

都市空間における植物の種多様性へ
街路樹が与える影響に関する研究

2023年3月

古野 正章

博士学位論文

九州産業大学大学院工学研究科産業技術デザイン専攻博士後期課程

都市空間における植物の種多様性へ
街路樹が与える影響に関する研究

2023年3月

古野 正章
FURUNO Masaaki

目次

目次	i
第1章 序論	
1.1 背景と目的	1
1.2 本学位論文の構成	3
第2章 街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物の生態学的特徴	
2.1 本章の目的	5
2.2 方法	6
2.3 結果	10
2.3.1 植栽樹	10
2.3.2 侵入・定着する植物	12
2.3.3 植栽樹と侵入・定着する植物の関係	17
2.3.4 面積と種数の関係	19
2.4 考察	20
2.4.1 植栽樹	20
2.4.2 侵入・定着する植物	21
2.4.3 侵入・定着する植物と街路樹の根元の空間の面積との関係	22
2.4.4 街路樹の根元の空間に植物が侵入・定着する方法の推定	23
2.4.5 植栽樹と侵入・定着する植物の関係	24
第3章 除草と街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物の関係	
3.1 わが国における街路樹の根元の空間の除草の現状	
3.1.1 本節の目的	26
3.1.2 方法	26
3.1.3 結果	28
3.1.4 考察	35
3.2 除草が街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物へ与える影響	
3.2.1 本節の目的	36
3.2.2 方法	36

3.2.3	結果	40
3.2.4	考察	46
第4章 街路樹の管理が根元の空間に侵入・定着する植物へ与える影響		
4.1	本章の目的	47
4.2	方法	48
4.2.1	侵入・定着する植物	48
4.2.2	埋土種子	52
4.2.3	解析	52
4.3	結果	53
4.3.1	街路樹のタイプ別に侵入・定着する植物	53
(1)	植物の侵入・定着状況	53
(2)	植物の特徴	53
4.3.2	街路樹の根元の空間における埋土種子集団	60
4.4	考察	62
4.4.1	街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物	62
4.4.2	街路樹の根元の空間における埋土種子集団	63
第5章 緑地のタイプが街路樹の根元の空間に成立する植物へ与える影響		
5.1	本章の目的	64
5.2	方法	65
5.2.1	研究対象林分	65
5.2.2	調査方法	67
5.2.3	解析	68
5.3	結果	69
5.4	考察	73
第6章 総合考察		
6.1	植栽樹	74
6.2	侵入・定着する植物	74
6.3	街路樹の導入	75
6.4	おわりに	75

参考文献	77
謝辭	86
論文要旨.....	87

第1章 序論

1.1 背景と目的

世界中の人々の生活は、生態系から受けることのできる恩恵「生態系サービス」によって成り立っている^{5), 12), 76)}。生態系サービスは、生物多様性によって支えられている¹⁰⁰⁾。しかし、開発^{30), 50), 62)}や乱獲^{14), 44), 64)}、外来種の持ち込み^{33), 59), 97)}、気候変動^{3), 37), 44)}などによる生態系の破壊は、生物多様性に深刻な影響を与えており、同時に生態系サービスの劣化を引き起こしている^{11), 13), 92)}。このため、生態系サービスを持続的に享受するには、生物多様性の損失の抑止が重要である⁷²⁾。生物多様性の損失を抑止するには、良好な生態系が形成されている空間を保護するだけでなく、都市内においても生物多様性を確保する必要があると考えられている^{34), 60), 70), 88)}。

都市における生物多様性が世界的に注目されるに至った契機は、2008年にドイツのエアフルトで開催されたURBIO2008、2010年に名古屋で開催されたURBIO2010である^{57), 60)}。前者の成果は、生物多様性条約第9回締約国会議(COP9)にて、都市と生物多様性に関する初めて採択された決議(IX/28)に反映された⁶⁰⁾。また、後者の成果は、生物多様性条約第10回締約国会議(COP10)にて採択された決議(X/22)に反映され、都市における生物多様性の必要性が示された⁵⁵⁾。この様な世界的な動向を受けて、わが国の生物多様性に関する基本的な計画を示す生物多様性国家戦略にも、都市における生物多様性の必要性が明記された⁵⁵⁾。さらに、2020年から検討されている、次期生物多様性国家戦略の素案にも、都市における生物多様性の確保について明記されている⁵²⁾。この様に、国内外問わず都市の生物多様性への注目度は高い。

これまでに、様々なアプローチから都市の生物多様性の確保に関する様々な研究が行われている。その1つに種の多様性が挙げられ、樹林地^{21), 25), 26), 27), 28), 30), 61), 91), 102)}、社寺²⁹⁾、河川^{70), 85), 90)}、庭園^{40), 68), 73)}、農地^{22), 78)}などにおいて知見が蓄積されている。しかし、近年、民有地における緑地の減少が進行しており¹³⁾、用地や維持管理の問題から新たな緑地の整備には限界がある^{13), 67)}。この様な中、都市における種多様性を確保する空間として知られている屋上緑化の整備が活発化しているが^{18), 19), 47), 94)}、整備・維持管理には高額な費用が必要である¹⁸⁾。

一方で、道路沿いに多く整備されている街路樹は、用地、整備・維持管理の費用は比較的小さく¹⁸⁾、都市における種多様性の確保に貢献している。街路樹として植栽されている樹木(以下、植栽樹)そのものが、都市における木本類の種多様性に寄与するだけでなく^{10), 36)}、鳥類の種多様性にも寄与ことが示唆されている⁸⁾。

街路樹の根元の空間(わが国では一般的に植樹柵と称されている)には、雑草と認識されている多くの植物が生育している¹⁸⁾(Photo 1-1)。街路樹と同様に道路に付随する道路間隙は、一般に雑草と認識されている多くの植物の生育地となることで、都市にお

ける植物の種多様性の確保に貢献すると評価されている⁹³⁾。したがって、街路樹の根元の空間も、都市における植物の種多様性の確保に貢献する可能性がある。しかし、街路樹の根元の空間に生育する植物から、都市における植物の種多様性を評価した知見はみられない。

そこで本論文では、街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物の現状、除草の影響から、都市空間における植物の種多様性に街路樹の根元の空間が与える影響を明らかにすることを目的とする。さらに、同空間における植物群集の形成に影響を与える要因を特定し、植物の種多様性をより一層確保するための、街路樹の導入についても、いくつか提案する。他方、植栽樹の都市空間における植物の種多様性への貢献について再検討も行う。これらは、都市における種多様性の確保について検討している多くの知見と同様に(19), 21), 22), 25), 26), 27), 28), 29), 30), 40), 47), 61), 68), 70), 73), 78), 85), 90), 91), 94), 102), 侵入・定着している植物の種数から評価を行う。

1.2 本学位論文の構成

本節では、本論文の構成について説明する (Figure 1-1).

第 2 章では、街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物の現状、侵入・定着する植物と同空間の面積の関係を明らかにし、都市空間における植物の種多様性に街路樹の根元の空間が与える影響について考察する。さらに、植物が街路樹の根元の空間へ侵入する方法についても推察した。また、植栽樹についても、研究対象地域の現状を明らかにし、都市における植物の多様性の確保における植栽樹の有効性について考察する。

一方、わが国では、街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物は雑草として除草されているため¹⁸⁾、第 3 章において、除草と同空間に侵入・定着する植物の関係を考察する。

第 4 章と第 5 章ではそれぞれ、街路樹の根元の空間における植物群集の成立要因を検討した。第 4 章では、樹木の根元にガーデニングが整備されたものや、樹木を刈り込み生垣としたものなどの街路樹のタイプ¹⁸⁾の影響について考察する。第 5 章では、周辺の緑地を構成する種が、街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物へ与える影響を考察する。

以上を踏まえ、第 6 章では本論文で明らかになった事項をまとめ、街路樹が都市空間における植物の種多様性に与える影響について総合的に考察する。

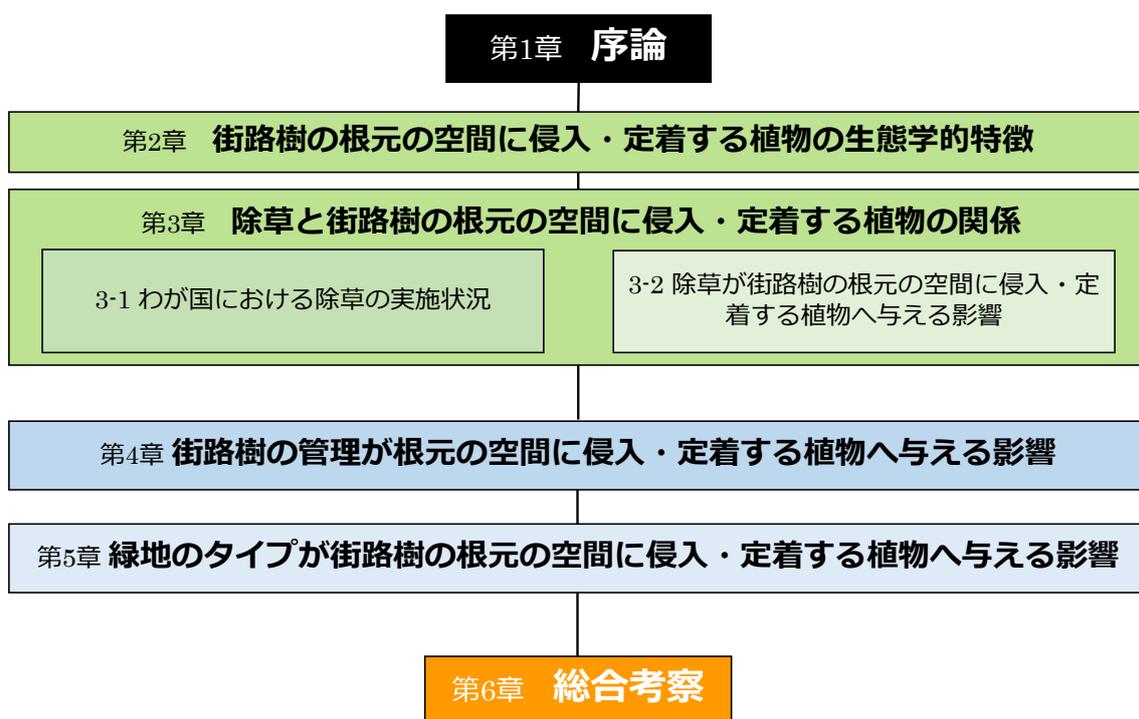


Figure 1-1. 本学位論文の構成

第2章 街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物の生態学的特徴

2.1 本章の目的

開発^{30), 50), 62)}, 乱獲^{14), 44), 64)}, 外来種の持ち込み^{33), 59), 97)}, 気候変動^{3), 37), 44)}などにより, 世界的な生物多様性の損失が引き起こされている. 生物多様性の損失は生態系サービスの劣化を招き, 世界中の人々の生活に深刻な影響をもたらしている^{11), 13), 92)}. このため, 生物多様性の損失を抑止させる必要がある⁷²⁾. 生物多様性の損失を抑止し回復させるためには, 健全な生態系を保全するだけでなく, 都市内においても生物多様性を確保する必要がある^{34), 60), 70), 88)}. これまでに, 樹林地^{21), 25), 26), 27), 28), 30), 61), 91), 102)}などが都市における植物や鳥類などの種多様性を確保すると注目されている. しかし, 近年, 民有地における緑地の減少が進行しており¹³⁾, 用地や維持管理の問題から新たな緑地の整備には限界がある^{13), 67)}.

一方で, 道路沿いに多く整備されている街路樹は, 整備に必要な用地, 整備・維持管理の費用が比較的小さいにも関わらず¹⁸⁾, 植栽されている樹木そのものが, 都市における木本類の種多様性の確保に貢献することが示唆されている^{10), 36)}. さらに, 街路樹の根元の空間には, 一般的に雑草と認識されている多くの植物が侵入・定着している. 街路樹と同じく, 道路に付随する道路間隙には, 多くの植物(街路樹の根元の植物と同様に雑草として認識されている)が侵入・定着しているが, 道路間隙はこれらの植物の生育地として都市における植物の種多様性の確保に貢献していると示唆されている⁹³⁾. したがって, 道路間隙と同様に, 街路樹の根元の空間も, 都市における植物の種多様性を確保できる可能性がある. しかし, 街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物から, 都市における植物の種多様性を評価した知見はみられない.

そこで本章では, 街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物の現状および生態学的特徴, 街路樹の根元の空間の面積と植物の種数の関係から, 都市空間における植物の種多様性に街路樹の根元の空間が与える影響を明らかにする. さらに, 同空間に侵入・定着する植物の種子散布型から侵入・定着方法の推定, 植栽樹と侵入・定着する植物の関係についてもいくつか考察する. 他方, 植栽樹についても調査を行い, 都市における植物の種多様性の確保について考察する.

2.2 方法

本研究は福岡県福岡市を対象とした (Figure 2-1). 福岡市は (北緯 33 度 36 分, 東経 130 度 25 分) に位置する日本の 5 大都市の 1 つで (2023 年 1 月時点の人口は約 163 万人¹⁷⁾, 2000 年から 2021 年までの年間降水量の平均は 1,711mm³⁵⁾, 年間平均気温の平均は 17.5 °C³⁵⁾である (Table 2-1). ここでは, 福岡市の中でも最も緑被率の低い中央区 (22.2 %) ¹⁶⁾の交差点を任意に 31 ヶ所抽出し, 各交差点から 50 m 以内に植栽されている街路樹を調査した (Figure 2-1). 街路樹の根元の空間の形状に合わせてコドラートを設置し (n=727, 平均面積 4.2 m²), 植栽樹および侵入・定着している植物の記録を行った (Photo 2-1). 調査は 2012 年 7 月下旬から 8 月中旬に実施した. また, 面積の小さい順にコドラートを累積させ街路樹の根元の空間の面積と侵入・定着する植物の種数の関係を示した.



Figure 2-1. 調査対象地域



Photo 2-1. 街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物の一例

Table 2-1. 街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物の特徴および既存研究との比較

	街路樹の根元の空間		都市緑地 [㊦]			
	本研究	細木ら (2001)	石田ら (2005)	吉田ら (2009)	古野ら (2015)	
調査地	福岡	東京	大阪	神奈川	福岡	
緯度*	33°36' N	35°41' N	34°41' N	34°45' N	33°36' N	
経度*	130°25' E	139°41' E	135°31' E	139°64' E	130°25' E	
緑地を構成する主な種	－	コナラ, アカシデ	コナラ	ミズキ, コナラ	シイ, カシ	クスノキ, タブノキ
年間降水量 (mm)**	1,711	1,650	1,371	1,769	1,711	
年平均気温 (°C)**	17.5	16.6	17.2	16.4	17.5	
調査区数	727	4	19	11	5	5
平均面積 (m ²)	4.2 [#]	400 [#]	7083 [§]	648 [#]	400 [#]	400 [#]
合計面積 (m ²)	3,072	1,600	134,580	7,125	2,000	2,000
総種数	186 ^{†,‡}	120	155	172	80	21
草本類 (数)	－	26	－	－	24	20
木本類 (数)	－	114	－	－	70	8
平均種数 (種/調査区)	4.5	－	－	－	－	－
在来種 (%)	62.9 [†]	－	－	－	－	－
草本類 (%)	79.0 [†]	－	－	－	－	－
多年草 (%)	51.0 [†]	－	－	－	－	－
短命草 (%) [㊧]	49.0 [†]	－	－	－	－	－
木本類 (%)	21.0 [†]	－	－	－	－	－

* 都道府県庁の所在地, ** 2000年-2021年の平均³⁵⁾

コドラートの平均面積, † Table 2-3参照, ‡ 不明6種を除く, ㊧ 1・2年草および越年草

㊦ 既往の知見を元に筆者らが算出, § 面積の異なる19の緑地 (30m²~34,300m²) の平均面積

2.3 結果

2.3.1 植栽樹

本対象地における植栽樹は 26 科 42 種（ツツジ類，サクラ類を除く）であった（Table 2-2）。これらのうち，在来種は 26 種（63.4%）であった。また，高木 30 種（71.4%）だけでなく低木も 12 種（28.5%）植栽されていた。このうち，常緑樹の 27 種（64.2%）だけでなく落葉樹も 15 種（35.7%），また，広葉樹の 40 種（95.2%）だけでなく針葉樹も 2 種（4.8%）が植栽されていた。種子の散布方法は，D4（重力）が 27 種（64.3%）で最も多く，次いで D2（被食・付着）が 11 種（26.2%），D1（風・水散）が 4 種（9.5%）であった。

Table 2-2. 本研究にて確認された植栽樹

学名	科 [†]	在来種	常緑樹	落葉樹	高木	低木	種子散布型 [‡]
<i>Abelia × grandiflora</i> (André) Rehder *	Caprifoliaceae		●			●	D4
<i>Acer buergerianum</i> Miq.	Aceraceae			●	●		D1
<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	Hippocastanaceae			●	●		D4
<i>Aesculus xcarnea</i> Heyne	Hippocastanaceae			●	●		D4
<i>Aucuba japonica</i> Thunb.	Cornaceae		●			●	D4
<i>Camellia sasanqua</i> Thunb. *	Theaceae	●	●		●		D4
<i>Cinnamomum camphora</i> (L.) J.Presl	Lauraceae	●	●		●		D4
<i>Elaeagnus pungens</i> Thunb.	Elaeagnaceae	●	●			●	D4
<i>Elaeocarpus zollingeri</i> K.Koch	Elaeocarpaceae	●	●		●		D2
<i>Enkianthus perulatus</i> (Miq.) C.K.Schneid. *	Ericaceae	●	●	●		●	D4
<i>Eurya emarginata</i> (Thunb.) Makino *	Theaceae	●	●		●		D2
<i>Eurya japonica</i> Thunb. *	Theaceae	●	●			●	D4
<i>Fatsia japonica</i> (Thunb.) Decne.	Araliaceae	●	●			●	D1
<i>Fraxinus griffithii</i> C.B.Clarke	Oleaceae	●	●		●		D2
<i>Ginkgo biloba</i> L.	Ginkgoaceae	●		●	●		D4
<i>Hibiscus mutabilis</i> L.	Malvaceae	●		●		●	D4
<i>Hibiscus syriacus</i> L. *	Malvaceae	●		●		●	D4
<i>Ilex crenata</i> Thunb. *	Aquifoliaceae	●	●			●	D2
<i>Ilex rotunda</i> Thunb.	Aquifoliaceae	●	●		●		D2
<i>Juniperus chinensis</i> L. **	Cupressaceae	●	●		●		D2
<i>Lagerstroemia indica</i> L.	Lythraceae			●	●		D2
<i>Ligustrum lucidum</i> Aiton	Oleaceae		●		●		D2
<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	Hamamelidaceae			●	●		D4
<i>Lithocarpus edulis</i> (Makino) Nakai	Fagaceae	●	●		●		D4
<i>Machilus thunbergii</i> Siebold et Zucc.	Lauraceae	●	●		●		D4
<i>Magnolia denudata</i> Desr.	Magnoliaceae			●	●		D4
<i>Magnolia grandiflora</i> L.	Magnoliaceae		●		●		D4
<i>Magnolia kobus</i> DC.	Magnoliaceae	●		●	●		D4
<i>Osmanthus heterophyllus</i> (G.Don) P.S.Green	Oleaceae	●	●		●		D2
<i>Osmanthus × fortunei</i> Carrière	Oleaceae		●			●	D4
<i>Photinia × fraseri</i> Dress *	Rosaceae		●			●	D4
<i>Photinia serratifolia</i> (Desf.) Kalkman	Rosaceae	●	●		●		D1
<i>Pinus thunbergii</i> Parl. **	Pinaceae	●	●		●		D1
<i>Pittosporum tobira</i> (Thunb.) W.T.Aiton *	Pittosporaceae	●	●		●		D2
<i>Quercus myrsinifolia</i> Blume	Fagaceae	●	●		●		D4
<i>Quercus phillyreoides</i> A.Gray	Fagaceae	●	●		●		D4
<i>Rhaphiolepis indica</i> (L.) Lindl. *	Rosaceae	●	●			●	D4
<i>Tephrosia purpurea</i> (L.) Pers.	Leguminosae			●	●		D4
<i>Ternstroemia gymnanthera</i> (Wight et Arn.) Bedd.	Theaceae	●	●		●		D2
<i>Toona sinensis</i> (A.Juss.) M.Roem.	Meliaceae			●	●		D4
<i>Triadica sebifera</i> (L.) Small	Euphorbiaceae			●	●		D4
<i>Zelkova serrata</i> (Thunb.) Makino	Ulmaceae	●	●	●	●		D4
Ericaceae sp. *	Ericaceae	-	-	-	-	-	-
Rosaceae sp.	Rosaceae	-	-	-	-	-	-

n=727

† エングラーの分類体系

‡ D1:風・水, D2:被食・付着, D3:果皮の裂開力, D4:重力, D5:栄養繁殖

* 生垣として植栽, ** 針葉樹

2.3.2 侵入・定着する植物

街路樹の根元の空間 (n=727) では、56 科 186 種 (不明 6 種を除く) の侵入・定着が確認された (Table 2-1 および Table 2-3)。これらのうち在来種が 117 種 (62.9 %) に達するが、外来種 69 種 (37.1 %) の中にはセイヨウタンポポ (*Taraxacum officinale* Weber) やヒメジオン (*Stenactis annuus* (L.) Cass.) などの生態系被害防止外来種リスト⁵⁴⁾に掲載された植物が 16 種 (8.6 %) 含まれた。侵入・定着する植物は、イネ科 38 種だけでなく、キク科 25 種、トウダイグサ科 8 種、マメ科 7 種などもあった。また、草本類 147 種 (79.0 %) だけでなく木本類も 39 種 (21.0 %) 確認された。草本類においては、短命草 (一、二年草および越年草) が 72 種 (49.0 %)、多年草 が 75 種 (51.0 %) でほぼ同数だった。他方、侵入・定着が確認された植物の種子散布型は、D4 (重力散布) が 109 種 (58.6 %) で最も多く、次いで D1 (風・水散布) の 32 種 (17.2%)、D2 (被食・付着散布) の 28 種 (15.1 %) だった。

Table 2-3. 本研究にて侵入・定着が確認された植物

学名	科 ^b	在来種	外来種 ^a	草本類 [†]		木本類	種子散布型	頻度 (%)
				短命草 [‡]	多年草			
<i>Oxalis corniculata</i> L.	Oxalidaceae	●			●		D3	43.2
<i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv.	Poaceae	●		●			D4	36.0
<i>Taraxacum officinale</i> Weber	Compositae		●		●		D1	31.5
<i>Stenactis annuus</i> (L.) Cass.	Compositae		●	●			D1	25.7
<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koel.	Poaceae	●		●			D4	17.2
<i>Zoysia japonica</i> Stend.	Poaceae	●			●		D4	15.3
<i>Artemisia princeps</i> Pamp.	Compositae	●			●		D4	14.9
<i>Gnaphalium spicatum</i> Lam.	Compositae		●		●		D1	13.8
<i>Youngia japonica</i> (L.) DC.	Compositae	●		●			D1	12.4
<i>Sagina japonica</i> (Sw.) Ohwi	Caryophyllaceae	●		●			D4	10.6
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronq.	Compositae		●	●			D1	9.1
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Poaceae	●			●		D4	8.7
<i>Euphorbia supina</i> Rafin.	Euphorbiaceae		●	●			D3	8.3
<i>Solidago altissima</i> L.	Compositae		●		●		D1	7.8
<i>Digitaria timorensis</i> (Kunth) Balansa	Poaceae	●		●			D4	7.4
<i>Dioscorea japonica</i> Thund.	Dioscoreaceae	●			●		D1	6.6
<i>Bromus catharticus</i> Vahl	Poaceae		●		●		D4	6.2
<i>Paederia scandens</i> (Lour.) Merrill	Rubiaceae	●			●		D4	5.9
<i>Gnaphalium japonicum</i> Thund.	Compositae	●			●		D1	5.0
<i>Hydrocotyle sibthorpioides</i> Lam.	Umbelliferae	●			●		D4	4.8
<i>Gnaphalium pensylvanicum</i> Willd.	Compositae		●	●			D1	4.4
<i>Lactuca indica</i> L.	Compositae	●		●			D1	4.4
<i>Cayratia japonica</i> (Thund.) Gagn.	Vitaceae	●			●		D5	4.3
<i>Cyperus berrifolius</i> (Rottb.) Hassk.	Cyperaceae	●			●		D1	3.9
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Compositae	●		●			D1	3.9
<i>Acalypha australis</i> L.	Euphorbiaceae	●		●			D3	3.6
<i>Cinnamomum camphora</i> (L.) J.Presl *	Lauraceae	●				●	D4	3.4
<i>Trigonotis peduncularis</i> (Trevir.) Benth.	Boraginaceae	●		●			D4	3.4
<i>Eragrostis multicaulis</i> Steud.	Poaceae	●		●			D4	3.3
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Poaceae	●		●			D4	3.2
<i>Ambrosia artemisiaefolia</i> L.	Compositae		●	●			D4	2.9
<i>Ginkgo biloba</i> L. *	Ginkgoaceae	●				●	D4	2.9
<i>Oxalis debilis</i> Kunth subsp.	Oxalidaceae		●		●		D5	2.9
<i>Urtica thunbergiana</i> Sieb.	Urticaceae	●			●		D4	2.9
<i>Agropyron tsukushiense</i> (Honda) Ohwi	Poaceae	●			●		D4	2.8
<i>Zelkova serrata</i> (Thunb.) Makino *	Ulmaceae	●				●	D4	2.8
<i>Miscanthus sinensis</i> Anderss.	Poaceae	●		●			D1	2.6
<i>Chamaesyce prostrata</i> (Aiton) Small	Euphorbiaceae		●	●			D3	2.5
<i>Erigeron canadensis</i> L.	Compositae		●	●			D1	2.5
<i>Plantago asiatica</i> L.	Plantaginaceae	●			●		D2	2.5
<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	Poaceae		●	●			D4	2.3
<i>Oxalis dillenii</i> Jacq.	Oxalidaceae		●		●		D3	2.3
<i>Paspalum urvillei</i> Steud.	Poaceae		●		●		D4	2.3
<i>Plantago lanceolata</i> L.	Plantaginaceae		●		●		D2	2.2
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Leguminosae	●				●	D4	2.2
<i>Agropyron ciliare</i> (Trin.) Franch.	Poaceae	●			●		D4	2.1
<i>Senecio vulgaris</i> L.	Compositae		●	●			D1	2.1
<i>Cerastium arvense</i> Thuill.	Caryophyllaceae		●	●			D4	1.9
<i>Eragrostis poaeoides</i> Beauv.	Poaceae		●	●			D4	1.9
<i>Oxalis articulata</i> Savigny	Oxalidaceae		●		●		D5	1.9
<i>Commelina communis</i> L.	Commelinaceae	●		●			D4	1.8
<i>Celtis sinensis</i> Pers.	Ulmaceae	●				●	D2	1.7
<i>Oenothera laciniata</i> Hill	Onagraceae		●	●			D4	1.7
<i>Paspalum thunbergii</i> Kunth ex Steud.	Poaceae	●			●		D4	1.7
<i>Phyllanthus urinaria</i> L.	Euphorbiaceae	●		●			D3	1.7
<i>Trifolium dubium</i> Sibth.	Leguminosae		●	●			D4	1.7
<i>Cotula australis</i> (Spreng.) Hook. f.	Compositae		●	●			D1	1.5
<i>Ficus erecta</i> Thunb.	Moraceae	●				●	D2	1.5
<i>Fraxinus griffithii</i> C. B. Clarke *	Oleaceae	●				●	D2	1.5
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	Caryophyllaceae	●		●			D4	1.5

Table 2-3. 続き

学名	科 ^b	在来種	外来種 ^a	草本類 [†]		木本類	種子散布型	頻度 (%)
				短命草 [‡]	多年草			
<i>Talinum crassifolium</i> Willd.	Portulacaceae		●	●			D4	1.5
<i>Sisyrinchium rosulatum</i> E.P.Bicknell	Iridaceae		●		●		D4	1.4
<i>Briza minor</i> L.	Poaceae		●	●			D4	1.2
<i>Capsella bursa-pastoris</i> Medicus	Cruciferae	●		●			D4	1.2
<i>Dactylis glomerata</i> L.	Poaceae		●		●		D4	1.2
<i>Digitaria violascens</i> Link	Poaceae	●		●			D4	1.2
<i>Lepidium virginicum</i> L.	Cruciferae		●	●			D4	1.2
<i>Paspalum dilatatum</i> Poir.	Poaceae		●		●		D4	1.2
<i>Pleioblastus argenteostriatus</i> (Regel) Nakai	Poaceae	●			●		D4	1.2
<i>Poa annua</i> L.	Poaceae	●		●			D4	1.2
<i>Solanum nigrum</i> L.	Solanaceae	●		●			D2	1.2
<i>Calystegia japonica</i> Choisy	Convolvulaceae	●			●		D5	1.1
<i>Liriope platyphylla</i> Wang	Liliaceae	●			●		D2	1.1
<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	Compositae	●	●	●			D1	1.1
<i>Triadica sebifera</i> (L.) Small *	Euphorbiaceae		●			●	D4	1.1
<i>Acer palmatum</i> Thunb.	Aceraceae	●				●	D1	1.0
<i>Gnaphalium affine</i> D.Don	Compositae	●		●			D1	1.0
<i>Gnaphalium luteoalbum</i> L.	Compositae		●		●		D1	1.0
<i>Medicago lupulina</i> L.	Leguminosae		●	●			D2	1.0
<i>Setaria faberi</i> Herrm.	Poaceae	●		●			D4	1.0
<i>Ilex rotunda</i> Thunb. *	Aquifoliaceae	●				●	D2	0.8
<i>Acer buergerianum</i> Miq. *	Aceraceae		●			●	D1	0.7
<i>Ampelopsis glandulosa</i> (Wall.) Momiy.	Vitaceae	●				●	D4	0.7
<i>Bromus ramosus</i> auct. non Huds.	Poaceae	●		●			D4	0.7
<i>Farfugium japonicum</i> (L.fil.) Kitam.	Compositae	●			●		D1	0.7
<i>Mallotus japonicus</i> (Thunb. ex Murray) Muell. Arg.	Euphorbiaceae	●				●	D4	0.7
<i>Papaver dubium</i> L.	Papaveraceae		●		●		D4	0.7
<i>Paspalum notatum</i> Flügge	Poaceae		●		●		D4	0.7
<i>Portulaca oleracea</i> L.	Portulacaceae	●		●			D4	0.7
<i>Rorippa sylvestris</i> (L.) Besser	Cruciferae		●		●		D3	0.7
<i>Sisyrinchium micranthum</i> Cav.	Iridaceae		●		●		D4	0.7
<i>Centella asiatica</i> (L.) Urb.	Umbelliferae	●			●		D4	0.6
<i>Isachne globosa</i> (Thunb.) Kuntze	Poaceae	●			●		D1	0.6
<i>Juncus tenuis</i> Willden.	Juncaceae	●			●		D2	0.6
<i>Oenothera rosea</i> L'H-r.	Onagraceae		●		●		D4	0.6
<i>Persicaria capitata</i> (Buch. -Ham. ex D.Don) H. Gross	Polygonaceae		●		●		D4	0.6
<i>Plantago virginica</i> L.	Plantaginaceae		●		●		D2	0.6
<i>Pterostyrax hispida</i> Sieb.	Styracaceae	●				●	D4	0.6
<i>Quercus glauca</i> Thunb.	Fagaceae	●				●	D4	0.6
<i>Rhus succedanea</i> L.	Anacardiaceae	●				●	D2	0.6
<i>Wahlenbergia marginata</i> (Thunb.) A. DC.	Campanulaceae	●			●		D4	0.6
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauv.	Poaceae	●		●			D4	0.4
<i>Ficus pumila</i> L.	Moraceae	●				●	D2	0.4
<i>Ixeridium dentatum</i> (Thunb.) Tzvelev subsp. dentatum	Compositae	●			●		D1	0.4
<i>Lamium amplexicaule</i> L.	Labiatae	●		●			D4	0.4
<i>Lonicera japonica</i> Thunb.	Caprifoliaceae	●				●	D2	0.4
<i>Machilus thunbergii</i> Siebold et Zucc. *	Lauraceae	●				●	D4	0.4
<i>Melia azedarach</i> L.	Meliaceae	●				●	D2	0.4
<i>Mentha spicata</i> L.	Labiatae		●		●		D4	0.4
<i>Rumex acetosa</i> L.	Polygonaceae	●			●		D4	0.4
<i>Rumex japonicus</i> Houtt.	Polygonaceae	●			●		D4	0.4
<i>Sedum sarmentosum</i> Bunge	Crassulaceae		●		●		D5	0.4
<i>Sesbania exaltata</i> (Raf.) Rydb.	Leguminosae		●	●			D4	0.4
<i>Torilis japonica</i> (Houtt.) DC.	Umbelliferae	●		●			D2	0.4
<i>Trichosanthes cucumeroides</i> (Ser.) Maxim.	Cucurbitaceae	●			●		D4	0.4
<i>Trifolium repens</i> L.	Leguminosae		●		●		D4	0.4
<i>Ampelopsis brevipedunculata</i> (Maxim.) Trautv.	Vitaceae	●				●	D4	0.3
<i>Camellia sasanqua</i> Thunb. *	Theaceae	●				●	D4	0.3
<i>Chenopodium album</i> L.	Chenopodiaceae	●		●			D4	0.3
<i>Elaeocarpus zollingeri</i> K.Koch. *	Elaeocarpaceae	●				●	D2	0.3

Table 2-3. 続き

学名	科 ^b	在来種	外来種 ^a	草本類 [†]		木本類	種子散布型	頻度 (%)
				短命草 [‡]	多年草			
<i>Eragrostis ferruginea</i> (Thunb.) P.Beauv.	Poaceae	●		●	●		D4	0.3
<i>Erigeron philadelphicus</i> L.	Compositae		●	●		●	D1	0.3
<i>Eurya emarginata</i> (Thunb.) Makino *	Theaceae	●				●	D2	0.3
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	Poaceae		●		●		D4	0.3
<i>Glechoma hederacea</i> L.	Labiatae	●			●		D4	0.3
<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Beauv.	Poaceae	●			●		D1	0.3
<i>Ipomoea hederacea</i> (L.) Jacq.	Convolvulaceae		●	●			D5	0.3
<i>Mirabilis jalapa</i> L.	Nyctaginaceae		●	●			D4	0.3
<i>Oenothera stricta</i> Ledeb.	Onagraceae		●	●			D4	0.3
<i>Oplismenus undulatifolius</i> (Arduino) Roemer	Poaceae	●			●		D2	0.3
<i>Persicaria Longisetia</i> (De Bruyn) Kitag.	Polygonaceae	●		●			D4	0.3
<i>Rorippa indica</i> (L.) Hiern	Cruciferae	●		●			D4	0.3
<i>Setaria glauca</i> (L.) Beauv.	Poaceae	●		●			D4	0.3
<i>Spergula arvensis</i> L.	Caryophyllaceae		●	●			D4	0.3
<i>Spiranthes sinensis</i> (Pers.) Ames subsp.	Orchidaceae	●			●		D1	0.3
<i>Stellaria uliginosa</i> Murray	Caryophyllaceae	●		●			D4	0.3
<i>Syringa reticulata</i> (Blume) H.Hara	Oleaceae	●				●	D2	0.3
<i>Vulpia myuros</i> (L.) C.C.Gmel.	Poaceae		●	●			D4	0.3
<i>Agrostis alba</i> L.	Poaceae	●			●		D4	0.1
<i>Allium macrostemon</i> Bunge	Liliaceae	●			●		D4	0.1
<i>Aster ageratoides</i> Turcz.	Compositae	●		●			D1	0.1
<i>Aster yomena</i> (Kitam.) Honda	Compositae	●			●		D4	0.1
<i>Aucuba japonica</i> Thunb.	Cornaceae	●				●	D2	0.1
<i>Avena fatua</i> L.	Poaceae		●	●			D4	0.1
<i>Chamaesyce humifusa</i> (Willd. ex Schldl.) Prokh.	Euphorbiaceae	●		●			D3	0.1
<i>Chenopodium album</i> L.	Chenopodiaceae		●	●			D4	0.1
<i>Commelina benghalensis</i> L.	Commelinaceae	●		●			D4	0.1
<i>Cryptotaenia canadensis</i> (L.) DC.	Umbelliferae	●		●			D4	0.1
<i>Cyperus tenuispica</i> Steud.	Cyperaceae	●		●			D1	0.1
<i>Desmodium podocarpum</i> DC.	Leguminosae	●			●		D2	0.1
<i>Eragrostis curvula</i> (Schrud.) Nees	Poaceae		●		●		D4	0.1
<i>Euonymus alatus</i> (Thunb.) Siebold f. alatus	Celastraceae	●				●	D4	0.1
<i>Euonymus japonicus</i> Thunb.	Celastraceae	●				●	D2	0.1
<i>Fatoua villosa</i> (Thunb.) Nakai	Moraceae	●		●			D3	0.1
<i>Houttuynia cordata</i> Thund.	Saururaceae	●			●		D4	0.1
<i>Hydrangea macrophylla</i> (Thunb.) Ser. f. normalis	Saxifragaceae	●				●	D4	0.1
<i>Lactuca serriola</i> L.	Compositae		●	●			D1	0.1
<i>Lamium album</i> L.	Labiatae	●			●		D4	0.1
<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	Compositae		●	●			D4	0.1
<i>Ligustrum lucidum</i> Aiton. *	Oleaceae		●			●	D2	0.1
<i>Mentha suaveolens</i> Ehrh.	Labiatae		●		●		D4	0.1
<i>Nandina domestica</i> Thunb.	Berberidaceae	●				●	D2	0.1
<i>Neolitsea sericea</i> (BL.) Koidz.	Lauraceae	●				●	D2	0.1
<i>Oenothera biennis</i> L.	Onagraceae		●	●			D4	0.1
<i>Panicum dichotomiflorum</i> Michx.	Poaceae		●	●			D4	0.1
<i>Paulownia tomentosa</i> (Thunb.) Steud.	Scrophulariaceae	●				●	D4	0.1
<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb.	Euphorbiaceae		●	●			D3	0.1
<i>Physalis alkekengi</i> L.	Solanaceae	●			●		D2	0.1
<i>Polypogon fugax</i> Nees ex Steud.	Poaceae	●		●			D1	0.1
<i>Pueraria lobata</i> (Willd.) Ohwi	Leguminosae	●				●	D4	0.1
<i>Quercus serrata</i> Murray	Fagaceae	●				●	D4	0.1
<i>Ranunculus japonicus</i> Thunb.	Ranunculaceae	●			●		D4	0.1
<i>Ranunculus muricatus</i> L.	Ranunculaceae		●	●			D4	0.1
<i>Rhaphiolepis indica</i> (L.) Lindl. *	Rosaceae	●				●	D4	0.1
<i>Rhus javanica</i> L.	Anacardiaceae	●				●	D4	0.1
<i>Rumex conglomeratus</i> Murray	Polygonaceae		●		●		D4	0.1
<i>Rumex crispus</i> L.	Polygonaceae		●		●		D4	0.1
<i>Sedum bulbiferum</i> Makino	Crassulaceae	●		●			D4	0.1
<i>Semiaquilegia adoxoides</i> (DC.) Makino	Ranunculaceae	●			●		D4	0.1
<i>Silene gallica</i> L.	Caryophyllaceae		●	●			D4	0.1

Table 2-3. 続き

学名	科 ^b	在来種	外来種 ^a	草本類 [†]		木本類	種子散布型	頻度 (%)
				短命草 [‡]	多年草			
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	Poaceae		●		●		D1	0.1
<i>Thlaspi arvense</i> L.	Cruciferae	●		●			D4	0.1
<i>Toxicodendron sylvestri</i> (Siebold et Zucc.) Kuntze	Anacardiaceae	●				●	D2	0.1
<i>Tritonia crocosmiflora</i> (Lemoine) G.Nicholson	Iridaceae		●		●		D4	0.1
<i>Vinca major</i> L.	Apocynaceae		●		●		D5	0.1
<i>Zanthoxylum schinifolium</i> Sieb.	Rutaceae	●				●	D4	0.1
総種数 186	—	117	69	72	75	39	—	—

n=727

^b エングラーの分類体系, ^a 色付きは生態系被害防止外来種リスト掲載種[†] シダ類を含む, [‡] 一, 二年草および越年草[‡] D1:風・水, D2:被食・付着, D3:果皮の裂開力, D4:重力, D5:栄養繁殖

* 植栽樹と同一の種 (Table 2-2)

2.3.3 植栽樹と侵入・定着する植物の関係

植栽樹と街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物の関係を Figure 2-2 および Table 2-3 に示した。同空間に侵入・定着する木本類のうちケヤキ (*Zelkova serrata* (Thunb.) Makino) やイチョウ (*Ginkgo biloba* L.) などの 13 種 (33.3%) は植栽樹と同一の種だった (Table 2-3)。これらは 106 の街路樹の根元の空間に侵入・定着しており、そのうち 71 ヶ所 (67.0%) では、植栽樹の真下か同じ交差点内といった近い位置に、その植栽樹と同一の種が侵入・定着していた (Figure 2-2)。すなわち、植栽樹と同一の種は、同一種の植栽樹の近くに侵入・定着することが多かった。

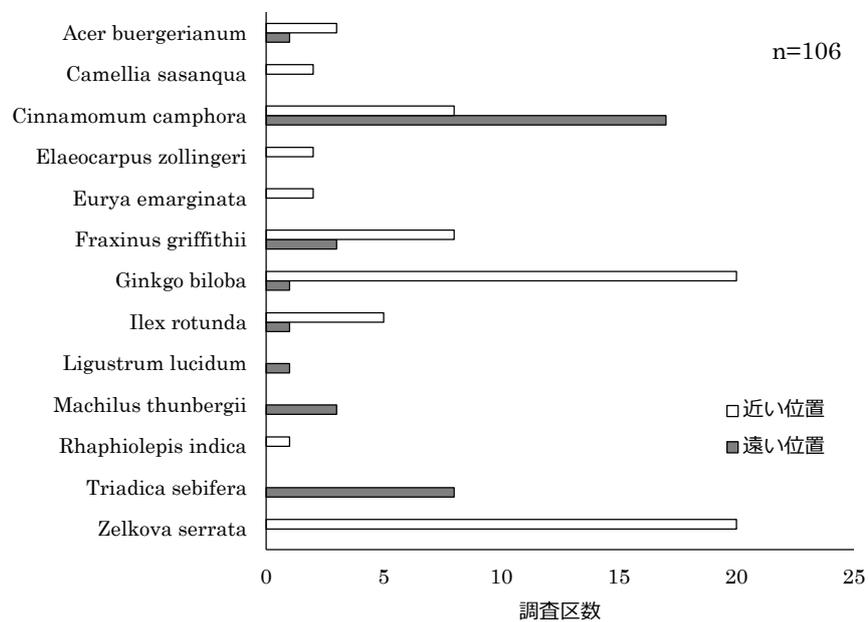


Figure 2-2. 植栽樹と同一種の侵入・定着する植物が確認された位置
(同種の植栽樹との相対的な位置).

※「近い位置」とは真下または同じ交差点に位置する街路樹の根元の空間で確認,
「遠い位置」とは,異なる交差点に位置する街路樹の根元の空間で確認された場合を
それぞれ示す.

2.3.4 面積と種数の関係

本研究で調査した街路樹の根元の空間を、面積の小さい順に累積させ、面積と種数の関係を示すと、概ね 1,200m²程度で種数の増加が落ち着いた (Figure 2-3).

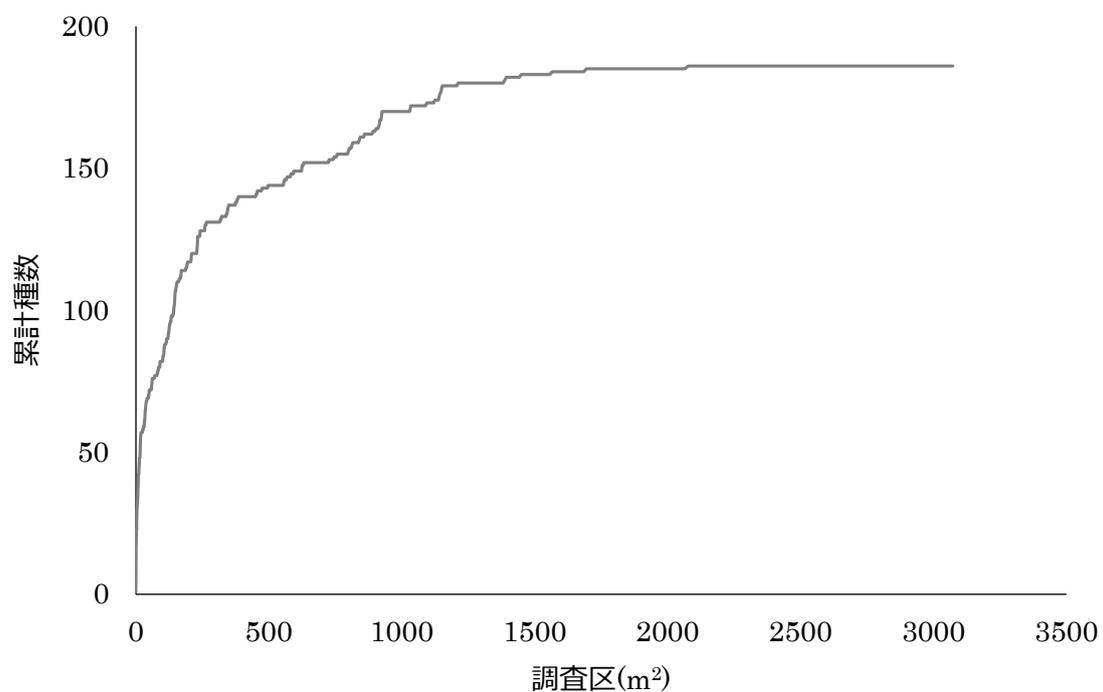


Figure 2-3. コドラートの面積と侵入・定着する植物の種数の関係

2.4 考察

2.4.1 植栽樹

本対象地域には、高木や低木、常緑樹や落葉樹、広葉樹や針葉樹といった多様な特徴を持つ、多くが在来種である 42 種の樹木が植栽されていた (Table 2-2)。すなわち、植栽樹は都市における植物の種多様性の確保に寄与していると考えられる。これに関して、植栽樹から、都市における木本類の種多様性について検討した既往の知見を、我々も支持する^{10), 18), 36)}。

2.4.2 侵入・定着する植物

本対象地域における街路樹の根元の空間には、イネ科、キク科をはじめとする 186 種の植物が侵入・定着していた。それらは、草本類だけでなく木本類、草本類においては多年草だけでなく短命草といった多様な特徴を持っていた (Table 2-1 および Table 2-3)。一方、同空間では、環境省レッドリスト 2020⁵³⁾に掲載される希少種は確認されなかったが、侵入・定着する植物の半数以上を在来種が占めた (Table 2-3)。これまで、生物多様性の保全を目的とした試みは希少種を対象としてきたが⁴⁶⁾、生物多様性の確保や維持において、普通種が果たす役割は極めて大きい^{45), 72)}。すなわち、街路樹の根元の空間は、希少種の侵入・定着がみられなくとも、多種多様な在来植物の生育地として、都市における植物の種多様性を確保することができると思う。

一方、街路樹の根元の空間は、新たに帰化した植物の生育地となり得ることが示唆されている⁶⁾。また、今回、侵入・定着が確認された植物の中に、特定外来生物⁵⁶⁾に指定された植物は含まれなかったが、生態系被害防止外来種リスト⁵⁴⁾に掲載されている植物も数種含まれた (Table 2-3)。今後、これらへの対策を加味することで、より一層都市における植物の種多様性を確保できると考える。

2.4.3 侵入・定着する植物と街路樹の根元の空間の面積との関係

緑地、池、沼地における "single large or several small" (SLOSS) 論争 (生物多様性の保全には単一の大きな面積空間と複数の小さな面積空間のどちらが良いか) に関連する数多くの研究は、複数の小さな面積空間の有用性を示している^{67), 71), 101)}.

本研究の対象地域と同じ日本の暖温帯に属する都市緑地の構成種について以下のような報告がある (Table 2-1). 細木らは、東京都の武蔵野台地内のコナラ優占林およびアカシデ優占林の 1,600m² で合計 121 種の植物を確認した²⁵⁾. 石田らは、大阪府の千里丘陵内のコナラが優占する孤立二次林の 134,580m² で合計 155 種の植物を確認した²⁶⁾. 吉田らは、横浜市内のミズキやコナラが優占する緑地の 7,125m² で合計 173 種の植物を確認した⁹⁹⁾. 古野らは、福岡市内の複数のシイやカシが優占する二次林の 2,000m² で合計 80 種の植物を確認した²⁰⁾. 古野らは、福岡市内のクスやタブが優占する緑地の 2,000m² で合計 21 種の植物を確認した²⁰⁾.

一方で、本研究で調査した街路樹の根元の空間は、平均面積が 4.2m² と小さく、それぞれに侵入・定着している植物も平均 4.5 種と少ないが、調査した街路樹の根元の空間を全て合わせると、細木らなどが示した面積の都市緑地と^{20), 25), 26), 99)}、概ね同等の植物種のハビタットであることが明らかとなった (Table 2-1). すなわち、街路樹の根元の空間のような小さな空間であっても、これらを組み合わせることで、都市における植物の種多様性の確保において、都市緑地と同等の役割を果たす空間となり得ることが示唆された. 本対象地域では、広範囲に複数整備された街路樹が合計 1,200m² 程度であれば、都市緑地とほぼ同等の植物種のハビタットとして十分だろう (Figure 2-3).

2.4.4 街路樹の根元の空間に植物が侵入・定着する方法の推定

街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物の種子散布型から、植物の侵入・定着方法について考察する。今回、侵入・定着が確認された植物の大部分は、D4の種子散布型を有していた（Table 2-3）。このようなD4の種子散布型を持つ植物は、重力に従って種子を散布するだけでなく、種子を散布した後に、人や車に付着して移動することもある（二次散布）^{4),75)}。すなわち、街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物は、周辺の様々な空間から、風や鳥による被食によって種子が運ばれてきた可能性もあるが、大部分は周辺の空間にて散布された種子が、人や自動車に付着して運ばれてくる二次散布によって侵入・定着したのではないだろうか。

2.4.5 植栽樹と侵入・定着する植物の関係

街路樹の根元の空間への侵入・定着が確認された木本類の約 3 割が、植栽樹と同一の種であり (Table 2-3), これらは同一種の植栽樹の近くに侵入・定着することが多かった (Figure 2-2). よって、これらは植栽樹からの種子散布による侵入の可能性も考えられる. すなわち、樹種によっては、植栽樹そのものが、街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物の供給源の 1 つとして機能しているのではないだろうか.

第3章 除草と街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物の関係

前章にて、街路樹の根元の空間は、多様な在来植物の生息地となることで、都市における植物の種の多様性の確保に貢献し得ることを示唆した。一方で、一般的に、同空間に侵入・定着する植物は、雑草として認識され除草されている¹⁸⁾。そこで、本章では、除草と街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物の関係を明らかにする。

第1節(3.1)では、わが国で一般的に行われている、街路樹の根元の空間における除草の現状の把握を行った。第2節(3.2)では、第1節(3.1)で明らかとなった一般的な除草が、街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物へ与える影響の把握を行った。

3.1 わが国における街路樹の根元の空間の除草の現状

3.1.1 本節の目的

街路樹の一般的な維持管理として、剪定、害虫対策・駆除などがよく知られているところである。これらについて、現在では適切な実施時期や方法が明らかになりつつあることは言うまでもない。一方で、街路樹の根元の空間内の除草も、一般的に行われている街路樹の維持管理として挙げられる。しかし、他の街路樹の維持管理に比べて除草に関する知見は乏しく、除草剤の利用促進に関する知見のみであり³¹⁾、わが国では、一般的にどの様に除草が行われているか、その現状すら明らかになっていない。そこで本節では、わが国で一般的に行われている、街路樹の根元の空間内の除草の現状を明らかにすることを目的とする。

3.1.2 方法

本節では、街路樹を管轄している全国の政令指定都市（n=30）ならびに東京特別区（n=27）の街路樹担当部署を対象にアンケート調査を実施した（例えば、相模原市のように、街路樹担当部署が緑土木事務所、津久井土木事務所、中央土木事務所、南土木事務所と複数に分かれている場合は、これら全てを対象とした）。アンケートの構成、質問内容、回答形式、回答選択肢は Table 3-1 に示すとおりである。アンケートは 2015 年 10 月に郵送にて送付し、2 週間の回答期間を設けたところ、有効回答率は 96.5%（政令指定都市：100%，東京特別区：92.6%）であった。加えて、追加のアンケートを 2021 年 11 月下旬から 12 月上旬にかけて行ったところ（Table 3-1）、有効回答率は 80.7%（政令指定都市：83.3%，東京特別区：77.8%）であった。

Table 3-1. 街路樹の根元の空間内の除草に関するアンケート

質問項目	選択肢
街路樹の維持管理の実施内容 †	1.樹木の剪定（剪定）, 2.樹木の害虫駆除（害虫駆除）, 3.植樹柵内の除草（除草）, 4.その他
除草実施の目的 †	1.景観の向上（景観）, 2.交通安全対策（交通安全）, 3.雑草への害虫の発生防止（害虫）, 4.市民からの要望に応えるため（市民要望）, 5.その他
年間の除草回数 ‡	
除草の実施月 ‡	
除草の実施方法 †*	1.刈取り, 2.抜取り, 3.薬剤散布, 4.その他
街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物によって、都市における植物の種多様性が確保できると示唆されている。そのため、これらの植物を除草せず残しておく事も必要と考える。そこで、あなたの管轄内において、同空間に侵入・定着する植物を除草せずに残しておく事は可能であるか？	1.可能, 2.興味はあるが不可, 3.残す必要なし, 4.その他

† 複数回答, ‡ 記述式

* 追加のアンケート

3.1.3 結果

わが国で実施している街路樹の維持管理のうち、街路樹の根元の空間内の除草は樹木の剪定とともに全ての行政機関で行われていた (Figure 3-1). その他には、街路樹の健康診断、根上り対策、落葉清掃などが含まれた。

除草の目的として、景観の向上を掲げる機関は 94.5%, 交通安全対策は 89.1%, 市民からの要望に応えるためは 81.8%, 雑草への害虫の発生防止は 45.5%であった (Figure 3-2). その他の目的には、不法投棄の防止、街路樹 (生垣) の生育阻害の防止などがあった。

除草の年間の実施回数は 1 回~3 回が多かった (Figure 3-3). また、除草の実施月は 5 月~11 月に集中していた (Figure 3-4). 除草の年間の実施回数ならびに実施月には、その他、適宜、毎月、随時、梅雨の前などがあった。除草を刈取りのみで実施する機関は 19.6%, また、抜取りのみは 21.7%, 刈取りと抜取りの併用は 58.7%だった (Figure 3-5). 一方、薬剤散布を実施している機関はなかった。その他には、土壌の全面入替があった。

前章にて、街路樹の根元の空間は、侵入・定着する植物の生育地となることで、都市における植物の種多様性を確保できることを示唆した。これを回答者へ伝え、同空間に侵入・定着する植物を除草せずに残す可能性について質問をしたところ、興味はあるが不可と回答した機関は 60.0%, 残す必要なしは 34.5%, 可能は 0%だった (Figure 3-6). その他には、今後の事例などにより検討する、といった回答があった。

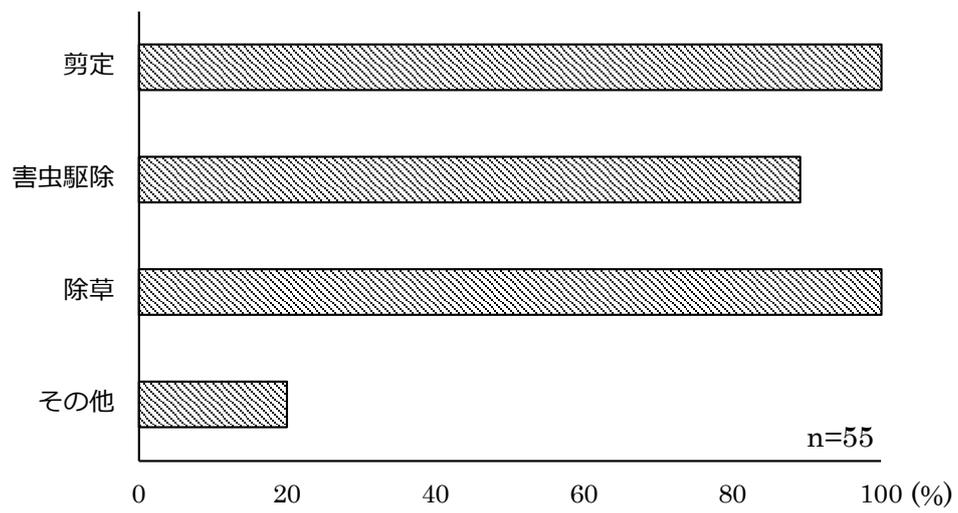


Figure 3-1. 実施している維持管理の種類（複数回答）

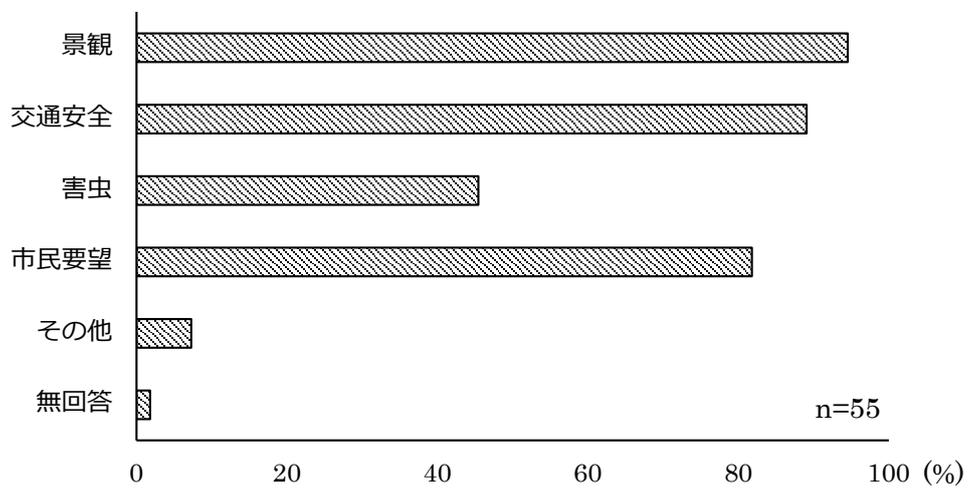


Figure 3-2. 除草実施の目的 (複数回答)

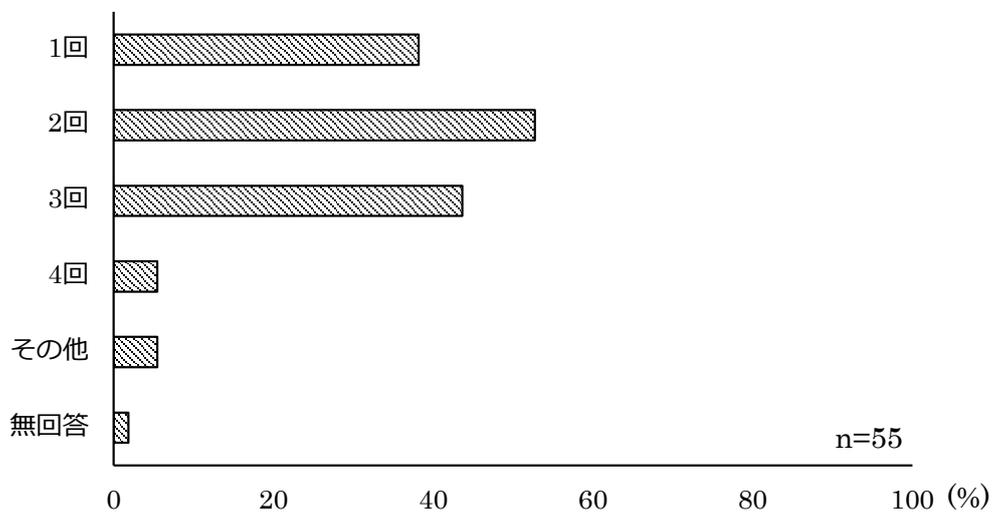


Figure 3-3. 年間の除草回数
 (回答が複数ある場合は, すべてを集計の対象とした)

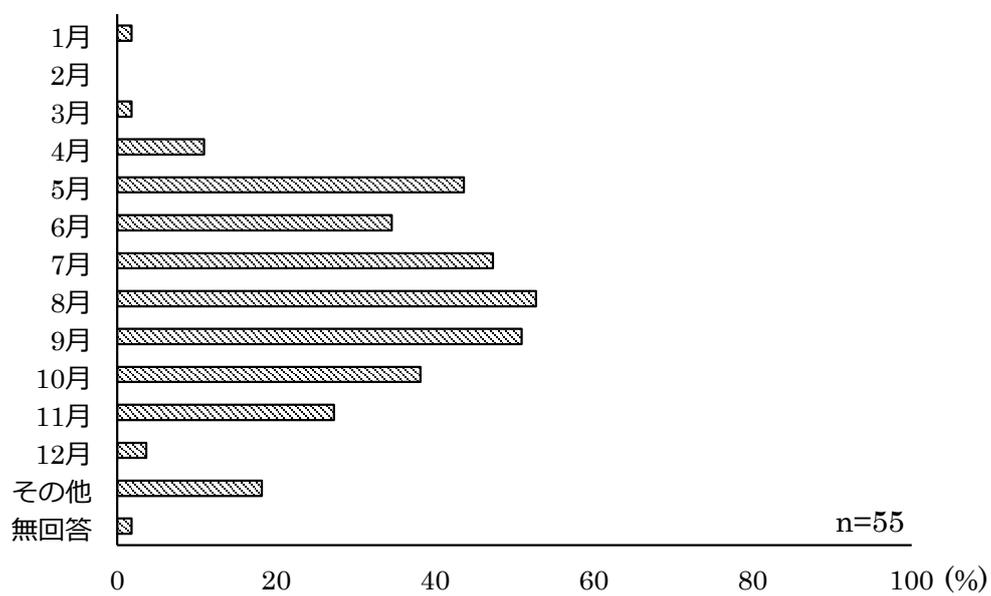


Figure 3-4. 除草の実施月
 (回答が複数ある場合は、すべてを集計の対象とした)

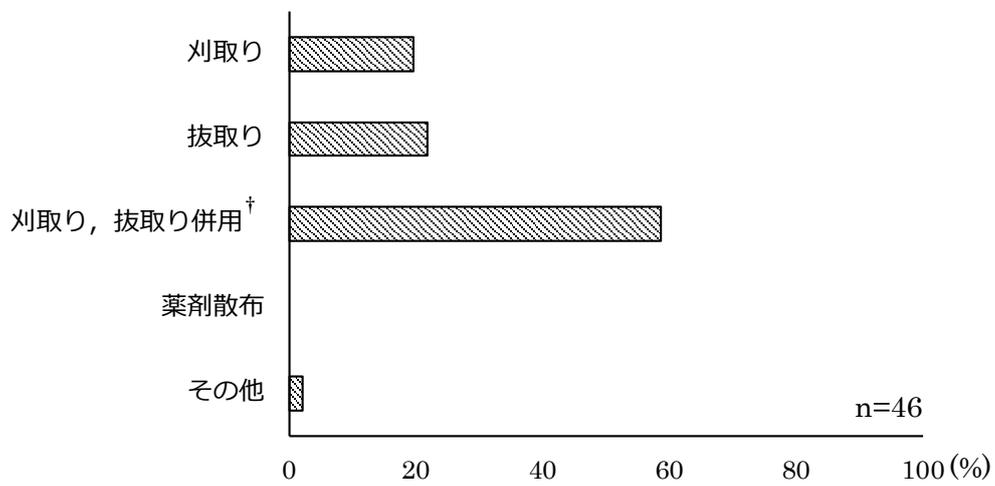


Figure 3-5. 除草の実施方法（複数回答）

† 刈取り, 抜取りの両方を回答した場合

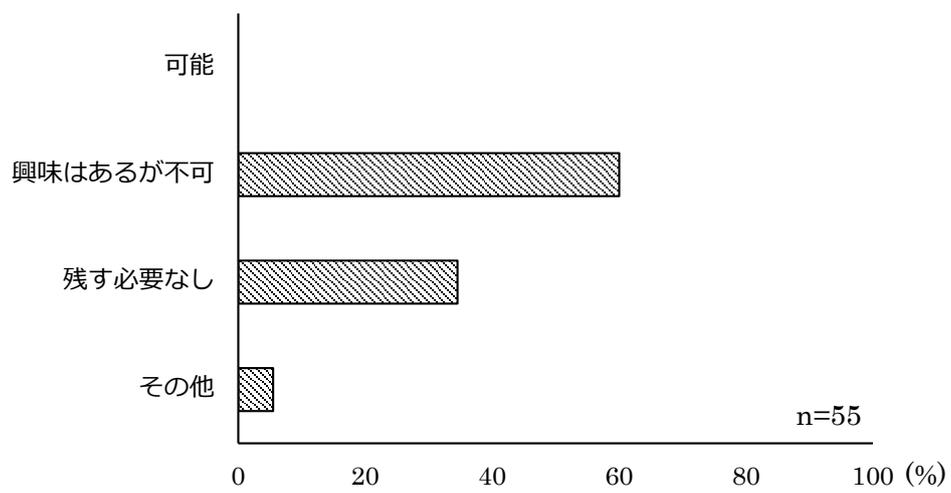


Figure 3-6. 街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物を除草せずに残すことの可否

3.1.4 考察

わが国における街路樹の街路樹の根元の空間内の除草の現状は、次のように考えられた。わが国で行われている除草は、主に景観の向上、交通安全対策、市民からの要望に応えるため、樹木の剪定とともに街路樹の維持管理の中でも最重要項目の1つとして位置づけられていると考える (Figure 3-1 および Figure 3-2)。そのため、都市における植物の種多様性の確保といった目的であっても、侵入・定着する植物を残すことはできないのではないだろうか (Figure 3-6)。また、除草は主に5月～11月にかけて1～3回 (Figure 3-3 および Figure 3-4)、薬剤を用いず、抜取り、あるいは抜取りと刈取りの両方で対応していることが明らかとなった (Figure 3-5)。以上が、わが国で実施されている一般的な除草であると考えられる。

3.2 除草が街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物へ与える影響

3.2.1 本節の目的

前節において、わが国では、年間1～3回程度、5月～11月にかけて除草を行うことが一般的であることが明らかとなった。また、除草は、わが国で行われている街路樹の維持管理の中でも最重要項目であり、除草を行わずに、街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物を残すことはできないことが示唆された。そのため、街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物への影響が懸念される。そこで本節では、除草を行うことが、街路樹の根元の空間へ侵入・定着する植物へ与える影響について明らかにすることを目的とした。ここでは、除草を行った場合と、除草を行わない場合の侵入・定着する植物の種数の比較から検討する。

3.2.2 方法

本節では、福岡県福岡市東区の福岡アイランドシティを対象とし (Figure 3-7)、福岡アイランドシティ内の街路樹を任意に抽出した (n=56)。ここで対象とした街路樹は、Photo 3-1 のような街路樹を対象とした。抽出した街路樹の根元の空間に、1m² (1m×1m) の試験区を設置した。設置した試験区は、除草区 (W_I～W_XV, n=15) および、除草を行わない未除草区 (N_I～N_XIII, n=13) である。除草区では、前節で明らかとなった一般的な除草を参考に、年間1回、8月に抜取りを行う。調査では、2022年8月上旬に、除草区および未除草区に侵入・定着する植物の抽出を行い、その後、除草区内の除草を行う (Table 3-2)。そして、3ヶ月が経過した、2022年11月上旬に、除草区および未除草区に侵入・定着する植物の抽出を行った。それぞれの試験区で侵入・定着が確認された植物の平均種数の比較には、t検定を用いて検討した。その他の解析には、解析には、 χ^2 検定を用いて検討した。t検定および χ^2 検定にはSPSS Statistics Ver.27 (IBM) を使用した。



Figure 3-7. 調査対象地



Photo 3-1. 対象とした街路樹の一例

Table 3-2. 除草区および未除草区における調査時期

	2021年			
	8月	9月	10月	11月
除草区	● ▲			●
未除草区	●			●

除草区では植物の抽出後に除草を行った

● 植物の抽出, ▲ 除草

3.2.3 結果

除草区全体では、除草前（8月）に32種の侵入・定着する植物が確認された（Table 3-3）。除草後（11月）には、51種の植物が確認され、これらのうち、28種は除草後に新たに確認できた種である（Table 3-3）。未除草区全体では、8月に30種の侵入・定着する植物が確認された。11月には44種の植物が確認され、これらのうち、18種は除草後に新たに確認できた種である。一方、総種数は、除草区で60種にのぼり、これらのうち、在来種が39種（65.0%）を占めた（Table 3-3 および Figure 3-8）。未除草区における総種数は48種、これらのうち、在来種が31種（64.6%）を占めた。なお、除草区および未除草区における、在来種の割合に有意な差はみられなかった（ $P>0.05$ ）（Figure 3-8）。

次に、それぞれの試験区ごとの、侵入・定着する植物の種数の比較を行う。除草区では、除草前の8月に平均5.7種の侵入・定着する植物を確認した（Table 3-3 および Figure 3-9）。除草後の11月には平均10.9種の侵入・定着する植物が確認でき（Table 3-3 および Figure 3-10）、これらのうち、平均7.3種は除草後の11月に新たに確認できた種である（Table 3-3 および Figure 3-11）。未除草区では、8月に平均7.2種の侵入・定着する植物を確認した。11月には平均9.6種の侵入・定着が確認でき、これらのうち、平均3.8種は11月に新たに確認できた種である。それぞれの試験区における、8月の平均種数、11月の平均種数に有意な差はみられなかった（ $P>0.05$ ）（Figure 3-9 および Figure 3-10）。一方、8月に確認されず、11月に新たに確認された平均種数に有意な差が認められた（ $P<0.01$ ）（Figure 3-11）。

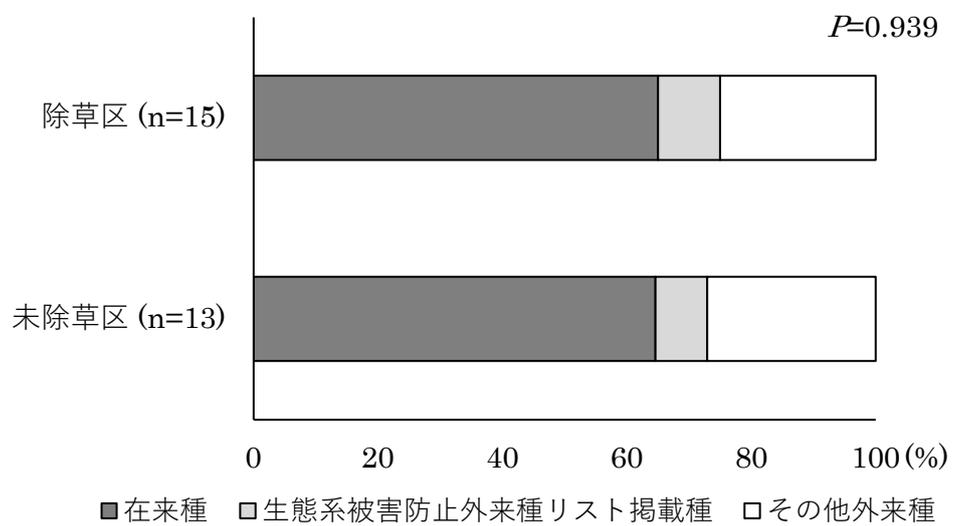


Figure 3-8. 除草区および未除草区における在来種・外来種の割合

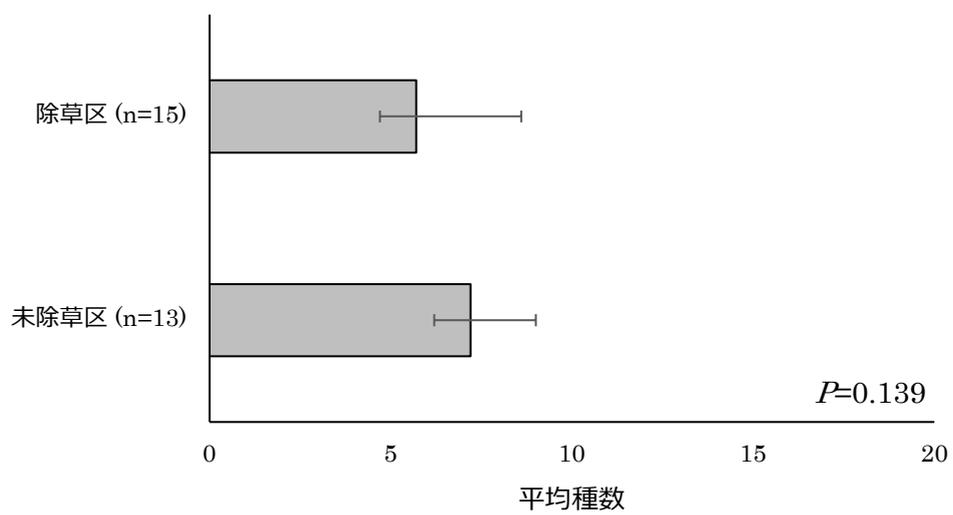


Figure 3-9. 除草区および未除草区における平均種数 (8月)

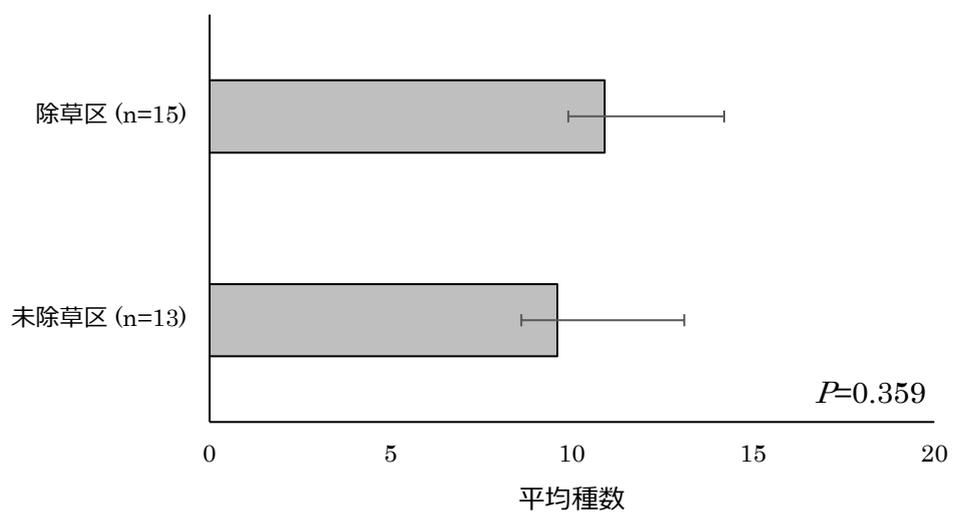


Figure 3-10. 除草区および未除草区における平均種数 (11月)

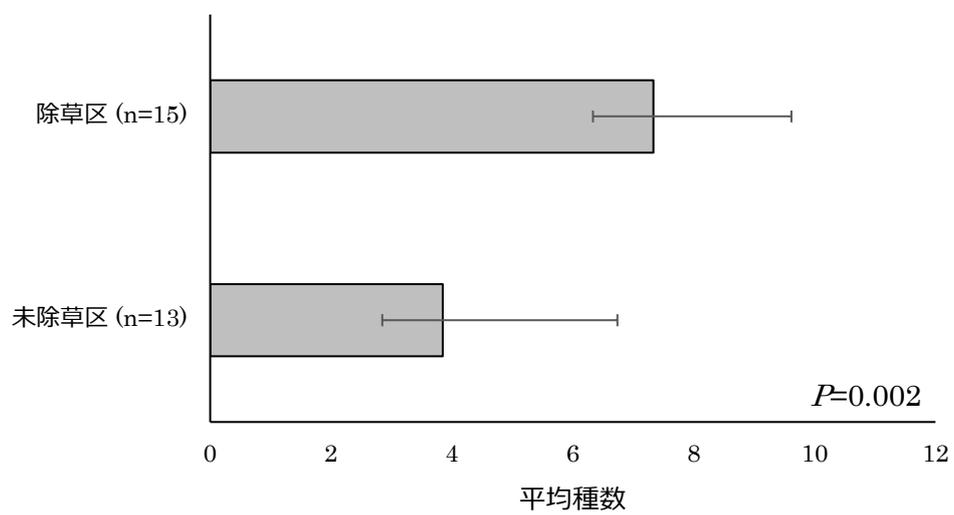


Figure 3-11. 除草区および未除草区にて 11 月に新たに確認された植物の平均種数

3.2.4 考察

前章において、街路樹の根元の空間は、侵入・定着する植物の生育地となることで、都市における植物の種多様性を確保できることを示唆した。しかし、前節にて、わが国では、街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物の除草は、街路樹の維持管理の中でも最重要項目として位置づけられ、概ね、年間1回、8月前後に抜取りによる除草が行われていることが明らかとなった。そこで本節では、わが国で一般的に行われている除草が（ここでは、年間1回、8月に抜取り）、街路樹の根元の空間へ侵入・定着する植物へ与える影響を検討した。

その結果、除草を行わない場合に比べ、除草を行うこと、試験前にみられなかった多くの種が侵入・定着し（Table 3-3, Figure 3-9, Figure 3-10 および Figure 3-11）、結果的に総種数も多くなった（Table 3-3）。一方、除草の有無に関わらず、在来種が半数以上を占めた（Figure 3-8）。

以上より、除草を行うことで、より多くの植物の侵入・定着が見込め、都市における植物の種多様性をより一層確保できると考える。これは、除草を行うことで、様々な方法で移動してきた植物の種子に日光が当たりやすくなることで発芽が促進され、さらに生育可能なスペースが生じるためではないだろうか。一方で、種によっては、街路樹の根元の空間において長期にわたって繁茂し大型化することで、植栽樹を枯死させている³²⁾。すなわち、除草は、都市における木本類の種多様性の確保だけでなく、都市における木本類の種多様性の確保にも貢献していると考えられる。

第4章 街路樹の管理が根元の空間に侵入・定着する植物へ与える影響

4.1 本章の目的

前章までに、街路樹の根元の空間は、侵入・定着する植物の生育地となることで、都市における植物の種多様性を確保していることを示唆した。一方、同空間に侵入・定着する植物は除草されているものの、除草によって植物の種多様性が確保されていることを示唆した。

一方、街路樹には様々なタイプ(例えば、樹木を低く刈り込んで生垣にしているもの、樹木の根元にガーデニングが整備されているもの、樹木の根元が鉄格子などの人工構造物で覆われているものなど)がある¹⁸⁾。そこで本章では、前述したような街路樹のタイプが、同空間に侵入・定着する植物へ与える影響について明らかにすることを目的とする。さらに、街路樹の根元の空間における埋土種子集団の存在と、都市における植物の種多様性を確保についてもいくつか考察する。

4.2 方法

4.2.1 侵入・定着する植物

本研究は福岡県福岡市を対象とした (Figure 4-1). 福岡市は 33°36'N, 130°25'E に位置する日本の 5 大都市の 1 つである (2023 年 1 月時点の人口は約 163 万人¹⁷⁾). 福岡市の中でも最も緑被率の低い中央区 (22.2%)¹⁶⁾の交差点を任意に 33 ヶ所抽出した. これらの交差点は, 周囲に大規模な緑地がなく, 幹線道路 (県道あるいは市道) 沿いに立地するなど, 全てが概ね同様の環境下にある. 調査では, 各交差点から 50m 内に整備されている街路樹のうち, 一般的な 4 タイプ (Type A, B, C および D) を調査対象とした (n=105) (Photo 4-1)¹⁸⁾. Type A は樹木の根元に何も整備されていないタイプ (n=23), Type B は樹木の根元にガーデニングが整備されているタイプ (n=19), Type C は樹木の根元が鉄格子などの人工構造物で覆われているタイプ (n=31), Type D は樹木を低く刈り込んで生垣にしているタイプである (n=32) (Photo 4-1). なお, Type A, B および C ではイチョウ (*Ginkgo biloba* L.), クロガネモチ (*Ilex rotunda* Thunb.), ケヤキ (*Zelkova serrata* (Thunb.) Makino) など, Type D ではシャリンバイ (*Rhaphiolepis indica* (L.) Lindl.), ハナヅノツクバネウツギ (*Abelia x grandiflora* (André) Rehder), ヤブツバキ (*Camellia japonica* L.) などの刈り込みに強い種が植栽されていた (Table 4-1). 樹種は全体を通して 24 種 (Ericaceae sp. および Rosaceae sp. を含む) だった (Table 4-1).

本調査では, 抽出した各タイプの根元にコドラートを設置し, コドラート内に生育している植物の記録を行った. コドラートの大きさは, それぞれの空間の状況に合わせて調節した (Type A : 平均 1.4m², Type B : 平均 1.8m², Type C : 平均 2.2m², Type D : 平均 2.2m²). 調査は 2013 年 9 月上旬から 10 月中旬に行った.



Figure 4-1. 調査対象地域



Type A



Type B



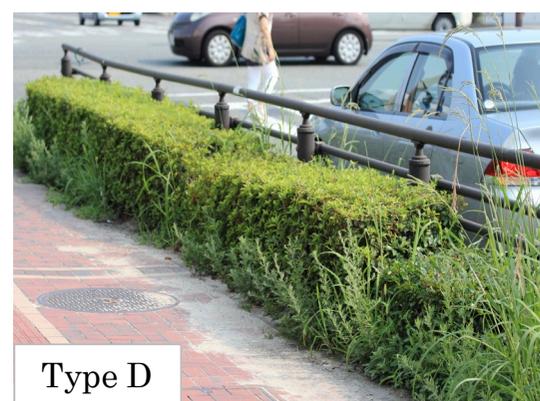
Type B



Type C



Type C



Type D

Photo 4-1. 街路樹のタイプ一覧

Type A : 樹木の根元に何も整備されていないタイプ (n=23)

Type B : 樹木の根元にガーデニングが整備されているタイプ (n=19)

Type C : 樹木の根元が鉄格子などの人工構造物で覆われているタイプ (n=31)

Type D : 樹木を低く刈り込んで生垣にしているタイプ (n=32)

Table 4-1. 街路樹のタイプ別の植栽樹

	街路樹タイプ [†]			
	A (n=23)	B (n=19)	C (n=31)	D (n=32)
<i>Abelia x grandiflora</i> (André) Rehder				11
<i>Acer buergerianum</i> Miq.	5	2		
<i>Aesculus hippocastanum</i> L.			1	
<i>Aesculus turbinata</i> Blume			1	
<i>Aesculus x carnea</i> Heyne			2	
<i>Camellia japonica</i> L.				3
<i>Diospyros kaki</i> Thunb.		1		
<i>Elaeocarpus zollingeri</i> K.Koch	1	2	2	
<i>Eurya emarginata</i> (Thunb.) Makino				1
<i>Fraxinus griffithii</i> C.B.Clarke		2	3	
<i>Ginkgo biloba</i> L.	6	4	8	
<i>Ilex rotunda</i> Thunb.	5	4	7	
<i>Liquidambar styraciflua</i> L.			2	
<i>Lithocarpus edulis</i> (Makino) Nakai	1	1		
<i>Magnolia kobus</i> DC.			1	
<i>Machilus thunbergii</i> Siebold	1			
<i>Pieris japonica</i> (Thunb.) D.Don				1
<i>Pinus thunbergii</i> Parl.		1		
<i>Pittosporum tobira</i> (Thunb.) W.T.Aiton				3
<i>Raphiolepis indica</i> (L.) Lindl.				11
<i>Toona sinensis</i> (A.Juss.) M.Roem.	1			
<i>Zelkova serrata</i> (Thunb.) Makino	1	1	3	
Ericaceae sp.				2
Rosaceae sp.	2	1	1	
総種数	9	10	11	7

[†] 数値は街路樹のタイプ別の植栽箇所

4.2.2 埋土種子

抽出した街路樹 (n=105) のうち, 任意の街路樹で表土の採取を行った (n=86). なお, 表土の pH は 7.7 ± 0.5 , EC は 0.05 ± 0.04 mS/cm であり, 大きな差はみられなかった. 採取した表土内の埋土種子を確認するため, 播きだし試験を行った. 播きだしは, バーミキュライトをビニールポット (直径: 105 mm, 底径: 75 mm, 高さ: 90 mm) へ 500 ml 入れ, 採取した表土をその上に 200 ml 盛り, 室温 25 °C, 12h おきにライトの点灯 (色温度 4000 k, 全光束 2,850 lm の蛍光灯 9 本), 適宜灌水といった条件で行った.

4.2.3 解析

街路樹のタイプが, 根元の空間に成立する植物群集の種多様性に与える影響を評価するため, Shannon-Wiener の多様度指数 $H' = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$ を算出した. なお, H' は, 通常 0 から 5 前後の値をとり, その値が大きいほど多様度が高いとされる⁹⁸⁾. また, 街路樹のタイプごとに, 根元の空間に形成された植物群集の非類似性について評価するため, Bray-Curtis 非類似度指数 $\delta_{jk} = \sum_{i=1}^S |n_{ji} - n_{ki}| / (N_j + N_k)$ を算出した. この指数は, 0~1 までの値をとり, 0 の場合は 2 つのタイプ間の群集構造が同一, 1 の場合は 2 つのタイプ間の群集構造が完全に不一致であることを意味する^{98), 95)}. その他の解析には, χ^2 検定を用いて検討した. Shannon-Wiener の多様度指数および Bray-Curtis 指数の算出には R Ver.4.2.1, χ^2 検定には SPSS Statistics Ver.27 (IBM) を使用した.

4.3 結果

4.3.1 街路樹のタイプ別に侵入・定着する植物

(1) 植物の侵入・定着状況

街路樹の根元の空間 (n=105) では、合計で 46 科 123 種 (サクラ類を除く) の植物が確認された (Table 4-2). これらのうち、在来種は 81 種 (65.8 %) だった. また、短命草 (1, 2 年草および越年草) は 50 種 (40.7%), 多年草は 49 種 (39.8 %), 木本類は 24 種 (19.5 %) だった.

タイプ別にみると、Type A (n=23) では 25 科 57 種 (サクラ類を除く) が確認され、これらのうち、コスズメガヤ (*Eragrostis minor* Host), ニワホコリ (*Eragrostis multicaulis* Steud.), オオチドメ (*Hydrocotyle ramiflora* Maxim.), アサガオ (*Ipomoea nil* (L.) Roth) などの 15 種は他のタイプでは確認できず本タイプのみでみられた (Table 4-2). Type B (n=19) では 21 科 41 種 (サクラ類を除く), Type C (n=31) では 14 科 38 種, Type D (n=32) では 34 科 76 種の植物がそれぞれ確認された (Table 4-2). これらの中には、Type A と同様に、他のタイプでは確認できない植物もあり、Type B ではイロハモミジ (*Acer palmatum* Thunb.), トウカエデ (*Acer buergerianum* Miq.), ブタクサ (*Ambrosia artemisiifolia* L.), ヒルガオ (*Calystegia pubescens* Lindl.) などの 12 種, Type C ではノコンギク (*Aster microcephalus* (Miq.) Franch.), トキンソウ (*Centipeda minima* (L.) A. Braun), オランダミミナグサ (*Cerastium glomeratum* Thuill.), タツノツメガヤ (*Dactyloctenium aegyptium* (L.) P. Beauv.) などの 10 種, Type D ではヒナタイノコズチ (*Achyranthes fauriei* H. Lévl.), コヌカグサ (*Agrostis gigantea* Roth), ムクノキ (*Aphananthe aspera* (Thunb.) Planch.), カラムシ (*Boehmeria nivea* (L.) Gaudich.) などの 39 種だった (Table 4-2). これら各タイプのみでみられた植物の割合は、各タイプで確認された植物の 26.3%~51.3%に達した (Table 4-2).

各タイプ間の Bray-Curtis 非類似度指数は 0.59~0.75, 各タイプの種組成は大きく異なっており (Table 4-3), 多様度指数 (H') は Type A が 3.81, Type B が 3.57, Type C が 3.22, Type D が 4.5 であった (Table 4-2). なお、エノキグサ (*Acalypha australis* L.), ヨモギ (*Artemisia indica* Willd.), コニシキソウ (*Chamaesyce maculata* (L.) Small) などの 17 種は、全タイプに共通して確認された種だった (Table 4-2).

(2) 植物の特徴

各タイプ間において、木本類の割合に有意差が認められた ($P<0.01$) (Figure 4-2). これに対して、在来種は、全てのタイプで半数以上を占めており、タイプ間で有意差はなかった ($P>0.05$) (Figure 4-3). 生活型 (休眠型, 地下器官型, 種子散布型, 生育型) の割合も、タイプ間で有意差はなかった ($P>0.05$) (Figure 4-4, Figure 4-5, Figure 4-6 および Figure 4-7).

Table 4-2. 街路樹タイプ別の根元の空間で侵入・定着が確認された植物

学名	科 [†]	在来種	外来種 [‡]	草本類 短命草 [‡] 多年草	木本類	休眠型 [§]	地下器官型 [§]	散布型 [§]	生育型 [§]	街路樹タイプ [*]			
										A (n=23)	B (n=19)	C (n=31)	D (n=32)
<i>Solanum nigrum</i> L.	Solanaceae	●		●		Th	R5	D2	b	0.009	0.016	0.010	0.159
<i>Acalypha australis</i> L.	Euphorbiaceae	●		●		Th	R5	D3	e	0.991	0.005	0.006	0.106
<i>Setaria viridis</i> (L.) P.Beauv.	Gramineae	●		●		Th	R5	D4	t	7.394	1.716	2.994	0.806
<i>Plantago asiatica</i> L.	Plantaginaceae	●		●		H	R3	D2	r	0.009	0.005	0.019	0.009
<i>Oxalis dillenii</i> Jacq.	Oxalidaceae		●	●		Ch	R4	D3	p	0.009	0.268	0.003	0.025
<i>Youngia japonica</i> (L.) DC.	Compositae	●		●		Th(w)	R5	D1	ps	0.004	0.005	0.010	0.003
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Gramineae	●		●		Th	R5	D4	t	2.391	0.005	0.329	0.003
<i>Oxalis corniculata</i> L.	Oxalidaceae	●		●		Ch	R4	D3	p	0.817	0.553	0.355	0.656
<i>Chamaesyce maculata</i> (L.) Small	Euphorbiaceae		●	●		Th	R5	D3	b	2.835	1.189	2.023	0.184
<i>Digitaria radicata</i> (J.Presl) Miq.	Gramineae	●		●		Th	R4	D4	t	2.948	1.979	0.171	0.794
<i>Zoysia japonica</i> Steud.	Gramineae		●	●		H	R1	D4	t	0.009	0.789	6.619	1.347
<i>Taraxacum officinale</i> Weber	Compositae		●	●		H	R3	D1	r	2.426	0.295	0.510	0.044
<i>Cyperus amuricus</i> Maxim.	Cyperaceae	●		●		Th	R5	D4	t	5.870	2.895	1.210	2.344
<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers.	Compositae		●	●		Th(w)	R5	D1	pr	0.004	0.005	0.006	0.009
<i>Paederia scandens</i> (Lour.) Merr.	Rubiaceae	●		●		Ch	R3	D4	l	0.004	0.005	0.003	1.416
<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koeler	Gramineae	●		●		Th	R4	D4	t	1.957	0.274	3.145	1.875
<i>Artemisia indica</i> Willd.	Compositae			●		Ch	R2	D4	e	0.026	1.984	0.181	0.881
<i>Ipomoea nil</i> (L.) Roth	Convolvulaceae		●	●		Th	R5	D4	l	0.009			
<i>Hydrocotyle ramiflora</i> Maxim.	Umbelliferae	●		●		Ch	R4	D4	p	1.848			
<i>Mirabilis jalapa</i> L.	Nyctaginaceae		●	●		Th	R5	D4	e	0.217			
<i>Setaria pumila</i> (Poir.) Roem.	Gramineae	●		●		Th	R5	D4	t	0.004			
<i>Eragrostis minor</i> Host	Gramineae		●	●		Th	R5	D4	t	0.004			
<i>Vicia hirsuta</i> (L.) Gray	Leguminosae			●		Th(w)	R5	D3	l	0.004			
<i>Toona sinensis</i> (A.Juss.) M.Roem.	Meliaceae		●	●		MM	R5	D4	e	0.217			
<i>Rumex crispus</i> L.	Polygonaceae		●	●		H	R5	D4	ps	0.004			
<i>Eragrostis multicaulis</i> Steud.	Gramineae	●		●		Th	R5	D4	t	0.761			
<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	Gramineae		●	●		Th(w)	R5	D4	t	0.004			
<i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn.	Portulacaceae		●	●		Th	R5	D4	b	0.987			
<i>Wahlenbergia marginata</i> (Thunb.) A.DC.	Campanulaceae	●		●		H	R2	D4	ps	0.004			
<i>Persicaria capitata</i> (Bach.-Ham. ex D.Don) H.Gross	Polygonaceae		●	●		H	R5	D4	b	0.004			
<i>Lepidium virginicum</i> L.	Cruciferae	●		●		Th(w)	R5	D4	pr	0.004			
<i>Sedum mexicanum</i> Britton	Crassulaceae		●	●		Ch	R4	D4	p	0.217			
<i>Acer palmatum</i> Thunb.	Aceraceae	●		●		MM	R5	D1	e		0.005		
<i>Persicaria lapathifolia</i> (L.) Delarbre	Polygonaceae		●	●		Th	R5	D4	e		0.005		
<i>Diospyros kaki</i> Thunb.	Ebenaceae	●		●		MM	R5	D2	e		0.005		
<i>Lygodium japonicum</i> (Thunb.) Sw.	Schizaeaceae		●	●		H	R2	D1	l		0.005		
<i>Cyperus iria</i> L.	Cyperaceae	●		●		Th	R5	D4	t		0.005		
<i>Mollugo stricta</i> L.	Molluginaceae	●		●		Th	R5	D4	b		0.005		
<i>Viola mandshurica</i> W.Becker	Violaceae	●		●		H	R3	D3	r		0.005		
<i>Plantago virginica</i> L.	Plantaginaceae	●		●		H	R3	D2	r		0.005		
<i>Acer buergerianum</i> Miq.	Aceraceae	●		●		MM	R5	D1	e		0.005		
<i>Calystegia pubescens</i> Lindl.	Convolvulaceae	●		●		G	R2	D5	l		0.263		
<i>Oenothera speciosa</i> Nutt.	Onagraceae		●	●		Th(w)	R5	D1	ps		0.005		
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	Compositae	●		●		Th	R5	D4	e		0.005		
<i>Geranium carolinianum</i> L.	Geraniaceae		●	●		M	R5	D4	e			0.161	
<i>Draba nemorosa</i> L.	Cruciferae	●		●		Th(w)	R5	D4	ps			0.003	
<i>Spergula arvensis</i> L.	Caryophyllaceae		●	●		Th(w)	R5	D4	b			0.006	
<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill.	Caryophyllaceae		●	●		Th(w)	R5	D4	b			0.003	
<i>Elymus tsukushiensis</i> Honda	Gramineae	●		●		H	R5	D4	t			0.161	
<i>Rumex japonicus</i> Houtt.	Polygonaceae	●		●		H	R5	D4	ps			0.003	
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) P.Beauv.	Gramineae		●	●		Th	R4	D4	p			0.003	
<i>Centipeda minima</i> (L.) A.Braum	Compositae	●		●		Th	R3	D4	p			0.003	
<i>Aster microcephalus</i> (Miq.) Franch.	Compositae	●		●		Ch	R3	D1	pr			0.003	
<i>Kummerowia striata</i> (Thunb.) Schindl.	Leguminosae		●	●		Th	R5	D4	e			0.003	
<i>Elymus racemifer</i> (Steud.) Tzvelev	Gramineae	●		●		H	R5	D4	t			0.003	
<i>Ulmus parvifolia</i> Jacq.	Ulmaceae			●		MM	R5	D1	e			0.859	
<i>Quercus glauca</i> Thunb.	Fagaceae	●		●		MM	R5	D4	e			0.156	
<i>Rumex conglomeratus</i> Murray	Polygonaceae		●	●		H	R5	D4	ps			0.003	
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	Compositae		●	●		Th(w)	R5	D1	pr			0.003	
<i>Rorippa indica</i> (L.) Hiern	Cruciferae	●		●		Th(w)	R5	D4	pr			0.003	
<i>Ficus erecta</i> Thunb.	Moraceae	●		●		M	R5	D2	e			0.006	
<i>Celtis sinensis</i> Pers.	Ulmaceae	●		●		MM	R5	D2	e			0.706	
<i>Ilex japonica</i> (Burm.f) Nakai	Compositae	●		●		H	R3	D1	ps			0.003	
<i>Pterostyrax hispida</i> Siebold	Styracaceae	●		●		MM	R5	D4	e			0.003	
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	Gramineae		●	●		H	R3	D4	t			0.547	
<i>Trichosanthes cucumeroides</i> (Ser.) Maxim.	Cucurbitaceae	●		●		G	R5	D4	l			0.547	
<i>Bescheria nivea</i> (L.) Gaudich.	Urticaceae	●		●		Ch	R3	D4	e			1.175	
<i>Cinnamomum camphora</i> (L.) J.Presl	Lauraceae		●	●		MM	R5	D4	e			1.997	
<i>Zelkova serrata</i> (Thunb.) Makino	Ulmaceae	●		●		MM	R5	D4	e			0.156	
<i>Agrostis gigantea</i> Roth	Gramineae	●		●		H	R3	D4	t			0.003	
<i>Magnolia kobus</i> DC.	Magnoliaceae	●		●		MM	R5	D4	e			0.006	
<i>Ixeris stolonifera</i> A.Gray	Compositae	●		●		H	R4	D1	p			0.003	
<i>Paspalum dilatatum</i> Poir.	Gramineae		●	●		H	R3	D4	t			0.003	
<i>Rhaphiolepis indica</i> (L.) Lindl.	Rosaceae	●		●		N	R5	D4	b			0.003	
<i>Chenopodium album</i> L.	Chenopodiaceae		●	●		Th	R5	D4	e			0.003	
<i>Equisetum arvense</i> L.	Equisetaceae	●		●		G	R1	D1	e			0.003	
<i>Solidago altissima</i> L.	Compositae		●	●		Ch	R2	D1	pr			0.006	
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	Gramineae	●		●		G	R1	D1	e			0.003	
<i>Paspalum urvillei</i> Steud.	Gramineae		●	●		H	R3	D4	t			0.003	
<i>Machilus thunbergii</i> Siebold	Lauraceae	●		●		MM	R5	D4	e			0.156	
<i>Gnaphalium japonicum</i> Thunb.	Compositae	●		●		H	R5	D1	b			0.003	
<i>Commelina communis</i> L.	Commelinaceae	●		●		Th	R5	D4	b			0.013	
<i>Farfugium japonicum</i> (L.) Kitam.	Compositae	●		●		H	R2	D1	ps			0.003	
<i>Pleioblastus argenteostriatus</i> (Regel) Nakai	Gramineae	●		●		M	R1	D4	e			0.156	
<i>Ligustrum japonicum</i> Thunb.	Oleaceae	●		●		M	R5	D2	e			0.003	
<i>Toxicodendron succedaneum</i> (L.) Kuntze	Anacardiaceae	●		●		MM	R5	D2	e			0.003	
<i>Achyranthes fauriei</i> H.Lév.	Amaranthaceae	●		●		H	R3	D2	e			0.003	
<i>Cyperus pygmaeus</i> Roth.	Cyperaceae	●		●		Th	R5	D4	e			0.003	
<i>Briza minor</i> L.	Gramineae		●	●		Th	R5	D4	t			0.003	
<i>Dioscorea tenuipes</i> Franch.	Dioscoreaceae	●		●		G	R5	D1	e			0.003	
<i>Ipomoea triloba</i> L.	Convolvulaceae		●	●		Th	R5	D4	l			0.547	
<i>Aphananthe aspera</i> (Thunb.) Planch.	Ulmaceae	●		●		MM	R5	D2	e			0.156	
<i>Dioscorea japonica</i> Thunb.	Dioscoreaceae	●		●		G	R5	D1	l			0.156	

Table 4-2. 続き

学名	科 [†]	在来種	外来種 [‡]	草本類		木本類	休眠型 [§]	地下器型 [¶]	散布型 [Ⓜ]	生育型 [Ⓝ]	街路樹タイプ [Ⓢ]			
				短命草 ^{††}	多年草						A (n=26)	B (n=27)	C (n=39)	D (n=35)
<i>Carex leucochlora</i> Bunge	Cyperaceae	●		●			M	R3	D4	t	0.761		0.568	
<i>Mallotus japonicus</i> (L.f.) Müll.Arg.	Euphorbiaceae	●				●	MM	R5	D4	e	0.004	0.263		0.003
<i>Setaria faberi</i> R.A.W.Herrm.	Gramineae	●		●			Th	R5	D4	t	0.004	0.005		
<i>Lactuca indica</i> L.	Compositae	●		●			Th	R5	D1	pr	0.765		0.161	0.013
<i>Ginkgo biloba</i> L.	Ginkgoaceae	●				●	MM	R5	D4	e	0.217	0.005		
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P.Beauv.	Gramineae	●		●			Th	R5	D4	t	1.635	0.005		
<i>Bromus catharticus</i> Vahl	Gramineae		●	●			H	R3	D4	t		0.005		0.003
<i>Gameochaeta coarctata</i> (Willd.) Kerguelén	Compositae		●	●			H	R5	D1	b	0.217		0.810	0.166
<i>Coryza sumatrensis</i> (Retz.) E.Walker	Compositae		●	●			Th(w)	R5	D1	pr	0.013			0.003
<i>Eragrostis ferruginea</i> (Thunb.) P.Beauv.	Gramineae	●		●			H	R3	D4	t	0.004	0.005	0.003	
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Gramineae	●		●			H	R4	D4	t	0.004			
<i>Cyperus compressus</i> L.	Cyperaceae	●		●			Th	R5	D4	t	0.222			0.156
<i>Ilex rotunda</i> Thunb.	Aquifoliaceae	●				●	MM	R5	D2	e				0.003
<i>Calystegia hederacea</i> Wall.	Convolvulaceae	●		●			G	R2	D5	l				0.156
<i>Oenothera laciniosa</i> Hill	Onagraceae		●	●			Th(w)	R5	D4	ps	0.004			0.003
<i>Phyllanthus lepidocarpus</i> Siebold	Euphorbiaceae	●		●			Th	R5	D3	e	0.217	0.005		0.009
<i>Fraxinus griffithii</i> C.B.Clarke	Oleaceae	●		●		●	N	R5	D2	e	0.004	0.005		0.009
<i>Trifolium repens</i> L.	Leguminosae		●	●			Ch	R4	D4	p	0.217		0.161	0.003
<i>Miscanthus sinensis</i> Andersson	Gramineae	●		●			H	R3	D1	t	0.004		0.003	2.188
<i>Portulaca oleracea</i> L.	Portulacaceae	●		●			Th	R5	D4	b	0.009	0.921		0.163
<i>Melia azedarach</i> L.	Meliaceae	●		●		●	MM	R5	D2	e				0.003
<i>Zephyranthes candida</i> (Lindl.) Herb.	Amaryllidaceae		●	●			G	R5	D5	r	0.004			0.003
<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Raeusch.	Gramineae	●		●			G	R1	D1	e	0.004		1.210	0.159
<i>Gameochaeta pensylvanica</i> (Willd.) A.L.Cabrera	Compositae		●	●			Th	R5	D1	b	0.004			
<i>Sagina japonica</i> (Sw.) Ohwi	Caryophyllaceae	●		●			Th	R5	D4	b	0.004		0.010	
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	Cruciferae	●		●			Th(w)	R5	D4	ps			0.003	0.003
<i>Coryza canadensis</i> (L.) Cronquist	Compositae		●	●			Th(w)	R5	D1	pr	0.013		0.168	0.006
<i>Plantago lanceolata</i> L.	Plantaginaceae		●	●			H	R3	D2	r	0.004	0.011		
<i>Lithocarpus edulis</i> (Makino) Nakai	Fagaceae	●		●		●	MM	R5	D4	e	0.761	0.263		
<i>Cayratia japonica</i> (Thunb.) Gagnep.	Vitaceae	●		●			G	R2	D5	l		0.268	0.003	0.547
<i>Rosaceae</i> sp.	Rosaceae	-		-		-					0.004	0.263		
多様度指数 (H')											3.81	3.57	3.22	4.50

† エングラーの分類体系, § 色付きは生態系被害防止外来種リスト掲載種, † 1・2年草および越年草

* Th:越冬しない植物, Th(w):越冬する植物, G:地中植物, H:半地中植物, Ch:地表植物, N:低木・殺小地上植物, M:小高木・小型地上植物, MM:中高木・大高木・中大型地上植物

† R1:広い範囲に連絡体をつくる植物, R2:やや広い範囲に連絡体をつくる植物, R3:狭い範囲に連絡体をつくる植物, R4:匍匐茎を伸ばし所々に根を下ろして連絡体をつくる植物, R5:連絡体をつくらず単立している植物

b D1:風, D2:被食・付着, D3:果皮の裂開力, D4:重力, D5:栄養繁殖

Ⓝ e:直立型, b:分枝型, v:そう生型, l:つる型, p:ほふく型, r:ロゼット型, pr:一時ロゼット型, ps:偽ロゼット型

数値は街路樹タイプ別の平均値 (調査で得られたBraun-Blanquet法に基づく被度階級を中央値に換算したものの平均)

Table 4-3. 街路樹タイプ間の Bray-Curtis 非類似度指数

	Type A	Type B	Type C
Type B	0.64	–	–
Type C	0.63	0.65	–
Type D	0.75	0.59	0.69

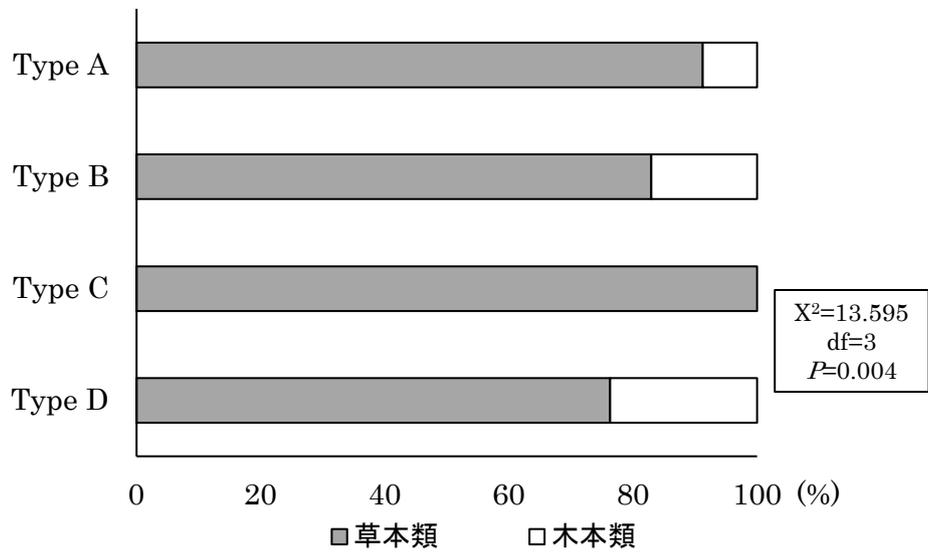


Figure 4-2 街路樹タイプ別の草本類・木本類の割合

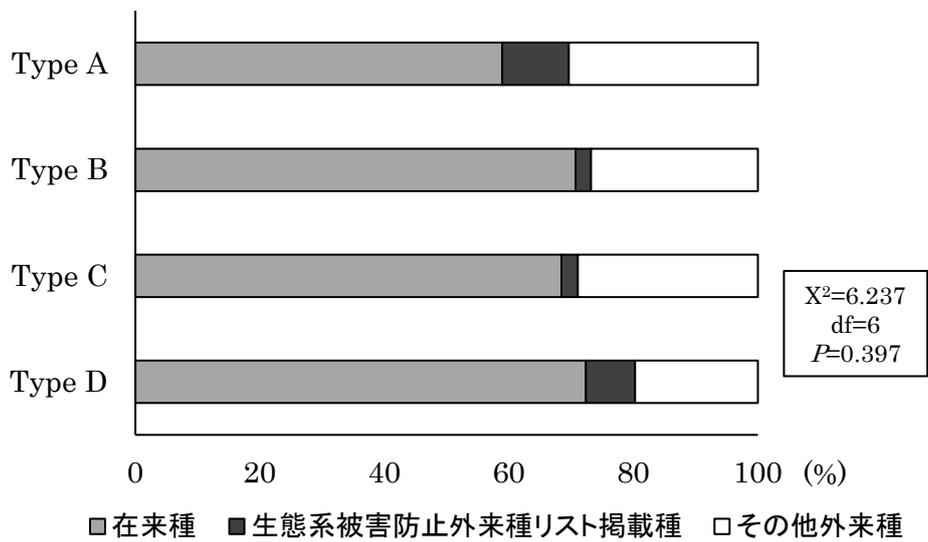


Figure 4-3 街路樹タイプ別の在来種・外来種の割合

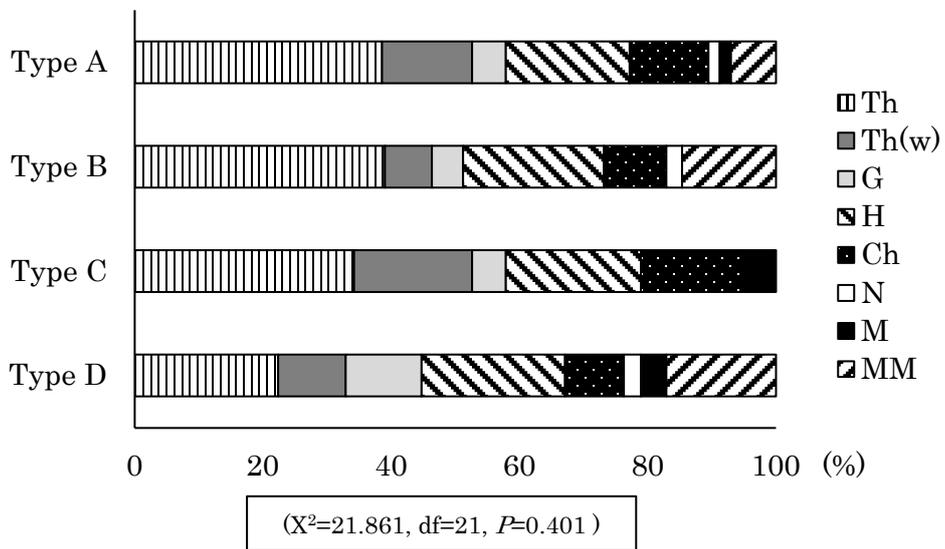


Figure 4-4 街路樹タイプ別の休眠型の割合

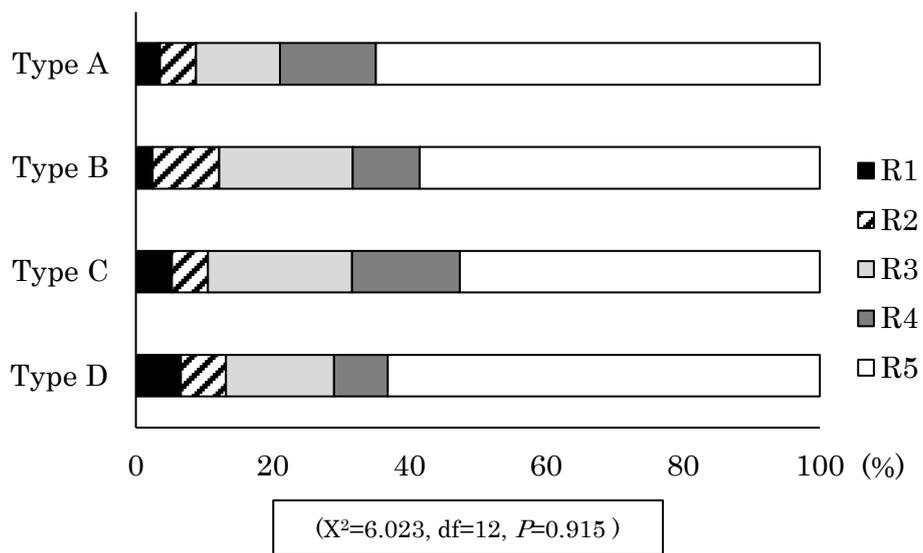


Figure 4-5 街路樹タイプ別の地下器官型の割合

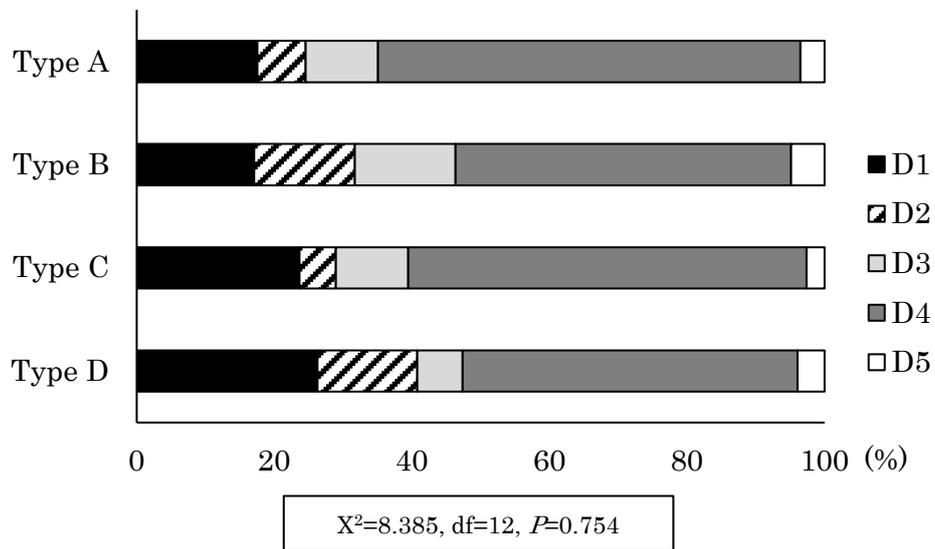


Figure 4-6 街路樹タイプ別の種子散布型の割合

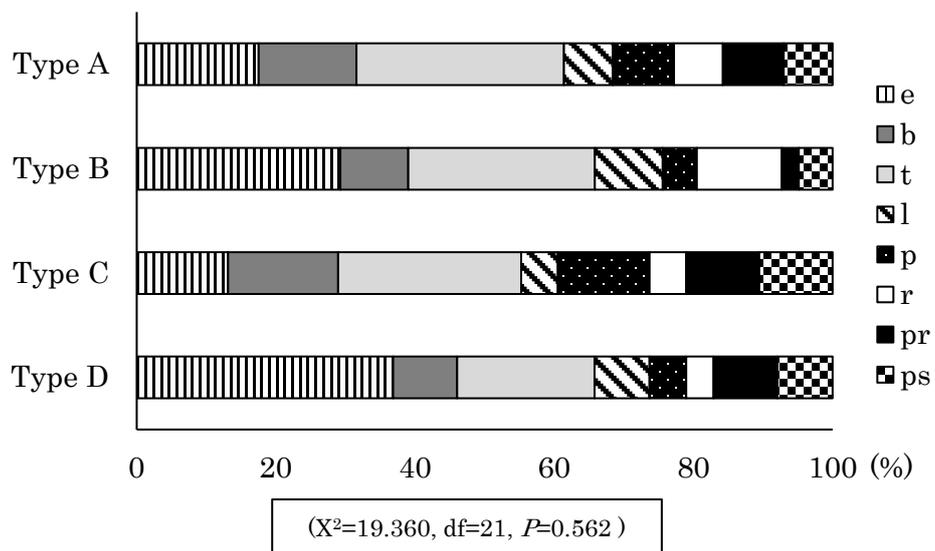


Figure 4-7 街路樹タイプ別の生育型の割合

4.3.2 街路樹の根元の空間における埋土種子集団

表土の採取を行った 86 地点のうち 84 地点で植物の発芽が確認された (Table 4-4). これは, 表土を採取した地点の 97.7%にあたる. また, 確認された植物は計 14 科 31 種だった (Table 3-4). これらのうち, ミドリハコベ (*Stellaria neglecta* Weihe), タネツケバナ (*Cardamine flexuosa* With.), ホトケノザ (*Lamium amplexicaule* L.), ムシトリナデシコ (*Silene armeria* L.) などの 12 種は, 現地調査で確認されなかった種である.

Table 4-4. 埋土種子集団の一覧

	科 †
<i>Sagina japonica</i> (Sw.) Ohwi	Caryophyllaceae
<i>Acalypha australis</i> L.	Euphorbiaceae
<i>Stellaria neglecta</i> Weihe	Caryophyllaceae
<i>Cardamine flexuosa</i> With.	Cruciferae
<i>Gnaphalium pensylvanicum</i> Willd.	Compositae
<i>Eragrostis poaeoides</i> Beauv.	Poaceae
<i>Cerastium arvense</i> Thuill.	Caryophyllaceae
<i>Oxalis corniculata</i> L.	Oxalidaceae
<i>Lamium amplexicaule</i> L.	Labiatae
<i>Cotula australis</i> (Spreng.) Hook. f.	Compositae
<i>Oxalis dillenii</i> Jacq.	Oxalidaceae
<i>Gnaphalium spicatum</i> Lam.	Compositae
<i>Conyza sumatrensis</i> (Retz.) Walker	Compositae
<i>Capsella bursa-pastoris</i> Medicus	Cruciferae
<i>Digitaria timorensis</i> (Kunth) Balansa	Poaceae
<i>Eragrostis ferruginea</i> (Thunb.) P.Beauv.	Poaceae
<i>Briza minor</i> L.	Poaceae
<i>Youngia japonica</i> (L.) DC.	Compositae
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Poaceae
<i>Silene armeria</i> L.	Caryophyllaceae
<i>Trifolium repens</i> L.	Leguminosae
<i>Veronica arvensis</i> L.	Scrophulariaceae
<i>Galium gracilens</i> (A.Gray) Makino	Rubiaceae
<i>Galium spurium</i> L.	Rubiaceae
<i>Lygodium japonicum</i> (Thunb.) Sw.	Schizaeaceae
<i>Miscanthus sinensis</i> Anderss.	Poaceae
<i>Nephrolepis cordifolia</i> (L.) C.Presl	Davalliaceae
<i>Solanum nigrum</i> L.	Solanaceae
<i>Thelypteris acuminata</i> (Houtt.) C.V.Morton	Dryopteridaceae
<i>Trifolium dubium</i> Sibth.	Leguminosae
<i>Veronica peregrina</i> L.	Scrophulariaceae

n=86 (植物の発芽を確認n=84)

† エングラーの分類体系

現地調査で生育が確認されなかった種

4.4 考察

4.4.1 街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物

本章では、同様の環境下の街路樹を対象に調査を行った。その結果、本調査対象地域では様々な樹木の植栽が確認された (Table 4-1)。すなわち、本章においても、植栽樹が、都市における植物の多様性の確保に貢献していることを示唆する。

また、これらの根元の空間では、草本類だけでなく木本類からなる多様な植物群集が確認された (Table 4-2)。これらは、環境省レッドリスト 2020⁵³⁾に掲載される希少種は含まれていないが、主に在来種で形成されていた (Table 4-2)。すなわち、第 2 章と同様に、街路樹の根元の空間が都市における植物の種多様性の確保に大きく貢献していると考えられる。

一方、街路樹には、高木や小高木の根元にガーデニングが整備されたものや、根元が鉄格子などの人工構造物で覆われているものなど様々なタイプがある (Photo 4-1)¹⁸⁾。ここでは、概ね同様の環境下にある街路樹を対象に調査を行ったところ、各タイプの根元の空間で確認された植物群集において、在来種が半数以上を占め、その割合に違いはみられなかった (Figure 4-3)。また、生活型の割合についても同様に、違いはみられなかった (Figure 4-4, Figure 4-5, Figure 4-6 および Figure 4-7)。しかし、各タイプの根元の空間で確認された植物群集は、他のタイプでは見られなかった種が多く含まれており、他のタイプと異なる植物群集が形成されていた (Table 4-2, Table 4-3 および Figure 4-2)。すなわち、様々なタイプの街路樹を整備することで、都市における植物の種多様性をより一層高めることができると考える。一方で、外来生物法で指定されている特定外来生物⁵⁶⁾の侵入・定着はみられないが、全てのタイプにおいて、生態系被害防止外来種リスト⁵⁴⁾に掲載されている種の侵入・定着がみられるため (Table 4-2 および Figure 4-3)、これらの選択的な除草などの対応を加味することで、都市における植物の種多様性をより確保することができるだろう。

本章では、同様の環境下の街路樹を対象としているため、各タイプの根元の空間は次のような環境であると推測できる。Type D では樹木を刈り込んで生垣状にしているため、その根元の空間に侵入・定着する植物は除草されにくいと考える。また、Type A と比べて、Type B ではガーデニングが整備されているため、花の植栽に伴う土壌の掘り返しなどの攪乱があり、また、植栽した花を維持するため頻繁に除草が行われていると考える。Type A では根元に何も整備されていないが、Type C では根元の空間が鉄格子などの人工構造物で覆われているため、根元の空間に侵入・定着する植物の成長が抑えられると考える。すなわち、街路樹は、タイプによって根元の空間の環境が大きく異なっており、これが多様な植物群集が成立する要因と考える。一方で、主に在来種からなるエノキグサ (*Acalypha australis* L.)、ヨモギ (*Artemisia indica* Willd.)、チャガヤツリ (*Cyperus amuricus* Maxim.) などの 17 種は、街路樹のタイプに関係なく、全てのタイプで見られるため (Table 4-2)、街路樹の根元の空間を代表する植物と言える。

4.4.2 街路樹の根元の空間における埋土種子集団

埋土種子集団は、樹林地^{1), 9), 23), 43), 58), 77), 79), 96)}、草地^{39), 42), 49), 51), 63)}、湿地^{2), 24), 38), 41), 87)}、砂丘¹⁵⁾、道路間隙⁸⁹⁾などの土中に存在することが知られてきたが、本章では、新たに街路樹の根元の土中にも埋土種子集団が存在することが明らかとなった (Table 4-4)。すなわち、街路樹は、都市における土壌シードバンクとしても機能していると考えられる。さらに、この土壌シードバンクには、現地調査で確認されていない種の種子も多く含まれたことから (Table 4-4)、街路樹の根元の空間は、都市における植物の種多様性をさらに確保できる可能性を有しているのではないだろうか。

第5章 緑地のタイプが街路樹の根元の空間に成立する植物へ与える影響

5.1 本章の目的

前章までに、街路樹の根元の空間では、侵入・定着する植物の除草が行われているものの、多様な在来植物群集が形成されており、同空間によって、都市における植物の多様性が確保されていることを示唆した。

一方で、ある空間における植物群集の形成は、周辺の緑地の影響を受けており、影響する範囲は半径 200m であると示唆されている⁶⁹⁾。しかし、緑地を構成している種は、緑地ごとに異なっている。そこで本章では、前述したような緑地のタイプが、同空間に侵入・定着する植物へ与える影響について明らかにすることを目的とする。

5.2 方法

5.2.1 研究対象林分

本研究では、福岡県福岡市を対象とした。環境省の1/2.5万現存植生図より、福岡市内のシイ・カシ二次林、ミミズバイースダジイ群集、クロマツ植林を任意に1ヶ所ずつ抽出した (Figure 5-1 および Table 5-1)。調査を行った2021年の福岡市の年間降水量は1,979.0mm, 平均気温は18.2°Cであり, 概ね平年並みであった³⁵⁾。

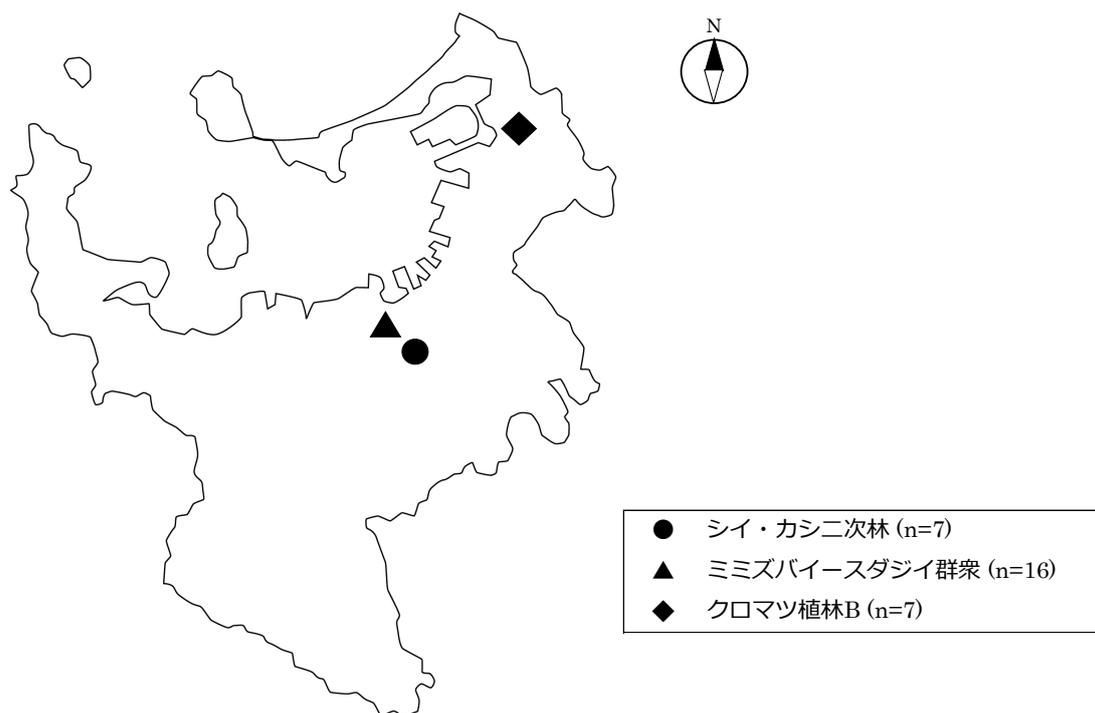


Figure 5-1. 調査対象林分

Table 5-1. 研究対象林分

	対象林分		
	シイ・カシ二次林	クロマツ植林	ミミズバイ・スタジイ群集
林分面積 (m ²) †	125,787	54,284	77,399
試験区数	7	7	16
立地環境 ‡	近隣商業地域	第1種住居地域	近隣商業地域

† 環境省の1/2.5万現存植生図をもとにPhotoshopにて測定, ‡ 都市計画区域 (用途地域)

5.2.2 調査方法

それぞれの林分の林縁部から、概ね 200m 以内の街路樹を任意に抽出し、根元の空間にコドラート (1m×1m) を設置し、侵入・定着する植物の記録を行った。街路樹には様々なタイプがあるが¹⁸⁾、ここでは、第 4 章で示した樹木の根元に何も整備されていないタイプを対象とした (Photo 5-1)。抽出した街路樹は、市街化区域における近隣商業地域などに指定される市街地となっており、全てが概ね同様の環境下にある (Table 5-1)。調査は 2021 年 10 月中旬から同年 10 月下旬にかけて行った。



Photo 5-1. 調査対象とした街路樹の一例

5.2.3 解析

それぞれの街路樹の根元の空間で確認された種に基づき、二元指標種分析 (TWINSpan) による同空間の類型化を行った。TWINSpan は、生物群集の解析で多用される方法であり、ここでは、各街路樹の根元の空間で確認された種の存在の有無のデータを用いて、cut level は 0, 1 に設定した。その他の解析には、 χ^2 検定を用いて検討した。TWINSpan には PC-ORD Ver.4.25 (MjM Software Design)、 χ^2 検定には SPSS Statistics Ver.27 (IBM) を使用した。

5.3 結果

TWINSPANによって街路樹の根元の空間は大きく3つのタイプ (Type I, Type II, Type III) に類型化された (Figure 5-2). Type Iには8つの街路樹の根元の空間が含まれ, そのうちの5つはシイ・カシ二次林周辺の街路樹の根元の空間だった. Type IIには5つの街路樹の根元の空間が含まれ, 全てがクロマツ植林周辺の街路樹の根元の空間だった. Type IIIには17つの街路樹の根元の空間が含まれ, そのうちの15つはミズバイースダジイ群集周辺の街路樹の根元の空間だった. 以上のように, 各林分周辺の街路樹の根元の空間は, 概ね同一のタイプに分類された. つまり, 各林分周辺の街路樹の根元の空間には, 同様な植物群集が形成されていた.

それぞれのタイプの街路樹の根元の空間で確認された, 侵入・定着する植物の種組成を Table 5-2 に示す. Type I (n=8) では30種, Type II (n=5) では19種, Type III (n=17) では32種の侵入・定着する植物が確認された. これらの中には, それぞれのタイプにのみ侵入・定着する植物があり, Type Iではイヌガラシ (*Agrostis gigantea* Roth), コヌカグサ (*Dioscorea japonica* Thunb.), タチツボスミレ (*Eurya emarginata* (Thunb.) Makino) などの18種, Type IIではカモジグサ (*Elymus tsukushiensis* Honda), チチコグサ (*Gnaphalium japonicum* Thunb.), ホトケノザ (*Lamium amplexicaule* L.) などの7種, Type IIIではハナイバナ (*Bothriospermum zeylanicum* (J.Jacq.) Druce), マメカミツレ (*Cotula australis* (Spreng.) Hook. f.), クグガヤツリ (*Cyperus compressus* L.) などの17種だった. なお, カタバミ (*Oxalis corniculata* L.), エノコログサ (*Setaria viridis* (L.) P.Beauv.), ノゲシ (*Sonchus oleraceus* L.) の計3種は全てのタイプで侵入・定着が確認できた共通種だった.

他方, 全てのタイプで環境省レッドリスト 2020⁵³⁾に掲載されている植物は確認できなかったが, 在来種が概ね半数程度を占めた (Table 5-2 および Figure 5-3). また, その比率に有意な差はみられなかった ($P>0.05$).

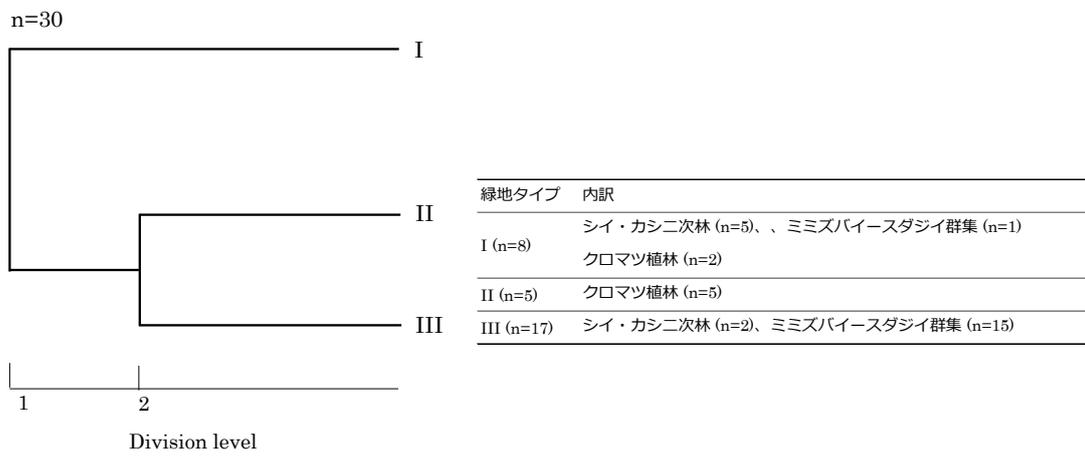


Figure 5-2. 街路樹の根元の空間の類型化

Table 5-2. 各タイプで侵入・定着が確認された植物の一覧

学名	科 †	在来種	外来種 ‡	Type		
				I (n=8)	II (n=5)	III (n=17)
<i>Oxalis corniculata</i> L.	Oxalidaceae	●		●	●	●
<i>Setaria viridis</i> (L.) P.Beauv.	Gramineae	●		●	●	●
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Compositae	●		●	●	●
<i>Agrostis gigantea</i> Roth	Cruciferae	●		●		
<i>Dioscorea japonica</i> Thunb.	Oleaceae	●		●		
<i>Eurya emarginata</i> (Thunb.) Makino	Plantaginaceae	●		●		
<i>Galium gracilens</i> (A.Gray) Makino	Compositae	●		●		
<i>Ligustrum obtusifolium</i> Siebold	Gramineae		●	●		
<i>Malva neglecta</i> Wallr.	Gramineae	●		●		
<i>Oxalis debilis</i> Kunth	Violaceae	●		●		
<i>Paederia scandens</i> (Lour.) Merr.	Malvaceae		●	●		
<i>Persicaria capitata</i> (Buch.-Ham. ex D.Don) H.Gross	Violaceae	●		●		
<i>Plantago asiatica</i> L.	Gramineae		●	●		
<i>Rorippa indica</i> (L.) Hiern	Iridaceae		●	●		
<i>Sisyrinchium rosulatum</i> E.P.Bicknell	Theaceae	●		●		
<i>Viola grypoceras</i> A.Gray	Violaceae	●		●		
<i>Viola inconspicua</i> Blume subsp.	Polygonaceae		●	●		
<i>Viola mandshurica</i> W.Becker	Rubiaceae	●		●		
<i>Vulpia myuros</i> (L.) C.C.Gmel.	Rubiaceae	●		●		
<i>Youngia japonica</i> (L.) DC.	Oxalidaceae		●	●		
<i>Zoysia japonica</i> Steud.	Dioscoreaceae	●		●		
<i>Elymus tsukushiensis</i> Honda	Gramineae	●			●	
<i>Erigeron philadelphicus</i> L.	Compositae		●	●		
<i>Gnaphalium japonicum</i> Thunb.	Compositae	●		●		
<i>Lamium amplexicaule</i> L.	Labiatae	●		●		
<i>Lolium perenne</i> L.	Gramineae		●	●		
<i>Oenothera laciniata</i> Hill	Onagraceae		●	●		
<i>Oxalis dillenii</i> Jacq.	Oxalidaceae		●	●		
<i>Bothriospermum zeylanicum</i> (J.Jacq.) Druce	Boraginaceae	●				●
<i>Cotula australis</i> (Spreng.) Hook. f.	Compositae		●			●
<i>Cyperus compressus</i> L.	Cyperaceae	●				●
<i>Desmodium paniculatum</i> (L.) DC.	Leguminosae		●			●
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P.Beauv.	Gramineae	●				●
<i>Gamochoeta pensylvanica</i> (Willd.) A.L.Cabrera	Compositae		●			●
<i>Gnaphalium affine</i> D.Don	Compositae	●				●
<i>Lindera praecox</i> (Siebold et Zucc.) Blume	Lauraceae	●				●
<i>Liriope muscari</i> (Decne.) L.H.Bailey	Liliaceae	●				●
<i>Mirabilis jalapa</i> L.	Nyctaginaceae		●			●
<i>Oxalis bowieana</i> Lodd.	Oxalidaceae		●			●
<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb.	Euphorbiaceae		●			●
<i>Sedum bulbiferum</i> Makino	Crassulaceae	●				●
<i>Sedum mexicanum</i> Britton	Crassulaceae		●			●
<i>Setaria pumila</i> (Poir.) Roem.	Gramineae	●				●
<i>Talinum triangulare</i> auct.	Portulacaceae		●			●
<i>Zelkova serrata</i> (Thunb.) Makino	Ulmaceae	●				●
<i>Acalypha australis</i> L.	Euphorbiaceae		●			●
<i>Artemisia indica</i> Willd.	Compositae	●		●		
<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill.	Caryophyllaceae		●			●
<i>Chamaesyce maculata</i> (L.) Small	Euphorbiaceae		●			●
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist	Compositae		●			●
<i>Conyza sumatrensis</i> (Retz.) E.Walker	Compositae		●			●
<i>Digitaria radicata</i> (J.Presl) Miq.	Gramineae	●		●		●
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Gramineae	●		●		●
<i>Eragrostis minor</i> Host	Gramineae		●			●
<i>Eragrostis multicaulis</i> Steud.	Gramineae	●		●		●
<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers.	Compositae		●			●
<i>Gamochoeta coarctata</i> (Willd.) Kerguelen	Compositae		●			●
<i>Silene gallica</i> L.	Caryophyllaceae		●			●
<i>Taraxacum officinale</i> Weber	Compositae		●			●
<i>Vicia sativa</i> L.	Leguminosae	●		●		
総種数				30	19	32

† エングラーの分類体系, ‡ 色付きは生態系被害防止外来種リスト掲載種

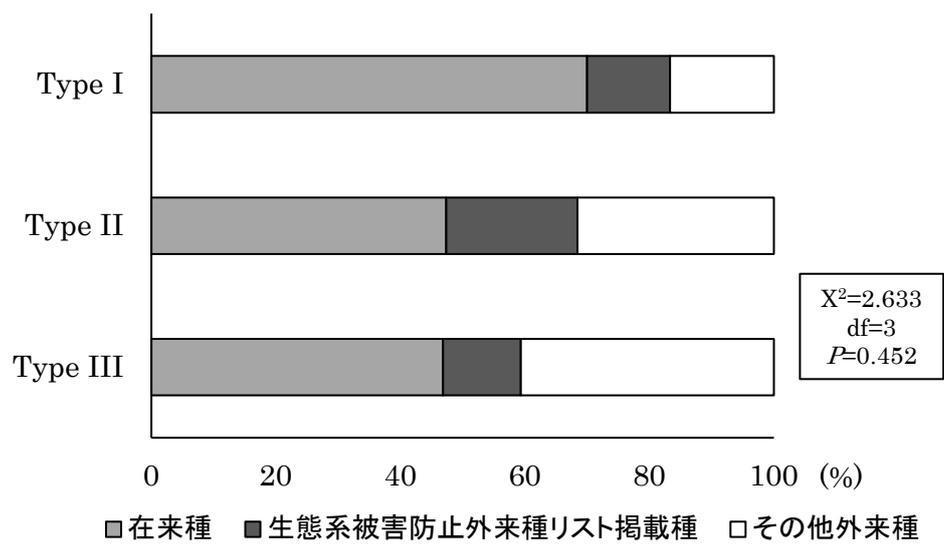


Figure 5-3. タイプ別の在来種・外来種の割合

5.4 考察

本章では、緑地のタイプ（緑地を構成する種）が、周辺の街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物へ与える影響について明らかにすることを目的とし、シイ・カシ二次林、クロマツ植林、ミミズバイ・スダジイ群集の各林分周辺の街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物の抽出をおこなった。

その結果、街路樹の根元の空間は3つのタイプ（Type I, Type II, Type III）に類型化された（Figure 5-2）。Type Iは主にシイ・カシ二次林周辺の街路樹の根元の空間、Type IIは全てがクロマツ植林周辺の街路樹の根元の空間、Type IIIは主にミミズバイ・スダジイ群集周辺の街路樹の根元の空間がそれぞれ含まれた。さらに、各タイプには、他のタイプでは確認されていない種が多く確認された。すなわち、各林分周辺の街路樹の根元の空間では、他の林分周辺の同空間とは異なる植物群集が形成されていると考えられる（Table 5-2）。これらの植物群集は、半数程度が在来種だった（Figure 5-3）。以上より、様々な緑地の周辺に街路樹を整備することで、都市における植物の種多様性をより一層確保できるのではないだろうか。しかし、他の章と同様に、生態系被害防止外来種リストに掲載されている種が10～20%にのぼるため（Table 5-2 および Figure 5-3）、これらへの対応の検討は今後の課題の1つとして挙げられるだろう。

第6章 総合考察

本章では、各章で明らかとなった街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物の現状、除草の影響から、街路樹が都市空間における植物の種多様性に与える影響について総合的に考察する。さらに、街路樹の根元の空間における植物群集の形成に影響を与える要因から、植物の種多様性をより一層確保するための街路樹の導入について提案を行う。

6.1 植栽樹

本研究によって、街路樹として植栽されている樹木（植栽樹）は、高木や低木、常緑樹や落葉樹、広葉樹や針葉樹といった多様な種類の木本が用いられていることが明らかとなった。さらに、これらの多くが在来種であった。以上より、植栽樹は、都市における木本類の種多様性の確保に寄与すると考える。これは、わが国における街路樹の整備傾向¹⁸⁾、植栽樹による種の多様性^{10), 36)}を明らかにした既往研究と同様の結果であった。

6.2 侵入・定着する植物

街路樹の根元の空間には、短命草、多年草、木本類など多様な特徴の植物が侵入・定着していた。これらの植物には、環境省レッドリスト 2020 に掲載される希少種は含まれないが、大部分を在来種が占めていた。すなわち、街路樹の根元の空間は、多種多様な在来植物の生育地として機能していることが考えられる。一方で、本研究で調査した街路樹の根元の空間は、平均面積が 4.2m² と非常に小さく、それぞれに侵入・定着している植物も平均 4.5 種と非常に少ない。しかし、調査した街路樹の根元の空間を 1,200m² 程度合わせると、都市緑地^{20), 25), 26), 99)}と概ね同等の植物種数を確保していることが明らかとなった。なお、この様な同空間への植物の侵入・定着は、鳥や風を介した種子の散布だけでなく、人や車の移動といった人間生活を介した種子の散布、さらに植栽樹が関係していると推察する。

街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物は、一般的に雑草として認識され、除草されている¹⁸⁾。さらに、本研究によって、同空間に侵入・定着する植物の除草は、街路樹の維持管理の中でも最重要項目に位置づけられており、年間 1 回以上、夏季～秋季に採取が行われていることが一般的であることが明らかとなった。しかし同空間に侵入・定着する植物は、この様な除草下においても、多様な植物群集を維持しており、むしろ、より多くの植物種の侵入・定着が確認された。すなわち、除草によって、街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物の多様度が向上していると考えられる。

また、街路樹の根元の空間には、樹林地^{1), 9), 23), 43), 58), 77), 79), 96)}、草地^{39), 42), 49), 51), 63)}、湿地^{2), 24), 38), 41), 87)}、砂丘¹⁵⁾、道路間隙⁸⁹⁾などと同様に、埋土種子集団が存在しており、

現地調査で確認されていない種の種子も多く含まれていた。すなわち、埋土種子集団の存在によって、街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物の多様度がさらに向上する可能性があるのではないだろうか。

以上より、街路樹の根元の空間は、多種多様な在来植物の生育地、さらに土壌シードバンクとして機能することで、都市緑地と同等レベルの都市における植物の種多様性を確保できると考える。一方、同空間では希少種の侵入・定着を確認することができなかったが、生物多様性において普通種が重要な役割を果たしていることから^{45), 46), 72)}、街路樹の根元の空間は都市における植物の種多様性の確保に貢献すると考える。

一方、街路樹の根元の空間は、新たに帰化した植物の生育地となり得ることが示唆されている⁶⁾。また、本研究で侵入・定着が確認された植物の中には、生態系被害防止外来種リスト⁵⁴⁾に掲載されている植物も数種含まれた。今後、これらへの対策を加味することで、より一層都市における植物の種多様性を確保できると考えられる。

6.3 街路樹の導入

街路樹には、樹木の根元にガーデニングが整備されたものや、根元が鉄格子などの人工構造物で覆われているものなど様々なタイプがあり¹⁸⁾、この様なタイプによって異なる植物群集が形成されていた。それぞれのタイプによって、侵入・定着する植物は、除草されにくい、除草や土壌の掘り返しの影響を受けやすい、人工構造物によって成長が抑制されるなどの影響下にあるなど、生育環境が大きく異なっていることが推察できる。すなわち、街路樹のタイプによる固有な根元の環境によって、それぞれで異なる植物群集が形成されていると考える。

他方、本論文で対象とした、シイ・カシ二次林、ミミズバイ・スダジイ群集、クロマツ植林の周辺の街路樹の根元の空間では、それぞれで異なる植物群集が形成されていた。すなわち、ある空間における植物群集の形成は、周辺の緑地に影響されることが示唆されているが⁶⁹⁾、緑地のタイプによって、異なる植物群集が形成されると考える。

以上より、都市における植物の種多様性をより一層確保するには、様々なタイプの街路樹の導入、都市内の様々な緑地周辺に街路樹を導入することを提案する。

6.4 おわりに

本研究によって、街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物が、都市における植物の種多様性を構成する要素となりうること、同空間に侵入・定着する植物の生態の一端を示すことができた。しかし、同空間における植物群集の形成に影響を与えていると考えられる要因は、街路樹のタイプや緑地のタイプだけでなく、人や車の動線と街路樹の位置関係、植栽樹によるアレロパシーなど複数存在すると考える。今後は、これらによる

影響を明らかにすることで、目標植生を設定した街路樹の導入など、都市における植物の種多様性に貢献することができるだろう。

しかし、わが国では、この様な植物は、いまだに雑草としての認識が強い。一方、直近では、街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物について、フランス・パリで行われた研究によって本研究と同様の見解⁷⁴⁾、さらに、アメリカ・ニューヨークで行われた研究によって昆虫類の種多様性の確保に寄与することが示された⁴⁸⁾。この様に、海外では、これまで雑草と認識されてきた植物への注目が高まりつつある。

都市内には、街路樹の根元の空間以外にも、雑草と認識される植物が侵入・定着している空間は多数存在する。すなわち、わが国においても、この様な植物を、都市生態系の一部を成すものとして評価することで、生物多様性の損失の抑制につながるのではないだろうか。

参考文献

- 1) 阿部佑平, 柴田昌三, 中西麻美, 大澤直哉: ヒノキ林化した都市近郊二次林における木本種の埋土種子と散布種子, 日本緑化工学会誌, Vol. 31, No. 1, pp. 3-8, 2005.
- 2) Emily Alderton, Carl Derek Sayer, Rachael Davies, Stephen John Lambert and Jan Christoph Axmacher.: Buried alive: Aquatic plants survive in 'ghost ponds' under agricultural fields, *Biological Conservation*, Vol. 212, No. A, pp. 105-110, 2017.
- 3) Alpo Kapuka, Laura Dobor and Tomáš Hlásny.: Climate change threatens the distribution of major woody species and ecosystem services provision in southern Africa, *Science of The Total Environment*, Vol. 850, 158006, 2022.
- 4) Ansong, M., and Pickering, C.: (2013) Are weeds hitchhiking a ride on your car? A systematic review of seed dispersal on cars. *PLOS ONE*, Vol. 8, No. 11, e80275, 2013.
- 5) 青山真美: 環境・社会・経済が織りなす持続可能な社会の実現, 作業科学研究, Vol. 14, No. 1, pp. 2-12, 2020.
- 6) Arase Teruo, Furuno Masaaki and Uchida Taizo.: Recent naturalization of *Tragopogon* species (Asteraceae) in Kami-ina region of Nagano prefecture, *The Annals of Environmental Science Shinshu University*, Vol. 41, pp. 7-13, 2019.
- 7) 浅井元朗: 植調雑草大鑑, 全国農村教育協会, 東京, 357pp, 2016.
- 8) Benjamin, J., Sean, I., and Robbie, S.: New urban developments that retain more remnant trees have greater bird diversity, *Landscape and Urban Planning*, Vol. 136, pp. 122-129, 2015.
- 9) Brown A. H. F and Oosterhuist Lenoor.: The role of buried seed in coppicewoods, *Biological Conservation*, Vol. 21, No. 1, pp. 19-38, 1981.
- 10) Caneva Giulia, Bartoli Flavia, Zappitelli Ilaria and Savo Valentina.: Street trees in italian cities: story, biodiversity and integration within the urban environment, *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, Vol. 31, pp. 411-417, 2020.
- 11) Cardinale Bradley J, Duffy J Emmett, Gonzalez Andrew, Hooper David U, Perrings Charles, Venail Patrick, Narwani Anita, Mace Georgina M, Tilman David, Wardle David A, Kinzig Ann P, Daily Gretchen C, Loreau Michel, Grace James B, Larigauderie Anne, Srivastava Diane S and Naeem Shahid.: Biodiversity loss and its impact on humanity, *Nature*, Vol. 486, pp. 59-67, 2012.
- 12) Dominati Estelle, Patterson Murray and Mackay Alec.: A framework for

- classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils, *Ecological Economics*, Vol. 69, pp. 1858-1868, 2010.
- 13) 海老原学, 森田紘圭, 村山顕人: 日本の生物多様性を保全するための都市開発における緑化認証制度の比較に関する研究, *ランドスケープ研究*, Vol. 81, No. 5, pp. 709-714, 2018.
 - 14) Eric Wolanski, Severine Choukroun and Nguyen Huu Nhan.: Island building and overfishing in the Spratly Islands archipelago are predicted to decrease larval flow and impact the whole system. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Vol. 233, No. 5, 106545, 2020.
 - 15) 藤木大介, 山中典和, 玉井重信: 鳥取砂丘における植生タイプと埋土種子集団の関係, *日本緑化工学会誌*, Vol. 26, No. 3, pp. 209-222, 2000.
 - 16) 福岡市ホームページ: 「福岡市 新・緑の基本計画」について, <https://www.city.fukuoka.lg.jp/jutaku-toshi/koenkeikaku/midori/shin-midorinokihonkeikaku.html> (2022年2月閲覧).
 - 17) 福岡市ホームページ: 福岡市推計・登録人口(最新), <https://www.city.fukuoka.lg.jp/soki/tokeichosa/shisei/toukei/jinkou/jinnkousokuhou.html> (2023年1月閲覧).
 - 18) Masaaki Furuno, Taizo Uchida, Daisuke Hayasaka, Xue Jun Huan and Teruo Aras.: The introduction and maintenance trends of street trees in Japan, *International Journal of GEOMATE*, Vol. 20, No. 81, pp. 153-161, 2021.
 - 19) 古野正章, 横山晴菜, 早坂大亮, 内田泰三: 屋上緑化の多面的役割—飛来種子の捕捉による都市の生物多様性の向上—, *日本緑化工学会誌*, Vol. 47, No. 1, pp. 171-174, 2021.
 - 20) 古野正章, 横山秀司, 荒瀬輝夫, 友口勇生, 安達 諒, 今戸栄貴, 與猶久恵, 内田泰三, 松尾雄治: 福岡市中央区におけるシイ・カシ二次林の種組成, *九州産業大学工学部研究報告*, Vol. 52, pp. 39-42, 2015.
 - 21) 濱田 梓, 福井 亘: 京都市における神社林の鳥類分布と環境条件との関係, *日本緑化工学会誌*, Vol. 39, No. 1, pp. 125-128, 2013.
 - 22) 濱田 梓, 福井 亘, 水島 真: 京都近郊部の農地形態と鳥類生息の関わりについて, *日本緑化工学会誌*, Vol. 40, No. 1, pp. 114-119, 2014.
 - 23) 浜田 拓, 倉本 宣: 実生出現法によるコナラ林の埋土種子集団の研究及びその植生管理への応用, *ランドスケープ研究*, Vol. 58, No. 1, pp. 76-82, 1994.
 - 24) 日置佳之, 水谷義昭, 太田望洋, 館野真澄, 鈴木明子: ヨシ群落の潜在的植物相の把握に関する研究, *ランドスケープ研究*, Vol. 64, No. 5, pp. 565-570, 2001.
 - 25) 細木大輔, 久野春子, 新井一司, 深田健二: 都市近郊林の林床管理の有無による植生と環境の特徴 その1 上層木の生育および林床植生の特徴, *日本緑化工学会誌*,

- Vol. 27, No. 1, pp. 14-19, 2001.
- 26) 石田弘明, 戸井可名子, 武田義明, 服部 保: 大阪府千里丘陵一帯に残存する孤立二次林の樹林面積と種多様性,種組成の関係, 植生学会誌, Vol. 19, No. 2, pp. 83-94, 2002.
 - 27) 今西亜友美, 村上健太郎, 今西純一, 橋本啓史, 森本幸裕, 里村明香: 孤立した都市緑地における植物の保全と課題, 景観生態学, Vol. 12, No. 1, pp. 23-34, 2007.
 - 28) 今西亜友美, 村上健太郎, 今西純一, 森本幸裕, 里村明香: 京都市内の孤立林における草本植物の種数と種の出現パターン, 日本緑化工学会誌, Vol. 31, No. 1, pp. 51-56, 2005.
 - 29) 今西亜友美, 今西純一, 村上健太郎, 森本幸裕, 里村明香: 京都市内の非樹林緑地としての神社境内における草本植物の種数と種の出現パターン, 日本緑化工学会誌, Vol. 31, No. 2, pp. 278-283, 2005.
 - 30) Ishii T. Hiroaki, Manabe Tohru, Ito Keitaro, Fujita Naoko, Imanishi Ayumi, Hashimoto Daisuke and Iwasaki Ayako.: Integrating ecological and cultural values toward conservation and utilization of shrine/temple forests as urban green space in Japanese cities, *Landscape and Ecological Engineering*, Vol. 6, pp. 307-315, 2010.
 - 31) 石川秀幸: 選択的除草剤を使用することで景観を向上する, (公社) 日本造園学会九州支部 研究・事例報告集, Vol. 21, pp. 35-36, 2013.
 - 32) 伊藤操子: ヨモギ (*Artemisia princeps* Palm.): 雑草としてのその素顔, 草と緑, Vol. 7, pp. 30-37, 2015.
 - 33) Jacob E. Lucero, Alessandro Filazzola, Ragan M. Callaway, Jenna Braun, Nargol Ghazian, Stephanie Haas, M. Florencia Miguel, Malory Owen, Merav Seifan, Mario Zuliani and Christopher J. Lortie.: Increasing global aridity destabilizes shrub facilitation of exotic but not native plant species, *Global Ecology and Conservation*, Vol. 40, e02345, 2022.
 - 34) Janis Birkeland.: Nature Positive: Interrogating sustainable design frameworks for their potential to deliver Eco-positive outcomes, *urban science*, Vol. 6, No. 35, 2022.
 - 35) 気象庁ホームページ: 過去の気象データ検索, <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/> (2022年2月閲覧).
 - 36) Jian, L., Qiang, W. and Xiaojiang, L.: Socioeconomic and spatial inequalities of street tree abundance, species diversity, and size structure in New York City, *Landscape and Urban Planning*, Vol. 206, 2021.
 - 37) Jonay Cubas, José Luís Martín-Esquivel, Manuel Marrero-Gómez, José Ramón Docoito Díaz, Felipe Rodríguez and Juana María González-Mancebo.: Climate

- change causes rapid collapse of a keystone shrub from insular Alpine ecosystems. *Journal for Nature Conservation*, Vol. 69, 126263, 2022.
- 38) Keddy P. A and Reznicek A. A.: Great lakes vegetation dynamics: The role of fluctuating water levels and buried seeds, *Journal of Great Lakes Research*, Vol. 12, No. 1, pp. 25-36, 1986.
- 39) Kinugasa Toshihiko and Oda Shozo.: Effects of vehicle track formation on soil seed banks in grasslands with different vegetation in the Mongolian steppe, *Ecological Engineering*, Vol. 67, pp. 112-118, 2014.
- 40) Kit S. Prendergast, Sean Tomlinson, Kingsley W. Dixon, Philip W. Bateman and Myles H. M. Menz.: Urban native vegetation remnants support more diverse native bee communities than residential gardens in Australia's southwest biodiversity hotspot, *Biological Conservation*, Vol. 265, 109408, 2022.
- 41) 北川久美子, 島野光司:長野県松本盆地における湿性ならびに乾性放棄水田からの水辺植生の再生, 保全生態学研究, Vol. 15, No. 1, pp. 121-131, 2010.
- 42) 小柳知代, 楠本良延, 山本勝利, 大久保悟, 北川淑子, 武内和彦:管理放棄後樹林化したススキ型草地における埋土種子による草原生植物の回復可能性, 保全生態学研究, Vol. 16, No. 1, pp. 85-97, 2011.
- 43) 久保満佐子, 川西基博, 島野光司, 崎尾 均, 大野啓一:秩父・大山沢溪畔林における埋土種子の種構成, 日本森林学会誌, Vol. 90, No. 2, pp. 121-124, 2008.
- 44) Kui Zhang, Miao Li, Jiajun Li, Mingshuai Sun, Youwei Xu, Yancong Cai, Zuozhi Chen and Yongsong Qiu.: Climate-induced small pelagic fish blooms in an overexploited marine ecosystem of the South China Sea, *Ecological Indicators*, Vol. 145, 109598, 2022.
- 45) Lennon Jack J., Koleff Patricia, Greenwood Jeremy J. D. and Gaston, Kevin J.: Contribution of rarity and commonness to patterns of species richness, *Ecology Letters*, Vol. 7, No. 2, pp. 81-87, 2004.
- 46) Lindenmayer D.B., Wood J.T., McBurney L., MacGregor C., Youngentob K. and Banks, S.C.: How to make a common species rare: A case against conservation complacency, *Biological conservation*, Vol. 144, No. 5, pp. 1663-1672, 2011.
- 47) 松本綾乃, 福井 亘, 高林 裕:都市建築に付随する緑化空間の内部環境および階層構造と鳥類出現の関係, ランドスケープ研究, Vol. 82, No. 5, pp. 713-718, 2019.
- 48) Matthew J. Lundquist, Madison R. Weisend and Hope H. Kenmore.: Insect biodiversity in urban tree pit habitats, *Urban Forestry & Urban Greening*, Vol. 78, 127788, 2022.
- 49) Miaojun Ma, Xianhui Zhou and Guozhen Du.: Role of soil seed bank along a disturbance gradient in an alpine meadow on the Tibet plateau. *Flora* -

- Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, Vol. 205, No. 2, pp. 128-134, 2010.
- 50) Mikami K. Osamu and Mikami Katsura.: Structure of the Japanese avian community from city centers to natural habitats exhibits a globally observed pattern, *Landscape and Ecological Engineering*, Vol. 10, pp. 355-360, 2014.
- 51) Misagh Ghasempour, Reza Erfanzadeh and Péter Török.: Fire effects on soil seed banks under different woody plant species in Mazandaran province, Iran, *Ecological Engineering*, Vol. 183, 106762, 2022.
- 52) 環境省ホームページ：次期生物多様性国家戦略素案の概要，
<https://www.env.go.jp/council/12nature/900432760.pdf> (2022年11月閲覧)。
- 53) 環境省ホームページ：環境省レッドリスト 2020 の公表について，
<https://www.env.go.jp/press/107905.html> (2022年3月閲覧)。
- 54) 環境省ホームページ：生態系被害防止外来種リスト，
<https://www.env.go.jp/nature/intro/2outline/iaslist.html> (2022年3月閲覧)。
- 55) 環境省ホームページ：生物多様性国家戦略 2012-2020，
<https://www.biodic.go.jp/biodiversity/about/initiatives/index.html> (2022年3月閲覧)。
- 56) 環境省ホームページ：特定外来生物等一覧，
<https://www.env.go.jp/nature/intro/2outline/list.html> (2022年3月閲覧)。
- 57) 環境省ホームページ：URBIO2010 - 環境省生物多様性センター，
<https://www.biodic.go.jp/biodiversity/activity/international/roundtable/06/files/urbio1.pdf> (2022年3月閲覧)。
- 58) Mmusi Mmusi, Gaolathe Tsheboeng, Demel Teketay, Michael Murray-Hudson, Keotshephile Kashe and Joseph Madome.: Species richness, diversity, density and spatial distribution of soil seed banks in the riparian woodland along the Thamalakane River of the Okavango Delta, northern Botswana. *Trees, Forests and People*, Vol. 6, 100160, 2021.
- 59) Mohammad Belal Uddin, Manuel J. Steinbauer, Anke Jentsch, Sharif Ahmed Mukul and Carl Beierkuhnlein.: Do environmental attributes, disturbances and protection regimes determine the distribution of exotic plant species in Bangladesh forest ecosystem?, *Forest Ecology and Management*, Vol. 303, pp. 72-80, 2013.
- 60) Müller Norbert and Kamada Mahito.: URBIO: an introduction to the International Network in Urban Biodiversity and Design, *Landscape and ecological engineering*, Vol. 7, No. 1, pp. 1-8, 2011.
- 61) Melese Genete Muluneh and Belachew Bogale Worku.: Contributions of urban

- green spaces for climate change mitigation and biodiversity conservation in Dessie city, Northeastern Ethiopia, *Urban Climate*, Vol. 46, 101294, 2022
- 62) Na Xiu, Maria Ignatieva, Cecil Konijnendijk van den Bosch and Shuoxin Zhang.: Applying a socio-ecological green network framework to Xi'an City, China, *Landscape and Ecological Engineering*, Vol. 16, pp. 135-150, 2020.
- 63) Nariyasu Watanabe, Aya Nishiwaki, Kazuo Sugawara.: Seed banks in pastures: special reference to a persistent soil seed bank of invading species *Carex albata* Boott, *Japanese Journal of Grassland Science*, Vol. 47, No. 4, pp. 337-343, 2001.
- 64) Nicholas K. Dulvy, Nathan Pacoureau, Cassandra L. Rigby, Riley A. Pollom, Rima W. Jabado, David A. Ebert, Brittany Finucci, Caroline M. Pollock, Jessica Cheok, Danielle H. Derrick, Katelyn B. Herman, C. Samantha Sherman, Wade J. Vander Wright, Julia M. Lawson, Rachel H. L. Walls, John K. Carlson, Patricia Charvet, Kinattumkara K. Bineesh, Daniel Fernando, Gina M. Ralph, Jay H. Matsushiba, Craig Hilton-Taylor, Sonja V. Fordham and Colin A. Simpfendorfer.: Overfishing drives over one-third of all sharks and rays toward a global extinction crisis, *Current Biology*, Vol. 31, No. 21, pp. 4773-4787, 2021.
- 65) 沼田 眞：日本山野草・樹木生態図鑑 シダ類・裸子植物・被子植物（離弁花）編，全国農村教育協会，東京，664pp，1990.
- 66) 沼田 眞，吉沢長人：新板 日本原色雑草図鑑，全国農村教育協会，東京，414pp，2002.
- 67) 村上健太郎，牧野亜友美，森本幸裕，里村明香：都市孤立林の植物種多様性の保全では単一の大面積林と複数の小面積林のどちらが重要か？，ランドスケープ研究，Vol. 68, No. 5, pp. 633-636, 2005.
- 68) 村上健太郎，松井理恵，大石善隆，前中久行，森本幸裕：都市内の日本庭園におけるシダ植物の種豊度，ランドスケープ研究，Vol. 67, No. 5, pp. 495-498, 2004.
- 69) Muratet Audrey, Machon Nathalie, Jiguet Frédéric, Moret Jacques and Porcher Emmanuelle.: The role of urban structures in the distribution of wasteland flora in the Greater Paris area, France, *Ecosystems*, Vol. 10. pp. 661-671, 2007.
- 70) 中川優奈，三上かつら，三上 修：河川が都市の鳥類多様性に与える影響：函館市亀田川の事例，日本鳥学会誌，Vol. 66, No. 2, pp. 133-143, 2017.
- 71) Oertli, B.: Does size matter? The relationship between pond area and diversity. *Biological Conservation*, Vol. 104, pp. 59-70, 2002.
- 72) 大平まどか，平田瑞穂，赤坂卓美，久保雄広：鳥類普通種に対する地域住民の保全意欲に影響する要因の解明：視覚的知識と聴覚的認識，保全生態学研究，Vol. 27, No. 2, pp. 147-158, 2022.
- 73) Oishi Yoshitaka.: The influence of microclimate on bryophyte diversity in an

- urban Japanese garden landscape, *Landscape and Ecological Engineering*, Vol. 15, pp. 167-176, 2019.
- 74) Omar Mona, Al Sayed Nazir, Barré Kevin, Halwani Jalal and Machon Nathalie.: Drivers of the distribution of spontaneous plant communities and species within urban tree bases, *Urban Forestry & Urban Greening*, Vol. 35, pp. 174-191, 2018.
- 75) Pickering, C. and Mount, A.: Do tourists disperse weed seed? A global review of unintentional human-mediated terrestrial seed dispersal on clothing, vehicles and horses, *Journal of Sustainable Tourism*, Vol. 18, No. 2, pp. 239-256, 2010.
- 76) Power Alison G.: Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, Vol. 365, pp. 2959-2971, 2010.
- 77) 酒井 敦, 酒井 武, 倉本恵生, 佐藤重穂: 四国の中標高域における天然林とこれに隣接する針葉樹人工林の埋土種子組成, *森林立地*, Vol. 48, No. 2, pp. 85-90, 2006.
- 78) 坂下 遥, 福井 亘: 高槻市における都市内農地およびその周辺の環境条件と鳥類生息との関係, *日本緑化工学会誌*, Vol. 40, No. 1, pp. 227-230, 2014.
- 79) Sandrine Godefroid, Shyam S. Phartyal and Nico Koedam.: Depth distribution and composition of seed banks under different tree layers in a managed temperate forest ecosystem, *Acta Oecologica*, Vol. 29, No. 3, pp. 283-292, 2006.
- 80) 佐竹義輔, 原 寛, 亘理俊次, 富成忠夫: 日本の野生植物 木本 I, 平凡社, 東京, 321pp, 2004.
- 81) 佐竹義輔, 原 寛, 亘理俊次, 富成忠夫: 日本の野生植物 木本 II, 平凡社, 東京, 305pp, 2005.
- 82) 佐竹義輔, 大井次三郎, 北村四郎, 亘理俊次, 富成忠夫: 日本の野生植物 草本 I 単子葉類, 平凡社, 東京, 305pp, 2006.
- 83) 佐竹義輔, 大井次三郎, 北村四郎, 亘理俊次, 富成忠夫: 日本の野生植物 草本 II 離弁花類, 平凡社, 東京, 318pp, 1999.
- 84) 佐竹義輔, 大井次三郎, 北村四郎, 亘理俊次, 富成忠夫: 日本の野生植物 草本 III 合弁花類, 平凡社, 東京, 259pp, 2002.
- 85) Shilin Xie, Xiaoke Wang, Yufen Ren, Zhimin Su, Yuebo Su, Siqi Wang, Weiqi Zhou, Fei Lu, Yuguo Qian, Cheng Gong, Binbin Huang and Zhiyun Ouyang.: Factors responsible for forest and water bird distributions in rivers and lakes along an urban gradient in Beijing, *Science of The Total Environment*, Vol. 735, No. 15, 139308, 2020.
- 86) 清水建美: 日本の帰化植物, 平凡社, 東京, 337pp, 2003.
- 87) 下田路子, 稲垣栄洋: 棚田の耕作放棄の過程, および近年の棚田景観と植物相の再

- 生, 湿地研究, Vol. 2, pp. 15-26, 2012.
- 88) 曾我昌史, 今井葉子, 土屋一彬: 「経験の消失」時代における自然環境保全: 人と自然との関係を問い直す, ワイルドライフ・フォーラム, Vol. 20, No. 2, pp. 24-27, 2016.
- 89) 須藤裕子, 阿部拓也, 小笠原勝: 国道4号線の路面間隙内に形成される雑草の埋土種子集団, 雑草研究, Vol. 54, No. 2, pp. 86-95, 2009.
- 90) 高林 裕, 福井 亘, 宮本脩詩: 大都市圏の河川とその周辺域における越冬期の鳥類に影響する環境要因, ランドスケープ研究, Vol. 81, No. 5, pp. 695-698, 2018.
- 91) 高林 裕, 山口史絵, 上田瑠香, 福井 亘: 市街地に位置する既存の大規模樹林地としての京都御苑における通年の鳥類相, 日本緑化工学会誌, Vol. 46, No. 1, pp. 87-90, 2020.
- 92) Tilman David.: Causes, consequences and ethics of biodiversity, *Nature*, Vol. 405, pp. 208-211, 2000.
- 93) Taizo Uchida, Jun Huan Xue, Daisuke Hayasaka, Teruo Arase, William T. Haller and Lyn A. Gettys.: The relation between road crack vegetation and plant biodiversity in urban landscape, *Int. J. of GEOMATE*, Vol. 6, pp. 885-891, 2014.
- 94) Vicent Benedito Durà, Enric Meseguer, Carmen Hernández Crespo, Miguel Martín Moneris, Ignacio Andrés Doménech and M. Eugenia Rodrigo Santamalia.: Contribution of green roofs to urban arthropod biodiversity in a Mediterranean climate: A case study in València, Spain, *Building and Environment*, Vol. 228, No. 15, 109865, 2023.
- 95) 渡辺幸三, 近藤俊介, 泉 昂佑, 八重樫咲子: メタバーコーディングを活用した排砂バイパスダム上下流間の河川底生動物の群集構造の評価, 土木学会論文集G (環境), Vol. 72, No. 7, III_559-III_566, 2016.
- 96) 山瀬敬太郎, 関岡裕明, 栃本大介, 藤堂千景: 森林の侵食土砂中に含まれる埋土種子量, 日本緑化工学会誌, Vol. 35, pp. 130-133, 2009.
- 97) Yongchuan Yang, Michiro Fujihara, Baizhan Li, Xingzhong Yuan, Keitarou Hara, Liangjun Da, Mizuki Tomita and Yi Zhao.: Structure and diversity of remnant natural evergreen broad-leaved forests at three sites affected by urbanization in Chongqing metropolis, Southwest China, *Landscape and Ecological Engineering*, Vol. 10, pp. 137-149, 2014.
- 98) 用田悠介, 鹿野雄一, 阿部信一郎, 井口恵一朗, 棗田孝晴: 河川工作物による環境改変が淡水魚類群集に及ぼす影響, 応用生態工学, Vol. 21, No. 1, pp. 17-28, 2018.
- 99) 吉田元臣, 葉山嘉一, 吉田博宣: (2009) 都市および都市近郊樹林地におけるアズマネザサの生育状況の違いと鳥類の分布について, ランドスケープ研究, Vol. 72, No. 5, pp. 527-530, 2009.

- 100) 吉原 祐：草原における生態系機能、生物多様性、空間的異質性、攪乱の関係を俯瞰する，日本生態学会誌，Vol. 69, No. 1, pp. 1-7, 2019.
- 101) Zacharias, D. and Brandes, D.: Species-area relationships and frequency-floristical data-analysis of 44 isolated woods in northwestern Germany, *Vegetatio*, Vol. 88, pp. 21-29, 1990.
- 102) Zhiwen Gao, Kun Song, Yingji Pan, Dan Malkinson, Xijin Zhang, Bo Jia, Tiyan Xia, Xueyan Guo, Hong Liang, Shasha Huang, Liangjun Da, Peter M. Van Bodegom and Ellen Cieraad.: rivers of spontaneous plant richness patterns in urban green space within a biodiversity hotspot, *Urban Forestry & Urban Greening*, Vol. 61, 127098, 2021.

謝辞

本研究を進めるに当たり、学位論文の主査である九州産業大学建築都市工学部都市デザイン工学科の内田泰三教授には、お忙しい時間の中、丁寧なご指導、貴重な助言を頂きました。大変お世話になりました。さらに、学部への入学直後から、指導教員として、研究指導だけでなく、論文投稿や学会発表等に関する、非常に多くのご指導をしていただきました。ここに心より感謝申し上げます。

九州産業大学建築都市工学部都市デザイン工学科の山下三平教授、九州産業大学建築都市工学部建築学科の北山広樹教授には、副査として幾度にもわたる審査にて、貴重なご意見、激励のお言葉を頂き、博士論文の内容を精査していただいたことを、心より感謝申し上げます。また、九州産業大学建築都市工学部都市デザイン工学科の林泰弘教授、松尾栄治教授、奥村徹准教授、佐藤辰郎准教授、山田忠准教授、横田雅紀准教授、岩満公正様、志方英紀様、松尾雄治様、飯田真生様、キャリア支援センターの泊景介様、久保田紀子様、教務課の江崎香代様、吉岡はるみ様、建築都市工学部事務室の轟田亜矢様、久保野香子様、都市デザイン工学科事務室の林智子様、以前都市デザイン工学科事務室で勤務されていた小野敦子様など様々な方々に、研究活動について、いつも気にかけていただき、多くの激励のお言葉を頂きました。ここに心より感謝申し上げます。

政令指定都市および東京特別区の街路樹担当の方々、福岡市緑のまちづくり協会の白石英二様には、除草に関する調査にて多大なご協力をいただきました。ここに改めて感謝を申し上げます。

研究室で共に過ごした薛竣桓様、與猶久恵様、近藤賢太郎様、今戸栄貴様、古野宏明様、友口勇生様、東哲平様、松本昂也様をはじめ、多くの先輩や後輩、同期の友人にも、日々温かく支えていただきました。

所属する日本緑化工学会においては、中島敦司教授、倉本宣教授、福井亘教授、橘隆一教授、荒瀬輝夫准教授、早坂大亮准教授、築瀬知史様、田中淳様、中村華子様、吉原敬嗣様、保浦成徳様、鶴田徹様、服部浩崇様をはじめ、大変多くの方々に様々なご指導やご助言を頂きました。ここに感謝申し上げます。また、学会を通じて、高林裕様、阿部建太様、亀井碧様、水口仁人様、片山暖那様、森優芽様をはじめ、多くの友人ができ、研究に関して様々な意見を交わさせて頂いたことを厚く感謝申し上げます。

本研究は、上述の方々だけでなく、今林康治様、池田鉄平様、田上一幸様、釣井啓子様、釣井晴菜様など、非常に多くの皆様の支えにより遂行することができました。最後に、博士後期課程に進学することを快諾し、長い期間辛抱強く支えてくださった両親には、感謝してもしきれません。本当にありがとうございました。

論文要旨

[学位論文の題名]

都市空間における植物の種多様性へ街路樹が与える影響に関する研究

[氏名]

古野 正章

[学位論文の要旨]

開発, 乱獲, 外来種の持ち込み, 気候変動などにより, 世界的な生物多様性の損失が引き起こされている。生物多様性の損失は生態系サービスの劣化を招き, 世界中の人々の生活に深刻な影響をもたらしている。このため, 生物多様性の損失を抑止させる必要がある。生物多様性の損失を抑止, 回復させるためには, 健全な生態系を保全するだけでなく, 都市内においても生物多様性を確保する必要がある。これまでに, 樹林地などが都市における植物や鳥類などの種多様性を確保すると注目されている。しかし, 近年, 民有地における緑地の減少が進行しており, 用地や維持管理の問題から新たな緑地の整備には限界がある。一方で, 道路沿いに多く整備されている街路樹は, 整備に必要な用地, 整備・維持管理の費用が比較的小さいにも関わらず, 植栽されている樹木そのものが, 都市における木本類の種多様性の確保に貢献することが示唆されている。

一方, 街路樹の根元の空間には, 多くの自然侵入した植物がみられる。しかし, この様な植物は, 一般的に雑草として除草されており, 都市生態系の一部として評価されていない。本学位論文では, 街路樹の根元の空間における植物の侵入・定着状況, 除草が侵入・定着する植物へ与える影響, さらに, 植物の侵入・定着へ影響を与える要因を明らかにし, 都市空間における植物の種多様性へ, 街路樹の根元の空間が与える影響の評価を行うことを目的としている。他方, 植栽されている樹木(植栽樹)の現状から, 都市空間における植物の種多様性へ植栽樹が与える影響の評価も同様に行う。

第2章では, 植栽樹の現状, および, 街路樹の根元の空間における植物の侵入・定着状況, 同空間の面積と侵入・定着する植物の種数の関係を検討した。その結果, 研究対象地域において, 多様な植栽樹が確認され, 多くが在来種であった。一方, 街路樹の根元の空間には, 草本類だけでなく木本類といった多様な植物が, 多く侵入・定着していた。また, 希少種はみられなかったものの, 多くが在来種であった。したがって, 街路樹の根元の空間には, 多様な在来植物群集が

形成されていることが明らかとなった。他方、各々の街路樹の根元の空間は非常に小さく、それぞれに侵入・定着する植物種も少ない。しかし、複数の街路樹の根元の空間が集まると、都市緑地に匹敵する植物種が侵入・定着していた。すなわち、同空間は、街路樹が複数整備されることで、大きな面積を有する都市緑地に匹敵する、植物種の生育地である明らかとなった。

第3章では、わが国で一般的に行われている除草の現状を明らかにし、一般的な除草が、街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物へ与える影響を検討した。その結果、わが国では、5月～11月にかけて、年間1回以上、抜取りあるいは、抜取りと刈取りを併用した除草が一般的であることが明らかとなった。この様な除草（ここでは、8月、1回、抜取り）を行うことで、除草を行わない場合に比べて、多くの植物種が侵入・定着することが明らかとなった。すなわち、除草を行うことで、同空間に、より多様な植物群集が形成されると考える。

第4章では、街路樹の根元の空間における植物の侵入・定着状況、および、同空間における埋土種子集団の現状を検討した。加えて、街路樹の管理のタイプ（例えば、樹木を低く刈り込み生垣とするもの、樹木の根元にガーデニングが整備されているもの、樹木の根元が鉄格子などの人工物で覆われているものなど）が、街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物へ与える影響を検討した。その結果、第2章と同様に、街路樹の根元の空間には、多様な在来植物群集が形成されていることが明らかとなった。加えて、同空間には埋土種子集団が存在しており、その中には、同空間にて生育が確認されていない種も多く含まれた。他方、街路樹の管理のタイプによって、同空間に形成される植物群集が大きく異なることが明らかとなった。

一般的に、緑地は、周辺に形成される植物群集の源であると示唆されている。しかし、緑地によってタイプ（クロマツやシイ類、カシ類などの緑地を構成している種）が異なっている。第5章では、緑地のタイプが、街路樹の根元の空間に侵入・定着する植物へ与える影響を検討した。その結果、各タイプの緑地周辺の街路樹の根元の空間には、それぞれ特有の植物群集が形成されていることが明らかとなった。

これらの結果から、植栽樹は、都市空間における植物の種多様性を確保していると考えられる。他方、街路樹の根元の空間は、都市緑地に匹敵する植物の種多様性を確保していると考えられる。また、都市空間における植物の種の多様性をより一層確保するために、様々な管理のタイプの街路樹を導入すること、都市内の様々な緑地周辺に街路樹を導入することを提案する。一方、街路樹の根元の空間は、生態系被害防止外来種リストに掲載されている種や、新しく帰化した種の生育地にもなっている。そのため、この様な外来種への対策を加味することで、都市空間における植物の種多様性はより向上すると考える。