

論文の内容の要旨

生圏システム学専攻

平成18年度博士課程進学

氏名 植松 幸希

指導教員 岡本 研

論文題目 東京湾の砂浜・干潟域における底生珪藻相とその分布規定要因

干潟の底生微細藻類は主に底質粒子に付着する付着珪藻で構成され、それらは底生珪藻と呼ばれる。底生珪藻は水中や底質中の栄養塩を消費して一次生産を行い、ベントスに摂餌されることで干潟の物質循環を駆動させており、干潟生態系における底生珪藻の存在が重要視されている。我が国においては底生珪藻に関する研究が少なく、干潟の水質浄化機能を駆動させている底生珪藻群集についてはほとんど明らかになっていない。

底生珪藻は細胞外に多糖類を分泌して基質に付着し、その付着形態から移動能力を持ち剥がれやすい *epipelon* と、移動はせず付着力の強い *epipsammon* という2つの生活型 (*life form*) に大きく分けられるが、この他に底質と水柱どちらにも出現する *tychoplankton* が出現することもある。*epipelon* の生態的な研究は比較的進んでおり、分布要因や生物量の季節変化などが判明しているが、*epipsammon* の生態を扱った研究は少ない。しかし、*epipelon* は泥質域に、*epipsammon* は砂質域に多く出現することが観察されており、生活型の観点を用いることで干潟の底生珪藻群集の構造理解が進む可能性がある。

本研究は、生活型の視点を用いて底生微細藻類群集についての生態学的な理解を深めることを目的とし、第1章で東京湾の底生珪藻相の時間的、空間的分布の把握を試みた。第2章では、東京湾の底生珪藻相に影響している環境要因とそのメカニズムについて明らかにした。第3章では底生微細藻類による干潟の一次生産量を測定するとともに、それに影響している要因のう

ち、培養した底生珪藻と現場の光強度-光合成の関係を明らかにした。

第1章 東京湾の底生珪藻相

東京湾の底生珪藻相の把握のため、2010年5月に東京湾内の15カ所の砂浜・干潟域（神奈川県野島公園、平潟湾、横浜市海の公園、東京都の多摩川河口、城南島海浜公園、大井ふ頭中央海浜公園、お台場海浜公園、葛西海浜公園西なぎさ、千葉県の浦安三番瀬、江戸川河口、ふなばし三番瀬海浜公園、幕張の浜、千葉ポートパーク、養老川河口、富津海岸潮干狩り場）において底質を採取し、光学顕微鏡下で珪藻被殻を同定、計数した。出現した珪藻は全部で84種で汎世界種が多かったが、国内の他の群集とは異なっており、その理由として東京湾は富栄養化が進んでいるためと考えられた。多様性指数 H' は均衡性が低いために平均 2.0 と他の砂質干潟に比べ低く、富栄養化の影響が考えられた。また分布範囲は広いものの出現のまれな *Amphora longa* が頻出しており、底生珪藻は潜在的に広く分布し、環境によって群集が大きく変化することが示唆された。

また、底生珪藻相の季節変化を把握するため、2007年10月から2008年6月にかけて第1回目の調査を海の公園と江戸川の2カ所で、2010年5月から2011年5月にかけて第2回目の調査を海の公園と江戸川、葛西の3カ所で同様に行った。第1回目と第2回目の調査で出現した珪藻は全部で95種だった。海の公園では *Fallacia forcipata* や *Fallacia tenera*、*Catenura adhaerens*、*Cocconeis* sp. 1、江戸川では *Navicula cincta* など2回の調査で共通する優占種が存在し変化も緩やかで、海の公園と江戸川の底生珪藻相は安定する傾向が見られた。これに対し、葛西は優占種が頻繁に入れ替わっており、河川の影響が考えられた。また、付着珪藻は数百 km 離れた地点で共通種が多く出現するのに対し、底生珪藻は数 km 離れた地点でも異なる種が出現しており、干潟は場所によって物理化学的環境が異なり、また変化しやすいため、様々なニッチが存在することで場所間で出現種が異なると考えられた。

第2章 東京湾の底生珪藻相に影響する環境要因

底生珪藻の種組成に影響を与える要因を調べるため、2010年7月から2011年5月まで季節ごとに湾内の海の公園、江戸川放水路、葛西海浜公園西なぎさの潮間帯で底質を採取し、上記と同様の方法で底生珪藻の種組成を分析するとともに、水質環境として水温、塩分、栄養塩濃度、POC、PON、底質環境として泥分率、中央粒径値、有機態窒素量を測定した。海の公園では epipsammon の *C. adhaerens*、*Cocconeis* sp.1、*F. tenera* が、江戸川では epipelon の *F. forcipata* が通年優占したのに対し、葛西では調査ごとに優占種が変化し、epipsammon の *Amphra copulata*、*Amphora laevisima*、epipelon の *Gyrosigma fasciola*、*N. cincta* が優占していた。クラスター解析と冗長性分析 (Redundancy analysis: RDA) の結果、底生珪藻相は干潟ごとに分かれ、さらに葛

西では季節によって分かれた。RDAの結果、第1軸に泥分率が、第2軸に塩分と NO_3^- -Nが抽出された。epipsammonについては相関のある要因はなかったが、epipelonは泥分率と正の相関が見られ、攪乱の少ない安定的な場所で多くなることが示された。第2軸の要因について、葛西では塩分と NO_3^- -Nの変動に伴って優占種が淡水性や汽水性、有機汚濁耐性のある種に変化していた。以上より、富栄養化の進んだ東京湾の干潟域の底生珪藻相は、泥分率と塩分によって決まり、また高濃度の NO_3^- -Nや有機汚濁によっても種組成が変化し、泥分率によりepipelonの出現量が変わるために優占する生活型が決まっていることが明らかになった。

底質の粒度組成が底生珪藻に与える影響を明らかにするために、化学的環境は同一で物理的環境の異なる江戸川放水路内部、河口部、三番瀬で2005年4月から2006年2月まで季節ごとに調査を行った。底生珪藻の種組成を分析するとともに、底生微細藻類の現存量の指標として底質のChl *a*濃度を、環境要因として水質・底質環境のほか、間隙水の栄養塩濃度を測定した。

測定した水柱、間隙水の栄養塩濃度はともに調査地間で有意差はなく、調査地の化学的環境は同一だった。泥分率は内部14%、河口部3%、三番瀬0.4%だった。内部と河口部では冬と春にはepipelonが、夏と秋にはepipsammonが優占していたが、三番瀬では年間を通じてepipelonはほとんど出現しなかった。RDAの結果、種組成と相関のある要因として第1軸に泥分率が、第2軸に水柱の PO_4^{3-} -PとpHが抽出された。epipelonは泥分率と正の相関が見られたが、epipsammonはどの要因とも相関が見られなかった。粒度組成に関わる要因としては、波浪や潮流による攪乱、間隙水の栄養塩濃度、底質中の光、付着基質となる面積などが挙げられるが、調査地間で間隙水の栄養塩濃度に差はないこと、底質中の光強度が弱いとされる砂泥域でepipelonがブルーミングしたこと、付着面積が足りていることが観察されたことから、これらは大きく影響しておらず、底質の攪乱の度合いによって優占する生活型が異なっていたと考えられた。現存量の年平均は内部(29.8 mg Chl *a* m⁻²)、河口部(12.9 mg Chl *a* m⁻²)、三番瀬(9.3 mg Chl *a* m⁻²)の順に高く、また内部と河口部では春にブルーミング(最大98.6 mg Chl *a* m⁻²)が起きていた。epipsammonの細胞密度はChl *a*濃度によらず一定だったが、epipelonの細胞密度はChl *a*濃度とともに増加していた。以上から、epipelonは春の水温上昇や日中の干出時の光によって、攪乱の度合いが小さく基質から剥がれることの少ない内部や河口で増殖し、ブルーミングを引き起こしたと考えられた。一方、epipsammonは攪乱の度合いの強い場所で生息できるが細胞密度は高くないため、攪乱の度合いの強い三番瀬では主にepipsammonのみでepipelonが生息しないためブルーミングが起きなかったと考えられた。

第3章 東京湾の3干潟における光合成量

干潟における底生微細藻類の一次生産量と光強度の影響を明らかにするため、2010年7月から2011年5月まで季節ごとに、海の公園、江戸川、葛西の3カ所から底質コアを採取し、実験

室内で酸素—コア法で光合成量を測定するとともに、葛西から epipelon の *Nitzschia aurariae*、*Nitzschia* sp. 2、tychoplankton の *Cylindrotheca closterium*、epipsammon の *Amphora acutiuscula* を単離・培養し、同様に光合成量を測定した。また、調査地の底質の Chl *a* 濃度を毎月測定した。

全ての調査地において、現存量は夏に高く、秋に減少し、春に再び高くなっており (0.8 -44.3 mg Chl *a* m⁻²)、この要因として冬の低水温と日中の冠水による弱い光強度が考えられた。また、泥分率の高い江戸川で現存量が高い傾向が見られたが、3 調査地の現存量は温帯域の他の砂干潟 (平均 71 mg Chl *a* m⁻²) と比べて低かった。

N. aurariae は 600 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ で光飽和、1350 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ で強光阻害が起こっていたが、*Nitzschia* sp. 2 と *C. closterium* は 1350 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ でも光飽和や強光阻害が見られず、3 種とも植物プランクトンに比べ強い光強度に適応していた。一方、*A. acutiuscula* は 400 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ で光飽和、800 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 以上で強光阻害が見られ、また光合成量も上記の 3 種よりも低く、光合成—光強度の関係は epipsammon と epipelon や tychoplankton で異なった。

単位面積当たりの光合成量は、海の公園と江戸川では夏に高く、冬に低かったが、葛西では季節によらず安定しており、冬の低水温の影響は見られなかった。全ての調査地で日中に冠水する秋と冬には強光阻害が見られ、弱い光に適応していると考えられた。

光強度—光合成量の関係は海の公園と江戸川で異なり、光飽和点が epipsammon の優占していた海の公園では約 750 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、epipelon の優占していた江戸川では 1,400 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ で、それぞれ *A. acutiuscula*、*Nitzschia* sp. 2 と *C. closterium* の観測値と類似していた。また、光飽和に達したときの総生産量は江戸川の方は *Nitzschia* sp. 2 や *C. closterium* の観測値と近かった。

総合考察

富栄養化の進んだ東京湾の底生珪藻群集は国内他の群集と異なっており、また湾内の底生珪藻相は干潟によって異なっていた。干潟は時間的・空間的に物理化学的環境が異なるだけでなく、鉛直的にも光や温度条件が異なるために様々なニッチが存在するため、それぞれのニッチに適した多様な種が出現したと考えられた。本研究では生活型の観点から底生珪藻群集について検討することによって、epipsammon は砂質域で、epipelon は泥質域で優占するという従来の見解は、epipsammon の出現量は泥分率によらず、epipelon の出現量が泥分率によって変化することで相対的に優占する生活型が変わっていたためであることが明らかになった。その要因についても化学的環境ではなく、物理的環境の中でも攪乱の度合いが大きいことが明らかになり、攪乱が強いことで底生珪藻相が異なり、東京湾の一次生産量が低かったことが考えられた。干潟の底生珪藻を単純に 2 つに分けることはできないが、生活型の観点をを用いることは底生珪藻群集の全体把握に有用である。