

神奈川県三浦半島北部の源流域における溪流水質の特徴

苗村晶彦 *

Stream water chemistry in northern part of the Miura Peninsula, Kanagawa Prefecture. NAE-MURA Akihiko* (*Department of General Studies and Liberal Arts, Toita Women's College, 2-21-17 Shiba, Minato-ku, Tokyo, 105-0014 Japan).

Investigation was conducted on substance concentrations at ordinary water levels in stream waters of the Nameri River in Kamakura City, northern part of the Miura peninsula. The results showed that the average Cl^- and NO_3^- concentrations in stream waters of the Nameri River were 319 μM and 41.3 μM , respectively. Therefore, it was found that the stream waters of the Nameri River are significantly influenced by atmospheric deposition and sea salt. However, the average NO_3^- concentration was lower in the stream waters in northern part of the Miura peninsula than around the metropolitan areas due to the impact of denitrification. This suggests that the NO_3^- concentration in stream waters originating from forests on hilly lands is strongly related to the topography.

Keywords

the Miura peninsula, stream water, atmospheric deposition, sea salt, topography
三浦半島, 溪流水, 大気沈着, 海塩, 地形

1 はじめに

日本の首都圏（1都7県）は人口4,300万人を有し、世界有数の都市圏である。首都圏の中心に接する丘陵地には首都圏由来の大気沈着が大きいと考えられ、森林生態系に対する大気沈着の影響の指標として森林の溪流水中における溶存イオン濃度が挙げられる。一次汚染物質の NO_2 から生成される二次汚染物質の硝酸イオン（ NO_3^- ）は首都圏周辺の森林溪流水中で高いことが散見される¹⁻³⁾。また、溪流水中の塩化物イオン（ Cl^- ）は大気沈着の影響が反映される⁴⁾。従って、首都圏における大気沈着の影響を把握するために、首都圏内の溪流水中の NO_3^- や Cl^- を調べることは重要である。

森林生態系内の物質循環において、窒素不足の状態にある通常の健全な森林では、降雨等による窒素降水量が増加した時に次第に窒素飽和状態に移行していくという現象がみられる⁵⁾。現象としては森林から窒素のリーチング（大部分の形態は NO_3^- ）が行われるため、窒素飽和状況を示す指標として溪流水の NO_3^- 濃度が重要である。

溪流水中の溶存化学成分には、大気由来の影響を反映するものとして Cl^- が挙げられる⁴⁾。大気からの Cl^- は、降水等によって森林へ流入した際には、森林生態系の影響を受けない。また、岩石中にはわずかしかな含まれない。従って岩石の風化過程で溪流水に Cl^- が寄与する量はほとんどない。

そこで、本研究では、首都圏の三浦半島北部の丘陵地における源流域の溪流水に注目した。溪流水中の大気由来の Cl^- 、窒素飽和の指標である NO_3^- に焦点を充て、大気からの湿性沈着のデータと併せて考察した。

2 方法

三浦半島は、房総半島南部とともに本州の前弧に伊豆・小笠原弧前弧の地質体が付加し、陸地になった地域で⁶⁾、日本列島の地質上では四万十帯の東方延長として区分されている⁷⁾。調査地はその三浦半島の北部に位置する滑川水系源流域（北緯35.51度、東経139.59度、標高40m）とした（図1）。滑川は神奈川県鎌倉市（2018年現在、人口17万人）の中心部を流れる二級河川で、鎌倉市十二所の朝比奈峠付近を源流とし、鎌倉市街を流下し

* 〒105-0014 東京都港区芝2-21-17 戸板女子短期大学総合教養センター

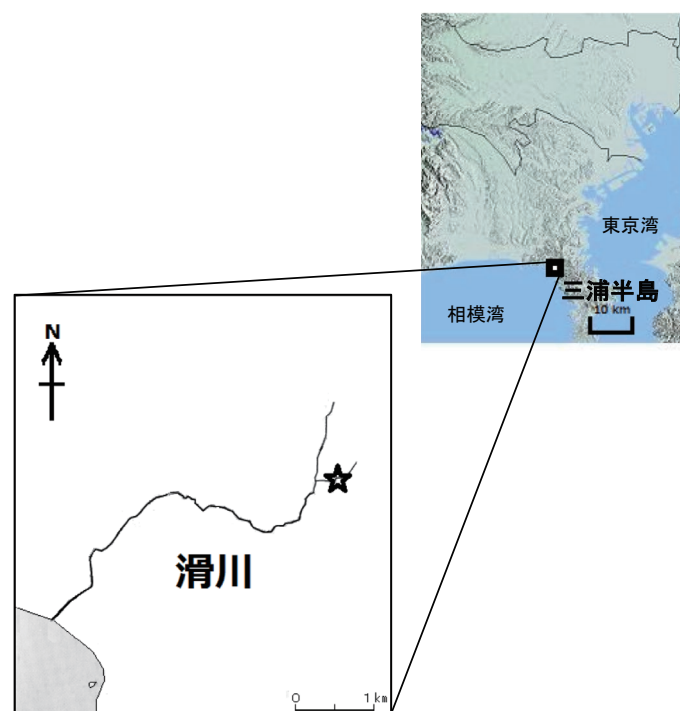


図1 滑川水系源流域の調査地（☆は採取地点）.

て相模湾に注ぐ、流域面積 11.9 km²、延長 5.6 km である。調査地において、2000 年 9 月 8 日～2001 年 8 月 29 日の期間に 1 ヶ月に 1 度ほどの頻度で平水時に 15 回採取を行った。採取した試料については、MILLIPORE 社のメンブランフィルター（ポアサイズ 0.45 μm）で濾過した後、溶存成分について Cl⁻、NO₃⁻ 濃度は DIONEX 社のイオンクロマトグラフィー（QIC Analyser）を用いて測定した。また、大気データとして近隣の神奈川県平塚の神奈川県環境科学センター（北緯 35.21 度、東経 139.21 度）における湿性沈着⁸⁾を 2000～2001 年度の 2 年分について併せて解析を行った。

3 結果

3・1 渓流水中の Cl⁻ 濃度

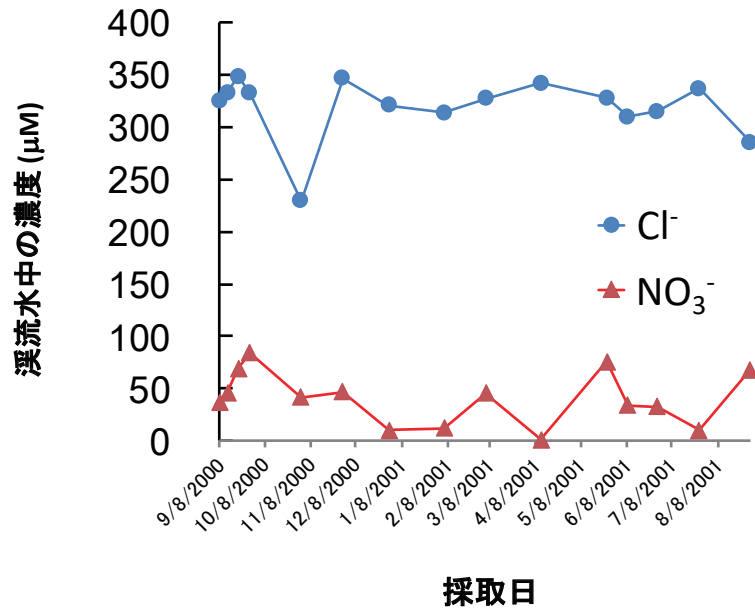
滑川水系源流域における渓流水中の Cl⁻ 濃度を表 1 に示し、変動を図 2 に示した。Cl⁻ 濃度は平均 319 μM となり、木平らがまとめた全国の渓流水質中の神奈川県 (n=22) の

平均値 (68 μM)⁹⁾ と比べて非常に高かった。また、Cl⁻ 濃度の変動は小さく、2000 年 9 月 20 日の調査時に最高値 348 μM、2000 年 11 月 1 日の調査時に最低値 229 μM であった。また基盤岩が同じ四万十帯である秩父甲斐多摩山岳域における広域な調査¹⁰⁾ のデータと比較すると最も低かった大弛峠（標高 2,200 m）の 11.2 μM と比較して 28 倍、最も高かった八王子城址（標高 220 m）の 87.0 μM と比較しても 3.7 倍となった。滑川水系の源流域は海岸近く、同じ多摩三浦丘陵の大岡川の渓流水における濃度 (366 μM)¹¹⁾ や、伊豆半島南部の渓流水における濃度 (330 μM)¹²⁾ に匹敵するほど滑川水系源流は海塩の影響が大きく反映されていることがわかった。

大気データとして近隣の神奈川県平塚における湿性沈着⁸⁾中の Cl⁻ を 2000～2001 年度を解析した結果、加重平均は 62.2 μM となった。渓流水中の Cl⁻ 濃度と湿性沈着中の Cl⁻ 濃度から、渓流水中の Cl⁻ 濃度には乾性沈着の影響がかなり大きいと推測される。

表 1 滑川水系源流域における渓流水中の Cl⁻ 濃度および NO₃⁻ 濃度.

	平均値 (μM)	最高値 (μM)	最低値 (μM)	変動係数 (%)
Cl ⁻ 濃度	319	348	229	9.24
NO ₃ ⁻ 濃度	41.3	84.3	1.55	61.9


 図2 渓流水中の Cl^- 濃度と NO_3^- 濃度の変動.

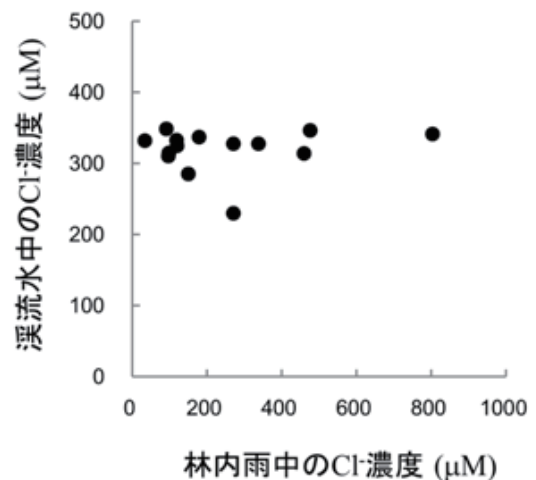
3・2 渓流水中の NO_3^- 濃度

滑川水系源流における渓流水中の NO_3^- 濃度を表1に示し、変動を図2に示した。 NO_3^- 濃度は平均 $41.3 \mu\text{M}$ となり、木平らがまとめた全国の渓流水質中の神奈川県 ($n=22$) の平均値 ($63.1 \mu\text{M}$)⁹⁾ と比べて低かった。また、 NO_3^- 濃度の変動は大きく、2000年9月28日の調査時に最高値 $84.3 \mu\text{M}$ 、2001年4月11日の調査時に最低値 $1.55 \mu\text{M}$ であった。また、秩父甲斐多摩山岳域における広域な調査¹⁰⁾ のデータと比較すると矢沢 (標高 580 m) の $44.4 \mu\text{M}$ と同程度であった。

大気データとして近隣の神奈川県平塚における湿性沈着⁸⁾ 中の NO_3^- を2000～2001年度を解析した結果、加重平均は $13.5 \mu\text{M}$ となった。渓流水中の NO_3^- 濃度と湿性沈着中の NO_3^- 濃度から、渓流水中の NO_3^- 濃度についても乾性沈着の影響が大きいと考えられる。

4 考察

今回の調査地点から東南へ0.7 kmの鎌倉市内の十二所果樹園におけるスギの林内雨 ($n=14$) 中の Cl^- 濃度¹³⁾ と林内雨を調査した日と対応した調査を行った時の渓流水中の Cl^- 濃度 ($n=14$) との関係を図3に示した。林内雨は降水に加えて、乾性沈着の影響も受け海塩の影響によって変動が大きくなる。しかしながら、林内雨に比べて渓流水中の Cl^- 濃度の変動は少ない。降水等からもたらされた Cl^- は、森林生態系の物質循環によってアウトプットとなる森林渓流水として流出する際には、群馬県みどり市の利根川水系の森林渓流水 ($n=48$) 中の Cl^- 濃度については


 図3 スギの林内雨中の Cl^- 濃度と渓流水中の Cl^- 濃度。
スギの林内雨の値は、Naemura et al.¹³⁾ のデータによる。

5.9%であり、主要イオンの中では最も変動係数が小さかった¹⁴⁾。今回の調査においても9.2%と変動は小さく、渓流水中の Cl^- 濃度は特に時間代表性があると考えられる。

大気からの過剰な窒素の流入があると、森林生態系において、植物の窒素要求量を上回り、系外に流出するようになり、多摩三浦丘陵の北部においてその現象が確かめられている¹⁵⁾。滑川水系源流域の調査地点から東南へ0.7 kmの鎌倉市内の十二所果樹園の調査においても窒素飽和の報告がされている¹⁶⁾。ただ、系外への NO_3^- 流出は脱窒によって N_2 、 N_2O として大気へ還元される場合に低下することがある¹⁷⁾。Yoh et al.¹⁸⁾ によると、多摩川流域の (多摩三浦丘陵を含む) 八王子周辺から一ノ瀬高原に

わたる 15 箇所の渓流水を通年観測した結果、 NO_3^- の変動係数は 14.0 ~ 50.0 % であった。今回の調査で変動係数は 61.9 % となったが、大岡川源流域の平均濃度と比べて半分以下であった。富山県の呉羽丘陵および射水丘陵においても、5 km ほどの調査地の違いでほとんど同じ植生ながらも表層土の硝化率の違いから渓流水中の NO_3^- 濃度の顕著な差が認められ、射水丘陵の NO_3^- 濃度が低下したと考えられている¹⁹⁾。三浦半島北部の丘陵地の渓流水中の NO_3^- 濃度が、例えば冬季の調査時に 10.8 μM と低下したのは低温による土壌中の窒素の無機化および硝化速度の低下が考えられ²⁰⁾、春季の調査時に 1.55 μM と非常に低濃度となったのは脱窒等が考えられる¹⁷⁾。このような結果から、三浦半島北部における渓流水中の NO_3^- 濃度の変動が大きかったと推測される。

近年では大気からの酸性雨などとして供給される長期的な NO_3^- 負荷量が大きく影響していることが示唆されている²¹⁾。加えて、樹木に付着する乾性沈着も都市近郊で大きな要因と推測される²²⁾。首都圏周辺では特に群馬県西部で渓流水中の NO_3^- 濃度が高い²⁾。群馬県西部における降水の水質および量から窒素降下量を算出した結果、年間窒素降下量は、川崎市や横浜市よりも多く 20 ~ 30 $\text{kg ha}^{-1} \text{year}^{-1}$ に達することなどから、群馬県内の利根川上流域では西部および北部で広範囲に窒素飽和現象が出現していると推測されている²⁾。ただ、この窒素降下量は湿性沈着である。今回の調査地点から東南へ 0.7 km の鎌倉市内の十二所果樹園のスギ林における林内雨等の調査で物質収支のシミュレーションの結果¹³⁾、 NO_3^- の湿性沈着が 18.5 $\text{kg ha}^{-1} \text{year}^{-1}$ 、乾性沈着が 49.5 $\text{kg ha}^{-1} \text{year}^{-1}$ と算定され、三浦半島北部においては乾性沈着が重要である。しかしながら、滑川水系の源流域における渓流水中の NO_3^- 濃度では平均 41.3 μM と三浦半島北部に隣接する多摩丘陵を源流とする大岡川源流と比較して半分以下であった。滑川源流域において乾性沈着が大きいことから、渓流水中の NO_3^- 濃度も高いことが予想されたが結果は低かった。

丘陵地は山地より起伏が小さく、その谷部は比較的平坦であり、船底型と呼ばれる地形を形成し、谷地と呼ばれる過湿な平坦部を持つ。こうした丘陵地の谷底部は一つの典型的な脱窒サイトになっているようであり²³⁾、三浦半島の滑川源流ではそのような典型的例であることが示唆される。富山県の射水丘陵では渓流水中の NO_3^- 濃度が春から夏にかけて 0 μM 近くになっている²⁴⁾。滑川源流域で窒素飽和が報告されるが^{13, 16)}、三浦半島北部の滑川源流における渓流水の NO_3^- 濃度についても植物の成長期による養分の取り込みや脱窒によって低くなる季節変動が見られ、丘陵地は地形によって季節的に変動が大き

くなると考えられる。

摘 要

首都圏の三浦半島北部を源流とする鎌倉市内の滑川水系源流域において渓流水中の平水時濃度を測定した。渓流水中の Cl^- 濃度は平均 319 μM 、 NO_3^- 濃度は平均 41.3 μM となった。三浦半島北部における丘陵の源流域は、大気沈着（特に海塩）からの影響を大きく受けるが NO_3^- 濃度は脱窒の影響もあり平均値も首都圏周辺部と比べて低かった。丘陵地を源流とする渓流水中の NO_3^- 濃度は地形の影響で変動が大きいと示唆される。

引用文献

- 1) 戸田浩人, 笹賀一郎, 佐藤冬樹, 柴田英昭, 野村睦, 市川一, 藤戸永志, 鷹西俊和, 清和研二, 塚原初男, 飯田俊彰, 谷口憲男, 中田誠, 桑原繁, 内田武次, 春田泰次, 井上淳, 八木久義, 塚越剛史, 蔵治光一郎, 二田美穂, 小野裕, 鈴木道代, 今泉保二, 山口法雄, 竹中千里, 万木豊, 川那辺三郎, 安藤信, 中西麻美, 西村和雄, 山崎理正, 長山泰秀, 土肥奈都子, 片桐成夫, 小藤隆一, 新村義昭, 井上章二, 江崎次夫, 河野修一, 藤久正文, 岩松功, 今安清光, 中村誠司, 塚本次郎, 野上寛五郎, 榎木勉: 日本林学会誌, 82, 308-312 (2000).
- 2) 青井透: 地球環境, 15, 145-152 (2010).
- 3) 吉永秀一郎, 伊藤優子, 相澤州平, 釣田竜也: 日本林学会誌, 94, 84-91 (2012).
- 4) 鶴見実, 一國雅巳: 環境科学会誌, 2, 9-16 (1989).
- 5) Aber, J.D., Nadelhoffer, K.J., Steudler, P. & Mellio, J.M.: Bioscience, 39, 378-386 (1989).
- 6) 神奈川の自然をたずねて編集委員会 (編): “神奈川の自然をたずねて”, 築地書館 (2003).
- 7) 山本由弦, 千代延俊, 神谷奈々, 濱田洋平, 斎藤実篤: 地質学雑誌, 123, 41-55 (2017).
- 8) 地球環境研究センター: “全国酸性雨データベース” <http://db.cger.nies.go.jp/dataset/acidrain/ja/03/> (2018.10.08 閲覧) .
- 9) 木平英一, 新藤純子, 吉岡崇仁, 戸田任重: 日本水文科学会誌, 36, 145-149 (2006).
- 10) 苗村晶彦, 藤田俊忠, 倉田斉, 土器屋由紀子, 楊宗興: 自然環境科学研究, 16, 1-6 (2003).
- 11) 苗村晶彦, 楊宗興: 環境科学会誌, 29, 201-205 (2016).
- 12) 五名美江, 蔵治光一郎, 春田泰次, 鴨田重裕, 小田智基, 堀田紀文, 鈴木誠, 木村徳志, 五十嵐勇治, 大村和也, 渡邊良広: 東京大学農学部演習林報告,

- 118, 65–83 (2007).
- 13) Naemura, A., Yoshikawa, T., Yoh, M., Ogura, N. & Dokiya, Y.: Nat. Envir. Sci. Res., 20, 13–17 (2007).
- 14) 苗村晶彦, 渡邊善之, 小柳信宏, 楊宗興, 渡辺幸一: 土木学会論文集 G(環境), 73, 201–205 (2017).
- 15) Baba, M. & Okazaki, M.: Soil Science and Plant Nutrition, 44, 513–525 (1998).
- 16) Naemura, A., Yoshikawa, T., Yoh, M., Ogura, N. & Dokiya, Y.: Nat. Envir. Sci. Res., 17, 23–27 (2004).
- 17) 楊宗興, 木平英一, 武重祐史, 杉山浩史, 三宅義則: 地球環境, 9, 29–40 (2004).
- 18) Yoh, M., Konohira, E. & Yagi K.: Water, Air, and Soil Pollution, 130, 655–660 (2001).
- 19) Honoki, H., Kawakami, T., Yasuda, H. & Maehara, I.: The Scientific World, 1, 548–555 (2001).
- 20) 柴田英昭, 戸田浩人, 稲垣善之, 館野隆之輔, 木庭啓介, 福澤加里部: 地球環境, 15, 133–143 (2010).
- 21) 新藤純子, 木平英一, 吉岡崇仁, 岡本勝男, 川島博之: 環境科学会誌, 18, 455–463 (2005).
- 22) 土器屋由紀子, 苗村晶彦: エアロゾル研究, 16, 30–32 (2001).
- 23) 楊宗興: 日本水文科学会誌, 44, 185–195 (2014).
- 24) 古米弘明, 川上智規, 酒井憲司編: “森林の窒素飽和と流域管理”, 技報堂出版 (2012).

(2018 年 7 月 10 日受付, 2018 年 10 月 18 日受理)