■ 研究論文

京都市におけるトウカエデ街路樹の根上がりとボーリング調査データからみた土壌条件との関係について

The Relationship between the Incidence of the Pavement/Curb Failure by Street Tree Roots and Soil Conditions of Boring Investigation Data in Urban Area of Kyoto City

瀬古 祥子* 福井 亘*

Sachiko SEKO Wataru FUKUI

Abstract : There is a problem that the roots of street trees lift up and break many pavements and curbs. The purpose of this research is to know the relationship between surrounding conditions and the incidence of the pavement/curb failure by street tree roots in urban area of Kyoto city. We focused on the soil condition as the factors of surrounding conditions and chose trident maple (*Acer buergerianum* Miq.) as the subject. Site of this research is one of the main streets running north-south in Kyoto city. In this case, we used boring investigation data to know general soil condition around street trees. Through this survey, we could know some possible factors of the trouble. For example, the incidence rate in humus soil is highest, and the extent of root growths are influenced by the firmness of soil and groundwater level around planted space. The disadvantage of this research is each result has fuzzy aspects because we didn't carry out the soil investigation directly. However, through this research, we found the boring data has some possibilities to complement a lot of soil investigations to know general soil condition around street trees.

Keywords : Street trees, the pavement/curb failure by tree roots, soil condition, boring investigation data, GIS, Kyoto city

キーワード : 街路樹, 根による舗装や縁石の破損, 土壌条件, ボーリングデータ, GIS, 京都市

1. 背景と目的

街路樹の植栽にあたっては、植栽樹以外の歩道下部や車道下部も街路樹の根系圏と認識して整備する¹⁾ことが推奨されている。しかし、踏圧や根系生長による土壌の圧密化・堅密化や経年的な理化学性の変化、地下埋設物との競合などにより、歩道下部は樹木の生育にとっては厳しい環境となっている^{2)~6)}。また、植樹樹の狭小さも指摘されており、限られた幅と深さで土壌改良が行われた樹内で生育している街路樹の根系が樹体維持や養水分摂取のために樹の外へと伸長し、舗装などに影響をおよぼすという課題を抱えている^{7)~10)}。根系伸長による歩道縁石や舗装の破損発生は根上がりと呼ばれており⁷⁾、これまで、地中を掘削して歩車道下部の根系域と生育状態を調査した研究や、歩道面の破損状況を調査した研究、根上がり対策のための工法の検討などがなされてきた^{4), 7)~13)}。これらの研究からは、歩道の表層部に水平な根の広がりが多いことや胸高周囲長（以下、周囲長）が大きくなるほど根上がりの発生が多くなること、縁石から舗装の持ち上がりへと順に発生し、舗装の種類や樹種によって根上がりの発生に違いがあること、根上がりの生じやすい樹種などが報告されている。また、通行に支障があり緊急性の高い区間や樹木の更新、新規植栽基盤整備にあたって効果的な工法が採用されている事例もみられる。

長期的には根系誘導耐圧基盤などの効果的な工法を広く検討していく対策が望まれる。一方、併せて既存の植栽環境における基盤外的环境条件を検討し、今後の整備にあたっての留意点を検討していく必要があると考えられる。植栽環境の調査としては、植栽基盤直下を掘削することが最も望ましいが、実際に掘削を行った調査では歩道通行の障害となることや樹木自体への負担がかかるため、量的には行うことができない点も指摘されている。

そこで本研究では、建築行為や災害対策のために行われ、地域の地下構造を知ることのできるボーリング調査データの活用を試みた。街路周辺の全般的な土壌条件と街路樹の根上がり発生状況との関連性を検討するとともに、ボーリング調査データによるデー

タ代替の限界とその可能性について検討を行った。

2. 研究方法

(1) 調査対象

調査対象地は紅葉景観創出と落ち葉負担軽減のための剪定方法の導入など、先駆的な街路樹行政がなされている京都市とした¹⁵⁾。調査の対象街路は、図-1に示す、京都市市街地の西部に南北方向に伸びる主要通りである西大路通とした。

本研究では京都市の約49,000本ある街路樹の中で2番目に植栽本数が多く、対象通りにおける樹木更新にあたって新植が行われているトウカエデ (*Acer buergerianum* Miq.) を分析対象とした。最新樹木根系図説¹⁶⁾を参考に、トウカエデの根系の特徴をまとめ、表-1に示した。

図-1 調査対象地（太線表示：西大路通）

*京都府立大学大学院

表－１ 調査対象樹種：トウカエデの根系特性¹⁶⁾

トウカエデ				
根系形態	垂直分布	水平分布	耐堅密性	土性
大径の斜出根 垂下根型	浅根型	中間型	大	砂質～埴質

※耐堅密性：山中式硬度計で指標硬度 24mm 以上に耐えられるもの¹⁶⁾

※土性：根系の動きと生長に適した土壌¹⁶⁾

表－２ 砂質土・粘性土の相対密度・相対稠度

土壌硬度：相対密度・相対稠度				
砂質土		N 値	粘性土	
	非常にゆるい	～5		極軟
	ゆるい	5～10		軟
	中	10～20		中
		20～30		硬
	密	30～		極硬
				N 値
				～2
				2～4
				4～8
				8～15
				15～

写真－１ トウカエデ街路樹の根上がり事例

図－２ 根上りの種類ごとの実測箇所図

（２）調査方法

１）現地調査による街路樹の根上がり発生状況の把握

調査対象通りにおけるトウカエデ街路樹の根上がり発生状況を確認するため、植樹樹の緑石や歩道舗装に破損が生じている街路樹の本数および破損の程度（長さ）、樹木の胸高周囲長、植樹樹の奥行などを実測した。根上りの種類は、植樹樹の緑石がずれているもの、緑石が持ち上がっているもの、歩道の舗装がひび割れているもの、舗装が持ち上がっているもの、根元の上根部分が植樹樹からあふれ出しているもの（緑石の巻き込み）の５種が確認された。本研究では緑石のずれ・持ち上げ、歩道のひび割れ・持ち上げ、根元のあふれ^{8), 9), 14)}などの各種を総称して根上がりとして定義している。写真－１には、歩道のひび割れや根元のあふれ出しが生じている街路樹の事例を示した。これら破損部分の実測箇所を図化し根上りの形態ごとに図－２に示した。緑石のずれの実測については図－２に示したように、緑石の内辺（図中①）からずれが生じた緑石の端部（図中②）までの長さを計測した。緑石の持ち上げについては、歩道面（図中①）から持ち上がった高さ（図中②まで）を計測した。歩道舗装のひび割れと持ち上げについては、緑石の外辺（図中①）からひび割れと隆起箇所の端部（図中②）までの長さを計測した。根元のあふれ出しについては、緑石の内辺（図中①）から上根端部（図中②）までの長さを

計測した。いずれも基準とする隣接の緑石もしくは歩道面から端部にかけて直角方向に計測し、隣接する緑石が歪んでいるなどして基準点とすることが困難な場合は同樹内では歪みが生じていない緑石を基準点とした。なお、地表面に何らかの変化が現れるということは、地下ではすでに圧密な環境となっている可能性がある^{4), 9)}ため、5mm 程度の極めて微細なものであっても、上根の伸長方向にずれ等がみられた場合は計測の対象とした。同じ街路樹から複数のひび割れやずれ、広範囲への持ち上げが生じていた場合は、最大値のみを記録した。調査は 2013 年から 2014 年の夏季にかけて行った。現地調査の際、低木の植え込みが繁茂している箇所や看板類の設置により実測が困難であった箇所は調査対象から除外している。また、以前同じ場所に植樹されていた街路樹の根上りによる破損箇所が補修されていない場合などもあるため、平成 19 年京都市街路樹台帳¹⁷⁾に記録された街路樹の胸高周囲長と樹種を確認し、「平成 19 年の周囲長＜平成 25 年の周囲長」以外の街路樹、および樹種の異なるものは調査対象から除外した。すなわち、平成 20 年に以降に新しく植栽された街路樹が除外されている。

２）資料調査による土壌条件の把握

土壌条件については、関西圏地盤情報データベース（関西圏地盤 DB）¹⁸⁾に記載されたボーリング調査箇所とボーリング柱状図を基に、土質および土壌硬度、地下水位を確認した。

図ー3 GIS上のボーリングおよび街路樹ポイントデータ

図ー4 GIS上のボーリングおよび街路樹ポイントデータ（一部）

土質は、関西圏地盤DBの凡例に基づき、10種類に分類した。土壌硬度は表-2に示した砂質土と粘性土の相対密度と相対稠度としてN値（地盤の標準貫入試験値）を相対化した値を用いた。具体的には、表-2に示した砂質土のN値と粘性土のN値に対応して、砂質土の値4までおよび粘性土の値1は「1」、砂質土の値5,6および粘性土の値2は「2」、砂質土の値7,8および粘性土の値3は「3」、砂質土の値9,10および粘性土の値4は「4」としてデータ入力を行った。地下水位については、柱状図に記載されている数値を解析に用いた。また、柱状図から読み取る深度は、良好とされる必要有効土層¹⁾を参考に地表から土壌深2mまでとした。具体的には、0.5m, 1.0m, 1.5m, 2.0mの土質と硬度を確認した。

3) GISデータベース化

本研究では、地理情報システム（GIS）により調査結果のデータを作成した。街路の基盤となるデータは、国土地理院発行の「数値地図2500」¹⁹⁾であり、GISのソフトウェアは、ESRI社製のArc GIS（Arc View 10.0）である。

実測調査ののち、調査対象範囲の全ての街路樹の位置をGISにてポイントデータとして入力し、ボーリングの位置についても同様にポイントデータとして入力した。また、根上がり発生状況と周辺土壌条件との解析に際して、ボーリング調査の行われた地点は等間隔ではないため、最も近い距離にある100m間隔でグループ化した街路樹のみを抽出し、関連性を確認した。ボーリング調査地点間の距離が広く空いている場合には、中間の地盤の状態を把握することができない。ボーリング調査地点と対応させる、最も近い街路樹の範囲の選択にあたっては、道路事業の地盤調査におけるボーリング地点の間隔の50m～200mの目安を参考として、本調査では100m範囲を用いて検討を試みた。ボーリング調査が通りの東側で行われていた場合には東側歩道の街路樹データを、西側の場合は西側歩道の街路樹データを用いた。

（3）分析方法

統計学的分析にあたっては、いずれもエクセル統計2012（SSRI）を使用し、分散分析および多重比較（Tukey法）、相関行列の作成、無相関の検定を行った。

表－3 西大路通における調査対象樹木植栽箇所の街路環境構成

対象通	東西	植樹樹の構成：％（本数）			植樹樹形状	舗装の構成：％（本数）				歩車道：m			沿道土地利用
		単独樹	連続樹	花壇型	奥行 平均値：cm 中央値：cm	インター ロッキングブロック	アス ファルト	インター ロッキング＋ アスファルト	タイル	歩道幅員 平均値 ±標準偏差	車道幅員 平均値 ±標準偏差	道路の種類	住居地域 近隣商業地域 商業地域
西大路	東側	29.4 (35)	70.6 (84)	0.0	93.4	26.0 (31)	72.3 (86)	0.0 (0)	1.7 (2)	4.1 ± 0.4	19.7 ± 1.5	主要市道	住居 近隣商業・商業
	西側	40.2(45)	59.8 (67)	0.0	85.0	46.4 (52)	53.6 (60)	0.0 (0)	0.0 (0)	4.4 ± 0.5			

※調査対象樹木本数：東側 119 本、西側 112 本、合計 231 本

表－4 トウカエデ街路樹の根上がり発生状況

対象通	東西	根上りの種類別の割合と本数：％（本数）						平均周囲長：cm 平均値±標準偏差
		根上がり計 (各種類間の重複を除く)	根元あふれ	縁石持ち上げ	縁石ずれ	歩道持ち上げ	歩道ひび	
西大路	東側	41.2 (49)	21.0 (25)	16.0 (19)	20.2 (24)	12.6 (15)	5.0 (6)	80.2 ± 31.5
	西側	34.8 (39)	12.5 (14)	15.2 (17)	14.3 (16)	22.3 (25)	12.5 (14)	78.5 ± 32.6
	根上りの 程度	長さ・高さの最大値：cm	25.0	30.0	6.0	75.0	120.0	
		長さ・高さ：cm 平均値 ± 標準偏差	7.7 ± 5.8	3.1 ± 4.8	2.3 ± 1.5	34.7 ± 16.4	82.6 ± 46.5	

※調査対象樹木本数：東側 119 本、西側 112 本、合計 231 本

表－5 西大路通におけるボーリングデータからみた土壌条件（土質）と根上がり発生割合

深度	有効調査 街路樹数	土質割合：％（本数）				土壌硬度相対値 平均値	地下水位 平均値：m
		砂質土・礫	粘土・シルト	有機質土	その他		
0.5m	230	35.2 (81)	32.2 (74)	9.1 (21)	23.5 (54)	4.0	2.5
1.0m	231	42.9 (99)	37.2 (86)	9.5 (22)	10.4 (24)	5.1	
1.5m	226	51.3 (116)	39.8 (90)	4.0 (9)	4.9 (11)	10.3	
2.0m	227	50.7 (115)	40.5 (92)	4.4 (10)	4.4 (10)	14.7	

表－6 西大路通のボーリングデータからみた土質別の植樹樹興行比較

	植樹樹興行平均値 ± 標準偏差：cm	F 値	P 値	多重比較判定
砂質土	98.9 ± 4.9	0.437	0.646	
粘性土	96.5 ± 3.2			
有機質土	105.9 ± 13.3			

表－7 西大路通のボーリングデータからみた土質別の街路樹の胸高周囲長比較

	胸高周囲長平均値 ± 標準偏差：cm	F 値	P 値	多重比較判定
砂質土	78.9 ± 3.3	12.616	0.004	** **
粘性土	73.0 ± 3.4			
有機質土	108.5 ± 4.3			

表－8 西大路通のボーリングデータからみた土質別の街路樹の土壌硬度比較

	土壌硬度平均値 ± 標準偏差：cm	F 値	P 値	多重比較判定
砂質土	1.9 ± 0.1	10.814	0.000	**
粘性土	6.4 ± 1.0			
有機質土	2.4 ± 0.3

図－5 土質別根上がり発生割合（深度 0.5m）

表－9 西大路通におけるボーリングデータからみた土壌条件（土壌硬度）と街路樹の根上りの程度との関連性

深度 0.5m	根元 あふれ	縁石 持ち上げ	縁石 ずれ	歩道 持ち上げ	歩道 ひび	N 値	深度 1.0m	根元 あふれ	縁石 持ち上げ	縁石 ずれ	歩道 持ち上げ	歩道 ひび	N 値
N 値	0.305	-0.233	-0.220	-0.064	-0.514		N 値	0.167	-0.177	-0.226	0.042	-0.315	
胸高周囲長	0.029	0.165	0.392	0.07	0.273	0.108	胸高周囲長	0.331	0.083	0.278	0.122	0.410	0.043
植樹樹興行	0.221	0.089	-0.277	-0.182	-0.340		植樹樹興行	0.061	0.121	-0.298	0.110	-0.377	
深度 1.5m	根元 あふれ	縁石 持ち上げ	縁石 ずれ	歩道 持ち上げ	歩道 ひび	N 値	深度 2.0m	根元 あふれ	縁石 持ち上げ	縁石 ずれ	歩道 持ち上げ	歩道 ひび	N 値
N 値	0.532**	0.075	0.285	-0.165	0.044		N 値	-0.07	0.209	-0.295	-0.385*	-0.384	
胸高周囲長	0.350	-0.029	0.151	0.016	0.222	0.316*	胸高周囲長	0.344	-0.029	0.129	0.013	0.221	0.133
植樹樹興行	-0.210	0.140	-0.164	-0.082	-0.404		植樹樹興行	-0.218	0.139	-0.205	-0.083	-0.430	

（無相関の検定，* p<0.05，** p<0.01）

表－10 西大路通におけるボーリングデータからみた土壌条件（地下水位）と街路樹の根上りの程度との関連性

地下水位	根元あふれ	縁石持ち上げ	縁石ずれ	歩道持ち上げ	歩道ひび
	0.445**	-0.149	0.144	0.047	-0.480

（無相関の検定，* p<0.05，** p<0.01）

図－6 根元のおふれ出しと土壌硬度（深度 1.5m）

図－7 歩道舗装の持ち上げと土壌硬度（深度 2.0m）

図－8 根元のおふれ出しと地下水位

写真－2 街路樹の根元部分の植樹樹からのあふれ出し

3. 結果と考察

（1）街路樹の根上がり発生状況

調査対象とする街路樹は 231 本となり、調査対象通りにおける街路環境構成を表－3、街路樹の根上がり発生状況の結果を表－4 に示した。表－3 をみると、植樹樹形状としては単独樹が東側で約 3 割、西側で約 4 割、連続樹が東側で約 7 割、西側で約 6 割であり、植樹樹の奥行平均長さが 93cm という構成であった。舗装の種類はインターロッキングブロック舗装が東側は約 3 割、西側は約 5 割、アスファルト舗装が東側は約 7 割、西側は約 5 割で、歩道幅員が約 4m の街路環境である。表－4 をみると、トウカエデ街路樹の平均胸高周囲長は東側 80.2cm、西側 78.5cm であり、根上がりの発生割合は東側 41.2%、西側 34.8% であった。根上がりの種類別にみると、根元の上根部分のおふれ出し（縁石を巻き込む）は東側 21.0%、西側 12.5% であり、平均あふれ出し長さは 7.7cm、最大長さは 25.0cm となっていた。縁石の持ち上げは東側 16.0%、西側 15.2% であり、平均長さは 3.1cm、最大

長さは 30cm であった。縁石のずれは東側 20.2%、西側 14.3%、平均長さは 2.3cm、最大長さは 6.0cm であった。歩道舗装の持ち上げは東側 12.6%、西側 22.3%、平均長さ 34.7cm、最大長さ 75.0cm であった。歩道舗装のひび割れは東側 5.0%、西側 12.5%、平均長さ 82.6cm、最大長さ 120.0cm となっていた。歩道舗装の持ち上げやひび割れは 1m 以上の長さに達しているものもみられたが、縁石と歩道舗装の持ち上げおよび縁石のずれなどが全体的に植樹樹の近接部分でみられ、とくに根元の樹外へのあふれ出しはトウカエデに特徴的にみられるものであると報告されており¹⁴⁾、これは表－1 に示した根系特性のうち、垂直分布が浅根型、水平分布が中間型であることが関係しているのではないかと考えられた。

（2）対象通り周辺の土壌条件

本調査では、街路樹の植栽地点での土壌の性質とボーリング調査地点での土壌の性質が同一であるという仮定のもと、検討を行った。調査対象通りにおけるボーリングデータからみた土壌条件の構成割合等を表－5 に示した。土質および土壌硬度は深さ 0.5m ごとに記録されている。調査対象とした 231 本のトウカエデ街路樹のうち、深度によっては柱状図中に記録のないものもあるため、各構成割合は、深度ごとの有効調査街路樹数で土質別の街路樹数を割った値とした。深度 0.5m では砂質土 35.2%、粘性土 32.2%、有機質土 9.1%、その他 23.5% という割合であった。平均土質硬度相対値は 4.0 であった。深度 1.0m では砂質土 42.9%、粘性土 37.2%、有機質土 9.5%、その他 10.4% であり、硬度は 5.1 であった。深度 1.5m では砂質土 51.3%、粘性土 39.8%、有機質土 4.0%、その他 4.9% であり、硬度は 10.3 であった。深度 2.0m では、砂質土 50.7%、粘性土 40.5%、有機質土 4.4%、その他 4.4% であり、硬度は 14.7 であった。調査対象通りの平均地下水位は 2.5m となっていた。

（3）街路樹の根上がりと土壌条件との関連性

図－5 に、最も地表に近いボーリングデータ深度 0.5m における土質別の根上がり発生割合を示した。この図をみると、砂質土での根上がり発生割合は 44.6%、粘性土では 23.3%、有機質土では 71.4% であり、有機質土での根上がり発生割合が最も高いという結果であった。土質ごとの他条件について多重比較（Tukey 法）を行ったところ、表－6 に示したように、植樹樹の奥行には有意な差はみられなかったが、表－7 では、有機質土における平均胸高周囲長が砂質土および粘性土の場合と比較して有意に大きく、これが発生割合の差異につながっていると考えられた。なお、有機質土において平均胸高周囲長が最も大きいという結果については、有機質土での樹木の生育が他の土質よりも良好であることが予想され、他の土質条件との数年間の生長率の差といった観点からの調査が今後必要であると思われる。また、表－8 をみると、有機質土に次いで根上がり発生割合が高かった砂質土では、粘性土と比較して土壌硬度が有意に低い結果が示され、これが発生割合の差異につながっていると考えられた。既往研究²⁰⁾においては、粘性土の場合は、根系の発達が狭く浅いとされている。また、他樹種の苗木を用いた既往研究²¹⁾では、低硬度区の根系がたく活力があり、非常に堅密に分布している状態が観察により認められたと報告している。根系の範囲と土質との関係が、本調査対象の根上がりの発生割合にも影響している可能性が考えられた。

表－9 には、ボーリングデータからみた土壌硬度（N 値）とトウカエデ街路樹の根上がりの程度（長さ高さの実測値）との関係についての検討結果を示した。検討にあたって、100m 範囲ごとの街路樹 1 本 1 本のデータに対して入力した土壌硬度（N 値）との相関係数を算出した。この表をみると、土壌硬度と根上がりの程度に有意な相関がみられたものは、深度 1.5m の土壌硬度と根元のおふれ出し、深度 2.0m の土壌硬度と歩道舗装の持ち上げであった。根元のおふれ出しは 0.532 ($p < 0.01$) の正の相関がみ

られ、歩道舗装の持上げは -0.385 ($p<0.05$) の負の相関がみられた。他条件に関しては、深度 1.5m における土壌硬度と街路樹の胸高周囲長に 0.316 ($p<0.05$) の正の相関がみられた。

表-10 には、地下水位と根上りの程度との関係についての検討結果を示した。この表をみると、地下水位と根元のあふれ出しとの間に 0.445 ($p<0.05$) の正の相関がみられた。

根元のあふれ出しは、植樹樹下および近接した歩道下の土壌硬度が硬いほどその程度が大きくなるという可能性がみられ、これは植樹樹下に根系が伸長しづらく地上部分での樹体維持および過度な肥大生長²²⁾が生じているためではないかと考えられる。写真-2 からは、トウカエデの根元の上根部分が生長し、植樹樹の範囲を超えて歩道舗装のほうへと伸長している様子が確認できる。歩道の持ち上げや歩道のひび割れは、主に水平方向に広がる根系によるものであり、植樹樹外の歩道下の土壌硬度が小さいほどその程度が大きくなる可能性がみられ、これは歩道下で広く伸長しやすいほど根量や根の周囲長も生長するためであるとも考えられた。根元のあふれ出しとの地下水位に正の相関がみられた点は、地下水位の高い環境と比較して、地下水位の低い環境において、根の生長分布が大きい可能性が考えられた。既往研究^{20), 23)}においては、地下水位が高いと直根が地中に入らず、側根が地下水面上に発達し、高木は上長生長を抑制され、樹木生育が阻害されるといわれている。

しかし、図-6 から図-8 の散布図に示したように、いずれについても強い相関関係はみられず、この点は、本調査結果全体がデータ代替としてのボーリング調査データの活用を試みたものであり、街路樹の直下に存在する植栽基盤を直接的に掘削し、詳細な調査を行っていないことが主要因であると考えられる。

一方で、街路樹の根系は土壌改良が行われた植樹樹内のみではなく、その大部分が植樹樹外に生育していたという報告や、根系の発達は表層に多いものの、堅密な下層へも侵入しているという報告がある^{4), 22)}。このことから、今後も、連続的な地下の土質環境として、ボーリング調査データを量的に検討していくことで、一般的な土壌条件の把握につながっていく可能性が考えられた。

3. おわりに

本研究では、多点では行われにくい掘削調査による土壌調査結果を、建築行為や災害対策のために行われるボーリング調査の結果によって補完することを試みた。

このボーリング調査データからみた各種土壌条件とトウカエデ街路樹の根上がり発生状況との関連性を検討した結果、本対象地においては、土質別にみると有機質土、砂質土、粘性土の順に根上がり発生割合が高い結果となった。土壌硬度との関係については、根元のあふれ出しの項目は土壌硬度と正の相関がみられ、歩道舗装の隆起の項目は土壌硬度と負の相関がみられ、これは、根系の垂直分布および水平分布との関連性が考えられた。地下水位との関係については、根元のあふれ出しの項目と負の相関がみられ、これは地下水位が低いほど根の生長が大きい可能性が考えられた。しかし、いずれについても強い相関関係はみられず、この点は、本調査がデータ代替としてのボーリング調査データの活用を試みたものであり、街路樹の直下の植栽基盤を直接的に掘削調査していないことが主要因であると考えられる。一方、こうした代替の限界があるなかで、土壌条件と街路樹の根上りの関係についての知見とその可能性がみられ、量的には得られない掘削調査の補完機能としての、今後の検討の必要性も示された。加えて、ボーリングデータは街路樹に対して調査データ数が限られるため、今後、同樹種もしくは同様の根系特性をもつ他樹種での詳細な検討が必要であると思われる。

また、本調査では京都市および全国での植栽本数上位種である

浅根性のトウカエデを用いたが、市内および全国での植栽本数第 1 位のイチョウや、サクラ、ケヤキといった他の上位種の検討や、根上がりによる歩道破損の大きさおよび対策の必要性といった観点からの検討が今後の課題である。

さらに、本調査において、街路樹および土壌条件の調査結果を地理情報システム (GIS) を用いてデータベース化した点については、各街路樹とボーリングデータとの位置関係の把握や各データ同士の対応化に役立てることができた。今後、積層データとしての街路樹の長期的な維持管理への活用へ向けても有用であると考えられる。

謝辞：本研究の遂行にあたり、京都市動物園長片山博昭様、同建設局岩村謙次様には資料のご提供や調査へのご助言をいただき、大変お世話になりました。関西圏地盤情報ネットワーク様、学術研究協力としてデータベースをご提供いただき、誠にありがとうございました。ここに御礼申し上げます。

補注及び引用文献

- 1) 中島宏 (2012)：道路植栽の設計・施工・維持管理－安全な街路樹・危険な街路樹：財団法人経済調査会, 77, 80, 120
- 2) 小沢知雄・川上忠夫・北沢清・萩原信弘・近藤三雄・市村匡史 (1975)：街路樹の生態に関する基礎的研究－街路樹の生育状況と根圏樹土壌状態との関係について－：造園雑誌 39(1), 23-34
- 3) 大貫直子・松本聰 (1992)：街路樹のおかれている土壌環境：造園雑誌 56(1), 39-44
- 4) 岩田彰隆・木田幸男・甲野毅・菊住昇 (1996)：ケヤキ街路樹の根系生長が歩道に与える影響：ランドスケープ研究 59(5), 49-51
- 5) 高橋輝昌・及川尚美・岡田悠・小林達明 (2008)：千葉県松戸市の街路樹の生育と植栽基盤の理化学的性質の関係：日緑工誌, 技術報告 34(1), 231-234
- 6) 飯塚康雄 (2009)：街路樹の根系と植栽基盤の現況：日緑工誌 35(2), 262-266
- 7) 管尚子 (2009)：街路樹の根上がり対策事例（歩行者にも樹木にもやさしく）, 日緑工誌 35(2), 267-270
- 8) 大川秀雄・栗原翔真 (2007)：植物による歩道舗装の破壊に関する検討, 舗装, 42(7), 21-24
- 9) 久保光 (2009)：県内街路樹の根上がり調査：福井県雪対策・建設技術研究所, 年報地域技術, 22, 59-63
- 10) 岡田隼人 (2011)：神戸市内の街路樹の根上がり実態と街路舗装被害の調査：兵庫県立淡路景観園芸学校平成 22 年度受託研究報告書, 15-2522
- 11) 野島義照・田中克奉・永石憲道・児玉可奈子・三谷康彦・木田幸男 (2011)：4 種類の根系誘導耐圧基盤におけるクスノキ根系の生育特性：日緑工誌 36(3) 431-437
- 12) 久保光・乾義明・佐治健介 (2009)：道路緑化樹木の生育による歩道舗装の破壊対策（防止）に関する試験研究その 2：福井県雪対策・建設技術研究所年報「技術」, 22, 64-67
- 13) 松江正彦・飯塚康雄 (2008)：樹木の根上がり対策に関する調査 www.nilim.go.jp/lab/ddg/seika/nendopdf/814.pdf, www.nilim.go.jp/lab/ddg/seika/nendopdf/711.pdf
- 14) 瀬古祥子・福井巨・水島真 (2015)：京都市における街路樹の根上がり植樹樹, 舗装, 日照条件との関係について：ランドスケープ研究 78(5), 501-504
- 15) 京都市・京都市造園建設業協会 (2013)：京都市近代街路樹 100 周年記念誌, 79pp
- 16) 菊住昇 (2011)：最新 樹木根系図説各論：誠文堂新光社, 691
- 17) 京都市 (2007)：平成 19 年度街路樹台帳, 京都市
- 18) 関西圏地盤情報データベース 2015 年度, <http://www.kg-net2005.jp/db01.html>
- 19) 国土地理院 (2002)：数値地図 2500 (空間データ基盤) 近畿-2, 国土地理院, CD-ROM
- 20) 新田伸三 (1975)：環境緑地②- 植栽の理論と技術：鹿島出版会, 59-73, 200-229
- 21) 北村文雄・野田坂伸也 (1974)：造園樹木の生長におよぼす土壌硬度の影響：造園雑誌 38(4), 32-37
- 22) 菊住昇 (2011)：最新 樹木根系図説総論：誠文堂新光社, 499
- 23) 森本幸裕 (1985)：緑地における樹木生育基盤に関する研究：京都大学博士論文, 150, pp160

(2016.4.29 受付, 2017.9.20 受理)