

(続紙 1)

京都大学	博士 (理 学)	氏名	Deb Soumya
論文題目	Cell Size reduction and restoration of seasonally dominant diatoms in Lake Biwa (琵琶湖において優占する浮遊性珪藻類の細胞サイズの縮小と回復)		
(論文内容の要旨)			
<p>浮遊性珪藻類 (珪藻綱) は、最も多様で生態学的に重要な植物プランクトンである。湖沼では、珪藻類は普遍的に分布し、その現存量と組成は微細な環境変化に迅速に反応する。珪藻類は、有性生殖と無性生殖を繰り返しながら世代をつなぐ。この際、珪藻類の細胞サイズの復元が起こり、有性生殖は集団の細胞サイズを復元する主要な方法である。そのため、珪藻の集団維持機構を理解する上で、無性生殖と有性生殖による細胞サイズの変遷を解明することは重要である。</p> <p>本研究では、琵琶湖北湖から得られた 5 年分の月別試料を採取し、<i>Fragilaria crotonensis</i> の細胞サイズと細胞密度を測定した。また、<i>F. crotonensis</i> の細胞サイズといくつかの環境因子との関係、および <i>F. crotonensis</i> の細胞密度と環境因子との関係を検討した。次に、季節的に優占する珪藻 <i>Aulacoseira granulata</i>、<i>Aulacoseira ambigua f. japonica</i>、<i>Fragilaria crotonensis</i>、<i>Praestephanos suzukii</i> の細胞サイズの変化を調べるため、北湖の定点においてサンプル採取と環境因子の測定を行った。2020 年 6 月から 2021 年 6 月まで、表水層 (5m) と深水層 (50m) から合計 24 個のサンプルを採取した。水温、クロロフィル <i>a</i>、電気伝導度の鉛直プロファイルは、CTD プロファイラーで測定した。透明度と pH は現場で測定した。珪藻類優占種の細胞サイズと細胞密度を測定するためのサンプルも採取した。各深度から得られた水サンプルは、メッシュサイズ 20μm のプランクトンネットですろ過し、酸性ルゴール液にて固定した。各測定値は、優占珪藻種の細胞密度および細胞サイズと様々な環境因子との関係を理解するために、Convergent Cross Mapping (CCM)、時系列分解解析、相関分析および冗長性 (RDA) 分析による解析を行った。</p> <p><i>F. crotonensis</i> の細胞密度は 3 月から 4 月にかけて増加し、春のブルームとなった。また、9 月から 10 月にかけてもブルームが観察された。<i>F. crotonensis</i> の群体は、有性生殖によって細胞サイズの縮小と復元を繰り返した。CCM 解析の結果、水温が <i>F. crotonensis</i> の細胞密度に影響を与える可能性があることがわかったが、この珪藻の有性生殖に影響を与える可能性のある環境因子は特定することができなかった。また、時系列分解解析により、前述の細胞サイズの季節変化と合わせて、当該珪藻種は年に 2 回、細胞サイズの減少を行うことが明らかとなった。続く研究では、1 年に 2 回の珪藻類のブルームが確認された。秋のブルーム (10 月上旬から 11 月下旬) では、<i>A. granulata</i>、<i>A. ambigua f. japonica</i>、<i>F. crotonensis</i> のすべての珪藻類が優占した。また、</p>			

P. suzukii は湖水の鉛直混合期に優占した。*F. crotonensis* のみが年 2 回の有性生殖により細胞サイズの縮小と回復を繰り返したが、他の珪藻種は 1 回のみであった。いずれの珪藻類も、細胞サイズは細胞数の増加とともに徐々に減少し、無性生殖の後に有性生殖を行ったことが示唆された。各珪藻種の細胞サイズの変化は、水温、pH、透明度、電気伝導度、クロロフィル *a* 濃度、栄養塩類（無機窒素、リン酸、ケイ酸）濃度などの環境因子と相関があった。以上により、琵琶湖で優占する珪藻数種について、有性生殖の頻度およびこれに影響する環境因子のいくつかを特定することができた。

(論文審査の結果の要旨)

珪藻類は湖沼、河川、海洋などの多様な水圏環境において普遍的に見られ、付着性と浮遊性の生活形態を有する。特に浮遊性の珪藻類は、湖沼や海洋において通年で観察され、年に数回の大増殖（ブルーム）を引き起こし、これらの生態系において重要な一次生産者である。浮遊性の珪藻類は、単細胞で小型（細胞直径が20ミクロン以下）のものから群体を形成して大型（群体の大きさが数百ミクロン以上）となる種までさまざまである。また、珪藻類は細胞の栄養的価値の点においても動物プランクトンの餌資源として優れ、特に小型の珪藻類は動物プランクトンが摂食可能なサイズであることから、動物プランクトンの重要な餌資源となる。これらのことから、浮遊性珪藻類は、湖沼や海洋の食物連鎖を介した物質循環において重要な生物群となっている。

珪藻類の増殖は通常、無性的な二分裂により起こる。この過程で、新たに生じた細胞のうち一方は、元の細胞よりもサイズが縮小する。つまり、細胞分裂を繰り返すことにより細胞サイズの縮小が継続的に起こる。このため珪藻類は、有性生殖を行って縮小した細胞サイズを回復する。従来、珪藻類がどのような環境条件下で有性生殖を行うのか、主に室内実験において研究がなされてきた。一方、湖沼や海洋などの野外の珪藻類については、有性生殖を行う時期や環境条件についての研究がほとんどなされて来なかった。この理由は、(1) 湖沼や海洋の珪藻類の有性生殖は一年から数年に一回程度しか起こらないため、研究者にとっては有性生殖が起こるタイミングで試料収集や環境計測を行うことが難しいこと、(2) 珪藻類の有性生殖は、数時間から数日と、ごく短い時間内で行われること、(3) 湖沼や海洋の珪藻類の細胞密度が元々低いことに加えて、その中で有性生殖を行っている珪藻類の細胞密度はさらに低く、有性生殖中の珪藻類の検出が困難であること、である。

以上を踏まえ、デブ・ソウミヤ氏は京都大学生態学研究センター（以下、生態研）が琵琶湖北湖において毎月一回行っている長期生態系モニタリングで得られたサンプルを用い、本湖で通年にわたり観察される浮遊性珪藻の*Fragilaria crotonensis*を対象として、本種の有性生殖の有無を検討した。その結果、琵琶湖の*F. crotonensis*の有性生殖は年に二回おこることが明らかとなった。先行研究の多くでは、湖沼や海洋の他の珪藻種による有性生殖は数年に一度と報告されており、琵琶湖北湖の*F. crotonensis*の有性生殖は先行研究と比べて高い。

そこでデブ氏は、続く研究において二週間に一度という高頻度で試料収集と環境計測を行い、琵琶湖北湖で優占する4種の浮遊珪藻類の有性生殖の有無と、有性生殖が起こる環境条件の検討を行った。この研究では、*F. crotonensis*に加えて*Aulacoseira granulata*、*Aulacoseira ambigua f. japonica*、*Praestephanos suzukii*について検討したが、これら3種の珪藻はすべて年に一回の有性生殖を行っていることが明らかとなった。また、本研究では、これら4種の珪藻による有性生殖が起こる環境条件として、特に窒素、リン、ケイ素の栄養塩類の重要性が明らかとなった。

これら2つの研究から、琵琶湖北湖の浮遊性珪藻類は従来知見と比べて高い頻度で有性生殖を行っていることが解明された。さらに、琵琶湖北湖の浮遊性珪藻類の有性生殖と栄養塩類濃度との間に有意な相関関係があったことから、本湖の栄養状態（中栄養）と栄養元素のバランス（N:P:Si比）はこれら珪藻類の増殖に好適であり、琵琶湖北湖ではこれらの珪藻類による活発な増殖が起こっており、これに伴う有性生殖も活発であると示唆される。本研究で得られたこれらの成果は、湖沼の珪藻類の生態解明、特に知見が限られている自然界における珪藻類の有性生殖について世界的に重要な貢献となる。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、令和5年1月20日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： _____ 年 _____ 月 _____ 日以降