

B-34 谷川連峰湯檜曾川の流量連続計測と窒素流出量試算

○宮里直樹^{1*}・羽鳥 潤¹・青井 透¹・川上智規²

¹群馬工業高等専門学校 専攻科環境工学専攻 (〒371-8530 群馬県前橋市鳥羽町 580 番地)

²富山県立大学 短期大学部 環境システム工学科 (〒939-0398 富山県射水市黒河 5180)

* E-mail: nmizayato@cyl.gunma-ct.ac.jp

1. はじめに

群馬県北部に位置する谷川岳連峰は豪雪地帯であり、雪解け水が利根川上流域に流下し、首都圏の水道水源となっている。谷川岳融雪水を源の 1 つとする湯檜曾川は人為的な汚濁を受けない溪流であるが、典型的な溶脱現象が観察され、融雪期の無機態窒素濃度は 0.8mg/l と高い濃度であることが報告されている¹⁾。しかしながら利根川上流部での水質汚濁問題はあまり認識されておらず、栄養塩濃度(窒素・リン)についてほとんどなく、支流に至っては皆無に等しい。そこで本研究では、湯檜曾川の流量調査と水質測定から窒素流出量について検討した。

2. 調査方法

2-1 流量測定点の選定

利根川最上流端に位置する奥利根湖から群馬県水上

町・沼田市の間を流れる利根川には、図 1 に示すように多数のダムがあり、このダムにより水質が変化する可能性が考えられたため、水上町と奥利根湖の間で水質調査を実施しても実態の把握は困難であると思われた¹⁾。一方、湯檜曾川は、谷川岳ロープウェーや天神大良スキー場を除き、人為活動による水質汚濁は少ないことが予想され、ダムも存在しないことから調査対象とした。また流量測定を行うために、自動水位記録計を独自に組み立て設置した。このためデータ回収時のアクセスの良さ、堰であれば水深を求めることにより流量計算が容易に可能となることから、土合砂防堰堤を水位計測計による測定点とした。

調査に用いた自動水位記録計の設置状況を写真 1 に示す。融雪期において土合砂防堰堤付近の流量は非常に増加することが予想されるが、その影響を極力受けない地点を選定し水位記録計を設置し、2006 年 8 月 14 日から計測を開始した。設置から 4 ヶ月後の 2006 年 12 月 27 日、湯檜曾川付近は大荒れの天候となり、流量も非常に多くなっていたが水位記録計は安定した水位の計測ができる状態であった。通年での連続測定が可能な状態であった。

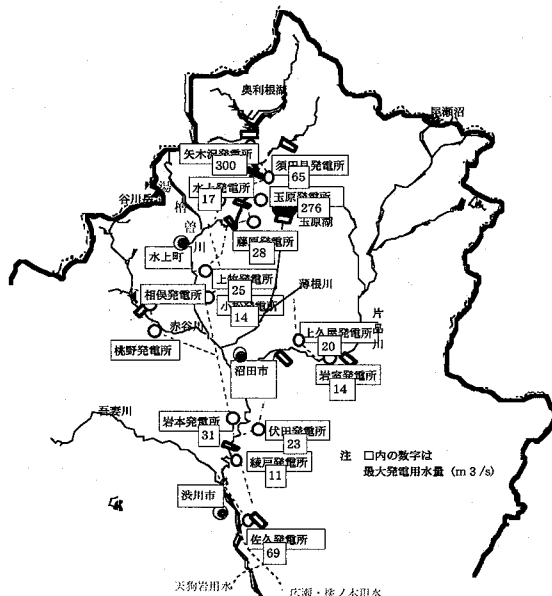


図1 利根川上流部概要図

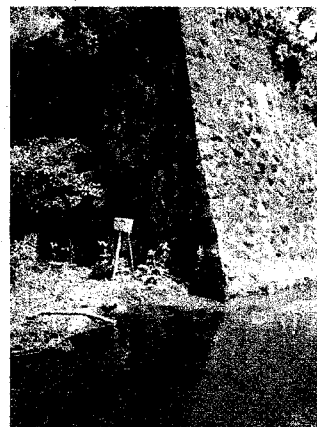


写真1 水位計設置点

2-2 自動水位計測計および流量算出方法

湯檜曾川の流量算出のために、自動水位記録計を試作した。測定地点は電源のない場所であるため、自動車用のバッテリー(12V)を電源として用い、水圧式の水位センサー((株)測商技研:PS015-13)を用いた。また、水位センサーより測定された水位データ(電位差)を記録するため、1回/1hに設定した記録計(ロガー:Onset社HOBO H8シリーズ)を用い、定期的にデータの回収を行った。

河川流量の算出に、群馬県などではH-Q式を用いている。H-Q式では、各水位とそれに対応する流量(=平均流速×流水断面積)から最小二乗法により関係式を求める方法である。今回の研究調査では、実際の流量(実流量)の測定と自動水位記録計の水位データから流量の算出を行った。実流量は平均流速と堰堤幅及び水深(堰堤上の水位)の測定を行い、それぞれの積から求めた。また自動水位記録計のデータによる流量算出は、湯檜曾川土合堰堤の越流水深が求まれば堰の流量算出公式を用いることで求めることができると考え、土合堰堤を全幅堰と見なし流量を求めた。

2-3 採水と水質測定項目及び方法

湯檜曾川の河川水を定期的に採水し、水質測定を行った。試料の水温、電気伝導度及びpHは採水時に測定した。また試料をただちに研究室に持ち帰り、各態窒素・リンはオートアナライザー(ブランルーベ社)を使用して測定した。

3. 砂防堰堤についての調査

土合砂防堰堤における流量を求めるためには、土合砂

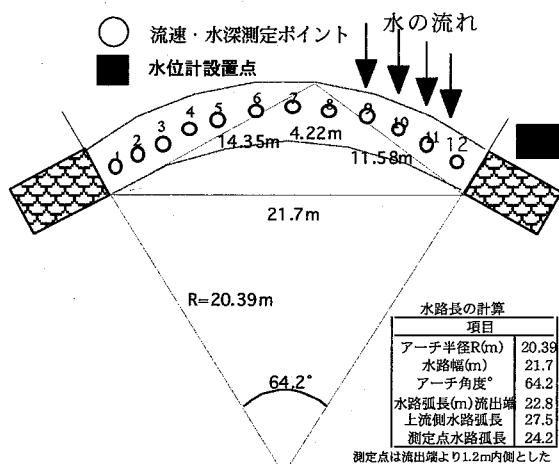


図2 土合砂防堰堤の測量結果

防堰堤の形状等を把握する必要があるため、測量を行った。得られた土合砂防堰堤の形状を図2に示す。また自動水位記録計より得られたデータから流量算出を行う際には、堰堤における実流量を測定することが必要であるため、2回流量の測定を行った。

砂防堰堤上での流速測定の作業は危険を伴うため、あまり時間をかけることができないと考えた。そのため足場の安定した場所で湯檜曾川の流速値を測定し、参考値としての目安を基に、堰堤における流速の測定を行った。図2に示す各測定点において1mの箱尺と電磁流速計を用い、水深と流速を測定した。8月と10月の流量は、それぞれ0.514m³/sec及び0.970m³/secであった。また水位の変化については、8月の測定の際に各測定点において大きな差は無かったが、10月では大きな差が見られた。湯檜曾川は土合堰堤の直前に本流の他、西黒沢及び東黒沢という二つの支流が流れ込んでおり、季節的な影響が考えられた。

水位センサー設置点箇所には目視用の箱尺を、センサーによる水位算出の参考値となる水位実測値の測定のために設置した。箱尺の値を堰堤上の水深実測値(越流水深)に補正するため、補正値を求める必要があった。実測結果から補正値を求めたところ、24.5cmとなった。

4. 水位記録計の値による流量算出の検討

2006年8月14日より計測を開始したが、バッテリーの電圧低下、ロガーの操作ミスによりデータの回収が行えなかった。再度計測計の設置をやり直し、2006年12月から記録を開始した。これ以降、水位センサーによる値は2006年12月より計測されたものを用いた。

自動水位記録計によりデータは、電位差として求められているため、水位値に変換する必要がある。また水位センサーより求まる電位値は水位値と比例関係にあるが、基準となる値を決める必要があった。そこで実測値(越流水深)と電位差との関係式を求め、水深を算出した。得られた値が正確か検討するため、箱尺算出値(箱尺実測値と基準値の差)との比較を行った。測定した水位と求めた水位には高い相関があり、このことから求めた水深は概ね正しい値であると考えられた。しかし、水位の変動が大きい値を示す際に、両者にずれが生じていることがわかる。そこで、堰堤上の測定点において水位が大きいと計算されるときの実測値を得る必要性があったが、増水時の作業は危険であるため、箱尺算出値を用いて新たに水深と電位差の関係を求めた(図3)。水位センサーより求めた水位と電位差の関係と非常に近い結果が得られたため、最小二乗法より求めた式を用いて水位の計算を行った。水位実測値より求めた流量と水位センサーの値より

算出した流量を比較した。両者に大きな差はなく、十分流量を求めることが可能であることがわかった。

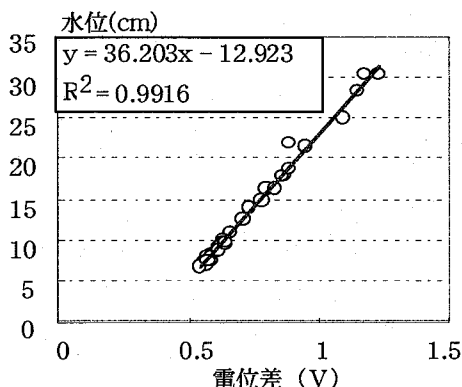


図3 電位差と水位の関係

表1 各月平均流量、平均気温、総降水量

年	月	流量 万m3/日	気温 ℃	総降水量 mm
2006	12月	17.80	2.60	151
2007	1月	7.34	0.32	74
	2月	8.17	1.36	51
	3月	14.35	2.70	74
	4月	30.92	7.56	50
	5月	58.93	13.92	156
	6月	20.44	18.52	236
算術平均値		22.56	6.71	792

ただし、総降水量は合計としている

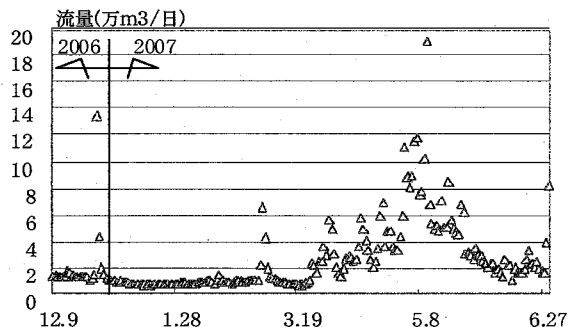


図4 湯檜曾川土合堰堤流量経時変化2006-2007

表2 各月各態窒素流出量

年	月	NH4-N	NO2-N	Nox-N	Inorg-N
		kg	kg	kg	kg
2006	12月	111	2	1350	1461
2007	1月	33	4	868	901
	2月	50	7	1106	1156
	3月	152	17	2411	2563
	4月	105	30	4631	4736
	5月	308	27	7652	7960
	6月	133	12	2350	2483
合計		892	99	20368	21260

これら求めた水位から2006年12月から2007年6月までの流量を計算した。またアメダスデータを用いて平均気温と平均降雨量について調査を行った。各月における平均水量、気温及び総降雨量を表1に示す。3、4月の降雨量は、1、2月と比べ大きな変化が無いにもかかわらず、流量が増加している。これは気温の上昇により雪解けが進み、流量が増加したと思われる。5月の流量は6月に比べて多い結果となったが、降水量が少ないことから融雪水の流入によって流量が増加し、その後融雪水が減少または無くなったと考えられた。

5. 湯檜曾川の水質結果、窒素流出量試算及び考察

湯檜曾川の各月における各項目平均濃度を求めたところ、年間の無機態窒素の平均濃度は0.43mg/lであり、富栄養化を引き起こすといわれている窒素濃度0.15mg/lを上回る濃度であった。水質データと流量データの積より窒素流出量を算出し、NH₄-N、NO₂-N、NO_x-N、Inorg-Nについて検討した。算出結果を表2に示す。この結果から、融雪期である3～5月に窒素流出量が多いことがわかった。窒素濃度は3月に最も高い値となったが、流出量は5月に最も多かったことがわかった。湯檜曾川における窒素濃度が一般の渓流水に比べて高いことを考えると、窒素流出量はかなり多い量であると考えられる。

6. まとめ

自動水位記録計の測定値から、湯檜曾川の流量の算出が可能となることがわかった。また湯檜曾川の水質測定の結果から、利根川最上流域において富栄養化するとされている窒素濃度の値を超えていることがわかった。さらに流量と水質データから、溶脱現象について検討できた。

謝辞：本研究調査を行うにあたり、登山愛好家の森邦広氏、膨大な試料の分析を担当された岸主任には多大なるお力を頂いた。厚く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 森邦広、青井透、阿部聡、池田正芳(2002)谷川岳を含む利根川最上流から利根大堰までの 栄養塩濃度の推移と流出源の検討、土木学会環境工学研究論文集、Vol.39, pp235-246
- 2) 青井透、森邦広、平野太郎(2004)首都圏から飛来する大気汚染物質(窒素化合物)と越後山脈周辺の雨水及び沢水中窒素濃度との関係、土木学会環境工学研究論文集、Vol.41, pp97-104
- 3) 森邦広、森千恵子、青井透(2006)谷川岳降雪雨中窒素成分と湯檜曾川水質との関係、第40回日本水環境学会年会講演集、pp.540