

菅平ダム湖における珪藻の同調生長現象について(予報)

中本 信忠・長島 英二

N. Nakamoto & E. Nagashima : On the synchronous growth of planktonic diatom in Sugadaira Reservoir (Preliminary report)

湖沼の植物プランクトンの季節的消長に関して、一般に、春に大きな、秋に小さな珪藻のブルームがあり、時には、夏に緑藻のブルームがあるといわれている。これらは水の垂直混合による底層から表層への栄養塩類の回帰に起因して、植物プランクトンが生長したものであると説明されている。

しかしながら、日本のように、わりあいと降水量の多い地域の湖沼や、水（特に表層水）の滞流時間の短い湖沼や貯水池では、底層からの栄養塩類の回帰で、これらの植物プランクトンのブルームを説明するのは難しく、むしろ、流入水およびそれに含まれる栄養塩量によって説明した方が良い（中本・長島 1978）。

流入してくる栄養塩類を使って、春先に、ペリディニウムという鞭毛藻が、毎年、湖の流入部で大発生をしている教科書の例が、東京都の上下道源の下久保ダム（神流湖）で、淡水赤潮現象として観察されていることが知られている（中本 1975, Nakamoto 1975）。東京湾の羽田沖でよく観察される珪藻の赤潮現象に関して、その持続性について、多摩川によって運ばれてきた栄養塩類の供給に起因すると説明されている（船越 1973）。このように植物プランクトンの増殖維持機構の説明には、流入水の影響を無視することはできない。

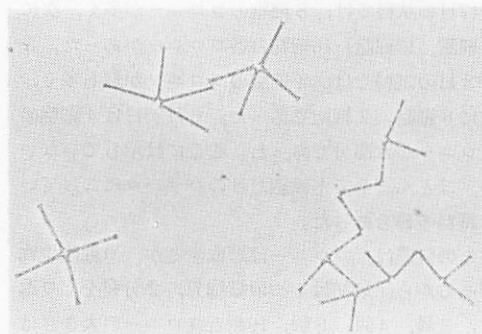
植物プランクトンの *Melosira italica* という、長いチェーンを作る珪藻が、乾季の終り頃、降雨により流れ込んだ流入水の影響により、一斉に細胞分裂が起り、同調生長をするという現象が、南米ブラジルのサバンナ地帯の貯水池で観察された（Nakamoto ら 1976）。このような現象は、一般的なもので、日本の湖沼でも観察されるはずであると考え、そのつもりで調べてみた結果、長野県上田市の上下道源である貯水池の菅平ダム湖で、春のブルームの終り頃に *Asterionella gracillima*（ホシガタケイソウ）という珪藻が栄養塩飢餓状態になり、降雨後に流入してくる多量の栄養塩類を使って、一斉に分裂生長をするという同調分裂生長現象が観察された。このことについて、若干報告したい。

菅平ダム湖について

菅平ダム湖は、人口約10万の上田市民の上下道源として建設（竣工昭和43年10月）された多目的ダムである。その水を、農業用水としても使うため表層取水型の貯水池であり、長さ約1 km、堤高約40 mである。集水域には、県下の高原野菜の主要な産地の一つの菅平高原がある。そのため、この高原には、多量の肥料が投入され、ダム湖へ流入する河川水中には、硝酸態窒素の濃度が高く、高いときには、10 ppm 以上にも達し、平均濃度でも2~3 ppm である。また、この高原は火山灰土であるため、リン酸吸収係数が高く、リン酸成分の流出は、わりあいと少ない（桜井 1975）。

方 法

試料は、ダムサイトの放流水（表層水）をホルマリン固定して、顕微鏡で観察した。ダム湖では、毎年、春先から、*Asterionella gracillima* が優占種となり、その細胞数は、5・6月頃には、 10^4 cells/ml のオーダーにも達する。この珪藻は、写真のように



写真： *Asterionella gracillima* の顕微鏡写真。8細胞のコロニーと4細胞のコロニーが見られる。（1976年5月8日の試料）

数本の細長い細胞が基部で連結している。この一つ一つのコロニーを試料毎に約100個数え、コロニーの大きさ毎に整理した。

結果および考察

菅平ダム湖のダムサイト表層水の試料のうち、1976年4月17日、5月8日および6月26日の試料につい

て *Asterionella* のコロニーの大きさの分布を図1に表わした。この図は、明らかに、4細胞のコロニー

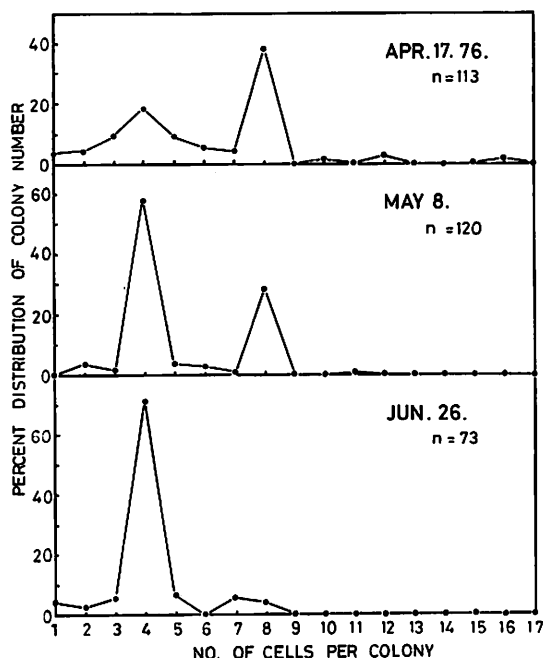


図1：ダムサイト表層水中の *Asterionella gracilima* のコロニーの大きさの頻度分布。nは数えたコロニーの数。

と8細胞のコロニーが特異的に多くなっている。4月17日の試料では、8細胞のコロニーが多く、次に4細胞、12細胞、16細胞の各コロニーがあった。5月8日の試料では、4細胞のコロニーが最も多く、次に8細胞、2細胞であった。6月26日は4細胞のコロニーが大部分であった。ここには示していないが、ほとんど全て1細胞だけのバラバラになっている試料の日もあった。

この珪藻は、コロニーは形成するが、単細胞生物であるから、最初は1つの細胞で、2分裂をくり返し、2個、4個、8個、16個とコロニーの大きさは大きくなってゆくと考えられる。もし分裂が一斉に起らないならば、コロニーの大きさは、きちんとならないはずである。自然界の単細胞生物で、そのコロニーの大きさの分布が特異的なことは、何か原因がなくてはいけない。この珪藻のコロニーの大きさの分布は、採取した日によって違うことから、その採取日前の気候、特に降雨日と、流入水量と合わせて考察してみよう。

そこで、それぞれの採取日より前約1週間の降雨と流入水量を図2に示そう。4月17日の場合、降雨

が少なく、流入水量も少なかったのが、採取日の4日前にダムサイトで、38mmというかなりの降雨があ

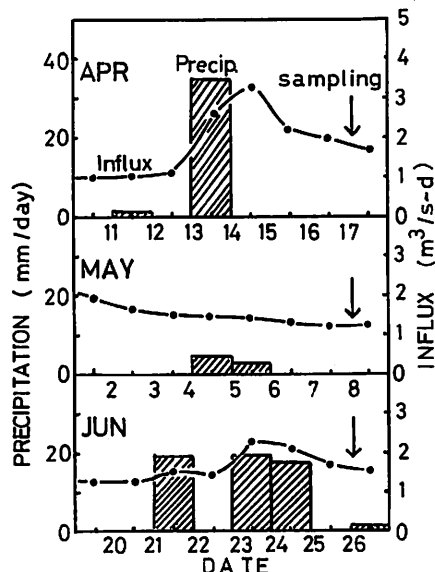


図2：採取日（矢印）とその前約1週間の降雨と日平均毎秒の流入量

り、急に流入水量が増加している。5月8日の場合、採取日の3日前と4日前にわずかであるが降雨があった。さらに6月26日の場合は、2日前と3日前に、それに、5日前にもかなりの降雨があったことがわかる。

これらの結果から、降雨後の日数の違いにより珪藻のコロニーの大きさが決まるという関係があると推定される。このことは、ダム湖中の植物プランクトンは、降雨前は、栄養塩飢餓状態であって、分裂生長したくてもできない状態であったと推定される。細菌や、藻類を同調分裂させるのに、実験室内で、よく使われる栄養塩飢餓法の実験と同じような現象が、このダム湖であったのではないと思われる。つまり湖の表層中の植物プランクトンが栄養塩飢餓状態であったのか、降雨により、上流より、栄養塩類が流入し、それを使って植物プランクトンが一斉に分裂生長したと推定される。そのため2の倍数の4細胞のコロニーが多かったり、8細胞のコロニーが多かったりしたと推定される。また、栄養塩類の飢餓状態が長く続くと、これらのコロニーはバラバラになると推定される。このような同調生長現象が成立するためには、湖沼表層中の栄養物質のうち何かが、制限的にならなくてはいけない。

湖沼での植物プランクトンの季節的消長と、水の動き、そして栄養塩類量との関係から、春先は、冬

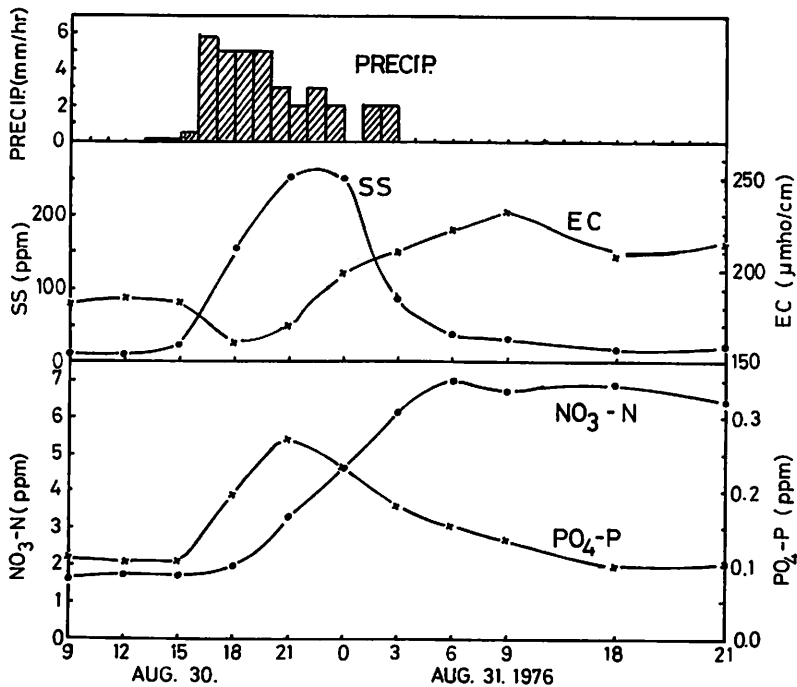


図3： 降雨（39.3mm）にともなう河川水の水質の変化（上田市金井橋，1976年8月30日～31日）。

の水温逆成層から夏季の正成層への移行期間であり、水の上下混合により、表層まで栄養塩類は豊富になる。この時期は植物プランクトンにとって栄養塩類は制限的にならないはずである。また、菅平ダムの場合、この時期は丁度、栄養塩類をかなり含んでいる融雪水が多量に流れ込む時期でもある。そのためダム湖内の水は、かなり濁っているため、光を必要とする光合成生物の植物プランクトンにとってあまり好ましい環境ではない。春は、太陽放射も増し、水の正成層が発達し、植物プランクトンは、ダム湖内で対数的に生長増殖する。4月下旬より初夏にかけては、水の成層が発達してしまうため、底層からの栄養塩類の供給はあまり考えられなく、表層に浮遊している植物プランクトンは、その現存量が多くなったため、栄養塩類が足りなくなりやすく、その生長増殖には、流入してくる栄養塩類にたよっていると推定される。このような時期に、降雨があると上流から栄養塩類が多量に流れ込み、それを使って、一斉に植物プランクトンは同調生長すると推定される。丁度、この時期は、ダム湖が、一つの栄養塩制限的な、植物プランクトンの連続培養系とみなすことができる。

菅平ダム湖へ流入する河川水中には、降雨のあとは、硝酸態窒素の濃度は、確かに増加するが、菅平

ダム湖では、他の栄養塩類とくらべて、硝酸態窒素は常に充分多く、植物プランクトンにとって制限要因にならない（中本・長島 1978）。しかしながら、降雨により、リン酸態リンの流出もあると推定される。桜井・深川・中本（未発表データ）によると、降雨があると、すぐに、リン酸態リンの流出も確かにあることが確かめられている。図3に示すデータは、上田市に流入してくる小河川の矢出沢川の金井橋での降雨（39.3mm、上田市気象観測所による）にともなう水質の経時変化を測定したものである。この集水域は、あまり都市化は進んでいなく、ゆるい傾斜地で、村落、果樹園、畑地、および森林で占められている。測定は、川巾数メートルの所で行った。水質の変化は、降雨前は、SS（粒状物質）は10mg/ℓ程度であったのが降雨により急激に増加し、最大SSは、252 mg/ℓにもなった。雨が止むにしたがってSSは急減した。残念なことに流量を測定していなかったが、水量の増加（流量の増加）は、SSと同様に急激に増加した。溶存している電解質の指標である電気伝導度（EC）は、降雨があると最初わずかに下がり、その後増加し、なかなか元に戻らない。この結果から、河川水は、降雨初期は、雨水によってわずかに希釈されるが、その後、土じょう中や、地下水中の溶存物質を洗い流し出すことを意味して

いると思われる。ECの増加に伴ない、硝酸態窒素の濃度は増加し、この雨がやむまで増加した。また雨がやんでもこの濃度は、ECと同様に、高いままでなかなか減少しなかった。一方リン酸態リンに関しては、降雨があるとすぐに増加し、雨が小降になると、その濃度は減少しだし、硝酸態窒素と対照的に、かなり早く降雨前の状態に戻る事がわかった。これらのことから降雨後の菅平ダムへの流入河川の試料中で、硝酸態窒素の濃度は高いにもかかわらず、リン酸態リンの濃度は、あまり高い値として検出されなかった(中本・長島 1978)のは、窒素とリンのこのような流出パターンの違いによると思われる。これらのことから、降雨により、窒素やリンの肥料成分(栄養物質)が、かなりダム湖に運び込まれると推定される。

菅平ダムの場合、先に述べたように、硝酸態窒素は、流入および流出水中にかなり高濃度に検出されているので、窒素は、植物の生長の制限要因ではなく、窒素以外、つまりリン酸態リンの方が、この珪

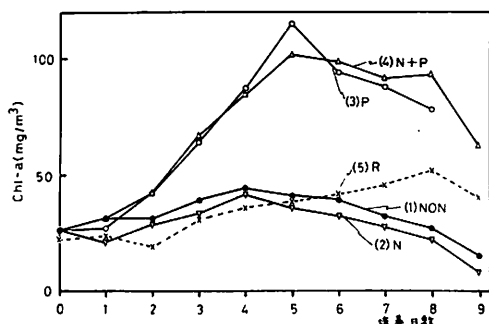


図4：栄養塩追加培養実験の結果、植物プランクトンの増加をchl.aの値で示してある。Nは $\text{NO}_3\text{-N}$ を、Pは $\text{PO}_4\text{-P}$ を添加したこと意味し、NONは湖水そのまま、Rは、流入河川水を添加したことを意味している。

藻の生長の制限要因ではないかと推定された。そこで、ダム湖表層水に、窒素やリンを加えて、それらの添加効果を実験で確かめたところ、確かに、リンが菅平ダム湖では、この時期の植物プランクトンにとって制限要因であった。図4にその実験の結果(中本・長島 1978)を示すように、ダム湖水に、窒素を添加しても効果がなく、リンさえ添加すれば、植物プランクトンは、一斉に増殖して生長することがわかった。

これらのことについて、従属栄養細菌の生長を利用した生物利用可能栄養物質を推定するための新しいバイオアッセイ法のMBOD法(中本 1977)によ

ても調べた。その結果、この湖水では、生物利用可能窒素は、充分あまっています、春のAsterionellaのブルーム時期は、生物利用可能リンがほとんどないことがわかった(中本・長島 1978)。

以上のように、菅平ダムのような表層水の滞流時間の短い湖や、水温成層の発達した湖沼の表層水中にいる植物プランクトンは、従来考えられていたよりも、流入水の影響を強くうけることがわかった。特に春のブルームの後期は、バッチ培養の定常期と同じように、何かが制限的になる。菅平ダム湖の場合、Asterionellaの生長は、リンが制限的であったことがわかった。

このような植物プランクトンの分裂生長の同調化現象は、菅平ダム湖やサバンナ地帯の湖でだけでなく、広く一般的な現象と思われる。これと似た現象は、日照りの日が長く続いたあと、降雨により田畑の植物が急に勢いよくなる現象と同じであると思われる。

本研究を行うにあたり、終始、有益な助言と協力をしていただいて信州大学繊維学部桜井善雄助教授に感謝の意を表します。また快く、調査研究に協力をしていただいた長野県企業局菅平ダム発電管理所根岸泰所長をはじめ、管理所の皆様方に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 船越真樹(1973)珪藻赤潮の生長解析、東京湾羽田沖に出現するSkeletonemaのPatchの持続性。昭和48年度日本海洋学会大会講演要旨。
- 中本信忠(1975)神流湖の淡水赤潮について。用水と廃水 第17巻2号65-71。
- Namamoto, N. (1975) A freshwater red tide on water reservoir. Jap. J. Limnol. 36: 55-64.
- Nakamoto, N., M. A. Marins and J. G. Tun-disi (1976) Synchronous growth of a freshwater diatom Melosira italica under natural environments. Oecologia (Berl.) 23: 179-18.
- 中本信忠(1977) 従属栄養細菌の生長を利用したAGPの測定。用水と廃水 第19巻6号87-94。
- 中本信忠・長島英二(1978) 菅平ダム湖における春の植物プランクトンのブルームについて。水温の研究(投稿中)
- 桜井善雄(1975) 農地排水による河川および地下水の汚染。農土誌 43巻8号518-524。