

## 地形・地目連鎖系における窒素動態と 窒素流出負荷の低減 (1)

静岡県農業試験場 海岸砂地分場

主任研究員 宮 地 直 道

### 1. はじめに

静岡県内には中～西部を中心に台地上に茶園、その下流域の台地に面した低地に水田、そして海域に面した低地に砂地畑という地形・地目連鎖系が多く見られる。このうち茶園では高品質と高生産量を維持するという理由から、長年 $100\text{kg}10\text{a}^{-1}$ 以上の窒素が施用されてきた。一方、茶園周辺のいくつかの河川やため池からは高濃度の硝酸態窒素が確認されており、茶園から周辺域への余剰窒素の流出が懸念される。このような中、1999年に環境庁による硝酸性(態)窒素の環境基準化が行われ、静岡県の茶園でも窒素施用量の削減が進められている。しかし、これまで多量の窒素施肥が行われてきたことから、茶園下の土中および地下水中には多量の窒素が蓄積していることが予想される。このため台地下の地下水中の硝酸態窒素濃度の低減を図るには、今後かなりの時間を要すると思われる。

一方、海域に面した砂地畑でも地下水への余剰窒素の負荷が進んでいる。砂地は保肥力、保水力が小さく施肥に際しては分肥が基本とされているが、農家の高齢化もあり、作業時間の短縮を図るために施肥回数が減らされ、多肥が行われつつある。この結果、作物に吸収されないで溶脱する窒素により地下水中の硝酸態窒素濃度が高まりつつある。砂地畑ではしばしば下層の地下水を灌水利用するが、このような地域では、窒素成分を多量に含む水を汲み上げて灌水し、加えて多量の施肥を行うため、地下水への窒素の負荷が加速しつつある。

そこで、茶園および砂地畑からどの程度周辺域に窒素が流出しているのかといった窒素動態と、流出した窒素をどのようにして削減できるかを検討した。今回は、地形・地目連鎖系内の窒素動態の概要と、茶園から周辺域への窒素流出の実態に

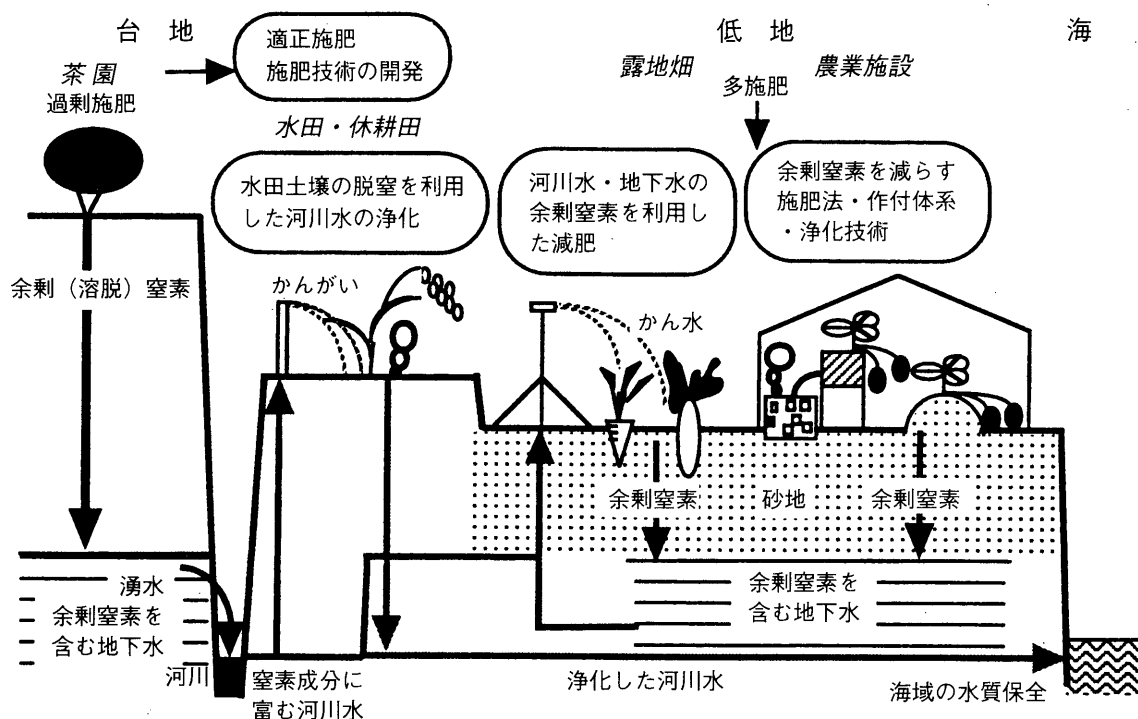
ついて述べる。

### 2. 地形・地目連鎖系内の窒素動態

茶園の広がる台地下を流れる地下水は台地の縁辺部では湧水となり、湧水は小河川を作り、台地内から低地を通り海に注ぐ。このため、台地下の水田では長年、台地から流れ出る湧水由来の河川水を灌漑用水として利用してきた。すなわち、このような地域では台地下の地下水を汲み上げることなく、低地で容易に利用することができる。水田は水田土壌の持つ脱窒機能により、高濃度の硝酸態窒素を含む茶園排水や畑地からの排水を灌漑利用することにより水中の窒素濃度を低減できることが知られており、このようなシステムは茶園—水田連鎖系、畑地—林地—水田連鎖系の水質浄化機能と呼ばれている<sup>1) 2)</sup>。このほか、傾斜地の畑地から草地を通過する間に地下水中の硝酸態窒素濃度が低減する例<sup>3)</sup>などがあり、これらは地形連鎖系や地形・地目連鎖系の水質浄化機能と呼ばれている。ここでは台地上の茶園、その下流側の低地上の水田、砂地畑を合わせて茶園—水田—砂地畑連鎖系と呼ぶ。

この茶園—水田—砂地畑連鎖系では茶園と砂地畑が主要な負荷源となる。このうち、茶園からの溶脱窒素量を削減するためには適正施肥と茶樹への窒素利用率向上のための施肥技術の改良が求められる。しかし、茶樹に利用されず茶園から溶脱し地下水に混入して、湧水・河川水中に存在する窒素は低地側で浄化・利用するしかない。すなわち、水田・休耕田へ灌漑水として積極的に利用するとともに、砂地畑へ灌水して作物に吸収させるのが有効である。一方、砂地畑からの溶脱窒素を削減するためには、適正施肥と肥効調節型肥料を活用した窒素溶脱量の削減、作付体系を活用した土壌中の残存窒素の作物への吸収などが必要である。また、砂地畑では施設栽培が盛んで養液栽

図1. 茶園—水田—砂地畑連鎖系における窒素動態と負荷低減技術の概念図



培も積極的に行われている。養液栽培では廃液の処理が大きな問題になっているが、バイオジオフィルターや微生物資材を用いた浄化なども有効であろう。このような砂地地帯での窒素溶脱量の削減は海域の水質保全にもつながる(図1)。

### 3. 茶園から流出する窒素

#### 3-1) 調査の概要

茶園から周辺域に流出する窒素動態を明らかにするため、1997年6月より茶園の広がる台地下の湧水の水質と水量のモニタリングを1~2週間に1回の頻度で開始した。モニタリング地点はa~hの8箇所で、このうち地点a~cは隣接する茶

園からの距離、比高(高さ)ともに10 m以下と茶園近傍の地点である。一方、地点d~hは隣接茶園から10m以上離れた茶園遠方の地点である(表1)。このうち比高は概ね地表から地下水面までの深さに相当する。この他、地点fに隣接する小河川について、1994年より水質、水量のモニタリングを行った。なお、これらの湧水、河川水のモニタリングを行った地域の集水面積は約15km<sup>2</sup>で、台地上はほとんどが茶園であり人家や畜舎はごくわずかである。さらに、茶園の広がる台地縁辺部から下流側の砂地畑に向けて測線を設け、測線上に0.5~2.0mの深さに地下水調査用のパイプを設けて水質、地下水位の変化を調査した。

#### 3-2) 湧水の水質・水量の変化

湧水のpHおよび無機態窒素濃度の経時変化を調べた。湧水中の無機態窒素の大半は硝酸態で、アンモニア態窒素がわずか(1mgL<sup>-1</sup>以下)であり、亜硝酸態窒素は認められなかった。湧水のpHは硝酸態窒素濃度が増加するにつれて低下する。茶園近傍の地点a~cのpHは茶園遠方の地点d~hに比べて低く、特に50mgL<sup>-1</sup>以上の濃度では4.0~4.5と低かった。(図2)。

表1. 湧水調査地点の位置

地点	標高 m	隣接茶園からの位置	
		距離m	比高m
a	4.0	9	8
b	3.0	9	7
c	5.5	5	4
d	3.5	13	7
e	3.5	28	14
f	6.5	50	20
g	3.5	80	35
h	3.5	90	35

図2. 湧水中の硝酸態窒素濃度とpH

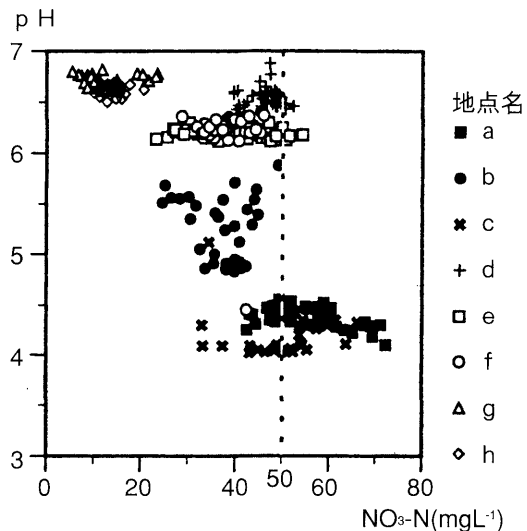


図3. 湧水中の硝酸態窒素濃度の経時変化

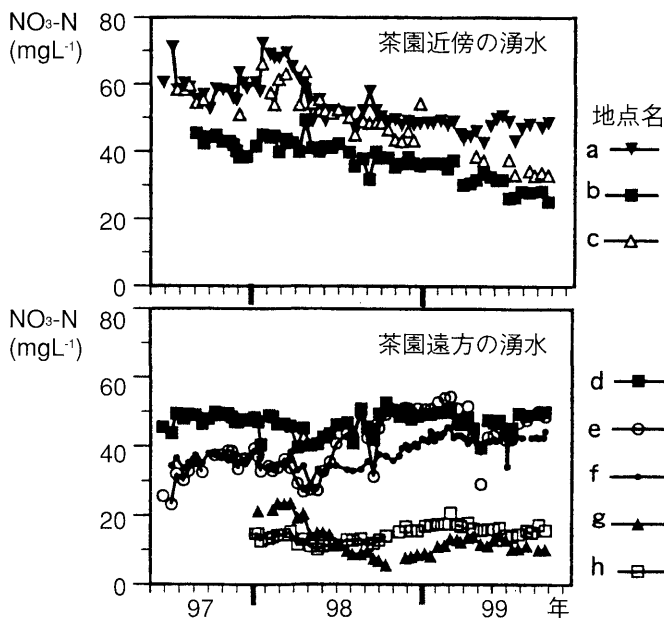
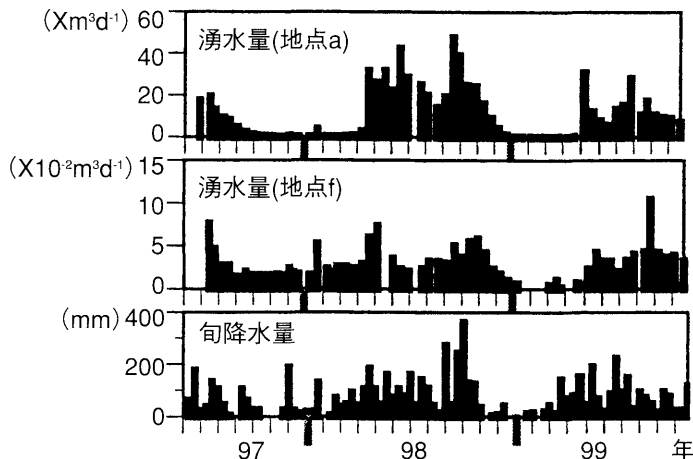


図4. 湧水の水量の経時変化と旬降水量



この調査地区一帯では1960年代から96年までは茶園に平均約120kg10a<sup>-1</sup>の窒素施肥が行われてきたが、環境問題が顕在化するのに伴い97年より窒素施肥量は減少し、2000年度の施肥設計では約60kg10a<sup>-1</sup>と半減した。このような施肥削減に伴い、湧水の硝酸態窒素濃度は茶園近傍の地点 a ~ c では98年4~6月頃から低下しはじめ、いずれも99年9月までの間に20mgL<sup>-1</sup>程度低下した。一方、茶園遠方の地点では同程度(地点 d, g, h)ないし増加した(地点 e, f; 図3)。硝酸態窒素濃度が増加した理由は明かではないが、少なくとも茶園下の土中に多量の窒素が蓄積しておりその溶出が続いていると思われる。また、硝酸態窒素濃度が低下しつつある地点があるとはいえ、モニタリング地点の濃度はほとんどが10mgL<sup>-1</sup>を上回っている。

湧水の水量は概ね降水量に対応して増減する。ただし、その変動幅は茶園近傍(地点 a)では大きく、茶園遠方(地点 f)では小さかった(図4)。このような水量の変化パターンの相違は、地表から地下水面までの土層の厚さや地下水層の厚さの相違に関係すると思われる。

3-3) 台地から周辺域への窒素負荷の流出

モニタリングを行った河川の硝酸態窒素濃度は94年6月から98年5月まで平均28mgL<sup>-1</sup>でほぼ一定であったが、98年8月以降は平均37mgL<sup>-1</sup>と増加した。増加の理由は明かではないが、ほぼこの時期に地点 f を含む水源域の湧水の硝酸態窒素濃度も増加している。流量は湧水と同様、降水量に対応して増減する。このため、河川を通じて系外に流出する窒素負荷量(水量×硝酸態窒素濃度)は降雨期に多い(図5)。一方、モニタリング地点は河川の水源地の出口にあたり、99年1~9月の間の窒素流出負荷量は11,353kgNであった。この河川は420mの水源地を流下する間にこれだけの窒素が負荷されたことになるため、水源地で河川長1mあたりに負荷される窒素量は99gNd<sup>-1</sup>と試算された。この河川の96年度の窒素流出負荷量より、河川流域の茶園からの窒素溶脱量は284kgNha<sup>-1</sup>y<sup>-1</sup>と見積もられて

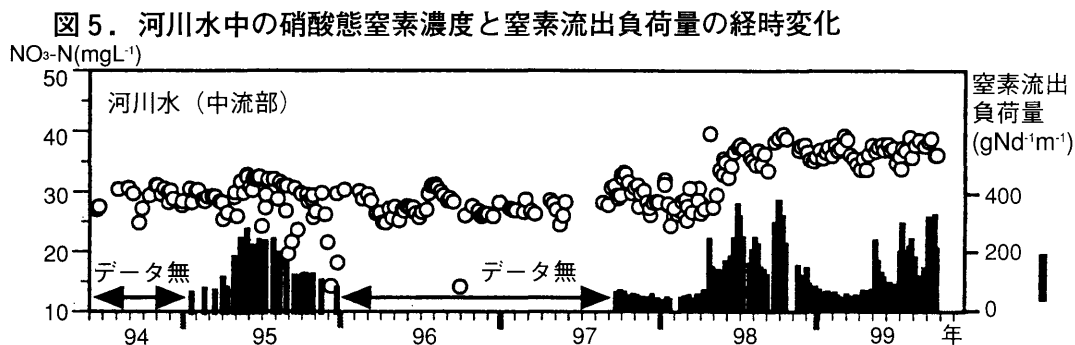
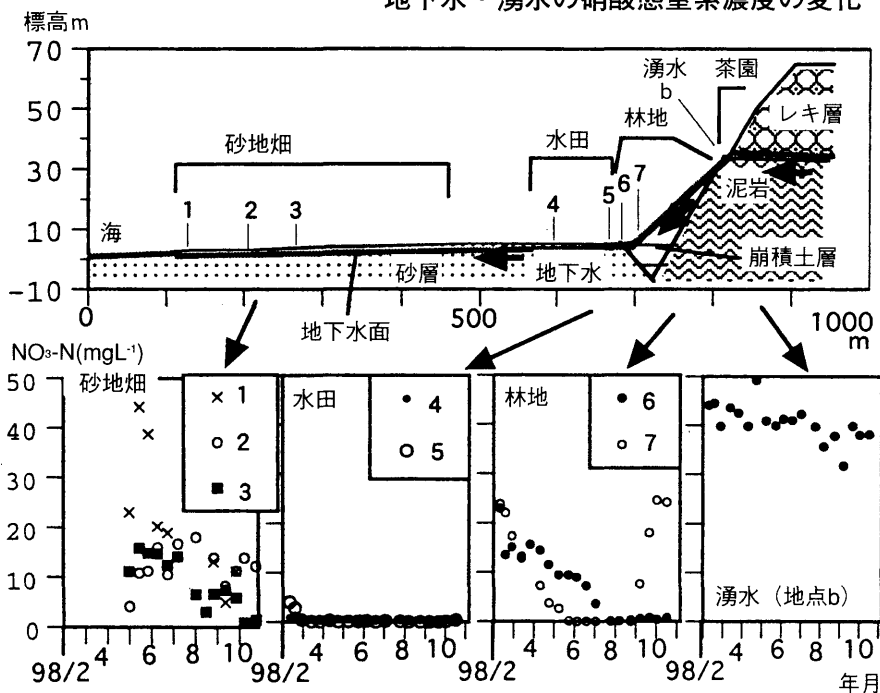


図5. 河川水中の硝酸態窒素濃度と窒素流出負荷量の経時変化

図6. 台地から低地にかけての地下水の移動経路と地目別の地下水・湧水の硝酸態窒素濃度の変化



畑下では砂地畑自体の施肥の影響で硝酸態窒素濃度が上昇したためと考えられる。このように茶園から溶脱した窒素は河川水として高濃度のまま周辺域に流出したり、地下水として地形・地目連鎖系内を移動する間に濃度が低減して低地へ移動するが、両者の比率がどの程度かは不明で、今後の検討課題である。

参考文献

1) 長谷川精善・奥村茂夫・小林正幸・中村 稔：茶園・水田連鎖地形における富栄養化物質の行動。滋賀農試研究報告26, 34—41 (1985)

いる<sup>4)</sup>。

茶園の広がる台地から周辺域への窒素流出は、このように湧水が集まり河川となり流出する場合と、茶園下の地下水がそのまま地表に現れることなく台地縁辺下を流れ、低地下の地下水層に連続する場合がある。台地縁辺の林地から低地の水田、砂地畑にかけての測線上では地下水位の変動パターンはいずれも類似しており、地下水はほぼ連続して台地から低地に向かい移動していると思われる。地下水は台地から林地に入ると硝酸態窒素濃度が低下し、特に夏期は著しく低下する。さらに水田下では通年数 $\text{mgL}^{-1}$ 以下と低いものの、砂地畑下では再び増加する(図6)。このため、地下水は茶園下から林地、水田下へと移動する間に脱窒などにより硝酸態窒素濃度が低下したが、砂地

2) 尾崎保夫：農耕地における肥料成分の動態と制御(2) —農業産地における地形作目連鎖系の活用—。農業および園芸68, 657—662 (1993)

3) 早川嘉彦・寶示戸雅之・宮地直道・草場 敬・金澤健二：地形連鎖の中での地目の変化に伴う地下水水質の変動。土壤の物理性, 39—45 (1997)

4) 戸田任重・望月康秀・川西琢也・川島博之：静岡県牧ノ原における茶園—水田連鎖系による窒素流出負荷低減効果の推定。土肥誌 65, 369—375 (1997)