

## 論文 (Original article)

### 多摩森林科学園の土壌動物に関する研究 2. 常緑樹天然林における大型土壌動物

新島 溪子<sup>1)\*</sup>・橋本 みのり<sup>2)</sup>

### Studies on soil invertebrates in the Tama Forest Science Garden 2. Soil macrofauna in a evergreen natural forest

Keiko NIIJIMA<sup>1)\*</sup> and Minori HASHIMOTO<sup>2)</sup>

#### Abstract

Soil macrofauna was surveyed in a natural forest of *Abies firma* Sieb. et Zucc. and *Quercus glauca* Thunb., Tama Forest Science Garden, Hachioji, Tokyo, Central Japan. Soil animals were collected using the hand sorting method two or three times a year from May 1997 to April 1999. The soil macrofauna communities contained the groups, which had been thought to live only in undisturbed stands, for example, Opilions, *Ligidium*, Amphipoda, Symphyla, Thysanura etc. The dominant soil animals in number were Oligochaeta (15.6 %), Crustacea (15.6 %), Chilopoda (14.8 %) and Formicidae (14.2 %). Those in biomass were Oligochaeta (60.2 %) and Diplopoda (12.7 %). The density of Isopoda, Diplopoda and Chilopoda attained to the maximum in summer. The total density of soil macrofauna tended to increase in summer, though the difference among seasons was not significant. The biomass of soil macrofauna increased in the year, which had much precipitation.

**Key words :** soil macrofauna, density, biomass, Oligochaeta, Diplopoda, evergreen natural forest, environment

#### 要旨

多摩森林科学園のモミ・アラカシを主とする天然林で、大型土壌動物をハンドソーティング法により、1997年5月から1999年4月まで、年2-3回調査した。採集した土壌動物は、人為の影響の少ない環境にのみ生息するザトウムシ目、ヒメフナムシ属、ヨコエビ目、コムカデ綱、シミ目など、多くのグループを含んでいた。個体数の多いグループはミミズ綱(15.6%)、甲殻綱(15.6%)、ムカデ綱(14.8%)およびアリ科(14.2%)であった。現存量の大きいグループはミミズ綱(60.2%)とヤスデ綱(12.7%)であった。等脚目、ヤスデ綱、ムカデ綱ともに夏に密度が最大になった。大型土壌動物の全個体数も夏に増加する傾向がみられたが、季節間の差は有意ではなかった。現存量は雨の多い年の方が雨の少ない年より大きかった。

**キーワード：**大型土壌動物、生息密度、現存量、ミミズ綱、ヤスデ綱、常緑樹天然林、環境

#### はじめに

この研究は東京都八王子市に位置する森林総合研究所多摩森林科学園(以下科学園と略記)の動植物の実態を明らかにし、教育的資源として活用するとともに、今後の森林管理指針を得るための調査・研究の一環として行われたものである。前報では、科学園の5林分のササラダニ類について調査を行い、未記載種3種と、東京都からの新分布記録種6種を含む84種を確認した(新島・水谷, 2003)。科学園の森林は江戸時代から幕府の直轄地として管理され、1921年からは宮内庁皇室林野局林業試験場として、また、1988年からは森林総合研究所の一支所として保護されてきた。このように永年にわ

たって森林が保護されてきたためと考えられるが、カマアシムシ類、チョウ類および双翅目に関する調査では、いずれも園内の自然環境が良好に保たれていることを示している(今立, 1963; 松本, 2006; 松本ら, 2007)。

一方、科学園の大型土壌動物については、常緑樹天然林における調査結果の一部が報告されているにすぎない(橋本・新島, 2000; 新島・橋本, 2000)。大型土壌動物は森林生態系の物質循環において、大きな役割を果たしていることから、個体数と現存量、季節変動、環境との関係など、各地で多くの研究が行われ、おおまかな傾向が把握されている(青木, 1973; 北沢, 1973; 新島・伊藤, 1996; Petersen & Luxton, 1982; Wallwork, 1970)

原稿受付: 平成 19 年 9 月 25 日 Received 25 September 2007 原稿受理: 平成 20 年 1 月 24 日 Accepted 24 January 2008

1) 元森林総合研究所多摩森林科学園 Tama Forest Science Garden, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

2) 神奈川県立生命の星・地球博物館 Kanagawa Prefectural Museum of Natural History

\* 〒168-0064 東京都杉並区永福 4-12-18 4-12-18 Eifuku, Suginami, Tokyo 168-0064, Japan : e-mail micollkei@yahoo.co.jp

ほか)。また、青木（1989）はハンドソーティング法で得られた土壌動物のグループ組成から、自然の豊かさを評価する「大型土壌動物による環境診断」を提案している。

今回、科学園のモミ・アラカシ天然林において、大型土壌動物の個体数、現存量の変動、および環境条件との関係について調査を行った。これらの結果を既存のデータと比較することにより、科学園の森林における大型土壌動物の特徴を明らかにすることができたので報告する。

### 調査地と調査方法

東京都八王子市甘里町森林総合研究所多摩森林科学園内のモミ・アラカシを主とする天然林で調査を行った。ここはササラダニ類の調査を行った同園内の5林分のうち、出現種数が最も多かった地点である。調査林分の植生および土壌について、詳細は新島・水谷（2003）を参照されたい。

土壌動物の調査は1997年5月に予備調査を1地点で行った後、同年7月と8-9月、1998年5、8、10月、1999年3月と4月の計8回行った。1回の調査において、林内に $25 \times 25 \text{ cm}^2$ の方形枠を4-5個設定し、枠内の $A_0$ 層（1.5-5 cm）および $A_1$ 層（約15 cm）の鉱質土層を分けてビニール袋に入れ、研究室に持ち帰った。サンプルの含水率算出のため、まず湿重量を測定後、中の動物を吸虫管等で採集した。中型土壌動物のダニ類、トビムシ類およびヒメミミズ類も、肉眼で識別可能な個体は採集した。採集した土壌動物を80%エチルアルコールで固定し、グループ別に分けて計数した。湿重量はグループ別にまとめ、濾紙で余分なアルコールをふき取

り、秤量びんに入れ、0.1 mgの単位まで測定した。但しダニ類は採集個体数が少なく、重量の測定が困難だったため、存否のみを記録し、後述の環境診断に役立てた。大型土壌動物による自然度の評価は、青木（1989）に従って評点を計算した。

土壌動物採集後の落葉落枝は $60^\circ\text{C}$ で一昼夜以上乾燥後、6 mmの篩でふるい、6 mm以上の画分は葉、枝などに分けて重量を測定した。含水率は湿重量を分母として算出した。気象条件は園内の標高183.5 m地点に設置した気象観測装置の記録を用いた。土壌窒素の含有率測定のため、1997年11月に3カ所、土壌層位別に試料を採取した。風乾後に粉碎した試料をケルダール法で分析した。

### 結果

#### 環境条件

調査期間中の気象条件をFig.1に示した。平年値（1979-1997年の平均値）と大きな差がみられたのは次のような事柄である。1997年7-9月の総降水量は503 mmで、平年を146 mm下回り、7月の気温は平年より $1.6^\circ\text{C}$ 高かった。1998年は2-5月にかけて気温が平年より $1.0-2.2^\circ\text{C}$ 高く、7-9月の総降水量は1,349 mmで、平年を700 mm上回った。1999年1-3月の土壌温度は前年より $1.3-1.7^\circ\text{C}$ 高かった。

大型土壌動物を採集した地点の堆積腐植の諸性質をTable1に示した。雨の少なかった1997年の $A_0$ 層の厚さは2-5 cm、堆積量は $1.8-1.9 \text{ kg/m}^2$ であった。1998年5月には厚さ2-3.5 cm、堆積量は $1.3 \text{ kg/m}^2$ と減少し、8-10月にはそれぞれ1.5-3 cm、 $0.9-1.1 \text{ kg/m}^2$ と、

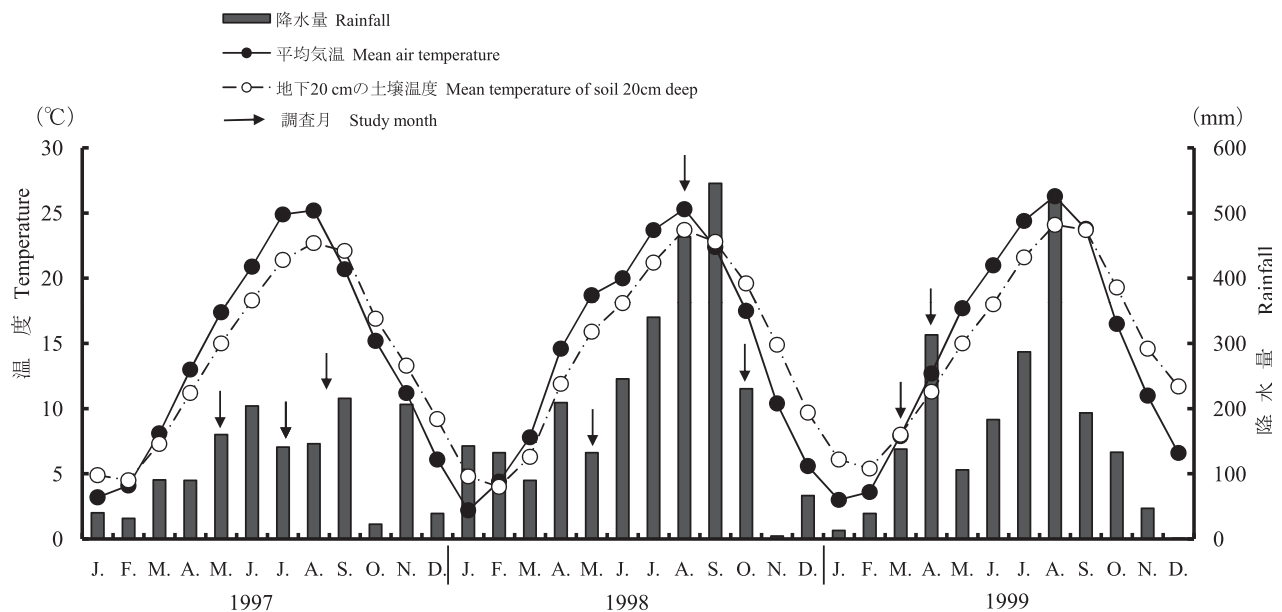


Fig. 1. 調査地の気象条件

Weather conditions of the study area.

さらに減少した。1999 年 3-4 月は  $A_0$  層の厚さが 2-5 cm とやや増加したが、堆積量は  $0.7-1.4 \text{ kg/m}^2$  と少なかった。 $A_0$  層の堆積量を年度ごとにまとめてスチューデントの  $t$  検定を行った結果、1997 年と 1998 年の間に  $P = 0.0001$  で有意差が認められ、雨の多い年は  $A_0$  層の堆積量が減少したことが明らかになった。 $A_0$  層の内訳は、広葉樹落葉が 1999 年 3 月に 53 % を占めたが、他の調査時は 14-26 % であり、針葉樹落葉は 4 % 以下であった。枝・球果等の比率は 1997 年 23-27 %、1998 年は 43-55 %、1999 年は 32-37 % であった。6 mm 以下の画分は 10-55 % で、少量の針葉樹落葉を含むが、大部分は広葉樹落葉と枝等の破碎物であった。

$A_0$  層の含水率は雨の少なかった 1997 年に 22-38 % と低く、雨の多かった 1998 年には 56-64 % と高かった。0-5 cm の土壌層の含水率は 42-63 % で、 $A_0$  層よりも安定していた。窒素の含有率は、 $A_0$  層が 1.25 %、 $A_{11}$  層 (0-5 cm) が 1.01 %、 $A_{12}$  層 (5-15 cm) が 0.59 % であった。

#### 大型土壌動物の個体数と現存量の変動

大型土壌動物の生息密度を Table 2 に示した。平均生息密度の 5 % 以上を占める土壌動物はナガミミズ目 (7.0 %)、ヒメミミズ科 (8.6 %)、クモ目 (5.1 %)、等脚目 (14.4 %)、ヤスデ綱 (7.0 %)、ムカデ綱 (14.8 %)、コムシ目 (6.0 %) およびアリ科 (14.2 %) であった。採集総個体数は 2,820 個体で、上記 8 グループはいずれも 150 個体以上採集された。

個体数の変動をみると、ナガミミズ目は雨の多かった 1998 年の 8-10 月に  $188-212 \text{ 個体/m}^2$  生息していたが、それ以外の調査時は  $100 \text{ 個体/m}^2$  以下であった。ヒメミミズ科は雨の少なかった 1997 年にはごくわずかしき採集されなかったが、他の調査時は  $150-220 \text{ 個体/m}^2$  と安定していた。クモ目はいずれの年も 3-5 月に少なく、10 月まで徐々に個体数が増加する傾向が見られた。フナムシ科以外の等脚目、ヤスデ綱、ムカデ綱ともに 8-9 月に生息密度が高かった。等脚目は雨の少な

かった 1997 年 8-9 月に  $518 \text{ 個体/m}^2$  と最高値を示し、これらの月と 1998 年 5 月および 1999 年 3 月との間は Scheffe' s F test で  $P < 0.01$ 、1997 年 7 月および 1999 年 4 月との間は  $P < 0.05$  で有意な差が認められた。ムカデ綱も 1997 年 8-9 月に最高値  $429 \text{ 個体/m}^2$  を示し、これらの月と 1997 年 7 月、1998 年 5 月、1999 年 3 月と 4 月との間は  $P < 0.01$ 、1998 年 10 月との間は  $P < 0.05$  で有意な差が認められた。一方、ヤスデ綱は雨の多かった 1998 年 8 月に最高値  $264 \text{ 個体/m}^2$  を示し、この月と 1997 年 7 月との間は  $P < 0.01$ 、1998 年 5 月と 10 月および 1999 年 4 月との間は  $P < 0.05$  で有意な差が認められた。コムシ目は 1997 年 8-9 月に  $342 \text{ 個体/m}^2$  採集されたが、それ以外の月は  $84 \text{ 個体/m}^2$  以下であった。アリ科は 1998 年 10 月から翌年 3 月にかけて  $44 \text{ 個体/m}^2$  以下であったが、4 月から 9 月にかけては  $128-368 \text{ 個体/m}^2$  採集された。大型土壌動物の総個体数は 8-9 月に  $2,028-2,481 \text{ 個体/m}^2$ 、それ以外の月は  $840-1,372 \text{ 個体/m}^2$  であり、夏に増加する傾向が見られた。これら個体数の変動に関する傾向は、いずれもサンプル間のばらつきが大きいので、前述の 3 グループ以外は季節間に有意な差は認められなかった。

その他としたものは、ウズムシ綱、昆虫綱のシミ目、シロアリ目、アザミウマ目、アリ以外の膜翅目およびナガミミズ目の卵包やクモ目の卵のうなどである。また、試料採取時に樹上から落下して混入した可能性も考えられるチャタテムシ目、カマキリ目、カゲロウ目もこの中に含めたが、その数はわずかであった。

大型土壌動物の現存量 (湿重量) を Table 3 に示した。現存量が最も大きかったのはミミズ綱で、全土壌動物の 60.2 % を占めていた。季節的には 5 月に最大値を示し、7-8 月に一時減少した後、9-10 月にかけて増加した。年別には、雨の多かった 1998 年に  $8.9-16.9 \text{ g/m}^2$  と大きく、雨の少なかった 1997 年の 7-9 月には  $1.8-3.4 \text{ g/m}^2$  と小さい値を示した。ミミズに次いで現存量が大きかったのはヤスデ綱で、全土壌動物の 12.7 % を占め

Table 1. モミ・アラカシ天然林の堆積腐植および土壌の諸性質

Properties of the litter and soil in a natural forest of *Abies firma* and *Quercus glauca*

調査年月日 Sampling date	$A_0$ 層の厚さ Thickness of the $A_0$ horizon cm	堆積腐植量 Amount of accumulated litter kg dry weight/ $\text{m}^2$	堆積腐植の内訳 Contents of litter (%)					含水率 Water content (%)			
			広葉樹の葉 Leaves of broad leaved tree	針葉樹の葉 Leaves of conifer	枝・樹皮・球果 Twigs, bark, and cone	根 Root	6mm 以下の画分 Fraction < 6mm	堆積腐植 Litter		土壌 Soil (0-5 cm)	
								$\bar{x}$	$\pm$ S.D.	$\bar{x}$	$\pm$ S.D.
1997 7-8 Jul.	2-5	1.79 $\pm$ 0.70	18.1	3.6	22.8	3.7	51.7	21.6 $\pm$	6.14	—	—
27 Aug.-4 Sep.	2-3	1.87 $\pm$ 0.49	14.2	3.6	26.6	0.9	54.7	37.9 $\pm$	6.93	41.8 $\pm$	6.38
1998 25-26 May	2-3.5	1.29 $\pm$ 0.31	26.4	1.2	42.7	0.2	29.5	63.6 $\pm$	5.99	62.8 $\pm$	3.66
31 Aug.	1.5-2	1.11 $\pm$ 0.43	20.1	0.1	45.2	0.1	34.5	64.1 $\pm$	0.75	58.3 $\pm$	6.59
26 Oct.	1.5-3	0.88 $\pm$ 0.43	15.2	+	55.4	0.0	29.3	55.6 $\pm$	7.03	57.6 $\pm$	2.93
1999 1 Mar.	4-5	0.74 $\pm$ 0.52	52.5	0.0	37.0	0.3	10.2	27.4 $\pm$	15.69	47.7 $\pm$	6.46
27 Apr.	2-4	1.43 $\pm$ 0.72	25.5	2.6	32.0	1.0	35.6	53.8 $\pm$	6.30	50.6 $\pm$	6.06

Table 2. モミ・アラカシ天然林の大型土壌動物の生息密度 ( 個体数 /m<sup>2</sup> )  
Density of soil macrofauna in a natural forest of *Abies firma* and *Quercus glauca* (individuals/m<sup>2</sup> )

動物名 Soil animals	調査日 Sampling date	1997				1998				1999				平均密度 Mean density	比率 (%) Percentage	採集総個体数 Total number of collected animals
		28 May	7-8 Jul.	27 Aug.-4 Sep.	25-26 May	31 Aug.	26 Oct.	1 Mar.	27 Apr.	27 Apr.	27 Apr.	27 Apr.	27 Apr.			
マキガイ綱 Gastropoda	—	—	—	—	56 ± 70	36 ± 20	48 ± 20	65 ± 35	16 ± 23	16 ± 23	16 ± 23	16 ± 23	16 ± 23	24	1.7	47
ミミズ綱 Oligochaeta	80	13 ± 21	29 ± 74	92 ± 24	212 ± 189	188 ± 142	100 ± 92	72 ± 38	98	7.0	184					
イトミミズ目 Tubificida	—	—	—	35 ± 74	180 ± 131	152 ± 181	208 ± 86	164 ± 173	220 ± 95	8.6	242					
ヒメミミズ科 Encytraeidae	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
クモ綱 Arachnida	16	—	—	29 ± 21	12 ± 15	16 ± 13	24 ± 16	8 ± 9	28 ± 20	17	1.2	32				
カニムシ目 Pseudoscorpiones	32	6 ± 9	10 ± 14	—	—	—	4 ± 8	4 ± 8	24 ± 9	10	0.7	15				
ザトウムシ目 Opiliones	16	90 ± 46	138 ± 58	56 ± 28	64 ± 39	72 ± 31	72 ± 31	72 ± 31	72 ± 31	5.1	154					
クモ目 Araneae	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
甲殻綱 Crustacea	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
等脚目 Isopoda	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
フナムシ科 Ligitidae	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
その他の等脚目 The other Isopoda	80	176 ± 173	518 ± 175	112 ± 68	288 ± 91	180 ± 111	68 ± 42	120 ± 79	193	13.8	414					
ヨコエビ目 Amphipoda	64	—	—	—	—	—	12 ± 15	20 ± 30	16 ± 23	17	1.2	22				
ヤスデ綱 Diplopoda	48	6 ± 14	122 ± 81	64 ± 51	264 ± 110	92 ± 33	112 ± 43	72 ± 38	98	7.0	194					
ムカデ綱 Chilopoda	256	58 ± 65	429 ± 109	128 ± 39	316 ± 50	220 ± 60	96 ± 29	152 ± 62	207	14.8	396					
コムカデ綱 Symphyla	16	6 ± 14	26 ± 31	24 ± 31	20 ± 20	28 ± 27	44 ± 36	96 ± 130	33	2.3	64					
昆虫綱 Insecta	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
トビムシ目 Collembola	32	118 ± 62	221 ± 199	140 ± 145	20 ± 31	—	—	—	—	—	—	—	—	66	4.7	148
コムシ目 Diplura	16	67 ± 57	342 ± 123	36 ± 42	40 ± 21	60 ± 27	24 ± 21	84 ± 70	84	6.0	190					
カメムシ目 Hemiptera	—	3 ± 7	10 ± 14	—	12 ± 15	—	—	8 ± 9	—	4	0.3	9				
チョウ目 ( 幼虫 ) Lepidoptera (larvae)	48	6 ± 14	3 ± 7	12 ± 8	16 ± 19	4 ± 8	—	—	4 ± 8	12	0.8	15				
ハエ目 Diptera	64	22 ± 24	67 ± 44	24 ± 28	188 ± 280	12 ± 15	32 ± 26	8 ± 9	52	3.7	98					
ハチ目 Hymenoptera	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
アリ科 Formicidae	128	195 ± 130	323 ± 94	368 ± 442	300 ± 260	44 ± 36	16 ± 32	220 ± 250	199	14.2	407					
甲虫目 ( 幼虫 ) Coleoptera (larvae)	32	13 ± 29	112 ± 57	24 ± 21	32 ± 13	28 ± 8	16 ± 13	—	—	32	2.3	66				
( 成虫 ) (adult)	16	35 ± 44	45 ± 24	32 ± 39	24 ± 28	40 ± 31	28 ± 27	32 ± 23	32	2.3	65					
その他 Others	48	38 ± 29	22 ± 9	—	—	64 ± 128	4 ± 8	8 ± 9	23	1.6	41					
計 Total	992	852 ± 731	2,481 ± 378	1,360 ± 907	2,028 ± 597	1,372 ± 487	840 ± 412	1,264 ± 543	1,399	100.0	2,820					

Table 3. モミ・アラカシ天然林の大型土壌動物の現存量 (湿重量 g/m<sup>2</sup>)  
Biomass of soil macrofauna in a natural forest of *Abies firma* and *Quercus glauca* (g wet weight/m<sup>2</sup>)

動物名	調査日	1997				1998				1999				平均現存量 Mean biomass of the collected animals	比率 (%) Percentage in biomass
		28 May	7-8 Jul.	27 Aug.-4 Sep.	25-26 May	31 Aug.	26 Oct.	1 Mar.	27 Apr.						
Soil animals	Sampling date														
マキガイ綱 Gastropoda		—	—	—	0.39 ± 0.62	0.22 ± 0.12	3.52 ± 6.93	0.61 ± 0.83	0.10 ± 0.16				0.61	4.4	
ミミズ綱 Oligochaeta		12.26	1.80 ± 3.38	3.37 ± 5.47	16.86 ± 9.05	8.92 ± 8.93	11.73 ± 5.67	3.76 ± 3.15	6.85 ± 5.59				8.19	60.2	
クモ綱 Arachnida															
クモ目 Araneae		0.05	0.06 ± 0.05	0.13 ± 0.13	0.13 ± 0.04	0.04 ± 0.03	0.10 ± 0.09	0.21 ± 0.33	0.10 ± 0.07				0.10	0.8	
甲殻綱 Crustacea		2.17	0.30 ± 0.42	0.38 ± 0.15	0.36 ± 0.25	0.65 ± 0.57	0.74 ± 0.40	0.34 ± 0.38	0.86 ± 0.35				0.73	5.3	
ヤスデ綱 Diplopoda		1.29	+ ± +	1.60 ± 1.72	1.64 ± 2.80	5.71 ± 8.85	1.08 ± 0.74	0.57 ± 0.65	1.97 ± 2.22				1.73	12.7	
ムカデ綱 Chilopoda		0.91	0.08 ± 0.15	0.45 ± 0.28	0.71 ± 0.65	0.57 ± 0.37	1.38 ± 1.43	0.18 ± 0.10	0.35 ± 0.28				0.58	4.3	
昆虫綱 Insecta															
カメムシ目 Hemiptera		—	+ ± +	0.14 ± 0.31	—	0.06 ± 0.11	—	0.32 ± 0.64	—				0.07	0.5	
チョウ目 Lepidoptera		0.84	0.15 ± 0.33	0.002 ± 0.01	0.17 ± 0.15	0.05 ± 0.05	0.02 ± 0.03	—	+ ± +				0.15	1.1	
ハエ目 Diptera		1.49	0.08 ± 0.16	0.32 ± 0.29	0.04 ± 0.05	0.54 ± 0.71	0.05 ± 0.08	0.20 ± 0.08	+ ± +				0.34	2.5	
ハチ目 Hymenoptera															
アリ科 Formicidae		0.23	0.20 ± 0.25	0.09 ± 0.02	0.30 ± 0.33	0.22 ± 0.12	0.04 ± 0.03	0.01 ± 0.01	0.23 ± 0.39				0.17	1.2	
甲虫目 (幼虫) Coleoptera (larvae)		0.28	+ ± +	0.11 ± 0.14	0.22 ± 0.37	0.11 ± 0.13	0.05 ± 0.04	0.14 ± 0.19	0.04 ± 0.03				0.12	0.9	
(成虫)		0.05	0.16 ± 0.14	0.20 ± 0.31	0.08 ± 0.10	0.29 ± 0.29	0.48 ± 0.46	0.05 ± 0.05	4.03 ± 4.68				0.67	4.9	
その他 Others		0.50	0.06 ± 0.08	0.09 ± 0.07	0.08 ± 0.06	0.04 ± 0.02	0.22 ± 0.28	0.12 ± 0.18	0.22 ± 0.27				0.17	1.2	
計 Total		20.07	2.89 ± 3.24	6.88 ± 6.83	20.68 ± 7.83	17.42 ± 17.79	19.41 ± 12.18	6.51 ± 2.85	14.55 ± 1.84				13.61	100.0	
但し+は0.01g以下 + < 0.01g															

但し+は0.01g以下 + < 0.01g



ていた。現存量が最も大きかったのは1998年8月で5.7 g/m<sup>2</sup>であり、他の調査時は2.0 g/m<sup>2</sup>以下であった。生息密度の高かった甲殻綱の現存量は平均0.7 g/m<sup>2</sup>（全体の5.3%、以下同様に表示）、ムカデ綱は0.6 g/m<sup>2</sup>（4.3%）、アリ科は0.2 g/m<sup>2</sup>（1.2%）、クモ目は0.1 g/m<sup>2</sup>（0.8%）で、コムシ目はいずれの調査時も0.1 g/m<sup>2</sup>未満であった。このほかマキガイ綱が1998年10月に3.5 g/m<sup>2</sup>、甲虫目が1999年4月に4.1 g/m<sup>2</sup>を記録したが、他の調査時は0.6 g/m<sup>2</sup>以下であった。

全大型土壌動物の現存量は雨の少なかった1997年夏に2.9–6.9 g/m<sup>2</sup>と少なかったが、1997年5月および1998年5–10月の活動期は17.4–21.0 g/m<sup>2</sup>であった。また、平均土壌温度8.0℃の1999年3月の現存量は6.5 g/m<sup>2</sup>、土壌温度11.3℃の4月は14.8 g/m<sup>2</sup>であり、土壌

温度の上昇とともに現存量も増加する傾向が見られた。これらの傾向もサンプル間のばらつきが大きいと、季節間に有意な差は認められなかった。但し、年ごとにまとめてスチューデントのt検定を行った結果、雨の少なかった1997年と雨の多かった1998年の間は $P = 0.002$ で有意差が認められ、雨の多い年の方が大型土壌動物の現存量が大きいことが明らかになった。

#### 大型土壌動物のグループ組成と環境診断

Table 4に年度ごとおよび全期間にわたる採集動物と青木（1995）による評点を示した。まず年度ごとに比較すると、雨の少なかった1997年にやや低かったが、3年間の平均が83で、高い値を示した。3年間を通じたデータでは「自然の豊かさ」の評価に用いる32群の

Table 4. モミ・アラカシ天然林の大型土壌動物による環境診断

Environmental diagnosis based on soil animal communities in a natural forest of *Abies firma* and *Quercus glauca*

評点 Index of naturalness	土壌動物群	Soil animal group	年 Year			3年間の合計 Sum of the three years
			1997	1998	1999	
5点 5 points	マキガイ綱	Gastropoda	○	○	○	○
	ザトウムシ目	Opiliones	○	○	○	○
	ヒメフナムシ属	<i>Ligidium</i>	—	○	○	○
	ヨコエビ目	Amphipoda	○	○	○	○
	ヤスデ綱	Diplopoda	○	○	○	○
	オオムカデ目	Scolopendromorpha	○	○	—	○
	ジムカデ目	Geophilomorpha	○	○	○	○
	コムカデ綱	Symphyla	○	○	○	○
	シミ目	Thysanura	—	—	○	○
	アリズカムシ亜科	Pselaphinae	—	○	○	○
3点 3 points	ナガミミズ目	Haplotaxida	○	○	○	○
	カニムシ目	Pseudoscorpiones	○	○	○	○
	ワラジムシ目	Isopoda	○	○	○	○
	イシムカデ目	Lithobiomorpha	○	○	○	○
	コムシ目	Diplura	○	○	○	○
	シロアリ目	Isoptera	—	○	—	○
	カメムシ目	Hemiptera	○	○	○	○
	アザミウマ目	Thysanoptera	○	—	—	○
	ハサミムシ目	Dermaptera	—	—	—	—
	オサムシ科	Carabidae	○	○	○	○
	ゾウムシ科	Curculionidae	○	○	—	○
	甲虫目（成虫）	Coleoptera (adult)	○	○	○	○
	（幼虫）	（larvae）	○	○	○	○
	チョウ目	Lepidoptera	○	○	○	○
1点 1 point	ヒメミミズ科	Encytraeidae	○	○	○	○
	ダニ目	Acari	○	○	○	○
	クモ目	Araneae	○	○	○	○
	オカダンゴムシ科	Armadillidiidae	—	—	—	—
	トビムシ目	Collembola	○	○	○	○
	ハネカクシ科	Staphylinidae	○	○	○	○
	ハエ目	Diptera	○	○	○	○
	アリ科	Formicidae	○	○	○	○
合計 Total			79	88	82	96

うち 30 群が確認され、評価点は 96 であった。また、採集されなかったハサミムシ類とダンゴムシ類は、調査枠外で生息しているのを確認した。

### 考察

ハンドソーティング法により調査された日本各地の森林の大型土壌動物について、新島・伊藤 (1996) のまとめによると、常緑広葉樹林の生息密度は 123 – 1,252 個体 /m<sup>2</sup>、現存量は 1.5 – 61.3 g/m<sup>2</sup>、落葉広葉樹林の生息密度は 27 – 2,481 個体 /m<sup>2</sup>、現存量は 0.4 – 41.0 g/m<sup>2</sup> と報告されている。本調査地の生息密度は 840 – 2,660 個体 /m<sup>2</sup> で、最大値に近かったが、現存量は 2.9 – 21.0 g/m<sup>2</sup> で、最大値の 3 分の 1 程度であった。渡辺ら (1968) は、今回と類似の方法で大型土壌動物を調査した場合、小さい虫は見落とされる可能性が高く、採集者による有意差が認められたが、個体重 5 mg 以上の虫は見落としが少なく、現存量については個人差が有意でなかったと報告している。このことから、本調査地の土壌動物の生息密度が他の照葉樹林より高い値を示した原因は、著者らが等脚類、ムカデ類、アリ類などの小さな個体をていねいに拾った可能性が考えられる。

ヤスデ類およびムカデ類の個体数が夏に増加するという傾向は、東京近郊の落葉広葉樹林、照葉樹林およびアカマツ林からも報告されているが、必ずしもすべての林分で観察されているわけではなかった (松本・新島, 1993; 斉藤ら, 1977)。

ミミズ類の現存量が最も多いという傾向は本調査地に限らず、関東地方の平地林で多く報告されている。各地のミミズ類現存量の全大型土壌動物に占める割合は、茨城県のコナラ林で 68.7%、ヒノキ林で 51.9% (新島ら, 1994)、スギ林で 49.4% (Nijima, 1995)、埼玉県のコナラ林で 46.2%、アカマツ林で 34.4% (松本・新島, 1993)、東京都の落葉広葉樹林で 83.0%、照葉樹林で 73.7% (斉藤ら, 1977) となっている。ミミズ類の現存量については多くの報告があり、世界各地の広葉樹林では 1 – 280 g/m<sup>2</sup> と報告されている (Lee, 1985; Tsukamoto, 1985 ほか)。一方、日本の広葉樹林におけるミミズの現存量は 0 – 23.1 g/m<sup>2</sup> で、海外の値に比べてかなり小さく (塚本, 1986)、本調査地のミミズの現存量、1.8 – 16.9 g/m<sup>2</sup> もこの範囲内であった。

関東地方の平地林で全大型土壌動物の現存量に対するヤスデ類の現存量が占める割合は、本調査地で得られた 12.7% より少ない例が多く、茨城県のコナラ林で 4.8%、ヒノキ林で 5.2%、スギ林で 3.8% (新島ら, 1994)、東京都の落葉広葉樹林で 0.6%、照葉樹林で 2.6% (斉藤ら, 1977) と報告されている。比較的ヤスデ類の占める割合が多い平地林として埼玉県のコナラ林で 11.6%、アカマツ林で 23.2% (松本・新島, 1993)、群馬県のスギ林で 17.9% (Nijima, 1995) などが挙げられる。ヤスデ類は地域によっては列車を止めるほど大発生することも

あるが (新島, 2001; 新島・有村, 2002; 新島・篠原, 1988; 篠原, 1966)、少なくとも 1994 – 2003 年の期間ではこうしたヤスデ類の異常発生はみられなかった。

大型土壌動物による環境診断法について、青木 (1989, 1995) は 50 × 50 cm<sup>2</sup> の枠 3 個、計 7,500 cm<sup>2</sup> の調査が望ましいとしている。この方法で今までに行われた関東周辺の環境診断の結果、常緑広葉樹林 30 – 94、落葉広葉樹林 52 – 93、スギ人工林 24 – 84、アカマツ林 40 – 71 と評価されている (青木, 1995; 原田・青木, 1996; 唐沢・原田, 2000; 大久保・原田, 2006; 境野ら, 2002)。今回の調査面積は 1997 年 25 × 25 cm<sup>2</sup> 11 枠で計 6,875 cm<sup>2</sup>、1998 年 12 枠で計 7,500 cm<sup>2</sup>、1999 年 8 枠で計 5,000 cm<sup>2</sup> で、望ましい調査面積と等しいか、やや少なかった。それにもかかわらず、3 年間の平均が 83、合計が 96 と高い値を示したことは、科学園のモミ・アラカシ林の自然度はかなり高いと評価することができる。この林分を教育的資源として活用するには、今後も人の立ち入りを制限し、必要に応じて貴重な動植物の調査・研究の場を提供できる状態を維持することが必要であると考えられる。

今回、青木 (1989) が提案した「大型土壌動物による環境診断」を科学園のモミ・アラカシ林の自然の豊かさを評価するための指標として用い、期待通りの高い評価が得られた。調査の時期について、関東周辺では大型土壌動物の個体数が夏に増加する傾向があり、今回の調査でも 8 月にほとんどすべてのグループが採集されている。また、動物が活動する期間のほうが、休眠している期間よりも動きが活発で発見しやすいことを考えると、夏に調査を行うのが良いと考えられる。調査面積については、渡辺ら (1968) が、大きな枠で少数調査するよりも、小さな枠で多数調査するほうが、同じ精度の結果を得るために必要な調査面積が少なく済むとの結論を得ており、大久保・原田 (2006) も小さいサンプルを数多く採ることを提案している。これらの事実から、青木 (1989) による環境診断のための大型土壌動物調査は、小面積で多数、夏に行えば、調査面積を減らせるなどの簡略化が考えられる。但し、この評価法に関しては問題点も指摘されている。大久保・原田 (2006) によれば、評点 5 のイシノミ類やヨコエビ類、評点 3 のシロアリ類、アザミウマ類、ハサミムシ類が冷温帯の極相林ではほとんど出現しない一方、評点 5 のコムカデ類、ジムカデ類、アリヅカムシ類、ヤスデ類、評点 3 の甲虫幼虫と成虫、イシムカデ類はきわめて高い頻度で二次林や低木林にも出現している。従って、各動物群の配点については今後変更される可能性もあり得る。

今回の調査により、雨の少ない年には大型土壌動物の現存量が少なく、堆積腐植量が多いこと、ミミズ類とヤスデ類は現存量に占める割合が高いことが判明した。このことから、今後、両グループの土壌層位別分布、餌の種類や摂食量の推定などを行うことにより、土壌動物群集の活動と

林床の堆積腐植量との関係が明らかになると考えられる。本論文で得られた成果は、大型土壌動物の生態や機能に関する研究の基礎資料としても、また、環境教育や今後の森林管理方法にも役立つものと期待される。

### 謝辞

土壌動物の標本整理にご助力いただいた水谷吉勝氏、土壌窒素の分析をはじめとして、いろいろご指導いただいた元神奈川大学の翠川文次郎教授および、この研究の実施にご協力いただいた森林総合研究所多摩森林科学園の方々に厚く御礼申し上げます。

### 引用文献

- 青木淳一（1973）土壌動物学，北隆館，814p.
- 青木淳一（1989）土壌動物を指標とした自然の豊かさの評価，“都市化・工業化の動植物影響調査法マニュアル”，千葉県，127-143.
- 青木淳一（1995）土壌動物を用いた環境診断，“自然環境への影響予測—結果と調査法マニュアル”，沼田真編，千葉県環境部環境調整課，197-271.
- 原田 洋・青木淳一（1996）土壌動物による自然の豊かさ評価の事例，横浜国大環境科学研紀要，**22**，81-92.
- 橋本みのり・新島溪子（2000）多摩森林科学園の土壌動物に関する研究 2. 大型土壌動物の組成による自然度の評価，日土壌動物会講要，**23**，8.
- 今立源太良（1963）原尾目の季節消長（I），昆虫，**31**，235-248.
- 唐沢重孝・原田 洋（2000）土壌動物からみた環境保全林の自然回復過程，生態環境研究，**7**(1)，1-9.
- 北沢右三（1973）土壌動物生態学，共立出版，158p.
- Lee, K. E. (1985) Earthworms their ecology and relations with soils and land use, Academic Press, 411p.
- 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壌動物の季節変動，森林総研研報，**364**，51-68.
- 松本和馬（2006）森林総合研究所多摩森林科学園のチョウ相，森林総研研報，**5**，69-84.
- 松本和馬・三井偉由・鳥居隆史（2007）森林総合研究所多摩森林科学園の双翅目昆虫相，森林総研研報，**6**，77-88.
- Niijima, K. (1995) The effect of feeding activity of soil inhabiting invertebrates on litter decomposition in Cryptomeria forest in Japan. In C. A. Edwards, T. Abe and B. R. Striganova (eds), "Structure and function of soil communities", Kyoto University Press, Kyoto, 70-79.
- 新島溪子（2001）ヤケヤスデ列車を止める，Edaphologia，**68**，43-46.
- 新島溪子・有村利浩（2002）ヤンバルトサカヤスデによる列車妨害記録，Edaphologia，**69**，47-49.
- 新島溪子・橋本みのり（2000）多摩森林科学園の土壌動物に関する研究 1. 大型土壌動物の個体数，現存量の変動と環境との関係，日土壌動物会講要，**23**，7.
- 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壌動物の変化とその影響，Edaphologia，**52**，33-51.
- 新島溪子・伊藤雅道（1996）森を支える土壌動物，林業科学技術振興所，101p.
- 新島溪子・水谷吉勝（2003）多摩森林科学園の土壌動物に関する研究 1. ササラダニ類，森林総研研報，**2**，53-60.
- 新島溪子・篠原圭三郎（1988）キシヤスデ類の大発生，日生態会誌，**38**，257-268.
- 大久保慎二・原田 洋（2006）大型土壌動物による冷温帯域の自然性の評価，生態環境研究，**13**(1)，1-12.
- Petersen, H. and Luxton, M. (1982) Comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes, Oikos, **39**，287-388.
- 斉藤 晋・寺田美奈子・藤田朋子（1977）武蔵村山市海道の二次林と明治神宮の森林における大型土壌動物の現存量“各種生態系における野生動物の現存量に関する研究報告書 昭和52年3月”北沢右三編，立教大学，65-80.
- 境野光寿・原田 洋・Bae, T. W. (2002) 土壌動物からみた環境保全林の自然性の評価，生態環境研究，**9**，119-127.
- 篠原圭三郎（1966）ヤスデ列車をとめる，遺伝，**20**（9），24-29.
- Tsukamoto, J. (1985) Soil macro-animals on a slope in a deciduous broad-leaved forest II. Earthworms of Lumbricidae and Megascolecidae, Jap. J. Ecol., **35**，37-48.
- 塚本次郎（1986）我国の森林の落葉消失に果たすミミズの役割評価について—ヨーロッパとの比較を中心に—，森林立地，**28**（1），1-10.
- Wallwork, J. A. (1970) Ecology of soil animals, McGraw-Hill, 283p.
- 渡辺弘之・菊沢喜八郎・四手井綱英（1968）ブナ天然林における大型土壌動物の密度および現存量の推定法について，京大演習林報，**40**，1-6.