

自然教育園における植生と土壤微生物相

坂上 寛一*・久戸 瀬哲*・浜田 竜之介*

Soil Microflora at Several Types of Forests in the Institute for Nature Study

Kan-ichi Sakagami*, Satoshi Kudose* and
Ryunosuke Hamada*

はじめに

自然教育園の植物群落については多くの詳細な報告(沼田・手塚, 1966; 手塚, 1970; 奥田, 1970, 1980; 大賀, 1980)があるが, 高木層の優占種から, スダジイ林, コナラ林, マツ林, ミズキ林が代表的な植生として挙げられる。坂上・山崎(1979)は, これら4植生における土壤中の腐植の形態と腐植化過程の進行状況が異なることを報告したが, その要因として, 腐植の給源である樹種の違いおよび, 腐植化過程に影響を及ぼす水分環境の違い(坂上他, 1978)などを検討した。ところで, 残された重要な要因として, 腐植化過程(給源有機物の分解, 土壤固有の腐植の合成)の直接の担い手である土壤微生物の種構成や個体数にも各地点間に差異があると予想される。植生と微生物相との関係については, Nioh & Asahi(1972), 加藤・鈴木(1977), 小川ら(1978)など多数報告されている。しかし, 植生と微生物相との関連は必ずしも単純ではない。植生を規定する立地環境因子が複雑であり, かつ, 樹種によっては, 幅広い適応性をみせるからである。従って両者の有用な関連性を調べるためには特定の菌種との関係に限定したり, 土壤母材など植生立地が大きく異なる場合について検討する必要がある。自然教育園は20haの面積を有するが, どの植生も下末吉面に位置する火山灰性黒ボク土に立地している。ここでは, 必要十分条件ではないが, 植生を規定する大きな立地環境因子は地形の差異から生じる水分環境だけであるといえよう。即ち, 自然教育園は植生と微生物相との関連性を検討するのに好適なフィールドであるといえる。更に, 自然教育園の土壤微生物相を解析する際に検討すべき因子がもう一つある。自然教育園が都心に位置していることである。都市環境下の影響として, 土壤中にかなり高濃度のCu, Zn, Pb, Cdなどの重金属が含まれていた(坂上他, 1980)。これら重金属が土壤微生物相に影響しているか否かも大きな検討課題である。そこで, 調査地点を代表的な4植生にとどめず, 重金属含量の高い地点と草地を加え, 更に対照として, 郊外に位置し, 利用形態の異なる府中市の土壤についても検討を加えた。

1. 調査地点と実験方法

東京都港区白金台にある自然教育園内の調査地点は, シイ林, ミズキ林, コナラ林, マツ林, 草地, 高速

* 東京農工大学農学部, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

道路際（樹種としてはシイ）の 6 ケ所であり（図 1）、先に重金属含量を測定した地点と同一である（坂上他, 1980）。更に、東京都府中市の東京農工大学構内にある雑木林（アカマツ, アカガシ, コナラなど）と飼料畑圃場の 2 ケ所についても調査した。土壌採取は 1979 年 10 月に行った。Ao 層を除去した後、表層 5 cm 以浅から各地点につき 5 ケ所の土壌を採取し、よく混和した。土壌採取後、直ちに実験室にて 2 mm の篩を通し、微生物計測のために培養を開始した（生土）。また、土壌を室温で 1 週間風乾させた後の微生物数（風乾土）も計測した。

全細菌, グラム陰性細菌, 放線菌, 糸状菌の各菌数を計測したが、培養法はいずれも希釈平板法によった。全細菌と放線菌は Waksman アルブミン寒天培地, グラム陰性細菌は Waksman 寒天培地にクリスタルバイオレットを加えた培地で、いずれも 28~30°C, 7 日間の培養を行った。

糸状菌は Martin & Johnson ローズベンガル寒天培地で 25~27°C, 4 日間の培養を行った。

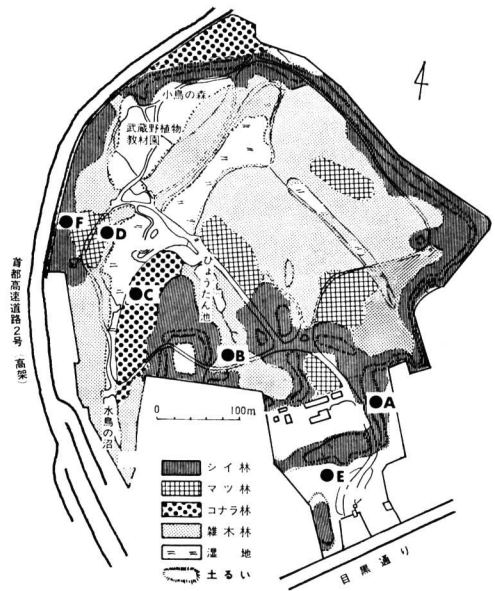


図 1. 自然教育園内の調査地点

A: シイ林 B: ミズキ林 C: コナラ林
D: マツ林 E: 草地 F: 高速道路際

2. 結果と考察

供試土壌の pH と有機炭素含量を表 1 に示した。pH は針葉樹のマツ林で 4.16 と低い。一方、草地、高速道路際と雑木林および圃場が 5.3 以上と比較的高い。また、林地の炭素含量はいずれも 10% 以上と高く、特にシイ林は 17.2% と非常に高かった。林地の表層土には未分解の新鮮有機物が多く含まれていることが、P 型や Rp 型の腐植酸を有することからも判明した（坂上・山崎, 1979）。草地と圃場の炭素含量はそれぞれ 4.10%, 6.38% と林地に比較し低かったが、腐植酸の型は A 型であり（坂上他, 未発表）、土壌中で安定な腐植であると考えられる。

(1) 生土と風乾土における各種菌数

各地点の土壌微生物数を図 2 に示した。生土の全細菌数は $10^7 \sim 10^8$ のオーダーに分布した。なかでは、高速道路際と草地在が 10^8 と高く、マツ林が最も低かった。この菌数の差異と土壌 pH の高低とは明らかに関連がある。概略的には中性に近い状態を好む細菌が多いことの反映であろう。しかし、pH の比較的高い府中市の雑木林と圃場の全細菌数は特に高くはない。雑木林と圃場は隣接しており、雑木林の林内はかなり明

表 1. 調査地点の pH と有機炭素含量

地点 項目	シイ林	ミズキ林	コナラ林	マツ林	草地	高速 道路 際	雑木林	圃場
pH	4.62	4.80	4.53	4.16	5.67	5.75	5.33	6.02
C (%)	17.2	12.1	10.6	10.3	4.10	14.6	13.0	6.38

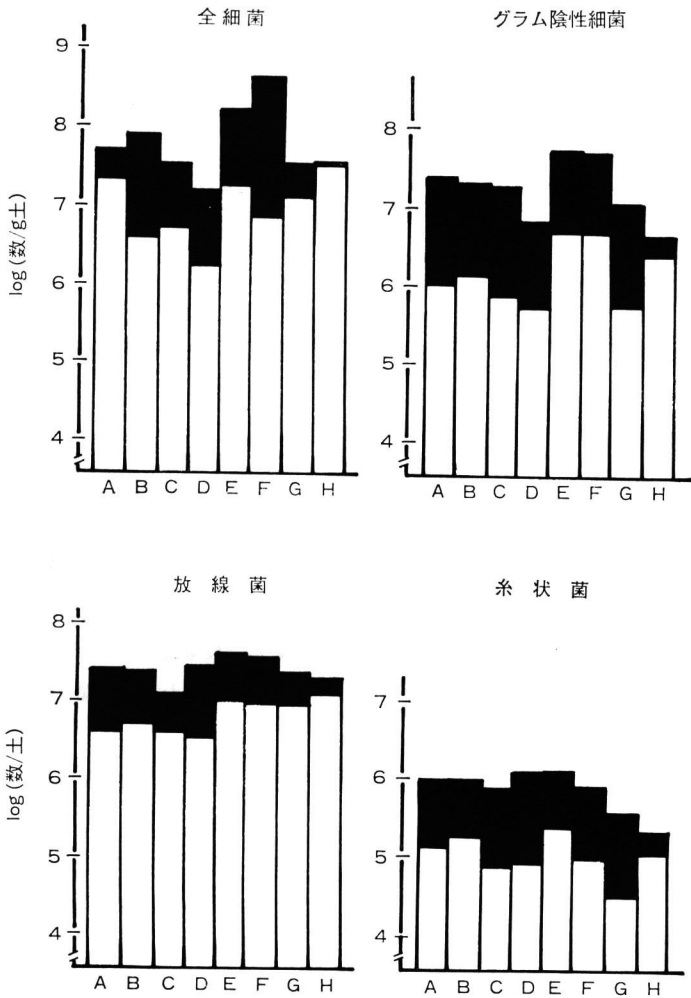


図 2. 調査地点の土壤微生物数

■ 生土 ; □ 風乾土

A: シイ林 B: ミズキ林 C: コナラ林 D: マツ林
E: 草地 F: 高速道路際 G: 雑木林 H: 圃場

るい。圃場は雑木林を開墾後 40 年以上を経過している。未耕地より耕地の細菌数が増加する (石沢・豊田, 1964) との報告もあるが, 耕地では耕起による好気的な条件への変化, A₀ 層を欠き, 乾湿の変動が激しくなるなど有機物分解を促進する条件が多くなる。一方で石灰施用による微生物活性の高まりもあるが, 次第に基質となる土壤有機物含量が減少し, 微生物の数や活性は低下する (西尾, 1981) とと思われる。

風乾土における全細菌数の値に, 圃場の特徴がよく表われている。圃場は林より顕著な乾湿の履歴があるため, 風乾によっても大きな減少をみせなかったと考えられる。風乾による水分の減少割合も最も低い。次いで, 生土と風乾土における全細菌数の相対比率 (生土/風乾土) が低い (風乾による菌数の減少割合が低い) のはシイ林である。調査時の生土水分は, 有機物を多く含むため 64.4% と非常に高かった (表 2) が, シイ林は土壘上に位置しているため, 水分環境としては最も乾いた地点である。逆に比率が 10 以上と高いのは高速道路際とミズキ林である。前者は塀際で常に陽当たりが悪いため乾燥することがなく, 後者は土壤水

表 2. 生土と風乾土中の微生物数の比率

項目	地点							
	シイ林	ミズギ林	コナラ林	マツ林	草地	高速道路際	雑木林	圃場
生土水分(%)	64.4	49.4	49.2	45.6	49.4	48.1	41.3	36.5
風乾土水分(%)	15.3	14.7	14.8	10.8	12.9	13.0	10.1	11.7
全細菌/グラム陰性細菌(生土)	1.99	3.86	1.87	2.26	2.89	8.18	3.06	7.81
同上(風乾土)	20.1	2.71	6.20	3.27	3.39	1.31	22.5	12.7
全細菌/放線菌(生土)	2.13	3.49	3.04	0.56	4.08	11.7	1.52	1.93
同上(風乾土)	5.70	0.81	1.36	0.53	1.81	0.75	1.53	2.56
全細菌/糸状菌(生土)	52.5	79.2	44.9	12.5	121	536	92.7	156
同上(風乾土)	153	20.0	63.7	20.8	72.5	75.1	383	279

分の豊富な地点である。このような関係から判断すれば、生土と風乾土の微生物数の相対比率による地点間の差異は、一つには各地点の土壌の水分環境を示しているともいえよう (浜田, 1972, 1973)。

グラム陰性細菌は水分の減少変化に比較的弱い (服部, 1978)。生土の菌数はマツ林と圃場が 10^6 、その他は 10^7 オーダーであった。なかみでは、草地と高速道路際が高く、地点間の傾向としては全細菌の場合と類似していた。しかし、生土と風乾土の比率は全細菌の場合に比べて平均して大きい。圃場を除き 10 以上である。これは、グラム陰性細菌の水分に対する感応性が高いことを示すものであろう。

放線菌数は生土でいずれも 10^7 オーダーで互いに類似していた。最も湿潤な水分環境であるコナラ林でわずかに低い。生土と風乾土との比率はいずれも低く 1.5~8.0 に分布した。放線菌は乾燥に対して比較的強いといえよう。

糸状菌数は生土で $10^6 \sim 10^9$ に分布したが、自然教育園内の地点間には大きな差異がなかった。生土と風乾土との比率はマツ林が 14.1 と高いが、他は 2.0~10.5 に分布した。

このように各種菌数および耐乾性の差異から微生物相をみると、圃場が他地点と大きく異なったが、自然教育園内地点においては、pH の影響により全細菌数とグラム陰性細菌数に差異がみられたのみであった。針葉樹であることに起因するマツ林の低 pH を除いては、植生との関連は明らかでなかった。また、高濃度の重金属を含む土壌においても、各種菌数は自然土壌で通常計測される菌数と同水準を示した。このことは何を意味するのであろうか。重金属耐性微生物 (Doelman & Haanstra, 1979) が存在していることなのか、あるいは腐植に富み、団粒構造に富む火山灰土壌の特徴であるのか、今後の検討課題である。

(2) 全細菌数に対する各種菌数の比率

生土あるいは風乾土における全細菌に対するグラム陰性菌数、放線菌数、糸状菌数の比率を表2に示した。まず生土についてみると、全細菌数に対するグラム陰性細菌数の比率は、高速道路際が 8.18、圃場が 7.81 と高い。他地点は 1.87~3.86 に分布した。全細菌数に対する放線菌数の比率は高速道路際が 11.7 と際立って高く、また、マツ林が 0.56 と低かった。その他の地点は 1.52~4.08 に分布した。全細菌数に対する糸状菌の比率 (B/F 値) は、地点による変動幅が大きい。やはり、高速道路際が 536 と非常に高く、次いで、圃場 156、草地 121 であり、最低はマツ林の 12.5 であった。他の広葉樹の地点は 44.9~92.7 に分布した。加藤・鈴木 (1977) は土壌型と B/F 値との間に関連性をみとめ、褐色森林土では、湿性の方が B/F 値が高くなるとしたが、ここでは、水分環境より pH の高低により強く影響されているようにみえる。

次に、風乾土についてみると、全細菌数に対するグラム陰性細菌数の比率はシイ林が 20.1、雑木林 22.5 と高く、高速道路際が 1.31 と低かった。全細菌数に対する放線菌数の比率ではシイ林の 5.70 が高く、マ

ツ林、高速道路際、ミズキ林が1以下で低かった。全細菌数に対する糸状菌数の比率では、雑木林、圃場とともにシイ林が153と高く、ミズキ林、マツ林がそれぞれ20.0、20.8と低かった。

このように、高速道路際の生土での比率がいずれも他地点より際立って高いが、これは全細菌数が高いことに起因している。高速道路際の樹種はシイであるが、同じ樹種のシイ林は風乾土での各種比率が高いなど高速道路際と傾向を異にしている。高速道路際のシイは大木のシイ林に比べると若令林であるため、樹勢、樹冠など相観は非常に異なることもその原因の一つであろう。同じ樹種であっても、他の要因が異なれば、微生物相も大いに異なることを示すものであろう。両地点の微生物相における見かけ上の差異の根本原因は、高速道路際の生土での全細菌数が 10^8 と高かったことと、シイ林で風乾によっても全菌数の減少割合が低く 10^7 を維持したことにある。そして、この現象が生じた背景を考えると、究極のところ、両者に差異が生じた最大の理由は微生物の生育環境に違いがあるということになる。即ち、微生物の生育環境として重要なのは植生そのものではなく、Ao層、A層の発達状態、水分環境などである(小川, 1980)。またpHもそこに影響を及ぼす因子の一つと思われる。

植生と微生物相との関連で比較的分明であるのは、マツ林についてである。マツ林では小川(1980)も指摘しているように、相対的に放線菌と糸状菌の割合が高い。シイ林では乾燥に強い細菌の割合が高いといえるかもしれない。他の林地植生、ミズキ林、コナラ林、雑木林では特に大きな差異はなかった。草地は林地に比べ、糸状菌、放線菌の割合がやや低かった。圃場はグラム陰性細菌や糸状菌の割合が相対的に低かった。

3. 要 約

自然教育園の代表的林相を含む6地点、および府中市の2地点について、全細菌数、グラム陰性細菌数、放線菌数、糸状菌数を計測し、植生および土地利用形態との関連を検討した。得られた結果は下記の通りである。

1. 全細菌数は $10^7 \sim 10^8$ 、グラム陰性細菌数は $10^5 \sim 10^7$ 、放線菌は $10^6 \sim 10^7$ 、糸状菌は $10^4 \sim 10^8$ のオーダーで計測された。これらの値は自然土壌で通常みられる水準であり、高濃度の重金属の影響はみられなかった。
2. 高速道路際と草地で全細菌数、グラム陰性細菌数が高く、マツ林で低い。土壌pHの影響が明らかにみられた。
3. コナラ林は放線菌が他地点よりわずかに低い。最も湿潤な水分環境にあるためと考えられた。
4. 土壌の風乾処理による微生物相の変動をみると、より顕著な土壌の乾湿履歴がある圃場や比較的乾燥した水分環境であるシイ林において生土と風乾土との菌数の相対比率(減少割合)が低かった。菌種では、グラム陰性菌数の相対比率が高く、放線菌が低く、耐乾性の違いを示した。
5. 植生と微生物相の関係では、マツ林で放線菌と糸状菌の割合が高く、草地は林地に比べ逆に放線菌と糸状菌の割合がやや低い。また圃場はグラム陰性細菌や糸状菌の割合が低かった。広葉樹植生の地点は互いに類似した微生物相を示した。

謝 辞

本研究の試料採取にあたり、自然教育園の菅原十一氏に御援助頂いた。記して謝意を表す。

引用文献

- Doelman, P. & Haanstra, L. 1979. Effects of lead on the soil bacterial microflora. *Soil Biol. Biochem.*, 11 : 487—491.
- 浜田竜之介. 1972. 都市生態系と土壤. 「都市生態系の特性に関する基礎的研究」(沼田真編), 111—120.
- . 1973. 都市生態系と土壤. 「都市生態系の特性に関する基礎的研究」(沼田真編), 27—37.
- 服部 勉. 1978. 微生物生態入門. 137 pp. 東京大学出版会.
- 石沢修一・豊田広三. 1964. 本邦土壤の微生物フロラに関する研究. *農技研報*, B 14 : 203—284.
- 加藤邦彦・鈴木達彦. 1977. 各種土壤の B/F 値 (細菌数/糸状菌数) について. *土と微生物*, 19 : 1—4.
- Nioh, I. & Asahi, M. 1972. Microorganisms in the forest soils with different vegetation. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 18 : 129—132.
- 西尾道徳. 1981. 畑土壤の物質変化と微生物. 「土の微生物」(土壤微生物研究会編), 89—126. 博友社.
- 沼田 真・手塚映男. 1966. 自然教育園内植物群落の組成と構造. 自然教育園の生物群集に関する調査報告, 1 : 15—36.
- 大賀宣彦. 1980. 自然教育園内植物群落の組成と構造. 自然教育園報告, 11 : 29—42.
- 小川 真・浅野真知子・山家義人. 1978. 土地利用と微生物相. *森林立地*, 19 : 10—21.
- 小川 真. 1980. 菌を通して森をみる. 279 pp. 創文.
- 奥田重俊. 1970. 自然教育園を中心とする東京西南部の植生. 自然教育園報告, 2 : 9—15.
- . 1980. 自然教育園の植物群落. 自然教育園報告, 11 : 5—27.
- 坂上寛一・菅原十一・浜田竜之介・黒部 隆. 1980. 自然教育園における降下ばいじんおよび土壤中の重金属. 自然教育園報告, 10 : 5—17.
- . 山崎美津子. 1979. 自然教育園土壤の腐植の形態と水分環境. 自然教育園報告, 9 : 51—60.
- . ———. 平山良治・浜田竜之介. 1978. 自然教育園の代表的植生の土壤と水分環境. 自然教育園報告, 8 : 20—38.
- 手塚映男. 1970. 自然教育園のミズキ群落の組成と構造. 自然教育園報告, 2 : 1—7.

Summary

In the Institute for Nature Study, soils at six sites of different vegetations (*Shiia Sieboldii*, *Cornus controversa*, *Quercus serrata*, *Pinus thunbergii*) and the site with grass cover, the site next to the express way of *Shiia Sieboldii* forest, and in Fuchu city, the site in a mixed deciduous forest, upland crop field were investigated for the counts of total bacteria, Gram negative bacteria, actinomycetes, fungi in soil to elucidate the relationship between vegetation or land use and soil microflora.

Following results were obtained.

1) Counts of total bacteria per one gram of oven dried soil ranged 10^7 – 10^8 , of Gram negative bacteria ranged 10^5 – 10^7 , of actinomycetes ranged 10^6 – 10^7 , of fungi ranged 10^4 – 10^6 . The ranges of those counts were within those commonly found in volcanic ash soils, no influence of higher concentration of heavy metals was observed.

2) Counts in soil of total bacteria and Gram negative bacteria were high for the site with grass cover and the site next to the express way, and were low for the site of *Pinus thunbergii*. This was apparently due to the influence of soil pH.

3) Counts of actinomycetes in soil at the site of *Quercus serrata* were slightly lower than those

of other sites. The reason for this was considered to be wetter soil condition.

4) Changes in microbial counts on drying soil, were studied. In term of the ratio of microbial counts in air dried soil to those in fresh soil, the ratio was high for soil of upland crop field which had passed drying and wetting cycle and for the soil at the site of *Shiia Sieboldii* which was under relatively dry condition.

5) With respect to the relationship between vegetations and microflora, counts of actinomycetes and fungi relative to those of total bacteria were high at the sites of *Pinus thunbergii*, on the contrary, low at the site with grass cover. At the site of upland crop field, counts of Gram negative bacteria and fungi relative to those of total bacteria were low. The sites with broad leaved forest vegetation had similar microflora.