

2014 年 日本緑化工学会 都市緑化技術研究部会 シンポジウム ～ 「グリーン・インフラを活用した豪雨対策の潮流」 ～ 資料

主催：日本緑化工学会 都市緑化技術研究部会

後援：(公益社団法人)日本造園学会、(公益社団法人)日本都市計画学会、(一般社団法人)日本建築学会、(公益社団法人)雨水貯留浸透技術協会、(一般社団法人)日本公園緑地協会、(公益財団法人)都市緑化機構、(一般財団法人)日本緑化センター、(一般社団法人)日本造園建設業協会、(一般社団法人)ランドスケープコンサルタンツ協会、(一般社団法人)日本樹木医学会

地球温暖化の進展に伴い、過去に例を見ない豪雨が頻発しています。従来技術では、それらに対応することが難しくなってきたのが現状です。一方、海外ではGreen infrastructure を用いた様々な計画が実施され、「安全で緑豊かな街づくり対策」が進められています。

日本緑化工学会では、現在この対策に最もホットな都市ポートランドから担当者をお招きし、Green Street Project の事例に学びながら、LID (Low Impact Development) や緑化技術の活用の仕方を議論し、成熟した都市の豪雨対策とグリーン・インフラのあり方を発信していきたいと考えています。

(「緑化・環境 CPD」、「造園 CPD」 認定プログラム)

CPD の登録をされる方は、シンポジウム終了後に、
玄関側の CPD 登録受付にお越し下さい。

日時：2014 年 11 月 12 日 (水) 午後 1 時 15 分～5 時
(受付開始は 12 時 30 分から)

会場：新木場タワー(18 階建てビル) 1 階大ホール
(東京都江東区新木場 1-7-22)

定員：300 名

会費：無料

プログラム

12 時 30 分	受付開始
13 時 15 分	開会
13 時 15 分～13 時 20 分	開会の挨拶 日本緑化工学会 都市緑化技術研究部会 部会長 木田 幸男
13 時 20 分～13 時 40 分	講演Ⅰ 日本における豪雨対策のこれまでとこれから 公益社団法人 雨水貯留浸透技術協会技 屋井 裕幸
13 時 40 分～15 時 10 分	講演Ⅱ From Dreams to Reality: The Evolution of Portland's Green Infrastructure Strategy (夢から実践へ：ポートランド市におけるグリーン・インフラ (GI) 戦略の最前線 オレゴン州ポートランド市 環境サービス局 Ms. Dawn Uchiyama (ドーン・ウチヤマ)
15 時 10 分～15 時 25 分	休憩
15 時 25 分～15 時 45 分	講演Ⅲ 流域という視点から都市の再生を考える (株)ランドスケープ・プラス 平賀 達也
15 時 45 分～16 時	講演Ⅳ 緑化技術を活かした雨水貯留浸透施設 日本緑化工学会 都市緑化技術研究部会 部会長 木田 幸男
16 時～17 時	パネルディスカッション コーディネータ……奥水 肇 (明治大学農学部 教授) パネリスト……講演者
17 時	閉会
17 時 30 分～	懇親会 新木場タワー18 階 コンベンションホール

講演者とパネルディスカッションのコーディネータのプロフィール

講演Ⅰ 屋井 裕幸（おくい ひろゆき）

公益社団法人雨水貯留浸透技術協会 技術第二部長。
鹿児島県名瀬市（現奄美市）生まれ。横浜市在住。
大学で農業土木を専攻、総合建設会社を経て、平成12年より（社）雨水貯留浸透技術協会に勤務。建設会社入社2年目に、雨水の浸透処理技術の開発に関与したことがきっかけとなり、以来雨水処理・汚水処理を中心に環境改善技術の研究開発に従事。
現在、雨水を貯めたり、地下へしみ込ませる技術の普及活動を通じて、水害の防止や地域の水循環の改善に取り組んでいる。



講演Ⅱ Dawn Uchiyama（ドーン・ウチヤマ）

ランドスケープアーキテクト／米国ポートランド市環境局グリーンインフラ、雨水システム担当シニア・マネージャー。Dawn Uchiyama氏はポートランド市環境局にて約20年間の実務経験があり、ウィラメット川流域圏マネジメント計画のプロジェクトマネージャー、2008年のポートランド市で多分野横断型の持続的雨水管理マニュアルの作成と市の最初のグリーンストリートの基準作成を担当した。2012年までにステファン川の雨水システム計画を担当し、現在は環境局として都市内の開発や多領域にまたがる持続的雨水管理に関するプログラムをシニア・マネージャーとして統括する。
ポートランド市に居住し、仕事の外では料理をすること、ヨガ、犬や子供達と散歩に出かけるのがお気に入り。



講演Ⅲ 平賀 達也（ひらが たつや）

ランドスケープアーキテクト/株式会社ランドスケープ・プラス代表取締役
東京工業大学、東京農業大学非常勤講師
都市環境の再生を掲げ、地域に生きる人々の大切な想いや風景を守りつなげるランドスケープのデザインを実践。
世界最先端の環境技術を駆使した豊島区新庁舎では、区内小中学校の生徒が屋上緑化空間を環境学習の場として活用できるようハードのデザインだけでなくソフトの企画運営についても貢献。自身も豊島区に在住し、仕事と子育てを両立する育メンとして、地域とのつながりに感謝しながら子供たちの未来のために日々奮闘中。



講演Ⅳ 木田 幸男（きだ ゆきお）

1949年大阪府生まれ
現：東邦レオ株式会社専務取締役
金沢大学大学院自然科学研究科修了、博士（理学）
土壌・緑化技術の研究ならびに緑化資材の開発を主業務とする。日本造園学会全国大会分科会に話題提供者として数度参加、官・学・民における緑化技術のパイプ的役割を果たす。
日本緑化工学会理事、都市緑化技術研究部会長
日本樹木医会理事（元日本樹木医会副会長）、



パネルディスカッションのコーディネータ：

興水 肇（こしみず はじめ）

明治大学農学部教授、農学博士。
公益財団法人都市緑化機構 理事長
都市樹木大図鑑（講談社）など植物に関する論文、評論などを執筆。農水省・国交省の花のまちづくりコンクールの審査員などを務める。21世紀校庭緑化研究会の会長、屋上開発研究会の副理事、自然環境共生技術協会の副会長などを歴任。屋上緑化研究の第一人者。



日本における豪雨対策のこれまでとこれから

公益社団法人雨水貯留浸透技術協会 屋井裕幸

1 これまでの雨水対策

1.1 都市化と雨水排除主義がもたらしたもの

現在の街の中心部を上空から俯瞰し、高度成長期前と比べてみてみましょう。農地や樹林地が減少し、地表面が建物や道路で覆われるなど、土地利用が大きく変化していることに気づくでしょう。こうした変化は、日本全国至る所で起こっています。空から見た大地は、まるで雨をやさしく受け入れることを拒んでいるように見えます。地上に降った雨水は、地中にしみ込んだり、地表面を流れて、排水路、下水道、小河川に流入し、さらに集まって大きな河川となります。市街化が進み、農地や樹林地など雨水がよく浸透する地べたが減ると、地上に降った雨水の流出速度が速くなることにより、短時間で洪水が発生し、洪水の流量も大きくなります。とくに、都市化が進んだ地域では道路は舗装され雨水は側溝に流れ込み、建物の屋根に降った雨水は雨樋から下水管に直行し、いずれにしても下水道や河川の流下能力をこえて浸水や洪水が激しくなります。また、雨水が地中にしみ込みにくくなることは、地下水位の低下、湧水の枯渇、普段(晴天時)の河川水量の減少を引き起こしています。さらに、河川水量の減少は川の水質悪化を進行させるとともに、水辺の生態系に悪影響を与えます。同様に緑(樹林地等)の減少が動植物の生息場所を減少させ、生態系にも悪い影響を与えます。

こうした保水力の減少や緑の減少が今後も進展するならば、ヒートアイランド現象の助長や今かろうじて残っている貴重な「ふるさとの原風景」の消失に拍車をかけることになります。

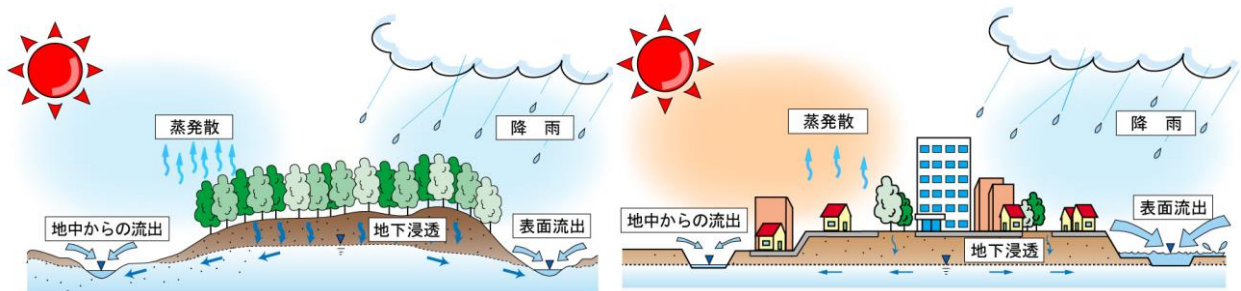


図1 都市化による水循環の変化

暮らしは便利になりましたが、土地利用や生活様式の変化などにより、地域(街全体)の持っていた自然の水循環(水の流れ)が大きく変化したため、様々な不都合な現象が発生しているのです。しかも、水循環の変化は、街に住む私たち自身が引き起こしているのです。

現代都市は、生活の利便性、クルマ社会への対応を求め、下水道や舗装もほぼ完備し、一見快適さと機能を兼ね備えた装いを誇っています。しかし、一旦豪雨に見舞われると、滞留する場所がなくなり地下への経路を断たれた雨水は下水道や水路、河川へと一気に流出し、河川はあふれやすくなる一方、下水道もパンクしてしばしばマンホールを突き飛ばす、いわゆる“都市型水害”が都市化の急速に進んだ高度経済成長期から全国的に発生するようになりました。雨への対応は、これまで「可能な限り速やかな雨水排除」を第一義とする排水システムの整備が進められてきましたが、この短時間で内水氾濫にいたる都市型水害に対しては、当時の下水道や河川改修では対処しきれなくなってきました。

1.2 水循環系の健全化と雨水貯留浸透の必要性

増大する雨水流出量を完全に排除することはなかなかできません。でも緩和させることはできるはずです。では、ほかにどういう手段があるのか？そこで考えられたのが、降った雨水を一時的に貯めておいたり地下に浸透させる方法により、下水道や河川に流れ込むまでにタイムラグを設ける手法でした。自然地を切り開き、宅地や団地の開発がさかんに行われた昭和40年代から、流域内の開発に伴う雨水

流出増対策として、河川・下水道整備に加え「調整池」等の大規模貯留施設の設置が進められてきました。しかし、「調整池」は放流先の状況によっては、非常に巨大な容量が必要になり、土地の有効利用が大いに阻害されました。そうした中で、調整池の容量削減や雨水流出量そのものの削減を図るため、降った雨をその場で貯めたり、浸透させる小規模なオンサイトの雨水貯留浸透施設が登場しました。ただ、この雨水貯留浸透施設の最初の出だしは都市の治水対策を目的としたのですが、浸透は、単に出水調整の一部を地下に受け持ってもらっただけではありません。地下水の涵養にもなるものです。貯留するにせよ浸透させるにせよ、元来あった自然界の水の循環を復活しようと言うところからくるものです。つまり、都市化や開発によって切り離された、従来あった自然界の水循環をつなぎ直そうという試みでもあるわけです。雨水の貯留・浸透、の狙いは、自然の水循環を少しでも取り戻そうというところにあります。それが当協会の理念でもあります。

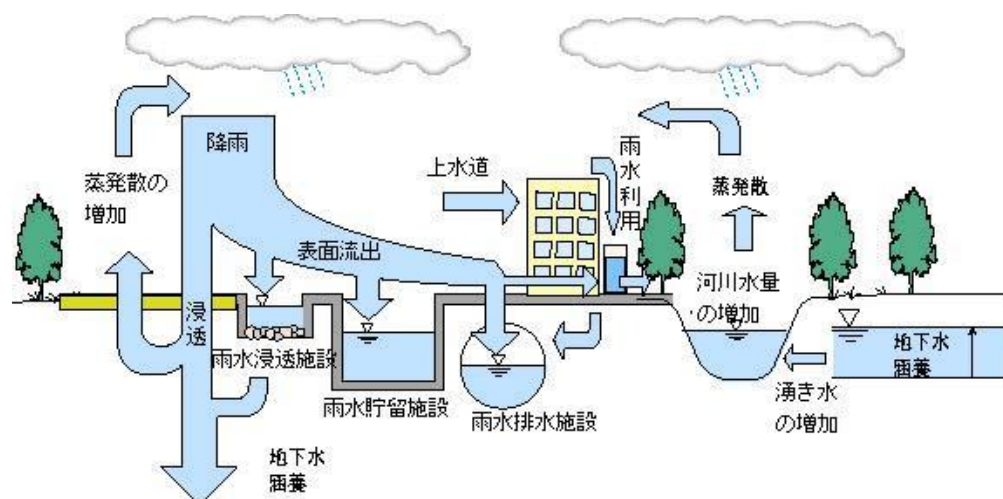


図2 都市の水循環系における雨水貯留・浸透の役割

貯留施設には、前述した「調整池」の他に、地下に設置される大口径の「雨水貯留管」、コンクリート製の「プレキャスト式地下貯留槽」、「地下空隙貯留槽」、中小規模なものに、公園・校庭・駐車場での表面貯留、建物間の棟間貯留などがあります(図3参照)。近年、プレキャスト式地下貯留槽には、部材を小型化して槽を構築するものや柱部材のみをプレキャスト化して底版・側版・天版を現場打ちコンクリートで施工する等の技術開発が行われています。また、地下空隙貯留には従来よく用いられた砕石（空隙率30～40%）に替わって、空隙率90%以上を持つプラスチック製の小さな貯留材を人力にてレゴブロックのように組み立てて数十～数千 m^3 の貯留（浸透）槽を造り上げる各種工法が近年普及しています。

代表的な浸透施設には、穴のあいた「柵」、「パイプ」、「側溝」、「人孔」の周辺を砕石などで巻き込んだものに、集水した雨水を導いてその側面・底面から地中に浸み込ます「浸透ます」、「浸透トレンチ」、「浸透側溝」、「浸透マンホール」や、文字通り池底から浸透させる「浸透池」、また雨水を直接透水性のある舗装表面から路盤、路床へと浸透させる「透水性舗装」などがあります(図4参照)。

一つ一つの雨水貯留浸透施設の流出抑制効果は小さいため、きめ細かく数多く普及させることが重要ですが、必要性を認める地方公共団体の限られた取り組みとしての整備にとどまっており、全国的に普及しているとは言い難い状況にあります。



図3 貯留施設の種類の種類



図4 浸透施設の種類の種類

2 新しい雨との付き合い方

2.1 雨の降り方が変わった

地球の温暖化がもたらす影響の一つとして、雨の降り方の変化をあげることができます。ここ数年、世界的に洪水や渇水が頻発するようになりました。日本においても集中豪雨の発生が増えるなど、その影響が見られるようになりました。治水や利水については考え方を改め、新たな対策手法を考えなければいけない状況になっています。たとえば、気象庁のデータによると、時間降雨量が 50 mm、80mm を超えるケースが、全国的に増える傾向にあります。明らかに、一度に降る雨の量が増えてきています。こうなってしまったら、益々下水道の整備や河川改修といった従来の手法だけでは、抑えきれません。

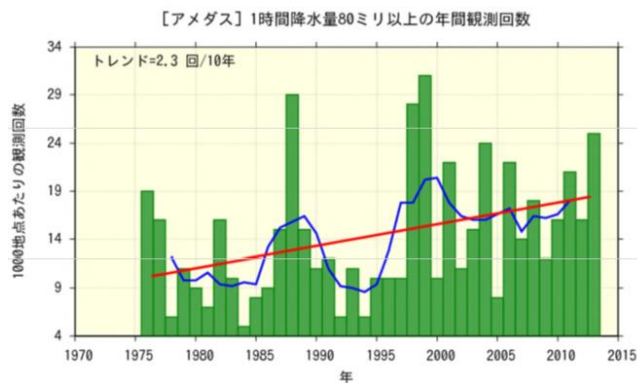
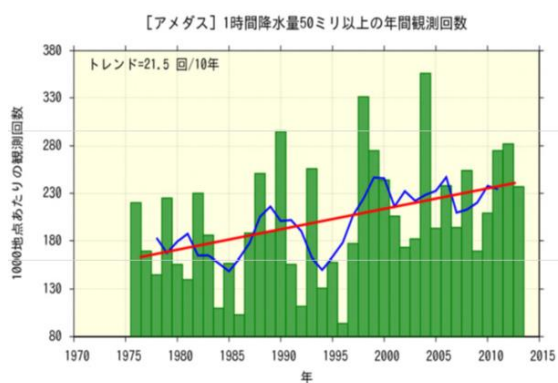


図5 アメダスでみた大雨発生回数の変化（出典：気象庁「気候変動監視レポート2013」）

しかしその一方で、雨そのものについてみれば、日本の年降水量は減る傾向にあります。利水を図ろうとしても、普段はあまり降らない。しかし、時々ドカンと降る。これは、治水や利水を行ううえでとても困った状況です。治水・利水施設などハード対策を見直すと同時に、水資源計画のなかに雨水や地下水を織り込んでいくなど、ソフト対策の見直しも求められるところです。気候変動に応じて雨水や地下水をどう扱うかということが、従来より一層重要になってきています。

2.2 雨水活用（雨水管理）から始まる豪雨への備え

ミツカン水の文化センターが、本年6月に東京・大阪・中京圏の1,500人を対象に実施したインターネットアンケート調査「水と防災の市民意識」（回答1,057人）において、最も不安に感じる水災害トップ5は、上から「①ゲリラ豪雨、②台風、③水不足（渇水）、④雨による浸水、⑤断水」の順でした。また、内閣府が本年7月に20歳以上の3,000人に対して行った水循環に関する世論調査（回答1,834人）では、洪水の心配のない安全な暮らしを求める人が51.3%、雨水や再生水を利用したい人が88%

(積極的に使いたい 28%、用途に応じた水質であるならば 60%)、雨水貯留浸透施設を導入したい人が 75% (補助なし 5%、一部補助 40%、全額補助 30%) にのぼることが判明しています。

気象の激甚化、都市空間利用の高度化、人口減少時代の到来などの社会的環境の変化といった背景を受け、我が国における雨水対策は、人命や都市の中核機能を守り、壊滅的な被害を防止するために「人(受け手)主体の目標設定」、「地区と期間を限定した整備(選択と集中)」並びに「ソフト対策・自助の促進による被害最小化」に取り組むという新たなステージを迎えています。河川・下水道の連携による浸水被害軽減を基本とし、多様な機関による流域対策の推進、防災情報の活用による被害軽減、減災対策の主体となる流域市町村と地域住民との更なる連携等により、実効性の高い総合的な豪雨への“備え”が求められています。

特に当協会では、雨水貯留浸透施設による流域対策の普及活動に注力してきましたが、既成市街地内の既存建物や道路での実効性のある対策が思うように進まないというジレンマを常日頃感じています。“雨から身を守り、雨を早く流し去る住まい方がいいんだ”という建築思想や“路盤・路床には絶対に水を入れたらいけない”という固定観念が大きな障害となっています。逆にそこでの対策が進むならば、集水面積がとても大きくなるので、かなりの流出抑制効果が期待できます。今回お招きしたポートランド市での建物や道路でのグリーンインフラストラクチャの事例から建築・道路関係者が貯留・浸透の重要性を認識されるようになれば、整備は一気に進むとも言えるのではないのでしょうか。加えて“緑”を積極的に活用した“雨仕舞い”のポートランド方式には、30 年の実践に基づく参考とすべき一日の長があります。

現在、国の下水道部局を中心に、計画降雨に対して流しうるパイプの径を決めていた雨水排水計画から浸水被害に対するリスクマネジメントを考慮した雨水管理の時代になりつつありますが、当協会では、どのような活動をどういったプロセスで取り組んでいけば、雨水活用(雨水の貯留・浸透・利用)が普及するのか、いつも頭を悩ましているところです。市町村のなかには、雨水対策でとても困っているところがあります。しかし、財政の厳しさから新しい事業が立ち上げられない、という話をよく聞きます。今は、どここの自治体でも予算を捻出するために既存の事業を次々と抑制しているような状況です。「いいことはわかっているんだが、何はともあれお金がないんだ」という言葉をよく耳にします。このような状況のなかで雨水の活用(貯留・浸透・利用)を推進していくには、やはり、その重要性を理解していただくとともに、縦割りの個別対応でなく多様な機関との横の連携によって豪雨対策を進めていくことに尽きるのではないのでしょうか。

明治以降、日本の治水対策は、雨水や豪雨を“厄介者”として扱い、力でもって対処してきました。そのため、「雨水は早く川へ排除してしまおう」という考え方に結びついていったのです。これは本来の考え方とは対極にあるものです。「雨水は資源」という考えに立って、大事に付き合う、大事に使う。そのためには、厄介者として扱うのではなく、所々に留め置いたり、時にはなだめて地下へ浸み込ませたり、利用しながらしばらく長く付き合いましようということが大切です。それが雨水との、これからの新しい時代における付き合い方ではないのでしょうか。地球温暖化と人口減少、それに伴う土地利用の変化が予想される日本には、従来型の治水の延長ではなく、日本が本来もっていた自然感に基づいた雨水対策技術を再構築することが必要です。

一方、海外から雨水活用技術に関する問い合わせや引き合いが、協会に多く寄せられています。なかでも関心が高いのは、中国・韓国をはじめインド、台湾、インドネシアなどアジアモンスーン地域です。経済的發展が見込まれるこれらの国々においては、地下水の汲み上げや土地開発などによって、地盤沈下や浸水被害が助長されています。経済状態が良くなると、どうしても“まずは開発ありき”になります。雨水対策は後手に回されてしまいます。しかし、これらの国々でもいずれ近い将来、雨水の貯留・浸透・利用の重要性が着目されるようになることは間違いありません。この状況は、我々がこれまでに体験したことと同様のパターンと言えるでしょう。しかし、いざその重要性が認められ、我々が助言を求められた時、日本で雨水の貯留・浸透・利用が普及していないのでは、お話になりません。今年、水循環基本法や雨水利用の推進に関する法律が施行されました。これを契機に日本が雨水活用(雨水管理)の世界のリーダーとなれるように、海外の知見も習得しながらアジアモンスーンスタイルのグリーンインフラストラクチャを産官学界が連携して導入していくことも必要であると考えています。

From Dreams to Reality: The Evolution of Portland's Green Infrastructure

Dawn Uchiyama

Senior Environmental Program Manager,
Bureau of Environmental Services,
City of Portland Oregon

Summary

Located in a region known for its abundant natural resources, Portland Oregon is a recognized leader for advancing green infrastructure ideas. In the early 1990's the city faced a federal lawsuit restricting combined sewer overflows into the Willamette River. Shortly thereafter new stormwater regulations were introduced, Willamette River salmon and steelhead were listed as threatened species and rules to protect groundwater were added. As a result, Portland seized the opportunity to articulate an unprecedented commitment to managing stormwater and improving watershed health.

Almost two decades ago, a few ventured to propose a simple yet powerful idea that stormwater from impervious areas should not be put in pipes and carried downstream but instead be directed towards plants and soil and infiltrated into the ground. With strong community support, the city formed a broad agenda that focused on retrofitting existing streets, parking lots and rooftops and while requiring new development to infiltrate stormwater to the maximum extent feasible. First, pilot projects were built to illustrate the concepts and gradually the new ideas gained momentum. Soon, bold steps were taken to create radically new public policies and programs. Over the years the city has experienced many successes and learned many lessons. The following presentation chronicles the development of Portland's green infrastructure and concludes with the challenges, opportunities and plans that lie ahead.

1. Setting the Context

- a. Cascadia and Oregon Land Use laws
- b. Metro Regional Government, Urban Growth Boundary and Green spaces
- c. Portland's Positive Way of Thinking
- d. Bureau of Environmental Services
- e. Portland's watersheds and stormwater systems
- f. Rainfall patterns and soils

2. Green Infrastructure

- a. Principles
 - Natural and built. Manage as close to the source as possible. Mimic natural hydrologic functions. Integrate into built environment. Design for multiple benefits
- b. Goals
 - a. Seeds of an idea on private property

- b. Controlling combined sewer overflows
 - Disconnecting residential downspout
- c. Municipal Separate Storm Sewer System (MS4) regulations
 - Stormwater Management Manual – development standards for new and redevelopment
- d. Early integration efforts
- e. Federally Listed Threatened Species
 - Portland Watershed Management Plan – documenting the science
- f. Tabor to the River – combined sewer basin planning
 - Basin characterization
 - Project objectives - Integration
 - Outreach and education
 - Sewer upgrades
 - Greenstreets
 - Private Property Retrofits
 - Vegetation
 - Livability
- g. Grey to Green – accelerating investments for watershed health
 - 200+ green streets
 - 80,000+ private /public trees
 - 17 hectares of ecoroof
 - invasive species removal on 3,000 hectares
 - land purchase 160+ hectares
 - removal of 9 culverts
- h. Incentive Programs
 - Clean River Rewards
 - Ecoroof Incentive
 - Treebate Program

4. Lessons Learned

- a. What has Portland accomplished?
 - Green approach taking over, supplementing and replacing pipes
 - Review the ecoroofs and greenstreet facility numbers
 - Built great institutional capacity with Tabor to the River and Grey to Green programs and throughout it all – established valuable partnerships
 - Cost effective solutions require integrated, adaptive strategies that address multiple regulatory requirements. Integrated solutions include both grey and green. Along the way create pedestrian safety, public spaces, livability. Asking public spaces to do more. Layer and integrate with other systems, can't be a single issue initiative

- b. Did it save money? Are green streets really cheaper?
 - Cost avoidance - gets stormwater out of combined sewer, cheaper than building more tunnels. Saves money by preserving capacity of what we have now.
 - Relies on system risk assessment
 - Saves capital money at a local scale
 - Other benefits - green dividends
- c. Is it working?
 - Monitoring results for facility performance
 - Watershed are showing signs of improvement but slow and steady wins the race, adaptive management is necessary
- d. What are the challenges?
 - Problems with installation - liners, hard connections, soil, odor
 - Public/private shared facilities
 - Paying for maintenance
 - May 2014 Ballot measure to privatize sanitary and stormwater utility, 75% Portland voters rejected proposal
 - Moving from perceptions of 'random acts of kindness' to defensible system performance measure.

5. Looking ahead

- a. Green factor – integrating existing regulations for better site design
- b. Eco districts - offer an opportunity to rethink redevelopment, take a fresh approach to industrial past. Form public private partnerships for the public good.
- c. Quantifying ecosystem services and conduct more detailed financial analysis. Quantify green dividends; align sewer rates to support changing priorities including climate change; create institutional structures and operating money to maintain.
- d. Stormwater System Plan Risk Assessment and Prioritization - using asset management principles to structure the planning, analysis and decision making to becoming wise stewards of stormwater resources. Connecting the pieces of what we've created into an overall management and conveyance network.

Conclusion

The theory of biophilia supposes that a love of nature makes humans more attentive. This idea goes beyond green infrastructure and sustainability to capture the innate human attachment to nature and how we can increase our well-being by honoring it.

Portland understands this, as does Japan. With reverence and ability you appreciate the power of nature and carry with you a rich and highly regarded history of garden making – the earliest

forms of green infrastructure.

Japan already has many essential ingredients for green infrastructure and understands what it takes to transform. The opportunity is before you to take your unique, time tested ideas about natural resource management, parks and gardens and expand them to develop into a modern, multi objective system of green infrastructure – a system that is beautiful, well tended and woven into everyday life. Join forces and work collaboratively with your colleagues in education, science, architecture, engineering, economics and social studies. Seek to find common ground and mutually beneficial outcomes.

夢から実践へ - ポートランド市におけるグリーンインフラ（GI）戦略の最前線

オレゴン州ポートランド市 環境サービス局・環境計画シニア・マネージャー
Ms. Dawn Uchiyama (ドーン・ウチヤマ)

概要

オレゴン州ポートランド市は、豊かな自然と資源に恵まれた地域に立地しており、グリーンインフラの政策を進める先進的な都市としても認知されている。1990年代初期、ポートランド市は、合流式下水道からウィラメット川へオーバーフローする下水量の制限を求める連邦訴訟に直面した。ほどなく新しい豪雨対策の法規制が導入され、またウィラメット川の鮭とニジマスが絶滅危惧種に指定されたため、地下水を保全するための法規制も加えられた。結果としてポートランド市は、豪雨対策と健全な流水域の促進に大いに取り組む機会を得ることになった。

約 20 年前、豪雨というものは不透水層エリアから下水管を通じて下流に流すのではなく、植物や土壌にまず流し、そこから地下に浸透させていくべきだ、というシンプルかつ強力な考え方を何人かの人間が提案した。コミュニティの強力なサポートを得て、ポートランド市は、既存の道路や駐車場、屋上の改良を中心とした幅広い政策立案を行うと同時に、実現可能な最大限の雨水を浸透させるための新しい開発も検討した。

最初はパイロットプロジェクトを立ち上げて概念を説明し、徐々にこの新しい考え方を浸透させ、まもなく新しい政策や計画を作るという大胆な手段を採っていった。これまで長年、市は多くの成功を経験し、様々な教訓を学んだ。本発表では、ポートランド市のグリーンインフラの発展を年代順に説明し、現在の課題や将来像についても述べていく。

1. 背景説明 (5 分)

- a. カスケード山脈とオレゴン州の土地利用計画法
- b. ポートランドとその周辺都市を管轄している地域政府「メトロ」、都市成長境界線と緑地
- c. ポートランド市の前向きな考え方
- d. 環境サービス局
- e. ポートランド市の流域圏と豪雨対策システム
- f. 降雨のパターンと土壌

2. グリーンインフラについて (5 分)

- a. 原則
自然システムに倣って構築する。発生源のなるべく近くで処理する。水循環システムを模倣する。統合して建造環境に組み込む。多角的な利益を目指したデザインとする。
- b. 目指すもの
ピーク流量を下げる。全体流量を減らす。表面水に流入する汚染物質を減らす。
パイプやパイプラインに関連する施設、また河川・小川やそれらに関連する資源を一番コストがかからない方法で保全する。

3. 実践の流れ：プロジェクト、政策、計画 (20 分)

- a. 私有地におけるアイデアの種
- b. 合流式下水道からの流出を管理する
・住宅の縦樋分断プログラム
- c. 市町村別雨水排水システム（MS4）による規制

豪雨マネジメントマニュアル - 新しい開発・再開発のための開発基準

- d. 初期における統合の取り組み
- e. 連邦の絶滅危惧種
 - ・ポートランド市の流域圏マネジメント計画 - 科学を論拠に説明
- f. テイバー・トゥー・ザ・リバー（テイバー山から川へ） - 合流式下水道の流域計画
 - ・流域の特徴
 - ・プロジェクトの目的 - 統合
 - ー地域社会への奉仕活動と教育
 - ー下水道のアップグレード
 - ーグリーンストリート
 - ー私有地の改良
 - ー植物
 - ー住みやすさ
- g. グレー・トゥー・グリーン（グレーからグリーンへ） - 流域圏保全への更なる投資
 - ・200箇所以上のグリーンストリート
 - ・80,000本以上の私有・公共の樹木
 - ・17ヘクタールのエコルーフ
 - ・30,000ヘクタールの侵入外来種の除去
 - ・160ヘクタール以上の土地の購入
 - ・9以上の地下水路の再設計
- h. 助成プログラム
 - ・きれいな川への助成金
 - ・エコルーフへの助成金
 - ・ツリーベイトプログラム（Treebate program）

4. 学んだ教訓（10分）

- a. ポートランド市は何を達成したのか？
 - ・パイプの代わりとなり、補足となり、さらに優位となる緑のアプローチ
 - ・エコルーフとグリーンストリートの施設数
 - ・「テイバー山から川へ」と「グレーからグリーンへ」による制度上の大きな受け皿の構築。さらにこれらを通じた価値あるパートナーシップの構築。
 - ・費用対効果の高い解決策とは、多分野の法規制に応えた統合的で順応可能な戦略であるべき。統合的な解決策というのは、グレーもグリーンも共に含んだものである。また、歩行者の安全、公共空間、住みやすさの創出も含んだものである。公共空間に出来ることはまだまだある。様々なシステムを組み合わせ、統合する必要がある、どれか一つが主導権を握るというものではない。
- b. グリーンインフラはお金を節約したのか？グリーンストリートは本当に安価なのか？
 - ・出費の抑制－豪雨対策のために新しいトンネルを作るよりも、合流式下水道から雨水を取り出すほうが安価。我々が今持っているものの能力を保全することでお金を節約できる。
 - ・システムのリスクアセスメントが重要
 - ・地元レベルでお金を節約する。
 - ・その他の利益－緑の利子
- c. 実際に機能しているのか？
 - ・施設のパフォーマンスを計測する。

・流水域は改善の兆しを見せている。ゆっくり着実にやれば必ず成功する。適切なマネジメントが必要。

d. 課題は何か？

- ・実績の課題－耐水シートの施工不具合、緑地から下水管への接続管、土壌、悪臭
- ・公共と個人の共有施設
- ・メンテナンス費
- ・2014年の5月、衛生施設や雨水施設の民営化法案について投票が行われ、ポートランド有権者の75%が否認した。
- ・「各自の自発的な慈善活動」という認識から、システムパフォーマンスの計測という守りの体制に移行している。

5. 将来像（5分）

- 緑の要素－より良い空間デザインのために、既存の法規制を統合する。
- エコ地区－工業化した過去への新しいアプローチ。再開発について再考する機会を提供する。
より良い公益のために、公共と民間のパートナーシップを形成する。
- エコシステムの機能を数値化し、財政貢献度をより具体的に分析する。
緑の利子を数値化する。緑は下水量を一定にし、気候変動といった重要事項の対応に役立つ。
制度構築して、緑のメンテナンス費を創出する。
- 雨水システムのリスクアセスメントと優先順位付け
アセットマネジメントの原則を用いながら、計画・分析・判断し、豪雨に対する賢いガイドとなる。我々が創出してきた個々の成果を結び付け、包括的なマネジメントと輸送ネットワークを築く。

結びに

生命愛の理論では、「自然への愛」は人間をより思いやりのある存在にすると謳っている。この考え方はグリーンインフラや持続可能性という枠を超え、生まれながらにして人間が持っている自然への愛情をうまく捉えている。そして、私たちが自然に畏敬の念を抱くことでより幸福になれることを示している。

ポートランド市はこの考え方に賛成しており、私は日本も同様と考えている。自然への畏敬の念と、自然の力を認める心を持って、日本の歴史豊かな素晴らしい庭園技術－グリーンインフラの原始形－を駆使して欲しいと思う。

日本はグリーンインフラを進める上ですでに多くの重要な材料を有しており、その使い方も理解している。始めるきっかけは目の前にある。あなた方が持つユニークで、長年かけて培ってきた自然資源マネジメント、公園・庭園のアイデアを使って、美しく、役に立ち、日々の生活に組み込めるモダンで多目的なシステムとしてのグリーンインフラを発展させて欲しい。教育、科学、建築、工学、経済、社会学の方々と力を合わせ、協働して欲しい。そして共通の見地と相互利益を得られるグリーンインフラを追求して欲しいと思う。

流域という視点から都市の再生を考える

株式会社ランドスケープ・プラス 代表取締役 平賀達也

1. はじめに

現在、地球人口の半数以上が都市に集中し、今後は世界中で 1000 万人を超える都市が増えつづけるといわれている。また、環境問題が顕在化する中、地球温暖化の対策や生物多様性の回復が求められている。環境問題の課題先端都市ともいえる東京が、多様な生命を育む自然観と最先端の環境技術によって、新しい都市再生の手法を世界に向けて示すことができれば、地球の未来に対する大きな希望となるのではないかな。

本文では、無秩序に広がる都市景観の中に東京の形態原理を見出すことで、都市再生において「何を再生すべきか」という単純ではあるが曖昧がゆえに議論されにくい問題の本質を、ランドスケープ設計者の視点から考えてみたい。

2. 流域のつながりと東京の都市構造

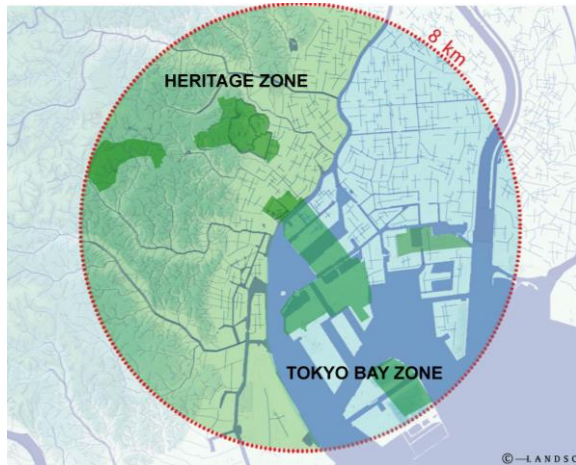
アジア・モンスーン地域の東端に位置する日本は、古来より大陸文化を取り入れながらも、降雨に恵まれた気象条件のもとで、独自の文化を育んできた。山地が国土の大部分を占める日本では、大陸に比べて河川の流域が小さく急峻なため、生物の生息基盤となる表土が降雨によって海へと流出しやすい環境にある。しかし、我々の先人は気の遠くなるような時間と労力をかけて小規模な流域をつなげ、国土全域に神経細胞にも似た繊細で複雑な水のネットワークを構築してきた。人間が継続的に自然への働きかけを行うことで成り立つ里山や水田のシステムは、森と海をつなぎ、生態系の維持を促し、地下水を涵養しながら、それぞれの流域圏における生産力を高めるだけでなく、人口が集中する下流域を水害から守る役割を果たしてきた歴史がある。

東京の原形をなす江戸の都市構造は、日本の歴史上はじめて下流域につくられた首都であり、江戸初期に行われた利根川の流路変更や玉川上水の整備などによって、自然の恵みを享受できる流域をつなげ、美しい街並みと安定した社会を築いた。しかし、利便性と効率性を追求してきた 20 世紀の物質社会は、エネルギーや食糧の多くを他の国々に依存し、人間が何によって生かされているのかを見失ってしまった時代であるといえる。近代合理主義のもと、地脈や水脈といった都市の血流ともいえる自然とのつながりを自らの手で分断してきた東京の都市は、自己完結型の街や住宅によって市域を拡大してきた。その結果、自然への働きかけが希薄になった流域においては、水や空気といった我々の生命基盤ともいえる環境の循環機能が低下していくことになる。

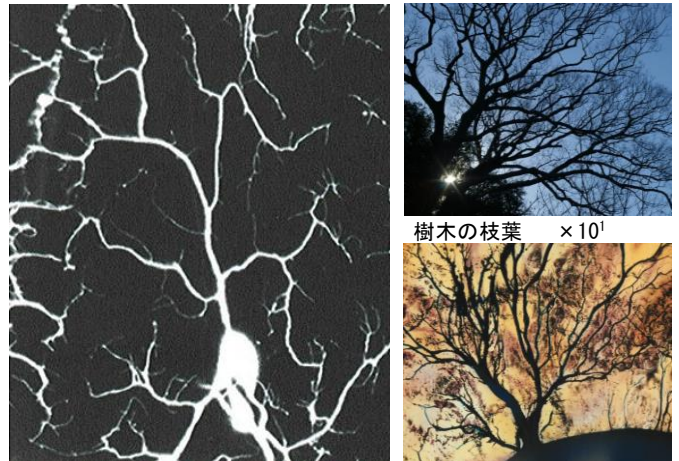
都市に集まって住むことの価値を、物質社会の価値基準に委ねるのではなく、いきいきとした生命のつながりの中に見出すとき、我々は人間が生かされている流域への探求心を取り戻すことができるのかも知れない。分断された領域をつなげながら成長していくプロセスにこそ、都市の中に人間と自然のつながりを取り戻す手立てがあるのではないだろうか。

3. 自然の原理に基づいたデザイン手法

流域をつなげながら成長するというプロセスは、地球上の生きとし生けるものが見せる「樹状パターン」という形態原理によって説明できる。樹状パターンとは、神経細胞が情報を効率よく伝えるために受容野を覆うパターンであり、樹木が枝葉の広がりによって太陽の光を効率よく受けとめるパターンであり、降雨が地形を侵食してつくる水脈のパターンである。これらのパターンが流域全体を一様に覆っている状態において、安定した生命の循環機能が維持されると考えられている。



2016 東京オリンピックグランドデザイン
図1 東京の水脈構造



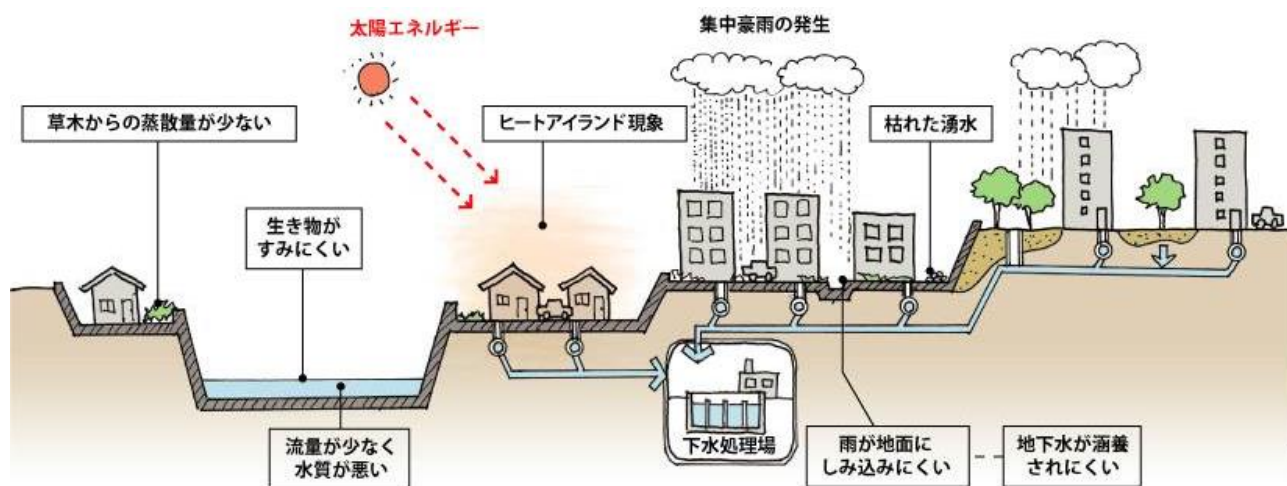
神経細胞の樹状突起 $\times 10^{-7}$
図2 自然の形態原理「樹状パターン」
地形の浸食作用 $\times 10^5$

現代人の生活習慣病ともいわれる心疾患や脳血管疾患は、樹状パターンによって覆われた心臓や脳内の血管の一部に負荷がかかり、血流の循環機能が低下した流域にある組織が崩壊して壊死に陥る病気である。人間の身体が血液のつながりで維持されているように、都市の環境も健全な地脈や水脈のつながりで維持されているとすれば、ヒートアイランド現象による局所的な猛暑や豪雨などは、都市の循環機能が低下した場所が呼吸困難に陥っている症状のひとつだといえる。都市の心肺能力が低下した場所では、その領域に生息する人間も含めたすべての生物の循環機能が低下しているのだ。

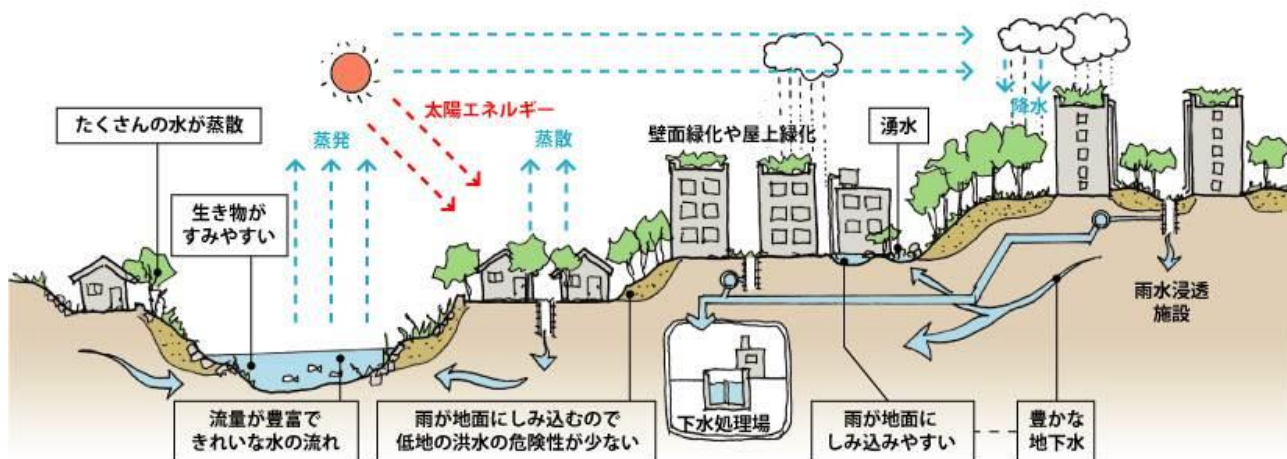
私たちが提唱するランドスケープのデザイン手法とは、都市の中に自然の形態原理を見出し、環境の循環システムを再生するという考え方だ。都市スケールにおいては、雨水管理を源流域の巨大なダムや遠大な輸送システムによって一元的に行うのではなく、大きな緑地や水面を都市の肺臓として位置づけ、道路や河川が都市の血流として機能するよう、降雨を都市のすみずみまで細分化する機能を付加し、その流域が本来持っている水脈としての樹状パターンを再生する。局所的な開発においては、その場所が潜在的に持っている成長要因としての水脈と、その場所に環境負荷を与えている抑制要因をより細やかなスケールの樹状パターンによって検証し、水や風といった自然のエネルギーがより解き放たれやすい状況を建物の配置や地形の操作でつくりだしていく。

降雨の細分化によって流域をつなげ成長していくシステムは、都市の水循環や生態系を回復するだけでなく、水質や土壌の浄化・浸透・涵養を促進し、結果として流域全体の水や空気の流れをきれいにすることを主たる目的としている。自然への働きかけによってそれぞれの流域における環境性能の成長を促すことは、都市スケールにおいても住宅のような小さなスケールにおいても十分に可能だ。大切なのは、それぞれの流域がつながりながら成長していくことで、そこに新しい価値が生まれることだ。快適な環境の連鎖は都市の中の新たな財産となって、人々の意識をさらに大きな領域へと広げていくことであろう。そこにある自然の力を人間の働きかけによって活性化させていく試み。この考え

方こそが、東京の都市再生の未来像にふさわしいのではないだろうか。このような考えを実践したプロジェクトをご紹介したい。私がランドスケープ設計者として携わったとしまエコミューゼタウン(南池袋二丁目A地区市街地再開発事業)である。



今までの都市インフラ



これからの都市インフラ

図3 自然エネルギーの循環を最大化する都市を目指して

4. 環境ミュージアムとしての新庁舎

としまエコミューゼタウン(南池袋二丁目A地区市街地再開発事業)プロジェクトは、低層部に豊島区新庁舎が、高層部に集合住宅が入る複合再開発であり、これからの地域社会を牽引する環境ミュージアムのような施設デザインや施設運営の実現を掲げ、2015年春の完成に向けて関係者が一丸となりプロジェクトを推し進めている。新たな庁舎のランドスケープは、豊島区的环境特性を建築計画に取り込み、近代化によって失われてきた自然環境を区民の力で再生する環境基盤として位置づけることを提案した。豊島区的环境基盤を再生するためのランドスケープは、区民を災害から守る自然災害や気象災害の防災拠点として機能するだけでなく、川からの風や区の貴重な生態系をつなぎ保全する新たな環境基盤として整備される。また、自然を取り入れた快適で健やかなライフスタイルの実現を庁舎建築のコンセプトとして位置づけ、屋上庭園での様々な取り組みが、豊島区における地域環境の象徴として、多様な生き物とふれあえる憩い・遊び・学びの場となり、地域や家庭で環境への取り組

みを育み継承してゆけるような空間づくりを、ランドスケープのデザインによって目指している。



図4 豊島区の自然を再生するきっかけとなる「豊島の森」



図5 豊島区的环境文化拠点としての新庁舎



図6 「エコミューゼ」の春夏秋冬

私はランドスケープ・プラスのスタッフとともに、人々の大切な想いや風景をランドスケープのデザインによって守りつなげていきたいと考えている。そして、東日本大震災や福島原発問題による深い傷が未だ癒えない中、目先の問題解決だけに終始せず、ひとつひとつの仕事を通じて、人間と自然の関係性を再び取り戻すことを、ランドスケープのデザインによって実践していきたいと考えている。私たちの取り組みは、小さなアクションに過ぎないが、私たちの提案に共感し賛同してくれる人々の声は、やがて社会を動かす大きな変化につながっていくと信じている。これまで慣れ親しんだ生き方を一朝一夕に変えることは難しいかも知れないが、地球上の誰にも迷惑をかけることなく幸せに暮らしていきたいという気持ちを、ひとりひとりが持てるような仕組みづくりを社会に向けて提案することも、私たち設計者が取り組むべき重要な仕事のひとつになっていくことであろう。

緑化技術を活かした雨水貯留浸透施設

日本緑化工学会 都市緑化技術研究部会 部会長
木田幸男

1. はじめに

近年、都市型豪雨による被害が増加している。また、それらが身近になったと感じることが多い。気象庁のデータから日降水量 100mm 以上の日数が確実に増加していることから、豪雨対策は避けて通れないテーマとして重要だ。また、LID (Low Impact Development) が注目され、土木・建築設計では環境配慮が問われ始めている。しかし、それらに対応できる斬新な技術が開発されていないのが現状だ。

そこで、公益財団法人 都市緑化機構の研究プロジェクトとして発足した「グリーンビジネス・マネジメント共同研究会」の活動の一環として、都市型豪雨対策に都市緑化を活用できるこれまでにない新たな素材の開発に取り組んだ。テーマは「雨水貯留浸透・植物生育の確保・リサイクル・冷える街作り」であり、新素材「J・ミックス」が開発できた（写真1）。雨水を貯留浸透できるばかりでなく、その貯留浸透槽自体が植栽基盤と同様の機能を持ち、植物根を誘引して生育を支え、同時に蒸発散作用を通して大気を冷却できる。正に環境と景観に好影響を与えることができるのである。さらに、それらを構成する素材がリサイクル品であれば、循環型社会の形成にも寄与できるはずである。

本発表は、シンポジウムのテーマである「グリーン・インフラを活用した豪雨対策」を、都市化の激しい日本でいかに実現できるのかという技術的観点に立って検討したものである。



写真1 「J・ミックス」の外観

2. アメリカにみるグリーン・インフラの新しい動き

長年洪水対策と下水道行政に多額の費用をつぎ込んできたニューヨーク市では、2010年11月にNYC Green infrastructure plan を発表した。これらは「これまでのように雨が降った時にしか役立たない伝統的な雨水貯留槽や貯留用トンネルよりはるかに安価に洪水対策を達成できる手法である」としている。すなわち、グリーン・インフラストラクチャーとして街路樹、空隙に富んだ舗装や道路、保水性に富んだ屋上緑化、そして緑化を使った豪雨コントロール手法などを使うことで達成できるのである。さらに、緑化やその基盤となる土壌は、水質や大気質を改善するとともに冷房のためのエネルギー使用量と温暖化ガスの排出量を削減でき、資産価値を増やすと同時に我々のコミュニティを美化することにも役立つとしている。このような取り組みはアメリカの多くの都市で実施され始めていて、顕著な成果をあげている都市の一つがオレゴン州ポートランド市である。

グリーンインフラを活用するためのプロジェクト実施に当たっては、多くの資材と手法が使用される。例えば、植栽基盤は植物を支えるばかりでなく浄化能力を発揮できる素材として貴重な存在であるため、土壌改良は綿密に行われる。Bioswale（雨水を貯留浸透させるとともに生物の力によって水質を浄化する人工的な低湿地）は土壌の透水性が重要な要素だ。それに水を流し込むための縁石は、日本のものとは逆に植栽帯に流れ込むよう工夫されている（写真2）。街路樹の植栽は水を集めるようにグランドレベルより下方に設計され、歩道の透水性レンガは目詰まりしないように大きな浸透口が開けられている（写真3）。屋上からの雨水は一旦貯留用タンクに溜められ、地中を通じて徐々に土中に浸み込む工夫がなされている。また、Raingarden（雨水の貯留浸透に配慮した造園空間）では耐水性のある樹種が研

究され、それらで構成されている。全てが豪雨対策とグリーンインフラが融合するために工夫されている。総合的な例を図1に示す。

また技術面ばかりでなくインセンティブ面からは、一定量の雨水貯留装置を設置すると建築確認申請が優先的に審査されたり、条例対応することで減税処置がなされたりで、推進するための方策が練られているのも推進の原動力となっている。



写真 2 道路から雨水が流れ込むよう工夫された縁石



写真 3 目詰まりを起こしにくいブロック

Example Commercial and Industrial Applications

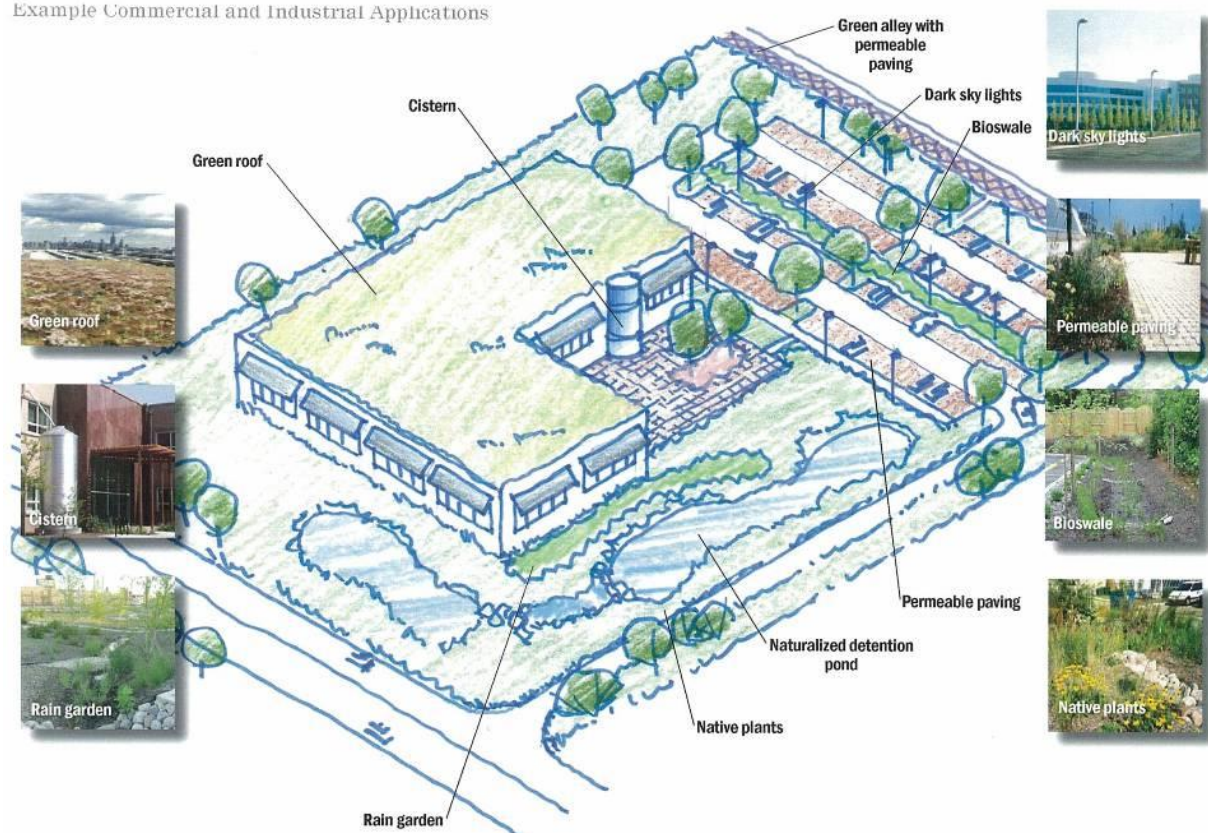


図 1 シカゴ市の Green Alley Project に見るグリーンインフラの導入例

3. 日本におけるグリーンインフラ活用のハードル

日本においては、都市型豪雨対策に広くグリーンインフラを活用するという考え方は緒に就いたところといえる。意識は高まってきたものの、設計に多用されるまでには至っていない。理由は、それを要求する法律や制度の未整備などが障害となっていると考えられる。またグリーンインフラを取り込むためには、多くのことを検討しなければならない。例えば工法上のメリット・デメリット、資材、植物種、生育のための植栽基盤のあり方、メンテナンス手法などである。すなわち、アメリカの先進事例をそのまま日本に移植することは難しいのである。

日本の都市は狭小地であるため、それに合わせた工法開発の余地が十分にあるテーマだ。具体的には、車道もしくはそれに隣接する基盤の改変には、当然道路管理者の理解が必要となる。Bioswale に水を溜めるとなると、児童への危険性や蚊の発生など、道路とは違った部署から問題提議がなされるはずである。そこで、「植栽基盤の下層に水を一時的に溜めつつ、植物へ水の供給が可能にできれば」と考えた。雨水枡や浸透側溝はどのような開発地でも見られる施設だが、その一部が植栽基盤としての代用や微気象緩和の装置として活用できれば、開発の価値は十分に上がり普及に弾みがつくと考えられる。「環境に優しい」だけでなく、発注者や設計者がそのメリットを実感できる扱いやすさ（技術面、価格面を含めて）にすりおろす必要がある。

4. 水を溜める隙間に根が入るのか。

野島らは「4種類の根系誘導耐圧基盤におけるクスノキ根系の生育特性」日本緑化工学会誌 第36巻 第3号（2011年）で、礫間に良質な生育助材が存在することで根が伸長し生育が良好になったと報告している。コンクリート再生砕石（単粒度 40mm～20mm）の礫を使用して、生育助材が存在する場合としない場合の比較を行い、生育助材が存在する区では根の伸長が明らかに多かった（クスノキ、移植から4年4ヵ月後）ことを報告している（写真4）。根は骨材が高アルカリ素材であっても、生育助材を介することで礫間を伸長することが可能であるといえる。

次に、コンクリート再生砕石に雨水が伸入した場合の pH の変化をみた。コンクリート再生砕石に腐植等の助材を付着させた場合、高アルカリ（pH11.5 程度）は腐植に含まれる酸性官能基の働きで pH8.5 程度を維持できることが判明した（図2）。貯留水は基本的に24時間以内に地下に浸透することが条件となるが、根に対する影響はないといえる。



写真4 右は再生砕石のみ、左は再生砕石に助材を付着させた。（クスノキ4年4ヵ月後）

腐植物質と粘土の働き

水にアルカリを滴定すると、溶液全体はアルカリに傾く。しかし、腐植を少し入れることで、どこかのpHで急にアルカリ化が遅くなる時点が出てくる。これが緩衝。

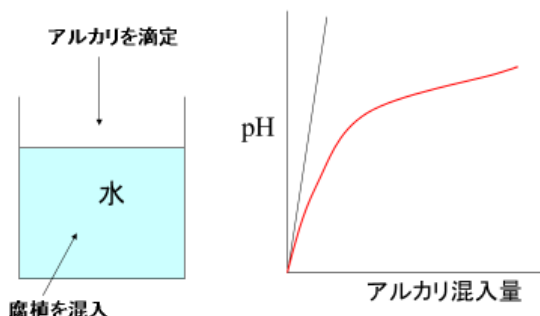


図2 腐植と粘土のアルカリ緩衝効果

5. 気温低減効果

J・ミックス槽内に一時貯留した雨水は、樹木の蒸散作用で葉から空中に1gの水が放出される時に約540calのエネルギーを大気から奪う。浅輪らは「大型重量計を用いた単木樹木の蒸散量の計測法とその精度確認」日本緑化工学会誌 第38巻第1号(2012年)で、高さ6.4mのケヤキは夏季(2010年8月23日～28日)に1日平均約20.2リットルの水分を蒸散させていると報告している。これによると単純計算ではあるが1日に約1万kcalの熱を大気中から奪うことが可能であることが分かる。高木と雨水の一時貯留が可能な植栽基盤を連携すれば、大きな気温低減効果が期待できる。また、地表面の保水性ブロックは地下の水分を蒸発させ微気象改善効果があるとされているが、その下にJ・ミックスを直接路盤として使用すれば、地下の水分と連動しながら舗装表面の気温低減効果をより大きくすることが可能となる。

6. 日本国内での活用例

具体的な活用場面を以下に示す。**図3**は実際のレインガーデンでの活用方法である。道路からの雨水を地表から導入管を通じて地下に導き、一時貯留後地下に浸透させる方法である。**写真5**は公園などの雨水を礫間貯留して、その貯留槽に樹木の根を誘導して蒸発散作用を通じて冷却効果を発揮させようという事例である。**図4**は歩道路床部分に施工して、雨水の貯留浸透と同時に街路樹の根を誘引して、生育と同時に根上がり防止効果を発揮させることができる工法である。**図5**は従来の雨水枡の充填材として活用する方法である。浸透側溝にも使用できる。

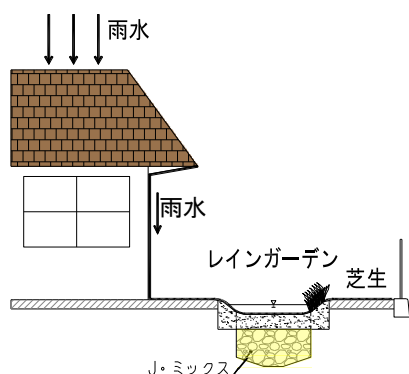


図3 レインガーデン下層にJ・ミックスを施工



写真5 貯留槽に根を誘引する手法

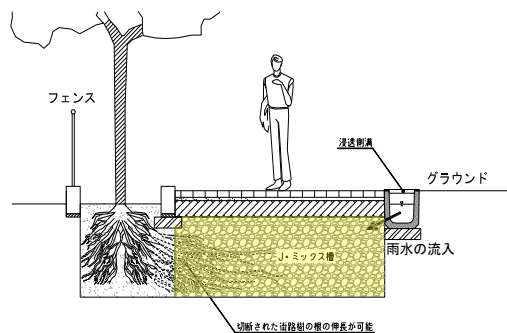


図4 歩道下に施工。雨水貯留浸透槽として活用する。

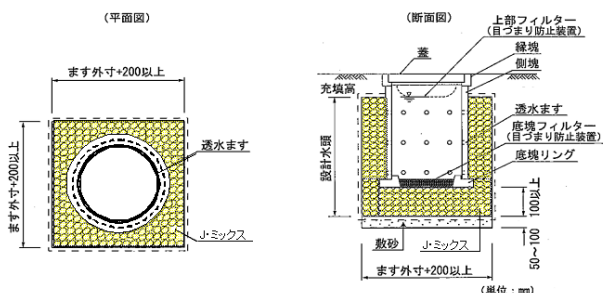


図5 雨水枡の平面図(左)と断面図(右)