

研究分野	6 豊かな漁場環境の維持・保全のための技術開発	部名	漁場保全部
研究課題名	(1) 漁家所得の向上と経営安定を目指した養殖漁場の環境収容力に関する研究		
予算区分	国庫 (漁場生産力向上対策事業費)		
試験研究実施年度・研究期間	平成 25 年度～平成 27 年度		
担当	(主) 加賀 克昌 (副) 加賀 新之助、内記 公明		
協力・分担機関	(独) 水産総合研究センター東北区水産研究所、大船渡市漁業協同組合、宮城県水産技術総合センター		

<目的>

東日本大震災によって壊滅的な被害を受けた二枚貝養殖の適切な復興を進めるため、良質の二枚貝を持続的に生産できる漁場利用の在り方を提示する。

<試験研究方法>

大船渡湾を対象として、主に当所がマガキ養殖場の環境や餌料プランクトンの生産力、マガキの成長状況等を把握するための現地調査を担当し、(独) 水産総合研究センター東北区水産研究所 (以下、「東北水研」) が海水流動の把握と当所の現地調査結果を解析し評価することにより、対象海域において持続的かつ適正な二枚貝養殖のための最大養殖量 (以下「環境収容力」) を明らかにする。

1 環境条件の把握と餌料生産量の推定【担当：当所、東北水研】

大船渡湾定点 (St. 2、図1) で月1回の水質調査 (水温、塩分、クロロフィル a、懸濁態有機炭素量 (POC) の4項目、0、5、10、20m の4層) 及び動物プランクトン量及び¹³C法の現場垂下実験による基礎生産速度の測定を実施した。

同時期に湾内外7定点 (St. 1～7、図1) において多項目水質計により水温、塩分、クロロフィル蛍光強度等の鉛直分布を把握した。

2 カキの成長試験【担当：当所】

大船渡湾定点 (St. 2) でカキを2層 (2、10m) に垂下し、月1回、その一部を採取し、殻長、殻高、殻幅、総重量、軟体部乾重量、グリコーゲン量等を測定・分析した。

3 二枚貝餌料供給量推定のための大船渡湾海水流動の把握【担当：東北水研】

大船渡湾湾口近く (St. 6 近傍) において現場設置型流向流速計 (ADCP) により流況の鉛直的な分布状況を連続的に測定した。また、表層付近の水温、塩分を観測するとともに、気象データ等から算定される河川流量と観測データを解析し、塩分収支のボックスモデル (海域を適切な区画に分割し、塩分の経時変化と輸送量から海水の滞留時間を推算する方法) から湾内外の海水水交換量を推定した。



図1 調査定点

背景図には国土地理院の
基盤地図情報を使用

4 貝類養殖量と懸濁物捕食生物 (付着生物) の現存量と餌料消費量の推定【担当：当所、東北水研】

対象海域の関係漁協等へ聞き取りを行うことにより、年、貝種毎の養殖生産量を把握し、各月の養殖量と餌料消費量を推定した。また、St. 2 の2層 (2、10m層) に付着試験器 (養殖用丸カゴ) を垂下し、垂下後毎月交換するものと、継続して垂下し期間途中で順次取り上げる条件を設定した (図2)。

月ごとにカゴを取り上げて付着物量の変化を把握し、カキ養殖施設に付着する生物量を推定した。また、海岸線延長の2m層を海岸や岸壁の付着層と仮定し、2m層の丸カゴの付着物量の変化から海岸線の付着物量を推定し、文献等の濾水量から湾内全体の付着生物の現存量と餌料消費量を推定した。

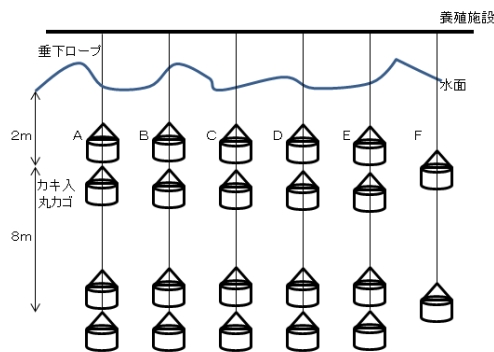


図2 丸カゴの垂下による付着物量測定実験の想定図

5 貝類の濾水量測定試験【担当：当所、東北水研、宮城水技】

水温、カキの重量と濾水速度の関係式については、赤繁ら(2005) (日水誌 71:762-767) の報告例があり、カキの濾水量推定のベースとした。ただし、冬季の水温が東北地方よりも高い地域での実験例であるため、東北地方の条件に合わせた検証が必要である。

そこで、本推定式の精度向上のため、宮城県水産技術総合センター（以下「宮城水技」）の協力を得ながら、季節変動する水温条件に応じたカキの濾水量測定試験を実施した。

基本的な実験設定は赤繁ら(2005) に従い、原則として異なる大きさの15個体のカキを個別の30L水槽に収容し、珪藻 (*Chaetoceros calcitrans*) を添加した後、一定時間ごとにチューブで採水し、蛍光強度の変化を把握することにより珪藻密度の減少量から捕食速度を求めた。

6 二枚貝養殖場の管理手法開発に向けた漁場利用率の評価【担当：東北水研】

図3のフローを想定して、大船渡湾における餌料供給量（海水交換による餌料の移流A、基礎生産量B、微小動物プランクトン生産量C、その他懸濁物生産量D）と餌料消費量（中大型動物プランクトンによる消費量E、養殖によるカキ、ホタテガイの現状での消費量F、G、マボヤや付着物等の餌料競合生物の消費量H、カキ等消費者からの総排泄物量I、推定沈降量J）を推定し、現状での両者の比較から餌料利用強度を月別に検討した。

PPI 植物プランクトン	Sed 沈殿量
PPr 植物プランクトン 生産量	Exc 排泄量
Nz 中大型動物プランクトン	Sus 粒状懸濁物
Oy カキ	IF-R 河川からの流入
Sc ホタテガイ	IF-S 湾外からの流入
Others 付着生物・底生生物等	OF-S 湾外への流出
Mzp 微小動物プランクトン	
MzpPr 微小動物プランクトン生産量	

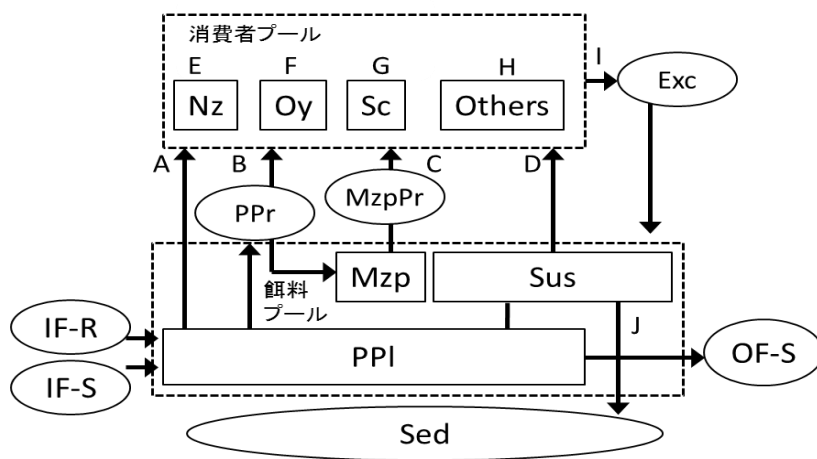


図3 カキ環境収容力推定のための餌料炭素エネルギーフロー（A～D；餌料供給、E～J；餌料消費）の想定図

A [海水交換による餌料の移流]
湾内と湾外との海水交換量から移流によるクロロフィルa値の変動成分を推定した。それを昨年度および今年度の大船渡湾で測定された季節別炭素：クロロフィルa比をもとに湾内の移流による懸濁態炭素の出入りを推定した。

B [基礎生産量]

St. 2 で実施した基礎生産速度の結果からクロロフィルa当たりの炭素生産速度を求め、それを各月の湾内6点のクロロフィルa濃度から推定したクロロフィルa濃度に乗ずることにより湾全域の基礎生産による炭素生産量を推定した。

C [微小動物プランクトン生産量]

定点での水温、各生物群の体サイズ、現存量から推定される代謝活性を基に炭素換算値を算出した。

D [懸濁物生産量]

二枚貝の捕食量と吸収効率から排泄される炭素量を推定し、餌料供給源と見なした。

E [中大型動物プランクトンの消費量]

定点での水温、各生物群の体サイズ、現存量から推定される代謝活性を基に炭素換算値を算出した。

F, G [養殖によるカキ、ホタテガイの現状での消費量]

2の成長試験で得られるカキの個体当たりの湿重量、乾重量の変化やホタテガイ既往の知見（濾水量、捕食量、餌料吸収効率、呼吸速度等）によるパラメーターから、月別の個体当たりの餌料消費量を推定した。また、2013～2014年の大船渡湾でのカキ、ホタテガイの養殖生産および保有推定量をもとに、各月の養殖量の変化を推測し、それぞれ湾全体の餌料要求量を推定した。

H [付着物等の餌料競合生物の消費量]

養殖マボヤについてFやGと同様の手法で湾全体の餌料要求量を推定するとともに、4の定実験結果と付着生物に関する既往の知見（濾水量等）から、養殖されるカキとホタテガイ以外の餌料消費量を推定した。

I [消費者からの総排泄物量]

E, F, G, Hにより排泄される懸濁物量については、マガキ等の排泄物量に関する知見から推定した。

J [推定沈降量]

餌料プールから海底への沈降堆積量については、対象海域における過去の調査結果から大船渡湾全体で1.05ton/日として月ごとに算出した。

<結果の概要・要約>

1 環境条件の把握と餌料生産量の推定 (図3のA, B)

St. 2の水温は3.5～23.4℃、塩分は7月に表層で10以下と極めて低くなり、河川水の影響を強く受ける漁場の特徴が認められた。基礎生産速度は0～286 μg C/L/dayの範囲であり、基本的に夏季に表層に近いほど高くなった。

また、クロロフィル a濃度は0.3～21.2 μg/L、POCは0～813 μg/Lの範囲で推移し、内湾域の高い生産力が認められた。4月の底層で見られた高いクロロフィル a濃度は高い基礎生産速度を伴わないことから、湾外から高濃度のクロロフィル aを含む海水が移流した可能性が考えられた。

中大型動物プランクトン生体量は0.0～86.2 mg C/m³、微小動物プランクトンの生体量は0.2～6.1 mg C/m³で推移した。中大型動物プランクトンについては春季、微小動物プランクトンについては夏季に高くなる傾向が認められた。

2 カキの成長試験 (図3のF)

カキは水温の上昇とともに成長したが、8～11月に乾重量が大きく減少する傾向が認められ、産卵による身入りの減少が考えられた(図4)。2013年に認められた2m層と10m層での身入り低下のタイミングの大きなずれは2014年には認められなかったが、産卵後のグリコーゲン含有量の回復は2m層より10m層で遅くなった。

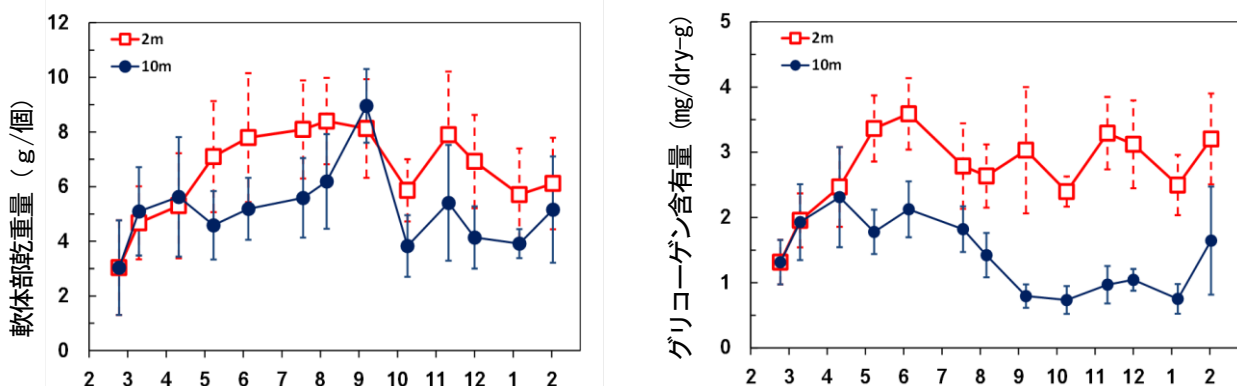


図4 現場定点に垂下したカキの個体湿重量とグリコーゲン含有量の季節変化

3 大船渡湾海水流動の把握

(図3のIF-R、IF-S、OF-S)

塩分収支のボックスモデルにより、塩分躍層(4m層)を境界として上下2層のブロックに分割し、塩分の拡散や移流から月毎の海水交換量を推定した結果、推定された海水交換量は $32\sim 332\text{ m}^3/\text{s}$ であり、湾内の海水滞留時間は7~74日となった。基本的に閉鎖性の高い湾であるが、時期により海水交換率が高くなる特徴が見られた(図5)。

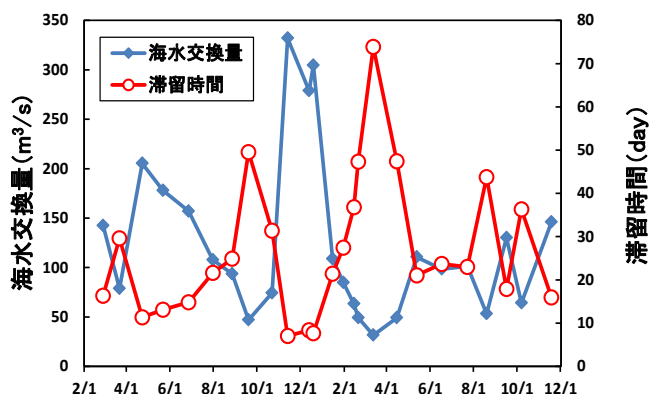


図5 大船渡湾の湾外との海水交換量と滞留時間

4 付着生物の現存量および餌料捕食量の推定 (図3のH)

付着が認められ始めたのは7月からで、ヨーロッパザラボヤとムラサキイガイ等の二枚貝類が主体を占めた(図6)。2m層、10m層ともに夏季から秋季に付着物量が増加し、冬季には減少した。

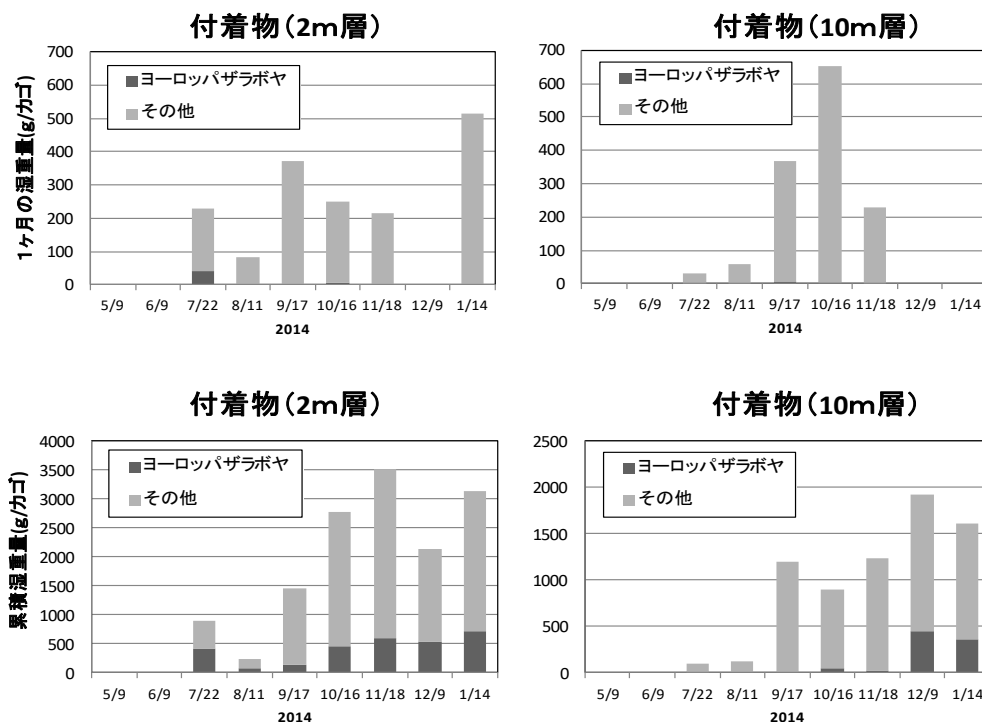


図6 現場定点に垂下した丸カゴの付着生物量の変化(上段:累積湿重量の推移、下段:1ヶ月間の湿重量の推移)

5 貝類の濾水量測定試験 (図3のF)

カキの濾水速度(CR: L/個/h)は、乾燥重量(W:g)と $CR=a*W^b$ の関係で表される。宮城水技において8~2月まで実験した結果、aの値は赤繁ら(2005)の報告値とほぼ同様であったが、bの値は変動が大きく、その平均値も報告値より低くなったが、その原因は不明であった。

当所では1月から実験を開始しているが、継続中であるためカキの濾水量推定には赤繁ら(2005)の実験結果をベースとした温度と濾水速度の関係式を採用した。

6 漁場利用率の評価

2013年2月から2014年10月までの調査結果から、St. 2において算定される毎月の基礎生産量と海水交換量をも

とに湾全体の月ごとの餌料生産量を推定し、二枚貝養殖のための餌料供給量（図 3、A～D）を推定した。全体としては、炭素換算値で 44～296 トン/月で推移し、その中で基礎生産量がどの月でも卓越し、59%以上を占めた（図 7）。

餌料消費量については、動物プランクトンによるものが夏季を中心に増加し、カキによる消費も夏から秋に変動の主要因になることがあった。一方、冬季には相対的に沈降による除去割合が高まる傾向が認められた（図 7）。餌料供給量に対する消費量の割合を利用率として算定すると 29～271%となり、全期間平均の利用率は 99%で、100%を超える時期は 5 月と 8～12 月に認められた。

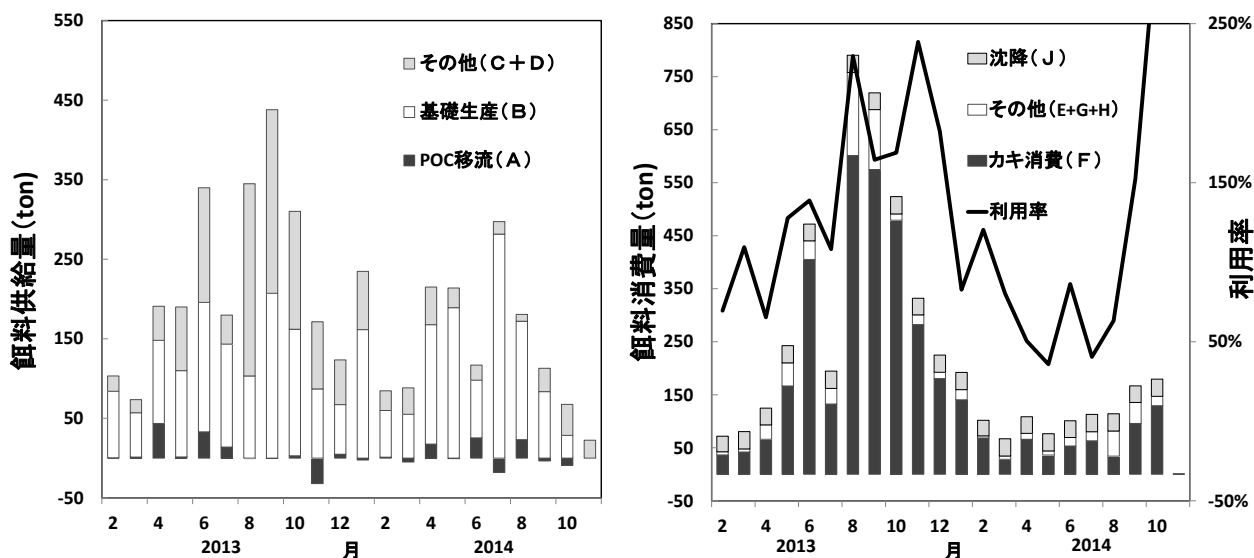


図 7 大船渡湾における月別の二枚貝餌料供給量と餌料消費量の推移

7 まとめ

- ・大船渡湾において、主に当所が現地調査、東北水研が解析・評価を担当し、水質環境、クロロフィル a 濃度、基礎生産速度、懸濁態有機炭素量、海水交換量等のデータを 2013 年度から 2 年間にわたって蓄積し、湾内の二枚貝餌料供給量を月別に推定した。
- ・カキやホタテガイの養殖生産量等の統計資料から各養殖種の湾内養殖量を月別に推定し、さらにそれらの餌料要求量を推定した。また、これまで不明であった養殖施設における付着生物の実態を調査し、既往の知見から推定される餌料消費量を環境収容力モデルに組み込み、湾内の二枚貝餌料供給量とその消費量を月ごとに比較し、現状の利用率を評価した。
- ・その結果、全期間平均の利用率は 99%となり、餌料供給量の平均利用率の状況から現状のカキ養殖量をさらに増加できる余地は少ないと推測された。

<今後の問題点>

総排泄物量 I については、消費者から排泄物された懸濁物やこれらから溶出する栄養塩等が、どの程度餌料生産に関与しているかについて知見が不足しているため、利用率の解析に含めていない。

また、その他の懸濁物消費者（図 3、H）のうち養殖マゴヤを除く付着生物は、カキ養殖施設での付着物量測定実験からの推定であることや、低水温期（10℃以下）のマガキの濾水量が継続中であることから、これらのデータを追加することにより付着生物の濾水量について解析を進め、さらなる知見の収集とデータの追加によりパラメーターの推定精度を高めることが必要である。

<次年度の具体的計画>

東北水研と協議のうえ、宮城水技の協力を得ながら、本年度と同様の調査に加えて環境収容力モデルの精度向上に必要な調査、試験を追加して実施する予定。

<結果の発表・活用状況等>

1 結果の発表等

- ・岩手県大船渡湾における漁場環境とマガキの成長（平成 26 年日本水産学会東北支部大会）
- ・大船渡湾における環境収容量力調査について（平成 26 年気仙地区貝類養殖技術検討会）

2 活用状況等

多項目水質計による漁場環境の現場観測結果は、速報値として調査関係者に報告する他、当所のホームページに掲載（大船渡湾の重点監視水域調査結果として広報）。

その他の調査、試験の解析結果は、漁業関係者や関係機関等に広く情報提供を行う予定。

得られた成果は対象海域における持続的な漁場利用のための基礎資料となり、当モデルをベースとして環境の類似する他の湾にも展開が可能。