

石礫層の厚い生育基盤におけるタブノキとクロマツの根系伸長と引き倒し抵抗力

佐々木綾香¹⁾・佐藤貴紀²⁾・橘 隆一²⁾

1) 東京農業大学大学院地域環境科学研究科

2) 東京農業大学地域環境科学科

1. 研究背景

東日本大震災の発生以降、海岸林の津波への防災効果が注目される中、クロマツ (*Pinus thunbergii* Paul.) 林下層への広葉樹導入の有効性が示され (森林総合研究所, 2015), 海岸林への植栽に適した広葉樹数種が提案されている (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)。このうちタブノキ (*Machilus thunbergii* Siebold et Zucc.) は、耐塩性が比較的優れている種で (中島・吉崎, 2010), クロマツとの二段林が造成された事例もある (野堀ら, 2004)。しかし海岸林の防災効果の向上に重点を置いた場合、タブノキを始め広葉樹の津波への物理的な抵抗力を実測した研究 (野口ら, 2014) は僅かである。また海岸林を造成する際、盛土に使用される客土の土質は多様で、石礫を多く含む場合もある (小野ら, 2021)。しかし石礫層を含む土壌での樹木根系の伸長に着目した研究は、海岸林の主要樹種であるクロマツすら僅かに言及される程度 (谷川ら, 2021) である。よって本研究では、生育基盤に石礫層を含む海岸林造成地にてタブノキとクロマツの引き倒し試験を行うとともに根系発達の様子を調べ、比較することで、生育基盤中の石礫層が両樹種の根系伸長特性と引き倒し抵抗力に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

2. 研究方法

2.1 調査地

調査は2022年11月から2023年10月にかけて、富山県入善海岸防災林の2013年植栽区で行った。面積は0.35 ha、土壌は石礫の混じった砂質土で、主な植栽樹種であるクロマツとタブノキが1列ずつ交互に植栽されていた。毎木調査ではタブノキが753本、クロマツが241本確認され、現在の立木密度は2,840本/haとなっている。平均胸高直径はタブノキ9.7 cm、クロマツ8.1 cmで、調査区全体の樹高は目視で約3~6 mであった。なお毎木調査は胸高直径5.0 cm以上で枯死していない個体を対象に実施し、株が分かれているものは別個体とした。タブノキの生育が比較的良好である一方、クロマツは多くの個体が生育不良を起こしているか枯死していた。

2.2 土壌調査

毎木調査の結果から対象木を両樹種共に3本ずつ選定し、その周辺計17箇所ではSH型貫入試験機を用いた土壌貫入試験を行った。地際から20 cm離れた位置に、樹木の植栽列に沿って十字に3.0 mの側線を設定し、側線上に25 cm及び50 cm間隔で貫入した。3 kgハンマーで貫入し、0.2 cm以下の値が10回程度連続して出た時点で打ち止めとした。この対象木のうち両樹種毎に胸高直径が中央値に近い個体を1本ずつ選定し、土壌貫入試験の北

西~南東にかけた側線に沿って長さ3 m×幅50 cm×深さ50 cmのトレンチを作成して水平根を露出させた。このトレンチ断面に対し、山中式土壌硬度計による土壌硬度の測定と直径1 mm以上の根系本数の計測を行った。なお、露出した水平根は全て対象木から伸長したものであると仮定した。また深さ0-10 cm、20-30 cm、40-50 cm毎に土壌を採取し、深さ毎に各3繰り返して三相分布を測定した。

2.3 引き倒し試験

引き倒し試験は両樹種8本ずつに対して実施した。対象木は両樹種とも同じ直径階(5 cm以上16 cm未満)の範囲となるよう選定した。対象木の地上1 mまたは1.5 m地点にワイヤースリングを巻き付け、予めスリングの位置から0.5 m上の位置で幹を切断した後手動ウィンチで牽引し対象木を引き倒した。対象木は、津波被害を想定して可能な限り汀線から直角に、陸側に向けて引き倒した。対象木を牽引することで根返りまたは幹折れ(幹割れ)を起こすが、その直前に荷重がピークを迎える。この時に生じる荷重のピークを牽引による最大荷重とし、樹木の引き倒しに対する抵抗力の限界を最大回転モーメントと定義して解析した。

3. 結果と考察

3.1 土壌調査

土壌貫入試験では、各対象木周辺の最大深は40~60 cm程度に留まった。貫入箇所の多くが深さ50 cm未満で硬い層に当たり、ほとんどの対象木に対して深度10 cm以内で「多くの根が侵入困難」とされるNd'/drop値14.3以上を記録した(SH型貫入試験 技術・調査基準 編集委員会, 2015)。一方、山中式土壌硬度計によるトレンチ断面での測定結果については、表層近くで硬度が若干低くタブノキでは40-50 cm深付近の所々で硬い箇所が見られた。しかし断面の大部分が測定値11~20 mmに収まっており、これは長谷川(2006)の判断基準によると「根系発達に障害なし」と判定される。トレンチ断面に露出した水平根はタブノキが296本、クロマツが217本で、その平均直径はタブノキが3.0 cm、クロマツが3.3 cmだった。このうち2 mm以下の細根はタブノキが165本、クロマツが89本で、タブノキでは半分以上が細根だった。水平根は両樹種共に表層に近いほど本数が集中する傾向にあったが、タブノキの方がより深くまで多くの根を伸長させていた。この時どちらのトレンチ断面でも、表層から深さ50 cmにかけて直径5~30 cm程度の石礫が100個以上出現した。土壌三相は両樹種の周辺土壌共に気相率が40%を超えており、特にクロマツ周辺で0-10 cm深の気相率が50%以上を占めていた。なお、トレンチ断面には土壌

物理性調査の作業が困難な程度に石礫が密集しており、山中式硬度計使用の際には意図的に石礫や根を避けたことから、土壌貫入試験の結果とトレンチ断面に対する土壌硬度測定の結果に差異が生じたと考えられる。

3.2 引き倒し試験

引き倒し試験により得られた結果を図1に示す。最大回転モーメントはタブノキで0.73~18.6 kN m、クロマツで0.74~18.0 kN mとなった。タブノキとクロマツはそれぞれ広葉樹と針葉樹で、組織構造が大きく異なる一方、胸高直径毎の最大回転モーメントには両樹種間であまり差が生じなかった。これにより、両樹種について、石礫を多く含んでいる生育基盤でも地上部が良好に生育している個体であれば引き倒し抵抗も上昇することが示唆された。またタブノキでは8本中2本、クロマツでは8本中6本が根返りまたは根の断裂によって荷重のピークを迎えていた。さらにタブノキのうち残り6本では幹折れまたは幹割れが生じたのに対し、クロマツのうち残りの2本は限界まで引き倒しても根鉢の一部が盛り上がるだけに留まった。以上からクロマツは荷重を受けた際、地上部がたわむことで荷重がピークに達するのを回避する可能性が考えられる。

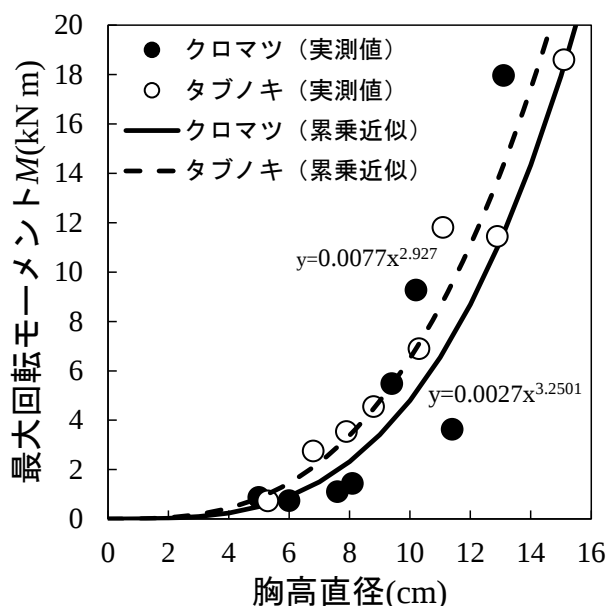


図1 最大回転モーメントと胸高直径の関係

4. 結論

今回実施した土壌調査ではタブノキ周辺の土壌が比較的硬かったものの、その根はより深くまで伸長していたことから、タブノキがクロマツと比べて根系発達が困難な硬い土壌でも阻害されることなく根を伸長できる可能性が考えられた。一方で貫入試験時に再試験を行った地点が複数あり、実際にトレンチ断面でも石礫が密集していたことから、貫入試験の結果に石礫の存在が影響したことが十分に考えられる。よって、タブノキの根が石礫を含む基盤においても地中深くまで発達できる可能性

あると考えた。引き倒し試験においてもタブノキでは根返りした個体が少なく、根の支持力が強いことが伺えた。一方、クロマツでも胸高直径が大きい個体ほど根返りが発生しなかったことから、石礫を含んだ基盤の場合であっても、地上部の生育が良好であれば地下部も発達し引き倒し抵抗を発揮できる可能性が示唆された。今後は石礫の含まれない生育基盤で同様の実験を行い今回の結果と比較することで、石礫層の存在が樹木に与える影響についてより詳細に検討していく。

5. 謝辞

本研究は、2023 年砂防学会若手研究助成 (46490528) を受けて実施されたものである。また試験に使用した機材の一部は、国土防災技術株式会社よりお借りした。ここに深く感謝の意を表する。

引用文献

- 長谷川秀三 (2006) : 根系深さの推定手法, 日本緑化工学会誌, Vol. 31, No. 3, p. 346-351
- 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, 林野庁森林整備部治山課, 25pp.
- 中島有美子・吉崎真司 (2010) : 沿岸域に生育する常緑広葉樹 5 種の塩分付着による耐潮性比較, 日本緑化工学会誌, Vol. 36, No. 1, p. 219-222
- 野口宏典・鈴木 覚・南光一樹・竹内由香里・金子智紀・新田響平・渡辺公一・坂本智己 (2014) : 海岸砂丘地に植栽された広葉樹およびクロマツの倒伏抵抗特性の引き倒し試験による評価, 海岸林学会誌, Vol. 13, No. 2, p. 59-66
- 野堀嘉裕・宮城正明・伊藤 聡 (2004) : 山形県北部の海岸クロマツ林内に樹下植栽されたタブノキの成長, 東北森林学会誌, Vol. 9, No. 1, p. 1-5
- 小野賢二・野口宏典・村上尚徳・新井隆介・宇川裕一・小森谷あかね・新田響平・福山文子・齋藤直彦・吉田俊通・橘 隆一・川東正幸・木田仁廣・渡辺名月・萩野裕章・野口享太郎・篠宮佳樹・今矢明宏 (2021) : 東日本および東北地方の海岸防災林・海浜公園の生育基盤として整備された造成土壌の特徴, 森林総合研究所研究報告, Vol. 20, No. 3, p. 205-262
- SH 型貫入試験 技術・調査基準 編集委員会 (2015) : SH 型貫入試験 (表層構造調査用簡易貫入試験) 技術・調査基準 同解説, 表土層調査技術会, p. 8
- 森林総合研究所東北支所 (2015) : 津波被害軽減機能を考慮した海岸林造成の手引き—海岸林を造成・管理する実務者のために—, 森林総合研究所第 3 期中期計画成果 24, 53pp.
- 谷川東子・安江 恒・松田陽介・池野英利・藤堂千景・山瀬敬太郎・大橋瑞江・檀浦正子・平野恭弘 (2021) : 海岸クロマツ林の根系は石礫層でも成長速度を維持している, 日本土壌肥料学会講演要旨集, Vol. 67, p. 12