

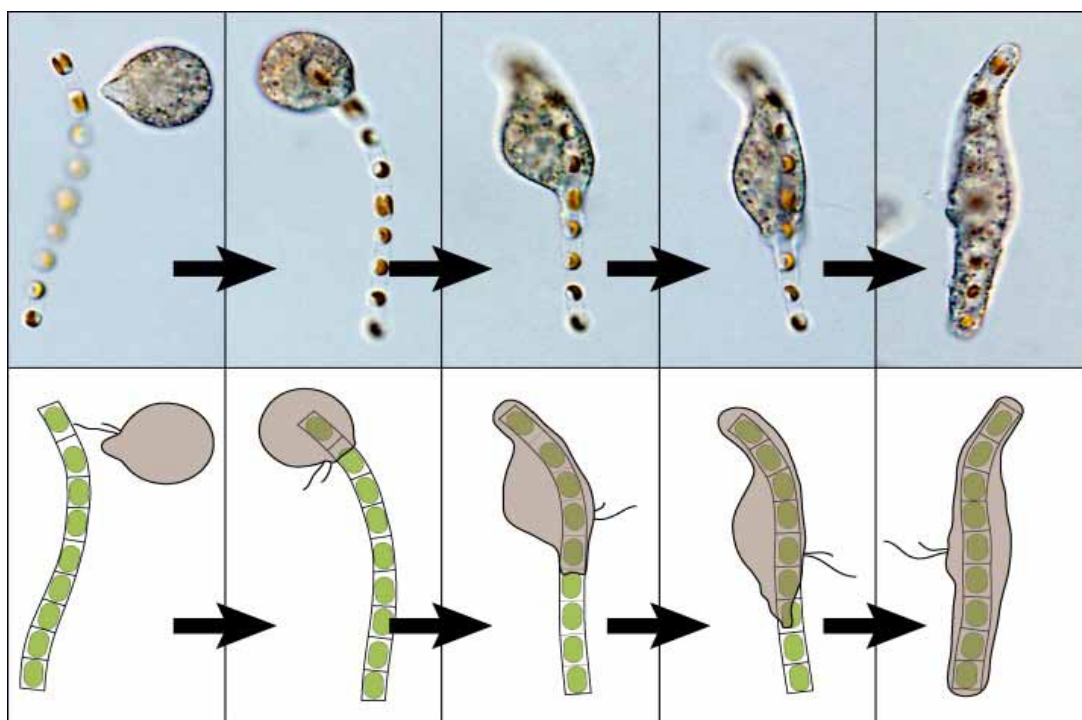
## 世界で初めて水中の微生物がクロロフィル(葉緑素)の光毒性を無くす仕組みを発見

- 「地球温暖化や環境汚染の海洋や湖沼の生態系への影響」や「生態系の進化過程」の解明へ -

立命館グローバル・イノベーション研究機構の柏山祐一郎博士研究員と薬学部の民秋均教授の研究グループ(立命館大学大学院生命科学研究科生物有機化学研究室)は、筑波大学・生命環境系の横山亜紀子助教の研究グループ(筑波大学大学院生命環境科学研究科植物系統分類学研究室の井上勲教授と石田健一郎教授)を始めとして、京都大学(大学院人間・環境科学研究科の宮下英明教授)、滋賀県琵琶湖環境科学研究センター(石川可奈子主任研究員)、三重大学(大学院生物資源学研究科の石川輝准教授)、独立行政法人海洋研究開発機構(菅寿美技術主事)、筑波大学(物質工学系の小林正美准教授の研究グループおよび数理物質系・化学域の野本信也教授)との共同研究により、多様な単細胞真核生物(“プロティスト”と呼ぶ)が、「クロロフィルの光毒性を無くすための代謝メカニズム」を共有していることを世界で初めて発見しました。

クロロフィルは葉緑素とも呼ばれ、植物や藻類が太陽のエネルギーを捉えて、二酸化炭素から有機物を生み出す「光合成」の仕組みにおいて、必須の有機分子です。人類を含むほとんど全ての生物は、究極的にはこの光合成を通じた太陽のエネルギーに依存していますから、クロロフィルは地球生命圏を支える分子だといえます。しかし、クロロフィルには、光合成生物の中で精密に制御されている場合を除けば、光を受けて「一重項酸素」と呼ばれる活性酸素(生物にとっては猛毒!)を生み出す「光毒性」と呼ばれる負の側面があります。私たちは、普段の生活でこのクロロフィルの光毒性を意識することはありませんが、海洋や湖沼で微細な藻類を食べて生きる微生物たちにとっては重大な問題です。つまり、光が透過する細胞内でクロロフィルが含まれる餌を消化することは、活性酸素によって細胞を破壊されかねない重大な問題をはらんでいます。

本研究では、藻類を食べて暮らしている「プロティスト」と呼ばれる生きものたち(単細胞の真核生物;原生生物とも呼ばれる)が、どのようにクロロフィルの光毒性を無くしているかという、これまで全く知られていなか

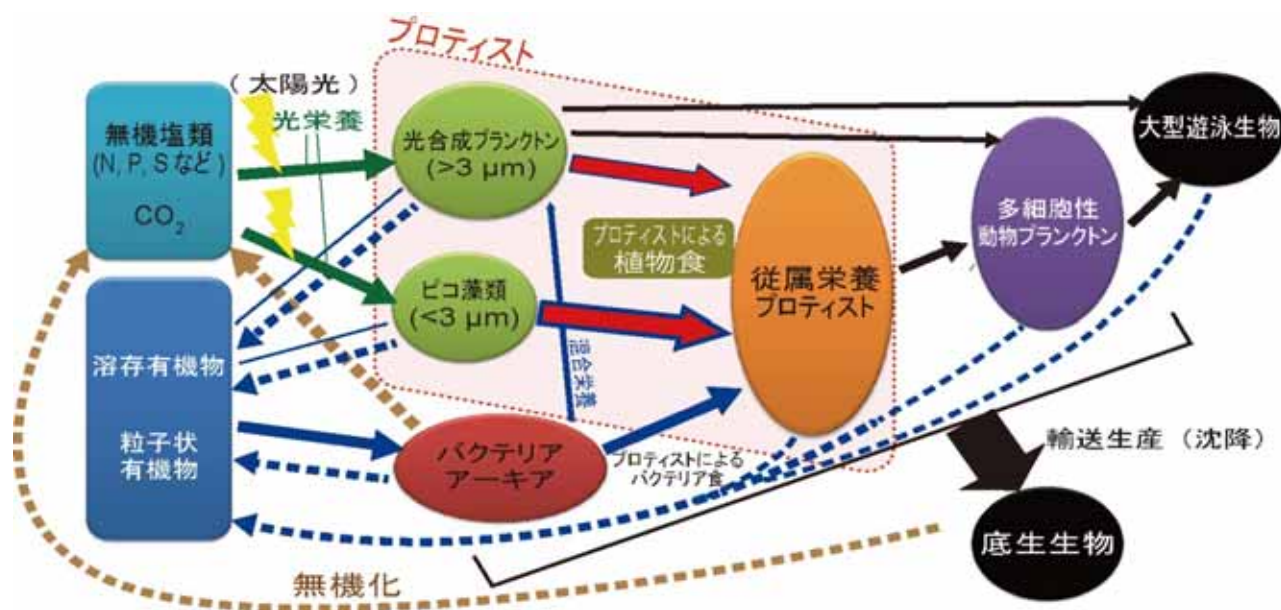


プロティストの食事風景。「ケルコソア」と呼ばれるグループの新種のプロティストが、アメーバ状に体を変形させて、ケイソウの鎖全体を飲み込んで消化している様子。海洋や湖沼には、未知の多様なプロティストが存在していると考えられる。

った自然界の基本的な仕組みを、世界で初めて解明しました。つまり、プロティストたちは藻類を食べる際に、クロロフィルを光毒性のない物質(シクロエノール)に変化させていたのです。本研究の結果は、このような仕組みが、現在の海洋や湖沼で繁栄を遂げている、非常に多様なプロティストたちの間で、幅広く共有されていることも明らかにしました。この「無毒化されたクロロフィル」とも呼べるシクロエノールは、光と酸素の存在するあらゆる天然の水環境の中に存在しています。私たちが普段の研究フィールドにしている琵琶湖や東京湾をはじめ、太平洋の沖の表層水や、大学の池、自宅の庭の水たまりに至るまで、様々なところにシクロエノール、つまり「微細な藻類を食べて暮らすプロティストたち」の足跡を見いだすことができました。

これらの発見は、海洋や湖沼などにおける「生き物同士の繋がり(食物連鎖, 食物網)」を考える上で、プロティストの活動という重要な視点を明らかにしました。例えば、現在の地球では、光合成の約半分は海洋の微細な藻類によるものですが、藻類が生み出した有機物が、どのようなプロセスを経て海底に沈降していくか(つまり大気中の二酸化炭素がどのように除去されていくか)については、いまだ多くの謎が存在します。今回の成果は、微細な藻類を食べるプロティストが海洋や湖沼で大きな役割を果たしていることを示しました。このことは、人為的な環境変動(地球温暖化や環境汚染)に対して、海洋や湖沼の生態系がどのように変化するか(全体としてどのような影響が現れるか)を理解する上で、非常に重要です。シクロエノールを微生物の活動をモニターする指標として利用すれば、従来は研究が困難であった「微生物活動のダイナミックな変化」を捉えることができると期待されます。

今回の成果は、現在みられる生態系の多様性が、どのような進化の道筋の上に成り立ってきたかを理解する上でも重要な発見です。プロティストは研究が困難な微生物のグループで、その多様性、生態、進化などの研究がまだまだ必要ですが、シクロエノールの研究は将来のこの分野の研究や発展に関して新しい足がかりをもたらすものです。本研究の成果は、化学、生物学、地球科学という広範な学術分野間の領域横断的な協同によって初めて達成し得たもので、翻ってそれぞれの学術分野にブレークスルーをもたらす事が期待されます。以上は、9月3日(米国東部時間)に、米国科学アカデミー紀要(英語: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*; 略称: *PNAS*)のオンライン電子版に、日本国内の機関が中心となって発信される研究としては初めてとなる Feature Article(特別論文)として掲載されます。



海洋や湖沼の食物網(食べる-食べられるの関係)の概念図。シクロエノール代謝を備えたプロティストによる微細藻類の捕食活動(プロティストによる植物食)が、海洋や湖沼の食物網において重大な寄与を持つことが示されました。