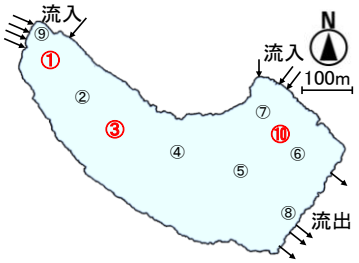
南湖底泥からの汚濁負荷溶出速度の季節変動に関する実験

日本大学工学部土木工学科　学生会員　○髙倉　悠志
日本大学工学部土木工学科　正会員　　手塚　公裕

1. 研究背景・目的

福島県白河市の重要な観光資源である南湖では、水質汚濁、富栄養化が進んでおり、堆積した底泥からの栄養塩、有機物の溶出が要因の一つと考えられる。水質を改善するためには底泥から水中に溶出する栄養塩、有機物の溶出量を正しく把握する必要がある。そこで、南湖底泥を対象に、季節変動(温度、DO の条件)や底泥の性状が栄養塩、有機物の溶出速度に及ぼす影響について実験的に検討した。



図−1　南湖調査地点

2. 実験方法

2.1 サンプリング

南湖調査地点を図-1 に示す。採泥地点は、最も流入水量が多い河川の流入部付近である地点 1、浮葉植物が多い地点 3、沈水植物が多い地点 10 の 3 地点とした。実験用の湖水と底泥は夏(平成 29 年 8 月 28 日)、秋(平成 29 年 11 月 9 日)、冬(平成 29 年 11 月 30 日)に採取した。底泥は不撹乱型柱状採泥器により表層 15cm を切り取った。

表−1　実験条件

季節・温度	分析日	地点	DO条件
夏 30度 秋 20度 冬 10度	0日 2日 4日 7日 10日 14日	地点1	好気(DO 100%)
			嫌気(DO 0%)
		地点3	好気(DO 100%)
			嫌気(DO 0%)
		地点10	好気(DO 100%)
			嫌気(DO 0%)

2.2 栄養塩溶出実験

実験条件を表-1 に示す。実験装置には溶出実験用の底泥の入ったアクリル筒の底をゴム栓で塞いだものを使用した。好気条件はエアレーションした DO100%のろ過した湖水、嫌気条件は窒素注入した DO0%のろ過した湖水を検水として使用した。底泥が乱れないように検水 2.7L を注ぎ、ゴム栓で密閉して暗条件のもと実験を行った。また、実験中の好気条件は常時エアレーションし、嫌気条件は DO0%の状態で密栓して設定した。

2.3 分析

栄養塩溶出実験では、0、2、4、7、10、14 日目に、底泥の 10cm 上から 200ml 採水し、窒素、リン、COD、pH、EC、ORP、DO を測定した。pH、EC、ORP の測定には、ポータブル pH メータ D-74(HORIBA)を使用し、DO は溶存酸素計 FDO925 型(WTW)を使用した。また、初期値から 14 日目までの汚濁負荷溶出速度を試算した。

底泥が汚濁負荷溶出速度に与える影響を把握するため、底泥は、含水率、強熱減量、総窒素、総リンの分析を行い、間隙水は、窒素、リン、COD の分析を行った。底泥は初期値、間隙水は初期値と溶出実験 14 日目に分析を行った。間隙水は、遠心分離器を用い 5 分間 8000rpm で抽出し、孔径 1μm のガラス繊維濾紙(WhatmanGF/B 47mm)でろ過したものを検水とした。尚、分析は底泥試験方法、河川水質試験方法(案)、下水試験方法に基づき行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 底泥分析結果

実験に用いた底泥と湖水の性状を表-2 に示す。含水率は地点 1 で 64.6～71.3%、地点 3 で 82.3～87.2%、地点 10 で 80.5～87.8%であった。強熱減量は地点 1 で 12.4～32.4%、地点 3 で 25.0～35.5%、地点 10 で 26.9～53.9%であった。地点 1 の含水率、強熱減量共に、他の地点に比べて小さい値であった。実験に用いた底泥の粒径は、メジアン径 7.2～12.7μm、算術平均径 9.9～20.4μm、モード径 8.3～10.8μm であり、シルトを多く含んでいた。湖水の濃度は、NH_4-N が最大で 0.1mg/L、PO_4-P が全て N.D.(0.005mg/L 未満)であった。

表−2　実験に用いた底泥と湖水の性状

		夏			秋			冬		
		St.1	St.3	St.10	St.1	St.3	St.10	St.1	St.3	St.10
底泥	含水率(%)	64.6	87.2	87.8	71.3	82.3	80.5	67.9	86.1	87.8
	強熱減量(%)	12.4	25.0	26.9	32.4	35.5	53.9	14.1	26.4	28.8
	メジアン径(μm)	9.1	9.4	10.0	8.7	12.7	7.8	10.9	7.2	8.3
	算術平均径(μm)	14.6	13.5	12.7	16.0	20.4	13.5	10.9	9.85	14.2
	モード径(μm)	8.3	8.3	8.4	8.3	10.8	8.3	8.3	8.3	8.3
	T-N(mg/gDW)	3.7	10.0	8.9	5.9	9.9	11.0	4.7	7.4	9.6
	T-P(mg/gDW)	1.4	1.7	1.4	1.9	1.4	1.5	1.5	2.9	1.6
間隙水	NH_4-N(mg/L)	0.1	3.7	2.4	3.8	2.5	2.3	4.3	0.7	2.1
	PO_4-P(mg/L)	0.04	0.11	0.01	0.17	0.02	0.02	0.42	0.04	0.03
湖水	NH_4-N(mg/L)	N.D.	N.D.	N.D.	0.1	N.D.	0.1	N.D.	N.D.	0.1
	PO_4-P(mg/L)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

N.D.：NH_4-N は、0.05mg/L 未満
PO_4-P は、0.005mg/L 未満

キーワード　南湖，底泥，溶出実験，季節変動，栄養塩，有機物
連絡先：〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 日本大学工学部水環境システム研究室 TEL:024-956-8724

3.2 NH_4-N 濃度の経日変化

NH_4-N 濃度の経日変化を図-2 に示す。ほとんどの季節で地点 1 と地点 10 が同じよう同様に溶出し、地点 3 は他よりも溶出しなかった。また、夏＞秋＞冬の順で溶出量が多い傾向がみられた。一方、好気と嫌気で NH_4-N 溶出に大きな差はみられなかった。

3.3 PO_4-P 濃度の経日変化

PO_4-P 濃度の経日変化を図-3 に示す。好気条件は、全ての季節でほとんど溶出しなかった。嫌気条件は、地点 1＞地点 3 の順で溶出し、地点 10 はほとんど溶出しなかった。また、夏＞秋＞冬の順で溶出量が多い傾向がみられた。

3.4 溶出速度の季節変動

NH_4-N と PO_4-P の溶出速度を図-4 に示す。 NH_4-N 溶出速度は、夏で 35.4～63.3mg･m^{-2}･day^{-1}(平均 54.1 mg･m^{-2}･day^{-1})、秋で 17.2～37.8 mg･m^{-2}･day^{-1} (平均 25.1 mg･m^{-2}･day^{-1})、冬で 6.6～15.5 mg･m^{-2}･day^{-1} (平均 9.8 mg･m^{-2}･day^{-1})であり、冬に対して秋は 2.6 倍、夏は 5.5 倍であった。PO_4-P 溶出速度は、好気の地点 1 で平均 0.5 mg･m^{-2}･day^{-1}、地点 3、10 で平均 0.0 mg･m^{-2}･day^{-1}であった。嫌気は、夏で 0.5～7.5 mg･m^{-2}･day^{-1} (平均 3.4 mg･m^{-2}･day^{-1})、秋で 0.0～3.7 mg･m^{-2}･day^{-1}(平均 1.5 mg･m^{-2}･day^{-1})、冬で 0.0～0.5 mg･m^{-2}･day^{-1}(平均 0.2 mg･m^{-2}･day^{-1})であり、冬に対して秋は 7.7 倍、夏は 17.4 倍であった。

3.5 底泥のリンと PO_4-P 溶出速度の関係

底泥のリンと PO_4-P 溶出速度の関係を図-5 に示す。底泥の T-P と PO_4-P 溶出速度は関連性がみられなかった。一方、底泥の I-P は地点 1＞地点 3＞地点 10 の順で濃度が高く PO_4-P 溶出速度と同じ傾向がみられた。しかし、PO_4-P 溶出速度でみられた季節変動が底泥の I-P ではみられなかった。よって、PO_4-P 溶出速度は底泥の I-P と温度により影響を受けると考えられる。

4. まとめ

1) NH_4-N 溶出速度は、気温が高い季節ほど大きい傾向がみられた。地点間や、好気と嫌気の差は明確ではなかった。
2) PO_4-P 溶出速度は、嫌気条件で気温が高い季節ほど大きい傾向がみられた。また、地点 1＞地点 3＞地点 10 の順で溶出速度が大きかった。
3) 底泥の I-P 濃度は地点 1＞地点 3＞地点 10 の順で高い値を示し、PO_4-P 溶出速度と同様の傾向がみられた。一方、PO_4-P 溶出速度でみられた季節変動が底泥の I-P ではみられなかった。したがって、PO_4-P 溶出速度は底泥の I-P と温度により影響を受けると考えられる。

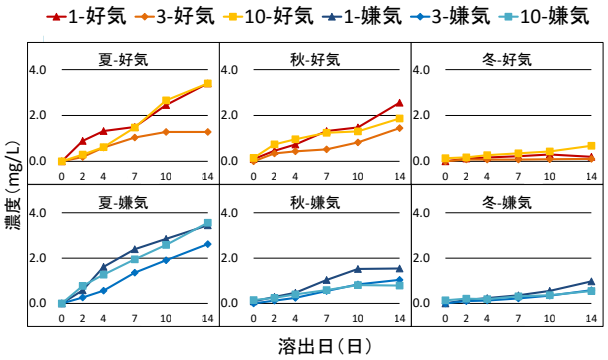


図-2 NH_4-N 濃度の経日変化

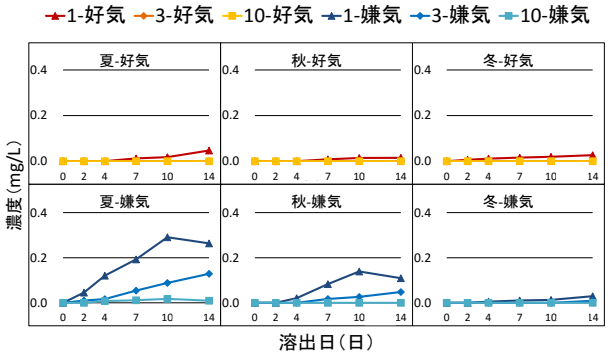


図-3 PO_4-P 濃度の経日変化

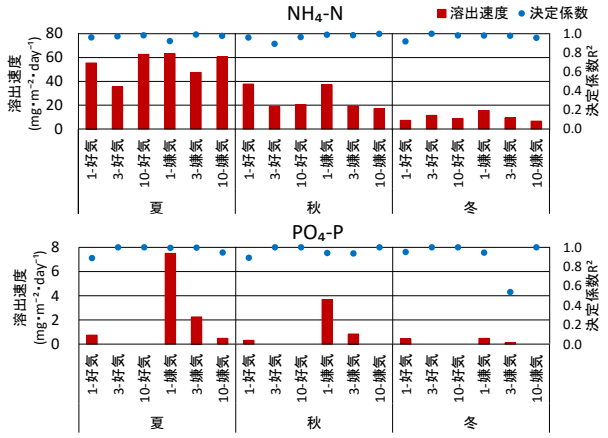


図-4 NH_4-N と PO_4-P の溶出速度

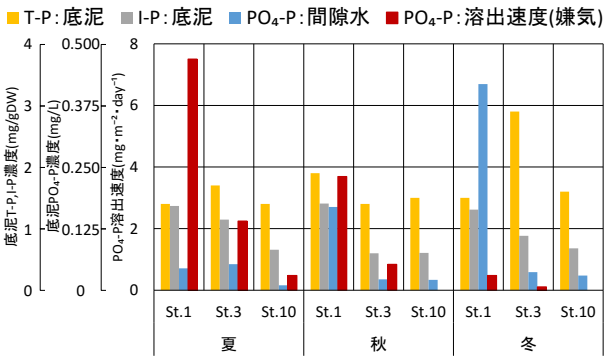


図-5 底泥のリンと PO_4-P 溶出速度の関係

謝辞 本研究は、白河市との共同研究として実施しており、産業部観光課の吉田貴子氏のご協力を頂きました。また、現地調査では、(有)水月の竹内政美氏のご協力を頂きました。ここに記し謝意を表します。