津波被災海岸林の低木植生から推測された林冠再形成時の林相

大澤啓志^{1)*}・森 優香²⁾・行川彩華³⁾

1) 日本大学生物資源科学部 College of Bioresource Sciences, Nihon Univ.

2) 川崎市幸区道路公園センター Saiwai Roads and Parks Management Center, Kawasaki City

3) 株式会社 日立ハイテクソリューションズ Hitachi High-Tech Solutions Corp.

摘要: 津波被災跡地において、7~8年経過した時点の低木植生より50年後の林相の推測を試みた。20地点の調査より、林冠木に成長できる高木種はマツ類の他は大半が落葉広葉樹で、常緑広葉樹はシロダモのみであった。海岸に近い疎林地は潮風が影響し、後背部より木本類の生育密度が低かった。クロマツ、ニセアカシア、ハンノキが優占する地点以外は多数の低木種が生育したものの、低木植生の上層部では陽樹のヤマザクラやコナラの密度が高かった。樹高別の高木種の構成や密度から、多くは樹冠が閉じ内部に階層構造を有する樹林地に遷移すると推測された。ただし海からの距離や生残高木の状況、津波以前の植生により、50年後の林相は異なると推測された。

キーワード: 植生遷移, 林冠木, 毎木調査, 混交林, クロマツ

OSAWA, Satoshi, MORI, Yuka and NAMEKAWA, Ayaka: Study of a future forest type when canopy was formed again based on current status of a shrubby vegetation on coastal forest damaged by Tsunami.

Abstract: We investigated a shrub vegetation and guessed a forest type 50 years later on the tsunami-stricken coastal forest. As a result of the investigation in 20 sites, pines and many deciduous broadleaf tree species grew as the tall tree species, and an evergreen broadleaf tree didn't exist except for *Neolitsea sericea*. The density of woody plant in the open forest near a coast was lower than that in the hinterland because sea breeze influenced. It had the high density of *Cerasus jamasakura* and *Quercus serrata* which are an intolerant tree on the highest level of the shrub vegetation in the open forest and the woodlot. We guessed many sites to transfer in wood land with the closing canopy and stratification in the interior. The forest types 50 years later were different depending on the distance from the sea, the situation of the remains tall tree and the vegetation before Tsunami.

Key words: vegetation succession, canopy tree, tree census, mixed forest, *Pinus thunbergii*

1. はじめに

2011年3月11日の東日本大震災により東北太平洋沿岸の海岸林が甚大な津波被害を受けて以来、海岸防災林復旧事業による盛土造成とマツ苗の植林が広範囲で進められている。一方で、これらの造成範囲から外れた残存海岸林（海岸林跡地も含む）も存在しており、新たに植林したマツ苗の成長に伴って将来的には一体的な海岸林が再形成されるものと考えられる。しかしながら、それら残存海岸林でも津波時の倒木・枯損等による疎林化・草原化、あるいはその後の自然的・人為的な要因による枯死・倒木も生じており⁷⁾、残存海岸林の将来的な姿すなわち林相を検討することは今後の管理や植生誘導を図っていく上で重要となる。

津波被災後の仙台平野の海岸林の樹林構造に関しては、被災直後のマツ類の生残・倒伏状況¹⁰⁾や樹木群集の生残状況及び損傷様式¹⁴⁾、また2~3年経過時の樹木種組成と樹高階層別の個体群構造¹²⁾や樹林パッチにおける樹木組成と高木・低木層別生残状況及び津波後の実生生育状況¹⁵⁾等がある。一

方、さらに時間が経過する中、その後の樹木成長に伴う遷移途上の実態の把握が将来的な林相の推測に有効と考える。

マツ林の植生遷移の既往研究として、例えばTaoda¹³⁾は、宮崎県一ツ葉海岸の管理されないクロマツ林への常緑広葉樹の著しい侵入を報告し、マツ枯れ後にそれらの成長による極相のタブノキ林への遷移を示唆している。山中ら¹⁷⁾は、鳥取県内の海岸林を網羅的に調べた上で多くの広葉樹の侵入を認め、マツ枯れが進行する中で砂丘上のクロマツ林は将来的には上層に落葉樹が優占する広葉樹に移行し、土壌の肥沃状況によっては極相のシイ・タブ林が成立する可能性も示唆している。また、宮浦・吉崎⁶⁾は、マツ枯れ後の広葉樹林化において海岸砂丘の斜面の向きが優占種等に影響することを報告している。これらは主に管理放棄やマツ枯れとの対応の中で、海岸マツ林の将来の林相を推測したものである。これに対し、1000年に一度の自然攪乱とも呼べる本津波被災を取り上げ、津波のインパクト後の植生遷移を想定した一定期間後の樹林の姿を検討した研究は見当たらない。

そこで本研究では、沖積平野臨海部の津波被災海岸林での

* 連絡先著者 (Corresponding author) : 〒252-0880 神奈川県藤沢市亀井野 1866 osawa.satoshi@nihon-u.ac.jp

低木植生における林冠木になり得る木本類の生育状況より、高木層の樹冠が再形成すなわち林冠の閉じた状態になる時点（本論では約 50 年後を想定）の林相の推測を試みた。なお，“約 50 年”は、海岸域の植栽クロマツ林の樹高と林齢の関係を調べた小田⁸⁾を参考にして、植栽クロマツ林が対象地の生残した高木の樹高（より厳しい条件の海側で約 13 m：後述）に近づく 10 m 程度となる林齢を用いている。すなわち、津波被災後の残存海岸林の林床での低木類の生育実態の把握と、高木樹種の抽出による一定程度遷移が進行した段階での林相を検討することを目的とした。

2. 材料ならびに方法

調査地は、仙台平野南部の宮城県岩沼市の被災海岸林である。津波の通り道を外れる形で櫛状に樹林が残存し⁴⁾、仙台湾沿岸の海岸林において最もまとまって樹林地が残存した地区の一つである⁷⁾。海岸汀線と約 600～800 m 内陸側に並行して走る貞山堀の間に広がる残存海岸林で、概ね平坦な地形であるが汀線から 300 m 付近には第一列目の浜堤が走る⁹⁾。この浜堤より海側の前浜部分の海岸林は津波によりほとんどが消失したが、浜堤より内陸側では生残した高木が多く見られるようになる⁹⁾。2015 年度に海岸防災林復旧事業の一環で、約 1.5 m の盛土造成とマツ苗の植林が広く行われている。その造成に伴い生じた新たな裸地の環境も含め、草原～疎林地、比較的樹冠の閉じた樹林まで多様な立地が存在している。

調査地の非盛土造成範囲は前浜～浜堤付近までの立地と、それよりも 150 m 以上内陸側の後背部に大別される（図-1）。前者には、津波により断片的に残った高木クロマツ（*Pinus thunbergii* Parl.）の疎林地（樹高約 13 m）と、その中に津波以前よりマツ類の苗木が密植されていた場所（以下、マツ植林：現在は 4 m 程に成長しており、輪生枝の段数より 10 齢以上と推定される）、ニセアカシア（*Robinia pseudoacacia* L.）が繁茂する場所（以下、ニセアカシア優占：樹高約 2～4 m）が認められた。後背部には高木にアカマツ（*P. densiflora* Sieb. & Zucc.）・クロマツ・サクラ類を主とする疎林地（樹高約 17～20 m）に加え、津波時の倒木・枯死が僅かで主にクロマツからなる樹冠が比較的閉じた状態の樹林地（樹高約 18 m）、やや湿性地でハンノキ（*Alnus japonica* (Thunb.) Steud.）が優占する場所（以下、ハンノキ優占）が認められた。なお、生残高木の立木密度は、前浜～浜堤の疎林地が約 70 本/500 m²、後背部の疎林地が約 60 本/500 m²、樹林地が約 250 本/500 m² となっており、林床部の光環境が特に樹林地と疎林地では大きく異なると考えられた。

調査は、海岸から貞山堀間の立地/成立植生に応じて低木層の群落が発達する地点を任意に選び、その低木植生の毎木調査とした。50 m² のコドラート（約 7.1 m×7.1 m）を設置し、高木・亜高木個体を除く樹高 50 cm 以上の木本植物（ツル植物を除く）の種名・樹高を全て記録した。調査は 2018 年の秋季及び 2019 年の夏季に計 20 地点で実施した（図-1）。

図-1 調査区の設定状況

Fig. 1 The location of the investigation site.

表-1 調査区の区分及び生育木本の概要

Table 1 Division of the investigation site and the outline of woody plant.

立地	植生区分	地点数	平均種数	高木種の平均種数	最大樹高の範囲 (cm)
前浜～浜堤	疎林地 (マツ優占)	6	16.7	7.2	220～514
	疎林地 (マツ植林)	2	10.0	3.5	410～530
	疎林地 (ニセアカシア優占)	2	6.0	3.0	234～440
後背部	樹林地 (マツ優占)	3	18.0	7.0	355～620
	疎林地 (マツ優占)	6	22.7	9.3	300～480
	疎林地 (ハンノキ優占)	1	9.0	1.0	410

表-2 出現種の常在率

Table 2 The frequency percentage of the woody plant and the growth characteristic.

常在率	75%以上	50～75%	25～50%	25%未満
高木種	コナラ ◎ ヤマザクラ ○	クロマツ ◎ アカマツ ◎ ヤマウルシ ◎ カミズクラ ○? ウミザクラ ▲	シロダモ △ アカハシ ◎ ヤマザクラ ○ ニセアカシア ◎	ケマハノキ ◎ イシデ ● マルバアザミ ○ ハンノキ ○ イタヤカエデ ▲ トネリコ ○ コハナチカエデ ▼ イヌザクラ ○
低木種 (小高木種を含む)	スズメバネ イヌツギ ナニハノキ コナラ	ズミ カマツ トクヅキ ガマズミ イタナキ ウミトネ	スズメ ヤマハキ レンゲツツジ シャリンバイ ツバキ イタナキ	スズメ ウミイタナキ オウゴン オハナキ ハナツツジ ムラサキ

注：n=20。アンダーラインは小高木種。以下の生育特性は刈住 (2010) による。
◎：陽樹・成長早い、○：陽樹・中程度、△：中間・早い、●：中間～陽性・早い、▲：中間～陽性・中程度、▼：中間～陽性・遅い

次に、高木にまで成長できる種を抽出するため、刈住⁵⁾によって高木種、低木種（小高木も含む）に区分し、高木種については陽陰度（陽樹～陰樹の程度）、成長速度の情報も加味した（非記載種は近縁種を参考にした）。50 年後の林相を左右する林冠木にまで成長し得る種として、①高木種、②低木植生の中で上層（樹高 1.5～2.5 m）を占める、もしくは樹高 2.5 m 以上と上方に抜け出て光をめぐる競争において高木層の林冠が再形成されるまでは有利に成長できると考えられる主要構成種（本数割合の高い種）、の両者を満たす種を抽出した。後者②の基準は、現地調査より得られた低木植生の繁茂するおよその群落高（約 1.5～2 m）を基にしている。

3. 結果

3.1 低木植生における木本植物の生育状況

各調査区分の平均種数・高木種の平均種数は後背部の疎

林地で最も多く、ニセアカシア優占やハンノキ優占の調査区で少なくなっていた(表-1)。計 46 種の本木植物が確認され、その内の高木種は 19 種であった(表-2)。高木種は落葉広葉樹がほとんどで、常緑広葉樹はシロダモ (*Neolitsea sericea* Koidz.) の 1 種に止まった。高木種で常在率の高かった(75%以上)のはヤマザクラ (*Cerasus jamasakura* (Sieb. ex Koidz.) H.Ohba), コナラ (*Quercus serrata* Murray) の 2 種で、常在率 50~75%としてクロマツ, アカマツ, ヤマウルシ (*Toxicodendron trichocarpum* (Miq.) Kuntze), カスミザクラ (*C. leveilleana* (Koehne) H.Ohba), ウワミズザクラ (*Padus grayana* (Maxim.) C.K.Schneid.) が続いた。

区分毎の本木植物の生育密度は、樹高を問わなければ(樹高 0.5 m 以上の全個体)後背部の疎林地が平均 224 本/50 m²と最多で、次いで樹林地(平均 178/50 m²)となり、ニセアカシア優占が平均 50 本/50 m²と最も少なかった(図-2)。3 調査区以上が得られた前浜~浜堤の疎林と後背部の樹林地、疎林地の本数を比較すると有意差が認められ(Kruskal Wallis 検定, $p<0.01$)、同じ疎林地であっても後背部が有意に多くなっていた(Steel Dwass 検定, $p<0.05$)。高木種と低木種に分けると、樹林地とハンノキ優占では低木種の占める割合が高く、両疎林地では半数程度、マツ植林とニセアカシア優占ではほとんどが高木種であった。

次に、低木植生の繁茂するおよその群落高(約 1.5~2 m)に達していない個体を除いた樹高 1.5 m 以上の全個体の生育密度をみると、マツ植林が平均 76 本/50 m²と最も多く、次いで樹林地の平均 66 本/50 m²となっていた(図-3)。この 1.5 m 以上でも同様に 3 調査区を比較すると有意差が認められ(Kruskal Wallis 検定, $p<0.05$)、前浜~浜堤及び後背部の両疎林地に対し樹林地が有意に多くなっていた(Steel Dwass 検定, $p<0.05$)。後背部では未だ低木種の本数割合が半数以上であったのに対し、前浜~浜堤では多くを高木種で占められるようになり、マツ植林とニセアカシア優占では全て高木種であった。また、樹高 0.5 m 以上の全個体に占める 1.5 m 以上の個体の平均割合は、マツ植林(63%)、ニセアカシア優占(59%)、ハンノキ優占(40%)、樹林地(37%)、前浜~浜堤の疎林地(29%)、後背部の疎林地(19%)の順であり、特に両疎林地とも 1.5 m 未満の個体が多くを占めていた。

低木植生の繁茂する群落高の上方に抜け出た個体として、樹高 2.5 m 以上の個体の生育密度は、マツ植林(平均 39 本/50 m²)を除き、平均 10 本/50 m²程度以下と少なかった(図-4)。いずれの区分も高木種が多くを占めたが、後背部では低木種でも 2.5 m 以上にまで成長する個体が若干見られた。なお、前浜~浜堤の疎林と後背部の樹林地、疎林地の間の本数には有意差は認められなかった(Kruskal Wallis 検定, $p>0.05$)。

3.2 低木植生における本木植物の種構成

区分毎に各調査区の生育個体を合算し、樹高階級別での種

毎の本数割合を求めた。前浜~浜堤の疎林地では、樹高 0.5~1.5 m, 1.5~2.5 m は多様な種構成であるが、2.5 m 以上のものはヤマザクラ, コナラ, カスミザクラの落葉広葉樹 3 種が 78%を占め(図-5)、他に高木種としてクロマツ等が少数認められた。マツ植林は樹高 0.5~1.5 m の低層では若干多様な種構成となるが、1.5~2.5 m, 2.5 m 以上ではクロマツが強度に優占した(図-6)。他の高木種としてはアカマツ, ヤマザクラも少数混在していた。ニセアカシア優占では、低層ではクロマツ, ヤマザクラ, コナラ等が少数生育したが、半数近くがニセアカシアにより占められ、樹高 1.5~2.5 m, 2.5 m 以上ではニセアカシアが強度に優占した(図-7)。

後背部の樹林地では、樹高 0.5~1.5 m と 1.5~2.5 m で多様な種構成となる中、ウメモドキ (*Ilex serrata* Thunb. ex

図-2 各調査区区分の樹高 0.5 m 以上の本木植物の平均本数

Fig. 2 The average number of the woody plant beyond tree height 0.5 m in each division of the investigation site.

図-3 各調査区区分の樹高 1.5 m 以上の本木植物の平均本数

Fig. 3 The average number of the woody plant beyond tree height 1.5 m in each division of the investigation site.

図-4 各調査区区分の樹高 2.5 m 以上の平均本数

Fig. 4 The average number of the woody plant beyond tree height 2.5 m in each division of the investigation site.

図-5 前浜～浜堤の疎林地の樹高階級別の本数割合

Fig. 5 The percentage according to the tree height class in the open forest in the beach ridge from a foreshore.

図-6 前浜～浜堤のマツ植林の樹高階級別の本数割合

Fig. 6 The percentage according to the tree height class in the plantation of a pine in the beach ridge from a foreshore.

図-7 前浜～浜堤のニセアカシア優占の樹高階級別の本数割合

Fig. 10 The percentage according to the tree height class in *R. pseudoacacia* dominant community in the beach ridge from a foreshore.

Murray) とコマユミ (*Euonymus alatus* (Thunb.) Siebold f. *striatus* (Thunb.) Makino) の本数割合が比較的高く (各 16~39%, 20~23%), 0.5~1.5 m ではイヌツゲ (*I. crenata* Thunb.) も加わっていた (図-8)。一方, 2.5 m 以上になると, コナラ (39%) とヤマザクラ (19%) の本数割合が急増し, 両種合わせて全体の 58% を占めた。2.5 m 以上の他の高木種としては, カスミザクラ, ウワミズザクラ, トネリコ (*Fraxinus japonica* Blume ex K. Koch) が少数生育した。疎林地は, 樹林地と類似した傾向を示したが, 低層でのヤマザクラの本数割合が比較的多く, ヤマウルシやアカマツ, ヤマハギ (*Lespedeza bicolor* Turcz.), アカメガシワ (*Mallotus*

図-8 後背部の樹林地の樹高階級別の本数割合

Fig. 8 The percentage according to the tree height class in the woodlot in the hinterland.

図-9 後背部の疎林地の樹高階級別の本数割合

Fig. 9 The percentage according to the tree height class in the open forest in the hinterland.

図-10 後背部のハンノキ優占の樹高階級別の本数割合

Fig. 10 The percentage according to the tree height class in *A. japonica* dominant community in the hinterland.

japonicas (Thunb.) Müll. Arg.) 等の陽光地を好む種も一定の本数割合を占めているのが特徴であった (図-9)。樹高 2.5 m 以上はヤマハギ, カマツカ (*Pourthiaea villosa* (Thunb.) Decne. var. *villosa*) 等の低木種が 31% を占めていたが, 他に高木種としてケヤマハンノキ (*A. hirsuta* (Spach) Turcz. ex Rupr.), コハウチワカエデ (*Acer sieboldianum* Miq.), ニセアカシアが認められた。ハンノキ優占では, 低層ではイタチハギ (*Amorpha fruticosa* L.) とテリハノイバラ (*Rosa luciae* Rochebr. et Franch. ex Crép.) が高い本数割合を示したが, 樹高 2.5 m 以上ではハンノキが優占していた (図-10)。

なお、低層には小高木種のズミ (*Malus toringo* (Sieb.) Sieb.) も混生していた。

4. 考察

4.1 低木植生の特徴

樹高 0.5 m 以上の木本植物は調査区の区分により多寡が生じていたが、ニセアカシア優占を除き平均 100~220 本/50 m² 程度と多数の生育が認められた (図・2)。樹高 0.5 m 以上の個体数から 1.5 m 以上の個体数の減少割合より 0.5~1.5 m の範囲に多くの個体が集中していることが示され、ハンノキ優占と樹林地では全個体数の平均 6 割程度、前浜~浜堤の疎林地は平均 7 割程度、後背部の疎林地は平均 8 割程度が含まれていた。特に疎林地で 0.5~1.5 m の範囲の生育本数の割合が多いのは、津波により生残高木が点在する疎林となったことで、陽光の環境の下で低木種も含む多数の木本植物が生育・繁茂するようになったためと考えられる。一方、その繁茂する低木植生の上層部まで生育、もしくはそれを抜き出た高木種も少なくなかった (図・3, 4)。ただし、同じ後背部でも 1.5 m 以上の生育密度は疎林地より樹林地で有意に高く (図・3)、樹冠層の有無による林内への風の強弱の影響が想定されるものの、より詳細な検討が今後求められる。

マツ植林、ニセアカシア優占は上層部~下層部でそれぞれの優占的な生育が確認されたのに対し (図・6, 7)、ハンノキ優占では樹高 1.5~2.5 m に裸地等の陽光地を好む外来種イタチハギ¹¹⁾が優占する (図・10) のが特徴であった。また、前浜~浜堤の疎林地の区分では 1.5 m 未満、後背部の樹林地及び疎林地の区分では 2.5 m 未満での多様な低木種の生育が特筆された (図・5, 8, 9)。それらは、前浜~浜堤の疎林地ではイヌツゲ、ネズミモチ (*Ligustrum japonicum* Thunb.)、シャリンバイ (*Rhaphiolepis indica* (L.) Lindl. ex Ker var. *umbellata* (Thunb.) H. Ohashi) 等の常緑の小高木~低木種、後背部の樹林地及び疎林地ではウメモドキ、コマユミ、カマツカ、ナツハゼ (*Vaccinium oldhamii* Miq.) 等の落葉の低木種の多い生育により特徴付けられ、海岸からの距離に応じて異なっていた。すなわち、シャリンバイやネズミモチ等は比較的耐潮性を有する¹²⁾のに対し、コマユミやカマツカ等は耐潮性が弱いとされる¹³⁾ためである。

4.2 50 年後の林相の推測

まず前浜~浜堤において、津波以前よりマツ苗 (主にクロマツ) が植えられていた場所 (マツ植林) では、現在、低木植生の上層部をそれらマツ類が占めており (図・6)、他の高木種の混生も少ないことから、樹種構成の少ないクロマツ林にそのまま推移すると推測される。同様にニセアカシア優占でも、下層部に少数の高木種が生育するものの上層部はニセアカシアにより占められており (図・7)、積極的な防除が行われない限り、そのままニセアカシア林に推移すると推測される。このニセアカシア優占の調査区付近では、2012 年踏査時にニセアカシア中木が幾つか生残しているのを著者らは確

認しており、津波前よりニセアカシア林もしくはマツ林内でニセアカシアが多数生育していた場所であったと考えられる。すなわち、津波により一時的に地上部バイオマスが縮減したものの、以前の状態に戻りつつあると言える。

前浜~浜堤の疎林地では、樹高 2.5 m 以上で陽樹のヤマザクラ、コナラ、カスミザクラ等の落葉広葉樹が優占するとともに、1.5~2.5 m にもこれらの種の一定量の生育が認められ (図・5)、後続として成長すると考えられる。一方、浜堤では津波後のマツ類の実生が多いとされる¹⁰⁾が、0.5~1.5 m では比較的多くの生育が認められたものの、2.5 m 以上まで成長した個体は未だ多くはなかった。現在、生残高木マツが疎に点在する比較的陽光な環境となっており、光をめぐる競争により落葉広葉樹林に推移するのが定石であるが、観察の限りでは必ずしも落葉広葉樹の生育は良好とは言えない状態であった。0.5 m 以上あるいは 1.5 m 以上の平均密度が、同様な光環境の後背部の疎林地やより光条件の悪い樹林地に対し有意に少ない (図・2, 3) ことに示されるよう、本前浜~浜堤の疎林地には光条件以外の生育抑制要因が想定される。すなわち、以前は形成されていた風衝林状の樹冠層が津波により消失し、海に近い分、潮風が低木植生に直接当たるようになったことが理由と推察される。このため、長期的には潮風に耐性があり陽光地で成長の早いクロマツ¹⁴⁾ (現在は樹高 0.5~1.5 m に集中し、加えて津波以降の天然更新のマツ幼木¹⁰⁾が順次成長してくる) が落葉広葉樹よりも先に樹冠木となり、将来の林相を形成する可能性が高い。そのクロマツの樹冠層により潮風を抑えられることで、内部にマツ類とサクラ類、コナラあるいは小高木のヌルデ (*Rhus javanica* L. var. *chinensis* (Mill.) T. Yamaz.) 等の落葉広葉樹やネズミモチ、シャリンバイ、イヌツゲ等の小高木~低木の常緑広葉樹が生育する林相になると推察される。なお、前浜~浜堤では疎林地、マツ植林、ニセアカシア優占が空間的に幾つかのパッチ状に存在しており、それが反映されたモザイク状の海岸林が生じると考えられる。

より内陸側に位置する後背部では、潮風の影響は弱まると考えられ、樹林地と疎林地は主に落葉樹からなる多様な低木植生となっていた (図・8, 9)。樹林地では、樹高 2.5 m 以上に陽樹のサクラ類やコナラが高い本数割合を示したものの、やや暗い林内であるため緩やかに生育すると考えられる。ただし現在、樹冠はクロマツ等によりやや密に閉じており、これらの自然枯死等が生じない限り低木~亜高木層の段階で止まると考えられる。このような高木層がクロマツで亜高木層が広葉樹からなる針広混交二段林は、管理が行われずに植生遷移が進んだクロマツ林で報告され³⁾、本樹林地でも同様な林相になると考えられる。加えて、多様な低木植生が既に形成されており、階層構造が発達するクロマツ林に推移すると推測される。なお、この区分では天然更新のマツ類の生育は、ほとんど確認されていない。これに対し疎林地では、陽光な環境のため低木種の旺盛な生育が認められたが、その中に在

って上層部には陽樹で成長が早い～中程度のヤマザクラとコナラの割合が高かった。一方、陽光な環境を好むマツ類の幼木は低層部では確認されたが、上層部まで伸びる個体は少なく、これは他の高木種・低木種の繁茂による被圧が原因と考えられる。低層部には他のサクラ類も含め、後続となり得る落葉広葉樹の高木種の幼木も多く、これらが順次成長して長期的には生残高木マツ類の間に生じている樹冠ギャップを埋め、豊富な低木植生と階層構造を有する針広混交林に推移すると推測される。なお、津波からの生残高木の自然枯死が主にマツ類で継続的に生じており⁷⁾、長期的には針広混交林の樹冠層において広葉樹の割合が増加すると考えられる。

ハンノキ優占では、既にハンノキが個体数の多いイタチハギよりも高い位置に成長し、上層部を占めていた(図-10)。後続のハンノキの幼個体も認められ、他の成長の早い高木種は認められず、成長の遅い小高木ズミ⁵⁾がいずれ混生するハンノキ林に推移すると推測される。

このように現在の低木植生より林冠再形成時に推定される林相は、海からの距離に応じた前浜～浜堤／後背部といった立地、生残高木の立木密度(樹林地／疎林地)に加え、マツ植林やニセアカシア優占といった津波以前の植生も関与すると考えられた。

5. おわりに

本研究では、当地の海岸林は津波によりダメージを受けたものの、造成等による生育立地基盤の強度の改変を受けなければ、立地に応じた種組成や個体群構造が見られることを明らかにした。津波から8年が過ぎた時点で生残した高木マツ類は漸減しつつあり⁷⁾、また生残した高木・亜高木の広葉樹も樹冠を形成する主幹の衰弱が顕著とされ⁷⁾、そのまま樹冠木となるとは考え難い状況にある。これに対し、約50年後に成立すると推測された林相を踏まえると、津波前とは幾分か様相を変えつつも、多くは樹冠が閉じ内部に階層構造を有する樹林地としての姿に向って、自律的に海岸林は再生しつつあると言える。津波直後の海岸林の被害は目を覆うものであったが、海岸林の有する数十年という単位での植生遷移プロセスを評価した上で、被災海岸林の再整備・管理を進めていく視点が求められる。その上で、津波により一時形成された海岸林の環境不均一性²⁾は、植生遷移が進むとその振れ幅が狭まると考えられ、多様性維持・再形成の視点での部分的な遷移抑制的な管理も重要となる。

謝辞: 本研究は科学研究費補助金 基盤(B) #18H02228 「復興・国土計画におけるグリーン・インフラストラクチャーに関する研究」(代表者: 石川幹子)の成果の一部である。調査協力を得た中央大学 横山紗英氏にも謝意を表したい。

引用文献

- 1) 独) 森林総合研究所 (2014) クロマツ海岸林に自然侵入し

た広葉樹の活用法—松枯れから防災機能を守るための広葉樹林化—。45pp.

- 2) 遠座なつみ・石田糸絵・富田瑞樹・原 慶太郎・平吹喜彦・西廣 淳 (2014) 津波を受けた海岸林における環境不均質性と植物の種多様性. 保全生態学研究, 19(2): 177-188.
- 3) 藤田恵美・中田 誠 (2001) 海岸砂丘地のクロマツ林における広葉樹の混交による立地環境の変化—新潟県下越地方における事例—。日本林学会誌, 83(2): 84-92.
- 4) 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—。都市計画論文集, 48(3): 1005-1011.
- 5) 荏住 昇 (2010) 最新樹木根系図説 各論. 誠文堂新光社, 1101 pp.
- 6) 宮浦 徹・吉崎真司 (2017) 静岡県遠州灘海岸林におけるマツ枯れ後の立地環境が植生の遷移に及ぼす影響. 日本緑化工学会誌, 43(1): 302-305.
- 7) 七海絵里香・大澤啓志・石川幹子 (2019) 仙台平野の海岸林における津波被災時の残存樹木の8年後の生残状況. 日本緑化工学会誌, 45(1): 62-67.
- 8) 小田隆則 (1984) 海岸クロマツ林の生長と密度について IV. 第95回日本林学会大会発表論文集: 553-554.
- 9) 大澤啓志・泉 岳樹・七海絵里香・石川幹子 (2015) UAVによる高解像度画像を用いた津波被災海岸林の実態把握. 日本緑化工学会誌, 41(1): 157-162.
- 10) 大澤啓志・上野 澤・七海絵里香 (2016) 仙台湾岸の津波被災海岸林におけるマツ類の実生分布. 日本緑化工学会誌, 42(1): 122-127.
- 11) 清水建美編 (2003) 日本の帰化植物. 平凡社, 337 pp.
- 12) 高橋一秋・高橋香織 (2017) 東日本大震災後の海岸防災林再生のための広葉樹種選定に関する提案. 保全生態学研究, 22(2): 391-399.
- 13) Taoda, H. (1998) Succession of *Pinus thunbergii* forest on coastal dunes, Hitostuba Coast, Kyushu Japan. *Hikobia*, 10: 119-128.
- 14) 富田瑞樹・平吹喜彦・菅野 洋・原 慶太郎 (2014) 低頻度大規模攪乱としての巨大津波が海岸林の樹木群集に与えた影響. 保全生態学研究, 19(2): 163-176.
- 15) Tomita, M. and Kanno, H. (2019) Regional landscape-scale comparison of species composition and recruitment in remnant tree patches 3 years after the 2011 Great East Japan Earthquake and tsunami. *Landscape and ecological engineering*, 15(2): 185-197.
- 16) 山中啓介・藤原道郎・林田光祐・後藤義明・鈴木 寛・宮前 崇・井上章二・小谷英司・坂本知己 (2013) 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震で発生した津波が宮城県仙台市井土地区の海岸林に及ぼした影響(II) アカマツ・クロマツ大径木で構成される海岸林の被害状況. 海岸林学会誌, 12(1): 1-7.
- 17) 山中典和・川崎絵里子・玉井重信 (2005) 鳥取県における海岸クロマツ林の林分構造と広葉樹の侵入状況. 森林応用研究, 14(1): 27-33.

(2020年5月17日受理)