

スギ生育土壌の化学的特徴

大橋 毅 菅 邦子

要 旨

スギ生育地点の土壌についてその物理化学的な性質を調べ、土壌の酸性化を評価する2、3の指標と比較して土壌酸性化がどの程度進んでいるかについて検討した。土壌酸性化の指標値は、同一地域でも採取地点及び土壌の深さによってかなりばらつきがあった。全体的な傾向としては三鷹でやや酸性化が進んでいることが示唆された。一方、高尾及び五日市では土壌の酸性化は心配される範囲ではないと判断された。

キーワード：スギ，土壌酸性化，酸中和能，酸性降水物，酸性雨，栄養塩類

Acidification Level of the Soil, *Cryptomeria japonica* is Grown

Takeshi Oohashi and Kuniko Suga

Summary

To evaluate the acidification level of the soil on which *Cryptomeria japonica* is grown, soil pH, soil electric conductivity, and the nutrient cations in soil were determined. Soil samplings were conducted at three points per one site.

From these results, following indices for soil acidification were obtained. (1)The total amount of exchangeable Ca and exchangeable Mg, (2)Acid neutralizing capacity (ANC), and (3)The ratio of the concentration of water soluble calcium species to that of aluminium species.

These indices at Mitaka site showed weak tendency towards soil acidification, while those at Itsukaichi and Takao did not show a clear tendency towards soil acidification.

Keywords : *Cryptomeria japonica*, soil acidification, acid neutralizing capacity (ANC), nutrient cation, acid rain, acid deposition

1 はじめに

長期間に渡って引き起こされる土壌の酸性化は不可逆的な過程であり、酸性雨の影響の中で最も注意が必要である。なかでも、土壌の主要な構成成分であるAlはpH 5前後で溶出し、Ca, Mg等の栄養塩類の吸収を阻害する等の植物影響が認められている¹⁾⁴⁾。

本報告では、スギが生育している都内3地点の土壌について、土壌硬度等の物理性、土壌pH、AlやMnの濃度及

びCa等の栄養塩類濃度等を測定し、これらの値から酸性化の程度を評価した。

2 調査方法

(1) 土壌採取地点

土壌採取地点は、三鷹（国際キリスト教大学内の国分寺崖線）、五日市（阿伎留神社）及び高尾（薬王院）の3地点であり、その位置を図1に示した。

(2) 採取日

1994年2月(冬期)と1994年6月(春期)に同一地点で採取した。

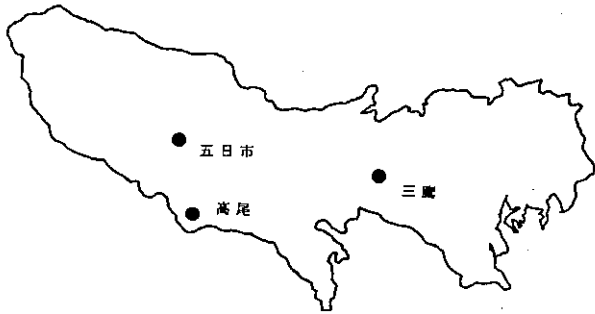


図1 調査地点

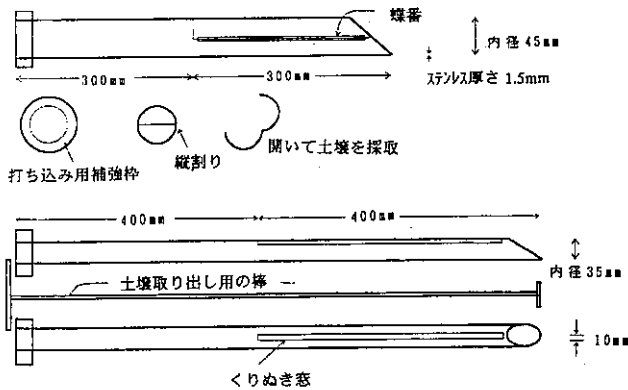


図2 土壌採取器

(3) 採取方法

採取前に土壌硬度(山中式)を測定した。土壌は図2

に示したような2種類のステンレス製の筒を土壌に打ち込んで採取した。一つの採取器は、管を縦割りにし片側を蝶番で固定したもので、引き抜いた後、蝶番を開いて土壌を採取した。もう一方の長い採取器は、筒の下半分を1cm程度くりぬいたもので、図にある採取用の棒を管内に差し込み、押し出して土壌を採取した。土壌は筒を引き抜いた状態のまま、色、種類、構造、土性を各層毎に記録した。

土壌の採取は、調査地点毎に選定したスギ3個体について、その周囲3~4方向について行った。スギ根元からの距離は胸高直径80cm以上の大径木では根元から約2m、それ以下では約1m離れた地点を原則とした。採取層の区分はA0層を除き表層から0-5, 5-10, 10-15, 15-20cmとしたが、3区のうち1区についてはこの4層に加えて20-30, 30-50cmの計6層を採取した。なお、各区の土壌は混合して分析試料とした。

(4) 分析方法

土壌pH(KCl)とpH(H₂O)の測定には2.5倍量の1NKCl溶液又は水を添加して測定した。pH(KCl)は、季節や塩類濃度に左右されない値を示す特徴を持つ。またpH(C-H₂O)は、2.5倍量の水を加えた土壌混合液をよく攪拌した後、遠心分離し、その上澄み液を0.45μmのメンブレンフィルターでろ過して測定した。残りのろ液は土壌成分分析に用いた。

3 調査結果及び考察

表1 スギ林の土壌物理性調査結果概要(表層土壌0-5cm)

1994年6月

地域名	名称と地形	表層地質	土壌	区分名	硬度 mm Kg/cm ²	土色
三鷹	斜面、台地 武蔵野I面 台地中位面	武蔵野ロ-A	黒ボク土壌	A	17.7 4.5	3.4YR 2.3/2.2
				B	5.7 0.6	9.3YR 2.9/3.1
				C	12.8 2.5	5.4YR 2.4/2.0
				D	8.5 1.2	2.7YR 2.7/3.7
五日市	阿伎留神社 平地 台地下位面	礫がち堆積物	褐色低地土壌	A	3.4 0.3	3.4YR 2.7/4.0
				B	17.0 4.0	3.4YR 2.3/2.2
				C	8.8 1.2	3.4YR 2.3/2.2
高尾	薬王院 斜面 小起伏山地	礫・砂・泥岩互層3	乾性褐色森林土壌	A	8.2 1.1	5.4YR 2.4/2.0
				B	1.4 0.1	3.4YR 2.7/4.0
				C	1.4 0.1	9.2YR 2.5/2.6

注：三鷹は国際基督教大学構内の国分寺崖線およびその上の台地、三鷹D区はコナラ林、その他はスギ林。上記3地点すべての土壌は団粒状埴質壤土、適潤性黒色土。

(1) 土壌物理性とpH、EC (電気伝導度)

各地点の土壌種類、構造、土性、硬度、色等を表1にまとめた。また、1994年2月採取の土壌pHをpH(H₂O)、pH(KCl)及びpH(C-H₂O)の3通りで深さ別に測定した。またpH(C-H₂O)については、1994年6月採取サンプルについても測定し、季節的な変動を見た。これら

の結果を表2に示した。pH(KCl)はいずれの地点でもpH値で約1低かった。pH(H₂O)とpH(C-H₂O)とを比較すると、土壌pHが高い五日市の表層土壌でpH(C-H₂O)が約0.7程度高かったがそれ以外は0.5以内の差であった。

三鷹は他地点に比べpH(H₂O)が低く、表層20cmまで

表2 スギ生育地点の土壌pH

(採取時期：1994年2月及び6月)

地点及び区	項目/深さcm	0~5	5~10	10~15	15~20	20~30	30~50cm	
pH(H ₂ O) 2月	三鷹 A	4.99	5.01	5.04	5.24	5.43	5.62	
	三鷹 B	5.67	5.41	5.38				
	三鷹 C	5.18	5.07	5.22				
	三鷹 Dコナラ	5.47	5.40	5.24				
	高尾 A	5.21	4.92	5.21	5.50	5.63	5.70	
	高尾 B	5.42	5.76	6.02				
	高尾 C	5.71	5.93	5.91				
	五日市 A	6.56	6.74	6.25	5.66	5.81	5.10	
	五日市 B	6.37	5.70	5.58				
	五日市 C	5.62	5.58	5.50				
	pH(KCl) 2月	三鷹 A	4.04	4.17	4.30	4.31	4.52	4.45
		三鷹 B	4.68	4.38	4.23			
三鷹 C		4.26	4.28	4.40				
三鷹 Dコナラ		4.51	4.55	4.48				
高尾 A		4.22	4.06	4.25	4.54	4.74	4.70	
高尾 B		4.54	4.64	4.60				
高尾 C		4.78	4.94	5.05				
五日市 A		5.85	6.05	5.27	4.79	4.89	4.36	
五日市 B		5.49	4.72	4.62				
五日市 C		4.36	4.82	4.72				
pH(C-H ₂ O) 2月		三鷹 A	4.98	4.9	4.87	5.10	5.23	5.26
		三鷹 B	5.24	5.20	5.00			
	三鷹 C	5.03	5.35	5.15				
	三鷹 Dコナラ	5.22	5.23	5.21				
	高尾 A	5.46	5.09	5.28	5.54	5.51	5.80	
	高尾 B	6.18	5.84	5.91				
	高尾 C	6.02	5.98	5.58				
	五日市 A	7.21	7.38	6.52	6.10	6.01	5.35	
	五日市 B	6.65	6.08	6.05				
	五日市 C	5.38	5.49	5.50				
	pH(C-H ₂ O) 6月	三鷹 A	5.01	4.67	4.56	4.88	5.21	5.29
		三鷹 B	5.19	5.68	6.29			
三鷹 C		4.93	4.92	5.01				
三鷹 Dコナラ		4.97	4.92	4.99				
高尾 A		5.59	5.61	5.48	5.12	5.31	5.51	
高尾 B		5.67	5.61	6.06				
高尾 C		6.06	5.81	6.14				
五日市 A		5.46	5.41	5.63	5.74	5.68	5.48	
五日市 B		6.07	5.78	5.46				
五日市 C		5.13	5.11	5.24				

注： pH(C-H₂O)はpH(H₂O)と同一処理の後、遠心分離し、0.45μmメンブレンフィルターでろ過したろ液のpHを測定したもの。

のpH(H₂O)は冬期はpH 4.9-5.0、春期はpH 4.6-5.0で春は冬より若干低い傾向にあった。高尾、五日市では全採取地点でpH 5.0を上回った。土壤のECは五日市で最も高く表層では200 μS程度となったが、三鷹と高尾の表層土壌では五日市の1/2の80~100 μSであった。

五日市では表層土壌の高いpHとECの値からみて、過去に焚火などの人為的な干渉があったものと推測された。

また、三鷹では比較的表層の土壌に心土が混じることがあって、塩類濃度等が不自然な値を示した事例が認められた。過去の人為的な攪乱によるものと思われる。

(2) 土壤酸性化と緩衝能力

土壤酸性化に対する緩衝能力や酸性化の程度を評価する指標としては、交換性Ca+交換性Mgの濃度、陽イオン交換容量(CEC)、酸中和能(ANC)、土壤酸度等が用いられている。また、植物への影響を評価する指標としては土壤溶液や水溶性イオンのAl濃度、Ca/Al及びMg/Al、(K+Ca+Mg)/Alのモル比が用いられている。本調査では、交換性(Ca+Mg)濃度とANC及び20倍量水抽出液のCa/Alのモル比を用いて、土壤酸性化の程度と影響度を評価した。

ア 交換性(Ca+Mg)濃度による評価

土壤の緩衝能の大きさの目安として土壤中の交換性

表3 スギ土壌の交換性(Ca+Mg) meq/100g乾土

(1994年2月, 6月)

深さcm	冬(94.02)採取						春(94.06)採取					
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-30	30-50cm	0-5	5-10	10-15	15-20	20-30	30-50cm
三鷹 A	6.4	3.8	4.1	3.8	4.6	4.5	5.9	1.7	0.9	1.2	2.6	3.0
三鷹 B	21.2	11.7	9.7				10.4	10.0	13.3			
三鷹 C	5.8	3.7	5.4				6.8	3.3	3.0			
三鷹 コナラ	5.3	4.8	4.8				3.5	1.3	1.1			
高尾A	11.7	7.1	7.7	7.1	6.5	6.0	12.1	7.8	6.2	3.8	3.9	3.0
高尾B	16.6	13.0	13.1				13.8	11.9	12.0			
高尾C	21.2	13.9	11.6				19.6	14.6	12.8			
五日市A	18.2	19.2	10.9	7.6	9.5	4.6	20.8	13.7	10.9	17.5	13.1	10.2
五日市B	10.4	7.0	6.0				10.6	6.0	5.2			
五日市C	3.6	6.3	7.1				9.8	7.4	7.0			

注1: 人工酸性雨処理実験から土壤のグループ分け

(Ca+Mg)5meq/100g乾土以上: 緩衝能高い、2.5以上-5未満: 酸性化が懸念される、2.5未満: 酸性化が進んでいる;

注2: スギ周囲約1mの土壌を3か所採取し混合して測定

Caと交換性Mgの合計値を表3に示した。表土の人為的な攪乱があったと見られる五日市を除き、冬期と春期では値が異なり、一般に冬より春のほうがこれらの交換性塩基量が減少する傾向にあった。6月は植物生育が旺盛な時期にあたり植物根が栄養塩類を活発に吸収することや土壤中の硝化成菌の活動が活発になる等、季節的な酸性化の傾向が強まることも寄与していると思われる。従って酸性化の長期的な変動を追うには変動幅が少ない冬に採取し、植物への影響を把握する目的ではこれに加えて最も酸性化が進む季節にも調査する必要がある。

人工酸性雨処理実験から緩衝能力を評価する基準として、金野²⁾は交換性(Ca+Mg)の値が、5 meq/100 g 乾土以上では緩衝能が高く、2.5以上-5.0 meq/100 g

乾土 未満では酸性化が懸念される、2.5 meq/100 g 乾土以下では酸性化が進んでいる、としている。この基準に従うと酸性化が進んでいる地点は三鷹のスギA区とコナラ区で、表層5-10 cm, 10-15 cm及び15-20 cm (A区のみ)では春の測定では2.5未満であった。三鷹A区とC区及びコナラ区では冬でも5.0を下回る土壌層があり、酸性化が懸念されるという結果になった。一方、高尾や五日市では2.5未満の地点はなく、5未満の層がごくわずかに認められただけで、土壤の酸性化は進んでいないと判断された。

イ 酸中和能(ANC)による評価

土壤の酸中和能(ANC)の測定及びその評価は、佐藤らの簡易法³⁾に基づいて行った。ANCによる酸中和能の

評価基準は、小：ANC 5 以下、中：5 - 12、大：12 以上、である。

3 地域のANC測定結果を表 4 に示す。大部分が中～大であり、三鷹の一部で小の地点が認められた。また、ANCの値は季節的には冬に比べ春に低下する傾向が認められた。

表 4 スギ土壌の酸中和能 (ANC)

土壌深さ	冬(1994.02)		春(1994.06)		冬、春の平均	
	0-5	5-10cm	0-5	5-10	0-5	5-10cm
三鷹A	11.5	27.5	8.8	2.5	10.2	15.0
三鷹B	6.1	8.7	14.8	16.2	10.5	12.5
三鷹C	11.1	8.5	10.7	7.3	10.9	7.9
三鷹コナ	-	-	6.1	4.9	6.1	4.9
高尾A	27.4	10.2	17	13.8	22.2	12.0
高尾B	20.6	13.1	17	14.9	18.8	14.0
高尾C	28.4	19	28.2	22.9	28.3	21.0
五日市A	7.3	5.5	25.1	18.1	16.2	11.8
五日市B	37.2	13.9	14.1	13	25.7	13.5
五日市C	7.8	5.1	13.2	11.9	10.5	8.5

酸中和能 (ANC) の測定は電力中央研究所の簡易法によった。全国平均=7.6 酸中和能小:5以下, 中:5-12, 大:12以上 黒ボク土では、平均で11.4meq/100g(n=69) (籠中研、佐藤)

ウ 水溶性Ca/Alモル比による評価

土壌酸性化によって溶出したAlは主として根の細胞膜に悪影響を与え、CaやMgの吸収を拮抗的に阻害するといわれている。従って、土壌Alの植物への影響を評価するときには土壌溶液や水溶性のAl濃度だけでは不十分で、CaやMgの濃度との比をとることが行われている。Alが根の伸長に及ぼす影響実験等を根拠とした目安では、Ca/Alの値が土壌溶液のモル比では1を越えれば特

に問題がないとされている⁴⁾。土壌溶液と水抽出液ではAlイオンの存在形態の相違等の問題があって同一には論じられないと思われるが、ここでは目安として水溶性のCa/Al (モル比)=10を基準として評価した。表5に水溶性Ca/Alのモル比を示した。これを見ると三鷹、五日市では三鷹のA区の0-5cm層を除くすべての地点及び層で10を上回っており土壌酸性化に伴う溶出Alが植物根へ及ぼす影響は小さいと判断された。一方、高尾では採取地点3区のうち2区で表層の値が10未満と

表 5 水溶性Ca/A1モル濃度比

地点/深さ	0-5	5-10	10-15	15-20	20-30	30-50cm
三鷹A	29	24	17	17	230	254
三鷹B	5	268	29			
三鷹C	57	30	47			
三鷹コナ	23	22	34			
高尾A	8	6	14	28	197	776
高尾B	9	5	3			
高尾C	42	20	11			
五日市A	27	21	15	8	9	35
五日市B	11	18	16			
五日市C	26	25	27			

生土に乾土換算で2.5倍量の水を加え30分攪拌後遠心分離し、上澄みを0.45μmのフィルターでろ過して、イオンクロマトで測定。

なっており、やや酸性化の兆候が認められるという結果となった。なお、水溶性のCa/Al比と同じように、置換性のCa/Al (モル比) についても表6に示した。置換性のCa/Al (モル比) の評価基準は無いが、水溶性のCa/Al比と比較すると傾向が異なり、高尾、五日市では比較的高く、三鷹の2区で値が低かった。

表 6 スギ生育地点の置換性Ca/A1モル比

深さcm	冬 期 (94.02)						春 期 (94.06)					
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-30	30-50cm	0-5	5-10	10-15	15-20	20-30	30-50cm
三鷹A	6	3	4	5	34	23	5	0.9	9	2.2	11	10
三鷹B	108	58	22				19	55	126			
三鷹C	7	5	16				10	4	5			
三鷹コナ	26	22	16				4	2.1	7			
高尾A	23	5	12	53	70	61	132	102	105	51	42	29
高尾B	160	149	148				157	135	134			
高尾C	208	82	137				229	422	149			
五日市A	232	248	138	95	118	56	260	170	135	221	165	125
五日市B	127	85	72				130	71	62			
五日市C	10	43	48				33	24	36			

以上のように、土壤酸性化の傾向を3つの指標で検討した結果、三鷹の土壤では2つの指標で若干酸性化の傾向がうかがわれ、高尾では酸性化指標の一つでやや酸性化が懸念される結果となった。前に触れたように、五日市及び三鷹では、過去に人為的な土壤の攪乱があったと推測されたこと データ数が少ないことなどから、ここで土壤酸性化の傾向について明確な結論を出すことはできない。しかし、土壤の酸性化は、初めに触れたように不可逆的な過程であり、今後の継続的な監視が必要と思われる。

4 まとめ

スギ生育土壤の物理化学性について都内3地点の実態を把握した。その結果、表層20 cmまでの土壤pH(H₂O)は三鷹でやや低く、冬期はpH 4.9-5.0、春期はpH 4.6-5.0であった。五日市と高尾では冬期、春期ともpH 5.0を上回っていた。交換性の(Ca+Mg)濃度、酸中和能(ANC)、及び水溶性のCa/Alの比率を用いて土壤酸性化の程度を評価した結果、三鷹ではやや酸性化の兆候が認められた。土壤の酸性化については、今後も継続的な監視が必要である。

引用文献

- 1) D.C. Adriano and A.H. Johnson (ed) : Acidic Precipitation vol. 2, Biological and Ecological Effects, Springer-Verlag (1989)
- 2) 金野隆光 : 酸性雨と土壤緩衝機能 ; 酸性雨 土壤・植生への影響, p 19, 環境庁監修, 公害研究対策センター (1990)
- 3) 佐藤一男, 大岸弘 : 酸性降下物に対する土壤中和機能の簡易測定法, 環境科学会誌, 3, p. 37-47 (1990)
- 4) Ulrich, B. (1989) ; In Acid deposition, Vol 2, p. 189-272, Springer-Verlag (1989)