

6章 水質浄化機能

ポイント

- ・森林土壌に供給される無機態窒素量、森林植生による窒素吸収量、森林土壌を通過する浸透水量、以上3つの推定値から、渓流水の硝酸態窒素濃度を示す指数を作成・地図化しました。
- ・森林の立地環境条件（土壌、地質、地形、樹種、降水量）がこの指数にどのように影響するかを考慮し、森林の伐採・成長に伴う水質浄化機能の変化を評価するモデルを作成しました。
- ・森林の水質浄化機能は林分葉量の充実に伴って林分の無機態窒素吸収量が増加する時期に高まり、林冠が鬱閉する20~40年生以降は概ね一定になりました。

機能の意義

森林の水質浄化機能は「森林から流れ出す渓流水の水質が森林に降る雨水よりも人間にとって利用しやすいものであること」と定義できます。日本では国内外の人間活動による窒素排出により、森林が必要とするよりも多くの窒素が供給される窒素飽和現象が問題となっています。ここでは水道水質の重要な指標のひとつである硝酸態窒素^(注)に注目して、森林が持つ窒素除去能を評価しました。

評価モデル

本来、森林生態系では主要な養分である窒素が不足しており、供給された窒素はほぼすべて生物により吸収されます。しかしながら雨水からの窒素供給が過剰になると、森林植生によって吸収しきれなくなり、余剰の窒素が渓流水に流れ出して水質の劣化（渓流水の硝酸態窒素濃度が高い状態）が起こります。この一連の現象を窒素飽和現象といい、関東圏でその兆候が報告されています。

機能評価は渓流水の硝酸態窒素濃度の指標となる評価値を考案して行いました（図1）。土壌への無機態窒素^(注)供給量から森林植生による窒素吸収量を引いた値を森林植生が使い残した余剰窒素量とし、これらがすべて水に溶けやすい硝酸態窒素として流出すると仮定して、余剰窒素量を浸透水量で割った値が渓流水の硝酸態窒素濃度を示すと考えました。無機態窒素供給量は大気からの窒素降下量と土壌中の窒素無機化量を合算したもので、また窒素吸収量は森林バイオマス成長に伴う樹体内の蓄積窒素の増分に連年の窒素吸収量を合算したものです。浸透水量は4章の水資源涵養機能のモデルで算出された値（水資源賦存量）を用いました。

$$\text{水質浄化機能指数} = \left(\frac{\text{無機態窒素供給量} - \text{窒素吸収量}}{\text{浸透水量}} \right)$$

図1. 水質浄化機能指数の算出式

土壌に蓄積されている全窒素量は土壌型や土壌母材によって異なります。また有機態窒素^(注)が植物が利用しやすい無機態窒素に変換される割合である窒素無機化率は植生や地形によって異なります。これらをモデルに反映させて土壌中の窒素無機化量を立地環境条件ごとに計算しました。

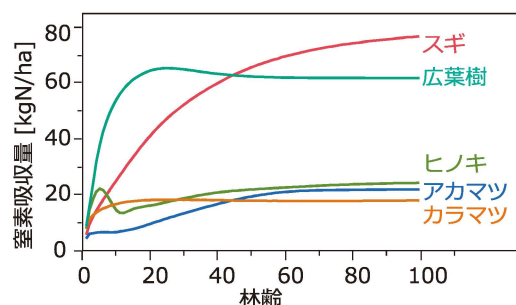
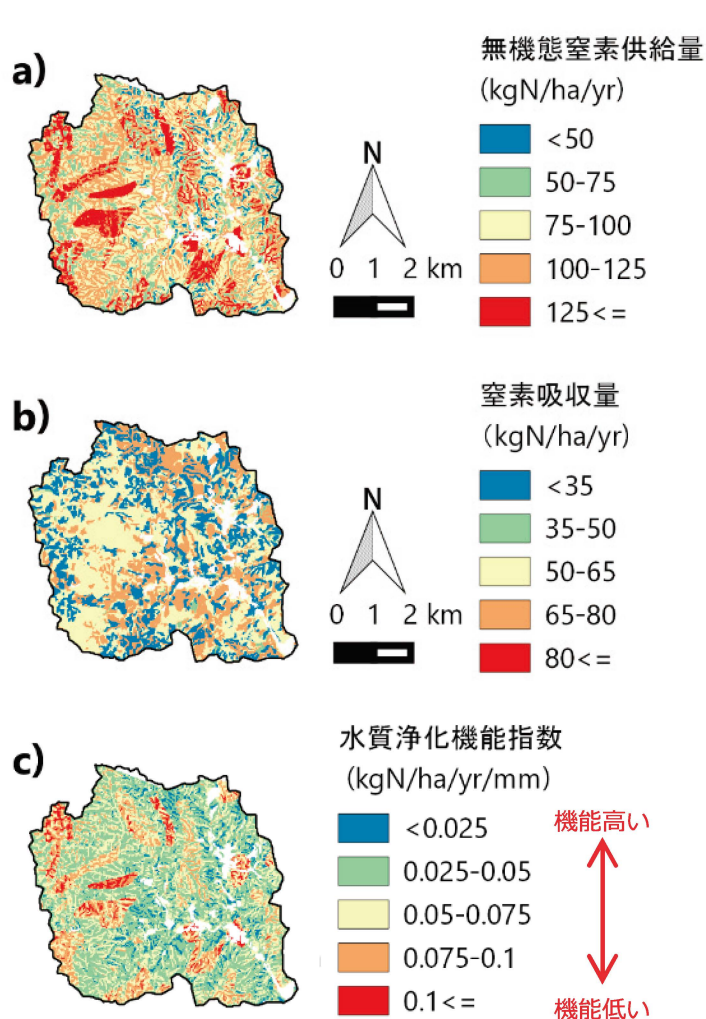


図2. 樹種ごとの窒素吸収量と林齢の関係

森林植生による窒素吸収量は若齢林で急激に増加した後、林冠が鬱閉し林分葉量の増加が頭打ちになる20~40年生以降は概ね一定になりました（図2）。また壮齢期以降の窒素吸収量はスギや広葉樹で60~80kgN/haと大きく、ヒノキ・アカマツ・カラマツではその1/3~1/4程度と小さくなりました。樹種による窒素吸収量の違いは、林分葉量、葉の回転率、窒素含有率に影響を受けています。

評価モデルによる広域的な地図化

評価モデルを用いて共通対象地の水質浄化機能を地図化しました（図3）。



無機態窒素供給量は対象地北西部に特に高い値を示すパッチ状の地域が認められました。これは黒色土や湿性・乾性褐色森林土の分布域に対応しています（図3a）。さらに地形との関連では、窒素無機化率が高くなる斜面下部や谷底部で、無機態窒素供給量もやや高い値を示しました（図3a）。

植生による窒素吸収量は対象地東部に点在するスギ林で高い値を示し、広葉樹林が多い西部ではやや高い値の地域が面的に広がっていました（図3b）。

水質浄化機能指数は、無機態窒素供給量が大きく（図3a）、植生による窒素吸収量が小さく（図3b）、浸透水量が小さい地点で大きくなります（図3c）。水道水質では硝酸態・亜硝酸態窒素濃度10mg L⁻¹以下という基準値が設けられています。これを水質浄化機能の値に換算すると0.1以下となります。水質浄化指数が0.1以下となった面積は共通対象地の96.9%でした。

図3. 共通対象地（茨城県北部）の水質浄化機能
a) 土壌圏への無機態窒素供給量
b) 植生による窒素吸収量
c) aとbの差を浸透水量（4章水源涵養機能の水資源賦存量）で割った水質浄化機能指数（水質浄化機能指数が低いほど、森林の水質浄化機能は高くなります）

森林を管理するにあたって

水質浄化機能に求められるのは機能発揮の平準化です。人間にとって利用しやすい水質の渓流水を安定的に供給するという事です。たとえ一時的とはいえ、水質浄化機能が大幅に劣化する流域内の大面積皆伐などは控えるべきと考えられます。水質浄化機能を維持・向上させるには、偏った年齢構成を避けることや、伐採地を無植生で放置せず速やかに再植林することが挙げられるでしょう。また、湿潤な谷底部への有機物供給のような、脱窒（貧酸素下で脱窒細菌により硝酸態窒素が亜酸化窒素や窒素に還元されること）が活発に起こる立地条件を流域内に確保することも森林管理の一環として有効と考えられます。なお、流域単位の窒素動態に関しては谷底部～低地の土壌地下部での脱窒の重要性が認められていますが、定量評価が難しいことから本モデルの水質浄化機能指数では組み込みませんでした。

参考文献

- 木平英一・楊宗興・戸田任重・八木一行・窪田順平・塚本良則（1997）森林流域谷底部土壌の脱窒作用：NO₃⁻-N 窒素安定同位体比による解析. 日本林學會誌 79: 83-88.
- 徳地直子・大手信人・臼井伸章・福島慶太郎（2011）窒素負荷に伴う森林生態系の窒素循環過程の検討. 日本生態学会誌 61: 275-290.
- 楊宗興（2014）流域における窒素除去過程としての脱窒の役割. 日本水文学会誌 44: 185-195.

注：土壌中での窒素は有機態窒素と無機態窒素の二つの形態で存在し、アンモニア態窒素と硝酸態窒素が無機態窒素になります。硝酸態窒素は硝酸イオン（NO₃⁻）の形で存在する窒素であり、土壌中を移動する水によって溶脱されやすい特性があります。