

茶園隣接水田における地下水中硝酸態窒素の動態と水稲被害

今井克彦*・恒川 歩*・柴山浩子*・糟谷真宏**

摘要：西三河洪積台地の茶園に隣接する水田で、窒素過剰による水稲の倒伏被害が発生した。そこで、被害発生の様相と原因を明らかにするために、水稲の生育と水田内における硝酸態窒素の動態の調査と併せて簡易貫入試験法による土層構造を調査した。貫入試験の結果、茶園の下層にある砂土層が隣接水田の表層と同じ層であったため、茶園から排出された高濃度の硝酸態窒素を含む地下水が水田の作土直下から作土へ直接流入していた。流入した硝酸態窒素は、作土中で完全に脱窒されず多量に残存し、残存した窒素を水稲が過剰に吸収した結果、倒伏したものと推察された。

キーワード：硝酸態窒素、水稲の倒伏、茶園、簡易貫入試験法、地下水

The Paddy rice damage and the Behavior of Nitrate-nitrogen in Subsurface Water in the Paddy Field adjoined to the Tea Field

IMAI Katsuhiko, TSUNEKAWA Ayumi, SHIBAYAMA Hiroko and KASUYA Masahiro

Abstract: The lodging damage of paddy-rice with excessive nitrogen occurred in the rice field that is adjacent to the tea field in the Nishi-Mikawa diluvial terrace. To clear the aspect of damage and cause, we investigated the growth of rice plant and the behavior of Nitrate-nitrogen in the rice-field. And the soil layer structure was also investigated by simplified penetrometers test. The lower layer of the tea field was connected with the surface part of the adjacent rice field as a result of the penetration test. So it is guessed that the subsurface water containing high amount of nitrate-nitrogen flew directly from the tea field to the soil layer of the rice field. As a result, because the quantity of nitrate-nitrogen which cannot do denitrification in paddy-field was supplied in surface soil, it was superabundant, and paddy-rice absorbed nitrogen, and it was guessed that fragility became it, and culm did lodge.

Key Words: Nitrate nitrogen, Lodging of paddy-field, Tea field, Simplified penetrometers test, Subsurface water

緒言

茶園の多くは台地上に立地し、周辺に低地が隣接し主に水田利用されている。愛知県においてもてん茶栽培の主産地である西尾市、豊田市などの茶園は、主に矢作川流域に広がる碧海層と呼ばれる洪積台地上に立地しており、降雨により浸食されてできた谷津田や矢作川の氾濫原に土砂が堆積してできた沖積水田と隣接している場合が多い。また、昭和40年代以降の減反政策により水田が徐々に茶園に転換された場合も水田と隣接することになる。

茶栽培における窒素施肥量は、有機質肥料を中心に10a当たり70kgと非常に多く、環境負荷物質である硝酸態窒素の地下水への流亡が懸念されている¹⁾。そこで、硝酸態窒素を高濃度に含む河川水などを水田に通水し水田の脱窒機能を活かす試みも行われている^{2,3)}。これらの事例は、かんがい水として水田に通水された事例であるため、硝酸態窒素が作土表面で十分脱窒される条件では水稲根群域水稲への生育には支障ないとされている⁴⁾。ところが、西尾市の茶園に隣接する水田において、明らかに窒素の吸収過剰によると考えられる水稲の倒伏被害が発生しており、地下水を通じて茶園下で負荷された高濃度の硝酸態窒素が原因と思われた。そこで、茶園から水田に達する地下水の流動、硝酸態窒素の動態と水稲の倒伏との関連性を調査したので報告する。

調査場所及び方法

1 調査地及びほ場の概要

調査ほ場は図1に示したように西尾市上町に立地する茶園に隣接した3.6aの水田である。水稲の倒伏被害は茶園との隣接部分で発生し、特に多雨年に被害程度が大き

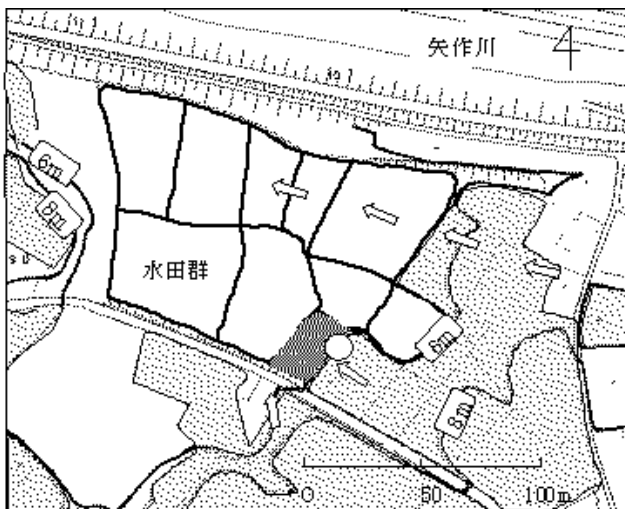


図1 調査の概要

- : 調査水田
- : 茶園
- ← : 推定される地下水の流向
- : 調査井戸 (深さ1.5、2.0、2.5m)

い。調査対象水田を含めた水田群は約1.3haで、北側を矢作川、他の3方は茶園に囲まれている。地形は全体的に東側から西側に向かってほぼ1~2/100程度傾斜しており、浅層地下水は概ね地形に沿って流れていると推定される。

調査は2004年及び2005年に行った。調査ほ場の概要と2004年の水稲の栽培概要を図2に示した。調査地点は、水稲の倒伏被害が大きい茶園隣接部を中心として茶園側の畦からの距離が0.5m離れた地点No. 1、No. 2、No. 3、同じく1.5m離れたNo. 4、No. 5、No. 6、2.5m離れたNo. 7、No. 8、No. 9及び13m離れたNo.10である。

2 調査方法

水稲の生育は2004年に調査した。栽培品種は「あさひの夢」で、移植日5月21日、中干し期間6月30日~7月14日、出穂期8月15日、成熟期9月25日であった。なお、窒素肥料は施用しなかった。また、中干し後1週間目にあたる7月21日の午後3時頃に、各調査地点において水田作土の深さ10cmにおける地温を水銀柱温度計により測定した。

水稲の生育については、成熟期においてほ場の倒伏程度と調査ポイント毎(図2)に5株を株元から抜き取り、穂数、節間長及び収量を調査した。

水稲の窒素吸収量は、収穫した作物体を105 5時間乾燥後秤量し、微粉碎試料としてNCアナライザー(住化分析センターSUMIGRAPH NC-800)により分析した全窒素含量と乾燥重量により求めた。

窒素肥沃度は、水稲作付け前に、作土を深さ0~10cm及び10~20cmの2層に分けて採取した土壌試料について測定した。つまり、培養窒素発現量は湿土30 4週間湛

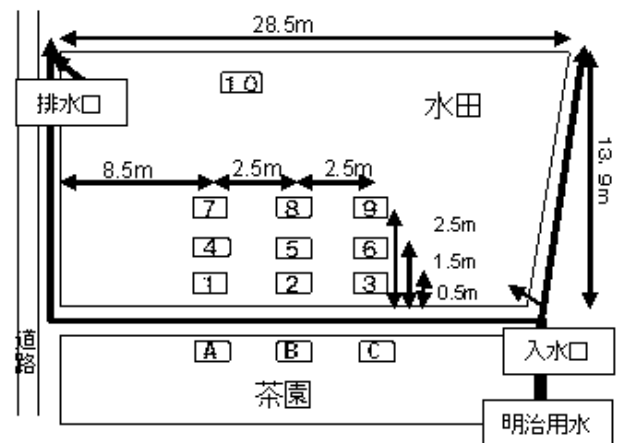


図2 調査ほ場の概要

- ① : 調査地点(生育調査、土壌溶液、貫入試験)
- ①A : 調査地点(貫入試験)

注)栽培概要(2004年)

水稲品種:「あさひの夢」、移植日:5月21日

中干し期間:6月30日~7月14日

出穂期:8月15日 成熟期:9月25日

調査ほ場は無窒素栽培

水静置培養法により、全窒素含量はNCアナライザーにより分析した。水稲作付け期間における土壌からの窒素供給量は、北村⁵⁾らの方法によりアメダスの岡崎市(約16km北東部)の気温を使用して推定した。

土壌溶液中硝酸態窒素濃度は、図2に示した水田内の10地点において、ポラスカップを深さ10cm、30cm、50cm(2004年のみ)に埋設し、キャピラリーチューブを通じて土壌溶液を真空にしたバイアル瓶に吸引採取し、孔径0.2 μ mのメンブランフィルターで過後、イオンクロマト法(横河電機IC200)により測定した。土壌溶液の採取は、2004年は7月1日、7月21日、8月23日、2005年は7月6日、7月31日、9月12日、9月20日に行った。

脱窒活性は、2004年9月2日、深さ5~10cmの作土を採取し、アセチレンブロック法により測定した。方法は恒川⁶⁾の方法に準じ、30ml容バイアル瓶に湿土1~2gを精秤して加え、ブチルゴム栓とアルミシールで密栓し、気相を窒素ガスで置換後、14mmol硝酸カリウム溶液5mlとアセチレン3mlを添加して、30~4時間静置培養時に生成する一酸化二窒素(N_2O)をECD付きガスクロマトグラフ(島津GC14A-PF、充填材Porapak-Q、カラム温度60、検出器温度340)で測定した。実験は3連で行った。

地下水の流動方向を知るために、茶園及び水田の地表面から深さ3~4mまでの土壌硬度の鉛直分布を、簡易貫入試験機(筑波丸東製)を用いて測定した。測定は、直径25mm、先端角60°の円錐コーンを5kgの重りを50cmの高さからノッキングヘッドに自由落下させて土壌面に垂直方向に貫入させ、打撃毎の貫入深度を読み取った。計測値は10cm貫入に要する打撃回数をNd値として表した。調査は2005年5月10日に行った。また、水田と茶園の間の傾斜地点(図1)に深さ1.5、2.0、2.5mの井戸を設置し、井戸内水位を月1回測定した。井戸は内径75mm、厚さ7mmの塩ビ管を所定の深さまで打ち込み、管内の土壌をオーガーで取り除いた。

結果及び考察

1 水稲の生育経過

2004年の調査では、水稲の倒伏被害は図3に示したように、成熟期において茶園隣接部で最も大きく(倒伏程度3)同心円状に小さくなった。なお、2005年は水稲の倒伏被害は全く認められなかった。

水稲の生育経過は、茶園隣接部の地点No.2で初期生育が遅れ、中干し期までは明らかに分けつも少なかった。図3に示したように、7月21日午後3時、晴天で気温33.1の状況で、調査ポイントの作土の深さ10cmにおける地温は、茶園から最も遠い地点No.10では27.5、茶園に近いほど低温で、地点No.2では21.5であった。他の地点より著しく低温であった地点No.2で、水稲の収穫後に地下水が湧出していることが確認することができたことから、低温の原因は地下水の湧水によるものと推定された。したがって、地下水の湧出地点である地点No.

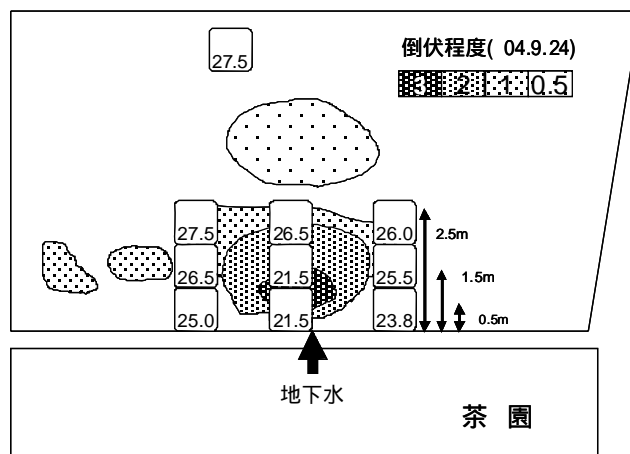


図3 水稲の倒伏程度と高温期における水田作土の地温(2004年)

地点No. 2004/7/21 15:00測定
深さ10cmの地温() 気温33.1

表1 水稲の穂数、下位節間長及び稈長(2004年)

地点No.	穂数 (本株 ⁻¹)	第4節間長 (cm)	第5節間長 (cm)	稈長 (cm)
1	20.3	12.5	7.3	98.9
2	11.0	10.9	3.7	81.1
3	17.0	8.5	1.7	83.9
4	29.3	11.4	7.3	96.7
5	21.5	12.4	4.7	98.8
6	25.3	9.6	3.9	86.4
7	17.5	8.8	4.1	88.1
8	23.3	13.3	7.7	96.0
9	21.3	10.0	4.4	88.2
10	22.0	7.6	3.5	78.9

注) 地点No.は図1に同じ

2では低水温が水稲の初期生育を抑制したものと考えられた。

中干し期以降は、茶園隣接部の水稲は急速に伸長し、9月上旬頃からなびき始め成熟期(9月24日)に至った。水稲の倒伏の型はなびき型であった。そこで、調査地点毎の生育経過を確認するため、成熟期に調査地点毎に5株採取し、穂数、下位節間長及び稈長を調査し、その結果を表1に示した。倒伏程度が3と最も大きかった地点No.2では穂数が株当たり11本と少なく稈長は81cmと短かったが、第4節間長は11cmと長かったことから、中干し期以降の急速な下位節間の伸長が倒伏を招いたものと考えられた。次いで倒伏程度が大きかった地点No.5は稈長が99cmと最も長く第4節間長も12cmと長かった。地点No.5以外についても稈長及び第4節間長が長いほど倒伏程度が大きくなる関係が認められた。これらの結果から、地点No.2は低温の地下水が作土に直接流入するため、初期生育は極端に抑制され草丈が短く分けつが進まない上に、7月下旬から8月上旬には気温の上昇により第4節間が過度に伸長し、なびき型倒伏を招いたものと考えられた。また、硝酸態窒素の過剰吸収により穂数

が多く下位節間も長くなったため稈が脆弱化し倒伏が著しくなったものと考えられた。

2 土壌窒素発現量と水稲の窒素吸収

通常の水稲栽培ではイネの窒素吸収量の6～7割が土壌から無機化してくる窒素であるといわれており、その無機化量は北村ら⁵⁾による土壌窒素含量及び培養窒素発現量と地温データによる速度論的手法により推定できる。

まず、調査地点における地力窒素発現量のばらつきを確認するために、作付け前土壌について土壌窒素含量及び培養窒素発現量を調査した。この結果を表2に示す。深さ0～10cmにおける全窒素含量は1.2～1.9g kg⁻¹ DW、培養窒素発現量は22～42mg kg⁻¹ DW、深さ10～20cmではそれぞれ0.8～1.3g kg⁻¹ DW、5～23mg kg⁻¹ DWであった。地力窒素発現量に深く関連する培養窒素発現量は、茶園に隣接する地点No. 1、No. 2で高く、深さ10～20cmでその傾向が強いことから、地下水により供給された茶園からの窒素が有機化し蓄積した可能性もあるものと推測された。次に、岡崎市のアメダスデータを用いて、北村ら⁵⁾の方法で推定した水稲作付け期間中の地力窒素発現量を、水稲の窒素吸収量と比較し、その結果を図4に示した。水稲生育期間における作土の地力窒素発現量が70～120kg ha⁻¹に対し、水稲の全窒素吸収量は63～171kg ha⁻¹と、地点No. 2以外は水稲の吸収量が土壌からの窒素供給量より多かった。調査ほ場は無窒素栽培であり、雨及び用水から供給された窒素量が5～10kg ha⁻¹であるとすると、見かけ上、ほぼ吸収量=地力窒素供給量の関係になるはずである。地点No. 2では吸収量が供給量より極めて少なく、地点No. 1、No. 3、No. 7では吸収量が供給量よりやや多く、それ以外の地点では吸収量が大幅に供給量を上回る結果となった。吸収量が地力窒素供給量より大幅に上回った地点は茶園から1.5～2.5m離れているが、地下水からの窒素供給を受けつつ、湧水による低水温の影響が少ない地点であった。これに対して地点No. 2は窒素供給は受けつつも低水温による生育遅延の影響を最も受けた地点である。そこで、地点No. 2における地力窒素発現量について地温を20に固定して推定したところ、地力窒素発現量は120kg ha⁻¹から80kg ha⁻¹となり吸収量に大きく近づいた。また、この地点では他の地点より低温のため、土壌窒素の消耗が少なく蓄積されることが容易に推察でき、土壌全窒素含量及び培養窒素発現

量が周辺部より高いことと一致する。

土壌にアンモニア態窒素と硝酸態窒素が共存する場合、水稲は硝酸態窒素をアンモニア態窒素の2.8倍ほど吸収する事例⁷⁾もある。つまり本水田における水稲の窒素過剰吸収の原因は、地下水による供給された硝酸態窒素が水田作土に流入するまでに十分脱窒されず結果的に窒素が過剰供給されたためであると考えられた。また、茶園隣接部で地下水が直接作土に湧出する地点では、低水温に維持されるため水稲の初期生育が抑制され分けつも抑制されるものの、高温期には窒素吸収が盛んとなるためかえって軟弱徒長気味に生育し倒伏被害を招いたものと考えられた。

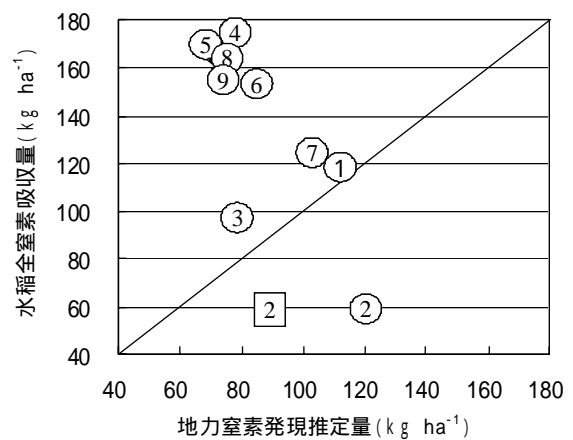


図4 茶園隣接水田における地力窒素発現推定量と水稲の全窒素吸収量の関係（2004年）

凡例の番号は図1の地点No.と同じ

□：地温を20に固定した場合

地力窒素発現推定式（北村ら）

$$Y = A(1 - \exp(-0.04t)) + B(1 - \exp(-0.00028t))$$

Y: 積算土壌窒素発現量 (mgkg⁻¹)
 A: 湿土30 4weeks培養窒素量 (mgkg⁻¹)
 B: 土壌の全窒素含量の50% (mgkg⁻¹)
 t: $\exp(21,000(T-298)0.001689T^{-1})$ (day)
 T: 日平均地温 (K)

表2 作付け前土壌の全窒素及び培養窒素発現量（2004年）

地点No.	深さ (cm)	T-N (g Kg ⁻¹ DW)	av.-N (mg kg ⁻¹ DW)	地点No.	T-N (g Kg ⁻¹ DW)	av.-N (mg kg ⁻¹ DW)	地点No.	T-N (g Kg ⁻¹ DW)	av.-N (mg kg ⁻¹ DW)
7	0-10	1.87	35.5	8	1.34	26.8	9	1.39	22.6
	10-20	1.28	8.1		0.82	5.6		0.96	6.0
4	0-10	1.40	24.4	5	1.20	21.9	6	1.40	28.7
	10-20	1.15	4.5		0.97	6.3		1.05	6.8
1	0-10	1.39	37.5	2	1.54	42.0	3	1.31	27.8
	10-20	1.30	22.6		1.12	26.5		0.90	8.3

注) 地点No.は図1と同じ。 av.-Nは、湿土30度4週間静置培養時に発現する窒素量

表3 水田内深さ別土壌溶液中の硝酸態窒素濃度の推移(2004年)

地点 No.	深さ (cm)	NO ₃ -N(mg L ⁻¹)			地点 No.	NO ₃ -N(mg L ⁻¹)			地点 No.	NO ₃ -N(mg L ⁻¹)		
		7月1日	7月21日	8月23日		7月1日	7月21日	8月23日		7月1日	7月21日	8月23日
10	10	2.2	6.5	4.0	7	7.2	7.4	32.3	9	1.3	0.0	0.7
	30	2.0	9.7	4.9		21.4	25.7	37.9		18.5	13.3	11.4
	50	2.4	2.8	0.3		31.1	28.5	39.4		27.5	28.1	33.4
4	10	32.4	11.3	26.7	5	36.2	35.4	36.0	6	31.3	0.0	8.0
	30	35.1	35.4	37.7		35.8	38.8	37.0		37.1	6.6	24.4
	50	34.9	34.2	39.5		35.9	37.2	36.7		37.0	25.8	36.6
1	10	26.5	28.9	40.7	2	34.7	38.3	40.6	3	23.0	0.3	0.6
	30	37.2	38.2	46.6		35.9	41.2	40.7		31.8	17.6	32.8
	50	36.6	38.3	50.1		35.7	40.0	41.4		31.4	22.7	35.7

注) 地点No.は図1に同じ

表4 水田内深さ別土壌溶液中の硝酸態窒素濃度の推移(2005年)

地点 No.	深さ (cm)	NO ₃ -N(mg L ⁻¹)				地点 No.	NO ₃ -N(mg L ⁻¹)				地点 No.	NO ₃ -N(mg L ⁻¹)			
		7月6日	7月31日	9月12日	9月20日		7月6日	7月31日	9月12日	9月20日		7月6日	7月31日	9月12日	9月20日
10	10		0.1	0.5		8	0.0	0.1	0.1	0.1	9	0.2	0.1	0.1	0.1
	30		0.0	0.5	0.1		0.0	0.2	11.0	14.1		0.2	0.2	0.2	0.2
7	10	0.2	0.1	0.2	0.1	5	0.0	0.1	0.1	0.1	6	0.1	0.1	0.1	0.5
	30	0.1	0.3	19.4	17.4		0.1	0.1	22.7	21.9		0.5	0.3	0.1	0.2
4	10	0.0	0.1	0.1	0.0	2	0.1	0.1	7.7	16.5	3	0.1	0.1	1.8	
	30	0.1	0.4	15.3	20.1		0.1	0.5	26.8	20.5		0.2		2.5	
1	10	0.1	0.1	0.2	0.1										
	30	0.0	0.0	1.2	2.3										

注) 地点No.は図1に同じ

3 土壌溶液中の硝酸態窒素濃度と作土の脱窒活性

表3に2004年の土壌溶液中の硝酸態窒素濃度を示した。硝酸態窒素濃度は茶園に近いほど、深さ、採取時期に拘わらず高濃度で、茶園から離れるほど濃度が低下する傾向にあった。

つまり、茶園から一番離れた地点No.10ではいずれの採水時期、深さにおいても硝酸態窒素濃度は10mg L⁻¹以下であったが、茶園から0.5mの地点No.2ではいずれの調査時期も35mg L⁻¹以上であった。茶園から2.5m離れた地点No.7、No.8、No.9では、採取位置が深いほど硝酸態窒素濃度が高く、作土層に相当する深さ10cmでは8月23日以外は7mg L⁻¹以下と低い値を示した。また、地点No.3、No.6においても7月1日にいずれの深さも23~37mg L⁻¹であったが、7月21日、8月23日には深さ10cmの硝酸態窒素濃度は8mg L⁻¹以下と低かった。表4に2005年に実施した土壌溶液中の硝酸態窒素濃度調査結果を示した。7月6日及び7月31日では、地点、深さに関係なくほとんど1mg L⁻¹以下であったが、その後、9月12日、9月20日には地点No.2では深さ10、30cm、地点No.4、5、7、8では30cmにおいて硝酸態窒素濃度が11~26mg L⁻¹と高くなった。表5には、2004年について水稻の出穂後2週間目にあたる9月2日に深さ5~10cmの土壌を採取し、脱窒活性を測定した結果を示した。脱窒活性は30~4時間静置培養後に生成する一酸化二窒素量で表した。地点No.2、No.5、No.8の列が40~70nmol g⁻¹

表5 水田作土の脱窒活性(2004年)

地点 No.	脱窒活性 (nmol g ⁻¹ DW)	地点 No.	脱窒活性 (nmol g ⁻¹ DW)	地点 No.	脱窒活性 (nmol g ⁻¹ DW)
10	116	7	176	8	77
7	176	8	77	9	142
4	189	5	42	6	158
1	116	2	70	3	126

注) 試料採取日:2004年9月2日 採取位置:深さ5~10cm

DWであったのに対し、地点No.1、No.4、No.7が116~176nmol g⁻¹ DW、地点No.3、No.6、No.9が126~158nmol g⁻¹ DWと列による違いが明らかであった。地点No.2、No.5、No.8で脱窒活性が低いのは、他の地点に比べて砂含量が高いこと、地下水の湧水により水が常に動いているため比較的酸化的な環境であるためと思われる。したがって、地点No.2、No.5、No.8では他の地点より脱窒ポテンシャルの低いことと地下水が直接湧水することによる低温が、深さ10cmの土壌溶液中の硝酸態窒素の消失を不十分にさせている可能性がある。なお、他の地点においては深さ10cmにおける土壌溶液中の硝酸態窒素濃度の低下が認められるが、その低下に対して脱窒と水稻による吸収の寄与がどの程度であるかは不明である。

4 土層構造と硝酸態窒素の動態

茶園と隣接水田における土層構造から地下水の流動方向を明らかにするために、2005年4月、簡易貫入試験を

実施した。調査地点は図2に示した。今回実施した試験には、筑波丸東製の斜面調査用簡易貫入試験機を用いた。この試験機は通常傾斜地における崩落の危険度などを調査する際に使用されるが、持ち運びが容易で調査場所が狭くても対応できる利点がある。また、おもりの重量は5kgで貫入させる先端コーンの先端角が60°であることは土研式と同じであるが、コーンの幅が土研式の30mmに対し25mmとやや狭い。

貫入抵抗試験の結果を図5に示した。縦軸は標高を、横軸にNd値を示す。貫入試験時には一部の場所において検土杖により直接土性を観察し、Nd値との関係を確認した。その結果、茶園では、標高4.7m(地表面から深さ1.5m)までのNd値は10times 10cm⁻¹以下であったが、4.7m~4.1mにNd値が20~40times 10cm⁻¹の層があり、さらに

下層は再びNd値が15times 10cm⁻¹以下であった。茶園内の調査地点による違いをみると地点A、CではNd値の大きい層が20cmほどの厚さであったが、地点Bは50cmほどの厚さであった。水田の貫入試験結果は、地点No.1、No.2、No.3では、標高では4.3m(地表面から70cm)以下についてはいずれの地点も同じようなNd値の分布を示したが、地表面下30cm~70cmにおいて地点No.2が地点No.1、No.3よりも高いNd値を示した。土壌が湿った状態においてNd値は砂質で高く、粘質で小さくなる。検土杖で土性を観察した結果、地点No.2の作土及びその下層はLS~Sであった。調査地点No.7、No.8、No.9においても同様に、地点No.2と同じ中央部の地点No.8の作土及び作土下層においてNd値の高い層が地点No.7、No.9よりも厚かった。これらの結果から、茶園の調査地点No.

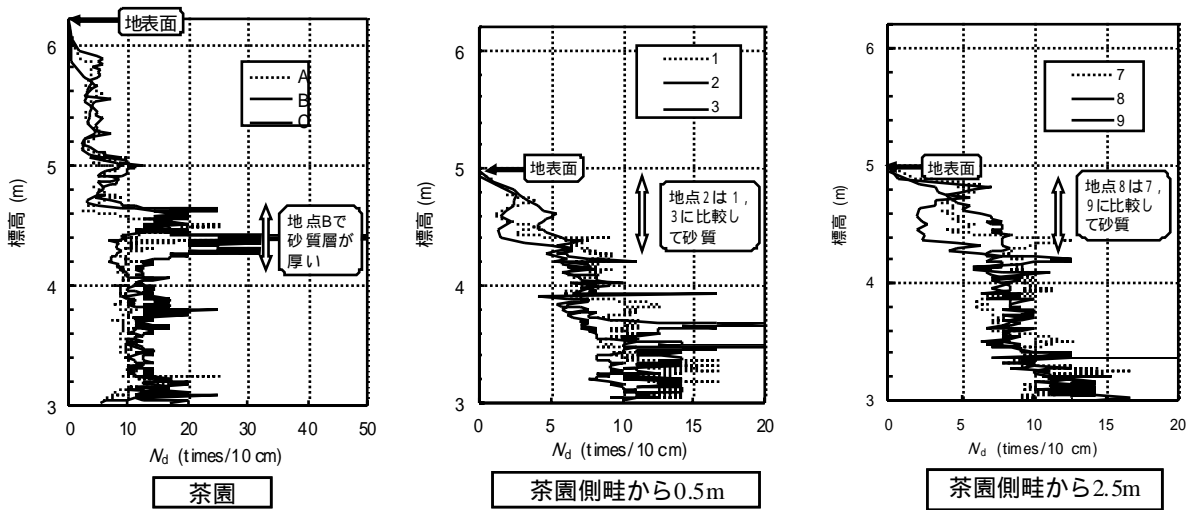


図5 茶園及び水田の貫入抵抗試験法による深さ別土壌硬度(2006年)

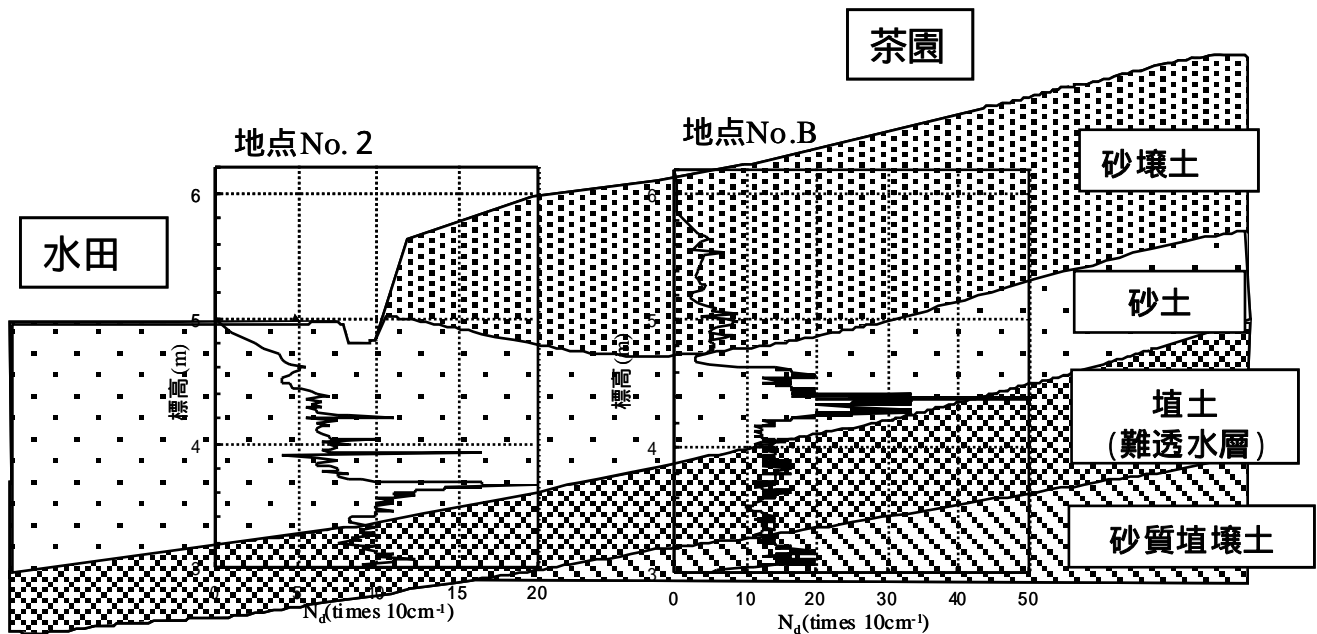


図6 簡易貫入試験法による調査地の土層構造の推定

表6 現地雨量(2004、2005年)及び平年値(アメダスデータ 岡崎市)

	3月 mm	4月 mm	5月 mm	6月 mm	7月 mm	8月 mm	合計(3-8月) mm	平年比(%)
2004年	71	104	216	168	102	48	708	80
2005年	74	60	43	100	189	49	516	58
平年値	119	131	150	198	166	118	883	

表7 水稲作付け期における井戸内水位(2004、2005年)

	井戸深さ (m)	4月 (m)	5月 (m)	6月 (m)	7月 (m)	8月 (m)	9月 (m)
2004年	1.5		4.67	5.22	5.06	5.17	4.97
	2.0	4.44	4.67	5.25	5.08	5.20	4.99
	2.5	4.43	4.66	5.20	5.08	5.20	4.98
2005年	1.5	4.75	4.70	4.86	5.08	5.12	5.06
	2.0	4.76	4.69	4.85	5.08	5.11	5.06
	2.5	4.75	4.70	4.85	5.09	5.12	5.06

注) 井戸深さは表面からの深さ(m)、水位は標高(m)

Bから水田の調査地点No. 8に向かう断面の土層構造を模式化したのが図6である。砂土層の下にある難透水層は土性CL~LiCで調査地周辺に分布し東側から西側に傾斜している。したがって、茶園から雨水などにより下方浸透した高濃度硝酸態窒素を含む地下水は埴土層の上面に沿って東から西の横方向に流出し、水田下層に浸入する。ところが、ここでは茶園隣接部で砂土層が作土に直接つながっているために、降水量が多く地下水水位が高い場合には、茶園直下の砂土層から水田内の地点No. 2、No. 5を中心とした位置に地下水が流入して、硝酸態窒素が常時供給され、これを水稲が過剰吸収することによって倒伏被害が発生するものと考えられた。

5 雨量が地下水及び硝酸態窒素の動態に及ぼす影響

2005年は調査水田の水稲に生育ムラがなく、倒伏被害も起きなかったため、詳細な生育調査は行わなかった。水稲の生育ムラがなかったのは、表4に示したように土壌溶液中の硝酸態窒素濃度が7月31日時点においてどの地点においても 1mg L^{-1} 以下と少なく、地下水の流入による硝酸態窒素の供給が2004年と比較して極めて少なかったことが原因と考えられた。2005年は表6に示したとおり非常に少雨で、3月~8月の降雨量は岡崎のアメダスでは2004年の72%、平年値の58%であった。特に6月までは平年値の50%以下であったことから、雨水による茶園からの浸透量が少なく地下水の水圧が小さくなったために水田作土への湧出がなかったものと考えられた。このことは、表7に示した井戸内水位の結果をみると、6月において2005年は2004年より35cmほど低くなっていることから推察できる。したがって、降雨量の少なかった2005年では、水稲の作付け期間中、田面水の水温が低下するほどの地下水の湧出が認められず、低水温による水稲の初期生育の抑制はなかった。なお、7月には平年値以上の189mmの降雨があり地下水の水圧が上昇し9月以降には一部で土壌溶液中の硝酸態窒素濃度が高まったが、水稲への影響は認められなかった。

以上の結果、傾斜地に立地する茶園に隣接した水田で水稲が倒伏したのは、難透水層の上部に地下水が流れる

砂層が作土に繋がっているため湧水地点では低温になること、さらに水田作土では脱窒しきれないほどの高濃度硝酸態窒素が地下水により供給されたためである。また、硝酸態窒素の流入負荷量は降雨量に依存することが明らかとなった。

なお、本試験は、国独立行政法人農業環境技術研究所の委託事業「森林・農地・水域を通ずる自然循環機能の高度な利用技術の開発」により実施したものである。

引用文献

1. 木方展治, 結田康一. 茶園及び隣接林地の土壌水中硝酸態窒素の垂直分布. 土肥誌. 62, 156-164(1991)
2. 糟谷真宏, 小竹恵美子. 地下水かんがい由来する硝酸態窒素の水田による除去. 土肥誌. 68, 651-658(1997)
3. 新良力也, 渥美和彦, 宮地直道. 静岡県牧ノ原台地の茶園地帯における硝酸態窒素の流出量と水田による除去可能性. 土肥誌. 76, 901-904(2005)
4. 糟谷真宏. 地下水かんがいによって流入した硝酸態窒素の水田作土浸透過程における脱窒. 土肥誌. 70, 123-131(1999)
5. 北村秀教, 関稔, 今泉諒俊. 土壌窒素発現量に基づいた水稲施肥プログラムの開発. 愛知農総試研報. 21, 47-61(1989)
6. 恒川歩, 今井克彦, 柴山浩子, 糟谷真宏, 江口定夫. 矢作川下流域の水田下層土における脱窒. 土肥誌. 77, 201-211(2006)
7. 小菅伸郎. 水稲に対する硝酸態窒素の施用効果について. 北陸農試報. 14, 13-61(1971)