

汚泥堆肥類の施用に伴う土壌生物の変化とその影響

新島溪子⁽¹⁾・藤田桂治⁽²⁾・小川 眞⁽³⁾

NIIJIMA, Keiko, FUJITA, Keiji and OGAWA, Makoto: Changes in Soil Organisms by the Application of Sludge Composts, and their Effects

要 旨: この研究は堆肥化した下水汚泥を苗畑に施用した場合の土壌動物と高等菌類に与える影響を明らかにするとともに、これら土壌生物の変化と、幼齢木の成長や土壌の理化学性とのかかわりを明らかにするために行ったものである。調査は千代田試験地（茨城県新治郡千代田町）の苗畑で行い、5 m × 5 m の区画を 48 個設定し、天童汚泥堆肥（高分子系凝集剤，ノコクス入り），日立汚泥堆肥（高分子系凝集剤，粉碎樹皮入り），山形汚泥堆肥（石灰系凝集剤，ノコクス入り），落葉堆肥及び牛糞厩肥を 0, 2.5, 5, 10 及び 20 kg/m² 施用した。各処理区ごとにクヌギ，クロマツ，ヒノキの 3 年生苗木を 25 本ずつ植栽した。土壌動物は単位時間（20 分）拾い取り法で調査し，高等菌類は子実体が発生した時点で種類を記録した。調査の結果，天童汚泥堆肥施用区で根を食害するコガネムシ幼虫の湿重量が 1~2 年目に増加したが，3 年目には影響が見られなくなった。その他の堆肥類の施用が土壌動物に与える影響及び耐水性団粒状構造と土壌動物の関係は明らかでなかった。クヌギ植栽地の汚泥堆肥施用区では菌根菌のタマネギモドキが 2~4 年目に発生し，2 年目の発生量は施用量に比例して多かったが，3 年目には処理区間の差が明らかでなくなった。汚泥堆肥によるクロマツ及びヒノキの肥効は明らかでなかった。クヌギへの効果は 2 年目に現れ，樹高，根元径ともに施用量が多いほど成長も良い傾向が見られたが，3 年目には施用量と肥効の関係が明らかでなくなった。4 年目以後には，処理区別のクヌギの樹高に差が見られなくなった。

1 はじめに

下水汚泥を肥料または土壌改良材として役立てる試みは多くの研究機関で行われ（藤田，1987，1988；藤田・佐藤，1983，1987；越野，1989；益子・藤田，1987 a, b；佐々，1982，1983；佐藤・藤田，1983，1987；農林水産技術会議事務局，1989），研究会や国際シンポジウムも開かれている（下水汚泥資源利用協議会，1983，1985）。有機物資源の再利用という点で，このような試みはこれからも大いに推進されるべきであろう。しかし，土壌生物への影響については研究例が少なく，特に土壌動物への影響に関しては日本では全く研究が行われていなかった。

この研究はこのような背景のもとに，堆肥化した下水汚泥及び他の有機質資材を苗畑に施用した場合，土壌動物と高等菌類にどのような影響を与えるか，また，これら土壌生物の変化が幼齢木の成長や土壌の理化学性とどのようなかかわりを持つかを明らかにするために行ったものである。

本文に先立ち，試験地の設定とその管理に当たっていただいた千代田試験地の方々をはじめとして，コガネムシ幼虫を同定していただいた旧林業試験場保護部萩原 実主任研究官及び土壌微生物の野外調査にご協力いただいた岡山県林業試験場の小林一貫研究員に厚くお礼申し上げる。また，貴重なご批判

1992 年 7 月 20 日受理

生物—8 Forest Biology—8

(1) 森林生物部

(2) 林業科学技術振興所

(3) 関西総合環境センター生物環境研究所

やご助言をいただいた森林総合研究所森林生物部の真宮靖治部長をはじめとする同部の方々に厚くお礼申し上げる。

2 調査地及び調査方法

2.1 調査地の概況と施肥設計

調査地は千代田試験地（茨城県新治郡千代田町）の苗畑に設定した。苗畑の標高は約 40 m で、1983 年の平均気温は 14.3°C、深さ 5 cm の平均地温は 12.9°C、年間の降水量は 1 298 mm であった。

苗畑に 5 m×5 m の区画を 6 個×8 列=48 個設定した。汚泥堆肥類は 1981 年 3 月 12 日に施用し、3 月 13~16 日にクヌギ、クロマツ及びヒノキの 3 年生苗木を 1 区画 25 本ずつ植栽した。施用した堆肥類の種類と性質は Table 1 に示したとおりで、施用量は 2.5 kg/m² (少量), 5 kg/m² (中量), 10 kg/m² (多量), 20 kg/m² (最多量) とした。各区画の植栽樹種と堆肥類施用量は Fig. 1 に示したとおりである。なお、3 年目 (1983 年) に、クヌギ植栽地に食葉性の蛾の幼虫、ツマキシヤチホコが大発生したので、殺虫剤のメソミル 1 000 倍液を 6 月 20 日に散布した。

調査区内の雑草は手作業で抜き取ってその場に放置し、調査区間の通路は耕作機で鋤込んだ。なお試験区全体は 3 方向を道路に囲まれ、試験区との間は雑草が生えていた。また、西側はマツその他の苗木や雑草に覆われた苗畑に接していた。

2.2 植栽木の成長

苗木の樹高と根元直径の測定は 1 年目の 1981 年 10 月、2 年目の 1982 年 12 月、3 年目の 1983 年 11 月に Fig. 1 の 1, 3, 4, 5, 8 列の全区画 (ただし 8 列-A を除く) で行った。なお、クヌギ植栽地については 1986 年 6 月に樹高だけ測定した。

Table 1. 施用した堆肥類の種類とその性質
Properties of the compost

堆肥の種類 Compost	原 料 Materials	化学組成 Chemical properties							文 献 Literature
		pH	C	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	
落葉堆肥 Litter	アカマツ, コナラの落葉落枝, 化学肥料 Litter of <i>Pinus</i> and <i>Quercus</i> , Fertilizer	5.7	39.6	0.92	0.22	0.74	1.29	0.34	藤田, 未発表*
牛糞厩肥 Cow manure	牛糞, ノコクズ Cow dung, Sawdust	7.7	40.8	2.27	1.77	2.06	2.48	0.98	藤田・佐藤, 1983
天童汚泥堆肥 Tendoh sludge	汚泥, ノコクズ Sludge, Sawdust	4.3	38.5	1.83	1.32	0.18	1.01	0.48	"
日立汚泥堆肥 Hitachi sludge	汚泥, 粉碎樹皮 Sludge, Crushed bark	6.2	44.0	3.99	1.92	0.28	1.78	0.46	"
山形汚泥堆肥 Yamagata sludge	汚泥, ノコクズ, 石灰 Sludge, Sawdust, Lime	8.3	17.3	1.97	2.38	0.25	22.14	1.57	"
バーク堆肥 Bark	粉碎樹皮, 鶏糞 Crushed bark, Chicken droppings	6.9	42.3	1.57	3.04	1.31	9.33	0.96	河田, 1978

* 分析法は藤田・佐藤, 1983 に同じ。

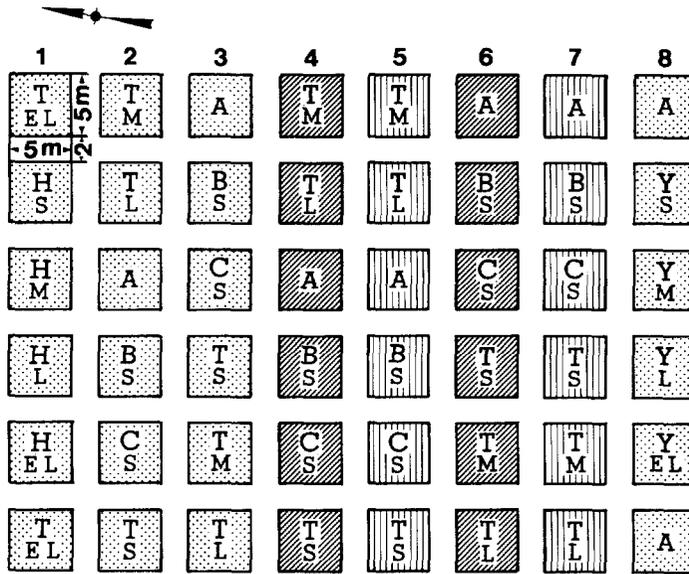


Fig. 1. 植栽木及び処理区の配置図. 点はクヌギ, 斜線はクロマツ, 縦線はヒノキ植栽地を示す. 処理区 (上部または中央) は, A が対照区, B が落葉堆肥区, C が牛糞厩肥区, H が日立汚泥堆肥区, T が天童汚泥堆肥区, Y が山形汚泥堆肥区を示し, 施用量 (下部) は, S が少量, M が中量, L が多量, EL が最少量を示す.

The arrangement of plantation and fertilization plots. Dots, oblique lines and straight lines indicate respectively stands of *Quercus acutissima* CARRUTH, *Pinus thunbergii* PARL, and *Chamaecyparis obtusa* ENDL. Treatments (upper letter) are A: Control, B: Litter compost, C: Cow manure, H: Hitachi sludge compost, T: Tendoh sludge compost, Y: Yamagata sludge compost. Application amounts (lower letter) are S: 2.5 kg/m², M: 5 kg/m², L: 10 kg/m², EL: 20 kg/m².

2.3 土壤の理化学性

土壤の耐水性団粒分析を対照区及び天童汚泥堆肥多量区で, 植栽後約1か月目の1981年4月9日と処理区間の土壤動物の差が明確に現れた1982年6月23日に行った。土壤試料は100 mlの採土円筒を用いて各処理区内の4地点から, 0~5 cmの表層土を採取した。団粒分析は八幡ほか(1967)の方法に従い, 試料をほぐして2.0, 1.0, 0.5, 0.25及び0.1 mmの組ふるいの最上段にのせ, 1昼夜水に浸漬した後, 水中で毎分20往復, 振幅3 cmの上下運動を20分間行った。粒径別にふるい分けられた土を風乾後, 重量を測定し, 400 mlの合計値を比率で示した。

2.4 土壤動物

土壤動物の調査は原則として Fig. 1 の3, 4, 5列の全区画で行ったが, 天童汚泥堆肥中量施用区の調査は多くの場合省略した。調査は単位時間拾い取り法とし, 地表及び深さ10 cmまでの土壤中に生息する動物を吸虫管及びピンセットで採集した。採集時間は1区画当たり20分とし, その間に少なく

とも 10 地点掘るように配慮した。採集した動物はアルコール漬け標本にし、綱または日別にまとめて個体数と湿重量を測定した。なお、堆肥類施用前の調査は、調査予定地全体の 9 地点で 10 分ずつ、合計 90 分間土壌動物を採集し、20 分当たりの採集数に換算して示した。

調査は施用前の 1981 年 3 月 7 日、約 1 か月目の 4 月 9 日、7 か月目の 10 月 14 日、2 年目の 1982 年 6 月 22～23 日、8 月 9 日、12 月 22 日及び 3 年目の 1983 年 4 月 21 日～5 月 2 日、6 月 17 日、10 月 26 日～11 月 2 日に行った。

供試した落葉堆肥、牛糞厩肥及び天童汚泥堆肥中にある土壌動物については、1981 年 4 月 10 日に各堆肥ごとに 20 分ずつ土壌動物を採集した。このほか 1983 年 8 月 23 日に、クヌギの樹高測定区のうち各種汚泥堆肥の中量施用区を除く全区画で土壌動物の調査を行った。

なお、綱または目単位で示した動物のグループはそれぞれ数種あるいは同種の発育段階の違う個体を含むので、個体数が多いからといって湿重量も多いとは限らない。そこで、苗木の成長や土壌の諸性質に与える影響との関連が強いと予想される湿重量の増減に重点を置いて検討し、個体数の増減については参考程度にとどめた。

2.5 土壌微生物

試験区内を経時的に観察し、高等菌類の子実体が発生した時点で以下のような調査を行った。堆肥類施用後 7 か月目の 1981 年 10 月 16 日に土壌動物の調査区 (Fig. 1 の 3, 4, 5 列) に発生した菌の種類を記録し、3 年目の 1983 年 10 月 26 日にはクロマツ植栽地 (Fig. 1 の 4 列) に発生したキツネタケの子実体数を数えた。また、クヌギ植栽地のうち Fig. 1 の 1, 3, 8 列では、植栽後 2 年目の 1982 年 8 月 26 日、3 年目の 1983 年 8 月 23 日及び 4 年目の 1984 年 7 月 18 日に 50 cm×50 cm の枠 2 地点内に発生した子実体数を種類別に数えた。

3 調査結果及び考察

3.1 植栽木の生育と地表の被覆状態

処理別の植栽木の生育状況及び枯損本数を Table 2 に示した。堆肥類施用によるクヌギ植栽木への効果は 2 年目に現れ、樹高、根元径ともに施用量が多いほど成長量大きい傾向が見られた。3 年目には、山形汚泥堆肥区以外の堆肥類施用区では対照区より成長量が大きかったが、施用量との関係は明らかでなくなった。4 年目以後は対照区の成長量が汚泥堆肥施用区の成長量より大きくなり、処理区別のクヌギの樹高に差が見られなくなった。

クロマツ植栽地では 2 年目に牛糞厩肥区の成長量が対照区よりわずかに大きかったこと以外は、肥効は全く認められなかった。

ヒノキ植栽地では 2 年目に堆肥類施用区の成長量が対照区よりもわずかに大きかったが、施用量との関係は明らかでなく、3 年目には成長量の差は認められなくなった。

地表の被覆状態は 3 樹種の植栽地とも同様に変化し、植栽直後は裸地に近い状態であったが、夏には雑草が茂っていた。7 か月後には引き抜いた雑草が風で吹き寄せられて植栽木の根元に堆積していたが、木と木の間は裸地状態であった。2 年目から 3 年目の 4 月にかけて、植栽木の枝が互いにわずかに接す

るまでに成長し、雑草の量も減少した。3年目の8月以降、枝が相互に密に重なり合い、草本植物は見られなくなった。この時点で、クロマツとヒノキの最下枝は地表面に接していたが、クヌギは樹冠と地表面との間に30~50 cmの隙間があり、地表面は斑状にクヌギの落葉で覆われていた。

3.2 土壌の耐水性団粒組成

耐水性団粒の粒径別の分布を Fig. 2 に示した。実験開始直後の土壌の耐水性団粒の粒径分布はいずれの区も2 mm以上の画分が最も多くて全体の40~50%を占め、粒径が小さくなるにつれて全重量に対する比率も少なくなる傾向が見られた。

約1年後に再調査した結果、基本的な粒径分布はほとんど変わらず、施肥または土壌動物の影響と見られる粒径分布の変化は明らかでなかった。

3.3 汚泥堆肥類の施用が苗畑の土壌動物に与える影響

3.3.1 苗畑の土壌動物相と堆肥類施用による初期変化

供試した堆肥類の中と、堆肥施用前後の苗畑の土壌動物を Table 3 に示した。施用した天童汚泥堆肥にはハサミムシが、牛糞厩肥には双翅目成虫がわずかに見られ、20分間に採集した動物の湿重量はわずか4 mgであった。一方、落葉堆肥にはミミズや膜翅類（主としてアリ、以下同様）などが見られ、特にミミズの湿重量が大きく、20分間に2.7 gも採集することができた。

堆肥類施用前（1981年3月）の苗畑には、ヒメミミズや双翅目幼虫など、湿重量が10 mg以下の小さな動物がわずかに見られ、20分間の平均採集数は24個体、総湿重量はわずか0.1 gであった。

堆肥施用後約1か月目（1981年4月）の落葉堆肥区で、落葉堆肥に生息していたと見られる膜翅類が見られたが、ミミズは見られなかった。これは裸地状態に近い苗畑の環境にミミズが適応できなかったものと考えられる。天童汚泥堆肥区では湿重量20 mg以上の甲虫幼虫や双翅目幼虫が見られた。その他の土壌動物は施肥前とほとんど変わらず、20分間で採集した個体数は7~36、湿重量は0.03~0.72 gであった。

3.3.2 対照区の土壌動物の変動

苗木植栽後7か月目以降の対照区の土壌動物の湿重量を Fig. 3 A に示した。

植栽後7か月目（1981年10月）の対照区では、クヌギ、クロマツ、ヒノキ植栽地とも土壌動物の湿重量がわずかに増加し、それぞれ0.74、1.43及び1.24 gになった。植栽後2年目から3年目の5月までは各植栽地とも土壌動物が少なく、湿重量は0.06~0.97 gであった。3年目の6~10月にかけて、20分間に採集した動物の湿重量はクヌギ植栽地で3.35~3.44 g、クロマツ植栽地で2.47~2.77 gと増加し、ヒノキ植栽地でも6月には3.79 gの動物が採集された。

このような土壌動物の変動は、地表の被覆状態を反映したものとも考えられる。

3.3.3 落葉堆肥及び牛糞厩肥施用の影響

落葉堆肥区で20分間に採集した土壌動物の湿重量を Fig. 3 B に示した。20分間に採集した土壌動物の湿重量はクヌギ植栽地の落葉堆肥区で1983年8月が5.32 g、11月が3.85 gで、いずれも対照区よりわずかに多かった。クロマツ及びヒノキ植栽地の落葉堆肥区で採集した動物の湿重量は少なく、それぞれ0.66及び1.37 g以下であった。落葉堆肥の中に多かったミミズを対照区と比較すると、クヌ

Table 2. 植栽木の樹高と根元直径の成長及び枯損本数
Tree height, base diameter, growth and number of dead individuals in examined trees

測定日 Sampling date	1年目(1981年10月) 1st year (Oct., 1981)			2年目(1982年12月) 2nd year (Dec., 1982)		
植栽樹種と処理 Tree species & treatment	樹高 cm Height $\bar{x} \pm S.D.$	根元径 mm Dmt. $\bar{x} \pm S.D.$	枯損 本数 Dead	樹高 cm Height $\bar{x} \pm S.D.$	成長量 H. inc. in cm	根元径 mm Dmt. $\bar{x} \pm S.D.$
クヌギ <i>Quercus acutissima</i> CARRUTH						
対照区 Control	63±11	15±3	—	111±29	48	31±7
落葉堆肥区 2.5 kg/m ² Litter compost	63±12	16±3	1	126±30	63	35±5
牛糞厩肥区 2.5 kg/m ² Cow manure	65±15	16±4	3	127±26	62	34±7
天童汚泥堆肥 Tendoh sludge compost						
少量区 2.5 kg/m ²	64±9	16±3	—	131±26	67	35±6
中量区 5 kg/m ²	61±9	14±3	—	126±30	65	33±6
多量区 10 kg/m ²	56±7	15±3	—	127±26	71	33±5
最多量区 20 kg/m ²	62±10	13±3	—	145±30	83	34±4
日立汚泥堆肥 Hitachi sludge compost						
少量区 2.5 kg/m ²	54±5	11±2	—	111±26	57	26±5
中量区 5 kg/m ²	56±12	12±3	2	124±24	68	28±7
多量区 10 kg/m ²	58±10	12±3	—	135±28	77	31±6
最多量区 20 kg/m ²	60±11	14±4	2	144±34	84	35±6
山形汚泥堆肥 Yamagata sludge compost						
少量区 2.5 kg/m ²	60±12	13±3	—	113±24	53	32±7
中量区 5 kg/m ²	56±7	12±2	1	124±25	68	34±5
多量区 10 kg/m ²	57±11	12±3	2	135±28	78	35±6
最多量区 20 kg/m ²	62±9	14±3	2	156±36	94	40±7
クロマツ <i>Pinus thunbergii</i> PARL.						
対照区 Control	44±5	17±2	3	80±14	36	40±5
落葉堆肥区 2.5 kg/m ² Litter compost	41±7	17±2	3	80±18	39	40±5
牛糞厩肥区 2.5 kg/m ² Cow manure	43±6	18±2	—	87±17	44	42±6
天童汚泥堆肥 Tendoh sludge compost						
少量区 2.5 kg/m ²	40±7	17±2	2	78±15	38	40±5
中量区 5 kg/m ²	45±6	16±3	4	81±15	36	40±5
多量区 10 kg/m ²	42±6	15±2	5	77±17	35	40±7
ヒノキ <i>Chamaecyparis obtusa</i> ENDL.						
対照区 Control	58±9	11±2	3	98±24	40	26±5
落葉堆肥区 2.5 kg/m ² Litter compost	57±10	11±2	1	106±25	49	27±6
牛糞厩肥区 2.5 kg/m ² Cow manure	56±8	11±2	4	99±27	43	24±8
天童汚泥堆肥 Tendoh sludge compost						
少量区 2.5 kg/m ²	58±7	12±2	2	113±23	55	28±4
中量区 5 kg/m ²	57±9	11±2	—	108±19	51	28±5
多量区 10 kg/m ²	55±5	11±2	2	97±21	42	26±4

Height : Tree height (cm). Dmt. : Base diameter (mm). Dead : Number of dead individuals. H. inc. :

		3年目(1983年11月) 3rd year (Nov., 1983)					6年目(1986年6月) 6th year (June, 1986)			
成長量 D. inc. in mm	枯損 本数 Dead	樹高 cm Height $\bar{x} \pm S.D.$	成長量 H. inc. in cm	根元径 mm Dmt. $\bar{x} \pm S.D.$	成長量 D. inc. in mm	枯損 本数 Dead	樹高 cm Height $\bar{x} \pm S.D.$	成長量 H. inc. in cm	枯損 本数 Dead	
16	1	245 ± 48	134	51 ± 13	20	—	505 ± 60	260	3	
19	—	275 ± 35	149	56 ± 9	21	1	518 ± 82	243	3	
18	—	284 ± 45	157	58 ± 11	24	—	547 ± 69	263	—	
19	—	273 ± 32	142	55 ± 10	20	1	495 ± 50	222	1	
19	—	292 ± 49	166	54 ± 9	21	—	505 ± 55	213	3	
18	—	268 ± 47	141	54 ± 8	21	—	475 ± 55	207	1	
21	—	315 ± 51	170	55 ± 7	21	—	526 ± 37	211	1	
15	—	250 ± 42	139	45 ± 8	19	—	503 ± 59	253	1	
16	—	267 ± 41	143	49 ± 9	21	1	517 ± 69	250	1	
19	—	276 ± 50	141	51 ± 9	20	—	521 ± 76	245	3	
21	—	301 ± 50	157	57 ± 11	22	1	538 ± 53	237	3	
19	1	232 ± 39	119	49 ± 9	17	—	451 ± 69	219	1	
22	3	247 ± 59	123	52 ± 8	18	—	475 ± 57	228	2	
23	1	272 ± 35	137	54 ± 8	19	—	500 ± 65	228	1	
26	—	288 ± 52	132	57 ± 11	17	—	484 ± 102	196	1	
23	1	151 ± 19	71	57 ± 8	17	—				
23	—	149 ± 22	69	57 ± 7	17	1				
24	—	155 ± 20	68	59 ± 9	17	—				
23	—	150 ± 24	72	56 ± 8	16	1				
24	—	147 ± 21	66	57 ± 8	17	—				
25	1	145 ± 23	68	57 ± 8	17	—				
15	—	167 ± 26	69	42 ± 8	16	—				
16	—	174 ± 26	68	43 ± 9	16	—				
13	—	173 ± 29	74	39 ± 10	15	1				
16	3	183 ± 21	70	44 ± 8	16	—				
17	—	175 ± 25	67	42 ± 7	14	—				
15	—	164 ± 28	67	43 ± 7	17	—				

Increase in tree height (cm). D. inc. : Increase in base diameter (mm).

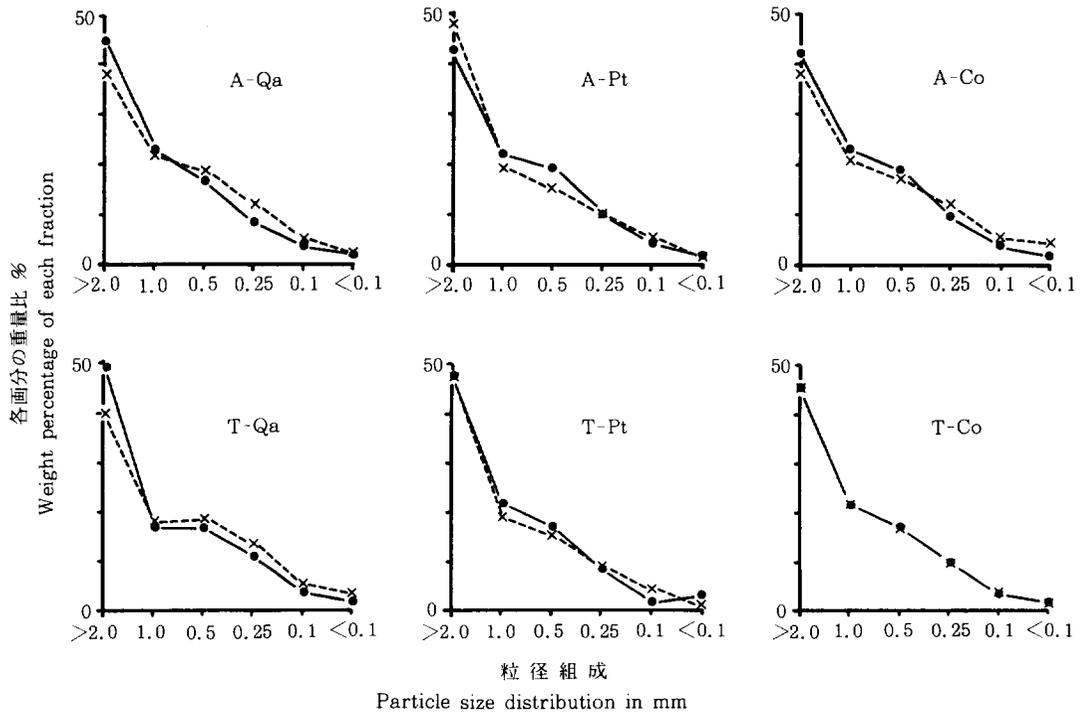


Fig. 2. 対照区 (A) 及び天童汚泥堆肥多量区 (T) の土壤の耐水性団粒組成. 左はクヌギ植栽地 (Qa), 中央はクロマツ植栽地 (Pt), 右はヒノキ植栽地 (Co) を示し, 実線は 1981 年 4 月, 点線は 1982 年 6 月の測定値を示す.

Distribution pattern of the particle size of water stable aggregates in the control plots (A) and the plots with Tendoh sludge compost of 10 kg/m² (T). Solid and broken lines indicate the values in April 1981 and June 1982, respectively. The left, middle and right graphs show the stands of *Q. acutissima* (Qa), *P. thunbergii* (Pt) and *C. obtusa* (Co)

ギ植栽地では 1983 年の夏から秋にかけて落葉堆肥区の方が多量傾向が見られたが, クロマツ及びヒノキ植栽地では対照区, 落葉堆肥区ともミミズが少なかった。

牛糞厩肥区の土壤動物の湿重量を Fig. 3C に示した。クヌギ, クロマツ, ヒノキ植栽地とも土壤動物相は対照区よりも落葉堆肥区に近い傾向が見られた。

対照区, 落葉堆肥区及び牛糞厩肥区で採集された土壤動物の個体数は Table 4~6 に示したように, 対照区との差は明らかでなかった。なお, 堆肥類施用前には採集されず, その後に採集された動物の多くは翅のある昆虫なので, 活動期に飛来して住みついた可能性が考えられる。また, ミミズをはじめとする翅のない動物は地中深くに卵の状態であったか, あるいは隣接した苗畑や草地から移住してきたものと考えられる。

Table 3. 供試した堆肥中と、調査開始時の千代田苗畑で20分間に採集した土壌動物の個体数と湿重量*
Number and wet weight of soil animals in the compost and those in soil of the Chiyoda Nursery at the initial stage of the experiment

調査対象と調査日 Sampling object & sampling date	供試した堆肥類 Compost applied 1981年4月10日 Apr. 10, 1981						施肥前の苗畑 Nursery before the fertilization 3月7日 Mar. 7		施肥・植栽後約1か月目の苗畑 Nursery about one month after the fertilization 1981年4月9日 Apr. 9, 1981												
	個体数 Number		湿重量 mg Wet weight in mg				個体数 Number	湿重量mg Weight	個体数 Number					湿重量mg Wet weight in mg							
処理 Treatment	落葉堆肥 Litter compost	牛糞肥 Cow manure	天童汚泥堆肥 Tendoh compost	落葉堆肥 Litter compost	牛糞肥 Cow manure	天童汚泥堆肥 Tendoh compost	調査予定地 Expected sampling site	対照区 Control	落葉堆肥区 Litter compost (S)	牛糞肥区 Cow manure (S)	天童少量区 Tendoh compost (S)	天童中量区 Tendoh compost (M)	天童多量区 Tendoh compost (L)	対照区 Control	落葉堆肥区 Litter compost (S)	牛糞肥区 Cow manure (S)	天童少量区 Tendoh compost (S)	天童中量区 Tendoh compost (M)	天童多量区 Tendoh compost (L)		
	動物 Animal																				
貧毛綱 ヒメミミズ類 Encytraeidae	-	-	-	-	-	-	15	18	2	1	4	3	3	11	3	1	5	4	3	19	
ミミズ類 Earthworms	15	-	-	2	657	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
蛛形綱 真正クモ類 Araneida	1	-	-	12	-	-	+	1	3	1	-	-	1	-	4	2	-	-	30	-	
唇脚綱 ムカデ類 Chilopoda	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
昆虫綱 ハサミムシ類 Dermaptera	3	-	2	7	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
甲虫成虫 Coleoptera adults	2	-	-	1	-	-	1	22	2	1	1	1	1	49	48	22	3	70	1		
甲虫幼虫 Coleoptera larvae	1	-	-	1	-	-	1	32	-	-	1	2	2	-	-	1	592	61	84		
双翅類 Diptera	-	6	-	-	4	-	6	34	5	6	3	5	-	1	2	4	2	120	-	21	
膜翅類 Hymenoptera	31	-	-	20	-	-	-	-	-	26	-	-	1	-	14	-	-	-	-	+	
蛹 Pupae	1	-	-	3	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	
計 Total	54	6	2	2	701	4	4	24	109	12	36	9	11	7	16	58	71	30	719	164	125

* クヌギ、クロマツ、ヒノキ植栽地で20分間に採集した土壌動物の個体数及び湿重量の平均値で、小数点以下四捨五入。施用量はTable 2 参照。

* The mean number and wet weight in mg of soil animals collected during 20 minutes from each of *Q. acutissima*, *P. thunbergii* and *C. obtusa* stands. Values are rounded to a whole number. Amount of compost applied was 2.5kg/m²(S), 5 kg/m²(M) and 10 kg/m²(L).

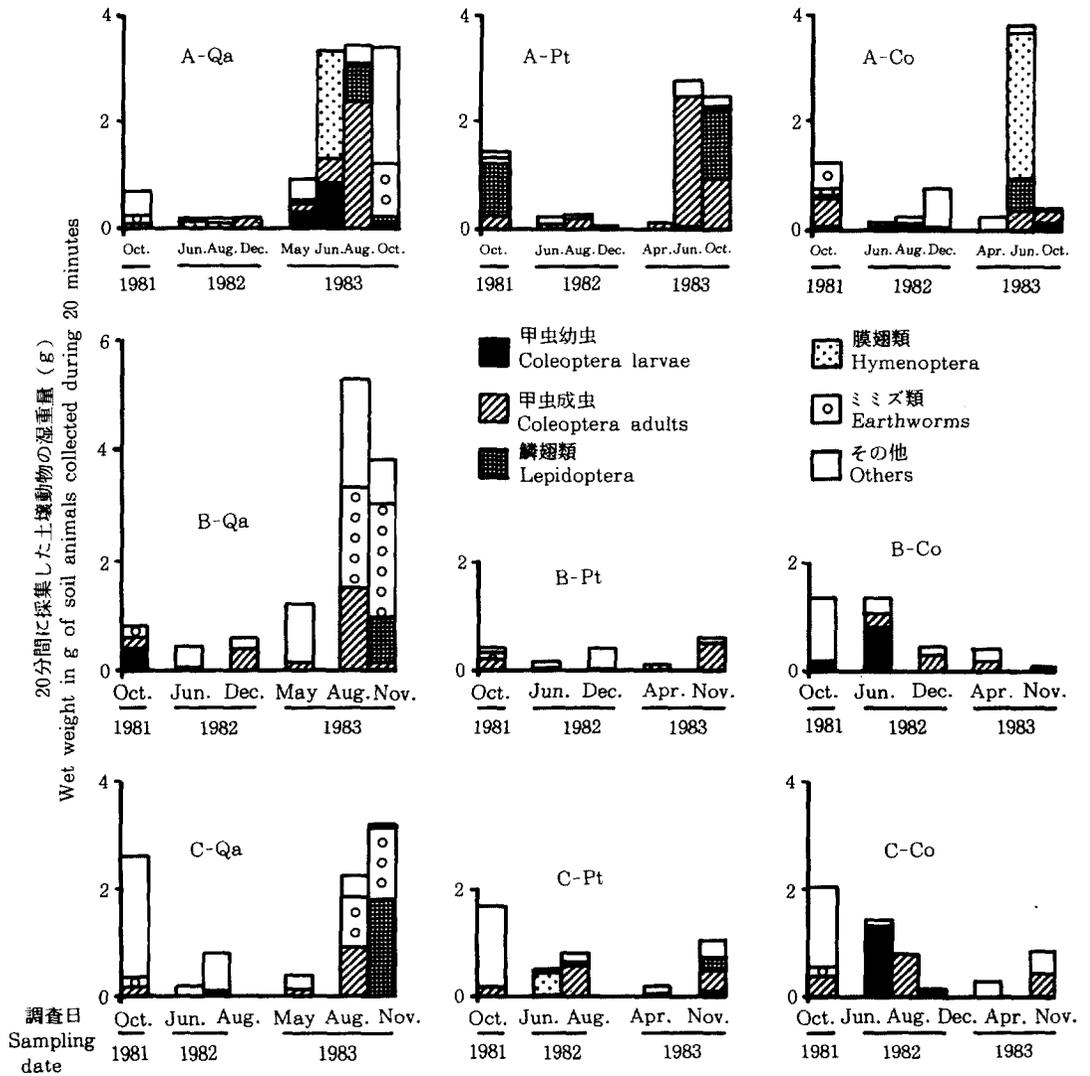


Fig. 3. 落葉堆肥及び牛糞厩肥の施用が土壌動物の湿重量に与える影響. 上段は対照区 (A), 中段は落葉堆肥区 (B), 下段は牛糞厩肥区 (C), 左はクヌギ植栽地 (Qa), 中央はクロマツ植栽地 (Pt), 右はヒノキ植栽地 (Co) を示す.

The effects of application of litter compost and cow manure on the wet weight of soil animals. The upper, middle and lower graphs show the plots of control (A), with litter compost (B) and with cow manure (C). The left, center and right graphs show the stands of *Q. acutissima* (Qa), *P. thunbergii* (Pt) and *C. obtusa* (Co)

Table 4. 対照区で20分間に採集した土壌動物の個体数
Number of soil animals collected during 20 minutes from the control plots

植栽樹種 Vegetation	クヌギ <i>Quercus acutissima</i>								クロマツ <i>Pinus thunbergii</i>						ヒノキ <i>Chamaecyparis obtusa</i>								
	1981		1982		1983				1981		1982		1983		1981		1982		1983				
調査年月日 Sampling date	Oct. 14	Jun. 22	Aug. 9	Dec. 22	May 2	Jun. 17	Aug. 23	Oct. 26	Oct. 14	Jun. 22	Aug. 9	Dec. 22	Apr. 21	Jun. 17	Oct. 26	Oct. 14	Jun. 23	Aug. 9	Dec. 23	Apr. 21	Jun. 17	Oct. 26	
動物 Animal																							
腹足綱 Gastropoda	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	
貧毛綱 ヒメミミズ類 Encytraeidae	6	5	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1	-	-	-	1	
ミミズ類 Earthworms	3	-	-	-	-	-	-	2	3	-	-	-	-	-	1	12	-	-	-	-	-	-	
蛛形綱 真正クモ類 Araneida	4	2	5	1	4	3	12	12	6	-	7	-	5	1	20	7	8	3	-	1	3	6	
甲殻綱 等脚類 Isopoda	-	1	-	-	-	-	22	11	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	4	1	-	
倍脚綱 ヤステ類 Diplopoda	-	-	-	-	-	-	-	1	-	6	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	
唇脚綱 ムカデ類 Chilopoda	2	-	-	1	-	1	1	1	3	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	
昆虫綱 直翅類 Orthoptera	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2	1	1	1	1	2	
ハサミムシ類 Dermaptera	-	-	1	-	2	1	1	-	-	1	-	-	-	2	-	-	1	-	-	-	2	-	
半翅類 Hemiptera	1	2	2	-	-	-	-	-	1	-	5	-	-	1	3	5	-	6	1	2	3	-	
鱗翅類 Lepidoptera	-	-	-	2	-	-	1	3	1	-	-	-	-	-	6	1	-	-	-	-	1	-	
甲虫成虫 Coleoptera adults	5	2	4	3	4	7	21	1	16	3	6	-	2	22	13	22	2	-	-	1	6	3	
甲虫幼虫 Coleoptera larvae	-	-	-	1	5	4	-	4	-	-	-	2	-	4	-	2	1	1	3	-	1	7	
双翅類 Diptera	161	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1	-	2	-	-	-	2	2	-	-	
膜翅類 Hymenoptera	1	26	38	-	65	275	70	1	83	-	16	-	-	4	-	208	8	7	-	3	247	1	
その他 Others	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	3	1	2	-	
計 Total	184	39	51	8	81	292	128	38	113	10	34	5	9	37	46	263	23	20	11	16	267	20	

汚泥堆肥類の施用に伴う土壌生物の変化とその影響 (新島ほか)

Table 5. 落葉堆肥少量区で20分間に採集した土壌動物の個体数

Number of soil animals collected during 20 minutes from the plots with litter compost of 2.5 kg/m²

植栽樹種 Vegetation	クヌギ <i>Quercus acutissima</i>						クロマツ <i>Pinus thunbergii</i>					ヒノキ <i>Chamaecyparis obtusa</i>				
	1981		1982		1983		1981		1982		1983	1981		1982		1983
調査年月日 Sampling date	Oct. 14	Jun. 22	Dec. 23	May 2	Aug. 23	Nov. 2	Oct. 14	Jun. 22	Dec. 23	Apr. 21	Nov. 2	Oct. 14	Jun. 23	Dec. 23	Apr. 21	Nov. 2
動物 Animal																
腹足綱 Gastropoda	—	—	1	—	1	1	—	—	—	—	1	—	—	2	1	—
貧毛綱 ヒメミミズ類 Encytraeidae	1	—	6	1	—	—	—	3	—	—	—	—	7	—	6	1
ミミズ類 Earthworms	3	—	—	1	1	6	5	—	—	—	—	—	—	—	1	—
蛛形綱 真正クモ類 Araneida	9	3	1	3	7	36	6	2	2	7	11	3	5	4	6	7
甲殻綱 等脚類 Isopoda	—	—	—	1	9	—	—	—	—	—	1	—	1	—	9	—
倍脚綱 ヤスデ類 Diplopoda	—	—	—	1	1	1	27	2	—	—	—	—	4	—	3	—
唇脚綱 ムカデ類 Chilopoda	2	—	1	—	1	—	2	—	1	—	—	—	1	—	4	1
昆虫綱 直翅類 Orthoptera	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	2	2	4	—	—
ハサミムシ類 Dermaptera	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
半翅類 Hemiptera	4	—	—	—	—	—	—	1	—	2	—	—	—	4	3	3
鱗翅類 Lepidoptera	—	—	—	—	1	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
甲虫成虫 Coleoptera adults	16	2	4	3	18	9	8	3	1	6	5	3	5	11	24	2
甲虫幼虫 Coleoptera larvae	4	—	1	—	1	2	—	—	1	1	1	1	1	2	—	1
双翅類 Diptera	—	—	1	4	—	1	—	—	—	1	—	256	—	—	—	—
膜翅類 Hymenoptera	159	3	59	33	66	4	1	—	—	3	5	—	1	—	1	—
その他 Others	1	1	—	3	2	—	—	—	1	—	—	—	—	2	9	—
計 Total	199	10	74	51	108	64	50	11	6	20	24	265	27	29	67	15

Table 6. 牛糞厩肥少量区で20分間に採集した土壤動物の個体数
 Number of soil animals collected during 20 minutes from the plots with cow manure of 2.5 kg/m²

植栽樹種 Vegetation	クヌギ <i>Quercus acutissima</i>						クロマツ <i>Pinus thunbergii</i>					ヒノキ <i>Chamaecyparis obtusa</i>					
	1981		1982		1983		1981		1982		1983	1981		1982		1983	
調査年月日 Sampling date	Oct. 14	Jun. 22	Aug. 9	May 2	Aug. 23	Nov. 2	Oct. 14	Jun. 22	Aug. 9	Apr. 21	Nov. 2	Oct. 14	Jun. 23	Aug. 9	Dec. 23	Apr. 21	Nov. 2
動物 Animal																	
腹足綱 Gastropoda	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
貧毛綱 ヒメミズ類 Encytraeidae	3	3	—	1	—	1	3	2	—	1	—	1	3	—	4	12	—
ミミズ類 Earthworms	5	—	—	—	1	2	1	—	1	1	—	11	—	—	—	—	—
蛛形綱 真正クモ類 Araneida	8	5	5	11	6	25	9	1	3	11	10	5	1	3	—	9	4
甲殻綱 等脚類 Isopoda	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	3	—	—	—	—	—	—
倍脚綱 ヤスデ類 Diplopoda	—	1	—	—	1	—	—	4	1	—	—	—	2	—	—	—	—
唇脚綱 ムカデ類 Chilopoda	—	—	—	1	—	—	3	—	—	2	—	3	—	—	—	—	—
昆虫綱 直翅類 Orthoptera	2	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	1	—	—	1	1
ハサミムシ類 Dermaptera	—	—	—	1	—	—	—	—	5	—	—	—	4	1	—	1	—
半翅類 Hemiptera	1	—	2	—	9	—	—	—	1	—	3	2	—	—	—	2	5
鱗翅類 Lepidoptera	—	—	1	—	1	2	—	—	—	—	2	1	—	—	—	—	—
甲虫成虫 Coleoptera adults	11	2	1	12	12	5	13	3	8	2	6	23	2	11	—	4	6
甲虫幼虫 Coleoptera larvae	1	—	—	1	4	—	—	—	—	1	1	—	1	2	8	3	1
双翅類 Diptera	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	2	320	—	—	—	—	—
膜翅類 Hymenoptera	84	5	34	10	36	—	3	1 647	100	9	—	11	4	1	—	17	—
その他 Others	2	—	—	—	4	—	—	—	—	3	—	1	7	—	—	—	—
計 Total	118	16	44	37	75	36	33	1 658	119	31	27	379	25	18	12	49	17

汚泥堆肥類の施用に伴う土壤生物の変化とその影響 (新島ほか)

3.3.4 汚泥堆肥施用の影響

Fig. 4 はクヌギ植栽地における汚泥堆肥施用区の土壤動物の湿重量を示したものである。天童汚泥堆肥多量区では、施用後 2 年目（1982 年）の 6 月と 8 月に、根を食害するドウガネブイブイとヒメコガネ幼虫の湿重量が増加し、これらのコガネムシ類の幼虫が湿重量の大半を占め、総湿重量も対照区より多かった。3 年目（1983 年）には、一部の天童汚泥堆肥区で蛾の蛹の湿重量が増加したが、これはツマキシヤチホコが蛹化のため土壤にもぐったためと見られる。

日立汚泥堆肥施用区では 3 年目（1983 年）の 8 月にミミズの湿重量が対照区より多かった。山形汚泥堆肥施用区では甲虫成虫の湿重量が増加したが、対照区より少なかった。

クロマツ及びヒノキ植栽地における天童汚泥堆肥施用区で 20 分間に採集した土壤動物の湿重量を Fig. 5 に示した。1 年目（1981 年）の 10 月から 2 年目（1982 年）の 6 月にかけて、クロマツ、ヒノキ植栽地とも対照区に比べ、天童汚泥堆肥区の方が甲虫の幼虫、特にコガネムシ幼虫の湿重量が多く、多量施用区で最も多かった。2 年目の 8 月以降は減少し、甲虫成虫の湿重量が増加した。

汚泥堆肥施用区で採集された土壤動物個体数については Table 7~8 に示したように、対照区との差

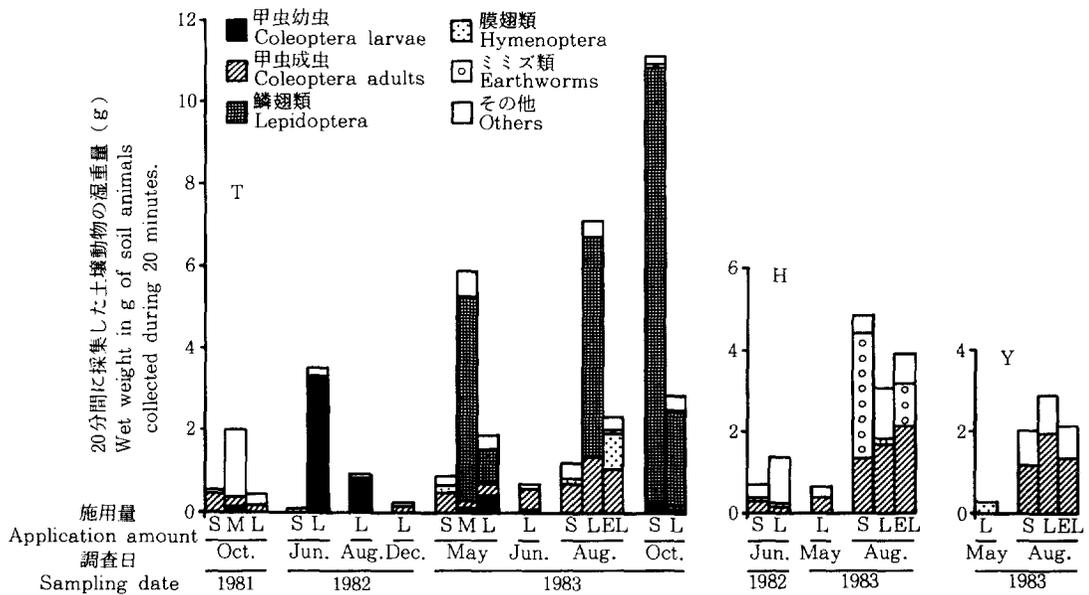


Fig. 4. クヌギ植栽地の汚泥堆肥施用区で 20 分間に採集した土壤動物の湿重量 (g). 左が天童 (T), 中央が日立 (H), 右が山形 (Y) 汚泥堆肥区を示し、施用量は S が少量, M が中量, L が多量, EL が最少量を示す。

Wet weight in g of soil animals collected during 20 minutes at fertilized plots with sludge compost of 2.5 kg/m² (S), 5 kg/m² (M), 10 kg/m² (L) and 20 kg/m² (EL) in *Q. acutissima* stand. The left, middle and right graphs are plots with Tendoh (T), Hitachi (H) and Yamagata (Y) sludge compost

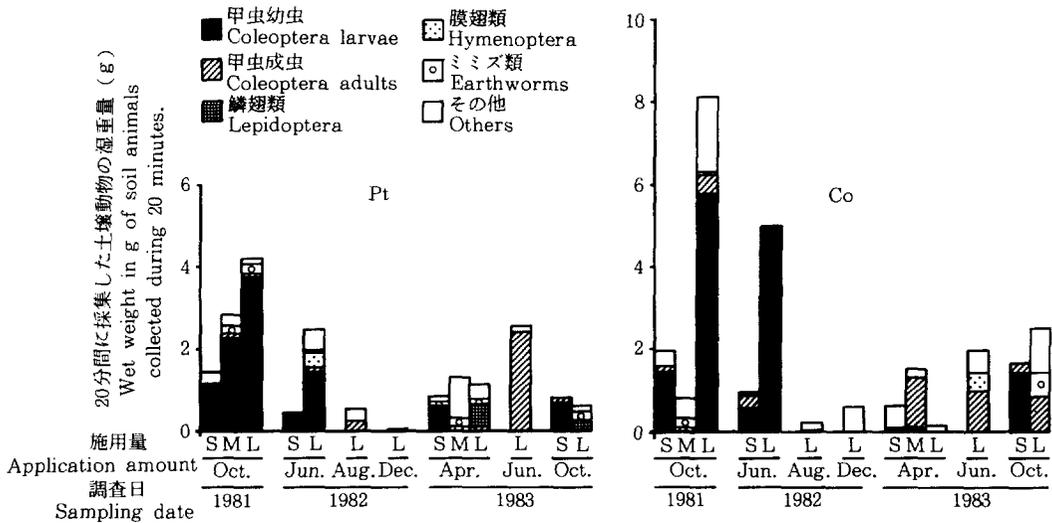


Fig. 5. クロマツ (Pt) 及びヒノキ (Co) 植栽地の天童汚泥堆肥施用区で 20 分間に採集した土壤動物の湿重量 (g). 施用量は S が少量, M が中量, L が多量を示す.

Wet weight in g of soil animals collected during 20 minutes at fertilized plots with Tendoh sludge compost of 2.5 kg/m² (S), 5 kg/m² (M), 10 kg/m² (L) in *P. thumbergii* (Pt) and *C. obtusa* (Co) stands.

は明らかでなかった。特に湿重量で差が顕著であったクヌギ植栽地の鱗翅目, クロマツとヒノキ植栽地の甲虫幼虫ともに個体数が少なく, 数の上では必ずしも増加したとはいえないが, 苗木の成長や土壌の諸性質に与える影響が大きいと予想される大型の個体が天童汚泥堆肥施用により増加したことは明らかである。

このように, 天童汚泥堆肥の施用は害虫の増加を招いたが, 食害によると見られる幼齡木の枯損や成長阻害は明らかでなかった。天童汚泥堆肥は添加物としてノコクズを使用しており, このことがコガネムシ幼虫増加の一因とも考えられる。

なお, コガネムシ類幼虫による苗木の被害はまきつけ苗が最もひどく, 苗木の成長に伴って影響が少なくなることから (藤下, 1972), 3年生苗木を植栽した今回の試験ではコガネムシ類の影響が少なかったものと思われる。また, 有機物の施用に伴い, コガネムシ類幼虫が増加するという傾向は藤下 (1972) の結果と一致した。

Table 7. クヌギ植栽地の汚泥堆肥施用区で20分間に採集した土壌動物の個体数
Number of soil animals collected during 20 minutes from the plots with sludge composts in the *Quercus acutissima* stand

汚泥堆肥 sludge compost	天童 Tendoh															日立 Hitachi						山形 Yamagata				
	調査年月日 Sampling date			1981			1982			1983						1982			1983			1983				
	施用量* Amount applied*	Oct. 14	Jun. 22	Aug. 9	Dec. 22	May 2	Jun. 17	Aug. 23	Oct. 26	Jun. 22	May 2	Aug. 23-24	May 2	Aug. 24	S	L	EL	S	L	EL	L	S	L	EL		
動物 Animal	S	M	L	S	L	L	S	M	L	L	S	L	EL	S	L	S	L	L	S	L	EL	L	S	L	EL	
腹足綱 Gastropoda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	6	-	-	2	-	-	4	-	3	
貧毛綱 ヒメミミズ類 Encytraeidae	1	9	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	6	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	
ミミズ類 Earthworms	1	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	1	2	4	2	-	-	-	4	-	3	-	-	-	-	
蛛形綱 真正クモ類 Araneida	12	9	22	-	4	5	-	4	10	8	1	11	4	2	14	5	5	5	9	12	12	4	5	5	1	1
甲殻綱 等脚類 Isopoda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	1	2	1	29	6	16	1	10	57	4
倍脚綱 ヤスデ類 Diplopoda	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	6	2	-	-	1	-	-	1	-	
唇脚綱 ムカデ類 Chilopoda	2	2	3	1	2	-	-	1	2	2	3	-	2	1	-	2	-	1	1	-	-	-	2	3	2	1
昆虫綱 直翅類 Orthoptera	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	
ハサミムシ類 Dermaptera	-	-	-	-	1	3	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
半翅類 Hemiptera	2	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	1	2	-	2	-	2	-	-	1	11	21	1	-	-	
鱗翅類 Lepidoptera	1	-	1	-	-	1	-	-	1	3	-	-	2	-	2	6	-	-	-	-	1	-	-	-	-	
甲虫成虫 Coleoptera adults	21	8	15	-	2	1	2	5	6	6	11	7	6	7	2	3	11	4	6	15	12	14	6	12	14	15
甲虫幼虫 Coleoptera larvae	1	1	2	1	7	1	4	1	5	9	2	1	2	1	3	5	-	2	2	2	1	-	2	-	1	2
双翅類 Diptera	-	275	2	-	-	-	1	3	1	5	-	2	1	-	1	1	-	-	1	-	-	1	-	-	-	
膜翅類 Hymenoptera	1	3	120	46	16	11	1	69	13	188	2	99	3	855	9	9	29	31	33	11	21	-	169	-	53	15
その他 Others	-	2	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	2	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	
計 Total	43	311	169	51	32	23	9	84	41	222	20	122	25	878	39	39	56	58	55	74	66	60	186	34	129	41

*施用量は次のとおり。Amount applied was as follows: S: 2.5 kg/m², M: 5 kg/m², L: 10 kg/m², EL: 20 kg/m².

Table 8. クロマツ及びヒノキ植栽地の天童汚泥堆肥施用区で20分間に採集した土壌動物個体数
 Number of soil animals collected during 20 minutes from the plots with Tendoh sludge compost in the *P. thunbergii* and *C. obtusa* stands

植栽樹種 Vegetation	クロマツ <i>Pinus thunbergii</i>												ヒノキ <i>Chamaecyparis obtusa</i>																	
	1981			1982				1983					1981			1982				1983										
	Oct. 14			Jun. 22		Aug. 9		Dec. 22	Apr. 21		Jun. 17		Oct. 26	Oct. 14			Jun. 23	Aug. 9		Dec. 23	Apr. 21		Jun. 17		Oct. 26					
調査年月日 Sampling date	Amount			applied*												Amount			applied*											
動物 Animal	S	M	L	S	L	L	L	S	M	L	L	S	L	S	M	L	S	L	L	L	S	M	L	L	S	L				
腹足綱 Gastropoda	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	4	-	-	-	-					
貧毛綱 ヒメミミズ類 Encytraeidae	-	1	2	-	-	-	1	1	16	2	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	5	1	6	-	2	2				
ミミズ類 Earthworms	-	2	5	-	4	2	-	1	5	3	-	-	6	2	6	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	12				
蛛形綱 真正クモ類 Araneida	8	11	9	-	2	1	-	2	3	8	-	3	10	4	9	9	2	3	3	2	5	3	4	4	4	22				
甲殻綱 等脚類 Isopoda	-	-	3	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	6	-	5					
倍脚綱 ヤステ類 Diplopoda	-	5	22	-	1	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	44	2	-	1	-	-	-	-	1	-	1				
唇脚綱 ムカデ類 Chilopoda	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	1	4	-	-	-	1	1	-	-	-	-					
昆虫綱 直翅類 Orthoptera	-	1	1	-	-	-	-	1	1	2	-	-	-	1	1	2	-	-	-	1	1	-	-	5	-	-				
ハサミムシ類 Dermaptera	-	-	-	-	1	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	1	-	-				
半翅類 Hemiptera	-	1	-	-	-	7	1	-	-	1	6	-	1	-	-	-	2	2	16	1	-	3	5	3	-	10				
鱗翅類 Lepidoptera	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1				
甲虫成虫 Coleoptera adults	2	4	6	-	2	4	-	1	2	6	44	2	3	3	6	15	2	1	1	-	-	6	-	17	4	9				
甲虫幼虫 Coleoptera larvae	4	8	7	1	2	-	-	3	1	-	2	8	1	9	-	5	1	6	-	1	2	1	-	1	17	-				
双翅類 Diptera	1	5	-	-	-	1	1	4	16	-	-	-	-	87	1	4	-	2	-	2	2	1	-	-	-	-				
膜翅類 Hymenoptera	1	5	91	1	1	282	1	1	13	167	7	3	2	1	-	2	8	-	21	11	-	5	3	4	3	624	-	3		
その他 Others	1	3	-	-	-	-	2	5	3	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	2	-	4				
計 Total	17	47	147	2	1	294	19	6	31	219	32	57	15	24	112	27	93	15	35	33	10	21	21	19	3	665	27	69		

* 施用量は次のとおり。Amount applied was as follows: S: 2.5 kg/m², M: 5 kg/m², L: 10 kg/m².

3.4 汚泥堆肥類の施用が高等菌類に与える影響

高等菌類の子実体で最初に発生したのはチャダイゴケ目の1種 *Cyathus* sp. で、植栽後7か月目に主として牛糞厩肥区で見られた。

菌根菌のタマネギモドキは2年目にクヌギ植栽地にのみ発生し、発生量は堆肥の施用量に比例して多く、幼齡木の成長も促進された (Fig. 6 左と Table 2)。ただし、日立汚泥堆肥 20 kg/m² 施用区では子実体が見られなかった。3年目の8月の調査時にもクヌギ植栽地に多数のタマネギモドキが発生したが、施用量との関係は明らかでなかった (Fig. 6 右)。3年目にはこのほか、シロソウメンタケ、シビレタケ属の1種 *Psilocybe* sp., アセタケ属の1種 *Inocybe* sp., イグチ属の1種 *Boletus* sp. がわずかに観察された。

キツネタケはクロマツ植栽地で3年目に発生し、各区画ごとの子実体の発生数は対照区 100, 落葉堆肥区 129, 牛糞厩肥区 51, 天童汚泥堆肥少量区 228, 中量区 100, 多量区が5であり、発生量とクロマツの成長 (Table 2) との関係は明らかでなかった。

4年目にはクヌギ植栽地の天童及び日立汚泥堆肥区でタマネギモドキやキツネタケをはじめとして種類、量ともに多くの菌根菌が発生した。また、山形汚泥堆肥区ではキツネタケと腐生性のタヌキノチャブクロが発生した (Table 9)。4年目の処理別の子実体発生量と堆肥施用量及び幼齡木の成長との関係は明らかでなかった。

3.5 総合考察

以上の結果から、有機物が比較的少ない所に汚泥堆肥を施用すると、一部の土壌生物の活動を活発にするが、そのことはタマネギモドキの増加のように林木の成長にプラスになる場合と、コガネムシ幼虫のような害虫の増加につながる場合のあることが明らかとなった。コガネムシ幼虫の増加の程度は堆肥の性質と量、及び植栽樹種によって異なり、ヒノキ植栽地の天童汚泥堆肥多量区で最も多かった。ヒノキ植栽地ではこのほか天童汚泥堆肥少量区はもとより、落葉堆肥や牛糞厩肥の施用区でもコガネムシの幼虫が多かった。このことは、コガネムシ類の幼虫が特にヒノキの幼齡木を好むためと考えられる。また、有機物の施用により土壌生物が増加する傾向は田村・諏訪 (1973)、福山 (1975)、新島 (1978)、藤川ほか (1979 a, b) 中村ほか (1979) 新島・小川 (1980) も報告しており、汚泥堆肥の施用に伴う特異的な変化ではないことも示唆された。

なお、汚泥堆肥はかなりの重金属類を含有しているため、施用土壌中に残存する重金属含有量から、農耕地土壌では施用量が限定されることも報告されている (農林水産技術会議事務局, 1989)。林木についても、タマネギモドキのような有用微生物の増加が期待されるが、その施用量は農耕地土壌同様に制限する必要があるだろう。

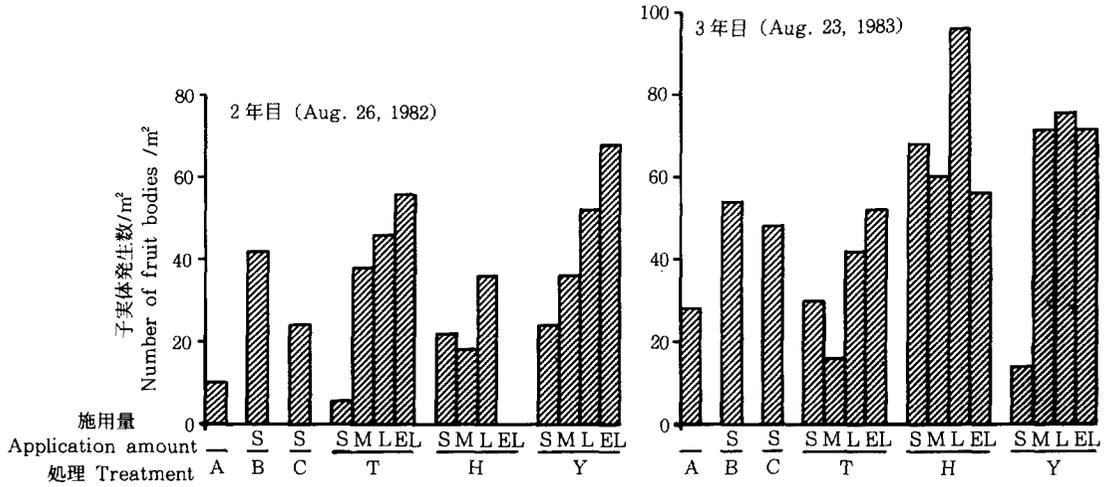


Fig. 6. 施肥後2年目（左）及び3年目（右）のクヌギ植栽地に発生したタマネギモドキの子実体数。処理区は、Aが対照区、Bが落葉堆肥区、Cが牛糞厩肥区、Hが日立汚泥堆肥区、Tが天童汚泥堆肥区、Yが山形汚泥堆肥区を示し、施用量はSが少量、Mが中量、Lが多量、ELが最多量を示す。

Number of fruit bodies of *Scleroderma cepa* occurring in *Q. acutissima* stand in the second (left) and the third (right) year after the fertilization. Treatments are A: Control, B: Litter compost, C: Cow manure, H: Hitachi sludge compost, T: Tendoh sludge compost, Y: Yamagata sludge compost. Amount applied is S: 2.5 kg/m², M: 5 kg/m², L: 10 kg/m², EL: 20 kg/m²

Table 9. クヌギ植栽後4年目(1984年7月18日)に発生した高等菌類の子実体数/m²
 Number of fruit bodies of higher fungi/m² which occurred in the *Quercus acutissima* stand on July 18, 1984 (4th year after planting)

処理と施用量 Treatment & Applied Amount kg/m ² 菌類 Fungus	対照区	落葉堆肥区	牛糞厩肥区	天童污泥堆肥区				日立污泥堆肥区				山形污泥堆肥区			
	Control	Litter	Cow manure	Tendoh sludge compost				Hitachi sludge compost				Yamagata sludge compost			
		少量 2.5	少量 2.5	少量 2.5	中量 5	多量 10	最多量 20	少量 2.5	中量 5	多量 10	最多量 20	少量 2.5	中量 5	多量 10	最多量 20
菌根菌 Mycorrhizal fungi															
タマネギモドキ <i>Scleroderma cepa</i> PERS.	16	—	30	2	+	6	21	12	8	—	—	—	26	—	—
キツネタケ <i>Laccaria laccata</i> (FR.) BERK et BR.	76	—	—	38	4	20	—	82	6	+	—	32	38	6	—
シロソウメンタケ <i>Clavaria vermicularis</i> SWARTZ: FR.	—	14	—	—	374	74	125	+	244	208	—	—	—	—	—
カレエダタケ <i>Clavulina cristata</i> (HOLMSK.: FR.) SCHROET.	—	—	—	—	—	—	262	—	2	—	—	—	—	—	—
腐生菌 Saprophyte															
チャワソウタケ <i>Piziza</i> sp.	卅	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	卅
タヌキノチャブクロ <i>Lycoperdon pyriforme</i> SCHAEFF.: PERS.	—	38	30	—	30	—	6	—	—	22	40	14	4	56	40
ナヨタケ <i>Psathyrella gracilis</i> (FR.) QUEL.	—	20	—	—	+	—	—	118	46	80	—	—	—	—	—
不明 Unknown															
オオキツネタケ <i>Laccaria bicolor</i> (MAIRE) P. D. ORTON	—	8	2	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ウラムラサキの1種 <i>Laccaria</i> sp. 1	—	—	22	2	+	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—
<i>Laccaria</i> sp. 2	—	—	—	—	—	—	+	—	28	—	90	—	—	—	—
アセタケの1種 <i>Inocybe</i> sp.	—	—	—	—	—	—	+	—	2	—	—	—	—	—	—
計 Total	92	80	84	60	408	100	414	216	336	310	130	46	68	62	40

+ : 調査枠内になかったが、枠外で見られた。

The species was found outside the examined quadrates.

卅 : 調査枠内に多量に発生したが、数えにくいもの。

It was difficult to count the number of fruit bodies, though the species occurred in abundance in the examined quadrates.

引用文献

- 藤川徳子ほか：重粘土壌畑の土壌動物による育土，（1）慣行農法より自然農法へ転換後の中型土壌節足動物にみられる変化，環境科学総合研究所年報，（7），91～103（1979 a）
- ほか：同上，（2）慣行農法より自然農法転換後の大型土壌動物相の変化，同上，（7），105～109（1979 b）
- 藤下章男：異常発生したコガネムシ類，おもにドウガネブイブイの生態と防除，静岡林試研究調査試料，（8），1～24（1972）
- 藤田桂治：植物の栄養生理特性と汚泥施用 4，林木，緑化樹木の栄養生理特性と養分循環，再生と利用，（37），63～68（1987）
- ：有機性汚泥の施用と問題点，森林立地，30（2），17～21（1988）
- ，佐藤久男：有機性汚泥の土壌への還元利用に関する研究 1，汚泥コンポストの化学的性質，94 回日林論，213～214（1983）
- ，———：同上 4，クヌギに対する各種汚泥堆肥の肥料的効果ならびに土壌中に残存する Cd・Zn 濃度，98 回日林論，165～166（1987）
- 福山研二：自然農法における土壌動物，自然と農業，（8），10～13（1975）
- 下水汚泥資源利用協議会編：下水汚泥の緑農地利用—国際シンポジウム会議録一，277 pp.（1983）
- ：下水汚泥の緑地利用に関するセミナー講演集，92 pp.（1985）
- 河田 弘：木質廃材堆肥に関する研究 1，ヘムロックパーク堆肥について，林試研報，（301）47～78（1978）
- 越野正義：有機性汚泥の農林業への利用に関する研究，再生と利用，（46），6～17（1989）
- 益子義明，藤田桂治：汚泥堆肥の施用が林地表面流去水の水質に及ぼす影響 1，施用直下の表面流去水の水質，98 回日林論，167～170（1987 a）
- ，———：同上 2，定距離流下後の表面流去水の水質，98 回日林論，171～172（1987 b）
- 中村好男ほか：有機物被覆がヒメミズ類の個体数および垂直分布に及ぼす効果，Edaphologia，（20），1～12（1979）
- 新島溪子：林地肥培と土壌動物，森林と肥培，（98），6～9（1978）
- ，小川 眞：アカマツせき悪林地におけるパーク堆肥の施用が土壌生物に与える影響，林試研報，（310），97～108（1980）
- 農林水産技術会議事務局：有機性汚泥の環境保全的評価及び農林漁業への利用に関する研究，研究成果，（231），152 pp.（1989）
- 佐々朋幸：各種汚泥堆肥がアカマツ苗木の成長に与える影響，93 回日林論，167～170（1982）
- ：汚泥堆肥施用量の多少がアカマツ苗木の根系成長に及ぼす影響，94 回日林論，219～220（1983）
- 佐藤久男，藤田桂治：有機性汚泥の土壌への還元利用に関する研究 2，各種汚泥コンポストの窒素吸収について，94 回日林論，215～217（1983）
- ，———：同上 3，各種汚泥堆肥の肥料成分吸収率と化学肥料の代替性について，98 回日林論，163～164（1987）
- 田村弘忠，諏訪将良：自然農法圃場における土壌動物相，自然と農業，（1），24～27（1973）
- 八幡敏雄ほか：土壌物理実験，東京大学出版会，東京，58～60（1967）

Changes in Soil Organisms by the Application of Sludge Composts, and their Effects

NIIJIMA, Keiko⁽¹⁾, FUJITA, Keiji⁽²⁾ and OGAWA, Makoto⁽³⁾

Summary

The effects of application of sludge composts on soil macrofauna and higher fungi were studied. The relationships between the growth of trees and the changes in soil organisms were also discussed.

Forty-eight plots of 5 m × 5 m quadrates were set out at Chiyoda Nursery, Niihari-gun, Ibaraki prefecture. Tendoh sludge compost (the sludge was agglutinated by high molecular compounds with sawdust), Hitachi sludge compost (by high molecular compounds with crushed bark), Yamagata sludge compost (by lime with sawdust), litter compost and cow manure of 0, 2.5, 5, 10 and 20 kg/m² were applied on March 12, 1981. Twenty-five 3 year old plants of *Quercus acutissima* CARRUTH or *Pinus thunbergii* PARL. or *Chamaecyparis obtusa* ENDL. were planted in each plot immediately after the fertilization.

Soil macrofauna were collected by digging at 10 points per plot, with a controlled collecting time of 20 minutes per plot. Flora of higher fungi were determined by counting the number of fruit bodies in two quadrates of 50 cm × 50 cm per plot.

The height and base diameter of the young trees of *Q. acutissima* became larger in proportion to the amount of compost applied in the 2nd year after fertilization.

Scarabaeidae larvae, *Anomala cuprea* HOPE and *A. rufocuprea* MOTSCHULSKY, which injure roots of young plants, increased in the plots with Tendoh sludge compost in *P. thunbergii* and *C. obtusa* stands during the 1st and 2nd years after fertilization, and decreased in the 3rd year. Caterpillars, *Phalera assimilis* BREMER et GREY, which eat tree leaves, appeared in the *Q. acutissima* stand in the 3rd year and pupae of this species increased in the soil of plots with the Tendoh sludge compost. The effects of the application of the other kinds of compost on soil animals were not clear. The relationship between soil animals and the distribution pattern of the particle size of water stable aggregates of soil was also unclear.

Mycorrhizal fungus, *Scleroderma cepa* PERS occurred in *Q. acutissima* stands in the 2nd, 3rd and 4th years. The number of fruit bodies increased the 2nd year in proportion to the amount of Tendoh and Yamagata sludge compost applied, and the growth of young trees was enhanced. These effects, however, were not observed in the 3rd and 4th years.

Received July 20, 1992

(1) Forest Biology Division

(2) Forest Development Technological Institute

(3) Kansai Environmental Engineering Center,
Biological Environment Institute