

耶馬溪ダムの水質改善のための流域管理手法の検討

原 口 昭

1. はじめに

大分県北部に位置する耶馬溪ダム湖では、富栄養化が進行し、アオコや淡水赤潮が毎年発生して水質管理上の問題となっている。富栄養化が進行している湖沼の水質改善を適切に行っていくためには、湖水の脱気や栄養塩除去による水質改善のほか、流域全体の栄養塩負荷の削減に取り組まなくてはならない。耶馬溪ダム湖の集水域には、集落や農地、畜産地が点在しているが、土地利用のほとんどが森林であり、特定の負荷源及び負荷量を広域的に把握することが困難である。本研究では、ダム湖集水域からの全窒素及び全リンのダム湖への負荷量について把握し、主要な負荷源となっている河川を特定したうえで、この河川の流域からの窒素、リンの負荷量を現場での観測と原単位法を用いた計算値を比較することにより、窒素、リンのダム湖への負荷の実態を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

大分県山国川水系山移川流域を研究の対象とした（図1）。ダム湖及び流入河川の調査に関しては、流入河川水5か所、耶馬溪ダム湖4か所、放流水1か所の計10か所で、月に2-4回の採水を行った。山移川流域の水質調査では、山移川流域11箇所、月に1回の採水を行った。解析は、2011年9月から2012年10月の期間の耶馬溪ダム湖及び流入水について33回、山移川流域について12回分のデータを用いて行った。

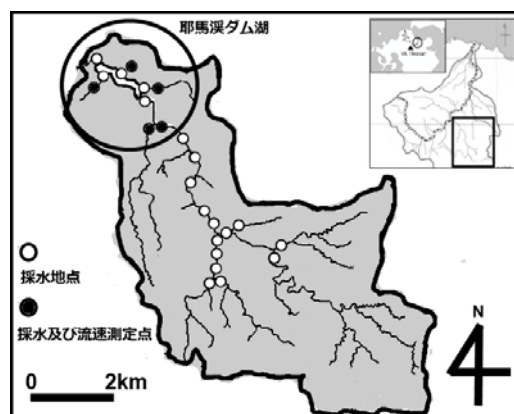


図1 山移川流域における採水地点及び流速測定点

採水した試料について、全窒素（TN）、全リン（TP）、全有機炭素（TOC）、陽イオンと陰イオンを測定した。また、植物プランクトンの指標としてクロロフィル a を測定した。

山移川を除く流入河川の流速の測定は 1 点法（6 割水深）で、50cm 間隔で測定した。水位も同様に 50cm 間隔で測定した。山移川の流量は国土交通省が提供する馬場観測所の水位及び流量データを基に HQ 曲線を作成し、観測時の水位のデータを基に流量を算出した。

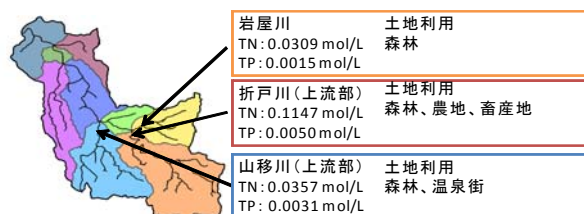


図2 負荷量の推定および実測を行った岩屋川、折戸川(上流部)、山移川(上流部)の概況

また、全窒素および全リンの負荷量が多い山移川流域、岩屋川、折戸川(上流部)、山移川(上流部)について、土地利用調査を行い、これと各土地利用に対する原単位から負荷量を推定し、これと観測負荷量の比較を行った。原単位法では、生活負荷、畜産負荷、面源負荷に分け、各負荷量の推定値を土地利用図に基づいて求めた。観測負荷量は、現地調査で計測した流量に TN と TP の濃度を乗じて求めた。

3. 結果および考察

耶馬溪ダム湖への流入河川の水質調査の結果、山移川の TN、TP 濃度は流入河川の中で比較的高かった（図 3）。また、ダム湖における晴天時の TN、TP の濃度に流量を乗じて流入量を求めた結果、TN の全流入量が 1.02g/s、TP の全流入量が 0.11g/s となった。そのうちの TN 流入量の 88%、TP 流入量の 89%が山移川によるものであり、耶馬溪ダム湖において TN、TP の流入量が最大の河川であった（表 1）。

表1 耶馬溪ダム湖における全窒素（TN）および全リン（TP）の収支 2011 年 9 月から 2012 年 10 月のデータを用いて計算した

	流入河川	TN [g/s]	TP [g/s]
流入量	山移川	0.902	0.095
	白水川	0.029	0.003
	物部	0.004	0.000
	柿瀬	0.022	0.002
	長谷川	0.062	0.007
流出量	放流水	0.644	0.048
蓄積量 (流入-排出量)		0.375	0.059

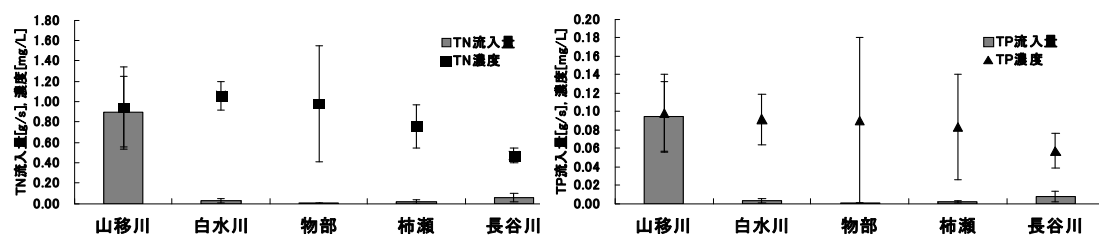


図3 耶馬溪ダム湖に流入する河川の晴天時の TN、TP の平均流入量及び平均濃度 (+標準偏差)

次に、山移川の主要集水域である岩屋川、折戸川（上流部）、山移川（上流部）からの TN と TP の負荷量について、原単位法で求めた負荷量と観測負荷量の比較を行った（表2）。原単位法による推定では、実測した土地利用図（図4）を基に生活負荷、畜産負荷、面源負荷の各負荷量を求めた。観測負荷量については、岩屋川、山移川（上流部）、折戸川（合流後）の実測流量をそれぞれの河川の TN と TP の濃度の観測値に乗じて求めた。

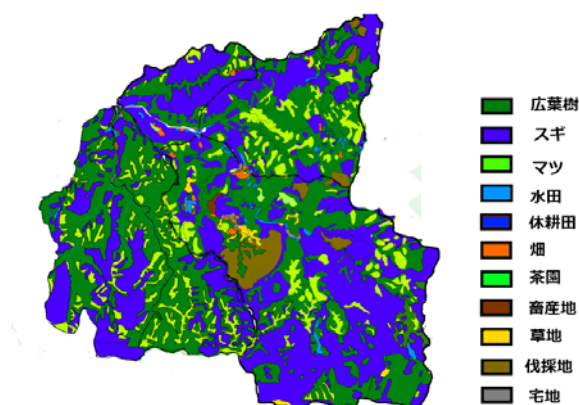


図4 岩屋川、折戸川(上流部)、山移川(上流部)の流域の土地利用図

岩屋川の土地利用のほとんどが森林であることから、この流域をバックグラウンドとして岩屋川流域の負荷量を基準とし、これに対する各河川からの負荷量比を算出し、原単位法を用いた推定値と比較した。TN 負荷については、観測負荷の面源負荷に対する比が山移川（上流部）で 3.42 倍、折戸川（上流部）で 8.89 倍となった。TP 負荷については、山移川（上流部）で 7.08 倍、折戸川（上流部）で 9.68 倍となった。このことから、TN、TP 負荷共に山移川(上流部)と折戸川(上流部)では、面源負荷以外の負荷源があると考えられる。

表2 山移川（上流部）、折戸川（上流部）、岩屋川の各流域における原単位法によって求めた推定負荷量と現地観測した観測負荷量。上表が TN 負荷量、下表が TP 負荷量を示す。

TN				
	岩屋川	山移川 上流部	折戸川 上流部	
生活系負荷	15904	22682	38846	
原単位 畜産系負荷	0	0	4906643	
[mol/year] 面源負荷	28418	3129	108718	
総排出負荷量	44321	25811	5054207	
観測値[mol/year]	46043	379662	764838	
TP				
	岩屋川	山移川 上流部	折戸川 上流部	
生活系負荷	8477	12127	20723	
原単位 畜産系負荷	0	0	1384940	
[mol/year] 面源負荷	471	45	1295	
総排出負荷量	8948	12173	1406957	
観測値[mol/year]	2725	37523	35862	

山移川（上流部）の TN、TP 負荷源として考えられるものは、山移川源流から 2km 付近に存在する温泉街である。山移川（上流部）の土地利用はほとんどが森林であり、温泉街付近の集落を除いて、その他の集落及び農地はほとんど存在しない。このことから、温泉街での人間活動が TN、TP 負荷の原因になっていると考えられる。

折戸川（上流部）の TN、TP 負荷源として考えられるのは、面源として畑地、伐採地からの負荷である。折戸川（上流部）は岩屋川、山移川（上流部）に比べて、畑地、伐採地が集中している。農地に施肥された化学肥料に含まれるリンが土壤中に浸出し、河川水に影響を与えることが考えられる。さらに森林伐採による土壌からの窒素の流出も考えられる。また、点源汚染としては、養豚場からの負荷が考えられる。家畜排せつ物が素掘り貯留池で処理されてきた地域では、家畜排せつ物が土壌に直接触れているため、地下浸透により土壌中に窒素やリンが浸出し、河川水の水質に影響を及ぼすことが懸念されている。2004 年に家畜排せつ物法が施行され、家畜排せつ物は適正に処理されていると考えられ、現在ではこれらが流出しているとは考えにくいので、畜産排せつ物やたい肥に起因する窒素やリンが長期にわたり、流域の土壌や水路に蓄積し、水系に影響を及ぼしている可能性が指摘される。養豚場での家畜排せつ物の処理方法、その後の利用については、今後詳しく調査する必要がある。

以上の結果から、山移川流域からの TN と TP の流入負荷が耶馬溪ダム湖の富栄養化の要因であることがわかった。また、山移川流域の窒素負荷の多くは折戸川（上流部）からの点源負荷、リン負荷は折戸川（上流部）と山移川（上流部）からの点源負荷によるものであることがわかった。