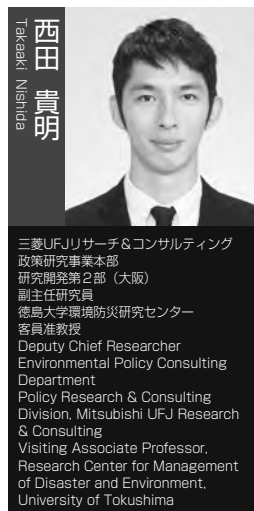


わが国のグリーンインフラストラクチャーの展開に向けて ～生態系を活用した防災・減災、社会資本整備、国土管理～

Toward Development of Japan's Green Infrastructure: Ecosystem-based Solution for Disaster Risk Reduction, Infrastructure Development, and National Land Management

近年、諸外国の自然環境保全、防災・減災、都市機能強化、農山村振興等のさまざまな行政分野において、グリーンインフラストラクチャー（グリーンインフラ）という新たな概念に注目が集まっている。グリーンインフラとは、自然環境の持つ力や仕組みを活かした社会資本整備、防災減災、国土管理ととらえられる。欧州、米国においては、すでにグリーンインフラが行政文書として用いられ、既存のインフラに新たな付加価値を与える政策や事業の展開が進められている。わが国においても、グリーンインフラは災害リスクの増大をはじめ、人口減少・少子高齢化、地域経済の停滞、自然環境の劣化等、わが国のさまざまな社会的課題の解決を図るために有効な概念となる可能性がある。わが国のグリーンインフラの概念形成にあたっては、国際的な考え方との整合性を取りながらも、日本の社会情勢や自然環境の特性を踏まえて、グリーンインフラの最大の特徴である多機能性や地域固有性を確保することが求められる。そのうえで、わが国の社会的課題の解決に向けて、行政、企業、大学、市民団体の連携と協働のもと、グリーンインフラの施策・事業の展開が進められることが期待されている。



In recent years, attention has been paid in countries outside Japan to a new concept, green infrastructure, within various fields of government administration for tasks such as environmental protection, disaster prevention and mitigation, enhancement of urban functions, and promotion of rural development. Green infrastructure policy is thought to involve infrastructure development, disaster prevention and mitigation, and national land management intended to take advantage of the power and mechanisms of the natural environment. Europe and the United States have been using the concept of green infrastructure in government documents and have been increasingly implementing policies and programs that add new value to existing infrastructure. By contrast, in Japan, the role of green infrastructure is not currently defined in government documents. However, the concept could potentially be an effective approach to solving various social issues in Japan, including increased disaster risk, a population that is both aging and declining in number, stagnant regional economies, and deterioration of the natural environment. With regard to the form of green infrastructure for Japan, it will be necessary to take advantage of the multi-functionality and regional uniqueness of green infrastructure, which are its most important characteristics, while ensuring consistency with international views and giving consideration to social situations and the natural environment in Japan. We hope that based on these ideas, the Japanese government will implement policies and programs related to green infrastructure in cooperation with companies, universities, and civic groups as a step toward solving social issues in Japan.

1 | はじめに

元来、わが国は、地震や火山噴火の頻発地帯であるだけでなく、急峻な地形、激しい降雨がもたらされる気候帯に位置し、数多くの自然の脅威に晒されてきた。そして、東日本大震災以降、集中豪雨や猛烈な台風による土砂災害、御岳山の噴火が続き、改めて、自然災害に対する国民の関心が高まっている。このような状況において、国民の安全・安心の確保に向けた「国土強靱化計画」をはじめとする防災・減災に関する政策の推進に疑念を挟む余地はない。また、わが国は、世界に類を見ない急激な人口減少・少子化が顕在化し、全国各地で低未利用地の拡大や地域産業の停滞が懸念されている。

しかし、わが国は、厳しい自然からの脅威に晒されてきた一方で、豊富に存在する自然からの恩恵を持続可能な形で利用することにより、社会・経済的にも、文化的にも、世界に類を見ない発展を遂げてきた。国土の大半を占める森林や水田は、豊富で良質の水を蓄え、農林水産業をはじめ、あらゆる産業の基盤となってきた。さらに、南北に長く連なり、起伏に富んだ地形は、さまざまなタイプの生態系を育み、地域固有の文化を生み出す基盤となり、また多様な動植物の生息・生育環境となっている。このように、わが国は、自然を脅威ととらえる一方で、自然からの恩恵を柔軟に活用してきた歴史がある。近年、このような自然の力を活用した社会資本整備や土地利用、防災・減災の取り組みが、「グリーンインフラストラクチャー（グリーンインフラ）」という新しい概念として、今まさに世界的に注目されている。

本稿では、欧米におけるグリーンインフラの政策動向を概観しつつ、自然や社会・経済の特性を踏まえて、わが国におけるグリーンインフラに求められる要素を検討し、自然の力を活用した防災・減災、社会資本整備や土地利用における活用可能性を紹介したい。

2 | 諸外国で注目されるグリーンインフラ

(1) グリーンインフラとは何か

グリーンインフラは、1990年代後半に、英国と米国

を中心に発展してきた概念である [MellCran, 2010]。実際の政策においては、2000年代後半から欧州の環境政策、および米国の都市政策の分野において本格的に導入されはじめ、現在では、防災・減災、気候変動適応、地域経済振興、農林水産業の活性化等のさまざまな政策文脈で用いられている。グリーンインフラの基本的な定義は、欧米の研究者の論文や、行政文書等で数多く紹介されている。このような行政文書を見ると、地域や国等によって異なるが、「生態系の持つ恵み（生態系サービス、多面的機能）を活用した社会資本整備、土地利用」という内容がおおむね共通して記載されている。2013年6月に、欧州委員会（EC）により発表された「グリーンインフラ政策の伝達（COM（2013）249 final）」では、グリーンインフラは、「広範な生態系サービスを提供されるようにデザインされ、管理された自然及び半自然的領域が、他の環境的諸特徴を伴うかたちで戦略的に計画されたネットワーク。」[EC, 2013] と定義されている [保屋野初子, 2014]。このような定義を比較検討すると、グリーンインフラは、おおむね「多様な自然の機能（生態系サービス）または模倣された自然の機能の活用」、「ネットワーク性」という要素が確保された社会資本としてとらえることができる。そして、グリーンインフラとしての社会資本整備は、具体的には、ネットワーク化された壁面・屋上緑化、緑の防潮堤、多目的の機能を備えた遊水地や治水ダム、緑化された交通ネットワーク等が挙げられることが多い。

それでは、なぜグリーンインフラが注目されているのか。その理由としては、グリーンインフラが、社会資本の効率的な利用、維持管理コストの低減、環境保全、社会・経済活動の振興につながると考えられているからである。たとえば、グリーンインフラの例として頻繁に取り上げられる「自然植生を活かした道路の側溝の緑化（街路樹、緑地帯、花壇等）」においては、次のようなグリーンインフラのメリットが考えられる。グリーンインフラとして扱われる道路の側溝は、通常、道路面よりも低い位置に設置され、縁石に切れ目が存在しており、道路の

水を引き込むことができる。これをグリーンインフラとしてとらえると、花壇としてのアメニティ機能だけでなく、降雨を一時的に貯留する遊水機能、排水を浄化する水質浄化機能、さらには地域の植生を提供することによる生物多様性保全の機能等、多様な機能が供えられているととらえられる。グリーンインフラとは、地域の景観向上といった単純な緑化だけではなく、さまざまな機能を持たせることで社会資本を効率的に利用し、地域の生活環境を向上させる技術でもある。もうひとつの特徴としては、グリーンインフラの導入は、インフラの維持管理のコストを下げる可能性が指摘されている。すべてのグリーンインフラに当てはまるものではないが、初期投資として一定のコストをかけ、適切な管理を行うことで、グリーンインフラの基盤である植物は、維持更新に大きなコストをかけることなく維持される。また、場合によっては、植物や生態系の成長をともなって時間経過とともにグリーンインフラの機能は大きくなっていくこともある。そして、このような多機能性、植生の維持を見据えたグリーンインフラの導入は、地球環境保全に貢献する手法となる。そして、これらの多面的な機能の発揮や、コスト削減、地域の環境保全等の新しい動きは、地域における新たな社会・経済活動をもたらすことで、社会的にも経済的にもメリットがあると考えられており、グリーンインフラは、社会・経済活動と自然環境保全を両立させる手法として、多様な政策分野からも注目されている。

(2) 欧米におけるグリーンインフラの展開状況

グリーンインフラは、諸外国、特に欧米において、先行的に取り入れられているが、欧州と米国の間でグリーンインフラの政策を記述する文脈が異なり、また地域レベルでも定義の内容はさまざまである。大雑把にとらえると、米国においては、グリーンインフラは雨水管理、水資源管理に重点が置かれており、一方で、欧州では、生態系の多機能性の発揮を強調しながら、自然環境保全の文脈で用いられる傾向にある。

米国では、EPA（米国環境保護庁）によるグリーンインフラの定義を見ると、「全体的な環境の質を向上させ、

ユーティリティサービスを提供する自然のシステム—あるいは自然プロセスを模倣した設計システム—を使った数々の製品、技術および実行を説明するために使われる用語。土壌や植物が雨水流出の浸透、蒸散あるいはリサイクルに使われるとき、グリーンインフラストラクチャーは雨水管理システムの構成要素として使用することができる[EPA, 2011]」と記載されており、雨水管理、都市災害の抑制に大きな期待が込められていることが分かる。この米国のグリーンインフラの概念形成においては、米国・ポートランド市が果たしてきた役割は大きい。ポートランド市は、早くからグリーンインフラを雨水管理の手法として政策的に位置づけ、市内に排水機能の高い緑溝やグリーンロードの整備を進めてきた。このようなポートランド市の雨水管理に関するグリーンインフラの施策や事業が、交通部局と下水道部局等の連携により効果的に進められ、都市環境整備において大きな成果を得た。その成果が米国のEPAのグリーンインフラの政策に大きな影響を与え、グリーンインフラの定義において水管理や洪水対策が重視された内容となっている。加えて、2005年に大きな被害を出したハリケーン「カトリーナ」によっても、米国は水管理や防災・減災に重きを置く方向をより強めている。実際、米国のニューオーリンズ市では、カトリーナの復興事業において、従来の海岸堤防に重きを置いた防災方針を改め、沿岸湿地の再生や活用を行う方針に転換しつつある[Van Heerden, 2007]。

一方で、欧州委員会のグリーンインフラの戦略では、多様な生態系サービス（多面的機能）の発揮や生物多様性の保全に重きが置かれた定義となっている。また、欧州各国や各都市においても、グリーンインフラに関する行政文書が作成されているが、その多くが欧州委員会と同様、生態系保全の視点を重視しつつ、国や地域の社会的課題に対応させながら、グリーンインフラの多様な機能を強調するものになっている。この理由として、欧州においては、グリーンインフラが、当初、欧州全体の生態系ネットワークの拡充を推進する「Natura 2000」や生物多様性条約会議の決議に端を発し、生物多様性の保全と持続可

能な利用を進める「欧州生物多様性戦略」等の自然環境の保全や再生を推進するための手法ととらえられたことが一因である。ただし、現在では、自然環境の分野だけでなく、気候変動の適応策等の防災・減災リスクに関する計画にも、グリーンインフラの考え方は導入されつつあり、多様な分野の行政計画を推進する手法となりつつある。

このように欧米では、「グリーンインフラストラクチャー」が行政文書として盛り込まれており、グリーンインフラの構築に向けた技術的資料も多数発表され、実際の施策や事業にグリーンインフラの考え方が反映されつつある。さらに、近年では、行政担当者や政策決定者向けのワークショップを設け、各国、各都市におけるグリーンインフラを推進する人材の育成やグリーンインフラの事業や取り組みを支援する仕組みを整え始め、本格的にグリーンインフラを後押しする流れが生まれつつある。

(3) 生態系を活用した防災・減災の議論

最近、グリーンインフラという言葉が欧米の行政機関を中心に広まる一方で、生物多様性条約締約国会議や国連防災会議等の国際会議においては、「生態系を活用した防災・減災 (Eco-DRR : Ecosystem-based Solution for Disaster Risk Reduction)」という概念も注目が集まっている。防災・減災における生態系の重要性については、1990年代後半から、さまざまな国際環境枠組、条約、合意がなされ、2005年に神戸市における第1回の国連防災会議で採択された「兵庫行動枠組2005-2015: 災害に強い国・コミュニティの構築」の文書には、環境、天然資源管理に関して「総合的な洪水管理や脆弱な生態系の適切な管理といった構造的・非構造的な方策などの災害リスク軽減を組み込んだ総合的な環境・天然資源管理を実施する」と記載され、その重要性が明確にされている。国際自然保護連合 (IUCN) は、2013年に「減災 (災害リスク低減) のための環境の手引き: 人間の安全保障と気候変動のための健全な生態系」[K. Sudmeier, 2013] を発行し、以下の通り、防災・減災における生態系の重要性を整理している。同レポートでは、生態系が減災において重要である4つの理由として、①人間の福利

は生態系に依存していること、②生態系は危険事象や気候変動影響に対するコスト効果の高い自然の緩衝剤として働くこと、③健全で多様な生態系は、極端な気象事象の影響を受けにくく、回復力も優れていること、④特に森林と泥炭地の生態系が劣化すると、気候変動が加速化・深刻化し、関連する災害も増加することを示している。

このような国際的な「生態系を活用した防災・減災 (Eco-DRR)」な議論においては、わが国も積極的に議論に関わっており、近年では、東日本大震災の教訓を踏まえて、環境省が中心となり、生態系を活用した防災・減災の重要性について、世界国立公園会議や生物多様性条約締約国会議等で積極的な発信を行っている。

3 わが国のグリーンインフラに求められる要素

諸外国において、グリーンインフラの導入は、先行的に進んでいるが、わが国でも、さまざまな分野で、グリーンインフラの適用に向けた議論が活発化しつつあり、国際的な動向も参考としつつ、わが国の自然環境や社会環境を踏まえた今後の日本にふさわしいグリーンインフラを考えていく必要がある。

その前提として、国際機関、欧州や米国の状況を概観すると、グリーンインフラの定義は、明確に定められたものはないということが分かる。生物多様性条約等の国際条約でも、グリーンインフラの必要性についての議論はされているが、定義の内容が詳細に検討された形跡はなく、加盟国の取り組みを規定するような決議もない。さらに、グリーンインフラを行政文書に取り入れている国を見ても、各国や地域によって微妙に異なっている。これは、欧州 (欧州委員会) では、生態系保全の文脈から議論が進み、米国では、雨水管理等の洪水対策の流れから定義がつけられてきたことが原因である。

しかし、欧州、米国の間での大きな方向性 (重点の置き方) の違いは見られるものの、それぞれのグリーンインフラの定義は厳密なものではなく、緩やかな文言で表現されている。その結果、グリーンインフラの定義は、国レベルで設定されている大きな方向性をとらえつつも、地域

の自然的、社会的な特性だけでなく、その地域の社会的背景、課題を踏まえて設定できるようになっている。実際、欧州委員会や各国のグリーンインフラの行政文書で示されている内容は、特定の事業を整理しておらず、かなり幅広くグリーンインフラとしてとらえることができる。欧州と米国の大きな地域の違いはありつつも、地域内で緩やかな定義の中でさまざまなとらえ方ができると、各都市や地域では、地域の社会、自然的な文脈に応じた事業が進められることになっている。したがって、グリーンインフラの定義の構築経緯を踏まえると、わが国の定義の議論においては、地域における多様な解釈を確保しながら、国としての大きな方向性を設定することが重要であると考えられる。

それでは、わが国のグリーンインフラの定義や、あり方を考える際に、その大きな方針として、どのような要素を入れていくことが望ましいのだろうか。

(1) 多機能性による複合的な便益の発揮

グリーンインフラの最も重要な特徴は、地域における社会・経済への多様な機能（生態系サービス、多面的機能）の発揮にある。グリーンインフラを活用した防災・減災の施設は、自然災害の被害を緩和、軽減する防災・減災機能だけでなく、レクリエーションの場、良好な景観の確保、地域自然資源の確保等、さまざまな社会的便益をもたらすことができる。たとえば、地域固有の生態系に合致した海岸林と防潮堤が一体となった「緑の防潮堤」は、災害時に津波や高潮の被害を抑制、軽減するだけでなく、平時においては、生態系からの栄養分の供給による豊かな漁場の形成や、美しい自然景観を活用した観光振興、地域住民の交流の場等、さまざまな機能が発揮されることが期待できる。

グリーンインフラの活用による多機能性の発揮は、防災・減災の対策を進めるうえでいくつかのメリットがあると期待される。まず、グリーンインフラの機能は、多様であるだけに、地域の幅広い範囲に便益をもたらす。つまり、防災・減災の機能は、災害リスクのある地域の住民に留まるが、それよりもレクリエーションの場として

利用する住民の数は多くなることがある。また、防災施設の整備に関心のある住民だけでなく、他の便益に関心のある住民の関心を引きつけることができる。その結果として、地域の合意形成のプロセスは複雑になるが、防災機能だけを持つ施設整備より、幅広い地域住民のニーズをとらえたインフラとなりうる。そして、このような多様な機能を評価することができれば、グリーンインフラは費用対効果として優れたものになる。実際、海外でも、グリーンインフラの多機能性をとらえた費用対効果の高さは注目されており、さまざまなレポートが出されている [S. Naumann, 2011]。Naumann (2011) では、既存のグリーンインフラの事例について費用対効果の分析を行い、グリーンインフラが多様な便益を評価対象に加えると、費用対効果として優れていることを定量的に明らかにしている [S. Naumann, 2011]。

また、防災・減災の施設に多様な機能を付加することは、地域の住民が常に目を向け、防災・減災に対する意識や関心を高める効果もある。地域住民の関心が高まれば、地域の住民に施設の維持管理の一部を担ってもらうことも可能となり、長期的なスケールでインフラの機能を高めることにもつながる。

上述の通り、グリーンインフラの多機能性は、まず、その定義やあり方を考えるうえで、欠かすことのできない要素であり、グリーンインフラの基本的な構成要素としてとらえる必要がある。

(2) 地域固有性が確保された生態系の活用

グリーンインフラの多機能性を、広範囲に、長期的に発揮させるためには、地域の自然、社会、経済活動に結びつけることが重要である。つまり、地域の固有性を重視し、地域固有の自然、文化、経済等、地域の資源と調和させることが求められる。

なぜなら、グリーンインフラの多様な機能は、地域固有の生態系が起源となり、それに適した文化や歴史、産業と融合することで効果的に発揮されるからである。森林や草地等の緑地、干潟等の生態系や生物は、本来、地域の気候、地形、土壌等の環境要因に規定され、地域の文化や

産業と相互に影響を受けながら、長い時間をかけて形成されている。そして、生態系の多様な機能は、特定の生物種や単純な構成からなる生態系よりも、昔から地域に存在する生態系において、効果的に発揮されることが知られている。さらに、このような地域固有の生態系は、自然災害等で生態系が破壊された場合でも、より早く回復する等、復元力が高いといわれている。西廣ら(2014)は、グリーンインフラの持続可能性の高さや攪乱からの復帰可能性(レジリエンス)の高さを発揮させるためには、対象地域で長い時間スケールを経て残存してきた在来生物相と生物間相互作用、それらを維持する生態系の動態や連結性が維持されることを重視して、整備・管理することの必要性を言及している[西廣 淳, 原 慶太郎, 平吹 喜彦, 2014]。

さらに、グリーンインフラに地域固有性を担保することは、地域の文化、経済活動とも結びつけやすくなり、地域振興にもつながる。地域の在来の植生を活用するためには、当然のことながら、その地域内部からの調達が必要となり、それを活用するうえでも、地域独自の手法を探すことが求められる。特に、グリーンインフラに用いられる樹木や草本等の植生は、日本国内の同じ種であっても、遺伝的な構成が異なっており、地方や県のスケールごとに地域で最適な材料は変わってくる。また、それらの樹木や草本等を育成する手法は、適地適木の考え方に基づき、地域の気候風土や地形地質に合わせて、工夫しなければならない。このように地域固有性を求めることで、地域にある自然資源や地域固有の技術が必要になり、持続可能で、地域経済に大きく貢献する社会資本整備や土地利用が進む可能性がある。

また、英国の環境・食糧・地方省(DEFRA)のレポートでは、グリーンインフラの経済的な利益のつながりを6つのロジックチェーンによって説明している[DEFRA, 2013]。同レポートでは、グリーンインフラへの投資による影響として、①居住者が感じる魅力向上による不動産価値の向上、②来訪者の増加にともなう地域の消費活動の増加、環境改善にともなう支出の削減、③地域住民

の健康改善による医療費の削減・労働生産性の高まり、④グリーンインフラに由来する生産物の販売、⑤グリーンインフラ関連事業による雇用の増加があげられ、これらの影響が相互に関連することで、⑥既存ビジネスの成長や新規ビジネスの創出、経済成長への貢献、相乗的な雇用の増大をもたらすと整理されている。

つまり、グリーンインフラは、地域の防災・減災、社会資本、土地利用に多面的機能という付加価値を与えるだけでなく、その多様な機能の発揮させる過程で、農林水産業、レクリエーション・観光業、医療、住宅・不動産業等、さまざまな地域の産業を活性化させると考えられている。そして、地域固有の資源・技術の活用は、グリーンインフラの持つ機能の独自性を高めることにつながり、地域産業中心の経済循環を促進することが期待される。たとえば、兵庫県豊岡市のコウノトリの野生復帰に向けた自然再生事業は、グリーンインフラの導入による地域内の経済循環を高めた事例ととらえることができる。豊岡市の円山川で行われたコウノトリの野生復帰に向けた自然再生事業は、高頻度で冠水する河川敷を切り下げ、河川の流量を増加させることで、地域の災害発生リスクを低下させている。さらに、コウノトリの餌場となる湿地や水田を整備することで、コウノトリの再生をブランド化した農業を推進し、地域の産業の振興に大きく貢献している。実際、地域のブランド米である「コウノトリ育むお米」には、ブランド化による付加価値がついており、その経済波及効果は年間10億円にも上ると試算されている[大沼 あゆみ, 山本 雅資, 2009]。このような地域固有の自然資源を活用することで、地域の活性化につなげる動きは、全国各地で広がっており、グリーンインフラはこの動きを後押しする存在になりうる。

したがって、グリーンインフラに地域固有性を持たせることは、全国のそれぞれの地域にある豊富な自然資源から、新しい価値を見いだす流れを創り出すことであり、わが国のグリーンインフラには極めて重要な要素である。

(3) 国際的な動向との連動性の確保

地域固有性と対峙するところもあるが、グリーンイン

フラの要素として、国際的な動きとの連動性を確保しておくことも重要である。上述の通り、グリーンインフラに対して、今や欧州、米国で本格的な行政の後押しが始まっており、また生物多様性条約等、国際条約会議においても、地球環境問題の解決策として取り上げられているテーマとなっている。さらに、今後の気候変動や生物多様性の劣化等、地球環境問題の深刻化とともに、グリーンインフラは、世界的なニーズが高まることも予想され、発展途上国等を中心とした諸外国の持続可能な発展に有効であると期待される。このような状況を踏まえると、将来的には、現在、わが国でも推進している低炭素技術の海外展開と同様の流れで、グリーンインフラが海外における新たな環境技術となる可能性もある。

現時点では、グリーンインフラの国際的な標準化に向けた動きが顕在化しているわけではない。しかし、欧州では、欧州委員会からのグリーンインフラへの補助制度における事業の採択には、欧州委員会の定めた定義に該当することが要件になりつつある。また、生物多様性条約においても、2014年10月の第12回締約国会議(CBD-COP12)において、グリーンインフラの定義は十分に議論されていないものの、都市・近郊部、土地利用計画におけるグリーンインフラの活用を推奨する決議がなされている。加えて、CBD-COP12では、2012年の前回会議で決議された「生態系に基づく水資源管理を進めるためのパートナーシップの構築」を踏まえ、「水資源管理にグリーンインフラを活用していくための非公式プラットフォーム(Platform for Natural Infrastructure Solution for Water)の構築に向けた議論が行われており、国際的なグリーンインフラに関する枠組みづくりも検討され始めている。このような流れを踏まえると、グリーンインフラに関する国際機関や各国の文書の内容が、今後、社会資本整備に関する事業に対して影響を与えていく可能性は大きい。さらに、生物多様性条約においては、先進国から発展途上国への生物多様性の保全や持続可能な利用に関する資源動員(技術、資金)の議論も別の流れでなされており、この資源動員にもグリーンインフ

ラは関係してくることも考えられる。CBD-COP12では、2020年までの先進国から途上国への資源動員の目標が定められており、今後、どのように各国がこの目標に貢献するのかが議論になると見込まれる。つまり、発展途上国への支援という政策文脈において、自然環境分野における国際的な資金動員のひとつとしてグリーンインフラが含まれていく可能性も考えられる。

現時点では、国際的なグリーンインフラに関する基準や定義は、特に見当たらないが、将来において、わが国がグリーンインフラに関する技術の海外展開を行うことも見据えて、国際的にグリーンインフラに求められる要素を取り込んでおくことも重要である。

4 | わが国のグリーンインフラの展開に向けて

本稿では、世界の動きを見据えながら、グリーンインフラの可能性について紹介してきたが、ここで防災・減災に関する社会資本整備、国土管理・土地利用におけるグリーンインフラの活用における留意点にも触れておきたい。

(1) 防災・減災の観点から見たグリーンインフラの活用可能性と留意点

グリーンインフラをどのように定義するかによっても異なるが、本稿で示した「生態系の持つ恵み(生態系サービス、多面的機能)を活用した社会資本整備、土地利用」とすると、生態系(森林、農地、草地、干潟等)の自然災害に対する防災・減災機能の活用を推進する概念と限定してとらえられかねない。しかし、防災・減災におけるグリーンインフラの活用は、自然災害の被害軽減だけでなく、発生リスクの抑制、災害後の回復・復興の観点からとらえると、その重要性が分かりやすい。

まず、生態系による被害軽減から見ると、生態系の災害の被害軽減は、森林、マングローブ林、サンゴ礁、砂浜等、さまざまな生態系のタイプで報告されている。たとえば、海岸林には、津波の波力の減衰効果があり、東日本大震災で発生した大規模な津波でも、森林により津波の進路を変えたり、海岸林によって保護されていた農地の

被害を軽減したり、漁船等の二次ガレキの捕捉に効果を発揮したことが報告されている。また、サンゴ礁は、外洋から波の物理的な障壁となり、波力を減衰させて陸地への影響を軽減することが知られている。それ以外にも、森林による土石流の緩和機能や砂浜による波浪減衰、消波の効果もよく知られており、幅広い生態系の被害軽減効果が明らかになっている。しかしながら、これらの森林の被害軽減の効果は、特定の災害抑制の機能を切り出して評価すれば、既存の人工物のインフラに比べて劣っていることが示される。特に、東日本大震災の津波のような極度に大規模な災害においては、海岸林が焼失した地域もあり、大きな効果を期待することは難しい。しかし、生態系による災害の被害軽減は、極度の災害の被害抑制としてへの対策ではなく、規模は小さいが頻発する事象に対して有効ととらえ、その多様な機能を効果的に活用することが望ましい。一方で、地域固有性に配慮した森林や水田においては、斜面崩壊の抑制機能、降雨時の遊水機能等、災害の発生確率を下げる（災害リスクを低下させる）効果があることは広く理解されている。たとえば、樹木は、雨水を葉や幹等、樹体全体で捕捉し、一部を蒸散させ、また森林土壌は雨水の移動を複雑な構造により遅らせる。これらの作用により、森林は雨水が河川に流出する量を減少させ、また時間的な遅れをもたらすことで、洪水発生を抑止すると考えられている。このような災害発生確率を下げる防災・減災の対策は、広大な面積が必要になることが多く、費用対効果の面から、グリーンインフラとして生態系の機能を活用することは有効であると考えられる。

さらに、災害後の復旧・復興においては、グリーンインフラが重要な役割を果たすと考えられる。まず、災害発生によりライフライン等が遮断された際には、森林は、一時的な燃料や食料、水の供給源となり、外部からの救援までの地域住民の生存力を高めることができる。さらに、生態系は、自然災害によって損傷を受けても、自律的に回復するため、防災機能は時間経過とともに元に戻ることもある。土壌の流出等、生態系の基盤が崩壊してし

まうと、このような自律的な回復は困難であるが、樹木の損傷等であれば数年で一定の機能を回復することもできる。実際、東日本大震災のような大規模な津波被害でも、一部の地域では、一定の植生の回復が報告されている[菅野 洋, 平吹 喜彦, 杉山 多喜子, 富田 瑞樹, 原 慶太郎, 2014]。また、地域の固有性が確保されたグリーンインフラであれば、地域の自然資源として農林水産業、観光業等の地域産業の振興や地域のコミュニティの強化等に活用することで、地域の復興に役立てることもできる。また、都市緑地で考えても、大規模災害時の火災の延焼防止や災害時の避難場所等に活用されることが知られており、復旧復興のプロセスにおいて、生態系は特に重要な役割を担うと期待される。

以上を踏まえると、グリーンインフラは、あらゆる防災・減災の施設整備に取り入れられるものではないが、防災・減災の多様なプロセスにおいて有用であり、これからの防災・減災を進めるための基本概念のひとつに位置づけることが望ましい。また、グリーンインフラは既存の人工物のインフラと対立する概念ではなく、両者の長所を活かした新しい社会資本として包括的にとらえていくことが必要であると結論づけられる。

(2) 国土管理・土地利用の観点から見たグリーンインフラの活用可能性と留意点

2014年7月に国土交通省が発表した「国土のグランドデザイン（以下「グランドデザイン」）」では、わが国が直面している大きな時代の潮流と課題として、①急激な人口減少、少子化、②異次元の高齢化の進展、③都市間競争の激化等グローバル化の進展、④巨大災害の切迫、インフラの老朽化、⑤食料・水・エネルギーの制約、地球環境問題、⑥ICTの劇的な進歩等技術革新の進展、を掲げている。このうち、これまでに論じてきた防災・減災機能をはじめとした社会資本整備の観点からのグリーンインフラは、主に上記の④が関係するが、国土管理・土地利用の観点から見たグリーンインフラは上記の6つのすべてに関係がある。

①の急激な人口減少、少子化については、上記のグラ

ンドデザインによると、現在、人が住んでいる地域は国土の約半分だが、そのうち6割以上の地点で、2050年には人口が現在の半分以上となることが予想され、さらに、全体の2割近くは無居住化になるおそれがあるとされている。人口減少は、経済の観点からはネガティブに語られることが多いが、グリーンインフラの観点からは、国土利用の質的向上を積極的に推進するための絶好の機会とも言える。たとえば、利用密度の低下等により現状の管理を続けることが困難な土地については、過去に損なわれた湿地、森林等の自然環境を再生することや、災害上、危険な土地については、地域の事情も踏まえつつ、その程度に応じた土地利用の制限などを進めることにより、生物多様性や地域の安全性の向上を図ることが可能となる。土地利用を制限し、安全な地域への居住地域の誘導を検討する際には、個々の地域において具体的にどのエリアにおいて自然の脅威（斜面崩壊、洪水等の災害リスク）があるのか、さらには、自然からの恩恵（農林水産業、レクリエーション等）が得られるのかといった具体的な現況図が必要となる。この点では、⑥のICTの劇的な進歩等技術革新の進展が今後寄与するところは大きい。

②の異次元の高齢化の進展については、①の急激な人口減少、少子化とも関係するが、国土管理の観点からも深刻な課題となっている。わが国の国土の約4割は農林業活動等により適度に人の手が加わる中で特有の生物相が形成されてきた里地里山が占めており、管理が放棄されれば自然に戻らず荒廃し、土砂崩壊や洪水等の災害リスクが増大する可能性もある。このため、グリーンインフラの観点からは、人為的な管理がなされてきた里地里山については、本来の用途で活用する方策を見いだすことを基本としつつも、管理が厳しい場合は、単なる放棄ではなく、土地の履歴や特性に即した初期投資による自然的土地利用への転換を図り、国土を荒廃させないことが必要である。たとえば、森林の適切な整備・保全により国土の保全や水源の涵養等の多面的機能を発揮させるとともに、地域が資源やエネルギーを持続可能な形で利活用する等、付加価値を高めていく視点が重要であるが、

この点については、⑤の食料・水・エネルギーの制約、地球環境問題とも関係性が出てくる。また、グリーンインフラの形成にあたっては、たとえば比較的規模が小さな河川において、地域の間伐材や石等を活用し、川の流れや深みに変化をつけ、多様な動植物が生息・生育できる環境を再生する取り組みも各地で行われつつあるが、必要となる自然資源を域外からではなく域内で活用できるメリットもあり、この点は資源制約や地球環境問題の解決のための一助ともなる。

③都市間競争の激化等グローバル化の進展については、こちらも一般には経済の観点から語られることが多いが、グリーンインフラの観点からは、都市における自然環境の保全・再生・創出の必要性が今まで以上に求められているという点にある。戦後の高度経済成長時代には開発の中で失われゆくある都市のみどりを保護するという、開発に対する保護といった二項対立的な関係にあったが、成熟社会を迎え、みどり豊かな居住環境で暮らしたい、働きたいという都市住民のニーズの高まりつつある。さらに、異常高温・熱波やゲリラ豪雨等、時には人々の生命や財産を脅かす事象が頻発していることがその背景にあるが、今後の持続可能で魅力ある安心・安全な都市づくりにおいては、既存のインフラに加えて、グリーンインフラによる自然力や自然のしくみの活用が必須となるであろう。グリーンインフラの導入による魅力ある都市は、都市間競争においても優位に立ち、海外からのビジネスパーソンや観光客の増大等、交流人口の増加につながり、ひいては経済や社会にも寄与することになる。

以上のように、グリーンインフラは、防災・減災機能をはじめとした社会資本整備の観点からだけでなく、国土管理・土地利用の観点からもそのさまざまな活用性を見いだすことができる幅広い概念であることが分かる。

（3）わが国のグリーンインフラの推進に向けて

グリーンインフラは、生物多様性や環境分野等の特定の分野に留まるものではなく、多様な分野、主体、空間で行われる施策や、事業、取り組みを自然資源の活用によって統合化し、新たな社会的価値を創出する概念としてと

らえるべきである。このため、国土強靱化や地方創生等、近年の社会的要請、動向に合致する一方で、これまでの行政、研究の体制において対応が難しい課題や障壁もある。

たとえば、わが国のグリーンインフラの展開においては、制度・仕組みの構築の観点から見ると、多様な分野をまとめる統合的な土地利用計画の策定、地域の多様な主体（行政、企業、地域住民、市民団体、研究機関等）による事業構築のプラットフォーム、地域の資源を発掘し、事業を創出する中核人材の育成等、多様な主体の連携とそれを統合化させる人材の活用が必要になる。さらに、技術開発の観点から見ると、多様な機能が発揮されるインフラの施工・維持管理の技術開発、生態系の活用による管理コストを低減する技術、多機能の一体的な評価システムの開発等、今後新たに求められる技術も多い。また、これらの制度・仕組みの構築、技術の研究開発は、それぞれの課題に特化する研究開発だけでなく、相互の知見の融合による議論が重要になる。そして、このような学際的な議論、制度設計、研究活動においては、多様な主体の連携、多層的な空間、時間スケールに基づく視点が必要になる。

グリーンインフラの展開において、このような多種多様な主体の効果的な連携や知見の統合が求められる一方で、わが国の縦割りを基本とした行政の制度・仕組み、産業界における短期的成果を求める評価制度、特定の専

門性の深化を追求する学術研究環境を考えると、対応が難しいことも多い。しかしながら、見方を変えれば、多様な分野・主体の横割りによる連携により、既存の制度や仕組みでは解決しえなかった課題を解決するだけでなく、包括的なアプローチによるシナジー効果により環境、経済、社会をより良いものにしていくための手段としてもグリーンインフラを位置づけることはできないだろうか。グリーンインフラのさまざまな可能性を考えるうえでも、グリーンインフラの定義や適用範囲を矮小化することなく、積極的に活用していく点に留意が必要である。現に一部の地域では、上記で示した多様な主体の連携を効果的に進め、地域独自の資源を効果的に活用し、グリーンインフラの観点からも先進的にとらえられる事例が現れている。また、わが国のグリーンインフラをテーマに、日本生態学会や応用生態工学会をはじめとして専門家の連携が進められ、さらに行政、学術、産業、NGO等、多様な主体が参加する分野横断的なシンポジウムや有志による研究会等が開催され、多様な主体間連携によるグリーンインフラの活用、展開の議論がなされ始めている。このような地域や学際的な議論を受けながら、今後、わが国の行政、学術研究、産業の本格的な連携、協働による制度設計、技術開発を進められることで、グリーンインフラを通じた社会の新しい価値の創出がなされることが期待される。

【引用文献】

- ・ DEFRA. (2013). Green Infrastructure's contribution to economic growth.
- ・ EC. (2013). 249 final, Green Infrastructure (GI) Enhancing Europe's Natural Capital.
- ・ EPA. (2011). Evaluation of Urban Soils: Suitability for Green Infrastructure or Urban Agriculture.
- ・ K. Sudmeier-R. Ash, E. Murtiand. (2013). 減災（災害リスク軽減）のための環境の手引き（日本語版）. IUCN.
- ・ MellC. (2010). Green Infrastructure: Concept, Perceptions and its use in spatial planning . School of Agriculture, Planning and Landscape. .
- ・ S. NaumannDavis, T. Kaphengst, M. Pieterse, M. RaymentM. (2011). Design, implementation and cost elements of Green Infrastructure projects. Ecologic institute and GHK consulting.
- ・ Van HeerdenIL. (2007). The Failure of the New Orleans Levee system following Hurricane Katrina and pathway forward. Public Administration Review 67 Supplement sl.
- ・ 菅野 洋, 平吹 喜彦, 杉山 多喜子, 富田 瑞樹, 原 慶太郎. (2014). 巨大津波直後の海岸林に生じた多様な立地の植生の変化—3年間の記録. 保全生態学研究19.
- ・ 西廣 淳, 原 慶太郎, 平吹 喜彦. (2014). 大規模災害からの復興事業と生物多様性保全：仙台湾南部海岸域の教訓. 保全生態学研究19.
- ・ 大沼 あゆみ, 山本 雅資. (2009). 兵庫県豊岡市におけるコウノトリ野生復帰をめぐる経済分析. 三田学会雑誌102(2).
- ・ 保屋野 初子. (2014). グリーンインフラストラクチャーとしてのEUの治水. 著: 蔵治 光一郎, 保屋野 初子 (編), 緑のダムの科学—減災・森林・水循環— (ページ：213—229). 築地書館6)