

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 (3)

静岡県農業試験場 海岸砂地分場

主任研究員 宮 地 直 道

(現 独立行政法人 農業技術研究機構
野菜茶業研究所 葉根菜研究部 土壤肥料研究室長)

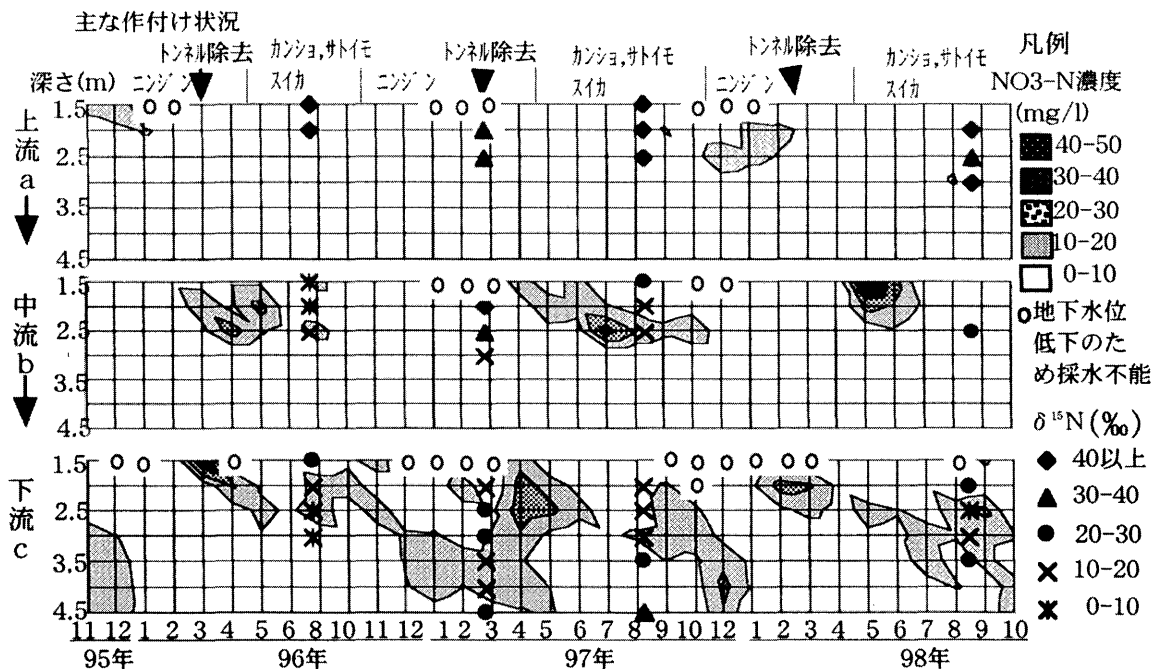
7. 砂地畑下での窒素溶脱実態

静岡県の砂地地帯(農耕地面積3,338ha)は冬季の日射量が多く温暖で、早春の地温上昇が早く、土壌水分量を調整しやすいといった特徴から県内の主要な野菜生産地となっている。しかし、農業者の減少や高齢化に伴う省力化のため、砂地畑の施肥法の基本であった分施が必ずしも実施されず、高度化成肥料を中心とする元肥の多量施用が行われている。これにより溶脱窒素量が増加し地下水汚染が進行している恐れがあるがその実態は明らかではない。

このような砂地畑での窒素動態の実態を明らかにするために、冬季にニンジンをトンネル栽培し、春～秋にカンショ、サトイモ、スイカを栽培している砂地畑で、地表面下1.5～4.5mの地下水中の

硝酸態窒素濃度の変動を3年間調べた。その結果、降水量の増加時期でトンネル除去後の時期にあたる3～4月には地下水層の上部で硝酸態窒素濃度が高まり、この高濃度域は見かけ上時間の経過とともに下層に移動した。特に地下水流の下流側の地点では広い高濃度域が認められた(図1)。また、窒素安定同位体比($\delta^{15}N$ 値)より地下水中では顕著な脱窒が生じていると推定されている¹⁾。一方、調査地域に隣接する暗渠施設での調査によれば、暗渠排水中の硝酸態窒素濃度もトンネル除去後の降雨時に高まる。この暗渠施設では年間施肥窒素量の21%(95kgNha⁻¹)～41%(143kgNha⁻¹)が暗渠を通じて系外に排出されると試算されている²⁾。

図1. 砂地畑地下水の硝酸態窒素濃度の経時変化と $\delta^{15}N$ 値



8. 溶脱窒素を利用した施肥削減

このように県内の砂地畑では、多量の余剰窒素が地下水中に付加されている恐れがある。一方、一部の砂地畑では台地から流出する茶園排水由来の河川水や砂地畑下の地下水を灌水利用している農家が多い。これらの河川水や地下水は硝酸態窒素濃度が高い場合がある。このような地帯では施肥窒素に加えて灌水由来の窒素が畑へと投入されると想定され、これにより過剰施肥となっている可能性がある。そこで、簡易ライシメーターを用い、砂地のダイコン栽培において灌水中の窒素濃度を変えて収量や窒素収支との関係を調べ、窒素濃度の高い水を灌水利用することによる窒素施肥量の削減方法について検討した。

8-1) 組立式簡易ライシメーターによる試験

砂土を充填した木枠（内径54×48cm、高さ90cm）の底に浸透水貯留タンクを設置した組立式簡易ライシメーターにダイコンを植え、窒素濃度の高い水を灌水してダイコンの生育や窒素収支を調べた。ダイコンの植栽面積は約0.26m²で1試験区に2本栽培し、2反復で試験を行った。窒素施肥量は化学合成緩効性肥料による8、16、24、48kgの4段階とし、灌水の種類（硝酸態窒素濃度）は水道水（0.3mgL⁻¹程度）、20mgL⁻¹、河川水（30mgL⁻¹程度）、40mgL⁻¹の4段階とした。なお、灌水は1回10mmとし、播種後1ヶ月は毎日、以後は一日間断を目安に行った。栽培期間中の灌水量は470mmであった。また、現地より採水した河川水中の硝酸態窒素濃度は栽培期間中の変動は少なく27.8mgL⁻¹

程度で、亜硝酸態窒素はなくアンモニウム態窒素は0.3mgL⁻¹程度であった。

試験の結果、同一施肥量では灌水中の硝酸態窒素濃度が高いほど投入された窒素量（窒素施肥量+灌水中の窒素量）は多くなり、これに伴い根重も増加する傾向であった。このことから、灌水中の窒素はダイコンに十分利用されていると考えられる。収益性の高いLクラスのダイコンを生産するのに窒素成分をほとんど含まない水道水を灌水した場合は24kg

10a⁻¹の施肥量が必要だったが、硝酸態窒素濃度が20~40mgL⁻¹の水を灌水した場合は、16kg10a⁻¹の窒素施肥量で十分であった（図2）。

また、灌水から供給された窒素量のうち、ダイコンへの吸収量、ライシメーターからの排出量（溶脱量）を試算した。なお、推定土中残存量は投入された窒素量からダイコンへの吸収量、ライシメーターからの排出量を差し引いて求めた。試算の結果、灌水から供

図2. 窒素施肥量、灌水の種類と根重

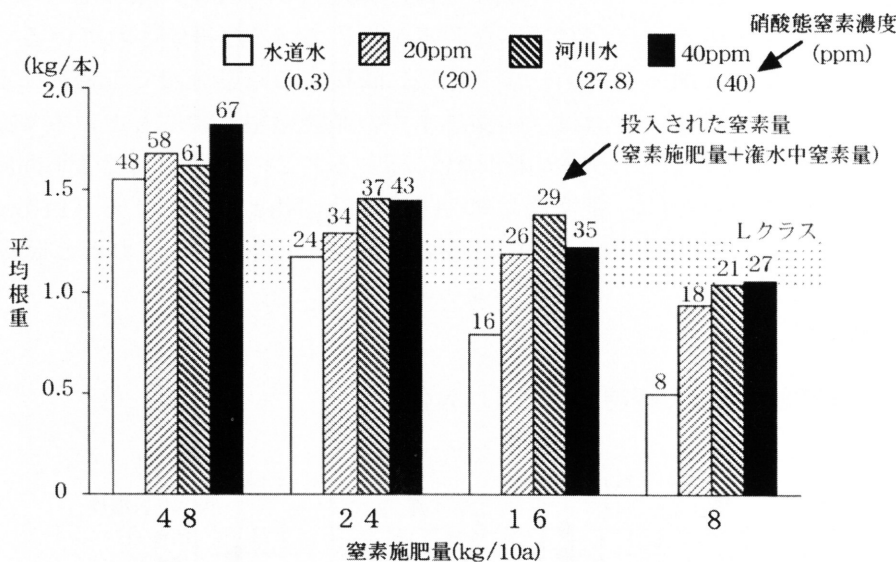
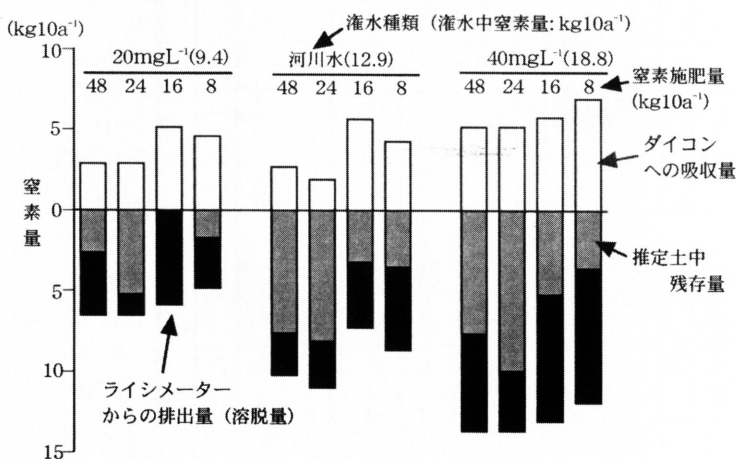


図3. 灌水から供給された窒素の収支



給された窒素量のうちダイコンへ吸収利用された量は施肥量の多い48, 24kg10a⁻¹よりも施肥量の少ない16, 8kg10a⁻¹で多かった。しかし、施肥量が少ないとダイコンの生育が劣るため下層への窒素溶脱量が多くなる傾向があった。また、施肥量が多いとダイコンの生育が良く窒素溶脱量は少なくなるが、ダイコンへ利用されない窒素が多くなった(図3)。

8-2) 現地試験

モデル試験で用いたのと同じ河川水(硝酸態窒素30mgL⁻¹程度)を灌水として利用している現地ほ場でダイコンを栽培し、その生育状態を調査した。施肥は標準の農家慣行区を除き化学合成緩効性肥料の全量基肥とした。通常、現地における灌水は播種直後を除いてあまり行わず主に降雨によるが、ここでは普段より多めに灌水した。このため栽培期間中の灌水量は142mmとなった。

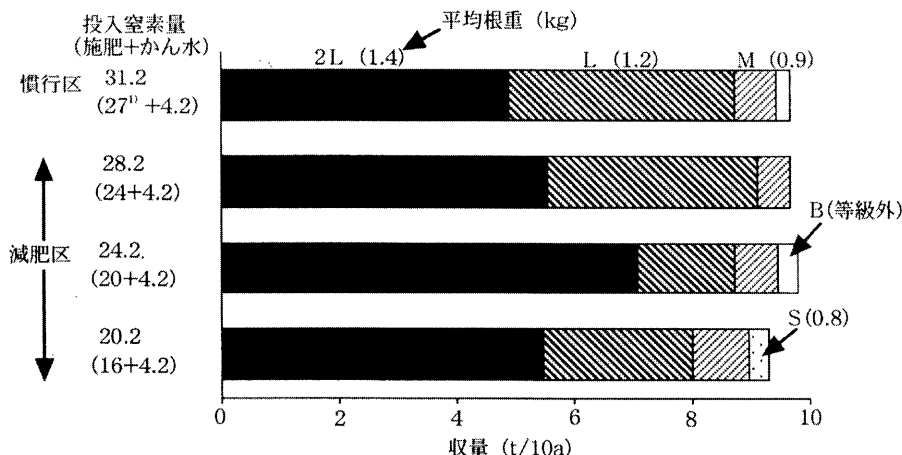
その結果、栽培期間中に灌水からは4.2kg10a⁻¹の窒素が供給され、施肥量と合わせた投入窒素量は31.2~20.2kg10a⁻¹となった。収穫物の階級発生率は投入された窒素量が少なくなるのにしたが、Lクラス以上の比率が少なくなる傾向であったが、窒素施肥量16kg10a⁻¹でも80%がLクラスとなり十分な収量が得られた(図4)。なお、聞き取り等の調査によると隣接する農家ほ場での平均根重は1.0kg程度、階級はLクラス以上が60~70%程度であった。

9. 砂地の施設での溶脱窒素量のモニタリング

肥料成分が溶脱しやすい砂地では肥培管理法や

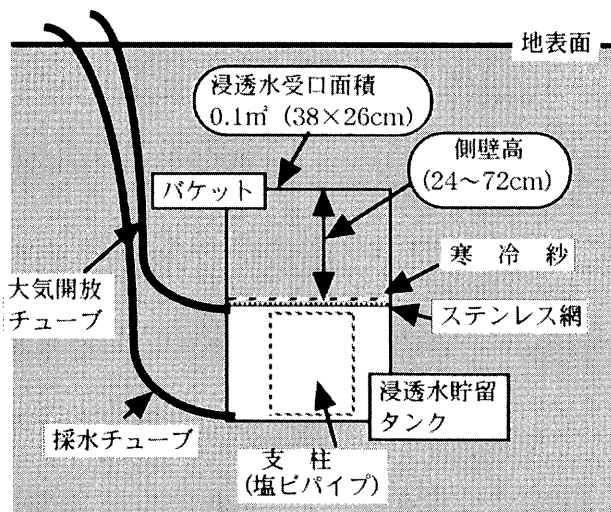
図4. 現地ほ場におけるダイコンの階級別収量

1) 窒素施肥量のうち20kg10a⁻¹は化学合成緩効性肥料, 7kg10a⁻¹は菜種粕



作物の種類ごとに窒素溶脱量が大きく異なることが予想される。溶脱窒素量削減のための技術開発を進めるためには、まず、圃場や施設ごとに簡易に作物栽培時の窒素溶脱量を把握する必要がある。すでに様々な、埋設型ライシメーターが開発されている³⁾が、より安価で簡便に砂地における溶脱窒素量を把握するために、新たに埋設型の簡易ライシメーターを開発した。このライシメーターは市販のポリコンテナを加工したもので、浸透水貯留タンク、バケツ、採水、大気解放チューブなどからなる。このうちの浸透水貯留タンクとバケツはステンレス網と寒冷紗で仕切られ、ステンレス網はタンク中にある支柱に支えられている。また、採水はチューブから吸引して行う(図5)。このライシメーターの採水能力を調べるため、

図5. 簡易ライシメーターの断面図 (網掛け部分は土中)



バケツの側壁の高さを24, 48, 72cmとしたライシメーターをガラス室内に埋設し、灌水と採水を繰り返し行った。その結果、いずれの場合も採水量はバケツ上端を地表面に出した対照の9割以上となり、砂地の施設栽培のように土壤水分がpF 1.5以下と多湿な場合、バケツの側壁の高さは24cm以上あれば対照と同等の浸

透水量の採取が可能であった。このライシメーターをイチゴ栽培後作のハウスメロンのうねの直下に2基並べて埋設し、メロン栽培期間および栽培跡の灌水除塩時の溶脱窒素量をモニタリングした。その結果、メロン栽培期間中では $21.9\text{kg } 10\text{a}^{-1}$ 、メロン跡の灌水除塩時には $2.8\text{kg } 10\text{a}^{-1}$ の窒素が溶脱し、一日あたりの溶脱量では灌水除塩中の方が栽培期間中の約10倍と多かった(表1)。今回は施設での試験結果を紹介したが、現在、露地畑でも本装置による窒素溶脱量のモニタリングを実施している。

表1. 埋設型簡易ライシメーターによる砂地のハウスメロン栽培における窒素溶脱量¹⁾

	メロン栽培期間 (102日間)	かん水除塩中 (14時間)
投入窒素量 ²⁾ (kg/10a)	49.5	1.0
採水量 (mm)	2929±791	702±211
平均濃度 (mg/L)	7.5	4.1
窒素溶脱量 (kg/10a) 一日あたり	21.9±0.4	2.8±0.4
窒素溶脱量 (kg/10a)	0.2	2.8
かん水量 (mm)	3390	536 ³⁾

1) 地表面下70cmにバケットの上端がくるように埋設した側壁高24cmのライシメーター2基の平均値。表中の土は2基間のばらつきを示す。

2) 施肥量+かん水中窒素量 3) 雨量計3基の平均値

10. おわりに

これまで3回にわたり、茶園および砂地畑からの窒素溶脱実態と、農地の系外への流出窒素量削減のための水田・休耕田の利用や砂地野菜栽培における灌水利用などについて述べた。静岡県のように古くから台地の湧水を下流の低地の農地で利用してきた地域では、新たに多大な資本投資を行い水質浄化施設を設置する前に、このような地形・地目連鎖系の有する水質浄化機能を評価して、その機能を積極的に利用すべきであろう。もちろん、現在と同程度の収量・品質を維持したまま、可能な限り投入窒素量を削減し、作物による窒素肥料の利用率を向上させることが第一である。しかし、例えば茶園下の下層土中には既に多量の窒素成分が蓄積され、今後も長期間にわたり余剰窒素の流出が続くことが予想される。また、気象条

件を完全に予測することができない状態で、砂地畑での溶脱窒素量を皆無にするような施肥を行うことは極めて困難である。したがって、現状では地形・地目連鎖系の有する窒素除去機能を積極的に活用するための技術開発や、各地域の特性に合わせた溶脱窒素量削減のための施肥法や作付体系の確立を図ることが重要である。そのためには、水田・休耕田の窒素除去能を高度に利用するための具体的な水管理方法の開発や、場合によれば水質浄化機能向上のための新たな圃場の基盤整備方法なども検討されるべきであろう。一方、砂地の

施設栽培では近年養液栽培が盛んになり排水処理が新たな問題となっている。このような点源負荷に対応するためには、例えば硫黄酸化菌などを利用した新たな脱窒資材⁴⁾の活用なども検討されるべきであろう。

参考文献

1) Toda, H., Mochizuki Y., Kawanishi T. and Kawashima H.: Denitrification in a shallow groundwater in a coastal agricultural area of Japan. Transactions of International workshop on nitrogen fertilization and the environment in east asian countries, 22 (2001)

2) 望月康秀・戸田任重・川島博之: 暗きよ排水組織を敷設した海岸砂地畑における窒素溶脱量の推定. 土肥誌, 71, 512-519 (2000)

3) 尾崎保夫: 簡易ライシメーター法. 水質保全のための農業環境モニタリングマニュアル, 農業環境技術研究所 (1999)

4) 河田智明・増島 博・谷田貝敦: 硫黄酸化菌を利用したイチゴ高設栽培廃液の窒素浄化. 園芸学会雑誌, 69, 別冊2, 344 (2000)