

## 利根川上流域湯檜曾川における窒素濃度の実態調査と窒素飽和現象

北海道大学大学院 学生会員 羽鳥 潤  
 群馬工業高等専門学校 正会員 ○宮里 直樹  
 富山県立大学 正会員 川上 智規  
 群馬工業高等専門学校 正会員 青井 透

### 1. はじめに

利根川水系は日本最大の流域面積と流域人口を持ち首都圏 2700 万人の水源地の役割を担っているが、群馬県内の利根川上流部は、清澄な溪流にも係わらず窒素濃度が異例に高いと報告されている<sup>1)</sup>。本研究室では、利根川源流域の湯檜曾川について、数年継続的に水質調査を行った。その結果、渓流水の窒素濃度は雨雪由来の窒素が基底濃度を構成することがわかってきた<sup>2)</sup>。この利根川上流部の雨水に含まれる窒素成分(NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>x</sub>-N(=NO<sub>2</sub>-N+NO<sub>3</sub>-N))の由来として、夏期首都圏から飛来する海風(地上風)により輸送される大気汚染物質が山間部で降下することが報告されている<sup>3)</sup>。また、青井ら<sup>4)</sup>が群馬県内および首都圏の窒素降下量の比較により、群馬県の広範囲にわたる窒素飽和現象が発生している可能性について報告している。

窒素飽和現象とは、大気から森林への窒素化合物の沈着量が、森林生態系において必要とされる窒素量を上回る状態と定義されている。窒素飽和状態が進行した状態では、森林から硝酸イオンが渓流水に流出し、陸水の富栄養化や酸性化を引き起こすと考えられている。窒素飽和現象を把握するためには、渓流水からの窒素の流出量が窒素沈着量(乾性沈着量+湿性沈着量)を上回ることを確認する必要がある。そこで、本研究では、利根川最上流域に位置する湯檜曾川を対象として、降雨および河川の流量測定と水質分析を行った。さらに、窒素沈着量(本研究では湿性沈着量のみ)と窒素流出量の算出を試み、利根川上流域における窒素飽和現象について検討を行った。

### 2. 調査方法

#### 2.1 調査対象流域

利根川最上流域湯檜曾川を対象流域とした(図1)。しかし、湯檜曾川では、国や県等の河川管理者によって流量観測が行われていないために、窒素流出量算出のために流量測定を行う必要があった。そのため、独自に自動水位記録計を、データ回収時のアクセスの良さや流量計算が容易となることから、湯檜曾川の土合砂防堰堤に設置し、流量測定点とした。また、湯檜曾川土合砂防堰堤(流域面積 3746ha)において、窒素沈着量および窒素流出量の検討を行った。そのため群馬県土木地図および同様に標準となる 1km<sup>2</sup>の重量を測定することにより、流域面積の算出を行った。

#### 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。水圧式の水圧センサー((株)測商技研:PS015-13)を用い、測定された水位データ(電位差)を 1回/1h に設定した記録計(ロガー:Onset社 HOB0 H8 シリーズ)を用いて記録し、定期的にデータの回収を行った。

河川流量の算出には H-Q 式を用いていた。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および水深(堰堤上の水位)の測定を行い、それぞれの積から求めた。また土合堰堤を全幅堰と見なし河川の流量計算を行った。

#### 2.3 採水と水質分析項目および方法

2007 年度は湯檜曾川の河川水を定期的に採水(土合砂防堰堤:82 回)し、水質測定を行った。また湯檜曾川土合堰堤に雨水サンプリングを常設し、降雨毎に降水量を測定するとともに雨水を採取した。降雨の回収は湯檜曾川土合砂防堰堤で 39 回行った。採水時に試料の水温、電気伝導度および pH を測定した。また、試料をただち



図1 調査対象流域位置図(群馬県河川課 HP より)

キーワード

窒素飽和, 富栄養化, 河川環境

連絡先

〒371-8530 群馬県前橋市鳥羽町 580 群馬工業高等専門学校 環境都市工学科 TEL027-254-9000(代表)

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. 流量算出の検討

#### 3.1 土合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。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、箱尺と電磁流速計を用いて2回流量の測定を行った。2006年8月と2006年10月の流量は、それぞれ $0.514\text{m}^3/\text{s}$ および $0.970\text{m}^3/\text{s}$ であった。

#### 3.2 自動水位記録計による流量算出の検討

自動水位記録計からの測定値(電位差)を越流水深に変換する必要があったため、実測値(越流水深)と測定値との関係式(実測回数5回)を求め、水深を算出した。水位センサーから求められた越流水深を用いて、全幅堰の公式から流量の算出を行った。全幅堰の公式より2006年8月および10月はそれぞれ $0.486\text{m}^3/\text{s}$ および $1.108\text{m}^3/\text{s}$ であり、実流量と大きな差はなく、十分流量を求めることが可能であることがわかった。

### 4. 調査結果およびまとめ

#### 4.1 降雨および渓流水の水質調査

湯檜曾川土合砂防堰堤の回収降雨の各年間平均濃度および回収降水量、湿性窒素降下量を求めた結果、年間の無機態窒素濃度平均値は湯檜曾川土合砂防堰堤で $0.85\text{mg/l}$ と高い窒素濃度を示した。また、窒素降下量が $10\text{kg}/\text{ha}/\text{y}$ を越えると窒素飽和が起こるとされているが、湯檜曾川土合砂防堰堤では $9.9\text{kg}/\text{ha}$ であった。以上の結果から、窒素飽和の発生が示唆される。

図2に各測定点における各態窒素月別降下量を示す。測定地点では、4月から8月までほぼ同量の窒素降下量が観察され、9月以降低下したことが見られた。この結果から、湯檜曾川土合砂防堰堤では、夏季において窒素降下量が増加していることが分かる。これらの結果より、夏季地上風により首都圏の大気汚染物質が群馬に輸送されている可能性が高いことが示唆される。

窒素流出量は各態窒素濃度と流量の積から算出した。図3に湯檜曾川土合砂防堰堤における月別無機態窒素流出量を示す。窒素流出量は流量および窒素濃度が高まる融雪期に最も流出していることが分かった。それ以降は、融雪水の減少により窒素流出量が減少していると考えられる。土合砂防堰堤において年間で $38\text{t}(10.1\text{kg}/\text{ha})$ 程度の窒素流出が起こっていた。

#### 4.2 窒素飽和現象の検討

今回は、湿性沈着量(窒素降下量)と窒素流出量を比較し、湯檜曾川土合砂防堰堤における窒素飽和現象について検討を行った。比較結果(表2)から、湯檜曾川土合砂防堰堤は湿性沈着量および窒素流出量はほぼ同量であることが分かる。窒素飽和現象が発生しているとは断定できないが、湿性沈着量は $9.9\text{kg}/\text{ha}$ であった。年間 $10\text{kg}/\text{ha}$ を越えると窒素飽和が起こるとされている量に近い値であり、窒素飽和現象が発生するための条件は満たしていると考えられる。

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きました。厚く感謝申し上げます。

- 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) 森邦広, 森千恵子, 青井透(2007)谷川岳周辺積雪温度と融雪期湯檜曾川水質との関係, 第41回日本水環境学会講演集 p400
- 3) 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
- 4) 青井透, 平野太郎, 鎌田素之(2007)群馬県内及び首都圏の降雨中窒素濃度・降下量の経年変化, 第41回日本水環境学会講演 p401

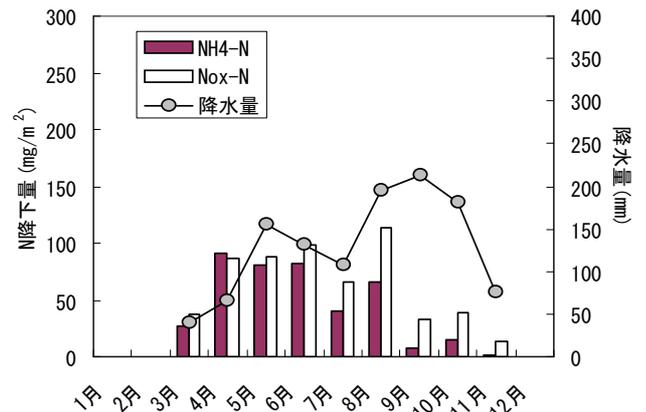


図2 月別各態窒素降下量変化(湯檜曾川土合砂防堰堤)

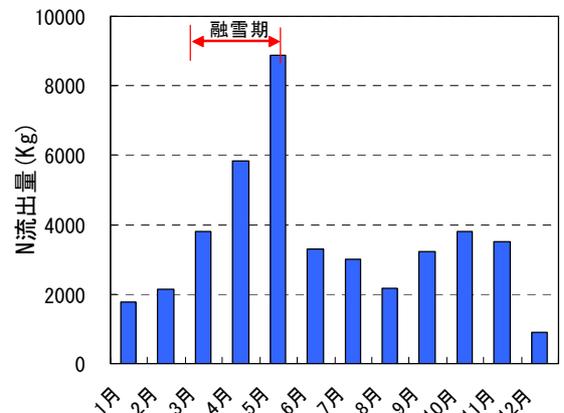


図3 月別無機態窒素流出量変化(湯檜曾川土合砂防堰堤)

表2 年間窒素流出量と湿性沈着量の比較

流域	窒素流出量(kg)	湿性沈着量(kg)
湯檜曾川土合砂防堰堤	42332	36957