

II-10

森林域内ダム湖の水質特性

学生会員 中野哲哉 北海道大学工学部  
 正会員 橘 治国 北海道大学工学部  
 正会員 大江史恵 北海道大学工学部

1. はじめに

森林域内にあるダム湖の水質は森林河川水質の影響を大きく受ける。すなわちダム湖は集水域の森林の状態、例えば森林の植生や土壌、そして利用状況と密接な関係がある。したがって自然状態に近い森林域内にある湖の水は特に清澄であると考えられてきた。しかし実際には、今回の調査対象水域である漁川ダム湖のように富栄養化しており、プランクトンが豊富にみられるという例が数多く報告されている。筆者らはこれまで森林河川の水質を調査してきたが(例えば文献<sup>1)2)</sup>、本研究では漁川ダム湖での水質の動態・変化特性について検討をするとともに、流入河川の水質特性とを比較し、森林域内ダム湖水質の特性の形成機構について検討を加えた。

2. 研究方法

2.1 調査対象水域 本研究では、石狩川水系漁川上流の漁川ダム湖と流入河川を対象とした。漁川ダム湖の集水域は、100%森林で、集水面積113.3km<sup>2</sup>、湛水面積1.1km<sup>2</sup>、平均滞留時間30.9日程度である。流入河川は、本流漁川その他、ラルマナイ川、イチャンコッペ川、モイチャン川の4河川である。水域の概況と調査地点を図1に示したが、ダム湖の上流側(St. 5、St. 4、St. 3)は水深2-3m程度と浅く、下流側(St. 2、St. 200)は水深8-9m程度と深くなり、段状を呈し特徴的である。

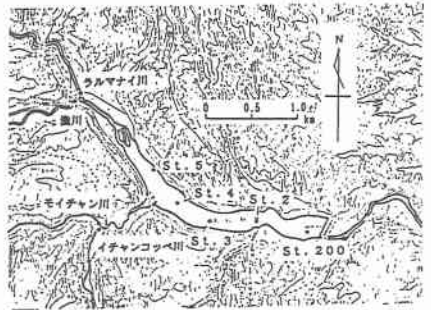


図1 対象水域の概要

2.2 調査期間 ダム湖内湖内5地点と流入4河川について、1993年6月~10月にかけて月1回の頻度で採水した。図2の期間中の降水量と流量を示したが、本報告では流入水量の比較的安定している平水時(6月17日、7月21日、8月18日、図中矢印)を解析の対象とした。

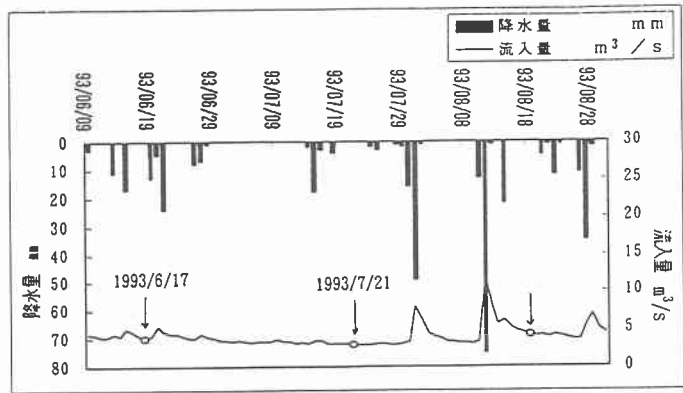


図2 流入河川流量と降水量の関係

2.3 分析項目 分析項目は、湖中の生態変化に焦点をあて、懸濁物質(SS)、クロロフィル(Chl-a)、有機成分(TOC、COD)、栄養塩類(形態別の窒素、リン)を中心に、

Chemical characteristics of water quality of lake in forest area.  
 by Tetsuya NAKANO, Harukuni TACHIBANA, Fumie Ooe

主要無機イオン、鉄 (Fe) 等を対象とした。

### 3. 結果

3.1 水質概況 表1に流入河川水質とダム湖各地点における平均水質を示した。ここではダム湖の特徴から、水質は表層水と下層水に分けて整理した。

3.1.1 ダム湖上層水 (St. 3、St. 2、St. 200) について 図3に上層水の場所的な変化を8月18日を例に、図4に水質成分濃度について流入河川と湖内上層 (St. 3、St. 2) の関係 (実線は流入河川と湖内の濃度が等しい場合である。) を示した。流入河川の濃度は流量加重平均を用いた。表1、図3-1、図4-1より、ダム湖の上層水の主要無機イオン濃度は、流入河川の平均濃度に等しく、これらの成分の起源が流入河川水質にあることがわかる。なお表1の硫酸イオンの例で明らかのように、物質収支には流量加重平均値を用いた方がよいことがわかる。懸濁態成分については、懸濁態窒素 (PN)、懸濁態リン (PP) そしてChl-aがSt. 3で最大濃度に達し、その下流で減少しSt. 200で最小になる傾向が認められる。これから底質成分の舞い上がりの影響と、この影響によって藻類の増殖効果が増すことがわかる。つまりSt. 3では、表1、図3、図4より溶存態栄養塩を消費して藻類が増殖すること、SSそして懸濁態栄養塩であるPN、PPが上昇することによって、Chl-a濃度の増

表1 流入河川と湖内の平均水質

	流入河川	流入河川						
		流量加重	St.3 上層	St.2 上層	St.200 上層	St.2 下層	St.200 下層	
Tw	°C	14.1	15.1	15.6	15.8	14.9	10.5	8.5
pH	-	7.0	7.0	7.1	7.0	7.1	7.0	6.9
Cond.	μS/cm	77.5	84.8	86.3	88.6	88.5	99.7	92.4
T-TOC	mg/l	1.3	1.3	1.2	1.0	1.7	2.1	2.3
S-TOC	mg/l	0.7	0.8	1.1	0.7	1.3	1.7	1.7
P-TOC	mg/l	0.6	0.6	0.1	0.3	0.3	0.5	0.6
TN	mg/l	0.17	0.15	0.32	0.16	0.14	0.50	0.48
DN	mg/l	0.13	0.12	0.12	0.10	0.08	0.34	0.32
PN	mg/l	0.03	0.02	0.19	0.07	0.07	0.16	0.16
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	mg/l	0.07	0.08	0.02	0.01	0.06	0.10	0.10
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	mg/l	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.23	0.23
TP	mg/l	0.014	0.012	0.013	0.010	0.008	0.022	0.024
DP	mg/l	0.008	0.006	0.002	0.003	0.002	0.004	0.004
PP	mg/l	0.007	0.007	0.011	0.007	0.006	0.018	0.020
DRP	mg/l	0.005	0.003	0.000	0.001	0.001	0.003	0.001
PRP	mg/l	0.005	0.005	0.005	0.003	0.003	0.013	0.012
TN/TP		11.6	11.8	23.7	16.8	17.0	23.3	20.2
DN/DP		17.5	21.2	56.5	30.4	40.5	86.4	83.3
PN/PP		4.8	3.4	17.4	10.2	10.1	9.2	8.0
Cl <sup>-</sup>	mg/l	3.7	3.6	3.5	3.6	3.2	3.6	2.9
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	9.4	12.3	12.0	12.1	11.2	10.0	6.7
Na <sup>+</sup>	mg/l	4.7	4.6	4.5	4.4	4.4	4.7	4.2
4.3Bx	meq/l	0.423	0.432	0.397	0.409	0.407	0.569	0.555
SiO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	29.9	27.9	26.6	26.8	25.9	27.0	24.4
T-Fe	mg/l	0.26	0.21	0.20	0.24	0.25	4.59	4.69
SS	mg/l	3.4	3.6	3.2	2.2	2.0	8.4	20.7
Chl-a	μg/l	1.5	1.6	7.1	4.5	3.4	2.2	2.5

St.3上層: 0m St.2上層: 表層から0-3m St.2下層: 底から0-3m  
St.200上層: 表層から0-5m St.200下層: 底から0-5m

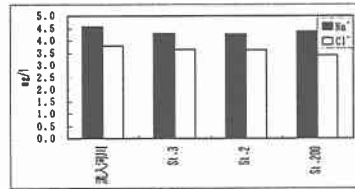


図3-1

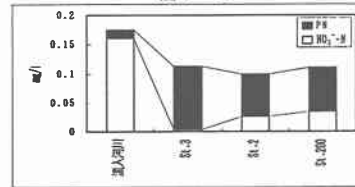


図3-2

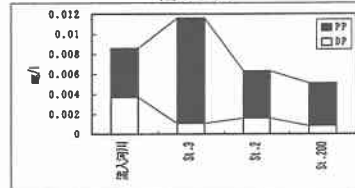


図3-3

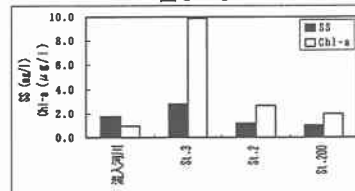


図3-4

図3 8/18の場所的水質変化

加すなわち藻類の増殖効果が増すことがわかる。図4-2、3で明らかなように溶存態リンに比べて硝酸イオン ( $\text{NO}_3^- \text{N}$ ) の著しい減少と、表1から明らかなように流入河川濃度に比較してTPの懸濁態への質変化、そして流入河川水のN/Pが、全試料で11.8、懸濁態で3.4と小さいことは、窒素が増殖の制限因子となっていることが推察される。しかし同じく表1から流入河川濃度に比較してSt.3でTNとりわけPNが増加しているが、このことは平均的にみるとリン、とりわけ懸濁態が藻類量を支配しているとも考えられる。このことに対してはデータ数の蓄積を待ちたい。いずれにしても、ダム湖においては、森林河川が流入直後の浅い水域で藻類が増殖していることは、確かである。ダム湖の水質管理には完全混合モデルの適用には注意が必要である。

3.1.2 ダム湖下層水 (St.2、St.200) について 図5にSt.200の垂直温度分布を示した。水深4~6m付近に温度躍層が認められる。躍層以下の水質成分濃度については、電気伝導度、4.3Bxが上層に比べて高く底泥からの溶出の影響が認められ、したがって有機成分、栄養塩、鉄についても上層に比べて高濃度である。これらのことから本ダム湖下層は、ダム湖の他の部分に比較するとかなり異なり特徴的な水質である。

3.2 ダム湖の水質形成 13の水質成分について主成分分析を行った結果を、図6に示した。第1主成分は、Chl-aのみが負に分布し、残りの項目すべては正に分布した。硝酸イオンがChl-aにいちばん近い位置にある。正に分布した項目は森林土壌の状態に支配されて水圏に流出するものであり、Chl-aは主に水圏で増殖するものである。これから第1主成分は、水質成分の供給あるいは増加する水域の差異を示している。第2主成分はSiO<sub>2</sub>、Cl<sup>-</sup>のように水質形成に流入河川水質の影響が強い項目が正に分布し、PN、SS、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-Nのように水質形成に沈降、溶出といったダム湖内での要因の影響が強い項目が負に分布している。これから第2主成分はダム湖内での水質形成機構の異なるなわち外的要因、内的要因の影響度合いを示している。これらのことから、森林域にあるダム湖の水質は集水域の森林土壌の状態に支配された流入河川の水質に依存しているが、流入後の懸濁態成分の沈降、浅い部分での底質の舞い上がり、そして嫌氣的な深層からの水質成分の溶出などの多くの要因によって形成されることがわかる。漁川ダム湖では、浅い部分での底質の舞い上がりや栄養塩濃度を上昇させ、これが水温とともに藻類増殖の大きな要因になっていると考えられる。

これらの結果をふまえて漁川ダム湖の水質を3つのグループに区分した。

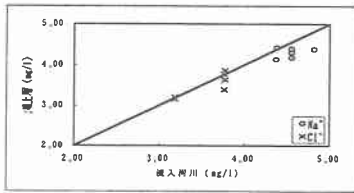


図4-1

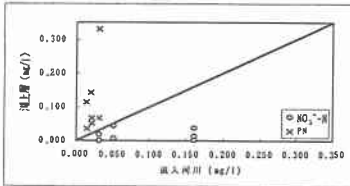


図4-2

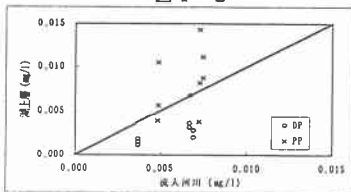


図4-3

図4 流入河川 (流量加重) と湖上層の (St.2、St.3) 水質の関係

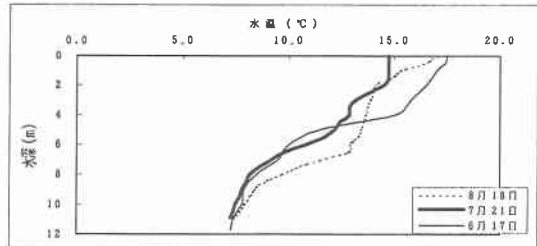


図5 垂直温度変化 (St.200)

1) St. 3 水質形成に流入河川水質と底質の舞い上がりといったダム湖内での要因が相互に影響し合っておりChl-a濃度が高い地点。

2) St. 2 (上層)、St. 200 (上層) 水質形成に流入河川水質の影響が強くChl-a濃度が高い地点。

3) St. 2 (下層)、St. 200 (上層) 水質形成に沈降、溶出といったダム湖内での要因の影響が強く、他の場所に比べてNH<sub>4</sub><sup>+</sup>-NやFe、懸濁態の物質濃度が高い地点。

4. まとめ 筆者らは、森林域内にあるダム湖の水質の特徴とその形成機構についての、石狩川水系漁川ダム湖と流入河川を対象に調査を行った。調査は継続しているが、現時点での成果を報告した。

今回の調査から以下の知見が得られた。

(1) 森林河川すなわち森林土壌の状態が、ダム湖水質形成の主要な一因である。

(2) 流入河川水質とダム湖の浅い部分での水質変換がダム湖の水質形成、特に藻類増殖に大きく寄与していること。

今後は森林河川における水質成分の流出特性やダム湖の浅い部分での水質変換の詳細を明らかにし、藻類増殖へのモデル化に発展させたい。

本研究の実施に際し、北海道開発局石狩川開発建設部漁川ダム管理事務所阿部祐二係長、北海道開発局開発土木研究所中津川誠研究員には、ご指導とご援助を得た。ここに記して謝意を表します。

(参考文献)

- (1) 橋 治国、安藤正治、大森博之、飯田真也、梅本延彦、融雪期における山地森林域河川からの栄養塩流出、衛生工学研究論文集、27巻、p33~43、1991
- (2) 橋 治国、大江史恵、筒井誠二、大谷守正、中津川誠、森林域のダム湖における水質形成、1994年水文・水資源学会研究発表会要旨集、p348-349、1994

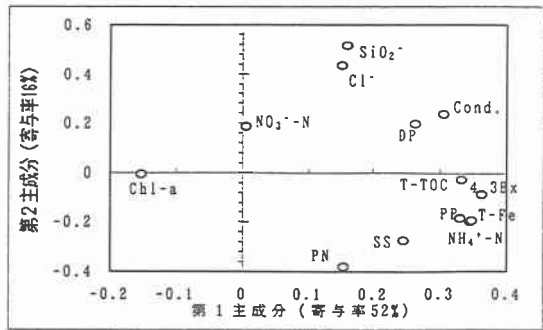


図6-1 因子負荷量の散布図

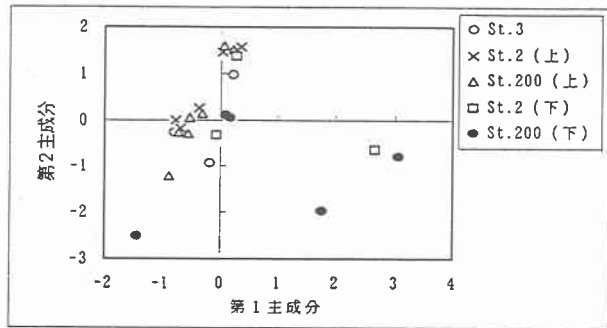


図6-2 主成分得点の散布図