

いて述べているが、植物プランクトンは水温よりも塩分に強く支配されており、*Microcystis aeruginosa* 等のラン藻類を含む淡水産植物プランクトンは高塩分濃度では生育できないことを明らかにしている⁷⁾。このことから、夏期の網走湖においてブルームを形成した *Anabaena spiroides* も、1987年の塩分濃度の上昇で生育できなくなり、かわって汽水産の *Cyclotella* sp. 等が優占し、上層に拡散した高栄養塩濃度に対応して大增殖したと考えられる。1987年の塩化物イオン濃度は3000mg/l前後で、ラン藻類に対する塩化ナトリウム添加による阻害実験では、塩化物イオンとして2000~3000mg/lで成長が抑制され光合成ができなくなる限界であることから⁸⁾、網走湖の *Anabaena* はこの塩分濃度の条件下で生育阻害を受けたと思われる。

1988年まで塩分濃度が例年より高い環境が続いたが、1989年には冬期から夏期にかけて流域の平均雨量が多かったことより河川の流入による希釈効果が働き塩化物イオン濃度は1986年当時と同様の約1500mg/lにまで低下した。1989年から1991年までは、塩分濃度からみて安定した水質環境であり、その値が1987年や1988年に比べて低下したにもかかわらず、1986年以前と異なり、夏期においても水の華（アオコ）が発生せず汽水産の *Cyclotella* sp. や *Chaetoceros affinis* 等が優占した。この1989年から1991年までの水質の特徴は、水の華（アオコ）発生時の1986年と異なり栄養塩濃度特にリン濃度が著しく減少していたことである。水の華（アオコ）の発生には塩分の他に栄養塩類の影響を強く受けることから栄養塩濃度の減少がアオコの発生を抑制していたと考えられる。栄養塩濃度を低下させた要因として、流域からの負荷量の低下や、青潮等による高濃度栄養塩を含む深層水との混合の減少の他、この期間中に著しく集積した光合成細菌との関連が考えられる。

光合成細菌は、1989年から嫌気層上部に増殖の兆候があり、1990年夏期には安定した集積層を形成するようになった。これは緑色イオウ細菌である *Chlorobium* 属の一種であり、この種の光合成細菌の生育には、光、硫化物、無機炭酸や有機酸、そして窒素やリン等の栄養源が必要である。R. Guerrero et al.⁹⁾によれば、硫化物が多く存在する水界において光合成細菌の生育制限因子は光であり、上層部の懸濁状態がそれらの生育に大きく影響すると指摘している。網走湖は一年中嫌気層が発達し、多量の硫化物、無機炭酸、アンモニアやリン酸が蓄積していることから、光が光合成細菌の増殖の大きな制限因子である。嫌気層に光が到達するか否かは、嫌気層深度と上部好気層の懸濁状態が大きく影響することから、次のような経年的環境変化が考えられる。すなわち、1987年に青潮が発生したことにより、表層の塩分および栄養塩濃度が上昇し、淡水産植物プランクトンが抑制され汽水産植物プランクトンが増殖した後に栄養塩類を吸収したまま沈降した。1989年以降、青潮も生じず栄養塩濃度も比較的低濃度の条件が続き、上

部好気層においてもクロロフィル a 濃度が5 μg/l程度と植物プランクトンが非常に少ない時があり、好気層が懸濁物の少ない透明な状態である期間が例年より長期であった。また、1980年頃から深部嫌気層が上昇してきており、1989年以降その嫌気層上層にまで光が透過しやすい環境になった。Fig. 6 を見てもわかるように、この時期は網走湖の光合成細菌にとって、硫化物と透過光が絶妙の条件で満たされていたといえる。

松山は、鹿児島県上甕島の貝池において深層部に多量に存在している無機栄養塩が上層部へ拡散していく過程で、*Chromatium* 等の光合成細菌がその無機栄養塩を速やかに取り込んで代謝するために、上層部の植物プランクトンにとってそれが制限因子となると考察している¹⁰⁾。網走湖においても同様に考えると、1989年から形成し始めた光合成細菌層が、深部嫌気層から上部に拡散する溶存無機栄養塩類を速やかに取り込み、好気層へ栄養塩が拡散するのを抑制していた可能性が強く、夏期の栄養塩濃度やクロロフィル a 濃度の低下の原因となりラン藻類の大增殖を制限したと考えられる。さらにこのことが、好気層をより透明に保ち光合成細菌の安定した集積層の形成に大きく寄与したと考えられる。

1992年6月以降、光合成細菌の集積層が消滅したのは、5月に起きた青潮と関連があると推察される。1992年5月の青潮発生後、塩分や栄養塩濃度が極端に上昇し、クロロフィル a 濃度が100 μg/lに達するほど汽水産の *Nitzschia longissima* を中心とした植物プランクトンが異常増殖した。このため、青潮による光合成細菌集積層の攪乱の外、好気層には大量の植物プランクトンが懸濁し、嫌気層まで光が透過しなくなり、光合成細菌が集積層を形成する程増殖できなくなったと考えられる。

一方、光合成細菌集積層が消滅したことによって、夏期に深層部からの栄養塩の拡散量が増大するはずである。しかし、1992年8月の表層栄養塩濃度については、青潮の残存影響や降雨影響によって全窒素濃度に関しては例年より高濃度であり、全リン濃度に関しては1989年から1991年まで同様に低濃度であった。それは、他の外的作用の少ない年と異なり、好気層の栄養塩濃度によって、光合成細菌集積層消滅に伴う栄養塩拡散量の増加よりも、青潮や降水量等の外的作用による影響が大きく現れたと考えられる。さらに、9月には流域の100mmを超える降水の影響で、網走湖水面が数m上昇するという大洪水があり、その外的作用により塩分濃度が極端に減少し栄養塩濃度は極端に上昇した。その後10月、11月にケイ藻を中心とした植物プランクトンが再び大增殖していることから、それらの生育に適した栄養塩類、塩分、水温および日光等の環境条件が整ったと考えられる。

網走湖の環境は様々な要因が複雑に影響しあって成立している。漁業や観光に重要な好気層の水質は、青潮や希釈

効果および降雨時流入負荷等の様々な要因を通じて、外的作用である気象状況により影響を受ける。また、外的作用が小さい場合は、深水層からの多量の塩分や無機栄養塩の拡散影響が上部好気層の環境に大きく寄与することになる。例えば、光合成細菌集積層が形成されている場合は、深水層からの栄養塩の拡散量が小さくなり栄養塩類濃度の低下に貢献し、青潮によって塩分や栄養塩濃度が増加する場合は、水の華（アオコ）が消滅し汽水産の植物プランクトンが増殖する。このように、網走湖における植物プランクトンの優占種や現存量等の生物環境は、上述した様々な要因によって構成される化学的な水質環境と対応している。一方、網走湖における光合成細菌の生育制限因子は光であり、植物プランクトンの現存量等がその生育に影響を与えていると考えられ、安定した環境下において、嫌気層の光合成細菌集積層の形成と好気層の植物プランクトンの増殖との間には、栄養塩類の拡散と光の透過を通じて密接な関係があり、網走湖を取りまく環境が改変された場合にはさらに大きな影響が顕在化する可能性があり、今後とも細心の注意が必要であろう。

なお本研究において、現地調査に多大なる御協力を頂いた網走支庁振興課土地公害係の皆様、網走市環境衛生課公害係の皆様、西網走漁協の皆様、そして試料の前処理に場所を提供して下さいました網走市終末処理場の皆様に深く感謝致します。また北海道立水産孵化場の今田和史氏には、透過光のデータに関して御教示を頂き深く感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 日野修次：産業公害，28，585 (1992)
- 2) 坂田康一，青井孝夫，村田清康，近藤秀治，日野修次，小西一夫：北海道公害防止研究所報，11，52 (1984)
- 3) M.Takahashi，S.Ichimura：Limnol. Oceanogr.，15，929 (1970)
- 4) 日野修次：霞ヶ浦臨湖実験施設研究発表会講演報告集，5 (1991)
- 5) M.Takahashi，S.Ichimura：Limnol. Oceanogr.，3，644 (1968)
- 6) 北海道開発局網走開発建設部編：網走湖水質保全調査報告書，(1990)
- 7) K.Kondo，Y.Seike，Y.Date：Jpn.J.Limnol.，51，173 (1990)
- 8) 日野修次：藻類，35，77 (1987)
- 9) R.Guerrero，E.Montesinos，C.Pedros-Alio，I.Esteve，J.Mas，H.van Gernerden，P.A.G.Hofman，J.F.Bakker：Limnol. Oceanogr.，30，919 (1985)
- 10) M.Matsuyama：Jpn.J.Limnol.，41，84 (1980)

Variation in Chemical and Biological Environment with Blue-tide(Aoshio) in Lake Abashiri

Hidetoshi MIKAMI, Shuji HINO and Jiro ARISUE

Abstract

Lake Abashiri is stratified with salt, and is an eutrophic lake. Although water bloom by mainly *Anabaena spiroides* appeared before 1986, freshwater phytoplankton such as *Anabaena spiroides* would not be able to grow at high salinity since much salt and nutrients diffuse into the epilimnion by upwelling of anearobic water dissolved sulfide(Aoshio) occurred in May 1987. Instead of freshwater phytoplankton, blakish phytoplankton increased. Although salinity in the epilimnion decreased in 1989, water bloom did not appear. A major cause of this phenomena was that nutrients derived from anaerobic hypolimnion did not diffuse with formation of the phototrophic bacterial layer. In L. Abashiri, phytoplankton species and their biomass were influenced by changes in the chemical environment with Aoshio, and they were also related to the growth of phototrophic bacteria.