

ポートランド市のグリーンインフラ適用策事例から学ぶ日本での適用策整備に向けた課題

Toward the Implementation of Green Infrastructure in Japan through the Examination of City of Portland's Green Infrastructure Projects

福岡 孝則* 加藤 禎久**

Takanori FUKUOKA* Sadahisa KATO**

Abstract: The purpose of this case study research is to examine City of Portland's green infrastructure projects towards the implementation of green infrastructure in Japan. Interviews with Portland's Bureau of Environmental Services followed by discussion and site visits were conducted in May, 2014. In this paper, firstly, green infrastructure's current situation, the Bureau's organizational structure to implement green infrastructure, and the characteristics, typologies, and chronological histories of green infrastructure projects in Portland are summarized. Secondly, 10 selected City of Portland's green infrastructure projects are examined in detail and categorized based on project types, project information, managed stormwater areas, implemented stormwater tools as well as environmental benefits from the projects. Based on the discussion on the challenges of green infrastructure in Japan and the findings from the case studies, the paper concludes with suggestions to overcome the obstacles of green infrastructure implementation in Japan, given existing stormwater storage and infiltration technologies.

Keywords: *Green Infrastructure, Sustainable Stormwater Management, Low Impact Development, City of Portland*

キーワード：グリーンインフラ，持続的雨水管理，低影響開発，米国ポートランド市

1. はじめに

(1) 研究の背景と目的

近年、気候変動に伴い、日本に限らず世界各地で台風や集中豪雨の増加による洪水などの水災害被害が増加している¹⁾。一方で、都市化の進展は舗装面積の増加と植生被覆面積の減少を招き、自然の水循環の喪失による雨水流出量の増大や蒸発散による冷却効果の減少を引き起こす²⁾。今後、人口が集中する都市における気候変動適応策の一つとして、水循環に配慮した持続的な雨水管理の重要性が増すことになる。本論文で着目する持続的雨水管理とは、都市内の雨水管理を屋上緑化、透水性舗装、緑溝などの手法を組み合わせることにより、雨水流出量抑制や速度の遅延、雨水浸透や一時貯留、蒸発散を促進し、都市化により喪失・分断された自然の水循環の回復を図る考え方を指す。

こうした問題に対する適応策として欧州連合（以下 EU）では 2013 年に欧州委員会がグリーンインフラ (Green Infrastructure) の推進を打ち出している。EU の定義するグリーンインフラ³⁾とは、多様な生態系サービスを楽しむため、デザイン・管理されている自然環境・半自然環境エリア及びその他の環境要素をつなぐ戦略的に考えられたネットワークを指す。また、EU の定義するグリーンインフラで特徴的なのは、広域スケールの生物多様性を核としたオープンスペースや自然地を対象としている点であり、EU 型のグリーンインフラ展開といえる。一方、米国では連邦環境保護庁 (Environmental Protection Agency, 以下 EPA) が主体となって、グリーンインフラ政策の普及と適用策の実践を推進している。EPA は、排水・治水等の単一機能のみを有するグレーインフラの代替として、緑地や土壌の持つ雨水の浸透・貯留機能や植物の蒸発散機能など自然の水循環プロセスを取り込み、都市域を中心に人工的に緑溝や屋上緑化を推進する持続的雨水管理を核としたグリーンインフラを定義づけている⁴⁾ (図-1)。このようにグリーンインフラは、対象とする空間スケールおよび人工度合により自然地やオープンスペース、水面を指す場合と、屋上緑化やレイン

ガーデン、緑溝等を指す場合とに分けられる。本研究では、人工的に創出された後者の「EPA 型」グリーンインフラを対象とする。

わが国においては、建築の外構や道路部分で雨水流出抑制施設の整備が雨水貯留浸透技術協会ほかの主導で推進され、雨水貯留と浸透を中心とした施設が道路空間地内、公共施設などで整備されてきた経緯があるが、当該敷地内での施設的な適用に限定されるものが多い⁵⁾。2014 年度に水循環基本法が成立したこともあり、日本型グリーンインフラの適用を推進するために、前述の EPA 型のグリーンインフラ戦略を踏襲しつつ、都市部で先進的な持続的雨水管理を展開する米国ポートランド市の事例を本論文では研究対象として取り上げる。

グリーンインフラ整備においては施策面 (法規制やインセンティブ等) と適用策面 (計画・プロジェクトを通じた実践) の両方向からのアプローチが不可欠である。本論文では主に適用策を中心に扱い、ポートランド市の事例研究を通して日本における適用策整備に向けた知見を得ること、および日本へのグリーンインフラ適用に向けた課題を考察することを目的とする。

(2) 先行研究

わが国において水循環・雨水管理に着目した研究として、貯留・浸透を中心とした透水性舗装、浸透トレンチなどの雨水流出抑制施設整備のための建築・施設を中心とした雨水活用の背景と効用、手法や技術論などは、雨の建築術⁶⁾や雨水利用マニュアル等^{7) 18) 19)}に示されている。人工的に創出されたグリーンインフラに着目した研究では、井上ら⁸⁾のグリーンインフラの概念を使った浸透性街路空間の導入効果や GIS を活用した「水みちネットワーク」把握手法の開発など定量的に技術を評価したもの、Kato⁹⁾の個別の緑地に対してグリーンインフラ固有の機能として雨水管理に着目した研究、グリーンインフラの施策に着目した遠藤¹⁰⁾の米国フィラデルフィアにおける雨水流出対策としてのグリーンインフラに関する研究や、花井ら¹¹⁾の米国ポートランド市におけるグリー

*神戸大学大学院工学研究科建築学専攻 持続的住環境創成講座

**国際連合大学サステイナビリティ高等研究所

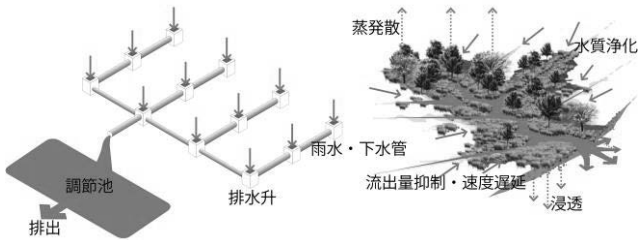


図-1 グレーンインフラ(左)と持続的雨水管理を核としたグリーンインフラの概念図(右)(出典:LID Low Impact Development Design Manual by University of Arkansas に著者が加筆)

ンストリート施策の研究等がある。このようにEPA型のグリーンインフラ適用策に関して、雨水流出抑制施設の定量的評価やグリーンインフラ施策等を論じる研究はなされているが、グリーンインフラ適用策に着目した事例研究に基づいて日本への適用の課題を論じる点に本論の新規性がある。

(3) 研究方法

著者は2014年5月4日-8日に、EPA型の持続的雨水管理を核としたグリーンインフラ適用策を先進的に推進している米国ポートランド市を視察し、行政担当者等に聞き取り調査を行った。本論文は、そこで提供された資料やインタビュー内容に基づいている。まず、5月6日14時-16時30分に、ポートランド市環境局持続的雨水管理課(グリーンインフラ担当)において、Tim Kurtz氏、Emily Hauth氏、Dawn Uchiyama氏からパワーポイント資料に基づきポートランド市のグリーンインフラ適用策について説明を受け、質疑応答を行った。調査内容は、概要及びグリーンインフラ推進体制、持続的な雨水管理に関連するグリーンインフラ適用策実施の時間的変遷、具体的な先進事例の紹介などであった。次に、5月7日13時-15時に、Emily Hauth氏の案内で代表的なプロジェクトの現地調査を行った。その際、Hauth氏からそれぞれのプロジェクトについての詳細な説明を受け、ポートランド市のグリーンインフラ適用策全体についても、さらなる聞き取りを行った。帰国後、EPA及びポートランド市環境局によって発行されたグリーンインフラ関連の報告書を通じて、ポートランド市におけるグリーンインフラ適用策の推進体制、適用策の変遷とその内容を類型化し、特徴を明らかにした(3(1)参照)。そのうえで、ポートランド市のグリーンインフラ適用策事例から得られた知見が、どのように日本におけるグリーンインフラ適用策整備の知見として役立つのかについて、日本の現状と課題を整理した上で(4参照)考察した。また、同年11月に日本国内でDawn Uchiyama氏へ補足インタビューを行った。

2. グリーンインフラと持続的雨水管理

(1) 米国連邦政府レベルでのグリーンインフラとBMP及びLIDの位置づけ

米国内での雨水管理と基準は、EPAがBest Management Practice (BMP) ガイドライン¹²⁾の中に示している。BMPの根幹となるのが1948年に制定された米国で水質汚濁を規制する最も重要な法律Clean Water Act(水質浄化法)であり、水質の回復などプロジェクト適用策に言及する場合にBMPガイドラインを引用する形式を取る。BMPは各州や自治体が独自の改良を加えたガイドラインを作成することを認めている。一方、グリーンインフラに関連するガイドラインとプロジェクト適用策は、EPAのGreen Infrastructure Statement of Intent⁴⁾と2013年に修正されたGreen Infrastructure Strategic Agenda¹³⁾の中に記載されている。他方で、低影響開発(Low Impact Development, 以下LID)は、BMP

表-1 グリーンインフラの適用段階別のポートランド市環境局内組織構成(出典:ポートランド市環境局持続的雨水管理課インタビューを元に著者作成)

グリーンインフラの適用段階	環境局内の組織構成(領域横断的チーム編成)
計画段階	流域圏管理課(流域圏サービス部門)+設計課+雨水システム課+雨水システム再生課(エンジニアリング部門)
設計段階	流域圏管理課+持続的雨水管理課(流域圏サービス部門)+設計課+システム開発課(エンジニアリング部門)
施工段階	流域圏管理課+持続的雨水管理課(流域圏管理部門)+設計課+雨水システム再生課(エンジニアリング部門)+広報課(管理部門)
管理段階	持続的雨水管理課(流域圏管理部門)+設計課(エンジニアリング部門)+収集システム運営・管理課(下水部門)

ガイドラインを基準にして、持続的雨水管理を実践するための計画的及び技術的手法を示すものとなっている。EPA型のグリーンインフラ推進体制として特徴的なのは、BMPガイドラインの内容を元にLIDを活用してグリーンインフラの適用を啓蒙する大枠が定められていることであり、計画・プロジェクト実践を前提としたグリーンインフラ推進体制となっている。

(2) ポートランド市における環境局・持続的雨水管理課の位置づけ及びグリーンインフラ推進体制

次に、ポートランド市におけるグリーンインフラの適用(計画及びプロジェクト)を推進するための体制に関しては、2014年9月現在、グリーンインフラ適用を遂行する環境局は、流域圏サービス部門、エンジニアリング部門、管理部門、経営部門、公害防止部門、下水部門の6つの部門で構成され、更にこの中に細分化された22の課が置かれている。インタビューによる質問の結果、グリーンインフラの計画・設計・施工・管理の4段階において表-1に示すように、環境局の中で次のような組織体制が組まれていることが明らかとなった。まず、計画段階においては流域圏サービス部門の流域圏管理課とエンジニアリング部門の設計課と雨水システム再生課の3課が主体となって計画を進める。次に、設計段階においては流域圏サービス部門の流域圏管理課、持続的雨水管理課とエンジニアリング部門の設計課とシステム開発課の4課の協働が進められる。また、施工段階においては流域圏サービス部門の流域圏管理課、持続的雨水管理課、エンジニアリング部門の雨水システム再生課と総務部門の広報課の4課が担当する。グリーンインフラの管理においては、流域圏サービス部門の持続的雨水管理課とエンジニアリング部門の設計課、下水部門の収集システム運営・管理課の3課が行う。このようにグリーンインフラの計画から管理段階までの間に環境局内で柔軟かつ横断的な混成チーム編成が形成されるのが特色で、設計から管理までの中心的な役割を担うのが持続的雨水管理課である。

(3) ポートランド市における持続的雨水管理を核としたグリーンインフラ適用策

ポートランド市のグリーンインフラ適用策は、流域圏内の河川再生やコミュニティの流域教育プログラムから市内の街路樹プログラム、エコルーフプロジェクトまで多様である。現時点で展開される持続的雨水管理課が統括するグリーンインフラ適用策は図-2のように整理できる。特に中心となるのがLRT(次世代型路面電車システム)などと一体的に整備されてきた浸透性街路空間、グリーンストリート(Green Street)である。

グリーンストリートの目的は、雨水流出量の抑制、雨水流出速度の遅延、そして水質の向上である。言い換えると、道路や歩行者空間等の未利用地の活用もしくは機能の読み替え、付加により雨

グレーインフラ

グリーンインフラ適用策

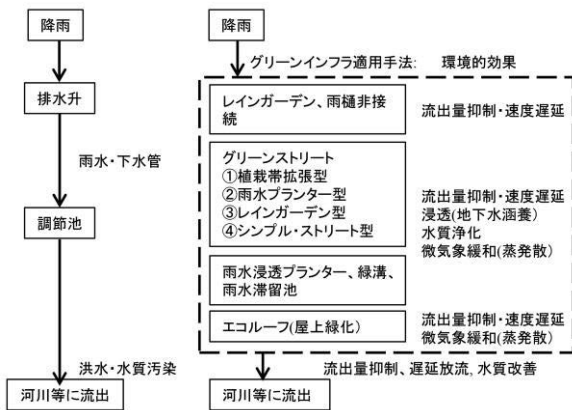


図-2 ポートランド市におけるグリーンインフラ適用策の位置づけ(著者作成)

水の一時的な貯留、浸透、浄化というプロセスを経てから下水に戻し、下流に流すというアプローチである。グリーンストリートの適用に際しては以下のような多様な効果¹⁹⁾があると考えられている。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の抑制、③暮らしやすい都市環境、不動産価値の向上、④緑による微気象の緩和や大気質の向上、⑤歩行者や自転車道路と一体的に整備し、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などの6点である。

グリーンストリートは植栽帯拡張型、雨水プランター型、レインガーデン(雨の庭)型、シンプル・グリーンストリート型の4つに類別され、それぞれの特徴は以下になる。第1の植栽帯拡張型は、住宅地など交通量が少ない地域で既存の道路と植栽帯の配分を変え、植栽帯を道路側に拡張することによりグリーンストリートを創出するタイプである。第2の雨水プランター型(写真-1)は、歩道と縁石の間の限られたスペースを活用して地面から掘り下げた雨水プランターを創出し、その中で雨水の浸透、浄化、流出速度の遅延をめざすもの、第3のレインガーデン型(写真-2)は、道路の交差点など面的な空間に余裕がある場所でコンクリートの舗装を剥ぎ、雨水を地中に浸透させる植栽エリアを創出するもの、そして第4はシンプル・グリーンストリート型で、既存の道路脇の植栽空間の縁石を部分的に取り除き雨水が流入できるようにし、植栽は耐水性があるものに改修するものである。

前述したように、グリーンストリートは単なる緑量の増加だけではなく、車の運行速度の緩和、道路の安全性の向上などの効果も生む。現在までにポートランド市内で約1,300のグリーンストリートが整備されており、約48haのエリアで雨水の浸透可能な地表面を確保している。その他に持続的雨水管理課が統括するグリーンインフラ適用手法には、雨樋非接続(Downspout Disconnection)のように単純に雨樋から雨水を直接雨水貯留タンクや植栽帯などに誘導して雨水管からの接続を外す手法、緑溝(Bioswale)や雨水浸透プランター(Stormwater Planter)や雨水滞留池(Stormwater Detention / Retention Pond)ように駐車場など一定の面的な空間を活用した手法、エコルーフ(写真-3)と呼ばれる雨水の流出量抑制及び流出速度遅延を目指す屋上緑化手法がある。エコルーフは現在までに約420が設置され、面積は9.3haとなっている。その他には透水性舗装(Pervious Paving)手法が挙げられる。このようにポートランド市のグリーンインフラ適用手法は多岐にわたるが、具体的な事例を通じて持続的雨水管理に向けた適用手法の組み合わせなどは3で考察する。



写真-1 グリーンストリート 雨水プランター型 (著者撮影)



写真-2 グリーンストリート レインガーデン型 (著者撮影)



写真-3 エコルーフ (著者撮影)

(4) ポートランド市における持続的雨水管理に関連するグリーンインフラ適用策実施の変遷

ポートランド市におけるグリーンインフラ施策及び適用策は次の4つの時期を経てきた。合流式下水道越流水(CSO)対策期(1989~1996):ポートランド市におけるグリーンインフラという概念が生まれる以前に都市スケールの雨水管理を意識させたのはCSO対策であった。この時期にポートランド市中心部のウィラメット川を挟んで東西に広がる合流式下水地域の住民が、地下室への度重なる浸水などの被害に対してポートランド市を相手に訴訟運動をおこし、こうした社会的背景が合流式下水地区内におけるポートランド市の雨水管理対策実践の大きな原動力となった。この時期に表面流出水(surface runoff)をできるだけ地表面に浸透・貯留

させるための緑化屋根や駐車場の改修による雨水浸透プランターの設置などが民間主導で実践されたが、主として EPA の Clean Water Act に基づいた適用であった。

グリーンインフラ萌芽期 (1997~2004) : グリーンインフラ適用の展開に向けて、この時期にポートランド市は相次いで骨格となる施策を制定した。1999 年には雨水管理マニュアルを発行し、公共と民間の 46 m²以上の新規開発及び再開発に対して持続的な雨水管理の基準を定め、グリーンインフラの適用を促した。このマニュアルの中には計画・設計者向けの設計指針や表面流出量の計算手法などの方針まで示されているが、推奨レベルにとどまるものであった。2000 年には Water Quality Friendly Streets 施策を打ち出し、交通局と道路におけるグリーンインフラの適用構想を開始し、2002 年には環境局の中に持続的雨水管理課が新たに創設された。創設メンバーは土木の河川系の水文学エンジニア、環境科学者、ランドスケープアーキテクトなど多領域融合のチーム編成となった。そして同年~2005 年まで EPA の Innovative Wet Weather の第 1 期助成を獲得した。Wet Weather は実践的なプログラムで、雨樋非接続、エコルーフ、グリーンストリートなどのグリーンインフラ適用手法がパイロットプロジェクトを通じて推進された。

グリーンインフラ急速展開期 (2005~2008) : 2005 年からの 3 年間は関連法の制定など急速な展開が起こった。まず、流域圏マネジメント・マスタープランが制定され、流域圏内の水資源の管理や水質、生態系など、より包括的な都市レベルの水管理のビジョンが示された。同時に 2005 年のグリーンビルディング法により具体的なプロジェクトの資金援助が始まり、2006 年には、地域コミュニティと連携し、より広域の CSO 問題に対処すべく、グレーとグリーンを融合的に整備する計画である Tabor to the River が策定された。2007 年にはグリーンストリート法が制定され、ポートランド市内の全ての道路空間におけるグリーンストリートの適用及びインセンティブの仕組みが開始された。

グリーンインフラ発展期 (2008~現在) : 前市長の強いリーダーシップにより、2008 年に雨水税を 0.1%引き上げることで創出した約 50 億円を基金に Grey to Green Initiative を立ち上げ、グリーンストリート (200 箇所以上)、公有地・私有地における新規植栽 (80,000 本)、エコルーフ (17 ha)、持続的雨水管理用の土地買収 (160 ha) などの目標を立ち上げ、市内で包括的なグリーンインフラ適用策を展開している。

このように過去 20 年間に渡って積極的に推進してきたグリーンインフラ施策・適用策は、全米の他都市はもちろぬグリーンインフラに興味を持つ世界中の担当者や研究者から注目を浴びており、視察が相次いでいる。ポートランド市の担当者によれば、現在は実施が先行してきたグリーンインフラ適用策を総括し、指針を改定したり、大学等の研究者と連携してグリーンインフラの効果を科学的に評価したりする時期に来ている、とのことであった。

3. ポートランド市におけるグリーンインフラ・プロジェクト整備状況

(1) プロジェクト事例調査対象と目的

今回の調査では、EPA、ポートランド市環境局のグリーンインフラ戦略に合致する持続的雨水管理を核とするグリーンインフラ適用策を反映するプロジェクト事例を対象とし、前述の CSO 対策期から約 20 年を経たポートランド市におけるグリーンインフラの特徴を明らかにすることを目的とした。具体的にはグリーンストリート、レインガーデンなどポートランド市内のグリーンインフラ適用策を含む 10 プロジェクトを、米国ランドスケープアーキテクト協会の雨水管理事例集¹⁵⁾及び EPA の事例集¹⁶⁾を参考に選定し、プロジェクトの概要、敷地における雨水処理面積、グリーンイン

フラ適用手法、グリーンインフラ部分の工事費、持続的雨水管理を核としたグリーンインフラの環境的効果、利用者のタイプ、グリーンインフラに重なり合う空間の機能を、現地提供された資料と現地調査及びインタビュー(1 (3) 参照)を通して次頁の表 2a、表 2b にまとめた。

(2) グリーンインフラ・プロジェクトの整備状況

プロジェクトの種類としては、10 プロジェクト中ほぼすべてが既存の敷地のリノベーションであった。道路と歩行者空間と植栽帯の配分を変えることによりグリーンストリートの創出につながっているものも多く見られた。土地利用としては歩行者空間、道路、公園、学校・教育施設、都市広場、集合住宅などがあり、多様なデザインや規模での施工が可能なグリーンインフラは、どの土地利用においても創出の可能性がある。周辺のグリーンインフラ計画との関連では、個別敷地のグリーンインフラ・プロジェクトが周辺街区や歩行者空間のグリーンインフラ計画と一体的に構想されたものが 10 件中 8 件見られた。土地所有者はポートランド市が所有するグリーンストリートが 5 件、その他のグリーンインフラ・プロジェクトは、民間のディベロッパーによるものが 3 件、大学・教育機関が 2 件であった。主な利用者は敷地の特性別に学生、居住者、近隣住民と異なるが、歩行者道、自転車道、車道の 3 つの機能とグリーンインフラの関係が 7 件で確認された。

次に敷地における雨水処理面積だが、グリーンストリートでは 50~500 m²が最も多く、周辺のグリーンストリートと連動して計画されている事例では 1,000 m²以上のものも見られた。また敷地が複合開発や集合住宅として計画されたものは 20,000 m²以上と非常に大きい表面流出の処理面積があることがわかった。グリーンインフラの適用策としては、グリーンストリートの場合は 2-3 に記載した 4 タイプ (植栽帯拡張型、レインガーデン型、雨水プランター型、シンプル・グリーンストリート型) のいずれかの組み合わせが見られた。複合開発や集合住宅においては雨樋非接続、雨水浸透プランター、生態滞留池、レインガーデン、生態緑溝、エコルーフ、透水性舗装、シンプル・グリーンストリートが適用されており、様々な手法が適切な場所で組み合わせられて適用され、小水域全体の水循環回復に寄与しており、包括的な持続的雨水管理が実現されていることが確認できた。持続的雨水管理を核としたグリーンインフラの環境的効果に関しては、ほぼ全てのプロジェクトにおいて雨水浸透(地下水涵養にも寄与)、流出量抑制及び流出速度遅延、水質浄化、敷地における一時的な雨水貯留が確認できた。敷地規模の大きい民間開発においては更に水質浄化、微気象緩和、生物多様性の創出等の環境的効果も加わり、包括的な持続的雨水管理が行われていることが分かった。グリーンインフラに重なり合う機能に関しては、歩行者空間、道路、自転車道、LRT の駅など、交通とグリーンインフラが一体的に整備されている事例が確認できた。その他敷地規模や用途によって異なるが、集合住宅や大学内のプロジェクトにおいては多様な空間機能が重なり合うように戦略的に計画されていることが分かった。

4. 日本におけるグリーンインフラ適用に向けた課題

本論 1 (1)、1 (2) でもふれた EPA 型グリーンインフラの適用に向けて日本の状況と課題を整理した。日本では雨水に関連して河川局による水管理、下水道局による都市排水など、国から地方自治体レベルほか多岐に渡る水分野の機能分化が進んでおり、政策や事業の総合化が大きな課題である。近年のゲリラ豪雨による浸水被害の多発などを受けて、2007 年に国土交通省の雨水に関する部局の課長連名で各地方整備局へ出された通知「都市における安全の観点からの雨水貯留浸透の推進について」¹⁷⁾の中では、雨水の貯留浸透の重要性について喚起し、同時に出された課長補

表-2a ポートランド市における持続的雨水管理を核とした代表的グリーンインフラ・プロジェクトの現況：事例1-5 (著者作成)

プロジェクト番号	1	2	3	4	5
名称・呼称	PSU Urban Center Plaza	SmithMemorial Student Union Plaza	SE21st and Tibbets Green Street	Mt.Tabor SE57th Avenue Green Street	Mt.Tabor Middle School Rain Garden
所在地	Portland, OR, USA	Portland, OR, USA	Portland, OR, USA	Portland, OR, USA	Portland, OR, USA
新規開発/リノベーション	リノベーション	リノベーション	リノベーション(拡幅)	リノベーション	リノベーション
土地利用	研究・教育機関内の都市型広場	研究・教育機関内の小広場	道路、歩行者専用道	道路、歩行者専用道	公園 (+学校・河川敷)
グリーンインフラ施策との関連	New Montgomery Street Planの一環	New Montgomery Street Planの一環	NA	Tabor To River Green Street Plan	Tabor To River Green Street Plan
所有者	PSU(大学、民間)	PSU(大学、民間)	ポートランド市	ポートランド市	ポートランド市
主な利用者	大学生、遊歩道へ通り抜け利用の人	大学生、遊歩道へ通り抜け利用の人	近隣住民、車利用者、自転車利用者	近隣住民、通学の中学生、自転車利用者	中学生、教員、保護者
運営・管理方法	大学管理会社による管理・運営	大学管理会社による管理・運営	ポートランド市環境局管理・オペレーション課	ポートランド市環境局管理・オペレーション課	ポートランド市環境局管理・オペレーション課
敷地における雨水処理面積	743 m ²	500 m ² 以下	500 m ²	500~4,000 m ²	500~4,000 m ²
グリーンインフラ部分工事費	\$100,000~\$500,000	\$100,000~\$500,000	\$10,000~\$50,000	\$100,000~\$500,000	\$500,000~\$1,000,000
グリーンインフラ適用手法	雨種非接続、雨水浸透プランター、生態滞留池	雨種非接続、連続する雨水浸透プランター、生態滞留池	グリーンストリート(植栽帯拡張型+雨水浸透プランター型)	グリーンストリート(植栽帯拡張型+雨水浸透プランター型)	レインガーデン、雨種非接続
持続的雨水管理を核としたグリーンインフラ環境的効果	雨水浸透(地下水涵養)、流出量抑制・速度遅延、水質浄化、敷地における一時的な雨水貯留	雨水浸透(地下水涵養)、流出量抑制・速度遅延、水質浄化、敷地における一時的な雨水貯留	雨水浸透(地下水涵養)、流出量抑制・速度遅延、水質浄化、敷地における一時的な雨水貯留	雨水浸透(地下水涵養)、流出量抑制・速度遅延、水質浄化、敷地における一時的な雨水貯留	雨水浸透(地下水涵養)、流出量抑制・速度遅延、水質浄化
グリーンインフラに重なり合う空間の機能	多機能型都市広場 自転車置き場 ライトレール駅 建築低層の店舗	建築に圍繞 自転車置き場 ベンチ 帯状の植栽帯	道路・自転車道 路上駐車場 歩行者専用道 周辺店舗の雨種非接続プログラム	道路・自転車道 歩行者専用道 中学校におけるレインガーデン	周辺にグリーンストリート 中学校校舎

表-2b 同上：事例6-10 (著者作成)

プロジェクト番号	6	7	8	9	10
名称・呼称	NE Siskiyou Green Street	Headwaters at Tyron Creek	South Waterfront 再開発	NE Sandy Boulevard Rain Gardens	Jean Vollum Natural Capital Center
所在地	Portland, OR, USA	Portland, OR, USA	Portland, OR, USA	Portland, OR, USA	Portland, OR, USA
新規開発/リノベーション	リノベーション	リノベーション	新規 リバフロントの再開発	リノベーション	リノベーション
土地利用	道路、歩行者専用道	多世代集合住宅	道路、歩行者専用道	道路、歩行者専用道	駐車場、歩行者専用道
周辺グリーンインフラ計画地との関連	NA	Tyron Creek 雨水滞留池、グリーンストリート(民間開発と一体的に整備)	Willamet川沿いの緑地	Sandy Boulevard Corridor Green Street	Peral District Green Street
所有者	ポートランド市	Jim Winkler (ディベロッパー)	複数のディベロッパーが所有	ポートランド市	Ecotrust (ディベロッパー)
主な利用者	近隣住民、車利用者、自転車利用者	多世代の居住者(多世代)、近隣住民	多世代の居住者、通勤、観光客	近隣住民、通学の中学生、自転車利用者	近隣住民、市民、観光客
運営・管理方法	ポートランド市環境局管理・オペレーション部	多世代の居住者、近隣住民	NA	ポートランド市環境局管理・オペレーション部	NA
敷地における雨水処理面積	500~4,050 m ²	20,200 m ²	20,200 m ² +	500~4,050 m ²	500 m ²
グリーンインフラ部分工事費	\$10,000~50,000	\$1,000,000~\$5,000,000	\$5,000,000~	\$500,000~\$1,000,000	\$50,000~\$100,000
グリーンインフラ適用手法	グリーンストリート(植栽拡張型+シンプル・グリーンストリート型)	雨種非接続、雨水浸透プランター、生態滞留池、レインガーデン、生態緑溝、エコルーフ、透水性舗装、シンプル・グリーンストリート	雨種非接続、雨水浸透プランター、生態滞留池、レインガーデン、生態緑溝、エコルーフ、透水性舗装、シンプル・グリーンストリート	グリーンストリート(レインガーデン型)	生態緑溝、透水性舗装
持続的雨水管理を核としたグリーンインフラ環境的効果	雨水浸透(地下水涵養)、流出量抑制・速度遅延、水質浄化	雨水浸透(地下水涵養)、流出量抑制・速度遅延、水質浄化、敷地における一時的な雨水貯留、微気象緩和、生物多様性の創出、持続的な雨水システムとして機能	雨水浸透(地下水涵養)、流出量抑制・速度遅延、水質浄化、敷地における一時的な雨水貯留、微気象緩和、生物多様性の創出、持続的な雨水システムとして機能	雨水浸透(地下水涵養)、流出量抑制・速度遅延、水質浄化、敷地における一時的な雨水貯留	雨水浸透(地下水涵養)、流出量抑制・速度遅延、敷地における一時的な雨水貯留、水質浄化、生物多様性の創出(原生植栽)
グリーンインフラに重なり合う空間の機能	近隣道路・自転車道 歩行者空間 住宅地 既存の緑道	集合住宅に圍繞 遊歩道 駐車場・自転車置き場・ベンチ 川沿いの植栽帯(地下1メートル) 近隣緑地	道路・自転車道 高層複合ビルに圍繞 歩行者空間 商業施設・オフィス 公園・河川沿いの緑道	幹線道路・自転車道 歩行者空間 商業・住宅地	周辺街区内にグリーンストリート L R T 商業施設 駐車場 歩行者空間・自転車道

佐事務連絡¹⁷⁾の中でも多部局間連携のモデルと必要性に言及しているが、推奨レベルに留まっている。

雨水活用推進の観点からは1989年に「雨水貯留浸透技術協会」が発足し¹⁸⁾、1997-2011年の間に空気調和・衛生工学会、日本建築学会、雨水貯留浸透技術協会からそれぞれ実務者向けの雨水利用マニュアル類及びガイドライン⁷⁾¹⁹⁾が刊行され、特に建築物と建築に伴う敷地に関連する雨水活用の構想、設計、施工、製品情報及び維持管理までが的確に示された。これらの媒体は、法的な背景が伴わない中で先導的な自主的ガイドラインとしての役割を担い、雨水活用を推奨している。3つの媒体に共通する課題としては、敷地スケールの建築を中心とする雨水貯留・浸透施設整備を前提とした内容が中心であり、グリーンインフラ適用策の導入で重要な建築以外の敷地や地域・都市スケールの持続的雨水管理についての計画技術や手法に関するまともは少ない。

次に国レベルの雨水利用関連施策では、国土交通省河川局の「流域貯留浸透事業」や下水道局の「下水道雨水貯留浸透事業」など雨水貯留浸透施設の建設を推進するものや、「水循環・再生下水道モデル事業」など雨水の貯留・活用事業への助成、都市環境関連では「環境共生住宅市街地モデル事業」内での屋上緑化や雨水貯留浸透、緑地整備などへの助成があり、地方自治体レベルでは、東京都及び千葉県の「雑用水利用に関する指針」、福岡市や墨田区では「雨水利用推進指針」等が出されている。大きな特徴としては、主に公共の雨水貯留・浸透施設整備に対する事業促進の助成であるために、適用範囲が限られていることである。

5. まとめ

最後に、ポートランド市の事例から得られた知見と前述の日本の課題に基づき、日本でのEPA型グリーンインフラ適用策整備に向けた課題を考察する。第1に、グリーンインフラの推進組織体制に関して、2(2)で述べたように、グリーンインフラの計画・設計・施工・管理それぞれの段階において、既存の組織構造は変えずに柔軟に多部局間連携のチーム編成を行う手法は、機能分化の進んだ日本の組織においても解決策の一つとして有効であろう。

第2に、グリーンインフラの適用策推進に関して、2(4)で述べたように、グリーンインフラの萌芽期においては、実践を前提とした計画・設計者向け雨水管理マニュアルを作成し、公共と民間の新規開発及び再開発に対して持続的な雨水管理の基準を定めることにより、グリーンインフラの整備が進んだ。ポートランド市の一連の雨水管理マニュアル²⁰⁾の豊富な図版や実例を通じた解説、施工用詳細図等を含む実践を前提とした内容は、日本の雨水活用マニュアルの発展とグリーンインフラ適用策の推進に大いに参考になる。日本では、4で示したように、一連の雨水活用マニュアルは建築を中心とした雨水貯留浸透施設の整備に関する詳細な指針であるが、建築外の敷地や都市スケールにおけるグリーンインフラ適用策への言及は少なく、今後この分野での手法や情報の充実が望まれる。

第3に、グリーンインフラ適用策の推進に関して、2(4)にあるように、EPAの事業助成金等パイロットプロジェクトを積極的に推進する多様な助成手法は、重要な推進力となっており、グリーンインフラ急速展開期において特に効果的に作用している。一方、4に示す通り、日本でのグリーンインフラ展開の基盤となりうる雨水貯留浸透事業に関しては、公共の施設を中心としたものであり、今後は民間事業も対象とした積極的な助成メニューの開発がグリーンインフラ整備に必要であると考えられる。

第4に、グリーンインフラ・プロジェクトのタイプに関しては、表-2a、表-2bの通り、ポートランド市の代表的なグリーンインフラ・プロジェクト10中9が新規開発ではなく、リノベーションであった。より厳しい雨水流出量抑制や水質基準に適応したプ

ロジェクトが、既存のインフラの更新や自転車専用レーンの導入時期に合わせて実行されている。日本の都市部でも既存のインフラ更新やリノベーションの機会は今後増えると予想され、このような機会を捉えてグリーンインフラの適用が期待される。

第5に、グリーンインフラ適用策の対象に関して、日本においても4にあるような雨水・貯留浸透施設重視から、ポートランド市の事例(2(3)、3)を参考に、屋外空間において緑と組み合わせることで水質浄化や微気象緩和、生物多様性の向上などの環境的効果を生み、より一層多機能化を図ることができると考えられる。

謝辞

本研究はニッセイ財団の環境問題研究助成(若手・奨励研究)を受けました。ここに記し、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 文部科学省 気象庁 環境省 (2013) : 日本の気候変動とその影響 (2012年度版) , 85pp.
- 2) 川上光彦(2008) : 都市計画 : 森北出版, 156pp.
- 3) Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and The Committee of The Regions Green Infrastructure (GI) (2013) : < <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52013DC0249> > 2014年9月20日参照
- 4) EPA(2014) : What is Green Infrastructure? < http://water.epa.gov/infrastructure/greeninfrastructure/gi_what.cfm > 2014年9月20日参照
- 5) 福岡孝則/まか (2013) : 住宅地における雨水活用手法の拡大・普及を目指した媒体作成のための北ヨーロッパと日本のガイドラインと事例の比較研究 : 大林財団2012研究助成報告書
- 6) 日本建築学会編(2005) : 雨の建築術 : 技法堂出版
- 7) 日本建築学会環境基準 AIJES-W0002-2011 (2011) : 雨水活用建築ガイドライン : 日本建築学会
- 8) 井上薫/まか(2011) : グリーンインフラの概念を用いた浸透性街路デザイン空間の導入効果 : 日本建築学会計画系論文集 76(600), 335-340
- 9) Kato, S. (2012) : An Overview of Green Infrastructure's Contribution to Climate Change Adaptation : 第13回韓中日国際ランドスケープ専門家会議論文集, 224-228
- 10) 遠藤新(2011) : 米国都市における雨水流出管理政策としてのグリーンインフラ計画に関する研究 : 都市計画学会論文集 46(3), 649-654
- 11) 花井建太・遠藤新(2011) : 米国ポートランド市におけるグリーンストリート施策の研究 : 都市計画学会論文集 46(3), 655-660
- 12) Stormwater Best Management Practice Design Guide(2004) : Environmental Protection Agency
- 13) Green Infrastructure Strategic Agenda (2013) : Environmental Protection Agency
- 14) <http://www.portlandoregon.gov/bes/article/209685>, 2014年9月20日参照
- 15) <http://www.asla.org/stormwatercasestudies.aspx>, 2014.05.01参照
- 16) <http://water.epa.gov/infrastructure/greeninfrastructure/index.cfm>, 2014.05.01参照
- 17) http://www.mlit.go.jp/crd/city/sewerage/info/sinsui_taisaku/070427.html, 2015.02.10参照
- 18) 雨水貯留浸透技術協会編 (2011) : 雨水利用ハンドブック : 山海堂
- 19) 空気調和・衛生工学会編 (2011) : 雨水利用の実務の知識 設計・施工・維持管理マニュアル : 空気調和衛生工学会
- 20) 2014 Stormwater Management Manual (2014) : City of Portland