

自然教育園の代表的植生の土壌と水分環境**

坂上寛一* 山崎美津子* 平山良治* 浜田竜之介*

Soil and Soil Water of Some Representative Forests in the National Park for nature Study

Kan-ichi Sakagami,* Mitsuko Yamazaki,*
Ryoji Hirayama* and Ryunosuke Hamada*

はじめに

都心にあつて、今なお、かつての武蔵野の面影を残す自然教育園¹⁾の林相は、奥田ら、手塚によれば、図1の如く、シイ林、コナラ林、マツ林およびミズキを主とする雑木林に大別することができる。シイ林は400~500年前に、自然教育園の縁辺に多くみられる土塁上に植えられたものである。ミズキ林は最も広い分布を示しているが、常緑広葉樹林への遷移過程²⁾と考えられる。そこにマツ林がパッチ状にみられ、コナラ林は水生植物教材園から水鳥の沼にかけての湿地の東側にみられる。互いに非常に隣接した地域であるにもかかわらず、異なる植生を形成している。

自然教育園は下末吉面に相当する台地上にあり、園内の土壌は黒ボク土³⁾である。20haの面積で標高約16mの湿地から最高33mの土

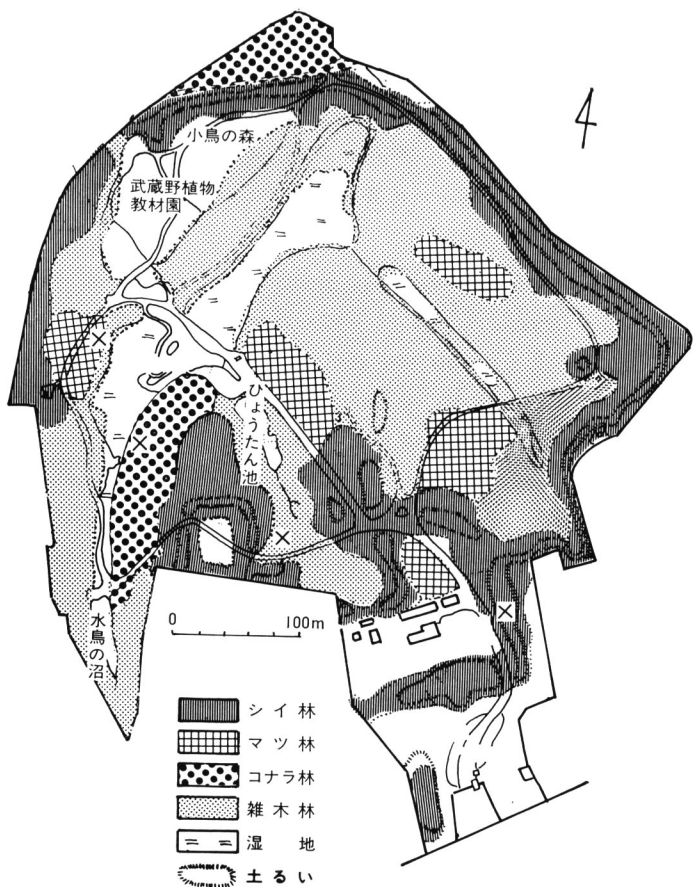


図1 自然教育園の林の分布と調査地点
(自然教育園の植物(1965)より)

* 東京農工大学農学部

Tokyo University of Agriculture and Technology, Faculty of Agriculture

** 本研究の一部は昭和51年度文部省科学研究費の助成による。

4) 垔まで微地形は複雑に入りこんでいる。このような多様な植生を示す自然教育園の土壌について浜田らはカテナの概念を取り入れて分類しながらも、地形のみならず土壌生成因子としての植生も異なることに問題点を見出している。

成帯土壌においては植生と土壌は気候を仲だちにしてよく対応している。黒ボク土は成帯内性土壌であるが、狭く自然教育園の土壌に限った場合、そこに何らかの相違があるとすれば、それはいろいろな環境因子のなかでやはり植生と地形が強く作用した結果であろう。また人為が加われれば大きな影響がみられることはもちろんである。植生と地形を結ぶものは水分環境である。この水分環境の差異が植生の成因に反映しており、また植生は長年月のあいだに、土壌および水分環境に対してなんらかの積極的なはたらきをすることが予想される。

このような観点から、自然教育園の代表的植生下の土壌とその水分環境をライシメーターの手法を用いて解析し、これらの結果にみられる差異について比較検討を行なった。

1. 調査地点の位置とその概況

園内の代表的植生であるシイ林、ミズキ林、コナラ林およびマツ林の緩斜面の中腹ないし下位に、各1点ずつ調査地点を選定した。調査地点は図1に示し、各地点の地形を図2に示した。

シイ林の調査地点は土塁の中位にあり、標高32m高にあり、マツ林とミズキ林の地点は緩斜面から急斜面へと変化する移行部分である。特にミズキ林はいくらか土壌の崩落の可能性がある。コナラ林の地点は、長い斜面の中腹部よりやや下位にある。ミズキ林が26m高と幾分高いが、コナラ林とマツ林は22m高で、いずれも斜面の終点が湿地である。なお自然教育園の地下水位は15~16m高である。

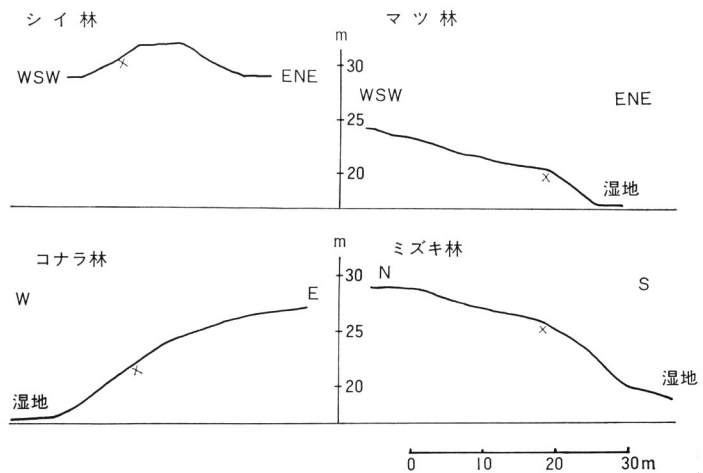


図2 調査地点の地形

調査地点の植生は次の如くである。

シイ林：高木：スダジイ、イイギリ、ケヤキ

中低木：アオキ、スダジイ、ヤブニッケイ、ヤツデ、シキミ、イヌツゲ、ウワミズザクラ

ミズキ林：高木：ミズキ、スダジイ、イイギリ

中低木：イロハモミジ、シロダモ、アオキ

コナラ林：高木：コナラ、イイギリ、ハクウンボク

中低木：イヌツゲ、ネズミモチ、アオキ、ウグイスカグラ、グミ、シロダモ、ゴンズイ、シュロ

マツ林：高木：クロマツ、ミズキ、エノキ

中低木：タブ、スダジイ、シロダモ、イヌザクラ、イロハモミジ、ヤマグワ、ムクノキ、アオキ、コナラ、ネズミモチ

各調査地点の植生は、表1～表4に示した草本植生を含めて互いに入り混じり、複雑な林相を形成している。

表1 シ イ 林

調査地点 植 生		①		②		③		④	
		高さ(cm)	被 度	高さ(cm)	被 度	高さ(cm)	被 度	高さ(cm)	被 度
ビ	ナ	4	+	23	1'	125	1	18	+
ジ	ャ			5	+	12	1'	28	1'
ア				40	1'	50	3	40	1
ネ	ズ			16	+			5	+
ア	ズ					4	+		
ス	ダ							50	1
シ								27	1
ア	カ					20	1'		
ヤ	ブ			15	+				
コ				18	+				
ヒ	サ	9	+			11	+		
ウ	ワ							10	+
オ	ニ								
ヤ	ブ							7	+
ヘ	ク							5	+
植	被								
率		1 %		5 %		75%		30%	

表2 ミ ズ キ 林

調査地点 植 生		①		②		③		④	
		高さ(cm)	被 度	高さ(cm)	被 度	高さ(cm)	被 度	高さ(cm)	被 度
ア	オ	16	+	63	2	35	1'	35	2
ジ	ャ	12	+	26	1'	20	1'	24	1'
ビ	ナ	24	+	28	1'	16	+		
ク	マ			70	1	50	1	40	1'
ス	ダ	48	1'	63	1				
ア	ズ			35	+			40	1'
キ	ヅ			4	+			4	+
ヤ	マ							67	2
タ	ブ							21	+
コ						14	+		
シ	ロ					12	+		
ホ	ウ	9	+	12	+				
ヤ	ブ								
ツ	バ					6	+		
ネ	ズ							3	+
植	被	10%		80%		30%		65%	

表3 コナラ林

調査地点					①		②		③		④		
					高さ(cm)	被 度	高さ(cm)	被 度	高さ(cm)	被 度	高さ(cm)	被 度	
植 生					高さ(cm)	被 度	高さ(cm)	被 度	高さ(cm)	被 度	高さ(cm)	被 度	
ア	ズ	マ	ネ	ザ	サ	75	2	25	1'	45	1		
ジ	ャ		ノ	ヒ	ゲ			24	1'	26	1'	24	1'
ア			ケ		ビ	20	1'	15	1'	35	+		
キ			ツ		タ	8	+	12	1'	7	+		
ア			オ		キ			5	+	7	+	90	1
シ		ロ		ダ	モ	55	1'	27	1'			10	+
シ			ユ		ロ	22	1'					25	1'
コ			ナ		ラ					15	+	12	+
ビ	ナ	ン	カ	ズ	ラ	23	1	15	1				
ハ	ク	ウ	ン	ボ	ク					50	1'		
ネ	ズ		ミ	モ	チ					40	1		
ヤ		マ		グ	ワ					35	+		
ス		ダ		ジ	イ			20	1'				
ヤ		ブ		ラ	ン	40	1'						
ヤ	ブ		コ	ウ	ジ			12	1'				
ミ	ツ	バ	ア	ケ	ビ			5	+				
植			被	率		45%		40%		30%		30%	

表4 マツ林

調査地点					①		②		③		④	
					高さ(cm)	被 度	高さ(cm)	被 度	高さ(cm)	被 度	高さ(cm)	被 度
植 生												
ア		オ		キ	90	1	20	1'	65	1	18	+
シ		ロ		モ			8	+	13	+	13	+
タ		ブ		キ	23	+					90	1
ス		ダ		イ	55	1						
シ		ラ		シ	40	1'						
ヤ		ブ		ン	25	1'						
ビ	ナ	ン	カ	ズ					11	1'		
ネ	ズ	ミ	モ	チ			32	1'				
ク		サ		ギ			20	+				
コ		ナ		ラ			18	+				
ジ	ャ	ノ	ヒ	ゲ			10	+				
植		被		率		45%		15%		7 %		7 %

2. 実験方法

(1) 土壌調査

スダジイ、ミズキ、コナラおよびマツをそれぞれ優占種とする4地点を常法により、土壌断面調査を行ない、採取した土壌の理化学性について室内実験を行なった。それぞれの分析方法は次のとおりである。

三 相 分 布：実容積測定装置（大起理化工業KK）による。

ミズキ林

傾斜14°, N45°W

L F 層：層厚 1 cm

A₁ 層：0～12 cm, 土色7.5 Y R 2/1 黒, 土性L, 細粒状およびくず粒状構造, すこぶる粗しよう, やや湿, 小根富む, 層界判然

A₃ 層：12～32 cm, 土色7.5 Y R 3/3 暗褐, 土性L, 亜角塊状および粒状構造, 粗しよう, 湿, 中, 小根富む, 赤色の塊含む, 層界漸変

B₁ 層：32～75 cm +, 土色7.5 Y R 3/4 暗褐, 土性C L, 亜角塊状構造, やや堅, 湿, 小根含む, 赤色の塊富む

コナラ林

傾斜14°, W

L 層：層厚 3 cm

A 層：0～13 cm, 土色7.5 Y R 2/2 黒褐, 土性L, くず粒状構造, すこぶる粗しよう, やや湿, 小根含む～富む, 層界明瞭

B₁ 層：13～30 cm, 土色5 Y R 3/2 暗赤褐, 土性C L, くず粒状, やや堅, やや湿, 小根含む～富む, 層界明瞭

B₂ 層：30～65 cm, 土色7.5 Y R 4/4 褐, 土性LiC, 亜角塊状構造, やや堅, やや湿, 小根含む, 赤色の塊含む

マツ林

傾斜4°, N70°E

L 層：層厚 4 cm

F 層：層厚 1 cm

A 層：0～19 cm, 土色7.5 Y R 2/2 黒褐, 土性L, くず粒構造, すこぶる粗しよう, やや湿, 中, 小根富む, 層界明瞭

B 層：19～41 cm, 土色7.5 Y R 4/4 褐, 土性C L, 亜角塊状および堅果状構造, やや堅, やや湿, 中, 小根富む, 直径5 cm の礫に富む

Ⅱ A層：41～83 cm+, 土色7.5 Y R 3/1 黒褐, 土性C L, 亜角塊状構造, やや堅, やや湿, 大, 中, 小根含む～富む

地点が近接しているため、4地点とも非常に近似した断面形態を示している。いずれも腐植に富むA層があり、100 cm 弱までで3層に分化している。表層構造も非常によく発達しており、かなり安定した土壌といえるであろう。シイ林は下層まで黒色味を帯びており、A₁層に細粒状構造がみられることから、割合乾燥していると思われる。ミズキ林ではL、F層が他の地点に比べて薄い。これは調査地点の地形がやや凸状斜面で傾斜角度が大きくなる移行点に近く、堆積腐植の崩落の可能性もある。また細粒状構造がみられることからミズキ林の表層土もシイ林同様、比較的乾燥していることがうかがえる。コナラ林は黒色味の強い層が薄く、13 cmですでに粗密がやや堅となる。また下層で土性が細かい。これらのことから、コナラ林はシイ林などと比べて未熟な土壌と言えるであろう。マツ林は第2層が礫を多量に含み、土色、構造がB層であるのに対し、第3層が逆に黒色味が強いことなどから、表層および第2層の土壌は人為により運び込まれたものであり、第3層は埋没表層土であると思われる。

(2) 土壌の水分特性

三相分布を図5に示した。固相率は4地点とも表層より下層が高くなるが、10～20%と非常に低い値を示

す。液相率と気相率はシイ林を除く地点の表層では約40%ずつを示すが、下層になるに従って液相率が高くなり、ミズキ林、コナラ林では50%を越す。シイ林の A₁ 層は特に気相率が59.3%と非常に高いことが特徴である。

pF（表5）は1.64~2.18に分布し、4地点とも大きくは異ならないが、コナラ林のA層とB₁層が他の地点と比較して幾分湿っており、シイ林はB₁層で2.18を示したように乾燥ぎみであ

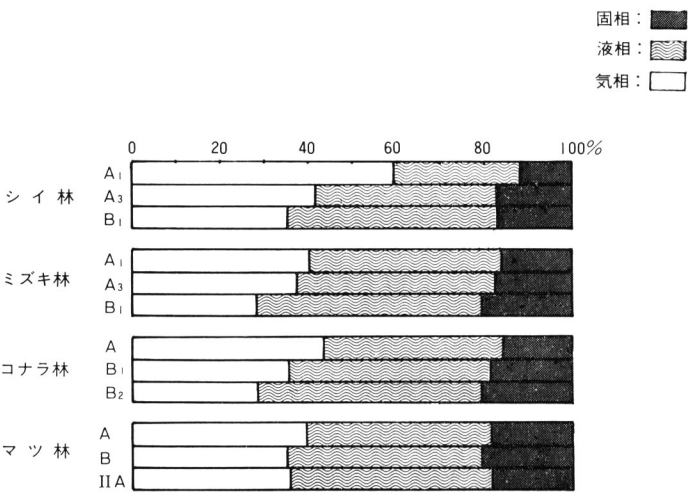


図5 調査地点の三相分布

表5 土壌の水分特性

地 点	層 位	深 さ (cm)	pF	最大容水量(ml/100 g 乾土)
シ イ 林	A ₁	0~10	1.83	—
	A ₃	10~28	1.98	135
	B ₁	28~85+	2.18	133
ミ ズ キ 林	A ₁	0~12	1.84	145
	A ₃	12~32	1.94	131
	B ₁	32~75+	1.85	133
コ ナ ラ 林	A	0~13	1.68	159
	B ₁	13~30	1.64	137
	B ₂	30~65+	1.86	144
マ ツ 林	A	0~19	1.78	142
	B	19~41	1.90	129
	Ⅱ A	41~83+	1.87	139

る。最大容水量（表5）は4地点とも第1層が最も高く、第2層で減少し、第3層で再びいくらか高まる傾向がある。4地点のなかではコナラ林が159~137 ml/100 gを示し全層にわたって比較的最大容水量が大きい。シイ林のA₁層は測定の際、発水性を示し、10時間を経過しても水の浸潤が極端に悪く測定が不能であった。

このように4地点の土壌の水分特性にはいくらか相違がみられる。即ちシイ林では特にA₁層に代表されるように気相に富みや乾燥している。またコナラ林の水分保持力が最も高く、pFも概して低く、水分の供給力は最も高いと考えられる。

(3) 土壌の理化学性

堆積腐植層の理化学性を表6に示した。pHは針葉樹であるマツ林が4.71と最も低く、ついで、シイ林、コナラ林、ミズキ林の順に高くなる。これは交換性カルシウム含量とよく対応しており、広葉樹であるミズキ林とコナラ林は約20me/100 gを示し、マツ林やシイ林の約2倍の交換性カルシウムを含んでいる。マグネ

表 6 堆積腐植の理化学性

地 点	pH (H ₂ O)	交換性塩基 (me/100 g 乾土)			
		Ca	Mg	K	Na
シ イ 林	5.00	10.13	11.30	8.78	0.44
ミ ズ キ 林	5.61	22.66	4.11	2.62	0.49
コ ナ ラ 林	5.33	19.21	7.05	2.34	0.25
マ ツ 林	4.71	7.53	4.55	2.14	0.33

シウムはシイ林に多く、カルシウムもシイ林に特に多く含まれている。ナトリウムは地点間で大きくは異ならないが、コナラ林が低い。

表 7 土壌の理化学性 (乾土当り)

地 点	層位	pH(H ₂ O)	pH(KCl)	C(%)	N(%)	C/N	C E C (me/100 g)	交換性塩基(me/100 g)				
								Ca	Mg	K	Na	塩基飽和度(%)
シ イ 林	A ₁	4.79	4.04	17.07	0.97	17.7	57.52	5.92	1.06	0.55	0.27	13.6
	A ₃	4.71	4.67	5.59	0.33	17.2	29.15	0.89	0.23	0.18	0.22	5.2
	B ₁	5.13	4.31	5.02	0.25	20.2	28.08	1.99	0.58	0.15	0.21	10.4
ミ ズ キ 林	A ₁	4.72	4.10	12.39	0.77	16.1	48.64	2.45	0.57	0.75	0.26	8.3
	A ₃	4.67	4.26	6.30	0.40	15.6	32.04	0.66	0.12	0.30	0.22	4.1
	B ₁	5.66	5.08	4.08	0.22	18.9	25.92	2.59	0.81	0.36	0.19	15.2
コ ナ ラ 林	A	4.90	4.23	10.44	0.57	18.3	36.03	2.68	0.69	0.65	0.22	11.8
	B ₁	4.63	4.29	4.79	0.32	15.2	26.12	0.49	0.13	0.33	0.19	4.4
	B ₂	5.82	5.21	2.02	0.16	12.9	24.68	2.32	0.96	0.44	0.27	16.2
マ ツ 林	A	4.70	4.17	10.14	0.55	18.6	41.54	1.68	0.38	0.40	0.37	6.8
	B	5.03	4.42	3.95	0.25	15.9	31.16	2.90	0.87	0.29	0.65	15.1
	Ⅱ A	6.22	5.71	6.79	0.35	19.5	28.31	10.78	1.77	0.11	1.04	48.4

土壌の理化学性を表 7 に示した。pH (H₂O) は 4 地点とも 4.63~6.22 の範囲にあり、概して低い。マツ林を除く 3 地点では第 1 層より第 2 層で pH が下がり、第 3 層で最も高くなる。シイ林は全層にわたり強い酸性を示すのに対し、マツ林の第 3 層が 6.22 と特異的に高い。pH (KCl) は pH (H₂O) より例外なく低かった。炭素含量および窒素含量は下層になるほど減少しているが、マツ林のみは第 2 層より第 3 層の方が大きい。第 1 層の炭素および窒素含量はシイ林でそれぞれ 17.04%、0.97% で最も大きく、次いでミズキ林、コナラ林、マツ林の順である。しかしシイ林の第 2 層ではほぼ 1/2 の含量に急減している。他地点では第 2 層で第 1 層のほぼ 1/2 に減少し、第 3 層でも減少している。マツ林は第 2 層で最も含量が少い。炭素率 (C/N) は 12.9~20.2 に分布しているが、A₁ 層では堆積腐植層の厚いマツ林で最も高く、堆積腐植層の薄いミズキ林で最も低い値を示しており、落葉の影響を受けていると思われる。コナラ林は下層になるに従い漸減している。C E C は 4 地点とも高く、火山灰土壌の表層の C E C はとくに有機物含量に依存するため表層では 36.0~57.5 を示した。下層になるに従い有機物含量が減少するとともに C E C も低くなる。コナラ林は他の 3 地点より低い値を示している。交換性塩基のなかでは 4 地点ともカルシウム含量が最も高く、次いでマグネシウム、カルシウム、ナトリウムの順である。カルシウム、マグネシウム含量は、マツ林を除いて第 2 層で急減し、第 3 層で再び上昇しており、塩基の溶脱集積が進んでいることがわかる。樹種ごとに比較すると、シ

イ林はA₁層の交換性カルシウムとマグネシウム含量が他地点の2倍程度含まれているが、B₁層の集積量は逆にシイ林よりミズキ林やコナラ林が多く、シイ林ではカルシウムやマグネシウムが表層に富化する傾向が見られる。コナラ林とミズキ林の交換性塩基含量は、近似した値を示すが、コナラ林のA₁層の交換性カルシウムとマグネシウム含量がわずかに高い。交換性カリウムとナトリウムはカルシウムやマグネシウムほど溶脱集積が明瞭でない。シイ林では両者とも下層になるに従って漸減しており、ミズキ林ではカリウムのみがわずかにA₃層よりB₁層で増加している。コナラ林ではカリウム、ナトリウムともに弱い溶脱集積がみられる。マツ林は土層の特殊性も影響しているが、交換性カルシウム、マグネシウム、ナトリウム含量は下層へいくほど高くなり、ⅡA層で極端に高いことから溶脱集積が最も顕著であるのかもしれない。塩基飽和度は概して低く、マツ林のⅡA層の48.4を除いて4~16%であった。火山灰土壌では風化段階の進行とともに塩基の溶脱が進み、多くが20以下であるのと一致している。シイ林のみ第3層に比べて第1層が高いが他の3地点では塩基の溶脱集積を反映していずれも第2層で低く、第3層で最も高まっている。

交換性塩基の供給源である堆積腐植層の含量と土壌中の含量を各地点ごとに比較すると、堆積腐植層で最もカルシウム含量の高いミズキ林は堆積腐植層自体が少ないことから土壌中のカルシウム含量が低いことを説明できる。しかし、例えばシイ林とコナラ林を比較すると堆積腐植層では2倍のカルシウム含量を示すコナラ林がA₁層土壌では逆にシイ林の約半分の含量でしかないなど、必ずしも対応関係が明瞭でない。しかし次項で述べる土壌水を仲立ちとして考察を加えると明らかな対応を説明できるであろう。

(4) 土壌水量と林内雨量

各林相ごとの土壌水量と林内雨量の季節変化を図6に示した。また、同図に示した降水量は園内で測定さ

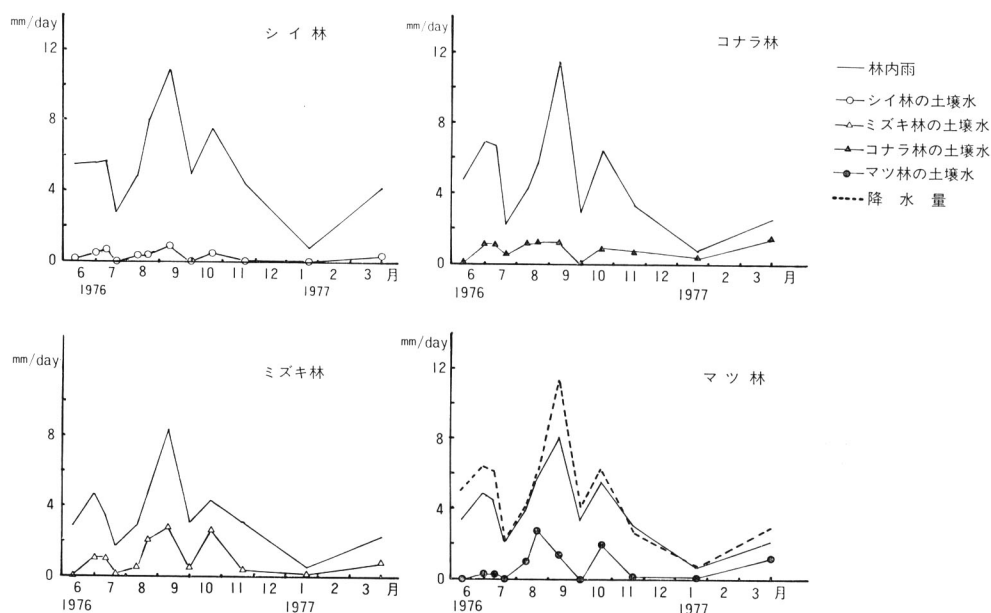


図6 土壌水量と林内雨量の季節変化

れたものである。ただし、土壌水の捕集は表層下5 cm、30 cm および50 cm 深に埋設したライシメーターにより実施されたが、調査期間中30cmと50cmでは集水されなかったため、以下に述べる土壌水は表層下5 cm 深で捕集された土壌水のことである。また、土壌水量、林内雨量ともに各地点2連の平均値である。

降水量と林内雨量は高い相関を示す。相関係数はそれぞれ、シイ林で0.94、ミズキ林で0.97、コナラ林で

0.99, およびマツ林で0.96 ($n=12$) である。

林内雨量と土壌水量との関係では、4地点とも林内雨量が9/15, 10/21 にピークを示すときに、土壌水量もほぼ増加する傾向はみられるものの各林相により異なる対応をみせている。各林相の林内雨量に対する土壌水量の比率を図7に示した。全期間の平均値はシイ林4.9%, ミズキ林25.8%, コナラ林21.9%, およびマツ林18.8%と全般に低く、特にシイ林の土壌水量が極端に少いことが注目される。シイ林では水分の下方浸透が悪い⁷⁾という報告もあり、坂上らも黒ボク土のシイ林で集水量が非常に少いことをみている。一般に低海拔地ほど蒸発数量が増加することや、地形的にもライシメーターを設置する地点の斜面長が概して短いことなどが原因となり、林内雨に対する土壌水量の比率は低下する傾向があると考えられる。また、標準偏差はシイ林で3.8, ミズキ林で15.9, コナラ林で15.9, およびマツ林で19.1 ($n=12$) であり、マツ林のばらつきが大きく、シイ林では比較的林内雨量に対する土壌水量の比率が安定していることを示している。有光は林内雨量と最表層の土壌水量との間に直線関係ではなく、放物線状の曲線関係を認めているが、本調査では明らかな関係はみられなかった。土壌水の絶対集水量では図6にみる如く、コナラ林が比較的安定していた。コナラ林

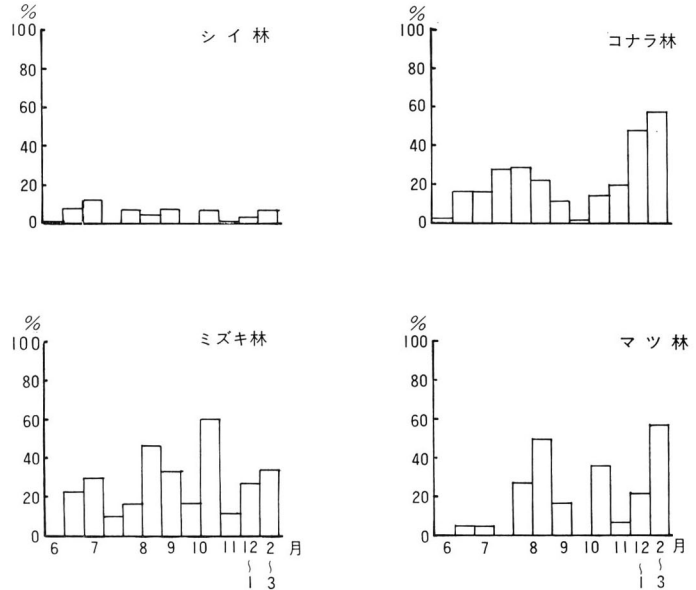


図7 林内雨量に対する土壌水量の比率

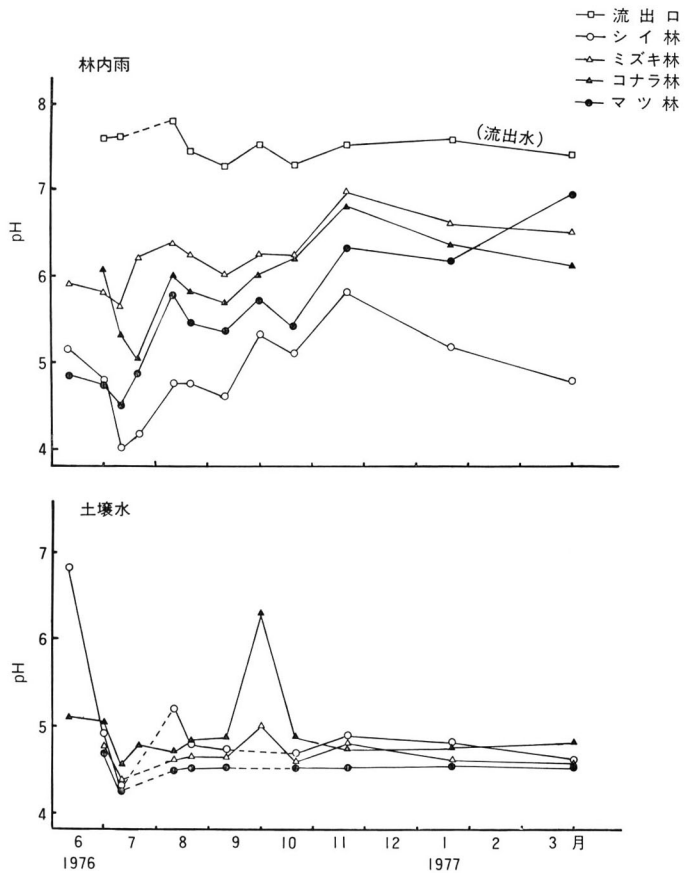


図8 林内雨および土壌水の pH

は最大容水量が高く、地形的にもわりに湿潤な水分状態を維持しているに思われる。

(5) 林内雨と土壌水の pH

林内雨の pH の季節変動は図 8 に示した如く、地点間でかなり異なり、ミズキ林が 5.6~7.0 を示して最も高く、次いでコナラ林、マツ林の順に低くなり、シイ林が 4.0~5.8 を変動して最も低い。4 地点ともほぼ同様の季節変動パターンを示しており、林内雨量が多いときの pH はいくらか低くなる傾向がみられた。

土壌水の pH (図 8) は林内雨ほど大きな季節変動はない。10/21 のコナラ林にみられる異常に高い値は集水量が非常に少ないことによると考えられる。pH 値の差異はわずかであるが、地点間で明瞭な高低がある。即ち、コナラ林、シイ林、ミズキ林、マツ林の順に低くなるが、これは、各地点の表層土の pH (H_2O) とよく対応している。

林内雨の pH と土壌水の pH の対応はみられないが、シイ林の 6 月から 10 月までを除いて、いずれも土壌水の pH が林内雨の pH より低い。

なお、自然教育園の水系全体が最終的に集まる自然教育園北端の流出口での流出水の pH は常に 7 以上と高かった。

(6) 林内雨と土壌水の溶存無機態窒素

林内雨の溶存無機態窒素濃度を図 9 に示したが、アンモニア態窒素 (NH_4-N) と硝酸態窒素 (NO_3-N) とともに季節変動パターンは同様であった。シイ林とマツ林は落葉広葉樹林であるミズキ林とコナラ林に比べて、ほぼ全期間で NH_4-N 、 NO_3-N 濃度ともに高く、コナラ林が NH_4-N 濃度では常に最低であった。なお、11 月以降の渇水期に 1 ヶ月以上の放置期間を設けて集水したが、 NH_4-N 、 NO_3-N 濃度ともに急激な増加をみた。これは林内雨量計が開放系であるため落葉枝や虫などの混入による変質も一因と考えられる。

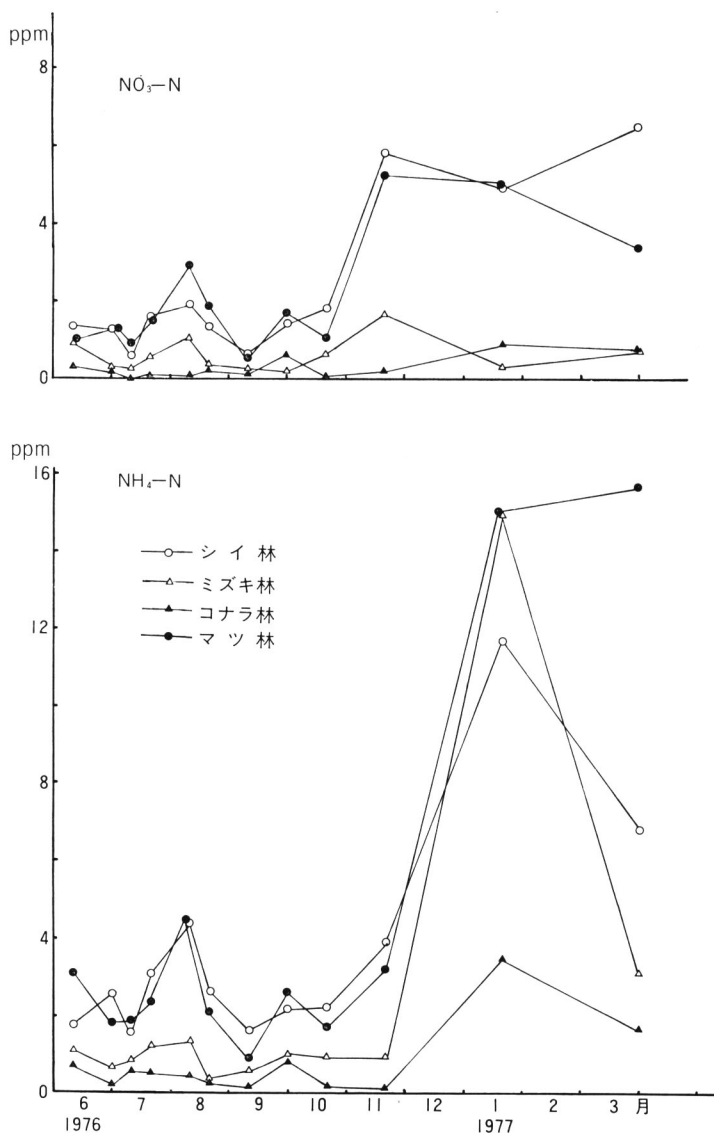


図 9 林内雨の硝酸態窒素とアンモニア態窒素

土壌水の溶存無機態窒素濃度の季節変動を図10に示した。土壌水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度は常に1.3 ppm以下であるのに対し、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度ははるかに高く、3～25ppmに分布する。溶存無機態窒素の大部分が $\text{NO}_3\text{-N}$ で占められていることになる。有光は高海拔地の森林下の土壌水では溶存無機態窒素のなかでは $\text{NO}_3\text{-N}$ が高濃度の場合が多いが、逆に $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が高くなる場合もあるのに対し、低海拔地の土壌水では無機態窒素の大部分が $\text{NO}_3\text{-N}$ であることを認めている。

土壌水の溶存無機態窒素全体の荷重平均濃度は、シイ林で16.1ppm、ミズキ林で12.2ppm、コナラ林で9.1 ppm、およびマツ林で9.9 ppmであった。各地点の表層土の全窒素含量とよく対応している。これに対し、林内雨の荷重平均濃度はシイ林で6.1 ppm、ミズキ林で2.8 ppm、コナラ林で1.0 ppm、およびマツ林で6.9 ppmあり、必ずしも土壌水の平均濃度とは対応していない。

土壌水に溶存する無機態窒素濃度と土壌水量の関係を図11に示した。土壌水量の増加とともに $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が減少する希釈効果が特に明瞭ではないが認められる。しかし、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度と土壌水量との間にはこの傾向はみられない。

(7) 林内雨と土壌水の溶存無機成分

林内雨と土壌水中の溶存無機成分の季節変動を図12～図15に示した。林内雨のカルシウムとマグネシウムは4地点とも8/13にピークがあり、また冬季が全般に高い濃度を示した。ナトリウムも例外でなく冬季に濃度が高い。カリウムはシイ林を除きやはり冬季が高い傾向にある。各成分とも冬季に濃度が高くなるのは落葉の影響と前述の如く長期間の放置による汚染がその原因として考えられる。土壌水の季節変動の振幅は小さく、また全地点で同時にピークを示すこともない。土壌水中の溶存無機成分には希釈効果はみられない。林内雨と土壌水の溶存成分濃度の季節変化に対応関係はみられない。

溶存無機成分の含有割合を図16に示したが、各地点の特性をよくあらわしている。林内雨についてみると、シイ林では当初(6月)にカリウムが50%以上を占めているが、徐々に減少して2月には約10%となる。カリウムの減少とは逆に、ナトリウムが増加し、カルシウムも増加する傾向がみられる。マグネシウム

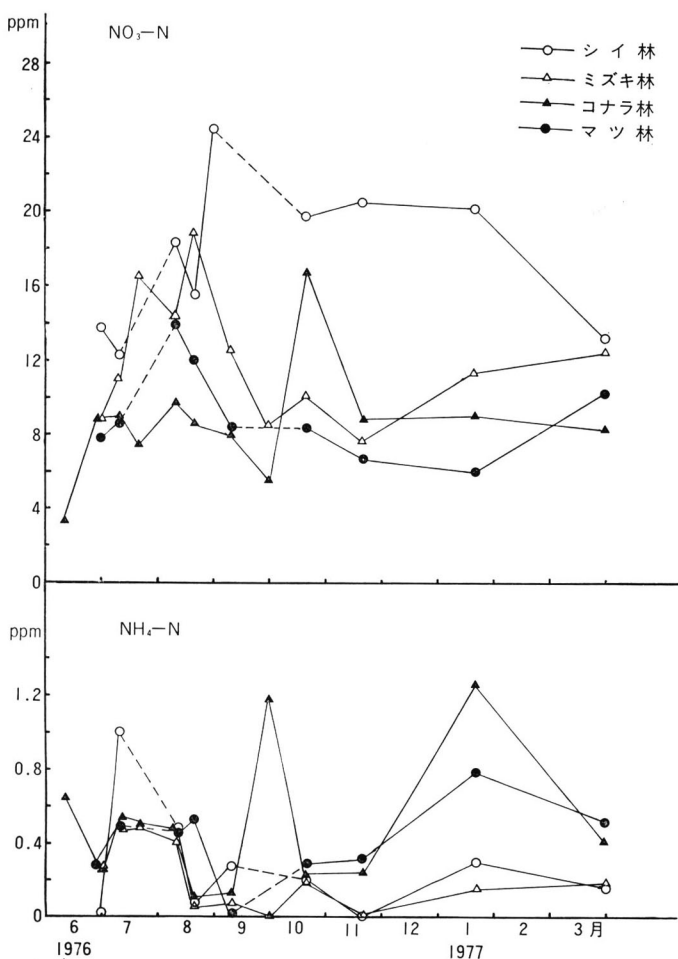


図10 土壌水の硝酸態窒素とアンモニア態窒素

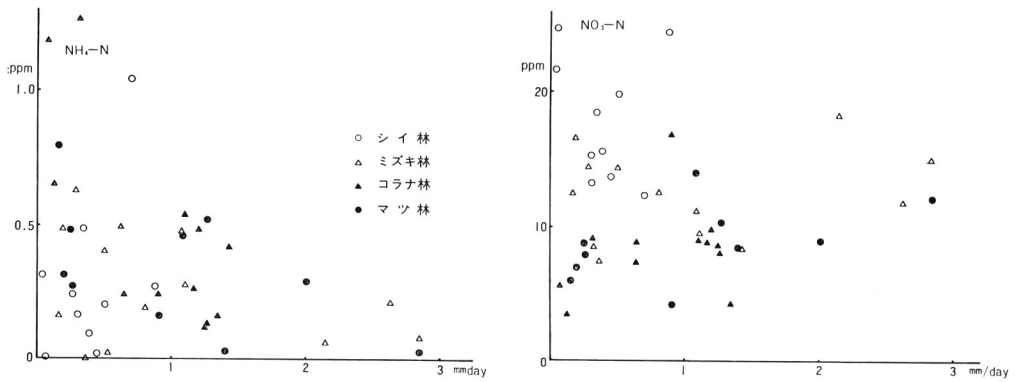


図11 土壌水量とアンモニア態窒素，硝酸態窒素濃度との関係

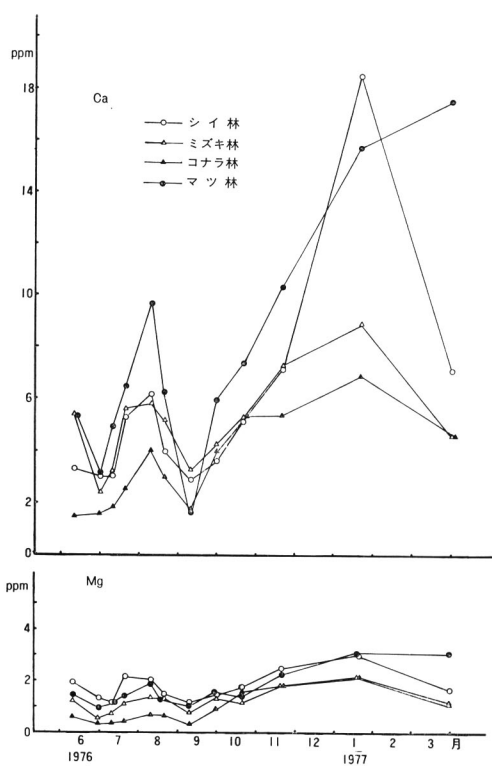


図12 林内雨のカルシウム，マグネシウム濃度

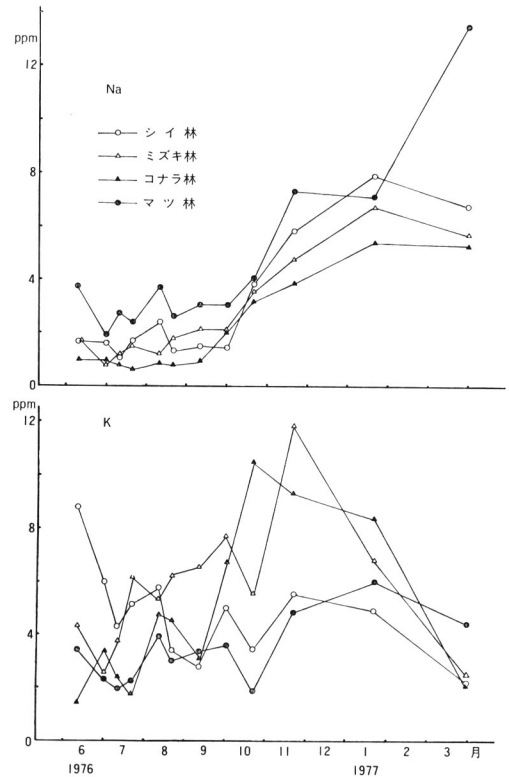


図13 林内雨のナトリウム，カリウム濃度

はほぼ一定である。落葉広葉樹林のミズキ林とコナラ林は酷似した様相を呈している。概ね、カルシウムとカリウムが約40%ずつを占めるが、落葉の季節である10月～11月にはカリウムが約60%と増加し、カルシウムが20%まで減少する。マツ林ではカルシウムの割合が高く、50%を示すことも多く、また、ナトリウムがカリウムとほぼ同じく20%を占めるなど特徴的な含有割合を示している。

土壌水中の溶存成分の割合は各地点ともほぼ共通した傾向を示す。林内雨に比較し、カリウムの割合が減少し、カルシウムが50%以上を占めるとともに、マグネシウムの割合も高くなる。シイ林とマツ林のカルシ

ウムの含有割合が60%であるのに対し、ミズキ林やコナラ林は50%といくらか少く、逆にカリウムの含有割合は後者が高い。

土壌水中のカルシウム濃度とマグネシウム濃度はよく対応しており、その相関係数は0.78 ($n=42$)であった。(図17)

また、土壌水中の $\text{NO}_3\text{—N}$ 濃度とカルシウム濃度との間にも $r=0.70$ ($n=42$) の相関があった(図18)。

(8) 土壌水に伴う無機成分の流動量

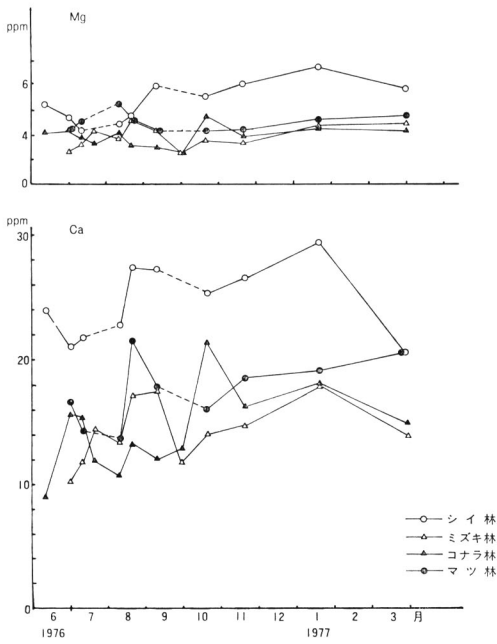


図14 土壌水のカルシウム、マグネシウム濃度

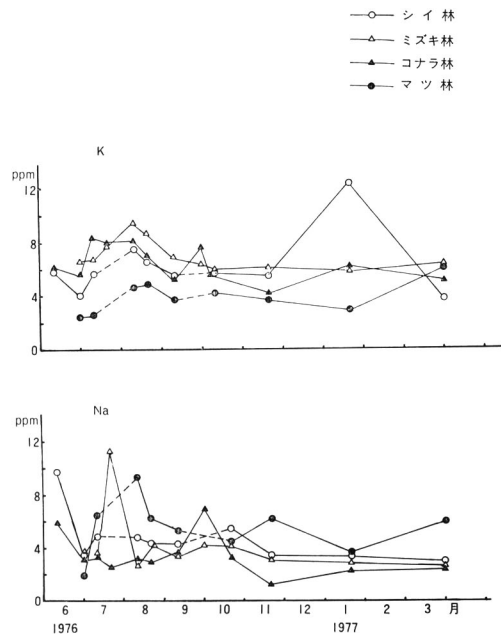


図15 土壌水のカリウム、ナトリウム濃度

1976年6月から1977年3月までの10ヶ月間の調査期間中に、土壌水とともに流動した各成分量を用いたライシメーターの集水面積から計算により求め表8に示した。土壌水とともに流動した成分量は、溶存濃度よりもむしろ土壌水量に強く依存している。カルシウムの流動量はマツ林が最も多く、43.2 kg/haであり、シイ林が最も少く、15.7 kg/haであった。マグネシウムもカルシウムと同様な傾向を示した。一方、カリウムでは、ミズキ林の流動量が最も多く、シイ林が最も低い。ナトリウムの流動量はマツ林で最も多く、シイ林が最も低い。

土壌水のカルシウム濃度が最も高いシイ林は、実際に流動するカルシウム量では4地点の中で最も低かつ

表8 土壌水により流下した各成分の積算量 (1976.6~1977.3)

				(kg/ha)			
地 点				Ca	Mg	K	Na
シ	イ	林		15.7	4.6	6.3	2.9
ミ	ズ	キ	林	37.5	10.5	17.3	9.3
コ	ナ	ラ	林	38.9	10.6	15.0	7.0
マ	ツ	林		43.2	11.6	8.7	14.5

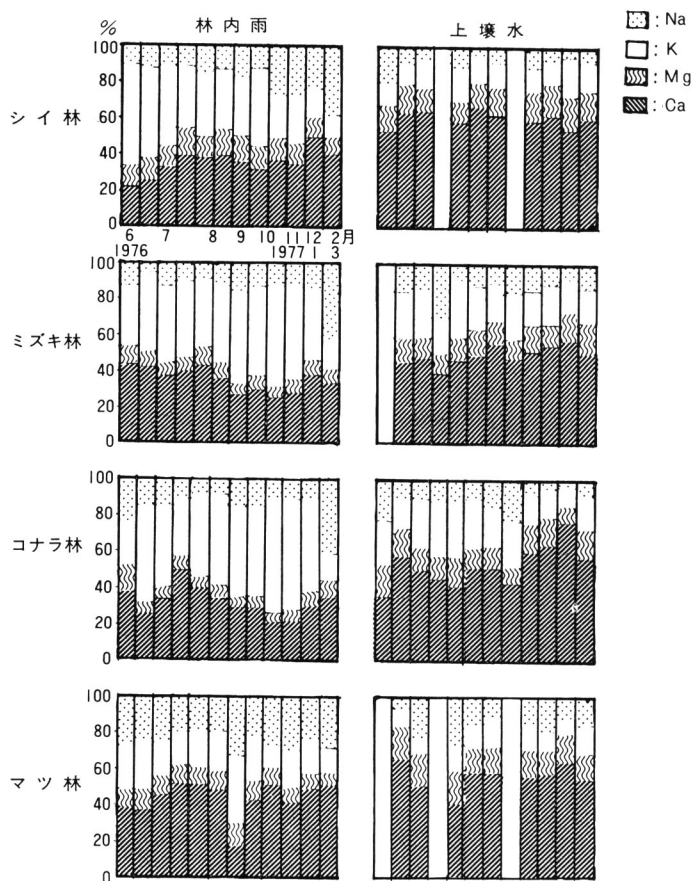


図16 溶存成分の含有割合

た。このように、土壌水中の溶存成分濃度の高低と土壌水に伴って流動する成分量との間には対応はない。やはり、堆積腐植層や土壌中の含有成分とそれらを動的につなぐ林内雨や土壌水中の含有成分を濃度ではなく量的にみる必要があろう。

4. 総合考察

堆積腐植層はLF層であり、腐朽があまり進んでいない落葉枝であるので、堆積腐植層の交換性塩基含量と立木の生葉を洗い落下してくる林内雨の溶存無機成分含量とは比較しうるのであろう。また、林内雨の無機成分は、例えば図19の如く特に希釈効果はみられず、各地点の林内雨量は例外なく降水量と高い相関を示しており、量も大きく異ならないので、前述した林内雨の溶存濃度の比較が、ほぼそのまま量的にもあてはまる。

林内雨によるカルシウムの供給量はシイ林とマツ林で多い。このことはシイやマツのカルシウムは洗脱を受けやすいことも意味する。従って、シイ林やマツ林の堆積腐植層中のカルシウム(表6)はもともと含量が低い上に洗脱をより多く受けており、ミズキ林やコナラ林より一段と低い値を示す。一方、土壌水に伴って流動するカルシウム量(表8)はシイ林が最も少い。これは、最大容水量の測定の際にみられた如く、水

7)10)11)の浸透性が悪いことにより土壌水量が極端に少いことが原因であることはほぼ明らかである。従って、林内雨や堆積腐植から供給されたカルシウムは下層に流下する量は少く、A₁層に富化することになる。この結果がシイ林のカルシウムの層位分布にあらわれている。マツ林では、土壌水に伴う流動量が最も多いため、供給されたカルシウムは表層に蓄積されずに下層へ流下する。土壌層位分布にみられる如く、下層ほどカルシウム含量が高くなる。ミズギ林とコナラ林は多くの点で同様な動きをしている。林内雨によるカルシウムの供給は比較的多くない。堆積腐植中の含量は高いが土壌水による流動量が多いため、表層のカルシウム含量はシイ林より少ないが、第2層、第3層の溶脱、集積はシイ林より顕著にみられる。

マグネシウムは量的には林内雨でも土壌水中でもカルシウムより少ないが、図17でみた如く両者は非常に相関が高く、林内雨や土壌水中で共通した動きをする。従って、カルシウムについて

詳細に述べたこととほぼ同様な傾向が各地点のマグネシウムの動態としてあてはまる。

カリウムの林内雨による供給量はコナラ林でいくらか多く、マツ林で最も少ないが、土壌水による流動量にミズギ林とコナラ林が多い。しかし、カリウムの易動性が高いため、集積現象は各地点ともあまり明瞭でない。

ナトリウムは、マツ林の林内雨の供給量も多いが土壌水による流動量が非常に多いことが特徴的であり、その結果マツ林の第3層にナトリウムが特別高い集積量を示したと考えられる。

9)有光によれば、ここに用いたテンションフリーライシメーターは、巨視的には非毛管孔隙を流下する水を捕集していると考えられる。ほぼ、pF 1.8以下のいわゆる中間流である。本調査期間中に表層下30 cmと50 cm深からは土壌水が捕集されなかった原因の考察には、このライシメーターの機能範囲を考慮しなければならない。そのうえで、自然教育園の土壌は火山灰性黒ボク土で含水量が大きいこと、堆積腐植層が薄い

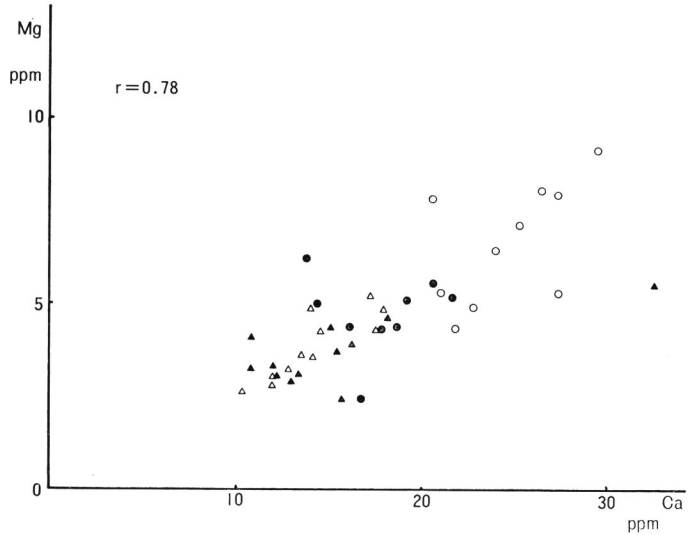


図17 カルシウム濃度とマグネシウム濃度の関係

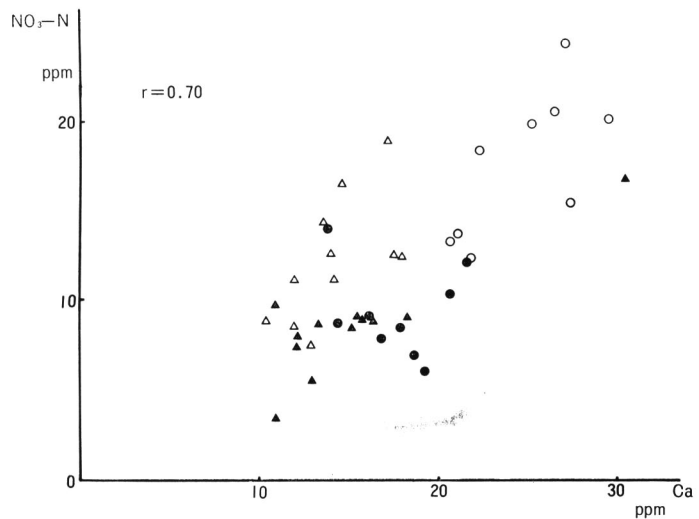


図18 硝酸態窒素とカルシウム濃度の関係

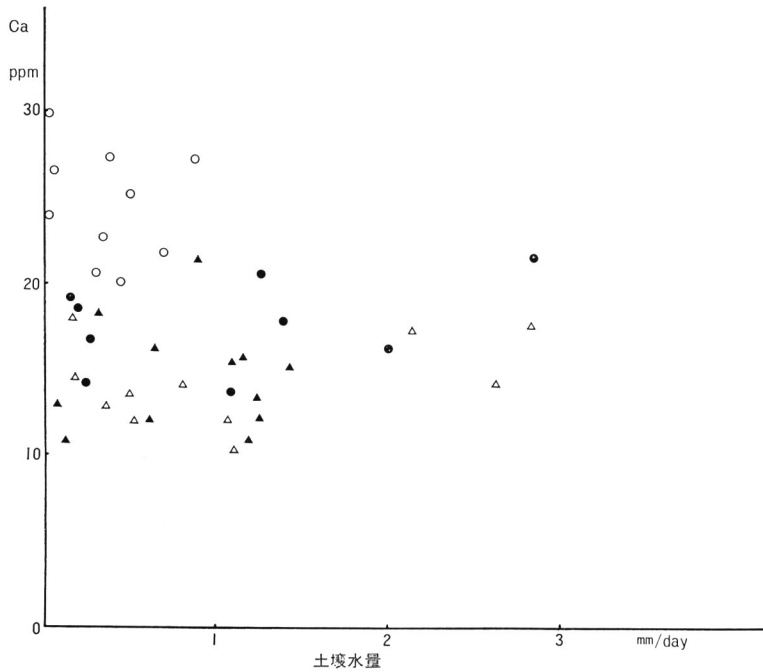


図19 土壌水量とカルシウム濃度

ため表面流去の割合が高いこと、気温が高いから蒸発散量も多いことなどが考えられるので、自然教育園の土壌は概して森林土壌としては適潤性よりやや乾燥気味の土壌といえることができる。

ここに得られた土壌水や林内雨の溶存成分濃度は今までの報告に比べて全般に高い。低海拔地で気温が高いため、有機物の分解が早く、特に土壌水中の無機態窒素が高濃度を示した。また、自然教育園が都心¹²⁾にあり、道路網に囲まれているため降じん量も多い。林葉に付着した降じんが、林内雨の成分量に影響することは十分に考えられる。

5. 要 約

自然教育園の代表的林相であるシイ林、ミズキ林、コナラ林、およびマツ林の土壌の性状を調査分析するとともに、テンションフリーライシメーターを埋設し、表層下5 cm から捕集された土壌水について解析した。

自然教育園の土壌は、概して pH が低く、最大容水量や CEC の値は大きいのが、塩基飽和度は低い。火山灰性土壌の性状を具備している。

シイ林の表層土は粗しょうで土壌水量は全期間を通じて少い。土壌水中の溶存無機態窒素とカルシウム、マグネシウムの濃度は、他の地点に比べて高いが、土壌水とともに流動する成分の量は最も少い。このためシイ林の表層土の塩基は溶脱しにくく、表層土の塩基飽和度は高い。

ミズキ林の土壌水量は最も多く、土壌水とともに流下する無機成分量は、カルシウム、マグネシウム、カリウムおよびナトリウムとも多い。

コナラ林の土壌は比較的未発達で、シイ林およびミズキ林と比べ、炭素や窒素の含量が低い。最大容水量は最も大きく、表層土の pH が低いこと、また、土壌水量も比較的安定した集水量を示すことなどから比較

的湿潤な状態にあると思われる。無機成分の層位分布や土壌水中の溶存成分割合など、ミズキ林と共通するところが多い。

マツ林の土壌は第1層および第2層は第3層の上に人為的に覆土されたものと思われる。従って、第3層は埋没表層土であり、炭素や窒素含量が高い。土壌水とともに流動するカルシウム、マグネシウムやナトリウムは最も多いため、表層より下層に集積しており、第3層は異常に大きな塩基飽和度を有している。

このように林内雨と土壌水による溶存成分量の動態（供給・流下）を考慮することにより、各林相の土壌における特性（各成分の層位分布）を解明することができた。

謝 辞

本研究の実施にあたって、国立科学博物館および同自然教育園の関係各位に大変お世話になった。記して謝意を表する。

文 献

- 1) 奥田重俊，宮脇昭：自然教育園の植生と現存植生図，自然教育園の生物群集に関する調査報告第1集：1～14（1966）
- 2) 手塚映男：自然教育園のミズキ群落の組成と構造，自然教育園報告，第2号：1～7（1970）
- 3) 浜田竜之介：自然教育園の土壌，都市生態系の特性に関する基礎的研究（沼田真編）：181～186（1974）
- 4) 浜田竜之介，坂上寛一：植生の環境を構成する自然的要因に関する考察，自然環境保全の観点からみた環境管理手法および土地利用策定に関する基礎研究（奥富清編）：4～28（1975）
- 5) 久津那浩三，野本亀雄：土壌吸着基の特性について（第3報）有機吸着基の特性について，土肥誌，35：307～310（1964）
- 6) 弘法建三，大羽裕：火山灰土壌の風化程度および母材型による類別と化学的性質との関係，本邦火山灰土壌の生成論的研究（第3報），土肥誌，44：126～132（1973）
- 7) 鈴木時夫：東亜の森林植生，古今書院（1952）
- 8) 坂上寛一，平山良治，浜田竜之介：愛鷹（中・低位）地区における代表的植生の水分環境—環境管理手法としての土壌水分調査—，自然環境保全の観点からみた環境管理手法および土地利用策定に関する基礎研究（奥富清編）：161～168（1977）
- 9) 有光一登：森林土壌の水分動態に関する研究（1974）
- 10) 鈴木時夫，蜂谷欣二：東亜暖温帯森林に於ける土地因子の特性，植物学雑誌，64：87～92（1951）
- 11) 松原七郎：コジイ林葉群中の灰分およびカルシウムの季節変化と年間還元量，——スダジイ群団の生態的特性について——，日本生態学雑誌，15：25～29（1965）
- 12) 三寺光雄，菅原十一，千羽晋示：自然教育園の微気象について(3)，環境要因の測定，自然教育園報，第4号：1～11（1972）

Summary

Soil characteristics of some representative forests in the National Park for Nature Study and analyses of soil water taken year around through tension free lysimeter were studied. Those forest were: forest of *Shiia Sieboldii*, forest of *Cornus controversa*, forest of *Quercus serrata* and forest of *Pinus densiflora*. Tension free lysimeters were set in 5 cm, 30 cm and 50 cm below the surface of the each horizon. However chemical analyses of the sampled water were made only for the samples taken from 5 cm below the surface due to the lack of water sample of the others.

Soil of National Park for Nature Study generally were low in pH with rather high in maximum water holding capacity and cation exchange capacity, though with low base saturation, showing a nature of volcanic ash soil (Ando soil or Kuroboku).

Soil of *Shiia Sieboldii* forest had friable surface horizon and moisture contents were low throughout the year. The concentrations of soluble mineral nitrogen, calcium and magnesium were comparatively higher than others. However absolute amounts of these components moved through in soil solution were the lowest among others. Therefore, an impeded eluviation of bases caused higher base saturation of the soil.

Soil water moved through top 5 cm of the horizon of *Cornus controversa* forest was large in amount and mineral components moved with the water were the highest, compared with the other cases.

Soil of *Quercus serrata* forest was rather poorly developed. When it was compared with the soils of *Shiis Sieboldii* and *Cornus controversa*, carbon and nitrogen contents were low. Maximum water holding capacity was the highest and pF values of the surface horizon were low. Relatively constant collection of water through lysimeter was attained. Overall features indicated the soil was relatively in moist condition. This soil had common features with the soil of *Cornus controversa*, as to the distribution of mineral components and dissolved elements in soil wates.

Soil of *Pinus densiflora* forest showed an evidence of being artificially covered by the 1st and 2nd horizons over the 3rd horizon. Accordingly, the 3rd horizon is buried past surface horizon and had high carbon and nitrogen contents. Amount of calcium, magnesium and sodium moved with the soil water were large and the illuviation of bases were distinctly high in the 3rd horizon.

Thus, dynamics of soluble components in rain in the forest and soil water were analyzed and characteristics of the each forest as to the movement of the soluble components were elucidated.