

自然と人が  
よりそって  
災害に対応する  
という考え方



---

# 自然と人がよりそって 災害に対応するという考え方

---

日本の国土は複数のプレートの境界を有する島弧（とうこ）で、南北約 3,000km にわたる数千の島々から成り立っています。海岸から山岳までの標高差が大きく、傾斜が大きい急流河川が数多くあります。また、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もあります。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す。

このような国土の特性から、わが国では古（いにしえ）より、台風、火山の噴火、地震や津波、河川の氾濫、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ました。

同時に、活動性の高い国土は、複雑な地形と多様な生息・生育環境をもたらし、優れた景観や固有の生態系をもつ、世界でも類をみない生物多様性に恵まれる国土となりました。

豊かだが荒々しい自然を前に、私たちは、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ました。全国各地で鎮守として八百万（やおよろず）の神をまつり、災害の危険を伝える地名や伝



承を残してきました。また、土砂崩れを防ぐための森林の保全や、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、水田の遊水地としての活用など、生態系がも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ました。

しかし、戦後の人口増加と高度経済成長期の社会の急速な変化にともなって各地で開発が進み、わが国の生物多様性は大きく損なわれるとともに、自然に対する畏敬の念や伝統的な知恵が薄れつつあります。また、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の整備や維持管理に大きなコストを要しています。

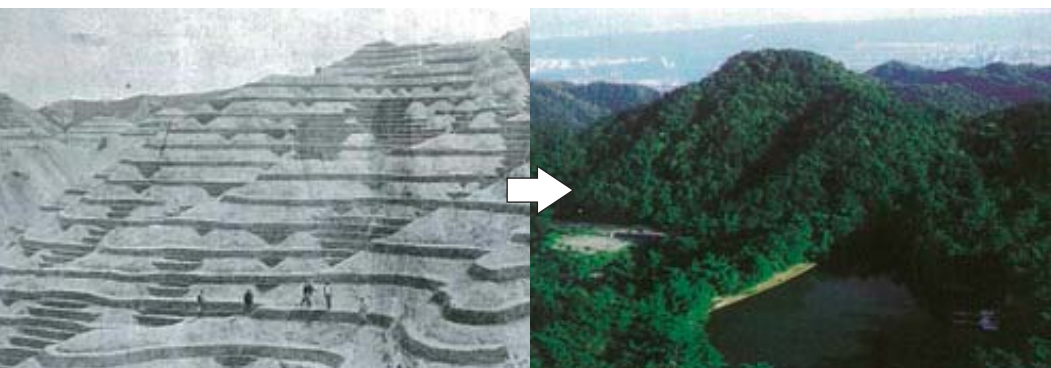
2011年3月に発生した東日本大震災は、地震と津波、東京電力福島第一原子力発電所において発生した重大な事故による大量の放射性物質の環境中への放出により、人々とその生活に甚大な被害を与え、それを支える自然環境にも大きな影響を与えました。私たちは豊かな恵みと災害という両面性をも

つ自然とともに生きていることを、あらためて認識しました。また、想定を超える事象が起こりうることを前提に、人工構造物を中心とする対策に加え、国土利用や国土管理のあり方に踏み込んだ防災・減災対策の必要性を認識しました。

私たちが安全で豊かな生活を営むために、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ます。近年、健全な生態系が有する防災・減災機能を積極的に活用して災害リスクを低減させる「Eco-DRR（エコ・ディー・アール・アール：Ecosystem-based Disaster Risk Reduction）」という考え方が注目されています。国際的にも、生態系がもつさまざまな機能を社会づくりに積極的に活用する取組が広がっており、欧州連合(EU)では生態系を、暮らしを支える社会資本「グリーン・インフラストラクチャー」と捉え、ネットワーク化して計画的に活用しています。

このハンドブックは、自然と人がよりそって災害に対応する考え方と、実施の際に参考となる基礎的な情報をまとめたものです。





森林保全による斜面崩壊・洪水緩和防止(写真提供：神戸市)



市民による植林活動

01 なぜこれからの日本に  
生態系を用いた防災・減災が必要か

---

03 生態系を防災・減災に用いる利点

---

05 古くからある  
生態系による防災・減災

---

07 生態系を用いた防災・減災の考え方

---

09 防災・減災に  
生態系を用いる際のポイント

---

11 参考事例

---

16 わが国の行政計画における位置づけ

---

17 Q&A



高潮・飛砂を防ぐ海岸防災林



繁茂する竹の伐採



棚田による洪水緩和



水田を活用した洪水緩和(写真提供：兵庫県)



都市緑地を活用した浸水被害軽減  
(左上・上 写真提供：札幌市)



遊水池による洪水緩和  
(写真提供：阿蘇地域世界農業遺産推進協会)



湿地再生による洪水緩和



サンゴ礁による高波のエネルギーの減衰



マングローブによる高潮被害軽減



屋敷林による防風対策

# なぜこれからの日本に生態系

平地が少ないわが国においては、戦後からの人口増加にともない、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に主として人工構造物による社会資本整備がおこなわれてきました。

しかし、東日本大震災では想定を超える規模の津波が発生し、多くの被害が発生しました。この経験を踏まえ、「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、「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ます。

将来的にも、気候変動の進行にともなう極端な気象現象や巨大地震の発生が予測されており、想定を超える規模の自然現象が発生することを前提として防災・減災を考える必要があります。また、人口減少と高齢化が進み、これまで整備された社会資本の老朽化と維持管理費の増大が予測されています。このため、住まい方を含めた国土利用や国土管理に踏み込み、災害への向き合い方を考える必要があります。

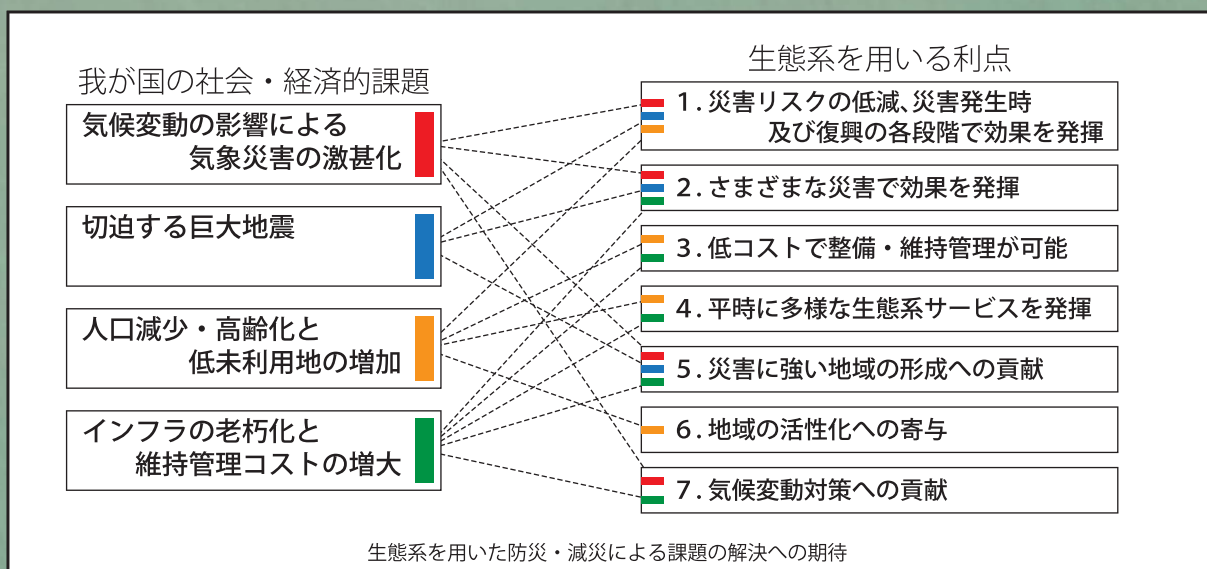
生態系を用いた防災・減災は、脆弱な土地の開発や利用を避け、危険な自然現象に人命や財産がさらされることを避けるとともに、生態系を緩衝材として

用いることで人命や財産への影響を小さくする考え方です。加えて、食料や資材の供給などの生態系が有する多様な機能を活かすことで社会の脆弱性を低くし、地域の防災・減災力の強化に寄与するものです。このように、生態系がもつ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」が国際的にも注目されています。

生態系を用いた防災・減災の利点は、災害発生時及び復興の各段階で効果を発揮する、さまざまな種類の災害に対処しやすい、地域の自然環境を活用するため導入・維持にかかるコストが抑えられる可能性がある、平時にも様々な生態系サービスを提供する、などです。また、生物多様性や生態系サービスを維持することで、地域の産業や景観を維持し、地域の暮らしを支え、地域づくりにも貢献できることが大きな特徴です。

一方で、緩衝材としての防御機能については定量的な評価が難しいことから、地域の特性に応じて人工構造物と最適に組み合わせる用いることが重要です。

人口減少により国土利用に余裕を見いだせるというこれまでにない変化を捉え、総合的なまちづくり・地域づくりを推進していく過程で、計画的に徐々に取り組んでいくことが望まれます。



生態系を用いた防災・減災による課題の解決への期待

# を用いた防災・減災が必要か

## ▶ 気候変動の影響による気象災害の激甚化

- ◆ 気候変動の影響は、日本の気象にも現れており、猛暑日(日最高気温が 35℃以上)や熱帯夜(日最低気温が 25℃以上)の日数が増加傾向にあります。
- ◆ 時間雨量 50mm 以上の短時間強雨の発生件数は約 30 年前の約 1.4 倍に、日降水量 100mm 以上の発生日数も増加傾向にあります。
- ◆ 今後、洪水の発生頻度は 1.8 ~ 4.4 倍に増加するほか、気候変動による海面水位の上昇にともない、高潮・高波による沿岸部の水没・浸水、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予想されています。

## ▶ 切迫する巨大地震

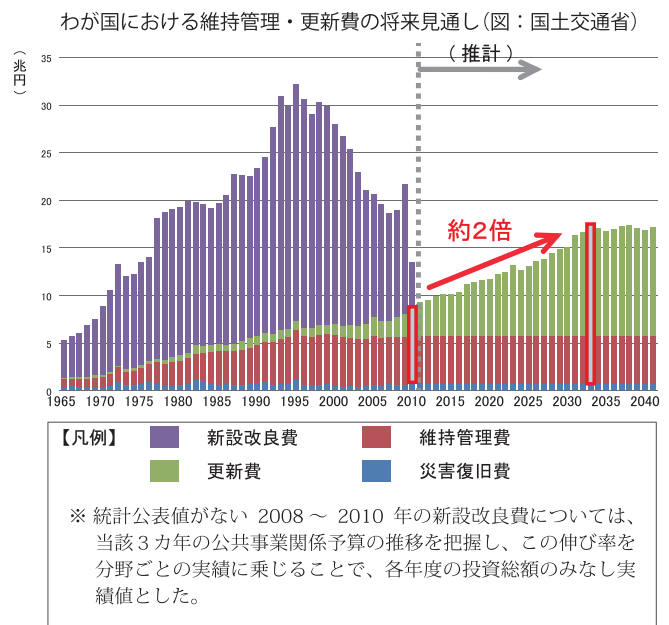
- ◆ 今後も大規模地震の発生が予測されており、津波等の災害の発生リスクが高い状況にあります。
- ◆ 例えば、多くの人命・財産が失われることが予想される首都直下地震や南海トラフ地震の発生確率は、30 年以内に 70%程度と予測されています。

## ▶ 人口減少・高齢化と低未利用地の増加

- ◆ 我が国では、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し、適切に管理されない土地が拡大することが見込まれています。
- ◆ 2050 年には現在の居住地の 6 割以上で人口が半分以下になると予測されています。

## ▶ 社会資本の老朽化と維持管理コストの増大

- ◆ 高度経済成長期以降に集中的に整備された社会資本は、建設後 50 年を経過する施設の割合が今後 20 年間で加速度的に高くなります。
- ◆ 新設費は 1995 年をピークに減少傾向ですが、維持管理・更新費は 2030 年には現在の約 2 倍になると予測されています。
- ◆ 限られた費用で防災・減災を実現するには、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ます。



## Column

### オランダの「ルーム・フォー・ザ・リバー」プログラム

オランダ政府は、1993 年と 1995 年の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ています。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ます。

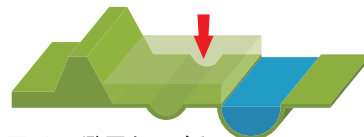


図 1) 氾濫原を下げる  
氾濫原の一部を低くしたり掘り下げたりすることで水位上昇時の水の流れる場所を確保する。

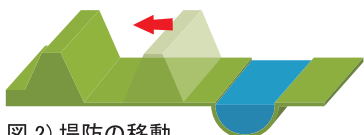


図 2) 堤防の移動  
堤防を内陸に移動させることで氾濫原が広がり、水の流れる場所が確保される。



図 3) 河床を掘り下げる



図 4) 障害物の撤去  
可能であれば障害物を撤去もしくは改良して水の流れる場所を確保する。

©Room for the River

(図：Department of communication, Rijkswaterstaat Room for the River, 2015 をもとに作成)

# 生態系を防災・減災に

## 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、災害時だけでなく、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す。平時から脆弱性を評価し、健全な生態系を確保することでリスクを低減します。

災害発生時には、生態系は減災機能を発揮し、ライフラインが復旧するまでの間の生存に必要な水や燃料などの資源の供給源となり、地域社会の脆弱性を低減します。復興段階では、生態系は自律的に回復し、水産業など地域の産業の回復を助け、地域社会の復興に寄与します。

## 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、斜面崩壊、土石流、洪水、高潮、津波などさまざまな災害から人々を守ります。例えば、海岸沿いの森林は海からの風や潮、砂から人家や畑を守るとともに、津波エネルギーの減衰、漂流物の捕捉、津波到達時間の遅延など一定の津波被害の軽減効果を発揮することがあります。

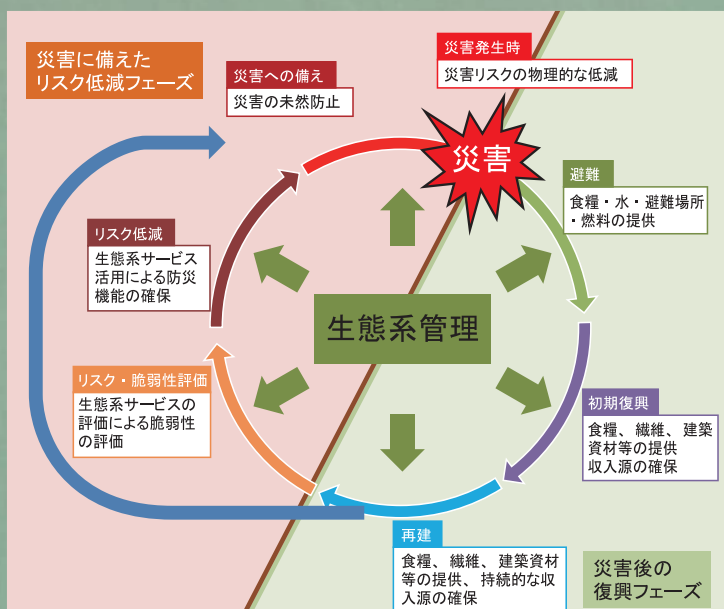
## 3 低コストで整備・維持管理が可能

社会資本の維持管理コストが増大する中、社会資本の整備費用の削減と、長寿命化が求められます。地域の生態系を防災・減災に用いる場合、人工構造物の設置による対策と比較して、初期の設置費用やその後の維持管理費用が少ない場合があります。例えば、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りません。

## 4 平時に多様な生態系サービスを発揮

生態系は防災・減災機能のほか、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、地域の観光業や第一次産業を支えます。

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を軽減する役割を果たします。一方、平時には防砂や防風などの機能を担うほか、海岸の景観の形成、野生生物の生息場の提供、海岸のレクリエーション機能の向上など、複数の社会的、経済的、環境的な便益を創出しています。



漂流物を捕捉した松林(写真提供：宮城県)



# 用いる利点

## 5 災害に強い地域の形成への貢献

生態系を用いた防災・減災は、地域の多様な人々が検討段階から参加し、地域の生態系と、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共有しながら進めます。これにより、主体的に災害への備えを考えることができます。

上記の検討や生態系の維持管理を通して、地域の人々や組織が交流する機会が生じ、災害発生時や復旧時に地域住民が協力して迅速に対応することや、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も期待されます。

## 6 地域の活性化への寄与

地域の生態系を基盤とすることは、地域の魅力である景観や地場製品の生産の場を損なうことが少なく、観光業や第一次産業を支え地域の活性化に寄与します。

また、生態系の機能の維持・充実には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、地域の特性に応じて、新たな雇用を生む可能性があります。



切浜海水浴場(兵庫県)

## 7 気候変動対策への貢献

気候変動の影響による災害リスク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ます。生態系を用いた防災・減災は適応策としても有効です。加えて、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」策ともなります。

このように、生態系を用いた防災・減災は、気候変動対策として相乗的に効果を発揮します。

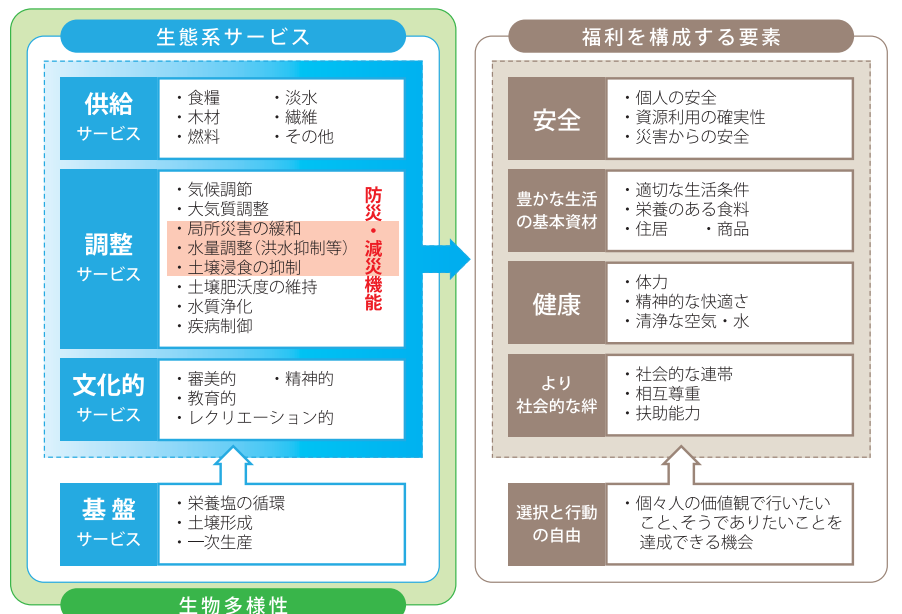
## Column

### 生態系が支える暮らし

私たちの暮らしは、「生態系サービス」と呼ばれる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ています。安全で豊かな生活を営むためには、健全な生態系を維持し、多岐にわたる生態系サービスが総合的に発揮されることが重要です。

生態系サービスと福利 ▶

(図： Millennium Ecosystem Assessment, 2005 をもとに作成)



# 古くからある生態系を用い

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ありません。

我が国では古くより、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り、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するなど、様々な工夫をこらしてきました。

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から学ぶことによって、地域の安全と暮らしの豊かさの両立を考えていく必要があります。

## ▶ 保安林の制度化

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が始まり、江戸幕府は「諸国山川の掟」により、下流の治水を目的として上流域の森林の開発を制限しました。また、中世から水源の涵養や風致の保護を目的とする禁伐林が存在し、徳川時代には立木の伐採を制限する留林(とめばやし)、御留山(おとめやま)、水止山(みずどめやま)などと呼ばれる森林が全国に設けられました。その後、明治政府により、地域の自然的・社会的条件に応じて、防災上、重要な森林を管理する保安林制度が設立されました。

## ▶ 樹木を活用した住まいの防風対策

各地域に、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が存在しています。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)」、出雲平野の「築地松(ついじまつ)」など、地域固有の呼び名が付けられ、地域の生活に密接な関わりを持っています。

## ▶ 水害防備林(水防林)

河畔にある水害防備林は、水の侵食から河岸を守るとともに、万一河川が氾濫しても被害を軽減する働きがあります。

武田信玄は、1542年に甲斐国(現在の山梨県)で発生した洪水を契機に、20年をかけて信玄堤を建設しました。信玄堤は、堤の背後に氾濫原を設け、洪水の被害を軽減する工法ですが、堤を維持するため、ケヤキやタケなどが植林されました。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行いました。この事業では、治水と利水を一体的に行い、水防林と霞堤(かすみてい)を組み合わせた堤防や、蛤(はまぐり)水道といわれる溜池を活用した流況調整など、河川の特性を活かした対策が行われました。



出雲平野の築地松(ついじまつ)(島根県)(写真提供: 島根県)



水害防備林(林野庁福岡森林管理署管内)(写真提供: 林野庁)

# た防災・減災

## ▶ 輪中(わじゅう)による高水防御

堤防によって周囲を囲まれた地域を「輪中」といい、周囲の堤防を輪中堤といいます。輪中は、農耕に適した低湿地で、水害から土地を守りながら洪水の恩恵を受ける知恵です。江戸時代に作られたものが多く、木曾三川(木曾川、長良川、揖斐川)の下流の濃尾平野の輪中が特に知られています。

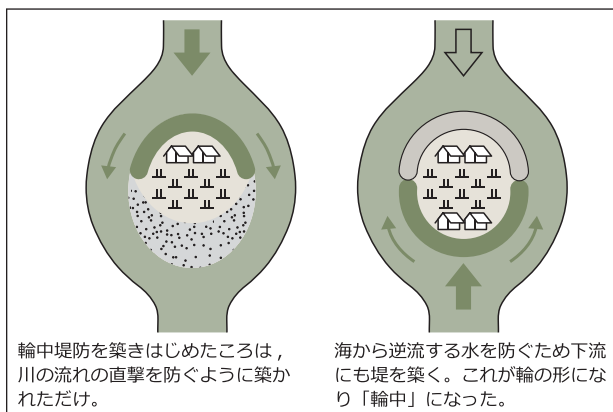
濃尾平野の輪中堤は、初期のころは閉じた堤防ではなく、下流方向に開いた馬蹄形の堤防で、人々は、洪水時に下流方向に排水しながら、平時には堤防内で農業を営み生活していました。その後、河川に土砂が堆積し河床が上昇すると、堤防内が河床より低くなったため水が流入しやすくなりました。そのため、堤防を環状につなげて現在の輪中の形となりました。堤防が閉じたことから、排水しにくくなったため、南端の低地には遊水地を設けることで、農地や居住区域の浸水を防ぎました。また、洪水の運ぶ土砂や流木は農業や生活に活用されました。

## ▶ 地名からの推測

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には、地名に特徴的な文字が使われることがあります。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ります。



木曾・長良・揖斐の三川が合流する輪中地帯  
(写真提供：(一社)農業農村整備情報総合センター)



輪中堤防を築きはじめたころは、川の流れの直撃を防ぐように築かれただけ。

海から逆流する水を防ぐため下流にも堤を築く。これが輪の形になり「輪中」になった。

輪中のはじまり (図：(一社)農業農村整備情報総合センター)

## 水に関する文字

川・池・浜・津・洲・沢・湧

## 海岸線や川の近く、低地、湿地帯など

浅・深・崎・戸・門・田・谷

## 過去に大規模な土砂災害が発生したと考えられる地域

蛇・竜・龍

## Column

### 国際的な動き

自然災害による人的・物的損失、社会的・経済的混乱の軽減を目的とした「国連防災の10年」が1990年に開始され、国連の防災担当部局として国際防災戦略が2000年に設立されました。防災対策の行動指針「仙台防災枠組2015-2030」では、生態系を防災・減災の手段として位置づけ、持続可能な利用と管理の強化が強調されています。

また、この枠組を踏まえて、生態系を用いた防災・減災のさらなる実施をめざして、環境と災害リスク低減に関する政策提言やネットワーク構築などを行う「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)」が2008年に設立されました。国連環境計画(UNEP)や国際自然保護連合(IUCN)などの国際機関、国際NGO、研究機関が参加しています。



第3回国連防災世界会議(仙台)の様子 (写真提供：首相官邸)

# 生態系を用いた防災・減災

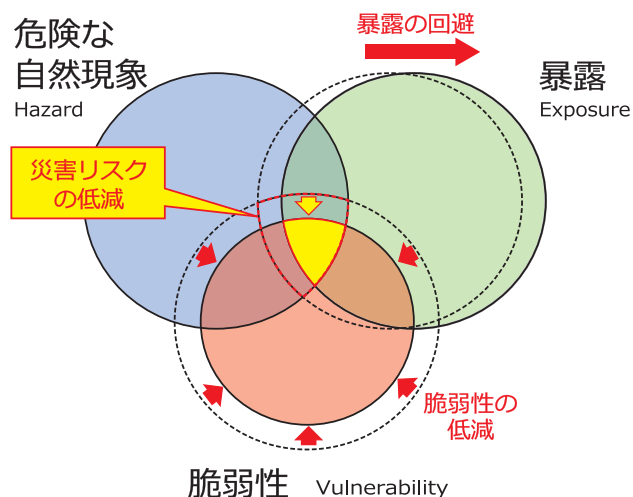
## ▶ 自然現象と災害リスク

火山の噴火、地震や津波、河川の氾濫、台風、土砂崩れなど危険な自然現象に対して、人間社会が対応できず人命や家屋その他の財産、または社会資本へ何らかの被害が生じる場合を、自然災害ととらえます。

同じような自然現象が生じて、人間社会へ被害が及ばない場合には、災害とはなりません。

災害リスクは、「危険な自然現象に人命・財産がさらされる状態(暴露)」と、「自然現象からの影響の受けやすさ(脆弱性)」との関係で考えることができます。

災害リスクを低減させるためには、【暴露の回避】と【脆弱性の低減】が重要です。生態系を上手に用いることで、両方の効果が期待できます。



災害リスク低減の考え方 (図: ADRC, 2005 をもとに作成)

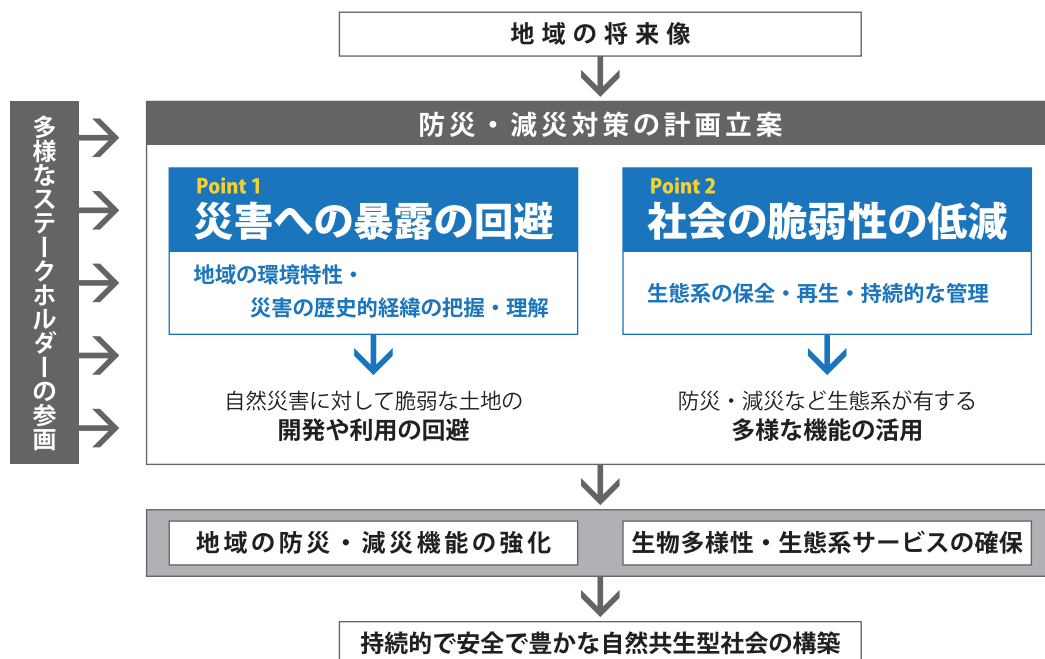
## ▶ 生態系を用いた防災・減災の考え方

生態系を用いた防災・減災の概念は以下のようにまとめられます。

「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、生態系の保全や再生、持続的な管理を行い、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・減災機能の強化と、生物多様性及び生態系サービスの確保の両立を図り、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・減災の概念

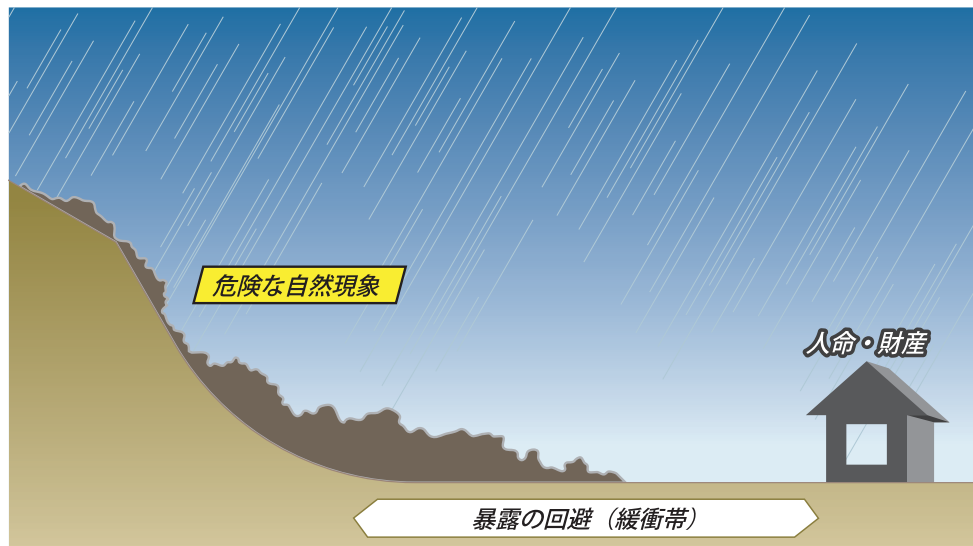
# 災の考え方

## ▶ 生態系を基盤として災害リスクを低減する

### 暴露の回避

自然災害に対して脆弱な土地の開発を避け、生態系の保全と再生を図り、人命や財産が危険な自然現象に暴露されることを回避します。

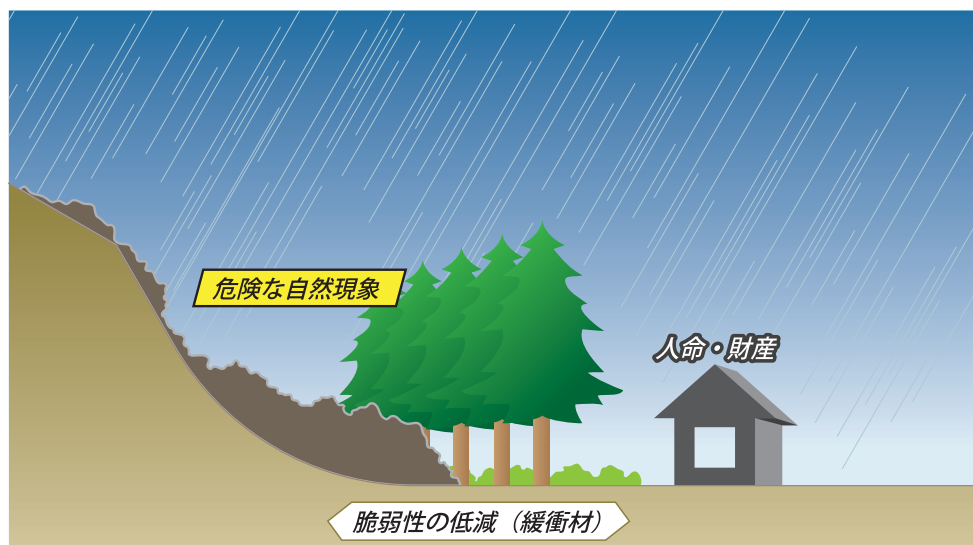
地域の地形や生態系、地域の伝承から、攪乱を受ける可能性が高い土地(湿地、沿岸生態系、急斜面の森林など)を読みとり、その土地の利用を避け、人命・財産が危険な自然現象にさらされないようにします。保全・再生された生態系は、緩衝「帯」の機能を果たします。このような土地は、日常的には、健全な水環境の保全、生物資源の採集、レクリエーションの場として活用することが可能で、地域における人間の福利に貢献します。



### 脆弱性の低減

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」として働くとともに、食糧や資源の供給など人間の暮らしを支えて、社会の脆弱性を低減します。

森林が土砂崩れを防ぐ、海岸の林が防風・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など、健全な生態系は緩衝「材」となって災害を低減します。また、生態系は食糧・燃料・建設資材などを供給し、水の浄化を行うなど多機能であることから、人間の暮らしを支え、社会経済的な脆弱性を低下させることも期待されます。



# 防災・減災に生態系を用

## Point 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、個別の場合だけでなく、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ります。また、社会的・経済的な視点を含め、社会全体のレジリエンス（回復力）の向上を目指すことが求められます。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で防災・減災も位置づけ、総合的な視点で検討することが望まれます。

その際には、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です。

## Point 2 地域で合意形成を図る

生態系を用いた防災・減災は、土地利用の見直しがない、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ともなった地域の選択と合意形成を図ることが重要です。また、生態系の保全や維持管理に住民の関与が不可欠な場合があり、整備後の防災・減災機能の継続を見据えた、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ます。

合意形成の過程においては、公開の場で議論・検討を行うほか、科学的な知見に基づく情報提供が必須です。また、防災・減災効果のほか、平時に得られる生態系サービスや、生態系を保全しなかった場合の災害リスクなどについて可能な限り定量的に評価するとともに、わかりやすい模型や図面、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不可欠です。さらに、無記名のアンケートなど様々な意見を汲み取る工夫も必要です。

## Point 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

生態系を防災・減災に用いるためには、地域ごとに大きく異なる災害の特性及び生態系の特性を十分に踏まえて検討する必要があります。地域本来の生態系や過去の土地利用の把握は、災害リスクを評価する上で重要です。

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ます。伝承や地名からも過去の災害を学ぶことができます。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ります。これらを活用することが重要です。



大津浪記念碑(岩手県)  
明治と昭和の2つの津波の到達点であることや、住宅の建て方に関する指導が刻印されている。

(写真提供：岩手県)

## Point 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、場合によっては、より効果を発揮する生態系に転換していくことが重要です。地域における自然との伝統的な関わりも踏まえつつ、土地の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づくりが必要です。

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すが、その恩恵は都市を含めた広い範囲で享受しています。将来にわたり自然の恵みを受けられる、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す。

# いる際のポイント

## Point 5 ▶ 空間計画として検討する

生態系を用いた防災・減災を空間的視点で考える際には、地形などとともに防災機能を含む生態系サービスを評価して地図化し、災害に脆弱な土地を特定し、緩衝帯・緩衝材としての役割が期待できる生態系を把握することが必要です。

また、災害に脆弱な土地では、過去に失われた生態系を再生し、多義的な空間として活用することも望まれます。その際には、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が望まれます。

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も反映していくことが望まれます。

## Point 6 ▶ 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・減災機能を用いる際には、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、位置などを見極めることが必要です。生態系の活用手法は、次の4つに分類できます。

生態系の活用手法

類型	概要
現存の生態系の保全・管理	保護地域などの指定や維持管理による、健全な生態系の保全・管理
劣化した生態系の再生	自然再生などによる劣化した生態系の再生
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た生態系の造成
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、人工構造物と上記の3つを融合して用いる

## Point 7 ▶ 定量的・経済的評価を活用する

生態系の機能に関する定量的評価・経済的評価は、合意形成時に合理的な判断を行う上で役立ちます。生態系による防災・減災機能の効果だけでなく、その費用対効果や、平時に得られる生態系サービスの経済的価値などの評価は、地域の考え方や価値観に基づく優先順位づけを行う際に活用できます。しかしながら、防災・減災機能をはじめとした定量的評価については、現在のところ精度が十分ではなく、今後の調査・研究が望まれます。

評価の視点は次の4つに分類できます。

生態系の定量的評価・経済的評価の視点

区分	評価の視点	例
防災・減災機能	定量評価	斜面崩壊防止機能：捕捉できる土砂量 など
	費用便益評価	生態系の防災・減災機能が機能した場合としない場合の想定被害額の比較 など
平時に得られる生態系サービスの価値	市場財 ※1	観光資源としての利用や、特産品の販売で得られる利益 など
	非市場財 ※2	生態系による炭素固定機能や水質浄化機能など

※1 市場財：商品やサービスなど、一般の市場で経済的な取引が行われているもの

※2 非市場財：自然環境の改善や快適性の向上など、市場で取引することができないもの

# 大橋川周辺 まちづくり基本計画

島根県松江市街地の中心部を貫流する大橋川の河川改修計画の策定にあたり、自然環境に育まれた歴史的な景観を守りたいという市民の声をうけ、治水だけでなく環境、景観、まちづくりの調和を目指した「大橋川周辺まちづくり基本計画」を策定した上で、個別の整備計画が検討されました。

基本計画は大橋川周辺まちづくり検討委員会が、下部組織である景観専門委員会と連携し、地元説明会で共有された住民の意見を一つ一つ丁寧に検討しながら策定されました。

## ▶ 事業主体

国土交通省(出雲河川事務所)、島根県、松江市

## ▶ 概要

- 大橋川周辺まちづくり基本計画は、斐伊川水系の大橋川、天神川、朝酌川の流域にわたって、治水対策、環境保全、景観保全、まちの活性化という課題を解決するための計画である。
- 同計画は、より一層水に親しめるような水辺を創出するまちづくり(上流域)、河川・水路・農地・湿地が織りなす環境と水資源を大切にし、人と生物が共存する空間の整備(中流域)、水に関わる様々な歴史、文化と自然環境の価値を認識し、後世に伝えていく整備(下流域)と、区域ごとに整備方針を明確に設定している。
- 計画の内容は、まちづくりと一体となった大橋川改修計画や大橋川改修と一体となった背後地の整備計画など、大橋川周辺のまちづくりを具体化するための諸計画・諸施策の内容に反映される。
- 策定に当たっては、大橋川周辺まちづくり検討委員会を11回、景観専門委員会を10回、地元説明会を8地区・計70回(延べ参加者:1,576人)開催。専門家のほか、住民の意見をすべて一覧表にまとめ、その一つ一つについて、行政の回答を踏まえ意見交換し、合意形成を図った。

## ▶ 事業により得られる防災・減災機能

- 浸水被害の低減(拡幅、築堤、掘削)

## ▶ 事業により得られる平時の生態系サービス

- 教育(環境教育)
- 審美的価値(景観)
- レクリエーション(親水空間、河岸の散策路、魚釣りなど)



市民意見交換会の案内ポスター



市民のための実物大型模型を用いた見学会

(写真提供: 国土交通省)



## 地域の合意形成

宇田川治水計画  
策定協議会

鳥取県米子市を流れる宇田川流域の河川整備計画の策定に先立ち、地域の住民と専門家による協議会が設置され、「宇田川流域治水計画提案書」が取りまとめられました。

農地を洪水の一時貯留機能場所として活用し、現在の土地利用を大きく変更しないことを前提とした家屋の浸水対策をする提案内容で合意が得られました。

## ▶ 事業主体

鳥取県

## ▶ 概要

- 鳥取県は頻発する家屋や農地への浸水の改善のため策定する「宇田川河川整備計画」に先立ち、地域の合意形成による「宇田川流域治水計画」を策定するため、地域住民(連合自治会)、関連団体(NPO、商工会、土地改良区、漁協など)、学識経験者を委員とする宇田川流域治水計画策定協議会を設置。
- 農地浸水を低減するための河道の局所改修、家屋浸水防止のための居住地周辺への堤防整備、農地の地力を維持しつつ洪水の一時貯留機能としての利用を行うための整備、森林の保水力強化のための保全について議論された。
- 協議会では、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、住民意見交換会を開催し、広く住民の意見をもとめ、宇田川流域治水計画提案書を取りまとめた。
- 鳥取県は「かわら版」を発行するなど広く協議会の議論のプロセスと内容を流域住民に周知。また、住民説明会やアンケートを実施し住民の参加を促した。

## ▶ 事業により得られる防災・減災機能

- 農地による洪水の一時貯留機能、森林による治水機能

## ▶ 事業により得られる平時の生態系サービス

- 供給サービス(水：農業用水として使用)
- 生物多様性及び生物の生育・生息地(昆虫類 86 種、鳥類 36 種、魚類 15 種、哺乳類 4 種、両生類 3 種、植物 2 種、爬虫類 2 種、甲殻類・貝類が生息)
- 審美的価値(自然環境、田園風景)
- レクリエーション(憩いの場として活用)

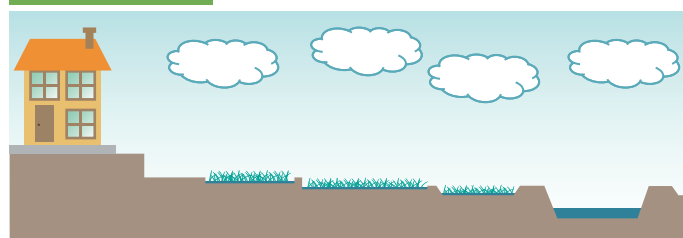


現地視察

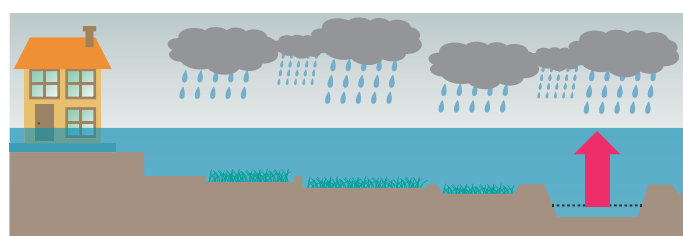


住民意見交換会

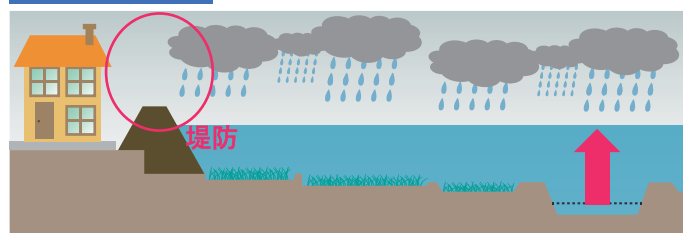
## 通常の様子



## 浸水被害発生



## 洪水から家屋を守る



家屋を洪水から守り、農地の一時貯留機能を維持しつつ、農地としての利用を維持する対策案

## 保安林の保全再生

林野庁では、水源の涵養、土砂の崩壊その他の災害の防備など、多面的機能の向上を図るため、防災上重要な森林を保安林に指定し、立木の伐採や土地の形質の変更などを規制しています。

東日本大震災においては、海岸防災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、被害の軽減の効果が確認されたことから、海岸防災林の津波・高潮に対する防災・減災効果を向上させるため、再生や整備を行っています。

## ▶ 事業主体

林野庁

## ▶ 概要

- ・保安林は、目的別に17種(水源涵養、土砂流出防備、土砂崩壊防備、飛砂防備、風害防備、水害防備、潮害防備、干害防備、防雪、防霧、なだれ防止、落石防止、防火、魚つき、航行目標、保健、風致)が指定され、水源の涵養などの指定目的に応じた機能が持続的に確保されるよう適切な管理・保全を図られている。
- ・例えば、保安林を計画的に指定し、伐採や転用を規制するとともに、荒廃した保安林では土砂の流出や崩壊の防止などを図るため治山事業などが行われている。
- ・保安林の面積は12,143ha(2015年3月31日現在)であり、洪水を防止する水源かん養保安林が約7割、林地の表面侵食及び崩壊による土砂の流出を防止する土砂流出防備保安林が約2割を占めている。
- ・海岸防災林は、潮害や飛砂、風害の防備などの災害防止機能を有しており、飛砂防備保安林、防風保安林、潮害防備保安林及び防霧保安林などがある。
- ・東日本大震災では、青森、岩手、宮城、福島、茨城、千葉の6県の海岸防災林の一部で、津波エネルギーの減衰や漂流物を捕捉するなど一定の効果が確認された。このため地域の生態系にも配慮しつつ、津波被害軽減効果も考慮した海岸防災林の再生を進めている。

## 事業により得られる防災・減災機能

- ▶ 山地災害防止 / 土壌保全機能(表面侵食防止、表層崩壊防止など)
- ・水源涵養機能(洪水緩和など)
- ・その他の災害防止機能(防風、防雪など)



土砂崩壊防備保安林(北海道増毛町)

## ▶ 事業により得られる平時の生態系サービス

- ・生物多様性保全機能(生態系保全など)
- ・地球環境保全機能(地球温暖化の緩和など)
- ・快適環境形成機能(気候緩和、大気浄化など)
- ・保健・レクリエーション機能(療養、保養など)
- ・文化機能(景観・風致、学習・教育など)
- ・物質生産機能(木材、食料など)



## 中津干潟の護岸と干潟の機能を 組み合わせた高潮対策

大分県中津市にある中津干潟では、港湾機能拡張に伴う浚渫(しゅんせつ)土砂による覆砂事業に際して、官民共同の生物調査の実施による干潟の価値の把握と、これに基づく代替案の比較検討が実施されました。

この結果、干潟の自然地形及び生態系の価値が認知され、複数の事業計画案の中から、干潟の環境保全と防災効果の両立が期待できる工法が採択・実施されました。

### ▶ 事業主体

大分県

### ▶ 概要

- ・ 1996年、中津港の港湾機能拡張にともなう浚渫土砂により中津干潟を覆砂する「エコポート」事業が計画されたが、住民団体の要望、及び覆砂事業に係る環境アセスメントの専門家検討委員会からの意見に基づき、高潮対策や干潟環境の保全も含めた護岸建設について協議することとなった。
- ・ このため、大分県は専門家、地元住民、環境団体、行政による「中津港大新田地区環境整備懇談会」を設置し、海浜の形状や生態系の現況などについて官民協働による調査を実施した。この結果、海岸や河口の形状の変化の測量結果を得るとともに、中津干潟では希少種を含む170種の生物種が発見された。
- ・ この調査データにより、干潟の存在の価値が確認されたため、複数の代替案について比較検討が行われた。この結果、前面の自然地形がもつ防護上の機能を積極的に評価することにより、従来の考え方による護岸建設位置を陸域に後退させ、護岸前面に砂州や湿地を残すという、防災機能と生態系保全効果を確保するセットバック案が採用された。

### ▶ 事業により得られる防災・減災機能

- ・ 高潮防止
- ・ 波浪防止

### ▶ 事業により得られる平時の生態系サービス

- ・ 食糧の供給(採貝漁業、ノリ養殖)
- ・ 生物多様性及び生物の生育・生息地  
(カブトガニ、アオギス、ナメクジウオ、スナメリなど)
- ・ 環境教育(海と浜の郷土史調査などの成果を小中学・高校の環境学習に活用)



中津干潟 (写真提供：国土交通省)



# 蕪栗沼と周辺地域における 湿地復元

宮城県大崎市にある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ます。

全国でも有数の渡り鳥の飛来地であるが、集中しすぎると伝染病拡大の危険があるため、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」が行われています。

「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ます。

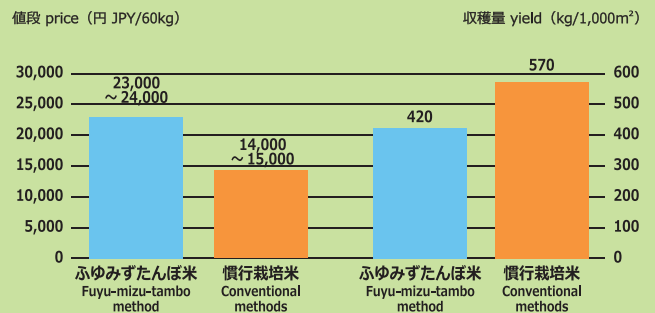
## ▶ 事業主体

環境省、国土交通省、農林水産省、宮城県、大崎市  
旧田尻町、日本雁を保護する会、蕪栗ぬまっこらぶ

## ▶ 概要

- 蕪栗沼とその周辺水田を遊水地として管理する計画が1954年に確立、1970年に事業着手されてから、越流堤の整備や集団移転の損失補償などの事業が進められた。1996年には、土砂流入による浅底化を理由に、遊水地としての機能を果たすため全面浚渫が予定されたが、蕪栗沼の豊かな湿地景観や生物多様性が失われることへの懸念の声が上がり、浚渫を部分的に認めながら、自然を保護したうえで遊水地としての機能も果たし、かつ地域農業者にも恩恵をもたらす方法が模索された。
- この結果、蕪栗沼に隣接する休耕田を湿地に戻すことで蕪栗沼を拡大し、保全策と市民による水位の責任管理体制の確立もあって大規模なガン類の越冬地が形成された。環境省では蕪栗沼及び周辺水田を国指定鳥獣保護区に指定し、渡り鳥の保護を図っている。
- 渡り鳥のマガンは、日本で越冬する個体の9割以上が宮城県北部地方に集まると言われており、蕪栗沼など一部の越冬地に集中する傾向が強い。渡り鳥の集中により、伝染病の被害拡大や、沼の水質汚染が懸念されたため、冬の田んぼに水を張る「ふゆみずたんぼ」でマガンのねぐらを分散させる試みが始まった。
- これまでにわかってきたことは、①ふゆみずたんぼを利用する鳥類は落穂を食べるだけでなく、田んぼに生えている雑草も食べていることや水を張ることで雑草が生えにくくなる、②リン酸を多く含む鳥類の糞が良質な肥料となる、③イトミミズやドジョウ、カエルなどの多様な生きものが共生することで土壌が豊かになる、などの副次的な効果であり、現在では付加価値の高いブランド米「ふゆみずたんぼ米」が販売されるようになった。

## 生態系サービスへの支払い



ふゆみずたんぼ米の付加価値

## ▶ 事業により得られる防災・減災機能

- 洪水防止(遊水地として機能)

## ▶ 事業により得られる平時の生態系サービス

- 食糧の供給(価格の高い米の生産)
- 光合成、一次生産(水稲、畦の植生による)
- 生物多様性及び生物の育成・生息地(水田が多様な生物の生息地として機能)
- レクリエーション(エコツーリズム)



ふゆみずたんぼ(大崎市)

# わが国の行政計画における位置づけ

今後の国土づくりや社会資本の整備に関する行政計画に、生態系が有する機能を積極的に活用することが、盛り込まれました。

## ▶ 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」(平成 24 年閣議決定)では、防災・減災の観点からも、生態系の保全や再生が重要であるとしています。



生物多様性国家戦略 2012-2020

## ▶ 国土強靱化基本法及び国土強靱化基本計画

「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」(平成 25 年成立)は、施策の方針のひとつとして「自然との共生及び環境との調和に配慮すること」をあげています。また、付帯決議には、「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」としています。

この法律に基づいて策定された国土強靱化基本計画(平成 26 年閣議決定)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」と記載しています。

## ▶ 国土形成計画及び国土利用計画

国土形成計画(平成 27 年閣議決定)では、「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(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)を積極的に活用するグリーン・インフラストラクチャーの取り組みを推進する」としています。また、「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」としています。

国土利用計画(平成 27 年閣議決定)では、「自然環境の活用については、持続可能で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、自然環境の有する多様な機能(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」としています。

## ▶ 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」としています。

# Q&A

## Q1 環境保全より安心できる暮らしを優先したい。

生態系を用いた防災・減災は、脆弱な土地から人命や財産を遠ざけるための土地利用の見直しと、生態系と人工構造物を最適に組み合わせ、地域の安全をさらに高めるための取組です。近年では、社会資本の老朽化と維持管理コストの増大に加えて、気候変動による気象災害の激甚化や巨大地震などの課題も生じつつあります。生態系を用いた対策はこれらへの有効な対策の一つとして期待されています。

## Q2 森林で洪水や津波を防ぐなんてできないのでは？

日本では古くから、土砂崩れを防ぐための森林の保全や、海岸での砂や風の被害を防ぐためのマツの植栽、水害を減らすための堤防脇の竹林の整備など、生態系が持つ機能を「減災」の視点からうまく活用してきた歴史があります。しかし、森林のみで、大規模な洪水や津波を完全に防ぐことは困難です。そのため、人工構造物とうまく組み合わせたり、災害に脆弱な土地の利用を避けたりするなど総合的な対策が求められます。

## Q3 防災・減災対策に生態系を用いることのメリットは？

生態系は物理的な機能によって災害を緩和し、また、災害の影響を受け止める空間として働くことで、さまざまな災害から人々を守ります。地域の生態系や生物多様性が維持され、地域固有の魅力的な景観や特産品などが守られ、これらを活かした観光業や第一次産業の活性化にも寄与します。

一方で、土地利用の見直しをとまなう場合、地域住民の理解と長い時間をかけた取組が必要です。また、緩衝材としての防御機能については定量的な評価が難しいのも課題です。このため、地域の将来像を描きつつ、長期的な視点で適切に用いていくことが重要です。

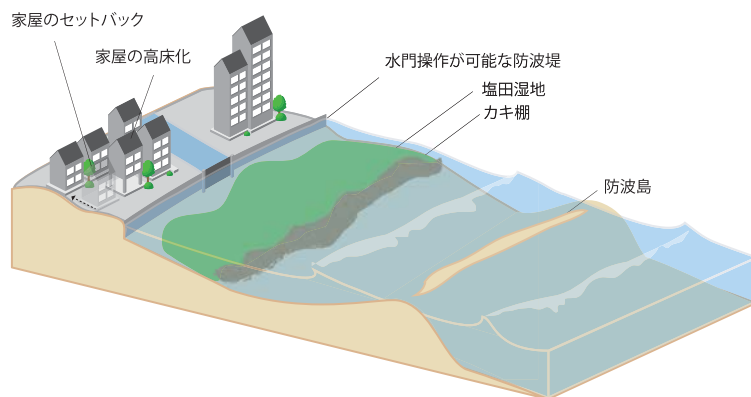
## Q4 今までの社会資本整備における環境配慮と何が異なるのでしょうか？

社会資本整備におけるさまざまな環境配慮の取り組み（工法の見直しやルート変更、代替生息地の創出など）は、事業実施により生じる「周辺環境へのマイナス影響の最小化」に主眼をおいて実施されるケースが多いといえます。

一方、生態系を用いた防災・減災やグリーン・インフラストラクチャーは、生態系が有する多様な機能を積極的に活用し、持続的で魅力ある国土づくりや地域づくりを進めるものです。

## Q5 生態系と人工構造物を組み合わせるとはどういうことですか？

人工構造物と、生態系がもつさまざまな機能を組み合わせ、互いに補いあう形で社会資本整備を行うことをいいます。生態系が、人工構造物のダメージを軽減し、劣化を防ぐこともあります。地域の特性に応じて、最適に組み合わせる用いることが重要です。



生態系と人工構造物を組み合わせた整備(イメージ図)  
(図：Sutton Grierら,2015をもとに作成)

## Q6 これもストック効果と言えるのでしょうか？

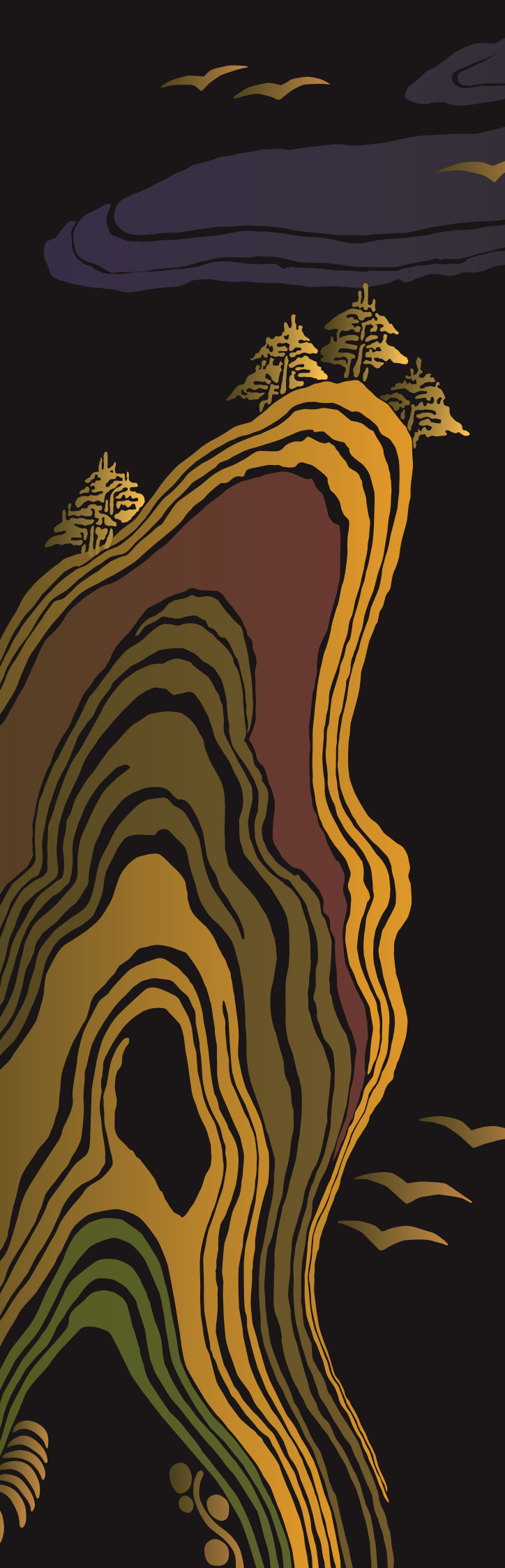
社会資本整備は、フロー効果、ストック効果という2種類の効果をもたらすといわれています。

- ①フロー効果：一時的に建設業など産業の生産活動が高まるなどの経済効果が生まれる。
- ②ストック効果：整備された施設が機能し、長期的にその地域の生産性や安全性の向上、環境改善などの効果を生み出す。

生態系を用いることにより生じる効果は、このストック効果であり、社会資本自体に加えて「平時にも生じる多様な生態系サービス」「生態系のレジリエンス（回復力）と復興への貢献」「優れた経済性」「地域活性化への寄与」の効果が長期にわたり期待できる点が特徴です。

# 資料一覧

- 目次** 森林保全による斜面崩壊・洪水緩和：<http://www.city.kobe.lg.jp/life/town/flower/rokkou/senryaku/rekishi4.html>  
水田を活用した洪水緩和：<https://web.pref.hyogo.lg.jp/whk11/tannbodamu/tannbodamu.html>  
都市緑地を活用した浸水被害軽減：<https://www.city.sapporo.jp/ryokuka/usuishinto-zoo.html>  
遊水地による洪水緩和：<http://www.giahs-aso.jp/2015/02/03/page/4/>
- 
- p.2** 維持管理・更新費の将来見通し：国土交通省，第4次社会資本整備重点計画，2015b  
「ルーム・フォー・ザ・リバー」プログラム：Sudmeier-Rieux, Ecosystem Approach to Disaster Risk reduction: EUR-OPA, 2013 及び Department of communication, Rijkswaterstaat Room for the River, Department of communication HP, 2015 をもとに作成
- 
- p.3** 災害の各段階における生態系の役割：Lloyd-Jones Tony, The Built Environment Professions in Disaster Risk Reduction and Response : University of Westminster, 2009 をもとに作成  
漂流物を捕捉した松林：  
<https://kioku.library.pref.miyagi.jp/watari/index.php/ja-menu-item-search.html?action=detail&uniqid=3611000000187>
- 
- p.4** 生態系サービスと福利：World Resources Institute, Millennium Ecosystem Assessment, 2005 をもとに作成
- 
- p.5** 出雲平野の築地松(ついでまつ)(島根県)：<http://web-gis.pref.shimane.lg.jp/shimane/G0501A>  
水害防備保安林(林野庁福岡森林管理署管内)：[http://www.rinya.maff.go.jp/kyusyu/policy/business/kanri\\_keiei/hoan.html](http://www.rinya.maff.go.jp/kyusyu/policy/business/kanri_keiei/hoan.html)
- 
- p.6** 木曾・長良・揖斐の三川が合流する輪中地帯：<http://suido-ishizue.jp/daichi/part2/03/06.html>  
第3回国連防災世界会議(仙台)：[http://www.kantei.go.jp/jp/97\\_abe/actions/201503/14kokuren\\_kaigi.html](http://www.kantei.go.jp/jp/97_abe/actions/201503/14kokuren_kaigi.html)
- 
- p.7** 災害リスク低減の考え方：ADRC, Total Disaster Risk Management - Good Practices, ADRC, 2005 をもとに作成
- 
- p.9** 大津浪記念碑(岩手県)：<http://www2.pref.iwate.jp/~hp0910/kenkyu/data/kenkyu30/no30p33.pdf>  
現地での話し合い：国土交通省荒川上流河川事務所
- 
- p.11** 島根県“大橋川改修”、<http://www.pref.shimane.lg.jp/infra/river/hiikawa/ohashi/>  
国土交通省出雲河川事務所、“大橋川に関する会議等”、<http://www.cgr.mlit.go.jp/izumokasen/iinkai/oohashigawa/index.html>  
国土交通省出雲河川事務所、“大橋川周辺まちづくり検討委員会”、  
<http://www.cgr.mlit.go.jp/izumokasen/iinkai/oohashigawa/machi/index.html>
- 
- p.12** 鳥取県、“第3回宇田川流域治水計画策定協議会資料”
- 
- p.13** 林野庁、“保安林制度”、[http://www.rinya.maff.go.jp/j/tisan/tisan/con\\_2.html](http://www.rinya.maff.go.jp/j/tisan/tisan/con_2.html)  
林野庁、平成26年度森林・林業白書(平成27年5月29日)2015
- 
- p.14** 国土交通省港湾局、里浜づくりのみちしるべ(概要)2005、[http://www.mlit.go.jp/kowan/umibe\\_bunka/](http://www.mlit.go.jp/kowan/umibe_bunka/)  
足利由紀子、水辺に遊ぶ会が目指す里海とは、日本水産学会誌,80(1),76-79(2014)
- 
- p.15** 蕪栗沼のふゆ水たんぼ、生態系サービスへの支払い(PES)～日本の優良事例の紹介～、  
<http://www.biodic.go.jp/biodiversity/shiraberu/policy/pes/satotisatoyama/satotisatoyama01.html>  
荒尾 稔、日本雁を保護する会、「冬期湛水(ふゆみずたんぼ)による人と水鳥との共生「蕪栗沼の奇跡」」、印旛沼流域水循環健全化調査研究報告 1: 113-120. Oct.2012
- 
- p.17** ハイブリッド型の沿岸整備：「ハリケーン・サンディ復興戦略と海岸のレジリエンス」、BIOCITY 61号 防災・減災のためのエコロジカルデザインをもとに作成



編集・発行 環境省自然環境局  
E-mail : NBSAP@env.go.jp

〒100-8975 東京都千代田区霞が関1丁目2番2号  
編集協力：三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社  
八千代エンジニアリング株式会社



タヨちゃん サトくんと なかまたち  
生物多様性キャラクター ©環境省



© Ministry of the Environment 2016