

生態系を活用した防災・減災に関する考え方

平成 28 年 2 月

環境省自然環境局

生態系を活用した防災・減災に関する考え方.....	i
はじめに.....	1
1 自然災害と生態系.....	2
1.1 わが国の自然と災害.....	2
1.2 生態系が持つ機能.....	4
1.3 自然現象と災害リスク.....	5
1.4 生態系を基盤として災害リスクを低減する.....	6
1.4.1 暴露の回避.....	6
1.4.2 脆弱性の低減.....	7
1.5 わが国の防災・減災における生態系活用の歴史.....	8
2 なぜこれからの日本に生態系を活用した防災・減災が必要か.....	10
2.1 想定を超える災害リスクの高まり.....	10
2.1.1 気候変動の影響による気象災害の激甚化.....	10
2.1.2 切迫する巨大地震.....	12
2.2 人口減少・高齢化と低未利用地の増加.....	12
2.3 インフラの老朽化と維持管理コストの増大.....	14
2.4 国際的に高まる生態系の活用への期待.....	15
2.4.1 災害の国際的な増加.....	15
2.4.2 国際会議等における取り扱い.....	16
2.5 わが国の行政計画における位置づけ.....	17
2.5.1 生物多様性国家戦略 2012-2020.....	17
2.5.2 国土強靱化基本法及び国土強靱化基本計画.....	17
2.5.3 国土形成計画・国土利用計画.....	17
2.5.4 社会資本整備重点計画.....	18
3 防災・減災に生態系はどのように役立つか.....	19
3.1 生態系を活用した防災・減災の概念と特徴.....	19
3.1.1 生態系を活用した防災・減災の概念.....	19
3.1.2 生態系を活用した防災・減災の特徴.....	20
3.2 防災・減災に生態系はどのように役立つか.....	22
3.2.1 災害リスクの低減、災害発生時及び復興の各段階で効果を発揮.....	22
3.2.2 さまざまな災害で効果を発揮.....	24
3.2.3 生態系のレジリエンス（回復力）と復興への貢献.....	27
3.2.4 低コストで整備・維持管理が可能.....	28
3.2.5 平時に多様な生態系サービスを発揮.....	29
3.2.6 災害に強い地域コミュニティの形成.....	29
3.2.7 地域の活性化への寄与.....	30
3.2.8 気候変動対策への貢献.....	31

4	防災・減災に生態系を活用する際の基本的視点	32
4.1	総合的な視点で検討する	32
4.2	地域で合意形成を図る	34
4.3	地域本来の生態系と、災害履歴や伝統的知識を活用する	36
4.4	維持管理の仕組みを構築する	36
5	防災・減災に生態系を活用する	38
5.1	空間計画として検討する	38
5.2	個々の現場で適切に生態系を活用する	41
5.2.1	個々の現場で生態系を活用する4つの類型	41
5.2.2	類型別の活用方法と事例	42
5.3	定量的・経済的評価を活用する	47
5.3.1	意思決定レベルに応じた情報ニーズ	47
5.3.2	定量評価・経済評価の手法	47
5.3.3	評価結果の活用における留意点	50
6	今後の取組の方向性	52
6.1	理解の促進と事例の共有	52
6.2	地域計画への反映	52
6.3	多様な機関の連携と多様なステークホルダーの参加	53
6.4	新たな資金調達手法の検討	53
6.5	調査研究の促進	54
6.6	工法・維持管理手法の開発	54
7	参考資料	55
8	文献目録	60

はじめに

生態系を活用した防災・減災は、生態系と生態系サービスを維持することで、危険な自然現象に対する緩衝帯・緩衝材として用いるとともに、食糧や水の供給などの機能により、人間や地域社会の自然災害への対応を支える考え方である。同時に、安全で豊かな地域社会の構築のため、自然の攪乱を許容し、本来の自然の変動性を回復させ、「生物多様性国家戦略 2012-2020」が掲げる「100 年計画」の実現につなげる取り組みである。

本資料は、東日本大震災の経験と、今後の人口減少及び土地利用等の社会的変化を踏まえ、わが国における巨大地震や気候変動による災害リスクの高まりへの有効な対応策の一つと考えられる「生態系を活用した防災・減災（Ecosystem-based disaster risk reduction ; Eco-DRR）」の基本的考え方をとりまとめたものである。ここでは災害リスクの低減に寄与する生態系の役割を整理し、地域の将来像を描く中で生態系を活用した防災・減災を進める際に必要となる基本的な視点や活用手法について、事例を交えて紹介している。

今後、生態系を活用した防災・減災を理解するための基礎資料として、また、地域の計画に生態系を活用した防災・減災を盛り込む際の参考資料として、本資料が活用され、生態系を活用した防災・減災の実現に向けた一助となれば幸いである。

なお、本資料は、平成 26 年と平成 27 年度に環境省が設置した「生態系を活用した防災・減災に関する検討会」における議論に基づき作成した。

生態系を活用した防災・減災に関する検討会（敬称略・五十音順）

氏名	所属・役職
一ノ瀬 友博	慶應義塾大学 環境情報学部 教授
太田 猛彦	東京大学 名誉教授
萱場 祐一	国立研究開発法人土木研究所 河川生態チーム 上席研究員 国立研究開発法人土木研究所 自然共生研究センター
栗山 浩一	京都大学大学院 農学研究科 生物資源経済学専攻 教授
清野 聡子	九州大学大学院工学研究院 環境社会部門 生態工学研究室 准教授
中静 透	東北大学大学院 生命科学研究科 教授
中村 太士	北海道大学大学院 農学研究院 森林生態系管理学研究室 教授
西廣 淳	東邦大学 理学部 生命圏環境科学科 准教授
古川 恵太	笹川平和財団 海洋政策研究所 主任研究員 海洋研究調査部 部長
古田 尚也	IUCN 日本リエゾンオフィス コーディネーター 大正大学 地域構想研究所 教授
涌井 史郎 【座長】	国連生物多様性の 10 年日本委員会 委員長代理 東京都市大学 環境情報学部 教授

1 自然災害と生態系

1.1 わが国の自然と災害

日本の国土はユーラシア大陸の東縁に位置し、複数のプレートの境界を有する島弧で、北緯 20 度から北緯 45 度の中緯度地域において南北約 3,000km にわたる数千の島嶼からなる。海岸から山岳までの大きな標高差や縦断勾配が大きい急流河川が多く、世界の大規模地震の約 2 割が発生する世界有数の地震国であり、世界の活火山の約 1 割が存在する世界有数の火山国である。また、季節風の影響によりはっきりとした四季の変化があり、梅雨・台風による雨期がある雨の多い気候である。このような国土の特性から、古（いにしえ）より、火山の噴火、地震や津波、河川の氾濫、台風、土砂崩れが幾度となく発生し、人命や財産を奪う災害となって人間社会に大きな被害をもたらしてきた。

同時に、このような国土の特徴を背景に、わが国には優れた景観や固有の生態系が形成され、世界でも類を見ない生物多様性が存在している。わが国の既知の生物種数は 9 万種以上、まだ知られていないものも含めると 30 万種を超えると推定されており、固有種を多く含む豊かな生物相が見られることから、世界的にも生物多様性の保全上重要な地域として認識されている。これは、大陸との接続・分断という地史的過程、動物相・植物相のいずれから見ても複数の地理区に属していることなどに加え、地形の複雑さと火山の噴火や地震・津波、河川の氾濫、台風、土砂崩れなどのさまざまな攪乱によって、多様な生息・生育環境がつくりだされてきたためである。

豊かだが荒々しい自然を前に、日本人は、自然と対立するのではなく、自然に対する畏敬の念を持ち、自然に順応し、自然と共生する知恵や自然観を培ってきた。鎮守として神社や祠において八百万の神を祀っているのは畏敬の念の表れであり、全国各地には災害の危険を伝える地名や伝承が残されている。また、土砂崩れを防ぐための森の保全や植樹、海岸での砂や風の被害を防ぐためのマツの植樹、水害を減らすための堤防脇の竹林の整備、水田の遊水機能など生態系が持つ機能もうまく活用しながらこの国土で暮らしを営んできた。また、「治山治水」に代表される国土保全の思想も発達した。

しかしながら、明治時代から戦後の高度経済成長期の社会の急速な変化と人口増加に伴って各地で進んだ開発により、わが国の生物多様性は大きく損失するとともに、自然に対する畏敬の念や伝統的な知恵、自然観が薄れつつある。また、本来自然災害に対して脆弱な土地にまで居住地が拡大し、こうした地域の安全を確保するための社会資本整備に大きなコストを要している。居住地域の災害対策及び経済活動を支えるインフラ整備が脆弱な土地への居住を更に助長してきたことも否めない。

2011 年 3 月に発生した東日本大震災は、地震と津波、また、それらに伴う東京電力福島第一原子力発電所において発生した重大な事故による大量の放射性物質の環境中への放出により、東北地方太平洋岸の地域を中心に人々とその生活に甚大な被害を与え、それを支える自然環境に対しても大きな影響を与えた。私たちは豊かな恵みと災害という両面性を持つ自然とともに生きていることを、あらためて意識させられる機会となった。また、想定を超える事象が起こりうることを前提に、従来の人工構造物を中心

とする対策に加えて、国土利用・国土管理に踏み込んだ防災・減災対策の必要性を改めて認識した。

私たちが安全で豊かな生活を営むために、あらためて人と自然との関係を再構築していくことが求められている。

図表 1 生態系における攪乱と人間にとっての災害

地震・津波、河川の氾濫、台風、土砂崩れ等の自然現象は、人命や財産に被害をもたらさなければ、生態系にとっては生物多様性の維持や創出をもたらす「攪乱」という重要な事象である。わが国の生物多様性はこのような攪乱を条件に成立してきた。

- ・攪乱の起きる生態系では、植物と動物の種構成や相互作用も時間的に変化する（日本生態学会生態系管理専門委員会，2005）¹。
- ・河床では河床変動攪乱の強度とその後の安定期間の違いによって、狭い空間内に変異の大きな立地が作られる。その多様な立地環境に対応して、河畔林のモザイク構造が形成されたと考えられる（有賀ほか，1996）²。
- ・ミズキンバイは、増水等の攪乱により陽光の明るい空間が生じた場所で速やかに定着・成長する、攪乱依存的な性質を強く持つ種であり、絶滅危惧種として指定されている（大澤ほか，2004）³。
- ・下流河口域の湿地や休耕田に生息するタコノアシは、洪水や草刈りなどの攪乱によって広げられた空間で発芽・生育する特性を持っており、これらの攪乱がなくなったことで絶滅危惧種となっている（米村，2013）⁴。

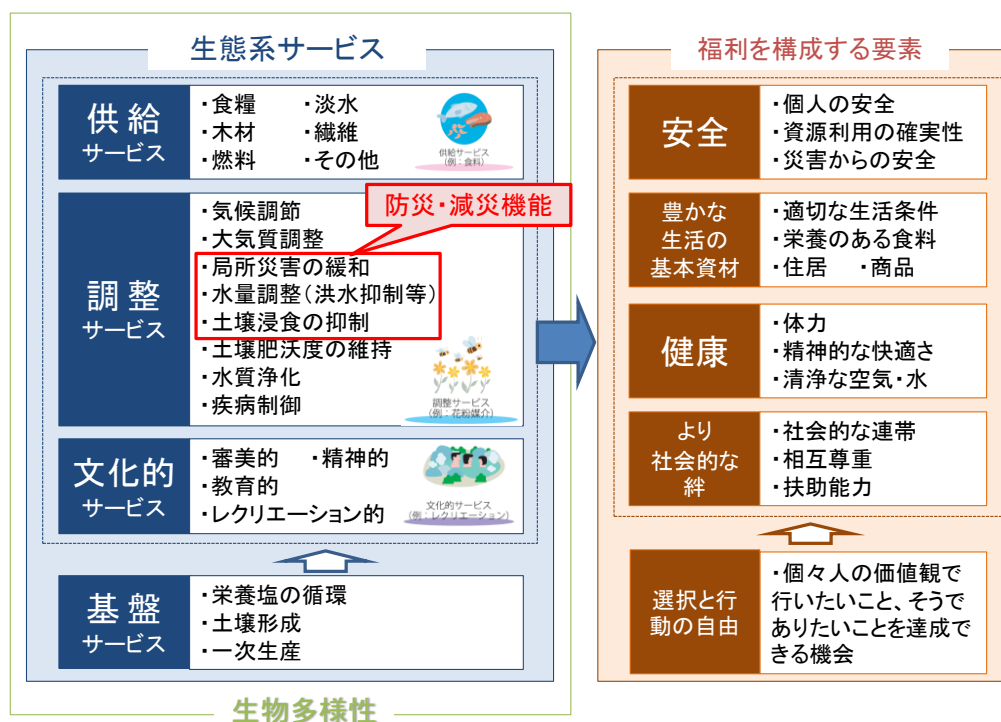
1.2 生態系が持つ機能

私たちの暮らしは、食料や水の供給、気候の安定など、生物多様性を基盤とする生態系から得られる恵みによって支えられおり、これらの恵みは「生態系サービス」と呼ばれる（図表2）。生態系サービスは人間の福利を構成する要素に密接な関連があり、我々の社会経済システムを駆動させる上でも必要不可欠である。

2010年に公表された生態系と生物多様性の経済学（The Economics of Ecosystem and Biodiversity; TEEB）では、調整サービスとして防災・減災に資する「局所災害の緩和」、「水量の調節」、「土壌浸食の抑制」が位置づけられている。

私たちが安全で豊かな生活を営むためには、健全な生態系が維持され、さまざまな生態系サービスが総合的に発揮されることを目指すことが重要であり、防災・減災機能をはじめとした生態系の多様な機能を認識することが必要である。

図表 2 生態系サービスと人間の福利の関係



（出典）（World Resources Institute, Millennium Ecosystem Assessment, 2005）⁵をもとに作成

1.3 自然現象と災害リスク

火山の噴火、地震や津波、河川の氾濫、台風、土砂崩れなどの危険な自然現象に対して、人間社会が対応できず何らかの被害が生じる場合を、自然災害ととらえる。例えば、風害（台風、サイクロン、ハリケーン、竜巻、ダウンバースト）、水害（洪水、津波、海面上昇）、地形災害（斜面崩壊、土石流、雪崩）、干ばつ、砂漠化・砂嵐、地震、火山噴火、森林火災などにより、人命・財産へ被害が及ぶ場合をいう。同じような自然現象が生じていても、人間社会へ被害が及ばない場合には、「災害」とは認識されない。

災害リスクは、危険な自然現象、暴露、脆弱性の関数で表される（ADRC, 2005）⁶。暴露は、危険な自然現象の影響範囲に住民や財産等の人間活動がさらされている状態、脆弱性は、危険な自然現象からの影響の受けやすさを意味する。

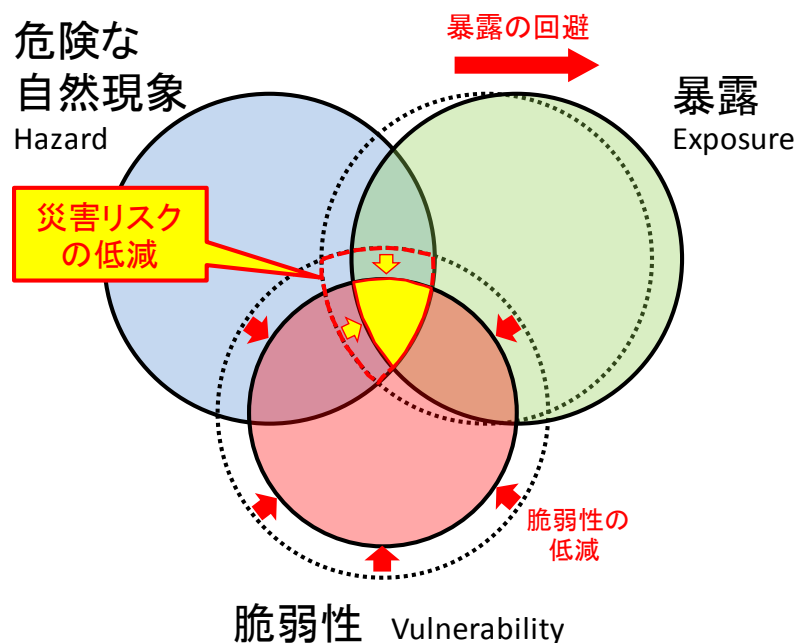
図表 3 災害リスクの式

$$\text{災害リスク} = f(\text{危険な自然現象、暴露、脆弱性})$$

（出典）（ADRC, 2005）

すなわち、暴露を回避することと、脆弱性を低下することにより、災害リスクを低減することが可能となる（ADRC, 2005）。

図表 4 災害リスクの低減



（出典）（ADRC, 2005）をもとに作成

1.4 生態系を基盤として災害リスクを低減する

東日本大震災の経験を踏まえ、「人の命が第一」、「災害に上限はない」という考えのもと、「減災」の視点に立ち、最大クラスの津波を対象に「逃げる」ことを前提として、ハード・ソフト施策を組み合わせた「多重防御」の発想による災害に強い地域づくりが進められている。

今後は、災害をもたらすあらゆる自然現象が想定を超える規模で起こることを前提に、多重防御の考え方のもと、自然現象に対する暴露を避けるために土地利用を見直すとともに、地域社会の災害への脆弱性を低減させることが必要である。また、生態系を活用した防災・減災は、その両方で効果を得ることが期待できる。

1.4.1 暴露の回避

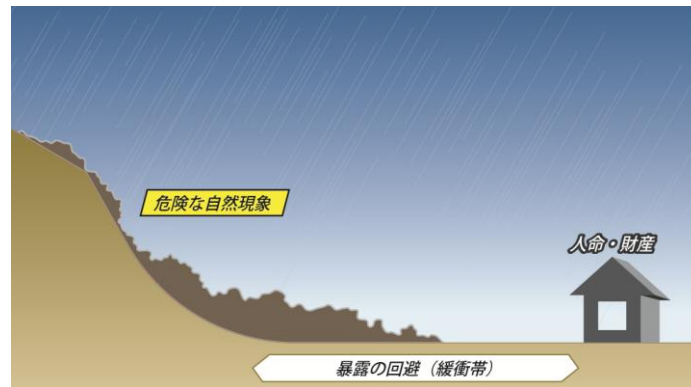
わが国は、多様な自然災害のリスクに晒されている中、国土面積のうち僅かを占めるにすぎない洪水氾濫区域（低地）に人命・財産が集積している。また、津波や高潮の影響を受けるおそれのある沿岸域や、土砂災害のおそれのある山麓部にも市街地が拡大している。今後の人口減少や土地利用の変化等を踏まえて都市や中山間地において地域の再編が進められていく機会をとらえ、暴露を回避する観点から、気候変動の影響や災害リスクを念頭に置いた安全なまちづくり・地域づくりや土地利用を積極的に推進していくことが重要である。

土地利用を考える際に重要なのは、地域の地形や生態系、災害の履歴、地域の伝承から、本来自然災害に対して脆弱な土地を読みとることである。生態系にはその土地の攪乱の履歴が反映されている。湿地、沿岸生態系、急斜面の森林等は攪乱を受ける可能性が高く、そのような生態系は開発を避け保全を図るべきである。また、既に利用がなされている場合は、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が重要である。その跡地については、生態系を再生させることや災害が生じても迅速に回復できる水田や畑地として活用することが望まれる。

保全、あるいは再生された生態系は、危険な自然現象と人命・財産との緩衝帯として、暴露の機会を低減するとともに、自然現象を受け止める場として機能させる。また、生態系そのものの危険な自然現象に対する暴露の回避が、間接的に人命・財産の災害リスク低減につながる。

このような土地は、日常的には、健全な水環境の保全、生物資源の採集、レクリエーションの場として活用することで、地域における人間の福利に貢献することができる。

図表 5 生態系による暴露の回避

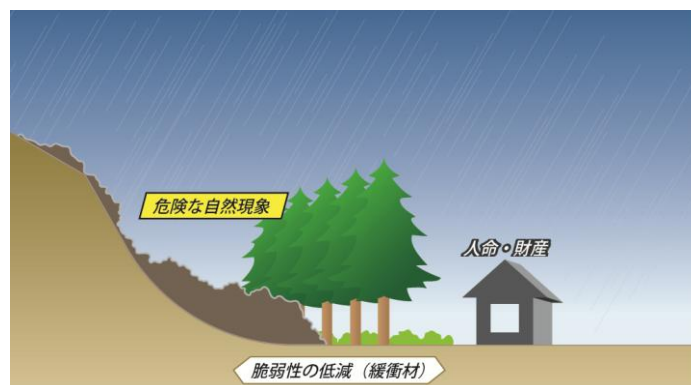


1.4.2 脆弱性の低減

脆弱性を低減するためには、土地利用、生態学的手法、工学的手法、社会的・制度的手法等を、地域特性に応じて統合的に組合せて、災害への対応力を高めることが必要である。健全な生態系は、危険な自然現象を軽減する物理的な緩衝材として働く一方で、人間の暮らしを支え、危険な自然現象に対する脆弱性を緩和する（IUCN, 2013）⁷。

森林が土砂崩れなどを防ぐ、海岸の森林が防風・防砂の役割を果たし、津波被害を軽減する、サンゴ礁が高潮被害を軽減する、塩性湿地が波の影響を軽減する、湿原が一時的に洪水を受け止めるといったように、生態系が災害を低減することが知られている。地域特性に応じて、これを有効に活用することで災害時の影響を低減することが可能となる。

図表 6 生態系による脆弱性の低減



また、健全な生態系は、食糧、燃料、建設資材などの供給、水の浄化など多機能であることから、人々の社会経済的な脆弱性を低下させることも期待される。

さらに、災害前に多様で健全な生態系が存在していたならば、災害時の被害から免れる生物・生態系により災害からの復旧が加速するという面からも、脆弱性の低減が期待できる。津波の被害を免れたアマモ場が魚類の再生を助け、ひいては、地域経済の復興につながるということも考えられる。このように、健全な生態系は社会の脆弱性の低下に寄与することから、生態系の適切な保全や管理が平時から必要である。

1.5 わが国の防災・減災における生態系活用の歴史

生態系を基盤として防災・減災を考えることは新しい概念ではない。災害の教訓を活かし、地域の生態系を保全しながら活用することで災害を防いだ事例や、災害を前提とした土地利用や暮らし方によって被害を少なくしてきた事例を全国各地で見ることができる。地域ごとに過去から受け継がれてきた災害との向き合い方と、それを基本としながら暮らしの豊かさを向上させてきた知恵に学ぶことによって、地域の安全と暮らしの豊かさが両立した自然共生社会の形成に資するよう考える必要がある。

日本書紀巻 29 では、676 年、天武天皇の時代に、過剰な薪炭利用により森林が荒廃し、洪水や渇水を防ぐため、天皇の勅令により森林の伐採を禁じている（保安林制度百年史編集委員会，1997）⁸。

701 年には大宝律令により治山課役の制度が確立、710 年には伐木を禁じる守山戸を設置することにより山地保全が開始された（国土交通省河川局砂防部，2012）⁹。このように、飛鳥時代には、土砂災害を防ぐために森林を保全する思想や制度などが始まった。

その後、江戸時代には岡山藩の熊沢蕃山が森林の荒廃への対策として伐木の停止、造林、計画的な伐採を説き（林野庁，2013）¹⁰、森林保全の思想を広めた。江戸幕府は 1666 年に「諸国山川の掟」により下流の治水を目的に上流域の森林の開発を制限し、留林（とめばやし）、御留山（おとめやま）、水止山（みずどめやま）等と呼ばれる立木の伐採が制限され、現在の保安林に相当する森林が全国に設けられた。

明治政府になると、度々発生した大水害を契機に治山治水対策が重視され、1897 年に森林法が制定された。従来の禁伐林、風致林、伐木停止林はすべて保安林とされ、これらの制度が近代法の下へ位置づけられた。戦後になり新たに森林法が制定されたものの、保安林制度については、大幅な趣旨の変更はなく、現在まで引き継がれている。

風を防ぐ目的で屋敷の周りに木を植えて管理する屋敷林も、各地域に存在している。これらは仙台平野の「居久根（いぐね）」、砺波（となみ）平野の「垣入（かいによ）」等地域固有の呼び名が付けられており、地域の生活に密接な関わりを持っている [8]。

また、防潮や飛砂防止を目的とする海岸防災林も、1600 年代に伊達政宗が農地や住民の生活を守るため、風に強く耐塩性・耐乾性の高いクロマツを植栽した記録が残されている（OISCA，2015）¹¹。

治水においても、古くから土地利用の工夫により被害を低減した事例や、地域特性を活かした土木技術や生態系を活用した事例が存在する。

武田信玄は、1542 年に発生した釜無川・御勅使川の氾濫を契機に、竜王地域の治水対策に着手し、20 年の歳月をかけ信玄堤を完成させた。この信玄堤に代表される治水技術は「甲州流河除法」といわれ、わが国の治水技術の始祖と称される（山梨県甲斐市，2010）¹²。信玄堤は、その背後に氾濫原を設け、洪水の被害を軽減する。また、信玄堤を維持するため、ケヤキやタケ等を水防林として設置するなど、人工構造物だけではなく、生態系の機能が活用されている。また、堤防を守る人々には、年貢を免除したとされている。（国土交通省甲府河川国道事務所，2015）¹³

成富茂安は、1610 年から肥前国（現在の佐賀県）で筑後川の水利事業を実施した。この事業では、治水と利水を一体的に行い、水防林と霞堤を組み合わせる生態系を活用した堤防や、蛤水道といわれる溜池を活用した流況調整河川など、河川の特性に応じた対策が行われていた（島谷，2009）¹⁴。

濃尾平野の輪中は、農耕に適した低湿地で生活するため、水害から土地を守りながら、洪水の恩恵を受ける知恵である。初期の頃は、輪中は閉じた堤防でなく、下流方向に開いた馬蹄形の堤防で、洪水時は下流方向に排水しながら、平時には堤防内で農業を営み生活していた。その後、河川に土砂が堆積し、河床が上昇すると、堤防内が河床より低くなったため水が流入しやすくなった。そのため、連続堤を建設し、現在の輪中となった。堤防が閉じたことから、排水しにくくなったため、南端の低地には遊水地を設けることで、農地や居住区域の浸水を防いだ。また、洪水の運ぶ土砂や流木は農業や生活に活用した（輪中の郷，2015）¹⁵。

静岡県袋井市には、「命山（いのちやま）」と呼ばれる人造山が2つあり、ともに静岡県文化財（史跡）に指定されている。これらは1680年（延宝8年）に台風による高潮で村全体が被害にあったことから、避難用として築かれた塚であり、その後高潮の度に村人が登り、難を逃れたと伝えられている（野本，2013）¹⁶。

先人は、災害の教訓を地名として後世に伝えてきた。地名から、その地に起きた災害の歴史や特徴を推測することもできる。例えば、過去に大きな洪水が発生して家屋が流されたり、崖崩れなどの土砂災害が発生した土地では、「蛇」「竜」「龍」などの特徴的な文字が使用されることがある。また、土地の高低や、埋め立てられた海岸線や池、川などを地名から推察できる場合もある。また、地名の漢字ではなく、読みに意味が含まれている場合もあり、土地の名前の意味を知り、過去の災害の歴史を知ることが、災害対策を行う上で重要なヒントとなる。水に関係する文字「川」「池」「浜」「津」「洲」「沢」「湧」や、「浅」「深」「崎」「戸」「門」「田」「谷」などは、海岸線や川の近く、低地、湿地帯などを表しており、過去に災害が多く発生した地域と考えられる。（内閣府，2015）¹⁷。

このように、わが国においては、古くから、人々は地域の災害の特性に応じて住まい方を工夫し、生態系の防災・減災機能を認識し、可能な限り被害を低減し、暮らしを営んできた。このように古くから取り組まれてきた生態系の活用に関する知恵に学び、それを将来に向けて有益な形で継承していくことが求められている。

2 なぜこれからの日本に生態系を活用した防災・減災が必要か

2.1 想定を超える災害リスクの高まり

わが国は、世界的に見ても災害リスクが最も高い国の一つである。

Alliance Development Works と国連大学による World Risk Report 2014 では、地震、暴風雨、洪水、干ばつ、海面上昇の 5 つの災害に対する被害を受ける人口割合を算出しており、わが国は 171 か国中 4 番目と、先進国では最も自然災害のリスクにさらされている国とされている。

図表 7 自然災害への曝露の割合が高い上位 15 か国

The 15 most exposed countries worldwide		
Country	Exp. (%)	Rank
Vanuatu	63.66	1
Tonga	55.27	2
Philippines	52.46	3
Japan	45.91	4
Costa Rica	42.61	5
Brunei Darussalam	41.10	6
Mauritius	37.35	7
Guatemala	36.30	8
El Salvador	32.60	9
Bangladesh	31.70	10
Chile	30.95	11
Netherlands	30.57	12
Solomon Islands	29.98	13
Fiji	27.71	14
Cambodia	27.65	15

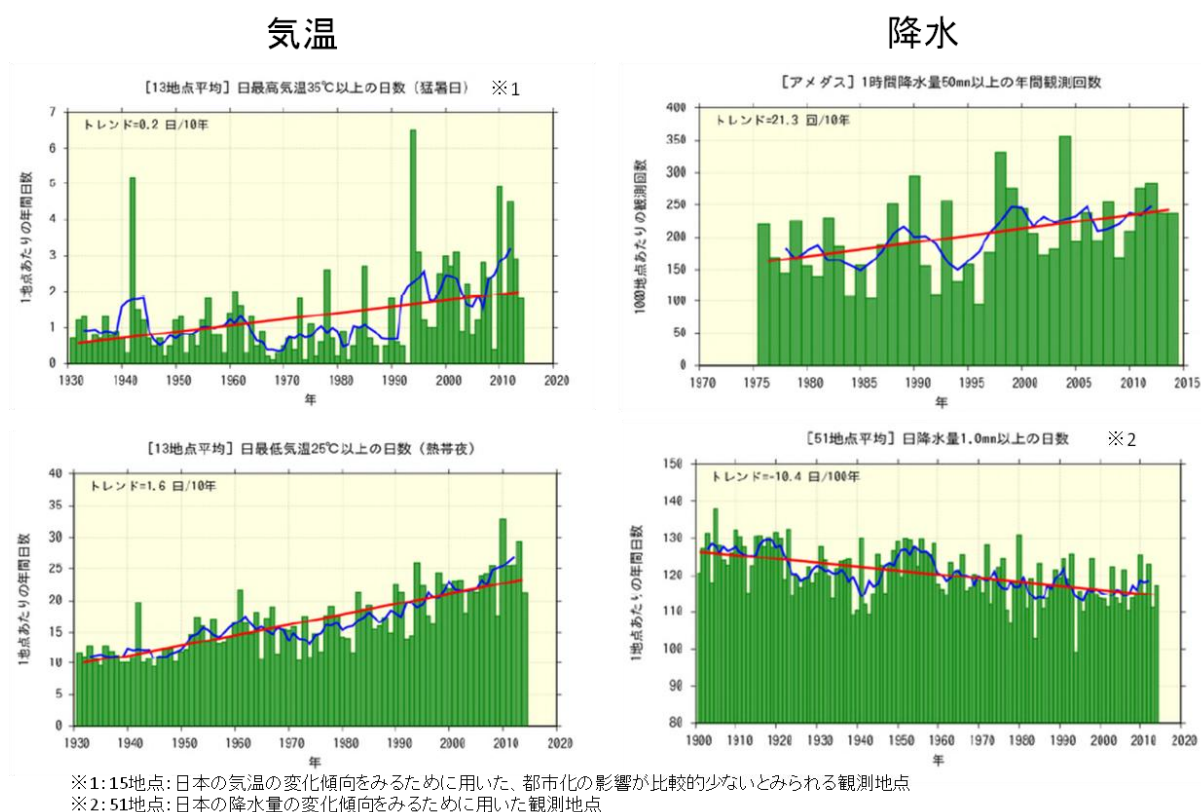
(出典) (Alliance Development Works, 2014) ¹⁸

東日本大震災では、多くの人々が想像・想定していなかった規模の津波に見舞われ、多くの社会資本や人々の生活に影響が及んだほか、原子力発電所の災害に伴う放射性物質の大量放出という事態となった。今後も気候変動の影響による気象災害の激甚化や巨大地震の発生が予測されており、これまでの想定を超え、従来の社会資本だけでは対応が困難な自然災害が発生する可能性がある。

2.1.1 気候変動の影響による気象災害の激甚化

地球レベルの気候変動の影響は、日本の気象にも現れており、日最高気温が 35 度以上（猛暑日）となる年間日数、および日最低気温が 25 度以上（熱帯夜）となる年間日数は増加傾向にある。また、近年、時間雨量 50mm 以上の短時間強雨の発生件数が約 30 年前の約 1.4 倍に増加し、日降水量 100mm、200mm 以上の発生日数も増加している。一方、無降水日数（日降水量 1mm 未満の日数）も増加している。

図表 8 気温上昇と短時間強雨増加、降水日数減少の傾向



(出典) (気象庁, 2014)¹⁹より作成

今世紀末には、日本周辺の気候は、年平均気温が平均 4.4℃ (3.9～4.7℃) 上昇し、大雨による降水量が平均 40.5% (33.2～53.4%) 増加することが予測されている。また、このような気候の変化により、河川の基本高水（流域に降った計画規模の降雨が、そのまま河川に流れ出た場合の河川流量）を超える洪水の発生頻度が現在と比較して 1.8 倍から 4.4 倍にまで増加（国土交通省, 2014）するなど、気候変動による降水パターンの変化と関連する水害リスクの増大が予見されている。

また、気候変動による海面水位の上昇に伴い、高潮・高波による被災リスクの上昇、沿岸部の水没・浸水、内水の排水条件が厳しくなることに伴う浸水、海岸侵食の進行、干潟や河川の干潮区間の生態系への影響、河川河口部における海水（塩水）の遡上による取水への支障、地下水の塩水化などが懸念されている（社会資本整備審議会河川分科会 気候変動に適応した治水対策検討小委員会, 2015）²⁰。

このように、気候変動により自然災害の発生頻度や強度の増大が予見されている。

2.1.2 切迫する巨大地震

わが国は、今後も大規模地震の発生が予測されており、これに伴う津波等の災害の発生リスクが高い状況にあるといえる。例えば津波の発生が予見される南海トラフ地震（M8～9クラス）の発生確率も30年以内に70%程度とされている。

図表 9 首都直下地震、南海トラフ巨大地震の切迫

首都直下地震	南海トラフ地震
・南関東では、1885年以降、M7程度の地震が5回発生(※) ・平均発生頻度は23.8年と推定され、今後30年以内に地震が発生する確率は70%程度と予想される ・次の地震の規模はM6.7～M7.2程度と推定される。 ※1894年明治東京地震(M7.0)、1895年茨城県南部の地震(M7.2)、1921年茨城県南部の地震(M7.0)、1922年浦賀水道付近の地震(M6.8)、1987年千葉県東方沖(M6.7)	・南海トラフでは約100～200年の間隔で大地震が発生 ・前回の昭和東南海地震(1944年)、昭和南海地震(1946年)の発生から70年近くが経過し、次の大地震発生の可能性が高まっている。 ・過去の南海トラフで発生した大地震は多様性があり、次の地震の震源域の広がりを正確に予測することは困難なため、南海トラフ全体を1つの領域として考え、評価した。
○将来の地震発生の可能性 地震の規模：M6.7～7.2程度 地震発生確率：30年以内に、70%程度 平均発生間隔：23.8年	○将来の地震発生の可能性 地震の規模：M8～9クラス 地震発生確率：30年以内に、70%程度 平均発生間隔：88.2年
○被害想定（主なもの） - 地震の揺れによる被害 ・全壊家屋：約17万5千棟 ・建物倒壊による死者：最大 約1万1千人 ・揺れによる建物被害に伴う要救援者：最大 約7万2千人 - 市街地火災の多発と延焼 ・焼失：最大 約41万2千棟 - 死者数：最大約2.3万人 - インフラ・ライフライン等の被害 ・電力：被災直後は都区部の約5割が停電 ・道路：都区部の一般道の復旧には1か月以上を要する見込み ・鉄道：地下鉄は1週間、私鉄・在来線は1か月程度、運行停止する可能性 等 - 経済的被害 ・建物等の直接被害：約47兆円、生産・サービス低下：約48兆円	○被害想定（主なもの） - 地震の揺れによる被害 ・揺れによる全壊家屋数：約62万7千棟（基本ケース） ・液状化による全壊家屋数：約11万5千棟（基本ケース） - 地震火災による焼失 ・焼失数：約31万棟（冬・タ・風速8m/sのケース） - 死者数：最大約32.3万人 - インフラ・ライフライン等の被害 ・電力：被災直後で最大約2710万軒が停電 ・道路：道路施設被害（路面損傷、沈下、法面崩壊、橋梁損傷等）は約3万～3万1千箇所発生（基本ケース） ・鉄道：鉄道施設被害（線路変状、路盤陥没等）は約1万3千箇所発生（基本ケース） - 経済的被害 ・資産等への被害【被災地】：97.6兆円（基本ケース） ・経済活動への影響【全国】：35.1兆円（基本ケース）

資料：地震発生確率は地震調査研究推進本部ウェブサイト(地震調査研究推進本部地震調査委員会が公表した評価)による。
被害想定は、首都直下地震対策検討WG最終報告(平成25年12月)、南海トラフ巨大地震対策検討WG最終報告(平成25年5月)による。

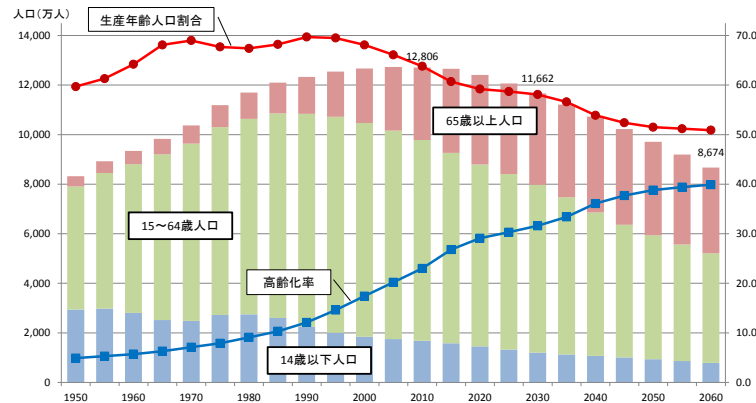
(出典) (国土交通省, 2014) ²¹

2011年3月11日に発生した地震による津波は、その規模や、人命への被害、また原子力発電所への影響は、これまでの想定を大きく超えていたとされる。今後も想定外の事態が起こり得るという前提に基づいて対策を行うことが肝要である。

2.2 人口減少・高齢化と低未利用地の増加

わが国では、急激な人口減少・高齢化が進んでおり、国土管理の担い手の不足等により国土全体の管理水準が低下するとともに、低未利用地（適正な利用が図られるべき土地が長期間利用されていない土地、または周辺地域に比べて利用状況が低い土地）が拡大することが見込まれている。一方、わが国の総人口は、2030年には1億1,662万人、2060年には8,674万人にまで減少すると見込まれている。生産年齢（15～64歳）人口割合は2010年の63.8%から2060年には50.9%にまで低下し、高齢化率（高齢人口の総人口に対する割合）は2010年の23.0%から、2060年には39.9%にまで上昇すると見込まれている。

図表 10 日本の人口推移



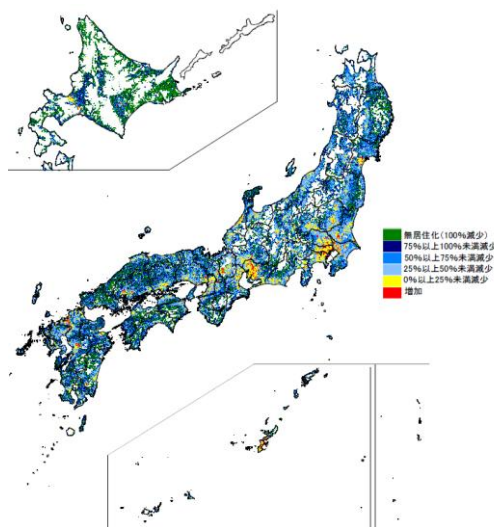
(出典) (総務省, 2010) ²² (国立社会保障・人口問題研究所, 2012) ²³ (各年 10 月 1 日現在人口)

全国を 1 km 四方のメッシュで見ると人口減少・高齢化に伴い、2050 年には現在の居住地域の 6 割以上で人口が半分以下になるものと予測されている。このような傾向から、地方部（東京都区部及び 14 政令指定市以外の地域）を中心として低未利用地の拡大が進むと予想されている。

また、土地管理者がその場所に居住しなくなったり、土地所有者が特定できなくなることとも予想され、国土の管理水準の低下を深刻化させると見込まれている。

国土形成計画では、このような人口減少は開発圧力の低下等を通じて空間的余裕を生み出し、計画的、戦略的に時間をかけてこのような空間を整序することにより自然環境を改善することも可能であるとの方向性が打ち出された（国土交通省, 2015a) ²⁴。

図表 11 2050 年の人口増減状況



(出典) (国土交通省, 2014)

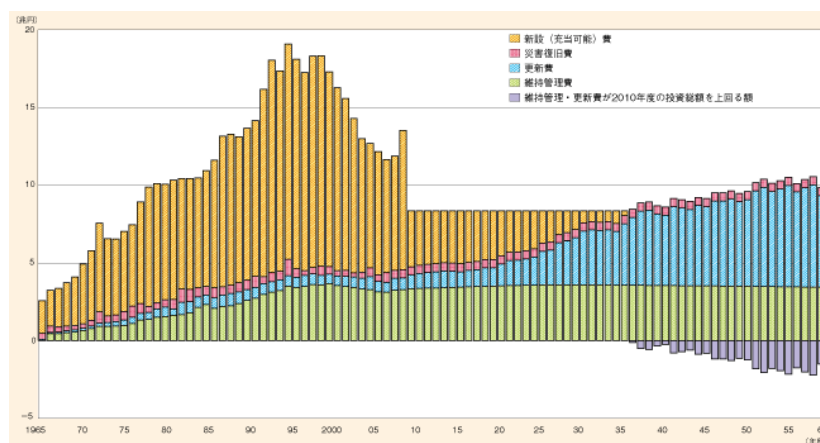
2.3 インフラの老朽化と維持管理コストの増大

わが国の社会資本は着実に整備が進められてきたが、高度成長期以降に集中的に整備されたため、建設後 50 年を経過する施設の割合が今後 20 年間で急激に高くなり、老朽化が急速に進むと見込まれる。しかし、建設後 50 年を経過しても直ちに使用できなくなるわけではなく、適切な維持管理・更新を行い、機能維持を図っていく必要がある（国土交通省，2015b）²⁵。

このため、社会資本の維持管理費が年々増大しており、国土交通省によると、「2037 年度には維持管理費及び更新費が新規資本への投資総額を上回り、2011 年度から 2060 年度までの 50 年間に必要な更新費（約 190 兆円）のうち約 30 兆円（全体必要額の約 16%）が担保できなくなると試算されている（国土交通省，2012）²⁶。

このような状況の中、限られた費用で既存施設の維持更新及び新たに必要となる防災・減災対策を実現する必要性から、国土利用の見直しや施設の長寿命化等の対応が求められているほか、管理コストや手間をかけずに最大限の効果を引き出す社会資本の整備や維持管理が必要となっている。なお、このような社会資本整備のあり方は、予算の少ない途上国の災害対策支援においても有効である。

図表 12 従来どおりの維持管理・更新をした場合の推計



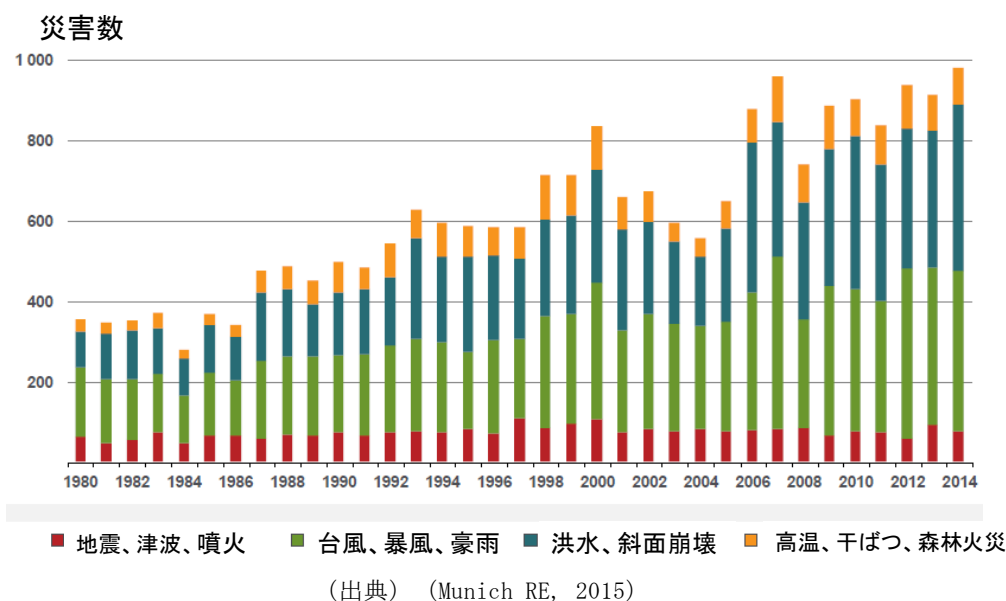
（出典）（国土交通省，2012）

2.4 国際的に高まる生態系の活用への期待

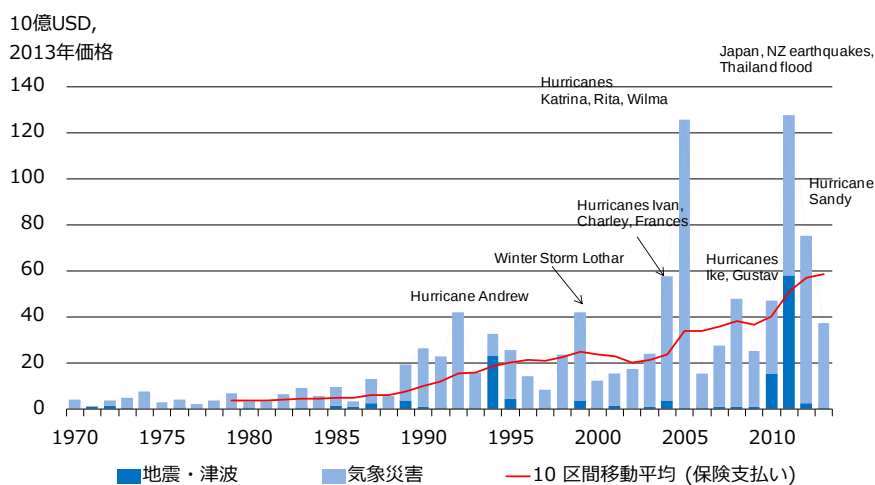
2.4.1 災害の国際的な増加

近年、世界的に災害が増加しており、1980年代に比べて発生件数は約3倍に増加している（Munich RE, 2015）²⁷。要因別に見ると、気象学的・水文学的・気候学的要因による災害が増加している。また、災害被害額の増加が顕著であり、Swiss Re社においても、自然災害における再保険の保険額は増加傾向にある（Swiss Re, 2014）²⁸。再保険とは、保険者が自己の負担する保険責任の一部または全部を他の保険会社に移転し、当該他の保険者がそれを引き受ける保険であり、損害保険の一種である。

図表 13 世界の自然災害の状況推移



図表 14 再保険された自然災害



（出典）（Swiss Re, 2014）

2.4.2 国際会議等における取り扱い

防災・減災対策における生態系活用の重要性については、国際的に認識が高まっている。

国際連合は、「国連防災世界会議」を軸として、防災に向けた取り組みを進めている。1990年に、自然災害による人的損失、物的損害、社会的・経済的混乱について、国際協調行動を通じて軽減することを目的とした「国連防災の10年（IDNDR）」の取り組み（1990-1999）が開始され、その後「国際防災の10年」を継承する組織として、2000年に「国際防災戦略（ISDR）」が設立された。2005年の第2回国連防災世界会議（神戸市）において「兵庫行動枠組 2005-2015」が採択され、これが同戦略の基本文書となった。ここで設定された5つの優先行動の一つである「潜在的なリスク要素の軽減」に向けた活動として、「環境・天然資源管理」が掲げられている（参考資料1）。2015年3月に仙台で開催された第3回国連防災世界会議において、2015年以降の防災・減災に関する国際的指針である「仙台防災枠組 2015-2030」が合意され、生態系は防災・減災の手段として引き続き位置づけられ、その持続可能な利用と管理の強化が重要視された。

これらの取組を推進する組織として、国連環境計画（UNEP）、国際自然保護連合（IUCN）等の国連機関、国際NGO、研究機関によって、「環境と災害リスク削減に関する国際的なパートナーシップ（PEDRR：Partnership for Environment and Disaster Risk Reduction）」が2008年に設立され、環境と災害リスク低減に関する政策提言や知識と事例の共有等の活動が行われている。PEDRRでは、持続可能な生態系管理を、減災と気候変動適応の双方を達成する効果的なアプローチの一つとしている。国連環境計画第1回国連環境総会（2015）の中で生態系を基盤とした気候変動適応を促進する決議が採択されるなど、気候変動枠組条約等の議論においても、生態系を活用した気候変動影響への適応策が重視されている。

生物多様性や生態系の保全に関連する国際会議においても、生態系を活用した防災・減災の重要性が決議されてきている。

2013年に環境省とIUCNの主催により仙台で開催された第1回アジア国立公園会議においては、自然災害と保護地域の関係が主要な議題の一つとなり、会議及びその成果であるアジア保護地域憲章の策定等を通じ、保護地域を活用した防災・減災の重要性について議論された（参考資料4）。

2014年にオーストラリア・シドニーで開催された第6回世界国立公園会議では、会議の成果である「シドニーの約束（The Promise of Sydney）」に「保護地域は持続可能な開発のカギであり、それが持つ持続可能な生態系サービスが食糧・水の安全と防災・減災に大きく貢献する」と明記された。

また、同年、韓国・平昌で開催された生物多様性条約第12回締約国会議では、議題の一つとして「生物多様性、気候変動及び災害リスク削減」が取り上げられ、各国が国内の災害リスク削減に関する施策の中で生態系を活用した手法を取り入れるよう勧告された（UNEP/CBD/COP/DEC/XII/20, 2014）²⁹（参考資料3）。生態系を活用した防災・減災の推進は、愛知目標7, 11, 14, 15の達成に貢献できるとされている（CBD, 2014）³⁰（参考資料2）。わが国は、生物多様性事務局に設置された日本基金を通じて、IUCNが実施する生態系を活用した防災・減災に関する途上国の能力養成事業を支援している。

2.5 わが国の行政計画における位置づけ

わが国では、生物多様性国家戦略のみならず、国土づくりの方向性を定めた国土形成計画や国土利用計画、社会資本整備事業を重点的、効果的かつ効率的に推進するための方向性を定めた社会資本整備計画においても、生態系が有する機能の活用が明記されている。

2.5.1 生物多様性国家戦略2012-2020

東日本大震災の教訓を受けて策定された「生物多様性国家戦略 2012-2020」では、防災・減災機能の観点からも、生態系の保全や再生が重要であるとしている。「第1部 生物多様性の保全及び持続可能な利用に向けた戦略」において、100年先を見据えた目指すべき目標像としてとりまとめられた「自然共生社会における国土のグランドデザイン」では、安全・安心な国土の形成と自然との共生を重視したエコロジカルな国土管理を目指すとしている（参考資料 5）。

2.5.2 国土強靱化基本法及び国土強靱化基本計画

平成 25 年に成立した「強くしなやかな国民生活の実現を図るための防災・減災等に資する国土強靱化基本法」においては、第 9 条で「自然との共生及び環境との調和に配慮すること」が施策の方針としてあげられているほか、付帯決議において、「地域ごとの生態系のもつ防災・減災機能を活用した土地利用を推進すること」とされている。

国土強靱化基本計画では「海岸林、湿地等の自然生態系が有する非常時（防災・減災）及び平時の機能を評価し、各地域の特性に応じて、自然生態系を積極的に活用した防災・減災対策を推進する」と記載され、同計画に基づいて策定されている「国土強靱化アクションプラン 2015」においても同様の記述が盛り込まれている（参考資料 6）。

2.5.3 国土形成計画・国土利用計画

平成 27 年 8 月に閣議決定された国土形成計画では、第 8 章「環境保全及び景観形成に関する基本的な施策」の中で、本格的な人口減少社会において、豊かさを実感でき、持続可能で魅力ある国土づくり、地域づくりを進めていくために、社会資本整備や土地利用において、自然環境が有する多様な機能を積極的に活用するグリーン・インフラストラクチャー（GI）の取り組みを推進するとしている。

「グリーン・インフラストラクチャー」は、欧州委員会が 2013 年に EU グリーン・インフラストラクチャー戦略を EU 生物多様性戦略の下位計画として策定するなど、欧米を中心に取組が進んでいる考え方である。GI は、統一的な定義はないが、生態系と自然災害を考慮した土地利用と、自然環境の有する防災や水質浄化等の機能を人工的

な社会資本の代替手段や補足の手段として有効に活用することにより、自然環境、経済、社会にとって有益な対策を社会資本整備の一環として進めようという考え方である。その機能には防災・減災以外の機能も含まれるが、生態系の機能を社会資本として活用する点では、生態系を活用した防災・減災と同様の潮流である（参考資料 7）。

2.5.4 社会資本整備重点計画

平成 27 年 9 月に閣議決定された第 4 次社会資本整備重点計画では、「自然環境が有する多様な機能（生物の生息・生育の場の提供、良好な景観形成、気温上昇の抑制等）を積極的に活用して、地域の魅力・居住環境の向上や防災・減災等の多様な効果を得ようとする「グリーンインフラ」について、国際的な議論や取組が活発化している状況も踏まえ、我が国においても積極的に取り組む必要がある」（国土交通省，2015）とし、自然環境が有する機能の積極的な活用が新たに盛り込まれた（参考資料 8）。

3 防災・減災に生態系はどのように役立つか

3.1 生態系を活用した防災・減災の概念と特徴

3.1.1 生態系を活用した防災・減災の概念

「生態系を活用した防災・減災」の概念については、PEDRR や IUCN が国際的に用いている定義を参考にすると以下のような記述が考えられる。

図表 15 生態系を活用した防災・減災の概念

「防災・減災対策を実施・検討する際に、地域の特性を踏まえつつ、地域住民をはじめとした多様なステークホルダーの参画により、生態系の保全と再生、持続的な管理を行うことを通じて、自然災害に対して脆弱な土地の開発や利用を避け災害への暴露を回避するとともに、防災・減災など生態系が有する多様な機能を活かして社会の脆弱性を低減する。これによって、地域の防災・減災機能の強化、生物多様性と生態系サービスの確保を図り、持続的で安全で豊かな自然共生型社会の構築に寄与する。」

「生態系を活用した防災・減災（Eco-DRR）」について、PEDRR は、「持続的でレジリエントな発展を目指して、生態系の持続的な管理、保全と復元を行うこと」とし、「湿原や森林、沿岸の適切に管理された生態系は、自然のインフラとして機能し、多くの災害への物理的な暴露を低減させ、地域の暮らしを継続させ、食糧、水、建設資材等を供給することにより人々とコミュニティの社会経済的なレジリエンスを高める。」としている（PEDRR, 2014）。IUCN は、「生態系を活用した防災・減災は、現在および将来の人間の生活におけるニーズや、生態系の生物物理学的な要求を考慮した意思決定を参照し、生態系がコミュニティの災害に対する準備、対応、復興を支える事を認識する事である」（IUCN, 2013）と定義している。

上記の概念は、災害をもたらす自然現象が発生することを前提に、脆弱な地域から人命と財産を遠ざけ、生態系を自然現象と人命・財産との緩衝帯として用いることで、防災・減災を図ろうとするものである。

これにより生態系は攪乱を受けるが、その後は樹林化など遷移が進み自律的に回復する。これは自然本来の変動性の回復であり、生物多様性の維持と生態系サービスの確保に寄与する。現在の国土利用では、直ちに取り組むことが難しいが、人口減少が予想されるなか国土形成計画が基本構想として掲げる「重層的かつ強靱な『コンパクト+ネットワーク』」の推進にあわせて、地域の特性に応じて徐々に取り組んでいくことが望まれる。

例えば、森林と海は河川でつながっており、土砂の移動により干潟・砂浜などが形成されるほか、森林から供給される栄養塩類は川や海の魚をはじめとする生物を育み、豊かな海をつくっている。今後の人口減少がもたらす土地利用の変化を捉え、気候変動の影響や災害リスクを踏まえたまちづくり・地域づくりを推進していく過程で、河川の氾濫原の再生や川幅の拡幅が進み、河川本来の変動性が回復すれば、減少が懸念されてい

る砂浜が蘇り、川と海の恵みはより豊かになることが期待される。気候変動による海面水位の上昇などによる海岸侵食の進行が懸念される中、砂浜の回復は侵食を抑え、豊かな川と海の恵みは地域の食文化や一次産業などの経済活動を支える。さらに本来の自然の変動性の回復は、地域の風景の独自性の回復につながり、観光等も通じて地方創生にも寄与する。

このように、生態系を活用した防災・減災は、森里川海のつながりを回復することを通じて、「生物多様性国家戦略 2012-2020」の 100 年計画の実現に貢献し、地域社会の人間の福利につながる取組である。

3.1.2 生態系を活用した防災・減災の特徴

生態系を活用した防災・減災については、これまで述べてきたようにいくつかの効果を得ることが期待されるが、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を維持・創出するところに最大の利点があり、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（日本学術会議，2014 a）³¹。しかしながら、外力に対する防御機能の定量的評価は困難である。

一方、人工構造物は、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、社会が求める性能を的確に提供することができること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（日本学術会議，2014a）。

生態系を活用した防災・減災と人工構造物による防災対策は相反するものではなく、地域の特性に応じて最適に組み合わせて用いることが重要である。例えば、海岸林については、津波災害軽減効果はあるが、海岸林のみでは海水の侵入は防ぐことは難しく、海岸近くまで家屋や施設がある場合には十分な幅の海岸林を設けることはできないといった課題があり、防潮堤・防潮護岸等の防潮施設を併用することによって対策を講じるべきであるとされている（日本学術会議，2014b）³²。また、気候変動により海面水位が上昇し、高潮や高波による被災リスクの上昇が予測される中、海側の砂浜や岩礁帯は防潮堤への高潮や波浪の影響を軽減する効果が期待できる。

また、自然災害の規模や発生頻度、既存の防災施設の整備状況を踏まえ、生態系の機能と特性に応じて使い分けることも重要である。例えば、頻発する小中規模（概ね発生確率 100 年未満）の災害については、河川の護岸等の人工構造物による防災施設で対応されており、生態系の防災・減災機能の活用は想定しにくい。一方で、大規模（概ね発生確率 100 年以上）や想定以上の災害が起き、例えば水が堤防を越えた場合に、水害防備林によって流速を抑えたり流木などを補足するなど堤内地への影響を緩和する緩衝材の役割を部分的に果たすことが期待される。洪水や津波が人工構造物を超えて影響を及ぼすような場合、その周辺の樹林地や農地その他の生態系は緩衝帯及び緩衝材として影響を抑えることに貢献しうる。東日本大震災においても、防潮林と砂丘が津波の直撃を防いだり、海岸防災林が船を捕捉することにより、背後にある住宅地の被害が低減されるなど、海岸林による被害の軽減等の効果が確認されている（東日本大震災に係る海岸防災林の再生に関する検討会，2012）³³。

以下は、生態系を活用した防災・減災と人工構造物による災害対策の特徴を整理したものである。

図表 16 生態系を活用した防災・減災の特徴

機能	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)	×	◎
短期的な雇用創出・地域への経済効果	◎	△
長期的な雇用創出・地域への経済効果	△	○

(注) 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

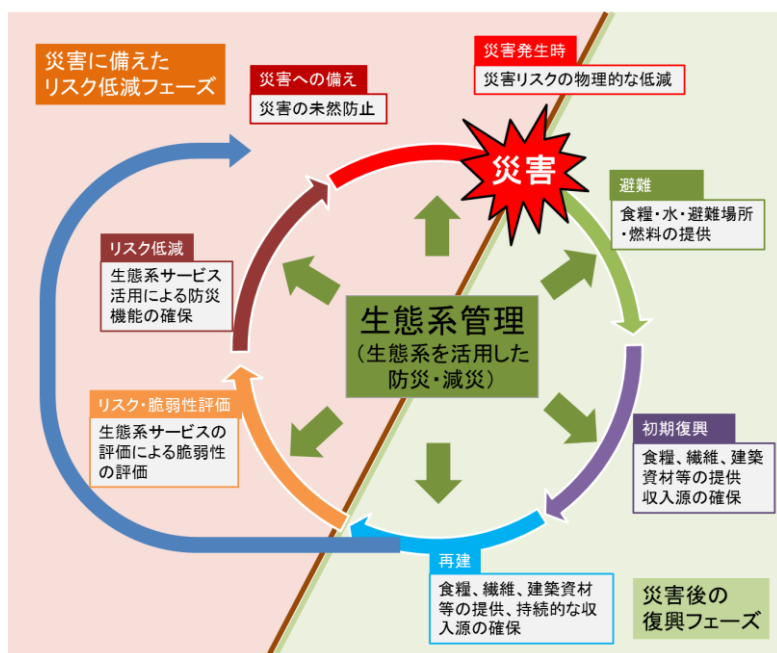
(資料) (日本学術会議, 2014 a)

3.2 防災・減災に生態系はどのように役立つか

3.2.1 災害リスクの低減、災害発生時及び復興の各段階で効果を発揮

自然災害への対応は、災害時のみならず、災害前のリスク低減と災害後の復興を考えることが重要である。生態系の管理は「災害管理と対応のスパイラル（Disaster risk management and response Spiral）」におけるすべての段階において防災・減災に寄与するとされている（Sudmeier-Rieux, 2013）³⁴。

図表 17 生態を活用した防災・減災と災害管理サイクル・スパイラルの関係



（注）災害管理と対応のスパイラルとは、災害管理における段階を時系列順に整理する考え方。リスク・脆弱性有評価、リスクの低減・緩和、災害への備えと災害防止事前計画、緊急避難、初期復興、再建、復興後の発展の各段階からなる。

（出典）（Sudmeier-Rieux, 2013）（Lloyd-Jones, 2009）³⁵

① リスク・脆弱性評価段階

災害発生前は、リスクや脆弱性を評価し、起こりうる災害に備えるために必要な施策を検討する。この段階では従来の人工構造物に加え、土地利用の見直しや生態系の防災・減災機能を加味して災害に対する総合的なリスクや脆弱性の評価を行う。

例えば、イギリスでは、開発や再開発において、経済の成長している地区や開発予定と観光資源や農地、ハザードマップ等を地図で重ね合わせ、GIによる対策が有効と思われる場所（pinch point）を特定し、災害リスク等も評価・勘案した上で、GIを用いてそれらのpinch（危機）の解決を試みている[21]。

滋賀県においても「滋賀県流域治水基本方針」を策定し、水害リスクを考慮した土地利用等計画の策定や、これに基づく森林・農地・都市緑地等を活用した治水対策を進めている（滋賀県, 2015）³⁶ [23]。

② リスク低減段階～災害への備えの段階

①のリスク・脆弱性評価の結果に基づき、生態系の防災・減災機能を発揮させるため、生態系の保全・再生・維持管理などの対策を実施することにより、災害リスクを低減し、自然災害に備えることが可能となる。

例えば、保安林の設定や適切な整備、海岸防災林の造成などは脆弱性を低減する取組であり、災害リスクを低減する。

③ 災害発生段階

災害発生時においては、生態系は物理的な機能により、暴風、豪雨、洪水、津波などの災害から、人々への被害を低減する。

湿原、森林、沿岸の生態系は、緩衝帯を提供することで自然災害への物理的な暴露を低減させる。また、適切に管理された生態系は緩衝材として、斜面崩壊、土石流、洪水、雪崩、高潮、山火事、干ばつなどの一般的な自然災害に対する自然の防御を提供する（Estrella ほか，2012）³⁷。

④ 避難段階

避難段階において、生態系は人々に水や食料、燃料などを提供する。

生態系は、災害時や災害直後の人々の基礎的な要求（食糧や飲料水、一時的な避難場所、燃料など）を満たすことで、災害発生直後の人々の脆弱性を低下させ、生命を守り、生活を支える（PEDDR，2014）³⁸。

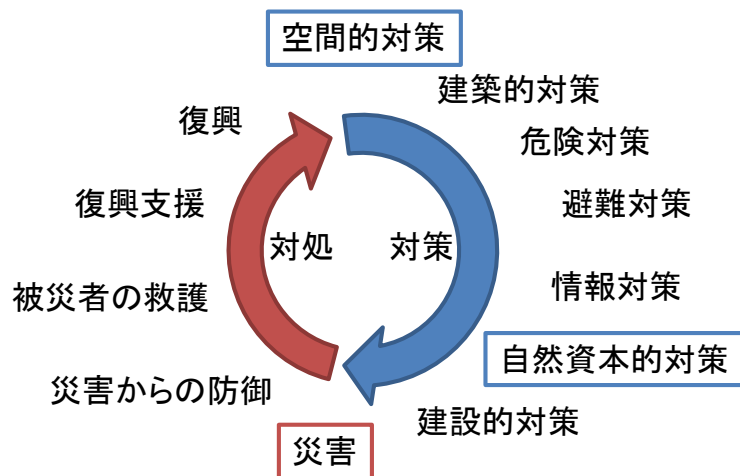
⑤ 初期復興～再建段階

初期復興～再建段階においては、人々に水や食料、燃料などに加え、復興に必要な木材など資材を提供する。食糧、繊維、建築資材等、生態系が復興に必要なモノや便益を提供することで、人々が災害に耐え、復興する能力に貢献する（Estrella ほか，2012）。また、生態系は持続的に収入を生む活動を支え、災害後における人々やコミュニティにとっての資産となる。さらに、生態系は精神的な安らぎを提供し、ふるさとの風景は復興に取り組む人々の心を繋ぎ、力を与えてくれる（IUCN，2006）³⁹。

ドイツ災害対策委員会（DKKV）においては、災害発生前の「対策」と、発生後の「対処」からなる洪水危機管理サイクルを示している。これによると、発災前には、空間、建築、危険、避難、情報、自然資本、建設に関する各種の洪水対策を行うこととなっている。具体的には、空間的対策では氾濫域から建物開発を排除し、堤防など構造物建設による対策の前に、自然資本による対策を定めていることが特徴である。

- ・ 空間的対策：建物開発を氾濫域から排除する
- ・ 建築的対策：氾濫域の建築において、浸水対策等を施す。
- ・ 危険対策：保険など、財政的対策を施す。
- ・ 避難対策：災害時の避難方法等に関する準備を行う。
- ・ 情報対策：注意報や警報など、情報提供を行う。
- ・ 自然資本的対策：生態系による対策を行う。例えば、洪水を防ぐため、流域において植林や混交林化など森林管理等を行う。
- ・ 建設的対策：堤防、治水ダムなど構造物を建設する。

図表 18 自然災害危機管理サイクル



（出典）DKKV 2003⁴⁰をもとに作成

3.2.2 さまざまな災害で効果を発揮

適切に管理された生態系は、物理的な機能により、暴風、豪雨、洪水、津波などさまざまな災害から人々を守る。

生態系を活用した防災・減災に関する国内外の事例について、災害タイプと機能を発揮する生態系で分類すると、以下の通りとなる。生態系を活用した防災・減災は、地震（二次災害としての火災等を除く）と噴火以外の全ての自然災害において効果が確認され、さまざまな災害への対策に効果を有することが分かる。

図表 19 防災・減災機能と活用する生態系との関係

災害タイプ（被害）	生態系						
	森林	陸水	沿岸			農地	都市緑地
			陸域	移行帯	海域		
暴風	①		①			①	①
豪雨（斜面崩壊・土石流）	②					⑦	⑨
豪雪（雪崩）	②						
洪水	③	④				⑧	⑩
高潮	⑤		⑤	⑤	⑤		
津波	⑥		⑥	⑥	⑥		
地震	—	—	—	—	—	—	—
噴火	—	—	—	—	—	—	—
火災							⑪

（注）災害タイプは災害対策基本法、生態系タイプは生物多様性国家戦略 2012-2020 の分類を元に作成。

（注）詳細は別冊の事例資料集を参照

●各タイプの組み合わせにおける事例

①森林・都市生態系の暴風に対する防災・減災機能

- ・庄内海岸における海岸防災林による飛砂防止（山形県）（林野庁，2015）⁴¹ [4]
- ・遠州灘沿岸における斜め海岸林造成による砂丘の維持と防災と地域開発（静岡県）（林野庁，2015）⁴² [5]
- ・防風効果を目的とした農地防風林と屋敷林（全国）（岡田，2003）⁴³ [8]
- ・災害防止を目的とした保安林の指定（全国）（林野庁，2015）⁴⁴ [2]

②森林生態系の斜面崩壊・土石流・雪崩に対する防災・減災機能

- ・災害防止機能の定量的評価に基づく森林整備指針（長野県）（長野県，2015）⁴⁵ [11]
- ・「県民緑税」を活用した防災のための森林整備と都市緑化（兵庫県）（兵庫県，2015）⁴⁶ [10]
- ・災害防止を目的とした保安林の指定（全国）（林野庁，2015） [2]

③森林生態系の洪水に対する防災・減災機能

- ・「県民緑税」を活用した防災のための森林整備と都市緑化（兵庫県）（兵庫県，2015） [10]
- ・災害防止を目的とした保安林の指定（全国）（林野庁，2015） [2]

④陸水生態系の洪水に対する防災・減災機能

- ・千歳川における植生復元・遊水地群整備による洪水緩和（北海道）（北海道開発局，2015）⁴⁷ [27]
- ・湿原保全による洪水緩和（ニュージーランド・ワイカト地方）（Department of Conservation, 2007）⁴⁸ [31]

⑤沿岸・海洋生態系の高潮に対する防災・減災機能

- ・中津干潟における護岸と干潟の機能を組み合わせた高潮対策（大分県）（国土交通省港湾局，2005）⁴⁹ [14]
- ・木野部海岸における住民合意型海岸事業の推進（青森県）（国土交通省港湾局，2005） [16]
- ・災害防止を目的とした保安林の指定（全国）（林野庁，2015） [2]
- ・自然インフラ及び自然作用を用いたアプローチによる海岸侵食防止（イギリス・デヴォン州）（Sudmeier-Rieux, 2013）⁵⁰ [19]

⑥沿岸・海洋生態系の津波に対する防災・減災機能

- ・海岸防災林の造成による津波減災機能（静岡県）（浜松市，2015）⁵¹ [6]
- ・蒲生干潟の再生（宮城県）（宮城県，2015）⁵² [17]
- ・海岸防災林の造成による津波被害防止（青森県・岩手県・宮城県・福島県・茨城県・千葉県）（東日本大震災に係る海岸防災林の再生に関する検討会，2012） [3]
- ・災害防止を目的とした保安林の指定（全国）（林野庁，2015） [2]
- ・マングローブ林の保護・再生による沿岸災害の抑制（ベトナム北部）（IFRC, 2002）⁵³ [20]

⑦農地生態系の斜面崩壊・土石流に対する防災・減災機能

- ・棚田の国土保全機能（全国）（南部，2014）⁵⁴ [13]

⑧農地生態系の洪水に対する防災・減災機能

- ・田んぼダムを活用した洪水緩和（新潟県）（新潟県，2011）⁵⁵ [34]

⑨都市生態系の斜面崩壊に対する防災・減災機能

- ・六甲山における森林再生（兵庫県）（神戸市，2015）⁵⁶ [12]

⑩都市生態系の洪水に対する防災・減災機能

- ・都市緑地を活用した洪水対策（アメリカ・オレゴン州）（花井ほか，2011）⁵⁷ [35]
- ・グリーンインフラを用いた災害リスクの緩和（イギリス・イングランド北西部）（North West Green Infrastructure Unit, 2009）⁵⁸ [21]

⑪都市生態系の火災に対する防災・減災機能

- ・都市公園の樹林による延焼防止と防災拠点機能（兵庫県）（山本ほか，1997）⁵⁹ [36]

3.2.3 生態系のレジリエンス（回復力）と復興への貢献

生態系のレジリエンス（回復力）と復興への貢献生態系は自然災害による影響を受けた後に、植物の種子や稚貝や稚魚が自然に供給されて、自律的に回復する。例えば、津波により破壊された海岸林跡地において、周囲に残存した親木からの種子の供給により、植生の自律的な再生が確認されている（菅野ほか，2014）⁶⁰。

蒲生干潟においても、東日本大震災の影響による地盤沈下、津波による砂の流出により干潟が消失したが、2015年12月現在、自然の回復力により、袋状の形状を取り戻して、汽水環境が復元されつつある（宮城県，2015）[17]。ただし、地形変化などの被害の状況によっては、必ずしも元の生態系が回復するわけではなく、新たな環境に順応した生態系として再生されていくこともある。さらに、人工構造物の破壊や地盤沈下等により、開発以前の生態系のような環境が再生される場合もある。

回復した生態系がもたらす供給サービスは、地場産業の回復を支え、災害発生後の地域社会の復興に貢献する。例えば、岩手県宮古湾は東日本大震災の津波で壊滅的な影響を受けたが、一部残ったアマモから湾内のアマモ場が再生した。それによりニシンの稚魚が戻り、カキ養殖等の湾内の漁業が復興した（古川，2013）⁶¹。気仙沼市大谷の田では、NPOが以前から冬に水を張る「ふゆみずたんぼ」という自然農法を行ってきた。東日本大震災の被災後は畔や水路を修復し、半年足らずで水を張り、耕作を再開した。翌年秋には収穫することができた。また、田植え、草取り、刈取りを繰り返すことで塩分が低下し、それとともに海水から淡水の水生生物に生物相が交代した（公益財団法人イオン環境財団，2015）⁶² [33]。

災害発生後にライフラインが復旧するまでの間、健全な生態系が水や燃料等生存に必要な資源の供給源になることは知られており、地域社会の脆弱性を低減することに貢献する。また、木材は人力で切断等が可能なので緊急の土木材料として有効である。長野県栄村は、災害の教訓から災害時の避難施設となる温浴施設に地域資源である木材を使用できる木質バイオマスボイラーを導入した（栄村，2015）⁶³ [38]。

このように、生態系は災害時に必要な資材を供給するとともに、自律的に回復して地域産業の回復を助け、地域社会の復興に寄与する。

3.2.4 低コストで整備・維持管理が可能

地域の生態系を、防災・減災に活用する場合、人工構造物の設置による防災・減災と比較して、初期の設置費用・維持管理費用が少額である場合がある。特に、災害に脆弱な土地の開発を行わず、その土地の生態系を緩衝帯として用いる場合には費用はほとんどかからない。IUCNにおいても、「健全な生態系は、自然の緩衝材となって洪水抑制、斜面の安定化、沿岸侵食防止などの役割を果たし、防災目的の構造物や措置を補完する。こうした自然の緩衝材は往々にして堤防や土手、コンクリート壁などの工学的構造物よりも設置・維持に係るコストが低く、効果を発揮する」としている（IUCN, 2013）。社会資本の維持管理コストが増大するわが国において、長寿命化対応のアプローチの一つとして生態系を活用した防災・減災で進めていくことは有効である。一方で、人工構造物に植樹を組み合わせる場合や、地域の環境に合わない樹種による緑化等を行った場合には、設置費用・維持管理費用がかえって高額となることから注意が必要である。

スイス・アルプス山脈の雪崩・落石低減のための森林管理の事例においては、保護林管理に政府は年間 1 億 6 千万ドルを投資しているが、落石防止柵の設置と比較して 1/5 ～1/10 の費用で収まっている（Sudmeier-Rieux, 2013） [9]。

ベトナムではマングローブ林の保護・再生による沿岸災害の抑制を目的に 12,000ha のマングローブ林の保全を行っており、同地区における防潮堤の維持管理コストが年間 730 万ドルに対して、マングローブ林の保全は約 110 万ドルで、防災コストを下げている（IFRC, 2002）⁶⁴ [20]。

ハリケーン・サンディの復興戦略では、自然インフラまたは、自然インフラと人工インフラの組み合わせ（ハイブリッド型アプローチ）は、既存インフラと比較して、より費用対効果が高く、沿岸レジリエンスの強化、生態系サービスの供給力の維持が可能であるとされている（Hurricane Sandy Rebuilding Task Force, 2013）⁶⁵ [7]。

スラプトン海岸の事例では、公共の財産やインフラへの洪水や侵食の脅威への危険分析を行った結果、沿岸の自然環境が洪水や海岸侵食の危険を軽減する効果があることが明らかとなったことから、メンテナンス費用がかかる従来の工学的構造物に代えて、自然インフラ及び自然作用を用いた新たな管理の取り組みを導入した（Sudmeier-Rieux, 2013） [19]。

加えて、生態系の機能は多様で、合意形成を図る際はこれらの便益も加味して考慮する必要がある。例えば、わが国の森林の公益的機能を評価した事例においては、貨幣評価が可能な一部の機能は、年間延べ 70 兆円程度と試算されたが、このうち防災・減災に寄与すると考えられる表面浸食防止機能、表層崩壊防止機能、洪水緩和機能の評価額は、代替費用法の算定で延べ 43 兆円程度を占める（日本学術会議答申及び同関連付属資料, 2001）⁶⁶。また、ミシシッピデルタの生態系は、ハリケーンによる嵐からの保護や、淡水供給、気候調整、食糧、毛皮の供給、生息地の形成、廃棄物処理などを含む生態系サービスの便益は 120 億～470 億ドルと試算されている（Batker ほか, 2010）⁶⁷。

3.2.5 平時に多様な生態系サービスを発揮

生態系は、平時には水、食糧、燃料、美しい景観など多様な生態系サービスを発揮し、地域の第一次産業や観光を支える。例えば、海岸防災林は、津波発生時には津波のエネルギーを減衰させることで被害の軽減の役割を果たす一方で、平時においても飛砂防止や防風などの機能を果たすほか、海岸の景観を形成し、野生生物の生息場所を提供し、海岸のレクリエーション機能を高めるなど、複数の社会的及び経済的、環境的な便益を創出している。また、生態系の維持管理の活動をレクリエーションや保健休養となりうる。平時における生態系サービスは地域住民にとって重要な価値を有している。

都市開発を行う際の試みとして、昭和 40 年代、郊外部の丘陵・田園地帯において無秩序な開発が進行している中で、公園等の公的な緑だけでなく、集合住宅の棟間、屋敷林、神社仏閣、文化財など、民有地内の樹林地をフットパスで結合し、一定のスペースの中で視覚的空間的に最大の土地利用を追求する「グリーンマトリックス」システムによる計画が展開された（住宅・都市整備公団，1996）⁶⁸ [37] 事例や、アークヒルズ仙石山森タワーの事例では、生物多様性に配慮した緑化を実現し、J-HEP 評価ⁱで最高ランクの AAA 認定を取得している（森ビル株式会社，2013）⁶⁹ [37] などの事例が見られる。

防災・減災機能を発揮させるためには適切な管理が重要であるが、これは平時の生態系サービスの発揮にも寄与する。例えば、斜面崩壊を防ぐため適切に森林を管理することは、清浄な水の供給や、吸収源として気候変動の緩和にも貢献する。このように、防災・減災機能を高めた結果、他の生態系サービスがより高まる相乗効果（シナジー）が期待できることも、生態系を活用した防災・減災の特徴である。

一方で、津波被害軽減のためにマングローブ林を整備することにより、生息域を奪われる沿岸の生物があるなど、他の生態系や生態系サービスが低下するトレード・オフとなる場合がある。このため、どのような生態系サービスが同時に発揮されるか、また、防災・減災機能を追求することで発揮されない生態系サービスがあるかについて評価し、当該生態系が提供する生態系サービスと失われる生態系サービスについて、防災・減災機能だけでなく総合的に評価することが必要である。

3.2.6 災害に強い地域コミュニティの形成

生態系を活用した防災・減災は、地域の多様なステークホルダーの参画により、総合的な地域作りの視点で検討することが必要であるが、このプロセスにおいて、地域本来の生態系と、災害履歴や伝統的知識を学び、災害に脆弱な場所や災害対策の状況について地域住民が共有することで、主体的に災害への備えを考えることができる。

また、上記の検討や、健全な生態系を確保するためには維持管理作業を通して、地域の人々や組織が交流する機会が生じ、人のつながりが構築される。災害発生時や復旧時

ⁱ JHEP 認証：生物多様性の保全や回復に資する取組みを定量評価する認証

には、コミュニティの構成員や組織が協力することが容易となり迅速な対応が可能となる。さらに、地域の人々が維持管理のほか、生業やレクリエーションで日常的に接することで、生態系の防災・減災機能を損なうような変化に早く気付くことができ、素早い対応が可能となる。

このように、さまざまな面から災害に強い地域コミュニティが形成され、災害に対応するためのトータルのコスト（人手、予算、期間）を抑えることが期待できる。

3.2.7 地域の活性化への寄与

地域の生態系を基盤とした防災・減災は、地域の魅力である景観や魚介類など地場産品の生産の場を損なうことが少ない。また、災害に脆弱な土地を本来の生態系に再生した場合に、過去に損なわれた景観や生産力を再生できる可能性がある。このように、地域の景観や地場産品等を活かした観光業や第一次産業を支え、地域の活性化に寄与することができる。また、生態系の機能の維持・充実に適正な管理が不可欠であるため、地域資源の活用が進められ、新たな雇用を生む可能性がある。

イギリス・フレイストン海岸では、沿岸侵食防止のために、もともと陸地側にあった堤防を強化することによりセットバックし、草刈り、排水管の埋め込み、人工クリークの掘削を行った後、海側の堤防に3つのスリットを作り、塩性湿地を創出した。湿地の再生後、この地を訪れる観光客は2003年の11,000人から2004年の57,000人へと大幅に増加し、地域の活性化に貢献している（Sudmeier-Rieux, 2013）。

フィリピン・ラナオデノルテ州のマングローブ林の再生においては、再生林を含めた公園の料金収入や漁業収入の増加が地域社会の収益となっている（古川, 2013）。

宮城県大崎市にある蕪栗沼では、治水と景観や生態系の保全を両立させており、周辺の田んぼに水を張ることで、渡り鳥の休み場の提供と、ねぐらの分散を目的とした「ふゆみずたんぼ」が行われている。「蕪栗沼及び周辺水田」はラムサール条約登録湿地となり、周辺の水田で生産された米はブランド米「ふゆみずたんぼ米」として販売され、農家の収入の安定化にもつながっている（環境省, 2010）[33]。

静岡市巴川流域の麻機遊水地は、治水機能と公園機能を有する多目的な遊水地として整備されたが、湛水量確保のため掘削され湛水した池沼の土中に眠っていた植物が復活したことにより、昆虫類や野鳥の貴重な生息地となった。現在では、隣接する病院の患者や特別支援学校の生徒が生態系保全や調査活動に携わるとともに、福祉農園や環境教育の場としても活用する新たな取り組みが、河川管理者である県と医療機関の連携によって試みられている（西廣, 2015）⁷⁰（麻機遊水地自然再生協議会, 2015）⁷¹。

兵庫県の県民緑税を活用した「災害に強い森づくり」事業では、事業費 77 億円に対し、森林整備による経済価値は、防災・減災効果をはじめとして水源涵養や環境保全など合計 535 億円と評価している。加えて、経済波及効果として 114 億円、776 人の雇用誘発効果があったと評価している（兵庫県, 2014）⁷² [10]。

3.2.8 気候変動対策への貢献

気候変動の影響は顕在化しつつあり、その被害を防止・低減するために自然や人間社会を調整する適応の必要性が高まっている。前述したように気候変動により災害リスクが増大しており、生態系を活用した防災・減災は適応策としても有効である。今後、気候変動が進み洪水や高潮等の頻発が予想される中、先進国と途上国の両方で取り組むことができる適応策である。また、イギリスにおける砂浜再生は沿岸の災害リスク低減及び気候変動への適応策として、近年面積が減少している砂浜の再生管理を行うもので、防災・減災と気候変動適応策の双方を目的として実施している (Orchard, 2014) ⁷³[19]。

図表 20 生態系を活用した減災及び気候変動適応に対する持続可能なアプローチ



(出典) (PEDRR, 2010) ⁷⁴

また、森林や湿地などの生態系は炭素貯留機能を有しており、生態系の保全や再生、適正な管理を行うことは気候変動の緩和策としても有効である。2015年にフランス・パリにおいて開催された国連気候変動枠組条約第21回締約国会議(COP21)では、新たな法的枠組みとなる「パリ協定」が採択され、主要排出国を含むすべての国が削減目標や実施状況を報告することや、森林等の吸収源の保全・強化の重要性、途上国の森林減少・劣化からの排出を抑制する仕組みが盛り込まれた(外務省, 2015) ⁷⁵。

適応策と緩和策との関連性について、欧州委員会の報告書では、「生態系アプローチは自然の適応力を享受する方法と戦略である。また気候変動の影響に対処するために、経済的に実現可能で有効な手段として広く知られている。この時、グリーン・インフラストラクチャーによる解決法を使用することがある。なぜなら、気候変動に適応するため、また将来の影響を緩和するために生物多様性や生態系サービスを適応戦略の一部として利用することにおいては同じであるからである。」(EUR-OPA, 2013) ⁷⁶とされている。

このように、生態系を活用した防災・減災は、気候変動に対して相乗効果をもつ対策である。

4 防災・減災に生態系を活用する際の基本的視点

4.1 総合的な視点で検討する

防災・減災対策の実施にあたっては、個別の場合ごとの防災・減災を検討するのではなく、地域全体の災害に対する強靱性をどのように確保するのかを検討する必要がある。生態系を活用にするにあたって、生態系は、社会経済活動とそれぞれの土地利用の間でつながり、相互に作用していることで維持されていることから、生態学や自然科学のみでなく、社会的・経済的な視点で社会全体のレジリエンスを検討することが必要である。このため、地域でどのように人々が暮らしていくのか、環境、景観、産業、まちづくりなど多面的な観点から地域の将来像を描くなかに関し、防災・減災も位置づけ、総合的な視点で検討することが重要である。特に、今後の人口減少、高齢化、未利用地の拡大が予想される中、少ない人手や資金で、どのように空いた土地を多機能な生態系を確保するために有効利用していくか、といった視点が不可欠である。

総合的な視点で検討する際には、防災・減災が必要とされる場を含む広域の空間的視点を持つとともに、過去の土地利用から将来の土地利用のあり方まで長期間の時間的視点を盛り込むことが必要となる。加えて、多様なステークホルダーの参加、密度の濃い情報共有と合意形成を行うことが重要である。

例えば、河川整備計画や地域森林整備計画などの法定計画に基づく整備計画をたてる前段階において、地域のあり方を包括的に考える場を設定することが重要である。兵庫県円山川流域では、治水・利水のみならず、景観や自然環境の保全・再生・創出の観点も基盤とした包括的な河川整備計画の策定を行っているが、計画の初期段階から地域の有識者が流域委員会に加わって検討がなされた（円山川流域委員会，2007）⁷⁷ [26]。また、島根県では、大橋川の拡幅等事業を検討する際、治水対策だけでなく、大橋川周辺のまちづくり・景観・水辺の利活用等も含めて検討が行われ「大橋川周辺まちづくり基本計画」が策定された（国土交通省中国地方整備局，2009）⁷⁸ [25]。

① 空間的視点

自然災害への対応は、個々の場ではなく、行政区域を越えて流域など自然のつながりやまとまりとして、空間的視点でとらえることが重要であり、生態学的、地形学的な特性を横串で考え、地域の特性とスケールに適合した対応策を講じることが最も重要である。また、危険な自然現象からの暴露を低減するためには、本来の生態系や過去の土地利用を踏まえるとともに、全国で作成されているハザードマップを活用し、災害に脆弱な土地の利用の見直すことが必要である。

IUCN は生態系を活用した防災・減災のための重要な行動として、流域計画、森林計画、沿岸計画を掲げている（IUCN，2013）。わが国では、森林は森林法、河川は河川法、農地は農地法、海岸は海岸法など、場所により管理の根拠となる法律が個別に制定されているが、保水・遊水機能を有する湿地の保全・再生、水田の遊水機能の活用、土砂災害を防ぐための森林の整備など、森林、河川、海岸、農地、都市、生物多様性など関係する部局が連携し、効率的・効果的に取り組む必要がある。

兵庫県では、従来よりも浸水による被害が拡大していることから、これまでの治水対策に加え、地域における特性及び課題に着目し、流域全体での雨水の一時的貯留や、地下に浸透させる対策、浸水が発生した場合でも被害の軽減を図る対策を効果的に組み合わせて実施する総合治水の必要性が高まっているとし、平成 24 年に総合治水条例を施行した。現在、この条例に基づいて地域総合治水推進計画を策定し、県・市町・県民が連携した総合治水の普及を目指している（兵庫県，2015）⁷⁹ [22]。

国土交通省は、気候変動等に伴う近年の水害リスクの増大に対応するため、引き続き治水施設の整備を進めるとともに、その流域のもつ保水・遊水機能を確保するなどの総合的な治水対策を推進するべきとしており（社会資本整備審議会河川分科会 気候変動に適応した治水対策検討小委員会，2015）、今後さらに空間的に検討していくことが求められている。

海外では、米国ミズーリ州のセントチャールズ郡において、1993 年の大洪水後、連邦政府の補助金を利用しつつ、1,500 以上の家屋と事業所の移転を行った事例が知られている。1995 年に再び大洪水に見舞われたが、被害は大きいものとはならず、また、この時に使われずに済んだ金額は、1993 年以降に投資してきた金額よりも多いと推定されている（関，2000）⁸⁰。また、オランダ政府は、1993 年と 1995 年の大規模洪水で大きな被害が生じたことから、水資源管理政策の改正を行い、「ルーム・フォー・ザ・リバー」プログラムを実施した。国内 30 か所以上で干拓地の再生、過去の氾濫原の復元、堤防の移動などの方法を用いて河川空間をより多く確保し、生態系を再生することで洪水を防止し、国土全体で河川域の安全度を高めている（Sudmeier-Rieux, 2013）[32]。わが国でも「中小河川に関する河道計画の技術基準」（国土交通省）において、過度な河床掘削が洪水時の流速を増大させて治水上の課題をもたらすことと、気候変動に伴う将来的な洪水流量の増加も予想されることから、流下能力を増大させるために必要な河積の拡大は、原則として川幅の拡幅により行い、河川が有している自然の復元力の活用を可能とする方針が示されている（国土交通省，2010）⁸¹。

② 時間的視点

暴露を回避する上で重要なのは、過去の土地の状況である。高度経済成長期以前の土地利用の状況から現在に至るまでの開発履歴から地域の本来の土地利用や生態系などを把握した上で、人口動態の予測などを踏まえ地域の将来像を描いて土地利用を再考する時間的視点が必要である。土地が細分化されて所有権が強く、地籍調査や境界画定が進んでおらず、さらに所有者のわからない土地が多いわが国においては、土地利用の変更を含む総合的な対策は非常に長い時間が必要である。このため、将来の地域の生活やまちづくりといった長い時間軸を念頭においた計画に基づき、できることから確実に実施していくことが必要である。また、生態系の保全・管理・再生も長い時間を要するため、事業の設計、施工、維持管理についても長期的な視点で検討することが重要である。

4.2 地域で合意形成を図る

生態系を活用した防災・減災は、基本的に土地利用の見直しに伴い、活用する土地や手法の選択により住民へのリスクに違いもあるため、リスクコミュニケーションを伴った地域の選択と合意形成を図ることが極めて重要である。また、生態系の保全に住民の関与が不可欠な場合があり、維持管理を見据えた多様なステークホルダーの参加による合意形成が望まれる。

合意形成の場の設置にあたっては、集落単位や流域単位など、空間のスケールに応じてより効率的な単位を事前に検討しておくことが重要である。また、国土交通省では、土地利用転換の合意プロセスとして、「課題や目標などを地域で共有するための場づくり、まちづくり、地区整備に関する目標とシナリオを共有する、適切なリーダーを皆で選び育てる、外部専門家等との協働」が重要であるとしている（国土交通省、2005）⁸²。こうした点に加え、合意形成の過程においては、地域の多様な主体に対して科学的な知見に基づく情報提供を十分に行い、公開の場で議論・検討を行うことが必要である（原科、2013）。また、生態系の管理による災害リスクの軽減、将来発揮が期待される平時の生態系サービス、生態系の損失による災害リスクの増大と生態系サービスの劣化等を可能な限り定量的に示すことが合意形成に有効である。

地域で目標を共有するための場づくりの事例としては、鳥取県の宇田川流域で、治水計画の策定にあたり住民意見交換会を開催し、協議会でその意見を計画に反映させる取り組みを行い、洪水時には農地を一次貯留場所として提供することへの合意が得られた事例がある〔24〕。また、佐賀県唐津市の松浦川では、洪水対策のため地元協議の場が設けられ、築堤方式、遊水方式などさまざまな治水対策が検討された。結果、氾濫原を確保することにより下流域の洪水流量の低減を図る遊水方式を選択し、氾濫源であるアザメの瀬の水田等を、遊水機能を備えた湿地に復元する対策を実施した。

外部専門家との協働の事例としては、同じく、松浦川瀬自然再生事業のアザメの瀬検討会で、水田の開発や河川の改修により松浦川の氾濫原的な湿源が減少していたことから、地域住民が主体となり、学識者はアドバイザーとして参加する形で議論が行われ、自然再生事業により、氾濫原に依存する生物の回復を図っている（アザメの瀬検討会、2011）⁸³〔29〕。

このような検討の場に参加することは、ほとんどの地域住民にとっては初めての経験である場合が多いため、わかりやすい模型や図面を用意したり、説明には容易な語句を用いるなど、理解を得るための工夫が必要である。特に、防災機能を含む生態系サービスを定量的・経済的に評価したり、地図上に示したりする手法は、この分野になじみのない人にとってもわかりやすいと考えられる。また、個人の意見を言い出しにくい場面では、無記名のアンケートや、小グループに分けてのディスカッション等、様々な意見を汲み取れるような工夫も必要となる。

島根県松江市では、大橋川周辺まちづくり基本計画の検討に当たって、河川改修計画をより実感できるよう、図面だけではイメージしにくい堤防形状や高さ関係を事業予定場所の主要な地点に簡易模型などで示し、参加者の情報をより実体的なものとし共有することにより、住民の理解を深める取り組みを行っている（大元ほか、2009）〔25〕。

こうしたプロセスを経て、行政、地域住民が地域のことを十分に学び、様々なリスク

要因の中には市民個人がリスクを負う場合もあることも理解した上で、リスクに対する水田など私有地の提供に対する補償方法なども含め、高い視座に立って、多様な選択肢から最適解を選択していくことが重要である。

図表 21 宇田川における地域住民の合意に基づく流域治水計画

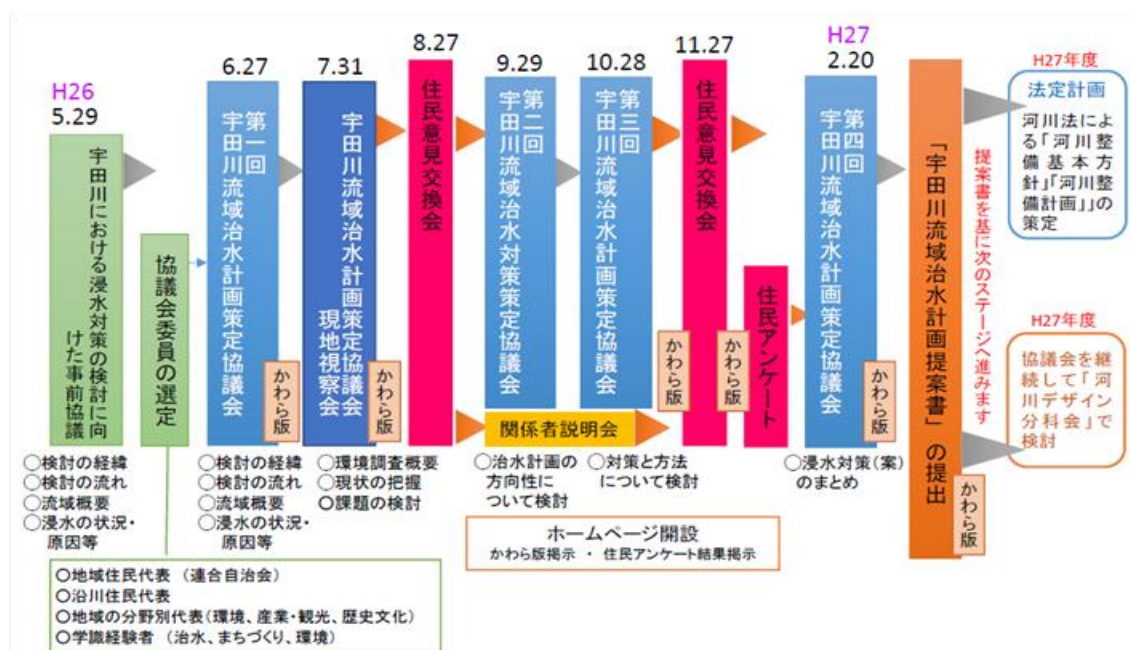
鳥取県米子市の宇田川流域では、頻発する浸水を改善するため、学識、市民、地域活動家、行政で組織される「宇田川流域治水計画策定協議会」を設置し、社会的合意形成に基づいた治水事業に取り組んでいる。

協議会では、宇田川治水の過去の経緯を踏まえ、また流域の実状に即し、現実的で実行可能な治水計画の提案に向けて議論を行うとともに、事務局である鳥取県を中心に以下のような工夫をこらして住民の理解を得て、意見を集約する試みが行われた

- ・ 住民意見交換会の開催
- ・ マスコミと連携した事業の報告
- ・ 協議会での議論のプロセスと議論の内容を流域住民に周知するために「かわら版」を発行した。
- ・ 説明会の開催
- ・ 住民アンケートの実施

この結果提案書では、農家の了解を受け洪水時に農地が浸水することなど、地域住民が一定のリスクを負うことを織り込んだ内容で合意され、大規模な河道拡幅や放水路を建設する案を採用しないこととなるなど画期的な計画を策定することとなった。

宇田川流域治水計画策定の検討プロセス



(出典) (宇田川流域治水計画策定協議会, 2015)⁸⁴ [24]

4.3 地域本来の生態系と、災害履歴や伝統的知識を活用する

災害の特性及び生態系の特性は地域ごとに大きく異なっているため、生態系を防災・減災に活用するためには、これら地域の特性を十分に踏まえたうえで検討する必要がある。また、地域本来の生態系は攪乱に対して自律的に回復し、持続性や回復力が高いことから、生態系の保全や再生、造成にあたっては、地域の生物相から学ぶことが重要である。また、地域本来の生態系や過去の土地利用は災害リスクを評価する上でも重要である。かつて氾濫原であった土地は当然ながら洪水に見舞われるリスクは高い。また、東日本大震災による津波で被害を受けた場所の多くはかつての干潟や農地であった。

また、各地域には、災害の種類、発生場所、時期、規模、条件などの情報が、災害履歴として残されているほか、地域の伝承や地名も過去の災害を学ぶ上で参考となる。さらに、1.5 でみたように、各地域には、過去の災害や生態系の特性を踏まえて歴史的に形作られてきた災害対策が、伝統的知識として存在する場合がある。例えば、遠州灘に面する静岡県袋井市の中新田命山は、津波の際の避難場所となり、災害リスクを低減しており、市指定文化財として300年を経た現在も保護されている。（静岡県、2015）⁸⁵。これらを活用することが重要である。

4.4 維持管理の仕組みを構築する

生態系の防災・減災機能を継続的に活用するためには、健全な生態系を維持管理することが必要である。植生によっては、管理を放棄することにより、マイナスの効果に変化し、災害を引き起こす原因となる。例えば、人工林で間伐が行われない場合、木が十分に生育せず根系の発達が遅れたり、林床が暗く植生が育たなかったりするため表面浸食が起こりやすくなる。兵庫県や長野県においては、災害発生リスクを下げるための森林の維持管理の必要性を計画や指針等で取りまとめている（兵庫県、2015）[10]（長野県、2015）[11]。

入会地や共有林などは、木材生産を主目的としながらも、地域の慣習的な利用と管理によって防災・減災にも貢献してきた。また、海岸林についても、各地で海岸林保護組合により松葉掻きや下層植生の除去等の作業がおこなわれてきた。このような、地域における自然との伝統的な関わりも踏まえつつ、所有と管理の関係の見直しを含め、地域住民が継続的に管理する体制を構築することが必要である。例えば、イギリスのスラブトン海岸では、海岸侵食を含めた道路や地域づくりを検討するため会合を開き、その後、地元自治体と住民らでパートナーシップを組織し、砂浜の維持管理を担っている（スラブトンパートナーシップ、2015）⁸⁶ [19]。

わが国の国土は多様で複雑でモザイク的な土地利用が行われ、農地や林地は地域の営みの中で維持され、防災・減災にも寄与してきた。地方の人口減少が進み放棄が進めばこのような機能が失われる。維持管理が継続されるよう、地域の暮らしを維持する政策が必要である。

防災・減災をはじめとした生態系サービスは、豊かな自然を有する地方が主な供給源であるが、その恩恵は都市を含めた広域で享受している。自然の恵みを将来にわたって享受し、安全で豊かな国づくりを行うためには、国民全体が自然からの恩恵を意識して

支える維持管理の仕組みが必要である。すでに全国の 36 県で導入されている森林環境税の更なる拡大に加え、環境省は、「つなげよう、支えよう森里川海」プロジェクトを立ち上げ、生態系の保全管理の労力や費用を確保するための新たな仕組み作りに向けた検討を進めている。

5 防災・減災に生態系を活用する

5.1 空間計画として検討する

生態系を活用した防災・減災の空間計画を検討する際に最も重要なことは、危険な自然現象への人命・財産の暴露を回避することであり、この際防災・減災機能を含む生態系サービスを評価して地図化するとともに、緩衝帯及び緩衝材の役割を担う生態系や、災害に脆弱な土地を特定することが必要である。湿地、氾濫原、塩性湿地や干潟などの沿岸域は攪乱を受けやすく、生物多様性の保全上も重要な地域であることから、保護地域の指定や管理体制の構築などにより保全を図ることが必要である。また、回復力が高い生態系、その他のサービスの機能が高い生態系などを積極的に保全していくことが望ましい。

欧州環境機関では、生態系の容量及び災害の可能性をそれぞれ3段階に分けて、既存インフラ及び人口を重ね合わせることにより、GIの機能の発揮が期待できる地域を割り出す試みを行っている（EEA, 2015）⁸⁷。オーストラリア・クイーンズランド州では、土地利用区分、災害リスク、生態系の重要性によってゾーニングを行うことにより、沿岸災害に脆弱な場所や、重要な生態系のある場所における開発を規制することで、住民が沿岸災害のリスクにさらされることを低減している（図表22）[18]。わが国では、昭和40年代、東京湾沿岸部で開発が進んでいたが、荒川の治水、埋め立てや砂利採取を行うと危険性が增大することが想定されたため、東京都の葛西海岸付近は海岸法により沖合5kmまで海岸保全区域に指定された。この結果、干潟が保全され、現在でも自然に近い状態が維持されている（清野, 2009）⁸⁸ [15]。

災害に脆弱な地域について、土砂災害に対しては土砂災害防止法に基づく土砂災害特別警戒区域が約21万区域で指定されている。また、津波に対しては平成23年に制定された津波防災地域づくり法に基づく津波災害特別警戒区域の指定等についての検討が行われている。このような制度と連携することが重要である。

また、地域の合意が得られれば、過去に損なわれた生態系を再生して多義的な空間として活用することが望まれる。生態系の保全・再生を図る際には、保全すべき自然環境や優れた自然条件を有している地域を核として、海から陸までこれらを有機的につなぐことにより、生息・生育空間のつながりや適切な配置が確保されたエコロジカル・ネットワーク（生態系ネットワーク）の視点で取り組むことが重要である（環境省, 2009）⁸⁹。生態系ネットワークは、防災・減災のほか、良好な景観や人と自然のふれあいの場の確保、都市環境や水環境の改善など、多面的な機能の発揮が期待される。行政区域を超えて、連携して取り組まれることが望まれる。

自然公園や天然記念物や名勝などは、地域の象徴として地域の人々の誇りとなり適切に管理されており、結果として、災害リスクを低減している事例もあることから、自然環境面からだけでなく、歴史的・伝統的な事物や史跡などもネットワークの核となり得る。例えば、蒙古の来襲を受け、鎌倉幕府が1276年に築いた福岡市生の松原地区の元寇防塁は、文化財保護法に基づく史跡に指定されているほか、周囲のマツ林も含めて自然公園法に基づく国定公園第1種特別地域、都市計画法に基づく風致地区として保全されている。また、このマツ林は森林法に基づく保安林に指定されている（山内ほか, 2010）

⁹⁰。

生物多様性地域戦略を検討する際には上記のような検討を行って方針を定め、土地利用計画や国土強靱化地域計画に反映していくことが望まれる。この際には前述したように自然のつながりやまとまりで検討することが適当で、広域での生物多様性地域戦略策定を推進していくことが望ましい。兵庫県では、生物多様性地域戦略「生物多様性ひょうご戦略」において、森林、水田、ため池、都市の防災機能、防災事業における生物多様性への配慮と、そのための技術開発について示されている（兵庫県，2009）⁹¹ [1]。

地域・広域レベルの評価においては、生態系や生態系サービスの地図化と組み合わせることにより、総合的な効果の把握が可能であるが、生態系や生態系サービスの価値を的確に評価した上で意思決定がなされた事例は少なく発展途上の状況である。さらに、他の生態系サービスを含めて総合的な価値評価手法については十分には確立されておらず、技術的な課題が存在する。

図表 22 沿岸災害防止と生態系保全を目的とする沿岸保護計画（オーストラリア）

2011 年、オーストラリア・クイーンズランド州で策定された沿岸保護計画（Queensland Coastal Plan : State Planning Policy for Coastal Protection）では、沿岸災害に脆弱な場所や、重要な生態系のある場所における開発を規制することで、住民が沿岸災害のリスクにさらされることを低減している。

沿岸保護計画の対象地では、土地利用区分、沿岸災害リスク（高潮および沿岸侵食）の状態に加え、生態系の重要性についてそれぞれゾーニングが行われており、それら 3 軸の組み合わせにより、宅地建設・都市開発の可否が判断される。本計画では、開発が許可される場合でも、災害リスクの程度に応じて適応計画の策定やリスク評価などを行うことが定められている。

土地利用区分	災害リスクのカテゴリと開発のための要件	
	災害リスクが高い区域 ・2100年に常に浸水する ・サイクロン等の際浸水高が1m	災害リスクが中程度の区域 ・サイクロンの際浸水高が1m未満
・既存の都市区域	・ 3-5年以内：適応計画を策定しなければ、拡大禁止 ・ 当面：リスク評価、設計要件	・ リスク評価と設計要件を満たす必要がある
・緑地	・ 新規都市開発の禁止 ・ 産業開発は設計要件を満たす必要がある	・ 新規宅地開発の禁止 ・ 非宅地開発はリスク評価の実施設計要件を満たす必要がある
・非都市区域	・ 新規都市開発の禁止 ・ 非都市開発は設計要件を満たす必要がある	・ 産業開発を除く新規都市開発の禁止 ・ 非都市開発・産業開発は設計要件を満たす必要がある
・沿岸開発区域	・ 宿泊施設開発はリスク評価の実施と設計要件を満たす必要がある	・ 設計要件を満たす必要がある
・小規模な観光開発	・ 宿泊施設開発はリスク評価と設計要件を満たす必要がある	・ 設計要件を満たす必要がある

土地利用区分と災害リスクによる開発制限の分類

注：表は、土地利用区分と災害リスクの 2 軸での評価結果である。

（出典）（Environment Planning, Department of Environment and Resource Management, 2011） [18]

図表 23 災害防止機能の定量的評価に基づく森林整備指針（長野県）

長野県では、森林の斜面崩壊防止機能の定量的な評価に基づいて森林の区分（ゾーニング）を行うことで、土砂災害に強い森林に誘導する指針「災害に強い森林づくり指針」が策定され、県内の民有林の管理の基本的な方針となっている。

2005 年 7 月に長野県岡谷市で発生した大規模な土砂災害の主要因が、不十分な森林整備であったことから、長野県では「森林の土砂災害防止機能に関する検討委員会」を設置し本指針を作成した。樹木の引き倒し試験など工学的な調査をもとに森林の災害防止機能を定量的に評価し、特に森林災害が発生しやすく、土砂災害防止機能を発揮すべき森林を「溪畔林型」「崩壊土砂抑止型」「崩壊防止型」の 3 区分に分類し、それぞれの整備方針を明確化している。

県内の民有林では、これら 3 区分を用いてゾーニングを行い、必要に応じて治山施設などの整備を併用しながら、森林の防災機能向上を目的とした森林整備が行われている。長野県は、平成 18 年度から平成 23 年度にかけて、全県で合計 419 回の地域住民向け説明会を実施し、地域住民の手による森林管理と防災・減災対策の推進を目指している。



「災害に強い森林づくり」における森林の区分

（出典）（長野県，2015） [11]

5.2 個々の現場で適切に生態系を活用する

空間計画に基づき生態系の有する防災・減災機能を活用する際には、生態系の有する機能の特徴を踏まえ、対象とする災害やその規模に応じて効果が期待できる生態系の種類や規模、位置等を見極めることが必要になる。

5.2.1 個々の現場で生態系を活用する 4 つの類型

防災・減災など地域が必要とする機能の発揮を目的とした生態系の活用手法は、次の 4 つの類型に分類できる。

- ① 現存の生態系の保全・管理 : 現存の生態系が期待する機能を発揮できるよう、保護地域の設定や適切な維持管理体制の構築等により、健全な状態に保全・管理する。
- ② 劣化した生態系の再生 : 自然再生などにより、劣化した生態系を健全な状態に再生する。
- ③ 新たな生態系の造成 : 海岸防災林など防災・減災の機能の発揮を目的として新たな生態系を造成する。
- ④ 人工構造物と生態系の融合 : 防災・減災機能の補強や生態系の保全・再生など地域が必要とする機能を発揮させるよう人工構造物と①～③を融合して用いる。

4 つの類型を、生物多様性保全、設置・維持管理コスト、物理的な防災・減災機能、回復力、平時の機能から評価したものが図表 24 である。③と④については、可能な限り在来種を用い、その地域にもともとあった自然環境に適合した生態系の生成を心がけることが重要である。

図表 24 生態系を活用した防災・減災のパターンの評価

区分	評価
生物多様性保全	・生物多様性保全の観点からは①から④に向かうに従い地域固有の生物多様性が損なわれうると考えられるが、④の場合には人工構造物で囲い込んだ空間において本来の生物多様性が保たれている場合があり、単純な比較はできない。③や④についても、可能な限り在来種を用い、生物多様性保全上価値の高い生態系と共存を図る等により、生物多様性への潜在的な影響を軽減することが可能である。
設置・維持管理コスト	・最も設置・維持管理コストが安いのは①と考えられるが、それ以外については生態系の再生・造成や人工構造物の設置・維持管理に必要なコストは状況によって変わるため単純な比較は難しい。ただし、人工構造物の場合は維持管理コストが生態系に比べて高くなる場合が考えられる。
物理的な防災・減災機能	・物理的な防災・減災機能については、人工構造物を活用する④の場合、生態系単体より高い防災・減災機能を持つ場合が考えられるが、生態系単体の場合では、防災を目的とし、機能に合わせた③が最も高い機能を持つ場合が考えられる。
レジリエンス・回復力	・災害後の回復力の観点からは①や②で周辺を含めて健全な生態系を有する場合に最も高い回復力やレジリエンスが期待できる。また、④の場合でも攪乱以前の健全な生態系であれば災害後の回復が期待できる。
平時の機能	・平時の機能としては、特定の機能を重視する③や④に比べて①や②が多様な生態系サービスを提供する場合が考えられる。一方で、④の場合でも生態系の部分においては多様な生態系サービスを提供する場合が考えられる。

5.2.2 類型別の活用方法と事例

① 現存の生態系の保全・管理

まずは現存する健全な生態系を保全・管理することで、緩衝帯及び緩衝材として活用が可能となり、危険な自然現象の発生やその影響が抑制されることを認識する。特に湿地、沿岸生態系、急斜面の森林といった攪乱を受ける可能性が高い地域は、開発を避けて保全を図り自然の緩衝帯として機能させることが重要である。保護地域等の保全・管理により、その機能やネットワークを維持することが防災・減災及び生物多様性保全としても重要である。その場所の環境条件下で、長期間の進化の中で選択されてきた地域の生態系を活用することは、大きな費用がかからず、災害後の回復力を期待できることから合理的である。

なお、生態系の保全や管理によって生態系の防災・減災機能は維持されるものの、これまで以上に大きくなることは考えられない。効果を評価する際には、対象地域の生態系が損なわれた場合に増大する被害について定量的・経済的な評価を行うことが有効である。

● 災害防止を目的とした保安林の指定（全国）（林野庁，2015） [2]

防災上重要な森林を保安林に指定し、水源の涵養、土砂の崩壊その他の災害の防備

等、多面的機能の向上を図っている。保安林はその指定の目的別に 17 種類あり、それぞれの目的に沿った森林の機能を確保するため、立木の伐採や土地の形質の変更等を規制している。

- 湿原保全による洪水緩和（ニュージーランド・ワイカト地方）（Department of Conservation, 2007） [31]

ラムサール条約登録湿地であるワンガマリノ湿地は、生態系保全及び水流の制御により洪水コントロール機能を発揮するとともに、生態系サービスを通じて地域の経済に多大な便益をもたらしている。

② 劣化した生態系の再生

災害に脆弱な場所においては、生態系を再生することで、自然現象と人命・財産との緩衝帯として活用することが有効である。崩壊地の植生回復は土砂災害を抑制し、劣化した湿原やサンゴ礁などの再生は貯留・浸透機能や消波機能を回復させる。本来の生態系への再生は、生物多様性の保全と生態系サービスの確保にも大きく寄与する。

これまで、自然再生については生物多様性の保全を主な目的として実施されてきたが、今後は防災・減災を始めとした多様な生態系サービスを果たすことを目指して取り組む必要がある。様々な生態系サービスを示すことが、地域における事業実施の意義の共有や合意形成に求められる。

- 千歳川における河岸の植生復元・遊水地群整備による洪水緩和（北海道）（北海道開発局, 2015） [27]

千歳川の中下流部は洪水が発生しやすく、治水対策として人工構造物等を設置することでコントロールする方法を検討してきたが、漁業団体や自然保護団体等からの反対意見があり、1999 年から遊水地の確保等を通じた治水対策を行うことによって治水機能向上を図っている。また、掘削にあたっては魚類等の生息の場となっている水際、瀬と淵、河畔林等を保全し、一部の遊水地については、生態系の復元の取り組みが始まっており、タンチョウの飛来地となることが期待されている。

- 六甲山における森林再生（兵庫県）（神戸市, 2015） [12]

六甲山は、明治時代より、土砂災害と水源涵養を目的とし国の直轄で植林が実施されてきた。20 世紀後半には森林の量的回復がほぼ完成し、土砂災害防止と水源涵養、景観の保全といった機能が活かされ、現在では、多くの動植物が生息する生物多様性に富んだ山となっている。

③ 新たな生態系の造成

防災・減災の機能の発揮を期待して新たな生態系を造成して災害に対する緩衝帯及び緩衝材として活用することを検討する。海岸防災林の整備、水害防備林、都市緑地の整備等は、これまでも全国各地で行われている取組である。

新たな生態系を造成する際には、他の生態系や生態系サービスが低下するトレー

ド・オフとなる場合があります、当該地域の本来の生態系や生態系サービスへの影響を考慮して、総合的に機能が発揮できるように計画されるべきである。例えば、新たな植生を成立させるために必要な土壌の改変等を行う場合などに、生態系に及ぼす影響を考慮して工法や規模を検討することが必要である。

また、地域本来の生態系に学び、自然環境に存在した種や土壌、伝統的に用いられてきた種や材料を用いることが、生態系の回復力や持続可能性の観点から重要である。その場に適した種を用いることにより、植物種の活着・成長を容易にし、後の維持管理の手間や経費を抑えられるというメリットもある。

- 蕪栗沼と周辺地域における湿地復元（宮城県）（環境省，2010）⁹² [33]

蕪栗沼では遊水機能の確保のための浚渫計画に代わって、隣接する白鳥地区の休耕田を湿地に戻すことで、治水と景観や生態系の保全を両立させている。全国でも有数の渡り鳥（マガン）の飛来地であるが、集中越冬を防ぐ目的で、冬の田んぼに水を張ることにより渡り鳥が田んぼで越冬できるようにする活動「ふゆみずたんぼ」が始まった。「蕪栗沼及び周辺水田」はラムサール条約登録湿地となっている。

④ 人工構造物と生態系の融合

人工構造物と生態系の融合によって防災・減災機能を高めるだけでなく、地域の生物多様性保全に寄与する場合がある。中津干潟では、護岸をセットバックすることで、干潟と砂浜の持つ減災機能も活かし、生物多様性の保全を実現している（国土交通省港湾局，2005）[14]。

遊水地のように防災・減災のために確保された空間において生態系を回復させた場合、生態系そのものの防災・減災機能はほとんど発揮されないが、動植物の生息・生育地、地域住民のレクリエーション場となるなど多義的な空間として生物多様性の維持に重要な役割を果たす。

渡良瀬遊水地は、伝統的な植生管理として行われる火入れや治水等の目的による掘削などの維持管理を通じて生物多様性が維持されており、多様な動植物の生息・生育地としてラムサール条約登録湿地に登録されるとともに、地域住民のレクリエーション場となるなど多義的な空間として活用されている（（一財）渡良瀬遊水地アクリメーション振興財団，2015）⁹³ [28]。

- 松浦川における湿地復元による洪水緩和（佐賀県）（アザメの瀬検討会，2015）[29]

氾濫原の確保により、河川増水時の遊水機能を確保するとともに、氾濫原の環境に依存した生物の生息地の確保、人と自然のふれあいの再生を行っている。事業実施にあたっては、徹底した住民参加の手法を採用した。

- 和泉川における河畔林の保全による多自然の川づくり（神奈川県）（横浜市，2002）⁹⁴ [30]

横浜市は、多自然の川づくりを市の総合計画に位置付け、水辺の空間整備を行うため、国土交通省の「ふるさとの川整備事業」で補助金を得て、河川事業とまちづくり

● 海岸防災林の造成による津波減災機能（静岡県）（浜松市，2015） [6]

● 都市緑地を活用した洪水対策（アメリカ・オレゴン州）（花井ら，2011） [35]

図表 25 中津干潟における護岸と干潟の機能を組み合わせた高潮対策（大分県中津市）

- ・ 面積 1,347ha の広大な干潟である中津干潟に近い中津漁港の整備時に覆砂事業が計画されたことで、地域住民により干潟の重要性が認識され、続く舞手川河口における高潮対策では、干潟の保全と高潮減災機能の両立の観点から、ステークホルダーによる懇談会での合意形成を経てセットバック護岸が採用された。
- ・ 沿岸海域の管理者である漁業者の生計が成り立つことで海が守られていくという考えのもと、漁業者とともに、観光漁業やエコツーリズムなどの活性化が企画されている。



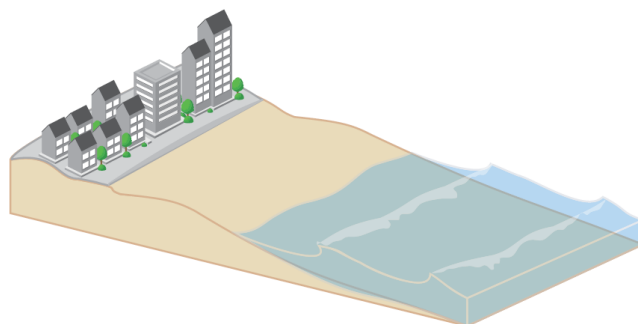
45

図表 26 生態系と人工構造物の融合

自然インフラ、管理された再配置、ハイブリッド型方法を含む護岸の事例

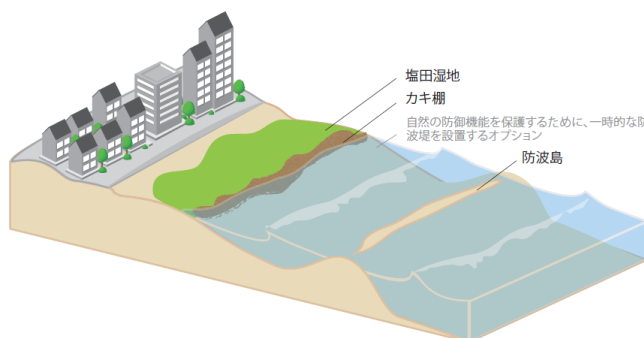
最低限の防御

多くのコミュニティは、海岸線に沿って発展してきたが、コミュニティと海との間には、小さな縞状の浜が存在し、最低限の自然の防御になっている。



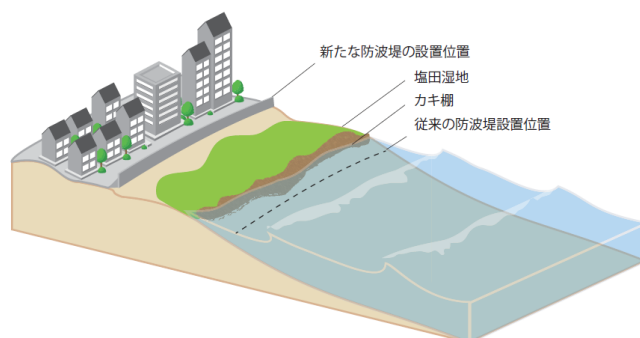
自然型

暴風および沿岸洪水に対する保護の役目を果たす生息環境には、塩性湿地、サンゴ礁、マングローブ、カキ棚、砂丘、海草、防波島が含まれる。生息環境の組み合わせは、より強度のある保護のために用いられる。コミュニティは、カキ棚、塩性湿地の先に防波島を復元するか、造ることができる。



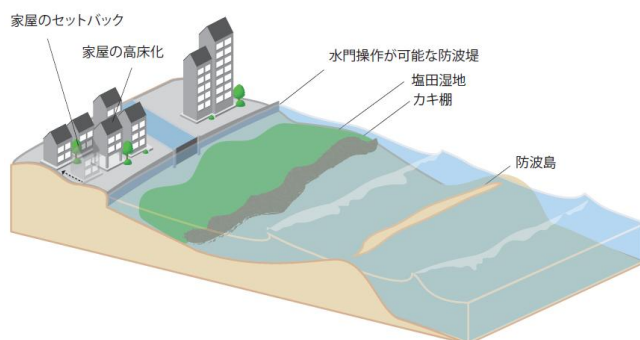
管理された再配置

自然インフラは、構造物を保護するために利用されることもある。それは、インフラ建造物の耐用年数がより長くなり、さらなる暴風保護の便益を供給できるようにするためである。管理された再配置によりコミュニティは、防潮堤を内陸側にセットバックし、結果として自然インフラが海の端と護岸の間に形成できるようになった。



ハイブリッド型

ハイブリッド型のアプローチでは、可動式防潮堤や洪水ゲート（右図参照）などの特定のインフラ建造物が、塩性湿地やカキ棚などの復元あるいは造られた自然インフラと一緒に設置される。



(出典) (Sutton-Grier ら, 2015)⁹⁵ (日本語テキストは (カテリーナ, 2015)⁹⁶ より) [7]

5.3 定量的・経済的評価を活用する

生態系を活用した防災・減災に関するリスクコミュニケーションを含めた地域の選択・合意形成及び事業評価の際には、科学的データに基づく定量評価・経済評価等が意思決定の一助となる。この際に、生態系による防災・減災の効果とその費用の比である費用対効果のほか、平時に得られる生態系サービスのうち、林産・水産品などによる経済への直接的な効果や、森林の水質浄化機能や動物・植物等への生息地の提供など、直接価値をつけることのできない価値等を合わせて評価することが望ましい。これにより、複数の施策や事業案について、地域の考え方や価値観に基づく優先順位づけが可能となる。

5.3.1 意思決定レベルに応じた情報ニーズ

生態系を活用した防災・減災を検討する際には、国土全体や複数の都道府県をまたぐ広域を対象とする場合と個々の地域を対象とする場合、また事業の計画立案、意思決定及び評価の際に必要な情報の内容や精度が大きく異なる。また、ステークホルダーも異なってくるため、要求される情報ニーズを考慮することが重要である。

5.3.2 定量評価・経済評価の手法

政策ニーズに応じた生態系の総合的な定量評価・経済評価手法の検討に際して、生態系による防災・減災機能を定量的に評価するとともに、生態系を活用した際の費用対効果、平時に得られる生態系サービスの価値の評価も行い、総合的に判断することが望ましい。以下に、こうした定量評価・経済評価手法の現況について整理する。

① 防災・減災機能評価

イ) 防災・減災機能の定量評価

生態系の防災・減災機能の定量評価手法には、広域の評価が可能な手法と、地域又は事業単位の評価のみ可能な手法がある（図表 27）。

生態系の防災・減災機能の定量評価から得られる情報を地理情報システム（GIS）等により空間情報として可視化することにより、事業判断の根拠として利用できるほか、地域における土地利用や事業計画の検討の段階において、視覚的に状況を捉え合意形成を促すための有用な参考資料となる。

図表 27 生態系の防災・減災機能に関する簡易的な評価手法の例

スケール	生態系	機能	手法	GIS	経済評価
広域	森林	斜面崩壊防止	樹木根系による土のせん断抵抗力補強強度に基づく斜面安全率の推定（阿部, 1997） ⁹⁷	○	代替費用法（砂防ダム）
		洪水緩和	流出係数及び関連変数から洪水ピーク流量を推定（IGES&いであ, 2014） ⁹⁸	○	代替費用法（治水ダム）
		津波・高潮の波高低減	樹林面積と平均標高、波の越流量より平均浸水深を推定（加藤, 1948） ⁹⁹	○	被害費用回避法
地域	森林	土砂崩壊防止	土壌・水理・植生等の条件に基づく斜面崩壊生起率の推定（Bathurst et al., 2010） ¹⁰⁰	○	—
		洪水緩和	土地利用ごとの水収支からピーク流量を推定（Wahren et al., 2007） ¹⁰¹	○	—
	サンゴ礁	津波・高潮の波高低減	サンゴ礁の現状維持・衰退・成長の 3 シナリオについて波高の変化と浸水規模を予測（伊藤ほか, 2009） ¹⁰²	○	被害費用回避法

（出典）（環境省, 2015）

既に整備・公開されている土地利用や斜面勾配、森林分布等に関する GIS データを用いることで、一定の条件のもと、森林による斜面崩壊防止機能や洪水緩和機能、津波・高潮の波高低減機能の概略を計算することが可能である。地域又は事業単位のスケールでは、詳細な現地調査によるデータ収集を行うことでこれらの機能を詳細に評価することも可能である。

ただし、いずれも評価結果に不確実性を含むことに留意が必要である。例えば、手法によっては森林に覆われているという現状とこれが裸地であったと仮定した場合とを比較するというように、実際にはあまり想定されない仮定に基づいた比較評価をしているものもある。また、河川がどの程度増水したら氾濫するのかといった脆弱性に関する要素や、氾濫原における人家や財産の分布といった暴露に関する要素は、場所ごとに異なり、防災・減災機能評価に際して的確に評価することは容易ではなく、評価結果には不確実性が伴う。従って、合意形成の場でこうした評価結果を活用する際には、評価手法に伴う不確実性の伝え方や、合意形成の場そのもののあり方について、社会学的な観点からの検討も必要である。

ロ）防災・減災機能の経済評価

生態系の防災・減災機能の経済評価の手法には主に代替費用法ⁱⁱと被害費用回避法ⁱⁱⁱが用いられている。代替費用法は、林野庁などが発表している事業の単価表を活用することにより、比較的簡易に適用可能であるが、もともとは林野事業の費用

ⁱⁱ 代替費用法：非市場財である環境財を市場財に置き換えた場合の費用をもとに経済価値を評価する手法（出典：<http://www.biodic.go.jp/biodiversity/activity/policy/valuation/shuhou.html>）

ⁱⁱⁱ 被害費用回避法：この文脈では、特定の生態系の有無、又は防災・減災に関する特定の施策・事業等を実施した場合と何も対策を行わなかった場合の災害被害想定額を算定し、この差額を当該の生態系又は特定施策・事業の経済価値とみなす手法

対効果の評価等に用いられるものであり、必ずしも生態系の防災・減災機能そのものの経済効果を表すものではない。加えて、被害想定範囲やそこにある人や財産の状況は考慮されないため、災害時の想定被害額とは関わりがない。一方の被害費用回避法は、災害時の想定被害額に基づいて評価を行うために代替費用法よりも精度は高いが、災害時の被害想定範囲やそこにある人や財産の状況等の多くのデータを要するため、対象地域におけるデータ整備状況に制約を受ける。このように、評価手法にはそれぞれ長所と短所、限界があるため、こうした評価手法の特徴を熟知した上で、評価の目的や利用可能なデータ、時間及び予算の制約等に鑑みて、適切な手法を選択することが重要である。

② 平時に得られる生態系サービスの価値評価

イ) 市場財としての経済的価値評価

生態系には、上述したような防災・減災対策の費用対効果のみならず、観光資源等の直接的な経済効果を生む可能性がある。一例を挙げると、兵庫県但馬地方の円山川流域は、国指定天然記念物のコウノトリの生息地やラムサール条約登録湿地「円山川下流域・周辺水田」に象徴されるように豊かな自然環境が残されており、これを保全していくために森林保全、水田の維持、遊水地や一部区間の無堤対策等の取組が進められている。円山川流域には兵庫県立コウノトリの郷公園もあり、こうした観光資源を目当てに毎年多くの観光客が訪れている。コウノトリの郷公園の来園者を対象としたアンケート調査では、同地域において一人当たり 14,025 円の消費をしたという調査結果が出ている（菊地，2011）¹⁰³ [26]。このように、直接的な経済効果については、追加の調査を要するが、一般的な市場調査の手法により経済評価が可能である。

この他、兵庫県において災害防止目的の森林整備により生産・雇用を誘発した事例（兵庫県，2015）[10]、海外では、アメリカ合衆国ルイジアナ州のメキシコ湾岸において砂州と沿岸湿地を国立公園化したことによる観光業及び漁業への経済効果（Ford，2014）¹⁰⁴、ボリビアにおいて斜面崩壊防止のためのユーカリを植林し、ユーカリオイルを生産して地域住民の所得を向上した事例（Robledo，2004）¹⁰⁵等も、直接的な経済便益の例として挙げられる。

ロ) 非市場財としての経済価値評価

非市場財としての生態系の価値には、生態系による二酸化炭素固定や水質浄化等の、いわゆる調整サービスとよばれる生態系の機能、生物多様性及び生物の生育・生息地の提供といった基盤サービスとよばれる機能も含まれる。こうした機能の評価手法には、人々に直接尋ねることで環境の価値を評価する仮想評価法（CVM）や、複数の代替案を回答者に示してその好ましさを尋ねることで評価するコンジョイント法等がある。こうした評価手法の適用事例には、防潮堤の嵩上げで失われる沿岸生態系の重要性を評価した事例（京都大学ほか，2015）¹⁰⁶等がある。

上述の円山川の事例について、生態系の非市場財としての経済価値を試験的に評価した事例について図表 28 に示す。

図表 28 非市場財としての生態系の経済価値の評価の例

項目	対象	方法	結果
炭素固定	円山川流域の森林	・全林分モデル回帰式による森林蓄積の推定 ・温室効果ガスインベントリオフィス（2013）の推奨する方法・パラメーターを用いた炭素固定量推定 ・カーボンオフセットフォーラム（2013年12月時時点）の炭素価格を炭素固定量に乗じて経済価値を算出	・炭素固定量：91,427t-C ・経済価値：24億663万円
水質浄化	円山川流域の森林	・上記炭素固定量とCN比から窒素固定量推定値、2003~2010年の酸性雨データから年間湿性沈着量を算出、これらを比較して窒素除去量を推定 ・窒素除去推定量に人工的な窒素除去費用（1,109円/kg）を乗算	・窒素除去量：6,910t-N ・経済価値：76億6,113円
生息地	円山川流域の陸域・水域生態系	・動物・植物関連資料から各生態系の重要種や希少種を把握。 ・経済評価には仮想評価法（CVM）等の適用が可能であるが、時間・資金の制約により実施していない。	【国指定特別天然記念物】 コウノトリ、オオサンショウウオ 【絶滅危惧種・準絶滅危惧種】 ハヤブサ、ミサゴ、アベサンショウウオ、ヒメマイトトンボ

（出典）（環境省，2015）

5.3.3 評価結果の活用における留意点

生態系の防災・減災機能の定量的評価手法には、合理式やレベル湛水法等の様々な手法が存在するが、これらの精度は、災害の種類や生態系の種類、手法や利用可能なデータにより異なる。災害別にみると斜面崩壊及び洪水の評価手法については比較的精度が高く、生態系別にみると森林や湿原についての評価手法が十分ではない。

経済的評価手法には、代替費用法又は被害費用回避法が用いられることが多く、前者はデータが限定的であっても適用可能であるが、その精度は代替財の選択に依存し、後者は前者よりも精度は高いが多くデータを要するために広く活用することが難しい等、それぞれ長所短所がある。また、生態系別に経済評価手法の適用をみると、森林については比較的蓄積があるが、砂丘や藻場・干潟等の沿岸生態系では適用が限られている。

このように、災害又は生態系により評価手法の発展状況が異なることに加えて、いずれの手法においても評価に必要なデータの不足や不確実性が伴い、地域における選択・合意形成に際しての情報ニーズを十分に満たす段階にはない。従って、現時点では、合意形成又は事業評価に際して特に重視すべき側面については可能な範囲で定量評価又は経済評価手法を用いつつ、不足分は定性的な情報で補完する必要がある。

① 定量評価モデルの精度

迅速に結果を得るためには、なるべく一般に公開された情報やデータを利用できる簡易的な手法が望まれるが、一方で幾重もの仮定をおく必要が発生する。さまざまなスケールで生態系の機能やそこから得られる便益について、おおよその数値や傾向を得ることは可能であるが、必ずしもその結果の信頼性は高くない。

② 経済価値評価の精度

防災・減災機能も含め、生態系サービスの経済価値を評価する手法の多くは、データが入手困難であったりアンケートを必要とするなど、時間と費用を要するため、簡易な手法である代替費用法が優先されがちである。しかしながら、この手法により精度の高い評価を行うためには、評価の対象とする生態系の機能を適切に表現しうる防災・減災施設等の代替財の選択に熟慮を要するため、専門家との連携のもと慎重に進める必要がある。

③ 評価の実施プロセス

信頼性が高く、現実的な評価結果を得るためには非常に詳細な事業毎の数値データが必要となることから、個々の現場の情報が重要となる。データ入手の難しさは、実際の事業や計画の検討においても想定される。そのため、地域での計画・事業の検討プロセスにおける機能評価の活用に関しては、外部機関により算定された結果のみに基づいて検討するのではなく、評価の段階から現場調査も含めて、専門家との密な連携を図る必要がある。

④ 防災・減災機能の評価と実際のニーズ

多くの生態系の機能の評価においては、森林等の生態系が存在する場合と裸地であると仮定した場合の差を単純に生態系サービスと捉えているが、生態系サービスの需要という観点からは、洪水や津波、表層崩壊などの自然現象が、社会において災害となる閾値（境目となる値）を多様な条件ごとに設定した上で、それを超えた場合についての差を推計することが望ましい。ただし、この閾値は場所ごとにさまざまな条件により異なるものであり、予測が容易でない。

⑤ 事業オプションの検討への活用

生態系の防災・減災機能の定量評価、経済評価の手法を用いて土地利用や事業による防災・減災機能の変化を検討するためには、現状と裸地との比較のみならず、「自然再生した場合」や「部分的に人工構造物を併用した場合」、「湿地や農地など他の生態系に転換した場合」など、さまざまな土地利用又は事業のオプションを設定した上で、それぞれの費用対効果やトレード・オフの分析を行う必要がある。さらに、これらオプションについては防災・減災機能のみに着目するのではなく、平時に発揮されるレクリエーションや安らぎの提供、気候調節など多面的機能も考慮して比較すべきである。これには個々の現場における空間データの整備や、生態系の維持・再生にかかる費用なども含めた分析を要する。

6 今後の取組の方向性

6.1 理解の促進と事例の共有

生態系を活用した防災・減災は、気候変動の適応策としても有効であり、国際的には取組が進んでいる。国内においても、国土形成計画等の行政計画に盛り込まれているが、具体的に取り組むを進めるために、生態系を活用した防災・減災の考え方と得られるメリットについての一般的な理解を広めることが重要である。

このため、防災・減災のみならず平時にもたらされる多様な生態系サービスの価値と人間の福利への効果について、定量的・経済的に評価を行うなど理解の促進に努める。

地域で生態系を活用した防災・減災を進めていくためには、関係者の理解が進むとともに、優良な取組事例が共有されることが重要である。このため、生態系を活用した防災・減災の考え方や具体的事例をわかりやすくまとめた手引きの作成や優良事例の共有が必要である。

また具体的な事例を作るためには、関係省庁や地方自治体、コンサルタント、建設業者及び地域住民の連携によるパイロット事業を実施し、実地に基づく知見・経験を集積し、生態系の活用についての情報を広く発信していくことが有効である。

6.2 地域計画への反映

生態系の防災・減災機能を活用は、国土形成計画の示す方向性と合致していることから、国土利用政策と連携して取組を進めていくことが重要である。また、生物多様性地域戦略策定の際に、地域に存在する防災・減災を含む生態系サービスがこれまで以上に考慮されるように働きかけることも重要である。このような地域での取組を進めるためには、地域の選択のための判断材料となる基礎資料、例えば生態系サービスの地図化や定量評価等の作成を進めていくことが必要である。

生態系を活用した防災・減災は、人命や財産を災害リスクの高い場所から遠ざけ、緩衝帯となることで効果を発揮する。緩衝帯を確保するためには、土地の利用制限を課したり、土地を取得したりすることが必要になる。短期間での実現は難しく、将来的な低未利用地の増加にあわせて進めていくことが必要である。このため、長期的に実現が図られるよう、例えば、生物多様性地域戦略や国土強靱化地域計画、気候変動地域適応計画のほか、土地利用に関する諸計画に盛り込まれるよう働きかけを行っていくことが必要である。なお、各地域で作成される法に基づかないまちづくりに関する計画等で、これらを包含することにより、シナジー効果が期待できる。

6.3 多様な機関の連携と多様なステークホルダーの参加

流域や沿岸域など自然のまとまりで対応を考えるためには、複数の自治体や複数の行政分野の連携が求められる。さらに、防災計画は将来的な地域づくりと一体となって考えるべきである。このため、地域の各世代の参加による議論と、行政分野を超えた関係機関の連携と合意形成が必要である。

例えば、沿岸域の防災では海岸管理者、海岸防災林管理者、農地や都市計画の担当者が関係するが、それぞれで対応を考えるのではなく、十分な連携を図って土地及び予算を効率的に利用していくことが必要である。また、居住者や海岸の利用者の参加によって日常的な暮らしやレジャーのあり方を含めて議論することが必要である。

6.4 新たな資金調達手法の検討

生態系を活用した防災・減災は、これまでの社会資本整備においても地域特性に応じた取組事例がみられており、既存の制度においても対応が可能であることから、今後、さらなる進展が望まれる。

一方で、生態系の保全・再生・維持管理のための資金は十分でなく、森林環境税や寄付などの生態系サービスへの支払い（PES）、トラスト運動、受益者負担である入域料などの民間資金等を活用した資金調達により、取り組みを進めていく必要がある。防災・減災をはじめとした生態系サービスは、豊かな自然を有する地方が主な供給源であるが、その恩恵は都市を含めた広域で享受しており、地域内外で維持管理を支える仕組みが必要である。また、地域の自然資源を活用したビジネスを展開し、経済的に持続的な手法を考えていく必要がある。

6.5 調査研究の促進

生態系を活用した防災・減災を進めるに当たっては、機能評価や経済評価、生物多様性と防災・減災機能の両立策等の検討や、地域での合意形成のあり方の検討が必要なため、工学、生態学、経済学、社会学等の分野による学際的な研究を進めること、またこれらの共有のため、国際的に情報発信を行うとともに、国際的な連携が必要である。

生態系ごとの機能評価は、海外の事例に比べて日本の事例は少ない状況にある。また、森林の評価については比較的研究が進んでいるものの、沿岸生態系の機能評価は十分でない部分があり、各生態系の具体的な機能評価が可能になるような研究の発展が望まれる。同時に、各生態系がつながることによりもたらされる防災・減災をはじめとする生態系サービスの評価も必要である。さらに、針葉樹・広葉樹別や土地条件別の評価など、生態系の質と防災・減災機能の関係に関する研究を進めることも、生物多様性の保全と防災・減災の両立を目指す上で必要になる。

一方、人工構造物と異なり、生態系の機能は不確実で評価が困難である。単純な機能の比較でなく、多様なサービスによる地域社会への貢献を評価していくための研究が必要である。定量評価に加えて、その経済評価や地図化についても地域の合意形成を図る上で有効であるため、研究の進展が期待される。

また、定量評価や経済評価等の数値をもとに、選択肢やリスク等をどのように伝え、地域の合意形成を図るか等、社会学的側面でのアプローチが必要であるが、これらについても研究事例は少なく、各地域における合意形成の際に活用できる手法についても研究の進展が期待される。

6.6 工法・維持管理手法の開発

人工構造物と異なり、生態系を活用した防災・減災は、工法や維持管理手法、その機能の評価が確立されていないことから、地域の合意形成とあわせて現場で対応することが重要である。このため、自然再生事業と同様に順応的管理が行えるよう事業の柔軟性を確保することが必要であり、事業を実施しながら各地域に適した方法を模索していくことが望まれる。その際に、地域には伝統技術や知恵があることから、地域に伝わる防災・減災に関わる伝統技術や知恵を活用していくことも望まれる。また、生態系と人工構造物を融合させる複合技術についても開発が必要である。

工法・維持管理手法の技術開発には、行政・大学・企業などとの連携が必要であり、また生態系は地域によって異なるため、地域固有の生態系の活用や、地域の実情に合った工法・維持管理手法の開発も必要である。さらに、これらの工法・維持管理手法を改善する中で生物多様性保全やその他の生態系サービスも発揮することができるよう配慮することが必要である。

7 参考資料

2.4.2 国際会議等における取り扱い

参考資料 1 兵庫行動枠組 2005-2015（抜粋）

(i) 環境・天然資源管理

- (a) リスク・脆弱性を軽減するためのよりよい土地利用計画や開発活動を通じた、生態系の持続可能な利用及び管理を奨励する。
- (b) 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。
- (c) 現行の気候変動や将来的な気候変化に関連した災害リスクの軽減に関わる要素の気候変動適応戦略への統合を促進する。これには、気候に関わる災害リスクの明確な特定、具体的なリスク軽減方法の設計、計画立案者、技術者、意思決定者などが改善された気候リスク情報を日常的に利用することが必要となる。

参考資料 2 生態系を活用した防災・減災の推進により 達成できると考えられる愛知目標

目標 7 :

- ・ 農業が行われる地域が、生物多様性の保全を確保するよう持続的に管理される
- ・ 水産養殖業が行われる地域が、生物多様性の保全を確保するよう持続的に管理される
- ・ 林業が行われる地域が、生物多様性の保全を確保するよう持続的に管理される

目標 11 :

- ・ 少なくとも陸域及び陸水域の 17% が保全される
- ・ 少なくとも沿岸域及び海域の 10% が保全される
- ・ 生物多様性と生態系サービスにとって特に重要な地域が保全される
- ・ 保護地域が生態学的な代表性を示す
- ・ 保護地域が効果的、衡平に管理される
- ・ 保護地域が良く連結され、より広域の陸上景観や海洋景観に統合される

目標 14 :

- ・ 水に関連するサービス等、不可欠なサービスを提供し、人の健康、生活、福利に貢献する生態系が回復され、保護される
- ・ 女性、先住民及び地域社会、貧困層及び弱者のニーズが考慮される

目標 15 :

- ・ 保全と回復を通じて、生態系の回復力と炭素貯蔵に対する生物多様性の貢献が強化される

（出典）（CBD, 2014）、（環境省, 2014）¹⁰⁷

参考資料 3 CBD-COP12 決定文書（抜粋）

締約国は、生物多様性や生態系は気候変動に対して脆弱である一方、生物多様性の保全と持続可能な利用および生態系の回復は気候変動緩和策および適応策、砂漠化防止、災害リスク軽減の重要な役割を担うことを認める。

5. 締約国、その他の政府、および関連する機関に対して、気候変動に関連する活動及び災害リスク軽減において、陸域および海域の環境における生態系に基づくアプローチの推進および実施、また必要に応じて、国連総会で承認された兵庫行動枠組 2005-2015、および第 3 回国連防災会議において採択される同枠組の改定の文脈において、それらを各々の政策やプログラムに統合することを奨励する。

7. 事務局長に対して、

(a) 気候変動枠組み条約を含む関連する組織との協力により、気候変動適応や災害リスク軽減における生態系に基づくアプローチを促進し、関連するプロセスやフォーラムにより提供された機会を利用することを要求する。

(b) 災害リスク軽減のための国連事務局や WMO、IUCN など関連する組織の協力を得て、災害リスク軽減における生態系に基づくアプローチに関する情報を収集し分析することを要求する。

参考資料 4 アジア保護地域憲章（抜粋）

2004 年のインド洋津波や 2011 年の東日本大震災と津波、2013 年のハイエン/ヨランダ台風等で明らかとなり、アジアでは、自然災害は深刻かつこれまでにない脅威であり、人口増加、都市化や計画性に乏しい開発、不適切な土地利用、気候変動により、自然災害による被害は増加している。

生態系を活用した災害リスクの削減方策と保護地域は、自然災害のリスクの高い場所における地域の回復能力（レジリエンス）を強化する。こうした先見的なアプローチは、生態系サービスの活用を通じて災害の防止や緩和に貢献する。健全な生態系は、農林水産業や観光業等、地域の生物多様性に根差した産業を維持するものである。

被災地における自然再生は地域社会の復興に貢献し、自然環境や生態系に対する人々の理解を促す。健全な保護地域制度は、人々や社会の安全性の向上、財産や社会基盤への損害軽減にも役立つものである。

2.5 わが国の行政計画における位置づけ

2.5.1 生物多様性国家戦略 2012-2020

参考資料 5 生物多様性国家戦略 2012-2020（抜粋）

第2章 第6節 生物多様性の保全と持続可能な利用に向けた課題

4 人口減少等を踏まえた国土の保全管理

過去の人口増加に伴い、本来自然災害に対して脆弱な土地にまで居住地が拡大し、こうした地域の安全を確保するための社会基盤整備に大きなコストを要してきました。2012年1月に公表された日本の将来推計人口では、2060年の人口が8,674万人になると予測されているように、人口の減少により国土の利用に余裕を見いだせるこれからの時代は、人と国土の適切なあり方を再構築する好機ともいえます。

第3章 第2節 自然共生社会における国土のグランドデザイン

「100年計画」

③とりわけ一次産業従事者の減少・高齢化により現在の国土管理の水準を維持できない地域が生じることや、集約型の都市構造への転換、社会資本の維持や更新のための投資が増大することなどによって国土利用の再編を進めようという動きの中で、国土管理に必要な投資の重点化・効率化に加えて、安全・安心な国土の形成と自然との共生を重視したエコロジカルな国土管理を進める。

第4章 第2節 生物多様性の保全及び持続可能な利用の基本方針

3 森・里・川・海のつながりを確保する

【生態系ネットワークの形成と保全・再生の推進】

都市域においても、緑地や水辺空間などを生態的回廊によりつなぎ、ネットワーク化することが大切であり、拠点となる緑地の保全・創出・再生を進めるとともに、防災・減災等の視点も踏まえて、都市における水と緑のネットワークの形成を推進します。

【沿岸・海洋域の保全・再生】

陸域と海域が接する沿岸域は、干潟・塩性湿地・藻場・サンゴ礁・砂浜などの生物多様性の保全のため重要な生態系が形成される一方、人間活動の影響も受けやすく、津波や高潮、さらには海岸侵食といった自然災害が発生する地域であることから、陸と海のつながりを考慮しながら保全・再生を図っていくとともに、地域での合意形成に基づき自然と調和した形での防災・減災を進めていく必要があります。このため、陸域との関係を踏まえた流域一体の取組や地域にふさわしい形で環境と調和した防災・減災の取組、干潟・藻場・サンゴ礁・砂浜の保全・再生・創出を進めます。

2.5.2 国土強靱化基本法及び国土強靱化基本計画

参考資料 6 国土強靱化基本法及び国土強靱化基本計画（抜粋）

国土強靱化基本法

第九条 国土強靱化に関する施策は、次に掲げる方針に従って策定され、及び実施されるものとする。

三 地域の特性に応じて、自然との共生及び環境との調和に配慮すること
付帯決議

事前防災および減災その他迅速な復旧・復興においては、地域の特性に応じて、自然との共生および環境との調和並びに観光地としての魅力ある景観の維持に配慮すること。

想定される自然災害の特性を踏まえ、地方公共団体との連携の下、地域住民の合意形成に努めつつ、地域ごとの生態系のもつ防災・減災機能を活用した土地利用を推進すること。

国土強靱化基本計画

第3章

第2節 施策分野ごとの国土強靱化の推進方針

(1) 環境

海岸林、湿地等の自然生態系が有する非常時（防災・減災）及び平時の機能を評価し、各地域の特性に応じて、自然生態系を積極的に活用した防災・減災対策を推進する。

国土強靱化アクションプラン 2015

第3章

1-5) 大規模な火災噴火・土砂災害（深層崩落）等による多数の死傷者の発生のみならず、後年度にわたり国土の脆弱性が高まる事態

自然生態系が有する防災・減災機能を定量評価するとともに、自然環境を保全・再生することにより、効果的・効率的に災害規模を低減する。

2.5.3 国土形成計画・国土利用計画

参考資料 7 国土形成計画及び国土利用計画（抜粋）

国土形成計画

第3章 国土の基本構想実現のための具体的方向性

第2節 安全・安心と経済成長を支える国土の管理と国土基盤

(2) 国土の適切な管理による安全・安心で持続可能な国土の形成

② 環境と共生した持続可能な国土づくり

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（生物の生息・生育の場の提供、良好な景観形成、気温上昇の抑制等）を活用し、持続可能である魅力ある国土づくりや地域づくりを進めるグリーンインフラに関する取組を推進する。

第6章 防災・減災に関する基本的な施策

第1節 適切な施策との組み合わせと効率的な対策の推進

(1) 防災・減災に資する施設の整備等
(自然生態系を積極的に活用した防災・減災対策)

自然生態系の有する防災・減災機能も活用することにより、持続可能かつ効率的、効果的な防災・減災対策を進めることが重要である。また、海岸林、湿地等の自然生態系は、平時には生物多様性の保全を始め、景観、レクリエーションの場の提供等の様々な機能を提供するのみならず、気候変動による影響への適応にも有効な方策である。このため、自然生態系が有する非常時の防災・減災機能や、その機能の利用による長期的なコストの評価、検証等を行い、各地域の特性に応じた計画や事業を通じて、自然生態系を積極的に活用した防災・減災対策を推進する。

国土利用計画

1. 国土の利用に関する基本構想

(1) 国土利用の基本方針

ウ. 国土利用の基本方針

(イ) 自然環境・美しい景観等を保全・再生・活用する国土利用

自然環境の活用については、持続可能である魅力ある国土づくりや地域づくりを進めるため、社会資本整備や土地利用において、自然環境を有する多様な機能（生物の生息・生育の場の提供、良好な景観形成、気温上昇の抑制等）を活用したグリーンインフラなどの取組を推進する。

2.5.4 社会資本整備重点計画

参考資料 8 第4次社会資本重点整備計画（抜粋）

第1章 社会資本整備をめぐる状況の変化と基本戦略の深化

第2節 持続可能な社会資本整備に向けた基本方針の確立

(2) 機能性・生産性を高める戦略的インフラマネジメントの重点化方針

③社会資本の目的・役割に応じた選択と集中の徹底

ii) 生活インフラによる持続可能な地域社会の形成

(選択と集中の方針)

自然環境が有する多様な機能を積極的に活用する「グリーンインフラ」の取組や生態系ネットワークの形成など、美しい景観や良好な環境形成等の取組、温室効果ガス排出量の削減や気候変動への適応による地球温暖化対策の推進など、環境・エネルギー等の面から、生活の質の向上に寄与する取組を強化する。

第2章 社会資本整備の目指す姿と計画期間における重点目標、事業の概要

3. 重点目標3：人口減少・高齢化等に対応した持続可能な地域社会を形成する

政策パッケージ3-3：美しい景観・良好な環境の形成と健全な水循環の維持又は回復自然環境が有する多様な機能（生物の生息・生育の場の提供、良好な景観形成、気温上昇の抑制等）を積極的に活用して、地域の魅力・居住環境の向上や防災・減災等の多様な効果を得ようとする「グリーンインフラ」について、国際的な議論や取組が活発化している状況も踏まえ、我が国においても積極的に取り組む必要がある。

8 文献目録

- ¹日本生態学会生態系管理専門委員会, 自然再生事業指針, 2005
- ²有賀ほか, 十勝川上流域における河畔林の林分構造および立地環境, 78 (4)P354~362, 1996
- ³大澤ほか, ミズキンバイ群落成立地の植生から考察される生育地保全, 日緑工誌 30(1)80-85, 2004
- ⁴米村惣太郎, 絶滅危惧植物タコノアシの保全と再生に関する生態学的研究, 清水建設研究報告第 90 号平成 25 年 1 月, 2013
- ⁵World Resources Institute, Millennium Ecosystem Assessment, 2005
- ⁶ADRC, Total Disaster Risk Management - Good Practices, ADRC, 2005
- ⁷IUCN, 減災(災害リスク軽減)のための環境の手引き, IUCN, 2013
- ⁸保安林制度百年史編集委員会編, 保安林制度百年史, 1997
- ⁹国土交通省河川局砂防部, 土砂災害対策の歴史と背景, 2012
- ¹⁰林野庁, 平成 25 年度森林・林業白書: 林野庁, 2013
- ¹¹ OISCA, 海岸林再生プロジェクト, OISCA HP, 2015
- ¹²山梨県甲斐市, 土木紀行 信玄堤 現代に生きる戦国武将の治水技術, 建設マネジメント技術, 2010 年, 6 月号, P48-50, 2010
- ¹³ 国土交通省甲府河川国道事務所, 富士川の洪水をふせぐ歴史的なしせつ, 2015
- ¹⁴島谷幸宏, 成富兵庫茂安の足跡, 水の文化. 2009 年. 32. P26-33, 2009
- ¹⁵輪中の郷, 輪中について, 2015
- ¹⁶野本寛一, 自然災害と民俗 森話社 P267, 2013
- ¹⁷内閣府, みんなの力を、防災の力に。地名があらわす災害の歴史, 2015
- ¹⁸Alliance Development Works, World Risk Report. : UNU-EHS, 2014
- ¹⁹気象庁, 気候変動監視レポート 2014, 気象庁, 2014
- ²⁰社会資本整備審議会河川分科会, 気候変動に適應した治水対策検討小委員会 水災害分野における気候変動適応策のあり方について～災害リスク情報と危機感を共有し、減災に取り組む社会へ～中間とりまとめ, 2015
- ²¹国土交通省, 国土のグランドデザイン 2050, 国土交通省, 2014
- ²²総務省, 国勢調査, 2010
- ²³国立社会保障・人口問題研究所, 日本の将来推計人口, 2012
- ²⁴国土交通省, 国土形成計画, 国土交通省, 2015a
- ²⁵国土交通省, 第 4 次社会資本整備重点計画, 2015b
- ²⁶国土交通省, 国土交通白書, 2012
- ²⁷Munich RE, Geo Risks Research, NatCatSERVICE, 2015
- ²⁸Swiss Re, sigma, SwissRe, 2014
- ²⁹UNEP/CBD/COP/DEC/XII/20, CONFERENCE OF THE PARTIES TO THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY, 2014
- ³⁰CDB(United Nations Decade on Biodiversity), NOTIFICATION-Incorporating disaster risk reduction into National Biodiversity Strategies and Action Plans and opportunities to engage with national agencies responsible for the Hyogo Framework for Action 2005 – 2015 and its follow up in 2015 – , SCBD/SAM/DC/DCo/VA/83873, 2014

-
- ³¹日本学術会議, 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, 2014a
- ³²日本学術会議, いのちを育む安全な沿岸域の形成に向けた海岸林の再生に関する提言, 2014b
- ³³東日本大震災に係る海岸防災林の再生に関する検討会, 今後における海岸防災林の再生について, 平成 24 年 2 月, 2012
- ³⁴Sudmeier-Rieux, Ecosystem Approach to Disaster Risk reduction: EUR-OPA, 2013.
- ³⁵Lloyd-Jones Tony, The Built Environment Professions in Disaster Risk Reduction and Response : University of Westminster, 2009
- ³⁶滋賀県, 滋賀県流域治水基本方針―水害から命を守る総合的な治水を目指して―, 滋賀県 HP, 2015
- ³⁷Estrella ほか, Ecosystem Management for Disaster Risk Reduction/ Ecosystem Approach to Disaster Risk Reduction, NIDM, 2012
- ³⁸PEDRR, Input Into Post-2015 Global Framework on Disaster Risk Reduction , 2014
- ³⁹IUCN, Ecosystems, Livelihoods and Disasters-An integrated approach to disaster risk management, 2006
- ⁴⁰DKKV, Deutsches Komitee Katastrophenvorsorge, Lessons Learned – Hochwasservorsorge in Deutschland- Lernen aus der Katastrophe 2002 im Elbegebiet. Schriftenreihe des DKKV 29, 2003
- ⁴¹林野庁, 庄内海岸防災林の造成”. 林野庁 HP, 2015
- ⁴²林野庁, 後世に伝えるべき治山～よみがえる緑～”. 林野庁 HP, 2015
- ⁴³岡田, 平地農村景観における樹林の構成と評価に関する研究―屋敷林を中心として―. 北大農研邦文紀要 25(2). P203-P282, 2003
- ⁴⁴林野庁, 保安林制度, 林野庁 HP, 2015
- ⁴⁵長野県, 森林の土砂災害防止機能に関する検討委員会, 長野県 HP, 2015
- ⁴⁶兵庫県, 災害に強い森林づくり～県民緑税の活用～, 兵庫県 HP, 2015
- ⁴⁷国土交通省, 北海道開発局札幌開発建設部千歳川河川事務所 HP, 2015
- ⁴⁸Department of Conservation , “The economic values of Whangamarino Wetland” Department of Conservation, New Zealand, 2007
- ⁴⁹国土交通省港湾局, 里浜づくりのみちしるべ(概要), 2005
- ⁵⁰Sudmeier-Rieux, Karen, “Case study: Making Space for Water - An Innovative Government Strategy for Flood and Coastal Erosion Risk Management in England”. Ecosystem Approach to Disaster Risk reduction, EUR-OPA, P40-41, 2013
- ⁵¹浜松市, 松市沿岸域防潮堤整備事業, 浜松市 HP, 2015
- ⁵²宮城県, “蒲生干潟自然再生協議会”, 宮城県 HP, 2015
- ⁵³IFRC, Mangrove planting saves lives and money in Viet Nam, 2P, 2002
- ⁵⁴南部卓也, 中山間地域における棚田と地すべり地の水循環機構に関する研究, 2014
- ⁵⁵新潟県, 「田んぼダム」説明会資料, 2015
- ⁵⁶神戸市, 六甲山整備戦略, 神戸市 HP, 2015
- ⁵⁷花井ほか, 米国ポートランド市におけるグリーンストリート施策の研究, 公益社団法人日本都市計画学会 都市計画論文集, 2011 年 10 月 , Vol46, No3, P655-660, 2011
- ⁵⁸North West Green Infrastructure Unit , “Green Infrastructure Solutions to Pinch Point Issues in North West England” How can green infrastructure enable sustainable development?, North West Green Infrastructure Unit, 2009
- ⁵⁹山本ほか, 震災における公園緑地の延焼防止機能と樹勢回復, 農業土木学会誌, 第 65 巻, 第 9 号, 57～62, 1997

-
- ⁶⁰菅野ほか, 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, 保全生態学研究, 2014 年, 第 19 巻, P201-220, 2014
- ⁶¹古川恵太, 防災機能を持つ沿岸生態系とその保全・再生/ 瀬戸内海, 2013 年, -66, P12-17, 2013
- ⁶²公益財団法人イオン環境財団, 津波に被災した田んぼの生態系復元力による復興, 2015
- ⁶³栄村, 木質チップボイラー関連情報, 栄村 HP, 2015
- ⁶⁴IFRC, Mangrove planting saves lives and money in Viet Nam/ International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, 2002
- ⁶⁵Hurricane Sandy Rebuilding Task Force, HURRICANE SANDY REBUILDING STRATEGY, 2013
- ⁶⁶日本学術会議, 「地球温暖化・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的機能の評価について (答申)」及び同関連付属資料, 2001
- ⁶⁷Batker ほか, Gaining Ground. - Tacoma : Earth Economics, 2010
- ⁶⁸住宅・都市整備公団, 港北ニュータウンにおけるグリーンマトリックスシステムによる計画と事業の推進, 平成 8 年度日本造園学会賞受賞者業績要旨, 1996
- ⁶⁹森ビル株式会社, 「みどりの社会貢献賞」会長賞を受賞, 報道発表資料, 2013
- ⁷⁰西廣淳, 人と自然をつなぐ「緑のインフラ」としての河川空間, 用水と廃水, Vol.57 No.7, 2015
- ⁷¹麻機遊水地自然再生協議会, 麻機遊水地自然再生協議会 HP, 2015
- ⁷²兵庫県, 「災害に強い森づくり」の計画と実績, 兵庫県 HP, 2014
- ⁷³Orchard Shane, Potential roles for coastal protected areas in disaster risk reduction and climate change adaptation: a case study of dune management in Christchurch, New Zealand / Safe Havens, IUCN, 2014
- ⁷⁴PEDRR, Demonstrating the Role of Ecosystems-based Management for Disaster Risk Reduction, 2010
- ⁷⁵外務省, 国連気候変動枠組条約第 21 回締約国会議(COP21), 京都議定書第 11 回締約国会合(CMP11)等, 2015
- ⁷⁶EUR-OPA, Ecosystem Approach to Disaster Risk Reduction, EUR-OPA, 2013
- ⁷⁷大元ほか, 大橋川周辺まちづくり基本計画策定の進め方, 中国地方整備局 出雲河川事務所, 2009
- ⁷⁸国土交通省中国地方整備局, 斐伊川水系の特徴と課題, 2009
- ⁷⁹兵庫県, 総合治水の推進について～都道府県初の総合治水条例に基づく、先進的な対策～, 兵庫県 HP, 2015
- ⁸⁰関, 「アメリカ合衆国環境に配慮した河川管理政策調査団」報告, 公益財団法人リバーフロント研究所, 2000
- ⁸¹国土交通省, 中小河川に関する河道計画の技術基準について, 国土交通省 HP, 2010
- ⁸²国土交通省, 初期段階の合意形成プロセス, 国土交通省 HP, 2005
- ⁸³アザメの瀬検討会, アザメの瀬の記録, 国土交通省九州地方整備局武雄河川事務所 HP, 2011
- ⁸⁴宇田川流域治水計画策定協議会, 宇田川流域治水計画策定協議会, 2015
- ⁸⁵静岡県, 南遠州とうもんの里 みどころ詳細情報: 命山広場, 2009
- ⁸⁶スラプトンパートナーシップ, スラプトンパートナーシップ HP, <http://www.slaptionline.org/>, 2015
- ⁸⁷EEA(European Environment Agency), Exploring nature-based solutions— The role of green infrastructure in mitigating the impacts of weather- and climate change-related

natural hazards, Technical report No 12/2015, 2015

⁸⁸清野, 日本の海岸環境の課題と展望—海岸法改正から 10 年,河川 2009-11 月号, 2009

⁸⁹環境省, エコロジカル・ネットワークの基本的考え方(案), 平成 20 年度 全国エコロジカル・ネットワーク構想検討委員会(第3回), 2009

⁹⁰山内ほか, 福岡演習林早良実習場におけるマツ枯れの現状と対策,九州大学農学部演習林第 13 回演習林研究発表会, 2010

⁹¹兵庫県「生物多様性ひょうご戦略」, 兵庫県 HP, 2009

⁹²環境省, 蕪栗沼のふゆみずたんぼ、生態系サービスへの支払い(PES)～日本の優良事例の紹介～, 環境省生物多様性 HP, 2010

⁹³(一財) 渡良瀬遊水地アクリメーション振興財団, 渡良瀬遊水地, (一財) 渡良瀬遊水地アクリメーション振興財団 HP, 2015

⁹⁴横浜市, 和泉川流域水循環再生行動計画, 横浜市, 2002

⁹⁵Sutton-Grier, A., K. Wowk, H. Bamford, “Future of Our Coasts: The Potential for Natural and Hybrid Infrastructure to Enhance the Resilience of Our Coastal Communities, Economies and Ecosystems.” *Environmental Science & Policy*, 2015; 51: 137-148.

⁹⁶カテリーナ・ウォウク, ハリケーン・サンディ復興戦略と海岸のレジリエンス, BIO CITY 61 号 防災・減災のためのエコロジカルデザイン, 2015

⁹⁷阿部, 樹木根系が持つ斜面崩壊防止機能の評価方法, 森林総研研報, 1997

⁹⁸IGES, いであ株式会社, 平成 25 年度生態系サービスの定量的評価に関する調査等業務 業務報告書, 2014

⁹⁹加藤愛雄, 防潮林の防浪効果について, 防潮林経営研究録, 1948

¹⁰⁰Bathurst, J. C., Bovolo, C. I., & Cisneros, F., Modelling the effect of forest cover on shallow landslides at the river basin scale, *Ecological Engineering*, 2010

¹⁰¹Wahren, A., Schwarzel, K., Feger, K. H., Munch, A., & Dittrich, I., Identification and model based assessment of the potential water retention caused by land-use changes, *Advances in Geosciences*, 2007

¹⁰²伊藤ほか, 琉球諸島沿岸サンゴリーフの 天然防災機能評価検討調査, 沖縄ブロック国土交通研究会研究報告, 2009

¹⁰³菊地直樹, 兵庫県立コウノトリの郷公園への来園者の特性, 野生復帰, 2011

¹⁰⁴Ford, Mark “Hurricane Katrina, the role of US National Parks on the northern Gulf of Mexico and post storm wetland restoration”. *Safe havens: protected areas for disaster risk reduction and climate change adaptation*, Gland, IUCN. p.141-148, 2014

¹⁰⁵Robledo, Carmenza, Increasing the Resilience of Hillside Communities in Bolivia, *Mountain Research and Development*, Vol 24 No 1. 2004, p.14-18, 2004

¹⁰⁶京都大学ほか, 我が国における効果的な生物多様性の経済評価手法及び経済価値評価結果の普及・活用方策に関する研究最終研究報告書(案),平成 27 年 3 月, 2015

¹⁰⁷環境省, 地球規模生物多様性概況第 4 版, 2014

生態系を活用した防災・減災に関する考え方

2016 年 2 月

発行 : 環境省 自然環境局自然環境計画課生物多様性地球戦略企画室

〒100-8975

東京都千代田区霞が関 1-2-2

電話 03-3581-3351 (代表)

<http://www.env.go.jp/>

協力 : 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社、公益財団法人地球環境戦略研究機関、八千代エンジニアリング株式会社
