

## B-24 湯檜曾川での融雪時窒素溶脱現象と 谷川岳降雪雨中窒素成分の関係

○青井 透<sup>1\*</sup>・森 邦広<sup>1</sup>・森 千恵子<sup>1</sup>

<sup>1</sup>群馬工業高等専門学校・環境都市工学科(〒371-0845群馬県前橋市鳥羽町580)

\* E-mail:aoi@cvt.gunma-ct.ac.jp

### 1.はじめに

河川水に含まれる窒素濃度と、降雨中窒素濃度の関連については、従来殆ど検討されておらず、河川水に含まれる窒素の由来は、農業での肥料あるいは生活排水由来として議論されることが多いが、少なくとも利根川最上流域においては、降雪雨水中の窒素が河川水中窒素の基底濃度を構成することが、本研究室の検討により明らかになってきた<sup>1)2)</sup>。

森は、谷川岳に長く登頂している登山家であるが、厳冬期の山頂部降雪を含め、全季節の谷川岳周辺の降雪雨及び渓流水の通年サンプリングを、5年以上継続して実施している。青井はこれら試料の各態窒素を含む水質分析を実施するとともに、利根川上流部に位置する前橋市周辺で、連続的に降雨を採取し、水質分析を実施することにより、窒素降下量を測定している。

このように、河川水と降雨の両方を継続的に測定しているのは珍しいケースであるが、本研究チームは既に次のような知見を明らかにしている。まず首

都圏最大の水がめである利根川は、上流域の群馬県内で既に高い窒素濃度を示す<sup>3)</sup>こと、利根川上流部の雨水中には高い窒素成分が含まれる(夏季前橋市の降雨中無機態窒素濃度の加重平均は2~3mg/l)こと、降雨に含まれる窒素成分( $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_x\text{-N}$ がほぼ等濃度)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考えられること、谷川岳山頂部の場合には、谷川岳を貫通する関越自動車トンネルの二本の排気塔からの排気ガスがポイントソースとなって加わっている<sup>4)</sup>こと等である。

さて利根川最上流部の支流である湯檜曾川では、人為汚濁が想定できないにもかかわらず、融雪時期には無機態窒素濃度が0.8mg/lに達するほど高い濃

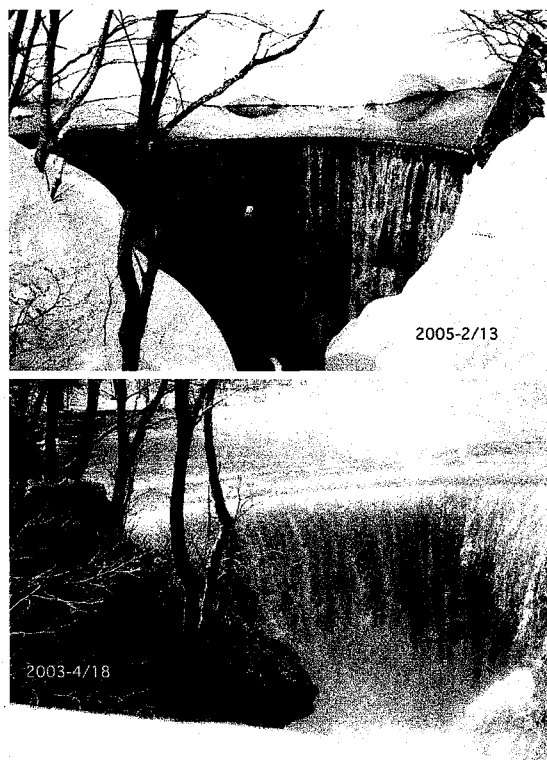


写真1 湯檜曾川土合砂防堰堤流量の季節変化

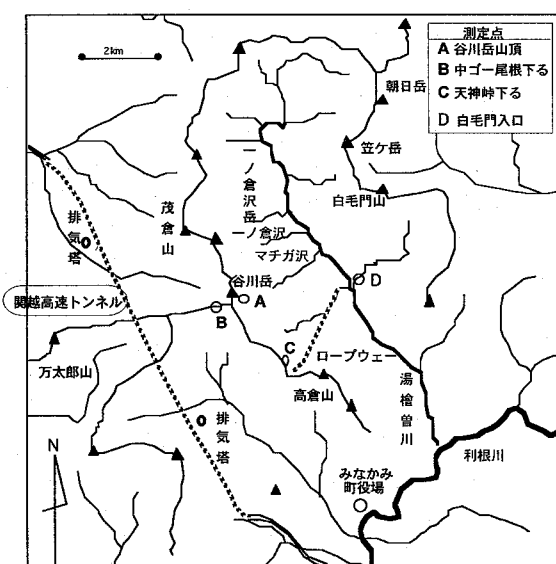


図1 谷川岳連峰を水源とする湯檜曾川と各測定点の位置関係

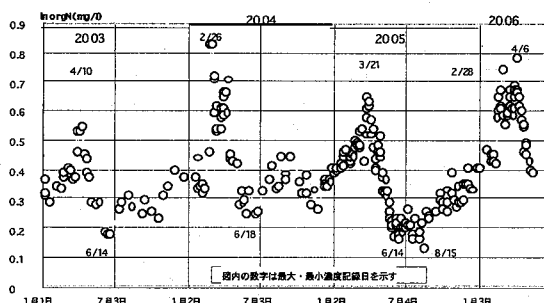


図2 2003-06年湯檜曾川無機態窒素濃度の経年変化

度を示す<sup>1)</sup>ことがわかっている。そこで2005年度は湯檜曾川(図1D地点、土合砂防堰堤の上流部)の採水頻度をあげて継続するとともに、採水地点を含む複数地点で降雪・降雨の測定も継続し、降雪・降雨に含まれる窒素濃度と湯檜曾川の窒素濃度の関係について、さらに検討を進めたので以下に報告する。

## 2.調査方法

湯檜曾川と各測定点の位置関係を図1に示した。湯檜曾川の白毛門入口地点(D地点:標高680m、写真1に流量大小時の状況を示す)で河川水の通年採水(114回/2005年)を実施するとともに、降雨(5月～11月)、降雪(1月～3月)も採水した。降雨は従来通り降雨量と水質から降下量も計算したが、降雪については表面下1cmの雪を採取し、降雪量の測定が不可能なため、算術平均で濃度を算出した。谷川岳山頂部近辺でも従来通り降雨・降雪を採取しているが、本報告では白毛門入口測点でのデータのみを用いた。

## 3.結果及び考察

湯檜曾川の測定頻度が年間30回以上となった2003年から2006年春までの、無機態窒素濃度の経年変化を図2に示した。図中の分数は、最大濃度及び最低濃度を記録した日付を示すが、流量が増加する融雪期の3月に無機態窒素濃度も最高値を示し、融雪がほぼ終了した6月に、窒素濃度は最小値を示

しており、典型的な溶脱現象を示している。無機態窒素濃度の幅は、最大0.8mg/l最低0.15mg/lである。そこでさらに採水頻度を上げて調査を実施した2004年11月から2005年10月まで1年間の、湯檜曾川無機態窒素濃度の変化を図3に示した。窒素濃度は秋(0.3mg/l)から冬季間上昇を続け、雪温が零度に上昇する3月に急激に上昇し、3月下旬に0.6mg/l超となった後に減少を開始し、6月上旬に最低濃度(<0.2mg/l)となった後、緩やかな上昇を開始した。

湯檜曾川採水点は、ロープウェー関連施設の排水が合流する地点より上流側であり、人為的な汚濁は認められない地点なので、窒素濃度の年間変動は、降雨・融雪と森林からの流出の結果とみなせる。融雪時期には溶脱現象により、無機イオン流出に伴い硝酸態窒素が流出するために濃度が上昇し、溶脱により高純度となった雪水の融解時期には、窒素濃度が低下するが夏期には融解水量が減少し、森林からの流出が卓越するために、窒素濃度が上昇すると思われる。

白毛門入口地点で採取した、5年間の降雨中窒素加重平均濃度と回収降雨量を表1に示した。年間加重平均濃度はほぼ安定しており、5年間の平均濃度は0.46mg/lであった。

次に2005年冬季の、同地点降雪中各態窒素濃度等を表2に示した。27試料中4検体は突出して窒素濃度が高かったため、この特異値を含む・含まない夫々の平均濃度を示したが、無機態窒素濃度は夫々0.63mg/l,0.34mg/lであり、降雨中窒素加重平均濃度に近い値であることがわかった。

表1 白毛門入口の各年降雨中各成分の加重平均濃度と降雨量

| 年     | pH  | EC   | NH4-N | NOx-N | InorgN | 降雨量  |
|-------|-----|------|-------|-------|--------|------|
|       |     | mS/m |       | mg/l  |        | mm   |
| 2001年 | 4.7 | 1.9  | 0.27  | 0.26  | 0.53   | 899  |
| 2002年 | 4.6 | 1.4  | 0.10  | 0.21  | 0.32   | 1125 |
| 2003年 | 4.9 | 1.7  | 0.17  | 0.28  | 0.45   | 926  |
| 2004年 | 4.7 | 1.6  | 0.18  | 0.32  | 0.50   | 1412 |
| 2005年 | 4.6 | 1.9  | 0.20  | 0.32  | 0.52   | 1068 |
| 5年間平均 | 4.7 | 1.7  | 0.18  | 0.28  | 0.46   | 1086 |

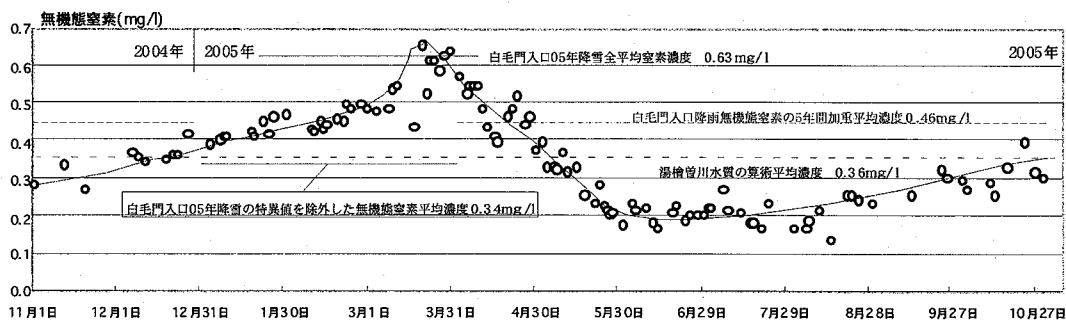


図3 湯檜曾川2004秋～2005秋1年間の無機態窒素濃度経日変化(測定点は土合砂防堰堤上流部)

表2 2005年冬季湯檜曾川降雪のpH,EC及び各態窒素の算術平均濃度

| 水質項目         | n  | pH  | EC  | NH <sub>4</sub> -N NO <sub>x</sub> -N InorgN |      |      |
|--------------|----|-----|-----|----------------------------------------------|------|------|
|              |    |     |     | mS/m                                         | mg/l |      |
| 全降雪測定濃度の平均濃度 | 27 | 5.3 | 1.8 | 0.33                                         | 0.30 | 0.63 |
| 特異値を除外した平均濃度 | 23 | 5.4 | 1.4 | 0.18                                         | 0.18 | 0.34 |

注記:湯檜曾川横雪表面下1cm 特異値はNO<sub>x</sub>-Nで>0.5,その他では>0.7mg/l以上

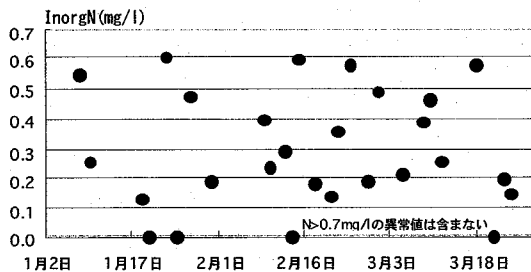


図4 2005年冬湯檜曾川降雪中無機態窒素濃度の経時変化

これらの平均濃度を図3に記載し、湯檜曾川の窒素濃度変動と比較すると、3種類の平均窒素濃度は共に湯檜曾川窒素濃度変動範囲に含まれることがわかる(湯檜曾川年間算術平均窒素濃度は0.36mg/l)。湯檜曾川の測定地点流量は、窒素濃度の高い融雪時期に最大となるので、湯檜曾川の加重平均窒素濃度は、算術平均濃度より上昇すると予測され、ま

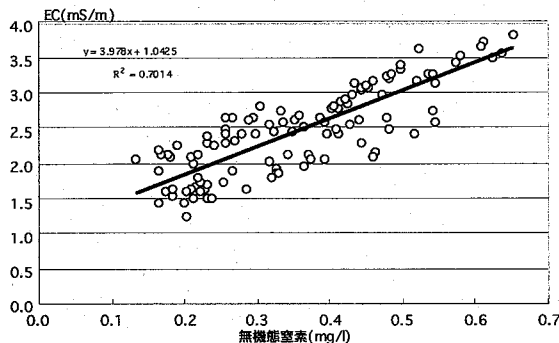


図5 湯檜曾川04年秋～05年秋無機態窒素とECの関係

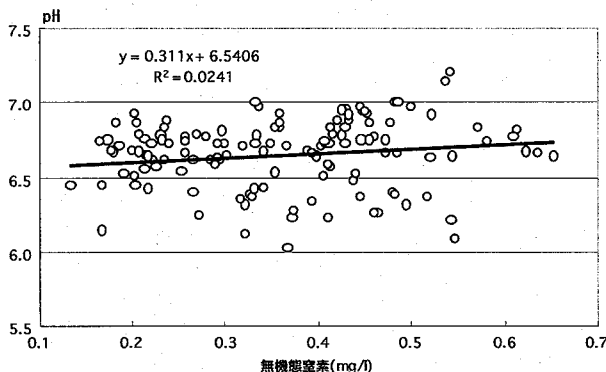


図6 湯檜曾川04年秋～05年秋無機態窒素とpHの関係

た降雪中の加重平均窒素濃度は、特異値を含まない降雪平均濃度に近い濃度を示すと考えられる。

湯檜曾川採水地点の降雪中窒素濃度の経時変化を図4に、また湯檜曾川河川水の無機態窒素濃度とECの関係を図5に、同じく窒素濃度とpHの関係を図6に示した。無機態窒素濃度とECは強い相関が認められるが、無機態窒素の殆どが硝酸態窒素であるにもかかわらず、pHとの間には殆ど関連が認められず、アシッドショックは観察されない。

湯檜曾川の無機態窒素濃度が、融雪期の最大流量時に最高濃度を示すことは、流域内降下窒素量よりも流出窒素量が卓越していることを示唆しており、既に窒素飽和の状況にあることが考えられる。この現象を正確に把握するためには、湯檜曾川の流量測定が不可欠であるので、今後の課題として検討するが、少なくとも人為的な汚濁を受けない湯檜曾川の水質は、基本的に降雪・降雨によりもたらされる窒素がベースとなっており、それに森林から流出する窒素が上乗せされる形で、濃度が形成されることがわかる。

雨雪中窒素の供給源としては、一般的に云われている農業由来や中国大陸からの大気汚染物質質着は考えにくく、主に首都圏から夏期海風によりもたらされる窒素と、関越トンネル排気ガスに含まれる窒素が供給源と思われる。

#### 4.まとめ

5年以上の長期にわたる詳細な観測により、人為的な汚濁が皆無で極めて清澄な溪流である湯檜曾川上流部において、典型的な融雪期窒素溶脱現象を確認し、その原因についても検討した。

今後は、土合砂防堰堤にて流量測定を実施し、窒素収支をより明確にしてゆきたい。

#### 参考文献

- 1) 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,p540
- 2) 青井 透、平野太郎、鎌田素之(2006)群馬県内及び首都圏の降雪中窒素濃度と湿性降下量の相違、第40回日本水環境学会年会講演集, p3
- 3) 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
- 4) 青井 透、森 邦広、池田正芳(2003)低公害車からのアンモニアガスの発生と関越自動車トンネル排気中窒素成分が谷川岳山頂近辺の降雨に及ぼす影響、土木学会環境工学研究論文集、Vol.40, pp713-720