

提言

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



平成26年（2014年）9月19日

日本学術会議

統合生物学委員会・環境学委員会合同

自然環境保全再生分科会

この提言は、日本学術会議統合生物学委員会・環境学委員会合同自然環境保全再生分科会の審議結果を取りまとめ公表するものである。

日本学術会議統合生物学委員会・環境学委員会合同自然環境保全再生分科会

委員長	鷺谷	いづみ	(第二部会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
副委員長	高村	典子	(連携会員)	独立行政法人国立環境研究所生物・生態系環境研究センターセンター長
幹事	池邊	このみ	(連携会員)	千葉大学大学院園芸学研究科教授
	一ノ瀬	友博	(連携会員)	慶應義塾大学環境情報学部教授
	大澤	啓志	(連携会員)	日本大学生物資源科学部准教授
	鬼頭	秀一	(連携会員)	星槎大学共生科学部教授
	田中	和博	(連携会員)	京都府立大学大学院生命環境科学研究科教授
	寺西	俊一	(連携会員)	一橋大学大学院経済学研究科教授
	戸部	博	(連携会員)	京都大学名誉教授
	三浦	慎悟	(連携会員)	早稲田大学人間科学部教授
	吉田	丈人	(連携会員)	東京大学大学院総合文化研究科准教授

この報告書の作成にあたっては、以下の職員が事務を担当した。

事務局	盛田	謙二	参事官(審議第二担当)	
	齋田	豊	参事官(審議第二担当)	付参事官補佐(平成26年8月まで)
	松宮	志麻	参事官(審議第二担当)	付参事官補佐(平成26年8月から)
	西川	美雪	参事官(審議第二担当)	付専門職付

要 旨

1 作成の背景

多様な生態系サービス（生態系が人間社会に提供するさまざまな便益）を同時に享受しうる多義的空間利用を重視するグリーンインフラストラクチャー（Green Infrastructure, GI¹⁾ と略）は、災害の脅威への備えが社会の重要課題となると、「生態系を基盤とした災害リスクの低減（Ecosystem-based Disaster Risk Reduction, Eco-DRR²⁾）」を実現する手段としても重視されるようになった。

統合生物学委員会・環境学委員会合同自然環境保全再生分科会は、自然環境（生態系／生物多様性）の保全・再生・活用に関心を寄せる多様な分野の研究者をメンバーとし、これまで、生物多様性の保全と持続可能な利用、とくに里地・里山の保全および自然再生に関する科学と政策に関する審議を重ねてきた。2011年3月の東日本大震災以降、メンバーの多くが震災復興における自然環境への配慮や自然再生に関心をもち、独自の調査・活動を行い、分科会としての調査を2012年5月に実施した。

2013年11月には、環境省自然環境局生物多様性戦略室、国土交通省国土政策局総合計画課国土管理企画室、国際自然保護連合（IUCN）日本プロジェクトオフィスからそれぞれGIやEco-DRRについて調査等を行っている担当者を参考人として招聘して日本におけるこれらの意義と可能性について審議した。これらの分科会活動を通じて、Eco-DRRの意義を確信し、急遽、まとめたのが本提言である。本提言では、私たちが推奨する手法を、GIよりもその性格が明確な「生態系インフラストラクチャー（Ecosystem-based Infrastructure; EI³⁾）」という用語で表すこととした。

2 現状及び問題点

1990年代の半ばにアメリカ合衆国で広がり始めたGIは、現在では欧米に多くの事例をみることができる。ヨーロッパ連合（EU）は、2013年5月に、GIを積極的に利用するための新たな戦略「グリーンインフラストラクチャー戦略」を採択した。その中では、防災・減災を含む多様な生態系サービスを提供する土地として湿地帯、砂丘、伝統的な農業が営まれる農業地帯などを重視している。

日本の里地・里山をはじめとする世界の伝統的な農業複合生態系における土地利用では、災害リスクの大きい氾濫原やその他の湿地（ラムサール条約の定義によるウエットランド）は、居住地や集約的な農地としては利用せず、生物資源の採集地や放牧地などとして利用してきた。このような土地利用システムは、現代のEco-DRRがめざすところを実現していたといえる。

東日本大震災の復旧・復興で実施されている公共工事等をみる限り、「国土強靱化」の手法は、コンクリートの人工構造物や造林等による従来の公共事業と変わらず「自然との共生」という社会の目標とは矛盾しがちである。人口減少・高齢化が急速に進みつつある地域において、真に強靱な（レジリエントな）地域づくりに寄与するためには、人類が長い歴史と経験によって培ってきた手法でもあるEIを用いた、低コスト・メンテナンスフリーのEco-DRRについて科学的・社会的検討をすすめることが望ましい。

3 提言等の内容

(1) 災害復興や国土強靱化における生態系を基盤とした災害リスク低減（Eco-DRR）のための生態系インフラストラクチャー（EI）活用

国や自治体などの事業主体は、災害復興や国土強靱化のための手法として、最近、国際的に注目されるようになった Eco-DRR に目を向け、それぞれの場所の自然環境と経済社会的状況に応じて、EI とコンクリート構造物による手法の利点・欠点を勘案し、前者を後者の代替的な、あるいは相補的な手法として検討・評価し、土地利用や自然再生の計画等に積極的に EI を導入・活用すべきである。それにより、地域社会は、自然環境と経済社会的状況の変化に柔軟に対応することができ、設置や維持にかかるコストを低減し、防災・減災のみならず、生物多様性豊かで多様な生態系サービスを楽しむつつ気候変動の緩和策にも寄与する多義的空間として、持続的に活用することができる。

(2) インフラ整備における住民との十分な情報共有

国および自治体などの事業主体は、インフラ整備の事業計画の立案にあたっては、人工構造物による整備および EI の経済的コスト、環境面のコスト、整備によってもたらされる便益などに関する情報を広く共有した上で、直接の当事者である地域の住民、とくに地域の将来を担う若い人々の参加のもとに徹底した議論を行うことが必要である。

(3) 里地・里山の生態系サービスに目を向けた EI 研究の実施

関連分野の研究者は、事業主体や住民による具体的な検討・評価を可能にするために、日本の国土の多様な条件に適合した EI に関する科学的研究と技術開発を早急にすすめる必要がある。そのためには自然再生事業の現場等において事業主体や住民を含め、多様な分野の研究者などが協働する統合的な研究プロジェクトおよびモデル事業が必要である。また、伝統的な土地利用や営み・智慧に具現されている合理的な EI の要素を抽出して現代に活かす里地・里山研究が重要である。

(4) EI による Eco-DRR を考慮した環境教育、ESD、防災・減災教育の推進

防災・減災教育を企画・実施する国や地域の主体やメディアは、EI による Eco-DRR の概念が日本においても広く理解され活用されるために、環境教育、とくに持続的発展のための教育（ESD）や防災・減災教育や関連報道の中にそれを取り入れることがのぞましい。とくに、日本の国土にも適合した EI に関する知見の進展に応じて、インフラ整備に関連する実務者や技術者の教育プログラムには、EI および Eco-DRR を重要な要素として導入すべきである。

(5) アジアのモデルとなる EI による Eco-DRR の実践

モンスーン気候帯にあり古くから水田稲作が行われてきたアジアは、自然災害による人命喪失や経済的被害額が世界の他地域に突出して大きい。EI による Eco-DRR は、発展途上国でも利用が容易な防災・減災の手法である。国は、気候、農業、伝統的な土地利用などにおいて共通性が高いアジア地域の模範ともなるような、合意形成から事業化までを含む実践的なモデルを国内で確立し、そこで蓄積された経験にもとづく具体的な支援

をアジア諸国に提供すべきである。

註

1) GI : green infrastructureの略

「グリーンインフラストラクチャー」と訳され、最近では、日本の政策文書にも登場する。欧米では1990年代からその概念が広がり始めた。国や分野などによって、この用語の意味・用法には違いが認められるが、広義には自然・人工のものを問わず、緑地や湿地およびそれらのネットワークを活かすインフラストラクチャーをさす。最近では、持続可能性を意識した都市計画や地球規模への気候変動の適応策など、新しい社会的問題の戦略的解決に資するインフラ整備の考え方として、欧米の政策に取り入れられている。

2) Eco-DRR : ecosystem-based disaster risk reductionの略

「生態系を基盤とした災害リスクの低減」もしくは「生態系を活用した減災・防災」と訳される。2010年代になってから、その意義への理解を広げ、実行しようという機運が国連機関、国際NGOなどの間で高まってきた。

3) EI : ecosystem infrastructureの略

「生態系インフラストラクチャー」の英訳として、自然環境保全再生分科会が本提言において提案する新用語。広義のGIから人工的な緑地／水域などによるインフラストラクチャーを除き、生態系（自然・半自然環境）を活かすもののみと指すものとして定義。すなわち、湿地（浅海域や水田を含む広義の湿地）や草原・森林など、自然域、半自然域の生態系を、多様な生態系サービス供給ポテンシャルを維持しうるよう、社会にとっての多義的空間として保全・再生・管理することを通じて実現するインフラストラクチャーの意。

目 次

1	提言に至る分科会審議の経緯	1
2	国際的動向	2
	(1) グリーンインフラストラクチャーに関する動向	2
	(2) 生態系を活用した災害リスクの低減に関する動向	3
3	日本における生態系インフラストラクチャー：経験と現状	6
	(1) 伝統的生態系インフラストラクチャーとしての里地・里山	6
	(2) 日本における生態系を活用した災害リスクの低減に関する現状	6
4	生態系インフラストラクチャーのすすめ	9
5	提言	12
	(1) 災害復興や国土強靱化における生態系を基盤とした災害リスク低減 (Eco-DRR) のための生態系インフラストラクチャー (EI) 活用	12
	(2) インフラ整備における住民との十分な情報共有	13
	(3) 里地・里山の生態系サービスに目を向けた EI 研究の実施	13
	(4) EI による Eco-DRR を環境教育、ESD、防災・減災教育に取り入れる	14
	(5) アジアのモデルとなる EI による Eco-DRR の実践	15
	<参考文献>	16
	<参考資料>環境学委員会 自然環境保全再生分科会審議経過	17

1 提言に至る分科会活動の経緯

統合生物学委員会・環境学委員会合同自然環境保全再生分科会は、自然環境（生態系／生物多様性）の保全・再生・活用に関心を寄せる、環境経済学、環境社会学、造園学、森林科学、植物科学、ワイルドライフ科学、生態学などの研究者をメンバーとしており、これまで、生物多様性の保全と持続可能な利用、とくに里地・里山の保全および自然再生に関する科学と政策に関する審議を重ねてきた。

2011年3月の東日本大震災以降、分科会メンバーの多くが震災復興における自然環境への配慮や自然再生に関心をもち、独自の調査や活動を行った。2012年5月には、一関市教育委員会・久保川イーハトーブ自然再生協議会との共催により、公開講演会「科学と実践との対話-自然再生と震災復興」を一関市で開催し、東日本大震災からの被災地の復興において「自然再生」が潜在的に果たしうる役割について情報交換を行った。その折には、久保川イーハトーブ自然再生事業地、および大津波によって砂丘とその後背湿地からなる複合生態系が蘇った名取市の海岸の調査を行った。名取市の海岸では、砂丘上での防潮堤の工事が始まろうとしている一方で、それより陸側において、クロマツの実生や稚樹が多く生育しているにもかかわらず植林に向けた整地が始まっていた。その様子を目の当たりにし、参加したメンバーは、自然のプロセスへの配慮のない従来型の個別の計画が、それぞれのセクターの間の連携・調整もないままに実行に移されている現状の問題を把握し、「生態系を活かす」方策への理解を広めることの必要性を痛感した。

2013年11月には、環境省自然環境局生物多様性戦略室、国土交通省国土政策局総合計画課国土管理企画室、国際自然保護連合（IUCN）日本プロジェクトオフィスからそれぞれグリーンインフラストラクチャー（GI）や生態系を活用した防災・減災（Eco-DRR）について調査等を行っている担当者を参考人として招聘してGIとEco-DRRに関する審議を行った。

欧米、とくにヨーロッパでの動き[1]について学び、分科会におけるこれまでの審議や調査によって得た知見もあわせると、自然に逆らわない生態系を活用する防災・減災の可能性と社会的意義について強く確信することができた。そこで、急遽、分科会として本提言をまとめて広く社会に関連する情報を伝えることとした。

なお、本提言では、私たちが提案する手法については、GIではなく、その性格をより明確な言葉で表す「生態系インフラストラクチャー（Ecosystem-based Infrastructure; EI）」という言葉を使用することとした。すなわち、GIにおいて、生態系の諸機能を活かしたインフラストラクチャーを意味する言葉としてEIを提案する。すなわち、GIの中でも、浅海域や水田を含む湿地や草原・森林などの生態系を活用したインフラストラクチャーをEIとする。新しい用語であるEIを使用することは、「グリーン」「緑」という修飾語で人々が想起するイメージが「自然環境や生態系を基盤にする」という私たちの意図とは異なるものとして伝わることを回避することができるという利点もある。

2 国際的動向

(1) グリーンインフラストラクチャーに関する動向

GI の概念は 1990 年代の半ばにアメリカ合衆国で広がった。それは、土地利用計画に関する意志決定において、自然環境の重要性を強調するものであった。GI はさまざまな意味合いで捉えられ、特に都市計画分野において、水と緑を扱う多様な手法や計画に関連して使われてきた。

本分科会の関心に沿うものとしては、アメリカ合衆国環境保護局（EPA）¹の定義とその扱いをあげることができる。EPA は GI の定義を「地域社会が健全な水環境を維持するために選択しうる手法であり、多様な環境からの利益を得つつ持続可能な地域社会の維持に寄与する」とし、この手法のメリットとして、同一の土地に「多様な機能」をもたせることができることをあげている。例えば、市街地の辺縁部に河川の氾濫原が残されていれば、そこは洪水を受け止めて市街地の洪水を防ぐ遊水地として役立つだけでなく、緑地としても機能し、放牧地として生産にも寄与し、そこに残された自然環境は人間の健康にとってもさまざまな良い効果をもたらす。人工構造物による対策に比べるとコストがそれほどかからないことも社会にとっての利益としてあげている。

EPA は、2008 年に「行動戦略」、2011 年に「戦略アジェンダ」を策定し、2013 年 10 月にそれらを踏まえた「新戦略アジェンダ」を公表した。そこで新たに強調されたのは、「連邦政府のさまざまな部署において横断的に GI を通常の業務として位置づけること」である。地域発のボトムアップの性格が強かった GI を連邦政府がその推進に相応の役割を果たすべき広域的な政策とすること、すなわち連邦政府の役割強化がめざされている。

英国のナチュラルイングランド（英国の自然環境保全を担う公的機関）は、GI を「質の高い緑、青の空間もしくは外の環境特性のネットワークである。それは、国家レベルから近隣空間レベルまでのあらゆる空間的スケールで計画し実現されなくてはならない。地域社会が広範な環境上の、また人生の質にとっての利益（生態系サービスを）を享受しうる多機能資源（multifunctional resources）として計画され管理されれば、最も大きな利益が得られるだろう。」²と定義・性格付けし空間的スケールに応じて性格を異にする多様な GI を推奨し、その効用として以下をあげている[2]。

- ①人々が自然とふれ合える野生生物の生活の空間とハビタット
- ②屋外のレクリエーション空間
- ③洪水調節や都市気候の緩和など、気候変動への適応
- ④環境教育
- ⑤地域での食料生産
- ⑥ストレスレベルを下げ運動の機会を与えることによる健康と福利の改善

地域経済への貢献としては次のような項目をあげている。

- ①国内投資を誘導- 地域を投資家にとってより魅力的なものにする。

¹ <http://water.epa.gov/infrastructure/greeninfrastructure/index.cfm>

² <http://www.naturalengland.org.uk/ourwork/planningdevelopment/greeninfrastructure/default.aspx>

- ②訪問者による消費支出の増大- 地域を旅行者や訪問者にとってより魅力的なものにする。
- ③環境コストの節減- 大気汚染を改善し、ヒートアイランド効果を低減、拡散性の汚染をフィルターとして除去、洪水リスクの管理にも役立つ。
- ④健康上の利益の提供- 大気環境や周辺環境の改善を通じて、活動を促し精神衛生や福利を改善する。
- ⑤雇用の創出- 新たな産業や居住者を地域に誘致することで、オフィス利用率が高まり地域の雇用数が増す。
- ⑥食料生産の促進- 都市における生産性を向上させる。

英国に限らずヨーロッパでも GI の実践が近年多様な形で進められてきた。生物多様性条約第 10 回締約国会議において「新世界戦略」計画が設定され、それに応じてヨーロッパ連合（EU）の新たな目標が合意されると、その達成のための有力な手段の一つとして、生物多様性政策の重要な要素として GI が位置づけられた。2013 年 5 月には、EU は GI を積極的に利用していくための新たな戦略を採択している。

EU の「新戦略」[1]では、空間計画（土地利用計画）において、自然のプロセスを尊重する手法をとることで、生態的、経済的、社会的な利益、すなわち「生態系サービス（生態系がその機能を通じて人間社会に提供する便益）」を潤沢に人々が享受することができるように自然を利用することを推奨している。たとえば、水害を防ぐためには、従来のダムや堤防などの建設に代え、大雨の際に洪水を貯留する湿地帯を利用し、水循環の健全化、レクリエーションの機会の提供など、湿地のさまざまな生態系サービスを活用できるようにするなどである。

「新戦略」では、都市、田園地域を問わず小さな自然域も大きな自然域も人々にとって重要であるとし、GI の要素として、小規模なものとしては、生物多様性豊かな公園、庭園、池沼、樹林、河川、生け垣、採草地、樹林、沿岸地域の小砂丘など、都市にも農村地域にも見いだすことのできるものがあげられている。国レベルのスケールでは、大規模な自然保護区や大きな湖沼、自然性の高い森林域、粗放的な農業が行われている農業地域、連続した砂丘帯などが活用可能な要素とされ、それらの要素がネットワークとして連結されたときに社会はより多くの利益を享受できるとしている。GI は、すでに取り組みされている事業や実践を概括する概念であるとともに、今後活用すべきのぞましい政策を指し示すキーワードともなっている。

(2) 生態系を活用した災害リスクの低減に関する動向

自然災害による被害の増加は、最近の世界的な傾向である。例えば、世界の大規模な気象災害の件数は、1990 年台半ば（1993-1997 年）の 200 件から、2000 年頃（1998-2002 年）には 331 件に増加した。それによる経済的な損害の増加、なかでも洪水に起因する災害の増加傾向が顕著である。

自然災害の増加には、人為的気候変動による異常気象の頻発なども関与しているが、

人口の空間分布の変化が重要な要因となっている。津波や洪水など、災害につながる危険事象が発生する確率の高い場所でも、そこで人間活動が行われていなければ、災害が起こることはない。そのような場所で人間活動が活発化すれば、災害は確実に増え、激甚化する。

現在、都市への人口集中が世界中で急速に進行しつつある。すでに、世界の人口の半分以上が都市に居住している。大都市の多くは、河川の氾濫原や沿岸域、とくにそれらの両方の特徴をあわせもつ河口域に発達している。大都市への人口集中は、必然的に洪水や津波などの被害を受けやすい場所への人間活動の空間的な拡張をもたらす。

1990年代に「持続可能な地域づくり」が社会的な目標として重視されるようになると、自然災害に対する対策についての考え方も大きく変化した。GIの多様な効用の中でも、「災害リスクの低減」が注目されるようになった。氾濫原や河口域などを新たに人間活動に利用するにあたっては、自然災害の危険性に対する適応が欠かせない。すなわち、洪水にさらされやすい区域においては、災害の悪影響を低減するための予防的な方策をたてる必要がある。GIの災害リスク軽減効果は、最近では、「生態系を基盤とする災害リスクの低減 (Ecosystem-based Disaster Risk Reduction, Eco-DRR)」の概念のもとに論じられるようになってきている[3]。

2005年1月に兵庫県神戸市で開催された国連防災世界会議において、「兵庫行動枠組2005-2015」が採択されたが、そこには「災害リスクは、危険事象ハザード（人命の損失、負傷、財産への損害、社会的・経済的崩壊、もしくは環境破壊を引き起こす可能性のある、潜在的に有害な自然事象・現象および人間活動）が物理的・社会的・経済的・環境的な脆弱性と相互作用するときが発生する」とし、災害、特にリスク管理と軽減が世界規模の問題であるとした。潜在的なリスク要素の軽減に資する方策としては、第一に「生態系の適切な管理」があげられている。

このような流れをうけて、2008年に発足した国連の各機関、NGOおよび専門家の国際的な連合組織である「環境・災害リスク低減のためのパートナーシップ (the Partnership for Environment and Disaster Risk Reduction (PEDRR))」は、Eco-DRRを促進し、規模を拡大し、「兵庫枠組み」と関連した国際、国家、地域レベルでの開発計画における主流化をめざして活動しており、Eco-DRRの概念と技術の普及に資するプログラムを提供している。そこでのEco-DRRの定義は、「(サステイナブルでレジリエントな発展を達成する目的において、) 災害リスクを低減するべく生態系を持続可能な形で管理、保全、修復すること」[3]である。

災害リスクにつながる自然の事象は人間にとってはハザードとなる可能性があり、「負の影響」をもたらすリスクをもつが、生態系における役割からみればそれは「攪乱 disturbance」である。攪乱は、生態系の構造・機能の長期的な維持においては欠かすことのできない重要なプロセスであり、長期的にみれば、正常な生態系機能の持続的な維持に寄与し、多様な生態系サービスをバランスよく提供する潜在的可能性の保持を通じて、人間社会にさまざまな利益をもたらす。

自然攪乱が直接もたらす基盤的な生態系サービスとしては、洪水や嵐が流水や降水に

よって栄養塩や有機物（植物の成長という視点からは肥料分）を運搬し、泥土の堆積や土壌への水の浸透などの過程を経て、土地を肥沃にすることをあげることができる。冠水によって土壌が湿潤な状態に保たれている間に藍藻の窒素固定による栄養塩の増加がもたらされることも肥沃化に寄与する。このような土壌の肥沃化は、とくに河川の氾濫原とその近傍に位置する生態系（湿地・湿原、農耕地など）や沿岸生態系（マングローブ林、干潟、珊瑚礁など）において、古来、生物生産や沿岸漁業などに利益をもたらしてきた。

河川氾濫原や河口域の干潟、砂浜と塩生湿地など、陸域と水域の間にある移行帯の生態系は、自然攪乱なしには維持されないだけでなく陸側および海側の生態系の正常な機能の長期的維持にも欠かせない。その空間を防災・減災のための緩衝帯として Eco-DRR を主眼とした土地利用の対象とすれば、大きな自然攪乱が生じても人間社会への負の効果としての災害が生じないだけでなく、長期的な陸域・水域両方の生物多様性・生態系保全上の大きな効果が期待できる[4]。

Eco-DRR の基本的な概念の一つとして、危険事象（ハザード）そのものが災害ではなく、災害リスクは、危険事象およびそれに対する暴露および人間社会の脆弱性の相乗的な効果として生じるというモデルが提唱されている[3]。このうち暴露は、危険事象の影響範囲に人間活動が存在すること、脆弱性は、危険事象に暴露された際の影響が甚大なことを意味する。危険事象の影響を強く受ける潜在的可能性をもつ生態系、すなわち氾濫原や沿岸域の生態系を、居住など人間が常時利用する空間としては利用せず、健全な水環境の保全、生物資源の採集、レクリエーション活動の場、立ち入らずに楽しむこともできる景勝地などとしての利用にとどめれば、暴露と脆弱性を低く抑えて災害リスクの低減をはかることができるだろう。

3 日本における生態系インフラストラクチャー：過去から現在へ

(1) 伝統的生態系インフラストラクチャーとしての里地・里山

伝統的な里地・里山は、モノカルチャーの農業地帯とは対照的な土地利用を特徴とする。里地の農地と集落、里山の雑木林や採草地や湿地やため池など生物資源や水資源を得る空間（地方によっては、農地「ノラ」に対して「ヤマ」と呼ぶ）などからなる多様な土地利用が相互に有機的なつながりをもち配置されたモザイクをなす[5]。

これと類似した農地と採集地の組み合わせは、世界中の伝統的な土地利用システムに認められる。ヨーロッパでも、居住地や農地として利用しにくい氾濫原やそれ以外の湿地（ラムサール条約でのウェットランド）は、生物資源の採集地や放牧地として利用されてきたが、そこは多様な動植物に生息・生育場所を提供する生物多様性豊かな空間であり、生物資源の供給サービスのみならず、調節サービス、文化的サービス、基盤的なサービスなど多様な生態系サービスの供給ポテンシャルを誇っていた。このような里地・里山やそれに類似する伝統的なシステムは、GI がめざすところを実現していたと考えることができる。

今でもそのような伝統的な土地利用と営みが広く残されている地域では、人々は栽培や飼育だけでなく、採集によっても食物や生活用品を調達している。しかし、グローバル化した経済のもとで、都市住民は、遠隔地の生態系が生み出すサービスに依存する生活をするようになった。それに伴い、食料生産などの生態系サービスを地域経済の中心におく地域では、市場に出す特定の作物等の生産のみを強化するための土地利用・生態系管理が行われる。そのような地域では、大規模なモノカルチャーにより生態系は極度に単純化され、化学肥料の過剰投入など農地の過度な肥沃化は物質循環を大きく改変し、多様な生態系サービスとその供給ポテンシャルが失われる。また、生態系の不安定化は生産の持続可能性を損ないがちである。

生物多様性条約 COP10 において日本が提案した SATOYAMA イニシアチブは、伝統的な生態系利用・管理の知恵を学び、その真髄を現代に適合した形で活かすことで持続可能性への寄与が期待されている。その中で、災害リスクの低減に関する情報収集と評価が行われれば、それぞれの地域にふさわしい Eco-DRR の構築に寄与するであろう。

かつての里地・里山では、生物資源や水資源を確保するための空間として、河川の氾濫原の広大な湿地のヨシ原やオギ原が茅場として、茅やその他の生物資源の採集地として利用され、そこは洪水などの災害から集落や農地を守る緩衝帯の役割を果たしていた[5]。地形に応じて河口に発達する干潟は、魚介類などの自然の恵みを育むとともに水質浄化などの生態系サービスを提供した。そのような場所が開発され、市街地等になったことで危険事象への暴露が高まり、自然災害のリスクが増大したといえるだろう。

(2) 生態系を活用した災害リスクの低減に関する現状

日本でも、災害を防ぐために「緩衝空間」を設ける手法は、遊水地による治水対策など、河川管理で利用されてきた。しかし、それを多様な生態系サービスを提供する多機能空間として計画した前例とみなすことは難しい。図らずしてそのような空間が残さ

れ、新たな活用が目指されている貴重な例として、渡瀬遊水地をあげることができるだろう。

渡瀬遊水地は、明治時代に、足尾銅山の鉱毒が洪水時に首都圏に影響を与えることがないように、農地や居住地として利用されていた土地を広大な湿地帯に戻したものである。鉱毒が問題とはならなくなった後は、洪水防止のための遊水機能が重視されて河川管理下におかれてきた。近年になってその一部が人工的な貯水池とゴルフ場に開発されたが、今でも日本の本州以南で最大のウェットランド（約 2000ha）として関東地方における低湿地の生物多様性保全にとって重要な空間となっている。遊水地には、絶滅危惧植物が 50 種以上生育し、猛禽類を含む多様な動物の生息場所としての重要性も高い。一方で、現在でもヨシズ生産用にヨシが採集されており、そのための管理として火入れ（ヨシ焼）も行われている。2008 年には、ラムサール条約登録湿地として登録されたが、Eco-DRR の観点からも、先進的な「賢明な利用」が行われた湿地として、世界に誇れるものである。

現在、遊水池では時間とともに土砂が堆積して湿地の条件が劣化し、同時に洪水調節容量が低下しつつある。そこで治水を主目的とした、掘削による湿地再生事業が進められているが、ラムサール条約登録湿地にふさわしく、生態系・生物多様性にはきめ細かい配慮がなされている。

利根川の下流域の治水において重要な役割を果たしている田中遊水地（千葉県）、菅生遊水地（茨城県）、稲戸井遊水地（茨城県）の 3 つの遊水地は大部分が水田であり、生産が行われている。合計の洪水調節容量は 1 億 m³ を超えている。日本やアジアでは、農業生産における水田稲作の重要性が高く、水田が国土に占める面積の割合が大きい。本来の河川氾濫原は多くが水田地帯となっている。したがって、地域での合意形成をうまく進めることができれば、水田生態系を活用した Eco-DRR は有効な防災・減災の対策となりうるだろう。米の生産に加え「水田の多面的機能」として多様な生態系サービスを提供し、時折起こる洪水に対しては防災・減災の効果を発揮しうることから、水田の遊水地としての活用は、EI の好例と考えることができるだろう。

日本における現在の治水の手法としては、このような空間活用手法はどちらかといえば例外的で、各河川の河川整備計画からみる限りダムや堤防などコンクリート構造物に頼る事業が卓越している。近年になって治水のために設けられた遊水地も、国土交通省の河川事務所のウェブページなどで見る限り、本来、その場に成立していた生態系や生物多様性の保全・再生を治水と同時に追求したものは少なく、残念ながら生態系へのまなざしは概して希薄である。その中であって、渡瀬遊水地における湿地再生事業は、生物多様性の保全・再生をも視野に入れた世界に誇れる EI による Eco-DRR の優良事例といえるだろう。

沿岸域において、津波・高潮から居住地等を守るためには、市街地などとしての土地利用圧力の高くない地域では、干潟や塩生湿地、河口域の氾濫原を再生し、多様な生態系サービスを楽しむ EI が有効であると考えられる。しかし、東日本大震災からの復興においてそのような計画はほとんど存在しないようである。

このように、伝統的な里地・里山における土地利用をはじめ、かつては、巧みな EI の智恵と技を誇ってきた日本だが、近年のインフラ整備は、コンクリート人工構造物一辺倒といえるような状況を呈している。災害復興や国土の強靱化においても、防潮堤の築造や植林による緑化工事など、いち早く国主導のトップダウンで計画が立てられ、各地で事業が開始されている。それに対して、Eco-DRR はまだ、議論の俎上にのぼっていないとはいえない。自然災害に対しては、堰やダム、排水路などの人工的な構造物をつくる土木技術や緑化技術で対応することが現代の日本においては「常識」になっており、Eco-DRR への社会的認識がきわめて低いことが、このような状況をもたらしているのだろう。選択肢の一つに EI による Eco-DRR があることを人々が認識できるようにすることは、その普及以前の喫緊の課題といえるだろう。

4 生態系インフラストラクチャーのすすめ

GI および Eco-DRR は、かつての日本では、伝統的な里地・里山における土地や資源の利用にみられるように、むしろ当たり前の手法であった。自然の豊かな恵みを享受しつつも、その厳しい力をまともに被ることのないように巧みに逸らす術を人々は身につけていた。自然攪乱にさらされやすい水辺の氾濫原や山際などは、茅をはじめとする建材、エネルギー源、食料、多様な生活用品として利用する生物資源を採集する空間とし、そこでの居住や耕作を避けるのが、里地・里山での典型的な自然との折り合い方を具現した土地利用であった。図には、氾濫原の一般的な土地利用の模式図を示した。氾濫原湿地（湿性草原、水域、樹林を含む）を広く残し、そこには居住せず、茅場（採草地）など、多様な生物資源の採集地（ヤマ）として利用した。渡良瀬遊水地は、そのような氾濫原湿地を広大な面積にわたって Eco-DRR に寄与するように整備した EI の典型的な事例といえるであろう。

しかし、西欧から近代的な技術を導入してからは、単一機能の強化を主眼としたインフラ整備と土地利用が主流になり、里地・里山の土地利用の智恵が忘れられ、そこでの営みが廃れ、その価値すら認識されなくなっている。

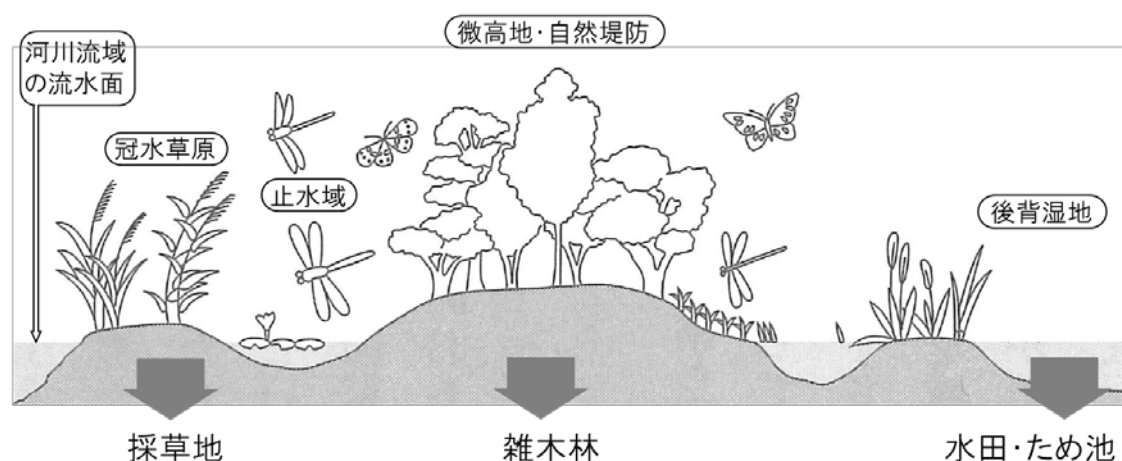


図1 氾濫原の地形とその生物資源採集地（ヤマ）としての土地利用

鷲谷いづみ(2011) [5]より改図

表は、EI と人工構造物によるインフラの利点・欠点を沿岸域の津波対策や河川の治水などを念頭においてまとめたものである。人工構造物によるインフラは、特定の明確な目的に資する単一の機能を高い精度で実現させることができる。社会が求める性能を的確に提供することができるのが最大の利点である。また、その建設において短期的ではあるが地域で雇用が生じるなど、種々の経済的な効果をもたらすことは、地域がグレイインフラを歓迎する理由の一つでもあるだろう。

これに対して、EI は、生物多様性の保全にも資する多様な生態系サービスを発揮しうる多義的空間の維持・創出するところに最大の利点がある。順応的な管理により、不確実性

に対処しやすいことも利点である。

大型の人工構造物による方法は、災害をもたらす可能性のある極端な自然現象が増加する一方で、国内人口の減少と偏った年齢構成および国土における空間分布が急速に変化しつつある現在、経済的なコストが大きく、多様な機能を調和させることができないことから、得策ではない場合が少なくないと思われる。

表1 人工構造物によるインフラ整備と生態系インフラストラクチャーの特徴
(代表的な例として防潮堤築造と沿岸生態系の緩衝空間としての保全・再生を想定して対比)
◎大きな利点 ○利点 △どちらかといえば欠点 ×欠点

	人工物 インフラ	生態系 インフラ
単一機能の確実な発揮 (目的とする機能とその水準の確実性)	◎	△
多機能性 (多くの生態系サービスの同時発揮)	△	◎
不確実性への順応的な対処 (計画時に予測できない事態への対処の容易さ)	×	○
環境負荷の回避 (材料供給地や周囲の生態系への負荷の少なさ)	×	◎
短期的雇用創出・地域への経済効果	◎	△
長期的な雇用創出・地域への経済効果	△	○

環境負荷は、構造物が設置される場所で生態系の連結性や健全性を損ない水域と陸域の生物多様性に甚大な影響をもたらすことだけではない。利用される資材の調達においても生物多様性への負の影響が甚大である。すなわち、コンクリートの骨材としての海砂利採取が海域の生物多様性へ悪影響を及ぼし、特殊な生物相をもつ石灰岩地帯からの石灰岩の採取がもたらす生物多様性への影響も大きい。

EIによるEco-DRRは、生物多様性の保全を含む自然環境の良好な維持全般にむしろ寄与するwin-winの方策であり、生態系の構造・機能を大きく改変して不可逆的な変化をもたらすことがないため、その時々々の社会のニーズにもとづいて利用方法を変えることが容易である。その意味で、「悔いをもたらすことのない(no-regret)」方策であるといえるだろう。

大規模な人工構造物は、その維持コストや想定外の負の効果などにより将来世代にとつ

での「負の遺産」となる可能性がある。それに対して、多様な生態系サービスを發揮してくれる健全な生態系は、人工構造物や単純な人工的生態系とは異なり、メンテナンスに人的資源を投入する必要がほとんどない。人口減少・超高齢化社会にとって、このことは大きな利点といえるだろう。

Eco-DRR は、経済的なコスト、すなわち初期コストも維持管理のコストも大規模人工構造物とは比べものにならないほど小さいのが通例である。さらに、災害リスク低減のみならず、多様な生態系サービスを社会が享受し続けることができることを考えれば、ベネフィットとコストを広く捉えた真の B/C（ベネフィット／コスト比）は、十分に大きいものといえるだろう。

日本ではいま、世界に先駆けて、急速な人口減少と高齢化が進み、人口の空間分布もますます大都市に集中しつつある。今後、人がほとんど住まない地域の急速な拡大が予測される。大規模人工構造物は、機能を安全に維持し続けるためには管理・点検を怠ることができない。予測される社会的な変化のもとで、適切に維持管理していくことが難しい場面も多くなるだろう。維持コストは時間と共に増大し、また、遠からず更新もしくは改廃が必要となるためさらにコストがかかる。従来の手法は、環境の視点のみならず、社会的・経済的な観点からも得策とはいえない場合が少なくないだろう。

私たち分科会メンバーは、自然環境および現在および将来の地域社会への負荷が小さく、生物多様性の保全と持続可能な利用を通じて広域的に大きな利益をもたらす EI を、今後、里地・里山地域（大都市の市街地以外の人間の生活域を広く含む）における災害・減災の手法として積極的に活用していくことに関して、以下を提案する。

5 提言

(1) 災害復興や国土強靱化における生態系を基盤とした災害リスク低減（Eco-DRR）のための生態系インフラストラクチャー（EI）活用

〈提言〉 国や自治体などの事業主体は、災害復興や国土強靱化のための手法として、最近、国際的に注目されるようになった Eco-DRR に目を向け、それぞれの場所の自然環境と経済社会的状況に応じて、EI とコンクリート構造物による手法の利点・欠点を勘案し、前者を後者の代替的な、あるいは相補的な手法として検討・評価し、土地利用や自然再生の計画等に積極的に EI を導入・活用すべきである。

〈提言の背景〉

そのためには、災害復興や国土強靱化を含め、国土全体で災害リスクを軽減するための方策・計画に、国際的にも注目されている Eco-DRR の考え方を積極的に取り入れる必要がある。生態系の機能を活かすにはそのための土地を確保する必要があるが、地方における人口減少と農地の利用放棄が急速に進行している現在、地域によっては災害の危険の高い場所に Eco-DRR に活用可能な土地を確保できる可能性が大きくなっている。それぞれの場所の自然環境と経済社会的状況に応じて、EI を人工構造物による従来の手法に代え、あるいは相補的な手法として活用することの有効性は高い。

危険事象（ハザード）そのものが災害ではなく、災害リスクは、危険事象およびそれに対する暴露および人間社会の脆弱性の相乗的な効果として生じるという Eco-DRR の基本モデル[3]にのっとって計画するのであれば、例えば、水辺の移行帯（水域と陸域をつなぐ空間）との位置関係に依存する洪水や津波などの自然攪乱のおよその期待確率を「危険事象」の目安として、それに応じて人間活動の強度を調整するような土地利用で「暴露」の程度を低減し、さらに個人の防災意識の高揚や社会的な備えによって「脆弱性」を克服することが有効である。

その推進にあたっては、頻度は低いが激甚なリスクが生じる可能性に関してどのように考えるか、リスク低減における従来の手法と Eco-DRR 双方の利点・欠点、相補性等について情報を整理するなどの課題が少なくないことも事実であり、この提言で試みた理念的な検討のみならず、現場に即した個別の課題の解決に向けた多様な学術分野や社会の主体がかかわる検討が必要である。

Eco-DRR の土地利用、生態系保全・自然再生の手法は、地域社会が将来にわたる維持のコストや自然環境を損なうことによる負荷を負うことなく、効用の面では、その施設（＝生態系）を災害リスクの低減以外のさまざまな目的にも活用できるという利点がある。すなわち、地域社会やより広域の社会のニーズにもとづいて多様な生態系サービスを享受しうる、生物多様性豊かで気候変動の緩和策にも寄与する多義的空間として持続的に利用できる。将来世代のニーズに応じて、その利用方法を変えることも容易である。Eco-DRR は、低コスト、多機能性、維持におけるメンテナンスフリーなどの点で、現在の日本社会にもっともふさわしい手法である。このような手法を広げていくためには、

危険事象としての自然攪乱の期待確率をできるだけ正確に見積もる技術の開発が必要である。また、「暴露」と「脆弱性」を調整するための幅広い方策が防災・減災のために必要であるという認識を広げるとともに、それぞれの場所の個別の自然条件・社会条件に応じて最適な方策の組み合わせを見いだし、効果を予測する手法の開発も必要である。

(2) インフラ整備における住民との十分な情報共有

<提言> 国および自治体などの事業主体は、インフラ整備の事業計画の立案にあたっては、人工構造物による整備およびEIの経済的コスト、環境面のコスト、整備によってもたらされる便益などに関する情報を広く共有した上で、直接の当事者である地域の住民、とくに地域の将来を担う若い人々の参加のもとに徹底した議論を行うことが必要である。

<提言の背景>

東日本大震災後の防災のためのインフラ整備、とくに防潮堤の築造や造林に関しては、トップダウンで計画が実施されるきらいがあり、住民による異議申し立てがなされているケースもあるようだ。どのような手法をとる場合でも、国や自治体は、地域におけるインフラ整備の事業計画の立案にあたって、直接の当事者である地域住民の幅広い参加の機会を保障することは、重要な課題である。そこでの情報交換や討議においては、適切な情報提供が可能な場合には、Eco-DRRやEIを選択肢の一つとして取り上げ、人工構造物による整備と、経済的コスト、環境面のコスト、整備によってもたらされる便益などに関する情報を広く共有することが必要である。そのような機会には、地域の将来を担う若い人々の参加を促し、ていねいな議論を行うことがのぞまれる。

(3) 里地・里山の生態系サービスに目を向けたEI研究の実施

<提言> 関連分野の研究者は、事業主体や住民による具体的な検討・評価を可能にするために、日本の国土の多様な条件に適合したEIに関する科学研究と技術開発を早急にすすめる必要がある。そのためには自然再生事業の現場等において事業主体や住民を含め、多様な分野の研究者などが協働する統合的な研究プロジェクトおよびモデル事業が必要である。また、伝統的な土地利用や営み・智慧に具現されている合理的なEIの要素を抽出して現代に活かす里地・里山研究が重要である。

<提言の背景>

かつての日本は、EIの智慧と巧みな技術の宝庫であり、そのことは、伝統的な里地・里山の土地利用やそこでの営みとして今に継承されている。また、渡良瀬遊水地に見られるように、大規模なEco-DRRを成功させた経験ももつ。しかし、西欧から学んだ人工

構造物によるインフラ整備が卓越するようになると、EI の思想や技術は廃れ、EI に関する研究や技術開発もほとんど行われなくなっている。今後の EI は、伝統的な智恵や技術にも学ぶ一方で、従来からインフラ整備にかかわる応用科学を担ってきた工学分野はもちろんのこと、生態学を含む多様な関連科学の最新の知見にもとづく諸科学の高みにたったものであることが期待される。

そのため、日本の国土に適合した EI に関する科学的研究と技術開発を早急にすすめることは重要な課題である。そのような研究には多様な分野の研究者が参加し、実際の計画や事業と連携した研究を進めることがのぞましい。そのような試みを行うモデル地域としては、ラムサール条約登録湿地や自然再生事業が行われている地域など、生態系の保全・再生・活用に関する多様な主体間での合意形成の経験があり、そのための体制がすでに存在している地域を選択することが有効であろう。

一方で、伝統的な土地利用や営み・智恵に具現されている合理的な本質を抽出して現代に活かすという観点からの里地・里山研究も重要である。自然環境保全再生分科会が提案した大型研究計画「さとやま共生系」[6]については、そのような研究の機会をあたえる研究プロジェクトとして組織する必要がある。

(4) EI による Eco-DRR を環境教育、ESD、防災・減災教育に取り入れる

<提言> 防災・減災教育を企画・実施する国や地域の主体やメディアは、EI による Eco-DRR の概念が日本においても広く理解され活用されるために、環境教育、とくに持続的発展のための教育 (ESD) や防災・減災教育、災害関連の報道等の中にそれを取り入れることがのぞましい。とくに、日本の国土にも適合した EI に関する知見の進展に応じて、インフラ整備に関連する実務者や技術者の教育プログラムには、EI および Eco-DRR を重要な要素として導入すべきである。

<提言の背景>

Eco-DRR の考え方が日本においても広く理解され活用されるためには、子どもから高齢者まで、特に次世代への教育や、広く社会から理解を得るためのメディアを通じた普及も重要である。当面、住民や児童・生徒を対象とした環境教育、とくに持続的発展のための教育 (ESD: Education for Sustainable Development) や防災・減災教育の中に可能な限りそれを取り入れることがのぞましい。一方で、インフラ整備に関連する実務者、技術者の養成のための教育に、Eco-DRR を重要な要素の一つとして取り入れることが必須である。現在、日本学術会議は、分野別に大学教育の質保証のための参照基準の検討を進めているが、インフラ整備に係わる分野の参照基準の審議において、Eco-DRR および EI についても考慮することがのぞまれる。また、すでに現場で働いている実務者や技術者については、研修の機会などにこれらのテーマにもとづく教育プログラムが提供されることが必要である。

(5) アジアのモデルとなる EI による Eco-DRR の実践

〈提言〉 国は、気候、農業、伝統的な土地利用などにおいて共通性が高いアジア地域の模範ともなるような、合意形成から事業化までを含む実践的なモデルを国内で確立し、そこで蓄積された経験にもとづく具体的な支援をアジア諸国に提供すべきである。

〈提言の背景〉

近年の災害動向をみると、災害リスクは、アジアの発展途上国においてとくに増大しており、自然災害による人命喪失や経済的被害額が世界の他地域に比して突出して大きい。経済的なコストが小さい Eco-DRR は、発展途上国でも利用が容易な防災・減災の手法であるといえるだろう。

アジアのモンスーン気候帯は、季節的な降水パターンや台風などの自然災害リスクにおいて日本と共通する点が多い。また、古くから稲作が行われ、主要な農地が水田であり、水田を中心とする伝統的な土地利用形態が残されている点も共通性が高い。人口が稠密な地域において、水田の多様な生態系サービス（日本の政策用語では「多面的機能」）の中でも人々の居住空間を水害から守る生態系サービスが重要であることも共通している。

日本国内において、その模範ともなるような、合意形成から事業化までを含む実践的なモデルを国内で確立することは、そこで蓄積された経験にもとづく具体的な支援を提供する上でも有効な手段であるといえる。

<参考文献>

- [1] European Community (2013) EU Green Infrastructure Strategy, Communication from the Commission.
- [2] Natural England (2011) Natural England' s Green Infrastructure Guidance
- [3] Renaud, Fabrice G.; Sudmeier-Rieux, Karen; Estrella, Marisol eds. (2013) The Role of Ecosystems in Disaster Risk Reduction. United Nations University Press, Tokyo/ New/ York Paris.
- [4] 鷲谷いづみ (2012) 『震災後の自然とどうつきあうか』、岩波書店.
- [5] 鷲谷いづみ (2011) 『さとやま 生物多様性と生態系模様』、岩波書店.
- [6] 日本学術会議、科学者委員会学術の大型研究計画検討分科会、提言『第 22 期学術の大型研究計画に関するマスタープラン』、2014 年 3 月 12 日.

<参考資料>環境学委員会自然環境保全再生分科会審議経過

平成23年

- 11月16日 日本学術会議幹事会（第140回）
委員会設置、委員決定
- 12月27日 自然環境保全再生分科会（第1回）
分科会が今期取り上げる主要課題に関する審議

平成24年

- 3月14日 自然環境保全再生分科会（第2回）
大震災からの復旧・復興と自然環境保全・再生について、および公開講演会の計画についての審議
- 5月20日 自然環境保全再生分科会（第3回）
大震災からの復旧・復興と自然環境保全再生についての審議および現地調査
- 12月13日 自然環境保全再生分科会（第4回）
大規模研究計画「さとやま共生系」の審議

平成25年

- 11月22日 自然環境保全再生分科会（第5回）
生態系を活用した防災・減災についての審議、本提言案の審議
- 12月16日 自然環境保全再生分科会（第6回）
自然再生推進法にかかわる自然再生基本方針の見直しについての審議、本提言案についての審議

平成26年

- 4月16日 自然環境保全再生分科会（第7回）
本提言案の審議、公開講演会開催計画についての審議
- 8月28日 日本学術会議幹事会（第199回）
統合生物学委員会・環境学委員会合同自然環境保全再生分科会提言「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」の承認