

段丘斜面の落葉広葉樹林における土壌動物 1. 大型土壌動物

相馬 潔

信州大学農学部食料生産科学

Soil animals in a broad-leaved forest on a steep slope of a stream
terrace in Ina area. 1. Macroanimals

SOMA Kiyoshi

Department of Food Production Science, Faculty of Agriculture, Shinshu University

Abstract: In Ina area in Nagano Prefecture, a deciduous broad-leaved forest is found only on a steep slope of a stream terrace. To evaluate contribution of these forests to the biodiversity in this area, soil macrofauna was investigated at five plots settled in three forests, a Japanese chestnut oak (*Quercus acutissima* Carruthers) forest on a long, steep slope and a keaki (*Zelkova serrata* (Thunb.) Makino) forest on a short, steep slope and a mixed forest of keaki and Japanese alder (*Alnus japonica* (Thunb.) Steud.) on a short, relatively gentle slope. The forest floor of the former two was dry and that of the latter was wet with spring water. In the forests with the dry floor, a large amount of organic matter was accumulated on gravel soil, whereas a small amount of organic matter on black soil in the forest with the wet floor. Soil animals were condensed in the organic layer and in the soil to a depth of 10 cm. The density and biomass were larger in the forest with the wet floor than in the forests with the dry floor irrespective of the main tree species, length of a slope and position on a slope. The number of the taxonomic groups, however, was larger at sites on the middle part of a slope than at sites on the bottom of a slope in the Japanese chestnut oak forest and in the keaki forest. An analysis of the community similarity showed that the communities on a same slope were highly resemble and those on the dry slopes were resemble each other, and that the communities on the dry slopes differed from the community on the wet slope. The species composition of Isopoda was characteristic for each forest.

From these results, it is concluded that each forest have a characteristic soil faunal community as suggested by the distribution of Isopoda and spring water makes the composition of the community largely different.

Key words: Broad-leaved forest, soil macrofauna, stream terrace, slope

キーワード：落葉広葉樹林，大型土壌動物，段丘，斜面

緒言

伊那市周辺には天竜川とその支流に沿って段丘が発達しているが、段丘の平坦面はほとんどが農耕地や市街地として利用されている。平坦面に林は希であり、あるとしてもアカマツを主体とする針葉樹林であって、落葉広葉樹の林はない。落葉広葉樹林が見られるのは段丘斜面に限られる。段丘斜面の規模と傾斜および湧水の有無など自然条件の違いと、それに加えて、人による利用と管理の程度の違いにより斜面上の落葉広葉樹林の主要樹種や下層植生が異なる。

土壌動物の組成、密度、現存量は気候や植生、土壌の物理的・化学的性質に影響される。地形もまた土壌の物理的・化学的性質や植生を変えることにより土壌動物に影響している。例えば、尾根と谷斜面、谷底部では主要樹種の組成、落葉落枝の分解速度や堆積量(堤, 1987)が違う。乾燥しやすい尾根や斜面上部では落葉・落枝の分解が遅く、有機物層は厚くなる。他方、斜面下部や谷底では、水分条件に恵まれ、mull型の土壌が形成される。したがって、斜面上部と下部では大型土壌動物の組成や密度、現存量や成長速度(渡辺, 1971, Tsukamoto, 1977, 1985)、さらにササラダニの種組成と密度(金子, 1987)が違ってくる。段丘斜面上の林での土壌動物群集も、その環境条件に応じて異なると推察される。

この地域の土壌動物の多様性に占める段丘斜面上の落葉広葉樹林の位置を知るには、斜面林の土壌動物群集の多様性を明らかにし、その総体を平地の針葉樹林と比較することが必要である。ここに報告する調査は規模と水分条件の違う斜面林の大型土壌動物群集を比較し、その多様性の一端を探ろうとするものである。土壌動物の採集と整理の一部は研究室の学生諸氏に手伝っていただいた。ここに記して感謝します。

1. 調査地および調査方法

1-1. 調査地

クヌギ(*Quercus acutissima* Carruthers)林: 伊那市平沢の小沢川左岸にある高度差約 75 m, 平均斜度 37 度の南西向き段丘斜面の林である。主要高木はクヌギとコナラで、亜高木は少ない。部分的に下刈りがされており、そこでは低木、草本ともに貧弱であ

る。段丘の上部平坦面は畑地で、斜面に続く平坦面の縁はカラマツとアカマツがモザイク状に植林されている。下部平坦面には調査地よりも小沢川が流れ、左岸に沿って道路がある。道路と段丘斜面の間は水田で、斜面の裾は切り取られている。右岸側の平坦面も水田として使われている。

ケヤキ(*Zelkova serrata* (Thunb.) Makino)林: 伊那市榛原、三峰川左岸にある比高約 15 m, 平均斜度 43 度、北西向き規模の小さい段丘斜面の林である。段丘下部平坦面には、幅約 1 m の用水路をはさんで、斜面に沿って走る道路がある。この道路から分岐する幅の狭い道路が斜めに崖を登り、上部平坦面の崖の縁に沿った集落の中を通る。主要樹種はケヤキで、斜面下部にはケンポナシがある。低木としては斜面下部にツリバナ、斜面上部にはヤマブキが多い。

ハンノキ(*Alnus japonica* (Thunb.) Steud.)林: 南箕輪村北殿にある高度差約 20 m, 東向き斜面の林である。斜度は、斜面下端より上部へ向かい、斜面長 12 m の地点までは 18 度、12 m から 22 m までは 26 度、22 m から 35 m までは 42 度で、斜面中部以下の傾斜はゆるい。段丘の上部平坦面は水田で、崖際に人家がある。主要木は斜面上部ではケヤキ、斜面下部ではハンノキで、林内には低木が繁っている。黒色で湿潤な表土の下は砂利層で、水が湧き出し、一部では表土をはいでわさびが栽培されている。下部平坦面には斜面に沿って飯田線が通り、線路と斜面下端との間は湿地になっている。

1-2. 大型土壌動物の採集

コドラートの大きさは 25 cm × 25 cm (クヌギ林とハンノキ林)あるいは 50 cm × 50 cm (ケヤキ林)である。それぞれの大きさの金属枠を地表に置き、枠に沿って包丁で有機物層と土壌に切れ目を入れてから押し込んだ。枠内の有機物層と土壌から、有機物層と深さ 0—10, 10—20, 20—30 cm の 4 層に分けて、ピンセットと吸虫管を使って体長約 2 mm 以上の動物を採集した。トビムシ、ダニ、コムカデ、カニムシとヒメミミズは採集の対象外とした。アリも採集しなかった。採集した動物は 80%エタノール中に保存して持ち帰った。後に綱あるいは目レベルで、甲虫類については科レベル、ワラジムシ類については種レベルで分類し、個体数を数え、重さを計った。重さはコドラート別の層ごとに同一分類群の動物をまとめ、

その体表に付着しているエタノールを濾紙で軽く拭いてから、1mg単位で計った。

クヌギ林では、1996年11月26日から12月7日の間に斜面中部と下部でそれぞれ10コドラート(25cm×25cm)、1997年9月3日と4日に斜面上部(平坦面の縁)、斜面中部、斜面下部でそれぞれ5コドラート(25cm×25cm)から土壌動物を採集した。ケヤキ林では1997年9月1日に斜面中部および斜面下部(斜面下端と用水路の間の幅約3mの平坦部分)で、それぞれ3コドラート(50cm×50cm)から動物を採集した。ハンノキ林では1997年9月2日に斜面下部の5コドラート(25cm×25cm)から動物を採集した。

1-3. 堆積有機物量および含水率

有機物層の量はコドラート内にあった有機物層の乾燥重量より求めた。現地で動物採取後の有機物量をバネ秤で計り、その一部を実験室に持ち帰って室内に放置した。十分に乾燥させてから再び重さを量り、含水率を求めた。この含水率により採集現場での重さ

を風乾重量に換算した。

2. 結果および討論

2-1. 土壌環境

地表の有機物堆積量と有機物の含水率(%)を表1に示す。有機物層の含水率はケヤキ林で低く、ハンノキ林では高かった。ハンノキ林での地表の有機物量は平均0.5kg/m²で、クヌギ林の1.3—2.1kg/m²、ケヤキ林の約1kg/m²よりも少ない。ハンノキ林とクヌギ林での有機物量の差は有意である。クヌギ林では、1997年の斜面上部の有機物量が最も多く、それと1996年の斜面中部および1997年の斜面下部での有機物量には有意の差があった(P<0.01とP<0.05)。クヌギ林の斜面中部と斜面下部の有機物量は、1996年には中部<下部(P<0.05)であった。1996年の調査は11月下旬から12月上旬に行われて、地表には新鮮落葉が多かった。この新鮮落葉はその下の腐朽した落葉とは密着していないので、風や雨により斜面を移動し、下部に集積したのかもしれない。しかし、翌

表 1. 各調査地の有機物層量(平均±標準誤差)および有機物層の含水率

調査地 調査年	クヌギ—コナラ林		ケヤキ林	ハンノキ林
	1996年	1997年	1997年	1997年
上部 有機物層量(kg/m ²)	—	2.1±0.4	—	—
含水率(%)	—	26.3	—	—
中部 有機物層量(kg/m ²)	1.2±0.1	1.5±0.2	0.9±0.3	—
含水率(%)	—	28.5	11.1	—
下部 有機物層量(kg/m ²)	1.8±0.2	1.3±0.1	1.1±0.1	0.5±0.05
含水率(%)	—	23.6	16.3	48.2

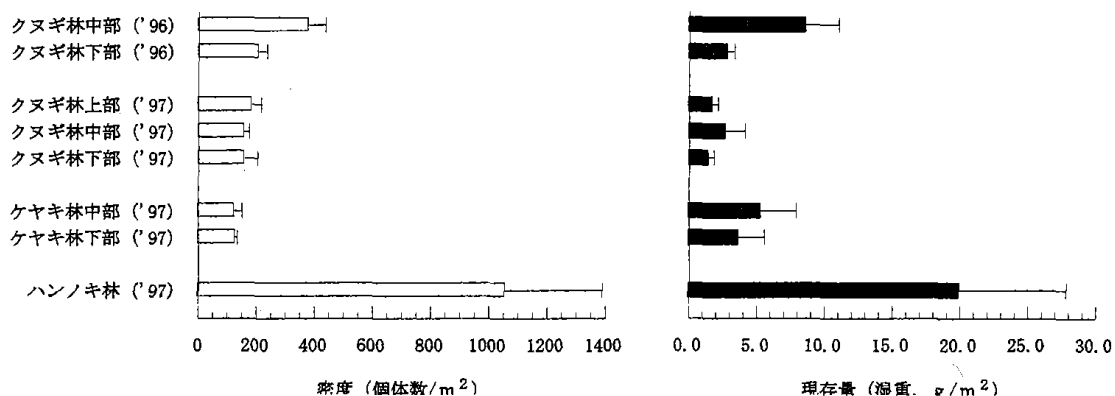


図 1. 大型土壌動物の密度と現存量

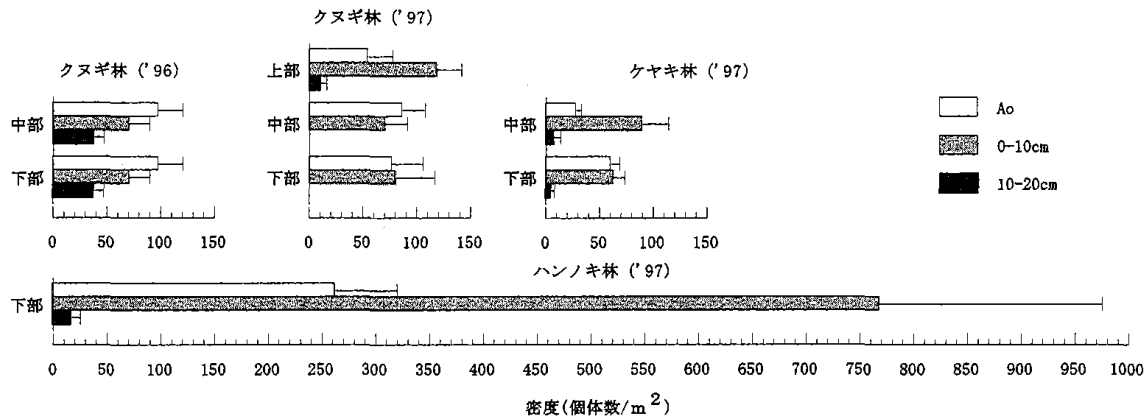


図2. 大型土壌動物の垂直分布

年の9月上旬の調査では、斜面中部と下部の有機物量に有意の差はなかった。春から夏の間の有機物の減少速度が、斜面下部で大きかった結果と考えられる。全般的に、堆積有機物量の偏差は大きい。斜面の同じような位置でも、有機物層は立ち木の根本や尾根状のわずかな高まりの上部および林床植生のある場所では厚く、雨水の流路になるような部分では薄い。したがって、調査地点の選定によって有機物量は変わってくる。

この調査で得られたクヌギ林での堆積有機物量、 $1.2-2.1 \text{ kg/m}^2$ は茨城県八郷町および埼玉県鳩山町のコナラ林での堆積有機物量、 $1.01 \pm 0.12 \text{ kg/m}^2$ および $0.82 \pm 0.21 \text{ kg/m}^2$ （松本・新島，1993；新島・他，1994）よりも多い。段丘斜面のクヌギ林は、透水性が高く保水力の低い礫上に成立しているの、乾燥により落葉の分解が妨げられ堆積有量が多くなったのかもしれない。

2-2. 土壌動物の密度と現存量

図1に大型土壌動物の密度と現存量を示す。密度では、採集時期と斜面での位置にかかわらず、クヌギ林とケヤキ林のすべての調査地点間に有意な差はなかった。ハンノキ林での密度は他の調査地点よりも著しく高かった ($p < 0.01$)。クヌギ林とケヤキ林における現存量は、1996年のクヌギ林中部で多かった ($p < 0.05$) 以外、有意の差は認められなかった。他方、ハンノキ林での大型土壌動物の現存量は、密度と同様に、クヌギ林とケヤキ林での現存量よりも多かった ($p < 0.01$)。

大型土壌動物の密度および現存量は、同じ型の林

でも、場所によってかなり異なる。新島（1982）のまとめによると、大型土壌動物の密度と現存量はブナ林では $27-2300 \text{ 個体/m}^2$ 、 $0.5-20.9 \text{ g/m}^2$ （湿重）、コナラ林とクヌギ林で $72-2200 \text{ 個体/m}^2$ 、 $1.7-13.7 \text{ g/m}^2$ （湿重）である。この調査で得られたクヌギ林とケヤキ林での密度と現存量、 $120-380 \text{ 個体/m}^2$ 、 $1.4-8.5 \text{ g/m}^2$ （湿重）はコナラ林とクヌギ林での値の範囲に含まれる。ハンノキ林での 1060 個体/m^2 、 19.8 g/m^2 （湿重）もコナラ林とクヌギ林での値の範囲であるが、大きな値である。

大型土壌動物の垂直的分布は浅い層に限られた（図2）。どの調査地点でも、動物のほとんどは有機物層と10cmの深さまでの土壌から採集され、20cmより深い層からは採集されなかった。1996年のクヌギ林の斜面中部と下部、1997年のクヌギ林の斜面上部とケヤキ林の斜面中部と下部およびハンノキ林の斜面下部では10-20cmの深さからも動物が採集されたが、1996年のクヌギ林以外での個体数はわずかであった。

土壌動物は、一般的には、深さ10cmまでの浅い層に多いが、それより深い層にも分布する。Watanabe（1973）は京都府芦生の天然混交林とスギ林で深さ50cmまで大型土壌動物を調査している。それによると、天然混交林では40-50cmの層まで、スギ林では30-40cmの層まで大型土壌動物は分布している。10-20cmの深さの層には有機物層に比べ、密度では同じかやや少ない、現存量ではより多い動物が生息している。これに比べると、段丘上の落葉広葉樹林での土壌動物の垂直的分布は明らかに浅い層に限られている。

土壌動物群集を構成する分類群の密度を図3に示

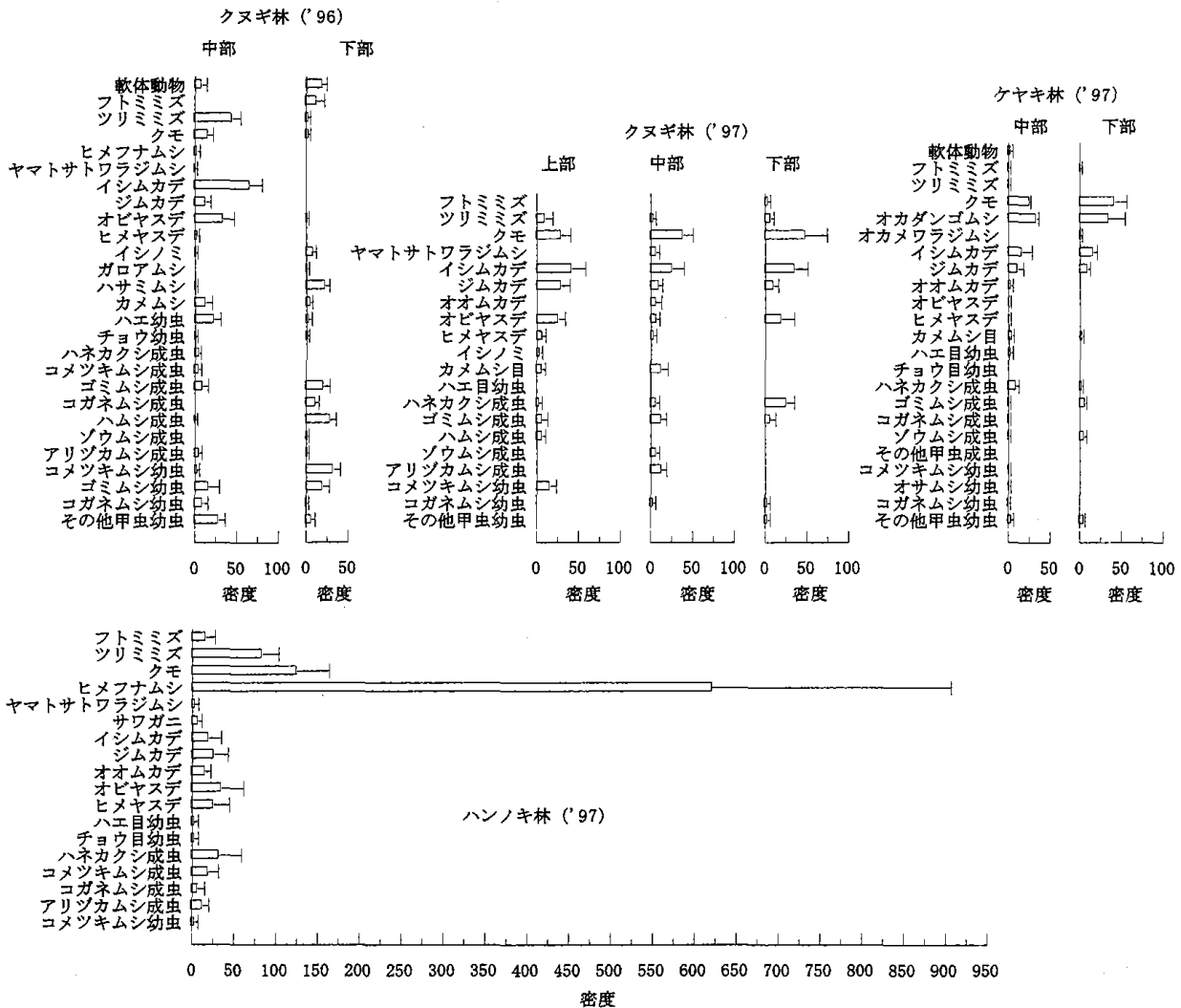
す。クヌギ林ではイシムカデ、ジムカデ、オビヤスデ、クモ、甲虫幼虫が主要な動物群で、特に密度の高い群はない。出現分類群数は1996年が23(斜面上部)と20(斜面下部)で、1997年の12(斜面上部)、14(斜面中部)、10(斜面下部)より多い。この違いは昆虫類の出現分類群数が1997年には少なかったことによる。ケヤキ林では斜面中部、下部ともワラジムシ類、クモ、イシムカデ、甲虫成虫が多い。この林に出現したワラジムシ類はオカダンゴムシである。出現分類群数は20(斜面中部)と11(斜面上部)であった。ハンノキ林での密度はクヌギ林とケヤキ林よりも著しく高いが、その56.5%をワラジムシ類(ヒメフナムシ)が占めている。それに加えて、クモ、ツリミズ、甲虫幼虫とヒメヤスデも他の調査地よりも多い。

図4は各調査地での動物の分類群ごとの現存量で

ある。クヌギ林では1996年の斜面中部におけるオビヤスデとツリミズが顕著である。ただし、オビヤスデは大型種1個体が採集されただけである。ケヤキ林ではワラジムシ類(オカダンゴムシ)の割合が特に高く、総現存量の44.0%(斜面中部)と80.5%(斜面下部)を占めている。ハンノキ林では、イシムカデ、フトミミズ、ツリミズ、サワガニが現存量の大きい動物群で、密度の高いワラジムシ類の現存量に占める割合はそれほど大きくはない。

2-3. 大型土壌動物群集の類似性

図5の左図に示すように、大型土壌動物群集を構成する分類群の共通性は1996年のクヌギ林2ヶ所の間で最も高い。これにケヤキ林中部、1997年のクヌギ林中部と上部、さらにハンノキ林が加わり大きな群となる。1997年のクヌギ林下部とケヤキ林下部との共通



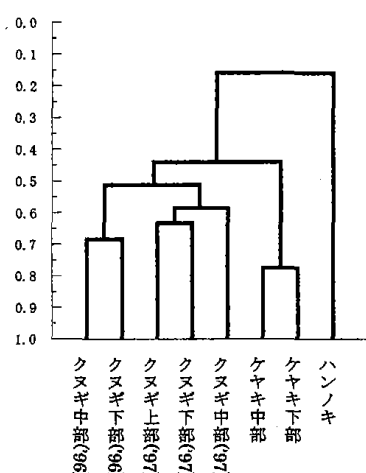
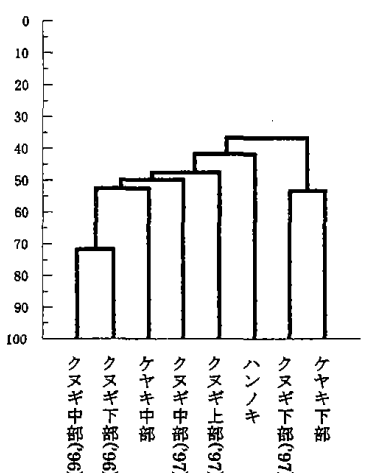
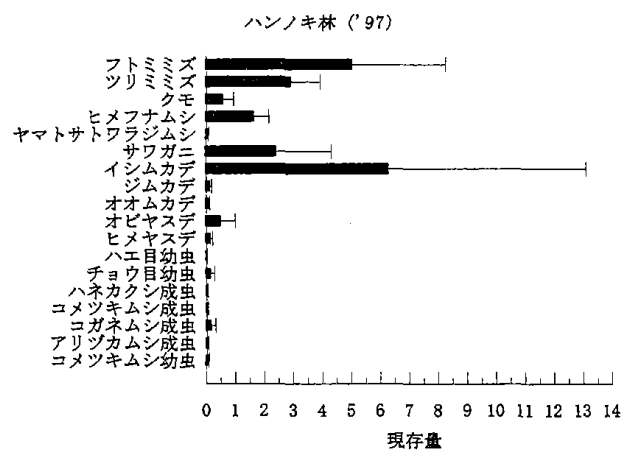
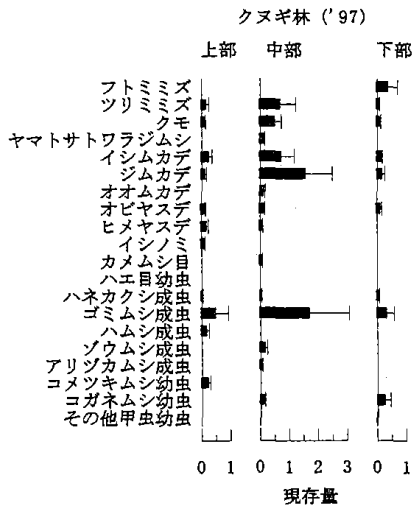
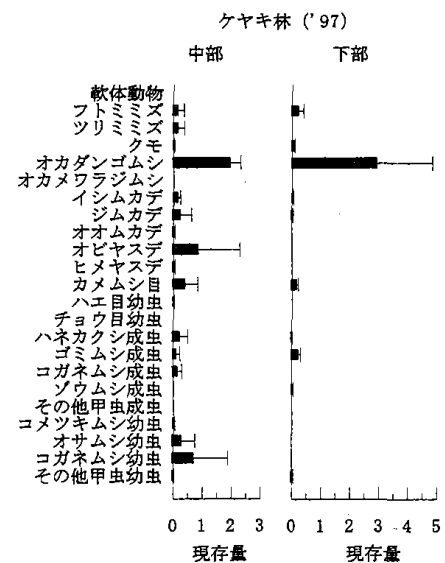
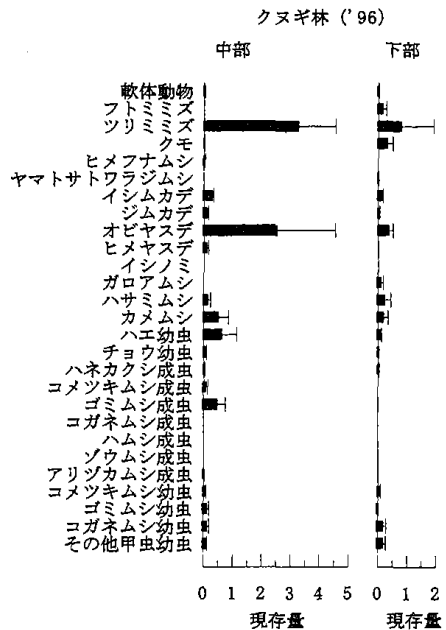


図5. 大型土壌動物群集の類似性
 左図は Jaccard の共通係数, 右図は Whittaker の群集類似性を Mountford 法によりデンドログラムに描いた。

性も高い。この2調査地点は、どちらも斜面下端の林縁部にあり、出現分類群数が少ない。大型土壌動物群集を構成する分類群各々の密度も考慮すると、図5の右図に見るように、クヌギ林の土壌動物群集は相互によく似ている。この中では、同一年に調査された調査地間での類似性がより高い。ケヤキ林の中部と下部は最も類似性が高い。ハンノキ林と他の林との類似性は著しく低い。

2-4. 斜面林の大型土壌動物群集

段丘斜面上の落葉広葉樹林には、他の立地の落葉広葉樹林での密度と現存量の範囲の中位以上に相当する多くの大型土壌動物が生息している。

斜面林における大型土壌動物群集の特徴の一つは、土壌表層への集中である(図2)。調査した斜面は礫の上に有機物が堆積し、土壌は薄い。クヌギ林中部では有機物層の直下が大きさ数 cm の円礫の堆積で、礫と礫の間には何も詰まっていない所(図6)、隙間にミミズの糞が詰まっている所、小礫を多量に含む緻密な土壌の堆積している所などわずかな距離で土壌の構造は変化した。いずれにしても土壌は発達し



図6. クヌギ林の土壌有機物層の下は直ちに礫である。

ていない。ケヤキ林では有機物層の下は大小の礫を多量に含む硬い土壌であった。この2つの林に湧水はなく、堆積有機物は乾燥していた。そのため、土壌動物のほとんどが有機物層とその下10 cm までの深さから採集された。これとは対照的にハンノキ林では、斜面の傾斜はケヤキ林とクヌギ林より緩やかで、黒色の土壌は多量の水分を含み、その下の礫層からは水が湧き出している。地表の堆積有機物量は他の2つの林での堆積有機物量の半分あるいはそれ以下であった。この状況がやはり大型土壌動物を土壌表層に集中させている。

大型土壌動物の密度と現存量は、クヌギ林とケヤキ林では、1996年のクヌギ林中部の現存量が多かった

ことを除き、同じようなものであった(図1)。すなわち、段丘規模、主要樹種、斜面上の位置は大型土壌動物の密度と現存量に大きな違いはもたらさない。ハンノキ林での密度と現存量がクヌギ林とケヤキ林での密度と現存量より多かつたことは、湧水が、したがって有機物層および土壌の水分量が土壌動物群集に大きな影響を与えることを示している。

水分条件の重要さは群集の類似性においても示された。大型土壌動物群集を構成する分類群の共通性からは不明瞭であったが、各々の分類群の密度も考慮すると、クヌギ林とケヤキ林の土壌動物群集は1群となり、ハンノキ林の土壌動物群集はこれとは別の群となった(図5、右図)。恵まれた水分条件は生物の活動を高め、有機物の分解を促進する。ハンノキの落葉は窒素化合物を多量に含み、分解速度が高く、腐食性の土壌動物にとっての可食性も高い。ハンノキ林の堆積有機物量が少なく、土壌動物の密度と現存量が高いことは、この場所での土壌動物の活動の高さを示唆している。

今回の調査では、調査した3つの段丘斜面の林はそれぞれ主要樹種が異なる。斜面間の土壌動物の違いが主要樹種の違いによるのか、あるいは段丘斜面の長さや傾斜度の違いによるのか区別しがたい。しかし、段丘斜面の長さは、したがって、その斜面に成立している林の規模は大型土壌動物群集に影響するようである。図5の右図に示されたように、クヌギ林とケヤキ林での大型土壌動物群集はそれぞれ類似性が高いが、ケヤキ林での類似性は特に高い。クヌギ林の斜面は長大で、林内では森林の環境形成作用が働いている。これに対し、斜面のケヤキ林は斜面の規模が小さく、クヌギ林の斜面中部に比べれば、斜面中部の環境は林縁的である。このことがケヤキ林中部と下部での大型土壌動物群集の類似性を特に高くしている要因の一つであろう。

今回の調査における問題の1つとして、調査枠の数が上げられる。共通性が最も高かつたのは1996年のクヌギ林の2地点間であり、この2地点では出現した分類群の数も多かつた(図5、左図)。この時は10枠から動物を採集している。斜面上の落葉の堆積量は同じような斜面上の位置でも地表の起伏や植生の有無によって異なる。密度の低い動物群を補足するには調査枠の大きさと数を検討する必要がある。

もう1つの問題は分類・同定のレベルである。フラ

ジムシ類は種レベルで同定された。クヌギ林ではヤマトサトワラジムシとヒメフナムシが出現したが密度は低かった。ケヤキ林のワラジムシ類は、オカメワラジムシ1個体を除き、すべてオカダンゴムシであった。ハンノキ林のワラジムシ類はヤマトサトワラジムシ2個体を除き、すべてヒメフナムシであり、その密度は著しく高かった。このように、ワラジムシ類は調査地によって出現する種と密度が異なり、環境の違いによく対応している。このように、各々の動物群について同定のレベルを上げるならば、斜面上の林における土壤動物群集の多様性をより明瞭に捉えられよう。

引用文献

- 金子信博 (1987) ササラダニの群集構造. 日本の昆虫群集 (木元・武田編, 東海大学出版会), 69-76.
- Tsukamoto J. (1977) Soil macro-animals on a slope in a deciduous broad-leaved forest. I. Two species of terrestrial isopoda: *Ligidium japonicum* and *L. paulum*. Jpn. J. Ecol., 26: 201-206.
- Tsukamoto J. (1985) Soil macro-animals on a slope in a deciduous broad-leaved forest. II. Earthworms of Lunbricidae and Megascolecidae. Jpn. J. Ecol., 35: 37-48.
- 堤 利夫 (1987) 森林の物質循環. 東京大学出版会
- 新島溪子 (1982) 土壤動物. 森林土壌の調べ方とその性質 (森林土壌研究会編), 189-213. 林野弘済会
- 新島溪子・藤田桂治・松本久二 (1994) 汚泥堆肥類の施用に伴う林地の土壤動物の変化とその影響. *Edaphologia*, 52: 33-51.
- 松本久二・新島溪子 (1993) アカマツ林及びコナラ林における落葉落枝の分解と大型土壤動物の季節変動. 森林総研研報, 364: 51-68.
- 渡辺弘之 (1971) 森林における大型土壤動物の落葉粉碎と土壤耕耘に関する研究. 1. 個体数・現存量と環境要因. 京演報, 44: 1-19.
- Watanabe H. (1973) Effects of stand change on soil macro animals. J. Jpn. Forstry, 55: 291-295.