

大林組のグリーンインフラ技術

相澤 章 仁 長野 龍 平 高 森 万 貴

十 河 潔 司 日 野 良 太
(エンジニアリング本部)

Green Infrastructure Technologies of Obayashi

Akihito Aizawa Ryohei Nagano Maki Takamori

Kiyoshi Sogo Ryota Hino

Abstract

Green infrastructure has been incorporated into social infrastructure in Europe and the US, and it is being used in Japan. This study introduces green infrastructure technologies developed by Obayashi to date. Technologies for rural areas include greening slopes and water purification. Technologies for urban areas include heat island mitigation and urban flood control, and evaluating the functions of green infrastructure. Technologies for the seaside include those that create habitats for organisms that are expected to enjoy their services. In the future, we will evaluate the functioning of green infrastructure and promote them in collaboration with other topics such as SDGs and carbon neutrality.

概 要

グリーンインフラの概念は欧米を中心に社会インフラに取り入れられてきており、我が国でも多くのプロジェクトで採用され始めている。そこで本稿では、これまで大林組が開発してきた技術のうち、グリーンインフラ技術として再評価できる技術を山里、都市、海辺の3つのエリアに分けて紹介する。山里を対象とした技術では、法面や斜面の緑化に関する技術や水質浄化に関する技術が挙げられた。都市を対象とした技術はヒートアイランド緩和や都市型洪水の抑制を目的としたハード技術に加え、グリーンインフラの機能評価を行うソフト技術が挙げられた。海辺を対象とした技術は、アサリをはじめとする生物の生息環境を創り、そのサービスを楽しむことを期待する技術等が挙げられた。今後はSDGsやカーボンニュートラルなどのトピックスも取り入れながら、グリーンインフラ関連技術のさらなる研究開発を推進していく。

1. はじめに

2000年代以降、自然を賢く利用することで人間と生態系の調和を目指す仕組みとして“グリーンインフラ”が世界的に注目されてきている。日本でも2010年代中頃から“グリーンインフラ”という言葉が国土形成計画などの国の政策でも使われはじめ、2019年には国土交通省によりグリーンインフラ推進戦略¹⁾が策定されるなど、国内での積極的な展開を促す仕組みが形成されつつある。

本稿では、グリーンインフラに関する簡単なレビューを行い、大林組がこれまで開発してきたグリーンインフラ技術を紹介する

2. グリーンインフラの定義と特徴

2.1 グリーンインフラの定義

国土交通省のグリーンインフラ推進戦略¹⁾の中では「グリーンインフラとは、社会資本整備や土地利用等のハード・ソフト両面において、自然環境が有する多様な機能を活用し、持続可能で魅力ある国土・都市・地域づくりを進める取組」との定義づけがされている。

グリーンインフラの解釈は取り扱う国や機関によって異なるが、言及されている共通の特徴がいくつかある。本章ではそれらの特徴について紹介するとともに、近年国内外で特に注目されているグリーンインフラ活用による雨水の流出抑制や貯留効果について、取り上げて紹介する。

2.2 自然が持つ機能の賢い利用

自然が持つ機能を賢く利用するという考え方は新しいものではなく、有史以来人間が自然資源を活用し、また脅威から逃れるために身につけてきた考え方である²⁾。グリーンインフラはこのような考え方を発展させ、自然が持つ機能の客観的評価を行い、その自然に適した場所に適用することで、機能を賢く利用するものである¹⁾。これまでも学術研究などでヒートアイランド対策としての緑地の効果³⁾、緑地が地価に与える影響⁴⁾、緑化が健康に与える影響⁵⁾など、緑地や緑化の機能的評価はなされてきた。グリーンインフラではこれらの科学的知見を設計やデザインと結びつけ、意図的にその機能を利用することが求められる。

雨水浸透機能を見込んだグリーンインフラの導入で有

名なアメリカ・ポートランド市は、地下での下水逆流防止対策が必要となったが、下水管の拡張・修繕計画よりもグリーンインフラ導入に伴う費用対効果が高いことを明らかにしている⁶⁾。機能評価がしっかりとなされていれば、このようなコスト比較をした上でのグリーンインフラの導入も可能となる。

2.3 グリーンインフラの多機能性

グリーンインフラに関して頻繁に言及される特徴として“多機能であること”があげられる^{1,2)}。従来のインフラは単一の高い機能の発揮を見込んで設置されるものが多いが、グリーンインフラは個々の性能は高くないものの、多様な機能を発揮することが特徴である。例えば、コンクリートの防波堤は津波や高潮を防ぐ高い効果があるが、それ以外の機能は一般に期待できない。それに対して、防潮林は、防波堤と比較すると防災効果は低いが、使い方によって公園や市民の憩いの場としての機能や防砂機能、生態系保全機能なども期待できる。

多機能性については、その評価を定量的に行うことは難しいという欠点もある。これは、それぞれの機能の評価を統合する手法を確立することが難しいためであるが、レーダーチャートによる評価などを織り込むことは、ひとつの打開策となると考えられる。

2.4 従来のインフラとの関係性

グリーンインフラが緑地をイメージさせるのに対して、従来のインフラ構造物はコンクリートが主体であることからグレーインフラと呼ばれている。“グレー”という言葉は少なからず否定的な印象を与えるが、グリーンインフラの概念が広まる中で「グリーンインフラは従来のインフラを否定したり、完全に置き換えたりするものではない」という認識も同時に広がりを見せつつある。また、グリーンインフラとグレーインフラの境界は、明示的に示されるのではなく連続的に変化するものであり、グリーン・グレーが融合したハイブリッドインフラを考案する動きもみられている。

2.5 雨水流出抑制機能

雨水流出抑制を目的として設置される緑地（雨庭・バイオスウェル）や貯水池は、都市部の内水氾濫対策として近年注目されている。また、合流式下水道では想定以上の降雨に伴い公共用水域に下水が排出されるため、水質汚染防止という観点からも、これらの施設を用いる事によるリスク低減が期待される。

雨水浸透を目的とした浸透トレンチ、透水性舗装などの施設は人工物を使用することが多く、一見自然の機能を用いていないように思える。しかしこれらの技術は、土壤への浸透という自然の機能を利用して水循環を正常化させるなど、自然全体を支える大きなシステムの回復に寄与するため、グリーンインフラとして捉えることができる。

3. 大林組のグリーンインフラ技術

3.1 自然が有する多様な機能の定義

本稿ではグリーンインフラの定義で用いられる「自然が有する多様な機能」を環境省作成の生物多様性国家戦略2012-2020⁷⁾における「生態系サービス」と捉え、これ



Fig. 1 大林組のグリーンインフラ技術の例
Green Infrastructure Technologies of Obayashi

Table 1 大林組のグリーンインフラ技術
Technologies of Obayashi Which Have Relations with Green Infrastructures

技術名	概要	生態系サービス				
		供給	調整	文化	基盤	
山里を 対象と した技 術	水際植生帯の早期再生システム	塩分濃度が高い汽水域でも早期に水際植生帯を再生することができる工法。		水質浄化 護岸保護	生態系創出	
	リバーベント®工法	緑化を行いながら河川水の浸透による堤防決壊を抑制できる堤防強化工法。		法面保護		
	緑地による排水の浄化システム	植物と土壌を用いて効率的に排水を浄化するシステム。		水質浄化	景観向上	
	強酸性土壌の斜面緑化工法	地盤にチップクリート®を設置することで、酸性物質の影響をなくして、斜面を緑化する工法。		法面保護	生態系創出	
	低管理型緑化工法	チップクリート®を格子状に吹き付け、緑化景観を保ちつつ除草作業を大幅に軽減する工法。		法面保護	景観向上	
	ピオトープ（山里）	建設によって失われる自然環境を代償するためのピオトープを造成・管理する技術。		洪水調整	景観向上 環境教育	生態系創出 水循環
都市を 対象と した技 術	グリーンキューブ®	屋上緑化などにおいて、植生基盤の土壌水分を制御して、維持管理を軽減する技術。		微気象調整	景観向上 環境教育	生態系創出
	打ち水グラスパーク®	自動灌水機能を備えており、車が走る舗装面で、緑化と雨水浸透の両方を実現する技術。		微気象調整	景観向上	生態系創出
	ピオトープ（都市）	建物敷地内で大人も子供も一緒に楽しめるピオトープづくりを行う技術。		洪水調整	景観向上 環境教育	生態系創出 水循環
	透水性舗装	優れた透水性、白色舗装による熱緩和、貯水の浄化機能等の特徴を持った透水性舗装。		洪水調整 微気象調整		水循環
	都市樹木の降雨遮断効果	樹木の枝葉で雨が捕捉され、一部が大気中に還る降雨遮断効果を評価できる技術。		洪水調整		水循環
	蛇籠遮水壁	平常時は生物の棲み処となり、豪雨時には間隙に仕込んだ材料が膨張し遮水壁になる蛇籠。		洪水調整		生態系創出
	自動拡幅型集水樹	水位の上昇に伴い自動でふたが持ち上がることで、一時的に貯水容量を増加できる集水樹。		洪水調整		
	いきものナビ®	計画地の生物多様性を確保し、自然環境の質の向上を目的とする生物誘致環境評価システム。			景観向上 価値向上	生態系創出
	生物の生息地評価モデル	都市の緑地において、生物が好んで訪れる場所や移動経路を予測し、見える化する技術。			鳥類観察	生態系創出
	ゼフィルス®	屋外の風環境を予測するシステムで、植栽による「心地よい風」の創出をサポートする。		防風機能		
アッピーアス®	建物周りの屋外熱環境を予測するためのシステムで、壁面緑化の機能評価等も可能。		微気象調整			
心地アップナビ®	利用者の快適感指標を算出し、快適感を向上させる場所と過ごし方を提案する技術			健康 活力向上		
と海 し 辺 た を 技 対 象	エコルム®工法	石積み浄化堤を造成し、そこに生息する微生物や海生生物などの機能で海水を浄化できる技術。		水質浄化		
	アサリの育成場創成	浅場を潜堤で囲み、塩分の濃度差を小さくし、良好なアサリの生育環境をつくる技術。	食料供給	水質浄化	潮干狩り	生態系創出
	津波シミュレーション	津波の発生から、陸域への浸水までを解析する技術で、防潮林の効果も一定程度考慮できる。		防災減災		

を同戦略で示される以下の4つのサービスに分類した。

1. 供給サービス:食料, 燃料, 木材, 繊維, 薬品, 水等, 農林水産業等を通じてもたらされている人間の生活に重要な資源を供給するサービス。
2. 調整サービス: 森林があることによる機構の緩和, 洪水抑制, 水の浄化など, 環境を制御するサービス。
3. 文化的サービス: 精神的充足, 美的な楽しみ, 宗教・社会制度の基盤, レクリエーションの機会等を与えるサービス。
4. 基盤サービス: 上記 1-3 を支えるサービスであり, 植物の光合成による炭素隔離, 土壌形成, 栄養循環, 水循環等がこれに当たる。

本稿では, 自然を創出・再生・修復することを通し, 上に挙げた1-4の生態系サービスを楽しむ技術を「グリーンインフラ技術」と定義する。

3.2 大林組のグリーンインフラ技術と生態系サービス

大林組がこれまで開発してきたグリーンインフラ技術のイラストをFig.1に, そのグリーンインフラがもたらす機能を生態系サービスという観点からまとめたものをTable 1に示す。開発技術の中では水質浄化や洪水調整, 法面保護, 微気象緩和といった調整サービスをもたらすものが多かった。このことは, これまでのインフラ整備でも自然の機能を利用した技術開発がなされてきたことを示している。

文化的サービスに関しては, 景観向上などの機能が多く見られたが, ビオトープによる環境教育や心地アップナビ®を用いた活力向上なども文化的サービス向上に寄与する技術と判断された。

基盤サービスについては, 緑地を創出する技術は, 基盤としての生態系を創出しているため, いくつかの技術でフォローされていることがわかった。また雨水浸透設備などは水循環の正常化に貢献することで基盤サービスを向上させると考えられた。

食料や燃料などの供給をもたらす供給サービスとしては, 「アサリの育成場創出」が, 食料としてのアサリの供給にも関連する技術であると判断された。

3.3 各エリアのグリーンインフラ技術

ここでは大林組のグリーンインフラ技術をFig. 1, Table 1で記述した, 山里, 都市, 海辺の3エリアに分けて紹介する。

3.3.1 山里を対象とした技術

山里を対象とした技術は, チップクリート®を用いて裸地化した廃鉱山法面などの通常の植生回復が難しい地質での緑化を可能とする「強酸性土壌の斜面緑化工法」⁸⁾ (Photo 1) や, 汽水域での植生回復を早める「水際植生帯の早期回復システム」(Photo 2) などが挙げられる。

「ビオトープ (山里)」(Photo 3) は, 最終処分場やダムなどの建設工事に伴って影響を受けた自然環境の代



Photo 1 強酸性土壌の斜面緑化工法
Greening System of Slopes on Soils with Low pH



Photo 2 水際植生帯の早期回復システム
Early Recovery System for Riparian Vegetation



Photo 3 ビオトープ (山里) の例
Biotope in the Local Area

償措置として施工されることが多い。このようなビオトープでは, 希少種などの生育地・生息地となることはもちろん, 下流域の洪水を抑制するために貯水機能を持たせたり, 水質の浄化を見込んだりすることもでき, 多機能なグリーンインフラとして活用していくことが可能である。



Photo 4 打ち水グラスパーク®

Greening Pavement – “UCHIMIZU GRASS PARK” –

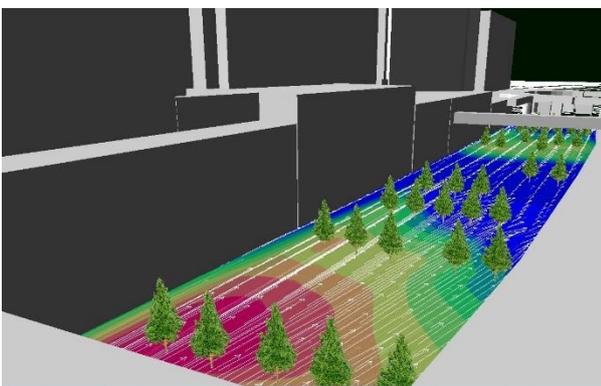


Fig. 2 風環境シミュレーター「ゼフィルス®」による防風植栽の効果に関するシミュレーション結果

Simulation Results on the Effectiveness of Windbreak Planting with Zephyrus

3.3.2 都市を対象とした技術 都市を対象とした技術は底面灌水装置を備え、駐車場などの舗装面でも緑化を行うことが可能で、更には雨水浸透機能も持つ「打ち水グラスパーク®」⁹⁾ (Photo 4) など、ヒートアイランド等の微気象緩和や雨水浸透などの浸水抑制を目的としたハードに関する技術が多く挙げられる。加えて、風環境シミュレーター「ゼフィルス®」を用いて防風植栽効果検証を行う技術¹⁰⁾ (Fig. 2) など、グリーンインフラの機能評価を行い設計等に活かすためのソフト技術も挙げられる。

「生物の生息地評価モデル」¹¹⁾ (Fig. 3) は、都市緑地で生物多様性の指標種とされることの多い鳥類や昆虫類を誘致するための植栽配置を検討することができるツールである。設計段階で敷地内での生物の出現確率を図面上に表すことができるため、生物多様性の向上を狙った設計を実現することができる。

3.3.3 海辺を対象とした技術 海辺を対象とした技術は、石積浄化堤を築くことで新たな岩礁生態系を創出し、その機能を用いて水質浄化を行う「エコルム®工法」¹²⁾などが挙げられる。

「アサリの育成場創出」¹³⁾ (Photo 5) は、汽水湖で

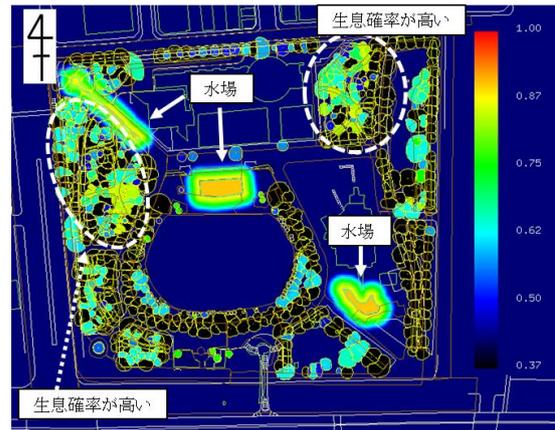


Fig. 3 生息地評価モデルによって計算された越冬期のメジロの出現確率マップ

Micro Habitat Model for *Zosterops Japonicus*



Photo 5 アサリ育成場創出の実証試験の様子
Field Test of the Clam Breeding Bed

アサリの生息する浅場の塩分濃度が低下することを防止し、アサリ稚貝の生存率を向上させる技術である。汽水湖では比重の大きい濃い塩水が低層に、淡水に近い海水が上層に分かれる塩分躍層を形成するが、アサリが生息する浅場を潜堤で囲うことで、越流を利用して海水を上下攪乱し、より良好なアサリの育成環境を創出が可能となる。アサリは重要な漁業資源であり、潮干狩りを通じて人間にレクリエーションの機会を供給するなど様々な機能を発揮することができるため、親水施設や環境対策として本技術を適用していくことが期待される。

4. 今後の展開

4.1 グリーンインフラに関する今後の技術開発

本稿ではこれまでに大林組が開発したグリーンインフラ技術を紹介してきた。今後は現在日本において着目されている雨水浸透機能に関する技術等に加え、災害対策や健康分野などに貢献するグリーンインフラを意識した技術開発が必要になると考えられる。例えば、従前においては保全のみを目的として行われる事がほとんどであった生態系配慮技術について、希少種の移植先や誘致

先をビオトープとして管理し、保水機能や教育の場の提供、緑が健康等に与える影響の評価といった機能を付加した施工方法や管理手法の開発などが望まれる¹⁴⁾。

これまで評価がなされていなかった機能については、その機能を綿密に評価し、最適な利用方法を明示していく研究開発も重要であると言える。

最後に、今後グリーンインフラを進めていくために必要な視点として、SDGsとカーボンニュートラルを取り上げ、それぞれとの関係について項目を分けて述べる。

4.2 グリーンインフラとSDGs

グリーンインフラは持続可能な社会を実現する手段のひとつであり、SDGsとの親和性も高い。自然を「賢く、持続可能に、人間のために利用する」グリーンインフラは、自然を活かしたSDGsの実践であると言える。

持続可能な自然の利用は、自然それ自体を持続可能とする事も含まれるため、SDGsの目標13.気候変動に具体的な対策を、目標14.海の豊かさを守ろう、目標15.陸の豊かさを守ろう、の達成に直接的に貢献する。また、自然の機能を人間のために利用することで、目標3.すべての人に健康と福祉を、目標6.安全な水とトイレを世界中に、目標9.産業と技術革新の基盤をつくろう、目標11.住み続けられるまちづくりを、などの実現にも寄与できるだろう。さらには間接的な効果や使い方を工夫することで、他の目標にも貢献できることは十分考えられる。

4.3 グリーンインフラとカーボンニュートラル

カーボンニュートラルを目的とした再エネ施設等は、自然地を改変して作られることも多々あり、コンフリクトを生じさせることが指摘されている¹⁵⁾。このような問題は地球環境と地域環境のどちらを優先すべきかという二元論的な議論になる恐れがあるが、対立構造をあおることなく、落ち着いた議論をする必要がある。コンフリクトを避けるひとつの手段として、グリーンインフラの炭素固定機能を評価することにより、自然を活かしながらカーボンニュートラルを達成していく技術をソフト・ハード両面から検討していくことが挙げられる。グリーンインフラの多機能性という特徴を活かすことで、このようなコンフリクトを緩和させていくことが期待される。

5. おわりに

本稿ではグリーンインフラについて、これまで大林組で開発してきた技術を捉え直し、今後どのような展開が必要になるかを議論してきた。これまで開発してきた技術もグリーンインフラを展開していくにあたり有用であることが示されたが、今後はグリーンインフラの多機能性に注目することや、それぞれの機能評価を行うことが重要である。SDGsやカーボンニュートラルなどのトピック

も取り入れながら、グリーンインフラ関連技術のさらなる研究開発を推進していきたい。

参考文献

- 1) 国土交通省：グリーンインフラ推進戦略，国土交通省，2019
- 2) グリーンインフラ研究会他編：決定版！グリーンインフラ，日経BP社，pp.20-21，2017
- 3) 竹内 智子他：東京23区における公園緑地のヒートアイランド現象緩和効果，ランドスケープ研究，66(5)，pp.893-896，2003
- 4) 愛甲 哲也他：ヘドニック法による住宅地の価格形成における公園緑地の効果に関する研究，ランドスケープ研究，71(5)，pp.727-730，2008
- 5) 岩崎 寛：人への健康効果からアプローチする新しい都市緑化の方向性—健康先進国へのパラダイムシフト—，日本緑化工学会誌，44(3)，pp.447-450，2019
- 6) Dawn Uchiyama：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戦略の最前線，日本緑化工学会誌，40(3)，pp.489-492，2015
- 7) 環境省：生物多様性国家戦略2012-2020，環境省，2012
- 8) 杉本 英夫他：チップクリート緑化工法の開発—強酸性土壌に対応した斜面緑化工法—，大林組技術研究所報，66，pp.95-100，2003
- 9) 杉本 英夫，赤川 宏幸：底面給水システムによる緑化舗装「打ち水グラスパーク」，大林組技術研究所報，74，2010
- 10) 木梨 智子他：建物周りの屋外空間を対象とした風環境評価，大林組技術研究所報，82，2018
- 11) 長野 龍平，松原 隆志：生息地評価モデルの名古屋・大阪への適用，大林組技術研究所報，81，2017
- 12) 辻 博和他：石積み浄化堤による海水浄化工法の開発（その1）—実海域の浄化堤実証施設における水質浄化の初期特性—，大林組技術研究所報，49，pp.121-124，1994
- 13) 大島 義徳他：アサリを指標とした環境調査と潜堤を用いた海水制御の効果，大林組技術研究所報，82，2018
- 14) 西廣 淳：生態系のレジリエンスと生物多様性：「変動の時代」の応用生態工学に向けて，応用生態工学，20(1)，pp.137-142，2017
- 15) Ji Yoon Kim et al.：Current site planning of medium to large solar power systems accelerates the loss of the remaining semi-natural and agricultural habitats，Science of the Total Environment，779：146175，2021