

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

河原輝彦・堤利夫

A Study on the Amount of Mineral-Nitrogen in Forest Soils (I)
On the Seasonal Variations of Mineral-Nitrogen

Teruhiko KAWAHARA and Toshio TSUTSUMI

目	次
要旨	157
はじめに	158
1. 調査地および分析方法	158
1-1 調査地	
1-2 分析方法	
2. 結果と考察	159
	2-1 表層土における季節変化
	2-2 垂直分布とその季節変化
	2-3 林分による違い
	引用文献
	Résumé
	167
	168

要 旨

1966年4月から1968年2月までの約2年間、奈良県吉野のスギ林、滋賀県日野のヒノキ林および栗太のアカマツ林、京都越畑のアカマツ林、京大農学部苗畑の模型林分の5ヵ所で1ヵ月ごとに無機態チッ素 ($\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$) と全チッ素の季節変化を調べた。

1) 全チッ素は各林分とも局地的な違いで多少のバラツキがあったが、一定の季節的な変化はなくほぼ一定であったとみなし得る。平均含有率は吉野で0.91%、日野で0.50%、越畑で0.20%、苗畑で0.12%、栗太で0.08%であった。

2) $\text{NH}_4\text{-N}$ は各林分とも7、8月にもっとも大きくなり、吉野で32ppm、日野で17ppm、越畑で9.4ppm、栗太で6.7ppm、苗畑で6.8ppmであった。その後、しだいに小さくなり12~2月には、各林分とも5ppm前後の含有率を示した。

3) $\text{NO}_3\text{-N}$ は季節と関係した一定の傾向はみられず、各林分を通じて常に $\text{NH}_4\text{-N}$ より小さく、4.5ppm以下であった。

4) 無機態チッ素 ($\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ とを加えたもの) はほぼ $\text{NH}_4\text{-N}$ と同じような季節変動をし、気温が高くなるにつれて指数関数的に増加する傾向を示した。

5) 無機態チッ素の垂直分布は、各季節とも表層土がもっとも大きく、深くなるにつれて小さくなった。この傾向は夏にもっとも著しく、冬になると表層と下層との差は小さくなった。また、下層土の季節変化は表層土と同じように夏に大きく冬に小さかった。

6) 無機態チッ素量は全チッ素量の多い林分ほど多く、どの林分も全チッ素の0.1~1.0%含まれていた。

* Contribution from JIBP-PT No. 40

は じ め に

空気中のチッ素を固定し利用できる豆科植物を除けば、一般に緑色植物はチッ素源として土壌中のチッ素を利用している。しかし、植物が利用し得るチッ素は土壌中に非常に多く存在する有機態チッ素ではなく、無機態化されたチッ素 ($\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$) である。

この有機態チッ素から無機態チッ素への変化の過程はすでによく知られている。すなわち、有機態チッ素が分解し、 $\text{NH}_4\text{-N}$ に変わり、さらに $\text{NO}_2\text{-N}$ を通って $\text{NO}_3\text{-N}$ に変る。

このチッ素の無機態化はバクテリア、カビ、土壌動物などの種々の土壌中の生物の働きによって行なわれている。土壌生物の活動はいろいろな要因に影響され、中でも水分、温度などの環境条件の影響力は大きであると考えられている。一般にこの環境条件は季節的に変動しており¹⁾、この変化に応じて土壌生物の活動も季節的に変化していると考えられ、土壌中で無機態化されるチッ素量も季節変化をしているであろう。

土壌中の無機態チッ素として測定される値は生成量から消失量を差引いたものとして与えられる。消失量としては植物の吸収、微生物による吸収、ガス態として空気中への放出、および、雨水による下層への移動流失などが考えられる。これらの量も温度、雨量などの環境条件に大きく支配され、季節的に変動しているものとみられよう。

したがって、生成量から消失量を差引いた残量として土壌中に存在する無機態チッ素量も季節変動をしているものと考えられる。

森林土壌の無機態チッ素量が季節によって違えば、その土壌中に存在する無機態チッ素量を推定するためには1回だけの測定分析では不十分である。したがって、この量を知るためには、まず、その季節変化を知る必要がある。

無機態チッ素量の季節変化についての研究は古くから行なわれているが、多くは苗畑実験であり、しかも $\text{NO}_3\text{-N}$ に重点をおいたものが多かった²⁾。そして、森林土壌での実験は非常に少ない³⁾。

本報告では1966年4月から1968年2月までの約2年間5林分で $\text{NH}_4\text{-N}$ および $\text{NO}_3\text{-N}$ の季節変化を測定した結果をまとめたものである。

調査地および分析方法

1) 調 査 地

実験林として次の5林分を設定した。

測 定 場 所	測 定 期 間	摘 要
京都越畑 アカマツ林	1966. 4~1967. 11	約15年生の天然生林、土壌B _B 型
滋賀栗太 アカマツ林	1966. 4~1967. 3	約60年生の砂防造林、花崗岩の風化地
滋賀日野 ヒノキ林	1967. 4~1968. 2	約45年生の人工林、土壌B _{D-a} 型
奈良吉野 スギ林	1967. 4~1968. 2	約10年生の人工林、土壌B _D 型
京大苗畑 カンレンボク林	1966. 4~1968. 2	3年生苗木

土壌の採取は毎月1回表層土(深さ5cm)を2点とり、それらをませあわせ分析試料とした。ただし、吉野スギ林では2ヵ月に1回の採取である。

また、無機態チッ素の垂直分布をみるために、1967年の5月(または6月)、8月、10月および1968年2月に深さ30cmの断面を作り、表層から0~5cm、5~10cm、10~20cm、20~30cmの4層に分けて採取した。

2) 分析方法

採取して実験室に持帰った土壌は直ちに石礫、根を除き生土壌で $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ を分析した。 $\text{NH}_4\text{-N}$ は Mclean & Robinson 法で、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は A.O.A.C 法で抽出し、それを $\text{NH}_4\text{-N}$ はネスラー試薬法により、また、 $\text{NO}_3\text{-N}$ はフェノールジスルホン酸法により比色定量を行なった。

全チッ素については風乾土壌をキュルダール法で分析をした。

結果と考察

1) 表層土における季節変化

全チッ素含有率 (Fig. 1) は各林分とも季節的な変化はみられなかった。苗畑では耕耘などが行なわれているためほぼ均一で 0.12% であった。これに反して、森林では月ごとのバラツキが大きく局

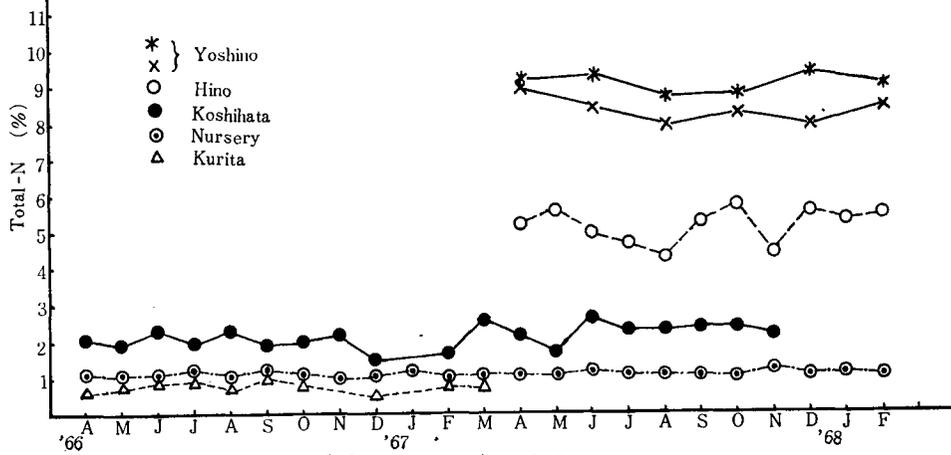


Fig. 1. Seasonal fluctuations of total-nitrogen content in soils.

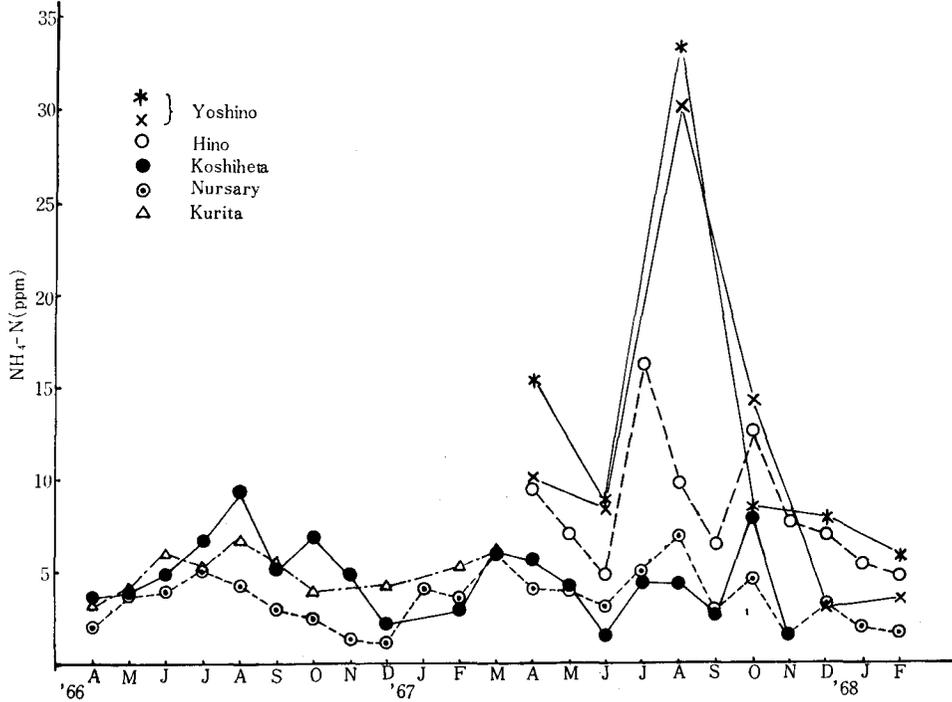


Fig. 2. Seasonal fluctuations of ammonium content in soils.

地的な違いがあった。日野で 0.43~0.58%，越畑で 0.15~0.26%，栗太で 0.05~0.10% と局地的な違いによるサンプリング誤差があった。一方、吉野の 2 プロットでは 0.79~0.94% と他の林分にくらべて局地的な違いは小さかった。

以上のように全チッ素は多少局地的な違いによるバラツキがあったが、季節的な変動はほとんどしておらずほぼ一定であるとみなし得ることができる。

$\text{NH}_4\text{-N}$ 含有率の季節変化を Fig. 2 に示した。苗畑では 1966 年 4 月から 6 月にかけて増加しているのに対して、1967 年の同期では反対に減少しており前年と異なった変化をした。しかし、両年とも夏の 7 月ないし 8 月にもっとも大きい含有率 (1966 年の 5.0ppm, 1967 年の 6.9ppm) になった。それ以後しだいに低下し冬の 12~2 月にもっとも小さくなった (1.1ppm, 1.7ppm)。しかし、2 月ないし 3 月になると含有率は大きくなりはじめ、1967 年の 3 月には前年の夏の値よりも大きい値 (5.9ppm) を示した。

1966 年の越畑と栗太はともに 4 月から漸次増加し、8 月に最大になり越畑で 9.3ppm, 栗太で 6.6ppm であった。その後、多少の変動はあるが、寒くなるにつれて減少し 12 月ごろにもっとも小さく越畑で 2.1ppm, 栗太で 4ppm であった。2 月、3 月は苗畑と同じように大きくなり越畑で 6.0ppm, 栗太で 6.1ppm に達した。

越畑はそれ以後は前年と全く違った季節的な変化をし、季節との間になんらかの関係もみられなかった。

吉野は 6 月に一度小さくなっているが、8 月には非常に大きくなり 31.6ppm に達した。しかし、秋から冬にかけて含有率は低下し 2 月にもっとも小さく 5ppm で、最大のときの約 1/6 であった。

日野でも 4 月から 6 月にかけて一度小さくなったが、7 月には最大の 15ppm になった。8 月と 9 月は小さすぎるようであるが、秋から冬にかけて減少し、2 月には最小の 4.7ppm であった。

$\text{NH}_4\text{-N}$ 含有率は 4 林分と 1 苗畑を通じて、多少の例外的なものを除けば、一般に夏の 7 月ないし 8 月にもっとも大きくなり、冬の 12 月ないし 1 月ごろにもっとも小さくなっている。これは $\text{NH}_4\text{-N}$ の生成が気温に大きく影響されていることを示すものと考えられ、気温が高くなるにつれて $\text{NH}_4\text{-N}$ 含有率は大きくなる傾向をもっているようである。しかし、多くの林分で 3 月ないし 4 月にもう一つのピークがみられるが、これは気温以外の他の要因に影響されているのであろう。

$\text{NO}_3\text{-N}$ 含有率の季節変化 (Fig. 3) をみると、栗太、越畑、苗畑では季節と関係した一定の傾向はみられなかった。含有率は常に小さく 0.5~1.0ppm の範囲にとどまった。

日野では含有率の変化は大きく最高であった 7 月の値 (4.5ppm) は最低値 (9 月の 0.4ppm) の約

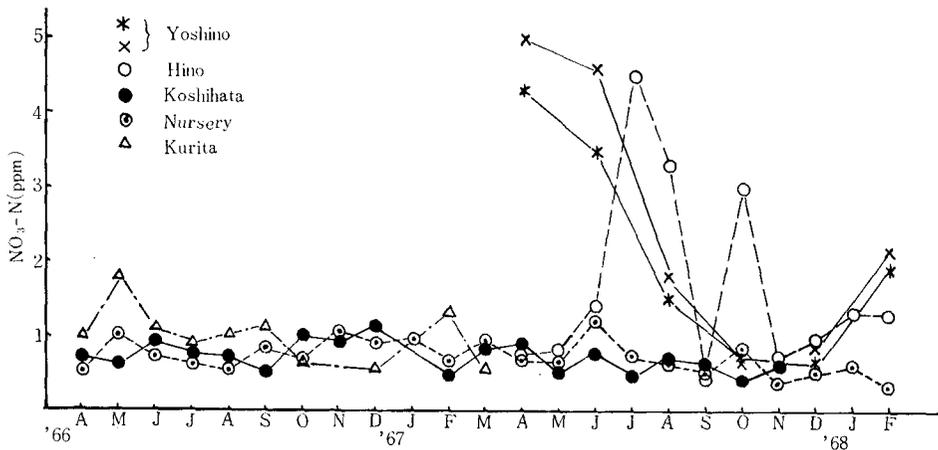


Fig. 3. Seasonal fluctuations of nitrate content in soils.

11倍に達している。一方でこの変化が季節と何らかの関係をもっているものであるかどうかは明らかでない。少なくとも気温の変化のみでは説明しきれず、土壌の水分条件の影響も大きいものとみられる。なお、この変化の過程は $\text{NH}_4\text{-N}$ のそれとかなりよく似ているといえる。

吉野の2プロットでは両者ともに4月がもっとも大きく、12月に最小の0.5~1.0ppmになり、2月には少し大きくなっている。この場合も最大は最小の約10倍に近く、含有率は大きく変動するが、日野の場合とは著しく異なる変化過程を示した。

以上のように $\text{NO}_3\text{-N}$ は苗畑、越畑、栗太では一定値のまわりで僅かに変動するのみで、ほとんど変わらないのに対して、日野や吉野では10倍のひらきをもつ変動をするが、その変化のしかたは全く異なっている。これは $\text{NH}_4\text{-N}$ がおおまかには季節と関係した変化を示したのに比べて対象的であって、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は少なくとも気温のみに支配されて決まるものではなく、かなり複雑であることを示すものと考えられる。植物はチッ素源として吸収しているものは $\text{NH}_4\text{-N}$ よりも主に $\text{NO}_3\text{-N}$ であること、また、 $\text{NO}_3\text{-N}$ が $\text{NH}_4\text{-N}$ よりも水に溶け流ししやすいことなどのため、土壌中で不安定で気温よりも短期間の変化、たとえば、降雨やそれを反映する土壌水分の変化などにより大きく支配されやすいことが考えられる。

また、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は $\text{NH}_4\text{-N}$ にくらべると濃度が低いために測定し難いことも考慮される必要がある。

$\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ とを加えたもので季節変化をみると Fig. 4 のようになった。

各林分とも $\text{NH}_4\text{-N}$ 含有率に比べて $\text{NO}_3\text{-N}$ の含有率が非常に小さいので合計量の季節変化は主に $\text{NH}_4\text{-N}$ に支配され、ほぼ $\text{NH}_4\text{-N}$ と同じような季節的な変化を示した。すなわち、全無機態チッ素は春3月ないし4月に大きく、その後一度小さくなり夏の7月または8月にもっとも大きくなり、

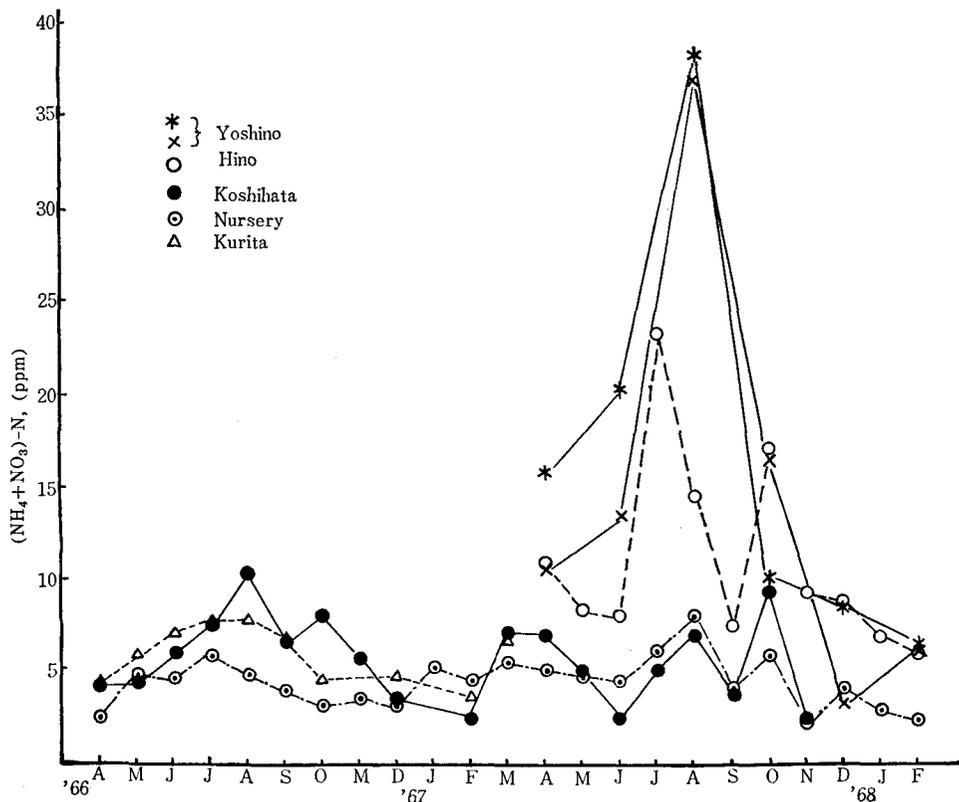


Fig. 4. Seasonal fluctuations of mineral-nitrogen ($\text{NH}_4+\text{NO}_3\text{-N}$) in soils.

以後、秋から冬にかけて小さくなった。

無機態チッ素が季節によって変化するのは、主に気温の変動によるものと考えられる。そこで、気

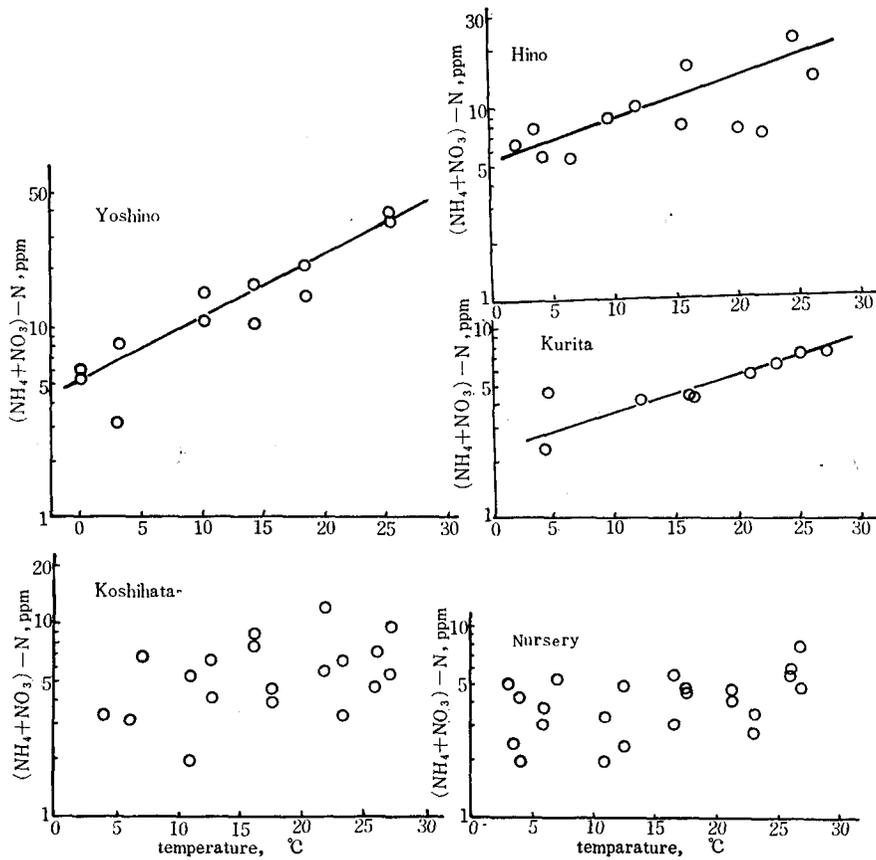


Fig. 5. Relationship between mineral-nitrogen and temperature.

温と無機態チッ素との関係を見ると、Fig. 5のごとくになった。気温は月平均気温を用いた。

吉野、日野、栗太では両者の間に多少のバラツキがあったが、片対数グラフではほぼ直線関係が得られた。すなわち、土壌中の無機態チッ素量は気温が高くなるにつれて指数関数的に増加することを示している。

他の林分についてはバラツキが大きく両者の間にはっきりした関係を求めるには十分でなかった。

これと同じような関係が気温と土壌呼吸量との間にも認められており、気温が高くなるにつれて土壌有機物の分解が大きくなることが示されている⁵⁾。チッ素の無機態化が有機物の分解にともなっておこるものとすれば、温度と無機態チッ素との間にも有機物の場合と同じ関係が成立することは十分に期待してよいことと考えられる。

吉野スギ林、日野ヒノキ林および栗太アカマツ林では気温と無機態チッ素との間にきれいな関係がみられたけれども、他の林分ではかなりバラツキがあり両者の関係をはっきり示すにはいたらなかった。

これは無機態チッ素が温度のほかに土壌水分の変化、林木による吸収、雨水による下層への移動流失など多くの他の要因に影響されているためであろう。

そこで、温度と無機態チッ素との関係をよりはっきりさせるために実験室的に土壌を恒温器内の一定条件下で培養し、無機態チッ素量の変化を調べた。

実験に使用した土壌は日野ヒノキ林、栗太アカマツ林および京大上賀茂試験地のアカマツ林の表層土である。これらの生土壌から礫、根などを取り除き、円筒に入れ、日野の土壌は 10, 20, 30, 40°C の 4 段階で、他の 2 つの土壌は 15, 20, 25, 30, 35°C の 5 段階の温度の下で培養した。分析は最初の 2 週間は 1 週間おきに、それ以後は 2 週間おきに行なった。

4 週間培養した後の無機態チッ素量と温度との関係を片対数グラフに図示した。(Fig. 6)

両者の関係はすべての土壌において 20°C 以下で少し勾配は小さくなっているが、ほぼ直線関係が得られた。すなわち、温度が高くなるにつれて無機態チッ素は指数関数的に増加している。この傾向は吉野、日野、栗太の林地でみられた無機態チッ素量と気温との関係と一致した。しかし、実験室的に得られた含有率は林地でのそれよりもかなり大きい、また、 $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ との比も林地では $\text{NH}_4\text{-N}$ のほうがかなり大きかったのに対して、実験室的に行なった結果では 40°C を除いた温度で $\text{NH}_4\text{-N}$ よりも $\text{NO}_3\text{-N}$ のほうが著しく大きかった。これを 30°C でみると、日野では $\text{NH}_4\text{-N}$ が 5ppm に対して $\text{NO}_3\text{-N}$ が 70ppm、栗太では $\text{NH}_4\text{-N}$ が 1.5ppm に対して $\text{NO}_3\text{-N}$ が 22ppm であった。

このような違いの原因として、実験室的には土壌を攪乱していること、また、林地ではかなりの $\text{NO}_3\text{-N}$ が林木に吸収されていること、雨水で流失していることなどが考えられる⁶⁾⁷⁾。

越畑のアカマツ林や苗畑では気温と無機態チッ素との関係はバラツキが大きく、両者の間にきれいな関係はみられなかった。これは気温以外の要因に影響されているためである。

ここで無機態チッ素量に影響を与える要因の 1 つである土壌水分について考えてみよう。

Fig. 5 に示したように越畑と苗畑では無機態チッ素のバラツキが大きく、すべての気温で上限と下限とでおよそ 3 倍の差があった。上限値と下限値とで採取時の土壌含水率の違いに一定の傾向があるかどうかをみたが、なんら関係は認められなかった。すなわち、無機態チッ素量と気温との間のバラツキは土壌含水率で修正することはできなかった。

無機態チッ素量と採取時の土壌含水率との間にきれいな関係はみられなかったけれども一般に土壌水分量の変化によって無機態チッ素量も変化することが知られている⁸⁾⁹⁾。

この両者の関係を日野ヒノキ林の土壌を使って実験室的に調べた。土壌を室温(約 25°C)で一度風乾にしてから、一定量の土壌に一定量の水を加えて 7 段階の含水率を作った。最大容水量を 100 として各含水率を表わすと、31, 47, 61, 73, 82, 93, 100 の 7 段階である。2 週間培養した結果を Fig. 7 に示した。

一度風乾にしたために乾土効果があらわれ $\text{NO}_3\text{-N}$ 量にくらべて $\text{NH}_4\text{-N}$ 量が非常に多かった。水

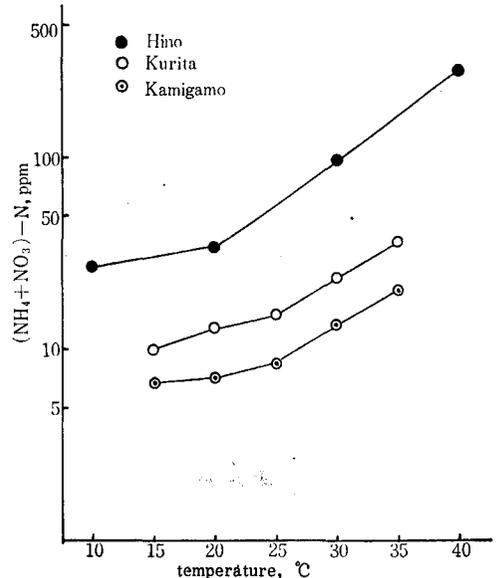


Fig. 6. Relationship between temperature and mineral-nitrogen produced during 4-week's incubation of soil samples.

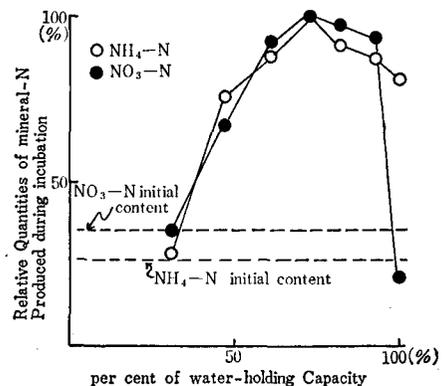


Fig. 7. Production of Ammonium and Nitrate in soils incubated at different moisture contents.

分量と無機態チッ素量との関係をよりはっきりみるために、 $\text{NH}_4\text{-N}$ および $\text{NO}_3\text{-N}$ の最大の含有率を 100 として表わした。

$\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の両者はよく似た変化をし、含水率が大きくなるにつれて無機態チッ素も大きくなり、最大容水量の 72% のところで両者とも最大になった。これ以上水分量がふえると反対に無機態チッ素は減少した。とくに $\text{NO}_3\text{-N}$ は最大容水量近くまでになると急激に減少し最初の値よりも小さくなっている。

しかし、土壤水分はこのような季節変化を示さず、無機態チッ素の季節的な変動は主に気温の変化に支配され、土壤水分の影響力は温度にくらべるとかなり小さいようである。

2. 垂直分布とその季節変化

無機態チッ素は表層土だけにあるのではない。下層土においても無機化が全く停止するわけではなく、また、表層土で生成されたものが雨水に溶けて下層へ移動し集積されているものと考えられる。一方、植物の根も表層だけに分布しているのではなく深くまで存在し養分を吸収している。したがって、林分全体の無機態チッ素量を知るためには表層土だけでは不十分であり、その垂直分布およびその季節的な変化を知らねばならない。

調査地は吉野、日野、越畑および苗畑の 4 林分である。土壤は深さ 30cm までとし、これを 0~5cm、5~10cm、10~20cm、20~30cm の 4 層に分け、春、夏、秋、冬の 4 回採取した。ここで深さを 30cm までとしたのは養分を吸収する細根のおよそ 80% がこの深さまでに分布している¹⁰⁾ ことを一つの目安としたにすぎない。

まず各林分の全チッ素含有率の垂直分布は Fig. 8 のごとくになった。この垂直分布は各林分とも夏のもので示した。

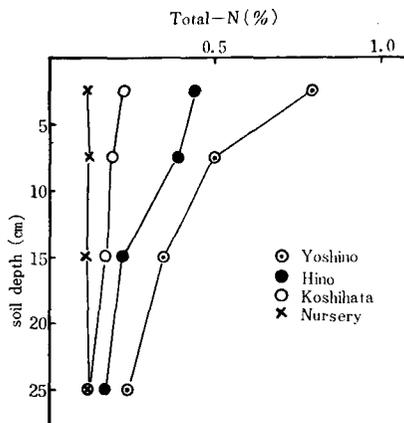


Fig. 8. The vertical distribution of total-N in soil profiles.

苗畑は耕耘などで深くまで土壤を攪乱しているため表層土と下層土との違いはほとんどみられなかつた。一方、他の 3 林分は表層土の含有率ももっとも大きく深くなるにつれて減少している。この傾向は吉野でもっとも著しく 0~5cm の 0.78% から 20~30cm の 0.24% になっている。日野では 0.43% から 0.17% に、越畑では 0.23% から 0.12% に減少している。

無機態チッ素の垂直分布は $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ とを加えたもので示した。(Fig. 9)

越畑と苗畑とで上層から下層まで変化の小さいものもあったが、全体的には、各季節とも表層土の含有率ももっとも大きく、深くなるにつれて小さくなっている。この傾向は多くの林分で夏に著しく現われている。特に 8 月の吉野では 0~5cm で 35ppm であったのが、5~10cm になると 12ppm と急激に減少している。他の林分でも 5~10cm のところでは表層

土のおよそ半分の含有率になっている。しかし、冬になると各林分とも表層土と下層土との含有率の差は小さくなっている。このように各季節とも表層土の含有率が大きいことは無機態チッ素が量的にみれば主に表層土で作られていることを表わしている。

表層土での無機態チッ素はすべて述べてきたように夏にもっとも大きくなり冬に小さくなる傾向がみられた。一方、下層土においても表層土と同じような傾向がみられ、20~30cm のところでも冬よりも夏の方が無機態チッ素を多く含んでいた。

表層土で気温と無機態チッ素との間に密接な関係がみられたのでここで地温と無機態チッ素の垂直分布との関係をみよう。

地温の垂直分布とその季節的な変化を图示した。(Fig. 10)この値は京大農学部本部苗畑で測定された1965年の月平均地温である。他の林分では測定していないが、ほぼ苗畑と同じような傾向があるものと考えられる。

地温の季節的な変化は深さ10cmのところでも30cmのところでも気温に大きく影響され、気温が高くなると地温も上昇していく。4月から10月までは深さ10cmの地温よりも気温の方が高いが、その他の月では地温のほうが気温よりも高い。また、深さ30cmのところの地温は各月とも10cmのところよりも高く、1~3月と9~12月では気温よりも高い。

同じ温度でも表層土と下層土では無機化の大きさに違いがあろうが、地温の垂直分布やその季節変化が無機態チッ素の垂直分布の季節変化を生じる原因の1つと考えられる。すなわち、夏では表層土の温度がもっとも高いために表層土の無機態チッ素が大きくなる。一方、冬になると気温よりも下層土の地温のほうが高くなるため、表層土と下層土との無機態チッ素含有率の差が夏よりも小さくなるものと考えられる。

次に深さ30cmまでの全チッ素量および無機態チッ素量を各層の含有率に容積重を乗じて求めFig. 11に示した。

全チッ素は吉野がもっとも多く 6.0g/m^2 、越畑がもっとも少なく 3.3g/m^2 であった。

無機態チッ素量は各林分とも夏にもっとも多くなり、特に吉野では夏と冬との差が大きく、その差はおおよそ4倍ぐらであった。他の林分では夏と冬との差は吉野ほど小さく約2倍であった。また、全体的には $\text{NO}_3\text{-N}$ 量は $\text{NH}_4\text{-N}$ 量に比べて少なく $\text{NH}_4\text{-N}$ 量の $\frac{1}{6}\sim\frac{1}{5}$ であった。しかし、日野の2月のように $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ と同じくらい含まれているものもあった。

各層の絶対量の垂直分布は深さによって容積重が変わるため、含有率の垂直分布とは異なる。一般に容積重は下層にいくほど大きくなる傾向がある。したがって、含有率の垂直分布よりも上層と下層と

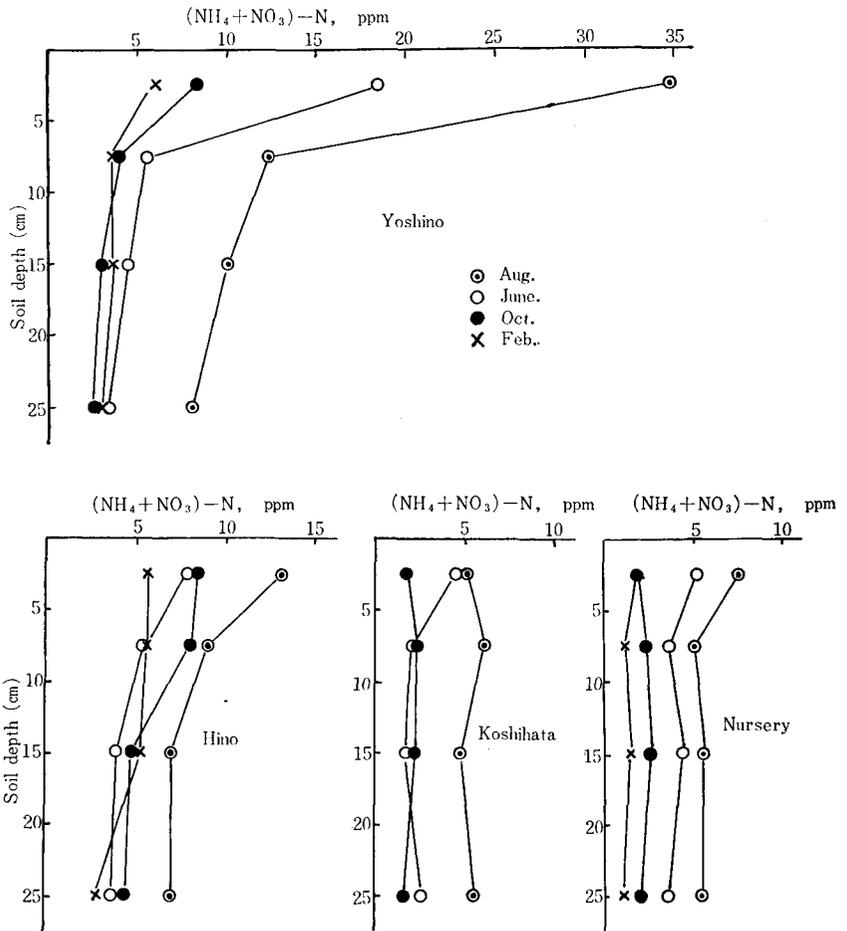


Fig. 9. The vertical distribution of mineral-nitrogen in soil profiles.

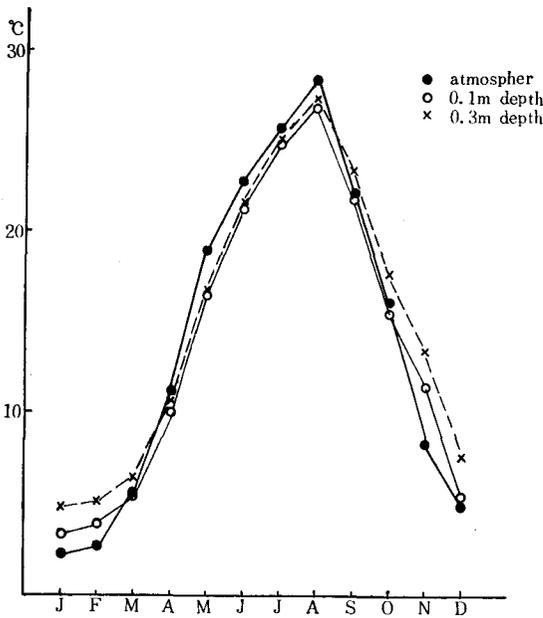


Fig. 10. Seasonal fluctuations of underground temperature at 0.1m and 0.3m depth.

の差は小さくなっている。

垂直分布は季節によって、また、林分によって変っている。しかし、表層に含まれる量は30~50%を示すものが多かった。

各林分の深さ30cmまでに含まれる無機態チッ素量を8月の値と比較してみると、吉野がもっとも多く19.2mg/m²、次いで含有率では最小であった苗畑土壌で18.0mg/m²、日野が17.1mg/m²、越畑がもっとも少なく11.9mg/m²であった。冬の値は日野、苗畑、吉野、越畑の順に少なくなっている。

以上の結果、各季節とも無機態チッ素量の林分による違いは含有率の違いほどには大きくなかった。吉野と越畑とを比較すると、8月の含有率では7倍ほどの差があったが、量にすると2倍ぐらいになってしまう。すなわち、含有率の小さい林分では容積重が大きく、したがって単位容積重あたりの細土量が多いということによってある程度補償されているようである。

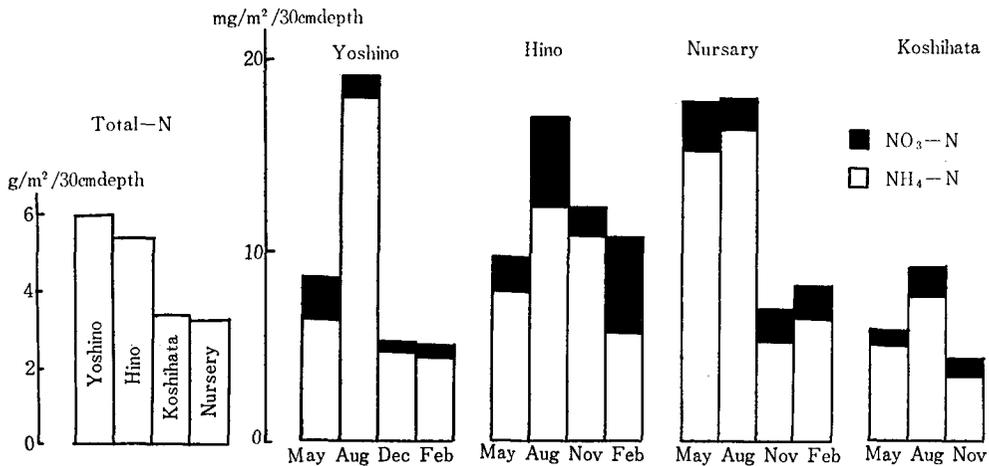


Fig. 11. Amounts of total-nitrogen and mineral-nitrogen in soils per m² per 30 cm depth.

3. 林分による違い

無機態チッ素量は同一林分においても採取する時期によってかなりの違いがあるが、Fig. 4やFig. 11にみられるように、その含有率においても量においても林分間にはかなりはっきりと違う。特に夏に著しくあらわれている。

もっとも大きい含有率を示した夏の値でくらべてみると、吉野がもっとも大きく、次いで日野、栗太、越畑、苗畑の順に小さくなっていた。このように林分によって無機態チッ素が違うことについてはいろいろの要因が関係しているであろうが、このうちで無機態チッ素の供給源である全チッ素量の多少との関係をとらべてみよう。

全チッ素と無機態チッ素との関係についての研究は古く、Fraps (1932)¹¹⁾、Allison ら (1949)¹²⁾、

らによって行なわれており、両者の間にはかなり密接な関係があることが認められている。

本調査林分でこの両者の関係をみると (Fig. 12), 全チッ素は同一林分においてもかなりのバラツキがある。また, 無機態チッ素も上限と下限とではかなりの幅がある。これはすでにみってきたように季節的な変化によるものである。

各林分の上限, 下限に注目してみると, 全チッ素の含有率の大きい林分では無機態チッ素の含有率も大きい。栗太を除いた他の林分の上限, 下限はそれぞれほぼ同一直線で近似することができる。これは全チッ素に対する無機態チッ素の比率が林分によってあまり大きな違いがなくほぼ同じくらいであることを示している。栗太を除いた4林分の土壤中に存在する無機態チッ素は全チッ素の0.1~0.45%あることになる。

このような無機態チッ素の全チッ素に対する割合の違いは主に無機態チッ素の季節的な変化に基因しているものとみられる。

森林土壤中の無機態チッ素量は多くの要因に支配されていることは明らかであるが, おおよそ全チッ素量の多少と主に気温で代表される環境要因とによって強く支配されていることがわかる。

一方, 全チッ素において少なかった栗太で他の林分よりも無機態チッ素の比率が大きく0.45~1.0%であったということが暗示しているように, この問題については調査数を増し, なおくわしく検討する必要がある。

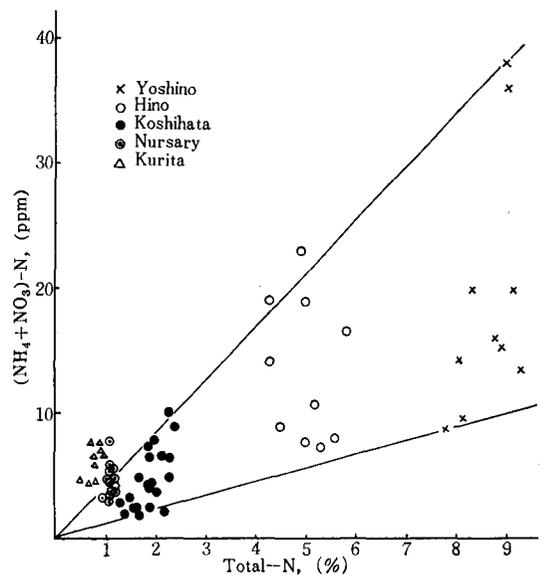


Fig. 12. Relationship between total-nitrogen and mineral-nitrogen in soils.

引用文献

- 1) 坂井弘: 土壤硝化作用に関する研究 (第8報) 硝化菌の季節変化とその要因, 日本土壤肥料雑誌, 31, 331~334, (1960)
- 2) Bantam, H. N. and Nigam, L. S.: Periodicity of the nitrate content of soil, Soil Sci., 29, 181~190, (1930)
- 3) Russel, E. J.: Soil condition and plants growth, p.227~279, London, (1921)
- 4) 佐藤敬二: 林地処理による造林木の成長促進に関する研究 (II), 昭和36年度科学試験研究経過報告, 85~106, (1963)
- 5) 千葉喬三, 堤利夫: 森林の土壤呼吸に関する研究 (I), 土壤呼吸と気温との関係について, 京大演報, 39, 91~99, (1967)
- 6) 河原輝彦, 岩坪五郎, 西村武二, 堤利夫: カンレンボク模型林分における物質の動き, 日林誌, 50, 125~134, (1968)
- 7) Wetselaar, R.: Nitrate distribution in tropical Soils, (I) Possible causes of nitrate accumulation near the surface after along dry period, Plant and Soil, 15, 110~120, (1961)
- 8) Russel, J. C., E. G. Jones and G. M. Bahrt: The temperature and moisture factors in nitrate production, Soil Sci., 19, 381~398, (1925)
- 9) Black, C. A.: Soil-plant Relationship, 179~247, London, (1957)
- 10) Nye, P. H.: Organic matter and nutrient cycle under moist tropical forest, Plant and Soil, 13, 333~346, (1961)
- 11) Fraps, G. S. and Sterges, A. J.: Causes of low nitrification capacity of certain soils, Soil Sci., 34, 353~363, (1932)
- 12) Allison, F. E. and Luan D. Sterling: Nitrate formation from soil organic matter in relation to total nitrogen and cropping practices, Soil Sci., 67, 239~252, (1949)

Résumé

The seasonal fluctuations of total-nitrogen and mineral-nitrogen in soils were investigated in 5 forest stands ; *Cryptomeria japonica* at Yoshino in Nara, *Chamaecyparis obtusa* at Hino in Shiga, *Pinus densiflora*, respectively at Kurita in Shiga and at Koshihata in Kyoto, and *Camptotheca acuminata* at the nursery of Kyoto University in Kyoto, monthly from April 1966 to February 1968.

1) Taking some experimental errors into consideration, it may be said that total-nitrogen contents remained approximately constant throughout the year. The mean content for each stand was 0.91% at Yoshino, 0.50% at Hino, 0.20% at Koshihata, 0.12% at the nursery and 0.08% at Kurita.

2) Ammonia-nitrogen contents in soils were higher in summer than in winter. Maximum contents of each stand were 32 ppm at Yoshino, 17 ppm at Hino, 9.4 ppm at Koshihata, 6.7 ppm at Kurita and 6.8 ppm at the nursery.

3) Nitrate-nitrogen contents in soils did not show pronounced seasonal fluctuations, and were very low every month throughout the whole year, being below 4.5 ppm.

4) From the results mentioned above, it might be assumed that the greatest accumulation of total mineral-nitrogen occurred during summer and that the least did during winter, that is to say the total mineral-nitrogen content increased exponentially with increases of temperature. This shows the distinctive effects of temperature upon the mineral-nitrogen contents.

5) In the vertical distributions the mineral-nitrogen content in soil profiles was found to its maximum in the surface layer every month throughout the year. The maximum content was found during the summer.

6) The amount of mineral nitrogen in soils was approximately proportional to the amount of total nitrogen.