

茶園への窒素多肥による環境問題

野菜茶業研究所茶業研究部
(現：野菜茶業研究所葉根菜研究部)

徳 田 進 一

1. はじめに

茶園の窒素施肥量は他の作物に比べて非常に多く、窒素多肥は土壌を酸性化させ、濃度障害と相まって、吸収根の量や活性を低下させ、茶樹自身の樹勢を低下させている。また、土壌の酸性化によって土壌環境の悪化も進み、その結果、茶園からの施肥窒素の溶脱による周辺水系の硝酸汚染や地球温暖化の原因となる亜酸化窒素の茶園からの大量放出などが問題となっている。

環境にやさしい持続的な茶栽培技術を確立するために、硝酸性窒素や亜酸化窒素などの環境負荷物質の茶園からの発生量の実態調査と、発生量を削減するための技術開発が進められている。ここでは、それらの取り組みの現状について述べてみたい。

2. 茶園からの硝酸性窒素の流出の実態と流出防止技術の開発

茶園から溶脱した施肥窒素による周辺水系の硝酸汚染を軽減するには、最初に施肥窒素の収支を

明らかにするとともに実態調査を行う必要がある。しかし、茶園における施肥窒素の収支に関する研究はそれほど多くない。静岡県茶業試験場で実施されたライシメーター試験の結果、年間窒素施肥量108kgN/10aの場合、窒素溶脱量は44kgN/10aで施肥窒素の41%に相当することが明らかにされている¹⁾。また、永井は茶園に囲まれた井戸水の硝酸性窒素濃度が年々上昇し続けていることを報告しており²⁾、施肥窒素のうち茶樹に吸収されない窒素が周辺水系に溶出し、硝酸汚染を引き起こしている可能性は高い。

しかし、環境省が公共用水域の硝酸性窒素濃度の環境基準を設定したことから、窒素溶脱量を削減するための技術開発が急務となった。これに対し野菜茶業研究所では、静岡大学、静岡県農業試験場、静岡県茶業試験場と共同で、平成9年度から平成13年度まで、茶園周辺水系のモニタリングと窒素溶脱防止技術の開発に取り組んできた。窒素施肥量を大幅に削減した茶園の窒素収支をライ

本 号 の 内 容

§ 茶園への窒素多肥による環境問題.....	1
	野菜茶業研究所茶業研究部 (現：野菜茶業研究所葉根菜研究部) 徳 田 進 一
§ 毛管ポットの夏秋トマトの被覆肥料に対する利用技術.....	6
	新潟県農業総合研究所 基盤研究部 主任研究員 本 間 利 光
§ 茶園への施肥形態と施肥時期が窒素の動向に及ぼす影響.....	9
— 被覆肥料を中心に —	
	愛知県農業総合試験場 豊橋農業技術センター茶業研究室 木 下 忠 孝・辻 正 樹

シメーター試験で検討したところ、年間窒素施肥量 $50\text{kgN}/10\text{a}$ の場合溶脱量は $15.5\text{kgN}/10\text{a}$ であった。一方、年間窒素施肥量 $30\text{kgN}/10\text{a}$ では溶脱量が $2.7\text{kgN}/10\text{a}$ となり、溶出水の硝酸性窒素濃度も $10\text{mgN}/\text{L}$ 以下となることが明らかにされ³⁾、窒素施肥量を削減することにより溶脱する硝酸性窒素の量を減らすことが可能であることが示された。現地でのモニタリングの結果でも、茶園周辺の湧水や小河川の硝酸性窒素濃度は平成7年頃には多くの地点で環境基準である $10\text{mgN}/\text{L}$ を超えていたが、現在では減肥技術の導入により徐々に濃度が下がってきている場合も見られるようになった⁴⁾。さらに、積極的に硝酸性窒素を除去する技術の開発も行われており、茶園下層土壤に設置した有機物層における脱窒反応による硝酸性窒素の除去、根菜類へのかん水として茶園溶出水を利用することによる硝酸性窒素の除去などの技術が検討され、一部は現地実証試験も行われている。

3. 茶園からの亜酸化窒素の放出と放出量削減技術の開発

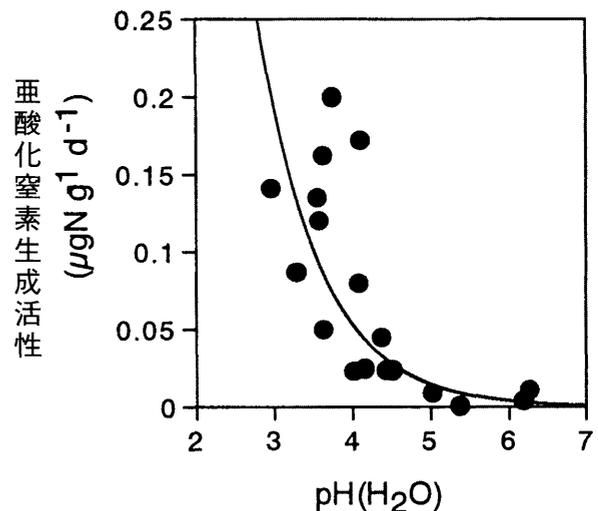
亜酸化窒素は地球温暖化の原因となる温室効果ガスの一種で、国際的にもその発生量の正確な評価と発生量を削減する技術の開発が求められている。亜酸化窒素の大気中での濃度は 300ppb 程度と低いが、亜酸化窒素の温暖化係数は二酸化炭素に比べても非常に高い。この亜酸化窒素の農耕地からの放出量の実態調査が、農林水産省の委託事業として数年にわたって実施されたが、茶園からの亜酸化窒素放出量は他の畑作物に比べても非常に多いことが明らかにされた⁵⁾。

筆者らは茶園土壤の亜酸化窒素生成メカニズムについて詳細に検討を行ってきた。亜酸化窒素は土壤中では主に硝酸化成と脱窒により生成することが知られている。強酸性化した土壤では、化学反応によっても亜酸化窒素が生成することが知られているが、茶園土壤の場合、発生量全体に比べて無視できる程度であった。好気条件にある畑土壤の場合、酸化反応である硝酸化成から亜酸化窒素が主に生成し、降雨直後のように土壤の水分含量が多く嫌気条件が発達しやすい場合には脱窒からも亜酸化窒素が生成することが知られている。

ところが、茶園土壤の場合、硝酸化成抑制剤を加えて硝酸化成からの亜酸化窒素生成を抑制しても、無添加の場合の80%程度までしか低下しなかった⁶⁾。このことは、好気条件であるにもかかわらず、茶園土壤からは亜酸化窒素は主に脱窒から生成することを示しているが、好気条件下での脱窒による亜酸化窒素の大量生成は今までにほとんど報告されていない。さらに詳細に茶園土壤からの脱窒反応からの亜酸化窒素生成の特徴を検討したところ、窒素ガスはほとんど生成せず亜酸化窒素が主要な生成物であること、細菌だけでなく糸状菌も関与していること、土壤pHが低いほど亜酸化窒素生成量が多い、などの特徴が明らかにされた⁷⁾。

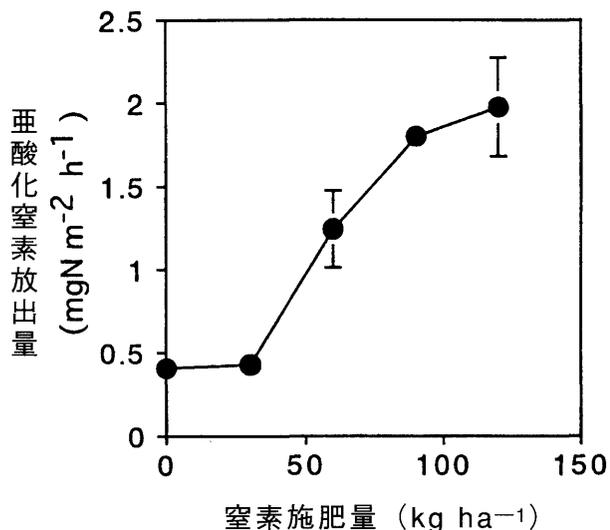
それでは、茶園からの亜酸化窒素放出量はどうかすれば減らすことが出来るのであろうか。全国の茶園土壤の亜酸化窒素生成活性を室内試験で検討したところ、土壤pHが低くなるほど指数関数的に亜酸化窒素生成活性が高くなることが明らかとなった(図1)⁷⁾。また、窒素施肥量を変えた茶

図1. 室内培養試験による土壤pHと亜酸化窒素生成活性との関係



園の亜酸化窒素放出量を圃場で測定したところ、年間窒素施肥量が $30\text{kgN}/10\text{a}$ を超えると亜酸化窒素放出量が増加することが明らかとなった(図2)⁸⁾。以上の結果から、茶園からの亜酸化窒素放出量を削減するためには、窒素施肥量の削減と極端な土壤酸性化の矯正が有効であると考えられる。

図2. 窒素施肥量と亜酸化窒素放出量との関係

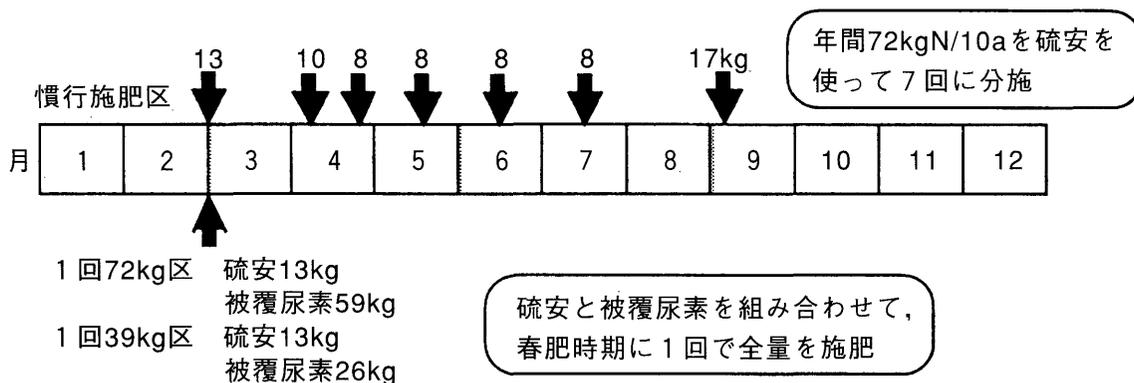


4. 窒素施肥量削減技術の開発

茶園からの硝酸性窒素の流出と亜酸化窒素の放出は、どちらも窒素施肥量を削減することによって軽減することが出来る。それでは、どのように

維持するには肥効調節型肥料が適している。特に被覆尿素は窒素含有率が高く茶園に適していると言える。また、中山間地の傾斜地に位置することが多い茶園での施肥作業は重労働であるが、肥効調節型肥料の利用により施肥回数を減らし、省力化も同時に行うことが出来ると考えられる。そこで、平成8年から4年間に渡って被覆尿素を使用した窒素施肥量と施肥回数を削減した施肥技術の開発を行った。試験は野菜茶業研究所内の赤黄色土壌の試験圃場（「おくゆたか」12年生）で実施した。年間72kgN/10aの窒素肥料を7回にわけて施肥する慣行試験区に対し、同じ72kgNを被覆尿素と硫安を併用して春肥に1回で施肥した試験区と、さらに39kgNにまで窒素施肥量を削減した試験区を設定した（図3）。過磷酸石灰と硫酸カリは春肥のみで、それぞれP₂O₅、K₂Oで15kg/10a、石灰資材は秋肥に苦土石灰で110kg/10a施肥した。

図3. 被覆尿素を使用した窒素施肥量・施肥回数削減試験の施肥設計

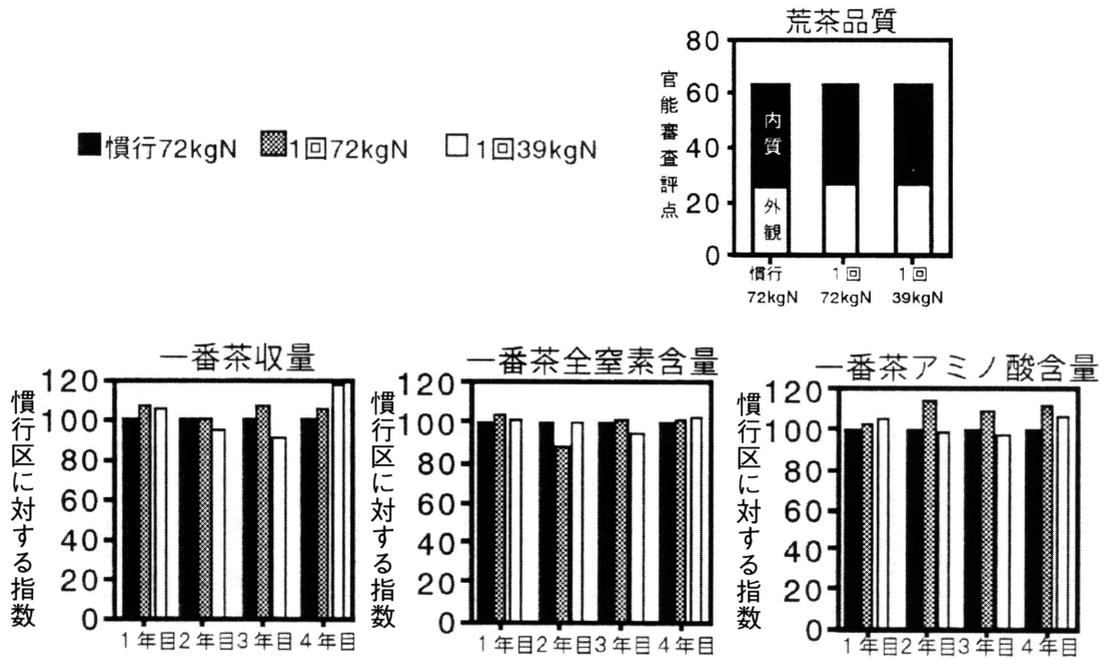


すれば茶園の窒素施肥量を削減することが出来るのであろうか。野菜茶業研究所では年間窒素施肥量40kgN/10aを目標に減肥技術の開発を行ってきた。その結果、被覆尿素や石灰窒素を利用した減肥技術を提案している⁹⁾。

茶園は窒素肥料を年間10回程度にわけて施肥するが、これは茶樹が永年生作物であるため、早春から晩秋にかけての長期に渡って窒素を吸収し続けるからである。このような茶樹の窒素吸収パターンに合わせて、土壌中の窒素量を長期に渡って

その結果、一番茶収量と品質の指標となる新芽の全窒素含量、遊離アミノ酸含量は試験区間で有意な差はなかった（図4）。また、試験3年目には少量製茶機を使用して一番茶を荒茶にまで製茶して官能審査を行ったが、内質・外観ともに試験区間で差はなかった（図4）。二番茶に関しても、収量と全窒素含量には試験区間で差はなかったが、遊離アミノ酸含量は39kgN/10aで試験2年目以降低下した。以上の結果、年間窒素施肥量を39kgN/10aにまで削減し、さらに全量を春肥に

図4. 被覆尿素を使用した窒素施肥量・施肥回数の削減が一番茶の収量・品質に及ぼす影響



1回で施肥しても、一番茶の収量・品質と同程度に維持することが可能であることが明らかとなった。しかし、二番茶の品質が低下することから、二番茶の品質も重視する場合には摘採前に速効性肥料を分施するなどの工夫が必要であろう。

一方、石灰窒素は戦前から利用されている資材で、それ自身が緩効性窒素肥料であるばかりでなく、主成分であるカルシウムシアナミドが酸度矯正効果、その分解生成物であるジシアンジアミドが硝酸化成抑制効果を持っているため、近年再び注目されている。この石灰窒素を有機配合肥料と併用し、慣行の112kgN/10aから40kgN/10a（う

ち、石灰窒素由来12kgN）にまで窒素施肥量を削減した試験を、一般農家の協力を得て3年間実施した。その結果、一番茶・二番茶の収量と新芽の全窒素含量は試験区間で差はなかった（図5）。また、土壌中の窒素量も石灰窒素の併用により高く維持され、特にアンモニア態窒素の比率が高く、好アンモニア性といわれる茶にとって、好都合な結果となった。また、慣行施肥区では窒素多肥により肥料を吸収する根の多くが死滅してしまっていたが、石灰窒素を併用して窒素施肥量を減らすと、土壌環境が改善され根が再生してくることがわかった（写真）。

図5. 石灰窒素を利用した窒素施肥量削減が収量・品質に及ぼす影響

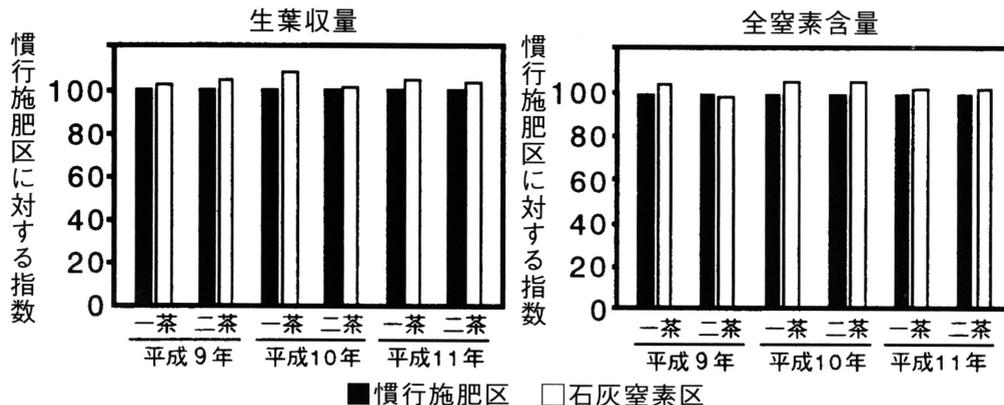
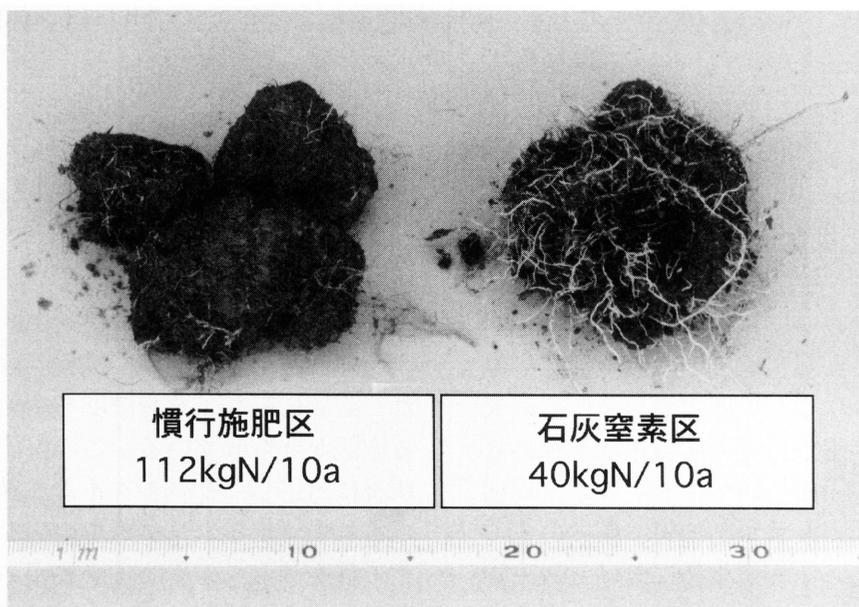


写真. 石灰窒素を使った窒素施肥量削減による茶園うね間表層の
吸収根の再生



5. 茶園における今後の環境問題

静岡県では、茶園周辺の湧水などの硝酸性窒素濃度は徐々に低下しつつあるが、これは周辺農家における減肥技術導入のおかげであろう。その一方で、現在も硝酸性窒素濃度が高い湧水も見られるが、これは地下水がすでに高濃度の硝酸性窒素を含んでいるためと考えられ、数年後には減肥の効果が現れると思われる。その一方で河川やため池から硝酸性窒素を除去する現地実証試験も実施され、上述の野菜栽培におけるかん水としての利用の他にも、逆浸透膜による硝酸性窒素の除去、脱窒資材による硝酸性窒素の除去、などが試みられている。試験研究機関ではさらなる減肥を目指して液肥の点滴施肥などの新しい施肥技術が開発されており、一般農家への普及が待たれるところである。

茶園における窒素多肥に対しては、ここで述べた硝酸性窒素や亜酸化窒素以外にも多くの弊害が指摘されている。たとえば、土壌の酸性化により茶園土壌中の粘土鉱物が破壊され、生物にとって有害なアルミニウムが可溶化し、周辺水系に流入している可能性が指摘されている¹⁰⁾。これらの問題はすべて窒素多肥が原因となって引き起こされているのであり、窒素施肥量を削減することが

茶園からの環境への負荷を軽減するためには必要不可欠である。

6. 引用文献

1. 静岡県茶業試験場：環境庁委託事業結果報告書・土壌汚染機構解析調査，昭和55年
2. 永井茂：地下水学会誌，第33巻，145～154，1991年
3. 渡部育夫：茶業研究報告（投稿中）
4. 渡部育夫ら：茶業研究報告，第85号（別），100～101，平成9年
5. (財)日本土壌協会：平成7年度環境保全型土壌管理対策推進事業・土壌生成温室効果等ガス動態調査報告書，平成8年
6. Tokuda and Hayatsu：Soil Sci.Plant Nutr.，Vol. 46，835～844，2000年
7. Tokuda and Hayatsu：Soil Sci.Plant Nutr.，Vol. 47，637～642，2001年
8. 徳田ら：平成12年度野菜・茶業研究成果情報，21～22，平成13年
9. 野菜茶業研究所：「環境に優しい茶生産のための窒素施肥量削減技術」パンフレット，平成13年
10. 加藤ら：中部土壌肥料研究，第89号，14～15，2000年