千葉中央博自然誌研究報告 特別号 1：267-276. 1994年3月.

生態園における土壌動物群集の経年変化

I サンプリング方法の検討

小作明則[1]・石井規雄[2]・伊藤雅道[3]・角南桂子[4]
長谷川雅美[5]・山口 剛[5]

[1] 独協医科大学
〒321-02 栃木県下都賀郡壬生町北小林880
[2] 千葉県立松戸秋山高等学校
〒271 松戸市秋山682
[3] 森林総合研究所関西支所昆虫研究室
〒612 京都市伏見区桃山町永井久太郎官有地
[4] 東邦大学理学部
〒274 船橋市三山2-2-1
[5] 千葉県立中央博物館
〒260 千葉市中央区青葉町955-2

要 旨 千葉県立中央博物館生態園において土壌動物相の継年変化を調べるための調査方法の検討を行った．土壌資料の容積と数が結果に及ぼす影響を調べるために，25 cm×25 cm×5 cm の土壌資料を3個，10 cm×10 cm×5 cm の土壌資料を5個，5 cm×4 cm×5 cm の土壌資料を20個を採集し，ツルグレン装置を使い土壌資料中から動物を分離抽出した．採集調査は，生態園植物群落園内のススキ草地，タブ林，イヌシデ・コナラ林の3つの植生タイプにおいて，1990年6月と1990年11月の2回行った．そして，その動物群数と生息密度及び多様度を比較検討した．その結果，調査地に与える攪乱を少なく，しかもより多くの動物群を把握するためには10 cm×10 cm×5 cm の土壌資料をより多く採取する方が適切であることが示唆された．

キーワード：土壌動物，生態園，ツルグレン装置，ササラダニ，方形枠法．

千葉県立中央博物館では千葉県内の代表的な植生を再現し，展示することを目的とした生態園を1989年2月に開園した．この生態園は自然教育の場としてだけではなく，失われた自然を回復させるための大規模な生態学的野外実験の場でもある．生態園の維持管理と将来おこなわれる研究のためには，開園当初からの生物相の経時変化に関する基礎的データの集積が必要不可欠である．このような計画の一環として，著者らは生態園の代表的な3つの植生，タブ林，ススキ草地，コナラ林において，各植生下の土壌動物群集が植生の発達にともなってどのように変化するかを経年的に調査することにした．

土壌動物の採集方法には，ベイトトラップ，ハンドソーティング法，ツルグレン法，ベールマン法，殺虫剤燻蒸法等の各種が考案されている（青木，1973）．このうち，湿性動物以外の土壌動物では，その大きさや分類群にかかわらず，効率良く採集ができる適当な方法は，野外から採集した土壌資料をツルグレン装置にかけ，土壌中に生息する動物を抽出するツルグレン法である．しかし，他の方法にも共通する問題として以下の問題がある．まず，土壌中では，各種の動物の分布が不均一なため，調査地域の土壌動物相を正確に反映するように土壌資料をサンプリングすることが困難な点，土壌塊を採取することによって調査地の環境そのものを改変してしまう点，そして，抽出されたサンプルからの各動物群を選り分けるために多大な労力と時間がかかる点，などである（渡辺，1973）．なかでもサンプルサイズの問題は特に重要であるが，ある一定の地域の土壌動物相を正確に推定するためには処理不可能なほどきわめて多量のサンプルが必要であるという計算がある（青木，1978）．現状では，各調査に投資できる労働力や時間に応じて採取する土壌資料の数や大きさが研究者の経験によって任意に決められているようである．このような不詳の部分があるとはいえ，他の方法と比べてツルグレン法はサンプルから土壌動物を選り分ける労力の節約という面ですぐれており今後も多用されるものと思われる．その際に，調査結果を有用なものとするためには，同一の環境条件下

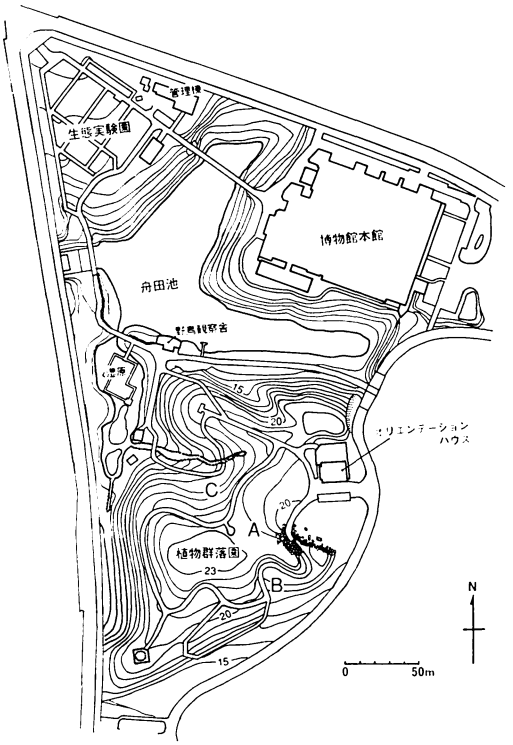

図 1. 千葉県立中央博物館生態園内の調査地点.

において，土壌資料のサイズや数が結果にどのような影響を与えるかを予め明らかにしておくことが肝要である.

そこで，本報では 3 つのサイズの土壌資料を採取し，その中に含まれる土壌動物をツルグレン装置により抽出し，それらの結果を比較して土壌資料の大きさと数が出現種数や推定される生息密度，多様度に及ぼす影響を検討した.

調査地および方法

調査地

調査は，千葉市中央区青葉町にある千葉県立中央博物館に附属する生態園 (6.6 ha) の植物群落園で行った. この生態園は，1980 年に移転した農林水産省畜産試験場の跡地に作られた. 植物群落園はタブ林，スダジイ林，アカガシ林，モミ林，アカマツ林，ススキ草地，シラカシ林，イヌシデ・コナラ林，マダケ林，湿原より構成されており，造成および植栽工事により作られた (中村他，1990). これらの工事は 1987 年 12 月より始められ 1989 年 2 月に完成し一般に公開された. 生態園では，開園後，自然に侵入・定着する雑草などの除去は植栽木の生長に影響する場合を除いて行っていない. また，殺虫剤・殺菌剤・肥料などの農薬類も使用していない. これらの植物群落のうち生態園の植生を代表すると考えられるイヌシデ・コナラ林，タブ林とススキ草地において調査を行った (図 1).

調査地点の概要

ススキ草地 (図 2A): 1987 年の造成工事の際に表土を剝ぎ取り，その上にローム土と山砂の混合土を 20 cm の厚さで敷いた. 1988 年 12 月にススキを植栽した. ススキの生育は第 1 回，第 2 回調査時ともに悪く，かろうじて植物体が枯死せずに株を保っている状態であり，調査地域全体の景観は裸地に近い状態であった.

タブ林 (図 2B): 1987 年の造成工事の際に表土を剝取られ，ローム層がむき出しにされた場所に，1988 年 5 月に直接タブを植栽した. 第一回調査までに，1 年が経過している. 林床にはタブの落葉がまばら散在し，70% ぐらいの被度で雑草に覆われていた. タブの根系は地表近くまで細根を発達させていた.

イヌシデーコナラ林 (図 2C): 他の 2 地点とは異なり表土剝ぎ取り等は行わず，1989 年に千葉県四街道市の雑木林より高木層を構成するコナラとイヌシデを移植した. 林床にはササ類がすでに生育し，リターの堆積も比較的厚かった.

採集方法

標本採集には国内における土壌動物の生態学的調査研究で比較的よく用いられている 3125 cc (25×25×5 cm，大型方形枠)，500 cc (10×10×5 cm，中型方形枠)，100 cc (5×4×5 cm，小型方形枠) の 3 種類の方形枠を用いた. サンプル数は 1 回につき大型方形枠を 1 地点につき 3 個 (計 9375 cc)，中型方形枠を 5 個 (計 2500 cc)，小型方形枠を 20 個 (計 2000 cc) とした. 採集した土壌は 2 時間以内にツルグレン装置に投入し，40W 白熱電球を 72 時間照射し土壌中の動物を 80% エチルアルコール中に分離抽出した. 分離した大形土壌動物 (青木 1973 の定義による) は目あるいは科のレベルで個体数を算定し，小形土壌動物は目のレベルで個体数を算定した. さらに小形土壌動物群中ササラダニ類は成虫のみ種レベルまで同定し，それぞれの種の個体数を算定した. ササラダニ類の同定には江原 (1980) と Balogh and Mahunka (1983) を使用した. 調査は上記の 3 地点から 1 回の調査を 2 日間かけて行い，これまでに 2 回行った (第 1 回: 1990 年 5 月 30 日，同年 6 月 3 日，第 2 回: 1990 年 11 月 13 日，同年 11 月 16 日).

結　　果

大形土壌動物

生態園の 3 つの植生タイプから小型枠，中型枠，大型枠の 3 つの方法によって採集された大形土壌動物

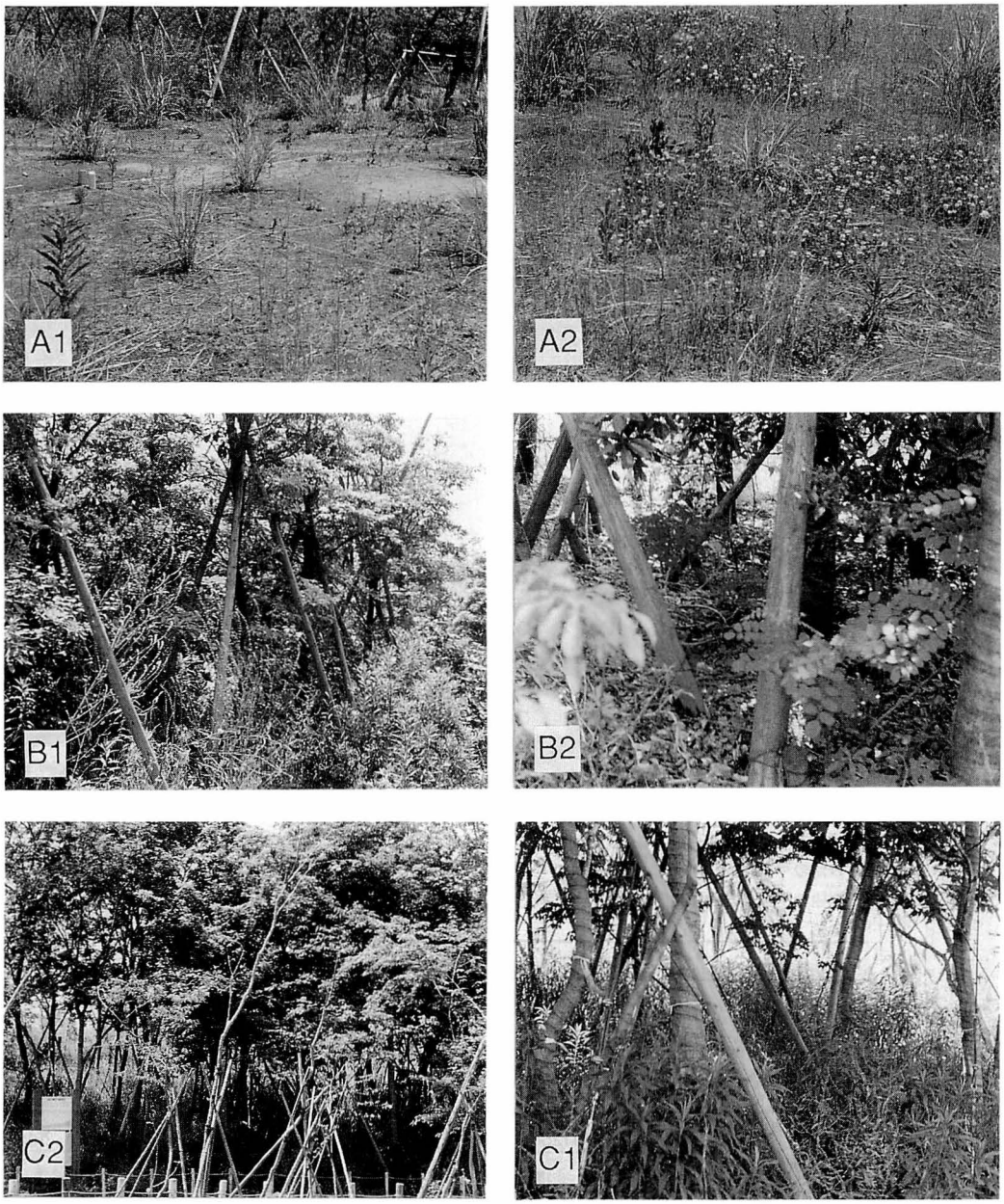

図 2. 調査地点の景観．A1：ススキ草地の全景，A2：ススキ草地の林床，B1：タブ林の全景，B2：タブ林の地表，C1：イヌシデ・コナラ林の全景，C2：イヌシデ・コナラ林の林床．1990 年 6 月に撮影．

を表 1 に示した．採集できた動物群数は，6 月および 11 月の両調査ともススキ草地が最も少なく，イヌシデ・コナラ林とタブ林はほぼ同じくらいであった．

図 3 には，小型枠，中型枠，大型枠の 3 つの方法によって採集された動物群数と採取した土壌量の関係が示してある．6 月と 11 月のタブ林と 11 月のススキ草地の結果は，大形動物群数は土壌量の増加とともに増加し，採集方法の違いに関係がないことを示している．しかし，6 月のススキ草地と 6 月と 11 月のイヌシデ・コナラ林の結果は，中型枠による採集の方が他の小型枠と大型枠による採集よりも効率が良いことを示している．

表 2 には，小型枠，中型枠，大型枠の 3 つの方法によって得た結果より，それぞれ推定した大形動物の生息個体密度を示してある．方形枠の大きさよって同じ場所・時期でも推定値が違うことがわかる．最も大き

表 1. 各調査地点に生息していた大形土壌動物

動物群	6月			11月		
	ススキ草地	タブ林	コナラ林	ススキ草地	タブ林	コナラ林
線虫類	—	—	○	—	—	—
陸生貝類	—	—	○	—	—	—
貧毛類	○	○	○	○	○	○
真正クモ類	○	○	○	○	○	○
ワラジムシ類	—	○	○	○	○	○
ダンゴムシ類	—	—	○	—	○	○
ヨコエビ類	—	○	○	—	○	○
エダヒゲムシ類	○	○	○	○	○	○
ヤスデ類	—	○	○	○	○	—
ジムカデ類	—	○	○	—	○	○
オオムカデ類	—	—	—	—	○	—
イシムカデ類	○	○	○	○	○	○
コムカデ類	○	○	○	○	○	○
カマアシムシ類	○	○	○	○	○	○
ナガコムシ類	—	○	○	—	○	○
ハサミコムシ類	○	○	○	—	○	○
コオロギ類	○	○	—	—	—	—
アザミウマ類	○	○	○	○	○	○
チャタテムシ類	—	—	○	○	○	○
半翅類	○	○	○	○	○	○
ウスバカゲロウ類幼虫	—	○	—	—	—	○
鱗翅類幼虫	—	○	○	○	○	○
双翅類幼虫	○	○	○	○	○	○
ハネカクシ類成虫	○	○	○	○	○	○
アリヅカムシ類成虫	—	—	○	—	○	○
その他の甲虫類成虫	○	○	○	○	○	○
その他の甲虫類幼虫	○	○	○	○	○	○
アリ類	○	○	○	○	○	○
出現動物群数	15	22	25	17	24	23

表 2. 3つの採集方法によって推定された各調査地点の大形土壌動物の生息密度

		3125cc (n=3)		500cc (n=5)		100cc (n=20)	
	植生タイプ	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
1990 年6月	ススキ草地	283	197	1400	725	350	585
	タブ林	907	452	3580	1392	5350	5160
	イヌシデ・コナラ林	725	379	6040	3071	3225	1660
1990 年11月	ススキ草地	1040	356	1040	358	1875	3050
	タブ林	768	227	420	268	2500	1600
	イヌシデ・コナラ林	1664	738	2840	1804	2025	1600

表 3. 3つの採集方法によって推定された各調査地点の大形土壌動物の多様度

		3125cc (n=3)		500cc (n=5)		100cc (n=20)	
	植生タイプ	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
1990 年6月	ススキ草地	4.17	1.61	3.63	0.95	0.06	0.22
	タブ林	7.58	0.82	4.95	1.85	2.29	2.08
	イヌシデ・コナラ林	5.57	1.50	4.24	1.26	4.24	3.83
1990 年11月	ススキ草地	4.15	2.32	4.05	2.98	1.04	4.48
	タブ林	7.29	2.57	3.75	4.37	3.30	1.84
	イヌシデ・コナラ林	5.77	1.14	4.81	4.59	2.89	3.43

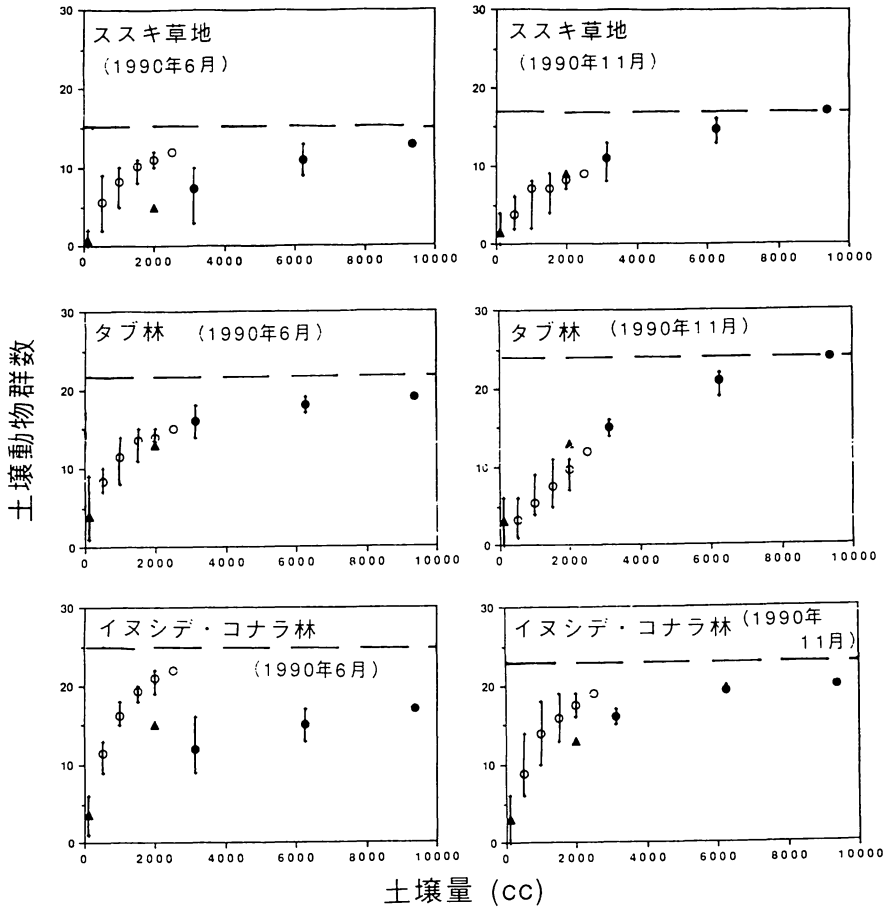

図 3. 採取土壌量と大形土壌動物群数の関係. ▲: 小型枠 (100 cc), 20 個の採取により得られた結果, ○: 中型枠 (500 cc), 5 個による結果, ●: 大型枠 (3125 cc), 3 個による結果. 棒は平均値, 付いていない点は絶対値を示す. これらの値は, 個々の枠により得られた結果を組み合せることによって導き出した. 横破線は総大形動物群数を示す.

表 4.　各調査地点に生息していた小形土壌動物

動物群	6月			11月		
	ススキ草地	タブ林	コナラ林	ススキ草地	タブ林	コナラ林
ササラダニ類	—	—	—	—	—	—
Palaeacarus hystricinus	—	○	○	—	—	○
Rhysotritia ardua	○	○	○	—	○	○
Eohypochthonius parvus	—	○	—	—	—	○
Eohypochthonius crassisetiger	○	○	○	—	○	○
Hypochthonius rufulas	—	—	—	—	○	—
Haplochthonius simplex	—	○	—	—	—	—
Liochthonius spp.	○	○	○	○	○	○
Epilohmannia pallida pacifica	—	○	—	—	—	—
Epilohmannia ovata	—	—	—	—	○	—
Nothrus biciliatus	—	—	○	—	○	○
Heminothrus peltifer	—	—	○	—	—	—
Trhypochthonius sp.	—	—	—	—	—	○
Damaeoidea spp.	—	○	○	—	○	○
Microzetes auxiliaris	—	○	○	—	○	○
Fosseremus quadripertitus	—	—	—	—	○	○
Eremobelba japonica	—	—	○	—	—	○
Cultroribula lata	—	○	—	○	○	○
Tectocepheus spp.	○	○	○	○	○	○
Dolicheremaeus elongatus	—	—	—	—	—	○
Archoppia arcualis	—	—	○	—	○	○
Machuella ventrisetosa	—	○	—	—	—	—
Operculoppia restata	—	—	—	—	○	—
Oppia neerlandica	—	—	—	—	○	—
Oppia tokyoensis	—	○	—	—	○	—
Oppia sp. A	—	○	—	—	○	—
Oppia sp. B	—	○	—	—	○	—
Oppia sp. D	—	—	—	—	○	—
Oppia sp. 1	—	○	—	—	○	—
Oppia sp. *1	—	—	—	—	○	—
Oppia sp. 32	—	○	—	—	○	—
Oppia sp.* 4	○	—	—	—	—	—
Oppia sp. C	—	○	—	—	○	—
Oppia sp.	—	—	—	—	○	—
Oppiella nova	○	○	○	○	○	○
Quadroppia quadricarinata	○	○	○	○	○	○
Striatoppia opuntiseta	—	○	—	—	—	—
Oppiidae sp.	—	—	○	—	—	○
Suctobelbella spp.	○	○	○	○	○	○
Suctobelbila tuberculata	—	○	—	—	—	—
Autogneta sp.	—	○	—	—	—	—
Oripoda sp.	—	—	—	—	—	○

い推定値間の違いは，6月のイヌシデ・コナラ林で得られた結果であり，大型枠で得られた最も小さい推定値と小型枠で得られた最も大きい値の違いは8.3倍にもなる．逆に，最も推定値間の違いが小さかったのは，11月のイヌシデ・コナラ林で，大型枠で得られた最も小さい値と中型枠で得られた最も大きい値の違いは1.7倍しかない．全体的に大型枠による推定値は小さい傾向にあり，11月のススキ草地とタブ林の調査を除く，4つの調査では大型枠により得られた推定値が小型枠と中型枠で得られた推定値より小さかった．

小型枠，中型枠，大型枠の3つの方法によって得た結果よりそれぞれ多様度β（森下，1967）を計算した（表3）．多様度も，枠のサイズによって違いが大きい．どの調査においても大型方形枠で得られた値が最も大きく，小型枠で得られた推定値が最も小さかった．

小形土壌動物

生態園の3つの植生タイプから小型枠，中型枠の2

表 4. 続き

Oribatula sakamorii	—	○	—	○	○	—
Scheloribates sp.1	○	○	○	○	○	○
Scheloribates sp.2	○	○	○	○	○	○
Tuberemaeus sp.	—	—	—	—	—	○
Peloribates ryukyuensis	—	—	—	—	—	○
Peloribates longisetosus	—	—	—	—	○	—
Peloribates barbatus	—	—	—	—	○	—
Xylobates sp. L	—	○	—	—	○	—
Xylobates sp. 1	—	○	—	—	—	—
Xylobates sp. 2	—	○	○	—	○	—
Ceratozetes sp.	—	—	—	○	○	○
Trichogalumna magnipora cap.	—	—	○	—	—	○
Trichogalumna sp.	○	○	○	○	○	○
ヤドリダニ類	○	○	○	○	○	○
ケダニ類	○	○	○	○	○	○
ホコリダニ類	○	○	○	○	○	○
コナダニ類	○	○	○	○	○	○
フシトビムシ類	○	○	○	○	○	○
マルトビムシ類	○	○	○	○	○	○
イボトビムシ類	—	○	○	○	○	○
合計	17	38	27	18	42	34

表 5. 3つの採集方法によって推定された各調査地点の小形土壌動物の生息密度

		500cc (n=5)		100cc (n=20)	
	植生タイプ	平均	標準偏差	平均	標準偏差
1990 年6月	ススキ草地	76980	26610	6575	8960
	タブ林	97660	56920	37225	28655
	イヌシデ・コナラ林	57860	45000	18065	43025
1990 年11月	ススキ草地	59540	55140	36475	66195
	タブ林	54000	15380	70700	36260
	イヌシデ・コナラ林	40960	23370	60600	42440

つの方法によって採集されたササラダニ類と他の小形土壌動物群を表4に示した．採集された動物群数は，6月および11月の両調査ともススキ草地が最も少なく，タブ林が最も多かった．図4に，小型枠，中型枠の2つの方法によって採集された動物群数と土壌資料の量の関係を示した．どの調査においても，2つの採集方法間の採集効率に違いはあまりなく，単に小形動物群数は土壌サンプルの量の増加とともに増加している．

表5には，小型枠と中型枠の2つの方法によって得た結果より，それぞれ推定した小形動物の生息個体密度を示してある．両者の推定値には，同じ場所・時期でも違いがある．6月の調査では，どの植生タイプでも中型枠で得られた推定値が高いが，11月の調査ではイヌシデ・コナラ林とタブ林では小型枠で得られた推定値が高かった．2つの方法によって推定された値の差は1.6倍から11倍もあった．

小型枠，中型枠の2つの方法によって得た結果よりそれぞれ小形動物群の多様度βを計算した（表6）．多様度も枠のサイズによって違いがある．どの調査においても中型枠で得られた値が大きく，小型枠で得られた推定値が小さかった．

考　察

狭い地域の土壌動物相を長期間にわたりモニターリングするためには，調査自体による土壌環境の攪乱を

表 6. 3つの採集方法によって推定された各調査地点の小形土壌動物の多様度

		500cc (n=5)		100cc (n=20)	
	植生タイプ	平均	標準偏差	平均	標準偏差
1990 年6月	ススキ草地	1.89	1.31	0	0
	タブ林	4.35	0.98	1.83	0.47
	イヌシデ・コナラ林	3.70	0.94	2.77	0.79
1990 年11 月	ススキ草地	1.15	1.053	0.06	0.26
	タブ林	5.49	1.459	5.91	2.24
	イヌシデ・コナラ林	4.48	0.8757	3.51	1.19

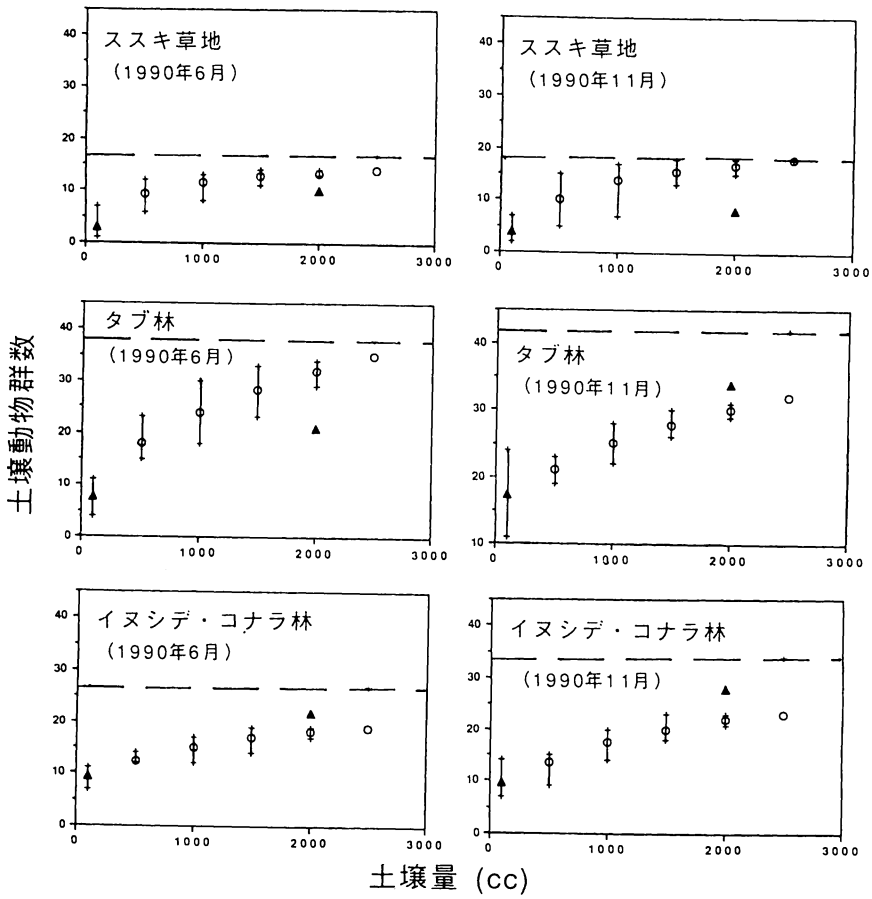

図 4. 採取土壌量と小型土壌動物群数の関係. ▲: 小型枠 (100 cc), 20 個の採取により得られた結果, ○: 中型枠 (500 cc), 5 個による結果, ▲: 大型枠 (3125 cc), 3 個による結果. 棒は範囲を示し, 棒がついている点は平均値, 付いていない点は絶対値を示す. これらの値は, 個々の枠により得られた結果を組み合わせることによって導き出した. 横破線は総小形動物群数を示す.

できるだけ小さくすることが望ましい．そのためには，より少ない土壌資料でその地域の土壌動物の種組成および生息密度を代表するようにサンプルを採集することが要求される．

今回の調査結果は，3種類の枠のサイズにかかわりなく，土壌資料の量の増加に比例して動物群数が増加することを示している．しかし，いくつかの場合では中型枠による採集の方が他の2つのサイズの枠による採集よりも効率良く多くの動物群を得ている．したがって，同じ量の土壌を採取するのであれば小型枠や大型枠を使うよりは中型枠を使用した方がより多様な土壌動物が採集できることが期待できる．

また，今回の調査の場合，採取した土壌資料の量そのものが，各植生タイプに生息している土壌動物の種組成を把握するのに十分であったかは疑わしい．なぜならば，採取した土壌の量と動物群数の関係をみると，多くの場合，両者の関係は増加途中にあり飽和に達しているようには見えないからである．この結果は土壌動物相の解明のためには，比較的土壌動物相が単純であると想像できる場所でも今回採取した土壌よりかなりの多量の土壌資料が必要であることを示している．しかし，先にも述べたように狭い地域の土壌動物相の遷移を長期間にわたりモニターリングするためには，調査自体による土壌環境の攪乱をできるだけ小さくしなければならず，採取する土壌資料の量をできるだけ少なくする必要がある．この制約は，一定地域内の土壌動物相の完全な把握とその変遷を追跡することを困難にするものである．そのため，土壌動物相を正確に示すことのできる土壌資料の採取量が明確でない時点では，同一の方法で推定した動物相および推定値の相対的な変化のみを問題にするのが最良の方法といえる．つまり，長期モニタリングを主目的とした調査では最適な方法がない以上サンプリング方法をむやみに変えないことが重要である．

生息密度を推定する場合，枠サイズにより値に大きな違いがある場合が多かった．そのため今回の調査では，どの値が各調査地を代表する妥当な値であるかは判断できない．継続して調査する場合には，同じ方法で推定した値の相対的な変化のみを問題にすべきであろう．多様度についても同様のことがいえる．

数人でソーティング作業をした場合の少ない労力と必要以上の攪乱を土壌環境に与えないようにすることを考慮すると，中型枠のサンプルで10ヶ所から15ヶ所から採取することがより良い方法といえよう．

引用文献

青木淳一．1973．土壌動物学．814 pp．北隆館．東京．

青木淳一．1978．打込み法と拾取り法による富士山麓青木ケ原のササラダニ群集調査．横浜国立大環境科学研究センター紀要 4(1): 149–154.

Balogh, J. and S. Mahunka. 1983. Primitive oribatida of the Palaearctic Region. 372 pp. Akadémiai Kiadō. Budapest.

江原昭三．1980．日本ダニ類図鑑．562 pp．全国農村教育協会．東京．

森下正明．1967．京都付近における蝶の季節分布．森下・吉良編．自然—生態学的研究．pp. 95–132．中央公論社．

渡辺弘之（監修）．1973．土壌動物の生態と観察．146 pp．築地書館．東京．

Changes in Soil Fauna at the Ecology Park Natural History Museum and Institute, Chiba 1: Sampling Methods

Akinori Kosaku[1], Norio Ishii[2], Masamichi Ito[3], Keiko Sunami[4], Masami Hasegawa[5], and Takeshi Yamaguchi[5]

[1] Dokkyo University School of Medicine, Mibu, Tochigi 321-02, Japan

[2] Matudo-Akiyama Highshool, 682 Akiyama, Matudo, Chiba 271, Japan

[3] Kansai Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, Momoyama, Fushimi, Kyoto 612, Japan

[4] Department of Biology, Faculty of Science, Toho University, Miyama 2-2-1, Funabashi, Chiba 274, Japan

[5] Natural History Museum and Institute, Chiba 955-2 Aoba-cho, Chuo-ku, Chiba 260, Japan

Natural vegetation communities from various areas of Chiba Prefecture have been restored at the Ecology Park, Natural History Museum and Institute, Chiba. Regular monitoring of soil fauna is essential for assessment of recovery status and overall health of these restored vegetation communities. This research was designed to establish the most effective and least destructive method for sampling soil fauna and macro fauna. Sampling covered 3 of the Ecology Park's typical vegetation communities; *Miscanthus sinensis* grassland, *Machilus thunbergii* evergreen broad-leaved forest, and *Quercus* spp. deciduous broad-leaved forest. After considering various sampling methods, such as baited traps and hand sorting, the Tullgren funnel method was chosen. Next, experiments were conducted to investigate the effects of the number and size of core samples on analysis results and also the physical impact of sampling on the environment. Three combination were tested and compared.

3 samples 25×25×5 cm

5 samples 10×10×5 cm

20 samples 5×4×5 cm

Comparisons showed that the 10×10×5 cm sample size, collected in substantial numbers, provides a consistent representation of the soil fauna, and also minimized physical disturbance of the restored communities. In the future, the sampling methods identified here will employed in long-term monitoring of soil fauna at the Ecology Park.