

# 日本海

## リサーチ & トピックス

2017年9月 第21号



京都府宮津湾でのトリガイ養殖

- 韓国製バイ籠のズワイガニ類に対する漁獲特性と混獲防止策の検討
- 東シナ海の影響を受ける日本海対馬暖流域の栄養塩環境
- トリガイ稚貝の摂餌量と成長との関係

編集 日本海区水産研究所



国立研究開発法人  
水産研究・教育機構

## 目 次

韓国製バイ籠のズワイガニ類に対する漁獲特性と混獲防止策の検討 養松郁子（資源管理部・資源生態グループ）	3
東シナ海の影響を受ける日本海対馬暖流域の栄養塩環境 児玉武稔（資源環境部・生物生産グループ）	6
トリガイ稚貝の摂餌量と成長との関係 竹内宏行（資源生産部 資源増殖グループ）、 長副聡（西海区水産研究所 有明海・八代海漁場環境研究センター）	9

### 表紙の解説

#### 京都府宮津湾でのトリガイ養殖

写真提供 本藤 靖氏（宮津市トリガイ養殖漁家）

トリガイは寿司ネタなどに使われる高級な二枚貝です。京都府では全国に先駆けてトリガイの養殖に成功し、大型の貝を「丹後トリガイ」としてブランド販売しています。

トリガイの養殖では、砂を敷いたコンテナに稚貝を入れて、水中に吊るして約1年間育てます。大きく美味しいトリガイを育てるためには、容器と砂が汚れたままにならないように何度も交換、洗浄しなければなりません。この作業は重労働ですが、漁業者の方々は養殖方法に改良を加えながら、美味しいトリガイを消費者に届けるために頑張っています。

# 韓国製バイ籠のズワイガニ類に対する漁獲特性と混獲防止策の検討

養松郁子（資源管理部・資源生態グループ）



韓国製バイ籠により目的外で漁獲されてしまうベニズワイを調査し、その防止策を検討しました

## 【はじめに】

1999年1月に発効した日韓の新漁業協定により設定された北部日韓暫定水域では、日本と韓国それぞれ自国の漁業規制下において複数の漁業が行われている。このうち、韓国船が行うバイ籠漁業で使用される籠には、本来の目的とするバイ類だけでなく、カニ籠漁業で禁漁とされている小型のズワイガニ類が混獲されることが報告されている（図1）。韓国のバイ籠で漁獲されたズワイガニ類の扱いは不明であるが、投棄により死亡している可能性が懸念される。本研究では、バイ籠によるズワイガニ類の漁獲特性を調べるとともに、韓国側に提案しうる簡便な混獲軽減策とその効果を検証することを目的として調査を実施した。

## 【調査方法】

2006～2013年にかけて年に3～5回、新潟県糸魚川市能生のべにずわいがに漁船に試験籠調査を委託して通常の漁具の一部の籠を試験籠に置き換えた操業により得られた漁獲物（ベニズワイ、バイ類）の量や組成を調査した。試験籠は、我が国EEZ内で実施した調査船調査時に底びき網によって海底から引き上げられた、本来の漁具から脱落した籠と考えられる韓国製バイ籠をもとに、複製品を作成して使用した。調査には、手を加えない原型のままのもの（原型籠）もしくは、カニが入りにくい形状に細工したもの（細工籠）を使用した（図2）。この籠の入り口は内側に押し開く形状になっており、サイズに関わらず、籠内から外への逃避は非常に困難と考えられるため、混獲を



図1 韓国製バイ籠で混獲されたズワイガニ  
（出典：境港漁業調整事務所）

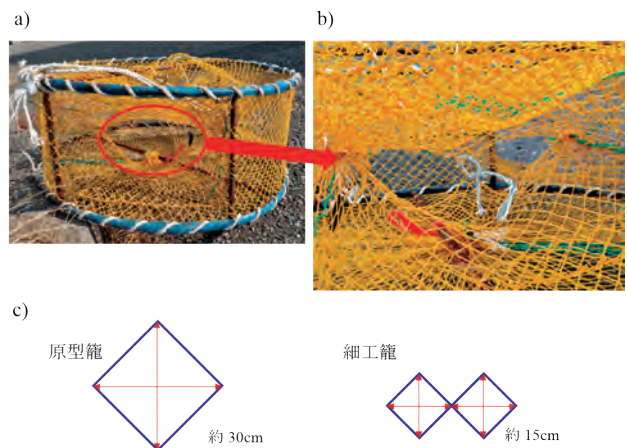


図2 籠網の形状と細工による開口部の大きさ

- a) 韓国製バイ籠の全容,
- b) 開口部（中央部を縛って細工）,
- c) 原型籠, 細工籠それぞれの開口部の最大口径

防ぐには籠への入網を減らす必要がある。原型籠では最大で30cm四方ほどに開口するところ、3ヶ所あるすべての入口部について入口中央部の

上下を網地用のロープで縛って最大開口幅15cm四方程度に狭めた細工籠を用意し、この細工によってカニ混獲がどの程度軽減されるかを検討した(図2)。採集した籠種ごとに、ベニズワイは雌雄別、バイ類は種別にそれぞれ個体数と重量を計測した他、各個体についてベニズワイは甲幅の測定と成体/未成体の区別、バイ類は殻高の測定を行ない、籠種間で漁獲物の量や組成を比較した。

**【バイ籠(原型籠)で混獲されるベニズワイ】**

すべての操業について原型籠を2~5個取り付け、調査期間を通して31操業、延べ105籠の漁獲物を得た。ベニズワイ雄はすべての操業で漁獲があり、漁獲個体数は1籠あたり0.7~13.0個体(平均5.8個体)、0.2~4.6kg(平均1.4kg)であった。甲幅組成は甲幅85~90mmにモードがある一峰型を示し、通常のカニ漁業では禁漁とされる甲幅90mm以下の個体が中心であった(図3)。また、漁獲された605個体のうち、113個体は成熟脱皮を終わっていない未成体個体であった。

一方、全調査期間を通して漁獲された雌はすべて成熟個体であり、まったく漁獲されなかった操業が18回あった一方、1籠あたり60個体以上漁獲されたケースがあった。雌が多獲された海域がある程度限定されていたことから、雌が籠網に入るかどうかは、籠の形状よりも採集場所の雌の分布密度に依存すると考えられた。

**【細工によるカニの混獲防止効果】**

全調査31回の操業のうち、10回について、原型籠と細工籠を併用して採集を行った。操業日によって原型籠で採集される個体数が大きく異なったため、両者の籠を併用した調査期間のみの原型籠と細工籠のそれぞれ1籠あたりのベニズワイの採集個体数を比較した(図4)。10回の操業のうち、原型籠と細工籠で同数漁獲された操業が1回あったものの、9回の操業ではすべて細工籠の漁獲個体数が少なかった。甲幅70mm以上のベニズワイについては、大型の個体ほど原型籠に対する細工籠の漁獲個体の割合が低くなる傾向が認めら

れた。この効果により、原型籠の漁獲物の中心である甲幅80~95mmの雄については、細工により漁獲個体数がほぼ半減した。細工籠では甲幅60mm以上の雄の入網割合は大型個体ほど有意に低くなっており、細工による混獲防止効果が認められた。一方、雌は、多くが甲幅60~75mmの範囲にあって、細工による混獲防止効果が得にくい範囲にあるため、今回の細工では入網が阻害されなかったと考えられる。

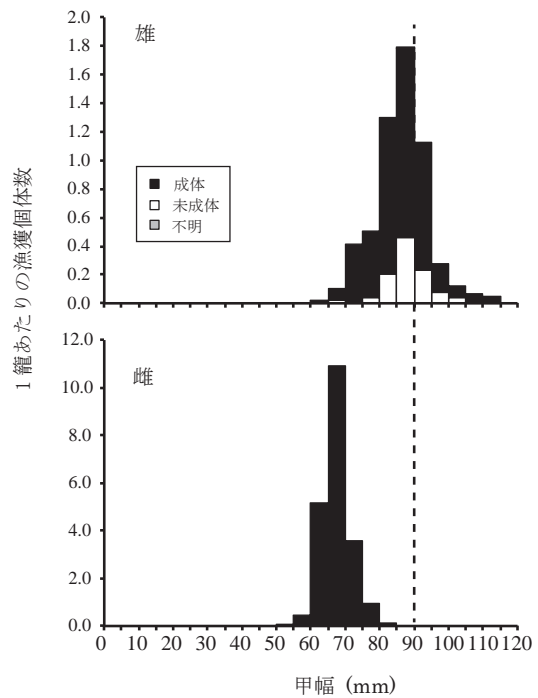


図3 原型籠で漁獲されたベニズワイの甲幅組成破線は、雄の漁獲規制サイズである90mmを示す

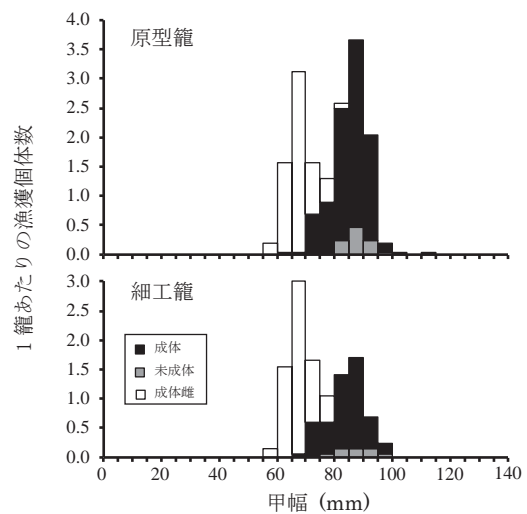


図4 原型籠と細工籠で漁獲されたベニズワイの甲幅組成

**【細工によるバイ類への影響】**

カニの混獲防止を目的とした細工が、本来の漁獲対象であるバイ類の漁獲に与える影響を検討した。原型籠と細工籠のいずれでも、殻高が最大でも50mm程度のツバイ、殻高が100mmを超える大型種のオオエッチュウバイ、チヂミエゾボラの3種が漁獲された。小型種のツバイと大型の2種では体サイズが異なることから、個体数の比較は種ごとに行った。しかし、同程度の体サイズであれば、種による入網特性に違いはないと判断し、サイズ組成については種を区別せずに比較した。操業日ごと種ごとの1籠あたりの漁獲個体数には細工の有無による偏りは認められなかった。また、漁獲されたバイ類のサイズ組成にも違いは認められず、いずれも殻高160mm近くの個体までされた(図5)。これらの結果から、今回検討した籠の細工によって、バイ類の入網を妨げるものではないと判断された。

**【細工籠の導入に向けて】**

籠の入り口を縛るだけの簡単な作業により、本来の漁獲対象であるバイ類の入網を損なわずに、カニ籠の漁獲制限である甲幅90mm前後からやや小さい雄のカニの混獲を防ぐ効果が認められたことから、韓国のバイ籠漁船に対し、細工籠の導入を促すことがカニ資源の混獲死亡を減らす上で有用と考えられる。一方、成熟雌ガニの混獲を防ぐことはできなかったが、成熟雌は局所的に高密度に分布していることから、これらの漁場を避けて籠を入れるような操業方法についても併せて検討し、提案していく必要がある。

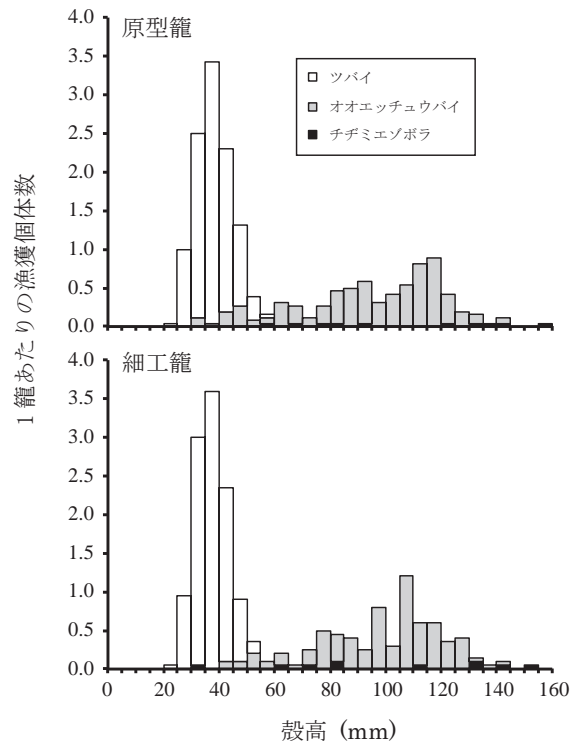


図5 原型籠と細工籠によって漁獲されたバイ類の殻高組成

## 東シナ海の影響を受ける日本海 対馬暖流域の栄養塩環境

児玉武稔（資源環境部・生物生産グループ）



日本海対馬暖流域の特徴的な栄養塩分布構造を把握し、その形成過程を考察することで、対馬暖流が運ぶ栄養塩の重要性を明らかにしました

### 【はじめに】

栄養塩とは、植物の生育に必要とされる元素（必須元素）を含む無機塩類を指し、陸上植物にとっては窒素（N）、リン（P）、カリウム（K）を含む塩類が代表的で、いわゆる「肥料」である。海水中ではカリウムは常に高い濃度で存在するため、窒素とリンが植物の生長・増殖の必須元素となる。さらに、海洋での生物生産に最も影響力をもつ植物プランクトンである珪藻は、ケイ酸質の殻をもつことから、その増殖にはケイ素（Si）が必須である。したがって、窒素、リン、ケイ素という3元素を含む無機塩類、すなわち、硝酸塩、亜硝酸塩、アンモニウム塩、リン酸塩、ケイ酸塩が海洋の栄養塩として扱われ、植物プランクトンの変動要因として20世紀初頭から研究されてきた。海洋における栄養塩の一般的な鉛直分布は、光が強い表面付近では植物プランクトンに利用されるために濃度が低く、光が届かない深層では植物プランクトンによる利用が抑制される一方で、有機物の分解・溶解から栄養塩が再生されるため濃度が高くなっている。また、深層から表層へは混合など物理現象を介して供給される。

本研究では夏季日本海南部の栄養塩濃度の水平的・鉛直的分布についての特徴と、その特徴の成因を明らかにするために、対馬暖流域で観測を行った。

### 【調査方法】

2013、2014年6～10月に日本海の対馬暖流域で行った6航海において合計97点で観測した（図1）。深度ごとの水温・塩分を測定するCTDセンサーに、溶存酸素センサーと植物プランクトン量の多少を示すクロロフィル蛍光センサーを加えて、水温、塩分、溶存酸素濃度、植物プランクトン量（クロロフィル蛍光）の鉛直分布を得た。栄養塩濃度測定用の海水は10～200mの12層で採取後、冷凍で持ち帰り、陸上研究室で硝酸塩、リン酸塩、ケイ酸塩を測定した。

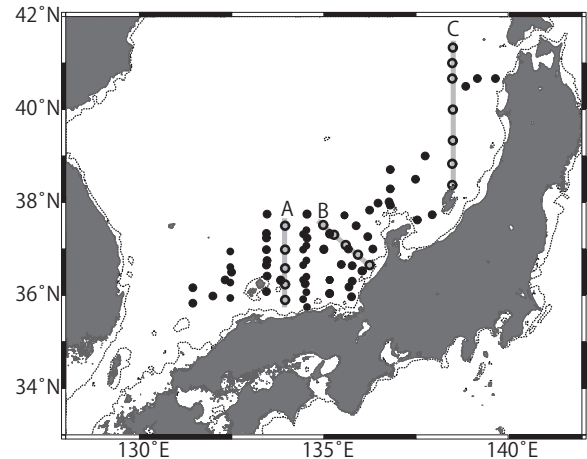


図1 本研究で栄養塩測定を行った観測点（●および○）  
灰色線（A、B、C）で示した観測点（○）の測定項目の鉛直分布を図2、3で示す。破線は100mの等深線を示す。

**【観測結果】**

得られた代表的な測線の結果（ラインA、B、C）を図2、3に示す。図2では上から、水温、塩分、見かけの酸素消費量、植物プランクトン量の鉛直分布を示している。ここで、見かけの酸素消費量とは、水温、塩分で規定される、圧力が1気圧の時の飽和酸素濃度から現場の酸素濃度の差をとった値である。植物プランクトンの光合成により酸素が供給されるため実際の消費量と必ずしも一致しないので「見かけ」と呼ばれているが、その海域で植物プランクトンの光合成（栄養塩消費・酸素供給）と有機物分解（栄養塩供給・酸素消費）のどちらが優位かを判断する目安となる。図2をみると、ラインC上の北緯40度以北の3測点を除いて、水深22~127mの垂表層で塩分が局所的に高くなる塩分極大が見られ、見かけの酸素消費量の極大と一致している。

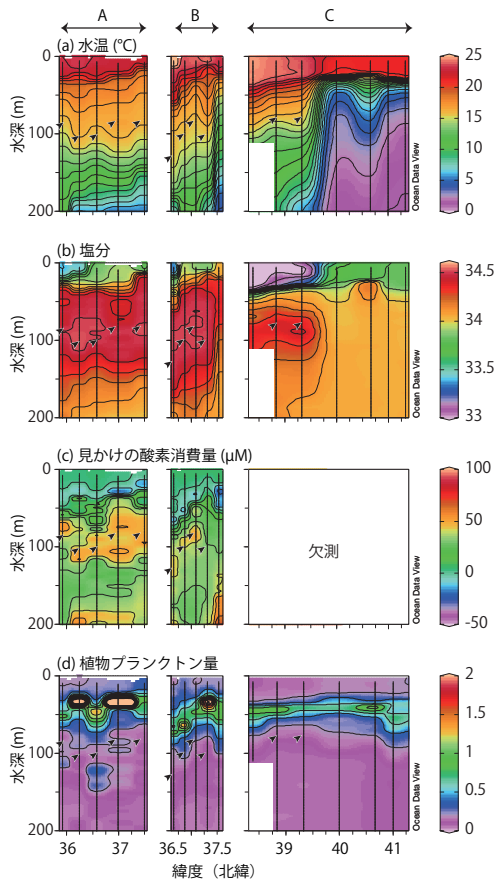


図2 A-C線上における (a) 水温、(b) 塩分、(c) 見かけの酸素消費量、(d) 植物プランクトン量の鉛直分布  
 図中縦線は観測した位置を、矢印は図3で示すケイ酸塩極大層を示す。

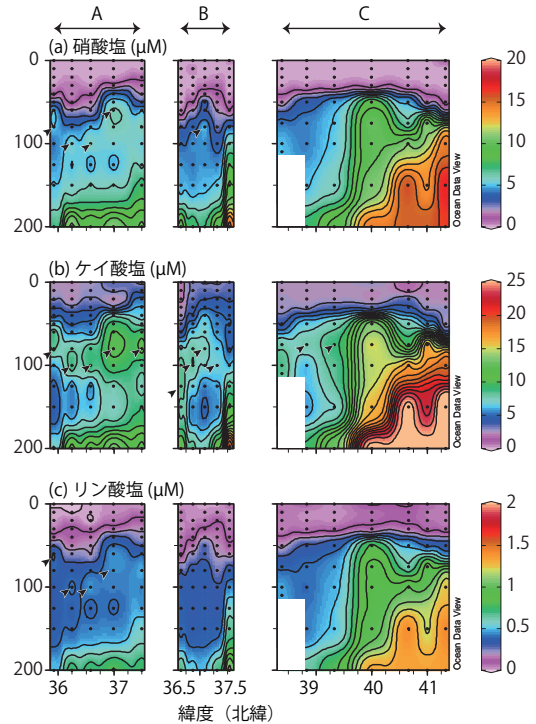


図3 A-C線上における (a) 硝酸塩、(b) ケイ酸塩、(c) リン酸塩濃度  
 図中黒点は栄養塩濃度を測定した位置を、矢印は栄養塩極大層を示す。

栄養塩濃度は、水深10mで硝酸塩・リン酸塩は枯渇しており、ほとんどの測点で濃度を検出することはできなかったが、ケイ酸塩については表面でも0.6~6.5μM程度余剰していた（図3）。これは、ケイ酸塩が珪藻を中心としたケイ素の殻を持つ植物プランクトンにしか利用されない一方で、硝酸塩やリン酸塩は他の植物プランクトンによって、より低濃度まで利用されるためである。栄養塩濃度は20~125m以深から水深とともに増加していたが、多くの測点で塩分極大とほぼ一致する水深域で栄養塩極大、そのすぐ下層で栄養塩極小が見られた（図2、3）。この極大・極小構造はケイ酸塩でよりはっきり認められ（97観測点中71測点で確認）、リン酸塩では明確ではなかった（同6測点で確認）。その理由として、リン酸塩の濃度はケイ酸塩の10分の1以下であるが、測定精度はあまり変わらないため、極大・極小構造が検出されにくいと考えられる。この塩分と栄養塩の極大・極小構造が認められる測点は、隠岐周辺海域から青森沖まで約1000kmにわたって断続的に広がっていた。

### 【日本海の独自性】

本研究で認められた、栄養塩の極大・極小構造は、日本海と同様に狭い海峡に区切られている地中海や、対馬暖流と同じ暖流が流れている黒潮、メキシコ湾流域では報告されていない。また、表面直下の極小構造は、湧昇域である南太平洋熱帯域やカリフォルニア海流域で知られているが、これらの海域では表面の栄養塩濃度が高いことに起因しており、亜表層には出現しない。以上のことから、夏季日本海の200m以浅に見られた栄養塩極大・極小構造の出現は世界的に見ても独特な構造である。

### 【極大・極小構造の形成過程】

夏季日本海の栄養塩極大・極小構造がどのように形成されたのかについて考える。栄養塩は基本的に水深とともに増加しており、極大・極小構造は相対的に現れるものなので、極大もしくは極小を作る要因があれば極大・極小が形成される。

はじめに、極小を作る要因として、植物プランクトンによる栄養塩消費を検討した。しかし、その水深の植物プランクトン現存量はそれほど多くなく、見かけの酸素消費量は正であるため、光合成よりも有機物分解の方が優勢であり、栄養塩はむしろ供給されていることが示唆された。

次に、海流によって横方向に高栄養塩濃度の水が運ばれ、極大を作る可能性を検討した。前述したように、栄養塩極大層は塩分極大層とほぼ一致しており、日本海の高塩分水の起源は対馬暖流が運ぶ黒潮系水であることが知られているため、栄養塩極大の形成にも対馬暖流の寄与が大きいと考えられる。対馬暖流の上流域にあたる対馬海峡での過去の観測結果をみると、海底付近の水で最も塩分が高くなり、その水温は15℃程度と、今回認められた日本海の栄養塩極大の特徴と一致する。一般的に、海底にはプランクトンの死骸など有機物がたまり、それが分解されるので、酸素の消費をとまなう栄養塩の再生が起きる。黒潮系水は一般に高温・高塩・低栄養塩で知られているが、対馬海峡、さらにはその上流の東シナ海の浅い海域を通過する際に海底付近からの栄養塩供給を受

け、富栄養化している可能性が高い。

以上から、日本海の栄養塩極大層の水塊は、対馬暖流によって運ばれてきた対馬海峡の底層で富栄養化された黒潮系水に由来すると推察できる。

### 【生物への影響】

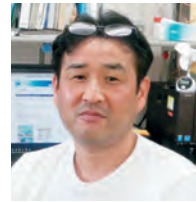
最後に、この栄養塩極大層が日本海の生物生産に与える影響について考える。栄養塩極大層は青森県沖まで断続的に続いているものの、日本海東部では構造が不明瞭であった。日本海全体で栄養塩極大層直上で植物プランクトンが最も多いため、対馬暖流による輸送の過程で栄養塩が徐々に植物プランクトンに消費されていると考えられた。また、夏季日本海の植物プランクトン量は太平洋の黒潮域と比較すると高く、生産性が高い。対馬海峡及び東シナ海陸棚付近で栄養塩が付加されることで、高い生物生産力を持っていると考えられた。

### 【おわりに】

本研究から日本海の栄養塩構造は、対馬暖流を介して対馬海峡や東シナ海の影響を強く受けていることがわかった。近年、東シナ海は、周辺国の開発の影響を強く受けて、リン酸塩の減少など海洋環境に様々な変化が生じていることが知られている。東シナ海的环境変化が日本海にどのような影響を与えているかについては、さらなる調査・研究が必要であるが、栄養塩は海洋生態系のベースとなることから、今後、海洋の生態系を通じた漁業資源への影響についても注意深く調査・研究を積み重ねていく必要があると考えている。



## トリガイ稚貝の摂餌量と成長との関係



竹内宏行（資源生産部 資源増殖グループ）、  
長副聡（西海区水産研究所 有明海・八代海漁場環境研究センター）

室内飼育実験によってトリガイ稚貝の植物プランクトン摂餌量を推定し、成長との関係を明らかにしました

### 【はじめに】

トリガイは内湾の水深数mから数十mの砂泥域に生息する二枚貝である。大型の貝は刺身や寿司ネタなどの高級素材としての需要が高いことから、京都府では、全国に先駆けてトリガイ養殖に取り組み、100g以上に成長した大型のトリガイを「丹後とり貝」としてブランド化した。京都府のトリガイ養殖は、砂よりも比重の軽いアンストラサイト（無煙炭）を入れたコンテナの中に稚貝を収容し、内湾に設置した筏にコンテナを垂下する方法で行われている。コンテナの垂下水深は、漁業者がそれぞれの経験に基づいて判断している。しかし、内湾の環境は天候や陸水の流入により変動し、水深により水温や塩分、酸素濃度が大きく異なるため、トリガイの成育に適した水深帯を見つけることは非常に難しく、その判断を誤ると大量死亡に繋がる。そこで、京都府立海洋センターでは、養殖海域の表層から底層までの水質をモニタリングする「漁場環境自動監視装置」を開発した。このシステムで得られた観測データをリアルタイムで養殖業者に配信することで、養殖コンテナの垂下水深を直ちに調節し、トリガイの成育に適さない水深帯を避けることができるようになった。

一方、トリガイの成育に適した水深帯、特に餌となる植物プランクトンが豊富な水深帯に養殖コンテナを垂下することができれば、トリガイの成長が速くなり、短期

間で大型個体を生産することが可能となる。トリガイの成育に適した水深帯については、餌となる植物プランクトンの密度が判断基準の一つとなるが、トリガイの成長に必要とされる植物プランクトンの量に関する知見はほとんどない。そこで本研究では、植物プランクトンの量が異なる海水でトリガイ稚貝を飼育し、摂餌量と成長との関係を明らかにした。

### 【調査方法】

トリガイの飼育実験装置を図1に示した。装置は餌料貯水槽（500Lポリエチレン製）と5個の飼育容器（500ml塩化ビニル樹脂製）で構成した。飼育容器にトリガイ稚貝（平均殻長 $43.7 \pm 2.9$ mm）を1個体ずつ収容した。餌料貯水槽には植物プランクトン*Chaetoceros.sp.*を添加した海水（ $0.5\mu\text{m}$ フィルターろ過海水）を貯めておき、その海水を水中ポンプにより飼育容器に注水する方法でトリガイを飼育した。この装置を5組用意し、貯水槽

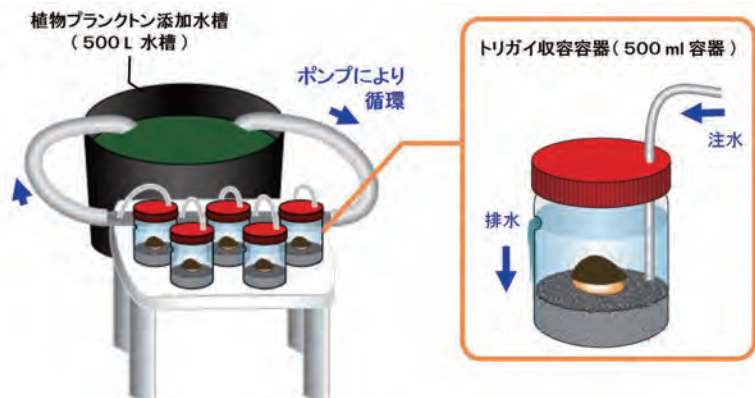


図1 飼育実験装置の概要

のクロロフィル濃度の異なる5試験区（0 µg/L区、2 µg/L区、5 µg/L区、10 µg/L区、20 µg/L区）を設けた。餌料貯水槽の海水は毎朝1回、新たな海水に交換し、その都度、各実験区の植物プランクトン密度（クロロフィル濃度（µg/L））を調整した。

餌料貯水槽のクロロフィル濃度と飼育容器への注水量から餌の供給量を、飼育容器から排出される海水の濃度と排出量から残餌量を求め、その差からトリガイの摂餌量を算出した。

飼育は2週間行い、その期間のトリガイの成長量は実験開始時と実験終了時の乾燥重量の差により求めた。なお、実験開始時のトリガイの重量は供試個体と同一群の平均値を使用した。

### 【トリガイの摂餌量と成長】

0 µg/L区、2 µg/L区、5 µg/L区、10 µg/L区および20 µg/L区の貯水槽の植物プランクトン添加直後のクロロフィル濃度は、それぞれ0.02 ± 0.06 µg/L、2.24 ± 0.22 µg/L、5.59 ± 0.43 µg/L、11.03 ± 0.97 µg/Lおよび22.39 ± 2.23 µg/Lであった。本実験では、クロロフィル濃度が最も高かった20 µg/L区において、餌の過剰給餌時に観察される偽糞の排出は確認されなかったため、摂餌された餌料はすべて体内に取り込まれたものと判断された。

餌料貯水槽から飼育容器に注水された海水と、容器から排水された海水のクロロフィル濃度の差からトリガイの摂餌量を算出した結果、クロロフィル濃度が高い試験区ほど1日当たりの平均摂餌量（クロロフィル量として）は高くなった。同様に、乾燥重量から求めた1日の平均増加重量もクロロフィル濃度に伴って高くなった。摂餌量（X）と増加重量（Y）の間には高い相関が認められ、 $Y = 0.000055X - 0.0055$  ( $r = 0.92$ ) の関係式で示された（図2）。この関係式から、トリガイが体重を維持するために必要な1日の摂餌量（クロロフィル量）は100.7 µgであると推定された。以上により、トリガイの植物プランクトン摂餌量と成長（増加重量）との関係を明らかにすることができた。

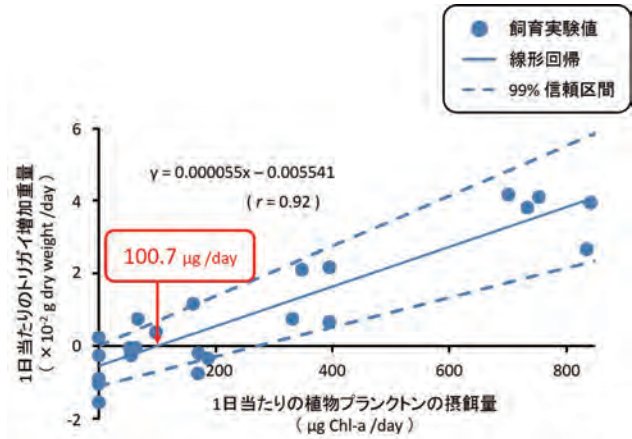


図2 摂餌量と成長量の関係

他の二枚貝でも摂餌量と成長を調べた実験例はあるが、数十個体をまとめて水槽に収容し、平均的な成長を把握するような実験である。今回のように、一定濃度の餌料を24時間連続給餌することで、1個体ごとに餌料環境を管理・測定した室内実験装置の報告例は、我々の知る限りない。1個体ごとに管理し、調べることで、餌をよく摂餌する個体、しない個体がいることも分かり、従来の実験よりも精度の高い結果を得ることが出来たと思われる。今後、さらに実験装置を改良し、二枚貝の餌環境と成長との関係を明らかにしていきたいと考えている。

### 【おわりに】

トリガイなどの二枚貝は海水をろ過しながら摂餌するため、摂餌量は海水中の植物プランクトン密度の影響を受ける。本実験において、トリガイの摂餌量と成長との関係を明らかにすることができたが、トリガイ養殖に適した場所や水深帯を判断するためには、海水中の植物プランクトン密度と摂餌量との関係を調査する必要がある。また、室内の飼育実験結果と屋外での観測データを照合することで、トリガイの成育に適した環境評価の精度が高まると考えられる。本実験において構築した実験系は、安定した餌料供給と個別飼育が可能である。供試する貝のサイズや種類によって、餌料濃度、注水量、収容容器などを変更することで、二枚貝類の餌料条件の解明に大きく寄与できるとと思われる。



発行：国立研究開発法人水産研究・教育機構

編集：国立研究開発法人水産研究・教育機構 日本海区水産研究所  
〒951-8121 新潟市中央区水道町1-5939-22  
電話：025-228-0451(代) FAX：025-224-0950  
<http://jsnfri.fra.affrc.go.jp/>