シンポジウム ピコプランクトンの異常発生とアユの大量へい死

ピコプランクトンの異常発生： ピコプランクトンの摂食生物および殺滅生物*1

前 田 広 人*2

鹿児島大学水産学部

1989年7月初旬、滋賀県衛生環境センターによって、琵琶湖北湖においてピコプランクトンのブルームが確認された。この現象は90年および91年にも確認されたことから、従来にない水質の変化が起きていることが懸念されている。

著者らのグループは、琵琶湖北湖よりこのピコプランクトンを分離し、その性状について明らかにするとともに、増殖特性や微小生物間の相互作用などの、いわゆる生理生態学的見地からその動態解明のための研究を進めている。¹⁻⁶⁾今回は、これまでに本研究グループによって得られた研究結果をまとめて紹介する。

ピコプランクトンのブルームの実態

表層水においては、ピコプランクトンの現存量は年間を通じて 10^3 から 10^6 cells/ml のオーダーで変動し、1990年のブルーム時には最高で 2×10^6 cells/ml 以上に達した。このブルーム時には透明度が2m程度まで低下し、水の色は黒褐色となった。また、その時、単位面積あたりの基礎生産の80%以上をピコプランクトンが行っていた。

ブルーム時の湖水より代表的な3種の菌株を分離し、その培地の色にちなんでG株（グリーン株）、B株（ブラウン株）、P株（ピンク株）と名付けた。これらはいずれも $1 \mu\text{m}$ 程度の卵型の単細胞で、粘液性の鞘やガス胞は持たない。2分裂増殖を行ない、光合成活性を持つ。また細胞内にはカルボキシゾームや一層あるいは数層のリング状チラコイドを保有し、核膜を持たないことからラン藻類に属する。

さらに、光捕獲色素としてクロロフィルaの他にG株ではフィコシアニン、BおよびP株ではフィコエリスリンを主に保有している。カロチノイド系色素としては β -カロチンおよびゼアキサンチンをそれぞれが保有している。以上の性質を従来の分類法に照らし合わせると、この3種は、いずれもシネココッカスグループ (*Synechococcus* group) に属する。¹⁾

ラン藻ピコプランクトン (*Synechococcus*) の生理特性

分離した3株はいずれも比較的低照度を好み、20℃程度で最大増殖速度を示す。窒素、リンに関しては取り込み速度は大きい、多く取り込んでストックしておくことは不可能である。増殖のためには栄養塩は少量でいいが常に供給される必要がある。窒素固定能については、アセチレン還元法で確認した後、サザンブロットハイブリダイゼーションと免疫法で確認したが、既存のニトロゲナーゼは持っていない。

これらは増殖可能な水素イオン濃度の範囲が比較的限制されているものの、飢餓環境、特にリンの欠乏に対して強い性質（生存戦略）を持っている。北湖の底泥には広範囲にわたって増殖可能なピコプランクトンが大量（約 10^5 cells/g）に存在し、シードボリュレーションになっている可能性も考えられる。

ラン藻ピコプランクトンと他の生物との相互作用

琵琶湖から分離したヘテロナノフラジレート（HNF）を用いて、室内において3株を捕食させたところ、 $P > B > G$ の順によく捕食された。最も捕食速度の大きいP株の場合、1.0 cells/day程度である。また、3種のそれぞれの株に対して、それぞれを選択的に捕食するHNFの種類が異なることが明らかになった。現場のラン藻ピコプランクトン：HNFはおおよそ100：1程度で、他の湖沼と比べると比較的大きな値と言える。現場実験の結果、ラン藻ピコプランクトンの増殖速度を0.03～0.06/h程度、HNFの捕食速度を0.01～0.04/h程度と算定した。このことからラン藻ピコプランクトンの現存量の変動にHNFが大きく関与していることがうかがわれる。

現場の試水の上の宿主菌株を用いたMPN法によって調べた結果、ブルーム時の試水中には 10^2 cells/ml 程度のファージに感染したP株が存在することがわかった。

*1 Grazing and Killer Organism Impact on Picoplankton.

*2 Hiroto Maeda (Faculty of Fisheries, Kagoshima University, Kagoshima 890, Japan).

表 1 琵琶湖北湖における *Synechococcus* G 株に感染するファージの消長

期 日	水 深 (m)	<i>Synechococcus</i> (cells/ml)	Cyanophage (MPN/ml)	接触率 (R)	感 染 率 (% cells contacted/day)
Apr. 25	0	5400	15000	178.2	3.3
1993	12	7500	3100	51.2	0.68
	30	2400	360	1.9	0.08
May. 28	0	11000	25	0.61	0.01
1993	12	11000	25	0.61	0.01
	30	1400	0	0.00	0.00
Jun. 17	0	5800	0	0.00	0.00
1993	12	3400	630	4.71	0.14
	30	1400	1500	4.62	0.33
Nov. 29	12	340	630	0.47	0.14
1993					

また 1993 年には G 株に感染するファージの消長を調べることができた (表 1)。それによると感染率は最高で 3% 程度 (外洋でみられる値に近い) と算定した。

この P および G 株に寄生するファージは従来の S-1 や AS-1 に似た形状をもっている。すなわち、頭部は六角形をしており、幅が数百 Å 程度で、尾部の長さが数千 Å 程度で、収縮機構は備えていないようである。また尾部の先端には宿主に付着するための器官をそなえているように思われる。このような器官は、これまでに報告されたファージには見られないものである。⁴⁾

また顕微鏡写真の様子から、P 株体内には最大で数十個のファージが寄生し、溶菌時にファージ粒子として放出されるものと思われる。室内における培養実験の結果では感染してから、溶菌するまでの時間は十数時間程度であると計算された。

1990 年にはブルーム時において現場の優占種が、2 週間ほどで P 株から G 株に急激に変化したことが、このよ

うな優占種の急激な変化には、上のような溶菌性ファージが少なからず関与しているものと考えている。

文 献

- 1) H. Maeda, A. Kawai, and M. Tilzer: The water bloom of cyanobacterial picoplankton in Lake Biwa, Japan. *Hydrobiologia*, 248, 93-103 (1992).
- 2) S. Hiroishi, S. Imai, S. Haga, and H. Maeda.: An acute toxicological study on three *Synechococcus* strains (cyanobacteria) isolated from a red tide in Lake Biwa. *Bull. Japan. Soc. Microbial Ecol.*, 8, 47-48 (1993).
- 3) H. Maeda: Dynamics and characteristics of cyanobacterial picoplankton in Lake Biwa. *Japan. J. Limnol.*, 54, 156 (1993).
- 4) 前田広人, 琵琶湖のピコプランクトンを殺すウイルス, 遺伝, 47, 7-9 (1993).
- 5) 兼 正晃, 山田光子, 福永龍繁, 西 克治, 前田広人, PCR 法による琵琶湖のピコプランクトンの識別, ピコプランクトンの識別, DNA 多型, 2, 197-201 (1994).
- 6) 前田広人, 琵琶湖のピコプランクトン, 月刊「水」, 36, 25-29 (1994).