

ピコプランクトンの多様性

宮下英明

はじめに

プランクトン（水中の浮遊生物）はその大きさにより、フェムトプランクトン（0.02 ~ 0.2 μ m）ピコプランクトン（0.2 ~ 2 μ m）、ナノプランクトン（2 ~ 20 μ m）、マイクロプランクトン（20 ~ 200 μ m）、メソプランクトン（0.2 ~ 2mm）、マクロプランクトン（2 ~ 20cm）、メガプランクトン（20 ~ 200cm）に大別されている。このうち2 μ m以下のピコプランクトンやフェムトプランクトンと呼ばれるような植物プランクトンは、検出の難しさから近年まで見過ごされてきた。しかし、主に1980 ~ 90年代を中心に *Synechococcus* や *Prochlorococcus* などのピコ植物プランクトン（以降ピコプランクトンとよぶ）が、淡水・海洋から次々に発見された。これらのピコプランクトンは、外洋における1次生産やバイオマスに占める割合のもっとも大きい生物であることが明らかにされている。また、フローサイトメーターや分子生物学的手法を用いたプランクトン解析・検出方法の進展により、ピコプランクトンの多様性や分布に関する研究が盛んに行われるようになるにつれ、バクテリアサイズの真核植物プランクトンの存在が明らかになり、海洋にはまだまだ未知なピコプランクトンが数多く存在することが明らかにされつつある。本稿では、近年明らかにされている海洋を中心とするピコプランクトンの多様性について紹介する。

原核ピコプランクトン

海洋のピコプランクトンとして最も良く知られている生物は *Synechococcus* および *Prochlorococcus* である。これらは、いずれも球形から楕円球形、桿型の単細胞で細胞径0.6-1.7 μ m程度の原核生物である。*Synechococcus* は淡水域および海洋に広く分布する。また *Prochlorococcus* は、北緯40度から南緯40度の熱帯域から表面水温10以上の海域に普遍的に見

出されている。*Prochlorococcus* は、分子系統上 Marine-cluster A や B の *Synechococcus* に近縁であり、形態も、分布も良く似ていることから共通祖先から分岐した生物群であると考えられる。これらのピコプランクトンは、細胞サイズが小さいことや、自家蛍光が弱く、消光が激しいため、光学顕微鏡による観察が困難であった。70年代後半から80年代前半にかけてのChl濃度極大層付近の微生物の電子顕微鏡観察研究例には、すでに Marine-cluster A の *Synechococcus* や *Prochlorococcus* と考えられる電子顕微鏡写真が報告されていたが、当時は全て藍色植物（シアノバクテリア）と考えられていた。フローサイトメーターの登場により、これらのピコプランクトンには、Chl a とフィコビリ色素をもつものと、Chl a と b をもち、フィコビリタンパク質をもたない新規な生物であることが明らかとなり、後者の生物が *Prochlorococcus* と命名された。

実際には *Prochlorococcus* の光合成色素は、Chl a の8位のエチル基の位置に、ビニル基が付いた Divinyl-Chlorophyll a (DVChl a) と同様にビニル基が付いた DVChl b を含んでおり、*Synechococcus* に比べ青色光を有効に光合成に利用する機構を獲得しているものと考えられる。*Prochlorococcus* はChl a を含まない唯一の酸素発生型光合成生物である。発見当初は、フィコビリタンパク質をもたないと考えられていたが、近年フィコエリスリンを含んでいるものも見出されている。藍色植物がすべてカロテンを主要カロテノイドとして含んでいるのに対して、*Prochlorococcus* はカロテンを含んでいる。分類上は現在1属一種であるが、分子系統上は海洋表層の比較的光の強い環境に適応したと考えられるグループと適応していないグループとに別れることが明らかにされている。光の強い環境に適応していないグループでは、細胞内のDVChl b 含量が

DVChlaを上回ることもあり,光の弱い環境に適応していると考えられる。*Prochlorococcus*に関するさらなる詳細については,Partenskyら(1999)の論文がある。

真核ピコプランクトン

真核のピコプランクトンに関する研究は,主に,分離・培養によって得られた細胞を用いて行われてきた。特に鞭毛をもたない単細胞の球形藻類については,細胞の特徴が少ないため区別が難しく(Potterら 1997),それらの多様性がどの程度あるのか不明であった。しかしながら,近年の分離技術の発展や微細構造解析,分子系統解析技術の進展にともない,新しい分類群の設立が相次いでいる。これまでに報告されている海洋の真核ピコプランクトンとそのおよそのサイズは以下の通りである。

Chlorophyceae

Chlorella nana Butcher 1.8-2.6 μm

Nannochloris eukaryotum Naumann 0.8-2.2 μm

Prasinophyceae

Ostreococcus tauri Courties et Chretiennot-Dinet 1995 0.8 μm

Ostreococcus oceanica 0.8 μm

Pseudoscorfeldia marina Manton 2-3 μm

Pycnococcus provasolii Guillard 1990 1-4 μm

Bathycoccus prasinos Eikrem et Thronsdén 1990 1.5-2.5 μm

Prasinococcus capsulatus Miyashita et Chihara 1995 3.5-5 μm

Prasinoderma coloniale Hsegawa et Chihara 1996 2.5-5 μm

Mantoniella squamata (Manton et Parke) Desikachary 3-5 μm

Micromonas pusilla (Butcher) Manton et Parke 1-1.5 μm

Resultor micron (Thronsdén) Moestrup 2-4 μm

Eustigmatophyceae

Nannochloropsis atomus 1.5-4 μm

Nannochloropsis maculata 1.5-4 μm

Nannochloropsis oculata (Droop) Hibberd 1.5-

4 μm

Nannochloropsis salina Hibberd 1.5-4 μm

Nannochloropsis gaditana Lubian 2.5-5 μm

Nannochloropsis granulata Karlson et Potter 1982 2-4 μm

Prymnesiophyceae

Imantonia rotunda Reynolds 1974 2-4 μm

Pelagophyceae

Pelagococcus subviridis Norris 1977 2.5-5.5 μm

Pelagomonas calceolata Andersen et Saunders 1993 1.3-3 μm

Aureococcus anophagefferens Hargraves et Sieburth 1988 2-4 μm

Aureoumbra lagunensis Stockwell et al. 1997 2.5-5 μm

Chrysophyceae

Picophagus flagellatus Guillou et Chretiennot-Dinet 2000 1.5-2 μm

Tetrapalma pelagica Booth 1987 2-5 μm

Bolidophyceae

Bolidomonas pacifica Guillou et Chretiennot-Dinet 1999 1.5-2 μm

Pinguiphyceae

Pinguichrysis pyriformis Kawachi 2002 1-3 μm

Bicosoecophyceae

Symbiomonas scintillans Guillou et Chretiennot-Dinet 2000 1-2 μm

この他珪藻類の一部にも,2μm程度の細胞の大きさをもつものが報告されている。このように多くの系統にまたがりピコプランクトンと呼ばれる藻類が存在することが明らかにされている。また,上記のうち,多くのものが1980年代以降に分離または研究されたものであり,ピコプランクトン研究が近年飛躍的に発展していることがわかる。さらに,近年の3μm孔径のフィルターを通る海洋生物のrRNA遺伝子の網羅的

解析から、分子系統解析において藻類の系統群に帰属されるものの、培養されている既知の藻類には近縁の配列が報告されていない全く新規なピコプランクトンが数多く存在することが報告されている(Moon-van der Staayら 2001, Vaultotら 2002)。

おわりに

フローサイトメトリーなどの検出・分離機器の発達や分子遺伝学的手法を利用した遺伝子多様性解析技術の発展にともない、海洋には未だに計り知ることのできていないピコプランクトンの多様性があることが明らかになってきた。今後の分離培養技術の進展やたゆまない分離の努力の積み重ねにより、海洋のピコプランクトンの多様性解明とともにピコプランクトン藻類学の発展が期待される。

文献

- Kawachi, M., Inouye I., Honda D., O'Kelly C. J., Bailey J. C., Bidigare R. R. and Andersen R. A. 2002. The Pinguiphyceae classis nova, a new class of photosynthetic stramenopiles whose members produce large amounts of omega-3 fatty acids. *Phycol. Res.* 50: 31-47
- Moon-van der Staay S. Y, De Wachter R. and Vaultot D. 2001 Oceanic 18S rDNA sequences from picoplankton reveal unsuspected eukaryotic diversity. *Nature.* 409: 607-10
- Partensky, F., Hess, W. R. and Vaultot, D. *Prochlorococcus*, a marine photosynthetic prokaryote of global significance. 1999. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 63: 106-127
- Potter, D., Lajeunesse, T. C., SAUNDERS, G.W. and Anderson R.A. 1997. Convergent evolution masks extensive biodiversity among marine coccoid picoplankton. *Biodiversity and Conservation* 6: 99-107
- Vaultot D, Romari K and Not F. 2002. Are autotrophs less diverse than heterotrophs in marine picoplankton?, *Trends Microbiol.* 10: 266-7

(京都大学大学院地球環境学堂)