

提言

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



平成26年（2014年）4月23日

日本学術会議

東日本大震災復興支援委員会 災害に強いまちづくり分科会

環境学委員会 環境政策・環境計画分科会

この提言は、日本学術会議東日本大震災復興支援委員会災害に強いまちづくり分科会及び日本学術会議環境学委員会環境政策・環境計画分科会の審議結果を取りまとめ、東日本大震災復興支援委員会の承認を得て公表するものである。

日本学術会議 東日本大震災復興支援委員会 災害に強いまちづくり分科会

委員長	石川 幹子	(第三部会員)	中央大学理工学部教授、東京大学名誉教授
副委員長	中井 検裕	(連携会員)	東京工業大学大学院社会理工学研究科教授
幹事	太田 喜久子	(第二部会員)	慶應義塾大学看護医療学部長・教授
委員	大西 隆	(会長、第三部会員)	東京大学名誉教授、豊橋技術科学大学学長
	家 泰弘	(副会長、第三部会員)	東京大学物性研究所教授
	丸井 浩	(第一部会員)	東京大学大学院人文社会系研究科教授
	樋口 輝彦	(第二部会員)	国立精神・神経医療研究センター理事長・総長
	石田 亨	(第三部会員)	京都大学大学院情報学研究科教授
	和田 章	(第三部会員)	東京工業大学名誉教授
	今村 文彦	(連携会員)	東北大学大学院工学研究科附属災害制御研究センター教授

日本学術会議 環境学委員会 環境政策・環境計画分科会

委員長	淡路 剛久	(連携会員)	立教大学名誉教授
副委員長	花木 啓祐	(第三部会員)	東京大学大学院工学系研究科教授
幹事	羽藤 英二	(連携会員)	東京大学大学院工学系研究科教授
幹事	横張 真	(連携会員)	東京大学大学院工学系研究科教授
	小幡 純子	(第一部会員)	上智大学法科大学院教授
	石川 幹子	(第三部会員)	中央大学理工学部教授、東京大学名誉教授
	加藤 仁美	(連携会員)	東海大学工学部教授
	北澤 宏一	(連携会員)	東京都市大学学長
	鬼頭 秀一	(連携会員)	東京大学大学院新領域創成科学研究科教授
	桑野 園子	(連携会員)	大阪大学名誉教授
	酒井 伸一	(連携会員)	京都大学環境安全保健機構附属環境科学センター 長・教授
	高村 典子	(連携会員)	国立環境研究所生物・生態系環境研究センター長
	武内 和彦	(連携会員)	東京大学サステナビリティ学連携研究機構長・教授
	鳥越 けい子	(連携会員)	青山学院大学総合文化政策学部教授
	福井 弘道	(連携会員)	中部大学教授、中部高等学術研究所副所長・国際GIS センター長
	船水 尚行	(連携会員)	北海道大学大学院工学研究科教授
	村上 暁信	(連携会員)	筑波大学大学院システム情報工学研究科准教授
	野城 智也	(連携会員)	東京大学生産技術研究所教授

提言の作成及び学術調査の実施に当たっては、以下の方に御協力いただきました。

大澤 啓志 日本大学生物資源科学部准教授  
日本学術会議連携会員  
日本学術会議環境学委員会自然環境保全再生分科会委員

本件の作成に当たっては、以下の職員が事務及び調査を担当した。

事務 盛田 謙二 参事官(審議第二担当)  
齋田 豊 参事官(審議第二担当)付参事官補佐  
山田 裕香 参事官(審議第二担当)付専門職  
西川 美雪 参事官(審議第二担当)付専門職付

調査 佐藤 遼 学術調査員

## 要 旨

### 1 作成の背景

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震津波により、岩手県から福島県にかけての沿岸域は壊滅的な被害を受け、江戸期より営々として育成されてきた海岸林も、その多くが失われた。だが、海岸林の存在は、津波の流勢の減衰、津波到達時間の遅延、漂流物の捕捉等、人命の救済と後背市街地の被害の軽減において大きな役割を果たした。

他方、現行の復興計画では、レベル1（数十年から百数十年に一度の頻度）の津波に対しては、主に防潮堤の建設等により対応する方針となっている。しかしながら、今後、予想される東海、東南海大地震による津波による災害への対策を考える時、日本全国のすべての海岸線に長大な防潮堤を建設していくことは現実的ではないし問題も多い。このため、海岸林の再生・活用により、減災効果を強化していく手法の検討が必要である。

### 2 現状及び問題点

今回の津波に対する復興の基本的考え方においては、海岸林は「多重防御の一つ」として位置づけられ、復興事業が展開されている。

海岸林の構成については、現在大きく二つの流れがある。第一は従来植林されてきた針葉樹を基本とし落葉広葉樹を同時に植栽していくという林野庁の方針、第二は潜在自然植生[脚注1]である常緑広葉樹林を理想として定め海岸林の再生を行っていかこうとする「森の長城プロジェクト」で、民間団体から提示されている考え方である。この二つの流れによって形成される森は、森林形成の考え方と樹種の構成が異なることから、将来は「全く異なる森」となっていくものと思われる。前者は今回の津波で大きな被害を受けた森であり、後者はいまだ存在しない森である。

海岸林は百年以上の時間軸の中で創り出される必要があり、将来の子孫に手渡す国土の安全保障は現世代の責務である。だが現実には、どちらが持続性のある海岸林なのか、あるいは、それ以外の森を形成するという第三の道があるかどうか、についての検証がないままに海岸林の復興が進められている。

このような現状を打開するため、日本学術会議環境学委員会及び東日本大震災復興支援委員会では、多重防御として重要である沖積平野の海岸林を対象として、残存林の学術調査を2012年9月より2013年8月にかけて実施した。対象地は宮城県仙南平野の海岸林である。この調査から、残存した海岸林について次に示すような特質が明らかとなった。第一に環境条件の変化に対応したエコシステムとしての多様な海岸林が存在していること、第二にこれらの海岸林は、集落の人々により入会地として利用されてきた経緯から、多様な里山構成種を包含していること、第三に、津波による残存林と微地形の間には強い相関があること、である。

### 3 提言の内容

#### 提言 1

海岸林は、強靱な国土づくりに向けて災害リスクから人命・財産を守り、社会生活、産業を持続的に維持していくための防災・減災対策の基盤となる社会的共通資本である。津波の被災を受けた場合にも減衰効果を発揮し回復力（レジリエンス）の高い森林とするため、国及び県は、海岸地域の生態系（エコシステム）の特質を踏まえ、現行の均一整備の考え方から、多様性を踏まえた整備・保全へと方針の転換を行う必要がある。

古来、海岸林は「白砂青松」と称され、きめ細かな人の管理により文化的景観として維持されてきた。しかし、少子高齢化、人口減少が続く中で、かつてのようなきめ細かな人為の介入は今後不可能となる。現在、海岸林の再生が進められているが、その前提としなければならないことは、いかにして「自律する森」としていくかである。そのためには、海岸林の生育している環境をエコシステムとして捉え、回復力の高い森を創っていく必要がある。

今回の調査から、海岸林は、極めて多様性に富んだエコシステムから構成されていることが明らかとなった。本提言では、海岸からの距離、微地形に対応して成立している様ざまのエコシステムを、エコシステム・ユニットとして把握し、それぞれのユニットにおける出現種をガイドラインとして提示した。これにより、従来の慣行を踏襲する均一整備や、特定の理想像に基づく画一的整備ではなく、千年に一度の津波にも耐える強靱で回復力のある海岸林形成に向けた具体的指針が提示され、生物多様性施策との連携が可能となった。もとよりエコシステムは地域固有のものであり、それぞれの地域の海岸林の再生にあたっては、エコシステムに関する基礎調査を地域ごとに実施することが必要である。

#### 提言 2

海岸林の整備にあたっては、当該地域の復興計画との整合を図ると共に、広域的視点に基づき、国・県・市町村・民間の土地所有の枠を超えて一体的に海岸部の整備の基本方針を策定する必要がある。これに伴い、海岸林の管理・運営・マネジメントに対して、被災者が主体的に関わる仕組みを創設し、新たな展開として、地方自治体において「持続可能な発展のための教育（ESD）」プログラムの開発を行うことが望ましい。

強靱な国土づくりにあたっては、沿岸地域の長期的土地利用方針の策定は必須の要件であり、省庁、国・県・市町村の枠を超えたランド・デザインの策定が必要である。また、今後の海岸林の管理・運営・マネジメントについては、当該地域を熟知している被災者が主体的に関わり、経済的対価を受けることができる仕組みを創出すべきである。

新たな海岸林の展開としては、災害に対する教育の場としての活用が重要である。新しい環境教育とは、「持続可能な発展のための教育（Education for Sustainable Development : ESD）」と呼ばれる概念である。津波の痕跡を大地に刻み込んだ、災害を直視することのできる海岸林の保全と再生は、この教育の場として極めて重要であり、将来世

代の「生きる力」を培う空間として活用することが望ましい。

### 提言 3

東海、東南海大地震等、将来的に津波被害が想定される沿岸域の防災・減災に向けて、国は最先端の科学技術を用いて微地形、海岸林のエコシステム、背後地の現状について詳細なデータベースを作成する必要がある。これを踏まえて、県及び地方自治体は、想定される津波の設定、背後地での安全レベル、海岸林の要素と構造等を検討し、地域の合意に基づく周知な事前の保全・整備施策を導入することにより、科学的知見に基づく低コストで長期的ニーズに応えることのできる施策の社会実装を行うべきである。

現在、東海、東南海大地震に備えて、様々な事前復興政策が導入されようとしている。その際に、国は、防災・減災の要として江戸時代より営々として築き上げられてきた海岸林の実態調査を、最先端の科学技術（GIS、リモートセンシング、航空レーザー測量等）により行い、東北地方太平洋沖地震津波の残存林の事例と対比させることにより、科学的知見に基づく低コストで長期的ニーズに応えることのできる海岸林整備の基本方針を、強靱な国土づくりの基本施策として展開すべきである。

これを踏まえて、県及び地方自治体は、各地域の実情に応じた津波防災のための計画を、以下のプロセスに基づき策定する必要がある。

1. 想定津波の設定（波高、周期、来襲回数等）
2. 背後地での安全レベル（期待される海岸林による減災効果）の合意
3. 海岸林の要素と構造（幅、強度、微地形、エコシステム等）、減災効果と想定津波規模の関係の評価

各地域における1の設定の後、自治体や住民間で2によりどこまでの減災効果を求めるかを決め、3における評価を踏まえて、必要な海岸林の要素と構造を求めることができる。この評価は現地調査結果のみならず、海岸林の抵抗モデルを考慮した数値シミュレーション結果を併用して行う必要がある。対象地域を設定し、具体的な想定津波の下、海岸林の要素、幅、強度などを変え、どこまで被害を軽減できるかという減災効果の変化について示すことにより、地域の合意形成に基づく具体的海岸林整備の道筋を示すことができる。

## 目 次

1	背景.....	1
2	現状と課題.....	2
3	残存した海岸林の特質.....	3
	(1) 環境条件の変化に対応したエコシステムとしての多様な海岸林の存在.....	3
	(2) 多様な里山構成種を包含する海岸林の存在.....	4
	(3) 残存林と微地形との強い相関の存在.....	5
4	提言.....	7
	提言1.....	7
	提言2.....	18
	提言3.....	19
	<参考文献>.....	22
	<参考資料1> 東日本大震災復興支援委員会 災害に強いまちづくり分科会 審議経過.....	24
	<参考資料2> 環境学委員会 環境政策・環境計画分科会 審議経過.....	25

## 1 背景

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震津波（マグニチュード9.0）により、岩手県から福島県にかけての沿岸域は、壊滅的被害を受けた。これにより、江戸期より営々として育成されてきた海岸林も、その多くが失われた。

海岸林は津波による被害を完全に防ぐことはできず、また、漂流物となった樹木が二次被害をもたらした事例等も見られた。だが、海岸林の存在は、津波の流勢の減衰、津波到達時間の遅延、漂流物の捕捉等、多くの面で人命の救済と後背市街地の被害の軽減において大きな役割を果たした[1]。

他方、現行の復興計画では、レベル1（数十年から百数十年に一度の頻度）の津波に対しては防潮堤等により対応し、レベル2（千年に一度程度の頻度）の津波については、減災の考え方を適用し、海岸林、まちづくり等の面的構造の適用により、ハード・ソフト事業を合わせて取り組むものとされている。しかしながら、今後、予想される東海、東南海地震による津波による災害を考える時、日本全国にレベル1の津波対策として防潮堤を張り巡らすことは非現実的であるとの指摘がある。例えば、中央防災会議による報告では、「すべての海岸線に長大な防潮堤を建設していくことは、不可能であり、防波堤や防潮林を組み合わせることにより減災効果を強化して利用することが有効である」とされている[2]。これは、海岸林の再生・活用により、減災効果を強化していく手法の重要性を示唆するものである。

また、海岸林は、津波等の災害の減災だけではなく、飛砂・風害の防止等地域の生活環境の保全に大きな役割を果たしてきた。海岸林は、17世紀以降、全国各地で過酷な自然環境との戦いの中から創り出され継承されてきた文化的資産であり[3]、沿岸域の生物多様性を育む宝庫ともなっている。このような観点からも、海岸林の再生や育成を進めて行くことには大きな意義がある。

このような背景を踏まえて、日本学術会議環境学委員会環境政策・計画分科会は、平成24年12月5日に「いのちを育む安全な沿岸域の早期実現に向けた災害廃棄物施策・多重防御施策・生物多様性施策の統合化の緊急提言」[4]を行った。この提言は、災害廃棄物施策と多重防御施策の一体的推進という点において、科学的知見を応用・展開することによる問題解決の方向の提示に寄与した。しかしながら、基本となる海岸林の植生構造の在り方、津波に対する減災効果との関連、生物多様性施策との統合については、ほとんど進展が見られなかった。これは、被災した海岸林に関する本格的学術調査が実施されない中で、手探りの復興が行われていることに起因している。

海岸林の育成には長期的な展望が必要である。今回被災した海岸林は、江戸期以来の長期に亘る植林活動、及び地域における保全・育成活動の成果が集積したものである。今後、沿岸域の減災対策の重要な柱となる海岸林を長期的に再生していくためには、今回のレベル2の津波にもかかわらず、残存した災害に強い海岸林の植生について、学術調査に基づく知見を得て、それをモデルに新たな海岸林の整備を進めて行くことが必須となる。

## 2 現状と課題

津波と海岸林に関する研究はこれまで数多く行われてきている。主な研究としては、津波規模と海岸林の被害との相関を調査し、海岸林の津波減衰効果の構造・樹種・樹形・密度との関係を明らかにしたもの、海岸林の実測データと水理実験を組み合わせ津波減衰効果についてのシミュレーション分析を行ったもの、全国の代表的海岸林の津波防災施設としての評価を行ったもの等がある [5] ～ [15]。

東日本大震災被災地の海岸林の復興については、これらの知見をもとに被災実態調査が行われ[16]、国及び県において方針が決定され[3] [17] [18]、事業化が進められている。その方針における基本的考え方として、海岸林は「多重防御の一つ」として位置づけられており、地域の復興計画との整合、林帯の配置、生育基盤の造成、人工盛土の造成、災害廃棄物由来の再生資材の利用、森林の構成、緑化体制の整備について留意事項と具体的指針が提示されている。このうち、地域の復興計画との関連性については、現時点では沿岸域の土地利用全体に関する方針が定まっていない自治体が多いこと、広域連携の施策が不十分であることから、明確な関連性の検討が行われていないことが課題となっている。

海岸林の本体である森林の構成については、現在、大きく二つの流れがあり、それぞれの方針に基づき海岸林の整備が開始されている。第一は林野庁の方針であり、従来植林されてきたクロマツ、アカマツの針葉樹を基本としコナラ、カシワ、ケヤキ、ヤマザクラ等の広葉樹を同時に植栽していくものである[17] [18]。第二は潜在自然植生[注1]である常緑広葉樹林を理想として定め海岸林の再生を行っていかうとする「森の長城プロジェクト」で、民間団体から提示されている考え方である。[19]。

この二つの流れによって形成される森は、森林形成の考え方と樹種の構成が異なることから、将来は「全く異なる森」となっていくものと思われる。前者は今回の津波で大きな被害を受けた森であり、後者はいまだ存在しない森である。

海岸林は百年及びそれ以上の時間軸の中で創り出される必要があり、将来の子孫に手渡す国土の安全保障は、現世代の責務である。だが現実には、再生が行われているこれらの森のうちのどちらが海岸林として適しているのか、また東北地方の気象条件の中で持続的に成長していくことが可能であるのか、あるいはそれ以外の森を形成するという第三の道があるのかどうか、についての検証がないままに海岸林の復興が進められている。

このような原状を打開するため、日本学術会議環境学委員会及び東日本大震災復興支援委員会は、津波減災の観点から多重防御として重要である沖積平野の海岸林を対象として、残存林の学術調査[20]を2012年9月から2013年8月にかけて実施した。対象地は、伊達藩により基礎が築かれてきた宮城県仙南平野（仙台市以南～宮城県山元町まで）の海岸林である。本提言は、このような背景を踏まえて「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」について具体的指針を示したものである。

なお、リアス式海岸部等林帯が狭い場所、壊滅し残存林が存在しない場所、もしくは海岸林の確保が困難な場所については、地域の被災状況、漁業・林業・観光等生業との関連、住民の意向等の地域固有の状況の分析に基づき、解決策を究明すべきと考える。

### 3 残存した海岸林の特質

レベル2の津波の被災を受けたにもかかわらず残存した海岸林の特質を明らかにするために、宮城県仙南平野の延長30kmの沿岸域において、予備調査に基づき代表的な林分(脚注2)約70カ所を選定し、植生調査(コドラート法による群落構造調査)を行った。この調査から、残存林(海浜植生を含む)は主に高木層の優占種により10種類に区分され[20]、以下に示すような特質が明らかとなった。

#### (1) 環境条件の変化に対応したエコシステムを有する海岸林の存在

残存した海岸林の構造は一様ではなく、海岸線からの環境条件の変化、微地形、地下水位、土壌等により、極めて多様性に富んだ林分が残存しており、固有のエコシステムを構成していた。しかもこれらの海岸林のほとんどは、人為の力により創り出されてきたものであり、その後の管理形態が森林の構造に大きな影響を与えてきたことが分かった。10種類の残存林の概要は次の通りである(表1、図2参照)。

##### ① 海浜植生

高木・低木を欠く砂浜最前面の植生である。

##### ② ニセアカシア低木林

防潮堤の背後に位置し、著しい津波被害で高木層を欠く林分である。以前は、潮風により樹高を7~10m程度以下に抑えられたクロマツ林であったと考えられる。低木層の緑被率は30~40%と低いが、成長の速いニセアカシアが多く陽光な条件の下で今後、急速にニセアカシアが繁茂すると予想される。

##### ③ クロマツ優占林

クロマツが優占する中、一部でアカマツやヤマザクラが少数混じるクロマツ林である。藩政時代以降の潮風よけとしての海岸前面部に育林されてきたクロマツ林の典型と考えられる。樹高は、海に近づくにつれて低くなるが、後背部では16m程度にまでなり、より内陸側の樹林に連続する。亜高木層が欠落するかごく僅かなものが多く、林床管理が行われなくなってからも、潮風の影響により樹木の生育には厳しい環境と判断される。

##### ④ クロマツ疎林

元は上記のクロマツ優占林であったと考えられるが、津波により高木層のクロマツが半数以上消失した林分である。種組成的にはクロマツ優占林と大きな違いはない。低木、林床にはコナラ、ガマズミ、テリハノイバラ、ヤブコウジ等、当該地域の里山構成種が出現している。

##### ⑤ クロマツ-ハンノキ林

クロマツ林でも林床が湿性タイプのものである。シロネ、シロバナサクラタデ、オニナルコスゲ、ヨシ等の湿性種の生育も認められた。低湿地あるいは排水水路沿いの凹地地形でのクロマツ林である。

## ⑥ ハンノキ林

湿性地の樹林であり、高木層にハンノキが優占し、マツ類は生育せず、林床はヌマトラノオが優占し、ミソハギ、ヨシ等の湿性種が確認された。

## ⑦ 湿地

高木層を欠く湿地植生である。草本層にチゴザサやヒメガマが優占する中、ミソハギ、ヌマトラノオ、サンカクイ等が生育する。木本としてヤナギ類、ハンノキ、ウメモドキが侵入しており、将来的にはヤナギ・ハンノキ林に遷移すると考えられる。

## ⑧ アカマツ優占林

アカマツが優占する中、クロマツも少数混じるマツ林で、クロマツ林に接してやや内陸側に位置している林分である。亜高木層にコナラやヤマザクラが生育するものが多く、比較的明るい林内には低木層・草本相も含めるとウメモドキ、カマツカ、ヤマハギ、イボタノキ、ガマズミ、ウワミズザクラ、アオダモ、ヤマウルシ、ヤマツツジ等の落葉広葉樹が豊富なことが特徴であり、丘陵地の里山林との共通種も多い。一部にモミ（実生）も生育していた。

## ⑨ アカマツ-ヤマザクラ林

100年生以上のアカマツが高木層を占める中、亜高木層にヤマザクラが広く生育し、二層構造となる林相を示す。100年ほど前にアカマツを植栽し、管理・育成していたものが、いつの時期からか管理がされなくなり、それに伴い成長の速いヤマザクラが亜高木層にまで成長した状態と考えられる。かつては樹冠を覆っていた高木層のアカマツも、自然枯死等により現在はギャップが生じており、いずれは亜高木のヤマザクラがそのギャップを占めるまでに成長すると予想される。普段は潮の影響を直接的には受けない内陸側に成立すると考えられ、低木層・草本層の種組成が非常に豊富で、林床の明るい里山林のモデルになる林分と判断される。なお、アカマツの実生はごく僅か確認されたものの低木・亜高木層では確認されず、人為的な育成補助がなければ高木層へのアカマツの更新は困難と考えられる。

## ⑩ ヤマザクラ優占林

ヤマザクラが優占するほか、コナラ、ハンノキといった落葉広葉樹が混じる。また、アカマツ・クロマツも少数残る。アカマツ-ヤマザクラ林の段階から、マツ類が自然枯死して生じた樹冠ギャップ（脚注3）を、亜高木まで成長していたヤマザクラが占めた状態と推察される。林床植生は豊富で、コナラ、ヤマザクラ、ハンノキの実生も見られた。なお、マツ類の実生は確認されておらず、上部の植生により林床照度が低下し、生育が困難なものになっていると考えられる。

## (2) 多様な里山構成種を包含する海岸林の存在

現在の林野庁の海岸林再生指針では、海岸林に適した樹木として主として高木層を中心とした少数の樹種が挙げられている。また、潜在植生理論では常緑広葉樹が適切な樹種として挙げられている。しかしながら、残存林調査で明らかになった実際の森は、極めて種の多様性に富んでいる。浜堤からやや内陸側に入った海岸林は、集落の入会地として管理が行われてきた経緯があり、林床には当該地域の里山構成種である落葉広葉樹（コナラ、イヌシデ、ヤマザクラ、カスミザクラ、エノキ）や、オミナエシ、ワレモコ

ウ、ノハラアザミ等のススキクラスの種等が出現しており回復が著しい。これは江戸以来蓄積されてきた土壌が残存していることに起因している。現行の整備事業は、これらの数百年をかけて蓄積されてきた土壌の効果を無にする形で進められており、海岸地域における森林土壌保全については今後適切な施策の検討が必要である。

### (3) 残存林と微地形との強い相関の存在

津波から残存した森林と微地形の相関を分析したものが図1である[21]。これは、国土地理院が2009年に測定した5mメッシュの標高データと海岸林の被害状況を重ねて解析したものである。海岸から、200-300m付近の標高が高い場所は浜堤と呼ばれているところである。この浜堤を境に、海岸林の残存率が大きく異なる。浜堤の箇所では、50%~80%残存している海岸林が現れはじめ、その後背の標高が比較的高いところで、80%以上残存している海岸林が出現している。また、80%以上残存している海岸林は、壊滅している海岸林に比べ、標高がやや高くなっていることが読み取れる。このことより、浜堤等海岸地域の微地形が、森林の残存に大きな影響を及ぼしていることが明らかになった。これらの微地形は1~2m程度の比高差の場合もあり明確に認識できない地区もあるが、樹木の根の発達において地盤高が高い場合には地下水位まで根が到達することなく十分な根の発達が可能であることから、津波からの残存率が高くなっているものと考えられる。

また、被災以前の海岸林では、森林の生育環境を維持するため、排水路が地域住民により素掘りで設けられており、この凹型地形の排水路に沿って、津波が筋状に襲来したことが、被災後の航空写真分析と現地調査により確認された。また、今回の津波で壊滅した海岸林の一部の地域では、排水路の整備・維持が昭和30年代以降行われなくなり、結果として地下水位が上昇し森林の根茎の発達が不十分となり、津波により根元から流されたことが、被災者へのヒアリングから分かった。

このように、海岸地域は度重なる自然の脅威にさらされた結果、多様な微地形が存在しており、残存林と微地形との間に強い相関があることが分かった。現行の海岸林整備は均一な整備を基本としているが、今後は、長い年月により形成されてきた微地形を読み込んだ海岸林再生の新たな方法論の導入が必要であると考えられる。

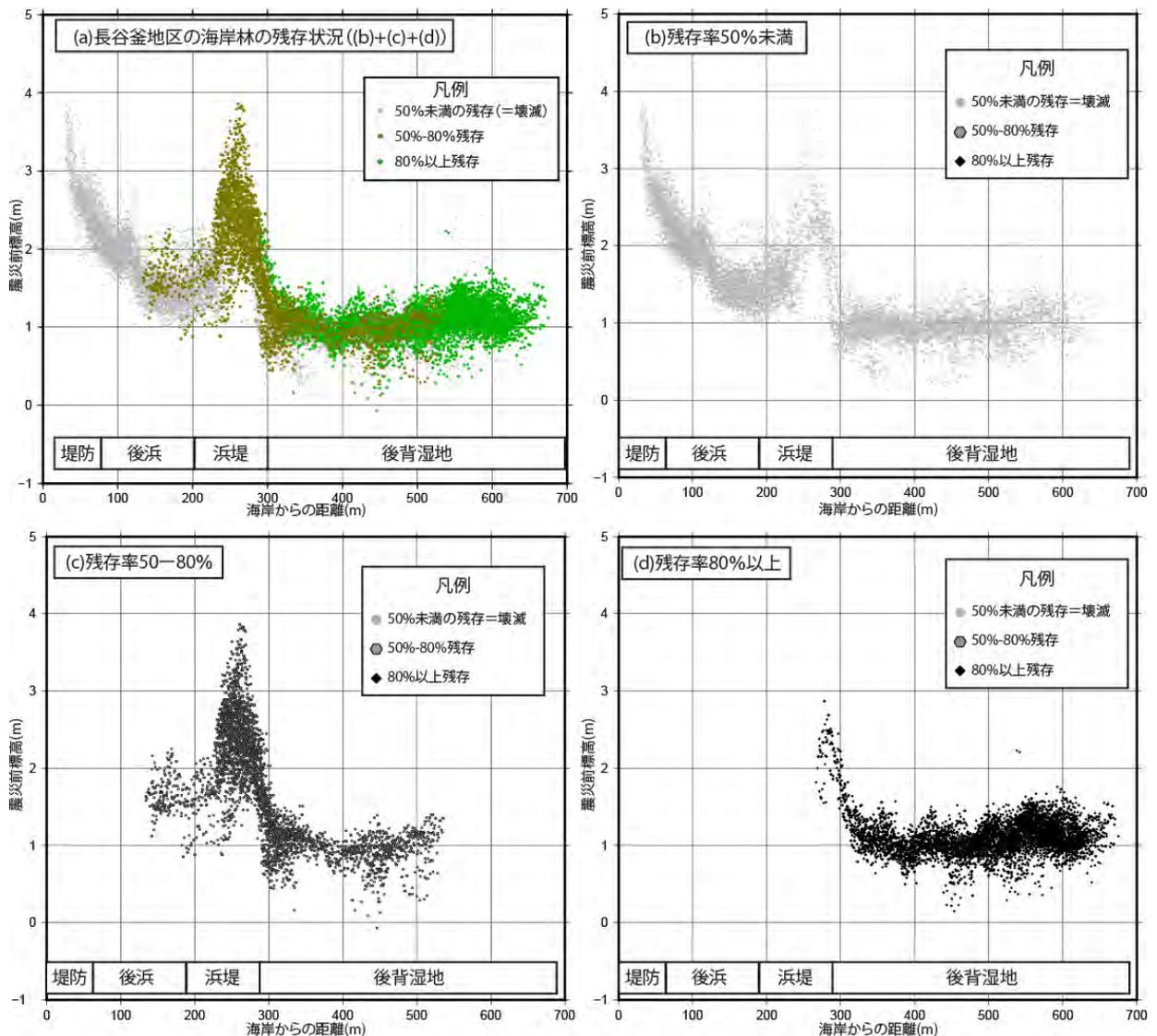


図1 津波から残存した海岸林と微地形の関係（宮城県岩沼市長谷釜地区）

海岸林の津波の被害を海岸からの距離と標高別にプロットしたものである。見やすくするために、残存率別に、独立にプロットしており（b～d）、(a)はすべてをプロットしたものである。（参考文献[21]）

## 4 提言

### 提言 1

海岸林は、強靱な国土づくりに向けて災害リスクから人命・財産を守り、社会生活、産業を持続的に維持していくための防災・減災対策の基盤となる社会的共通資本である。津波の被災を受けた場合にも減衰効果を発揮し回復力（レジリエンス）の高い森林とするため、国及び県は、海岸地域の生態系（エコシステム）の特質を踏まえ、現行の均一整備の考え方から、多様性を踏まえた整備・保全へと方針の転換を行う必要がある。

古来、海岸林は「白砂青松」と称され、松葉かき等の、よりきめ細かな人の管理により文化的景観として維持されてきた。昭和30年代以降、このような人と共にあった海岸林は一部の地域を除き放置され、マツノザイセンチュウの被害等により衰退の一途をたどってきた。また、戦後の食糧増産施策での開墾による農地開発が行われ、多くの海岸林が失われてきた。今回の津波は、このような状況にあった海岸林を直撃し壊滅的被害をもたらした。

現在、海岸林の再生が進められているが、その際に前提としなければならないことは、いかにして「自律する森」としていくかである。少子高齢化、人口減少が続く中で、かつてのようなきめ細かな人為の介入は今後不可能である。そのため、それぞれの海岸林の生育している環境をエコシステムとして捉え、度重なる自然の脅威に対して回復力の高い森を創っていく必要がある。

このエコシステムの構造を明らかにするために行われたのが今回の学術調査である。海岸林は、極めて多様性に富んだエコシステム（微地形、風、傾斜、樹木草本、地被植物、地下水、土壌等）のユニットから構成されていることが明らかとなった。表1及び図2は、仙南平野における代表的エコシステム・ユニットを、海岸線からの距離に従って表記したものである。この図表から、海岸林は均一なものではなく多様性に富んでおり、また津波を防御するにあたっては、海岸線からやや内陸に形成されている浜堤の保全と林分の再生が、極めて重要であることが分かった。どのような樹種を植林するかについては、エコシステム・ユニットごとの残存林における出現種をガイドラインとして提示した。

これにより、従来の慣行を踏襲する均一整備や特定の理想像に基づく画一的整備ではなく、千年に一度の津波にも耐える強靱で回復力のある海岸林形成の具体的ガイドラインの一例を提示することができた。また、これにより、生物多様性施策と減災施策の連携も可能となった。もとより、エコシステムは地域固有のものであり、それぞれの地域の海岸林の再生にあたっては、エコシステムに関する基礎調査を地域ごとに実施することが必要である。

表1及び図2に示した、当該地域における、今後の海岸林整備のガイドラインとなるエコシステム・ユニットについて、海岸線より順を追って述べる。

表1 海岸林のエコシステム・ユニットとその活用（宮城県仙南平野）

エコシステム・ユニット		海浜植生 (堤防先の砂浜)	後浜・クロマツ林 (防潮マツ林)	砂丘林 (クロマツ-落葉樹林)	海岸性里山Ⅰ (アカマツ-落葉樹林)
樹林高 樹冠植被率 潮のストレス		0.5m 0% +++++	4~8m 70% +++	8~12m 90% ++	12~15m 100% +
高木層	針葉樹		クロマツ	クロマツ、アカマツ	アカマツ
	常緑広葉樹				モチノキ
	落葉広葉樹		コナラ、ヤマザクラ	コナラ、ヤマザクラ、カスミザクラ	ヤマザクラ、ウワミズザクラ、コナラ、イヌシデ
亜高木・ 低木層	常緑広葉樹		マサキ、シャリンバイ、ナワシログミ	マサキ、シャリンバイ、ネズミモチ、オオバグミ	マサキ、シロダモ、ネズミモチ、イヌツゲ
	落葉広葉樹		ツルウメモドキ、イボタノキ、ドクウツギ、ヤマハギ	ツルウメモドキ、イボタノキ、ヤマハギ、カマツカ	ヤマツツジ、アオダモ類、コマユミ、ヤマグワ、カマツカ、ガマズミ
地 被		ハマニンニク、コウボウムギ、ハマヒルガオ、ハマニガナ、ウンラン	ハマヒルガオ、テリハノイバラ、コウボウシバ、ケカモノハシ	テリハノイバラ、センボンヤリ、コウボウシバ、ジャノヒゲ、ヤダケ	テリハノイバラ、ヤブコウジ、ツタウルシ、ジャノヒゲ、アズマネザサ
備 考		ハマニンニク、コウボウムギ、ハマヒルガオ、ウンラン等からなる海浜性の自然草原。	後浜エリアのクロマツ林。今回の津波では壊滅したが、盛土により植栽基盤が造り出されている。	砂丘上のクロマツ林。津波防御の最前線にあり、クロマツの大径木と雑木の若木が混在。かつての集落の入会地。	砂丘林の後背地の微高地に立地するユニット。アカマツ、ヤマザクラが優占し、里山の多様な種が生育している。

エコシステム・ユニット		海岸性里山Ⅰ、Ⅱ 湿地系 (クロマツ・ハンノキ林)	海岸性里山Ⅱ (常緑・落葉混交林)	湿地・潟湖 (水面・ヨシ原含む)	貞山運河 (運河の歴史的景観)
樹林高 樹冠植被率 潮のストレス		8~12m 80% +/-	15~18m 100% +/-	4~8m (周縁部) 20% +/-	15m 50% -
高木層	針葉樹	クロマツ、アカマツ	モミ		クロマツ
	常緑広葉樹		ウラジロカシ、アカガシ		
	落葉広葉樹	ハンノキ	ケヤキ、エノキ、ヤマザクラ、コナラ、エゴノキ	ハンノキ	
亜高木・ 低木層	常緑広葉樹		シロダモ、ヤブツバキ、イヌツゲ、ヤツデ、アオキ		
	落葉広葉樹	ウメモドキ、イボタノキ	アオダモ類、ウメモドキ、アキニレ、ヤマウルシ、ズミ	ヤナギ類、オニグルミ、ウメモドキ	サトザクラ
地 被		オニナルコスゲ、ヌマトラノオ、シロバナサクラタデ、シロネ	ヤブコウジ、ツタウルシ、ツタ、キズタ、アズマネザサ	ヒメガマ、ガマ、ヨシ、マコモ、サンカクイ、チゴザサ	チガヤ、ススキ
備 考		後背湿地や水路沿いに成立する半湿性の樹林。半陰の林床に湿性草本群落が成立。	潮の影響の弱まる海岸林後方の微高地に成立。ケヤキ・エノキ等のニレ科の高木林に、雑木や常緑のカシ類が混生し、里山の多様な種が生育。	ウエットランドの生態系確保。水域から陸域へ、エコトーンを形成し、縁はヤナギ・ハンノキ林にしていくことが望ましい。	貞山運河の水面と堤上のクロマツ古木の並木が歴史的景観を形成している。

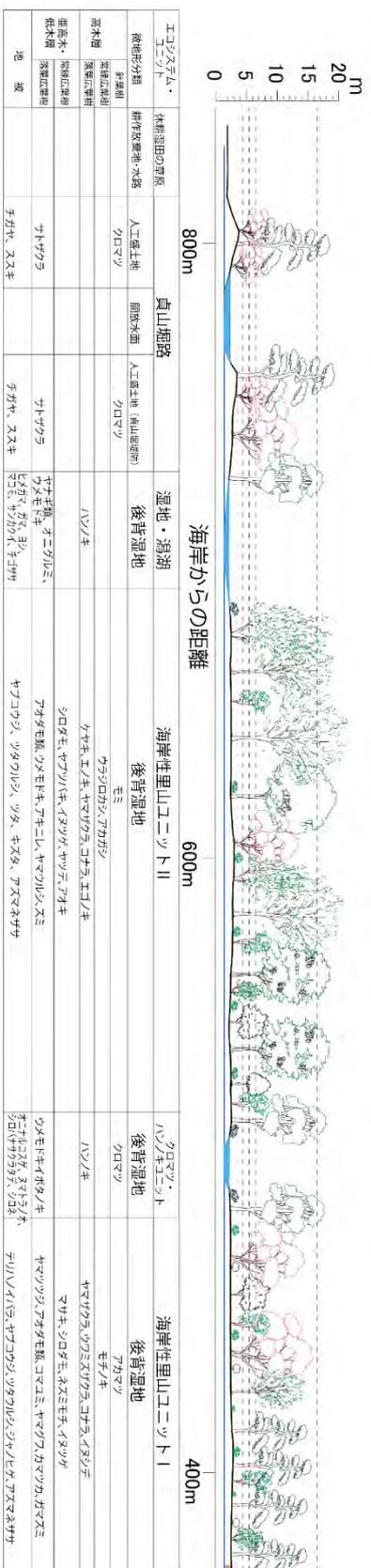


図2 海岸地域の生物多様性を活かした新たな海岸林整備 (海岸林のエコシステム・ユニット図)  
 (注) 海岸線 (上図左端) から、順次内陸部 (下図右端) に続く。

### ① エコシステム・ユニット：海浜植生

仙南平野では、すでに防潮堤が建設されており、防潮堤先の海側の砂浜がこれに相当する。ハマニンニク、コウボウムギ、ハマヒルガオ等の海浜植物が分布しているが、現在、防潮堤により内陸のエコシステムと分断されている。しかしながら、今回の津波襲来以前は、一部の地区には、2m四方のコンクリート型枠に雑石を埋め込んだ堤防が建設されており、施工時にハマニンニクの播種が行われ（1980年施工実施）、その後クロマツの実生が自然に生育しクロマツ堤防を形成していた。このクロマツ堤防は、背後では引き波により洗掘されたが、海側は、コンクリートによる多くの堤防が壊滅した中で唯一残存した（写真1）。現在、このクロマツ堤防は一部を残して取り壊されてしまったが、海浜植生と内陸のエコシステムを連続させる新しい生態型防潮堤として、今後、研究が必要である。



写真1、2 今回の津波から残存したクロマツ堤防（2013年8月27日撮影）  
宮城県岩沼市長谷釜～阿武隈川河口まで、延長2km。砂浜から連続する海浜植物の遷移帯が形成されていた。生態型防潮堤である。

### ② エコシステム・ユニット：後浜・クロマツ林

防潮堤の背後に位置し、砂丘林までの低平な地区である。昭和初期から、昭和30年代まで、営々として植林が行われてきた地区で、ニセアカシア低木林、クロマツ優占林、クロマツ疎林が形成されていた。現在は、復旧事業により震災瓦礫を利用した盛土による基盤整備が実施されており、今回調査を行った残存林は一掃され、存在していない。学術調査を踏まえて、当該ユニットの整備については、以下のガイドラインを提示する。

第一に、潮風の影響が最も強い地区であり、クロマツを主体とする海岸林の整備が望ましい。しかしながら、クロマツの苗木を植栽する場合、樹冠の発達には時間がかかるため、陽光を好むニセアカシアの繁茂が想定される。ニセアカシアは他の樹木を駆逐していくため健全な森への遷移を、将来的には妨げることとなる。このため、樹冠の被度を速やかに高めるため、コナラ、ヤマザクラ等の落葉広葉樹を同時に植栽す

ることが望ましい。第二に、階層性のある森として津波に強い構造とするために、亜高木・低木として耐塩性に優れているマサキ、シャリンバイ、ナワシログミ、イボタノキ等を植栽することが望ましい。夏の陽光を効果的に遮断するため、ツルウメモドキ、ヤマハギ等の成長の早い落葉広葉樹を導入することが望ましい。第三に、地被については、耐塩性に優れているテリハノイバラ等を植栽し、コウボウシバ等の播種により砂の移動を制御することが望ましい。



写真3 被災直後の後浜クロマツ林  
(2011年5月7日撮影、岩沼市長谷釜)



写真4 被災直後の防潮堤  
(2011年6月4日撮影、岩沼市長谷釜)



写真5 津波廃棄物の盛土による基盤整備



写真6 防潮堤復旧における盛土施工と植樹

(共に、2014年1月12日撮影、岩沼市相野釜)

植栽された樹種は、タブノキ、シラカシ、ウラジロガシ、アカガシ、アラカシ、スダジイの常緑広葉樹とヤマザクラ。常緑低木としてマサキ。常緑低木のマサキは健在であるが、常緑広葉樹の生育は、おもわしくない。今後、様々な実験が必要である。

### ③ エコシステム・ユニット：砂丘林

津波を減衰させる上で極めて重要なユニットである。当該地域の砂丘は、比高2～3mの低い砂丘であるが、同様の砂丘林は全国の沖積平野の海岸線に分布している。砂丘林の有する津波減衰効果の重要性に鑑み、全国の砂丘の詳細な調査を実施し、減災対策の要とすることが期待される。今回の植生調査と被災者からのヒアリングを総合し、当該ユニットにおける海岸林整備のガイドラインを、以下に示す。

第一に、残存したクロマツ、アカマツ、ヤマザクラ等の保全を行う。第二に、コナラ、ヤマザクラ、カスミザクラ等の雑木林の若木が津波に流されず残存しており、集落の共有地として里山的利用が行われていた歴史的経緯が植生構造に反映されている。このため、松林として画一的管理を行うのではなく、里山の生物多様性を生かした砂丘林を維持していくことが望ましい。第三に、津波の襲来により砂丘の比高の低い部分が洗掘されており、今後の防災の観点から、このような地区を重点的に補強していく必要がある。写真7は、被災後の砂丘林の写真であり、砂丘林の存在が後背地の集落の減災に大きな影響を有していたことが分かる。

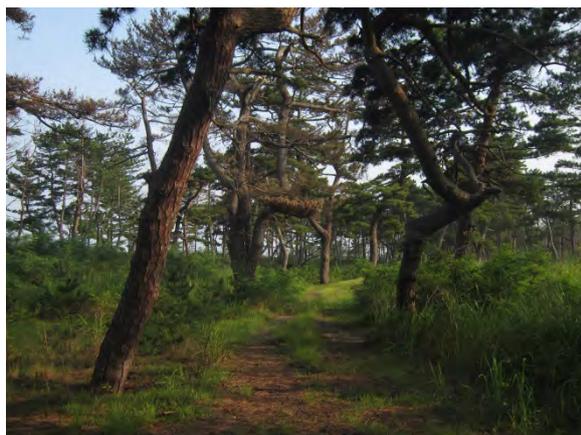


写真7 津波被災後の砂丘林と後背地の集落      写真8 入会地として維持されてきた砂丘林

(写真7は、2011年5月7日撮影、岩沼市二ノ倉。写真8は、2013年8月12日撮影、岩沼市長谷釜)

#### ④エコシステム・ユニット：海岸性里山Ⅰ

砂丘林の後背地に位置する海岸林である。現在は、アカマツが優占する群落であり、かつて植栽されたアカマツが管理されなくなり、亜高木層にコナラやヤマザクラが生育している林分である。整備のガイドラインは、以下の通りである。

第一に人為的な管理・育成は、今後、ますます少なくなると想定される。このため、植生遷移が進みアカマツは後退し、ヤマザクラ、コナラ等を高木層とし、低木層にアオダモ、ガマズミ、ヤマツツジ等が生育する海岸性里山に移行していくものと考えられる。津波に強い海岸林とするためには、階層構造を有する森にしていくことが重要であり、亜高木・低木層に、日陰でも生育する常緑広葉樹としてモチノキ、ネズミモチ、シロダモ、マサキ、イヌツゲ等を植栽していくことが望ましい。第二に、当該地域には、海岸林育成のための排水路が張り巡らされていた。津波で壊滅したが、健全な海岸林の育成のために、排水路の整備を行う必要がある。このことにより湿性林が生じるが、これは生物多様性の宝庫となる可能性がある。第三にこれらを踏まえて、下刈り等により明るい開放的な海岸林をつくり出し、環境教育の場として活用することが望ましい。第四に、壊滅した地区については、このガイドラインに準拠し、復元・整備を行う。



写真9 アカマツ林



写真10 多様な里山植物 (ホタルブクロ)

(共に、2013年8月12日 撮影、岩沼市長谷釜)

### ⑤ エコシステム・ユニット：海岸性里山Ⅱ

汀線から 500m以上奥に位置する海岸林で藩政時代から手厚く保護されてきた群落であり、アカマツ-ヤマザクラ林、ヤマザクラ優占林となっている。当該地域における海岸林の将来の姿を示す好例である。ガイドラインは、以下の通りである。

第一に、歴史的海岸林として保護・保全の対象とする。第二に、ヤマザクラ、コナラ、ケヤキ、エノキ、ハンノキ等の落葉広葉樹が優占しており、低木層・草本層の種組成が非常に豊富であるため、海岸性里山林として津波災害を学ぶ環境林としていく。第三に、マツ類の実生は、確認されず将来は、ウラジロガシ、アカガシ、ヤブツバキ、シロダモ等の常緑広葉樹を含む混交林となることが予想される。大きく津波災害を受けた林分については、低木層にこれらの常緑広葉樹を導入することにより、階層林の形成を促し津波に強い海岸林としていくことが望ましい。



写真11 アカマツ-ヤマザクラ林



写真12 コナラ等の里山構成種が優占する

(共に、2012年10月2日撮影、岩沼市赤井江)

### ⑥ エコシステム・ユニット：湿地・潟湖

仙南平野の海岸域には、大小の湿地や潟湖が発達している。今回の震災による地盤

沈下に伴い、これらの湿地環境は面積的に増大している。ガイドラインは、以下の通りである。

第一に、これらの湿地・潟湖は、明治以降、干拓等により水田として使われてきた。しかしながら、今回の地震により元の湿地に戻っており、塩水化により水田耕作は不可能となっているため、湿地環境の維持・向上を行っていくことが望ましい。このことにより、内水氾濫時の遊水池として、また津波災害時の減衰効果を有する水面として地域全体の防災機能を高めることができる。第二に湿地環境の回復過程をモニタリングすることにより、生物多様性の宝庫として環境教育の場としていくことが望ましい。第三に水域から陸域へ変化する遷移帯（エコトーン）の形成は重要であり、ヤナギ、ハンノキ等の補植を行い、良好な湿地環境の形成を促す。



写真 13、14 津波被災直後、地盤沈下により明治期の潟湖にもどった岩沼市長谷釜地区の前川（写真13は、2011年5月7日撮影。写真14は、2011年6月4日撮影。）

#### ⑦ エコシステム・ユニット：貞山運河

仙台湾沿岸には、阿武隈川河口から旧北上川まで、全長49kmに及ぶ運河群が存在している。貞山運河（木曳堀、新堀、御舟入堀の総称）、東名運河、北上運河である。当該地域は、貞山運河の中でも最も古い木曳堀であり、1597～1601年にかけて伊達正宗により開削された。運河沿いの土手にはクロマツが時代を超えて受け継がれてきており、歴史的風土となっている。ガイドラインは以下の通りである。

第一に地域の誇りとなる歴史的運河として保全・再生を行う。第二に今回の津波で、貞山運河は、津波の遡上を遅延させる効果や、引き波を集約する減災効果を有したことが分かっており、多重防御の重要な要因として保全を行う。第三に残存したクロマツの保全、周辺の自然環境との共生を行う。[22]



写真 15 被災直後の貞山運河とクロマツ林  
(2011年5月7日撮影)



写真 16 貞山運河とクロマツ林  
(2012年10月2日撮影)

⑧ エコシステム・ユニット：海岸性里山湿地系（Ⅰ、Ⅱ）・クロマツ・ハンノキ林

河川河口部、潟湖周辺の湿地には、クロマツ林に混じってハンノキを高木層とする湿性群落が存在し、生物多様性の宝庫となっている。継続的モニタリングの実施により、保全していく必要がある。

以上、表1、図2に即して、エコシステム・ユニットごとの海岸林整備のガイドラインについて述べた。海岸域は過酷な自然環境であるがゆえに、微地形、風、地下水位、歴史的植林の経緯等を踏まえて、極めて多様性に富んだエコシステムが存在しており、それぞれに対応するガイドラインが必要であることを具体的に示した。

歴史的経緯については、図3として、1907年に陸軍参謀本部が発行した2万分の1地形図（「矢目」：明治40年測量）を掲載する。図4は、昭和三陸津波の復興計画が1934年に策定されており[23]、岩手県から宮城県南部まで広大な海岸林が計画された中での当該地域の計画を示したものである。この計画に基づき当該区域では、海岸砂防林保護組合が結成され、海岸林造成は県営事業として1934年に着手された。戦争による中断を経ながらも、1948年に国有砂丘地の払い下げを受け、海岸林造成は粛々として実施され1955年に完成を見た。写真17は、被災者の所有するもので、1938年頃の後浜地区でのクロマツの植林風景である。

震災後の当該地域の大きな特徴は、地盤沈下により、ほぼ明治期の地形図に見られる状況に回帰していることにある。仙台平野の成り立ちを振り返れば、今から約1万年前の縄文時代より、阿武隈川や名取川の氾濫により沖積平野が形成され、海岸線が徐々に海側に張り出していったものであり、長い地球の営みからみれば明治期からの100年という時間はわずかなものと言える。この意味で、近代化が進展する以前に全国で作成された陸軍参謀本部による明治期の地形図を、今後の国土の防災・減災の基礎資料として積極的に活用していくことを提案する。

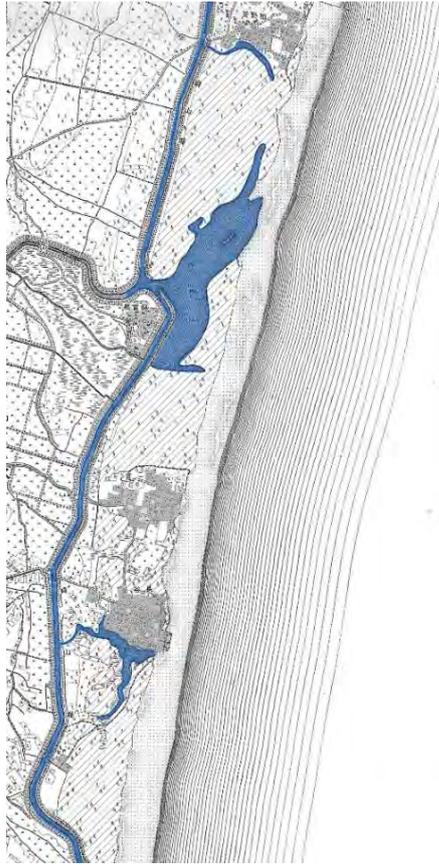


図3 陸軍参謀本部発行  
2万分の1地形図(1907年)  
斜線部が当時の海岸林を示す。



図4 昭和三陸津波後の海岸林造成計画  
(出所:文献21)



写真17 海岸林の植栽風景  
(沼田健一氏所蔵)



図5 エコシステム・ユニットを踏まえた海岸林整備の事例  
 (岩沼市二ノ倉、長谷釜地区)

## 提言 2

海岸林の整備にあたっては、当該地域の復興計画と整合を図ると共に、広域的視点に基づき、国・県・市町村・民間の土地所有の枠を超えて一体的に海岸部の整備の基本方針を策定する必要がある。これに伴い、海岸林の管理・運営・マネジメントに対して、被災者が主体的に関わる仕組みを創設し、新たな展開として、地方自治体において「持続可能な発展のための教育（ESD）」プログラムの開発を行うことが望ましい。

現在、防潮堤、海岸林の整備は鋭意進められているが、地域の復興計画との整合については十分な検討が行われていない。また、広域的視点に基づく計画も、被災から3年を経過するがまだ策定は行われていない。これは、沿岸域の土地所有、管理形態が国・県・市町村・集落の入会地・個人所有等多岐にわたり、極めて複雑であることに起因している。しかも、防災集団移転促進事業等による集落整備では、公費の充当される対象が宅地及び関連する土地利用に限定されているため、農地、海岸林等土地利用の見通しの立たない民間の土地は整備の対象から外れて散在する状況となっている。

強靱な国土づくりにあたっては、沿岸地域の長期的土地利用方針の策定は必須の要件であり、省庁、国・県・市町村の枠を超えたランド・デザインの策定が必要である。また、今後の海岸林の管理・運営・マネジメントについては、当該地域を熟知している被災者が主体的に関わり、経済的対価を受けられることができる仕組みを創出すべきである。

新たな海岸林の展開としては、災害に対する教育の場としての活用が重要である。現在、津波被災物の除去が進んでいるが、大地に刻まれた津波災害の遺構は積極的に残し、千年に一度の災害からの生き証人として、新しい環境教育の場としてプログラムを開発していく必要がある。新しい環境教育とは、一般には「持続可能な発展のための教育（Education for Sustainable Development : ESD）」と呼ばれる概念である。

従来環境教育においては、環境保全、自然保護、生物多様性、地域の文化等、豊かな自然の恵みと文化に対する人間の関わりを中心に取り組みが行われてきた。しかしながら、1992年の「環境と開発に関する国際会議」等を踏まえて、人間と自然を対立的に捉えるのではなく、自然の恵み・禍に対して、人と自然がどのように関係性を築き、規範としていくかというプロセスを「持続可能な発展のための教育」として捉えようとする動きが国際的運動となった。その潮流が展開する中で、今回の地震、津波、原子力災害が発生した。

津波の痕跡を大地に刻み込んだ、災害を直視することのできる海岸林の保全と再生は、この「持続可能な発展のための教育」の場として極めて重要である。将来世代が災害から立ち上がっていくための「生きる力」を培う空間として活用することが望ましい。

### 提言 3

東海、東南海大地震等、将来的に津波被害が想定される沿岸域の防災・減災に向けて、国は最先端の科学技術を用いて微地形、海岸林のエコシステム、背後地の現状について詳細なデータベースを作成する必要がある。これを踏まえて、県及び地方自治体は、想定される津浪の設定、背後地での安全レベル、海岸林の要素と構造等を検討し、地域の合意に基づく周到的な事前の保全・整備施策を導入することにより、科学的知見に基づく低コストで長期的ニーズに応えることのできる施策の社会実装を行うべきである。

今回の学術調査の結果により、津波で残存した海岸林と微地形の相関が極めて強いことが分かった。一般に海岸地域においては、潮流、河川の流入、風向、度重なる災害等により極めて複雑な微地形が発達しており、現行の国土調査ではその実態を捉えた詳細なデータベースは作成されていない。また、海岸林の植生構造についても詳細な調査は行われていない。

現在、東海、東南海大地震に備えて、様々な事前復興政策が導入されようとしている。その際に、国は、防災・減災の要として江戸時代より営々として築き上げられてきた海岸林の実態を、最先端の科学技術（GIS、リモートセンシング、航空レーザー測量等）により分析し、東北地方太平洋沖地震津波の残存林の事例と対比させることにより、科学的知見に基づく低コストで長期的ニーズに応えることのできる海岸林整備の基本方針を、強靱な国土づくりの基本施策として展開すべきである。

海岸林の調査・計画策定に関する基本的な指針は、以下の通りである（参考 [24]）。

#### （1）被災メカニズム

一般に、植生の中でも樹木の倒伏には、剪断破壊、曲げ破壊、根付け根の掘削、引き抜き等がある。主に現地観測から、津波による植生帯の倒木形態は以下の5つに分類されることが示されており、それぞれについてのメカニズムを検討し、海岸林整備の基本方針を提示する必要がある。

- ① 折損：幹部付近で折れたもの。剪断や曲げ破壊により生じ、津波の衝撃が強い海岸・河口付近で多く見られる。
- ② 傾倒：根が抜けずに地面についたまま傾いたもの。主に幹が細く、密度の高い植生帯で見られる。傾倒の場合、樹木が枯れずそのまま生き続ける場合もある。
- ③ 根返り：根がむき出しになり、その場で倒れたもの。ほぼ、そのまま枯れてしまう。
- ④ 抜根：根が完全に抜けてしまい流出したもの。漂流物となる危険性がある。
- ⑤ 侵食流去：地盤が侵食され支持力を失い流出したもの。漂流物となる危険性がある。

#### （2）植生の持つ減災・防災効果

主な効果としては、以下の4点が挙げられ、これ以外の効果等を整理する必要がある。

- ① 背後地への津波の低減効果
- ② 漂流物の内陸への侵入阻止

漁船がせき止められている。近くの漁港または周辺に停泊していた多くの漁船は、津

波の来襲により、転覆または陸上へ打ち上げられていた。沿岸での海岸林は、これらの内陸への侵入を止める効果がある。

### ③ 海域への流出阻止（人命救助）

図6の絵中にあるように、松に引き掛かる女性が見られる。このように沿岸での海岸林により命を助かった人々は少なくない。「人助けの松」は、地元の間にも語り継がれている。



図6 明治29年三陸大津波での被害状況 [25]『風俗画報 海嘯被害録中編 口絵』

### ④ 砂丘の形成・維持

今回の調査で明らかになったように、沿岸域に存在する砂丘は、自然の防波堤として津波低減に効果がある。これらを形成し維持する役割が植生にある。例えば、日本海側の飛砂の影響を受けるような地域においては、海岸林は防砂林の役割も果たすことになるため、海側に地盤の高い砂丘を形成することが多い。

## (3) 望ましい海岸林の条件

海岸林が、津波減災機能を発揮するのに望ましい条件について海岸林幅、海岸林構造と配置、防潮施設の併用の3つに整理できる。それらの内容は、以下のようにまとめることが出来、今後、詳細デザイン、設計の提案が必要である。

### ① 海岸林幅

漂流物の阻止機能は数列の樹木からなる林帯幅でも発揮され、水勢を減衰させ、津波による破壊力をかなり低下させる。また、植生帯のフロントで津波により大きな破壊を受けて、内陸部へ漂流したとしても、ある程度の幅があれば、残った植生帯が侵入を食

い止めてくれるはずである。大震災の前では少なくとも 30～40m の林帯幅が必要であり、大津波に対しては最小限 70m 以上の林帯幅が必要であるとされ、これについては、首藤 [5] も検討しており、津波浸水高さ 3m 以上、幅 40m 程度以下で植生帯の被害が発生していた。しかしながら、今回の大震災では、津波来襲パターンや規模によって、これだけでは説明でない状況が生まれている。本提言が示すように、地形や植生条件も入れた検討が必要である。さらに、今後、単位幅あたりの植生の減災効果と津波に対する効果を定量的に評価すれば適切な植生帯の幅が提案できると考える。

## ② 海岸林構造と配置

植生帯構造については、本調査で提示した海岸林のエコシステムに準拠して整備することが望ましい。林帯構造では、下木が密生したクロマツ二段林が水勢を弱める効果が大きく望ましい。林帯配置については疎開した部分や欠如した部分があるとそこから海水が侵入して洗掘されることがあるため望ましくない。林内の道路についても津波の進入路となり被害をもたらすので直線的な経路は避ける。海岸林は連続して設けて、川沿いには上流まで配置することが望ましい。

## ③ 防潮施設の併用

海岸林により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げない。平地が狭く、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。幅が広くても大津波に対しては海岸林効果の限界があるので、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。

これを踏まえて、県及び地方自治体は、各地域の実情に応じた津波防災のための計画を、以下のプロセスに基づき策定する必要がある。

1. 想定津波の設定（波高、周期、来襲回数等）
2. 背後地での安全レベル（期待される海岸林による減災効果）の合意
3. 海岸林の要素と構造（幅、強度、微地形、エコシステム等）、減災効果と想定津波規模の関係の評価

各地域における 1 の設定の後、自治体や住民間で 2 によりどこまでの減災効果を求めるかを決め、3 における評価を踏まえて、必要な海岸林の要素と構造を求めることができる。この評価は現地調査結果のみならず、海岸林の抵抗モデルを考慮した数値シミュレーション結果を併用して行う必要がある。対象地域を設定し、具体的な想定津波の下、海岸林の要素、幅、強度などを変え、どこまで被害を軽減できるかという減災効果の変化について示すことにより、地域の合意形成に基づく具体的海岸林整備の道筋を示すことができる。

## <参考文献>

- [1] (社) 国土緑化推進機構 森林保全・管理技術研究会, 「津波と海岸林に関する調査研究事業 (平成 22 年度調査報告書)」, 平成 24 年 1 月,  
<http://www.hozen-ken.jp/menu/2012-01tunami-mokuzi.html>
- [2] 中央防災会議, 「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震津波対策に関する専門調査会報告」, 平成 23 年 9 月 28 日,  
<http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chousakai/tohokukyokun/pdf/houkoku.pdf>
- [3] 東日本大震災に係る海岸防災林の再生に関する検討会 (事務局: 林野庁治山課), 「今後における海岸防災林の再生について」, 平成 24 年 2 月,  
<http://www.rinya.maff.go.jp/j/tisan/tisan/pdf/kaiganbousairinsaisyuuhoukoku.pdf>
- [4] 日本学術会議環境学委員会環境政策・環境計画分科会, 提言『いのちを育む安全な沿岸域形成の早期実現に向けた災害廃棄物施策・多重防御施策・生物多様性施策の統合化の緊急提言』, 2012 年 12 月 5 日.
- [5] 首藤伸夫 (1985), 「防潮林の津波に対する効果と限界」, 海岸工学講演論文集, 45, 465-469.
- [6] Tanaka, N., Sasaki, Y., Mowjood, M. I. M., Jinadasa, K. B. S. N. (2007), 「Coastal vegetation structure and their functions in tsunami protection : Experience of the recent Indian Ocean tsunami.」, Landscape and Ecological Engineering, 3, 33-45.
- [7] 原田賢治・油屋貴子・Latief. H・今村文彦 (2000), 「防潮林の津波に対する減衰効果の検討」, 海岸工学論文集, 47, 366-370.
- [8] 原田賢治・今村文彦 (2003), 「防潮林による津波減衰効果の評価と減災のための利用の可能性」, 海岸工学論文集, 50, 341-345.
- [9] 浅野敏之・藤宮祐介・伊東暖 (2007), 「樹木形態学に基づいた海岸林の津波減衰率の評価」, 海岸工学論文集, 54, 776-780.
- [10] 浅野敏之・岩塚雄大 (2006), 「森林生態学に基づいた津波防潮林の防災機能の評価」, 海岸工学論文集, 54, 1081-1085.
- [11] 飯村耕介・田中規夫・原田賢治・谷本勝利 (2010), 「樹林密度の異なる植生帯を組み合わせたときの津波軽減効果に関する研究」, 土木学会論文集 B2, 66, 281-285.
- [12] 飯村耕介・田中規夫・原田賢治・谷本勝利 (2009), 「海岸堤防と海岸樹林の組み合わせによる津波減災効果に関する数値計算」, 海洋開発論文集, 25, 69-74.
- [13] 瀬戸口修造・浅野敏之 (2009), 「海岸林を遡上する津波の減衰に関する数値シミュレーション」, 海洋開発論文集, 25, 75-80.
- [14] 原田賢治・河田恵昭 (2005), 「津波減衰効果を目的とした海岸林活用条件の検討」, 海岸工学論文集, 52, 276-280.
- [15] 浅野敏之・松元千加子・永野彩佳 (2009), 「津波防災施設としてのわが国海岸林の機能評価に関する研究」, 土木学会論文集 B2, 65, 1311-1315.

- [16] 東北森林管理局 (2011) , 宮城沿岸地区海岸林災害調査報告業務報告書.
- [17] 宮城県森林整備課, 「海岸防災林に適した植栽樹種に関する調査報告書」, 平成 24 年 3 月, <http://www.pref.miyagi.jp/uploaded/attachment/113397.pdf>
- [18] 福島県農林水産部森林計画課, 「海岸防災林の復旧について」, 平成 25 年 9 月, [http://wwwcms.pref.fukushima.jp/download/1/shinrinkeikaku\\_kankyousei-H25-morikon1-09shiryoku06.pdf](http://wwwcms.pref.fukushima.jp/download/1/shinrinkeikaku_kankyousei-H25-morikon1-09shiryoku06.pdf)
- [19] 公益財団法人「瓦礫を活かす森の長城プロジェクト」, <http://greatforestwall.com/>
- [20] 日本学術会議環境学委員会環境政策・環境計画委員会, 「宮城県仙南地域海岸林調査報告書」, 平成 25 年 12 月.
- [21] 石川幹子・大和広明・大澤啓志(2013), 「東北地方太平洋沖地震津波による海岸林の被災分析と文化的景観の特質に関する研究——宮城県仙南平野岩沼市沿岸部を対象として——」, 都市計画学会論文集 Vol. 48 No. 3, 1005-1010.
- [22] 宮城県土木部河川課, 「貞山運河再生・復興ビジョン」, 平成 25 年 5 月, <http://www.pref.miyagi.jp/soshiki/kasen/>
- [23] 農林省山林局 (1934), 「三陸地方防潮林造成調査報告書」, pp134.
- [24] 今村文彦・柳澤英明 (2006) , 「海岸植生帯の津波防災への機能-減災か被害拡大か? 特集:防災・減災に植生の機能をどう生かすか」, 自然災害科学, Vol. 25 No. 3, 264-268.
- [25] 『風俗画報 海嘯被害録中編 口絵』, 臨時増刊第百十八号, 東陽堂, 1896 年

(注 1) 「宮城県仙南地域海岸林」[20]の調査にあたっては、(独) 科学技術振興機構、社会技術開発センター (RISTEX) の「コミュニティがつなぐ安全・安心な都市・地域の創造」領域の平成 24 年度採択プロジェクトとして支援をいただいた。記して謝意を表す。

(注 2) 引用した写真は、石川幹子撮影。

脚注 1 潜在自然植生：潜在自然植生とは、ある土地の現存植生が代償植生（人為的干渉が常に加えられることによって持続している植生）である場合、それを持続させている人為的干渉が全く停止されたとき、その土地が支えることのできる自然植生をいう（環境省 環境アセスメント用語集より）。

脚注 2 林分：樹木の種類・樹齢・生育状態等がほぼ一様で、隣接する森林とは明らかに区別がつく、ひとまとまりの森林をいう。ここでは、津波から残存した海岸林の中から、20×20m のコドラートの範囲に含まれるほぼ一様な海岸林を対象に調査を行っている。

脚注 3 樹冠ギャップ：樹冠に生じた空隙のこと。

＜参考資料1＞ 東日本大震災復興支援委員会 災害に強いまちづくり分科会 審議経過  
(本提言に関する審議のあった開催会のみ)

2013年

9月13日 東日本大震災復興支援委員会 災害に強いまちづくり分科会 (第9回)  
震災復興に関する提言の骨子の審議

11月6日 東日本大震災復興支援委員会 災害に強いまちづくり分科会 (第10回)  
提言「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」の審議

2014年

1月24日 東日本大震災復興支援委員会 災害に強いまちづくり分科会 (第11回)  
メール審議  
提言「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」の審議

4月10日 東日本大震災復興支援委員会 (第8回)  
提言「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」について承認

## <参考資料2> 環境学委員会 環境政策・環境計画分科会 審議経過

2013年

- 1月16日 環境学委員会 環境政策・環境計画分科会（第22期第9回）  
海岸林の平成24年度調査に関する報告
- 3月5日 環境学委員会（第22期第9回）  
海岸林提言に関する報告と今後の方向性についての審議
- 5月8日 環境学委員会 環境政策・環境計画分科会（第22期第10回）  
分科会提言の骨子の審議
- 5月15日 環境学委員会（第22期第10回）  
環境学委員会の提言の全体像に関する審議
- 9月17日 環境学委員会及び環境政策、環境計画分科会（第22期第11回）  
「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」  
の審議
- 10月21日 環境学委員会（第22期第12回）  
「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」  
の審議
- 11月27日 環境学委員会 環境政策・環境計画分科会（第22期第12回）  
「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」  
のとりまとめ