

森林土壌における無機態窒素の動態

中 川 一
竹 下 純一郎

目 次

1. はじめに	1	3.1.4 高鷲試験地	10
2. 試験方法	2	3.1.5 国府試験地	10
2.1 林地における施肥窒素の消長	2	3.1.6 明方試験地	11
2.1.1 試験地	2	3.1.7 金山試験地	12
2.1.2 試験区及び施肥方法	2	3.1.8 下呂試験地	12
2.1.3 土壌分析用試料の採取	2	3.2. 黒色土壌の苗畑における施肥	
2.1.4 葉分析用試料の採取	3	窒素の消長	13
2.1.5 分析方法	4	3.2.1 土壌の理化学性	13
2.2 黒色土壌の苗畑における施肥		3.2.2 施肥窒素の消長	13
窒素の消長	4	3.3. 土壌窒素の無機化量	16
2.2.1 試験地	4	4. 考 察	18
2.2.2 試験区及び施肥方法	4	4.1 土壌層位と無機態窒素	18
2.2.3 土壌分析用試料の採取	4	4.2 土壌型と無機態窒素	19
2.2.4 葉分析用試料の採取	4	4.3 無機態窒素の時期的変動	19
2.2.5 分析方法	7	4.4 肥料の窒素形態と無機態窒素	19
2.3 土壌窒素の無機化量	7	4.5 土壌温度と無機態窒素	20
3. 試験結果	7	4.6 土壌の化学性と無機態窒素	20
3.1 林地における施肥窒素の消長	7	4.7 土壌含水率と無機態窒素	20
3.1.1 土壌の理化学性	7	4.8 肥効と無機態窒素	20
3.1.2 掛菱川試験地	7	5. まとめ	21
3.1.3 白川試験地	9	引用文献	22

1 はじめに

林地肥培において、林木の生長に最も重要な肥料成分は窒素である。土壌中の窒素は、大部分がA₀層、A層中に有機態窒素として存在しており、有機態窒素が土壌微生物の作用によりNH₄-N、NO₃-Nの無機態窒素に変化しなければ林木の根から吸収されない。施肥した窒素により土壌中の無機態窒素が増加しなければ施肥された窒素もそれ程有効でない。¹⁾

森林土壌中の無機態窒素について、林地における季節変化、土壌窒素の無機化、^{2) 3) 4)}施肥窒素の動態⁵⁾などが報告されているが、まだ充分解明されていない。

本県において、成木施肥試験を実施してきたが、肥効が現われる場合、現われない場合があり、その原因については明らかになっていない。そこで、肥効の現われない原因を知るために、林地における施肥窒素の消長、土壌の種類による施肥窒素の消長のちがい、土壌窒素の無機化量を調べた。

なお本報告は、昭和49年から昭和51年にかけて林野庁の総合助成試験「林地における施肥窒素

の消長に関する試験」として、中村基、後藤康次により実施され、昭和52年から昭和54年にかけて林野庁の総合助成試験「枝打ち、間伐、肥料の動態と肥培効果の解析に関する試験」として、後藤康次、筆者らにより実施され、昭和55年度には「下呂実験林調査試験」として筆者らのうち中川が担当した試験の結果をとりまとめたものである。

本試験を進めるにあたり、林野庁係官、農林水産省林業試験場土じょう部藤田桂治氏、佐藤久男氏に御指導いただき、試験地を提供された諸氏には惜しめない協力をいただいた。ここに厚くお礼申し上げる。

2 試験方法

2.1 林地における施肥窒素の消長

2.1.1 試験地

試験地の概況は、表-1のとおりである。

揖斐川、白川、高鷲は、新たに設定した試験地であり、国府（昭和38年に設定したカラマツ成木施肥試験地）、明方（昭和36年に設定したスギ成木施肥試験地）、金山（昭和39年に設定したスギ成木施肥試験地）、下呂（昭和39年に設定したスギ幼令木施肥試験地）は既設の肥培試験地である。揖斐川、白川はヒノキ林、国府はカラマツ林、高鷲、明方、金山、下呂はスギ林、いずれも現在は成木林である。

表-1 試験地の概況

	揖斐川町 北 方	白 川 町 黒 川	高 鷲 村 大 鷲	国 府 町 宇 津 江	明 方 村 小 川	金 山 町 戸 川	下 呂 町 小 川
林 況	ヒノキ 成 木 林	ヒノキ 成 木 林	スギ 成 木 林	カラマツ 成 木 林	スギ 成 木 林	スギ 成 木 林	スギ 成 木 林
林令（現在）	約50年	約40年	約30年	35年	40年	29年	17年
土 壌 型	B _B 、B _D	B _B 、B _D	B _{lD} ~B _D	B _{lD} (a)	B _{lE}	B _D	B _D (a)
地 質	占生層	花崗岩	安山岩	石英斑岩	石英斑岩	チャート、砂岩	石英斑岩
標 高 _m	200	1,000	980	760	780	340	450
傾 斜 _°	33~45	25	5	10	40	5~25	35
方 位	N45 E	N	SW	E	E	NE	N
年 降 水 量 _{mm}	2,530	1,980	2,843	1,800	3,456	2,330	2,530
年平均気温 _{°C}	14.8	12.6	11.6	10.6	10.2	13.5	13.3

2.1.2 試験区及び施肥方法

試験地の処理は、表-2のとおりである。

揖斐川、白川ではB_D型土壌とB_B型土壌の違いについて、高鷲、国府では肥料の窒素形態の違いについて調べた。

2.1.3 土壌分析用試料の採取

各試験地とも、土壌断面を設定し、断面形態を調査するとともに、層位別に理化学分析用の土壌円筒(400cc)と化学分析用の試料を採取した。

※現林政部経営普及課 ※現大分県竹田事務所林業課

また、無機窒素測定用の土壌試料は、決められた層位（深さ）から毎月採取した。揖斐川、白川の各試験区と下呂の対照区は、土壌断面を設定して採取した。その他の試験区では、5ヶ所から表層はコテにより下部は鋼鉄製採土器で試料を採取し、混合して分析に供した。

採取した試料は、水が入ったクーラーに入れて持ち帰り、ただちに分析を始めない場合には冷蔵庫（5℃）に保存した。

2. 1. 4 葉分析用試料の採取

揖斐川では7月と11月に、国府、明方、金山、下呂では8月又は9月に、よく陽の当たる樹冠上部の当年生葉を採取し葉分析に供した。

表-2 試験区及び施肥方法

試験地	試験区		使用肥料	施肥時期・方法
揖斐川 白川	B _B 型 土壌	施肥区	化成肥料(22:10:10) (硫加燐安系)	S 4 9.6月 N成分 150kg/ha バラマキ
		対照区	—	—
	B _D 型 土壌	施肥区	化成肥料(22:10:10) (硫加燐安系)	S 4 9.6月 N成分 150kg/ha バラマキ
		対照区	—	—
高 鷺	尿 素 区		尿素(46:0:0)	S 5 1.6月 N成分 150kg/ha バラマキ
	硫 安 区		硫安(21:0:0)	
	ウラホルム区		ウラホルム	
	I B 区		I B肥料(10:10:10) (小粒状)	
	対 照 区		—	—
国 府	化 成 区		化成肥料(14:10:13) (硫加燐安系)	S 5 0.5月 N成分 150kg/ha バラマキ
	尿 素 区		尿素(45:0:0)	
	対 照 区		—	
	A。 除去	化 成 区	化成肥料(14:10:13) (硫加燐安系)	S 5 2.5月 N成分 200kg/ha バラマキ
		尿 素 区	尿素(45:0:0)	
		対 照 区	—	
明 方	施 肥 区		化成肥料(20:5:6) (尿素主体)	S 5 2.5月 N成分 200kg/ha バラマキ
	対 照 区		—	
金 山	施 肥 区		化成肥料(20:10:10) (尿素主体)	S 5 8.6月 N成分 200kg/ha バラマキ
	対 照 区		—	
下 呂	施 肥 区		I B肥料(23:2:0) (大粒状)	S 5 4.6月 N成分で 180kg/ha 立木の周囲4ヶ所に埋込
	対 照 区		—	

2. 1. 5 分析方法

土壌理化学性は、林野土壌調査方法により分析した。

土壌化学性は、Cはチューリン法、Nはケールダール法、C. E. Cはピーチ法、K、Ca、Mgは中性1N酢酸アンモン抽出後に原子吸光法、Pは0.2規定塩酸浸出後モリブデン青を発色させ光電比色計により測定した。

無機態窒素の分析は、土壌試料1量に対し10% KCl 10量を加えて得た口液を通気蒸溜法（Bremner法の改変）により $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ を測定した。

葉分析は、Nはケールダール法、P、K、Ca、Mgは硝酸一過塩素酸で湿式灰化後、Pはモリブデン青を発色させ光電比色法により、K、Ca、Mgは原子吸光法により測定した。

2. 2 黒色土壌の苗畑における施肥窒素の消長

2. 2. 1 試験地

試験は、美濃市曾代の林業センター苗畑で行った。

2. 2. 2 試験区の設定及び施肥

黒色土壌は、白山系火山灰を母材とした白鳥町那留地内のB₁型土壌のA層と乗鞍火山灰を母材とした丹生川村折敷地地内のB₁型土壌のA層を用いて試験区を設定し表-3に示す施肥設計でスギ実生3年生苗を育苗した。

表-3 施肥設計

処 理 区	使 用 肥 料	N (g)	P (g)	K (g)
I B 区	I B (大粒のものを粉砕) 23:2:0 熔リン(マグホス) 17% 塩化カリ 50%	30	20	20
尿 素 区	尿 素 46% 熔リン(マグホス) 17% 塩化カリ	30	20	20
硫 安 区	硫 安 熔リン(マグホス) 塩化カリ	30	20	20
ウラホルム区	ウラホルム 熔リン(マグホス) 塩化カリ	30	20	20
対 照 区		0	0	0

2. 2. 3 土壌分析用試料の採取

理化学分析用には、白鳥町、丹生川村の土壌採取地において土壌断面を設定し、400ccの土壌円筒を採取した。化学分析試料は、苗畑の試験区において採取した。

無機態窒素測定用の試料は、各試験区において、表層部の0~2cm及び下層部22~25cm部分を毎月採取した。

2. 2. 4 葉分析用試料の採取

各試験区とも、生長停止期に当年生葉を採取した。

表-4 土 壌 の 理 学 性

試験地	試験区	層 位	容積重	三 相 組 成			最 大 容水量 %	最 小 容気量 %	透水性 cc/min
				固相 %	液相 %	気相 %			
揖斐川	B _B	A	50.9	29.2	32.0	38.8	54.5	16.3	1158
		B	99.5	37.4	42.7	19.9	55.9	6.7	423
	B _D	A	99.5	36.7	37.7	25.6	54.7	8.6	437
		B ₁	102.4	39.5	34.1	26.4	51.6	8.9	460
		B ₂	113.4	41.5	29.6	28.9	47.9	10.6	376
白 川	B _B	HA	44.7	24.0	39.3	36.7	59.0	4.3	192
		B ₁	83.1	42.2	38.5	19.3	52.7	28.0	60
	B _D	A	68.9	51.5	26.3	22.2	44.8	33.0	165
		B ₁	93.8	46.2	40.1	13.7	52.8	33.5	90
		B ₂	91.9	43.0	44.6	12.4	55.9	31.7	96
高 鷲	B _{LD} ~B _D	A ₁	67.4	30.7	61.6	7.7	66.4	3.0	7
		A ₂	53.8	26.0	49.5	24.5	70.5	3.5	30
国 府	B _{LD(a)}	A ₁	62.7	29.4	37.8	32.8	61.8	8.8	210
		A ₂	58.1	26.9	47.5	25.6	68.6	4.5	67
		B	91.0	33.8	53.1	13.1	59.8	6.4	2
明 方	施肥 B _{LE}	A ₁ 0~4	47.4	21.5	48.5	30.0	63.5	15.0	158
		A ₂ 10~14	57.6	26.6	59.5	13.9	72.0	1.4	26
		A ₃ 30~34	53.0	23.6	55.2	21.2	70.5	5.9	48
	対照 B _{LE}	A ₁ 0~4	59.2	24.8	48.1	27.1	65.8	9.4	97
		A ₂ 10~14	62.2	27.3	51.9	20.8	66.7	6.1	41
		A ₃ 30~34	65.5	28.5	59.8	11.7	68.8	2.7	10
金 山	— B _D	A 0~4	52.0	27.0	42.7	30.3	61.0	12.0	144
		A-B 20~24	80.5	38.8	48.5	12.7	55.9	5.3	41
下 呂	施肥 B _{D(a)}	A ₁ 0~4	60.8	30.0	37.7	32.3	55.0	15.0	128
		A ₂ 20~24	77.5	32.7	41.2	26.1	55.2	12.1	41
	対照 B _{D(a)}	A ₁ 0~4	55.3	30.3	37.2	32.5	53.2	16.5	140
		A ₂ 20~24	78.5	33.7	38.8	27.5	55.5	10.8	68

表-5 土 壤 の 化 学 性

試験地	試験区	層位	P H ()は k c l	y 1	C	N	C/N	C E C	有効 P	E X K	E X Ca	E X M g	P ₂ O ₅ 吸収
揖斐川	B _B	H A	4.4 (3.5)	22.3	6.5	0.75	8.7	58.2	—	0.47	1.80	0.28	—
		B ₁	4.5 (3.6)	50.6	1.7	0.23	7.4	33.1	—	0.19	0.25	0.06	—
		B ₂	4.8 (3.9)	28.5	—	0.09	—	36.0	—	0.23	0.50	0.05	—
	B _D	A	4.1 (3.9)	33.4	7.8	0.64	12.2	34.4	—	0.38	0.45	0.13	—
		B ₁	4.4 (4.0)	23.5	4.7	0.45	10.4	26.5	—	0.21	0.40	0.06	—
		B ₂	4.7 (4.0)	18.2	1.7	0.20	8.5	21.2	—	0.14	0.55	0.02	—
白 川	B _B	A	4.6 (3.6)	34.9	8.7	0.38	22.9	32.8	—	0.19	0.35	0.08	—
		B	5.1 (4.3)	10.4	2.4	0.18	13.3	19.9	—	0.12	0.30	0.02	—
	B _D	A	4.7 (3.9)	21.3	7.0	0.34	20.6	26.3	—	0.23	0.25	0.10	—
		B ₁	4.8 (4.1)	15.4	4.1	0.19	21.6	20.6	—	0.18	0.25	0.04	—
		B ₂	4.9 (4.2)	13.2	2.1	0.15	14.0	19.0	—	0.14	0.15	0.02	—
	高 鷲	B _B	A ₁	5.6 (5.0)	5.5	11.6	0.71	16.3	—	—	—	6.3	—
B _D		A ₂	5.5 (5.1)	6.5	8.8	0.51	17.3	—	—	—	0.7	—	—
国 府	B _B (a)	A ₁	4.6 (4.4)	18.5	11.0	0.46	23.9	57.0	3.6	0.28	1.25	—	1181
		A ₂	4.8 (4.4)	14.0	12.6	0.46	27.4	46.5	1.8	0.23	1.00	—	1564
		B	5.2 (4.5)	16.0	1.5	0.08	18.8	38.5	1.1	0.18	1.50	—	1688
明 方	施肥	A ₁	(3.9)	18.3	19.9	1.30	15.3	63.0	8.4	0.58	2.70	0.32	—
		A ₂	(4.0)	19.1	15.2	1.02	14.9	57.7	2.1	0.36	0.38	0.11	—
		A ₃	(4.4)	9.9	12.5	0.83	15.1	51.0	1.5	0.33	0.18	0.05	—
	対照	A ₁	(4.3)	3.3	23.7	1.39	17.1	61.8	2.0	0.71	4.49	0.71	—
		A ₂	(4.0)	17.4	13.3	0.97	13.7	51.9	1.3	0.36	0.36	0.15	—
		A ₃	(4.3)	17.0	12.1	0.88	13.8	45.9	1.7	0.22	0.06	0.07	—
金 山	— (対照)	A	4.7 (3.9)	25.6	5.1	0.49	10.4	25.8	0.3	0.48	0.27	0.16	—
		A B	4.9 (3.9)	21.2	2.7	0.29	9.3	18.4	0.1	0.14	0.23	0.03	—
下 呂	施肥	A ₁	5.0 (4.0)	12.3	6.8	0.33	20.6	21.5	10.0	0.57	2.26	0.42	—
		A ₂	5.3 (3.9)	7.5	4.2	0.20	21.0	18.5	0.7	0.30	0.88	0.18	—
		A ₃	5.0 (4.0)	13.5	5.6	—	—	—	—	—	—	—	—
	対照	A ₁	5.1 (4.2)	11.7	2.5	—	—	—	—	—	—	—	—
		A ₂	5.1 (4.2)	11.7	2.5	—	—	—	—	—	—	—	—
		A ₃	5.1 (4.2)	11.7	2.5	—	—	—	—	—	—	—	—

2.2.5 分析方法

2.1.5と同様の方法で行った。

2.3 土壤窒素の無機化量

土壤窒素の無機化量測定は、既設の肥培試験地の土壌について行った。国府では、A。層、A層、明方、金山、下呂ではA層を用いた。

生土又は風乾細土を最大容水量の約60%の水分で保ち30℃で一定期間培養した後、2.1.6と同様の方法で無機態窒素を測定した。また、土壌の乾燥程度と土壤窒素の無機化量を調べるため、生土を風乾している間に一部を分取して上記のとおり1週間培養した後、2.1.6と同様の方法で無機態窒素を測定した。

3 試験結果

3.1 林地における無機態窒素の消長

3.1.1 土壌の理化学性

土壌の理化学性分析結果を表-4、5に示した。

土壌理化学性において、

黒色土壌である高鷲、国府、明方では、他の褐色森林土壌よりも容積重が小さく、最大容水量が大きく、最小容気量が小さい傾向である。高鷲のA1層は、液相が多く、気相が少なく、透水性が悪い土壌である。

土壌化学性において、各試験地の土壌は、水浸出PHで4.1~5.6、KCl浸出PHで3.5~5.1であった。揖斐川、白川、金山の土壌は、 y_1 が大きく、高鷲は y_1 が小さい。C/Nは揖斐川、高鷲、明方、金山の土壌で小さい。C、E、Cにおいて、国府、明方では大きく、白川、金山、下呂では小さい。

3.1.2 揖斐川試験地

揖斐川における施肥

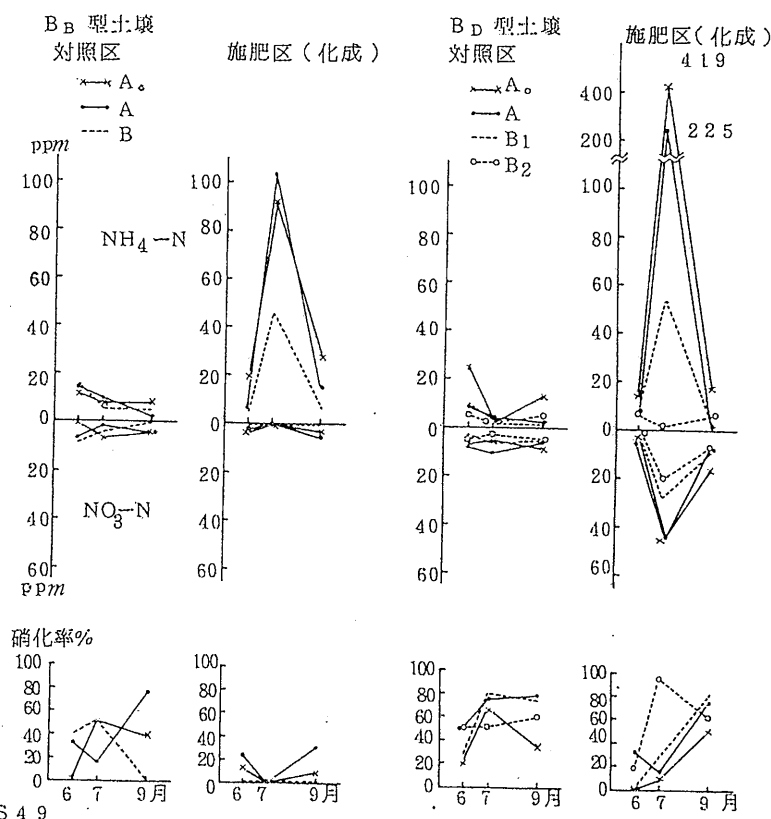


図-1 施肥窒素の消長（揖斐川試験地）

窒素の消長を図-1に示した。

B_B 型土壤のNH₄-Nにおいて、対照区では2~15 ppmで層位、採取時期による変動はあまりなかった。施肥区では、施肥1ヶ月後に50~100 ppmのピークがあらわれ急増している。B_B 型土壤のNO₃-Nは、対

照区、施肥区とも0~9 ppmで差がなく、硝化率がほとんどみられない土壤である。B_B 型の硝化率($\frac{NO_3-N}{NH_4-N+NO_3-N} \times 100$)は、施肥区で施肥によるNH₄-Nの増加があるがNO₃-Nの増加がないため、対照区よりも低くなっている。

B_D 型土壤のNH₄-Nにおいて、対照区では2~25 ppmでB_B 型土壤と同程度である。施肥区では、B₂層で施肥による増加はみられないが、他の層位で施肥1ヶ月後に50~400 ppmのピークがあり急増している。B_D 型土壤のNO₃-Nにおいて、対照区では2~11 ppmでB_B 型土壤と同程度である。施肥区では、施肥1ヶ月後に20~45 ppmのピークがみられる。B_D 型土壤の硝化率は、施肥1ヶ月後に施肥区で低いが、9月には対照区と同程度である。

NH₄-Nにおいて、施肥区の9月では、B_D 型土壤よりもB_B 型土壤の方が高い濃度である。対照区の硝化率では、B_D 型土壤よりもB_B 型土壤が低い傾向がみられる。

薬分析結果を表-6に示した。

表-6 薬分析結果(揖斐川試験地)

土壤型	採集月	処 理	N	P	K	Ca	Mg
B _B	7月	施 肥	1.53	0.09	0.82	0.74	0.08
		対 照	1.63	0.13	0.74	0.66	0.06
	11月	施 肥	1.63	0.15	0.91	0.43	0.09
		対 照	1.44	0.13	0.89	0.51	0.07
B _D	7月	施 肥	1.73	0.12	0.61	0.81	0.09
		対 照	1.55	0.11	0.69	0.94	0.07
	11月	施 肥	1.59	0.11	0.70	0.64	0.07
		対 照	1.49	0.12	0.66	0.99	0.07

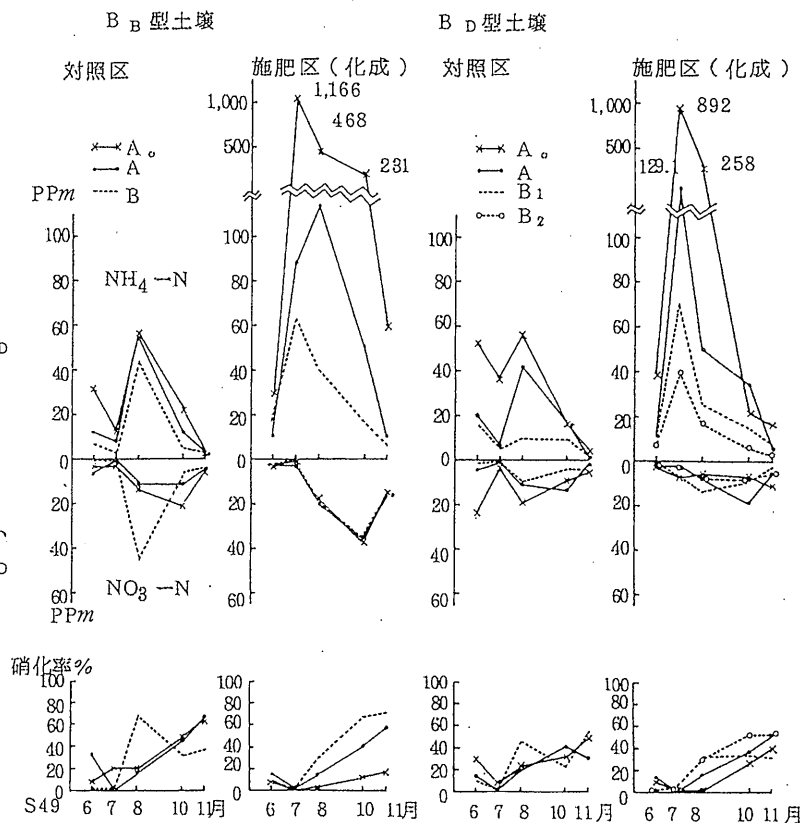


図-2 施肥窒素の消長(白川試験地)

B_B 型土壤において、7月採葉では、施肥区の方がK、Ca、Mgが高いが、11月採葉ではN、P、K、Mgが高くなっており、施肥により針葉の養分濃度がわずかに増加している。

B_D 型土壤においては、7月採葉で施肥区がN、Mgが高く、11月採葉で施肥区がわずかに高い程度で、施肥による養分濃度の増加は明らかでない。

3. 1. 3 白川試験地

白川試験地の施肥窒素の消長を図-2に示した。

B_B 型土壤、B_D 型土壤ともに、対照区では同じような動きをしている。NH₄-Nは、2~60 ppmで8月に多い傾向がみられ、NO₃-Nは、0~45 ppmで変動が多く特に傾向は認められない。

B_B 型土壤の施肥区において、NH₄-Nは、施肥1ヶ月~2ヶ月後に65~1150 ppmのピークがみられ、A₀層では施肥4ヶ月後まで200 ppm以上の濃度がみられる。NO₃-Nは、各層位とも同じような動きがみられ、施肥4ヶ月後に85 ppmのピークがみられる。

B_D 型土壤の施肥区において、NH₄-Nは施肥1ヶ月後に40~900 ppmのピークがみられ、NO₃-Nは0~20 ppmで対照区と同程度であった。

硝化率は、土壤型、施肥無施肥区、層位に関係なく、7月に0~20%と少ないが、それ以後11月の50~60%まで増加傾向がみられる。B_B 型土壤、B_D 型土壤ともに、施肥窒素の硝化成分が少ない。

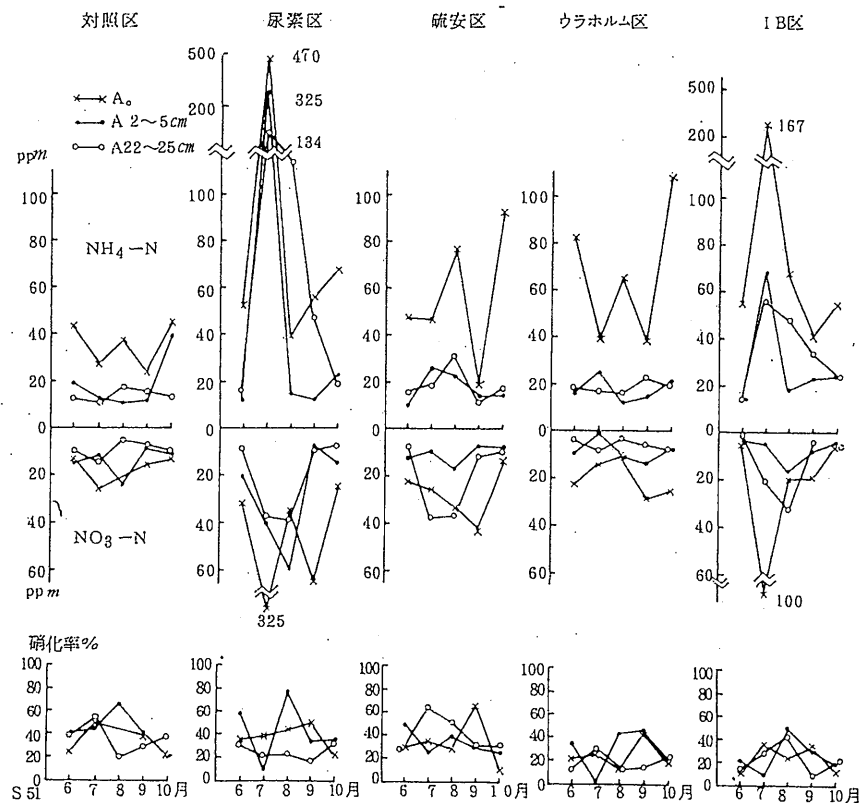


図-3 施肥窒素の消長(高鷲試験地)

3. 1. 4 高鷲試験地

高鷲試験地の施肥窒素の消長を図-3に示した。

NH₄-Nにおいて、対照区は、10～40 ppmであり、A₀層では約35 ppm、A層では約15 ppmと割合高い濃度で変動が小さい。尿素区は、施肥1ヶ月後に、施肥区で最も高濃度である130～470 ppmのピークがあらわれ、その後割合急激に減少している。硫酸区、ウラホルム区は、施肥による急激な増加がみられず、A₀層では8月と10月に60～100 ppmの割合高い濃度がみられるが、A層では施肥による増加はほとんどみられない。IB区は、施肥1ヶ月後に50～170 ppmのピークがみられ、その後A₀層、A層で急激な減少がみられる。

NO₃-Nにおいて、対照区は、5～25 ppmで多少変動している。尿素区は、A₀層では施肥1ヶ月後に325 ppmのピークが、A層では施肥2ヶ月後に40～60 ppmのピークがみられる他の施肥区よりも高い濃度である。硫酸区は、A₀層とA25 cm層で対照区よりもわずかに高い40 ppmの濃度がみられる。ウラホルム区は、9～10月にA₀層で30 ppmの濃度がみられる他は施肥による影響はみられない。IB区は、施肥1～2ヶ月後にA₀層とA25 cm層で30～100 ppmのピークがみられる。

NH₄-N、NO₃-Nともに尿素区>IB区>硫酸区=ウラホルムの順に高い濃度がみられる。硝化率は、各試験区とも変動が多いが、ウラホルム区、IB区が他の試験区よりも小さい傾向がみられる。

3. 1. 5 国府試験地

国府試験地は、昭和38年から昭和44年まで連年、化成肥料又は尿素を窒素で100 kg/ha施肥したカラマツ成木施肥試験地¹⁰⁾で、表-7に示すとおり樹高、胸高直径、単木材積とも現在は肥効があまり認められない。

施肥窒素の消長を図

表-7 生長経過（国府試験地）

施肥区
対照区 × 100

-4に示した。

NH₄-Nにおいて、対照区は、F層、H層では5～70 ppmで変動が大きい、A層B層では5 ppm以下で少ない。化成区は、F層、H層では施肥1ヶ月後に70～140

	S 38年 (開始時)	S 39	S 40	S 41	S 43	S 45	S 53
平均樹高	109	—	110	109	111	109	105
平均胸高直径	106	106	105	107	112	114	109
平均単木材積	118	118	126	108	141	133	121

ppmのピークがみられ徐々に減少しており、A10 cm層で施肥1ヶ月後に14 ppmとわずかに増加がみられる他は、A層、B層では対照区と差がみられない。尿素区は、化成区と同じような動きで施肥1ヶ月後にF層、H層で180～470 ppmのピークがみられる。A₀除去区は、対照区のA層よりも低く4 ppm以下である。A₀除去化成区はA₀除去尿素区よりわずかに高い濃度であるが、化成区、尿素区のA層と同じ動きを示し、A10 cm層、A20 cm層で施肥1ヶ月後に10～30 ppmの濃度がみられる。

NO₃-Nにおいて、対照区は4 ppm以下である。化成区は、施肥後約15 ppmまでの低い濃度である。尿素区は、施肥後F層、H層の方がA層、B層より高いが40 ppm以下である。A₀除去区は2 ppm以下で対照区よりも少ない。A₀除去化成区は、10 ppm以下で対照区よりもわずかに低い。A₀除去尿素区は、施肥1ヶ月～2ヶ月後に30～50 ppmのピークがみられる。

処理に関係なく、鉬質土層ではNH₄-N、NO₃-Nが少なく、施肥による硝酸化成も少ない土壌である。硝化率では、変動が多いが、施肥区、A₀除去区では対照区よりも鉬質土層で夏期に60

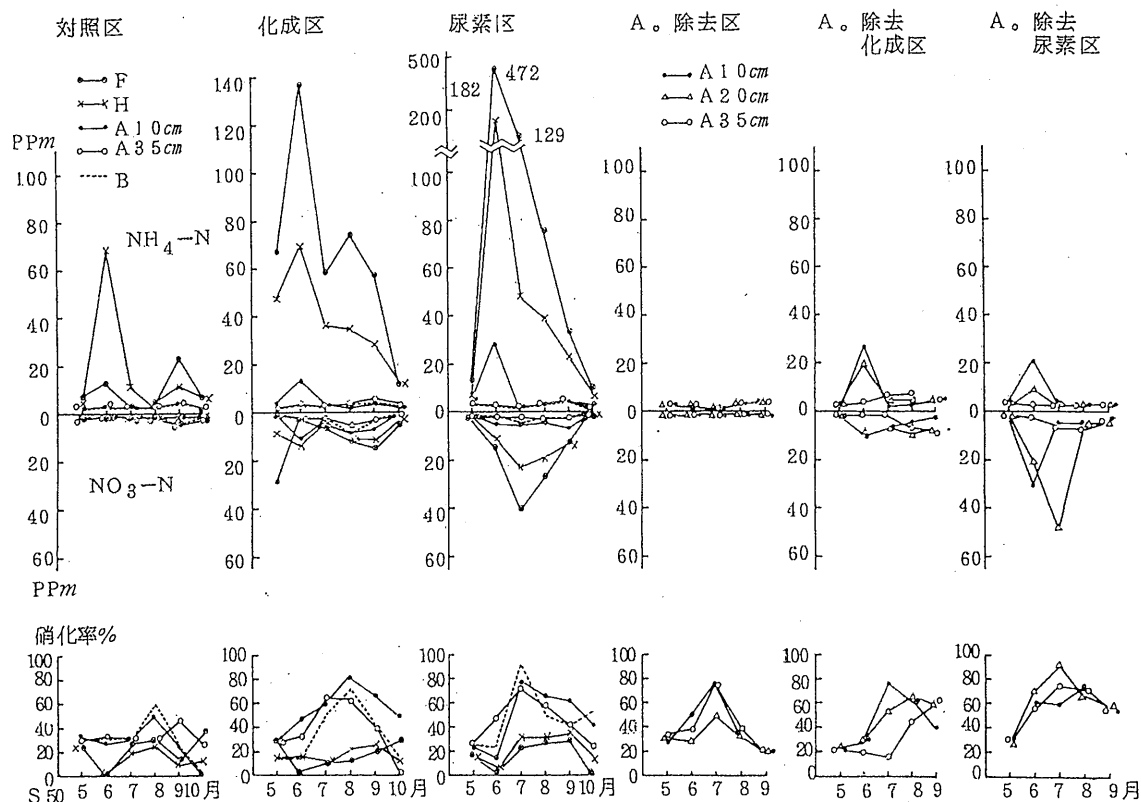


図-4 施肥窒素の消長（国府試験地）

～90%の高い値になっている。

葉分析結果を表-8に示した。

化成区、尿素区は、対照区よりもN、P、K、Ca、で高い濃度であるが、とりわけNで大きな差になっていた。

表-8 葉分析結果（国府試験地） %

3. 1. 6 明方試験地

明方試験地は、昭和36年から昭和43年まで化成肥料を6回窒素で100kg/ha施肥したスギ成木施肥試験

11) 地で、表-9に示すとおり樹高、胸高直径、単木材積で肥効が認められる。

施肥窒素の消長を図-5に示した。

NH₄-Nにおいて、対照区は、A0層で約25ppm、その他の層位で約20ppmと割合が高い濃度で、時期による変動も少ない。施肥区は、施肥1ヶ月後に50～1200ppmのピークがみられ、その後は急激に低下している。

NO₃-Nにおいて、対照区は、25 ppm 以下で時期による変動が多い。施肥区は、A₀層、5 cm 層では施肥1ヶ月後に100～130 ppm、20～25 cm層、50～55 cm層では施肥2ヶ月後に55 ppm のピークがみられ、秋期まで対照区よりも高い傾向がみられる。

硝化率は、対照区、施肥区とも変動が多いが、施肥直後には施肥区が低く、秋期には施肥区が高い傾向がみられる。

葉分析結果を表-10に示した。

施肥区の方が、N、P、K、Ca、Mgすべて高い濃度であった。

3. 1. 7 金山試験地

金山試験地は、昭和39年から昭和42年まで化成肥料を連年窒素で50 g/本から100 g/本施肥したスギ成木施肥試験地で、表-11に示すとおり胸高直径0.3～5.3 mの丸太材積で肥効が認められない。

施肥窒素の消長を図-6に示した。

NH₄-Nにおいて、対照区は、各層位で変動が大きく、A₀層で10～50 ppm、他の層位では15 ppm 以下である。施肥区は、施肥1ヶ月後に50～450 ppm のピークがみられ、その後急減している。

NO₃-Nにおいて、対照区は、A₀層では15～40 ppm で変動が大きい、他の層位では2～20 ppm で秋期に高くなっている。施肥区は、A₀層、0～5 cm層で施肥1ヶ月後に60～300 ppm のピークがあり、その後急減しており、その他の層位では50 ppm のピークが施肥2ヶ月後にあらわれる。

硝化率において、対照区では40～60%で夏期に低い傾向がみられるが、施肥区では施肥直後に40%に低下しているが9月には60～80%と夏期の低下が少ない。

葉分析結果を表-12に示した。

対照区よりも施肥区の方が、N、P、Kでかなり高くなっており、特にKの濃度が高い。

3. 1. 8 下呂試験地

下呂試験地は、昭和40年から昭和43年までは化成肥料を連年窒素で5 g/本～20 g/本、昭和47、48年には化成肥料を100 kg/ha 施肥したスギ幼木施肥試験地で、表-13に示すと

表-9 生長経過(明方試験地) $\frac{\text{施肥区}}{\text{対照区}} \times 100$

	S 36 (開始時)	S 37	S 38	S 39	S 41	S 43	S 53
平均樹高	100	105	106	110	105	108	106
平均胸高直径	104	106	106	107	112	111	116
平均単木材積	106	126	128	129	137	130	119

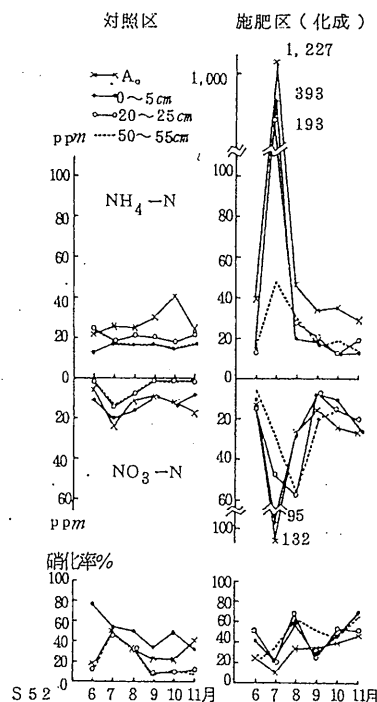


図-5 施肥窒素の消長(明方試験地)

表-10 葉分析結果(明方試験地) %

試験区	N	P	K	Ca	Mg
施肥区	1.85	0.20	0.70	1.34	0.17
対照区	1.62	0.13	0.62	1.28	0.15

おり樹高、直径に肥効が認められる。

表-11 生長経過（金山試験地） 施肥区
対照区 ×100

施肥窒素の消長を図-7に示した。

昭和54年度には、対照区、施肥区ともに、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ はおおよそ3~10 ppmで施肥による増加はほとんどみられない。昭和55年度は、昭和54年度と同様に施肥による無機態窒素の増加がみられず2~20 ppmであった。

硝化率において、昭和54、55年度ともに変動が多いが、施肥区と対照区で差は認められない。昭和54年度は季節による差は認められないが、昭和55年度は6月の30~40%が9月には50~60%と高くなっている。

昭和54年度に、施肥による無機態窒素の増加がほとんどみられなかったので、昭和55年6月に林地に残っているIB肥料の重量を測定した。施肥した時には1個当たり約15gのものが、1年経過後には約8gになっており、ha当りに換算すると1年間に窒素で約80kgが土壤中に溶けだしたことになる。

葉分析結果を表-14に示した。

施肥区は、対照区よりもN、P、Kでわずかに高くなっていた。

3.2 黒色土壌の苗畑における施肥窒素の消長

3.2.1 土壌の理化学性

2つの黒色土壌の理化学性を表-15、16に示した。

PHは、両土壌ともに約5であるが、C/Nは、乗鞍系土壌が26.2で白山系土壌の19.5よりもかなり高い。また、理化学性は両土壌ともほぼ同じような性質を示すが、容積重については白山系が下層まで値が小さく孔隙にとみ、透水性も若干よい。

3.2.2 施肥窒素の消長

白山系土壌の施肥窒素の消長を図-8に示した。

$\text{NH}_4\text{-N}$ において、0~2cm層では対照区と施肥区に差が認めら

	S39年 (開始時)	S40	S41	S42	S43	S53
平均胸高直径	104	104	104	98	102	101
0.8~5.3m 丸太材積	108	108	104	93	100	98

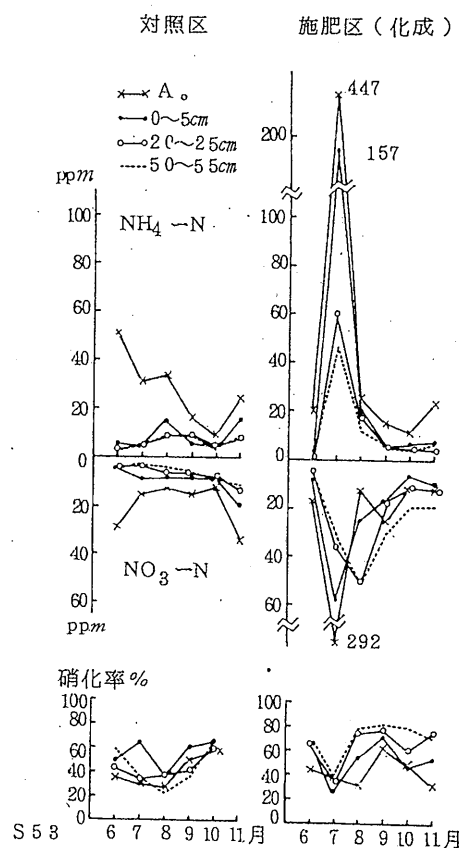


図-6 施肥窒素の消長（金山試験地）

表-12 葉分析結果（金山試験地） %

試験区	N	P	K	Ca	Mg
施肥区	1.97	0.19	0.80	0.82	0.22
対照区	1.53	0.14	0.47	1.68	0.31

表-13 生長経過（下呂試験地） 施肥区
対照区 ×100

	S39年 (開始時)	S41	S43	S45	S47	S49	S54
平均樹高	100	137	158	122	133	132	112
平均直径 (根元、胸高)	100	141	146	157	135	124	110

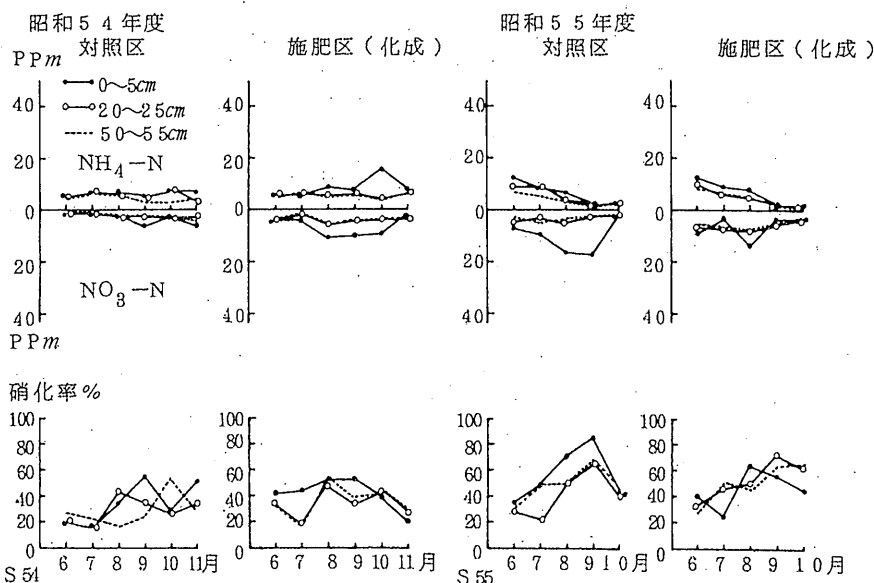


図-7 施肥窒素の消長(下呂試験地)

表-14 葉分析結果(下呂試験地)

試験区	N	P	K	Ca	Mg
施肥区	1.48	0.17	1.09	1.11	0.21
対照区	1.37	0.16	0.99	1.27	0.26

表-15 土壌の理化学性

	層位	容積重	三相組成			最大 容水量 %	最小 容気量 %	透水性 cc/min
			固相%	液相%	気相%			
白山系	A ₁	66.3	29.2	51.8	19.0	65.0	5.8	350
	A ₂	48.8	24.6	53.8	21.6	71.5	3.9	70
	A ₃	51.4	26.2	57.0	16.8	72.0	1.8	31
乗鞍系	A ₁	51.2	27.7	43.4	28.9	67.4	4.9	68
	A ₂	73.4	37.8	54.2	8.0	65.7	-3.5	20

表-16 土壌の化学性

	pH (H ₂ O)	C %	N %	C/N
白山系	5.1	11.3	0.58	19.5
乗鞍系	5.3	17.3	0.66	26.2

れず3~20 ppmである。22~25 cm層では、対照区は0~2 cm層と差がない。尿素区は、施肥2ヶ月後に80 ppmのピークがみられる。硫安区、ウラホルム区、I B区は、施肥1ヶ月後に濃度が25~30 ppmを示し、他の月よりも少し

高くなっている。
NO₃-Nにおいて、対照区は2~11 ppm

である。各施肥区は、施肥2ヶ月後にピークがみられ、0~2 cm層よりも22~25 cm層が高い濃度であった。尿素区が

最も多く、次いでウラホルム区で、硫安区、I B区は少なかった。

硝化率において、対照区では20~40%で変動しているが、各施肥区ではおおそ8月に80~90%と高い値を示す傾向がみられる。また、各施肥区は、8月から9月に、

0~2 cm層よりも22~25 cm層で高くなる傾向がみられる。白山系土壌は、硝酸化成が活発である。乗鞍系土壌の施肥窒素の消長を図-9に示した。

NH₄-Nにおいて、対照区は3~14 ppmである。各施肥区は、施肥1~2ヶ月後にピークがみられる。尿素区では50~90 ppm、硫安区では50~200 ppm、ウラホルム区では80~110

対照区 尿素区 硫安区 ウラホルム区 I B区

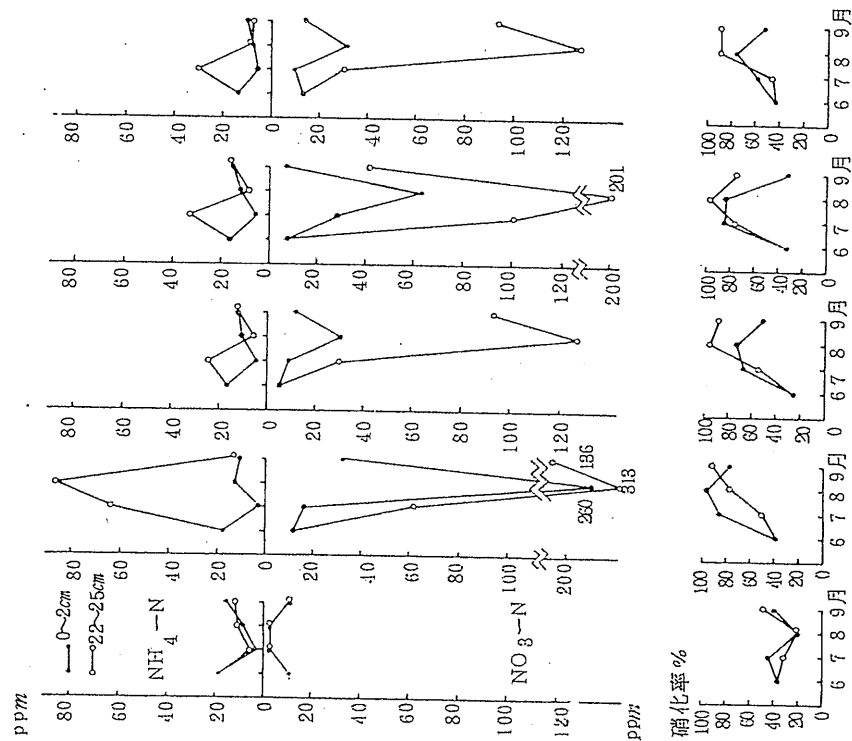


図-8 施肥窒素の消長 (白山系土壌)

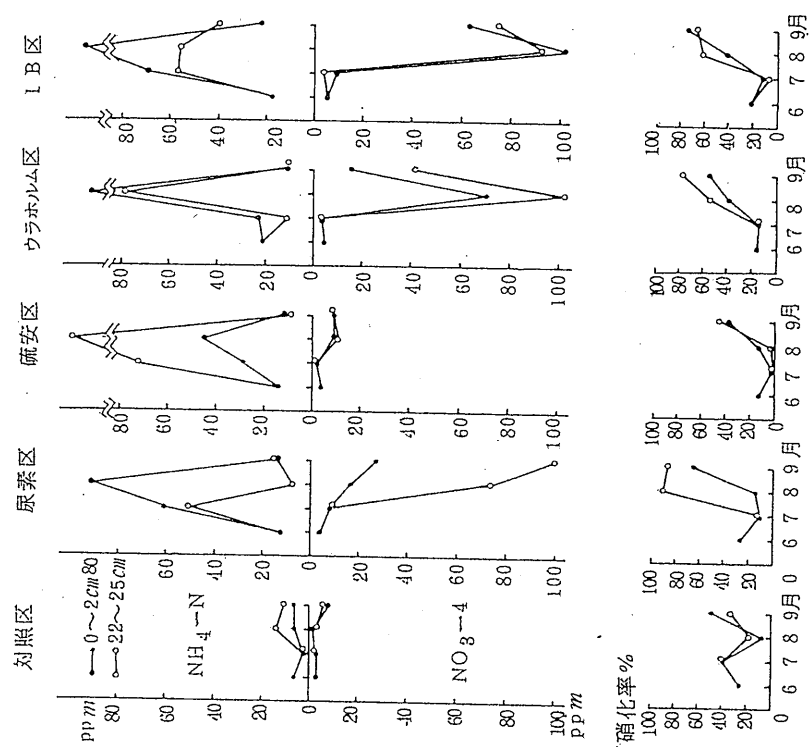


図-9 施肥窒素の消長 (乗鞍系土壌)

ppm、I B区では60～140 ppmのピークである。

NO₃-Nにおいて、対照区は2～7 ppm である。硫安区では施肥後に最高で10 ppm 程度であるが、他の施肥区では30～100 ppm の濃度がみられる。

硝化率において、対照区は時期に関係なく10～50%の間で変動している。硫安区は他の施肥区よりも低い傾向がみられるが、施肥区はいずれも、約20%の6、7月より40～90%の8、9月の方が高くなっている。

苗畑の各試験区において、スギ3年生苗を育苗したが、秋の生長停止期における苗木の生長量及び葉分析結果を表-17、18に示した。

表-17 苗木の生長量

スギ3年生

		樹 高			直 径			絶 乾 重 g		T/R 率
		cm	生長率 %	肥 効 指 数	cm	生長率 %	肥 効 指 数	地下部	地上部	
乗 鞍 系	1 ウラホルム	85.5	133.6	195	9.7	44.8	137	14.2	54.7	3.9
	2 硫 安	95.5	144.2	211	10.1	61.6	189	14.4	58.6	4.1
	3 I B	93.5	145.3	212	10.9	65.2	200	13.3	58.3	4.4
	4 尿 素	96.3	152.8	223	11.8	71.0	218	16.6	61.3	3.7
	5 C o n t	67.2	68.4	100	8.7	32.6	100	11.4	34.8	3.1
白 山 系	1 ウラホルム	84.1	98.5	108	11.9	70.8	158	15.9	62.5	3.9
	2 硫 安	94.9	120.4	132	11.5	70.1	156	13.7	57.5	4.2
	3 I B	86.1	145.0	159	9.2	34.6	77	12.3	52.7	4.3
	4 尿 素	96.6	133.2	146	11.3	45.2	101	17.3	76.6	4.4
	5 C o n t	71.6	91.4	100	9.4	44.9	100	11.8	42.2	3.6

両土壌で生長量を比較すると、対照区の樹高生長率は、白山系土壌が91.4%で乗鞍系土壌の68.4%よりも高く、白山系土壌の方が生産力が高い。各施肥区の肥効指数を樹高でみると、白山系土壌では約140で、乗鞍系土壌の約200よりも小さく、白山系土壌の方が肥効が出にくい。

表-18 葉分析結果(苗畑)

N形態 採取地	ウ ラ ホルム	硫 安	I B	尿 素	対 照
丹 生 川 (乗鞍系)	1.08	1.04	1.13	1.19	1.10
白 鳥 (白山系)	1.15	1.18	1.25	1.61	1.12

窒素形態別の肥効は、白山系土壌ではI B区>尿素区>硫安区>ウラホルム区=対照区、乗鞍系土壌では尿素区>I B区=硫安区>ウラホルム区>対照区と両土壌で尿素、I B肥料の肥効が大きい。

針葉中の窒素含有率は、白山系土壌では尿素区>I B区>硫安区>ウラホルム区>対照区、乗鞍系土壌では尿素区>I B区>対照区>ウラホルム区>硫安区で肥効の大きい尿素区、I B区で高い濃度である。

3.3 土壌窒素の無機化量

土壌窒素の無機化量を図-10に示した。

金山 下居 明方

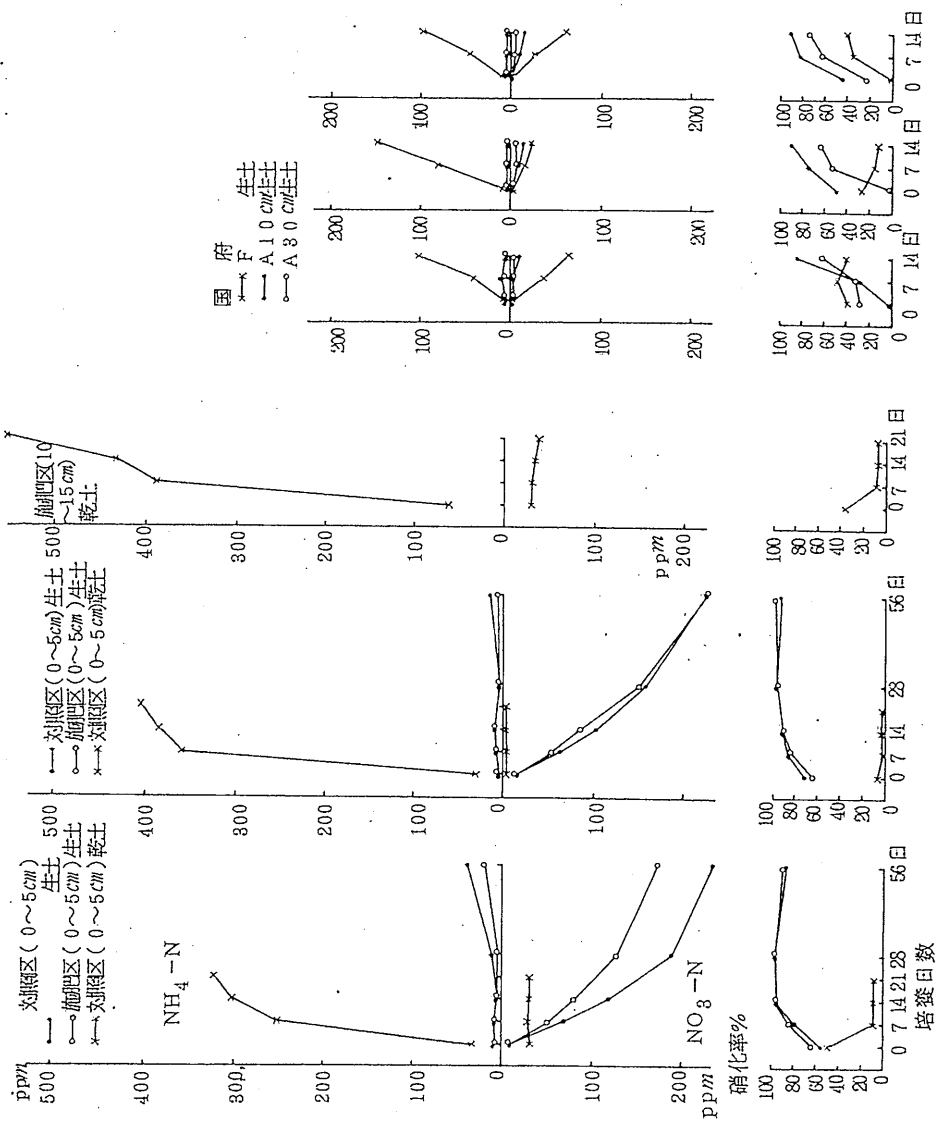


図-10 土壌窒素の無機化量

乾土では、明方、金山、下呂ともに培養日数の増加とともに $\text{NH}_4\text{-N}$ の大きな増加がみられるが、 $\text{NO}_3\text{-N}$ では風乾細土の量と変わりなく一定であった。従って、硝化率は、培養7日以降には0%近くになっている。

生土では、金山と下呂は同じ傾向を示し、乾土とは反対に、 $\text{NH}_4\text{-N}$ では採取時と同じであるが $\text{NO}_3\text{-N}$ では培養日数の増加とともに急激な増加がみられた。従って、両土壤の硝化率は、培養14日以降には100%近くになっている。金山、下呂の土壤では大きな乾土効果が認められる。

国府の土壤では、各試験区とも、F層では $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ に培養日数の増加に伴う増加がみられる。A層では、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の増加はみられないが、わずかずつではあるが $\text{NO}_3\text{-N}$ の増加がみられる。

A層では、培養日数の増加に伴い硝化率が高くなり、14日後には60~90%になっているが、F層では培養日数との関係は明らかでない。

乾土効果が大きかった下呂、金山の土壤について、土壤の乾燥程度と窒素の無機化量を図-11に示した。

下呂、金山ともに風乾日数1~5日の間に窒素の無機化量が急増し、含水率が約50%から5%に大きく減少し、硝化率が90%から20%に急減しており、大きな乾土効果がみられる。

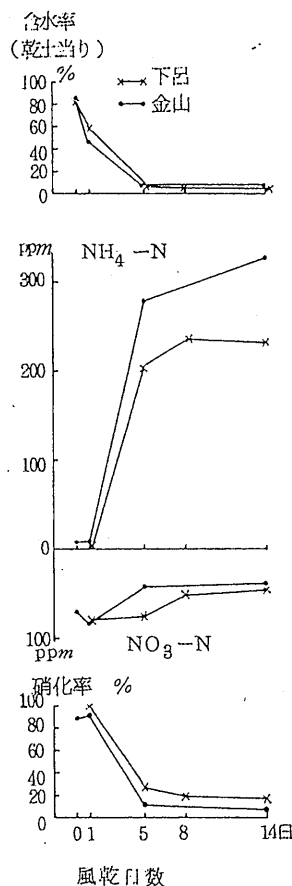


図-11 土壤の乾燥と窒素の無機化量

4 考察

4.1 土壤層位と無機態窒素

対照区では、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ ともに表層でより濃度が高い傾向である。自然状態では、表層の方でより有機態窒素の量が多く、表層ほど微生物が活発に活動して無機態窒素を生成していると考えられる。微生物活動が活発といっても、急速に $\text{NH}_4\text{-N}$ が $\text{NO}_3\text{-N}$ に硝酸化成され激しく流亡する程ではなかったと思われる。

施肥区では、下呂、苗畑の白山系土壤を除いて、施肥後に急激な $\text{NH}_4\text{-N}$ の増加がみられたが、対照区と同様に表層でより高い濃度がみられる。

$\text{NO}_3\text{-N}$ では、硝化活性の度合により層位の濃度が異なる。硝化活性がほとんどない場合、揖斐川国府、高鷲の硫安区、ウラホルム区にみられるように、 $\text{NH}_4\text{-N}$ と同様に表層の方がより高い濃度である。硝化活性が割合少ない場合、高鷲の尿素区、IB区、明方、金山にみられるように、施肥2ヶ月以後にはA層よりも鉾質土層で高い濃度である。硝化活性が高い場合、苗畑における白山系土壤にみられるように、施肥後は下層の方が高い濃度になっており、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の流亡が急速にすすんでいる。

国府において、施肥区では施肥によるA10cm層まで $\text{NH}_4\text{-N}$ の増加がみられるが、A層を除去

した施肥区では、施肥によりA 3 5 cm層まで $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の増加がみられ、A o層は $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の鉱質土層へ浸透するのを妨げている。硝化率についても、施肥区とA oを除去した試験区の鉱質土層は、対照区、施肥区のA o層よりも夏期に高くなる傾向がみられる。桑原が林地に施した肥料の消長はA o層に影響されると述べているが、国府では、A o層が約5 cmと厚いため大きな影響をおよぼしていると思われる。

4. 2 土壌型と無機態窒素

無施肥林地土壌(対照区)では、高鷲の B_{LD} 型土壌、金山の B_{D} 型土壌、明方の B_{LE} 型土壌は、これらの土壌よりもやや乾性な国府の $\text{B}_{\text{LD}}(\text{a})$ 型土壌、下呂の $\text{B}_{\text{D}}(\text{a})$ 型土壌よりも無機態窒素が多い。これは、伊藤が崩壊性 B_{D} 型土壌は $\text{B}_{\text{D}}(\text{a})$ 型土壌よりも無機態窒素濃度が高いと報告していることと一致している。

しかしながら、揖斐川と白川では、 B_{B} 型土壌と $\text{B}_{\text{D}}(\text{a})$ 型土壌における無機態窒素の濃度に差が認められない。この原因の一つとしては、無機態窒素の生成条件として、土壌中のC、Nの含有量及びC/Nが影響するが、揖斐川、白川の B_{B} 型土壌と $\text{B}_{\text{D}}(\text{a})$ 型土壌では、土壌中のC、N、C/Nがほぼ同じ値であり、有機物の分解が同程度に進行していたことによるものだと考えられる。

施肥区土壌では、だいたい1ヶ月後に $\text{NH}_4\text{-N}$ の急増がみられるが、その後の動きは土壌型で異なっている。揖斐川、白川では B_{D} 型土壌よりも B_{B} 型土壌の方が $\text{NH}_4\text{-N}$ の減少が遅くなる傾向が認められる。また、高鷲の B_{LD} 型土壌、金山の B_{D} 型土壌、明方の B_{LE} 型土壌よりも国府の $\text{B}_{\text{LD}}(\text{a})$ 型土壌の方が $\text{NH}_4\text{-N}$ の減少が遅くなっている。これらのことは、桑原が湿性土壌は乾性土壌よりも急激に $\text{NH}_4\text{-N}$ が減少したという報告と一致している。

土壌型と硝化活性については、対照区、施肥区とも明らかな傾向は認められなかった。

4. 3 無機態窒素の時期的変動

対照区において、A o層、A層、B層において採取時期との関係はみられないが、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ いずれも、各層位ごとの変動のパターンはほぼ似ている。また、位置的に近接している揖斐川の B_{B} 型土壌と B_{D} 型土壌における対照区、白川の B_{B} 型土壌と B_{D} 型土壌における対照区、施肥区による無機態窒素量への影響が少ない下呂の施肥区と対照区では、各試験地ごとにおいて、これらの試験区の各層位で同じような増減のパターンがみられる。苗畑における白山系土壌の各試験区の0~2 cm層では同じような増減のパターンがみられる。これらの同一パターンは、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ ともに、微気象的な土壌水分、土壌温度等の変動により、無機態窒素の生成に関する微生物活動が大きく影響されているためと考えられる。しかしながら、気象と無機態窒素の時期的変動については明らかにすることが出来なかった。

硝化率は、層位、処理、測定年次により変動が大きい。5、6月から増加し7、8月に最高になり秋に少し減少する動きを示すものが多い。一部には、秋の減少がみられないものもみられる。

4. 4 肥料の窒素形態と無機態窒素

肥料の窒素形態の中では、尿素が $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ ともに土壌中で最も高く、しかも施肥の影響が長期間続いている。次いで、化成肥料と小粒状の1 B肥料で、無機態窒素の増加が大きい。硫安、ウラホルムは、土壌により $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の動きが異なり、200 ppm が最高で、他のものよりは無機態窒素が少ない。

緩効性肥料である1 B肥料は、製品の粒径により土壌中の無機態窒素の濃度が異なっている。高鷲では径1 cm程度の小粒状のもの、下呂では $3.5 \times 3.5 \times 2$ cmの大粒のもの、苗畑では大粒のものを粉碎したものを用いたが、下呂だけが施肥による土壌中の無機態窒素の増加が認められなかった。

化成肥料は、窒素成分が硫加燐系の肥料と尿素を主体にした肥料を試験に用いた。硫加燐安系を用いた揖斐川、白川、国府が、尿素を主体にした肥料の明方、金山よりも硝化生成が少なかったのは窒素の形態の違いによるものだと考えられる。また、これらの試験地は樹種が異なっており、揖斐川

と白川がヒノキ林で、国府がカラマツ林で、明方と金山がスギ林であったため、樹種の違いと窒素の形態の違いと相乗関係により無機態窒素の濃度に差異がみられたことも考えられるが、この点については今のところ判らない。

4.5 土壌温度と無機態窒素

林地実験で硝化活性が少なかった下呂、金山の表層生土を、実験室で培養実験をした場合、硝化率は14日以降で100%近くになり、硝化活性は活発であった。林地で採取した土壌は、最大容水量の約60%の含水率であったため、培養実験にあたって含水率の補正は行なわなかったため、実験室と林地の条件の違いは温度条件が大きいと思われる。実験室で培養した金山、下呂の生土は、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の濃度は低く培養日数の経過にかかわらず一定であるのに対し $\text{NO}_3\text{-N}$ は増加しており、苗畑における白山系土壌の0~2cm部位の各施肥区でも同様の傾向がみられる。白山系土壌による苗畑実験の結果は、佐藤らが苗畑のスギ模型林分において無機態窒素の消長を調べた報告と同様の結果を示し、硝化活性が極めて活発である。白山系土壌による苗畑実験においても、表層下22~25cm部位よりも表層下0~2cm部位で $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が低いことが認められたが、これは、苗畑土壌の方が成木林のそれよりも土壌温度が高いため硝化活性が活発になっていると考えられる。従って、林地において硝酸化成がそれ程認められない大きな因子として考えられることは、土壌温度が林地で低いということであろう。

4.6 土壌の化学性と無機態窒素

国府の生土における培養実験では、A₀層の $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は培養日数の経過とともに、その濃度は増加しているが、これを硝化率でみるとその増加傾向ははっきりしていない。A層での $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は、培養の経過とともに $\text{NH}_4\text{-N}$ は増加しないが $\text{NO}_3\text{-N}$ がやや増加し、従って硝化率の増加が認められる。

しかしながら、金山、下呂両試験地土壌の硝化率に較べると国府の増加は小さいが、その理由として考えられることは、下呂、金山土壌のC/Nが10~20の範囲にあるのに対して、国府はA層で24~27、A₀層ではさらに大きな値が考えられる。すなわち、河原が指摘しているようにC/Nが低いほど硝酸化成が大きいものと思われる。

苗畑試験においても、白山系土壌が乗鞍系土壌よりも硝酸化成が活発であったが、この理由も白山系土壌のC/Nが20で乗鞍系土壌の26よりも低かったことによるものとも考えられる。

伊藤は、森林土壌の硝化活性と土壌のPH、C/Nが密接な関係があると述べているが、本試験ではPHと硝化活性との間には明らかな傾向がみられなかった。

4.7 土壌含水率と無機態窒素

実験室で土壌を培養し、無機態窒素を定量する時に乾土を材料とした場合と生土の場合とではその様子が異なる。

明方、金山、下呂の乾土では、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の濃度は著しく高くなるが $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の高まりは認められず低濃度である。これに対して金山、下呂(明方は生土の実験は行なわなかった)の生土では $\text{NH}_4\text{-N}$ の濃度の増加はみられず低いが、逆に $\text{NO}_3\text{-N}$ の濃度は増加し高かった。

すなわち、同じ林地の土壌でも、土壌含水率が低い乾燥状態にした場合、無機態窒素量の増加が認められ所謂乾土効果がみられた。

また、このことは土壌の含水率と窒素の無機化量の実験(図-11)からわかるように、土壌含水率が50%以下において無機化量が増大するものと考えられる。

4.8 肥効と無機態窒素

施肥窒素の動態の検討の材料に使った既設の林地肥培試験地の肥培効果の程度は次のとおりである。

肥培効果が大きくしかも長い期間持続している試験地は、明方、下呂の両試験地である。国府試験地は、肥培の数年から10年間は肥培効果が認められたが、その後効果が消滅した。金山試験地は、

肥培を実施している期間中においても効果が認められなかった。

これらの試験地において、施肥窒素の動態の実験を行ったが、この時点においてはいずれの試験地においても、肥料の吸収状態を示す葉分析では施肥区の肥料成分含有率は高かった。

無機態窒素の変動のようすは、金山は明方とよく似たパターンを示し、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度も高かった。また、金山について、土壌窒素の無機化量を乾土、生土で調べたが明方との差異が認められなかった。

国府は、施肥によってA₀層の無機態窒素は増加したがA層では全く施肥による無機態窒素の増加が認められなかったが、これは厚い堆積落集層及び鉍物質土壌のC/Nが24~27の高い値が示すように有機物の分解に無機態窒素が消費され濃度の高まりが示されなかったと考えられ、このような土壌の性質が肥培効果の面にも影響したのと考えられる。

次に下呂では、肥培効果は認められた試験地であるが、緩効性肥料を施用したためか無機態窒素の濃度の高まりは認められなかった。残存した緩効性肥料から、1年間に窒素成分で80 kg/haしか施肥されていなかったことが推測されたが、このために土壌中の無機態窒素の濃度を高めるまでにはならなかったことが考えられるが、豆炭状の本肥料を細根の密集する四方ヶ所に埋設したため、除々に溶出する肥料成分を細根が充分吸収したため、葉分析においても施肥による濃度の増加がみられたのと考えられる。

苗畑においては、白山系土壌の施肥区では、硝化活性が大きいいため $\text{NO}_3\text{-N}$ が速やかに流下し、2 cm層よりもさらに深い25 cm層の方が無機態窒素濃度が高くなっている。白山系土壌は、乗鞍系土壌よりも肥料の流亡が大きいため肥効も小さかったと考えられる。

5 ま と め

林地における施肥窒素の消長、土壌中窒素の無機化量、苗畑黒色土壌における施肥窒素の消長を調べた。その結果を要約すると次のとおりである。

- (1) 無施肥区では、森林土壌の表層の方が無機態窒素の濃度が高い。
- (2) 施肥区では、施肥1ヶ月後に無機態窒素が急増する場合が多く、 $\text{NH}_4\text{-N}$ では表層の方が高いが、 $\text{NO}_3\text{-N}$ では硝化活性が大きい程下層の濃度が高くなる。
- (3) 厚いA₀層の堆積は、施肥による無機態窒素の土層内への流下を妨げる可能性がある。
- (4) 無施肥区において適潤~湿性土壌ほど無機態窒素が多いが、施肥された場合には、施肥による $\text{NH}_4\text{-N}$ の増加期間は乾性土壌よりも短い。
- (5) 無施肥区では、採取時期と無機態窒素濃度とに関係はみられなかったが、各層位ごとの変動パターンはほぼ似ている。
- (6) 硝化率は、各層位ごとには変動が多かったが、5、6月から増加し7、8月に最高となり秋にわずかに減少することが多かった。
- (7) 肥料の窒素のちがいでによって土壌中の無機態窒素濃度に大小があるが、尿素>I B=化成>ウラホルム=硫安の順に小さい。
- (8) I B肥料は、粒が大きいと溶解しにくく、土壌中の無機態窒素の増加がほとんどみられない場合がある。
- (9) 林地で硝酸化成を抑制している大きな因子には、低い土壌温度が考えられる。
- (10) 硝化活性は、C/Nが20より大きくなればなるほど抑制される傾向がある。
- (11) 土壌の含水率が50%以下になると土壌中の窒素の無機化量が増加し、所謂乾土効果が認められた。
- (12) 苗畑では、硝酸化成が強すぎると、肥料の流亡が多くなり、肥効が少なくなる。

引用文献

- 1) 河原輝彦、堤利夫：森林土壌中の無機態チッ素量に関する研究(I)その季節変化について：京大演報40、P157、1968
- 2) 吉田重明、三宅大浄、仁王以智夫：森林土壌中の窒素の動態(I)森林表層土における硝化細菌の分布と硝化活性：日林誌61(1)P25、1979
- 3) 吉田重明・春田泰次・仁王以智夫：森林土壌中の窒素の動態(II)土壌型の異なる2種の天然林土壌中の窒素の無機化と硝化活性：日林誌62(6)、P230、1980
- 4) 河原輝彦：森林土壌中の無機態チッ素量に関する研究(II)チッ素の無機化量と全チッ素量、C/Nおよび炭素の無機化量との関係：日林誌52(3)、P71、1970
- 5) 佐藤久男、吉本衛：林地に施肥した場合の無機態窒素の消長(I)苗畑のスギ模形林分の場合：84回日林講、P133、1973
- 6) 藤田桂治、佐藤久男：林地に施肥した場合の無機態窒素の消長(II)アカマツおよびクヌギ林：84回日林講、P134、1973
- 7) 桑原武男：林地における施肥窒素の消長に関する試験：広島県林試研報13、P1、1978
- 8) 中沢迪夫：成木施肥試験(V)スギ施肥林における土壌中の無機態窒素の季節変化：新潟県林試研報21、P1、1978
- 9) 伊藤守夫：壮齡林肥培に関する研究(II)スギおよびヒノキ林に施肥した場合の無機態窒素の消長：静岡県林試研報10、P19、1979
- 10) 中村基、竹下純一郎：成木施肥試験、カラマツ成木の施肥効果について、岐阜林セ研報1、P24、1972
- 11) 竹下純一郎、中川一：スギ22年生林分に対する肥培効果：岐阜林セ研報7、P1、1978
- 12) 竹下純一郎：未発表
- 13) 竹下純一郎：未発表