

都市近郊樹林地における林床植生の種組成の 変化に及ぼす踏圧の影響

谷 本 丈 夫⁽¹⁾・鈴木和次郎⁽²⁾

Takeo TANIMOTO and Wajirou Suzuki: The Influences of Pedestrian Stamping on the
Change of Floristic Composition of Floor Vegetation in the Urban Forest Areas

要 旨 都市近郊林における林床植生の動態と踏圧との関係を検討した。まず、踏圧の程度が異なる林床において群落組成を調べた。山中式土壤硬度計で 27 mm 以上の値を示す土壤ではしばしば無植生になり、30 mm 以上では完全に無植生となった。硬度 16~27 mm の範囲ではオオバコ、オヒシバなどの踏つて群落の構成種が生育し、林内を主な生育地とする種は硬度 16 mm 以下の軟かい土壤条件のもとで正常な生育になることを確めた。次に踏圧の影響がなくなった場合の種組成と土壤硬度の変化を 5 年間調べた。土壤硬度は踏圧の影響がなくなると、急速に軟化するが、硬い土壤ほどある程度の軟かさに回復するまでに時間がかかり、その後は直線的に軟化が進む。土壤の軟化につれて、林床植生の種数が増加する傾向があるが、バラツキが大きかった。ある程度土壤が軟化すると、土壤硬度よりも林内の明るさや水分条件、種子供給量、生育の速さなどの諸要因が複雑に影響しあい、早くから少数種で優占したり、反対に多種が共存し優占種が明確でなくなるなど、さまざまな群落形成過程を経るためと思われる。踏圧による土壤硬化を抑制するのに、植被や敷ワラが効果があるかどうかを調べた。地上部が刈り込まれ密に繁り、地下茎がよく発達したマット状のアズマネザサが一番緩和効果が高かった。裸地では踏圧によって急速に土壤は硬度 27 mm 以上に達してしまう。しかし植生が存在すると土壤固結化の緩和に役立つことを確かめた。敷ワラの土壤硬化緩和効果は、敷ワラが厚くなる程大きかった。

目 次

I ま え が き	94
II 調査場所と方法	95
III 結果と考察	98
1. 林床植物群落の種組成	98
(1) 踏圧の影響のない林床	98
(イ) 清水公園	98
(ロ) 古河庭園	98
(2) 踏圧の影響を受けている林床	101
(イ) 清水公園	101
(ロ) 新規に造成した公園緑地	101
(3) 踏圧の影響を受けなくなった林床(旧林業試験場跡)	101
(イ) 樹林地内	101
(ロ) テニスコート跡	106
2. 土壤硬度と植物の生育状態	107
(1) 群落被度および種数	107
(2) 木本植物の実生と生育	111

3. コウライシバ, アズマネザサ, ジャノヒゲの生育状態と土壤硬度との関係……………	113
4. 踏圧による土壤硬度の変化に及ぼす植被と地被物の影響……………	115
(1) 林床植生の違い……………	115
(2) 敷　　ワ　　ラ (地被物) ……………	116
IV あ　　と　　が　　き……………	117
V 摘　　　　　　要……………	118
引　用　文　献……………	119

I ま え が き

都市や都市周辺地域に存在する樹林地は、環境保全、防災、景観、情操など多くの面から、その存在価値を認められており、それぞれの機能について、くわしく研究されてきた^{14), 17-20)}。しかしながら、このような樹林地は、都市化の進展につれて衰退する傾向が著しくなっている^{10), 30)}。このため樹林地を存続維持するために適切な管理の手を加える必要が生じ、環境庁のプロジェクト研究「都市および都市周辺における樹林地の維持と管理に関する研究」が1976年より1980年まで5年間行われた。

本研究はその一環として、都市公園樹林地の植物社会学的構成の変化について、特に樹林地内への人の入り込みによる踏圧の影響との関係において検討した。

一般に樹林地は、林冠を構成する樹群とその林冠の下で生育する低木類や草本類など2～3層の階層構造からなっている。都市化に伴う生育環境の悪化は、樹林地内のすべての植物群に悪影響を与え、とりわけ大気汚染などは林冠構成樹群の衰退に大きな影響を及ぼすと推定される^{10), 30)}。しかし、その衰弱、枯死に至るまでの変化は比較的ゆっくりとしたもので、その原因も大気汚染を含めた複合要因であることが多く³⁰⁾、因果関係を明らかにすることは困難である。

一方、樹林地の衰退をもたらす要因の一つとして、樹林地内に入り込む人々の踏圧の影響が考えられる。ことに踏圧は直接的に林床植生を踏みにじるだけでなく、間接的には土壤を固結化し、透水性、通気性などの物理性を悪化させ、ついには樹林地全体を衰弱させる原因の一つとなる²⁾。

このような人の入り込みによる踏圧と植生との関係については生態学的な踏みつけ群落の成立に対する研究^{8), 31)}や芝生の保護、管理の基礎としての造園学的な研究^{2), 6-7), 9), 11), 13), 23-24), 26)}など多くの成果が報告されているが、樹林地内における調査例は少ない⁵⁾。

本研究は、樹林地として最も苛酷な環境条件下におかれている、林内への立入りが自由な東京都、茨城県、千葉県内の樹林地などにおいて、特に利用(踏圧)頻度が高く、土壤が固結した場所の林床植生がどのような種組成となっているか、また、人の利用出入りが中止された場合林床植生にどのような変化が見られるかを中心に調査し、踏圧実験なども含め、都市近郊における樹林地の維持管理技術を確立するための基礎資料を得る目的で行われた。

研究は、1980年まで環境庁プロジェクトで行われたが、その後は経常研究テーマとして引続き調査を行っていた。ところが、本研究の中心的調査地であった、東京都目黒区の旧林業試験場跡が1983年7月に、暫定的に一般開放され、諸施設が設置されたため、研究の継続が不可能となった。このため、これまでの資料を取りまとめ、その結果を報告することにした。

取りまとめに当たり、旧林業試験場における調査に多大なご便宜をいただいた大蔵省関東財務局、千葉県野田市、清水公園の公園管理者の各位、都市近郊林に関する文献蒐集にご協力いただいた国立科学博物

館付属自然教育園 萩原信介氏に対し心よりお礼申し上げます。

また、研究遂行の全過程においてご指導と助言をいただいた蜂屋欣二林業試験場調査部長、(前造林部長)、論文の校閲と、数々のご指導をいただいた浅川澄彦林業試験場造林部長、ならびに佐々木恵彦同造林科長の各位に対し、心よりお礼申し上げます。

II 調査場所と方法

Table 1 に調査した樹林地の所在地と調査項目を示した。旧林業試験場跡の調査場所は、林業試験場が1978年7月末に茨城県筑波研究学園都市に移転するまでは、林内が散策、集会等に利用されるため、清掃によって落葉が取り除かれていた、林冠がほぼ閉鎖している樹林地下の広場 (Fig. 1) とテニスコート跡を選んだ。

千葉県野田市にある清水公園内では、常に踏圧の加えられているアカマツ、クロマツ疎林下のフィールドアスレチックスコース内および歩道敷とそれに隣接する踏圧の影響のないクロマツ林内までの間に調査場所を設定した。有栖川公園、飛鳥山公園、研究学園都市内近隣公園においては、アズマネザサ、コウライシバ、ジャノヒゲの生育地を対象にそれぞれの生育状況と土壌表面硬度(以下土壌硬度とする)との関係を調べられるように調査地を選んだ。

古河庭園では踏圧の加えられていない樹林地の植生と土壌硬度を調べた。なお、清水公園内の出入禁止林分においても同様の調査を行った。また、Table 1 にはあげていないが、東京都内の上野公園、豊島園、科学博物館付属自然教育園などにおいても、樹木や林床植生の生育状態を観察した。

植生調査はブラウン・ブランケの優占度法¹⁾で行った。すなわち、Table 2 などに示した組成要約表の中にある、5, 4, 3, 2, 1, +などの数字は被度と密度の両方を考慮して優先度を判定した数値を示したものである。

+……少数で被度も小。

Table 1. 調査地と調査項目
Location of study areas and the items studied

場 所 Study areas	種組成の現況 Floristic composition	種組成の経年変化 Change in floristic compositin	踏 圧 実 験 Experiment of stamping
Tokyo-to 林 試 跡 Old site of the Institute	○	○	
有 栖 川 公 園 Arisugawa park	○		
飛 鳥 山 公 園 Asukayama park	○		
古 河 庭 園 Furukawa park	○		
Ibaraki pref. 研究学園都市近隣公園 park in Tsukuba science city	○		○
林 試 構 内 Present Institute	○		○
Chiba pref. 清 水 公 園 Shimizu park	○		

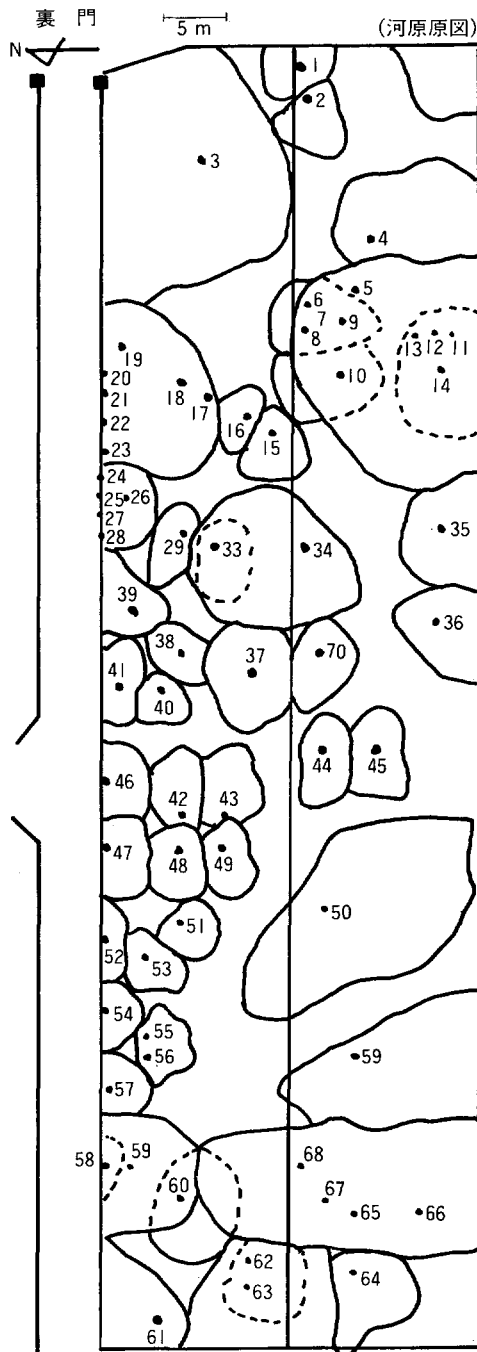


Fig. 1. 樹木の配置と樹冠投影図 (林試跡)

Distribution of trees and their crown projection in the old site of the Institute
コドラートは中央の線にそって設置された。
Permanent quadrats were located along centerline.

No.	1	ケ	ヤ	キ	<i>Zelkova serrata</i>
2		"	"	"	"
3		"	"	"	"
4		"	"	"	"
5		"	"	"	"
6	ヒ	ノ	キ		<i>Chamaecyparis obtusa</i>
7		"	"	"	"
8		"	"	"	"
9	ア	オ	ダ	モ	<i>Fraxinus lanuginosa</i>
10	セ	ン	ダ	ン	<i>Melia azedarach</i>
11	ケ	ヤ	キ		<i>zelkova serrata</i>
12	シ	ユ	ロ		<i>Trachycarpus fortunei</i>
13	ア	オ	ダ	モ	<i>Fraxinus lanuginosa</i>
14	サ	カ	キ		<i>Cleyera japonica</i>
15	ポ	ブ	ラ		<i>Populus spp.</i>
16	ネ	ズ	ミ	モ	<i>Ligustrum Japonicum</i>
17	ヒ	ノ	キ		<i>Chamaecyparis obtusa</i>
18		"	"	"	"
19	シ	ラ	カ	シ	<i>Quercus myrsinaefolia</i>
20	ヒ	ノ	キ		<i>Chamaecyparis obtusa</i>
21		"	"	"	"
22		"	"	"	"
23		"	"	"	"
24		"	"	"	"
25		"	"	"	"
26	ポ	ブ	ラ		<i>Populus spp.</i>
27	ヒ	ノ	キ		<i>Chamaecyparis obtusa</i>
28		"	"	"	"
29	ポ	ブ	ラ		<i>Populus spp.</i>
30	ヒ	ノ	キ		<i>Chamaecyparis obtusa</i>
31		"	"	"	"
32		"	"	"	"
33	ポ	ブ	ラ		<i>Populus spp.</i>
34		"	"	"	"
35		"	"	"	"
36		"	"	"	"
37		"	"	"	"
38		"	"	"	"
39		"	"	"	"
40	ヒ	ム	ロ		<i>Chamaecyparis pisi-fera var. squarrosa</i>
41	ポ	ブ	ラ		<i>populus spp.</i>
42	タ	ラ	ヨ	ウ	<i>Ilex latifolia</i>
43		"	"	"	"
44	ヤマ	ハン	ノ	キ	<i>Alnus hirsuta var. sibirica</i>
45		"	"	"	"
46	コ	ブ	シ		<i>Magnolia kobus</i>

47	ニセアカシア	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	1 ……多数ではあるが、被度が小さいかあるいは少数ではあるが被度がかなり大きい。
48	ポ プ ラ	<i>Populus</i> spp.	
49	”	”	
50	アカガシ	<i>Quercus acuta</i>	2 ……多数であって、調査面積の 1/20 以上をおおう。
51	ポ プ ラ	<i>Populus</i> spp.	
52	ニセアカシア	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	3 ……個体数は任意であるが、調査面積の 1/4～1/2 をおおう。
53	イチヨウ	<i>Ginkgo biloba</i>	
54	ニセアカシア	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	4 ……個体数は任意であるが、調査面積の 1/2～3/4 をおおう。
55	イチヨウ	<i>Ginkgo biloba</i>	
56	”	”	
57	ニセアカシア	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	5 ……調査面積の 3/4 以上をおおう。
58	エ ノ キ	<i>Celtis sinensis</i> var. <i>japonica</i>	Table 7, 8 に示した総合優占度 ¹⁾ は、おのおのの調査地における年次ごとの群落組成種の優占度を示すもので、これを求める式は次のとおりである。
59	”	”	
60	ムクノキ	<i>Aphananthe aspera</i>	
61	ウロミズザクラ	<i>Prunus grayana</i>	
62	アカガシ	<i>Quercus acuta</i>	
63	ケヤキ	<i>Zelkova serrata</i>	
64	コブシ	<i>Magnolia kobus</i>	
65	ケヤキ	<i>Zelkova serrata</i>	
66	”	”	
67	コブシ	<i>Magnolia kobus</i>	
68	イイギリ	<i>Idesia polyearpa</i>	
69	エ ノ キ	<i>Celtis sinensis</i> var. <i>japonica</i>	
70	ポ プ ラ	<i>Populus</i> spp.	

$$\frac{\text{百分率被度の平均値の合計}}{\text{群集組成表の中の測定方形区数}} \times 100 = \text{総合優占度}$$

百分率被度の平均値は

$$\text{優占度} + \dots\dots\dots 0.1$$

$$1 \dots\dots\dots 5.0$$

$$5 \dots\dots\dots 17.5$$

$$3 \dots\dots\dots 37.5$$

$$4 \dots\dots\dots 62.5$$

$$5 \dots\dots\dots 87.5$$

この総合優占度の最大値は 8750 であって各組成種間の繁茂程度の判断が優占度平均により明りょうに示される。

同じく Table 7, 8 に示した常在度は、群落の中に多数の標準地をとって、ある組成種の出現する割合を示したもので、次の値を示す。

$$\text{I} \dots\dots\dots 0 \sim 20\%$$

$$\text{II} \dots\dots\dots 21 \sim 40\%$$

$$\text{III} \dots\dots\dots 41 \sim 60\%$$

$$\text{IV} \dots\dots\dots 61 \sim 80\%$$

$$\text{V} \dots\dots\dots 81 \sim 100\%$$

方形枠の大きさは、林床植生のみの調査の場合には 1 m² で、無踏圧条件下の古河庭園と清水公園においては、林冠形成木についても調査したためそれぞれ (10×10) m² と (5×5) m² とした。

土壌硬度は、山中式土壌硬度計を用いて、植生調

査を行った方形枠につき、10個所ずつ測定し、平均値で示した。また、1978年の林試験跡と清水公園では、林床植生の生育と光条件との関係を検討するため東芝 SPI-71 型照度計2台を用い、裸地と各方形枠内の林床植生よりやや上層部において同時にそれぞれの照度を測定し、裸地に対する相対照度(%)を求めた。各方形枠内における照度の測定点は10個所で、それぞれの平均値で示した。

III 結果と考察

1. 林床植物群落の種組成

(1) 踏圧の影響のない林床

(イ) 清水公園

Table 2は、野田市清水公園内のクロマツ林において、Fig. 2のように林外の歩道敷から林内へ1m²の方形枠11個をならべて植生調査した結果である。歩道敷に近いプロットではオオバコ、オヒシバなど踏みつけ群落の構成種が多いが、林内に入るに従ってアマチャズルの優占度が大きくなる、またアズマネザサは稈高が高くなり優占度も大きくなっている。また、キツネノマゴ、ツユクサ、ヤブカラシなど都市近郊に存在する樹林地の林縁部で生育している植物が多くみられ、歩道敷と林縁とが接する部分では、これら二つの環境下で生育する種が混在するため種数が多くなっていた。

この林分は、表から明らかなようにツル類が多く、アズマネザサの稈高が大きかったが、関東地方の平地マツ林では、落葉、落枝の利用などでよく管理されていると、アズマネザサが刈り込まれて、マット状になっていることが多いことから、最近では林床の刈払いなど十分な管理が行われていなかったといえよう。

一方、清水公園内の有刺鉄線で立入が制限されているスギ林の林床ではシロダモ、アオキ、シュロ、ヤツデ、マンリョウ、クマザサ、ケチヂミザサ、アマチャズル、イヌワラビ、ベニシダなどが見られた。この林床の土壌硬度は、山中式土壌硬度計で1~17mm程度を示し、きわめて軟かかった。

(ロ) 古河庭園

東京都北区にある古河庭園は、現在都立公園として、有料で一般に公開されている。公園内を散策する人々は、歩道敷を利用するのみで林内への立入はまったくない。Table 3はこのような古河庭園内のスダジイ林における植生調査の結果である。この調査地の土壌硬度は平均7mmと9mmであった。地表にはスダジイ、サンゴジュなどの落葉がうすく堆積し、団粒構造の発達もよく、小動物類のつくる孔隙などのため、土壌がクッションのように軟かで、しばしば山中式硬度計の指示針が1mm前後にしか動かなかった。

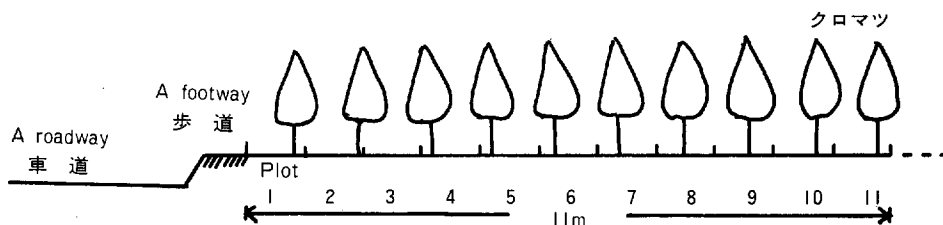


Fig. 2 クロマツ林内のコドラート配置
Distribution of quadrats in *Pinus thunbergii* forest

Table 2. 野田市清水公園クロマツ林外より林内への群落組成

Floristic composition of *Pinus thunbergii* forest
(from forest edge to inside, Shimizu park, Chiba pref.)

プロット番号 plot number		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	土 壌 硬 度 Soil hardness (mm)	30.5	26.8	23.9	23.8	19.4	15.6	12.5	9.0	10.6	10.1	9.7
	群 落 被 度 Community coverage (%)	2	70	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	総 種 数 Total species	1	10	17	18	19	15	14	14	12	13	10
草 木 類 Herbaceous	オ ヒ シ バ <i>Eleusine indica</i>	5* ⊕	15 ②	35 ⊕								
	オ オ バ コ <i>Plantago asiatica</i>		15 ②	6 ⊕	6 ⊕							
	スズメノカタビラ <i>Poa annua</i>		30 ③	15 ②	18 ⊕							
	イヌビエ <i>Echinochloa crus-galli</i> var. <i>crus-galli</i>		30 ②	60 ②								
	メヒシバ <i>Digitaria adscendens</i>			40 ②	30 ⊕	44 ⊕						
	ハルジオン <i>Erigeron philadelphicus</i>		3 ⊕	10 ⊕	13 ⊕	15 ⊕						
	ハルノノゲシ <i>Sonchus oleraceus</i>		3 ⊕		2 ⊕	8 ⊕	16 ⊕					
	クワクサ <i>Fatoua villosa</i>		10 ①	20 ③	35 ②	30 ⊕	12 ⊕			25 ⊕		
	ケチヂミザサ <i>Oplismenus undulatifolius</i>				8 ⊕	28 ②	27 ①	30 ④	25 ②			
	イノコズチ <i>Achyranthes japonica</i>			18 ⊕				40 ⊕		36 ⊕		
	キツネノマゴ <i>Justicia procumbens</i>			25 ②	25 ②	35 ①	4 ⊕	15 ⊕	40 ⊕	40 ①	45 ⊕	
	アシボソ <i>Microstegium vimineum</i> var. <i>polystachyum</i>			45 ②	45 ③	15 ⊕			20 ⊕	20 ⊕		40 ⊕
	ツユクサ <i>Commelina communis</i>			35 ⊕		35 ⊕	27 ②	32 ⊕	35 ②	32 ⊕	50 ①	30 ⊕
	エビズル <i>Vitis ficifolia</i>			23 ②	30 ②	23 ②	30 ②					
	キズタ <i>Hedera rhombea</i>							10 ⊕	8 ⊕			
	ヤマノイモ <i>Dioscorea japonica</i>				15 ⊕	21 ⊕	20 ①	20 ⊕	35 ⊕			40 ⊕
	タチドコロ <i>Dioscorea gracillima</i>					22 ⊕			25 ⊕	20 ⊕	6 ⊕	
	ヤブカラシ <i>Cayratia japonica</i>		10 ⊕	20 ⊕		20 ①	20 ①	22 ①	30 ③	20 ①	25 ②	25 ①
	アマチヤズル <i>Gynostemma pentaphyllum</i>			10 ⊕	10 ①	25 ③	23 ③	35 ④	25 ③	20 ⑤	25 ②	25 ③
木 本 類 Tree	シユロ <i>Trachycarpus fortunei</i>					12 ⊕		23 ①	20 ①			
	イロハモミジ <i>Acer palmatum</i>						5 ⊕					
	ヤマグワ <i>Morus bombycis</i>							5 ⊕				
	ニワトコ <i>Sambucus sieboldiana</i>								80 ⑤			
	アズマネザサ <i>Pleioblastus chino</i>		15 ②	15 ③	23 ④	25 ⑤	44 ⑤	26 ⑤	35 ⑤	30 ③	45 ⑤	73 ⑤

*5 高さ; Height (cm)

⊕ 優占度; Dominance

高木層はスダジイとサンゴジュの2種のみで構成されているが、樹冠がよく発達し、林内は非常に暗い。低木層や草本層ではアオキ、シュロ、ネズミモチ、ヤツデなどの木本類が多く、草本類が少ないことが特徴的であった。

林冠がよく閉鎖し、しかも踏圧の影響のない関東地方南部のスダジイ林ではシュロ、アオキ、ヤツデの異常ともいえる実生繁殖が認められることが多く^{4), 25)}、群落組成的には一般に自然林に比べて構成種数が

Table 3. 古河庭園の林床群落の組成
Floristic composition of Furukawa park in Tokyo

プロット番号 Plot number		1	2
土 壌 硬 度 Soil hardness (mm)		8.9	7.4
高木層 Tree layer	ス ダ ジ イ <i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>sieboldii</i>	④	⑤
	サ ン ゴ ジ ユ <i>Viburnum awabuki</i>	③	
低木層 Shrub layer	ス ダ ジ イ <i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>sieboldii</i>		②
	ヤ ツ デ <i>Fatsia japonica</i>	①	
	ア オ キ <i>Aucuba japonica</i>	⑤	⑤
	シ ユ ロ <i>Trachycarpus fortunei</i>		①
	ネ ズ ミ モ チ <i>Ligustrum japonicum</i>	+	
	コ リ ン ク チ ナ シ <i>Gardenia jasminoides</i>		①
	ヒ サ カ キ <i>Eurya japonica</i>	+	①
草 本 層 Herbaceous layer	ス ダ ジ イ <i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>sieboldii</i>	+	+
	ヤ ツ デ <i>Fatsia japonica</i>	①	+
	ア オ キ <i>Aucuba japonica</i>	+	①
	ネ ズ ミ モ チ <i>Ligustrum japonicum</i>	+	①
	ト ウ ネ ズ ミ モ チ <i>Ligustrum lucidum</i>		+
	イ ス ビ ワ <i>Ficus erecta</i>	+	+
	エ ノ キ <i>Celtis sinensis</i> var. <i>japonica</i>		+
	エ ゴ ノ キ <i>styrax japonica</i>	+	
	ム ク ノ キ <i>Aphananthe aspera</i>		+
	ヒ サ カ キ <i>Eurya japonica</i>	+	
	ア カ メ ガ シ ワ <i>Mallotus japonicus</i>		+
	ミ カ ン <i>Citrus</i> spp.	+	
	エ ン ジ ユ <i>Sophora japonica</i>		+
	シ ユ ロ <i>Trachycarpus fortunei</i>	②	+
	イ イ ギ リ <i>Idesia polycarpa</i>		+
	マ ン リ ヨ ウ <i>Ardisia crenata</i>	+	
	ミ ズ ヒ キ <i>Polygonum filiforme</i>	+	
	ジ ャ ノ ヒ ゲ <i>Ophiopogon japonicus</i>	+	+
	ベ ニ シ ダ <i>Dryopteris erythrosora</i>	+	+
	キ ズ タ <i>Hedera rhombea</i>	+	
	ヤ マ ノ イ モ <i>Dioscorea japonica</i>	+	
	ナ ツ ズ タ <i>Parthenocissus tricuspidata</i>		+
	ヤ ブ カ ラ シ <i>Cayratia japonica</i>		+
	ヨ ウ シ ユ ヤ マ ゴ ボ ウ <i>Phytolacca americana</i>		+
	ヘ ク ソ カ ズ ラ <i>Paederia scandens</i>		+

少なく、構造的には階層分化が明瞭で、草本層の発達が悪いといわれている¹⁷⁻¹⁹⁾。古河庭園のスダジイ林はこれらの都市近郊林の特徴をよく示しているといえよう。

(2) 踏圧の影響を受けている林床

(4) 清水公園

Table 4は野田市清水公園内にあるフィールドアスレチックコース周辺の林床植物群落組成表である。このフィールドアスレチックコースは利用者が非常に多く、ほとんど毎日のように踏圧が加えられている。そして、強度の踏圧域では、表から明かなように無植生となっている。植生のある部分では、オヒシバ、オオバコなどを中心とする群落、ジャノヒゲ、ケチヂミザサおよび実生の木本類などが混生する群落の三つに区分できた。

無植生の区域は、フィールドアスレチックコース上の一つの遊具から次の遊具への連絡歩道となっていたり、ボール遊びなどが頻繁に行われている場所で、土壤硬度は27 mm 以上であった。オオバコ、オヒシバ群落はやや踏圧の影響の少なくなった部分に発達しているが、まれに、土壤硬度が30 mm 以上の場所でもオヒシバが生育する場合があった。ジャノヒゲ、ケチヂミザサなどを主とする群落の成立は、踏圧の影響をほとんど受けていない場所のみに見られた。

このような踏圧の加えられた強さと林床植生の発達との関係は、Fig. 3のように頻繁に利用されている場所から次第に遠くなる場所へ連続的な植生調査を行うことで一層明確になる。すなわち、利用程度が小さくなると、土壤硬度は小さくなり、これに反比例するように群落構成種が増加し、草丈や樹高も大きなものが多くなる(Table 5)。同様の傾向はTable 1からも読み取ることができる。

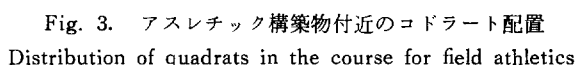
(4) 新規に造成した公園緑地

茨城県筑波研究学園都市内には、新規に造成された公園緑地が多く存在するが、これらの緑地内にも人が頻繁に出入りし、当初植付けられたジャノヒゲやコウライシバなどが損傷あるいはその一部が裸地化してしまっているものが多い。Table 6は、このような例として盛土整地後、ジャノヒゲが30×30 cm の間隔で植付けられた場所の群落組成表である。なお、この調査は、緑地造成から約2年経過した段階で行った。プロット1はジャノヒゲの生育が正常で、土壤硬度も17 mm であった。プロット2~7ではトキンソウ、オオバコ、ニワホコリなどの混生が目につき、ジャノヒゲの衰退が著しい。このような場所では土壤硬度が23~29 mm と高く、かなり強度の踏圧が加えられていたと思われる。このジャノヒゲ植栽地は、その後も踏圧が加えられ1984年夏現在では、Photo 1のようにほとんどオオバコ群落に変っていた。したがって、前述のように23~29 mm と土壤硬度が高くともジャノヒゲがある程度生育していたのは、ジャノヒゲ植栽後、踏圧が加えられた期間が少なかったためと思われる。

(3) 踏圧の影響を受けなくなった林床(旧林業試験場跡)

(4) 樹林地内

Table 7は、Fig. 1, Photo 2に示すような旧林業試験場跡の広場における1978~1982年の5年間における植生変化をブラウン・ブランケの総合優占度¹⁾で表わしたものである。表から明かなように、林床植生の変化は、三つの特徴的な植物種のグループに分けられた。すなわち、一つはオオバコ、メヒシバ、アキメヒシバなどを中心とするグループで、踏圧が加えられなくなってから2~3年は総合優占度が大きかったが、5年目の1982年には急速に衰退している。このグループの植物は、踏圧が加えられていることが群落形成の重要な条件となり、踏圧が加えられなくなると急速に群落の種構成が変化することがすでに



Floristic composition of playground (Shimizu park)

[illegible]

Table. 6 ジャノヒゲ植栽地の群落組成表
Floristic composition of the area planted with *Ophiopogon japonicus*

プロット番号	Plot number	1	2	3	4	5	6	7
土 壌 硬 度	Soil hardness (mm)	17.1	22.7	25.0	26.8	28.4	28.5	28.4
群 落 被 度	Community coverage(%)	75	10	30	30	5	10	0
総 種 数	Total species	10	16	11	9	7	15	2
ジャノヒゲ*	<i>Ophiopogon japonicus</i>	15 ④	10 ①	8 ①	5 +	5 +	5 ①	
トキンソウ	<i>Centipeda minima</i>		2 ①	1 +	1 +		2 +	
コニシキソウ	<i>Euphorbia supina</i>		1 +	5 ①	1 ①	1 +	2 +	
カタバミ	<i>Oxalis corniculata</i>	5 +	3 ②	5 ①	2 +	2 +	2 +	
オオバコ	<i>Plantago asiatica</i>		5 ①	5 ①	5 +	2 +		
トキワハゼ	<i>Mazus japonicus</i>		2 +	5 +			3 +	
メヒシバ	<i>Digitaria adscendens</i>	15 +	10 ②	5 +	5 +	1 +	2 +	
イスビエ	<i>Echinochloa crus-galli</i> var. <i>crus-galli</i>					5 +	3 +	
ニワホコリ	<i>Eragrostis multicaulis</i>		5 +		1 +			6 +
エノコログサ	<i>Setaria viridis</i>		15 +	15 ②	10 ②			
ヒメジョオン	<i>Erigeron annuus</i>	10 ①		5 ①	2 +		2 +	1 +
セイタカアワダチソウ	<i>Solidago altissima</i>	15 +	15 +	5 +				
オニタビラコ	<i>Youngia japonica</i>		2 +				5 +	
ハルタデ	<i>Polygonum persicaria</i>						2 +	
ハハコグサ	<i>Gnaphalium affine</i>		2 +				3 +	
ヤノマイモ	<i>Dioscorea japonica</i>	7 +						
ヤブラン	<i>Liriope platyphylla</i>	20 +						
ドクダミ	<i>Houttuynia cordata</i>	10 +						

* 30×30 cm の間隔で植栽された。
Planted species

確められている^{11), 21-22)}。すなわち、オオバコ、スズメノカタビラなどは、単純踏圧に対してコウライシバより弱い¹¹⁾。しかし、これらの種は踏みにじりなどで茎葉の物理的損傷があっても種子生産ができ、そのため実生による再生産力が相対的に強くなり、踏圧のある場所でも生存が可能になっている¹¹⁾。逆に踏圧の影響がなくなると、オオバコなどは草丈の大きくなる植物群のなかで徒長気味に生育しているが、引き続き踏圧が加わらない場合には、茎葉の損傷に耐性のない植物群が健全に生育でき、それらの植物との草丈の差などから生育に不利な環境におかれる。そしてついには Fig. 7 に見られるように消滅してしまうのである。

次のグループは、アオミズ、ミツバ、ケチヂミザサ、クサイチゴ、ヘクソカズラなどの植物で、調査の初期にはほとんど生育していなかったものが、3年目ごろから常在度、総合優占度ともに著しく大きくなってくる。これらの植物は、踏圧の影響の少ない樹林地の林床植生を構成しているものが多い。

三つ目のグループはいずれも木本類で、この調査期間内に18種の生育が認められた。これらは常在度、

Table 7. 林業試験場跡の群落組成の変化(樹林下の例)
Change of frequency class and total dominance value
in the site freed from pedestrian stamping

種名 Species	調査年 years									
	1978		1979		1980		1981		1982	
	常在度 Fre- quency class	総合優占度 average dominance value	"	"	"	"	"	"	"	"
オ オ バ コ <i>Plantago asiatica</i>	III	212.1	I	1.7	I	1.3	II	2.5	I	0.8
オニタビラコ <i>Youngia japonica</i>	I	0.8	—	—	II	188.3	I	8.3	I	1.3
ヒメムカシヨモギ <i>Erigeron canadensis</i>	I	157.5	III	607.1	II	96.3	II	136.3	I	0.8
アキメヒシバ <i>Digitaria violascens</i>	II	22.9	I	73.8	II	1531.3	I	21.3	I	0.4
メヒシバ <i>Digitaria adscendens</i>	II	616.3	I	521.7	I	1.7	—	—	I	0.4
イヌビエ <i>Echinochloa crus-galli</i> var. <i>crus-galli</i>	II	335.4	I	21.7	II	198.8	I	333.3	—	—
イヌタデ <i>Polygonum longisetum</i>	III	1596.3	III	732.1	IV	1482.1	IV	1265.0	IV	2180.0
イノコズチ <i>Achyranthes japonica</i>	II	63.8	III	814.2	V	3647.1	IV	1366.7	II	75.8
キツネノマゴ <i>Justicia procumbens</i>	—	—	—	—	II	459.2	I	21.3	I	0.8
アオミズ <i>Pilea mongolica</i>	—	—	I	0.4	I	0.4	I	156.3	I	451.3
ミツバ <i>Cryptotaenia japonica</i>	—	—	I	1.3	I	21.7	I	229.6	II	251.3
ツユクサ <i>Commelina communis</i>	—	—	—	—	II	271.3	II	188.3	II	95.8
アシボソ <i>Microstegium vimineum</i> var. <i>polystachyum</i>	—	—	—	—	II	1188.8	II	1927.9	II	803.3
ケチヂミザサ <i>Optismenus undulati- folius</i>	—	—	—	—	III	1178.3	III	752.5	IV	2085.8
ササガヤ <i>Microstegium japonicum</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	I	157.0
クサイチゴ <i>Rubus hirsutus</i>	I	0.4	—	—	I	230.0	III	1646.3	IV	3062.9
ヘクソカズラ <i>Paederia scandens</i>	—	—	I	1.3	II	364.6	III	605.4	III	3044.2
トウネズミモチ <i>Ligustrum lucidum</i>	I	1.7	II	3.3	II	64.2	II	147.5	III	409.6
エノキ <i>Celtis sinensis</i> var. <i>japonica</i>	I	1.3	II	22.5	III	377.5	II	594.6	III	1117.1
ヤツデ <i>Fatsia japonica</i>	I	1.3	II	3.3	II	2.9	II	22.5	I	21.7
イイギリ <i>Idesia polycarpa</i>	—	—	I	0.4	I	0.8	—	—	—	—
ニセアカシア <i>Robinia pseudo-acacia</i>	I	0.4	I	0.4	I	72.9	—	—	I	0.8
アカガシ <i>Quercus acuta</i>	I	0.8	I	0.8	I	1.3	I	22.1	I	1.3
コブシ <i>Magnolia kobus</i>	—	—	I	21.3	I	21.3	I	93.8	I	156.3
ニワウルシ <i>Ailanthus altissima</i>	—	—	I	0.8	—	—	—	—	—	—
ヒサカキ <i>Eurya japonica</i>	I	0.4	—	—	I	0.8	I	0.4	—	—
ケヤキ <i>Zelkova serrata</i>	—	—	I	0.4	I	21.3	I	1.7	I	22.1
タラノキ <i>Aralia elata</i>	—	—	—	—	—	—	I	0.4	—	—
アオキ <i>Aucuba japonica</i>	—	—	—	—	I	0.4	I	0.4	I	0.4
クスノキ <i>Cinnamomum camphora</i>	—	—	—	—	—	—	I	0.4	—	—
センダン <i>Melia azedarach</i>	I	0.4	—	—	—	—	I	0.4	—	—
シラカシ <i>Quercus myrsinaefolia</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	I	0.4
ミズキ <i>Cornus controversa</i>	—	—	—	—	I	20.8	—	—	I	0.4
シロダモ <i>Neolitsea sericea</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	I	0.4
サンショウ <i>Zanthoxylum piperitum</i>	—	—	I	0.4	—	—	—	—	—	—

Table 8. テニスコート跡の群落組成の変化

Change of frequency class and average dominance value in abandoned tennis court

年	次	1		2		3		4	
		(1979)		(1980)		(1981)		(1982)	
		常在度 Fre- quency class	総合優占度 average dominance value	〃	〃	〃	〃	〃	〃
スベリヒユ	<i>Portulaca oleracea</i>	IV	644.3	—	—	—	—	—	—
ニワホコリ	<i>Eragrostis multicaulis</i>	II	2.9	—	—	—	—	—	—
ザクロソウ	<i>Mollugo pentaphylla</i>	I	1.4	—	—	—	—	—	—
ツメクサ	<i>Sagina japonica</i>	IV	77.1	—	—	—	—	—	—
トキワハゼ	<i>Mazus japonicus</i>	I	1.4	—	—	—	—	—	—
トキンソウ	<i>Centipeda minima</i>	III	7.5	—	—	—	—	—	—
ミチヤナギ	<i>Polygonum aviculare</i>	I	1.4	—	—	—	—	—	—
アカザ	<i>Chenopodium album</i> var. <i>centrorubrum</i>	IV	3215.7	—	—	—	—	—	—
ハルノノゲシ	<i>Sonchus oleraceus</i>	V	148.6	—	—	—	—	—	—
アオビユ	<i>Amaranthus viridis</i>	III	74.3	—	—	—	—	—	—
ヒメムカシヨモギ	<i>Erigeron canadensis</i>	V	1931.4	V	1896.7	V	3416.7	I	8.3
エノコログサ	<i>Setaria viridis</i>	II	2.9	II	2.5	III	126.7	I	8.2
メヒシバ	<i>Digitaria adscendens</i>	V	931.4	V	4979.2	V	2229.2	IV	88.2
セイタカアワダチソウ	<i>Solidago sltissima</i>	I	1.4	III	896.7	V	2605.0	V	2875.8
キツネノマゴ	<i>Justicia procumbens</i>	I	1.4	I	1.7	V	442.5	V	506.7
チカラシバ	<i>Pennisetum alopecuroides</i>	—	—	I	145.8	III	438.3	III	1710.8
ヨモギ	<i>Artemisia princeps</i>	—	—	III	294.2	II	626.7	IV	608.3
クローバー	<i>Trifolium repens</i>	—	—	—	—	—	—	II	500.0
ヤブカラシ	<i>Cayratia japonica</i>	—	—	—	—	—	—	II	315.0
スズカケノキ	<i>Platanus orientalis</i>	IV	7.1	V	130.8	V	277.5	V	651.7
シマサルスベリ	<i>Lagerstroemia subcostata</i>	IV	1.4	IV	712.5	V	1521.7	V	2460.0

総合優占度ともに小さく、メバエの段階で消失してしまうものも多いが、トウネズミモチ、エノキ、ヤツデなどは、調査の初年度から生育し、少しずつ総合優占度が大きくなっている。

(ロ) テニスコート跡

Table 8は、旧林業試験場構内にあったテニスコートにおいて、1979年～1982年の4年間の植物群落組成の変化を調べたものである。このテニスコートは、1978年3月末に林業試験場が筑波研究学園都市に完全移転するまで、定期的に、ローラーによる転圧整地がなされ、植生はまったく見られなかった。1979年3月の段階でもロゼットで越冬する種群がわずかに見られるだけであった (Photo 4)。

ところが、移転後1年5か月経過した1979年8月末には、弱い踏圧と除草を受ける小路、路傍、庭、堀沿いの空地に見られる小型草本植物群落の構成種であるスベリヒユ、ニワホコリ、ミチヤナギ、トキンソウなどと、空地、宅地造成地、放棄畑地などで見られる大型草本群落¹⁸⁾の構成種であるアカザ、アオビユ、ヒメムカシヨモギ、セイタカアワダチソウなどが生育していた。また、大型草本類はTable 9に見られるようにすでに草丈が40～190 cmにも達し、地表付近の小型草本群落を完全に覆っていた。

Table 9. 群落組成表 (調査1年目) (林試テニスコート跡)
Floristic composition of abandoned tennis court. (the first year of study)

プロット番号	Plot number	24	25	26	29	30	27	28
土 壌 硬 度	Soil hardness (mm)	26.4	24.6	24.3	26.6	25.1	25.9	25.7
群 落 被 度	Community coverage (%)	20	40	70	100	100	100	100
総 種 数	Total species	9	13	10	12	11	10	8
スベリヒユ	<i>Portulaca oleracea</i>	7 ①	6 +	11 +	4 ②	7 ②		
ニワホコリ	<i>Eragrostis multicaulis</i>	5 +	5 +					
ザクロソウ	<i>Molluge pentachylla</i>	6 +						
ツメクサ	<i>Sagina japonica</i>		5 +	2 +	3 +	5 +	5 ①	10 +
トキンソウ	<i>Centipeda minima</i>					7 +	5 +	37 +
ミチヤナギ	<i>Polygonum aviculare</i>							
メヒシバ	<i>Digitaria adscendens</i>	40 ①	50 ③	34 ①		50 ②	14 +	43 +
エノコログサ	<i>Setaria ioidis</i>				35 +		7 +	
ハルノノゲシ	<i>Sonchus oleraceus</i>	3 ①	2 ①	7 +	5 +		1 +	1 +
アオビユ	<i>Amaranthus viridis</i>		12 +		10 +		90 ①	
ヒメムカシヨモギ	<i>Erigeron canadensis</i>		27 +	10 +	100 ②	185 ②	159 ④	170 ③
アカザ	<i>Chenopodium album</i> var. <i>centrorubrum</i>			65 ④	15 +	145 ⑤	120 ③	140 ③
スズカケノキ	<i>Platanus orientalis</i>		1 +		6 +	5 +	3 +	4 +
シマサルスペリ	<i>Lagerstroemia subcostata</i>				10 +			

小型草本群落の構成種は、Table 8で明らかなようにわずか2年たらずでまったく消滅し、セイタカアワダチソウの生育が著しくなっていた。また、初年度に見られなかったヘクソカズラ、チカラシバ、ヤブカラシなどの総合優占度が確実に大きくなっている。スズカケノキ、シマサルスペリの本木類が調査初年度から存在し、総合優先度、常在度ともに大きくなっていることも特徴的であった。

3. 土壌硬度と植物の生育状態

(1) 群落被度および種数

これまでに得られた組成表をもとに、土壌硬度と群落被度との関係を、群落上層の相対照度10%以下、同11~40%、同41%以上に便宜的に区分しFig. 4に示した。相対照度10%前後で踏圧の影響のない林床では、群落被度がほとんど100%となるが、林床の相対照度が1~5%と非常に暗い場合、あるいは林床の相対照度が10~20%程度と比較的明るくても、踏圧の影響がある林床では群落被度はしばしば30%以下となっていた。これに対して、林床の相対照度が41%以上あり、土壌硬度が27 mm 以下であれば群落はよく発達し、被度100%となる。しかし、硬度がおおよそ27 mm 以上では前述のとおり植生はまったくなくなってしまう。

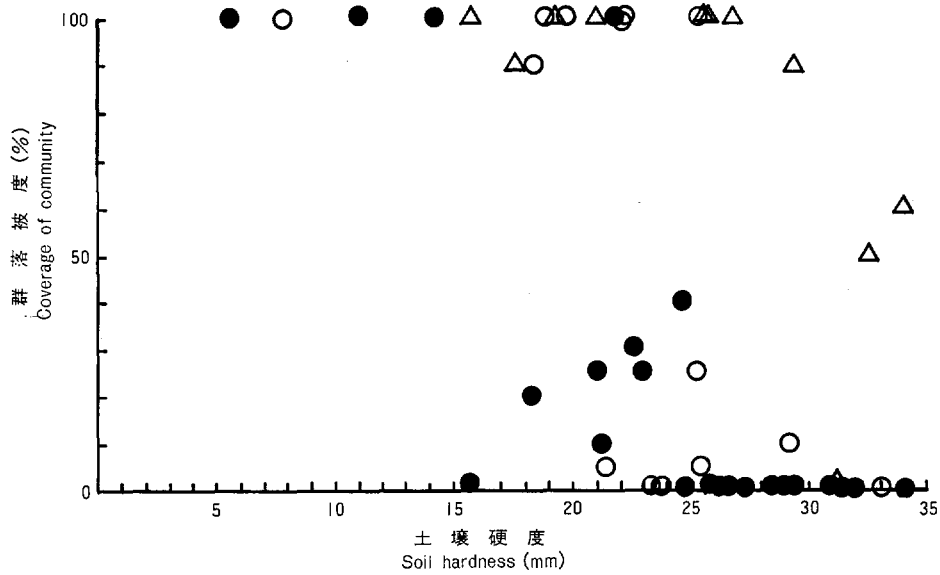


Fig. 4. 土壤硬度と群落被度との関係

Relationship between soil hardness and plant community coverage

土壤硬度は山中式土壤硬度計で測定した。

Soil hardness was determined by Yamanaka's soil hardness Tester.

● : 10%以下 less than 10% ○ : 11%~40% △ : 相対照度で示した明るさ 41% 以上
Relative light intensity more than 41%

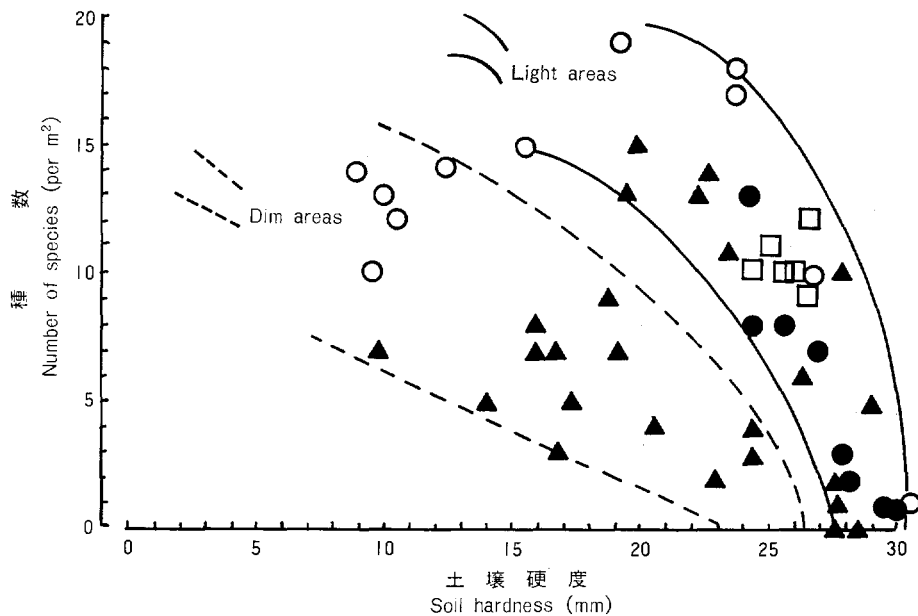


Fig. 5. 土壤硬度と種類との関係

Relationship between soil hardness and number of species (per m²)

□ : テニスコート跡 Abandoned tennis court ● : 清水公園広場 Playground in Shimizu Park
○ : 清水公園マツ林 Pine forest in Shimizu park ▲ : 林試跡 Old site of the Institute

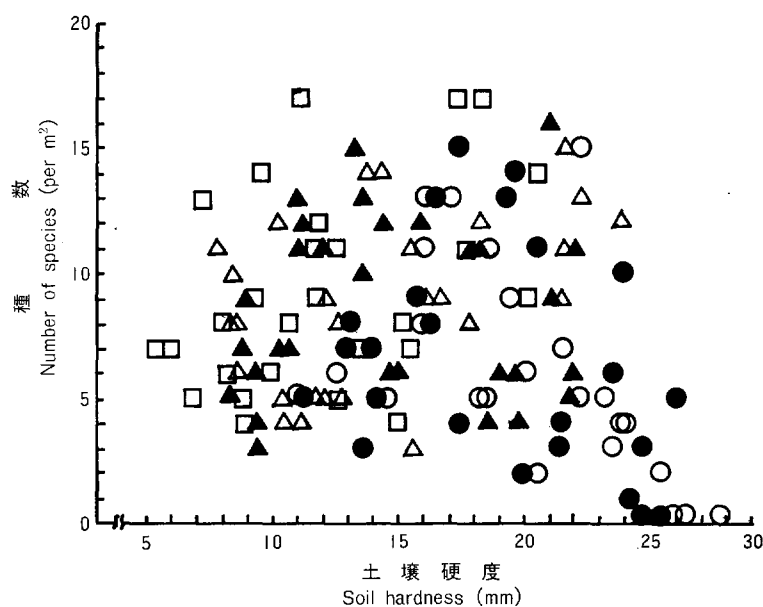


Fig. 6. 土壤硬度と種数の年度化 (林試跡樹林内)

Change in the relationship between soil hardness and number of species (Old site of the Institute)

○ : 1978 年 (wear) ● : 1979 ▲ : 1980 △ : 1981 □ : 1982

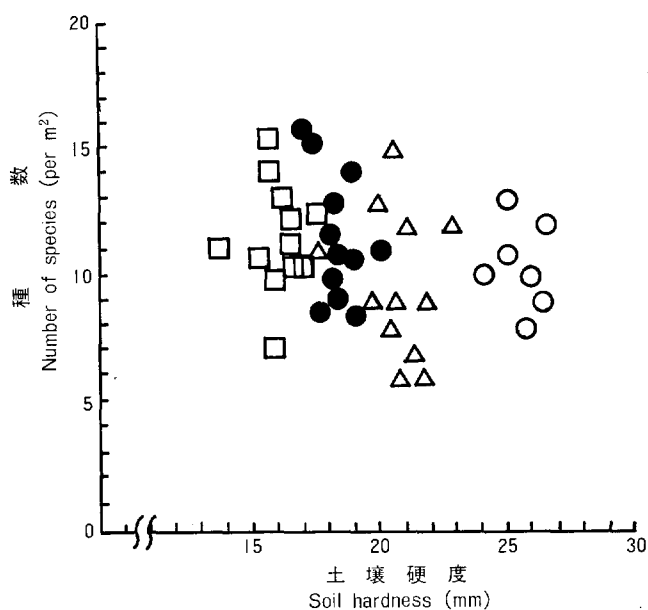


Fig. 7. 土壤硬度と種数の年変化 (テニスコート跡)

Change in the relationship between soil hardness and number of species (Abandoned tennis court)

○ : 1979 年 (wear) △ : 1980 ● : 1981 □ : 1982

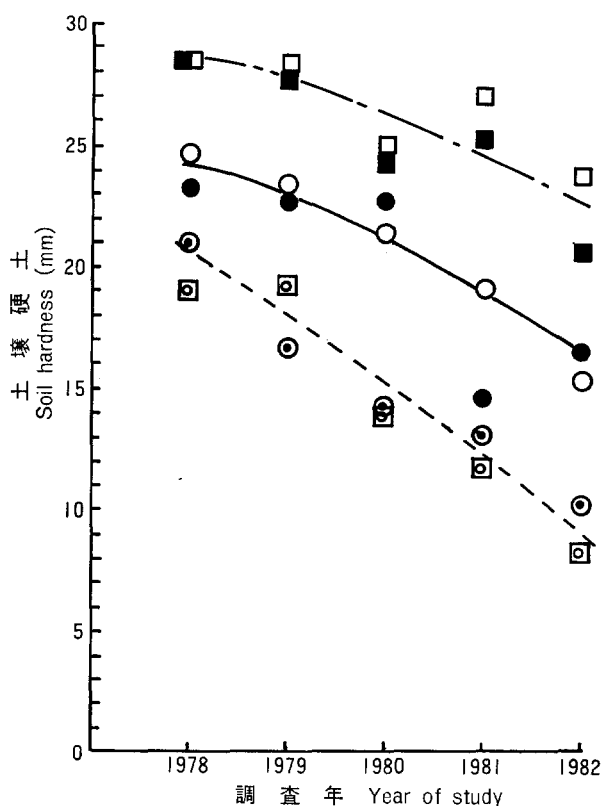


Fig. 8. 踏圧中止後の土壌硬度の変化

Change of soil hardness in the sites freed from pedestrian stamping

図中の○, ●などは初期の土壌硬度が異なる代表的なプロットである

Each symbol is for a typical plot with different degree of soil hardness.

次に土壌硬度と種数の関係を Fig. 5 に示した。群落上層が疎開している明るい群落では、土壌硬度が 20 mm 以上となると群落構成種数が急速に減少しはじめる。一方、樹冠の閉鎖などで林床群落上の相対照度が小さくなっている群落では、明るい群落よりも小さい硬度のうちから種数がゆっくりと減少する傾向となっていた。

以上の結果やこれまでの多くの報告^{11), 13), 28)} から、都市近郊樹林地における林床群落の構成種は、相対照度が高ければ、土壌硬度がかなり大きくても生存可能な、いわゆる踏みつけ群落の構成種オオバコ、オヒシバ、ニワホコリなどのグループ、踏圧に対する抵抗性が弱く、わずかな踏圧でも衰退してしまうが、踏圧がなければかなりの暗さでも生育できる本来林内や林縁で生存しているグループ、これらの中間的なグループの三つに大きく区分できる。

次に、踏圧が加えられなくなると、種数と土壌硬度がどのように変化するかについて、林試跡の樹林下とテニスコート跡の例を Fig. 6, 7 に示した。土壌硬度は、樹林下でもテニスコート跡でも踏圧が加えられなくなると予想以上に早く小さくなっていた。また、土壌硬度が大きい程、2～3年の間はその硬度がゆっくりと軟化していくが、ある程度土壌硬度が小さくなってくると、その後は急速に土壌の軟化が進む (Fig. 8) ようであった。

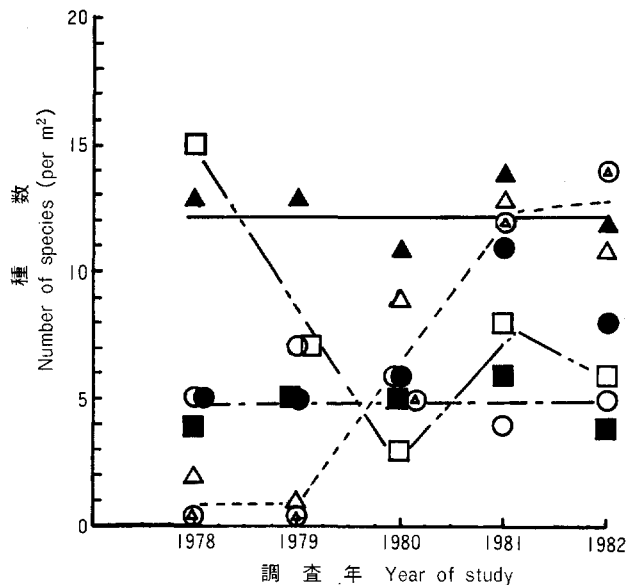


Fig. 9. 踏圧中止後の種数 (m^2 当り) の変化
Change of number of species after in the sites freed from
pedestrian stumping

図中の記号は代表的なプロットの値を示す

Each symbol is for a typical plot with different degree of soil hardness.

群落構成種は、土壌の軟化につれて多くなる傾向となっているが、バラツキが非常に大きい。例えば、Fig. 9 に示したように、1978 年の調査時に比較的土壌硬度が小さく、すでに林内の安定した群落の構成種が優占しているような場合には、引き続き同一種で優占されやすく (○, ■ で示したプロット)、より土壌硬度が小さくなくても新たな侵入種が少なく、この調査期間程度では種組成に大きな変化が見られない。反対に土壌硬度がやや大きく、明瞭な優占種がないために、多くの侵入種が共存している場合 (□ で示したプロット) は、土壌硬度がより小さくなるにつれて、特定の優占種で群落が構成され種数が減少する。また、非常に土壌硬度が大きく、裸地状態であった場所 (△, ⊙ で示したプロット) では、土壌硬度が小さくなるにつれて、多くの新しい侵入種が入り込みやすい。このように、群落形成時の土壌の状態やまわりの種群の様子によって、群落の発達状況が異ってくるため、群落の発達が多様になり、バラツキが起こると考えられる。

また、都市近郊林の林床植生の発達は、踏圧の影響だけでなく、落葉の採取や清掃が大きく関与していることが Photo 2 に示した林床植生の変化からあらためて確認できた。

(2) 木本植物の実生と生育

林試跡の樹林内、テニスコート跡ともに、木本植物の実生が非常に多く存在している (Table 7) ことを述べたが、これは千葉市、愛知県豊橋市の放棄畑の遷移で、木本類の発生が、放棄された初期には見られないとの報告と異った結果となっている¹⁵⁻¹⁶⁾。

林試跡では調査区とした方形枠以外でも、車道のへりや家屋が取り壊された裸地などでニワウルシ、ユリノキ、シマサルズベリ、スズカケノキ、ピラカンサスなどがかなりおう盛に生育していた (Photo 5)。

林冠下ではヤツデ、シュロ、トウネズミモチなどかなりの密度で生育していた (Photo 6)。このような林冠下に生育するシュロなどは非常に耐陰性が強く、都市化による環境悪化にも適応性が高いとされている⁴⁾。また、緑化樹として利用され、比較的多く植栽されていて、都市地域でもよく開花・結実する。野鳥類は、これらの樹種の果実を好んで食べるため、容易に種子が伝播されるなどの好条件が重なって異常ともいえる繁殖が見られるのであろう。

通常、関東地方の森林内の穴状の疎開地ができると、その穴の大きさによって、多少異なるが、アカメガシワ、スルデ、カラスザンショウ、イヌザンションなどの実生が発生してくる。しかし、前述したように、林試跡では疎開地に一般的ないわゆる先駆的な樹種はきわめて少なく、テニスコート跡で見られたようにスズカケノキ、シマサルスベリがコートの使用中止後1年ならずのかなり土壌硬度の大きい段階から実生を発生させ、その後の生育も非常によかった (Photo 4)。

このため、ここでは中部日本の放棄畑で見られるという裸地→1年生草本→多年生草本→陽樹低木林→陽樹高木林→陰性高木林のような遷移パターン¹⁶⁾とは異なって、いきなり陽樹林への遷移が認められた (Photo 6, 7)。これはテニスコートの周辺に緑陰樹としてスズカケノキ、シマサルスベリの大木が植栽されていたために、それぞれの樹種の種子が供給されやすかったことの結果である。ユリノキ、ニワウルシなどの樹種も旧林業試験場構内には多数の植栽木があって、それぞれ種子供給源の役割を果し、前述のように多くの実生を発生させている。

また、シラカンなどが広場などのヘリに生育しているような条件下においては、広場での落葉の清掃や踏圧がなくなると、シラカンの実生が多く発生してくる。このようなことから、木本類の侵入・定着には母樹となる樹木がどこに存在するかが大変重要な要因となる。とくに比較的ひろがりの大きくない場所では、かならずしも教科書的な二次遷移のパターンをたどらず、いきなり木本期の様相を呈したり、木本と

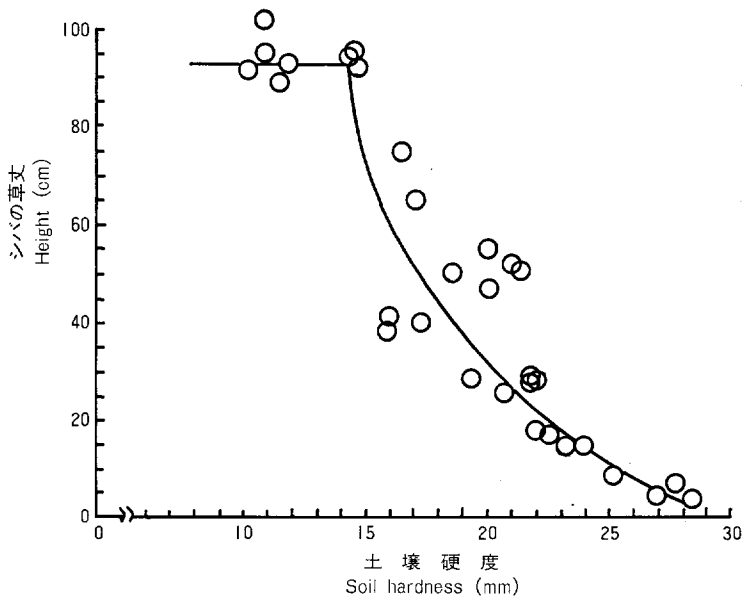


Fig. 10. 土壌硬度とコウライシバの草丈との関係
Relationship between soil hardness and height of *Zoysia matrella*

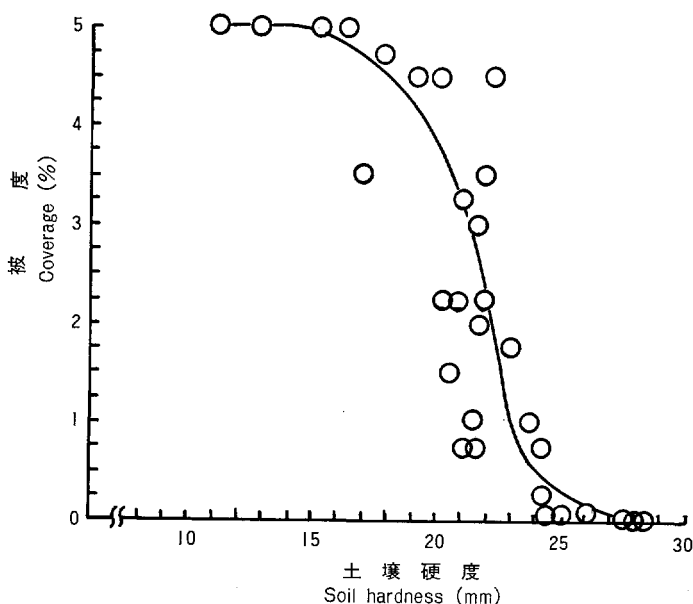


Fig. 11. 土壌硬度とアズマネザサの被度との関係
Relationship between coverage of *Pleioblastus chino* and soil hardness

草本とが同時に侵入，定着し¹¹⁾，それらの生長速度の差から見かけ上，木本類が草本類のあとで侵入しているように見える場合も多い。

これは田川²⁶⁾が，桜島熔岩上で高等植物の侵入に大きく影響する五つの要因としてあげた，(1) 周囲の植生の存否とその性質，(2) 周囲の植生からの距離，(3) 風，(4) 土壌形成の度合い，(5) 地形（周囲に高いところがあるかないか）のうち(1)，(2)，(3)に通ずるものである。(4)の土壌形成の度合いは，二次遷移の場合は極端な踏圧が加えられた場合以外あまり問題にならない。

3. コウライシバ，アズマネザサ，ジャノヒゲの生育状態と土壌硬度との関係

前章までに都市近郊樹林地内の植物社会学的変化について検討してきた。その結果，林床の植生が踏圧による土壌の固結化や反対に踏圧の影響がなくなって以降の土壌の軟化につれて，組成や草丈などで敏感に反応することをあらためて確認できた。ここでは，都市近郊林の林床に比較的多く生育していたり，植栽されている植物の中から，コウライシバ，アズマネザサ，ジャノヒゲを選び，それぞれの生育状態と土壌表面の固結化との関係について検討した。

これらの植物の生育状態を指標として，樹林地内の土壌の固結化の程度を明らかにすることは，樹林地の適切な保護管理に必要な人の入り込みの制限などを判定するための基礎資料を得ることになる。

コウライシバの草丈と土壌硬度との関係を Fig. 10 に示した。図中の曲線はフリーハンドで描いたものである。コウライシバの草丈は，山中式硬度計で 14 mm までは 18 cm 前後であったが，それ以上の硬度になると急速に草丈が小さくなってゆき，硬度計の指示値が 28 mm 以上になると，コウライシバは生育できず，まったく裸地状となった。また，硬度計の指示値が 23～27 mm の範囲ではコウライシバの草丈のバラツキは少なかったが，14～23 mm の範囲ではバラツキは大きくなっていた。

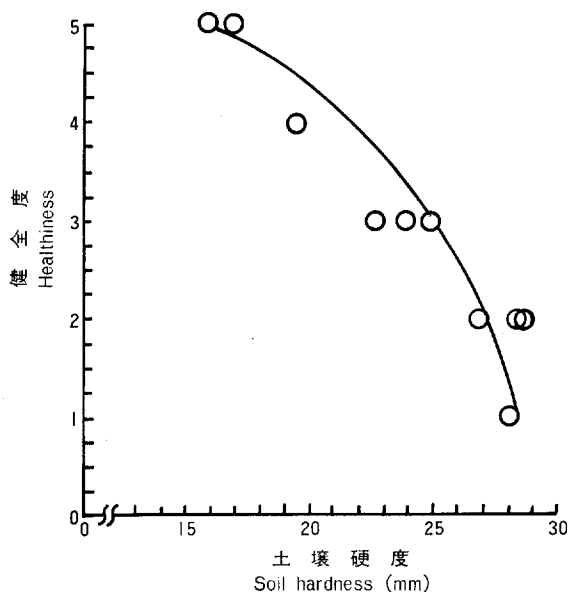


Fig. 12 土壤硬度とジャノヒゲの健全性との関係

Fig. 12 Relationship between soil hardness and healthiness of *Ophiopogon japonicus*

健全度の区分

Index for healthiness

正常に開花，株も大きくなっている

5: Good growth with stooling and flowering

大体開花

4: Most stools flowering

開花少しあり，株減少

3: Some stools flowering but some stools dying

開花なし，株減少，枯死株がある

2: No stools flowering and some plants dying

生存株なし

1: No plants surviving

Note: The word "stool" is used for daughter plant from one plant. "Plant" means a group of stools.

アズマネザサの被度と土壤硬度の関係を Fig. 11 に示した。アズマネザサにおいても，コウライシバと同様に土壤硬度 15 mm 前後までは被度 100% ではほぼ正常な生育状態であった。それ以上の土壤硬度を示すようになると被度は同じ土壤硬度でも 100% に近いものや 50% 以下になるものなどが見られた。28 mm 以上では被度 0% となっていた。

コウライシバ，アズマネザサで認められた土壤硬度 13~25 mm の範囲におけるそれぞれの値のバラツキは，近藤¹¹⁾らが述べているように，踏圧の影響で生育が異なるというよりも，むしろ他の環境要因（日照条件，土壤の水分状態など）あるいは維持管理条件（刈込み，施肥，除草など）が支配的になり，それぞれの環境条件に応じた生育状態になるためと思われる。

ジャノヒゲの生育状態と土壤硬度との関係を Fig. 12 に示した。これによると土壤硬度 16 mm 前後までは正常に開花し株立も植栽時より大きくなっているが，これ以上の硬度になると植栽時よりも株が小さくなり，硬度 28 mm 前後以上ではまったく消滅した。

以上のように、コウライシバ、アズマネザサ、ジャノヒゲともに完全に裸地化している状態では土壌の硬度は28 mm以上を示し、これまでの報告^{11), 13)}とほとんど同じ結果となった。また、土壌硬度が16 mm前後より小さい場合は正常な生育を示し、16~27 mmの範囲では、それぞれの生育状態にバラツキが見られた。したがって、林床植物を指標としてより精度の高い環境条件を把握するためには、16~27 mmの土壌硬度域での生育状態を詳しく検討することが必要であろう。また、ここで検討した3種の植物以外にも都市近郊林の林床群落を構成する種群の中には、より環境指標性の高い種群があると思われる。早急にそれらの検索を行い、その生育状態と土壌硬度など環境条件との関係についての資料を蒐集することで、より適切な樹林地の診断が可能になると思われる。

4. 踏圧による土壌硬度の変化に及ぼす植被と地被物の影響

(1) 林床植生の違い

踏圧による土壌の固結化は、樹木の生育にとって養水分を吸収し、根の呼吸作用を営む上で重要な役割をもつ土壌孔隙量を変化させ、透水性、通気性を悪化させている³⁾。その結果、樹木は、細根の発達や養

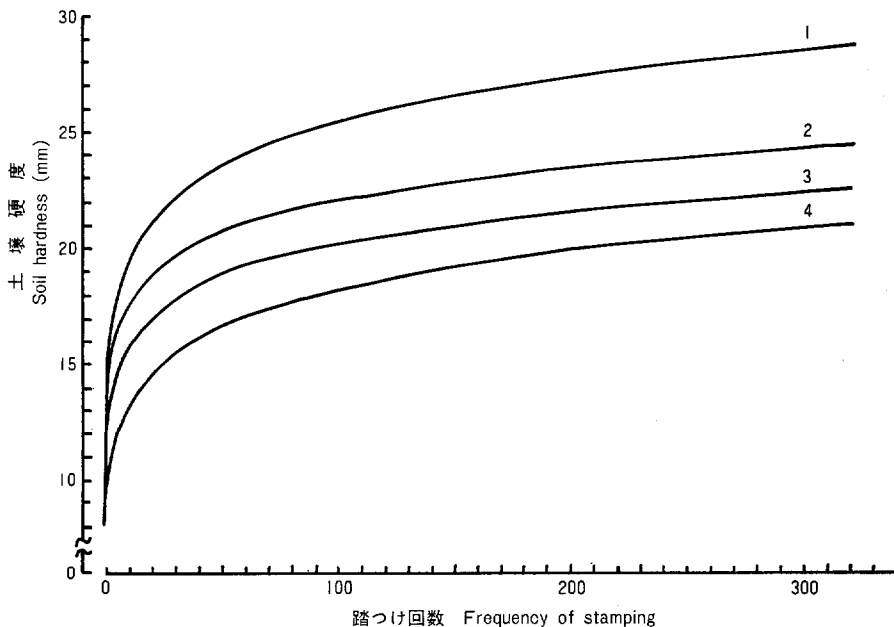


Fig. 13. 林床植生別の踏つけ回数と土壌硬度との関係

Relationship between frequency of stamping and soil hardness in different floor vegetations

図中の数字は次の群落を示す

Numbers show the following communities.

- 1: 裸地
Bare ground
- 2: セイタカアワダチソウ・ヨモギ群落
Solidago altissima-*Artemisia princeps* mixed community
- 3: コウライシバ群落
Zoysia matrella community
- 4: アズマネザサ群落
Pleioblastus chino community

水分の吸収が阻害され、次第に葉量の減少や生長停滞をおこしてくる。さらに進むと枝枯れや梢端枯れといった樹木特有の衰退の様相が現れてくる。

また、踏圧の影響は表土でもっとも大きく、深くなるに従ってその影響は小さくなっていくが、その程度は土性によっても変化するといわれている¹³⁾。

一方、樹林地内では林床の植生や地被物の違いによっても踏圧の影響は異なってくると思われる。そこで、林業試験場付近にある放棄畑でよく発達したセイタカアワダチソウ・ヨモギ群落の刈払い地、近隣公園内のシバ生地、年1回刈り込まれているためにアズマネザサがマット状に生育するアカマツ林の林床、さらに対照として、よく耕耘されたうえ整地されている畑地のそれぞれにおいて、麦ふみの要領で実験的に踏圧を加えた場合の土壌硬度の変化を調べFig. 13に示した。

図から明らかなように、踏みはじめてから100回程度までは、どの調査区でも急激に土壌硬度が増すが、その後はゆるやかな増加傾向となっていた。また、植生のない畑地では、踏つけ回数約200回で植生を維持することが限界となる27~28mm程度に固結するが、その他の調査区ではセイタカアワダチソウ・ヨモギ群落>シバ生地>マツ林床のアズマネザサ群落の順で小さな土壌硬度になっていた。

このように土壌硬度が同じ踏つけ回数でも林床植生によって異なるのは、林床植生ごとに地下部の構造が異なっているためと思われる。例えば、マット状のアズマネザサは地表付近でよく枝分れし、クッションの役割を果たしているうえに、縦横にはりめぐらされた地下茎が、土壌の締め固まるのをより防いでいるものと思われる。このような植被のクッション効果については、すでに増田¹³⁾がチャボリュウノヒゲとクスノキの例から指摘している。

したがって、踏圧の影響を少なくするためには、樹林地の林床植生をよりクッション効果の高いものにすることが望ましい。しかし、クッション効果の高い植物、例えば、ジャノヒゲ、チャボリュウノヒゲなどは、踏まれることによる直接的な損傷(葉のすり切れ)によって、踏圧の加わる条件のもとでは生育できなくなることが多い^{10), 12)}。

また、裸地状態で踏圧を受けると土壌の固結化が一層強まる(図13)ことから、林床を裸地状にする以前に人の立入りを制限し、常に林床に植被が存在するように管理することが、樹林地全体を健全に維持するための一つの目安となろう。

(2) 敷ワラ(地被物)

踏圧による土壌の固結化をある程度緩和するためには林床植生、ことに地下部と地上部が密に発達し、クッション効果の高いアズマネザサなどの植生で林床がおおわれていることが望ましいことを前節で明らかにした。

ここでは、敷ワラなどによって、土壌の固結化を防ぐことが可能ではないかと考え、ワラの厚さ0.5cm(ワラ1本ずつ1列に敷いた状態、約厚さ0.5cm)、1cm、2cm、5cmの4通りと対照区として裸地の5処理について、それぞれ前記と同様の方法で実験的に踏圧を加えたときの土壌の固結化について調べた。結果はFig. 14に示すとおりであった。

踏圧が加えられてから約100回位までは、林床植生別の場合と同様に、いずれも急速に土壌硬度は大きくなるが、敷ワラの緩和効果は、当然のことながら厚い程大きくなっていく。すなわち、踏圧回数300回で見ると、敷ワラが1本ずつ1列ではまったく緩和効果はなく、むしろ裸地よりも大きい約26mmの硬度を示した。これに対して敷ワラ1cmでは23.3mmで裸地に対して10.4%の減、2cmになると22.5mm

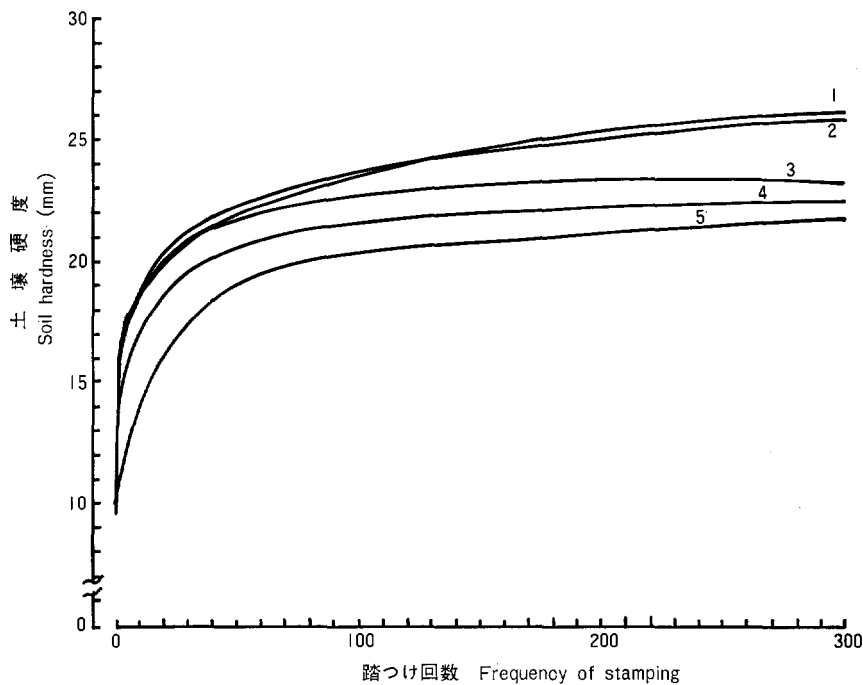


Fig. 14. 敷ワラの厚さ別踏つけ回数と土壌硬度との関係
Relationship between soil hardness and frequency of stamping with different thicknesses of straw layer

敷ワラの厚さ Thickness of straw layer
1:0 2:0.5 cm 3:1 cm 4:2 cm 5:5 cm

で同じく 13.5% 減となるが、敷ワラが 5 cm とかなり厚くなっても 21.9 mm の硬度となり、15.6% しか緩和効果はなかった。これはセイタカアワダチソウ・ヨモギ群落で得られた裸地に対する減少率 14.9% とほぼ同じ値であるが、敷ワラを厚さ 5 cm にするにはかなりの量のワラを必要とし、実用性が低いであろう。したがって、敷ワラを必要とするような過度の利用（踏圧）がなされ、林床が裸地になってしまう以前に、よりクッション効果の高いアズマネザサ群落などの植生が、常に維持されているように人の出入りを管理することが重要である。

IV あとがき

この報告では、踏圧が林床植生の変化に及ぼす影響について検討し、踏圧が加えられることによって直接的には植生の踏みにじりによる破壊と、間接的には土壌の固結化をもたらし、透水性、通気性を悪化させる³⁾ことで、林床植生の生育に悪影響を与えることを主に種組成の変化から明らかにした。しかしながら、このような踏圧が樹林地全体にどのような影響を与え、さらに樹林地の健全な維持管理のために、その許容限界がどの程度であるかについては検討できなかった。

トラクターなどで埋立られ、土壌が固結している宅地造成地などの樹林地では、土壌の固結が原因と思われる枯死や成長不良木が見られるが、有栖川公園、飛鳥山公園などの樹林地では、踏圧が加えられたこ

とが直接的原因と思われる枯死木や衰弱している林冠形成木は確認できなかった。また、明らかに強度の踏圧を受けている学校などの運動場周辺に緑陰樹として植えられているかなりの老木などでも、みかけ上は健全に見えるものが多い。

このことは、大型機械で転圧を受けながら埋立られた土壌と異なり、自然状態の土壌のうえに造成されていた樹林では、踏圧を受ける以前に十分根系の発達ができおり、その後踏圧を受けても、その影響が比較的表層に限られるため、目にみえる衰弱は認められないことが多いのであろう。

また、土壌の固結化による透水性の悪化、土壌の乾燥化については、老木の根系が地下深くまで発達していることと、この調査の対象とした有栖川公園、飛鳥山公園など東京都内の公園樹林地は、いずれも立地的には台地部から谷底にかけての崖錐部にあつて、地下水が表流水になる部分に造成されていることなどから、比較的透水性悪化の影響が緩和されているものと思われる。

しかしながら、林床植生の生存に影響するような強度の踏圧が加えられることは、その林床を覆う林冠形成木にも不可視害、慢性害を他の環境悪化条件と複合して与えていることは明らかである。都市近郊林をとりまく環境条件は通常の森林の場合とは著しく異っており、人為による影響を受けやすく、それぞれの環境条件に相応した管理が必要である²⁷⁾。

そのための方法の一つとして、本報で述べた踏圧と林床植生との関係からのアプローチは、樹林地の健全な維持管理法を確立するうえで有効な資料を提供できるであろう。

V 摘 要

1. 都市近郊林の適切な維持管理法を確立するためプロジェクト研究の一環として、東京都、千葉、茨城の1都2県内の樹林地において、人の入り込みによる踏圧が林床植生の種組成に及ぼす影響について1978年から1982年の5年間調査した。

2. 利用(踏圧)頻度によって、林床植生は無植生、オオバコ、オヒシバなどを中心とする踏みつけ群落、イスタデ、クサイチゴ、ケチヂミザサなどを中心とする群落の三つのグループに区分できた。これらは山中式土壌硬度計の指示値でそれぞれおよそ27 mm以上、16~17 mm、16 mm以下の範囲と対応して生育している。

3. ある時期まで踏圧や林内の清掃などの人為の影響が加えられていた場所での林床植生は、その影響がなくなると急速に減少してゆく踏みつけ群落の構成種のグループ、調査の初期にはほとんど見られなかったものが、3年目ごろから常在度、総合優占度ともに増大してくるグループ、そして木本類の実生グループに分けられた。ことに木本類の実生は18種と放棄畑などに比較するとかなり多いことが特徴的であった。

4. 土壌硬度と相対照度を組合わせた条件では、土壌硬度30 mm以上では相対照度に関係なく無植生となるが、硬度27 mm以上でもしばしば無植生になる。10%程度の相対照度では、踏圧が加えられなければ、群落被度が100%となることが多いが、踏圧の影響がわずかでも認められたり、相対照度が1~5%以下になると、群落被度は小さくなっていた。

5. 土壌硬度と群落構成種数との関係では、上層が比較的明るい群落の場合、土壌硬度が20 mm以上となると種数が急速に減少し、反対に樹冠などで上層が暗くなっている群落の場合では、20 mmよりも軟かい土壌のうちから種数がゆっくりと減少していた。これらは、それぞれ、踏みつけ群落の構成種群と、林

内を主な生育場所とする種群に区分できた。

6. 踏圧が加えられなくなって以降の土壤は、予想以上に早く軟化するが、その変化には土壤硬度が大きいほどある程度の軟かさに回復するまで時間がかかり、その後は急速により軟化が進んでいた。

7. 土壤の軟化につれて、群落構成種数は多くなる傾向となったが、バラツキが大きかった。これは土壤硬度に応じて群落構成種が変化するためである。すなわち、土壤の軟化につれて基本的には、無植生→新たに多種定着→少種の優占種の出現のように変化するが、調査時点ですでに少種が優占する区であると、そのまま少種が優占し種数に変化がない場合や、多種混生のままで優占種がまだみられない場合などもみられた。

8. 旧林業試験場の構内には多くの樹種が植栽されており、これらが母樹となって、種子を供給するため、樹林から距離のある放棄畑などの遷移の初期段階に比較すると、テニスコート跡のような場所でも木本の実生が多く、すでに低木林を形成している場合もあった。この例からあらためて土壤硬度だけでなく、種子供給源の存在がその後の群落構成種の変化(遷移)に大きく影響することが確認された。

9. コウライシバ、アズマネザサ、ジャノヒゲの生育状態と土壤硬度との関係を調べたところ、それぞれの生育状態と土壤硬度の関係には非常に高い相関が認められた。すなわちいずれの種も硬度が16 mm以下の土壤では正常な生育がみられ、28 mm以上となると完全に消滅し、これらの間ではさまざまな生育状態となった。

10. 踏圧を少しでも緩和させるために植生がどんな役割をはたすかについて調べるため、セイタカアワダチソウ・ヨモギ群落、アズマネザサの林床、コウライシバ生地、無植被の畑において実験的に踏みつけ回数と土壤硬度との関係を調べた。その結果、アズマネザサの林床<コウライシバ生地<セイタカアワダチソウ・ヨモギ群落<畑地の順に同じ踏みつけ回数でも土壤硬度は大きくなった。また、踏みつけ200回で畑地の土壤硬度は27 mm以上となるが、植被がある場合には土壤硬度が21~22 mmとかなり低く、植被が土壤の固結化を緩和することが確認された。

11. 敷ワラによる土壤の固結化を緩和させる実験では、敷ワラ1本ずつ1列では緩和効果はなく、1 cm<2 cm<5 cmの順で効果は高くなっていった。しかし、その効果は予想した程高くなく、敷ワラが5 cmでも21.9 mmの硬度となり、同じ踏みつけ回数の裸地の硬度に対して15.8%しか緩和効果が認められなかった。

引用文献

- 1) BRAUN-BLANQUET: Pflanzensozologie, 52~53, Wien, New York (1964)
- 2) 舟引敏明: 公園緑地の植生変化に関する研究, 都市公園, 69, 23~27, (1979)
- 3) 蜂屋欣二・藤田桂治・井上敏雄: 都市林—その実態と保全—, 91 pp., 林業科学技術振興所, 東京 (1982)
- 4) 萩原信介: 都市林におけるシュロとトウシュロの異常繁殖, 自然教育園報告, 7, 19~31, (1977),
- 5) 浜端悦治: 都市化に伴う武蔵野平地部二次林の草本層組成の変化, 一都市近郊の森林植生の保全に関する研究1—, 日生態誌, 30, 347~358, (1980)
- 6) 本多 倅・山野辺寛: 日本芝の生育に及ぼす踏圧の影響, 一踏圧頻度と生育との関係—, 造園雑誌, 22, 16~20, (1959)
- 7) 本間 啓・小沢知雄: 土壤構成と日本芝の生育ならびに踏圧による影響に関する実験的研究, 造園雑誌, 26, 27~30, (1962)

- 8) 井手久登・伊藤訓行：運動場の植生(1)、野球場の植生、応用植物社会学研究, 49~52, (1972)
- 9) 北村文雄：日本芝園芸品種栽培の基礎的研究 (第 1 報), 生育に及ぼす踏圧並びに刈込みの影響について, 造園雑誌, 28, 12~15, (1965)
- 10) 小林義雄：大気汚染と都市樹林, 森林立地, IX, 6~10, (1968)
- 11) 近藤三雄・小沢知雄：芝生地の収容力に関する基礎的研究, 踏圧—土壌硬度に対する芝生地の植群の抵抗性からみた収容力について, 造園雑誌, 40, 11~23, (1977)
- 12) 桑原義晴：北海道南部地方の耕地・耕作放棄地等にみられる雑草群落とその遷移, 日生態誌, 7, 140~144, (1957)
- 13) 増田拓朗・古家 徹・吉田重幸：ジャノヒゲの生育に及ぼす踏圧の影響, 造園雑誌, 47, 117~122, (1984)
- 14) 内藤俊彦・菅原亀悦・飯泉 茂：帰化植物の分布状況と都市環境, 都市生態系の構造と動態に関する研究, 1976 年報告, 75~78, (1976)
- 15) 沼田 真・鈴木啓祐：植物群落の形成過程に関する実験 I, 二次遷移の初期段階の解析 III, 日生態会誌, 8, 68~75, (1958)
- 16) 沼田真(編)：図説植物生態学, 127~165, 朝倉書店, 東京, (1969)
- 17) 奥田重俊・矢野 亮：都市環境における森林群落の推移, 沼田真編, 都市生態系の特性に関する基礎研究, 1972 年度報告, 1~11, (1972)
- 18) 奥富 清・揚石 優：都市植生の構成に関する 2, 3 の予備的調査, 沼田真編, 都市生態系の特性に関する基礎的研究, 1971 年報告, 55~58, (1971)
- 19) ———・—————・高崎康隆：都市植生の特質に関する研究, とくに都市林の組成的, 構造的性質について, 沼田真編, 都市生態系の特性に関する基礎的研究, 1972 年報告, 55~65, (1972)
- 20) ———・—————・安西慎司：都市植生の構成的特性, 人間の生存にかかわる自然環境に関する基礎的研究, 1974 年報告, 287~296, (1974)
- 21) 奥富 清・安部ひとみ：踏み跡群落の成立と持続に関する実験生態学的研究, 日生態 26 回大会講要旨, 112, (1979)
- 22) ———・戸田博之：踏跡群落の成立と持続に関する実験生態学的研究 II, 日生態 30 回大会講要旨, 83, (1983)
- 23) 小沢知雄・北村文雄：荒木田混合度および張芝法の差異による植付時期別の日本芝の生育ならびに踏圧による損傷度に関する研究, 造園雑誌, 25, 20~27, (1962)
- 24) 重松敏則：レクリエーション林における下刈り, 光, 踏圧の諸条件が林床植生に及ぼす効果, 造園雑誌, 46, 194~199, (1983)
- 25) 鈴木由吉・矢野 亮：都市林におけるアオキの繁殖, 沼田真編, 都市生態系の特性に関する基礎的研究, 1973 年報告, 67~82, (1973)
- 26) TAGAWA Hideo: A Study of the Volcanic Vegetation in Sakurajima, South-West Japan, 1. Dynamics of Vegetation, Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ. Ser. E. 3, 165~228. (1964)
- 27) 高橋理喜男・前中久行：奈良若草山草地におけるレクリエーション利用密度と植生タイプとの関係, 造園雑誌, 40, 24~37, (1977)
- 28) 埴田 宏：林内の相対積分照度と林床植生の関係, 日林九支研論, 34, 161~162, (1981)
- 29) ———：都市林とその立地, 森林立地, XXIII, 24~30, (1981)
- 30) 山家義人：東京都内における樹木衰退の実態, 森林立地, XIII, 28~31, (1971)
- 31) 吉岡邦二：校庭運動場及び練兵場の植群について, 生態学会報, 2, 34~39, (1952)

The Influences of Pedestrian Stamping on the Change of Floristic Composition of Floor Vegetation in the Urban Forest Areas

Takeo TANIMOTO⁽¹⁾ and Wajirou SUZUKI⁽²⁾

Summary

Influences of pedestrian stamping on forest floor have been phytosociologically monitored for 5 years from 1978 to 1982 at 7 sites in the Tokyo Metropolitan area. To classify soil hardness after pedestrian stamping, Yamanaka's soil hardness tester was used. Soil hardness was thus tentatively classified into three ranges: below 16 mm (soft soil), between 16 and 27 mm (intermediate range), and above 27 mm (hard and compact soil).

The floristic composition of the forest floor was well correlated with the soil hardness at the site. In forest floors with soil hardness below 16 mm where no influence of pedestrian stamping was observed, natural vegetation developed vigorously. By comparison, when the forest floor was moderately stamped by pedestrians, the soil hardness increased to a range between 16 and 27 mm, and typical species on the roadside or playground developed in this range of the soil hardness. The list of the species between 16 and 27 mm includes *Eleusine indica*, *Plantago asiatica*, *Digitaria adscendens*, *Vandellia crustacea* and *Centripeda minima*. When the soil was hardened above 27 mm, no vegetation was established.

After the forest was protected from pedestrian trespassing, the soil softened gradually and the softening was accelerated at a late stage of soil recovery processes. The vegetational composition was completely changed to that of the forest floor, corresponding to softening of soil. The typical roadside species mentioned above disappeared completely 2 to 3 years after trespassing was prohibited, and they were replaced by the species grown naturally in forests with soil hardness below 16 mm. These natural forest species observed on softened soil include *Oplismenus undulatifolius*, *Rubus hirsutus*, *Pilea mongolica*, and *Justicia procumbens*. A marked increase in woody species was noted in the late stage of the soil softening processes.

The changes in floristic composition also occurred in the site with no original vegetation. After trespassing was prohibited on the soil with soil hardness above 27 mm, gradual vegetation recovery was noted. These results suggest that the floristic composition of the forest in the park was strongly influenced by pedestrian stamping which hardened the soil.

The growth of vegetation was also affected by the hardening of soil resulting from pedestrian stamping. The growth in height of *Zoysia matrella* decreased markedly with increasing soil hardness and no growth was observed in the soil with a hardness above 27 mm. Similar results were obtained from the growth of *Pleioblastus chino*. These stamping effects may be used as indicators for soil hardening. Particularly when the vegetation was in the similar light condition, the growth and vegetational cover were good indexes for influences of soil stamping.

The soil hardness increased depending on the frequency of pedestrian stamping and conditions of the soil. The soil was hardened particularly fast in bare ground as compared to soil with vegetation. Also, specific types of vegetational cover on the soil have significant buffering actions to

Received November 21, 1984

(1) (2) Silviculture Division

reduce the impact of pedestrian stamping. *Pleioblastus chino* community with hardy stems and well developed root systems significantly reduced the impact of pedestrian stamping. Furthermore, no increases in soil hardness was observed even after heavy pedestrian stamping. *Zoysia matrella* community moderately protected the soil from hardening by stamping. However, *Solidago altissima*-*Artemisia princeps* mixed community did not have any buffering actions, and pedestrian stamping destroyed the community and hardened the soil quickly.



Photo 1. 踏圧が継続している場所のオオバコ群落.
背後にジャノヒゲが生育している

View of *Plantago asiatica* community in the place
under pedestrian stamping for 5 years
(Planted *Ophiopogon japonicus* is seen at the back.)



Photo 2-1. 林試跡樹林内の広場における植生変化 (1)
Vegetational change in the opening of a grove at the
old site of the Institute (1)

1978 年の状態 落葉も吹きよせられている
View in the first year of the bare ground studied



Photo 2-2. 3年後の1980年 アキメヒシバが生育しはじめ落葉がたまり出す
View in the 3rd year of the same place, where *Digitaria violascens*
is growing



Photo 2-3. 5年後の1982年 ケチヂミザサ、クサイチゴが生育しはじめる
View in the 5th year of the same place, where *Oplismenus undulati-*
folius and *Rubus hirsutus* are growing

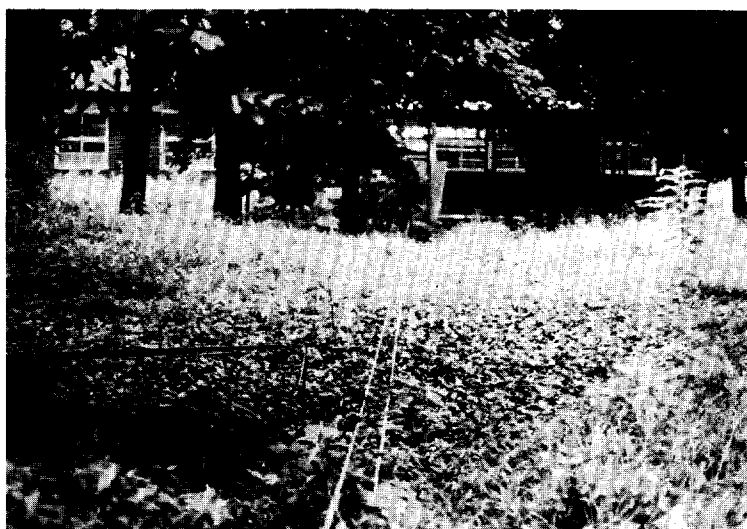


Photo. 3-1. 林試跡樹林内の広場における植生変化 (2) 1978 年 手前の枝は下の切株のななめ上のものである

Vegetational change in the opening of a grove at the old site of the Institute (2) (1st year)



Photo 3-2 1980 年 まわりから植被が入り、落葉のみの部分が小さくなっている (3rd year)



Photo 3-3. 1982 年 切株は上のものと同じ
(5th year)

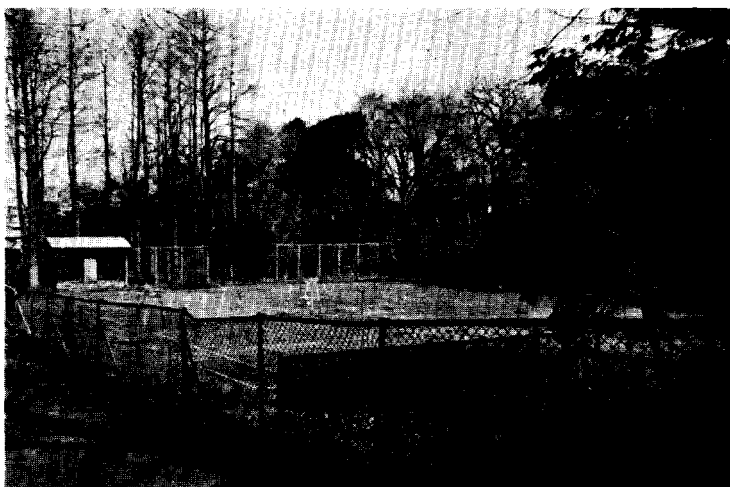


Photo 4-1. テニスコート跡の植生変化 1979 年 3 月, 放棄 1 年目
Vegetational change in the abandoned tennis court
(1) One year after abandoning

(佐藤建二撮影)



Photo 4-2. 1982 年 ススキ, セイタカアワダチソウ群落となる. この中にも
スズカケ, シマサルスベリが多く生育している
(2) After five years: *Solidago altissima* community mixed with *Platanus*
orientalis and *Lagerstroemia subcostata*



Photo 4-3. 1982 年 部分的にはスズカケノキ, シマサルスベリが多い
(3) After five years: *Platanus orientalis* community mixed with
Solidago altissima



Photo 4-4. 1981 年 シマサルスベリの実生集団
(4) After four years: *Lagerstroemia subcostata* community mixed
with *Solidago altissima*

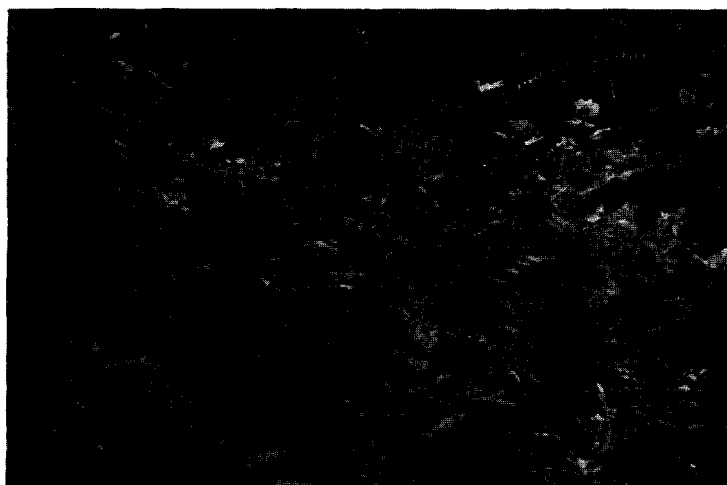


Photo 5-1. 林試跡でみられた木本類の生育 (1982 年) スズカケノキ
Examples of woody vegetation observed in different opening at the old
site of the Institute.
(1) *Platanus orientalis*



Photo 5-2. 同上ニワウルシとスズカケノキ
(2) *Platanus orientalis* and *Ailanthus altissima*



Photo 5-3. 同上スズカケノキとセイタカアワダチソウ

(3) *Platanus orientalis* and *Solidago altissima*



Photo 6-1. 林試跡の樹冠下でみられたヤツデの生育の変化
2年目の1979年落葉がたまり始める。

Change of woody vegetation under the canopy of a
grove at the old site of the Institute
(1) 2nd year



Photo 6 2. 5年目の1982年 ヤツデの生育が著しい。
(2) 5th year: *Fatsia japonica*