第3紀大阪層群土壌の植栽上の問題点とその改善策について

岡 本 舘 明*
谷 越 隆 志**

Planting Problems and Improvements on the Soil from the Tertiary in Osaka

Tadaaki OKAMOTO
Takashi TANIKOSHI

摘要：大阪平野周辺の丘陵地に分布する第3紀大阪層群土壌には植栽植物の生育障害を起こす土壌が存在する。この種の土壌のうち、問題となっている青灰色をした還元性の粘質土について、樹木植栽後10数年が経過した植栽地で断面調査を行い、土壌化の進行と根系発達について観察と土壌分析を通じて明らかにした。またこの土壌の改善策を検討し、土壌を酸化し、極強酸性を中和することにより改善されることが実験的に明らかになった。

1. はじめに

大阪層群土壌は、地質学的には第3紀に海水中または淡水中で堆積した土層が時代の経過とともに隆起したものである。これは大阪平野、奈良盆地、和歌山北部、京都盆地南部、播磨平野の丘陵地に分布している¹⁾。大阪では、早くから大規模宅地開発が行なわれた千里ニュータウンで公園や団地の園地に植栽された樹木などが生育不良に見舞われたり、枯死したりして緑化に大変苦労した。また今から17、8年前に千里の万国博覧会の会場が作られていた頃にも、会場内や日本庭園敷地において生育不良を引き起こすこの種の土壌が造成地の地表面に現れて、現地調査と改良試験を行ったことがある。その時は採土して持ち帰った青灰色の粘土を1ヶ月ほど屋外に置いておくと採土直後はpH(H₂O)値が4前後だったものが2.8まで低下し、西洋芝が、発芽し、生育し始めていたのがそのころになると一斉に立枯れ、植栽上大きな問題を抱える土壌として報告したことがある^{2) 3)}

大学に近い泉北ニュータウンでも造成後10年以上経過しているにもかかわらず、この青灰粘土層が造成により地表に現れた部分では、植栽木はもちろんのこと芝草や雑草さえ定着せず、裸地のままになっている所が散見される。そこで、泉北ニュータウン内に的を絞って、青灰粘土層の風化による土壌化過程と、それにとまなう植物根の侵入状態を調べ、現在に至るものも、植生定着が阻害される要因をみつけだし、それを解消し、植栽可能な土に改良する方法を実験的に検討した。

2. 調査および実験方法

まず、泉北ニュータウン内で植栽植物の定着が不良な箇所を2ヶ所と比較的定着している箇所を1ヶ所、計3ヶ所を選定し、土壌断面・根系調査を行った。第1地点は公園の広場横の平坦な植栽地(茶山台しまうま公園)、第2地点は緑道の斜面で造成後12年経過した現在でも雑草さえも定着せず、裸地になっている所(高倉台泉ヶ丘)、そして第3地点は主要道路横の斜面で自然林に続く、比較的切土造成が少なかった箇所(御池台丸善石油前)とした。土壌断面調査は深さ1m、幅1~1.5mの垂直断面を作成し、植栽木の根の分布や層位の分化や変化に関する土色、土性、構造などを観察し、区分された層ごとに土壌硬度を測定し、三相用試料を取り計測した。この時点で各層から分析用試料を採取し、土壌の風化度合をpHを始め硫酸基含量等を測定した。

次いで採取土壌試料を小型プランターに入れ、大学園場にてハツカダイコンを植物計に選び、その発芽状況と生育状況を通じて各層の土壌の生育適否を判定した。その後、植物収穫後も土壌をプランターに入れたまま露地に放置し、3ヶ月後と2年3ヶ月後にpH(H₂O)を測定し、土壌化進行度合を調査した。

また上記調査で生育不適土壌と判明した、下層から採土した青灰色粘土に各種土壌改良剤(材)を添加し、5万分の1ワグナーポットに入れ、それらの改良効果について、同じハツカダイコンを植物計に用い、その発芽状況と生育量を測定し、土壌のpH変化との関連性を調べた。この実験に供した青灰色粘土も2年3ヶ月間露地に放置し、効果の持続性について検討した。

3. 結果および考察

(1) 土壌断面・根系調査

茶山台しまうま公園と高倉台泉ヶ丘緑道両地点の断面調査結果を見ると植栽後12年が経過してもなお両断面とも植栽木の根が青灰粘土層へ侵入していない状況が観察された。茶山台の調査地は地表面が平坦であるが、高倉台の方は27度の斜面の途中にある。後者の断面を観察すると前者より風化の進行が早く、斜面の方が雨水の浸透や膨軟化が早く進むようである。前者では亀裂面のほんの1mmほどが酸化され酸化鉄の色である褐色を呈しているだけで、土塊の内部まで風化が進んでいない。ところ

が後者では断面中に多くの亀裂が走り、粘土塊内部まで風化が進み、土塊の周辺部が黄色く明るい色を呈している。どちらの地点でも風化の進行は下層へ行くほど遅く、1mも下があればほとんど未風化状態である。

根系発達は下層へと風化が進行するにつれて、根が下方へ伸びて行く様子が観察された。風化が進んだ地表面に近い部分には多くの根があるが、風化された青灰色の粘土層では亀裂に沿って根を伸ばすだけで、土塊中への根の伸展は皆無であった。茶山台の方で、シラカシの植え付け時に植穴にマサ土が客土されていたが、根のほとんどはその範囲内に止まっていた。青灰色粘土が現れ

表一 土壌調査地点の層位および採土深さ別土壌物理性 (採土時)

調査地点 名	層位	採土	土性	土色	礫含量	三相組成			仮比重	土壌 硬度
	深さ	深さ				固相	液相	気相		
茶山台 しまうま 公園	0~7	表面	SL	10YR6/6	11.3	43.5	3.8	52.7	1.15	19.0
	7~10		CL	7.5Y6/3	23.5	48.0	20.5	31.5	1.29	24.5
	45	30	CL	7.5Y6/3	0	40.5	39.4	20.1	0.94	26.2
	45~60		SiCL	10Y 3/1	0	48.6	51.0	0.4	1.26	26.7
	(100) 90		SiCL	10Y 3/1	0	46.0	51.6	2.4	1.20	26.3
高倉台 泉ヶ丘 緑道	0~16	表面	SiCL	5Y 8/3	1.1	32.6	17.4	50.0	0.85	9.8
	16	10	CL	—	0	33.4	22.5	44.1	0.87	—
	16	30	LiC	5Y 7/4	0	46.1	44.9	9.0	1.15	24.3
	~87	50	CL	5Y 6/3	0	41.7	51.2	7.1	1.09	—
	87	70	L	5Y 6/2	0	40.9	55.3	3.8	1.04	27.4
御池台 丸善石油前	87~	90	SiCL	5Y 4/1	0	46.8	52.3	0.9	1.21	29.1
	0~13	表面	CL	—	2.4	46.2	16.9	36.9	1.21	27.9
	13	10	SiCL	10Y 7/1	0	51.6	28.3	20.1	1.31	—
	13~50	30	CL	10Y 6/1	0	50.2	44.3	5.5	1.40	30.0
	50~70	60	SiL	5YR5/8	6.7	56.2	40.0	3.8	1.44	28.0
圃場畑土 マサ土	70~	90	L	10YR5/1	0	56.6	42.7	0.7	1.52	27.0
		10	CL		9.1					
		—	SL		31.6					

注)断面調査と採土日:1984年8月18~24日

表二 土壌調査地点の層位および採土深さ別土壌化学性 (採土時)

調査地名	層位 深さ	採土 深さ	pH (H ₂ O)	全窒素 N	可給態 P ₂ O ₅	置換性 K ₂ O	置換性 CaO	置換性 MgO	置換性 Mn	硫酸基 SO ₄
茶山台 しまうま 公園	0~7	表面	7.11	0.12	0.090	8.02	293.99	1.098	1.869	12.677
	7~	10	5.82	0.12	0.	8.04	129.35	1.827	1.428	7.326
	45	30	4.16	0.09	0.013	10.12	37.63	2.388	1.491	7.738
	45~	60	4.59	0.12	0.	18.94	105.83	7.578	7.644	44.780
	(100)	90	5.07	0.14	0.	18.42	186.68	8.739	7.287	76.060
高倉台 泉ヶ丘 緑道	0~	表面	3.50	0.21	0.009	8.40	39.81	0.886	1.407	46.015
	16	10	3.61	0.24	0.016	7.76	28.22	0.703	1.113	7.362
	16	30	3.25	0.15	0.009	5.48	12.52	0.985	0.924	32.844
	~	50	2.92	0.16	0.009	4.36	16.46	1.433	2.604	35.725
	87	70	2.63	0.20	0.007	2.38	77.61	3.715	5.607	70.710
御池台 丸善石油前	0~	表面	6.34	0.10	0.	7.74	77.61	5.671	2.982	8.150
	13	10	6.49	0.06	0.	6.60	75.26	7.230	2.058	4.034
	13~50	30	6.72	0.05	0.031	6.72	61.15	5.638	0.756	5.680
	50~70	60	6.80	0.06	0.026	6.76	65.85	5.638	1.029	5.268
	70~	90	7.54	0.06	0.	6.00	56.44	5.141	1.260	6.503
圃場畑土 マサ土		10	6.61	0.20	1.945	7.14	68.97	0.590	0.756	7.326
		—	6.85	0.02	0.162	4.24	140.23	1.735	0.378	7.326

注)採土日:1984年8月18~24日

る場所では、多量の良質客土が樹木の生育にとって重要であることが分かる。

(2) 採取土壌の理化学分析

断面調査で土色と硬度は調査したが、採土して三相分布と土性を測定(表一)し、そしてpH(H₂O)、硫酸基含量等の化学性について分析を行った(表二)。植物の生育の可否または良否はpH(H₂O)値と関係があるため、さらに露路に放置し、3ヶ月後(1984年11月)と2年3ヶ月後(1986年11月)に再度pH(H₂O)を測定した(図一2)。

この調査結果を見ると、植物生育を阻害する青灰色土壌は、①三相組成は固相と液相で占め、気相は皆無に等しい、②そして硬度が高くて強く固結している、③化学性のpH(H₂O)

が3~4と極端に低い値を示す。そして、④pH値を低下させる原因となる硫酸基含量が高い。

(3) 植物計による植

栽土壌としての適否の判定

各調査地点の土壌断面から採取した土壌をそれぞれ小型プランター(W26×D18×H9cm)に入れ、1984年9月20日にハツカダイコンを100粒播き、その発芽率と生育量を調べた(表三)。この1984

表一 3 土壌調査地点の層位および採土深さ別ハツカダイコンの発芽率, 生存率, 個体乾物重

調査地点名	層位 深さ	採土深さ	1984年:土 壌 採 取 時 点								1986年:露 地 に 2 年 間 放 置 後							
			発 芽 数				発 芽 率				生 存 率				個 体 乾 物 重			
			4日	11日	15日	11日	15日	15日	60日	60日	6日	10日	21日	10日	21日	21日	60日	60日
			9/24	10/1	10/5	10/1	10/5	10/5	11/19	11/19	11/17	11/21	12/2	11/21	12/2	12/2	1/10	1/10
茶山台 しましま公園	0~7	表面	80	83	80	83	96	35.4	138.4	84	84	84(13)	84	71	11.1	33.1		
	7~10	10	85	90	92	90	100	19.1	56.0	84	84(1)	84(14)	84	70	9.7	28.4		
	45	30	97	97(4)	98(4)	93	97	13.8	35.0	94	94	94(14)	94	80	10.6	25.7		
	45~60	60	94	94(9)	94(94)	94	0	0	0	86	90	90(17)	90	73	10.9	27.7		
	(100)	90	77	77(13)	77(77)	77	0	0	0	90	90(3)	90(22)	90	68	8.5	30.0		
高倉台 泉ヶ丘緑道	0~16	表面	88	89	89	89	100	19.2	43.5	78	78	78(29)	78	49	9.1	19.0		
	16~30	10	84	86	93	86	100	18.3	40.6	82	86	86(25)	86	61	8.6	20.1		
	30~50	30	66	79	84	79	100	10.6	17.1	87	91	91(23)	91	68	8.7	22.3		
	50~70	50	28	28(4)	28(28)	28	0	0	0	87	87	87(44)	87	43	6.3	16.8		
	70~87	70	10	10(4)	10(10)	10	0	0	0	82	85	85(34)	85	51	5.6	11.4		
御池台 丸善石油前	0~13	表面	90	92	98	92	100	18.3	31.4	89	89	89(16)	89	73	10.4	17.8		
	13~50	10	92	95	98	95	100	16.7	31.8	85	89	89(17)	89	72	10.4	26.6		
	50~70	30	98	98	98	98	100	19.2	45.6	86	87	87(14)	87	73	10.5	17.8		
	70~90	60	95	95	98	95	100	22.7	42.0	83	85	85(16)	85	69	11.6	28.1		
	—	90	85	85	85	85	100	19.2	46.7	90	89	89(8)	89	81	11.3	27.5		
実験圃場畑土	—	10	96	96	97	96	100	17.0	62.4	87	87	87(14)	87	73	9.6	32.9		
マサ土	—	—	97	97	97	97	100	14.3	47.9	81	85	85(31)	85	54	9.9	25.3		

注) () 内の数字は枯死個体数。各区毎に、プランター(W26×D18×H9cm)に100粒播種する。
播種日は1984年9月20日および1986年11月11日。露地に置いて発芽率をみて、15日目および21日目に間引いて20本にし、さらに60日目まで育てる。

年の結果はすでに昭和60年度関西支部大会で報告済みであるが、概略を述べると、良質土壌では播種4日目ですでに90粒(%)以上の発芽数(率)に達するにもかかわらず、高倉台泉ヶ丘緑道の最下層の青灰色粘土では、4粒(%)とわずかで、それも11日目には枯死してしまっている。また茶山台しましま公園の最下層土では4日目の発芽率は17%に止どまり、11日目には同じく枯死している。一方、御池台丸善石油前の褐色粘土では最下層土まで順調に発芽し、生育し、60日目個体乾物重ではむしろ下層ほどよく生育している。このように2種の青灰色粘土は、播種後15日目までには全部枯死してしまう点では変わりはないが、高倉台の青灰色粘土は発芽さえ押さえてしまう程の極端な不良土であり、一口に青灰色粘土と言っても不良性に様々な程度の違いがあることが予想される。

茶山台は地表面より30cmまでは客土のマサ土なので比較はできないが、高倉台はもともと地表面から最下層まで一様な青灰色土壌だったが、“地表”と“10cm”は風化がかなり進んだ土壌となり、“30cm”はやや風化した土壌となっている。風化に応じて個体乾物重が増加している。この結果と土壌断面の観察から造成後10年の間に地表より16cmまで植生定着が可能な土壌化が進んだことが分かる。しかし50cm以下の土壌では未だに種子発芽や根の伸展を許さない土壌であると言わざるを得ない。

御池台丸善石油前の土壌のハツカダイコンの生育が良い。ここは自然林が続く斜面にあり、永年にわたり風化が進行し、酸化土壌に変化し、阻害物質が流出してしま

っていると考えられる。

当年の収穫が終わってから、土壌の入ったプランターを厚さ10cmのブロックの土台上に置き、露地にて2年間放置して再度ハツカダイコン発芽試験を実施した。放置している間、土面は雑草の種子の発芽は多少見られたものの大きく成長することなく、裸地状態を維持していた。播種が1986年11月11日であったため、暖房温室中で育てた。この結果(表一3、図一1)で注目すべきことは、発芽数(率)がすべての土壌において畑土やマサ土と変わらない値を示していることで、2年間放置したことによってかなり風化が進んだと言えよう。しかし播種後60日目の個体乾物重との間に差が出てきている。すなわち茶山台では下層土も表層土と変わらない生育をしているが、高倉台では70cmと90cmの下層土の生育は押さえられている。そして最下層の90cmでは60日目にはすべて枯死している。このことを考えると、土壌化は進行しているものの2年間では不十分と言わざるを得ない。

(4) 露地に放置した土壌のpHの経日変化

土壌採取直後の1984年8月24日にpH(H₂O)を測定し、9月20日から露地に置いて植物を収穫した60日目と、さらに2年が経過した1986年11月12日に再度測定した。その結果は図一2に示す。地表面から下層までもともと一様な土壌から成っていた高倉台におけるpHの経日変化を採土深さ別に見てみると、採土当時地表から70cmまではpH 3.6から2.6へと下層へ行くほど極強酸性化する傾向が見られ、最下層(90cm)のみがこの層群中もっとも高いpH値を示していた。しかし60日が経過すると

地表から70cmまではその差が大きいものでは1, 小さいものでは0.1だけ中性の方向に変化しているが, 最下層土は4.23から逆に2.71と極強酸性へと変化し, 他とは逆の傾向を示している。この地点の土壤断面をみると茶山台の断面と比較して, 70cmまではかなりの亀裂と土塊内への酸化が進んでいる。このために硫酸基の流亡が速やかであったものと推察され, 90cmでは亀裂も, 土塊内への風化の進行も見られず, 掘り出されて初めて硫黄の酸化が始まったためと考えられる。茶山台の40cm以下の土層も土塊内への風化の進行が見られず, 上述の土壤以上に採土時よりさらに pH 値が低下している。2年3ヶ月経過の pH 値をみると茶山台と高倉台の両地点の全土壤において60日目 pH の低下傾向から一転して上昇に転じている。そして表面に近い土壤では, 採土時の値より高い値に, すなわち生育にとって好適な中性化に向かって変化している。ただし両地点の最下層土壤で採土時の値までは戻っていない。ちなみに, 御池台丸善石

図一 採土直後と2年経過した土壤に播種したハツカダイコンの生育量

図二 土壤酸度 (pH (H₂O)) の経日変化

図一三 土壤改良処理によるハツカダイコンの生育と2年経過後の処理持続効果について

油前では pH 値の経日変化は小さく、また畑土とマサ土も変化はない。

(5) 2地点の最下層青灰色粘土の土壤改良試験

青灰色粘土の場合、風化されると極強酸性になることが分かった。そこでまず最初にこの極強酸性を何等かの方法で中和することにした。中和剤として一般には石灰が用いられるので“苦土石灰添加区”を、第2に風化を強制的に速やかに行わせるために市販されている過酸化水素が主成分の酸化剤（ヘドロキシ）を用い、強酸性の対応策としてやはり苦土石灰（pH 6.5 矯正必要量）を添加した“苦土石灰＋市販酸化剤区”，第3には土壤改良材を混入し、通気と透水を増加させることを考え、黒曜石パーライト（20 vol. %）を混入した“黒曜石パーライト区”，最後に有機物のもつ緩衝効果をねらってピートモス（20 vol. %）を混入した“ピートモス区”の5区を2種の土壤についてそれぞれ設定し、それに“無処理区”，“畑土区”（無処理）および“マサ土区”（無処理）を加え、計12区を設けた。各土壤を5万分の1ワグナー・ポットに入れ、各ポットにハツカダイコンの種子を50粒づつ播いた。播種日は1984年10月2日で、露地に置いて、発芽率をみて、13日目と27日目に収穫し、個体乾物重を測定した。

その結果、苦土石灰添加区と苦土石灰＋市販酸化剤区で発芽率、生存率、個体乾物重で好成績が得られた。すなわち無処理のままの粘土では発芽率はゼロであったが、上記2区では畑土やマサ土に負けない発芽率を示し、27日目の個体乾物重も茶山台ではマサ土で育ったものとそん色ない結果が得られた。高倉台では2区ともマサ土区より少し悪いが、処理効果は認めて良いだろう（この1984年の実験結果の詳細は文献4）を参照）。以上の結

図一四 土壤改良処理による pH (H₂O) 値の矯正効果と2年経過後の処理持続効果について

果から、少なくとも石灰で極強酸性を中和すれば生育可能な土壤になると言える。茶山台の苦土石灰＋市販酸化剤区で畑土以上の生育量が得られていることから、ものによっては石灰に酸化剤を併用すると大きな効果が得られる青灰色粘土があると言えよう。

上記の実験から2年が経過した1986年11月に同様の実験を実施したが、その結果、60日目個体乾物重において、高倉台のピートモス区で枯死してしまった以外は、前回には枯死した無処理区、パーライト区およびピートモス区も含めていずれの区でも生育した。また前回好成績が得られた苦土石灰区と苦土石灰＋市販酸化剤区は今回もその効果が持続していることが認められた。その内でも高倉台の苦土石灰区の好成績は注目される。

3. まとめ

今回の研究結果をもとに、青灰粘土層の対応策を検討すると、まず膨軟化する必要がある。しかし大土塊から微小土粒に細分されると亜酸化鉄等の還元物質が酸化されるが、それ自体は好ましいことであるが、多量に含まれている硫黄⁵⁾が酸化されて、多量の硫酸基が形成され、極強酸性土壌になる。この対策として石灰による中和があるが、今回のハツカダイコンを用いた実験結果からは、茶山台の青灰粘土では、これにより標準土壌とそん色ないまでに改良され、2年が経過しても効果は持続するが、高倉台では結果に少しばらつきが見られる（この場合、H以外に生育阻害要因があることを伺わせる）。しかし根の深い樹木での現場試験やさらに長期にわたる pH 値の変化など、実用化に際して課題は残っている。

青灰粘土は採取場所により硫酸基含量に大きな開きがあるため、石灰で中和するに際して、事前に中和石灰量の定量が必要である（この手続きを踏んでいても、高倉台の方は施用石灰量が不足しているので、実用的にはこれらを数回繰り返して好適 pH 値に近付けることになるだろう）。また茶山台の石灰処理をした区の生育の良さは単に pH の適正化だけで説明できるものではなく、この土壌は他の4種に比べてカリが多く、これが好結果をもたらしたものと考えられる。それ故実際面では酸性矯正だけでなく、施肥も含めて検討してみる必要があろう。

改良材として用いた黒曜石パーライトはピートモス共々十分な改良成果は得られなかったが、粘土は一度膨軟

化しても時間とともに目詰まりが起こり、透水、通気が悪くなるため、石灰や酸化剤を添加するとしても、さらにこれを併用すると長期的には好結果をもたらすものと予想される。

参 考 文 献

- 1) (1976): 土地分類図26(京都府), 27(大阪府), 28(兵庫県), 29(奈良県), 30(和歌山県), 国土庁土地局
- 2) 高橋理喜男ほか(1967): 硬質粘土地における植栽方法について, 住宅公団調査研究期報27(Nov.)
- 3) 本間啓ほか(1968): 植栽設計のための基礎的研究(日本住宅公団調査研究報告), 67—272
- 4) 岡本諒明, 谷越隆志(1985): 泉北ニュータウンでみられる第3紀層青灰粘土の植物生育への影響とその改良法について, 昭和60年度造園学会関西支部大会研究発表要旨, 26—27
- 5) (1984): アーバンクボタNo.23(特集—海成粘土と硫化物), 久保田鉄工(株)
- 6) 三井進午ほか(1963): 土壌肥料新事典, 博友社, (p. 183 第3紀土壌)
- 7) 戸刈義次ほか2名(1961): 作物生理講座第3巻, 朝倉書店, 160—178(還元物質の植物への影響)
- 8) 日本大学土壌・肥料・植物栄養学実験書編集委員会編(1981): 土壌・肥料・植物栄養学実験書, 医学研修出版社, (硫酸基の定量法)

Summary: There is a soil which is called by the name of “Sei-kai nendo” (Bluish gray clay), in soils (from the Tertiary) on plateaus around plains of Osaka, Nara, Wakayama and Kyoto in Kinki District, Japan. At some places of the Senboku New Town, surfaces of the soil exposed to turn the land into housing lots about a dozen of years ago go on still being not covered by the vegetation. At such a places, root development and soil weathering were investigated by means of the soil profile survey and soil analysis. As the result, it was judged that it is caused by extremely intensive acid, reduction and compaction of the soil.

The following two effective methods to grow plants on the soil through the growth of *Raphanus sativus* var. *minor* as a phytometer were found through the second experiment for the soil improvement, that is;

- ① to neutralize chemically the intensive acid soil by means of magnesium lime.
- ② to neutralize it by lime and furthermore to oxidize forcedly it by an oxidizing agent on sale.

Weathering the soil for two years was a little effective to improve it.