

ヒノキ人工林の堆積腐植の分解と微生物相

山家 義人⁽¹⁾・小 川 眞⁽²⁾・石塚和裕⁽³⁾Yoshito YAMBE, Makoto OGAWA and Kazuhiro ISHIZUKA : Microbial Flora
and Litter Decomposition Process in *Chamaecyparis obtusa* Forest

要 旨：栃木県矢板市高原山県有林内の45年生ヒノキ人工林において堆積腐植の分解と土壤微生物相を調査した。この林分の土壤は適潤性褐色森林土 Bd 型であった。斜面では落葉の流亡と表土の攪拌によって見かけ上 A₀ 層の形成がなかったが、平坦面では厚さの一律な A₀ 層が分布していた。林内植生は単純で A₀ 層はヒノキの落葉のみからなり、分解葉や粗腐植の蓄積が多く、落葉の分解は不良であった。落葉分解力の強い担子菌類がほとんどないため、他の樹種の林に一般的に見られる落葉の白色腐朽は少なく、褐色腐朽による分解が主であった。

ヒノキの細根は A₀ 層に上昇して生長し大部分が VA 菌根を形成した。A₁ 層では細根量が少なかった。

土壤微生物の水平分布については地点による微生物数の差が小さく、A₁ 層土壤についてはほぼ一様な分布状態が認められた。微生物群の中では細菌がもっとも多く、放線菌がこれにつき、糸状菌はコロニー数にしてそれより2桁少なかった。垂直分布については細菌と放線菌が A₀ 層から鉍質土層にかけてほぼ連続的に変化するのに対して、糸状菌は A₀ 層と鉍質土層との間で不連続な分布を示した。炭素源または窒素源を変換した培地で HA 層と A₁ 層の土壤微生物を分離した結果、リグニン分解力を示したのは *Penicillium* sp. のみで、他のリグニン分解微生物は出現しなかった。キチン分解力をもつ放線菌は HA 層に多かったが、細菌と糸状菌は少なかった。有機態窒素を利用する細菌と放線菌は HA 層に多く、硝酸態や亜硝酸態窒素を利用する細菌と放線菌は A₁ 層で増加するなどの特徴が認められた。根圏の微生物相は季節変動が大きく、根の生長につれて変化するものと思われる。表層土壤の硝化菌数は少なかったが、季節や場所による変動が見られ、秋には斜面で増加した。

ヒノキ人工林の土壤生態系は他の森林にくらべて、林内植生、土壤動物相、土壤微生物相、菌類相などが単純化する傾向を示し、表層土壤の酸性化や落葉分解の異常など土壤生態系としても特殊なものとなっている。

近年、スギ、ヒノキの造林面積が拡大しており、今後も増加する傾向にある。ヒノキ人工林は西南日本から東北地方までさまざまな立地条件下につくられており、将来、保育管理技術の上で問題が起こらないとはいえない状態にある。ここに報告する微生物相と堆積腐植の分解に関する調査は、ヒノキ林の土壤生態系を解析してその特徴をとらえ、土壤管理技術上の問題点を摘出しようと試みたものである。

ヒノキ林やヒバ林の土壤微生物相に関する研究例は少なく、過去にヒバ林の微生物相について沖永⁷⁾が、ヒノキ林の細菌相と硝化菌について仁王³⁾が報告しているにすぎない。ここに報告する調査例も関東地域の火山灰を母材とする褐色森林土におけるものであって、西南日本の褐色森林土や赤黄色系の未熟土のヒノキ林の場合と同じであるとはいえない。ヒノキ林全般の土壤微生物相や堆積腐植の分解についてはさらに広範な調査を必要としている。

この調査地域におけるブナ林とヒノキ林の物質生産と循環については河原ら²⁾によってすでに報告されており、林況の詳細についてはその報告を参照されたい。

なお、この調査研究は1973年4月から1978年3月まで実施された「農林漁業における環境保全的技術に関する総合研究」の一部として行われた。この研究の実施にあたり、プロジェクトリーダーとしてご指

導いただいた林業試験場長松井光瑤博士、この調査にご協力いただいた栃木県県有林事務所の各位、および林業試験場松本久二氏、堀田 庸氏をはじめ土壤生態調査に参加された各位に感謝する。また、この報告をまとめるにあたり校閲をいただいた土じょう部長河田 弘博士、ならびに土じょう肥料科長原田 洸博士に感謝する。

調査林分の概況

調査対象としたヒノキ人工林は 栃木県矢板市高原山県有林内にあり、標高約 730 m に位置し、近くには湧水や溪流があって比較的湿潤な環境下にある。調査用のコードラートをこの林分内の斜面と平坦面に設定して調査を行った。土壤型はいずれも B_b 型土壤（適潤性褐色森林土）であった。なお、斜面では A₀ 層がなく落葉のまじった HA 層が厚く、匍行土であった。平坦面では A₀ 層が見られ、一様に分布し、斜面に比してやや乾燥していた。

調査林分は広葉樹の伐採跡に植林されたもので、1973 年当時 45 年生で、生育は良好、病虫害は見られなかった。斜面ではヒノキの立木密度 1,200 本/ha、樹高 16 m、平均胸高直径 21 cm であった。土壤微生物相の調査を主に行った平坦面では立木密度 2,000 本/ha、樹高 15~16 m、平均胸高直径 19.4 cm で、斜面に比べると立木密度が高く、生長はいく分劣っていた。

斜面ではモミジガサ、チゴユリ、チデミザサなどの小群落が点在するだけで林縁以外は裸地状態に近かった。

平坦面では下層植生としてコアジサイやコゴメウツギが点在するだけで裸地状態に近かった。

調査方法

ヒノキ人工林平坦面に 160 m² (20×8 m) のコードラートを設定し、以下の調査を行った。斜面ではコードラートをおかずに任意の点で試料採取を行った。

1) 堆積腐植と細根量およびその分布

コードラート内の 1 m ごとの交点で A₀ 層の厚さを測定し、4 cm 以上、4~1 cm、1 cm 以下の 3 段階に区分し、分布状態を等高線状に描いて図示した。この調査は 1976 年 6 月に行った。

一方、コードラート近くの A₀ 層の厚さが平均的と思われる地点で、50×50 cm の方形枠を用いて堆積腐植を採取し、同時にその中に含まれる細根を採取した。採取した堆積腐植は LF 層にある新鮮落葉と腐朽葉および HA 層にあって鉍質土壤と混合している粗腐植とにわけて測定した。各層に含まれるヒノキの細根も流水で洗い出して測定した。試料は 7~10 日間風乾した後、60°C で 1 週間以上乾燥して重量測定を行った。

2) 堆積腐植の分解型

A₀ 層の厚さが 1~2 cm および 3~4 cm の 2 地点で 50×50 cm 方形枠で採取した堆積腐植から、水洗によって鉍質土壤を除いて 3~4 日間風乾した後、5, 10, 20, 32 メッシュのフルイでふるいにかけて 60°C で乾燥し、各画分の重量をもとめた。各画分の全堆積腐植量に対する パーセンテージをもとめて図化し、分解型として示した⁴⁾。

3) 高等菌類相

1973 年 6 月から 11 月までの間、ほぼ各月 1 回きのこ類の採集を行った。また、コードラート周辺の任

意の点で LF 層を取り除いて、ヒノキ落葉のきのこ類による白色腐朽の有無を調査した。

4) 土壤微生物相

表層土壤における土壤微生物の水平分布を調査するための試料は、鉍質土層の最表層の粗腐植を含まない A₁ 層から採取した。採取地点は樹幹から 1 m 以上離れた地点とし、2 m 間隔で 10 点とした。LF および HA 層を除いた後、土壤採取用コテを A₁ 層土壤に数回つきさし、HA 層土壤の混入をさけるようにして試料を採取した。

土壤微生物相の垂直分布については、平坦面の代表的な地点に土壤断面を設定し、各層位から試料を採取した。A₀ 層については落葉の分解段階に応じて試料をえらび異なる層位からの混入をさけるためにピンセットで採取した。これらの試料は小型のポリエチレン袋に入れ、10°C 前後のクーラーに入れて実験室に持ち帰って供試した。以下、試料の採取と取り扱い方法は同様に行った。

A₀ 層の微生物は、落葉の分解段階ごとに採取した試料の一定量をホモジナイザーで無菌的に粉碎した後、無菌水で希釈し、希釈平板法によって分離した。鉍質土壤はその一定量を常法通り希釈平板法によって分離した。希釈倍率は各層位および対象微生物ごとに 10³~10⁶ を用いた。

一般的な土壤微生物の分離に使用した培地は次の通りである。A₀ 層の微生物については、ローズベンガルを含まないグルコース・ペプトン培地 (GPA)¹⁾ を、鉍質土層についてはローズベンガルを含むグルコース・ペプトン培地と土壤煎汁培地¹⁾を用いた。培養温度は 25°C、培養期間は 1~2 週間とした。

HA 層と A₁ 層の土壤については、土壤微生物相をさらに詳細に検討するために、下記の各種の培地を用いて分離培養を行って計測した。炭素源をかえる場合には基礎培地 (2.0 g NH₄NO₃, 1.0 g K₂HPO₄, 0.5 g MgSO₄·7H₂O, 0.5 g ペプトン, 0.5 g イーストエキストラクト, 20 g 寒天, 1 l 蒸溜水とし、N HCl または N NaOH 溶液を用いて pH 5.2~5.5 に調整) に、10 g グルコース, 10 g デンプン, 5 g セルロース, 5 g リグニン, 1 g タンニン酸, 5 g キチンのいずれかを加えた。窒素源をかえる場合には基礎培地の炭素源をグルコースとし、2.0 g (NH₄)₂SO₄, 2.0 g カゼイン加水分解物, 2.0 g NaNO₃, 2.0 g NaNO₂ のいずれかを加え、0.5 g ペプトンを除いた。

5) 硝化菌数の変動

1976 年 7 月 29 日にヒノキ林の斜面と、高原山県有林に隣接するブナ-イヌブナ林 (Bb 型土壤) の斜面から A₁ 層の土壤をランダムに 10 点採取し、それぞれの試料を混合して硝化菌数測定用の試料とした。10 月 20 日に上述のブナ林とヒノキの平坦面と斜面から A₁ 層の土壤を採取し、硝化菌数の測定を行った。

硝化菌数の測定は常法⁹⁾にしたがい、ミネラルを含む A 液と (NH₄)₂SO₄ を含む B 液をつくり、使用前に混合して試験管に分注した。これに希釈平板法の場合と同様に希釈した土壤懸濁液を一定量加え、培養した。希釈は 10~10⁵ 倍とし、各希釈段階ごとに 5 本の試験管で培養した。25°C で 1 か月間培養後、培養液 1 滴に硫酸ジフェニールアミン 1 滴と濃硫酸 2 滴を加えて硝酸態窒素の有無をしらべ、生細胞最確数を数表⁹⁾によって算出し、求めた。

6) 根圏微生物相

7 月と 10 月に HA 層からヒノキの細根をとり出し、根から土をふるいおとした後、土壤がついたままの細根を一定量秤量して、超音波洗浄器で 2 分間洗い、その液を無菌水で希釈し、希釈平板法で微生物を分離した。また、比較のために根からおとした土壤についても、希釈平板法によって根圏土壤と同じ培地で分離培養した。使用した培地は 4) の場合と同じである。

調 査 結 果

1) 堆積腐植と細根量およびその分布

1976 年 6 月に測定した平坦面における A_0 層の分布は Fig. 1 に示す通りである。層の厚さは 1 cm から

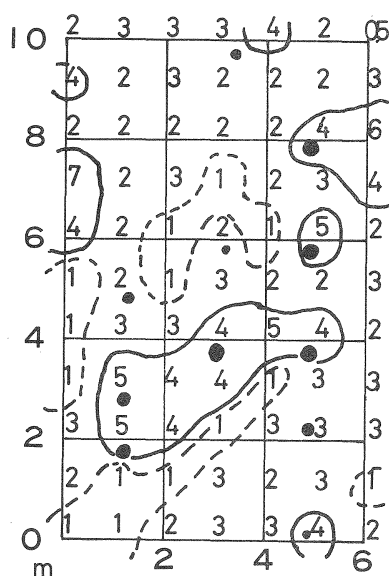


Fig. 1 Distribution of organic matters in *Chamaecyparis obtusa* forest. June, 1976. The thickness of A_0 layer was measured every 1 m point. Numbers in the figure indicate the thickness of A_0 layer, cm.

- : more than 4 cm in thickness
- ⊖ : less than 1 cm in thickness
- : standing tree of *Chamaecyparis obtusa*

6 cm であったが、全体としては比較的一様に分布していた。ヒノキ樹幹の近くでは剥落した樹皮がたまることもあり、また、場所によっては小枝が高密度に落ちている場合もあった。

Table 1 には 2,500 cm^2 内の堆積腐植量と細根量とを示す。LF 層の新鮮落葉と分解葉は A_0 層の厚さが厚いほど多く、HA 層の粗腐植にも同様の傾向が見られた。平均値でみると新鮮落葉と分解葉に対する粗腐植の比はほぼ 1 : 1 となり、堆積腐植の総量は 646.9 g/2,500 cm^2 となった。

LF 層に含まれる細根量は、層の薄いところで 17.9 g、層の厚いところで 10.5 g、平均で 14.2 g となった。HA 層の細根量は層の薄いところで 34.2 g と少なく、層の厚いところで 58.0 g となり、平均は 46.1 g であった。ヒノキ細根の分布は A_0 層が薄いと LF 層に多くなり、 A_0 層が厚いと LF 層で減る傾向がみられた。 A_1 層における細根量は測定しなかったが、 A_0 層に比べると少なく、内生菌根をつくる細根の大部分が LF と HA 層に上昇している傾向が認められた。

Table 1. The amounts of organic matters and roots in the *Chamaecyparis obtusa* forest.

Organic matters were collected from every layer by 50 $\times$ 50 cm square frame in October, 1973. The amounts of organic matters and roots, dry weight, g/2,500 cm^2

Organic matters and roots	Thickness of A_0 layer		
	2~3cm	3~5cm	Average
Decomposing needles, LF layer	317.8 g	365.5 g	341.6 g
Raw humus, HA horizon	289.9	320.8	305.3
Total amount of organic matter	607.7	686.3	646.9
Fine root in LF layer	17.9	10.5	14.2
Root in HA horizon	34.2	58.0	46.1
Total amount of roots	52.1	68.5	60.3

2) 堆積腐植の分解型

図版の A から F にヒノキ落葉の分解段階を示す。ヒノキは小枝のまま落葉するので、落葉直後の葉は A のように小枝についたままか、小枝の軸だけであった。落葉から数か月たつと B のように鱗片葉がばらばらに外れて褐変していた。LF 層の下部では C のように鱗片葉の角がとれて、小枝もこまかく折れていた。細根の枯死したものが混ざりはじめ、しだいに根の量が多くなった。HA 層の上部では更に鱗片葉は小さくまわくなって D のようになっていた。LF 層から HA 層の上部までは鉾質土壌の混入も少なく、落葉がマット状に堆積していた。

HA 層の下部になると、E のように分解が進み、葉は細片化していたが、鱗片葉の断片と認められる程度に原形が残っていた。HA 層の下部では F のような褐色の断片も多かったが、これらの断片は水洗すると水に浮き、鉾質土壌とは容易に分離した。また、HA 層には細根の断片や樹皮の破片、枯死根なども大量に認められた。

以上のような落葉をフルイによって分けると、Fig. 2 のような分解型が描けた。I とした画分には新鮮落葉、球果、小枝などが含まれ、 f_1 には図版 B と C に示した鱗片葉と小枝などの分解したもの、 f_2 には C の一部と D に示したもの、 f_3 には E と F に示した細片とが含まれていた。 f_4 は F に示したものよりさらに細かい粉体状の植物遺体であった。

分解型をみると、I がやや多いだけで、 f_1 から f_4 までほとんど変化がなく、直線に近い線を描いた。この分解型は落葉分解の進行が緩慢で、有機物がたまりやすいことを示している。斜面では落葉が雨水などによって鉾質土壌に混入したり、流れ去ったりして見かけ上 A_0 層がなくなるので分解型は求められなかった。

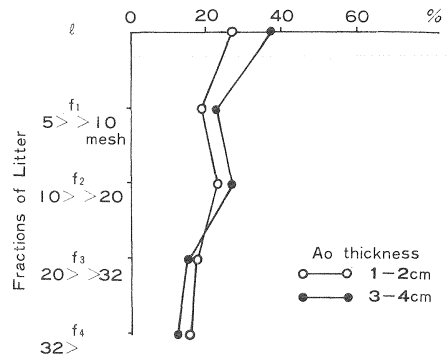


Fig. 2 Decomposition of litter in *Chamaecyparis obtusa* forest. Sampling. October, 1973.

Organic matters on the forest floor were collected by 50×50 cm square frame. Raw humus was divided into four fractions f_1 , f_2 , f_3 and f_4 , by sieving. The litter decomposition patterns were shown by each fraction as the percentages of total weight.

Table 2. The higher fungi occurring in *Chamaecyparis obtusa* forest and their amount in 1973. The fruit bodies of higher fungi were collected through 1973, mainly in autumn. Sampling area : 160 m²

Fungal species	Function	Substrate	Number of fruit body	Dry weight
<i>Lycoperdon gemmatum</i>	Saprophyte	Wood	4	0.80 g
<i>Coriolus versicolor</i>	Saprophyte	Wood	7	1.80
<i>Collybia</i> sp.	Saprophyte	Twig	22	1.80
<i>Mycena</i> sp.	Saprophyte	Branch	5	0.05
Discomycetes	Saprophyte	Branch	—	—
Total 5 species	Saprophyte 5 species		38	4.45

3) 高等菌類相

160 m² のコードラート内で採集された高等菌類は Table 2 の通りであった。種類数は5種類、いずれも腐生菌で、材や枝、小枝を分解する菌であった。子実体本数は38、乾燥重量は4.45 gであった。

これらの菌のうち、*Coriolus versicolor*、カワラタケはヒノキの伐株に発生し、*Lycoperdon gemmatum*、キツネノチャブクロは土壤に埋れた枝や材を分解して発生した。*Collybia* sp. は小枝から、*Mycena* sp. と *Discomycetes* は枝から発生した。これらの子実体は主として10月に採集された。コードラート以外の場所ではヒノキの落葉を白色腐朽する *Spathularia clavata*、ヘラタケのシロがあり、球果や枝には *Marasmius chamaecyparidis*、ヒノキオチバタケと *Marasmius* sp. の根状菌糸束が認められた。全体に菌類の発生は少なく、土壤中にシロを作る種類は認められなかった。

4) 土壤微生物相

a. 土壤微生物の水平分布

1973年10月1日に調査した結果を Fig. 3 に示す。糸状菌数は10点中1点のみで多かったが、他の9点ではほぼ同じであった。細菌数と放線菌数は各点間にほとんど差がなく、均一な分布状態が見られた。糸状菌、細菌、放線菌の比をみると、細菌がもっとも多く、平均すると放線菌の約5倍となった。どの点でも細菌がもっとも多く、ついで放線菌、糸状菌の順となり、この順位が逆転する点はなかった。糸状菌数は乾物1gあたり $10^3 \sim 10^4$ 個と細菌や放線菌に比べると2桁少なく、種類組成も単純のように思われた。

b. 土壤微生物の垂直分布

垂直分布の状態を Fig. 4 に示す。土壤断面の A₀ 層から新鮮落葉 (LF₁)、分解葉 (LF₂) および細粒化した粗腐植 (LF₃) をとり、微生物の分離培養を行った。粗腐植の pH は3.5~4.0であった。

細菌と放線菌数は 10^6 個、糸状菌数は 10^5 個と多く、以下に述べる HA 層以下の鉾質土層のそれぞれの菌数に比べて1~2桁多かった。細菌は分解葉で増えたが、糸状菌と放線菌は新鮮落葉、分解葉、細粒化した粗腐植のいずれでもほとんど変化が見られなかった。

鉾質土層についてみると細菌は HA 層から A₁ 層に多く、A₂ 層から B 層にかけて漸減した。その減

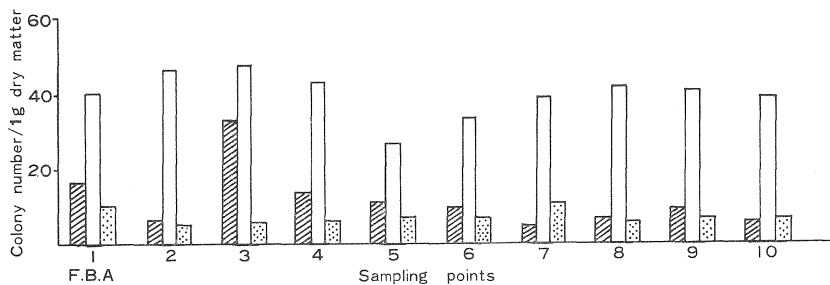


Fig. 3 Horizontal distribution of soil microorganisms in A₁ horizon of *Chamaecyparis obtusa* forest. Oct. 1, 1973.

Soil samples were collected from 10 points with 2 m interval. Soil microorganisms were isolated by dilution plate method on the media; WAKSMAN'S modified medium with rose bengal and soil extract media.

F : Fungi, $\times 10^3$. B : Bacteria, $\times 10^5$. A : Actinomycetes, $\times 10^5$.

少の程度は腐植の混入と根の量とにほぼ比例していた。放線菌数は細菌数に比べるとかなり少なく、 A_2 層とB層では 10^8 個以下に減少した。糸状菌も少なく、 A_2 層以下では菌数が 10^8 個以下に減少した。

A_0 層から鉈質土層への微生物数の移り変りをみると、細菌は A_0 層から、HA、 A_1 、 A_2 層およびB層へと連続的に変化しており、 A_0 層とHA層の間の菌数のずれはほぼ1桁であった。放線菌数は A_0 層とHA層との間で1桁近いずれを示した。糸状菌数は A_0 層とHA層とで2桁のずれがあり、細菌や放線菌に比べて不連続な分布を示した。

c. 鉈質土層の表層における微生物群

1974年6月2日に採取したヒノキ林の表層土壌、HA層と A_1 層について、培地を変えて土壌微生物を分離培養した結果をFig. 5に示す。標準とした土壌煎汁培地 (Soil extract) およびローズベンガル加用グルコース・ペプトン培地 (GPA) で出現した微生物数は、HA層と A_1 層とでほとんど変わらず、HA層でわずかに糸状菌と放線菌が多く、 A_1 層で細菌が多い傾向が認められたにすぎなかった。

① 炭素源を変えた場合

リグニン分解微生物の検出に用いられるタンニン酸を含む培地では、わずかに *Penicillium* sp. が分離され、HA、 A_1 層ともに細菌や放線菌は出現しなかった。

セルロース分解細菌はHA層で少なく、 A_1 層で多かった。セルロースを分解する糸状菌と放線菌は少なく、HA層と A_1 層とで大差がなかった。

デンプンを利用する糸状菌はHA層に多く、 A_1 層では少なかったが、細菌や放線菌は逆に A_1 層で多かった。

キチンを分解する放線菌がHA層にとくに多く、 A_1 層では少なかった。キチンを分解する糸状菌や細菌は、HA層と A_1 層とでさほど変らなかった。

② 窒素源を変えた場合

有機態窒素のカゼイン加水分解物を利用する放線菌はとくにHA層で多く、 A_1 層では少なかった。細菌数、糸状菌数はともにHA層で多く、 A_1 層でやや減少する傾向がみられた。

アンモニア態窒素を利用する細菌と放線菌は、有機態窒素を利用するものに比べてHA層でも A_1 層でも極度に少なかったが、糸状菌は有機態窒素を利用するものより双方でやよくなった。

硝酸態窒素を利用する細菌と放線菌が、HA層と A_1 層の双方でアンモニア態窒素を利用するものに比べて多く、ことに A_1 層では細菌が増加した。糸状菌数は有機態窒素を利用するものほとんど変らなかった。

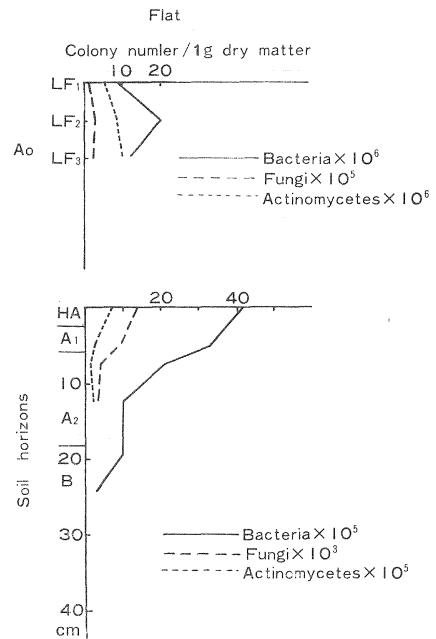


Fig. 4 Vertical distribution of soil microorganisms on the soil profile in *Chamaecyparis obtusa* forest. Oct. 1, 1973. Soil samples were collected from each soil horizon, and microorganisms were isolated on the same media as described in Fig. 3. LF₁: fallen needles. LF₂: decomposing needles. LF₃: fragments of decomposed needles, raw humus.

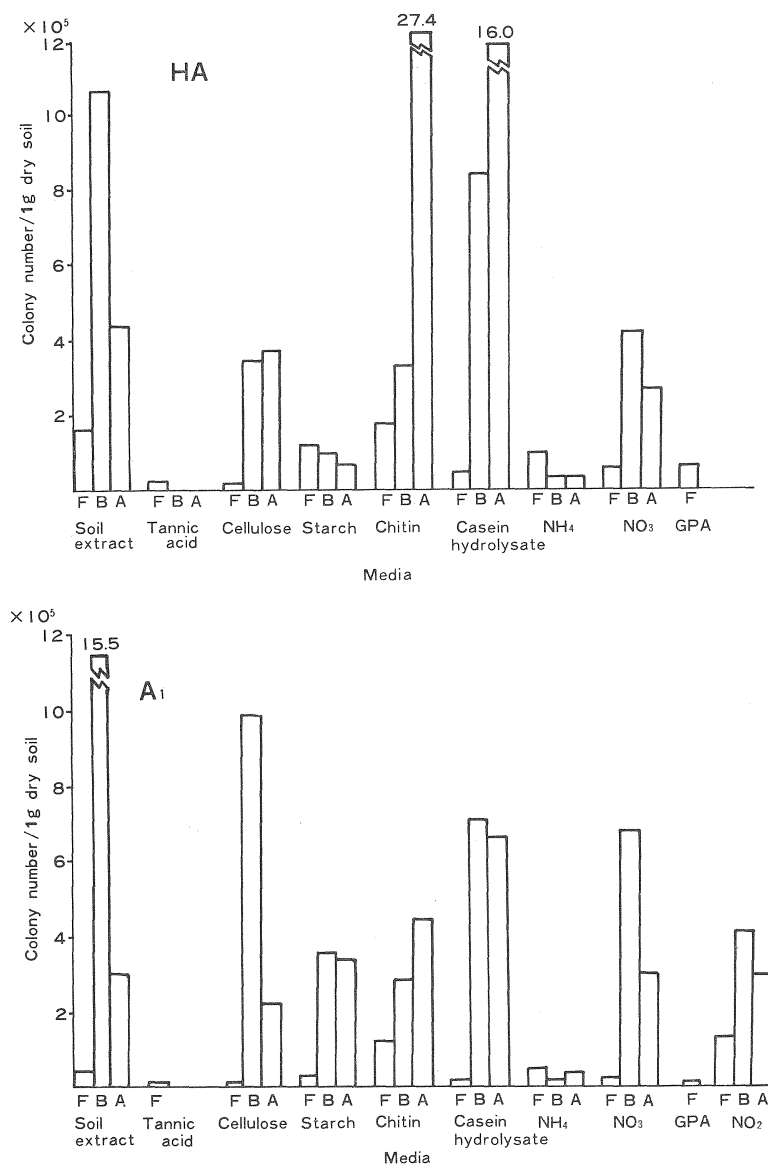


Fig. 5 Soil microorganisms with different characters in the surface soil. Soil samples were collected from HA and A₁ horizons of soil profile in June, 1974. Soil microorganisms were isolated by dilution plate method on the media as following: The basal medium used in the experiment was 10.0 g glucose, 2.0 g NH₄NO₃, 1.0 g KH₂PO₄, 0.5 g MgSO₄·7 H₂O, 0.5 g peptone, 0.5 g yeast extract, 20.0 g agar. Glucose was exchanged with 5 g cellulose, 1 g tannic acid, 10 g starch or 5 g chitin. NH₄NO₃ was exchanged 2.0 g with (NH₄)₂SO₄, 2.0 g NaNO₃, 2.0 g NaNO₂ or 2.0 g Casein hydrolysates. pH was adjusted by 1N HCl or 1N NaOH solution.

った。

亜硝酸態窒素を利用する微生物は、HA層では検出されなかったが、A₁層ではこれを利用する糸状菌、細菌、放線菌がともに多かった。A₁層ではHA層にくらべて硝酸態や亜硝酸態窒素を利用する微生物が明らかに増加した。

5) 硝化菌数の変動

1974年7月29日と10月20日にヒノキ林とブナ林で表層土壌を採取し、硝化菌数を測定した結果をFig. 6に示す。全般に硝化菌数は少なく、とくにブナ林では低い値が得られた。7月にヒノキ林斜面とブナ林緩斜面を比較すると、ヒノキ林がブナ林の場合より多くなった。

10月の例でみると、ヒノキ林の平坦面と斜面とでは硝化菌数に10倍近いひらきが見られた。ブナ林緩斜面とヒノキ林の平坦面における硝化菌数に大差がなかったが、地表がたえずうごいているヒノキ林の斜面で硝化菌数がふえるなど、硝化菌数の変化は地形や表層土壌の状態によっても生じるものと思われた。

6) ヒノキ根圏の微生物相

1974年7月29日と10月20日に採取したヒノキ根圏の微生物相をFig. 7に示す。全般に7月と10月とで

は細菌数に大きな動きがあり、いずれの培地でも7月に細菌数の増加が認められた。一方、放線菌や糸状菌数の変化は少なかった。土壌と根圏の微生物数を比較すると、根圏の場合は微生物数の季節による変化が大きかった。

グルコースとセルロースを利用する細菌は、土壌でも根圏でも7月にふえ10月に減少したが、根圏での減少率は土壌の場合より大きかった。糸状菌は7月には根圏からも検出されたが、10月になると根圏からは出現しなくなった。放線菌の動きにはほとんど特徴が見られなかった。

アンモニア態窒素を利用する細菌は、根圏では7月に多く10月に減少したが、土壌では10月に増加するという逆の傾向がみられた。糸状菌と放線菌については大きな動きはなかったが、根圏の糸状菌が10月には減少した。

硝酸態窒素を利用する細菌、糸状菌、放線菌はいずれも土壌に比べて根圏で少なく、細菌が根圏で7月に多く、10月に少なく、土壌では逆に7月に少なく10月に多い傾向を示した。糸状菌や放線菌には大きな動きが認められなかった。

有機態窒素を利用する細菌は根圏より土壌に多く、この傾向は7月と10月の双方でみられた。7月にはアンモニア態窒素を利用する細菌が土壌に少なく、根圏に多かったが、有機態窒素を利用する細菌は逆に土壌に多く、根圏で少ない傾向を示した。10月にはいずれのグループも土壌に多く、根圏に少ない傾向がみられた。おそらく根圏における窒素の無機化が夏には盛んになるのではないかとと思われる。

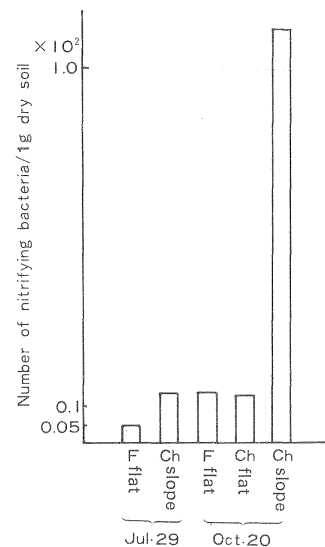


Fig. 6 Nitrifying bacteria in *Chamaecyparis obtusa* stands and *Fagus crenata-Fagus japonica* stand.

F : *Fagus crenata-Fagus japonica*,
Ch : *Chamaecyparis obtusa*

Soil sample were collected from A₁ horizon at random in the stands and mixed before isolation of microorganisms. Estimation of nitrifying bacteria was carried out by usual method (9).

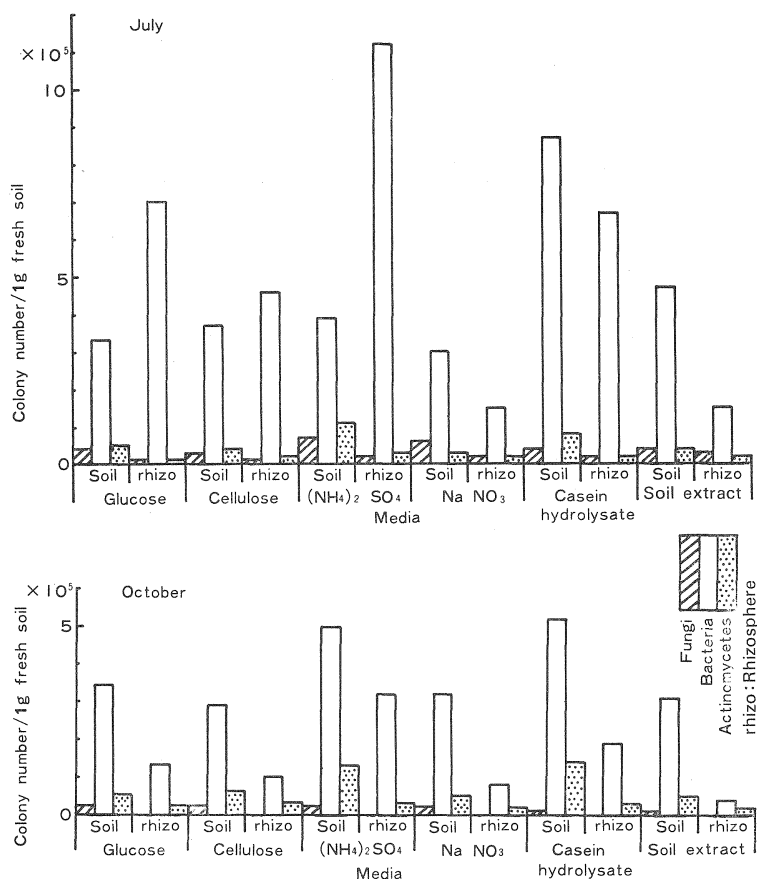


Fig. 7 Microorganisms in the rhizosphere of *Chamaecyparis obtusa*. The tree roots and soil samples were collected from HA horizon in *Chamaecyparis obtusa* forest on July 29 and Oct. 20 in 1974. Rhizosphere microorganisms were isolated by dilution plate method after the washing of roots with sterilized water. The media used were the same as described in Fig. 5.

基準の土壌煎汁培地で分離した場合には、土壌に比べて根圏の微生物数が7月と10月の双方とも少なくなる傾向が認められた。

考 察

樹冠が閉鎖したヒノキ壮齢林では、落葉落枝の分布がさほど不均一ではなく、落葉時期も秋から冬へかけての期間に集中し規則的である⁸⁾。年間の落葉量は年によって増減するが、面積的にはほぼ一様に落下するともいう⁸⁾。この調査林分でも A₀ 層の厚さに大きなひらきはなく、A₀ 層内の層分化も狭い範囲では一様であった。このような A₀ 層の分布状態や層の分化は、斜面の傾斜度や微地形でかなり大きく異なっている。

落葉の分解型をみると、亜高山帯針葉樹林のコメツガ・シラベ林の場合⁴⁾に似ており、ダケカンバ林⁴⁾やクロマツ林⁵⁾、後報するブナ林などの場合と大きく異なった。ヒノキ林の分解型は分解不良の典型的な

もので、落葉供給量が少ないわりに分解が遅く、未分解のまま蓄積され、分解されると粉体状の黒色腐植になりやすいタイプである。なお、広葉樹やマツ類の落葉に多く見られる白色腐朽はヒノキではまれであり、ヘラタケによる白色腐朽以外には認められなかった。リグニン分解を行うとされる腐生性の担子菌類が少ないこともヒノキ落葉の分解が遅い原因の1つになっていると思われる。

ヒノキ細根の量は、未分解落葉と粗腐植の堆積した LF 層に多く、鉍質土壌と分解した落葉が混合する HA 層では少なく、古い根が増加した。A₁ 層では全体に細根量が少なくなった。この A₀ 層の中のヒノキの側根には、外見上棒状になった内生菌根、VA 菌根が形成されており、その頻度は著しく高い。ヒノキの細根が A₀ 層に集中していることから、VA 菌根の形成は主として A₀ 層で生じるものと思われる。

ヒノキが内生菌根形成樹種であるために、外生菌根をつくる担子菌類の発生はなく、落葉分解菌も少ないので、高等菌類相は極めて貧弱となっている。後報するブナ林に比べると、その種類数はわずかに 1/10 以下であり、コメツガ・シラベ林⁴⁾ やクロマツ林⁵⁾ に比べても極度に少ない。高等菌類から見るとスギ林に比べても異常に少なく⁶⁾、ヒノキ林の微生物相はこの点でも偏っている。

土壌微生物の A₀ 層直下での分布状態は、菌数から見てかなり均一になっていた。これは A₀ 層が一樣に分布していること、ならびに A₁ 層、A₂ 層など鉍質土壌の有機物が多く土壌が肥沃であるためと思われる。

垂直分布をみると、細菌や放線菌が連続的な分布をしているのに比べて、糸状菌が不連続な分布を示した。仁王³⁾ が調査したヒノキ林に比べて、細菌は多く、放線菌はむしろ少なかった。これは季節による違いも考えられるが、おそらく土壌母材の違いによるものと思われる。A₀ 層や鉍質土層の表層の酸性が強いために微生物活動はかなり抑制をうけ、落葉の分解もおくれるものと思われる。ただし、この酸性化の原因がヒノキの落葉の質に由来するのか、かたよった微生物相に由来するのかは不明である。

HA 層と A₁ 層について生理的機能の異なる微生物群の動きをみると、いくつかの特徴が認められた。菌糸体や動物の遺体の多い HA 層ではキチンを分解する放線菌が多く、枯死根がふえる A₁ 層ではセルロースやデンプンを分解する細菌または放線菌が増加した。おそらくこれらの微生物群は、季節によっても大きく変動するものと思われるが、落葉の分解とその分解物の動きや分解生物の遺体の多少などによっても変化するであろう。

窒素の利用のしかたを見ると、有機態窒素を利用する細菌が HA 層で多く、A₁ 層で減少し、アンモニア態窒素を利用するものはほぼこれに比例した。これは HA 層で有機態窒素からアンモニア態窒素への変化がかなり早くすすむことを示しているように思われる。一方、亜硝酸態窒素を利用するものが A₁ 層でのみ現われ、硝酸態窒素を利用するものも A₁ 層で増加した。このことは HA 層でできたアンモニアが、A₁ 層に入って硝化化成作用を受けることを暗示している。したがってヒノキ林土壌における硝化化成の場所が A₁ 層か若しくはそれ以下にある可能性は高い。

吉田ら¹⁰⁾によると、ヒノキ林の硝化菌数は少ないというが、この場合も平坦面では明らかに少なかった。しかし、斜面では秋に増加しており、季節や場所によって硝化菌の活動が変りやすいことがうかがえる。斜面で硝化菌数が増加するのは、平坦面の場合の HA 層と A₁ 層が攪拌され、細菌の活動に好都合な条件がつくられるためではないかと思われる。

ヒノキ根圏の微生物数は季節によって動きやすく、細菌の変化がことに大きい。7 月の根圏微生物の窒

素化合物に対する反応をみると、有機態窒素を利用する細菌が土壤に多く、アンモニア態窒素を利用する細菌が根圏に多い。逆に硝酸態窒素を利用する細菌が根圏に少ないことから、根の生長が盛んな夏には根圏で活発な窒素代謝が進んでいるものと思われる。一方、ヒノキの細根に VA 菌根をつくる糸状菌の菌糸は根圏土壤の中に広がっており、窒素やミネラルなどの吸収にも重要な役割を果たしていると思われる。ヒノキ根圏土壤微生物と内生菌との間の生態的なつながりや、根圏での物質変換の機構については更に検討する必要がある。

ヒノキ人工林の土壤微生物相の特徴は上述の通りである。他の樹種の森林に比べて、林内植生も土壤動物相も単純化する傾向を示しており（松本久二、未発表）、土壤微生物相も例外ではない。このような土壤生態系の特殊化や、表層土壤の酸性化と落葉分解過程の異常（石塚和裕、未発表）が進行するヒノキ人工林は、外からの影響に対して脆弱な生態系になっていると思われる。同一地域に 2 代、3 代とヒノキ林の造成を繰り返した場合、土壤そのものや土壤生態系が将来どれほどのひずみを示すかを予測しておく必要がある。さらに、このような人工林が周辺の広域の環境にどれほどの影響を与えるかという点も考慮しておく必要がある。

引用文献

- 1) JOHNSON, L. F. et al.: Methods for studying soil microflora—plant disease relationships. Burges Pub. Co. pp. 177, (1959)
- 2) 河原輝彦ら：ブナ天然林とヒノキ人工林の物質生産とその循環，日生態誌，29：387～395，(1979)
- 3) NIOH, I. and M. ASAHİ: Microorganisms in the forest soils with different vegetation. Soil Sci. & Plant Nutr. 18: 129～132, (1971)
- 4) OGAWA, M.: Ecology of higher fungi in *Tsuga diversifolia* and *Betula ermani*-*Abies mariesii* forests of subalpine zone. Trans. Mycol. Soc. Japan. 18: 1～19, (1977)
- 5) 小川 眞：海岸砂丘クロマツ林における微生物相，林試研報，305：107～124，(1979)
- 6) 小川 眞：菌を通して森を見る，創文，(1980)
- 7) OKINAGA, T.: Microbiological studies of forest soils. (II) The soil microflora of the forest of *Thujaopsis hondai*. J. Jap. For. Soc. 34: 227～237, (1952)
- 8) 斎藤秀樹：ヒノキ人工林生態系の物質生産機構，四手井綱英ら：ヒノキ林，その生態系と天然更新，49～210，地球社，(1974)
- 9) 田辺市郎・鈴木達彦：微生物に関する分析，その 1，土壤微生物の測定法，日土肥誌，37：34～45，(1966)
- 10) 吉田重明ら：森林土壤中の窒素の動態（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，61：21～25，(1979)

**Soil Microbial Flora and the Litter Decomposition Process
in a *Chamaecyparis obtusa* Forest**

Yoshito YAMBE⁽¹⁾, Makoto OGAWA⁽²⁾ and Kazuhiro ISHIZUKA⁽³⁾

Summary

Soil microbial flora and the litter decomposition process in a 45 year-old stand of a *Chamaecyparis obtusa* plantation were studied in Takahara yama prefectural forest, Tochigi Pref. The density of *Chamaecyparis obtusa* was about 2,000/ha. There was no formation of under-story vegetation except for a few herbs because of the compact forest canopy. The soil was brown forest soil B₀ type of volcanic ash.

The differentiation of the A₀ layer such as the LF₁ and HA layers and their thickness varied with the microtopography and the inclination of slope. On the steep slope no formation of the A₀ layer was recognized, but there was a thick and compact A₀ layer formed on the level ground. However, in narrower areas on the level ground the distribution of litter was relatively even.

The decomposition of needles, which were separated into fragments soon after the litter fall, progressed slowly. The raw humus accumulated as a compact layer with high acidity. The transformation from raw humus to humic substances in the mineral soil was retarded by the lack of litter decomposing higher fungi. The flora of higher fungi were scarce in the forest of *Chamaecyparis obtusa*, and no kinds of ectomycorrhizal fungi and larger mushrooms could be collected from this stand.

The fine roots with VA mycorrhizae were growing up to the A₀ layer, and the amount of fine roots in the A₀ layer was more than that in the surface horizon of the mineral soil.

The distributions of soil microorganisms were examined by the dilution plate method on GPA with rose bengal and soil extract media. The horizontal distribution of soil microorganisms in the A₁ horizon was relatively uniform. Bacteria and actinomycetes were dominant at all points which were selected at random. Soil fungal floras were poor either on the colony number or on the species composition at every point.

Soil bacteria and actinomycetes decreased continuously from the A₀ layer to the mineral soil horizons according to the depth of the soil, but fungi decreased abruptly in the mineral soil horizons. The patterns of vertical distribution were different among the groups of microorganisms.

Soil microorganisms in the HA and A₁ horizons were isolated by the dilution plate method on the media with different carbon and nitrogen sources. Lignin decomposing microorganisms except for *Penicillium* sp. were not isolated on the tannic acid medium. Actinomycetes utilizing chitin were more numerous in the HA horizon than in the A₁, but the fungi and bacteria were less numerous than actinomycetes in both horizons.

Bacteria and actinomycetes utilizing organic nitrogen such as casein hydrolysates were more numerous in the HA horizon and decreased in the A₁ horizon. However, the micro-

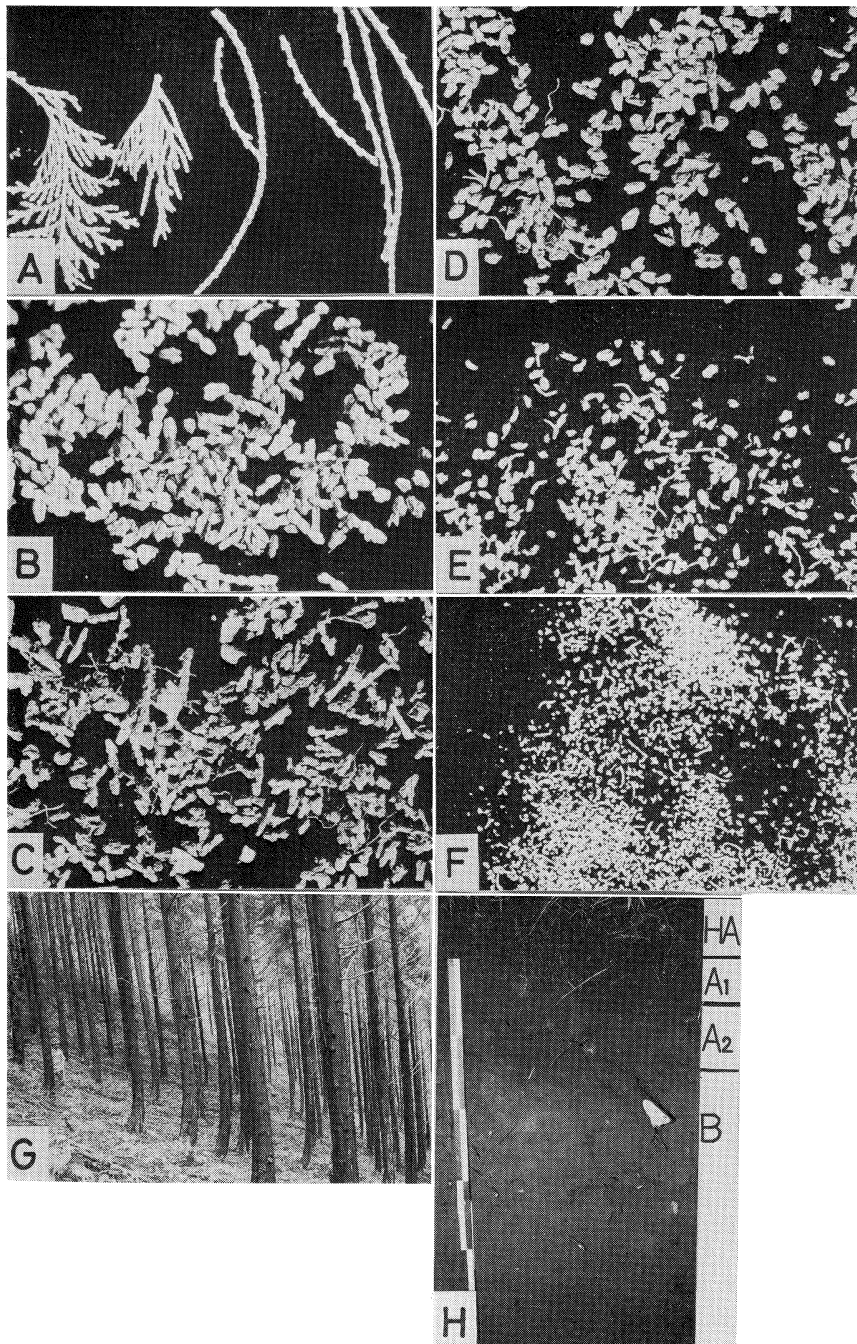
Received September 13, 1980

(1) (2) (3) Forest Soil Division

organisms utilizing nitrate and nitrite increased in the A₁ horizon.

Microorganisms in the rhizosphere of *C. obtusa* exhibited a seasonal variation, and the bacterial population decreased in the fall. The number of nitrifying bacteria in the A₁ horizon were less than those in the arable field, but an increase was recognized on the steep slope in the fall.

The soil microbial flora and fungal flora in the *C. obtusa* forest are simple and scarce because of the lack of understory vegetation, acidification of surface soil and the abnormal accumulation of litter on the forest floor. The soil ecosystem of this forest seems to be extraordinary compared with the microbial florae in other forests.



A, B : Fresh fallen needles of *Chamaecyparis obtusa* in LF layer.

C, D : Decomposing needles in LF layer.

E, F : Decomposed needles including the fragments of dead roots in LF to HA layer.

G : *Chamaecyparis obtusa* plantation 45 year-old stand.

H : Soil profile in *Chamaecyparis obtusa* stand.