

日光スギ並木林下の土壌の塩基の蓄積

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者	加藤, 秀正 澤田, 智志 薄井, 宏
巻/号	60巻4号
掲載ページ	p. 358-365
発行年月	1989年8月

日光スギ並木林下の土壌の塩基の蓄積*

加藤秀正**・澤田智志**・薄井 宏***

キーワード スギ並木土壌, 黒ボク土, Ca の富化, pH

1. はじめに

これまで森林下の土壌と地形との関係についての研究は多くあるが、わが国のように洗脱型気候条件下における植生の土壌に及ぼす影響、とくに塩基の動向に関する報文はほとんどない。著者の一人薄井は日光スギ並木の生態学的研究¹⁾のなかで、スギ並木林下の土壌ではカルシウムをはじめとする塩基が蓄積する傾向のあることを示唆した。本報ではスギ並木林下での土壌の塩基の富化の状況と原因を明らかにするとともに、高齢のスギ並木林下での土壌の特徴を調べた。

2. 調査地の概要

本調査地は栃木県今市市を中心とする、日光スギ並木のなかでも御成街道とよばれるスギ並木林である。地質学的にみるとこの日光スギ並木街道一帯の台地は第四紀洪積層から成り立っている。本調査地今市市付近の土層は厚さ60~90cmの厚いA₁層をもつ黒ボク土で覆われ、直下に七本桜軽石層、今市軽石層、田原ローム層、宝木ローム層と続いている。阿久津²⁾や藤沢・小池³⁾が指摘したように、細砂画分中にしめる重鉱物組成から母材を判断すると、輝石安山岩質火山灰である。本地域に近い明神⁴⁾では粘土画分は40%前後の有機物、35%前後のcitrate-bicarbonate-dithionite可溶非晶質物、少量のAl-パーミキュライトとカオリン鉱物を含み、アロフェンをほとんど含まない土壌となっている。

調査地のスギ並木にはさまれた御成街道は宝木段丘平坦面、もしくは傾斜地を意図的に掘り下げて道路面がつくられている場所が多い。そのため並木敷は道路面より1~5m前後高所に位置している。また道路の造成・拡張に伴い掘削された土壌は並木敷の部分に積み上げられ

た可能性が高く⁵⁾、黒ボク土直下に存在する七本桜軽石層および今市軽石層が表土に混じるなど不自然な層序となっているところが多い。しかしながら一部道路との比高が4~5mにも及ぶスギ並木面では掘削された土が他所に捨てられた可能性が高く、これらの土壌の断面では特徴的な軽石の混入は肉眼的にも認められず、自然な断面に近いものと判断された。

調査地の気候はUSUI¹⁾によると、太平洋型気候域に属し、年平均気温12.5℃、年間降雨量約1850mmで植物の生育期間(10℃以上の月数)は7カ月であり、冷温帯落葉広葉樹林帯と暖温帯常緑広葉樹林帯の中間に位置しているとしている。

3. 調査方法

1) スギ並木下土壌断面の試料の採取

調査地および試料採取地点を第1図に示した。試料の採取は調査地である御成街道の宇都宮方向の始点である大沢から日光に向かってスギ並木直下の41カ所でH層、0~5、5~10、10~15、20~30、40~50cm深の位置で行い分析に供した(1986年5月~10月)。

2) 対照土壌の試料の採取

1)の項であげた41断面と比較対照のために新たに6カ所もうけた。まず調査地の概要の項でもふれたように、調査地点41断面中約半数の20断面が下層土の混入が肉眼的にも認められ、その他の地点でも混入の可能性の高い断面もあったので、周囲の状況、断面観察および一般理化学分析の結果から自然断面に近いと判断された地点のうち2カ所を供試した(No.1, No.2)。また、スギ並木に隣接する若齢スギ林(並木林より10m、40mの距離に位置する約20年生スギ林)の2カ所(No.3, No.4)、およびコナラを主とする落葉広葉樹林(並木林より約100mの距離に位置)を1カ所(No.5)、並木敷は道路のそばにあるため、車による粉塵などの影響も考慮し、道路の影響が全くなくかつ林齢もスギ並木と類似し、黒ボク土壌である東照宮境内の林地1カ所(No.6)を供試した。なお、No.5の落葉広葉樹林の土壌断面は第1表に示した今市市周辺の林地とともに、この地域の

* 森林の土壌に及ぼす影響(第1報)

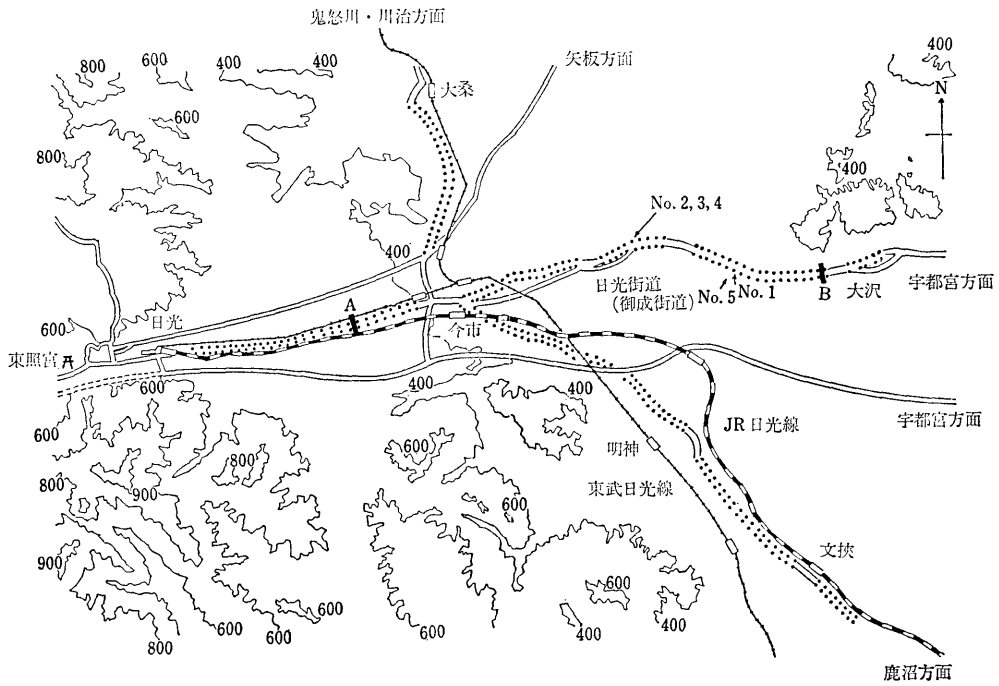
本研究は昭和63年度日本土壌肥料学会神戸大会で発表した。

** 宇都宮大学農学部(321 宇都宮市峰町 350)

*** 宇都宮大学農学部(物故)

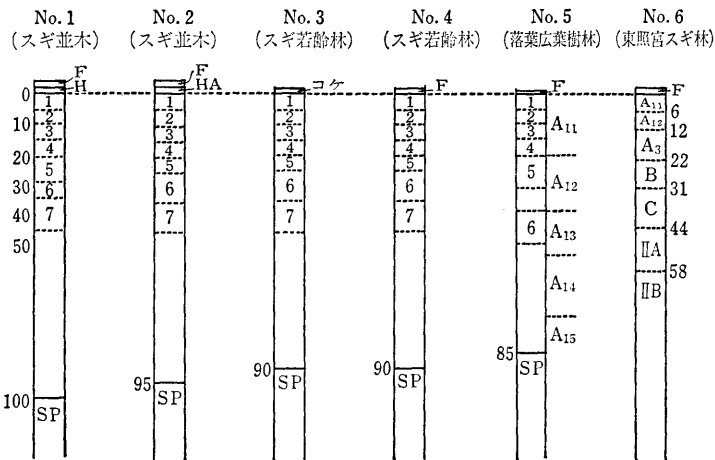
1989年3月3日受理

日本土壌肥料学雑誌 第60巻 第4号 p.358~365 (1989)



第1図 調査地位置図

A, B地点の間から41断面の試料採取, ・は並木スギ.



第2図 スギ並木土壌の代表断面および比較対照断面 SP, 七本桜軽石層.

土壌の一般的特徴を示すものであり、他の対照断面とともにこれを第2図に示した。

3) 分析方法

試料は風乾し、2 mmのふるいを通し分析に供した。分析は塩基置換容量はセミマイクロ SCHOLLENBERGER 法により測定した。Ca, Mg は原子吸光度法, K, Na

は炎光光度法により測定した。全炭素はチューリン法により測定した。

4. 結果および考察

1) 今市市周辺の土壌の理化学性

第1表に示すように本調査地付近の今市・日光地域の

第 1 表 今市市周辺の土壌の一般理化学性

A ₁ 層*		植 生	pH (H ₂ O)	塩基飽和度(%)	全炭素(%)	CEC(meq/100 g)
明 神	0~ 67cm	ヒノキ・アカマツ	4.8~5.8	1.2~ 1.4	15.7~18.4	43.1~55.3
水 無	0~ 90cm	コナラ・クヌギ	4.6~4.7	1.5~ 2.5	14.8~22.6*	47.8~52.7
下 板 橋	0~ 82cm	ヒノキ・アカマツ	4.9~5.2	2.5~ 6.5	12.4~15.3	40.5~42.6
古 賀 志	0~ 82cm	コナラ・アカマツ	4.9~5.0	1.9~ 2.7	16.0~19.9	44.5~48.6
武 子	0~ 95cm	スギ・ヒノキ	4.7~4.9	2.3~ 5.5	12.7~15.7	45.3~50.0
瀬 川	0~105cm	ス ギ	—	1.1~21.1	14.4~15.8	38.9~46.0
森 友	0~ 60cm	コ ナ ラ	—	0.6~ 1.5	11.7~15.8	35.8~47.7

* いずれの断面も A₁ 層の下層は七本椋軽石層に続いている。

* 0~5 cm 深の値。

第 2 表 スギ並木土壌の代表断面および比較対照断面の理化学性

調査地点	層 位	pH (H ₂ O)	全炭素(%)	CEC (meq/100 g)	交換性陽イオン (meq/100 g)				塩基飽和度 (%)
					Ca	Mg	K	Na	
No. 1 (スギ並木)	H	4.99	28.28	79.60	45.84	5.37	1.68	0.27	66.75
	1	4.50	20.64	59.60	15.84	1.84	0.84	0.17	30.34
	2	4.69	23.71	68.21	28.91	3.29	0.91	0.14	48.75
	3	4.40	17.75	48.87	5.75	0.76	0.79	0.09	15.15
	4	4.22	17.29	48.03	2.65	0.47	0.78	0.20	8.55
	5層以下	<4.25	16.2~17.1	46.4~47.9	<1.72	<0.32	<0.86	<0.14	<6.35
No. 2 (スギ並木)	H	5.39	24.91	71.06	53.03	5.48	2.86	0.26	86.78
	1	4.40	18.57	50.28	21.94	2.25	1.33	0.16	51.03
	2	4.40	15.47	43.04	5.56	0.71	1.00	0.15	17.21
	3	4.23	14.96	39.56	1.99	0.38	0.89	0.13	8.55
	4	4.05	14.25	39.54	1.55	0.30	0.72	0.14	6.88
	5層以下	<4.22	13.8~14.4	41.4~45.1	<1.23	<0.24	<1.20	<0.14	<6.83
No. 3	1	4.71	21.07	49.89	14.12	1.35	0.92	0.20	33.27
	2	4.47	16.71	43.97	1.17	0.29	0.83	0.12	5.47
	3層以下	<4.21	13.2~15.3	37.0~48.8	<0.98	<0.15	<0.49	<0.14	<4.17
No. 4	1	4.81	24.60	67.72	14.32	1.41	1.32	0.21	25.49
	2	4.45	21.53	56.52	4.01	0.62	0.76	0.18	9.86
	3層以下	<4.33	15.3~16.3	44.6~52.8	<0.61	<0.24	<0.67	<0.14	<3.49
No. 5	1	4.94	22.62	65.58	0.79	0.45	0.37	0.12	2.65
	2	5.08	17.61	47.58	0.12	0.16	0.24	0.05	1.19
	3層以下	<5.10	14.9~16.8	48.2~50.6	<0.19	<0.20	<0.67	<0.08	<2.03
No. 6 (東 照 宮)	A ₁₁	4.69	25.38	97.18	31.29	2.21	0.65	0.09	35.23
	A ₁₂	5.30	12.64	65.93	25.48	1.65	0.53	0.09	42.10
	A ₃	5.54	9.09	52.42	19.95	1.04	0.93	0.12	42.03
	B	5.73	5.19	25.68	8.33	0.50	0.26	0.12	35.86
	C	5.64	2.21	25.99	8.43	0.51	0.26	0.12	35.86
	II A	5.50	5.61	29.25	4.45	0.28	0.30	0.12	17.62
II B	5.52	3.53	23.59	2.69	0.23	0.49	0.20	15.31	

土壌の A 層の厚さは 80cm 前後であり、その A 層の表層部から約 50cm 深までの層で pH は 4.6~5.8、全炭素が 11.7~22.6%、塩基飽和度が 0.6~6.5% 程度 (スギ林最表層部で 1カ所 21.1%) となっている。このように今市付近の土壌では pH が酸性で、塩基飽和度が低く、

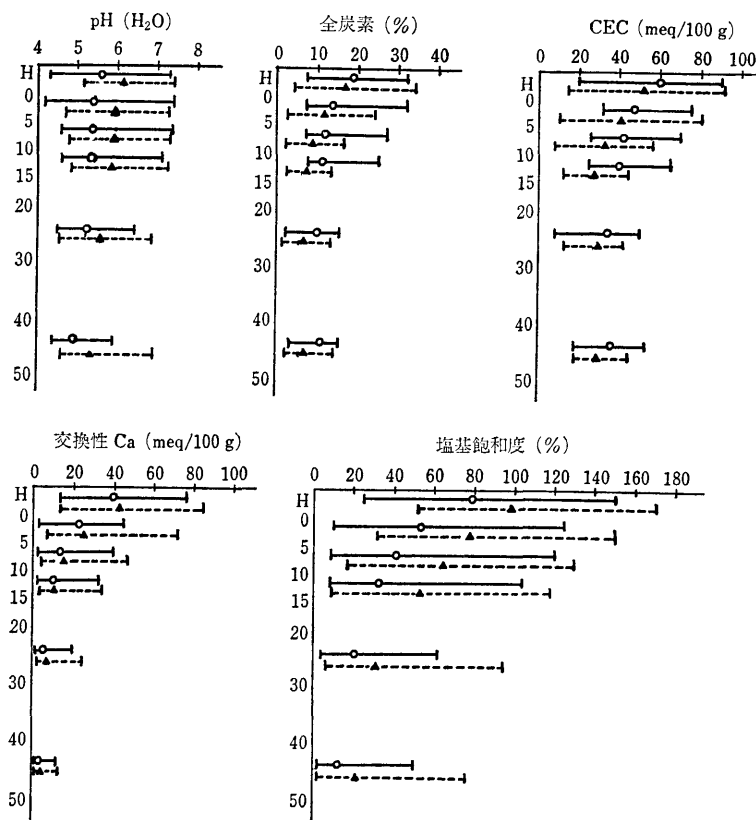
腐植に富む厚い A 層をもつのが特徴となっている。

2) 対照土壌とその一般理化学性

第 2 表にはスギ並木の代表断面および比較対照断面の層位別の理化学分析結果を示した。No. 1~No. 5 の pH は 4~5 で、スギ林では表層部分で高い傾向が認められ

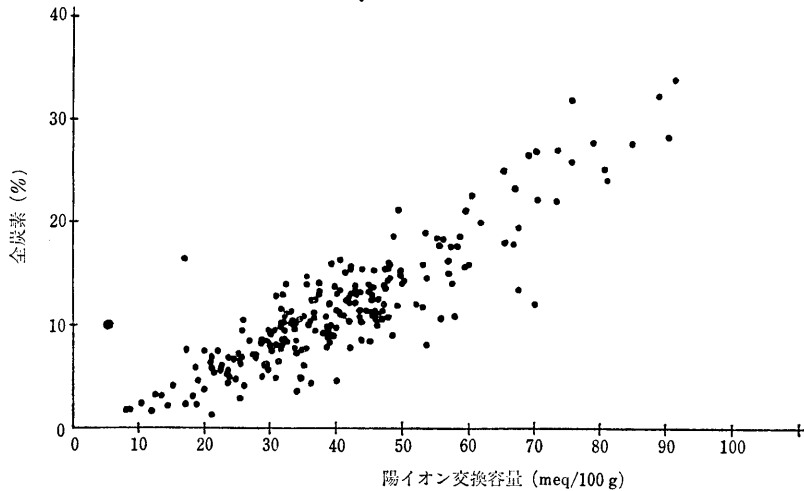
たが、No. 5 ではそのような傾向はみられなかった。全炭素は 13~28% で、全断面で表層部ほど高い傾向にあった。とくに No. 1, No. 2 ではいずれも層厚約 2 cm の H 層が発達しており、これら H 層の全炭素は No. 1 で 28.28%, No. 2 で 24.91% と高かった。また No. 6 の A₁₁ 層の全炭素も 25.38% と高かったが、給源火山に近いことおよび山地斜面に位置するため、腐植質土層が薄く、層位・全炭素量が他と異なった。CEC は A₁ 層で 38~97 meq/100 g の範囲にあり、表層ほど大きい傾向がみられた。とくに No. 1, No. 2 の H 層は CEC がそれぞれ 79.60, 71.06 meq/100 g と高く、No. 6 の A₁₁ 層でも 97.18 meq/100 g と高く、有機物の富化によって CEC が著しく上昇したものと推察される。交換性塩基は落葉広葉樹林の No. 5 では Ca が最表層部でも 1 meq/100 g 以下で、Mg, K も同様に低い傾向にあり、表層に蓄積する傾向が認められなかった。しかし、スギ林においては表層に蓄積する傾向が認められた。とくに Ca の蓄積が顕著で、No. 1 では表層 15 cm まで 5 meq/100 g 以上で、とくに表層の 10 cm で 15 meq/100 g 以上あっ

た。No. 2 でも表層 11 cm まで 5 meq/100 g 以上あり、とくに第 1 層では 21.94 meq/100 g あった。これに対して No. 3, No. 4 の若齢スギ林では表層 5 cm までの第 1 層がそれぞれ 14.12, 14.32 meq/100 g あり、Ca の蓄積は認められたもののその程度はスギ並木林下の土壤に比べて蓄積層の厚さは薄く、蓄積量も少なかった。それに対して No. 6 (東照宮) の A₁₁~A₃ 層は 31.29~19.95 meq/100 g と高く、著しく表層部に Ca が蓄積していた。Mg は量的には少ないものの、Ca と同様の傾向が認められた。K はスギ並木下の土壤 (No. 1, No. 2) のほうが若齢スギ林 (No. 3, No. 4) より多い傾向にあった。以上の結果は塩基飽和度にも反映しており、スギ並木林下の断面で塩基飽和度 10% 以上が No. 1 で表層 18 cm, No. 2 で表層 15 cm まで達していたのに対し、若齢スギ林下の土壤では第 1 層のみが 10% 以上であり、落葉広葉樹林下の土壤では全層にわたって 2% 前後と低かった。東照宮 (No. 6) の A 層はすべて 35% 以上と高かった。なお、落葉広葉樹林 (No. 5) の土壤の塩基飽和度が低いにもかかわらず、pH がスギ林の下層部に比べて



第3図 スギ並木 41 断面の理化学性

▲, A 群 (下層土の混入が認められたもの); ○, B 群 (下層土の混入が認められなかったもの).



第 4-1 図 スギ並木 41 断面の全炭素と陽イオン交換容量の関係

高い傾向を示した。この理由は不明である。

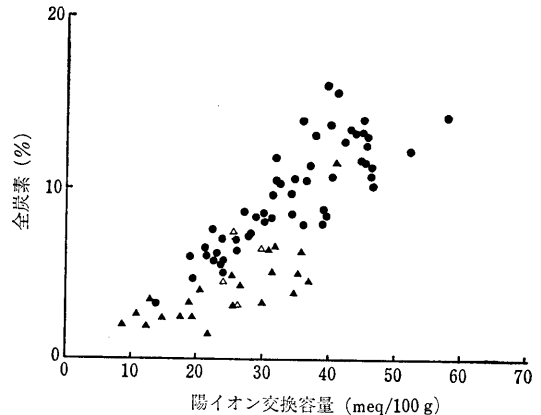
3) スギ並木林下の土壌とその一般理化学性

第 3 図にスギ並木下の土壌 41 断面の理化学分析結果を示した。ここでは 41 断面を七本桜軽石や今市軽石の混入が肉眼的に明らかに認められた 20 断面 (A 群) と、認められなかった 21 断面 (B 群) に分けて、それぞれの分布および平均を示した。

pH は A 群が B 群よりも平均値で 0.31~0.56 高かった。全炭素は A 群が B 群よりも平均値で 1.92~3.88% 低かった。CEC は A 群が B 群よりも平均値で 6.77~11.13 meq/100 g 低かった。交換性塩基のうち主要な部分を占めている Ca は 0~5 cm 深で A 群が平均 25.56 meq/100 g, B 群が 23.13 meq/100 g で A 群のほうが平均で 1~4 meq/100 g 多かった。塩基飽和度は 0~5 cm 深で A 群は平均 78.95%, B 群は 54.62%, 40~50 cm 深で A 群は平均 21.89%, B 群は 12.80% であり A 群のほうが平均値で 9.09~24.33% 高かった。以上のことから下層土の混入が明らかに認められる A 群のほうが pH は高く、全炭素と CEC は低く、Ca にあまり差はなく、塩基飽和度が高い結果が得られた。

4) 全炭素と陽イオン交換容量

第 4-1 図に前述の 41 断面の全炭素と CEC の関係を示した。両者の間には密接な関連がみられた。第 2 表からこの付近の火山灰土壌の A₁ 層の平均的な全炭素と CEC はそれぞれ 12~16%, 40~50 meq/100 g と推定される。一般に同一母材については腐植の集積と CEC の増大とが対応関係にあるが、第 4-1 図からも明らかなように本調査地土壌でもその傾向は認められた。

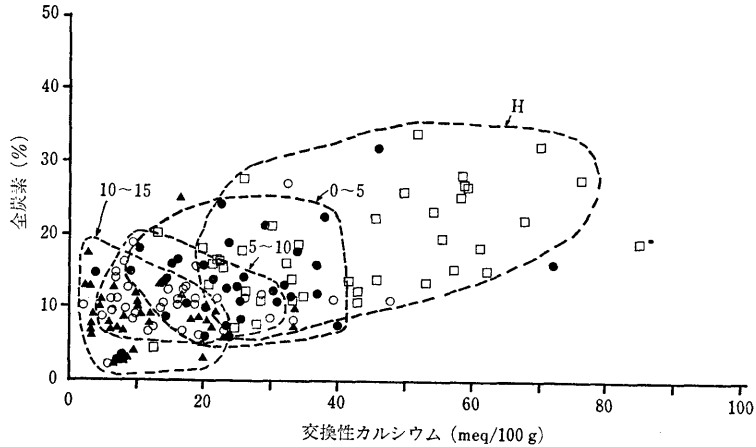


第 4-2 図 A 群の全炭素と陽イオン交換容量の関係
軽石層の混入の程度: ●, 含む; △, 富む; ▲, すこぶる富む。

また、本調査地 41 断面において、厚層多腐植質の黒ボク土地域にもかかわらず全炭素や CEC が低いものが数多くみうけられた。これは前述の A 群の存在と関連しており、第 4-2 図には前述の A 群の各層位の中で軽石の混入の認められる各層位を含む、富む、すこぶる富むの 3 段階に分けたときの全炭素と CEC の関係を示した。これによると本調査地においてはこの下層の軽石の混入が多いほど全炭素が減少し、かつばらつきはあるものの CEC も減少した。

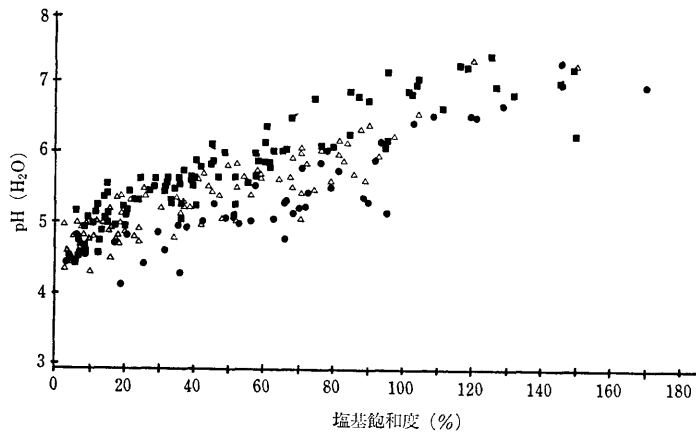
5) 全炭素と交換性カルシウム

第 5 図に 41 断面の深さ別 (表層部から 15 cm 深まで) の全炭素と交換性 Ca の関係を示した。炭素含量と交換性 Ca は対応関係をもちながら表層部ほど多いことがわかる。



第5図 土壌の深さ別全炭素と交換性カルシウムの関係

□, H層; ●, 0~5cm深; ○, 5~10cm深; ▲, 10~15cm深.



第6図 土壌の塩基飽和度とpHの関係

■, 全炭素10%未満; △, 全炭素10%以上15%未満; ●, 全炭素15%以上.

著者らの調べたスギ並木のスギ落葉中に含まれるCaOは平均で2.7%であった。これは森田⁶⁾の測定例とほぼ同じ値を示し、スギ落葉は他の樹種の落葉にくらべてCaが多かった。また、一般にスギ林では年間5t/ha前後の落葉・落枝があるとの報告⁷⁾があり、スギ並木林下の土壌におけるCaの蓄積はスギの落葉・落枝によるものと推定される。

6) pHと塩基飽和度

第6図はスギ並木下の41断面についてpHと塩基飽和度との関係を全炭素含有量を3段階にして図示したものである。一般に塩基飽和度が高くなるとpHも上昇するが、同一塩基飽和度でも、全炭素の多いものほどpHは低い。これは腐植をほとんど含まず、アロフェンや非晶質アルミニウムなどに富む軽石層や黄色火山灰層(ロ

ーム層)の酸基は腐植の酸基と比較してより弱酸的⁸⁾であるためと考えられる。本調査地において全炭素が10%未満というのは明らかに軽石層などの下層土が混入したものと考えられ、したがって下層土の混入によって同じ塩基飽和度でもpHが高くなる傾向を示したものと見えよう。

以上の理化学分析からスギ並木敷の土壌は道路の造成・拡張などによる下層土の混入により、全炭素およびCECが低下したところにスギの落葉・落枝を主とする植生の影響によりCaをはじめとする塩基が蓄積し、その結果塩基飽和度が著しく上昇したものと結論された。また、スギ並木下の断面および東照宮断面では付近の落葉広葉樹林や若齢のスギ林の土壌に比較しスギの落葉・落枝によると考えられる全炭素やCECの増大が認めら

れ、交換性塩基の蓄積を特徴としていた。

5. 要 約

スギ並木の 41 断面の土壌の pH は 5~6 を中心に 4~7.5 付近にまで及んでおり、同一塩基飽和度でも有機物含有量の多いものほど pH は低く、軽石やローム層などの下層土の混入によって有機物含量が低下すると、pH は上昇した。これは腐植の酸基を形成するカルボキシル基等のほうが、本地域の土壌の主要な粘土鉱物であるアロフェン等の非晶質成分よりも酸基としての性格が強いことに起因していると考えられる。なお、土壌の攪乱がみられない比較対照断面 (No. 1, No. 2) では pH は 4~5 で、塩基の蓄積にもかかわらず pH はあまり上昇しなかった。以上のことから、本調査地の土壌の pH は次の二つに大別できる。

1) 一般に厚層多腐植質黒ボク土上のスギ林では、スギの落葉・落枝に由来すると考えられる有機物の蓄積による酸基の増大と塩基、とくに Ca の蓄積とは相殺の関係にある。したがって Ca を主とする塩基が蓄積しても pH の上昇は抑えられる。

2) 洪積火山灰層のような等電点の高い無機成分が材料となっている下層土の混入を受けた土壌では 1) で述べたような相殺関係が弱く、その結果として土壌 pH が中性付近まで上昇した。

また、スギ並木下土壌や東照宮土壌は塩基飽和度が増

大し、かつ土壌の肥沃度を高める役目を担っている Ca を主とする塩基は全炭素と対応して表層部ほど多いこと、および若齢のスギ林であっても塩基が表層部に蓄積する傾向を示したことは注目に値する。

謝 辞 本研究を遂行するにあたり宇都宮大学の前田禎三教授、藤沢徹教授、東京大学の八木久義助教授には貴重なご助言をたまわった。また星野幸一技官には実験に援助をいただいた。これらのご指導やご協力に対し、心から謝意を表する次第である。

文 献

- 1) USUI, H., MIYAZAWA, M. and MIYAKAWA, N.: Ecological studies on the Nikko Sugi Avenue. 日林誌, **64**, 143~148 (1982)
- 2) 阿久津純: 宇都宮付近の関東ローム層, 地球科学, **33**, 1~11 (1957)
- 3) 藤沢 徹・小池美津子: 噴出源からの距離に伴う火山灰土壌の性状, 宇都宮大学報告, **8**, 119~128 (1973)
- 4) 加藤秀正・波越和彦・内田弘美: 火山灰土壌の腐植粘土複合体, 土肥誌, **53**, 477~485 (1982)
- 5) 鈴木丙馬: 日光並木杉に関する研究, 宇都宮大学報告特輯, 8号 (1961)
- 6) 森田禎代子: 本邦主要樹種の落葉の無機組成, 林試研報, **243**, 33~50 (1972)
- 7) 河原輝彦: 森林生態系における炭素の循環, 同上, **334**, 21~52 (1985)
- 8) 吉田 稔: 土壌酸性とその測定をめぐる諸問題, 土肥誌, **50**, 171~181 (1979)

Effect of Forest on Soil (Part 1)

The Base Accumulation of Soils in Nikko Sugi (*Cryptomeria*) Avenue

Hidemasa KATO, Satoshi SAWATA and Hiroshi USUI
(*Fac. Agric., Utsunomiya Univ.*)

In order to make clear the long-term effect of cryptomeria (*Cryptomeria J.*) plantation on the base status of volcanic ash soils, the authors investigated the soils of 41 profiles collected under cryptomeria trees along the so-called Nikko Sugi (cryptomeria) Avenue. The cryptomeria trees along the avenue were planted about 350 years ago.

It was generally recognized that the base saturation percentage of the soils was higher than that of soils under deciduous forests in this area. Soil pH values under the cryptomeria varied within the range of 4 to 7.5.

When the soils had the same base saturation, soils of higher carbon content showed lower pH values than those of lower carbon content. In some soils along Nikko Sugi Avenue, the contamination of surface soil by subsoil (including pumice), caused by road repairing, decreased soil carbon content and increased pH values. These results are consistent with the view that buffer action of acid functional group of humus is stronger than that of amorphous aluminosilicates which are main clay constituent in these soils.

Generally, the buffer action of surface soil in volcanic ash soil under *Cryptomeria J.* was greater because of a large quantity of humus. In this soil, the accumulation of calcium would be derived

from the litter of cryptomeria. Consequently, even if the bases, particularly calcium, are supplied from the litter, they may be compensated by a large quantity of humus and so soil pH may remain strongly acidic. Since in surface soil contaminated by subsoil, the buffer action of the soil is lower than that of the original surface soil, when calcium is supplied from the litter, the soil pH may increase. It is worth noting that the bases (mainly Ca) accumulated not only in the Sugi avenue soils but also in younger forest soils of *Cryptomeria J.*, and the correlation between carbon content and exchangeable calcium of these soils was recognized.

Key words soils under cryptomeria avenue, andisol, calcium accumulation, pH

(Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr., **60**, 358-365, 1989)