

耶馬溪ダムの放流水が下流域の水質と生態系に
及ぼす影響の調査

北九州市立大学 国際環境工学部環境生命工学科

原口 昭

耶馬溪ダムの放流水が下流域の水質と生態系に及ぼす影響の調査

原 口 昭

1. 研究の目的

耶馬溪ダムの湖水は、ダムに流入する山移川流域にあるリンや窒素の特定の負荷源からの栄養塩負荷の影響を受けて富栄養化し、アオコや淡水赤潮の発生が毎年確認されている。富栄養化したダム湖からの放流水は、これが流入する下流域の山国川本川の水質や水生生物群集に影響を及ぼしていることが懸念されている。本研究では、放流水の水質を多方面から解析し、成分ごとに河川水質への影響の程度を定量的に把握する。また、ダム湖からの放流水によって「アユの品質が低下している」、「アユが摂食する付着藻類の生育が阻害されている」、との指摘があることから、アユと付着藻類の有機物の元素組成と無機栄養塩類に着目し、ダム放流水が山国川本川の水質と生物群集に及ぼす影響の程度について正しく評価する。放流水質に関して懸念される問題点に関しては、負荷源との関連で、どのような対策が必要であるのかを考察し、今後のダム・河川管理に役立てる。

2. ダム放流水が山国川の水質に及ぼす影響の評価

ダム放流水が山国川本川に流入することによって、山国川の水質がどのような影響を受けるのかについて、ダム湖放流水、および放流水が流入する地点より上流と下流で水質を調べることによって明らかにした。採水地点は、流入口より上流部に位置する柳ヶ平橋、流入口（山移川河川水）、および流入口より下流部の柿坂の3地点を設定した。柳ヶ平橋は山国川本川、流入口はダム放流水、柿坂は山国川本川とダム放流水が完全に混合したと考えられる河川水の水質をそれぞれ代表するものとして設定した。さらに、ダム放流水とダム湖水の水質の関連を確認するため、ダム湖水（放流水の取水高における）の水質も調べた。

採水は、2015年6月から2016年2月まで、毎月2回行った。計測は、pH、電気伝導度（EC）、全有機体炭素（TOC）、主要カチオン（ナトリウムイオン、カリウムイオン、マグネシウムイオン、カルシウムイオン、アンモニウムイオン）、アニオン（塩化物イオン、硫酸イオン、硝酸イオン、亜硝酸イオン、リン酸イオン）、およびICPによる元素濃度の計測（アルミニウム、リン、ホウ素、重金属類；アルカリ金属とアルカリ度類金属はイオン濃度の計測と重複）を行った。

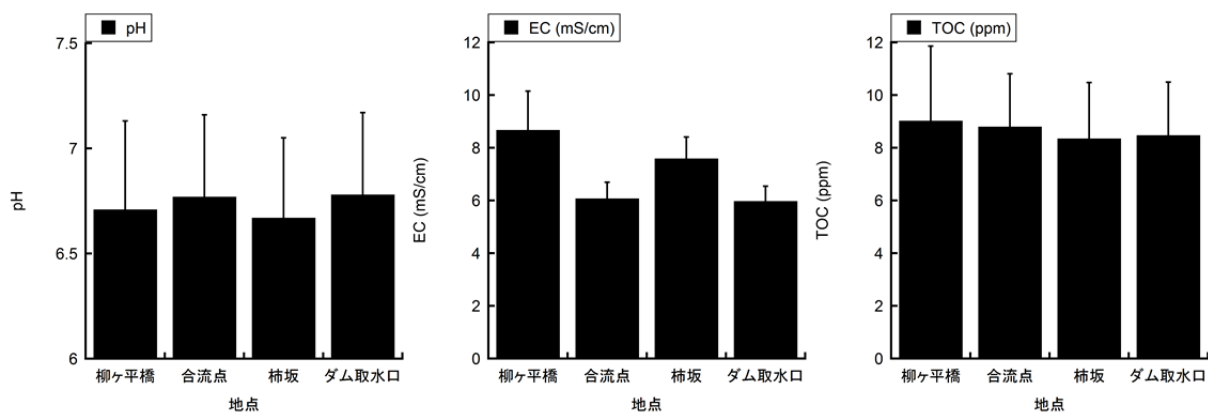


図1 柳ヶ平橋、流入点（山移川河川水）、柿坂、およびダム湖の取水口における pH、電気伝導度 (EC)、全有機体炭素 (TOC) 濃度の平均値

計測項目うち、pH に関しては、合流点におけるダム放流水の pH が合流点より上流部および下流部の山国川本川の pH より高かった。また、放流水の pH はダム湖水の値を反映していた。EC に関しては、ダム放流水の値が本川の値より低く、放流水の合流によって山国川本川の EC が低下することがわかった。TOC に関しては、上流部、合流点、下流部の順に低下する傾向が認められたが、変化は明瞭ではなかった。

主要カチオンおよびアニオン濃度、および栄養塩に関連する元素濃度は EC と同様な傾向を示し、放流水の濃度が山国川本川の濃度より低く、放流水の流入によって本川のイオン、元素濃度が低下する傾向が認められた。以上は、水質の全計測値の平均についての結果であるが、個別の計測値について見ると、上記の傾向はほぼ例外なく各回の計測値に関して認められ、常時このような傾向が認められることが明らかとなった。以上のことから、ダム放流水は山国川本川への栄養塩負荷の原因とはなっていないと判断できる。さらに、有機物負荷に関しても、山国川本川と同程度の濃度であるため、ダム放流水は山国川に対する大きな負荷源にはなっていないと判断できる。

なお、本計測に関しては、各測定日の個別の値について、計測時の山国川流量とダム放水量の値との関連について今後解析を行い、放流水が山国川の水質に及ぼす影響を具体的に示す予定である。

3. アユの成分分析及び安定同位体分析

アユの風味がダム湖からの流入水の影響を受けているとの指摘に対し、現状を明らかにする目的で、アユ筋肉の元素分析及び安定同位体分析を行い、アユの成分の産地による地域差を計測した。山移川（ダム湖に流入する河川）、ダム放流水流入点より上流部の柳ヶ平橋周辺、および流入点より下流部の柿坂の3地点で採取したアユ各2個体の提供を受け、分析に供した。各個体から筋肉を切り出し、凍結乾燥後脱脂処理を施し、粉碎後、元素分析（炭素、窒素、イオウ）および炭素、窒素、イオウ安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 、 $\delta^{34}\text{S}$ ）を分析した。各個体4反復で計測した計測値を以下に示す。

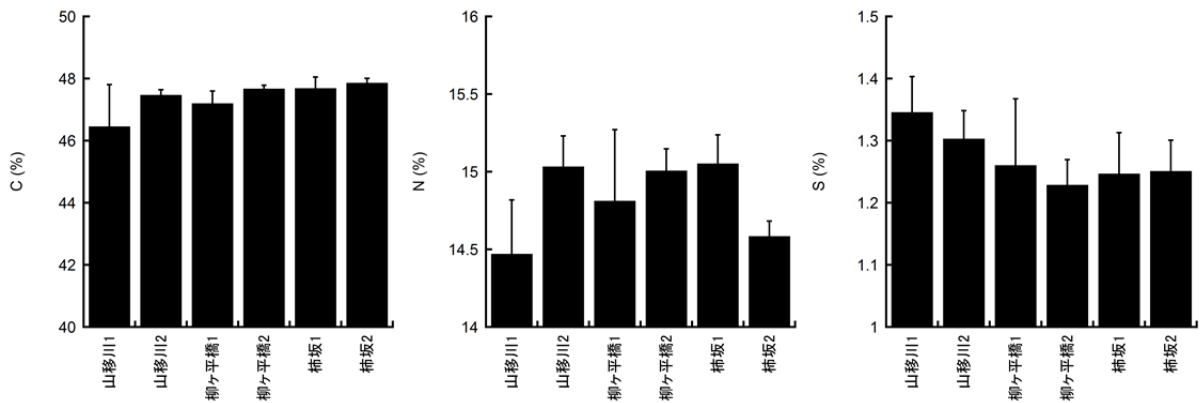


図2 山移川（ダム湖流入河川）、柳ヶ平橋、柿坂において採取したアユ各2個体の凍結乾燥後脱脂した筋肉の、炭素、窒素、イオウ含有量（重量パーセント）の平均値（各個体4反復で計測）

炭素含有量に関しては、個体間で有意差は認められなかったが、山移川、柳ヶ平橋周辺、柿坂の順で値が高くなる傾向が見られた。窒素含有量に関しては、地点間の有意差は認められなかったが、山国川および柿坂の各1個体で他の個体より有意に低い値が認められ、個体間で栄養性にばらつきがあることがわかった。イオウ含有量に関しては、個体間で有意差は認められなかったが、山移川、柳ヶ平橋周辺、柿坂の順で値が低くなる傾向が見られた。

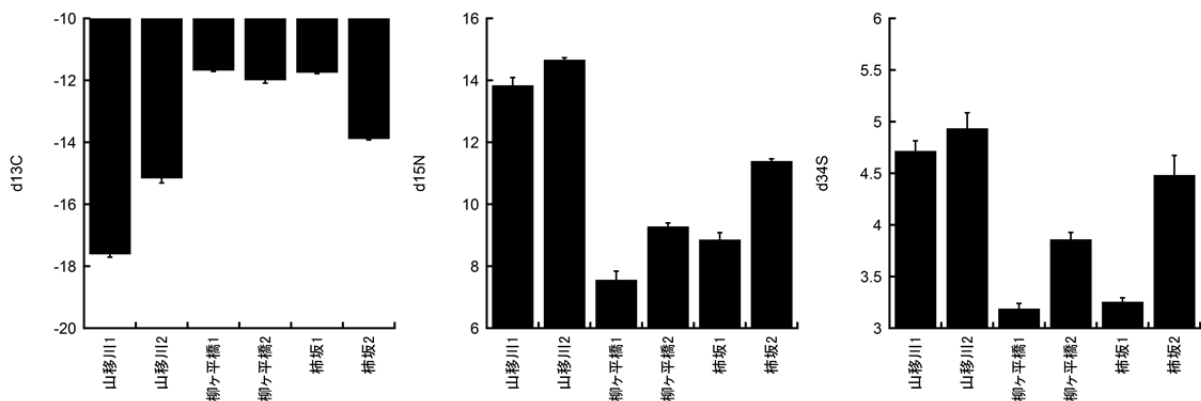


図3 山移川（ダム湖流入河川）、柳ヶ平橋、柿坂において採取したアユ各2個体の凍結乾燥後脱脂した筋肉の、炭素、窒素、イオウ安定同位体比 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 、 $\delta^{34}\text{S}$ の平均値（各個体4反復で計測）

安定同位体比に関しては、山移川の個体について、 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 、 $\delta^{34}\text{S}$ が他の地点の個体と比較して有意な差を示した。山移川の個体の $\delta^{13}\text{C}$ は、山国川本川の2地点で採取した個体より有意に低く、 $\delta^{15}\text{N}$ 、 $\delta^{34}\text{S}$ については有意に高かった。また、柳ヶ平橋周辺と柿坂の個体については、上流から下流にかけての値の変化の傾向が見られたが、地点間の差より個体差の方が大きかった。安定同位体比は各個体が摂取した食物に依存して値が変化するが、山移川の個体は山国川の個体とは異なる食性を示すことがわかった。また、山国川の個体群では、連続して個体が分布しているものの、個別に食性が異なる可能性が示唆された。

本計測に関しては、個体数が少ないために統計的に解析できるデータは得られなかったが、安定同位体比に関しては、個体間の差が有意であり、個体ごとに食性が異なる

っているものと考えられる。連続した河川では、各個体を採取した場所と同じ場所でその個体が摂食しているとは限らず、個体群内で移動することから、安定同位体比は必ずしも採取場所の藻類の状態を反映しているわけではなく、むしろ各地点で採取される個体の移動範囲を含めた分布で考える必要があると考えられる。本年度の結果から、安定同位体比の計測は、個体ごとの食性を反映するものとして利用可能な計測値であることが示された。今後は、試料数を増やし、個体ごとのばらつきを以上のような観点から解析し、各地点の個体群がどのような特性を持った個体の集合となっているのかを明らかにした上で、食性とアユの成分、安定同位体比の特性との関連を明確化させてゆく予定である。

4. 付着藻類の元素組成及び安定同位体比

アユが摂食していると考えられる藻類の元素組成及び安定同位体比を、柳ヶ平橋周辺と柿坂において調べた。藻類の採取は、2015年7月から10月まで毎月1回行った。各採取試料間の変動が大きく、両地点間で有意差が認められなかった。各採取日ごとに比較しても、両地点間に一貫した傾向が認められなかった。

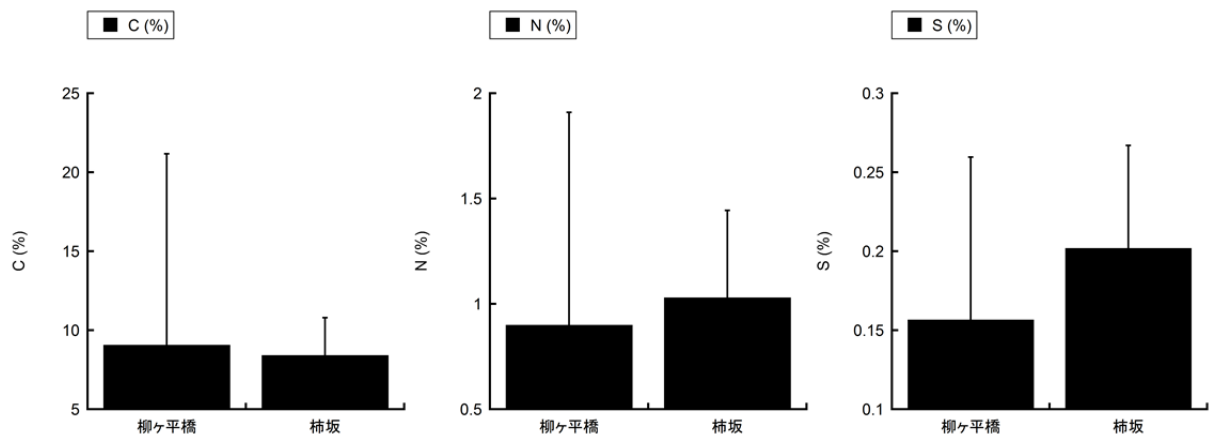


図4 柳ヶ平橋、柿坂において採取した付着藻類の炭素、窒素、イオウ含有量（重量パーセント）の平均値（各地点4反復で計測）

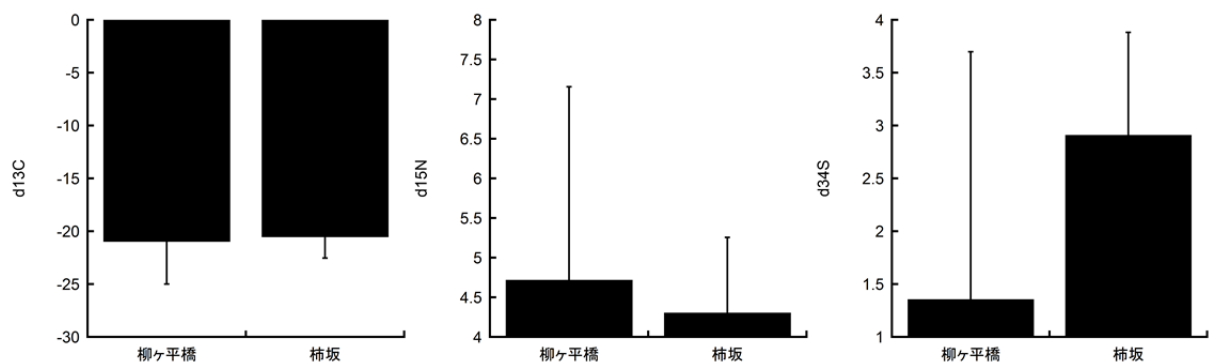


図5 柳ヶ平橋、柿坂において採取した付着藻類の炭素、窒素、イオウ安定同位体比 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 、 $\delta^{34}\text{S}$ の平均値（各地点4反復で計測）

実際にアユが摂食している付着藻類を判別することが難いため、採取日現在の付着藻類の成分分析結果であるが、同一地点においても2015年7月から10月の期間で変動していることがわかった。今後は、アユの行動の季節性も含め、摂食を行っている時期の試料を得て、分析に供する必要がある。本年度の計測より、季節および場所によって付着藻類の元素組成及び安定同位体比に差があることが認められたため、季節ごと、種ごとに違いを検討できる可能性があり、アユの摂食行動との関連で比較検討することが可能であると思われる。