

研究レポート

No.50

森林の小面積の伐採は、土壌動物に どのような影響を与えるのか

福山研二・松浦陽次郎

1. はじめに

北海道は、7割近くを森林に覆われた森林王国である。なかでも、天然林が占める率は群を抜いて高い。しかし、戦後の急速な人工造林地の拡大に伴い、特に広葉樹の良質な天然林が失われてきた。こうした広葉樹は、かつては輸出材として高価格で取り引きされ、多くの外貨を稼いだものである。近年、広葉樹材の枯渇とともに、環境資源としての広葉樹林の重要性も指摘されるようになり、広葉樹林の再生技術は、これからの森林管理を考える上でも、非常に大切なことである。また、最近の地球レベルの環境悪化問題に対処するためには、できるだけ環境や生き物の豊かさを圧迫しないような森林管理方法の実施が必要である。しかし、広葉樹は針葉樹に比べると、苗木を生産して人為的に植栽する、いわゆる人工造林が難しいものが多い。人件費も高騰している現在においては、自然の回復力に期待した天然更新技術の開発が望まれる。

通常の天然更新においては、天然林の中の大

きな木を切り倒して、収穫し、そのあとに自然に生えてくる稚樹を育てていく方法がとられることが多い。この方法は択伐施業法と呼ばれ、北海道の天然林においてもっとも普通に行われている。しかし、この方法が、実際にどの程度森林環境や森に住む生き物に影響を与えるのか、まだよくわかっていないのが現状である。

そこで、天然林施業が実際に森林環境にどのような影響を与えるかを明らかにするために、造林や樹木生理、土壌、昆虫、水、鳥獣などの様々な立場からの共同研究が行われた。今回は、その研究の中から、特に森林の基盤ともいえる土壌への影響を土壌に住んでいる微少な生き物の立場から眺めてみようと思う。

2. 土壌動物とは

さて、表題にもある「土壌動物」っていったいなんだろうか。一般にはあまり耳なじみがないかも知れないが、代表選手として「ミミズ」といえば「ああ、なーんだ」と納得されるであろう。そう、土壌動物とは読んで字の通り

「土の中に住んでいる小さな動物たち」のことである。

土の中には、みなさんが想像もしないほど多くの種類の、そしてたくさんの数の動物が住んでいる。今回の主役はミミズではなく「ダニ」や「トビムシ」である。「えー!ダニが土の中にすんでるの!」と驚かれると思うが、ここでいうダニは人の血を吸うマダニやイエダニとは違い、森の土の中にいて、落葉や菌類を食べているダニのことである。

土の中にはササラダニと呼ばれるダニの仲間がたくさん住んでいる（写真1）。このダニは1種類ではなく、たくさんの種類がある。日本で600種くらい記録されており、今後も増えると予想されている。同じく土の中にはトビムシとよばれる昆虫が住んでいる（写真2）。これも種類が多く、数百種類以上が日本で記録されている。

ササラダニとトビムシは土の中に住んでいる動物としては、両横綱とよべるほど、数も種類も多いのである。北海道の天然林でだいたい1m四方の土の中に数万頭から数十万頭住んでおり、種類も数十種ほどいる。ざっと見積もると片足の下に1,000頭ほどのダニやトビムシをふみつける勘定になる。

これらのダニやトビムシの多くは、主に落葉の腐ったものや、それに生えている菌類を食べている。そのため、落葉を土に戻す大切な役割を果たしているといわれている。森林を伐採したりして、これらの動物の数が変化すると、土に戻す働きなども影響を受けることになる。

しかし、これらの生き物は、単に落葉を食べて土に戻しているだけではなく、他の役割もしていることがわかってきた。

その一つが、これから述べる環境を評価する指標としての役割である。

3. 指標生物

その環境がどのような状態にあるのかは、普通、温度計やpHメーターなど様々な物理化学的な分析法で調べることが多い。しかし、測定機器や分析装置を使った方法では、手間やお金がかかったりして、実施が難しいことも多い。また、たとえできたとしても、測定したときの

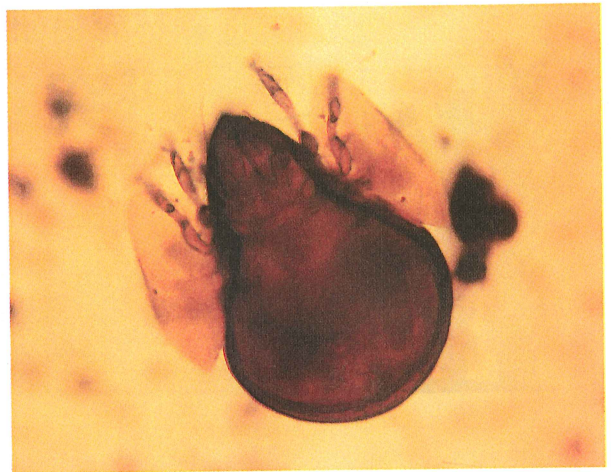


写真1 フリソデダニ（ササラダニ類）の一種



写真2 トビムシ類の一種

状態しかわからない。たとえば、土の中の湿り具合などは、たまたま測定した前日に雨が降れば、たとえ普段は乾燥しているような所でも、湿った状態になってしまい、あやまった評価をしてしまいかねない。それに対して、その場所の環境をある程度長期間にわたり総合的に評価する方法がある。それは、そこに生息している生物を指標に環境を評価しようというものである（評価に用いる生物を指標生物という）。この方法の利点には、科学的な測器がなくても環境の評価が可能であること、個別の調査ではわからないことが総合的に評価できること、などがあげられている。代表的な指標生物としては水質の評価法に使われる水生昆虫があり、実用に使われている場合も多い。

しかし、水生昆虫以外では、まだそれほど方法が確立しているものはない。土壤動物は水生昆虫と同じように環境を評価する指標生物として利用が可能であると指摘されており、指標生物として利用する上での基準作りの仕事も、いくつか行われている。特にササラダニ類はそのなかでも有力なグループであるとされている。その理由としては、個体数、種類数が多いこと、採集が簡単であること、比較的分類記載が進んでおり市販の図鑑を用いて属程度のレベルであれば同定が容易であること、ほとんどの陸上生態系に生息していること、特定の植物種に依存しないこと、さまざまな環境に敏感な種や鈍感な種が存在すること、などがあげられよう。

4. 小面積伐採の影響

森林を小面積に伐採した場合、どのような変化が予想されるだろうか。そして、それは大面積の場合とどのように違うのだろうか。

- 1) 森林を伐採すると日当たりが良くなり、風通しも良くなるため温度、湿度の変化が激しくなる。しかし、面積が小さい場合は、その影響は大きくないだろう。
- 2) 上の木がなくなると雨が遮断されずに直接落ちてくると、樹木による蒸散がないため、土壤の水分は増加するだろう。
- 3) 上の木がなくなるため、落葉の量が減り、土に有機物がたまらなくなるだろう。しかし、面積が小さい場合は、周辺からかなり落葉が供給されるだろう。
- 4) 伐採行為により土がかき乱されて、有機物や土が流れ出し、土壤動物も死んでしまうだろう。
- 5) 伐採地での落葉の分解が早くなれば、落葉の供給が少ない分、有機物層が薄くなり土壌が劣化するだろう。

さて、そこでこれらの仮説が本当であるのかを確かめるために、実際に天然林において小面積の伐採地を作り、その環境の変化を総合的に調べることにした。今回は、特に土壌環境と落葉の分解系に影響を与える土壤動物と、その環境指標としての可能性についても報告する。

5. 試験地

伐採試験地は、札幌市豊平区羊ヶ丘にある森林総合研究所の実験林内に設定した。伐採予定地を中心として 90m 四方の試験地を設定し、10m おきに格子状に杭を打ち、伐採前の樹木分布図と稚樹の分布図を作成した（図 1）。試験地は 80 年ほど前に山火事を受けた再生二次林でシラカンバが多く、ミズナラ、イタヤカエデ、シナノキなどが生えている。この場所の中心に直径 30m の伐採予定区を設け（写真 3）1995 年 3 月に伐採した。今回は、伐採による地表攪乱の影響を少なくするため、積雪期に伐採をし、人手により材を搬出した。

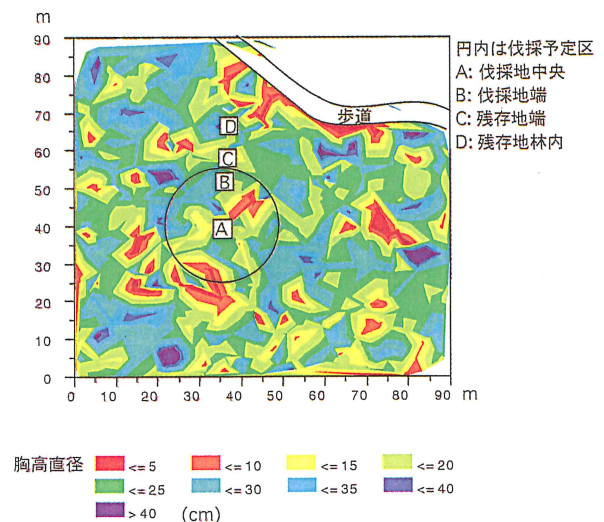


図1 調査地の概要と樹木の大きさ分布



写真3 伐採試験地中央付近

6. 調査地での環境

伐採後の土壌中 5cm の深さの温度を見ると、初夏から 8 月の初めまでは、伐採地の方が温度が高くその変動も大きかったが、8 月以降は変わらなくなった（図 2）。これは、初夏の夏至の頃は太陽高度が高く、狭い伐採地でも日が射すのに対して、8 月以降は低くなるため、伐採地が日陰になってしまうためではないかと思われる。土壌水分は伐採地も残存地もほとんど変わりはなかった（図 3）。落葉の量は、伐採地では減少することが明らかになった（図 4）。

7. 伐採が土壌動物相に与える影響

皆伐予定地の中心と周辺および残存地の皆伐地との隣接地域と奥において土壌サンプルを採取し、中の土壌動物を調査した。調査は、伐採前と伐採後 2 年間行った。

伐採前：伐採前の調査地における中形土壌動物の分布をみると、ササラダニ類（Oribatida）は伐採予定地の方が多く傾向が見られ、トビムシ類（Collembola）とケダニ類（Prostigmata）は伐採予定地の周辺に多く傾向が似ていた。他のグループではそれほど違いはなかった（図 5）。

伐採直後：伐採 3 ヶ月後の 7 月では、ササラダニ類は全体に減少したが、伐採区の方がより顕著に減少し、残存区との差が縮まった。トビムシ類は伐採区や残存周辺でやや減少した。トゲダニ類（Mesostigmata）は伐採区と残存周辺で増加し、残存中心では減少した。ケダニ類は伐採周辺で減少した他はほとんど変化しなかった（図 5）。

伐採 8 ヶ月後：11 月では、ササラダニ類、トビムシ類、ケダニ類は再び増加し、トゲダニ類も増加した。しかし、全体に伐採による顕著な個体数減少は認められず、むしろやや増加する傾向がつよかった。ササラダニ類をさらに細かく見ると、主要種であったナミツブダニとクワガタダニは伐採予定区で元々多かったものが、伐採後減少し他の地域と同じ程度になった。また、他の種でも個体数の多いものはほぼ同様の傾向が認められた。土壌の有機物量は、各地域において伐採前も伐採後もそれほど変動はなかった（図 6）。

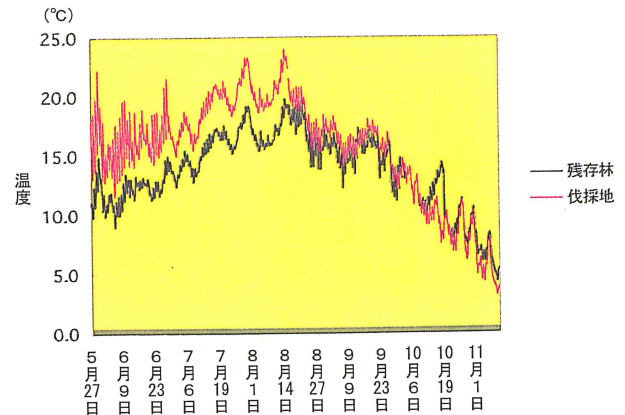


図2 調査地の伐採地と残存地での深さ5cmでの土壌温度変化（1996）

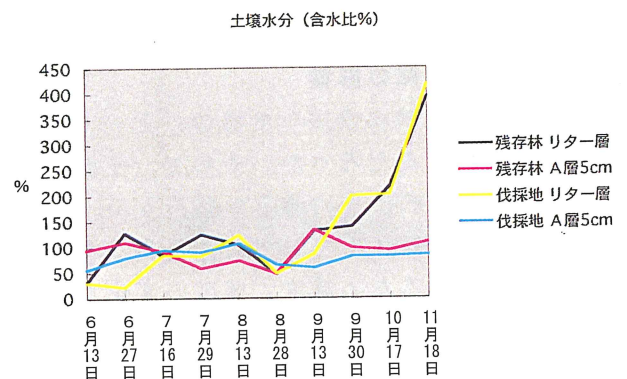


図3 調査地の伐採地と残存地での深さ5cmとリター層での土壌水分（含水比%）の変動

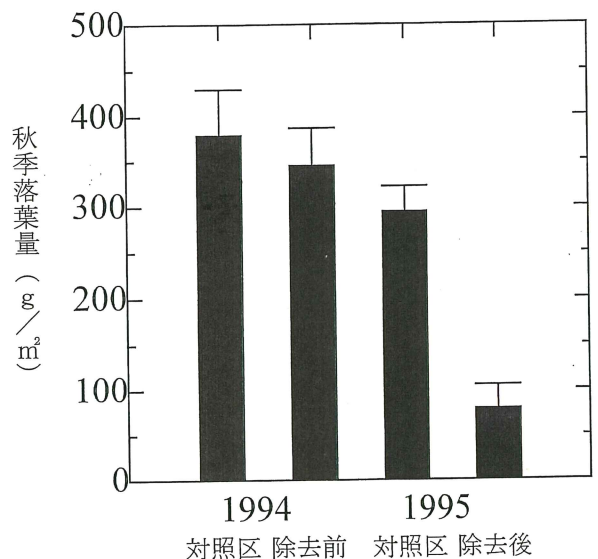


図4 伐採（林冠除去）による秋季落葉量の変化

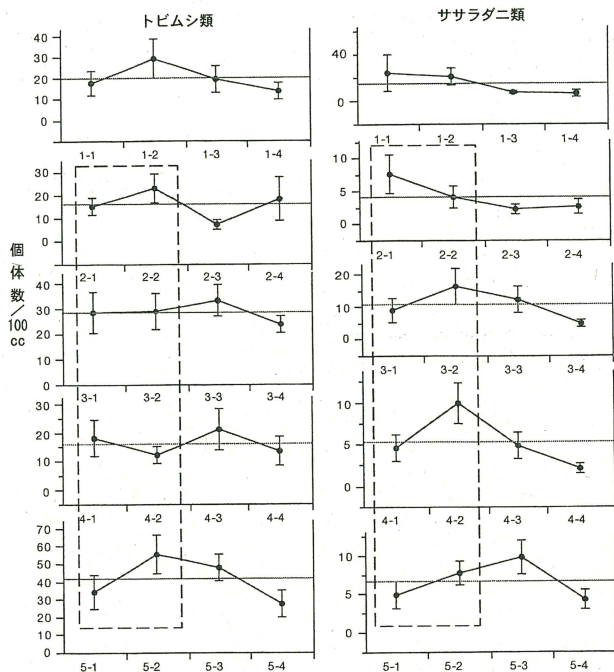


図5 伐採前と伐採後における調査地のトビムシ類とササラダニ類個体数

上から1993年11月, 1995年7月, 1995年11月, 1996年8月, 1996年11月

左から伐採地中央, 伐採地端, 残存地端, 残存地林内

破線内は伐採地を意味する

伐採後2年目: 全体的には残存林と変わらないいかむしろ増加する傾向が見られた。ササラダニ類では、ニセコイタダニが伐採地で増加する傾向がみられた他は、あまり変わりがなかった(図7)。

調査地での堆積有機物の量を見ると、伐採前は伐採予定地のリター(落葉)堆積量が多いことがわかる。ササラダニ類が伐採予定地でやや多かったのは、これが一つの要因ではないかと思われる。伐採後は伐採地でも残存地でもあまり変わらなくなったが、2年目になると伐採前にくらべ、伐採地でのリター堆積量が少なくなっているようである。これは、やはり伐採地ではリター供給量が少ないためであると思われる。堆積リター量が伐採1年目ではそれほど減少しなかったのは、後述のリターバッグでの調査結果でもわかるように、落葉の分解速度が遅いためであると思われる。

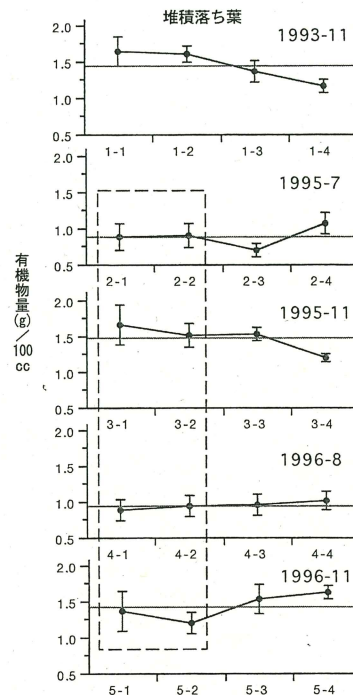


図6 伐採前と伐採後における調査地の堆積有機物量(未分解の落葉)

上から1993年11月, 1995年7月, 1995年11月, 1996年8月, 1996年11月

左から伐採地中央, 伐採地端, 残存地端, 残存地林内

破線内は伐採地を意味する

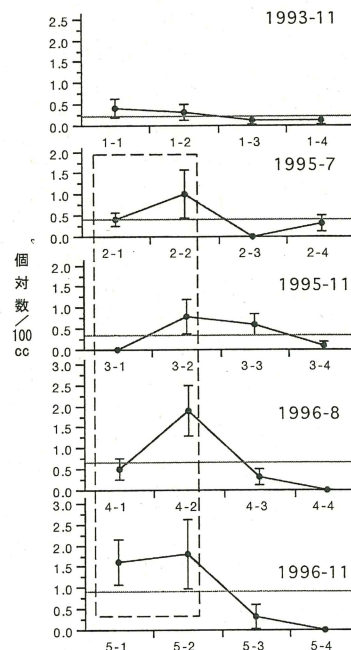


図7 伐採前と伐採後における調査地のニセコイタダニ(ササラダニ類)

上から1993年11月, 1995年7月, 1995年11月, 1996年8月, 1996年11月

左から伐採地中央, 伐採地端, 残存地端, 残存地林内

破線内は伐採地を意味する

これらのことから、直径が 30 メートルほどの小面積の皆伐では伐採後は中形土壤動物に対して顕著な影響は認められなかったといえる。これまでの伐採の影響の報告においても、寒冷地域で平坦なところでは伐採直後は個体数は減少するよりもむしろ増加する傾向が認められている。伐採予定区が元々ササラダニ類の個体数が多かったため、伐採によって減少したものの対照の残存地域と差がでなかった。これは、残存地域に調査以前に人為的攪乱があったためかもしれない。

8. リターバッグによる落葉の分解実験

試験地内の主要広葉樹であるイタヤカエデ・ミズナラ・ハリギリ・シナノキ・シラカンバの 5 種の落葉を網の袋（リターバッグ）に入れて伐採地と残存地にそれぞれ設置した。半年後と 1 年後に回収し落葉の分解程度と土壤動物の生息状況を比較調査した（写真 4）。

落葉の分解速度は、伐採地でも残存地でもほとんど変わりなかった。しかし、樹種の違いは明確に認められ、イタヤカエデが最も早く分解が進み、次いでハリギリ、シラカンバ、シナノキの順となり、ミズナラが最も遅かった（図 8）。ミズナラは特に初期の半年間の減少率が低かった。この期間は、主に冬期間であるため、微生物や動物による生物的な分解ではなく、水溶性の物質が雨水等によって溶け出す現象があまり起こらなかったことを示している。それに対して後半はやや分解速度が増加しており、生物による分解がやや進んだことを示している。いずれにしても、最も早く分解したイタヤカエデですら 1 年で 45% ほどしか減少しないことから、すべてが分解するには数年を要することがわかった。

リターバッグに生息していた土壤動物をみると、トビムシ類は設置半年後でも 1 年後でも伐採地と残存地の間で個体数に有意な差はなかったが（表 1、図 9）、落葉の種類については半年後で有意差がみられ 1 年後では有意差がなくなった（図 10）。ケダニ類も伐採の影響はなく、リターの違いによる有意差が半年後にのみ



写真4 リターバッグの設置状況

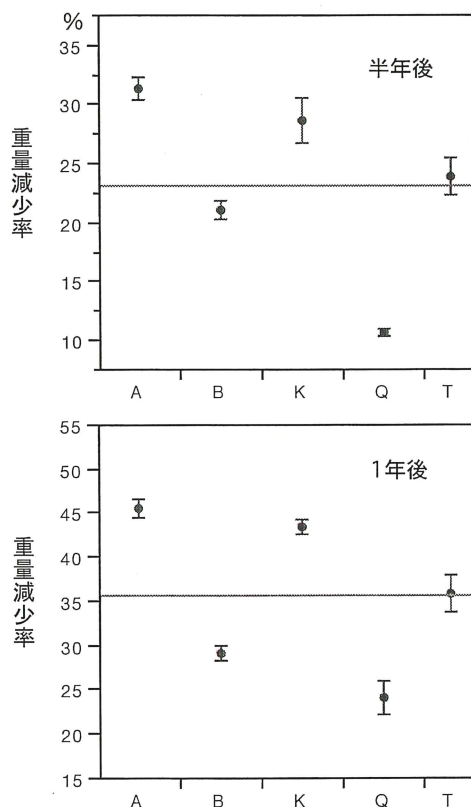


図8 5種の落葉の重量減少率

A: イタヤカエデ, B: シラカンバ,
K: ハリギリ, Q: ミズナラ, T: シナノキ

みられた。ヤドリダニ類は伐採による影響はなく、落葉による違いは 1 年後でのみみられた。ササラダニ類は半年後では伐採の影響はなく、落葉による違いで有意差がみられたが、1 年後では伐採の影響でもリターの違いでも有意差が

	伐採	リター	設置時間
ササラダニ類	**	**	**
トビムシ類	n.s	4月*	**
トゲダニ類	n.s	10月*	**
ケダニ類	n.s	**	**
<i>Zygoribatula</i>	n.s	**	**
<i>Scheloribates</i>	n.s	*	n.s
<i>Damaeidae</i>	n.s	n.s	**
<i>Carabodes</i>	n.s	n.s	**
<i>Neoribates</i>	n.s	*	~*
<i>Tectocepheus</i>	n.s	n.s	**
<i>Eupelopus</i>	n.s	*	*
<i>Oppiella</i>	n.s	n.s	*
<i>Ceratoppia</i>	n.s	n.s	**

表1 リターバッグによる伐採や樹種、設置期間が中形土壌動物に与える影響の分析結果
(3元分散分析) n.s: 有意差なし
*: 5%有意差あり, **: 1%有意差あり

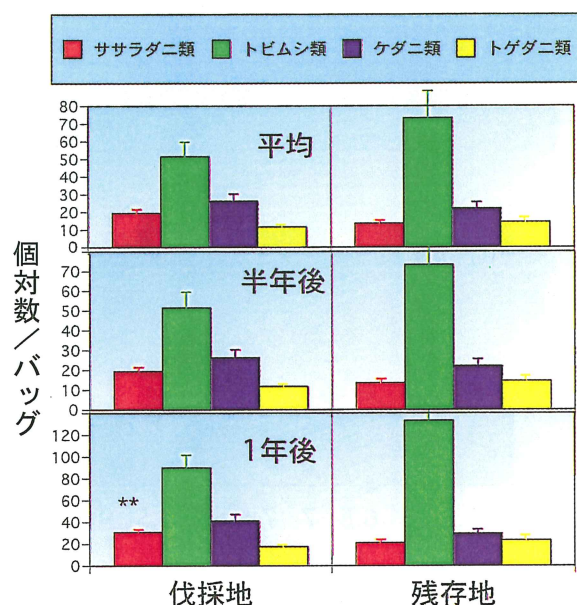


図9 伐採地と残存地でのリターバッグ内の中形土壌動物
(*: 5%有意差, **: 1%有意差)

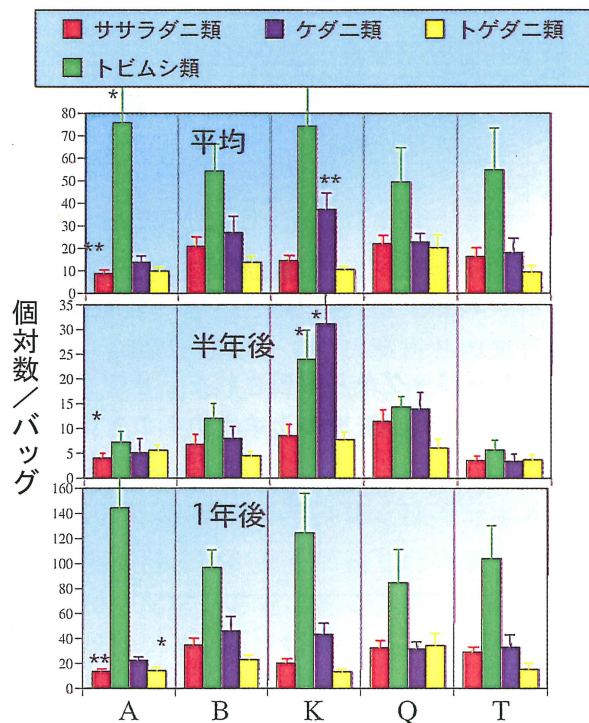


図10 落葉の種類ごとの中形土壌動物
A: イタヤカエデ, B: シラカンバ,
K: ハリギリ, Q: ミズナラ, T: シナノキ
(*: 5%有意差, **: 1%有意差)

みられた (図 10)。ササラダニ類は、設置半年後も 1 年後でも、落葉の乾燥重量と個体数の間に正の相関が見られたことから落葉量に依存していることがわかる (図 11, 12)。これに対して、トビムシ類は落葉量とは相関がみられなかった。これは、ササラダニがかなり落葉などの有機物に依存しているのに対して、トビムシは菌類に依存しているものが多いためではないと思われる。ただし、この傾向は 1 年後ではみられないことから、落葉の質的違いは設置時間とともに少なくなっていく可能性が示唆された。

ササラダニ類の中で、土壌に比べて落葉中に多く出現したのは、オトヒメダニの一種とニセコイタダニであり、ニセコイタダニの方は、分解が進むにつれて増加する傾向が見られた (図 13)。このことから、この 2 者はある程度未分解の落葉を好むことが示唆された。

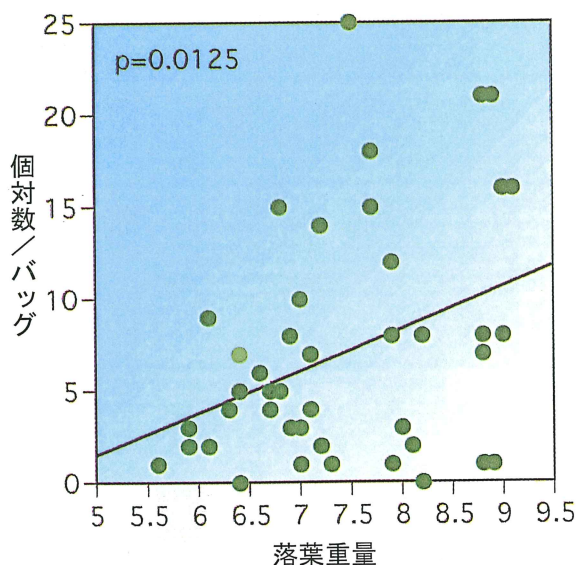


図11 リターバッグ内の落葉重量とササラダニ類個体数の関係（半年後：4月）

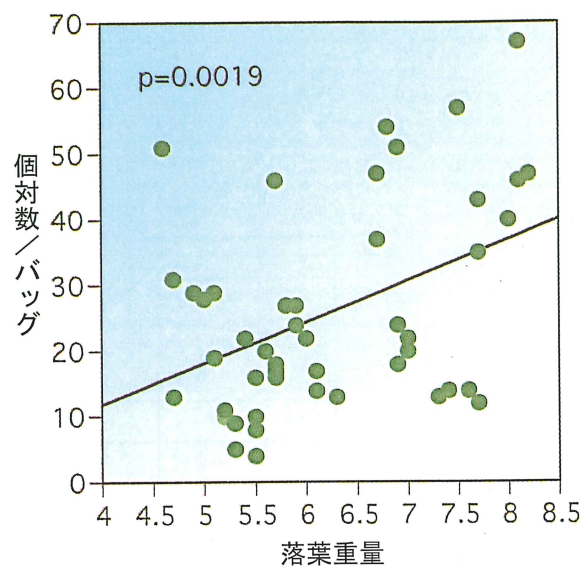


図12 リターバッグ内の落葉重量とササラダニ類個体数の関係（1年後：10月）

10. まとめ

さて、これらの結果をみると、小面積の伐採の場合、地表に影響を与えないように注意をすれば、土壤環境にそれほど大きな影響を与えないことが明らかとなった。また、落葉の分解速度もそれほど変わらなかったが、樹種によって分解速度は異なり、土壤動物の反応もそれにつれて異なっていた。

ササラダニの中には、オトヒメダニ類やニセコイタダニのように伐採によって増加するようなものもみられた。この2種は森林よりは、草原で良く出現することが知られており、小面積の伐採であってもある種の生物から見れば、草地化の傾向が進んでいることがわかる。また、菌類食者であるトビムシ類を見ることによって、微生物の活動状況もある程度は推測できそうである。このように、指標生物を活用することによって環境の微妙な変化を評価できる可能性が明らかになったわけである。ただし、土壤動物を使って環境を評価する方法を実用化するためには、まだまだ、多くの基礎研究を行っていかなければならない。

（この研究は大型別枠研究「生態秩序」によって行われたものである。）

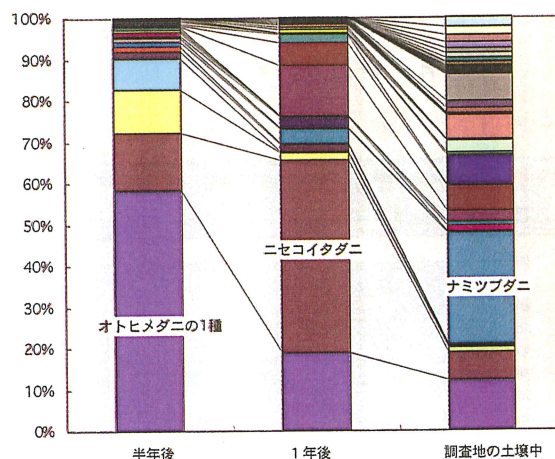


図13 リターバッグから捕獲されたササラダニ類の種構成（調査地の土壌中のものと比較した）

研究レポート No. 50

平成11年12月3日発行

編集 森林総合研究所北海道支所

〒062-8516札幌市豊平区羊ヶ丘7

電話 (011) 851-4131

URL <http://www.ffpri-hkd.affrc.go.jp>