

朱鞠内湖における微生物群集によるリン取り込み (分画によるリン取り込み活性の比較と評価)

相馬 明輝 (山形大学大学院理工学研究科)

菊地 さち子・矢内 美宇・日野 修次 (山形大学理学部)

【はじめに】

朱鞠内湖は近年、湖沼周辺の人口が減少しているにもかかわらず、水の華の発生が見られるなど富栄養化現象が見られ、環境悪化が懸念されている。その原因は朱鞠内湖集水域周辺から流入する畜産排水であると考えられている。朱鞠内湖の流入河川に由来する栄養塩でも、硝酸塩など窒素成分が多いが、リンは少なく、また湖内でも同様に炭素や窒素に比べてリンが少なく、リンは微生物群集の成長に対して制限元素の一つであるということが分かっている。従って、リンを多量に含む畜産排水の流入は、朱鞠内湖内の微生物生態系に多大なる影響を及ぼすと考えられる。実際に畜産排水を含む川の付近には毎年夏から秋にかけて水の華の発生が見られ、そこを中心として湖全体にアオコが広がっていつている。本研究では 2005 年～2008 年を中心に、微生物群集の成長制限となっているリンが増加した場合、微生物群集がどのように反応するかを明らかにすることを目的とした。また、リンを微生物に過剰に与えた場合に取り込み能力がどのように変化するか、リン添加法により実験的に求めた。この実験は、今後リンの流入が増加した場合、湖がどのような状態になっていくかというシミュレーションの構築に繋がると考えられる。また朱鞠内湖ではバクテリア数が他の湖に比べ多く、混合栄養型の鞭毛藻類はバクテリアを捕食してリンなどの必要栄養素を取り込んでいる可能性が高い。湖内における植物プランクトンとバクテリアの間のリン取り込みに関する競合を比較、検討することは水系でのリン循環を考えるにあたって非常に重要である。そこで 2007 年からは「リン添加が植物プランクトン、バクテリアなどの生態系にどのような影響を与えるか」ということを明らかにするためサイズ分画によるリン取り込み系に関する実験によって調べ、湖内の微生物間のリン取り込みの競合がどのようになっているかを評価し、朱鞠内湖のリン循環に関するメカニズムの一端を明らかにすることを試みた。

【得られた結果と考察】

水温は 5 月に 5.4 ~ 13.7 °C と低水温で、夏季にむけて上昇していき、7 月もしくは 8 月にその年のピーク (24.5 ~ 25.3 °C) に達した。その後、徐々に低下していき、11 月には測定した期間では最も低い値を示した。リンの添加濃度を変化させた実験では、流入河川が十分に混合している Sta.3 の表層における 2005 ~ 2008 年のリン最大取り込み速度 (V_{max}) は、それぞれ 0.020 ~ 1.77, 0.068 ~ 1.89, 0.127 ~ 2.69, 0.482 ~ 1.55 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ であり、リン取り込みに関する半飽和定数 (K_s) は 0.089 ~ 1.27, 0.111 ~ 3.40, 0.228 ~ 4.58, 0.258 ~ 2.19 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ であった。生物 (炭素) 量当たりの V_{max} 値と K_s 値の季節変動は、試水当たりの V_{max} 値と K_s 値の季節変動とそれほど違いがない。これより、 V_{max} 値と K_s 値は生物量の増減によって変動するというよりは、生物の持つ潜在的なリン取り込み能力によって変動すると考えられる。具体的に言えば、季節ごとの水温変動や植物プランクトンの優占種の遷移が水体当たりのリン取り込み能力を変動させる原因となっているかもしれない。2007 ~ 2008 年の V_{max} 値は、どの月においても細菌群集を中心とした画分 (7 - 0.7 μm) より植物プランクトンを中心とした画分 (>7 μm) の方が大きく、 K_s 値に関しては細菌画分の方が小さかった。しかし 2008 年 8 月は、細菌画分は非常に大きい K_s 値を示した。これらのことより 2008 年 8 月を除けば細菌画分は溶存態リンへの高い親和性を持つが、取り込み速度は植物プランクトン画分の方が大きいということが分かった。炭素と比較してリンが少ない朱鞠内湖では (C : N : P = 260 : 40 : 1) 植物プランクトン画分 (>7 μm) より細菌画分 (7 - 0.7 μm) の方が溶存態リンの取り込みに関して比較的可利なのかもしれない。>20 μm の画分と 20 - 7 μm の画分の V_{max} 値は同じ程度かもしくは 20 - 7 μm 画分の方が大きい傾向であった。一方、 K_s 値は、2008 年 9 と 11 月を除けば >20 μm の画分の方が大きかった。>20 μm の植物プランクトン画分 (鞭毛藻類 *Uroglena americana* など) は、大きい K_s 値かつ、小さい V_{max} 値を示し、溶存態リンの取り込みには非常に不利であると考えられる。しかし小さい K_s 値かつ、大きい V_{max} 値である 20 ~ 7 μm の植物プランクトンは溶存態リン取り込みに対して有利であると考えられる。2005 ~ 2008 年の 5 月、2007, 2008 年 11 月の V_{max} 値は小さい値を示した。これ

はいずれの期間も生物量が少なく、さらに低水温が微生物群集の活性を低下させていることが原因であると考えられる。¹³Cを利用した酢酸取り込みでも同様な結果が得られている。6月から9月にかけてV_{max}値は大きくなったが、これは水温の上昇に伴い微生物群集の活性も高くなったためであると考えられる。2007年と2008年の7月にはそれぞれの年の最大のV_{max}値とK_s値を示した。これらの月のサイズ別のV_{max}値とK_s値を比較してみると、2007年7月に関しては20-7 μmの画分のV_{max}値とK_s値が非常に大きく、2008年7月についてはK_s値は>20 μmの画分が大きかったが、V_{max}値はサイズごとにそれほど違いは見られなかった。2005年、2006年には10月になると、Sta.3のV_{max}値とK_s値は大きくなる傾向を示した。この時期には黄色鞭毛藻(>20 μm)が湖内で優占種となっていた。大きいK_s値(溶存態リンに対する親和性が低い)にもかかわらず鞭毛藻類が優占種になっていたのは、鞭毛藻類が混合栄養型の植物プランクトンであるため、捕食によってリンを取り込む能力があり、細胞膜を通して外部の溶存態リンを取り込む必要がないためであったと考えられる。つまりこの時期には鞭毛藻類は外部の溶存態リンを細胞膜を通して取り込むより捕食によってリンを摂取した方が効率が良かったのではないかと考えられる。光合成と並行して起きている一般的な細胞膜経由によるリン取り込みより、捕食による取り込みの方が、有機物・リン共に得られるために優先しているのかもしれない。もしくは湖内のリンが非常に不足して捕食するしかなかったのか、あるいは餌となっている細菌サイズの生物がリンリッチとなっていたのかもしれない。以上のことをまとめると、朱鞠内湖では、

1. 低水温の時期、微生物群集のリン取り込み活性は低い。
2. 朱鞠内湖のリン取り込みの競合において、細菌画分の生物は植物プランクトン画分の生物より有利であった。
3. 小型の微生物群集画分(7 μm 以下)の方が、リン取り込み最大速度が大きく、また、親和性が高く、リン取り込みに有利であったと考えられる。
4. *Uroglena americana*などの鞭毛藻類はバクテリアを捕食して有機物やリンを摂取している可能性がある。
5. 夏期にはリン取り込みの最大速度が小さく、また取り込みに関する親和性が低い時があり、鞭毛藻類の出現時期と一致した。
6. リン取り込み競合に関して比較的に有利な細菌画分の生物が溶存態リンを取り込みリンリッチとなり、その生物を鞭毛藻類が摂取していると考えられる。

ということが分かった。

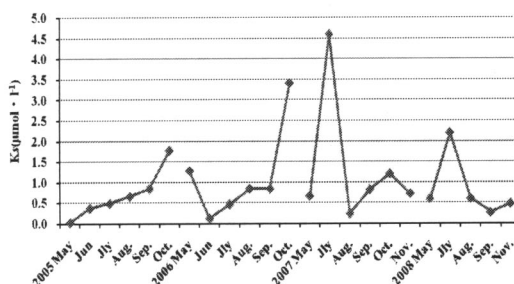


図1 Sta.3の試水当たりのK_s値の季節変化

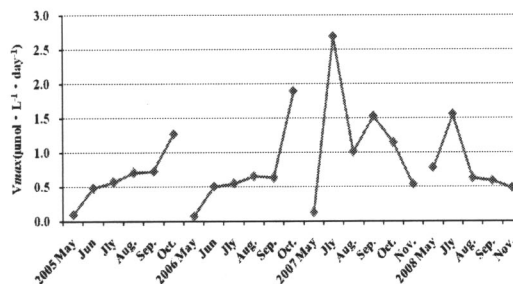


図2 Sta.3の試水当たりのV_{max}値の季節変化

- ・日野 修次, 菊池 さち子, 矢内 未宇(2006年) 朱鞠内湖における潜在的リン取り込み活性の推定と評価
日本陸水学会第71回大会(口演)
- ・相馬 明輝, 日野 修次, 菊池 さち子, 矢内 未宇(2007年) 朱鞠内湖における微生物群集によるリン取り込み活性
日本陸水学会第72回大会(ポスター)
- ・相馬 明輝, 日野 修次, 菊池 さち子, 矢内 未宇(2008年) 朱鞠内湖における微生物群集によるリン取り込み活性
(分画によるリン取り込み活性の比較と評価)
日本陸水学会第73回大会(ポスター)