T の分散の推定量

N = 放流尾数

\hat{S} = 漁獲（回収）金額

C = 平均単価（8～12月の平均単価 4,726円/kg）

結 果

漁獲実態 追跡調査を行った 8～12月までの漁期ごとの水揚げ隻数および漁獲量は 8 月後期から 9 月後期にかけて多く、10 月以降急激に減少した (Table 2)。佐賀放流群は放流を開始してから約 50 日後の 8 月前期から漁獲されはじめ、10 月後期まで継続して漁獲された。佐賀放流群の漁獲尾数および混獲率は 8 月後期が最も大きく、それぞれ 143 尾、4.48% であった。12 月後期までの放流エビ累積漁獲尾数は 346 尾、混獲率は 3.45% となった (Table 3)。一方、長崎放流群は放流約 1 ヶ月後の 8 月後期から 10 月前期まで漁獲されたが、佐賀放流群のような継続的な漁獲はみられず、8 月後期に 1 尾、9 月前期に 5 尾、10 月前期

Table 2. Number of fishing boats which landed Kuruma prawn and landings in weight totaled semimonthly in the coastal waters of Shimabara peninsula of Ariake Sound from August to December in 2000

Month		Number of boats (boats · day)	Landings in weight (kg)
Aug.	early	437	1,386.7
	late	678	2,648.6
Sep.	early	490	1,542.4
	late	748	2,440.6
Oct.	early	430	998.0
	late	195	402.6
Nov.	early	175	220.9
	late	182	129.8
Dec.	early	143	41.9
	late	103	26.1
Total		3,581	9,837.5

Table 3. Results of sample survey of fishing boats and Kuruma prawn totaled semimonthly from August to December in 2000

Month	Number of boats surveyed	Number of Kuruma prawn surveyed	Release site: Saga coast		Release site: Nagasaki coast		
			Number marked	Mark ratio (%)	Number marked	Mark ratio (%)	
Aug.	early	4	534	6	1.12	0	0.00
	late	18	3,194	143	4.48	1	0.03
Sep.	early	17	3,012	90	2.99	5	0.17
	late	18	1,501	51	3.40	0	0.00
Oct.	early	16	1,294	51	3.94	2	0.15
	late	6	300	5	1.67	0	0.00
Nov.	early	7	86	0	0.00	0	0.00
	late	8	75	0	0.00	0	0.00
Dec.	early	8	31	0	0.00	0	0.00
	late	7	10	0	0.00	0	0.00
Total		109	10,037	346	3.45	8	0.08

に2尾の計8尾が漁獲されたのみで、混獲率は0.08%と佐賀放流群に比べて極端に少なかった (Table 3)。天然および放流エビの成長 天然エビの雄では、8月前期に115~120mmと140~145mmに2つのモードが出現した (Fig. 2)。この115~120mmのモードは時間の経過とともに成長し9月の前期には120~125mm, 10月前期には145~150mmとなった。8月前期に140~145mmにあったモードは8月後期にはみられなくなった。一方、雌では8月前期に120~125mmと160~165mmに2つのモードが出現した (Fig. 2)。この120~125mmのモードは時間の経過とともに成長し9月前期には130~135mm, 10月前期には160~170mmとなった。8月前期に160~165mmにあったモードは9月後期にはみられなくなった。佐賀放流群の雄では、8月前期に体長101~115mm, 9月前期には105~143mm, 10月前期には135~155mmの範囲で漁獲された。雌については、8月前期に体長114~127mm, 9月前期には114~160mm, 10月前期には153~177mmの範囲で漁獲された (Fig. 3)。放流効果の推定 2000年8~12月の有明海島原半島沿岸域における総漁獲尾数 (天然+放流) と95%信頼区間は359,680 [274,093~445,267] 尾, 漁獲量は10,261 [7,599~12,923] kg, 佐賀放流群の回収尾数は12,718 [8,482~16,955] 尾, 回収重量は397 [254~539]

kg, 長崎放流群の回収尾数は294 [100~487] 尾, 回収重量は8 [3~14] kgと推定された (Table 4)。また, 回収率 (±標準誤差) は佐賀放流群が $1.25 (\pm 0.21) \%$, 長崎放流群が $0.19 (\pm 0.06) \%$, 漁獲金額は48,493千円, 回収金額は佐賀放流群が1,874千円, 長崎放流群39千円と推定された。

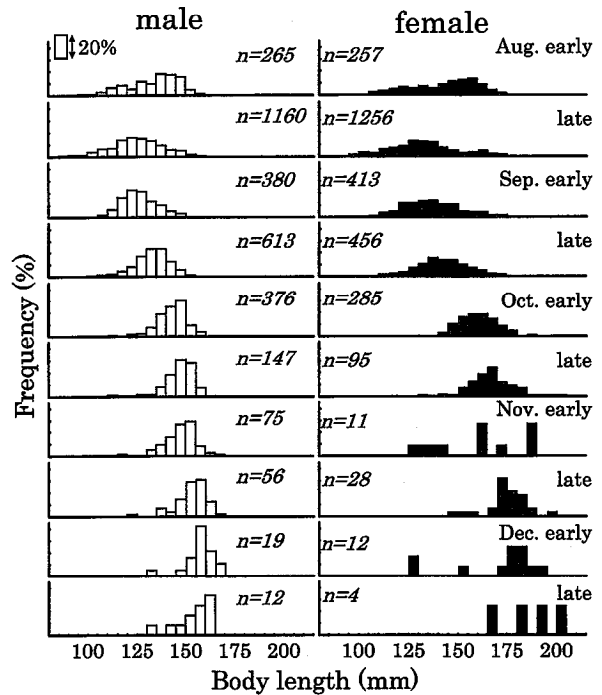


Fig. 2. Body length distributions of wild Kuruma Prawn from August to December in 2000.

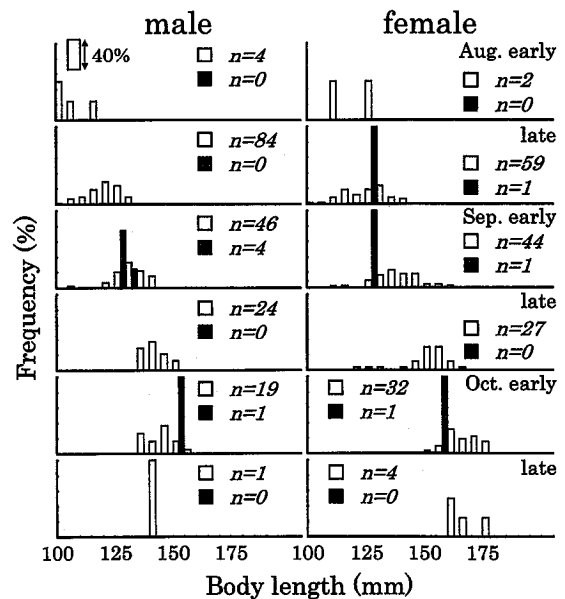


Fig. 3. Body length distributions of recaptured Kuruma Prawn from August to December in 2000. (□), released at Saga coast; (■), released at Nagasaki coast.

Table 4. Estimated number and weight of Kuruma prawn landed in coastal waters of Shimabara peninsula of Ariake Sound from August to December in 2000

		Estimate	95% confidence intervals	Total Var.	W.Var. ¹⁾	B.Var. ²⁾	CV
Total catch (wild+released)	Number	359,679.8	[274,093.0-445,266.5]	1,906,780,887.4	583,305,540.7	1,323,475,346.7	0.121
	Weight (kg)	10,261.0	[7,599.3-12,922.6]	1,844,070.1	356,283.9	1,487,786.2	0.132
From the release at Saga coast	Number	12,718.4	[8,481.9-16,954.9]	4,672,057.2	1,759,354.6	2,912,702.6	0.170
	Weight (kg)	396.5	[253.6-539.4]	5,314.0	1,556.6	3,757.4	0.184
From the release at Nagasaki coast	Number	293.6	[99.9-487.2]	9,764.0	8,677.8	1,086.2	0.337
	Weight (kg)	8.2	[2.7-13.8]	8.0	7.6	0.4	0.344

1) Within-variance, variance account for the variation of fish landed among landing days.

2) Between-variance, variance account for the variation of fish landed among boats.

Table 5. Expected recoveries from a release of one million hatcheryproduced Kuruma prawn at the coast of the Saga and Nagasaki prefecture, respectively

Release site	Number of recapture	Landings of recapture (kg)	Income of recapture (yen)
Saga coast	12,526	391	1,843,598
Nagasaki coast	1,876	53	248,509

考 察

近年、放流効果調査についてサンプリング理論の導入が提唱されている⁸⁻¹¹⁾。今回の調査では、調査船と水揚げ日を抽出単位とした2段サンプリングを行い、有明海島原半島沿岸域におけるクルマエビの放流効果を推定した。今回の方法により推定した8~12月までの漁獲量は10,261kg (Table 4) となり、聞き取りおよび水揚げ仕切り書の集計から得られた同時期の水揚げ量9,838kg (Table 2) に近似しており、この推定法によって得られた放流群の回収結果は信頼できるものと判断した。

推定精度について変動係数 (CV) をみると、漁獲尾数で0.121、佐賀放流群の回収尾数で0.170、長崎放流群の回収尾数では0.337 (Table 4) となり、特

に長崎放流群の誤差が大きい。漁獲尾数と佐賀放流群の回収尾数については調査船の日間分散に比べ調査船間の分散が大きい、長崎放流群の回収尾数は調査船間分散に比べ日間分散が大きくなっている。今後、さらに精度を高めるためには、今回の調査結果を基にして適切な調査計画を検討して行く必要がある。

佐賀放流群と長崎放流群の効果を比較するために、両放流群の放流尾数を100万尾として回収尾数、回収重量および回収金額を計算した (Table 5)。佐賀放流群は回収尾数12,526尾、回収重量391kg、回収金額1,844千円であるのに対し、長崎放流群はそれぞれ1,876尾、53kg、246千円となり、回収金額の比は長崎放流群を1とした場合、佐賀放流群は7.4となった。

Minagawa et.al¹²⁾は有明海および橋湾における本種の産卵期を5月中旬から10月上旬と推定していることや倉田¹³⁾の過去の成長に関する知見を考慮すると、8月前期に出現している雄115~120mm、雌120~125mmのモード (Fig. 2) は天然早期群の新規加入群であると推察され、佐賀放流群の再捕エビはその体長範囲 (Fig. 3) からみて、天然の早期群とほぼ同じような成長を示した。一方、長崎放流群は時期別雌雄別に数尾程度しか再捕されていないことから成長について検討できなかった。湾奥部の佐賀放

文 献

流群は成長に伴い、湾奥部から南下し、有明海湾中部の島原半島沿岸域に加入したのに対し、長崎放流群の当海域への加入量は著しく少なかったものと考えられた。この原因については、放流地点からの移動と放流後の減耗が挙げられる。このことに関連して、稚エビの生息場所である干潟域を鎌田¹⁴⁾に基づき Fig. 1 に示した。有明海における干潟域は湾奥部の福岡県・佐賀県地先から湾中央部東岸の熊本県地先まで広大に広がっているが、島原半島東岸と天草諸島の海岸沿いは干潟の発達に乏しく、干潮時に砂礫質の小さな干潟が断続的に現れるにすぎない¹⁵⁾。このようなことから長崎放流群の放流地点である島原半島地先には稚エビ期の重要な生息場所である干潟域が少ないことも一つの要因となり、放流種苗の定着率あるいは生残率が低くなった可能性が考えられる。以上の結果から有明海湾中部の島原半島沿岸域の受益を考えた場合、漁場に近い島原半島地先よりも有明海におけるクルマエビの移動生態を考慮した湾奥部での放流の方が効果的と判断される。今回は調査範囲を島原半島沿岸域に限ったが、今後は有明4県すべてにおいて回収率、回収金額を推定し経済効果を総合的に評価する必要がある。その結果をもとに、各県独自に行っている放流事業を有機的に機能させ、有明海におけるクルマエビ資源の持続的な有効利用に役立てる必要がある。

謝 辞

本論文をご校閲くださった東京水産大学教授北田修一博士に深く感謝申し上げます。本研究を遂行するにあたり種々ご協力いただいた西海区水産研究所、福岡県水産海洋技術センター、佐賀県有明水産振興センターおよび熊本県水産研究センターの関係各位に厚くお礼申し上げます。

- 1) 福岡県, 佐賀県, 熊本県, 長崎県. 平成4~8年度重要甲殻類栽培資源管理手法開発調査総括報告書 1997; 有1-24.
- 2) 福岡県, 佐賀県, 熊本県, 長崎県. 平成11年度重要甲殻類栽培資源管理手法高度化調査報告書 2000; 有1-15.
- 3) 宮嶋俊明, 豊田幸嗣, 浜中雄一, 小牧博信. 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 1996; 25, 41-46.
- 4) 豊田幸嗣, 宮嶋俊明, 上家俊文, 松田裕二, 大槻直也. 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-Ⅱ. 栽培技研 1997; 25, 95-100.
- 5) 豊田幸嗣, 宮嶋俊明, 吉田啓一, 藤田義彦, 境谷季之. 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-Ⅲ. 栽培技研 1997; 26, 85-90.
- 6) Miyajima T, Hamanaka Y, Toyoko K. A marking method for Kuruma prawn *Penaeus japonicus*. Fisheries Sci. 1999; 65, 31-35.
- 7) 宮嶋俊明. クルマエビ尾肢切除判別マニュアル. さいばい 1997; 91, 23-27.
- 8) Kitada S, Taga Y, Kishino H. Effectiveness of a stock enhancement program evaluated by a two-stage sampling survey of commercial landings. *Can.J.Fish.Aquat Sci.* 1992; 49, 1573-1582.
- 9) 北田修一, 岸野洋久, 多賀保志. 2段抽出の市場調査による種苗放流効果の推定. 日水誌 1993; 59, 67-73.
- 10) 北田修一. 水産学におけるサンプリング理論の応用. 計量生物学 1999; 20, 1-29.
- 11) 北田修一. 栽培漁業と統計モデル分析. 共立出版.

- 2001 ; 1-335.
- 12) Minagawa M, Yasumoto S, Ariyoshi T, Umemoto T, Ueda T. Interannual, seasonal, local and body size variation in reproduction of the prawn *Penaeus (Marsupenaeus) japonicus* (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) in the Ariake Sea and Tachibana Bay, Japan. *Marine Biology* 2000 ; 136, 223-231.
- 13) 倉田博. 浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究 (クルマエビの資源培養に関する研究). 農林水産技術会議事務局研究成果 1979 ; 116, 14-36.
- 14) 鎌田泰彦. 有明海の堆積物. 長崎大学教育学部自然科学研究報告 1967 ; 18, 71-82.
- 15) 鎌田泰彦 : 有明海の沿岸地質・海底地形と底質. 月刊海洋 1980 ; 12, 88-96.