

雨水貯留材を用いた街路樹の植栽基盤の改良と根の保護策のグリーンインフラ工法の実証

Demonstration experiment of green infrastructure construction methods using rainwater storage structure to improve planting bases and protect roots for street trees

田崎 一宏* 入江 彰昭** 古旗 泰岳** 武田 一晃** 嵩下 遼**

Kazuhiro TAZAKI* Teruaki IRIE** Taiga FURUHATA** Kazuaki TAKEDA** Ryo DAKESHITA**

Abstract: This study clarified the root growth of trees in a demonstration of a green infrastructure method using rainwater storage materials to improve the planting bases and protect roots for street trees. Comparing the root system diagrams of the construction areas, root growth was clearly observed in 2023 (one year later) compared to 2022 (before construction), indicating the effect of improving the planting base. Furthermore, in 2024 (two years later), more roots branched, and long fine roots less than 2 mm were prominent. The relationship diagram and distribution diagram of root length and thickness showed that in all construction areas, root growth and root thickness increased in 2024 (two years later) compared to 2023 (one year later), with an increase in lateral roots and an expansion of the root system. The annual growth rate of root length and thickness was about 1 to 2 times. The results of a two-year survey showed that roots were growing every year within the construction area, demonstrating the usefulness of this green infrastructure method for improving the planting base and protecting the roots. As a construction method that allows pavement and street trees to coexist, it can contribute to providing a good environment for street trees to grow. It was also thought that the improved planting base could be used as a temporary rainwater storage space.

Keywords: green infrastructure, street tree, planting base, plastic rainwater storage structure, tree protection

キーワード: グリーンインフラ, 街路樹, 植栽基盤, 雨水貯留材, 樹木保護

1. 緒言

都市部の街路樹は狭い植栽樹に植えられていることが多く、強固に転圧された車道には根を張ることができず、一方歩道側も共同溝など地中インフラが入り根を伸ばす余地は殆ど無く、樹木にとって良好な成育環境とは言い難い。そのため根系の成長阻害による倒伏や「根上がり」の原因となっている(図-1)。

一方、海外では植栽樹に隣接した舗装の下に植栽基盤を拡大するため、根系誘導植栽基盤工法 (Structural Soil) や樹脂製セル (Structural Cell) を使用した根系保護工法が一般化している¹⁾。

わが国では東京都が「令和3年度 街路樹診断等マニュアル」において、これまでの街路樹診断や適切な管理手法に加え、「根の保護」に対するガイドラインを追加し作成した²⁾。地上部だけに目が行きがちな街路樹管理において、樹木が健全に生育でき、樹体を支えるのに欠かせない適正な植栽基盤の確保を重視していく考えである。海外の事例も参考に取り入れられたものだが、国内においては一部の自治体を除き実施されているところは少なく、普及はこれからである。

本稿では、これらの取り組みを進めるため関係者の一助となるよう、2年に渡り調査研究を進めてきた雨水貯留材を街路樹の植栽基盤へ適用したグリーンインフラ工法³⁾の実証実験における根系の生育状況を報告するものである。

2. 雨水貯留材を植栽基盤へ適用したグリーンインフラ工法の実証概要

(1) 開発趣旨と調査項目

本工法は、地下式雨水貯留浸透槽に使用される雨水貯留材 (樹脂製貯留構造体⁴⁾) を“根系保護材”として活用し、耐荷重 (舗装の支持力) を合わせもった植栽基盤を構築するもので、根上りを抑制しつつ発根促進や長期的な根系の誘導を図り「舗装」と「みどり」の共存を目的として開発したものである。2022年2月に東

京農業大学世田谷キャンパス構内で試験施工し、植栽基盤の設置効果を検証するため2023年2月と2024年3月の2回、一時的に植栽基盤を撤去する開削調査を実施、根系の生育状況の確認・根の計測等を行った。また、経過観測の為、雨量計・水位計・水分計・地温計を設置した。

(2) 調査環境

キャンパス内にある並木を街路樹に見立て、対象樹木の根系が干渉する舗装構造下部 (路床) に、雨水貯留材の空隙内に良質な客



図-1 成長阻害による倒伏 (左) と根上がり (右) の事例

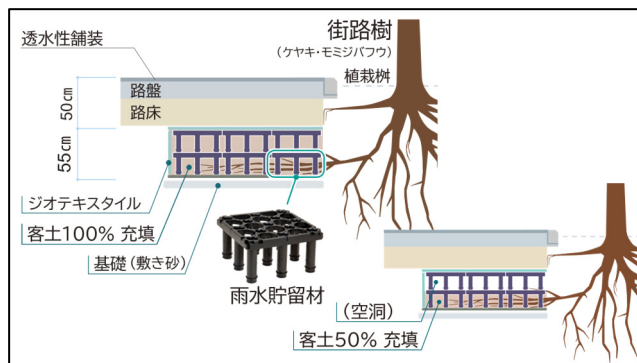


図-2 植栽基盤の構造「100%充填」(左)と「50%充填」(右)

*前田道路株式会社

**東京農業大学地域環境科学部 (※調査当時の所属)

*MAEDAROAD CONSTRUCTION Co., Ltd

**Tokyo University of Agriculture

土を充填・埋設、上部の舗装表層を透水性舗装（透水性のアスファルト舗装、同インターロッキングブロック舗装）とする植栽基盤を構築した（図-2）。また、街路樹で良く使われる「ケヤキ」と「モミジバフウ」の2つの検証エリアを設けた（図-3、4）。対象樹木の植栽時期はモミジバフウが2011年、ケヤキは植栽時期が不明で推定樹齢50年以上である。対象木は、モミジバフウ（H10m C0.8m W6m）ケヤキ（H17m C1.7m W12m）である。

植栽基盤区は地表面から50cmの土被りの下に厚さ55cmの雨水

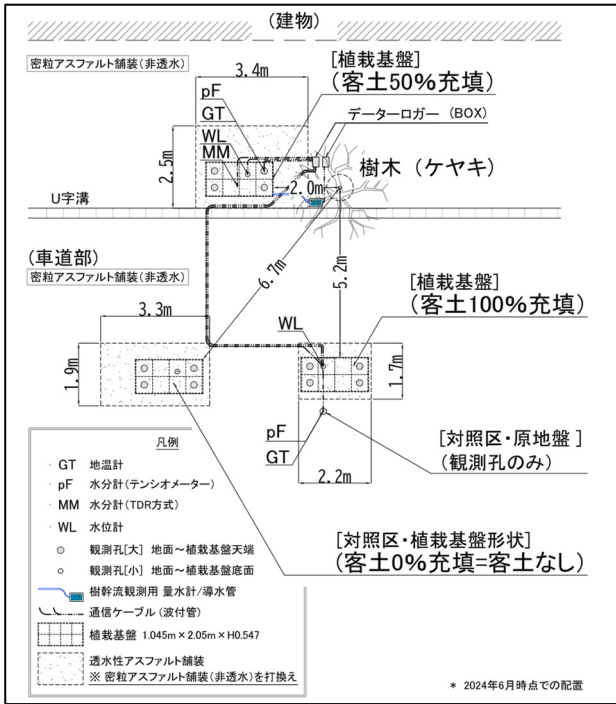


図-3 ケヤキ工区 施設配置図

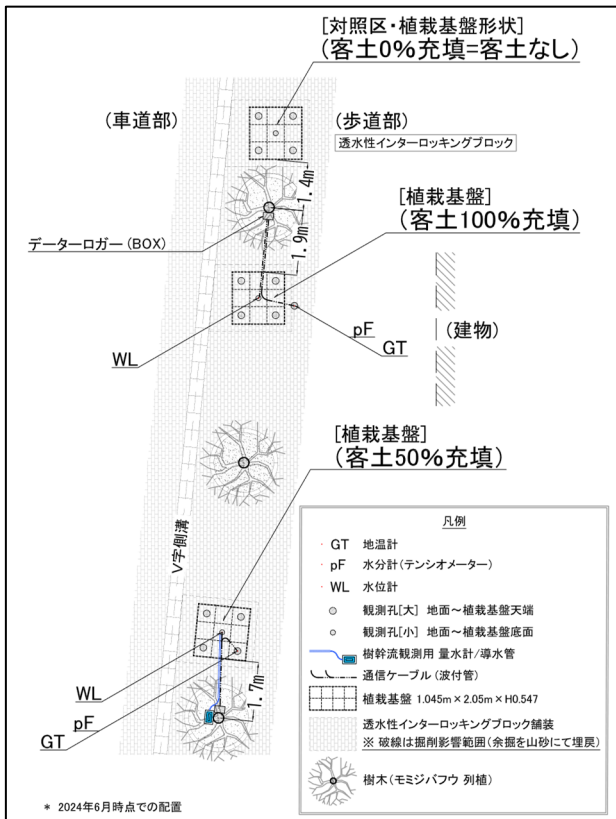


図-4 モミジバフウ工区 施設配置図

貯留材を組立てた。寸法は「ケヤキ」の検証エリアでW1045×L2050×H547mm（図-3）, 「モミジバフウ」の検証エリアでW1547.5×L W1547.5×H547mm（図-4）とし、植栽基盤（雨水貯留材）の容積はそれぞれ1立方メートル程度とした。組立てた雨水貯留材内に、黒土を主体に腐葉土を混合しすべて充填したもの（以下「100%工区」という）と、同じく雨水貯留材の組立て高さの半分であるH約270mm）まで充填したもの（以下「50%工区」という）、対照区として客土なし0%充填（0%工区）の各3パターンを樹木周囲にそれぞれ設置した^{5) 6)}。

(3) 調査方法

メジャー及びノギスを用いて根の長さとし直径を計測し記録した。次回調査時に比較できるように、計測対象の根にテーピングシナンバリングを行った（図-5）。また根の分岐元から20cm置きにテーピングを行い長さを記載した。また、スタッフヤリボンテープ、5cmグリッドの板等を敷き込み根系を主根ごとに撮影した。なお、計測対象とする根は、原則長さ20cm以上、直径2.0mm以上とした。



図-5 根系の伸長計測（左）直径計測・テーピング（右）

2. 調査結果

(1) 結果概況

植栽基盤を設置する前の2022年2月（以下、「2022年（設置前）」という）、また23年3月（設置1年後）と比較して根の長さ太さともに著しい生長量が確認された（図-6）。主根から多数の側根が分岐し、2023年2月（以下、「2023年（1年後）」という）から2024年3月（以下、「2024年（2年後）」という）の比較に於いても2024年に新たな主根もみられ、根系の増大化が進んでいることが確認された。



図-6 植栽基盤内の客土天端から出た「ひげ根」（左）根系伸長状況全景（中央）根系伸長状況（右）

(2) 比較検証

1) 根系図比較

根系の伸長計測・直径計測といった実計測とともに、それぞれの試験工区ごとにはほぼ同じ画角での写真も撮影しており、例としてモミジバフウ[100%工区]の写真から根系図を作成し比較した。

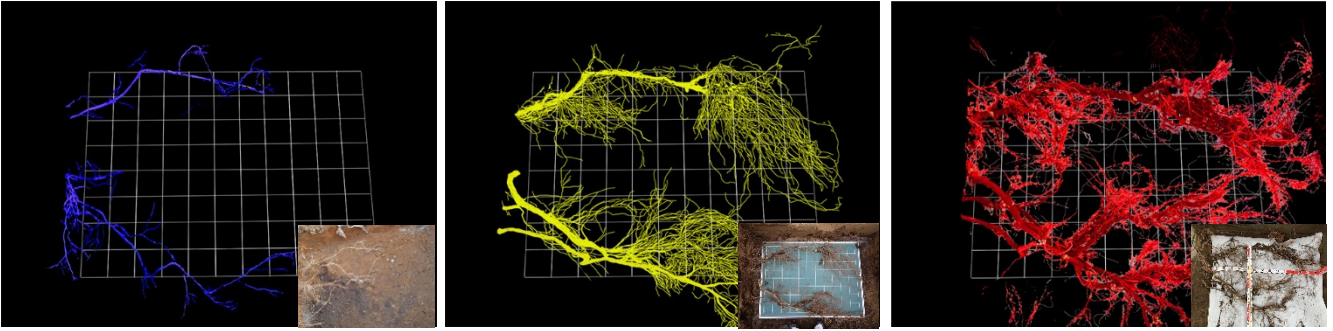


図-7 モミジバフウ[100%工区] 根系図 設置前2022年(左) 2023年(中) 2024年(右) ※一部、レイヤリング用に主根の間隔調整し表現

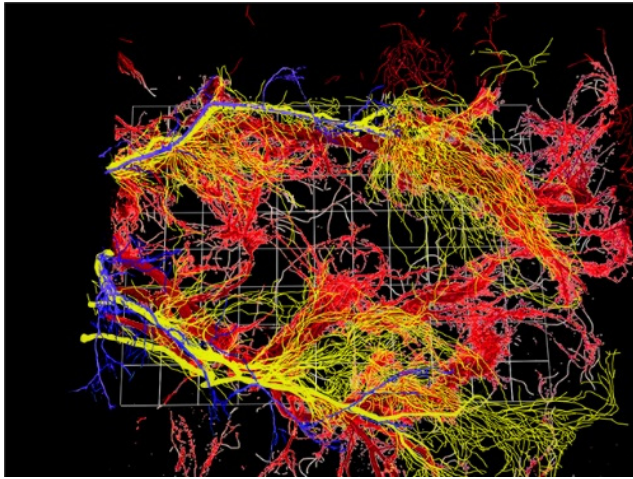


図-8 モミジバフウ[100%工区] 根系図レイヤリング 設置前2022年(青) 2023年(黄) 2024年(赤)

図-7, 図-8より「2023年(1年後)」は「2022年(設置前)」に比べ明瞭な根系の伸長がみられ、植栽基盤の効果が1年目にして確認できた。設置時に確認された主根が伸長し、2mm以下の長い側根が主根より分岐し発根していた。「2024年(2年後)」は「2023年(1年後)」以上に側根が分岐し、更に2mm以下の細根の発根も顕著にみられた。2m四方の植栽基盤全域に主根・側根が広がっている様子が画像から確認できる。そこで、次に、根系の生長を定量的にみることにした。

2) 散布図比較

2023年(1年後), 2024年(2年後)にモミジバフウ, ケヤキの試験区内の根系の伸長および直径を計測した結果をもとに、モミジバフウ(100%工区・50%工区), ケヤキ(100%工区・50%工区)の散布図を作成した。図では縦軸に根の太さ, 横軸の根の長さとし、根の長さとも根の太さは正の傾向が示された。図-9のモミジバフウ100%工区では、「2023年(1年後)」では、根の長さが200~600mmが多くみられ最大1000mmが観測され、根の太さは2~5mmが多くみられ最大8mmで、1年後の「2024年(2年後)」では、根の長さが200~900mmが多くみられ最大1200mmが観測され、根の太さは3~8mmが多くみられ最大12mmであった。図-10のケヤキ50%工区では、「2023年(1年後)」では、根の長さが300~600mmが多くみられ最大1200mmが観測され、根の太さは1.5~3mmが多くみられ最大5mmで、1年後の「2024年(2年後)」では、根の長さが200~1000mmが多くみられ最大1400mmが観測され、根の太さは1~5mmが多くみられ最大8mmであった。いずれの工区も「2024年(2年後)」が「2023年(1年後)」に対して、根の伸長と拡大化の傾向、長短、太細の広がり、ばらつきがみられ、根系全体が増大していることが考えられた。

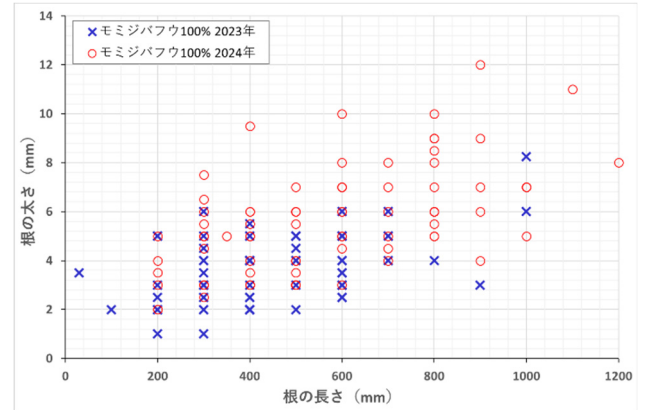


図-9 根の長さ モミジバフウ[100%工区] 散布図

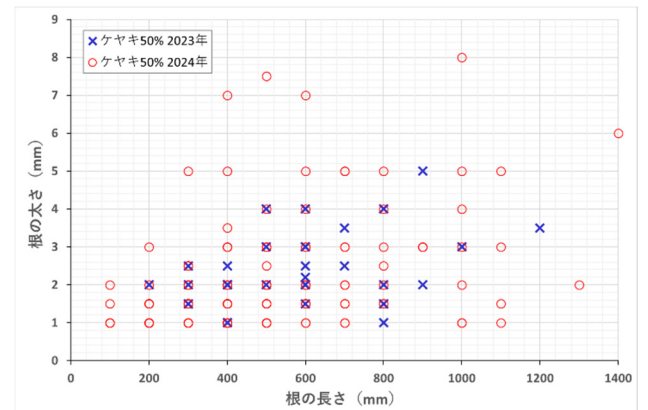


図-10 根の太さ ケヤキ[50%工区] 散布図

そこで、次に、各根のばらつきを定量的にみることにした。

3) 箱ひげ図による比較

2023年(1年後), 2024年(2年後)にモミジバフウ, ケヤキの試験区内の全根系の伸長および直径を計測した結果をもとに、各根系ごとのモミジバフウ(100%工区・50%工区), ケヤキ(100%工区・50%工区)の箱ひげ図を作成した。図では横軸に各根系とし、縦軸に根の長さや太さとした。なお根系のうち主根の側根を枝番で示し、図の赤数字は側根数を示し、根系ごとに比較した。

モミジバフウ100%工区の2023年(1年後)の根の長さでは、図-11より、根系E1では長さ300~500mm, 側根18本, E2では長さ300~600mm, 側根10本, E3では長さ400~700mm, 側根18であったが、2024年(2年後)では図-12より、E1では長さ500~900mm, 側根23本, E2では長さ400~800mm, 側根14本, E3では長さ400~800mm, 側根21本であった。2024年(2年後)は2023年(1年後)に比べて、根の伸長とともに新たな側根が増え、根の長さのばらつき分布が広がっていることが示された。

また、モミジバフウ 100%工区の 2023 年（1 年後）の根の太さでは、図-13 より、根系 E1 では太さ 2.5-4.3mm、側根 18 本、E2 では太さ 2.5-3.8mm、側根 10 本、E3 では太さ 4-5mm、側根 18 であったが、2024 年（2 年後）では図-14 より、E1 では太さ 4-7mm、側根 23 本、E2 では太さ 3.3-6mm、側根 14 本、E3 では太さ 4.6-7mm、側根 21 本であった。2024 年（2 年後）は 2023 年（1 年後）に比べて、根の拡大とともに新たな側根が増え、根の太さのばらつき分布が広がっていることが示された。

ケヤキ 50%工区の 2023 年（1 年後）の根の長さでは、図-15 より、根系 W2 では長さ 300-400mm、側根 3 本、W3 では長さ 400-600mm、側根 5 本、W4 では長さ 500-600mm、側根 2 本であったが、2024 年（2 年後）では図-16 より、W2 では長さ 375-650mm、側根 8 本、W3 では長さ 400-725mm、側根 26 本、W4 では長さ 600-800mm、側根 5 本であった。2024 年（2 年後）は 2023 年（1 年後）に比べて、根の伸長とともに新たな側根が増え、根の長さのばらつき分布が広がっていることが示された。

また、ケヤキ 50%工区の 2023 年（1 年後）の根の太さでは、図-17 より、根系 W2 では太さ 2mm、側根 3 本、W3 では太さ 1.5-2.75mm、側根 5 本、W4 では太さ 2-3mm、側根 2 本であったが、2024 年（2 年後）では図-18 より、W2 では太さ 1.5-3.5mm、側根 9 本、W3 では太さ 2-5mm、側根 29 本、W4 では太さ 5mm、側根 5 本であった。2024 年（2 年後）は 2023 年（1 年後）に比べて、根の拡大とともに新たな側根が増え、根の太さのばらつき分布が広がっていることが示された。

以上の結果から、いずれの工区の多くの根系において、2024 年は前年比で、根の長さ、太さにおいて伸長、肥大、さらには側根が増え、根系全体のボリュームが増加したことが示された。

次に、実際の根の生長量を把握するため、新たな根以外で前年比との確認可能な根系の伸長量、拡大量をみることにした。

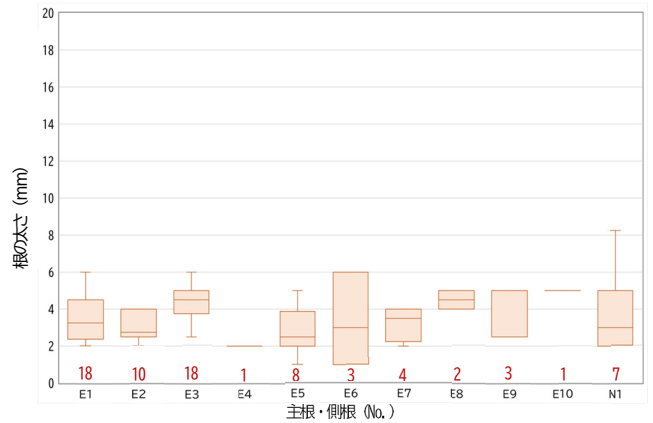


図-13 根の太さ モミジバフウ[2023年100%工区]箱ひげ図

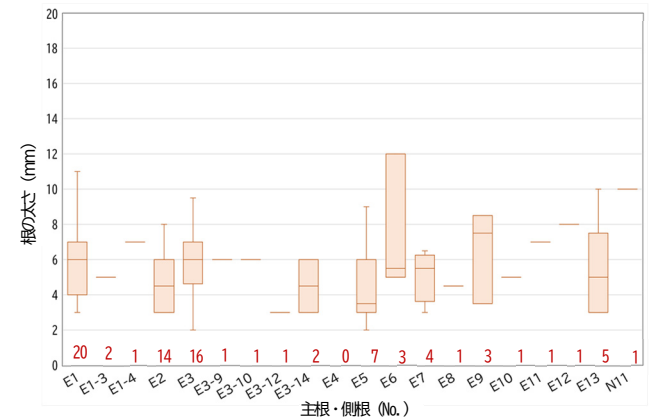


図-14 根の太さ モミジバフウ[2024年100%工区]箱ひげ図

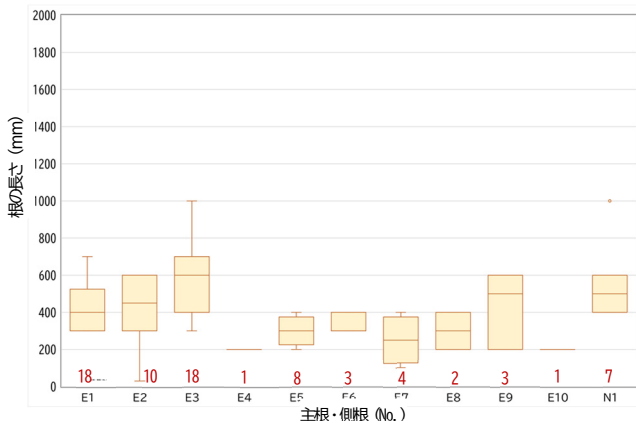


図-11 根の長さ モミジバフウ[2023年100%工区]箱ひげ図

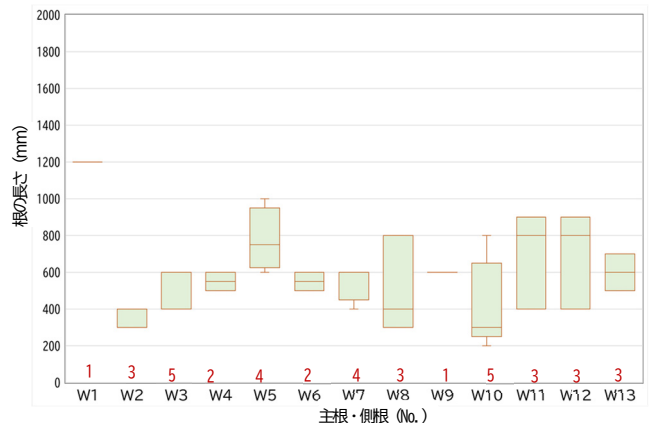


図-15 根の長さ ケヤキ[2023年50%工区]箱ひげ図

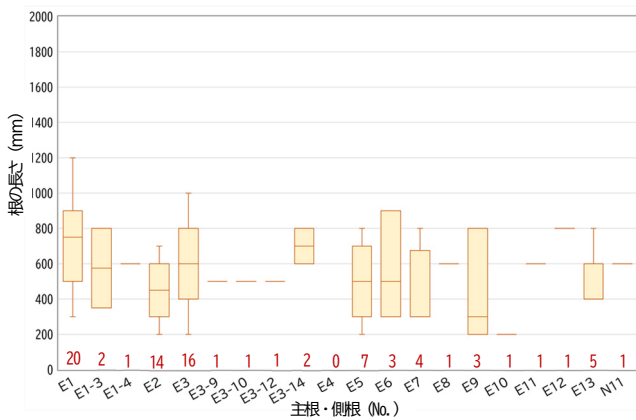


図-12 根の長さ モミジバフウ[2024年100%工区]箱ひげ図

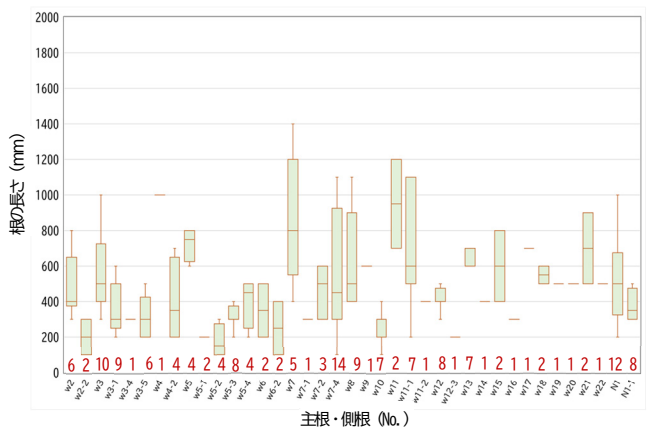


図-16 根の長さ ケヤキ[2024年50%工区]箱ひげ図

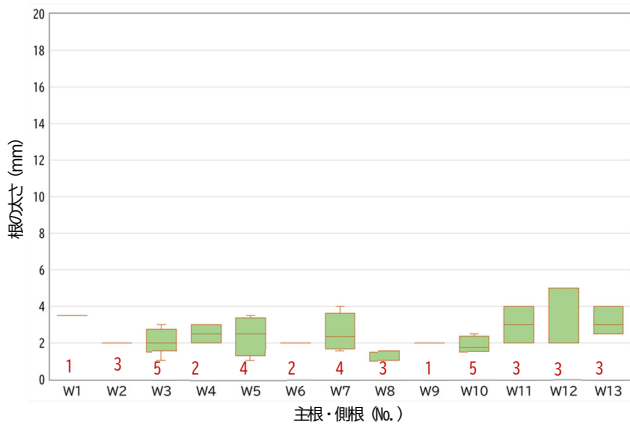


図-17 根の太さ ケヤキ[2023年50%工区]箱ひげ

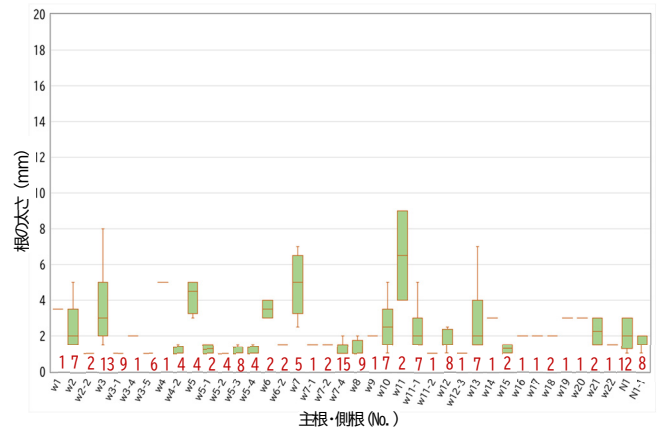


図-18 根の太さ ケヤキ[2024年50%工区]箱ひげ図

表-1 モミジバフウ/ケヤキ 根の生長 比較表

		2023年		2024年		年生長率 長さ(倍)	年生長率 太さ(倍)
		根の長さ(mm)	根の太さ(mm)	根の長さ(mm)	根の太さ(mm)		
モミジバ フウ 土壌50%	最大値	2,000	9.5	1,600	15.0	0.80	1.58
	平均値	782	5.7	947	8.8	1.21	1.54
	中央値	700	6.0	1,000	8.0	1.43	1.33
	全体	13,300	96.5	16,100	149.0	1.21	1.54
モミジバ フウ 土壌100%	最大値	1,000	6.0	1,200	12.0	1.20	2.00
	平均値	874	7.2	1,158	11.1	1.32	1.55
	中央値	400	4.0	600	5.5	1.50	1.38
	全体	27,100	222.0	35,900	344.5	1.32	1.55
ケヤキ 土壌50%	最大値	1,000	5.0	1,400	7.5	1.40	1.50
	平均値	1,080	4.5	1,280	7.3	1.19	1.63
	中央値	600	2.0	600	3.5	1.00	1.75
	全体	16,200	67.2	19,200	109.5	1.19	1.63
ケヤキ 土壌100%	最大値	1,800	7.0	2,000	9.5	1.11	1.36
	平均値	922	3.1	1,139	5.3	1.23	1.72
	中央値	800	2.5	1,200	5.0	1.50	2.00
	全体	16,600	52.0	20,500	94.5	1.23	1.82

4) 根の生長比較

表-1は、モミジバフウ、ケヤキのそれぞれの工区における根の年生長量と生長率を示したものである。この表では欠損や「2年後」に新規で発根した根を除いている。経年によるそれぞれの根の生長をみると、長さ、太さ、また50%工区、100%工区ともに概ね1~2倍程度になっていることが示された。

(3) 結果考察

設置後1年目において、樹種や客土充填量(100%工区・50%工区)の違いによらず、対象とした都市樹木の顕著な根の伸長、根の肥大化の傾向が確認できた。2年目で長短、太細の傾向が強くなり、植栽基盤全面への根系の広がりもみられたことから、当該工法の目的の一つである「根系誘導」「良好な生育環境」が2年程度の短期間で達成・構築できることが示唆された。

また、100%工区と同様に50%工区でも根系の発達が十分みられたことから、植栽基盤内に客土を充填した残りの空間を「一時的な雨水貯留空間」として活用することで、水害対策施設として兼用も可能と考える。

4. おわりに

本稿では、雨水貯留材を用いた植栽基盤の改良と根の保護策としてのグリーンインフラ工法の実証試験の根系の発達状況を報告した。2年間における本報告結果により、試験工区内での根系の発

達が年々見られたことから本グリーンインフラ工法による植栽基盤の改良の可能性と根の保護策としての有用性が示され、舗装と街路樹の共存が図れる工法(良好な生育環境の提供)であることが期待される。さらには健全に生育した樹木の副次的効果である緑陰や、植栽基盤からの直接的な舗装路面温度の低減によって、街路の暑熱環境の改善も図られる。

本研究では根系調査のほか、熱環境・土壌水分・降雨量/樹幹流捕捉など、街路のみどりを持つ多面的な機能を引出し、その効果を定量評価する研究を引き続き行っていくこととしている。

補注及び引用文献

- 1) 當内 匡 (2023) 持続可能な街路空間のための街路樹のマネジメント 都市緑化技術 Urban Green Tech No.122 p6-9
- 2) 令和3年度 街路樹診断等マニュアル (2021) 東京都建設局 pp102
- 3) 田崎一宏 入江章昭ほか (2023) 耐荷重に優れた雨水貯留材を植栽基盤へ適用したグリーンインフラ工法の開発 ランドスケープ技術報告集 2巻 p20-25
- 4) ポリプロピレンから成る樹脂成型貯留ユニットを箱型に組立て、長繊維不織布等で立方体の側面(6面)を覆い、所定の厚みを確保した土被りによって衝撃荷重を分散する条件で、大型車の通行や上載を可能とした地下埋設雨水貯留工法である。国内の地下埋設型の雨水貯留施設や貯留浸透施設の工事では、「雨水浸透技術指針(案)」や「プラスチック製地下貯留浸透施設技術指針(案)」を策定している公益社団法人雨水貯留浸透技術協会による雨水貯留浸透技術評価認定制度により認定された製品を使用することが多

い。中でも樹脂成型貯留ユニットの空隙率が95%前後と高く、視認性や雨流動性を謳っている円柱支持構造の製品は、根系の伸長がしやすく本工法に適していると考えられる。参考：公益社団法人雨水貯留浸透技術協会の認定制度：ホームページ<<https://arsit.or.jp/nintei>>

なお、本工法の植栽基盤へは下記の製品を適用した。

・株式会社明治ゴム化成製 アクアトラップA13型 (13本脚タイプ)

本製品は、鉛直圧縮強度は209kN/m² (平成8年雨水協技術評価認定改定値)

現場ごとに経済性を考慮し、他メーカー製品も含め入手しやすい適切な材料を選択する。

5) 植栽基盤区と対照区は、設備配管等の地下埋設物を避けながら設置するため配置は同心円状にならず、樹木幹芯より2m程度、最も遠いものは7m程度で設置した。

6) 5)と同様、設備配管等の地下埋設物を避けながら設置するため、本検証では「ケヤキ」「モミジバフウ」それぞれ同一エリア内の形状は統一したものの、エリアで異なる形状(ケヤキ:2m×1m, モミジバフウ:1.5m×1.5m)となった。社会実装される場合でも、貯留材の組合せにより現地の環境・施工条件に合わせた、適切な植栽基盤の形状を採用する。

名 称：植栽基盤等設置試験施工・調査工事

企画設計：前田道路株式会社 工事業本部 設計部 設計課

監 修：東京農業大学 地域環境科学部 地域創成科学科

施 工：前田道路株式会社 東京支店 世田谷営業所

所 在 地：東京農業大学世田谷キャンパス構内

設置工事：2022年2月1日～2022年6月12日

開削調査：1回目 2023年2月6日～2月11日

2回目 2024年3月11日～3月15日