

学 位 論 文 題 名

沿岸浅海域生態系の物質循環における
底生微細藻類の役割

学位論文内容の要旨

海底面まで光が届く「沿岸浅海域」では、植物プランクトンだけではなく、一次生産者として底生微細藻類が存在する。底生微細藻類は、海底から水柱へ回帰する栄養塩の量を制御したり、底生動物群集の食物資源となるなど、海底面での物質循環に影響を及ぼしている。そのため、沿岸浅海域では底生微細藻類を物質循環の主要構成要素と捉えて、生態系における物質とエネルギーの流れを理解する必要がある。本研究では潮下帯と干潟を対象として、底生微細藻類の生物量とその分布の特徴、ならびに底生動物に対する食物資源としての底生微細藻類の寄与について、植物プランクトンの動態を踏まえながら調べた。これらの結果を通じて、沿岸浅海域生態系における、物質循環の構成要素としての底生微細藻類の役割を明らかにすることを目的とした。

潮下帯

従来、瀬戸内海の一次生産のほとんどは、植物プランクトンが担うと考えられていた。ところが近年、底生植物一次生産→底生動物群集二次生産→底生魚類三次生産という炭素循環経路が、瀬戸内海に生息する底生魚類の生産を主に支えているとする見解が提示された。そこで、瀬戸内海周防灘の潮下帯で、植物プランクトン、底生微細藻類、底生動物群集の生息量を年4回調べ、底生微細藻類の分布の特徴と、潮下帯に生息する底生動物群集の食物資源としての底生微細藻類の寄与について考察した。

調査海域における海水中のクロロフィル a (Chl- a) +フェオ色素濃度の変化は、水柱光束消散係数の変動を支配する主要因となっており、海底へ到達する光量子量を制御していた。そのため、水柱のChl- a の主体である植物プランクトン (10.9-65.0 mgChl- a /m², 平均41.3 mgChl- a /m²) と、海底に生息する底生微細藻類 (1.9-46.5 mgChl- a /m², 平均21.0 mgChl- a /m²) の生物量の間には、有意な負の相関性があった。

底生動物群集の種組成に着目すると、堆積物表層の有機物を摂食するシズクガイ等の

小型二枚貝類が優占していた。底生動物群集 ($78-9,369 \text{ ind./m}^2$, $0.87-78.8 \text{ gWW/m}^2$) およびその最優占分類群である二枚貝類の生息量 ($11-6,418 \text{ ind./m}^2$, $0.02-69.3 \text{ gWW/m}^2$) と、底生微細藻類生物量の間には、有意な正の相関性があった。

このことから、底生動物群集は、底生微細藻類を主要な食物資源としていたことが示唆された。堆積物中のTOC含有量が 13.6 mg/g 以上と高く、夏季は水温が 25°C を超える本調査域では、植物プランクトンの卓越とそれに伴う有機物粒子の海底への負荷は、貧酸素化や硫化水素の発生等、海底環境の悪化を併発すると考えられる。そのため底生動物群集は、底生微細藻類が繁茂する状況下で高い生息量を示し、底生微細藻類を主要食物資源として生産を行う傾向にあったと考えられた。

本研究から、潮下帯ではある一定の均衡状態（バランス）の基に、植物プランクトンと底生微細藻類が存在する系であることが示された。このバランスは、特に、底生動物群集の生息量の決定に影響を及ぼしていたと考えられた。

干潟域

干潟域では、底生微細藻類が主要な一次生産者であることが比較的良好に知られている。しかしながら、干潟域でしばしば主要な二次生産者となる懸濁物食性底生動物の食物資源に関しては、一般に、植物プランクトンの方がより重要だと考えられている。そこで、懸濁物食性二枚貝のアサリを対象種に選び、有明海緑川河口干潟において、植物プランクトン、底生微細藻類、アサリ個体群の生息量ならびに炭素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) の周年変化を調べ、懸濁物食性底生動物の食物資源としての底生微細藻類の寄与を評価した。

調査を行った干潟上の定点では、堆積物の粒度組成が調査毎に変化するという特徴があった。また、堆積物有光層（表層 $0-0.5 \text{ cm}$, $0.95-4.33 \mu\text{gChl-a/g}$ ）と無光層（ $0.5-1 \text{ cm}$, $0.84-4.87 \mu\text{gChl-a/g}$ ）における底生微細藻類の生物量に、有意な差がなかった。従って、堆積物粒子の水平輸送と、それに伴う底生微細藻類の巻き上げが活発に起きていたと考えられた。

干潟上に設けた調査定点におけるアサリの生息量 ($3,560-46,480 \text{ ind./m}^2$, $1.2-15 \text{ kgWW/m}^2$) は、周年を通じて非常に高い値で推移していた。そのため、餌粒子の不足が、アサリ個体群の生産量を規定する主要因だと考えられた。コホート解析法から試算したアサリ個体群の二次生産量 ($33-5,785 \text{ mgC/m}^2/\text{day}$) と、堆積物 $0-1 \text{ cm}$ 層に存在する底生微細藻類生物量 ($13.7-59.7 \text{ mgChl-a/m}^2$) の周年変化には、有意な正の相関性があった。さらに、アサリの $\delta^{13}\text{C}$ 値は平均で $-16.1 \pm 0.97 \text{ ‰}$ ($n = 45$) であり、

植物プランクトンを主食と見なすには高い値であった。これらのことから、アサリは再懸濁により水柱に巻き上げられた底生微細藻類を主要食物資源として、生産を営んでいたと考えられた。

緑川河口干潟におけるアサリの主要な食物資源が、底生微細藻類であることが示された。そこで、この干潟においてアサリを含めた懸濁物食性底生動物が、底生微細藻類由来の有機物粒子を、量的にどのようにして確保しているのかを検討した。緑川河口域の岸一沖方向約10 kmのトランセクト上に調査地点を配置し、堆積物基質の物理化学的な特性、底生微細藻類の生物量、底生動物群集生息量の水平分布を調べた。

表層堆積物（0-1 cm）における底生微細藻類の生物量は、19.3-113 mgChl-a/m²の範囲内にあり、干潟上部から下部に向かうにつれて減少した。その一方、全ての調査地点で採取した底生動物群集の生物量の92.0 %は、干潟中央部から下部に集中していた。干潟中央部から下部では、アサリが大量に生息したことにより、最大で3,760 gWW/m²という生物量が記録された。優占種は、2種の懸濁物食者アサリとシオフキガイであり、この2種で底生動物群集生物量の93.2 %を占めていた。

懸濁物食性底生動物の高密度分布が見られた干潟中央部から下部では、懸濁物食性底生動物の食物要求量は、同じ場所の一次生産量をしばしば上回ると推定された。干潟中央部から下部における懸濁物食性底生動物の高い二次生産は、干潟上部から水平輸送されてくる、底生微細藻類由来の有機物粒子を利用して維持されていると考えられた。

以上の研究成果を総括すると、干潟域は底生微細藻類に由来する自立的な有機物生産が主体となって、底生動物の二次生産を支えている系だと思なすことができる。

沿岸浅海域でもそれ以深の海域と同様に、植物プランクトン起源粒子の沈降、あるいは潮汐に伴う植物プランクトンの水平輸送によって、底生動物生産は主に支えられていると見なされてきた傾向がある。これに対して本研究は、植物プランクトンよりもむしろ底生微細藻類の動態が、沿岸浅海域における底生動物の生息量や生産量の変化と、より密接に結びついている場合があることを見出した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 門 谷 茂

副 査 教 授 久 万 健 志

副 査 教 授 堤 裕 昭 (熊本県立大学)

副 査 助 教 授 五 嶋 聖 治

副 査 助 教 授 工 藤 勲

学 位 論 文 題 名

沿岸浅海域生態系の物質循環における

底生微細藻類の役割

海洋における生態系の物質循環に取り組んだ多くの研究では、植物プランクトンを起点として、物質とエネルギーの流れを解析することに焦点を充ててきた。そのため、沿岸浅海域においても、便宜的に植物プランクトンのみを一次生産者として扱ってきた傾向がある。しかしながら、海底面が有光層である事実を踏まえると、底生植物、特に底生微細藻類の存在こそが、沿岸浅海域生態系の物質循環の特徴を形成することにつながっている可能性が高い。

以上の背景から、本研究では潮下帯および干潟を対象として、底生微細藻類の生物量とその分布の特徴、底生動物に対する食物資源としての底生微細藻類の寄与を、植物プランクトンの動態を踏まえながら詳細に調べている。これらの結果を通じて、沿岸浅海域生態系における、物質循環の構成要素としての底生微細藻類の役割を明らかにすることを目指している。

本研究は、まず始めに瀬戸内海周防灘の潮下帯を対象として、植物プランクトン、底生微細藻類、底生動物群集の生息量の季節変化を調べ、底生微細藻類群集の消長と、底生動物群集に対する底生微細藻類の食物資源としての寄与を明らかにすることを試みた。その結果、沿岸海域がある種の均衡状態(バランス)の基に、植物プランクトンと底生植物が連立して存在する系であることを示した。このバランスは、調査海域の底生動物群集の密度や生物量の決定に影響を及ぼしていたことを明らかにしている。本研究では次に、干潟域において、植物プランクトンと底生微細藻類の生物量、ならびにアサリの個体群動態と炭素・窒素安定同位体比の周年変化を調べ、干潟の代表的二次生産者である懸濁物食性二枚貝の食物資源としての底生微細藻類の寄与について検討している。詳細な現地調査によって、懸濁物食性底生動物の主要な食物資源は、現場の海域環境特

性によって決定されていると考えられることを示した。干潟域では一般に、底生微細藻類が主要な一次生産者となっている。学位申請者は、以上の結果を踏まえて、同じ干潟域で底生微細藻類ならびに底生動物の水平分布を調べ、懸濁物食性二枚貝類が、底生微細藻類が生産した粒状有機物を、量的にどのようにして確保しているのかについて検討した。その結果、懸濁物食者の高密度分布がみられた干潟中央部から下部の地点では、わずかにアサリ一種によって消費される食物の量が、同じ場所の一次生産を大きく上回っているものと推察している。干潟中央部から下部における、アサリやシオフキガイ等の懸濁物食者による高い二次生産は、干潟上部から水平輸送されてくる、一次生産に由来する有機物粒子を利用しなくては、支えられないことが本研究から示された。沿岸浅海域では、水柱の有光層と海底面が接触している。そのため一般に、植物プランクトン生産が効率よく底生動物の生産に結びつくことが可能であり、このプロセスが沿岸浅海域の高い底生動物の生産を支える主要因であると、見なされてきた傾向がある。これに対して干潟堆積物上や海底面に生息する底生性の微細藻類の食物網への寄与を踏まえて、沿岸浅海域生態系の物質循環過程を再度検証した本研究結果から、植物プランクトンよりもむしろ、底生微細藻類を起点とする物質とエネルギー流が、沿岸浅海域に生息する底生動物の生産を支える要素として、より重要であることを見出し、初めて定量的に明らかにした点は高く評価できる。

審査員一同は、本研究が沿岸浅海域生態系における、物質循環の構成要素としての底生微細藻類の役割を明らかにするための重要な知見を得たものと認め、申請者が博士(水産科学)の学位を授与される資格のあるものと判定した。