

雨の庭™とその諸問題—汚染物質除去と蚊の対策

特定非営利活動法人日本ゼリスケープデザイン研究協会 小出 兼久

1. はじめに

雨の庭™は、グリーンインフラストラクチャー(以下、グリーンインフラ)という都市基盤形態の一つで、雨水の管理を目的として設置されるものであり、20世紀末の米国で生まれた「低影響開発」という概念の下で発展してきた、硬質な舗装面を流出する雨水を導いて浸透させるランドスケープ装置である。ここでは、米国の事情を基に雨の庭™の概略とそれにまつわる課題について述べたい。

2. 米国における下水道の問題

都市に降った雨の処理は、従来、公共下水道や雨水下水道が行ってきた。都市化で増加した建物屋根や道路広場などのコンクリートやアスファルトの舗装面は、多くが不浸透性であり、そこに降った雨は地中へ浸透することなくそのまま表面から流出し、排水溝を経て下水道へと誘導される。この表面流出水は、管渠を經由して集中処理施設へ運ばれて処理され、地域の水域へ放出されるのが、米国における通常の処理であった。

しかし、都市化による表面流出水の増加は、温暖化など気候変動による豪雨の苛烈化や頻繁化も伴って、下水道からのオーバーフローを発生させるようになり、その頻度や量が多くなった。米国の歴史ある大都市の多くが合流式の下水道を有していたことも、下水道からのオーバーフローを助長させることになった。合流式下水道からのオーバーフローは、大都市で大きな問題となった。

未処理汚水が表層水域に排水されるのが問題なのは勿論であるが、一見無害に見える舗装面から流出して下水道に流れ込んだ雨水にも、車に由来する重金属や油脂、芝生や庭からの栄養素や農薬の成分、ペットの糞尿などが含まれており、このような雨水が豪雨のピーク時に下水道へ殺到し、オーバーフローとしてそのまま街や水域に再びまき散らされるのは、大変な問題であった。

3. 低影響開発：新しい雨水管理

このような経緯から、1990年代に「低影響開発」という統合的な雨水管理の手法が生まれた。このことは、雨はタンクに溜めるだけの活用ではなく、集めて水域にたれ流すものでもなく、水を循環さ

せて地下水を涵養することが大事であること、また、水が重金属や化学物質、栄養素などに汚染されるままに手をこまねいてはならないという認識の芽生えでもあった。

従来の箱物の雨水下水道(以下、グレーインフラ)を新設するには多額の予算がかかる。とくに、歴史ある都市ほど古い下水道設備を抱えており、その更新に莫大な金額を必要としている。こうした事情の中、従来のコンクリート主体の下水道に対して、植物と土壌によって雨水管理をする設備が考え出された。それがグリーンインフラであり、グリーンインフラはグレーインフラよりも安価で、また、グレーインフラとの併用が可能のため、現在では全米各地の自治体で実践が行われている。

4. 雨の庭™とはなにか

雨の庭™は、多くの持続可能な雨水管理の実践、つまり低影響開発実践のひとつである。それは、雨水を可能な限り早くその場から処理施設や最も近い水域に輸送する従来のアプローチとは対照的に、雨水をその場で資源として扱う。米国環境保護庁(U.S.EPA)の定義から引用すると、雨の庭™とは、不浸透性表面から流出した雨水を24時間から48時間かけてゆっくりと地面へ浸透させるための、浅く造園化されたくぼ地である。

4.1 重金属と雨水の表面流出

雨の庭™での流出雨水の浸透は、堆積物の物理的沈降と重金属などの汚染物質、およびリンなどの栄養素の吸着を可能にする。堆積物とは、雨が浸透できない硬質表面に付着した大気から落ちてきた粒子であり、重金属は道路や車両の摩耗によって硬質表面に付着するものである。栄養素は、主に芝生や庭への肥料などが由来である。雨や雪が降るとこれらが洗い流され、下水道へと入り込む。雨水管理対策がなければ、流出した雨水は、汚染物質や栄養素を湖沼や河川などの表層水域へと運んでしまう。重金属による水域の汚染は、食物連鎖のあらゆるレベルに影響を与え、水生生物の生存を脅かすことになる。

雨水の表面流出によって含有が懸念される重金属は、亜鉛、鉛、銅、クロム、水銀、ニッケル、

カドミウム、ヒ素である。次の表は、路面に存在する水域の汚染物質のうち、主に金属成分が何に由来するのかをまとめたものである。

表 道路表面から流出した雨水に含まれる重金属等の供給源。(Torno 1994)

金属	供給源
アルミニウム	自然やアルミニウム精錬などの人為的提供源
カドミウム	タイヤの摩耗、ブレーキパッド、土壌の燃焼、殺虫剤、その他
クロム	溶接金属メッキの腐食、エンジンの可動部品、ブレーキライニングの摩耗
コバルト	タイヤ、車両機器製造からの汚染水や汚染物質
銅	金属メッキ、ベアリングやブッシュ(すべり軸受)の摩耗、エンジンの可動部品、ブレーキライニングの摩耗、殺菌剤や殺虫剤
鉄	車体の錆、鉄道の構造物、エンジンの可動部品、車体の腐食
鉛	有鉛ガソリン、タイヤの摩耗
ニッケル	ディーゼル燃料やガソリン、潤滑油、金属メッキ、ブッシュ(すべり軸受)の摩耗、ブレーキライニングの摩耗、アスファルト舗装
亜鉛	タイヤの摩耗、モーターオイル、グリース

また、重金属は路面だけでなく大気中でも発見される。大気からの堆積物としての亜鉛の量は交通量と相関しており、銅、カドミウム、ニッケル、鉛の量は交通渋滞と相関している。他方、雨の庭™に流れ込む雨水には、リン酸などの栄養素が含まれることもある。こちらは主に緑地や芝生、庭などで施された肥料が供給源で、こうした栄養素の含まれた雨水が未処理のまま水域に大量に流れ込むと、富栄養化の原因となり、ひいてはこちらも水生生態系に影響を及ぼし、水域の劣化を招くことになる。

4.2 雨の庭™の汚染物質除去メカニズム

雨の庭™は、グリーンインフラの一つの形態であるが、「庭」という呼び名のとおり、どちらかと言えば、小規模な空間や私有地で展開される。それは、樹木や土壌を含むバイオレテンション(生物滞留)領域であり、上述の硬質な舗装面を流れ出た雨水を集めて浸透させることで、主に、沈降、ろ過、吸着、植物による取り込み(吸収)の4つのプロセスからなる除去メカニズムが作用する。それによって、舗装表面を流出した雨水からの重金

属や栄養素の除去を行う非常に有用な設備である。

沈降およびろ過は、粒子状の汚染物質を効果的に除去する。これによって、重金属の粒子は雨の庭™の土壌が目詰まりしない限りにおいて、すなわち、十分な浸透性が保持されている限りにおいて、舗装された集水領域から流れ込んだ雨水から除去される。

溶存した重金属の場合は、土壌有機物や粘土への吸着によって雨水から除去される。しかし、土壌の吸着能力が飽和すると、溶解した重金属は吸着されずに放出される。この溶存重金属は、微粒子と結合した重金属よりも生物が利用しやすいため、水生生態系にとってはより有害となる可能性があり、溶存重金属の長期保持が特に重要であると考えられる。しかし、現在の多くの研究では、ほとんどの場合、重金属は微粒子状で発見されており、溶存重金属の研究はこれからである。

また、くぼ地の植物は、一定期間定期的に水のある状態で浸水しても耐えられる能力がある。植物には栄養素を取り込む機会があるので、雨水の栄養素の濃度は生物学および化学のプロセスを経て低下させられる。雨の庭™の植物は美観にも貢献していることが、単なる雨水インフラとは異なる点である。

4.3 重金属除去と雨の庭™の寿命の問題

雨の庭™は汚染物質を雨水から取り除くのに非常に効率的で便利なものであるが、利用を続けていくと気になる問題が生じる。すなわち、ブレークスルー(溶存重金属がバイオレテンションシステムから浸出し始める)と、バイオレテンション土中の重金属濃度が規制閾値に達するのはいつかという問題である。私は2000年代初頭、まだ雨の庭™の黎明期に米国で視察した際に、これらの質問を直接担当者につけたことがある。その答えは、「分からない」というものであった。ある者は「10年程度ではないか」と答えた。「そうだったらどうする?」「土を入れ替える」そんな問答をした覚えがあるが、しかし、当時既に他の地域ではバイオレテンション域を設置してから10年以上が経っているところもあった。また、その訪問先もその後、土を入れ替えたなどの話は伝わってこなかった。このことは、今なお不明な点が多いことを示している。雨の庭™を推奨するサイトをみてもその種の情報量の少なさがうかがえる。

しかし、その答えは「環境に依存し、さまざま

である」からだと言うのが一般的だ。そこには、ブレイクスルーが発生するまでの時間や、土中の重金属が有毒濃度にまで上昇するのに要する時間を長引かせる要素がある。例えば、①元々雨の庭™に流入する雨水の重金属濃度が低い、②土壌有機物が多く含まれている、③流域の影響が小さい、④堆積物や関連する重金属を捕捉するための前処理施設がある、などである。中でも、②に関連する堆肥が果たす役割は大きなものである。

4.4 結論

未だ研究半ばであり、今後変わる場合もあるが、現在までの研究によれば、一般的に、雨の庭™の土壌が一般的な有機物含量で構成されているのならば、そのバイオレテンションの重金属濃度は、「一般的な」濃度を示しており、重金属が雨の庭™の土壌中で有毒とされる濃度まで上昇するのに要する時間または「ブレイクスルー」は、少なくとも典型的な有用な生物滞留や舗装の寿命と同じであることがつきとめられている。

5. 雨の庭™は蚊の生息地となるか

雨の庭™は水を一時的に溜めて保持するため、蚊の幼虫の潜在的な生息地となるのではないかと指摘されることがある。蚊は、西ナイルウイルスや犬のフィラリア、東部馬脳炎(EEE)、マラリアなどの多くの病気を伝染させる。日本でのデング熱騒動も記憶に新しい。しかし、結論から言えば、その心配はほとんどない。なぜならば、雨の庭™の排水速度は24時間から48時間、長くても72時間だからである。

蚊は世界に3,000種以上が生息し、種により行動やライフサイクルは異なるが、幼虫の段階ほどの蚊の幼虫も水中で暮らす。この生息地となるのは、湿地、水が溜まった木のうろ、池、水たまり、貯水池、排水溝、タイヤなどの水の溜まる場所すべてだが、逆に、流れの速い川や湖のような広々としたオープンな場所は生息には適さない。

蚊の卵は、大抵24時間から48時間で孵化する。卵が孵化すると、幼虫は4つの段階を経て蛹となり、成虫へ脱皮する。一般に水が温くなるほど速く生長し、蛹の段階は2日ほどと短い。最も暖かい天候では、蚊は5~7日間で卵から成虫になる。それは、蛹の段階に到達するには早くても3~5日かかるという意味であり、すなわち、上述の推奨速度で雨が浸透する雨の庭™ならば、蚊の生育地とはならないのである。

5.1 雨の庭™を蚊の発生から予防するには

雨の庭™に蚊が発生しないようにする最良の方法は、「雨の庭™は蚊の生息地になるかもしれない」という可能性を受け入れ、それに応じた設計、施工、維持を行うことである。雨の庭™は遅くても72時間以内に完全に排水(浸透)するように設計・施工する。なお、安全率を考えて、この浸透時間として48時間を推奨する都市や団体もある(冒頭のU.S.EPAなど)。実際にボウフラが雨の庭™で発見された場合、72時間後も雨の庭™に水が残っているのならば、雨の庭™の使用をいったん停止し土壌の排水性を改良しなければならない。

U.S.EPAの研究によれば、雨の庭™の排水能力の不足は、排水性の悪い土壌に依存する。土壌テクスチャの試験が高粘土含量を示す場合、雨の庭™の深さは8cmまでとし、蒸発を多くする方法として、浸透を補完できるようにすることができる。また、砂質成分を増やすような土壌改良もすべきである。粘土含量の高い掘削庭園の浸透を増加させるために、砂で穴を埋めるのもよい。また、大前提となる原則は、すべての場所が雨の庭™に適しているわけではないということである。

蚊の駆除を目的とした化学薬剤の散布は、伝染病の予防などの特別の目的をもってなされる場合を除き、雨の庭™の本来の役目である水質の向上・保全という観点から推奨されない。雨の庭™は生物や土壌という自然の力ですべての人工的な物質を水から取り除くための装置である。

その寿命や汚染物質除去効率の維持に関してはいまだ研究が継続中である。私は、新しい結果によって、雨の庭™がより効率的な方法に変化していく過程を見守っている。

小出 兼久 (こいで かねひさ)

特定非営利活動法人日本ゼリスケープデザイン
研究協会 ランドスケープ・アーキテクト
(〒398-0004 長野県大町市常盤809)

主な仕事：低影響開発(グリーンインフラストラクチャー)

仕事に対する思い：今ある環境をできるだけ損なわずに次世代へ譲りたいと思っている。

趣味：トレイルウォーキング

