

# 金華山の大型土壌動物相

内田智子\*・伊原真樹\*

A Study of Soil Macrofauna in Kinkazan Island, Miyagi Pref., Northeastern Japan

Tomoko UCHIDA and Maki IHARA

**要旨**：金華山における大型土壌動物相の調査を行った。ワラジムシ目（等脚目）は全部で7種が採集された。陸生大型ミミズはフトミミズ科9種、ツリミミズ科2種、ジュズイミミズ科1種の計12種が採集された。個体数の密度および種数の出現の多い環境はミミズとワラジムシ目では異なっていた。自然植生のブナ林を健全な状態に保つことと、それ以外の異なる植生環境の多様性を保つことのバランスが土壌動物相保全には重要であると考えられた。

**キーワード**：金華山、大型土壌動物、環境

## 1. はじめに

金華山は宮城県北東部に浮かぶ面積が10km<sup>2</sup>ほどの小さな島で、島の中央部には貴重なブナやモミの原生林が広がっており、大型哺乳類のニホンジカやニホンザルが優占している（溝田，2001）。宮城教育大学・環境教育実践センター（以下、EEC）では伊沢紘生教授を中心としてここ金華山を環境教育フィールドとして重視し、生態調査や自然教育を長期にわたって行っている。現在までに、大型哺乳類であるサルやシカ、それらの餌である植物、昆虫についての調査が行われてきている。しかしこれらの生物は植物を生のまま食べる生食食物連鎖(grazing food chain)がほとんどで、腐敗した植物遺体を餌とする腐植食物連鎖(detritus food chain)内の生物については、1966年に行われたIBP(International Biological Program、国際生物学事業計画)の調査の時にセンチウとワラジムシ類についての調査(国井, 1967; 恩藤, 1967)および1996-1997に羽化昆虫についての調査(Shimazaki and Miyashita, 1999)があるのみである(但し、糞虫や腐肉食性昆虫については多く調べられている(溝田, 2001))。したがって土壌動物全般を調査した例はなく、ミミズについては全くない。これは土壌動物の同定が難しいことに起因すると思われる。

以上のような背景の下、私達は伊沢紘生教授(EEC)より大型土壌動物の調査依頼を受け、2002年から2003年にかけてリサーチアシスタント(RA)として調査を行うこととなった。金華山の土壌動物相を明らかにすることは金華山の生態系を循環的に把握することに繋がり、環境教育に関しても同様のインタープリテーションで人々の生態系の認識を促すことが期待できると考えられる。そのためにも今回行った基礎研究が重要となる。

金華山では近年シカの高密度化により元来の植生が改変を受け、乾燥化、草原化などが目立ち、島の生態系はバランスを崩していることが問題となっている(高槻, 2000)。また、海岸のマツ林は魚付保安林に指定されているが、広範囲のマツ枯れも問題となっている。これらのことが土壌動物にどのような影響を与えているか、森林の生態系を支えている土壌動物が生態系のバランス回復のためにどのような働きをするのか、そのためにはどのような群集であるべきかなどを検討するために基礎的な大型土壌動物のデータがまずは必要である。

## 2. 調査地と調査方法

金華山において図1のように8ヶ所の調査プロット

\*横浜国立大学大学院・環境情報・土壌生態学研究室

で調査を行った。A. ブナ林、B. スギ林、C. シキミ林、D. シカ山の4ヶ所では円筒（直径15.5cmの塩ビ管）を用いて個体数密度と現存量を調査した。

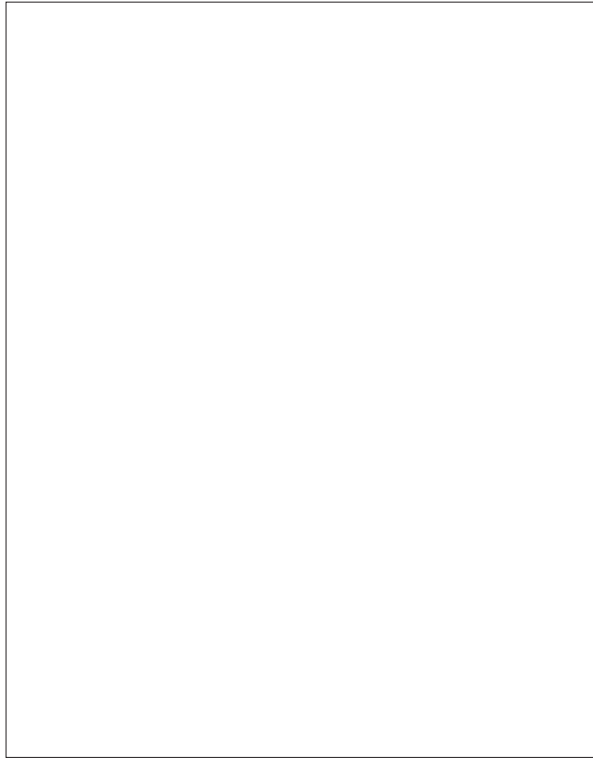


図1 金華山島調査地点。A. ブナ林；B. スギ林；C. シキミ林；D. シカ山；E. 竹林；F. マツ林；G. 角切場；H. マツ林（栈橋近く）

また、土壤動物の分布は不均一でこのような定量的な調査法では種数が出難いため、一定の枠を設けずに落葉層や土壌層などをランダムに採集する方法を組み合わせで行った。その他の4ヶ所：E. 竹林、F. マツ林、G. 角切場、H. マツ林（栈橋近く）ではランダムな採集法による調査のみを行った。調査プロットのD. シカ山とG. 角切場はシバ地であるが、その他のプロットの林分である。個体数密度と現存量の調査は直径15.5cmの塩ビ管を用いて任意の10ヶ所を設定し、A<sub>0</sub>層とそれより下の土壌層15cmの2層に分けてハンドソーティング法でサンプリングした。ミミズ以外の大型土壤動物は80%アルコールで固定し、青木（1999）にしたがって同定した。ミミズは採集後、10%ホルマリンで固定し、（Easton, 1981；石塚, 2001；Blakemore, 2003）によって同定し、ホル

マリン液浸後の重さを測定して、現存量を算出した。土壌層の一部を100cm<sup>3</sup>の円筒で採集し、持ち帰り、pH、含水率、全炭素、全窒素含有率を測定した。全炭素、全窒素含有率はNC-アナライザー（スミグラフNC-95A、住化分析センター）を用いて分析した。

### 3. 結果

#### (1) 大型土壤動物（陸生大型ミミズを除く）

大型土壤動物は全部で19種類のグループに分けられた（表1）。出現した種類は、調査地点C. シキミ林で16種類と最も多く、次いでA. ブナ林（12種類）、B. スギ林（10種類）、D. シカ山（8種類）の順だった。

大型土壤動物（陸生大型ミミズを除く）の個体数密度はC. シキミ林で最も高く、次いでA. ブナ林、B. スギ林となり、D. シカ山で最も低かった。調査地点A-Cに出現した土壤動物の種類では、イトミミズ目のヒメミミズ科、ワラジムシ目（等脚目）、ムカデ（脚綱）のイシムカデ目の密度の相対優占度が高くなった。

ワラジムシ目（等脚目）内の種について、調査地点A-Dまでは枠で採集する定量調査を行ったので、個体数密度を示した（表2）。密度調査の結果、ニホンヒメフナムシ *Ligidium japonicum* Verhoeff, 1918 は出現した3地点A-Cの内B. スギ林で最も密度が高く、次いでA. ブナ林、C. シキミ林の順だった。ナガラジムシ *Haplophthalmus danicus* Buddle-L, 1879 は2地点B、Cで出現し、平均値でC. シキミ林はB. スギ林の3倍の個体数密度であった。ワラジムシ *Porcellio scabar* Latreille, 1804 は4地点A-Dに出現したが、A. ブナ林で最も密度が高く、次いでC. シキミ林、D. シカ山の順に低くなり、B. スギ林では全く採集されなかった。

一地点に分布する種数をできるだけ多く採集するための任意の拾い取り法による結果は表3に示した。2地点の海岸では海岸性の種であるフナムシ *Ligia exotica* Roux, 1828 とニッポンヒイロワラジムシ *Littorophirosia nipponiensis* Nunomura, 1986 のみが確認された。フナムシは飛沫帯の岩やコンクリート壁から潮間帯にかけて生息し、ニッポンヒイロワラジムシは潮間帯の海藻やマツなどのリター中に生

息していた。海岸以外の全調査地点でワラジムシが確認された。B. スギ林とC. シキミ林にはニホンヒメフナムシ、ナガワラジムシ、ワラジムシの3種が共通して出現した。A. ブナ林ではこの3種の内ナガワラジムシは確認されず、代わりにカガホソコシビロダンゴムシ属の一種が確認され、出現種数は3種となった。カガホソコシビロダンゴムシ属の一種はその他

E. 竹林とシバ地（ホテル跡前、設定外の採集地）の石下から確認された。シバ地（ホテル跡前）では他にナガワラジムシ、ワラジムシ、オカダンゴムシ *Armadillidium vulgare* (Latoreille, 1804) が確認され、出現種数は最多の4種となった。オカダンゴムシはシバ地（ホテル跡前）にのみ確認された。

表1 金華山の4調査地における大型土壤動物個体数 (Nm<sup>-2</sup>) (大型ミミズを除く)

種類		A	B	C	D
		ブナ林 平均±標準偏差	スギ林 平均±標準偏差	シキミ林 平均±標準偏差	シカ山 平均±標準偏差
Gastropoda	マキガイ綱	0.0	5.3±16.8	15.9±35.8	0.0
Tubificida	イトミミズ目	190.9±301.2	5.3±16.8	127.3±146.2	0.0
Haplotaxida	ナガミミズ目(フトミミズ科)	5.3±16.8	15.9±35.8	10.6±22.4	0.0
Haplotaxida	ナガミミズ目(フトミミズ科)	0.0	0.0	21.2±51.2	15.9±50.3
Hirudinea	ヒル綱	0.1±16.8	0.1±16.8	0.0	0.0
Araneae	クモ目	21.2±37.1	26.5±37.5	79.5±37.5	5.3±16.8
Isopoda	ワラジムシ目	111.3±135.6	74.2±71.6	111.3±192.7	10.6±22.4
Amphipoda	ヨコエビ目	0.0	0.0	31.8±27.4	0.0
Dipropoda	ヤスデ綱	15.9±25.6	0.0	58.3±88.2	0.0
Chilopoda	ムカデ綱	47.7±84.6	79.5±106.8	90.1±106.2	0.0
Blattodea	ゴキブリ目	0.0	0.0	5.3±16.8	0.0
Psocoptera	チャタテムシ目	0.0	5.3±16.8	0.0	0.0
Heteroptera	カメムシ亜目	5.3±16.8	0.0	0.0	5.3±16.8
Coleoptera (Ad.)	コウチュウ目 (成虫)	15.9±35.8	10.6±33.5	79.5±76.0	5.3±16.8
Coleoptera (Larv.)	コウチュウ目 (幼虫)	0.0	0.0	42.2±69.8	26.5±45.1
Diptera (Ad.)	ハエ目 (成虫)	5.3±16.8	0.0	5.3±16.8	0.0
Diptera (Larv.)	ハエ目 (幼虫)	5.3±16.8	5.3±16.8	26.5±37.5	10.6±22.4
Hymenoptera	ハチ目 (アリ科以外)	5.3±16.8	0.0	42.4±33.5	0.0
Lepidoptera (Larv.)	チョウ目 (幼虫)	0.0	0.0	26.5±51.5	5.3±16.8
合計		434.8±404.4	233.3±177.1	774.1±617.9	84.8±103.7

表2 金華山の4調査地におけるワラジムシ目（等脚目）の個体数密度 (Nm<sup>-2</sup>)

種類		A	B	C	D
		ブナ林 平均±標準偏差	スギ林 平均±標準偏差	シキミ林 平均±標準偏差	シカ山 平均±標準偏差
ニホンヒメフナムシ	<i>Ligidium japonicum</i>	15.9±25.6	58.3±52.7	10.6±22.4	0.0
カガホソコシビロダンゴムシ属の一種	<i>Venezillo</i> sp.	5.3±16.8	0.0	0.0	0.0
ナガワラジムシ	<i>Haplophthalmus danicus</i>	0.0	15.9±50.3	47.7±118.4	0.0
ワラジムシ	<i>Porcellio scaber</i>	90.1±103.2	0.0	53.0±86.6	10.6±22.4
合計		111.3±135.6	74.2±71.6	111.3±192.7	10.6±22.4

表3 任意採取による金華山のワラジムシ目（等脚目）

種類		A	B	C	D	E	H	海岸	芝地
		ブナ林	スギ林	シキミ林	シカ山	竹林 (海藻・マツリター) (コンクリート壁)	海岸 (ホテル跡前)	海岸 (ホテル跡前)	芝地 (ホテル跡前)
ニホンヒメフナムシ	<i>Ligidium japonicum</i>	+	+	+	-	-	-	-	-
カガホソコシビロダンゴムシ属の一種	<i>Venezillo</i> sp.	+	-	-	-	+	-	-	+
ナガワラジムシ	<i>Haplophthalmus danicus</i>	-	+	+	-	-	-	-	+
ワラジムシ	<i>Porcellio scaber</i>	+	+	+	+	+	-	-	+
オカダンゴムシ	<i>Armadillidium vulgare</i>	-	-	-	-	-	-	-	+
フナムシ	<i>Ligia exotica</i>	-	-	-	-	-	-	+	-
ニッポンヒイロワラジムシ	<i>Littorophiloscisa nipponensis</i>	-	-	-	-	-	+	-	-
種数		3	3	3	1	2	1	1	4

## (2) 陸生大型ミミズ

ミミズの密度はブナ林が最も高く、次いでB. スギ林、D. シカ山、C. シキミ林の順だった(表4)。ミミズの現存量はA. スギ林で最も高く、次いでブナ林、シカ山、シキミ林の順だった(表4)。また、ミミズの種数はフトミミズ科9種類、ツリミミズ科2種、ジュズイミミズ科1種の全部で12種が採集された(表5)。種数はブナ林で最も高く、6種類を記録し、ジュズイミミズ科のヤマトジュズイミミズ *Drawida japonica* (Michaelsen, 1892) が1個体のみであるが、観察された。ヒトツモンミミズ *Metaphire hilgendorfi* (Michaelsen, 1892) とサクラミミズ *Eisenia japonica* (Michaelsen, 1891) はB、CおよびDの調査地点で共通して出現したが、*Amyntas* sp.5 定めた調査地点以外の人家のそばで釣り餌やコンポストに用いられるシマミミズ *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) が観察された。*Amyntas* sp.1 - *Amyntas* sp. 5は竹林でのみ、ハタケミミズ *Metaphire agrestis* (Goto & Hatai, 1898)、フキソクミミズ *Pheretima irregularis* (sense Goto

& Hatai, 1899) はG. マツ林でのみしかみられなかった。定めた調査地点以外の人家のそばで釣り餌やコンポストに用いられるシマミミズ *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) が観察された。*Amyntas* sp.1 - *Amyntas* sp.5の5種は既知種として同定できなかったが、未記載種である可能性が強い。生息層に関しては密度や現存量を調査したA-Dの円筒による調査ではミミズの生息層位の分布域はほとんどが土壤層に限られていた。一般にA<sub>0</sub>層に生息することが多いフトスジミミズ *Amyntas vittatus* (Goto & Hatai, 1898) やヒトツモンミミズまでが土壤層のみで観察された。

表4 陸生大型ミミズの密度と現存量

調査区	密度 (Nm <sup>-2</sup> ) 平均±標準偏差	現存量 (g湿重m <sup>-2</sup> ) 平均±標準偏差
A. ブナ林	84.8±75.8	38.4±51.1
B. スギ林	68.9±83.1	43.0±74.9
C. シキミ林	21.2±37.1	9.90±25.3
D. シカ山	53.0±103.1	13.2±30.4

表5 枠および任意の採取法により各調査区に出現したミミズの種

	A ブナ林	B スギ林	C シキミ林	D シカ山	E 竹林	F マツ林	G アカマツ林(椀橋)	H 角切場	その他 人家の近く
ヒトツモンミミズ <i>M.hilgendorfi</i>	○	○	○		○		○		
フトスジミミズ <i>A.vittatus</i>				○	○				
ハタケミミズ <i>M.agrestis</i>							○		
フキソクミミズ <i>Ph.irregularis</i>			○				○		
フトミミズの1種 <i>Amyntas</i> sp.1	○	○	○						
フトミミズの1種 <i>Amyntas</i> sp.2	○					○			
フトミミズの1種 <i>Amyntas</i> sp.3	○	○							
フトミミズの1種 <i>Amyntas</i> sp.4			○		○			○	
フトミミズの1種 <i>Amyntas</i> sp.5					○				
サクラミミズ <i>E.japonica</i>		○		○	○			○	
シマミミズ <i>E.fetida</i>									○
ヤマトジュズイミミズ <i>D.japonica</i>	○								

## (3) 土壤の理化学分析

土壤の含水率はA. ブナ林で43.5%と最も高く、次いでB. シカ山、C. シキミ林、B. スギ林の順であった(表6)。しかし、この40-43.5%という含水率は全体的にかなり低く金華山全体が乾燥していると考えられる。土壤の全炭素含有率はC. シキミ林が13.1%と最も高く、次いでB. シカ山、A. ブナ林、B. スギ林の順であった。土壤の全窒素含有率は

0.62-0.93%でどの地点も1%より低かった。土壤のpHは4.7-5.3と全体的に酸性であり、B. スギ林で5.3と最も高く、A. ブナ林で4.7と最も低かった。

表6 枠採集法を行った各調査区における土壌の理化学分析

調査区	含水率	全炭素含有率(%)	全窒素含有率(%)	C/N	pH (H <sub>2</sub> O)	n
	平均±標準偏差	平均±標準偏差	平均±標準偏差	平均±標準偏差	平均±標準偏差	
A. ブナ林	43.5±5.62	10.1±2.45	0.77±0.14	14±1.03	4.5±0.23	5
B. スギ林	40.±3.84	8.7±2.86	0.62±0.17	14±1.36	5.3±0.18	5
C. シキミ林	42.1±10.20	13.1±5.86	0.92±0.37	12±0.19	4.7±0.19	5
D. シカ山	42.8±2.16	10.8±1.19	0.93±0.07	14±0.64	5.1±0.08	5

#### 4. 考察

本調査で金華山島におけるワラジムシ目（等脚目）は全部で7種が確認された。このうちの2種は海岸性の種であった。等脚類は元来海産性のグループであり、打線や砂浜の砂中などをより詳しく調査を行えば海岸性の種は今回確認された以外にも生息している可能性が高い。

確認された5種の陸生等脚類のうちカガホソコシビロダンゴムシ属の一種とナガラワラジムシは1966年に行われた金華山島での等脚類調査結果（恩藤，1967）には記載されていない。

恩藤（1967）は、ニホンヒメフナムシ、ワラジムシ、オカダンゴムシの3種の陸生等脚類を確認し、植生別に密度調査を行っている。本調査と同一地点ではないが同じ植生のブナ林ではニホンヒメフナムシが優占したと報告し、ワラジムシが優占した本調査の結果とは異なった。ニホンヒメフナムシは3種の中では最も湿潤な環境を好む種であるが、今回調査したブナ林は山頂近くの尾根部の疎林で乾燥しやすい環境であると考えられ、そのためより乾燥に強いワラジムシが優占したと考えられる。一方、本調査で谷部のスギ林でニホンヒメフナムシが優占したのは、鬱蒼とした林冠の下で湿潤した環境が保たれたからであると考えられる。しかし、同様に林冠の閉じた常緑樹林のシキミ林にはワラジムシとナガラワラジムシがほぼ同程度に優占しており、ニホンヒメフナムシの優占度は低かった。この理由について確かなことはわからないが、リターの堆積状況がスギ林では一面にあったのに対し、シキミ林では浅いくぼ地などに堆積するようにまばらであったことが関係しているのではないだろうか。

ワラジムシとオカダンゴムシはヨーロッパ原産の世界共通種で乾燥に強く、一般には公園や庭先、草地に見られる。金華山島では高密度にニホンジカが生息す

ることで草地が広がり（高槻，2000）、土壌の乾燥化が進んでいる。このような環境の変化により、これらの外来種はさらに生息地を広げていくと思われる。

大型ミミズの現存量および個体数は決して少なかった。神奈川県の実鶴半島の魚付保安林のミミズのデータを引用すると一年で最も多い7月（2002年）の実鶴の現存量は40g m<sup>-2</sup>、個体数で25 m<sup>-2</sup>であった（内田・金子，印刷中）。金華山のA. ブナ林では現存量および個体数はそれぞれ38g m<sup>-2</sup>で25 m<sup>-2</sup>、B. スギ林では43g m<sup>-2</sup>および68.9m<sup>-2</sup>であり、決して低い値ではない。また、種数はフトミミズ科9種、ツリミミズ科2種、ジュズイミミズ科1種の全部で12種が採集されたが、実鶴ではフトミミズ科7種類、ツリミミズ科1種で全部で8種であった。実鶴の魚付保安林は江戸時代に植林されたクスノキ、スダジイおよびクロマツの優占林であり、クスノキやクロマツは樹高が40m以上にもなる極めて自然林に近い様相を帯びている森林といえる。したがって、金華山のミミズの種組成は自然の豊かさをまだまだ反映しているのではないかと考えられる。また、北海道より南の日本ではミミズはフトミミズ科のミミズが優占しており、ジュズイミミズ科のミミズの記録は少ないので貴重なデータである。*Amyntas* sp.1 - *Amyntas* sp.5の5種は関東近辺ではみられない種で、未記載種である可能性が高い。今後東北地方と金華山のミミズ相も比較してみる必要がある。

#### 5. まとめ

大型土壌動物の結果と陸生大型ミミズの結果を合わせるとA-Dの環境におけるそれぞれの出現傾向は異なった。大型土壌動物（陸生大型ミミズは除く）は種数、密度ともにD. シキミ林>A. ブナ林>B. スギ林>C. シカ山であり、陸生大型ミミズではA. ブナ林>B.



スギ林>C. シカ山>D. シキミ林（種数はシカ山とシキミ林は2種で同数）であった。大型土壤動物全体はD. シキミ林およびA. ブナ林が好まれ、ミミズではA. ブナ林およびB. スギ林が好まれていた。これは環境に対する大型土壤動物および陸生大型ミミズのそれぞれの反応なのか、それとも餌に対する嗜好性が反映しているのかは不明である。しかし、ブナ林でワラジムシが優占していたことと、表層に生息することが多いミミズの種がすべて土壤層に生息していたことを考え合わせると、大型土壤動物およびミミズは乾燥化の影響を受けていると考えられる。

ミミズは種によって低地、丘陵地、山地などの異なるごとに生息する種も異なるという分布の傾向をもつことが報告されている（石塚, 2001）。これは地理的要因と環境要因の両方が起因すると考えられるが、ここで問題としたいのは環境的な要因である。ミミズには種によって生息層位、餌資源が異なっていると考えられている（石塚, 2001）。例えば、ヒトツモンミミズやフトスジミミズのようにA<sub>0</sub>層に生息し、落葉を摂食するような種（石塚, 2001）は落葉層を含むA<sub>0</sub>層が棲み場所や餌資源に必要な一定量を満たしていることが必要である。ブナ林はミミズの種数が8ヶ所のプロットのなかで竹林とともに最も高かったが、これはおそらく、金華山の元来の生息種が生き残っていたからだと推測される。したがって、ブナからのリターフォール量を一定に保てるような環境を維持することがミミズの種数を保全するには重要であると考えられる。

現時点ではミミズや等脚類などにおいてどの種がどのような環境に生息するのかという問いに直接答えるところまで、種の分布と環境の関係は明らかにされておらず、環境指標としての大型土壤動物の研究は発展途上段階にある。青木（1995）が開発した「土壤動物を用いた環境診断」は土壤動物全般の中から選択された代表的な種のみを用いてを行うものである。したがって、今後ミミズや等脚類などにおける種レベルでの環境指標への適用が要望される。

土壤動物は普段は土のなかや落葉の下に隠れて地味な存在である。しかし、このように普段あまり見かけない生き物だからこそ、分解者として目立たないところ

で働いていてくれることを知ると親近感が沸いたりするものである。遅々として土壤下で進んでいるリサイクルのシステムをイメージできるのも、やはり生（なま）の生き物に触れ合い、その衝撃を受けてこそであると思われる。

初心者には一からの同定はなかなか困難だが、ある程度の種のリストや観察のガイドさえ作ってしまえば、あとはスコップ1本で容易に採集でき、楽しめるのではないと思う。今回のデータはその基礎資料とし、役立っていくのではないと思われる。しかし、今後も土壤動物の調査は定期的かつ長期的に行い、データを蓄積していく必要があると考える。

## 謝 辞

ミミズの同定に有益な助言をしていただいた成蹊高校の石塚小太郎博士に感謝申し上げます。調査に同行していただいた奥羽大学の伊原禎雄氏、調査の全行程でお世話いただいた宮城教育大学環境教育実践センター（EEC）の溝田浩二氏、貴重な調査の機会を与えていただいた伊沢紘生教授（EEC）に厚く御礼申し上げます。

## 引用文献

- 青木淳一, 1995. 土壤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（沼田眞編）千葉県環境部環境調整課 271pp.
- 青木淳一, 1999. 土壤動物検索図説. 東海大学出版会, 東京, 1043pp.
- Blakemore, R.J., 2003. Organisms Diversity & Evolution 3: 241-244.
- Easton, E.G, 1981. Japanese earthworms a synopsis of the Megadrile species (Oligochaeta). Bulletin of the British Museum (Natural history), Zoology Series 40: 33-65.
- 石塚小太郎, 2001. 日本産フトミミズ属（Genus *Pheretima* s. lat.）の分類学的研究. 成蹊大学一般研究報告第33巻3分冊, 125pp.
- 国井喜章, 1967. 1966年宮城県金華山島におけるベールマン分離法による線虫調査—JIBP/CT—Sセクションにおける動物相記載のための調査法研

究一. 各種陸上生態系における二次生産構造の比較研究・昭和41年度研究報告(加藤陸奥雄編): 146-157 昭和41年度研究報告(加藤陸奥雄編): 132-145.

Shimazaki, A. and Miyashita, T., 2000. Abundance and taxonomic composition of insects emerging from soil to above-ground ecosystem in forests. *Edaphologia*, 65: 5-12.

溝田浩二, 2001. 金華山における昆虫研究—これまでとこれから—. 宮城教育大学環境教育研究紀要, 4: 9-18.

恩藤芳典, 1967. 1966年宮城県金華山島における等脚類の調査—JIBP/CT-Sセクションにおける動物相記載のための調査法研究—. 各種陸上生態系における二次生産構造の比較研究(加藤陸奥雄編): 132-145.

高槻成紀, 2000. シカが及ぼす生態的影響. 生物化学, 52(1): 29-36.

内田智子・金子信博, 神奈川県内の2ヶ所の林地におけるフトミミズ類の生活史(*Edaphologia*, 印刷中).