

# 東日本大震災津波による海岸マツ林の被害と再生に向けた植栽試験

中村 克典<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>独立行政法人森林総合研究所東北支所

## 1. はじめに

東日本大震災およびこれに伴う巨大津波が東北地方太平洋沿岸地域にもたらした被害については筆舌に尽くしがたい。この地域の、特に砂丘海岸地を広く覆っていたクロマツを主体とする海岸林は、風や砂、塩の害から沿岸の生活を守り続け、さらには津波に対する防災効果も期待されてきたものであるが、今回の災害では「壊滅」とも表現される激甚な被害状況を呈するに至った。この事態、というよりむしろ「壊滅」というキャッチコピーとともに伝えられたショッキングな映像の印象により、「海岸林は役に立たなかった」「そもそも、マツの植林がよくなかった」といった画一的な観念が人々の間に広まってしまったことに、長く海岸林に関わってきた研究者の多くは強い危機感を感じている。

東日本大震災津波により「壊滅」とされる海岸林であるが、実際に発生した被害の状況や形態は地域により様々であり(中村, 2011), 一概に壊滅・消失したわけではない。また、津波被害を受けた樹木のほとんどがクロマツ・アカマツ(東北地方太平洋沿岸では、磯浜海岸を中心にアカマツが広く分布する)であったのは事実だが、それは単に元の海岸林でのこれらの樹種の優占度を反映したものに過ぎず、マツが他樹種に比べ津波に弱いことを示しているわけではない。一方、マツであれ他の樹種であれ、被災直後には生き残ったように見えた木でも、津波に伴う海水への浸漬と土壌への塩類の付加、海砂の堆積、漂流物衝突による物理的損傷などで生じたストレスにより時間をかけて衰弱が進行する可能性があり、一時期での観察結果をもって津波による樹木被害のあり方を断ずることはできない。結局のところ、海岸林を構成する樹木、中でもその主体を成していたクロマツ・アカマツが津波に強かったのか、弱かったのかを判断するには、様々な条件下におかれていた木について、一定期間の継続的な調査を実施して、科学的な検討に耐えるデータを集積する必要がある。そのような観点から、筆者らは青森県から宮城県にかけての樹種、樹齢や津波被害状況の異なるクロマツ・アカマツ林に固定調査区を設置し、マツの衰弱・枯死経過に関するモニタリング調査を行った(中村ら, 2012)。

しかしながら、そのような科学的な検証を経た結論が示さ

れるより前に、被災前の海岸林で主体となっていたクロマツ人工林に対する否定的な見解が広く行き渡り、反動として広葉樹を主体とした海岸林再生が主張されるようになった(磯田, 2013; 齋藤, 2013)。あるいは、技術的に確立されたクロマツ植栽を中心に海岸林再生を考えようとする立場からも、より高い防災機能や松くい虫被害への備え、ないし多様な生物相の醸成といった観点から広葉樹の導入・活用に向けた期待は高まっている(日本海岸林学会, 2011; 東日本大震災に係る海岸防災林の再生に関する検討会, 2012)。海岸林への広葉樹導入についてはすでに相当な研究の蓄積があるが(金子, 2005; 宮城県森林整備課, 2012)、津波影響の残る海岸砂丘地や決して理想的とは言えない外来土砂による盛土面など、津波被害跡地という特殊な状況下での植栽技術については、広葉樹のみならずマツに関しても再検討されることが必要であろう。実際、すでに多くの研究機関や団体がそのような観点からの試験植栽に取り組んでおり、森林総合研究所東北支所は東北森林管理局と共同で青森県三沢市の津波被害跡地に海岸防災林植栽試験地を設定し、広葉樹を含む植栽木の活着・成長やその生育基盤である土壌環境について調査研究を行っている。

本稿では、森林総合研究所東北支所が取り組んでいる上記の試験研究について、2013年3月28日~29日に開催された森林立地学会現地研究会での訪問先との関連で説明する。ただし、ここで示す内容には未公表のため詳細を示せないものや、調査継続中のため今後結論が変わる可能性のあるものが含まれる点、あらかじめご了承ください。

## 2. 津波被害を受けたクロマツ・アカマツの衰弱・枯死

筆者らは、東日本大震災に伴う津波および林野火災によるクロマツ・アカマツ林の被害実態を明らかにするため、青森県八戸市、岩手県山田町、宮城県東松島市、亘理町、山元町の被災状況や樹種構成、樹齢の異なるマツ林に固定調査区を設定し、個々のマツにおける衰弱・枯死の発生経過についてモニタリング調査を行った。復旧工事に伴う森林の伐採整理等により、調査を全うできなかった調査区も少なくなかったが、多地点での2年間にわたるモニタリング調査により、津波によるマツの衰弱・枯死発生の実態をかなりの部分まで

Katsunori Nakamura: The tsunami-damage of seacoast pine forest and planting experiment for implementing reforestation

\* 連絡・別刷請求先 (Corresponding Author) : 〒020-0123 岩手県盛岡市下厨川字鍋屋敷92-25 森林総合研究所東北支所 : Tohoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI), 92-25, Nabeyashiki, Shimo-Kuriyagawa, Morioka, Iwate 020-0123, Japan  
E-mail : knakam@ffpri.affrc.go.jp

1 Tohoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute

(2013年12月26日受付, 2014年1月29日受理)

明らかにできたと考えている。

津波被害を受けたクロマツ・アカマツの衰弱・枯死発生経過は、樹種やサイズ、あるいは津波による被害の状況により大きく異なった(中村ら, 2012)。海岸最前線部で津波による激しい樹体の損傷(倒伏, 折損など)を受けたクロマツ(多くは矮化, 小径)には、被災当年初夏の時点ではほぼ全ての針葉を赤変させつつも、新芽をのばしているものも見られた(写真-1)。しかし、それらの木で樹勢が回復することはなく、結局そのまま枯死した。これに対し、後背地等に生育し、十分に大きく育っていたクロマツでは、衰弱～枯死に至る例は少なかった(写真-2)。このような木の中には、漂流物の衝突により樹幹部に大きな損傷を負ったもの(写真-3)や、根元が数十cmの堆砂に覆われたもの(写真-4)も多く含まれる。ただし、そのような林内に生育していたクロマツでも、小径の

被圧木には被災当年夏から高率な枯死が見られた。

アカマツは砂丘海岸の最前線部に分布することはなく、もっぱら後背地や集落付近で林分をなしていたため、倒伏、折損などの激しい損傷を負うことはほとんどなかったのだが、津波浸水地にあったものの多くが被災当年夏までに針葉の変色や脱落などの衰弱状態を示し、大半はそのまま枯死した(写真-5)。ただし、一部の個体では樹勢の回復が確認された。マツ類衰弱木を加害する穿孔性昆虫の生息状況などの情報も加味して考えると、上述のクロマツ(主に小径木)の枯死木は被災当年夏以前の比較的早い時期に枯死に至っていたのに対し、アカマツにおける海水浸漬の影響は慢性的で、長期間にわたって衰弱状態が維持されたようである。なお、海岸に近い山腹で震災に伴う山火事の被害に遭ったアカマツ林では、被災翌年の春以降アカマツが一斉に枯死する現象が見られた



写真-1. 津波で倒伏したクロマツ衰弱木の梢端で見られた新芽の伸長(八戸市市川, 2011年6月28日)。このような木で新芽が成長して樹勢が回復するような例は確認できなかった。



写真-3. 漂流物の衝突により樹幹に激しい損傷を受けたクロマツ(釜石市根浜海岸, 2011年5月20日)。クロマツの成木では、損傷の有無や数量が衰弱・枯死の発生に影響することはなかった。



写真-2. 津波被害地に残存するクロマツ林(東松島市野蒜, 2012年7月10日)。枯死した倒木や小径木は除去済みである。



写真-4. 津波で海砂の堆積した林床(八戸市市川, 2011年6月28日)。手前の広葉樹低木では株立ちした根元部分が砂に埋もれた状態になっている。



写真-5. 海岸近くのアカマツ林で見られた激しい枯死被害(東松島市浜市, 2011年9月29日)。



写真-6. 山火事跡地の山腹に発生したアカマツの集団枯死(山田町田の浜, 2012年10月25日)。

火災で枯死したスギ林(左奥)で伐採処理が進む一方、焼け残ったアカマツ林(右山腹)で病害による枯死が広がっている。

が(写真-6), これは高温で発芽が促進される土壤病原菌ツチクラゲの蔓延によるものと推定された(中村, 2013)。

上記の通り, 後背地等に生育するクロマツ優勢木では津波による浸水, 堆砂, 漂流物による樹幹の損傷を受けても衰弱・枯死が発生することは少なかったのだが, 地域により広汎な枯死が発生する例が見られた, 現地研究会での訪問先である八戸市市川船溜の1林分は, これに相当する。

現地は五戸川河口の南側にあたり, 津波は北側の防潮堤と南側の人工砂丘の狭間となっていた港湾施設部分を主な侵入口として, 幅200~500mのクロマツ海岸林(一部, 公園緑地)に流れ込んだ(調査地の詳細や被災状況については, 坂本ら(2012)を参照)。これにより, 前線部分ではクロマツの倒伏・折損被害が発生し, 残存林分では海砂が50cm程度堆積していた(本特集, 小野らによる報告の写真2を参照)。筆者らは, この地域の残存クロマツ林の内, 防潮堤から200mの高木林に2011年5月, 10×40mの固定調査区を設定した。ここでのモニタリング調査によると, 設定当初は89本のクロマツの内13本(部分的なものを含めると38本)で確認された針葉変色が時間の経過とともに拡大し, 2013年秋には1本を残して全てが枯死するに至った(写真-7, 図-1)。しかし, この調査の過程で, 筆者らは近傍の林分に針葉変色被害がほとんど見られない場所があることを確認しており, そのような場所に追加で設置した調査区では78本の内枯死に至ったものは8本と極めて少なかった(図-1)。これらを併せて考えると, この調査地で見られたクロマツの衰弱・枯死は, クロマツ自体の津波に対する弱さではなく, 局所的な要因の効果を反映したものと考えた方がよいだろう。現地の状況を振り返ってみると, 最初の調査区(陸側)と後の調査区(海側)の間には深さ1.5mのコンクリート水路が汀線と平行に通っており, これが土壤に浸透した海水の海側への排水を阻害したことで, 陸側の林分に強い塩害の効果がもたらされた可能性が考えられる。これが生じるには, 垂直方向の排水が良くないことが前提となるはずで, そのような土壤環境の特性が他の地域では見られなかったクロマツ優勢木での高率な衰弱・枯



2011.6.28



2012.10.17

写真-7. 八戸市市川の固定試験地林冠部の状態の変化。

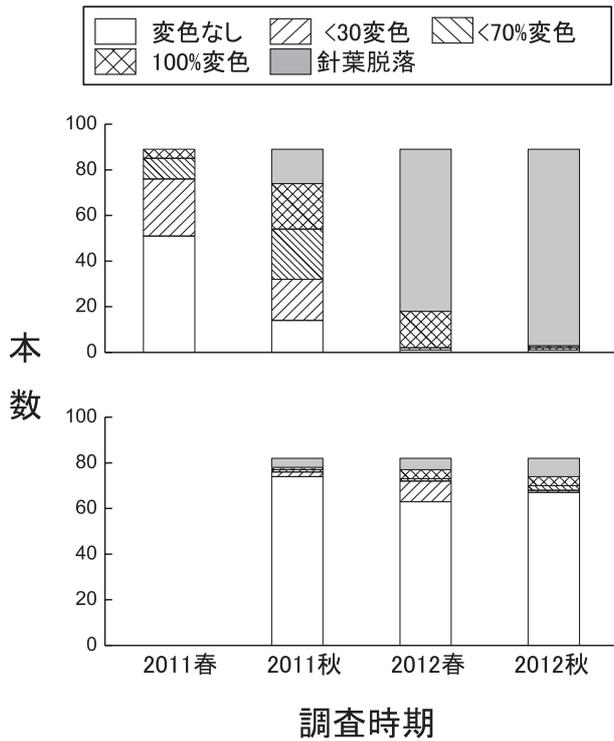


図-1. 八戸市市川の固定試験地におけるクロマツの衰弱・枯死発生経過。

上段が当初設定した調査区、下段は2011年秋に追加で設定した調査区での調査結果を示す。

死発生の背景にあるものと筆者は考えている。

青森県の太平洋岸地域の八戸以北には淋代海岸と呼ばれる海岸マツ林が長く連っており、津波浸水地でのクロマツの枯死がその広い範囲で確認されている。そして、そのような被害は周辺より低い場所や排水の悪い場所で起こりやすかったことが青森県林業研究所などの調査により示されている。逆に、津波の浸水に弱いと考えられるアカマツでも、宮城県松島のマツが枯れていないことを見ればわかる通り、岩礁上など滞水しない条件下であれば大きな被害は発生していない。これらのことから、津波や高潮に強い海岸林を作るには、排水を考慮することが重要であることがわかる。

なお、八戸市市川の五戸川河口の両岸では、他の被災地に先駆けて被災当年よりクロマツの事業植栽が展開されている(写真-8)。津波跡地への植栽では、土壌に残された津波由来の塩類等の悪影響が懸念されるが、植栽されたポット苗の2013年秋までの活着や成長を見る限り、特に問題は発生していない。

### 3. 津波被害跡地での植栽試験

東日本大震災津波で破壊された海岸林の再生にあたっては、津波影響(塩類集積、地盤沈下など)の残る土地、あるいは津波堆積物や外来土砂といった従来想定されていなかった母材を使った盛土面での植栽のあり方、マルチキャビティーコンテナ苗の導入や植栽密度の再検討などによる伝統的クロマツ植栽技術の洗練・高度化、さらには海岸林の機能・多様性向



写真-8. 八戸市市川下揚のクロマツ植栽地(2012年10月17日)。2011年春にクロマツ2年生のポット苗が植栽された。植栽木の海側に立てられた衝立は風よけに加え、海霧の水分を受け止め土壌に供給する効果があるとされ、青森県内の民有林で標準的に用いられている。



写真-9. 静砂垣の施工状況(三沢市四川目, 2012年4月29日)。津波被害を受けたクロマツ材は丸太として静砂垣に利用される他に、チップ化して植栽地のマルチングにも使われている。

上に向けた広葉樹の導入手法など、クリアすべき技術的課題が山積している。これらの解決に向け、多くの機関や団体がそれぞれ問題を設定して植栽試験に取り組んでいるところである。現地研究会では、そのような試験地の一例として、青森県三沢市四川目の海岸防災林植栽試験地(森林総合研究所東北支所・東北森林管理局)を紹介した。ここでは、津波の襲来を受けた海岸砂丘地にクロマツや広葉樹を植栽して活着と成長を調べるとともに、生育基盤としての土壌環境について調査をすすめている。

調査地は東北森林管理局による津波被害跡地の植栽事業地内にあり、津波被害を受けたクロマツまたはスギ間伐木を活用した高さ1.5mの静砂垣(写真-9)で区画されている。調査区は、陸側の8区画(各10×10m)と海側の4区画(各5×10m)からなり、クロマツ、ケヤキ、コナラ、カシワの4樹

種について、普通苗(裸苗)と不織布ポット苗(この地域の国有林で標準的に使用。直径15 cm, 深さ15 cm)(写真-10)、春植えと秋植え、海側と陸側の比較が可能のように配置してある。植栽実施日は、春植えが2012年5月30日(普通苗)および6月7日(ポット苗)、秋植えが2012年10月9日(普通苗、ポット苗とも)であった。

試験地はすべて一様な砂丘地内にあることを想定していたが、その後の土壌調査で、陸側区画の一部の地下に粘土層が存在し、そのような場所ではこれに由来すると思われる農耕地雑草の予想外の繁茂が見られた。そこで、試験地を維持するため、2012年夏以降は定期的な除草作業を実施しているところである。

図-2に、2012年春植え苗の同年8月時点での生育状況を示した。これによると、クロマツでは一部にシンクイムシ類による新梢の枯死被害と雑草の繁茂による被圧枯死が生じた以外、苗木種別(普通苗一ポット苗)、植栽位置(海側一陸側)

によらず順調な発育が見られたが、その他の樹種では葉枯れ等の衰弱傾向が多くのもで確認された。カシワではポット苗より普通苗で葉を落としていた木が多く見られたが、どの処理区でも衰弱・枯死木の割合は50%以下であった。一方、ケヤキとコナラではすべての処理区で衰弱・枯死木の割合が50%を超え、とくにコナラでは普通苗よりポット苗で、陸側より海側で衰弱・枯死木割合が高い傾向があった。植栽後2年目にあたる今年の調査でも、これらの傾向はほぼ維持されている。すなわち、クロマツは旺盛に成長し、カシワは樹高こそ低いものの堅調な活着を示す一方で、ケヤキ、コナラでは内陸側、静砂垣沿いなどに一部良好な成長を示す個体があるのみで全般的な活着・成長は順調とは言いがたい(写真-11)。ただし、ケヤキ、コナラでは、主幹で激しい枯れ下がりが発生しても根際からの分枝や萌芽でしぶとく生き残るものも多く見受けられ、単純に活着が悪いとは言えない状況が続いている(写真-12)。ここまでの経過から素直に考えると、やはり砂丘海岸で早期に防風・防砂機能を発揮する海岸林を回復するにはクロマツを主体とせざるを得ず、背の高くなるのが遅いカシワはクロマツの樹冠下に、風よけの必要なケヤキ、コナラはクロマツ林の後背部に用いるのが順当と言えるだろう。なお、秋植え苗の活着、成長は樹種、苗木種別によらず低い傾向が認められている。

現地調査時に、参加者から苗木に動物(たぶんウサギ)による食害が見られることについてご指摘をいただいた。その後の調査で、同様の被害はカシワ、ケヤキ、コナラで散発的に発生しているが、今のところ苗木の枯死や大幅な成長量減少をもたらすほどのものとはなっていないことを確認した。しかし、ウサギによる食害は各地で広葉樹植栽の重大な阻害要因となっていることから、今後の調査の中で注視すべきポイントのひとつと考えている。

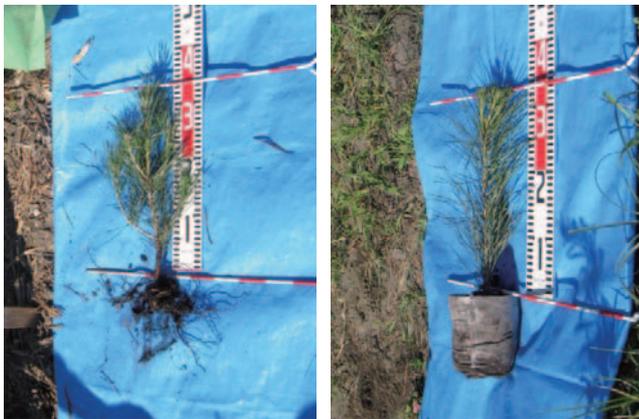


写真-10. 三沢市海岸防災林植栽試験地に植えられたクロマツ普通苗(左)と不織布ポット苗(右)。

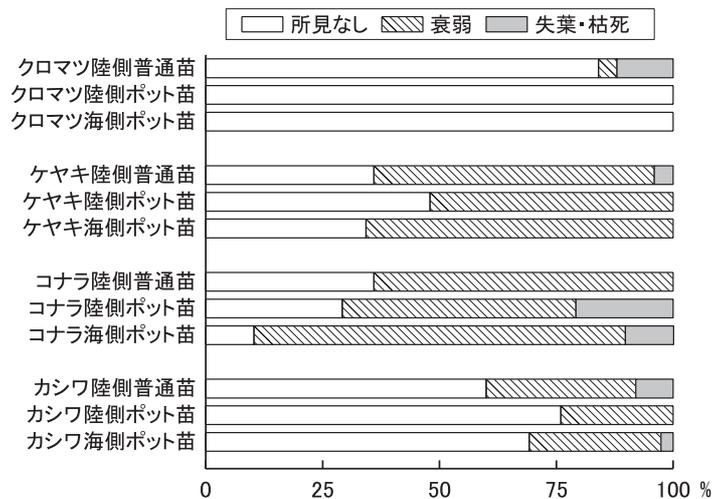


図-2. 三沢市海岸防災林植栽試験地における2012年春植え苗の同年8月時点での生育状況。

ケヤキ、コナラ、カシワは落葉樹であり、葉が落ちていたことをもって直ちに枯死と見なすことはできないので「失葉」とした。



写真-11. 三沢市海岸防災林植栽試験地の海側試験区における植栽木の状態(2013年5月24日)。

落葉広葉樹はまだ本格的な展葉には至っていないものの、クロマツ以外はほとんど「見えない」状態となっている。



写真-12. ケヤキ(左), コナラ(右)植栽木で見られた激しい枯れ下がり(2013年7月2日)。

#### 4. 終わりに

今回の巨大津波で激しく破壊された海岸林を見て、「今までの海岸林はダメだった」「マツは津波に弱いから使わない方が良いのでは」と考えてしまうのは無理からぬことである。しかし、百～千年オーダーで発生する巨大津波に対応できなかったからといって、防風・防砂をはじめとする海岸林の日常的かつ多面的な役割が否定されるものではなく、厳しい海岸環境下で海岸林を創り出す上でのクロマツの優位性は揺る

がない。一方、今回の災害を経て、海岸林には津波に対する頑健性が強く求められており、さらに多様な生物相の醸成や松くい虫被害対策の観点から広葉樹の導入・活用を望む声も大きくなっている。そのような中、我々に求められているのは、「マツか、広葉樹か」といった二者択一的な判断ではなく、求められる機能をより高い次元で発揮させるために、マツについても、広葉樹についても、その特性に見合った適正な活用方法を編み出すための努力であると信じたい。現地研究会で一端を紹介した我々の取り組みがその一助となれば幸いである。

#### 謝 辞

現地研究会に際して便宜を図っていただいた青森県三八地域県民局地域農林水産部、東北森林管理局三八上北森林管理署、八戸市森林組合工藤義治氏に感謝申し上げます。本稿で紹介した研究は、森林総合研究所東北支所、本所、宮城県林業技術総合センター、岩手県林業技術センター、青森県林業研究所の多くの仲間との共同研究によるものであり、農林水産省平成23年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業緊急対応研究課題「津波で被災した海岸林の赤枯れ現象の実態把握と原因解明」(課題番号23078)、森林総合研究所運営費交付金「東日本大震災で被災した海岸林の復興技術の開発」(課題番号F2P07)によって行われた。

#### 引用文献

- 東日本大震災に係る海岸防災林の再生に関する検討会(2012) 今後における海岸防災林の再生について. 22pp.
- 磯田道史(2013) 津波に弱いマツ林: 根こそぎ抜け, 凶器となる. 朝日新聞土曜版2013年4月27日.
- 金子智紀(2005) 秋田県中部の海岸砂丘後背地に植栽した広葉樹混交林の成長. 東北森林科学会誌10(2): 90-94.
- 宮城県森林整備課(2012) 海岸防災林に適した植栽樹種に関する調査報告書: 宮城県における海岸防災林に適した樹種の選定と種苗の供給について. <http://www.pref.miyagi.jp/uploaded/attachment/113397.pdf>
- 中村克典(2011) 東日本太平洋沖地震津波による被災マツ林で必要とされるマツ材線虫病対策. 森林技術835: 18-22.
- 中村克典(2013) 東日本大震災による山火事の跡地でアカマツが大量枯死! 岩手の林業666: 4-5.
- 中村克典・小谷英司・小野賢二(2012) 津波被害を受けた海岸林における樹木の衰弱・枯死. 森林科学66: 7-12.
- 日本海岸林学会(2011) 日本海岸林学会平成23年度石巻大会(声明). [http://jscef.jp/annual%20conference/H23/PDF/ishinomaki\\_announcement.pdf](http://jscef.jp/annual%20conference/H23/PDF/ishinomaki_announcement.pdf)
- 斎藤環(2013) 多様な植生の防潮林を. 毎日新聞2013年5月21日.
- 坂本知己・新山馨・中村克典・小谷英司・平井敬三・齋藤武史・木村公樹・今純一(2012) 東北地方太平洋沖地震津波における海岸林の漂流物捕捉効果: 青森県八戸市市川町の事例. 日本海岸林学会誌11(2): 65-70.