

森林集水域における大気降水由来の窒素化合物利用効率に関する研究

環境科学部 環境生態学科 尾坂兼一

はじめに

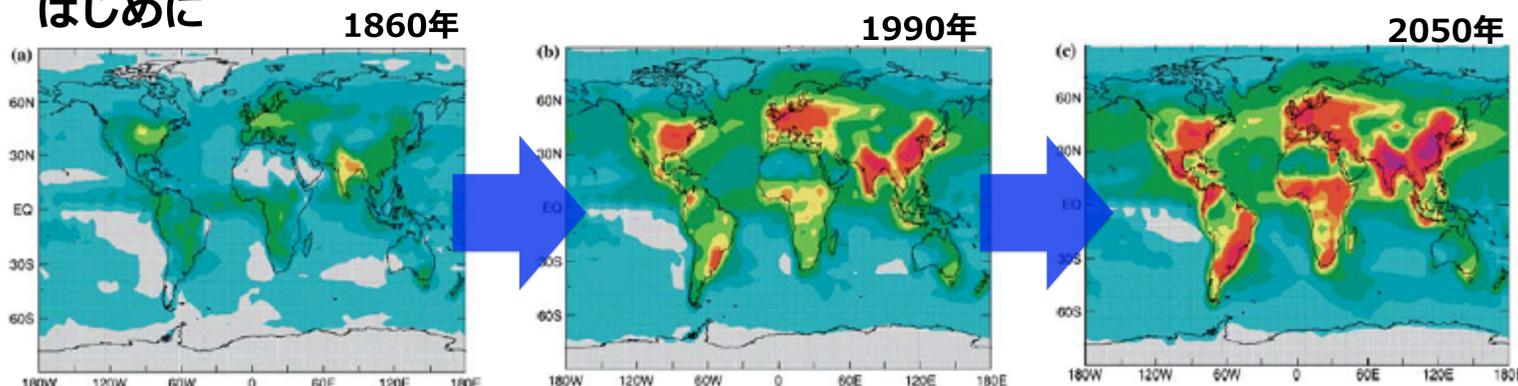


図1 窒素化合物降水量の変化予測 (Galloway et al., 2004)

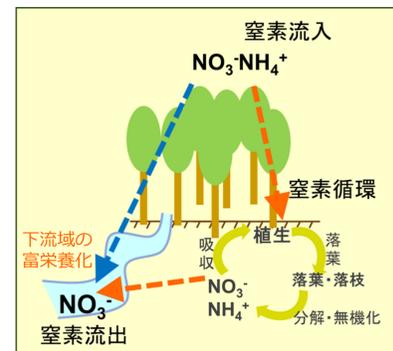


図2 森林の窒素循環過程と窒素流入

図1に地球規模の窒素化合物降水量の変化予測を示す。現在大気汚染により地球規模で窒素降水量が増加しており、その傾向は今後も続くと考えられている。窒素化合物は森林生態系の成長にとって必要な栄養成分であるが、森林から流出した窒素化合物は下流域の富栄養化に影響を与えることが知られている(図2)。日本は国土のほとんどを森林が占めるため、大気降水による窒素負荷増加に対する森林集水域の応答を明らかにすることは、下流域生態系環境の将来を予測する上で重要であるといえる。これまで、窒素負荷増大に対する森林集水域の応答として、窒素化合物流入量増加が植生-土壌間の窒素循環量を増加させた後、それが植生の窒素要求量を上回ると、森林集水域からの窒素化合物流出量が増加すると考えられてきた。しかし近年これとはまた異なる説も提唱されており、大気降水による窒素化合物負荷増大に対する森林集水域の応答を制御しているメカニズムについて、未だ十分に明らかになっていない。本研究ではNO₃⁻の酸素安定同位体比(δ¹⁸O_{NO₃⁻)を用いた観測により、森林集水域にもたらされた大気降水由来のNO₃⁻のうちどの程度が森林生態系にまったく利用されずに流出しているのか明らかにする。}

研究の方法

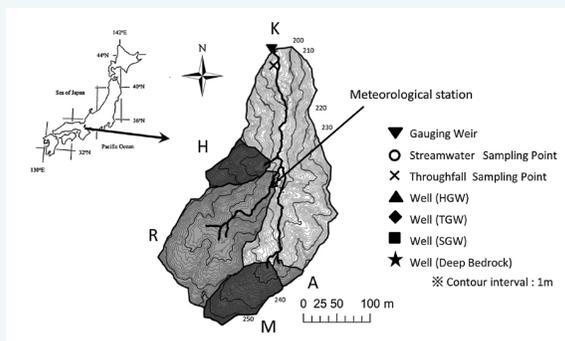


図3 調査地概要(Iwasaki et al., 2015を改変)

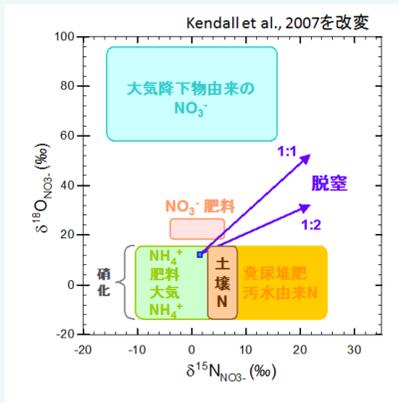


図4 NO₃⁻の起源の違いによる窒素・酸素安定同位体比の違い(Kendall et al., 2007を改変)



写真1. 晴天時に森林集水域から流出する渓流水
写真2. 降雨時に森林集水域から流出する渓流水
写真3. 自動採水器による渓流水の自動採水の様子
写真4. 土壌採取の様子

調査は滋賀県南部に位置する桐生水文試験地内の5集水域(K,H,R,A,M)で行った。これまでの研究により、これらの集水域では降雨-流出応答が異なっており、特にH流域では降雨時に土壌水や浅い地下水などの比較的滞留時間の短い水が流出することが明らかになっている。森林集水域からのNO₃⁻流出のほとんどは晴天時でなく、降雨中の洪水時に起こることが明らかになっていることから、本研究では調査地の5集水域において自動採水器を用いた降雨時の水質連続観測を行った。δ¹⁸O_{NO₃⁻}は大気降水由来のNO₃⁻と土壌中で生成されたNO₃⁻では大きく異なることから、降雨時に各集水域からの流出するδ¹⁸O_{NO₃⁻}を測定することでNO₃⁻の起源を解析した。また各集水域の土壌中の窒素循環過程を明らかにするために土壌の化学分析も行った。

結果と考察

各流域における洪水時の渓流水質の変化

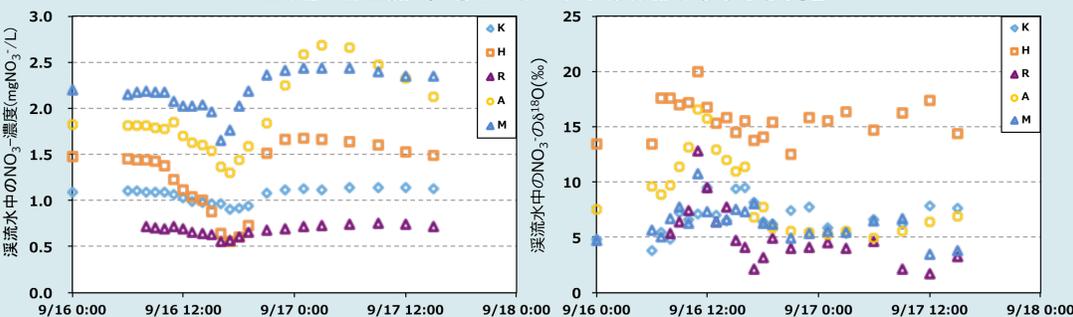


図5 降雨時における各流域の渓流水中のNO₃⁻濃度変動

図6 降雨時における各流域の渓流水中のδ¹⁸O_{NO₃⁻}変動

本研究では計5回の降雨に対して集中観測を行なったが、そのうちの1回について図5、6に示す。本研究地の各流域から流出する渓流水中のNO₃⁻濃度はM,A流域で高く、RやK流域で低かった。NO₃⁻の酸素安定同位体比(δ¹⁸O_{NO₃⁻})はH流域で常に高く、このことはH流域から流出するNO₃⁻には、流域内の土壌中で生成されたNO₃⁻ではなく、大気降水としてもたらされたNO₃⁻が生態系に取り込まれずに直接流出している成分が多く含まれていることを示している。

各流域の土壌中の窒素動態

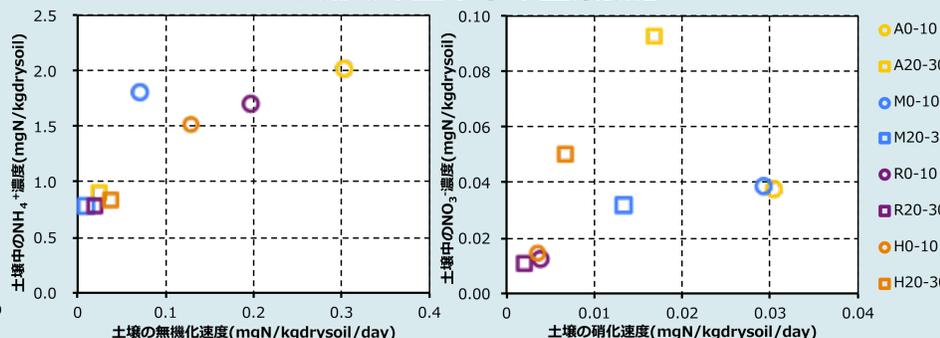


図7 各流域の土壌中の無機化速度(NH₄⁺生成速度)の平均値とNH₄⁺濃度の平均値関係

図8 各流域の土壌中の硝化速度(NO₃⁻生成速度)の平均値とNO₃⁻濃度の平均値関係

本研究地における土壌中のNO₃⁻濃度はNH₄⁺濃度よりもはるかに低く、本研究地の土壌中の窒素循環系はNH₄⁺が蓄積しNO₃⁻はあまり生成されていない系であると言える。また、各流域で比較するとM、A流域で土壌中の硝化速度(NO₃⁻生成速度)が高かった。

降雨時における各流域からのNO₃⁻流出量と大気降水由来のNO₃⁻流出量

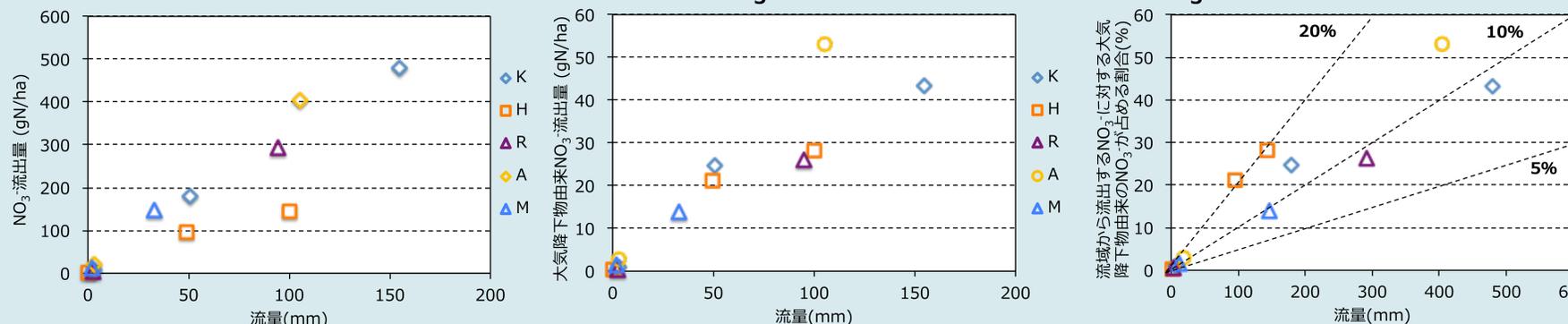


図9 降雨時の一雨の流量とNO₃⁻流出量の関係

図10 降雨時の一雨の流量と大気降水由来NO₃⁻流出量の関係

図11 流域から流出するNO₃⁻に対する大気降水由来のNO₃⁻が占める割合

降雨時の渓流水質を元に各流域からのNO₃⁻流出量、大気降水由来のNO₃⁻流出量を算出した結果を図9-11に示す。流量と大気降水由来NO₃⁻流出量の関係はどの流域でも同様で、同じ流量であればほぼ同量の大气降水由来NO₃⁻流出量であった。研究を行なった各流域は隣接しているため大気降水として流入する窒素量が同じであると考え、どの流域も流量に対する大気降水由来のNO₃⁻流出量が同程度であることから、流域にもたらされた窒素化合物が一度も流域内の窒素循環系に取り込まれずに流出する量は同程度であると考えられ、流域にもたらされる無機態窒素の1割程度だと考えられる。H流域は他流域と比べて滞留時間の短い浅い地下水が流出しており、流域にもたらされた窒素化合物が生態系に取り込まれる時間が短いと考えられたが、流域にもたらされた窒素化合物が一度流域内の窒素循環系に取り込まれる量は流域の水移動経路特性に大きく影響されないことが示唆された。ただし、H流域では降雨時の流量が他流域と同程度でもNO₃⁻流出量が少ないことから、相対的に大気降水NO₃⁻流出量の割合が高く、NO₃⁻流出量の20%程度を占めていた。