

# 茶園土壌における窒素の動態と合理的な 施肥管理に関する研究\*

渡部 尚久

Studies on Behavior of Nitrogen and Management of  
Rational Fertilizer Application to Soil of Tea Fields.

Naohisa WATABE

## 目 次

第1章 緒 言 .....	89
第2章 神奈川県の茶園における施肥実態と土壌の化学性 .....	91
1. 試験方法 .....	91
2. 結果 .....	92
3. 考察 .....	99
第3章 茶園土壌における窒素の動態と収支 .....	101
第1節 傾斜地茶園における窒素の消長と流亡防止 .....	101
1. 試験方法 .....	101
2. 結果 .....	104
3. 考察 .....	106
第2節 茶園土壌からの窒素の溶脱 .....	108
1. 試験方法 .....	108
2. 結果 .....	109
3. 考察 .....	116
第3節 茶園土壌からの各種成分の溶脱 .....	117
1. 試験方法 .....	117
2. 結果 .....	119
3. 考察 .....	122

\* 東京大学審査学位論文

第4節 茶園土壌における窒素の収支 .....	125
1. 試験方法 .....	126
2. 結果 .....	127
3. 考察 .....	131
第4章 施肥による茶園土壌特性の変化と合理的な施肥管理 .....	134
第1節 土壌の違いと窒素の施用 .....	134
1. 試験方法 .....	134
2. 結果 .....	136
3. 考察 .....	140
第2節 窒素の施用とアミノ酸組成 .....	141
1. 試験方法 .....	142
2. 結果 .....	142
3. 考察 .....	142
第3節 家畜ふんの施用 .....	144
1. 試験方法 .....	144
2. 結果 .....	146
3. 考察 .....	150
第4節 硝化抑制剤とカルシウム資材の施用 .....	151
1. 試験方法 .....	151
2. 結果 .....	154
3. 考察 .....	156
第5節 土壌への砂礫の混入 .....	156
1. 試験方法 .....	156
2. 結果 .....	158
3. 考察 .....	160
第6節 pHとカルシウムの供給形態 .....	161
1. 試験方法 .....	161
2. 結果 .....	163
3. 考察 .....	166
第5章 総合考察 .....	167
摘 要 .....	171
謝 辞 .....	173
引用文献 .....	174
Summary .....	178

## 第1章 緒 言

神奈川県でのチャ (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) の栽培の始まりは鎌倉時代にさかのぼるといわれているが、現在のように丹沢や箱根外輪山山麓に栽培が広がっていったのは関東大震災後の復興に始まる<sup>4)</sup>。全国の栽培面積に比べるとその比率は小さいが、高級茶の産地として全国的に知られた銘柄を形成しており、特に山間地の気象、土壌条件にも適応することから山間傾斜地の基幹作物として位置づいている。共同製茶や農協組織による一元集荷、多元販売等の製造販売体制も整っており、栽培技術向上に対する意欲も高く、今後も山間傾斜地を利用した基幹作物として栽培されていくものと考えられる。

しかし、チャの品質が必ずしも均質化されているわけではなく<sup>85)</sup>、また、チャの取引価格はその品質によって10数倍の差があり、他の作物では考えられない価格差を生じている。これはチャは嗜好品で、品質を重視するためであり、生産にあたっては単に収量が多ければ良いというものではなく、いかに高品質茶を作るかが問題とされ、栽培家の最大の関心事になっている。

一方では古来よりチャは土地を選ばないといわれているが、はたしてそうであろうか。確かに酸性化した土壌でも生育するし、神奈川県のような砂礫の多い土壌でも十分な収穫が行われている。また、急傾斜地では裸地にすると土壌流亡がおこるため野菜等の栽培は困難であるが、チャは成木となれば土壌流亡防止にも役立ち<sup>3)</sup>その意味では急傾斜地でも十分に栽培できる数少ない作物といえる。しかし、これがチャに適した環境であるかは十分な調査の上で結論しなければならぬ。事実、前述のように神奈川県だけに限っても、品質や収量に地域間差<sup>12,85)</sup>を生じており、土壌環境等の違いがチャの品質に影響を及ぼしているものと考えられる。

次章で詳述するが、神奈川県茶園土壌は、西部では砂礫がきわめて多いこと、窒素多肥であること、pHが低いことの3点に要約される。砂礫は宝永火山に由来するが<sup>55)</sup>、後の2点は全国的にも同様の傾向にある<sup>20,109)</sup>。以上の3点はきわめて特殊な土壌環境をチャに提供していることとなり、これと品質との関係を明確にし、高品質茶生産のための土壌条件を明らかにすることは急務である。神奈川県のように土壌条件が地域によって異なる場所ではその特性を正確にとらえ、個々の条件に適応した技術対応がなされなければならない。特に多くの産

地から一元集荷して販売する形態をとる神奈川県のような地域では、土壌の違いを乗り越えて、均質化された高品質茶を安定的に生産することは大きな課題である。そして今後ともチャ栽培を持続していくためには、高品質茶を継続的に供給できる技術の確立と同時に、節度ある施肥により環境への負荷を最小限にとどめる技術が求められる。

チャの品質のうち、もっとも重視されるのは味であるがその旨味がアミノ酸に影響されることはすでに明らかにされている<sup>63,65)</sup>。アミノ酸含有率はその構成要素である窒素の吸収に影響される<sup>44,90)</sup>。したがってその供給源である土壌中の窒素の動態を明らかにし、チャによる窒素吸収量を増やす技術を探ることが高品質茶を供給することからも特に重視される。

アミノ酸の生成と土壌窒素の関係については、窒素形態、すなわちアンモニア態窒素と硝酸態窒素の吸収特性について検討され、チャが好アンモニア植物であることが明らかにされている<sup>22)</sup>。また、土壌や葉面からの窒素吸収と利用についての詳細な検討もなされている<sup>35)</sup>。さらにアミノ酸の代謝<sup>10)</sup>、チャのアミノ酸の主体をなすテアニンの合成<sup>79)</sup>、移行<sup>83,110)</sup>等生理、栄養学的研究は多い。しかし、茶園土壌中での窒素の動態やさまざまな土壌条件下での窒素吸収、アミノ酸生成についての総合的な検討はなされていない。これらは合理的施肥を行い、高品質茶を得るためには不可欠な課題である。

前述のように茶園での窒素の施用量がきわめて多いのは<sup>20,109)</sup>、アミノ酸含有率を高めるためであり<sup>23)</sup>、またpHが低いのは多肥によるところが大きい<sup>27)</sup>、このような土壌では土壌微生物は生存しにくく、硝酸化成等窒素の循環にも影響を及ぼしているものと考えられる。また、神奈川県西部の砂礫のきわめて多い土壌では、その化学的活性や微生物活性は低いと考えられる。通常、畑土壌ではアンモニア態窒素はアンモニア酸化細菌や亜硝酸酸化細菌等の硝化菌により硝酸態窒素に変化する。この硝化菌の活性に関しては温度<sup>1,76,93)</sup>や菌数<sup>26,78)</sup>との関係について検討され、茶園のような強酸性土壌では硝化が抑制されるという報告<sup>8,59)</sup>とともに、強酸性度土壌でも硝化がおこる例<sup>9,14,16,97)</sup>も報告されている。しかし、低pHや砂礫の存在と硝化菌の活性、それに伴う窒素の形態変化とチャによる窒素吸収との関係については未解明であり、この点を明らかにすることは栽培上重要な事項

である。

一方、土壤に施用された窒素は流亡や溶脱により失われるが、これらはライシメーターにより明らかにすることができる。土壤中の窒素の動態についてライシメーターやカラムを使った試験は多くの例がみられ<sup>6, 11, 19, 46, 56, 84, 86, 92)</sup>茶園においては1, 2の調査例があるが<sup>38, 70)</sup>多種類の土壤での比較調査は行われていない。

このように特殊な土壤環境にあるチャの合理的施肥技術を解明するために、著者は、まず神奈川県内の現地茶園における土壤、施肥の実態調査を行い、次いで窒素の流亡、溶脱について調査をし、土壤別にその動態を明らか

にした。窒素やカルシウムの施用量やpHについても検討を加え、また窒素形態を微生物活性を制御することにより調節し、その吸収量を高める方法について明らかにした。本稿ではこれらの成果<sup>98~108)</sup>をとりまとめ、砂礫土壤、pH、窒素、カルシウム施用量および土壤微生物と窒素吸収、アミノ酸生成との関連について新たな視点から考察を試みた。

これらの結果は茶園土壤の特性をふまえた上での合理的な施肥方法、高品質茶を生産するための知見を提供するものと考えここに報告する。

## 第2章 神奈川県茶園における施肥実態と土壌の化学性

神奈川県茶園は、丹沢山塊および箱根外輪山の山麓に帯状に広がっている。その多くが火山性土壌の傾斜地に立地しており、一般に土壌の生産力は低いといわれるが、地域によってその特性はさまざまであり、一律に論じることはできない。また施肥量は年々増加傾向にあり、土壌の強酸性化、それに伴う塩基の溶脱が懸念されている。

すでに河合ら<sup>40)</sup>は、山北地域の茶園土壌の断面構造およびその理化学的特性について、神奈川農試<sup>31, 32, 34)</sup>は、山北および南足柄地域の土壌の特性、年間施肥量等について調査を行っている。しかし、これらの調査から10数年が経過しており、その後、施肥慣行、土壌の理化学性とも変化しているものと考えられる。また、これらを経時的に調査することが、茶園土壌の特性を捉え、今後の肥培管理技術の究明に必要であると考えられる。

このため、県下茶産地を代表する数地区から定点茶園を選定し、1978、1979の2か年にわたって施肥実態と土壌の化学性の変化について調査した。

### 1. 試験方法

#### 1) 調査茶園の概要

第2-1表に示すとおり、神奈川県茶産地4地区より近接する2茶園ずつ、計8茶園を選定し調査を行った。

調査茶園は、いずれも火山性土壌で、ほとんどの茶園が10°前後の傾斜度をもち、排水は良好である。日当りは各茶園とも中～良、初霜は峰、大蔵野地区で12月上中旬、清川地区が11月、藤野地区では10月頃に多い。晩霜はそれぞれ、3月下旬～4月上旬、4月、4月下旬頃に多く、1979年には全調査茶園が大きな晩霜害を受けた。

また、過去数年に多くの茶園で寒干害を受けており、とくに藤野、清川地区で多い。

なお、生葉収量の多い茶園をA園とし、1978年の生葉収量を第2-2表に例示した。

### 2) 調査方法

#### (1) 土壌断面構造および理化学性

1978年10月に、各調査茶園について、120cmの深さまで土壌断面の調査を行い、さらに各層位別に採土して理化学性を調査した。

#### (2) 施肥実態

1978、1979の2か年にわたり、肥料および土壌改良資材の種類、施用時期、施用量について記帳調査を行った。施肥量の表示は、全て10a当たりkgとした。

#### (3) pH, ECおよび可給態成分の垂直分布

1978年10月に、各調査茶園について一定の深さ別に120cmの深さまで採土し、pH, ECおよび可給態成分の垂直分布を調査した。

#### (4) pH, ECおよび可給態成分の年間変動

1979年4～10月に、月別に通路の表面より30cmまでの土壌を採土し、pH, ECおよび可給態成分を調査した。

分析方法は次のとおりである。

pH (H<sub>2</sub>O) : ガラス電極法, EC : ECメーター法, アンモニア態窒素 : ハーパー法, 硝酸態窒素 : フェノール硫酸法, トルオーグリン酸 : トルオーグ法, 交換性カリウム : 炎光法, 交換性カルシウムおよび交換性マグネシウム : 原子吸光法およびEDTAによるキレート滴定法, CEC : セミマイクロシヨールンベルガー法, リン酸吸収係数 : パナドモリブデン酸法。

土壌断面の理化学性を除き、供試土壌は2mmのふる

第2-1表 調査茶園の概要

茶園	地区	品種	開園年次	面積	傾斜方面	傾斜度	畦方向
峰 A	足柄上郡山北町川西, 峰	やぶきた	昭和33年	7a	東	10°	等高線
峰 B	〃	〃	30	6	東北東	8	〃
大蔵野 A	〃 大蔵野	〃	38	5	南	10	〃
大蔵野 B	〃	〃	40	5	南南西	10	〃
清川 A	愛甲郡清川村煤ヶ谷	〃	43	5	南	10	〃
清川 B	〃	〃	41	10	南	5	〃
藤野 A	津久井郡藤野町佐野川	〃	45	8	南西	12	〃
藤野 B	〃 沢井	〃	49	7	北東	10～16	〃

いを通したのち分析し、また、表示は全て乾土100g当たりのmgまたはmeqとした。

2. 結 果

1) 土壤断面構造および理化学性

土壤断面の柱状図を第2-1図に、層別別粒徑組成およびリン酸吸収係数を第2-3表に示した。

山北町川西の峰および大蔵野は、酒匂川をはさんで東斜面と西斜面に位置しており、土壤は淡色黒ボク土の浅

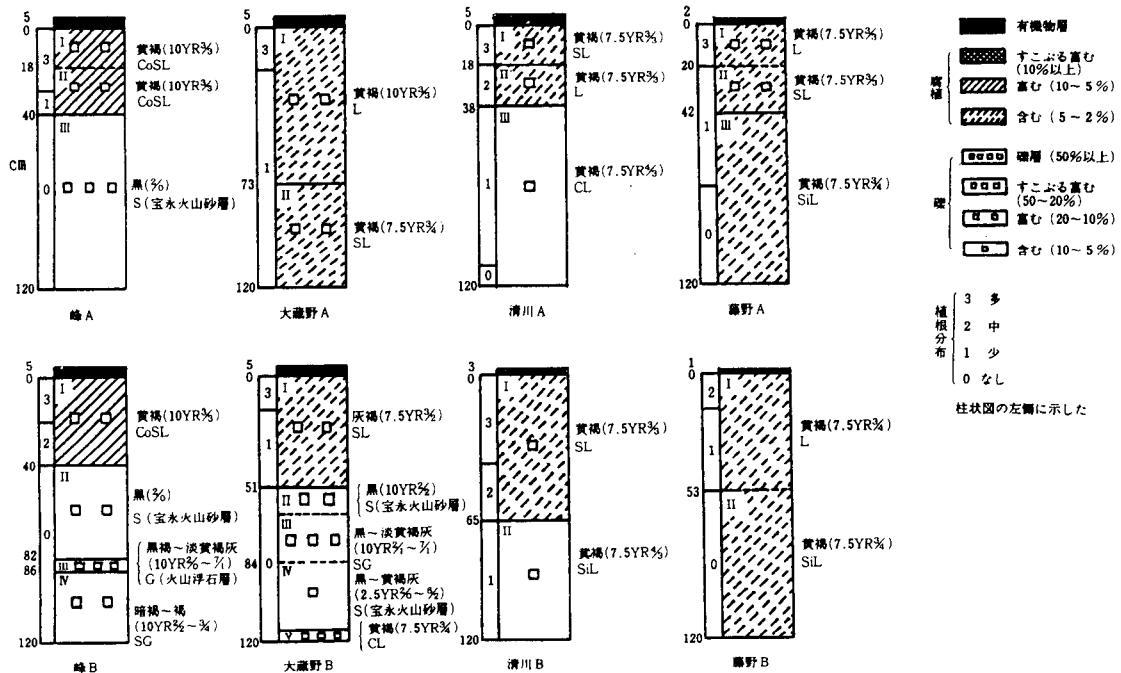
間山統に属している。両地区調査茶園とも、地表からおおむね40~50cmまでは黄褐色の礫に富む粗砂の多い砂壤土であり、その下層には深さ40cm以上の宝永火山砂礫層が介在し、さらに下層には黄褐~褐色の壤質の層があった。同一は場でも層序に差があり、とくに大蔵野A園は起伏の多い地形を宝永火山砂堆積後に整地、客土あるいは天地返ししたものと思われ、層序の変化が大きい、は場全体としてはB園に類似していた。

表層のリン酸吸収係数は、1,000以下と比較的小さかった。両地区とも下層に介在する宝永火山砂礫層は、細砂以下の含有率が1%未満の砂礫層で、腐植はみられず、リン酸吸収係数は0に近い値を示し、また、チャの根はこの層に浸入できず、方向を変えて横に張っていた。したがってこの地区の有効土層は40~50cm程度である。

清川村煤ヶ谷と藤野町の調査茶園は地域的には離れているが、両地区とも厚層黒ボク土の上宮田統に属し、表層は黄褐色の粗砂の少ない壤質土壤で、下層の腐植の少ない黄褐色の壤質土壤につながっている。植根分布は、清川A、B園は1m以上に達し、藤野A園は70cm、B園は53cmまで分布しており、有効土層が深いことを示している。リン酸吸収係数は、下層は2,300以上と高いが、表層は藤野B園を除き、1,300前後と、火山灰土壤とし

第2-2表 生葉収量 kg/10a (1978年)

茶 園	一番茶	番茶	二番茶	秋番茶	計
峰 A	500	-	561	490	1,551
峰 B	427	-	739	-	1,166
大蔵野 A	560	240	540	100	1,440
大蔵野 B	320	160	442	300	1,222
清 川 A	450	-	400	100	950
清 川 B	350	150	400	-	900
藤 野 A	375	306	313	-	994
藤 野 B	99	57	177	-	333



第2-1図 調査茶園土壤の柱状図

第2-3表 層別粒径組成およびリン酸吸入係数（1978年10月）

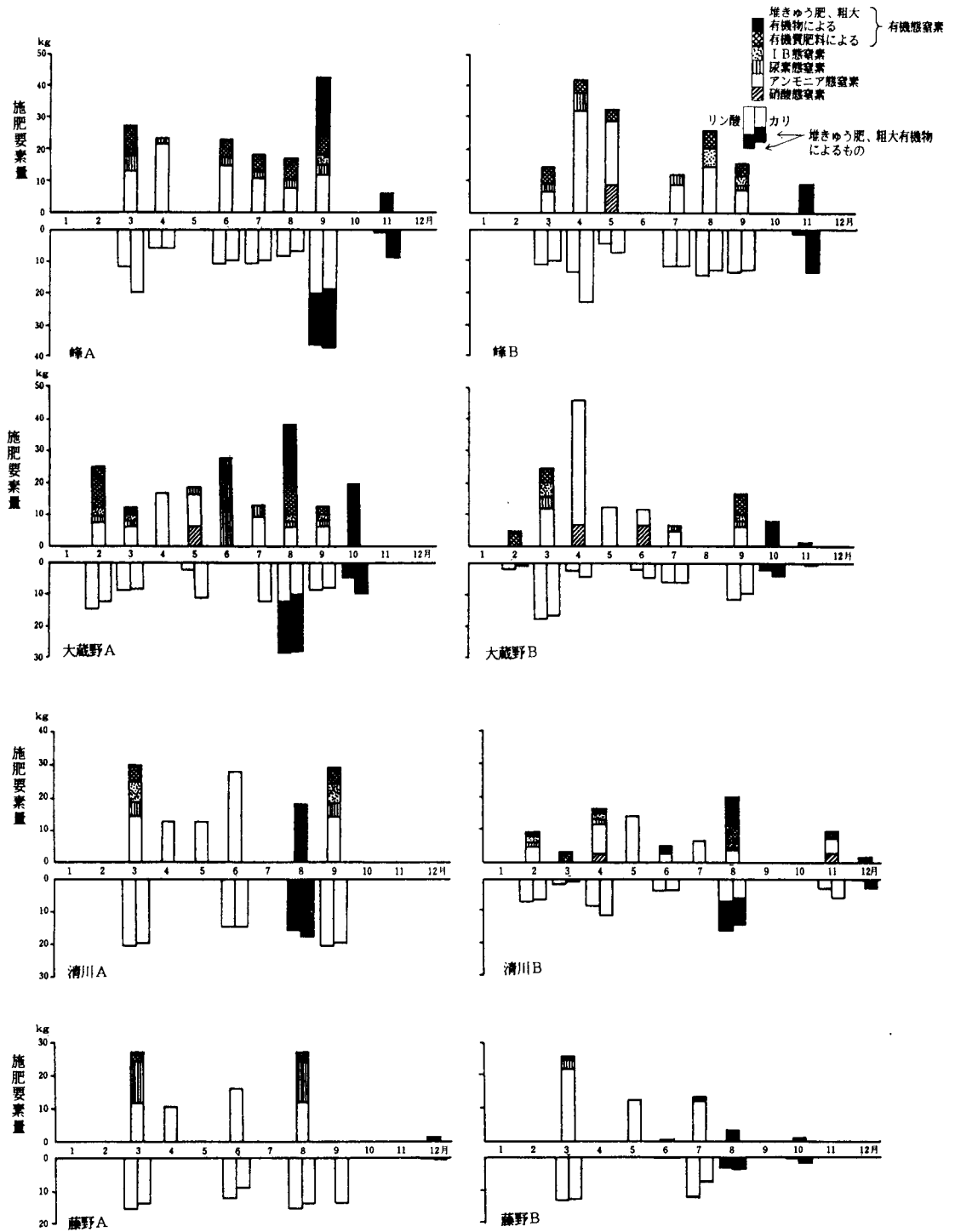
茶園	層位	深さ cm	粒径組成%			真比重*	リン酸* 吸入係数 mg
			礫	粗砂	細砂以下		
峰	A	I 0~18	31.1	41.2	27.7	2.73	958
		II 18~40	27.9	50.2	21.9	2.70	732
		III 40~120	41.8	57.8	0.4	2.56	tr
峰	B	I 0~40	27.3	51.1	21.6	2.79	707
		II 40~82	39.4	60.4	0.2	2.59	tr
		III 82~86	57.3	40.5	2.2	2.30	tr
		IV 86~120	36.1	26.0	37.9	2.78	1,600
大蔵野B		I 0~51	39.4	33.2	27.4	2.75	930
		II 51~62	24.4	75.2	0.4	2.77	tr
		III 62~84	55.5	43.9	0.6	2.48	tr
		IV 84~117	12.2	87.3	0.5	2.76	tr
		V 117~120	47.6	23.6	28.8	2.68	1,394
清川A		I 0~18	16.5	30.8	52.7	2.70	1,247
		II 18~38	15.2	28.6	56.2	2.71	1,517
		III 38~120	11.1	10.7	78.2	2.71	2,378
清川B		I 0~65	16.2	26.1	57.7	2.72	1,317
		II 65~120	15.0	15.7	69.3	2.75	2,305
藤野A		I 0~20	21.7	16.4	61.9	2.69	1,440
		II 20~42	23.1	12.6	64.3	2.71	2,144
		III 42~120	5.1	7.4	87.5	2.67	2,899
藤野B		I 0~53	7.6	3.8	88.6	2.75	2,783
		II 53~120	1.6	4.9	93.5	2.75	3,014

\* 本供試土壤に限り無篩別のまま分析した 大蔵野Aは欠測

第2-4表 各茶園の三要素年間施肥量 (kg/10a)

茶園	1978年			1979年		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
峰 A	165.8 (27.0)	103.2 (24.0)	99.2 (27.0)	156.0 (24.0)	88.4 (17.0)	101.2 (27.0)
峰 B	114.1 ( - )	58.1 ( - )	56.4 ( - )	149.6 ( 9.0)	70.8 ( 1.5)	91.3 (13.5)
大蔵野 A	160.6 ( 9.0)	20.5 ( 8.0)	18.3 ( 9.0)	183.0 (38.0)	68.2 (21.0)	91.4 (28.0)
大蔵野 B	57.8 ( 4.5)	25.9 ( 4.0)	21.3 ( 4.5)	131.8 ( 9.2)	43.6 ( 2.2)	47.2 ( 4.4)
清川 A	86.4 ( 9.0)	56.8 ( 8.0)	45.2 ( 9.0)	129.0 (18.0)	72.7 (16.0)	72.9 (18.0)
清川 B	43.7 ( - )	34.0 ( - )	30.5 ( - )	87.3 (11.3)	39.3 ( 9.3)	43.9 (10.6)
藤野 A	58.8 ( - )	26.4 ( - )	23.8 ( - )	80.7 ( 1.2)	43.4 ( 0.2)	54.0 ( 1.8)
藤野 B	23.8 ( - )	13.6 ( - )	12.6 ( - )	56.6 ( 6.1)	28.8 ( 3.7)	25.8 ( 5.5)

( ) はその内、堆肥、粗大有機物によるもの



第2-2図 各茶園の月別三要素施肥量および窒素の施用形態（1979年）



第2-5表 pH, ECおよび可給態成分の垂直分布 (1978年10月)

茶園	深さ	pH(H <sub>2</sub> O)	EC	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	トルオグ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	交換性		
							K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
	cm		mS/cm	mg	mg	mg	me	me	me
峰 A	0~15	4.06	0.45	1.85	14.06	33.5	0.74	0.71	2.25
	~30	4.59	0.31	1.22	10.20	10.5	0.98	2.11	2.27
	~60	5.10	0.26	2.72	6.55	5.4	0.84	1.47	1.81
	~90	5.21	0.20	2.61	5.40	1.6	0.48	0.29	0.58
	~120	5.27	0.11	3.40	2.90	3.2	0.14	0.29	0.15
峰 B	0~15	4.88	0.13	4.41	3.07	15.6	0.34	1.87	1.15
	~30	6.35	0.07	4.47	1.38	5.9	0.51	6.69	2.71
	~60	6.49	0.05	4.94	0.76	2.3	0.36	4.71	1.89
	~90	6.70	0.04	4.64	0.37	2.1	0.71	4.82	1.72
	~120	6.62	0.06	4.22	0.71	1.1	3.13	7.51	3.83
大蔵野 A	0~15	5.05	0.33	3.27	11.18	30.6	1.04	4.09	2.75
	~30	4.71	0.25	2.70	7.42	19.4	1.12	9.61	4.16
	~60	6.11	0.18	2.20	4.61	4.8	1.46	9.22	3.52
	~90	5.59	0.45	2.97	13.76	2.7	2.31	6.60	4.42
	~120	6.81	0.34	2.20	11.24	2.2	3.26	13.93	1.73
大蔵野 B	0~15	4.79	0.62	5.24	21.92	38.4	1.05	5.81	4.29
	~30	5.31	0.27	4.31	9.70	23.9	1.17	6.87	3.30
	~60	5.72	0.15	5.19	3.31	10.0	0.89	5.86	2.55
	~90	5.15	0.07	4.94	0.97	2.2	0.48	0.33	1.01
	~120	5.66	0.15	5.04	2.81	2.1	2.16	7.59	2.53
清村 A	0~15	5.14	0.71	2.39	20.59	49.6	1.73	4.78	4.07
	~30	4.50	0.74	2.39	30.15	10.3	1.34	2.86	3.21
	~60	4.89	0.85	2.41	25.17	4.9	2.30	3.01	3.76
	~90	5.93	0.37	2.26	9.20	3.7	1.61	9.35	4.64
	~120	7.41	0.22	1.77	2.64	7.1	1.61	3.89	5.41
清川 B	0~15	4.82	0.32	1.79	1.44	35.0	1.93	1.45	3.26
	~30	4.74	0.35	1.68	2.91	5.2	1.88	0.88	1.59
	~60	5.32	0.59	1.56	4.82	3.3	2.19	3.70	4.25
	~90	7.16	0.30	1.57	4.48	2.7	2.97	4.48	6.23
	~120	7.15	0.22	1.60	2.67	2.3	3.39	4.10	5.70
藤野 A	0~15	4.19	0.70	7.70	14.15	21.1	1.92	1.39	2.49
	~30	5.41	0.46	2.83	8.88	12.4	2.63	6.32	8.25
	~60	6.49	0.35	2.27	6.16	3.6	2.85	14.30	4.84
	~90	6.82	0.31	1.80	4.47	2.6	2.31	15.62	3.30
	~120	6.95	0.29	2.37	4.68	2.9	1.90	16.63	3.43
藤野 B	0~15	5.19	0.11	3.12	0.46	3.6	2.28	1.89	0.66
	~30	5.94	0.09	1.97	0.61	1.8	2.05	6.84	3.02
	~60	6.62	0.20	2.10	2.32	1.7	1.60	15.07	3.96
	~90	6.99	0.16	2.87	4.76	1.8	0.77	15.82	3.23
	~120	7.13	0.14	3.04	3.70	1.9	0.19	19.19	4.40

ては比較的小さくなっていた。

地表は整枝した枝葉や、イネわらからなる有機物層でマルチされており、とくに峰、大蔵野地区の調査茶園では5cmほどの厚い層をなしていた。

これらの調査結果から、峰、大蔵野地区調査茶園と、清川、藤野地区調査茶園とは、土壌統も異なり、前者は礫に富む砂壤土の、後者は礫の少ない壤土の性格を示していた。

## 2) 施肥実態

### (1) 施肥量と施肥時期

第2-4表に、1978、1979年の各茶園の三要素年間施肥量を、第2-2図に1979年の各茶園の三要素月別施肥量を示した。(1978年も1979年と同様な施肥傾向を示した。)

各地区とも、B園に比し、A園の施肥量が三要素とも多かった。また、峰、大蔵野地区のように、開園の早い産地ほど、多肥の傾向がみられた。

窒素、リン酸、カリウムの施用割合は施用時期、茶園によって異なるが、年間を通してみると、全調査茶園の平均値で、1978年は窒素：リン酸：カリウム=1：0.52：0.49、1979年はそれぞれ1：0.47：0.54となり、リン酸、

第2-6表 茶園土壌化学性の年間変動(1)

(1979年)

茶園	採土月日	pH(H <sub>2</sub> O)	EC	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	トルオ-グ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	交 換 性		
							K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
	月日		mS/cm	mg	mg	mg	me	me	me
峰	4. 9	3.30	0.79	33.83	18.58	51.04	2.03	0.66	0.36
	5. 8	3.58	1.20	52.10	16.80	58.46	2.50	1.05	0.65
	6.14	3.59	0.93	36.02	22.60	53.77	1.88	1.44	2.23
	6.29	3.29	1.10	14.23	29.00	104.17	1.99	1.32	1.49
	8. 9	3.26	0.72	12.30	10.85	139.20	1.39	1.13	0.87
	9.11	3.40	0.96	10.28	14.05	90.60	1.58	1.19	1.18
	10.11	3.35	0.67	9.23	6.01	112.87	2.00	0.98	0.58
A	11.12	3.57	0.43	9.84	2.99	129.92	1.59	0.69	0.35
	12.12	3.45	0.48	2.64	0.80	187.11	1.82	0.53	0.18
峰	4. 9	3.42	0.88	14.06	30.18	39.38	1.89	0.27	0.46
	5. 8	3.75	1.45	89.62	19.94	64.26	1.94	0.64	0.42
	6.14	3.49	1.17	10.63	40.17	64.90	1.94	1.24	1.85
	6.29	3.40	1.15	25.57	24.52	100.11	1.31	1.41	1.58
	8. 9	3.47	0.49	5.97	7.43	91.99	1.12	0.85	0.50
	9.11	3.55	0.83	14.23	11.06	98.48	1.52	1.32	1.11
	10.11	3.30	0.89	6.85	9.89	106.02	2.01	0.85	0.43
B	11.12	3.85	0.31	12.21	2.58	74.36	1.17	0.66	0.21
	12.12	3.72	0.34	2.72	0.71	140.01	1.25	0.53	0.16
大	4. 9	3.67	0.71	18.01	24.61	49.88	2.89	1.72	0.87
	5. 8	3.82	0.98	43.75	20.59	34.74	2.70	2.63	1.42
	6.14	3.45	1.37	14.67	65.40	51.04	2.27	3.01	3.29
	6.29	3.37	1.37	35.85	45.36	95.24	1.89	2.44	2.43
	8. 9	3.44	0.67	5.36	9.79	96.51	1.75	1.69	1.30
	9.11	3.70	0.58	3.60	7.76	58.00	2.10	1.64	1.68
	10.11	3.50	0.69	3.95	13.72	84.33	3.28	1.86	1.19
A	11.12	3.96	0.38	8.87	1.88	81.08	2.64	1.52	0.87
	12.12	4.40	0.33	2.20	1.50	114.14	2.50	2.73	1.18
大	4. 9	3.43	1.24	44.81	32.19	38.69	2.99	2.13	1.73
	5. 8	3.86	1.29	86.10	27.46	47.79	2.81	2.19	1.47
	6.14	3.60	0.97	8.87	38.80	80.45	2.28	2.60	2.55
	6.29	3.34	1.47	14.94	68.11	118.67	2.71	2.98	2.41
	8. 9	3.66	0.52	6.24	10.85	82.24	2.50	1.75	1.35
	9.11	3.78	0.66	6.33	7.34	84.45	2.48	2.12	1.56
	10.11	3.89	0.61	3.60	13.99	95.47	2.66	2.93	1.89
B	11.12	5.12	0.24	10.54	1.84	88.04	2.12	5.29	2.04
	12.12	4.71	0.41	3.08	1.25	84.68	2.84	2.94	1.37

カリウムとも窒素のほぼ半量が施用されていた。

年間窒素施用量の最高値は、1978年は峰A園の165.8kg/10a(内、堆きゅう肥、粗大有機物によるものが27.0kg)、1979年は大蔵野A園の183.0kg(同38.0kg)であり、全調査茶園の2か年の平均窒素施用量は、105.3kg(同10.4kg)であった。肥料は2~3月から9月頃までに大部分が施されていた。時期的にみた三要素の施用割合は、各茶園とも3月の春肥には、窒素を中心にして、その他にリン酸、カリウムが施されていたが、4~5月の「芽出し肥」には、窒素のみの施用が多かった。夏肥は6~8月にかけて、窒

素の単肥と、窒素、リン酸、カリウムの三要素が前後して施されていた。この後も若干の養分供給が行われていたが、これらの多くは、堆きゅう肥、イネわら等によるものであった。年間施肥回数は茶園により異なるが、最高15回、平均9.8回であった。

カルシウム、マグネシウム資材の施用は各茶園ともきわめて少なく、1978年に大蔵野A園で、10a当たり64.0kgのカルシウムと30.0kgのマグネシウムが、大蔵野B園ではそれぞれ19.0kgと9.0kgが施され、1979年には、大蔵野B園で、それぞれ44.8kgと21.0kgが、清川B園で、そ

第2-7表 茶園土壌化学性の年間変動(2)

(1979年)

茶園	採土月日	pH(H <sub>2</sub> O)	EC	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	トルオーグ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	交 換 性		
							K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
	月日		mS/cm	mg	mg	mg	me	me	me
清	4.10	3.90	0.84	8.35	24.17	34.74	3.65	3.57	2.01
	5.14	3.85	1.05	8.79	23.99	51.85	3.08	3.07	1.74
	6.16	3.80	0.99	7.03	38.35	53.13	3.53	2.51	3.08
川	7.13	3.71	1.45	42.35	32.60	97.44	3.43	3.76	3.33
	8.10	3.82	0.42	3.95	8.76	84.45	2.79	1.94	2.14
	9.11	4.39	1.54	85.05	25.60	106.49	4.86	3.01	3.19
A	10.12	3.82	0.62	3.69	11.94	56.72	3.28	1.55	1.12
	11.14	4.03	0.31	5.54	3.74	62.64	2.45	1.35	0.91
	12.11	4.22	0.33	2.64	2.41	72.73	2.27	1.63	0.87
清	4.10	3.95	0.70	26.45	21.67	48.66	3.44	3.20	1.78
	5.14	3.96	0.54	15.29	19.53	44.08	2.62	2.02	0.95
	6.16	3.79	0.70	13.53	26.34	69.95	2.83	1.44	1.79
川	7.13	3.96	1.34	16.87	52.11	57.77	3.00	4.01	4.25
	8.10	4.24	0.81	31.37	27.93	63.80	3.63	3.04	4.15
	9.11	3.91	0.43	3.51	15.89	94.31	1.82	1.75	1.83
B	10.12	4.39	0.21	1.32	1.17	41.53	1.96	0.91	0.59
	11.14	4.16	0.25	3.95	0.69	49.07	2.05	0.85	0.72
	12.11	5.11	0.34	1.85	0.69	57.77	1.98	2.47	1.53
藤	4.10	4.10	0.89	20.65	34.13	27.04	3.28	2.38	1.58
	5.14	4.21	0.89	24.34	26.89	16.53	2.30	2.22	1.50
	6.18	3.91	0.90	21.70	34.70	33.06	2.81	0.81	1.60
野	7.10	3.81	1.18	18.54	50.09	26.33	2.89	1.63	1.94
	8.10	3.87	0.72	5.36	17.41	35.96	2.89	1.55	2.43
	9.13	3.92	0.89	23.28	26.06	34.92	2.01	0.56	0.97
A	10.12	4.01	0.62	9.66	11.78	53.13	3.99	1.10	1.18
	11.14	4.06	0.36	5.97	5.52	35.50	2.50	0.63	0.71
	12.11	4.27	0.40	2.64	1.35	84.45	3.43	0.99	0.84
藤	4.10	4.92	0.65	3.25	38.35	1.74	3.48	6.77	1.05
	5.14	5.51	0.23	3.69	13.61	1.33	2.79	7.71	0.96
	6.18	5.24	0.24	3.95	10.55	0.52	2.67	5.29	0.83
野	7.10	5.30	0.39	7.03	16.04	3.60	2.89	5.51	0.96
	8.10	5.48	0.11	2.37	1.72	2.84	2.17	5.50	0.35
	9.13	5.52	0.12	2.11	1.36	0.75	1.90	3.04	0.37
B	10.12	5.58	0.12	1.05	0.23	1.86	2.18	6.02	0.74
	11.14	5.25	0.13	5.10	1.01	5.57	2.42	3.85	0.59
	12.11	5.40	0.22	3.25	3.72	2.90	2.48	5.17	0.76

れぞれ16.0kgと7.5kgが施されていたが、その他の茶園には施用されなかった。

### (2) 肥料の種類および施用形態

肥料の種類はきわめて多かったが、最も多く用いられたのは硫酸アンモニウムの単肥であり、また菜種かすの単肥も峰、大蔵野地区で多く用いられていた。この他、茶配合肥料、複合磷加安、磷硝安加里等が多く用いられ、堆きゅう肥、粗大有機物としては、牛ふん堆肥、イネわらが主に用いられていた。

第2-2図には、三要素施肥量とともに、施肥窒素を形

態別に示したが、各茶園ともアンモニア態窒素の施用割合が最も高く、とくに春から夏の摘採期前後に多かった。有機態窒素の施用も峰、大蔵野、清川地区に多く、2~3月には主に菜種かすとして(峰、大蔵野地区)、8月から11月にかけては主に牛ふん堆肥やイネわらとして(峰、大蔵野、清川地区)施用されていた。さらに全茶園で尿素態窒素が、藤野を除く各茶園で緩効性のI B態窒素が比較的多く施用され、4~6月に硝酸態窒素が4茶園で用いられていた。

3) pH, ECおよび可給態成分の垂直分布

第2-8表 交換性塩基組成と塩基飽和度

茶園	塩基 交換容量	交換性塩基**			K <sub>2</sub> O 飽和度	CaO 飽和度	MgO 飽和度	塩基 飽和度
		K <sub>2</sub> O	CaO	MgO				
	me	me	me	me	%	%	%	%
峰 A	45.23	1.86	1.00	0.88	4.1	2.2	1.9	8.2
峰 B	37.90	1.57	0.91	0.75	4.1	2.4	2.0	8.5
大蔵野 A	45.15	2.45	2.14	1.58	5.4	4.7	3.5	13.6
大蔵野 B	47.19	2.60	2.77	1.82	5.5	5.9	3.9	15.3
清川 A	35.27	3.26	2.49	2.04	9.2	7.1	5.8	22.1
清川 B	35.37	2.59	2.19	1.95	7.3	6.2	5.5	19.0
藤野 A	29.57	2.90	1.32	1.42	9.8	4.5	4.8	19.1
藤野 B	26.28	2.55	5.43	0.73	9.7	20.7	2.8	33.2

\* 峰, 大蔵野は1979年6月29日, 清川は7月3日, 藤野は7月10日採土の分析値

\*\* 1979年4~12月の平均値

第2-5表は各茶園より一定の深さごとに採取した土壌について化学分析した結果である。

pH (H<sub>2</sub>O) は各茶園とも表層が低く, 下層ほど高い値を示した。硝酸態窒素は秋肥施肥時期が一定していないため茶園間の差が大きく, 一定の傾向はみられなかったが, アンモニア態窒素は各茶園とも少なく, 深さ別にも大きな差はみられなかった。トルオグリン酸は各茶園とも表層に多く, 30cm以下にはごく少なかった。交換性カリウムは茶園により一定の傾向はみられなかったが, 1m以上の下層に多い茶園もみられた。交換性カルシウムは宝永火山砂礫層を除いて下層に多い傾向がみられ, 交換性マグネシウムも同様な傾向を示した。

宝永火山砂礫層では各成分ともきわめて少なかった。

#### 4) pH, ECおよび可給態成分の年間変動

##### (1) pH, ECおよび可給態成分の年間変動

第2-6, 2-7表に各茶園のpH, ECおよび可給態成分の月別含有量を示した。

pH (H<sub>2</sub>O) は, 峰A, B, 大蔵野A, B園では多くの時期に3.5前後を示し, 清川A, B, 藤野A園では4.0前後, 藤野B園では5.0前後を示す時期が多かった。pHの時期的変化は大きくはないが, 施肥の減る10月頃より各茶園とも若干高まる傾向がみられた。

アンモニア態窒素, 硝酸態窒素とも, 全般に施肥回数, 施肥量が多いため高濃度に推移した。とくに峰, 大蔵野地区でその傾向が強く, アンモニア態窒素で90mg, 硝酸態窒素で68mgに達する時期もみられ, 最も高濃度を示す時期は, 一, 二番茶期に当たる春から夏にかけてであった。しかし, いずれの茶園でも施肥量が少なくなる

10月頃から減少し, 12月にはアンモニア態窒素で2~3mg, 硝酸態窒素で1~4mg程度になった。

アンモニア態窒素と硝酸態窒素の含有量は茶園により, また施肥時期と採土時期の間隔によっても異なるが, おおむね等量的に存在する傾向にあった。

ECは1.5mSに達する土壌もみられ, また年間の変動は窒素と同様の傾向を示し, 後述のように窒素含有量と高い相関関係にあった。

トルオグリン酸の年間の変動は比較的小さかったが, 含有量は施肥量の多い茶園に多く, 100mgを越える時期も多くみられた。一方, 施肥量の最も少ない藤野B園では, ほとんどの時期に数mgしか含まれていなかった。

交換性カリウムは各茶園とも時期による変動が少なく, 施肥量の少ない茶園でも比較的多く含まれていた。

交換性カルシウム, マグネシウムは肥料としての供給がほとんど行われていないこともあって低く推移した。

##### (2) 塩基組成

第2-8表は第2-6, 2-7表より各茶園の交換性塩基の年平均値, および塩基飽和度を算出したものである。

交換性カリウムの飽和度は4~10%の範囲内にあり, 交換性カルシウムは2~21%, 交換性マグネシウムは2~6%の幅があった。交換性カリウム, カルシウム, マグネシウムの合計による塩基飽和度は8~33%の範囲内であった。

##### (3) pH, ECと可給態成分の関係

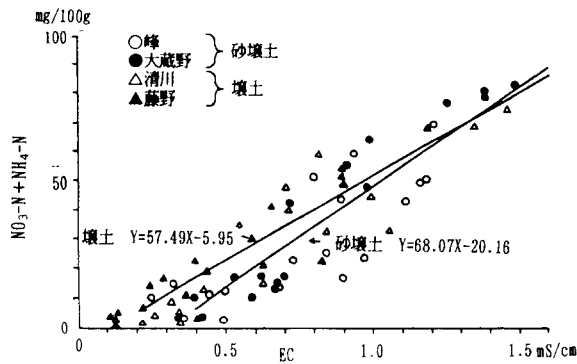
第2-9表に第2-6, 2-7表より算出した砂壤土(峰, 大蔵野地区), 壤土(清川, 藤野地区)のpH, ECと可給態成分の単相関係数を示した。

第2-9表 pH, ECと可給態成分の単相関係数

	NO <sub>3</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N+NH <sub>4</sub> -N	交 換 性			
			K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	
pH	砂壌土	-0.4114*	-0.3988*	0.2774	0.6411**	0.1021
	壤土	-0.4920**	-0.5319**	-0.3215	0.7209**	-0.4915**
EC	砂壌土	0.8702**	0.9031**	0.1645	0.0125	0.4465**
	壤土	(y=44.54x-16.73)	(y=68.07x-20.16)	0.6398**	-0.1614	0.7822**
		(y=36.67x-4.08)	(y=57.49x-5.95)			

窒素との関係を求める際、NO<sub>3</sub>-N+NH<sub>4</sub>-Nが100mgを越える数値は除いた

x: EC y: 窒素

第2-3図 ECとNO<sub>3</sub>-N+NH<sub>4</sub>-Nとの相関関係

pHは両土壤とも交換性カルシウムとの間に1%水準で有意な正の相関係数が、また硝酸態窒素および硝酸態窒素+アンモニア態窒素とも1~5%水準で有意な負の相関係数が得られた。両土壤ともECと硝酸態窒素とはきわめて相関が高く、さらに土壤中での可給態窒素の大部分を占める硝酸態窒素とアンモニア態窒素の含量との間には、より大きな相関係数が得られた。ECと硝酸態窒素+アンモニア態窒素との関係は第2-3図に示した。

### 3. 考 察

全国的に茶園への施肥量は多肥傾向を示しており、神奈川県茶園においても、とくに窒素の多肥傾向の強い地区が多いことが明らかとなった。にもかかわらず、生葉の大幅な減収を示していないこと(第2-2表)、荒茶品質の劣化がとくにみられないこと<sup>12)</sup>、むしろ、新芽の窒素の増加により品質が向上すると考えられているこ

と等から、窒素施肥量は、今後ますます増加することも考えられる。しかし、このことはチャが多肥性の作物であることを示すものではなく、深根性であることや、通常成木園では、30cmほどの通路にしか施肥が行えないこと等から部分的に障害を受けても、茶樹全体としては障害が発現しにくいと考えられる。

埼玉茶試<sup>77)</sup>のように、多肥(N=120kg/10a・年)が減収の原因になる事例も報告され、耐肥性が実際には他作物と何ら変わらないことも前原<sup>53)</sup>によって示されている。前原<sup>53)</sup>の示した硫酸アンモニウムによる障害濃度(ECとして1.5 mS)に達する値を示す土壤もみられており、現在の施肥量は限界量に達しているものと考えられる。

過剰な窒素の多くは未利用のまま溶脱しているものと思われるが、有機物や粘土鉱物等の投入により保肥力を

高め、また緩効性肥料の併用等により、施肥窒素の利用率を高めて施肥量の減少をはかることが必要と思われる。なお、茶園の肥培管理に際して、可給態成分、とくに窒素の残存量を知ることは有益である。第2-9表に示したようにECは硝酸態窒素、あるいは硝酸態窒素とアンモニア態窒素の合計量と高い相関関係にあり、EC値から窒素のおよその残存量を推定することが可能である。その際茶園ではアンモニア態窒素の含有量が高いため、これらの合計量を推定したほうが有効と考えられる。

石垣<sup>24)</sup>は、チャの品質に関与するアミノ酸はアンモニア態窒素が多いほど増加するとし、河合<sup>39)</sup>は、チャは好アンモニア性で酸性土壌でもよくアンモニア態窒素を吸収するとしている。また石垣<sup>22)</sup>は、チャの生育はアンモニア態窒素：硝酸態窒素=5：5が良く、硝酸態窒素が半分以上占めると生育が悪くなることを報告している。本調査の各茶園ともアンモニア態窒素の施用が多く、また土壌中のアンモニア態窒素含有量が硝酸態窒素と同等、もしくはそれ以上の時期が多いことから、比率においては良好な状態にあるものと考えられる。

河合<sup>37)</sup>は、茶園土壌の各塩基の飽和度が、カリウム：10%、カルシウム：25%、マグネシウム：5%が、またはカリウム：10%、カルシウム+マグネシウム：30~50%が最適の状態であるとしている。この基準に照らすと、

本調査茶園のうち、交換性カリウムは、峰、大蔵野地区を除き基準に近い値を示したが、交換性カルシウムは、全地区ともきわめて低く、好適な組成とはいえない。これは施肥実態が示すように、カリウムは毎年相当量が供給されているが、一部の茶園を除いてカルシウム、マグネシウムの供給はほとんど行われていないためと考えられる。pHも強酸性を示すため、カルシウム（マグネシウム）の供給が必要と思われる。しかし他の作物ほど、最適塩基飽和度は高くなく、第4章第4節や神奈川農試<sup>33)</sup>、河合<sup>37)</sup>が示すように、カルシウムの過剰施用は減収をまねく恐れがあるため、施用量の決定は慎重に行わなければならない。

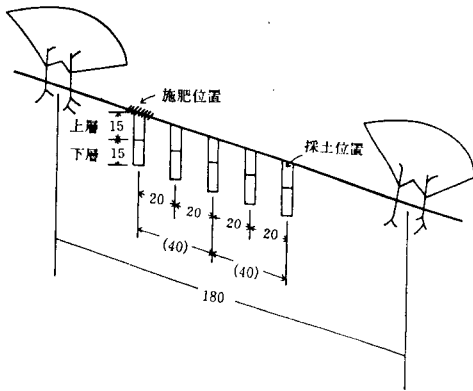
本調査地区では施肥量の多い茶園ほどpHが低く、pHが可給態窒素と負の、交換性カルシウムと正の相関を示したことは、継続的な窒素の多量施用、カルシウムの無(少)施用がpHを低下させたものと考えられる。

強酸性下でも十分に生育していることから、チャの強酸性土壌に対する適応性は強いものと考えられるが、強酸性下では土壌塩基の溶脱の促進、不均衡化、微生物活性の低下等、土壌的に好ましいとはいいがたい。したがって他の化学性、あるいは生物性との関連から、最適pHを見い出さなければならないが、これについては後章で検討する。

### 第3章 茶園土壤における窒素の動態と収支

#### 第1節 傾斜地茶園における窒素の消長と流亡防止

神奈川県茶園はその多くが傾斜地であり、施肥量も多い(第2章)ため、雨水による肥料の地表面流亡が多く、浸透水による溶脱も無視できないものと思われる。肥料の利用率を高めるためには、この流亡、溶脱を抑える方策を講ずることが必要である。向笠ら<sup>61)</sup>は平坦地茶園で数種の肥料施用後のアンモニア態窒素、硝酸態窒素含有量の消長について調査しているが、傾斜地茶園でのこれらの消長、および流亡、溶脱防止法についての知見は少ない。そこで、まず施肥成分割合が多く(第2章)、チャの品質にとくに関係の深い窒素の消長を調査し、さらに2, 3の流亡、溶脱防止法を検討した。また降水量の多い時期には、とくに幼木園で土壤の流亡が多いため、



第3-1図 施肥位置と採土位置の関係 (cm)  
( )は1980~'81年の採土間隔

土壤流亡防止法についても検討を加えた。

#### 1. 試験方法

1) 傾斜地茶園における窒素の消長および流亡、溶脱防止試験

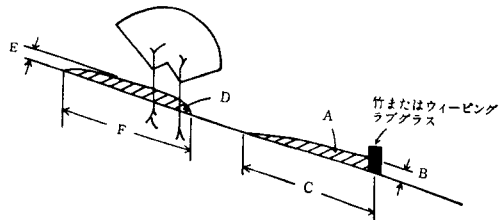
##### (1) 供試土壤および栽培概要

神奈川県津久井郡相模湖町寸沢嵐の傾斜地茶園を供試した。傾斜度は南西面10~15°(一部約20°)、土壤の表層20~30cmは多腐植黒ボク土、下層は褐色土で、いずれも火山性の壤土である(第3-1表)。

供試土壤に1974年4月に品種‘やぶきた’をうね幅180cm、株間45cm、条間30cmに、2条植えし、神奈川県の施肥基準に従って施肥を行ってきたが、試験の前年9月以降は無施肥とした。

(2) 窒素の消長およびイネわら、牛ふん堆肥施用の影響

チャの株元に硫酸アンモニウム、CDU単体、菜種かすを窒素成分で10a当たり30kg施用し、リン酸、カリウムを過リン酸石灰、塩化カリウムでそれぞれ15kgになるよう調整した。硫酸アンモニウム施用区にはさらにイネわ

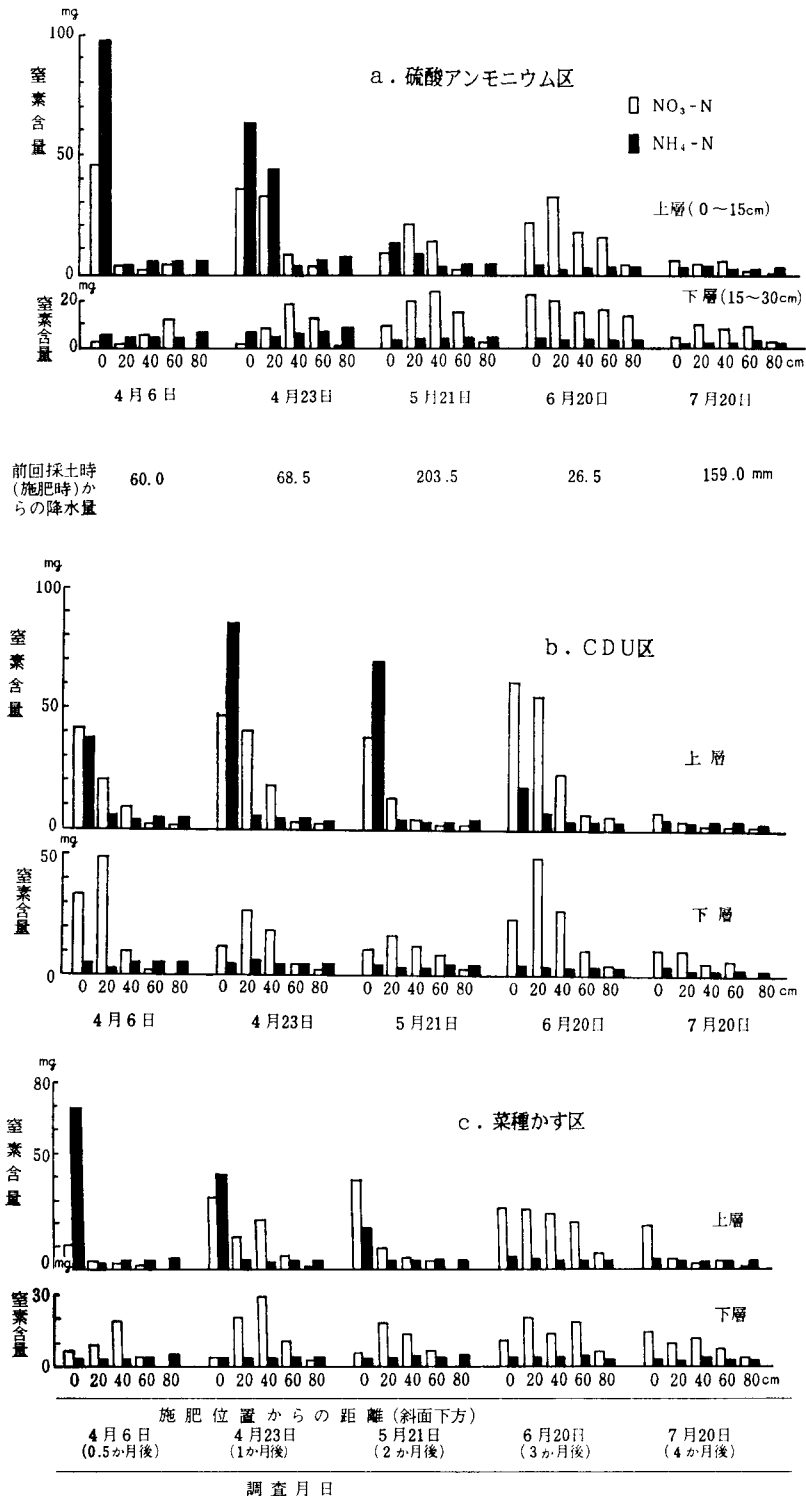


第3-2図 流亡止めと堆積土壤の測定位置  
A, D:堆積量 B, E:堆積の高さ  
C, F:堆積の奥行

第3-1表 供試土壤の理化学性(施肥前)

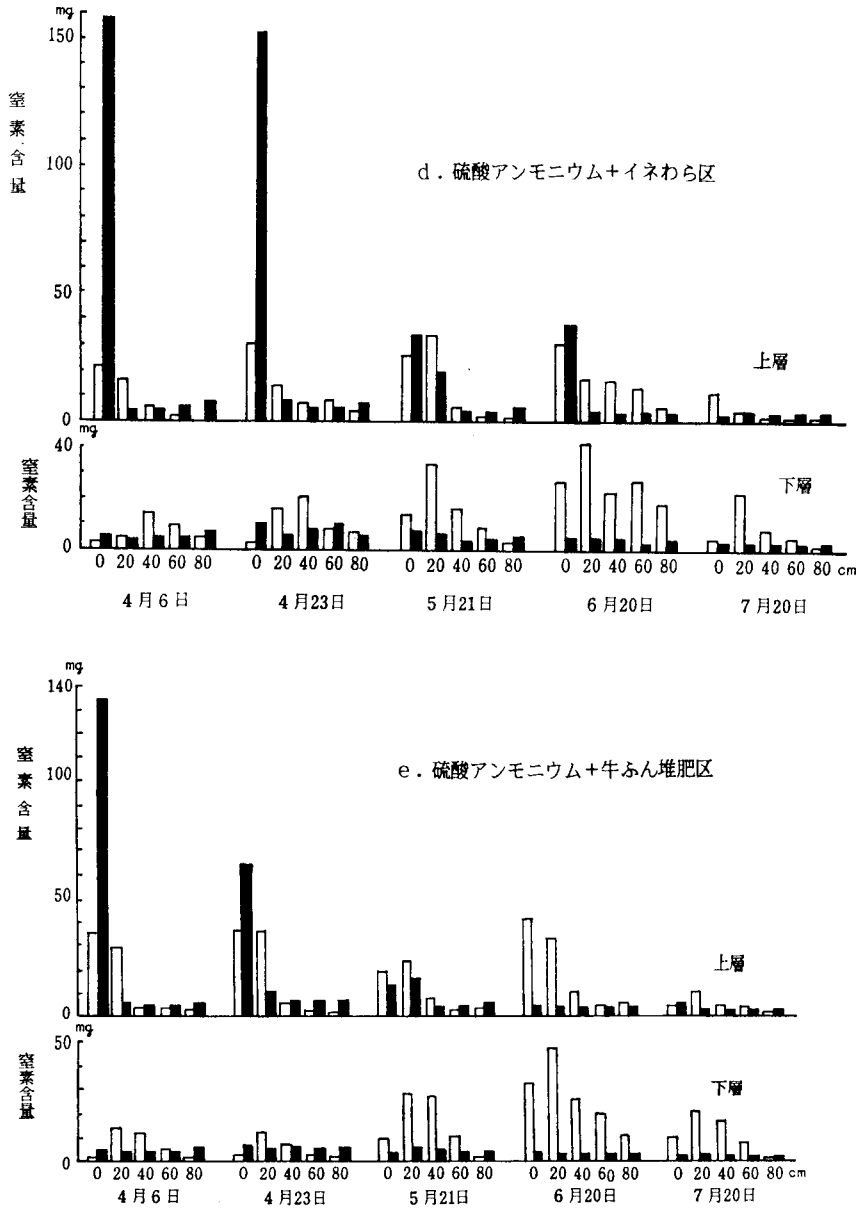
		pH	EC	T-N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	CEC	リン酸吸 収係数	透水係数*
		(H <sub>2</sub> O)	mS/cm	%	mg	mg	mg	mg	mg	mg	me	mg	cm/sec
1	上層	6.20	0.07	-	5.48	0.87	2.7	54.7	346.5	37.1	-	3.426	無深耕土壤
	下層	6.17	0.10	-	5.27	3.00	3.1	57.3	299.7	36.6	-	3.225	1.34×10 <sup>-2</sup>
2	上層	5.70	0.08	0.491	3.65	0.38	0.9	49.5	61.9	17.8	38.6		深耕土壤
	下層	5.77	0.15	0.375	3.08	0.40	0.4	50.7	64.5	29.1	34.8		1.64×10 <sup>-2</sup>

1: 1979年3月20日 2: 1980年3月27日 \* 透水係数のみ1981年7月8日調査



第3-3図 施肥後の土壤中の硝酸態窒素とアンモニア態窒素の消長 (1979年) (1)

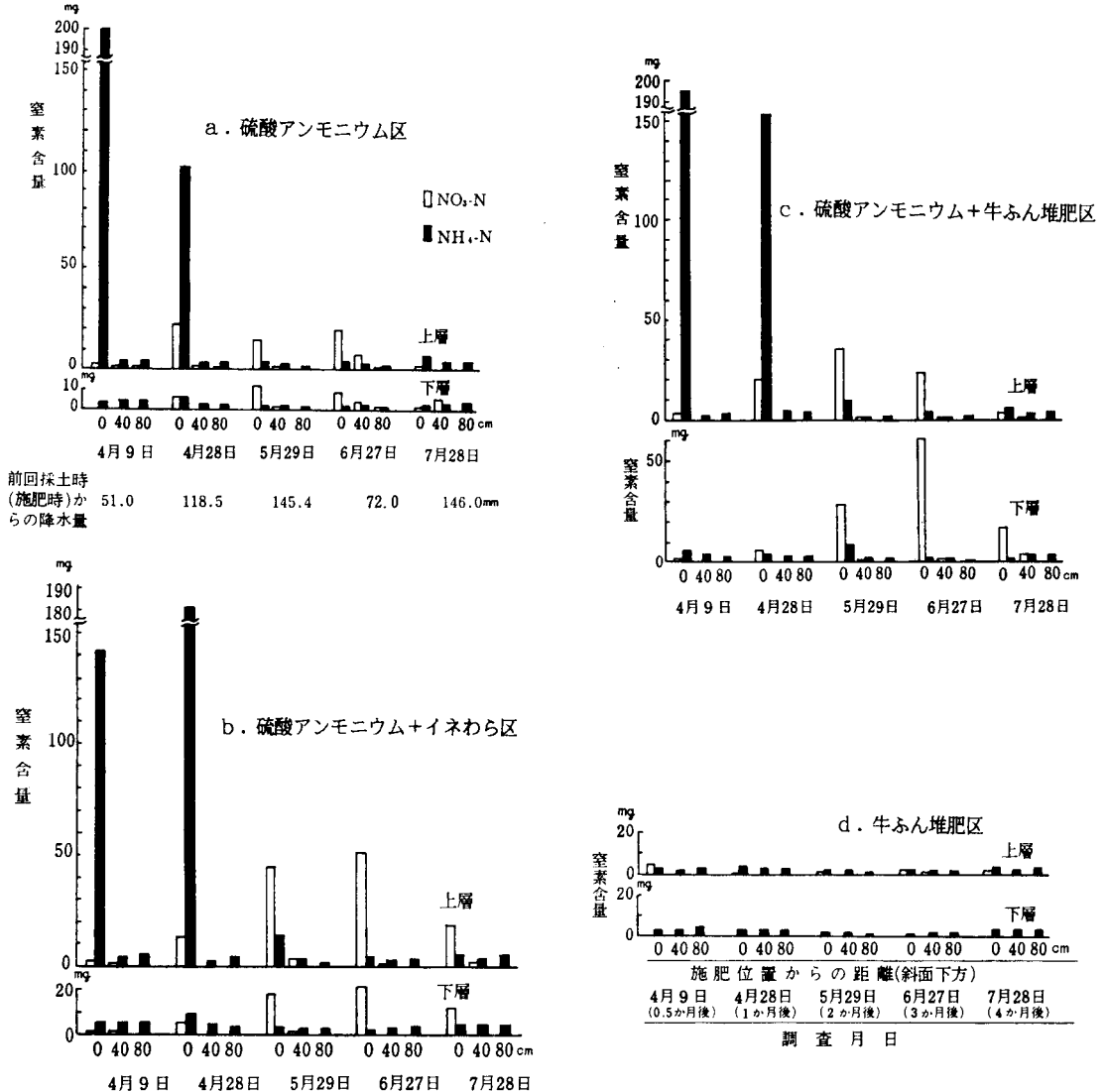




第3-4図 施肥後の土壤中の硝酸態窒素とアンモニア態窒素の消長（1979年）（2）

ら、または牛ふん堆肥をそれぞれ 1,000kgずつ投入した区を設けた。イネわらはうね間全体にマルチし、各肥料および牛ふん堆肥は土壤表面2~3cmに混入した。試験規模は1区4.5㎡、2連制とした。施肥後0.5か月、それ以降は1か月おきに、施肥位置および斜面下方20~40cmごとに、それぞれ、上層(0~15cm)、下層(15~30cm)より採土し、アンモニア態窒素、硝酸態窒素含有量

を分析した(第3-1図)。施肥は1979年は3月23日、1980年は3月27日に行い、1980年の試験ではCDUおよび菜種かす区は除き、牛ふん堆肥のみ施用した区を加えた。供試土壤は2mmのふるいを通したのち、次の方法により分析した。表示は全て乾土100g当たりのmgとした。アンモニア態窒素：ハーパー法、硝酸態窒素：フェノール硫酸法



第3-5図 施肥後の土壤中の硝酸態窒素とアンモニア態窒素の消長 (1980年)

(3) 深耕の影響

傾斜地茶園を30cmの深さまで深耕した土壌および無深耕土壌に、硫酸アンモニウム、過リン酸石灰、塩化カリウムを前掲(1)と同様に施肥、採土し、アンモニア態窒素、硝酸態窒素含有量を前述と同様な方法で分析した。深耕は1981年3月26日に、施肥は同年4月9日に行った。なお供試土壌の理化学性を第3-1表に示した。

2) 土壌流亡防止試験

1974年4月、試験1に隣接した傾斜地茶園に、竹による流亡止め区とウィーピングラブリラス栽植区を設置し、

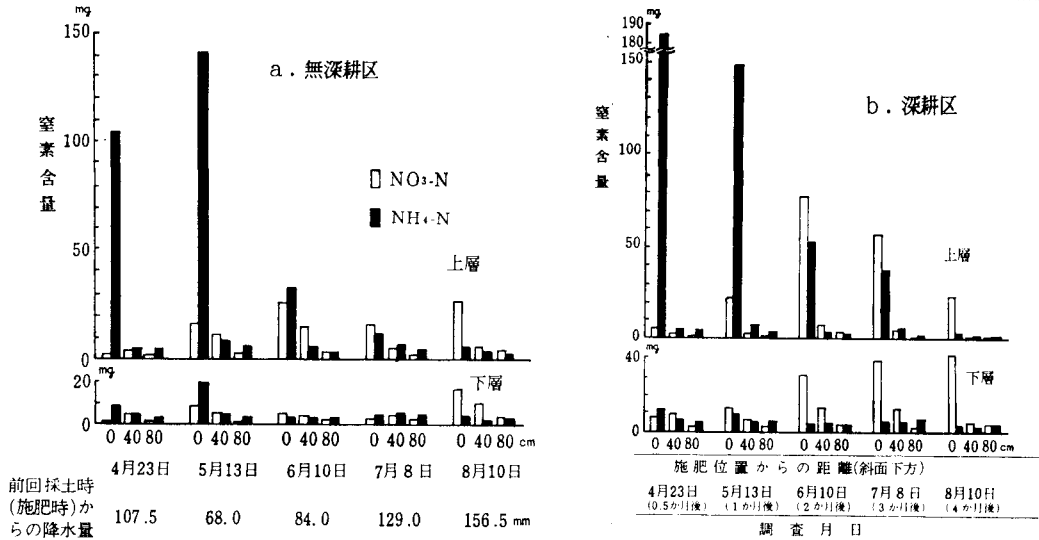
数か所にゲージを埋設して、土壌の流亡量およびチャの生育を調査した。また流亡止め設置5年後、株元および流亡止めに堆積した土壌の量を調査した(第3-2図)。施肥は神奈川県施肥基準に準じた。

2. 結果

1) 傾斜地茶園における窒素の消長および流亡、溶脱の防止

(1) 窒素の消長およびイネわら、牛ふん堆肥投入の影響

施肥後のアンモニア態窒素、硝酸態窒素含有量の月別



第3-6図 深耕および無深耕土壤における硫安施用後の硝酸態窒素とアンモニア態窒素の消長（1981年）

変化を1979年について第3-3, 3-4図に、1980年については第3-5図に示した。

1979年の硫酸アンモニウム施用0.5か月後では、アンモニア態窒素は施肥位置に多く、1か月後には斜面下方20cmの上層でも多くなったが、下層の含有量はきわめて少なかった。また2か月後には施肥位置の含有量は13mgに減少した。硝酸態窒素は0.5か月後は施肥位置に多く、他の位置ではきわめて少なかったが、時間の経過に伴い斜面下方および下層で増加した。3か月後には施肥位置の含有量は22mgに減少した（第3-3図a）。同様に試験した1980年の結果では、アンモニア態窒素は1か月後まで施肥位置で高含量を示したが、2か月後には施肥位置で3mgに減少した。下層の含有量は各位置とも少なかった。硝酸態窒素は1か月後から3か月後まで施肥位置で20mg前後を示したが、4か月後にはきわめて少なくなった。また施肥位置の下層の含有量は2か月後まで増加した（第3-5図a）。

CDUの施肥位置におけるアンモニア態窒素は1か月後に最も多くなり、2か月後も70mgと多く、硫酸アンモニウムに比べ長期間残存した。硝酸態窒素は0.5か月後では施肥位置の上下層および下方20cmの上下層に多く、3か月後も硫酸アンモニウムに比べ残存量が多かった（第3-3図b）。

菜種かす施用区のアンモニア態窒素が最高含量を示したのは、0.5か月後、施肥位置での69mgであったが、その後減少した。硝酸態窒素は2か月後に施肥位置で38mg

を示したが、その後漸減した。両成分とも硫酸アンモニウム、CDUに対し低く推移した（第3-3図c）。

1979年に硫酸アンモニウムを施用した上にイネわらマルチをした区では、施肥位置のアンモニア態窒素は0.5か月後、1か月後ともきわめて多く、150mgを越えた。

3か月後より減少したが4か月後でも施肥位置で37mg残存した。しかし硫酸アンモニウム区同様下層では少なかった。硝酸態窒素は初期は硫酸アンモニウム区に比べ少なかったが、アンモニア態窒素の減少に伴い増加し、2, 3か月後の残存量は硫酸アンモニウム区に比べ多かった（第3-4図d）。1980年の結果では、アンモニア態窒素は施肥位置で1か月後まできわめて多く、2か月後には14mgになった。硝酸態窒素は施肥位置で1か月後から増加し、3か月後に51mg、4か月後にも18mgを示した。また施肥位置下層でも3か月後まで増加した（第3-5図b）。

1979年に硫酸アンモニウムと牛ふん堆肥を混合施用した区のアンモニア態窒素は0.5か月後が最も多く、以後減少したが、2か月後も硫酸アンモニウム区よりやや多く残存した。硝酸態窒素は施肥位置で初期より30mg前後で推移し、3か月後も硫酸アンモニウム区に比べ多く残存した（第3-4図e）。この傾向は1980年も同様であった（第3-5図c）。また牛ふん堆肥のみ施用した区の両成分の発現はきわめて少なかった（第3-5図d）。

(2) 深耕の影響

第3-6図に各区の位置別、アンモニア態窒素、硝酸態窒素含有量の変化を示した。

無深耕区のアンモニア態窒素は施肥位置で1か月後まで高含量を示したが、その後少なくなり、3か月後には11mgになった。硝酸態窒素は施肥位置で施肥1か月後より4か月後まで20mg前後で推移した。両成分とも斜面下方、および下層での含有量は少なかった(第3-6図a)。

これに対し、深耕区のアンモニア態窒素も施肥位置で1か月後まで高含量を示し、その後減少したが、無深耕区に比べ減少率は少なかった。また下層の含有量は少なかった。硝酸態窒素は施肥位置で2か月後に最も高い含有量となり79mgを示した。その後減少し、4か月後には24mgとなったが、下層では4か月後でも41mgを示し残存量は多かった(第3-6図b)。

## 2) 土壌流亡の防止

台風時の集中的降水による土壌流亡の深さを第3-2表に、流亡止め設置5年後の堆積量を第3-3表に示した。

1975年は、2回の台風による土壌の流亡が竹土止め区、ウィーピングラブリグラス区、無処理区ともに認められた

が、無処理区の流亡量が最も多かった。1976、1977年の台風による流亡が認められたのは無処理区のみであった。3年間4回の台風による流亡の深さは、竹土止め区で、0.72cm、ウィーピングラブリグラス区で、2.02cm、無処理区で6.98cmであった。

5年経過後、流亡止めに堆積した土壌量(流亡防止量)は竹土止め区が最も多かった。またチャの株元に堆積した量は無処理区、竹土止め区、ウィーピングラブリグラス区の順に多く、土壌の移動量はウィーピングラブリグラス区で最も少ないことを示した。

第3-4表に各区のチャの生育を、第3-5表にウィーピングラブリグラスの収量を示した。

チャの生育はウィーピングラブリグラス区、竹土止め区、無処理区の順に良い傾向にあった。またウィーピングラブリグラスの収量は10a当たり1t以上になりマルチ材料として利用できた。

## 3. 考察

本試験では、まず茶園で多く使われている硫酸アンモ

第3-2表 台風時の降水による土壌流亡の深さ

	1975台風6号 213.0mm*	'75台風13号 59.5mm	'76台風17号 70.0mm	'77台風11号 70.0mm
竹土止め区	0.22cm	0.50cm	0cm	0cm
ウィーピングラブリグラス区	0.93	1.09	0	0
無処理区	1.17	1.41	3.50	0.90

\*降水量

第3-3表 土壌流亡防止方法と土壌の堆積量(5年経過後)1m当たり

傾斜度	流亡止めに堆積した土壌			茶の株元に堆積した土壌			
	A堆積量	B堆積の高さ	C堆積の奥行	D堆積量	E堆積の高さ	F堆積の奥行	
竹土止め区	20°	24.1kg	14.5cm	44.5cm	3.8kg	5.0cm	50.0cm
ウィーピングラブリグラス区	"	17.1	12.5	35.5	1.2	1.5	50.0
無処理区	"	-	-	-	10.6	5.0	79.5
竹土止め区	10°	8.2	7.5	30.0	3.6	5.0	60.0
ウィーピングラブリグラス区	"	7.0	8.0	50.0	0.9	1.0	80.0
無処理区	"	-	-	-	7.2	4.0	97.5
無処理区の下位斜面	15~20°	28.8	10.0	112.5	-	-	-

調査: 1979年3月8日

第3-4表 土壌流亡防止方法と茶樹の生育

	1975				'76				'77				'78	
	樹高A	株張りB	分枝数C	幹径D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B
竹土止め区	cm 65.5	cm 79.5	50.8	cm 1.9	cm 68.0	cm 80.5	53.5	cm 1.7	cm 64.1	cm 100.8	136.5	cm 3.3	cm 57.5	cm 133.5
ウィーピング ラブグラス区	65.5	78.5	46.2	2.0	80.0	87.5	54.0	1.7	72.9	104.6	137.6	3.6	62.2	140.5
無処理区	65.5	74.5	46.3	1.8	76.0	83.5	59.3	1.8	66.2	91.5	125.0	3.6	57.3	130.5

第3-5表 ウィーピングラブグラスの収量 (kg/10a)

1976	'77	'78
1,183 (3回刈り取り)	1,519 (4回刈り取り)	1,103 (3回刈り取り)

ニウムを主体に、施肥後のアンモニア態窒素、硝酸態窒素の消長、および消長に及ぼすいくつかの処理について検討した。

傾斜地において、アンモニア態窒素の下層の含有量はきわめて少なかった。これに対して硝酸態窒素は時間の経過に伴い、下層および斜面下方の含有量が多くなった。これはアンモニア態窒素は雨水による物理的な表面移動が主体で、土壌中への移動は少なく、硝酸化成を経て、雨水の下層への浸透に伴って移動したことを示すものと考えられる。

この傾向は肥料の種類を異にしても同じであったが、硫酸アンモニウム、CDU、菜種かすのアンモニア態窒素、硝酸態窒素の濃度変化の様相は異なっており、それぞれ速効性肥料、緩効性肥料の特徴をあらわしていた。

石垣<sup>24)</sup>は土壌のアンモニア態窒素が多いほど葉のアミノ酸が増加することを示し、石垣<sup>22)</sup>はアンモニア態窒素と硝酸態窒素の割合が5:5でチャの生育が良いことを明らかにした。本試験で硫酸アンモニウムを施した場合、イネわらマルチにより窒素の残存期間は長くなり、とくにアンモニア態窒素の形でとどまっていたことはチャの品質に有効と考えられるが、傾斜地ではアンモニア態窒素の下層への移動が少ないので、施肥後下層部へ耕入する方法をとることが好ましいと考えられる。また幼木園ではうね間部分への根の伸長は少ないため、株元部分に肥料がとどまる必要があるが、この点でもイネわらのマルチは有効と考えられる。

イネわらのマルチ区で窒素の残存期間が長くなったのは、雨水による飛散、流亡、あるいは揮散が抑制された

ことによるものと考えられる。

牛ふん堆肥の表面施用によっても残存期間が延長されたが、施用当年から牛ふんによって土壌の保肥力が増加したためではなく、マルチの効果が現われたものと思われる。

さらに、土壌を深耕したのち硫酸アンモニウムを施用した場合にも窒素の残存期間が長くなったが、これは透水係数が大きくなり表面流亡が抑えられたこと、あるいは土壌表層の孔隙が増加したことによる影響と考えられる。

このように傾斜地茶園へのイネわらや牛ふんの表面施用、あるいは深耕が窒素肥料の流亡、溶脱の抑制に効果が高いことが明らかとなった。

一方、土壌の流亡防止には敷わら、フィルム等のマルチ、草生および土止めの設置が考えられる。これらのうち、敷わらの効果が高いことが認められており<sup>91)</sup>、また生育の促進効果も高いことが報告されている<sup>28)</sup>。しかし草生も土壌の流亡防止には効果があるが、生育に対しては効果が判然としないとの報告がある<sup>2)</sup>。これは草生は敷わら等と異なりチャとの間に肥料、日照の競合がおこるためと考えられるが、本試験ではウィーピングラブグラスの栽植が土壌流亡防止とともに、チャの生育に対しても効果が高かった。これはウィーピングラブグラスはシバのように地表を広がることがなく、またチャが幼木であったため、肥料の競合が少なかったこと、年3~4回刈り取ったため日照の競合もなく、かつ、刈草を敷草として利用できたこと等によるものと思われる。

本節ではイネわらのマルチ、牛ふん堆肥の施用等を短期的な影響として取り扱ったが、とくに牛ふんの施用は土壌の化学性に及ぼす影響が大きいものと考えられる。また窒素の溶脱は他の化学性との関連で考察する必要もあり、さらに窒素の施用量とチャの生育、品質あるいは土壌への影響についても明らかにする必要がある。これらについては次節以降で検討する。

第2節 茶園土壌からの窒素の溶脱

第2章と本章第1節では神奈川県においても茶園への窒素施用量が多いことや窒素の土壌中での消長、流亡防止法について示した。しかし、茶園に施用した肥料がどれだけ利用され溶脱したか明らかでなく、土壌によって溶脱量や、溶脱までに要する時間は異なると考えられる。また、窒素の多量施用は他の肥料成分の溶脱にも影響しているものと推察されるが、適正な施肥、土壌管理を行うにはこれらの動態を明らかにする必要がある。

土壌からの肥料成分の溶脱調査にはライシメーターが用いられ、茶園以外での試験例は多くみられる<sup>6, 11, 19, 46, 56, 84, 86, 92)</sup>。しかし、茶園における調査は河合ら<sup>38)</sup>、小川<sup>70)</sup>等がみられるのみであり、これらは1種類または2種類の土壌を用い肥料の種類や施肥量の違いの影響について検討したものである。そこで、筆者はライシメーターを用い、神奈川県内5か所の茶産地の土壌別および施肥量別に溶脱調査を行い、また土壌別のチャの生育についても検討を行った。

本節ではこのうちチャの味に最も影響の大きい窒素成分の溶脱について検討する。

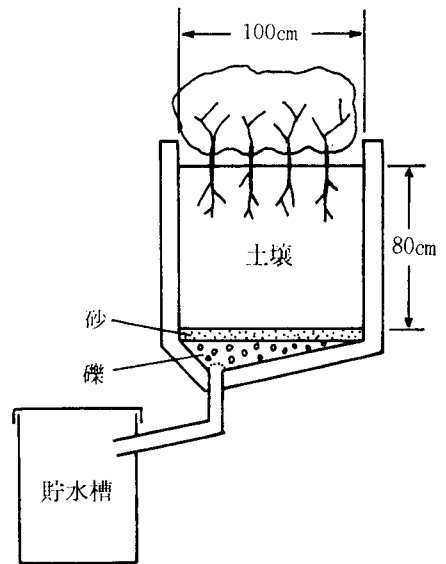
1. 試験方法

1) ライシメーターの構造および充てん土壌

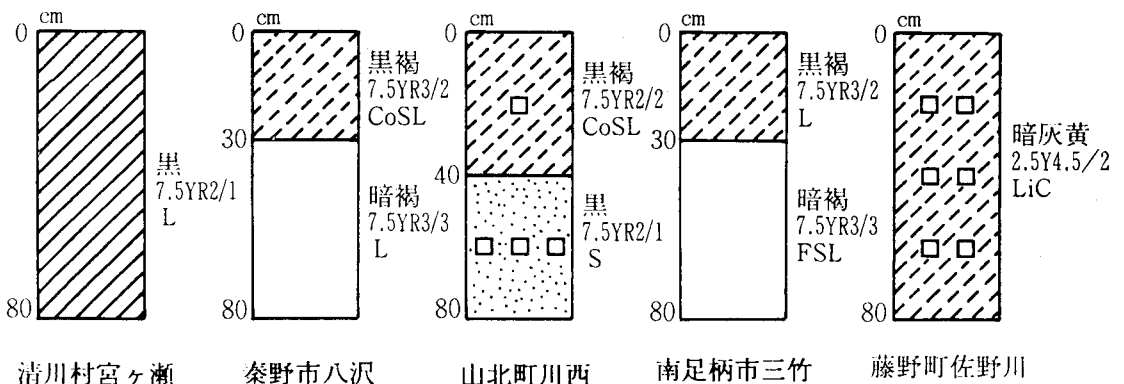
1基1㎡、1mの深さのライシメーター(第3-7図)に県内茶産地5か所(清川村宮ヶ瀬、秦野市八沢、山北町川西、南足柄市三竹、藤野町佐野川)より収集した土壌を80cmの深さに充てんした。この際、各土壌とも2基ずつに現地の層位順に充てんした。土壌を浸透した雨水は1か所に集まりパイプを通して貯水槽に流入する構造とし、浸透水を採取できるようにした。各土壌の理化学性は第3-8図および、第3-6表に示したとおりである。

2) 栽培および施肥方法

1979年4月、2年生の‘やぶきた’を各区に4株ずつ定植し、各土壌に標準施肥区、窒素倍量施肥区を設けた(第3-7表)。施肥は1980年より行ったが、第3-8表に示したとおり1980年の標準施肥区の年間窒素施用量は10a当たり30kg、1981年は40kg、1982年は50kgとした。窒素倍量施肥区はそれぞれ60kg、80kg、100kgとした。肥料はそれぞれ硫酸アンモニウム、塩化カリウム、過リン酸石灰を用いた。1979年5月にはイネわらを用い各区2kg(2t/10a)、1980年9月に1kg(1t/10a)ずつ



第3-7図 ライシメーターの構造



第3-8図 充てん土壌の柱状図

第3-6表 ライシメーター充てん土壤の化学性 (1979.5.25)

100g当たり

	pH (H <sub>2</sub> O)	CEC	リン酸吸 収係数	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	トルオーグ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	交 換 性			T-N	
							K <sub>2</sub> O	CaO	MgO		
		me	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	%	
清 川	5.42	29.0	2,700	9.18	3.56	13.57	68.7	240.4	30.1	0.474	
秦 野	上層	6.39	16.7	1,760	8.52	0.54	2.87	13.4	224.5	48.8	0.131
	下層	6.60	33.8	2,340	3.95	0.34	2.67	9.2	563.3	102.5	0.086
山 北	上層	6.71	18.9	1,580	6.94	0.78	3.65	17.5	363.6	56.5	0.129
	下層	6.68	9.9	1,120	3.69	0.43	2.26	16.2	201.3	22.8	0.101
南足柄	上層	6.80	21.4	2,680	9.22	1.71	8.18	71.9	69.0	15.9	0.336
	下層	5.40	31.4	3,160	3.95	8.78	2.96	181.3	225.1	52.0	0.187
藤 野	7.15	19.5	1,400	8.57	0.60	8.67	75.3	449.6	97.6	0.161	

第3-7表 試験区および施肥方法

区	土 壤 採 取 地	施 肥 方 法
1	清川村宮ヶ瀬 (大津統)	標準施肥
2	"	窒素倍量施肥
3	秦野市八沢 (大河内統)	標準施肥
4	"	窒素倍量施肥
5	山北町川西 (日下部統)	標準施肥
6	"	窒素倍量施肥
7	南足柄市三竹 (桜統)	標準施肥
8	"	窒素倍量施肥
9	藤野町鎌沢 (上統)	標準施肥
10	"	窒素倍量施肥

硝酸態窒素, アンモニア態窒素, pH, EC, リン酸, 硫酸, 塩素, カリウム, ナトリウム, カルシウム, マグネシウム, マンガン, アルミニウム

硝酸態窒素: フェノール硫酸法, アンモニア態窒素: ネスラー法

溶脱量は, 月ごとの各成分の濃度に浸透水量をかけて算出した。なお, 年に数回貯水量をオーバーしたため, この時点の浸透水量は年間の降水量と浸透率から換算し, 図中に破線で示した。また, 1区 (清川標準施肥区) は1981, 1982年とも漏水がみられたため, 溶脱量の算出には2区の浸透水量をあてた。

## 2. 結 果

### 1) 浸透水量および降水量に対する浸透率

試験期間中の降水量, 地温を第3-9図に示した。

1980年の浸透水量は, 第3-9表に示したとおり1㎡当たり1,151~1,462 lの範囲内にあり, 浸透率は74~94%の範囲内にあったが, 1981年にはそれぞれ868~1,354 l, 61~88%, 1982年にはそれぞれ1,162~1,864 l, 54~87%となり, 浸透率はチャの生育に伴い低くなった。とくに

敷いた。また, 定植3年目および4年目の一番茶を1心3葉で摘採し, さらに, 春または秋に整枝を行った。

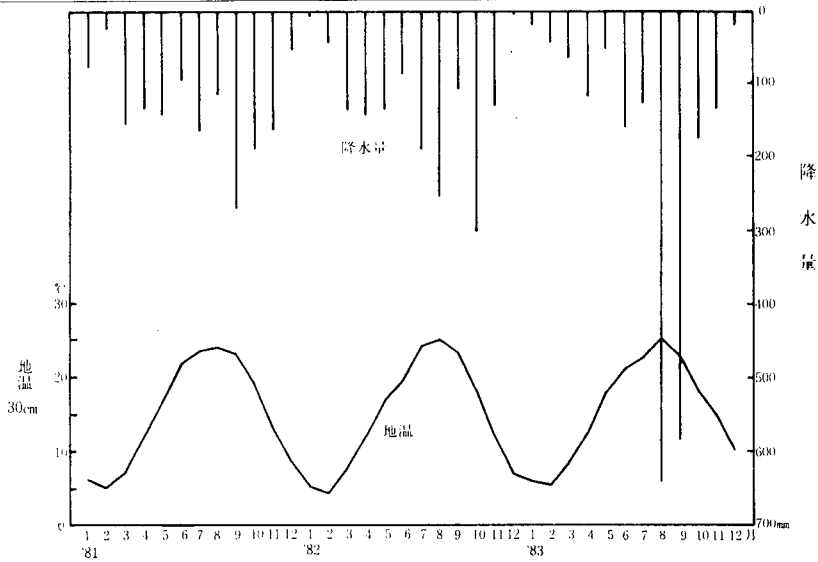
### 3) 浸透水の採水および分析

毎月数回採水し, 浸透水量の割合で混合したものについて, 1か月ごとに無機成分の分析を行った。分析項目および窒素成分の分析方法は次に示すとおりである。

第3-8表 年 間 施 肥 量

kg/10a

	月/日	1980年				1981年				1982年				
		4/2	6/2	9/1	計	4/15	6/1	9/1	計	3/23	4/23	6/5	9/16	計
標 準 施 肥 区	N	10	10	10	30	15	10	15	40	15	10	10	15	50
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	10	-	10	20	10	-	10	20	15	-	-	15	30
	K <sub>2</sub> O	10	-	10	20	10	-	10	20	15	-	-	15	30
窒 素 倍 量 施 肥 区	N	20	20	20	60	30	20	30	80	30	20	20	30	100
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	10	-	10	20	10	-	10	20	15	-	-	15	30
	K <sub>2</sub> O	10	-	10	20	10	-	10	20	15	-	-	15	30



第3-9図 試験期間中の地温および降水量

生育の旺盛な南足柄土壤で減少が顕著であり、生育の劣る藤野土壤での変化は小さかった。

2) 窒素成分の濃度および溶脱量の季節的消長

第3-10図から第3-14図に各土壤における浸透水量、硝酸態窒素濃度、硝酸態窒素溶脱量を月別に示した。硝酸態窒素濃度は、区により大きな差があり、施肥量別には各土壤とも窒素倍量施肥区の濃度が高く推移した。最も高い濃度で推移した清川窒素倍量施肥区では最高130ppm(1980年9月)に達し、最も低い時期では15ppm

(1982年12月)であった。また、最も低く推移した南足柄標準施肥区では最高でも23ppm(1980年9月)であり、最低では痕跡程度(1982年11月他)であった。

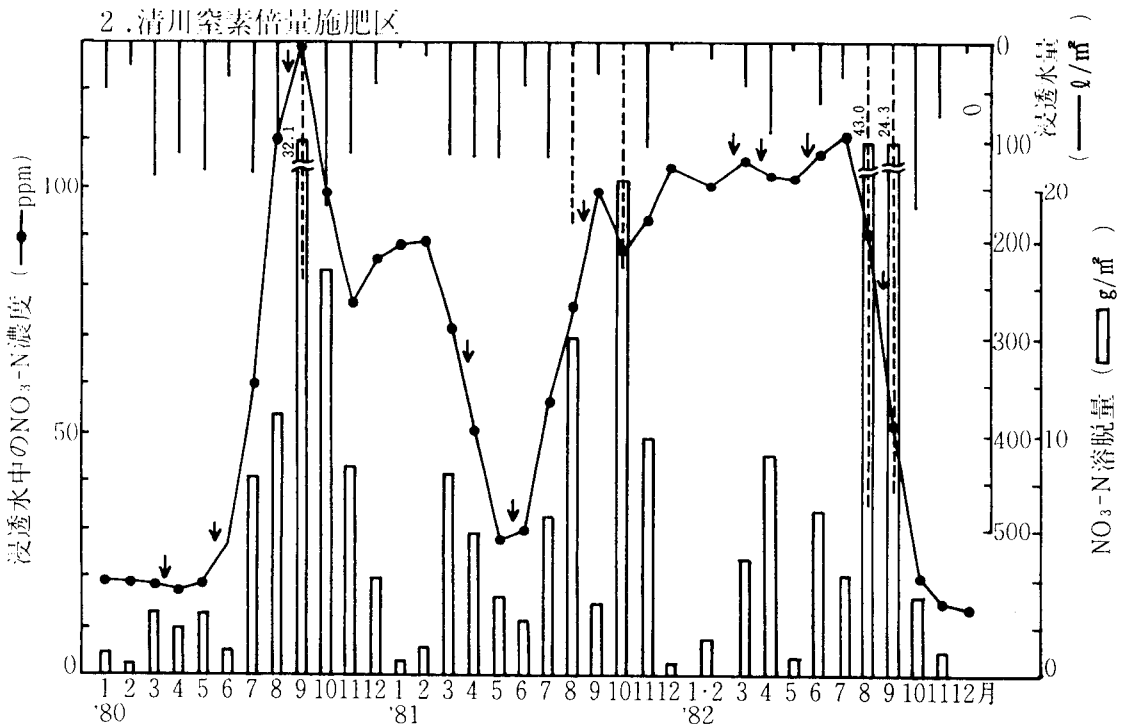
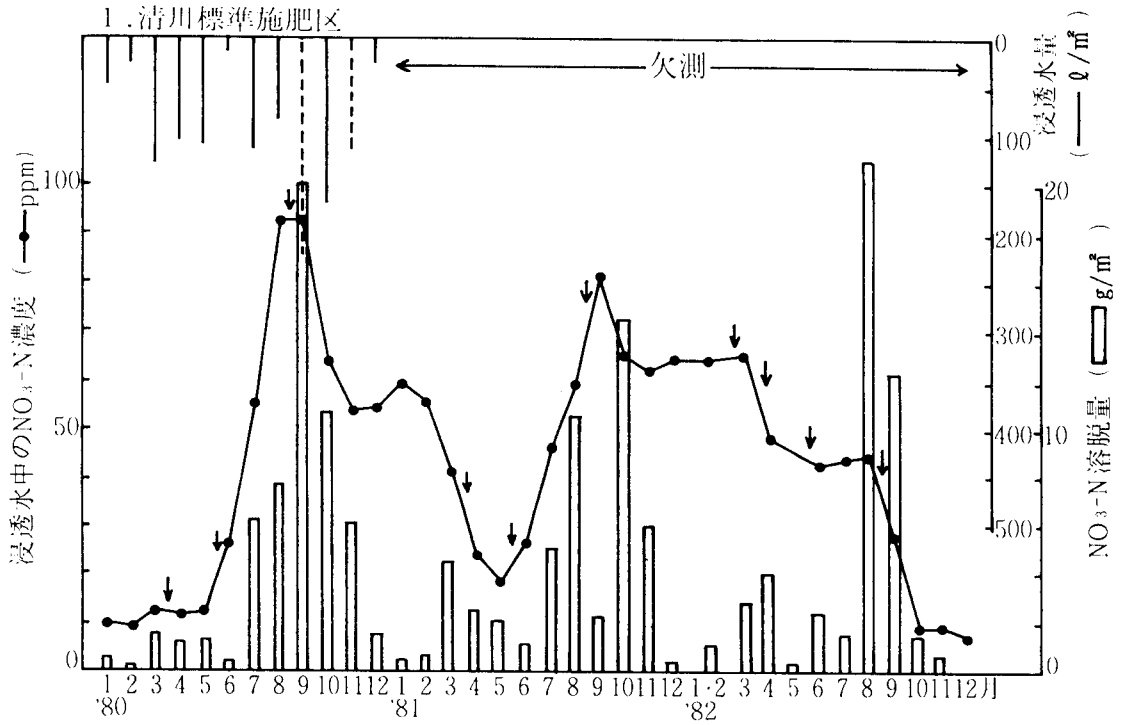
また、硝酸態窒素濃度は、季節によっても変化が大きかったが、その変動パターンはそれぞれの区について類似していた。すなわち、各区とも4、5月ごろ一時低下するが、その後上昇を始め8、9月前後にピークを示し、その後再び低下し、また12月ごろから上昇を始め小さなピークを示した。ピークを示す時期の早晩は土壤によりやや

第3-9表 浸透水量および降水量に対する浸透率

1㎡当たり

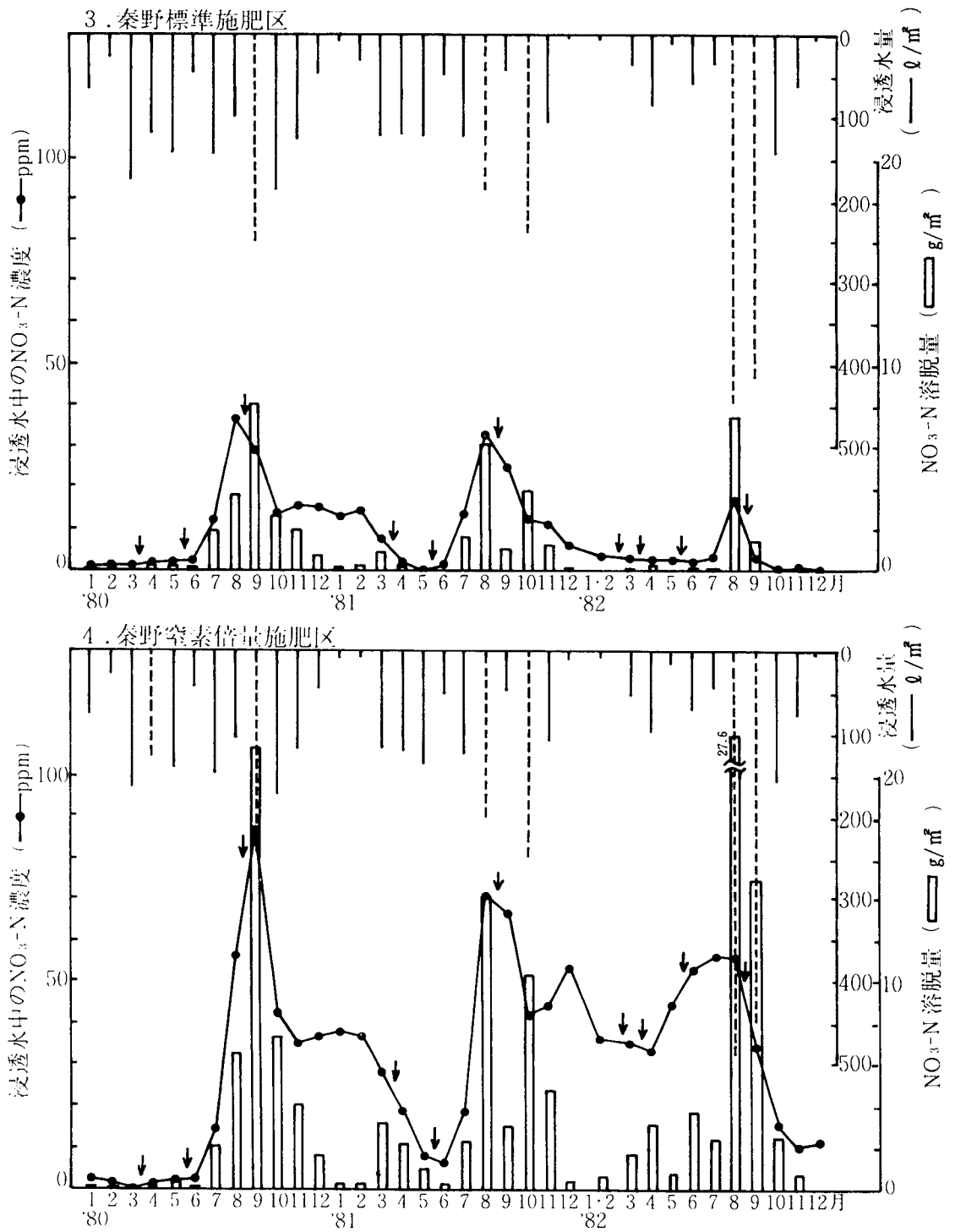
区	1980年		1981年		1982年	
	浸透水量	浸透率	浸透水量	浸透率	浸透水量	浸透率
	ℓ	%	ℓ	%	ℓ	%
1 清川標準施肥区	1,151	74	-	-	-	-
2 " 窒素倍量施肥区	1,306	84	1,090	71	1,439	67
3 秦野標準施肥区	1,462	94	1,133	73	1,302	61
4 " 窒素倍量施肥区	1,417	91	1,167	76	1,470	69
5 山北標準施肥区	1,396	90	1,183	77	1,602	75
6 " 窒素倍量施肥区	1,205	78	1,032	67	1,438	67
7 南足柄標準施肥区	1,245	80	868	56	1,162	54
8 " 窒素倍量施肥区	1,244	80	943	61	1,214	57
9 藤野標準施肥区	1,372	88	1,354	88	1,864	87
10 " 窒素倍量施肥区	1,409	91	1,318	85	1,778	83
年間降水量	1980年 1,554.3mm		1981年 1,543.0mm		1982年 2,145.5mm	



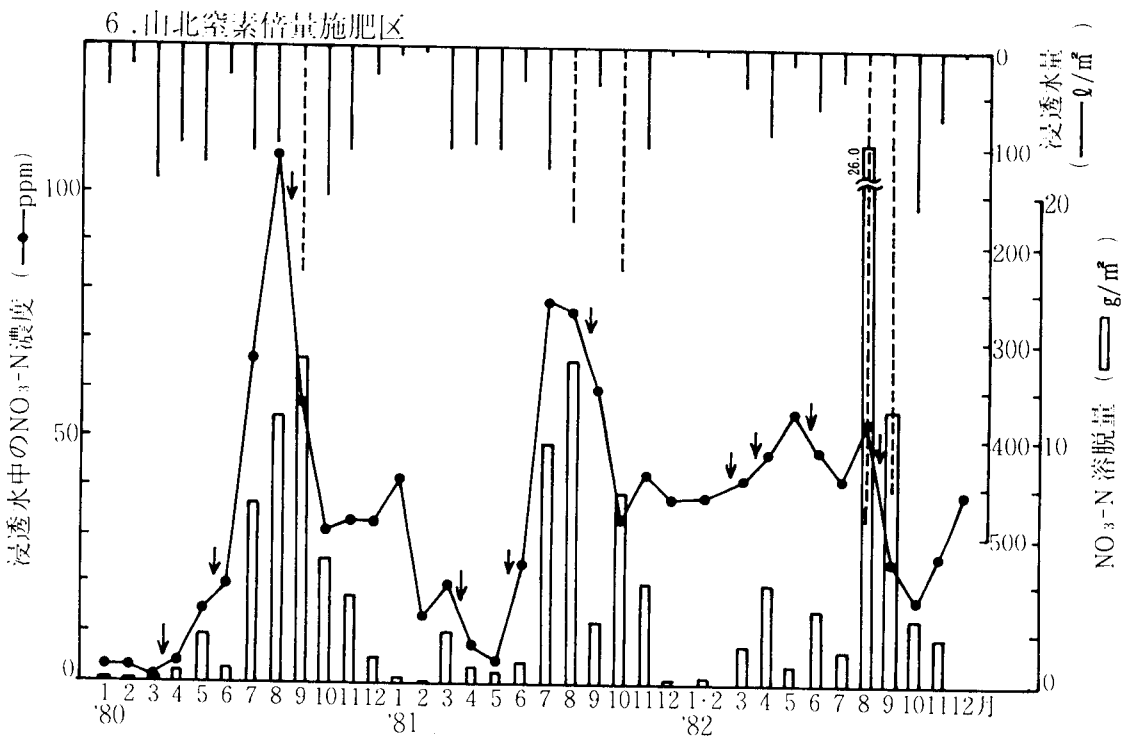
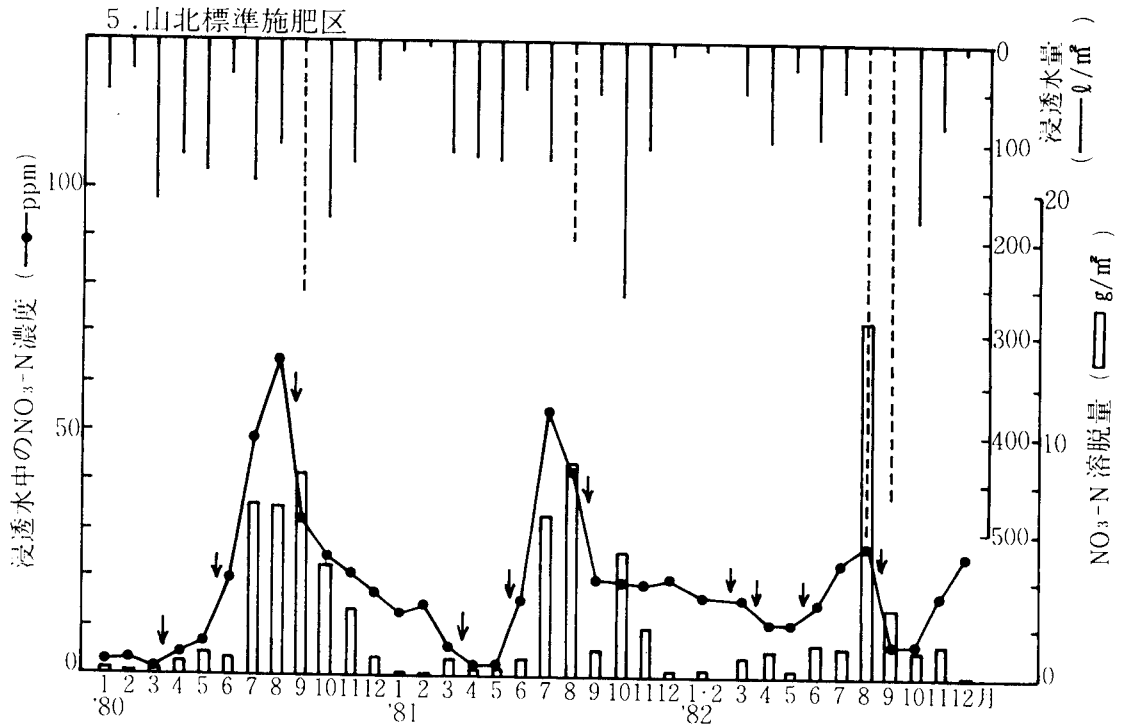


第3-10図 清川土壤における月別浸透水量, NO<sub>3</sub>-N濃度, NO<sub>3</sub>-N溶脱量

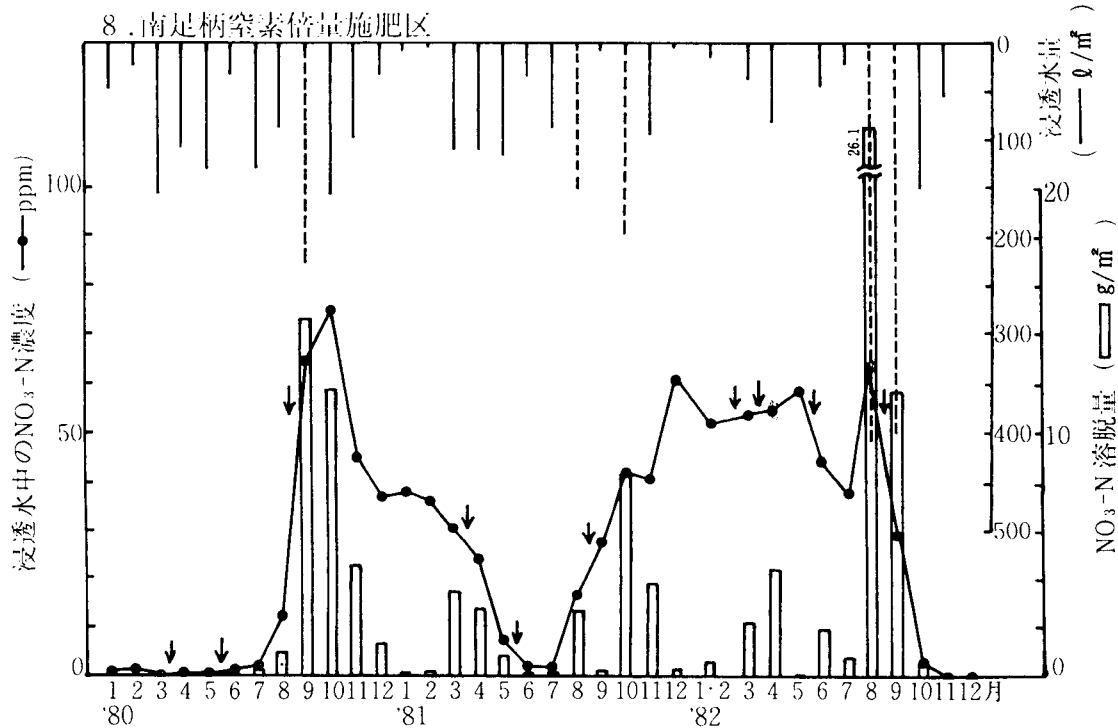
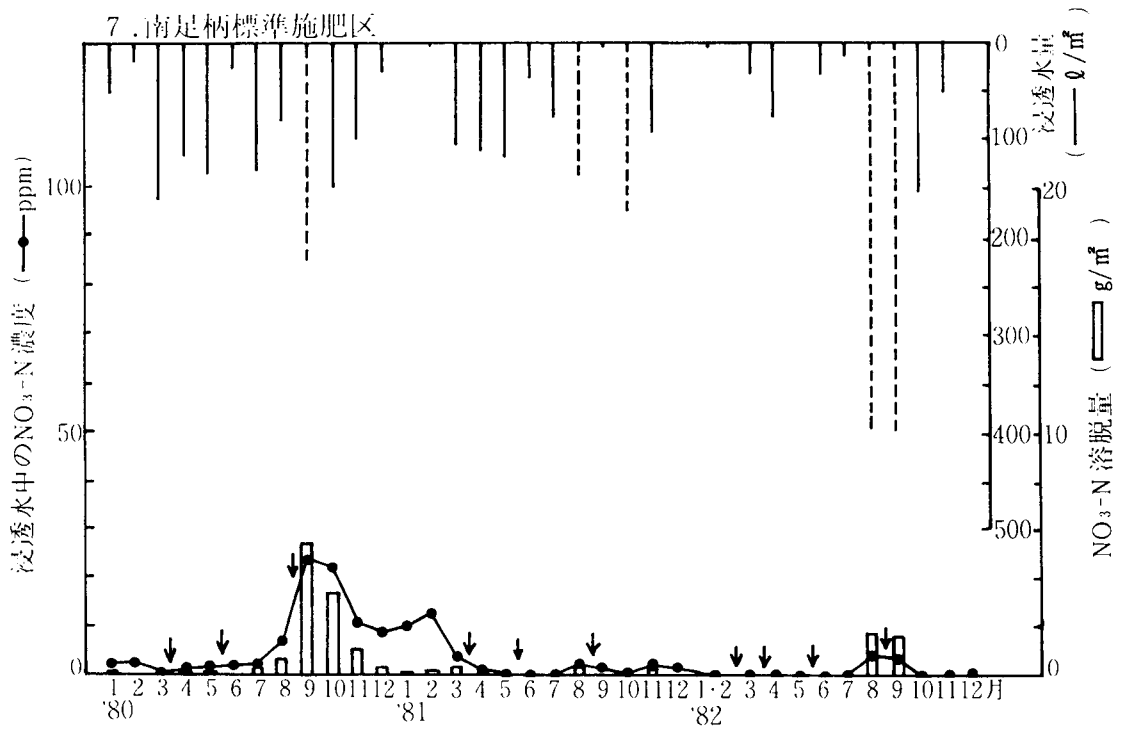
破線で示した浸透水量は浸透率からの換算値を示し, 矢印は施肥時期を示す。  
(第3-11~3-14図において同様)



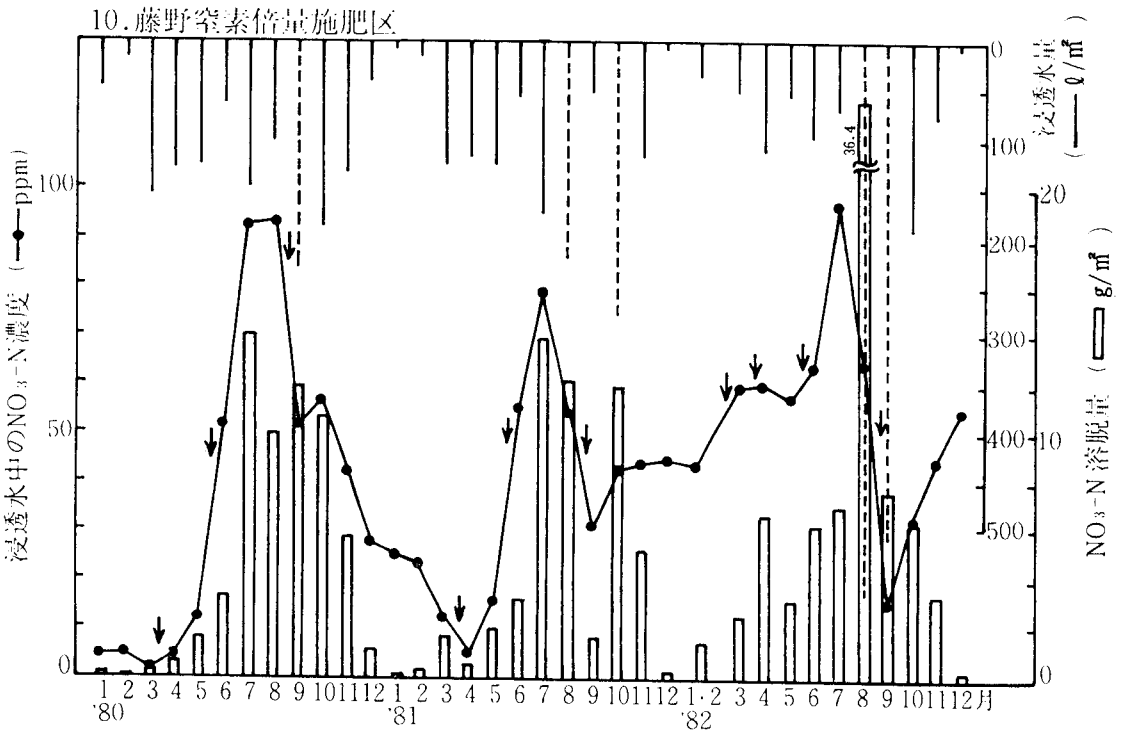
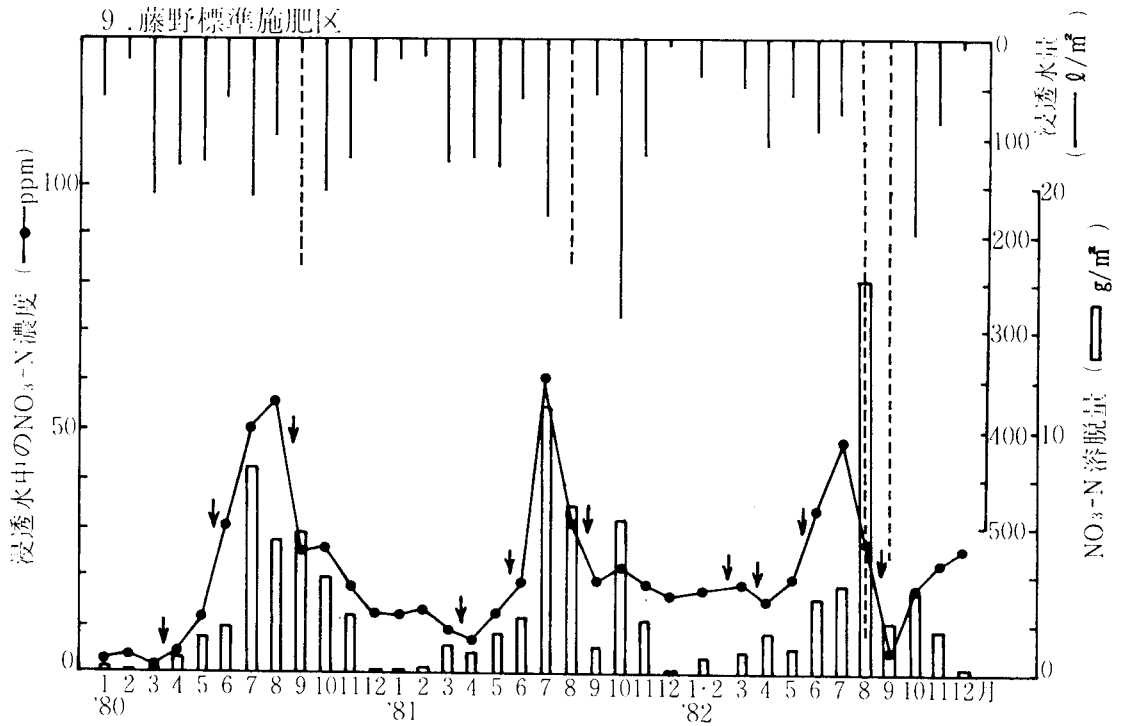
第3-11図 秦野土壌における月別浸透水量, NO<sub>3</sub>-N濃度, NO<sub>3</sub>-N溶脱量



第3—12図 山北土壤における月別浸透水量, NO<sub>3</sub>-N濃度, NO<sub>3</sub>-N溶脱量



第3-13図 南足柄土壌における月別浸透水量, NO<sub>3</sub>-N濃度, NO<sub>3</sub>-N溶脱量



第3-14図 藤野土壤における月別浸透水量,  $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度,  $\text{NO}_3\text{-N}$ 溶脱量

第3-10表 NO<sub>3</sub>-NおよびNH<sub>4</sub>-Nの年間溶脱量

1㎡当たり

区	1980年		1981年		1982年	
	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N
	g	g	g	g	g	g
1 清川標準施肥区	58.5	0.21	53.3	0.11	49.7	0.22
2 " 窒素倍量施肥区	90.0	0.30	75.2	0.13	99.5	0.24
3 秦野標準施肥区	20.0	0.07	14.8	0.08	9.8	0.12
4 " 窒素倍量施肥区	44.3	0.11	43.0	0.04	58.7	0.15
5 山北標準施肥区	33.2	0.10	26.3	0.06	25.5	0.15
6 " 窒素倍量施肥区	44.4	0.10	42.1	0.06	54.2	0.13
7 南足柄標準施肥区	11.8	0.11	1.4	0.13	3.3	0.30
8 " 窒素倍量施肥区	34.3	0.11	23.4	0.07	48.6	0.13
9 藤野標準施肥区	31.5	0.10	34.4	0.08	35.3	0.23
10 " 窒素倍量施肥区	60.5	0.13	53.9	0.08	82.0	0.18
平均	42.9	0.13	36.8	0.08	46.7	0.19

第3-11表 窒素施用量に対するNO<sub>3</sub>-N溶脱率

区	1980年 1981年 1982年		
	%	%	%
1 清川標準施肥区	195.0	133.2	99.3
2 " 窒素倍量施肥区	150.0	94.0	99.5
3 秦野標準施肥区	66.6	37.0	19.7
4 " 窒素倍量施肥区	73.8	53.8	58.7
5 山北標準施肥区	110.6	65.7	51.0
6 " 窒素倍量施肥区	74.3	52.7	54.2
7 南足柄標準施肥区	39.4	3.5	6.6
8 " 窒素倍量施肥区	57.2	29.3	48.6
9 藤野標準施肥区	104.7	86.2	70.6
10 " 窒素倍量施肥区	100.8	67.4	82.0
平均	97.2	62.3	59.0

異なり、夏のピークを示す時期は藤野、山北土壤が、次いで秦野土壤で早い傾向にあった。

月別の硝酸態窒素溶脱量は、土壤あるいは施肥量により異なるが、各区とも浸透水中の濃度が高く、浸透水量の多い夏期に多く、濃度が高くて降水量の少ない時期の溶脱量は少なかった（1981年12月、1982年2月等）。

なお、アンモニア態窒素濃度はきわめて低く、痕跡程度を示す時期も多かった。

### 3) 窒素成分の年間溶脱量

第3-10表に窒素成分の年間溶脱量を示した。

硝酸態窒素の溶脱量は各土壤とも窒素倍量施肥区で多かった。また土壤により大きな差がみられ、最も多いの

は清川土壤であり窒素倍量施肥区では1980年は、年間1㎡当たり90.0g、1981年は75.2g、1982年は99.5gであった。次いで、藤野、山北、秦野土壤で多かった。最も少ないのは南足柄標準施肥区であり、年間1㎡当たりそれぞれ11.8g、1.4g、3.3g溶脱した。これらを窒素施用量に対する溶脱率からみると、第3-11表に示したとおり、各区とも1980年が最も高く、各区の平均で97%に達した。1981年、1982年は低くなったが、平均でそれぞれ、62%、59%であった。

これに対して、アンモニア態窒素の溶脱量はきわめて少なく、最も多い区で1980年の清川窒素倍量施肥区および1982年の南足柄標準施肥区の0.3gであり、他の期間はいずれも0.1~0.2g前後を示した。また施肥量の影響も認められなかった。

### 3. 考 察

本試験では神奈川県内5か所の茶産地の土壤を用い、標準施肥量を施用した区および窒素のみを倍量施用した区を設定し、窒素成分の溶脱について検討した。

この結果、土壤あるいは年次により浸透水量が異なったが、これはチャの生育量の差によるところが大きいものと考えられる。

浸透水中の硝酸態窒素濃度は土壤により異なったが、窒素を施用してから、浸透水中の濃度がピークを示す時期は藤野、山北次いで秦野土壤が早い傾向にあった。これらはいずれも砂礫の多い土壤あるいは粘質であるが礫の多い土壤であり、保肥、保水性が低いことに起因しているものと考えられる。小川<sup>70)</sup>はN<sup>15</sup>を用いて施肥して

から溶脱がピークに達するまでの時間を測定したが、4月施肥では2か月後、9月施肥では5か月後であったことを報告した。本試験では6月施肥が夏のピークに、9月施肥が冬のピークに関与していると考えられ、小川<sup>70)</sup>の結果とほぼ一致した。この差は夏の高温期には微生物活性が盛んであり、硝酸化成が早く行われたためと考えられる。

また、各土壤とも、夏期に硝酸態窒素の溶脱量が多かったが、これには前述の施肥の影響に加え、8～10月の降水量が多いことの影響も大きく、施肥時期を検討する上で考慮しなければならないことである。

年間の硝酸態窒素溶脱量は清川土壤が最も多く、濃度がピークを示す時期までの早晚とは必ずしも一致しなかった。これはとくに清川土壤では多肥茶園の表土を搬入したため、搬入時からの有機物や全窒素が多く(第3-6表)、これらの窒素が順次無機化して溶脱したことに大きく影響されたためと推察される。この他の土壤においても溶脱量は多く、定植3年後(1982年)においても各区の平均で年間1㎡当たり43g、10a当たりでは43kgに達する。施肥量に対する溶脱率も平均で59%を示しており、現地における施肥実態が施肥基準より多いことを考えると、相当量の肥料がチャに利用されないまま失われているものと思われる。

一方、アンモニア態窒素の溶脱量は窒素肥料として硫酸アンモニウムを施用したにもかかわらず、きわめて少なかったが、アンモニア態窒素は土壤中の移動が少ないこと、多くが硝酸化成後に移動したことを示すものであ

る。

このように、施肥窒素の半分以上は未利用のまま溶脱していることが明らかとなったが、現地茶園では、これらが地下水を経て河川に流出し、再びチャに利用されることはないと考えられる。これは、多肥が肥料利用率の低下を示す一方、河川の富栄養化等、環境面からも懸念されるものである。したがって、今後は肥料の利用率を高め、施肥量の低減をはかる施肥法の検討が重要となる。

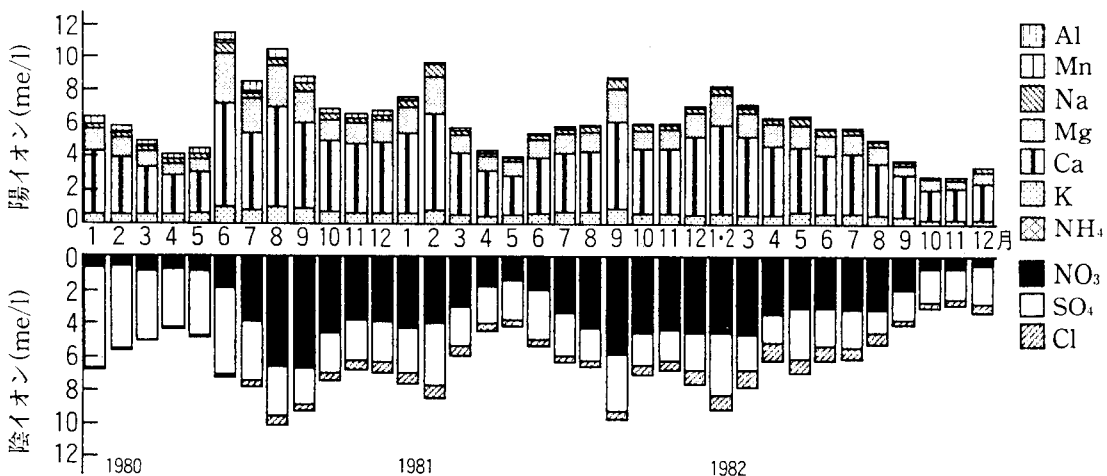
### 第3節 茶園土壤からの各種成分の溶脱

本章第2節では、神奈川県内の5茶産地の土壤を充てんしたライシメーターにおいて、主として窒素成分の溶脱について報告し、溶脱する窒素の形態は硝酸が主であり溶脱量は夏期に多いこと、溶脱に要する時間は壤土より砂壤土で早いこと等を示した。

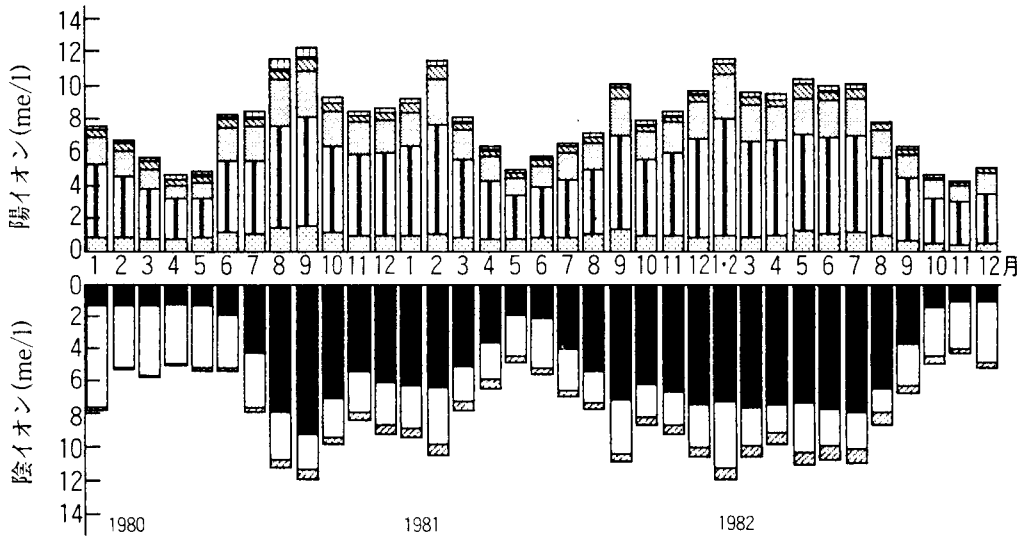
茶園土壤からは、この他にも多くの成分が溶脱しているが、本節では窒素以外の成分の溶脱を窒素、あるいはそれぞれの成分との関連で検討する。

#### 1. 試験方法

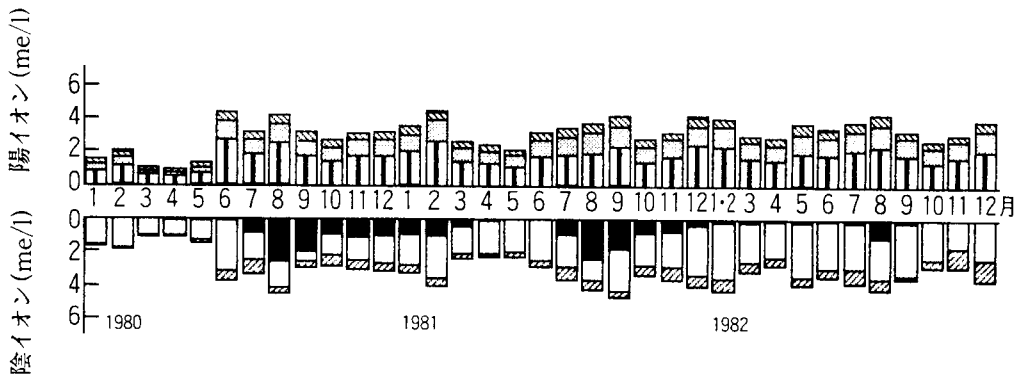
本章第2節で使用したライシメーターの浸透水について次の項目を、それぞれに示した方法により分析した。硝酸：フェノール硫酸法、アンモニウム：ネスラー法、リン酸：トルオーグ法、硫酸：硫酸バリウムによる比濁法<sup>11)</sup>、塩素：硝酸第二水銀による滴定法<sup>67)</sup>、カリウムおよびナトリウム：炎光法、カルシウム、マグネシウム



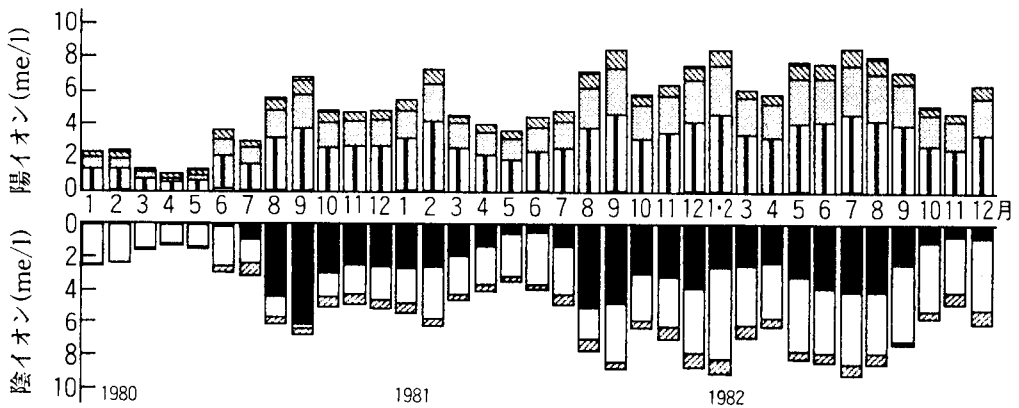
第3-15図 清川標準施肥区(1区)における浸透水中の各成分濃度の季節的消長  
(凡例は第3-16～3-27図においても同様)



第3-16図 清川窒素倍量施肥区(2区)における浸透水中の各成分濃度の季節的消長

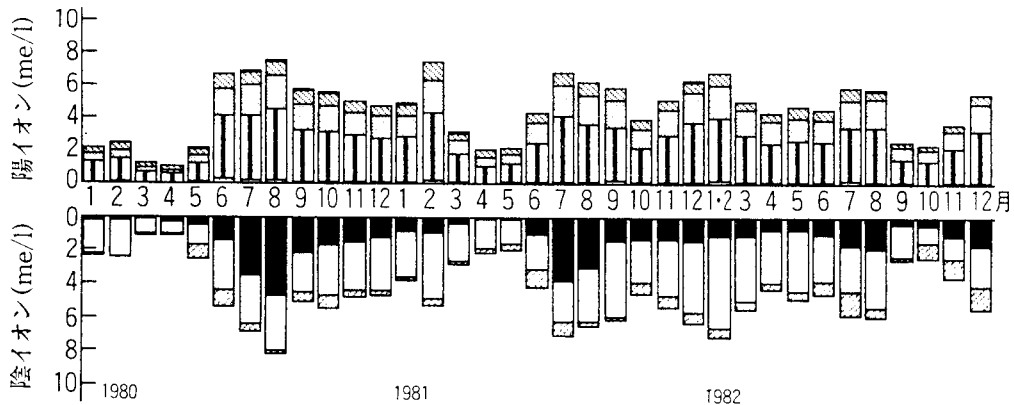


第3-17図 秦野標準施肥区(3区)における浸透水中の各成分濃度の季節的消長

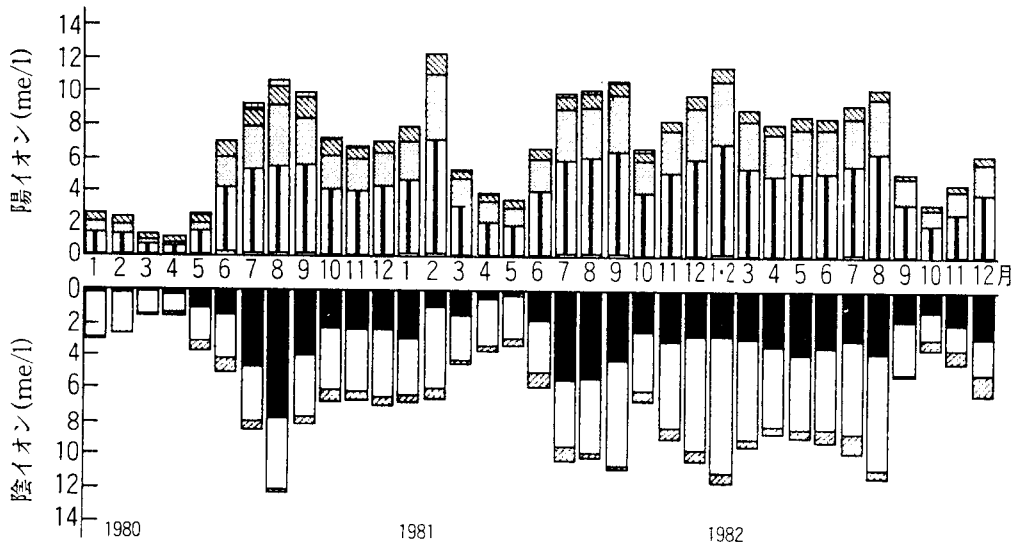


第3-18図 秦野窒素倍量施肥区(4区)における浸透水中の各成分濃度の季節的消長





第3-19図 山北標準施肥区(5区)における浸透水中の各成分濃度の季節的消長



第3-20図 山北窒素倍量施肥区(6区)における浸透水中の各成分濃度の季節的消長

およびマンガン：原子吸光法，アルミニウム：チロン法<sup>113)</sup>。

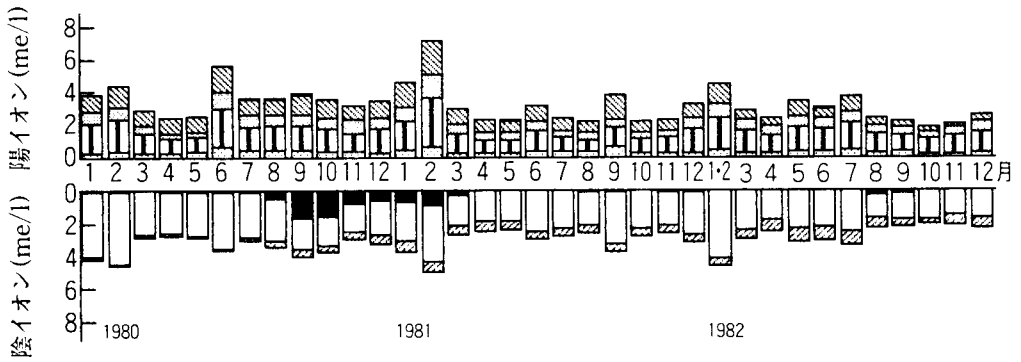
浸透水中の各成分の濃度は1ℓ中のmeqで表示した。また本章第2節同様，溶脱量は，月ごとの各成分の濃度に浸透量をかけて算出した。なお，本章第2節で示したように年に数回許容貯水量を越えたため，この時点の浸透水量は，年間の降水量と浸透率から換算し，また，1区(清川標準施肥区)は1981，1982年とも漏水がみられたため，溶脱量の算出には同一土壌を充てんした2区の浸透水量をあてた。

## 2. 結果

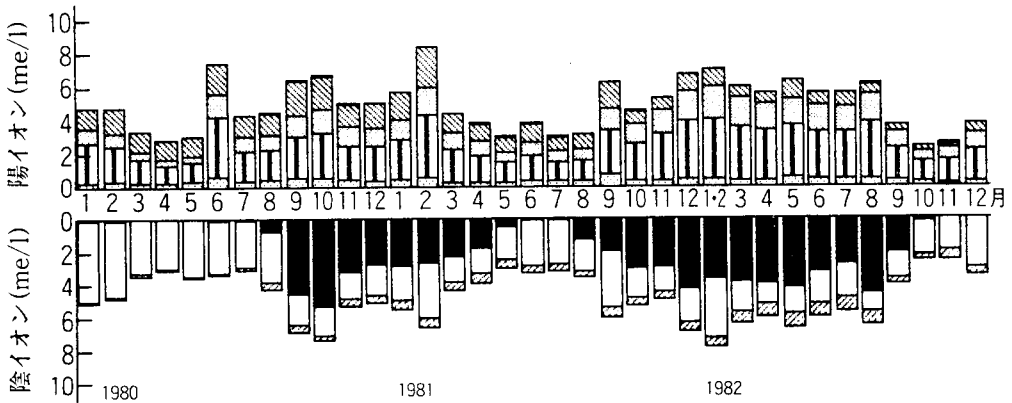
### 1) 陰イオン濃度の季節的消長

第3-15図から第3-24図にかけて，各土壌における浸透水中の月別各成分濃度を1ℓ中のmeqで示した。陰イオンとして確認されたのは硝酸，硫酸および塩素であり，陰イオン合計の濃度は各土壌とも窒素倍量施肥区が高かった。最も濃度の低かったのは3区の1980年4月の1.2meq/ℓであり，最も高かったのが10区の1982年7月の15.1meq/ℓであった。また各区ごとの全期間の平均濃度は3.1~7.5meq/ℓの範囲内であった。

このうち硝酸濃度は，本章第2節で示したとおり高濃度を示す時期が多いが，年間変動が大きく，その変動パターンはピークの出現の時期に差があるものの各区で類似していた。



第3-21図 南足柄標準施肥区(7区)における浸透水中の各成分濃度の季節的消長



第3-22図 南足柄窒素倍量施肥区(8区)における浸透水中の各成分濃度の季節的消長

硫酸濃度もきわめて高く、硝酸と硫酸で陰イオンの当量比で90%前後を占めた。5, 6区(山北土壤)等では硝酸濃度の高い時期に硫酸濃度が高い傾向がみられたが、多くの土壤では年間、大きな変動がなく浸透水中に存在していた。また硝酸と同様、窒素倍量施肥区で高かった。

塩素濃度は他の2成分より低く推移した。各区とも1980年の前半は低く、また4(秦野土壤), 5, 6区(山北土壤)等では浸透水量の多い時期に低くなる傾向もみられたが、全般には季節による大きな変動がなく推移した。また区間の濃度差は硝酸や硫酸に比べ小さく、同一土壤間の窒素施肥量の影響もほとんど認められなかった。

この他にリン酸の分析も試みたが、各土壤、各期間ともほとんど認められなかった。

2) 陽イオン濃度の季節的消長

浸透水中の陽イオンとしてはアンモニウム、カリウム、カルシウム、マグネシウム、ナトリウム、マンガンおよびアルミニウムが確認されたがアンモニウムおよびマン

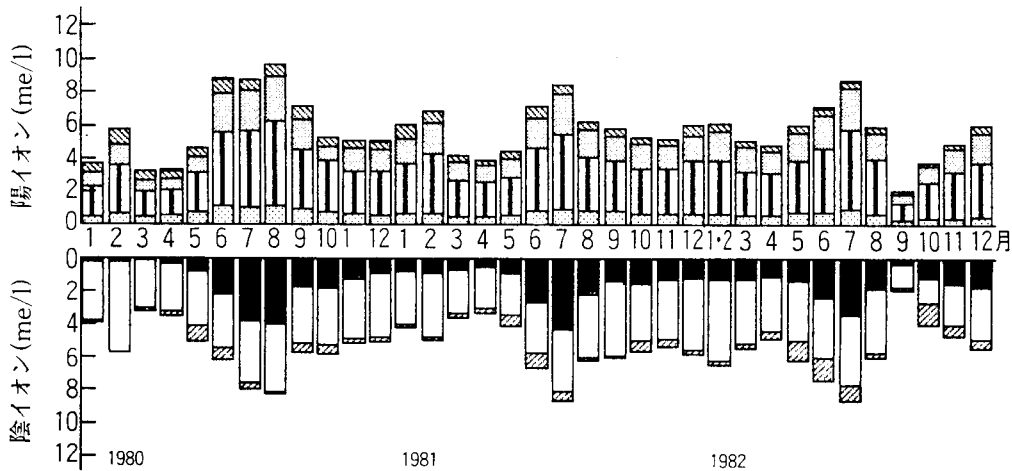
ガンは痕跡程度を示す時期も多くみられた(なお、アルミニウムは本報では便宜上3価の陽イオンとして扱った)。

陽イオンの合計濃度は陰イオン同様、各土壤とも窒素倍量施肥区で高かった。最も濃度の低かったのは3区の1980年4月の1.0meq/lであり、最も高かったのが10区の1982年7月の14.0meq/lであった。また各区ごとの全期間の平均濃度は3.1~8.2meq/lの範囲内であった。

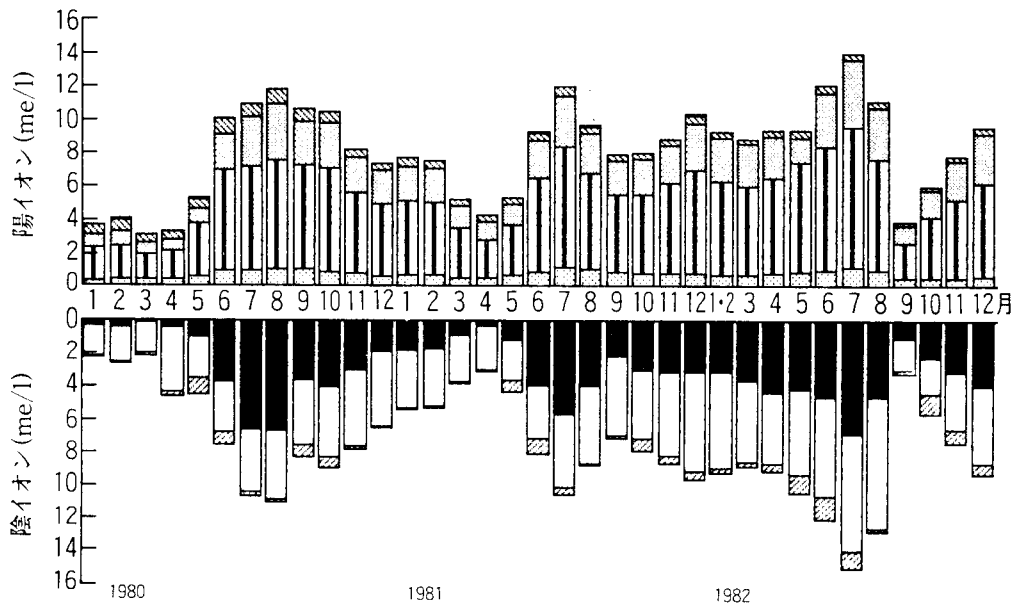
本章第2節で示したとおり、窒素肥料として硫酸アンモニウムを用いたにもかかわらず、浸透水中のアンモニウム濃度はきわめて低く(全て0.03meq/l以下)、土壤中でほとんどが硝酸化成されたことを示すものである。

カリウムは各土壤、各時期とも認められたが3, 4区(秦野土壤), 5, 6区(山北土壤)では他区に比べ低濃度で推移した。また硝酸の濃度変化に対応して上下する傾向にあり、窒素倍量施肥区でやや高い傾向にあった。

カルシウムは各区とも陽イオンの中で最も高濃度で推



第3-23図 藤野標準施肥区（9区）における浸透水中の各成分濃度の季節的消長



第3-24図 藤野窒素倍量施肥区（10区）における浸透水中の各成分濃度の季節的消長

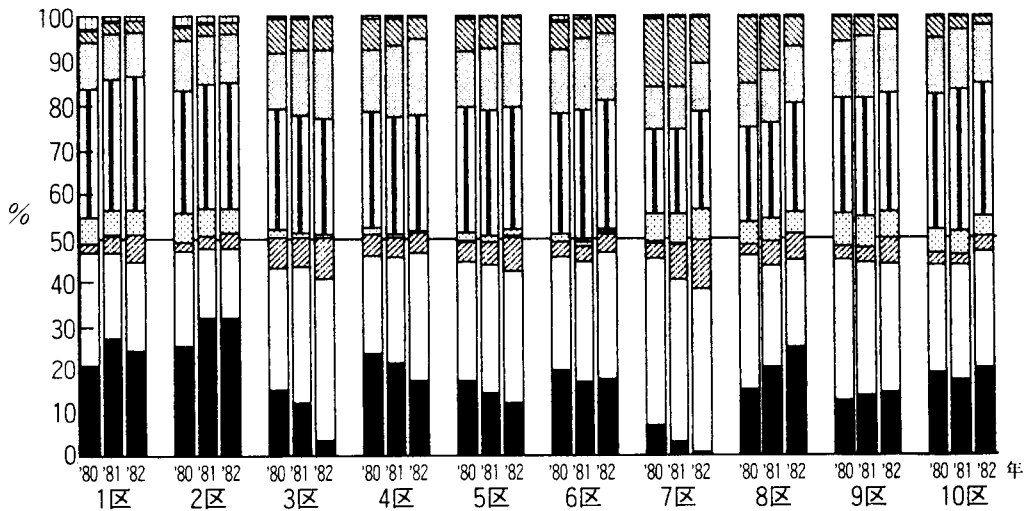
移し、陽イオン中、当量比で50%以上を占めた。

マグネシウムは一部の区を除きカルシウムに次いで高濃度で推移する傾向にあった。これら両成分はともに硝酸濃度の季節的变化に追随して変化した。また各土壤とも窒素倍量施肥区で、より高濃度であった。土壤別には硝酸と同様、1, 2区（清川土壤）、5, 6区（山北土壤）、9, 10区（藤野土壤）で高く、3, 4区（秦野土壤）、7, 8区（南足柄土壤）で低かった。

ナトリウムは各区とも比較的安定した濃度で存在し、また窒素倍量施肥区で高い傾向にあった。

マンガンもアンモニウムに次いで濃度が低く、多くは0.1meq/l以下であった。土壤別には1, 2区（清川土壤）で他の土壤に比べやや高く、9, 10区（藤野土壤）を除き各土壤とも窒素倍量施肥区でやや高い傾向にあった。

アルミニウムも同様に低濃度で推移した。また窒素倍量施肥区で高い傾向にあった。



第3-25図 浸透水中の各成分の濃度組成比

### 3) 陰イオンおよび陽イオンの濃度組成比

第3-25図は年別の各成分の平均濃度組成比を区別に表したものである。先にみた第3-15図から第3-24図でも明らかのように、陰イオンと陽イオンの組成比は各区、各年ともほぼ1:1であった。また、陰イオン各成分の組成比は区により異なり、各土壌とも窒素倍量施肥区で硝酸の占める比率が高くなり相対的に硫酸、塩素が低くなった。陽イオンではナトリウムの比率が窒素倍量施肥区でやや低くなった。

また、土壌別には7, 8区(南足柄土壌)では陽イオンに占めるナトリウムの比率が他区に比べて高く、カリウムが3, 4区(秦野土壌), 5, 6区(山北土壌)で低い等の差がみられた。

### 4) 各成分の溶脱量

第3-26, 3-27図に5, 6区(山北土壌)の溶脱量の変化を1㎡当たりのmeqで示した。溶脱量は浸透水中の濃度に浸透水量(本章第2節)をかけたものであるから、濃度の差とともに降水量の影響を受ける。同区の浸透水中の濃度を示した第3-19, 3-20図より変動が大きい、これは、たとえば冬期のように濃度が比較的高い時期でも、降水量が少ないため溶脱量が少なくなったためであり、溶脱量に対する降水量の影響がきわめて大きいことを示すものである。なお、他の区は図示しなかったが、変動パターンは類似していた。

第3-12表には各区の年間溶脱量を1㎡当たりのgで示した。窒素倍量施肥区で硝酸の他、硫酸、カルシウム、マグネシウム、アルミニウム等の溶脱量が多かったが、

これは前述の濃度組成の項でみたとおりである。

溶脱量は区により異なるが、硫酸では最も少ない区で年間85g(7区)最も多い区で419g(10区)に達した。塩素は比較的区間の差が小さく12~31gの範囲内であった。カリウムは3~57g, カルシウムは15~177g, マグネシウムは5~48g, またナトリウムは7~43gの範囲内であった。マンガン, アルミニウムは各区とも少なくそれぞれ0~1.8g, 0.1~4.3gの範囲内であった。

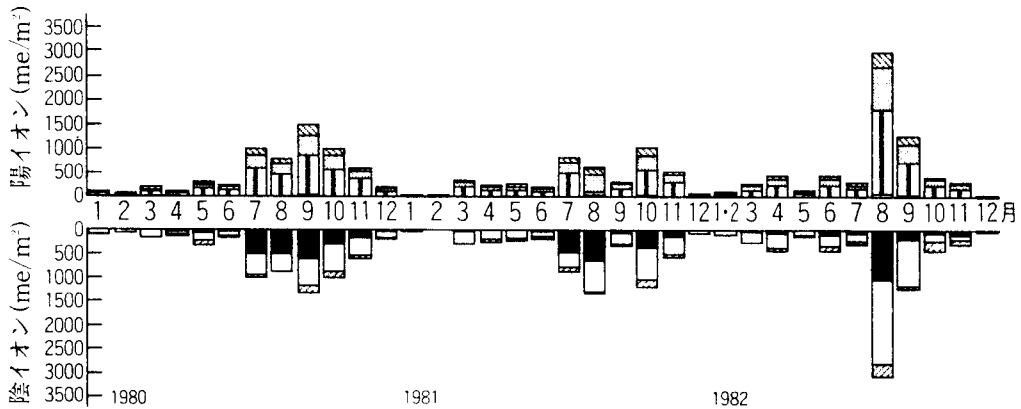
### 3. 考察

本試験では、チャの生育している土壌から溶脱する無機成分の濃度組成、および溶脱量について検討した。

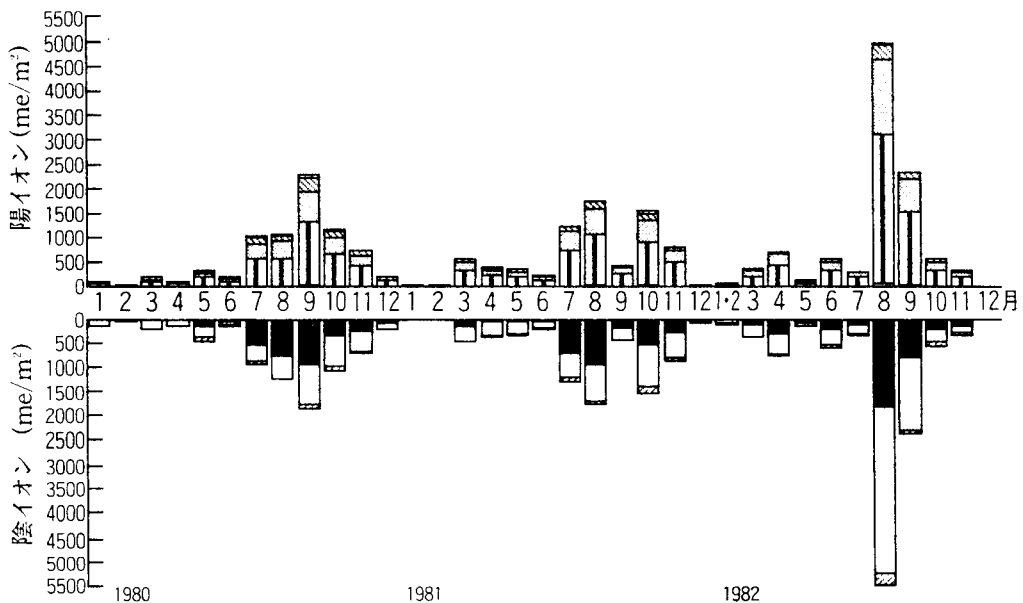
各成分を陰イオンと陽イオンとで対比すると、それらは全区、全期間を通じて、浸透水中にほぼ等量ずつ含有されていた。このことは馬場ら<sup>5)</sup>、船引ら<sup>19)</sup>、松下ら<sup>57)</sup>および和田ら<sup>94)</sup>の示すところと一致しており、陰イオン、陽イオンが電気的に平衡を保って浸透水中に溶出しているものと考えられる。

土壌溶液中の陰イオンおよび陽イオンもほぼ等量的に存在することが多くの研究例<sup>36, 73)</sup>で示されているが、本試験で示した浸透水も類似した組成を示しており、土壌溶液の一部が流失したのと考えることができよう。

本試験では各土壌とも土壌への施肥量が異なるのは硫酸アンモニウムのみであり、この硫酸および、アンモニウムが土壌中で酸化した硝酸が多く溶脱する土壌では、これに伴って等量の他の陽イオンが溶脱することとなり、したがって硫酸、硝酸の溶脱量の違いが他の成分の溶脱量を規定しているといえる。



第3-26図 山北標準施肥区（5区）における各成分の溶脱量の季節的消長



第3-27図 山北窒素倍量施肥区（6区）における各成分の溶脱量の季節的消長

ここで、これら各成分の浸透水中の濃度の相互関係をみるため第3-13表に陰イオン、陽イオン各成分相互間の相関係数を示した。硝酸はアンモニウムおよび一部の区のマンガンを除いた各成分ときわめて高い相関にあり、また硫酸もこれらの各成分と高い相関にあった。全般には硝酸との相関がより高い傾向にあるが、3区や7区ではむしろ硫酸と主な陽イオンとの相関のほうが高かった。これは同区の硝酸の濃度が他区に比べきわめて低い時期があるため、一定以上の濃度が保たれた硫酸の影響を受けたものと考えられる。

つまり、硫酸は硫酸アンモニウム等から土壤溶液中に供給されるものの、チャにはほとんど利用されないため常に溶脱され一定の陽イオンを引き出すが、それ以上の変化は濃度の変動の大きい硝酸の影響を受けているものと考えられる。したがって、陰イオンとしての濃度差は主として硝酸の濃度差が大きな部分を占めていることになり、このことから、さらに、硝酸の溶脱が全体の溶脱量を規定しているともいえよう。

なお、OKAJIMAら<sup>72)</sup>は、土壤溶液濃度のコントロールに陰イオンの役割が大きいとし、また、岡島ら<sup>73)</sup>は

第3-12表 各種成分の年間溶脱量

g/m<sup>2</sup>

区		NO <sub>3</sub> -N	SO <sub>4</sub>	Cl	NH <sub>4</sub> -N	K	Ca	Mg	Na	Mn	Al
1 清川標準 施肥区	1980年	58.5	175.3	13.4	0.21	36.3	92.3	20.3	8.9	1.29	3.64
	1981	53.3	116.5	18.4	0.11	30.3	75.0	15.4	7.2	0.60	1.36
	1982	49.7	122.8	27.5	0.22	31.1	81.4	14.7	7.8	0.45	1.12
2 清川窒素 倍量施肥区	1980	90.0	197.7	15.7	0.30	57.1	118.9	30.1	14.1	1.84	4.28
	1981	75.2	116.9	17.9	0.13	40.6	88.6	21.0	9.3	0.90	2.36
	1982	99.5	153.9	29.5	0.24	47.7	122.3	27.5	10.0	0.94	2.06
3 秦野標準 施肥区	1980	20.0	85.6	21.1	0.07	5.0	40.1	11.7	13.3	0.40	0.12
	1981	14.8	101.2	18.9	0.08	3.1	35.7	12.6	11.8	0.16	0.09
	1982	9.8	163.4	21.4	0.12	2.5	49.1	17.8	14.8	0.08	0.06
4 秦野窒素 倍量施肥区	1980	44.3	90.8	19.1	0.11	5.3	56.4	19.2	16.5	0.42	0.58
	1981	43.0	148.1	21.2	0.04	3.4	69.0	26.6	17.1	0.22	0.41
	1982	58.7	293.4	24.9	0.15	3.0	112.8	45.4	22.6	0.14	0.52
5 山北標準 施肥区	1980	33.2	147.3	22.2	0.10	8.3	68.9	19.3	20.5	0.33	0.33
	1981	26.3	146.0	20.4	0.06	6.3	45.8	17.7	16.1	0.12	0.14
	1982	25.5	197.8	29.4	0.15	7.5	76.0	23.4	16.4	0.05	0.12
6 山北窒素 倍量施肥区	1980	44.4	171.5	18.7	0.10	8.1	82.0	26.0	20.8	0.63	1.51
	1981	42.1	189.7	18.5	0.06	6.2	86.8	27.4	14.5	0.28	0.96
	1982	54.2	320.1	24.1	0.13	7.6	127.5	38.5	15.2	0.13	0.42
7 南足柄標準 施肥区	1980	11.8	144.7	12.2	0.11	21.2	31.0	9.1	30.1	0.54	0.13
	1981	1.4	85.4	15.5	0.13	12.1	15.4	4.9	14.6	0.10	0.06
	1982	3.3	84.6	22.6	0.30	16.2	24.3	7.1	10.7	0.07	0.06
8 南足柄窒素 倍量施肥区	1980	34.3	155.8	12.7	0.11	23.6	48.6	13.6	42.5	0.56	0.20
	1981	23.4	86.0	16.9	0.07	15.4	32.7	9.8	19.4	0.19	0.13
	1982	48.6	89.9	23.9	0.13	21.0	59.8	18.4	13.3	0.10	0.20
9 藤野標準 施肥区	1980	31.5	228.7	20.0	0.10	45.5	83.6	24.1	19.3	0.16	0.11
	1981	34.5	218.7	21.3	0.08	39.9	81.2	25.6	13.1	0.14	0.14
	1982	35.3	254.3	32.0	0.23	43.2	94.0	29.8	11.0	0.02	0.22
10 藤野窒素 倍量施肥区	1980	60.5	228.0	22.0	0.13	44.1	129.7	34.1	20.6	0.00	0.22
	1981	53.9	246.6	19.7	0.08	44.0	125.7	33.2	12.3	0.02	0.21
	1982	82.0	418.8	31.6	0.18	52.3	177.3	48.8	11.5	0.02	0.27

土壌溶液中の硫酸濃度が極端に上がらないのは石膏の生成に起因すると推定しており、浸透水中の濃度組成に関しても示唆を与えるものである。

また、陰イオンと陽イオンが各時期ともほぼ等量で存在することは、雨水が土壌を通り抜ける際、土壌吸着の小さい硝酸濃度に見合うよう、比較的土壌吸着の大きい他の成分までもが、浸透水中にすみやかに引き出されていることを示すものである。

これらの事実は、土壌中での陰イオン量の低減や陰イ

オンの吸着を促進する方策をとれば、肥料成分全体の溶脱を減少させ得ることを示唆するものであり、硝酸化の抑制やイオン吸着資材の投入<sup>87)</sup>等の効果を検討する必要がある。溶脱を抑制するためには、窒素施用量自体の低減も考えなければならないが、これはある程度の多量施肥が品質向上にかかわってくる事実(第4章第2節)との関連で議論されなければならない。

また、溶脱量の多いカルシウム資材の施用量<sup>37)</sup>は、適正pH<sup>47)</sup>等を考慮し決定されなければならないが、少

第3-13表 浸透水中の各成分濃度間の相関

		NH <sub>4</sub> -N	K	Ca	Mg	Na	Mn	Al
1区	NO <sub>3</sub> -N	0.126	0.654**	0.748**	0.629**	0.424*	0.078	0.130
	SO <sub>4</sub>	0.626**	0.543**	0.486**	0.533**	0.583**	0.721**	0.607**
	Cl	-0.083	0.336*	0.492**	0.334*	0.305	-0.280	-0.333
2区	NO <sub>3</sub> -N	-0.127	0.741**	0.899**	0.862**	0.502**	0.230	0.649**
	SO <sub>4</sub>	0.483**	-0.266	-0.267	-0.241	0.103	0.335*	-0.310
	Cl	-0.391*	0.393*	0.719**	0.649**	0.300	-0.160	0.279
3区	NO <sub>3</sub> -N	-0.384*	0.314	0.410*	0.400*	0.443**	0.460**	0.145
	SO <sub>4</sub>	0.227	0.044	0.573**	0.605**	0.496**	-0.072	0.100
	Cl	0.173	-0.005	0.548**	0.585**	0.505**	0.019	-0.014
4区	NO <sub>3</sub> -N	-0.184	0.257	0.805**	0.773**	0.798**	0.428*	0.718**
	SO <sub>4</sub>	0.264	0.082	0.721**	0.761**	0.576**	-0.448**	-0.197
	Cl	-0.118	0.237	0.664**	0.670**	0.621**	0.071	0.123
5区	NO <sub>3</sub> -N	-0.119	0.591**	0.778**	0.752**	0.624**	0.653**	0.706**
	SO <sub>4</sub>	-0.041	0.584**	0.759**	0.787**	0.674**	0.060	0.114
	Cl	0.244	0.165	0.264	0.291	0.140	0.037	-0.157
6区	NO <sub>3</sub> -N	-0.131	0.559**	0.722**	0.757**	0.519**	0.519**	0.691**
	SO <sub>4</sub>	-0.168	0.434**	0.847**	0.836**	0.471**	-0.073	0.035
	Cl	-0.159	0.199	0.291	0.240	0.137	-0.076	-0.106
7区	NO <sub>3</sub> -N	-0.239	0.342*	0.277	0.357*	0.440**	0.088	0.510**
	SO <sub>4</sub>	-0.149	0.535**	0.632**	0.488**	0.664**	0.446**	0.154
	Cl	-0.103	0.138	0.058	0.131	-0.055	-0.732**	0.030
8区	NO <sub>3</sub> -N	-0.461**	0.542**	0.691**	0.787**	0.212	0.164	0.703**
	SO <sub>4</sub>	0.322	0.008	-0.036	-0.210	0.327	-0.147	-0.404*
	Cl	-0.480**	0.283	0.400*	0.585**	-0.200	-0.065	0.308
9区	NO <sub>3</sub> -N	-0.233	0.770**	0.885**	0.856**	0.146	0.645**	0.185
	SO <sub>4</sub>	-0.360*	0.484**	0.504**	0.451**	0.503**	0.090	-0.151
	Cl	-0.044	0.159	0.250	0.239	-0.230	0.004	0.011
10区	NO <sub>3</sub> -N	-0.133	0.856**	0.923**	0.917**	0.213	0.171	0.413*
	SO <sub>4</sub>	-0.133	0.617**	0.772**	0.750**	-0.127	0.057	0.215
	Cl	0.049	0.315	0.464**	0.294	-0.092	0.152	0.144

## 第4節 茶園土壌における窒素の収支

なくとも窒素施用量（あるいは溶脱量）に応じて補っていかねばならないと考えられる。

施肥量の他に、土壌の違いによっても、浸透水中の陰イオンあるいは陽イオン各成分の組成比が異なったが、これらは、土壌の特性の他、土壌が保持していた成分量や、チャによる吸収量の差異等によるものであろう。

本章第2節では、ライシメーターを用い溶脱する窒素の形態は硝酸が主であり溶脱量は夏期に多いこと、溶脱に要する時間は壤土より砂壤土で早いこと等を明らかにした。また第3節では、浸透水中の陰イオン（硝酸、硫酸、塩素、リン酸）および陽イオン（アンモニウム、カリウム、カルシウム、マグネシウム、ナトリウム、マンガ、アルミニウム）の濃度変化や組成比を示し、硝酸

の濃度がカルシウム等他の成分の濃度に影響を及ぼしていることを報告した。

チャの生育や窒素吸収、窒素肥料の動態を土性、あるいは物理性との関連で検討した結果がいくつか報告<sup>18, 66, 112)</sup>されているが、これらを多種の土壌で検討した報告はほとんどみられない。このため本節では5種類の土壌を充てんしたライシメーターに栽植されたチャの生育、窒素吸収および土壌の化学性の変化について報告し、土性別に類型化したグループごとにこれらを窒素施用量との関連で考察する。

1. 試験方法

1) チャの生育, 成分含有率の調査

本章第2節で示したライシメーターに栽植されたチャについて調査を行った。生育調査は毎年生育の停止した10月~12月に行った。新芽は一番茶期に1心3葉について摘採し蒸熟、乾燥、粉碎後全窒素、アミノ酸、タンニン含有率を測定した。また適時整枝を行い刈り落とした枝葉の全窒素含有率を測定した。

試験終了時の1983年1月5日には全株を掘り上げ、解体調査を行い全窒素含有率を測定した。同時に株下およびうね間に直径10cmの円筒をそれぞれ2か所ずつに挿入し、深さ別に細根(直径2mm以下)を分別し、また全層より太根(直径2mm以上)を分別した。これらの根は乾燥後重量および全窒素含有率を測定した。

成分分析は次の方法によった。

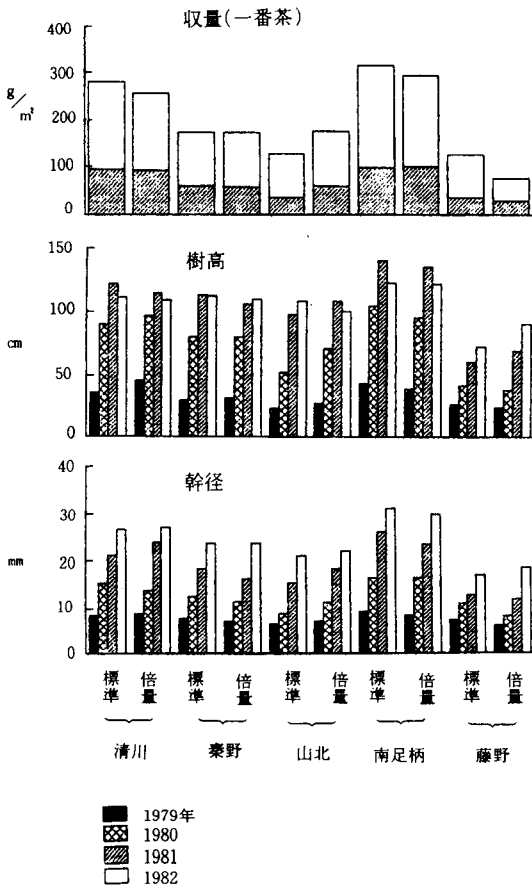
全窒素: ケルダール法, アミノ酸: ニンヒドリンによる簡易分析法<sup>64)</sup>, タンニン: チャの公定分析法<sup>69)</sup> 含有率は乾物に対する%で表示した。

2) 跡地土壌の化学性の調査

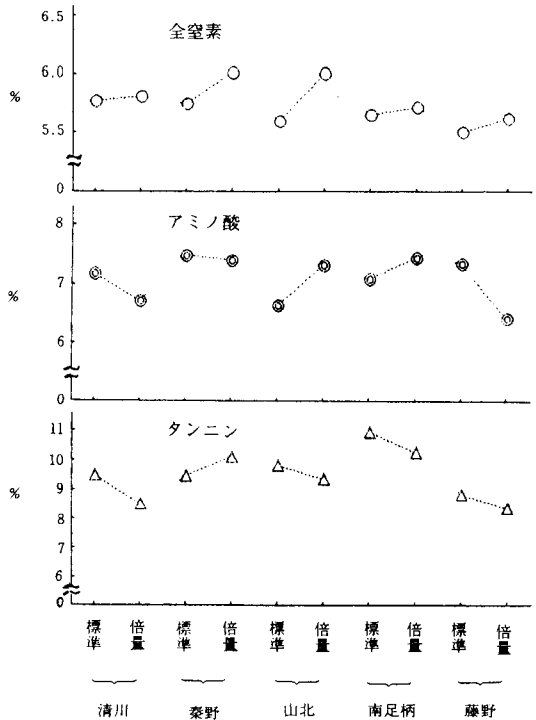
1983年1月5日の掘り上げ調査時に深さ25cmごとに採土し化学性の分析を行った。

分析項目および分析方法は次の方法によった。

全窒素: ケルダール法, アンモニア態窒素: ハーパー法, 硝酸態窒素: フェノール硫酸法, トルオーグリン酸: トルオーグ法, 交換性カリウム: 炎光法, 交換性カルシウム, 交換性マグネシウムおよび交換性マンガン: 原子吸光法, pH(H<sub>2</sub>O): ガラス電極法, EC: ECメーター法



第3-28図 収量および生育の変化



第3-29図 新芽の全窒素, アミノ酸, およびタンニン含有率 (1981, '82年の平均値)



第3-14表 1981年3月23日の整枝における葉、枝の窒素含有量 1㎡当たり

区	乾物重	窒素含有率	窒素含有量	区	乾物重	窒素含有率	窒素含有量		
	g	%	g		g	%	g		
清川標準区	葉	201.8	2.70	5.449	清川窒素倍量区	葉	195.0	2.86	5.577
	枝	113.0	1.26	1.424		枝	114.9	1.22	1.402
	計	314.8		6.873		計	309.9		6.979
秦野標準区	葉	102.1	2.58	2.634	秦野窒素倍量区	葉	125.1	2.81	3.515
	枝	64.6	1.28	0.827		枝	59.8	1.46	0.873
	計	166.7		3.461		計	184.9		4.388
山北標準区	葉	51.0	2.63	1.341	山北窒素倍量区	葉	116.3	2.70	3.140
	枝	20.0	1.52	0.304		枝	47.5	1.47	0.698
	計	71.0		1.645		計	163.8		3.838
南足柄標準区	葉	331.6	2.62	8.688	南足柄窒素倍量区	葉	273.3	2.75	7.516
	枝	207.7	1.09	2.264		枝	160.3	1.44	2.308
	計	539.3		10.952		計	433.6		9.824
藤野標準区	葉	33.0	2.75	0.908	藤野窒素倍量区	葉	12.6	3.04	0.383
	枝	16.3	1.63	0.266		枝	2.8	1.76	0.049
	計	49.3		1.174		計	15.4		0.432

第3-15表 1981年5月15日の摘採における新芽の窒素含有量 1㎡当たり

区	乾物重	窒素含有率	窒素含有量	区	乾物重	窒素含有率	窒素含有量
	g	%	g		g	%	g
清川標準区	19.7	6.73	1.326	清川窒素倍量区	19.2	6.71	1.288
秦野標準区	12.6	6.73	0.848	秦野窒素倍量区	12.1	7.24	0.876
山北標準区	7.9	6.37	0.503	山北窒素倍量区	12.4	7.08	0.878
南足柄標準区	20.1	6.71	1.349	南足柄窒素倍量区	20.8	6.82	1.419
藤野標準区	8.3	6.14	0.510	藤野窒素倍量区	6.6	6.30	0.416

## 2. 結果

### 1) 生育および収量

第3-28図に収量、樹高および幹径の変化を示した。

収量は壤質土壌である南足柄土壌、次いで清川土壌で多く、礫に富んだ砂壤質土壌の秦野、山北土壌がこれに次ぎ、軽埴質土壌である藤野土壌で最も少なかった。施肥量別には山北土壌で窒素倍量施肥区が標準施肥区よりやや多く、秦野土壌では施肥量間に差は認められなかった。清川、南足柄、藤野土壌では窒素倍量施肥区でやや少ない傾向にあった。

樹高、幹径は年々増加したが、いずれも収量と同じく南足柄、清川、秦野、山北、藤野の順に大きな値を示した。施肥量別には明らかな差は認められなかった。

### 2) 新芽の成分

第3-29図に新芽の全窒素、アミノ酸、タンニンの含有率を示した。

全窒素含有率は土壌別には秦野、山北土壌で高く、清川、南足柄土壌が次ぎ、藤野土壌で低い傾向にあった。また各土壌とも窒素倍量施肥区で含有率が高く、とくに山北、秦野土壌で顕著であった。

第3-16表 1981年10月27日の整枝における葉、枝、花の窒素含有量 1㎡当たり

区	乾物重	窒素含有率	窒素含有量	区	乾物重	窒素含有率	窒素含有量		
	g	%	g		g	%	g		
清川標準区	葉	356.4	3.15	11.227	清川窒素倍量区	葉	317.3	3.27	10.376
	枝	198.9	1.06	2.108		枝	179.1	1.08	1.934
	花	30.8	2.73	0.841		花	50.6	2.79	1.412
	計	586.1		14.176		計	547.0		13.722
秦野標準区	葉	294.5	3.11	9.159	秦野窒素倍量区	葉	268.2	3.11	8.341
	枝	151.8	1.23	1.867		枝	125.5	1.30	1.632
	花	20.8	2.76	0.574		花	19.4	2.68	0.520
	計	467.1		11.600		計	413.1		10.493
山北標準区	葉	161.2	3.22	5.191	山北窒素倍量区	葉	171.7	3.15	5.409
	枝	67.5	1.24	0.837		枝	92.0	1.24	1.141
	花	14.8	2.72	0.403		花	35.1	2.79	0.979
	計	243.5		6.431		計	298.8		7.529
南足柄標準区	葉	594.5	3.10	18.430	南足柄窒素倍量区	葉	535.1	3.20	17.123
	枝	283.7	1.08	3.064		枝	322.1	1.14	3.672
	花	47.0	2.48	1.166		花	28.8	2.66	0.766
	計	925.2		22.660		計	886.0		21.561
藤野標準区	葉	57.6	3.28	1.889	藤野窒素倍量区	葉	54.0	3.24	1.750
	枝	19.2	1.51	0.290		枝	17.8	1.60	0.285
	花	22.1	2.83	0.625		花	21.9	3.04	0.666
	計	98.9		2.804		計	93.7		2.701

第3-17表 1982年5月7日の摘採における新芽の窒素含有量 1㎡当たり

区	乾物重	窒素含有率	窒素含有量	区	乾物重	窒素含有率	窒素含有量
	g	%	g		g	%	g
清川標準区	37.5	5.81	2.179	清川窒素倍量区	33.0	5.90	1.947
秦野標準区	22.1	5.76	1.273	秦野窒素倍量区	22.8	5.77	1.316
山北標準区	17.5	5.82	1.019	山北窒素倍量区	23.6	5.91	1.395
南足柄標準区	45.4	5.58	2.533	南足柄窒素倍量区	40.7	5.62	2.287
藤野標準区	17.5	5.86	1.026	藤野窒素倍量区	9.1	5.94	0.541

アミノ酸の含有率には一定の傾向は認められなかった。タンニン含有率は南足柄土壌で高く、次いで秦野、山北、清川、藤野土壌の順に高かった。秦野土壌を除き、タンニン含有率は全窒素含有率とは逆に窒素倍量施肥区で低かった。

3) 摘採、整枝、解体調査における乾物重および全窒素含有量

第3-14表～第3-19表に各年の摘採、整枝および最終年の解体調査における乾物重、全窒素の含有率および含有量を示した。

このうち摘採による乾物重は収量の項で示したとおりである。全窒素含有率はすでに示したとおり窒素倍量施肥区で高かったが、乾物重の差のほうが大きいため、全窒素含有量(吸収量)は乾物重の多少に左右された。

第3-18表 1983年1月5日の解体調査における各部の窒素含有量

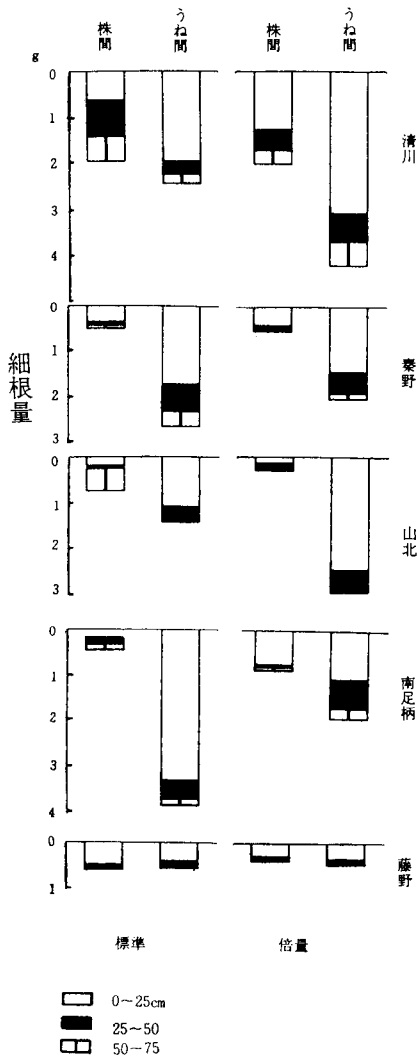
1㎡当たり

区	乾物重	窒素含有率	窒素含有量	区	乾物重	窒素含有率	窒素含有量		
	g	%	g		g	%	g		
清川標準区	葉	957.8	2.54	24.328	清川窒素倍量区	葉	920.7	2.76	25.411
	枝幹	1,108.2	0.84	9.309		枝幹	1,055.0	0.81	8.546
	種子+花	69.3	1.66	1.150		種子+花	36.5	1.90	0.694
	太根	541.4	1.17	6.334		太根	435.5	1.53	6.663
	細根	550.8	1.53	8.427		細根	785.1	1.63	12.797
	計	3,227.5		49.548		計	3,232.8		54.111
秦野標準区	葉	827.2	2.50	20.680	秦野窒素倍量区	葉	727.3	2.66	19.346
	枝幹	909.6	0.88	8.004		枝幹	802.6	0.82	6.581
	種子+花	28.1	1.99	0.559		種子+花	35.6	2.00	0.712
	太根	579.9	1.21	7.017		太根	453.7	1.58	7.168
	細根	398.5	1.50	5.978		細根	319.6	1.87	5.977
	計	1,916.1		42.238		計	2,338.8		39.784
山北標準区	葉	538.2	2.45	13.186	山北窒素倍量区	葉	588.4	2.63	15.475
	枝幹	593.4	0.87	5.163		枝幹	667.2	0.93	6.205
	種子+花	55.0	1.97	1.084		種子+花	50.3	2.07	1.041
	太根	373.1	1.21	4.515		太根	416.8	1.51	6.294
	細根	268.1	1.57	4.209		細根	404.5	1.93	7.807
	計	1,827.8		28.157		計	2,127.2		36.822
南足柄標準区	葉	1,344.0	2.49	33.466	南足柄窒素倍量区	葉	1,107.6	2.80	31.013
	枝幹	1,877.8	0.73	13.708		枝幹	1,538.7	0.95	14.618
	種子+花	25.8	1.76	0.454		種子+花	35.8	1.78	0.637
	太根	940.1	0.93	8.743		太根	718.1	1.27	9.120
	細根	514.2	1.39	7.147		細根	349.8	1.57	5.492
	計	4,701.9		63.518		計	3,750.0		60.880
藤野標準区	葉	368.0	2.58	9.494	藤野窒素倍量区	葉	402.0	2.84	11.417
	枝幹	387.1	0.93	3.600		枝幹	399.4	0.96	3.834
	種子+花	22.8	2.15	0.490		種子+花	17.6	2.32	0.408
	太根	251.7	1.38	3.473		太根	259.7	1.59	4.129
	細根	141.8	1.83	2.595		細根	104.3	1.69	1.763
	計	1,171.4		19.652		計	1,183.0		21.551

第3-19表 落下種子の窒素含有量 (1983年1月5日)

1㎡当たり

区	乾物重	窒素含有率	窒素含有量	区	乾物重	窒素含有率	窒素含有量
	g	%	g		g	%	g
清川標準区	338.0	1.39	4.698	清川窒素倍量区	290.1	1.56	4.526
秦野標準区	134.0	1.60	2.144	秦野窒素倍量区	188.9	1.62	3.060
山北標準区	237.7	1.64	3.898	山北窒素倍量区	268.9	1.76	4.733
南足柄標準区	273.5	1.57	4.294	南足柄窒素倍量区	233.3	1.66	3.873
藤野標準区	46.7	1.60	0.747	藤野窒素倍量区	48.7	1.78	0.867



第3-30図 深さ別細根量 (g/m<sup>2</sup> × 25cm)

試験期間中、整枝を2回行ったが、整枝による枝葉の乾物重は新芽とはほぼ同様の傾向を示した。全窒素含有率は葉、枝とも窒素倍量施肥区で高い傾向にあった。

解体調査による乾物重の合計は、秦野、山北土壤では窒素倍量施肥区で多かったが、清川、藤野ではほとんど差はみられず、南足柄では標準施肥区で多かった。全窒素含有率は枝幹部で、清川、秦野土壤の標準施肥区でやや高かった他は、各土壤の各部位とも窒素倍量施肥区で高かった。しかし、全窒素含有量は新芽や枝葉と同様に乾物重の影響を大きく受けた。

落下種子の乾物重も同様に秦野、山北土壤では窒素倍

量施肥区で、清川、南足柄土壤では標準施肥区で重く、全窒素含有率は窒素倍量施肥区で高かった。

4) 部位別全窒素含有率

これまで示してきた各部位のうち、最も全窒素含有率が高いのは新芽の6~7%であり、次いで整枝による葉(古葉)の2~3%であった。整枝による枝は1%台、幹を含む場合1%以下であった。根は1%台であったが、直径2mm以上の太根よりそれ以下の細根のほうが含有率が高かった。

5) 細根の分布

第3-30図に各区の株間、うね間の細根量を深さ別に示した。

藤野土壤ではこれら両位置による差は小さかったが、その他の土壤ではいずれの区も株間よりうね間で多かった。

垂直分布ではいずれも上層ほど多く、とくにうね間で顕著であり、細根の多くがうね間上層に集中していた。

6) 跡地土壤の化学性

第3-20表に跡地土壤の化学性を深さ別に示した。pH(H<sub>2</sub>O)は各土壤とも上層ほど低く、また窒素倍量施肥区で低かった。上層で最も低いのは、清川土壤窒素倍量施肥区の4.31、最も高いのは山北土壤標準施肥区の5.16であった。

全窒素含有率は清川土壤で0.3%台と高く、次いで南足柄、藤野、秦野、山北土壤の順に高かった。いずれの土壤も上層で高い傾向にあったが、施肥量別に明らかな傾向は認められなかった。

アンモニア態窒素はいずれも10mg/100g以下であり、窒素倍量施肥区でやや多い傾向にあった。また上層に多かった。

硝酸態窒素は1mg以下を示す場合が多かったが、アンモニア態窒素と同様に窒素倍量施肥区で多かった。南足柄土壤では下層に多く、その他の土壤では上層に多い傾向にあった。

トルオーグリン酸は清川土壤で20mg前後を示したが、藤野土壤で5~11mg、その他の土壤では数mgと少なかった。深さ別、施肥量別に大きな差は認められなかった。

交換性カリウムは、清川土壤での深さ別の差は小さく、秦野、山北土壤では上層に多かったが、南足柄土壤では下層に多かった。施肥量別に明らかな差はみられなかった。交換性のカルシウムはいずれの土壤も下層に多い傾向にあった。施肥量別には清川、山北、南足柄土壤では標準施肥区で多かったが、秦野、藤野では窒素倍量施肥区でやや多い傾向にあった。交換性マグネシウムもほぼ

第3-20表 跡地土壌の化学性

100g当たり

区	深さ	pH (H <sub>2</sub> O)	EC	T-N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	トルオーグ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	交換性			
								CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	MnO
	cm		mS/cm	%	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg
清川標準区	0~25	4.42	0.31	0.350	5.16	1.71	15.8	114	20	40	3.4
	25~50	4.70	0.25	0.342	5.40	0.27	18.1	149	24	36	2.2
	50~75	4.79	0.19	0.338	4.26	0.35	18.9	156	19	30	2.3
清川窒素倍量区	0~25	4.31	0.37	0.369	5.73	0.32	22.2	101	16	34	3.5
	25~50	4.31	0.32	0.386	4.17	4.30	23.8	105	20	33	3.5
	50~75	4.59	0.24	0.363	4.58	0.65	24.1	124	24	37	2.6
秦野標準区	0~25	4.91	0.27	0.116	2.78	0.14	0.8	111	30	40	7.6
	25~50	5.89	0.13	0.077	2.21	0.20	0.0	292	75	15	5.6
	50~75	6.06	0.15	0.046	2.78	0.25	0.0	461	130	6	4.6
秦野窒素倍量区	0~25	4.65	0.33	0.116	9.25	2.83	0.6	133	35	39	9.3
	25~50	5.38	0.19	0.077	0.98	1.59	0.1	292	87	27	13.7
	50~75	5.99	0.19	0.040	0.98	1.73	0.6	515	152	4	5.4
山北標準区	0~25	5.16	0.25	0.098	3.11	0.38	1.7	211	41	37	8.8
	25~50	6.34	0.11	0.068	1.64	0.25	1.4	289	64	11	2.0
	50~75	6.40	0.08	0.076	1.39	0.25	1.2	186	28	6	0.8
山北窒素倍量区	0~25	4.92	0.27	0.098	3.11	2.69	0.4	169	35	29	7.2
	25~50	6.12	0.16	0.080	1.56	0.81	1.1	246	46	14	2.9
	50~75	6.28	0.10	0.085	1.39	0.68	1.3	204	32	6	1.0
南足柄標準区	0~25	4.52	0.28	0.260	4.67	0.12	2.7	41	6	30	3.8
	25~50	5.20	0.21	0.164	3.77	0.30	0.2	153	21	99	7.3
	50~75	5.46	0.19	0.132	3.85	0.28	0.1	204	34	124	7.3
南足柄窒素倍量区	0~25	4.50	0.22	0.277	5.24	0.15	1.4	36	6	22	3.8
	25~50	4.82	0.29	0.179	4.58	0.40	0.1	100	21	84	8.4
	50~75	6.21	0.22	0.105	4.75	0.60	0.0	182	30	178	9.8
藤野標準区	0~25	5.12	0.21	0.166	2.86	0.48	5.7	237	42	39	28.0
	25~50	6.26	0.14	0.111	2.05	0.14	6.0	318	64	20	15.1
	50~75	6.70	0.12	0.117	1.31	0.21	7.9	345	75	20	5.3
藤野窒素倍量区	0~25	5.10	0.31	0.143	3.60	3.40	6.2	242	48	26	27.5
	25~50	6.26	0.14	0.111	1.39	0.31	5.4	325	66	22	16.0
	50~75	6.68	0.14	0.112	1.47	0.32	10.6	368	76	20	5.7

交換性カルシウムと同様の傾向にあった。

交換性マンガンは清川では深さによる差は小さく、秦野、山北、藤野土壌では上層に多く、南足柄土壌では下層に多かった。また施肥量による差は小さかった。

### 3. 考 察

窒素がチャの品質へ及ぼす影響が大きい<sup>63)</sup>ことから、この多量施用が慣行化(第2章)しているが、窒素の多量施用が茶園土壌にどのような影響を及ぼすかを明らかにすることは、茶園土壌の管理技術を明らかにする上で重要な課題である。

このような観点からライシメーターを用いた試験を行っ

たが、本試験で扱った5種類の土壌を大別すると壤土(清川、南足柄土壌)、礫に富んだ砂壤土(秦野、山北土壌)および軽埴土(藤野土壌)の3グループに区分される。これらの各グループは溶脱特性が類似していることはすでに本章第2、3節で示したが、生育においてもグループごとに類似していた。すなわち、生育は壤土で旺盛であり、砂壤土がこれに次ぎ、軽埴土で最も劣った。

しかし味の指標として用いられる新芽内の全窒素<sup>63)</sup>の集積は砂壤土で高く、品質面から考えるとむしろ砂壤土がチャの栽培に適した土壌であるといえる。この差は砂壤土での硝酸化成の遅延(第4章第5節)や硝酸の早

第3-21表 跡地土壤の無機態窒素含有量

区	深さ	1㎡当たり 乾土	礫含 有率	乾土100g当たり 無機態窒素量	1㎡当たり* 無機態窒素 量
	cm	kg	%	mg	
清川標準区	0~25	230	5.8	6.87	40.1g
	25~50	188	7.0	5.67	
	50~76	366	9.1	4.61	
清川窒素倍量区	0~25	173	8.5	6.05	46.3
	25~50	283	8.9	8.47	
	50~76	311	8.5	5.23	
秦野標準区	0~25	185	20.1	2.92	18.6
	25~50	289	20.8	2.41	
	50~81	320	9.5	3.03	
秦野窒素倍量区	0~25	205	20.6	12.08	33.3
	25~50	282	18.4	2.57	
	50~81	309	8.1	2.71	
山北標準区	0~25	190	29.4	3.49	13.1
	25~50	304	35.0	1.89	
	50~80	393	27.5	1.64	
山北窒素倍量区	0~25	219	34.8	5.80	19.4
	25~50	314	33.3	2.37	
	50~80	414	28.0	2.07	
南足柄標準区	0~25	219	13.3	4.79	24.3
	25~50	216	12.0	4.07	
	50~80	237	24.2	4.13	
南足柄窒素倍量区	0~25	185	17.3	5.39	24.3
	25~50	204	24.0	4.98	
	50~80	219	28.6	5.35	
藤野標準区	0~25	236	52.9	3.34	10.5
	25~50	333	54.3	2.19	
	50~78	377	65.0	1.52	
藤野窒素倍量区	0~25	335	52.0	7.00	15.7
	25~50	339	62.6	1.70	
	50~78	393	67.8	1.79	

\* 礫の窒素量は0として算出

期溶脱（本章第2節）によってアンモニア態窒素／硝酸態窒素比が増加することによる窒素吸収量の増加<sup>22)</sup>によるものと考えられる。

一方、窒素の増施に対して山北土壤（砂壤土）を除きチャの生育がとくに促進されることはなかった。しかし新芽を含む樹体全体の窒素含有率は高まることが示された。

これは本試験の窒素レベルでは窒素施用量の増施がとくに壤土、軽埴土ではすでに過剰施用の段階に入っており、なお窒素の吸収は行うが生育の促進には結びつかないことを示すものである。

第3-21表に跡地土壤の無機態窒素含有量を示し、第3-22表には、土壤充てん時の無機態窒素量に3か年の窒素施肥量を加えた量（窒素供給量：A）と窒素溶脱量、チャによる窒素吸収量および跡地土壤の無機態窒素量を加えた量（B）を示した。なお、清川土壤でA-Bがマイナスを示したのは本章第2節で述べたとおり、土壤充てん時の有機物や全窒素が多く、また試験終了時の全窒素量の減少が他の土壤に比べ大きかったことから、有機態窒素の無機化が旺盛であったこと等に起因したものと思われる。

窒素の供給量に対するチャの吸収率は生育が旺盛であっ

第3-22表 窒素成分の収支

1㎡当たり

区	窒素供給量			窒素溶脱, 吸収, 残存量			計(B)	その他 (A-B)
	土壌充てん時の無機態窒素量	窒素施肥量	計(A)	窒素溶脱量	チャによる窒素吸収量	跡地土壌の無機態窒素量		
	g	g	g	g	g	g	g	g
清川標準区	90.9	120	210.9	161.5 (76.6%)	78.8 (37.4%)	40.1 (19.0%)	280.4	-69.5 (-33.0%)
清川窒素倍量区	87.9	240	327.9	264.7 (80.7)	82.6 (25.2)	46.3 (14.1)	393.6	-65.7 (-20.0)
秦野標準区	36.1	120	156.1	44.6 (28.6)	61.6 (39.5)	18.6 (11.9)	124.8	31.3 (20.1)
秦野窒素倍量区	37.3	240	277.3	146.0 (52.7)	59.9 (21.6)	33.3 (12.0)	239.2	38.1 (13.7)
山北標準区	32.2	120	152.2	85.0 (55.8)	41.7 (27.4)	13.1 (8.6)	139.8	12.4 (8.1)
山北窒素倍量区	34.0	240	274.0	140.7 (51.4)	55.2 (20.1)	19.4 (7.1)	215.3	58.7 (21.4)
南足柄標準区	62.9	120	182.9	16.5 (9.0)	105.3 (57.6)	24.3 (13.3)	146.1	36.8 (20.1)
南足柄窒素倍量区	53.3	240	293.3	106.3 (36.2)	99.8 (34.0)	24.3 (8.3)	230.4	62.9 (21.4)
藤野標準区	38.9	120	158.9	101.3 (63.8)	25.9 (16.3)	10.5 (6.6)	137.7	21.2 (13.3)
藤野窒素倍量区	36.8	240	276.8	196.4 (71.0)	26.5 (9.6)	15.7 (5.7)	238.6	38.2 (13.8)
平均				(52.6)	(28.9)	(10.7)		(7.9)

( )内は供給量に対する比率

た南足柄土壌の標準施肥区で57.6%、窒素倍量施肥区で34.0%を示したが、生育の最も劣った藤野土壌ではそれぞれ16.3、9.6%であった。各区の平均では28.9%と、おおむね総供給量の3割が利用されていることが示された。また、試験終了時の土壌の無機態窒素残存率は5.7~19.0%の範囲内にあり、平均で10.7%と比較的少ないのに対して、溶脱率は9.0~80.7%の範囲内にあり、平均では52.6%を示し溶脱によって失われる率が最も高いことが明らかとなった。

以上、第2節から第4節まで検討してきたように、チャの品質にとって最も重要である窒素成分の相当の部分が雨とともに地下へ溶脱してしまい、チャによる利用率が小さいこと、塩基の溶脱を促進し土壌の酸性化を招いていることが明らかとなった。しかしまた土壌によっては

その利用率や吸収特性が異なることも示され、これらの特性を利用あるいは改良することにより窒素の利用率を高め、あるいは高品質なチャを生産することが可能と考えられる。すなわち窒素集積の高く現れる砂壤土では、窒素をある程度増施することにより、品質向上を中心とした管理が有効と考えられる。壤土では生育は旺盛であったものの、新芽の窒素等の集積は中位であった。このような土壌では、砂礫の混入や硝化抑制剤等により微生物活性、とくに硝酸化成をある程度抑制することにより、窒素吸収の向上を計ることが可能と思われる。また軽植土では保肥力がやや小さく、また収量がきわめて少ないことから、この向上および物理性の改善を併せて行うための粗大有機物の導入等が必要と考えられる。

## 第4章 施肥による茶園土壌特性の変化と合理的な施肥管理

### 第1節 土壌の違いと窒素の施用

神奈川県西部に位置する足柄地域土壌の上層は砂礫が多く、下層には宝永火山に由来する砂礫層が広く分布している。

一方、県北部、中部の津久井、清川地域は礫のきわめて少ない壤質土壌が多く、これらの理化学性は大きく異なる。また地域により品質差があるといわれているが、土壌、気象あるいは栽培法等、いずれの要因の影響が大きいのか未だ明らかでなくその解明が望まれている。さらに、近年、神奈川県においても窒素の多量施用傾向が強まっており(第2章)、施肥量の再検討が必要となっている。このため、県下の代表的な2種類の土壌を1箇所に集め、土壌と窒素施用量の違いがチャの生育、収量、品質に及ぼす影響について調査した。

#### 1. 試験方法

##### 1) 供試土壌および施肥方法

神奈川県足柄上郡山北町川西より搬入した土壌(日下部統:淡色黒ボク土CoSL, 以下砂壤土)および津久井郡相模湖町寸沢嵐の土壌(久米川統:厚層多腐植黒ボク土:L, 以下壤土)を供試した。砂壤土は砂礫が多く、腐植が少なく、また塩基交換容量の小さい土壌である。壤土は礫がきわめて少なく腐植に富み、塩基交換容量の大きい土壌である。なお、砂壤土35cm以下は、褐色の火山灰心土(CL)とした(第4-1図)。

1975年、両供試土壌(1区9m<sup>2</sup>)に‘やぶきた’を1条植(180×30cm)および2条植(180×45cm)に定植した。施肥量は窒素を第4-1表のとおり4水準設け、これら土壌、栽植密度および窒素施用量の各要因をL16

直交表に割り付け試験を行った。

窒素は30kg区は、3、4、8月に分施し、60kg区は3、4、6、8月に、90および120kg区は3、4、5、6、7、8月に分施した。またリン酸、カリウムは各区とも30kgを3、8月に分施した。なお、窒素肥料は硫酸アンモニウムを用い、リン酸肥料は過リン酸石灰を、カリウム肥料は塩化カリウムを用いた。

#### 2) 生育、品質調査

生育調査は、毎年生育が停止した11月~12月に樹高、株張りについて行った。収穫は各茶期ともにはさみ刈りとし、また新芽の1心3葉を摘採し、蒸熟、乾燥、粉碎後成分分析を行った。

新芽の成分分析は次の方法によった。

全窒素:ケルダール法, アミノ酸:ニンヒドリンによる簡易分析法<sup>64)</sup>, タンニン:チャの公定分析法<sup>69)</sup>

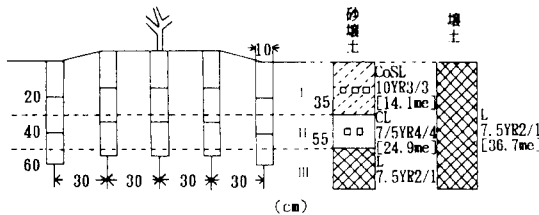
1982年に一、二番茶の第3葉について色差計で葉色の測定を行った。

第4-1表 試験区の構成

区	土 壤	栽植密度	窒素施用量*
1	壤 土	1条植	30
2			60
3			90
4			120
5	砂 壤 土	2条植	30
6			60
7			90
8			120
9	砂 壤 土	1条植	30
10			60
11			90
12			120
13	砂 壤 土	2条植	30
14			60
15			90
16			120

\*年間10a当たり

ただし、1978年はそれぞれ40, 50, 60, 70kg  
1979年は40, 60, 80, 100kgとした。



第4-1図 細根および土壌の深さ別化学性の調査位置と供試土壌の層位 [ ]はCEC



第4-2表 樹高および株張りの変化

区	樹 高						株 張 り						
	'78	'79	'80	'81	'82	平均	'78	'79	'80	'81	'82	平均	
壤 土	kg	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	
	30	56.0	77.0	57.8	67.2	72.6	66.1	64.3	85.0	114.3	137.0	130.4	106.2
	60	59.2	73.0	59.3	72.8	71.8	67.2	63.0	83.0	105.0	140.4	136.6	105.6
	90	54.2	75.0	56.0	67.6	69.8	64.5	71.3	82.0	108.5	141.8	136.8	108.1
	120	54.8	76.0	58.8	69.0	71.4	66.0	70.0	81.0	107.0	143.0	138.2	107.8
平均	56.1	75.3	58.0	69.2	71.4		67.2	82.8	108.7	140.6	135.5		
土	30	63.6	78.0	55.5	68.4	72.4	67.6	91.6	98.0	130.3	158.6	144.6	124.6
	60	66.0	73.0	58.0	68.6	73.6	67.8	90.0	100.0	125.8	163.4	146.6	125.2
	90	58.6	74.0	54.8	70.4	71.6	65.9	86.9	96.0	129.5	159.2	149.6	124.2
	120	65.8	76.0	63.0	72.8	75.6	70.6	86.0	103.0	136.3	170.0	148.8	128.8
	平均	63.5	75.3	57.8	70.1	73.3		88.6	99.3	130.5	162.8	147.4	
砂 壤 土	30	59.0	67.0	57.8	69.2	73.0	65.2	70.0	73.0	108.3	145.0	136.6	106.6
	60	52.0	73.0	55.5	68.8	68.8	63.6	58.7	82.0	109.8	147.6	134.2	106.5
	90	49.0	72.0	53.3	70.0	70.6	63.0	62.3	70.0	109.3	148.2	136.8	105.3
	120	51.8	73.0	52.0	69.2	69.8	63.2	65.0	70.0	101.5	135.2	131.6	100.7
	平均	53.0	71.3	54.7	69.3	70.6		64.0	73.8	107.2	144.0	134.8	
土	30	46.8	67.0	48.5	61.4	65.6	57.9	91.0	88.0	116.5	139.4	138.0	114.6
	60	51.8	68.0	47.8	59.4	65.4	58.5	94.3	88.0	119.3	155.6	137.6	119.0
	90	53.0	74.0	45.0	61.0	67.2	60.0	89.3	95.0	119.0	151.0	145.6	120.0
	120	53.4	76.0	49.3	63.0	68.8	62.1	87.7	95.0	125.5	157.0	148.2	122.7
	平均	51.3	71.3	47.7	61.2	66.8		90.6	91.5	120.1	150.8	142.4	

第4-3表 百 芽 重

区	1980年		1981年		1982年		平均
	一番茶	二番茶	一番茶	二番茶	一番茶	二番茶	
壤 土	30kg	69.7g	55.0g	74.1g	83.3g	70.5g	
	60	69.2	57.0	72.1	77.6	69.0	
	90	65.1	52.5	72.1	84.0	68.4	
	120	71.0	57.0	79.1	89.5	74.2	
	平均	68.7	55.4	74.4	83.6		
土	30	64.4	63.2	77.4	75.9	70.2	
	60	59.2	63.0	76.3	81.3	70.0	
	90	63.6	63.9	78.0	76.9	70.6	
	120	65.8	58.1	79.2	82.6	71.4	
	平均	63.3	62.1	77.7	79.2		
砂 壤 土	30	76.2	73.2	70.7	79.5	74.9	
	60	80.3	74.5	79.1	80.9	78.7	
	90	72.9	70.0	84.5	77.8	76.3	
	120	76.5	68.8	75.6	86.0	76.7	
	平均	76.5	71.6	77.5	81.1		
土	30	66.2	65.8	80.2	83.9	74.0	
	60	71.5	69.6	79.7	80.7	75.4	
	90	78.0	70.3	81.8	80.6	77.7	
	120	72.6	72.4	81.9	76.7	75.9	
	平均	72.1	69.5	80.9	80.5		

第4-4表 新芽の葉色(第3葉:1,2条植平均値)1982年

区	一番茶		二番茶		
	L	b/-a	L	b/-a	
壤 土	30kg	32.5	1.54	36.4	1.71
	60	31.9	1.58	35.3	1.66
	90	31.3	1.57	37.1	1.69
	120	31.5	1.61	35.0	1.70
砂 壤 土	30	31.3	1.56	36.8	1.70
	60	32.2	1.58	34.2	1.69
	90	30.6	1.60	33.8	1.68
	120	32.5	1.60	34.8	1.69

根系調査は第4-1図に示すとおり、1982年9月に株間、うね間およびその中間を径10cm、深さ20cmごとに60cmまで採土し、その中の細根(径2mm以下)を選別乾燥後秤量した。

3) 土壌の化学性の調査

各年とも一定期間ごとに、うね間の部分20cmまでの深さを採土し化学性の分析を行った。また1982年9月には、株間およびうね間より深さ20cmごとに60cmの深さまで採

土し、分析に供した。

土壌分析は次の方法によった。

硝酸態窒素：フェノール硫酸法，アンモニア態窒素：ハーパー法，トルオーグリン酸：トルオーグ法，交換性カリウム：炎光法，交換性カルシウムおよび交換性マグネシウム：原子吸光法

以上の表示はすべて乾土100g当たりのmgとした。

pH (H<sub>2</sub>O)：ガラス電極法，EC：ECメーター法

2. 結 果

1) 生育および収量

樹高，株張りの調査結果は第4-2表のとおりで，樹高は壤土で高い傾向が認められた。株張りも壤土で広い傾向にあり，各土壌とも2条植で広がった。しかしいずれも施肥量との間に一定の傾向は認められなかった。

収量の変化を第4-2図に，分散分析の結果を第4-5

表に示した。栽植初期の収量は壤土で多い傾向が認められたが，その差は年々減少した。また栽植密度では2条植で多い傾向が認められたが，収量と施肥量の間に一定の傾向は認められず，多肥により増収することはなかった。

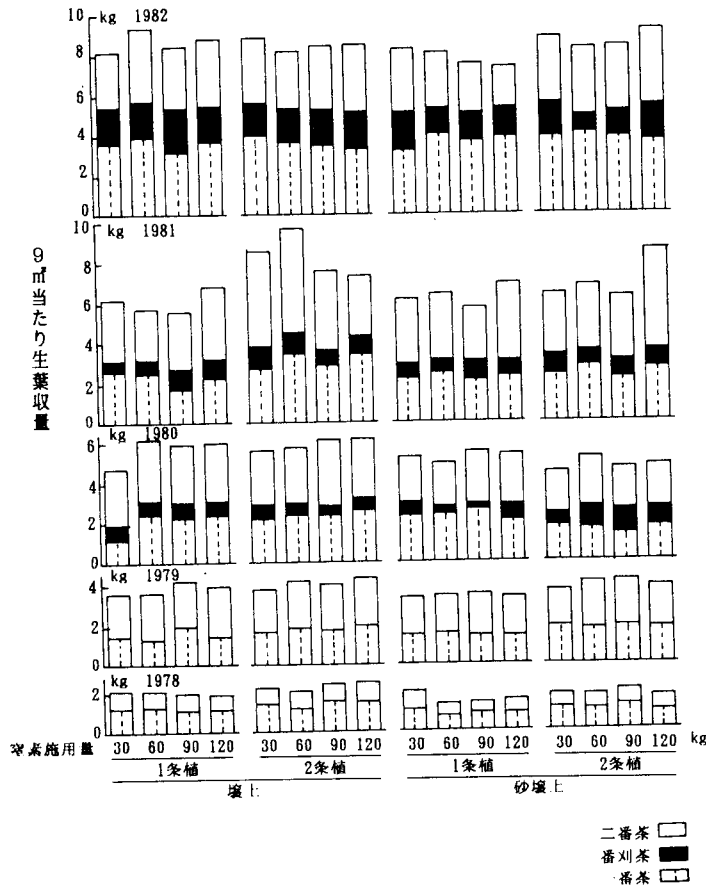
百芽重は第4-3表に示したとおりで，一番茶は各年とも砂壤土で重かったが，施肥量および栽植密度の影響は認められなかった。

2) 新芽の品質

新芽の成分のうち，全窒素，アミノ酸およびタンニン含有率を第4-3図に示し，葉色を第4-4表に示した。また各年の分散分析結果を第4-5表に示した。

全窒素，アミノ酸含有率は砂壤土で高く，タンニン含有率は壤土で高かった。

一，二番茶とも窒素の増施に従って全窒素含有率は高



第4-2図 土壌，栽植密度，窒素施肥量が生葉収量に及ぼす影響

第4-5表 各項目の分散比と有意性

項目	茶期	年	窒素 施用量 N	土壌 S	栽植 密度 D	交 互 作 用			
						N×S	N×D	S×D	
収 量	一番茶	78	0.8	11.9*	6.7 $\Delta$	0.2	0.7	0.1	
		79	0.4	0.1	8.2 $\Delta$	0.5	0.4	0.1	
		80	1.7	3.5	2.5	2.5	2.0	15.9*	
		81	4.4	4.9	20.1*	0.2	1.2	5.7 $\Delta$	
		82	11.0*	10.4*	2.2	10.6*	14.2*	4.4	
	二番茶	78	1.0	26.4*	0.6	1.3	3.9	0.0	
		79	6.5 $\Delta$	24.9*	2.2	1.9	1.0	2.4	
		80	0.4	19.3*	0.4	0.1	0.1	0.6	
		81	0.4	0.9	2.9	0.8	0.2	0.8	
		82	0.1	0.6	2.6	0.3	0.7	3.3	
合 計	78	0.7	20.4*	5.7 $\Delta$	0.4	1.4	0.1		
	79	3.4	10.5*	20.6*	0.9	1.0	1.8		
	80	1.3	10.9*	0.4	0.5	0.1	1.9		
	81	1.0	1.1	9.0 $\Delta$	0.7	0.3	2.3		
	82	0.4	2.4	1.9	0.3	1.3	5.4		
百芽重・一番茶	80	0.7	20.4**	18.4*	0.4	0.5	0.2		
	81	0.2	36.4**	1.3	0.8	0.4	5.0		
	82	0.9	2.9	3.4	1.3	0.3	0.0		
新 芽 の 成 酸 分	全 一番茶	80	1.5	4.4	1.3	1.3	0.6	0.2	
		81	1.4	7.1 $\Delta$	4.2	0.3	2.3	0.2	
		82	2.5	3.1	2.7	1.9	0.6	7.5 $\Delta$	
		80-82平均植	2.0	5.7 $\Delta$	2.7	1.2	0.4	0.2	
	窒 素	80	3.0	0.3	5.3	0.1	0.3	0.7	
		81	2.1	9.2 $\Delta$	0.7	1.5	2.0	2.0	
		82	5.3	23.9*	0.5	3.9	0.5	1.7	
		80-82	12.4*	16.4*	4.0	1.9	1.1	6.0	
	ア ミ ノ 成 酸	一番茶	80	1.8	21.9*	1.7	1.8	0.7	0.3
			81	5.8 $\Delta$	28.8*	15.9*	3.4	0.7	6.9 $\Delta$
82			28.8*	13.4*	0.8	6.9*	2.3	4.6	
80-82			42.5**	164.8**	20.2*	15.6*	5.9*	2.4	
ノ	二番茶	80	20.0*	30.6*	35.0**	0.4	0.5	0.0	
		81	3.3	1.2	1.8	0.3	3.1	0.2	
		82	15.0*	88.4**	0.1	5.6 $\Delta$	0.3	0.2	
		80-82	20.5*	55.0*	5.0	1.7	0.8	0.2	
タ	一番茶	80	1.8	10.2*	0.9	7.9 $\Delta$	2.9	0.1	
		81	2.0	2.3	1.1	2.4	0.4	0.1	
		82	3.3	6.0 $\Delta$	0.0	0.9	0.5	3.0	
		80-82	2.9	11.4*	3.0	1.1	0.4	1.4	
ニ	二番茶	80	4.9	1.2	0.8	0.3	1.6	2.2	
		81	0.8	2.6	2.4	0.4	0.3	0.2	
		82	1.5	2.5	0.6	0.5	0.1	1.8	
		80-82	2.7	3.5	0.8	0.6	0.1	0.1	
葉 色	L	一番茶	82	0.6	0.1	0.1	0.6	0.6	0.1
		二番茶	82	1.7	2.6	0.8	1.6	1.3	0.4
色	b/a	一番茶	82	1.4	0.2	1.3	0.2	0.7	0.2
		二番茶	82	1.7	0.0	2.6	0.6	1.2	0.4

\*\* : 1%, \* : 5%,  $\Delta$  : 10%水準で有意

くなる傾向を示した。アミノ酸含有率も窒素の増施により高くなり、壤土の一番茶では窒素60kg施用で、二番茶では窒素90kg施用でピークとなる傾向が認められた。砂壤土では一、二番茶とも90kg施用でピークに達した。これとは逆に、タンニン含有率は窒素の増施に従い低くなる傾向を示し、アミノ酸含有率の高い新芽でとくに低かった。また全窒素、アミノ酸含有率は一番茶で、タンニン含有率は二番茶で高かった。

新芽の葉色と土壌、施肥量とに一定の関係は認められなかった。しかし二番茶に比べ、一番茶の緑色が濃かった。

3) 細根の分布

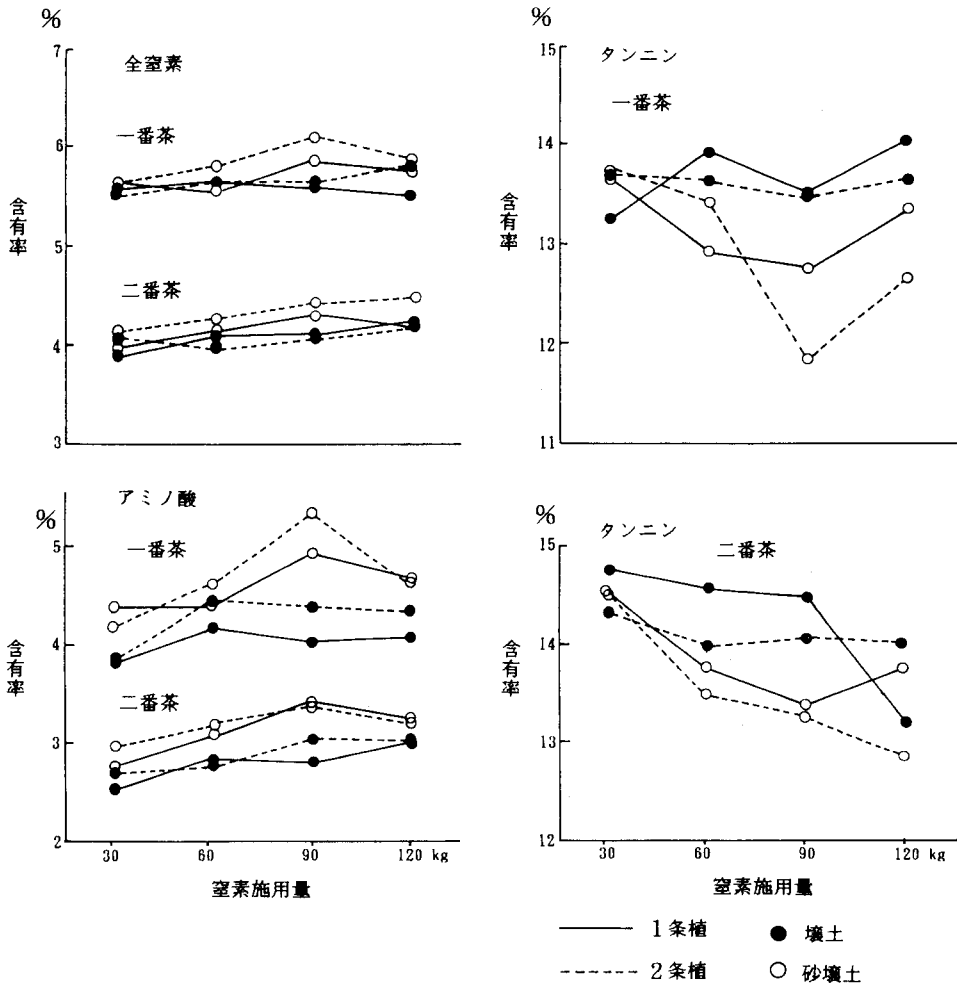
第4-4図に細根の分布を示したが、株間で少なく、う

ね間で多かった。また各位置とも上層で多い傾向を示し、この傾向は壤土でより顕著であった。しかし施肥量の違いによる差は明らかでなく、また多肥区においても、腐敗根は認められなかった。

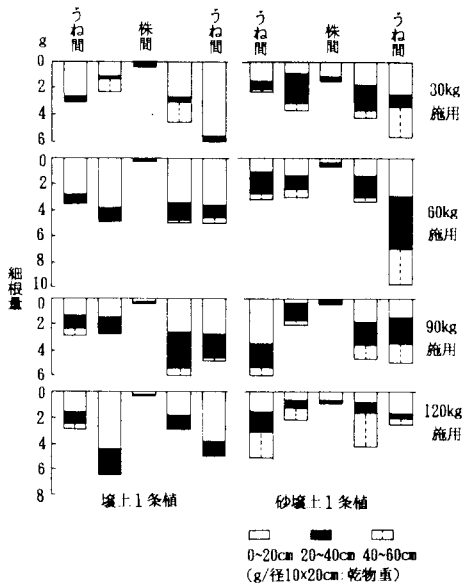
4) 土壌の理化学性

各土壌中の硝酸態窒素、アンモニア態窒素含有量の時期的変化を第4-5図に示したが、両成分とも春から夏にかけて多く冬に少なくなった。硝酸態窒素は常に壤土で多かったが、アンモニア態窒素の土壌間の差は明らかでなかった。

一番茶期の土壌の化学性を第4-6表に示したが、硝酸態窒素、交換性カリウム、カルシウム、マグネシウムは壤土に多い傾向が認められ、また窒素施用量が多いほど



第4-3図 窒素施用量が新芽の成分に及ぼす影響 ('80~'82年の3カ年平均値)



第4-4図 土壤の位置別細根の分布

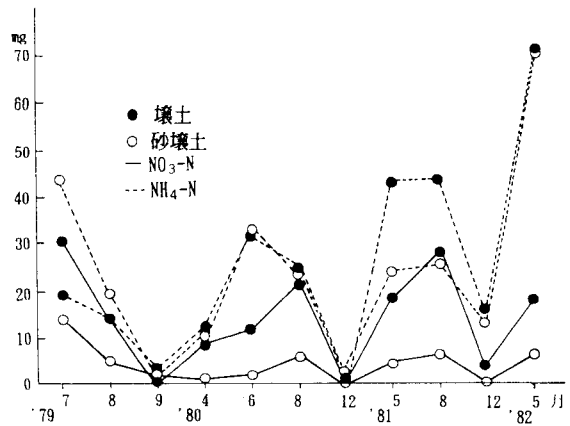
アンモニア態窒素が多く、交換性カルシウムが少なくなる傾向が認められた。

8月の乾燥が続いた後の土壤の三相分布を深さ別に第4-7表に示したが、各位置とも固相率は砂壤土が高く、液相率は壤土が高かったことから、壤土の保水性が高いことを示した。

5) 土壤の深さ別化学性

土壤の深さ別化学性を株間土壤については第4-8表に、うね間土壤については第4-9表に示した。

株間土壤のpHは両土壤、各層とも高く、上層(0~20cm)で6.0~6.5、下層(40~60cm)で6.2~6.8を示した。アンモニア態窒素、硝酸態窒素、トルオーグリン酸は各層と



第4-5図 各土壤中のNO<sub>3</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N含量の変化 (土壤別平均値)

もきわめて少なかった。交換性カリウムは両土壤とも上層で20mg前後あり、区間に大きな差はなかったが砂壤土の下層でやや多かった。交換性カルシウムは壤土に多く、また両土壤とも下層に多かった。すなわち、壤土上層では343~435mg、下層で397~544mgを示し、砂壤土上層では161~198mgを、下層で222~360mgを示した。これらの含有量に施肥量の影響は認められなかった。

一方、うね間土壤(施肥位置)では両土壤とも上層のpHは低く(4.0~4.9)、下層でやや高くなった(4.2~6.3)。アンモニア態窒素は砂壤土で、硝酸態窒素は壤土でやや多く、両土壤とも硝酸態窒素は下層に多かった。トルオーグリン酸は上層に多く、交換性カリウムは、下層に多い傾向が認められた。交換性カルシウムは壤土では20cmまで少なく(24~89mg)、20cm以下で多くなったが、砂壤土では40cmまで少なかった(上層で18~35mg)。また各層とも砂壤土で少なかった。交換性マグネシウムも同様な傾向を示した。窒素多量施用区では上層の交換

第4-6表 一番茶期の土壤の化学性(1,2条植平均値)1982年5月18日

区	pH	EC	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	トルオーグ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	交換性 (mg/100g)			
						K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	
壤土	30kg	4.35	1.06	23.2	16.6	1.5	72.9	170.6	11.6
	60	4.12	1.24	39.7	16.3	1.3	50.4	88.4	12.0
	90	4.24	2.09	103.6	14.9	1.1	64.4	109.6	13.9
	120	4.15	2.06	116.8	15.9	0.7	55.3	69.4	10.3
砂壤土	30	4.39	0.99	39.1	8.2	2.4	44.3	65.2	2.3
	60	4.42	1.07	54.4	3.5	1.8	50.2	63.7	2.0
	90	4.37	1.54	91.1	5.7	2.1	37.1	51.1	2.4
	120	4.26	1.68	97.3	8.4	1.9	33.7	40.6	2.7

性カルシウム、マグネシウムは少なく、pHは低くなる傾向が認められた。

### 3. 考察

チャに対する施肥量試験は多数あり、県別に施肥基準が定められているが、これまでの施肥基準は収量を主体に調査されており、品質についての考察は少なかった。また近年とくに窒素を中心に多量施用傾向が強くなり<sup>68)</sup>、神奈川県もその例外ではなくなってきた(第2章)。これはチャの品質に大きく関与するアミノ酸が窒素の代謝産物であり、窒素の多量施用により増加することが主たる原因と考えられる。チャは嗜好品であるためにとく

に品質が重視され、上級品と下級品に大きな価格差があることもこの傾向を助長している。しかしこれにも限界があると考えられ、極端な多量施用は根の腐敗をおこす結果も報告されている<sup>58)</sup>。

一方、産地における品質差は土壌および気象の影響によるものと考えられるが、いずれも現地調査による解析が多く、この方法では要因の単純化ができないことからそれぞれの要因の寄与率を明らかにすることが難しい。このため土壌を一箇所に集めることで気象要因を同一とし、土壌の影響を調査するいくつかの試みがなされている<sup>18, 71)</sup>。

本試験においても神奈川県内の代表的な2種類の土壌について、窒素の年間施肥量を30kgから120kgまで設け、土壌と窒素施肥量がチャの収量と品質に及ぼす影響について検討を行った。その結果、窒素の増施により収量は増加することはないが、新芽のアミノ酸含有率は高くなり、苦味の成分であるタンニン含有率は低下傾向にあることが明らかとなった。しかしアミノ酸含有率は壤土では、一番茶で窒素60kg施用、二番茶で90kg施用まで、砂壤土では、一、二番茶とも90kg施用まで高くなったが、これ以上の施用ではむしろ低くなるか、横ばいとなる傾向を示した。これらの結果から窒素の施肥量は前者で60

第4-7表 土壌の三相分布(1978年8月30日)

土 壤	深 さ	固 相	液 相	気 相	孔 隙 率
壤 土	5cm	23.9%	23.0%	53.1%	76.0%
	15	21.7	22.5	55.8	78.8
	25	23.8	24.0	52.2	76.2
砂 壤 土	5	30.8	15.3	53.9	69.2
	15	26.3	16.1	57.6	73.7
	25	25.8	19.4	54.8	74.2

第4-8表 株間土壌の深さ別化学性 1982年9月29日

区	pH (H <sub>2</sub> O)	EC (mS/100g)	NH <sub>4</sub> -N (mg/100g)	NO <sub>3</sub> -N (mg/100g)	トルオーグ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100g)	交 換 性 (mg/100g)				
						K <sub>2</sub> O	CaO	MgO		
壤 土	30kg	0~20cm	5.99	0.06	1.13	1.00	2.0	29.7	342.8	31.9
		~40	6.19	0.03	0.65	0.25	1.3	23.5	372.6	28.9
		~60	6.20	0.04	0.97	0.34	5.0	19.1	396.6	27.4
一 条 植	60	0~20	6.50	0.04	0.65	0.29	0.9	17.4	393.2	34.5
		~40	6.59	0.07	0.24	0.63	52.7	17.6	569.6	60.1
		~60	6.80	0.07	0.41	0.35	21.0	18.2	424.3	127.3
一 条 植	90	0~20	6.37	0.05	0.41	0.71	4.3	22.5	416.7	34.9
		~40	6.58	0.05	0.41	0.35	14.0	23.0	578.0	51.6
		~60	6.69	0.05	0.41	0.25	0.9	14.4	507.2	116.5
一 条 植	120	0~20	6.30	0.06	0.81	0.38	7.2	20.6	434.9	35.6
		~40	6.35	0.04	0.65	0.26	3.8	18.8	413.4	31.5
		~60	6.50	0.05	0.89	0.21	3.6	14.9	544.1	64.7
砂 壤 土	30	0~20	6.32	0.03	2.27	0.18	1.1	16.1	177.6	17.8
		~40	6.70	0.03	1.30	0.04	0.5	20.3	179.5	26.1
		~60	6.55	0.05	1.94	0.07	0.6	47.1	222.1	39.3
一 条 植	60	0~20	6.43	0.05	1.30	0.77	0.9	32.5	198.1	26.3
		~40	6.81	0.04	1.78	0.15	0.2	95.2	205.5	36.4
		~60	6.60	0.05	1.70	0.16	0.5	52.8	338.6	55.8
一 条 植	90	0~20	6.48	0.04	1.13	0.22	0.2	14.4	160.7	17.0
		~40	6.30	0.05	1.70	0.17	0.2	59.5	247.7	35.0
		~60	6.50	0.05	1.54	0.12	0.3	34.4	360.0	50.8
一 条 植	120	0~20	6.22	0.08	1.22	0.35	0.7	24.9	172.0	17.5
		~40	6.70	0.05	1.22	0.15	0.7	63.2	256.8	37.6
		~60	6.79	0.05	1.70	0.12	0.6	115.4	349.1	48.8

第4-9表 うね間土壌の深さ別化学性 1982年9月29日

区	pH (H <sub>2</sub> O)	EC (mS/100g)	NH <sub>4</sub> -N (mg/100g)	NO <sub>3</sub> -N (mg/100g)	トルオグ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100g)	交換性 (mg/100g)				
						K <sub>2</sub> O	CaO	MgO		
壤土 ・ 一条植	30kg	0~20cm	4.43	0.20	0.32	0.43	5.4	24.6	89.2	4.4
		~40	5.85	0.14	0.49	0.25	0.8	27.4	471.7	25.1
		~60	6.11	0.22	0.41	1.64	0.6	26.8	495.0	33.8
	60	0~20	4.23	0.21	0.97	0.32	2.9	15.4	35.3	4.8
		~40	5.15	0.28	0.81	1.48	0.1	15.9	301.2	34.1
		~60	6.10	0.30	0.73	7.45	0.2	18.0	583.4	57.4
	90	0~20	4.12	0.23	0.97	0.26	3.7	14.4	24.3	3.4
		~40	4.87	0.39	0.81	0.01	1.1	8.7	225.5	25.9
		~60	6.20	0.18	0.65	0.25	0.3	10.6	555.6	79.2
	120	0~20	4.01	0.31	1.38	0.62	3.7	17.6	26.5	3.0
		~40	4.41	0.68	2.02	11.01	1.4	23.3	153.8	20.3
		~60	5.81	0.79	0.97	28.44	1.3	53.2	607.7	81.2
砂壤土 ・ 一条植	30	0~20	4.43	0.16	2.11	0.05	17.1	20.3	25.5	1.5
		~40	4.11	0.22	2.03	0.77	1.1	22.2	21.6	0.5
		~60	4.50	0.37	2.35	8.02	0.2	60.7	90.1	2.8
	60	0~20	4.93	0.11	1.62	0.06	7.8	19.1	35.4	2.8
		~40	4.78	0.17	1.62	tr	1.1	124.0	76.5	8.1
		~60	6.30	0.16	1.70	0.04	0.3	100.8	467.4	29.4
	90	0~20	4.57	0.16	1.78	0.30	3.7	17.7	17.6	1.3
		~40	4.23	0.26	3.24	2.01	0.3	52.4	15.6	1.8
		~60	5.81	0.33	1.78	1.95	0.5	42.6	407.4	47.4
	120	0~20	4.45	0.13	1.70	0.32	6.9	8.1	19.6	0.5
		~40	4.12	0.32	6.00	4.07	0.2	58.5	19.6	1.3
		~60	4.19	0.49	9.48	7.91	1.3	50.1	23.5	3.4

kg, 後者でも90kg前後に限界量があると考えられる。また多肥により塩基の溶脱を促進することからも(第3章第3節), これ以上の多量施用は不必要と考えられる。

本試験においても, 施肥はうね間だけに行ったので, とくに成木園では施肥範囲はきわめて少面積となり, 施肥位置の濃度はきわめて濃くなった。細根は株間を除き, ほぼ全面に分布していたことから, 整枝後, 緩効性の粒状肥料を株の上から散布すること等により施肥範囲を広め, 吸収率を高める方法も今後検討する必要がある。

一方, 栽植方法は神奈川県内においては二つの方法(1条植, 2条植)が行われており, 本試験では2条植のほうが幼木時, 摘採面積が広がるため収量的には有利となった。しかし, 2条植は苗木を多く必要とする欠点を持ち, また降雪時に株割れをおこすこともあるので注意を要する。

本試験では土壌の違いによる品質差についても検討したが, 壤土に比べ収量の少ない砂壤土のほうが, 新芽のアミノ酸含有率が高く, 逆にタンニン含有率が低いことが明らかとなった。これらの結果は, 両土壌の理化学性の違いが影響したものと考えられるが, とくに窒素の形態や交換性カルシウムの量の影響が大きいものと考えられる。すなわち石垣<sup>22)</sup>が, 土壌中のアンモニア態窒素

／硝酸態窒素比が高いほど新芽のアミノ酸含有率が高まることを示し, 河合ら<sup>37)</sup>は交換性カルシウムが多い土壌で新芽中の窒素含有率が低下することを示したように, 本試験の砂壤土では壤土に比べ硝酸態窒素が少なくアンモニア態窒素／硝酸態窒素比が高くなったこと, 交換性カルシウムも少なかったことにより新芽のアミノ酸含有率が高くなったものと考えられる。

また, 砂壤土で硝酸態窒素が少なかったのは, 砂礫が多く保水性が低かったため, 硝化した硝酸態窒素が早期に溶脱したことによるものと考えられる。さらに土壌の微生物活性が砂壤土では低いと考えられ, 硝化活性も低く, 硝酸態窒素が少ないのではないかと推察されるが, この点については本章第5節で検討する。

第2節 窒素の施用とアミノ酸組成

チャの品質と茶芽のアミノ酸組成には密接な関係があり<sup>62, 65)</sup>, 新芽の生育に伴うアミノ酸組成の変化<sup>13)</sup>や施肥窒素形態の違いによる変化<sup>22)</sup>, あるいは煎茶のアミノ酸組成の地域間差<sup>96)</sup>等についての報告がある。しかし, 窒素施用量と土壌およびこれらの組合せのもとで栽培した茶芽の特性についての報告は少ない。

本章第1節では、神奈川県内の代表的な2種類の土壌を1箇所に集め、土壌と窒素施用量の違いがチャの生育、収量、品質に及ぼす影響について調査し、とくに新芽の成分に影響が顕著であることを示した。

本節では、さらにこの試験で採取した新芽のアミノ酸組成について示した。

### 1. 試験方法

本章第1節の試験で1982年に一番茶の新芽を1心3葉で摘採したものについて、蒸熱、乾燥、粉碎後、熱湯浸出液について酢酸エチルによりタンニンを除去し、減圧濃縮して分析試料とした。分析はニンヒドリン試薬を用いたアミノ酸自動分析機（日本電子JLC-5AH型）によった<sup>49)</sup>。

### 2. 結果

各区の個別アミノ酸含有量を第4-10表に、分析値の分散比と有意性を第4-11表に示した。

全アミノ酸含有量は1,130mg%から2,700mg%の範囲内にあった。壤土では区間のバラツキがやや大きかったものの、窒素の増施に従い増加する傾向にあり、砂壤土では窒素90kg施用でピークに達し、それ以上の施用では減少した。これらの傾向は本章第1節で示した簡易分析の結果と同様であった。土壌別には壤土に対し砂壤土で多かった。

個別アミノ酸として16種のアミノ酸が定量されたが、このうちテアニンの含有量が最も多く、最も少ない区で700mg%、最も多い区で1,388mg%含まれており、全アミノ酸の60%前後を占めていた。次いでグルタミン酸、セリン、アスパラギン酸、アルギニンが多かったが、いずれも10%に満たなかった。

これらの含有量は各処理により異なったが、多くは全アミノ酸量と同じく窒素施用量の増加に従って多くなった。また土壌別には砂壤土で多い傾向にあったが、テアニン、フェニルアラニン、ヒスチジンにはとくに土壌の影響が大きく、グリシンには窒素施用の影響が大きく現われた。統計的に有意差は認められなかったものの、テアニン、アラニンにも窒素施用量の影響がみられた。

しかし、全アミノ酸量に対する個別アミノ酸の比率には、窒素施用量の影響はほとんど認められなかった。これに対し土壌の影響は認められ、とくにテアニン、グルタミン酸、アスパラギン酸、ヒスチジンの比率に顕著であった。すなわち、テアニン、ヒスチジンの全アミノ酸量に占める割合が、砂壤土で大きく、グルタミン酸、アスパラギン酸は壤土で占める割合が大きい傾向にあった。また、新芽中の全窒素含有量に対するアミノ酸含有量

の比率についても、窒素施用量の影響は認められなかったが、土壌の影響は認められ、砂壤土で高かった。

### 3. 考察

従来よりチャの味は個々のアミノ酸と、タンニンの量あるいは組成比に影響され<sup>62,65)</sup>、地域や茶期により味が異なるのは、これらの違いが主たる要因と考えられている。アミノ酸やタンニンの量は、土壌中の窒素含有量や窒素形態を始めとする土壌条件<sup>22)</sup>や気象条件、とくに温度と光量により左右される<sup>41)</sup>。

本節では気象条件は同一とし、土壌と窒素施肥量の違いが新芽のアミノ酸組成にどういった影響を及ぼすかを調査した。この結果、窒素施用量を変えることによって全アミノ酸量は変化するが、アミノ酸組成比への影響は少ないことが明らかとなった。一方、土壌の違いによって全アミノ酸量のみならず組成比も変化することが示された。とくにアミノ酸の60%以上を占め、チャの味を特徴づけていると考えられるテアニンや、グルタミン酸、アスパラギン酸等の比率が土壌によって異なった。すなわち神奈川県の西部に分布する砂壤土ではテアニンの比率が高く、中～北部に分布する壤土では全アミノ酸量は少ないものの、グルタミン酸やアスパラギン酸の比率が比較的高い結果を得た。

このように、土壌により全アミノ酸量が異なることは本章第1節で示したとおり、アミノ酸の生成は土壌中のアンモニア態窒素が多い条件下で促進されるため<sup>22)</sup>、硝酸態窒素に対し、アンモニア態窒素の比率の高い、すなわち硝化活性が低いと考えられる砂壤土で多い結果となったと思われる。これに対し、硝酸態窒素の多い壤土ではアミノ酸の生成には不利であり、総量として低下したものと考えられる。

また、テアニンやグルタミン酸、アスパラギン酸等の組成比が土壌によって異なったが、砂壤土では、窒素がアンモニア態窒素の形で多く取り込まれ、アンモニア態窒素の解毒物質と解されるテアニンをより多く生成した結果、テアニンの組成比も高まったものと考えられる。さらに、テアニンがグルタミン酸とエチルアミンによって合成<sup>80)</sup>されることから、エチルアミンあるいはその前駆体の一つとされるL-アラニンの生成<sup>89)</sup>にも土壌条件のなんらかが関与していると推察されるが、本実験からは明らかではない。しかし、これらの違いが産地別の味の特性を作りあげている一要因と考えられ、どういった組成が良いか必ずしも明らかでないものの、土壌の改良や施肥管理によっては、全アミノ酸量のみならず、組成比をも変え得ることを示唆するものである。



第4-10表 新芽のアミノ酸含有量と全アミノ酸に対する組成比

区 アミノ酸	1		2		3		4		5		6		7		8	
	含有量	組成比	含有量	組成比	含有量	組成比	含有量	組成比	含有量	組成比	含有量	組成比	含有量	組成比	含有量	組成比
	mg%	%	mg%	%	mg%	%	mg%	%	mg%	%	mg%	%	mg%	%	mg%	%
リジン	22.4	1.2	15.8	0.9	14.5	0.9	15.5	0.8	8.6	0.8	19.6	1.0	19.6	1.0	20.8	1.0
ヒスチジン	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	9.0	0.5	7.4	0.4	8.8	0.4
アルギニン	112.4	6.0	88.9	5.1	70.5	4.4	132.6	6.4	36.6	3.2	75.5	4.0	120.8	6.1	79.1	3.9
アスパラギン酸	143.7	7.7	129.7	7.4	140.1	8.7	143.3	7.0	88.1	7.8	145.8	7.7	155.9	7.9	156.2	7.7
スレオニン	63.6	3.4	70.1	4.0	68.1	4.2	72.1	3.5	50.2	4.4	63.0	3.3	60.9	3.1	64.5	3.2
セリン	147.7	7.9	155.9	8.9	123.5	7.6	147.9	7.1	91.1	8.1	135.3	7.2	153.0	7.8	155.8	7.7
テアニン	1,145.9	61.2	1,061.3	60.5	977.9	60.4	1,306.3	63.5	700.4	62.0	1,198.5	63.5	1,195.7	60.8	1,295.3	63.6
グルタミン酸	168.6	9.0	159.6	9.1	156.7	9.7	170.8	8.3	106.7	9.4	170.4	9.0	178.2	9.0	173.7	8.5
グリシン	3.3	0.2	3.8	0.2	4.4	0.3	4.1	0.2	3.0	0.3	3.6	0.2	4.9	0.2	4.3	0.2
アラニン	16.8	0.9	18.0	1.0	22.7	1.4	20.8	1.0	12.9	1.1	17.9	0.9	19.0	1.0	19.0	0.9
システイン	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
バリン	7.5	0.4	4.5	0.3	4.2	0.3	4.9	0.2	3.4	0.3	4.0	0.2	5.1	0.3	5.4	0.3
メチオニン	8.1	0.4	9.0	0.5	5.6	0.3	6.4	0.3	3.9	0.3	10.5	0.6	15.3	0.8	15.5	0.8
イソロイシン	4.5	0.2	5.9	0.3	4.0	0.2	5.1	0.2	3.3	0.3	4.9	0.3	6.4	0.3	6.0	0.3
ロイシン	8.0	0.4	7.0	0.4	7.5	0.5	5.9	0.3	4.5	0.4	6.7	0.4	6.9	0.4	6.8	0.3
チロシン	10.3	0.6	9.3	0.5	9.8	0.6	11.3	0.5	8.6	0.8	10.9	0.6	8.8	0.4	10.1	0.5
フェニルアラニン	9.9	0.5	14.2	0.8	9.9	0.6	11.7	0.6	8.2	0.7	12.6	0.7	12.8	0.6	14.4	0.7
合計	1,872.7		1,753.0		1,619.4		2,058.7		1,129.5		1,888.2		1,970.7		2,035.7	
アミノ酸/ 全窒素***	0.37		0.33		0.31		0.40		0.22		0.37		0.38		0.39	

区 アミノ酸	9		10		11		12		13		14		15		16	
	含有量	組成比	含有量	組成比	含有量	組成比	含有量	組成比	含有量	組成比	含有量	組成比	含有量	組成比	含有量	組成比
	mg%	%	mg%	%	mg%	%	mg%	%	mg%	%	mg%	%	mg%	%	mg%	%
リジン	19.6	1.1	19.0	0.9	20.7	0.9	21.2	1.0	16.0	0.9	18.8	0.9	22.3	0.8	17.6	0.9
ヒスチジン	7.8	0.4	10.5	0.5	14.4	0.6	10.4	0.5	6.6	0.4	8.1	0.4	11.5	0.4	10.8	0.5
アルギニン	67.9	3.9	121.3	5.8	152.1	6.7	111.0	5.3	93.7	5.1	132.5	6.0	165.0	6.1	108.8	5.3
アスパラギン酸	136.3	7.7	152.9	7.3	150.5	6.7	158.1	7.5	138.5	7.5	146.3	6.7	167.5	6.2	159.0	7.7
スレオニン	70.3	4.0	59.5	2.8	75.3	3.3	48.1	2.3	56.0	3.0	73.0	3.3	62.3	2.3	58.5	2.8
セリン	134.0	7.6	134.6	6.4	192.3	8.5	139.8	6.6	148.7	8.1	153.5	7.0	200.9	7.4	150.1	7.3
テアニン	1,087.9	61.8	1,333.5	63.7	1,415.5	62.6	1,352.5	64.3	1,161.1	62.9	1,424.7	65.0	1,787.7	66.2	1,311.8	63.7
グルタミン酸	157.0	8.9	178.9	8.5	168.2	7.4	174.0	8.3	153.8	8.3	165.8	7.6	199.6	7.4	168.4	8.2
グリシン	4.7	0.3	4.0	0.2	3.5	0.2	4.2	0.2	3.7	0.2	3.5	0.2	4.4	0.2	4.4	0.2
アラニン	17.3	1.0	19.3	0.9	20.1	0.9	20.0	1.0	19.9	1.1	20.2	0.9	24.7	0.9	19.1	0.9
システイン	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
バリン	4.8	0.3	4.0	0.2	5.6	0.2	5.4	0.3	4.9	0.3	5.7	0.3	6.7	0.2	6.1	0.3
メチオニン	16.1	0.9	18.2	0.9	6.7	0.3	14.9	0.7	7.1	0.4	7.4	0.3	9.1	0.3	8.9	0.4
イソロイシン	5.9	0.3	5.6	0.3	5.4	0.2	8.7	0.4	5.6	0.3	5.3	0.2	6.3	0.2	5.3	0.3
ロイシン	6.7	0.4	7.1	0.3	7.1	0.3	8.9	0.4	7.8	0.4	6.5	0.3	7.6	0.3	7.5	0.4
チロシン	8.6	0.5	10.6	0.5	9.1	0.4	11.9	0.6	9.9	0.5	8.2	0.4	10.5	0.4	9.6	0.5
フェニルアラニン	14.3	0.8	14.5	0.7	12.9	0.6	15.9	0.8	13.2	0.7	12.9	0.6	14.2	0.5	13.2	0.6
合計	1,759.2		2,093.5		2,259.4		2,105.0		1,846.5		2,192.4		2,700.3		2,059.1	
アミノ酸/ 全窒素	0.34		0.42		0.43		0.41		0.36		0.41		0.48		0.39	

\* 乾物当たり \*\* 全アミノ酸当たり \*\*\* 本章第1節

## 第4-11 各成分の含有量と全アミノ酸中の組成比における分散比と有意性

アミノ酸	窒素施用量 N		土壌 S		栽植密度 D		交 互 作 用					
							N×S		N×D		S×D	
	含有量	組成比	含有量	組成比	含有量	組成比	含有量	組成比	含有量	組成比	含有量	組成比
リジン	0.3	0.6	1.3	0.2	0.1	0.9	0.1	0.4	1.8	2.4	0.1	0.9
ヒスチジン	3.3	1.1	35.8**	18.0*	4.3	3.1	0.7	0.3	0.9	0.5	11.6*	8.0△
アルギニン	2.0	0.6	4.2	0.9	0.1	0.5	1.0	0.3	0.9	0.3	1.5	1.0
アルパラギン酸	2.0	1.9	2.2	21.2*	0.0	0.6	0.1	13.3*	1.1	3.3	0.1	2.0
スレオニン	1.1	0.8	0.1	3.5	2.1	0.5	2.1	0.1	1.6	0.6	1.4	0.0
セリン	2.3	0.9	3.1	1.3	0.0	0.0	2.1	0.8	0.7	0.6	1.3	0.2
テアニン	4.9	2.2	14.4*	12.1*	0.6	5.3	2.3	2.2	2.4	1.1	1.3	0.1
グルタミン酸	2.1	1.9	1.3	23.7*	0.1	1.4	0.2	4.1	1.8	0.4	0.3	0.8
グリシン	8.2△	0.6	1.2	0.2	0.0	0.2	9.5*	0.2	6.6△	0.2	0.4	0.2
アラニン	4.6	1.2	3.2	1.9	0.1	0.9	0.8	2.1	0.2	1.9	4.8	0.9
バリン	0.7	1.2	1.2	0.6	0.0	0.0	0.8	1.0	2.1	0.4	3.2	0.6
メチオニン	1.4	2.1	2.3	0.3	0.6	1.2	2.2	6.1	6.2△	8.6△	17.8*	43.2**
イソロイシン	1.0	6.3△	2.7	1.0	0.2	1.0	0.4	9.0△	1.1	3.7	0.8	25.0*
ロイシン	0.2	3.7	1.0	9.0△	0.5	1.0	0.4	19.7*	0.1	1.0	0.3	1.0
チロシン	0.6	1.7	0.0	3.4	0.4	0.1	0.1	1.2	0.3	0.8	0.0	0.6
フェニルアラニン	2.7	2.2	10.4*	0.1	0.1	1.0	1.9	2.2	1.6	0.7	1.4	5.4△
合 計	4.3		10.5*		0.1		1.7		2.1		1.1	
アミノ酸/全窒素		2.1		5.5△		0.0		0.7		1.1		0.2

\*\* : 1%, \* : 5%, △ : 10%水準で有意

なお、本章第1節で示した簡易分析による全アミノ酸測定値のほうが高い値を示すのは、簡易分析ではニンヒドリン陽性物質が存在するためと考えられている<sup>65)</sup>。

## 第3節 家畜ふんの施用

第2章第1節では家畜ふん施用の物理的効果として、イネわらマルチとともに傾斜地茶園における窒素肥料の流亡、溶脱防止に対して有効であることを示した。また大森ら<sup>74, 75, 88)</sup>は生家畜ふんの施用限界が多くの園芸作物ではきわめて高いが、チャに対しては比較的低いレベルにあることを示した。

本節ではチャに対する家畜ふんの最適な施用量をみいやすため、家畜ふんの連年施用が、土壌の化学性およびチャの生育に及ぼす影響について検討する。

## 1. 試験方法

## 1) 家畜ふんおよび化学肥料の施用方法

神奈川県津久井郡相模湖町寸沢嵐の多腐植黒ぼく土(土性L)に1973年4月に品種‘やぶきた’をうね幅180cm, 株間45cm, 条間30cmに2条植えした茶園を供試した。

家畜ふんとして堆肥化した牛ふん、乾燥した鶏ふん(第4-12表)を利用し、1978年より5か年間、牛ふんは10a当たり毎年2, 5, 10t, 鶏ふんは1, 2tを3月と8月の2回に半量ずつ施用した。また施用時期を検討するため、堆肥化した牛ふん5tを1月, 3月, 8月にそれぞれ全量施用する区を設けた。家畜ふん施用区にはこの他に硫酸アンモニウムを窒素成分で30kgずつ加えた(3, 6, 8月の3回に分施)。

標準区(家畜ふん無施用)は、窒素, リン酸, カリウムそれぞれ60, 30, 30kgを複合磷加安42号および硫酸アンモニウムにより施用した。窒素は3, 4, 6, 8月にそれぞれ20, 10, 10, 20kg, リン酸, カリウムは, 3, 8月にそれぞれ15kgずつ分施した。

家畜ふんはうね間に30cmの深さに混入した。化学肥料もうね間に施用したが断根の影響を同一とするため、

第4-12表 施用家畜ふんの成分 1982年(乾物%)

	水分	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
牛ふん	53.0	2.36	2.93	2.58	3.92	1.56
鶏ふん	11.5	4.21	5.77	2.63	10.35	1.09



表示はすべて乾土100g当たりのmgとした。

## 2. 結 果

### 1) 生育および収量

第4-13表に示すとおり、樹高は年々伸長したが、区間の差は認められなかった。また株張りも同様に広まったが区間の差は認められなかった。なお1982年に株張りが狭まったのは、隣のうねと接するまでになり、両端を切り落としたためである。

第4-14表に生葉収量を示したが、各区とも徐々に収量は増加し、1980年に最高収量を得た。しかし、1979年の一番茶を除き、各年、各茶期とも区間に有意差は認められなかった。

### 2) 荒茶の品質および新芽の成分

第4-15表に荒茶の官能審査の3か年平均値を示した。合計値では標準区の得点が高かったが有意差は認められなかった。また形状、色沢、香気、水色および滋味の審査各項目とも有意差は認められなかった。

新芽の成分の3か年平均値を第4-16表に示した。一番茶の全窒素含有率は各区とも5.5%前後、二番茶は3.8%前後を示し、アミノ酸含有率は一番茶で4.5%前後、二番茶では2.5%前後を示したが、タンニン含有率ではこれとは逆に二番茶がわずかに多かった。またアミノ酸含有率は家畜ふんの施用量が多くなるに従い低くなる傾向にあったが、3成分とも区間に有意差は認められなかった。さらに新芽の葉色にも有意差は認められなかった(第4-17表)。

### 3) 根群分布

家畜ふん施用5年目の細根量を第4-6図に示した。位

第4-15表 荒茶品質 (1980, '81, '82年平均)

区	形状	色沢	香気	水色	滋味	計	
1 牛ふん	2t	16.0	16.3	15.4	16.6	17.0	81.3
2 "	5t	16.4	18.0	18.0	16.7	17.4	86.5
3 "	10t	17.8	18.3	17.8	16.0	15.2	85.1
4 鶏ふん	1t	16.1	16.3	17.2	17.1	14.7	81.4
5 "	2t	16.4	17.3	16.1	18.7	17.1	85.6
6 標準		17.1	17.0	19.0	16.9	17.8	87.8
7 牛ふん	1月	16.7	16.6	17.3	16.2	17.2	84.0
8 "	3月	15.8	16.8	15.9	16.0	16.4	80.9
9 "	8月	17.0	17.7	18.1	15.8	15.6	84.2
有意性		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

置によるばらつきが大きかったが、各区とも上層に多く、またうね間に多い傾向が認められた。またうね間上層の家畜ふん施用位置では、施用量が多いほど細根量は少なくなる傾向が認められた。

### 4) 土壌の化学性の年次変化

各区土壌の化学性の変化を第4-7図に示した。

(1)pH: 標準区では1年目は5.9を示していたが年々低下し、3年目の8月以降は4.0前後まで低下した。しかし家畜ふんの施用が多くなるに従い低下率は小さくなり、各施用区では一時的に低下し、連年施用によりその後高まった。季節的には夏期に低くなる傾向がみられた。また牛ふんの施用時期による明らかな差はみられなかった。

(2)硝酸態窒素: 全般に家畜ふんの施用量が多いほど

第4-16表 新芽の成分 (%、1979, '81, '82年平均)

区	T-N*		アミノ酸*		タンニン*		乾物率**		
	一番茶	二番茶	一番茶	二番茶	一番茶	二番茶	一番茶	二番茶	
1 牛ふん	2t	5.68	3.84	4.27	2.50	14.11	14.95	22.0	21.0
2 "	5t	5.66	3.96	4.53	2.60	13.66	14.26	21.5	21.0
3 "	10t	5.59	3.75	4.12	2.35	14.27	14.97	21.7	21.0
4 鶏ふん	1t	5.52	3.84	4.53	2.50	14.31	14.68	21.6	21.2
5 "	2t	5.57	3.77	4.04	2.37	14.15	15.09	21.6	21.0
6 標準		5.63	3.81	4.45	2.62	14.09	14.34	21.6	21.1
7 牛ふん	1月	5.57	3.87	4.63	2.51	14.20	14.64	21.5	21.0
8 "	3月	5.49	3.81	3.97	2.45	15.19	15.18	21.9	21.4
9 "	8月	5.60	3.87	4.66	2.43	13.94	15.07	21.8	21.3
有意性		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

\* 乾物当たり \*\* 新鮮物当たり

第4-17表 新芽の葉色（第3葉，1982年）

区	一番茶				二番茶			
	L	a	b	b/-a	L	a	b	b/-a
1 牛ふん 2t	32.9	-9.0	13.9	1.54	33.2	-8.2	14.2	1.73
2 " 5t	32.4	-8.7	13.6	1.56	37.5	-9.8	17.2	1.76
3 " 10t	32.1	-8.1	13.3	1.64	36.4	-9.3	16.1	1.73
4 鶏ふん 1t	32.1	-8.1	13.1	1.62	35.9	-9.3	15.9	1.71
5 " 2t	32.7	-8.9	13.8	1.55	36.8	-9.5	15.9	1.67
6 標準	32.9	-8.6	13.6	1.58	35.7	-9.1	15.3	1.68
7 牛ふん 1月	33.7	-8.6	13.3	1.55	36.8	-9.5	16.3	1.72
8 " 3月	33.2	-9.1	14.5	1.59	38.2	-10.0	17.3	1.73
9 " 8月	33.0	-8.7	13.9	1.60	35.2	-9.1	15.2	1.67
有意性	n.s.			n.s.	n.s.		n.s.	

含有量は多くなった。季節的には夏期に多く、冬期はきわめて少なかった。家畜ふん施用区では年々多くなり、1982年5月には各区とも標準区より多くなった。しかし家畜ふんの施用時期による差は明らかでなかった。

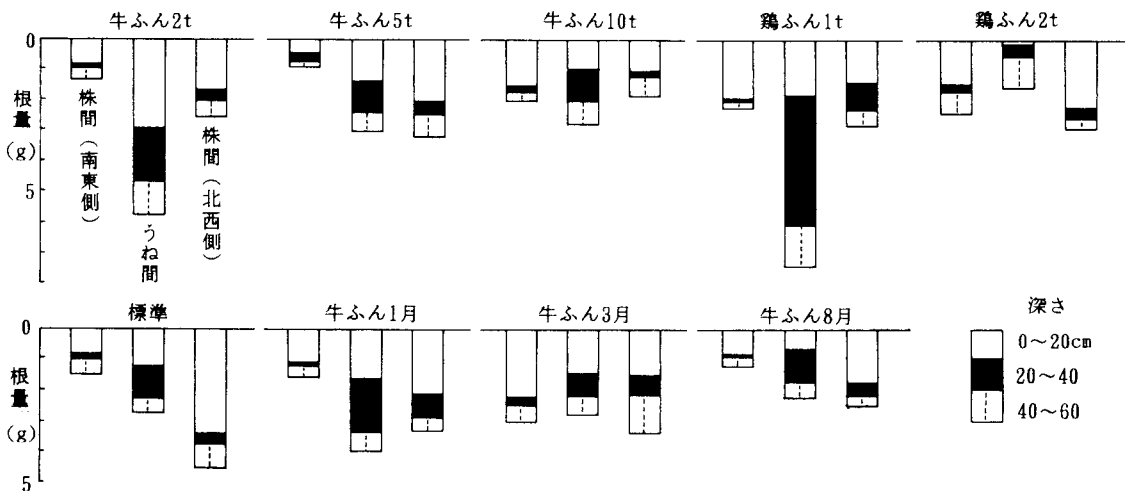
(3)アンモニア態窒素：家畜ふん施用区は各区、各時期とも含有量は少なかったが、標準区の含有量は比較的多かった。

(4)トルオーグリン酸：標準区ではほとんどの時期で10mg以下の含有量を示したが、家畜ふん施用区では施用量が多くなるに従い多くなり、年々増加した。とくに鶏ふん2t区では1982年5月には170mg以上の値を示した。また施用時期による差は小さかった。

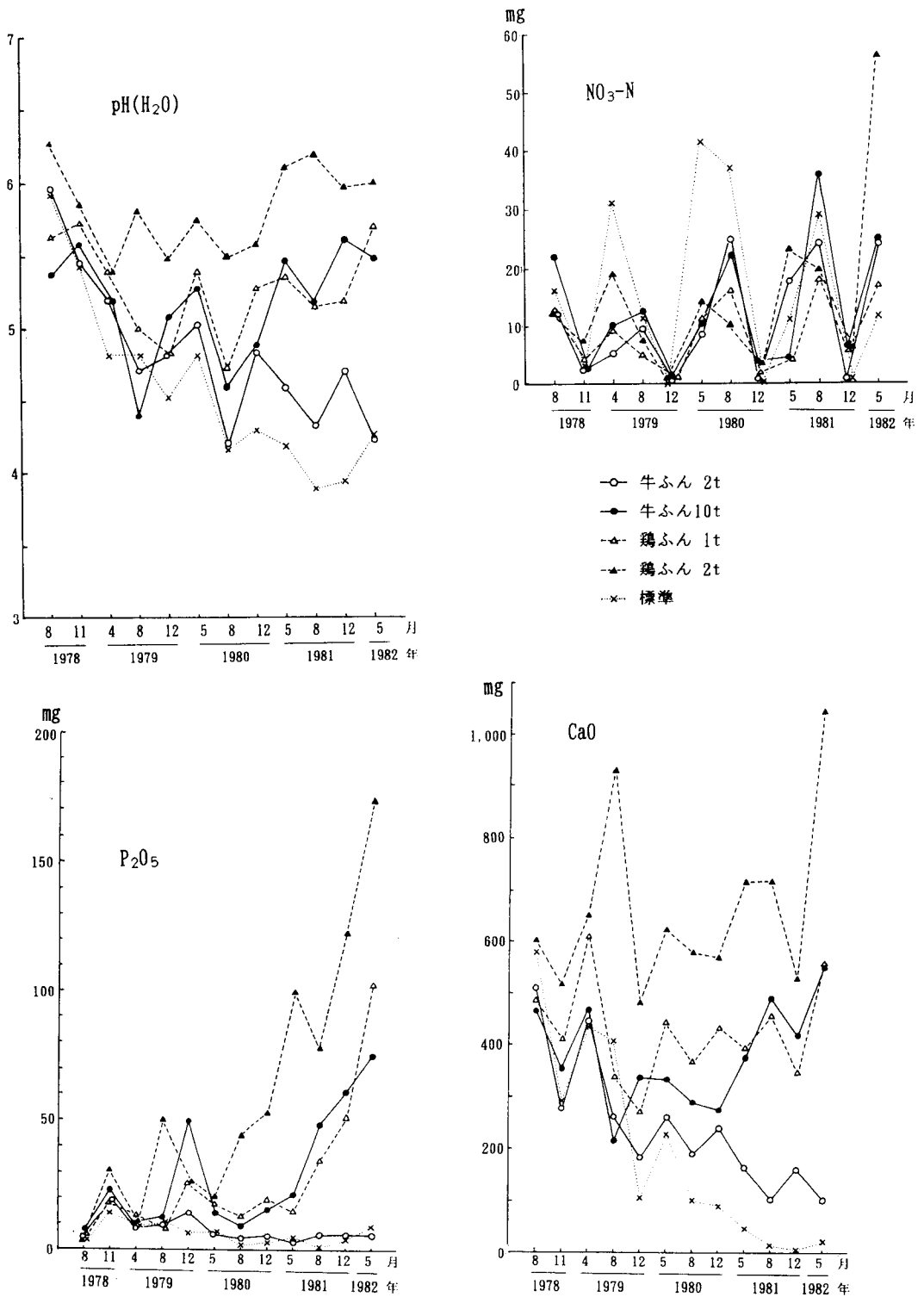
(5)交換性カリウム：標準区は毎年春に多く冬に少な

いパターンを示し、22mgから122mgの範囲内にあった。牛ふん2t区は最も変動が少なく、50mg前後で安定していた。しかし他の施用区では施用2～3年目にやや少なく、その後増加した。増加率はとくに牛ふん10t、5t区で顕著であり、1982年5月には牛ふん10t区で300mgを示した。季節的には牛ふん施用区では夏が、また鶏ふん施用区では冬に少なくなる傾向にあった。施用時期では1月、3月施用区は春が最も多く、夏、冬と減少したが、8月施用区では夏（施用前）の含有量が最も少なかった。

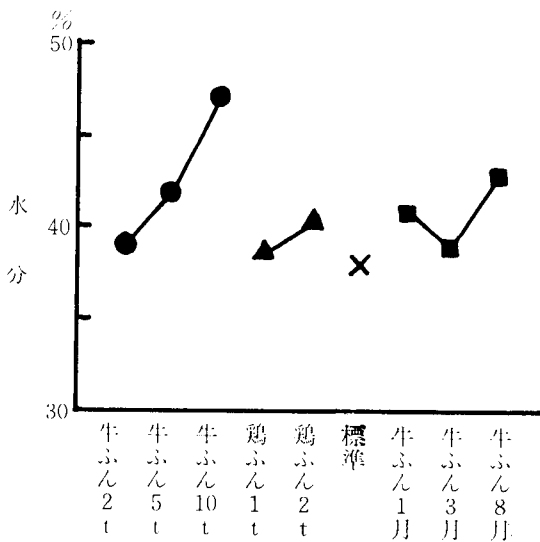
(6)交換性カルシウム：標準区は初期580mgを示したが年々低下し、4年目には50mg以下になった。牛ふん2t区も徐々に減少したが、最も少なくなった1982年でも105mgであった。牛ふん5t区では300mg前後で安定し、



第4-6図 細根の分布（1982年9月）



第4-7図 土壌の化学性の変化



第4-8図 土壤水分 (1981年12月)

10 t 区では一時減少したが、その後徐々に多くなり、1982年5月には560mgに達した。鶏ふん 1 t 区では牛ふん 10 t 区と同様な傾向を示した。鶏ふん 2 t 区では毎年最も多い値を示し、1982年5月には1,000mgを越えていた。

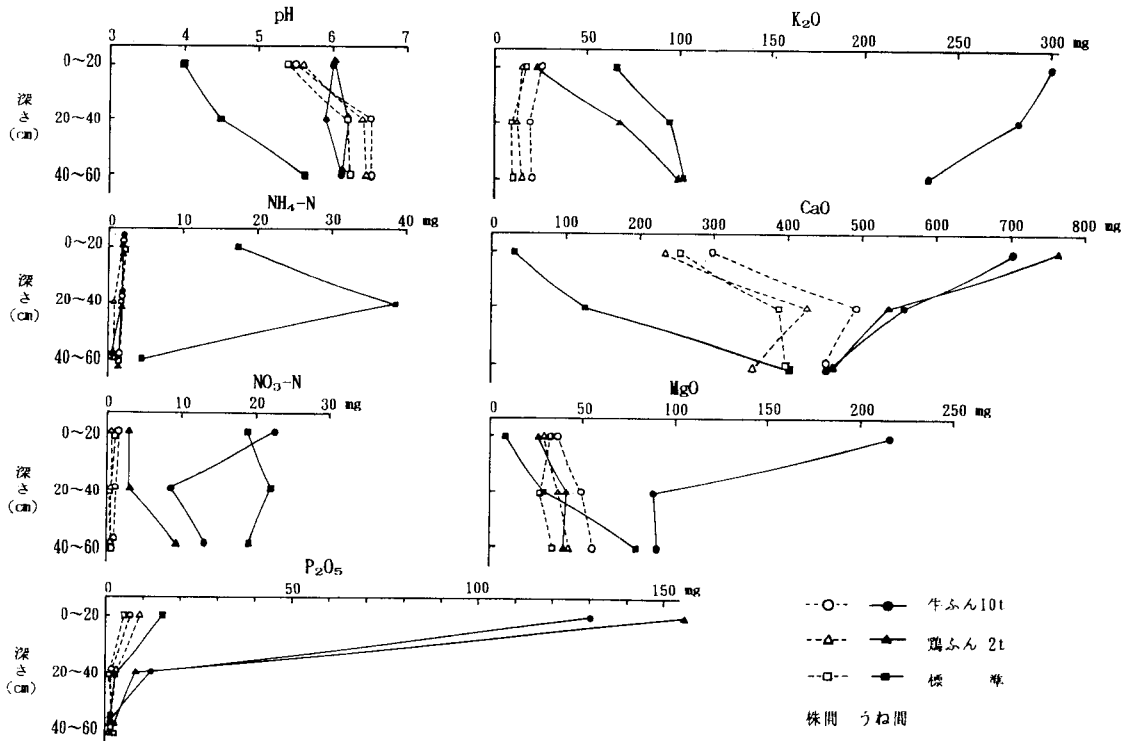
(7)交換性マグネシウム：標準区では初期68mgを示したが年々低下し、1981年12月には10mg以下となった。牛ふん 2 t 区、鶏ふん 1 t 区は30~40mg前後で推移したが、それ以上の施用区では年々増加傾向にあった。

なお、土壤水分は第4-8図に示すように、家畜ふんの施用量が多いほど高くなる傾向を示し、とくに牛ふん施用区で顕著であった。

5) 土壤の深さ別および位置別化学性

家畜ふん施用5年目の土壤で、深さ別および位置別の化学性を調査し、うね間および株間の調査結果を第4-9図に示した。

(1)pH：株間では各区とも差はみられず、上層で5.5前後、中、下層で6.5前後を示した。うね間では区間の差が大きく、標準区では上層で4.0以下で下層ほど高く



第4-9図 土壤の化学性の垂直分布 (1982年9月)

第4-18表 C E C と 塩 基 飽 和 度

区	C E C	塩 基 飽 和 度						
		K <sub>2</sub> O		CaO		MgO		
		'81年5月	'82年5月	'81年5月	'82年5月	'81年5月	'82年5月	
	me	%	%	%	%	%	%	
1 牛 ふ ん	2t	40.7	3.0	3.8	14.6	9.2	4.4	3.3
2 " "	5t	43.8	5.9	9.5	26.4	27.9	8.6	10.9
3 " "	10t	53.2	6.8	11.9	25.4	37.2	9.3	12.3
4 鶏 ふ ん	1t	44.5	5.1	6.3	31.7	44.9	3.4	0.1
5 " "	2t	50.0	7.5	6.2	51.3	75.0	6.9	10.9
6 標 準		38.0	3.3	6.8	4.4	2.3	2.1	1.2
7 牛 ふ ん	1月	41.7	6.1	5.9	23.3	11.9	8.2	5.2
8 " "	3月	41.6	7.7	10.5	22.2	20.5	6.9	7.3
9 " "	8月	49.5	2.9	5.2	18.0	36.5	5.3	11.6

なったが6.0には達しなかった。これに対し家畜ふん施用区では施用量に比例して高くなった。とくに上層で顕著であり、牛ふん10t、鶏ふん2t区では株間のpHより高い値を示した。

(2)硝酸態窒素：株間では各区、各層ともきわめて少なかったが、うね間では標準区および家畜ふんの施用量が多い区で、各層とも多かった。

(3)アンモニア態窒素：標準区はうね間の上中層で多かったが、株間できわめて少なかった。その他の区では各位置、各層ともきわめて少なかった。

(4)トルオーグリン酸：株間では各区とも上層でやや多かったが、いずれも10mg以下であった。うね間上層では家畜ふんの施用量が多い区できわめて多くなったが、中、下層の量は少なく、また区間の差も小さかった。

(5)交換性カリウム：株間で各区、各層とも10~35mgの範囲内にあったが、うね間では家畜ふんの施用量が多いほど多く、また下層ほど多い傾向にあった。牛ふん10t区では上、下層ともきわめて多く、上層で300mg、下層で234mgを示した。

(6)交換性カルシウム：株間では上層で300mg前後、中、下層で500mg前後を示し、区間の差は認められなかった。うね間では標準区の上層で12mgときわめて少なく、下層ほど多くなった。しかし家畜ふんの施用量が多くなるほど上層の含有量が増加し、牛ふん10t区、鶏ふん2t区では中、下層を上回った。また下層の含有量は各区とも差が小さかった。

(7)交換性マグネシウム：株間では下層ほどやや高い値を示し、区間の差はみられなかった。うね間では標準区の上層で8mgと少なく、下層ほど多くなった。家畜ふ

ん施用量が多い区では上層の含有量が増加した。

なお、各位値、各層とも施肥時期による差は小さかった。

### 3. 考 察

大森ら<sup>75)</sup>は生家畜ふんの施用限界を求める試験で、牛ふん10a当たり、年間30t、鶏ふんで10t程度まで施用できることを示した。しかし、やや生育の抑制が認められ、チャに好適な土壌環境を与える数値を示したものはなかった。

そこで、本試験では比較的使用しやすい堆肥化した牛ふんと乾燥した鶏ふんを用いて、好適な土壌環境を維持するためその施用量について検討した。

牛ふんの10t、鶏ふんの2tまでの施用量では、多量施用区で施用位置の細根がやや減少したが、生育抑制あるいは減収を招くには至らなかった。逆に増収効果も認められなかった。また品質に対しても、荒茶の官能審査値や味の成分であるアミノ酸、タンニン含有率あるいは葉色にも明らかな影響は認められなかった。このことは窒素を加えれば、他のすべての成分を家畜ふんで代替することは可能であるが、家畜ふんの積極的な効果は得られないことも示すものである。

一方、土壌環境からみると、家畜ふんの連年施用により、pHの上昇、トルオーグリン酸や交換性塩基の蓄積が顕著になってくる。とくに鶏ふん2t、1t区、牛ふん10t区のpHおよびトルオーグリン酸、牛ふん10t、5t区、鶏ふん2t区の交換性カリウム、鶏ふん2t、1t区、牛ふん10t区の交換性カルシウム、牛ふん10t区の交換性マグネシウムで顕著であった。また無機態窒素、とくに硝酸態窒素が家畜ふん施用区で増加する傾向が認



められた。

家畜ふん施用区においても交換性カリウムや交換性カルシウム等が一時的に減少したが、これは溶脱やチャの吸収による減少と家畜ふんの分解による供給に時間的ずれが生じたためと考えられる。

pHおよび塩基に関して河合ら<sup>37)</sup>は、CECに対する塩基の飽和度が、カリウム：10%、カルシウム：25%、マグネシウム：5%あるいはカリウム：10%、カルシウム+マグネシウム：30~50%が最適であるとし、またこの時のpHは5.0~5.5付近にあったため、これを最適pHとした。第4-18表は1981年および1982年5月の塩基飽和度を示したものであるが、この基準からすると、カリウムは1982年の牛ふん10t区が、また両年ともカルシウムでは牛ふん10t、5t区、鶏ふん2t、1t区が、マグネシウムでは牛ふん10t、5t区、鶏ふん2t区が基準値を越えており、塩基の過剰傾向を示していた。pHは鶏ふん2t区は両年とも、鶏ふん1t区は1982年がやや上回り、牛ふん10t区も上限に達していた。またこれらの値は年々増加する傾向にあった。

したがって土壌環境からみても、連年施用する場合、牛ふんでは2t、鶏ふんでは1t以下が適当な施用量と考えられた。

ただし、現在のCECの測定は、pHを7.0に設定して行うため<sup>50)</sup>、茶園のように低pH下の土壌に適應するには問題点も指摘されており<sup>47, 95)</sup>、また家畜ふんの施用により高くなったCECに対して、すべて飽和度を一律に適用することにも問題があると考えられる。標準区のようにpH4.0前後で、交換性カルシウム、マグネシウムがきわめて少ない土壌でも、根量あるいは地上部の生育でみる限り、明らかな生育抑制はみられていない。また、最適pH、塩基飽和度が、もう少し低いところにあるのではないかと、この報告があり<sup>17, 52)</sup>、小菅<sup>48)</sup>は4.5~5.0を目標とすべきであると報告している。

家畜ふんの連年施用では当初、有機物の蓄積がないため、無機態窒素がやや不足し、また土壌によってその後の分解能も異なる。したがって、個々の土壌診断により常に監視しながら調整することが必要である。

塩基含有量が、前述の基準値を越えた土壌であっても、生育に明らかな差を示さなかったのは、肥料や家畜ふんの施用位置が180cmのうね幅のわずかに30~40cmに集中しており、また肥料および細根の垂直分布で示したようにその影響が深層にまでおよばなかったことから、茶樹全体としては大きな影響を受けなかったものと思われる。

家畜ふんの施用時期は1、3、8月とも生育に差が認

められなかった。土壌中の無機成分の季節変化はやや異なったが、これらの時期の施用であれば、とくに問題はないと考えられる。しかし、根群の発達は秋以降に活発になることや、この時期の深耕はチャに悪影響を及ぼすことが知られているため<sup>30, 81, 82)</sup>、土壌中に深く家畜ふんを施用する場合は、深耕ぐわを用いる等して断根の影響を避ける工夫が必要であろう。

#### 第4節 硝化抑制剤とカルシウム資材の施用

これまでもみてきたように、チャの品質のうち最も重要と思われるのは味であるが、味は新芽に含まれるアミノ酸やタンニン等に影響され、とくにアミノ酸を多く含むチャの味が良いことが知られている<sup>62, 65)</sup>。したがって、チャの品質、とくに味を向上させるには新芽のアミノ酸含有率を高めることが重要である。一方、アミノ酸は、土壌からの窒素の吸収量に従って増加し、とくにアンモニア態窒素の多い土壌で増加することが明らかにされている<sup>22)</sup>。

しかしアンモニア態窒素は土壌中で硝化されるため、土壌中のアンモニア態窒素を長時間保持することが品質の向上に寄与することとなる。この最も直接的な方法は硝化抑制剤を使用することであるが、これまでチャに硝化抑制剤を使用した試験例はほとんどみられない。また、硝化には土壌微生物が関与するが、この微生物活性はpHや土性等、土壌の理化学的性の違いの影響を受けると考えられる。このため硝化抑制剤の施用とpHの調節を目的とした苦土炭酸カルシウム（以下苦土炭カル）の施用量、そして土壌の違いが硝化活性やチャによる窒素吸収、アミノ酸の生成等に及ぼす影響を調査した。

##### 1. 試験方法

###### 1) 供試土壌、栽培方法および試料の採取

幅1.5×2m、深さ1mの無底枠に2種の土壌をそれぞれ8基ずつ充てんし、1983年に3年生の‘やぶきた’を1区7株ずつ植え付けた。これに第4-19表に示したとおり土壌2水準、硝化抑制剤2水準および苦土炭カル4水準をとり、L16直交表に割り付けた。硝化抑制剤とし

表4-19表 要因の割り付け

要 因	水 準
土 壌	2:壤土（神奈川県津久井郡相模湖町寸沢嵐）、 砂壤土（神奈川県足柄上郡山北町川西）
硝化抑制剤	2:施用、無施用
苦土炭カル	4:10a当たり 0, 100, 200, 300kg

第4-20表 供試土壤の理化学性

(乾土当たり)

土壤	土壤統	土色	土性	礫 (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	T-C (%)	T-N (%)	CEC (meq/100g)	NH <sub>4</sub> -N (mg/100g)	NO <sub>3</sub> -N (mg/100g)	トルオーグ		交換性塩性 (mg/100g)		
											P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100g)	CaO	MgO		
壤土	久米川統	7.5YR2/2	L	8.1	6.05	4.86	0.294	35.1	0.73	0.43	0.8	49	516	61	
砂壤土	日下部統	10YR2/3	CoSL	30.6	5.52	1.44	0.098	13.0	0.32	1.20	5.2	27	158	28	

てジシアンジアミドを使用した。

肥料は1983年は6月と8月に、1984年は4月(2回)、6月、8月に、1985年以降は3月、4月、6月、8月に施用したが、窒素、リン酸、カリウムの年間合計施肥量は1983年は10a当たりそれぞれ20kgずつ、1984年はそれぞれ50、30、30kg、1985年以降はそれぞれ60、30、30kgとした。窒素肥料として硫酸アンモニウムを、リン酸には過リン酸石灰を、カリウムには塩化カリウムをあてたが、硝化抑制剤施用区のみ、窒素の20%をジシアンジアミドで置き換えた。また、苦土炭カルは毎年8月に全量施用した。

チャ新芽の摘採は1987年までは一番茶(5月)のみとし、1988、1989年は二番茶についても行った。摘採部位は1心3葉程度とし、摘採後ただちに蒸熟、乾燥して成分分析にあてた。また適宜採土し、土壤の理化学性の分析、微生物相、硝化活性の調査にあてた。

供試土壤の理化学性を第4-20表に示したが、本報では便宜上土性をもって土壤名とした。CECは壤土が35.1 meq、砂壤土が13.0 meqであり、全窒素、全炭素、アンモニウム態窒素、塩基類は壤土に多く、pHはそれぞれ6.05、5.52であった。また、硝酸態窒素、トルオーグリン酸は砂壤土に多かった。なお、壤土は神奈川県津久井郡相模湖町寸沢嵐の畑土壤、砂壤土は神奈川県のチャの主産地である足柄上郡山北町から搬入した砂礫の多い土壤である。

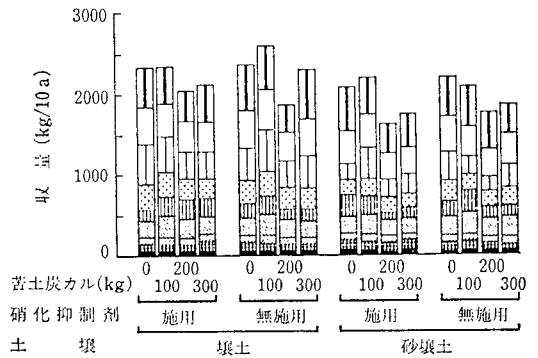
2) 新芽の成分分析, 葉色測定

全窒素はケルダール法、アミノ酸はニンヒドリンによる簡易定量法<sup>64)</sup>、タンニンはチャの公定分析法<sup>69)</sup>により分析を行った。また、葉色を色差計により測定した。

3) 土壤分析

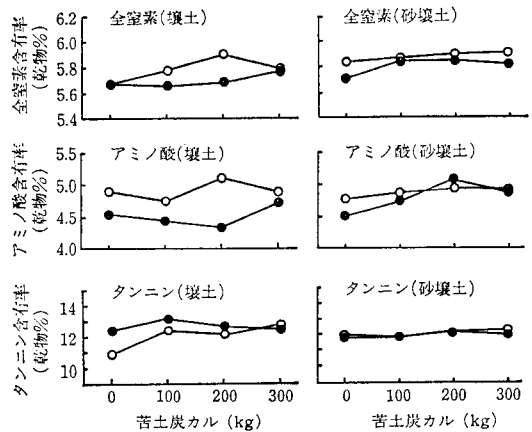
全窒素はケルダール法、全炭素はウォークレイ法、CECはセミマイクロシヨールンベルガー法により分析を行った。

またpH(H<sub>2</sub>O)はガラス電極法、アンモニウム態窒素はハーバー法およびプレムナー法、硝酸態窒素はフェノール硫酸法およびプレムナー法、亜硝酸態窒素はプレムナー法によった。さらにトルオーグリン酸はトルオーグ法、交換性カリウムは炎光法、交換性カルシウムおよび交換性マグネシウムは原子吸光法によった。



■ 1984年一番茶, □ 1985年一番茶, ▨ 1986年一番茶  
▩ 1987年一番茶, ▤ 1987年二番茶, ▦ 1988年一番茶  
▧ 1988年二番茶, □ 1989年一番茶, ▨ 1989年二番茶

第4-10図 6か年の累積収量



第4-11図 新芽の全窒素, アミノ酸およびタンニン含有率(一番茶, 1984~1989年平均値)

○, 硝化抑制剤施用; ●, 硝化抑制剤無施用。

4) 微生物相

1989年9月25日に表層より20cmまでの土壤をうね間より採取し、糸状菌はローズベンガル寒天培地により、放線菌および細菌はアルブミン寒天培地により培養、計数

を行った。

#### 5) 硝化活性

1988年2月1日、硝化抑制剤無施用土壌の表層より20cmまでの土壌をうね間より採取し、プラスチック培養法により調査した。培養にあたっては硫酸アンモニウムを用い、窒素を乾土100g当たり25mg添加した。また、土壌水分は

最大容水量の60%程度として30℃の恒温器で培養し、適時取り出しプレムナー法によりアンモニア態窒素、亜硝酸態窒素および硝酸態窒素の分析を行った。

さらに1988年11月15日、同様の方法で採土、硝化活性の調査を行ったが、この際、圃場試験と同様に窒素の20%をジシアンジアミドと置き換えた土壌を設けた。

第4-21表 各項目の分散比と有意性

項 目	年	土 壌 S	硝化抑制剤 D	苦土炭カル C	交 互 作 用			
					S×D	S×C	D×C	
収 量	一 番 茶	1984	0.2	0.7	0.1	1.0	0.2	1.2
		1985	7.4 <sup>△</sup>	2.4	1.6	0.1	1.8	3.7
		1986	2.1	0.0	1.0	0.1	0.1	0.0
		1987	0.0	3.2	9.2 <sup>△</sup>	5.1	1.3	0.3
		1988	33.7*	1.6	3.0	0.5	0.4	0.4
		1989	5.9 <sup>△</sup>	4.6	4.8	1.0	0.2	1.2
	二 番 茶	1987	0.2	0.4	1.6	0.7	1.1	0.1
		1988	8.3 <sup>△</sup>	0.0	1.3	0.0	0.1	0.2
		1989	0.9	1.3	3.0	1.2	1.6	0.1
	合 計		18.0*	0.9	9.5*	0.0	0.4	0.2
新芽の成分 (一番茶)	全 窒 素	1984	3.9	0.0	0.8	0.1	0.2	0.1
		1985	1.5	0.2	0.9	0.0	0.3	0.7
		1986	192.0**	8.3 <sup>△</sup>	22.9*	4.7	3.3	2.5
		1987	0.3	365.0**	26.1*	2.8	61.2**	6.7 <sup>△</sup>
		1988	3.2	2.5	0.4	0.6	0.5	1.4
		1989	1.6	4.1	0.6	1.7	0.5	1.0
		平均値	7.3 <sup>△</sup>	4.8	2.0	0.1	0.1	0.3
	アミノ酸	1984	4.4	0.4	0.6	0.2	0.3	0.0
		1985	0.3	0.0	0.2	0.1	0.4	0.1
		1986	43.0**	21.2*	8.6 <sup>△</sup>	5.5 <sup>△</sup>	2.3	3.3
		1987	377.6**	227.9**	7.8 <sup>△</sup>	9.7*	12.0*	3.6
		1988	14.8*	21.3*	1.0	11.3*	0.1	1.4
		1989	0.2	2.7	0.7	0.2	0.2	0.5
	平均値	1.3	5.8 <sup>△</sup>	0.9	3.0	0.7	0.3	
	タンニン	1984	9.9 <sup>△</sup>	0.2	0.1	0.2	0.4	0.3
		1985	64.2**	0.1	3.0	1.8	2.1	6.8 <sup>△</sup>
		1986	36.8**	9.9 <sup>△</sup>	2.9	0.3	5.7 <sup>△</sup>	14.3*
1987		3.9	2.0	0.3	6.4 <sup>△</sup>	2.5	0.3	
1988		1.6	0.0	1.0	0.3	1.0	0.2	
1989		5.2	0.0	8.6 <sup>△</sup>	2.8	2.9	4.7	
平均値	4.7	1.9	2.3	3.7	1.9	1.4		
葉 色 (一番茶)	L	1984	2.6	1.6	5.7 <sup>△</sup>	0.9	8.1	3.9
		1985	5.6 <sup>△</sup>	0.1	0.7	0.5	1.7	0.0
		1987	21.0*	1.8	0.2	1.1	1.6	0.2
	b/-a	1984	5.2	1.9	0.3	0.2	10.4*	3.8
		1985	0.3	3.9	2.7	0.0	4.3	2.2
		1987	0.0	0.0	0.3	0.8	0.2	0.9

\*\*1%, \*5%, △10%水準で有意

第4-22表 一番茶収穫物中のアミノ酸含有量  
(1984~1989年の平均値)

土 壤	硝化抑制剤	苦土炭カル (kg/10a)	アミノ配合含有量 (kg/10a)
壤 土	施 用	0	1.82
		100	1.92
		200	1.78
		300	1.79
	無施用	0	1.75
		100	1.82
		200	1.55
		300	1.64
砂壤土	施 用	0	1.65
		100	1.72
		200	1.50
		300	1.47
	無施用	0	1.63
		100	1.64
		200	1.48
		300	1.64

硝化速度としてアンモニア態窒素が乾土100g、1日当りに消失する量 (mgN/乾土100g・d) として示した。

## 2. 結 果

### 1) 生育, 収量

第4-10図に6か年の累積収量を、第4-21表に収量と土壌の種類、硝化抑制剤、苦土炭カル施用との間の分散分析結果を示した。収量は年がすすむと増加し、累積収量は土壌別では壤土で多く、苦土炭カル0~100kg施用区で多かった。しかし硝化抑制剤の増収効果は認められなかった。

### 2) 新芽の成分, 葉色

全窒素, アミノ酸およびタンニンの乾物中の含有率の平均値を第4-11図に示した。

全窒素含有率は土壌別には砂壤土で高く、いずれの土壌も硝化抑制剤施用区で高い傾向を示した。また苦土炭カル無施用区でやや低かった。

アミノ酸は土壌別には壤土で高く、硝化抑制剤施用区で高かった。また壤土では明らかでなかったが、砂壤土では苦土炭カル無施用区で低かった。

タンニンは全窒素やアミノ酸とは逆に土壌別では壤土で高かった。壤土では硝化抑制剤無施用区で高かったが砂壤土では硝化抑制剤の影響は認められなかった。また硝化抑制剤施用の壤土のみ苦土炭カル無施用区で低かった。

収量と同様に新芽の成分と各要因との間の分散分析結

第4-23表 微生物数 (乾土1g当たり)

土 壤	硝化抑制剤	苦土炭カル (kg/10a)	糸状菌 ( $\times 10^6$ )	放線菌 ( $\times 10^4$ )	細菌 ( $\times 10^8$ )
壤 土	施 用	0	65.5	434	101
		300	89.8	477	170
	無施用	0	88.9	216	66.6
		300	105	322	185
砂壤土	施 用	0	69.7	95.9	62.3
		300	51.2	195	99.8
	無施用	0	71.0	82.2	40.3
		300	52.3	172	104

果を第4-21表に示したが、有意差の認められる年とそうでない年がみられた。すなわちアミノ酸では土壌または硝化抑制剤との間に有意差が認められたのは1986, 1987, 1988年であり、苦土炭カルとの間では1986年と1987年であった。

第4-22表には単位面積当たりの収穫物に含まれるアミノ酸量を示した。土壌別には壤土で多く、いずれの土壌も硝化抑制剤施用区で多い傾向にあり、また、苦土炭カル100kg施用区で多かった。

新芽の葉色の分散分析結果を第4-21表に示した。このうち明度(L値)には土壌の影響が認められたが、硝化抑制剤、苦土炭カルの影響は小さかった。また色相(b/-a値)にこれら各要因の影響は認められなかった。

### 3) 微生物相

各土壌の苦土炭カル無施用区および300kg施用区の微生物相を第4-23表に示した。

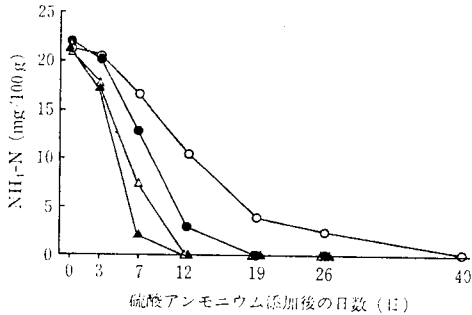
壤土の糸状菌は苦土炭カル300kg施用区が無施用区よりやや多く、砂壤土では無施用区でやや多かった。土壌別には壤土で多い傾向にあった。放線菌、細菌はいずれの土壌も苦土炭カル300kg施用区で多かった。土壌別には同様に壤土で多かった。

### 4) 硝化活性

第4-12図に壤土における硝化抑制剤無施用土壌のアンモニア態窒素の消長を示した。

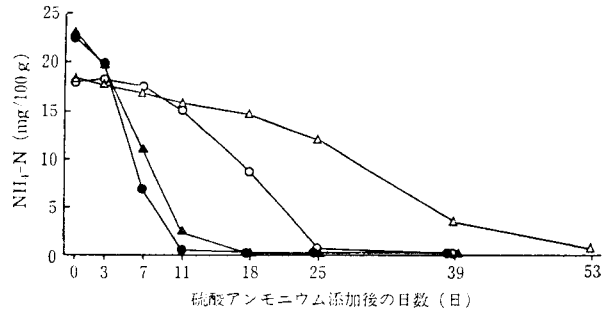
硫酸アンモニウム添加時の窒素形態はアンモニア態窒素がほとんどを占めたが、時間の経過に従い硝酸態窒素が増加しアンモニア態窒素が減少した。亜硝酸態窒素はきわめて少なかった。

硝化速度は土壌および苦土炭カル施用量によって異なり、各土壌とも苦土炭カル施用量の増加に伴って早くなった。すなわち、壤土の硝化速度 (mgN/乾土100g・d、以下同様) は苦土炭カル無施用で1.05mg、100kg施用で1.90



第4-12図 壤土における苦土炭カル施用量の違いとNH<sub>4</sub>-Nの消長

○, 苦土炭カル無施用; ●, 100 kg 施用; △, 200 kg 施用; ▲, 300 kg 施用。



第4-13図 硝化抑制剤添加の有無とNH<sub>4</sub>-Nの消長

●, 壤土, 硝化抑制剤無添加; ○, 壤土, 硝化抑制剤添加; ▲, 砂壤土, 硝化抑制剤無添加; △, 砂壤土, 硝化抑制剤添加。

mg, 200kg施用で2.55mg, 300kg施用で3.73mgであった。またアンモニア態窒素の90%以上が硝化するのに要する日数はそれぞれ27, 15, 11, 9日と推定された。

第4-13図には硝化抑制剤を添加あるいは無添加とした土壌のアンモニア態窒素の消長を示した。

前項と同様に硫酸アンモニウム添加時の窒素形態はアンモニア態窒素がほとんどを占めたが、時間の経過に従い硝酸態窒素が増加し、アンモニア態窒素が減少した。

この硝化速度は砂壤土より壤土で早く、壤土で3.25mg, 砂壤土で2.14mgであった。また90%以上が硝化するのに要する日数はそれぞれ10, 12日と推定された。

しかし、この土壌にジシアンジアミドを添加すると硝化は抑制され、抑制の程度は砂壤土で大きかった。硝化速度は壤土で0.81mg, 砂壤土で0.36mgであった。また90%以上が硝化するのに要する日数は、それぞれ26, 47日と推定された。

#### 5) 土壌の化学性

第4-24表に1985年9月27日(施肥1か月後)の土壌の化学性を示した。pH(H<sub>2</sub>O)は3.9~5.7の範囲内にあり、苦土炭カル施用量の増加に従って高くなった。硝化抑制剤施用土壌ではアンモニア態窒素が多い傾向にあり、また、苦土炭カルの施用量に従って少なくなる等、圃場に

第4-24表 秋期における土壌の化学性

(乾土当たり)

土 壌	硝 化 抑制剤	苦土炭カル (kg/10a)	pH (H <sub>2</sub> O)	NH <sub>4</sub> -N (mg/100g)	NO <sub>3</sub> -N (mg/100g)	トルオーク P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100g)	交換性塩基 (mg/100g)		
							K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
壤 土	施 用	0	4.45	29.5	15.7	0.7	79	233	11
		100	4.81	32.0	23.7	5.3	128	404	41
		200	5.19	13.5	31.4	4.6	128	505	84
		300	5.70	2.4	29.0	4.6	108	645	117
	無施用	0	4.34	25.5	20.1	1.2	132	227	20
		100	4.31	14.2	36.3	2.9	100	297	46
		200	4.71	4.0	40.7	3.8	87	328	64
		300	5.11	2.4	40.7	2.4	136	524	116
砂 壤 土	施 用	0	4.12	16.7	4.4	7.9	55	78	3
		100	4.49	8.7	8.7	14.1	32	79	15
		200	5.05	5.1	7.9	18.9	33	144	27
		300	5.39	8.8	12.4	24.0	67	240	50
	無施用	0	3.92	11.9	4.3	8.4	30	42	5
		100	4.39	7.9	7.7	11.1	47	96	18
		200	4.81	6.5	8.7	16.4	40	135	26
		300	5.01	3.6	11.8	33.8	51	227	37

においても、硝化に対する両資材の影響が認められた。

### 3. 考 察

チャは品質の良否により価格が大きく変わるため、品質向上への期待を込めて窒素の多量施用を行い、アミノ酸含有率を高めようとする施肥法が行われている<sup>20)</sup>。しかし、多肥は生産費の上昇を招き、また肥料成分の溶脱による河川への流出、汚染も懸念される(第3章第3節)。このため、肥料の増施によらず肥料、とくに窒素肥料そのものの利用率を高める技術開発が求められてきた。

石垣<sup>22)</sup>はチャの砂耕栽培において、アンモニア態窒素と硝酸態窒素の比率が5:5で生育が最も優り、新芽のアミノ酸含有率はアンモニア態窒素のみのとき最も高くなることを示した。著者はこの結果を受け、茶園に施用する窒素をできる限りアンモニア態窒素の比率の高い状態にすることを目的に、硝化抑制剤の施用と硝化活性に影響があると思われる苦土炭カルの施用、そして土壌の3要因を組み合わせて実験を行った。

その結果、硝化抑制剤の施用により新芽の全窒素およびアミノ酸含有率が高まることが明らかとなった。これは硝化の抑制により、土壌中でのアンモニア態窒素が長期間維持されたことによる窒素吸収率の向上とそれに伴うアミノ酸の生成によるものと考えられる。

土壌の違いでは砂礫の多い土壌に栽植したチャのほうがアミノ酸含有率が高い傾向にあった。これを窒素の動態からみると、一つには砂礫の多い土壌では保水性が小さく硝酸態窒素の溶脱が速やかに行われること(第3章第2節)とともに、本実験で得られたように硝化活性が低いことによって、アンモニア態窒素の比率が高く維持されたためと考えられる。

一方、苦土炭カルの施用によりpHが上昇し、硝化は早まったにもかかわらず、全窒素やアミノ酸含有率が低下することはなかった。しかし苦土炭カル多量施用土壌の収量は減じていることから単位面積当たりの収穫物中に含まれるアミノ酸量も少なくなり、同様に低pHでの硝化の抑制状態は窒素の利用効率そのものを高めるといえることができる。したがって苦土炭カルの施用量は、収量も多くアミノ酸含有率の低下もない年間10a当たり100kg程度が適当と考えられる。

一般に茶園土壌のpHはきわめて低い<sup>7, 25, 47)</sup>にもかかわらず生育の低下はみられず、品評会での上位入賞茶園のpHが概して低いことから、むしろ低pH土壌で栽植したチャの生育や品質は良いともいわれている。また最適とされるpHも一般の作物からみると、かなり低い位置

に置かれている<sup>48)</sup>。このpHの低下により生育が向上することの説明として、アルミニウムの活性化に起因するという報告<sup>45)</sup>があるが、それと同時に本試験でみた低pHでの硝化の抑制と、それに伴う窒素の利用効率の向上も見逃せない効果といえよう。つまりpHを適当な値にコントロールすれば窒素吸収あるいはアミノ酸の生成に効果的と考えられる。もちろん極端なpHの低下は他の微生物数や活性も低下することから、たとえば微生物同士の拮抗による土壌病害の抑制、有機物の早期無機化といったことは期待できない。

このように、硝化抑制剤の施用、苦土炭カル施用量の抑制、砂礫の多い土壌の利用はいずれも硝化の抑制効果をもち、これがチャによる窒素の吸収とアミノ酸の生成に効果的であると考えられる。

## 第5節 土壌への砂礫の混入

第2章で示したように、神奈川県チャ栽培の主産地を形成している西部の茶園下層には、富士山の宝永火山に由来する砂礫層が分布している<sup>40, 54)</sup>。堆積後の天地返しや崩積の程度等により異なるが、多くは数10cmの位置に出現し、明確に層を形成しているところでは根の伸長が制限されている(第2章)。また、保水性が悪く、乾燥を引き起こしていると思われる事例もある。このため、茶園開設にあたっては砂礫層を取り除いたり、天地返しをする等の手段をとる例がみられ<sup>40)</sup>、この地域の生産性改善のために施肥、土壌改良方法も提言されている<sup>55)</sup>。

しかし、良質なチャを生産すると考えられている地域と、砂礫の多い土壌の分布域が一致するとの見方もあり、また、本章第1, 2節で、砂礫の多い土壌で栽培されたチャはアミノ酸等の含有率が高いことを明らかにし、土壌の硝化活性が異なることに起因するものと推定した。しかしながら、それが砂礫の含有率そのものに起因するのか、砂礫を含めた土壌全体の特性によるものかは判断できない。このため、砂礫以外の部分は同一土壌となる実験系、すなわち、畑土壌に、砂礫の混入率を変えた土壌を設定し、これがチャの生育や窒素吸収、微生物活性等に及ぼす影響を調査した。

### 1. 試験方法

#### 1) 供試土壌、栽培方法および試料の採取

神奈川県津久井郡相模湖町の畑土壌(久米川統、土性L、以下壤土)に神奈川県足柄上郡山北町、日下部統下層の礫にすこぶる富む砂土(以下砂礫)を0, 20, 40,

第4-25表 供試土壤の理化学性 (乾土当たり)

土壤	採土地点 の土壤統	土色	粒経組成 (%)				土性	礫 (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	T-C (%)	T-N (%)
			粗砂	細砂	シルト	粘土					
壤土 砂礫	久米川統	7.5Y R2/2	20.1	41.3	29.3	9.3	L	10.1	6.14	7.01	0.406
	日下部統	2/0	99.3	0.7	0	0	S	38.8	6.38	0.52	0.007

土壤	CEC (meq/100g)	NH <sub>4</sub> -N (mg/100g)	NO <sub>3</sub> -N (mg/100g)	トルオーグP <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100g)	交換性塩基 (mg/100g)		
					K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
壤土	44.8	2.92	1.34	20.7	64	584	61
砂礫	2.1	1.26	0.61	29.9	4	38	4

60, 80vol%混入した。この土壤を0.22㎡、深さ0.48mの無底塩化ビニル枠に充てんし、1984年に4年生の‘やぶきた’を1枠に1株、各処理5株ずつ定植した。肥料は1984年は4, 6, 8月に、1985年以降は3, 4, 6, 8月に施用したが、窒素、リン酸、カリウムの年間合計施肥量は、1984年は10a当たりそれぞれ40, 30, 30kg, 1985年はそれぞれ50, 30, 30kg, 1986年以降はそれぞれ60, 30, 30kgとした。窒素肥料として硫酸アンモニウム、リン酸は過リン酸石灰、カリウムは塩化カリウムで施用した。

チャ新芽の摘採は1985, 1986年は一番茶(5月)のみとし、1987, 1988年は二番茶(7月)についても行った。摘採部位は1心3葉とし、摘採後ただちに蒸熱、乾燥し成分分析にあてた。また適宜採土し、土壤の理化学性の分析、微生物相、硝化活性の調査にあてた。

供試土壤の理化学性を第4-25表に示した。CECは壤土が44.8meq、砂礫が2.1meqであり、全窒素、全炭素、アンモニア態窒素、硝酸態窒素および塩基類のいずれも壤土に多く、砂礫ではきわめて少なかった。また、トルオーグリン酸は砂礫でやや多かった。pHはそれぞれ6.14, 6.38であった。

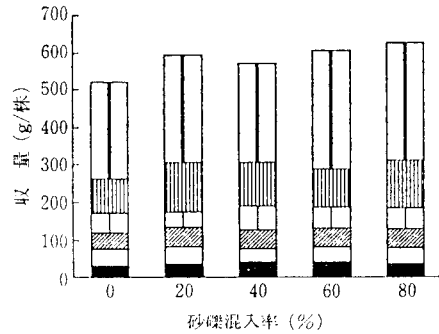
2) 新芽および樹体の成分分析、葉色測定

全窒素はケルダール法、アミノ酸はニンヒドリンによる簡易定量法<sup>64)</sup>、タンニンのはチャの公定分析法<sup>69)</sup>により分析を行った。また、葉色は色差計により測定した。

3) 土壤分析

全窒素はケルダール法、全炭素はウォークレイ法、CECはセミマイクロショーレンベルガー法により分析を行った。

またpH(H<sub>2</sub>O)はガラス電極法、アンモニア態窒素はハーバー法およびブレンナー法、硝酸態窒素はフェノール硫酸法およびブレンナー法、亜硝酸態窒素はブレンナー法によった。さらにトルオーグリン酸はトルオーグ法、交換性カリウムは炎光法、交換性カルシウムおよび交換



第4-14図 4か年の累積収量

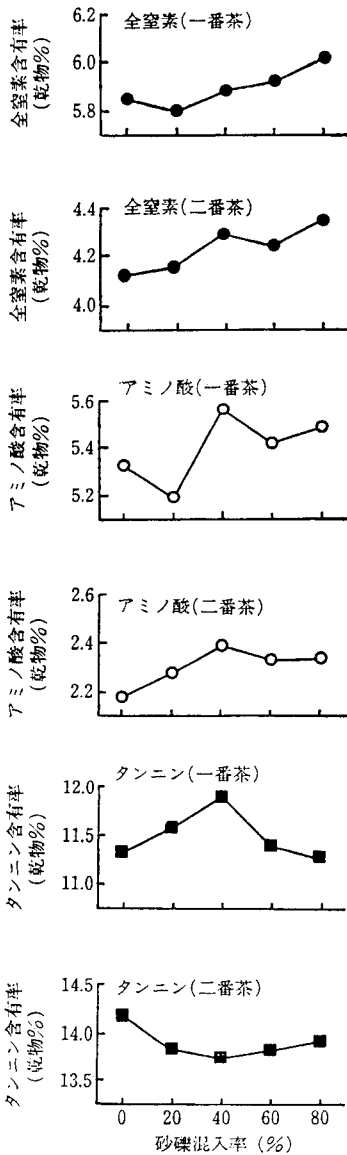
第4-26表 新芽の性状および秋期における樹体の生育

砂礫 混入率 (%)	百芽重(g)		葉色(一番茶)		樹高 (cm)	株張り (cm)
	一番茶	二番茶	L	b/-a		
0	59.8	81.7	32.8	2.36	42	63
20	58.5	85.4	32.7	2.23	42	65
40	57.3	82.2	32.8	2.28	45	63
60	57.6	92.3	33.6	2.22	45	64
80	59.6	92.7	33.0	2.27	44	65

性マグネシウムは原子吸光法によった。

4) 微生物相

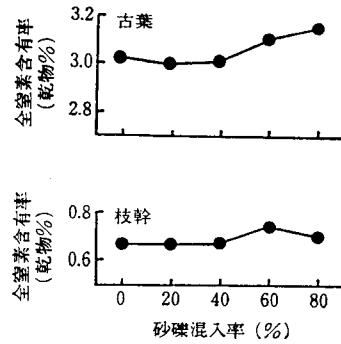
1988年11月15日に、表層より20cmまでの土壤を採取し、糸状菌をローズベンガル寒天培地により、放線菌および細菌をアルブミン寒天培地により培養、計数した。さらに1989年2月27日にも同様に採土し、アンモニア酸化細菌および亜硝酸酸化細菌をそれぞれの計数培地で培養、計数した。



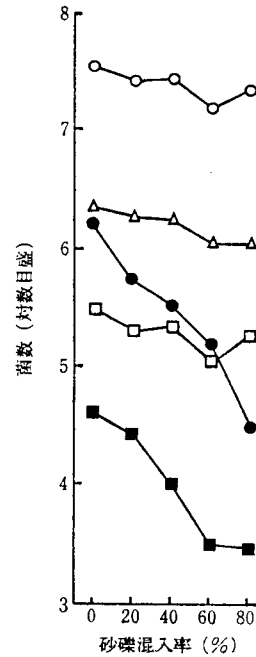
第4-15図 新芽の全窒素、アミノ酸およびタンニン含有率（一番茶は1985～1988年の、二番茶は1987年、1988年の平均値。）

5) 硝化活性

1988年11月15日、表層より20cmまでの土壌を採取し、フラスコ培養法により調査した。培養にあたっては硫酸アンモニウムを用い、窒素を乾土100g当たり25mg添加した。また、土壌水分は最大容水量の60%程度として30℃の恒温器で培養し、適時取り出しプレムナー法によりアンモニア態窒素、亜硝酸態窒素および硝酸態窒素の分析



第4-16図 古葉および枝幹の全窒素含有率



第4-17図 微生物数（乾土1g当たり）

○, 細菌; △, 放線菌; □, 糸状菌; ●, アンモニア酸化細菌; ■, 亜硝酸酸化細菌.

を行った。

硝化速度をアンモニア態窒素が乾土100g、1日当たりに消失する量 (mgN/乾土100g・d) として示した。

なお、有意性の検定はいずれも単回帰分析によった。

2. 結果

1) 収量, 生育, 葉色

第4-14図に4か年の累積収量を示した。収量は年々増加し、砂礫混入率の高い土壌で多い傾向にあり、累積



収量に5%水準で有意差が認められた。また第4-26表には1988年における新芽の百芽重、葉色および秋期の樹高と株張りを示したが、二番茶の百芽重を除き、いずれも5%水準での有意差は認められなかった。

## 2) 新芽、樹体の成分

全窒素、アミノ酸およびタンニンの新芽乾物中の含有率の平均値を第4-15図に示した。第4-16図には古葉と枝幹の全窒素含有率を示した。

新芽の全窒素含有率は、一、二番茶とも砂礫混入率の高い土壌ほど高くなる傾向にあり、いずれも5%水準で有意差が認められた。また二番茶に比べ一番茶で高かった。

全窒素含有率は古葉においても同様に砂礫の混入率の高い土壌で高い傾向にあった。また、枝幹では区間の差が小さかったものの、同様の傾向を示した。

アミノ酸含有率は一、二番茶とも有意性はやや低かったものの（一番茶では15%水準、二番茶では10%水準で有意）、砂礫の混入率が40%以上の区で、それ以下の区より高い傾向にあった。

タンニン含有率に一定の傾向はみられなかった。

## 3) 微生物相

砂礫混入率の異なる各土壌の微生物数を第4-17図に示した。

糸状菌は乾土1g当たり $10^5$ 台、放線菌は $10^6$ 台、細菌は $10^7$ 台計数され、いずれも砂礫の混入率の高い土壌で少なかった。また、アンモニア酸化細菌は $10^4$ 台 $\sim$  $10^6$ 台、亜硝酸酸化細菌は $10^3$ 台 $\sim$  $10^4$ 台計数され、同様に砂礫の混入率の高い土壌で少なかった。

## 4) 硝化活性

第4-18図にフラスコ培養法により調査したアンモニ

ア態窒素の消長を示した。

硫酸アンモニウム添加時の窒素形態はアンモニア態窒素がほとんどを占めたが、時間の経過に従い減少した。データは省略したが硝酸態窒素は逆に増加し、亜硝酸態窒素は各分析日ともきわめて少なかった。

この硝化の速度は砂礫の混入率が高いほど遅くなった。すなわち、混入率0%の土壌の硝化速度は $1.75$  (mgN/乾土 $100\text{g}\cdot\text{d}$ , 以下同様)、20%では $1.06\text{mg}$ 、40%では $0.77\text{mg}$ 、60%では $0.63\text{mg}$ 、さらに80%では $0.62\text{mg}$ であった。またアンモニア態窒素の90%以上が硝化するのに要する日数は混入率0%では14日、20%では23日、40%では35日、60%では56日と推定された（80%混入区は70%前後硝化したところで変化が鈍化したため推定不可）。

## 5) 土壌の化学性

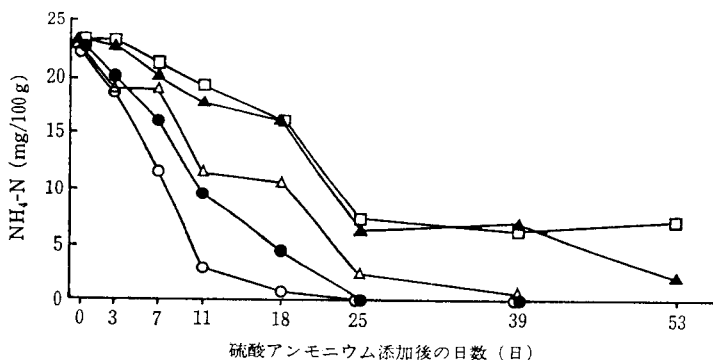
第4-27表に礫含有率、容積重および1985年5月22日（施肥1か月後）の土壌の化学性を示した。

砂礫の混入率は0~80%であるが、礫（2mm以上）は10~32%の範囲内であった。容積重は、混入率0%の土壌では $0.54\text{g/ml}$ であったのに対し、80%混入区では $0.84\text{g/ml}$ と砂礫の混入率が高くなるほど重くなった。

この時点のpHは混入率が高くなるにつれてやや低くなった。また下層（15~30cm）より上層（0~15cm）で低かった。

上層のアンモニア態窒素は混入率が高いほど多くなったが、硝酸態窒素は逆に少なくなる傾向にあった。

本試験は土壌によって砂礫の混入率が異なり、したがって容積重が異なるため1株の茶樹が利用できる土壌成分を $100\text{g}$ 当たりの含有量をもって、正確に比較することはできない。このため $100\text{ml}$ 当たりの含有量を併記した。これによると、砂礫混入率の低い土壌に対し混入率の高



第4-18図 砂礫混入率の違いとNH<sub>4</sub>-Nの消長  
○, 砂礫混入率 0%; ●, 20%; △, 40%; ▲, 60%; □, 80%.

第4-27表 一番茶摘採期の土壌の化学性

(乾土当たり)

砂礫混入率 (%)	深さ (cm)	礫含有率 (%)	容積重 (g/ml)	pH (H <sub>2</sub> O)	NH <sub>4</sub> -N		NO <sub>3</sub> -N		NH <sub>4</sub> -N/NO <sub>3</sub> -N	トルオーグ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100g)	交換性塩基 (mg/100g)		
					(mg/100g)	(mg/100ml)	(mg/100g)	(mg/100ml)			K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
0	0~15	10.1	0.54	4.80	8.4	4.1	7.2	3.5	1.2	4.2	53	415	17
	15~30			5.42	4.6	2.2	0.6	0.3	7.7	2.9	73	544	46
20	0~15	18.4	0.59	4.62	7.0	3.4	6.0	2.9	1.2	5.0	45	270	12
	15~30			5.22	3.5	1.7	2.6	1.3	1.3	3.7	56	398	25
40	0~15	20.0	0.66	4.74	6.6	3.5	1.1	0.6	6.0	5.8	30	190	7
	15~30			5.28	3.8	2.0	0.2	0.1	19.0	3.5	42	279	17
60	0~15	27.6	0.75	4.59	10.6	5.8	3.6	2.0	2.9	6.7	28	181	8
	15~30			5.30	2.6	1.4	0.1	0.1	26.0	3.3	35	222	14
80	0~15	32.3	0.84	4.55	14.4	8.2	2.1	1.2	6.9	5.8	13	73	4
	15~30			5.09	4.3	2.4	0.2	0.1	21.5	3.2	14	110	4

\*2mm以上

い土壌では、重量当たりの量で比較したより相対的に大きな値を示した。

塩基類はいずれも混入率の少ない土壌で多かった。

### 3. 考 察

神奈川県西部に分布する砂礫を壤土に混入することにより、チャの生育や品質にどのような影響を及ぼすかをとくに窒素吸収の面から調査した。この結果、砂礫が多いほどチャの新芽の全窒素含有率が高く、アミノ酸含有率も高い傾向にあること、収量も多くなることが明らかとなった。

しかし、一般的には砂礫の多い土壌で作物を栽培することは、その作物の肥料吸収、生育にとって好適な環境とはいえない<sup>29)</sup>。

すなわち、砂礫の化学的活性はきわめて低いことから、砂礫の混入は壤土を希釈することになり、壤土がもっていたCEC等の化学的活性を薄め、保肥力は小さくなると思われる。物理性への影響としては孔隙を広げ、排水を良好にするものの、一方では保水性を悪くすると考えられる。また、土壌微生物に対しては、これも壤土の部分ももっていた特質、すなわち微生物の住み場所や養分を希釈する結果、個体数を少なくし、活性を鈍らせることになると思われる。

チャによる窒素吸収に直接かわりがある土壌中の窒素成分の動態への影響として、これらを当てはめると次のように考えることができる。化学性との関連では窒素の保持力が弱くなり、物理性では排水がよく溶脱が早まるため(第3章第2節)、同様に窒素保持の面ではマイナス要因となる。ただし溶脱の多くは硝酸態窒素の形態

で起こるため(第3章第2節)、チャの好むアンモニア態窒素の減少は少ない。このことは本試験の土壌分析値からも示唆される。一方、微生物活性、とくに硝化活性が鈍くなることは窒素が長期間アンモニア態窒素でとどまることを意味し、好アンモニア性植物<sup>22)</sup>であるチャにとってはプラスの要因と考えられる。硝化を抑制することにより窒素吸収が高まることは本章第4節で示したとおりである。

つまり、本試験で砂礫が多いほどチャの新芽の全窒素含有率が高く、アミノ酸含有率も高い傾向にあったのは、砂礫の多い土壌の硝化活性が低く、したがってアンモニア態窒素が長期間とどまることにより、窒素吸収が増えアミノ酸の生成が増加したためと考えることができる。そして、この硝化活性の抑制は窒素吸収に対しては他の化学的、物理的マイナス要因を上回る効果があったことを示すものである。保科ら<sup>18)</sup>も3種の土壌における硝化活性と新芽の窒素を調べ、硝化活性が低い土壌で窒素の吸収利用が多いことを認めている。チャの品質は新芽の全窒素やアミノ酸の量が多いほど良好になると考えられており<sup>63,65)</sup>、砂礫の混入により硝化活性が抑えられたことは品質向上にとって重要な特性といえよう。

このように、砂礫の混入率が80%と高率でも、収量や品質に寄与する新芽の全窒素、アミノ酸等が減少することがないことは、現地茶園においてもこの砂礫層を心土等と混入したり、神奈川県中部～北部の壤土や埴壤土の茶園に導入することによって、茶栽培に適した茶園造成の可能性を示唆するものである。

砂礫の多い土壌における生産力は、チャを含めた多く

の作物で低いとされている<sup>29)</sup>。チャにおいては第3章第4節、本章第1, 2, 4節で砂礫の多い土壌を使用した一連の試験において、壤質土壌より収量が少ないことを示した。また前野ら<sup>55)</sup>の現地調査においても、砂礫層の出現位置が浅いほど収量が少なくなることを明らかにしている。しかし本試験ではむしろ砂礫が多いほど増収する傾向にあり、これらの差が何に起因するかは明らかでなく、砂礫以外の要因についても検討する必要がある。

なお、本試験のようにそれぞれの土壌の容積重が異なる土壌では、一定重量当たりの量で肥料成分等の正確な比較はできない。このため本節では乾土100g当たりの他に100ml当たりの量を示した。100g当たりの比較では、たとえば、砂礫を混入しない区に対する80%混入区のアンモニア態窒素の割合は1.7倍であったが、100ml当たりで比較すると2.0倍となった。つまり、チャ1個体が利用できる肥料成分は砂礫の多い土壌では通常の100g当たりで示すより相対的に多いとみるべきである。

#### 第6節 pHとカルシウムの供給形態

茶園土壌への、カルシウムの施用量は多くを必要とせず(本章第4節)、好適pHも4~5程度の低い位置にあり<sup>48)</sup>、高pHでカルシウムの多い土壌での生育はむしろ抑制される。しかし、これらの試験の多くがpHの矯正資材である炭酸カルシウムや苦土炭酸カルシウムを使用したものであり、pHはこれらのカルシウム資材の施用によって影響を受けるため、生育の抑制がpHによるものか、カルシウムの存在によるものかを、わかりにくいものとしている。

もし、pHにその主因があるとすれば、カルシウムの供給形態を変えることによって、pHを上げずにチャの生育に必要なカルシウムは供給するということが可能となる。逆にカルシウムが原因であるなら、いずれの資材にせよその施用量を抑制しなければならない。

本章第4節においても苦土炭酸カルシウムを使用してその最適施用量を示したが、この点についての検討はしていない。そこでこれらの関係を明らかにするため、2

種のカルシウム資材を使用し、これらが、チャの生育や窒素吸収、土壌の生物、化学性に及ぼす影響を調査した。

#### 1. 試験方法

カルシウム資材として、一般に酸性矯正資材として使われる炭酸カルシウムと中性資材である硫酸カルシウムを使用した。試験はまず、カルシウム資材の限界施用量を知るため、ポットによりカルシウム資材を多量に施用した土壌を用いて温室内で行い、次いで施用水準を下げ、無底枠により枠試験を行った。

#### 1) 供試土壌、栽植方法および試料の採取

##### (1) ポット試験

厚層多腐植黒ボク土に酸化カルシウム換算で10a当たり300, 600, 900, 1200kgの炭酸カルシウムまたは硫酸カルシウムを混入した。この量はそれぞれCECの25, 50, 75, 100%に相当する。この土壌を1/2000aのワグナーポットに乾土換算で6kgずつ充てんし、1986年3月に3年生の‘やぶきた’を1株ずつ、1処理5ポットに植え付けた。1987年3月に土壌分析を行い各資材の不足分を追加施用し所定の飽和度相当量になるよう再調整した。ポットは温室内に置き、ポット下方から流出しない程度に適時灌水した。

カルシウム以外には窒素、リン酸、カリウムを1986年は10a換算で年間30, 20, 20kg, 1987年はそれぞれ40, 30, 30kg施用した。窒素肥料として硫酸アンモニウムを、リン酸として過リン酸石灰を、カリウムとして塩化カリウムを使用した。

一番茶期に新芽を1心3葉程度で摘採し、収量等を測定した。試験終了時には掘り取り調査を行った。また、適宜採土して成分分析にあてた。

供試土壌の化学性を第4-28表に示したが、pHは3.94と低く、全炭素、全窒素とも比較的多かった。CECは35.2meqであった。

##### (2) 枠試験

0.22㎡の無底枠に淡色黒ボク土を充てんし、1987年4月に4年生の‘やぶきた’を1株ずつ植え付けた。酸化カルシウム換算で10a当たり100, 200, 300kgの炭酸カルシウムまたは硫酸カルシウムをそれぞれ5枠ずつに施用した。施用は毎年8~9月に行った。窒素、リン酸、

第4-28表 供試土壌の理化学性

(乾土当たり)

	土壌統	土色	土性	礫(%)	pH(H <sub>2</sub> O)	T-C(%)	T-N(%)	CEC(meq/100g)
ポット試験	久米川統	7.5YR2/3	L	4.4	3.94	9.37	0.448	35.2
枠試験	日下部統	10YR2/3	CoSL	30.6	5.52	1.44	0.098	13.0

第4-29表 ポット試験における一番茶の収量, 新芽の特性および秋期における生育, 株重

区		一番茶			生育			株重(乾物重)		
		収量 (g/株)	芽数 (本/株)	百芽重 (g)	樹高 (cm)	株張り (cm)	幹径 (mm)	枝葉 (g/株)	根 (g/株)	計 (g/株)
炭酸カルシウム	300kg	4.7	10.4	45.0	44.5	30.5	10.8	29.5	48.0	77.5
	600	3.1	7.2	43.3	46.0	38.7	11.6	29.0	30.7	59.7
	900	2.6	5.6	45.7	45.5	42.0	10.5	22.5	37.0	59.5
	1,200	1.5	3.6	42.8	39.0	22.0	9.7	14.0	10.0	24.0
硫酸カルシウム	300	8.1	14.8	54.5	50.2	43.8	11.8	40.2	71.2	111.4
	600	6.1	13.0	47.2	51.0	43.4	10.5	32.0	43.2	75.2
	900	5.2	10.8	48.5	59.3	44.5	11.5	40.5	72.3	112.8
	1,200	4.8	10.4	46.3	50.6	44.4	10.9	33.0	49.4	82.4
無施用		10.2	17.6	57.7	66.4	50.8	13.3	52.0	89.2	141.2

第4-30表 ポット試験におけるpHおよびCaO

区		pH(H <sub>2</sub> O)	水溶性CaO (mg/100g)	交換性CaO* (mg/100g)
炭酸カルシウム	300	4.21	129	53
	600	4.71	157	193
	900	5.21	121	331
	1,200	5.45	222	345
硫酸カルシウム	300	3.96	123	95
	600	3.97	182	126
	900	3.92	508	132
	1,200	3.98	418	280
無施用		3.99	39	28

\*酢酸アンモニウム抽出量から水抽出量を差し引いて表示

カリウムを1987年は10 a 換算で年間30, 30, 30kgずつ, 1988年以降はそれぞれ60, 30, 30kgずつ施用した。窒素肥料として硫酸アンモニウムを, リン酸として過リン酸石灰を, カリウムとして塩化カリウムを使用した。

一番茶期に新芽を1心3葉程度で摘採し, 収量等を測定するとともに, 直ちに蒸熟, 乾燥して成分分析にあてた。また, 適宜採土して成分分析や硝化活性の調査を行った。

供試土壌の化学性は第4-28表に示したとおり, pHは5.52とやや低く, 全炭素, 全窒素とも比較的少なかった。CECは13.0meqであった。

#### 2) 新芽および樹体の成分分析, 葉色測定

全窒素はケルダール法, アミノ酸はニンヒドリンによる簡易定量法<sup>64)</sup>, タンニンはチャの公定分析法<sup>69)</sup>により分析を行った。カリウム, カルシウム, マグネシウム

は抽出法<sup>51)</sup>を併用した原子吸光法によった。また, 葉色は色差計により測定した。

#### 3) 土壌分析

全炭素はウォークレイ法, 全窒素はケルダール法, CECはセミクロシヨールンベルガー法により分析を行った。またpH(H<sub>2</sub>O)はガラス電極法, 交換性カリウムは炎光法, 交換性カルシウムおよび交換性マグネシウムは原子吸光法によった。

#### 4) 硝化活性

1989年11月20日, 枠試験の表層より20cmまでの土壌を採取し, フラスコ培養法により調査した。培養にあたっては, 硫酸アンモニウムを用い窒素を乾土100g当たり25mg添加した。また, 土壌水分は最大容水量の60%程度として30℃の恒温器で培養し, 適時取り出しブルナー法によりアンモニア態窒素および硝酸態窒素の分析を行っ

た。  
硝化速度をアンモニア態窒素が乾土100g, 1日当たり  
に消失する量 (mgN/乾土100g・d) として示した。

2. 結 果

1) ポット試験

(1) 収量および土壤の化学性

第4-29表に1987年の収量, 新芽の特性, 秋期における  
生育, 株重等を示した。

収量はカルシウム資材無施用区で最も多く, 炭酸カル  
シウム, 硫酸カルシウムとも施肥量が増加するに従って  
減収した。この傾向は炭酸カルシウム施用区で顕著であっ  
た。

生育は無施用区で最も旺盛であり, 炭酸カルシウムで  
は施肥量の増加に従って抑制された。硫酸カルシウムで  
は施肥量の差は小さかったものの, 無施用区より抑制さ  
れた。株重も同様の傾向であった。

生育のうち樹高で5%水準で, 株重では枝葉重, 根重  
とも5%水準で有意差が認められた。

第4-30表には1987年3月時点の土壤の化学性を示し  
た。pHは炭酸カルシウムの施肥量に従って高くなった  
が, 硫酸カルシウムでの変化は小さかった。水溶性カル  
シウムは硫酸カルシウム施用区で, 交換性カルシウムは  
炭酸カルシウム施用区で多かった。

また試験中枯死する株がみられ, 2か年の試験中, 炭  
酸カルシウム300kg (酸化カルシウム換算, 以下同様)  
施用区では5株中3株が枯死した。600, 900, 1200kg施  
用区ではそれぞれ2, 3, 4株枯死した。硫酸カルシウ  
ムでは900kg施用区でのみ1株枯死した。また無施用区  
に枯死株はみられなかった。

2) 枠試験

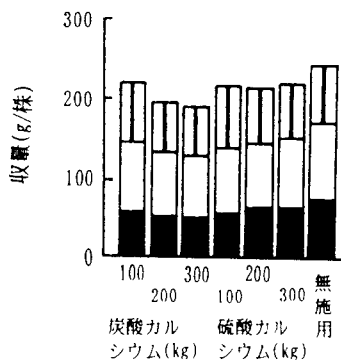
(1) 収量および新芽の特性

枠試験における累積収量を第4-19図に示した。収量  
は無施用区が最も多く, 硫酸カルシウム施用各区および  
炭酸カルシウム100kg (酸化カルシウム換算, 以下同様)  
施用区がこれに次いだ。炭酸カルシウム200kg以上の施  
用区では施肥量に従ってさらに減収した。

第4-31表には新芽の特性を示した。収量と同様に芽  
数は無施用区が多く, 炭酸カルシウム施用区では施肥量  
に従って少なくなった。硫酸カルシウム施用区では無施  
用区より少ないものの施肥量による差は小さかった。百  
芽重や秋期の生育も収量や芽数と同様の傾向にあった。  
また葉色は炭酸カルシウム施用区でb/-a値が小さく,  
従って緑色が濃い傾向にあった。

1989年の収量, 芽数, b/-a値および株張りに1%水  
準で, 1989年の百芽重および1990年のL値に5%水準で  
区間に有意差が認められたが, その他の年では認められ  
なかった。

(2) 新芽および樹体の成分



第4-19図 3か年の累積収量  
■, 1987年 □, 1988年 ▨, 1989年

第4-31表 新芽の特性および秋期の生育  
(樹高, 株張りは1987~'90年の, その他は'89~'91年の平均値)

区	芽数*	百芽重(g)	葉色		秋期の生育		
			L	b/-a	樹高(cm)	株張り(cm)	
炭酸カルシウム	100kg	156	49.0	32.9	1.87	79	73
	200	153	44.4	32.6	1.88	69	67
	300	144	46.4	32.3	1.95	68	69
硫酸カルシウム	100	155	49.0	32.4	1.96	76	71
	200	153	49.3	31.7	1.90	75	73
	300	156	49.3	31.9	2.06	70	71
無施用	167	50.4	32.1	2.04	78	76	

\* 1株当たり

第4-20図に一番茶新芽の成分含有率を示した。

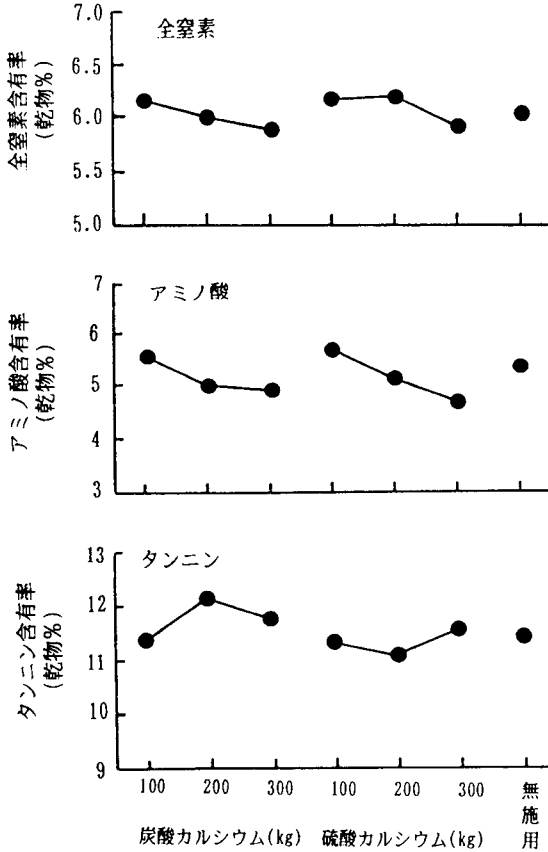
一番茶新芽の全窒素含有率は炭酸カルシウム100kg, 硫酸カルシウム100kgおよび200kg施用区で無施用区より高かったが, それ以上の施用区では低くなった。アミノ酸含有率は炭酸カルシウム, 硫酸カルシウムとも100kg施用区で無施用区より高かったが, それ以上の施用区で

はいずれも無施用区より低く, また, 施用量の増加に従って低くなった。タンニン含有率には一定の傾向はみられなかった。

摘採量に成分含有率をかけあわせ, 1株当たりの新芽内の成分含有量を求め第4-32表に示した。含有率とは異なり, 全窒素, アミノ酸とも無施用区で最も多く, 各資材とも施用量の増加に従って少なくなった。特に炭酸カルシウム施用区で顕著であった。

また, 1991年の一番茶および1991年8月時点の樹体各部の成分を第4-33表に示した。

全窒素含有率は炭酸カルシウム施用区では一番茶同様, 古葉, 細根で施用量の増加に従って低くなったが, 枝に一定の傾向はみられなかった。硫酸カルシウム施用区ではいずれの部位にも一定の傾向はみられなかった。カリウム含有率は枝, 古葉では炭酸カルシウム施用各区, 次いで硫酸カルシウム施用各区が高く, 無施用区で低い傾向にあったが, 細根に一定の傾向はみられなかった。カルシウム含有率は炭酸カルシウム施用各区ともいずれの部位も無施用区より高かった。また一番茶, 細根では施用量に従って高くなったが, その他の部位では一定の傾向はみられなかった。硫酸カルシウム施用区では枝を除き各部とも無施用区より高かったが, 炭酸カルシウム施



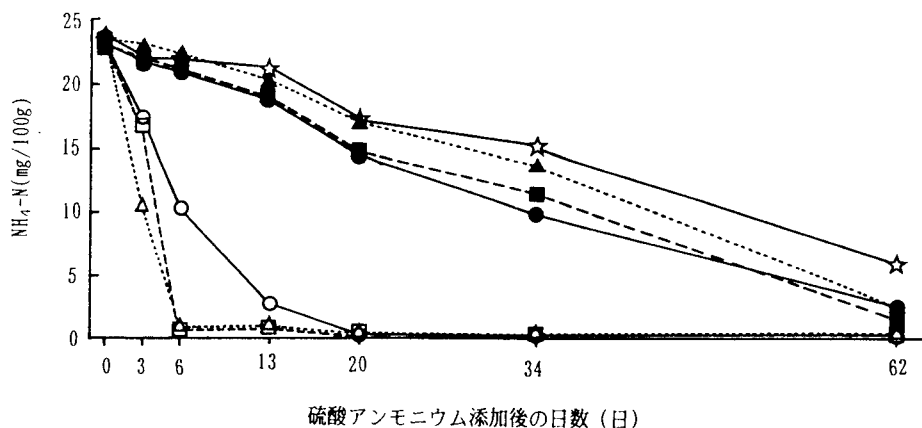
第4-20図 一番茶新芽の全窒素, アミノ酸およびタンニン含有率 (1989~'91年平均値)

第4-32表 一番茶収穫物中の成分含有量 (1989~'91年の平均値)

区	T-N(g/株)	アミノ酸(g/株)
炭酸カルシウム 100kg	4.54	4.13
200	3.91	3.23
300	3.76	3.12
硫酸カルシウム 100	4.49	4.18
200	4.45	3.68
300	4.36	3.42
無施用	4.93	4.40

第4-33表 各部の成分含有率

区	一番茶				枝				古葉				細根			
	T-N(%)	K(%)	Ca(%)	Mg(%)	T-N(%)	K(%)	Ca(%)	Mg(%)	T-N(%)	K(%)	Ca(%)	Mg(%)	T-N(%)	K(%)	Ca(%)	Mg(%)
炭酸カルシウム 100kg	6.16	1.75	0.34	0.15	0.71	0.44	0.28	0.05	3.26	0.83	1.34	0.21	1.53	1.07	0.23	0.12
200	6.10	1.78	0.36	0.15	0.69	0.44	0.30	0.05	3.23	0.88	1.48	0.21	1.32	1.06	0.38	0.12
300	5.93	1.76	0.37	0.17	0.69	0.44	0.28	0.05	3.17	0.81	1.28	0.24	1.33	1.10	0.38	0.12
硫酸カルシウム 100	6.14	1.76	0.30	0.15	0.69	0.40	0.23	0.05	3.27	0.77	1.09	0.22	1.53	1.03	0.14	0.09
200	6.20	1.76	0.32	0.14	0.69	0.42	0.24	0.05	3.25	0.85	1.16	0.19	1.57	0.95	0.14	0.09
300	6.00	1.75	0.31	0.15	0.69	0.43	0.25	0.05	3.28	0.82	1.27	0.21	1.52	1.00	0.17	0.09
無施用	6.16	1.77	0.28	0.16	0.69	0.38	0.24	0.05	3.30	0.78	0.95	0.23	1.48	1.09	0.12	0.10



第4-21図 カルシウム資材施用量の違いとNH<sub>4</sub>-Nの消長

○, 炭酸カルシウム100kg △, 炭酸カルシウム200kg □, 炭酸カルシウム300kg  
 ●, 硫酸カルシウム100kg ▲, 硫酸カルシウム200kg ■, 硫酸カルシウム300kg  
 ☆, カルシウム資材無施用

第4-34表 秋期における土壤のpHおよび塩基

区	pH (H <sub>2</sub> O)		水溶性塩基 (mg/100g)						交換性塩基 (mg/100g) *					
			K <sub>2</sub> O		CaO		MgO		K <sub>2</sub> O		CaO		MgO	
	上層**	下層	上層	下層	上層	下層	上層	下層	上層	下層	上層	下層	上層	下層
炭酸カルシウム 100g	6.32	5.44	7	6	18	23	1	5	23	18	265	145	4	14
200	6.40	5.42	9	7	52	21	2	5	22	21	323	158	4	15
300	6.75	5.30	7	8	60	30	1	5	24	19	574	117	5	9
硫酸カルシウム 100	5.02	5.20	9	9	58	35	2	5	18	19	134	93	1	9
200	4.84	5.26	12	8	151	43	4	6	20	20	182	149	0	11
300	4.89	5.11	9	10	144	49	1	5	14	17	102	101	0	6
無 施 用	5.12	5.38	9	6	14	20	1	4	21	16	93	116	4	12

\* 酢酸アンモニウム抽出量から水抽出量を差し引いて表示

\*\* 上層: 0~15cm, 下層: 15~30cm

用区よりは低かった。また、マグネシウムは細根の炭酸カルシウム施用区で高かったが、その他の部位に一定の傾向はみられなかった。

(3) 硝化活性

第4-21図に硫酸アンモニウム添加後のアンモニア態窒素の変化を示した。硫酸アンモニウム添加時の窒素形態はアンモニア態窒素がほとんどを占めたが、時間の経過に従いアンモニア態窒素は減少し硝酸態窒素が増加した。この硝化の速度は炭酸カルシウムの施用量に従って早くなったが、200kg以上の施用では大きな差はみられなかった。また硫酸カルシウムの施用によりやや早くなっ

たものの、その影響は小さかった。

すなわち、硝化速度は炭酸カルシウム100kg施用区が2.23mg(N/乾土100g・d), 200kg施用区が3.82mg, 300kg施用区が3.78mgであった。硫酸カルシウムではそれぞれ0.34, 0.34, 0.35mgであった。無施用区では0.28mgであった。

また90%以上が硝化するのに要する日数は、炭酸カルシウム100kg施用区では14日, 200kg施用区では5日, 300kg施用区では6日と推定された。硫酸カルシウムではそれぞれ62日, 62日, 59日, 無施用区では72日と推定された。

#### (4) 土壌の化学性

第4-34表に1987年9月時点(施肥後1か月)の化学性を示した。pHは炭酸カルシウム施用区では施用量に従って高くなったが、硫酸カルシウム施用区ではやや低くなった。また水溶性カルシウムは硫酸カルシウムの施用量の増加に従って多くなったが、炭酸カルシウム施用による変化は小さかった。交換性カルシウムは逆に炭酸カルシウムの施用量の増加に従って多くなったが、硫酸カルシウム施用による変化は比較的小さかった。

#### 3. 考 察

茶園土壌のpHは一般に低く<sup>25,47)</sup>、また低pH土壌で生育や品質が良好であることから(本章第4節)チャは低pHを好み、多くのカルシウムを要求しないと考えられる。しかし、一般に行われている炭酸カルシウムの施用はpHを上昇させることから、生育抑制の主因がpHによるのか、カルシウムによるのかは明らかにされていない。このため2種のカルシウム資材を用いこれらの関係について試験を行った。

ここで用いた炭酸カルシウムはpHを上昇させカルシウムを供給するが、硫酸カルシウムにpHを上昇させる効果はない(第4-30, 4-34表)。

硫酸カルシウムのカルシウムは土壌中に水溶性として多く放出され(第4-30, 4-34表)、樹体の含有率も増加していることから(第4-33表)、ある程度利用されていると考えられる。しかし枠試験では土壌中の水溶性、交換性カルシウム合計の残存量は炭酸カルシウム施用区に比べ少なかった。これはポット試験は温室内で行ったため水溶性カルシウムの溶脱による消失はないが、枠試験では溶脱を伴うため、残存期間は短くなったためと考えられ、利用率は相対的に小さくなるといえよう。

ポット試験の炭酸カルシウム施用土壌では、もっとも施用量が少ない300kg区でも5株中3株が枯死したが、この土壌では前述のようにカルシウムの溶脱がないため、長期間高濃度で維持し、生育抑制が顕著にあらわれたことによるものと思われる。

枠試験においても炭酸カルシウムの施用により生育は抑制され、新芽のアミノ酸や全窒素含有率は低くなった。一方、硫酸カルシウムの施用では生育は抑制されたものの、炭酸カルシウム施用区に比べその程度は小さかった。しかし、アミノ酸や全窒素の含有率は低く炭酸カルシウム施用区と同程度であった。

この事実は次のように解することができる。すなわち、pHの上昇そのものはチャの生育や養分吸収にとって適

当な環境ではないこと、つまり、pHの上昇によりアルミニウムが不活性化し、アルミニウムによるリン酸吸収の調節作用<sup>42)</sup>が十分に機能しなかったこと、硝化が促進され、アンモニア態窒素の比率が低くなったことによる窒素吸収の抑制<sup>22)</sup>があらわれたこと等によるものと考えられる。一方、硫酸カルシウムの施用ではpHの上昇はなく、硝化の促進はわずかであったにもかかわらず、全窒素やアミノ酸の含有率が低下したが、これはチャによって吸収されやすいアンモニア態窒素が残存していたものの、カルシウムも多いため、カルシウムがアンモニア態窒素の吸収に対して拮抗的に働いたことによると考えることができる。また生育の抑制が比較的小さかったのは、生育に必要な窒素量は比較的低いレベルにあること(本章第1節)、生育に影響の認められるリン酸の吸収<sup>21)</sup>に対してはカルシウムとの間に拮抗を生じなかったこと、アルミニウムが活性化していたこと等によると推察される。

上述のアルミニウムがチャの生育に効果のあることは古くから知られており<sup>7)</sup>、酸性土壌ではアルミニウムが活性化し、アルミニウムがチャの生育に好影響を与えることが、チャが好酸性であることの理由として説明されている<sup>45)</sup>。しかし、本章第4, 5節でも指摘したように、品質に関係の深い窒素吸収とアミノ酸の増加に関しては、酸性土壌における硝化活性の抑制と、それに伴うアンモニア態窒素の残存の関与が大きいと考えることができる。

なお、たとえば本章第4節の苦土炭酸カルシウムの施用試験で、10a当たり100kg程度の施用が適量であるとの結果を得ており、本試験の無施用がもっとも良い生育を示した結果と異なるが、これは本試験(枠試験)の供試土壌にカルシウムが適量残存しており、pHも極端に低くはなかったためと思われる。

このように、pHの上昇、カルシウムの増加のいずれも、チャの生育や養分吸収に不利であることが明らかとなったが、前者は硝化の促進、アルミニウムの不活性化<sup>45)</sup>が原因であり、後者はアンモニア態窒素の吸収への拮抗と、その機作は異なると考えることができた。したがって、pH、カルシウム量ともに低い条件がチャの生育や養分吸収に有利であるが、たとえpHが低くともカルシウムの富化はアンモニア態窒素の吸収を減少させ、アミノ酸含有率を低下させることになると考えることができる。



## 第5章 総合考察

茶園土壤は窒素の多量施用、低pH、低化学的活性等、一般の畑地に比べ特殊な環境にあるが、これらとチャの品質との関係を明らかにすることは、高品質茶の生産技術を組み立てる上で重要なことである。また窒素の多量施用は河川の富栄養化を招いて環境汚染を引き起こしかねず、施肥の低減をはかることは単に肥料費の節約にとどまらず、環境と調和した茶業経営を行う上で不可欠な課題である。本研究はこのような視点に立った合理的な施肥管理技術を解明するため、土壤中での窒素の動きとチャによる吸収、アミノ酸の生成を、窒素の施用、土壤pH、砂礫土壤、およびそれらが及ぼす土壤への影響との関連から検討した。

### 1. 茶園への窒素の多量施用と溶脱、土壤特性の変化

茶園土壤への窒素施用量がきわめて多いことは、土壤管理を行う上での大きな問題として、まず指摘される事項である。窒素の多量施用は河川の富栄養化につながり、施用量を抑えることは環境保全からも重要な意味を持つ。

しかし、この窒素の多量施用はチャが嗜好品であるため収量のみでなく、とくに品質を重視するために行われていると考えることができる。すなわち窒素の多量施用によって窒素を過剰吸収させ<sup>23)</sup>、その代謝産物であるアミノ酸を増加させ、味を良くしようとするものである。

チャの年間の生産量は新芽の摘採、整剪枝による刈りすて、落葉等を入れても10a当たり2~3tと推定され、この窒素量は20~30kg程度と考えられる。このうち、新芽以外は土壤中に還元され、土壤微生物の取り込み、分解等を経て、一部はチャに再び利用されるものと考えられ、茶園からの収奪量はさらに少なくなる。しかしチャに利用されなかった窒素の多くは溶脱し、再び利用されることはない。第3章第2節ではライシメーターによりこの溶脱量を計測したが、施肥量に対する溶脱率は、土壤や施肥量により異なるものの、平均では50%以上を示し、利用率が低いことを明らかにした。

また、第4章第1、2節には窒素の増施による窒素吸収、アミノ酸生成との関係を示したが、チャが窒素を過剰吸収してアミノ酸に取り込むとしても限度があり、慣行的に行われている施肥量よりも低い位置、すなわち壤土では10a当たり年間60kg、砂壤土では90kgにアミノ酸含有率増加の限界量があることをみだした。一般に作物の施肥基準は生育が最大量となる施用量を限度とする場合が多く、チャでも従来この方法がとられてきた。収

量は窒素30kg以上の施用で多くなることはなく、アミノ酸含有率を最も高くする施用量を施肥基準値とするとしても、60~90kgの範囲から増やす必要はないであろう。ただし現在200kg近い施肥を行っている茶園では根の活性が低下している場合もあるので、徐々に減肥する必要がある<sup>20)</sup>。

チャは栄養生長部分のみを利用する作物であり、また施肥位置が局所に限られるため、窒素多量施用による障害が地上部にはでにくく、施用量は減少しにくい。しかしここで示したようにその利用率は高くなく、品質向上に必要な窒素施用量も慣行的に施用されているほど多くないことから、窒素の利用率を高め、吸収量を落とさずに施用量を減らす方策が必要と考えられる。第3章第1節で示したイネわらのマルチや、第4章第4節で示した硝化抑制剤の利用等がここで考えられる方法である。この他に緩効性肥料の利用や分施により施用量を減らすことが可能と思われ、減肥は省資源、河川の富栄養化を避ける意味からも必要なことである。

神奈川県においても茶園への慣行的な窒素の施用量はきわめて多いことを第2章で示したが、第3章第2~4節では窒素の多量施用がカルシウムを始めとする塩基の溶脱を促進させ、pHを低下させることを明らかにした。溶脱は供試した3つの土壤グループのうち砂礫の多い土壤ですみやかに行われるが、いずれの土壤とも硝化したのち溶脱すること等も明らかとなった。この試験では窒素肥料として最も多く使われている硫酸アンモニウムを使用したか、いずれも硝化したのち溶脱する。この硝化は第3章第1節で明らかにしたとおり表層部分で行われるが、硝酸イオンは溶脱する際、陽イオンを随伴して溶脱する。この陽イオンと陰イオンはほぼ1:1で溶脱するため、硫酸アンモニウムの施用量の多少によって塩基の溶脱が左右されるといえ、とくにカルシウムが最も大きく影響を受ける(第3章第3節)。したがって窒素施用量が多いとカルシウム等の塩基が溶脱し、pHが低下することになると考えられる。チャに一定量の窒素の施用は避けられないが、これがpHの低下や塩基の溶脱等、土壤に大きな変化を与えているともいえよう。

### 2. pHの低下と硝化抑制、カルシウムの存在

このpHの低下はチャにとって特別な意味をもつ。つまり多くの茶園土壤の特徴であるpH低下のチャに対する意義は、アルミニウムの活性化とチャの生育との関係

で説明される。すなわち多量のアルミニウムは一般の作物には有害であるが、チャにとっては特別な物質で、リン酸吸収の調節や、ホウ素に類似の役割をしたり、また光合成産物の転流を促進させる等して、生育を促進するというものである<sup>43)</sup>。

しかしpHが低いということは土壤微生物にとって良い環境とはいいがたく、とくに細菌等が減少することが知られている。微生物が少ない、あるいは活性が低いということは窒素の形態変化にも大きな影響を及ぼす。つまり、アンモニア態窒素はアンモニア酸化細菌および亜硝酸酸化細菌の働きで硝酸態窒素になるが、これら硝化菌の活性も抑制される(第4章第4、6節)。

アンモニア態窒素が硝酸態窒素になりにくい土壤は硝酸態窒素を利用する多くの作物には不利な条件である。ところが、アンモニア態窒素を好むチャにとってはかならずしもマイナスとはいえない。低pHは硝化菌の活性を弱めてアンモニア態窒素を長期間そのままの形でとどめ、チャはアンモニア態窒素を長期間にわたって利用できることになる。低pHでのアルミニウムの役割とともに窒素を吸収しやすい形態にしておくことは、チャにとっての低pHのもう一つの大きな意義と考えてよいだろう。

これまで硝化菌はpH4~5程度でほとんど活性が失われるとする結果<sup>8,59)</sup>が示されていたが、茶園土壤においてはpH2.9前後に限界のあることが明らかにされている<sup>15)</sup>。これは硝化菌が低pHの茶園土壤に適應したものと思われるが、本研究でも多くの供試土壤がpH4~5程度であり、高pH土壤に比べれば遅いものの徐々に硝化している。したがってアンモニアが蓄積するための害はないと考えられる。

ここで問題となるのはpHは交換性カルシウムによって左右されるので、植物の生育や養分吸収に及ぼすpHとカルシウムとの影響を明確に区別しにくいことである。第4章第4節では苦土炭酸カルシウムを用いて、土壤中のカルシウム含有量とともにpHを上昇させたところ、生育は10a当たり100kgの施用が良好で、それ以上施用量が多いと抑制されることを示した。しかしこれはpHとカルシウム含有量のどちらが影響したのかは区別しにくい。

このため第4章第6節においては、炭酸カルシウムの他に硫酸カルシウムを使用し、pHとカルシウムを区別する試験を試みた。この結果、カルシウムは多くてもpHが低ければ生育に大きな影響のないこと、カルシウムが多く、かつpHが高いと生育が著しく抑制されることが明らかとなった。これは、チャの生育にはカルシウムより

もpHの影響が大きいことを示すものである。

ただし、アミノ酸含有率はpHの高低にかかわらずカルシウムの増加にしたがい低下することから、アミノ酸をより多く生成させるまで窒素を過剰吸収させるには、土壤pHの低下によってアンモニア態窒素が多い状態となった上で、なおかつカルシウムが少ない条件が必要といえよう。

ところで、カルシウム等の塩基を供給するのに無機肥料の他に有機物がある。ここでは家畜ふんについてのみ検討したが(第4章第3節)、この施用はカルシウムやカリウム等を供給しpHを上昇させる。とくに鶏ふんの施用により根の伸長が抑制されたのは、塩基の供給とそれに伴うpHの上昇によるものと理解できる。

しかし、有機物の施用により土壤の物理性を改善し、根の伸長を促進する等の効果も考えられるので、土壤と有機物の性質をよく知った上で適切な量を施用する必要がある。とくに塩基の多いもの、たとえば鶏ふん等を避け、pHの上昇やカルシウムの増加に注意しながら施用する必要があるだろう。

### 3. 砂礫の存在と硝化抑制

第2章では神奈川県内のチャの主産地である西部の茶園下層には、宝永火山に由来する砂礫が広く分布し、CECやリン酸吸収係数等の化学的活性がきわめて低いことを示した。またこの地域の表土も砂礫が多く、同様に化学的活性は低い土壤である。

神奈川県の茶栽培はこの砂礫を切り離すことはできず、試験を行う場合もこの存在を念頭に入れておかなければならない。このため第3章2~4節の溶脱調査、第4章の1、2、4、5節ではこの土壤を組み込み、北部の壤土との比較検討を行った。

これら一連の試験において、砂礫の多い土壤では肥料の溶脱が他の土壤に比べて早いこと(第3章第2節)、新芽の全窒素やアミノ酸含有率が高いこと(第4章第1、2、4、5節)を示した。

砂礫の多い土壤は物理、化学、生物性とも一般の畑地土壤に対して良好とはいえない<sup>29)</sup>。つまり、保水性、化学的活性、微生物活性等はともに低い。ただ物理性のうち、通気性および保水性とは逆の関係にある排水性は良いといえる。

このような条件で窒素吸収が高まり、アミノ酸の生成が多くなるということは、チャが好アンモニア性であることで説明できよう。最も影響が大きいと思われるのは、第4章第5節で明らかにした硝化活性が低いことである。前項で述べたように施用されたアンモニア態窒素は硝化

活性が低いためその影響を受けにくく、アンモニア態窒素が長期間とどまる結果となり、チャの窒素吸収にとって好都合な条件となる。

第2には排水性が良いことである。施用されたアンモニア態窒素は徐々に硝化され硝酸態窒素になるが、硝酸態窒素は雨水とともに溶脱する。この溶脱に要する時間は壤土等に比べて早いことを第3章第2節で明らかにした。したがってアンモニア態窒素／硝酸態窒素比が高くなる結果となり、これもチャの窒素吸収に対して都合がよいということができよう。また本研究では明らかにしなかったが、AEC等も低いと予想され、これも硝酸態窒素の溶脱を促進しているものと考えられる。

さらに、pHの変化に対する緩衝能が低いことにより、pHは早期に低下し、結果的に硝化活性は早期に低下するものと推察される。このことはさきに述べたpHの低下によるプラス要因としてあげることができる。

このように一般の作物に対しては肥沃度が低いと判定される砂礫の多い土壌は、チャの窒素吸収とアミノ酸生成による品質向上にとっては有効な特性といえることができる。

#### 4. 硝化抑制剤による窒素吸収の助長

ここまで窒素多量施用とそれに伴うpHの低下、神奈川県に分布する砂礫の存在はいずれも硝化を抑制し、チャによる窒素吸収に好影響を与えることを示した。

硝化が抑制状態にあることが有効であるなら、積極的にそういった条件にする技術が考えられ、第4章第4節で示した硝化抑制剤の使用はそのひとつといえよう。もともと茶園土壌のpHは低く硝化は遅いが、硝化抑制剤の使用によりさらに遅くすることができ、この土壌で栽培されたチャの新芽の全窒素やアミノ酸含有率は高くなっている。このように、硝化抑制剤の使用は最も直接的な硝化を抑える方法であり、効果も期待できる。また、この結果は硝化の抑制状態がチャによる窒素吸収、アミノ酸生成に効果的であることを裏付けるものである。

硝化抑制剤は古くから速効性肥料の緩効化のために使われてきたが、ここではアンモニア態窒素をそのままの形にしておくことに目的がある。したがって、硝酸系肥料をコーティングして溶出を遅くする、といった形の緩行性肥料ではこの目的にはあわないので注意すべきである。

#### 5. 硝化活性の抑制と有用菌の利用

本研究では窒素の多量施用と塩基の溶脱、それに伴うpHの低下、砂礫土壌、カルシウムの施用にいたるまで茶園土壌管理で未解明であった部分を明らかにし、とく

に硝化活性の側面から、その影響について検討してきた。極論すると物理性を除き、土壌条件、とくに微生物的条件を悪化させることが最も良いようにみえるが、pHの極端な低下、カルシウムの無施用、砂礫のみでの栽培は、生育やアミノ酸生成にとって必ずしも良くないことはすでに示してきたとおりである。ただそれぞれの適値が多くくの作物に比べ低いところにあるということはいえよう。また、ここでとりあげたのは微生物では硝化菌のみであり、その他の有用と思われる微生物についてはほとんど検討しなかった。これは白紋羽病等が散見されるものの、問題となる土壌病害もほとんどなく、現在のところ微生物が少ない状態でとくにマイナス要因がみられていないからにはほかならない。しかし現在、たとえばリン酸吸収の橋渡しをするVA菌根菌とチャとの関係等についても検討されつつあり<sup>60)</sup>、有機物分解にたずさわる微生物、あるいは病原微生物の拮抗菌の生態や有用性も今後は明らかにすべきであろう。

とくに有機物の施用による微生物の富化と、チャの生育、品質との関係は今後に残された課題といえる。有用微生物を富化し、一方で硝化菌等の活性を抑制するといった管理技術も明らかにしなければならない。ただ本研究で取り上げた硝化菌は無機栄養微生物であり、有機物の分解にたずさわる微生物や拮抗菌等の多くは有機栄養微生物であるため、それぞれをわけてコントロールできる可能性は大きい。

#### 6. 土壌要因とチャの品質、生育および合理的施肥管理

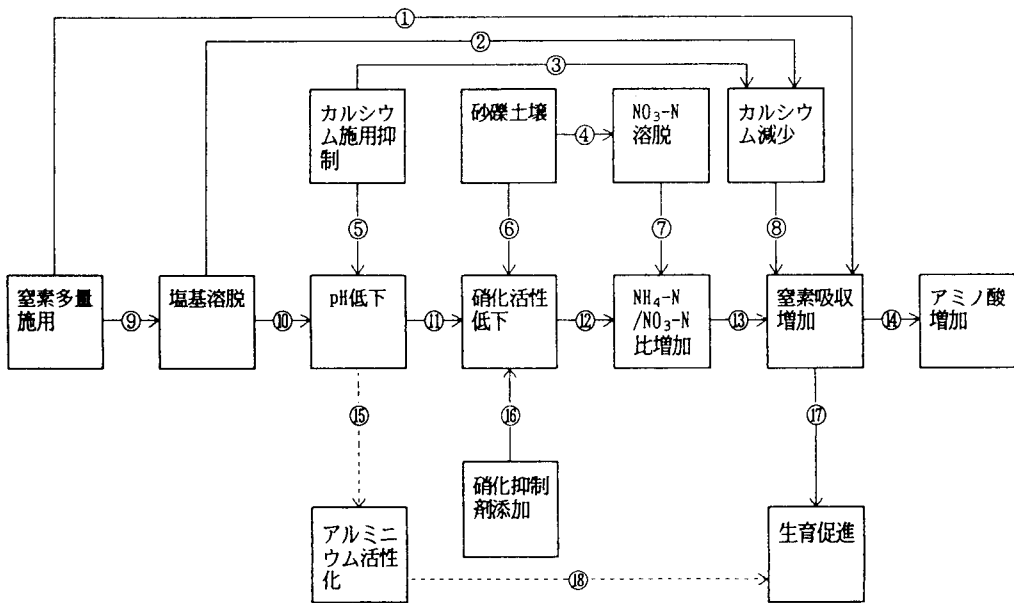
本研究で明らかにしたことをフローチャートに示した(第5-1図)。

窒素の多量施用は直接窒素吸収を増加させ①(第3章第4節、第4章第1節)、アミノ酸を増加させる⑭(第4章第1、2節)。

一方で窒素の多量施用は塩基の溶脱⑨、pHの低下を引き起こす⑩(第3章第3、4節)。pHの低下は硝化活性を抑制し⑪、硝酸態窒素に対するアンモニア態窒素の比率を増加させる⑫(第4章第4、6節)。これが好アンモニア性であるチャの窒素吸収の増加や⑬、アミノ酸の生成を増加させ⑭、あるいは生育を促進させる⑰(第4章第4、6節)。

pHの低下はカルシウムの施用抑制によっても起こるが⑤、カルシウムの減少そのものがアンモニア態窒素との吸収に対する拮抗を少なくし、窒素吸収にプラスに働く⑧(第4章第6節)。

また砂礫の存在はpH同様、硝化活性を抑制し⑥、窒



第5-1図 チャの窒素吸収、アミノ酸生成および生育に及ぼす土壌要因

素吸収やアミノ酸生成の増加へ導く（第4章第1, 2, 5節）。この砂礫の多い土壌では硝酸態窒素の溶脱が早く④（第3章第2節）、硝酸態窒素に対するアンモニア態窒素の比率を増加させる結果となる⑦。

さらに、硝化抑制は硝化抑制剤の施用により達成され⑩、同様に窒素吸収やアミノ酸の生成を増加させる（第4章第4節）。

なおpHの低下はアルミニウムを活性化させ⑮、生育を促進⑯することはすでに明らかにされている<sup>45)</sup>。

つまりこの図で各要因、すなわち窒素多量施用に伴うpHの低下、砂礫、硝化抑制剤はいずれも硝化を抑制する方向に働き、これが窒素、とくにアンモニア態窒素の

吸収を促進して、生育の促進や新芽のアミノ酸の増加を促すものと考えられることができる。

このように、本研究では窒素の多量施用が窒素の供給そのものの他に、土壌に及ぼす影響によってさらに窒素吸収を高めるのに一定の役割を持つことを示したが、同時に極端な多量施用は必要がないこと、多量施用によらずに、たとえば硝化の抑制により窒素吸収を高め、品質を維持する方法も示した。限りある資源を有効に利用し、持続的に茶業経営を行うためには、環境の保全を考えて茶園管理を行うことが不可欠な要件である。本研究結果は、このような視点に立って茶園の合理的な施肥を行うために寄与できるものと思われる。

## 摘 要

茶園における施肥実態、理化学性を明らかにし、無機成分の流亡、溶脱について調査を行った。また茶園の諸要因、つまり土壌、pH、窒素、カルシウムおよび土壌微生物とチャによる窒素吸収、アミノ酸生成との関係を明らかにするため一連の実験を行い以下の結果を得た。これらの結果から合理的な施肥管理について考察した。

1. 神奈川県内の4地区を8茶園について土壌の理化学的特性、施肥実態について調査した。

西部に位置する山北町の40~50cm下層に宝永火山砂礫層があり、この層のCECや保水性は極めて低く、チャの根は侵入できなかつた。表層は礫の多い砂壤土であった。また北部に位置する藤野町は礫の少ない壤土であり、茶の根は70cmに達していた。茶園には多量の窒素が施用され、平均窒素施用量は105.3kg/10a・年であった。また窒素、リン酸、カリウムの施用割合はおおむね1:0.5:0.5であり、カルシウム、マグネシウムの施用量はきわめて少なかった。各茶園ともpH、交換性カルシウム、マグネシウムは下層ほど高い傾向を示し、トルオーグリン酸は表層に多く、下層にはごく少なかった。土壌のpHは全般に低く推移し、3.0前後から5.0前後を示した。アンモニウム態窒素、硝酸態窒素とも春から秋にかけて高濃度に推移したが、冬には低下した。2か年を通じて土壌中でのアンモニウム態窒素、硝酸態窒素の含有割合はおおむね1:1であった。各茶園の表層土壌の塩基飽和度の年平均値は、カリが4~10%、カルシウムが2~21%、マグネシウムが2~6%の範囲内であった。pHは交換性カルシウムと正の、硝酸態窒素、および硝酸態窒素-アンモニウム態窒素とは負の相関関係にあった。ECと硝酸態窒素、および硝酸態窒素+アンモニウム態窒素とはきわめて高い正の相関関係にあった。

このように、神奈川県内の茶園においてもとくに窒素の多肥傾向が明らかとなり、窒素施用量の限界量に達していると思われる茶園も多く、また窒素の多量施用とカルシウムの供給不足がpHを低下させているものと推定された。今後、窒素施用量の軽減をはかり、また塩基組成を改善することが必要と考えられた。

2. 傾斜地茶園において肥料施用後の窒素の消長を調査した。また窒素の流亡、溶脱および土壌の流亡防止法について検討を行った。

窒素肥料施用後、アンモニウム態窒素の下層への移動はきわめて少なく、また硝酸態窒素は下層および斜面下方

への移動が多かった。イネわらのマルチ、牛ふん堆肥の表面施用および土壌の深耕は、いずれも窒素の流亡、溶脱の抑制に効果が高かった。これらはいずれも物理的な効果によるものと考えられた。硫酸アンモニウムの施用と比較して、CDU施用後のアンモニウム態窒素、硝酸態窒素は長期間残存した。また菜種かす施用後の両成分の発現は少なかった。土壌の流亡防止、チャの生育にはウィーピングラブグラス栽植の効果が高かった。

3. 神奈川県内の5種の茶園土壌における窒素の溶脱量をライシメーターにより調査した。

浸透水中のアンモニウム濃度はきわめて低かった。硝酸濃度は季節、区により異なつたが、その変動パターンは類似していた。すなわち、各区とも8~9月前後に大きなピークを、2月前後に小さなピークを示した。また、ピークを示す時期は壤土より、砂壤土や礫の多い軽植土で早かった。硝酸態窒素の溶脱量は浸透水中の濃度が高く、浸透水量の多い夏期に多かつた。また年間の窒素施用量に対する硝酸態窒素の各区平均の溶脱率は、定植3年後(1982年)で59%を示した。

これらのことから、今後、肥料の利用率を高め、施肥量の軽減をはかる施肥法の検討が必要と考えられた。

4. 同様にライシメーターにより茶園土壌における各種成分の溶脱について調査した。

浸透水中に含まれる主な陰イオンは硝酸、硫酸および塩素であり、リン酸はほとんど認められなかつた。硝酸の季節的な濃度変化は大きかつたが、硫酸、塩素の変化は比較的小さかつた。浸透水中の陽イオンとしてはアンモニウム、カリウム、カルシウム、マグネシウム、ナトリウム、マンガンおよびアルミニウムが確認された。最も高い濃度を示したのは各土壌ともカルシウムであり、マグネシウムがこれに次いだ。アンモニウム、マンガンの濃度はきわめて低く、痕跡程度しか検出されない時期も多かつた。浸透水中の陰イオンと陽イオンは各土壌、各時期ともほぼ等量ずつ存在しており、主として硝酸の濃度がカルシウム等、他の成分の濃度に影響を及ぼしているものと考えられた。

このように窒素の多量施用が他の成分の溶脱を促進しており、適切な窒素施用量の管理が必要と考えられた。

5. さらにライシメーターを用い、チャの生育、窒素吸収量、土壌の化学性の変化について調査した。

生育は壤土(清川、南足柄土壌)、砂壤土(秦野、山

北土壌), 軽埴土(藤野土壌)の順に旺盛であった。新芽の全窒素含有率は砂埴土で高かった。窒素の増施により新芽の全窒素含有率は高まったが, 生育に顕著な影響は現われなかった。また, 土壌pHの低下, 交換性カルシウムやマグネシウムの減少を招いた。試験期間中の窒素供給量に対するチャによる吸収率は, 9.6~57.6%の範囲内にあり, 平均で28.9%であった。土壌の無機態窒素残存率は5.7~19.0%, 平均で10.7%であり, また窒素溶脱率は9.0~80.7%, 平均で52.6%であった。

これらのことから, 砂埴土では窒素の増施による品質中心の管理が有効と考えられ, 埴土では硝酸化成の抑制等による窒素吸収の増加が, また軽埴土では粗大有機物等の導入が必要と考えられた。

6. 土壌と窒素施用量の違いがチャの生育および品質に及ぼす影響について調査した。

年間10a当たり30~120kgの窒素の施用では生育, 収量への影響は認められなかった。しかし, 埴土で60kgまで, 砂埴土で90kgまでの窒素の増施により新芽のアミノ酸含有率は高くなり, タンニン含有率は低くなった。2種類の土壌を比較すると, 収量は埴土で多かったが, 新芽のアミノ酸含有率は砂埴土で高く, タンニン含有率は埴土で高かった。土壌中のアンモニア態窒素/硝酸態窒素比は砂埴土で高く, カルシウムは埴土に多かった。

以上のことから, チャに対する窒素の適当な施用量は, 埴土で10a当たり60kg, 砂埴土で90kg前後と考えられた。また, 土壌間の新芽の品質差は, 主に土壌中の窒素形態やカルシウム含量が異なることによるものと考えられた。

7. 同様に土壌と窒素施用量の違いがチャの新芽のアミノ酸組成に及ぼす影響を調査した。

窒素施用量を変えることによって全アミノ酸量は変化するが, アミノ酸組成比への影響は認められなかった。一方, 土壌の違いは全アミノ酸量とともに組成比にも影響を及ぼした。すなわち, 砂埴土では全アミノ酸量が多くテアニンの比率が高いのに対して, 埴土ではグルタミン酸やアスパラギン酸の比率が高かった。

これらのことは, 土壌の改良や施肥管理によって全アミノ酸量のみならず, 組成比をも変え得ることを示唆するものである。

8. 家畜ふんの施用がチャの生育, 品質および土壌に及ぼす影響について調査した。

年間, 10a当たり, 堆肥化牛ふんで10t, 乾燥鶏ふんで2tまでの施用によって, 生育, 収量に影響は認められなかった。荒茶の品質, 新芽の成分(全窒素, アミノ酸, タンニン)および葉色にも影響は認められなかった。

細根は上層およびうね間に多い傾向にあったが, 家畜ふんを多く施用した位置では少なかった。土壌のpHは家畜ふんの施用量に比例して高くなった。可給態無機成分も施用量に比例して多くなり, 堆肥化牛ふんの5t以上, 乾燥鶏ふんの2t施用区では過剰傾向がみられた。

以上のことから, チャに対する適当な施用量は, 堆肥化牛ふんで年間, 10a当たり2t, 乾燥鶏ふんでは1t以下と考えられた。

9. 2種の茶園土壌に硝化抑制剤および苦土炭酸カルシウムを施用し, 土壌の硝化活性, チャの生育や新芽の成分含有率に及ぼす影響を調査した。

収量は砂埴土より埴土で多く, また, 苦土炭酸カルシウム年間10a当たり200kg以上の施用により減収した。しかし硝化抑制剤の増収効果は認められなかった。新芽の全窒素, アミノ酸含有率は砂埴土で高く, 硝化抑制剤施用区で高い傾向にあった。また, 苦土炭酸カルシウム無施用区で低かった。収穫物中のアミノ酸総量は苦土炭酸カルシウム100kg施用区で多かった。硝化速度は砂埴土より埴土で早く, 苦土炭酸カルシウム施用量の多い土壌で早かった。また硝化抑制剤の施用により遅くなった。

これらのことから, チャの品質に影響の大きいアミノ酸含有率を高めるためには, 土壌の硝化の抑制および年間10a当たり100kg程度の苦土炭酸カルシウムの施用が効果的と考えられた。

10. 埴土に砂礫を混入し, 土壌の硝化活性, チャの生育や窒素吸収に及ぼす影響を調査した。

収量は砂礫混入率の高い土壌で多い傾向にあった。新芽, 古葉および枝の全窒素含有率は砂礫混入率の高い土壌で高かった。また, 新芽のアミノ酸含有率も同様な傾向にあった。土壌中の糸状菌, 放線菌および細菌は砂礫混入率の高い土壌で少なかった。また, 砂礫混入率の高い土壌ほどアンモニア酸化細菌, 亜硝酸酸化細菌は少なく, 硝化速度は遅くなった。

このように, 砂礫を混入することによってチャ新芽の全窒素やアミノ酸含有率が高まる傾向にあったが, これは主として, 砂礫の多い土壌では硝化活性が低いため, 土壌中のアンモニア態窒素が長期間高く維持され, チャによる窒素吸収が高まったことによるものと考えられた。

11. 茶園土壌に炭酸カルシウムまたは硫酸カルシウムを施用し, 土壌の硝化活性, チャの生育や新芽の成分含有率に及ぼす影響を調査した。

収量はカルシウム資材無施用区でもっとも多く, 炭酸カルシウム施用区では施用量の増加に従って減少した。また, 硫酸カルシウム施用区は無施用区よりやや少なかっ

たものの施用量による差はみられなかった。新芽の全窒素やアミノ酸含有率は炭酸カルシウム、硫酸カルシウム施用区とも施用量の増加に従って低くなった。硝化活性とpHは炭酸カルシウム施用量の多い土壌で高かったが、硫酸カルシウム施用の影響は小さかった。

このようにカルシウム資材の施用によりチャ新芽の全窒素やアミノ酸含有率が低下し、生育も抑制されたが、その原因はpHとカルシウムに分けて考えることができた。つまりpHの上昇は、主として硝化の促進がアンモニア態窒素の減少を招いて窒素の吸収が減少したことに起因し、多量のカルシウムの存在は、アンモニア態窒素

の吸収に対して拮抗的に働き、窒素の吸収が減少したことによるものと推察された。

12. 以上の結果から茶園土壌における窒素の多量施用は塩基の溶脱を促進しpHを低下させるが、pHの低下や砂礫の存在はいずれも硝化活性を抑制する方向に働き、このことがアンモニア態窒素の比率を大きくして、チャによる窒素の吸収を高め、さらにアミノ酸含有率を高め、あるいは生育を促進させるものと結論した。しかし、同時に窒素の極端な多量施用は必要がないこと、窒素の多量施用によらずに、たとえば硝化の抑制により窒素吸収を高めることが可能であることも明らかとなった。

## 謝 辞

本論文のとりまとめにあたって終始懇切なご指導とご校閲をいただいた東京大学農学部教授松本聰農学博士に心より深謝の意を表す。

また、研究を進める上で格別のご指導をいただいた玉川大学農学部竹島征二教授に深く感謝の意を表す。

玉川大学名誉教授岡田一次農学博士並びに岡山大学名誉教授安江安宣農学博士には研究にあたっての基礎的な考え方についてご教示いただいた。農林水産省野菜・茶業試験場前作業技術研究室長青野英也農学博士には茶栽培研究上の手法について、同前土壌肥料研究室長小菅伸郎農学博士には土壌肥料研究上の手法について貴重なご意見をいただいた。同研究室主任研究官渡部育夫氏にはアミノ酸分析についてご援助いただいた。また、神奈川県横浜農業改良普及所普及課長大森庄次氏、神奈川県相

模原農業改良普及所副技幹小倉功氏には共同研究者としてご協力いただいた。神奈川県園芸試験場津久井分場元分場長杉本正行氏、元分場長坂入平吉氏、前分場長依田慶司氏、分場長青野信男氏はじめ在場職員の方々には研究を進める上で多面にわたるご援助、ご協力をいただいた。現地調査や土壌の収集にあたっては神奈川県足柄農業改良普及所長石田重雄氏はじめ足柄、伊勢原、津久井各農業改良普及所の茶担当農業改良普及員各氏と、多くの茶栽培家のご協力をいただいた。また、神奈川県農業総合研究所長辛島紀男氏並びに神奈川県園芸試験場長簗島敏明氏には本論文の発表に特段のご配慮をいただいた。以上の方々以外にも本研究を実施する上で多くの方々のご協力があった。ここに記して感謝の意を表す。

## 引用文献

- 1) ANDERSON, O.A. and PURVIS, E.R. : Effects of low temperatures on nitrification of ammonia in soils, *Soil Sci.*, 80, 313~318(1955)
- 2) 青野英也 : 傾斜地茶園に関する研究の現状と問題点, *茶技研*, 35, 1~24(1967)
- 3) 青野英也・築瀬好充・田中静夫 : チャの根郡の発達とその土壤保全機能, *茶試研報*, 16, 191~317(1980)
- 4) 足柄茶五十周年記念事業実行委員会 : 足柄茶五十年史, 165pp, (1975)
- 5) 馬場昂・五十嵐太郎 : 簡易ライシメーター試験によるチューリップ栽培における施肥養分の溶脱について, *新潟大農研報*, 34, 55~70(1982)
- 6) BLUME, J.M. : Leaching of calcium in a fine sandy loam as indicated by  $Ca^{45}$ , *Soil Sci.* 73, 383~389(1952)
- 7) CHENERY, E.M. : A preliminary study of aluminium and tea bush. *Plant Soil*, 6, 174~200(1955)
- 8) DANCER, W.S., PETERSON, L.A. and CHESTERS, G. : Ammonification and nitrification of N as influenced by soil pH and previous N treatments, *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 37, 67~69(1973)
- 9) FEDERER, C.A. : Nitrogen mineralization and nitrification. Depth variation in four New England forest soils, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 47, 1008~1014(1983)
- 10) FOWDEN, L. : Aspects of amino acid metabolism in plants, *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 18, 85~106(1967)
- 11) 藤島哲男 : 鹿児島県の火山灰畑地土壤の生産性と無機成分の溶脱について, *鹿児島茶試特別研報*, 1~116(1984)
- 12) 藤原俊六郎 : 足柄茶の品質に関する研究, 産地間品質差異と滋味・香気に関する統計的解析, *神奈川農総研報*, 117 : 87~101(1977)
- 13) 袴田勝弘・前原三利 : 茶芽の生育に伴う茶葉の全窒素、遊離アミノ酸、カフェイン、タンニンの変化, *茶研報*, 48, 57~63(1978)
- 14) HANKINSON, T. R. and SCHMIDT, E. L. : An acidophilic and an eutrophilic nitrobacter strain isolated from the numerically predominant nitrifier-oxidizing population of an acid forest soil, *Appl. Environ. Microbiol.*, 54, 1536~1540(1988)
- 15) 早津雅仁 : 茶園土壤における硝酸化成の諸特徴, *茶研報 (講演要旨)* 67, 92~93(1988)
- 16) 早津雅仁・小菅伸郎 : 強酸性茶園土壤における硝酸化成とアンモニア酸化菌について, *土肥学会講要34集*, 41(1988)
- 17) 日嶽義満・吉川護 : 土壤の二、三の性質が茶樹の生育に及ぼす影響, *茶研報*, 50, 26~30(1979)
- 18) 保科次雄・香西修治・山下正隆・石垣幸三 : 土壤の種類と茶樹による施肥窒素 ( $^{15}N$ ) の吸収, *茶研報*, 49, 27~31(1979)
- 19) 船引真吾・永木幸江・坂本辰馬・葉師寺清司・奥地進 : 温州ミカンのライシメーター試験について (第1報) 肥料成分の流亡, *土肥誌*, 34, 125~130(1963)
- 20) 池田敏久 : 多肥栽培茶園における減肥方法, *三重農技研報*, 16, 57~71(1988)
- 21) 池ヶ谷賢次郎・平峯重郎, 苦土石灰の施用が茶樹のリン酸吸収に及ぼす影響, *茶技研*, 36, 27~31(1968)
- 22) 石垣幸三 : 茶樹の栄養特性に関する研究, *茶試研報*, 14, 1~152(1978)
- 23) 石垣幸三 : お茶の化学成分, 味, 香りと茶樹の栽培, *化学と生物*, 19, 278~285(1981)
- 24) 石垣幸三・保科次雄 : 砂耕法による三要素の濃度増加に伴う茶樹の化学成分, *茶研報*, 45, 54~62(1977)
- 25) 石垣幸三・平峯重郎・池ヶ谷賢次郎・高橋博次 : 本邦主要産地における茶樹の各種異常症状の実態と微量金属元素との関係, *茶試研報*, 13, 1~51(1977)
- 26) ISHIZAWA, S. and MATSUGUCHI, T. : Studies on the nitrification in soil, with special reference to the population of nitrifier. Part 1. Effect of temperature, pH and moisture on the nitrification of urea in soil, *Soil Sci. and Plant Nutrition*, 8, 240~244(1962)
- 27) 岩橋光育 : 土壤のpHおよび塩基飽和度が茶樹の生育, 品質に及ぼす影響, *静岡茶試研報*, 15, 21~28(1990)
- 28) 鹿児島茶試 : 鹿児島茶試昭和41年度試験成績, 45~46(1967)
- 29) 鎌田春海 : 神奈川の土壤分類と土地利用に関する研究, *神奈川農総研報*, 112, 1~151(1972)
- 30) 神奈川園試津久井分場 : 昭和57年度試験成績書 (茶), 25~26(1983)



- 31) 神奈川農試：茶園土壌調査報告書，足柄上郡山北町清水地区，神奈川農試土壌肥料成績，37，1～103(1964)
- 32) 神奈川農試：低位生産地特殊土壌調査成績，茶園に関する調査，神奈川農試土壌肥料成績，48，1～55(1965)
- 33) 神奈川農試：足柄茶の改善対策試験成績書，神奈川農試土壌肥料成績，77，1～92(1967)
- 34) 神奈川農試：茶園土壌調査成績書，足柄上郡南足柄町地区，神奈川農試土壌肥料成績，108，1～70(1969)
- 35) 烏山光昭：茶樹における窒素の吸収・移行・代謝・利用に関する研究，鹿児島茶試研報，6，1～59(1990)
- 36) 加藤秀正・岡紀邦・亀和田国彦：土壌溶液論的にみた黒ボク土壌のリン酸の上限，土肥誌，58，27～34(1987)
- 37) 河合惣吾・池ヶ谷賢次郎：茶園土壌の置換性塩基組成と茶樹生育との関係について，茶試研報，1，144～227(1962)
- 38) 河合惣吾・石垣幸三・岡本暢夫：茶園土壌における施用窒素成分の溶脱について，茶技研，9，40～42(1953)
- 39) 河合惣吾・石垣幸三・高柳博次：茶樹に対するアンモニア系窒素肥料と硝酸系窒素肥料の肥効について，茶技研，27，16～22(1963)
- 40) 河合惣吾・森田昇：神奈川県足柄上郡山北町の茶園土壌調査報告，茶技研，23，88～96(1960)
- 41) 小西茂毅：茶樹に存在する二つのアミドの生理化学，茶研報資料2，22～32(1970)
- 42) 小西茂毅：植物の特性とアルミニウム，農化，63，1391～1394(1989)
- 43) 小西茂毅：茶の科学，P.21～32，朝倉書店，東京(1991)
- 44) 小西茂毅・太田充・岩瀬文夫：茶樹における窒素の吸収利用に関する研究，I. 茶樹各施肥期に吸収された窒素の新芽への寄与，土肥誌，49，221～225(1978)
- 45) 小西茂毅・宮本倉文：茶樹の生育に対するアルミニウムの促進効果とそのリン酸吸収特性，土肥誌，55，29～39(1984)
- 46) 小西千賀三・山崎欣多：レンゲ施用水田における養分の消長に関する研究(第1報)ライシメーター試験，北陸農業研究，3，1～61(1955)
- 47) 小管伸郎：茶園土壌のpHをめぐる諸問題，茶技研，62，1～7(1982)
- 48) 小管伸郎：茶園土壌における適正pHについて，茶研報，66，98～101(1987)
- 49) 久保田悦郎・中川到之：茶のアミノ酸類の自動分析法，茶技研，45，51～57(1973)
- 50) 蔵本正義・小管伸郎・高橋和司：塩基置換容量・全置換性塩基・塩基飽和度，土壌養分分析法，P33～44，養賢堂，東京(1970)
- 51) 串崎光夫：原子吸光分析に植物試料抽出法を併用したMn, Cu, Zn, Mg定量の簡易迅速化，土肥誌，39，489～490(1968)
- 52) 九州農業試験場：九州地域における土壌診断基準，P7(1978)
- 53) 前原三利：茶樹の施肥障害について，茶技協講要，February 1979，71(1979)
- 54) 前野道雄・松崎敏英・鎌田春海・篠崎光夫・大木孝之・郷間光安・岩崎洋三・西山信一・蟻川浩一：神奈川県茶園土壌に関する研究，神奈川農試研報，122，47～64(1981)
- 55) 前野道雄・松崎敏英・鎌田春海・篠崎光夫・大木孝之・郷間光安・岩崎洋三・西山信一・蟻川浩一：茶園の施肥改善と土壌改良に関する研究，神奈川農試研報，122，65～84(1981)
- 56) 松下研二郎・藤島哲男・宇田川義夫：鹿児島県における火山灰土壌畑地の生産力と各種成分の溶脱について—ライシメーター試験—(第1報)浸透水量と各種成分の溶出量，土肥誌，40，337～343(1971)
- 57) 松下研二郎・藤島哲男・宇田川義夫：鹿児島県における火山灰土壌畑地の生産力と各種成分の溶脱について—ライシメーター試験—(第2報)浸透水中の各種成分の濃度組成，土肥誌，42，243～249(1971)
- 58) 三重農技センター：昭和56年度茶総括検討会議成績概要書(1982)
- 59) MORRILL, L. G. and DAWSON, J. E. : Patterns observed for the oxidation of ammonium to nitrate by soil organisms, Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 31, 757～760(1967)
- 60) MORITA, A. and KONISHI, S. : Relationship between vesicular-arbuscular mycorrhizal infection and soil phosphorus concentration in tea fields, Soil. Sci. Plant Nutr., 35, 139～143(1989)
- 61) 向笠芳郎・小川茂・河原崎邦男：窒素肥料の施用後における土壌中のアンモニア態窒素と硝酸態窒素の消長，茶研報，40，37～42(1973)
- 62) 中川到之：緑茶の滋味と化学成分組成との相関，日食工誌，16，252～258(1969)
- 63) 中川到之・天野いね：窒素分析による煎茶の品質評

- 価, 日食工誌, 21, 57~63(1974)
- 64) 中川致之・阿南豊正: 茶のアミノ酸の簡易定量法, 茶研報, 50, 56~61(1979)
- 65) 中川到之・阿南豊正・石間紀男: 緑茶の味と化学成分との関係, 茶試研報, 17, 69~123(1981)
- 66) 中村充・小川茂: 茶園土壌の物理性改善が茶樹の生育及び新芽の窒素含量に及ぼす影響, 静岡茶試研報, 13, 61~70(1987)
- 67) 那須義和・芦立德厚: 水の分析, P.203~205, 化学同人, 京都(1971)
- 68) 農水省茶試土肥研究室: 昭和54年度試験成績, 7~24(1980)
- 69) 農水省茶試化学研究室: 茶の公定分析法, 茶試研報, 6, 167~172(1970)
- 70) 小川茂: 茶園土壌の浸透水に含まれる成分について, 茶技協講要, Feb.1983(1983)
- 71) 大分農技センター: 昭和54年度試験成績書(茶), 4~7(1982)
- 72) OKAJIMA, H. and IMAI, H.: Role of an ion in controlling mineral ion concentration of the soil solution. JARQ., 9, 191~197(1975)
- 73) 岡島秀夫・今井弘樹・神山雅之: 土地利用を異にする土壌の土壌溶液イオン組成に関する比較研究(第1報)ハウス土壌について, 北大邦文紀, 12, 200~210(1981)
- 74) 大森庄次・杉本正行: 園芸作物に対する家畜ふんの多量利用に関する研究(第4報)野菜に対する連年施用の影響と限界量について, 神奈川園試研報, 25, 59~68(1972)
- 75) 大森庄次・杉本正行: 茶に対する家畜ふんの多量施用に関する研究, 神奈川園試研報, 27, 64~74(1980)
- 76) SABEY, B.R., BARTHOLOMEW, W.V., SHAW, R. and PESEK, J.: Influence of temperature on nitrification in soils, Soil Sci. Soc. Proc., 20, 357~360(1956)
- 77) 埼玉茶試: 土壌管理施肥技術に関する試験, 昭和54年度埼玉茶試土壌肥料に関する試験成績, 1~19(1980)
- 78) SAKAI, H.: Effect of temperature on nitrification in soils, Soil and Plant Food, 4, 159~162(1959)
- 79) SASAOKA, K., KITO, M., and INAGAKI, H.: Studies on the biosynthesis of theanine in tea seedlings. Synthesis of theanine by the homogenate of tea seedlings, Agric. Biol. Chem., 27, 467~468(1963)
- 80) SASAOKA, K., KITO, M. and ONISHI, J.: Some properties of the theanine synthesizing enzyme in the seedlings. Agric. Biol. Chem., 29, 984~988(1965)
- 81) 関谷直正・山下正隆・田中勝夫: 深耕に伴う断根が秋・冬期の乾物生産および同化産物の消長に及ぼす影響, 茶技研, 53, 33~42(1977)
- 82) 関谷直正・山下正隆・田中勝夫: 深耕時の断根が秋・冬期の樹体内窒素および一番茶新芽の成分に及ぼす影響, 茶試研報, 49, 19~26(1979)
- 83) SELVENDRAN, R.R. and SELVENDRAN, S.: Chemical changes in young tea plant (*Camellia sinensis* L.) tissues following application of fertilizer nitrogen, Ann. Bot., 37, 453~461(1973)
- 84) SHILOVA, YE. I. and KOROVKINA, L. V.: Composition and properties of soil solution in the podzolic soil of a green moss-spruce stand according to lysimeter data, Soviet Soil Sci., 9, 1049~1054(1965)
- 85) 白木与志也: 荒茶品質の地域間差の解析, 神奈川園試研報, 41, 63~71(1991)
- 86) 嶋田永生・武井昭夫・早川岩夫: そ菜栽培下での施用肥料成分の行動(1), 愛知農総試研報B, 2, 24~30(1970)
- 87) 嶋田典司・高橋直和: トマトの養分吸収に及ぼす陰イオン交換樹脂の影響, 土肥誌, 51, 229~233(1980)
- 88) 杉本正行・古藤実・大森庄次: 園芸作物に対する家畜ふんの多量利用に関する研究(第2報)クリに対する生牛ふんの利用試験, 神奈川園試研報, 21, 42~53(1974)
- 89) 竹尾忠一: 茶の滋味に關与するテアニンを中心とした茶樹の窒素代謝, 茶試研報, 17:1~68(1981)
- 90) TAKEO, T.: Ammonium-type nitrogen assimilation in tea plants, Agric. Biol. Chem., 44, 2007~2012(1980)
- 91) 高橋恒二・森田昇: 傾斜地茶園土壌の研究, 東海近畿農試研報(茶), 4, 60~111(1956)
- 92) 竹島征二・福田栄一・岩崎毅: 湿性ポドゾル土壌の透水による主要成分の溶脱について, 土肥試, 57, 64~69(1986)
- 93) TYKER, K.B., BROADBENT, F.E. and HILL, G. N.: Low-temperature effects on nitrification in four California soils, Soil Sci., 87, 123~129(1959)

- 94) 和田秀徳・土屋一成・高井康雄：水田土壤からの物質の溶脱に関する研究（第1報）水田土壤からの主要成分の溶脱過程，土肥誌，50，511～516(1979)
- 95) WADA, K. and OKAMURA, Y. : Electric change characteristics of Ando A, and buried A, horizon soils. J. Soil Sci., 31 : 307～314(1980)
- 96) 和田光正・中田典男・太田勇夫・本荘吉男：産地による煎茶の品質および化学成分の相違，茶研報，53，26～41(1981)
- 97) WALKER, N. and WICKRAMASINGHE, K. N. : Nitrification and autotrophic bacteria in acid tea soils, Soil Biol. Biochem., 11, 231～236(1979)
- 98) 渡部尚久：火山灰土壤におけるチャの肥培管理に関する研究（第4報）土壌及び窒素施用量の違いが新芽のアミノ酸組成に及ぼす影響，神奈川園試研報，32，64～68(1985)
- 99) 渡部尚久：茶園土壤における肥料成分の溶脱と茶樹の生育（第1報）窒素成分の溶脱について，神奈川園試研報，33，54～64(1986)
- 100) 渡部尚久：茶園土壤における肥料成分の溶脱と茶樹の生育（第2報）各種成分の溶脱について，神奈川園試研報，34，57～67(1987)
- 101) 渡部尚久：茶園土壤における肥料成分の溶脱と茶樹の生育（第3報）茶樹の生育及び窒素吸収について，神奈川園試研報，35，22～32(1988)
- 102) 渡部尚久：茶園への硝化抑制剤とカルシウム資材の施用がチャの生育と新芽のアミノ酸含有率に及ぼす影響，土肥誌，62，493～499(1991)
- 103) 渡部尚久：茶園への砂礫の混入が硝化活性とチャによる窒素吸収に及ぼす影響，土肥誌，63，422～427(1992)
- 104) 渡部尚久：茶園に施用するカルシウム資材の違いが土壌およびチャによる窒素吸収に及ぼす影響，土肥誌，64，134～140(1993)
- 105) 渡部尚久・小倉功：火山灰土壤におけるチャの肥培管理に関する研究（第1報）傾斜地茶園における土壌中の窒素の消長および窒素と土壌の流亡防止法について，神奈川園試研報，29，97～104(1982)
- 106) 渡部尚久・大森庄次：火山灰土壤におけるチャの肥培管理に関する研究（第2報）家畜ふんの施用が土壌およびチャの生育におよぼす影響，神奈川園試研報，30，72～80(1983)
- 107) 渡部尚久・大森庄次：火山灰土壤におけるチャの肥培管理に関する研究（第3報）土壌及び窒素施用量の違いがチャの生育並びに品質に及ぼす影響，神奈川園試研報，31，41～49(1984)
- 108) 渡部尚久・大森庄次・杉本正行：神奈川県茶園における施肥実態と土壌の化学性について，神奈川園試研報，27，75～85(1980)
- 109) 渡部育夫・池ヶ谷賢次郎：多肥栽培下における超強酸性茶園土壤の化学性，茶研報，65，65～72(1987)
- 110) WICKREMASINGHE, R.L. and PERERA, K.P. W.C. : Site of biosynthesis and translocation of theanine in the tea plant, Tea Q., 43, 175～179(1972)
- 111) 吉田仁志・藁目清一郎：水の分析，P.209～211，化学同人，京都(1971)
- 112) 吉田勝二・志礼治：土性を異にした茶園土壤における無機態窒素の動態，茶研報，62，18～28(1985)
- 113) 四ツ柳隆夫・後藤克己・永山政一：チロンによるアルミニウムイオンの吸光光度定量 - アルミニウム錯体の溶存状態分析への応用 - ，日化，88，42～47(1967)

---

## Studies on Behavior of Nitrogen and Management of Rational Fertilizer Application to Soil of Tea Fields.

Naohisa WATABE

---

### Summary

The physical and chemical properties of soil in tea fields were investigated, and the fertilization methods, and the erosion and leaching of mineral constituents were clarified. Several series of experiments were carried out to clarify the relationships between soils, pH, nitrogen and calcium contents, and soil microorganisms, with nitrogen absorption and amino-acid production by tea.

The following results were obtained. Rational application of fertilizer is discussed based on these results.

1. The chemical properties of soil and the fertilization methods in eight tea fields in Kanagawa Prefecture were investigated.

The Surface soil of tea fields in Yamakitamachi in western Kanagawa is sandy loam with a gravelly sand layer at 40 to 50cm. The base exchange and water capacity of this gravelly sand are small, so roots of tea do not grow into it. The surface soil of tea fields in Fujinomachi in northern Kanagawa is loam, and there is no gravelly sand layer. Tea roots grew as deep as 70cm. A large amount of nitrogen fertilizer is provided at an average amount of 105kg/10a/year. The fertilizer ratio of nitrogen, phosphorus and potassium was approximately 2:1:1, and little calcium or magnesium is provided. The pH, exchangeable calcium and magnesium ions of the lower soil layer were higher than those of the upper soil layer, but the phosphorus content of the upper soil layer was higher than that of the lower soil layer. The soil pH ranged from 3.5 to 5.0. The ammonium nitrogen and nitrate nitrogen of the soils increased in spring to autumn and decreased in winter with a content ratio between ammonium nitrogen and nitrate nitrogen of about 1:1 over 2 years. The potassium content was in the range of 4% to 10%, calcium was from 2% to 21% and magnesium was from 2% to 6%. A positive correlation was found between soil pH and exchangeable calcium; a negative correlation was found between pH and nitrate nitrogen, and nitrate nitrogen+ammonium nitrogen. A high positive correlation was found between soil EC and nitrate nitrogen, and nitrate nitrogen+ammonium nitrogen.

It seems that the amount of nitrogen provided to tea fields is critical, and the large amounts of nitrogen and small amounts of calcium fertilizer lowered the soil pH. The amount of nitrogen fertilizer should be reduced and the balance of the three exchangeable bases should be improved.

2. The behavior of nitrogen fertilizer in the soil of sloping tea fields was investigated. Control of leaching nitrogen and erosion of fertilizers and soil were also

investigated.

Although very little ammonium nitrogen leached into the lower soil layer after application of nitrogen fertilizers, a large amount of nitrate nitrogen moved into the lower layer and to the lower part of the field.

Mulching with rice straw and cattle manure and deep plowing prevented leaching and nitrogen run off. With C.D.U. fertilizer, large amounts of ammonium nitrogen and nitrate nitrogen remained in the soil long after application. However, with rape-seed dregs, the amount of ammonium nitrogen and nitrate nitrogen in the soil increased slightly compared to application of ammonium sulfate. Planting weeping love-grass was highly effective against soil erosion, and encouraged growth of tea.

3. The amount of inorganic nitrogen leached from five soils collected from tea fields in Kanagawa Prefecture was investigated using a lysimeter.

The concentration of ammonium in percolating water was very low value in all the soils. The nitrate concentration varied with season and soil but the variation patterns were similar; there was a large peak in August or September and small peak in winter. The peaks appeared earlier in sandy loam and light clay than in loam. The amount of leached nitrate nitrogen was large in summer when the concentration of nitrate nitrogen in percolating water was high and the amount of percolating water was large. The average rate of leached nitrate nitrogen compared to the annual amount of inorganic nitrogen fertilizer was 59% 3 years after planting tea.

From these results, it is necessary to find a fertilization method that cuts the amount of fertilizer by improving the usage efficiency.

4. The leaching of the contents of five tea-field soils in Kanagawa Prefecture was investigated by using a lysimeter.

The main anions in percolating water were nitrate, sulfate and chloride; phosphate was hardly found. The seasonal changes of nitrate concentration were large, but they were comparatively small in sulfate and chloride. Ammonium, potassium, calcium, magnesium, sodium, manganese, and aluminum were detected as cations in percolating water. Calcium showed the highest concentration in every soil followed by magnesium. The concentrations of ammonium and manganese were very low, and in many months there were only traces. The anions and cations in percolating water were equivalent in each season and it is believed that the concentration of nitrate influences the concentration of other ions such as calcium. Excessive nitrogen fertilization promoted leaching of other ions and proper management of nitrogen fertilization is required.

5. The effects of soil on the growth and nitrogen absorption of tea were investigated in relation to the changes in the chemical properties of the soils using a lysimeter. Experiments were carried out by planting tea on five different soils from various tea fields in Kanagawa Prefecture.

Tea grew best on loam from Kiyokawa and Minamiashigara; it grew vigorously on sandy loam from Hadano and Yamakita followed by light clay from Fujino. The nitrogen content was highest in new shoots of tea grown on sandy loam. The nitrogen

content of new shoots increased in accordance with the amount of nitrogen supplied to the soil. Irrespective of the amount of nitrogen supplied, no difference was observed in growth of tea, although a decline in pH and decrease in exchangeable calcium oxide and magnesium oxide occurred in the soil. During the experiments, the nitrogen flow differed greatly between the five soils: 9.6%~57.6% of the total nitrogen supplied to each soil was absorbed by the tea, 5.7%~19.0% remained as inorganic nitrogen, and 9.0%~80.7% leached out.

The results of this study clearly indicate that the amount of nitrogen supplied to tea from soil depends mostly on the soil type. This suggests that in sandy loam, loam and light clay soils, more nitrogen, suppression of nitrification, and supply of crude organic amendments, respectively, is required to enhance nitrogen absorption by tea as well as the tea plant qualities.

6. The effect of soil and the amount of applied nitrogen fertilizer on tea growth and new-shoot quality were investigated.

Application of 30 to 120kg/10 a/year of nitrogen fertilizer had no effect on tea growth and yield of leaves. However, applications up to 60kg to loam, or of 90kg to sandy loam, increased the amino-acid content of new shoots, but the tannin content decreased with increasing application of nitrogen fertilizer. Comparison of the two soils indicates that the yield of leaves and the tannin content are higher in tea grown on loam, while the amino-acid content is higher in tea grown on sandy loam. The ammonium nitrogen / nitrate nitrogen ratio in soil was higher in the sandy loam, but the calcium-oxide content was higher in loam.

These results suggest that the appropriate application of nitrogen fertilizer per 10a per year is 60kg for loam and 90kg for sandy loam. The difference in the quality of new shoots seems to depend on the form of nitrogen and the soil calcium-oxide content.

7. The effect of the soil type and amount of applied nitrogen fertilizer on the amino-acid composition of new tea shoots was investigated.

The amount of nitrogen fertilizer influenced the total amino-acid content but did not influence the proportions of specific amino acids. However, the difference in soil changed both the total amino-acid content and the amino-acid composition. The total amino-acid content and proportion of theanine were higher in tea grown on sandy loam, while proportion of glutamic acid and aspartic acid were higher in tea grown on loam.

These results suggest that soil improvement and application of fertilizers can change not both the total amino-acid content and proportions of amino acids.

8. The influences of livestock manure on the growth of tea plants, the quality of tea, and the chemical properties of tea-field soil were investigated.

Application of 10t max. of composted cattle manure or of 2t max. of dried chicken manure had no influence on the growth of tea or the yield of leaves. The general quality of the crude tea, total nitrogen, amino acids and tannin content in leaves, and the color of leaves were not influenced by the manure application. The number of fine roots increased in the upper soil layer and in the gaps between tea hedges,

but decreased where the manure was applied. The soil pH rose and the concentration of soil mineral nutrients increased with the number of manure applications. Application of more than 5t of composted cattle manure or of 2t of dried chicken manure seemed excessive.

From these results, the appropriate application per 10a per year would be 2t of composted cattle manure or less than 1t of dried chicken manure.

9. A nitrification inhibitor and dolomite were applied to two soils to clarify their effect on growth of tea and cell content of new shoots.

The total leaf yield over 6 years was greater in tea grown on sandy loam than on loam. Application of dolomite caused a decrease of more than 200kg per 10a. No effect of the nitrification inhibitor on leaf yield was noticed. The amount of total nitrogen and amino-acid contents in new shoots were higher in tea grown on sandy loam than in tea grown on loam. They also tended to be higher with application of a nitrification inhibitor to the soil, but they became lower when dolomite was not applied. The total amount of amino acids in new shoots from tea grown on a field provided with 100kg of dolomite per 10a was highest. The nitrification rate in sandy loam was lower than that in loam and application of dolomite accelerated the nitrification.

From these results, it was concluded that the amino-acid content in tea leaves, which affects the tea quality, is increased significantly by application of a nitrification inhibitor and dolomite (100kg per 10a per year).

10. Gravelly sand was mixed into the loam of a tea field. The nitrifying activity of the soil, and the growth and nitrogen absorption of tea cultured in the soil were investigated.

The leaf yield from tea grown on soil with large admixture of gravelly sand tended to be greater. The nitrogen and amino-acid contents in new shoots, old leaves and branches were higher in the soil with large admixture of gravelly sand. Fungi, actinomycetes and bacteria were limited in this soil. In particular, ammonium-oxidizing bacteria and nitrite-oxidizing bacteria were less abundant and the nitrification rate was low.

These results show that mixing gravelly sand into tea-field loam produces high nitrogen and amino-acid contents in new shoots. This is believed to be due to maintenance of ammonium nitrogen in the soil over long periods because of low nitrifying activity.

11. Calcium carbonate and calcium sulfate were applied to tea fields and the effects on the nitrifying activity in the soil, the growth of tea and the nitrogen content of new shoots were investigated.

The leaf yield was greatest in fields where no calcium was supplied. Leaf yield decreased as calcium-carbonate application increased. The yield with calcium-sulfate application was smaller than with non-application, but no difference was found between fields where calcium sulfate was supplied in different quantities.

The amount of total nitrogen and amino-acid content in new shoots decreased with

increasing application of both calcium carbonate or calcium sulfate.

The nitrifying activity and pH of soil were higher in fields supplied with calcium carbonate, but the effect of calcium sulfate was small.

Thus, the total nitrogen and amino-acid content of new shoots deteriorated and plant growth was inhibited by application of calcium. This deterioration may be due to two factors: high pH promoting nitrification, and the antagonistic action of large amounts of calcium on nitrogen absorption.

12. The above results suggest that application of large amounts of nitrogen in tea fields induces leaching of bases and low pH. However, the decline of pH and the existence of gravelly sand inhibits nitrifying activity and increases the ratio of ammonium nitrogen. It is concluded that these phenomena cause high absorption of nitrogen, high amino-acid content and promotion of tea growth. Further, application of excess nitrogen is not necessary and other methods such as application of nitrification inhibitors could cause higher absorption of nitrogen.