

## 論文の内容の要旨

森林科学専攻  
平成10年度博士課程 進学  
氏名 Musyafa

指導教官名 古田公人

論文題目 Ecological study of soil macroinvertebrates in urban open space with special reference to the effects of canopy tree species and artificial acid rain

(樹種と人工酸性雨が大型土壌動物に与える影響に関する生態学的研究)

近年の世界的な規模での都市化の進行により大都市の緑地は市民生活の上でますます重要なものとなっている。そうした都市緑地の維持管理の上で土壌生態系の健全性を保つことは重要な課題であるが、その主要な構成員である土壌動物に関してはこれまでそれほど関心が払われてこなかった。

土壌動物は有機物の粉砕と分解、土壌の耕起と攪拌に重要な役割を果たしており、土壌動物の活動は土壌の物理化学性に関係するとともに、昆虫類、鳥類、その他の動物の食物として都市緑地の動物群集を支える機能をも有している。他方、緑地の樹種構成、住民の利用、近年の環境汚染は土壌動物に少なからぬ影響を与えるものと考えられる。

本研究は都市緑地の大型土壌動物の土壌生態系における機能を明らかにするとともに、緑地の樹種構成、また近年とくに問題になっている酸性雨が大型土壌動物群集にどのような影響を与えるかを解析し、大型土壌動物の保全の観点から都市緑地の土壌生態系の管理について考察を加えるものである。

野外調査は東京都田無市にある東京大学附属演習林、田無試験地で行った。ここには小面積ではあるがアカマツ、クロマツ、スギ、ヒノキ、シラカシ、コナラ、モウソウチクなどの群落の他、広葉樹二次林が存在している。

樹冠を構成する植物が大型土壌動物群集に与える影響に関する調査はスギ林、各種マツ林、

シラカシ林、コナラ林、広葉樹二次林内のアオキ群落、モウソウチク林の 6 林分 7 地点（アオキについては密度の異なる 2 地点）で、1999 年 8 月から 2000 年 5 月まで合計 5 回、それぞれ 1 地点あたり 25 個のピットフォール・トラップを使用して行った。その結果、樹冠を構成する樹種によって大型土壤動物群集には若干の違いがあることが明らかになった。類似性からみればそれらの動物群集は針葉樹類林（スギ、各種マツ林）、*Quercus* 林（シラカシ、コナラ）、その他の林（広葉樹二次林内のアオキ群落、モウソウチク林）の 3 つに大別されることが明らかになった。また、距離的に近いほど大型土壤動物群集の類似性は高いこと、夏期には樹冠の疎密の程度とリターの含水率が大型土壤動物群集構造に影響を与えていることが明らかになった。

もっともふつうにみられ、また腐食者として重要な働きをしていると考えられるオカダンゴムシについて群落別の個対数と食物条件との対応を室内飼育によって調べた。オカダンゴムシの個対数は二次林内のアオキ群落で最も多く、次いでモウソウチク林に多かった。これに対して、コナラ、シラカシ、スギ林にはわずかしかなかった。アオキ、コナラ、シラカシ、スギのリターを食物として 25 °C の恒温槽で飼育したところ、アオキのリターでは成長も良好で生存率も高かった。しかし、コナラの落葉を食物とした場合には十分な成長を示さず、また生存率も低かったこと。このことから、コナラ林に少ないことには食物条件が関与していると考えられた。シラカシとスギのリターについては成長においても生存率においてもマイナスの現象は認められず、これらのリターは食物としては問題がないことと考えられる。こうしたことから大型土壤動物の分布には食物以外の条件が関与していると考えられた。

土壤動物の個対数とバイオマスの季節変化を見るため、1998 年 5 月から 2000 年 2 月まで 7 回、0.0625 m<sup>2</sup> のコードラートをスギ林とコナラ林にそれぞれ 8 個設定し、深さ 5cm までの土壌とリターを採集し、土壤動物についてはハンドソーテイングで調査した。分類群ごとにみると、個対数ではワラジムシとムカデ類がスギ林では合計約 68 %、コナラ林では 57 %、バイオマスではミミズ類はスギ林でおおよそ 64 %、コナラ林では 62 % を占めていた。スギ林とコナラ林という環境の違いに関しては個対数とバイオマスに関しては大きな違いはなかったが、ピットフォール・トラップ調査で観察されたと同様に群集構造には違いが見られ、その違いは春に顕著であった。

大型土壤動物の土壤生態系における機能とその制限要因としての土壌の堅密度の影響を明らかにするため、オカダンゴムシ、マクラギヤスデ、2 種のミミズを土壌堅密度とリターを違えた条件下で飼育し、スギ、モミ、アオキ、ケヤキ等の各種リターに対する食物選好、スギとアオキに対する摂食量と排泄量、土壌の耕起と攪拌能力を調べた。オカダンゴムシは針葉樹と落葉広葉樹ともに食物として選好したが、土壌の攪拌は行わず、リターを噛み砕いて糞として排泄するところに関与している。マクラギヤスデはオカダンゴムシと同じような働きをしている。フトミミズはスギとアオキの両種を摂食したが、シマミミズは

どちらをも摂食しなかった。しかし、両種共に土壌中に坑道を掘り、土壌の耕起と攪拌の機能を持っていた。土壌堅密度に関しては、土壌堅密度が  $0.4 \text{ g / cm}^3$  までなら坑道を掘ることができものの、 $0.5 \text{ g / cm}^3$  以上では掘ることができなかった。人間活動などによる土壌の堅密化はミミズ類など土壌中に潜入する動物の活動を制限することが明らかになった。

酸性雨の与える影響を野外において明らかにするため、土壌動物のいない土壌を直径  $20 \text{ cm}$ 、深さ  $17 \text{ cm}$  のポットに入れ、スギ林とコナラ林の林床にそれぞれ  $135$  個ずつ  $1996$  年  $4$  月に設定し、あわせて林縁から  $3 \sim 10 \text{ m}$  ほど離れた無立木地に  $1995$  年  $4$  月に  $180$  個設置し、それぞれに硫酸の人工酸性雨 ( $0.015 \%$  と  $0.030 \%$ ) あるいは対照区として水道水を  $400 \text{ ml}$  ずつ週に  $1$  度の頻度で毎年  $4$  月から  $9$  ないし  $10$  月まで散布し、 $1$  ないし  $2$  年後に形成される土壌動物群集を調べた。その結果、大型土壌動物の個対数、バイオマスはともに水道水を散布した場合よりも硫酸水を散布した場合が小さい傾向にあり、酸性水が土壌動物群集に与える影響は明らかに認められた。とくにワラジムシではその差は顕著であり、またミミズ類にも同様の傾向が認められた。ワラジムシのような陸生甲殻類は土壌生態系の中の重要な腐食者であり、ミミズ類は土壌の物理的、化学的、微生物的形成にとりわけ重要な役割を果たしているものである。このような動物に酸性水の影響が顕著に認められたことは酸性雨が大型土壌動物群集だけではなく、物質循環にも大きな影響を与えることが示唆された。

酸性水の影響がワラジムシに明瞭に認められたが、ワラジムシは飼育が難しく、酸性水がどのような筋道をとって影響を与えるかを知ることが困難であるため、同じ陸生甲殻類であるオカダンゴムシを室内で飼育して酸性水が影響の解析を試みた。(1) まず、酸性水の直接的な影響を見るため硫酸水を直接その体表面にかけたところ、酸性水による明瞭な負の影響と考えられる現象は認められなかった。(2) 次に、オカダンゴムシに  $\text{pH } 2, 4, 6$  の硫酸水に浸漬したアオキを与えた場合にはオカダンゴムシの成長と生存率は低下した。以上のことから、大型土壌動物に与える酸性雨の影響には直接的なものと同接的なものがあるが、体表面が堅いクチクラでおおわれているオカダンゴムシの場合には間節的なものの方が大きいと考えられた。これに対し、体表面がやわらかいミミズやワラジムシのようなものでは直接的な影響が大きいのではないかと考えられるが、その点については確認はできなかった。

土壌の生態系の中では土壌動物は落葉の粉碎や分解、土壌の耕起と攪拌といった環境形成作用だけではなく、鳥類や昆虫類、リスやモグラなどの哺乳類などの食物として複雑な食物連鎖を支える役割をも果たしている。したがって、緑地の管理にあたってはこうした土壌動物の働きを高めるような形で手入れが行われることが望ましい。そのためには、まず緑地にはさまざまな種類の樹木を植えて土壌動物群集の多様性を高めるような方策が今後とも維持される必要がある。とくに、針葉樹と広葉樹の林では土壌動物群集に違いがあったことから考え、針葉樹と広葉樹のそれぞれが植栽されることが望ましい。

人間活動の高密化に伴う土壌の堅密化の進行はミミズのような土壌中に穿入する動物にはその活動の障害となることがあきらかにされたことから、土壌の著しい堅密化は土壌生態系の保全の観点からは避けられなければならない。

今日では地球的な規模で、とりわけ都市においては酸性雨が降ることは普遍的な現象になりつつあるが、酸性雨はワラジムシやミミズのような腐食者の生息にとりわけ顕著なマイナスの影響を与えるので必要によっては（石灰の散布のような）なんらかの手段を講じることが望ましい場合も生じるであろう。酸性雨が大型土壌動物に与える影響に関する作用機作の解明に関してはさらに多くの種についての解明が必要であること、また野外実験においてはもう少し弱い酸性水についての長期にわたる影響の解明が必要であることを指摘しておきたい。