

スギ, ヒノキ人工林における 土壌の窒素無機化量の季節変化

村上 雅志・武田 博清・岩坪 五郎

Seasonal Changes in Nitrogen mineralization rates in the Soils of
Chamaecyparis obtusa and *Cryptomeria japonica* Plantations

Masashi MURAKAMI, Hiroshi TAKEDA, Goro IWATSUBO

要 旨

京都市山科区の安祥寺国有林内のスギ, ヒノキ人工林に, 異なる林齢の林分を調査区として選
び土壌の無機態窒素量と無機化量の季節変化を調査し, 各林分での年間の窒素の無機化量, 硝酸
生成量を推定した。いずれの林分においても, 鉍質土壌における無機態の窒素の現存量は夏期に
高く, 冬期に低い傾向を示した。土壌の窒素の無機化速度を野外でのインキュベーション方により
測定した。土壌の窒素の無機化速度は, 夏期に高く, 冬期に低い傾向を示した。土壌の窒素の無
機化速度は湿度には依存しておらず, 土壌の温度に依存していることが示された。土壌の温度と
無機化の速度には有意な関係が認められ, 土壌の窒素の無機化速度と温度の関係は, $\log M = a + bt$ (M , 無機態窒素の生成, a, b は定数, t , 温度) 示される。この式を用いて, 各調査区の
毎月の平均土壌温度から, 各林分における無機態の窒素生成量, 硝酸態の窒素生成量を推定した。
年間の窒素の無機化量は, スギ15年生林分で 57.9 kg/ha/year , ヒノキ15年生林分で 33.8 kg/ha/
 year , ヒノキ35年生林分で 21.6 kg/ha/year となった。また, 硝酸態窒素の生成量はスギ15年
生林分で 19.1 kg/ha/year , ヒノキ15年生林分で 6.0 kg/ha/year , ヒノキ35年生林分で 6.7 kg/
 ha/year , となった。無機態窒素, 硝酸態窒素の年間の生成量は土壌の炭素/窒素 (C/N)
比の間に相関性がみとめられた。これらの結果から, 土壌における窒素の無機化量, 硝酸生成量
は土壌条件と関連していることが示唆された。

は じ め に

一般に, 植物は窒素源として土壌の窒素を利用しているが, 植物が利用できる窒素は土壌窒素
の大部分を占める有機態の窒素ではなく, アンモニア態, 硝酸態といった無機態窒素である。無
機態窒素は植物にとって重要な養分であるが, 有機態の窒素に比べその量は少ない¹⁾。特に, 森
林生態系において無機態の窒素の量は, 全窒素量の $0.1 \sim 0.45\%$ と少ない。また, 多くの森林に
おいて窒素肥料の施肥に反応した林木の成長増大が認められている。森林生態系において, 土壌
の無機態窒素の生成速度が林木の生産性に大きく影響することが報告されてきている^{2), 3)}。

さまざまな森林において, 林木の成長と土壌の無機態窒素の生成量の関係が研究されてきてお
り, 森林の生産力は無機態窒素の生成量(生成速度)と密接に関係していることが報告されてい

る⁴⁾。森林の場合、土壌の無機態窒素の生成量と樹木による無機態の窒素の吸収量がほぼつりあっている。したがって、森林土壌の無機態窒素の生成量を把握することは、林地の生産性を評価する上で重要であり、森林土壌の無機態窒素の可給性が実験室や野外での培養法により推定されてきている^{5), 6), 7), 8)}。

本研究は、森林の自己施肥機能について研究の一環としてスギ、ヒノキ人工林の物質循環、特に窒素の循環を把握する目的で行われた。本報告においてスギ、ヒノキ人工林土壌における無機態窒素量の季節変化、無機態窒素の生成速度の季節変化についての結果を基に、林地での年間の無機態窒素の生成量、無機化速度を推定した。さらに、ズキ、ヒノキ人工林での無機態窒素の生成量、無機化速度を比較することで、無機態窒素の生成量、無機化速度への立地条件、林木の種類の効果を考察した。

本研究について有益な助言を与えられた堤利夫、京都大学農学部名誉教授に感謝を述べます。結果の解析で協力された川口英之博士、野外調査でいろいろと研究協力をされた京都府林務部の下野竜志氏や森林生態学研究室の学生、大学院生の諸氏に感謝を述べます。研究の実行に当たり調査地を提供された、国有林、京都営林署の関係者に感謝を述べます。

* 本研究は文部省科学研究費（一般研究A 課題番号 63440012）による助成を受けて行われた。

調 査 地 の 概 要

調査地は、京都市東部山科盆地北側に位置する安祥寺国有林内に設置された。調査地には、尾根部のアカマツ林を除いて斜面部にヒノキ、谷部にズキの人工林が造成されている。地質的には秩父古生層に属し、土壌は、尾根部で乾性褐色森林土（B_B）、斜面下部、沢筋では適潤性褐色森林土（B_D）である。

表1示すように調査地内のスギ・ヒノキ人工林に調査プロットを10カ所設置した。

表1 山科試験林の概要 1986年4月測定

Stand	Plot size (m)	Slope (degree)	No. of trees (no./ha)	Mean DBH (cm)	Mean H (m)	Basal area (m ² /ha)
<i>Cryptomeria</i> YS 1	10×20	12	3530	11.9	12.0	52.4
<i>japonica</i> YS 2	10×20	10	3910	11.2	11.7	50.7
Young YS 3	8×20	14	3290	11.6	11.2	46.2
(YS) YS 4	8×20	15	2520	11.7	10.4	35.9
<i>Chamaecyparis</i> YH 1	8×15	23	4070	8.6	7.6	32.2
<i>obtusa</i> YH 2	8×15	27	3830	8.8	8.0	30.6
Young YH 3	9×15	28	4110	7.6	7.1	25.6
(YH) YH 4	8×16	33	5120	7.6	7.3	31.2
<i>Chamaecyparis</i> AH 1	15×25	20	1670	17.0	15.1	55.3
<i>obtusa</i>			(1280)	(17.4)	(15.4)	(42.9)
Mature AH 2	15×25	20	1760	16.1	14.4	37.8
(AH)			(1330)	(15.4)	(14.2)	(20.0)

調査プロットは、スギ若齢林区4プロット(Y S 1～4)、ヒノキ若齢林区4プロット(Y H 1～4)、ヒノキ壮齢林区2プロット(A H 1～2)と、樹種、林齢の異なる林分に設定されている。以下に各調査プロットの概要をのべる。

スギ若齢林区：標高145 mの北向き斜面下部にY S 1, 2, 3, 4プロットを隣接して設置した。林齢は設定時15年生で、林冠はほぼ閉鎖し、林床は暗く下層植生は少ない、土壌は、適潤性褐色森林土(B_D)でA_o層はルム型、A層は10～15cm程度で他の調査プロットに比べてよく発達している。

ヒノキ若齢林区：標高155～125 mの北北東斜面下部にY H 1, 2, 3, 4プロットを隣接して設置した。林齢は設定時15年生で、林冠はほぼ閉鎖し、林床は暗く、下層植生はほとんどみられない。土壌は適潤性褐色森林土(B_{D(d)})で、A_o層はモーター型で1～2 cm、A層は5～10 cm程度である。

ヒノキ壮齢林区：標高155～125 mの北北東斜面下部に、A H 1, 2プロットを隣接して設定した。林齢は設定時35年生で、高木層として植林されたヒノキ以外にアカマツ(*Pinus densiflora*)、タカノツメ(*Evodiopanax innovans*)、クリ(*Castanea crenata*)がヒノキ林冠のかけたところに混じっている。下層植生は、ヒサカキ、タカノツメ、リョウブ(*Clethra baurinervis*)が多数存在する。土壌は適潤性褐色森林土(B_D)、A_o層はモーター型で2～3 cmの厚さがあり、その下にA層が約10cm存在する。

表2に調査区の土壌温度と気温の月平均値を示す。年平均の土壌温度は、スギ若齢林での9.7℃からヒノキ若齢林の11.0℃と湿った条件下でやや値が低い。年平均気温は、12.3℃で土壌温度より高い値を示した。

表2 土壌表面温度と気温(地上1 m)の季節変化(℃)

plot month	AH 1, 2	YH 1, 2	YH 3, 4	YS 1, 2	YS 3, 4	気 温 (1 m height)
January	3.45	3.45	3.45	2.85	3.70	3.59
February	2.84	2.84	2.84	2.24	3.09	4.13
March	4.61	4.96	4.96	4.71	4.71	5.63
April	8.45	9.20	8.10	7.25	7.25	10.25
May	13.92	14.12	13.02	12.32	13.02	14.50
June	15.86	16.91	15.81	15.81	16.51	20.70
July	19.03	20.78	19.58	17.68	19.33	22.16
August	20.95	22.05	21.30	20.15	20.55	23.97
September	18.40	19.45	18.75	18.50	18.75	21.02
October	15.25	15.70	15.70	14.15	15.35	13.15
November	11.19	11.19	11.19	10.19	10.39	5.48
December	6.91	6.91	6.91	5.91	6.11	3.05
mean	10.49	10.96	10.56	9.73	10.26	12.30

表3にヒノキ若齢林調査プロット(Y H 2)の林外で測定した1987年2月から1989年8月までの月別の降水量を示す。年間の降水量は1470.0mmであった。

調 査 方 法

表 3 降水量の季節変化

month	rainfall (mm)
January	87.0
February	54.8
March	176.7
April	73.7
May	158.5
June	265.2
July	276.8
August	113.0
September	115.8
October	98.5
November	29.5
December	20.5
total	1470.0

調査地において、表層の落葉層（A₀層）を除去し、表層鉾質土壌A層についてサンプルを採取した。A層（0～4 cm）の無機態窒素含有率、A層（0～4 cm）の全窒素、全炭素含有率、現地での培養実験による無機態窒素生成量を測定した。また、0～50cmまでの全炭素・全窒素含有率についても測定した。

各調査プロットに幅2 mのベルトランセクトを設け、土壌の採取を各ベルトランセクト内の上部・中部・下部から行った。各地点において土壌サンプルは、容積100 cc（25cm³×4 cm）の円筒形のコアサンプラーを用い、8ヵ所からA層の表層0～4 cmについて100 ccづつ合計800 cc採取した。野外において採取した土壌は、2 mmメッシュのふるいで根・レキ・細土に分け、細土の一部を培養用とし、残りは持ち帰って分析用試料とした。持ち帰った細土20 gと2 N-KC l 溶液150 ccを200 ccのフラスコにいれ、1時間振盪したあと、2 N-KC l 溶液50 ccでフラスコ内を洗浄しながらNo. 6の濾紙でろ過し、無機態窒素分析用土壌抽出液とした。なおこの抽出液は5℃において数ヵ月間保存できる（土壌養分分析法 1970）¹⁰⁾。

無機態窒素の分析は、土壌抽出液について住友化学製ガスクロ方式全窒素-形態別窒素測定装置 GCT-16N型を用いて、アンモニア態窒素・硝酸態窒素について測定した。

全炭素・全窒素は、細土を風乾後粉砕し、約1 gを用いて柳本C-Nコーダー MT 500型により分析した。

土壌中の窒素の無機化を調べるために、今回ポリエチレンバッグによる現地培養法を用いた。培養は、ふるいにかけたあとの細土をポリエチレンバッグに約100 g入れ、口を縛って採集跡に置き、リターで覆って1ヵ月後に回収し、無機態窒素の分析に供した。現地培養では微生物の活動に対する温度の日変化・季節変化など、微環境の変化の影響を加味することができる。

結 果

1. 窒素、炭素、C/N比の土壌における垂直変化

1987年6月に各林分において、土壌断面を鉾質土壌について0～5、5～10、10～15、15～20、20～30、30～40、40～50、cmの7層に分けて4または5地点で採集し、土壌を採取し、土壌中の全窒素、全炭素について測定した。

1) 全窒素、全炭素蓄積量

表4に示すように鉾質土壌0～50cmでの窒素蓄積量は、スギ若齢林の場合、3.21t/ha、ヒノキ若齢林で3.46t/ha、ヒノキ壮齢林で2.43t/haという値を示した。若齢林間ではスギとヒノキの総量の差はあまりなく、ヒノキ林の場合若齢林で高い傾向を示した。スギ若齢林では表層5 cmに773 kg/ha（24.1%）、ヒノキ若齢林では930 kg/ha（26.9%）、ヒノキ壮齢林では536 kg/ha（22.0%）の蓄積量があり、層が深くなるにつれて少なくなる傾向を示した。

炭素の現存量はスギ若齢林で約25.9t/ha、ヒノキ若齢林で約43t/ha、ヒノキ壮齢林で32.6

表4 鉾質土壌表層50cmにおける全炭素・全窒素現存量 kg/ha, (各層での割合, %)

plot depth(cm)	YS		YH		AH	
	C	N	C	N	C	N
0-5	7758 (30.0)	773 (24.1)	12130 (28.2)	930 (26.9)	9397 (28.8)	536 (22.0)
5-10	5073 (19.6)	618 (19.3)	8485 (19.8)	624 (18.0)	5752 (17.6)	448 (18.4)
10-15	3765 (14.6)	470 (14.7)	5975 (13.9)	502 (14.5)	4514 (13.8)	307 (12.6)
15-20	2727 (10.5)	391 (12.2)	5584 (13.0)	431 (12.5)	3609 (11.1)	295 (12.1)
20-30	2376 (9.2)	373 (11.6)	4455 (10.4)	414 (12.0)	3223 (9.9)	316 (13.0)
30-40	2145 (8.3)	290 (9.0)	3501 (8.2)	348 (10.1)	3398 (10.4)	292 (12.0)
40-50	2009 (7.8)	290 (9.0)	2827 (6.6)	209 (6.0)	2731 (8.4)	237 (9.7)
total	25853	3205	42957	3458	32624	2431

t/haと推定された。炭素の地表から50cmまでの現存量はスギ林よりもヒノキ林で高い傾向を示した。

表5 鉾質土壌表層50cmのC/N比

plot depth (cm)	YS	YH	AH
0-5	10.0	13.0	17.5
5-10	8.2	13.6	12.8
10-15	8.0	11.9	14.7
15-20	7.0	13.0	12.2
20-30	6.4	10.8	10.2
30-40	7.4	10.1	11.6
40-50	6.9	13.5	11.5
	8.1	12.4	13.4

2) C/N比

表5に示すように、スギ若齢林区では表層0～5cmで10.0、5cm以下の層では8.2～6.4で徐々に減少する傾向がみられる。ヒノキ若齢林区では10.1～13.6で層位による変化はみられなかった。ヒノキ壮齢林では表層0～5cmで17.5とやや高く、5cm以下の層では10.2～14.7で層位による顕著な変化はみられなかった。林分間ではスギ林よりもヒノキ林で高く、林齢間では壮齢林で高い値を示した。

2. 無機態窒素の季節変化

土壌表層0～4cmにおける無機態窒素量の季節変化について1986年7月から1988年8月まで調査した。

1) 無機態窒素の季節変化

図1に示すように、無機態窒素の現存量は夏季にやや高くなる傾向を示した。また、スギ林でヒノキ林よりも高い値を示す傾向がみられた。現存量は、無機化と植物や微生物による吸収のバランスによる影響を強く受けるため、年間を通じて低い値を示した。

2) 無機化の季節変化

図2に示すように無機態窒素の生成量は(無機化量)は、林分間ではスギ若齢林でもっとも高い値をしめし、ヒノキ若齢林、ヒノキ壮齢林の順になった。各林分とも夏季に高く冬季に低い値を示す傾向がみられた。このことから無機態窒素の生成量は土壌表面温度に依存していることが示唆される。

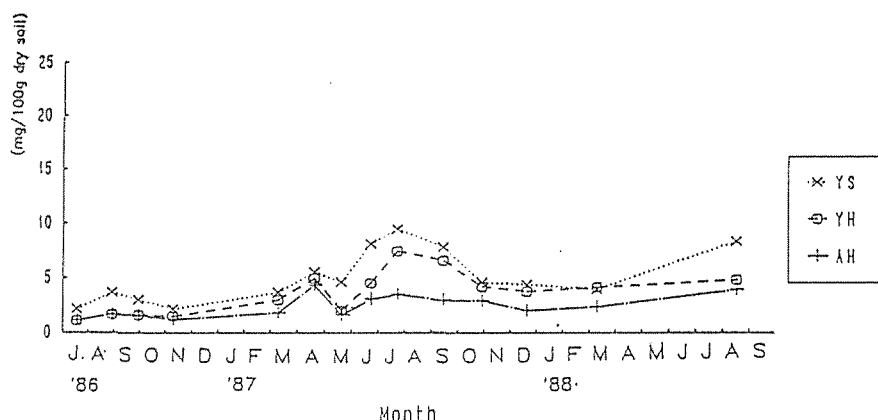


図1 無機態窒素の土壌における現存量の季節変化
Seasonal changes in the amounts
of soil mineral nitrogen

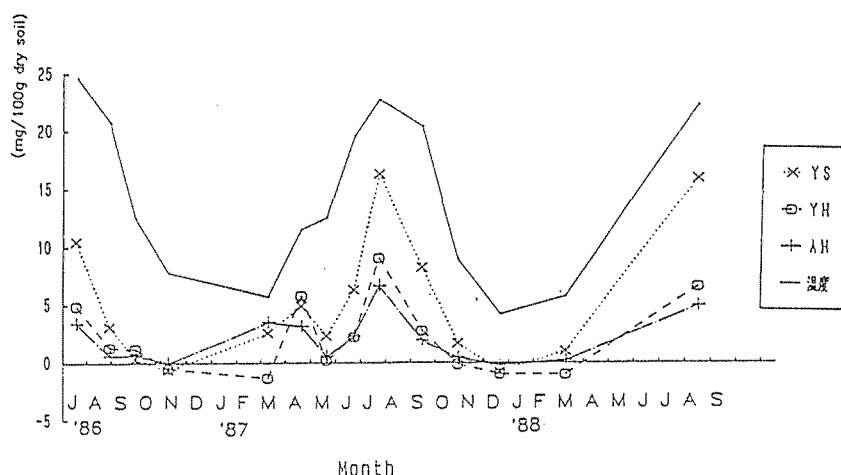


図2 無機態窒素の生成量の季節変化
Seasonal changes in the rates of nitrogen
mineralization over a two year period

3. 窒素収支

1) 無機態窒素生成量と土壌表面温度との関係

図3に示すように無機態窒素の生成量は温度と高い相関を持つことが示唆され、土壌表面温度と無機態窒素の生成量の関係は次の式で近似することができた。

$$\log M = a + bt$$

ここで、Mは無機態窒素生成量 (kg/ha/month), a, bは定数, tは培養期間中の平均土壌表面温度を示す。無機態窒素生成量の温度依存性を Q_{10} で表した。 Q_{10} は温度10℃上昇による無機態窒素生成量の増加の割合である。 Q_{10} の値はYS1プロットを除いてスギ若齢林で2.31~2.89, ヒノキ若齢林で3.36~3.84, ヒノキ壮齢林で3.21~3.32であり、ヒノキ林で高い値を示す傾向がみられた。

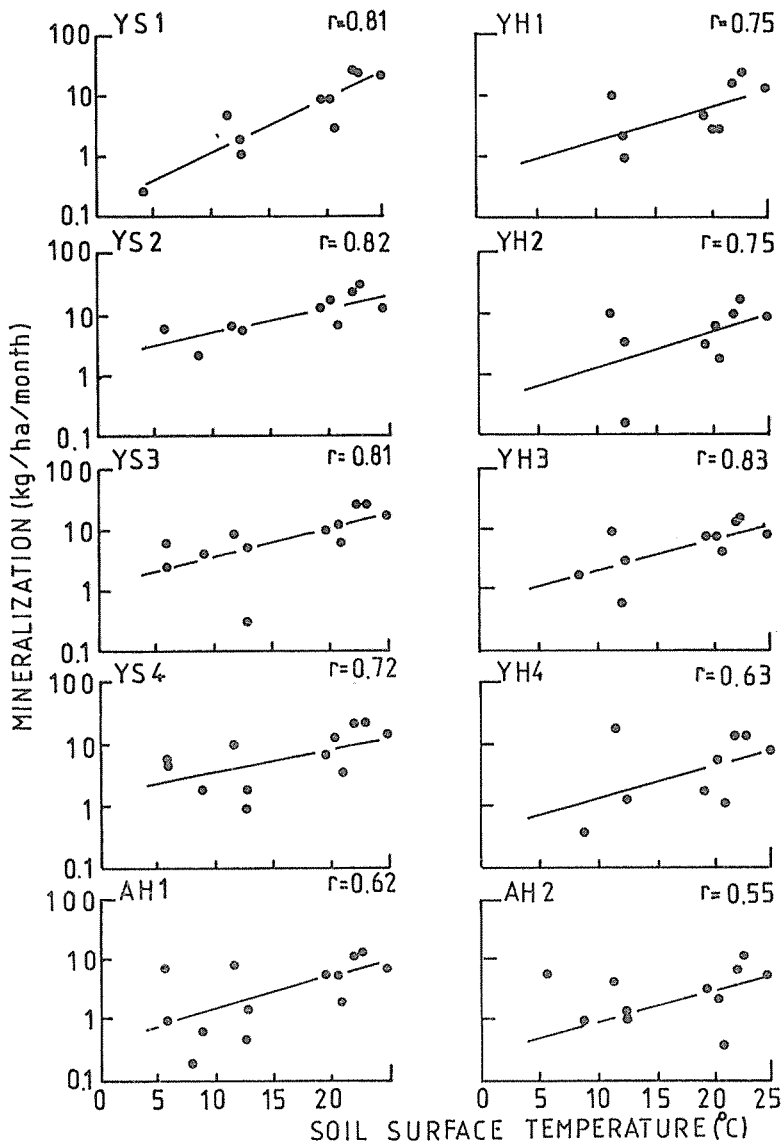


図3 土壌表層の温度と無機化速度の関係
Relationships between mineralization rates and
soil surface temperature over a two year period

2) 年間無機化態窒素生成量の推定

土壌表面温度と無機態窒素生成量の回帰式を用いて各プロットでの年間無機態窒素生成量と年間硝酸態窒素生成量を推定した。表6に各プロットでの各月の平均気温から年間の無機態窒素生成量を示す。

年間の無機態窒素生成量は、スギ若齢林で34.1~72.5, ヒノキ若齢林で27.8~39.3, ヒノキ壮齢林で17.7~25.5kg/ha/yrという値を示し、ヒノキ林よりスギ林で高い値を示し、若齢林と壮齢林では壮齢林で低い値を示す傾向がみられた。また、表6に示すように硝酸態窒素の生

表6 年間の無機態窒素生成量と、それに占める硝酸態窒素の割合 および
 土壌窒素の無機化率 (= 無機態窒素生成量 / 窒素蓄積量 (0 ~ 4 cm))

プロット		無機態窒素 生成量 kg/ha/yr	硝酸態窒素 生成量 kg/ha/yr	硝酸態 / 無機態 %	無機化率 %/yr
スギ若齢林	YS 1	34.1	16.4	48	5.8
	YS 2	72.5	19.1	27	10.4
	YS 3	68.5	22.2	32	9.5
	YS 4	56.3	18.6	33	10.0
	平均	57.9	19.1	35	8.9
ヒノキ若齢林	YH 1	38.8	11.4	29	8.0
	YH 2	29.1	5.4	19	6.5
	YH 3	39.3	3.9	10	7.4
	YH 4	27.8	3.3	12	6.5
	平均	33.8	6.0	18	7.1
ヒノキ壮齢林	AH 1	25.5	7.0	27	6.8
	AH 2	17.7	6.4	36	4.8
	平均	21.6	6.7	32	5.8

成量はスギ若齢林で16.4~22.2, ヒノキ若齢林で3.3~11.4, ヒノキ壮齢林で6.4~7.0 kg/ha/yrという値を示し, スギ林で高く, 樹種による違いがみられた。また, 無機態窒素生成量に占める硝酸態窒素の割合は, スギ若齢林で27~48%, ヒノキ若齢林で10~29%, ヒノキ壮齢林で27~36%で, ヒノキ若齢林で低い値をとった。

全窒素中どれだけが年間に無機化されるかという無機化率は, スギ若齢林で5.8~10.4%, ヒノキ若齢林で6.5~8.0%, ヒノキ壮齢林で4.8~6.8%という値を示し, 林分間ではスギ林の方がやや高く, 壮齢では若齢の方が高くなる傾向を示した。

考 察

土壌における窒素の無機化の測定は, 林地の生産力を推定する重要な指標と考えられる。本研究において, 窒素の無機化速度をポリエチレンバッグを用いて現地での土壌の培養により推定した。土壌の窒素の無機化量の測定は大きく2つの目的で測定されている。その一つは, 実験室における土壌の培養から窒素の無機化量を推定し, それを土壌の窒素可給性の指標とする試みである⁴⁾。もう一方の研究は, 森林生態系の窒素循環における土壌からの窒素の無機化量を評価する目的で行われている。窒素循環の研究では, 土壌の窒素の無機化量が, 野外での土壌の培養法により推定されている^{11), 12), 13)}。野外での土壌の培養法は, 土壌温度の日変化などの微環境条件を考慮することができ, 実験室での培養法に較べてより林地での実際の窒素の無機化量を反映する方法として用いられてきている。

野外での土壌の培養法により, 無機態窒素の生成量の季節変化を2年間にわたり調査した結果, 無機態の窒素の生成量は夏に高く冬に低い値を示す季節変化を示した。季節変化の様式は林齢, 樹種に関わらず類似していた。窒素の無機化量と土壌温度の間には相関性が認められ, 窒素の無

機化量は温度の増加にともなって指数的に増加することが示された。本調査地での土壤呼吸量の季節変化が、温度との指数関数式で近似されている¹⁴⁾。土壤呼吸での回帰係数は $r = 0.87 \sim 0.90$ と無機態窒素の回帰係数 ($r = 0.55 \sim 0.82$) となり、土壤呼吸の季節変化の 75~81% が温度の変化により説明されるのに比べ、無機化量では 30~67% が温度の変動により説明されるにすぎない。この比較から、土壤呼吸に比べ窒素の無機化量の季節変動が他の環境要因に依存していることが示唆される。土壤の有機態の窒素の無機化に働く土壤微生物の活動が呼吸代謝に比べより土壤の条件に依存することを示唆している。

無機化量と温度関係を前述のように指数関数式で近似することで年間の土壤における窒素の無機化量を推定した。林分間の比較では、ヒノキでは壮齢と若齢の林分での窒素の無機化量はほぼ似た値を示した。一方、スギ若齢林の窒素の無機化量がヒノキ若齢林に比べ高い傾向が示された。

本調査地での窒素の無機化量は適潤性褐色森林土 (B_D) のスギ林での 4 林分の平均値 57.9 kg/ha, year と適潤性褐色森林土 (偏乾亜型) $B_{D(d)}$ に立地するヒノキ林 4 林分での平均値 33.8 kg/ha, year であった。Ellenberg は中部ヨーロッパでの広葉樹林で $19 \sim 195 \text{ kg/ha, year}$ 、針葉樹林で $9 \sim 125 \text{ kg/ha, year}$ の窒素の無機化量を報告している¹²⁾。本調査地での窒素の無機化量は中部ヨーロッパの針葉樹林での窒素の無機化量の典型的な値、 $20 \sim 40 \text{ kg/ha, year}$ に近い値をしめした。堤は京都北部の芦生演習林の落葉広葉樹林の斜面上部の乾性褐色森林土 (B_B) と斜面下部の適潤性褐色森林土 (B_D) での窒素の無機化量の比較を行っている¹⁵⁾。斜面下部で 63 kg/ha, year 、斜面上部で 34.1 kg/ha, year の窒素の無機化量が報告されている。本調査地での窒素の無機化量は芦生での窒素の無機化量に類似した値を示した。

窒素の無機化に関わる要因として、土壤の炭素含量、土壤の全窒素量、 C/N 比について考察を行う。スギ若齢林、ヒノキ若齢林、ヒノキ壮齢林での全炭素量は土壤層 $0 \sim 55 \text{ cm}$ で、それぞれ

表7 土壤表層 (深さ 4 cm まで) の炭素・窒素蓄積量と C/N 比
(蓄積量は年間平均値 $\pm$ 標準誤差)

プロット	炭素 kg C/ha	窒素 kg N/ha	C/N 比
スギ若齢林 YS 1	8 2 2 0 $\pm$ 6 0	5 8 8 $\pm$ 1 1	1 4. 0
YS 2	9 1 7 0 $\pm$ 3 6 0	6 9 5 $\pm$ 2 3	1 3. 4
YS 3	1 0 0 1 0 $\pm$ 1 1 7	7 2 2 $\pm$ 1 2	1 4. 0
YS 4	8 2 1 0 $\pm$ 3 3 3	5 6 2 $\pm$ 2 5	1 4. 8
平均	8 9 0 3 $\pm$ 4 3 2	6 4 2 $\pm$ 3 9	1 4. 1
ヒノキ若齢林 YH 1	8 3 7 0 $\pm$ 2 3 0	4 8 2 $\pm$ 1 6	1 7. 5
YH 2	7 8 0 0 $\pm$ 3 2 7	4 4 7 $\pm$ 2 2	1 7. 6
YH 3	9 6 6 0 $\pm$ 3 5	5 3 1 $\pm$ 1 3	1 8. 3
YH 4	9 6 3 0 $\pm$ 3 4 9	4 3 1 $\pm$ 2 5	2 3. 0
平均	8 8 6 5 $\pm$ 4 6 5	4 7 3 $\pm$ 2 2	1 9. 1
ヒノキ壮齢林 AH 1	8 4 8 0 $\pm$ 2 0 4	3 7 6 $\pm$ 1 6	2 3. 2
AH 2	6 6 9 0 $\pm$ 1 5 4	3 7 2 $\pm$ 1 1	1 8. 1
平均	7 5 8 5 $\pm$ 8 9 5	3 7 4 $\pm$ 2	2 0. 7

25.9t/ha, 43.0t/ha, 32.6t/haとヒノキ林でスギ林より高い傾向がみられた。また同一の樹種ではヒノキ若齢林の炭素量が壮齢林より高い傾向を示した。炭素は土壤中の微生物の窒素無機化のエネルギー源と考えられるが、炭素量と無機態窒素の生成量には相関が認められなかった。

土壌での窒素の無機化量と有機態窒素の量との関係をしらべた。土壌0～50cmでの全窒素量は、スギ若齢林で3.2t/ha, ヒノキ若齢林で3.5t/ha, ヒノキ壮齢林で2.4t/haで、同一樹種でヒノキ壮齢林の全窒素量は若齢林より低い傾向を示した。さらに今回無機態窒素の生成量を測定した土壌表層0～4cmでの窒素量は、表7に示すようにスギ若齢林で642kg/ha, ヒノキ若齢林で473kg/ha, ヒノキ壮齢林で374kg/haと、スギ林でヒノキ林より高い傾向を示した。同一樹種では、ヒノキ若齢林の方が壮齢林よりも高い値を示した。無機態窒素の生成量と土壌表層での窒素量とは相関がみられた。

上述のように無機態窒素の生成量は土壌での炭素の量そのものとは関係の無いことが示された。窒素の無機化量はモダー型を示すヒノキ林でルム型を示すスギ林より低い傾向が認められている。土壌の性質をC/N比によって表し、C/N比と窒素の無機化について考察した。表7に示すように、表層土壌(0～4cm)のC/N比は、スギ若齢林で14.1, ヒノキ若齢林で19.1, ヒノキ壮齢林で20.7という値を示し、スギ林とヒノキ林で差がみられた。今回の調査区では、腐植の堆積様式がスギ林ではルム型、ヒノキ林ではモダー型であるので、土壌のC/N比の違いは土壌腐植の形態を反映していることが示唆される。また、無機態窒素の生成との関連では、腐植の堆積様式の違いによって差があることが示唆された。

無機化量は土壌中の全窒素量と正の関係、C/N比とは負の関係をもつことがみられた。同じ調査区での土壌呼吸では、土壌型が同一条件下にある場合、スギ若齢林で4.68～4.90t/ha, ヒノキ若齢林4.51～4.68t/ha, ヒノキ壮齢林で4.30～4.49t/haと樹種、林齢による差はみられなかった¹⁰⁾。炭素代謝と窒素代謝を比較した場合に窒素の方がより腐植を含めた土壌条件に対応した顕著な変化を示すので、林地の生産力を比較する指標としては現存量を含めた総合的な窒素動態を把握する事が重要と考えられる。

引用文献

- 1) 堤 利夫：陸上植物群落の物質生産1b ―森林の物質循環― (共立出版, 1973) p.60
- 2) Vitousek, P.M., J.R.Gosz, C.G.Grier, J.M.Mellilo, and W.A.Reiners. : A Comparative analysis of potential nitrification and nitrate mobility in forest ecosystem. *Ecol. Monog.* 52, 155-177, 1982.
- 3) Lea, R., W.C.Tierson, D.H.Bickelhaupt and A.L.Leaf. : Differential foliar responses of northern hardwoods to fertilization. *Plant Soil*, 54, 419-439, 1980.
- 4) Keeney, D.R. : Prediction of soil nitrogen ability in forest ecosystems : A literature review. *For. Sci.* 159-171, 1980.
- 5) Stanford, G. and S.J.Smith. : Nitrogen mineralization potentials of soils. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 36, 465-472, 1972.
- 6) Stanford, G., J.N.Carter, and S.J.Smith. : Estimates of potentially mineralizable soil nitrogen based on short-term incubations. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 38, 99-102, 1974.
- 7) Stanford, G. and S.J.Smith. : Estimating potentially mineralizable soil nitrogen from a chemical index of soil nitrogen availability. *Soil Sci.* 122, 71-76, 1976.
- 8) Vlassak, K. : Total soil nitrogen and nitrogen mineralization. *Plant Soil*. 32, 27-32, 1970.
- 9) Van Praag, H.J. and F.Weissen : Elements of a functional definition of oligotroph humus based on the nitrogen nutrition of forest stands. *J.Appl. Ecol.* 10, 569-583, 1973.
- 10) 農林水産技術会議事務局監修 土壌養分測定法委員会編：土壌養分分析法 (養賢堂, 1970) p440
- 11) Eno, C.F. : Nitrate production in the field by incubating the soil in polyethylene bags. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 24, 277-299, 1960.
- 12) Ellenberg, H. : Stickstoff als Standortsfaktor, insbesondere für mitteleuropäische Pflanzen.

- zengesellschaften, Oecol. Plant. 12, 1-22, 1977.
- 13) Pastor, J., D. Aber, C. A. McClaugherty, and J. M. Melillo. : Aboveground production and N and P cycling along a nitrogen mineralization gradient on blackhawk island, Wisconsin. Ecol. 65, 256-268, 1984.
- 14) 下野竜志・武田博清・岩坪五郎・堤 利夫 : スギとヒノキ人工林における土壌呼吸の季節変化, 京大演報, 61, 46-59, (1989)
- 15) 堤 利夫, 森林の物質循環, UPバイオロジ, 124pp, 東京大学出版会

Résumé

Seasonal changes in nitrogen mineralization rates were measured in ten study plots chosen in *Chamaecyparis obtusa* and *Cryptomeria japonica* plantations located on the bottom part of a forest slope in the Anshouji National forest, Kyoto Prefecture, Japan.

Nitrogen mineralization rates were estimated by the field incubation method and showed a clear seasonal change with a peak in summer period in every study plots. Nitrogen mineralization rates was highly correlated with soil temperature and rates of mineralization showed a logarithmic increase in the ten study plots with raising soil temperature. Neither of the study plots showed a close relationship between nitrogen mineralization rates and soil moisture.

Annual nitrogen mineralization rates were estimated by the exponential function model ($\log M = a + bt$, where M; nitrogen mineralization rates, a, b; constants, t; mean soil temperature during the incubation period). Annual nitrogen mineralization rates were as follows; 57.6 kg/ha/year in the 15 year *Cryptomeria japonica* plantation, 33.8 t/ha/year in the 15 year *Chamaecyparis obtusa* plantation, and 21.6 kg/ha/year in the 35 year *Chamaecyparis obtusa* plantation respectively.

Nitrogen mineralization rates were higher in the *Cryptomeria* plantation located on the mull type forest floor, than in the *Chamaecyparis* plantations located on the moder type forest floor.