

B-30 妙義山中木川流域で顕在化している 窒素飽和現象の確認

○宮里 直樹^{1*}・羽鳥 潤²・森 邦広³・川上 智規⁴・青井 透¹

¹群馬工業高等専門学校 環境都市工学科 (〒371-8530 群馬県前橋市鳥羽町580)

²北海道大学大学院工学研究科 環境創生工学専攻 (〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目)

³登山愛好家 (〒371-1305 群馬県利根郡みなかみ町後閑29-6)

⁴富山県立大学 短期大学部 (〒939-0398 富山県射水市黒河5180)

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

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、清澄な溪流にもかかわらず窒素濃度が異例に高いと報告されている¹⁾。これまで本研究室では数年、利根川源流域の湯檜曾川について継続的に水質調査を行ったところ、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²⁾。また利根川上流部の雨水に含まれる窒素成分($\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_x\text{-N}$ ($=\text{NO}_2\text{-N}+\text{NO}_3\text{-N}$))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³⁾。

一方、1984年7月29日に行われた長野県衛生公害研究

所(当時)の栗田ら⁴⁾の観測により、夏季に首都圏からの大気汚染物質が海風(地上風)によって群馬上空から碓氷峠を通り軽井沢に移動するということが報告されている。また、青井ら⁵⁾が群馬県内及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があることを報告している。

そこで本研究では、利根川支流碓氷川の裏妙義・中木川を対象とし、雨水及び河川の水質分析を行った。窒素飽和現象を検討するために必要な河川の流量測定値は、群馬県安中市上下水道部水道課より提供して頂いた。これらから、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なった。



2. 調査方法

(1) 調査対象流域

群馬県の南西部に位置する利根川支流碓氷川の裏妙義・中木川は妙義山塊に囲まれ、全く人為的な汚濁のない森林地帯に位置している。しかし、碓氷峠直前に立地するため、首都圏からの夏季地上風ルートの真下に位置しており、調査対象として選定した。

降雨回収のための雨水サンプラーは、裏妙義国民宿舎に場所を提供して頂き、設置した。窒素流出量の検討を行う場所として、河川の流量計測が行われており、かつ妙義湖による水質変化⁶⁾の影響を受けない場所であることが条件となる。そのため、群馬県安中市の中木川流量計測点を調査対象とした。計測点の河川流量については安中市上下水道部水道課から提供して頂いた。

対象河川流域における窒素沈着量、および窒素流出量



図-1 調査対象流域位置図および各計測点

の検討を行うためには、流域面積の算出が必要となる。そのため、群馬県土木地図のコピーを切り出し、重量を測定した。同様に標準となる1km²の重量を測定することにより、流域面積を算出した。

また、碓氷峠により近い桶木沢も調査対象点とした。桶木沢の流量は、流量計測点における流量から流域面積比により求めた。流量計測点および桶木沢の流域面積はそれぞれ、1,117ha、257haと算出された。

(2) 採水方法、水質分析項目および分析方法

2007年通年にわたり河川水の採水を、流量計測点および桶木沢で46回行った。降雨については国民宿舎裏妙義に雨水サンブラを屋外に常設(常時開放)し、降雨毎に降水量を測定するとともに雨水の回収(42回)を行った。

採取した試料は採水時に水温、電気伝導度およびpHの測定を行った。また、試料を直ちに研究室に持ち帰り、各態窒素・リンをオートアナライザー(ブランルーベ社)を使用し分析した。

3. 調査・分析結果および考察

(1) 回収降雨の分析結果および考察

表-1に裏妙義・中木川流域で回収した降雨の各年間平均濃度、回収降水量および湿性窒素降下量を示す。ただし、表中のNH₄-NとはNH₄-NとNO₃-Nの降下量の比である。湿性窒素降下量は降水量と無機態窒素濃度(Inorg-N=NH₄-N+NO₃-N)との積から算出した。また平均値については、降雨量から加重平均を計算した。その結果、年間の無機態窒素濃度平均値は、1.23mg/lと高い窒素濃度を示した。また窒素降下量は18.4kg/haと求められ、窒素飽和が起こるとされている10kg/haを超える結果となった。以上の結果から、裏妙義・中木川で窒素飽和現象の発生が示唆された。

表-1 降雨分析結果(加重平均濃度と回収降水量)

測定場所	n	pH	EC mS/m	NH ₄ -N mg/l	NO ₃ -N mg/l	NO _x -N mg/l	Inorg-N mg/l	NH ₄ -N /NO ₃ -N	降水量 mm	N降下量 kg/ha
裏妙義 中木川	42	6.8	2.37	0.55	0.02	0.69	1.23	0.80	1490	18.4

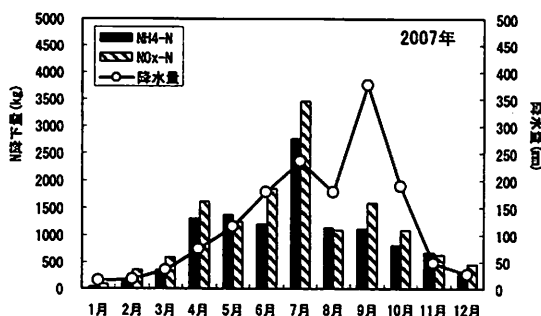


図-2 裏妙義・中木川における月別各態窒素降下量

象の発生が示唆された。

図-2に各態窒素月別降下量を示す。4月から8月までほぼ同量の窒素降下量があり、9月以降に低下する傾向があった。特に、7月に非常に高い窒素降下量のあったことがわかる。また、各月のNH₄-N、NO₃-Nは、4月から8月の窒素降下量の高い時期に、ほぼ1:1の比率で降下していることがわかる。

以上の結果から裏妙義・中木川では、夏季において窒素降下量が増加していることがわかる。これは、夏季地上風により首都圏で発生した大気汚染物質が群馬県に輸送され、降下するためであると思われる。また裏妙義・中木川が地上風ルートの真下に位置していることも大きな要因の一つであると考えられる。

(2) 河川水の水質分析結果および考察

裏妙義・中木川の流量計測点と桶木沢における年間の水質各平均濃度を表-2に示した。無機態窒素濃度の年間平均値はそれぞれ、1.72mg/l、2.85mg/lであり、人為的な汚染源が無い地点であるにもかかわらず、非常に高い窒素濃度を示すことがわかった。

無機態窒素濃度の年間変化を図-3に示す。裏妙義・中木川の流量計測点では、最大窒素濃度が3.10mg/l(6月2日)、最低窒素濃度1.09mg/l(9月15日)であった。また桶木沢では、最大窒素濃度4.23mg/l(5月12日)、最低窒素濃度1.79mg/l(10月15日)であった。流量計測点では人為的な汚染が無い地点にもかかわらず、年間を通して富栄養化が起こるとされている窒素濃度(0.15mg/l)の10倍程度の高い値が検出された。同様に人為的な汚染のない桶木沢では、流量計測点の年間平均窒素濃度よりも高い濃度の値が年間を通じて検出された。また両地点ともに、降雨無機態窒素濃度年間平均値(1.23mg/l)よりも高い無機態窒素濃度

表-2 各測定点における水質調査結果

測定場所	n	pH	EC mS/m	NH ₄ -N mg/l	NO ₃ -N mg/l	NO _x -N mg/l	Inorg-N mg/l	流量 1000m ³ /日
裏妙義 流量計測点	46	7.39	10.3	0.03	0.003	1.69	1.72	58
裏妙義 桶木沢	46	7.40	7.8	0.01	0.002	2.83	2.85	13

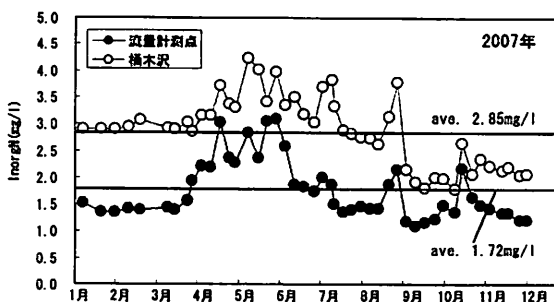


図-3 無機態窒素濃度年間変化

を示していることから、すでに中木川流域では窒素飽和状態である可能性が高いと考えられる。

桶木沢で流量計測点に比べて高い窒素濃度が検出された理由として、桶木沢が碓氷峠に近いという立地条件が考えられる。図-3より、夏季に首都圏からの地上風のルートに近いほど、河川に窒素濃度が高くなっていることがわかる。先に述べたように、降雨の窒素濃度により河川の水質が大きく影響されていることが示唆された。

(3) 河川水における窒素流出量の算出結果と考察

窒素流出量は各態窒素濃度と河川流量の積から算出した。図-4に月別無機態窒素流出量を示す。

9月に、裏妙義・中木川流域の両測定点ともに窒素流出量が突出して高くなっているが、この年に飛来した台風9号により河川の流量が増加したため、窒素流出量も増加したためと思われる。また、両測定点では降雨による流量の増加により、窒素流出量が変動することがわかる。そのため、降水量の多い夏季および台風が頻発した9月に窒素流出量が増加すると思われる。

本研究の算出結果により、裏妙義・中木川流域では年間40t(30kg/ha/y)の窒素がしていることが示唆された。(流量計測点および桶木沢で、それぞれ年間28t、12t程度)

(4) 窒素飽和現象の検討

窒素飽和現象とは、渓流水からの窒素流出量が窒素沈着量を上回る現象である。今回は湿性沈着量(窒素降下量)と窒素流出量を比較をし、裏妙義・中木川流域における窒素飽和現象について検討を行なった(表-3)。比較した結果、裏妙義・中木川では窒素流出量が湿性沈着量より1.5倍程度上回っていることがわかった。沈着量は湿性沈着量と乾性沈着量の合計で構成されるものであ

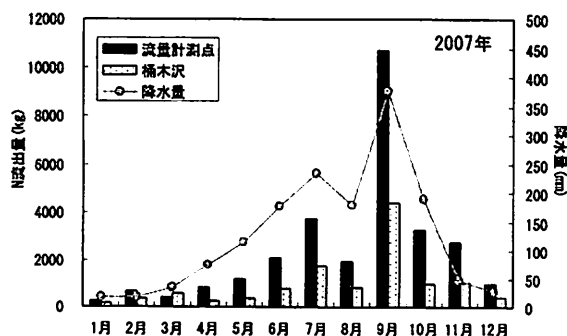


図-4 月別無機態窒素流出量

表-3 年間窒素流出量と湿性窒素沈着量の比較

流域	窒素流出量(kg)	湿性沈着量(kg)
裏妙義 中木川	40563	25170

り、本研究で対象とした湿性沈着量には乾性沈着量も含まれているが、窒素飽和している可能性は高いと思われる。

4. まとめ

今回の研究から以下の結果が得られた。

- (1) 本研究で調査対象とした裏妙義・中木川流域では窒素降下量は18.4 kg/haであり、窒素飽和が起こるとされている10 kg/haを超えていた。
- (2) 裏妙義流量計測点および桶木沢の無機態窒素濃度は、1.72mg/l、2.85mg/lであり、富栄養化を起こすとされている0.15mg/lを大きく上回っていた。
- (3) 裏妙義・中木川流域で窒素流出量は降雨による影響を受けることが確認された。
- (4) 窒素流出量が湿性窒素沈着量より1.5倍程度と上回っており、窒素飽和現象の発生が示唆された。

謝辞

国民宿舎裏妙義では降雨の採水地として、ご協力頂きました。安中市上下水道部上水道課には、流量計測点における流量データを提供して頂きました。また膨大な水質分析は、本研究室岸分析主任によるものであります。現地調査では、本研究室の5年生および専攻科学生、卒業生のご協力を頂いた。お世話になった全ての方々に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 森邦広, 青井透, 阿部聡, 池田正芳: 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, Vol39, pp.235-246, 2002.
- 2) 森邦広, 森千恵子, 青井透: 谷川岳周辺積雪温度と融雪期湯けい川水質との関係, 第41回日本水環境学会年会講演集 p.400, 2007.
- 3) 青井透, 森邦広, 平野太郎: 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, Vol41, pp.97-104, 2004.
- 4) 栗田秀寛, 植田洋匡: 沿岸地域から内陸の山岳地域への大気汚染物質の輸送および変質過程, 大気汚染学会誌, Vol21, pp.428-439, 1986.
- 5) 青井透, 平野太郎, 鎌田素之: 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回日本水環境学会年会講演集, p.401, 2007.
- 6) 羽鳥潤, 宮里直樹, 青井透, 川上智規: 妙義山中木川流域での窒素飽和現象の検討, 土木学会第44回環境工学研究フォーラム講演集, pp.125-127, 2007.