

針葉樹人工林と広葉樹二次林との ミミズ群集の比較

安藤麻菜*・喜多知代**・河原輝彦***・菅原 泉****

(平成 19 年 11 月 30 日/平成 20 年 6 月 6 日受理)

要約：スギやヒノキ等の針葉樹の単一樹種からなる人工林では、生物相が単純になることが指摘されている。そこで本研究では、森林施業とミミズ群集の種多様性との関係を明らかにすることを目的とし、静岡県富士宮市麓および東京都西多摩郡奥多摩町のヒノキ人工林、スギ人工林、広葉樹二次林のミミズ群集について調査を行った。両調査地において、広葉樹二次林で最も種数と種多様度が高く、次いでスギ人工林であった。また、両調査地で最も種数が少なかったヒノキ人工林で出現した種は、広葉樹二次林、スギ人工林でも共通にみられる傾向にあった。各林分では、上木の種類、土壌物理化学性などの環境要因が異なることによって、ミミズの種組成や、個体数密度に影響を及ぼすと考えられた。特に、今回の調査結果からはミミズが生息する環境要因の一つに、リターの堆積量と質及び下層植生の種類と量が関わっていることが示唆された。

キーワード：ミミズ、生物種多様性、林相、リター堆積量、下層植生

はじめに

現在、森林・林業を取り巻く情勢は大きく変わりつつあり、人工林に対しても木材生産とともに森林の多面的機能の発揮が求められている。1995 年のモントリオール・プロセスでは、持続可能な森林管理のための 7 つの基準の中で「生物多様性の保全」を第 1 にあげている。

しかし、スギやヒノキ等の針葉樹の単一樹種からなる人工林では、天然林や人為的攪乱によって成立した広葉樹二次林よりも生物相が単純化することが指摘されている。土壌動物相においても広葉樹二次林よりも針葉樹人工林で種類数が減少することとして報告されている^{1,2)}。土壌動物は、生物遺体の分解や土壌動物が動き回ることによって、土壌構造の改良に重要な役割を担っている。一方、種数と個体数の消長は環境変化に即応することから、環境指標生物としても利用されている。その中でもミミズは、現存量が大きく、移動や糞をすることによって土壌構造を改変し、他の土壌生物や植物に大きな影響を与えるため、生態系改変者と呼ばれている。しかし、ミミズは、分類研究が不十分であったために種レベルでの群集構造について未解明な課題が多かった。近年になって東京産フトミミズ科が石塚³⁾によって整理され、種レベルでの群集構造の調査が可能となってきた。

そこで、本研究では、森林施業とミミズの種多様性との関係を明らかにすることを目的とし、地形や地質、気象条

件が異なる 2 ケ所の地域のヒノキ人工林、スギ人工林、広葉樹二次林に設定し、ミミズ群集を調査した。

調査地概況

静岡県富士宮市麓の東京農業大学富士農場周辺（以下、富士試験地）および東京都西多摩郡奥多摩町東京農業大学奥多摩演習林（以下、奥多摩試験地）の 2 ケ所に調査地を設定し、各調査地のヒノキ人工林、スギ人工林、広葉樹二次林の 3 林分にプロットを設定した。表 1 にそれぞれの調査地の各林分概況を示した。

(1) 富士試験地

試験地は、静岡県富士宮市麓の東京農業大学富士農場内（北緯 35°24′、東経 138°34′）に設置した。東には富士山、西には毛無山（1,946 m）があり、毛無山の麓に位置する。富士山特有の霧の発生が多く、東京農業大学富士農場の気象観測データによると、年降雨量 3,240 mm、年平均気温 9.9℃、最高気温 29.5℃、最低気温は -11.6℃（2007 年度）である。母材は玄武岩、土壌型は黒ボク土 B_{1b} である。黒ボク土の下は、マサ土、スコリアの層を成し、火山砂礫が入り混じるのが特徴である。調査地の地形は、ほぼ平坦である。

ヒノキ人工林は、20 年生の頃に一度間伐と枝打ちが行われているが、林冠は十分に閉鎖している。下層植生の植物の種類は 12 種、木本類では、マメザクラ、イヌツゲ、ミヤ

* 東京農業大学大学院農学研究科林学専攻（特定非営利活動法人富士森林施業技術研究所）

** 全国森林組合連合会

*** 特定非営利活動法人富士森林施業技術研究所

**** 東京農業大学地域環境科学部森林総合科学科

マガマズミ、モミジイチゴなどが散在しており、草本類では、イヌタデ、チヂミザサ等が見られた。

スギ人工林は、間伐、枝打ちはされていないが、ヒノキ人工林に比べ明るい。下層植生の植物の種類は15種、木本類のクササギが繁茂し、草本類では、アカネ、ハンショウヅル、アマチャヅル、クサコアカソ等が僅かに確認できる状態であった。

広葉樹二次林は、富士調査地の3林分中で最も明るく、上木層の植生は、木本類のフジキ、モミジイチゴ、ノイバラ、アケビ等の12種で構成され、下層植生は、草本類のチヂミザサ、ミズヒキ、ジャノヒゲ等の33種で構成され、植被率は3林分の中で最も高かった。

(2) 奥多摩試験地

試験地は、東京都西多摩郡奥多摩町東京農業大学奥多摩演習林内（北緯35°53′、東経13°02′）に設置した。秩父多摩国立公園内の雲取山（2,018m）から南東に連なる狩倉山（1,452m）を中心とした北斜面に位置している。奥多摩演習林内の気象観測によると、年降雨量1,337mm、年平均気温12.3°C、最高気温34.7°C、最低気温-9.4°C（2007年度）である。母材は岩礫頁岩が占めており、石灰岩が点在する。調査地の地形は急峻で、平均傾斜は30°を超える。調査プロットは、尾根部寄りの斜面に設置した。土壌型は褐色森林土BDである。本調査地の人工林は、手入れ不足から下層植生が発達しておらず、さらに、近年、ニホンジカによる食害で試験地一帯の下層植生が乏しい。

ヒノキ人工林は、一度間伐と枝打ちが行われているが、林冠は十分に閉鎖されている。下層植生の植物の種類は5種で、木本類のエンコウカエデの稚樹、草本類のクサコアカソ、サンカクヅル、ヤマイヌワラビ等が僅かに見られた。

スギ人工林は、間伐、枝打ちはされていないが、所々に枯死木が見られた。ヒノキ人工林に比べ明るい。下層植生の植物の種類は7種で、木本類のミズナラの稚樹、ケアオダモ、草本類のママシグサ、オニドコロ、フタリシズカ、オオカモメヅル等が僅かに見られた。

広葉樹二次林は、奥多摩試験地の3林分中で最も明るい。高木層に、ヤマザクラ、トチノキ、メグスリノキ、ハクウンボク、アワブキ、低木層に、イヌシデ、アカシデ、アブラチャン、リョウブ、アワブキ、エンコウカエデ、クロモジ等の15種が見られた。下層植生は、草本類のエイザンスミレ、オトギリソウ、ヤマトリカブト、フタリシズカ等の8種が僅かに見られた。

調査方法

ミミズの採取は、富士試験地では2001年から2004年の3年間、5月から11月にかけて毎月1回、奥多摩試験地では、2006年7月から11月にかけて毎月1回行った。各林分内に20m×20mのプロットを設けた。各プロット内に50cm×50cmのコドラートをランダムに設置し（富士試験地では10ヶ所、奥多摩試験地では7ヶ所）、ミミズの採取を行った。ミミズは生活型により、生息層位が異なるため、採取時は、リター層、および土壌層の0~5cm、5~15cmの3層に分けて、ハンドソーティング法によりミミズを採取した。

土壌理化学性の調査は、富士試験地では、2004年の5月から11月、奥多摩試験地では、2006年7月から11月の調査期間に、毎月のミミズ採取時にコドラート全てにおいて、測定または試料採取を行った。土壌硬度は、ミミズを採取したコドラートごとに土壌を掘り取った後の土壌壁4方向の面をそれぞれ2ヶ所ずつ、土壌層0~5cm、5~15cmに分けて山中式土壌硬度計を用いて測定した。全炭素、全窒素含有率、土壌pHの土壌試料は、各コドラートの土壌層0~5cm、5~15cm別にミミズを採取した後に一部の土壌を持ち帰った。全炭素、全窒素含有率は、0.5mmメッシュの篩を通った風乾土0.1gを用い、NCアナライザー（NC-90およびGC-8A、島津製作所）を用いて測定した。土壌pHは、持ち帰った生土を2mmメッシュの篩にかけ、根、有機物、礫を取り除いた土壌に、土壌試料：水=1：2.5になるように水を加え、1時間振とう後、ガラス電極法によりPH 82 pHメータ簡易電極を用いて測定した。土壌含水率、土壌孔隙の測定は、雨天およびその直後をさけ、富士試験地では、2004年の8月、奥多摩試験地では、2007年の8月に各プロット内で任意の2、3ヶ所を選定し、試料採取を行った。400ccの採土円筒で土壌層0~5cmの土壌を採取して持ち帰り、採取時のサンプルの重量、24時間浸水処理を行ったサンプルの重量を測定した後に、105°Cで24時間乾燥させた絶乾状態のサンプル重量と採土円筒の重量を測定し、土壌含水率と土壌孔隙率を算出した。リター堆積量は、富士試験地では、2004年8月、奥多摩試験地では、2007年8月にコドラートごとに採取した。採取したリターは、3週間以上風乾させた後に重量を測定した。

ミミズ類の同定方法

ミミズは採取後、エタノールで麻酔し、ホルマリン溶液

表1 富士および奥多摩試験地における各林分概況

調査試験地	調査地	標高(m)	傾斜(度)	林齢(年)	平均樹高(m)	平均胸高直径(cm)	立木本数(本/ha)	下層植生植被率(%)
富士	ヒノキ人工林		平坦地	45	17	25	1000	6
	スギ人工林	830	平坦地	60	17	28	1270	35
	広葉樹二次林		平坦地	不明	6	7.1	2300	80
奥多摩	ヒノキ人工林		約30	26	10	18	2000	1未満
	スギ人工林	850~890	約35	34-39	13	20	2280	1未満
	広葉樹二次林		約30	約65	10	13	2400	1未満

表 2 2 試験地の各林相における土壌理化学性とリター堆積量

調査 試験地	調査地	硬度*		全炭素*		全窒素*		C/N*		pH(H ₂ O)*		含水率** (%)	孔隙率** (%)	リター堆積量*** (g/m ²)
		0~5cm	5~15cm	0~5cm	5~15cm	0~5cm	5~15cm	0~5cm	5~15cm					
富士	ヒノキ人工林	0.7 (0.23) ^a	1.3 (0.38) ^a	16.0 (2.97) ^a	12.5 (1.78) ^a	1.0 (0.16) ^a	0.8 (0.11) ^a	16.2 (0.63) ^a	15.8 (0.63) ^a	4.3 (0.27) ^a	4.4 (0.26) ^a	57.9 (0.92) ^a	76.1 (2.08) ^a	407.7 (49.44) ^a
	スギ人工林	0.7 (0.25) ^a	1.2 (0.43) ^a	7.0 (2.10) ^b	5.3 (2.15) ^b	0.6 (0.52) ^b	0.4 (0.14) ^b	16.0 (0.65) ^a	14.5 (1.69) ^b	5.3 (0.29) ^b	5.3 (0.27) ^b	54.9 (10.86) ^b	78.6 (5.43) ^b	438.9 (43.97) ^b
	広葉樹二次林	0.8 (0.43) ^a	1.2 (0.30) ^a	21.8 (2.96) ^c	20.5 (2.77) ^c	1.4 (0.20) ^c	1.2 (0.19) ^c	15.9 (0.46) ^a	15.9 (0.46) ^a	4.7 (0.31) ^c	4.8 (0.30) ^c	57.2 (3.16) ^a	78.5 (2.52) ^b	700.0 (36.86) ^b
奥多摩	ヒノキ人工林	0.2 (0.09) ^a	0.7 (0.32) ^a	17.3 (1.22) ^a	13.3 (0.99) ^a	1.2 (0.07) ^a	1.0 (0.06) ^a	15.1 (0.26) ^a	13.9 (0.24) ^a	5.2 (0.29) ^a	5.4 (0.31) ^a	56.2 (1.05) ^a	64.8 (2.65) ^a	164.9 (74.66) ^a
	スギ人工林	0.3 (0.14) ^a	1.0 (0.44) ^b	12.6 (1.92) ^b	7.3 (0.67) ^b	0.8 (0.10) ^b	0.5 (0.04) ^b	16.1 (0.88) ^b	13.6 (0.29) ^b	5.3 (0.27) ^a	5.3 (0.27) ^a	30.6 (6.25) ^b	52.3 (7.69) ^b	267.8 (82.14) ^b
	広葉樹二次林	0.4 (0.19) ^a	1.4 (0.48) ^c	8.9 (0.90) ^c	6.8 (0.56) ^b	0.7 (0.06) ^b	0.5 (0.04) ^b	13.1 (0.26) ^b	12.7 (0.23) ^b	5.3 (0.26) ^a	5.1 (0.24) ^b	35.1 (2.14) ^a	61.1 (9.48) ^b	151.6 (115.64) ^b

* 富士試験地10コードラートおよび奥多摩試験地7コードラートの調査月分を平均した値
 ** 富士試験地は、2004年8月の2ヶ所の平均値、奥多摩試験地は、2007年8月の3ヶ所の平均値
 *** 富士試験地は、2004年8月の10コードラートの平均値、奥多摩試験地は、2007年8月の7コードラートの平均値
 ()は、標準偏差を示す
 a b cは、Steel-Dwassの方法により、0.01%水準で有意差があることを示す

10%で固定し液浸標本とした。その後、成体、亜成体、幼体に分けて同定し、個体数を数えた。成体及び亜成体については、石塚³⁾とBLAKEMORE⁴⁾の日本産ミミズチェックリストに基づいて実体顕微鏡下で観察し、種の同定を行った。なお、フトミミズ科では、同定不明なものもあったので、sp. 1~sp. 5とした。また、日本産フトミミズ科について多くのシノニムの存在が指摘されており、その1種である *Amyntas corticis* については、BLAKEMORE⁴⁾の分類に従った。さらに、腸盲嚢の形態によって生活型を表層種、および地中種に区分した。

結果および考察

(1) 土壌理化学性とリター堆積量

表2に富士および奥多摩試験地の各調査区の土壌理化学性とリター堆積量を示した。

富士試験地の3林分の土壌硬度は、ほぼ同じ値を示した。全炭素、全窒素含有率については、土壌層0~5cm、5~15cmともに広葉樹二次林で最も高く、次いでヒノキ人工林で、最も低かったのがスギ人工林であった。スギ人工林では広葉樹二次林よりも約1/3~1/4程度低かった。C/N比についても、土壌層0~5cmでは3林分間に差はみられなかったが、土壌層5~15cmにおいて、スギ人工林が他の2林分よりも僅かに低い値を示した。土壌pH(H₂O)は、土壌の層位に関係なく、ヒノキ人工林で最も低かった。含水率、孔隙率は、3林分ともほぼ同じ値を示した。リター堆積量については、広葉樹二次林がヒノキ人工林とスギ人工林に比べ、約1.5倍程度多かった。

奥多摩試験地の3林分の土壌硬度は、土壌層5~15cmにおいて広葉樹二次林が最も高く、次いでスギ人工林、最も低かったのがヒノキ人工林であった。全炭素含有率については顕著な差がみられ、最も高かったのがヒノキ人工林、次いでスギ人工林、最も低かったのが広葉樹二次林であった。全窒素含有率については、ヒノキ人工林において値が高い傾向にあり、土壌層5~15cmにおいては、他の2林分に比べ約2倍程度高い値を示した。C/N比については、2つの土壌層位とも広葉樹二次林で最も低かった。土壌pH(H₂O)については、土壌層5~15cmで広葉樹二次

林が若干低い値を示したがほぼ同じ傾向であった。含水率、孔隙率については、ヒノキ人工林で高い傾向にあったが、有意な差はみられなかった。リター堆積量については、スギ人工林において最も高く、他の2林分間には有意な差はみられなかった。

両試験地における土壌理化学性およびリター堆積量は、森林施業の違いにおいて調査項目全ての値に一定の傾向を示すものではなかった。しかしながら、全炭素、全窒素含有率については、針葉樹人工林の中でもスギ人工林よりもヒノキ人工林において高い値を示す傾向が共通に見られた。また、針葉樹人工林と広葉樹二次林として比較すると、全炭素、全窒素含有率、リター堆積量は、富士試験地の針葉樹人工林が広葉樹二次林よりも値が高く、奥多摩試験地と異なっていた。

(2) 種組成

表3に富士および奥多摩試験地のミミズの種組成について示した。

富士試験地の全プロットに出現したミミズの種数は、フトミミズ科 Megascolecidae が15種、ツリミミズ科 Lumbricidae が1種であった。広葉樹二次林が最も多い14種、次いで、スギ人工林5種、ヒノキ人工林は3種であった。ヒノキ人工林で確認されたアキミミズ、フトスジミミズ、サクラミミズの3種は、他の2林分でも確認された。また、各プロットの生活型区分による種数は、表層種および地中種の種数とも広葉樹二次林で多く確認されたが、全体で種数の少ないヒノキ人工林では、フトミミズ科の地中種は確認されず、スギ人工林においてもフトミミズ科の地中種は1種のみ確認であった。

奥多摩試験地の全プロットに出現したミミズの種数は、フトミミズ科 Megascolecidae が9種、ツリミミズ科 Lumbricidae が1種であった。広葉樹二次林が9種、次いでスギ人工林8種、ヒノキ人工林は5種であった。ヒノキ人工林で確認された *A. corticis*、ニレツミミズ、ヘンイセイミミズ、サクラミミズの4種は、他の2林分でも確認された。また、各プロットの表層種の種数は、広葉樹二次林とスギ人工林に差はなく、ヒノキ人工林は、1種のみ確認

表 3 2 調査地における各林相のミミズの種組成

科名	種名	生活型	富士調査地			奥多摩調査地		
			ヒノキ人工林	スギ人工林	広葉樹二次林	ヒノキ人工林	スギ人工林	広葉樹二次林
フトミミズ科 Megascolecidae	<i>Amyntas corticis</i>	地中種			●	●	●	
	<i>Amyntas gracilis</i>	表層種			○			
	<i>Amyntas vittatus</i>	表層種	○	○	●			
	<i>Amyntas irregularis</i>	表層種	○	○	●			
	<i>Amyntas sp.3 cf. setosa</i>	地中種			●			
	<i>Metaphire agrestis</i>	表層種			●	○	●	
	<i>Metaphire communissima</i>	表層種			●			
	<i>Metaphire hilgendorfi</i>	表層種			○			
	<i>Pheretima conjugata</i>	表層種		○	●			
	<i>Pheretima tamaensis</i>	地中種		○	●			
	<i>Pheretima sp.1</i>	地中種			●			
	<i>Pheretima sp.2</i>	地中種			○			
	<i>Pheretima sp.3</i>	地中種			●			
	<i>Pheretima sp.4</i>	地中種			○			
	<i>Pheretima sp.5</i>	地中種			●			
	<i>Amyntas bimaculatus</i>	表層種			●	○	●	
	<i>Amyntas distichus</i>	地中種			●	●	●	
	<i>Amyntas surcatus</i>	表層種			●	●	●	
	<i>Amyntas purpuratus</i>	表層種			●	●	●	
	<i>Amyntas mitakensis</i>	地中種			●	●	●	
<i>Amyntas heteropodus</i>	地中種			○	●	●		
<i>Amyntas hibernus</i>	地中種			●	●	●		
フトミミズ科幼体	Megascolecidae spp.(immature)	地中種	●	●	●	●	●	
ツリミミズ科 Lumbricidae	<i>Eisenia japonica</i>	地中種	●	●	●	●	●	
	Lumbricidae spp.(immature)	地中種	●	●	●	●	●	
種数()内訳:表層種,地中種			3(2, 1)	5(3, 2)	14(6, 8)	5(1, 4)	8(3, 5)	9(3, 6)

○は、1個体のみ確認、●は2個体以上確認した種

富士試験地では、3年間における各プロットに出現したミミズの種組成、奥多摩試験地では、7月～11月において出現した種組成を示した

認であった。地中種の種数は、広葉樹二次林 > スギ人工林 > ヒノキ人工林の順に1種ずつ少なくなった。

両試験地の3林分におけるミミズの種数は、広葉樹二次林が多く、次いでスギ人工林、ヒノキ人工林の順に少なくなる傾向を示した。奥多摩試験地では、広葉樹二次林とスギ人工林のミミズの種数の差は1種であったが、広葉樹二次林には1個体だけの種類はなかった。種組成について、両試験地に共通に見られたことは、ヒノキ人工林で確認された種が、他の2林分においても確認されたことである。また、生活型をみると、表層種は両試験地の3林分間においても広葉樹二次林で多く確認することはできなかった。しかし、3林分の中でも、ヒノキ人工林では、表層種の種数が少なかったことと、地中種が、広葉樹二次林 > スギ人工林 > ヒノキ人工林の順に少なくなる傾向を示したことは共通していた。さらに、両試験地の3林分における生活型の比率は、富士試験地では、ヒノキ人工林およびスギ人工林は、地中種より表層種が1種多く出現していたが、富士試験地の広葉樹二次林、および奥多摩試験地の3林分は地中種の方が多かったため、林分タイプと生活型比率との関係はみられなかった。

(3) 個体数密度及び層別個体数密度

図1に、富士試験地における各調査プロットで出現した全ミミズ類の個体数密度の季節変化及び年変動を示した。ミミズの個体数密度は、どの季節においても広葉樹二次林が最も高かった。スギ人工林及びヒノキ人工林は低く、その差はなかった。

図2に富士試験地における各プロットに出現した個体数を合わせた層別個体数割合の推移を示した。層別の個体数割合は、5月のリター層が最も高く63%、次いで、土壌層0～5cmに31%、最も少なかったのが土壌層5～15cmの

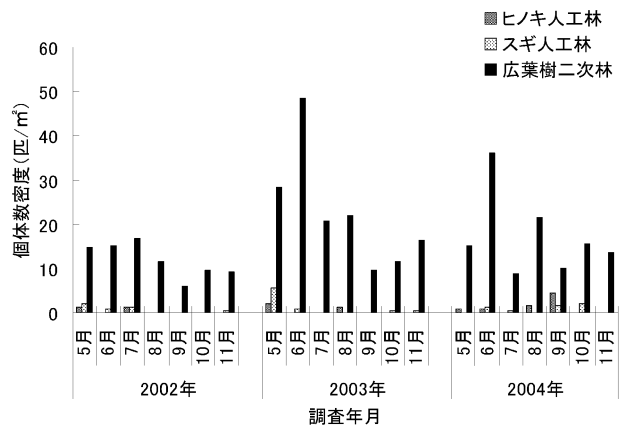


図1 富士試験地における各調査プロットに出現した個体数密度を合わせた季節変動及び年変動

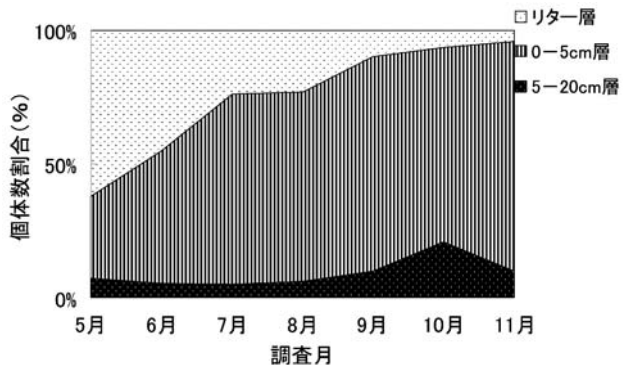


図2 富士試験地における各プロットに出現した個体数を合わせた層別個体数割合の推移 (2004年)

表 4 富士試験地における各調査プロットのフトミミズ科及びツリミミズ科の層別個体数密度 (匹/m²)

	ヒノキ人工林		スギ人工林		広葉樹二次林	
	フトミミズ科	ツリミミズ科	フトミミズ科	ツリミミズ科	フトミミズ科	ツリミミズ科
リター	0.0	0.8 (0.15)	1.2 (0.45)	0.4 (0.26)	51.2 (1.70)	34.4 (1.09)
0~5cm	0.8 (0.30)	6.0 (1.06)	0.4 (0.15)	2.8 (0.94)	9.0 (1.07)	117.6 (1.38)
5~15cm	0.0	0.0	0.0	1.2 (0.29)	14.4 (0.29)	11.2 (0.09)

()は、標準偏差を示す

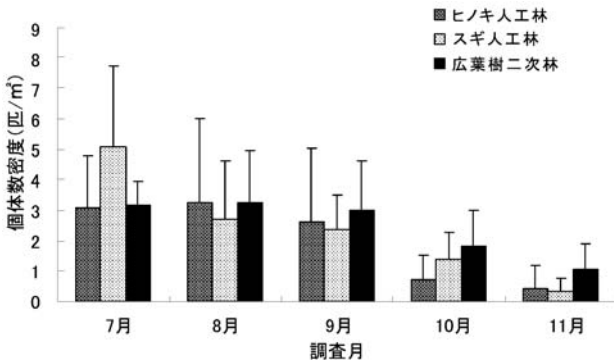


図 3 奥多摩試験地における各調査プロットにおける個体数密度の季節変動 (標準偏差をバーで示した)

6%であった。そして11月に向かうにつれリター層の個体数密度は低くなり、11月には、土壌層0~5cmに最も多く82%、次いで、土壌層5~15cmの18%、そしてリター層には個体が確認できなくなった。

表4に富士試験地における各調査プロット別に出現したフトミミズ科とツリミミズ科の層別個体数密度を示した。個体数が多く確認された広葉樹二次林を見ると、フトミミズ科は土壌層よりリター層の個体数密度が高く、ツリミミズ科は土壌層で個体数密度が高くなった。

図3に、奥多摩試験地における各調査プロットで出現したミミズ類の個体数密度の季節変化を示した。ミミズの個体数密度はどの季節においても3プロット間に有意な差はみられなかった。

図4に奥多摩試験地における各調査プロットに出現したミミズの個体数を合計した層別個体数割合の推移を示した。層別の個体数割合は、季節に関わらず、リター層の個体数密度は約8%で相対的に低かった。土壌層の個体数密度は、全体的に土壌層0~5cmが高く約63%を占め、土壌層5~15cmでは約29%を占めた。また、11月に土壌層5~15cmが高くなった。

表5に奥多摩試験地における林分別に出現したフトミミズ科とツリミミズ科の層別個体数密度を示した。フトミミズ科は、土壌層0~5cmに多く出現し、次いで土壌層5~15cm、最も低かったのは、リター層であった。ツリミミズ科もフトミミズ科と同様な傾向が見られた。

2 試験地における個体数密度を比較すると、富士試験地ではヒノキ人工林およびスギ人工林よりも広葉樹二次林で多かったが、奥多摩試験地では、3林分の個体数密度に差はなかった。また、層別個体数密度は森林施業との関係は見られなかった。しかし、富士試験地では季節により土

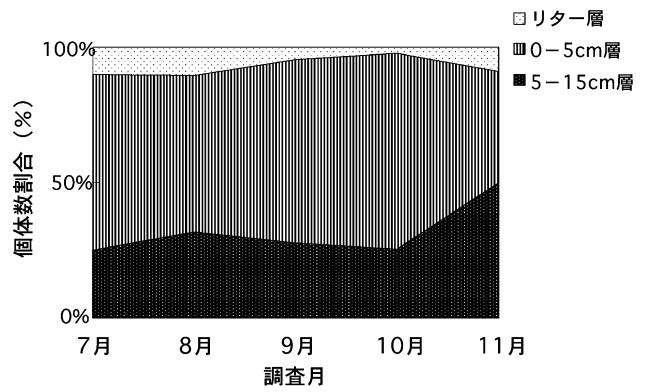


図 4 奥多摩試験地における各調査プロットに出現した個体数を合わせた層別個体数割合の推移

表 5 奥多摩試験地における各調査プロットのフトミミズ科及びツリミミズ科の層別個体数密度 (匹/m²)

	ヒノキ人工林		スギ人工林		広葉樹二次林	
	フトミミズ科	ツリミミズ科	フトミミズ科	ツリミミズ科	フトミミズ科	ツリミミズ科
リター	4.6 (1.81)	0.0	3.4 (0.83)	1.7 (0.89)	8.0 (3.11)	1.1 (0.55)
0~5cm	26.3 (6.37)	16.6 (5.01)	35.4 (10.54)	14.9 (5.40)	40.0 (7.84)	15.4 (3.00)
5~15cm	7.4 (2.41)	10.9 (3.11)	13.1 (1.34)	14.9 (1.34)	12.0 (2.28)	9.7 (2.89)

()は、標準偏差を示す

表 6 富士試験地における各調査プロットの多様性指数及び均衡性指数

	ヒノキ人工林	スギ人工林	広葉樹二次林
Shannon-Wiener指数(H')	0.91	1.16	1.81
Simpsonの多様性指数(1-D)	0.40	0.60	0.64
Pielouの均衡性指数	0.57	0.45	0.46

層0~5cmおよび土壌層5~15cmよりもリター層に多く出現する傾向が見られたが、奥多摩試験地では、調査期間のどの月においてもリター層で確認されたミミズは少なく、試験地間で傾向が異なった。

(4) 多様性及び優占度

表6に、富士試験地の全調査期間において各調査プロットで確認された全てのミミズ個体のデータをもとにShanon-Wiener (H') 指数及びSimpsonの多様性指数(1-D)の2種の多様性指数とPielouの均衡性指数を算出した。

Shanon-Wiener 指数及びSimpsonの多様性指数は、広葉樹二次林において最も高く、次いでスギ人工林、ヒノキ人工林の順であった。また、群集の均衡性指数は、多様性指数が最も低かったヒノキ人工林において最大になり、スギ人工林及び広葉樹二次林はほぼ同じ値を示した。各調査プロットのミミズ群集の多様性は、優占種の特に1位種の個体数の変化に敏感に反応するSimpsonの多様性指数よりも群集中の稀な種の数の変化に敏感に反応するShanon-Wiener 指数において顕著に違いが現れた。つまり、広葉樹二次林では確認された種の種類は多いが、1個体のみ確認された種など稀な種が多く出現したことで、均衡性指数は低かったが、Shanon-Wiener 指数の値が高く

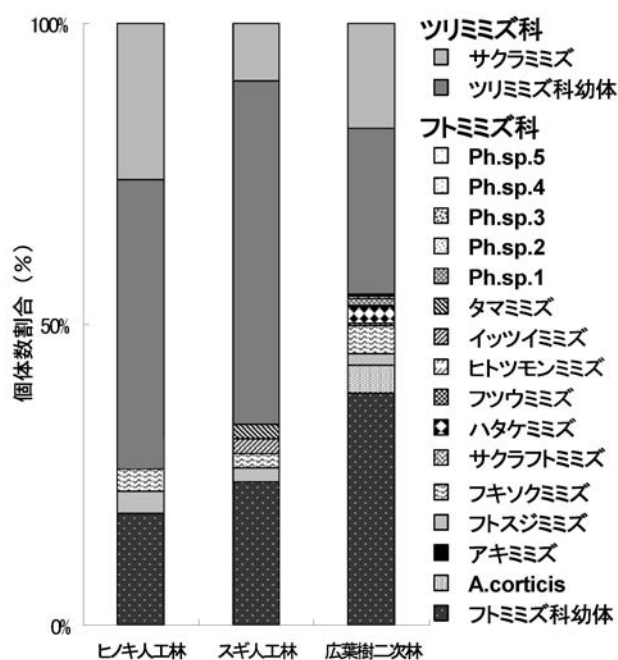


図 5 富士試験地の各調査プロットにおけるミミズの種の構成割合

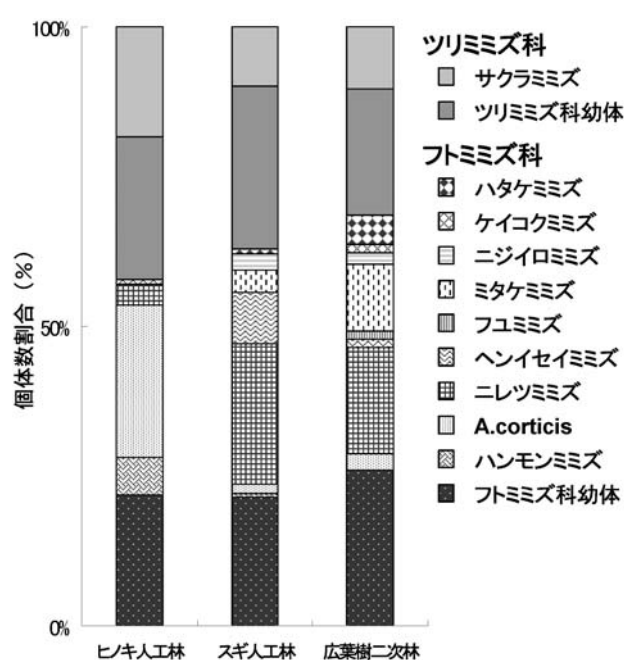


図 6 奥多摩試験地の各調査プロットにおけるミミズの種の構成割合

表 7 奥多摩試験地における各調査プロットの多様度指数及び均衡性指数

	ヒノキ人工林	スギ人工林	広葉樹二次林
Shannon-Wiener 指数 (H')	1.75	2.22	2.59
Simpson の多様度指数 (1-D)	0.66	0.74	0.80
Pielou の均衡性指数	0.75	0.74	0.82

なったと考えられる。

図 5 に富士試験地の各調査プロットにおけるミミズの種の構成割合を示した。フトミミズ科及びツリミミズ科の科レベルで比較すると、ヒノキ人工林及びスギ人工林においては、ツリミミズ科とフトミミズ科の割合が、それぞれ 74% と 26%、67% と 33% とツリミミズ科が多かった。広葉樹二次林では、45% と 55% と僅かにフトミミズ科が優占していた。さらに、種レベルでみると、全ての林分においてツリミミズ科のサクラミミズが最も多かった。特に、広葉樹二次林においては、サクラミミズの次に、*A. corticis* とフキソクミミズが多かった。

表 7 に、奥多摩試験地の全調査期間において各調査プロットで確認された全てのミミズ個体のデータをもとに Shannon-Wiener (H') 指数及び Simpson の多様度指数 (1-D) の 2 種の多様度指数と Pielou の均衡性指数を算出した。Shannon-Wiener 指数及び Simpson の多様度指数は、広葉樹二次林において最も高く、次いでスギ人工林、ヒノキ人工林であった。また、群集の均衡性指数は、広葉樹二次林で最も高く、スギ人工林とヒノキ人工林との間には差はみられなかった。

図 6 に奥多摩試験地の各調査プロットにおけるミミズの種の構成割合を示した。各調査プロットのミミズの種の優占度は、科レベルでみると富士試験地とは異なり、全ての

調査プロットともフトミミズ科が優占していた。さらに、種レベルでみるとヒノキ人工林では、*A. corticis* とサクラミミズ、スギ人工林では、ニレツミミズとサクラミミズ、広葉樹二次林では、ニレツミミズとミタケミミズが優占していた。スギ人工林及び広葉樹二次林では、ニレツミミズの割合が高いことやスギ人工林で 4 番目に多いミタケミミズは、広葉樹においても 2 番目に高い割合を示していることなど、種組成とその優占度が類似していた。

両試験地において、ミミズの種多様度は、広葉樹二次林で最も高く、次いでスギ人工林、ヒノキ人工林が最も低い共通の結果が得られた。

総合考察

(1) 土壌型によるミミズ群集の違い

2001~2004 年の調査において出現した富士試験地のミミズの種組成と 2006 年の 7 月~11 月に奥多摩試験地で出現した種組成は標高が同程度な 2 地域間で異なっていた。特に、富士試験地では、フトミミズ科よりもツリミミズ科が優占していた。ツリミミズ科の種は、有機物と鉱物が混在する土壌に嗜好性が高いと報告されている⁸⁾。富士試験地の土質は、火山砂礫を含むことが特徴であるため、有機物と鉱物が入り混じっていることが要因として影響し、ツリミミズ科が優占したと考えられた。

一方、共通種が存在し、フトミミズ科の *A. corticis*、ハタケミミズ、ツリミミズ科のサクラミミズの 3 種が確認された。日本におけるミミズの種の分布はまだ未解明であるが、この 3 種については、栃木県や東北地方、京都府などでも確認されているため^{5,7)}、ミミズの種の中でも日本において広く分布している種だと考えられる。サクラミミズは、富士調査地の各調査プロットにおいて優占していた

が、奥多摩では他のフトミズ科の種が優占しサクラミズは優占しなかった。したがって、広く分布していても必ずしも優占度が高くなるとは限らないと考えられた。

(2) ミミズ群集の多様性に与える土壤理化学性、リター堆積量及び植生の影響

本研究において、2 調査地で種組成が異なっても、広葉樹二次林はミミズの種の多様性が高く、次いでスギ人工林であり、最も低かったのはヒノキ人工林であることが示唆された。

両試験地において、広葉樹二次林、スギ人工林、ヒノキ人工林の順に種の多様性が貧弱になった要因の1つとして、ミミズの餌や生息空間となるリターの質や量が異なっていたことが考えられる。スギやヒノキ等の針葉樹リターは土壤動物の餌としての質が広葉樹のリターに劣り、分解されにくいことが明らかにされている⁹⁾。また、ミミズは分解が進んだリターを摂食するが、落葉の種類が多くなると分解速度が速まることがわかっている¹⁰⁾。さらに、種によっては、広葉樹の落葉の中でも C/N 比が高いミズナラはほとんど摂食せず、C/N 比が低いコブシの葉を積極的に摂取したとの報告がある¹¹⁾。そのため、植物の種類が多い広葉樹二次林は、ミミズが摂取しやすい分解が進んだ状態のリターやミミズの嗜好性に合った餌を提供しているのではないかと考えられる。さらに、富士試験地の広葉樹二次林では、奥多摩試験地の広葉樹二次林と比べても種数が多かった。富士試験地の広葉樹二次林の下層植生の被度が80%あり、種類も多かった。そのため、下層植生から供給されるリターもミミズ群集の多様性を高めている可能性が考えられる。

リターは、ミミズ類の餌とともに生息空間を左右する重要な条件となることが本研究で示唆された。つまり、富士試験地(図2)と奥多摩試験地(図4)のミミズの層別個体数密度を比較すると、リター堆積量の多い富士試験地では、リター層に多くのフトミズ科が生息しているが、リター堆積量の少ない奥多摩地域では、リター層に生息するミミズが少なかった。今回の調査結果から、森林施業と層別個体数密度との関係はみられなかったが、リターの量はミミズの生息に重要な要因の1つではないかと考えられる。

土壤 pH はミミズの生息に影響することが報告されている。¹²⁾ 富士試験地のヒノキ人工林では、出現種数が最も少なかったが、土壤 pH (H₂O) が他の調査地に比べて低かったことが原因の1つかもしれない。

各調査地の土壤の全炭素、全窒素含有率は、ミミズ群集との関連が特にみられなかったため、大きな影響を与える要因ではないと考えられた。

(3) ミミズ群集の多様性を維持するための森林施業

本研究の結果からミミズ群集は、地域、植生、土壤型などによって異なるが、なかでも植生とそれが生み出すリターはミミズ群集の種の多様性と関係が深いと考えられた。そのため、上木層の植生やリター堆積量、下層植生の種数や量を適切に管理することによりミミズの種多様性を保全できる可能性が示された。手入れ不足の針葉樹人工林は、林冠が閉鎖され林床植生が乏しくなり、リターも流亡しやすくなる。そのため、適切な間伐や枝打ちを行い、林床植生を豊かにしていくことがミミズ群集の多様性を保つためにも望ましいと考えられる。しかも、ミミズの移動能力が乏しいことを考慮し、広葉樹二次林と針葉樹をモザイク状に配置することも考える必要がある。

本研究では、ミミズ群集の種多様性と森林施業の関わりが深いこと、さらに適切な施業は、ミミズ群集の多様性を保全できる方向性を示すことができた。ミミズは、生態系改変者として他の生物種との関わりも深い。今後、生物同士の相互作用を調べていく必要がある。さらに、ミミズを中心とした、森林に生息する他の生物種の多様性と森林施業との関わりを明らかにしていくことが森林施業と生物多様性との関わりを解明していく上で重要である。

引用文献

- 1) 頭山昌郁・中越信和, 1994. 植林地と二次林における土壤動物相の比較. 日生態誌, 44, 21-31.
- 2) 渡辺弘之・四手井綱英, 1963. 京都付近のモミ, スギ, アカマツおよび混交広葉樹林の落葉層および土壤中の動物相について. 日生態誌, 13, 235-242.
- 3) 石塚小太郎, 2001. 日本産フトミズ属 (genus *Phertima* s. lat.) の分類学的研究. 成蹊大研報, 33 (3), 1-125.
- 4) BLAKEMORE Robert, J., 2003. Japanese earthworms (Annelida: Oligochaeta) a review and checklist of species. *Organisms Diversity & Evolution*, 3, 241-244.
- 5) 上平幸好, 2004. 東北地方における陸生貧毛類の分布に関する考察. 函館短大紀, 30, 23-32.
- 6) 上平幸好, 2006. 関東地方における陸棲貧毛類の調査報告 II. —栃木県で採集された種類と分布—. 函館短大紀, 32, 39-45.
- 7) 松本貞義・並川英幸, 1999. 表層および表層土生活型ミミズの生態. 土肥誌, 70, 315-319.
- 8) DOUBE B.M., SCHMIDT O., KILLHAM K. and CORRELL R., 1997. Influence of mineral soil on the palatability of organic matter for lumbricid earthworms: A simple food preference study. *Soil Biology & Biochemistry* 29, 567-575.
- 9) 堤 利夫, 1987. 森林の物質循環. 東大出版, 124pp.
- 10) KANEKO N. and SALAMANCA Eric, F., 1999. Mixed leaf litter effects on decomposition rates and soil microarthropod communities in an oak-pine stand in Japan. *Ecological Research*, 14, 131-138.
- 11) 古川裕美, 2003. 大型土壤動物相とリター樹種が物質循環に与える影響—苦小牧ミズナラ林の土壤分解系における大型陸生貧毛の役割. 横国大修士論文, 64pp.
- 12) OHNO M., 2001. Sensitivity of a Japanese Earthworm (*Allolobophora Japonica*) to soil acidity, Water, Air, and Soil Pollution, 130, 1019-1024.

Comparison of Earthworm Communities between Conifer Plantations and Broad-leaved Secondary Forests

By

Mana ANDO*, Tomoyo KITA**, Teruhiko KAWAHARA*** and Izumi SUGAWARA****

(Received November 30, 2007/Accepted June 6, 2008)

Summary : It is well known that artificial monoculture forests, such as Sugi (*Cryptomeria japonica*) and Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) forests, have low biodiversity. The objective of this study is to examine the effects of forest management on earthworm diversity, and earthworm communities were compared among living Hinoki, Sugi and broad-leaved secondary forests in two sites, Fujinomiya city, Shizuoka Prefecture and Okutama, Tokyo Prefecture. In both sites, broad-leaved secondary forests had the highest diversity among the three forest types, and Hinoki forests showed the lowest. Species which occurred in Hinoki forests commonly appeared in the other forests. It was concluded that the species composition and individual density of earthworm communities were influenced by vegetation and soil physicochemical qualities. Especially, the amount and quality of litter and species diversity and biomass of understory plants are important factors for the habitat evaluation of earthworms.

Key words : earthworm, biological diversity, forest management, amount of litter, understory plants

* Department of Forest Science, Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture (Fuji Research Institute of Forest Management Technology)

** National Forestry owners' Associations

*** Fuji Research Institute of Forest Management Technology

**** Department of Forest Science, Faculty of Regional Environment Science, Tokyo University of Agriculture