

朱鞠内湖における光合成(一次生産)と沈降・分解のバランス

*安齋 賢¹, 佐藤 大介¹, 鈴木 智子¹, 日野 修次²

(山形大学大学院理工学研究科¹, 山形大学理学部²)

朱鞠内湖は、夏には水の華の発生が見られるなど富栄養化が進んでいる。朱鞠内湖についてのこれまでの研究により、レッドフィールド比と比較してリンが不足していること、流入河川による外部負荷の影響が大きいこと、植物プランクトンは光阻害を受けないこと、酢酸取り込み活性は内湾域の方が湖心に比べ活性が高いこと、がわかってきている。

湖内においての生産者である植物プランクトンが、光合成により有機物の生産を担っており、光、水温や無機栄養塩(炭素・窒素・リン)が生産の制限要素となっている。それゆえ、これらの因子の変化に伴って生産量が大きく変化していく。また、光合成により生成した溶存有機炭素(DOC)や植物プランクトンを餌として様々な生物が成長し、生産された有機物、生物の糞、死骸などのデトリタスが湖内に沈降していく。そして、それらの物質はバクテリアなどの細菌類により光合成に必要な無機栄養塩へと回帰する。本研究では、一次生産(光合成量)に影響を与える、光量子量の変動との関連、あるいはクロロフィル(Chl-a)量との関連について明らかにした。また、湖内で生産された有機物の沈降と分解の過程を考察するために湖内にセジメントトラップを設置して沈降物を捕集し、生産と分解の見積もりを行い、本研究では、湖内の物質循環のバランスについて明らかにすることを試みた。

流入河川水が混合していると考えられる Sta.3 の表層における $\text{NaH}^{13}\text{CO}_3$ 添加濃度を変化させた時の一次生産量から、湖内での一次生産のポテンシャルである最大生産速度と取り込みの半飽和定数の値を求めた。半飽和定数の値は全画分で $0.087\sim 0.625 \text{ mmol}\cdot\text{C}\cdot\text{L}^{-1}$ であり、最大生産速度は $1.60\sim 41.7 \text{ mmol}\cdot\text{C}\cdot\text{m}^3\cdot\text{day}^{-1}$ であった。これらの値は、湖内の潜在的な一次生産能力が大きく変動していることを表している。得られた半飽和定数の値から実測値としての一次生産速度を測定するために加えている $\text{NaH}^{13}\text{CO}_3$ 量の $0.1 \text{ mmol}\cdot\text{C}\cdot\text{L}^{-1}$ は少ないが、湖内の無機炭素量(IC)から見て、実際の湖の生産速度を反映していると考えられた。また、この他に全地点の生産のポテンシャルを測定するために $0.5 \text{ mmol}\cdot\text{C}\cdot\text{L}^{-1}$ の添加量で実験を行った。これまでに得られた結果をまとめると、表層での実測の一次生産は $0.09\sim 66.1 \text{ mmol}\cdot\text{C}\cdot\text{m}^3\cdot\text{day}^{-1}$ であった。湖心最大値は 2003 年 7 月の $9.36 \text{ mmol}\cdot\text{C}\cdot\text{m}^3\cdot\text{day}^{-1}$ であった。内湾域では湖心より生産が高く最大値は Sta.3 で 2004 年 8 月に $19.2 \text{ mmol}\cdot\text{C}\cdot\text{m}^3\cdot\text{day}^{-1}$ 、流入河川により最も汚染が進んでいると考えられる Sta.6 で 2008 年 8 月に $66.1 \text{ mmol}\cdot\text{C}\cdot\text{m}^3\cdot\text{day}^{-1}$ であった。これは全地点、また年間でも最も高い値であった。サイズ画分別でみると $20\mu\text{m}$ 以下の画分が $20\mu\text{m}$ 以上の画分より高い値を示した。

一次生産測定時の光量子の積算量の日平均は $50.3\sim 764 \text{ mol}\cdot\text{m}^2\cdot\text{day}^{-1}$ であった(図 1)。光量子 1mol あたりの表層での光合成量($\mu\text{mol}\cdot\text{C}\cdot\text{mol}\cdot\text{photon}^{-1}$)では、2008 年 8 月の Sta.6 で $140 \mu\text{mol}\cdot\text{C}\cdot\text{mol}\cdot\text{photon}^{-1}$ が最大であった。全体的には春期より秋期のほうが高い値を示した。光量子が少ないほど、光効率が高くなっている傾向が見られた。これらの結果は、光量が多いからといって一次生産が多くなるとは限らないことを示しており、以前に得られた結果と異なり、朱鞠内湖では光阻害が起きている可能性も考えられる。同時に、強光を避けるために植物プランクトンが光の少ない層へと移動している可能性も考えられる(図 2)。単位 Chl-a あたりの生産量を光合成比活性とすると、 $20\mu\text{m}$ 以下の画分で $0.26\sim 17.9 \text{ mol}\cdot\text{C}\cdot\text{g}\cdot\text{Chl}\cdot\text{a}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ 、 $20\mu\text{m}$ 以上の画分では $0.00\sim 51.3 \text{ mol}\cdot\text{C}\cdot\text{g}\cdot\text{Chl}\cdot\text{a}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$

であった。光合成比活性は生産量と異なり植物プランクトンのサイズ別に考えると 20 μm 以下の画分が多いとは限らなかった。また 2007 年 9 月から光合成比活性が大きくなっている。これは生産量が大きく変わったわけではなく、Chl-a 量が少なくなったことが原因であると考えられる。

セジメントトラップによって捕集した懸濁物量は 0.445~34.6 g-dw・m²・day⁻¹ であった。春～夏の初めにかけては少なく、秋期にかけて大きくなっていった。これは春先の雪解け水の影響で河川からの流入する水量が多いため、湖内の水の流れも速くなり主として細かい粒子が湖内から湖外へと流されたと考えられる。懸濁物量は湖心(Sta.2)より内湾域(Sta.3,6)が大きい傾向があり、また湖心では 5m 層より 20m 層の方が多くなる傾向が見られた。また、沈降物中の C,N,P,Chl-a 含量は、10%前後であった(図 3)。これは湖の沈降物の大半が流入河川や集水域の陸地由来の無機物であることを示しており、これらの無機物は分解されない粘土鉱物(Si や Al)が主であると考えられる。以前、当研究室の阿寒湖(伊藤 2000)で行った沈降物中の C,N,P,chl-a 含量が 30%に達していることから朱鞠内湖の沈降物は外来性のものが多いと考えられた。

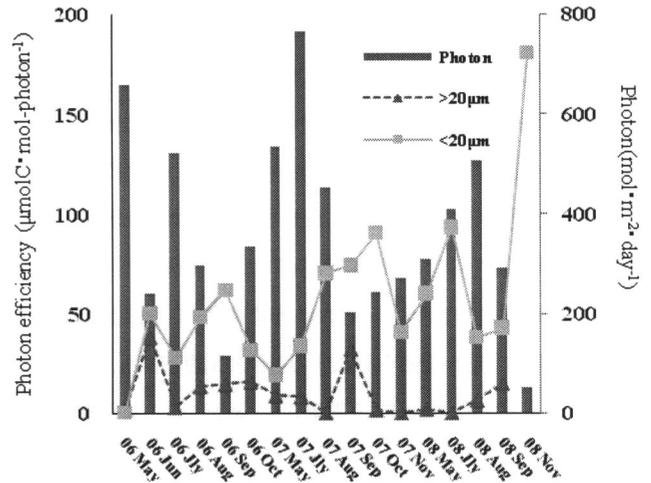


図 1, Sta.2 の水柱における光効率と光量子量

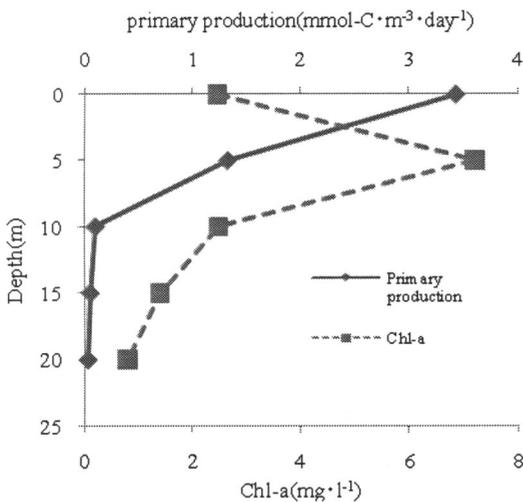


図 2. 2006 年 7 月の Sta.2 における一次生産量と chl-a 濃度

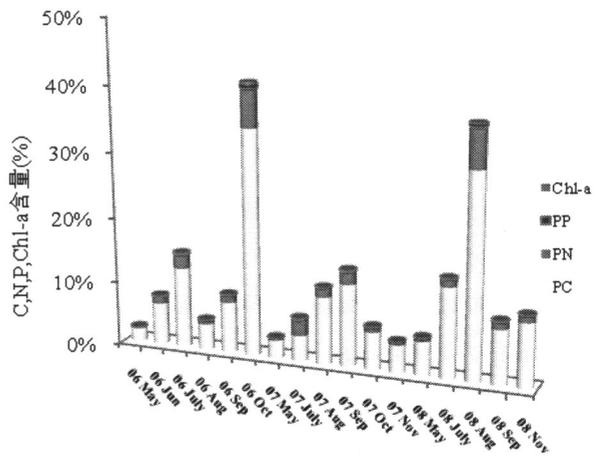


図 3. Sta.2 の 5m トラップ捕集沈降物中の C,N,P,Chl-a 含量

・佐藤大介・大平啓朗・日野修二(山形大・理)・三上英敏・石川靖(北海道環境科学セ)・高野敬志(北海道立衛生研)

朱鞠内湖における光条件における一次生産の影響 2004 年 第 69 回日本陸水学会(ポスター発表) P03

・佐藤大介(山形大院・理工)・日野 修次(山形大・理)・石川靖・三上英敏(北海道環境研)・高野敬志(北海道衛生研)

朱鞠内湖における光合成比活性の変化と物質循環 2005 年 第 70 回日本陸水学会(ポスター発表) P15

・安齋 賢・佐藤大介・鈴木智子(山形大院・理工)・日野 修次(山形大・理) 朱鞠内湖における光合成(一次生産)と光因子の関連 2007 年 第 72 回日本陸水学会(ポスター発表)

・安齋 賢・佐藤大介・鈴木智子(山形大院・理工)・日野 修次(山形大・理) 朱鞠内湖における光合成(一次生産)と沈降・分解のバランス 2008 年 第 73 回日本陸水学会(ポスター発表)