

I 調査課題名

資源増殖対象種の生態特性に配慮した漁場整備手法の開発

II 実施機関名、部局名及び担当者名

実施機関;水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所、玉野栽培漁業センター

担当者 ;玉野栽培漁業センター 小畑泰弘(総括、ガザミ総括)

瀬戸内水研・栽培資源部・資源増殖研究室 重田利拓(カレイ類総括)

瀬戸内水研・栽培資源部・資源増殖研究室 薄 浩則(カレイ類)

瀬戸内水研・栽培資源部・栽培技術研究室 崎山一孝(ガザミ)

III 調査実施年度 平成 19～21 年度

IV はじめに

沿岸の干潟は、その場で生息する魚介類のみならず、沖合から産卵のために来遊してくる魚類にとっても重要な場でもある。生活史の中で干潟を利用する沿岸重要資源の多くは資源状態が悪化しており、その一因として干潟の減少が指摘されている。そのため、消失した干潟の回復・造成に取り組む例が増加してきている。しかし、多くの場合、アサリ等二枚貝を通じた機能評価、造成技術等に留まり、その他魚介類の生息場、或いは干潟やその周辺に産卵のため来遊する魚類の繁殖場としての整備の考え方が整理されるに至っていない。一方、沿岸重要魚種の資源回復に関しては、漁業管理、漁場環境整備と合わせて、栽培漁業の種苗放流が有効な手段とされるが、種苗放流と連携して干潟環境の整備が行われた事例はほとんどない。

本課題では、瀬戸内海において、アサリ以外の沿岸重要種としてガザミおよびカレイ類(イシガレイ、マコガレイ)を選定し、天然の生態調査及びガザミについては人工種苗放流を行って、その成長や生態変化に対応して干潟に求められる環境等の検討を行い、これらの資源増殖に有効な干潟整備条件を明らかにする。

V 調査方法

1 ガザミ

(1) 調査内容及び調査場所

ガザミでは、天然海域の環境に近く、しかも一定の環境条件を設定できる実験池(瀬戸内海区水産研究所百島実験施設)を利用し、模擬放流実験により、成長段階に応じた最適な底質等の生息条件、生息密度や餌料条件等を可能な限り定量的に把握した。模擬放流実験に先立ち、ガザミ稚ガニの潜砂行動に関する基礎的知見を得るための水槽実験を玉野栽培漁業センターで行った。更に、広島県福山市田尻地先の人工干潟を含む天然海域(図V-1-1)において、人工種苗放流を行い、模擬放流実験との比較により、増殖場としての干潟条件の検討を行った。

(2) 稚ガニの潜砂に関する水槽試験

1) 各齢期における潜砂能力に関する試験

粗砂(0.85～2mm)、中砂(0.25～0.85mm)、細砂(0.075～0.25mm)を敷いた 1L ビーカーに、ガザミ種苗をそれぞれ収容し、30 分後の潜砂状況を観察した。潜砂の状況は 4 段階とし、甲の全てが砂で隠れる状態を潜砂、甲の 3/4、1/2 及び 1/4 が隠れる状態をそれぞれ 3/4 潜砂、1/2 潜砂及び 1/4 潜砂とした。また、甲に砂がかかっていない状態を潜砂しなかったと判断した。試験には玉野栽培漁業センターで生産されたガザミ稚ガニ第 1 齢(C₁、平均全甲幅 4.8mm)～第 6 齢

(C₆、同 27.2mm)の各齢期の人工種苗 30 尾ずつを用いた。

2) 砂質の選択性に関する試験

試験 1 では、礫 (2~4mm)、粗砂、中砂、細砂の 4 段階の粒径について、それぞれの 6 通りの組み合わせで試験を行った。トリカルネット (4mm 径) で作成した縦 10cm×横 10cm×高さ 5cm のかご 2 つを連結し、80 目のメッシュを敷いて 2 種類の砂を厚さ 2cm で入れ、一方の砂へ収容した稚ガニ (C₄) の 2 時間後の移動を見た (図 V-1-2)。1 つの組み合わせにつき、稚ガニの置く砂質を変えて、それぞれ 10 回試験を行った。試験 2 では、同じ素材で作成した縦 40cm×横 40cm×高さ 5cm のかごを 16 区画に分けて、80 目のメッシュを敷いて試験 1 と同じ 4 段階の砂をランダムに 4 カ所ずつ厚さ 2cm で入れた (図 2)。稚ガニ (C₄) 8 尾を等間隔に分散させて収容し、1 夜後に定着した砂の種類を記録して砂質の選択性を見た。

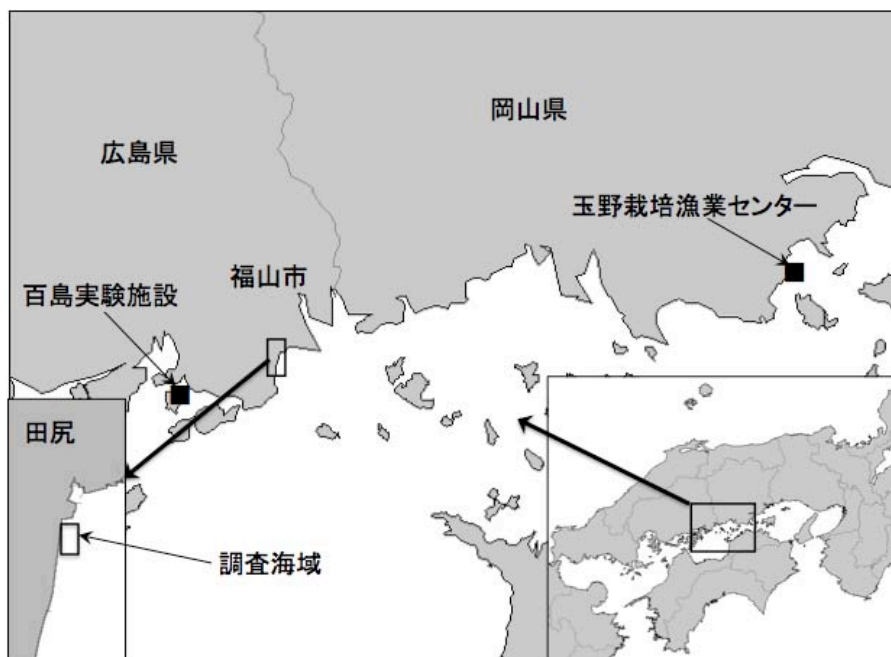


図 V-1-1 実験池及び天然海域におけるガザミ放流実験の場所

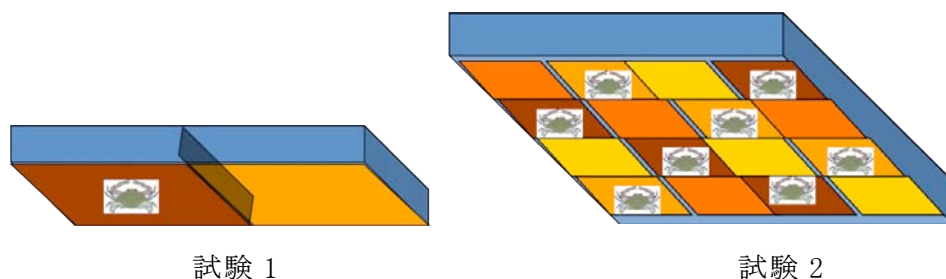


図 V-1-2 砂質の選択性に関する試験における底砂の設置方法とガザミ稚ガニの放置場所

(3) 実験池での放流実験

1) 適正な稚ガニの収容密度に関する試験

天然の干潟環境を模した実験池 (7, 500m²) に 4m×4m の小割網 8 面を設置し、異なるサイズからの生残試験を行った (図 V-1-1、V-1-3)。餌生物を定着させるために、小割網は試験開始 2 週間前に設置し、試験期間は無給餌とした。試験には C₁ 稚ガニ (全甲幅約 5mm) 及び C₃ (同

約 11mm)の稚ガニを使用した。試験では共食いによる死亡の影響がない収容尾数を把握するため、過去の試験結果から得られた C_6 での収容量(約 5 尾/ m^2)を基準とした試験区を設定した。収容尾数は C_1 が 200、400、800、1、600 尾、 C_3 が 50、100、200、400 尾とした。 C_6 (全甲幅約 27mm)までそれぞれ 3 週間及び 2 週間程度放養した。試験終了時には全数を取り揚げ、生残尾数を計数するとともに、生残個体の全甲幅及び重量を測定した。

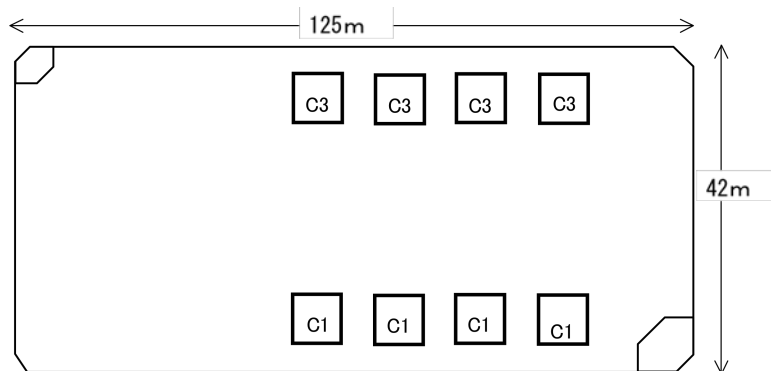


図 V-1-3 適正な稚ガニの収容密度に関する試験のための実験池への小割網の設置位置

2) 異なる砂質における稚ガニの生残に関する試験

実験池に囲網(4×4m)を設置し、粒径の異なる砂泥域を S 区(中央粒径 0.55mm、粗砂:中砂:細砂=24:43:20)、M 区(0.58mm、23:65:7)および L 区(0.86mm、38:44:4)の 3 区設定し、平成 20 年 7 月 8 日にガザミ C_1 (平均全甲幅 4.8mm)と C_3 (同 11.6mm)を 500 尾ずつ放流した(合計 6 試験区)(図 V-1-4)。餌生物を定着させるために、小割網は試験開始 2 週間前に設置し、試験期間は無給餌とした。 C_1 は 8 月 6 日に、 C_3 は 7 月 22 日に各試験区の稚ガニをすべて回収し、各区の生残尾数と総重量、大きさ(全甲幅)を調査した。

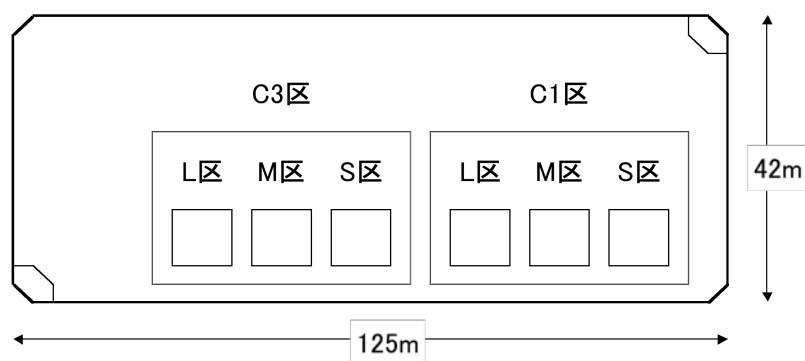


図 V-1-4 異なる砂質における稚ガニの生残に関する試験のための実験池への小割網の設置位置と試験区

3) 砂質の選択性に関する試験

前項 2)の試験では、後述の通り結果に有意な差が出なかったため、本試験では礫を中心とした砂質(砂礫)、粗砂を中心とした砂質(粗砂)、細砂を中心とした砂質(砂泥)を用い、稚ガニの砂質への選択性をみた。実験に使用した砂礫、粗砂、砂泥の中央粒径は、それぞれ 3.31mm、0.656mm および 0.322mm であった。試験期間中の平均水温は 26.9℃であった。

試験 1:天然の干潟環境を模した実験池内に囲網(4×4m)を2面設置し、その中に底砂の粒径の異なる区画(砂礫区、粗砂区、砂泥区を3区ずつ)を設けた(図V-1-5)。囲い網の中にガザミ稚ガニ(C3)を200尾放流し、14日後に区画ごとに稚ガニを採取し、個体数と大きさを調査した。

試験 2:試験1と同じ実験池に囲い網(2×2m)を9面設置し、砂礫区、粗砂区および砂泥区をそれぞれ3区ずつ設けた。各試験区にガザミ稚ガニ(C3)を50尾ずつ放流し、14日後に各区の稚ガニの個体数と大きさを調査した。

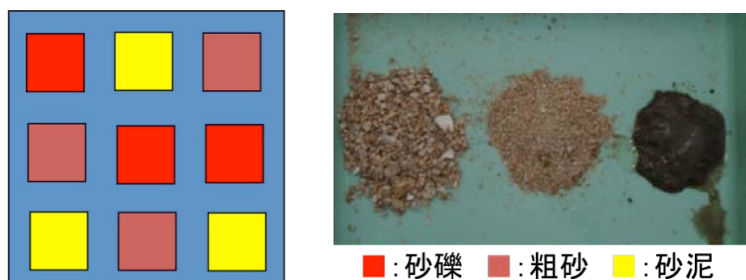


図 V-1-5 砂質の選択性試験における試験1の小割網内での3種底砂の配置と試験1及び2に用いた底砂の種類

(4)天然海域での放流実験

1)種苗放流

平成19年6月27~28日、平成20年7月1~3日、平成21年7月6~8日に広島県福山市田尻町地先の人工干潟へ、玉野栽培漁業センターで種苗生産、中間育成されたガザミ人工種苗13,000尾(平均全甲幅29.9mm)、15,300尾(同32.4mm)、15,400尾(同35.2mm)をそれぞれ放流した(図V-1-1、V-1-6)。全ての放流種苗の遊泳脚指節に標識(指節に切れ込みを入れるもの、それぞれ右側、左側、右側)を処した。放流は大潮の干潮時に干潟の汀線へ行った。

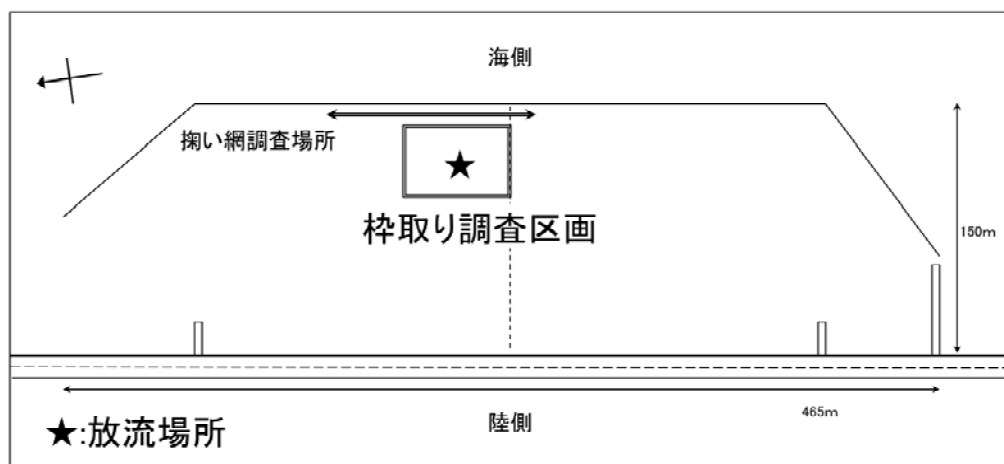


図 V-1-6 福山市田尻地先干潟におけるガザミ人工種苗の放流場所及び追跡調査場所

2)追跡調査

追跡調査は放流1日後から3ヶ月後までの大潮の干潮時に採取りと掬い網により行った。平

成 19 年は 6 月 29 日～9 月 28 日のうちの 7 日間、平成 20 年は 7 月 4 日～9 月 18 日のうちの 6 日間、平成 21 年は 7 月 9 日～9 月 4 日のうちの 5 日間とした。枠取り調査は、放流場所を中心とした 60m×48m の区画において、1m×1m の方形枠を用いて 28 カ所で行い、掬い網調査は汀線付近の人工干潟のプール部で行った。調査で採捕された放流及び天然ガザミは全て全甲幅を計測し、一部は標本として 10%中性ホルマリンで固定後、実験室に持ち帰り胃内容物を調べた。調査初日及び最終日において、ベントスのサンプルを枠取り調査区画内から陸側及び海側の 2 カ所をそれぞれ採集し、分析に供した。

3) 稚ガニの定着に適した底質に関する調査

枠取り調査の一部の調査点において、表層 1cm の底質のサンプルを採取し、粒度組成と稚ガニの定着尾数との関係を解析するとともに、平成 19 年においては強熱減量、全硫化物量を、平成 20～21 年においては粒度組成及び土壌硬度と稚ガニの定着尾数との関係をみた。土壌硬度は、山中式土壌硬度計(平面型)を用いて 1 区画につき 5 カ所の硬度指数目盛(貫入抵抗値)を読み取り、平均値をその区画の土壌硬度とした。

2 カレイ類

(1) 稚魚の着底・生育場に関する調査

周防灘のイシガレイを対象として、干潟のアサリ資源の変動やそれと同期的に変動する干潟の環境が、本種の生産(資源変動)に及ぼす影響について調査を行った(図 V-2-1)。両者の量的な相互関係を明らかにすることにより、イシガレイ資源の維持に必要な、目指すべき干潟の(餌)環境を明らかにした。



図 V-2-1 イシガレイとマコガレイの主な調査場所

1) 生息状況調査

イシガレイ稚魚・未成魚の着底、成育場である周防灘中央部に位置する山口県^{おおみ}大海湾・佐波^{さば}川河口の干潟で調査を実施した(図 V-2-1)。本種の満 1 才魚の採集を 12～4 月の冬季に船釣りで行った。かつて、同所は周防灘のアサリの主力産地の一つであり、小型のイシガレイの好漁場でもあった。採集結果は 3 時間・1 人あたりの採集個体数(釣り CPUE; 個体数/3h/人)で表し、

アサリが多く生息していた 1989～1991 年の釣り CPUE と比較した。近年の本種の激減が同所の局所的な現象ではないことを確認するため、同県山口湾の干潟でも同様に調査を実施した。

2) 新規着底稚魚調査

干潟への稚魚の新規着底状況を把握するため、既報¹⁾に従い、3～5 月に大海湾・佐波川河口と秋穂湾の干潟でプッシュネットを用いた採集を行った。前所では 6、7 月にも、成長した個体の採集を釣りと曳網で試みた。

3) 食性分析

採集された新規着底稚魚と稚魚・未成魚の食性を分析した。現在、周防灘の採集海域ではアサリ漁獲量は 0t で、アサリが生息しない環境下での本種の食性を把握することが目的である。分析には胃内容物を用い、基本的に科レベルで同定を行った。アサリ等二枚貝は種レベルで同定を行い、その捕食サイズも計測した。捕食したアサリ水管サイズから元のアサリ殻長を復元するため、広島湾の天然のアサリを用いて、両者の関係式を作成した。得られた結果を、同所でアサリ漁獲が多かった 1970 年代の調査と比較検討した。また、現在でもアサリが生息している環境下での本種の食性を確認するため、岡山県笠岡湾干潟で 2008 年 6、7 月に釣りにより稚魚を採集し食性を分析した。イシガレイの食性は、個体数頻度法(ある生物を捕食している個体数/分析個体数)により表した。

4) イシガレイと干潟の餌環境の指標としてのアサリとの関係解析

大海湾・佐波川河口と山口湾の 2 カ所について、干潟のアサリ漁獲量とイシガレイ 1 歳魚の釣り CPUE との相互関係を分析し、イシガレイが採集されていた時代と採集されなくなった現在のそれぞれの干潟のアサリ生産性を求めた(局所的解析)。周防灘全体について、長期にわたるイシガレイとアサリとの数量的な相互関係を分析し、前述の局所的解析とは別の独立した方法にて、イシガレイ資源の維持に必要な干潟のアサリ生産性を求めた。イシガレイ、アサリ漁獲量は統計・報告等を用いた。干潟面積は環境省の数値データを用いた。最近年については、航空写真を用いて算出した。異なる 2 通りの分析結果より、イシガレイ資源の維持に必要な、目指すべき干潟環境を提示した。

(2) 産卵場所に関する調査

広島湾のマコガレイを対象として、本種の繁殖場形成と着底・成育場としての干潟との関係について調査を行った(図 V-2-1)。干潟との関係を明らかにすることにより、マコガレイ資源の維持に必要な、目指すべき干潟環境を明らかにすることを試みた。

1) 繁殖場の把握

マコガレイの繁殖場を把握するため、広島湾の漁業者へ本種が繁殖期に蟄集する場所、および排卵・排精した繁殖親魚が獲れる場所、地形の形状などを詳細に聞き取った。得られた情報に基づき、繁殖期に 3 カ所の繁殖場でカレイ刺網による採集調査を行った。大野瀬戸繁殖場については、得られた繁殖親魚の生殖腺を細胞・組織学的方法などにて精査し、同所における繁殖生態の詳細を調査した。

2) 新規着底稚魚調査

繁殖場から生み出された子の干潟域への輸送・供給実態を把握するため、広島湾全域で 3～6 月にプッシュネットを用いて新規着底稚魚の採集を試みた。曳網時間と曳網距離、および採集効率を把握するため、試験曳網を実施した。

3) 食性分析

アサリの漁獲のある漁場で採集した新規着底稚魚および満 1 歳の未成魚について食性分析を行った。分析には胃内容物を用い、同定は基本的に科レベルで行った。ただし、アサリ等二枚

貝は種レベルで同定した。本種によるアサリ捕食について、水管の捕食状況、捕食した水管サイズなどを調べた。マコガレイの食性は、個体数頻度法(ある生物を捕食している個体数/分析個体数)により表した。

4) マコガレイと干潟の餌環境の指標としてのアサリとの関係解析

本種の広島湾系群、および旧燧灘系群、周防灘系群の独立した3系群について、統計資料等を用いて、本種と干潟のアサリ資源等との長期にわたる数量的な相互関係を分析した。干潟面積は環境省の数値データを用いた。最近年については、航空写真を用いて算出した。

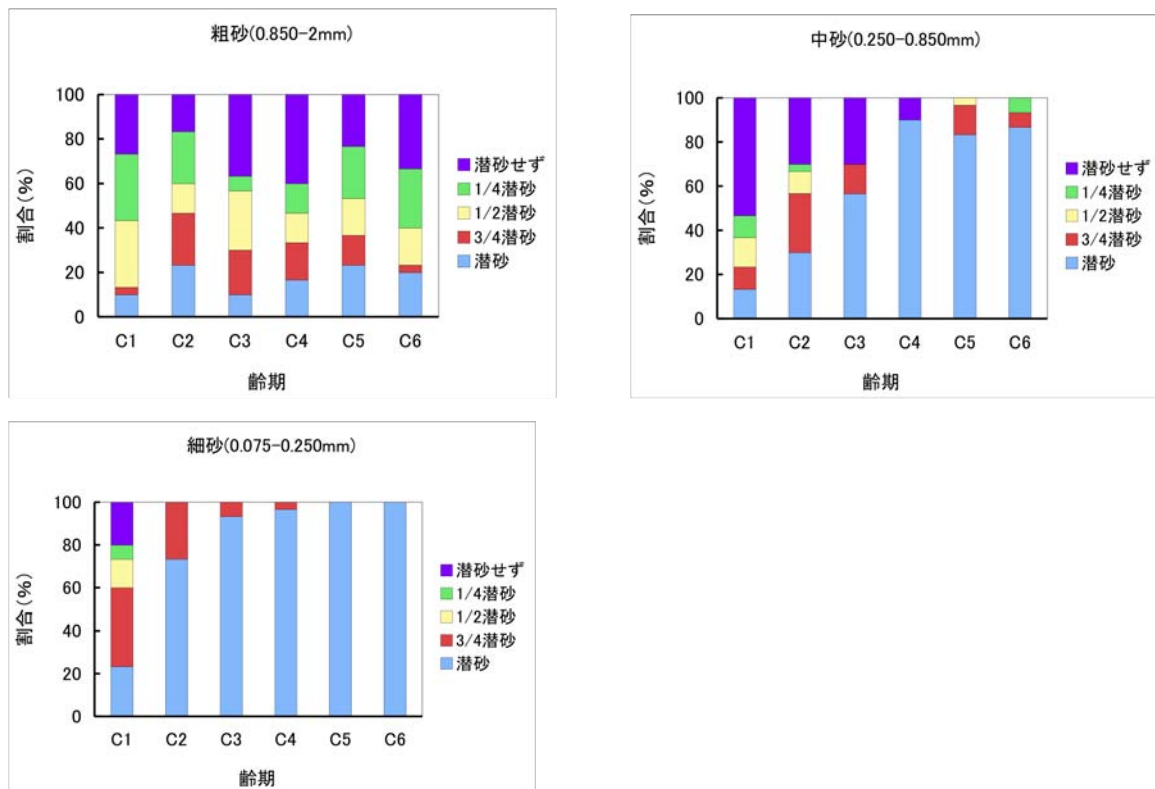
VI 調査結果

1 ガザミ

(1) 稚ガニの潜砂に関する水槽試験

1) 各齢期における潜砂能力に関する試験

ガザミ第1～6齢稚ガニを用いた異なる粒径の砂質への潜砂能力に関する室内実験では、稚ガニの潜砂個体率は、粗砂では各齢期とも40～60%、中砂では第4～6齢で90～100%、細砂では第2～6齢で100%であった(図VI-1-1)。これらの結果から、稚ガニの着底場所は稚ガニのサイズや砂泥の粒度組成によって異なる可能性が考えられた。

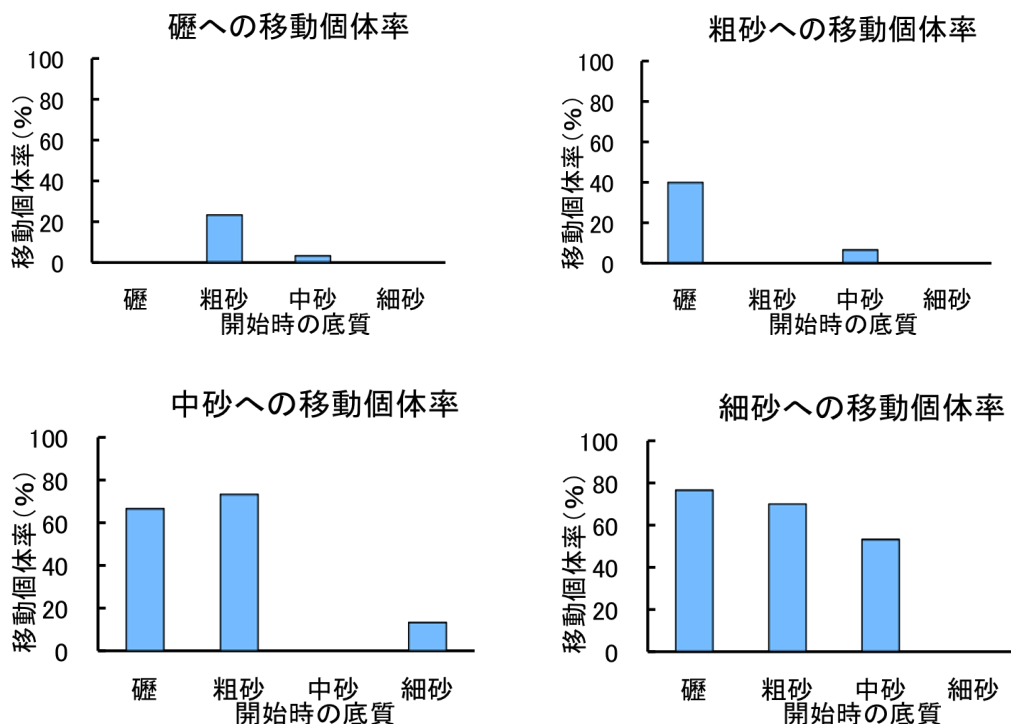


図VI-1-1 室内実験による異なる砂質における第1～6齢稚ガニの潜砂個体率

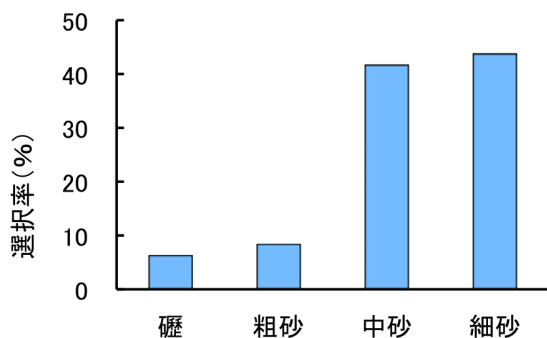
2) 砂質の選択性に関する試験

水槽実験の試験1では、礫への移動個体率は、粗砂からが23%、中砂からが3%であり、細砂からの移動はなかった(図VI-1-2)。粗砂へは、礫からが40%、中砂からが7%であり、細砂からの移動はなかった。中砂へは、礫からが67%、粗砂からが73%、細砂からが13%であった。細砂へは、礫からが77%、粗砂からが70%、中砂からが53%であった。試験2では、中砂と細砂の

選択率は、ほぼ同等の 42-44%であった(図VI-1-3)。礫と粗砂の選択率は、ほぼ同等の 6-8%であった。中砂と細砂の選択率が高かった。この結果から、稚ガニには砂質の選択性があり、中砂及び細砂の選択性が高いと考えられた。



図VI-1-2 試験1における各砂質から異なる砂質へのガザミ稚ガニ(C₄)の移動個体率



図VI-1-3 試験2におけるガザミ稚ガニ(C₄)の砂質の選択率

(2) 実験池での放流実験

1) 適正な稚ガニの收容密度に関する実験

C₁ 及び C₃ 收容区ともに、收容尾数が多くなるにつれて生残尾数は増加したが、生残率は低下した(図VI-1-4)。平均全甲幅は收容尾数が少なくなるにつれて、大きくなり、その幅は 22.5~35.9mm であった。生残したカニの総重量は、C₁ 收容区では收容尾数の増加につれて減少して 121g(7.6g/m²(4m×4m の小割網の底面積あたり))となり、C₃ 收容区では増加して 88g(5.5g/m²)となった。この結果から、本実験池に設置した 4m×4m の小割網における生残重量の最大値は、およそ 90~120g(5.5~7.5g/m²)であると考えられ、過去の試験結果とほぼ一致した。なお、

C₁の200尾収容区はクロダイの稚魚が進入し、生残尾数が少なかったため、結果から除外した。

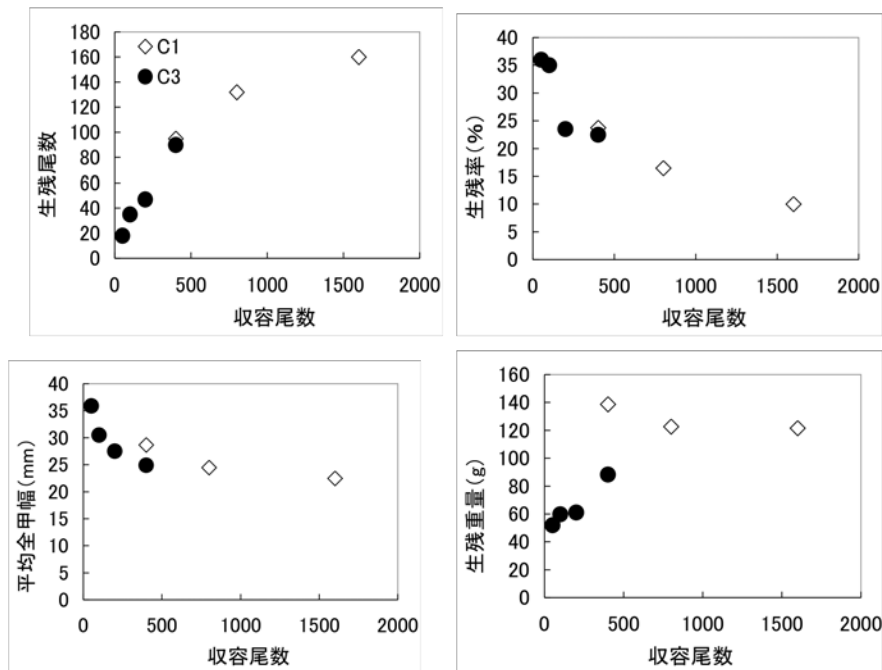


図 VI-1-4 收容尾数と生残尾数、生残率、平均全甲幅及び生残重量の関係

2) 異なる砂質における稚ガニの生残に関する実験

稚ガニの生残率は、C₁のS区、M区及びL区は18.8%、18.8%及び25%、C₃は15.6%、23.4%及び26.3%であり、砂質が粗い区が生残率が高い傾向を示した(図VI-1-5)。稚ガニの回収時の平均全甲幅は、C₁のS区、M区及びL区がそれぞれ24.7mm、26.1mm及び21.6mmとなり、生残尾数が多かったL区が最も小さかった。C₃では各試験区の回収時の大きさが17.5~19.3mmとなり、生息域の砂泥の粒径による顕著な違いは認められなかった。生息重量では、C₁の回収時の総重量が80~95g(5.0~5.9g/m²)となり、昨年度の試験で推定された収容量の上限値に達した。C₃の総重量は29~46g(1.8~2.9g/m²)であった。これらの結果から、ガザミ稚ガニの生残には、粒径の大きい砂質が適していると推察されるが、生息密度が高いと成長が遅れる可能性が考えられた。

3) 砂質の選択性に関する実験

実験1:放流14日後の稚ガニの生残率は試験区A、Bにおいて32.0%と42.7%、平均甲幅長は26.0mmと23.2mmであった。底砂の粒径ごとの生息密度では、粗砂区は5.5尾/m²、砂泥区は4.2尾/m²および砂礫区は3.4尾/尾であったが、同じ底砂でも場所による差が大きく統計的な有意差は認められなかった(図VI-1-6)。

実験2:砂礫区、粗砂区および砂泥区に放流した稚ガニ(C₃)の平均生残率は、それぞれ37.3%、44.7%および24.7%であり、砂泥区が生残率が有意に低かった(図VI-1-7)。各区の平均甲幅長は20.3mm、20.4mmおよび21.4mmであり、各試験区の稚ガニの成長に顕著な差は認められなかった(図VI-1-8)。

放流した稚ガニ(C₃)は甲幅20mmに達すると底砂の粒径に対する選択性は大きくなるが、砂泥が広範囲に堆積した干潟では、稚ガニの生残率が低くなる可能性が示唆された。また、最も生息密度が高かった粗砂区(2m囲い網)の単位面積当たりの稚ガニの重量は9g/m²であり、この値

は過去の試験結果(6~8g/m²)と同等であり、使用した実験池の環境における稚ガニ(20~30mm)の最大収容量は約9g/m²であると推察された。

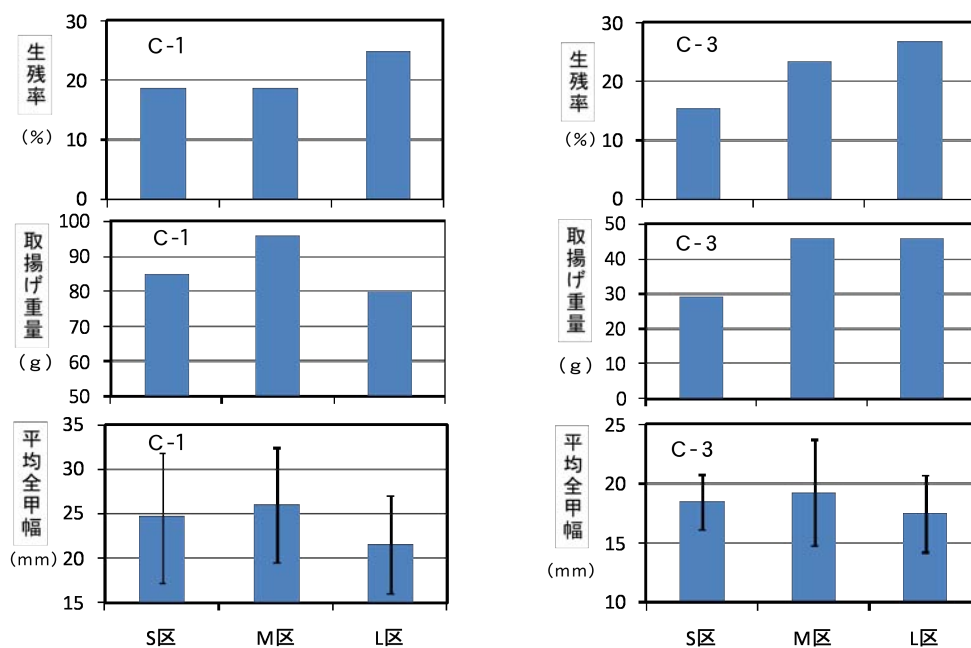


図 VI-1-5 異なる砂泥底における C₁ 及び C₃ の放流結果

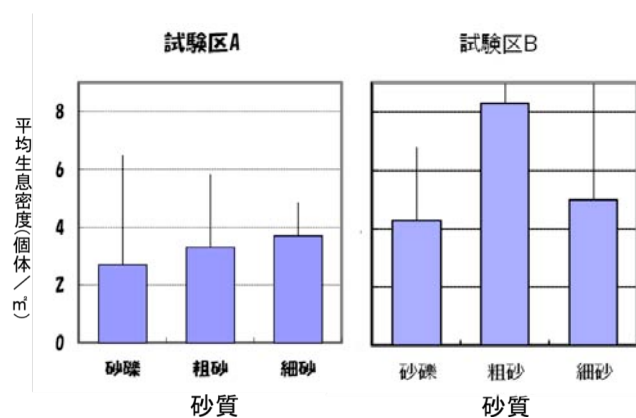


図 VI-1-6 実験 1 における各砂質の平均生息密度

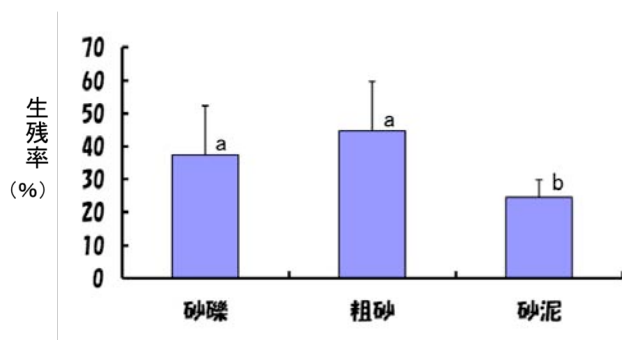
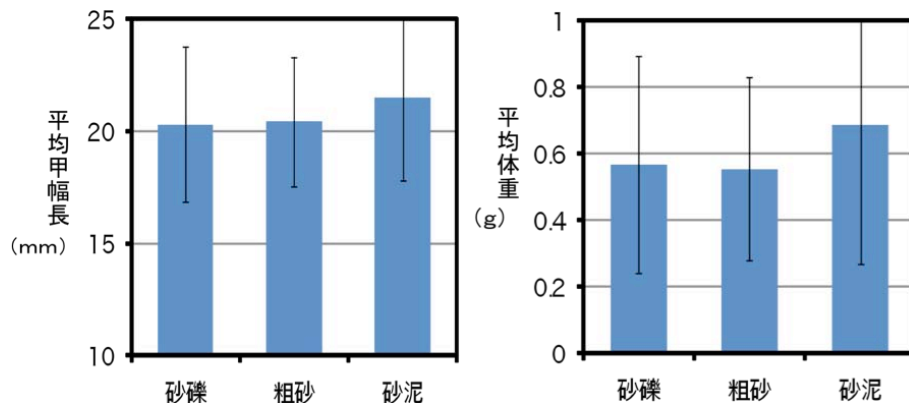


図 VI-1-7 底砂の粒径が異なる区画に放流した稚ガニの生存率 (χ^2 検定 a>b p<0.05)

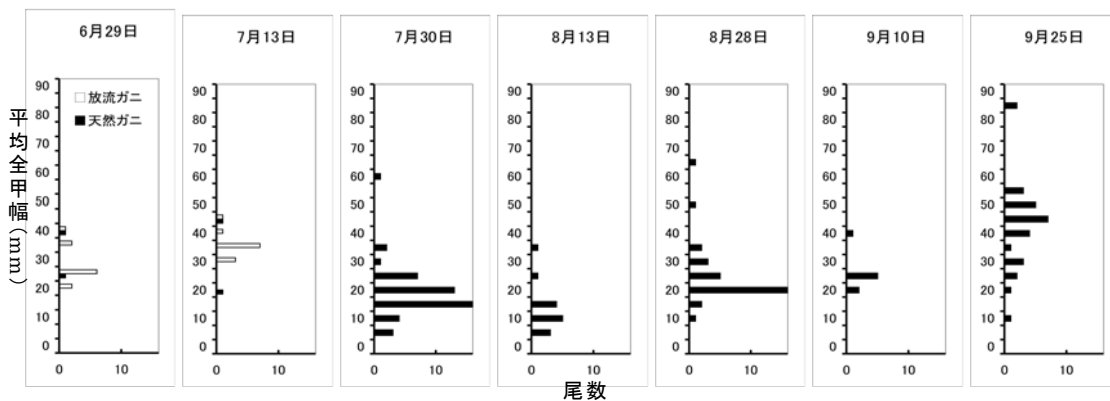


図VI-1-8 底砂の粒径が異なる場所に放流した稚ガニ(C₃)の取揚げ時の大きさの比較

(3) 天然海域の干潟における放流実験

1) 天然稚ガニの出現状況

平成 19 年の放流実験において、放流ガニは干潟域では 7 月 13 日まで再捕された(図VI-1-9)。また、プール部では 8 月 13 日まで再捕された。再捕された放流ガニの平均全甲幅は、6 月 29 日が 30.5mm、7 月 13 日が 38.7mm、7 月 30 日が 65.0mm、8 月 13 日が 65.8mm となり、干潟での成長が伺えた。再捕された放流ガニの最大全甲幅は、干潟域で 48.0mm、プール部で 82.5mm であった。天然干潟に出現した天然稚ガニの全甲幅 50~80mm である過去の知見²⁾と一致した。この結果から、放流ガニが人工干潟を利用するサイズは全甲幅で 50mm 程度、期間は放流後 1 ヶ月程度と考えられた。



図VI-1-9 枠取り調査において採捕された放流及び天然稚ガニの全甲幅の推移

2) 天然稚ガニの定着と底質の関係

平成 19 年の放流実験において、天然稚ガニの着底尾数と中央粒径値との関係を見た結果、稚ガニは 0.38~0.75mm に定着した(図VI-1-10)。このうち、0.38~0.53mm には平均 5.9(1-26)尾が定着していたが、0.57~0.75 には平均 1(1-1)尾であった。同様に強熱減量との関係を見た結果、0.9~1.7%に稚ガニが定着したが、定着尾数との明瞭な関係は見られなかった。調査時には水を含む砂地に多くの定着稚ガニが見られた。

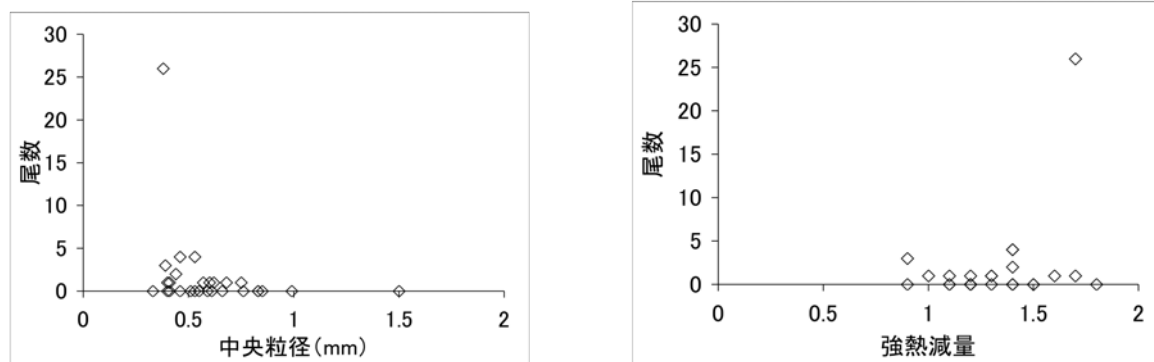


図 VI-1-10 放流及び天然稚ガニの定着尾数と中央粒径値及び強熱減量との関係

3) 稚ガニの定着密度と土壌硬度の関係

平成 20 年の放流実験において、ガザミ稚ガニは、中央粒径値で 0.38～0.74mm、土壌硬度で 6.2～14.9mm に定着した(図 VI-1-11)。稚ガニが定着した中央粒径値の範囲は、去年の 0.37～0.74mm とほぼ同じであった。放流稚ガニは中央粒径値で 0.51～0.74mm、土壌硬度で 8.9～13.9mm に定着した。定着した稚ガニのサイズは全甲幅 7.1～67.8mm であった。全甲幅 20mm 以上の稚ガニでは、全甲幅が大きくなるに従い土壌硬度も大きくなる傾向が見られた(図 VI-1-12)。稚ガニの定着には、土壌硬度とシルト・泥分の割合に負の相関($p=0.08$)が、土壌硬度と細砂分の割合に正の相関($p=0.20$)が見られた(図 VI-1-13)。このことから、稚ガニの定着には、粒径が小さく泥分の少ない柔らかい砂質が適していると考えられる。

4) 放流稚ガニの定着条件

平成 21 年の放流実験において、放流稚ガニは中央粒径値で 0.36～0.47mm に定着した。天然稚ガニは 0.25～0.69mm に定着した(図 VI-1-14)。平成 20 年においては 0.51～0.74mm 及び 0.38～0.74mm であり、同様の結果となった。定着した稚ガニのサイズは、放流稚ガニが全甲幅 34.7～75.2mm、天然稚ガニが同 10.2～69.7mm であった。放流稚ガニは天然稚ガニとほぼ同様の底質に定着するものと考えられた。

5) 稚ガニの胃内容物

採集された稚ガニの胃内容物は、主に多毛類、二枚貝類(ホトギス、アサリ)、イシガニ類の出現頻度が高く、ベントスの種組成とも一致した。

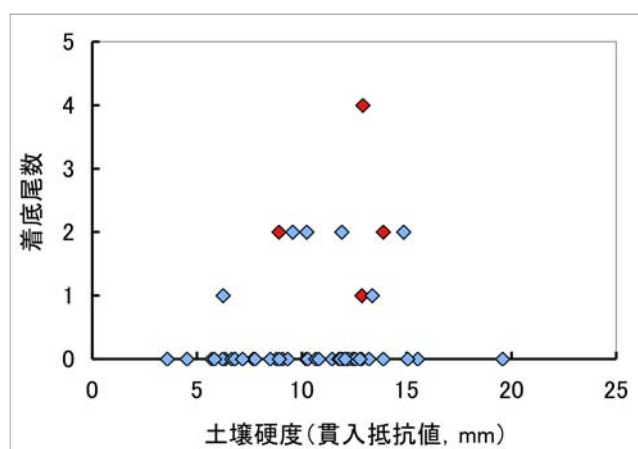


図 VI-1-11 枠取り調査において採捕された放流(赤色)及び天然(青色)稚ガニの定着尾数と土壌硬度の関係

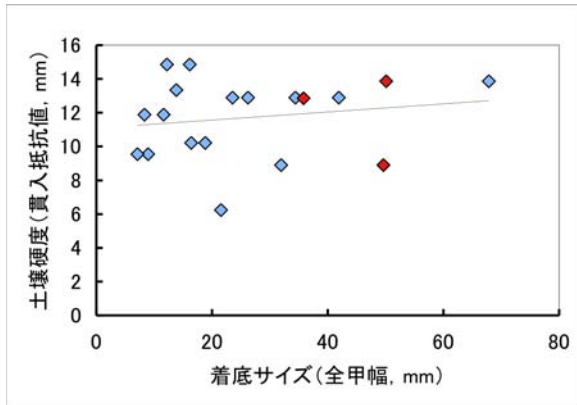


図 VI-1-12 放流(赤色)及び天然(青色)稚ガニの定着サイズと土壌硬度との関係

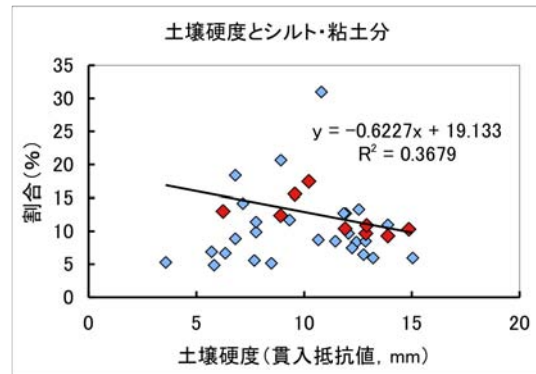
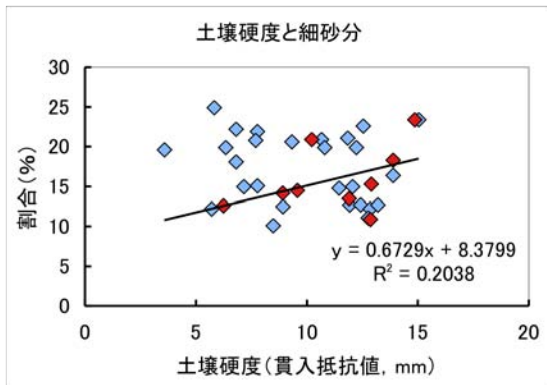


図 VI-1-13 稚ガニの定着した調査点(赤色)における土壌硬度と細砂分及びシルト・粘土分との関係

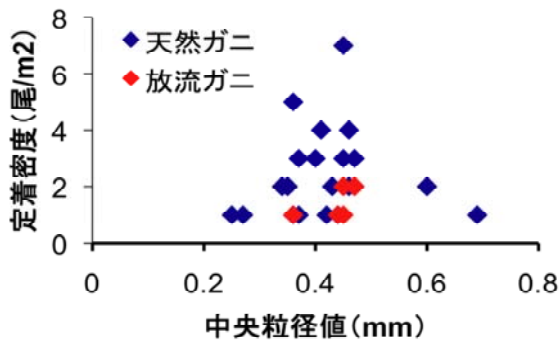


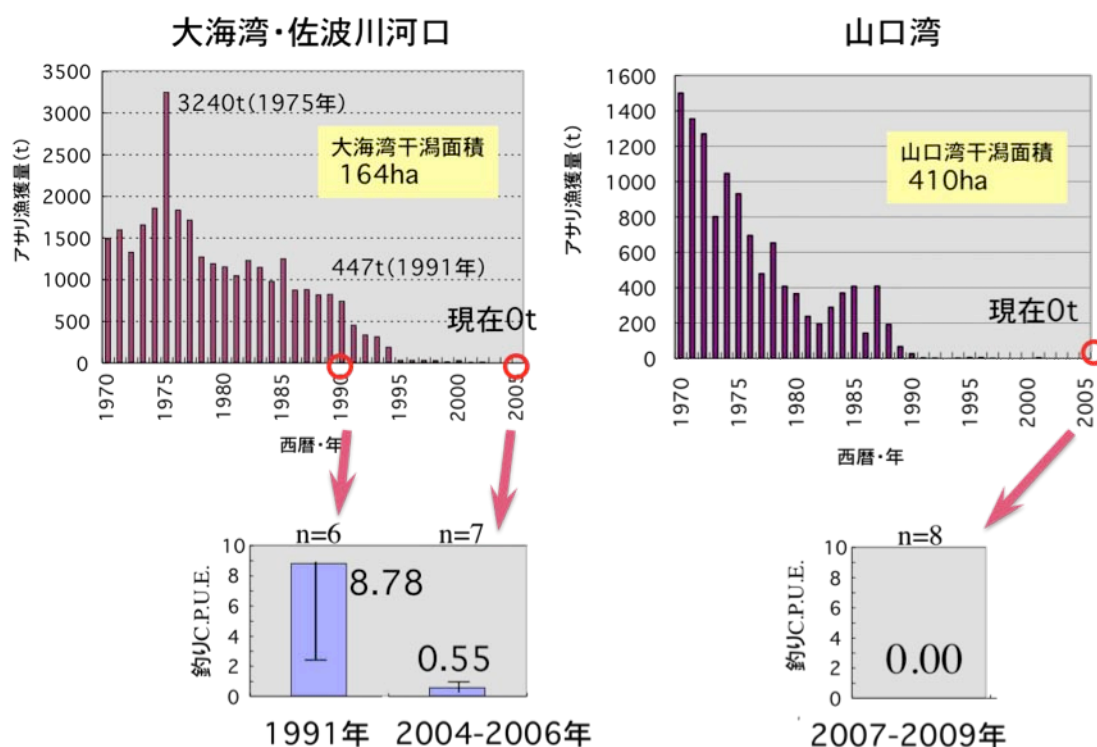
図 VI-1-14 ガザミ稚ガニが定着した底質の中央粒径値と定着密度の関係

2 カレイ類

(1) 稚魚の着底・生育場に関する調査

1) 生息状況調査

大海湾・佐波川河口におけるアサリ漁獲量が447～815tであった1989～1991年にはイシガレイ稚魚・未成魚が多く生息しており、108～199mmBL(平均154mmBL、BL;体長)の満1才魚117個体を採集した。釣りCPUEは8.8個体/3h/人(n=6、1991年)であった(図VI-2-1)。ところが、アサリ漁獲量が0tに激減した2004～2006年では、稚魚・未成魚の生息個体数は激減し、135～152mmBLの満1才魚7個体が採集されるに止まり、CPUEはかつての1/18の0.55個体/3h/人(n=7)に有意に低下した(t検定、 $p < 0.05$)。山口湾においてもアサリが漁獲されなくなった後の2007～2009年には、イシガレイが全く採集されなくなった(CPUE=0.0個体/3h/人(n=8))。



図VI-2-1 周防灘の大海湾・佐波川河口および山口湾における干潟のアサリ漁獲量とイシガレイ稚魚・未成魚(満1才魚)の釣りCPUEとの関係

2) 新規着底稚魚調査

アサリがいなくなった後の2004年、2008、2009年の3～4月の両干潟域での調査では、イシガレイの漁獲が多かった1970年代と同程度の、多数の新規着底稚魚が採集された。ところが、大海湾・佐波川河口での7月初旬の釣りでは全く採集できなかった(0個体/3h/人、n=2)。生息数の激減が示唆されたため地曳網も用いたが、2008年計1個体、2009年3個体の計4個体が採集されたのみであった(各10回曳網)。すなわち、夏季を待たずして、7月初旬までの激減が判明した。

3) 食性分析

アサリ漁獲が無くなった2004～2009年に大海湾・佐波川河口および山口湾で採集したイシガ

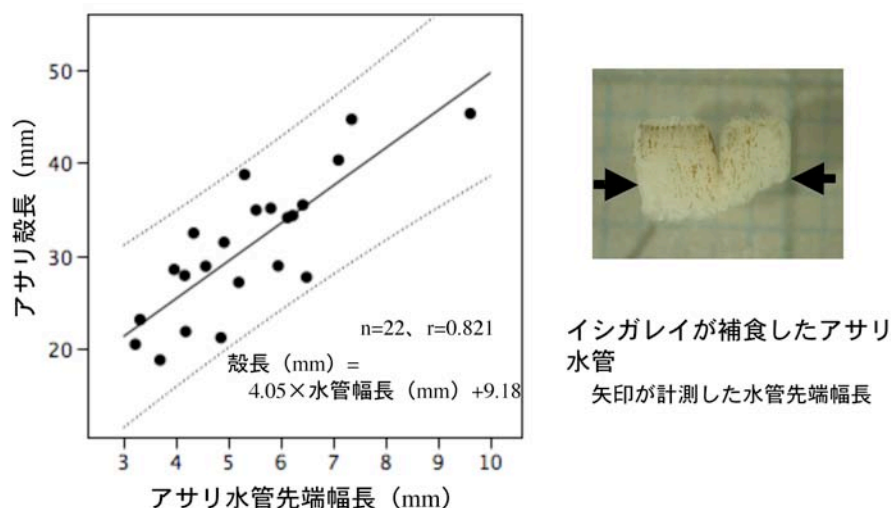
レイ稚魚・未成魚(55~183mmTL, n=19, TL;全長)は、それでもなお 37%(7/19)の個体がアサリ稚貝を捕食しており、アサリを含めた二枚貝の出現頻度は 68%(13/19)に達し、二枚貝への強い嗜好性が認められた。同所ではアサリが多く漁獲されていた時代にはアサリ水管を多食していたが二枚貝本体は全く出現しておらず、稚貝への移行がうかがえた。

新規着底稚魚(23~50mmTL, n=22)は底生カイアシ類、ヨコエビなど小型ベントスを捕食し、二枚貝の捕食は1個体のみであった。25~30mmTL 前後で、よりエネルギー量の多いマクロベントス食へ食性が変化すると考えられた。

アサリの発生のあった笠岡湾の干潟において、本種を計 19 個体(80~120mmTL)採集した。6月26日に採集した80%(8/10)の個体の胃内容物は多くを浮遊性のカニのメガロパ幼生が占めた。アサリ・マテガイ水管およびアサリ稚貝の出現頻度は 30%(3/10)であった。ところが、12 日後の 7月7日にはメガロパ幼生は全く検出されず、アサリ・マテガイ水管およびアサリ稚貝が 100%(9/9)となった。すなわち、移動能力の乏しい稚魚にとって、偶然に左右されることがなく常に安定して捕食できるアサリ、マテガイ等の多年生餌生物の存在が食物基盤として重要であることが示唆された。捕食されたアサリ稚貝の殻長は 1.7~8.0mm(n=15)であった。

アサリ水管先端幅長と殻長との関係は、次ぎの一次式で表された(図VI-2-2)。

$$\text{殻長 (mm)} = 4.05 \times \text{水管幅長 (mm)} + 9.18 \quad (n=22, r=0.821, p<0.01)$$



図VI-2-2 アサリ水管先端幅長(写真矢印間)と殻長の関係
波線の曲線は、個別の値に対する95%信頼区間。

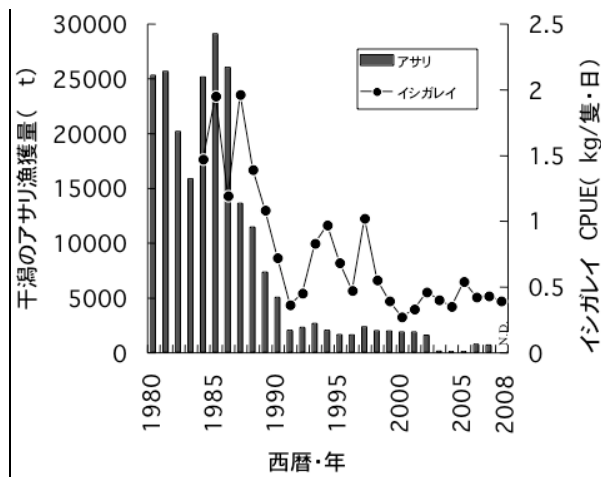
4) イシガレイと干潟の餌環境の指標としてのアサリとの関係解析

周防灘全体の干潟のアサリ漁獲量は 1987 年から 1990 年にかけて著しく減少した。ところが、漁場により減少時期が数年程異なり、大海湾・佐波川河口では 1994 年までアサリの漁獲が持続していた。同所において、イシガレイ(満 1 歳魚)が依然として多く採集されていた 1988~1991 年のアサリ生産性は、同所の干潟面積が 164ha であることより、2.73~3.11t/ha/年であった(図VI-2-1)。

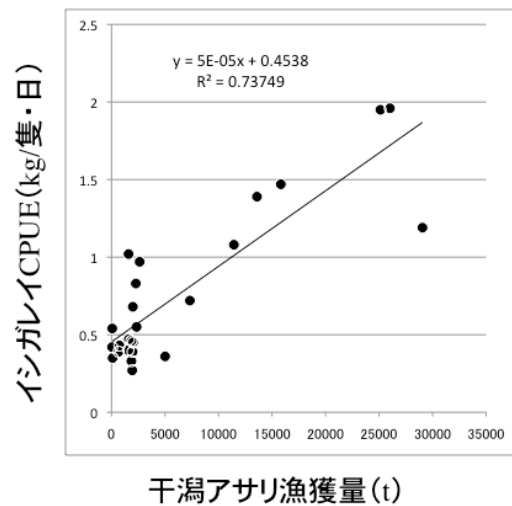
周防灘全体では、イシガレイ小底 CPUE は 1988 年頃から急減した(図VI-2-3)。それより 1 年早く干潟のアサリも激減しており、両者の長期変動傾向はよく一致し高い相関が認められた(図VI-2-4, $r=0.859, n=25$)。干潟のアサリ漁獲量により、周防灘のイシガレイ小底 CPUE 変動の 74%を説明できた。周防灘の干潟面積は 1970 年代末から現在までほとんど変化は見られず、

2005年現在でも6,812haもの干潟が現存する(図VI-2-5)。図VI-2-4の一次式より、1985年頃の1.5kg/隻・日のイシガレイ生産(漁獲)が維持できる干潟のアサリの水準は、3.1t/ha/年(20,924t/6,812ha)である。

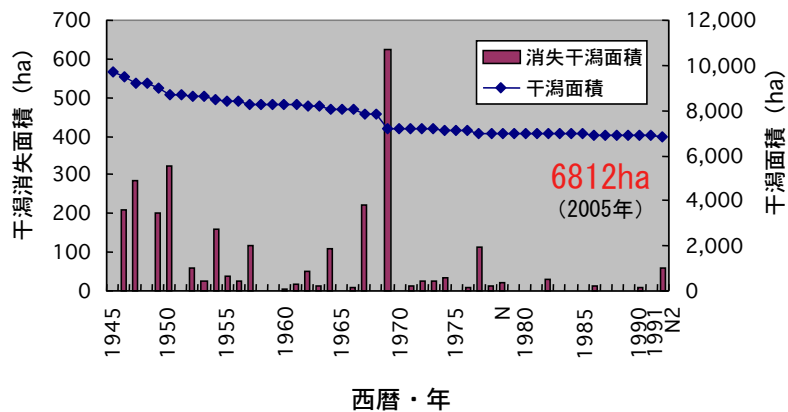
これらの結果を総合すると、アサリに代表される干潟の餌生物の激減が、周防灘のイシガレイ資源へ悪影響を与えたと考えられた。本種の資源を1985年頃の水準に回復させるには、アサリ3t/ha/年以上が持続的に生産できる干潟の餌環境が必要で、それが目指すべき干潟環境と考えられた。



図VI-2-3 周防灘における干潟のアサリ漁獲量と山口県イシガレイ小底 CPUE の長期変化



図VI-2-4 干潟のアサリ漁獲量とイシガレイ小底 CPUE の相関関係
互いを1年ずらした相関が最も高い。



図VI-2-5 周防灘における干潟面積の長期変化

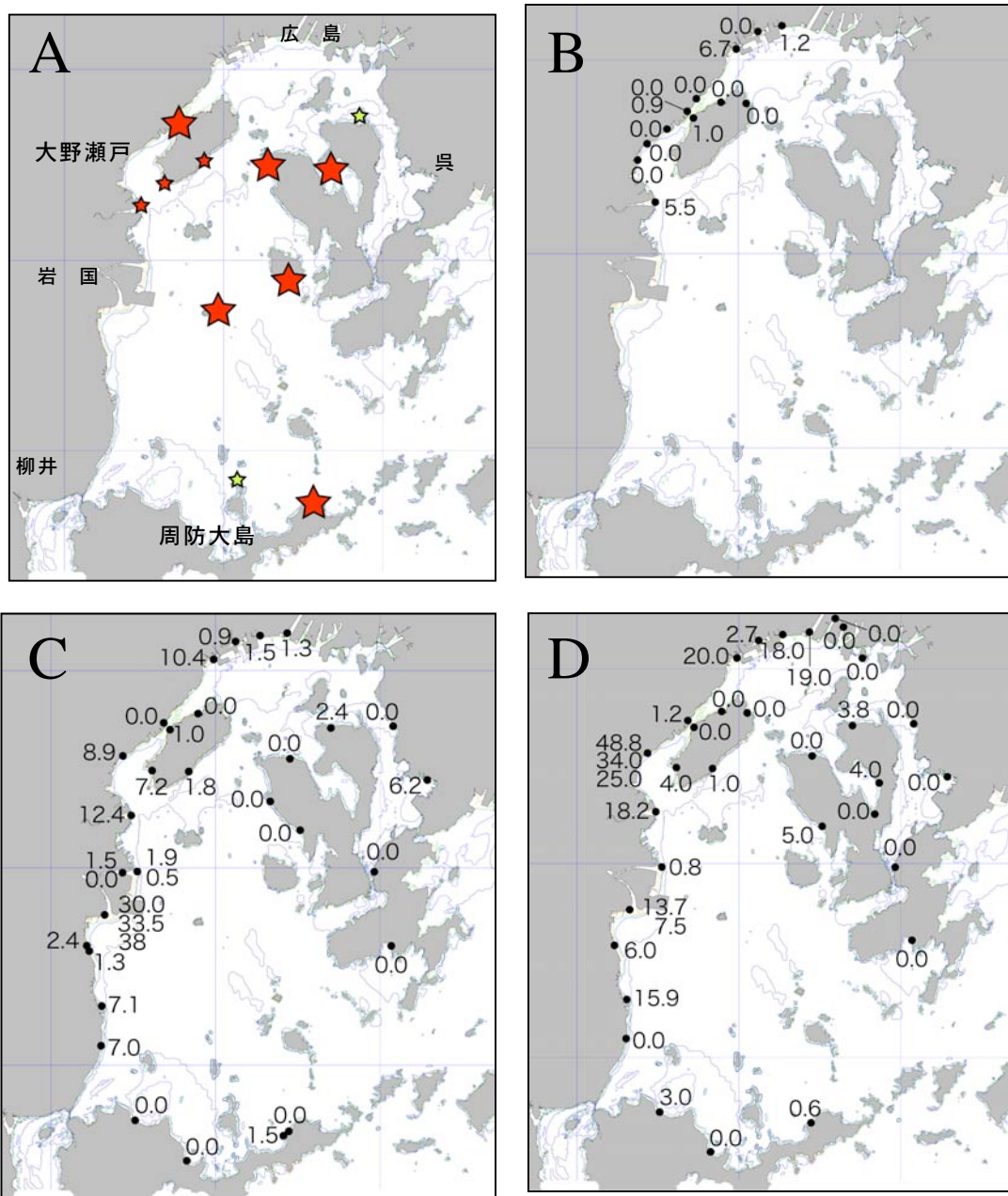
(2) 産卵場所に関する調査

1) 繁殖場の把握

広島湾内に11カ所のマコガレイ繁殖場の存在が把握された(図VI-2-6)。このうち9カ所では排卵・排精個体が蟄集・採集される場所である。各繁殖場には、潮流が速く急斜面であること、底質は砂～荒砂であることなど地形・物理的構造の共通点が認められた。一方、水深については、

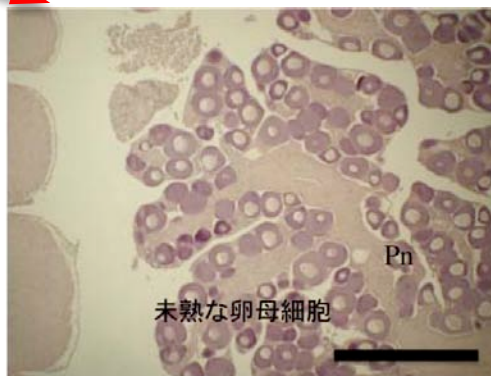
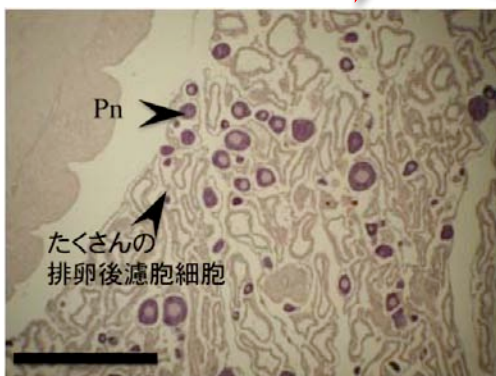
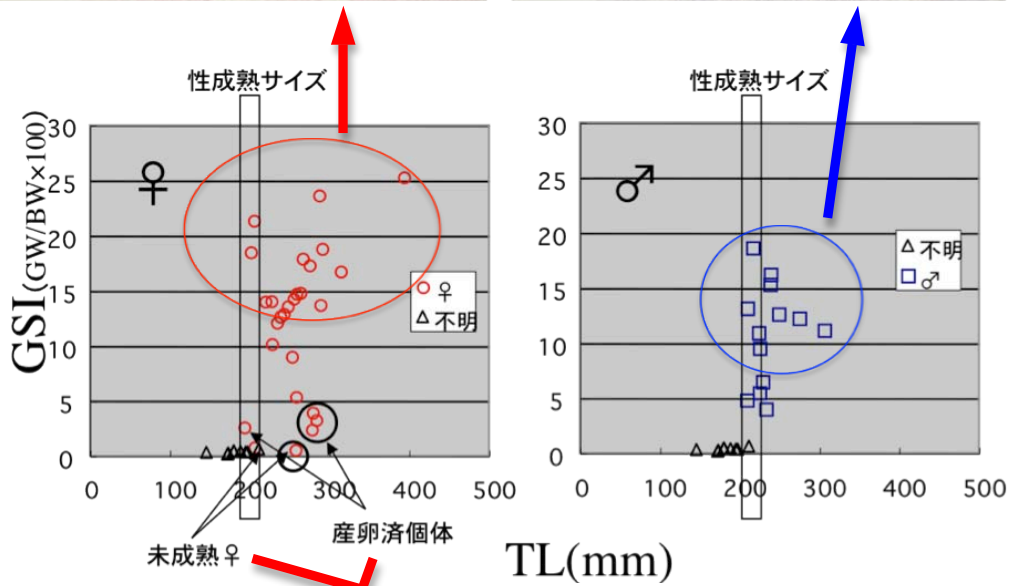
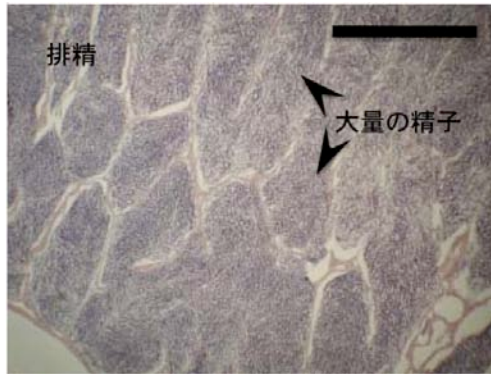
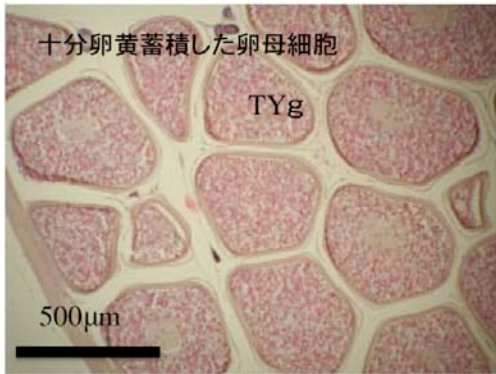
干潟先端の 5~10m 前後から、最も深い場所で 40m 前後と幅があり、繁殖場の形成において必ずしも制限要因にはなっていないと推察された。

湾奥の大野瀬戸繁殖場では、雌雄とも 20cmTL 前後で性成熟すること、12 月 27 日には成熟雌中 80%(20/25)が未産卵であったが、翌 1 月 10 日には 81%(17/21)の個体が産卵を終えており、この間の 1 月初旬に主な産卵が行われたことが明らかになった(図VI-2-7)。一方、湾南部の山口県周防大島町東和町の繁殖場では 2 月初旬に繁殖が行われることから、同一湾内でも約 1 ヶ月の時間差が存在することが明らかになった。



図VI-2-6 広島湾におけるマコガレイ繁殖場と新規着底稚魚の分布

A;繁殖場、★大;排卵♀・排精♂が蛸集し多獲される場所、★小;排卵♀・排精♂が蛸集する場所、★小;成熟個体が蛸集する場所、B;2007年(大野瀬戸周辺のみ)新規着底稚魚個体数、C;2008年同、D;2009年同。数字は15分曳網(50m²)あたり個体数。着底稚魚の採集は3、4月。



図VI-2-7 大野瀬戸における繁殖期のマコガレイ雌雄別の全長-生殖腺重量指数(GSI)関係、および各個体の生殖腺組織像

2) 新規着底稚魚調査

プッシュネットの曳網試験より、10分間で100mを曳網しており、15分間の曳網面積は50m²であることを把握した。カレイ類の採集効率を調べるため入網状況を目視観察したところ、入網せずに逃避した個体は観察されなかった。39個体のマコガレイとイシガレイが採集され、このうち87.1%(34/39)をマコガレイが占めた。全長は28.3~49.6cmTLで、このサイズの個体のほとんどを

採集できると考えられた。

広島湾全域の干潟域にて新規着底稚魚の採集を試みた結果、繁殖場が多く存在する広島県側の島嶼部では着底数が少なく、大きな干潟域が存在する広島、山口両県の広島湾北西部が主要な着底・成育場と考えられた(図VI-2-6)。このうち、河口干潟域では、2007年のように発生が低調な年でも比較的安定した着底が認められた。恒流等も考慮すると、着底・成育場となる河口干潟域へ安定して卵稚仔を輸送・供給できる場所に、本種の繁殖場が形成されると考えられた(図VI-2-8)。



図VI-2-8 主要なマコガレイ繁殖場と恒流(赤矢印)より予想される稚仔の輸送経路(緑矢印)

3) 食性分析

アサリの漁獲がある広島湾大野瀬戸で本種の胃内容物を調べたところ(n=25、159～218mmTL、1才魚)、ヨコエビ、ケヤリムシ科多毛類、アサリ水管、イワムシ(イソメ類含む)等が多く出現した。出現個体数頻度はそれぞれ 72%(18/25)、44%(11/25)、24%(6/25)、32%(8/25)であった。後二者は多年生である。また、ケヤリムシ科はプランクトン食性である。捕食されたアサリ水管先端幅は2.3～10.2mm、図VI-2-2より殻長は13.3～57.2mmと推定され、稚貝から親貝までの水管を捕食していた。

新規着底稚魚(n=20、18～44mmTL)では、底生カイアシ類、小型のスピオ科多毛類が多く出現し、出現個体数頻度は 95%(19/20)であった。二枚貝は全く出現しなかった。本種も 25～30mmTL 前後でよりエネルギー量の多いマクロベントスへ食性が変化するものと考えられた。

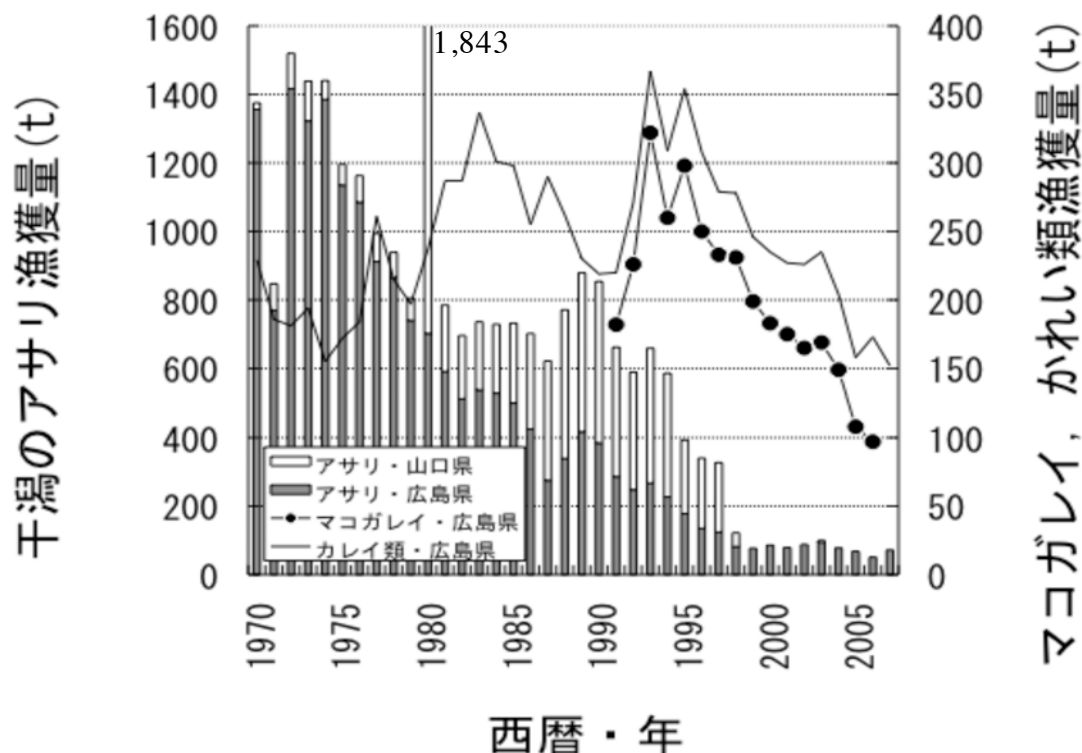
4) マコガレイと干潟の餌環境の指標としてのアサリとの関係解析

稚魚の着底にとって干潟やその周辺の浅場は重要であるが、干潟のアサリ漁獲量の単独では広島湾、旧燧灘、周防灘周辺の3系群ともにマコガレイの資源変動を説明できなかった(図VI-2-9)。本種の稚魚は、干潟から逸散する時期がイシガレイよりも早いこと、干潟ほどではないものの潮下帯でもいくらかの着底があること、また、ケヤリムシ科多毛類など潮下帯に生息する動物の捕食出現頻度が高いことから、本種は干潟の先の潮下帯の影響も受けている可能性がある。旧燧灘系群について、潮下帯の餌環境の指標として長期の統計資料がある香川県の「まてがい」(沖の潮下帯に生息するアカマテガイ。香川県の「えむし」(イワムシ)漁獲量と高い相関を持つ($r=0.919$, $n=20$))も説明変数に加え重回帰分析した結果、高い相関が認められ以下の式で表された($r^2=0.704$, $n=47$, $P<0.01$)。

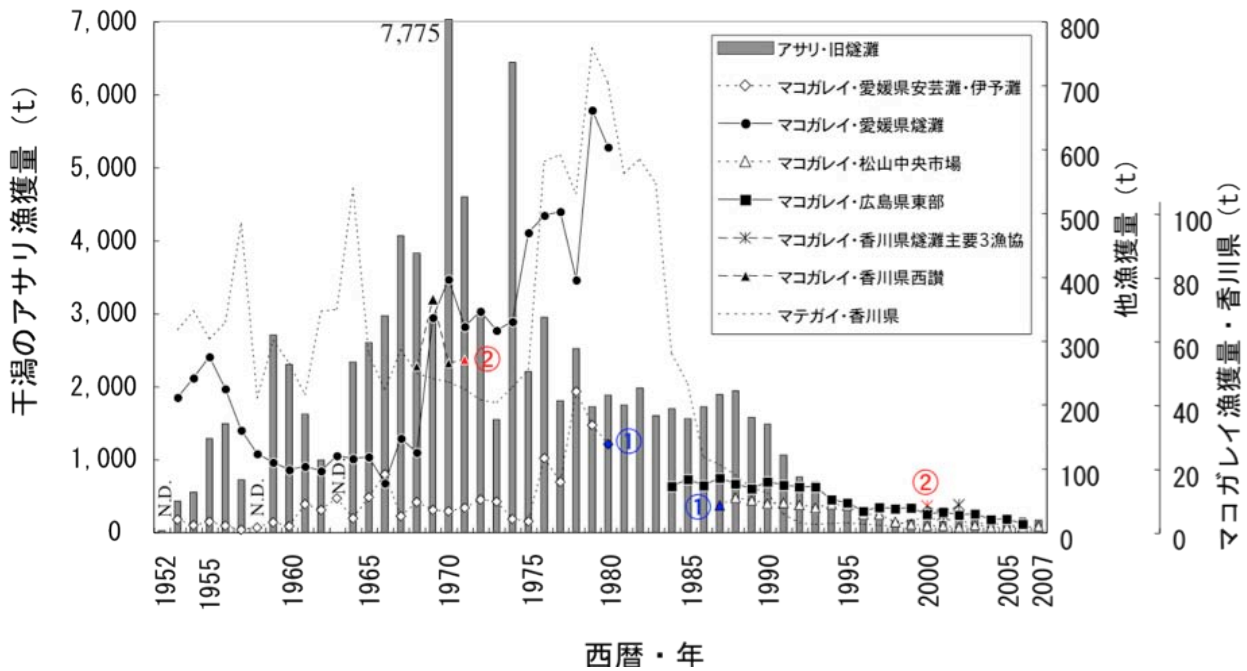
$$\text{マコガレイ漁獲量}(t) = 0.303 + 0.556 \times \text{マテガイ漁獲量}(t) + 0.031 \times \text{アサリ漁獲量}(t)$$

本種の生活史全体を考慮に入れ、着底・成育場としての干潟と繁殖場とを一体として捉えた干潟整備方策が求められる。

広島湾

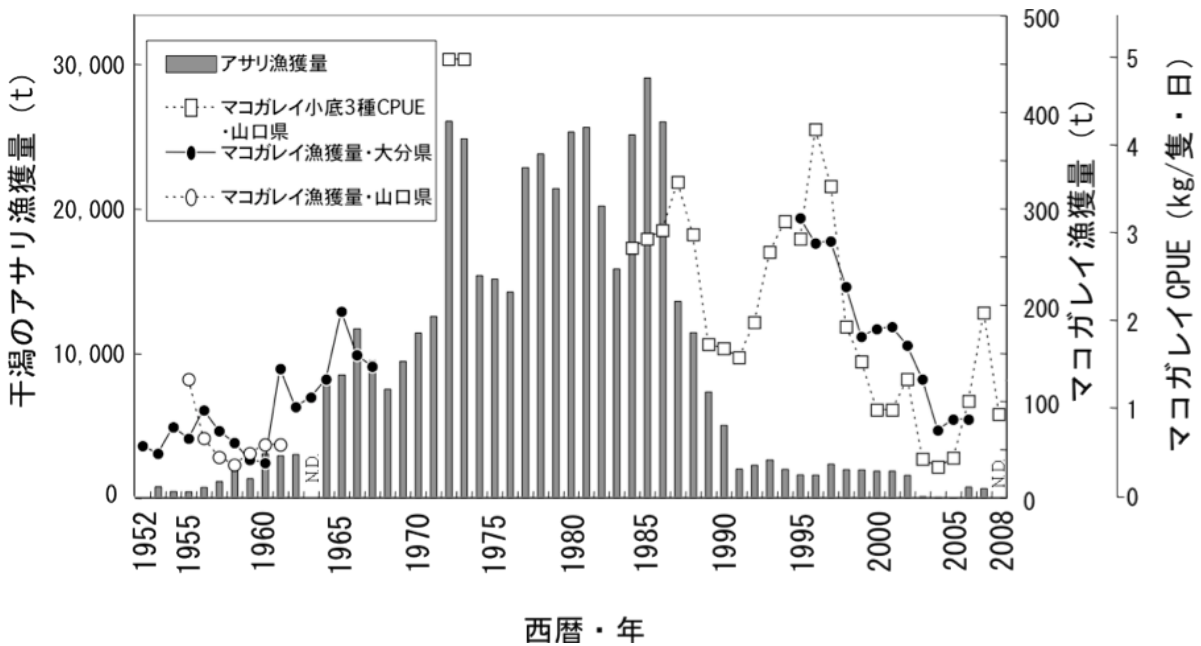


旧燧灘



マコガレイの漁獲トレンドを比較するため、①は愛媛県安芸灘・伊予灘（1953-1980年）と松山中央市場（1987-2007年）の漁獲量が、②は香川県燧灘主要3漁協（1967-1971年）と香川県西讃（2000-2002年）の漁獲量がそれぞれ同じ海域からの漁獲とした。

周防灘周辺



図VI-2-9 瀬戸内海各海域の干潟のアサリ等とマコガレイ漁獲量・CPUEの長期変化
広島湾、旧燧灘、周防灘周辺

Ⅶ 考察

1 ガザミ

実験生態学的手法とフィールド調査により、稚ガニの成育に適した砂質を検討した結果、次のことがわかった。

- ① ガザミ稚ガニの齢期別潜砂試験結果(図Ⅵ-1-1)から、潜砂能力を考慮したガザミの適正放流サイズは C_4 である。
- ② ガザミ稚ガニには潜砂しやすい砂質への選択性がある。
- ③ 放流した稚ガニ(C_3)は日数が経過し成長するに伴い底砂の粒度に対する選択性は低くなる。
- ④ 選択性の高い粒度の小さい砂質だけの環境では稚ガニの生残率が低い。

このことから、稚ガニの放流直後は潜砂可能な粒度の小さい砂質が必要であるものの、その後は必ずしも潜砂可能な砂質が必要ではなく、稚ガニの成育のためには粒度の異なる砂質が混在する干潟が適していると考えられる。しかし、得られた結果は、異なる底質について限られた物理環境で実験したものである。天然海域における底質環境は、波浪などの物理環境と密接な関係があるため、本来は、これらの実験結果を天然海域で検証することが必要である。今後は、そのための実験手法を確立し、それにより得られた結果をフィードバックすることにより、本実験手法の精度を高めることが必要である。

2 カレイ類

周防灘のイシガレイ資源の激減は、干潟のアサリに代表される干潟の餌環境の悪化が原因であることが示唆された。イシガレイ資源の回復には、アサリ 3t/ha/年以上が持続的に生産できる干潟の餌環境が必要で、それが目指すべき干潟環境と考えられた。本種の資源回復のためには、干潟の存在は言うに及ばず、干潟の餌環境の再生が必要である。

マコガレイの各繁殖場には、潮流が速く急斜面であること、底質は砂～荒砂であることなど地形・物理的構造の共通点が認められた。恒流等も考慮すると、着底・成育場となる河口干潟域へ安定して卵稚仔を輸送・供給できる場所に、本種の繁殖場が形成されると考えられた。また、稚魚の着底にとって干潟やその周辺の浅場は重要であるが、干潟のアサリ漁獲量単独ではマコガレイの資源変動を説明できなかつたため、旧燧灘系群について潮下帯の餌環境の指標としてマテガイも説明変数に加え重回帰分析したところ高い相関が認められた。このことから、本種の干潟整備方策には、生活史全体を考慮に入れ、着底・成育場としての干潟と繁殖場とを一体として捉えた干潟整備方策が求められる。

Ⅷ 摘要

1 ガザミ

- ・ ガザミ稚ガニの潜砂能力は C_4 で顕著となり、中砂以下の粒径の底質が適している。
- ・ ガザミ稚ガニは礫及び粗砂よりも細砂及び中砂の砂質を選択する。
- ・ 食害生物や個体間干渉のない環境では、稚ガニは甲幅 20mm に達すると底砂の粒径に対する選択性は低くなり、生残率は砂質の選択性と一致しなかつた。
- ・ ガザミ稚ガニの成育のためには、粒径の異なる砂質が混在する干潟が必要である。
- ・ 干潟へ定着する稚ガニのサイズは全甲幅 8.5 (C_2) ～55.8 (C_9) mm で、主に中央粒径 0.38～0.53mm の場所へ定着していた。
- ・ 稚ガニの胃内容物は、主に多毛類、二枚貝類(ホトギス、アサリ)、イシガニ類の出現頻度が

高く、ベントスの種組成とも一致した。

2 カレイ類

- ・ イシガレイ資源の激減は、干潟のアサリに代表される干潟の餌環境の悪化が原因であることが示唆された。
- ・ イシガレイ資源の回復には、アサリ 3t/ha/年以上が持続的に生産できる干潟の餌環境が必要で、それが目指すべき干潟環境と考えられた。
- ・ マコガレイの各繁殖場には、潮流が速く急斜面であること、底質は砂～荒砂であることなど地形・物理的構造の共通点が認められた。
- ・ マコガレイの繁殖場は、着底・成育場となる河口干潟域へ安定して卵稚仔を輸送・供給できる場所に形成されると考えられた。
- ・ マコガレイ稚魚の着底にとって干潟やその周辺の浅場は重要であるが、干潟のアサリ漁獲量に加え潮下帯の餌環境の指標としてマテガイも説明変数に加えところ本種の漁獲量と高い相関が認められた。
- ・ マコガレイの干潟整備方策には、生活史全体を考慮に入れ、着底・成育場としての干潟と繁殖場とを一体として捉えた干潟整備方策が求められる。

IX 引用文献

- 1) 山口県内海水産試験場、1974: 昭和 48 年度瀬戸内海栽培漁業事業 魚類放流技術開発調査結果報告書(カレイ類)。
- 2) 有山啓之、2000 : 大阪湾におけるガザミの生態と資源培養に関する研究、大阪府水試研報、12、1-90。