

土壌動物相からみた都市林と山地林の環境について

小林 由佳・岩佐 真宏

Yuka Kobayashi and Masahiro A. Iwasa: Environments of Urban Forests and Montane Forests as Inferred from Soil Invertebrate Fauna

Abstract. We evaluated the natural environments of urban forests in Fujisawa and montane forests in Minami-Ashigara, Kanagawa Pref., inferred from soil invertebrate fauna. In both forest areas, some environmental factors were investigated at 12 points in three localities of each area. In addition, soil invertebrates were obtained from 100 cm³ soil (196 mm² x 51 mm in depth) from each point using a Tullgren funnel. The total numbers of invertebrates were apparently larger in the Minami-Ashigara area ($n = 6,684$) than in the Fujisawa area ($n = 5,210$). Such differences in the total numbers of individuals were significantly influenced by two environmental factors: the canopy coverage of trees and the soil porosity. In the invertebrates obtained, Oribatida was found in the largest numbers. Here, we compared the number of families in both areas; there were 49 families in the Fujisawa area and 57 in the Minami-Ashigara area. This fact indicates a richness of plant species in the Minami-Ashigara area. Moreover, the Gamasida / Oribatida ratio was calculated and found to be significantly higher in the Fujisawa area (0.38 ± 0.44) than in the Minami-Ashigara area (0.19 ± 0.13). This tendency means that the Fujisawa area has been influenced by artificially generated environmental changes and urbanization. Specifically, based on the current research results of the soil invertebrate fauna and a few environmental factors, we concluded that natural environments are poorer in the urban forests of Fujisawa than in the montane forests of Minami-Ashigara.

緒 言

近年、都市近郊では土地開発により森林を切り開き、住宅や工場などの建設が行われ、都市的土地利用が進められてきた。そのため自然環境が消失してきたが、神社や公園により植生が保全され、都市孤立林として緑地が残されてきており、周辺住民の憩いの場やレクリエーションの場として多く利用されている。しかし、人的干渉によって環境は改変され、立地固有の自然植生が代償植生に移り変わっていく（谷脇ほか，2004）。このような植生の変化は、移動能力が乏しく、生息環境下の資源にのみ依存している地表および地下棲動物にとって大きな脅威となる。特に、有機物分解者として生態系の中で大きな役割を担っている土壌動物は、このような環境変化に大きく影響を受けることが知られる（青木・原田，1985；青木，2002）。青木（1983；1989；1995）および日本自然保護協会（1985）は、現在の環境の状態が

健全環境からどの程度異なっているのかを、土壌動物の群集組成から評価しており、人的干渉が加わることで、環境の変化に最も敏感な分類群から消滅していくとしている（原田・青木，1996）。特に土壌動物を指標とする利点として、①環境変化によって指標生物相が消滅することなくどこにでもみられる、②季節変動が少なく成体がいつでもみられる、③種類数と個体数が多い、④生まれた周辺で一生を過ごし移動性が小さいためその環境に適応したものが生息している、⑤環境変化に敏感に反応する、などがあげられる（青木，1983；2002）。また実際に、都市部の街路樹付近における土壌動物相からみた環境評価も実践されている（Aoki & Kuriki, 1980；栗城・青木，1982）。

そこで本研究では、環境要因と林床の土壌層動物に着目し、都市林と人為的干渉が比較的少ないと考えられる山地林を比較し、両者の自然度を評価することを目的とした。

調査方法

1. 調査地概要

調査は、都市林として、神奈川県藤沢市地域の持瀬、聖ヶ谷、亀井野の3区域を対象とした(図1・表1)。持瀬と聖ヶ谷は1980年代の住宅地増加に伴い、森林が減少し、散歩道などの様々な人的干渉が加わったことで植生が大きく変化し、代償植生に移りかわった経緯が認められる区域であるが、1988年に引地川緑地保全地区に指定されたこともあり、植生は遺存的に残され、都市林としての景観は保たれており、オニシバリーコナラ群集、竹林、スギ・ヒノキ・サワラ植林、カラスビシャクーニシキソウ群集、オヒシバアーキメヒシバ群集、などで構成されている(藤沢市, 2003)。ただし、従来の構成種である常緑広葉樹を主体とした環境創造が行われ、緑の都市づくりが進められてきた(宮脇ほか, 1984)。また亀井野区域は、筆者らの所属する大学の演習林として利用されてきており、周囲を住宅街に囲まれながらも、比較的良好な森林構成が維持されてきている。

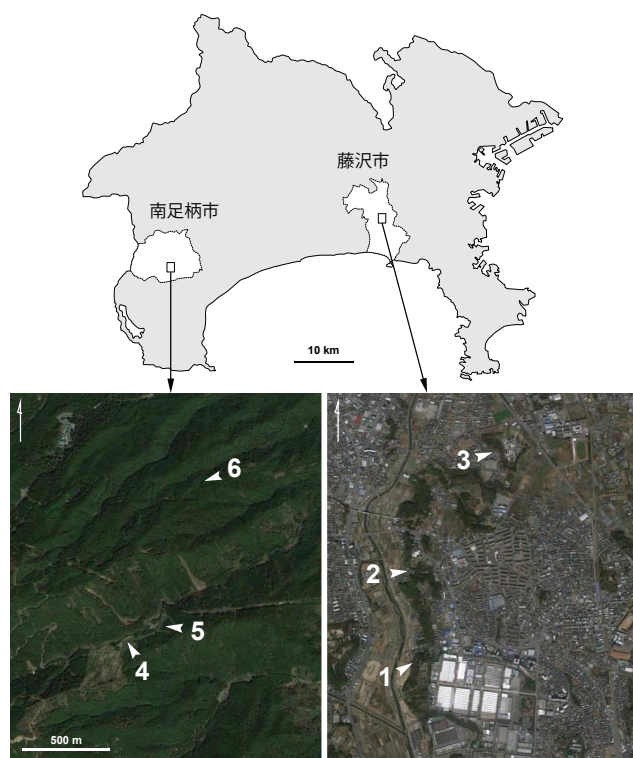


図1. 本研究における2地域(藤沢市および南足柄市)の調査対象6区域。区域番号は表1に対応する。各区域内の4地点において環境要因の調査と土壌採取を行った。

一方、山地林として、神奈川県南足柄市地域の塚原および長沼に3区域を設けた(塚原1, 塚原2, 長沼; 図1・表1)。南足柄市の調査地の植生は針広混交林であるが、参考対象として塚原2はスギ林とした。植生はホソバカナワラビースダジイ群集、イノデタブ群集、クヌギーコナラ群集、スギ、ヒノキ、アカマツなどが多い(南足柄市教育自然委員会, 1994)。

なお環境要因の調査と土壌採取は、都市林構成の藤沢市および山地林構成の南足柄市それぞれに3区域12地点(各区域4地点)を設定し、季節ごとに計4回行った(表1, 図1)。すなわち採取された土壌試料は、都市林および山地林の2地域における6区域24地点から4回、計96試料となった。また後述する土壌の各種要因の調査条件を等しくするため、採土は晴天が3日継続した後に行った。

2. 環境要因の調査

土壌動物とそれらを取り巻く環境には密接な関係があるとされるため、環境要因として、以下の4項目について全地点で調査した(山中ほか, 1962)。

- ① 樹冠被度(%)：胸高からデジタルカメラを用いて樹冠に向けて撮影し、Adobe Photoshop CSより50%レベルで2階調化して被度を算出した。
- ② 土壌硬度(kg/cm^2)：山中式土壌硬度計(大起理化工業 DIK-5553, 図2)を用い、硬度計の円錐部を土壌表面に垂直に差し込んで測定した。得られた測定値から、藤田・吉田(2012)の式 $Y = 100 \times X / [0.7952 \times (40 - X)^2]$ [X : 土壌硬度計により得られた数値(mm)]により硬度を算出した。なお、1地点に対して少なくとも3回行い、その平均値をその地点の土壌硬度とした(山中ほか, 1962)。
- ③ 土壌水分含有率(%)：ステンレス製試料円筒 100 cm^3 (大起理化工業 DIK-1801, 面積 196 mm^2 × 深さ 51 mm)を用いて全地点で採土し、採取時の重量、および後述するツルグレン装置による抽出終了後、 40°C にて48時間乾燥後の重量をそれぞれ測定し、水分含有率 $[(\text{採取時重量} - \text{乾燥後重量}) / \text{採取時重量} \times 100]$ を算出した。
- ④ 土壌孔隙量(%)：森本・増田(1975)にしたがい、 $P = 94.5 - 0.35V.W.$ [P : 土壌孔隙量, $V.W.$: 容積重量 $\text{g} / 100 \text{ cm}^3$] の式により算出した。

表1. 本研究における調査地域と区域

地域(調査日)	区域*	森林様態
神奈川県藤沢市(2013年10月8日, 12月31日, 2014年5月3日, 7月28日)	1. 持瀬($35^\circ17'N$, $139^\circ04'E$, alt. 30 m)	針広混交林
	2. 聖ヶ谷($35^\circ17'N$, $139^\circ04'E$, alt. 20 m)	針広混交林
	3. 亀井野($35^\circ18'N$, $139^\circ43'E$, alt. 30 m)	針葉樹林
神奈川県南足柄市(2013年9月19日, 2014年2月13日, 4月28日, 7月3日)	4. 塚原1($35^\circ17'N$, $139^\circ04'E$, alt. 420 m)	針広混交林
	5. 塚原2($35^\circ17'N$, $139^\circ05'E$, alt. 400 m)	針葉樹林
	6. 長沼($35^\circ18'N$, $139^\circ05'E$, alt. 370 m)	針広混交林

*区域番号は図1に対応。

3. 土壌動物の調査

前述の採取した土壌試料を、直ちにツルグレン装置（ケニス株式会社 K-4, 60W 電球使用, 図 2）に投入し 72 時間の土壌動物の抽出を行った。抽出した土壌動物は 70 % エタノールで固定し, 青木 (1999), 金子ほか (2007) にしたがって同定した。なお持瀬における秋および夏のそれぞれ 1 地点と聖ヶ谷における夏の 1 地点については, ツルグレン装置の不具合により抽出ができなかったため, 3 地点分のデータを 1 区域として用いた。これらの区域の土壌動物の総個体数に関してのみ, 4/3 を乗じた補正值を用いた。

結 果

4 つの環境要因について, 都市林構成の藤沢市地域の 3 区域 12 地点および山地林構成の南足柄市地域の 3 区域 12 地点から得られた結果を, 地域ごとにまとめた (表 2)。まず土壌硬度と樹冠被度は, 藤沢市が南足柄市より有意に高かった。一方, 土壌水分含有率は 2 地域間で有意差は認められなかった。また土壌孔隙量率は, 南足柄市が藤沢市より有意に高かった。

土壌動物についても, 同様に地域間で比較した。まず抽出された総個体数は, 藤沢市が 5,210 個体, 南足柄市が 6,684 個体で, 地点あたりの平均抽出個体数は藤沢市で 109.07 ± 65.86 , 南足柄市で 139.25 ± 65.71 となり, 南足柄市の個体数は有意に多かった (表 3)。抽出された土壌動物を同定すると多くの分類群が認められたが, 両地点ともダニ類とトビムシ類が大半を占めており, それ以外の分類群の出現頻度はわずかであった (表 3)。各分類群における地点あたりの平均抽出個体数を両地域間で比較すると, ササラダニ亜目, トゲダニ亜目, その他の同定不明のダニ類は南足柄市で有意に多かったが, カマアシムシ目やエダヒゲムシ綱は藤沢市の方が有意に多かった (表 3)。また各分類群の出現頻度を比較すると, ササラダニ亜目のみが南足柄市で有意に高かったが, ムカデ綱, ケダニ亜目, カマアシムシ目, アザミウマ目, エダヒゲムシ綱, 線虫綱は藤沢市が有意に高かった (表 3)。なお各地点の抽出個体数を目的変数とし, 4 つの環境要因による重

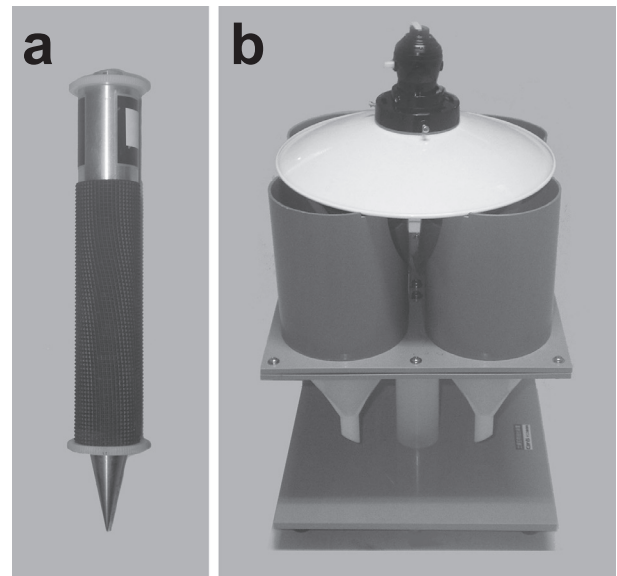


図 2. 本研究で使用了山中式土壌硬度計 (a) およびツルグレン装置 (b, 一つの電球で 4 サンプルを同時に抽出処理できる)。

回帰分析 (ステップワイズ法) を行ったところ, 樹冠被度と土壌孔隙量率が有意に選択され, 樹冠被度が小さく, 土壌孔隙量率が高いほど抽出個体数が多い傾向を示した (表 2)。

次に, 総個体数に占める割合が大きかったササラダニ類に着目すると, 全抽出個体数は, 藤沢市 (1,953 個体) より, 南足柄市 (3,296 個体) が顕著に多かった (表 4)。また各分類群の地点あたりの平均抽出個体数では, ヒワダニ科, タテイレコダニ科が, 藤沢市より南足柄市で有意に多かった (表 4)。一方, 出現頻度では, タテイレコダニ科が藤沢市より南足柄市で有意に高く, ムカシササラダニ科, ハラミゾダニ科, マルコバナダニ科は藤沢市の方が有意に高かった (表 4)。

以上の土壌動物相について, 多様性の評価となりうる Simpson 指数 ($1-\lambda$) および Shannon-Wiener 指数 (H') を用いて比較した (Simpson, 1949; Margalef, 1958)。まず全分類群を対象として綱レベルで比較した場合, 両指数ともに藤沢市が高い値を示し, ダニ目を対象として亜目レベルで比較した場合も同様であった (表 5)。また, ササラダニ亜目を対象と

表 2. 2 地域 (藤沢市および南足柄市) における環境要因の測定値

環境要因	藤沢市	南足柄市	<i>t</i> -test (<i>p</i>)	重回帰分析	
	Mean $\pm$ S.D.	Mean $\pm$ S.D.		<i>F</i>	<i>p</i>
土壌硬度 (kg/cm ²)	0.87 $\pm$ 0.49	0.43 $\pm$ 0.24	< 0.0001	0.010	0.9211
土壌水分含有率 (%)	39.36 $\pm$ 12.14	41.29 $\pm$ 6.19	ns	0.608	0.4375
樹冠被度 (%)	85.90 $\pm$ 8.71	82.55 $\pm$ 13.53	< 0.05	14.550	0.0003
土壌孔隙量率 (%)	62.05 $\pm$ 4.96	64.50 $\pm$ 3.74	< 0.01	4.772	0.0314

表 3. 2 地域（藤沢市および南足柄市）における土壌動物の抽出結果

分類群			地点あたりの平均抽出個体数					地点あたりの出現頻度(%)				
			藤沢市		南足柄市		t-test (p)	藤沢市		南足柄市		t-test (p)
			総計	Mean ± S.D.	総計	Mean ± S.D.		Mean ± S.D.	Mean ± S.D.			
ムカデ綱			15	1.86 ± 1.25	20	1.11 ± 0.32	ns	1.90 ± 1.07	0.88 ± 0.48	< 0.05		
ヤスデ綱			32	1.72 ± 0.83	31	1.55 ± 0.83	ns	1.88 ± 1.20	1.24 ± 0.75	ns		
コムカデ綱			14	1.75 ± 0.89	30	2.50 ± 1.57	ns	1.59 ± 0.70	1.66 ± 0.95	ns		
エダヒゲムシ綱			52	2.38 ± 1.36	21	1.31 ± 0.48	< 0.005	2.72 ± 2.32	1.14 ± 0.53	< 0.01		
クモ綱	クモ目		1	1.00	6	1.00 ± 0.00	—	1.04	1.15 ± 0.59	—		
		ダニ目	ササラダニ亜目	1,953	38.25 ± 32.53	3,296	68.67 ± 40.33	< 0.0005	34.72 ± 17.53	47.86 ± 12.67	< 0.0001	
			ケダニ亜目	675	14.33 ± 9.13	555	11.56 ± 5.73	ns	13.92 ± 6.98	9.13 ± 4.36	< 0.0005	
			コナダニ亜目	67	2.46 ± 2.25	119	3.72 ± 4.29	ns	3.05 ± 2.64	2.79 ± 3.48	ns	
			トゲダニ亜目	326	7.78 ± 5.81	535	11.15 ± 6.80	< 0.05	7.67 ± 5.96	8.28 ± 3.86	ns	
		同定不明ダニ目	26	1.56 ± 0.73	74	2.96 ± 2.61	< 0.05	2.15 ± 2.04	1.99 ± 1.48	ns		
	カニムシ目		1	1.00	17	1.42 ± 0.51	—	0.66	1.02 ± 0.39	—		
		サトウムシ目		1	1.00	1	1.00	—	1.69	0.57	—	
			トビムシ目	1,573	30.81 ± 30.17	1,582	32.96 ± 24.76	ns	26.42 ± 15.19	23.49 ± 11.69	ns	
			カマアシムシ目	274	6.70 ± 7.43	89	3.18 ± 3.51	< 0.05	6.04 ± 5.25	2.63 ± 2.75	< 0.005	
	ハエ目, 成虫		1	1.00	0	—	—	1.11	—	—		
		ハエ目, 幼虫		7	1.00 ± 0.00	30	1.88 ± 2.28	ns	1.66 ± 1.74	1.17 ± 0.96	ns	
			シロアリ目	1	1.00	2	1.00 ± 0.00	—	0.70	1.23 ± 0.25	—	
			ハチ目	アリ科	5	1.00 ± 0.00	31	4.43 ± 6.95	ns	2.13 ± 0.76	2.71 ± 3.55	ns
			カメムシ目, 成虫		6	1.67 ± 1.15	21	2.63 ± 2.39	ns	2.74 ± 2.18	2.07 ± 1.38	ns
			カメムシ目	アブラムシ上科	23	2.63 ± 1.60	42	2.63 ± 3.44	ns	2.32 ± 1.42	1.36 ± 1.49	ns
			コウチュウ目, 成虫		0	—	1	1.00	—	—	0.50	—
			コウチュウ目, 幼虫		20	2.29 ± 2.14	28	1.87 ± 1.41	ns	3.21 ± 2.51	1.51 ± 1.50	ns
			アザミウマ目		8	1.33 ± 0.52	5	1.00 ± 0.00	ns	2.07 ± 0.97	0.80 ± 0.52	< 0.05
コムシ目				4	1.00 ± 0.00	7	1.17 ± 0.41	ns	1.13 ± 0.41	1.11 ± 0.57	ns	
ワムシ綱		17	1.42 ± 0.79	49	3.06 ± 3.97	ns	1.44 ± 0.92	1.90 ± 2.46	ns			
	線虫綱		68	2.10 ± 1.89	27	1.69 ± 0.95	ns	2.31 ± 1.89	1.32 ± 1.14	< 0.05		
		甲殻綱	ワラシムシ目	19	1.64 ± 1.29	24	1.41 ± 0.71	ns	1.24 ± 0.77	1.14 ± 0.55	ns	
	ヨコエビ目		1	1.00	1	1.00	—	2.56	0.53	—		
ウスムシ綱			0	—	1	1.00	—	—	1.05	—		
同定不明			20	2.11 ± 2.09	39	2.44 ± 3.27	ns	1.63 ± 1.72	2.65 ± 5.67	ns		
計			5,210	109.07 ± 65.86	6,684	139.25 ± 65.71	< 0.01					

して科レベルで比較した場合も、両指数ともに藤沢市の方が高かった（表 5）。

考 察

藤沢市および南足柄市両地域間において、土壌動物の総個体数は、顕著な差が認められた（表 3）。また両地域間で土壌硬度、樹冠被度、土壌孔隙量率に有意差が認められたこと、重回帰分析の結果より、土壌動物の個体数の差は樹冠被度および土壌孔隙量率に起因していること（表 2）から、両地域の環境様態について検討すると、藤沢市の都市林は「比較的樹冠が鬱閉し、土壌が固く、土壌孔隙の少ない林床」で構成され、一方で南足柄市の山地林は「樹冠に適度な間隙があり、土壌が柔軟で、土壌孔隙が多い林床」で構成されている傾向が認められた。これらの結果により、都市林の林床土壌は、物理的要因（踏圧など）によって圧密化され、孔隙が減少することで土壌内部の空気が減少し、同時に硬度も高くなったものと推察される（森本・増田, 1975）。このような土壌環境では土壌動物が少な

く、有機物の分解が遅くなる傾向が認められる（青木, 2002）。また、都市部では土壌の乾燥化が進行し、特に小面積の孤立林ほど乾燥化が進む傾向があり（服部ほか, 1995; 石田ほか, 2002）、本調査結果においても、土壌水分含有率が若干低かった（表 2）。一般に、土壌動物は湿潤な土壌環境を好み、乾燥化が進行するとその個体数は顕著に減少する（青木, 2002）。すなわち都市林の土壌は、山地林に比して、多くの土壌動物が選好する環境から逸脱しかかっており、それが土壌動物の総個体数の顕著な差異として両地域間に表れたものと考えられる。

次に、抽出された土壌動物の中で、両地域ともに最も個体数の多かったササラダニ亜目について検討する（表 3）。青木ほか（1977）によると、ササラダニ亜目の種数平均値は、二次林＞自然林＞草原＞裸地の順となり、さらに植物種数は二次林の方が自然林よりも多くなるという知見が報告されていることから、植物種数とササラダニ亜目種数は比例関係にあると考えられている。本研究では、ササラダニ亜目の同定は科レベルまでしか行っていないため、単純に種数の比較に

表 4. 2 地域（藤沢市および南足柄市）におけるササラダニ亜目の抽出結果

分類群	地点あたりの平均抽出個体数					地点あたりの出現頻度 (%)		
	藤沢市		南足柄市		t-test (p)	藤沢市	南足柄市	t-test (p)
	総計	Mean ± S.D.	総計	Mean ± S.D.		Mean ± S.D.	Mean ± S.D.	
ゲンシササラダニ科	3	1.50 ± 0.71	3	1.00 ± 0.00	ns	2.62 ± 0.72	0.83 ± 0.08	ns
ムカシササラダニ科	39	2.47 ± 2.23	9	1.50 ± 0.55	ns	7.46 ± 6.83	2.04 ± 0.92	< 0.01
ヒワダニ科	168	4.91 ± 5.10	493	11.21 ± 10.96	< 0.005	11.91 ± 8.26	14.70 ± 8.81	ns
ヒワダニモドキ科	3	1.50 ± 0.71	2	1.00 ± 0.00	ns	5.83 ± 1.18	1.57 ± 0.17	ns
ゾウイレコダニ科	2	2.00	3	3.00	—	5.00	4.05	—
ニセイイレコダニ科	0	—	20	2.50 ± 1.85	—	—	4.10 ± 4.69	—
カザリヒワダニ科	2	2.00	2	2.00	—	2.11	3.13	—
ダルマヒワダニ科	50	3.85 ± 2.34	112	5.89 ± 7.29	ns	9.38 ± 9.47	7.25 ± 6.14	ns
ツルギマイコダニ科	0	—	4	1.00 ± 0.00	—	—	1.74 ± 1.03	—
マイコダニ科	0	—	10	2.50 ± 3.00	—	—	4.54 ± 7.34	—
ヒゲツツダニ科	1	1.00	0	—	—	2.50	—	—
ウスギヌダニ科	14	4.00 ± 2.65	12	4.00 ± 2.65	ns	10.36 ± 3.40	5.55 ± 4.00	ns
イレコダニ科	33	3.56 ± 4.72	89	3.30 ± 2.43	ns	7.69 ± 13.46	5.95 ± 5.96	ns
タテイレコダニ科	2	1.00 ± 0.00	110	4.58 ± 3.41	< 0.0001	1.29 ± 0.70	6.29 ± 4.63	< 0.0005
ヘソイレコダニ科	2	1.00 ± 0.00	4	1.00 ± 0.00	—	12.50 ± 5.89	1.33 ± 0.56	ns
ツツハラダニ科	142	4.79 ± 8.72	175	5.47 ± 4.63	ns	11.08 ± 11.47	8.26 ± 8.13	ns
ユウレイダニ科	21	1.82 ± 1.17	24	1.60 ± 0.83	ns	4.83 ± 4.70	2.22 ± 0.93	ns
トノサマダニ科	26	3.50 ± 2.26	18	3.00 ± 1.90	ns	6.36 ± 5.17	3.31 ± 2.25	ns
ハラミゾダニ科	129	4.10 ± 4.92	101	4.21 ± 3.80	ns	13.26 ± 12.66	6.67 ± 5.26	< 0.05
アミメオニダニ科	59	3.86 ± 4.19	39	2.17 ± 1.72	ns	10.04 ± 9.45	4.89 ± 2.96	ns
オニダニ科	324	10.37 ± 19.28	643	16.92 ± 20.14	ns	17.65 ± 15.85	20.30 ± 16.73	ns
モンツギダニ科	24	6.00 ± 5.20	19	2.11 ± 1.27	ns	19.60 ± 7.75	4.38 ± 3.74	ns
コナダニモドキ科	86	3.40 ± 3.59	92	4.18 ± 7.68	ns	9.51 ± 7.61	6.02 ± 6.30	ns
ツキノワダニ科	43	4.30 ± 6.50	84	7.00 ± 8.10	ns	13.45 ± 15.14	11.08 ± 7.76	ns
ニオウダニ科	0	—	3	1.00 ± 0.00	—	—	1.33 ± 0.87	—
ウズタカダニ科	3	1.50 ± 0.71	1	1.00	—	3.16 ± 2.61	0.91	—
スネナカダニ科	2	1.00 ± 0.00	0	—	—	1.78 ± 1.02	—	—
アナメダニ科	2	2.00	0	—	—	7.41	—	—
ジュズダニ科	7	1.75 ± 0.96	10	1.43 ± 0.79	ns	6.17 ± 1.78	4.65 ± 5.12	ns
マンジュウダニ科	0	—	3	1.50 ± 0.71	—	—	1.26 ± 0.72	—
ヤッコダニ科	1	1.00	1	1.00	—	2.86	1.08	—
イチモンジダニ科	0	—	8	8.00	—	—	17.78	—
ホソクモスケダニ科	34	3.56 ± 5.83	97	3.88 ± 3.46	ns	5.75 ± 5.75	5.14 ± 4.07	ns
クモスケダニ科	5	1.00 ± 0.00	11	1.38 ± 0.74	ns	8.01 ± 14.16	3.81 ± 5.65	ns
エリナシダニ科	2	1.00 ± 0.00	6	1.80 ± 0.58	ns	1.62 ± 1.16	1.63 ± 0.88	ns
アミメマントダニ科	5	5.00	10	1.25 ± 0.46	—	8.47	3.12 ± 4.10	—
モリダニ科	3	1.00 ± 0.00	28	3.50 ± 3.16	ns	6.61 ± 7.63	11.43 ± 20.11	ns
ハネアシダニ科	6	3.00 ± 0.00	4	1.33 ± 0.58	< 0.05	6.46 ± 2.99	1.90 ± 0.54	ns
ダルマタマゴダニ科	18	3.60 ± 2.30	3	1.00 ± 0.00	ns	9.70 ± 6.94	1.79 ± 1.22	ns
セマルダニ科	8	2.33 ± 1.15	2	1.00 ± 0.00	ns	10.39 ± 11.03	2.15 ± 1.52	ns
イブシダニ科	33	3.10 ± 2.81	51	2.83 ± 2.43	ns	9.42 ± 7.00	4.76 ± 5.04	ns
クワガタダニ科	22	2.00 ± 1.63	48	2.09 ± 1.28	ns	4.60 ± 2.31	3.90 ± 3.19	ns
イカダニ科	1	1.00	6	1.50 ± 0.58	—	2.44	3.94 ± 1.57	—
センロダニ科	1	1.00	1	1.00	—	5.56	1.12	—
ツブダニ科	433	10.32 ± 12.30	651	14.47 ± 15.26	ns	24.96 ± 16.30	21.42 ± 14.87	ns
クチバシダニ科	0	—	1	1.00	—	—	1.85	—
マドダニ科	13	2.20 ± 2.68	16	4.00 ± 4.76	ns	4.24 ± 3.44	3.60 ± 4.14	ns
オオアナダニ科	2	2.00	1	1.00	—	6.25	0.83	—
レンズダニ科	0	—	1	1.00	—	—	5.26 ± 0.00	—
ケタフリソデダニ科	0	—	3	1.50 ± 0.71	—	—	2.24 ± 1.12	—
マルコバネダニ科	4	2.00 ± 1.41	5	1.25 ± 0.50	ns	8.83 ± 0.37	2.87 ± 2.75	< 0.05
シダレコソデダニ科	1	1.00	0	—	—	6.25	—	—
コイタダニ科	0	—	2	2.00	—	—	4.17	—
コソデダニ科	47	3.14 ± 2.82	63	3.00 ± 2.65	ns	5.31 ± 3.48	3.77 ± 2.87	ns
オトヒメダニ科	0	—	7	3.50 ± 0.71	—	—	5.16 ± 0.34	—
マブカダニ科	0	—	12	6.00 ± 5.66	—	—	12.78 ± 13.36	—
コバネダニ科	36	2.25 ± 2.05	35	2.92 ± 3.03	ns	5.61 ± 6.85	4.85 ± 4.35	ns
カブトダニ科	6	1.50 ± 0.58	10	2.00 ± 1.22	ns	3.76 ± 0.91	2.98 ± 2.68	ns
エンマダニ科	2	2.00	0	—	—	5.71	—	—
ツノバネダニ科	0	—	1	1.00	—	—	1.64	—
フリソデダニ科	9	2.00 ± 1.15	16	1.78 ± 1.09	ns	3.38 ± 2.07	2.72 ± 2.14	ns
同定不明ササラダニ亜目	74	2.68 ± 2.48	111	3.47 ± 3.04	ns	8.21 ± 7.37	5.88 ± 4.82	ns
計	1,953	38.25 ± 32.53	3,296	68.67 ± 40.33	< 0.0005			

表 5. 2 地域（藤沢市および南足柄市）における生物多様性の指数

標的分類群	Simpson指数 (1- λ)			Shannon-Wiener指数 (H')		
	藤沢市		南足柄市	藤沢市		南足柄市
全分類群 (綱レベル)	0.517	>	0.444	0.909	>	0.776
ダニ目 (亜目レベル)	0.520	>	0.435	0.909	>	0.807
ササラダニ亜目 (科レベル)	0.891	>	0.882	2.746	>	2.691

表 6. 2 地域（藤沢市および南足柄市）における地点あたりのササラダニ亜目個体数、トゲダニ亜目個体数、およびそれらの比率

	藤沢市		南足柄市		t-test (p)
	総数	Mean $\pm$ S.D.	総数	Mean $\pm$ S.D.	
ササラダニ亜目	1,954	38.25 $\pm$ 32.53	3,296	68.67 $\pm$ 40.33	< 0.0005
トゲダニ亜目	326	7.78 $\pm$ 5.81	535	11.15 $\pm$ 6.80	< 0.05
トゲダニ亜目 / ササラダニ亜目	—	0.38 $\pm$ 0.44	—	0.19 $\pm$ 0.13	< 0.05

はならないが、両地域における出現科数は、藤沢市で 49 科、南足柄市で 57 科であった（表 4）。このように、南足柄市のササラダニ亜目の多様性が藤沢市より高いという結果は、南足柄市における植物種数が多いことを示唆するものであろう。一方で、それぞれの地域の多様性を評価する Simpson 指数 ($1-\lambda$) および Shannon-Wiener 指数 (H') は、全分類群（綱レベルでの比較）およびダニ目（亜目レベルでの比較）、ササラダニ亜目（科レベルでの比較）、いずれにおいても藤沢市の方が高かった（表 5）。上述のように、南足柄市で植物種数が多いと示唆される傾向を考慮すると、両指数の結果は、南足柄市において多様性が低いことを意味しているのではなく、抽出された土壌動物を構成する分類群の中で、ササラダニの占める頻度が南足柄市（総個体数の 49.3 %）で藤沢市（総個体数の 37.5 %）よりも非常に高かったことに起因していると推察される（表 3）。実際に、ササラダニ亜目を対象とした多様度の両指数は、南足柄市より藤沢市の方が高かったものの、その差は僅かなものであった（表 5）。

一般に、ササラダニ亜目は有機物分解者として大きな役割を担っており、また環境変化にも敏感であるため、人的干渉により個体数減少が容易に起こりうるとされるが、トゲダニ亜目は捕食者としての役割を担っており、ササラダニ亜目に比して人的干渉による影響は少なく、個体数は安定するとされる（青木, 2002）。そのため、環境改変によりササラダニ亜目の減少が起きると、相対的にトゲダニ亜目が多くなる。そこで、表 3 に示した抽出個体数の結果を参考に、ササラダニ亜目に対するトゲダニ亜目の個体数比を両地域で比較したのが表 6 であ

る。これによると、ササラダニ亜目、トゲダニ亜目両分類群ともに抽出個体数は南足柄市で圧倒的に多かったが、ササラダニ亜目に対するトゲダニ亜目の個体数比は藤沢市の方が有意に高かった。このことは、藤沢市の都市林の環境は人的干渉による影響が大きいことを示唆している。

青木（2002）は、林縁部は林内に比べて高温低湿になり、土壌動物相が量的かつ質的に貧弱化するとしている。したがって本研究で認められた藤沢市における土壌動物の量的かつ質的な低下傾向は、分断化された森林や住宅および人工物に囲まれた都市林が、乾燥化の傾向にあることを示すものであろう（服部ほか, 1995；石田ほか, 2002）。しかし一方で、南足柄市の森林の多くが水源涵養保全林であるものの、満足な状態ではないと佐々木（1992）は述べている。南足柄山地は 1960 年代まで薪炭用雑木の自然林であったが、拡大造林政策によりスギ・ヒノキが植林され、1970 年代頃に北面の一部で開墾が行われた（佐々木, 1992）。植林は、植生の単純化をもたらす要因でもある。したがって多様性の維持を検討するには、都市林だけではなく、自然度が高いとみられる山地林についても継続的なモニタリングが必要であらう。

謝 辞

本研究を行うにあたり、現地調査にご協力頂いた中園美紀氏に深謝する。また、本稿に貴重なコメントをくださった日本大学生物資源科学部一般教養生物学研究室の安倍弘教授にお礼申し上げる。

引用文献

- 青木淳一, 1983. 自然の診断役—土ダニ. 244 pp. 日本放送出版協会, 東京.
- 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, pp. 127–143. 千葉県, 千葉.
- 青木淳一, 1995. 土壌動物を用いた環境診断. 開発地域等における自然環境への影響予測と評価に係る基礎調査—調査の結果と調査法マニュアル(沼田真編), pp. 197–271. 千葉県環境部環境調整課, 千葉.
- 青木淳一, 1999. 日本産土壌動物—分類のための図解検索. 1076 pp. 東海大学出版会, 東京.
- 青木淳一, 2002. 土壌動物学—分類・生態・環境との関係を中心に. 797 pp. 北隆館, 東京.
- 青木淳一・原田 洋, 1985. 環境保全林の形成と土壌動物群集(時にササラダニ群集)の変化. 横浜国大環境研究紀要, 12: 125–135.
- 青木淳一・原田 洋・宮脇 昭, 1977. 神奈川県下の主要自然林域における人為的影響と土壌ダニ相. 横浜国立大学環境科学センター紀要, 3: 121–133.
- Aoki, J. & G. Kuriki, 1980. Soil mite communities in the poorest environment under the roadside trees. In D. L. Dindal (ed.), *Soil Biology as Related to Land Use Practices. Proceedings of the VII International Colloquium of Soil Zoology*, pp. 226–232. Office of Pesticide and Toxic Substances, EPA, Washington, DC.
- 藤沢市, 2003. 藤沢市の自然環境(概要版): アジア航測環境部. 36 pp. 藤沢市環境部みどり課, 藤沢.
- 藤田 剛・吉田 圭一郎, 2012. 関東山地における登山道の土壌侵食と周辺環境との関連性. 横浜国立大学教育学部紀要, 4: 1–4.
- 原田 洋・青木淳一, 1996. 土壌動物による豊かさ評価の事例. 横浜国立大学環境科学研究センター紀要, 22: 81–92.
- 服部 保・赤松弘治・武田義明・小館誓治・上甫木昭春・山崎 寛, 1995. 里山の現状と里山管理. 人と自然, (6): 1–32.
- 石田弘明・戸井可名子・武田義明・服部 保, 2002. 大阪府千里丘陵一帯に残存する孤立虹林の樹林面積と種多様性, 種組成の関係. 植生学会誌, 19: 83–94.
- 金子信博・鶴崎展巨・布村 昇・長谷川元洋・渡辺弘之, 2007. 土壌動物学への招待—採集からデータ解析まで(日本土壌動物学会編). 261 pp. 東海大学出版会, 秦野.
- 栗城源一・青木淳一, 1982. 仙台市における街路樹下の土壌小形節足動物群集—とくにササラダニ類について—. 動物学雑誌, 91: 165–177.
- Margalef, R, 1958. Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. In A. A. Buzzati-Traverso (ed.), *Perspectives in Marine Biology*, pp. 323–347. University of California Press, Berkeley.
- 南足柄市教育自然委員会, 1994. 南足柄の自然—その大地と森と動物たち—(南足柄市文化財調査報告書 23). 10 pp. 南足柄市, 南足柄.
- 宮脇 昭・藤原原一繪・村上雄秀, 1984. 藤沢市の植生—13年間の都市開発に伴う植生の変化に対応した新しい都市環境保全・創造に対する植生学的研究. 168 pp. 横浜国立大学環境科学研究センター, 横浜.
- 森本幸裕・増田拓朗, 1975. 踏圧による土壌の圧密と樹木の生育状態について. 造園雑誌, 39: 34–42.
- 日本自然保護協会(編), 1985. 指標生物—自然をみるものさし. 364 pp. 思索社, 東京.
- 佐々木園子, 1992. 南足柄市のヤシヤブシ林について(II)—自然林回復の初期8年間の出現植物の記録. 東海大学紀要, 教養学部, 23: 229–246.
- Simpson, E. H. 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688.
- 谷脇 徹・久野春子・細田浩司, 2004. 都市近郊の小規模孤立林における地表性昆虫類の群集構造の経年変化. 日本緑化工学会誌, 30: 552–560.
- 山中金次郎・松尾憲一, 1962. 土壌硬度に関する研究—土壌硬度と含水量との関係. 日本土壌肥料科学雑誌, 33: 343–347.

小林由佳・岩佐真宏: 日本大学生物資源科学部