

京都市における街路樹の根上がりと植樹樹、舗装、日照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 Surrounding Conditions in Urban Area of Kyoto City

瀬古 祥子* 福井 亘* 水島 真**

Sachiko SEKO Wataru FUKUI Makoto MIZUSHIMA

Abstract: Street trees have some problems. One of these problems is street tree root growths that rift 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 some kinds of planting plots and pavements, the solar radiation as the factors of surrounding conditions and chose three species of street trees: maidenhair tree, trident maple and tulip tree. Sites of this research were some main streets running north-south in Kyoto city. In this case, a type of street trees that Maidenhair tree and trident maple planted in short planting plots on asphalt pavement have the high rate of incidence of the pavement/curbs failure by tree roots in Kyoto city. In addition, relatively wide roads have a low incidence of the pavement/curb failure, whereas the incidence on narrow roads is relatively high. Meanwhile, the solar radiation as the factors of surrounding conditions barely has influence on the rate of common short planting plots and common long planting plots.

Keywords: Street trees, the pavement/curb failure by tree roots, solar radiation, GIS, Kyoto city

キーワード: 街路樹, 根による舗装や縁石の破損, 日照, GIS, 京都市

1. 背景と目的

街路樹に関わる課題のひとつとして、植樹基盤と歩道環境の現状が挙げられる。都市に潤いをもたらす街路樹の生育を支えるのは地下の根系であるが、それらは限られた幅と深さで土壌改良が行われた植樹樹内に生育していることが多い。地上部の生長に伴い、樹体維持や養水分摂取のために根系が植樹樹の外へと伸長し、舗装などに影響をおよぼすという課題を抱えている¹⁻⁵⁾。これらは「根上がり」と呼ばれており、例として歩道の舗装や縁石が持ち上げられ、破損するなどの状況がみられ⁶⁾、市民や街路樹剪定を行う業者からも問題点として指摘されている⁷⁾。対策として、樹木に対して負荷の少なく、且つ根上がりに対して効果的な工法が検討されている⁸⁻¹⁰⁾。

これまでの自治体による対応例として、横浜市では、市民の愛着度や歩道破損被害の程度など独自の項目を検討し、緊急性の高い路線について修復を進めてきた⁹⁾。しかし、直ちに全ての街路樹を改修の対象とすることは難しい現状にある⁶⁻⁹⁾。

根上がりの発生は、樹木の健全な生長にとっても、人の歩道環境にとっても共通の課題である。歩道の凹凸によってベビーカーなどでの通行に障害がおきるなど、安全面の課題についても指摘されている¹⁾。長期的には効果的な工法を採用するなどの根本的な解決が望まれるが、今後の整備にあたって他の留意すべき環境条件を検討しておく必要があると考えられる。これまでに、街路樹の地中を掘削した調査^{9,11,12)}からは、歩道の表層部に水平な根の広がりが多いこと、縁石と舗装の根上がり状況を実測した調査^{9,13-16)}からは、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、植樹樹が小さいほど根上がりが発生しやすいことが報告されている。加えて、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と報告されている。しかし、これまでに植樹樹と舗装の各種の組み合わせという視点から根上がりの発生の傾向を研究したものはみられない。また、

街路樹の生育に関わる要素の一つとして、主要道に面した建築物によって影響を受ける日照条件がある。南北に伸びる通りにおける街路樹の生育状況について樹冠や枝張りを調査した研究¹⁷⁾では、日照条件が樹木の健全度に影響を与えていることを明らかにしている。しかし、日照条件と根上がりの発生との関係について言及した研究はみられない。そこで本研究では、植樹樹、舗装の種類に環境要因の一つである日照条件を加え、街路樹の根上がり発生との関連性を探ることを目的とした。

2. 研究方法

(1) 調査対象

対象地は美しい紅葉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、近代的な街路樹が植栽されてから2012年に100周年を迎えた京都市とした¹⁸⁾。調査の対象街路は、図-1に示す、西大路通、千本通、堀川通、烏丸通、下鴨本通・河原町通、東大路通、白川通の計7本の京都市中心部を南北に伸びる主要通りである。

本研究では京都市の約49,000本ある街路樹の中で上位2種¹⁸⁾であるイチヨウ (*Ginkgo biloba* L.) とトウカエデ (*Acer buergerianum* Miq.)、そして京都における初めての近代的な街路樹として植栽され、現在再び新植が行われている¹⁸⁾ユリノキ (*Liriodendron tulipifera* L.) の3種の陽樹を分析対象とした。最新樹木根系図説¹⁹⁾を参考に、イチヨウとトウカエデ、ユリノキのそれぞれの根系の特徴をまとめ、表-1に示した。

(2) 調査方法

1) 街路および植樹樹について

調査対象街路における、植樹樹の種類、舗装の種類、歩道幅員、車道幅員を実測および資料により調査した。調査は2014年5月から7月にかけて行った。植樹樹の種類については図-2に示した。

2) 街路樹の根上がりについて

街路樹の根上がり発生状況を把握するため、縁石や舗装に破損が生じている街路樹の本数を調査した。根上がりの種類は、根元

*京都府立大学大学院生命環境科学研究科

**京都市役所

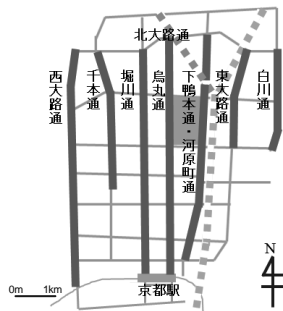


図-1 調査対象通り位置図



図-2 植樹柵の種類

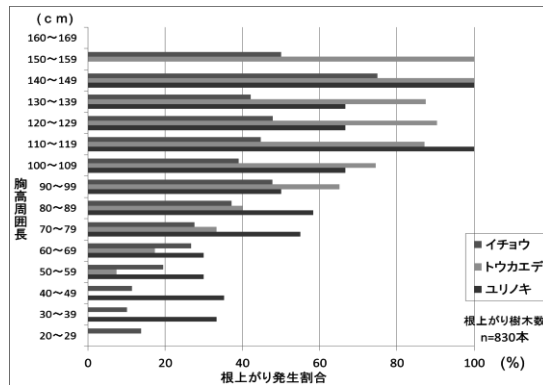


図-3 樹種別、周囲長別の根上がり発生割合
表-1 調査樹種の根系の形態

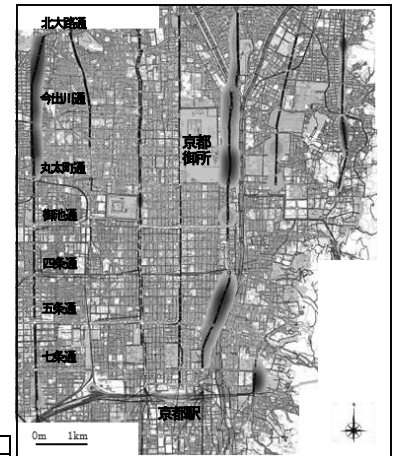


図-4 根上がり発生密度分布

の上根部分が植樹柵からあふれ出しているもの、植樹柵の縁石がずれているもの、縁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の5種が確認された。本研究では根元のあふれ、縁石のずれ・持ち上げ¹⁵⁾、歩道のひび割れ・持ち上げ¹⁵⁾などの各種を総称して根上がりと定義した。樹木の基本情報として街路樹の周囲長も計測した。調査は2013年5月から7月にかけて行った。

なお、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た。また、以前同じ場所に植樹されていた街路樹の根上が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²⁰⁾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。

3) GISデータベース化と根上がり発生密度の可視化

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」²⁰⁾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。実測調査のうち、調査対象範囲の全ての街路樹の位置と根上りの各項目をGISにてポイントデータとして入力した。根上がりが発生している街路樹を標本点とし、その分布をカーネル密度 (Kernel Density) を用いて可視化した。

4) 年間累積日射量について

まず、調査対象の通り沿いにある建築物の階数を全て調査し、GISデータ化した。次に、この建築物の高さ情報を加えてGISのSpecial Analystツールを用いた日射量解析²²⁾により、全ての街路樹に対しての1年間の累積日射量 (WH/m²) を算出した。今回は街路樹の植栽間隔を超えない範囲を考慮し、5mメッシュのデータを用いた。5m×5mのエリアごとに算出される日射量をそのエリア上の街路樹の受ける日射量とした。

3. 結果

(1) 街路および植樹柵について

植樹柵の種類 (単独柵・植樹帯・花壇型)、舗装の種類 [インターロッキングブロック・アスファルト・方形タイル (300mm×300mm以上の平板)], 歩道幅員, 車道幅員について、各通りでの構成を表-2に示した。

(2) 街路樹根上りの現状について

調査対象とした3樹種の有効樹木調査数は2340本 (70.0%) であり、イチョウが1831本と最も多く、次いでトウカエデが345本、ユリノキは164本であった。各3樹種について周囲長別の根上がり発生割合を図-3に示した。この図から、イチョウは周囲長

90cmまでは周囲長が大きくなるほど根上りの生じる割合が高くなり、90cmを超えると割合が一定になる傾向がみられた。トウカエデは周囲長が大きくなるほど根上りの生じる割合が高くなる傾向がみられ、ユリノキは同様の傾向がみられるものの、周囲長の増加に伴う根上がり発生割合の増減にばらつきがみられた。

各通りでの根上りの種類別の発生割合を表-2に示し、街路樹調査総数および根上がり樹木数、樹種別内訳を表-3に示した。表-2~5に記載した根上りの欄は各状態間の重複を除いた合計数を意味している。根上がりは歩道側のみでなく、植樹柵の四方に何らかの根上がりが生じているものの合計数であり、根元のあふれなどの個別項目については歩道側方向のみの記録となっている。

表-3をみると根上がりが生じている街路樹の割合が高い通りは、西大路通東側の55.6% (94本)、次いで千本通西側の49.4% (44本)、西大路通西側の44.9% (79本)であった。これに対して、根上がりが生じている街路樹の割合が低い通りは東大路通西側の9.4% (11本)、次いで堀川通東側の14.7% (10本)、堀川通西側の15.0% (22本)であった。また、図-4にカーネル密度を用いて視覚化した、根上りの生じている街路樹の密度分布を示した。この図をみると河原町通の京都御所東側周辺と四条通から五条通間、西大路通の北大路通から丸太町通間において、根上りの密度が特に高い傾向を示している。

(3) 街路樹の根上がりと日照条件との関連性について

日射量別の根上がり発生割合については図-5に示した。トウカエデに関しては年間累積日射量20000~55000WH/m²間において日射量が多くなるほど根上がり発生割合が高くなる傾向がみられるが、イチョウとユリノキについてはその傾向はみられなかった。

根上がりが生じている街路樹と生じていない街路樹の受ける年間累積日射量を比較するため、t検定を行った結果を表-4に示した。なお、今回の検定を行うにあたっては、樹種、植樹柵・舗装の種類という組み合わせを統一したが、根上りの発生要因には多くの要素があり、本来そのすべてを検討項目に含める必要がある。今後、本調査の類型に土壌条件といった要素を加えていき、要因の純化を図っていくことが必要である。また、根上りの生じている街路樹と生じていない街路樹が可能な限り同一の周囲長のサンプル同士となるよう、周囲長についてもt検定を行い、有意な差がない範囲の街路樹を抽出した。図-3において3樹種ともに根上がり発生割合が約5割である90cm~99cmを起点に80cm、100cmと加えていき、根上がりが発生しているサンプルと、発生していないサンプル同士で周囲長に有意な差がない範囲を抽出した。その結果、歩道面から段差のある植樹柵 (花壇型) で周辺の舗装がインターロッキングという環境のイチョウでは、根上りの生じている街路樹と生じていない街路樹の受ける日射量に有意な差

表-2 通り別の植樹樹と歩道舗装構成・根上がりの種類別の発生割合

通り名	東西	植樹樹の構成 (%)				舗装の構成 (%)				歩車道 (m)			沿道土地利用	住居地域 近隣商業地域 商業地域	根上がりの種類別の割合と本数:% (本数)							平均周囲長 (cm) 平均 土壌幅員
		単独樹	連続樹	花壇型	インターロッキング ブロック	ア ス フ ルト	インターロッキング ア ス フ ルト	タイル	歩車道: 平均 土壌幅員	車道: 平均 土壌幅員	道路の種類	根上り計 (各種類の 樹種を除く)			根元あふれ	緑石持ち上げ	緑石すれ	歩道持ち上げ	歩道ひび			
西大路	東側	14.2	85.8	0.0	37.9	62.1	0.0	0.0	4.1±0.4	19.7±1.5	主要市道	住居 近隣商業・商業	55.6 (94)	20.1 (34)	29.0 (49)	25.4 (43)	28.4 (48)	13.0 (22)	91.0±31.3			
	西側	18.2	81.8	0.0	47.2	52.8	0.0	0.0	4.4±0.5	19.7±1.5	主要市道	住居 近隣商業・商業	44.9 (79)	13.1 (23)	24.4 (43)	21.6 (38)	26.7 (47)	10.2 (18)	83.2±30.8			
千本	東側	100	0.0	0.0	98.2	0.0	0.0	1.8	2.9±0.5	15.6±3.0	一般市道	近隣商業・商業	42.0 (47)	0.0 (0)	12.5 (14)	0.0 (0)	0.0 (0)	90.5±21.5				
	西側	87.6	12.4	0.0	91.0	0.0	0.0	9.0	3.8±2.6	15.6±3.0	一般市道	近隣商業・商業	49.4 (44)	10.1 (9)	0.0 (0)	0.0 (0)	6.7 (6)	85.0±24.6				
堀川	東側	60.3	39.7	0.0	100	0.0	0.0	5.1±1.4	30.9±7.3	主要市道	主要市道・国道	14.7 (10)	0.0 (0)	4.4 (3)	0.0 (0)	5.9 (4)	0.0 (0)	69.0±34.2				
	西側	21.8	78.2	0.0	78.2	12.2	9.5	0.0	5.5±1.0	30.9±7.3	一般市道・国道	近隣商業・商業	15.0 (22)	0.0 (0)	0.7 (1)	2.0 (3)	1.4 (2)	0.0 (0)	82.9±29.2			
烏丸	東側	97.4	0.0	2.6	68.3	31.7	0.0	0.0	3.9±0.3	19.2±2.0	一般市道	住居 近隣商業・商業	35.4 (67)	0.0 (0)	14.8 (28)	1.1 (2)	3.7 (7)	1.1 (2)	65.3±26.2			
	西側	93.2	0.4	0.4	72.3	27.7	0.0	0.0	3.5±0.5	19.2±2.0	一般市道	住居 近隣商業・商業	21.3 (53)	0.4 (1)	6.4 (16)	0.4 (1)	5.2 (13)	10.0 (25)	68.3±25.5			
下鴨本 河原町	東側	41.2	46.7	12.1	98.1	0.0	0.0	1.9	3.7±0.7	17.8±2.7	一般市道	住居 近隣商業・商業	44.6 (144)	0.6 (2)	22.6 (73)	4.3 (14)	15.8 (51)	0.3 (1)	85.6±24.4			
	西側	44.0	43.4	12.6	95.0	0.0	0.0	5.0	3.6±1.0	17.8±2.7	一般市道	住居 近隣商業・商業	42.9 (153)	1.1 (4)	23.0 (82)	2.2 (8)	13.4 (48)	0.3 (1)	87.9±22.4			
東大路	東側	9.8	90.2	0.0	97.7	2.3	0.0	0.0	4.5±0.7	18.3±2.3	一般市道	住居 近隣商業・商業	17.3 (23)	0.0 (0)	6.0 (8)	1.5 (2)	9.8 (13)	0.0 (0)	56.2±14.0			
	西側	12.8	87.2	0.0	95.7	4.3	0.0	0.0	4.1±1.5	18.3±2.3	一般市道	住居 近隣商業・商業	9.4 (11)	0.0 (0)	4.3 (5)	0.9 (1)	1.7 (2)	2.6 (3)	53.1±12.8			
白川	東側	100	0.0	0.0	71.3	28.7	0.0	0.0	3.1±0.3	17.3±2.1	一般市道	近隣商業	41.7 (48)	0.0 (0)	7.8 (9)	2.6 (3)	3.5 (4)	0.9 (1)	100.2±17.7			
	西側	100	0.0	0.0	72.9	25.0	0.0	2.1	3.2±1.5	17.3±2.1	一般市道	近隣商業	36.5 (35)	0.0 (0)	11.5 (11)	3.1 (3)	7.3 (7)	5.2 (5)	103.9±21.7			

表-3 各通りの全数および根上がり街路樹数

通名	東西	区分	3種類 % (本数)	本数の樹種別内訳:割合 % (本数)		
				イチョウ	トウカエデ	ユリノキ
西大路	東側	全数	(169)	(0)	(169)	(0)
	根上がり木	56.6 (94)	0 (0)	55.6 (94)	0 (0)	
千本	東側	全数	(176)	(0)	(176)	(0)
	根上がり木	44.9 (79)	0 (0)	44.9 (79)	0 (0)	
堀川	東側	全数	(112)	(112)	(0)	(0)
	根上がり木	42.0 (47)	42.0 (47)	0 (0)	0 (0)	
烏丸	東側	全数	(89)	(89)	(0)	(0)
	根上がり木	49.4 (44)	49.4 (44)	0 (0)	0 (0)	
下鴨本 河原町	東側	全数	(68)	(68)	(0)	(0)
	根上がり木	14.7 (10)	14.7 (10)	0 (0)	0 (0)	
東大路	東側	全数	(147)	(147)	(0)	(0)
	根上がり木	15.0 (22)	15.0 (22)	0 (0)	0 (0)	
白川	東側	全数	(189)	(103)	(0)	(86)
	根上がり木	35.4 (67)	41.7 (43)	0 (0)	27.9 (24)	
下鴨本 河原町	東側	全数	(249)	(171)	(0)	(78)
	根上がり木	21.3 (53)	5.8 (10)	0 (0)	55.1 (43)	
東大路	東側	全数	(323)	(323)	(0)	(0)
	根上がり木	44.6 (144)	44.6 (144)	0 (0)	0 (0)	
白川	東側	全数	(357)	(357)	(0)	(0)
	根上がり木	42.9 (153)	42.9 (153)	0 (0)	0 (0)	
東大路	東側	全数	(133)	(133)	(0)	(0)
	根上がり木	17.3 (23)	17.3 (23)	0 (0)	0 (0)	
白川	東側	全数	(117)	(117)	(0)	(0)
	根上がり木	9.4 (11)	9.4 (11)	0 (0)	0 (0)	
東大路	東側	全数	(115)	(115)	(0)	(0)
	根上がり木	41.7 (48)	41.7 (48)	0 (0)	0 (0)	
白川	東側	全数	(96)	(96)	(0)	(0)
	根上がり木	36.5 (35)	36.5 (35)	0 (0)	0 (0)	

がみられたが(t=3.44 **, <0.01), それ以外ではすべて有意な差はみられなかった。

そこで、表-5に示したように、インターロッキング舗装で花壇型植樹柵に植栽されているイチョウについて根上がりの種類別割合を確認した。この表をみると、縁石のすれの発生割合が他の根上がりの種類に比べて高い値であった。また、インターロッキング舗装のイチョウの縁石のすれという項目のうち、単独柵は0.3%、連続柵は0.5%、花壇型は20.2%となっており、単独柵および連続柵と比べても花壇型の縁石のすれの発生割合が高いという特徴がみられた。つづけてインターロッキング舗装のイチョウに着目して表をみると、単独柵と連続柵では縁石の持ち上げに次いで歩道の持ち上げの発生割合が高い傾向であった。単独柵と連続柵、舗装に関して項目比較のできるイチョウとトウカエデに着目する。イチョウ・インターロッキング舗装の場合の単独柵での根上がり割合は42.8%、連続柵は25.9%、イチョウ・アスファルト舗装の場合の単独柵では63.3%、連続柵は40.0%、トウカエデ・インターロッキング舗装の場合の単独柵では66.7%、連続柵は28.0%、トウカエデ・アスファルト舗装の場合の単独柵では73.9%、連続柵は66.9%であった。いずれも単独柵での根上がり発生割合のほうが高く、舗装については、アスファルト舗装での根上がり発生割合が高い傾向にあった。ユリノキではインターロッキング舗装のサンプル数が2サンプルのみと少ないため比較はできなかった。

4. 考察

通り別の根上がり発生状況について、図-4に示したように西大路通の北大路通から丸太町通間での根上がり発生密度が高く示されているのは、図-3において根上がり発生割合が7割を超える平

表-4 根上がりの有無別の日射量比較

樹種	舗装	根上がり	本数	幹周 (cm)	幹周 t検定	日射量 平均(WH/m)	日射量 t検定
イチョウ	インターロッキング	あり	250	80~160	t=1.10	36508	t= 0.17
		なし	334			36624	
	アスファルト	あり	38	80~140	t=1.78	38979	t= 0.17
		なし	22			38696	
トウカエデ	インターロッキング	あり	17	30~110	t=0.08	36660	t= 0.64
		なし	19			36273	
	アスファルト	あり	104	60~150	t=0.88	38912	t= 0.74
		なし	297			37563	
ユリノキ	インターロッキング	あり	6	50~120	t=1.24	38612	t= 1.57
		なし	9			36891	
	アスファルト+*	あり	4	60~120	t=0.07	35117	t= -0.83
		なし	6			29980	
花壇型	インターロッキング	あり	66	30~120	t=1.63	22287	t= 3.44**
		なし	18			40424	
	アスファルト	あり	4	60~100	t=1.07	43516	t= 1.56
		なし	12			40036	
単独柵	インターロッキング	あり	13	80~120	t=1.30	43516	t= -0.91
		なし	2			48006	
	アスファルト	あり	28	70~150	t=1.77	42261	t= 0.001
		なし	11			42264	
連続柵	インターロッキング	あり	36	40~90	t=1.85	46436	t= -1.56
		なし	14			42882	
	アスファルト	あり	1				
		なし	1				

(* <0.05, ** <0.01)
※インターロッキングブロック舗装とアスファルト舗装が混在して樹種一致している部分

表-5 歩道環境別根上がり割合

根上がり計 (各種類の 樹種を除く)	根上がりの種類別割合% (本数)				
	根元あふれ	緑石 持ち上げ	緑石 すれ	歩道 持ち上げ	歩道 ひび
42.8 (250)	1.4 (8)	17.0 (99)	0.3 (2)	0.3 (2)	0.3 (2)
63.3 (38)	0.0 (0)	11.7 (7)	8.3 (5)	8.3 (5)	0.0 (0)
47.2 (17)	0.0 (0)	11.1 (4)	0.0 (0)	5.6 (2)	0.0 (0)
25.9 (104)	1.2 (5)	16.5 (66)	0.5 (2)	0.0 (0)	0.0 (0)
40.0 (6)	0.0 (0)	6.7 (1)	13.3 (2)	0.0 (0)	0.0 (0)
30.8 (4)	0.0 (0)	10.7 (9)	20.2 (17)	0.0 (0)	0.0 (0)
78.6 (66)	0.0 (0)	33.3 (2)	0.0 (0)	0.0 (0)	0.0 (0)
66.7 (4)	0.0 (0)	33.3 (2)	0.0 (0)	0.0 (0)	0.0 (0)
73.9 (36)	25.0 (46)	38.0 (70)	35.3 (65)	18.5 (34)	0.0 (0)
28.0 (30)	14.0 (15)	16.8 (18)	0.0 (0)	0.0 (0)	0.0 (0)
66.9 (121)	19.9 (36)	35.4 (64)	40.3 (73)	18.8 (34)	0.0 (0)
50.0 (1)					
45.3 (53)	0.0 (0)	12.0 (14)	1.7 (2)	21.4 (25)	0.0 (0)
0 (0)					

表-5の行は表-4の樹種・樹・舗装と対応している

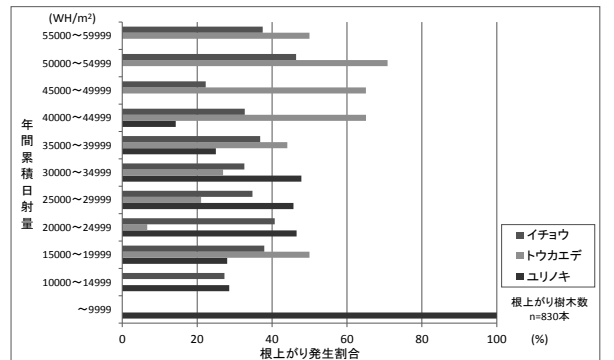


図-5 日射量別、樹種別の根上がり発生割合

均胸高周囲 103cm のトウカエデが単一植栽されているためであると考えられる。西大路通の丸太町通以南は、調査対象外の樹種との混植となっている。表-2より、西大路通における平均周囲長は東側 91.0cm 西側 83.2cm であり、白川通(イチョウ単一植栽)では東側 100.2cm 西側 103.9cm であった。両通りを比較すると、西大路通のほうが歩車道幅員は東西歩道 4.1m, 4.4m, 車道 19.7m と広いが、根上がり率が東側 55.6%、西側 44.9%と大きい。トウカエデは根上がりの各種類についても他2樹種の通りよりも比較的高い根上がり発生割合が高く、とりわけ根元あふれが東側 20.1%、西側 13.1%と特徴的に表れていた。表-1に示した根の形態をみると、浅根型であり、これが根元あふれ発生の一要因として考えられる。

西大路通に次いで根上がり割合の高い千本通については、表-2をみると、歩車道幅員が東西歩道平均 2.9m, 3.8m, 車道 15.6m と対象通の中で最も狭く、単独樹東側 100%、西側 87.6%とインターロッキング舗装東側 98.2%、西側 91.0%を中心とした通りであった。前述の白川通と比較して平均周囲長は東側 90.5cm、西側 85.0cm と小さいが、歩車道の狭さが主要因と考えられる。

根上がり発生割合の低かった東大路通は、平均周囲長が東側56.2cm、西側53.1cmと最も小さく、これが主要因であると推察され、連続柵東側90.2%、西側87.2%とインターロッキング舗装東側97.7%、西側95.7%を中心とした通りであった。これは、表-5に示した、連続柵・インターロッキング舗装での根上がり発生割合が低いという対象全体の傾向と一致している。また、根上がり対策の一つとして、土地利用上分断される場合があるが、連続した植樹帯とすることが望ましいと提言されている²⁹⁾。表-5の、単独柵と連続柵の根上がり発生割合に違いがみられたという結果は、イチョウとトウカエデを含む16種の街路樹調査を行った研究⁹⁾での単独柵と連続柵の障害率に差がなかったという結果とは異なるものであった。共通する調査対象の樹種はイチョウ、トウカエデであったが、舗装や他の環境の違いによる影響と考えられる。

次に根上がり発生割合の低い堀川通りは、歩車道幅員が東西歩道平均5.1m、5.5m、車道30.9mと最も広く、この点が主要因であると推察された。植樹柵は単独柵東側60.3%、西側21.8%、連続柵東側39.7%、西側78.2%と連続柵の割合が高く、インターロッキングブロック舗装東側100%、西側78.2%を中心とした通りであった。インターロッキングとアスファルトの違いとして、表-5をみると、縁石の持上げと歩道の持上げは両舗装にみられるのに対し、縁石のずれと歩道のひびはアスファルト舗装に特徴的にみられた。アスファルト舗装における根上りの種類の多さが、各種間重複を除く根上りの合計数にも反映されていると考えられる。

根上がり発生密度に関して、図-4に河原町通の四条通から五条通間での密度が高く示されているのは、表-5に示した根上がり発生割合が8割に近い花壇型の植樹柵が用いられている区間であることが理由として推察される。表-5のイチョウ・インターロッキング舗装の各項目をみると、花壇型の縁石のずれが20.2%と比較的高い割合を示している。これは、花壇型が、歩道面から段差がなく地中にある単独柵や連続柵に比べて、柵の外側からの圧力がない形状であるためと考えられる。根上りの生じている街路樹と生じていない街路樹の受ける日射量について、表-4に示したように植樹柵および舗装と周囲長の組合せごとにt検定を行った結果、唯一、イチョウ・花壇型・インターロッキングというパターンにおいて根上りの生じている街路樹の方で日射量が有意に多かった。既往研究²⁰⁾において、根量は胸高断面積との相関が大きいとされているが、前述の有意差から、同程度の周囲長の街路樹においても、日射量が多いものの方が根の分布が大きいのではないかと考えられた。しかし、今回の日射量の有意差が根系の生長にとって影響のある差か否かという点については断定できない。また、今回は本調査対象における数年間の「根の生長率」についての調査データが無く、現在の街路樹の大きさを統一するという視点のみではなく、数年間の生長率という視点から、今後、周囲長および根の生長率との関係についての検討が必要である。図-5をみると、日射量別の根上がり発生割合には明確な傾向が見られなかったことから、日照条件は様々な環境要素のなかで根上がり発生への直接的な影響力は小さいことが推測される。

つづけて表-5のイチョウ・インターロッキングブロック舗装の場合とトウカエデ・インターロッキングブロック舗装の場合に着目すると、いずれも縁石の持上げ割合が最も高いという既往研究^{9,16)}と同様の結果であった。縁石の持上げについては、街路樹の根が縁石に沿って伸長し、土壌との間に生じる空隙に入って伸長していることが確認されている^{11,25)}。舗装の持上げとひび割れに関しては、既往研究によって発生割合の順が異なっている。

舗装については、イチョウとトウカエデのアスファルト舗装での根上がり発生割合が高かった。大川ら¹⁵⁾の研究においては、たわみ性のアスファルト舗装よりも剛性のコンクリート舗装での根上がり発生割合が低いという結果を報告している。中山ら¹⁶⁾の研

究では、密粒度舗装、ブロック舗装、透水性舗装の順に根上がり発生割合が高いと報告している。本研究では密粒度と透水性に区別せず調査を行ったため、既往研究との比較をすることができず、今後はアスファルトの種類にも着目することが課題である。

街路樹の大きさについては、図-3に示した周囲長が大きくなるほど根上りの発生割合が高くなるというトウカエデの結果と、ある程度の周囲長に達すると発生割合が一定になるというイチョウの結果は、周囲長が大きくなるにつれ被害発生樹木率も高くなる傾向にあるが、一定の周囲長に達すると減少に転じるという既往研究¹³⁻¹⁶⁾の報告と類似していた。

本研究では、植樹柵と舗装の種類を組み合わせることで街路樹の根上がり発生状況を照らし合わせるとともに、日照条件と根上がり発生との関連性について検討した。その結果、対象通り別に見ると根上りの発生割合は通りの歩車道幅員、樹種、周囲長に影響を受けているとともに、通り別および対象街路樹全体としてみると、単独柵・インターロッキングブロック舗装の場合の根上がり発生割合が比較的低い傾向にあることが示された。日照条件については、歩道面から段差のない最も一般的な単独柵と連続柵の形式に対しては、根上りの発生に直接的な影響は少ないことが示唆された。

根上りの要因は、胸高周囲や樹種、植樹柵・舗装の種類、日照条件だけに限られない。今後は、植樹柵の大きさと根上りの程度を含めた分析や、土質・土壌硬度・地下水位といった土壌条件、街路樹の直下に存在する地下施設、その他の自然条件や人工条件と根上がりとの関連性の検討が大きな課題である。

謝辞：本研究の遂行にあたり、京都市右京区副区長片山博昭様、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。ここに御礼申し上げます。

補注及び引用文献

- 1) 有賀一郎 (2007) : 豊かな緑陰街路への再生手法「問題点と解決策」、日緑工誌33(2),339-341
- 2) 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
- 3) 濱野周泰 (2009) : 街路樹の改修指針作成中にある課題、日緑工誌35(2),259-261
- 4) 野村徹郎 (2009) : 美しい街路樹景観と植栽基盤、日緑工誌35(2),271-276
- 5) 大貫直子, 松本聡 (1992) : 街路樹のおかれている土壌環境、造園雑誌56(1),39-44
- 6) 菅尚子 (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
- 7) 濱田佳奈(2013) : 京都市の二段階剪定による街路環境変化の効果と課題、京都府立大学大学院修士論文、122pp
- 8) 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
- 9) 松江正彦, 飯塚康雄(2008) : 樹木の根上がり対策に関する調査 (2014.08参照) www.nilm.gujp.lab/kyseisai/nendopdf/814.pdf www.nilm.gujp.lab/kyseisai/nendopdf/771.pdf
- 10) 野島義昭, 田中克泰, 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
- 11) 岩田彰隆, 木田幸男, 甲野毅, 苅住昇 (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
- 12) 久保光, 舟木亮太, 中島洋一, 竹内典幸 (2009) : 福井市における街路樹の根上がり再発防止工の概要、福井県雪対策・建設技術研究所 年報地産地研, 22号, 68-71
- 13) 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
- 14) 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
- 15) 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
- 16) 中山由希, 大川秀雄, 保坂吉則: 街路樹及び植樹と歩道被害の関係性について、http://www.sks.jp/hokuriku/safety_landscapes/pdf/d-20.pdf (2014.08参照)
- 17) 前田雄一, 河合隆行, 小山敢(2011): 道路を挟んで東西に植栽されたムクゲとハナミズキの生育状況、樹木医学研究第15巻4号,147-154
- 18) 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
- 19) 苅住昇 (2011) : 最新 樹木根系図説, 誠文堂新光社, 204pp
- 20) 京都市 (2007) : 平成19年度街路樹台帳、京都市
- 21) 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
- 22) エリアの日射量 (Area Solar Radiation) ツールを使用
- 23) 中野裕司, 興水肇, 飯塚康雄, 濱野周泰, 菅尚子, 野村徹郎(2009): パネルディスプレイの報告、日緑工誌35(2),277-279
- 24) 苅住昇(1994)樹木の根系(根量と吸収構造), 第2回根研究会シンポジウム-植物根系の理想型-,44-45
- 25) 細野哲央, 高木裕介, 藤井英二郎(2013): 根域の片側が制限されたソメイヨシノ (*Prunus × yedoensis*) の生長特性、ランドスケープ研究76(5),447-450