

平成 21 年 5 月 25 日現在

研究種目：基盤研究(C)
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18580173
 研究課題名（和文）ホタテガイ養殖漁場における付着珪藻の光合成特性と基礎生産力の再評価
 研究課題名（英文）The study on characteristics of photosynthesis of benthic diatoms and the reevaluation of primary production in fishery grounds for scallop.
 研究代表者 伊藤 絹子 (ITO KINUKO)
 東北大学・大学院農学研究科・助教
 研究者番号：90191931

研究成果の概要：ホタテガイの生産を支える食物は、生理生態特性が大きく異なる微細藻類（付着珪藻と植物プランクトン）の両者であり、ホタテガイの食物供給における二大経路を形成していることを見出した。とくに貝表面の付着珪藻は、多様な種類が、安定的に生産されているメカニズムがあり、季節変動が大きい植物プランクトンより重要な役割を担っていることが示唆された。ホタテガイ漁場の生産力評価に関して新しい考え方の提示ができた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,400,000	0	1,400,000
2007年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	540,000	3,740,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：水産学・水産学一般

キーワード：ホタテガイ、食物供給、付着珪藻、植物プランクトン、光合成、基礎生産構造

1. 研究開始当初の背景

ホタテガイは海水中の植物プランクトンやデトライタスを摂取して、成長するという常識は、海洋生物学のなかでも疑われることはなかった。たとえば、適正収容量については、これまで、植物プランクトンの現存量や生産力を基礎に算定してきた。ホタテガイは海水中の植物プランクトンを主な食物としている。これは真実なのだろうか？ 数年前、ホタテ

ガイの胃内容物の検索を行った際、プランクトンより付着珪藻が多くみられたことから、食物環境の評価は再考する必要があることを直感した。海底近くに底生微細藻の生活環境が形成されている構造があるように、養殖施設があることにより、独特な環境が生まれ、それを利用する生物群集による生産構造が形成されているという発想を得た。

そこで、付着珪藻の光合成特性に注目する

ことにより、海洋での基礎生産構造の見直し、二枚貝養殖場における食物供給機構の解明へとつなげたいと考えた。

2. 研究の目的

本研究では、ホタテガイの食物の由来を明確にすることを第一の目的とする。次に重要な役割を担っていると予想される付着珪藻の光合成特性に注目して、浮遊珪藻と比較しながら、増殖機構を明らかにしてゆく。とくに、ホタテガイ養殖施設の存在による基礎生産構造の変化、すなわち浮遊性と付着珪藻の混在の仕組みや特性について考察することを第二の目的とする。

ここでは、以下のような仮説を立てて研究を進めることにした。

仮説1 ホタテガイの食物は植物プランクトンよりも付着珪藻の重要度が高い

仮説2 付着珪藻は浮遊珪藻と異なる光合成特性をもち、炭酸代謝機構も異なる

仮説3 養殖施設の存在により特異的な基礎生産構造が存在する

3. 研究の方法

- (1) 調査研究期間：2005年6月～2009年3月
- (2) 調査研究フィールド：宮城県女川湾と青森県陸奥湾のホタテガイ漁場
- (3) 海洋観測：物理化学的環境を知るために、水温、塩分、水中の光量子束密度について、鉛直的な変化を調べた。
- (4) 採集物：ホタテガイ、各水深の海水、ロープ付着物、貝殻付着物、カゴ付着物
- (5) 観察項目：ホタテガイのサイズ、胃内容物、海水中の微細藻類の種類組成、付着珪藻の種類組成
- (6) 分析項目：海水中のクロロフィル a、付着珪藻のクロロフィル a、海水の炭素窒素安定同位体比、付着物の海水の炭素窒素安定同位体比、ホタテガイの安定同位体比
- (7) 光合成の実験：海水と付着珪藻について、C13法による有機炭素生産速度を求めた。水温は現場の水温、光条件は4段階に変化させて行った。
- (8) 増殖速度の測定：植物プランクトンと付着珪藻を単離培養して、それぞれの増

殖速度と炭素安定同位体比の関係を求めた。

4. 研究成果

本研究により、当初の仮説に対する答えを得ることができたので、記載する。

仮説1 ホタテガイの食物は植物プランクトンよりも付着珪藻の重要度が高い

結果：水域の特性と季節により重要度は変わる。陸奥湾の場合は植物プランクトンの細胞密度が低く、通年、付着珪藻への依存度が高い。女川湾では、植物プランクトン大増殖期には依存度が低くなるが、そのほかの季節は食物としての役割の約半分を担っていると推測された。細胞数密度で 10^6 cells/l 以上(大増殖期のレベル)では、付着珪藻の重要度はひくい。生産期間全体を通してみると、付着珪藻の重要度のほうが高いといえるが、食物供給における二大経路があることの認識が重要。

仮説2 付着珪藻は浮遊珪藻と異なる光合成特性をもち、炭酸代謝機構も異なる

結果：光強度に対する応答は明らかに異なると推測された。植物プランクトンは光の強度に比例して光合成量は増加するが、付着珪藻はほとんど変わらず、一定レベルを保持していた。常に多様な種類が共存できる増殖機構がある。炭酸代謝機構の違いまでは証明できなかった。

仮説3 養殖施設の存在により特異的な基礎生産構造が存在する

結果：付着珪藻を主体とする基礎生産構造が存在する。ホタテ貝殻やロープ、カゴなどが基質となり、水柱環境とは異なる場ができることにより形成される。付着珪藻は水柱環境に分布することはほとんどない。

以上の検証結果と合わせて、本研究の総合的に考察を加え、以下にまとめた。

(1) 付着珪藻の生理生態的特性と食物源としての役割

今回の主眼の一つはこれまで注目されていない付着珪藻の役割について、ホタテガイ養殖漁場における食物供給機構の解明と結びつけて考察することにある。付着珪藻の生理生態は植物プランクトン(浮遊珪藻や渦鞭毛藻など)のそれとは大きく異なっていると予測される。たとえば、多様な種類が共存

できること、ブルーミングはないが安定して一定量の生産が維持されている可能性が高いことなどである。ホタテガイの胃内容物中では、多種多様な付着珪藻が認められていることは、常にそれらの供給源が確保されている、すなわち、多様な種類が共存して、それぞれの基礎生産が維持されていると予想される。一方、植物プランクトンの大増殖期には、優占種が半分以上を占め、多くても2種類程度で、水柱の微細藻類の多様性は低く、このときのホタテガイの胃内容物組成も単純である。

付着珪藻はこれまでの常識では、水産物に対して害をもたらすというイメージが強い。たしかに害藻とよばれる種類もあり、ノリやテングサなど水産物に被害をもたらす種類もある。しかし、本研究で明らかになってきた事実は、付着珪藻が食物源として、重要な役割を担っていることを示した。

浅海域や干潟域での役割が注目されている底生微細藻と同様のことが、養殖施設やホタテガイ自身の貝殻に増殖する付着珪藻にもあてはまるといえる。

一般に底生珪藻は付着性珪藻とほぼ同義に使われることが多く、この両者を厳密に区別してはいない。付着性珪藻の生活様式は大きく3つのタイプに分けられる。*Navicula* 属に多くみられる滑走運動を有する滑走型、*Cocconeis* 属によくみられる密着型、*Cymbella* 属に多くみられる直立型である。底生珪藻は多様な種が混在した密集状態で生育している場合や、立体的な構造が構築されていることがある。すなわち、種類やサイズのバリエーションが大きいこと、生活様式・増殖形態（空間の利用のしかた）のバリエーションが大きいことが付着珪藻の生態的特性であるといえる。

一方の植物プランクトンは、立体的に複雑な構造が形成されることは少なく、海水の流動に伴う移動性が大きい。

(2) 基礎生産における二重構造と食物供給における二大経路

ホタテガイ養殖漁場において、付着珪藻は水柱にはほとんど分布していない。耳吊りロープから10cm程度しか離れていない場所の海水中にさえ認められなかったことは、分布構造が明らかに異なることを示している。

すなわち付着珪藻と植物プランクトンの分布中心域の分化（二重構造）が認められる。この二重構造がホタテガイの食物供給における二大経路の骨組みをつくっていると考えられる。

同じ濾過食者であるマガキの場合についても、浮遊性微細藻類と貝殻付着物中の付着性珪藻の両方が炭素源として重要であるという報告がある。三島・星加（2004）は、広島湾における養殖マガキを対象とした窒素・炭素安定同位体比分析から、カキ腸管内容物の有機物は、懸濁態有機物：カキ殻付着有機物=3：7と報告している。また、実際にカキ腸管内容物の約60%を*Navicula*属などの付着性珪藻が占めていることを確認している。これらのことは、濾過食者の食物源として、植物プランクトンと付着珪藻との両者が重要であることを示している。

(3) ホタテガイ養殖漁場における基礎生産力の再評価のために

ホタテガイ養殖漁場において、質の異なる食物供給源が存在すること、それが基礎生産における二重構造により形成されていると推測されることを述べてきた。この食物供給における二大経路について解析を進める上で、さらに重要な要素がある。

それは、微細藻類のサイズの問題、とくに群体を形成する種類が多い植物プランクトンの場合、ここの考慮は不可欠である。もうひとつは、付着珪藻の場合で、剥離性あるいは運動性の強弱と食物供給との関係の解析である。ホタテガイの生産を支える食物供給機構について考察し、養殖漁場における基礎生産力の再評価方法として、以下のように整理・提案する。

- ① 植物プランクトンのみの現存量やその生産力をベースにした環境収容力は修正する必要がある
- ② 水域の栄養塩のレベルや季節的な変化を考慮する（3）と関連。
- ③ 植物プランクトン大増殖期とそれ以外の時期とに大別して考える
- ④ 植物プランクトンの優占種のサイズ組成を考慮して、有効食物密度を算出
*100 μ 以下が有効食物
- ④ 付着珪藻の種類組成と生態的な特性を考慮して、有効食物密度を算出

- ⑤ ホタテガイの摂食生態の見直し、食物生物と双方の特徴を再整理する

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 11 件)

- ① 伊藤 絹子、広瀬川および名取川における生物生産構造と環境との関係、水圏生態研究会ニューズレター (印刷中) 2009、査読無
- ② 伊藤 絹子・佐々木浩一・南卓志、河口汽水域生態系における底生微細藻の果たす役割、沿岸海洋研究、47、(印刷中) 2009、査読有
- ③ 伊藤 絹子・佐々木浩一・南卓志、河口汽水域生態系の特性 ～基礎生産における二重構造と高次消費者へのつながり～月刊海洋、462、184-192, 2009、査読無
- ④ Tomiyama, T., Komizunai, N., Shirase, T., Ito, K., and Omori, M., Spatial intertidal distribution of bivalves and polychaetes in relation to environmental conditions in Natori River estuary, Japan. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 80, 234-250, 2008、査読有
- ⑤ Akiko Nagasaka, Yu Nagasaka, Kinuko Ito, Tsutomu Mano, Masami Yamanaka Atsushi Katayama, Yoshikazu Sato, A. L. Grank, Contribution of salmon -derived nitrogen to riparian vegetation in the northwest Pacific region. Journal of Forest Research, 11, 54, 383 - 390, 2008、査読有
- ⑥ 櫻井泉・柳井清治・伊藤絹子、河口域に堆積する落ち葉を起点とした食物連鎖の定量評価、北海道水産試験場研究報告、72、65-70, 2007、査読無
- ⑦ 伊藤絹子、仙台湾の環境と漁業 ～低次生産構造について～、水産海洋研究 72, 58 - 59, 2007、査読無
- ⑧ 熊谷明・三品祐輔・伊藤絹子2004～2006年の広瀬川における天然アユおよび人工アユの分布状況、宮城県水産試験場研究報告、6, 65 - 70, 2007、査読無
- ⑨ 柳井清治・河内香織・伊藤絹子、北海道東部河川におけるシロザケの死骸が森林一河川生態系に及ぼす影響、応用生態工学、

9、167-178,2007、査読有

- ⑩ 百瀬陽介・伊藤絹子・吾妻行雄・谷口和也 褐藻ヒジキの光強度、水温、塩分濃度に対する光合成特性～付着珪藻との着生との関係、水産増殖、54, 383 - 390, 2006、査読有
- ⑪ Takeshi Tomiyama and Kinuko Ito Regeneration of lost siphon tissues in the tellinacean bivalve *Nuttallia olivacea*, Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 335, 104 - 113, 2006、査読有

[学会発表] (計 10 件)

- ① 伊藤絹子、付着生物群集で繋がる海洋の生物生産システム ～二枚貝養殖漁場を例として～ (特別招待講演) 付着生物学会、2009、3月31日、東京海洋大学(東京)
- ② 伊藤絹子・照井慧・清水勇一・長谷川英一・佐々木浩一・南卓志、サケ稚魚放流技術の高度化に関する研究 IV、放流稚魚の食物摂取状況と食物環境の特性、2009、3月28日、東京海洋大学(東京)
- ③ 伊藤絹子・佐々木浩一・南卓志、河口汽水域生態系における底生微細藻の果たす役割、日本海洋学会主催、シンポジウム招待講演、2008、9月28日、広島国際大学(呉市)
- ④ 伊藤絹子・佐々木浩一・南卓志、河口汽水域生態系の特性 ～基礎生産における二重構造と高次消費者へのつながり～東京大学海洋研究所国際沿岸海洋研究センター研究集会、招待講演、2008、8月21日、国際沿岸海洋研究センター(大槌町)
- ⑤ 伊藤 絹子・佐々木浩一・南卓志、ホタテガイの食物供給機構Ⅰ 陸奥湾かご養殖ホタテガイと女川湾耳吊り養殖ホタテガイの比較、日本水産学会春季大会、2008、3月27日、東海大学(静岡市)
- ⑥ 佐藤 翔太・伊藤絹子・佐々木浩一・南卓志、ホタテガイの食物供給機構Ⅱ 女川湾における同一水域内の耳吊り養殖とカゴ養殖の比較、日本水産学会春季大会、2008、3月27日、東海大学(静岡市)
- ⑦ 鈴木徳・伊藤絹子・佐々木浩一・南卓志、イソシジミの食物摂取に伴う同位体分別について、日本水産学会春季大会、2008、3月27日、東海大学(静岡市)
- ⑧ 高萩法子・伊藤絹子・佐々木浩一・南卓

志、ホッキガイ体組織中の食物由来の脂肪酸組成、日本水産学会春季大会、2008、3月27日、東海大学(静岡市)

- ⑨ 庄子充広・伊藤絹子・佐々木浩一・南卓志、アユマイクロハビタットに見られる付着性微細藻類の生産力と環境特性、日本水産学会春季大会、2008、3月27日、東海大学(静岡市)
- ⑩ 白鳥幸徳・伊藤絹子・佐々木浩一・南卓志、淡水生活期におけるアユの成長と孵化時期および 生息環境の関係、2008、3月27日、東海大学(静岡市)

〔図書〕(計 1 件)

- ① 富永 修・高井則之(編)
伊藤絹子・掛川武(分担執筆) 安定同位体スコープで覗く海洋生物の生態、第5章 河口汽水域を利用する魚類の食物源、p.70-80、恒星社厚生閣(東京) pp.165、2008

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0 件)

○取得状況(計 0 件)

〔その他〕

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤 絹子 (ITO KINUKO)
東北大学・大学院農学研究科・助教
研究者番号：90191931

(2) 研究分担者

佐々木 浩一 (SASAKI KOICHI)
東北大学・大学院農学研究科・准教授
研究者番号：70111268