

定山溪森林理水試験地における無機態窒素流出負荷量の長期変動

森林総合研究所北海道支所 相澤 州平・伊藤 江利子・橋本 徹・延廣 竜彦
 森林総合研究所 阪田 匡司
 森林総合研究所東北支所 阿部 俊夫
 森林総合研究所九州支所 北村 兼三

はじめに

北海道においても、中国大陸方面からの広域汚染物質に起因すると見られる非海塩性硫酸イオンや無機態窒素が降水成分に影響を与えていると指摘されている⁽⁶⁾。無機態窒素の流入負荷量の増加は、森林流域からの無機態窒素流出負荷量を増大させる恐れがある。森林の健全性の指標として、渓流水による無機態窒素流出負荷量を監視する必要がある。森林総合研究所では、1990年から全国の本支所が都市の影響の小さな森林域に試験地を設置して降水を観測している。北海道支所においては当初は支所構内で林外雨、林内雨の観測を開始し、2000年から札幌南西部の山地に位置する定山溪森林理水試験地で降水、渓流水の観測を行っている。通年観測を開始した2002年以降の無機態窒素流出負荷量の長期変動を明らかにする。

試験地と方法

札幌市街地南西の山地に位置する定山溪森林理水試験地において、降水と渓流水の溶存成分濃度を測定した。定山溪森林理水試験地は、小樽内川右岸の支流に設定され、時雨一の沢と時雨二の沢の二つの小流域が隣接している⁽²⁾。時雨一の沢の量水堰下流側の空き地で林外雨を採取し、量水堰上流側で渓流水を採取した。時雨一の沢は流域面積2.0 ha、標高312~441 mの森林流域で、表層地質は石英斑岩、土壌は主に適潤性褐色森林土が分布し、植生はトドマツ、ミズナラ、カツラ、イタヤカエデ等からなる針広混交林である⁽⁴⁾。

林外雨、渓流水の採取は2011年以前は週1回、2012年以降は月2~3回の頻度で行った。林外雨は、無積雪期は常時開放式のポリロートにより採取し、採取時にロートを交換した。積雪期はポリコンテナを雪面に置いて雪を採取し、採取時にコンテナを交換した。林外雨試料は採取当日に（雪の場合は室内で融解後）pHをガラス電極pH計で、ECを電気伝導度計で測定した。渓流水は滴定によりpH4.8アルカリ度を測定した（2007年3月以前は全有機炭素計により測定した無機炭素を重炭酸イオンとして計算）。孔径0.45 μmのメンブランフィルターで濾過した試料の溶存イオン濃度を分析した。陰イオン（Cl⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻, SO₄²⁻）とNH₄⁺はイオンクロマトグラフで、金属イオン（Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺）はイオンクロマトグラフ、原子吸光分光光度計またはICP発光分光分析装置で分析した。2008年以前の分析値は、森林総合研究所の森林降水渓流水質データ

ベース（FASC-DB）を使用した。分析値は、東アジア酸性雨モニタリングネットワーク（EANET）のQuality Assurance/Quality Control Program（QA/QC）⁽⁵⁾に基づき試料汚染とイオンバランスをチェックした。流入負荷量は、基準に適合する試料による濃度加重平均値に年降水量を乗じて求めた。流出負荷量は、基準に適合する試料を後述のLQ式作成に用いた。

渓流水の流量は堰堤に設置した60°V型ノッチと水位観測データを元に、水位-流量曲線を用いて求めた⁽¹⁾。水位観測は堰堤沈砂池内でフロート式水位計を用いて行い、異常値や欠測が認められた際には堰堤の水通し部に設置した圧力式水位計による観測値で補間した。なお、冬期（11月~3月）は赤外線ランプを用いて水面の凍結を防止した。

渓流水による物質の年間流出負荷量は、採取時の時間流出量と、溶存成分濃度と流出量の積との関係式（LQ式）を作成し、時間流出量から求めた時間あたりの流出負荷量を積算した。流出負荷量の計算は2007年以降のデータについて行った。2014年2月21日~3月26日は沈砂池の排土作業により流出量データが欠測であったため、2014年の年間流出負荷量は過小な値である。

結果と考察

年降水量は1,500 mm前後で、時間経過に伴う変化は認められなかった（図-1）。渓流水の流出水量は降水量より500 mm前後少なかった。林外雨、渓流水のpH、EC平均値は時間経過に伴い変化しなかった。降水量が少ない年は林外雨、渓流水のECが高かった。

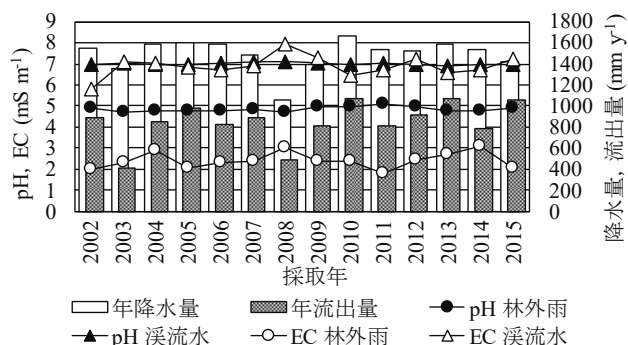


図-1 林外雨、渓流水の量、pH、EC

2006年以前の年流出量は阿部ら⁽²⁾から積算した。2003、2005、2006、2014年は欠測期間があるため過小評価である。

Shuhei AIZAWA, Eriko ITO, Toru HASHIMOTO, Tatsuhiko NOBUHIRO (Hokkaido Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI), Hitsujigaoka 7, Toyohira, Sapporo, Hokkaido 062-8516), Tadashi SAKATA (FFPRI, Matsunosato 1, Tsukuba, Ibaraki 305-8687), Toshio ABE (Tohoku Research Center, FFPRI, Nabeyashiki 92-25, Shimokuriyagawa, Morioka, Iwate 020-0123), Kenzo KITAMURA (Kyusyu Research Center, FFPRI, Kurokami 4-11-16, Chuo, Kumamoto, Kumamoto 860-0862)

Long-term change in outflow flux of inorganic nitrogen in Jozankei experimental watershed

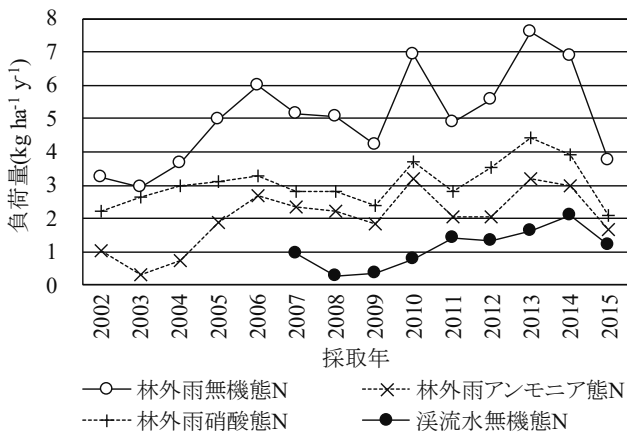


図-2 林外雨, 渓流水による無機態窒素の流入・流出負荷量

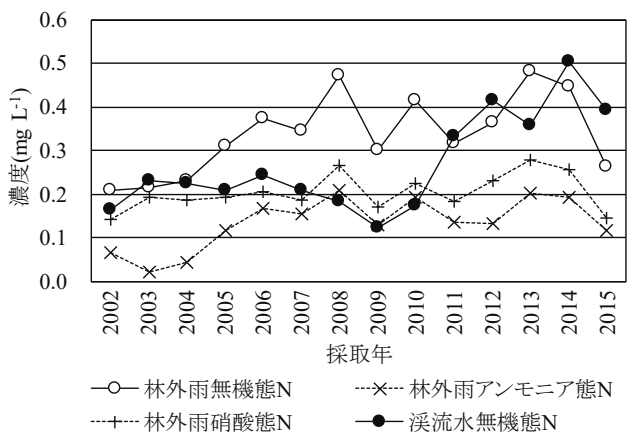


図-3 林外雨, 渓流水の無機態窒素濃度

林外雨による2014年までの無機態窒素の流入負荷量は、アンモニア態窒素、硝酸態窒素、両者の合計とも、時間経過に伴い有意に増加した（図-2）。無機態窒素の流入負荷量は年による変動が大きく、2005年頃から増加して高めの値で推移し、2015年は減少した。

渓流水による2007年以降の流出負荷量は、無機態窒素のみ有意に増加した（図-2）。渓流水中の無機態窒素は全て硝酸態であった。無機態窒素流出負荷量は2011年以降がそれ以前より大きかった。2015年は無機態窒素流出負荷量が減少した。

無機態窒素流出負荷量の2006年以前の変動を推測するため、無機態窒素濃度の単純平均値の変動を林外雨の無機態窒素加重平均値の変動と比較した（図-3）。林外雨、渓流水とも、濃度平均値と負荷量は同様の变化傾向を示し、渓流水の無機態窒素濃度は2010年まで低めに推移し、2011年以降上昇した。無機態窒素の流出負荷量は、濃度の変動と同様に、2010年以前は小さく、2011年以降増大したと考えられる。

2002年以降の長期変動の傾向として、無機態窒素流入負荷量は2005年頃から増加し、数年遅れて2011年頃から流出負荷量が増加していた。定山溪森林理水試験地では、無機態窒素の流入負荷量、流出負荷量とも比較的低い水準で推移してきたが、2005年頃から流入負荷量の増加が続いたことにより、流出負荷量が増加した可能性がある。ただし

増加後の無機態窒素流入負荷量は最大の2013年でも8 kg ha⁻¹ y⁻¹以下であり、窒素飽和の目安とされる10 kg ha⁻¹ y⁻¹よりは少ない。しかし、2015年に無機態窒素の流入負荷量が2014年の半分近くまで減少したことに伴い、流出負荷量も2014年の半分近くまで減少したことから、無機態窒素の流出負荷量は流入負荷量の増減に影響を受けていると考えられる。窒素飽和には至らない水準であっても、2005年頃から2014年まで続いた高めの窒素負荷が、2011年頃からの無機態窒素流出負荷量の増加を引き起こしたと考えられる。

北海道で2004年から2012年まで4年毎に積雪による沈着量を調査した結果⁽³⁾では、越境汚染物質の可能性のある硝酸イオンが微増する傾向が報告されている。当試験地における無機態窒素の年間流入負荷量の変動傾向はこれと同様の傾向を示しており、試験地が森林に位置し近くに汚染源がないことから、2005年頃からの無機態窒素流入負荷量の増加は広域汚染物質が影響している可能性がある。2015年は林外雨の溶存イオン濃度がすべてのイオンで低く、そのため無機態窒素流入負荷量が小さかった。これが一時的な減少で増加傾向は今後も続くのか、あるいはさらに長期に見れば2005年頃からの増加も不規則な年変動の範囲内なのかは、現在のデータからは不明である。窒素の流入・流出負荷量の傾向を明らかにするためには、さらに観測を継続する必要があると考えられる。

謝辞

本研究の遂行にあたり、試験地での観測の継続には森林総合研究所北海道支所寒地環境保全研究グループ長の山野井克己博士の御協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

引用文献

- (1) 阿部俊夫・山野井克己・溝口康子・北村兼三 (2014) 定山溪森林理水試験地観測報告 (2008年1月~2012年12月). 森林総合研究所研究報告 **13 (4)** : 207-223.
- (2) 阿部俊夫・山野井克己・北村兼三・中井裕一郎・鈴木寛・坂本知己・高橋正義 (2011) 定山溪森林理水試験地観測報告 (2002年1月~2007年12月). 森林総合研究所研究報告 **10 (2)** : 109-129.
- (3) 野口泉・山口高志 (2012) 2012年の空知地方などの豪雪とその化学成分. 北海道の雪氷 **31** : 135-138.
- (4) 塩崎正雄・真田悦子 (1996) 積雪寒冷地域における土壌構造と水移動及び保水メカニズムの解明. (農林水産技術会議事務局, 研究成果 308 農林業における水保全・管理機能の高度化に関する総合研究. 農林水産省農林水産技術会議事務局, 216pp), 18-21.
- (5) The Second Interim Scientific Advisory Group of Meeting of Acid Deposition Monitoring Network in East Asia (2000) Quality Assurance / Quality Control (QA/QC) Program for Wet Deposition Monitoring in East Asia, 29pp.
- (6) 山口高志・野口泉・阿賀裕英・岩田理樹・上野洋一・秋山雅行・大塚英幸・酒井茂克・永洞真一郎・山口勝透・丹羽忍・尾原裕昌・田中敏明・姉崎克典・濱原和広 (2009) 北海道における積雪成分の長期変動 (1988-2008年). 北海道環境科学研究センター所報 **35** : 61-68.