

# 平水時の山地斜面からの流出水中硝酸濃度の変動に関する環境要因

浅野友子 (東大農演) ・ 内田太郎 (土木研究所)

## はじめに

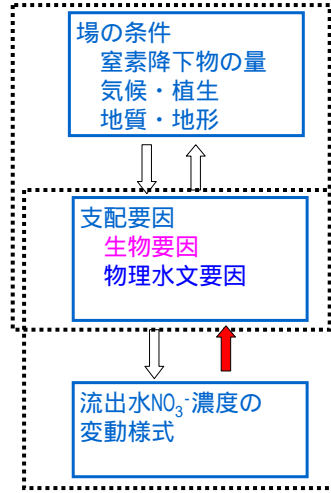
山地斜面からの流出水中硝酸濃度は、森林施行や環境変化に対する森林生態系の窒素循環の変化を反映するとしてこれまでも数多く観測されてきた。流出水中硝酸濃度は、大きくはその生成・消失に関わる生物活動と、その輸送に関わる降雨-流出の影響をうける。

硝酸濃度の変化から森林生態系の窒素循環の変化をいち早く察知するためには、日常的に起こる濃度変化を支配している要因などの基礎的な情報が重要である。

本研究では

流出水中の硝酸濃度の時間変化のパターン(様式)を解析し、濃度の時間変化をコントロールしている主要因を明らかにする手法を示す。ここでは主要因を大きく **生態系のN需要と供給のバランス** **生物要因** **降雨-流出によるNO<sub>3</sub>輸送** **物理水文要因** の二つにわける。

さらに、滋賀県上山地の2つの斜面の比較から、支配要因と場の条件の関係について考察する。



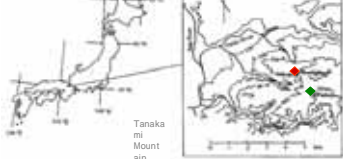
## 方法

硝酸濃度の変動様式と変動を支配する要因の関係 生物要因が支配的であれば温度や湿潤度と、物理水文要因が支配的であれば湿潤度と相関が高いと考えられる。

変動様式		支配する要因	
周期性及び温度との相関	湿潤度との相関	生物要因	物理水文要因
A 1年周期 正の相関	明瞭な相関性なし	有機物分解、NO <sub>3</sub> -生成増加/卓越 (温度促進)	水文要因の影響小
B 1年周期 負の相関	明瞭な相関性なし	NO <sub>3</sub> -吸収・同化の増加/卓越 (温度促進)	水文要因の影響小
C 明瞭な周期性なし	正の相関	有機物分解、NO <sub>3</sub> -生成増加/卓越 (湿潤度促進)	湿潤度で高濃度の流出成分の増大
D 明瞭な周期性なし	負の相関	NO <sub>3</sub> -吸収・同化の増加/卓越 (湿潤度促進)	湿潤度で低濃度の流出成分の増大
E 明瞭な周期性なし	明瞭な相関性なし	生物要因の影響小	水文要因の影響小

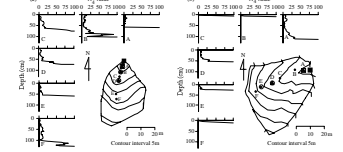
## 観測斜面の概要

年平均気温 10.9℃、  
年降水量: 1700 mm

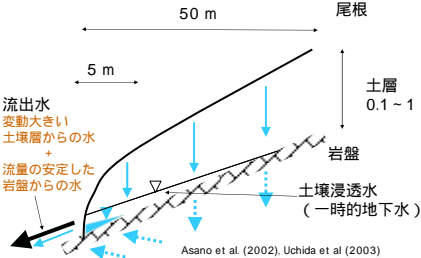


**森林斜面(不動寺)**  
面積 0.10 ha  
斜面勾配 37°

**荒廃斜面(裸地谷)**  
0.18 ha  
34°



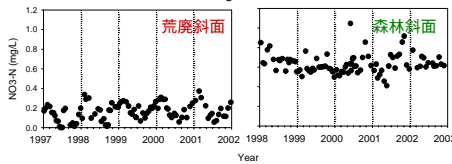
### 観測斜面での水の流れ



仮説  
荒廃斜面-物理水文要因支配  
森林斜面-生物要因も支配か

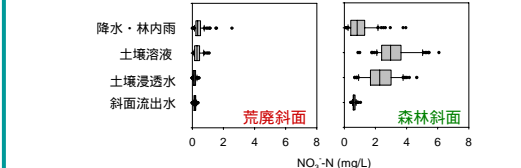
## 結果と考察

### 斜面からの流出水中NO<sub>3</sub>-濃度の変動



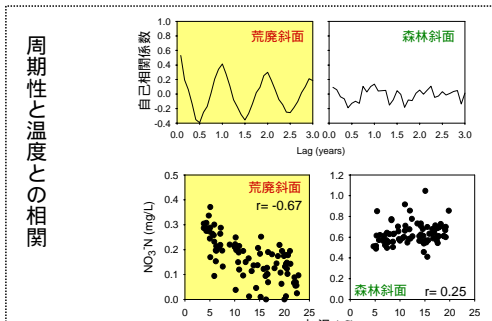
NO<sub>3</sub>-濃度は荒廃斜面に比べ森林斜面で3-4倍高い。荒廃斜面からの流出水中NO<sub>3</sub>-濃度は、冬に高く夏に低い周期的な変動が見られるが、森林斜面からの流出水中には明確な周期はない。

### 斜面でのNO<sub>3</sub>-濃度空間分布

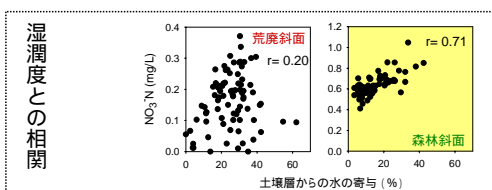


荒廃斜面では、降水のNO<sub>3</sub>-濃度はもっとも高く、土壌、岩盤中で濃度低い。森林斜面では、土壌溶液中でNO<sub>3</sub>-濃度が最も高く、土壌浸透水でも林内雨や流出水の2倍以上高い。二つの斜面を比べると流出水中より土壌中で特に濃度差が大きい

### 斜面からの流出水中NO<sub>3</sub>-濃度変動様式



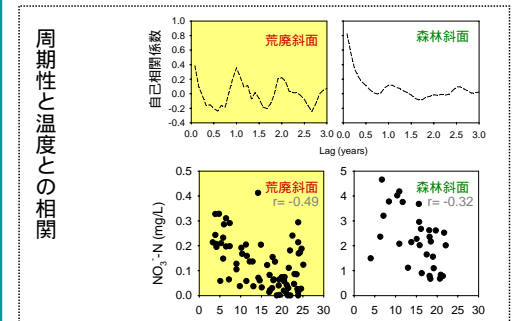
荒廃斜面では、明確な一年周期、水温との負の相関関係がある。



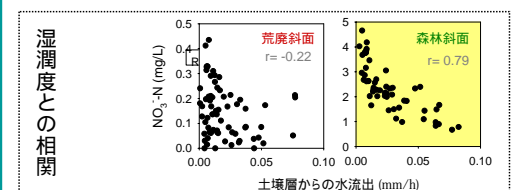
森林斜面では、土壌層からの水の寄与と高い正の相関がある。土壌層からの水の寄与: 斜面からの流出水中に占める土壌層からの流出水の割合。

荒廃斜面では、生物によるNO<sub>3</sub>-吸収・同化が温度によって促進される **B 生物要因支配**  
森林斜面では、土壌層からの水の寄与が増えると、高濃度の流出成分が増大すると考えられる **C 物理水文要因支配**

### 土壌浸透水のNO<sub>3</sub>-濃度変動様式



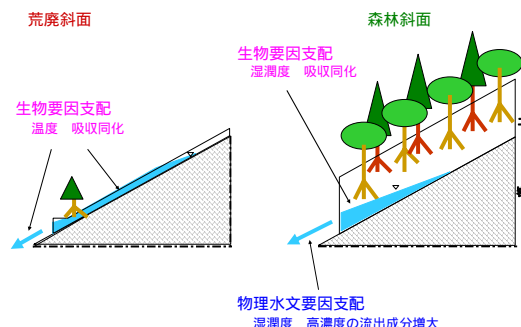
荒廃斜面では、確な一年周期、水温との負の相関関係がある。



森林斜面では、土壌層からの水流出と高い負の相関がある。

荒廃斜面では、生物によるNO<sub>3</sub>-吸収・同化が温度によって促進される **B 生物要因支配**  
森林斜面では、湿潤度が高まると、生物によるNO<sub>3</sub>-吸収・同化が増大すると考えられる **D 生物要因支配**

## まとめ



当初の仮説に反し、植生遷移が進むと、斜面からの流出水中のNO<sub>3</sub>-濃度の変動様式は、**生物要因支配** **物理水文要因支配**へと変化した。荒廃した斜面でも植物や微生物は流出水のNO<sub>3</sub>-濃度に影響を与える程度には活動していることがわかった。また、森林斜面では土壌水中でNO<sub>3</sub>-濃度が非常に高く、その水がNO<sub>3</sub>-濃度は低い流量が安定している地下水混ざることにより、流出水中のNO<sub>3</sub>-濃度が上昇した。

斜面内での水の流出経路とNO<sub>3</sub>-濃度分布の基礎的な情報があれば、NO<sub>3</sub>-濃度変動様式から、流出水のNO<sub>3</sub>-濃度を決定する支配要因を知ることができた。このような知見は、森林生態系の窒素循環の変化を察知する上で重要であると考えている。

どちらの流域でも、土壌浸透水中NO<sub>3</sub>-濃度変動には生物による吸収・同化がもっとも大きく影響したが、荒廃斜面では温度が、森林斜面では湿潤度がそれぞれ吸収・同化を促進していた。これは、森林が成立すると蒸発により土壌中の水分が減少するため、微生物や植物の活動が主として水分によって制約されるようになることを示唆しており、大変興味深い。

参考文献  
Asano, et al. (2002) Residence times and flow paths of water in steep unchanneled catchments, Tanakami, Japan. *Journal of Hydrology*, 261: 173-192  
Uchida, et al. (2003) Analysis of flowpaths dynamics in a steep unchanneled hollow in the Tanakami Mountains of Japan. *Hydrological Processes*, 17: 417-430.  
Uchida, et al. (2003) Seepage area and rate of bedrock groundwater discharge at a granitic unchanneled hillslope. *Water Resources Research*, 39: doi:10.1029/2002WR001298.