

黒ボク土茶園での施肥窒素の土壌中での動態

柿内俊輔、三角正俊

(熊本農業研究センター農産園芸研究所)

Shunsuke Kakiuchi and Masatosi Misumi

要 約

黒ボク土茶園において、夏肥と秋肥に肥効調節型肥料を用い施肥窒素を熊本県の施肥基準とほぼ同じ57kg/10aとし4年継続すると、深さ0~40cmでの土壌無機態窒素量は農家慣行施肥区(平均年間施肥量77kg/10a)と同等であったが、茶園からの硝酸態窒素溶脱量は約30%減少した。また深さ160~200cmの土壌における硝酸態窒素溶脱量は肥効調節型肥料を用いた減肥を開始してから1.5年~2年後に減少した。黒ボク土茶園土壌中の硝酸態窒素の下方への移動現象を明らかにするために作成した離散型ボックスモデルによる予測結果では、施肥直後に表層にあった硝酸態窒素が150cmの深さに達するのは約320日後、200cm以下に大半が溶脱するのは約450日後と予測され、実測値の結果ともよく一致した。

キーワード：茶園、緩効性肥料、硝酸態窒素、離散型ボックスモデル

1 緒 言

茶は旨み成分であるアミノ酸やアミド類含量が高い程高値で取引される。このため、窒素を多量に施用して葉中アミノ酸、アミド類の含量を高める栽培が農家の慣行として行われてきた。しかし、多量に施用された窒素は茶園から溶脱・流亡するだけでなく、茶樹の根傷みをも生じ、結果として周辺環境への負荷を大きくしている。近年、茶園から溶脱・流亡する窒素による地下水汚染が問題視されるようになったことや、農家の環境問題への意識が高まったこと、荒茶価格の低迷等により、熊本県内での施肥量は減少傾向にあるといわれている。実際、県内茶主要3産地24戸の茶農家に対するアンケート調査では窒素の平均施肥量は55.2kg/10aとなり、ほぼ熊本県の茶成木園での基準施肥量56kg/10aと同等であったが、一部農家の施肥窒素量は80kg/10a以上と過剰な施肥が行われていた。

現在、環境に対する配慮及びコスト削減のために施肥量を削減し、熊本県基準の7回分施より省力化をはかった上で収量品質を現状と同等に維持できる新しい施肥体系の確立が求められている。これに応えられる資材の一つとして肥効調節型肥料が考えられる。これまでの結果から肥効調節型肥料と速効性肥料とを組合わせた施肥体系では、年間50kg/10a程度の施肥量で慣行施肥体系と同等の収量・品質を維持しつつ、環境への負荷低減および省力化ができることが明らかにされている¹⁾²⁾。しかし、この新しい施肥体系の有効性確認を現地農家茶園で行った事例は少ない。また、これまで茶園における窒素動態評価はその多くが深さ40~50cmまでが対象で³⁾、1m以

深土壌中の窒素動態に関しては、木方⁴⁾らがポーラスカップを用いた土壌水中窒素濃度の調査を3mまで行っているのみで、下層における窒素動態についての報告はほとんどなされていない。

今回、肥効調節型肥料を用いた減肥試験を現地農家茶園にて行い、減肥による下層土壌中硝酸態窒素量に対する影響を深さ230cmまで土壌を経時的に採取し明らかにすることで、この施肥体系の有効性を確認し、更に施肥窒素の下層への移動現象を明らかにするために実際の土壌中での窒素の経時的な動態をもとにした茶園土壌中窒素溶脱シミュレーションモデルを作成することを目的とした。そこで、熊本県で茶園が集中している球磨郡高原台地において、経時的な地下水硝酸態窒素濃度の推移、慣行施肥を行っている農家茶園における土壌中硝酸態窒素量の経時的变化の調査および農家茶園での減肥試験を行った。

2 現地実態調査

1) 調査地点の概要

調査地の球磨郡高原台地は球磨郡錦町と相良村にまたがる南北約5km東西約3km、標高150m~260mの火山灰の台地である。台地上の580haの農地のうち約130haが茶園⁵⁾で、熊本県内でも有数の茶産地となっている。台地上の農地で用いている地下水の水位は低く、およそ60mより深い位置から汲み上げている。地下水は台地の北東部を中心として台地周辺部へ流れているが、大きく北西、南西、南東の3つの方向へと流れている⁶⁾(図1、図2)。この地域の年平均降水量は平均2245mmである。

2) 方法

土壌採取は土壌を表層と下層に分けて行った。表層は0~40cmとし、更に第1層(0~20cm)と第2層(20~40cm)に分け土壌をハンドオーガー(直径11cm)を用い各区につき3ヶ所採取し、混合して試料とした。第1層、第2層それぞれの土壌を分析し、各層の分析値の平均を表層の値とした。下層は各区1ヶ所を深さ230cmまで10cm毎にハンドオーガー(直径6cm)を用い土壌を採取した。採取した土壌は風乾後2mm篩を通し分析に供した。

土壌中アンモニア態窒素量：微量拡散法(コンウェイ法)によって分析した。

土壌中硝酸態窒素量：10倍容水抽出硝酸イオン濃度をイオンクロマトグラフによって測定した。

地下水中硝酸性窒素濃度：地下水をろ過後イオンクロマトグラフによって測定した。

気象データ

降水量：1998年~2000年は球磨郡上村の球磨農業研究所内気象観測装置による実測値を、2001年~2002年は球磨農業研究所内にあるアメダスの実測値を用いた(図1)。

地温：1998年~2000年球磨農業研究所内気象観測装置による実測値を用い、2001年~2002年については1998年~2000年の気温と地温の実測値から相関を求め(地温Y、気温X： $Y=0.054X^2+0.7774X+4.4192$ $r=0.982$)、アメダスの気温実測値より推定した。

3) 結果

(1) 高原台地の地下水中硝酸性窒素濃度の推移

4地点の地下水について調査を行った。結果、各井戸の硝酸態窒素濃度の経年変化はほとんどなく、明らかに濃度が上昇している井戸はみられなかった(図3)。

しかし、井戸間を比較すると、地下水の流れに従い、台地の北東にあるB井戸、A井戸から、中間のC井戸、南西にあるD井戸、E井戸の順に地下水中の硝酸性窒素濃度の上昇がみられ、地下水集水域の

茶園に施肥され溶脱した窒素により、地下水の流れに従い、地下水への窒素負荷が生じていると考えられた。

(2) 農家茶園表層土壌中無機態窒素量の推移

農家1および2ともに同様の推移を示した(図4)。すなわち、年間を通して一番茶摘採期の5月に最も土壌表層(深さ0~40cmとする。以下同じ)中のアンモニア態窒素と硝酸態窒素の含量(以下無機態窒素量とする。)が高まり、その後は徐々に低下していき、秋肥後の12月に最も土壌表層中無機態窒素量が低下する周期がみられた。調査を行った農家は年間窒素施肥量はおよそ50~70kg/10a(普及センター聞き取り調査)であった。調査開始から2年間は農家1茶園の土壌表層中無機態窒素量は農家2茶園より多く、特に5月の調査では農家2の約2倍の無機態窒素が土壌表層に含まれていた。一方、調査開始2年後以降は農家1および2ともに土壌表層中無機態窒素量は同程度で推移した。しかし2002年5月の調査では農家2茶園において無機態窒素量が農家1茶園の約2倍含まれていた。このように現地農家茶園では調査時期によって土壌中無機態窒素量は大きく異なっていたが、窒素量の変化の推移は農家1および2ともに同じ動きをしていた。

(3) 土壌中硝酸態窒素の深さ別分布

農家2茶園においては、深さ100cm以下の土壌中には濃が多く、深さ230cmまで採取できない場合が多かった。土壌中硝酸態窒素量の推移は、農家1および2ともに5月の調査で0~10cmの土壌中に20mg/100g乾土以上の硝酸態窒素が含まれていた(図5、図6)。梅雨後の7~8月の調査では、深さ100cm付近の土壌に硝酸態窒素が多くみられることがあり、梅雨の降雨により下層へと硝酸態窒素量が溶脱していると考えられた。

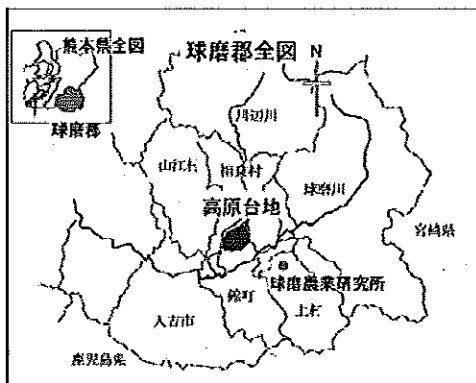


図1 高原台地位置図

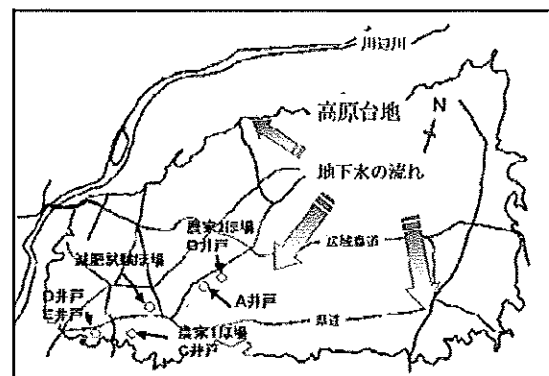


図2 調査井戸・調査茶園・試験茶園位置図

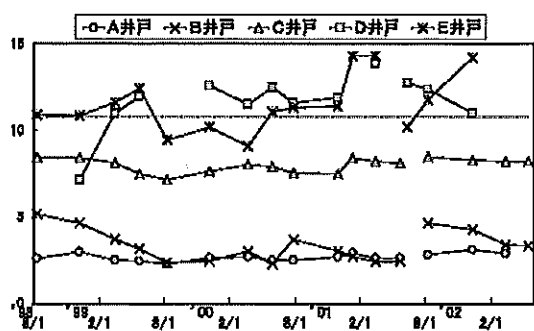


図3 地下水中硝酸性窒素濃度の推移

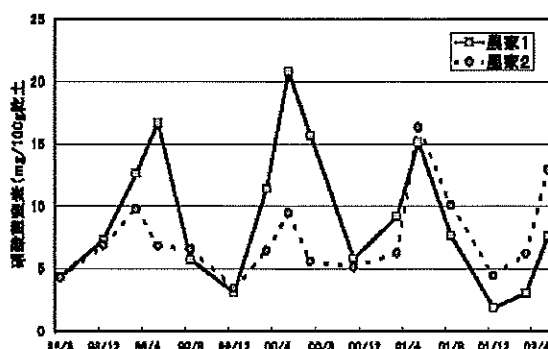


図4 土壌表層中無機態窒素量の推移(農家茶園)

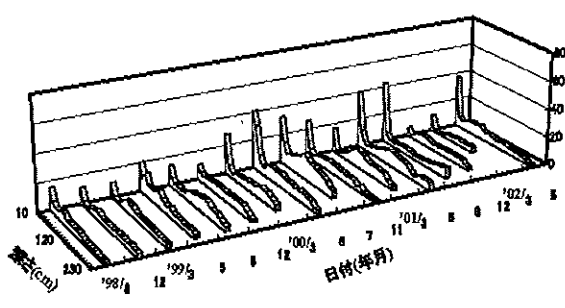


図5 硝酸態窒素土壌内垂直分布の推移(農家1)

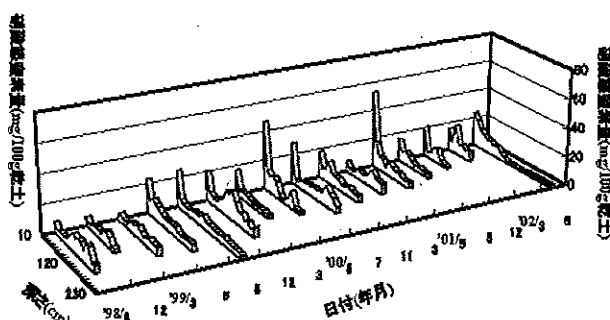


図6 硝酸態窒素土壌内垂直分布の推移(農家2)

3 施肥体系改善減肥試験

1) 試験方法

- (1) 試験場所 熊本県球磨郡相良村高原台地
- (2) 土 壤 厚層多腐植質黒ボク土
- (3) 品 種 やぶきた 樹齢12年生
- (4) 施肥設計

慣行施肥区は農家慣行とした。減肥区は時期別の茶の窒素吸収量および樹体内での利用の違いに関する知見をもとに決定した。冬肥に関して、茶の細根は酸素吸収速度が低下した水温7°Cにおいてもアンモニア態窒素の吸収量が多いとされ⁷⁾、南九州では、10月中旬～3月下旬において、1月下旬～2月下旬を除きほぼ平均して窒素は吸収されると報告されている⁸⁾。高原台地では1月下旬～2月上旬の短期間のみ地温が7°Cを下回る。このため、冬季でもある程度窒素を吸収していると考えられる。しかし、冬肥を施用する施肥法は従来の冬肥を施用しない施肥法に比べて、一番茶新芽の全窒素含有率がほとんど高まらず、生育に対する効果も明らかでないことから、冬肥の必要性については今後の課題となっている⁹⁾。秋肥は主に樹体の充実にご利用され、翌年の一番茶新芽の生育との関係が深く、春肥、夏肥は新芽の品質との関係が深い¹⁰⁾。また、夏季は施肥窒素よりも、気温上

昇に伴い無機化される窒素を吸収する割合が高く、特に堆肥等の有機物を投入している茶園では6月～9月に吸収した窒素の約90%が施肥窒素以外の由来であった¹¹⁾。これらの知見とこれまで熊本県にて行われた減肥試験の結果¹²⁾をもとに、減肥区の夏肥と秋肥に肥効調節型肥料としてリニア型被覆尿素肥料溶出日数70日を用いて施肥時期・量を表1のように設計した。

表1 減肥試験施肥設計

		(N-kg/10a)	
		減肥区	農家慣行施肥区※1
春肥	2中	ナタネ油粕 4.0	ナタネ油粕 10.0
	2下		有機配合 8.0
	3中	有機配合 4.8	魚粕 8.0
芽出肥	4中	硫安 6.3	硫安 8.4
夏肥	4下	被覆尿素※2 16.0	
	6中		硫安 6.3
秋肥	7上		有機配合 6.0
	8上		大豆粕ぼかし 10.0
	9上	被覆尿素※2 4.0	
	9中	有機配合 6.0	
	11中	堆肥 9.6	堆肥 9.6
液肥※3			6.8
合計		50.7	73.1

※1 試験ほ場農家の平均的な施肥パターン

※2 リニア型被覆尿素肥料溶出日数70日

※3 4、5、6、7月中旬に液肥かん注(1回あたり1.7kgN/500L/10a)

(5) 調査方法

土壌採取、アンモニア態窒素及び硝酸態窒素の分析は現地実態調査と同様に行った。

可給態窒素量：pH7リン酸緩衝液抽出法¹³⁾にて測定。

2) 結果

(1) 施肥実績

試験期間中(1998年秋肥～2002年夏肥)の窒素施肥量は、減肥区229.1kg/10a(年平均57.3kg)慣行区309.5kg/10a(年平均77.4kg)で、減肥区は慣行区に比べ約74%の施肥量であった(表2)。減肥区の窒素量は設計に比べ約12%多かった。平年気温を用いて減肥区と慣行区において施肥により肥料から無機化してくる窒素量を窒素無機化量シミュレートソフト(全農施肥名人[®])を用い予測を行った。結果、降雨が多い梅雨期から夏季にかけて、減肥区では4月下旬に施用した肥効調節型肥料から緩やかな窒素の発現がみられたが、慣行区では夏肥の速効性肥料施肥による急激な窒素発現がみられた。(図7、図8)

(2) 表層中無機態窒素量の推移

土壌表層中無機態窒素量の推移は農家慣行区と減肥区でほぼ同等に推移した(図9)。一番茶摘採期の5月に土壌中の無機態窒素量は最も多くなり、秋肥後に最も少なくなる推移をし、一般的な農家の茶園での推移と同様であった。ただし、2002年の減肥区において、5月の土壌表層中無機態窒素量は慣行区より少なくなっていた。

烏山らの報告^{14) 15)}によると、黒ボク土茶園における一番茶に対する最適な時期別の深さ0～20cmの土壌中無機態窒素量(アンモニア態窒素と硝酸態窒素の合量)は春季(2月～4月)22mg/100g乾土、夏季(5月～7月)30mg/100g乾土、秋季(8月～11月)12mg/100g乾土であり、二番茶・三番茶の品質向上に対しては春季においても30mg/100g乾土以上の無機態窒素量を維持することが必要である。今回の結果では、2001年秋季までは減肥区および慣行区ともに、これらの値を上回っていたが、2002年の結果では、減肥区では春季に、慣行区では夏季にそれぞれ下回った。

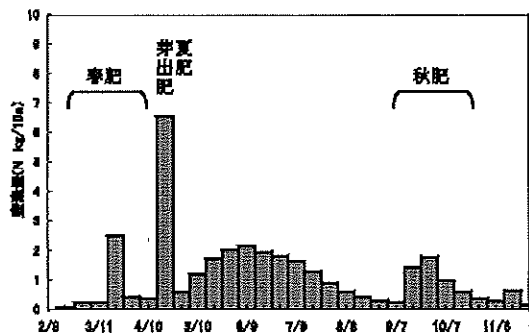


図7 施肥窒素発現予測(減肥区)

(3) 収量および品質の推移

試験期間中の収量・品質は試験開始から3年間減肥区と慣行区とはほぼ同等であった。しかし試験開始後4年目の2002年産の収量は減肥区が慣行区に比べ、一番茶で約10%、二番茶で約20%減収した。生葉中の全窒素、繊維、テアニン等の成分含量は区間で大きな差はなかったが2002年産減肥区の荒茶価格は慣行施肥区に比べ100円/kg劣った(表3、表4)。

一番茶時期の表層土壌中の無機態窒素量は、2001年までは減肥区と慣行区はほぼ同等であった。しかし、2002年5月では減肥区は23mg/100g乾土で、慣行区(43mg/100g乾土)の約50%であった。これは他の年度の5月減肥区(それぞれ33、44、65mg/100g乾土)の35%～70%と少ない。これは2002年の芽出し肥、夏肥の施用時期(4月10日～25日)の降水量が約140mmと他の年に比べ3倍程多く(表5)、施肥された窒素が利用される前に溶脱したためと考えられた。また、これによってこの時期の無機態窒素量が減少し、収量品質の低下が生じたと考えられた。

(4) 土壌中硝酸態窒素量の深さ別時期別推移

試験開始前の深さ別土壌中硝酸態窒素量は表層から深さ150cmまでは慣行区が多かったが、深さ150～230cmでは減肥区と慣行区はほぼ同等であった(図11)。しかし、試験開始4年経過後の2002年8月では、減肥区の表層土壌中硝酸態窒素量は慣行区とほぼ同等であったが、深さ100～200cmの土壌中硝酸態窒素量は減肥区が明らかに慣行区よりも少なくなっていた。深さ200～230cmの土壌中硝酸態窒素量はほぼ同等であった(図12)。また、梅雨前5月と梅雨後8月の結果を比較すると、減肥区および慣行区ともに梅雨期間中の降雨により硝酸態窒素が下層へと溶脱していることが明らかとなった(図13、図14)。更に、経時的に硝酸態窒素の土壌内垂直分布の推移をみると減肥区に比べ慣行区には10mg/100g乾土以上の硝酸態窒素が含まれている土層が深くまで、また長期間にわたって確認された(図15、図16)。

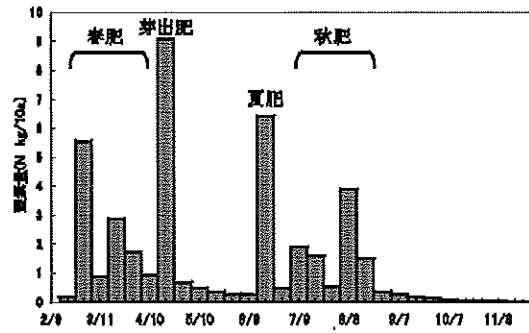


図8 施肥窒素発現予測(慣行施肥区)

表2 試験期間中施肥実績

		(単位:kg/10a)									
		減肥区			慣行区						
		肥料の種類	施肥量	N	肥料の種類	施肥量	N				
1998年	芽出し肥	4/15	硫安	40	8.4	硫安	40	8.4			
	夏肥	5/21	硫安	30	6.3	硫安	30	6.3			
		6/21	有機配合	100	6	有機配合	100	6			
	秋肥	7/13	緩効性肥料	40	18	なたね油粕	100	5			
		7/21				液肥	100	1.7			
		7/26				なたね油粕	100	5			
		8/9				有機配合	100	6			
		9/2				有機配合	100	6			
	11/13	堆肥	2000	9.8	堆肥	2000	9.8				
	1999年	春肥	2/4	なたね油粕	100	5	なたね油粕	200	10		
3/1			有機配合	100	8	有機配合	100	8			
芽出し肥		4/1	有機配合	100	8	有機配合	100	8			
		4/2				硫安	40	8.4			
夏肥		4/9	緩効性肥料	40	18	有機配合	100	6			
		5/14	緩効性肥料	30	12				大豆粕ぼかし	200	8
7/2		有機配合				100	6				
8/7		有機配合				100	6				
秋肥		8/21				有機配合	100	6	有機配合	100	6
		9/4				なたね油粕	100	5	堆肥	2000	9.8
12/17	堆肥	2000	9.8	年間施肥量		84	70				
2000年	春肥	2/16	なたね油粕	80	4	なたね油粕	200	10			
		3/24	有機配合	80	4.8	有機配合	100	8			
	芽出し肥	4/14	硫安	30	6.3	魚かす	100	8			
		4/25	緩効性肥料	40	18	硫安	40	8.4			
	夏肥	6/15	緩効性肥料	10	4	硫安	30	6.3			
		7/4				有機配合	100	6			
	8/7	大豆粕ぼかし				200	10				
	秋肥	9/1				有機配合	100	6	堆肥	2000	9.8
		9/15				堆肥	2000	9.8			
	11/29	堆肥	2000	9.8	年間施肥量		50.7	66.3			
2001年	春肥	2/10	なたね油粕	100	5	なたね油粕	200	10			
		2/26				有機配合	90	9	有機配合	100	8
		3/5				硫安	30	6.3	液肥+尿素	20%	5
		3/6				有機配合	90	9	液肥+尿素	20%	5
	芽出し肥	4/3	緩効性肥料	40	18	硫安	30	6.3			
		4/12				硫安	30	6.3			
	夏肥	5/28				液肥+尿素	20%	5			
		6/13				尿素	20	9.6			
		7/5				硫安	30	6.3			
	秋肥	7/18	魚粕	100	8						
8/22		肉骨粉	100	6							
8/31		緩効性肥料	10	4	液肥	20%	3				
9/10		有機配合	100	6	堆肥	2000	9.8				
9/27	堆肥	1000	4.8								
1/15	堆肥	1000	4.8	年間施肥量		51.1	88.1				
2002年	春肥	2/13	なたね油粕	100	5	なたね油粕	200	10			
		3/10	有機配合	80	6.4	有機配合	100	8			
		3/12	有機配合	80	6	魚粕	100	8			
	4/9	有機化成				100	9				
	夏肥	4/21	緩効性肥料	40	18	硫安	40	8.4			
秋肥	7/2	緩効性肥料	10	4	硫安	40	8.4				
	8/1	有機配合	80	6	大豆粕ぼかし	200	8				
合計('98秋肥~'02夏肥)				229.1							
(割合)				(74)		309.5 (100)					

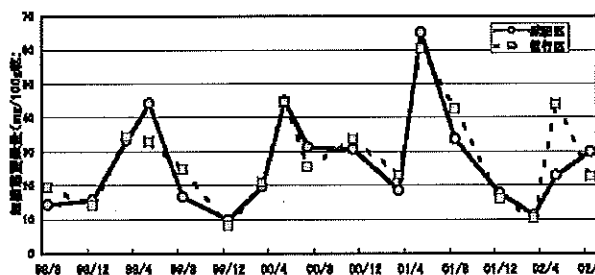


図9 表層中無機態窒素量の推移

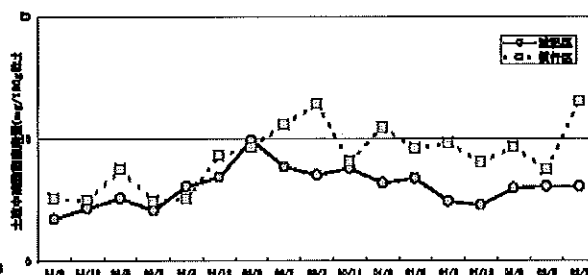


図10 深層土壤中硝酸態窒素量の推移

表3 収量の推移(生葉kg/a)

	99年		00年		01年		02年	
	一番茶	二番茶	一番茶	二番茶	一番茶	二番茶	一番茶	二番茶
減肥区	90.0	80.0	85.0	76.9	101.1	80.0	55.3	
慣行区	90.0	80.0	90.0	77.8	102.7	87.0	69.7	
採摘時期	5/9	6/25	5/12	5/11	6/21	5/7	6/21	

(熊本県農業研究センター
茶業研究所調べ)

表4 生葉成分分析結果

	2000年産		2001年産		2002年産	
	減肥区	慣行区	減肥区	慣行区	減肥区	慣行区
葉中全窒素 (乾物%)	5.0	4.8	5.1	5.6	5.2	5.5
繊維 (乾物%)	23.5	24.6	23.4	21.9	20.7	19.5
タンニン (乾物%)	11.6	10.8	10.5	10.7	9.4	8.9
NF値	0.21	0.20	0.22	0.26	0.25	0.28
荒茶単価(円/kg)	1,850	1,850	2,400	2,400	1,850	1,950

(分析は熊本県茶業研
究所近赤外分光分析
装置にて行った)

表5 芽出肥時期の降水量の比較

年	1999	2000	2001	2002
降水量(mm)	46	30	43.5	136.5

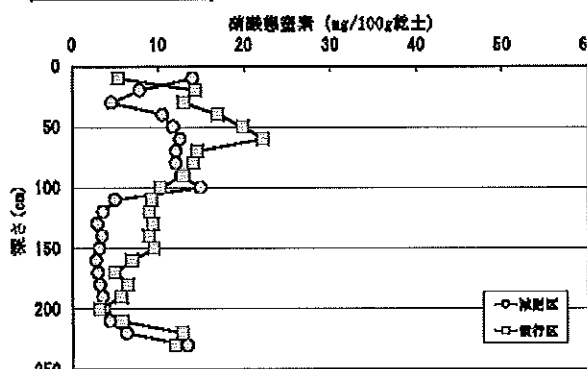


図11 試験開始前土壤中硝酸態窒素量('98/8/11)

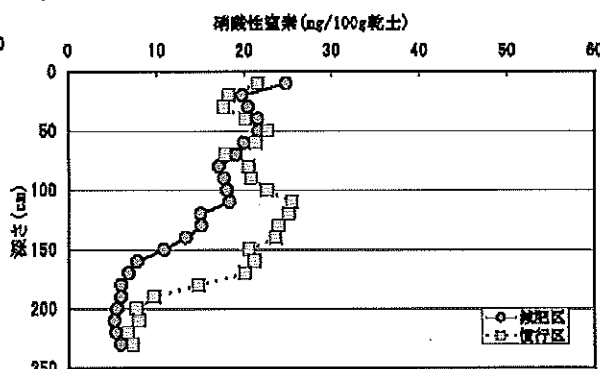


図12 試験経過後土壤中硝酸態窒素量('02/8/30)

(5) 深層土壤中硝酸態窒素量の推移

減肥区と慣行区では施肥時期・施肥量が異なっているため、土壤中硝酸態窒素量を単純に比較することで、減肥による環境負荷低減効果を評価することは難しい。そこで、茶樹に吸収利用されることのないと考えられる160~200cm深さにおける土壤中硝酸

態窒素の平均量を減肥区と慣行区で比較を行った(図10)。その結果、減肥区において土壤中硝酸態窒素量は減肥を開始1.5年~2年後に慣行区よりも減少し、その量は慣行区の約70%であった。ことから減肥による環境負荷低減効果は約30%と考えられた。

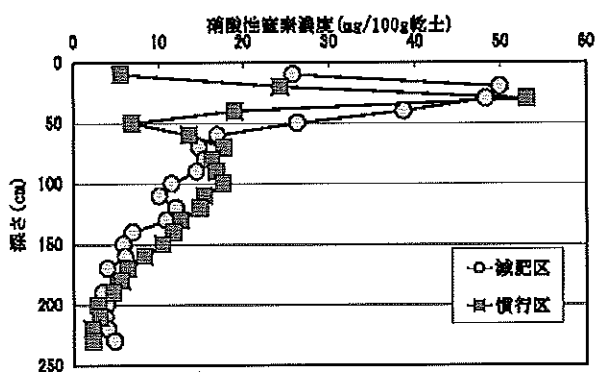


図13 梅雨前土壤中硝酸態窒素量('99/5/25)

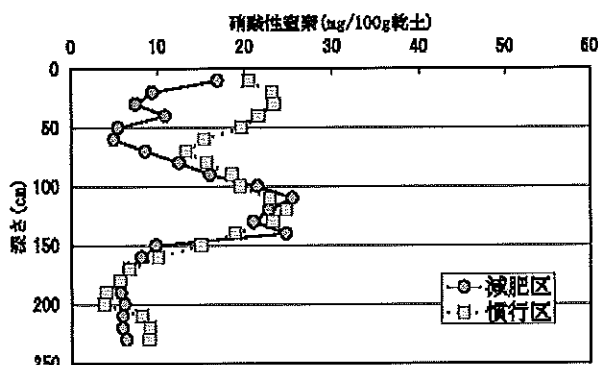


図14 梅雨後土壤中硝酸態窒素量('99/8/10)

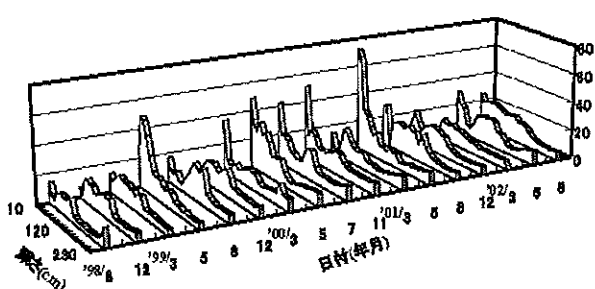


図15 硝酸態窒素土壌内垂直分布の推移(減肥区)

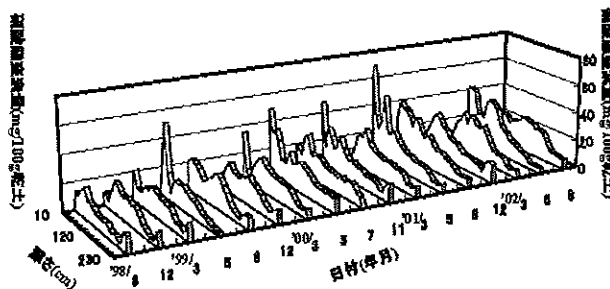


図16 硝酸態窒素土壌内垂直分布の推移(慣行区)

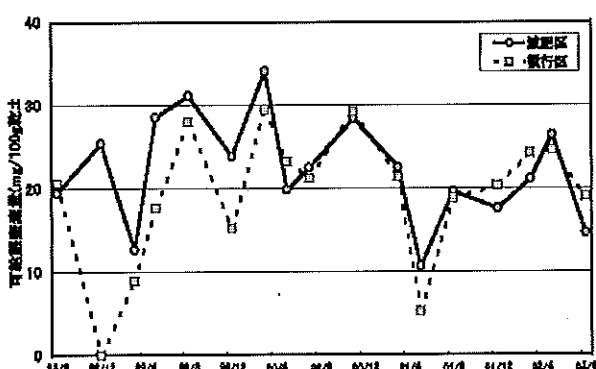


図17 可給態窒素量の推移(第1層)

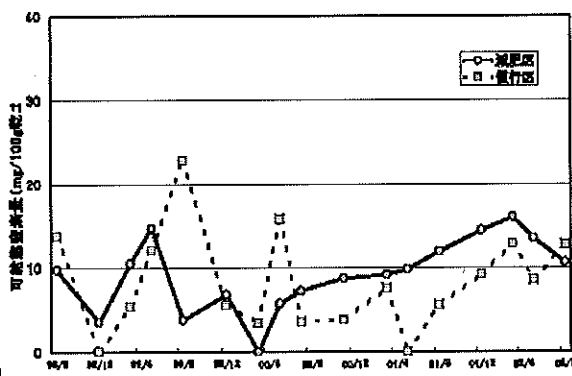


図18 可給態窒素量の推移(第2層)

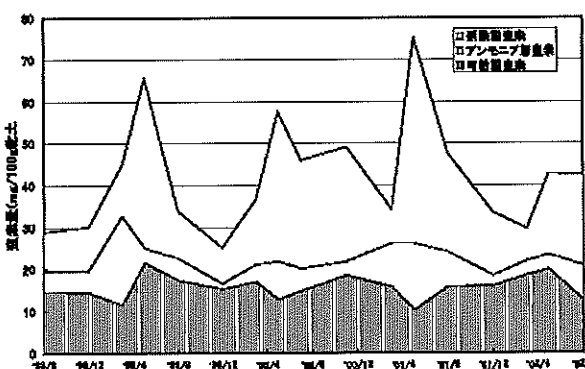


図19 表層土壤中窒素量の推移(減肥区)

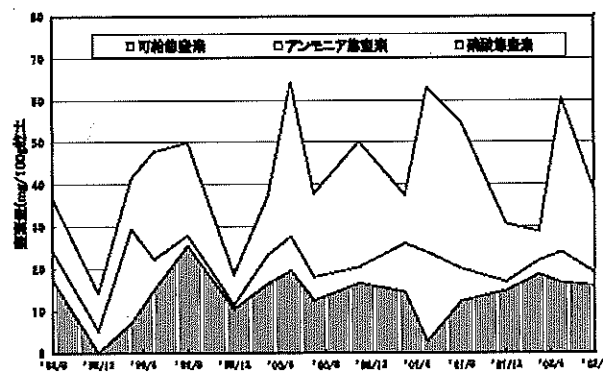


図20 表層土壤中窒素量の推移(慣行区)

(6) 表層中可給態窒素量の推移

リン酸緩衝液抽出法によって評価した第1層(0~20cm深さ)中の可給態窒素は試験開始直後から2年間は減肥区が高く推移し、それ以降の期間では減肥区と慣行区はほぼ同等であった(図17)。第2層(深さ20~40cm)においては試験開始直後から2年間は慣行施肥区が高かったが、その後の2年間では減肥区が慣行区より高く、特に減肥区では可給態窒素が増加する傾向がみられた(図18)。これらのことより、今回の試験では減肥により可給態窒素は減少しないと考えられた。この結果、表層中の可給態窒素とアンモニア態窒素の含量は減肥区と慣行区ではほとんど差はなく、減肥区において可給態窒素及びアンモニア態窒素は年間を通じて安定的に土壤中に存在していた(図19、図20)。

4 離散型モデルによる硝酸態窒素の溶脱予測

1) モデルの作成

茶園に施用された窒素の動態を予測するために離散型ボックスモデルを作成した(図21)。モデルは土層間の水移動を表す水収支モデルと溶質の土層内での固相液相間の吸着および土層間の移動を表す溶質移動モデルからなっている。水収支モデルは乙間ら¹⁶⁾のモデルを改良し作成した。改良点は次の2点である。1) 土層間での水移動に適用するダルシー則に用いる吸引水頭は実測した土壤水分特性曲線のべき乗関数を用いること。2) 茶園からの蒸発散量は築瀬ら¹⁷⁾の結果に基づき、日射量から求めることである。1998年~2000年の日射量は球磨農業研究所で、2001年~2002年の日射量は農産園芸研究所(熊本県菊池郡合志町)での実測値を用いた。

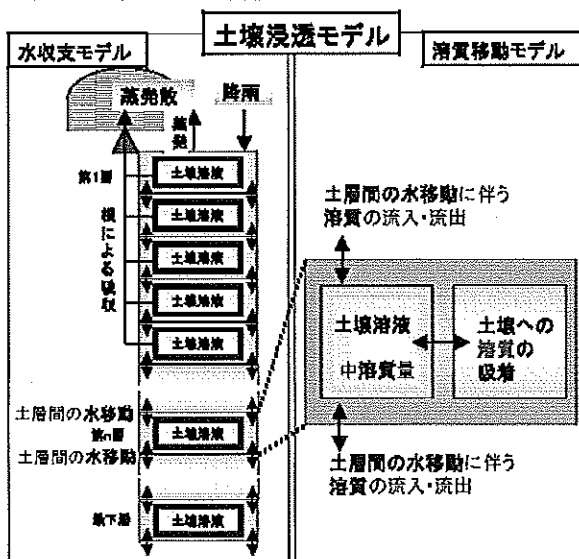


図21 モデル概略図

茶樹の主要根系の深さは土壤条件によって異り、一般に種子繁殖された場合よりも栄養繁殖された場合の方が根系は浅くなる¹⁸⁾。試験を行った茶園の茶樹は栄養繁殖されているので根系は比較的浅いと考えられた。そこで、茶樹の主要根系は50cmまでとして、本モデルの作成にあたっては、全蒸発散量の50%相当量の水分は深さ0~10cmの土層から蒸発または根により吸収され、残り50%は均等に深さ10~50cmの土層から根によって吸収され蒸散すると仮定した。

溶質移動モデルは、土層内での溶質の固相への吸着がLangmuirの式に従うとした¹⁹⁾。このことにより黒ボク土において陰イオンが土壤に吸着するために陰イオンの移動が水移動よりも遅れる現象²⁰⁾が表現できる。今回、作成したモデルは土層厚10cm、計算間隔10分間とした。また、予測の仮定として1) 施肥位置は畝間とし、試験を行った茶園はうね幅180cm、肥料散布幅60cmであったので、施肥位置面積は茶園面積の1/3で、施肥位置での実施肥量は10a換算で3倍になること2) 試験を行った茶園の仕立ては弧状型(乗用型摘採)であり、施肥位置である畝間は地表面が露出しており、降雨が直接地表面に達するので畝間での降雨量の増加はない²¹⁾ ことのふたつの条件を付加した。

2) 結果

作成したモデルによって黒ボク土茶園畝間土壤の硝酸態窒素の動態を予測した結果、浸透距離は実測値と予測値とがよく一致した。1999年の梅雨期間を対象とした予測では、梅雨前に土壤表層中に存在した硝酸態窒素は梅雨の期間中(降水量約1170mm)に深さ約120cm付近へ浸透することが分かった(図22)。

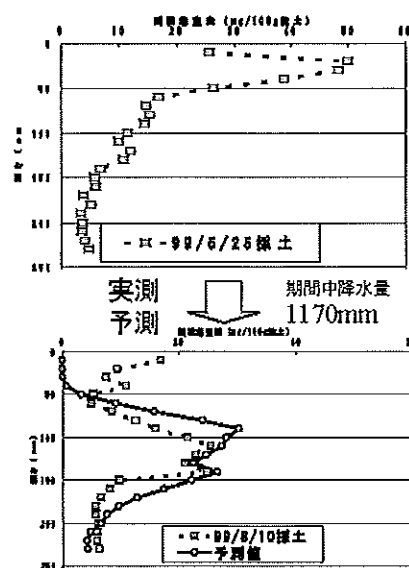


図22 硝酸態窒素溶脱の実測値と予測値の比較

更に、減肥を始めた平成10年8月に茶園土壌の表層にあった硝酸態窒素が150cmの深さに達するのは約320日後で、200cm以下に大部分溶脱していくのは約450日後と予測され、図10に示した実測値の結果ともよく一致した(図23)。

このモデルを用いて、減肥区の収量品質が悪かった2002年3月～5月にかけての土壌表層中の窒素動態を予測した。予測に際しては、施肥からの無機化した窒素は土壌中で速やかに硝化し土壌中では硝酸で存在し、土壌中での有機化はないと仮定した。結果、減肥区において慣行区と同程度の収量品質が維持できた2001年においては、減肥区の表層の平均の無機態窒素量は芽出し肥施肥後ほぼ30mg/100g乾土程度を維持していた(図24)。しかし2002年減肥区では芽出し肥施肥後の約1週間のみ表層中無機態窒素量が20mg/100g乾土程度存在したが、その後は降雨により、窒素が溶脱してしまい、表層中無機態窒素量は15mg/100g乾土程度で推移していた。2002年慣行区に関しては、春肥施用量が減肥区に比べ多い(慣行区35kg/10a、減肥区11.4kg/10a)ため、芽出し肥施用後の表層中無機態窒素量は50mg/100g乾土以上であった。その後降雨により急速に表層中無機態窒素量は減少したが、一番茶摘採期の5月上旬までは表層中無機態窒素量は20mg/100g乾土以上あった。しかし、その後慣行区の表層中無機態窒素量は減肥区よりも低下した。以上の結果から2002年の収量品質の低下は4月上旬の降雨による施肥窒素の溶脱が原因の一つであることが示唆された。

5 考察

生産現場で環境負荷軽減を目的として施肥窒素削減を行う場合、その効果の評価を正しく行うことが大変重要となる。最も正確な評価法はその地域の地下水中硝酸態窒素濃度をモニタリングし、その濃度の減少を減肥と関連させて評価することである。しかし、この評価法の問題点は、減肥の効果は地下水まで達するのに長時間かかること、地下水中硝酸態窒素に対する減肥茶園の寄与率が小さい場合や、地域として減肥しても農業以外の産業の寄与が高い場合結果が見えにくいことなどがある。今回、茶園畝間で、深さ150～200cm土壌中の硝酸態窒素量を年4回実測モニタリングしたところ、減肥開始約2年後には土壌中硝酸態窒素量が減少し、環境負荷軽減効果を正しく評価できることが確認された。この方法は、現地適応性が高く、比較的短期間で減肥の効果の評価できる長所をもつ。また、今回作成したモデルを活用することで土壌採取時期を予測することが可能であることが確認できた。作成したモデルは黒ボク土を対象としているが、熊本県では主要茶園地帯が黒ボク土であるため、適用対象地域は多いと考えられる。

今回の試験の結果、通常的气象年では肥効調節型肥料と速効性肥料を組み合わせることで約57kg/10aの施肥量で、慣行と同程度の収量品質を維持し、環境への負荷を低減することが出来ることが明らかとなった。しかし、同時に多雨や小雨の気象条件の年では予測した肥効が得られないことも明らかとなったので、特に異常気象年などはこまめに土壌中の窒素量をモニタリングし、必要な追肥等を行うことが重要であることが明らかとなった。

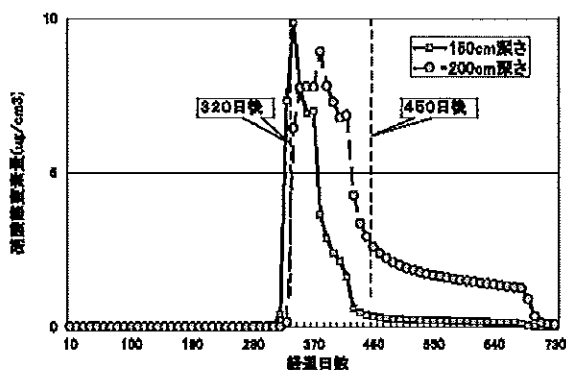


図23 各深さにおける硝酸態窒素量の予測推移

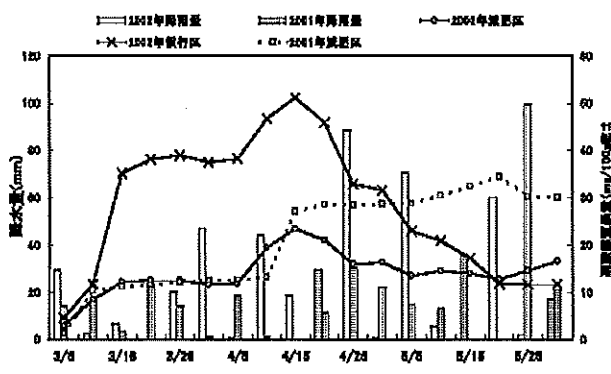


図24 表層土壌中平均硝酸態窒素量の予測推移

6 摘要

現地農家茶園において、肥効調節型肥料と速効性肥料を組み合わせることで、年間施肥量を57kg/10aに減肥して茶を4年間栽培した。その結果

1) 減肥区の0~40cmの表層中無機態窒素量(アンモニア態窒素と硝酸態窒素の含量) および可給態窒素量は慣行区と同等であった。

2) 減肥区の160~200cmの深層土壤中硝酸態窒素量は減肥開始から約1.5~2年後から、慣行施肥区に比べ約30%減少した。

3) 茶園畝間での硝酸態窒素の溶脱を予測する離散型ボックスモデルをもちいた梅雨期間の施肥窒素の溶脱予測結果は実測結果と比較的よく一致した。

4) 減肥試験での硝酸態窒素溶脱を作成したモデルを用いて評価すると、試験開始時に表層に存在した硝酸態窒素が150cm深さに達するには約320日、200cm以下に大部分が溶脱するには450日かかることと予測された。

本研究を行うに当たり、貴重なご助言および現地調査、収量品質調査にご協力いただいた 城秀信、坂本孝義、甲木哲哉、吉川聡一郎、西澤法聖 各氏に深く感謝申し上げます。

7 引用文献

- 1) 加治俊幸・鳥山光昭・内村浩二：土肥誌 70(1999) p567
- 2) 青久・稲垣卓次：土肥誌 71(2000) p546
- 3) 吉田勝二・志礼治：茶研報 62(1985) p18
- 4) 木方展治・結田康一：土肥誌 62(1991) p156
- 5) 日本土壌協会：平成8年度国営農地再編整備事業 地区調査・高原地区委託報告書
- 6) 熊本県企画開発部開発課水資源開発室：人吉盆地地域地下水基礎調査 平成7年
- 7) 野中一弥・東島敏彦・灰塚士郎：茶研報 88(別冊)(1999) p82
- 8) 関谷直正・山下正隆・田中勝夫：茶研報 54(1981) p11
- 9) 鳥山光昭・内村浩二・寿江島久美子・加治俊幸：鹿児島県茶業試験場研究報告 14(2000)
- 10) 渡部育夫：茶研報 67(1988) p19
- 11) 鳥山光昭：鹿児島県茶業試験場研究報告 6(1990)
- 12) 中山間地域における緑茶の品質向上と環境負荷低減のための合理的施肥管理技術の確立：近畿中国地域重要新技術成果報告 No.12 平成10年 p60
- 13) 日本土壌協会：土壌、水質及び植物体分析法 平成13年 p69
- 14) 鳥山光昭・藤嶋哲男・松元順：茶研報 53(1981) p17
- 15) 鳥山光昭・松元順・藤嶋哲男：茶研報 55(1982) p21
- 16) 乙間末広・久保井徹：公害研報告 105(1987)
- 17) 築瀬好充・田中静夫・青野英也：茶研報 43(1971) p1
- 18) 志村喬：日作紀 11(1939) p50
- 19) 小財伸：九農研 60(1998) p62
- 20) 小財伸：九農研 55(1993) p72
- 21) 辻正樹・金田秋光：茶研報 94(2002) p7

Summary

In Ando Soil tea field an examination ward and a usual fertilizer-feedings ward were organized. For four years in the usual fertilizer-feedings ward 77 kg nitrogen / 10a / year was applied and organic fertilizer and quick acting manure was used. On the other hand in the examination ward 57 kg nitrogen / 10a / year was applied and slow-released nitrogen fertilizer was used as a summer-fertilizer and autumn-fertilizer. At the depth of 0-40 cm soil in the examination ward, the inorganic nitrogen ($\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$) and the available nitrogen was equal to that in the usual fertilizer-feedings ward. However the amounts of nitrate nitrogen reaching from the examination ward decreased by about 30% compared with that from the usual fertilizer-feedings ward. The reduction in amounts of nitrate nitrogen reaching at the depth of 160-200 cm soil was observed about 1.5-2 years later after beginning of the examination. The reaching of nitrate nitrogen in the tea field was simulated by the Box-model designed in this examination. This simulation resulted that 1) the nitrate nitrogen in the surface soil reached at the depth of 150 cm after about 320 days and 2) almost all the nitrate nitrogen in the surface soil reached in under 200 cm depth after 450 days. This estimate and the fact agreed.