

海岸林の再整備で造成された盛土への耕起がクロマツの生育に及ぼす効果

—クロマツ植栽時の植え穴サイズの違いが地上部の成長および根系伸長に与える影響—

野末尚希・福田拓実（静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター）・
猿田けい（静岡県立農林環境専門職大学）

植生基盤盛土の造成を伴う海岸林の再整備において、盛土を耕起してからクロマツを植栽する場合の植え穴サイズの違いが、地上部の成長および根系伸長にどのような影響を与えるか検証した。3種類の植え穴サイズを設定して比較したところ、地上部の成長は、植え穴サイズごとで有意差は見られなかった。水平方向の根系伸長は、植え穴サイズの違いによる影響が見られなかった。地下方向の根系伸長は、深さ10 cmの植え穴サイズの場合に根系が伸長していない一方で、深さ30 cmおよび60 cmの植え穴サイズの場合には根系伸長が確認された。このことから、植え穴サイズの違いは、地下方向への根系伸長に影響している可能性が示唆された。

キーワード：海岸林、クロマツ、盛土、耕起、根系

I はじめに

海岸林は飛砂防止、防風、潮害防備、防霧等の多面的な機能を有しており(14)、地域の生活環境を保全するため、これらの機能が発揮できるよう適切に育成していくことが求められる。

海岸林が防風機能等を発揮する上で、樹高や幹の太さは大きな影響要因であることから(3,4)、海岸林にクロマツ等の苗木を植栽後、地上部を早期に成長させることが求められる。一方、2011年3月11日の東日本大震災で海岸林が被災した際には、根系が地中深く伸びていない樹木は根返りの被害を受けたことが報告されている(8,10)。根系が地中深く発達しなかった理由としては、現地の地下水位が高かったことが原因として考えられている(5,8,10)。こうした事例を踏まえ、植栽に先立つ植生基盤盛土の造成が、根系を地中に発達させるための方法として考案され(5,8)、地域によっては既に事業で導入されている(1,5,12)。

しかし、盛土の材料となる土砂は山地から削り取ったものを用いることが多く、また、造成工事の過程において重機を用いた盛土の締め固めを行うため(5,12)、本来の海岸林とは大きく異なる環境下でクロマツ等の植栽が行われることとなる。既往の研究では、土壌の理化学性が悪くなると根系の発達が悪くなることや、地上部の成長に根系の成長が大きく影響していることが報告されている(9)。こうした知見を踏まえると、締め固められた盛土にそのまま植栽が行われる場合、根系の発達が阻害されるとともにそれに影響されて地上部の成長も低下する可能性がある。これにより、海岸

林の飛砂防止等の機能および津波被害の減災機能がともに低下することが懸念され、地上部および根系をともに健全に生育させて、防災機能の高い海岸林を再整備するという目的が達成されない恐れがある。締め固められた盛土に植栽を行う場合の対策として、植栽時に耕起することが検討されているが(6,7,11,13)関連する報告はまだ少ない状況である。

そこで本研究では、盛土を耕起してからクロマツを植栽する場合の植え穴サイズの違いが、地上部の成長および根系伸長にどのような影響を与えるか検証した。

II 研究方法

1. 試験地の概要

試験地は、静岡県浜松市西区の海岸林に設定した。この場所は、かつて砂浜であった場所にクロマツ主体の海岸林が造成されていた。あらかじめこれらを伐採した上で、2015年度から2016年度にかけて、土砂やセメントを混合した材料であるCSG素材の堤防を天端高13.0 m、天端の幅3.5 m、底辺の幅19.0 mの構造で建設し、これを中心として両側に盛土法面を配置する植生基盤が造成された(図-1)。盛土の材料は、浜松市内の山地から搬出した礫交じりの山土である。盛土勾配は、天端に近い上部は1:1.5、中腹から下部にかけては1:2.6であった。試験地は、陸側の盛土法面の中腹に設定した。盛土の深さは一様ではないが試験地内のどの地点においても2~3 m以上あった。2017年6月にクロマツのポット苗を植栽密度5,000本/haで植栽した。育苗用ポットおよび根鉢のサイズについて

NOZUE Naoki*, FUKUDA Takumi, ENDA Kei

The effects of plowing of embankments constructed by redeveloping the coastal forest on improvement of growth of *Pinus thunbergii* -Influence of differences in hole size at planting the *Pinus thunbergii* on the growth of the trunk and the elongation of the root system -

naoki1_nozue@pref.shizuoka.lg.jp

は、植栽時に測定を行っていないため正確な値は不明であるが、植栽時および2021年と2022年における現場での観察から、根鉢の直径および高さは9~10cm程度であり、育苗用ポットの推定サイズは3~4号である。植栽時の平均樹高は59cm、平均根元径は12mmであった。植栽時における耕起は、鍬を用いて土をほぐす方法で行った。耕起する規模（以下、植え穴サイズ）は縦10cm×横10cm×深さ10cm（以下、S-10）、縦30cm×横30cm×深さ30cm（以下、S-30）、縦60cm×横60cm×深さ60cm（以下、S-60）の3種類を設定し、各植え穴サイズにつき10本ずつの苗木を植栽した。各サイズの植え穴が特定の範囲に集中しないようにするため、図-2に示す配置とした。なお、耕起することによる盛土の状態の変化について植栽時に調査は行っていないが、2022年11月に試験地内の一部を耕起し、耕起した箇所と耕起していない箇所の各10地点において山中式土壌硬度計を用いて土壌硬度指数を測定した。この結果、平均土壌硬度指数は、耕起した箇所では8.5mm、耕起していない箇所では19.3mmとなった。植栽後5年以上経過してからの測定であるためあくまで参考値ではあるが、植栽時も耕起することにより土壌硬度が低くなった状態だったと考えられる。

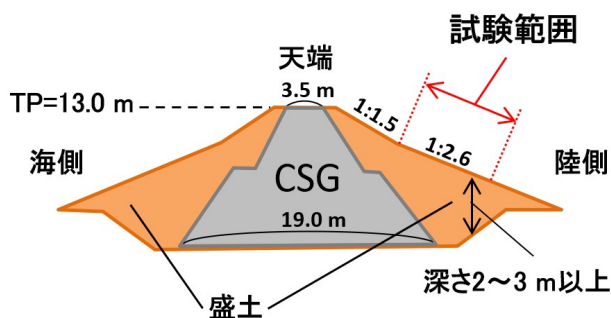


図-1. 試験地の概要（横断面図）

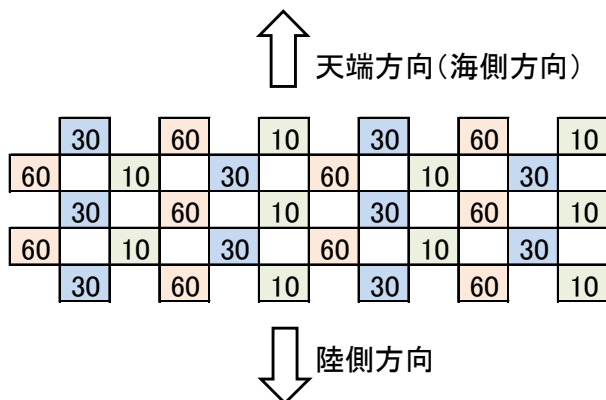


図-2. 植栽配置図

10, 30, 60 はそれぞれ S-10, S-30, S-60 を示す

2. 調査方法

植栽後から2022年までを調査期間とした。植栽後に枯れた個体はなかったが、S-30のうち1本は、幹が地表近くで折れる損傷を経て上長成長が停止している明らかに異常な形態であったため、調査対象から除外した。

地上部については、植栽後の2017年から2022年まで毎年、樹高を竹尺または測竿で、根元径をデジタルノギスまたは直径巻尺で測定した。2022年10月には、胸高直径をデジタルノギスで測定した。

根系については、2021年12月に各植え穴サイズにつき1本ずつ、2022年11月に各植え穴サイズにつき3本ずつ、合計4本ずつを人力で掘り取った（図-3）。掘り取る作業は、具体的には以下のとおり行った。

まず、地下方向への根系の伸長状況を観察するため、植栽時の根鉢に相当する部分（以下、根鉢）の周囲の土砂を除去した。その際に地下方向に着目し、根鉢から直接地下方向へ根系が伸長しているかを観察した。地下方向への伸長が見られない場合は、それ以上の深さは掘らなかつた。地下方向への伸長が見られた場合は、そのまま地下方向に掘り進め、植栽時の植え穴サイズの深さまで掘り進めた。植栽時の植え穴サイズの深さまで根系が伸長している場合、それよりもさらに深くまで根系伸長が継続しているかを観察した。

次に、水平方向への根系の伸長状況を観察するため、根鉢の周囲の土砂を除去し、根鉢から直接水平方向へ根系が伸長しているかを観察した。水平方向への根系伸長が見られた場合は、そのまま水平方向に掘り進め、植栽時の植え穴サイズの範囲まで掘り進めた。植え穴サイズの範囲まで根系が伸長している場合、それよりもさらに先まで根系伸長が継続しているかを観察した。

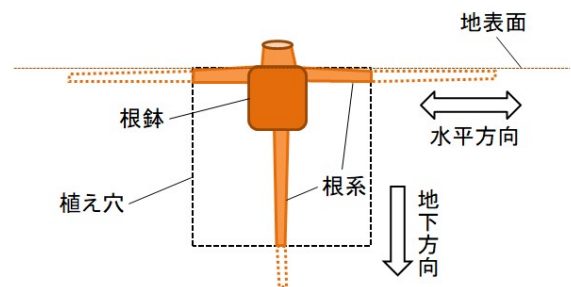


図-3. 根系調査範囲の模式図

III 結果と考察

1. 地上部の成長

図-4に、植え穴サイズごとの平均樹高の推移を示す。平均樹高は、植え穴サイズが大きいほど大きい値を示し、2022年10月には、S-10では222cm、S-30では253cm、S-60では279cmとなった。図-5に、植え穴サイズごとの平均根元径の推移を示す。平均根

元径は、S-10とS-30に比べてS-60が大きい値を示し、2022年10月には、S-10では79 mm、S-30では77 mm、S-60では95 mmとなった。図-6に、2022年10月における植え穴サイズごとの平均胸高直径を示す。平均胸高直径は、植え穴サイズが大きいほど大きい値を示し、S-10では33 mm、S-30では38 mm、S-60では43 mmとなった。ただし、樹高、根元径、胸高直径ともに、いずれの調査年においても統計的に有意差はなかった ($p>0.05$, Kruskal-Wallis 検定)。この結果は、既往の報告(6)の内容に沿うものであった。

今回の結果において、統計的に有意差が生じなかったのはサンプル数の少なさが影響している可能性もあるため、盛土を耕起してからクロマツを植栽する場合の植え穴サイズの違いが、地上部の成長に対して影響がないと断定するのは早急であるが、地上部の成長に対して影響があるとしても、成長に大幅な差が生じるほどではないと思われた。

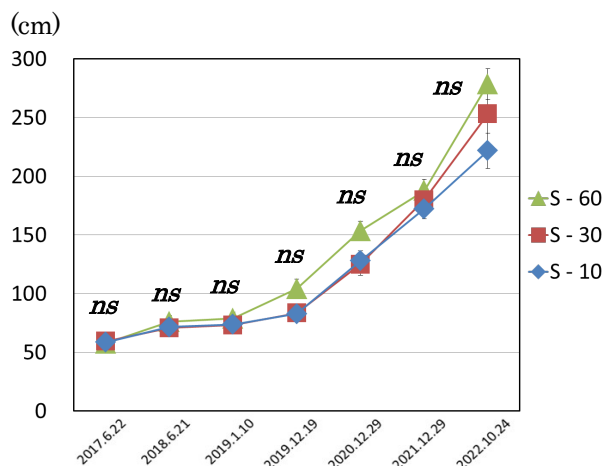


図-4. 植え穴サイズごとの平均樹高の推移
エラーバーは標準誤差
 $ns:p>0.05$ (Kruskal-Wallis 検定)

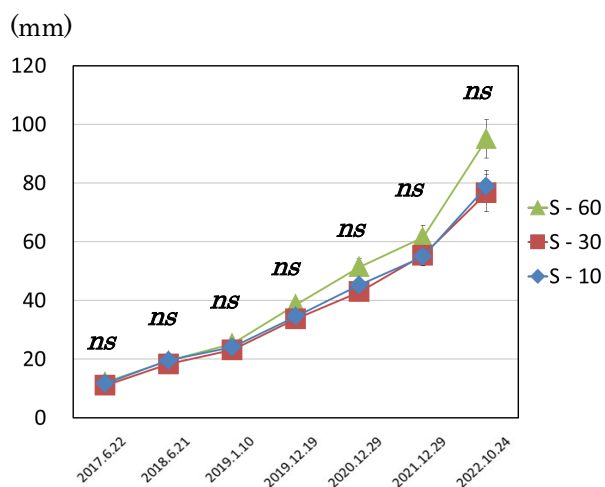


図-5. 植え穴サイズごとの平均根元径の推移
エラーバーは標準誤差
 $ns:p>0.05$ (Kruskal-Wallis 検定)

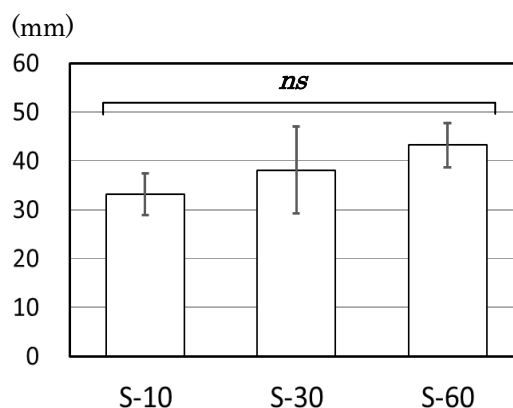


図-6. 植え穴サイズごとの平均胸高直径
エラーバーは標準誤差
 $ns:p>0.05$ (Kruskal-Wallis 検定)

2. 地下方向への根系伸長

植え穴サイズごとの地下方向への根系伸長の概要を表-1に示す。S-10では4本すべてにおいて根鉢から直接地下方向への根系伸長が確認されなかったのに対し、S-30では4本中3本、S-60では4本すべてにおいて根鉢から直接地下方向への根系伸長が確認された。このS-30の3本およびS-60の4本すべてについて、植え穴サイズを超えた深さまで根系伸長が継続していた。

こうした結果となった原因について、根鉢の高さ、植え穴の深さおよび土壌硬度との関係から考察を行う。既往の報告では、根の侵入を妨げる土壌硬度指数の限界は21~25 mmとされており(2)、今回の試験地における耕起していない箇所の土壌硬度指数に近い値である。今回、S-10においては、根鉢の高さと植え穴の深さはほぼ同じであり、根鉢の底面と植え穴の底面との間には、耕起された柔らかい土壌がほとんど存在していなかったため、地下方向へは根系が発達しなかったと考えられる。一方、S-30およびS-60においては、根鉢の高さは植え穴の深さよりも20 cm~50 cm程度小さく、根鉢の底面と植え穴の底面との間には、耕起された柔らかい土壌が存在する状態であったため、地下方向において容易に根系を発達させることができたと考えられる。

また、地下方向への根系伸長が確認されたS-30の3本およびS-60の4本すべてについて、根系伸長が植え穴の深さに達してもその深さで止まることなく、さらに深くまで根系伸長が継続していたことを踏まえると、土壌が硬いことによる地下方向への根系伸長の阻害は、S-10のように植栽直後から根鉢の底面が硬い土壌に近接する場合において特に顕著に発生しやすいものである可能性が示唆された。

今回の調査では、地下方向への根系伸長が、S-30とS-60の間でどの程度生じるかという点や、根系伸長が植え穴の深さに達して以降どこまで続くのかという

点までは検証できていない。また、植栽時における根鉢の高さと植え穴の深さの間に、どの程度の差があれば根系発達が可能となるかという点についても、さらに検証の余地があると考えられる。

表-1. 植え穴サイズごとの地下方向への根系伸長

植え穴サイズ	伸長なし	伸長あり (うち植え穴深さを超える)	
S-10	4	0	-
S-30	1	3	(3)
S-60	0	4	(4)

3. 水平方向への根系伸長

植え穴サイズごとの水平方向への根系伸長の概要を表-2 に示す。水平方向においては、すべての植え穴サイズにおいて根鉢から直接水平方向へ根系の伸長が確認され、植え穴の範囲を超えた先まで根系伸長が継続していた。こうした結果となった原因は、表層近くの土壌硬度は地中に比べ低い状態であるため(2)、根系が容易に発達できたためと考えられる。

表-2. 植え穴サイズごとの水平方向への根系伸長

植え穴サイズ	伸長なし	伸長あり (うち植え穴範囲を超える)	
S-10	0	4	(4)
S-30	0	4	(4)
S-60	0	4	(4)

4. 地上部の成長と根系伸長との関係

以上の結果から、盛土を耕起してからクロマツを植栽する場合の植え穴サイズの違いは、地下方向への根系伸長に影響している可能性が示唆され、盛土の耕起は津波被害の減災機能を発揮させるため有効な手段であると考えられた。一方、水平方向への根系伸長に対しては影響を及ぼさないと考えられることから、根系にとって特に重要な機能である土壌中の養分や水分を吸収する働き(9)は、植え穴サイズに関わらず十分に機能していたと考えられる。このため、地上部の成長に根系の成長が大きく影響していること(9)を考慮しても、植え穴サイズは地上部の成長に対しては大きな影響を及ぼさなかったと推察される。

5. 今後の課題

本研究では試験地を陸側法面の中腹に設定しており、海側法面や天端に比べると風や飛砂の影響が弱く、クロマツへのストレスが少ない場所である。クロマツ

の成長には植え穴サイズ以外の要因も大きく影響を及ぼすと考えられることから、健全な海岸林を育成するためには、植栽時の耕起だけでなくそれ以外の要因も踏まえた適切な保育方法についても検証していく必要がある。

また、今回の試験では植栽から5年経過後までの初期成長の期間の評価を行ったが、盛土上に植栽したクロマツの成長について、より長期的な視点からの評価は今後の課題である。

謝辞

本研究の実施にあたり、試験地の設定や現地調査にご協力いただいた静岡県関係者の皆様に心から感謝申し上げます。

引用文献

- (1) 深野智恵子 (2018) 自然の力を活かした“ふじのくに森の防潮堤づくり”ー海岸防災林の再生を図るー. 海岸林誌 17(1):17-22
- (2) 亀山章 (1979) 高速道路のり面の植生遷移について (IV) ー木本植物の根系と遷移との関係ー. 造園雑誌 42(4):3-11
- (3) 河合英二 (1993) 海岸林の防災機能と維持管理の問題点. 森林立地 35(2):30-38
- (4) 近田文弘 (2013) なぜ、クロマツなのか?ー日本の海岸林の防災機能についてー. 海岸林誌 12(2):23-28
- (5) 村上卓也 (2015) 盛土を伴う海岸防災林復旧工事と植栽までの手順. 日緑工誌 41(2):341-343
- (6) 野原咲枝・高橋孝之 (2007) 海岸保安林における湿地対策としての盛土工法の評価ークロマツ 10年生の根系発達ー. 千葉森研報 2:1-6
- (7) 小野賢二・今矢明宏・高梨清美・坂本知己 (2016) 海岸防災林復旧・再生事業における生育基盤盛土の現状ー事業着手初期の未耕起盛土の物理性および盛土への各種耕起工が土壌硬度鉛直分布に及ぼす効果の評価ー. 森林総研報 439:65-78
- (8) 坂本知己 (2015) 津波による海岸林の被害と海岸林再生で盛土をする理由. 日緑工誌 41(2):334-335
- (9) 佐藤孝夫 (1995) 樹木の根系の成長に関する基礎的研究. 北海道林試研報 32:1-54
- (10) 仙台森林管理署 (2014) 海岸防災林の再生 平成 23 年東北地方太平洋沖地震巨大津波による被害と復旧
- (11) 篠宮佳樹・今矢明宏・坂本知己 (2017) 海岸防災林再生事業で造成された盛土の深耕による硬度と透水性の変化. 森林総研報 444:249-256
- (12) 静岡県河川砂防局・静岡県浜松土木事務所 (2021) 浜松市沿岸域防潮堤竣工記念誌概要版
- (13) 橘隆一・小野賢二・小森谷あかね・宇川裕一・福永健司・國井洋一 (2019) 千葉県の海岸盛土造成地におけるクロマツの根系伸長特性. 水利科学 370:146-157
- (14) 吉崎真司 (2011) 海岸林の機能と津波に対する樹木の応答について. 日緑工誌 37(2):281-285