

朱鞠内湖における二酸化炭素生成と炭素循環

松田あゆみ¹, 鈴木祐未², 日野修次²
(山形大学大学院理工学研究科¹, 山形大学²)

【はじめに】

朱鞠内湖は、湖沼の区分としては中栄養湖とされているが、最近では夏期に湖内の一部でアオコの発生が見られるなど、富栄養化が懸念されている。富栄養化や物質循環といった湖沼の状態を考える上で、湖沼における有機物、無機物、栄養塩類の現存量の変化を理解する必要がある。この変化には、植物プランクトンをはじめとする微生物群集が関わっている。特に植物プランクトンは光合成の出発点であり、動物プランクトン等の消費者に捕食されるなどして物質循環の一部を担っている。一方、バクテリアのような細菌群は、生物の死骸や糞尿などの有機物や植物プランクトンが光合成により生産した有機物を無機物に分解する役割を果たしている。また、湖沼には河川の流入により有機物や栄養塩類が供給され、このような外来性の物質は流入後の沈降過程で他の動物に捕食されたり、微生物により分解されたりして無機物として湖内に回帰するものもある。また、大気や底泥からの湖内への無機炭素の供給と拡散の影響も大きい。

よって、食物連鎖の出発点である植物プランクトンの生産に必要な無機炭素の供給バランスを知ることは、湖沼における炭素循環を考える上で重要である。本研究では、細菌群集による分解活性と無機炭素生成量を測定し、朱鞠内湖での炭素循環の推定を試みた。

【結果及び考察】

湖内の無機炭素 (IC, $p\text{CO}_2$) の深度毎の分布を図-1 (2007年9月, 湖心 Sta.2) に示す。なお、 $p\text{CO}_2$ の実測値は ppmv であり、これをもとに温度補正した後に mol 濃度に換算した。表層での $p\text{CO}_2$ の最大値は $0.12 \text{ mmolC}\cdot\text{l}^{-1}$ (流入河川の影響のある Sta.6, 9月), 最小値は $0.007 \text{ mmolC}\cdot\text{l}^{-1}$ (Sta.6, 8月) であり、平均は $0.003 \text{ mmolC}\cdot\text{l}^{-1}$ であった。また、IC の最大値は $0.340 \text{ mmolC}\cdot\text{l}^{-1}$ (Sta.6, 11月), 最小値は $0.165 \text{ mmolC}\cdot\text{l}^{-1}$ (Sta.2, 7月) であり、平均値は $0.230 \text{ mmolC}\cdot\text{l}^{-1}$ であった。表層の $p\text{CO}_2$ はほとんどの場合で大気平衡 (20°C , 1気圧, $0.015 \text{ mmolC}\cdot\text{l}^{-1}$) よりも高い値であった。しかし、8月の $p\text{CO}_2$ は大気平衡よりも低い値を示した。特に、湖心の Sta.2, 3つの流入河川が混合する Sta.3 では $p\text{CO}_2$ は5月から8月にかけて減少し、8月から11月にかけて増加した。一方、IC はそのような増減は見られなかった。これは、光合成の際に気体の二酸化炭素が最初に植物体に取り込まれるため、光合成により表層の $p\text{CO}_2$ が消費されたためであろう。8月は光合成が最も活発に行われたことと、水温上昇による溶解度の減少のため、表層の $p\text{CO}_2$ は大気平衡よりも低くなった。一方、Sta.6 では、 $p\text{CO}_2$ は9月に極めて高い値を示した。これには、河川が大きな原因の一つとなっている。Sta.6 には赤石川とモシリウンナイ川が流入するが、赤石川の2006年の $p\text{CO}_2$ は特に9月に大きな値を示し、他の河川とは挙動が異なっていた。IC は特に9月に多いわけではないが、炭素流入量はこれらの河川で9月に最も多かった。従って、9月の赤石川への酪農排水の流入やその中に含まれる多量の生物量が、湖の $p\text{CO}_2$ に影響を与えたといえる。

Sta.2 の IC と $p\text{CO}_2$ は、2007年7-10月では5m層以深で増加傾向を示した。この要因の一つは、5m層以深では光合成による CO_2 の取り込みが無く、呼吸による CO_2 生成のほうが多いことが挙げられる。また、5月と11月で深度による IC, $p\text{CO}_2$ に違いが見られなかったのは、5月は成層化がはじまり、11月には全循環していたためである。また、Sta.2, 3の IC と $p\text{CO}_2$ 生成量を同層で比較すると、表層はほぼ同様の推移を示すのに対して、特に8, 9月の5m層は Sta.3 のほうが大きな値であった。これは、流入河川が湖内混合している Sta.3 では、生物量が多いことや分解による二酸化炭素生成などの影響が大きいためである。

次に、トラップによって捕集した沈降物を含む湖水に ^{13}C でラベルした酢酸を添加した (以下添加) と添加しない (以下無添加) 実験における $p\text{CO}_2$ 量を図-2 (2007年, Sta.2 の5m層) に示す。無添加と添加を比較しても、 $p\text{CO}_2$ 生成量に大きな差は無かった。これより、有機物を添加しても分解量は増加しなかったといえるので、沈降物中には分解者が要求するだけの有機物が存在している、あるいは、通常存在する以上の有機物を分解者は取り込むことができないといえる。また、5m層よりも20m層のほうが $p\text{CO}_2$ 生成量は多かった。これは、5m層ではわずかであるが光合成による CO_2 の消費があり、また、有機物の分解量あるいは要求量が深層のほうが高いといえる。Sta.2 において、湖水のみの $p\text{CO}_2$ 量とトラップの $p\text{CO}_2$ 量を比較すると、5m層ではほぼ等しい値を示したが、20m層ではトラップ中の $p\text{CO}_2$ 量は湖水だけを測定した値よりも低く、特に8月に顕著であった。ここで、8月の直上水の $p\text{CO}_2$ 量は他の測定月に比べ非常に高い値を示した。従って、8月は湖内で有機物が消費 (分解) されて生産される CO_2 よりも底泥などから

供給される CO₂ の影響が大きいといえる。

また、トラップで捕集された沈降物による酢酸の取り込み活性を図-3 (2007年, Sta.2 の 5 m 層) に示す。Sta.2 において、5 m 層の湖水と捕集された沈降物による取り込み速度は、8 月を除いてほぼ等しく、季節による変動は見られなかった。これより、沈降物を含む湖水中でも微生物群集の分解能力は変化しないといえる。20 m 層では、湖水とトラップの取り込み速度に差が見られ、測定月によっても変動があった。一方、Sta. 3-5 では、ほとんどの場合湖水と捕集された沈降物による取り込み速度に違いはなく、季節による変動は見られなかった。また、内湾域での同様な取り込み速度は、Sta.2 の 5 m 層の約 2 倍であったことより、湖心よりも内湾域での取り込み活性が高いといえる。ここで、内湾域には懸濁態炭素、窒素、リンが河川から直接流入し、水量が少ないため、懸濁態成分の密度が高い。一方、湖心は水量が多いため懸濁態成分の密度も小さく、また、朱鞠内湖の制限因子であるリンは、内湾域で先に取り込まれて消費されるため、湖心に達するリン量は少なくなる。従って、湖心よりも内湾域のほうが栄養は豊富でその密度も高いため、微生物群集の本来の活性が高いといえる。

次に、底泥からの CO₂ 生成量を図-4 (2007年, Sta.3) に示す。これより、pCO₂ 生成量は時間に比例しており、常に一定の CO₂ が底泥から湖内に供給されていることがわかる。月別の生成量は、7, 8 月に多く、9 月から 10 月にかけて増加した。これは、9 月からは落葉や酪農排水が湖内に流入し、10 月にかけて有機物が堆積し、底泥での分解は活発になる。しかし、水温の低下に伴い、分解が抑制されて 11, 5 月には堆積していた有機物の分解速度が低下し徐々に分解される。そして、7, 8 月になると湖内の一次生産も増加し、また、水温の上昇とともに分解も活発に行われ、昨年からの生産され蓄積していた有機物の多くが分解され、CO₂ として放出されたと考えられる。

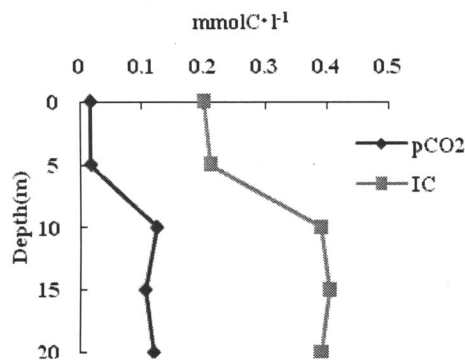


図-1 無機炭素の深度分布(2007年9月, Sta.2)

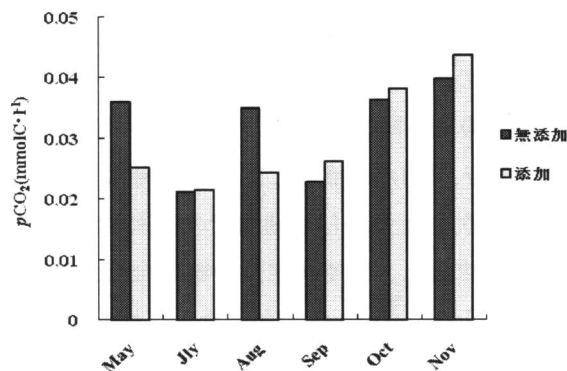


図-2 トラップ中の pCO₂ (2007年, Sta.2-5)

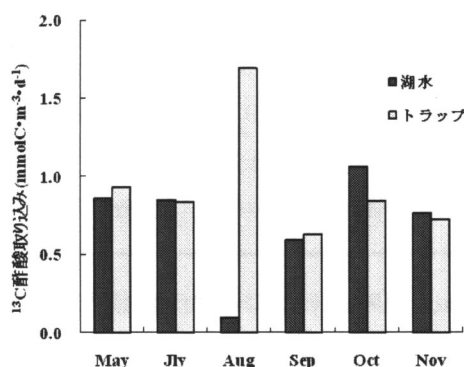


図-3 酢酸取り込み活性(2007年, Sta.2-5)

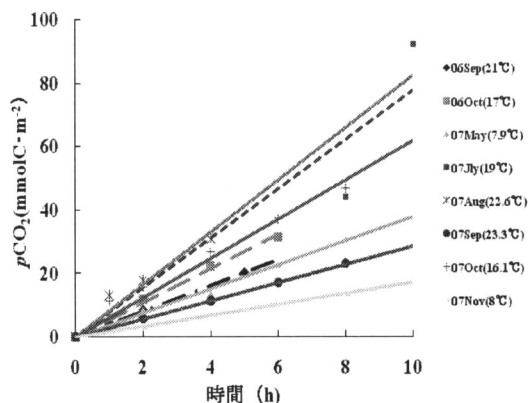


図-4 底泥からの pCO₂ 供給量(Sta.3)

- 松田あゆみ(山形大院・理工)・鈴木祐未・沓掛洋志((株)いであ)・日野修次 (山形大・理)
朱鞠内湖における二酸化炭素生成と炭素循環 2008年 第73回日本陸水学会 (ポスター発表)