



## 学術提案

# 自然の賢明な活用を目指して： グリーンインフラ・NbS の推進における生態学的視点

日本生態学会生態系管理専門委員会 調査・提言部会・西田 貴明<sup>1,\*</sup>・岩崎 雄一<sup>2</sup>・  
大澤 隆文<sup>3</sup>・小笠原 奨悟<sup>4</sup>・鎌田 磨人<sup>5</sup>・佐々木 章晴<sup>6</sup>・高川 晋一<sup>7</sup>・高村 典子<sup>8</sup>・  
中村 太士<sup>9</sup>・中静 透<sup>10</sup>・西廣 淳<sup>11</sup>・古田 尚也<sup>12,13</sup>・松田 裕之<sup>14</sup>・吉田 丈人<sup>15,16</sup>

<sup>1</sup>京都産業大学生命科学部

<sup>2</sup>産業技術総合研究所安全科学研究部門

<sup>3</sup>東京都立大学都市環境科学研究科

<sup>4</sup>パシフィックコンサルタンツ株式会社

<sup>5</sup>徳島大学大学院社会産業理工学研究部

<sup>6</sup>北海道大学

<sup>7</sup>日本自然保護協会

<sup>8</sup>国立環境研究所

<sup>9</sup>北海道大学大学院農学研究院

<sup>10</sup>森林総合研究所

<sup>11</sup>国立環境研究所

<sup>12</sup>大正大学

<sup>13</sup>国際自然保護連合

<sup>14</sup>横浜国立大学

<sup>15</sup>総合地球環境学研究所

<sup>16</sup>東京大学大学院総合文化研究科

Towards the Wise use of Nature: Ecological Perspectives on promoting Green-infrastructure and Nature-based Solutions

The sub-committee for research and proposition, The committee for ecosystem management, The Ecological Society of Japan,

Takaaki Nshida<sup>1,\*</sup>, Yuichi Iwasaki<sup>2</sup>, Takafumi Ohsawa<sup>3</sup>, Shogo Ogasawara<sup>4</sup>, Mahito Kamada<sup>5</sup>, Akiharu Sasaki<sup>6</sup>,  
Shinichi Takagawa<sup>7</sup>, Noriko Takamura<sup>8</sup>, Futoshi Nakamura<sup>9</sup>, Tohru Nakashizuka<sup>10</sup>, Jun Nishihiro<sup>11</sup>, Naoya Furuta<sup>12,13</sup>,  
Hiroyuki Matsuda<sup>14</sup> and Takehito Yoshida<sup>15,16</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Life Science, Kyoto Sangyo University

<sup>2</sup>Research Institute of Science for Safety and Sustainability, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

<sup>3</sup>Graduate School of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University

<sup>4</sup>Pacific Consultants Co., LTD

<sup>5</sup>Graduate School of Technology, Industrial and Social Sciences, Tokushima University

<sup>6</sup>Hokkaido University

<sup>7</sup>The Nature Conservation Society of Japan

<sup>8</sup>National Institute for Environmental Studies

<sup>9</sup>Graduate School of Agriculture Hokkaido University

\* 〒 603-8555 京都府京都市北区上賀茂本山 京都産業大学

Kyoto Sangyo University, Motoyama, Kamamigamo, Kita-ku, Kyoto 603-8555

e-mail: nishida@cc.kyoto-su.ac.jp 2022年3月22日受付、2022年10月20日受理、2023年4月30日早期公開 (J-STAGE)

著作権は著者に帰属する

<sup>10</sup>Forestry and Forest Products Research Institute

<sup>11</sup>National Institute for Environmental Studies

<sup>12</sup>Taisho University

<sup>13</sup>IUCN Japan Liaison Office

<sup>14</sup>Yokohama National University

<sup>15</sup>Research Institute for Humanity and Nature

<sup>16</sup>University of Tokyo

要旨：近年、日本では、急速な人口減少が進む中、自然災害の頻発化、地域経済の停滞、新型コロナウイルス感染症の流行等、様々な社会課題が顕在化している。一方で、SDGs や生物多様性保全に対する社会的関心が高まり、企業経営や事業活動と自然資本の関わりに注目が集まっている。このような状況を受けて、グリーンインフラ、NbS（自然を活用した解決策）、Eco-DRR（生態系を活用した防災減災）、EbA（生態系を活用した気候変動適応）、地域循環共生圏等、自然の資源や機能を活用した社会課題解決に関する概念が幅広い行政計画において取り上げられている。本稿では、日本生態学会の生態系管理専門委員会の委員によりグリーンインフラ・NbSに関する国内外の動向や、これらの考え方を整理するとともに、自然の資源や機能を持続的・効果的に活用するためのポイントを生態学的な観点から議論した。さらに、地域計画や事業の立案・実施に関わる実務家や研究者に向けた「グリーンインフラ・NbSの推進において留意すべき12箇条」を提案した。基本原則：1) 多様性と冗長性を重視しよう、2) 地域性と歴史性を重視しよう。生態系の特性に関する留意点：3) 生態系の空間スケールを踏まえよう、4) 生態系の変化と動態を踏まえよう、5) 生態系の連結性を踏まえよう、6) 生態系の機能を踏まえよう、7) 生態系サービスの連関を踏まえよう、8) 生態系の不確実性を踏まえよう。管理や社会経済との関係に関する留意点：9) ガバナンスのあり方に留意しよう、10) 地域経済・社会への波及に留意しよう、11) 国際的な目標・関連計画との関係に留意しよう、12) 教育・普及に留意しよう。

キーワード：気候変動、自然環境政策、生態系管理専門委員会、生態系を活用した防災減災、生物多様性条約

Abstract: Recently, Japan has faced social challenges that include a rapidly shrinking population, frequent natural disasters, the stagnation of local economies, and the COVID-19 pandemic. Simultaneously, growing social interest in sustainable development goals and biodiversity conservation has drawn attention to the relationship between corporate management and natural capital. In response, many administrative plans feature concepts related to addressing societal challenges by utilising natural resources and functions, such as green infrastructure, nature-based solutions (NbS), ecosystem-based disaster risk reduction (Eco-DRR), ecosystem-based adaptation to climate change (EbA) and the Regional Circular and Ecological Sphere. By summarising domestic and international trends related to these concepts, The Committee for Ecosystem Management of the Ecological Society of Japan discussed key points for sustainable, effective utilisation of natural resources and functions from an ecological perspective and identified 12 points for practitioners and researchers involved in regional planning and project implementation to keep in mind when promoting green infrastructure/NbS. Two basic principles emphasise: “diversity and redundancy” and “regional and historical characteristics”. Six points cover the characteristics of ecosystems: “the spatial scale of the ecosystem”; and the “changes and dynamics”, “connectivity”, “functions”, and “linkage of ecosystem services”; and “uncertainties” of ecosystems. The remaining four points concern the relationships between management and socio-economy, and focus on “the state of governance”, “impacts to the local economy and society”, “relationship with international goals and related plans” and “education and dissemination”.

Key words: climate change, Convention on Biological Diversity, Eco-DRR, natural-environment policy, The Committee for Ecosystem Management

## 自然活用に向けた社会の動き

### 自然環境をめぐる社会的な状況

現在、日本は社会構造の大きな転換期にある。日本の

総人口は、明治以降の急激な増加から、2008年の1億2,808万人をピークに減少へと転じ、2050年には1億92万人程度に減少すると予測される（国立社会保障・人口問題研究所2017）。さらに、総人口に占める割合（高齢

化率)は28.4%となっている(内閣府2019)。人口構造の大きな変化は、地域経済の停滞や国土管理の担い手の不足、自然環境の荒廃、財政の悪化等、様々な問題を引き起こすことが懸念されている(国土交通省2020)。また、2011年3月に発生した東日本大地震とそれによる津波は、被災地域に莫大な被害をもたらしただけでなく、国民の災害に対する認識や理解に大きな変化をもたらした。震災後は、大規模な防災施設の整備が全国的に進んだ。同時に、大規模な人工物がもたらす負の側面、すなわち生物多様性の損失、景観の改变、維持コスト負担の増加等の問題も議論されるようになった(西廣ほか2014)。その後も、国内において豪雨災害や熱波等が頻発し、人命や財産に大きな被害をもたらしており、気候変動と関連した自然災害が顕在化している(環境省2016a, b; 環境省ほか2018; 環境省2020a)。このような災害リスクの高まりに関して、気候変動の影響に対する適応策として、災害リスクの低い地域への居住や都市機能の誘導を促し、自然災害への暴露を回避すること(環境省2016b)が挙げられる。日本社会に変革を迫っている要因は、人口減少と災害の増加だけではない。2020年から世界中に広がった新型コロナウイルス感染症は、我々のコミュニケーションや生活様式、働き方を根本的に変化させている(国土交通省都市局2020)。また、2010年以降においても社会、経済のグローバル化の速度は一層高まり、国内の地域産業も国際的な厳しい競争に晒され、地域経済の停滞も問題視されている。

現在の社会では民間企業等に対する投資資金の流れが将来の社会を形作る要因として重要になってきている。資本市場での占有率が高い投資主体が独自の投資傾向を持つことは極めてリスクが高く、結果として国際規範に沿った投資行動をとることになる。このため、企業等の経済活動においても、持続可能な開発目標(SDGs)に対する理解が広がり、企業経営や事業活動における環境・社会・ガバナンスを重視する「ESG投資」に対する社会的関心も高まっている(環境省2017)。2020年には、ESG投資の更なる推進に向けて、企業活動における自然資本の影響の開示を求める動きが広がっており、自然関連財務開示タスクフォース(Task Force for Nature-related Financial Disclosures, TNFD)が発足し、現在、企業の事業活動がもたらす自然資本へのリスクと機会を適切に評価する枠組が検討されている。さらに、このような社会的な変化を後押しする情報技術の革新も加速しており、それぞれの事象が相互に関わりながら、未だかつてない速度で社会変革が進んでいる状況にある。

2010年以降のわずか10年間においても、多岐にわたる大きな社会変革が続き、自然環境保全や生態系管理に対する期待や役割も大きく変化しつつある。2000年代初頭から2010年の生物多様性条約第10回締約国会議(COP10)まで、生物多様性の保全や持続可能な利用への社会的関心は高まり、その後、行政、民間企業、研究機関、市民団体等、多様な主体における生物多様性の取り組みが進められてきた(西田2017a; 岡野・笹淵2017; 大澤2017)。生態学の学術研究においても、2000年以前では生息適地の保全や生態系管理等がキーワードとなり、生物学的な観点を踏まえた保全対策に関するテーマの研究が中心であったが、2000年以降では、生態系の機能や環境経済との関連等が取り上げられ、人間活動との関わりを持ったテーマまで研究の対象が拡大している(Mace2014)。さらに、2000年から2014年の保全生物学において、生態学的な観点から経済や政治的な観点を含めたテーマの研究が増加しており、生物多様性保全における社会的な要因の重要性に対する認知が進んでいる(Hintzen et al. 2020)。ESG投資やTNFD等の金融分野における生物多様性への関心の高まりを受け、企業の生物多様性に関する取組を投資家に対して可視化するアプローチや手法に関しても関心が高まっている。

日本における近年の生態系の資源や機能の持続的・効果的な活用への関心は、生物多様性に関連する政策形成や学術研究における議論の変化を背景にして、防災減災、経済振興、健康等、市民の仕事や暮らしに直結する課題の解決に、生態系の機能を活用する考え方への転換が進んだものと捉えることができる。生態系の活用に関する政策課題については、後述するように、さまざまな言葉が用いられている。生態系を活用する政策の推進においては、自然保護・生物多様性保全の取組みで残されてきた自然を資源として位置付け、その価値を損なわず、持続的に、社会に役立てる発想や技術が必要であり、自然科学・人文社会科学の枠を超えた議論が求められる。この大きな動向の中で、生物多様性の維持機構や生態系の動的特性等を研究対象としてきた生態学の視点は、重要な意味をもつものと考えられる。

### グリーンインフラの定義と関連概念

グリーンインフラは、国や地域によって定義や意味する内容にばらつきがあり、日本においては「自然が持つ多様な機能を賢く利用することで、持続可能な社会と経済の発展に寄与するインフラや土地利用計画」(グリーンインフラ研究会ほか2017)や「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」（国土交通省 2019）と定義・理解されることが一般的である。これらは、自然環境の有する多様な機能を活用することで、社会課題の解決や新たな価値の創造につなげるという考え方を示したものであり、非常に広範な内容と意味を包含するものであるといえる。グリーンインフラに期待される機能としては、森林による治水、土砂災害等の防災・減災や緑地のヒートアイランド緩和だけではなく、豊かな自然環境としての観光資源、緑地の形成による景観向上、環境教育の場、コミュニティの維持等、幅広い分野の項目が挙げられている（グリーンインフラ研究会ほか 2017）。このように、日本においてグリーンインフラは、自然を活用した解決策として捉えられる NbS (Nature-based Solutions) の国際的な定義に近いものとして使われている。一般的にはインフラを構造物や施設として捉えることが多いが、本稿では、計画や制度も含めた広義の社会基盤として捉え、グリーンインフラと NbS という用語を区別せずに用いる。

グリーンインフラに関連する概念としては、Eco-DRR (Ecosystem-based Disaster Risk Reduction：生態系を活用した防災・減災)、EbA (Ecosystem-based Adaptation：生態系を活用した適応策)、NbS (Nature-based Solutions) が挙げられ、これらは国際的に受け入れられている共通定義がある（表 1）。Eco-DRR や EbA は、日本ではグリー

ンインフラ・NbS に内包される概念として捉えることができ、それぞれ防災・減災機能および気候変動適応を目的としたグリーンインフラ・NbS の取組みであるといえる（図 1）。

### 国内外の政策動向

グリーンインフラの概念について、国際的には、米国の「グリーンインフラストラクチャー行動戦略」や欧州の「グリーンインフラストラクチャー戦略」等が起点となり、生物多様性条約等の国際会議においてその概念及び戦略が共有され、日本に先行して、欧州や米国を中心に社会実装が展開されている（西田 2017b）。また、第 5 回国連環境総会 UNEA5 では NbS について、「自然の又は改変された陸域、淡水、沿岸及び海洋生態系を保護し、保全し、再生・復元し、持続可能な形で利用し管理していくもので、社会、経済及び環境の課題を効果的及び順応的に対処し、人類の福利、生態系サービス、強靱性及び生物多様性上の恩恵をもたらす行動」と定義した（UNEP 2022）。

国内において、「グリーンインフラ」という概念は、第 2 次国土形成計画（日本政府 2015）に盛り込まれた。また、グリーンインフラに加えて、生態系を活用した防災減災（Eco-DRR）の考え方も整理され（環境省 2016c）、第 5 次環境基本計画（日本政府 2018a）では、国土のストックとしての価値の向上（グリーンインフラや Eco-DRR の推進）として、「災害リスクの低減に寄与する生

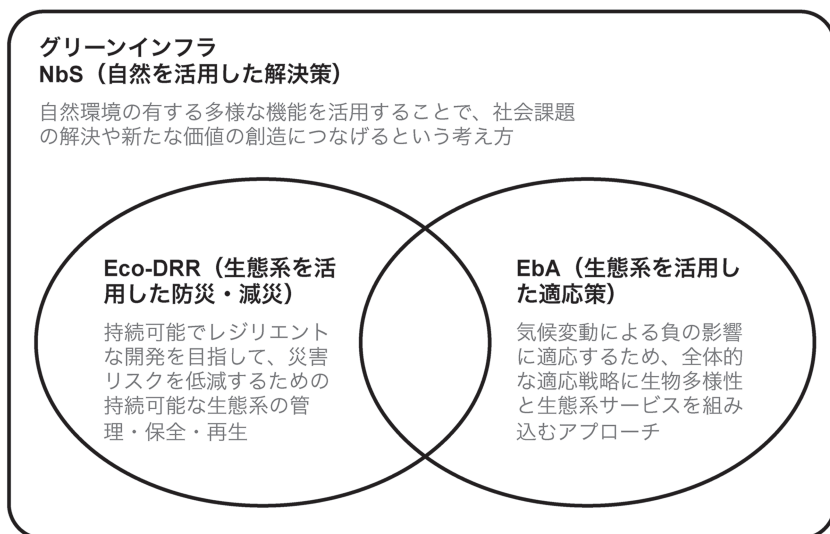


図 1. 日本におけるグリーンインフラに関連する概念。本稿における「グリーンインフラ」、「NbS (自然を活用した解決策)」、Eco-DRR (生態系を活用した防災・減災)、「EbA (生態系を活用した適応策)」の関係性を整理した。

表1. 日本におけるグリーンインフラに関連する概念。本表は、グリーンインフラ研究会ほか（2020）、IUCN（2021）より関連概念ごとの内容を整理した。\* 生物多様性条約のポスト 2020 生物多様性枠組の第 1 次ドラフト（SCBD 2021）や、第 15 回締約国会議（COP15）第一部で採択された昆明宣言では、Ecosystem-based Approaches（生態系を活用したアプローチ）として表現されている。

関連概念	内容
生態系を活用した防災・減災（Eco-DRR：Ecosystem-based Disaster Risk Reduction）	グリーンインフラを構成する手法の一つ。自然災害に脆弱な土地の利用を避けて災害への曝露を回避するとともに、生態系が持つ多様な機能を活かすことで、自然災害に強く持続可能な社会を構築しようとする手法
生態系を基盤とした気候変動適応（EbA：Ecosystem-based Adaptation）	気候変動による負の影響に対応するため、生物多様性と生態系サービスを活用することで、社会への多様な利益をもたらすとともに生物多様性保全に寄与しようとする適応手法
自然を活用した解決策（NbS：Nature-based Solutions）*	自然を活用した解決策とは、社会課題に効果的かつ順応的に対処する方法で、自然および改変された生態系を保護し、持続可能に管理し、回復させることで、人間の福利と生物多様性の両方に利益をもたらす行動

生態系の機能を評価し、積極的に保全・再生する」旨が規定されている。気候変動適応計画（日本政府 2018b）では、グリーンインフラや生態系を基盤とするアプローチが、防災・減災といった気候変動への適応のみならず、炭素貯蔵を通じた気候変動の緩和、地域社会に対する社会・経済・文化的な貢献等、多様な効果を期待できると整理されている。加えて、国土強靱化基本計画（日本政府 2018c）やグリーンインフラ推進戦略（国土交通省 2019）、地域脱炭素ロードマップ（国・地方脱炭素実現会議 2021）、流域治水推進行動計画（流域治水の推進に向けた関係省庁実務者会議 2021）においても、グリーンインフラや NbS に関する考え方が盛り込まれている。

今後、上述した生物多様性条約における国際的な目標の決定や、これまでの国内における関連計画・目標も踏まえつつ、我が国の生物多様性国家戦略も改訂される見込みである。環境省の下で進められている同戦略改訂に向けた研究会では、2030 年の状態にかかる目標（例）として、「Eco-DRR/EbA の実装が特に効果的と考えられる地域において、平時及び災害発生時に期待される生態系サービスが現状以上に発揮され、関係する地域の住民がその効果を裨益している」こと等が示されている（環境省 2021）。

### グリーンインフラの推進と懸念される課題

2015 年以降、グリーンインフラの概念は数多くの関係省庁の行政計画に位置付けられ、2020 年前後からは具体的なグリーンインフラの施策や事業が展開され、社会実装がすでに始まっている。2020 年には、国土交通省により「グリーンインフラ官民連携プラットフォーム」（「グリーンインフラ官民連携プラットフォーム（国土交通省）」、<https://gi-platform.com>、最終確認日 2021 年 8 月 29

日）が設立され、「グリーンインフラ大賞」の創設やオンラインセミナーの開催、技術資料の取りまとめ等、グリーンインフラの推進が積極的に図られている。なお、「グリーンインフラ大賞」においては、防災・減災、生活空間、都市空間、生態系保全の 4 つ部門が設置され、防災減災からまちづくり、生態系保全まで、様々な社会課題の解決に向けたグリーンインフラの優れた取組を表彰しており、グリーンインフラが幅広い社会課題を捉える概念として扱われている。また、2021 年 4 月に成立した「特定都市河川浸水被害対策法等の一部を改正する法律（流域治水関連法）」においても、留意すべき事項としてグリーンインフラが掲げられている。こういった動きを受けて、地方自治体や民間企業においても、防災減災から、まちづくり、地域振興、環境保全等様々な文脈で、「グリーンインフラ」という言葉を冠する事業や活動についての検討が進んでおり、国内におけるグリーンインフラは社会実装の段階に進んでいる。一方で、グリーンインフラの概念は新しいものであり、地域や対象によりグリーンインフラとして適切な事業や活動は多様であり、自然環境に関わる行政や企業等の実務家が具体的な事業や活動の内容を検討する際の情報は不足している。

このような状況を踏まえ、日本生態学会生態系管理専門委員会（調査・提言部会：部会長 西田貴明）では、グリーンインフラ・NbS の賢明な推進に役立つ生態学的な観点について、複数回の議論を行った。その結果、生態系の資源や機能の持続的・効果的な活用のために、自然環境に関わる幅広い行政や企業等の実務者や実務に関与する研究者が留意すべき事項を 12 箇条として整理して、提案する。

## グリーンインフラ・NbSの推進において 留意すべき12箇条

### 多様性と冗長性を重視しよう

グリーンインフラ・NbSが多様な生態系サービスを安定的に発揮するためには、その資源となる生物多様性が維持されることが不可欠である。さらに、現時点では発揮されていない、あるいは認識されていない生態系サービスの源という側面もある。またグリーンインフラの利点でもある多機能性は、生物多様性が守られてこそ発揮される。生態系の機能と種多様性等の生物多様性の関係は、1990年代から様々な研究において種の多様性が植物の生産性や安定性を高めることが明らかにされ、種多様性と一部の生態系サービスは正の関係を見出すことができる (Tilman et al. 1996; Tilman 1999)。

また、同等な機能を持つ複数の生物種が存在すること、すなわち冗長性の存在は、変動する環境下での機能の維持や、災害等大規模な攪乱からの回復において重要な意味を持つ (宮下 2012)。これは、機能が同等な種の間でも環境変化に対する応答が異なるため、環境変動に伴って特定の機能群が完全に消失することが回避できることによる。環境変化に対する反応が異なる種の存在で生態系サービスの安定性が保たれていることが示され、これを金融商品に例えて「ポートフォリオ効果 (保険仮説)」と呼ぶこともある (Yachi and Loreau 1999; 宮下 2012)。

生物種の様々な多様性と冗長性が保たれるには、個々の種の生活史・個体群・遺伝的多様性が維持されることが重要であり、その過程には後述する歴史性、生態系の連続性、攪乱等の生態系プロセスの維持が大きく関わる。なお生態系の時間的変動や空間的連結性を考慮した生物多様性保全のための実務的なガイドラインについては、自然再生事業指針 (松田ほか 2005) も参考になる。

### 地域性と歴史性を重視しよう

地域にはどのような生態系や生物多様性があるのか、また、それらの生態系や生物多様性がどのような歴史的变化を経てきたかを知ることで、グリーンインフラ・NbSに活用できる要素や空間が明らかとなり、多様な機能を十分に発揮することが可能となる。それぞれの地域の生物多様性は、生物地理学的な影響 (移動分散の歴史等) を受けつつ、地域の生態的環境に適応して形づくられてきた (Ricklefs 1987)。また生態系は、地域特有の環境と生物多様性から構成され、地域によって特徴が異なる。地域特有の生態系は地域特有の文化と経済を育み、

「社会-生態システム」として捉えられる (Berkes and Folke 1998)。社会-生態システムの成り立ちやダイナミクスの理解は、多機能で持続的なグリーンインフラ・NbSの計画にとって欠かせない (吉田 2020)。地域本来の生態系や生物多様性が残っている場合はそれらを保全しつつ、現在すでに失われている場合は再生や創出を進めることが、活用の前提として求められる。グリーンインフラ・NbSを整備・管理するために、本来その地域に存在しないような資材や生物を持ち込むことは、その影響を考慮した時、できるだけ避けるべきである (日本魚類学会 2005; 東京都環境局 2014; 津村・陶山 2015)。

地域の社会や文化は、地域の生態系や生物多様性によって支えられている。地域に特有の知識・知恵 (地域知) や地域で受け継がれてきた伝統的な知識・知恵 (伝統知) は、それぞれの地域でそれぞれの生態系や生物多様性との関わりを経てきたものであり、地域に適合したグリーンインフラ・NbSの実現に必要なものとなる (IPBES 2019)。地域知や伝統知は、社会経済の変化や人口減少にともなって、多くの地域で失われつつある状況である (Berkes et al. 2000; Okui et al. 2021)。それぞれの地域で歴史的に育まれてきた人と自然の関わりを見直し、地域知や伝統知を活かしたグリーンインフラ・NbSを採用することが望ましい。そのため、それぞれの地域で、地域に適したグリーンインフラ・NbSは異なるという地域性がある。地域の多様な関係者が連携し、地域に適したあり方を検討して、それを実現していくことが求められる。

### 生態系の空間スケールを踏まえよう

グリーンインフラ・NbSの機能は、自治体やコミュニティ等の社会システムと生態系が相互に影響しあって形成される社会-生態システムのあり方で左右される。効果的に機能が発揮するグリーンインフラ・NbSを進めるためには、社会システムと生態系の両方の側面から適切な空間スケールを考慮し、計画を立案することが重要である。たとえば雨水浸透や地下水涵養、治水といった、水循環に関する計画を立案する上では、河川の流域という空間スケールを踏まえることが有効である。河川の流域は、必ずしも行政的な区域と一致しない。個別の計画や規則は行政区域単位で立案される場合が少なくないと考えられるが、その場合でも、生態系スケールで効果的な機能を発揮するよう、相互に協調的な計画をたてることが重要である。

グリーンインフラ・NbSには、河川流域のような大きなスケールで計画してこそ効果を発揮するものがある。

たとえば、森林から海洋に至る栄養塩の循環の管理による生態系サービスの向上を実現するには、降水量・地形・地質・土壌分布を基にして流域の土地利用や植生配置を計画しなければならない(平岡ほか 2012; 広松ほか 1990; 松永 1993)。一方、このような大規模な取り組みだけでなく、基礎自治体あるいはその中の街区等、小規模なスケールでも有意義なものもある。自然を活かした観光産業の振興や、市街地での緑地の確保による快適性の向上は、そのような例にあたるだろう(守山 1988; 浅川 2007)。グリーンインフラ・NbS で解決したい事項を明確化し、計画立案や管理の単位として適切な空間スケールを選択することが重要である。

### 生態系の変化と動態を踏まえよう

自然を活かしたインフラは、時間的な変化を伴う。時間的な変化には、個体・個体群の成長に伴う変化のように比較的予測しやすいものだけでなく、大規模な攪乱等で構造や機能が大きく変化する場合には予測困難なものも含まれる。グリーンインフラ・NbS を設計・整備する上では、そのような変化を可能にする、あるいは管理・利用できる環境を整えることが重要である。

予測可能性の高い変化への対応としては、単純な例ではあるが、桜並木等の街路樹の成長が挙げられる。樹木が大きくなりすぎて、結果的に邪魔(危険)だとして切られないように、事前の設計が肝心である。また、海岸の松林では、林床の松葉を管理しなくなったことで海岸へ広葉樹が侵入・定着し、元々の景観が変化した事例も報告されており(鎌田・朝波 2020)、グリーンインフラ整備後の継続的な管理を可能にするための方策も、必要に応じて事前に検討する必要がある。一方で、生態系の変化を逆手にとることで、環境の変化に柔軟に対応できるグリーンインフラ・NbS を設計することも可能になる。カキによって作られる三次元の構造物であるカキ礁は、海水面の変化等に応じて形成される。そのため、カキ礁を復元・創出することで、気候変動による海水面の上昇にレジリエントな防潮堤(Rodriguez et al. 2014)や生息場(Tolley and Volety 2005)を整備することも可能だろう。

攪乱による予測困難な変化は、グリーンインフラ・NbS の重要な特徴である。草原や低湿地、溪畔林等、攪乱の発生がその生態系の長期的な維持にとって不可欠なシステムもある。このような生態系では、生態系を時空間的に固定されるものと捉えるのではなく、外的な攪乱による生態系の動態を前提とし、許容するという考え方

が、グリーンインフラ・NbS の管理や設計において重要である。例えば、湿地や遊水地は放置されれば樹林化が進み、本来持つ生態系の機能が低下するが、人為的な火入れや洪水等を含む攪乱によって樹林化が抑制され、湿地や遊水地としての多様な機能を維持することができる。また、生態系は、本来、外的要因による多少の攪乱に対して、ある程度の耐性や回復力(レジリエンス)を持っており、そのレジリエンスの範囲内で、任意の状態を動的に維持していると考えられている(ボールとカップの例がよく用いられる)(森 2010)。この考え方からも、生態系は固定的なものではないことが分かる。一方、一定の閾値を超える外的負荷が生態系に加わった場合、これまでとは異なる別の状態へと大きく推移してしまうことがあり、このような生態系の劇的な状態変化はレジームシフトと呼ばれる。このようなレジームシフトを事前に予測することは容易ではないが、グリーンインフラ・NbS の管理においても、レジームシフトのような不可逆的な大きな変化が生じる不確実性があることに留意する必要がある。また、そのような変化からの復元には、できるだけ自然が持つ回復力を活かす形で行うべきであり(松田ほか 2005)、可能であればそのような生態系の回復力を高めるようなグリーンインフラ・NbS を設計できるとさらによい。

### 生態系の連結性を踏まえよう

自然は生態系の繋がりで成り立っており、グリーンインフラ・NbS の導入においても、対象となる空間とその周辺にある自然環境において生態系の連結性を実現することで、生態系の多機能性を引き出すことが可能である。これまでのインフラでは、例えば河川では、ダム構造物や河岸のコンクリート護岸のように、生態系の連結性を損ない、魚の回遊や産卵場への移動等が阻害されるケースが多かった。これに対し、グリーンインフラ・NbS はコリドー等を含む生態系ネットワークを構築することで、多様性や安定性の確保に貢献することができる。さらに、河川は、上流から下流、沿岸への土砂の供給の役割も果たしており、砂浜・干潟の維持にも貢献しており、生態系の連結性は多機能性も関わっている。

すでに景観の分断化やパッチ化が進んでいる都市域でのグリーンインフラ・NbS の導入にあたっては、緑地や水域等の生物生息空間をグリーンウェイ(山口・横張 2000)で連結する等、生き物のハビタットの連続性を実現することで、単独の緑地としての機能を越えた生物多様性の保全に貢献することができる。ただし、生態系の

連結性の回復において、侵略的外来種の分布拡大や農作物等の病原体の拡散を促すことに注意が必要である。また、ある程度の生態系の独立性が維持されていることでリスク分散されるという側面もある。「生態系の変化と動態をふまえよう」で述べたように、生態系は時間的に変動し、時には構造が大幅に変化するような大規模な攪乱も生じる。そのような際に、環境変動の影響を同時・同等には受けない程度に隔離された複数の生態系が存在し、それらがメタ個体群・メタ群集として生物の稀な移動・分散を促していることは、生態系の回復を助け、広域での安定性の確保に寄与する。

### 生態系の機能を踏まえよう

生態系は、多様な生物のハビタットとして重要であるばかりでなく、有機物の生産と分解、物質循環、水循環、土壌形成等の機能（基盤サービス）を有する。こうした機能が、森林による保水・気候の調節・大気浄化、湖沼・池・湿地による貯水・水質浄化・気候の調節、また、海洋沿岸域の藻場・干潟による水質浄化等の生態系サービスを下支えている（MA 2005）。土地利用の改変は、流域を単位とした水循環・物質循環を変化させ、周辺や下流域の環境に大きな影響を与える（山下ほか 2005）。これまで、無秩序な土地利用改変が地下浸透を含めた生態系の水循環・物質循環の変化を通して、下流の淡水域や海洋沿岸域で富栄養化や貧酸素水塊の形成等の水質悪化や、それに伴う漁業被害等を引き起こしてきた（佐々木 2019, 2020）。

グリーンインフラ・NbS の導入は、生態系が持つ様々な機能を活かすことを可能とする。例えば、適切な空間に河畔林やため池、または湿地を配置することで、それより下流の水域に流入する窒素・リン等の栄養塩負荷の削減や脱窒の促進等により、下流の水域の富栄養化を抑制することができる。農耕地と河川との間に河畔林や湿地を配置する等の土地利用の工夫は、河川への栄養塩負荷を削減する（小川 2000）。最近では、森林・海洋沿岸域の藻場（ブルーカーボン）・農地土壌等による炭素貯留機能、森林・湖沼・ため池による洪水抑制機能、土壌による雨水浸透機能等を、広く気候変動適応に活用する動きがある（堀・桑江 2017；白戸 2018）。一方、生態系（特に湿地や農地）から放出されるメタンや亜酸化窒素等の温室効果ガス等、負の影響にも注意を払う必要がある。また、物質は流域圏を越え、大気―陸域―水域を循環している。例えば、CO<sub>2</sub> の増加が海洋酸性化を引き起こしているように、地球規模の物質循環の視座を持つことも

重要である。

### 生態系サービスの連関を踏まえよう

グリーンインフラ・NbS のアプローチは、多岐にわたる自然の機能（生態系サービス）を幅広く発揮させることが重要であるが、個別の生態系サービス間の連関を考慮する必要がある。個々の生態系サービスの間には、トレードオフとシナジーが存在する（TEEB 2010）。トレードオフは、ある生態系サービスを追求した結果、他の生態系サービスを劣化させることであり、シナジーは、ある生態系サービスの強化が他の生態系サービスの向上をもたらすことである（TEEB 2010；伊藤・山形 2015）。トレードオフの例では、食糧やエネルギーの生産等の供給サービスにと水資源涵養や洪水抑制といった調整サービスが挙げられる。また、画一的な人工林の植林やバイオ燃料としての土地利用が、野生動植物の生息や生育に負の影響を与えやすいように、供給サービスと生息・生育地サービスもトレードオフの関係になりやすい（Bennett et al. 2009）。シナジーの例としては、多様な野生動植物の保全と、水資源の貯留や生態系の安定性の確保の関係が示されている（Bennett et al. 2009）。

生態系サービス間のトレードオフやシナジーの発生や影響の大きさは、生態系の管理や対策、最新技術の適用により変化させることが可能である（Elmqvist et al. 2010）。例えば、供給サービスの向上による調整サービスの低下が適切な灌漑施設や特定の環境配慮型の農法の適用で抑えられ、生態系サービス間のトレードオフが緩和されることが示されている（Pretty et al. 2006）。

グリーンインフラ・NbS の実践においては、生態系サービス間のトレードオフを解消し、シナジーを創出する方策や仕組みを検討すべきである。対象とする地域の主要な生態系サービスや、それらの間の関係は、地域の生態系や社会特性に大きく依存するため、地域ごとに多岐にわたる生態系サービスの状況を適切に把握し、様々な土地利用の管理方針や計画を整備することで、単一の生態系サービスを強化するだけでなく、地域全体で多様な生態系サービスが発揮される社会を目指すことができる。また、生態系サービス間だけでなく、他の資源・エネルギー利用や産業との連関にも留意する必要がある。

### 生態系の不確実性を踏まえよう

グリーンインフラ・NbS は、複雑で変化する生態系の機能を活用しようとするものであり、生態系の不確実性を前提とした維持管理を行う必要がある。生態系が複雑



に変化する非定常系であることに加え、外来種の侵入等周辺の動植物との相互作用による影響や気候変動による影響を受ける開放系であり、今後気候変動による影響も受けるため、生態系の不確実性は必ず存在する（松田 2004；環境省 2016c）。また、生態系についての全ての情報を得ることは困難であることも不確実性をもたらす要因となっている（松田 2004；環境省 2016c）。生態系の不確実性に対処し、目的とする機能を持続的に発揮させるためには、仮説・モニタリング・検証の繰返しによって不確実性に対応できるようにする「順応的管理」が求められる（鷲谷 1998；日本生態学会 2012）。順応的な管理を行うためには、計画段階でグリーンインフラによって期待する機能を定義し、その機能を発揮させるためにどのような生態系が必要となるのか、目標・仮説を設定する必要がある。また、計画段階で期待している機能や、その機能を発揮する基盤となる生態系が健全な状態で維持されているか、モニタリングを行い検証する必要がある。検証の結果を踏まえ、科学的知見に基づき人為的介入が必要か、あるいは、生態系の遷移等の変化に期待するのか、その状況に応じた方策が求められる。

さらに、不可逆的な影響に備え、著しい悪影響が懸念される場合には、科学的な根拠が不十分な場合にも意思決定を行う「予防原則」を用いることが重要である（松田ほか 2005）。グリーンインフラ・NbSの基盤となる生態系については、未知の部分が多く、知識や理解が不足しているという前提に立って、謙虚かつ慎重に対応することを基本的な姿勢とすることが望ましい。また、地域で順応的な管理を行うためには、不確実性の中で試行錯誤していくための組織・仕組みや、多様な価値観・視点を取り込むための情報発信等を合わせて考えることが必要となる。グリーンインフラ・NbSが多様な分野間・主体間の連携によって成り立つものであると同様に、不確実性を前提とした順応的な管理を行うためには地域での多様な主体の連携は不可欠である（大澤・上野 2017；宮内 2017）。

### ガバナンスのあり方に留意しよう

グリーンインフラ・NbSでは、自然（生態系）が持つ様々な機能を同時に発揮させつつ利活用していくことが目指される。どの機能をどのように利用しようとするかは、国際的な動向に連動する国の政策、自治体の施策といったトップダウン的な方針と、対象となる生態系に関して、個々の地域の暮らしの中で蓄積された資源管理の知恵や地域の人々の想い・愛着とを融合させながら実現

可能性を検討し、合意を図りつつ決めていく必要がある。また、機能を発揮させるための生態系の構造が明示・共有されなければならない。維持すべき生態系が変動系であることから、常に状態をモニタリングしながら、管理方法に反映させていく必要があり、管理に必要な具体の活動と、役割分担が関係者間で共有され、合意されている必要もある。

目標設定、維持管理活動について合意し、活動を行っていくうえで、ガバナンスが重要である（松下・大野 2007）。ガバナンスの仕組みを構築するために、関係者が継続的に議論してゆけるプラットフォーム、その過程で形成される信頼関係に基づきながら合意形成を行い、ルールを定めていくことが必要である。そして、信頼関係を維持していくためにも、政府（行政）が有する権威・権力からの独立性が保たれた緩やかなネットワーク組織の中で、水平的な関係を担保していくことが求められる（Rhodes 1997；八巻ほか 2011）。地域自治政策を推進する基礎自治体（例えば、福岡県福津市）では、プラットフォームとなる地域協議会を創出し、権限と財源を移譲しながら活動を支援することで、地域住民を主体とする自律的で継続的なグリーンインフラ・NbSの管理活動の展開へとつなげている（朝波ほか 2020）。

また、流域治水をすすめる中で、上流域の水田生態系等が持つ遊水機能の活用を考える場合には、恩恵を受ける下流域地域が上流域の農地の維持管理費用を負担することや、流域保全に貢献している農地から提供される農作物の高付加価値化を行っていく等、流域自治体・住民や消費者が一体となった社会システムを構築していくことも必要となる。近年に施行された森林環境譲与税は、本来、下流域全ての住民の安心・安全につながる国土保全型の森づくりを担う林家を応援するために具現化された仕組みである。このように、多様な主体による生態系管理を支える取り組みに活用することが望まれる。

### 地域経済・社会への波及に留意しよう

地域におけるグリーンインフラ・NbSの実践においては、地域の未利用地や自然資源の積極的な活用により、地域の経済・社会活動を活性化させることが期待される。里山や農地の利用水準の低下は、生物多様性劣化の大きな要因でもあり（環境省 2016b）、生物多様性保全の観点からも自然資源の利用推進が求められる。近年、農山村や郊外部等の自然資源が蓄積されている地域では、荒廃森林や耕作放棄地における新たな空間を、資源として利用することにより、地域経済の活性化と雇用の創出

に向けた取り組みを推進している（農林水産省 2015）。これまでも未利用の空間や資源の利用の促進策にむけて、間伐材や街路樹の剪定枝のバイオマス利用（相川 2018）や、有害鳥獣の食肉利用（水ノ上ほか 2017）等、様々な生態系由来の資源利用が進み、新たな地域経済の活性化の方策として試みられてきた。また、近年の環境保全に対する社会的な関心の高まりを受けて、温室効果ガスの削減や生物多様性の保全に貢献する農林水産物や有機農業も、新たな付加価値をもった商品として全国各地で注目されている（大沼・山本 2009；農林水産省 2015；田中・大石 2017）。近年、脱炭素社会の実現に向け、再生可能エネルギーへの転換が新たなビジネスを生みつつある。その際、大規模な風力発電や太陽光発電施設の開発は、自然資本を損なうリスクがある。しかし、生態系管理で発生したバイオマスをエネルギー源として活用する等、生物多様性や生態系サービスの保全と両立する再生可能エネルギー活用も考えられ、これらはグリーンインフラ・NbSの効果的な活用といえる。このような自然の空間や資源を活用した地域活性化の取り組みは、長期的に見ると地域雇用の確保や経済の活性化を促すと考えられており（日本学術会議自然再生保全分科会 2014）、コロナ後の地域経済・社会の回復に期待が寄せられている（WWF・ILO 2020）。既に、農林水産省の「みどりの食料システム戦略」（農林水産省 2021）、国土交通省の「グリーンインフラ推進戦略」（国土交通省 2019）、環境省の「地域循環共生圏」（環境省 2020b）等、国の計画や方針においても、地域の自然空間、資源の活用による地域活性化を進める必要性が示されているが、地域内外の自然に関わる資源やエネルギーを積極的に活用し、これらを地域内外の産業と結びつけることで、自然資本の適切な利用に基づき、地域の経済、雇用に貢献する事業の構築を進めることが期待される。

#### 国際的な目標・関連計画との関係を意識しよう

本稿の冒頭「国内外の政策動向」に記載のとおり、生物多様性の保全だけでなく防災・減災や脱炭素等様々な分野において、国際的な目標や計画等でグリーンインフラ・NbSの重要性が指摘されている。また、日本の上位計画においても、これらの国際的な目標等を踏まえ、グリーンインフラ・NbSに関連する施策が位置付けられている。それぞれの地域でグリーンインフラ・NbSを実践するにあたって、このような目標や計画等に沿った取組とすることが、様々な分野に関わるグリーンインフラの重要性や目指すべき方向性の理解を促し、持続可能

な取組とすることにつながると考えられる。さらに、様々な分野でグリーンインフラ・NbSが位置付けられているということは、グリーンインフラ・NbSが多機能性を有し、複数の課題の同時解決に資する取組であることを示している。

一方で、このような目標や計画等は多数あり、またその対象となる範囲や策定主体も異なることから、どの目標や計画等をとくに参照すべきかについては工夫の余地がある。基本的に国際的な目標や計画等には、グリーンインフラ・NbSの実践が期待される領域やその推進に向けた大きな目標・方向性が示されており、地域での実践において目標の設定や基本的な方針を検討する際に役立つと考えられる。国際的なニーズにも対応しており、かつ、地域における複数の課題解決につながる取組としてグリーンインフラ・NbSを位置付けることが、分野横断的で持続可能な取組にする上では重要な視点である。また、日本の上位計画においては大きな目標・方向性等だけではなく、日本が抱える課題や地域特性に応じた施策が示されているものも多くある。地域での具体的な取組を検討する上で、これらの上位計画を参照することはグリーンインフラ・NbSの実践にあたって重要なプロセスであると考えられる。

例えば、持続可能な開発目標（SDGs）では、ウェディングケーキ（Rockström and Sukhdev 2016）として知られているとおり、生物圏に係る目標が、社会・経済に係る目標の土台になっていることが示されている。国連気候変動枠組条約第26回締約国会合（COP26）に併せては、世界的な森林減少対策の推進を図る「森林・土地利用に関するグラスゴー・リーダーズ宣言」が採択された。さらに、2021年のG7首脳会合では2030年「自然協約」が採択され、G7各国が国レベル、陸域・海洋のそれぞれにおいて少なくとも30%の保全又は保護に取り組むこと（30by30）や自然の保護、保全及び回復に対する投資を増加させることとされている。生物多様性条約の下では、愛知目標の次期目標である、いわゆるポスト2020生物多様性枠組の議論においても、この30by30や、「2030年及び2050年までのパリ協定の気候変動緩和目標の達成のための努力のうち、少なくとも30%は自然（NbS）が担う」（SCBD 2020）等の定量的な案も議論されてきた。こうした数値目標案は最終的には国際目標としては残りにくい場合も多いが、地域レベルでグリーンインフラやNbSに取り組むにあたって、どの程度の規模まで目指すべきかについて、ヒントや相場観を与えてくれる場合がある。実際、フランス等は、2030年までに、国際社会に

提供する気候変動対策資金のうちの30%を生物多様性にも資するものに充てる方向を打ち出している（在日フランス大使館 2021）。

国内においては、第3回国連防災世界会議の成果文書である「仙台防災枠組 2015-2030」（平成27年3月18日）において生態系を活用した防災・減災（Eco-DRR）の考え方が示されたことを契機に議論が加速し、「次期生物多様性国家戦略研究会報告書（令和3年7月30日）（環境省 2021）においても、人口減少や気候変動を踏まえた土地利用の変化を見据えた次の10年間の取組としてEco-DRRの実装を進めることの重要性が指摘されている。近年の水災害による甚大な被害を受けて取組が進められている流域治水に関しても「流域治水推進行動計画」（令和3年7月30日）において、流域の雨水貯留浸透機能の向上や遊水機能を保全するための具体的な取組として、Eco-DRRの推進が位置付けられている。また、カーボンニュートラルに関する議論では、国内でも「地域脱炭素ロードマップ」（国・地方脱炭素実現会議、令和3年6月9日）において、自然環境が有する多様な機能を活用したグリーンインフラやEco-DRRを推進することが示されている。

新型コロナウイルス感染症（COVID-19）等の感染症対策の分野では、人の健康を守るためには野生動物や環境にも配慮して取り組む必要があるという考え方である「ワンヘルス・アプローチ」が注目されている。新型コロナウイルス感染症（COVID-19）等の新興感染症の75%は野生動物由来である（岡部ほか 2019）とされており、さらに人と野生動物の広域移動とともに、豚熱（CSF）等の近年先進国で増え始めた野生鳥獣やマダニ類（マダニ目）等が媒介することによる新たな感染症も問題を複雑にしている。2021年1月には、公益社団法人日本医師会や公益財団法人日本自然保護協会等の12団体が共同で「人と動物、生態系の健康はひとつ～ワンヘルス共同宣言」を発表し、生態系・動物・人の健康を守るために過度の自然環境への立ち入りや過剰な利用を含む野生動物との関わり方、人と動物の距離等を見直していくとされている。

このように、国際的な目標・計画や日本の関連計画等では、様々な分野でグリーンインフラ・NbSの重要性や目指すべき方向性が明示されている。他方、地域への実践にあたってはグリーンインフラ・NbSが関連する様々な分野（地方創生、防災・減災、環境、農林水産業、健康・福祉、教育等）とのつながりを整理し、分野横断的な取組に発展させることが期待されている。そのため、

このような多岐にわたる目標・計画等との整合性を考慮して取組を進めることで、グリーンインフラ・NbSが環境保全だけでなく多様な分野の取組に貢献していることを明示することができる。さらに、関係者からの理解・協力を得やすくなるため、グリーンインフラ・NbSの取組自体の持続可能性（IUCN 2021）の向上にもつながると考えられる。このように、国際的な目標・計画等を意識しながら、それよりミクロの様々な規模で具体的な取組を実践することは、多中心的アプローチとして気候変動対策の文脈の中でも重視されており（Ostrom 2010）、グリーンインフラ・NbSの実践においても重要な視点である。

### 教育・普及に留意しよう

グリーンインフラ・NbSが順応的な管理を通して多様な機能を発揮するためには、上に列挙された生態系と生物多様性の特性についての理解や、その理解に基づく管理の知識や技術が、管理に関わる多様な主体によって共有され、次の世代に継承されていくことが求められる。それぞれの地域において、管理の担い手が人口減少・高齢化の進行によって不足しているほか、長年にわたって蓄積されてきた管理の知識や技術が、次世代に継承されないままに失われている現状がある。グリーンインフラ・NbSを持続的に活用していくためには、幅広い世代を対象にした教育や普及を通して、担い手をどう確保していくかが課題であり、教育と普及を進めていくことが重要である。

ESD（持続可能な開発のための教育）やその一部でもある環境教育では、これまでもさまざまな取り組みが実施されており、持続可能な社会の担い手の育成や課題解決のための行動変容をもたらすことが目標とされてきた（文部科学省 2022）。近年では、SDGsの達成に向けたESDや環境教育の役割がますます期待されている。また、自然環境の中で環境教育を行うことについても期待されており、日常生活における自然と関わりが薄い人は、リサイクルや環境保全に対する寄付活動といった環境配慮行動に消極的である（曾我ほか 2016）という研究結果が報告されている。このような背景のもと、持続可能な社会の構築に資するグリーンインフラ・NbSが、ESDや環境教育のなかにしっかり位置付けられることが求められる。その際、それぞれの地域において、人と自然と社会の間の密接な関わりが意識されることが望ましい。人と自然の関係性と人と地域社会の関係性は相互に影響しており、自然と地域社会に関する学びを関連づけていくこ

とが、環境教育にとって大事だと指摘されている（黒田ほか 2021）。

ESDや環境教育がグリーンインフラ・NbSに果たす役割は、短期的というより中長期的であると考えられるが、効果がすぐに期待できないからといって疎かにすることはできない。環境教育を含めた日常における自然体系の減少は、自然がもたらす様々な恩恵を享ける機会を失わせるだけでなく、自然に対する保全意識をも減少させることが、「経験の消失」という現象として知られている（Soga and Gaston 2016）。また、経験の消失は、連鎖的に次世代に伝播し、負の影響を継承することが懸念されている（Soga and Gaston 2016）。中長期的な視点に立ったESDや環境教育等と連携し、義務教育においても教育と普及を着実に進めていくことは、グリーンインフラ・NbSが社会で持続的に活用されるためには欠かせない。

## 12 箇条の使い方と今後の展望

今後、自然の資源や機能を活用した社会課題の解決を意味する、グリーンインフラ、Eco-DRR、NbSといった言葉は、これまで以上に多くの場面や文書で掲げられ、防災減災や経済振興、健康医療等多岐にわたる専門領域において、事業展開が図られることが期待される。このような展開が実際に進むことは、自然環境保全や生態系管理の立場からすれば、大いに歓迎されるべきことであるが、一方で、単純に自然の機能が活用されるだけではなく、生物多様性の保全と持続可能な利用についても確実に担保されてなくてはならない。「グリーンインフラ・NbSの推進において留意すべき12箇条」は、各分野においてグリーンインフラ・NbSが推進される際に、生態学の観点から留意して欲しい事項を整理しており、森林や農地、河川、道路等あらゆる公共事業、民間企業による開発事業、地域のまちづくりや、地域活性化、自然環境保全等の事業や活動において参照頂きたい。また、生態学に関わる研究者や技術者に対しては、この12箇条からグリーンインフラ・NbSと生態学の接点を捉えて、グリーンインフラ・NbSの社会実装の推進に向けた現在の課題を掘り起こし、生態学の研究を通じた知見技術を用いた課題解決に取り組む一つのきっかけになれば幸いである。また、これらのグリーンインフラ・NbSに期待される生態学的視点の妥当性や実現可能性に関しては、生態学以外の様々な学問分野や、行政や民間企業等の多様な主体と議論を重ねていくことが必要であり、本稿の整理を踏まえて様々な分野主体と意見交換を進めていく機会を広げたい。

## 謝 辞

本稿をまとめるにあたり、日本生態学会第68回全国大会において、フォーラム「生態学と政策をつなぐ制度・事業と人材育成のあり方～グリーンインフラのあり方を考える」において本論文の論点を紹介し、活発な議論と示唆に富むコメントを多くの方から頂いた。この場を借りて、本稿の執筆にご協力頂いた全ての皆様に、厚くお礼を申し上げる。

## 引用文献

- 相川 高信 (2018) 未利用バイオマス発電が直面するであろう課題:先行する欧州の経験からの考察. 森林科学, 83:20-23. [https://doi.org/10.11519/jjsk.83.0\\_20](https://doi.org/10.11519/jjsk.83.0_20)
- 浅川 昭一郎 (2007) 北のランドスケープ. 環境コミュニケーションズ, 東京
- 朝波 史香, 伊東 啓太郎, 鎌田 磨人 (2020) 福岡県福津市の地域自治政策と海岸マツ林の自治管理活動の相互補完性. 景観生態学, 25:53-68. <https://doi.org/10.5738/jale.25.53>
- Bennett EM, Peterson GD, Gordon LJ (2009) Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecology Letters*, 12:1394-1404. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01387.x>
- Berkes F, Colding J, Folke C (2000) Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Applications*, 10:1251-1262. <https://doi.org/10.2307/2641280>
- Berkes F, Folke C (eds) (1998) *Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*. Cambridge University Press, Cambridge
- Elmqvist T, Maltby E, Barker T, Mortimer M, Perrings C, Aronson J, Ring I (2010) Biodiversity, ecosystems and ecosystem services. In: Pushpam Kumar (ed), *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations*, 41-111. TEEB, London and Washington
- グリーンインフラ研究会, 三菱UFJリサーチ&コンサルティング, 日経コンストラクション (2017) 決定版! グリーンインフラ. 日経BP, 東京
- グリーンインフラ研究会, 三菱UFJリサーチ&コンサルティング, 日経コンストラクション (2020) 実践版! グリーンインフラ. 日経BP, 東京
- Hintzen RE, Papadopoulou M, Mounce R, Banks - Leite C, Holt RD, Mills M, Knight AT, Leroi AM, Rosindell J (2020) Relationship between conservation biology and ecology shown through machine reading of 32,000 articles. *Conservation Biology*, 34:721-732. [10.1111/cobi.13435](https://doi.org/10.1111/cobi.13435)

- 平岡 透, 幸弘 美, 陸 旻皎 (2012) 分布型洪水流出モデルのための土地利用からの最大貯水能力及び最終浸透能の設定. 土木学会論文集B1 (水工学), 68:103-108. <https://doi.org/10.2208/jscejhe.68.103>
- 広松 伝, 森 俊介, 宮本 智恵子, 宇根 豊, 渋谷 忠男 (1990) 地域が動き出すとき—まちづくり五つの原点—. 農山漁村文化協会, 東京
- 堀 正和, 桑江 朝比呂 (2017) ブルーカーボン—浅海におけるCO<sub>2</sub>の隔離・貯留貯留の活用. 地人書館, 東京
- IPBES (2019) Summary for Policymakers of the Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem. IPBES secretariat, Bonn
- IUCN (2021) 自然に根ざした解決策に関するIUCN世界標準の利用ガイダンス—自然に根ざした解決策の検証. デザイン, 規模拡大に関するユーザーフレンドリーな枠組み. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2020-021-Ja.pdf>, 2022年3月18日確認
- 伊藤 昭彦, 山形 与志樹 (2015) 生態系サービスの評価: 気候変動対策と生物多様性保全のトレードオフ解消に向けて. 日本生態学会誌, 65:109-113. [https://doi.org/10.18960/seitai.65.2\\_109](https://doi.org/10.18960/seitai.65.2_109)
- 鎌田 磨人, 朝波 史香 (2020) 住民による海岸マツ林の保全管理と地域自治. (グリーンインフラ研究会, 三菱UFJリサーチ&コンサルティング, 日経コンストラクション 編) 実践版! グリーンインフラ. 478-485, 日経BP, 東京
- 環境省 (2016a) 生物多様性分野における気候変動への適応. [https://www.env.go.jp/nature/biodic/kikou\\_tekiou-pamph/tekiou\\_jp.pdf](https://www.env.go.jp/nature/biodic/kikou_tekiou-pamph/tekiou_jp.pdf), 2021年1月18日確認
- 環境省 (2016b) 生物多様性及び生態系サービスの総合評価 (JBO2). [https://www.env.go.jp/nature/biodic/jbo2/pamph01\\_full.pdf](https://www.env.go.jp/nature/biodic/jbo2/pamph01_full.pdf), 2021年1月18日確認
- 環境省 (2016c) 生態系を活用した防災・減災に関する考え方. <https://www.env.go.jp/nature/biodic/eco-drr/pamph01.pdf>, 2021年1月18日確認
- 環境省 (2017) ESG検討会報告書: 投資に関する基礎的な考え方. [https://www.env.go.jp/policy/esg/pdf/rep\\_h2901.pdf](https://www.env.go.jp/policy/esg/pdf/rep_h2901.pdf), 2021年1月18日確認
- 環境省 (2020a) 気候変動影響評価報告書. <http://www.env.go.jp/press/108790.html>, 2021年1月18日確認
- 環境省 (2020b) 森里川海からはじめる地域づくり: 地域循環共生圏構築の手引き. [http://chiikijunkan.env.go.jp/pdf/tebiki\\_pamphlet.pdf](http://chiikijunkan.env.go.jp/pdf/tebiki_pamphlet.pdf), 2021年1月18日確認
- 環境省 (2021) 次期生物多様性国家戦略研究会報告書. <https://www.env.go.jp/press/files/jp/116584.pdf>, 2022年1月7日確認
- 環境省, 文部科学省, 農林水産省, 国土交通省, 気象庁 (2018) 気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート. <https://www.env.go.jp/press/105129.html>, 2021年1月18日確認
- 国土交通省 (2019) グリーンインフラ推進戦略. <https://www.mlit.go.jp/common/001297373.pdf>, 2020年12月13日確認
- 国土交通省 (2020) 国土の長期的展望中間取りまとめ. <https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001369118.pdf>, 2020年12月13日確認
- 国土交通省都市局 (2020) 新型コロナがもたらす「ニューノーマル」に対応したまちづくりに向けて. <https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001360528.pdf>, 2020年12月13日確認
- 国立社会保障・人口問題研究所 (2017) 日本の将来推計人口 (平成29年推計) 報告書. [https://www.ipss.go.jp/pp-zenkoku/j/zenkoku2017/pp\\_zenkoku2017.asp](https://www.ipss.go.jp/pp-zenkoku/j/zenkoku2017/pp_zenkoku2017.asp), 2022年1月7日確認
- 国・地方脱炭素実現会議 (2021) 地域脱炭素ロードマップ—地方からはじまる, 次の時代への移行戦略—. [https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/datsutanso/pdf/20210609\\_chiiki-roadmap.pdf](https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/datsutanso/pdf/20210609_chiiki-roadmap.pdf), 2022年1月7日確認
- 黒田 琴絵, 小川 みふゆ, 吉田 丈人 (2021) 人と自然および人と地域社会の心理的関係性とそれに影響する属性および習慣的要因: 自然再生が進む地域の中学生を対象とした分析. 日本生態学会誌, 71:105-122. [https://doi.org/10.18960/seitai.71.3\\_105](https://doi.org/10.18960/seitai.71.3_105)
- Mace GM (2014) Whose conservation?. *Science*, 345:1558-1560. <https://doi.org/10.1126/science.1254704>
- 松田 裕之 (2004) 哺乳類保護管理における個体数推定の精度とフィードバック管理の留意点について. *哺乳類科学*, 44:77-80. <https://doi.org/10.11238/mammalianscience.44.77>
- 松田 裕之, 矢原 徹一, 竹門 康弘, 波田 善夫, 長谷川 眞理子, 日鷹 一雅, ホーテスシュテファン, 角野 康郎, 鎌田 磨人, 神田 房行, 加藤 真, 國井 秀伸, 向井 宏, 村上 興正, 中越 信和, 中村 太士, 中根 周歩, 西廣 美穂, 西廣 淳, 佐藤 利幸, 嶋田 正和, 塩坂 比奈子, 高村 典子, 田村 典子, 立川 賢一, 椿 宜高, 津田 智, 鷲谷 いづみ (2005) 自然再生事業指針. *保全生態学研究*, 10:63-75. [https://doi.org/10.18960/hozen.10.1\\_63](https://doi.org/10.18960/hozen.10.1_63)
- 松永 勝彦 (1993) 森が消えれば海も死ぬ—陸と海を結ぶ生態学—. 講談社, 東京
- 松下 和夫, 大野 智彦 (2007) 環境ガバナンス論の新展開. (松下 和夫 編) 環境ガバナンス論, 3-31. 京都大学学術出版会, 京都
- Millennium Ecosystem Assessment (MA) (2005) *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, Island Press, Washington DC
- 宮下 直 (2012) 種の多様性と生態系機能 (宮下 直, 井鷲 裕司, 千葉 聡 編) *生物多様性と生態学*, 100-124. 朝倉書店, 東京
- 宮内 泰介 (2017) どうすれば環境保全はうまくいくのか. 新泉社, 東京
- 水ノ上 智邦, 松村 豊大, 鍛冶 博之, 坂井 真奈美, 松下 純子 (2017) 有害鳥獣対策への社会科学の側面からのアプローチ—持続可能な地産地消の制度構築にむけて—. 徳島文理大学研究紀要, 94:83-95

- 森 章 (2010) 生態系のリスクマネジメントにおける留意点：変動性と非平衡性の観点から. 日本生態学会誌, 60:337-348. [https://doi.org/10.18960/seitai.60.3\\_337](https://doi.org/10.18960/seitai.60.3_337)
- 守山 弘 (1988) 自然を守るとはどういうことか. 農山漁村文化協会, 東京
- 文部科学省 (2022) 持続可能な開発のための教育 (ESD: Education for Sustainable Development). <https://www.mext.go.jp/unesco/004/1339957.htm>, 2022年1月5日確認
- 内閣府 (2019) 令和2年版高齢社会白書. [https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2020/html/zenbun/s1\\_1\\_1.html](https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2020/html/zenbun/s1_1_1.html), 2022年2月10日確認
- 日本学術会議自然再生保全分科会 (2014) 復興・国土強靱化における生態系 インフラストラクチャー活用のすすめ. <http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-t199-2.pdf>, 2021年8月29日確認
- 日本魚類学会 (2005) 生物多様性の保全をめざした魚類の放流ガイドライン. <https://www.fish-isj.jp/info/050406.html>, 2021年8月29日確認
- 日本政府 (2015) 第2次国土形成計画 (全国計画) (平成27年8月14日, 閣議決定). <https://www.mlit.go.jp/common/001100233.pdf>, 2020年12月26日確認
- 日本政府 (2018a) 第5次環境基本計画 (平成30年4月17日, 閣議決定). [https://www.env.go.jp/policy/kihon\\_keikaku/plan/plan\\_5/attach/ca\\_app.pdf](https://www.env.go.jp/policy/kihon_keikaku/plan/plan_5/attach/ca_app.pdf), 2020年12月13日確認
- 日本政府 (2018b) 気候変動適応計画 (平成30年11月27日, 閣議決定). <http://www.env.go.jp/earth/tekiou/tekioukeikaku.pdf>, 2020年12月13日確認
- 日本政府 (2018c) 国土強靱化基本計画一強くて, しなやかなニッポンへー (平成30年12月14日, 閣議決定). [http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo\\_kyoujinka/pdf/kk-honbun-h301214.pdf](http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo_kyoujinka/pdf/kk-honbun-h301214.pdf), 2020年12月13日確認
- 日本生態学会 (編) (2012) 生態学入門 第2版. 東京化学同人, 東京
- 西田 貴明 (2017a) 次世代の経済・社会と生物多様性の政策統合に向けて. 日本生態学会誌, 67:197-204. [https://doi.org/10.18960/seitai.67.2\\_197](https://doi.org/10.18960/seitai.67.2_197)
- 西田 貴明 (2017b) 先行する欧州のグリーンインフラから学ぶ. (グリーンインフラ研究会, 三菱UFJリサーチ&コンサルティング, 日経コンストラクション 編) 決定版! グリーンインフラ, 44-57. 日経BP, 東京
- 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 (意見, 〈特集〉東日本大震災と砂浜海岸エコトーン植生: 津波による攪乱とその後の回復). 保全生態学研究, 19:221-226. [https://doi.org/10.18960/hozen.19.2\\_221](https://doi.org/10.18960/hozen.19.2_221)
- 農林水産省 (2015) 自然資本を活かした農林水産業の手引き—生物多様性保全の経済的連携に向けて. [https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/pdf/tebiki\\_hp.pdf](https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/pdf/tebiki_hp.pdf), 2021年1月18日確認
- 農林水産省 (2021) みどりの食料システム戦略. <https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/attach/pdf/index-7.pdf>, 2021年12月26日確認
- 小川 吉雄 (2000) 地下水の硝酸汚染と農法転換 流出機構の解明と窒素循環の解明. 農山漁村文化協会, 東京
- 岡部 貴美子, 亘 悠哉, 矢野 泰弘, 前田 健, 五箇 公一 (2019) マダニが媒介する動物由来新興感染症対策のための野生動物管理. 保全生態学研究, 24:109-124
- 岡野 隆宏, 笹渕 紘平 (2017) 社会経済における生物多様性の主流化に向けた政策の動向. 日本生態学会誌, 67:205-215. [https://doi.org/10.18960/seitai.67.2\\_205](https://doi.org/10.18960/seitai.67.2_205)
- Okui K, Sawada Y, Yoshida T (2021) “Wisdom of the elders” or “loss of experience” as a mechanism to explain the decline of traditional ecological knowledge: A case study in Awaji Island, Japan. *Human Ecology*, 49:353-362
- 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: コウノトリ育む農法の経済的背景とコウノトリ野生復帰がもたらす地域経済への効果. 三田学会雑誌, 102:191-211
- 大澤 隆文 (2017) 研究-実務間のギャップ: 自然環境政策が必要とする科学的情報・知見とは?. 保全生態学研究, 22:55-62. [https://doi.org/10.18960/hozen.22.1\\_55](https://doi.org/10.18960/hozen.22.1_55)
- 大澤 剛士, 上野 裕介 (2017) 生態学研究と実務の間に存在するギャップを考える. 日本生態学会誌, 67:257-265. [https://doi.org/10.18960/seitai.67.2\\_257](https://doi.org/10.18960/seitai.67.2_257)
- Ostrom E (2010) Polycentric systems for coping with collective action and global environmental change. *Global Environmental Change*, 20:550-557
- Pretty JN, Noble AD, Bossio D, Dixon J, Hine RE, de Vries FWTP, Morison JIL (2006) Resource-conserving agriculture increases yields in developing countries. *Environmental Science & Technology*, 40:1114-1119
- Rhodes RAW (1997) Understanding Governance -Policy Networks, Governance, Reflexivity and Accountability. Open University Press, Maidenhead
- Ricklefs RE (1987) Community diversity: Relative roles of local and regional processes. *Science*, 235:167-171
- Rockström J, Sukhdev P (2016) How food connects all the SDGs. Opening keynote speech at the 2016 EAT Forum. <https://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2016-06-14-how-food-connects-all-the-sdgs.html>, 2022年3月20日確認
- Rodriguez AB, Fodrie FJ, Ridge JT, Lindquist NL, Theuerkauf EJ, Coleman SE, Grabowski JH, Brodeur MC, Gittman RK, Keller DA, Kenworthy MD (2014) Oyster reefs can outpace sea-level rise. *Nature Climate Change*, 4:493-497
- 流域治水の推進に向けた関係省庁実務者会議 (2021) 流域治水推進行動計画. <https://www.mlit.go.jp/river/kasen/suisin/pdf/keikaku.pdf>, 2022年1月8日最終確認
- 佐々木 章晴 (2019) 北海道根室海区におけるサケ増殖河川の流域土地利用と河川水質との関連. 環境情報科学学術研究論文集, 33:253-258
- 佐々木 章晴 (2020) 北海道野付湾における流入河川によるアマモへの影響. 環境情報科学学術研究論文集, 34:204-209
- SCBD (Secretariat of Convention on Biological Diversity)

- (2020) CBD/WG2020/2/3. <https://www.cbd.int/doc/c/efb0/1f84/a892b98d2982a829962b6371/wg2020-02-03-en.pdf>, 2021年1月30日確認
- SCBD (2021) CBD/WG2020/3/3 First Draft of the Post-2020 Global Biodiversity Framework. <https://www.cbd.int/doc/c/914a/eca3/24ad42235033f031badf61b1/wg2020-03-03-en.pdf>, 2022年1月23日確認
- 白戸 康人 (2018) 土壌炭素動態モデルを活用した農地土壌への炭素貯留の評価. 日本土壌肥科学雑誌, 89:357-360
- Soga M, Gaston KJ (2016) Extinction of experience: The loss of human-nature interactions. *Front Ecol Environ*, 14:94-101
- 曾我 昌史, 今井 葉子, 土屋 一彬 (2016) 「経験の消失」時代における自然環境保全: 人と自然との関係を問い直す. ワイルドライフ・フォーラム, 20:24-27. [https://doi.org/10.20798/wildlifeforum.20.2\\_24](https://doi.org/10.20798/wildlifeforum.20.2_24)
- 田中 淳志, 大石 卓史 (2017) 生物多様性ブランド農産物の販売状況と今後の展望—生きものマーク農産物を中心に—. 農村計画学会誌, 35:492-495. <https://doi.org/10.2750/arp.35.492>
- TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity) (2010) The Economics of Ecosystems and Biodiversity Ecological and Economic Foundations. Edited by Pushpam Kumar. Earthscan: London and Washington. <http://teebweb.org/publications/teeb-for-research-and-academia/>, 2021年12月26日確認
- Tilman D (1999) Diversity and production in European grasslands. *Science*, 286:1099-1100. <https://doi.org/10.1126/science.286.5442.1099>
- Tilman D, Wedin D, Knops J (1996) Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. *Nature*, 379:718-720. <https://doi.org/10.1038/379718a0>
- 東京都環境局 (2014) 植栽時における在来種選定ガイドライン—生物多様性に配慮した植栽を目指して—. [https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/nature/green/green\\_biodiv/ns\\_guidelines.files/ns\\_guidelines\\_all.pdf](https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/nature/green/green_biodiv/ns_guidelines.files/ns_guidelines_all.pdf), 2021年8月28日確認
- Tolley SG, Volety AK (2005) The role of oysters in habitat use of oyster reefs by resident fishes and decapod crustaceans. *Journal of Shellfish Research*, 24:1007-1012
- 津村 義彦, 陶山 佳久 (編) (2015) 地図でわかる樹木の種苗移動ガイドライン. 文一総合出版, 東京
- UNEP (2022) UNEP/EA.5/Res.5 Resolution adopted by the United Nations Environment Assembly on 2 March 2022. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/39752/K2200677%20-%20UNEP-EA.5-Res.5%20-%20Advance.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, 2022年6月16日確認
- 鷺谷 いづみ (1998) 生態系管理における順応的管理. 保全生態学研究, 3:145-166. [https://doi.org/10.18960/hozen.3.2\\_145](https://doi.org/10.18960/hozen.3.2_145)
- WWF, ILO (2020) NATURE HIRES: How Nature-based Solutions can power a green jobs recovery. [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_emp/documents/publication/wcms\\_757823.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/documents/publication/wcms_757823.pdf), 2021年8月28日確認
- Yachi S, Loreau M (1999) Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment: The insurance hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96:1463-1468. <https://doi.org/10.1073/pnas.96.4.1463>
- 山口 理枝子, 横張 真 (2000) 北米におけるグリーンウェイ計画の変遷と社会的背景. ランドスケープ研究, 64:865-870. <https://doi.org/10.5632/jila.64.865>
- 八巻 一成, 庄子 康, 林 雅秀 (2011) 自然資源管理のガバナンス—レブンアツモリソウ保全を事例に—. 林業経済研究, 57:2-11
- 山下 隆男, 嵯峨 拓朗 (2005) 流域水文モデルHSPFによる沿岸海域への物質輸送シミュレーション. 海岸工学論文集, 52:1101-1105
- 吉田 丈人 (2020) 伝統的グリーンインフラと地域連携. (グリーンインフラ研究会, 三菱UFJリサーチ&コンサルティング, 日経コンストラクション 編) 実践版! グリーンインフラ, 145-150. 日経BP, 東京
- 在日フランス大使館 (2021) 第4回ワン・プラネット・サミット開催. <https://jp.ambafrance.org/article16416>, 2022年6月16日確認