

白山手取川流域での大気汚染物質の流入および流出水への影響評価

伊藤優子*・岡本 透*・高瀬恵次**・小倉 晃

要旨：大気から森林への窒素の流入および流出に着目し白山山系の山岳域から手取川河口付近を対象として、降水および流出水の水質調査を行った。手取川中流部の森林域への窒素流入量は年間 14.2kg ha^{-1} と、人為影響の大きい関東平野周辺部の森林流域と同定度であった。また、大陸からの季節風が強まる冬期の窒素流入量が夏期の2.1倍となり、森林域への窒素流入に越境大気汚染の影響が示唆された。全水質調査地点における硝酸イオン濃度は山岳域、上流域において非常に低濃度であり、下流ほど濃度が増加する傾向がみられたが、窒素流入量の多い関東地方の値と比較すると低く、現時点では流出水質に窒素流入量が多い影響は見られなかった。

キーワード：白山，手取川，越境大気汚染，窒素，流入，流出

I. はじめに

アジア諸国の大都市では1990年代後半以降の急激な経済発展に伴い大気汚染が慢性化している。これらの地域で大気中に排出された汚染物質の移流による越境大気汚染の影響が、これまで大気汚染物質の影響が少ないとされてきた日本国内の地域において、実際に光化学スモッグの発生や $\text{PM}_{2.5}$ 濃度の上昇などとして社会問題となっている¹⁾。特に日本海側の地域は冬期の季節風の風下にあたり、アジア大陸由来の越境大気汚染物質の流入による環境影響が懸念されている。そのため、北陸地域の森林流域において越境大気汚染物質の流入・流出実態の解明、および将来的な森林生態系や下流域への影響について評価することが求められている。更に、産業革命以降、人間活動による環境変化は様々な地球規模の問題を引き起こしている。その中でも生物地球化学的な窒素循環プロセスの変動は持続可能な社会を維持する上で既に不可逆的かつ急激な環境変化の危険性があるとされている^{2,3)}。そのため、本研究では特に大気から森林流域へ流入する窒素の動態に着目して研究を行った。

森林の多くは流域の最上流部に位置しており、防災機能や水源涵養機能など森林の持つ多面的機能の発揮が流域の人々の生活を安定・維持していくために求められている。また、森林域での水源涵養機能は河川水のみならず下流域で重要となる地下水への供給も含んでいる。従来、森林域から下流域へ供給される水は清浄であり、例えば耕作地からの肥料成分等で高濃度になった流出水を希

釈し下流域への負荷を軽減させる効果があるとされてきた。しかしながら、大都市圏の活発な人間活動に伴い、慢性的な大気からの窒素の流入により森林生態系の持つ大気・水質浄化機能が低下し、森林域から下流域へ流出する渓流水中の硝酸態窒素濃度が高い現象が1980年代ごろから関東平野周辺部の複数の森林流域で発現している^{4,5)}。これらの現象は「窒素飽和」と言われ、森林生態系内における物質循環の攪乱、生物多様性の低下などの生物に影響をもたらすだけでなく、下流域の水域における富栄養化なども含め流域の生態系に様々な影響をもたらすことが地球規模で懸念されている^{6,7)}。これまで国内の大都市圏周辺に限られていた大気汚染物質の流入による周辺域への環境変動が、大陸からの越境大気汚染の影響により日本海側の地域においても既に起きている可能性がある。まずは対象地域の実態を把握する必要がある。しかしながら、北陸地方を含むこれらの地域は多雪地域であり、冬期の森林における物質動態観測が困難なため、これまで年間を通じた森林流域の物質動態は未解明の部分が多く、越境大気汚染の影響も明らかではなかった。そのため、大陸からの越境大気汚染による手取川流域への影響を評価するために、手取川中流部に位置する森林小流域における物質動態の観測を2013年より開始した。本研究では、白山山系の山岳地帯を含む手取川上流部から河口付近の下流部までを対象として、大気から森林への窒素の流入・流出に着目し、実態の解明および越境大気汚染の影響を明らかにする事を目的とした。

*森林研究・整備機構 森林総合研究所 **石川県立大学

Ⅱ. 研究方法

1. 調査の概要

手取川は石川県最大の河川であり、流域面積809km²の約9割を山地が占めている。手取川の主要な源流域を構成している白山山系は、御前峰（2,702m）、剣が峰（2,677m）、大汝峰（2,684m）の3峰を中心に、北東および南西方向に1,500m以上の峰々が連なっている。手取川流域の上流部は全般に急峻で、大規模な地滑りや崩壊が頻発している。中流部では河岸段丘が発達し、下流部は手取川扇状地を形成している。

1) 流入実態調査

大気から森林への物質流入実態解明のため、手取川地流域の4地点で降水の採取を行った(図-1)。

・上流部(夏期のみ): 白山白川郷ホワイトロード沿い(以下、ホワイトロード)(採取地点1: 標高1400m, 2: 標高650m), 白峰小学校構内(以下、白峰小)(標高480m)

・中流部(通年): 石川県農林総合研究センター林業試験場内(以下、県林試)(標高224m)

中流部の降水の採取は、雪・雨水採取装置(SF-1F型, サンテクノ)を用いて行った。この採取装置

はロータ部分に付属するヒーターにより降雪期間も継続して採取することが可能である。採取部分は口径21cmのポリロータに10Lのポリタンクを接続した。ロータ内にテフロン製目皿と網を設置し、周辺からの落葉や昆虫等の混入を防いだ。上流部の降水の採取は夏期のみ実施し、口径21cmのポリロータに10Lのポリタンクを接続した装置で行った。上記の装置同様に試料への夾雑物の混入防止のため、ロータ内に目皿および網を設置した。降水試料の採取は1~2回/月の頻度を基本とし、特に降水量が多い場合は適宜回収を行った。

2) 流出実態調査

源流域の環境は大気からの流入物質質量の変動や気候変動等の影響に感受性が高く、影響を受けやすい事が予想される。本研究では、白山山頂付近から手取川の河口近傍まで、標高差約2,500mの範囲に位置する地点で溪流水、河川水、地下水、湧水計36地点で採水を行った(図-1)。白山山系を源流とする河川は手取川(牛首川)の他に、手取川流域では尾添川がある。また、岐阜県側では荘川に流入する。そこで、白山山系を源流とする3河川の上流域において多点水質調査を2016年9月に、白

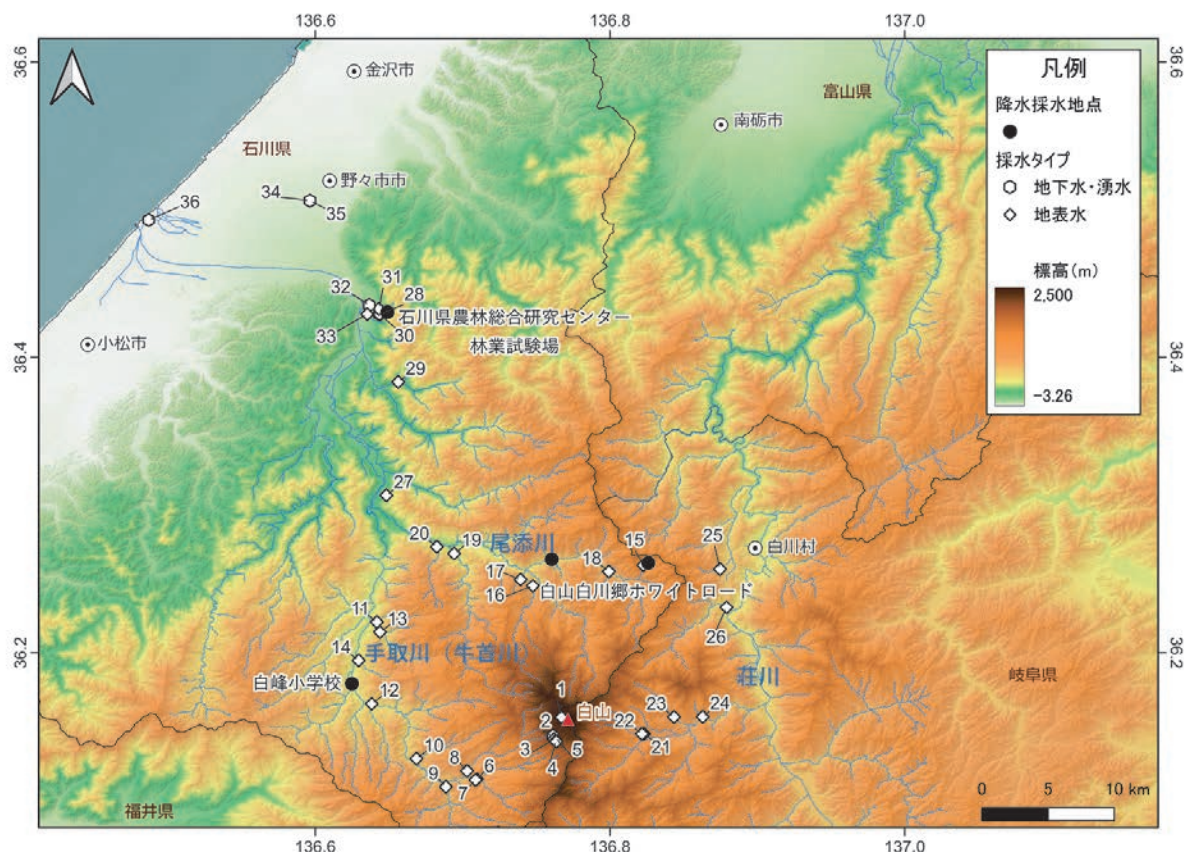


図-1. 試験地の概要

山岳域、手取川の中流および下流域の水質調査を2016年10月に実施した。また、県林試周辺の中流域の手取川支流4地点においては2014年8月に実施した分析値を使用した。上流域および中流域の採取地点は地図及び航空写真より採水地点より上流に人為的な汚染源が無い地点を選定した。

2. 試料の化学性分析

採取した降水および河川水等の試料は実験室に持ち帰り、速やかに pH、電気伝導度、アルカリ度を測定後、 $0.45\mu\text{m}$ のメンブレンフィルターでろ過後、分析まで冷蔵保存した。

ろ過した試料の溶存態主要成分濃度をイオンクロマトグラフ（ICS-1600, DIONEX）および ICP-AES (Optima8300, PerkinElmer) で、溶存態有機炭素および窒素濃度を TOC/TN 計 (TOC/TNM-L, Shimadzu) で測定した。

Ⅲ. 結果と考察

1. 手取川流域における大気からの窒素流入

1) 大気からの窒素流入実態

手取川流域中流部に位置する県林試において、2016年1月～2018年12月の期間に降水を採取した。各年の年間降水量は、2016年：2,873mm、2017年：3,825mm、2018年：3,629mm と日本の年間降水量（1,718mm）を大きく上回った。期間中に採取した降水の pH 値の加重平均値は4.96（4.51～6.30）であった。月毎の無機態窒素（アンモニア態窒素＋硝酸態窒素）の流入量の変化を図-2に示す。大気からの窒素流入量は冬期の1,2月頃に最大となり、夏期に最小となる季節変動を示した。4月～9月を夏期、10月～3月を冬期間として期間中の流入量を比較すると、冬期の降水量は夏期の1.1倍に対し、無機態窒素流入量は2.1倍となった。また、降水に伴う無機態窒素の年間流入量は3年間の平均で 14.2kg ha^{-1} となった。この値は首都圏の人間活動の影響が大きい関東平野周辺部の森林域で観測した林内雨による窒素流入量の平均値 13.9kg ha^{-1} と同程度で (Itoh et al. 2021)、ローカルの排出量に加えて、季節風の影響の強い冬期に大陸から越境輸送された窒素成分が手取川中流部の森林流域に多く流入していることが示された。

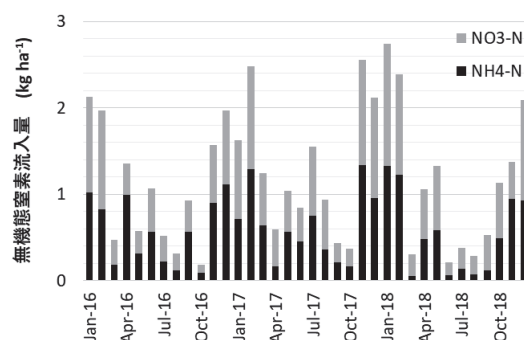


図-2. 大気からの無機態窒素流入量
(県林試：2016～2018年)

2) 大気からの窒素流入の地理的分布

手取川流域の4地点（上流部：白峰小、ホワイトロード、中流部：県林試）において夏期の降水中の無機態窒素濃度（アンモニウムイオン： NH_4^+ 、硝酸イオン： NO_3^- ）及び硫酸イオン（ SO_4^{2-} ）濃度の平均値を比較した（図-3）。各採取地点における比較対象期間は2016年、2017年、2018年の6月～10月の期間である。各採取地点における降水中のpH値（加重平均値）は5.1～5.3と地点間で大きな差はなかった。電気伝導度は上流部のホワイトロード1, 2で採取した降水が、同じく上流部の白峰小および中流部の県林試で採取した降水と比較して約半分程の低い値を示した。また、降水中の NH_4^+ 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 濃度も電気伝導度と同様の傾向を示した。中流部の県林試と上流部の白峰小の降水中的各成分の濃度は同程度であった。上流部のホワイトロードの採取地点は周辺に人為的な固定排出源が無い事に加え、排出源の多い平野部や海岸からの距離があるため中流部の地点よりも低い濃度となったことが考えられる。一方、同じ上流部の白峰小の地点は、周辺に人家や農地がある事に加えて採取地点が手取川本流の河道沿いに位置していることで、平野部から離れているが日本海から山地へ向かう局地風が手取川の河道沿いに進んだ影響で大気中の窒素酸化物がホワイトロードの採取地点に比べ、より内陸部まで運ばれ沈着した可能性が考えられる。例えば、関東平野の周縁部に位置する森林流域は地理的・地形的にも首都圏からの大気汚染物質を含んだ気流の影響を受けやすく窒素流入量が多く窒素飽和化が進行している事もあり、手取川流域全体においても大気からの物質流入量の実態を解明する際には地形と気流の影響を考慮する必要があると考えられる。また、今回の調査は

夏期のみの比較であるため、冬期の季節風の影響を強く受けている期間の上流部での窒素流入量の実態解明の必要がある。

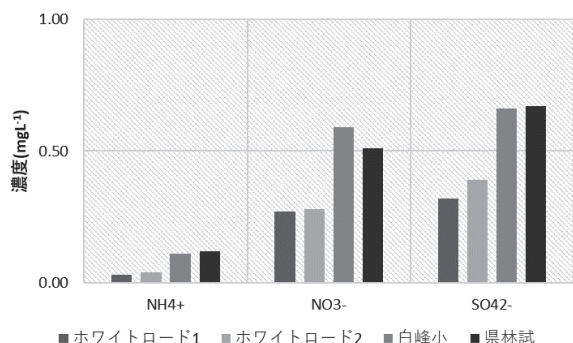


図-3. 大気からの窒素・硫黄流入の地理的分布

2. 白山・手取川流域における窒素流出濃度

1) 流出実態

白山山岳域 (No. 1-5), 上流域 (手取川 (牛首川) : No. 6-14, 尾添川 : No. 15-20, 荘川 : No. 21-26) 及び手取川中流域 (No. 27-33), 下流域 (No. 34-36) における水質多点調査の結果を付表-1に示す。また、各採取地点の主要成分の総イオン濃度を図-4に示す。白山山岳域の流出水質は他の地点と比べると溶存成分量が非常に少ないことが明らかである。上流域の採水地点では、岐阜県側の大白水谷、小白水谷および手取川 (牛首川) 最上流部の細谷川において硫酸イオン、塩化物イオン濃度が他の地点に比べ高い値を示し、これらは地質や鉱泉水などの影響を受けていることが考えられる。手取川上～中流域の採水地点では源流域と比較しても、特に溶存成分量が高くなることはなかった。

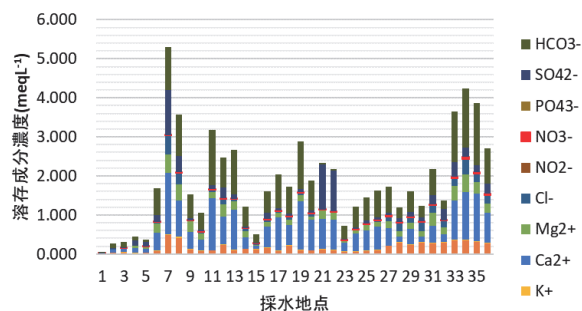


図-4. 主要成分の総イオン濃度の比較

2) 流出水中の硝酸濃度の地理的分布

全水質調査地点における硝酸イオン濃度の範囲は $0.00 \sim 2.93 \text{ mg/L}$ (中央値 : 0.69 mg/L) となった。山岳域および上流域の流出水および湧水中の硝酸イオン濃度は非常に低濃度であった ($0.00 \sim$

1.58 mg/L 、中央値 : 0.52 mg/L)。中流域においては流出水中の硝酸イオン濃度は $0.47 \sim 2.12 \text{ mg/L}$

(中央値 : 1.13 mg/L) となった。また、手取川流域の中流から下流域における地下水中の硝酸イオン濃度は $1.92 \sim 2.93 \text{ mg/L}$ (中央値 : 2.31 mg/L) であった。関東地方の窒素飽和流域 (筑波試験地) における流出水中の硝酸イオン濃度は年間を通じて高く (平均値 8.07 mg/L)⁸⁾、この値と比較すると白山手取川流域の森林域からの流出水中において硝酸濃度が上昇するという影響は現時点では見られなかった。しかしながら、森林域ではない2地点 (いずれも地下水・湧水) において硝酸イオン濃度が他の地点に比べると高く、採水地点周辺域 (宅地や農耕地) からの影響が考えられた。浅層地下水において高濃度の硝酸が検出されることは各地で報告されている⁹⁾。また、高濃度の硝酸を含む浅層地下水が存在している場合、多量の地下水をくみ上げることにより、高濃度の硝酸がより深い層まで移動することがある。このような現象は多雪地域の消雪用水として多量の地下水くみ上げを行っている地域で問題となっている。手取川流域の下流域に広がる扇状地においては、消雪用水のくみ上げのみならず、生活用水、工業用水の使用および排水、農耕地における施肥と地下水への浸透なども硝酸濃度の増加の原因になることが考えられ、深層地下水への影響も危惧される。各採取地点の海岸からの距離および標高と硝酸イオン濃度との関係を図-5a, bに示す。下流域で急激に硝酸濃度が上昇するのは地下水への人為的影響による汚染が考えられる。上流域においてバラツキはあるが概して、内陸かつ標高が高くなるほど硝酸濃度が低下する傾向がみられた。このことは、夏期のみであるが、大気からの窒素の流入量が内陸部、高標高域で減少していた結果を反映しているとも考えられるが、大気からの窒素流入量は冬期の流入量を加えた値での比較が重要である。また、高標高域では冬期の降水量 (積雪量) がより多くなるため降水中の濃度が低濃度でも流入量としては多くなる可能性もある。また、手取川流域では森林の持つ水質浄化機能、希釈効果が十分に発揮され、流出水への影響が現時点では生じていない可能性もある。この様なことから、山岳域や源流域における大気からの窒素流入実態の通年観測を行う必要があり、併せて流出過程のメカニズムなどを解明し流域全体で越境大気汚染の

影響を評価していく必要がある。

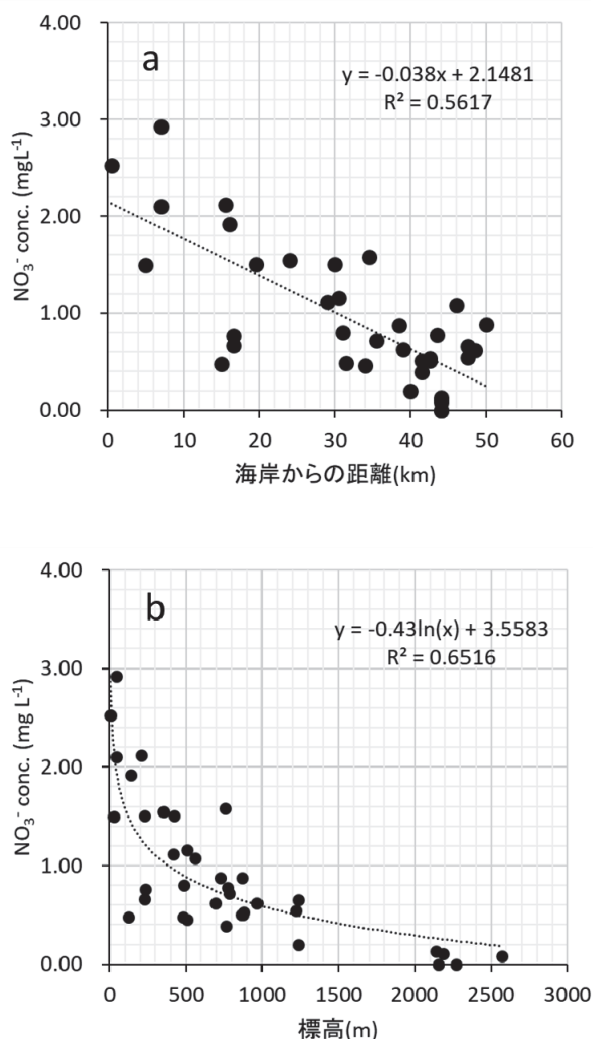


図-5 各採水地点の硝酸濃度と海岸からの距離(a)、標高(b)との関係

IV. まとめ

白山手取川流域への大気汚染物質の流入及び流出水への影響評価を行った。

1) 流域への窒素流入

手取川中流部の森林域への大気からの窒素流入量は年間 14.2kg ha^{-1} と、人為影響の大きい関東平野周辺部の窒素流入量が多い森林流域と同定度の流入量であった。また、日本海側の手取川流域においては大陸からの季節風が強まる冬季に窒素流入量が夏期に比べ2.1倍程度多くなり、森林流域への窒素流入に対する越境大気汚染の寄与が大きい事が考えられた。

2) 流域からの窒素流出

白山山系の山岳域を含む手取川上流域から下流域までの全水質調査地点における硝酸イオン濃度

の範囲は $0.00\sim 2.93\text{mg L}^{-1}$ （中央値： 0.69mg L^{-1} ）となった。山岳域および上流域の流出水および湧水中の硝酸イオン濃度は非常に低濃度であった。採水地点の上流部に人為的汚染源のない地点での採水を行ったが、流出水中の硝酸濃度は河口に近いほど濃度が増加する傾向がみられた。硝酸濃度の増減の原因を解明するためにも、山岳域や源流域を含めた流域全体における物質の流入－流出実態の解明が不可欠である。そのためにも、流出水中の成分濃度と併せて、各種同位体の分析を行い、流出水の涵養起源・期間を考慮して流域の水質形成を検討することは重要である。

3) 白山手取川流域への越境大気汚染の影響

白山手取川流域における流出水（人為的影響が無いとされる地点）の硝酸濃度に、現時点では大気由来窒素の流入量増加に伴う影響は見られなかった。しかしながら、白山手取川流域では中流部の森林域への年間窒素流入量が 10kg ha^{-1} を超えており、また特に冬季の流入量の寄与が高く、今後もこの流域への大気からの物質流入量には越境大気汚染の影響が続くことが考えられるため、将来的に流出水中の硝酸濃度に影響を及ぼすことが危惧される。そのため、継続して流域の物質動態観測を行っていくと共に、山岳域を含む手取川流域の上流域における流入量の地理的な分布や流出水の水質形成を明らかにする事が重要となる。そのためにも、積雪量の多い森林流域における最適な観測手法を確立し、年間を通じた観測を実施する必要がある。

謝辞

本研究の一部は、公益財団法人河川財団による河川基金の助成を受けて行いました。また、調査にあたり、公益財団法人石川県林業公社・白山林道石川管理事務所および、白山市立白峰小学校の皆様には多大なご協力を承りました。

引用文献

- 1) Ohara, T., Akimoto, H., Kurokawa, J., Horii, N., Yamaji, K., Yan, X., Hayasaka, T. : An Asian Emission Inventory of Anthropogenic Emission Sources for the Period 1980–2020. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.* 7, 9843–6902 (2007).
- 2) Galloway, J. N., Aber, J. D., Erisman, J. W.,

- Seitzinger, S. P., Howarth, R. W.,
 Cowling, E. B., Cosby, B. J. : The nitrogen
 Cascade. *Bioscience*. 53, 341-356(2003).
- 3) Rockström, J., Steffen, W., Noone, K.,
 Persson, A., Chapin, F. S. III, Lambin, E.,
 Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C.,
 Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., De Wit, C. A.,
 Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H.,
 Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R.,
 Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L.,
 Corell, R. W., Fabry, V. J., Hansen, J.,
 Walker, B., Liverman, D., Richardson, K.,
 Crutzen, P., Foley, J. : Planetary boundaries:
 Exploring the safe operating pace for
 humanity. *Ecology and Society*. 14(2),
 32(2009).
- 4) 伊藤優子・加藤正樹・吉永秀一郎 : 関東・中部
 地方の森林流域における溪流水中の NO_3^- 濃度の
 分布. 日林誌 86, 275-278(2004).
- 5) Ohnishi, K., Mitchell, M. J. : Nitrogen
 saturation in Japanese forested watersheds.
Ecological Application. 7, 391-401(1997).
- 6) Aber, J. D., Nadelhoffer, K. J., Steudler, P.,
 Melillo, M. : Nitrogen saturation in northern
 forest ecosystems. *BioScience*. 39,
 378-386(1989).
- 7) Rabalais, N. N. : Nitrogen in aquatic
 ecosystems. *Ambio*. 31, 102-112(2002).
- 8) Itoh, Y., Kobayashi, M., Okamoto, T., Imai,
 A., Sakai, Y., Yoshinaga, S. : Influence of
 chronic and excessive nitrogen influx on
 forest ecosystems connected to the Tokyo
 metropolitan area. *Ecological Indicators*.
 127, 107771-107771(2021).
- 9) 平田健正 : 硝酸性窒素による地下水汚染問題
 の環境省の取り組み. 地学雑誌 132(2),
 93-105(2023).

付表-1. 白山・手取川流域における多点多点水質調査結果

地点No.*	採取地点		標高(m)	pH	EC mS/m	H ⁺ mg/L	Na ⁺ mg/L	NH ₄ ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	NO ₂ ⁻ mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L	PO ₄ ³⁻ mg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L	Al mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Si mg/L	DOC mg/L	DON mg/L	HCO ₃ ⁻ meq/L
	場所	地表水																					
1	白山	山岳域	2570	5.63	0.29	0.00	0.08	0.05	0.02	0.07	0.02	0.29	0.00	0.08	0.00	0.14	0.000	0.000	0.001	0.048	1.13	0.07	0.031
2	白山	山岳域	2275	6.16	1.21	0.00	0.67	0.00	0.07	1.51	0.17	0.39	0.00	0.00	0.00	0.70	0.007	0.006	0.001	3.530	0.84	0.03	0.116
3	白山	山岳域	2185	6.90	1.42	0.00	0.91	0.00	0.28	1.57	0.27	0.49	0.00	0.11	0.00	0.71	0.003	0.000	0.000	5.280	0.92	0.06	0.142
4	白山	山岳域	2157	6.59	2.49	0.00	0.58	0.00	0.33	2.40	0.69	0.40	0.00	0.00	0.00	6.26	0.004	0.003	0.000	2.600	1.02	0.06	0.091
5	白山	山岳域	2140	5.65	2.23	0.00	0.56	0.00	0.27	1.91	0.52	0.44	0.00	0.13	0.00	6.32	0.008	0.000	0.006	2.320	2.07	0.05	0.049
6	手取川	上流域	880	7.84	26.90	0.00	11.04	0.00	1.11	31.37	5.82	17.18	0.00	0.53	0.00	55.52	0.097	0.000	0.044	5.470	1.08	0.03	1.098
7	手取川	上流域	877	7.75	7.56	0.00	1.86	0.00	0.38	9.09	2.95	1.00	0.00	0.51	0.00	8.14	0.019	0.017	0.002	1.940	1.32	0.05	0.686
8	手取川	上流域	866	7.93	17.54	0.00	9.27	0.00	1.40	18.60	5.14	10.46	0.05	0.51	0.00	20.09	0.050	0.002	0.000	8.050	0.96	0.01	1.069
9	手取川	上流域	761	8.00	7.67	0.00	2.71	0.00	0.53	8.72	3.23	1.05	0.01	0.39	0.00	2.13	0.014	0.006	0.000	3.130	1.59	0.06	0.623
10	手取川	上流域	695	7.58	5.12	0.00	1.77	0.00	0.38	5.68	1.86	1.57	0.00	0.62	0.00	2.40	0.016	0.047	0.004	1.970	1.50	0.03	0.436
11	手取川	上流域	508	7.99	14.55	0.00	2.15	0.00	0.34	26.50	2.08	2.07	0.00	1.15	0.00	4.24	0.032	0.000	0.000	2.660	0.93	0.04	1.420
12	手取川	上流域	505	7.96	12.34	0.00	5.49	0.00	0.79	14.20	3.61	5.41	0.00	0.46	0.00	13.12	0.051	0.016	0.003	3.680	1.61	0.03	0.777
13	手取川	上流域	484	8.02	12.25	0.00	2.22	0.00	0.45	20.50	2.74	1.76	0.02	0.80	0.00	4.93	0.019	0.002	0.000	2.630	0.97	0.02	1.138
14	手取川	上流域	479	7.51	5.76	0.00	2.92	0.01	0.50	5.87	1.92	2.26	0.00	0.48	0.00	2.36	0.037	0.052	0.002	2.350	1.80	0.05	0.508
15	尾添川	上流域	1235	7.20	2.45	0.00	2.84	0.00	0.32	1.77	0.23	0.82	0.00	0.20	0.00	1.02	0.058	0.013	0.000	3.810	3.76	0.11	0.213
16	尾添川	上流域	785	7.92	8.15	0.00	3.44	0.00	0.88	10.70	1.45	2.21	0.02	0.72	0.00	7.46	0.053	0.011	0.001	5.730	1.44	0.05	0.562
17	尾添川	上流域	759	7.76	9.65	0.00	1.82	0.00	0.33	17.20	1.30	1.54	0.00	1.58	0.00	2.98	0.012	0.000	0.000	2.710	0.70	0.01	0.854
18	尾添川	上流域	723	7.62	8.38	0.00	5.10	0.00	0.57	10.30	1.52	2.96	0.00	0.87	0.00	2.94	0.025	0.004	0.002	3.790	1.87	0.06	0.694
19	尾添川	上流域	421	8.12	13.17	0.00	2.36	0.00	0.50	24.90	1.86	1.91	0.00	1.51	0.00	4.06	0.029	0.000	0.000	3.470	0.77	0.04	1.212
20	尾添川	上流域	417	7.82	9.01	0.00	2.12	0.00	0.29	15.50	1.14	2.65	0.00	1.12	0.00	2.90	0.016	0.000	0.000	2.430	0.95	0.03	0.770
21	莊川	上流域	1239	5.02	13.40	0.01	2.32	0.00	0.80	15.44	2.53	0.81	0.00	0.65	0.00	55.60	0.531	0.005	0.110	10.100	1.24	0.01	0.030
22	莊川	上流域	1219	5.95	12.43	0.00	1.98	0.00	0.70	15.40	2.32	0.63	0.00	0.54	0.00	50.35	0.041	0.000	0.077	8.780	1.21	0.02	0.043
23	莊川	上流域	963	7.36	3.77	0.00	1.34	0.00	0.42	4.27	0.70	0.57	0.00	0.62	0.00	1.35	0.053	0.004	0.001	5.200	1.30	0.04	0.332
24	莊川	上流域	872	7.70	5.76	0.00	1.36	0.00	0.43	9.17	1.08	0.45	0.00	0.88	0.00	1.63	0.097	0.019	0.004	3.210	0.95	0.03	0.535
25	莊川	上流域	772	7.79	6.97	0.00	1.82	0.00	0.39	10.30	1.61	0.96	0.00	0.77	0.00	4.57	0.015	0.000	0.000	3.500	0.97	0.01	0.571
26	莊川	上流域	559	7.83	7.77	0.00	2.28	0.00	0.41	11.80	1.53	1.46	0.00	1.08	0.00	3.13	0.023	0.000	0.000	3.700	1.44	0.03	0.687
27	手取川	中流域	350	7.69	8.75	0.00	4.74	0.00	0.25	9.21	2.01	4.32	0.24	1.54	0.00	2.92	0.008	0.001	0.000	6.380	2.39	N.D.	0.670
28	手取川	中流域	235	6.46	6.51	0.00	6.87	0.01	0.47	2.63	1.64	8.22	0.00	0.76	0.00	4.56	0.004	0.001	0.000	5.782	0.97	0.09	0.269
29	手取川	中流域	230	7.72	8.17	0.00	5.33	0.10	0.32	7.90	1.91	4.77	0.38	1.50	0.00	5.83	0.012	0.000	0.000	4.860	2.20	N.D.	0.530
30	手取川	中流域	230	6.88	6.68	0.00	6.92	0.00	0.55	2.98	1.71	8.19	0.01	0.66	0.00	4.78	0.007	0.002	0.000	5.826	0.75	0.12	0.300
31	手取川	中流域	210	7.75	11.15	0.00	6.25	0.07	0.44	8.87	4.08	6.45	0.00	2.12	0.00	11.03	0.067	0.000	0.000	4.600	2.21	N.D.	0.665
32	手取川	中流域	140	7.62	19.12	0.00	8.19	0.00	0.68	20.15	4.51	7.07	0.00	1.92	0.00	17.80	0.004	0.000	0.002	5.790	0.92	0.04	1.298
33	手取川	中流域	125	7.26	7.76	0.00	6.69	0.06	0.55	3.81	2.23	6.26	0.08	0.47	0.00	14.24	0.010	0.002	0.000	6.400	2.33	N.D.	0.199
34	手取川	下流域	40	6.48	22.40	0.00	8.04	0.00	1.04	24.26	5.52	13.91	0.14	2.93	0.00	11.71	0.007	0.001	0.001	10.200	0.70	0.00	1.513
35	手取川	下流域	40	7.89	20.00	0.00	7.18	0.00	1.00	24.16	3.63	7.97	0.00	2.10	0.12	8.56	0.007	0.000	0.001	9.970	0.70	0.03	1.575
36	手取川	下流域	5	6.80	14.66	0.00	6.16	0.00	0.80	15.57	2.86	7.69	0.00	2.53	0.00	11.38	0.002	0.000	0.000	7.710	0.81	0.03	0.906

*地点No. 6~26は2016年9月, No. 1~5, 28, 30, 32, 34~36は2016年10月, No. 27, 29, 31, 33は2014年8月にそれぞれ調査を実施した。N.D.:不検出