

GREEN+INFRASTRUCTURE

REPORT

GREEN+INFRASTRUCTURE

REPORT

グリーンインフラ総研 <http://green-infra.jp/>

東京事務所: 〒170-0004 東京都豊島区北大塚1-15-5 東邦レオ株式会社内 03-5394-8060
大阪事務所: 〒540-0005 大阪市中央区上町1-1-28 東邦レオ株式会社内 06-6767-1110



「自然の力を、都市のちからに」
グリーンインフラの時代へ

グリーンインフラ総研

INTRODUCTION

—グリーンインフラの時代—

環境省では、有識者による「生態系を活用した防災・減災に関する検討会」を立ち上げ、筆者が委員長となりとりまとめ、2016年に報告書を刊行した。生態系を活用した防災・減災(Eco-DRR)とは、「持続的でレジリエントな発展を目指して、生態系の持続的な管理、保全と復元を行うこと」であり、これをPEDRR(環境と減災のパートナーシップ)では「湿原や森林、沿岸の適切に管理された生態系は自然のインフラとして機能し、多くの災害への物理的な暴露を低減させ、地域の暮らしを継続させ、食糧、水、建設資材等を供給することにより、人々とコミュニティの社会経済的なレジリエンスを高める」と定義している。またIUCN(国際自然保護連合)においても「生態系を活用した防災・減災は、現在および将来の人間の生活におけるニーズや、生態系の生物物理学的な要求を考慮した意思決定を参考し、生態系がコミュニティの災害に対する準備、対応、復興を支える事を認識することである」としている。単一的目的には大きく貢献する人工構造物。しかしながら持続的未来を念頭に置けば、可能な限り生態系保全に軸足を置きつつ、人工構造物を強く補完し、多目的に公益性を發揮する社会インフラの在り方が希求されねばならない。そうした発想から、生態系あるいは生態学を応用した技術解を開発・導入し、都市や地域の自然地を保全・再生すると共に、景観やデジタル系産業就労者、高齢者や子供達を含め人々に望ましい生活環境を提供し、コミュニティの回復に貢献する。そのうえで防災・減災にも多大な効果を發揮する戦略として、まずは欧米で着目をされた新たな戦略である。しかし歴史を振り返れば、その原型の多くをわが国に残されている多くの歴史的自然共生技術に見て取ることができる。

ともあれ、わが国でも、2015年国土交通省による「国土のグランドデザイン 2050」に社会资本整備の方針としてグリーンインフラの概念が公式に位置づけられ、2016年5月の国土強靭化政策にもグリーンレジリエンスという提言書の下、この概念が随所に用いられている。

とは言え、新たな概念であり、未だ十分な社会化を果たしているとは言えない。人工構造物を仮にグレーインフラとして対置すれば、それを補完して余りあるグリーンインフラの概念のみならず、それに関連する技術に大いに着目をして欲しいと、その概念の確立と技術の整理を担ってきた一人として念願してやまない。

涌井 史郎 (雅之)
東京都市大学・特別教授
岐阜県立森林文化アカデミー・学長
なごや環境大学・学長
東京農業大学・中部大学・客員教授

CONTENT

CHAPTER 01 今、なぜグリーンインフラなのか P04

- 1 グリーンインフラとは
- 2 都市の抱える問題が緊急課題
- 3 都市の問題を解決するグリーンインフラ

CHAPTER 02 グリーンインフラが変える街づくり P06

- 1 グリーンインフラを活用した魅力ある街づくりで、人・企業を呼びこむ
- 2 グリーンインフラは健康、犯罪軽減にも貢献
- 3 グリーンインフラで、街に賑わいを創出できる公園改修を
- 4 将来のモビリティースタイルに合わせた街づくりを

CHAPTER 03 グリーンインフラが変える住環境 P12

- 1 グリーンインフラにより、住宅軒売価格がアップ
- 2 グリーンインフラを導入したマンション外構で価値アップ
- 3 屋上空間の活用で進む都市のグリーンインフラ
- 4 住宅(開発)地の価値を高めるグリーンインフラ

CHAPTER 04 米国的主要都市におけるグリーンインフラの取り組み P15

- 1 ポートランド市は全米一環境に優しい都市
- 2 ニューヨーク市が本気で取り組むグリーンインフラ
- 3 シカゴ市はヒートアイランド対策にグリーンインフラを活用

CHAPTER 05 日本版グリーンインフラの開発 P19

- 1 グリーンインフラの14要素技術と場面
- 2 雨水貯留浸透基盤材の開発

CHAPTER 06 グリーンインフラで変わる、日本の雨水対策の概念 P22

- 1 単機能から多機能へ
- 2 降った雨をその場で浸透処理
- 3 あまみず(雨水)を活用する
- 4 雨水貯留浸透槽は、「狭く、深く」から「薄く、広く」へ
- 5 保水性レンガと組み合わせて「地下からの打ち水効果」を

CHAPTER 07 グリーンインフラの活用場面 P25

- 1 メンテナンスを容易にした歩道下の雨水貯留浸透基盤
- 2 芝生広場を活用した安価な雨水対策
- 3 地上に見えないレインガーデン(機能)

表紙ビジュアル：ビル群と湿原とが共存するグリーンインフラの想像都市イメージ



写真I-1 グリーンインフラを活かした魅力ある街づくりを進めているポートランド市の景観(写真:Mike Houck, Urban Greenspaces Institute)

01 CHAPTER 今、なぜグリーンインフラなのか

1 グリーンインフラとは

グリーンインフラとは、自然が持つ多様な機能を賢く利用することで、持続可能な社会と経済の発展に寄与するインフラや土地利用計画を指します¹⁾。

しかし、その手法や視点は国や団体によってさまざまです。たとえば欧州(EU)では、「管理された自然および半自然的領域を戦略的にネットワークしていく手法」として、生態系の保全・再生、生態系ネットワークの形成とともに、生態系サービスを活かした街づくり、災害対策などの取り組みがされています。一方米国では、生態系機能が強化された人工構造物(雨水管理施設)などを重視し、「雨水管理、洪水対策と環境保全を同時に実現させる手法」として

捉えられています²⁾。

いずれもが「都市に発生する問題を自然(グリーン)の力を活用して解決」しようとするもので、環境保全、街づくり(地域開発)、防災・減災など、様々な分野の融合を促す新しい概念として取り入れられています。本冊子では米国におけるグリーンインフラの考え方に基づいて解説していく手順として、生態系の保全・再生、生態系ネットワークの形成とともに、生態系サービスを活かした街づくり、災害対策などの取り組みがされています。一方米国では、生態系機能が強化された人工構造物(雨水管理施設)などを重視し、「雨水管理、洪水対策と環境保全を同時に実現させる手法」として

写真I-1は、グリーンインフラによる街づくりを20年以上前から取り入れ、「全米で住みたい街ナンバー1」となったオレゴン州ポートランド市の景観です。

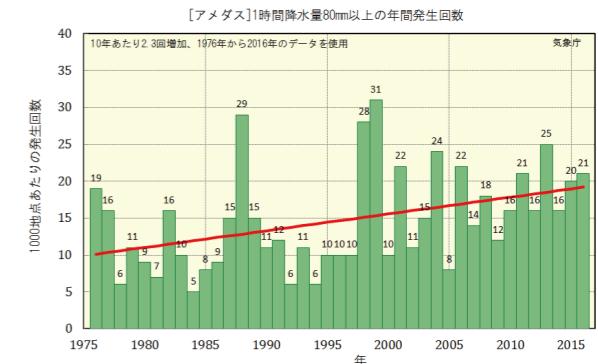
2 都市の抱える問題が緊急課題

現在、都市部特有のヒートアイランド現象や都市型水害の原因となる局地的集中豪雨が地球規模で年々深刻になっています。将来の都市における「良い環境」を考える時、災害に対する「安全性」や猛暑であっても「冷える街」といった、都市基盤が抱える課題を解決できる要素が確実に必要になると考えられます。もちろんわが国では、これ

まで優秀な土木技術を駆使して雨水対策が行われてきました。しかし、計画を大きく上回る近年の豪雨に雨水対策が追いつけていないのが現状です。写真I-2は局地的集中豪雨の状況、図I-1は豪雨発生回数の傾向を示しており³⁾、豪雨対策が緊急課題となっていることがわかります。



写真I-2 局地的集中豪雨の状況(写真:気象庁)



図I-1 1時間降水量80mm以上の年間発生回数
1時間降水量80mm以上の年間発生回数は、年々増加している。(資料:気象庁)

3 都市の問題を解決するグリーンインフラ

世界の大都市では、それらが抱える課題に対してグリーンインフラを賢く使って答えを見出しています。緑(グリーン)のもつ性能を都市基盤(インフラ)として機能させることで、多くのベネフィットを得られるからです。すなわち、植物や土壌のもつ自然の仕組みを利用して、雨水の貯留・浸透、流出抑制、汚染物質の除去、利活用や地下水涵養をはじめとした水循環の改善、さらに都市の微気象改善などをを行い、安全で住みやすい新たな街づくりが実現できます。

グリーンインフラが世界的な潮流になっている大きな要因は、「多機能」であるという点にあります。これまでの土木的な手法のように、雨が降った時にだけ機能する、いわゆる単機能のグレーインフラに対して、グリーンインフラは多くのベネフィットを享受できます。これが最も重要なポイントです。米国環境保護庁(EPA: Environment Protection Agency)はグリーンインフラの利点を「Benefits of Green Infrastructure」として公表しています⁴⁾。(表I-1参照)

表I-1 グリーンインフラの多様なベネフィット

| 対象 | メリット | 機能 |
|-----------------------------------|---------------------|--|
| 水質と水量 Water Quality & Quantity | 水質の改善 | 多様な汚染物質の除去、合流式下水道の河川放流削減 |
| | 流出抑制 | 豪雨時の雨水流出の遅延および抑制 |
| | 水の安定供給 | 雨水の貯留と利用、地下水の涵養、水循環の改善 |
| 大気質 Air Quality | 微粒子状汚染物質の低減 | 微粒子状汚染物質の吸着・ろ過 |
| | 健康増進 | 呼吸器疾患の減少 |
| | 地表面オゾン濃度の改善 | 気温の低減、窒素酸化物の除去、スマog発生の抑制 |
| 気候変動に対する回復力 Climate Resiliency | 水害リスクの低減 | 雨水の地中への浸透、緑地保全による洪水危険度の低減 |
| | 渇水対策 | 上水道負荷の軽減 |
| | ヒートアイランド現象の緩和 | 樹木の蒸散、屋上緑化による緑陰形成 |
| | ビルのエネルギー需要の抑制 | ビル表面緑化によるビル内の室温低減 |
| | 水の管理に要するエネルギー使用量の削減 | 雨水の下水流出抑制による下水処理場使用エネルギーの削減 |
| 野生生物の生息地と生存 Habitat & Wildlife | 生息域の改善 | 植生による侵食防止、生物の水分・エサ供給のほか、生育場(隠れ場所・休憩場所・繁殖場所)の提供 |
| | 生息地の連続性の強化 | 野生生物の移動の容易化、生息地のネットワーク化 |
| 地域社会 Communities | 緑による雇用の創出 | グリーンインフラの建設や維持管理に伴う仕事機会の増加 |
| | 健康上の恩恵 | 緑地と公園を使った野外活動の活発化による各種疾病的予防 |
| | レクリエーションスペースの提供 | 樹林地やオープンスペースでの都市住民によるレクリエーション活動 |
| | 資産価値の増加 | 緑被率や植栽地の増加によって、開発業者にも居住者にもメリット |

(資料:米国環境保護庁のホームページ「Benefits of Green Infrastructure」⁴⁾を参考にしてグリーンインフラ総研が作成)



ポートランド市の街並みと生活を楽しむ人々

写真2-1 アウトドアライフ(2012年)、写真2-2 整備された街並み、写真2-3 屋上緑化(2012年)、写真2-4 タナー・スプリング・パーク 工場跡地を整備(2012年)、写真2-5 バイオニア・コートハウス・スクウェア パブリックビューイング(2014年)、写真2-6 トレッキング 自然とのふれあいは教育の一環(2012年)

02 CHAPTER グリーンインフラが変える街づくり

1 グリーンインフラを活用した魅力ある街づくりで、人・企業を呼びこむ

ポートランド市は米国で最も人気な「デスティネーション・シティー(移住都市)」と言われ、今では世界の都市間競争の覇者として高い評価を得ています。例えば、これまでIT企業の集積都市であったカリフォルニア州(シリコンバレーなど)からの移住者が増えたり、新たに大手スポーツメーカーなどの企業も移転したりしています。その背景にはITの進展によるワークスタイルの変化と、グリーンインフラを活用した魅力的な街が挙げられます。

生産性の高い若者の多くは、より高いパフォーマンスを発揮するために、すさまじい集中力で仕事をします。しかし、一旦それを終え

るとぱっと気持ちを切り替え、自然などを相手に外で思い切り遊び、それをまた次の大きな成果へつなげる原動力にすると言われています。つまり放電と充電を繰り返すライフスタイルに都合のよい豊かな自然環境や、緑の潤いあふれる住環境が存在するポートランドのような都市は、より高いレベルの人を惹きつけ、さらに企業もそれらの優秀な人材を求めて集まつくるという「良いスパイラル」が発生するのです。結果としてそのような都市では税収が増え、活性化しますます注目される街に変貌していきます。グリーンインフラは都市の発展に一役買っているのです。(写真2-1から写真2-6参照)

2 グリーンインフラは健康、犯罪軽減にも貢献

ポートランド州立大学・シャンダス教授らの研究によれば、グリーンインフラ施設が近隣に存在する場合と存在しない場合とで、健康面で様々な差が生じることが明らかにされています⁵⁾(表2-I)。

たとえば、母親と子どもの健康に関しては、近隣にグリーンインフラがない場合は低体重の赤ちゃんや早産の割合が増加することが明らかになっています。また熱中症や喘息などの呼吸器疾患に対しても、大きな差があることが調査からわかっています。さらに、殺人などの重大な犯罪に関しても、グリーンインフラが近隣にない場合は、その頻度が増すとの研究結果が報告されています。

また、グリーンインフラによる健康改善によって、ポートランド市では年間医療費を450万ドル以上も削減できているといった定量評価などの研究もシャンダス教授らによって実施され⁶⁾、大変興味深い内容となっています。

わが国においても、人々の健康における緑の効用研究が進められています⁷⁾。公園や学校といった公的空間の緑地は子どもや老齢者の感覚器官や運動能力を向上させ、メンタル面での効用も見られるなど、様々な効用が報告されていますが、今後はさらなる定量化が期待されています。

心身の健康に関する改善について Improvements in Human Well Being

| 健康対策 Health Measure | グリーンインフラが近隣にある GI N'borhood | グリーンインフラが近隣にない No GI N'borhood |
|---|--|---|
| 母親と子どもの健康 Maternal and Child Health | 子どもの体重、出生タイミングに影響なし No effect on baby weight & timing | 子どもの体重、出生タイミングに重大な影響あり Significant effect on baby weight & timing |
| 熱中症 (都市のヒートアイランド現象の中で) Heat Stroke (Urban Heat Islands) | 影響なし No effect | 早死の増加 Increased Premature Deaths |
| 喘息(空気の質) Asthma (Air Quality) | 呼吸器疾患が少ない Fewer respiratory illness | 呼吸器疾患の頻発と大きさの増大 Greater frequency & magnitude of respiratory illness |
| 重大な犯罪 Serious Crime (homicide) | なし、もしくは限られた影響 None or limited effect | 頻度が増大 Increase in frequency |

表2-I グリーンインフラによる健康面での効果(資料:Vivek Shandas ポートランド州立大学教授)

3 グリーンインフラで、街に賑わいを創出できる公園改修を

時代の変化とともに公園の役割も変化します。これまでのように「存在すること」が重要であった公園から、多くの人に「活用」され、「街に賑わいを創出する」公園であることが求められています。そこに行けば快適な空間であるはずの公園が、「暑くて木陰もない」「いつもじめじめしている」等といった不快な環境では意味をなしません。暑い夏の日でも人々がそぞろ歩きできる公園、行きたくなる公共空間が求められています。

それでは、たとえば涼しくする方法には何があるでしょうか。ミスト装置や日よけ等は最もポピュラーな人工施設として多くの場面で使用されています。しかしそれらはダイレクトに効果を発揮してくれるものの、将来にわたりメンテナンス費と労力が発生します。また、それらの人工施設が時代の変化とともに不要になってしまふことも懸念されます。

一方で公園には土壌、樹木、水といった自然の中で「基本」ともいえる様々な要素が元々存在しています。それらをその場所でうまく

活用して、多くの人々が集まり楽しめる魅力的な公園に生まれ変わることができれば、それこそがサステナブルで将来にかけて価値を生み続ける公園づくりではないでしょうか。実際に横浜市のグラントモール公園(みなとみらい21地区)では、グリーンインフラ技術を駆使して、「成熟した街づくりを牽引する公園」として生まれ変わりました⁸⁾(写真2-7)。



写真2-7 人々で賑わう横浜市のグラントモール公園
(みなとみらい21地区)「美術の広場地区」

事例:横浜市グランモール公園

横浜市のグランモール公園は新たな街づくりの中心的存在として改修され、そのうち「美術の広場地区」が2015年度に完成しました(写真2-8から2-10)。軽い場としての公園は大胆にグリーンインフラ技術を使用して、大きな水循環の仕組みを実現しています⁹⁾(図2-1、2-2)。緑陰だけでなく、地下からの雨水のしみ上がりによる蒸発や旺盛に生育する樹木からの蒸散作用を活用して、「夏でも涼しい」空間が創出されています(写真2-11、2-12)。



写真2-8 施工写真1
既存ケヤキの周辺植栽基盤を掘削



写真2-9 施工写真2
雨水貯留浸透基盤を施工



写真2-10 施工写真3
基盤の設置完了、三角形はベンチの基礎

図2-1 グランモール公園の断面模式図
側溝および保水性レンガから入った雨水は、雨水貯留浸透基盤を介して地表までしみ上がり、保水性レンガに供給される。保水性レンガからの蒸発、樹木の蒸散作用を通じて、気温低減効果が発揮される。

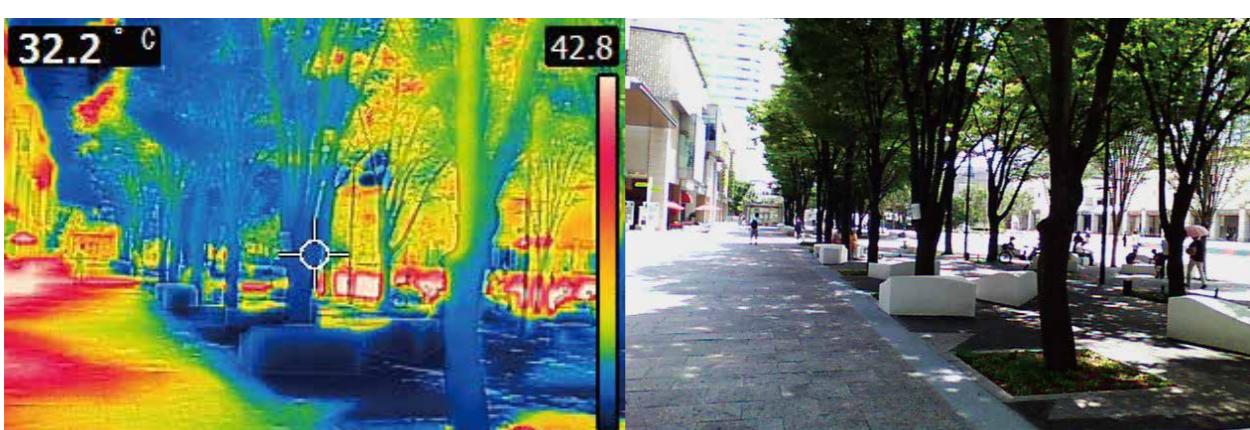


写真2-11 温度分布について
写真2-11は写真2-12のサイトにおけるサーモグラフィ画像。同じ環境条件にも関わらず、雨水貯留浸透基盤を設置したエリアの温度が低いことがわかる。

水循環のダイアグラム

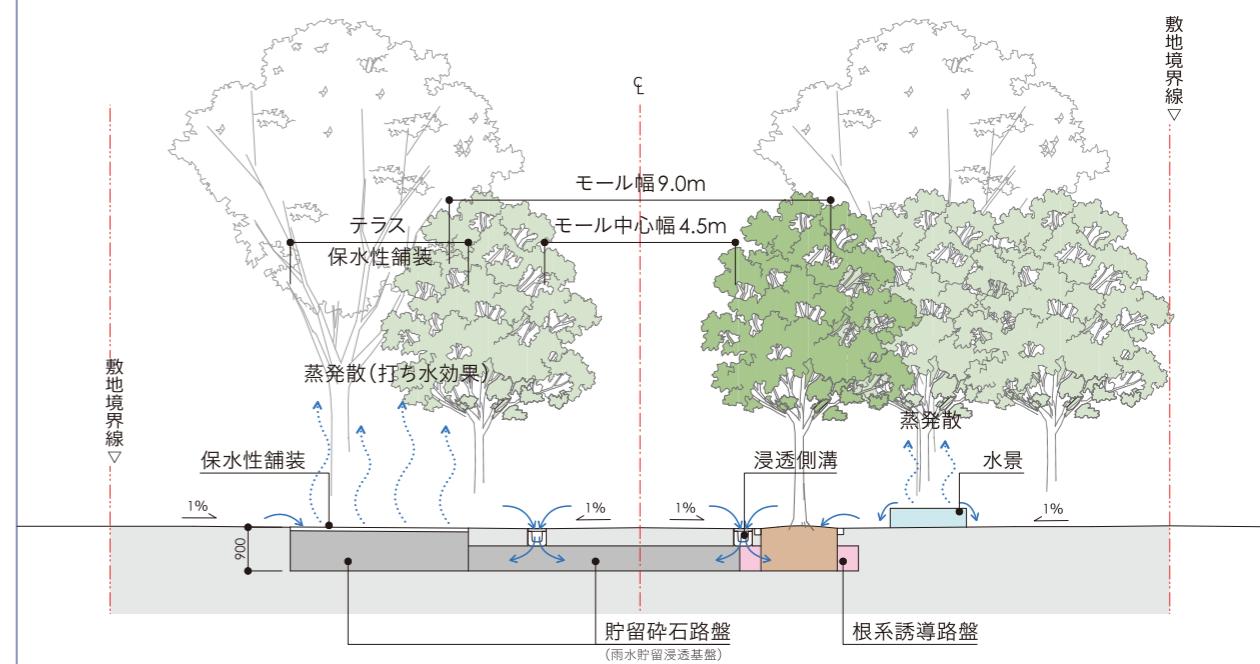


図2-2 水循環のダイアグラム⁹⁾

雨水は浸透側溝を通じて雨水貯留浸透基盤に進入、雨水の吸い上げ機能を通じて保水性舗装に供給される。また、雨水貯留浸透基盤内に伸長したケヤキの根により吸い上げられた雨水は、葉からの蒸散作用で気温を低減させる。まさに、地下からの打ち水効果が発揮されている。(出典原図:株式会社三菱地所設計)

現地の地上1.5mでの気温測定結果

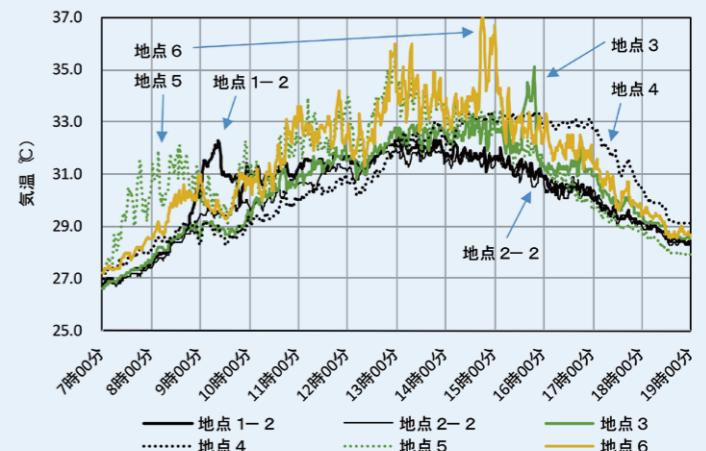


図2-3 現地の地上1.5mでの気温測定結果¹⁰⁾

雨水貯留浸透基盤が施工された箇所の樹冠下(地点1-2および地点2-2)と施工されていない箇所の陽に曝された平盤ブロック舗装地(地点6)とでは、最大約6°Cの差があることがわかった。また、それぞれが日陰の同条件でありながら、下層に雨水貯留浸透基盤が設置されていない地点3においては、約1.5°Cの差があることがわかった(16:00の異常値は直射日光の影響を除外)。(2016年8月4日測定)

降雨量と水位の変動状況

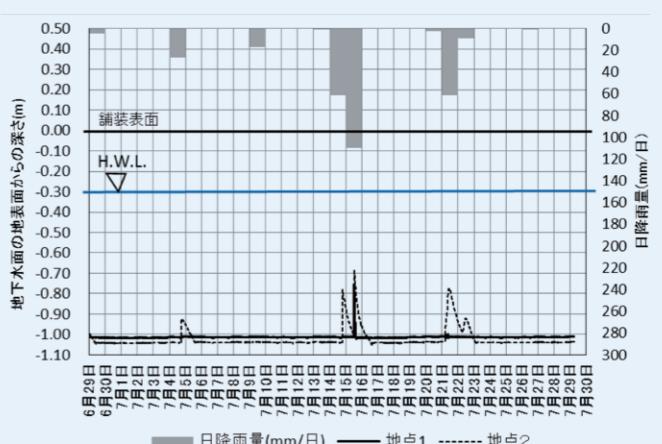


図2-4 降雨量と水位の変動状況¹⁰⁾

2016年7月15日に110mmの降雨が観測されたが、雨水貯留浸透基盤内の水位は約30cm程度の上昇しか認められなかった。この地下水位の測定期間中、集水域からの雨水の場外流出がなかったことがわかった。

4 将来のモビリティースタイルに合わせた街づくりを

(1) 車線を減らして、歩道を緑地帯に

最近の街路は、車中心から自転車や歩行者といった人を中心の社会に合わせ、形態を変化しつつあります。全米一環境に優しい街ポートランド市では自転車の活用が一般化し、電車（トラン）の中に自転車を持ち込む風景は普通になっています（写真2-13）。また、わが国でもカーシェアリングが加速しており^{II}、自転車道整備と同時に主要都市では車線を減らして遊歩道にリノベートする計画も進められています。概念図を図2-5、2-6に示します。このように、人々の生活スタイルの変化に合わせて、街づくりも変わり始めています。

ところで、車線を減らして人に優しい緑豊かなスペースを確保するには、良好な植栽基盤が存在しなければなりません。しかし、これまでの硬く締め固められた道路路床では、樹木の良好な生育は望むべくもありません。植物の根が十分に伸長できる隙間のある基盤がなければ、樹木は健全に育たないからです。また、現在頻発している都市型洪水を考慮すると、歩道下が雨水貯留浸透施設を兼ねることも

大いに期待されます。

このように、求められる街づくりのあり方は、時代とともに変化していくのです。



写真2-13 ポートランド市で見かける風景(2014年)



図2-5 これまでの街路 車中心の道路は、歩く人にとっては厳しい環境といえる。街路樹も貧弱である。(概念図)

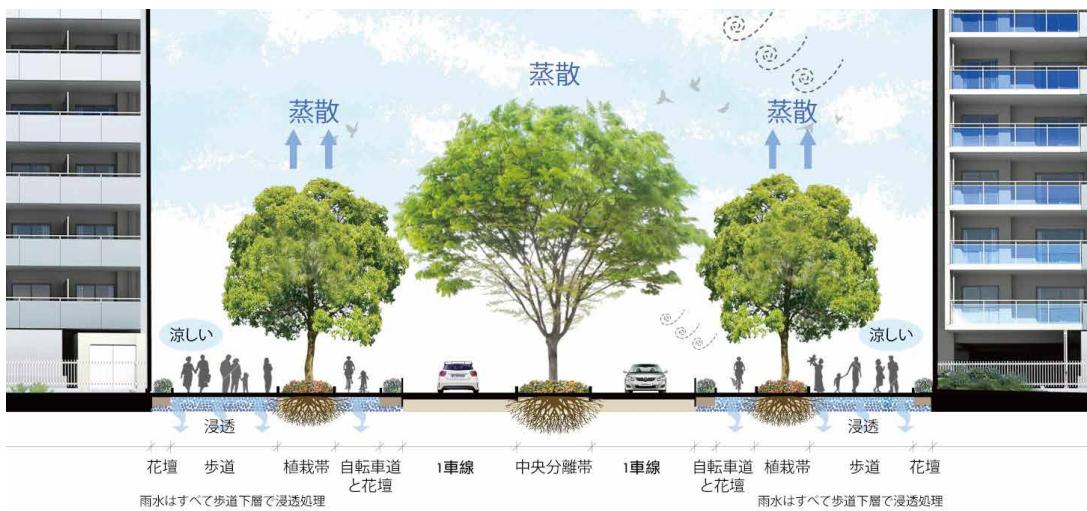


図2-6 人を中心の街路 将來の交通形態に合わせて、人を中心の街路に変更。2車線を1車線にして、自転車道と人々が楽しめる空間に変更。(概念図)

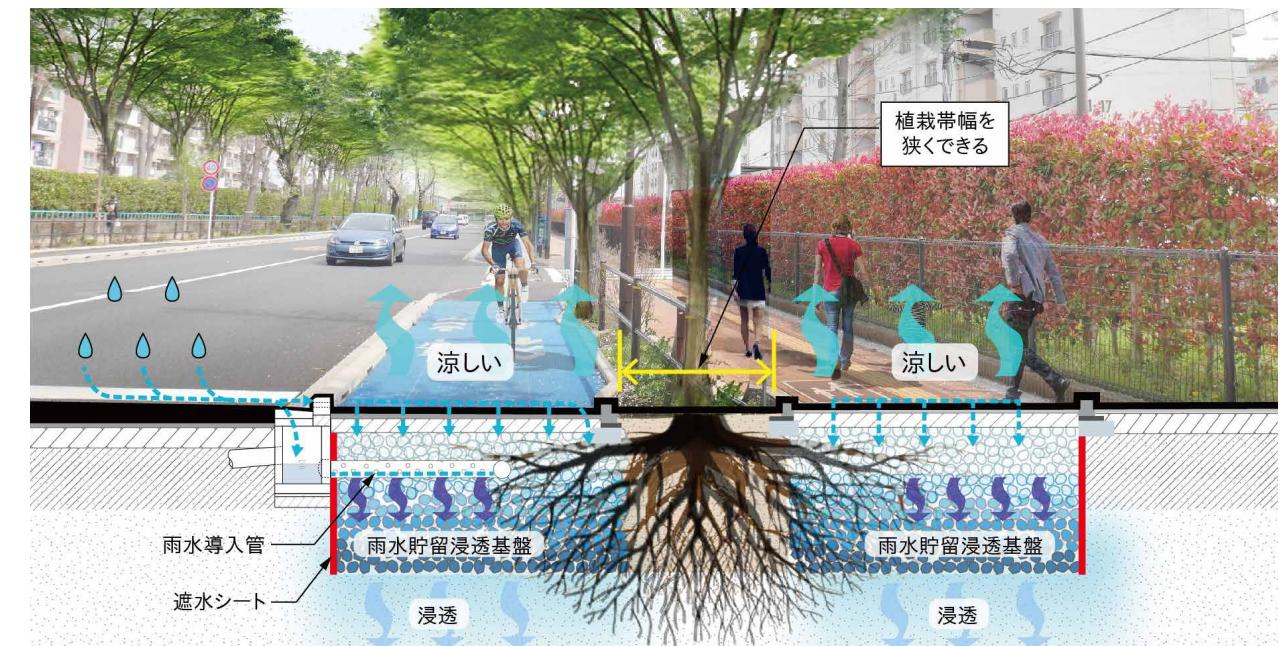


図2-7 歩道、自転車道の断面(概念図)

歩道下、自転車道の下に雨水貯留浸透基盤を設置すれば、街路樹の根を誘引でき、歩道幅や自転車道幅員を広くできる。また除草面積が減るため、メンテナンス費用の軽減にもつながる。(路盤構造など、詳しくはご相談ください)

(2) 歩道幅を広げ、バリアフリーに対応

歩道のバリアフリー化が長年求められていますが、狭い街路の歩道幅では思うように対応できないのが現実です。仮に、植栽帯の幅を狭くできればその対応は可能となります。単に狭くしたのでは街路樹の生育不良、それに起因する倒木事故、根上がりによる改修経費の増大など、将来に大きな負の遺産を残すことになります。

もし歩道や自転車道下層に良好な植栽基盤を設置できれば、これらの問題は一気に解決します。さらに植栽基盤が雨水貯留浸透施設としても機能すれば、下水道への流出負荷軽減および都市洪水等の被害

軽減に大きく寄与できます。図2-7はその可能性を示しています。街路樹の根は歩道・自転車道下の雨水貯留浸透基盤に広く、下方向に伸長します。これにより、地表面に見える植栽帯幅を広く確保する必要がなくなります。その分歩道や自転車道を拡幅でき、通行性の向上につなげることができます。狭い街路でも豊かな緑陰とバリアフリーを同時に実現でき、さらにウォーカビリティー（歩行者にとって良い環境）、バイクビリティー（自転車道としての良い環境）も大幅に改善できます。

(3) 根上がり防止で安全な歩道

歩道の根上がり現象とは、植栽内で行き場を失った根が表面仕上げ材（インターロッキングブロックなど）下の砂層などに伸び、それが根の成長にともなって太くなり、表面仕上げ材を持ち上げる現象のことを行います（写真2-14、2-15）。元々根にとって良好な植栽基盤が十分に確保されていれば、根上がり現象を未然に防ぐことができます。

根系誘導耐圧基盤材（パワーミックス）は狭い植栽でも良好な植栽基盤を実現する根上がり対策専用の技術です。雨水貯留浸透基盤材も同様に根上がり防止を実現できる技術ですが、パワーミックスは植栽周辺に設置するのに対し、雨水貯留浸透基盤材は、浸透面積を確保するため歩道下全面に設置することが基本です。

道路管理者にとってこのような植栽基盤は、将来根上がりによる歩行者の転倒事故による訴訟問題等の危険回避にもつながる有用なグリーンインフラ技術といえます。



写真2-14、2-15 根上がり現象とその原因
樹木周辺の土壌が硬いと、根は地表面に近い場所に伸び、やがて根上がりを起こす。転倒による訴訟問題を未然に防ぐためにも、対策が必要。

CHAPTER 03 グリーンインフラが変える住環境

1 グリーンインフラにより、住宅転売価格がアップ⁵⁾

米国ではグリーンインフラと家の転売価格に関する興味深い研究があります⁵⁾。グリーンインフラが以下の3つの条件を満たす場合、家の転売価格が上がるとの調査結果が出ています。

- ①米国の国勢調査細分区の中に120を超すグリーンストリートがあること
- ②グリーンストリートを設置して10年以上経過していること
- ③1つのグリーンストリート内に、7本以上の樹があること

図3-1はグリーンストリートと住宅転売価格の関係を表しています。横軸がグリーンストリートの数、縦軸が住宅の転売価格(ドル)です。青線と赤線は人口調査区の違いを示しています。結果から、グリーンインフラを多く導入している場合の住宅転売価格は高くなる傾向が明らかにされています。

わが国においても、同時期に同形態のマンション、同じ規模の緑地面積をもった団地において、転売時に緑の残存量の多寡で販売価格が異なり、訴訟問題に発展したケースがありました。緑量を質の高い状態で維持できるかどうかは、樹種の選定、植栽基盤の整備手法や立地条件の環境などにもよりますが、メンテナンスの頻度や質にも大きく影響されます。また最近は各種団体が行う認証制度を取得することで、客観的な環境性能や不動産価値の評価を求めるケースも増えています。

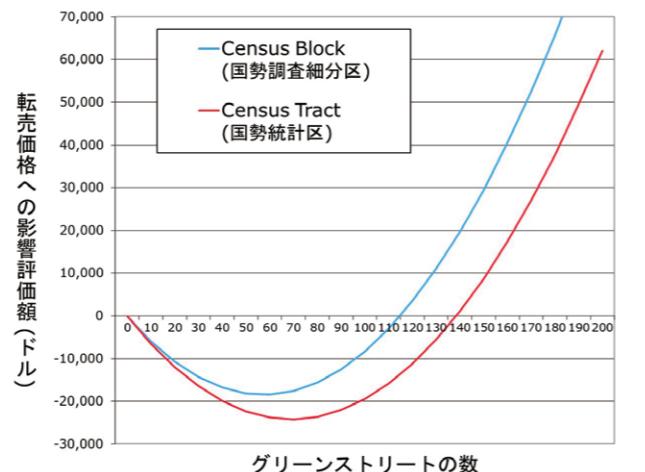


図3-1 グリーンストリートと住宅転売価格の関係
(資料:ポートランド州立大学シャンダス教授による研究「オレゴン州ポートランド市のグリーンインフラ評価」Landscape and Urban Planning 124号)

2 グリーンインフラを導入したマンション外構で価値アップ⁶⁾

最近のマンション外構は、緑豊かであることが普通になってきました。こだわりのある居住者は、緑の質やその後のメンテナンスのあり方までを検討してマンションを選ぶ時代に入っています。数十年後でも緑の質が担保された外構は、そのマンションの価値アップの要因となり、居住者にとっての誇りにつながる要素となります。

また大型マンション開発の敷地は、自然生態系の保存地でもあることが多いため、グリーンインフラ技術を活用することで、そこを生き物にやさしい、緑豊かで真夏でも涼しい空間として活用する事が可能になります。

このようなハード面の整備に加えて、緑地のメンテナンスが居住者満足にとって重要なファクターであることも意識しなければなりません。そして、設計段階から予めソフト面の計画を練っておく必要があります。同時に、マンション建設中から実際に管理するチームとの協議が開始されていることも重要です。このことはデベロッパーサイドにとっても大きな差別化につながるチャンスであることから、しっかりと質の高いメンテナンスを計画することが望まれます(図3-2)。



図3-2 心地よいマンションライフを支えるグリーンインフラ技術(概念図)
豊かな緑陰と、夏でも涼しい空間の実現が可能
(路盤構造など、詳しくはご相談ください)



写真3-1 コミュニケーションづくりに貢献するメンテナンス形態

某マンションのメンテナンス風景。緑のベストを着用している人がメンテナンススタッフ。メンテナンスは住民同士のコミュニケーションを生み出す重要な手段となる。

人とのつながりをサポートできるメンテナンスへ

それでは、この先求められる質の高いメンテナンスサービスとは何でしょうか。それはコミュニティづくりにまで踏み込んだメンテナンス形態です。今後進む少子高齢化社会では、人間同士のふれあいが強く求められています。一方、「人々の顔が見える・支え合える・笑顔がはじけるマンションって素敵」と言われながらも、それをリードできる人材が不足していたことも事実でした。

そこで、植栽メンテナンススタッフが「きれいにするメンテナンス」だけではなく、「住民のつながりもサポートできるサービス」を展開していくければ、可能性を広げられるのではないかでしょう。人間味あふれる住民参加型のイベント企画を主目的とするメンテナンスサービスが今後期待されています(写真3-1)。

3 屋上空間の活用で進む都市のグリーンインフラ

日本では2000年から2015年までの16年間で、屋上緑化が433.8haも創出されています¹²⁾。シカゴでは屋上に1/2インチ(約13ミリ)の雨水を一時貯留しなければならない条例が設定されていて、屋上緑化が進んでいます。仮に日本でも同様の条例があるとすれば、5.6万m³の雨水を新たに貯留できることになります。これは、東京都が環状7号線の地下に浸水対策として建設された巨大トンネル(神田川環状7号線地下調節池、約54万m³)の貯留ボリューム約10%に相当します。



写真3-2 未利用空間の改修時にグリーンインフラが導入された例

日本でも屋上空間の雨水貯留量が治水対策としてカウントされるようになれば、新たな雨水貯留の有効な手段として、さらに屋上緑化が進んでいくと期待されます。

一方、活用されずに放置されている屋上も少なくありません。これらの未利用空間に最新のグリーンインフラ技術を導入して、新たなコミュニケーションの場を創出していくことも期待されます(写真3-2、3-3)。



写真3-3 グリーンインフラが緑いっぱいの屋上パーティーを可能にすると同時に、雨水の一時貯留施設としても役立っている事例

4 住宅(開発)地の価値を高めるグリーンインフラ

これからの街づくりは、住む人に心地良さを感じてもらしながら、将来にかけての資産価値を落とさないためのメンテナンス手法が確立されていることが重要です。そのためには、住む人の視点に立った計画とグリーンインフラ技術の導入、そして継続できるメンテナンス計画が必要です。「良い環境の街」の条件にこれまで挙げられてきた「美しい」「潤い」「賑わい」「誇り」に加え、これからは「夏場に冷える」「安全」を加えた持続可能な設計の時代になっていくでしょう(図3-3)。また、効果検証のためのモニタリング技術の開発も進むと考えられます。

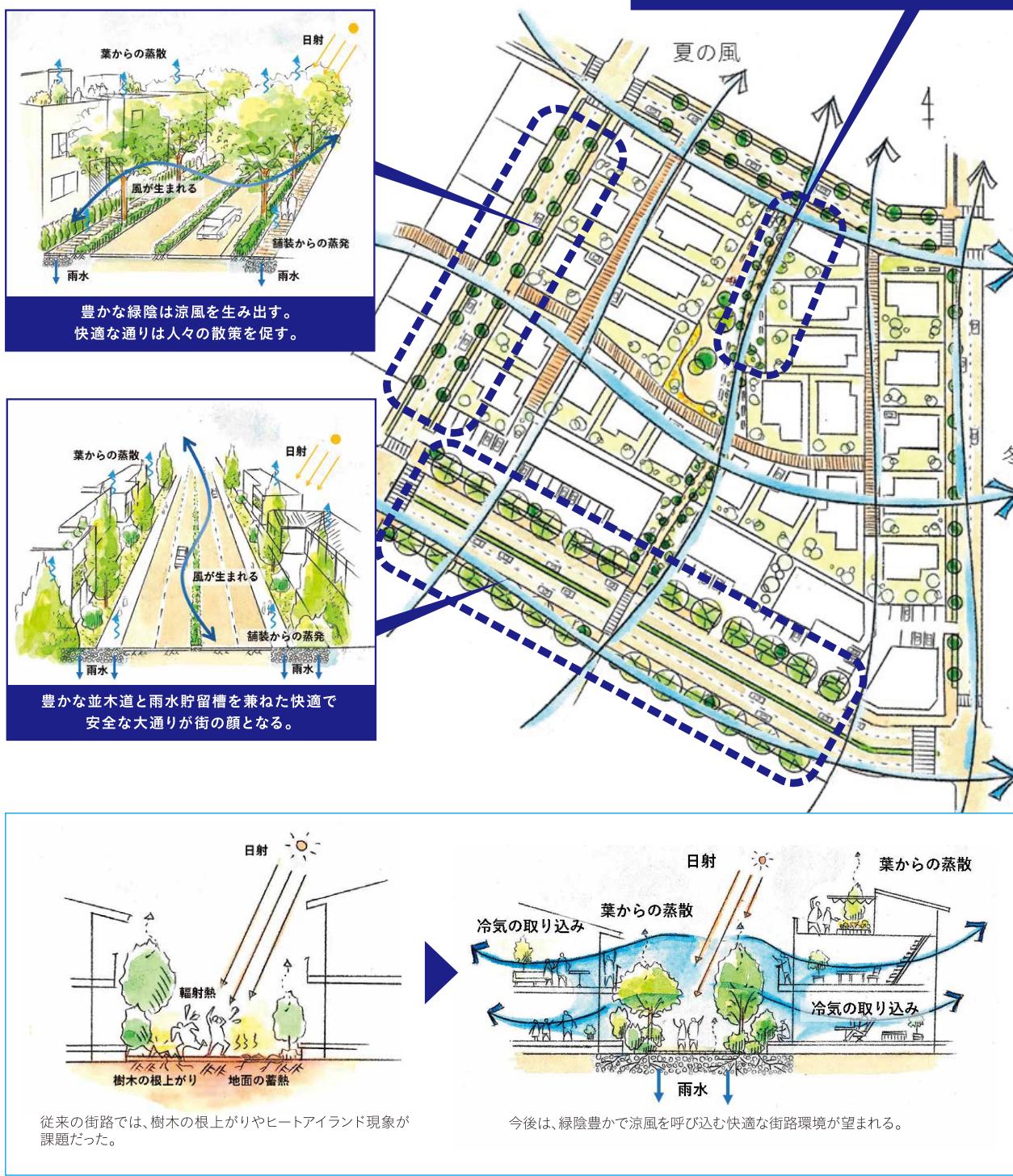


図3-3 快適な街づくりに向けたグリーンインフラの活用

04 CHAPTER 米国的主要都市におけるグリーンインフラの取り組み

1 ポートランド市は全米一環境に優しい都市

ポートランド市は人口約60万人の全米では中規模の都市です。元々は林業で発展してきたこの都市は、その後 Willamette川沿いに多くの製鉄工場や造船所が建てられ、工業化とともに全米一汚い川と言われるまでになりました。ポートランド市の下水道は合流式ですが、この方式は大雨時、下水処理場で処理できなくなる下水をオーバーフロー設備から河川へ放流します。河川への下水放流が河川水質をますます悪化させることから、1993年、ポートランド市は連邦政府から、下水から河川への放流量の制限を求める訴訟を起こされます。その後、河川水質の悪化が進み、ポートランド市の重要な魚である鮭とニジマスが絶滅危惧種に指定されるに至り、市は豪雨対策と流域圏の環境改善に力を入れ始めました。

市はまず、都市開発地と自然保護地の境界線(アーバングロウスバウンダリー)を決めて、無秩序に開発が広がることを規制し不浸透域

の拡大を抑制しました。グリーンインフラは、当初土壌を使った雨水の浄化対策に始まりましたが、やがて集中豪雨による下水道の内水氾濫に対応する手法として、レインガーデン、バイオスエールなどを備えたグリーンストリートとして発展してきました。また市のインフラ整備プロジェクト「Tabor to the River」においては、グリーンインフラを活用することで老朽化した下水道施設の改修費用を60%も抑えられるという経済効果も事業推進の大きな力となりました(図4-1)。そして、今ではグリーンインフラで世界のお手本となり、見学者が絶えません。また「全米一環境に優しい都市」とランキングされ、世界中から人が集まり、企業が引き寄せられています。このようにグリーンインフラを活用して都市の強い基盤をつくり上げたのです。

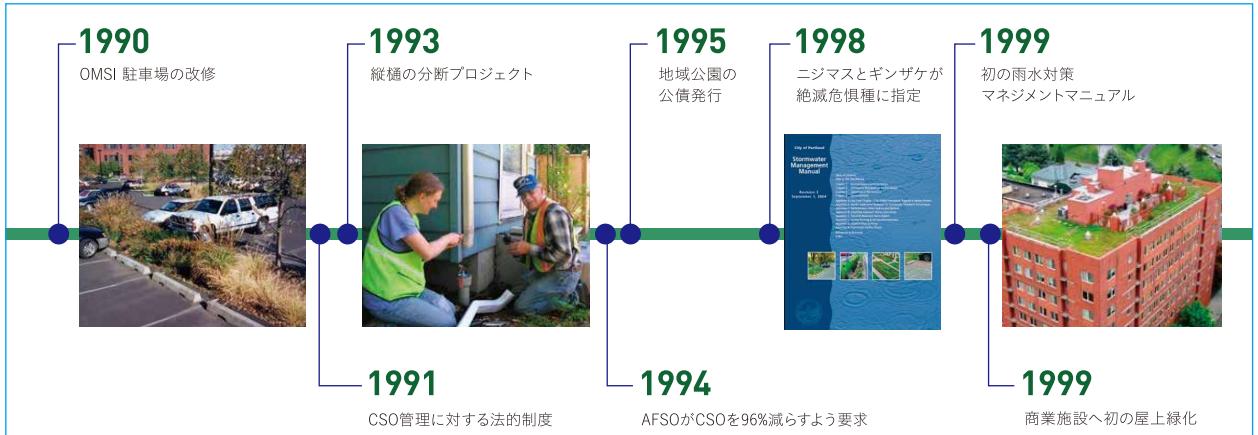


図4-1 ポートランド市におけるグリーンインフラ導入期の施策(1990年代)(資料:日本緑化工学会シンポジウム(2014)Dawn Uchiyama氏 発表資料)

福岡孝則氏および加藤禎久氏は、グリーンストリートの効果を

- ①雨水の適正な管理による都市の健全な水循環の回復
- ②河川に流入する雨水流出量の抑制、流出速度の遅延による洪水ピーク流量の抑制
- ③暮らしやすい都市環境、環境不動産価値の向上
- ④緑による微気象の改善や大気の質の向上
- ⑤歩道と自転車道路を一体的に整備した、健康的なライフスタイルの促進
- ⑥車の運行速度の緩和、道路の安全性の向上

としています¹³⁾。グリーンインフラの導入は、これら多くのベネフィットが享受でき、やがては都市の発展につながる施策として、多くの都市で益々盛んになるに違いありません。

Tabor to the River | Cost Savings

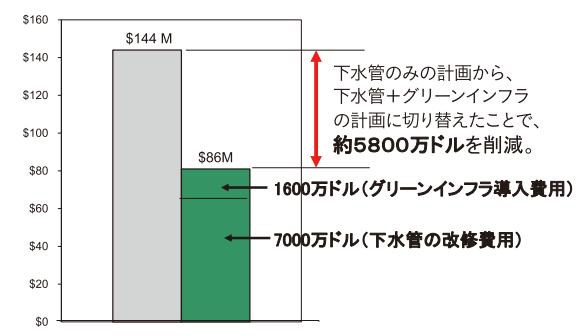


図4-2 グリーンインフラに対するグリーンインフラのコスト削減効果
(資料:ポートランド市環境局)



写真4-1 マンハッタン島南端の海に沿ったU字型の地域でのハリケーンに対する防災対策計画(資料:©The Big Team/Rebuild by Design)

2 ニューヨーク市が本気で取り組むグリーンインフラ

ニューヨーク市では、2012年のハリケーンサンディによる甚大な被害を受けた東海岸部を中心に、都市水害を教訓とし、リビルト・バイ・デザインという復興デザインコンペが実施されました。具体的な敷地を対象にプロジェクトの実施まで多様な主体と協働しながら実行する、というのがコンペの特徴です。このコンペの参加チームの1つ「The BIG U」は、マンハッタン島の南端を中心に進める計画を提案し、「単に洪水やゲリラ豪雨のリスクに対する対策ではなく、異常気象や環境問題、生態ネットワークからレクリエーション、経済的な価値まで、全てを複合的に取り扱うことが最も有益で価値がある」という考え方を基本的なアプローチ手法としています¹⁴⁾。ここで提案されている復興デザインは、新しい多機能型のインフラとは何か?を問いかけています(写真4-1)。

また、ニューヨーク市にある線形のハイライン公園は、貨物の引込み線跡を利用した、延長2.3kmに及ぶ人工地盤緑化として今注目を集めています。元々は廃線として放置され景観的にも良くなかった場所が、現在は緑いっぱいの魅力ある空中庭園に変貌し、周辺の経済効果は年間3,000億円ともいわれています。このハイライン公園は、降雨時には雨水を貯留しながらゆっくりと地下に浸透させていく、

写真4-2 ハイライン公園(2016年)
左から、メンテナンスはボランティアが中心。豊かな芝生広場も雨水貯留浸透の役割を果たす。木製ベッドでくつろぐ人々。ハイラインの北端はハドソンヤードとして再開発中で、土地の価値は大きく上がることが予測される。



September 1 2010.
NYC Green infrastructure plan
Mayor Michael R. Bloomberg

— 前略 —

To succeed, any plan must be effective and affordable, and the 8.4 million New Yorkers who will pay for it must see and feel its benefits. The NYC Green Infrastructure Plan will achieve that goal. Based on years of study and our experience with new technologies, we know that green infrastructure—advanced street-tree pits, porous pavements and streets, green and blue roofs, and many other stormwater controls—can improve water and air quality, help to cool the City, reduce energy bills and greenhouse gas emissions, increase property values, and beautify our communities. And we can achieve all of these benefits for billions of dollars less than the cost of the traditional tanks and tunnels that are useful only when it rains.

— 後略 —

[和訳例]
成功させるためには、どのような計画でも効果的で経済的な負担に耐えられるものでなければなりません。そしてそれを払う840万人のニューヨーク市民がその目で見、その効果を感じられるものでなければなりません。ニューヨーク市のグリーン・インフラストラクチャー・プランはそのゴールを達成します。数年にわたるスタディーと我々の新技術を扱ってきた経験に基づいて、我々は、グリーン・インフラストラクチャー — 先進的な街路樹の植え樹、空隙に富んだ舗装と道路、保水性に富んだ屋上緑化、そして他の多くの豪雨をコントロールする手段 — は水質と大気質を改善することができ、エネルギー使用料と温暖化ガスの放出を削減させることができ、資産価値を増やすことができ、そして我々のコミュニティーを美化することができると確信しています。そして我々はこれらすべての便益を、雨が降った時にだけ機能する伝統的な貯留槽や貯留用トンネルのコストより何十億ドルも安く、達成することができるのです。

図4-3 ニューヨーク市、グリーンインフラストラクチャープラン(概要版)の巻頭言の一部(資料:ニューヨーク市)



写真4-3 ニューヨーク市側道のレインガーデン(2016年)



図4-4 レインガーデン断面模式図(2016年)
下層に雨水の浸透槽が設置されている。(資料:ニューヨーク市)

05 CHAPTER

日本版グリーンインフラの開発



写真4-4 ミレニアムパーク、シカゴ市 世界一大きな人工地盤緑化(10ha)の下には、鉄道、駐車場、コンサートホールまで設置されている。(2010年)

3 シカゴ市はヒートアイランド対策にグリーンインフラを活用

シカゴ市はミシガン湖に面して、夏季は42°C、冬季は-17°Cとなり、非常に厳しい地理的環境に立地しています。また、高層ビルが立ち並び、ヒートアイランド対策が盛んです。の中でも、屋上空間を活かしたグリーンインフラの活用が特徴的です。2004年に完成した世界一大きな屋上庭園、ミレニアムパークは、雨水貯留浸透施設としての役割を果たしています(写真4-4)。10haの公園の下には鉄道線路や大駐車場、それにコンサートホールまで設置され、まるで大地の上に造成されたような都市公園になっています。そこでは、すぐ脇の高層ビル群と好対照な、大都市とは思えない自然を感じさせる空間を提供しています。

また、シカゴ市役所の庁舎屋上には大規模な屋上緑化が建設されています。粗放型ともいえる緑化部分では、緑化していない屋上と比べて表面温度が約30°C低いことが確認され、屋上であるにもかかわらず涼しさを感じられます。屋上直下階の空調代は年間で



写真4-5 従来の路地(Alley)の状況
昼間でも暗く、水溜りなども見られる。(2014年)

写真4-6 改修後の路地(Alley)
表面のインターロッキングブロック下に再生骨材などを設置、雨水貯留浸透槽としての役割を果たしている。(2014年)

海外ではグリーンインフラを賢く使って職・住環境を改善する新たな都市づくりが進められています。それでは日本でも海外と同様の技術を転用すれば、安全で豊かな街づくりが可能になるのでしょうか。答えは「ノー」です。国や地方ごとに都市構造や文化、地理条件、社会状況は異なり、求められるグリーンインフラ技術は異なります。わが国には、狭小な都市空間や公共投資の縮減、管理コストの増大といった現状の課題に合わせた、独自のグリーンインフラ技術が必要です。

1 グリーンインフラのI4要素技術と場面

全米でグリーンインフラを推進している機関は米国環境保護庁(EPA)です。EPAではグリーンインフラの要素技術(Green Infrastructure Elements)として、II項目を示しています¹⁷⁾。わが国への適用に当たっては、要素技術に公園、壁面緑化、芝生広場を加えて

I4要素とし、「技術的要素」と「場面的要素」に大別して一覧表にしました¹⁸⁾。街づくりにおけるさまざまな場面で、基本となる技術的要素を組み合わせて、多様で多機能なインフラを創り上げていくことが重要です。(表5-1、表5-2参照)

表5-1 グリーンインフラのI4要素 I4 elements of Green Infrastructure(I~6)

(EPAの要素技術を元にグリーンインフラ総研が加筆して作成)

| 区分 | 名称 | イメージ | 概要 |
|-------|-------------------------------------|---|----|
| 技術的要素 | 1 縱樋の非接続 Downspout Disconnection | 屋根からの雨水を下水道に流さず、雨水タンクや貯水槽、あるいは透水性舗装へ導入する手法。合流式下水道の都市に特に有益な方法。 (写真:ポートランド市内) | |
| | 2 雨水の利用 Rainwater Harvesting | 雨水を収集、貯留して、雨水流出速度の低減、減量を図るとともに、建物内部の雑用水や災害時の水資源として活用するシステム。 (写真:雨水貯留槽の水量測定) | |
| | 3 雨庭 Rain Garden | 屋根や歩道からの流出水を収集して、地中に浸透および浄化できるよう設計された窪地。自然生態系の基地にもなる。ほとんどの未舗装のスペースに設置可能。 (写真:森本幸裕氏提供、京都学園大学太秦キャンパス) | |
| | 4 雨花壇 Planter Boxes | 屋根や歩道からの流出水を、浸透あるいは閉塞した底をもつプランターボックスに導入する、いわば都市型雨庭。密集地や市街地の限られたスペースに対応。 (写真:ポートランド州立大学構内) | |
| | 5 緑溝 Bioswales | 雨水を移動させながら一時滞留や浸透させる植栽帯。特に浸透地で線的な施工が可能で、街路や駐車場に向く。 (写真:ポートランド市内) | |
| | 6 透水性舗装 Permeable Pavements | 雨が降ったその場所で雨水を浸透、処理または貯留できる舗装。地表面は透水性コンクリート、透水性や保水性インターロッキングブロック、透水性アスファルトなどの材料で施工される。 (写真:シカゴ市、モートン植物園内) | |

表5-2 グリーンインフラの14要素 14 elements of Green Infrastructure (7~14)

(EPAの要素技術を元にグリーンインフラ総研が加筆して作成)

| 区分 | 名称 | イメージ | 概要 |
|----------------------------|---|------|--|
| 場 面 的 的 要 素 | 7 緑の道、緑の路地 Green Alleys and Streets | | グリーンインフラの要素技術を取り入れて、道路や路地に雨水を貯留・浸透させて下水道への負荷軽減、それを蒸発散させることによる気温低減効果などを可能にする。 (写真:シカゴ市内) |
| | 8 緑の駐車場 Green Parking | | グリーンインフラの要素技術を取り入れて、周辺に設置された雨庭や緑溝を通じて、駐車場下層に雨水を貯留・浸透させるよう設計された駐車場。 (写真:シカゴ市モートン植物園内) |
| | 9 公園 Green Parks | | グリーンインフラの要素技術を取り入れて、保水性ブロックや樹木の蒸発散作用で微気象改善が可能。公園内での雨水循環を可能にする。 (写真:横浜市グランモール公園) |
| | 10 屋上緑化 Green Roofs | | 都市化が進む中で、屋上に厚層または薄層の植栽基盤を設置して、雨水の一時貯留や植栽の蒸発散作用による冷却効果などを可能にする。 (写真:シカゴ市、ミレニアム公園) |
| | 11 壁面緑化 Wall Greenery | | 建築物の壁面に植栽基盤をもつ構造では、壁面に当たる雨水の直接流下を遅延、軽減できる。プランター形式の場合、雨水を一時貯留・浸透し、雨水流出を遅延、軽減できる。また、植物による気温冷却効果も多い。 (写真:ポートランド市内) |
| | 12 芝生広場 Lawn Square Ground | | 芝生植栽基盤への雨水浸透により、雨水流出速度の低減および雨水の減量と浄化が可能。地表面の気温低減効果も発揮できる。 (写真:フィラデルフィア市、シーメーカーブラザ) |
| | 13 樹冠遮断 (都市内樹冠) Urban Tree Canopy | | 樹木の葉や枝で雨を遮断することで雨水の流出量を減らし、流出速度を減じることができる。また、樹冠の投影による日陰が気温低減効果を発揮する。 (写真:フィラデルフィア市内) |
| | 14 自然地の保護 雑草広場 Land Conservation | | 都市内や近隣にあるスペースや外部の影響を受けやすい自然地の保全、およびメンテナンスをすることで、雨水流出速度の緩和、軽減および自然生態系の保全が可能になる。 (写真:シアトル市内) |

2 雨水貯留浸透基盤材の開発

日本版グリーンインフラを可能にするのが雨水貯留浸透基盤材(本項内:J・ミックス)です。J・ミックスとは、単粒度のコンクリート再生碎石(他のリサイクル骨材を含む)に腐植をコーティングした基盤材です(公益社団法人雨水貯留浸透技術協会技術評価認定及び特許取得済み)。骨材空隙率は41%で、その空隙に雨水を貯留することができます(写真5-1)。

腐植をコーティングすることで再生碎石のアルカリ成分が緩衝され(24時間以内で場外排出可能な場合)、空隙内に根の伸長が可能となります。写真5-2は同一樹木(クスノキ)の根の生育基盤材として腐植コーティングあり区(左)、なし区(右)を設置し、4年4ヶ月経過後の根の伸長状況を示したもので、腐植をコーティングした基盤材では、生育が良好であるばかりか根が一様に下方に伸長していることから、J・ミックスの構造が植物にとって良好であることがわかります。

また、腐植コーティングにより、目詰まり防止効果も高めることができます。泥を含んだ雨水が空隙内に流入した場合、腐植が土粒子をキャッチし、浸透面での目詰まりを緩和することができます。これは、単粒度碎石4号による礫間貯留機能に比べ、約3倍程度長持ちすることが証明されています(図5-1参照)。

さらに、腐植コーティングは水のしみ上げ効果も有しています。図5-2は、J・ミックスの水のしみ上げテストの結果です。4号碎石(左)と



写真5-1 J・ミックスの外観(空隙率は41%)
写真5-2 定植4ヵ月後のクスノキの根の分布
腐植コーティング処理区(C:左区画)の根の伸長は非常に良好

J・ミックスを模式図通り試験体に詰め、下層を水に浸して雨水貯留浸透基盤材下層に貯留水がある状態を再現しました。次に試験体上部から降雨により試験体全体が濡れた状況を再現した後、上部の舗装材をハロゲンランプで照射(加熱)して、試験体内の水の移動をシミュレーションで示しました(図5-3)。

結果は明確で、4号碎石区の水の挙動は上から下方向への一方通行でしたが、J・ミックスの水の挙動は下から上へ移動(しみ上がっている)していることが確認できました(図5-3に矢印で表示)。両者の違いは腐植コーティングの有無です。基盤の水がしみ上がりやすい構造は、下層からの水分供給により植物の根の生育を良好にするばかりでなく、水分の気化による地表面舗装材の冷却にも効果があり、地域の微気象改善に効果を発揮することが可能となります。

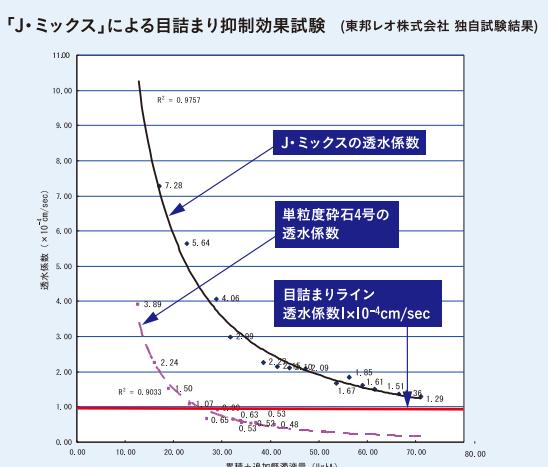


図5-1 J・ミックスの目詰まり防止効果
横軸が泥を含んだ水の累積投入量(10リットルで10年相当)、縦軸が透水係数。グラフの実線は雨水貯留浸透基盤材(J・ミックス)、破線は単粒度碎石4号

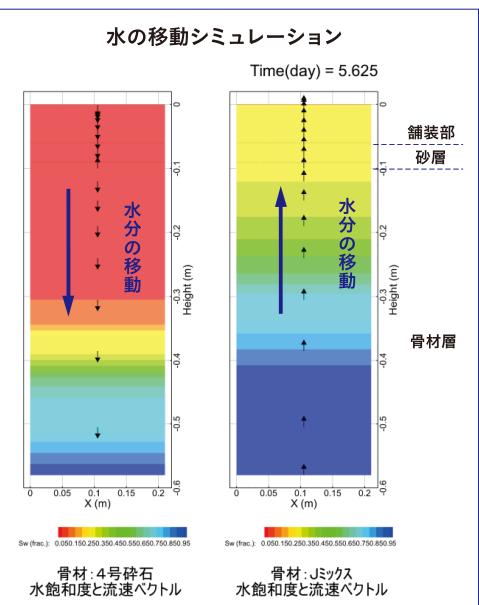
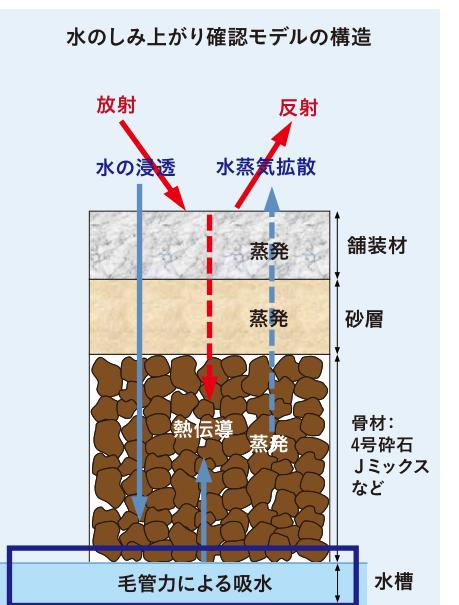


図5-2 水のしみ上がり確認モデルの構造
この模式図は、下層に4号碎石または雨水貯留透路盤を設置して降雨を再現後、上部の舗装材に熱を放射。データから下層の水分移動をシミュレーションした。

図5-3 水の移動シミュレーション
左は4号碎石のみ区、右はJ・ミックス区。下層からの水のしみ上がり実験を行った結果をシミュレーションした。右のJ・ミックス区はしみ上がっていることがわかる。

CHAPTER 06 グリーンインフラで変わる、日本の雨水対策の概念

1 単機能から多機能へ

これまでの雨水対策で使用してきたコンクリートやプラスチック製の構造物(グレーインフラ)は、雨が降った時にだけ機能する、いわゆる単機能施設でした。これからはそれらの施設に加えて、自然の持つ多様な機能を賢く利用するグリーンインフラとの併用が求められています。

2 降った雨をその場で浸透処理

成熟した街には高層ビルが立ち並び、都市の表面はアスファルトで覆われています。その結果、東京都のデータによれば降雨の約45%が表面流として下水道および河川に流れ込むようになりました。¹⁹⁾処理しきれない雨水は内水氾濫を起こし、街に大きな被害をもたらします。米国での雨水対策は、降った雨をその場で地中に浸透処理することを基本に進められてきました。たとえば、縦樋の非接続から始まって、雨庭、雨水壇、緑溝や透水性舗装などの活用もその中に入ります。雨水を降ったその場で地下に貯留浸透させ、ゆっくりと処理する「自然に倣った手法」がグリーンインフラの基本といえます。**図6-1**は都市に降った雨を屋上庭園や地下の雨水貯留浸透基盤を通じてゆっくりと地下にしみこませる都市におけるグリーンインフラの概念図です。つまり、下水道に直結させない工夫が重要です。



写真6-1 雨水プランター(写真: Vivek Shandas ポートランド州立大学教授)

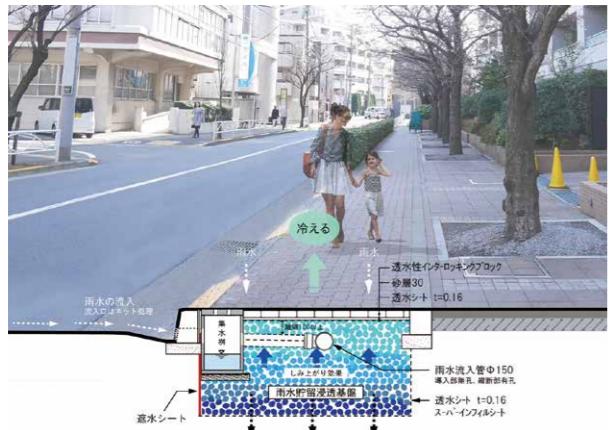


図6-2 道路や歩道に降った雨を現地で処理する方法(概念図)
雨水貯留浸透基盤に雨水を引き込み、地下に浸透させると同時に、地上にもしみ上げて冷える歩道を実現できる。また良好な植栽基盤にもなる。(路盤構造など、詳しくはご相談ください)

れています。グリーンインフラは雨水の貯留浸透機能と同時に水質の改善、汚染物質の除去、渇水対策、地下水の涵養、微気象の改善や樹木の生育など、多くのベネフィットを同時に享受できることが特徴です(表I-1参照)。

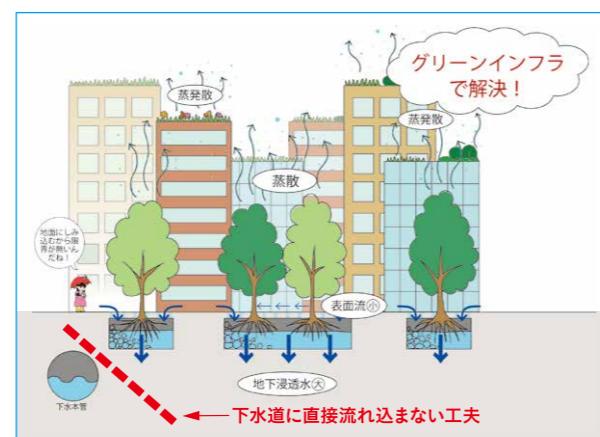


図6-1 都市の中でも、雨水は地中にしみこませる工夫が必要。(概念図)
雨水を地中にしみこませて、下水道にかかる負荷を軽減することがグリーンインフラの基本

米国ポートランド市が行った調査では、レインガーデンに流れ込んだ雨水の74%以上が貯留され、ピーク流量は81%も減少できたという報告があり⁵⁾、その場で処理するオンサイトによる雨水処理は下水道への負荷を大きく軽減できる可能性があります(写真6-1)。また、ニューヨーク市が進めるレインガーデンによる雨水浸透量は、1箇所当たり2,200ガロン(約8.3m³)と大きく(写真4-3参照)、今後はこの手法で市の不透水面積の10%から流れ出る雨水1インチ(約25mm分)以上を管理するとしています。

しかし、わが国のように狭い国土では、海外のように車道の一車線をレインガーデンのために割くことは困難です。そこで、歩道下などに雨水を貯留浸透させて処理する方法が考えられます(図6-2参照)。仮に雨水貯留浸透基盤を使用すれば、浸透面積(透水係数0.14m/hr以上)において幅4m、厚さ0.6m、長さ100mで約157m³もの処理が可能となります。浸透域を賢く使用することで、安価に、手軽に対応できて、かつ街が冷えるなどの副次的効果を生むことも可能になります。

3 あまみず(雨水)を活用する

2011年に刊行された日本建築学会環境基準(AJES)で「雨水活用(あまみずかつよう)」という言葉が定義されました。活用する水を「あまみず」と読ませて、雨水(うすい)や汚水のように速やかに場外に排出されるべき水と一線を画しています。2014年に成立した「雨水の利用の推進に関する法律」においても、雨水(あまみず)と読ませています。2016年3月には、(一社)日本建築学会から「雨水活用技術規準」

が発刊され、新たに「蓄雨」という概念が定義されました²⁰⁾。この蓄雨(Rain Stock)は、防災蓄雨、治水蓄雨、環境蓄雨、利水蓄雨の4つから構成され、蓄雨係数が定められ、蓄雨高100mmを目標とされています。また、NPO法人雨水まちづくりサポートも設立されて、まさに雨水(あまみず)新時代に入ったといえます。

4 雨水貯留浸透槽は、「狭く、深く」から「薄く、広く」へ

わが国の多くの自治体では、局地的集中豪雨対策としてha当たり約600m³の雨水流水抑制を義務付けています。これをクリアするために、これまでコンクリートやプラスチック製インフラを活用し、地上部の改変面積を「狭く」し、その分地下に「深く」建設が進められてきました。しかし昨今は、地下水位が高い場所、曲がりくねった狭い場所などでは、従来通りの方法では雨水貯留浸透施設を設置できない場所が多くあります。それにもかかわらず豪雨対策施設の設置は求められています。

図6-3は従来型と雨水貯留浸透基盤を使用した場合の地下水位

からの必要離隔を考慮した場合の設置位置を示しています。従来の場合に比べて、雨水貯留浸透基盤は薄く設置することができるで、地下水位の高い場所での設置が可能となります。また広く施工できれば地中への浸透面積を広く確保でき、浸透地の場合雨水対策量を安価に増加させることができます。さらに、地形に影響されず、矢板などの仮設作業や基礎工事、組み立てなどの特殊工事の必要性がなく、工期短縮にもつながることから、経済的なメリットを得ることが可能となります。

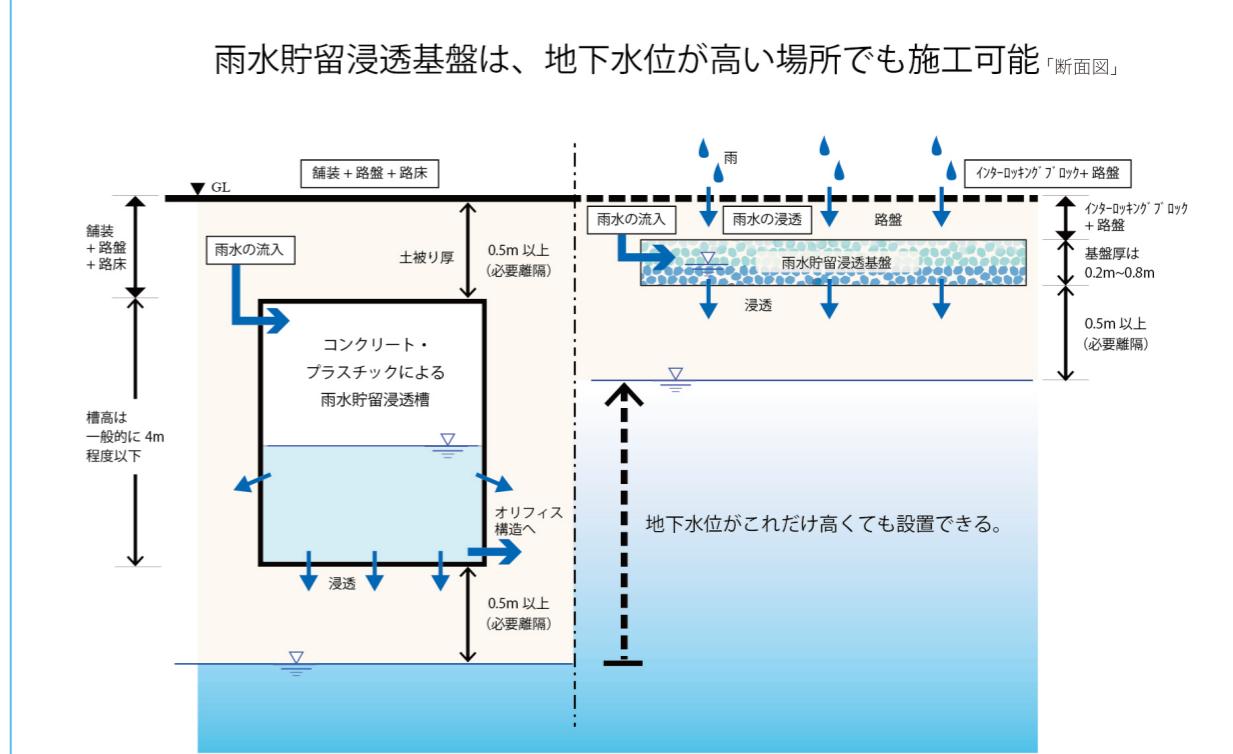


図6-3 従来の「狭く、深く」雨水貯留浸透施設の例(左側)と、これからの「薄く、広く」雨水貯留浸透施設の例(右側)(概念図)

5 保水性レンガと組み合わせて「地下からの打ち水効果」を

グリーンインフラの要素技術(表5-1参照)であるレンガーデンや緑溝は、雨水を地表面に溜めてゆっくりと地下に浸透させる構造になっています。わが国では地表面に水が溜ると、「蚊がわく」「子供に危険」「ゴミが溜って掃除が大変」といった消極的な意見が多く聞かれ、普及に時間がかかります。

そこで、それに代って雨水をオンサイトで貯留浸透させる方法として、保水性レンガや保水性インターロッキングブロックと組み合わせる場面が増えてきました(図6-4)。水1gが気化する際に、周囲から539calの熱量を奪います。そのメカニズムを保水性レンガや保水性インターロッキングブロックに適用して、周囲の空気を冷やすことができるのであります。この現象は、いわゆる「打ち水効果」と似ています。しかし、夏の暑い日中に入浴的に水道水を撒くことははばかられますし、



図6-4 J・ミックスを使った雨水貯留浸透基盤の機能
(路盤構造など、詳しくはご相談ください)

それでは保水性ブロックに水の供給がない場合はどうなるのでしょうか。4号碎石(左区)と雨水貯留浸透基盤材(右区)を模式図(図5-2参照)の通り試験体に詰め、下層を水に浸し、かつ試験体上部から降雨によって試験体全体が濡れた状況を再現して、上部の舗装材にハロゲンランプを照射(加熱)し、表面の保水性ブロックの温度上昇を測定しました。図6-6は、そのデータを元に温度変化をシミュレーションしたものです。

結果は、単粒度碎石4号を使用した左区では、下からの水分供給がないため保水性ブロックの表面温度が高くなることがわかります。逆に右区は雨水貯留浸透基盤により水分供給が確保された結果、保水性ブロックの温度上昇がそれほどないことがわかります。この結果は、保水性ブロックを使用しても水分供給がない場合は、時間の経過とともに蓄熱ブロックに変化してしまうことを示唆しています。

この結果から、地表面温度を下げるためには、人力や灌水施設に頼るのではなく、グリーンインフラ技術を賢く使った「地下からの打ち水効果」が有効であることがわかります。

機械的な散水施設を設置したのでは費用も嵩みます。現地で雨水を貯留浸透させながら、地上部の保水性ブロックと組み合わせて、無動力で、「冷える」効果を実現する手法の開発が行われています。それが日本版グリーンインフラ技術による「地下からの打ち水効果」です(図6-5)。

また、徳元行信氏らは(1998)²¹⁾「舗装体の温度上昇を抑制する保水性舗装材の開発について」の中で、舗装材(各種保水性ブロック)の保水量と蒸発量の関係を明らかにしています。保水量の多いブロックほど蒸発量を高めることができることから、高い保水性としみ上がり効果が高く継続的に水分供給が可能な雨水貯留浸透基盤材を組み合わせることで、地表面の冷却効果を高めることができます。

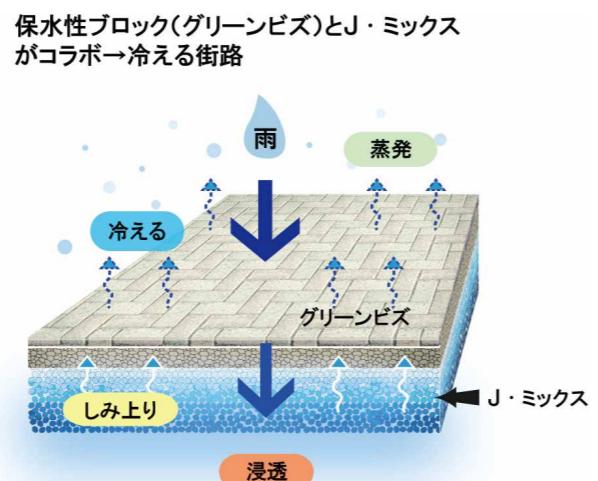


図6-5 透水性インターロッキングを用いた施工例
地下からの打ち水効果が可能
(路盤構造など、詳しくはご相談ください)

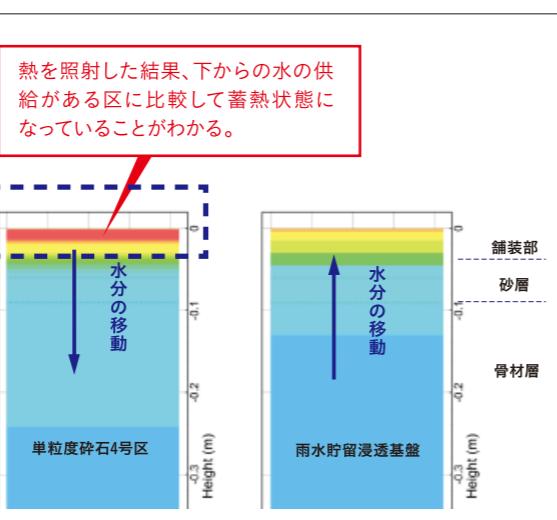


図6-6 保水性ブロックに水分供給がない場合、蓄熱層化する可能性がある。
左側は単粒度碎石4号の上に保水性ブロックをセット、右側は雨水貯留浸透基盤材に保水性ブロックをセットして、上部から熱を与えた際に起こる温度変化を示している。長時間になると、下から水の供給がない左区のブロックは、水の供給がある右区に比べて蓄熱空間に変化していることがわかる。(シミュレーションによる)

07 CHAPTER グリーンインフラの活用場面

1 メンテナンスを容易にした歩道下の雨水貯留浸透基盤

道路や歩道に降った雨を直接下水道に流さず、歩道下の路床で貯留浸透させる手法です。下水道への負荷を軽減させるほか、雨水のしみ上がりで冷える歩道が実現できます(図7-1)。またプラスチック製雨水貯留浸透槽と組み合わせることで、プラスチック槽内で泥

が貯留されるため、雨水貯留浸透基盤への目詰まりの影響を極力抑えることができます。また溜った土砂などは地上から確認後、バキューム車によるプラスチック槽内の吸引作業を可能にすることができます。

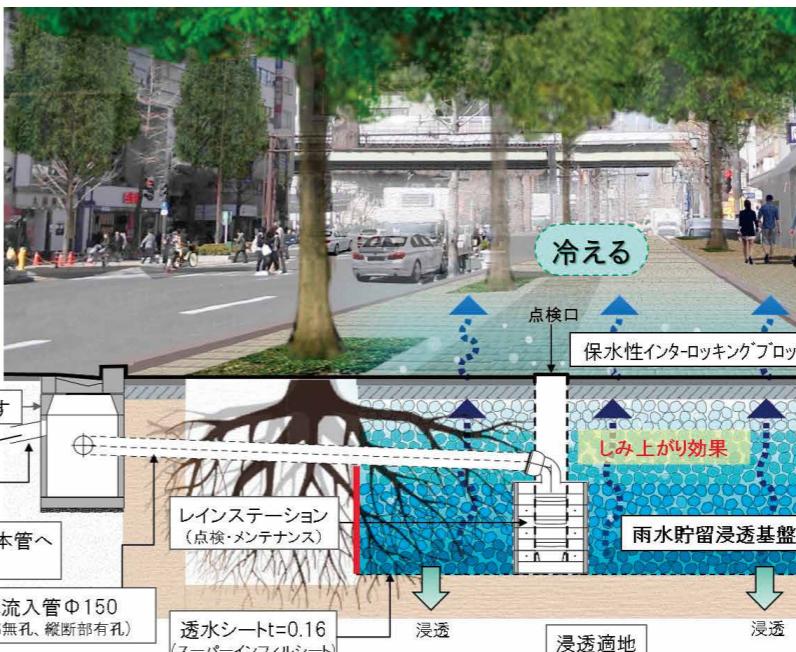


図7-1 道路の歩道下に雨水貯留浸透基盤を設置した場合の概念図
道路に降った雨を集水溝から歩道下部に誘導し、貯留浸透させる。同時に地表面にしみあがり、街を冷やす効果を発揮する。プラスチック製雨水貯留浸透槽と併用すると目詰まり防止のメンテナンスが容易になる。
(路盤構造など、詳しくはご相談ください)

2 芝生広場を活用した安価な雨水対策

雨水流出抑制対策を敷地全体・地域全体へ適用すると、建物など個別で検討した場合に比べて安価で、合理的な解決方法が見つかります。

東京都の土地利用別浸透能評価を例にとると²²⁾、緑地の浸透能の評価としては草地で20mm/hr、芝地で50mm/hr、植栽地で50mm/hrとなっており、緑地1m²当たりの雨水流出抑制量としては20Lもしくは50Lといった僅かな効果しか生み出す事が出来ませんでした。その下層に雨水貯留浸透基盤を敷設することで、この効果を上げる事が可能となります(図7-2)。

緑地の下層に厚み200mmの雨水貯留浸透基盤を設置した場合、単位浸透量Qf=影響係数C(0.81)×浸透量K(底面からの浸透のみで計算)×飽和透水係数f(0.14m/hとして)=0.146(m³/h)となり、これに空隙貯留量0.2m×41% = 0.81(m³/m²)を加えると緑地1m²当

たりの雨水流出抑制量が228Lとなります。仮に1haの開発で600m³の雨水流出抑制対策が必要な場合は、敷地の27%をこの構造の緑地にすれば必要量が確保できる計算になります。更に、緑地下層に雨水を誘導する事で灌水を極力少なくて良好な緑地が維持できる事例も報告されています。

このように雨水貯留浸透基盤を薄く、広く設置することで緑地空間の質を高めつつ、雨水流出抑制の費用を抑えることが可能となります。

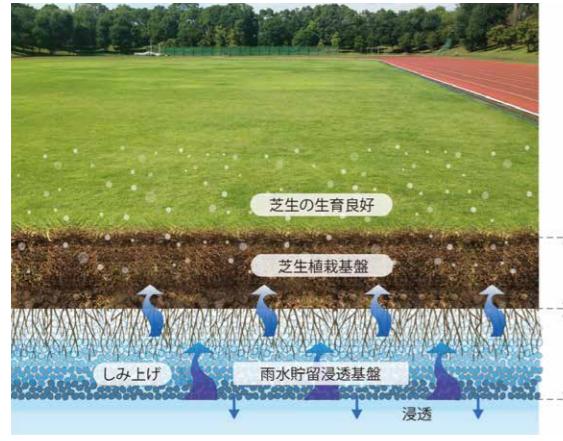


図7-2 芝生広場を利用した雨水対策(概念図)

芝生下を雨水貯留浸透槽として活用すれば、地域全体での雨水対策量をまかなえる。
写真は、芝生広場の質を高めるために使用された例(厚100mm)
(イメージ図:早稲田大学所沢キャンパス陸上競技場)

3 地上に見えないレインガーデン(機能)

レインガーデン(雨庭)はグリーンインフラの代表的な要素技術の一つです。アスファルトや屋根などの不透水性舗装に降った雨を集め、一時的に貯留し、浸透させるための植栽空間(庭)と定義されています²³⁾。そのベネフィットは、雨水の流出抑制や景観性の向上、水質の浄化、生物多様性の保全など多方面にわたります。海外では治水対策の一つとして位置づけられていることが多く、広く一般的に見られるようになりました。しかし、日本での普及はまだ緒に就いたといったところです。

レインガーデンは地上部に雨水を溜められるように設計されます。しかし日本ではメンテナンス面からやや敬遠されることがあります。そこで、雨水を地下の雨水貯留浸透基盤に導き、流出抑制機能、水質の浄化機能といったレインガーデンの代表的な機能を担保しつつ、地上は一般的なガーデンとして整備する手法が考えられています。地下に設置した雨水貯留浸透基盤は植栽基盤としての役割も果たして、良好な生育環境にも寄与します。

写真7-1は海外で見かける代表的なレインガーデンです。図7-3はレインガーデン機能を備えたガーデンの概念図です。



写真7-1 海外で普及しているレインガーデン施工例(シアトル市内、個人邸)
設置されたサインには、水質浄化機能が説明されている²³⁾(写真提供:阿野晃秀、京都学園大学、2013年)



図7-3 レインガーデン機能を活用(概念図)
レインガーデン機能を備えたガーデン案。雨水は雨水貯留浸透基盤に流入し、オーバーフローは場外に排出される構造。

あとがき

今、世界中でグリーンインフラが広がっています。わが国でも、環境や街づくり、防災・減災など、様々な分野を融合する新しい概念として取り入れられつつあります。しかし、それを具体的に実現する方法がわからないという声が多く聞かれていました。そこで、グリーンインフラの手法(案)やベネフィットを分かりやすく解説できる資料として本レポートを作成しました。チャプター01の冒頭述べましたとおり、雨水対策におけるグリーンインフラ技術の導入にやや限定的になった感はありますが、特に都市で生活される人々にグリーンインフラの魅力を身近に感じていただければ幸いです。そして、わが国に一日も早くグリーンインフラが普及・定着されることを願っています。

(本書の刊行にあたっては、涌井史郎教授はじめ多くの先生方、関係者の皆様にご尽力頂きました。ここに深く感謝申し上げます)

2017年7月 グリーンインフラ総研 代表 木田幸男

引用文献

- 1) グリーンインフラ研究会(2017)「グリーンインフラとは」、「決定版! グリーンインフラ」日経BP社、グリーンインフラ研究会他編,p.20
- 2) 西田貴明(2017)「先行する欧米のグリーンインフラから学ぶ」、「決定版! グリーンインフラ」日経BP社、グリーンインフラ研究会他編,p.44-47
- 3) 気象庁ホームページ「1時間降水量80mm以上の年間発生回数」<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/info/heavyraintrnd.html>(2017年3月6日確認)
- 4) 米国環境保護庁(EPA)ホームページ「Benefits of Green Infrastructure」<https://www.epa.gov/green-infrastructure/benefits-green-infrastructure> (2017年3月6日確認)
- 5) Vivek Shandas(2017)「アメリカにおけるグリーンインフラ導入の現状と課題について」日本緑化工学会誌 Vol.42 No.3 p.405-408
- 6) Meenakshi Rao, Linda A. George, Todd N. Rosenstiel, Vivek Shandas, Alexis Dinno (2014) Assessing the relationship among urban trees, nitrogen dioxide, and respiratory health. Environmental Pollution 194:p.96-104
- 7) 飯島健太郎(2014)「保健衛生分野から見た緑素材・緑空間の活用、芝草研究43(I), p.1-2
- 8) 植田直樹(2017)「成熟した街づくりを牽引する公園」未来につなげる公園に「グランモール公園」マルモ出版 LANDSCAPE DESIGN No.II3 p.44-45
- 9) 千木良、津久井、木田座談会(2017)「時代の求める公園に;「グランモール公園」マルモ出版 LANDSCAPE DESIGN No.II3 p.48-51
- 10) 野島ほか(2017)「グリーンインフラの要素技術である雨水貯留浸透基盤の設置による雨水貯留浸透効果及び微気象改善効果」日本緑化工学会誌 Vol.42 No.3 p.460-465
- 11) 公益財団法人 交通エコロジー・モビリティ財団(2016)「わが国のカーボンアーリング車両台数と会員数の増加」http://www.ecomo.or.jp/environment/carsshare/carshare_graph2016.3.html(2017年4月3日確認)
- 12) 国土交通省 全国屋上壁面緑化施工実績調査結果http://www.mlit.go.jp/report/press/toshi10_hh_000230.html (2017年3月27日確認)
- 13) 福岡孝則・加藤頼久(2015)「ポートランド市のグリーンインフラ適用事例から学ぶ:日本での適用策備に向けた課題」ランドスケープ研究 Vol.78 No.5 p.777-782
- 14) 福岡孝則(2015) : Rebuild by Design 復興デザインの戦略とアプローチ ランドスケープ研究 Vol.79 No.2 p.108-109(日本造園学会)
- 15) Complete Street Project <http://chicagocompletestreets.org/> (2017年3月27日確認)
- 16) Green Alley Project <http://www.greeningthegrey.org/chicagos-green-alley-program/> (2017年3月27日確認)
- 17) 米国環境保護庁ホームページ What is Green Infrastructure? <https://www.epa.gov/green-infrastructure/what-green-infrastructure> (2017年3月27日確認)
- 18) 木田幸男(2016)「自然の力を、都市のちからに」、「決定版! グリーンインフラ」日経BP社、グリーンインフラ研究会他編,p.121-123
- 19) 東京都都市計画局総合計画部都市整備室(1999)「東京都水循環マスタープラン」
- 20) 日本建築学会(2016)「雨水活用技術標準 日本建築学会環境基準AJLES-W0003-2016」
- 21) 徳本行信ほか(1998)「舗装体の温度上昇を抑制する保水性舗装材の開発について」土木学会舗装工学論文集第3巻 p.191-200
- 22) 東京都都総合治水対策協議会(2009)「東京都雨水貯留・浸透施設技術指針(資料編)」p41
- 23) 森本幸裕監修(2015)「雨庭のすすめ(改訂版)」京都学園大学バイオ環境学部ランドスケープデザイン研究室

引用写真・図表リスト

- 写真I-1 グリーンインフラを活かした魅力ある街づくりを進めているポートランド市の景観
撮影者:Mike Houck, Director, Urban Greenspaces Institute. Oaks Bottom Wildlife Refuge and Ross Island in the Willamette River, Downtown Portland Skyline in the Distance.
- 写真I-2 局地的集中豪雨の状況
気象庁気象研究所報研究部第三研究室のホームページ「局地豪雨の解析・予測研究」http://www.mri-jma.go.jp/Dep/fo/f03/araki/local_heavy_rainfall.html (2017年3月6日確認)
- 図I-1 1時間降水量80mm以上の年間発生回数
気象庁のホームページ「1時間降水量80mm以上の年間発生回数」<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/info/heavyraintrnd.html> (2017年3月6日確認)
- 表2-1 グリーンインフラによる健康面での効果
Vivek Shandas(2017)「アメリカにおけるグリーンインフラ導入の現状と課題について」日本緑化工学会誌 Vol.42 No.3 p.407
当表は以下の研究を参照している。
Geoffrey H. Donovan (2011) Growing quality of life: urban trees, birth weight, and crime. Science Findings No.137 <https://www.fs.fed.us/pnw/science/scifil137.pdf>
- 図2-2 水循環のダイアグラム
「グランモール公園」マルモ出版 LANDSCAPE DESIGN No.II3 p.49 原因:株式会社三菱地所設計
- 図3-1 グリーンストリートと住宅軒丸価格の関係
Netusil NR, Levin Z, Shandas V, Hart T (2014) Valuing green infrastructure in Portland, Oregon. Landscape and Urban Planning 124:14-21.
- 図4-1 ポートランド市におけるグリーンインフラ導入期の施策(1990年代)
日本緑化工学会シンポジウム(2014)Dawn Uchiyama氏発表資料
- 図4-2 グリーンインフラに対するグリーンインフラのコスト削減効果
米国ポートランド市環境局(環境局次局長Dawn Uchiyama氏より提供)
- 写真4-1 マンハッタン島南端の海に沿ったU字型の地域でのハリケーンに対する防災対策計画
REBUILD BY DESIGN・ホームページ「BIG U」<http://www.rebuildbydesign.org/our-work/all-proposals/big-u> (2017年3月6日確認)
- 図4-3 ニューヨーク市、グリーンインフラストラクチャープラン(概要版)の巻頭言
ニューヨーク市・ホームページ「NYC Green Infrastructure Plan Executive Summary」http://www.nyc.gov/html/dep/pdf/green_infrastructure/NYCGreenInfrastructurePlan_ExecutiveSummary.pdf(2017年3月6日確認)
- 図4-4 レインガーデン断面模式図(2016)
下層に雨水の浸透槽が設置されている。ニューヨーク市・ホームページ「Bioswales and Stormwater Greenstreets」<http://www.nyc.gov/html/dep/html/stormwater/bioswales.shtml> (2017年3月10日確認)
- 写真6-1 雨水プランター
Vivek Shandas(2017)「アメリカにおけるグリーンインフラ導入の現状と課題について」日本緑化工学会誌 Vol.42 No.3 p.406
- 写真7-1 海外で普及しているレインガーデン施工例(シアトル市内、個人邸)
(写真提供:阿野晃秀、京都学園大学、2013年)

本資料は著作物であり、著作権法に基づき保護されています。本資料の全文または一部を引用、転載、複製される場合は、著作権者の許諾が必要ですので、当方までご連絡ください。

著作・編集: グリーンインフラ総研©

著 : 木田幸男

編 : 「グリーンインフラの時代へ」編集委員会

イラスト : 原田宏美、孫 壘軒

発行者 : 東邦レオ株式会社

発行日 : 2017年(平成29年) 7月1日

デザイン印刷: 株式会社アマナデジタルイメージング Hydroid Div.