

木崎湖における渦鞭毛藻類 *Peridinium* spp. による淡水赤潮の形成

木田浩司*・朴 虎東・林 秀剛

信州大学理学部
(1990年2月1日受理)

1. はじめに

近年、水域の富栄養化現象の進行にともなう藻類の大量発生がしばしば社会問題ともなっている。湖沼におけるこうした現象で、着色現象を伴うものは淡水赤潮と呼ばれており、その原因種としては、渦鞭毛藻類 *Peridinium* 属が良く知られている。わが国では、ダム湖における発生例が多く報告されている(Nakamoto; 1975, 畑; 1984)が、自然湖沼についての報告は比較的少なく、これまでは、奈良猿沢池(渡辺; 1956), 論電ガ池(渡辺, 1966)等の小規模な池沼での発生が報告されているだけである。国外ではイスラエルの Lake Kinneret における *P. cinctum* (Berman & Rodhe; 1971, 等), 米国カリフォルニア州 Clear Lake における *P. penardii* (Horn ら, 1971) についての研究が知られている。

大量増殖の原因については、栄養塩類による富栄養化の結果とされることが多いが、その他、有機栄養やカルシウム等の微量元素の関与等を指摘する研究者もおり、不明な点も多い。さらに、近年では、原因種自体の特性や、他生物との相互関係も考慮されるようになってきた。

本研究では、藍藻類 *Anabaena macrospora* のブルーム発生や、それが直接的原因となつての藻食性アメーバの大量浮上等、プランクトン相に急激な変化が見られている木崎湖において、1986年秋から大量発生しはじめた、渦鞭毛藻類 *Peridinium* spp. による淡水赤潮形成状況について報告するとともに、その発生機構についての若干の考察をする。

2. 調査地の概要と研究方法

2-1. 調査地の概要

調査水域は、長野県大町市の北に位置する仁科三湖のひとつ木崎湖である。この湖は標高764m、面積1.41km²、最大水深29.5m、平均水深17.9mの南北に長い湖である。概略を図1に示した。主な流入河川は、中農具川、稲尾沢川である。流出河川は下農具川であるが、水門により水位の調整が行なわれている。冬期には、発電用取水のため、最大1.5mまでの水位低下がある。この湖は中栄養湖とされていたが(桜井・渡辺, 1974)、近年、その富栄養化傾向が指摘されており、底生動物(北川, 1973)や動・植物プランクトン(安田ら, 1975)の種組成の変化が報告されている。また、1982・83年には、アナベナの大量増殖(清

* 現所属：滋賀県湖東地区農業改良普及所

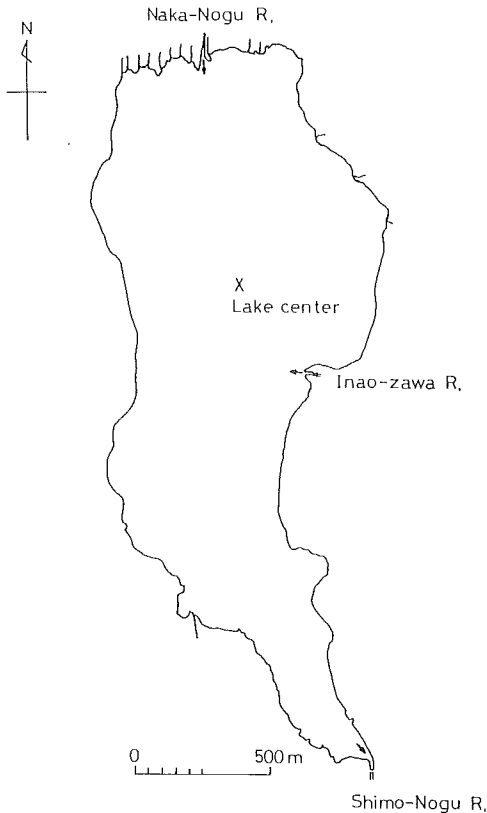


図1 木崎湖の概要。湖心定点は×印で示した

沢・林, 1985) に起因する藻食性アメーバの増殖(船越ら, 1985) も報告されている。

2-2. 研究方法

〈定期調査〉 現場調査は, 1986年4月より1988年1月まで, 湖心部(図1)において, 毎月1回行った。調査時間は10:00から12:00の間であった。現場では, 水温(サーミスタ温度計), 溶存酸素量(Winkler 法および YSI 社, D. O. メーター Model 57による), 光量子(Li Car 社, 光量子計 LI-185A)の測定を行った。採水は, van Dorn 採水器(容量 6L)によった。

試水は, GF フィルター(Whatman 社, GF/C)により濾過し, 濾液について, $PO_4\text{-P}$, $NH_4\text{-N}$, $NO_2\text{-N}$, $NO_3\text{-N}$ を定量した(Technicon Auto Analyzer II による)。濾過後の GF フィルターについては, 90%アセトンにより抽出し, クロロフィル a の定量に用いた(UNESCO-Score 法)。

植物プランクトンは, 現場にてホルマリン固定した原水を, 研究室にて静沈・濃縮したのち, 計数した。

〈垂直分布および水平分布調査〉 *Peridinium* spp. の垂直分布については, 湖心定点において1987年8月28日13:00から29日9:00までの間, 4時間間隔で調査を行った。採集は, 内径4cm, 長さ2mのカラムサンプラーにより, 表層より14m層までを2m毎, 7層について行った。

水平分布調査は, 1987年9月2日, 10:00から14:30までの間に行い, 湖の北部を中心に21地点の表層部2mについて, 前記カラムサンプラーを用いて採水した。

採取した試料はメッシュサイズ $20\mu\text{m}$ および $98\mu\text{m}$ のネットでソーティングし, $20\sim 98\mu\text{m}$ の分画をホルマリン固定(最終濃度10%)し, 実験室に持ち帰り, 光学顕微鏡下で計数した。

〈新生沈澱物の採取と分析方法〉 湖心定点において, 10m層および26m層にセジメントトラップ(塩化ビニル製, 直径10.7cm, 深さ25cm)を設置し, 1ヶ月毎に回収した。捕集された沈澱物は実験室に持ち帰り, ホルマリン固定したのち全容量を測定し, その一部を検鏡に用いた。

2-3. シスト形成と脱シスト

Peridinium spp. のシストの特性を知るために, シスト形成過程と脱シストの過程につ

いての培養実験を行った。実験には、湖心表層水の GF フィルター (Whatman 社, GF/C) による濾液を、オートクレーブ (120°C, 15min.) し、これに各種ビタミン (B₁; 10µg/l, B₁₂ および biotin; 0.2µg/l) を加えたものを培養液として用いた。

実験は照明 (白色蛍光灯) つきの温度勾配恒温器を用いて行った。温度の設定は、5°C, 10°C, 15°C, 20°C, 30°C の5段階としたが、実際の温度はそれぞれ、4.2±1.9°C, 8.0±0.9°C, 12.1±0.8°C, 20.2±1.8°C, 28.7±1.3°C であった。照度の測定は、デジタル照度計 (ミノルタ, T-1H) によった。

〈シスト形成実験〉 1987年5月29日に湖心部においてメッシュサイズ20µm のネットにより捕集した *Peridinium* spp. の栄養細胞を研究室に持ち帰り、実験に用いた。ネットソーティングによる20~64µm 分画を前記培養液に入れ、10ml 容ねじぶた付き試験管に5ml を分注し、各設定温度にてそれぞれ10本ずつを培養した。経時的に1本ずつをサンプリングし、培養液の0.1ml を取り、形成されたシストを顕微鏡下で計数した。照度は6000 lux, 明暗期は、12L : 12D とした。

〈脱シスト実験〉 前記実験の20°C で形成されたシストを実験に用いた。パスツールピペットを用いシストを拾いだし、新しい培養液で数回洗浄した後、透明セルウエル (Corning 社, 24穴マイクロプレート) の培養液4ml 中に50細胞ずつ植種した。計数は、倒立顕微鏡により、培養容器のまま行った。

脱シストと温度の関係については、前記の5段階の温度について、同じ光条件下で実験を行った。脱シストと光条件との関係を明らかにするために、0~6000 lux の間で7段階の光条件を設定し、10日間培養した後、シストを計数した。光条件は、光源からの距離とフィルターを組合せて設定し、照度を実測した。

また、低酸素条件下での脱シストが可能かどうかについての検討も行った。低酸素条件としては、窒素ガスを通気し、さらに、窒素ガスを充填した後、密栓したものを用いた。比較としての好気条件とは、空気を通気し、綿栓を施したものである。用いたシストは、実験室において、20°C で形成させたものと、1987年12月7日 (底層は無酸素状態であった) に湖心部底泥より得られたものとの2種であった。両者ともネットソーティングによる20~64µm 分画として用いたが、現場から得られた分画には、目的のシスト以外の混入物も含まれていた。光条件は6000 lux, 明暗期は12L : 12D であった。培養中は、1日1回、振とうし、20日後に開封し、計数した。

3. 結 果

3-1. 環境要因の季節変動

湖心定点における水温変化を、表層 (0m) および10m層について図2に示した。表層水温は、4月はじめから5月中旬にかけて急激に上昇する。木崎湖では、この時期から顕著な温度躍層が形成される。6~7月の梅雨期に、一時的に上昇率が低下するが、その後、再度急上昇し、8月末にピークとなる。9月以降、急速に低下する。10m層では、4月から10月まで徐々に上昇する。10月半ばまたは末にかけて循環がこの層にまでおよび、表層との差がほとんどなくなる。観測を行った1986年と1987年とを比較すると、基本的なパターンは同じであるが、1987年の春から夏にかけての上昇速度は早く、10m層では前年に比べ半月以上も

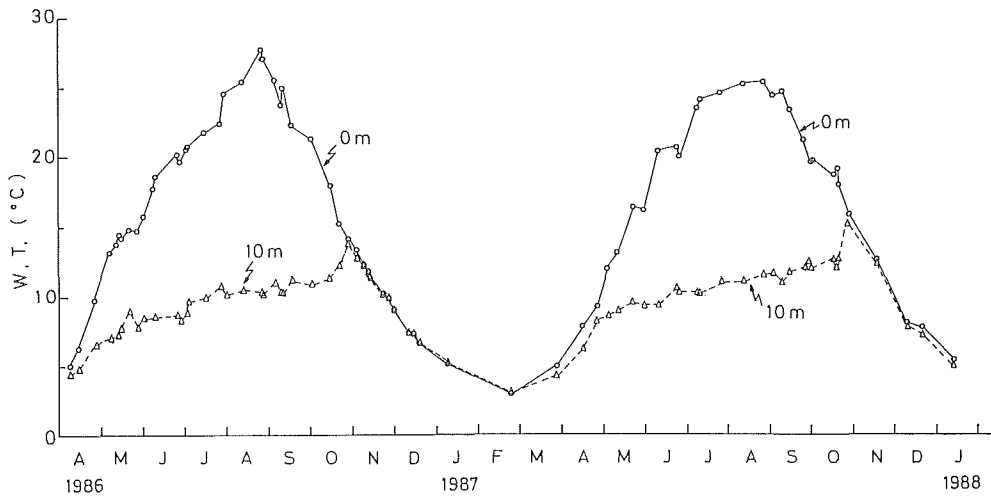


図2 木崎湖湖心における表層（0 m）および10m層の水温

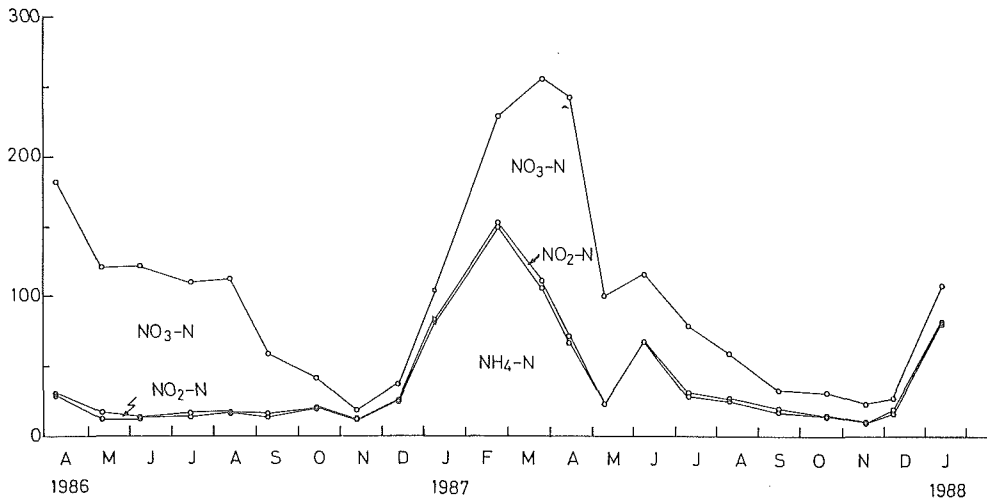


図3 木崎湖湖心における無機態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$) ($\mu\text{g/l}$) の変化。
0, 2, 4, 6, 10m層についての測定値の平均として示した

ずれている。表層部で 20°C を越える時期を比較すると1986年では6月末，1987年では6月初旬ないしは中旬であり，また， 20°C をこえている期間も1986年の約1ヶ月にたいし，1987年では7月初旬から9月初旬の2ヶ月にもおよんでいる。

表層の溶存酸素は年間を通じて $8\sim 12\text{mg/l}$ と高いが，底層においては，5月以降次第に貧酸素化が進み，7月以後は無酸素状態となる。

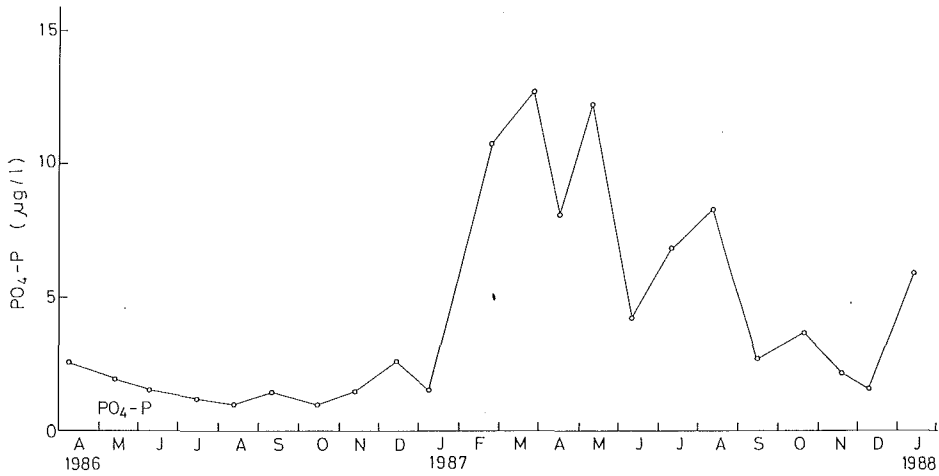


図4 木崎湖湖心におけるリン酸態リン (PO₄-P) (µg/l) の変化.
0, 2, 4, 6, 10m層についての測定値の平均として示した

栄養塩類の変動について、図3に無機態窒素 (NO₃-N, NO₂-N, NH₄-N) を、図4にリン酸態リン (PO₄-P) について示した。ここでは、0 mから10m層までの測定値の平均として示している。

無機態窒素の総量を見ると、1986年4～8月では120 µg/l 前後の高いレベルであるが、その後急激に減少し、11月には18 µg/l となる。1986年末から再び増加しはじめ、2月末には200 µg/l を越える。この時期は、NH₄-N が多いことが特徴的である。5月初旬から急激に低下しはじめ、11月に最少値23 µg/l となる。

PO₄-P は、1986年では通年1～2 µg/l と低いが、1987年3月には13 µg/l と非常に高く、その後もかなり高いレベルを維持している。

3-2. *Peridinium* spp. およびその他のプランクトンの季節変化

図5に、植物プランクトンの変動を *Peridinium* spp., *Ceratium hirundinella*, および珪藻3種 (*Fragilaria*, *Synedra*, *Asterionella*) の計について示した。これらの値は、0, 2, 4, 6, 10m層の計数結果の平均値として示している。

Peridinium spp. は1985年8月頃から認められるようになり、1986年4～5月にはひとつのピークを示している。その後、7月にはほとんど消えているが、10月頃から再び出現しはじめ、翌年5月まで継続する。6～7月には減少するが、8月には増加し、9月には平均200 cells/ml のピークを示す。これらの出現パターンを見ると、冬から春にかけてのピークと、夏から秋にかけてのピークが認められるが、それぞれの光学顕微鏡および走査電子顕微鏡での観察では、細胞形態に若干の差異が認められた。

Peridinium spp. 以外では、両年とも5月から8月にかけて、珪藻類 *Asterionella* spp., *Fragilaria* spp. が優占している。

6月から9月にかけては渦鞭毛藻類 *Ceratium hirundinella* が出現している。*Synedra*

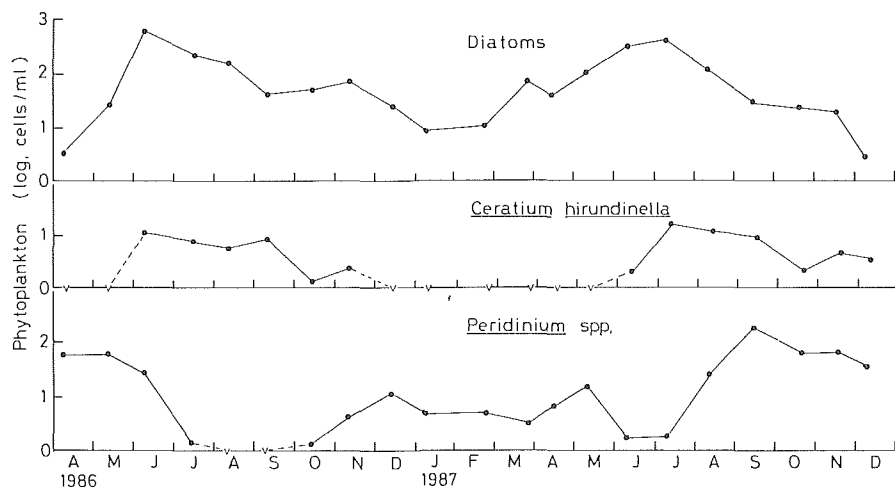


図5 木崎湖湖心における主要植物プランクトン細胞数 (cells/ml) の変化。
0, 2, 4, 6, 10m層の測定値の平均として示した

spp. は *Peridinium* spp. が多く出現している時期を除けば、年間を通じて常に存在している。

3-3. *Peridinium* spp. の垂直分布

図6には1986年4～6月および1987年8～12月の間の *Peridinium* spp. の垂直分布を示した。この期間には、先にもべた1986年5月および1987年9月の細胞数のピークの時期が含まれている。1986年の春は水深6m付近にピークがあり、1987年夏は表層に集中していることが明らかである。

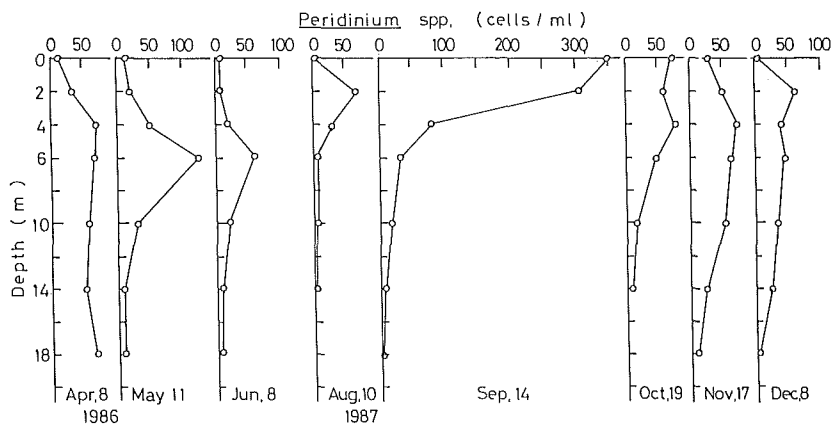


図6 *Peridinium* spp. の垂直分布. 試料採取は10:00～12:00に行った

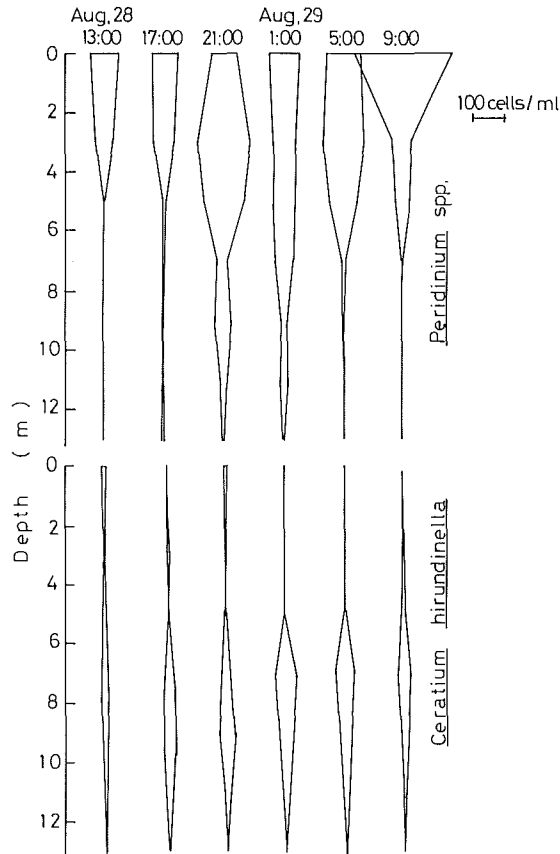


図7 木崎湖表層部における *Peridinium* spp. および *Ceratium hirundinella* の垂直分布の日変化 (1987年8月28~29日)

図7は、1987年8月28~29日の昼夜観測による *Peridinium* spp. と、同じ渦鞭毛藻類に属する *Ceratium hirundinella* の垂直分布変化を示した。28日の天候は曇で、時々小雨が降ったが、翌29日は快晴であった。*Peridinium* spp. は日中の光の強い表層に集中し、日没後は下降するというパターンを示した。これに対し、*C. hirundinella* は、終日8m付近に最大値を持つ分布パターンを示しており、光に対する走性の差異を示している。

3-4. *Peridinium* spp. の水平分布

図8に1987年9月2日の水平分布調査の結果を示した。湖の北部、中農具川の流入口付近に集積していることが認められる。湖の南端の沖合30m付近においては、その密度が、43 cells/ml あるのに対し、湖心では288 cells/ml、北部の河口付近では1683 cells/ml と高密度を示した。このときの北部水域では、肉眼的にも湖水の着色が明瞭に認められた。

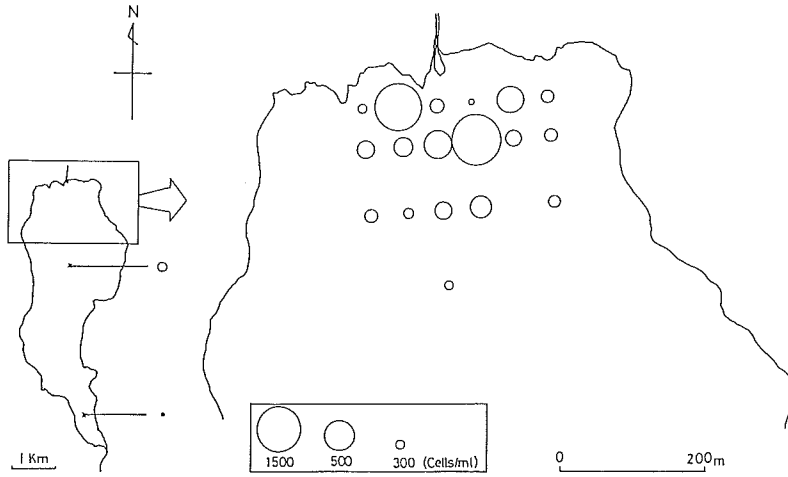


図8 木崎湖南部, 湖心, および北部中農具川河口部表層水中の *Peridinium* spp. の分布状況 (1987年9月2日). 試料採取は, 長さ2 mカラムサンプラーによった。

3-5. 湖におけるシストの形成

図9には, 湖心部の水深26m層に設置したセジメントトラップにより捕集した新生沈澱物中の *Peridinium* spp. シストおよび栄養細胞の計数結果を示した。1日当たり, 1 cm² 当たりの沈澱量として示した。春に出現していた *Peridinium* spp. のシストは1986年では7月, 1987年では6月にトラップされているが, その前後の回収時にはまったく検出されおらず, かなり急速にシスト形成が起っていることを示唆している。この2回のシスト形成は, 図6に示した *Peridinium* spp. の減少時期とよく一致している。

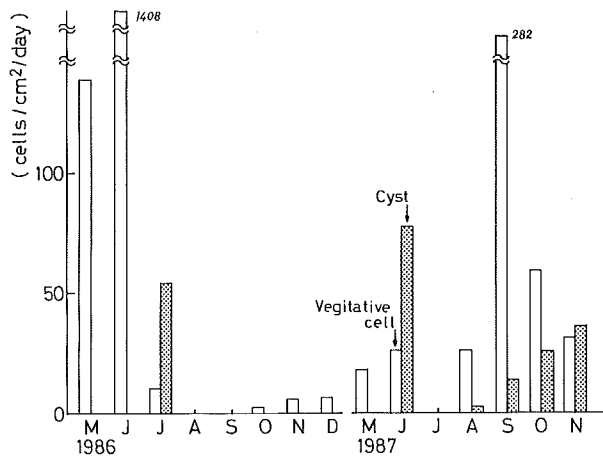


図9 新生沈澱物中に含まれる *Peridinium* spp. の栄養細胞およびシスト, 単位面積当たりの沈降速度 (cells/cm²/day)として示した。セジメントトラップは水深26m層に設置された

これに対し、1987年の夏以降に出現した *Peridinium* spp. の場合は、8月から11月にかけての長期にわたってシストがトラップされている。また、7月から9月にかけての増殖期にも量的には少ないがシスト形成があり、春の場合とは違った傾向を示している。

3-6. シスト形成実験

前項で述べたように、*Peridinium* spp. の減少時にシスト形成が起こるが、こうしたシスト形成を引起す要因を明らかにするため、現場からネット採集した *Peridinium* spp. を用いて、シスト形成実験を行った。ここでのシスト形成率とは、最初にうえつけた栄養細胞数に対するシスト数の百分率である。

図10にシスト形成率と水温との関係を示す。実験を開始してからほぼ30日目までは、ほとんど形成率に差は見られなかったが、その後、20°Cではシスト形成が盛んになり、80日目には50%に達した。15°Cにおいては、60日目以後、形成率が高くなり、80日目には47%となり、20°Cとほとんど差がなくなった。30°Cにおいては、シスト形成はまったく見られず、5°Cおよび10°Cにおいてもほとんど形成されなかった。

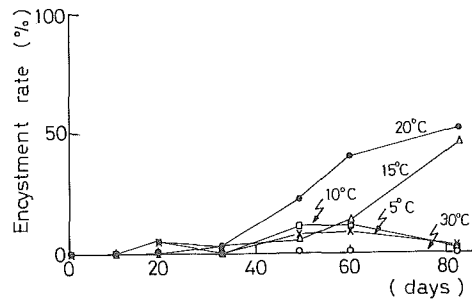


図10 *Peridinium* spp. のシスト形成と培養温度. 形成率は培養開始時の栄養細胞に対する比 (%) として示した

3-7. 脱シスト実験

図11に脱シスト率と水温との関係を示す。脱シスト率は、5°Cにおいて最も高く、10°Cおよび15°Cにおいても、30日目ではいずれも75%以上の高い値を示した。しかし、20°Cでは、30%以下であり、30°Cではシストの崩壊も見られ、非常に低い率となった。これらのことから、この *Peridinium* spp. のシストは5°Cから15°Cの低温域に最適の脱シスト条件を持っていること、また、実験をはじめて5日目ですでに50%を越えるという比較的早く反応することが明らかとなった。

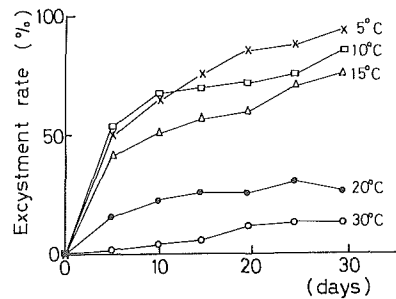


図11 *Peridinium* spp. の脱シストと培養温度. 脱シスト率は、実験開始時のシスト数に対する比 (%) として示した

図12は、明条件と暗条件での脱シスト率の違いを、また、図13には、光の強さと脱シスト率との関係を示した。これによると、暗条件ではほとんど脱シストが起こらないことが明らかである。また、明条件では、実験開始後3日ですでに50%以上の脱シストが見られ、ここでも反応の早さが際立つ。ただし、シストを植えつける際、操作上約2時間は明条件となってしまう

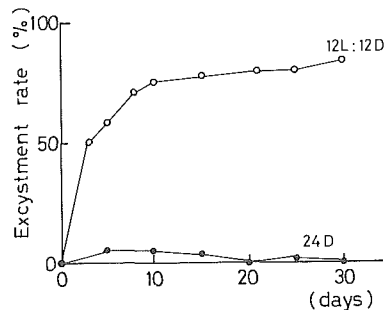


図12 *Peridinium* spp. の脱シストと光条件. 明期の照度は6000 lux

うが、この場合でもその後、暗条件に置いたものは脱シストしていない。図13では、照度5800 luxでの脱シスト率は、約70%を示しているが、照度が低くなるにしたがいその率は低下し、900 luxではまったく脱シストしない。光の作用としては、積算照度も重要であろうが、900 luxでは10日間照射した後も脱シストは起こっていない。

低酸素条件下における脱シストについての実験を、培養により得られたシストと木崎湖底泥より得られたシストの2種類について行った。コントロールとしての好氣的条件下で20日間培養した場合、それぞれ38%および45%が脱シストしたが、低酸素条件下での脱シスト率は、培養により得られたシストでは6%、底泥からのシストではまったく脱シストが起こらなかった。すなわち、低酸素条件下では、脱シストが抑制されている。

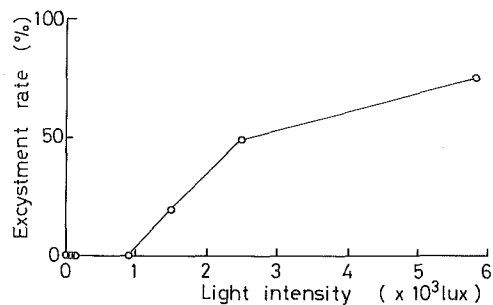


図13 *Peridinium* spp. の脱シストと照度。
温度は20°C

4. 考 察

木崎湖では、1970年代後半から富栄養化現象が現れ始め、透明度の低下が起こっている(林, 1984)。この頃から *Anabaena* のブルームが始まっており、1982・83年には、この *Anabaena* を捕食する藻食性アメーバの大量浮上が起こった(船越ら; 1985, 清沢・林; 1985)。その後一時的に透明度の上昇現象が見られたが、本研究で明らかとされたように、1987年には *Peridinium* spp. のブルームによる淡水赤潮現象が新たに出現した。木崎湖での *Peridinium* 属については、1923年春(4~5月)に *Peridinium willei* が出現していることを川村(1928)が報告している。また、筆者らの調査によれば、1984年の通年の調査で *Peridinium* spp. をわずかに検出しており、また、1985年4月と8月にも少量ではあるが確認している。このように、木崎湖の生物相としてこれまでも常に存在していた *Peridinium* が、1986年以降なぜ急激に増殖し、淡水赤潮状態にまでいたったかの原因について考察する。

Peridinium spp. の増殖の原因としては、まず、栄養塩類が挙げられる。*Peridinium* の栄養要求については、多くの研究がある。畑ら(1984)は、NおよびP源として、それぞれ $\text{NO}_3\text{-N}$ および $\text{PO}_4\text{-P}$ を利用するとしている。また、渡辺(1983)は、*P. penardii* について、N源としては、 $\text{NO}_3\text{-N}$ を利用するが、大量増殖には尿素が有効であるとしている。木崎湖での栄養塩類と *Peridinium* spp. の動向を対比すると、1986年4~5月および1987年春の *Peridinium* spp. のピーク時には、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ のいずれもが高く、制限要因とはなっていない。1986年11~12月および1987年9月の *Peridinium* spp. のピーク時には、むしろ栄養塩類が減少しており、窒素は制限要因となっている可能性もある。しかし、いずれにしても、この両年のN、Pは、*Peridinium* spp. のブルームを維持することが可能なレベルであったといえる。

Peridinium のブルームの消長との関係では、シスト形成とその発芽(脱シスト)が注目

される(畑ら, 1984)。木崎湖での *Peridinium* spp. のシストの形成について見ると, 1986年6~7月および1987年5~6月には, 湖心部に設置したセジメントトラップにかなりの量のシストが捕集された。この時期は, 図6から明らかのように, 湖心部表層水中の *Peridinium* spp. は減少傾向を示している時期である。ブルームの終了とシストの形成とが対応していることがうかがえる。このシスト形成の時期は, 1986年と1987年で約1ヶ月ずれているが, 表層水温が20°Cを越える時期が, これと一致していることから, シスト形成と温度の上昇とは密接な関係があると推定される。シスト形成実験では, 20°Cと15°Cで高い形成率を示しており, 木崎湖の場合と良く符号する。しかし, 室内実験ではシスト形成までに2ヶ月を要した。しかるに, 湖内では1986年7月および1987年6月に多量のシストが捕集された時の前後ではまったく捕集されておらず, 湖内でのシスト形成がかなり急速に起こっていると推定される。このことは, シスト形成には, 温度条件だけではなく, 栄養塩類の欠乏等との複合的な条件が働き, 今回の室内実験の場合とは異なった急速な形成が起こると考えることが妥当であろう。

形成されたシストは遊泳力がないため底層へと沈降する。培養により得られたシストを用いて脱シスト実験を行った結果では, 水温5°C~15°Cで高い発芽率を示すことが明らかとなっている。また, 光条件としては, 1500 lux 以上の光が必要であり, 低酸素条件では脱シストが起こらないことも明らかとなった。したがって, 沈降したシストは, 比較的低温で, 光が到達し, しかも低酸素状態とならない部分, すなわち沿岸帯で脱シストし, 増殖を始めると結論出来る。しかしながら, 実験条件下での遅い増殖速度との関係や, 常在している *Peridinium* がなぜ急に増殖をはじめたか等については, さらに検討する必要がある。

謝 辞

本研究を行うにあたって, ご助言をいただいた愛知大学西条八東教授に感謝いたします。また, 現場での調査にご協力いただいた木崎湖漁業協同組合(組合長傘木繁博氏)関係者をはじめとする地元の方々, および大町市生活環境課の方々に感謝いたします。

なお, 本研究は, 筆者らの所属する信州大学理学部生物学教室生態学研究室の木崎湖観測の一貫として実施されたものであり, 平林公男氏, 市川忠史氏, 市村忠氏, 森正幸氏, 上西実氏, 楠見知彦氏をはじめとする多くの院生・学生諸氏の協力を得た。

本研究の一部は文部省科学研究費(研究課題番号61035027)によった。

引用文献

- Berman, T. & W. Rodhe (1971): Distribution and migration of *Peridinium* in Lake Kinneret. Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol., 19, 266-276.
- 船越真樹・清沢弘志・林 秀剛(1985): 木崎湖における浮遊性アメーバの爆発的増殖. 「環境科学」研究報告集B258, 29-43.
- 林 秀剛(1984): “木崎湖におけるプランクトン等の発生機構解明調査”(長野県) pp. 46
- 畑 幸彦(1984): “永瀬ダム湖における淡水赤潮の発生機構に関する研究”(高知県) pp. 226
- Horne, J.H., P. Javornicky, C.R. Goldman (1971): A freshwater “red tide” on Clear Lake, California. Limnol. Oceanogr., 16; 684-689.

- 川村正雄 (1928) : 木崎湖水温及び浮遊生物調査. 水産研究誌, 23, 243-265.
- 北川礼澄 (1973) : 木崎湖, 青木湖, 中綱湖, 野尻湖ならびに諏訪湖の底生動物相の研究。陸水雑, 34; 12-23.
- 清沢弘志・林 秀剛 (1985) : 木崎湖における藍藻類アナベナ (*Anabaena macrospora*) による“水の華”形成と湖内窒素収支。「環境科学」研究報告集B258, 11-28.
- Nakamoto, N. (1975): A freshwater red tide on a water reservoir. Jpn. Jour. Limnol., 36 (2), 55-64.
- 桜井善雄・渡辺義人 (1974) : “信州の陸水”, pp.193. 環境科学研究会 (上田市)
- 渡辺 信 (1983) : 純粋培養法による淡水赤潮 *Peridinium* の増殖特性の解析—合成培地の確立。国立公害研究所資料 “赤潮シンポジウム”, 第24号, 111-121.
- 渡辺仁治 (1956) : 奈良県猿沢池の水色とプランクトン相の異常およびその正常状態への復帰について。陸水雑, 18; 110-117.
- 渡辺仁治 (1966) : 大座法師池と論電ガ池のプランクトン。陸水雑, 27; 30-39.
- 渡辺仁治・清水 晃・石井玉恵・坪田智子 (1983) : *Peridinium bipes* f. *occulatum* (Lemm.) Lef. による淡水赤潮の発生機構に対する考察。国立公害研究所資料 “赤潮シンポジウム”, 第24号, 29-48.
- 安田郁子・荒井優実・井山洋子 (1975) : 仁科三湖のプランクトン。陸水雑, 36; 139-146.

*Occurrence of fresh water red tide of Peridinium spp.
in Lake Kizaki*

Koji KIDA*, Ho-Dong PARK, Hidetake HAYASHI

(Faculty of Science, Shinshu University)

In Lake Kizaki, dinoflagellate *Peridinium* spp. grew explosively and formed a freshwater red tide in autumn of 1987. The authors tried to clarify the situation of occurrence of red tide in Lake Kizaki and the mechanism of abrupt growth of *Peridinium* spp.

The nutrients level in 1987 was higher than in 1986, especially in phosphate concentration. Phosphate and inorganic nitrogen were sufficient for *Peridinium* growth in 1987.

A large number of *Peridinium* cysts was observed in sediment trap settled in the bottom layer, at the end of bloom. Laboratory experiments revealed that excystment of *Peridinium* cysts occurred under the cool (5-15°C), light (more than 1500 lux) and aerobic condition. It is supposed that an initiation of bloom may be resulted from the excystment of cysts in the bottom sediments of littoral region.

* Present affiliation: KOTO Area Office for Agricultural Improvement, Shiga Prefecture