

土壌無機態窒素に関する野外操作実験の初期条件

金子有子・徳地直子¹⁾

要 約

森林の伐採方法やその後の管理方法の違いが環境に及ぼす影響について把握し、環境に対する負荷の少ない森林管理のあり方を探求することを目的として、滋賀県高島市朽木麻生の落葉広葉樹二次林で野外操作実験を開始した。モニタリングすべき環境項目として、土壌浸透水の水質、および、土壌の硝化活性、脱窒活性、ガス代謝、地温、土壌水分条件等の測定を行っている。調査地の初期条件として、土壌無機態窒素の現存量および生成速度について、それぞれ9.3~10.5mgN/kg dry soil、70~92 mgN/kg dry soil/28 daysの値を得た。また、無機態窒素の生成速度の観点から、処理区の配置を検討し、無機態窒素の生成速度、および、地温、土壌水分条件において、処理実施前の初期条件に処理間で大きな差はなく、処理実施後に生じる処理間での違いが、処理による違いであるとみなせることを確認した。

1. はじめに

琵琶湖への汚濁負荷の中には、面源としての森林から河川溪流を通じて流入する負荷がある。森林流出水を分析し、窒素、リン等の栄養塩類等化学成分の変動を長期的に把握することは、琵琶湖の水質変動をモニタリングするためだけでなく、水質保全を進めるためにも重要である。面源負荷に関しては、総務省が2004年8月に「湖沼の水環境の保全に関する政策評価書」を公表し、今後は、湖沼の集水域における汚濁負荷の発生機構の解明と実態の把握を的確に行う必要があり、特に非特定汚染源・ノンポイント汚染源について有効な対策の検討とその着実な実施を図ることが重要であるとする「意見」をまとめたところである。また、環境省の中央環境審議会水環境部会（湖沼環境保全専門委員会）は、「湖沼の環境保全制度のあり方について」を公表し、その中で、非特定汚染源対策を今後の重要課題の一つに挙げ、その汚濁負荷流出と自然浄化機能についての正確なメカニズ

ムの解明と定量的評価、対策事業実施後のモニタリングによる定量的評価の必要性を指摘し、その研究成果を元に流域全体を視野に入れた水循環の回復、水生生物等生態系保全のための施策の展開、ならびに、そのモニタリング体制の充実が重要との指摘を行っている。

当プロジェクト研究では、伐採・非伐採流域における渓流水質・水量や森林生態系における炭素吸収量等の長期モニタリングを継続するとともに、森林伐採に伴って起こる硝酸態窒素流出の原因解明を目的として、野外での小面積実験を行っている（金子、2004a；金子、2004b）。

小面積実験では、窒素を中心とした物質循環系の変動機構を詳細に研究している。土壌浸透水や森林流出水における硝酸態窒素濃度上昇の主な原因としては、伐採後の地温上昇によって微生物活性が高まり、硝酸態窒素の生成が促進されることと、伐採によって無機態窒素を吸収していた植物体が失われたこと、が考えられている。小規模実

1) 京都大学フィールド科学教育研究センター

験では、2要因のそれぞれがどの程度寄与していたかを知るため、実験処理として、1) 植生を除去する、2) 植生を除去し、かつ、被陰して地温の上昇も抑える、3) 植生導入を行い、植生の回復を促進する、4) 何もしない、の4通りを行う。ここでは、本実験の主要な調査項目である土壌無機態窒素についての実験処理前の結果から、各処理の配置を検討し、実験の初期条件を把握したので報告する。

2. 調査方法

調査地は滋賀県高島市朽木麻生の落葉広葉樹二次林である。2002年4月に、ほぼ同一方向の連続した森林斜面A、B、Cに、斜面上・中・下部を含む10m×10mの小面積実験区をそれぞれ21、18、12区画、合計51区画を設置した(写真1)。また、そのうちの斜面下部に位置する15区画と斜面中部に位置する3区画の合計18区画で、2002年より、表層土壌における無機態窒素の動態と地温、土壌水分条件に関する調査を開始した(金子、2004a; 金子、2004b)。

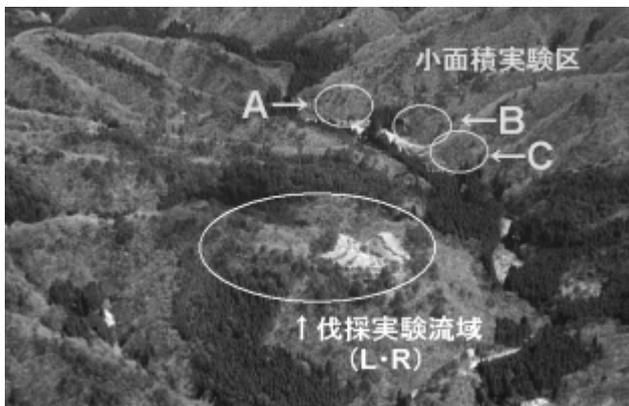


写真1 伐採実験流域と小面積実験区

2.1 無機態窒素の現存量

18区画の小面積実験区において、 A_0 層を除く0~10cmの土壌を採取した。採取した土壌サンプルは実験室に持ち帰り、24時間以内に粗大有機物と根をハンドソーティングにより取り除き、その後2mmの篩で篩い、生土の細土を得た。生土細土のうち数gは105℃で24時間乾燥させ、乾燥前後の重

量変化から含水率を求めた。残りの生土細土は2MKClを約1:10(w/w)になるように加えて、1時間浸透後、No.6(Advantec社製)のろ紙でろ過した。この2MKCl抽出液について、アンモニア態窒素の濃度はインドフェノール法、硝酸態窒素の濃度はスルファニルアミド・ α -ナフチルエアミン法の比色法でそれぞれ測定し、それぞれの現存量を推定した。オートアナライザー3(ブランルーベ社製)を用いて測定した。

2.2 無機態窒素の生成速度

実験室培養による純無機化速度および純硝化速度を測定するため、上記と同様に採取・篩別された生土細土を、最大容水量の60%になるように水分を調整し、25℃の暗条件下で28日間培養した。培養期間中はほぼ1週間に1度、水分を調整した。培養後は上記と同様に2MKCl溶液で抽出し、抽出液を得た。抽出液中のアンモニア態窒素および硝酸態窒素を分析し、初期の値を引いて、培養期間中の無機態窒素の生成速度とした。

2.3 土壌環境条件

2002年7月に、18区画の小面積実験区のそれぞれ中央付近に、データロガー(日置電気株式会社製、3630、3635)とセンサーを設置した。2002年8月より、土壌深度5cmにおける温度(日置電気株式会社製、9631)、および、土壌深度20cmにおける土壌水分条件(大起理化工業株式会社製、自記タイプテンシオメータDIK-3020、DIK-3023)について10分間隔の自動測定を開始した。土壌水分条件については、回収した電圧データをpF値(土壌中の水が土壌の毛管力によって引き付けられている強さの程度を示す値)に換算した。

3. 調査結果

3.1 無機態窒素の現存量

無機態窒素の現存量を形態別に示す。図1は、斜面A、B、Cにおける、アンモニア態窒素と硝酸態窒素の平均現存量を示している(徳地、未発表)。すべての斜面で無機態窒素の現存量は、9.3~

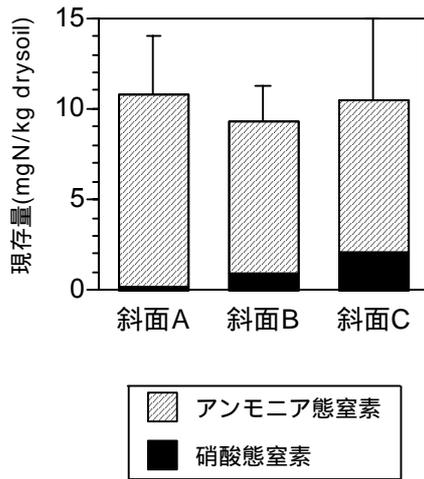


図1 各斜面での無機態窒素の現存量
棒グラフは平均値、誤差線は+1標準偏差を示す。

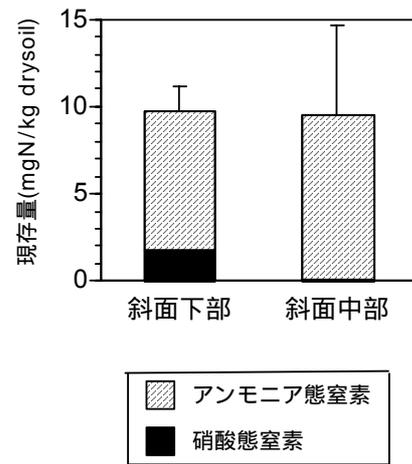


図3 各斜面位置での無機態窒素の現存量
棒グラフは平均値、誤差線は+1標準偏差を示す。

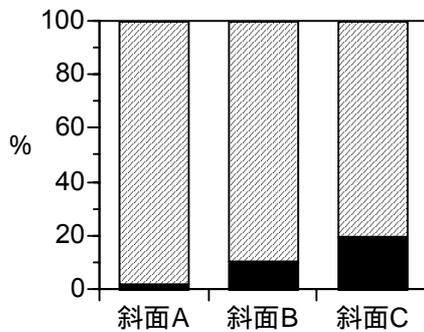


図2 各斜面での無機態窒素の現存形態
凡例は図1と同じ。

10.5mgN/kg dry soilの範囲にあり、A、B、Cの斜面間で違いのないことが明らかになった(図1)。図2には、形態別現存量の比率を示した。凡例は図1と同じである。現存する無機態窒素の形態は、どの斜面においてもアンモニア態窒素が約80%以上を占めていた(図2)。

図3は、斜面中部と斜面下部に位置する実験区での比較である(徳地、未発表)。斜面上の位置に関わらず、無機態窒素の現存量は9.5mgN/kg dry soilと9.7mgN/kg dry soilで、大きな違いはみられなかった。組成においても、アンモニア態窒素を主体としていることにおいては、斜面上の位置で違いはなかった。しかし、形態別現存量の比率で見ると、斜面下部では硝酸態窒素が19.0%存在するのに対し、斜面中部では硝酸態窒素は1.2%とほ

とんどみられなかった点において、大きく異なっていた(図3)。

3.2 無機態窒素の生成速度

次に、実験室培養による窒素の無機化速度の結果を示す(徳地、未発表)。図4は、斜面A、B、Cにおけるアンモニア態窒素、硝酸態窒素の生成速度の平均値を示している。斜面A、B、Cの窒素無機化速度は70~92mgN/kg dry soil/28daysの範囲にあり、斜面Aでやや小さいが、ばらつきが大きく、斜面間で違いはない(図4)。生成された無機態窒素の形態については、斜面B、Cでは硝酸態窒素が60%を上回り、硝酸態窒素主体の組成を示したのに対し、斜面Aでは逆にアンモニア態窒素が63.6%を占めるアンモニア態窒素主体の組成になっていた(図5)。いずれの場合も、現存形態にみられたアンモニア態窒素主体の組成とは大きく異なっていることがわかった。

図6には、斜面上の位置による比較を示した(徳地、未発表)。無機態窒素の生成速度自体は、斜面上の位置に関わらず、58mgN/kg dry soil/28daysと64mgN/kg dry soil/28daysで大きな違いはなかった(図6)。しかし、生成された無機態窒素の形態には、斜面上の位置による大きな違いがみられた。すなわち、斜面中部では生成された無機態窒素の78.5%がアンモニア態窒素であったのに対し、

斜面下部では生成された無機態窒素の67.9%が硝酸態窒素であった(図7)。

3.1、3.2の結果より、以下のことが明らかになった。1) すべての斜面において現存する無機態窒素の量は、9.3~10.5mgN/kg dry soilの範囲にあった。2) 現存形態としては、アンモニア態窒素が約80%以上を占めた。3) 実験室培養による無機態窒素の生成速度は、70~92mgN/kg dry soil/28daysの範囲にあり、斜面間での違いはみられなかった。4) 生成される無機態窒素の形態は、斜面Aではややアンモニア態窒素が多く、斜面B、Cではやや硝酸態窒素が多かった。5) 斜面上の位置により、無機態窒素の現存量に大きな違いはなかった。6) 現存する無機態窒素の形態は、斜面中部では98.8%がアンモニア態窒素であ

るのに対し、斜面下部では約20%が硝酸態窒素であった。7) 斜面上の位置により、無機態窒素の生成速度に大きな違いはなかった。8) 無機態窒素の生成形態には、斜面上の位置で大きな違いがみられ、斜面中部ではアンモニア態窒素が80%近く、斜面下部では硝酸態窒素が70%近くを占めた。

これらの結果から、野外実験の実施において斜面Aを斜面B、Cと同様に扱うことにはやや問題があることがわかる。斜面Aの処理区において、すべての処理を行い、斜面Aにおける比較をする必要がある。

また、斜面上の位置により、無機態窒素の生成能に大きな違いがみられ、斜面下部では、伐採により養分物質の流亡をもたらす硝酸態窒素の生成が、伐採前からある程度生じていることがわかつ

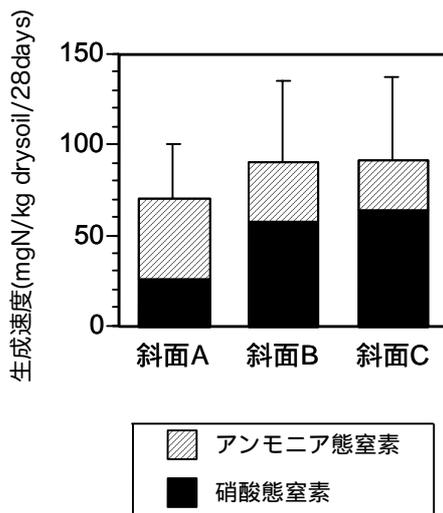


図4 各斜面での無機態窒素の生成速度
棒グラフは平均値、誤差線は+1標準偏差を示す。

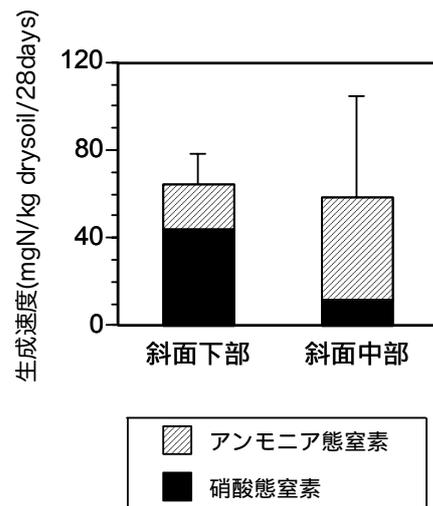


図6 各斜面位置での無機態窒素の生成速度
棒グラフは平均値、誤差線は+1標準偏差を示す。

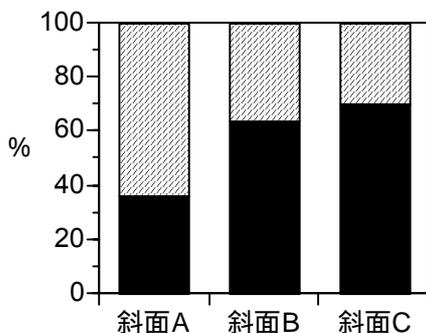


図5 各斜面での無機態窒素の生成形態
凡例は図4と同じ。

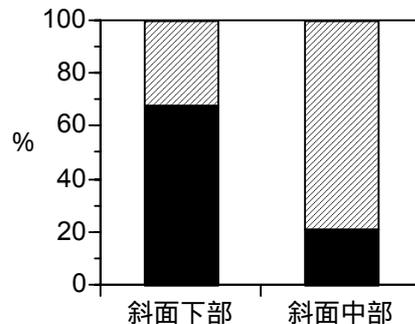


図7 各斜面位置での無機態窒素の生成形態
凡例は図6と同じ。

た。このことより、斜面下部を非伐採にする緩衝帯の設定は、伐採による養分流亡を抑えるのに適した施業であることが推察される。

4. 実験の初期条件の検討

3節で示したように、斜面A、B、C間で無機態窒素の生成速度に違いが見られたため、斜面毎にすべての処理の実験区が含まれるように、野外実験において各処理を行う実験区の配置を検討し直した。検討後に決定した各処理の配置を図8に示した。また、検討し直した配置での処理間の初期条件を、無機態窒素の生成速度と地温、土壤水分条件の観点から評価した。

各実験区について測定された無機態窒素生成速度は、実験区No. 7M<14M<4<5<7L<3L

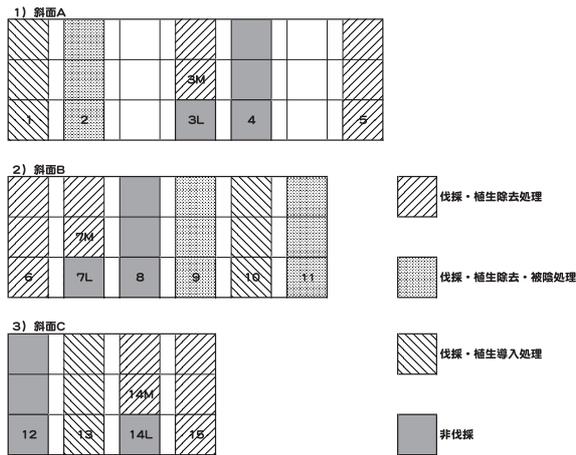


図8 実験区における各処理の配置図

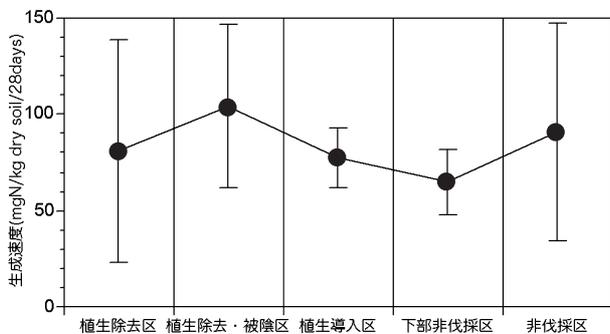


図9 各処理間での無機態窒素生成速度の比較
折れ線グラフは平均値、誤差線は±1標準偏差を示す。

< 1 < 2 < 13 < 14L < 11 < 10 < 6 < 12 < 3 M < 8 < 9 の順に高くなっていた (徳地、未発表)。斜面毎にすべての処理が含まれるように設定した処理間で、無機態窒素生成速度の平均値を比較した結果が図9である。下部非伐採区とは、斜面下部の実験区を伐り残し、斜面中部と上部のみで伐採を行う方法で、実験区No. 3、7、14がこれに当たる。ばらつきが大きい、処理間で有意差は見られなかった。

同様に、斜面毎にすべての処理が含まれるように設定した処理間で、2002年8～12月についての地温および土壌pF値の平均値を比較した (図10、図11)。いずれも処理間で有意差はなかった。

これらの結果より、無機態窒素の生成速度、地温、土壤水分条件、いずれの観点からも、処理実施前の初期条件において、処理間で大きな違いはなく、処理実施後に生じる処理間での違いが、処理による違いであるとみなせることが確認された。

このような初期条件の検討後、2003年12月に森林を伐採し、5通りの異なる実験処理を施しながら、伐採および伐採後の管理による各調査項目の変動を追跡中である。

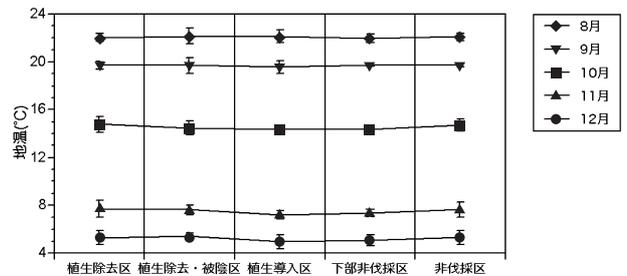


図10 各処理間での地温の比較
折れ線グラフは平均値、誤差線は±1標準偏差を示す。

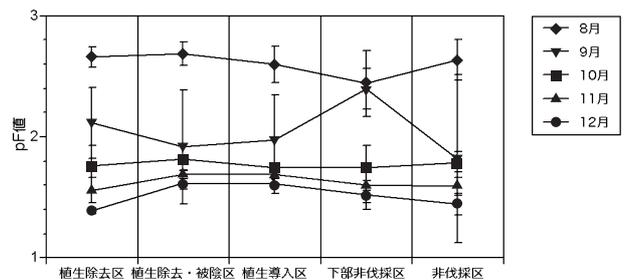


図11 各処理間でのpF値の比較
折れ線グラフは平均値、誤差線は±1標準偏差を示す。

引用文献

金子有子, 濱端悦治 (2004a) : 環境負荷の軽減を図るための森林管理方法の検討. 琵琶湖研究所所報, 21, 43-45.

金子有子 (2004b) : 小面積実験で探る硝酸態窒素生成の

メカニズム. オウミア, 79, 1-2.

森林環境研究会 (2003) : 小面積実験区における森林管理の影響評価. 平成14年度琵琶湖研究所委託研究報告書.