

植物相・植物群落の変化によってとらえた防潮マツ林への東日本大震災の影響——地域文化基盤としての里山：防潮マツ林——

メタデータ	言語: ja 出版者: 公開日: 2024-04-18 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 長島, 康雄 メールアドレス: 所属:
URL	https://tohoku-gakuin.repo.nii.ac.jp/records/2000202

植物相・植物群落の変化によってとらえた 防潮マツ林への東日本大震災の影響

——地域文化基盤としての里山：防潮マツ林——

長 島 康 雄

1 はじめに

2011年3月11日、大地震と巨大津波が東日本一帯に襲来し、多くの人々の命を奪い、人々の日常、故郷を消失させた。これまで磐石だと思われてきた防潮堤は、場所によって程度の差はあるものの破壊・流失し、これまでの津波に対する防災観念が修正を迫られることになった。自然災害を防ぐことは現実的に不可能で、減災あるいは縮災という概念が登場し、様々な報告書で使われるようになった^{1), 2), 3)}。

本稿は、文化の基盤を成す自然景観、特に植生景観に着目して、防潮マツ林を「里山」として位置付けることで、その里山が、東日本大震災（以下、震災と呼称する）前後でどのような変化をしたのかを明らかにすることを目的としている。津波そして震災後に新たに造成された防潮堤によって消失した防潮マツ林がどのようなものであったかを記録に残したいと考えている。そのことが仙台湾岸域の文化形成に重要な役割を果たしてきた防潮マツ林の意義を再検討することにつながると考えている。

防潮マツ林の始まりは人が植栽したクロマツ稚樹である。植栽されたクロマツが、植物が侵入しにくい砂地環境を長い年月をかけて、改変させた。さらに鳥散布樹種が加わることでより多様性の高い立地環境としての「里山」を成立させ、人々が住みやすい環境をつくり出した。その役割が震災によって、どのように消失したかを示したい。震災前後の植生景観を比較するためには、景観を規定する植物群落の変化、植物群落を構成する植物種つまり植物相の変化と

いう2つの異なる切り口での検討が必要である。植物群落の変化は、適切な調査地を選べば比較的短期間に情報収集することができるため、既に多くの研究の蓄積がある。本稿では、これまでに筆者が報告してきた結果を引用する形で検討する。

一方、植物相の変化は、地域の植物種を識別するための高度な専門性のほか、広い範囲を地道に踏査し、植物の有無を確認するという作業が必要である。しかも、宮城県の植物相は南限・北限含めて分布限界の植物が多いこと、日本海要素植物が多数分布していること、そして仙台港を中心に帰化植物の上陸地になっていることなど、特有の問題がある。さらに、植物種によっては1年の一時期しか確認できないものもあり、結論を出すためには長期にわたる現地踏査が必要である。その困難な作業に宮城植物の会の会員有志が取り組んできた。その成果が公刊^{4), 5)}され、ようやく植物相の変化を検討するための条件が整ったのである。

なお、本稿の一部に科学研究費23K02188の研究成果が含まれている。

2 対象地域と分析方法

2-1 対象となる時空間的な範囲

東北地方太平洋沖地震津波によって防潮マツ林がどのような被害を受けたかを明らかにするために時空間的な範囲を明確にしたうえで検討を加える。図1は時間軸で整理した範囲を、図2は空間的な意味での範囲を示している。

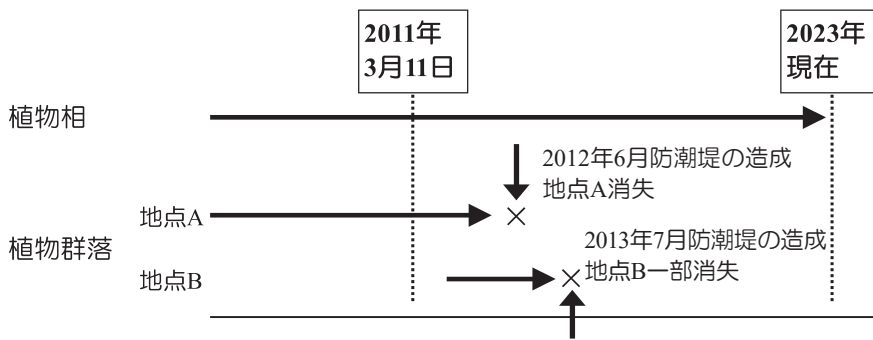


図1 分析の時間軸

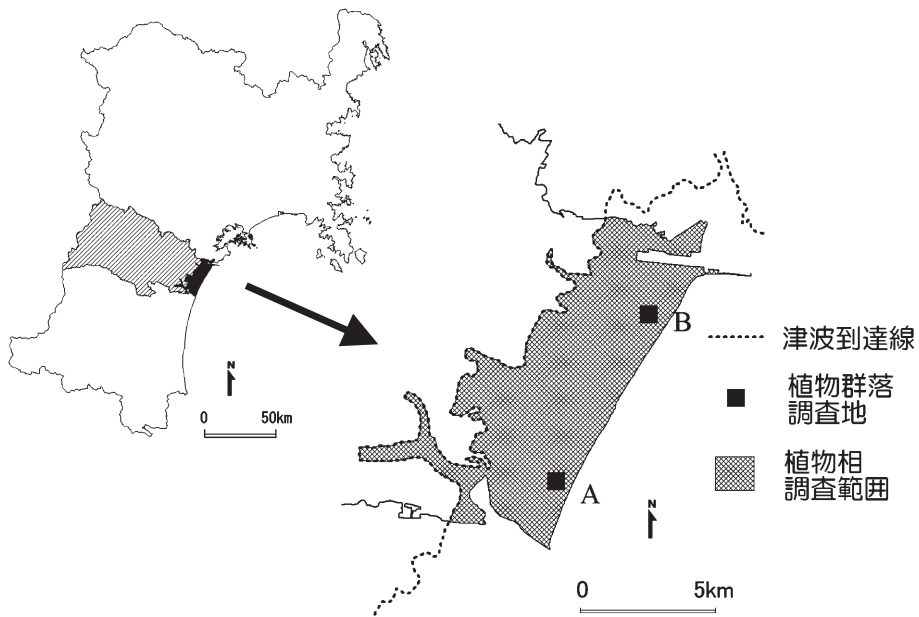


図2 分析の空間的範囲

2-2 植物相の比較

植物相の分析の範囲は図2の津波浸水エリアが対象である⁴⁾。震災前後の植物相の比較をするために2つの資料を用いた。一つは宮城県植物誌編集委員会編(2017)、宮城県野生植物目録編集チーム(2022)である^{5)、6)}。この資料は、東北大学植物園をはじめとして全国の植物園や研究機関に保存されている植物標本を用いて完成させた植物目録で、標本すべてに採集日と採

集地情報が添えられている。これをGISによってデータ化した。採集地は地名で記載されていることから、その地名から緯度・経度情報を取り出した。変換は東京大学空間情報センターが公開しているジオコーディング(アドレスマッチング)システムを用いた⁷⁾。なお、標本に記載されている採集地の情報は、標本採集者によって表現方法が異なるため一部の表現については正確な緯度経度情報を取得できなかった。

その場合は一括処理された緯度・経度の情報に加えて、国土地理院地図（電子国土web）を用いて⁸⁾、個々の標本毎に情報修正した。これにより概ね妥当と判断できる結果が得られた。

もう一つは、震災前における仙台湾岸域の植生景観を規定する重要な樹種の分布情報として、平吹（1990）を用いた⁹⁾。平吹は宮城県内全域を踏査し、宮城県の植生景観を規定する主要樹種の分布を丹念に記録している。その記録をデータ化した。

裸子植物ならびに被子植物の種名については、大橋ほか^{10), 11), 12), 13), 14)}を、シダ植物の種名については岩槻編¹⁵⁾を用いた。

2-3 植物群落の比較

植物群落の分析は図2で示した2か所を対象にした。筆者自身が現地調査を行い、報告してきた内容を、震災前後の植生景観の変化を理解するために、人と自然のかかわりという新たな視点を加えて比較検討した。

地点Aは2000年6月から11月にかけて調査を実施したもので、モニタリング調査^{16), 17)}のために設置した4つの調査区うちの1つ（面積：40×30m）である。震災前の地点Aの概況は次のとおりである。まず、波浪が到達する前浜～後浜は、ほぼ無植生で、その背後に広がる砂丘では、汀線側から頂部付近に向かってハマ

ニンク群落、コウボウムギ群落、ケカモノハシ群落、オニシバ群落などが順に配列する砂丘植生が成立している。砂丘の頂部付近から内陸側の砂丘には、植栽によって成立した防潮林でクロマツやアカマツが優占する。その中には肥料木として植栽されたニセアカシアや鳥散布樹種として侵入するサクラ類やシロダモなどの常緑樹種が認められる。仙台湾岸域で、最も胸高直径の大きいクロマツ・アカマツがみられる地域内に設置した調査区である。

甲山ほか（1985）による隣接した他個体との関係性に着目した階層区分（図3）を行った¹⁸⁾。1層木は、樹冠が林冠層の上面を形成し、近接する他個体に抑制されていない。2層木は樹冠が林冠層の上面を形成するが、近接する他個体に抑制されている。3層木は樹冠が1・2層木の樹冠と接触しているが林冠層の上面に抜け出していない。4層木は、樹冠が完全に林冠層から離れて下にある。1・2層木をあわせて林冠木、3・4層木をあわせて下層木と定義される。

樹高1.3mを超えるすべての生幹を対象として、種名、胸高直径、樹高、根元位置、萌芽や生育の状態を調べた。胸高直径はファイバークラス製の直径巻き尺、ならびに折り尺を用いて測定した。樹高は12mの測高棒を用いて10cm括約で測定した。12mを超える幹については測高程を参考にしながら目測した。

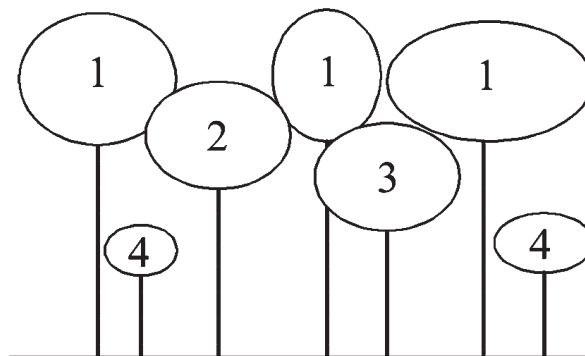


図3 甲山ほか（1985）による階層区分。図中の数字は1～4層木を示す。

地点Aでは、さらに2010年5～7月に2回目の測定を行った。図4の樹型区分（長島，2012a；長島・攝待，2012b）を当てはめた¹⁹⁾、²⁰⁾。樹型区分は、主頂芽の位置、根元位置、主幹の傾き、樹幹の広がりなどの5つに着目して区分する。基本的な樹型は被圧を受けないで成長した通直型である。高木層の一部に見られる。

通直型と斜上型を区分した基準は樹冠の下に根元位置があるかどうかである。根元位置が樹冠からはみだしている場合を斜上型とした。隣接する個体から被圧を受けることで様々な樹型に変化する。ほぼ同じ樹高の隣接個体から被圧されると、その方向のみの枝が枯れ上がる形で生じる不斉樹冠型が生じやすく、樹高の高い隣接個体からの被圧で生じる場合には主頂芽枯死型が生じやすい。幹の屈曲性と立地の良し悪しで斜上型になる場合もある。幹の屈曲性が高いと幹の途中から通直な枝を伸ばし始め、側枝から出た頂芽が最も高い位置を獲得したものをアーチ型と呼称する。不斉樹冠型や主頂芽枯死型の樹型を示す個体のうち、幹の途中から分枝する場合があります、分枝したシュートが主軸を占まわって成長したものがバヨネット型である。

アーチ型もバヨネット型も側枝から出たシュートが最も高い位置に達する点が共通する。違いは樹幹そのものの屈曲性の違いである。樹種によっては萌芽しやすい性質をもつものがあり、アーチ型・斜上型・バヨネット型などからは萌芽型の樹型に変化する。

地点Bは、震災後の2011年6月から11月にかけて実施した。津波被害後の生存木が、どのように変化するかを調査した。地点B（面積：30×30m）は南蒲生浄化センターの建物の内陸側に位置していたため、津波の物理的な力を直接的に受けなかった地点で、後述するように海水による塩害のみを受けた地点である。調査項目は地点A同様である。

3 結果

3-1 植物相の変化

表1は東日本大震災の津波浸水エリア内での震災前後の種数を比較したものである。総種数で比較すると、津波によっておよそ4割減の種数となった。特にシダ植物の種数の減り方が著しかった。震災前に同一範囲で見つかった

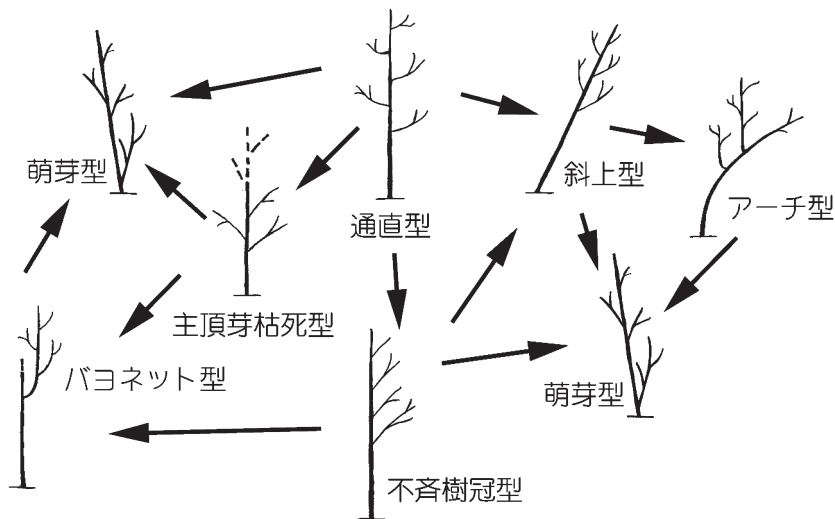


図4 植物群落内の被圧を考慮した樹型区分とその変形パターン
（長島，2012a；長島・攝待，2012b）

表1 震災前後の対象範囲の維管束植物の種数変化

	総種数	シダ植物	裸子植物	被子植物
震災前	1014	46	4	964
震災後	583	9	4	570

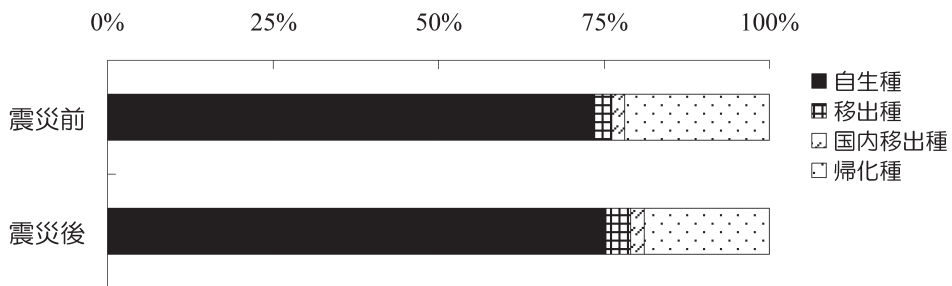


図5 震災前後の自生種・移出種・帰化種の区分 (原図)

46種が、震災後は9種しか発見されていない。図5は、震災前後の自生種・移出種・国内逸出種・帰化種の区分を示したものである。区分は宮城植物誌編集委員会(2017)の区分⁵⁾を採用した。震災前後で大きな比率の変化は認められなかった。一般に、攪乱によって裸地が広がると、その生態的な空隙に帰化種が侵入することが多いとされる²¹⁾が、東日本大震災前後の仙台湾岸周辺では、その傾向は認められなかった。自生種も帰化種も同様に津波被害を受け、種数として半減したことを示している。

表2は震災前後のシダ植物の比較をしたものである。分析対象における総種数の中で、被子植物の占める割合が高いため、全体の挙動は被子植物によるものであるが、分類群別にみると、シダ植物の種数は5分の1になっており、減少の程度が著しい。イヌドクサやワラビなど震災前には見つかっていなかった種が震災後の現地踏査の中で新たに確認され、種が入れ替わったという例もある。

また、津波あるいは海水の影響を受けている可能性を考慮して、水生植物を多く含むオモダカ科、トチカガミ科、アマモ科、ヒルムシロ科、カワツルモ科について、出現した種を抜き出したものが表3である。震災前後で10種が消失する一方で、入れ替わる形で6種の異なる種が出現していた。シダ植物のように震災後に種が激減したというような結果というよりも、むしろそれまで淡水であった立地に、津波による大量の海水が入り込んだことで違った環境が生み出され、その立地を利用する異なる種が埋土種子や移入する形で登場した可能性がある。

3-2 震災前後の主要樹種の分布

図6左は平吹(1990)による主要常緑樹種の宮城県における分布を示している⁹⁾。平吹がロードサイドセンサスの手法で分布調査を行った結果である。宮城県における震災前の植生景観を復元するための数少ない資料の1つである。図6右は、平吹の資料の中から、今回の津波浸

表2 震災前後のシダ植物（○が分布が確認されたことを示す）

科名	和名	学名	震災前	震災後	
ヒカゲノカズラ科	ホソバトウゲシバ	<i>Huperzia serrata</i> (Thunb.) Trevis. var. <i>serrata</i>	○		
	ヒカゲノカズラ	<i>Lycopodium clavatum</i> L.	○		
ミズニラ科	ミズニラ	<i>Isoetes japonica</i> A. Braun		○	
トクサ科	スギナ	<i>Equisetum arvense</i> L.	○	○	
	イヌスギナ	<i>Equisetum palustre</i> L.	○		
ハナヤスリ科	イヌドクサ	<i>Equisetum ramosissimum</i> Desf.		○	
	オオハナワラビ	<i>Botrychium japonicum</i> (Prantl) Underw.	○		
	アカハナワラビ	<i>Botrychium nipponicum</i> Makino	○		
	アカハナワラビ	<i>Botrychium nipponicum</i> Makino	○		
	フユノハナワラビ	<i>Botrychium ternatum</i> (Thunb.) Sw.	○		
ゼンマイ科	ゼンマイ	<i>Osmunda japonica</i> Thunb.	○	○	
コバノイシカグマ科	ワラビ	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn		○	
イノモトソウ科	オオバノイノモトソウ	<i>Pteris cretica</i> L.	○		
チャセンシダ科	トラノオシダ	<i>Asplenium incisum</i> Thunb.	○		
ヒメシダ科	ミゾシダ	<i>Stegogramma pozoi</i> (Lag.) K. Iwats. ♂ subsp. <i>mollissima</i> (Fisch. ex Kunze) K. Iwats.	○		
	ハリガネワラビ	<i>Thelypteris japonica</i> (Baker) Ching	○	○	
	アオハリガネワラビ	<i>Thelypteris japonica</i> (Baker) Ching f. <i>viridescens</i> (Makino) H. Itô	○		
	ヒメシダ	<i>Lastrea thelypteris</i> (L.) Bory	○	○	
	ミドリヒメワラビ	<i>Thelypteris viridifrons</i> Tagawa	○		
コウヤワラビ科	クサソテツ	<i>Matteuccia struthiopteris</i> (L.) Tod.	○		
	コウヤワラビ	<i>Onoclea sensibilis</i> L. var. <i>interrupta</i> Maxim.	○	○	
	イヌガンソク	<i>Onoclea orientalis</i> (Hook.) Hook.	○		
シシガシラ科	シシガシラ	<i>Blechnum nipponicum</i> (Kunze) Makino	○		
メシダ科	イヌワラビ	<i>Athyrium nipponicum</i> (Mett.) Hance	○		
	サトメシダ	<i>Athyrium deltoideifrons</i> Makino	○		
	ヤマイヌワラビ	<i>Athyrium vidalii</i> (Franch. et Sav.) Nakai	○		
	ヘビノネゴザ	<i>Athyrium yokoscense</i> (Franch. et Sav.) H. Christ	○		
	ホソバシケンダ	<i>Deparia conilii</i> (Franch. et Sav.) M. Kato	○		
	シケンダ	<i>Deparia japonica</i> (Thunb.) M. Kato	○		
	オンダ科	リョウメンシダ	<i>Arachniodes standishii</i> (T. Moore) Ohwi	○	
		ヤマヤブソテツ	<i>Cyrtomium fortunei</i> J. Sm.	○	
		テリハヤブソテツ	<i>Cyrtomium laetevirens</i> (Hiyama) Nakaïke	○	
		ヤマイタチシダ	<i>Dryopteris bissetiana</i> (Baker) C. Chr.	○	
オシダ		<i>Dryopteris crassirhizoma</i> Nakai	○		
ベニシダ		<i>Dryopteris erythrosora</i> (D. C. Eaton) Kuntze	○	○	
トウゴクシダ		<i>Dryopteris nipponensis</i> Koidz.	○		
ミヤマイタチシダ		<i>Dryopteris sabae</i> (Franch. et Sav.) C. Chr.	○		
タニヘゴ		<i>Dryopteris tokyoensis</i> (Makino) C. Chr.	○		
オクマワラビ		<i>Dryopteris uniformis</i> (Makino) Makino	○		
イヌイワイタチシダ	<i>Dryopteris saxifraga</i> H. Ito	○			
フジオシダ	<i>Dryopteris x watanabei</i> Sa. Kurata	○			
ナンゴクナライシダ	<i>Leptorumohra fargesi</i> (H. Christ) Nakaïke et A. Yamam.	○			
ホソバナライシダ	<i>Leptorumohra miqueliana</i> (Maxim. ex Franch. et Sav.) H. Itô	○			
アイアスカイノデ	<i>Polystichum longifrons</i> Kurata	○			
ツヤナシノデ	<i>Polystichum ovatopaleaceum</i> (Kodama) Sa. Kurata var. <i>ovatopaleaceum</i>	○			
イワシロイノデ	<i>Polystichum ovatopaleaceum</i> (Kodama) Sa. Kurata var. <i>coraiense</i> Sa. Kurata	○			
ジウモンシダ	<i>Polystichum tripterum</i> (Kunze) C. Presl	○			
ウラボシ科	ノキシノブ	<i>Lepisorus thunbergianus</i> (Kaulf.) Ching	○		

水エリアに含まれる範囲の樹種を抜き出したものである。

震災前の七北田川、名取川の河川敷では常緑樹種が侵入し、分布拡大の傾向を示していたが、津波の塩害によってその多くが枯死した。

筆者が2023年5月に図2で示した範囲で確認したところシロダモ、ツバキを見出すことができた。その一方で、アラカシ、アカガシ、シラカシは確認できなかった。

表3 震災前後の水生物植物（○が分布が確認されたことを示す）

科名	和名	学名	震災前	震災後
オモダカ科	ヘラオモダカ	<i>Alisma canaliculatum</i> A.Braun et C.D.Bouché	○	
	サジオモダカ	<i>Alisma plantago-aquatica</i> L. var. <i>orientale</i> Sam.		○
	オモダカ	<i>Sagittaria trifolia</i> L.	○	
トチカガミ科	ヤナギスプタ	<i>Blyxa japonica</i> (Miq.) Maxim. ex Asch. et Gürke	○	
	サガミトリゲモ	<i>Najas chinensis</i> N.Z.Wang		○
	クロモ	<i>Hydrilla verticillata</i> (L.f.) Royle	○	
	イトトリゲモ	<i>Najas gracillima</i> (A.Braun ex Engelm.) Magnus		○
	トチカガミ	<i>Hydrocharis dubia</i> (Blume) Backer	○	
	トリゲモ	<i>Najas minor</i> All.	○	○
	ミズオオバコ	<i>Ottelia alismoides</i> (L.) Pers.	○	○
	コウガイモ	<i>Vallisneria denseserrulata</i> (Makino) Makino	○	
	セキシヨウモ	<i>Vallisneria natans</i> (Lour.) H.Hara	○	
アマモ科	アマモ	<i>Zostera marina</i> L.	○	
ヒルムシロ科	イトモ	<i>Potamogeton berchtoldii</i> Fieber	○	○
	エビモ	<i>Potamogeton crispus</i> L.		○
	ヒルムシロ	<i>Potamogeton distinctus</i> A.Benn.	○	○
	オヒルムシロ	<i>Potamogeton natans</i> L.	○	
	カモガワモ	<i>Potamogeton x kamogawaensis</i> Miki	○	
	ツツイトモ	<i>Potamogeton pusillus</i> L.		○
カワツルモ科	カワツルモ	<i>Ruppia maritima</i> L.		○

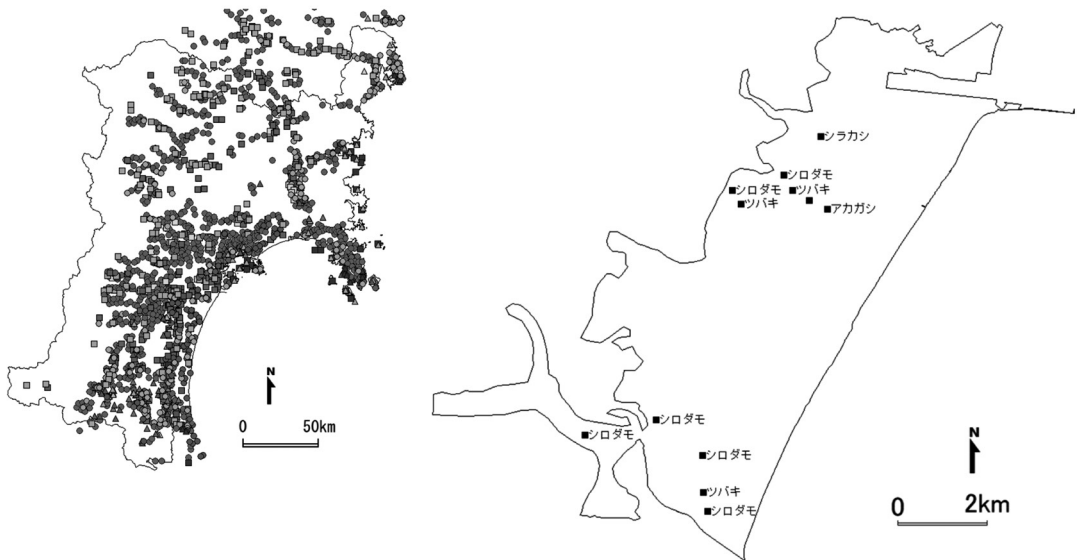


図6 対象範囲における震災前の主要常緑樹種の分布（平吹，1990に加筆修正）

3-3 地点Aにおける植生構造の変化

図7は、津波前後の地点Aにおける立木位置（5mを超える幹位置）を、表4は5mを超える樹木の種組成を示している。立木位置の比較からは、根元位置の空間配置的な影響は認めにくく調査範囲全域で根系が引き抜かれる形で消失していた。地点Aは、仙台湾岸域の中では防潮マツ林の被害の少ない場所であったが、胸高断面積合計の点で、およそ津波前の26%にまで、本数では36%まで減少していた。

樹種の比較では、津波前が19種類、津波後が12種類となった。6割以上の樹種はそのまま残存していたことになる。消失した樹種はクリ、アカガシ、オオシマザクラ、アカシデ、イヌシデ、ミズキ、ノリウツギである。津波被害前から個体数が少なかった樹種が消失した。内陸側あるいは海側に流失したと考えられる。

3層木ならびに4層木の樹種で注目すべき点は、長島・攝待（2013）において指摘したアカガシ、シロダモといった常緑広葉樹が著しい被害を受け

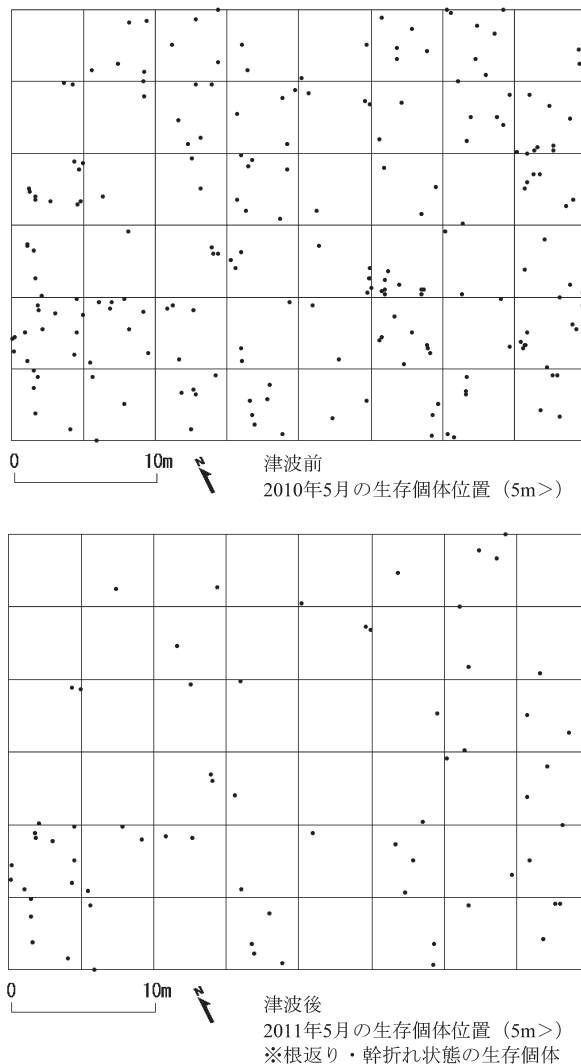


図7 津波前後の地点Aの立木位置（5mを超える幹位置）（長島・攝待，2013）

表4 地点Aの5mを超える樹木の組成変化（長島・攝待，2013）

和名	葉型	津波被害前		津波被害後	
		胸高直径 断面積合計 (cm ² /ha換算)	本数 (本/ha換算)	胸高直径 断面積合計 (cm ² /ha換算)	本数 (本/ha換算)
植栽マツ	常緑針葉	442091.6	616.7	103687.9	150.0
ハンノキ	落葉広葉	11265.2	83.3	10699.2	66.7
コナラ	落葉広葉	7812.6	216.7	4216.2	91.7
ヤマザクラ	落葉広葉	7505.1	133.3	3793.4	66.7
クリ	落葉広葉	4364.9	16.7	—	—
ウワミズザクラ	落葉広葉	3202.9	108.3	887.9	33.3
カスミザクラ	落葉広葉	2426.8	50.0	1153.5	33.3
アカガシ	常緑広葉	2298.9	33.3	—	—
シロダモ	常緑広葉	1890.7	41.7	120.7	3.0
ヌルデ	落葉広葉	1078.5	33.3	858.4	25.0
オオシマザクラ	落葉広葉	1076.5	16.7	—	—
ナラガシワ	落葉広葉	1026.3	25.0	1026.3	25.0
アカシデ	落葉広葉	876.4	16.7	—	—
ガマズミ	落葉広葉	791.5	8.3	791.5	8.3
イヌシデ	落葉広葉	755.0	25.0	—	—
ミズキ	落葉広葉	644.4	16.7	—	—
ヤマウルシ	落葉広葉	475.0	16.7	311.4	8.3
コバノネリコ	落葉広葉	347.2	25.0	110.0	8.3
ノリウツギ	落葉広葉	176.9	8.3	—	—
	合計	490106.3	1491.7	127656.3	519.7

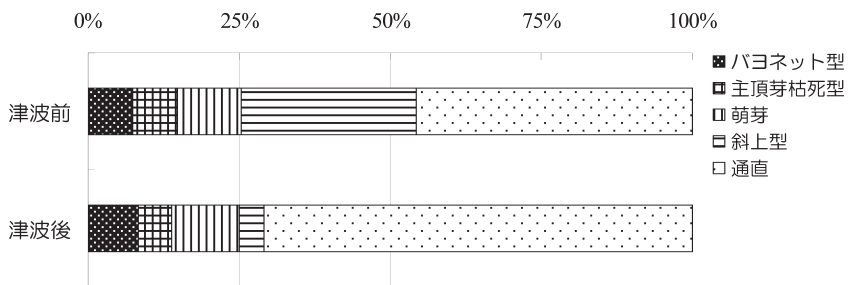


図8 地点Aの樹型区分（長島・攝待，2013）

ている²⁾という点である。アカガシは全個体が流失もしくは枯死，シロダモは，全滅は免れたものの，津波前に比べて胸高断面積合計の点で6%，本数でも7%にまで減じている。落葉広葉樹に比べて，消失あるいは枯死の割合が高い。

図8は，津波前後で比べた樹高5mを超える樹木の樹型区分を示したものである。津波前は45%が通直型を示す一方で，津波後は70%となった。著しく通直型の割合が高くなってい

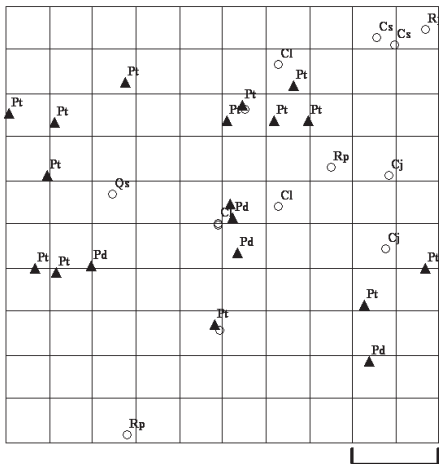
る。津波に一番耐えることができたのは通直に立木していた樹木であった。津波前は斜上型が20%前後までの割合を示しているが，津波後は5%以下にまで比率を下げた。これは津波被害の物理的な力の影響を反映していると考えられる。斜上型を示す個体は，不安定な状態で立木しているため，横からの津波の力に対して耐性が低かったと考えられる。図8の結果は，それを示唆する。

3-4 地点Bにおける毎木調査

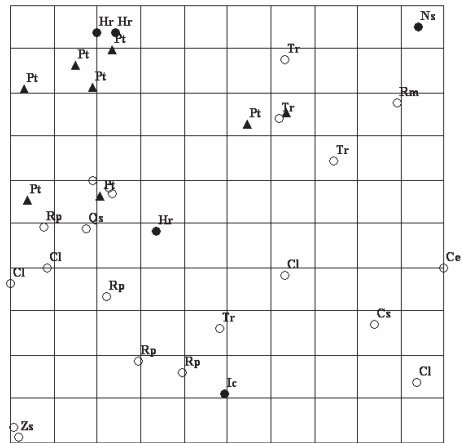
図9が調査地点の樹木の位置を示している。階層構造に着目すると、上層木として、1層木では植栽されたクロマツとアカマツが優占した。2層木にはクロマツ、アカマツに加えて鳥散布種子植物であるカスミザクラを始めとするサクラ類、ならびに肥料木として植栽された外来樹

のハリエンジュが優占した。下層木としては、3層木では個体数の点ではツタウルシが卓越するが、胸高断面積合計では、ガマズミ、ムラサキシキブ、ウメモドキといった落葉低木樹種が優占した。4層木には多くの樹種が出現した。3層木で指摘した落葉広葉樹種に加えて、シロダモ、ネズミモチ、イヌツゲなどの常緑広葉樹が出現した。

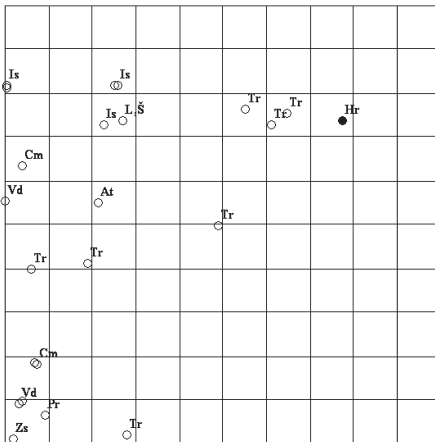
1層木



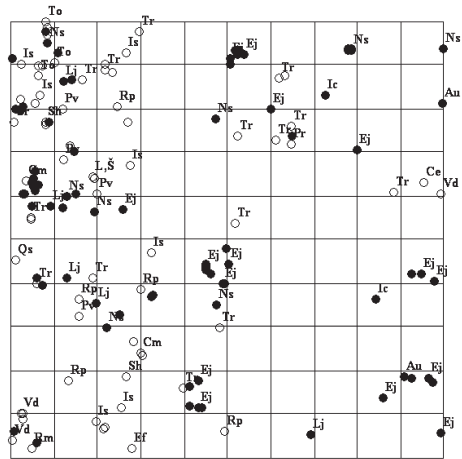
2層木



3層木



4層木



Aj	ハンノキ	Cl	カスミザクラ	Lj	ネズミモチ	Pr	サワグルミ	Rt	ヤマウルシ
At	ミツバアケビ	Cs	オオシマザクラ	Lo	スイカズラ	Pt	クロマツ	Sh	イワガラミ
Au	アオキ	Ej	ヒサカキ	Ns	シロダモ	Qs	コナラ	Tr	ツタウルシ
Ca	ムラサキシキブ	Hr	キツタ	Pd	アカマツ	Rm	ノイバラ	Vd	ガマズミ
Ce	エノキ	Ic	イヌツゲ	Po	ケカマツカ	Rp	ハリエンジュ	Zs	イヌザンショウ
Cj	ヤマザクラ	Is	ウメモドキ						

図9 樹木の位置 ○落葉広葉樹, ●常緑広葉樹, ▲常緑針葉樹 (長島・攝待, 2016)

表5が地点Bにおける毎木調査の結果²³⁾である。胸高断面積合計の「+」は0.01以下の数値であったことを示している。地点Bは、南蒲生浄化センターの建物によって津波による物理的な圧力を受けなかったことから、地点Bでは津波による倒木や幹折れなどは見られなかった。また、クロマツ、アカマツともに緑色の着葉が認めることができた。胸高断面積合計で評価すると、クロマツが全体の64%を占め、次いでアカマツの9%、肥料木として植栽された外来樹のハリエンジュの8%であった。植栽され

た3種で全体の8割以上の胸高断面積合計となった。次いで、オオシマザクラ、カスミザクラ、ヤマザクラなどのサクラ類、ついでコナラ、ハンノキの順となった。常緑樹で最も大きな数値を示したのはシロダモであった。

調査を開始した6月の段階では、塩害の影響で4層木の常緑樹の葉が褐色化し、次々に落葉していった。記録は枯死と判定していたが、9月に入って状況が変わった。根元付近から次々と萌芽した。枯死と判定した記録を修正する必要が生じた。それを模式的に示したのが図10である²³⁾。

表5 地点Bにおける毎木調査結果（長島・攝待, 2016）

和名	葉型	幹数 (0.25ha換算)		胸高断面積合計 (0.25ha換算)		和名	葉型	幹数 (0.25ha換算)		胸高断面積合計 (0.25ha換算)	
		本	(%)	cm ² /0.25ha	(%)			本	(%)	cm ² /0.25ha	(%)
クロマツ	常緑針葉	92	8.85	69817.8	64.08	ウメモドキ	落葉広葉	52	5.00	124.0	0.11
アカマツ	常緑針葉	16	1.54	10404.5	9.55	エノキ	常緑広葉	8	0.77	119.2	0.11
ハリエンジュ	落葉広葉	64	6.15	8994.8	8.25	ガマズミ	落葉広葉	36	3.46	79.7	0.07
カスミザクラ	落葉広葉	28	2.69	6855.2	6.29	ヤマウルシ	落葉広葉	28	2.69	56.4	0.05
オオシマザクラ	落葉広葉	12	1.15	5583.5	5.12	ノイバラ	落葉広葉	12	1.15	40.9	0.04
ヤマザクラ	落葉広葉	8	0.77	2868.5	2.63	ケカマツカ	落葉広葉	36	3.46	36.5	0.03
コナラ	落葉広葉	24	2.31	1363.5	1.25	イヌザンショウ	常緑広葉	8	0.77	36.2	0.03
ハンノキ	落葉広葉	8	0.77	751.8	0.69	サワグルミ	落葉広葉	8	0.77	29.0	0.03
シロダモ	常緑広葉	88	8.46	514.5	0.47	アオキ	常緑広葉	16	1.54	20.0	0.02
イヌツゲ	常緑広葉	16	1.54	339.2	0.31	ミツバアケビ	落葉広葉	12	1.15	15.6	0.01
ツタウルシ	落葉広葉	152	14.62	283.4	0.26	イワガラミ	落葉広葉	8	0.77	6.3	0.01
ヒサカキ	常緑広葉	156	15.00	261.8	0.24	キツタ	常緑広葉	16	1.54	3.9	+
ムラサキシキブ	落葉広葉	28	2.69	218.9	0.20	スイカズラ	落葉広葉	48	4.62	3.8	+
ネズミモチ	常緑広葉	60	5.77	133.5	0.12	合計		1040	100	108962.3	100

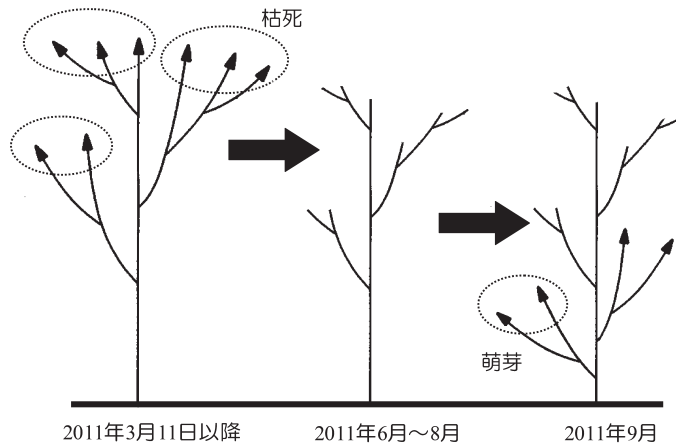


図10 地点Bにおける4層木の常緑樹の萌芽（長島・攝待, 2016）

4 考察

4-1 津波による倒木・塩害の過程

図11は、防潮マツ林の中の樹木が受けた被害を模式的に示したものである。後述するように震災の発生した時期が、様々な点で植生景観に影響を及ぼす樹種に対して影響していたと考えられる。一例をあげる。常緑広葉樹は年間を通して着葉している。着葉していることが海水への抵抗を大きくしたために津波による物理的な大きな負荷がかかったと考えられる。一方落葉樹は津波発生時、葉の展開前であったため津波

による物理的な圧力は幹や枝のみで受けたことになる。津波の物理的な力は小さくなったと推察される。

長島・攝待(2012)では、人為的な影響について全く検討しなかった²⁴⁾が、防潮マツ林の成立が人の手によるものであること、さらには、マツノザイセンチュウによる松枯れ現象が防潮マツ林の被害にも少なからず影響していたことを考慮する必要がある。実際に震災前の仙台湾岸域のマツ林の中に、1 m程度の長さにとろえて伐採されたマツ材にビニール袋をかぶせた状態で放置されていたことから、このマツ廃材が

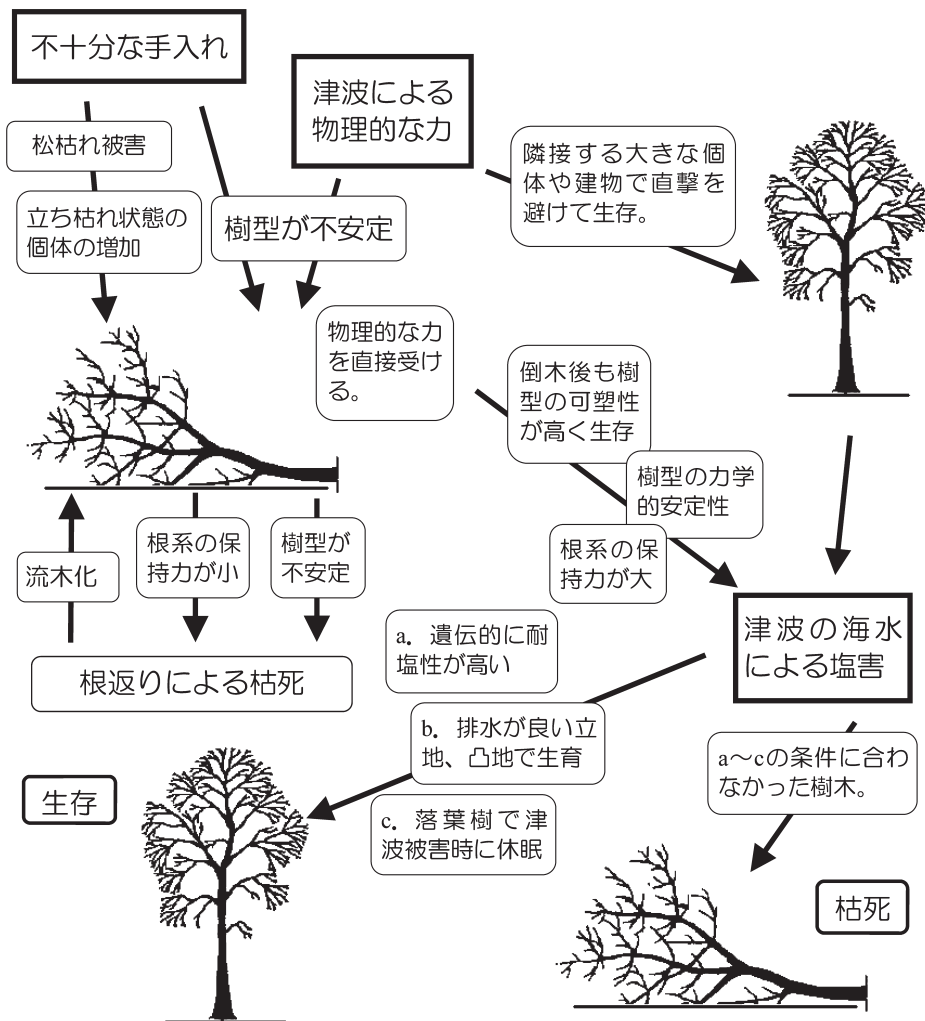


図11 津波による樹木の被害模式図 (長島・攝待, 2012を修正)



図12 植栽マツ林内に設置された伐倒燻蒸（出雲市農林水産部森林政策課，2023）

津波発生時にいち早く流木化し、それが玉突きのように周囲のマツに衝突してドミノ倒しのような事象も想定される。図12は伐倒駆除を例示したもので、松枯れ病の原因となるマツノザイセンチュウを媒介するマツノマダラカミキリ幼虫を薬剤によって駆除している様子²⁵⁾である。被害を食い止めるために各地で取り組まれている。伐倒駆除の対象になるのは、その多くが植栽マツの中でも老木、大木であることが多いため、震災による津波発生によって流木化すれば大きな破壊力をもったことは想像に難くない。

また、津波が防潮マツ林に与えた被害を見積もる際にも人為的な影響を考慮に入れる必要があるが、これまでの研究ではほとんど検討されていない。地点A、Bともに人命救助・行方不明者捜索のための小型重機が、防潮マツ林の被害調査よりも早い段階で行われていた。これまでの研究では、幹折れや根返りなどの被害が一括して津波によるものと仮定して議論されてきたが、実際には小型重機によるものも相当数含まれている。これらの評価は今となっては難しいが、無視できるものではないことを指摘しておきたい。

4-2 震災の時期と植生景観

常緑広葉樹の挙動を考えるためには、常緑樹と落葉樹の違いを押さえておく必要がある。常

緑樹なのか落葉樹なのかは厳密には連続的である。葉が開く時期と落ちる時期の時間的な前後関係で決まるとされる²⁶⁾。落葉期が次の開葉期より先になれば、一定期間、葉を着けない時期があるため落葉樹になる。一方で、葉の寿命が1年以上の樹種で、開葉期が落葉期より早く、当該年度と前年度の葉が重なれば、着葉のない時期が存在しないことになり、これが常緑樹となる。

日本の常緑広葉樹の葉の寿命は1～10年程度の幅があるという²⁷⁾。河原（1988）によれば、同じ常緑広葉樹であってもクスノキやシラカシは4～6月にかけて新しい葉が出始めるのと交代に1週間程度で古い葉と入れかわるパターンを示す一方、アラカシやタブノキは完全に入れかわるのではなく2～3年経過した古い葉が順次入れ替わるパターンを示すとされる²⁸⁾。さらに立地環境の適不適によって葉そのものの寿命が異なるため、常緑広葉樹の葉の挙動は一層複雑になる。

2011年の津波直後の4月中旬から5月中旬にかけて落葉広葉樹は開芽を始めた。特に被害を受けた東北地方沿岸部各地でソメイヨシノが薄いピンク色の花を付けたことは、ニュースなどでも度々取り上げられ、被災した地域住民の励ましになった。サクラだけではなく津波が到達した範囲でもケヤキなどが展葉した。しかしながら、常緑広葉樹は5月下旬になっても頂芽や

葉が次々に茶変し、枝を折っても褐色化しており、枯死と判定せざるを得なかった。しかし9月中旬になって様相が一変した。常緑広葉樹の根元付近から多くの徒長枝が伸び始めたのである。頂芽が活発に成長しているときには、側芽は休眠芽となるが、頂芽を除去すると休眠芽が成長を始める。津波被害で頂芽が枯死したことで休眠芽が活動を開始し、徒長枝を伸ばし始めたと考えられる。

図13は、上記の9月からの常緑樹の挙動を説明するためのもので、2010年から2012年にかけての落葉広葉樹と常緑広葉樹の展葉状況を模式的に示したものである。常緑樹の葉の寿命を2年間に想定して作成した。落葉広葉樹が津波被害を受けにくかった理由は、落葉広葉樹の場合、葉の落葉期と開葉期の間に2011年3月がはさまれる形になっている点である。サクラなどの落葉樹が葉を広げるのは4月中旬から下旬にかけてである。3月11日の津波の襲来時は、冬芽によって守られていた時期に相当し、直接的に葉が塩分に暴露されることがなかったと考えられる。一方で、常緑広葉樹の場合は、2010年

の夏過ぎに開葉していた葉が全て塩分に曝された。また、既に光合成を開始していた葉は根からも塩分を取り込む形となった。これが枯死の原因と考えられる。2011年の9月中旬が、次の展葉期を迎えるタイミングに相当した。これによって根元付近から2011年以降の光合成を担う葉の展葉が始まり、多くの休眠芽が活動を開始し、それが徒長枝を伸ばしたと推察される。

4-3 防潮マツ林の津波の減衰効果

図14は川辺ほか(2012)が航空写真ならびに上空から撮影した動画を解析して津波の動態を矢印で示したものである²⁹⁾。川辺らは、仙台平野では、おおむね東から西に向かって河川を逆流遡上し、次いで砂丘を超えて陸地に侵入し、河川からあふれながら内陸側に進んでいくこと、陸地内でも用水路や道路沿いに侵入しやすいこと、障害物がない水田では流路を変えずに直進するのに対し、建物や樹林などの障害物があると、津波は障害物にぶち当たった後障害物のない方向へ障害物を避けて進んでいくことを指摘している。筆者らが調査を行った地点Aは

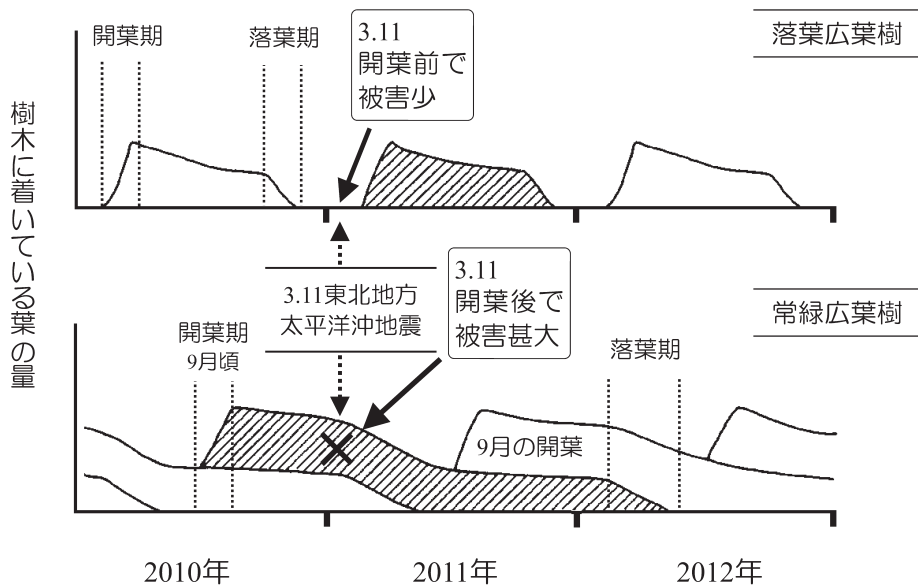


図13 2010年から2012年にかけての落葉樹と常緑樹の展葉模式図
(長島・攝待, 2016に加筆修正)

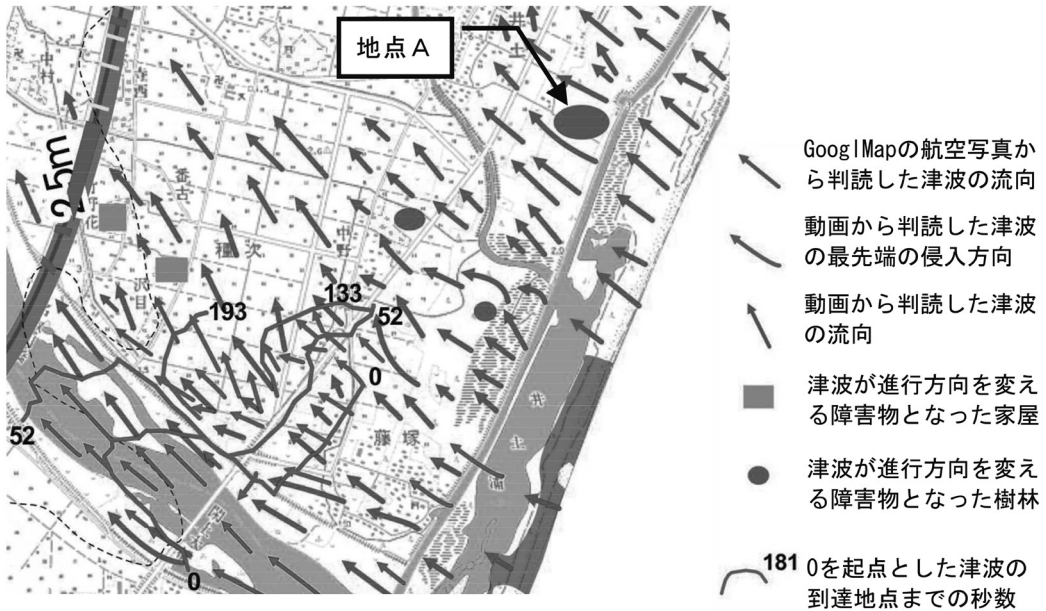


図14 調査地周辺における津波の侵入経路と障害物の影響（川辺ほか，2012に加筆）

仙台平野で最も胸高直径の大きなクロマツが見られた場所であり、津波の進行を妨げる障害物として防災機能を発揮していたことが川辺らによって確認された²⁹⁾。

田中（2013）は東北地方太平洋地震津波で海岸林が果たした減災効果を広く収集している³⁰⁾。そのいくつかを例示すると、青森県八戸市市川町では6mを超える津波に襲われ、20隻を越える船が海岸防災林をなぎ倒したが、船は林帯で捕捉され、背後の住宅地への侵入が阻止されたこと、そして背後の住宅地も3m以上の深さまで浸水したが、流失は免れたという。また、岩手県普代村では、防潮堤を超える15m以上の津波に襲われたため、防潮堤の海側にある海岸防災林は壊滅的被害を受けたが、内側の海岸防災林が浮遊物を捕捉、市街地への被害を減衰したことを報告している。もちろん、全ての場合で、防災機能を発揮できたわけではない。重要なことは適切な維持管理で、その防災機能を最大限発揮できるように手入れを行っていくことなのである。

4-4 「里山」としての防潮マツ林

景観生態学では、景観構成要素として次の3つの概念を用いて分析を行う³¹⁾。内部が均質だと認識できる最小の空間単位のうち、面として把握されるもの（例えば、森林や草地）が、パッチ（patch）であり、線として把握されるもの（例えば、河川や並木）が、コリドー（corridor:生態的回廊）である。さらに、パッチやコリドーを浮かび上がらせる背景となる空間、例えば広大な森林や草原・耕作地がマトリックス（matrix）である。この概念によって、どのような空間スケールであっても、景観のパターンが記述できるようになったとしている。

日本の農村地域の代表的な「景観」の一つである「里山」は、山地の森林、平地の森林、草地、河川、ため池、用水路、耕作地、宅地などが入れ子のように、モザイク状に配置されることで形成されている。防潮マツ林も仙台沿岸部の水田、河川とつながる「里山」の一部としてとらえることができる。今回取り上げた防潮マツ林は、仙台湾域におけるコリドーとして役割

を果たしていたことが推察される。海岸線に平行に広がる防潮林は、様々な動植物の移動、あるいは種子供給源としての機能を果たしてきたからである。その内容の一部を本稿において明らかにした。図15はそれを模式的に示したものである。

私たちは自然から様々な恩恵を受けて生活しているが、その恩恵を生態系サービスと呼んでいる。私たちが必要とする資材や食料などを提供してくれるサービスが「供給サービス」、楽しみや癒しを与えてくれるサービスが「文化サービス」、生態系過程を通して、河川に流れ出す水の量を調節したりするなど環境を調整するサービスが「調整サービス」であり、さらに植物の光合成によって自己形成される有機物はそれを利用する全ての動物の食物を提供するだけではなく、生物が必要な酸素を供給したり、豊かな土壌を形成したりする。これが「基盤サービス」である。海岸防潮林は、これらすべての生態系サービスに貢献している。

植栽されたマツは、海岸周辺の景観形成に大きく寄与してきたし、沿岸部の農業を成立させるための潮害、塩害を防いできた。また、山菜として利用可能なシダ植物やキノコ類を提供してきた。様々な生態系サービスを提供してきたのである。

5 おわりに

本稿を結ぶにあたり2点指摘したい。第1点は、仙台湾防潮マツ林の保全に関する東北学院大学の貢献である。本学教員の平吹嘉彦氏をリーダーとする「南蒲生／砂浜海岸エコトーンモニタリングネットワーク」の献身的な活動により、津波被害を受けた防潮マツ林の一部が残されることになった。この意義は大変大きい。筆者がかかわった調査地は震災復興のための防潮堤、海岸林造成事業の下で消失してしまったが、平吹氏らの働きかけが関係機関を動かし、津波被害を受けた動植物・地形などが、今後ど

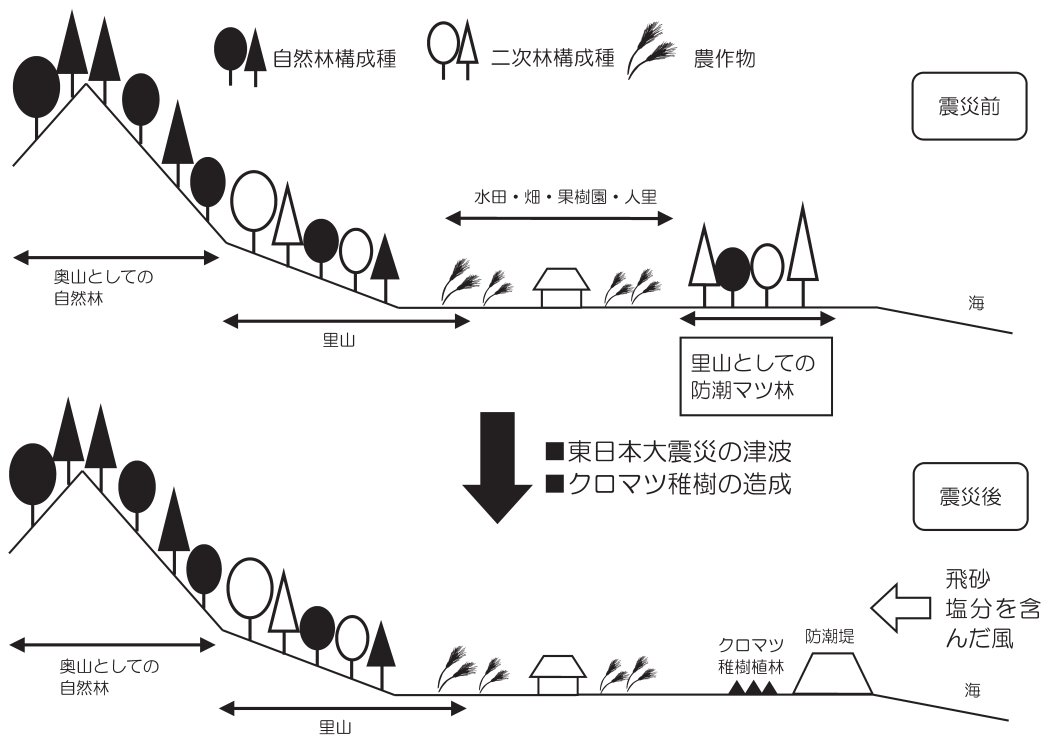


図15 里山としての防潮マツ林の消失

のように変化していくのかを、一部の限られた範囲ではあるが追跡調査できるようになった。地域貢献としての役割はもちろん、南海トラフ巨大地震のような日本各地で起こりうる巨大災害への貴重な情報を収集できる体制が整えられたのである。

第2点は東日本大震災からの教訓である。自然環境は、人間の文化にさまざまな影響を与えている。例えば、海が近くに位置すれば、漁業や海洋文化が発展し、それが地域の特色となる。盆地であればその気候を生かした果物栽培が行われ、その地域の食文化や伝統に反映される。特定の地域の気候、土壌、植生は、その地域における農業や漁業に影響を与える。栽培可能な作物の種類、作物の生産量、どのような種類の漁獲が可能なのかなどに影響を与えている。さらに得た食材を使った調理を通して、地域の文化と食事習慣に影響し、特定の料理や食材が発展することで、様々な地域文化を生み出すことになる。地域の自然環境は、自然災害のリスクにも影響を与える。洪水、地震、台風などの自然災害は、人々の生活、建築、災害対応の方法に大きな影響を与え、特にその地域の建築物に影響を及ぼす。その意味で、文化は自然災害への備えという意味で伝統的な知恵を生み出している。

寺田寅彦は、「天災と国防」の中で、「重力に逆らい、風圧水力に抗するような色々の造営物を作った。そうしてあつぱれ自然の暴威を封じ込めたつもりになっていると、どうかした拍子に機を破った猛獣の大群のように、自然が暴れ出して高樓を倒潰せしめ、堤防を崩壊させて人命を危くし財産を亡ぼす。その災禍を起こさせたもとの起りは天然に反抗する人間の細工であると言っても不当ではないはずである。」と述べている³²⁾。

科学技術が進歩すれば、自然災害への備えが万全となり、かつてのような惨事は避けられると考えがちである。治水技術によって水害を防ぎ、治山技術を高めていくことで土砂崩れを防ぐことができているかという点、実際に近年頻発する集中豪雨では、河川の氾濫や土砂災害に

よる被害が大きくなっている。別の言い方をすれば、科学技術を過信することで、むしろ災害に弱くなっている側面がある。防潮マツ林の機能を検討することを通して、自然から学ぶ³³⁾こともまた必要である。本稿がその一助となることを望みたい。

引用文献

- 1) 河田恵昭. 2019. 今後の防災・減災・縮災を考える. 消防科学と情報. 第123号. p10-20.
- 2) 河田恵昭. 2019. 「平成の終わりに⑤ 大災害から学んだ縮災対策」(視点・論点), NHK 視点・論点. NHK. <https://www.nhk.or.jp/kaisetsu-blog/400/316241.html> (2023. 8. 25閲覧)
- 3) 内閣府. 2016. 減災の手引き. 12pp. <https://www.bousai.go.jp/kyoiku/keigen/gensai/pdf/tebiki.pdf>. (2023. 8. 25閲覧)
- 4) 関本義秀・西澤明・山田晴利・柴崎亮介・熊谷潤・樫山武浩・相良毅・嘉山陽一・大伴真吾. 2013. 東日本大震災復興支援調査アーカイブ構築によるデータ流通促進, GIS-理論と応用. 第21巻, 2号. p87-95. <https://doi.org/10.5638/thagis.21.87>. (2023. 8. 25閲覧)
- 5) 宮城県植物誌編集委員会編. 2017. 宮城県植物誌. 370pp. 宮城植物の会
- 6) 宮城県野生植物目録編集チーム. 2022. 宮城県野生植物目録2022. 152pp. 宮城植物の会
- 7) 東京大学空間情報科学研究センター. 位置参照技術を用いたツールとユーティリティ. CSV アドレスマッチング. <https://geocode.csis.u-tokyo.ac.jp/> (2023. 6. 20閲覧)
- 8) 国土地理院. 電子国土 web. <https://maps.gsi.go.jp> (2023. 6. 20閲覧)
- 9) 平吹嘉彦. 1990. 森林帯の主要構成常緑樹11種の宮城県における分布状況. p59-87. 宮城県における地域自然の基礎的研究
- 10) 大橋広好・門田裕一・邑田仁・米倉浩司・木原浩. 2015. 日本の野生植物. 第1巻. 391pp. 平凡社
- 11) 大橋広好・門田裕一・邑田仁・米倉浩司・木原浩. 2016a. 日本の野生植物. 第2巻. 384pp. 平凡社
- 12) 大橋広好・門田裕一・邑田仁・米倉浩司・木原浩. 2016b. 日本の野生植物. 第3巻. 338pp. 平凡社
- 13) 大橋広好・門田裕一・邑田仁・米倉浩司・木原浩. 2017. 日本の野生植物. 第4巻. 348pp. 平凡社

- 14) 大橋広好・門田裕一・邑田仁・米倉浩司・木原浩. 2017. 日本の野生植物. 第5巻. 474pp. 平凡社
- 15) 岩槻邦男編. 1992. 日本の野生植物. シダ編. 311pp. 平凡社
- 16) 平吹喜彦・長島康雄・横沢秀夫・大柳雄彦. 2002. 仙台湾海浜県自然環境保全地域の植生：モニタリングのための基礎調査, 仙台湾海浜県自然環境保全地域学術調査報告書, p43-66, 宮城県
- 17) Hirabuki Yoshihiko・Nagashima Yasuo. 2002. Invasion of endozoochorous woody species into old-growth Pinus-plantation on seaside sand dunes. Saito Ho-on Kai Mus. Nat. Hist., Res. Bull., 68: 29-38
- 18) 甲山隆司・坂本圭児・小林達明・渡辺隆一. 1985. 小楊子川流域の照葉樹原生林における林木群集の構造. 屋久島の自然. p 379-396. 日本自然保護協会
- 19) 長島康雄. 2012a. 仙台湾域の老齡防潮クロマツ林に侵入する広葉樹の研究 1. 構成樹種の樹型に着目した解析. 仙台市科学館研究報告. 第21号別冊東日本大震災関連調査. p 41-48.
- 20) 長島康雄・攝待尚子. 2012b. 仙台湾岸の樹木が受けた東日本大震災による津波被害—樹型に着目した評価を中心に—. 日本植生学会. 千葉大学. 大会発表要旨集. B16
- 21) 河野昭一. 1986. 帰化植物の適応戦略. 遺伝. 第40巻. 第1号. p36-41.
- 22) 長島康雄・攝待尚子. 2013. 2011年東北地方太平洋沖地震津波後に残存した仙台湾域の老齡防潮林. 仙台市科学館研究報告. 第22号. p32-38.
- 23) 長島康雄・攝待尚子. 2016. 東北地方太平洋沖地震津波後に残存した老齡防潮マツ林内の常緑広葉樹. 仙台市科学館研究報告. 第26号. p70-80.
- 24) 長島康雄・攝待尚子. 2012. 2011年東北地方太平洋沖地震津波によって生じた樹木被害の概要. 仙台市科学館研究報告. 第21号. p12-17.
- 25) 出雲市農林水産部森林政策課. 樹木診断と松くい虫対策. 伐倒駆除(燻蒸措置). <https://www.matsukui-izumo.jp/prevent/05.html>. (2023. 8. 25 閲覧)
- 26) 浅野透. 1988. 落葉樹と常緑樹の間. 森林の100不思議. p 108-109. 東京書籍
- 27) 八杉龍一・小関治男・古谷雅樹・日高敏隆. 1996. 常緑樹. 生物学辞典(第4版). p654. 岩波書店
- 28) 河原輝彦. 1988. 常緑樹の葉はいつ落ちる. 森林の100不思議. p110-111. 東京書籍
- 29) 川辺孝幸・大沼由佳・佐々木愛. 2012. GoogleMapから判読した2011年東北地方太平洋沖地震による津波の侵入過程と津波堆積物. 東北地域災害科学研究. 第48巻. p103-108.
- 30) 田中規夫. 2013. 津波発生時に海岸林が果たした役割. 津波と海岸林. p53-57. 共立出版.
- 31) 鎌田磨人. 2022. 景観生態学における「景観」の概念. 景観生態学. p2-5. 共立出版
- 32) 寺田寅彦. 2011. 天災と国防. 寺田寅彦随筆選(山折哲雄編). 158pp. 角川学芸出版
- 33) 一ノ瀬友博. 2016. 東日本大震災の津波による被災と生態系を基盤とした防災・減災. Keio SFC journal 第16巻. 第1号. p8-25. 慶應義塾大学湘南藤沢学会