

スキー場を集水域に持つ河川に見られる窒素汚染

長良川・溪流の保全を考える会

村上 哲生¹⁾・三輪 春男²⁾

Nitrogen Pollution in the Catchments Basin of Mountain Streams with Skiing Grounds.

The Nagara River Conservation Group

Tetsuo Murakami and Haruo Miwa

1. はじめに

(財)日本自然保護協会が取り組んできた河川環境保護活動の中でも、長良川河口堰問題は、社会的に最も良く知られた話題の一つであった。河口堰の建設以前の環境影響予測や、運用後の環境変化については、同協会から多くの報告書が発表されている(例えば、日本自然保護協会河川問題特別委員会・長良川河口堰問題専門委員会 1990、長良川河口堰事業モニタリング調査グループ 1999)。多岐に亘る環境影響の中でも、堰湛水域における浮遊藻類の発生に起因する水質・底質問題は、特に重要な争点の一つであった。長良川の窒素・燐などの栄養塩濃度は木曽三川で最も高い値であり、そのために堰上流部の藻類発生は深刻な問題となつたのである。河口に限定された地域的な開発事業であっても、上流部からの栄養塩負荷を考慮しなければ、下流部の藻類発生問題の理解と解決につながらない。連続性を考慮した河川観の確立の必要性は、この長良川事例で新たに生じた課題であった。

河川の環境保全の議論に際して、その連続性の維持が強調されることが多いが、具体的な物質の流れを対象とし、源頭から河口までを視野に入れ研究は、我国ではほとんど目にすることはない

ようと思われる。本研究は長良川全体の栄養塩供給の起源と、移動、消費の全過程を明らかにするための一連の研究の一つである。窒素供給の起源は様々であるが、最初の試みとして、通常ほとんど考慮されていない源頭部の窒素汚染の問題を探り上げる。

スキー場滑走雪面の硬化剤として散布される硫安(硫酸アンモニウム; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)がゲレンデ内の陸上植物に及ぼす影響については、建元・中村(1998、1999)、下平ほか(2001)により、現存量の有意な増加や種多様性の減少が報告されている。一方、撒布された硫安の河川への影響については、既に原・吉越(1982)や黒田・村上(1999)が冬季の長良川の河川水質の特異的な変化、例えば総窒素や硫酸イオン濃度の増加を観測しており、硫安の河川への流出が示唆されていたが、村上ほか(2003a)はいくつかの溪流の栄養塩負荷の経時的な観測から、スキー場を集水域とする河川では、窒素の濃度と負荷量が冬季に著しく増加することを明らかにした。撒布後の硫安は、融雪に伴いアンモニウムイオンとして直ちに流出するとともに(川相 2000)、残留したアンモニウムイオンは低温下でも硝化され、硝酸イオンとして河川に流出しているらしい。

1) 名古屋女子大学

2) 長良川水系・水を守る会

硫安撒布の負荷の推定、流出機構の解明、また生態影響等、今後解明すべき課題は多いが、本研究では特に、窒素汚染の面的な分布と流出の特性について検討する。長良川源頭部の窒素汚染問題の概要については、村上他(2003a、2003b)を参照されたい。

2. 調査方法

(1) 調査地域と調査時期

奥美濃と呼ばれる岐阜・福井の県境部は、太平洋へ注ぐ長良川や、日本海に向けて流れる庄川、九頭竜川の源となっている。この地域では、豊富な積雪を利用したスキー場開発が1970年代より進められている。図1は、対象とした三川の源頭部

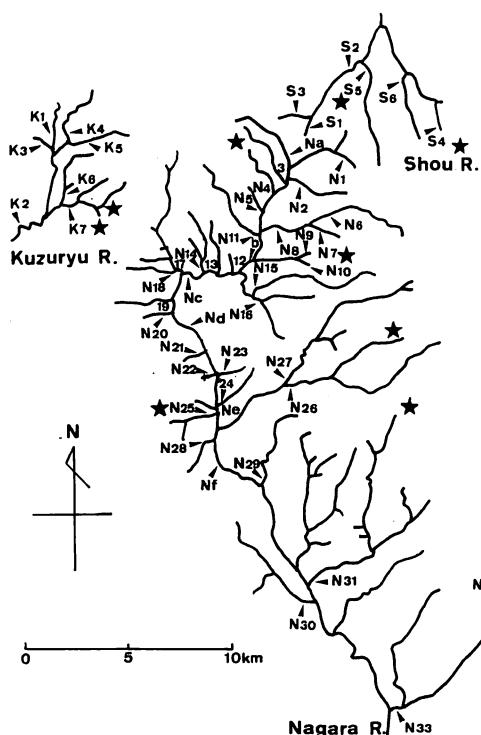


図1 一斉水質観測地域

地点番号のNは長良川水系の本川(Na~Nf)と支川(N1~N30)、S、Kはそれぞれ庄川、九頭竜川水系の調査地点を示す。試料は夏季(2003年8月31日)と冬季(2004年2月28~29日)に採集した。図中の★印は営業中のスキー場の位置を示す。

を示すが、この地域に10箇所以上のスキー場が分布している。調査対象は、三川源頭部の本川、支川とし、長良川38地点、庄川6地点、九頭竜川7地点を調査対象とし、夏季(2003年8月31日)と冬季(2004年2月28~29日)に一斉水質観測を行った。

また、この地方で最大規模のスキー場を集水域に持つ河川(神中川; Sta. N4)において、2004年2月22日から28日にかけて、6時間ごとに水質の変動を観測した。

(2) 現場観測と分析の方法

現場では、水温、および導電率、濁度を、それぞれサーミスタ、四電極法、積分球式濁度計で観測した後、表層水を採取した。試料は、採取後、直ちに濾過し冷蔵して持ち帰り、分析まで凍結して保存した。無機態の窒素・磷濃度分析は、西條・三田村(1995)に準じた。

3. 調査結果

(1) 調査地域の溪流の水質の特徴

調査した三川の源頭部の人口負荷は概ね小さく、濁度も10を越す河川はごく稀であった。夏季の調査においては、人為的汚染の指標とされる導電率はSta. N25(向小駄良川)を除き、10mS/mを越す値が記録された河川はなかった。一方、冬季には、Sta. N2(上野谷)、N4(神中川)、N25で、夏季に比べ著しく高い10mS/mを越える導電率が観測された(図2)。

(2) 河川水中の窒素濃度の分布

図3は、調査した河川の冬季の窒素濃度増加(冬季の観測値-夏季の観測値)を示したものである。大規模スキー場を集水域内に持つSta. N4で、夏季に比べ著しく高い値が記録され、その下流の本川(Nb、Nc、Nd)でも夏季の値を上回った。Sta. S2(御手洗川)、N2、N10(八百僧谷)、K1(石徹白川)でも、夏季に比べて高い値であった。Sta. S2、N10もSta. N4と同じく、集水域内にスキー場を持つ河川である。

(3) 集水域に大規模スキー場を持つ神中川の窒素

1) 流出の特徴

図4は、2004年2月22~28日にかけての気温、相

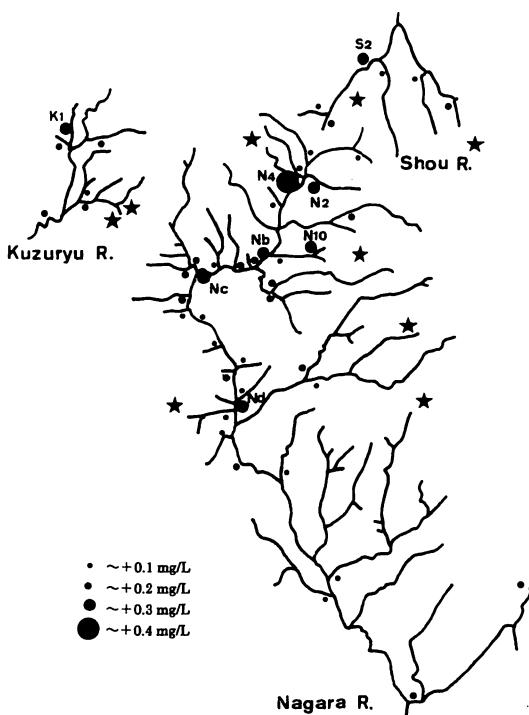
対的な水位、導電率、および総窒素濃度の変動を示す。著しい水位の変動は、22日午後の降雨によるものである。導電率と窒素濃度は、気温や降水などの気象条件と関連した変動を示すことはなかった。

4. 考察

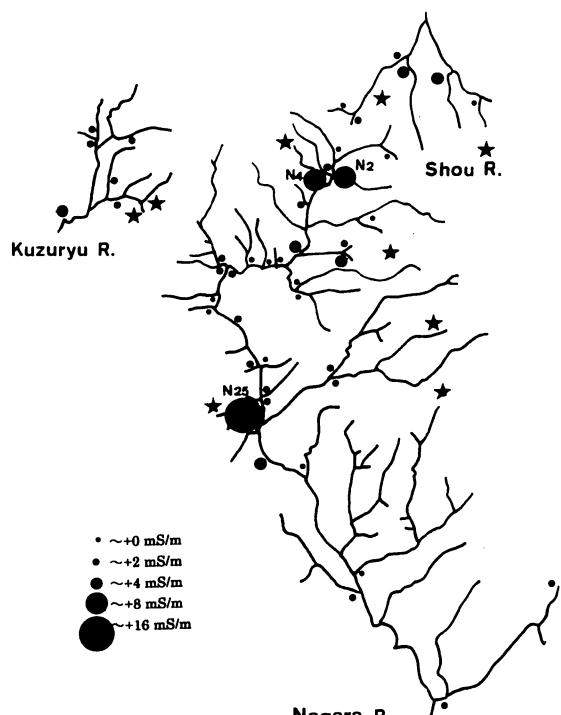
(1) 源頭部の渓流の窒素汚染の面的な分布

大規模スキー場を集水域に持つ河川Sta. N4(神中川)では、冬季に顕著な窒素濃度の増加が認められ、また、S2(御手洗川)、N10(八百僧川)でも、夏季の測定値に比べ、それぞれ2倍、3倍の濃度が記録された。しかし、スキー場を集水域に持つ全

ての河川で、冬季の窒素濃度の増加が顕著に現れるわけではない。Sta. S4(一色川)、N26(牛道川)、N25(向小駄良川)、N31(栗巣川)では、冬季の窒素濃度の増加はごく僅かである。これは、冬季の窒素濃度の増加の割合が、スキー場の規模と営業の形態、またゲレンデが集水域に占める面積の割合とによって決まるためであろう。硫安撒布は、主に、大規模スキー場が競技スキーのコースを設置する場合に使われる(川相ほか 2000)。Sta. N4、N10の集水域に分布するスキー場はこのタイプであり、また、スキー場のゲレンデの面積は、それぞれの河川集水域の50%、11%を占める。Sta. S2の集水域内のスキー場は、競技スキーに使われる



冬季の調査時の導電率と夏季のそれの差として表示した。N2、N4、N25には、それぞれ広域農道、スキー場へのアプローチ道路、国道が通っており、融雪のために撒かれた塩化カルシウム(CaCl_2)の流入により、高い導電率が記録されたものと思われる。



冬季の調査時の総窒素濃度と夏季のそれの差として表示した。集水域の50%をゲレンデが占める河川(N4; 神中川)では、夏季の濃度の3.6倍に達し、流入後の本川でも高い濃度が記録された。S2(御手洗川)、N10(八百僧谷)でも増加が認められた。

規模ではないが、集水面積のかなりの部分を宿泊施設が占めており、この河川での冬季の窒素濃度の増加は、スキー客の集中による人口負荷の増加によるものかもしれない。一方、他の窒素濃度の増加が顕著でない河川の集水域に分布するスキー場は、所謂ファミリーゲレンデと呼ばれる家族客向けの小規模施設であり、頻繁に多量の硫安を撒布する必要性はなく、なおかつ、ゲレンデの面積は集水域の数%かそれ以下に過ぎない。

(2) スキー場からの窒素流出の時間的変動

対象とした地域は温暖積雪地であり、融雪は頻

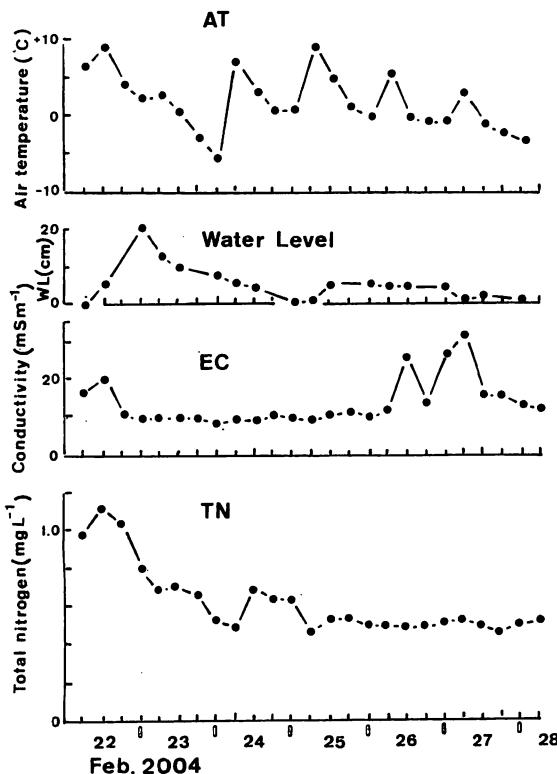


図4 長良川水系神中川(Sta. N4)における気温、相対的な水位、導電率、および総窒素濃度の変動

調査開始前の16日に競技スキー大会があり、その時に一時的に硫安が撒かれた可能性がある。26、27日の導電率の上昇は、スキー場へのアプローチ道路の融雪のために撒かれた塩化カルシウムの流入によるものらしい。

繁に起こる(鈴木 1996)。しかし図4で示すように、気温上昇や降水により、渓流の窒素濃度が著しく増加する現象は認められなかった。窒素濃度は、観測初日の22日(日)に最大の濃度であり、以後漸減する傾向であった。川相ほか(2000)は、実験的に撒布された硫安の流出量の日変化を観測し、初期の流出が極めて大きく、日数が経過するに従い、流出量が速やかに減少することを観測している。本研究が対象とした神中川(Sta. N4) 集水域内のスキー場では、調査開始6日前の16日(月)に競技スキーが行われている。図4に示す総窒素濃度の漸減の過程は、その時にコース整備のために撒かれた硫安の流出が22日から23日まで続いていること、以後の新たな撒布はなかったことを示すものと考えられる。渓流への窒素流出は、気象的な条件で増減するのではなく、スキー場の営業により人為的に決まることが推測できる。

導電率の26日、27日における突然の増加も、やはり人為的な影響であろう。週末28日(土)のスキー客のための道路整備のため、融雪剤(塩化カルシウム; CaCl_2)の撒布が行われたものと思われる。図2に示す冬季の導電率が著しく高くなる河川(Sta. N2, N4, N25)は、それぞれ大規模農道、スキー場へのアプローチ道路、国道が、その採集地点の傍らを通っている。

5. おわりに

長良、庄、九頭竜川三川の源頭部のスキー場を集水域とする河川のいくつかで、冬季に特異的な窒素濃度の増加が見られたが、その濃度は、飲料水基準(亜硝酸態、硝酸性態窒素の総和で 10mg/L 以下)に比べればはるかに低く、直ちに人の健康に関わるレベルのものではなかった。また、図4に見られるように、一時的な汚染も数日で回復することが予想できる。しかし、その生物への影響、特に河川生態系に及ぼす影響については、まだ不明な点も多い。低濃度とはいって、無雪季の数倍に達する窒素負荷と、それによって変化した栄養塩の相対的な比率の変化は、河川の一次生産者である付着藻類群集の種類組成と現存量に影響を及ぼ

す可能性がある。

長良川上流部の窒素負荷の問題は、河川水などの表層水に限るわけではない。従来、清流と考えられてきた郡上八幡付近の湧水でも、硝酸態の窒素濃度が意外に高いことが明らかにされている（島野・安田 1994、村上ほか 2004）。河川水、地下水への窒素の供給と移動、消費の量的な把握や、その変動が河川内の生物群集に及ぼす影響については、さらに検討が加えられるべきであろう。

引用文献

- 原昭宏・吉越昭久. 1982. 長良川上流における積雪期の河川水質・水温の研究, 26: 19-26.
- 川相元斉・下平勇毅・田瀬則雄. 2000. 雪面に撒布された硫酸アンモニウム(硫安)の挙動と撒布による融雪水への影響. 日本水文学会誌, 30: 137-147.
- 村上哲生・服部典子・舟橋純子・須田ひろ実・八木明彦. 2003a. スキー場を集水域を持つ溪流に見られる窒素汚染. 応用生態工学, 6: 45-50.
- 村上哲生・黒田伸郎. 1999. 長良川全水系の栄養塩量に関する調査. 「長良川河口堰が自然環境に与えた影響」(長良川河口堰事業モニタリング調査グループ・長良川研究フォーラム・日本自然保護協会編), pp. 1-5. (財)日本自然保護協会, 東京.
- 村上哲生・前澤智子・堀のり子・服部典子. 2003b. スキー場による窒素汚染の現状と新たな調査へのお誘い. 清流・さかな・長良川, 32: 2-3.
- 村上哲生・大島由美・近藤朝美・竹村央・加藤由紀子. 2005. 郡上八幡市の湧水一類型化と汚染の現状一. 名古屋女子大学紀要(家政・自然編), 51. (印刷中)
- 長良川河口堰事業モニタリング調査グループ・長良川研究フォーラム・日本自然保護協会(編). 1999. 長良川河口堰が自然環境に与えた影響. (財)日本自然保護協会, 東京.
- 日本自然保護協会河川問題調査特別委員会・長良川河口堰問題専門委員会(編). 1999. 長良川河口堰事業の問題点 中間報告書. (財)日本自然保護協会, 東京.
- 西條八束・三田村緒佐武. 1995. 湖沼調査法. 講談社, 東京.
- 島野安雄・安田守. 1994. 岐阜県・愛知県の名水—養老の滝と菊水泉・宗祇水・長良川(中流域)・木曾川(中流域)—. 「名水を科学する」(日本地下学会編), pp. 140-156. 技報堂出版, 東京.
- 下平勇毅・田瀬則夫・東照雄・中村徹・川相元斉・佐藤芳徳・建元喜寿. 2001. スキー場で使用される雪面硬化剤・硫酸アンモニウム(硫安)の水・土壤・植生への影響. 環境科学会誌, 14: 261-268.
- 鈴木啓助. 1996. 温暖積雪地における溪流水質変動. 地学雑誌, 105: 1-14.
- 建元喜寿・中村徹. 1998. スキー場における硫安撒布の実態. 野外教育研究, 2(1): 13-19.
- 建元喜寿・中村徹. 1999. スキー場において使用される雪面硬化剤の環境への影響. 日本生態学会誌, 49: 287-290.

Total nitrogen concentrations of 51 rivers in the catchments basin of the upper Nagara, Shou and Kuzuryu Rivers, Gifu Prefecture, Central Japan, were determined to clarify the environmental effects of ammonium sulfate ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) using as snow cement on the skiing grounds both in summer and winter. Total nitrogen concentration of the rivers with large scale skiing grounds in their catchments area showed remarkable increase in winter. In a river where skiing ground occupied 50% of its catchments area, fluctuations on electric conductivity (EC) and total nitrogen concentration had no significant correlation with that of weather conditions such as air temperature and precipitations. Total nitrogen concentration can increase after a skiing meeting and abrupt increase in EC on weekend may due to snow melting works of the approach to the skiing ground using calcium chloride (CaCl_2).

Key words; ammonium sulfate, Nagara River, nitrogen pollution skiing grounds, snow cement