

BULLETIN
OF
YAMAGUCHI PREFECTURAL FISHERIES RESEARCH CENTER

No. 13
March, 2016

山口県水産研究センター研究報告
第 13 号
平成 28 年 3 月

山 口 県 水 産 研 究 セ ン タ ー

外海研究部：〒759-4106 長門市仙崎大泊
内海研究部：〒754-0893 山口市秋穂二島

Yamaguchi Prefectural Fisheries Research Center
Japan Sea Research Division: Senzaki, Ootomari, Nagato-city, 759-4106, Japan
Inland Sea Research Division: Aiofutajima, Yamaguchi-city, 754-0893, Japan

目 次

山口県日本海沿岸域に放流したアカアマダイ人工種苗の採捕率及び移動 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・河野 光久・山本 健也	1
あまだい延縄におけるクレモナ幹縄とナイロン幹縄の漁獲効率の比較 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・河野 光久・國森 拓也	5
山口県日本海沿岸域において桁網により採捕された魚類 ・・・・・・・・・・・・・・・・河野 光久・山本 健也	9
日本海南西見島西沖に沈設された高層魚礁の魚類蛸集効果-I 夏季の魚類蛸集量の経年変動・・・・・・・・・・・・・・・・河野 光久・繁永 裕司・石田 祐司	15
日本海南西見島西沖に沈設された高層魚礁の魚類蛸集効果-II 2015 年の魚類蛸集量の季節変動・・・・・・・・・・・・・・・・河野 光久	21
遊休クルマエビ養殖池を活用したアサリの増養殖 ・・・・・・・・岸岡 正伸・柿野 純・井上 隆彦・多賀 茂・和西 昭仁・白木 信彦・ 山崎 康裕・小野里 坦・國森 拓也・宮後 富博・齋藤 秀郎・鹿野 陽介	25
山口県周防灘におけるガザミの漁獲量変動と漁獲実態 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・村田 実	47
山口県下関市木屋川水系白根川における陸封型ワカサギの生態-I 産卵生態 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・小林 知吉	61

山口県日本海沿岸域に放流した アカアマダイ人工種苗の再捕率及び移動

河野光久・山本健也*

Recapture Rate and Movement of Hatchery-raised Red Tilefish,
Branchiostegus japonicus Released in Coastal Waters
off Yamaguchi Prefecture, Southwestern Sea of Japan

Mitsuhisa KAWANO・Kenya YAMAMOTO

A total of 154,100 hatchery-raised red tilefish, *Branchiostegus japonicus*, were released in coastal waters off Yamaguchi Prefecture, southwestern Sea of Japan with cutting the pelvic fin during the period of 2006 to 2012. One hundred and seven individuals of them were recaptured and the recapture rate was 0.10 %. Recapture rate (0.63 %) of the large sized (103 mm TL) group was higher than that (0.19 %) of the small sized (63 mm TL) group. No difference was found between the recapture rates of the nearshore (1 - 54 m deep) released groups and the offshore (70 - 93 m deep) ones. The fish moved offshore waters at depths of 80 - 130 m and recaptured at sizes of 230 - 428 mm TL after more than 282 days of releasing.

Key words : *Branchiostegus japonicus*; Hatchery-raised red tile fish; Recapture rate; Movement

山口県では2006年以降、自県で生産したアカアマダイ (*Branchiostegus japonicus*) 人工種苗を山口県日本海沿岸域に放流してきた。放流後の放流魚の状況については、潜水調査により放流3日後には一部の魚が巣穴を形成し始め、10日後には放流点からの移動距離が95mに達することが明らかになっている¹⁾。しかし、放流10日後以降の放流魚の移動や再捕の実態については十分に明らかにされているとはいえない。アカアマダイ人工種苗の放流後の生態や再捕の実態を明らかにすることは、本種の栽培漁業を推進する上で重要かつ不可欠である。

そこで、アカアマダイ人工種苗の放流後の生態及び再捕実態を明らかにするために、2006～2012年に実施した腹鰭切除標識魚の放流と再捕のデータを解析した。その結果、本種の再捕率及び移動の実態を明らかにすることができたので、報告する。

材料及び方法

放流したアカアマダイ人工種苗は、放流の前年10月頃に山口県日本海沖で採捕された天然親魚から採卵され、山口県外海栽培漁業センターで全長58～103mmまで飼育されたものである。標識は左腹鰭または右腹鰭を切除する方法を用い、2006～2012年各年の2～5月に7,200～43,900尾の人工種苗を山口県日本海沿岸域に放流した (Fig.1, Table1)。この内2007年には、全長による再捕率の違いを明らかにするため、全長103mmと全長63mmの2種類の種苗を用意し、前者については左腹鰭を、後者については右腹鰭を切除して放流した。また、2010年を除くその他の年には、水深1～54mの岸側放流群と水深70～93mの沖側放流群とで切除する腹鰭を左右いずれかに割り振って両群を識別できるようにして放流した。

* 鳥取県栽培漁業センター Tottori Prefectural Fish Farming Center

Table 1 Summarized results of release and recapture of hatchery-raised red tilefish, *Branchiostegus japonicus*.

Release date	Release site	Depth(m)	N. fish released	TL (mm)	Tagging method*	N. fish recaptured			Total (Recapture %)
						Long line	Angling	Trawl	
May26-29, 2006	Offshore Hagi and Ohmijima	67-84	6,000	93	Right	4	2		6 (0.10)
May26-29, 2006	Nearshore Hagi and Ohmijima	5-10	6,000	93	Left	7	2		9 (0.15)
Apr. 28, 2007	Offshore Hagi-Kawajiri	75-93	3,000	103	Left	16	3		19 (0.63)
Apr. 28, 2007	Offshore Hagi-Kawajiri	75-93	4,200	63	Right	7	1		8 (0.19)
Apr. 22, 2008	Offshore Aishima	75	4,400	85	Right	8			8 (0.18)
Apr. 22-May22, 2008	Nearshore Aishima and Mishima	10-38	6,500	85-98	Left	11	7		18 (0.28)
Mar. 11-17, 2009	Offshore Aishima	72-77	16,200	67-72	Left	22	2	1	25 (0.15)
Mar. 17, 2009	Nearshore Ohmijima	54	11,900	67	Right	11	3		14 (0.12)
Feb. 20-Apr. 26, 2010	Offshore Susa-Kawajiri	5-77	20,600	61-68	Right or Left	29	7		36 (0.13)
Mar. 15, 2011	Offshore Mishima and Aishima	70-77	15,700	66	Left	8	1		9 (0.06)
Mar. 7-Apr. 8, 2011	Nearshore Susa-Ohmijima	1-42	28,200	58-68	Right	3			3 (0.01)
Feb. 14, 2012	Offshore Hagi	70-72	16,800	75	Right	2			2 (0.01)
Feb. 14, 2012	Nearshore Hagi	5	14,600	75	Left				0 (0.00)
Total			154,100			128	28	1	157 (0.10)

* Right: cutting the right pelvic fin, Left: cutting the left pelvic fin.

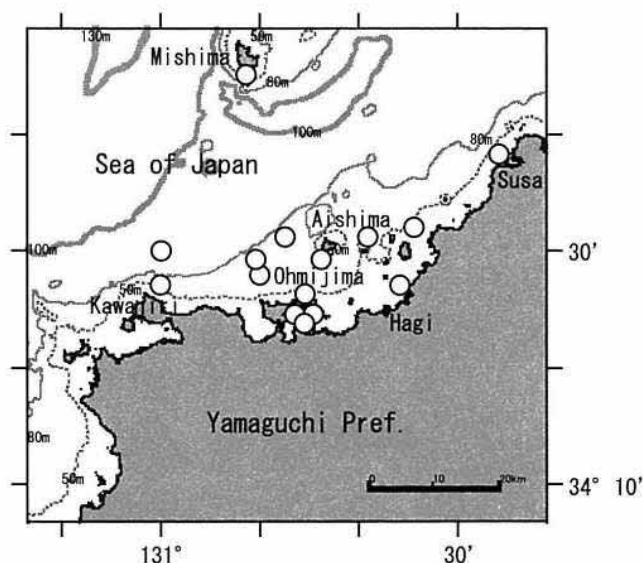


Fig.1 Map showing the release sites of hatchery-raised red tilefish, *Branchiostegus japonicus* in coastal waters off Yamaguchi Prefecture, southwestern Sea of Japan. Open circles show the release sites.

放流魚の再捕データは、2006年5月から2015年3月までの間、以下の2とおりの方法で入手した。(1) 漁業者が再捕した腹鰭の欠損または変形したアカアマダイを購入し、放流魚の判別、全長測定及び耳石による年齢確認を行った。(2) 山口県水産研究センターの職員が山口県漁業協同組合萩地方卸売市場に水揚げされたアカアマダイの腹鰭を確認し、放流魚と判定された個体の全長を測定した。なお、放流魚の判定にあたっては、クロダイの切除腹鰭再生型²⁾に基づき、鰭が欠損しているか短小である個体の他、鰭条が歪んでいる個体に

ついても放流魚と見なした。

結 果

放流魚の再捕状況

2006年から2012年に腹鰭を切除し山口県日本海沿岸域に放流したアカアマダイ人工種苗154,100尾の内157尾が再捕され、再捕率は0.10%であった (Table 1)。

漁業種類別の再捕尾数は延縄が128尾と最も多く(81.5%)、その他に釣りで28尾、小型底びき網で1尾が再捕された (Table 1)。

2007年に放流した全長103mm 放流群と全長63mm 放流群の再捕率を比較すると、全長63mm 放流群では再捕率が0.19%であったのに対し、全長103mm 放流群のそれは0.63%と高かった (Table 1)。2007年以外の年の各放流群の再捕率は、全長が85～98mm と比較的大型であった2008年岸側放流群で0.28% とやや高かった他は、すべて0.19% 以下と低かった。この全長103mm 放流群は2006年～2012年のすべての放流群の中で全長が最も大きく、再捕率も最も高かった (Table 1)。

沖側放流群と岸側放流群の再捕率を比較すると (Table 1)、2006年放流群及び2008年放流群では岸側放流群の再捕率が沖側放流群のそれよりも高かった。しかし、2009年放流群、2011年放流群及び2012年放流群では沖側放流群の再捕率が岸側放流群のそれより高かった。また、各年放流群における沖側放流群の再捕率と岸側放流群の再捕率との差は0.10% 以下と小さかった。

放流魚の移動

再捕個体の内、再捕場所を特定できた個体の全長と再捕水深の関係を Fig.2 に示す。再捕個体の全長は 230～428mm で、230mm 以下の小型個体は再捕されなかった (Fig.2)。一方、再捕水深は全長に関係なく 80～

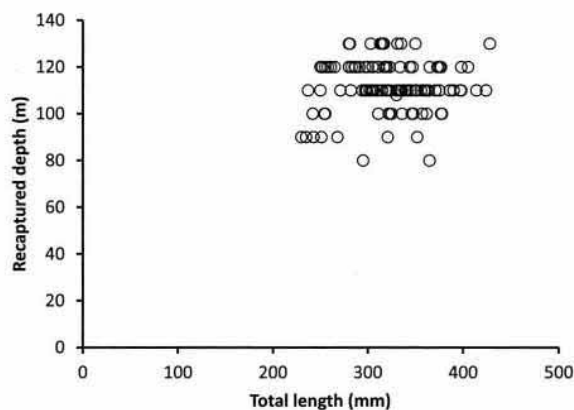


Fig.2 Relationship between the total lengths of red tilefish, *Branchiostegus japonicus* and recaptured depths.

130m で、全長が大きくなると再捕水深が深くなるという傾向は認められなかった (Fig.2)。

再捕個体の放流から再捕までの経過日数と全長との関係を Fig.3 に示す。再捕個体の経過日数は 282～1,993 日で、放流後 1 年以内に再捕された個体は 2 個体のみであった。再捕水深は 80～130m で、経過日数が増えるほど再捕水深が深くなる傾向は認められなかった (Fig.3)。

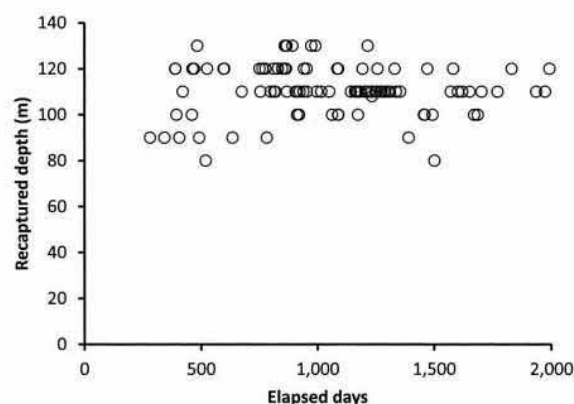


Fig.3 Relationship between the elapsed days after release and recaptured depths.

放流魚の移動についてより詳細に見るため、再捕尾数が多く、かつ切除された鰭から放流場所を 1 カ所に特定可能な 2009 年放流群の放流位置と再捕位置を Fig.4 に示す。放流魚は、放流位置から 40～80km 沖合の水深 80～130m の海域で再捕された (Fig.4)。岸側放流群と沖側放流群の再捕位置を比較すると、両者で大きな違いは認められなかった (Fig.4)。

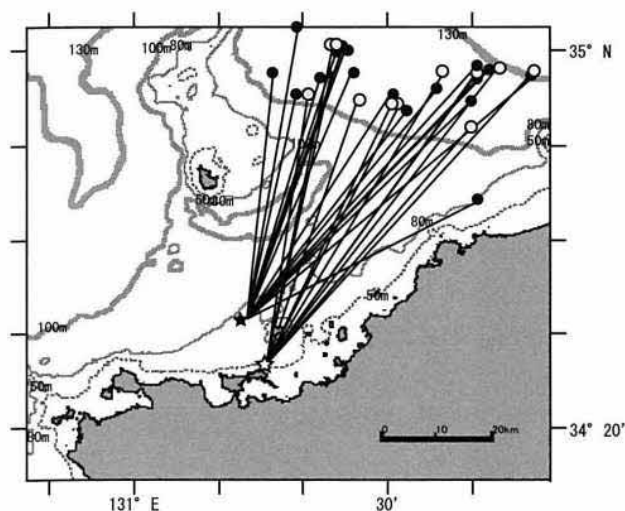


Fig.4 Release and recaptured sites of red tilefish, *Branchiostegus japonicus* in 2009. Star marks and circles show release sites and recaptured sites, respectively.

考 察

2006～2012 年に山口県日本海沿岸域に放流したアカアマダイ人工種苗の再捕率は 0.10% であった (Table 1)。この再捕率を 1989～1991 年に同海域に放流されたヒラメ人工種苗の再捕率と比較すると、ヒラメ人工種苗の再捕率は 0.17% であった³⁾ ので、アカアマダイ人工種苗の再捕率はヒラメ人工種苗のそれとオーダーは同じであるが値はヒラメ人工種苗よりもやや低い。とはいえ、ヒラメ放流種苗では、チューブタグを使用したので腹鰭切除標識よりも発見されやすいことを考慮すると、アカアマダイ人工種苗の再捕率はヒラメ人工種苗に比べ必ずしも劣っていないであろう。両者の再捕率の比較に当たっては、ヒラメ放流種苗の全長が 10.3～12.0cm とアカアマダイ放流種苗よりも大きかったことも考慮する必要がある。なぜなら、アカアマダイについても最も大型であった全長 103mm 放流群では再捕率が 0.63% と高く、さらに全長 85～103mm の比較的大型個体を放流した 2006～2008 年放流群に限定して再捕率を計算すると 0.23% (放流尾数 25,900 尾に対し再捕尾数は 60 尾, Table 1) と比較的高い値になるからである。このことはアカアマダイ人工種苗についてもより大型の種苗を放流すれば再捕率が高くなることを示唆している。

2009 年放流群の移動状況を調べた結果、アカアマダイ人工種苗は放流後、放流場所から 40～80km 沖合の水深 80～130m の海域で再捕された (Fig.4)。また、2009 年以外の放流群を含んだ再捕水深についても水深 80～130m であった (Figs.2, 3)。他方、若狭湾西部海

域では本海域と異なり、当該海域で放流されたアカアマダイ人工種苗の再捕報告が若狭湾西部海域に限られたことから、アカアマダイ人工種苗は大きな移動を行わないと考えられている⁴⁾。

このように、本海域と若狭湾西部海域におけるアカアマダイ人工種苗の移動状況が異なるのはなぜであろうか？それについては、以下のとおり各海域の放流位置と生息適地との距離の差に起因している可能性が考えられる。若狭湾西部海域ではアカアマダイの漁場は距岸20km以内の水深30～100m前後に形成され⁵⁾、ごく岸沿いの海域を除くほぼすべての海域が漁場になっている。これに対し、本海域では主に距岸20km以遠の水深100～130mの海域に形成される⁶⁾。本種の幼魚(0・1歳魚)の分布域は成魚の漁場内にあることが知られている⁵⁾ことから、各漁場はアカアマダイの幼魚～成魚の生息適地になっていると考えられる。従って、若狭湾西部海域では放流場所が生息適地内にあるか外れていたとしてもごくわずかであるため、放流魚が大きな移動をしないのであろう。一方、本海域では若狭湾西部海域に比べ、沿岸の放流位置から生息適地である沖合漁場までの距離が遠いので移動距離も長くなるのであろう。

一般に、放流魚の回収率は種苗を天然魚の生育場やその近傍に放流した方が高くなることが知られている⁷⁾。このため、本海域では漁場により近い沖側放流群の方が岸側放流群よりも再捕率が高くなることが想定されていた。しかし、沖側放流群の再捕率は岸側放流群の再捕率よりも必ずしも高いとは言えなかった(Table 1)。この原因については、全長230mm以下の小型魚が再捕されなかったこと、再捕水深が80～130mと比較的深いこと(Fig.2)、及び放流後282日以上経過してようやく再捕されたこと(Fig.3)から、両群とも放流後初期の漁業による減耗が極めて少なく、放流場所から生息適地へ移動する過程で両群の生き残りにほとんど差が生じていないのではないかと推察される。このことは、本海域で放流したヒラメ人工種苗やマダイ人工種苗では、放流後年内に放流場所の近傍で小型底びき網などの漁業により多数再捕される^{3, 8)}こととは大きく異なる。もし岸側放流群と沖側放流群とで生き残りにあまり差がないとすれば、放流にかかる用船費用や手間を軽減するため、放流時の鳥による食害を防ぐ対策をとって岸側放流を推進してよいであろう。

謝 辞

放流魚の再捕報告に協力していただいた漁業者の方々、山口はぎ・あまだい連合会の皆様、山口県漁業協同組合江崎支店及びはぎ統括支店の職員の方々に深く感謝する。市場での放流魚の検出に際しては、山口県水産研究センター安成 淳氏、南部智秀氏、元山口県水産研究センター中脇章博氏、天社博之氏(現在、山口県下関水産振興局)に協力いただいた。ここに記して感謝する。

文 献

- 1) 山口県(2005): アカアマダイ. 平成16年度水産資源増殖ブランド・日本推進対策事業栽培漁業関係技術開発事業(魚類Aグループ)報告書, 北海道・青森県・秋田県・富山県・茨城県・京都府・山口県, 山口1-10.
- 2) 小林知吉(1986): クロダイの切除腹鰭再生試験に基づく鰭切除魚の識別割合. 山口県内海水産試験場報告, (14), 7-9.
- 3) 河野光久(1997): 山口県沿岸海域に放流したヒラメ人工種苗の移動と成長. 山口県外海水産試験場研究報告, 26, 55-58.
- 4) 京都府(2005): アカアマダイ. 平成16年度水産資源増殖ブランド・日本推進対策事業栽培漁業関係技術開発事業(魚類Aグループ)報告書, 北海道・青森県・秋田県・富山県・茨城県・京都府・山口県, 京都1-12.
- 5) 京都府立海洋センター(2000): 丹後海のアカアマダイ. 季報, (69), 1-11.
- 6) 河野光久・天野千絵(2005): 日本海南西部山口県沖におけるアカアマダイの資源管理に関する研究—I 山口県におけるあまだい漁業の実態. 山口県水産研究センター研究報告, (3), 55-59.
- 7) 松村靖治(2007): 有明海におけるトラフグの放流技術と放流効果に関する研究. 長崎県水産試験場研究報告, (34), 45-109.
- 8) 山口県(1989): 昭和63年度広域資源培養管理推進事業報告書, 21-38.

あまだい延縄におけるクレモナ幹縄と ナイロン幹縄の漁獲効率の比較

河野光久・國森拓也

Comparison of Fishing Efficiency between Cremona and Nylon Trunk Ropes in Tilefish Longlines

Mitsuhisa KAWANO and Takuya KUNIMORI

Experiments to compare fishing efficiency for red tilefish (*Brachiotegus japonicus*) between cremona and nylon trunk ropes in tilefish longlines were executed in waters west of Mishima island, southwestern Sea of Japan during the period of November, 2014 to March, 2015. Difference of catch in number of red tilefish per hachi (960 m long, 105 hooks) between cremona and nylon trunk ropes was not significant (Wilcoxon rank sum test, $W=266.5$, $P=0.317$). Because simple effect size was 0.32, it was considered that the substantial difference of catch in number between the two trunk ropes was very small. Difference of total length of red tilefish between the two trunk ropes was not also significant ($W=5656$, $P=0.682$). The total lengths were more influenced by the experimental locations than by the kind of trunk ropes.

Key words : Red tilefish (*Branchiostegus japonicus*); Longline; Fishing efficiency

あまだい延縄漁業は、山口県日本海域ではアカアマダイ *Brachiotegus japonicus* を漁獲対象として操業される主幹漁業の1つである。本漁業では幹縄にクレモナを使用した漁具（以下、クレモナ縄という。）を使う漁業者とナイロンを使用した漁具（以下、ナイロン縄という。）を使用する漁業者がいる。クレモナ縄を使用する漁業者からは、「ナイロン縄はクレモナ縄に比べ小型のあまだいが多く釣れるためクレモナ縄よりも資源に悪い。」との意見があるが、必ずしも科学的な根拠に基づくものではない。そこで、ナイロン縄とクレモナ縄とで漁獲されるアカアマダイの漁獲尾数及び全長に差があるか否かを明らかにするために、両漁具の比較試験を行ったので、結果を報告する。

材料および方法

比較試験はあまだい延縄漁船恵漁丸（3.4トン）を用船し、2014年11月19日から2015年3月25日まで以下のとおり5日、山口県萩市見島東～東南東沖8～9マイ

ルの海域で実施した（Fig.1）。①2014年11月19日（以下、11月19日という。）、見島東沖約9マイル（A海域）、②2015年2月21日（以下、2月21日という。）、見島東南東沖約8マイル（C海域）、③2015年2月25日（以下、2

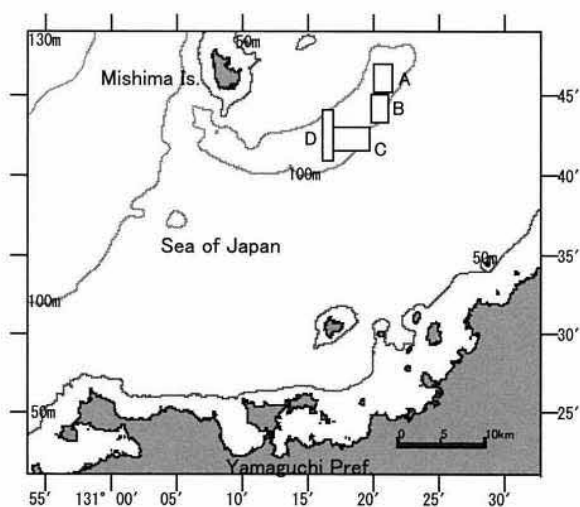


Fig.1 Study area. A, B, C and D show the locations where longline experiments were executed.

月25日という。), 見島東沖約8~9マイル (A, B 海域), ④2015年3月17日 (以下, 3月17日という。), 見島東南東沖約8マイル (C 海域), ⑤2015年 3月25日 (以下, 3月25日という。), 見島東南東沖約7~8マイル (C, D 海域)。作業時間は2月21日を除き, 午前6時頃から午後2時頃にかけての約8時間であった。2月21日には船の故障のため午前8時に作業を終了し, 帰港した。

使用したあまだい延縄漁具の仕様は Fig.2 のとおりで, 1鉢の幹縄の長さは960m とし, クレモナ縄ではクレモナ (70本), ナイロン縄ではナイロン (80号) を使用した。枝縄は長さ2.4m のナイロン (8号), 針はコダイ11号を使用した。枝縄の間隔は8m, 1鉢の針の本数は105本であった。1回の作業にはナイロン縄1鉢, クレモナ縄1鉢, 折り返し用縄1鉢, ナイロン縄1鉢, クレモナ縄1鉢を順に連結して1連として投揚縄を行った。

作業方法は以下のとおりとした。2月21日を除き,

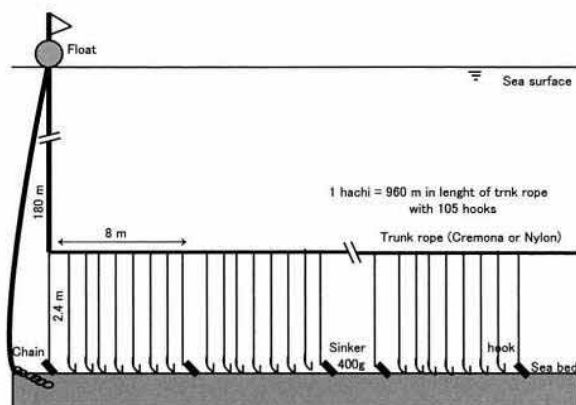


Fig.2 Tilefish longline used in the study.

各試験日に1連ずつ原則3回, 合計3連の投揚縄を行った。2月21日には1連のみ投揚縄を行い, 帰港した。投揚縄は岸側から沖側に向かってナイロン縄1鉢, クレモナ縄1鉢の順に行い, 次いで折り返し用縄を投入しながら折り返し, 沖側から岸側に向かってナイロン縄1鉢, クレモナ縄1鉢を投入した。揚縄は1連の投揚縄終了から約10分後に最初に投入した鉢から順に行う縄回り方式とした。各鉢の投揚開始および終了の位置と時刻, 揚縄開始および終了の位置と時刻を野帳に記録し, 各鉢の投揚開始時刻から揚縄開始時刻までの時間を各鉢の浸漬時間とした。漁獲物は船上で魚種の確認と全長の計測を行い, 野帳に記録した。

クレモナ縄とナイロン縄の1鉢当たりアカアマダイの漁獲尾数の差を検討するため, 独立2標本に適用されるノンパラメトリック検定である Wilcoxon の順位和検定を行った。また, クレモナ縄とナイロン縄のアカアマダイ全長の差についても, Wilcoxon の順位和検定を行って検討した。解析にあたっては, フリーのデータ解析ソフト R ver3.1.0を使用した。

結 果

クレモナ縄とナイロン縄のアカアマダイ漁獲尾数の比較

クレモナ縄とナイロン縄の比較試験結果の概要を Table1 に示す。

同一日同一海域でクレモナ縄とナイロン縄の1鉢当たりアカアマダイ平均漁獲尾数を比較すると, 11月19日 A 海域, 2月25日 A 海域, 3月25日 C 海域ではナイロン縄の方がクレモナ縄よりも漁獲尾数が多かったが,

Table1 Summarized results of comparison experiments between the two trunk ropes in longline fishing.

Date	Location	Trunk rope	N. of hachi	Soaking time (minutes/hachi)	Catch in number of red tilefish		Total length (mm)
					N. /hachi	Average N. /hachi	
Nov. 19, 2014	A	Cremona	6	40-95	0-4	1.7	270-420
	A	Nylon	6	35-86	2-7	4.5	200-450
Feb. 21, 2015	C	Cremona	1	48	3	3.0	220-310
	C	Nylon	1	34	0	0.0	-
Feb. 25, 2015	A	Cremona	2	50-111	3-4	3.5	220-420
	A	Nylon	2	38-79	3-5	4.0	230-410
	B	Cremona	4	46-92	1-8	4.0	210-430
	B	Nylon	4	36-80	0-5	2.5	330-440
Mar. 17, 2015	C	Cremona	6	45-93	0-6	2.7	195-455
	C	Nylon	6	29-94	2-5	2.8	240-440
Mar. 25, 2015	C	Cremona	2	56-88	0-4	2.0	220
	C	Nylon	2	45-78	3	3.0	220-410
	D	Cremona	4	47-89	1-8	4.0	200-410
	D	Nylon	4	36-74	0-5	2.5	210-400

考 察

2月25日 B 海域, 3月25日 D 海域ではクレモナ縄の方が漁獲尾数が多く, どちらかに偏って漁獲尾数が多いという傾向は見られなかった (Table1)。

試験日および海域を込みにして, クレモナ縄とナイロン縄の1鉢当たりアカアマダイ漁獲尾数の差を Wilcoxon 順位和検定で検定した結果, 5% 水準で有意な差は認められなかった ($W=266.5$, $P=0.317$, Fig.3)。

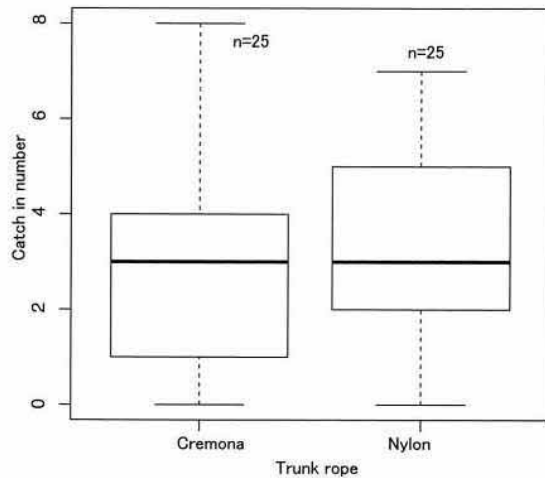


Fig.3 Comparison of catch in number of red tilefish per hachi (105 hooks) between cremona and nylon trunk ropes. The thick line in the box shows the median value and bottom and top of the box are the lower and upper quartiles, respectively. The ends of the whiskers represent the 1.5 interquartile range.

クレモナ縄とナイロン縄のアカアマダイ全長の比較

試験日および海域を込みにして, クレモナ縄とナイロン縄のアカアマダイ全長の差を Wilcoxon 順位和検定で検定した結果, 5% 水準で有意な差は認められなかった ($W=5656$, $P=0.682$, Fig.4)。

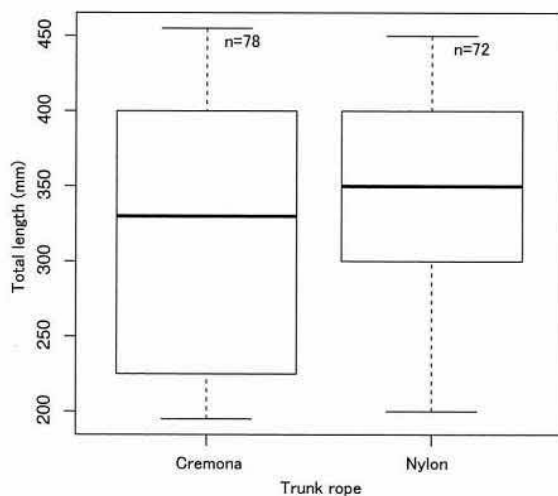


Fig.4 Comparison of total length of red tilefish between cremona and nylon trunk ropes. Symbols in the box plots are same as shown in Fig.3.

Wilcoxon の順位和検定の結果, 1鉢当たりアカアマダイ漁獲尾数はクレモナ縄とナイロン縄との間で5% 水準で有意な差は認められなかった (Fig.3)。しかし, 帰無仮説が採択されても第2種の過誤があるため, クレモナ縄とナイロン縄の漁獲尾数に差が無いとは言い切れない。特にサンプル数が少ない場合には第2種の過誤を犯しやすい。逆に, サンプル数を増やしていけば検出力は高まるが, サンプル数を極端に増やしていけばどんな小さな差でも検出できるようになり, 有意差の有無はサンプル数に左右される。このため, 近年はサンプル数に影響を受けない標準化された差の指標として効果量を報告することが推奨されている¹⁾。効果量は帰無仮説が正しくない程度を量的に表す指標で, 帰無仮説が完全に正しい場合, 一般に効果量は0になり, その正しくない程度が大きくなれば効果量の絶対値も大きくなる²⁾。そこで水本・竹内¹⁾に従い, 検定統計量を Z に変換して効果量 r を求めた結果, r は0.13と小さかったことから両者の差は小さいと推察される。重要なのはクレモナ縄とナイロン縄の漁獲尾数に実質的な差があるかどうかであるので, 元の単位での効果量 (単純効果量) を求めた。クレモナ縄の1鉢当たりアカアマダイ平均漁獲尾数 ($\pm$ 標準偏差) は2.84尾 (± 2.27 尾), ナイロン縄のそれは3.16尾 (± 1.86 尾) であるので, 単純効果量は0.32尾となる。この単純効果量の値から両者の実質的な差は極めて小さいと判断される。

漁獲されたアカアマダイの全長についても, ナイロン縄と幹縄との間で5% 水準で有意な差は認められなかった (Fig.4)。アカアマダイの全長については, 幹縄の影響よりも Fig.5に示すように海域の影響の方が大きいと考えられる。

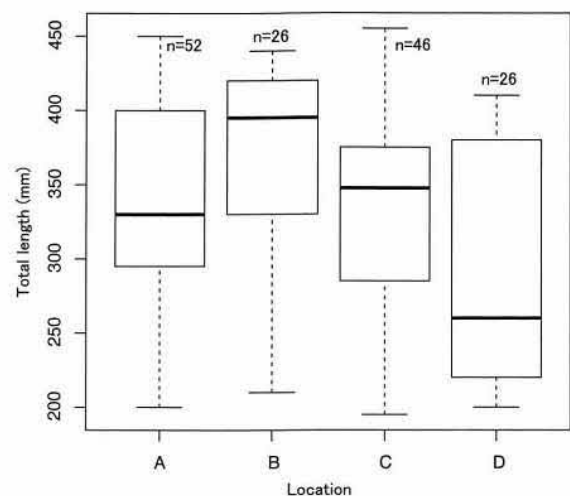


Fig.5 Comparison of total length of red tilefish among experimental locations. Symbols in the box plots are same as shown in Fig.3.

謝 辞

試験操業に携わった恵漁丸，恵美奈智和氏並びに調査に協力していただいた山口県萩水産事務所木嶋久登氏，土井健一氏，玖村武史氏，山根知樹氏，山口県水産振興課田中全氏に感謝する。

文 献

- 1) 水本 篤・竹内 理 (2008)：研究論文における効果量の報告のためにー基礎的概念と注意点ー. 英語教育研究, 31, 57-66.
- 2) 大久保街亜・岡田謙介 (2012)：伝えるための心理統計ー効果量・信頼区間・検定力. 勁草書房, 東京, 215pp.

山口県日本海沿岸域において桁網により 採捕された魚類

河野光久・山本健也*

Fish Collected by Beam Trawl in Coastal Waters off Yamaguchi Prefecture,
Southwestern Sea of Japan

Mitsuhisa KAWANO・Kenya YAMAMOTO

We conducted beam trawl surveys in coastal waters off Yamaguchi Prefecture, southwestern Sea of Japan to elucidate the composition of fish species of juveniles at bottom layers. The total number of species was 73 species consisting of 44 families and 12 orders. Number of species in the nearshore waters shallower than 100m in depth increased in summer and autumn. The dominant species were *Onigocia macrolepis*, *Hoplichthys langsdorfii*, *Upeneus japonicus*, *Dentex hypselosomus* and *Apogon kiensis*. Twelve species, such as *Argentina kagoshimae* and *Caelorinchus multispinulosus* were collected only in offshore waters deeper than 100 m in depth.

Key words : Fish species composition; Beam trawl; Southwestern Sea of Japan

底魚類の幼稚魚の加入量や分布状況を把握することは、重要底魚類の漁況予測や資源管理を実施する上で極めて重要である。底魚類の加入量把握を目的とした調査を行おうとする場合、小型底曳網などの漁業に依存すると禁止期間、禁止区域、網目制限、体長制限などの規制があるため、データに偏りが生じる。このため、日本海側の多くの水産研究機関では独自に底曳網漁具を用いて調査を行い、重要底魚類の加入量や分布状況の把握を行っている¹⁻⁴⁾。しかし、本県ではこれまで幼稚魚を採集するための漁具が無かったため、底魚類の幼稚魚の加入量を把握するための調査は実施できなかった。本研究では新しく製作された桁網を用いて、重要底魚類の加入量把握のための予備調査として、山口県日本海沿岸域における幼稚魚の季節別出現状況を明らかにしたので、報告する。

材料および方法

桁網調査は山口県漁業調査船くろしお(119トン)により、2011年10月7日、2012年5月23日および7月9日には山口県日本海域A海域(水深88~94m)で、2012年10月25日にB海域(水深136~140m)で、2013年1月21日にはC海域(水深75~86m)で実施した(Fig.1)。用いた桁網の仕様は、桁幅4.50m、桁高0.77m、網長15.2m(前網2.9m10節、身網9.2m13節、袋網3.1m15節)で、2011年10月7日、2012年5月23日および10月25日には各3回、2012年7月9日には4回、2013年1月21日には2回、各回30分~1時間、速力1~3ノットで曳網した。曳網は2012年7月9日を除き昼間に行ったが、2012年7月9日のみ日没後に行った。採集された魚類については実験室に持ち帰り、種の査定と全長・体重の計測を行った。なお、種の査定および学名の記載は中坊⁵⁾に準じた。

* 鳥取県栽培漁業センター Tottori Prefectural Fish Farming Center

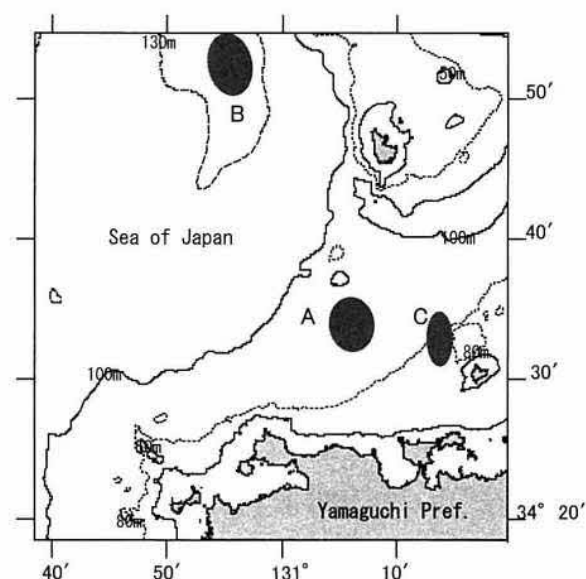


Fig.1 Sampling area by beam-trawl.

A: 88-94 m deep, October 7, 2011, May 23 and July 9, 2012; B: 136-140 m deep, October 25, 2012; C: 75-86 m deep, January 21, 2013.

結果および考察

出現した魚類は、エイ目2科4種、ウナギ目2科3種、ニギス目1科1種、ヒメ目2科4種、タラ目2科2種、アシロ目1科2種、アンコウ目2科3種、マトウダイ目1科1種、カサゴ目5科13種、スズキ目16科24種、カレイ目8科13種、フグ目2科3種、合計12目44科73種であった (Table 1)。

水深100m以浅の沿岸側 (A 海域および C 海域; 以下、沿岸側という。) における魚類の出現状況を月別にみると (Table 1), 出現種数は7月に最も多く39種、次いで10月に37種と多かった。出現種数が最も少なかったのは1月で13種であった。このことから出現種数は夏から秋に増加し、冬に減少することが窺える。

沿岸側における月別出現個体数上位5種について見ると (Table 2), アネサゴチ *Onigocia macrolepis* が各月で上位5位以内に入っていた他、ナツハリゴチ *Hoplichthys langsdorfii*, ヒメジ *Upeneus japonicus* およ

Table 1 Fish collected by beam-trawl in coastal waters off Yamaguchi Prefecture, southwestern Sea of Japan.

Fish			Oct. 7, 2011 (area A)		May 23, 2012 (area A)		Jul. 9, 2012 (area A)		Oct. 25, 2012 (area B)		Jan. 21, 2013 (area C)				
Order	Family	Species	Japanese name	N.ind. /haul	TL (mm) Min. Max.	N.ind. /haul	TL (mm) Min. Max.	N.ind. /haul	TL (mm) Min. Max.	N.ind. /haul	TL (mm) Min. Max.	N.ind. /haul	TL (mm) Min. Max.		
Rajiformes															
	Rajidae														
		<i>Dipturus</i> sp.	gangiei							8.0	67	216			
		<i>Beringraja pulchra</i>	meganekasube	0.3	78										
		<i>Okamejei acutispina</i>	moyoukasube			0.3	362								
	Urolophidae														
		<i>Urolophus aurantiacus</i>	hirataei	1.0	146	384									
Anguilliformes															
	Muraenidae														
		<i>Gymnothorax minor</i>	amiutsubo					0.5	435	440					
	Congridae														
		<i>Gnathophis heterognathos</i>	ginnanago					0.3	307						
		<i>Echelus uropterus</i>	hireanago					0.8	422	452					
Argentiniformes															
	Argentinidae														
		<i>Argentina kagoshimae</i>	kagoshimanigisu							5.0	95	121			
Aulopiformes															
	Aulopidae														
		<i>Hime japonicus</i>	hime	0.7	83	84									
	Synodontidae														
		<i>Saurida macrolepis</i>	maeso	11.7	90	180	4.3	86	330	0.3	359	2.7	192	348	
		<i>Saurida wanieso</i>	wanieso	0.7	140	180	6.7	57	95	0.3	241		0.5	86	
		<i>Synodus macrops</i>	tyoutyoueso				1.0	115	123						
Gadiformes															
	Macrouridae														
		<i>Caelorinchus multispinulosus</i>	yarihige							0.3	137				
	Bregmacerotidae														
		<i>Bregmaceros japonicus</i>	saiuo				0.3	71							
Ophidiiformes															
	Ophidiidae														
		<i>Sirembo imberbis</i>	umidojoyou					0.8	113	190					
		<i>Neobythites sivicolus</i>	shioitachiuo					0.3	171						
Lophiiformes															
	Lophiidae														
		<i>Lophiomus setigerus</i>	ankou	4.3	55	323	3.0	50	381	2.5	105	185	2.0	53	218
		<i>Lophius litulon</i>	kiankou	0.3	347										
	Ogcocephalidae														
		<i>Malthopsis annulifera</i>	wanukehuryuuo							0.3	62				
Zeiformes															
	Zeidae														
		<i>Zeus faber</i>	matoudai							0.3	167				
Scorpaeniformes															
	Scorpaenidae														
		<i>Sebastiscus tertius</i>	ukkarikasago					0.3	60						
		<i>Pterois lunulata</i>	minokasago				0.3	79							
		<i>Scorpaena neglecta</i>	izukasago							0.3	61				

Table 1 (Continued)

Fish			Oct. 7, 2011 (area A)			May 23, 2012 (area A)			Jul. 9, 2012 (area A)			Oct. 25, 2012 (area B)			Jan. 21, 2013 (area C)			
Order	Family	Species	Japanese name	N.ind. /haul	TL (mm)		N.ind. /haul	TL (mm)		N.ind. /haul	TL (mm)		N.ind. /haul	TL (mm)		N.ind. /haul	TL (mm)	
					Min.	Max.		Min.	Max.		Min.	Max.		Min.	Max.		Min.	Max.
	Synanceiidae	<i>Minous monodactylus</i>	himeokoze							0.3	64							
	Triglidae	<i>Lepidotrigla kishinouyei</i>	onikanagashira	0.7	107	108	0.7	42	65	0.3	81							
		<i>Lepidotrigla abyssalis</i>	sokokanagashira							1.0	42	151						
		<i>Lepidotrigla japonica</i>	togekanagashira	5.3	56	81				2.0	137	179				1.5	131	142
		<i>Lepidotrigla microptera</i>	kanagashira	13.0	75	97							72.7	67	216			
	Platycephalidae	<i>Onigocia macrolepis</i>	anesagochi	56.7	70	155	57.0	57	161	25.3	64	169				1.5	88	115
		<i>Suggrundus meerdervoortii</i>	megochi	1.0	189	241				0.3	191		0.3	210				
		<i>Cociella crocodila</i>	inegochi	0.3	259													
		<i>Rogadius asper</i>	matsubagochi	0.3	198													
	Hoplichthyidae	<i>Hoplichthys langsdorffii</i>	natsuharigochi	16.3	125	166	24.7	95	190	22.8	115	195				1.0	57	142
Perciformes																		
	Acropomatidae	<i>Synagrops japonicus</i>	sumikuiuo	0.3	75													
		<i>Synagrops philippinensis</i>	himesumikuiuo										58.7	54	83			
	Serranidae	<i>Epinephelus akaara</i>	kijihata	0.3	305													
		<i>Epinephelus awoara</i>	aohata				0.3	256										
	Apogonidae	<i>Apogon kiensis</i>	teppouishimochi	11.7	60	74	63.3	47	72	58.5	51	73						
		<i>Apogon semilineatus</i>	nenbutsudai							7.0	75	102						
		<i>Apogon carinatus</i>	matoishimochi							0.5	87	92						
	Branchiostegidae	<i>Branchiostegus japonicus</i>	akaamadai										0.7	55	119			
	Carangidae	<i>Trachurus japonicus</i>	maaji										5.7	142	161			
		<i>Kaiwarinus equula</i>	kaiwari				0.7	50	59	1.0	49	80	1.3	73	127			
	Leiognathidae	<i>Photoplagios rivulatus</i>	okihiiragi	2.7	62	86										0.5	82	
	Nemipteridae	<i>Nemipterus virgatus</i>	itoyoridai							0.5	164	185						
		<i>Nemipterus bathybius</i>	sokoitoyori							1.0	103	197						
	Sparidae	<i>Dentex hypselosomus</i>	kidai	5.0	44	311	33.3	60	316	44.0	79	282	28.3	90	265	3.0	48	65
	Mullidae	<i>Upeneus japonicus</i>	himeji	33.3	67	203	15.3	74	163	14.0	116	180				2.5	143	182
	Cepolidae	<i>Acanthocephala limbata</i>	ittennakatachi							0.5	510	591						
	Pinguipedidae	<i>Parapercis sexfasciata</i>	kurakaketoragisu	0.7	130	137	1.3	90	119	4.0	119	176						
	Percophidae	<i>Bembrops curvatura</i>	namiaitoragisu										3.7	91	151			
	Champsodontidae	<i>Champsodon snyderi</i>	wanigisu	8.0	35	97	1.3	69	85	0.5	85	89	38.3	60	112	2.0	52	
	Uranoscopidae	<i>Uranoscopus japonicus</i>	mishimaokoze	0.3	47		0.7	56	235	0.8	107	198	1.7	185	205			
	Callionymidae	<i>Repomucenus virgis</i>	horonumeri	1.7	35	50	3.7	53	79				7.3	49	100			
		<i>Repomucenus huguenini</i>	yarinumeri				0.3	105										
		<i>Calliurichthys japonicus</i>	yomegochi				1.0	260	294	1.0	240	422				0.5	323	
	Gobiidae	Gobiidae gen. sp	hazerui							0.5	69	75						
Pleuronectiformes																		
	Citharidae	<i>Citharoides macrolepidotus</i>	kokebirame										1.0	104	157			
	Paralichthyidae	<i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>	tamaganzoubirame	10.3	53	84	3.7	93	181	2.5	69	184	7.0	64	187	1.0	83	202
	Bothidae	<i>Psettina iijimae</i>	iijimadarumagarei	5.7	65	113				0.5	95	103						
		<i>Psettina tosana</i>	tosadarumagarei				5.3	63	121	4.8	69	115				1.0	79	83
		<i>Laeops kitaharae</i>	yarigarei	1.7	92	119	0.3	165		1.0	152	165						
	Pleuronectidae	<i>Pleuronichthys japonicus</i>	nagaremeitagarei	0.7	100	221							1.7	186	231			
		<i>Eopsetta grigorjewi</i>	mushigarei										9.7	61	306			
	Poecilopsettidae	<i>Poecilopsetta plinthus</i>	kawaragarei							0.3	120							
	Samaridae	<i>Samariscus xenicus</i>	kotsukinowagarei	0.7	48	54												
		<i>Samariscus japonicus</i>	tsukinowagarei				1.7	50	60									
	Soleidae	<i>Aseraggodes kobensis</i>	tobisasaushinoshita	1.3	47	93	3.3	55	104	19.8	65	117	12.3	50	115	1.0	80	81
	Cynoglossidae	<i>Gynoglossus ochiaii</i>	okigenko	8.7	88	126				16.3	82	195						
		<i>Gynoglossus interruptus</i>	genko				4.0	64	168									
Tetraodontiformes																		
	Triacanthodidae	<i>Triacanthodes anomalus</i>	benikawamuki										5.3	29	51			
	Monacanthidae	<i>Stephanolepis cirrifer</i>	kawahagi	0.3	136													
		<i>Thamnaconus modestus</i>	umazurahagi				0.3	317										

Table 2 Dominant fish collected by beam-trawl in nearshore waters (areas A and C).

Rank	Date			
	October, 2011	May, 2012	July, 2012	January, 2013
1	<i>Onigocia macrolepis</i>	<i>Apogon kiensis</i>	<i>Apogon kiensis</i>	<i>Dentex hypselosomus</i>
2	<i>Upeneus japonicus</i>	<i>Onigocia macrolepis</i>	<i>Dentex hypselosomus</i>	<i>Upeneus japonicus</i>
3	<i>Hoplichthys langsdorffii</i>	<i>Dentex hypselosomus</i>	<i>Onigocia macrolepis</i>	<i>Champsodon snyderi</i>
4	<i>Lepidotrigla microptera</i>	<i>Hoplichthys langsdorffii</i>	<i>Hoplichthys langsdorffii</i>	<i>Onigocia macrolepis</i>
5	<i>Saurida macrolepis</i>	<i>Upeneus japonicus</i>	<i>Aseraggodes kobensis</i>	<i>Lepidotrigla japonica</i>
	<i>Apogon kiensis</i>			

びキダイ *Dentex hypselosomus* が4ヶ月中3ヶ月で上位5位以内に入っていた。またテッポウイシモチ *Apogon kiensis* は5月および7月に出現個体数が最も多かった。これらの魚種は沿岸側で桁網で漁獲される幼魚の卓越種とみなすことができる。

魚種別に岸沖分布をみるために、2011年10月の沿岸側(A海域)と2012年10月の沖合側(B海域;以下、沖合側という。)の上位5位以内の魚種を比較した(Table 3)。沿岸側ではアネサゴチ、ヒメジ、ナツハリゴチ、カナガシラ *Lepidotrigla microptera*, マエソ *Saurida macrolepis*, テッポウイシモチが上位5位以内であったのに対し、沖合側のそれはカナガシラ、ヒメスミクイウオ *Synagrops philippinensis*, マアジ *Trachurus japonicus*, ワニギス *Champsodon snyderi*, キダイで、沿岸側とは異なっていた(Table 3)。特にヒメスミクイウオおよびマアジは10月以外の月でも沿岸側でまったく採集されなかった。これら2種以外に沖合側でのみ採集された魚種は、カゴシマニギス *Argentina kagoshimae*, ヤリヒゲ *Caelorinchus multispinulosus*, ワヌケフウリュウウオ *Malthopsis annulifera*, マトウダイ *Zeus faber*, イズカサゴ *Scorpaena neglecta*, アカアマダイ *Branchiostegus japonicus*, ナミアイトラギス *Bembrops curvatura*, コケビラメ *Citharoides macrolepidotus*, ムシガレイ *Eopsetta grigorjewi*, ベニカワムキ *Triacanthodes anomalus* であった。以上12魚種のうちマアジを除く11魚種については、分布の中心が水深100m以深の沖合側にあることが推察される。

このうちマアジ幼魚については、水温15℃以上の水深10～50m層に主に分布することが知られていることから^{6,7)}, 今回の沖合側での入網は桁網を海底から引き

揚げる途中にたまたま起きた可能性を否定できない。

また、アカアマダイ幼魚については、本研究結果のほかに2007年5月21日にA海域付近(水深93m)でも全長135mmの個体が1個体ソリネットにより採集されている⁸⁾ことから、本海域では水深93～140mで分布が認められたことになる。本海域のアカアマダイの漁場は主に水深100～130mの砂泥域に形成される⁹⁾ことから、幼魚の分布域は主漁場とほぼ一致している。一方、丹後海では本海域よりも浅い水深60～100m, 中でも水深60～80mでアカアマダイ幼魚が多く採集されている¹⁰⁾。丹後海ではアカアマダイ幼魚が多く分布する水深帯は、アカアマダイの漁場となっており、餌生物が多いことが知られている¹⁰⁾ことから、本海域では丹後海よりも深い水深帯に餌生物が多く、それに対応して幼魚が分布し、主漁場も形成されている可能性がある。

文 献

- 1) 野口俊輔(2015): 京都府沖合における夏期の底魚群集構造(短報). 京都府農林水産技術センター海洋センター研究報告, (37), 17-20.
- 2) 甲本亮太・小笠原 誠・山田潤一(2014): 底魚資源管理手法の確立に関する研究(稚魚調査). 平成25年度秋田県水産振興センター業務報告書, 86-110.
- 3) 工藤充弘・渡部光秋・池原 浩(2014): 漁獲加入量予測モデル開発事業. 平成24年度山形県水産試験場事業報告, 3-7.
- 4) 河村智志(2009): 新潟県北部沿岸域における底生魚類の分布と底層環境の関係. 新潟県水産海洋研究所研究報告, (2), 3-14.

Table 3 Dominant fish in nearshore (area A) and offshore (area B) waters.

Rank	Area and date	
	Nearshore in October, 2011	Offshore in October, 2012
1	<i>Onigocia macrolepis</i>	<i>Lepidotrigla microptera</i>
2	<i>Upeneus japonicus</i>	<i>Synagrops philippinensis</i>
3	<i>Hoplichthys langsdorffii</i>	<i>Trachurus japonicus</i>
4	<i>Lepidotrigla microptera</i>	<i>Champsodon snyderi</i>
5	<i>Saurida macrolepis</i>	<i>Dentex hypselosomus</i>
	<i>Apogon kiensis</i>	

- 5) 中坊徹次(編)(2013):日本産魚類検索全種の同定
第三版Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ.東海大学出版会,東京,2428pp.
- 6) 志村 健・氏 良介(2003):計量魚探を用いたマ
アジ調査.鳥取県水産試験場研究報告,37,118-124.
- 7) 木所英昭・安木 茂・志村 健・加藤 修(2005):
日本海西部におけるマアジの加入前の分布様式と
対馬暖流の関係.水産総合研究センター研究報告,
(14),1-6.
- 8) 河野光久・天野千絵(2008):資源回復計画調査事
業(地先種あまだい類).平成19年度山口県水産研究
センター事業報告,36-37.
- 9) 河野光久・天野千絵(2005):日本海南西部山口県
沖におけるアカアマダイの資源管理に関する研究—
Ⅰ 山口県におけるあまだい漁業の実態.山口県水
産研究センター研究報告,(3),55-59.
- 10) 京都府立海洋センター(2000):丹後海のアカアマ
ダイ.季報,(69),1-11.

日本海南西見島西沖に沈設された高層魚礁の 魚類蝟集効果 - I 夏季の魚類蝟集量の経年変動

河野光久・繁永裕司*¹・石田祐司*²

Effect of Gathering Fish to High-rise Artificial Reefs off West of Mishima Island,
Southwestern Sea of Japan-I
Yearly Change in Amount of Gathered Fish in Summer

Mitsuhisa KAWANO・Yuji SHIGENAGA・Yuji ISHIDA

We conducted ROV observations during the summer in 2007-2015 in order to elucidate the amount of gathered fish to three high-rise artificial reefs set in waters off west of Mishima island, southwestern Sea of Japan. Twenty-three species of fish were observed. The most abundant fish was *Hyperoglyphe japonica*, which occupied more than 73 % of total amount of gathered fish in the three artificial reefs. Amount of gathered fish in each artificial reef has decreased markedly since 2009 in relation to the decrease of *H. japonica*, indicating that amount of *H. japonica* influence the amount of gathered fish of the high-rise artificial reefs in this area.

Key words : *Hyperoglyphe japonica*; High-rise artificial reef; ROV observation; Amount of gathered fish

高層魚礁は1995年に山形県温海町沖に初めて沈設されて以来¹⁻²⁾, 山口県奈古沖, 島根県浜田沖など各地に沈設され, その効果についての報告がなされている³⁻⁵⁾。しかし, これらの調査のほとんどは魚礁沈設後5年以内に行われており, 高層魚礁について沈設後から長期的な魚礁効果を追跡した事例は極めて少ない。また, 海域環境等の違いにより蝟集する魚類やその出現量は異なることから, 沈設海域ごとに魚礁効果を明らかにする必要がある。本研究は見島西沖に沈設された高層魚礁について沈設から8~9年後までの魚類蝟集効果を追跡調査したので, その結果を報告する。

材料および方法

調査海域および高層魚礁の形状

調査は高層魚礁が沈設されている山口県見島西方約2km 沖, 水深約90m の海域 (Fig.1) で実施した。

高層魚礁は鋼製のKK-21-C (以下, KK という。), オーシャンクロス1700-HA (以下, OC という。), ユニタワー UT-304 (以下, UT という。)の3タイプ (Fig.2) が用いられ, UT 4基を中心としてその周りにKK とOC が2基ずつ配置された (Fig.1)。なお, 魚礁の寸法はKK では底面積169m², 高さ21m, 空体積2015.17空 m³, OC では底面積81m², 高さ21m, 空体積1701空 m³, UT では底面積259.44m², 高さ30m, 空体積2539.20空

*¹ 山口県団体指導室 Yamaguchi Prefectural Cooperatives Direction Division

*² 山口県水産振興課 Yamaguchi Prefectural Fisheries Promotion Division

m³である。

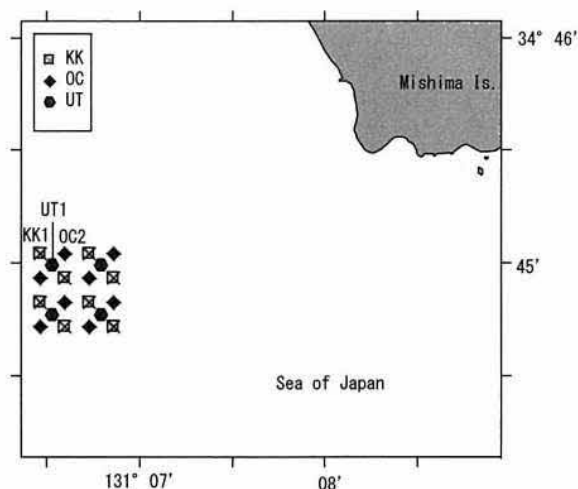


Fig.1 Survey area and target high-rise artificial reefs (KK1, OC2, UT1).

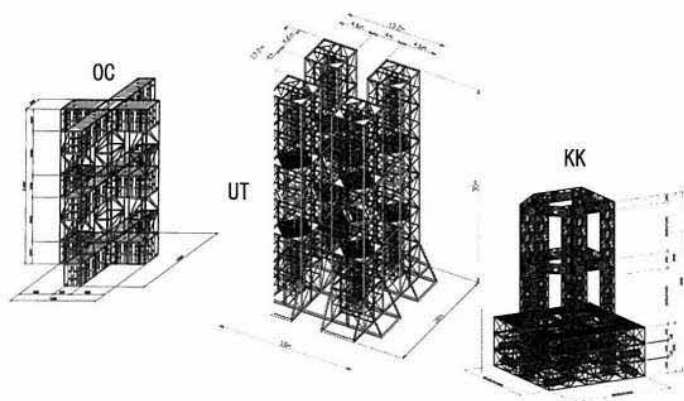


Fig.2 Figures of high-rise artificial reefs set in waters off west of Mishima island, southwestern Sea of Japan (OC: Ocean cross 1700-HA, UT: UT-30, KK: KK-21-C).

調査対象魚礁および調査方法

これらの魚礁のうち2005年11月に沈設された UT1, KK1 および 2006年11月に沈設された OC2 を対象として (Fig.1), 2007年から2015年にかけて山口県漁業調査船第2くろしお (16トン) の遠隔操作型水中テレビカメラ (広和株式会社 MARINE VEGA, 以下 ROV という。) を用いて, 魚類の蛸集状況を調査した。調査は期間中不定期に実施したが, 魚類蛸集量の経年変化を調べるため, 夏季 (2007年7月5日, 2008年9月10日, 2009年7月28日, 2010年7月5日, 2015年8月6日) に実施した調査結果を解析した。

蛸集魚の分布型および蛸集量の推定

魚礁に蛸集する魚類の分布型は, 全国沿岸漁業振興開発協会の指針⁹⁾ を基に以下の4つに分類した。

I型: 魚礁に体の大部分, もしくは一部を接触させ

ている種

II型: 体を魚礁に接触させることは少ないが, 魚礁の極く近いところに位置する種

III型: 主として魚礁から離れた表中層に位置する種

IV型: 主として魚礁周辺の海底に位置する種

魚類の蛸集量は以下の方法で推定した。まず, ROV で撮影した映像から魚種を確認し, 観察できた魚礁区画内の尾数を基に外挿法により全体の尾数を推定した。魚礁周辺に広がる魚群については, 魚礁のパーツの体積から魚群の体積を推定し, 魚礁内の魚群密度から魚群量を求めた。出現した魚類のうち尾数が確定できると判断された種については実数で示した。次に映像から推定された各魚種の体長と体長-体重関係式⁶⁻⁸⁾ を基に体重を推定し, それに推定尾数を乗じて推定蛸集量とした。

結 果

蛸集魚

調査期間中, UT1, OC2, KK1 のいずれかにおいて蛸集が確認された魚類は23種であった (Tables 1-3)。

分布型別に蛸集魚の出現種数をみると (Tables 1-3), II型の魚類が最も多く, メダイ *Hyperoglyphe japonica*, イサキ *Parapristipoma trilineatum*, ウマヅラハギ *Thamnaconus modestus*, イシダイ *Oplegnathus fasciatus*, たい類 *Sparidae* gen. sp., イラ *Choerodon azurio*, マトウダイ *Zeus faber*, ネンブツダイ *Apogon semilineatus*, カゴカキダイ *Microcanthus strigatus*, ウスメバル *Sebastes thompsoni*, マツカサウオ *Monocentris japonica*, ゲンロクダイ *Chaetodon modestus*, めばる類 *Seastes* sp., タカノハダイ *Goniistius zonatus* の14種が出現した。次いで, I型の魚類が多く, マハタ *Epinephelus septemfasciatus*, クロソイ *Sebastes schlegelii*, アオハタ *Epinephelus awoara*, かさご類 *Sebastes* sp., キジハタ *Epinephelus akaara*, ミノカサゴ *Pterois lunulata* の6種が確認された。III型の魚類はヒラマサ *Seriola lalandi*, マアジ *Trachurus japonicus*, カタクチイワシ *Engraulis japonicus* の3種が確認され, IV型の魚類はまったく確認されなかった。

期間を通じて最も蛸集量が多かったのは3つの魚礁ともメダイで, UT1では総重量の85.6%, OC2では64.8%, KK1では73.7%を占めた (Tables 1-3)。次いで蛸集量が多かったのは, UT1ではウマヅラハギ (8.8%), イシダイ (3.6%), OC2ではマアジ (19.3%), ウマヅラハギ (8.9%), KK1ではイサキ (10.1%), マアジ (9.0%) の順であった (Tables 1-3)。各魚礁とも総重量の90%以上が上位3魚種で占められた。

Table 1. Yearly change in amount of gathered fish (kg) around the high-rise artificial reef UT1.

Species	Type of fish*	TL (cm)	2007/7/5	2008/9/10	2009/7/28	2010/7/5	2015/8/6	Total	(%)
<i>Seriola lalandi</i>	III	50-70	17.0	3.5	0.0	0.0	3.5	24.0	0.6
<i>Trachurus japonicus</i>	III	20-40	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	2.8	0.1
<i>Hyperoglyphe japonica</i>	II	40-60	2618.1	952.5	0.0	74.1	0.0	3644.7	85.6
<i>Parapristipoma trilineatum</i>	II	20-30	0.0	31.2	0.0	0.0	0.0	31.2	0.7
<i>Thamnaconus modestus</i>	II	20-40	0.0	43.0	10.0	248.8	72.3	374.2	8.8
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	II	20-40	5.4	9.1	12.0	77.9	47.9	152.3	3.6
<i>Monocentris japonica</i>	II	10-20	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0
<i>Choerodon azurio</i>	II	25-30	2.9	4.6	0.0	3.1	1.4	12.0	0.3
<i>Sebastes schlegelii</i>	I	25-40	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0	0.2
<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	I	40	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	0.1
<i>Epinephelus awoara</i>	I	25-35	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	3.7	0.1
Total			2657.7	1051.1	22.0	404.0	125.1	4259.9	100.0

* See Fig. 3.

Table 2. Yearly change in amount of gathered fish (kg) around the high-rise artificial reef OC2.

Species	Type of fish*	TL (cm)	2007/7/5	2008/9/10	2009/7/28	2010/7/5	2015/8/6	Total	(%)
<i>Seriola lalandi</i>	III	50-70	0.0	2.2	0.0	0.0	3.5	5.7	0.1
<i>Trachurus japonicus</i>	III	20-40	924.9	12.0	0.0	0.0	0.0	936.9	19.3
<i>Hyperoglyphe japonica</i>	II	40-60	2618.1	423.3	105.8	0.0	0.0	3147.3	64.8
<i>Parapristipoma trilineatum</i>	II	20-30	0.0	93.6	12.6	0.0	0.0	106.2	2.2
<i>Thamnaconus modestus</i>	II	20-40	11.8	2.6	6.8	280.1	129.1	430.4	8.9
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	II	20-40	1.8	9.7	25.0	30.8	4.0	71.3	1.5
<i>Apogon semilineatus</i>	II	10	133.0	0.0	0.0	0.0	0.0	133.0	2.7
<i>Choerodon azurio</i>	II	30	2.9	7.6	0.4	0.4	0.7	12.0	0.2
<i>Goniistius zonatus</i>	II	25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0
<i>Sebastes sp.</i>	I	10-35	0.0	0.0	0.0	0.1	9.7	0.1	0.0
<i>Sebastes schlegelii</i>	I	25-40	3.0	6.0	0.0	1.6	0.0	10.7	0.2
<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	I	40	2.6	0.0	0.0	0.3	0.0	2.9	0.1
Total			3698.1	557.2	150.7	313.4	147.3	4856.9	100.0

* See Fig. 3.

Table 3. Yearly change in amount of gathered fish (kg) around the high-rise artificial reef KK1.

Species	Type of fish*	TL (cm)	2007/7/5	2008/9/10	2009/7/28	2010/7/5	2015/8/6	Total	(%)
<i>Seriola lalandi</i>	III	50-70	4.3	0.0	34.1	0.0	1.9	40.3	0.7
<i>Trachurus japonicus</i>	III	20-40	531.4	0.0	0.0	0.0	0.0	531.4	9.0
<i>Engraulis japonicus</i>	III	10	0.0	0.0	0.0	0.0	12.7	12.7	0.2
<i>Hyperoglyphe japonica</i>	II	40-60	2618.1	1693.3	0.0	24.3	0.0	4335.8	73.7
<i>Parapristipoma trilineatum</i>	II	20-30	0.0	24.3	0.0	8.1	561.6	594.1	10.1
<i>Thamnaconus modestus</i>	II	20-40	17.7	7.8	27.2	79.8	12.9	145.4	2.5
<i>Zeus faber</i>	II	30-40	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0
<i>Sebastes thompsoni</i>	II	25-35	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0
<i>Seastes sp.</i>	II	10-15	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	II	20-40	10.9	4.2	6.2	49.4	15.0	85.6	1.5
<i>Sparidae gen. sp.</i>	II	15-20	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0
<i>Microcanthus strigatus</i>	II	10-15	0.0	0.6	0.0	0.6	0.0	1.2	0.0
<i>Apogon semilineatus</i>	II	10	99.7	0.0	0.0	0.0	0.0	99.7	1.7
<i>Choerodon azurio</i>	II	30	5.7	0.0	0.0	0.4	1.4	7.6	0.1
<i>Chaetodon modestus</i>	II	10-15	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0
<i>Sebastes sp.</i>	I	10-35	0.0	0.0	0.0	1.1	0.8	2.0	0.0
<i>Sebastes schlegelii</i>	I	25-40	15.1	0.0	0.0	0.0	0.0	15.1	0.3
<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	I	40	5.2	0.0	0.0	2.0	0.0	7.2	0.1
<i>Epinephelus akaara</i>	I	30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.9	0.0
<i>Pterois lunulata</i>	I	25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0
Total			3310.9	1732.1	67.5	166.6	607.2	5884.3	100.0

* See Fig. 3.

魚類集量の経年変動

魚類集量は3魚礁とも、2007年には3,000kg 前後と高水準にあったが、2009年以降は700kg 以下と大きく減少した (Fig.3, Tables 1-3)。

分布型別の魚類集量の経年変化をみると、2009

年の KK1 を除き、各魚礁ともすべての調査年で II 型魚類が最も多く総重量の 70 % 以上を占めた (Fig.3, Tables 1-3)。2009 年の KK1 では II 型と III 型の魚類が総重量のほぼ 50 % ずつを占めた (Fig.3, Tables 1-3)。

II 型魚類の中では、2008 年まではメダイが圧倒的に

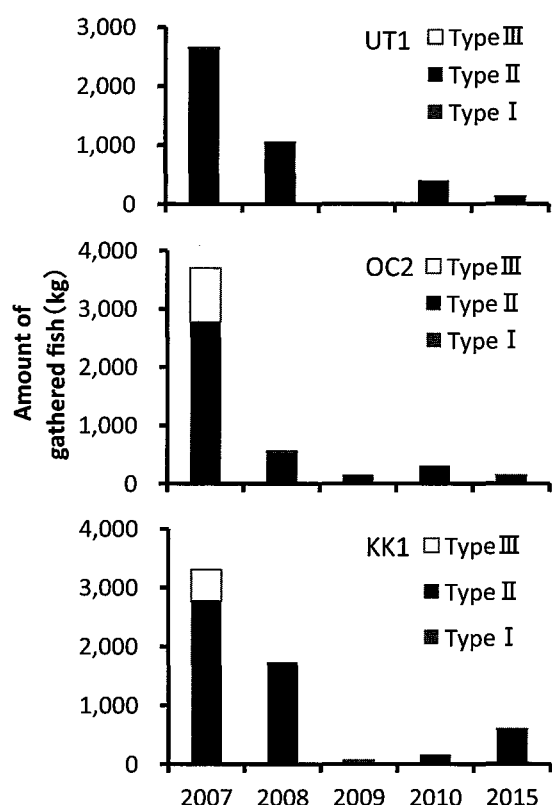


Fig.3 Yearly changes in amount of gathered fish by type of fish around the three high-rise artificial reefs (KK1, OC2, UT1).

Type I: fish attached to artificial reefs; Type II: fish distributed close to artificial reefs; Type III: fish distributed in upper layer apart from artificial reefs.

多く、総重量の70%以上を占めたが、2009年以降激減した (Tables 1-3)。2010年以降はメダイに替わってウマヅラハギまたはイサキが優占種となった (Tables 1-3)。

考 察

本研究により、見島西沖に沈設された高層魚礁における2007年以降の夏季の魚類蛸集量は、II型魚類の蛸集量の変動に伴って大きく変動し、中でもメダイの蛸集量に大きく影響されていたことが明らかになった (Fig.3, Tables 1-3)。また、3つの魚礁で確認された魚類は23種にのぼったが、各魚礁ともメダイを含む上位3魚種で総重量の90%以上が占められることがわかった (Tables 1-3)。

山口県日本海域ではメダイは1997年頃からまとまって漁獲されるようになったが、漁獲量は2009年をピークとして2010年以降急激に減少し、低水準で推移している¹⁰⁾。このため、メダイの増加による蛸集量の増加は当面期待できそうにない。

メダイの蛸集が期待できないとすれば、蛸集量の多寡を左右するのは、マアジ、イサキ、ウマヅラハギのい

ずれかになるであろう。しかし、これらの魚類の体重は、メダイの体重が1~2kgであるのに対し500g以下とかなり小さいので、蛸集があってもメダイほど蛸集量の増加につながっておらず (Fig.3, Tables 1-3)、今後もメダイが増えない限り2007~2008年の水準まで蛸集量が増加することは期待できないであろう。

以上のとおり、本研究の結果から魚礁の効果は卓越種の変化とその量変動に大きく影響されるため、沈設後2~3年調査しただけでは、十分に説明することができないことは明らかである。

2015年8月に実施したROV調査では、1つの魚礁の上部の鉄板が腐食し落下しているのが確認された。山口県日本海沿岸域に沈設された間伐材魚礁については、その崩壊過程が報告されている¹¹⁻¹³⁾が、鋼製魚礁の崩壊過程については明らかにされていない。鋼製魚礁が今後どのような崩壊過程を辿り、それに伴って蛸集量がどのように変化していくのかを把握するためにも、長期的なモニタリングが必要であろう。

文 献

- 1) 高木儀昌・森口朗彦・木元克則・新井健次・蓮尾泰三・中村英夫・木村光一 (2000): 高層魚礁の開発と効果. 水工研技報, 22, 1-14.
- 2) 高木儀昌・蓮尾泰三・花井正次・木村光一 (2001): 高層魚礁の開発と実用化. 水産工学, 38(2), 22, 139-144.
- 3) 高木儀昌・森口朗彦・伊藤 靖・石岡 昇・新井健次 (2002): 山口県における高層魚礁の調査結果. 水工研技報, 24, 31-42.
- 4) 森脇晋平・為石起司・若林英人・松本洋典・田中伸和・齋藤寛之 (2005): 島根県浜田沖に沈設された高層魚礁に蛸集する魚類の経年変動. 島根水試研報, (12), 1-6.
- 5) 伊藤 靖・大塚浩二・櫻井 謙・寺島知己 (2005): 高層魚礁による沖合漁場の開発. 海洋開発論文集, 21, 719-724.
- 6) 柿元 皓・大久保久直 (1985): 新潟県沿岸域における人工魚礁の総合的研究と事業. 新潟水試, 329pp.
- 7) 福田富男 (1987): 各種魚類の相対成長式—体長, 全長, 体重関係—. 岡山水試報告, (2), 167-170.
- 8) 吉岡貞範・小林知吉・渡辺俊輝・川村邦彦・高木和昭 (2001): 広域漁場開発調査事業. 平成11年度山口県水産研究センター事業報告, 52-69.
- 9) 全国沿岸漁業振興開発協会 (2000): 沿岸漁場整備開発事業人工魚礁漁場造成計画指針 (平成12年度

版), 26-44.

- 10) 河野光久・繁永裕司 (2014) : 山口県日本海沿岸域におけるメダイの漁獲実態. 山口県水産研究センター研報, (11), 31-36.
- 11) 河野光久・渡辺俊輝・吉岡貞範・繁永裕司 (2004) : 山口県日本海沿岸域に沈設された間伐材魚礁の効果に関する研究—I 宇田郷沖に沈設された間伐材魚礁の効果及び耐用年数. 山口県水産研究センター研報, (2), 133-138.
- 12) 河野光久・渡辺俊輝 (2004) : 山口県日本海沿岸域に沈設された間伐材魚礁の効果に関する研究—II 野波瀬地先に沈設された間伐材魚礁の魚類蜻集効果及び耐用年数. 山口県水産研究センター研報, (2), 139-143.
- 13) 河野光久・渡辺俊輝・山本健也 (2004) : 山口県日本海沿岸域に沈設された間伐材魚礁の効果に関する研究—III 小串沖に沈設された間伐材魚礁の効果及び耐用年数. 山口県水産研究センター研報, (2), 145-150.

日本海南西見島西沖に沈設された高層魚礁の 魚類蝟集効果 - II 2015 年の魚類蝟集量の季節変動

河野光久

Effect of Gathering Fish to High-rise Artificial Reefs off West of Mishima Island,
Southwestern Sea of Japan- II
Seasonal Change in Amount of Gathered Fish in 2015

Mitsuhisa KAWANO

We conducted ROV observations on May 25, August 6 and October 19 in 2015 in order to elucidate the amount of gathered fish to three high-rise artificial reefs (UT1, OC2, KK1) set in waters off west of Mishima island, southwestern Sea of Japan. The most abundant fish was *Parapristipoma trilineatum* at UT1 and KK1, and *Thamnaconus modestus* at OC2. Total amount of gathered fish at the three artificial reefs peaked in May and then decreased. This was caused by the variation of amount of *Parapristipoma trilineatum*.

Key words : High-rise artificial reef; ROV observation; *Parapristipoma trilineatum*; Amount of gathered fish

前報¹⁾では日本海南西見島西沖に沈設された高層魚礁における2007～2015年の夏季の魚類蝟集量が、メダイの蝟集量に大きく影響されて変動していることを報告した。本報では当該魚礁の魚類蝟集量の季節変動を明らかにするために、2015年に遠隔操作型水中テレビカメラ (ROV) による調査を実施した結果を報告する。高層魚礁における蝟集魚の季節変動については、島根県浜田沖では釣獲調査の結果、冬から春にかけてはメダイなどのタイプⅡ (魚礁のごく近くに位置する種) の魚類の出現割合が高く、夏から秋にかけてはマアジなどのタイプⅢ (主として魚礁から離れた表中層に出現する種) の魚類の出現割合が高くなるとされている²⁾。また、山口県奈古沖では、潜水調査の結果、アジ類とネンブツダイが蝟集魚の主体で、秋に出現種が増加する傾向が認められている³⁾。このように海域によって出現種や出現傾向は異なることから、海域ごとに魚類蝟集量

の季節変動を明らかにすることは意義があると考ええる。

材料および方法

調査対象魚礁および調査方法

調査対象とした高層魚礁は前報¹⁾と同じで、山口県見島西方約2km沖、水深約90mの海域に沈設された3つの鋼製魚礁、UT1 (ユニタワー UT-304; 底面積259.44m², 高さ30m, 空体積2539.20空m³), KK1 (KK-21-C; 底面積169m², 高さ21m, 空体積2015.17空m³) およびOC2 (オーシャンクロス 1700-HA; 底面積81m², 高さ21m, 空体積1701空m³) である (Fig.1)。

これらの魚礁を対象として、2015年5月25日、8月6日および10月15日に山口県漁業調査船第2くろしお (16トン) でROV (広和株式会社 MARINE VEGA) を用いて、魚類の蝟集状況を調査した。

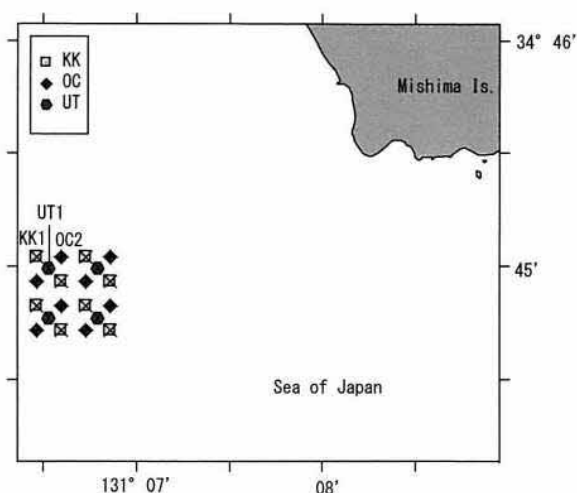


Fig.1 Survey area and target high-rise artificial reefs (KK1, OC2, UT1).

魚礁の分布型および魚群量の推定

魚礁に魚群する魚類の分布型は前報¹⁾と同様に、全国沿岸漁業振興開発協会の指針⁴⁾を基に以下の4つに分類した。

I型：魚礁に体の大部分、もしくは一部を接触させている種

II型：体を魚礁に接触させることは少ないが、魚礁の極く近いところに位置する種

III型：主として魚礁から離れた表中層に位置する種

IV型：主として魚礁周辺の海底に位置する種

魚類の魚群量も前報¹⁾と同様に以下の方法で推定した。まず、ROVで撮影した映像から魚種を確認し、観察できた魚礁区画内の尾数を基に外挿法により全体の尾数を推定した。魚礁周辺に広がる魚群については、魚礁のパーツの体積から魚群の体積を推定し、魚礁内の魚群密度から魚群量を求めた。出現した魚類のうち尾数が確定できると判断された種については実数で示した。次に映像から推定された各魚種の体長と体長-体重関係式⁵⁻⁷⁾を基に体重を推定し、それに推定尾数を乗じて推定魚群量とした。

結 果

魚群量

UT1では9種の魚類が確認された (Table 1)。分布型別にみると、I型魚類はかさご類の1種 *Sebastes* sp., めばる類の1種 *Sebastes* sp. の2種、II型魚類はイサキ *Parapristipoma trilineatum*, イシダイ *Oplegnathus fasciatus*, ウマヅラハギ *Thamnaconus modestus*, アイナメ *Hexagrammos otakii*, タカノハダイ *Goniistius zonatus*, イラ *Choerodon azurio* の6種、III型魚類はヒラマサ *Seriola lalandi* のみが出現した。

OC2では7種の魚類が確認された (Table 2)。分布型別にみると、I型魚類はかさご類の1種のみ、II型魚類はウマヅラハギ, イシダイ, イラ, カゴカキダイ *Microcanthus strigatus*, タカノハダイの5種、III型魚類はヒラマサのみが出現した。

KK1では最も確認種が多く、12種の魚類が確認された (Table 3)。分布型別にみると、I型魚類はかさご類の1種, ウスメバル *Sebastes thompsoni*, キジハタ *Epinephelus akaara*, ミノカサゴ *Pterois lunulata* の4種、II型魚類はイサキ, ウマヅラハギ, イシダイ, イラ, べら類の1種 *Labridae* gen. sp. の5種、III型魚類はヒラマサ, カタクチイワシ *Engraulis japonicus* の2種、IV型魚類はクラカケトラギス *Parapercis sexfasciata* のみが出現した。

魚類魚群量を魚礁別にみると (Tables 1-3), UT1とKK1ではII型魚類のイサキが最も多く、総重量のそれぞれ86.7%と95.0%を占めた。また、OC2ではII型魚類のウマヅラハギの魚群量が最も多く、総重量の70.0%を占めた。

魚類魚群量の季節変動

魚類魚群量の季節変動を魚礁別にみると (Fig.2,

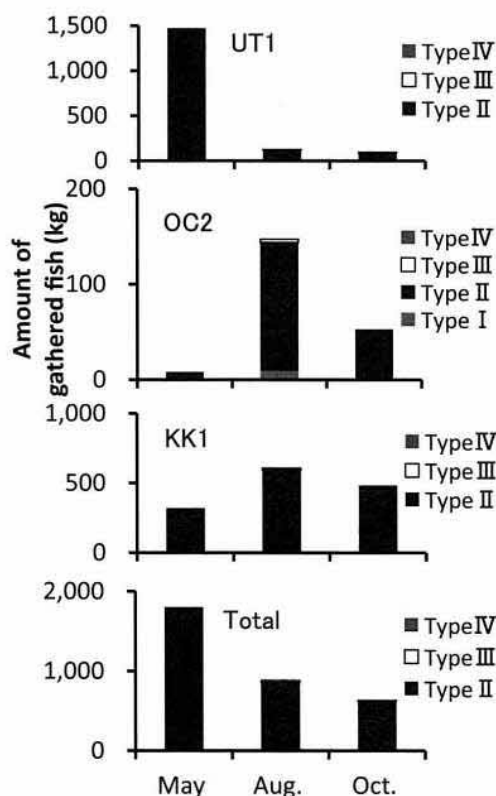


Fig.2 Seasonal changes in amount of gathered fish by type of fish around the three high-rise artificial reefs (KK1, OC2, UT1).

Type I : fish attached to artificial reefs; Type II : fish distributed close to artificial reefs; Type III : fish distributed in upper layer apart from artificial reefs.

Table 1. Seasonal change in amount of gathered fish (kg) around the high-rise artificial reef UT1.

Species	Type of fish*	TL(cm)	May25, 2015	Aug. 6, 2015	Oct. 19, 2015	Total	(%)
<i>Sebastiscus</i> sp.	I	25-30	0.8			0.8	0.0
<i>Sebastes</i> sp.	I	25	0.7			0.7	0.0
<i>Parapristipoma trilineatum</i>	II	25-30	1466.4			1466.4	86.7
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	II	25-40	2.4	47.9	79.8	130.1	7.7
<i>Thamnaconus modestus</i>	II	25-30	0.5	72.3	7.7	80.6	4.8
<i>Hexagrammos otakii</i>	II	25	0.2			0.2	0.0
<i>Goniistius zonatus</i>	II	25	0.3			0.3	0.0
<i>Choerodon azurio</i>	II	30		1.4		1.4	0.1
<i>Seriola lalandi</i>	III	50-70		3.5	7.0	10.5	0.6
			1471.4	125.1	94.6	1691.1	100.0

* See Fig. 2.

Table 2. Seasonal change in amount of gathered fish (kg) around the high-rise artificial reef OC2.

Species	Type of fish*	TL(cm)	May25, 2015	Aug. 6, 2015	Oct. 19, 2015	Total	(%)
<i>Sebastiscus</i> sp.	I	25	0.6	9.7		10.3	4.9
<i>Thamnaconus modestus</i>	II	25-30	3.9	129.1	12.9	145.9	70.0
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	II	25-40	2.4	4.0	39.9	46.3	22.2
<i>Choerodon azurio</i>	II	25-30	0.7	0.7		1.4	0.7
<i>Microcanthus strigatus</i>	II	15	0.1			0.1	0.1
<i>Goniistius zonatus</i>	II	25	0.5	0.3		0.8	0.4
<i>Seriola lalandi</i>	III	50-60		3.5		3.5	1.7
			8.2	147.3	52.8	208.3	100.0

* See Fig. 2.

Table 3. Seasonal change in amount of gathered fish (kg) around the high-rise artificial reef KK1.

Species	Type of fish*	TL(cm)	May25, 2015	Aug. 6, 2015	Oct. 19, 2015	Total	(%)
<i>Sebastiscus</i> sp.	I	25	0.6	0.8		1.5	0.1
<i>Sebastes thompsoni</i>	I	25	1.0			1.0	0.1
<i>Epinephelus akaara</i>	I	30		0.9		0.9	0.1
<i>Pterois lunulata</i>	I	25		0.3		0.3	0.0
<i>Parapristipoma trilineatum</i>	II	25-35	312.0	561.6	468.0	1341.6	95.0
<i>Thamnaconus modestus</i>	II	25-30	1.3	12.9		14.2	1.0
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	II	25-30	4.5	15.0	15.0	34.4	2.4
<i>Choerodon azurio</i>	II	25	0.4	1.4	1.4	3.2	0.2
Labridae gen. sp.	II	20	0.1			0.1	0.0
<i>Seriola lalandi</i>	III	50-60		1.9		1.9	0.1
<i>Engraulis japonicus</i>	III	10		12.7		12.7	0.9
<i>Parapercis sexfasciata</i>	IV	20	0.1			0.1	0.0
			319.9	607.5	484.4	1411.9	100.0

* See Fig. 2.

Tables 1-3), UT1では5月にイサキの大群が出現したため、蛸集量が1471kgと突出して多かったが、その他の月にはイサキがまったく見られず、125kg以下に激減した。OC2とKK1では季節変動の傾向が一致しており、8月に蛸集量が最も多く、5月に最低を示した。しかし、細かくみると、KK1では5月、8月、10月ともにイサキが卓越種として出現し、蛸集量が319~607kgと比較的安定していたのに対し、OC2ではイサキがまったく出現せず、蛸集量は最高でも147kgと少なかった。

考 察

見島西沖に沈設された高層魚礁における2015年の魚類蛸集量は、魚礁によって季節変動傾向が異なり、UT1では5月に最高を示したのに対し、OC2とKK1では8月に最高を示した (Fig.2)。このような魚礁による蛸集量の季節変動の相違は、イサキの蛸集量の相違によって起きていた (Tables 1-3)。イサキは25~50日で2~15km移動する⁸⁾という特性を持つのに対し、調査した3つの魚礁間の距離は130~190mと接近している

ことから、同一日内でも魚礁間を回遊していることは十分考えられる。このため、本海域の高層魚礁における蛸集量の季節変動は、魚礁ごとにみるよりも3つの魚礁の総量でみる方がよいと考えられる。総量でみると、蛸集量はイサキの蛸集量が最も多かった5月に最高を示した。

山口県日本海沿岸域ではイサキは5～7月に成熟度が高まり、6～7月が産卵盛期である⁸⁾ことから、5月には産卵のために高層魚礁に集群していた可能性が高い。これらの高層魚礁は、生産礁として設置されたものであるが、高層魚礁内部のイサキは漁獲されにくいため、イサキの産卵保護礁の機能も果たしていると考えられる。

前報⁷⁾で報告したとおり、本海域に沈設された高層魚礁における2007年以降の夏季の魚類蛸集量は、メダイの蛸集量に大きく影響されて経年的に変動していた。このことは、もしメダイの蛸集があれば、蛸集量の季節変動もメダイの蛸集量に大きく影響される可能性が高いことを示唆している。今回のROV調査ではイサキの蛸集量が魚類蛸集量の季節変動に大きく影響していたが、これは今回メダイがまったく確認されない(Tables 1-3)という状況の中で起きたものと解釈できる。

文 献

- 1) 河野光久・繁永裕司・石田祐司(2016):日本海南西見島西沖に沈設された高層魚礁の魚類蛸集効果—I 夏季の魚類蛸集量の経年変動. 山口県水産研究センター研究報告, (13).
- 2) 全国沿岸漁業振興開発協会(2000):沿岸漁場整備開発事業人工魚礁漁場造成計画指針(平成12年度版), 26-44.
- 3) 柿元 皓・大久保久直(1985):新潟県沿岸域における人工魚礁の総合的研究と事業. 新潟県水産試験場, 329pp.
- 4) 福田富男(1987):各種魚類の相対成長式—体長, 全長, 体重関係—. 岡山県水産試験場報告, (2), 167-170.
- 5) 吉岡貞範・小林知吉・渡辺俊輝・川村邦彦・高木和昭(2001):広域漁場開発調査事業. 平成11年度山口県水産研究センター事業報告, 52-69.
- 6) 森脇晋平・為石起司・若林英人・松本洋典・田中伸和・齋藤寛之(2005):島根県浜田沖に沈設された高層魚礁に蛸集する魚類の経年変動. 島根県水産試験場研究報告, (12), 1-6.
- 7) 高木儀昌・森口朗彦・伊藤 靖・石岡 昇・新井 健次(2002):山口県における高層魚礁の調査結果. 水産工学研究所技報, 24, 31-42.
- 8) 河野光久(1997):山口県沿岸海域におけるイサキの資源管理のための研究. 山口県外海水産試験場研究報告, 26, 41-53.

遊休クルマエビ養殖池を活用したアサリの増養殖

岸岡正伸・柿野 純^{*1}・井上隆彦^{*2}・多賀 茂・和西昭仁
白木信彦^{*3}・山崎康裕^{*4}・小野里 坦^{*5}・國森拓也^{*6}
宮後富博^{*7}・齋藤秀郎^{*8}・鹿野陽介

Aquaculture of Asari Clam, *Ruditapes philippinarum* Using the Idle Prawn Culture Pond

Masanobu KISHIOKA, Jun KAKINO^{*1}, Takahiko INOUE^{*2}, Shigeru TAGA, Akihito WANISHI,
Nobuhiko SHIRAKI^{*3}, Yasuhiro YAMASAKI^{*4}, Hiroshi ONOZATO^{*5},
Takuya KUNIMORI^{*6}, Tomihiro MIYAGO^{*7}, Hideo SAITOU^{*8}, Yōsuke SHIKANO

Mass production of asari clam, *Ruditapes philippinarum* was examined in the idle prawn culture pond (50×100m, 0.5ha) in Yamaguchi City from 2011 to 2013 to develop the mass production technology using fertilization. Three to six millions of artificial seedling (2mm in shell length) was strewn in the pond annually. To maintain the growth environment, a small bottom trawl was pulled in the pond 3~4 times a week, eliminated impurities in the trawl net and generated turbidity by disrupting the seabed. Supplying 200kg (27g/ton) of Semi-organic fertilizer once a week, was considered suitable amount for maintaining the microalgae flora in the pond from April to July. As a result, seedlings strewn in the pond in March grew up rapidly from April to July with more than 60% of survival rates, and achieved 20mm in average shell length in July. Many kind of crustaceans and fishes invaded in the pond through the wire mesh of water gate as eggs or larvae, whereas predation of seedling was not found during culture period. 3kg/m² of asari clam (5 million, 15.7 ton) grew in the pond within the culture period of 11 months in 2013. Therefore, production capacity by means of fertilization aquaculture was thought high enough to practice as a business production.

Key words : asari clam, *Ruditapes philippinarum*, prawn culture pond, mass production, fertilization

我が国のアサリ漁業は、古くから種苗放流による生産量の維持増大が図られてきた。アサリ種苗の移植は江戸時代から行われていたとされ、1881年には東京湾周辺で盛んに種苗の移植放流が行われるようになったと言われている¹⁾。この放流用種苗は、近隣の「種場」と呼ばれる稚貝の発生量が多い場所で採集したものや、県外から購入していたが、近年になると、アサリ資源の減少により天然貝を種苗として利用することは難しくなっている。また、輸入アサリによる種苗放流の場合はもちろんであるが、他地域からの種苗移植も、サキグ

ロタマツメタ等の外来食害種や寄生生物、病原性微生物等が侵入することによる漁業被害の危険性が高まっている²⁻⁴⁾。さらに、国産アサリとは遺伝的形質の異なる外国産アサリを移植することで、遺伝的な地域性を攪乱する恐れもあり、生態系に対する安心・安全を確保する点でも国産種苗、とりわけ新たな有害生物の混入していない地元産アサリ種苗を生産し、増養殖に用いることは重要である。

一方、山口県のクルマエビ養殖業は景気の低迷とPAV(エビ類で発症し、深刻な被害をもたらすウイルス

^{*1*}2 株式会社東京久米、^{*3} 現山口県下関水産振興局、^{*4} 独立行政法人水産大学校、^{*5} 株式会社松本微生物研究所、

^{*6} 現山口県水産研究センター外海研究部、^{*7} 平成27年3月退職、^{*8} 現山口県柳井水産事務所

病) 発生リスク回避のために、廃業や規模縮小によって、池の遊休化や転売による埋め立てなどが進んでいる。そこで、遊休化した面積0.5haのクルマエビ養殖池に2mm前後のアサリ人工種苗を移植し、池に施肥することで、餌料生物を増殖させてアサリを大量育成する技術開発を行った。

本研究は2011年度から2013年度まで3年間、山口県水産研究センターが研究全般を総括し、クルマエビ遊休池での増養殖に関する技術開発や潜水調査を株式会社東京久栄が、施肥養殖に必要な肥料の開発を株式会社松本微生物研究所が担当した。また、養殖試験に必要な2mm種苗の低コスト生産を山口県水産研究センターと独立行政法人水産大学校が担当した。試験池での育成管理、水質分析、アサリの成分分析は山口県水産研究センターが担当した。

以下、研究年度ごとにその成果を報告する。

2011年度

材料と方法

試験池は山口市秋穂にある旭水産有限会社の遊休クルマエビ養殖池(築堤式、50×100m、面積5,000m²、Fig.1, Fig.19-A)を使用した。長期にわたって遊休化していたため、池底にはアオサ等の大型藻類が繁茂し、周囲の石積みにはカキが多数付着し、その直下にカキガラなどが堆積していた。石積みをベースとした古い築堤池であるため、干し上げたまま満潮時刻を迎えると、池の内外の水位差によって石垣のすき間から海水が流入し、石のすき間を埋めている土砂が流出して周囲の石積みが崩壊する恐れがある。そのため、池を干し上げるのは干潮時間帯に限られた。

さらに、隣のクルマエビ養殖池(現在も稼働中)と重機を出し入れする水路で繋がっているため、クルマ

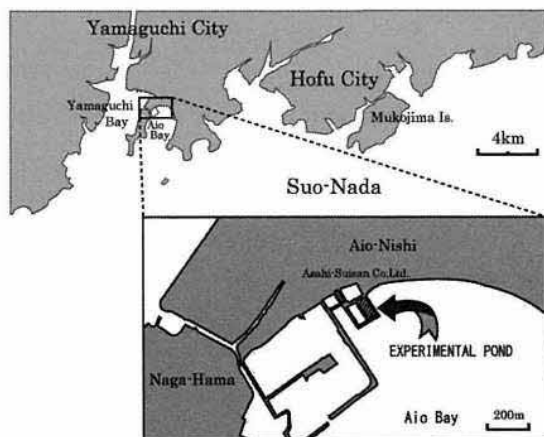


Fig.1. Map showing the location of experimental pond in the Aio Bay, Yamaguchi Prefecture.

エビ養殖期間中(5月～翌年1月)は、試験池側での単独の水の出し入れはできない。このため、海水交換は隣接するクルマエビ池の水質管理にあわせて、目合い7mmの網戸を設置した水門の開閉により行なわれた。また、池内の海水が循環するように攪水機(Ommo Aqua Machinery Corp製、1.5kw/h、2基)を池の対角付近に設置した(Fig.2, Fig.19-I)。

底質と海水交換

2011年8月24日に池内の22点における表層泥(5cm深度)を採集し、粒度組成を調べるとともに、採集地点の水深を測定し、調査時の水位に対する平均水深と地盤勾配を求めた。また、大潮時、小潮時の池内の水位変化を2時間毎に観察し、潮位の変動による、海水の出入りの状況を調べた。

流速

攪水機による海底付近の流速を調べるため、2011年8月24日～9月10日の間に各試験区の底上20cmに電磁流速計を設置し、流況観測を行った。

育成試験

池の場所による流れや底質などの環境条件が大きく異なることが予想されることから、初年度は池中の流れの強い場所(攪水機前方25m)、流れの緩やかな場所(攪水機前方60m)、流れのほとんどない場所(池中央)、の3区画(各10m×10m、St. I-1～3)を設定した(Fig.2)。8月23日に2011年春産種苗(平均殻長

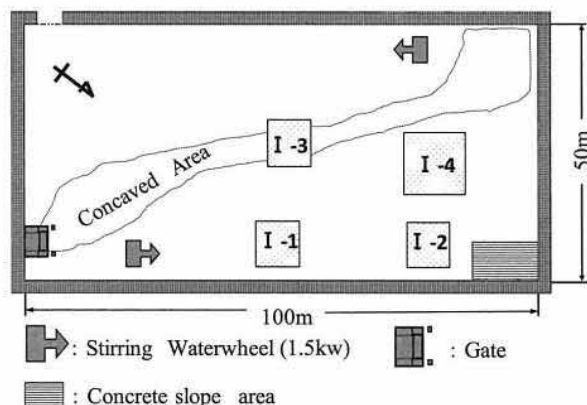


Fig.2. Locations of transplanting areas (I-1 ~ 4) of artificial seedling(FY2011).

Table 1. Average shell length and density of artificial seedling of *Ruditapes philippinarum* for transplanting experiments.

St.	Date of transplanting of seedling	Average shell length (mm)	Area (m ²)	Seedling Density (inds./ml)
I-1	23-Aug-11	2.1	100	6,100
I-2	23-Aug-11	2.1	100	6,100
I-3	23-Aug-11	2.1	100	6,100
I-4	23-Aug-11	1.4	200	7,200

2.1mm, 183万個, Group I) を, およそ6,000個/㎡の密度になるように均一に移植(スキューバ式潜水により海底面に散布)し, 移植場所におけるアサリの成育状況を調べた。St. I-4には, 目標サイズに達しなかった小型種苗(平均殻長 1.35 ± 0.44 mm, 144万個)を7,200個/㎡の密度で移植した(Table 1)。No. I-1~3の区画内には, 種苗の移動や食害による減耗の有無を調べるため, 1m四方の面積を目合い2.1mm, 幅100mmのトリカルネットで囲み, 幅の半分を海底に埋め込んで地盤から5cmの高さになるよう周囲を囲んだ柵区, 及び1m四方の面積を目合い3mm(160経)のもじ網で被覆し, 四隅を鉄杭で固定した被覆網区を設置した。

池に植物プランクトンを増殖させるため, 共同研究機関の試作した速効性無機肥料(窒素8.4%, リン0.8%含有)の80~160kgを目途に, 船外機付きの箱船を使って池全体に毎週散布した。この速効性無機肥料は無機窒素資材が50%、複数の鉍物資材が40%含まれている。

毎月1回, 移植した種苗の成長, 生残を調べるため, スキューバ潜水により放流区域内の坪狩り調査を実施した。坪狩り調査は, 放流後2ヶ月目まで10cm×10cmの小面積を採集するチリトリ型の採集器を作成し, これを用いて表層3cm程度の底質を1調査点につき隣接する凸部と凹部で1回ずつ採集し, 1mmフルイで分別した。放流後3ヶ月以降は, 25cm×25cmの方形枠を用いて, 表層から5~10cmの底質を採集し, 2mm目のフルイで分別した。ふるい上の残渣から生物を選り出し, アサリの個数や殻長を調べるとともに, アサリ以外の生物相や個体数を調べた。

池全体のアサリ資源量の動態

移植区域内の坪狩り調査とは別に, 自然発生貝を含む池全体のアサリ現存量を把握するため, 養殖池内にできるだけ均一に24の調査点を設定し(2011年8月は攪水機近くの2点を除いた22点), 各点毎に定期的に25cm方形枠で2回, 泥ごと生物を採集し, 4mm目のフルイに残った生物相や数量を調べた。

環境調査

養殖池の水温(ロガーによる連続観測), 塩分, 溶存酸素量, 餌料藻類量(Chl-a), 栄養塩類(月2回程度), 食害生物, 海藻繁茂状況, ベントス量(月1回)等について調査を行い, 適正な管理手法確立のための検討材料とした。

アサリの回収

成育したアサリは, 天然発生貝を含めて, 次年度以降の池養殖試験において餌料を競合すると考えられるため, 年度末に可能な限り回収・除去することにした。2002年2~3月に, 山口県漁業協同組合藤曲浦支店の

漁業者が保有する曳走式噴流ジョレン(ジョレンの目合い10mm)等を用いて池全体のアサリを可能な限り回収した。この噴流ジョレンは, 幅80cmのジョレン本体と可搬消防ポンプ(出力30kw, 高圧放水量 $0.9\text{m}^3/\text{min.}$)をホースで接続し, 多量の海水を海底に向けて噴出させて海底泥とともにアサリを掘り出しながら, 噴流の反力を利用して後方に曳走し, アサリを後方の回収籠に濾し取る構造になっている(Fig.19-J)

結 果

底質と海水交換

試験池の表層泥は中央粒径値が0.4mmの砂泥質で, $63\mu\text{m}$ 以下の泥分の割合は0.2~6.4%の範囲であった。最も泥分率の高かったのは, 池の南西側のクルマエビ養殖池に隣接する境界壁付近(6.4%)で, 次いで池の水門付近から対頂点側に向かって溝状になっている凹部が1.3~3.4%とやや高い傾向にあった。反対に池の東北側では泥分率が明らかに低かった。池の底面は全般に平坦で, 水門前に生じた5m四方の深い凹部を除くと, 池の壁面付近(最浅部)と池の中央部(最深部)との高低差は約40cmであった。

試験池では, 築堤のすき間や水門付近等から満潮にかけて海水が流入し, 干潮にかけて逆に流出し, 1日に2回, 水位が上下動した。また, 大潮前後になると1日あたりの海水流入量は流出量を上回り, 池の水位は日ごとに上昇し, 平均水深が200cmを超える場合もあった。一方では, 小潮~中潮時には海水流失量が大きくなって, 池の水位は日ごとに減少し, 平均水深が130cmを下回ることもあった。このため, 試験池に隣接するクルマエビ養殖池では, 小潮時に水深を維持するため水中ポンプによる海水の汲み入れが行われた。クルマエビ池側での強制的な海水交換量については定かでないが, 池の水位の経時変化から, 大潮時の1日あたりの海水交換率は約20%, 小~中潮時の海水交換率は約5%前後であり, 育成期間を通じて毎日10%程度の海水が潮汐により入れ替わっていたと考えられる。

流 速

攪水機前方30m, 及び攪水機前方60mの場所に位置する, St. I-1, I-2では, 攪水機につくり出す流れの方向ベクトルが卓越し, 絶対流速は $4\text{cm}/\text{sec.}$ 程度であった。一方, 池の中央付近に位置するSt. I-3では $2\text{cm}/\text{sec.}$ 以下でほとんど流れは見られなかった。また, 9月2~3日に台風12号の影響により風速 $10\text{m}/\text{sec.}$ 程度の風が観測されたが, この時の試験池内の流れにほとんど変化はなかった。各試験区の振動流速の振幅は, ともに $5\text{cm}/\text{sec.}$ 以下と小さかった。また,

St. I-1, I-2で約20秒の固有振動周期が認められた。

育成試験

種苗を移植して3ヶ月後(11月)のアサリ稚貝の生残率は0~11%の範囲であり、攪水機によるゆるやかな流れの生じているI-1, I-2区で高い傾向が認められた。また、網で保護しても裸地(対照区)と顕著な差は認められなかった。柵区は生存個体が見られず、8月下旬以降に池内で大量に増殖したアオサが柵に絡んで大量に堆積したことが死滅要因として考えられた。I-3区は網区で7.5%の生残が認められたものの、放流エリアの大半を占める裸地区の生残率が0.3%と極端に低かった。また、各試験区とも3ヶ月後の平均殻長は約3.1~3.6mmと、移植時から1~2mmしか成長していなかった(Table 2)。12月8日における試験区内のアサリ生残個体数は37,200個(生残率1.2%)、平均殻長は5.5mmであった。

池全体のアサリ資源量の動態

池内の24定点におけるアサリ資源量調査の結果では、試験を開始した2011年8月には、もともと自然発生したと見られるアサリ(平均殻長24.8mm、体重3.8g)が池の縁辺部周辺に約1トン(28万個)分布していた。また、翌年1月の調査ではこれらの自然発生貝が成育し、平均殻長29.5mm、平均体重4.5gのアサリが2.3トン(51万個)分布していると推定された。特に攪水機による水流の大きい池の長辺側の縁辺部での重量増加が顕著であった。

Table 2. Results of net cover and fence enclosure of seedling area on growth of shell length and survival rates.

St.	Treatment	Shell length(mm)		Survival rate(%)
		23-Aug-11	9-Nov-11	
I-1	Net cover	2.1	3.4	5.0
	Fence enclosure	2.1	3.6	0.0
	Cont.	2.1	3.1	8.3
I-2	Net cover	2.1	3.4	6.5
	Fence enclosure	2.1	3.3	0.0
	Cont.	2.1	3.4	10.6
I-3	Net cover	2.1	3.2	7.5
	Fence enclosure	2.1	3.6	0.0
	Cont.	2.1	3.4	0.3
I-4		1.4	3.3	0.4

環境調査

池内のDINは、10月下旬まで施肥を実施したにもかかわらず、8月下旬に一時的に8~9 μM に上昇した事例を除いて、1~5 μM の範囲で推移した。PO4-Pは、8月下旬に2~3 μM まで上昇したが、その後減少し、11月下旬には0.4 μM まで減少した。アオサを完全に除去した12月中旬に毎週200kgの施肥を試行的に再開

した結果、施肥直後から数日後までの間はDINが7~33 μM 、PO4-Pが1~2 μM に上昇した。DINは施肥1週間後に4 μM まで減少したが、PO4-Pは減少が緩やかで、20日程度1 μM の水準を維持した。クロロフィル量はアオサの繁茂していた8~11月にかけて0.5~6 $\mu\text{g/L}$ と低水準で推移した。アオサの減少後はやや上昇し、1~5 $\mu\text{g/L}$ の範囲で推移した(Fig.3)。

2011年8月17日に初回の施肥を実施した際、すでに池底にアオサが多数見られたが、すでに隣接する池でクルマエビ養殖が始まっていたため、池干しによる池内のアオサの徹底した回収はできなかった。施肥後1週間目にはアオサの色調が黄緑色から濃緑色に変化し、爆発的に増殖し始めた。このため、8月下旬からタモ網やエビ取り網による回収を行い、1日あたり湿重量で約80~200kg、9月下旬までに延べ1,300kgを回収した。しかし、アオサの増殖量が回収量を大きく上回ったため、次第に池の大半がアオサで覆われ、とりわけ流れの緩やかな場所に厚く堆積した。

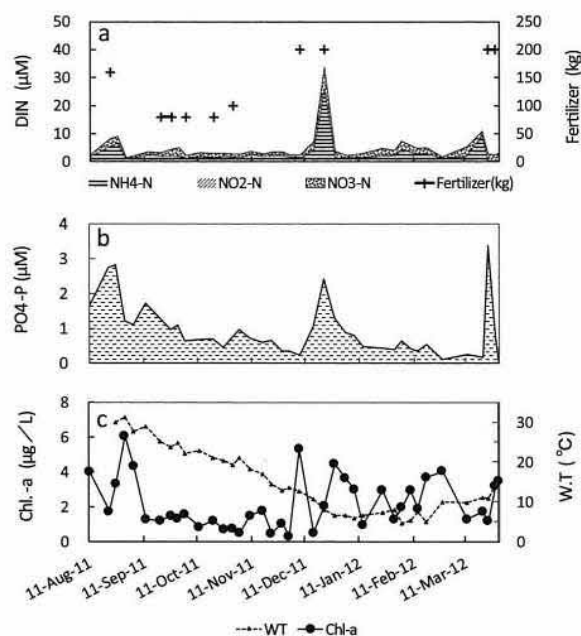


Fig.3. Changes in dissolved inorganic nitrogen (ammonium, nitrate and nitrite), and amount of fertilizer(a), phosphate phosphorus(b), chlorophyll-a and water temperature(c) in the experimental pond.

葉体は大きいものでは2m以上に達し、容易にタモ網やエビ取り網の入り口を塞いでしまうため、回収がますます困難になった。このため、10月31日以降、施肥を中止するとともに11月の大潮の干潮時に水門を開放してアオサの自然流下を促した(Fig.19-C)。11月下旬には池内に散見される程度にまで減少し、12月中旬には見られなくなった。12月9日から施肥を再開し、1回の施肥量を200kgとすることで、栄養塩類の増加とともに

に、主として2～4 μm 前後の微細藻の増殖による池水の着色を確認した。

アサリの回収

2012年1月19日から3月2日までの12日間、曳走式噴流ジョレンを稼働させて720kgを回収した。この結果、回収作業後のアサリ資源量は0.7トン(21万個)まで減少した。噴流式のジョレンはどのような底質でも噴射角度を調整することで高い回収率を維持することができた。しかし、噴流を発生させるための消防ポンプ(給油後の本体重量約85kg)を箱船に搭載してジョレンとの位置を適正に保つ必要があり、8～10名程度の人員を必要とした。なお、回収物(各生物の回収した量を多, 普, 少, 希の4段階に分けて括弧内に示した)の中には、ウミニナ(多), ホソウミニナ(多), イボウミニナ(多), アラムシロガイ(多), スガイ(多), マガキ(普), オキシジミ(普), マテガイ(普), ホトトギスガイ(普), ソトオリガイ(少), オオノガイ(少), カガミガイ(少), ウネナシトヤマガイ(少), ユウシオガイ(少), カリガネエガイ(少), オニアサリ(少), アカニシ(希), ツメタガイ(希)が見られた。

回収したアサリは一旦、山口県水産研究センター内の巾1m, 長さ29mの水路に仮収容し、選別後、10kgずつアサリ出荷用ネットに分け入れて、漁業者に配布後、宇部市藤曲浦, 岩国市門前川河口などのアサリ漁場に放流された。放流されたアサリの上から目合い9mmの網を被せて食害を防止した。

考 察

試験池の底質はいずれの場所も泥分0.2～6.4%の範囲の砂泥で、底質面からはアサリの成育に支障はないと考えられた。また、池内のアサリの現存量は、2011年8月の28万個から2012年1月の51万個に増加したが、移植したアサリは採取調査の結果から3万7千個しか残存していなかったもので、その大半は自然発生貝の着底・成長によるものと考えられる。

池内で攪水機を2台稼働させた場合、攪水機の前60m位まで絶対流速が4 cm/sec.程度あり、アサリの成育に適した流れ⁵⁾が発生していた。しかし、池の中央付近に位置する場所では2 cm/sec.以下でほとんど流れはなく、実際にこのような場所に移植してもアサリの生残率は極めて低かった。また、台風等の比較的大きな気象攪乱においても大きな流れが発生しなかったことから、流れによるアサリの移動はほとんどないと考えられた。

今年度はクルマエビ養殖が行われている8月に試験を開始したため、池内の干し上げによる大型藻類等の

除去ができなかった。このため、施肥を始めた直後からアオサの急激な増加が見られ、9月末までに手作業により1,300kgのアオサを除去したものの、アオサの増殖量が除去量を大きく上回り、10月には池の大半を覆ってしまった。このため、施肥した栄養塩の大半はアオサに吸収されたと考えられ、アサリの餌となる植物プランクトンの増殖は極めて低調に終わった。移植した種苗は、3ヶ月後の生残率、成長とも極めて低く、網による保護効果が認められなかったこと、裸地での生残率が良好であったこともあわせて考えると、死因は餌料不足による餓死やアオサの堆積による環境悪化と考えられた。

次年度以降は、試験開始前にアオサなどの大型藻類を可能な限り除去するとともに、大型藻類の繁茂を防止するための措置を講ずる必要があると考えられた。施肥量は、今回使用した無機系の速効性肥料(窒素量8.4%)の場合、週200kgを散布することで栄養塩類の上昇が見られ、餌料プランクトンの増殖が期待できると推定された。種苗の移植は、攪水機を池の対角に2基設置する場合、池の中央部はほとんど流れがなく、このような場所ではアサリの生残率も低い傾向にあったことから、池の縁辺部に種苗を移植すれば早く成長することが期待できる。

材料と方法

育成試験
(池の整備)

前年度の反省点をふまえ、2012年3月16日～6月1日にかけて、数回にわたり干潮時に水門を開放して池を干し上げ、試験池内に散在するアオサやアオノリなどの大型藻類を手作業で除去した (Fig.19-D)。さらに、カニ類等、甲殻類の出入り口や住処となっていると考えられる石垣のすき間をモルタルで埋めて補修した。また、石垣に着生しているカキ等を掻き落とすとともに、石垣の直下に堆積したカキ殻を除去した。5月31日にクルマエビ種苗の池入れに伴う干上げが行われたため、試験池も池の水門前に残った水たまりに次亜塩素酸ナトリウムを添加し (推定有効塩素濃度40ppm以上)、魚類や甲殻類を殺処分した。干し上げ後は、潮の満ち上がりとともに7mm目の網戸を通過した海水が注入された。

(種苗の移植)

前年度の調査から、攪水機前方の流れのある場所の成育環境が優れていると考えられたため、池中央付近のシルト堆積域を避けてFig.4に示す11ヶ所に移植区画を配置した。これらの移植区画のうち、St. I-5、II-1～3、III-1～3、III-1Mの8区画に、それぞれ2011年春産種苗 (2012年3月23日移植、殻長9.4mm、5万個、Group I)、2011年秋産種苗 (2012年3月23日移植、殻長2.0～6.4mm、300万個、Group II)、2012年春産種苗 (2012年7月17～9月21日移植、殻長2.0～2.2mm、280万個、Group III) を移植した (Table 3)。

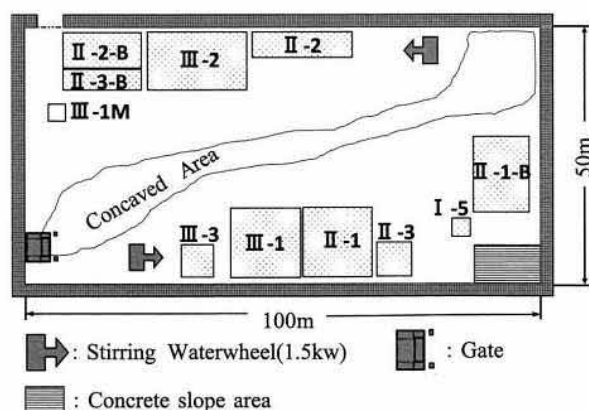


Fig.4. Locations of transplanting areas (I-5～III-3) of artificial seedling (FY2012).

Table 3. Average shell length, transplanting area, and seedling density of *Ruditapes philippinarum* for experiments

St.	Date of transplanting of seedling	Average shell length (mm)	Area (m ²)	Seedling Density (inds./m ²)
I-5	23-Mar-12	9.4	16	3,125
II-1	23-Mar-12	2.0	170	5,900
II-1B	29-Aug-12	22.7	165	830
II-2	22-Apr-12	3.4	100	4,000
II-2B	21-Sep-12	18.1	100	1,600
II-3	18-May-12	6.4	50	3,000
II-3B	4-Oct-12	22.5	50	1,300
III-1	17-Jul-12	2.0	170	5,600
III-1M	17-Jul-12	1.9	16	6,900
III-2	16-Aug-12	2.2	240	6,100
III-3	21-Sep-12	2.1	36	6,400

なお、3～4月のクルマエビ養殖が行われていない時期には水位調節を行うことができるため、種苗の移植はできるだけこの時期に行った。移植区域の水深を50cm前後に下げて職員数名が立ち込み、区域全体に稚貝を移植した (Fig.19-E)。5月以降は、クルマエビ養殖が始まり水位を調整できなくなったため、移植区域の4端に目印用の竹を立てて、その内部を箱船で旋回しながら移植した。移植密度は、平均殻長2mmで6,000個 / m²、3～4mmで4,000個 / m²、6～9mmで3,000個 / m²を目安にした。

移植した種苗は順調に成育すると過密になり、成育が阻害される恐れがある。そこで、St. II-1、II-2、II-3の3区画は、稚貝の重量密度が概ね4kg / m²を超えた時点でスキューバ潜水によりその区域全体の稚貝を2～3kg / m²の密度で間引き、回収した稚貝をそれぞれ、II-1-B、II-2-B、II-3-Bに移植した。

(日常管理)

池内でのシルト懸濁による大型藻類の繁茂抑制、堆積した有機物の分解促進、これらの有機物や付着珪藻のアサリへの取り込み促進、池内で発生した大型藻類やアカニシなどの食害生物の除去等を目的として、小型の底びき網 (幅1.3m、高さ0.35m、総重量約22kg、13節の漁網使用、Fig.19-F) を作成し、週3～4回程度、網口のチェーンがわずかに海底を掘削する速度で池全体を引き回し、海底を攪拌して濁りを発生させるとともに、入網した大型藻類やアサリ以外の生物を除去した。また、攪拌のみを目的として、底びき網の代わりに幅1.2m、重さ3kgの鋼材の両端にロープをつけて海底を引き回した。

肥料は、3月28日から11月6日まで速効性無機系

肥料（窒素8.4%，リン0.8%，有機系資材50%），11月21日～翌年3月28日まで有機系肥料（窒素7.9%，リン0.9%，有機系資材68%含有）を，原則として週1回200kgずつ，船外機付きの箱船で池全体に散布した（Fig.19-G）。この有機系資材はカツオ・マグロ処理残渣，廃液の加工物が主成分であり、ビート粕の処理残渣も含まれている。

（調査方法）

前年と同様に毎月1回，移植区域内のアサリの成長や生残等を調査した。また，4～5月まで毎月1回，自然発生貝（平均殻長27～32mm）を，6月以降は23年春産種苗（St. I-5，平均殻長23～31mm）を50個体採集して，群成熟度や肥満度を調べた。なお，群成熟度は安田（1945）^{6）}の方法，肥満度は鳥羽（1989）^{7）}の方法によった。

環境調査

前年度に引き続き，養殖池の水温（ロガーによる連続観測），塩分，溶存酸素量（毎日），餌料藻類量（Chl-a），栄養塩類（月2回程度），食害生物，海藻繁茂状況，ベントス量（月1回）等について調査した。池内で育成する甲殻類や魚類などの生物相を調べるため，6月から10月にかけて，カニ籠（折りたたみ式半球形，底面長径約70cm，誘導口末端の直径12cm，目合い16節（約9mm目））を池内に3基常設し，誘因餌としてアジ，サバなどの切り身を籠の中に入れて，週2回，入網した生物を取り出して種組成等を調査した。10月には刺網（目合い7節（20mm目）×1.5節（100mm目）（二重），0.8m幅×30m）や釣獲により池内で育成した魚類や甲殻類を捕獲調査した。

籠による中間育成

2011年秋産種苗の一部（200万個）は養殖池内に設置したカゴ（通称エビ籠：604×354×98mm，蓋以外の内面にオープニング526μmのネットを張り，この中に粒径2mm以下の砂を各1L敷設）に2万個ずつ収容し，ブロック上に配置したFRP管（コンボーズ）にロープで固定し，さらにその上からコンクリート塊を乗せて流失を防ぎながら，約1～2ヶ月間，中間育成を試みた（Fig.19-H）。

施肥効果の検討

試験池では本来，施肥をしなくても池内での有機物の分解や注入する海水に含まれる栄養塩をもとに植物プランクトンなどが増殖し，施肥を行う場合と同様にアサリが成長する可能性がないとはいえない。そこで，アサリの収容密度や海水交換を試験池と同条件とし，施肥を行わない対照区を内海研究部の陸上池（4.6m×10.0m×有効水深0.65m，有効水量30m³）に設定し，この中に試験池の全面積に占める7月までの

移植区域の面積割合（約10%）と同じ比率で移植区域（1.5m²の区画×3区画）を設定した。この中に試験池の海底泥を厚さ10cmとなるよう敷設後，試験池と概ね同じ密度（C1：3月23日，殻長2.0mm，6,000個/m²，C2：5月18日，殻長5.0mm，4,000個/m²，C3：5月18日，殻長7.6mm，3,000個/m²）で種苗を移植した。水位は65cmに保ち，試験池の潮汐による海水交換率（10%/day）に合わせて3m³/dayの微流水とした。対照池での飼育は3月から9月まで行い，この間，試験池と同じ調査項目（成長，生残，栄養塩，クロロフィル量等）を調べた。

盛り土による成長促進効果

前年度にアオサが爆発的に増殖したことから，今年度も施肥によるアオサ等の大型藻類が増殖し，移植エリアがこれらの藻類で埋め尽くされてアサリの育成が阻害される恐れがある。アオサは池の流れの緩やかな深い場所から堆積し始めることから，部分的に盛り土することでその場所のアオサの堆積を防ぐことができると考えられる。さらに，自然浜では盛り土や覆砂によってアサリの成長や生残を著しく向上できた事例が報告されており⁸⁻⁹⁾，広大な試験池の中でもこのような盛り土による効果が期待できる。そこで，池内の縁辺部に近い場所（Fig.4のSt. II-1-Mの地点）において盛り土により地盤を約60cm高めた4m四方のマウンドを造成し，アオサの堆積防除効果や稚貝の成長促進効果等を検証した。

池全体のアサリ資源量の動態

前年度と同様の方法で2ヶ月に1回実施した。

アサリの回収

昨年度と同様，曳走式噴流ジョレンを使用して年度末に実施することにした。

アサリのサイズ別一般成分等

池中養殖したアサリは，自然浜で育成するアサリ（天然貝）と異なる餌料環境下にあると考えられ，その成分組成も天然貝と異なる可能性がある。また養殖アサリの付加価値を高めるためにはサイズや季節による成分変化を調べることで，うま味成分の多く含まれる出荷サイズ・時期を把握する必要がある。

そこで，2013年2月12日，2013年3月8日の2回，試験池内のアサリを採集した際に，これらの中から15～20mm，20～25mm，25～30mm，30～35mm，35～40mm，40～45mm，45mm以上の6段階のサイズのアサリを選りだし，それぞれの群毎に50個分の平均殻長，肥満度，成熟度，一般成分，遊離アミノ酸，グリコーゲン量，コハク酸量を調べた。

一般成分は，水分を105℃常圧乾燥法，灰分を550℃灰化法，粗タンパク質をセミクロケルダール法，粗

脂肪をソックスレー法、炭水化物を差引き法で分析した。また、遊離アミノ酸組成は、試料1gを過塩素酸により除タンパクし、高速液体クロマトグラフLC10Aアミノ酸分析システム（島津製作所、カラム：Shim-pack Amino-Li）を用いて分析した。グリコーゲン量はアントロン硫酸法を用いて分析した。コハク酸量は過塩素酸により除タンパクした試料を用いてコハク酸分析キット（日本バイオコン株式会社）で分析した。

結 果

育成試験

底びき網による海底攪拌は、曳網速度や底質の違い等によりしばしば海底泥を大量に取り込み揚網が困難になった。適当な曳網速度で1時間程度曳網すると、池全体が泥による濁りで透明度が低下した。攪拌による濁りは少なくとも2～3時間は持続した。網に入る夾雑物は主として貝殻やウミナヤエビ、カニ類などの底生生物であった。底びき網の代わりに幅1.2m、重さ3kgのL型鋼材を用いた攪拌では、攪拌効果が海底面付近に限られ、十分な攪拌効果が得られなかった。

3月下旬は海底面に付着珪藻が繁茂して褐色に着色していたが、4月上旬になると海底面の付着珪藻は減少し、代わって池水中の*Nitzschia*や小型鞭毛藻が増加し、水色が緑褐色に着色し始めた。4月中旬には主として2～3 μm の小型鞭毛藻が増殖し、池水が緑色に着色した。5月中旬及び6月中旬には小型鞭毛藻が増加し、水色が濃厚な緑色を呈し、透明度が1mを下回ったため施肥を一時的に見合わせた。7月下旬の梅雨明け後は、海水温が日中31°Cを上回るとともに、植物プランクトン数も減少した。8月中旬には海水の透明度が高まり船上から池の底がよく見えるようになった。しかし、午後から植物プランクトンの増殖により着色度合いが強まる傾向が見られた。なお、8月中旬以降、クルマエビ池側の水質管理のため、時として大規模な海水交換が行われた。海水が薄緑色に着色する傾向は10月下旬まで続いた（Fig.19-I）。10月下旬から池の透明度はさらに高くなるとともに、斜路や池周囲の石垣にアオノリの幼芽が目立つようになった。12月上旬から池の縁辺部における転石や礫の上にセイヨウハバノリの幼芽が見られ始め、下旬には池の海底面を含むかなり広い範囲で繁茂するようになり、長いもので80cmに達した。これらの大型藻類は、アサリの餌料である植物プランクトンと栄養塩類を競合するとともに、アサリを回収する際にジョレンの目を塞ぐため、アサリの分離・回収を難しくする恐れがある。そこで、小型エンジンポンプを用いて箱船上から海水を海底に強く吹き付けて、

セイヨウハバノリを海底面から剥離させた。その後、浮遊状態となって池の中央部に集まったハバノリを底びき網で回収した。このような方法で、1月下旬までにおよそ600kgのセイヨウハバノリを回収した。

各試験区の8月、11月における成長をTable 4に示した。2011年春産種苗を移植した試験区Ⅰ-5は、8月に平均殻長24.5mmに達し、その後も成長を続けて11月には26.4mmに達した。2011年秋産種苗を移植した試験区Ⅱ-1～3は、8月に平均殻長17.9～21.4mmに達したが、その後成長が停滞し、11月でも20.7～21.9mmであった。日間成長率は、3～8月の間は125～157 $\mu\text{m}/\text{day}$ 、9～11月の間は2～32 $\mu\text{m}/\text{day}$ であり、8月までの成長が極めて高かった。生残率は8月まではほぼ100%、その後間引きにより49～78%に低下したが、いずれの試験区も間引きによる減少分を除外すると70～100%の生残率であった。

2012年春産種苗を移植した試験区Ⅲ-1～3のうち、7月に2mmで移植したⅢ-1については11月に10mm前後に達したが、8月に移植したⅢ-2、Ⅲ-3は6mm前後の成長にとどまった。この結果、生残率はⅢ-1で32～40%であったが、Ⅲ-2、3は3～4%の生残率であった。

春産種苗は8月までに2mmサイズで移植すればある程度の生残が見込めるが、11月までに10mm程度にしか成長せず、年度内のジョレンでの回収（目合い10mm）は困難と考えられた。

Table 4. Growth of shell length and daily growth rate (μm in shell length / day) of *Ruditapes philippinarum* in each transplanting areas.

St.	Growth (shell length)			
	Average shell length (mm)		Daily growth rate ($\mu\text{m}/\text{day}$)	
	16-Aug	19-Nov	Start～16-Aug	16-Aug～19-Nov
I-5	24.5	26.4	103.2	20.0
Ⅱ-1	21.4	21.9	132.9	5.3
Ⅱ-2	17.9	20.9	125.3	31.6
Ⅱ-3	20.5	20.7	156.7	2.1
Ⅲ-1	5.8	9.7	126.7	41.1
Ⅲ-1M	6.8	13.6	162.7	71.6
Ⅲ-2	—	6.8	—	48.3
Ⅲ-3	—	5.0	—	49.2

池内のアサリ成貝（平均殻長23～32mm）の群成熟度は、3月下旬には0であったが4月上旬に0.4、5月に0.6に上昇した。6～9月の間、0.3～0.5の範囲でやや低下していたが、常に成熟個体や放卵後の個体が見られ、

池内で産卵が行われていると考えられた。その後、9月に再び上昇を始め、9月下旬～11月中旬にかけて0.7～0.9の範囲で高い状態が続いた。肥満度は4月中旬～6月中旬にかけて15～19の範囲で推移した。その後、8月に14、10月下旬に11付近まで低下した後、やや持ち直して翌年3月まで12～14の範囲で推移した。

試験区Ⅱ-1、Ⅱ-2、Ⅱ-3の8月における重量密度は、それぞれ1m²あたり14kg、8kg、6kgに達したので、8月29日から10月4日にかけて区域内のアサリを間引いた。間引いたアサリの総重量(1m²あたり重量)は試験区Ⅱ-1が324kg(1.9kg/m²)、Ⅱ-2が208kg(2.1kg/m²)、Ⅱ-3が154kg(3.1kg/m²)であった。間引き後の試験区Ⅱ-1～3の理論上の重量密度は、それぞれ1m²あたり12、6、3kgとなつて、試験区Ⅱ-3では過密の影響を回避できるレベルまで密度を下げる事ができた。しかし、12月調査時までのアサリの日間成長は-0.017～0.025mm/dayの範囲で、ほとんど成長が見られず、間引きによる成長促進効果は見られなかった。

環境調査

DINは4～5月上旬にかけて30～120 μMと高水準であったが、5月中旬～9月にかけて2～60 μMの範囲で激しく変動した。10月以降は概ね15～150 μMと高水準であった。PO₄-Pは期間を通じて0～5 μMの範囲で激しく変動し、12月以降の厳冬期に低い値が続いた他、季節的な変化は特に見られなかった。

肥料は3月から翌年1月までに延べ37回、7,400kg(うち緩効性有機肥料1,900kg)を散布した。11月以降、緩効性有機肥料を使用したが生、DIN、PO₄-Pともそれまでの無機肥料と大きな差は見られなかった。

クロロフィル量は4～5月上旬まで2～7 μg/Lと低い値が続いた。5月中旬～7月中旬まで3～30 μg/Lの範囲で大きく変動した。7月下旬から8月下旬まで3～9 μg/Lと低い値が続いた。9月上旬から10月上旬にかけて一時的に19～32 μg/Lまで上昇し、その後、取り上げまで3 μg/L以下の低い状態が続いた。

水温は梅雨明け後の7月20日から8月上旬にかけて最も高い状態が続いた。(Fig.5)。なお、15時の水温が32℃を超えたのは7月27日～8月9日までの6日間で、このうち最高水温は7月29日の33℃であった。

池内では、4月からケフサイソガニやイソガニの成体が散見された。これらの個体はもともと池内で越冬した個体か、又は夜間、築堤を乗り越えて池内に侵入したものである。6月になると主としてボラやコノシロの稚魚が多数見られるようになった。カニ籠調査では、6月にケフサイソガニ、イソガニ、まれにモクズガニが捕獲された。7月になるとこれらのカニ類の他、イソスジエビ等の小型エビ類、アカニシ、5cm前後のク

ロダイ、ハゼ類、カワハギ、アミメハギが捕獲され始めた。8月になると、クロダイやハゼ類が成長する一方で、ケフサイソガニやイソガニ、小型エビ類の捕獲数は激減した。10月には刺し網によりクルマエビやイシガニの大型個体が捕獲された。10月には釣獲調査により全長10～15cmのクロダイや全長10cm前後のクサフグが多数釣獲されたほか、スズキ、サヨリ、マダイ、キス、トラフグも釣獲された(Table 5)。ボラ、コノシロはこれらの漁法でほとんど捕獲されなかったものの、目視観察により池内で最も多く成育していると考えられた。10月中旬にはフレリトゲアメフラシが成長し、池の築堤などで目撃されるようになり、緑色の卵塊も見られた。12月下旬から池周辺にカワウが飛来するようになり、1月上旬までに池内の魚類は見られなくなった。

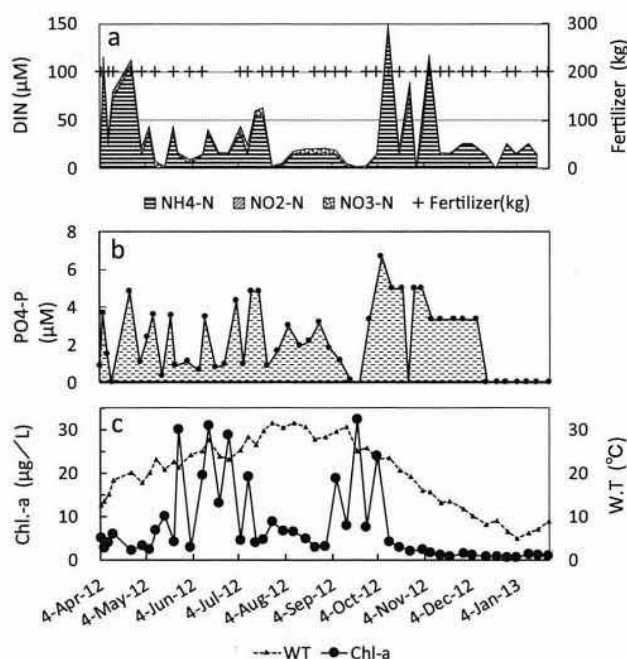


Fig.5. Changes in dissolved inorganic nitrogen (ammonium, nitrate and nitrite), and amount of fertilizer(a), phosphate phosphorus(b), chlorophyll-a and water temperature(c) in the experimental pond.

籠による中間育成

池内での籠による中間育成は、4月中旬まで比較的順調に推移していたが、4月22日の強風で大半の籠が固定していたコンボーズから脱落・転倒し、種苗が砂ごと育成場所の海底に落下した。これら種苗の分布を5×20mの範囲と見なし、Fig.4の St.Ⅱ-2として成長や生残率を追跡した。

育成期間中(3月23日～5月18日)の籠内での平均生残率は24%であった。籠内に残った種苗は5月18日に St.Ⅱ-3に地まきした。

Table 5. Animals caught by crustacean cage trap (C), gill net (G), and fishing (F) in the experimental pond(2012).

Class	Order	Species(Family)	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.
Malacostraca							
Decapoda							
		<i>Hemigrapsus penicillatus</i>	90	89	20	3	1
		<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	7	23	1	11	0
		<i>Charybdis japonica</i>		5	26	38	10
		<i>Eriocheir japonica</i>	1				
		<i>Portunus trituberculatus</i>			1		
		<i>Penaeus japonicus</i>					34
		Other shrimps		30	2	1	2
Gastropoda							
Sorbeoconcha							
		<i>Rapana venosa</i>		2	3	0	
Actinopterygii							
Perciformes							
		<i>Acanthopagrus schlegelii</i>		5	11	8	335
		Family Gobiidae	165	224	37	3	
		Family Blenniidae			1	3	
		<i>Lateolabrax japonicus</i>			6	5	
		<i>Hyporhamphus sajori</i>					7
		<i>Pagrus major</i>				1	1
		<i>Sillago japonica</i>					1
Tetraodontiformes							
		Family Monacanthidae		11	2	98	383
		<i>Takifugu rubripes</i>				5	1
		<i>Takifugu niphobes</i>					74
Clupeiformes							
		<i>Konosirus pumctatus</i>					1
	Catching gear*		C	C	C	C	C, G, F

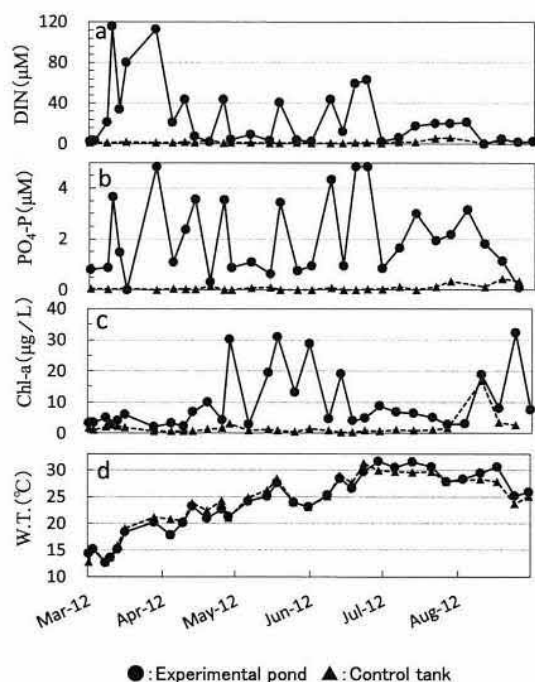


Fig.6. Changes in dissolved inorganic nitrogen (a), phosphate phosphorus (b), chlorophyll-a (c), and water temperature (d) in the experimental pond and control tank.

施肥効果の検討

試験池及び対照池（無施肥）の水温、DIN、PO4-P、クロロフィル-a量の変化をFig.6に示した。試験期間を通してみると、施肥を行った試験池では対照池の16倍のDIN、及び対照池の22倍のPO4-Pが検出された。また、試験池において対照池の5倍量のクロロフィル-aが検出された。アサリの成長は、試験池と対照池との間に5月まで差が認められず、いずれも7mm前後に成長した。しかし6月から明らかに試験池のアサリの成長が早くなり、対照区では成長が鈍化した。試験を終了した9月下旬には、試験池のアサリは平均殻長22mmに達したが、対照池のアサリは平均殻長14mmであった。生残率は、対照池における8月以降の低下が顕著であった (Fig.7)。

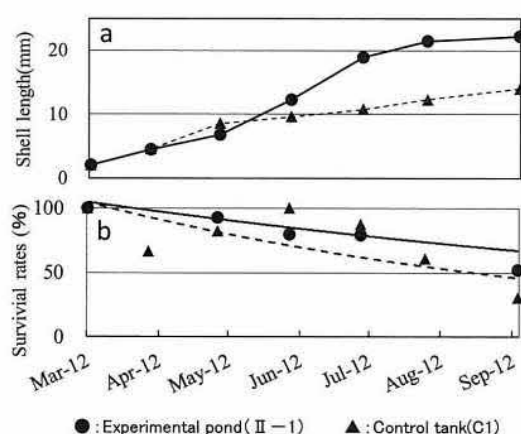


Fig.7. Changes in shell length (a), and survival rates (b) of *Ruditapes philippinarum* in the experimental ponds.

盛り土による成長促進効果

マウンド状に盛り土した区と盛り土していない対照区の成長、生残率をFig.8に示した。盛り土したエリアに移植した種苗は、同時期に同じサイズの種苗を移植した対照区より明らかに成長が優れていた。また、生残率もやや高い傾向にあった。

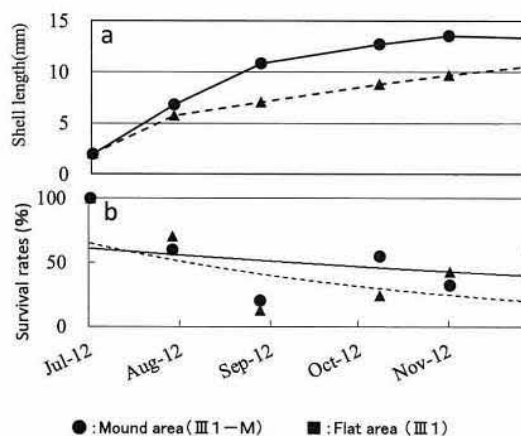


Fig.8. Changes in shell length (a), and survival rate (b) of *Ruditapes philippinarum* in the experimental pond.

池全体のアサリ資源量の動態

池全体のアサリ資源量は、移植前の2012年3月時点で0.7トン(21万個)であったが、7月調査時に1.6トン(96万個)、9月調査時に6.1トン(225万個)に増加した。これらは定点毎の種苗移植歴から前年度群の取り残しと2012年3～5月に移植したアサリが成長し、順次、4mmフルイにかかり始めたものと考えられ、新たに自然発生した個体群は見られなかった(Fig.9, 10)。

2013年2月8日～3月7日にかけて昨年と同様の回収機を用いて平均殻長24.9mmのアサリ約3.8トン(100万個)を回収した(Fig.19-J)。このうち約3トン分は、

種苗移植エリアを2月8, 19, 20日の3日間で回収したもので、前年度と同様に一旦陸上施設に収容し、1～2週間の間に県下各地のアサリ漁場に放流した。

資源量調査時に採集した全アサリの殻長分布をFig.11に示した。2012年3月の時点では、その大半はもともと池内に自生していた成貝と2011年春産種苗の2群が占めていた。7月以降、2011年秋産種苗が徐々に4mmフルイにかかるサイズに成長して採集個体の主群となり、その割合が増えていった。さらに11月以降、2012年春産種苗と思われる10mm前後のコホートが出現した。

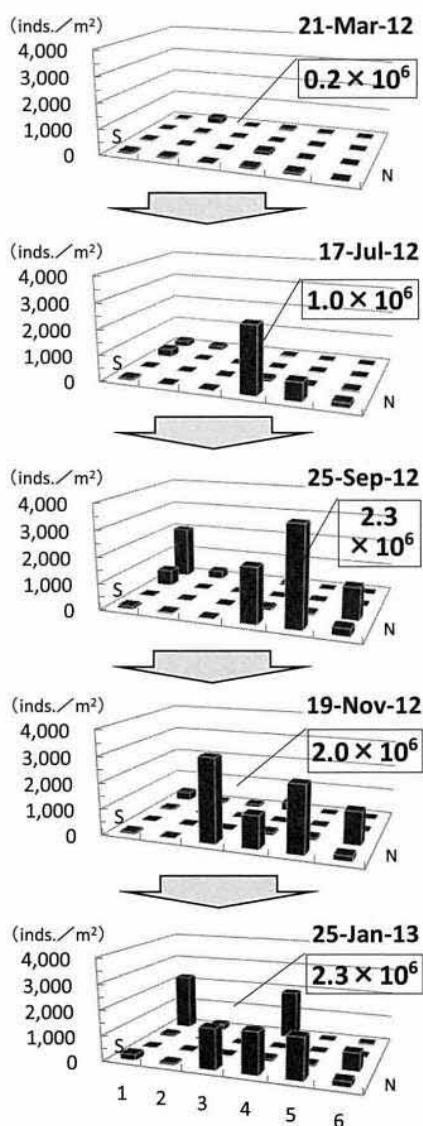


Fig.9. Changes in population density (inds. / m²) of *Ruditapes philippinarum* at 24 fixed points in the experimental pond. The numbers indicate the estimated total population in the pond.

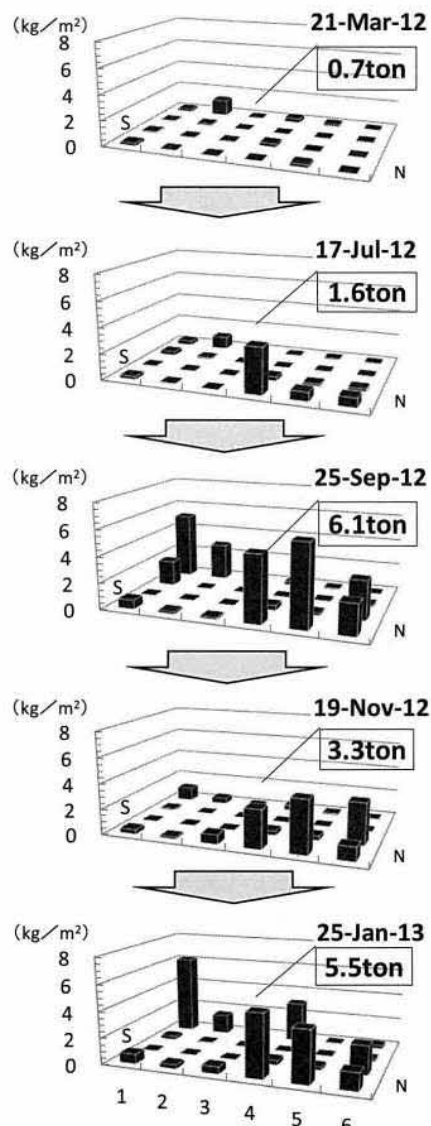


Fig.10. Changes in weight density (kg W.W. / m²) of *Ruditapes philippinarum* at 24 fixed points in the experimental pond. The numbers indicate the estimated total biomass in the pond.

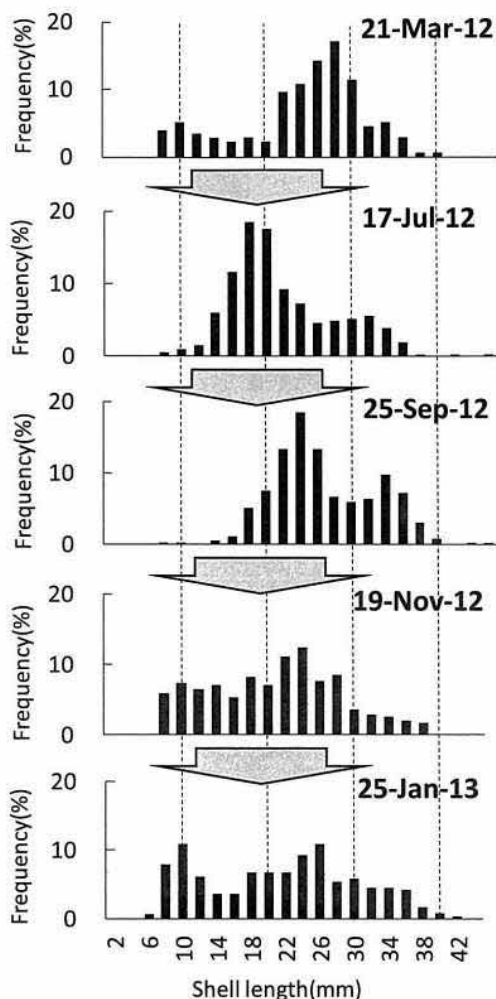


Fig.11. Changes in frequency distribution of shell length of *Ruditapes philippinarum* at 24 fixed points in the experimental pond.

アサリの回収

平成25年2～3月にかけて、噴流ジョレンを用いて池内のアサリを回収した。回収量は3.8トン(100万個、平均殻長24.8mm、平均殻幅11.4mm、平均体重3.76g)であった。回収作業は2月8～20日の間の3日間で移植エリア全体を1回曳走して約3トン回収した後、再度、移植エリア内等を曳走して約800kg回収した。この取り残し分の回収には5日を要した。噴流ジョレンの目合いは10mmであるが、殻幅が10mm以下の個体が29%、殻幅9mm以下の個体が8%含まれていた。

アサリのサイズ別一般成分等

各殻長段階の肥満度は、2月に12.1～13.1、3月に10.8～13.1の範囲であり、いずれの分析月においても大型貝ほど肥満度が低くなる傾向が見られた(2月: $y = -0.04x + 13.55$ ($R^2=0.63$), 3月: $y = -0.07x + 14.84$ ($R^2=0.94$), x : 平均殻長(mm), y : 肥満度, R^2 : 確実度係数)。粗脂肪は2月に1.0～1.1%とサイズによる差はなかったが、3月に40mm以下の群で1.3%付近

まで上昇する傾向が見られた。炭水化物は2月、3月とも1.9～2.6%の範囲で、大型貝ほど低くなる傾向が見られた(2月: $y = -0.03x + 3.28$ ($R^2=0.76$), 3月: $y = -0.03x + 2.99$ ($R^2=0.78$), x : 平均殻長(mm), y : 炭水化物量(%))。総遊離アミノ酸は、2月に1.0～1.5 g/100g湿試料、3月に1.3～1.7 g/100g湿試料の範囲で、いずれも炭水化物同様、大型貝ほど低くなる傾向が見られた(2月: $y = -0.02x + 1.88$ ($R^2=0.87$), 3月: $y = -0.01x + 1.85$ ($R^2=0.86$), x : 平均殻長(mm), y : 遊離アミノ酸量(g/100g湿試料)) (Table 6)。なお、2月と3月の成熟度はサイズに関わらず、そのほとんどが未発達の状態であった。

Table 6. Changes of condition factor and biochemical composition of wet soft tissue at different size in shell length.

		Shell length (mm)		
		15～25	25～35	35～45
Condition factor	Feb-13	13.0	12.2	12.3
	Mar-13	13.4	12.8	12.1
Water (%)	Feb-13	82.9	83.3	84.7
	Mar-13	83.1	83.7	83.8
Crude fat (%)	Feb-13	1.1	1.1	1.0
	Mar-13	1.4	1.3	1.3
Carbohydrate (%)	Feb-13	2.5	2.4	1.9
	Mar-13	2.5	1.9	1.8
Free amino acid (g/100g wet matter)	Feb-13	1.5	1.4	1.1
	Mar-13	1.7	1.6	1.5
Glycogen (mg/100g wet matter)	Feb-13	4.7	3.5	2.8
	Mar-13	1.4	1.7	1.9

考 察

2012年度は、一時的にセイヨウハバノリの増殖はみられたものの、3月から11月まで池の海底面に大型藻類の大量発生といえる状況はほとんど見られなかった。これは、3～6月に池を干し上げて大型藻類を除去したこと、5月から植物プランクトンの増殖によって池の海水の透明度が低下したこと、及び週3～4回の頻度で底びき網で海底を攪拌したことで、光量阻害や着生基質の攪乱により海底面での大型藻類の着生・生育が阻害されたためと考えられる。また、池内にはウミナシ類やアメフラシなどの藻食動物が多数棲息しており、海底面ではこれらの藻食動物の活動によって大型藻類の生育が抑制されていた可能性も高い。このことは、これらの藻食動物が進出できない攪水機フロート側面やその保持ロープに限ってアオノリやアオサなどの大型藻類がよく繁茂していたことから推測できる。

池内では4～7月にかけて2～3 μm の小型の微細藻類が優占し、海水が緑色に着色していた。5月以降、栄

養塩、特にDINの変動が激しくなっており、この植物プランクトンによる栄養塩の消費が顕著であったことが伺える。

このような餌料環境下で、3月に池入れした2mm種苗は4月～8月にかけて急速に成長し、8月までに平均殻長20mm前後に成長した。8月以降は池内の植物プランクトン量が大幅に減少したため、種苗の成長も鈍化した。池内ではケフサイソガニやイソガニなどの甲殻類が築堤を乗り越えるなどして侵入していた。また、水門の網戸（目合い7mm）を通過して侵入すると思われる魚類の卵稚仔や甲殻類の幼生などが多数成育した。これらの中には、アサリを食害する可能性のあるクロダイやフグ目の数種が含まれ、9月下旬に全長100mm以上に成長する個体も見られた。しかし、移植したアサリ種苗が食害されたとみられる顕著な痕跡は見られなかった。アサリが食害されなかった理由としては、食害の恐れのある魚類や甲殻類が成長するよりも、アサリの成長が早く、8月までに食害を受けにくい20mm以上に成長したことや、池内で発生する生物群集間の食物連鎖による個体バランスが保たれていたことによると考えられる。

池内のDINや $PO_4\text{-P}$ は、施肥による供給と植物プランクトンの消費によって変動したが、期間を通じて概ね十分量が供給されていたと考えられた。水温は、7月下旬の梅雨明けから8月上旬まで日中の最高水温が33℃前後まで上昇した。夏期の高水温期は植物プランクトンの増殖も悪く、アサリの消耗を助長する恐れがあるため、可能な限り水深を高く保つことで水温上昇を抑制することが望まれる。

池内での籠による中間育成は、底びき網による攪拌作業の大きな妨げになったばかりでなく、攪拌により生じたシルトが籠内に集積し、大半の稚貝がネットの壁面～上面に移動して籠の上部から海底面に脱出・移動することによる生残率の低下を引き起こした。また、育成開始前に池を干し上げて可能な限り有害、競合生物を排除した後、2mm種苗を池内に直接まきつけて高い成長、生残で育成可能であることが確認された。これらの結果から、3月に2mmサイズを池内に直接移植する方法が、より効率的な手法であると考えられた。また、種苗の池入れ時期は、翌年2月までにジョレンで回収可能な20～25mmサイズに育成させるためには、3月に2mm以上の種苗を池入れするのが適当と考えられた。これは3～7月にかけて、餌となる植物プランクトンの発生が良好であり、この時期に稚貝が急速に成長するためである。

アサリが過密になった場所では、間引きを実施することで過密による成長阻害を軽減できると考えられる。

今回のように、3月に2mmサイズで6000個／ m^2 の密度で池入れすると、7～8月に4kg／ m^2 を越えて過密となり、間引きの必要性が生じるが、高水温期にあたり間引き作業に伴う海底攪乱が池環境に悪影響を及ぼす恐れがある。このため、間引き作業は高水温期を避けて9～10月に実施した。しかし、間引きによる成長促進効果を確認することはできなかった。間引きによる成長促進効果を得るためには、回収したアサリを迅速に漁場に放流する体制を整えて、植物プランクトン量の豊富な7月上旬以前に実施する必要がある。

無施肥区による育成結果から、3月から5月まで施肥をしなくても試験区と同等の成長が見られた。しかし、6月以降は無施肥区でのアサリの成長が著しく遅れた。一方、栄養塩量やクロロフィル量は3月下旬から試験池のほうが明らかに高かった。このことから、池でアサリを育成する場合、育成初期における施肥量を減ずる余地はあるものの、育成期間を通じて施肥は必須であると考えられる。

アサリを池中で育成する場合、雑藻の繁茂を抑制するため、常に池水が着色し海底の照度が制限されていることが望まれる。このため、移植直後の3月下旬から施肥により餌料プランクトンの増殖を促進することが望ましい。

池内でマウンド状に盛り土した場所は、攪水機前方の育成が好条件な場所よりさらに成長が優れていた。これは盛り土により底質や流れなどの物理的な環境条件が改善されたことや、隣接するクルマエビ養殖池の濃い濃度の植物プランクトンを含んだ海水が、時折クルマエビ池管理のため、アサリ池側の水門を開放した際にこのマウンド周辺を通過して排水口から排出されていたことも要因の一つとして考えられた。

アサリの平均殻長が15～45mmの範囲において、大型貝のほうが肥満度、炭水化物、遊離アミノ酸量が減少する傾向が見られた。この結果、池中養殖したアサリと天然貝の一般成分等を比較する際には、可能な限り同じサイズで比較する必要があることがわかった。グリコーゲン含量と稚貝サイズの間には、2月は負の相関、3月は正の相関が見られ、グリコーゲン蓄積速度等がサイズにより異なることが予想された。このように、2月から3月にかけての水温上昇などの環境変化によって肥満度の上昇が始まり、中でも若齢貝ほど肥満度の回復が早く、粗脂肪や炭水化物、遊離アミノ酸の増加が顕著であったと考えられる。このことから、養殖アサリを食用として販売する際には、コスト（育成期間）、品質の両面から15～35mmまでの貝を出荷する有利性が伺えた。

2013年度

材料と方法

育成試験

前年度と同様、移植直前に試験池内に育成したカキやアオサ、オゴノリ、シオグサなどを除去した。

種苗の移植は、試験池における最大生産能力を推定するため、これまでに得られた知見をもとに、移植に適した場所・時期に可能な限り多く種苗を池入れすることにした。すなわち、2013年3月25～26日に、Fig.12に示す池の長辺側縁辺を中心とした、底質の良好な場所(2,390m²)を選定し、2012年秋産種苗(平均殻長2.62mm, 600万個)を移植した。種苗の移植は、池の水深を30cm位まで下げて、職員5名が1列に並んで後進しながら、可能なかぎり均一に移植した。移植密度は、1m²あたりそれぞれ1,500, 3,000個とした。また、間引きによる効果を検討するため、池内の2カ所(IV-3-1, IV-3-2)に1m²あたり6,000個の密度で移植し、9～10月に1m²あたり2kgを目安に、スキューバ潜水により間引きを行った。5月23日に施設内の全ての養殖池で稚エビ池入れに伴う干し上げが実施され、池内に残った魚類(ボラ、マコガレイ、ハゼ類、スズキ)を塩素で殺処分した。

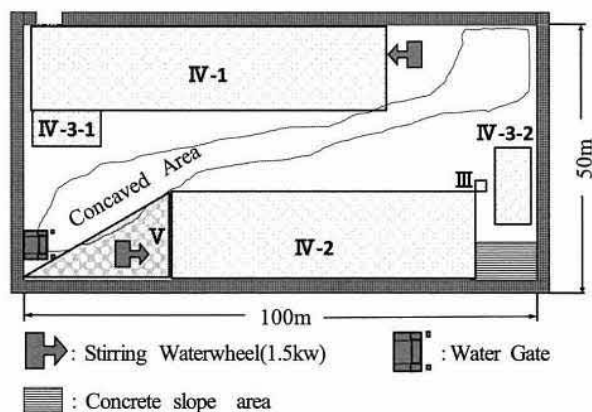


Fig.12. Locations of transplanting areas (IV-1～V) of artificial seedling (FY2013)

2013年7月24日に、2013年春産種苗(平均殻長2.65mm, 127万個)を試験池(V, 255m²)に移植して成長や生残を調査した(Table 7)。

肥料は3～7月まで速効性無機肥料(窒素8.4%, リン0.8%, 有機系資材50%)を、8～12月まで、緩効性有機肥料(窒素9.3%, リン0.9%, 有機系資材70%含有)を、毎週1回、200kgずつ箱船で池全体に散布した。この有機系資材はカツオ・マグロ処理残渣、廃液の加工物が

主成分であり、ビート粕の処理残渣も含まれている。池の管理や調査方法は前年度と同様に行った。

Table 7. Average shell length, transplanting area, and seedling density of *Ruditapes philippinarum* for experiments.

St.	Date of transplanting of seeding	Average shell length (mm)	Area (m ²)	Seedling Density (inds./m ²)
IV-1	26-Mar-13	2.6	1,190	1,500
IV-2	25-Mar-13	2.6	1,000	3,000
IV-3-1	26-Mar-13	2.6	100	6,000
IV-3-2	26-Mar-13	2.6	100	6,000
V	24-Jul-13	2.7	255	4,980

池全体のアサリ資源量の動態

試験池内においてアサリ稚貝が自然発生しているかどうかを検討するため、2013年5月21日にアサリ稚貝着生促進基材(クラムペレット(直径10mm)の入った目合い8mmのアサリ袋(750×40mm)に3.5kg入れたもの)を3基、池の長辺側縁辺付近(Fig.12の地点IV-2中央縁辺付近)に設置した。設置した3基中、2基は海底面に敷設したが、残り1基は海底に打ち込んだ杭につり下げて、海底から僅かにつり上げた。5ヶ月後に基材を取り上げて基材中で育成した生物種を調べた。この他、前年度と同様にして資源量調査を実施した。

環境調査

前年と同様に実施した。

アサリの回収

前年と同様に実施した。

保護放流後の成長

2013年2～3月にかけて、養殖池から回収したアサリ3,760kg(平均殻長22mm)を県下21地区のアサリ漁場に放流し、被覆網(ポリエチレン製、目合い9mm, 18m²/枚)を被せて保護した。このうち、アサリの生息状況の異なる3地区(周南市戸田地先、熊毛郡平生町地先、山陽小野田市埴生地先)をモニタリング地点として、移植密度を1.2kg/m²とし、毎月1回、25cm四方の面積の保護網内部の底質を3回採集し、4mm目のフルイに残ったアサリの成長や残存状況、肥満度、成熟度を調査した。

また、回収した種苗の一部を試験池の中に設定した区域(4×4m, 16m², Fig.12の移植区域Ⅲ)に同様の密度で網による保護を行わずに再移植し、成長や残存状況を比較した。

成分分析

4月から11月まで毎月1回、試験池で育成中のアサリ(試験区)、及び周南市戸田地先の干潟で被覆網を用

いて保護育成中のアサリ（対照区）を採集して、それぞれ50個分の肥満度、成熟度を調べた。これらの肉質部を試験区毎にひとまとめにして冷凍後、一般成分、遊離アミノ酸組成、グリコーゲン量、コハク酸量を分析した。

試験区及び対照区のアサリは、いずれも2013年3月21日に噴流ジョレンで試験池から回収した種苗（平均殻長22mm）を使用した。試験区は種苗を移植していない場所（16m²）を選定し、この中に1m²あたり470個の密度で移植した。対照区は周南市戸田干潟のアサリ漁場内に18m²の区画を設定しその中に種苗を試験池と同様の密度で移植した後、目合い7mmの被覆網を被せて保護した。毎月1回、各試験区内の坪狩り調査時に採集したアサリ50個の肉質部を取り出して成長、生残、肥満度、成熟度を調べた後、一旦-20℃で冷凍し前年度と同様の方法で一般成分や、遊離アミノ酸、グリコーゲン量、コハク酸量を調べた。分析方法は前年度と同様に行った。

結 果

育成試験

肥料は3月から翌年1月までに延べ33回、6,460kg（うち緩効性有機肥料3,980kg）を散布した。

各試験区のアサリの成長、生残をFig.13 に示した。

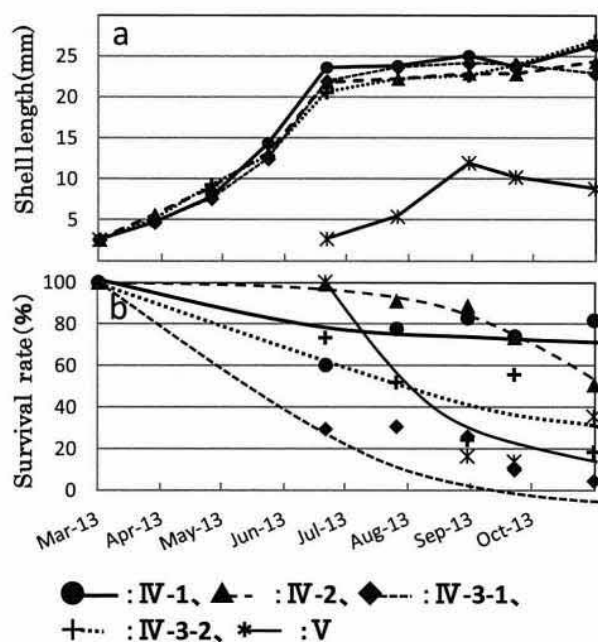


Fig.13. Changes in shell length(a), and survival rates(b) of *Ruditapes philippinarum* in the experimental ponds.

前年秋に採卵し、翌年3月に2mmサイズで移植した試験区IV-1～3の稚貝は、5月に平均殻長7.7～9.3mm、7月に平均殻長22～24mmに達した。しかし、8月以降成長は停滞し、11月に平均殻長23～27mmであった。これらの試験区のうち、試験区IV-1には前年3月に移植した種苗が、また試験区IV-2には前年7月に移植した種苗がかなり多く残存していた。これらの異なる年級群のアサリは、6月頃までサイズにより識別可能であったが、8月以降は識別が困難になった。また、11月時点での生残率は、攪水機前方の長辺側に設定した主力エリア（試験区IV-1～2）で60～80%の範囲であった。一方、攪水機から遠く離れた池の短辺側に設定した試験区IV-3(1)～3(2)の生残率は、10～40%の範囲であった。

一方、2013年春に採卵し、7月に平均殻長2.7mmで移植した試験区Vでは、2ヶ月後の9月に平均殻長10mmに達したものの、10月以降、成長が停滞した。生残率も30%前後と低かった。

8月の調査時に試験区IV-3(1)、IV-3(2)の重量密度はそれぞれ、1m²あたり5.5kg、6.7kgに達したため、8月28日～10月9日にかけて間引きを実施した。間引きしたアサリの総重量（面積あたりの間引き量）はそれぞれ、204kg(2.0kg/m²)と214kg(2.1kg/m²)であった。この結果、両試験区の重量密度はそれぞれ3.5kg、4.6kgに減少した。また、10～11月の日間成長量はそれぞれ、-0.03mm/day、0.08mm/dayであった。

池全体のアサリ資源量の動態

2013年10月17日に稚貝着生促進基材の入った袋を引き揚げて、袋の中で育成した生物を調べた結果、海底に敷設した袋の中から、アサリ稚貝が150個（平均殻長22.0mm (SD=3.05mm)）と137個（平均殻長22.2mm (SD=3.53mm)）検出された。海底から僅かに吊り上げた袋の中からアサリは検出されなかった。その他、海底に敷設した袋の中には、ウミナガ類が66～88個体、ホトトギスガイ、カキ、ユウシオガイが数～数十個体、カニ類が100個体前後見られた。

池全体のアサリ資源量は、移植前の2013年3月時点で1.6トン（132万個）であり、これらは残存場所とそのサイズから2012年3月に移植した種苗の取り残し分と、2012年7月に2mmで移植した種苗（年度末にサイズが小さすぎてほとんど回収できなかった、St. III 1～III 3の種苗）が大部分を占めていた。その後、5月の調査時には、アサリの資源量は6.4トン（517万個）、7月調査時には9.9トン（487万個）、9月調査時には15.7トン（548万個）に達した(Fig.14,15)。

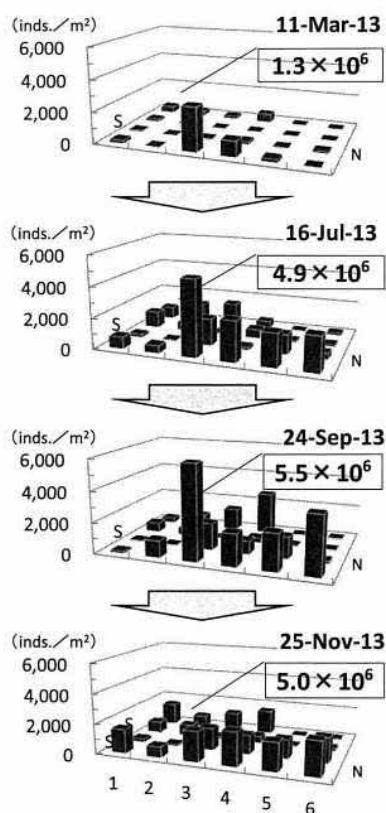


Fig.14. Changes in population density (inds./m²) of *Ruditapes philippinarum* at 24 fixed points in the experimental pond. The numbers indicate the estimated total population in the pond.

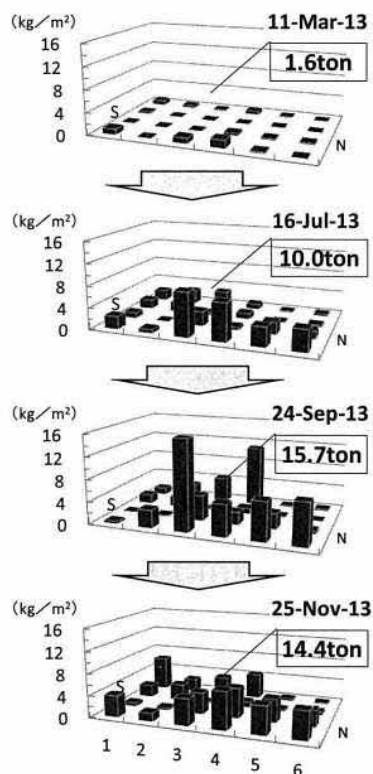


Fig.15. Changes in weight density (kg W.W./m²) of *Ruditapes philippinarum* at 24 fixed points in the experimental pond. The numbers indicate the estimated total biomass in the pond.

環境調査

池内のDINは、3～7月まで2～130 μ Mの範囲でかなり大きく変動したが、8～12月でも概ね30～120 μ Mの範囲で比較的高水準を維持した。PO₄-Pは、期間を通じて2～9 μ Mの範囲にあった。クロロフィルa量は、3～7月まで2～34 μ g/L、8～9月上旬まで2～5 μ g/L、9月中旬～12月まで概ね3 μ g/L以下で推移した(Fig.16)。なお、15時の飼育水温が32℃を超えたのは8月14～16日の3日間のみであり、その最高水温は8月16日の32.9℃であった。

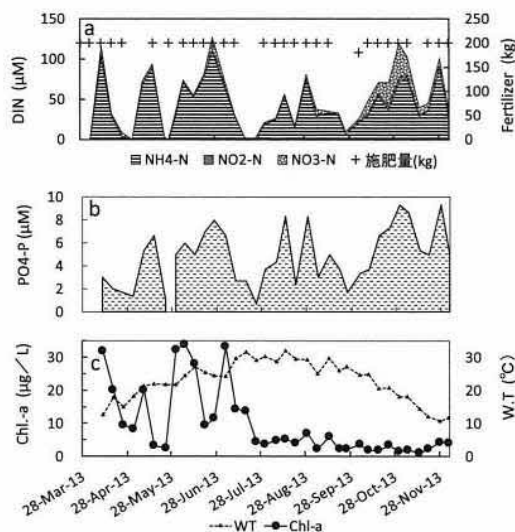


Fig.16. Changes in dissolved inorganic nitrogen (ammonium, nitrate and nitrite), and amount of fertilizer(a), phosphate phosphorus(b), chlorophyll-a and water temperature(c) in the experimental pond.

池内の飼育海水は、種苗を移植後、直ちに海水を注入して3月28日に初回の施肥を実施したところ、主として2～5 μ m程度の微細藻類が発生して海水が緑色に着色した。5月上旬から隣接するクルマエビ池における稚エビの池入れ準備(干し上げ・整地作業)が始まり、試験池側も頻繁に池の干し上げが行われたが、注水・施肥するとすぐに海水は緑色に着色し、緑色の微細藻類が優占した。

7月下旬以降は、海水色はわずかに緑色を呈するものの透明度は高くなった。しかし、午前中は透明度が高くても、午後から次第に緑色に着色し透明度が低下することもあった。8月に入ると、池の築堤周辺にフサコケムシの群体が多数繁殖した。9月になると微細藻類は減少し、わずかに緑色に着色していることが多くなった。育成期間を通じてケイ藻類の増殖はほとんど見られず、9月中旬と10月上旬に40～140細胞/ml前後に増加した事例が見られるにとどまった。10月中旬から攪水機やその支持ロープにアオノリが繁茂した。12月中旬には築堤の壁面にセイヨウハバノリが伸長したが、

昨年より発生量は少なく、作業上支障ないレベルであった。

クロロフィル a 量の変動傾向は、微細藻類の細胞数の動向と概ね近似していた。

7月上旬には大量のケフサイソガニの稚ガニが発生し、池内に仕掛けたカニ籠を引き揚げる際に、数ミリサイズの稚ガニが籠の網地に多数付着して網地が全く見えないこともあった。しかし、この状況は半月後には見られなくなった。カニ籠によるケフサイソガニの捕獲数は、昨年と比べると極めて多く、昨年度は8月以降ほとんど捕獲されなくなったのに対し、8月以降も大量に捕獲された (Table 8)。

7月中旬には全長30mm前後の魚類 (大半はボラ、コノシロと考えられた) が群泳する様子が伺えた。しかし、昨年度と比べると池内で育成する魚類の種類や数は非常に少なく、カニ籠に入網した魚類もハゼ類とカワハギ類に限られ、その数もわずかであった。

Table 8. Animals caught by crustacean cage trap in the experimental pond(2013).

Class						
Order		Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.
Species(Family)						
Malacostraca						
Decapoda						
<i>Hemigrapsus penicillatus</i>		521	1337	424	414	219
<i>Hemigrapsus sanguineus</i>		41	63	9	19	8
<i>Charybdis japonica</i>		2	3	1	12	11
Other shrimps		19	106	2	0	56
Gastropoda						
Sorbeoconcha						
<i>Rapana venosa</i>		0	2	0	0	0
Actinopterygii						
Perciformes						
Family Gobiidae		15	25	26	69	85
<i>Family Monacanthidae</i>		0	2	0	1	1

アサリの回収

2014年2月27日～3月25日にかけて移植区域内のアサリを回収した。取り上げたアサリの推定純重量は7.8トン (189万個、平均殻長26.4mm、平均体重4.12g、肥満度11.7) であった。回収機で回収したアサリの85%は殻幅10mm以上 (殻長約22mm以上) であった。1日あたりの最大回収量は3月12日の2.4トンであった。回収作業は、噴流ジョレンと消防ポンプの操作に各1名、ジョレン内に集積したアサリをコンテナ籠に移した後、ジョレンをむらなく曳走させるためのロープを移動させる操作に2名を要した。この他、コンテナ籠に集まったアサリを人力で陸揚げ、運搬するためにさらに4～6名を配置したため、延べ10名程度の人員を必

要とした。

回収したアサリは、検量後、中型水槽棟の外周に設置された排水路 (幅1m、高さ30cm、長さ29m) に一列あたり夾雑物込みで3トン程度を仮収容し、配布 (放流) 直前にアサリ出荷用ネットにおよそ10kgずつ分け入れた。

回収したアサリのうち5.9トン分は下関市王喜～岩国市門前川河口にかけての県下23ヶ所のアサリ漁場に放流し、上に網を被せて食害から保護した。

種苗放流効果の検証

追跡調査を実施した3地区とも6ヶ月後の生残率は90%以上であった。また、試験池では、生残率はほぼ100%であった。

周南市戸田地先では、7ヶ月後に漁獲サイズである殻長32mmに到達し、2013年6～7月にかけて漁協組合員が381kgを漁獲した。他の2漁場は戸田地先と比べると明らかに成長が遅く、7ヶ月後によく殻長26mmに達した。試験池での成長は、5ヶ月後まで周南市戸田での成長に匹敵する高い成長を示したが、9月以降、成長は極端に悪化した。

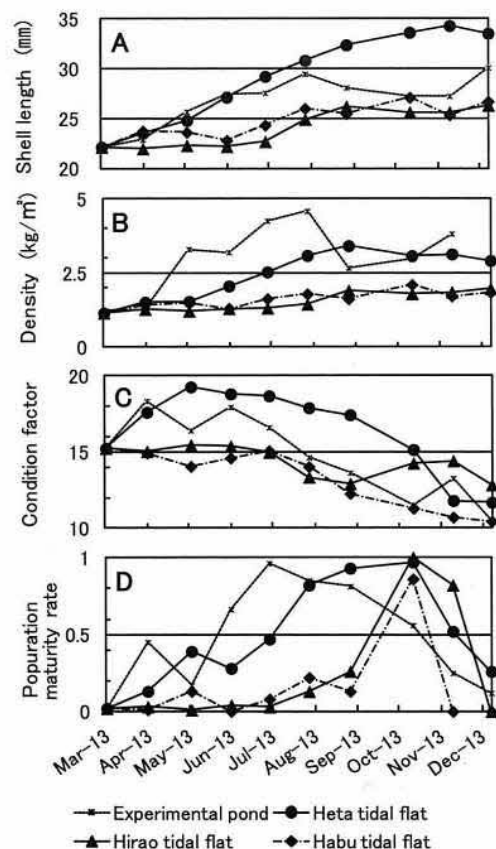


Fig.17. Changes in shell length(A), weight density (B), condition factor(C), and population maturity rate (D), of *Ruditapes philippinarum* released to four different locations in Yamaguchi Pref.

Condition factor: $STW / (SL \times SH \times SW) \times 100$ (STW, soft tissue weight (g); SL, shell length(cm); SH, shell height (cm); SW, shell width (cm)).

肥満度は、周南市戸田地先では3～6月にかけて18～19まで上昇し、7月以降低下傾向となったが、この間他の3地域と比べて突出して高い値を維持した。一方、熊毛郡平生地先、山陽小野田市埴生地先では放流時の低い状態が続き、8月以降さらに低下した。試験池では6月頃まで戸田地先に次いで高かったが、7月以降低下し、9月以降は埴生並みの低い水準となった (Fig.17)。

成分分析

試験区 (試験池) と対照区 (戸田地先) で採集したアサリの平均殻長、肥満度、一般成分、コハク酸、グリコーゲン、遊離アミノ酸量の変化をFig.18 に示した。

分析に用いたアサリは4月から8月まで試験区、対照区ともほぼ同じサイズであったが、9月以降、試験区の成長がほぼ止まったのに対し、対照区では成長が続く、11月までに7mm 前後の成長差が生じた。このサイズ差は前年度のサイズ別の成分分析結果から判断して概ね無視可能な範囲内にあった。

各試験区とも、肥満度、炭水化物、グリコーゲン、遊離アミノ酸の含有量は、いずれもよく似た季節変化を示した。すなわち、4月から7月にかけてこれらの分析値は高い水準を維持していたが、8月以降、徐々に減少した。特に8月以降、試験区での減少速度が大きかった。粗脂肪、粗タンパク質、コハク酸については、一定の季節変化は見られなかった。群成熟度は試験区では7～8月をピークとしてかなり長期間高い水準を維持していたのに対し、対照区では9～10月にかけて上昇した後、11月に産卵後の個体増加とともに低下した。

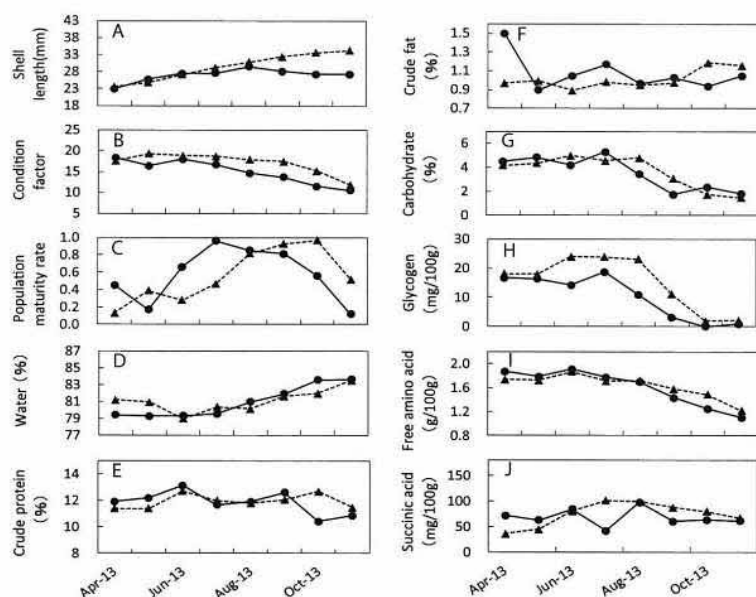


Fig.18 Changes in shell length(A), condition factor(B), population maturity rate(C), and biochemical composition (D~J) of *Ruditapes philippinarum* in the experimental pond (●—) and Heta tidal flat (▲---).

考 察

昨年度と同様の施肥と底びき網による撈拌を行うことで、池環境を適正に維持できることが再確認できた。池内に発生する植物プランクトンは、2年間を通じて2～4 μm 前後の微細藻類 (多くの場合運動性有り) が中心であった。

3月に2mm サイズで池入れした種苗600万個は5月以降370万個前後 (生残率60%) で残存し、前年度の取り残し群約130万個とあわせておよそ500万個の種苗が育成した。これらは池全体で7月に9.9トン、9月に15.7トンの資源量に達した。このとき池全体で1 m^2 あたり約3kgのアサリが育成していたことになる。

アサリは濾水量が大きく、25°Cの時、1 m^2 当たり殻長20～25mmのアサリが3kg生息すると、1時間に約1トンの海水を濾水することが知られており¹⁰⁾、併せて、東京湾盤洲干潟の籠試験の例ではアサリの密度が3kg/ m^2 を超えると、個々のアサリの殻長の伸びは低下する⁵⁾。

試験池では、7月の時点でアサリの現存量が10トンに達しており、1日に池の海水 (約7,500トン) の10倍を越える水量を濾過していたことになり、植物プランクトンの増殖はアサリの濾食によって大きく抑制されていたと考えられる。このような条件下において少なくとも光学顕微鏡で確認可能な2～4 μm の微細な藻類が優占していたのは、増殖速度が速いことや、サイズが小さいためアサリの濾食率が低く、選択的に池内に残っていたこと、池の中央部の海水は撈水機で混合されず、アサリもほとんど分布していなかったため、増殖したプランクトンがこの区域で残りやすかったこと等のためと推測される。また、海水のpHが施肥により8を下回っていたため、珪藻の増殖が抑制されていたことも要因として考えられた。

今年度は昨年度に比べて池内での魚類の生物量が少なかった。これは、5月下旬以降の魚類卵稚仔の流入が少なかったか、又は侵入した魚類の生存率が悪かったためと考えられる。比較的まとまった数で池内に侵入したコノシロは、目視観察の結果でも前年度と比べると明らかに成長が悪く、10月下旬には池内のコノシロ幼魚の餌不足によると思われる衰弱、へい死が目立った。魚類の育成が悪かった原因として、アサリ資源量が前年度より2倍以上に増大したため植物プランクトンの消費が多く、動物プランクトンの発生量が減少したことによる魚類稚仔の餌料不足が生じていたことが考えられる。

一方では、8月以降、ケフサイソガニが増加したが、これは昨年度に比べてカニ類の消費者と考えられるク

ロダイやフグ目の成育数が極めて少なかったことが原因と考えられる。ケフサイソガニやイソガニなどの小型カニ類は、アサリ稚貝を食害することが知られ^{11,12)}、池内では増殖力が高い上に池を干しあげても駆除することができない。これらのカニ類の増殖を抑制するためには、クロダイなどの天敵を人為的に池入れすることも必要であろう。

また、8月には池周辺の石垣上や攪水機上にフサコケムシが繁殖し、場所により厚さ20cm程の群体に覆われたが10月には減少した。

池内では成育したアサリによる大量産卵が行われていたため、稚貝の自然発生が期待される。このことは、今年度5月に稚貝着生基材をセットし、10月に22mm前後の稚貝が150個前後採集できたことから推測できる。

しかし、資源調査の結果、移植種苗と異なるサイズの稚貝集団はほとんど見られなかった。アサリの成貝は300 μ m以下の粒子をろ過する能力があるとされる¹³⁾。このため、ふ化直後の幼生は殻長90 μ m前後であるから、多くの成貝によってろ過されていた可能性がある。また、着底しても食害などによって生残率が極めて低かったことも稚貝が発生しなかった要因として考えられる。

生産した種苗を放流し、網を被せて保護した結果、放流を実施した3箇所の干潟において成長や生残に違いが見られた。これらの漁場では、かつてアサリが漁獲されていたものの、現在のアサリの生息状況に大きな違いが見られる。周南市戸田干潟は2003年頃までアサリが多く生息し、その当時、県内では唯一アサリ漁業が行われていた場所で、現在も網で保護することにより生産が維持されている。一方、熊毛郡平生干潟や、山陽小野田市埴生干潟では、現在アサリの生産はほとんど行われていない。今回の保護放流試験では、このような漁場生産力の違いが稚貝の成長や肥満度の差に表れていると考えられる。しかし、いずれの調査地点においても10月頃に群成熟度が1(100%の個体が成熟)に近づいており、母集団としての機能は果たしていると考えられる。

アサリはふ化から2mm前後まで、陸上の大型水槽での大量生産が比較的容易であり、数百～数千トンレベルの水槽(池)を整備することで、億単位の種苗を生産することができると考えられる。この2mm種苗は、直接漁場展開すると食害による減耗が大きく、食害を受けにくい20～25mmまで大量育成する実用的な手法が必要であった。

このため、垂下籠による海上での中間育成技術¹⁴⁻¹⁶⁾や陸上水路を用いた育成技術¹⁷⁾が開発された。しかし、

いずれの方法も労力やコスト等に問題があり実用化に至らなかった。

本研究で開発した育成手法は、籠や網などの保護資材を必要としない。潮の干満差による池干しや水位調整が可能な広大な池さえ確保できれば、農業と同じように種苗を移植し、施肥と雑藻対策を行うことで育成が可能である。育成規模のスケールアップも機材の規模や能力を上げれば可能であり収益性も向上すると考えられる。例えば、1m²あたり最大で3kgの生産が可能であったことから、10haの池面積で実施することで、ジョレンの回収効率を50%として年間150トンの生産が可能と考えられる。今後、食害・競合生物の制御や、肥料コスト、さらには回収技術を改良することで事業化が十分可能と考えられる。

成分分析の結果から、試験池においても、肥満度の上昇する4～6月にかけてアサリの成育環境が良好に保たれている戸田干潟のアサリとほぼ同じ一般成分、コハク酸、遊離アミノ酸を含有するアサリが生産可能であった。なお、うまみ成分のグリコーゲンや遊離アミノ酸量は、肥満度と高い相関関係(肥満度と遊離アミノ酸： $R^2=0.90\sim0.96$ 、肥満度とグリコーゲン含量： $R^2=0.72\sim0.85$ 、 R^2 ：確定係数)が見られることから、肥満度を調べることでアサリの製品としての評価が可能であると考えられた。

白石ら(1995)が博多湾内で採集した殻長25～30mmのアサリ軟体部の一般成分の季節的な変化を調べた結果によると、アサリの水分含量は76～83%、灰分は2.0～2.3%、粗タンパク質は12～15%、粗脂肪は0.9～1.7%の範囲であり、粗脂肪は肥満度の上昇する3月と8～10月に高い値を示している¹⁸⁾。本試験結果は、水分含量は79～84%、灰分2.3～2.8%、粗タンパク質10～13%、粗脂肪0.9～1.5%の範囲であり、灰分はやや高め、粗タンパク質は低めであり、水分や粗脂肪は概ね一致していた。このことは、試験池や戸田干潟での調査個体が、粗タンパク質を除いて概ね博多湾内で採集された天然貝の一般成分組成の範囲であったことを示している。

本研究は、2011～2013年度に農林水産省農林水産技術会議の「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」により実施した。

本研究を遂行するにあたり、有益なご指導を賜りました(社)農林水産・食品産業技術振興協会、専門プログラムオフィサーの關哲夫博士、国立研究開発法人水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所の崎山一孝博士に感謝いたします。また、試験池の管理等に便宜を図っていただいた旭水産有限会社の八木政治社長に感謝いたします。

要 約

2011～2013年度にかけて、山口市秋穂湾の遊休化したクルマエビ養殖池(50×100m, 面積0.5ha)を用い、池に施肥することで餌料生物を増殖させながらアサリを大量育成する手法を開発するため、年間300～600万個のアサリ人工種苗(殻長2mm)を池内に収容し、実証レベルの試験を行った。

研究初年度は、施肥を行った直後からアオサの急激な増殖が見られ、2ヶ月の間に池の大半を覆った。このため移植した種苗の成長、生残とも極めて低かった。また、攪水機によって流速4cm/sec.以上になる場所が成育場所として適していると考えられた。

2年日以降、種苗池入れ前に池内の大型藻類や食害生物を可能な限り除去するとともに、日常管理として週3～4回、小型の底びき網で池全体を引き回し、夾雑物を排除しながら海底を攪拌した。3～7月にかけて、毎週200kg(海水トンあたり27g)の半有機肥料を池に散布することで、栄養塩の供給と微細藻類の増殖を維持することができた。この結果、2年日以降は池内での大型藻類の繁茂が抑制され、3月に平均殻長2mmで移植した種苗は60%以上の高い生残率で急速に成長し、7月に殻長20mmに達した。

施肥した試験区と施肥しない試験区を設けてアサリの成長及び生残状況を比較した。その結果、施肥による成長促進効果は、無施肥による場合と比較すると6月以降に顕著に現れた。

試験期間中に、魚類の卵稚仔や甲殻類の幼生などが多数侵入・成育したが、アサリを回収するまでの間、これらの魚介類がアサリを食害した痕跡はほとんど見られなかった。

最終年度は、11ヶ月の育成期間中に、1m²あたり平均3kg(500万個, 15.7トン)のアサリが成育し、事業として実施するのに十分な高い生産能力を有することを確認した。

生産した20～25mm貝を県内のアサリ漁場に保護放流したところ、調査を実施した3箇所の干潟で成長や生残に違いが見られたものの、母集団としての機能は果たしていると考えられた。また、試験池で生産したアサリは、肥満度の上昇する4月～6月であれば、自然浜のアサリとほぼ同じ一般成分、コハク酸、遊離アミノ酸を含有していた。

参考文献

1) 大島泰雄(1983): 水産増養殖技術資料集 自上代至昭和(戦前)年代 一技法の起源とその展開一。(社)日本栽培漁業協会,(株)国際文献印刷社, 東京, p58.

2) 大越健嗣(2012): 外来巻貝サキグロタマツメタのアサリに対する捕食. 日水誌, 78(5), 979-982.

3) 長澤和也(2012): 日本産アサリの寄生物目録(1906-2012). 日本生物地理学会会報, 67, 25-40.

4) 浜口昌巳・佐々木美穂・薄 浩則(2002): 日本国内におけるアサリ *Ruditapes philippinarum* の *Perkinsus* 原虫の感染状況. 日本ベントス学会誌, 57, 168-176.

5) 柿野 純(1996): 東京湾盤洲干潟におけるアサリの成長と流れとの関係. 千葉水試研報, 54, 7-10.

6) 安田治三郎・浜井生三・堀田秀之(1945): アサリの産卵期について. 日水誌, 20(4), 277-279.

7) 鳥羽光晴(1989): アサリの水槽飼育での性成熟過程における摂餌量の重要性. 水産増殖, 37(1), 63-69.

8) 堤裕昭・竹口知江・丸山渉・中原康智(2000): アサリの生産量が激減した後の緑川河口干潟に生息する底生生物群集の季節変化. 日本ベントス学会誌, 55, 1-8.

9) 堤裕昭他(2002): 緑川河口域における盛砂後のアサリ (*Ruditapes philippinarum*) の個体群動態. 日本ベントス学会, 57, 177-187.

10) 秋山章男(1985): 底生動物の挙動と食物連鎖. 潮間帯周辺海域における浄化機能と生物生産に関する研究, 昭和59年度研究成果報告書, 東海区水研・南西海区水研, pp. 99～104.

11) 木村 博(2005): カニ類によるアサリの捕食. 山口県水産研究センター研究報告, 3, 97-103.

12) 鳥羽 光晴(1989): ケフサイソガニによるアサリ稚貝の捕食実験. 特に種苗生産貝と自然発生貝の捕食されやすさの差異. 千葉水試研報, 47, 27-33.

13) 森田昌敏他(2000): 沿岸域環境修復技術の生態系に与える影響及び修復効果に関する研究(初年度). 国立環境研究所年報, 平成12年度, 118-119.

14) 鳥羽光晴(1987): アサリ種苗生産試験Ⅰ. 人工種苗生産したアサリの成長. 千葉県水産試験場研究報告, 45, 41-48.

15) 鳥羽光晴(1988): アサリ種苗生産試験Ⅱ. 秋期中間育成試験. 千葉県水産試験場研究報告, 46, 43-49.

16) 大橋 裕・白木信彦(1991): 平成元年度アサリ人工種苗生産及び育成試験. 山口県内海水産試験場報告, 19, 43-52.

17) 多賀 茂(2008) 潜砂性二枚貝の養殖方法. 特許公報, 特許第4041915号, 1-21.

18) 白石 淳・長 修司・三島かおり(1995): 北部九州産アサリ (*Ruditapes philippinarum*) の筋肉部分と内臓部分の一般成分の周年変化. 日本家政学会誌, 46(4), 313-319.



Fig.19. A : Original condition of idle prawn culture pond used for experiment (50 × 100m, Depth ≅ 1.5m, Mar. 2011), B : Landscape of pond when culture experiment was started (Aug. 2011), C : Explosive growth of *Ulva* spp. (Nov. 2011), D : Removal of harmful organisms during low tide time zone (Jun. 2012), E : Transplanting of artificial seedling, F : Trawling net used for bottom agitation (width : 130m, height : 35cm, total weight : 22kg, mesh opening: about 13mm), G : Scattering blended fertilizer using flatboat, H : Underwater photograph showing nursery culture of seedling using flat cage (604 × 354 × 98mm, Apr. 2012), I : Culture view of experimental pond showing green water ((Aug. 2012), J : Harvest of asari clams using hand-operated hydraulic jet rake.

山口県周防灘におけるガザミの漁獲量変動と漁獲実態

村田 実

Annual Catch Fluctuations and Fishery of the Swimming Crab (*Portunus trituberculatus*) in Suo Nada, the Yamaguchi Prefectural Region of the Seto Inland Sea

Minoru MURATA

Swimming crab, *Portunus trituberculatus* is one of the most important commercial species for the small type trawler in Suo Nada of Yamaguchi Prefecture.

Multiple regression analysis revealed the correlation between annual catch of the swimming crab, *Portunus trituberculatus* and environmental factors from April to June in the Suo Nada, the Yamaguchi Prefecture region. Annual catch was used as outcome variable and chlorophyll-a, nitrate nitrogen, ammonium nitrogen, nitrite nitrogen, salinity, chemical oxygen demand, the number of released juvenile crabs in the previous year and catch of the previous years were used as predictor variables. Catches from 1987 to 2013 could be predicted using the most parsimonious multiple regression model selected by Akaike Information Criterion (AIC).

Analyses of daily fishery records of the small type trawlers during 2008-2014 revealed that CPUE of the crab were highest in November but afterwards declined gradually. Catch of the swimming crab in Suo Nada of Yamaguchi Prefecture was configured mainly by the early hatched group.

Key words : Swimming Crab ; Annual Catch Fluctuation ; Swimming Crab Fishery

ガザミはワタリガニ科に属し、北海道から九州までの浅海砂泥域に広く分布する大型のカニである。

特に、瀬戸内海、伊勢湾、三河湾、有明海など内湾域が主要な産地である。

山口県瀬戸内海では周防灘の漁獲量が多く、小型底びき網漁業の重要魚種である。

周防灘におけるガザミ漁獲量は、5年から7年の周期で増減を繰り返している。このようなガザミ漁獲量の周期的な増減の原因については、岡山県¹⁾、福岡県有明海²⁾、愛媛県越前³⁾や浜名湖⁴⁾等についての報告がある。

また、山口県周防灘におけるガザミの漁獲実態については、これまでの放流効果調査等⁵⁻⁹⁾で取り上げられてきたが、最近の漁獲実態については報告がない。

本報告では、山口県周防灘におけるガザミの漁獲量の変動と環境要因等の関連について重回帰分析を用い

て検討した。さらに市場調査や漁協水揚げ資料及び小型底びき網標本船日誌の解析によって、最近の漁獲実態を明らかにし、今後の資源培養に欠かせないガザミ資源の変動と漁獲実態について、ガザミの生活史に関する既往の知見と合わせて取りまとめた。

材料と方法

山口県周防灘の海洋環境データは、周防灘浅海定線調査結果¹⁰⁾を用いた。そのうち使用した観測データは、周防灘沿岸域（観測定点1-5及び12-22の16点）の水温、塩分、透明度、溶存酸素、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N、DIN、PO₄-P（透明度以外は何れも底層1m層の値）の月ごとの平均値である。

また、山口県周防灘海域に放流されたガザミの人工

種苗放流尾数¹¹⁾を説明変数に加えた。

ガザミ類漁獲量は、山口県周防灘沿岸の市町村別漁獲量¹²⁾を用いた。また、瀬戸内海の灘別漁獲量についても各県の市町村別漁獲量¹³⁾を灘区分¹⁴⁾により集計した。

なお、統計では、ガザミの漁獲量にはガザミ以外のワタリガニ類が含まれるため、ガザミの正確な漁獲量は不明である。しかし、ガザミがその大半を占めるものとみなし、ガザミ類漁獲量を本種の漁獲量とした。

また、漁獲されたガザミの雌雄比と魚価を明らかにするため県漁協床波支店の2008年から2014年までの水揚げ統計資料を使用した。

市場調査は、防府地方卸売市場と宇部魚市場株式会社で月1回雌雄別全甲幅を測定した。

2008年から2014年までの漁場別漁獲データは、主に周防灘で操業する小型底びき網漁船（年間15～22隻）が記帳した操業日誌（曳網回数、魚種別水揚げ重量と金額、水揚げ金額、操業海域等）を集計した。

これらのデータの多くは、我が国周辺水域の資源評価等推進委託事業や資源回復計画事業等の予算で実施された調査によって得られたものである。

結 果

山口県周防灘のガザミ漁獲量を Fig.1 に示した。

漁獲量は1979年以降急激に増加し、その後も5年から7年の周期で大きな増減を繰り返している。

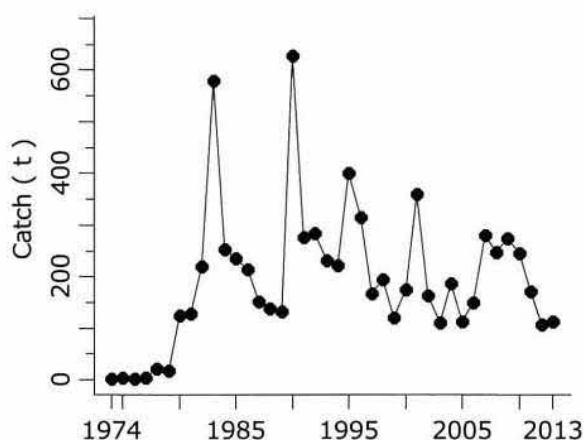


Fig.1. Annual Catch of the Swimming Crab (*Portus trituberculatus*) in Suo Nada, the Yamaguchi Pref. Region of the Seto Inland Sea from 1974 to 2013.

また、1974年以前では、小型底びき網漁業の桁網漁法が普及¹⁵⁾した1958と1959年に100トンを上回ったが、その後は急激に減少し低迷が続いた。

ガザミの漁獲量が、毎年100トンを超えるようになったのは比較的最近のことである。

一方、全国のガザミ類漁獲量は、1983年に5,600トン記録したが、2004年から10年間をみると、約2,300トンから約3,300トンで推移している。うち、瀬戸内海の漁獲量は47%から62%を占め、次いで伊勢湾、三河湾などの太平洋中区（9%～26%）、さらには有明海などの東シナ海区（12%～21%）の順となっている。

Fig.2に瀬戸内海のガザミ類漁獲量の推移を灘別に示した。

近年の漁獲量は、周防灘、燧灘、播磨灘、備讃瀬戸の順に多く、周防灘のガザミ類漁獲量は瀬戸内海の26%から60%を占めているが、瀬戸内海全体では減少傾向にある。

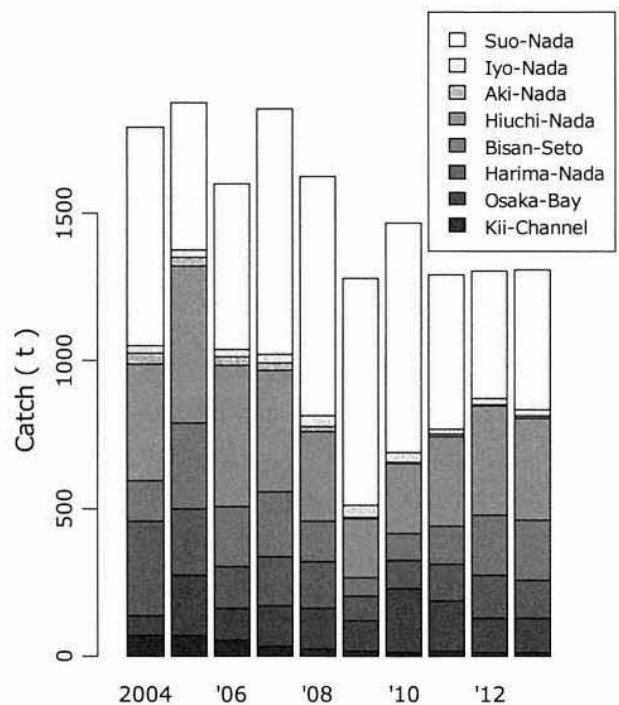


Fig.2. Annual Catch of the Swimming Crab (*Portus trituberculatus*) at 8 Nada in the Seto Inland Sea from 2004 to 2013.

1970年代から80年代にかけてガザミの漁獲量が急増し、その後短い間隔で変動を繰り返す傾向は、周防灘だけではなく、有明海²⁾や瀬戸内海の周防灘以外の海域^{1,3,16)}でも知られている。

瀬戸内海のガザミについては、移動範囲は狭く、移動しても灘を超える広範囲な移動はないとする報告がある¹⁷⁾。また、一方でガザミのふ化から浮遊期を経て定着生活に移行する稚ガニ期の一時期までの間、流れ藻などに付着して移動するとされている^{18,19)}。

そこで、周防灘のガザミが、灘を超えて広い範囲に移動するのであれば、灘を超えた県間で漁獲量に関連が見られるものと考え、周防灘の3県と近隣の県のガザミ漁獲量の変動傾向について検討した。

1983年から2013年までの5県のガザミ漁獲量の相関

係数を Table 1 に示した。

それによると、周防灘の県間では相関係数は大きく、周防灘以外の県間では小さい結果となった。

また、灘内では地理的に近い県ほど相関係数が大きくなった。

Table 1. Pearson's correlation coefficient analysis of the yearly catch of the Swimming Crab (*Portunus trituberculatus*) between any two prefectures near the Yamaguchi Pref. during the period between 1983 to 2013.

Pref.	Ehime	Fukuoka	Oita	Yamaguchi	Hiroshima
Ehime	1.0000				
Fukuoka	0.0843	1.0000			
Oita	0.2005	0.7235 ***	1.0000		
Yamaguchi	0.1950	0.6946 **	0.6205 **	1.0000	
Hiroshima	0.5234 **	-0.1013	0.0501	0.1344	1.0000

** 1% significant, *** 0.1% significant

以上のように、漁獲量の変動傾向からみると周防灘のガザミは、ある程度独立していると考えられる。

したがって、ガザミの漁獲量の変動に環境が影響するのであれば、周防灘の環境要因の影響が大きいと考えられる。

そこで、1987年から2013年までの山口県周防灘のガザミ漁獲量を目的変数とし、環境要因と前年漁獲量及び人工種苗放流尾数を説明変数とした重回帰分析を行った。

環境要因の影響は、ガザミの幼生期に大きいと考え4月から3ヶ月間の環境データを用いた。

さらに、変数選択法により環境要因のうち Chl-a, NO₃-N, NH₄-N, NO₂-N, 塩分, COD の6項目を説明変数として選択した。

回帰分析は、幼生期の環境要因のみを説明変数とした Model1, 前年漁獲量を加えた Model2 さらに当年放流尾数を加えた Model3 及び放流尾数を前年放流尾数とした Model4 の4モデルについて検討した。

Table 2 に各モデルの説明変数の回帰係数と決定係数 R², 自由度補正 R² 及び AIC の値を示した。

なお、AIC (Akaike Information Criterion) は次式によって求めた。

$$AIC = n(\ln(2\pi Se/n) + 1) + 2(p + 2)$$

n: sample size, Se: residual sum of square
p: the number of estimated parameters

これらのモデルのうち、環境要因、前年漁獲量及び前年放流尾数を加えた Model4 の AIC が最小となった。また、決定係数も最大となった。

説明変数のなかで影響が大きい要因は、Chl-a, NO₃-N, NH₄-N, 前年放流尾数, NO₂-N, 前年漁獲量, 塩分, COD の順であった。

Model1 の AIC の値は Model4 に近い値であるが、決定係数は最小となった。

Table 2. Estimates of partial regression coefficients for four models during the period between 1987 to 2013.

	Model1	Model2	Model3	Model4
Constant Term	370.924	1012.872	1298.243	2307.811
Sa [psu]	-16.530	-37.299	-45.555	-83.044
NH ₄ -N [μM]	108.267 *	94.957	97.342	96.114 *
NO ₂ -N [μ]	519.629	675.215	637.342	706.513
NO ₃ -N [μ]	-92.154	-125.250	-123.203	-152.955 *
COD [ppm]	-95.636	-137.931	-131.309	-109.416
Chl-a [μg/L]	89.168 **	99.505 **	100.527 **	106.977 **
Catch in the previous year [ton]		0.195	0.181	0.243
The number of released juvenil crabs [×10 ³]			-0.017	
The number of released juvenil crabs in the previous year [×10 ³]				0.160 *
R ² (Adjusted R ²)	0.5287 (0.3873)	0.5492 (0.3831)	0.5499 (0.3498)	0.6461 (0.4889)
AIC	326.853	327.652	329.611	323.115

Sa: salinity, NH₄-N: ammonium nitrogen, NO₂-N: nitrite nitrogen, NO₃-N: nitrate nitrogen, COD: chemical oxygen demand, Chl-a: Chlorophyll-a
* 5% significant, ** 1% significant

さらに、放流尾数の回帰係数の符号は、Model3 では負の値となったのに対し、Model4 では正の値となり、両者の効果は全く異なる結果となった。

Fig.3 に Model4 の推定値を実際の漁獲量と対比して示した。

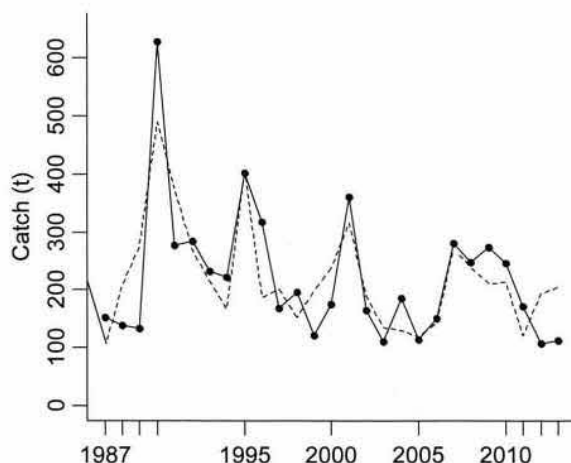


Fig.3. Observed and estimated catches using the most conservative multi-regression model

Solid line : the actual catch, Broken line : the estimated catch.

Model4 の推定結果は、ピーク時の漁獲量の傾向とは比較的よく一致したが、漁獲量が少ない年ではその差が大きい年もあった。

漁獲実態

山口県の灘別ガザミ漁獲量の推移を Fig.4 に、また、漁業種類別漁獲量の推移を Fig.5 に示した。

それによると、山口県瀬戸内海側のガザミ漁獲量のうち90%以上が周防灘で漁獲され、次いで伊予灘、安芸灘の順となっている。

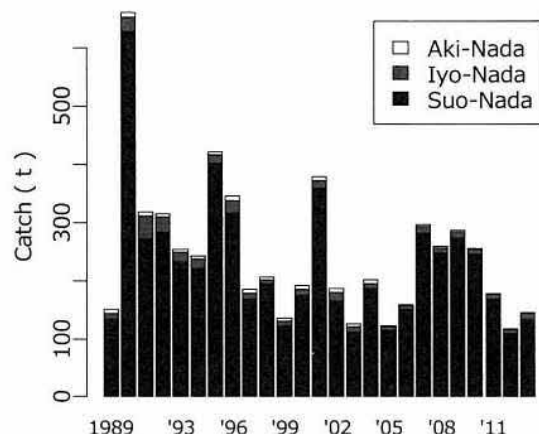


Fig.4. Annual Catch of the Swimming Crab (*Portus trituberculatus*) at the regions of threee Nada of Yamaguchi Prefecture in the Seto Inland Sea during the period between 1989 to 2013.

また、漁業種類では小型底びき網漁業が65%から90%を占め、次いでその他の漁業(カニ籠, 小型定置網), 刺網の順となっている。

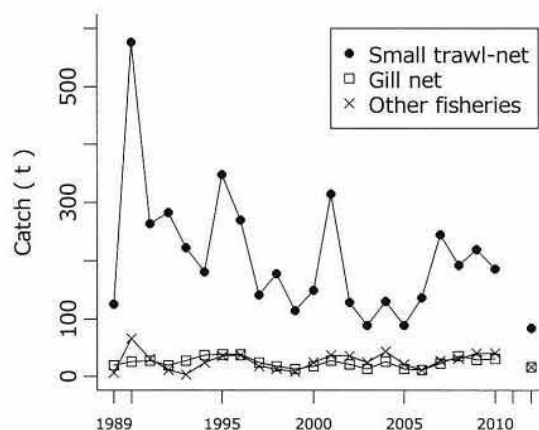


Fig.5. Annual Catch of the Swimming Crab (*Portus trituberculatus*) in the Yamaguchi Pref. region, the Seto Inland Sea by the kind of fisheries.

市町村では宇部市が57%から84%を占め、次いで山陽小野田市(下関市の瀬戸内海側も含めた), 山口市, 防府市の順となっている。

山口県では、ガザミは主に周防灘の西部で小型底びき網漁業によって漁獲されている。

次に、Fig.6 に小型底びき網標本船の2008年から2014年までの CPUE (ガザミの平均漁獲量/隻・日) の月別推移を示した。

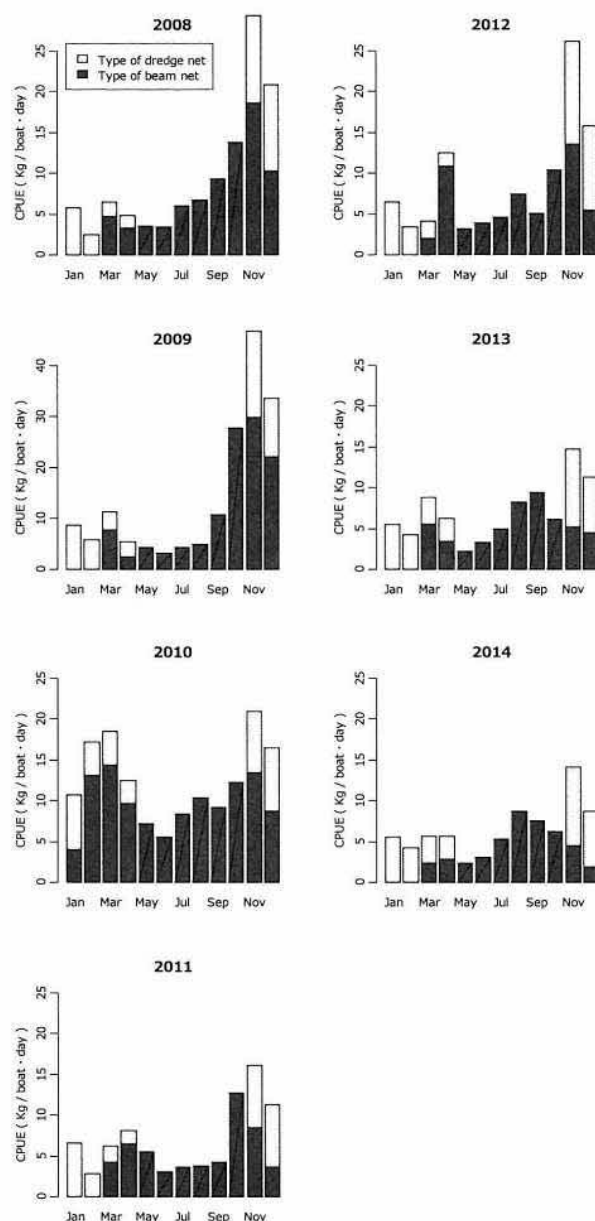


Fig.6. Seasonal changes of CPUE (Catch of the Swimming Crab (*Portus trituberculatus*) per boat・day) by the type of small net trawler.

□ : Type of dredge net, ■ : Type of beam net

小型底びき網によってガザミはほぼ周年漁獲されている。各年とも10月から12月にかけて CPUE は急増し、翌年1月には再び少なくなる傾向がみられる。

特に、桁網に切り替わる11月の CPUE が年間で最大となる。それ以降は徐々に減少するが、エビ漕ぎが再開する翌春には再び上昇する傾向がみられる。

また、漁獲量の変動傾向と同様に2009年以降 CPUE も減少している。

次に、Fig.7 に2008年と2009年の防府及び宇部市場に水揚げされたガザミの全甲幅組成を月別に示した。

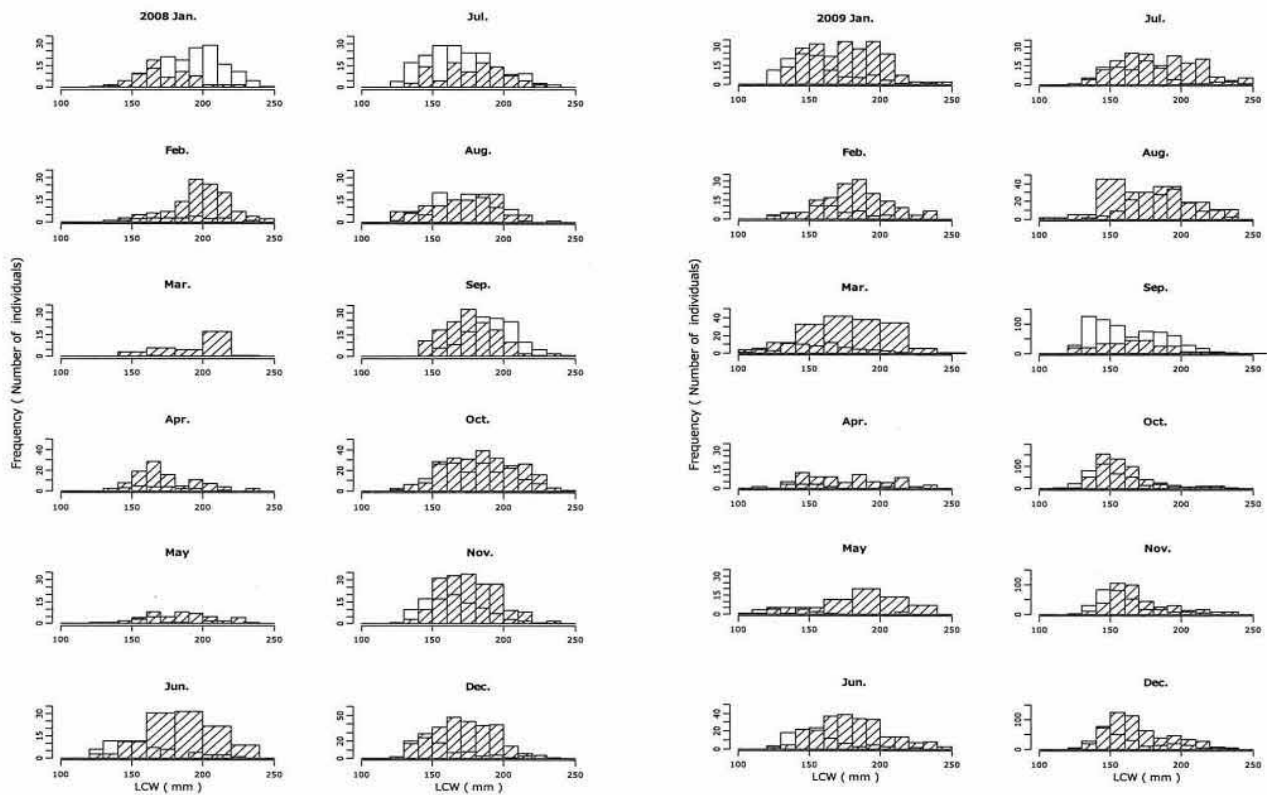


Fig.7. Seasonal changes of long carapace width compositions of the Swimming Crab (*Portunus trituberculatus*) from Jan. 2008 to Dec. 2009. Open columns : male Hatched columns : female.

水温が15℃を超えると外子の形成が始まる¹⁷⁾。抱卵ガザミの出現は、山口県周防灘では5月から6月がピークとなる⁷⁾。ガザミは1回交尾多回産卵であり、産卵期間は約2ヶ月と長い。さらに、抱卵からふ化までの期間は、水温に依存するため最短で14日、最長で22日にもなる^{17,20)}。Fig.7では9月から10月に出現する全甲幅150mm前後のモードが、6月までにふ化した早期群と思われる。一方、4月頃から漁獲される小型群は、前年生まれの晩期群である。また、産卵期に入るこの頃から漁獲され始める大型群は、全て雌で産卵のため接岸してくる産卵群である¹⁷⁾。

早期群は、年内に成熟脱皮して雌は腹部が丸い形状をした親ガニに成長し交尾後越冬する、また雄は鉗脚が長大化し秋の交尾期に交尾行動に加わる¹⁷⁾。

それに対してふ化時期が7月以降になった晩期群は、冬を越し翌春以降に脱皮をして夏までに親ガニとなる。その後交尾して最初に産卵するのは生まれて3年目(満2歳時)となる¹⁷⁾。

漁獲されるガザミの大きさは、150mmから200mmの当才親ないしは2才親が主体である。

その年の漁獲量は、11月までに親ガニとなった当年発生群の漁獲加入量によって決まると考えられる。

Fig.8に2008年から2014年までの県漁協床波支店に水揚げされたガザミの月別雌雄比を示した。

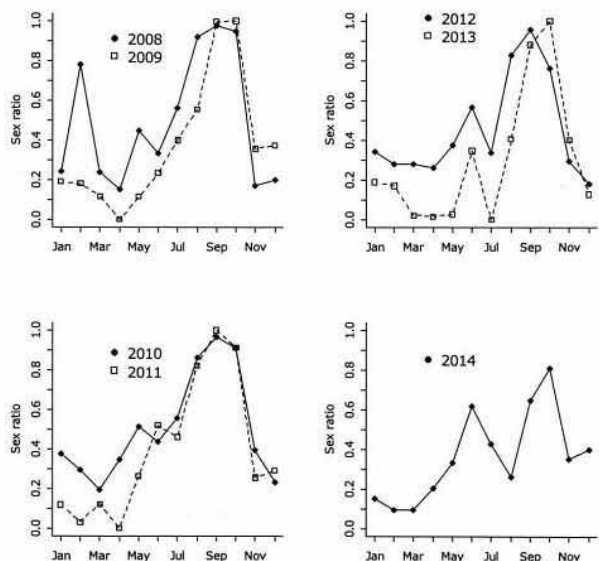


Fig.8. Seasonal changes of Sex ration (Catch of male / catch of male and female) of the Swimming Crab (*Portunus trituberculatus*) landed in Tokonami branchi Fish Market, Yamaguchi Pref. Fishing Co-operative Association.

床波支店ではガザミは雌雄別に出荷される他、時期により掛け取り出荷が行われる。

Fig.8に示した性比は、雌雄別取り扱い重量比を示したものであり、雌雄の体重差を補正した正確な性比を表すものではない。しかし、市場調査やこれまでの調査結果⁷⁾と比較して季節的な傾向をみるうえでは大きな差はないと考えられた。

産卵雌と入れ替わるように8月から10月には雄の割合が多くなる。この時期、雄の肉質は充実する¹⁷⁾とされるが、その単価は1,000円から1,500円/Kgと安い。また、この時期にはまだ抱卵ガニも多く、雌の単価も雄とほぼ同じかそれよりやや安い。

11月頃から、雄は早めに深所に移動するため雌の割合が徐々に多くなる。雌の割合が多い状態は、翌年4月まで続き、5月以降には次第に雄の割合が多くなる。

10月になると雌は、雄の1.5倍から2倍の価格となる。内子が入る冬場の掛け取りは雌のみの出荷となり、12月には2,000円から3,000円、3,4月は3,000円から3,500円と年間の最高値で販売される。

このように、性比が季節的に大きく変化するのは、親ガニの分布移動の生態が雌雄で異なることを反映しているためである。

周防灘におけるガザミの2008年から2014年までの漁場別 CPUE の月別推移を図8-1から8-7に示した。

ガザミは全甲幅6cm から7cm までは沿岸浅所に分布し、成長するにつれ8月中下旬頃から深所に移動する。水深数メートルから十数メートルのホトトギスガイなどの餌料が豊富な砂泥質に好んで生息し、さらに成長をとげ親ガニとなる¹⁷⁾。早期群は刺網では9月頃から、また底びき網では10月頃から全甲幅120mm以上で漁獲され始める。

9月には交尾のため、やや浅所である902、903、912、913区などに集群する。

交尾期には1日に100Kg 以上漁獲されることがある。交尾は雌の脱皮時にのみ行われ、雌の完全な交尾には同数の雄が必要である¹⁷⁾。

交尾時の行動については、大島¹⁷⁾に詳しい報告がある。また、同じガザミの仲間であるジャノメガザミの交尾行動には性フェロモンの関与が知られている²¹⁾。

その後、10月から11月には沖側の912、913、914、925、925、927区などに移動する。

さらに、12月には929、930、931、932区などの水深20メートル以深の砂泥域の深所に移動し越冬する。越冬期の CPUE は漁獲によって急激に減少する²³⁾。

水温が15℃以下になるとガザミは摂餌を停止する。10月頃から始まった卵巣の発達は摂餌が停止した後、体肉の消耗によって発達が進む¹⁷⁾。

産卵のため春になると雌が先に移動を開始する。902、903、912、913、914、926区などで CPUE が大きくなる。

産卵場所となるのは水深10m 内外の藻場近く¹⁷⁾か、河口に近い浅海域である²²⁾。

産卵した雌は盛夏に深所に移動して体力の回復後脱皮を行う。ガザミは一生を砂泥質に生息し岩礁地帯や砂礫質には住まない、また、干潮時遠く干潟を形成するような場所には、ほとんど分布しない¹⁷⁾。

雌はその年の最終回産出卵がふ化した後、ほぼ1ヶ月以内に脱皮しその時に再び交尾する²²⁾。

成長にともない交尾、越冬そして産卵のためにガザミは深淺移動を繰り返す。通常は満2歳で、晩期群では満3歳で寿命となる。なかにはさらに1、2年生きるものがある。記録されている最大全甲幅は、雌で262mm雄で223mm¹⁷⁾、242-268mm²⁰⁾であり、昨今250mmを越えるガザミをみることは稀である。

考 察

本県周防灘におけるガザミの分布域の中心は、灘の西側にあり周防灘で一つのまとまった個体群を形成していると考えられる。

ガザミの漁獲量の変動については、前年漁獲量¹⁾や親ガニ漁獲量⁴⁾との関連性が強いとした報告と、あるいは前年環境要因等²⁾との関連性が強いとした報告がある。また、メガロパの採集量³⁾との関連性が強いとした報告もある。

回帰分析の結果からガザミの漁獲量が、幼生期の生育環境によって大きく変動することが明らかとなった。

ガザミの漁獲は、主として当年生まれの早期群と前年生まれ晩期群とで構成されるが、その割合は年により変動する。

幼生期の好適な環境が、早期群の増加をもたらす漁獲量が急増する。漁獲に占める早期群の割合が大きいほど、その年の好適な環境を反映した予測値は漁獲量とよく一致するが、そうでない年では、前年の環境要因の影響を受けた晩期群の割合が相対的に大きいため、予測値と漁獲量との差は大きくなると考えられる。

これは、4月から3ヶ月間の環境要因が幼生の現存量に影響し、さらに本県のガザミ漁業の漁獲実態が、当年発生群に依存していることを反映した結果であると考えられた。

また、この結果は、燧灘におけるガザミ漁獲量とメガロパの現存量との関係³⁾と、福岡県有明海におけるガザミ漁獲量と環境要因との関係²⁾のふたつを合わせた結果ともいえる。

さらに、環境要因以外では、種苗放流の影響が大きい結果となった。当年の放流よりも前年の放流尾数の影響が大きいことから、晩期群と同じような効果になっている可能性があると考えられる。いずれにしろ、この結果はガザミの種苗放流が、漁獲量の下支えとなっている可能性を示唆したものである。

謝 辞

本報告をまとめるに当たり、歴代の定線調査の担当者ならびに市場調査の担当者、御協力いただいた標本船調査の漁業者ならびに県漁協床波支店の職員の方々に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 萱野泰久 (2010) : 岡山県沿岸域におけるガザミ漁獲量の変動とその要因, 岡山県水産研究所報告, 25, 10-13.
- 2) 島野顕継・北田修一・渡邊精一 (1997) : 福岡県有明海域におけるガザミ漁獲量の変動と環境要因, 水産増殖, 45 (2), 195-199.
- 3) Kohji Shiota (1993) : Relationship between Annual Catch Fluctuations and Reproduction in the Swimming Crab in Hiuchi Nada, the Seto Inland Sea, Nippon Suisan Gakkaishi, 59 (10), 1709-1715.
- 4) 佐藤孝幸 (2005) : 浜名湖におけるガザミ漁獲量の変動要因の検討ーガザミ種苗放流効果の検討, 静岡県水産試験場浜名湖分場 はまな No511 研究レポート, 1-3.
- 5) 山口県・福岡県・大分県 (1988) : 昭和62～平成元年漁業高度管理適正化方式開発調査事業報告, 1-190.
- 6) 山口県漁村振興協議会 (1989) : 昭和59～63年度 クルマエビ・ガザミ放流効果実証事業 (総合とりまとめ), 1-66.
- 7) 秋田・静岡・兵庫・岡山・広島・山口・愛媛県 (1993-1997) : 平成4～8年度重要甲殻類栽培資源管理手法開発調査報告書.
- 8) 山口県 (1998) : 平成9年度 資源管理型漁業推進総合対策事業 沿岸特定資源調査 (ガザミ)
- 9) 静岡・岡山・山口県 (1999) : 平成10～12年度 重要甲殻類管理手法高度化調査報告書.
- 10) 山口県内海水産試験場 (山口県水産研究センター) (1989-2015) : 浅海定線調査 (資源管理体制強化実施推進事業 浅海定線調査, 周防灘定線調査), 山口県内海水産試験場報告 第18～29, 平成11～25年度 山口県水産研究センター事業報告 (平成16年以前は浅海定線調査, 平成17年以降は資源管理体制強化実施推進事業 浅海定線調査もしくは周防灘定線調査).
- 11) 全国豊かな海づくり協会 (1989-2014) : 昭和59～平成24年度 栽培漁業 種苗生産, 入手・放流実績 (全国).
- 12) 農林水産省 中四国農政局統計部 (1965-2013) : 山口県農林水産統計年報.
- 13) 農林水産省 (1983-2013) : 漁業・養殖業生産統計年報, 海面漁業生産統計調査漁業・養殖業生産統計.
- 14) 中国四国農政局統計情報部 (1979) : 昭和48～52年瀬戸内海漁業灘別月別漁獲統計表.
- 15) 前川兼佑 (1961) : 瀬戸内海特に山口県沿海における漁業の調整管理と資源培養に関する研究, 山口県内海水産試験場調査研究業績, 第11巻, 1号, 1-483.
- 16) 反田 實・五利江重昭・中村行延 (1999) : 兵庫県瀬戸内海域におけるガザミの漁獲実態, 兵庫県立水産試験場研究報告, 35, 9-15.
- 17) 大島信夫 (1938) : 瀬戸内海がざみ調査, 水産試験場報告, 9, 141-212.
- 18) 北田修一 (1984) : ガザミの種苗放流効果Ⅱ 瀬戸内海における漁獲増加現象と効果の広がり, 栽培技研, 13 (2), 35-59.
- 19) 広島県水産試験場 (1983) : ガザミの増殖研究, 昭和57年度 指定調査研究事業報告, 1-31.
- 20) 浜崎活幸 (1996) : ガザミの生殖と発育に関する研究, (社) 日栽協 特別研究報告, 8, 1-124.
- 21) Edward P. Ryan (1966) : Pheromone : Evidence in a Decapod Crustacean, Science, 151, 340-341.
- 22) ガザミ種苗生産研究会 (1983) : ガザミ種苗の量産技術, 日本水産資源保護協会 水産増養殖, 32, 1-129.
- 23) 山口県・福岡県・大分県 : (1980) : 昭和54年度放流技術開発事業 西部ガザミ班総合報告書, 山1-25.

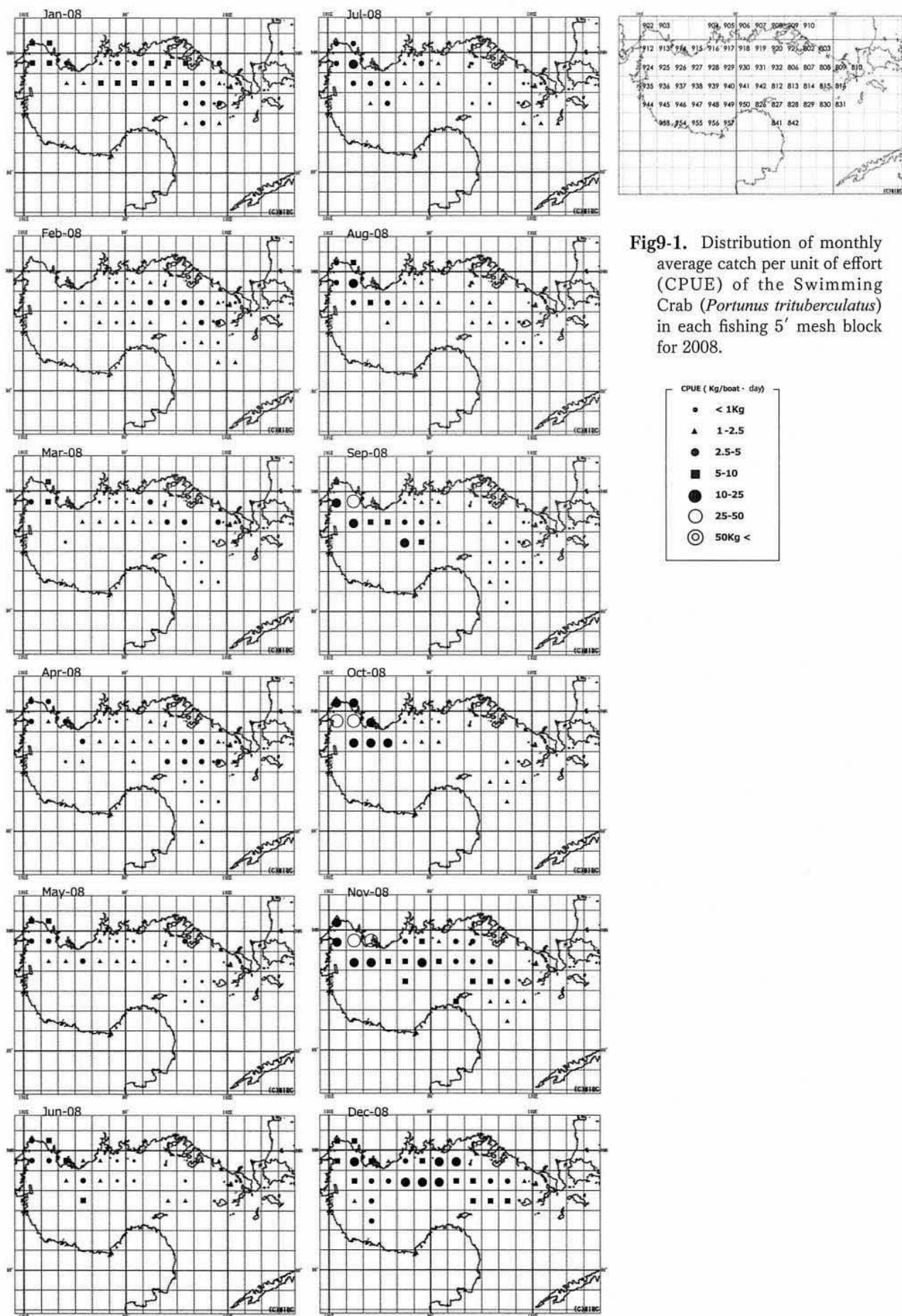


Fig9-1. Distribution of monthly average catch per unit of effort (CPUE) of the Swimming Crab (*Portunus trituberculatus*) in each fishing 5' mesh block for 2008.

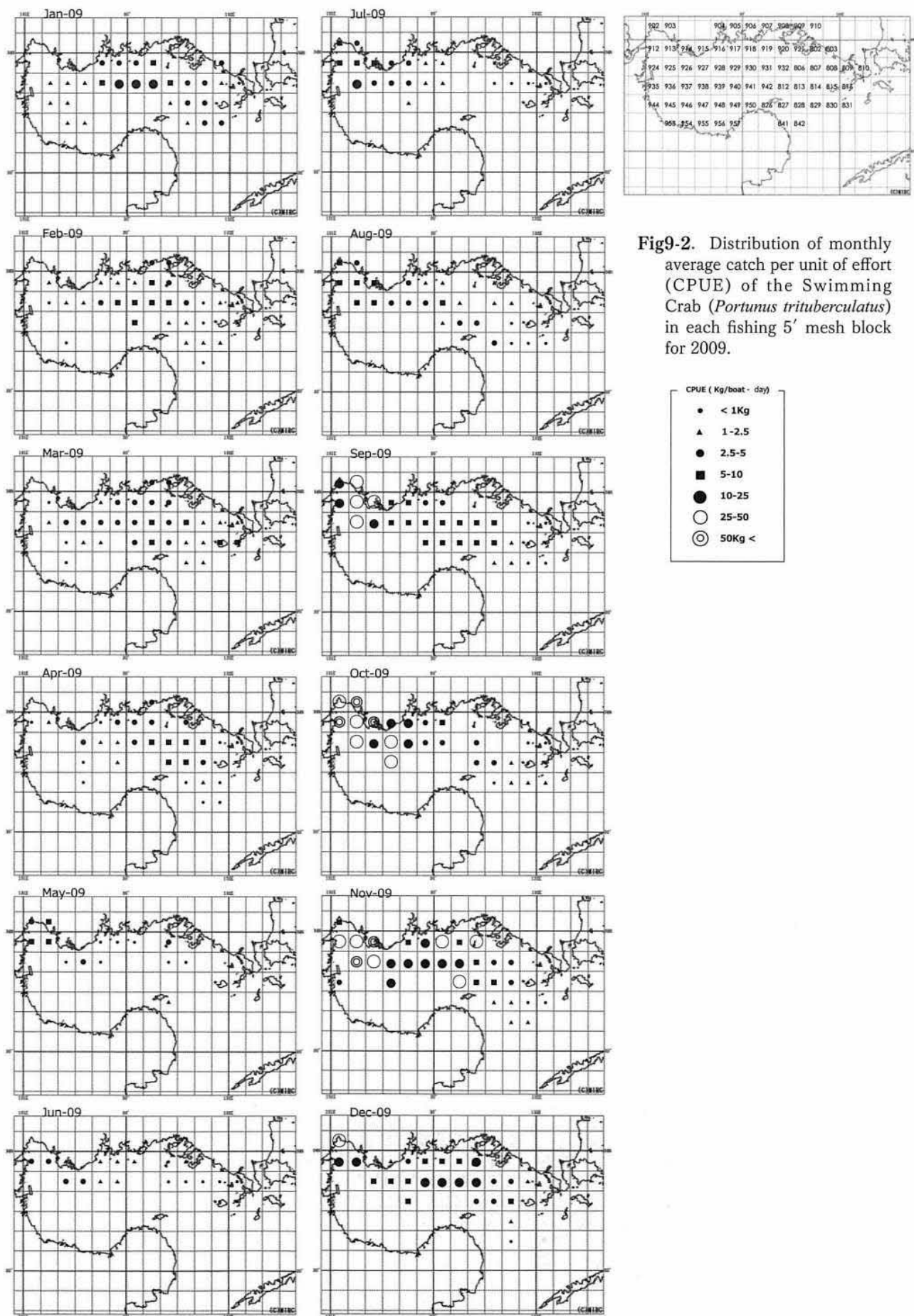
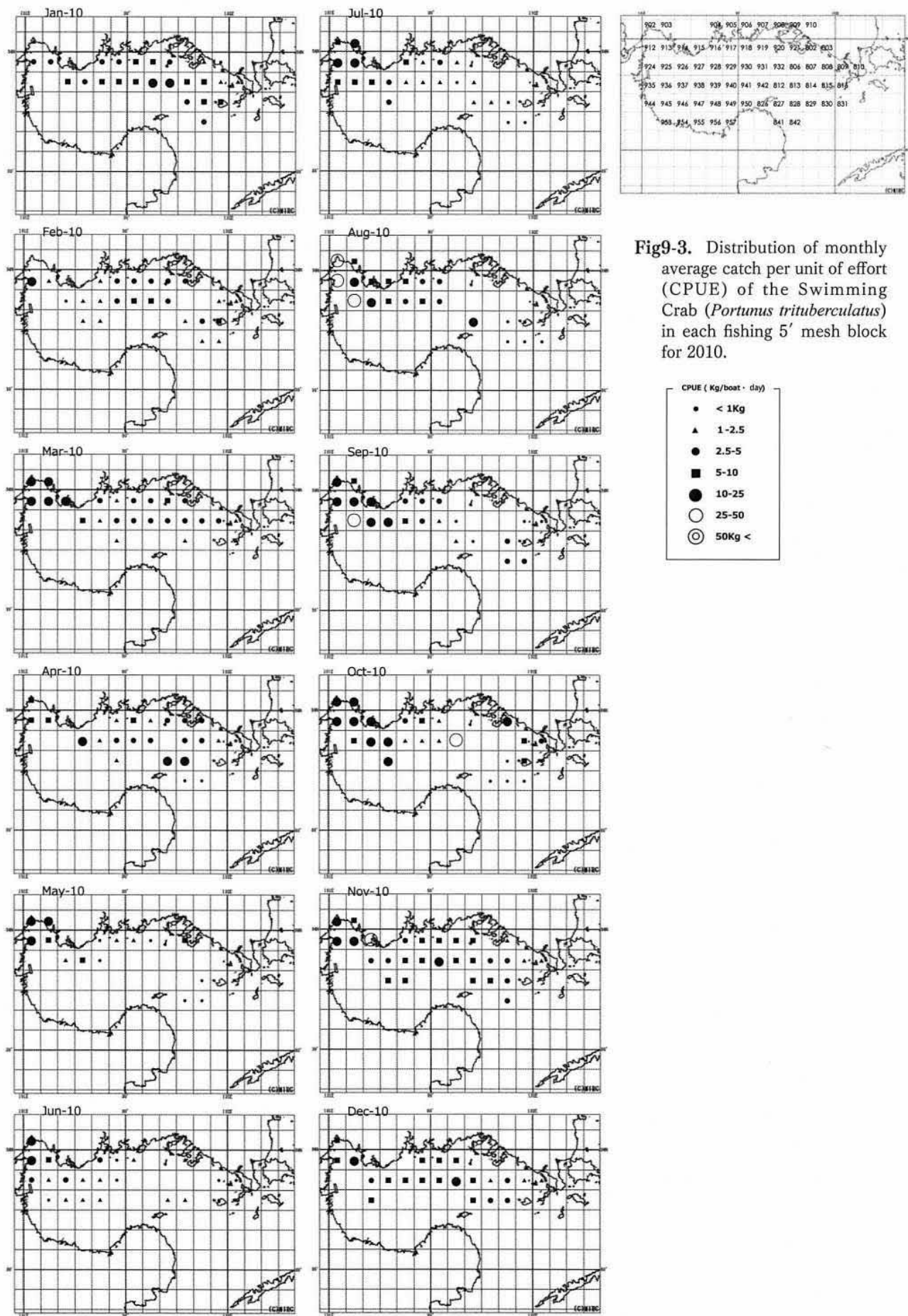


Fig9-2. Distribution of monthly average catch per unit of effort (CPUE) of the Swimming Crab (*Portunus trituberculatus*) in each fishing 5' mesh block for 2009.



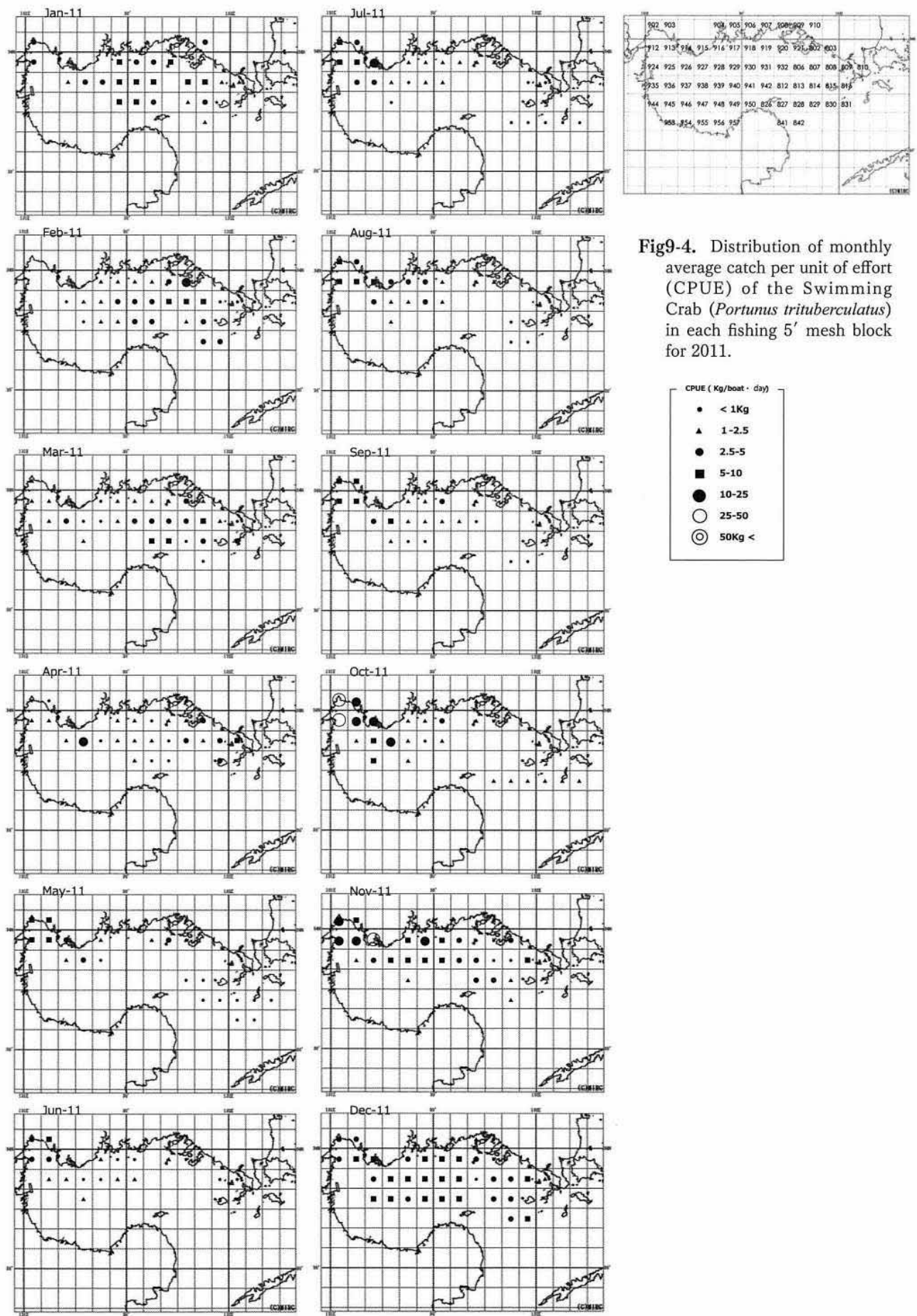


Fig9-4. Distribution of monthly average catch per unit of effort (CPUE) of the Swimming Crab (*Portunus trituberculatus*) in each fishing 5' mesh block for 2011.

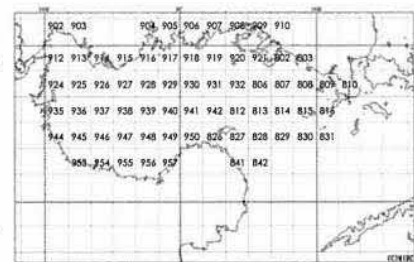
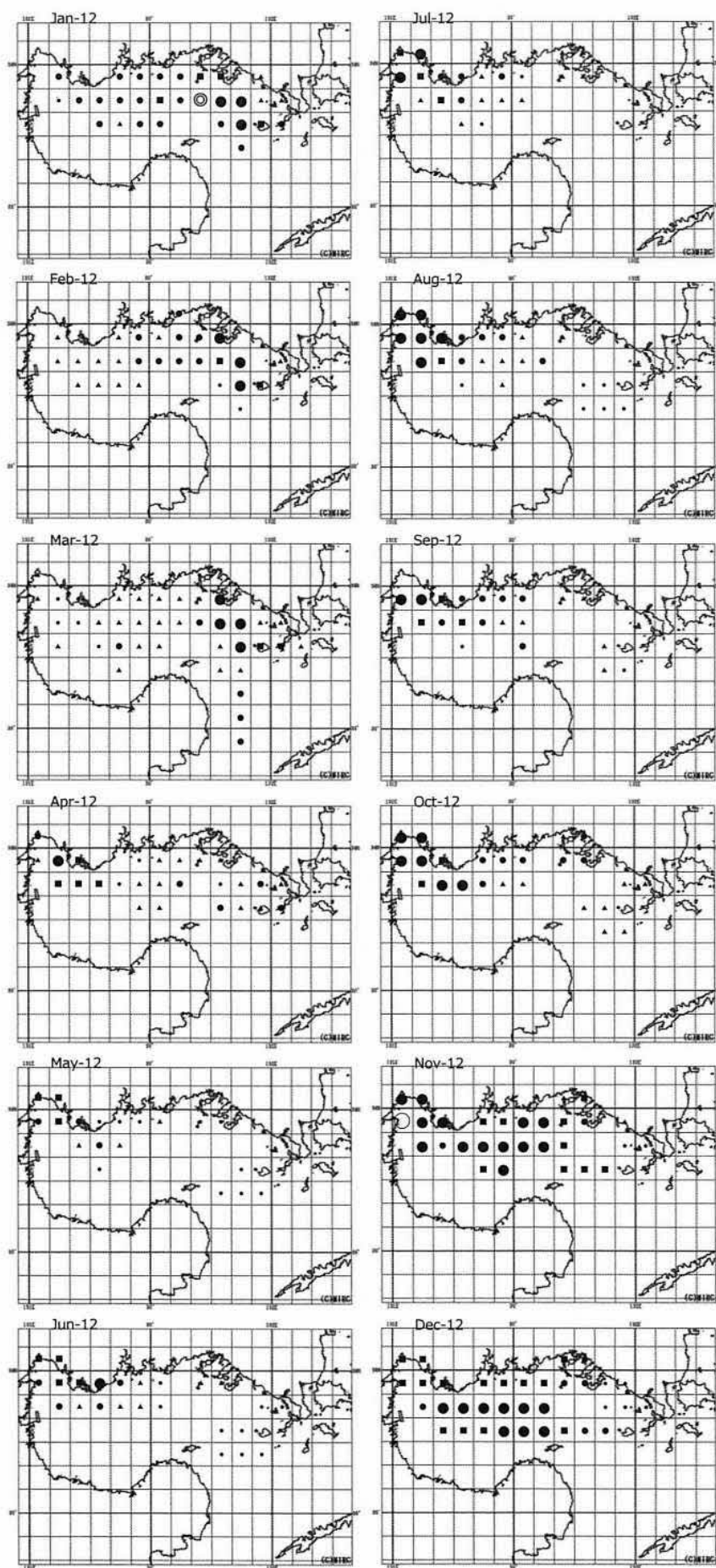
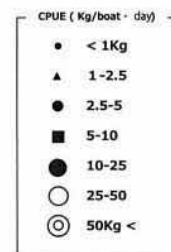


Fig9-5. Distribution of monthly average catch per unit of effort (CPUE) of the Swimming Crab (*Portunus trituberculatus*) in each fishing 5' mesh block for 2012.



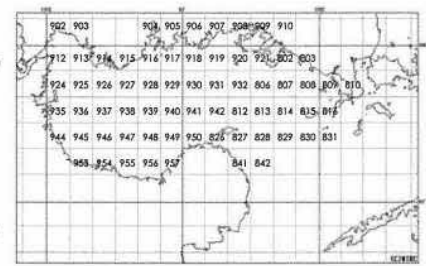
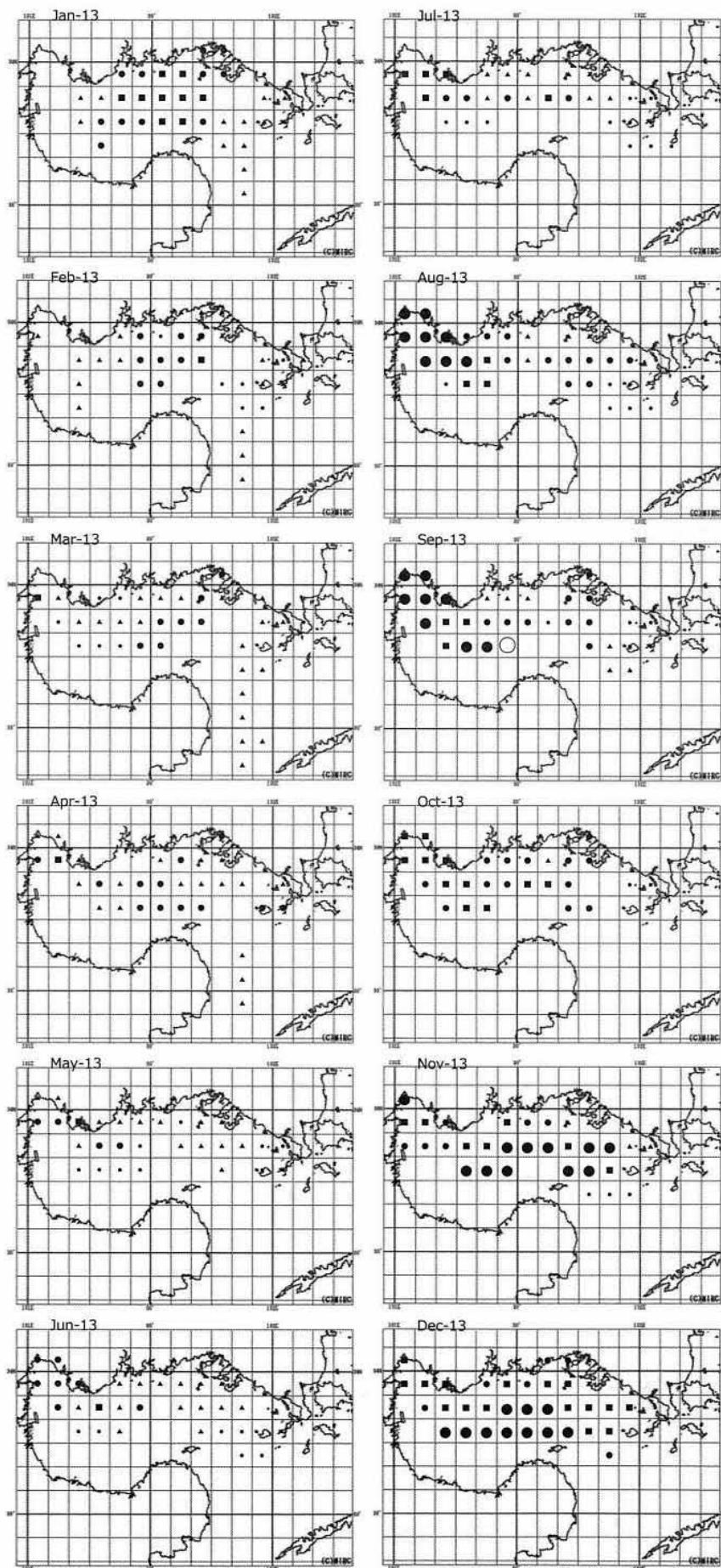
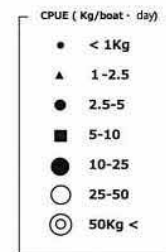


Fig9-6. Distribution of monthly average catch per unit of effort (CPUE) of the Swimming Crab (*Portunus trituberculatus*) in each fishing 5' mesh block for 2013.



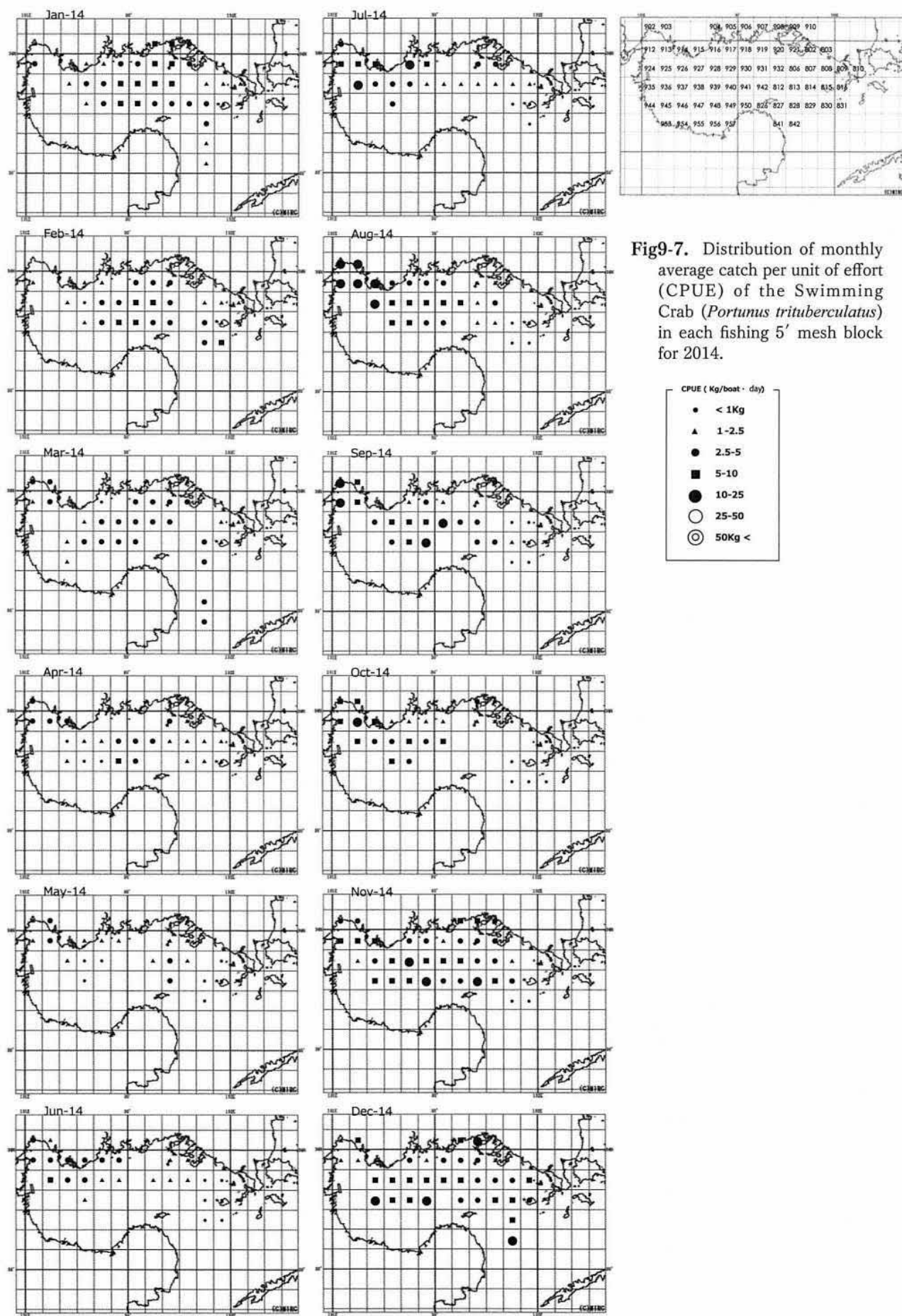


Fig9-7. Distribution of monthly average catch per unit of effort (CPUE) of the Swimming Crab (*Portunus trituberculatus*) in each fishing 5' mesh block for 2014.

山口県下関市木屋川水系白根川における 陸封型ワカサギの生態 - I 産 卵 生 態

小林 知吉*

Ecology of Landlocked pond smelts, *Hypomesus nipponensis* from
Shirane River belonging to Koya River in Shimonoseki City,
Yamaguchi Prefecture - I
Spawning Ecology

Tomokichi KOBAYASHI

The pond smelts, *Hypomesus nipponensis* of the Toyota lake are the landlocked type and have been released by way of fertilized eggs from 1957 to 2012.

Author recently obtained information that the pond smelts have spawned in the Shirane river which flows into the Toyota lake. However the spawning behavior of this species from the concerned area has not been investigated up to now. Author investigated the spawning behavior of the species from 2009 to 2012 in the Shirane river.

The spawning period of pond smelts, *H. nipponensis* was from late February to late April with main activity in March. The best spawning beds are composed of gravels 1,000-2,000 μ m grains and the depth of spawning place was 20-35cm. The upstream of parent school began evening and the school swam along the shore. The spawning took place once every 24 hrs and that during nighttime. The best spawning beds were used many times during the spawning season. Observing the length of smelts in the parent school, small size fishes and large size fishes appeared alternately each year. To sum up the small size fishes appeared in odd years and the large size fishes in even years.

Key words : *Hypomesus nipponensis*; Behavior of up-streaming fishes; Spawning period; Density of spawning eggs.

キーワード：ワカサギ；遡河行動；産卵期；産出卵密度

キュウリウオ科 Osmeridae に属するワカサギ *Hypomesus nipponensis* McAllister は北海道および島根県以北の本州に分布し、河川の下流域から内湾沿岸域、湖沼に生息する¹⁾。本種は遊漁の対象として人気の高い魚であるため、本来分布していない全国各地の湖沼へ移植されており、下関市豊田町の豊田湖産ワカサギもその例に該当する。当湖は1955年の木屋川ダムの建

造にともなって造成された人工湖で、流入河川は長門市大字俵山に源流を持つ本流の木屋川と、支流河川の今出川および白根川である。当湖では1957年以降現在に至るまで長野県諏訪湖産の陸封型ワカサギの受精卵放流が続けられており、直近の1997～2012年の放流卵数は平均1,400万粒/年である（下関市豊田総合支所農林課調べ）。

* 元 山口県水産研究センター外海研究部 専門研究員
現 つのしま自然館 非常勤職員

著者は、2009年に豊田湖に注ぎ込む白根川においてワカサギが産卵しているとの情報を現地住民から入手した。このことは、本来の生物地理学的分布域外に移植された魚が新しい環境に馴化し、再生産を行っていることを意味している。また、豊田湖は山間のダム湖であり、海と隔絶しているため、当湖産ワカサギは諏訪湖産ワカサギと同様に陸封型の生活を送っている。先述のように1957年から2012年までの56年間にわたる放流実績があるにもかかわらず、当湖産ワカサギの生態調査は行われていない。そこで、筆者は白根川における本種の産卵生態を明らかにし、豊田湖産ワカサギ資源の維持に資する目的で、2009年から2012年にかけて本調査を実施した。

材料と方法

調査河川である白根川は、下関市豊田町大字今出の古屋敷(左岸)と石原田(右岸)を起点とした平均流路長約3kmの小河川で、豊田湖に注ぎ込む(Fig.1)。

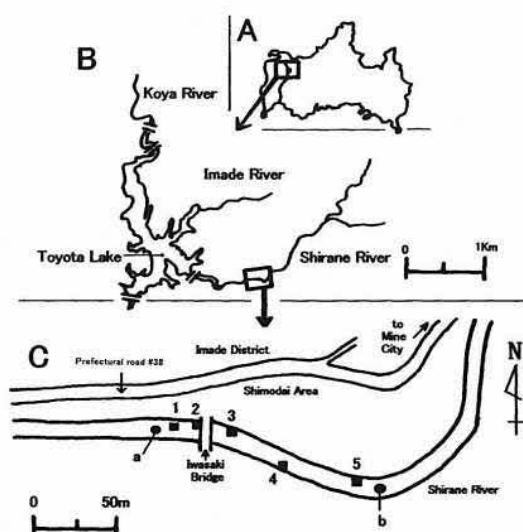


Fig.1 Locality of the investigative field.

A : Yamaguchi Pref., B : around the Toyota Lake, C : investigative stations in Shirane River. a : Futagoiwa (tentative name), b : upper edge of Maimai Pool.

■ : Investigative station. Each station is corresponding to Table 1.

調査区域

同町大字台字下台に架かる石橋(仮称:岩崎橋, Fig. 2-A)を起点にして上流100m, 下流25m, 最大川幅約12mを範囲とし、その中に5定点を設定した。各定点の水深は20~35cmの範囲にある(Fig.2, Table 1)。

調査年月日

2009年(以下, '09年と表記)には3月11~26日の間

Table 1 Condition of investigative stations in Shirane River.

Station	Condition	Depth *(cm)	Distance from Iwasaki Bridge** (m)
a	Futagoiwa** formed with big two rocks	-	24
1	Shoal between Futagoiwa and Iwasaki Bridge	20	12
2	Right shore directly under Iwasaki Bridge	30	0
3	Right shore above Iwasaki Bridge	35	14
4	Left shore of Iwasaki Rapid**	20	48
5	Right shore of Maimai Pool	20	92
b	Upper edge of Maimai Pool	-	102

*: Depth is average during the investigative period. Depth changes with discharge from dam gate and precipitation.

** : Tentative name

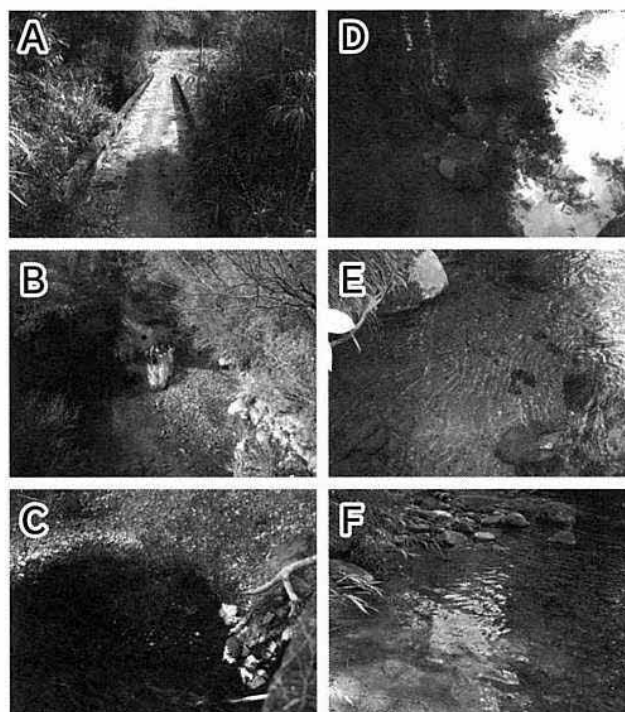


Fig.2 Feature of each station.

A : Iwasaki Bridge (tentative name), B : Station 1 is the shoal and large gravel bottom. C : Station 2 is small gravel bottom. D : Station 3 set an artificial spawning bed in small gravel bottom. E : Station 4 is sandy gravel bottom. F : Station 5 is sandy gravel bottom.

Each station is corresponding to Table 1.

に3日行った。2010年(以下, '10年と表記)には1月3日から4月13日の間に21日, 2011年(以下, '11年と表記)は1月11日から5月6日の間に30日, 2012年(以下, '12年と表記)には2月14日から4月10日に22日実施した。

調査項目

水温測定

各定点において携帯用防滴型デジタル温度計((株)佐藤計量器製作所製)により、各調査日の調査開始時に表層水温を測定した。

遡河魚採集，雌雄判別および魚体測定

調査区域内に遡上する魚群をたも網で採集し，全長(mm, TL)を雌雄別に測定した。雌雄の判別は腹部を圧して放精，放卵を確認する搾出法と腹部切開による生殖腺の肉眼観察によった。また，'11年調査では，遡上量の時系列の変化を求めるために3月25，29日および4月1日に10分間隔で遡上魚の採集を行った。採集方法は，水深約30cmの産卵場の川底にたも網を敷き，網上を通過する魚群をすくい取る方法である。採集時間帯は遡上を開始された時刻から概ね1時間とした。

底土採集による産出卵採集

本種の受精卵は沈性付着卵であるため，各定点で底土を採集した。底土の採集には小孔のある金属製円筒(直径7.0cm，高さ2.0cm)とスクレーパー(最長幅10.0cm)を用いた(Fig.3)。底土に付着した卵は底土とともに現場の水に浸漬して持ち帰り，発生段階を実体顕微鏡で確認した後，肉眼により付着卵を計数した。卵採集から卵の検鏡までの所要時間は概ね1時間であった。

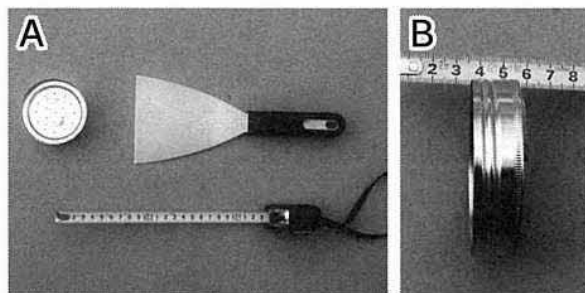


Fig.3 Mud collecting tools.

A : metallic canister (left), scraper (right),
B : lateral side of canister.

人工産卵床による産出卵採集

'10年の調査では，人工産卵床(以下，人工床と表記)の有効性を確認するため，任意の大きさのベニヤ板全面に防虫網(耐候性ポリプロピレン，24メッシュ(網目0.84mm)，ダイオ化成(株)社製)を張ったものを使用した。'11年と'12年の調査では，ベニヤ板にビニールテープで20cm × 20cmの区画を作った後，板全面に前述の防虫網を張りつけたものを使用した(Fig.4)。この人工床を各定点に設置し，産卵が確認された際には，'10年では，卵付着部の面積を現場で測定し，切り取った。一方，'11年と'12年の場合は，卵が付着した防虫網の20cm × 20cmの区画部分を切り取った。切り取った卵付着網は現場の水に浸漬して持ち帰り，直ちに卵の発生段階を実体顕微鏡で確認し，計数した。卵採集から卵の検鏡までの所要時間は前述と同様，概ね1時間であった。

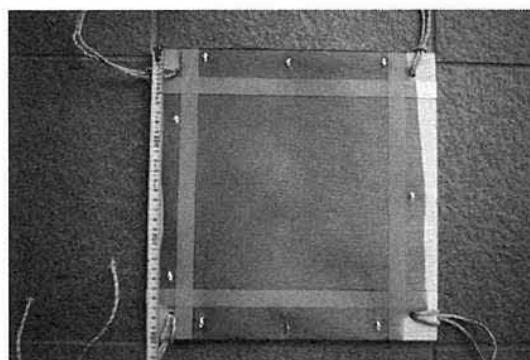


Fig.4 Artificial spawning bed.

Bed is made with a plywood covered by mosquito net. Opening of net is 1.0 mm.
Area surrounded with white vinyl tape is 400 cm².

底土の粒度分析

天然床での産出卵採集の際，産卵が確認された底土について，ふるい分析法(規格JIS A 1204)による粒度分析を行った。試料は'09年，'10年および'11年の各3月に採取したもので，採取定点はStn.2，Stn.4およびStn.5とした。

結果および考察

産卵の確認と人工床の有効性

'09年3月11日の調査では，地元住民が産卵場とみなしていたStn.4とStn.5で遡河魚群が確認され，Stn.5で25個体を採集した。また，3月19日にはStn.4で100個体を採集した。両群とも腹部を圧すると放卵，放精する個体が多数認められた。さらに，3月26日には，両定点で採取した川底の砂礫に多数の付着卵が確認され(Fig.5-A)，Stn.5で採集された卵は輸送中にふ化していた。このふ化仔魚は猿渡ら²⁾に従ってワカサギと同定されたことから，豊田湖のワカサギの一部は白根川を遡上，産卵していることが確認された。

'10年2月23日の夜間にStn.3に人工床を設置した結果，翌朝には同床に本種の多数の卵が認められことから，人工床の有効性が確認された(Fig.5-B)。

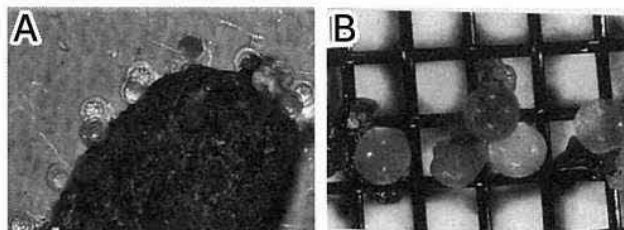


Fig.5 Spawned eggs of pond smelts, *H. nipponensis*.

A : eggs adhered to a gravel,
B : eggs adhered to the net of artificial spawning bed. Mesh size: 0.84mm.

遡河魚の行動

遡上の初確認月日は'10年は2月23日, '11年では2月9日, '12年は2月14日であった。親魚は水深20cm程度の汀線を群泳, 遡上し, 水深の大きい中央域を上る群れは観察されなかった。遡上は薄暮時から夜間にかけて認められ, 昼間にはほとんど観察されなかった。

'11年に実施した10分間隔での遡上量の時系列変化をみると (Table 2), 遡上開始が最も早い群れは17時30分 (3月29日) に認められ, 遅い群れは18時10分 (3月25日) であった。調査をとおして, 遡上開始1時間後までの最大遡上量は18時10分 (4月1日) から18時40分 (3月25日) の間に認められた。

Table 2 Number of individuals of pond smelts, *Hypomesus nipponensis* caught at ten-minute intervals.

March 25, 2011		March 29, 2011		April 1, 2011	
Catching time	No. of individuals	Catching time	No. of individuals	Catching time	No. of individuals
18:10	4	17:30	19	17:40	20
18:20	15	17:40	53	17:50	39
18:30	19	17:50	58	18:00	71
18:40	39	18:10*	53	18:10	103
18:50	4	18:20	99		
19:00	10	18:30	57		

*: Start time of catch was at 18 o'clock.

以上から, 親魚は薄暮時に群れを形成しつつ, 水深の浅い汀線に沿って遡上を開始し, 時間の経過とともにその数を増加させていき, 遡上量が最大になるのは18時以降と思われた。しかし, 今回の調査では遡上量が最大となる時刻は明確にできなかった。鳥澤³⁾によれば, 網走湖産ワカサギの遡上は夜間に限られているとされているので, 本湖においても夜間に連続調査を行い, 確認する必要がある。

遡河魚の体長組成

Fig.6に各年の調査で採集した全て魚の全長組成を示した。これによると, '09年群では範囲は62~88mm TLで, モードは72~74mm TLであった。'10年群は同じく70~98mm TL, 82~84mm TLとなり, 前年より範囲で8~10mm TL, モードで10mmほど大きくなっていた。'11年群をみると, 範囲は48~80mm TL, モードは64~70mm TLで, 前年の'10年群より範囲で22mm TL, モードで18~14mm TLほど小さくなっており, '09年群に比べて範囲で14~8mm TL, モードで8~4mm TLほどさらに小さくなっていた。'12年群では, 範囲は74~98mm TL, モードは84~86mm TLとなり, '10年群とほぼ類似した組成となっており, '11年群より範囲で26~18mm TL, モードで20~16mm TLほど大きくなっていた。

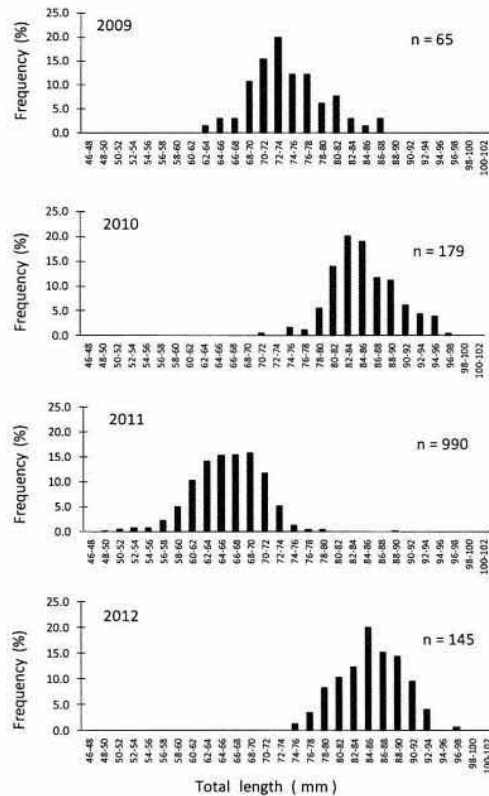


Fig.6 Distribution of total length of pond smelts, *H. nipponensis*.

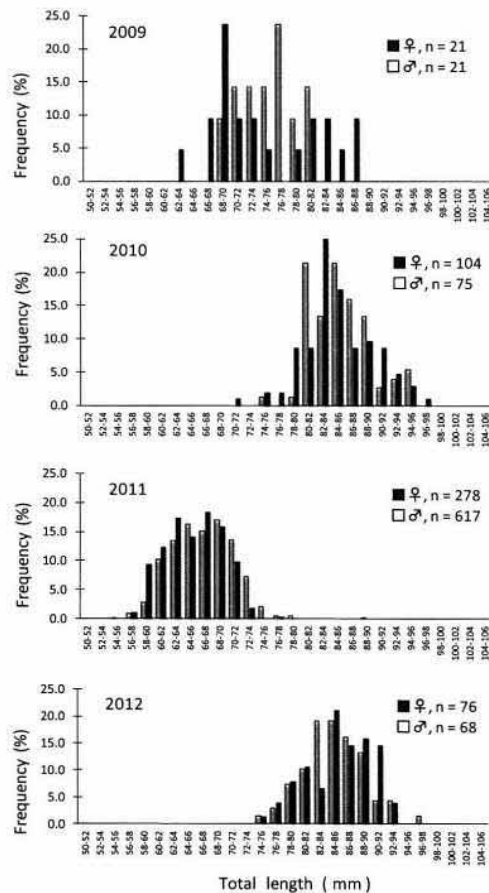


Fig.7 Distribution of total length of female and male pond smelts, *H. nipponensis* respectively.

このように、全採集魚の全長組成の経年変動には小型群と大型群が年交替を繰り返し、奇数年には小型群、偶数年には大型群が出現するという現象が認められた。そこで、この現象が雌、雄それぞれの全長組成にどのように反映しているかを調べた結果、各年雌、雄の組成に大差はみられず、雌、雄とも小型群と大型群を年交替で繰り返していた (Fig.7)。この現象は岩手県閉伊川産の遡河回遊型ワカサギでも観察されており、密度効果に起因するとされている⁴⁾。しかしながら、今回の4年間の調査では、この要因を密度効果とする十分なデータが得られておらず、今後の課題として残された。当湖産陸封型ワカサギでも遡河回遊型ワカサギと同様に小型群と大型群が年交替を繰り返す現象が生じていることは、ワカサギの生態を調べる上での今後の留意点である。

性比

採集回数と供試個体数が多い'11年群について、性比を調べた (Fig.8)。雌の出現状況をみると、最初に遡河が確認された2月9日は全体 (50個体) の98%が性不明、2%が雄であり、雌は認められなかった。3月に入ると雌の出現が始まり、全体に占める雌の割合は3月1日が13%、同5日に33%、同8日には43%と徐々に高率となり、18日には46%となった。その後は30~40%台で推移し、4月7日には51%と最高となった。しかし、4月12日には19%と急落し、4月26日以降には雌は確認されなかった。3月以降の性比の変動は、網走湖で遡上初期には雄の割合が高いが、盛期になると雌の割合が増加し、末期には再び雄の割合が高くなる³⁾という現象と一致している。

雄の割合は4月7日を除き、期間をとおして雌より高率となっており、概ね50%以上で推移していた。

全期間をとおした性比は、雌1.0に対して雄1.9となっており、雄は雌の約2倍となっていた。

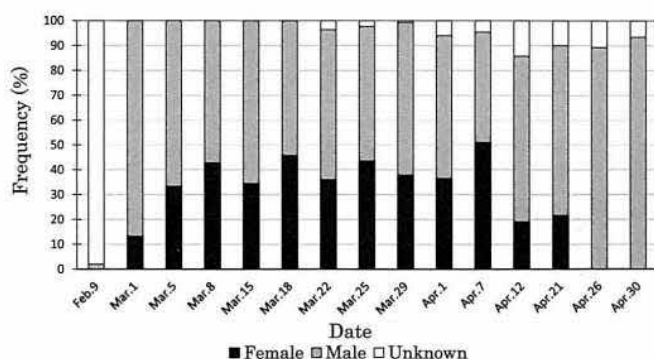


Fig.8 Frequency distribution of appearance of female and male pond smelts, *H. nipponensis* in 2011

産卵期間

'10~'12年における産出卵の初確認日は'10年の2月23日が最も早く、天然産卵床 (以下、天然床と表記) で43,400粒/m²が産出されていた。一方、最終確認日は'11年4月26日が最も遅く、人工床で2,100粒/m²が産出されていた (Table 3)。さらに、'11年群の雌の出現盛期が3月に見られたことから、当地における産卵期間は概ね2月下旬から4月下旬、盛期は3月と推察された。

ワカサギの産卵期間については、網走湖³⁾で4月~5月、岩手県閉伊川⁴⁾では4月~6月下旬 (盛期は4月下旬~5月下旬)、長野県諏訪湖⁵⁾では2月上旬~3月下旬、鹿児島県鰻池⁵⁾では2月~3月であり、本調査結果は諏訪湖、鰻池とほぼ同時期となっていた。このように、ワカサギの産卵期は南方域で早く、北方域で遅くなる傾向がある。しかし、本県に最も近い島根県宍道湖では1月中旬~2月中旬⁶⁾であり、宍道湖より南方に位置する豊田湖より約1ヶ月早く、かつ、期間も短い。藤川ら⁶⁾は産卵期間の違いは資源量の多寡に起因しているが、豊田湖産ワカサギについては、漁業資源に関する資料が皆無であるため、比較、検討はできない。

産出卵

天然床と人工床の産出卵について、'10年と'11年に産卵盛期である3月における定点別の産出卵密度と卵内発生状況を調べた (Table 3)。天然床の産出卵密度についてみると、'10年は21,800~1,263,600粒/m²、'11年には3,400~1,402,800粒/m²となっており、概ね3月上旬に高密度となる傾向がみられた。高密度の分布が認められたのはStn.4で、次いでStn.2であった。同一採集卵群の卵内発生段階をみると、ほとんどの卵群で異なる発生段階が存在し、桑実期から発眼期までが認められた。出現頻度が高かったのは胞胚期、次いで胚体形成期であった。

人工床における産卵盛期での産出卵密度は、'10年で5,300~61,000粒/m²、'11年では200~54,800粒/m²であった (Table 3)。両年をとおしてみると、天然床と同様、Stn.2およびStn.4の人工床で高密度となる傾向がみられた。

'11年3月のStn.2とStn.4における人工床設置日数と産出卵密度との関係を見ると、両点とも短期間で高密度になる事例と、長期間であっても低密度となる事例が認められた。卵内発生段階をみると桑実期から胚体形成期までが認められ、胞胚期の出現頻度が高かった。同一人工床の卵内発生段階は天然床の場合と比べ、異なる発生段階が混在している事例は少なかった (Table

Table 3 Number and density of pond smelt eggs collected by two types of spawning bed in spawning season of each year.

Date	Natural spawning bed				Artificial spawning bed					
	Stn.	Number and density of eggs*		Stages of egg development***	Stn.	Setting period of bed (day)	Area of collection (m ²)	Number and density of eggs		Stages of egg development***
		Number	Density (ind. / m ²)**					Number	Density (ind. / m ²)**	
Feb. 23. '10	2	165	43,400	—	3	6	0.0883	172	1,900	—
Feb. 26. '10	2	335	88,100	—	3	3	0.1435	2,541	17,700	—
	3	70	18,400	—						
Mar. 1. '10	3	83	21,800	D	3	3	0.0506	272	5,300	C
	4	192	50,500	B						
Mar. 3. '10					4	1	0.0494	1,282	25,900	C
Mar. 4. '10	3	112	29,400	—	3	3	0.1380	1,301	9,400	—
	4	4,802	1,263,600	B, C, D	4	1	0.0475	2,901	61,000	C
Mar. 16. '10					4	9	0.0580	385	6,600	—
Mar. 19. '10	4	1,441	379,200	—						
Mar. 23. '10					4	4	0.0400	468	11,700	B, E
Mar. 25. '10	4	343	90,200	—						
Apr. 13. '10	4	157	41,300	De						
	4	12	3,100	B						
Mar. 1. '11	2	83	21,800							
Mar. 4. '11					1	3	0.0400	11	200	—
					2	3	0.0400	51	1,200	—
Mar. 5. '11	2	1,218	320,500	C, D	2	1	0.0400	612	15,300	C
Mar. 8. '11					2	3	0.0400	35	800	C
Mar. 11. '11	2	1,415	38,100	C, D						
	4	72	18,900	C, E						
	5	45	11,800	B, C						
Mar. 15. '11	4	145	38,100	C, D, E	2	7	0.0400	153	3,800	C, D
	5	13	3,400	C, E	4	4	0.0400	216	5,400	C
Mar. 18. '11					2	3	0.0400	74	1,800	C
					4	3	0.0400	390	9,700	C
					5	3	0.0400	0	0	—
Mar. 22. '11					2	4	0.0400	809	20,200	—
					4	4	0.0400	0	0	—
					5	4	0.0400	0	0	—
Mar. 25. '11					2	3	0.0400	621	15,500	—
					4	3	0.0400	103	2,500	—
Mar. 29. '11	4	5,331	1,402,800	E	2	4	0.0400	2,194	54,800	—
					4	4	0.0400	0	0	—
Apr. 1. '11					2	3	0.0400	735	18,300	—
Apr. 5. '11					2	4	0.0400	176	4,400	—
Apr. 7. '11					2	2	0.0400	1,734	43,300	—
					4	3	0.0400	0	0	—
Apr. 12. '11					2	5	0.0400	841	21,000	—
					4	5	0.0400	0	0	—
Apr. 19. '11					1	7	0.0400	24	600	—
					2	7	0.0400	38	900	—
Apr. 22. '11					2	14 hours	0.0400	204	5,100	B
Apr. 26. '11					1	10 hours	0.0400	47	1,100	—
					2	10 hours	0.0400	86	2,100	—

*: Area of collected eggs was 0.0038m².

**: Round down to the nearest hundred.

***: Stages of egg development ; A : 16–32cell stage, B : morula, C : blastula, D : formation of embryo, E : formation of optic vesicles
F : appearance of pigments on optic vesicles, De : death.

3)。

以上のとおり、同一場所で同時に採集された卵群で異なる卵内発生段階が認められたことから、同一場所が異なる親魚群によって産卵場として利用されている可能性が窺われた。

'12年3月上旬から4月上旬に6回、Stn.2に人工床を設置し、設置24時間前後の産卵状況を調べた結果、6回の試験すべてで卵が採集された (Table4)。産出卵密度は、最多が11,000粒 / m² (設置後21.5時間目)、最少は900粒 / m² (設置後24.0時間目) であった。卵の発生段階は、1回目では桑実期および胞胚期と異なる発生段階の卵が混在していたが、3回目以降では同一の発生段

階であり、胞胚期に達していた。なお、期間中の連続した水温は記録しなかったが、各人工床取り上げ時の水温は9.0～11.3℃であった。このことから、この水温帯では、受精から概ね24時間で胞胚期に達すると思われる。

以上の天然床、人工床での産出卵の状況から、産出卵の密度が高く、かつ、異なる発生段階の卵群が存在する場所は、複数の親魚群により時間差をもって産卵に利用され、産卵に好適な場所であると推察された。なお、産卵の時間差については、胞胚期の出現頻度が最も高かったことから、約24時間後に次の群れによる産卵が行われると思われる。つまり、親魚の遡上時間

Table 4 Number and density of pond smelt eggs collected by artificial spawning bed after about 24 hours of setting.

Date	Setting period of bed (hours)	Number and density of eggs		Stages of egg development**	Water temperature (°C)
		Number	Density (ind. / m ²)*		
Mar. 5. '12	21.5	441	11,000	A, B, C	9.3
Mar. 21. '12	20.0	95	2,300	B	9.4
Apr. 1. '12	25.0	359	8,900	C	10.9
Apr. 2. '12	24.0	281	7,000	C	11.3
Apr. 5. '12	26.0	57	1,400	C	10.9
Apr. 7. '12	24.0	36	900	C	9.0

*: Area of collected eggs was 0.04m². Round down to the nearest hundred.

** : Stages of egg development : A: 16-32cell stage, B: morula, C: blastula

を考慮すれば、産卵は1日に1回、夜間に行われ、翌日の同時時間帯に次の産卵親魚群が遡上、産卵すると思われる。

産卵場の粒度組成

産卵床の底土は Stn.2, Stn.4 および Stn.5 の全定点で粒径 1,000 μm 以上の中礫と礫が主体 (67～99%) であった。特に、Stn.2 では粒径 2,000 μm 以上の礫が 97%、Stn.4 では同じく 76～81% となっており、礫の占める割合が高かった (Fig.9)。

白石⁵⁾ は 2～3mm の砂粒が礫に混じる場所を産卵場の要件としている。また、米田ら⁷⁾ の北海道内の河川、湖沼の調査によると、産卵場の底質は 1～2mm の粗砂分を中心とした砂礫であるとしており、本調査結果と同様の結果を得ている。以上から、底土の粒度組成からみた産卵場の条件は、粒径 1,000～2,000 μm の中礫と礫で構成された場所と言えよう。

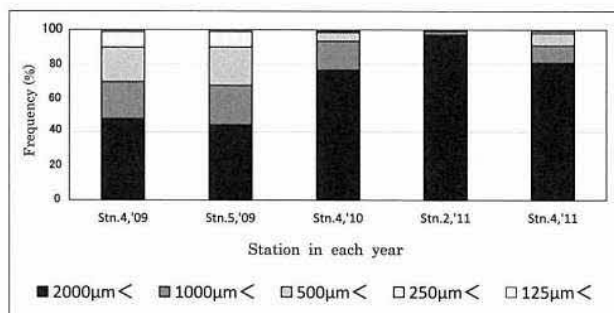


Fig.9 Size distribution of grain of natural spawning beds of pond smelts, *H. nipponensis*.

要 約

下関市豊田町の豊田湖では 1957 年から '12 年かけて陸封型ワカサギ *H. nipponensis* の受精卵放流が行われてきたが、これまで当湖における生態調査は皆無であったため、本調査を行った。

当湖における本種の産卵期は 2 月下旬から 4 月下旬で、盛期は 3 月であった。産卵場は水深が 20～35cm、底土の粒度が 1,000～2,000 μm の中礫と礫で構成され

ることが条件と推察された。親魚の遡河行動は薄暮時に開始され、産卵は 1 日 1 回、夜間に行われていた。好適産卵場は産卵期をとおして、複数の親魚群に幾度も利用されていた。'09～'12 年の親魚の年別体長組成から、親魚群は小型群と大型群が年交替しており、奇数年には小型群、偶数年には大型群が出現した。この要因については今後の課題として残された。

謝 辞

本調査を物心ともに継続的に支えていただいた下関市豊田町台在住の岩崎 毅・穂子ご夫妻に深謝します。山口県水産研究センターの有菌真琴、仲野武二両所長 (当時) をはじめ、同センター外海研究部海洋資源グループ職員には調査器具の使用や貸与に多大の便宜を図っていただいた。英文作成にあたっては Wilfried Derudder 氏に指導をいただいた。下関市豊田総合支所農林課職員にはワカサギ受精卵放流資料の提供をいただいた。ここに感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 細谷和海 (2000) : キュウリウオ科 Osmeridae. 日本産魚類検索全種の同定第 2 版 I (中坊徹次編) 東海大学出版会, 東京, pp.295-296.
- 2) 猿渡敏郎・沖山宗男 (1988) : キュウリウオ科 Osmeridae. 日本産稚魚図鑑 (沖山宗男編), 東海大学出版会, 東京, pp.65-67.
- 3) 鳥澤 雅 (1999) : 網走湖産ワカサギの生活史多型分岐と資源変動機構. 北海道立水産試験場研究報告, (56), 1-117.
- 4) Sasaki, T, T Saruwatari and S Watanabe (2003) : Spawning Ecology of Anadromous Wakasagi, *Hypomesus nipponensis* inhabiting Hei River in Iwate, Japan. Suisanzoshoku, 51 (2), 141-150.
- 5) 白石芳一 (1961) : ワカサギの水産生物学的ならびに資源学的研究. 淡水区水産研究所研究報告, 10 (3), 1-263.
- 6) 藤川裕司・片山知史 (2014) : 宍道湖, 中海におけるワカサギの産卵場と産卵期. 水産増殖, 62 (4), 375-384.
- 7) 米田隆夫・井出康郎・井上 聡・今井 肇 (1996) : 北海道の河川, 湖沼におけるワカサギの産卵環境について. 土木学会北海道支部論文報告集, 第 52 号 (B), 384-389.

山口県水産研究センター研究報告 第13号

2016年3月発行

編集・発行者 山口県水産研究センター

〒759-4106 山口県長門市仙崎 2861-3

TEL: 0837-26-0711 FAX: 0837-26-1042

E-mail: a16402@pref.yamaguchi.lg.jp

<http://www.pref.yamaguchi.lg.jp/cms/a16500/uminari/uminari-top.html>

外海研究部 (同上)

内海研究部 〒754-0893 山口市秋穂二島 437-77

TEL: 083-984-2116 FAX: 083-984-2209

E-mail: a16403@pref.yamaguchi.lg.jp
