

東北日本海側の海岸砂丘の無立木地とクロマツ林内に
植栽したカシワの定着と成長

田村浩喜¹・金子智紀²・林田光祐^{3*}

Establishment and growth of *Quercus dentata* planted on an open sandy hill
and on the forest floor in a *Pinus thunbergii* coastal forest along the Japan
Sea, in northern Japan

Hiroki Tamura¹, Tomonori Kaneko², and Mitsuhiro Hayashida^{3*}

Abstract: Deciduous broad-leaved *Quercus dentata* seem to be excellent tree, because this species is common in coastal areas in northern Japan. However, it was confirmed that saplings could not be established due to a strong drought on an open sandy hill along the coast. We prepared four types of saplings with differently formed roots (saplings produced in a nursery, potted saplings and natural saplings) and four moisture treatments with wooden chips and pine leaves added to the soil. The saplings were planted and moisture treatments were conducted on the forest floor in a pine stand and in an open stand cleared of vegetation. We examined survival and growth of eight-year old saplings. The survival rate of *Q. dentata* saplings was higher in the pine stand (78 to 98 percent) than in the open stand (3 to 66 percent). No significant differences in survival were found among the four types of saplings or among the four moisturizing treatments in the pine stand. These results suggested that the conditions under pine canopies are important for the establishment and growth of *Q. dentata* saplings.

1 はじめに

東北地方太平洋沖地震津波により海岸域が大きな被害を受けたことから、海岸防災林の必要性が高まっている(中島・岡田, 2011)。津波に対する海岸防災林の効果を高める方法として、広葉樹の利用も提案されている(佐々木, 2013)。これまで海岸防災林は主にクロマツによって造成されてきたが、林内に広葉樹が生育する林分も多い(近田, 2001)。

日本海側本州北部の海岸砂丘地のクロマツ海岸林への広葉樹の造成は、マツ枯れ対策を中心に海岸林の機能強化を目的として検討されてきた(伊藤, 2000; 金子, 2005; 金子・田村, 2007)。秋田県では2000年頃から海岸林においてマツ枯れが進行し(小林, 2004; 星崎ら, 2005)、マツ林内に広く生育しているカシワの利用も注目されている(小山, 2008)。カシワ林は、北海道において海岸の砂丘や段丘上に成立し(長谷川, 1984)、砂防林として重要な役割を担っている(斎藤, 1979; 伊藤, 1985; 浅井・真坂, 1998)。このことから東北北部においても、カシワが

海岸林の防災機能を高める可能性が期待される。

秋田県における広葉樹造成は、カシワ、ケヤキ、エゾイタヤ、シナノキの4種を中心に検討されてきた(金子・田村, 2007)。この報告によると、2001年に汀線から150m付近の無立木の砂地で行われたカシワの植栽試験では、4年生苗の生存率は30%しかなかった。植栽時に100cmあった苗木の樹高は、主軸が枯れて50cmに低下していた。2003年の植栽試験では、黒土を客土としたことにより5年生苗の生存率が50%に向上したが、植栽苗は主軸枯れと萌芽発生を繰り返して、一時植栽時より低下したが、後に植栽時の樹高に回復しただけであった。黒土を用いたことによりエゾイタヤ苗とシナノキ苗の生存率が30%から90%に改善したことや、ケヤキ苗の生存率は黒土の使用に関係なく90%だったことに比べて、カシワ苗の活着率の低さが著しかった。カシワは主根を地中深く発達させる(荻住, 1979)が、最も流通しているふるい大苗は、根切りによって主根の大部分を失い、著しく貧弱な細根しかもっていない。ケヤキ苗などが根切りによって豊富な細根を得るのと対照的である。さらに、葉が展開する4月から5月は1年で砂地の土壌が最も乾燥する季節に重なる。カシワ苗の活着率が低いのは、乾燥に耐えられないことが原因ではないかと考えられる。

そこで2004年に砂地の土壌の強い乾燥を緩和する方法を検証するために2つの植栽試験が行われた。一つ目は、先に植栽されたクロマツの樹高が1mになった場所に黒土を客土して山取り苗を植栽したものである(金子・田村, 2007)。生存率は4年生で80%に向上し、樹高は0.3mのものが0.7mにまで成

¹ 秋田県秋田地域振興局, Department of Akita Regional Affairs, Akita Prefecture, 4-1-2, Sannou, Akita, 010-0951, Japan

² 秋田県林業研究研修センター, Akita Forestry Research and Training Center, 47-2, Idojiridai, Kawabe-Toshima, Akita, 019-2611, Japan

³ 山形大学農学部, Faculty of Agriculture, Yamagata University, 1-24, Wakaba, Tsuruoka, Yamagata, 997-8555, Japan

*Corresponding author: hayasida@tdsl.tr.yamagata-u.ac.jp

長した。二つ目は強く乾燥する無立木の砂地と、比較的乾燥しないクロマツ林内のそれぞれに、4タイプのカシワ苗規格と4タイプの土壌保水資材処理を組み合わせた植栽試験地を設定したものである(田村・金子, 2008)。無立木地の活着率は50%以下で、生存した苗木にも主軸が枯れて萌芽を発生させているものが多数見られた。これに対し、クロマツ林内の活着率は90%を示した。主軸は枯れることなく植栽当年から樹高が伸長した。これらのことから、砂丘地にカシワを早期に活着させるには、クロマツ林内に植栽することが重要であることが示唆された(田村・金子, 2008)。しかし、カシワは陽樹であるため、活着した苗木であれば光環境の良好な無立木地で旺盛に成長し、クロマツ林内では成長が停滞する可能性もある。

そこで本研究では、2004年に植栽した試験地(田村・金子, 2008)において、8年目のカシワ苗の定着と成長を追跡調査した。カシワ林をより確実に造成するために、無立木砂地とクロマツ林内において、苗木規格、保水資材が植栽木の生存率とサイズに及ぼす効果を検討した。

2 調査地と方法

2.1 調査地の概要

調査地は秋田市の夕日の松原である(図1)。夕日の松原は、雄物川河口から旧八郎潟の河口までの延長24km、最大林帯幅800mのクロマツ林である。下層にはカシワやカスミザクラなど、樹高が10mを超えるような広葉樹が多数生育している林分も広く見られる。秋田市における年平均気温は11.4℃、年降水量1,713mm、最大積雪深は41cmである(気象庁, 2008)。

2.2 植栽調査区

植栽調査区は2か所設置した。1か所は、汀線からの距離が150m、標高は5mで、最も海岸に近いマツ林よりもさらに海側に位置している。ハマニシクヤカラヨモギなどの砂生植生になっている無立木の海岸砂地であり、ここに無立木区を設置した。他の1か所は、汀線からの距離が450m、標高は30mの場所である。高木層はクロマツによって占められ、亜高木層以下に自生のカシワやススキなどの草本が散在している。ここに林内区を設置した。2012年における高木層のクロマツは本数密度750本/ha、平均樹高14.5±4.2m、平均胸高直径18.4±5.4cmである。林床の光環境は、地上1.3mの高さにおける相対照度が25%、開空度が20.7±2.5%である。開空度は10m置きに格子状に設定した25地点において魚眼レンズ(Nikon, FC-E8)で撮影した画像をCanopOn Version 2.02 software(竹中, 2007)を用いて求めた。毎木調査と光環境の測定は2012年9月に実施した。

両調査区は40m×40mとし、内部に10m×10mの区画を16区画設置した。各区画はそれぞれカシワ苗木4規格、木材チップとクロマツ落葉の保水資材4

処理の組み合わせとした(表1)。1区画にはカシワを40本植栽した。苗木の配置は8本×5列とし、苗木の間隔は1m、列の間隔は2mにした。植栽は2004年3月である。

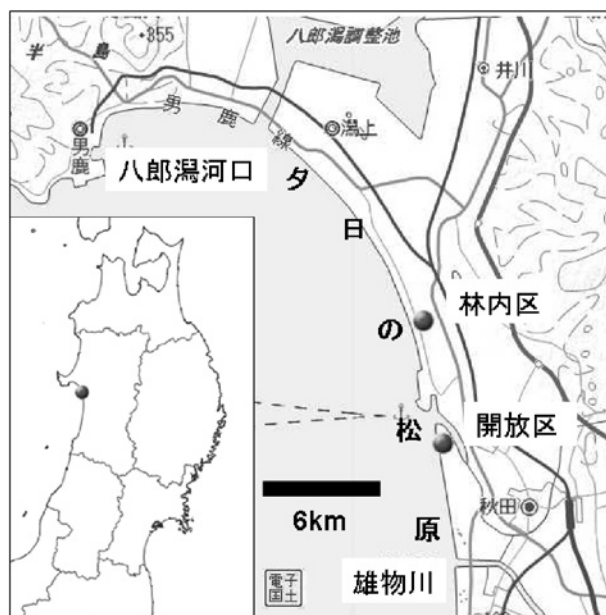


図1 調査地

この背景地図等データは国土地理院の電子国土Webシステムから配信されたものである。

2.3 苗木規格

苗木の生産状況や採取可能な山取り苗を考慮して、試験に用いる苗木規格を4種類用意した。ふるい小苗(h=0.5m)、ふるい大苗(h=1.0m)、ポット苗(h=0.5m)、山取り苗(h=0.3m)である。ふるい大苗は、根が深さ20cmの部分で切断されている。周辺から側根が数本出ており長さは40cm程度である。ふるい小苗と山取り苗は地上部が小さいので根も小さく、根の損傷はほとんど見られない。ポット苗は深さが10cm程度のポリ容器で養苗されたものであり、根の成長が制限されたものである。苗木の中には、葉の形態的な特徴からカシワとミズナラの雑種とみられるものが混入していた。カシワはコナラ節内ではもっともよく雑種をつくることが知られているが(佐竹ほか, 1989)、本研究では、葉の特徴からカシワに近い苗をカシワに含めて扱った。

2.4 保水資材とその処理

保水資材にはチップとクロマツの落葉を用いた。チップは広葉樹を破砕して野外に1年放置されたものである。クロマツの落葉はマツ林内に堆積していたものである。植え穴の大きさは、縦横50cm、深さ40cmとし、保水資材を苗木一本あたり50リットル入れて砂と混ぜ合わせた。保水資材の処理は4処理

表1 植栽8年後のカシワ苗木の生存率(%)

	保水資材とその処理				χ^2
	チップ	チップ+被覆	マツ落葉	マツ落葉+被覆	
無立木区					
ふるい小苗	45	38	10	23	10.17**
ふるい大苗	45	53	8	8	24.60**
ポット苗	5	3	3	20	11.33**
山採苗	68	50	30	18	14.12**
χ^2	19.98**	17.88**	14.00**	3.07 ^{ns}	
林内区					
ふるい小苗	90	88	98	95	0.26 ^{ns}
ふるい大苗	98	92	78	93	1.00 ^{ns}
ポット苗	80	80	88	88	0.27 ^{ns}
山採苗	98	90	88	80	0.70 ^{ns}
χ^2	0.90 ^{ns}	0.39 ^{ns}	0.91 ^{ns}	0.33 ^{ns}	

*はp<0.05, **はp<0.01であることを示す。

とし、植え穴にチップを入れて砂と混合したもの(以下、チップ処理と略す)、同様にクロマツの落葉を入れて混合したもの(マツ落葉処理)、さらにその試験区全面を厚さ5cmのクロマツの落葉で被覆したもの(チップ+被覆処理、マツ落葉+被覆処理)とした。

2.5 調査方法

植栽木に個体識別の番号をつけて、1区画に植栽した40本全数の生存を確認した。樹高と根元直径は、区画ごとに8本以上を無作為に抽出して測定した。調査は2011年8月に行った。

3 結果

3.1 生存率

植栽8年後のカシワ苗木の生存率を表1に示した。無立木区の16区画の生存率は3~68%であり、処理の組み合わせによって大きな差が見られた。苗木規格ではポット苗の生存率が低かった。保水資材処理では、チップを用いた処理区の生存率が50%程度とクロマツ落葉を用いた処理区より高かった。林内区の16区画の生存率は78~98%と全般に高かった。苗木規格間および保水資材処理区間のいずれにおいても有意差は見られなかった。無立木区の最も高い区画よりも林内区の最も低い区画の生存率が高く、無立木区よりも林内区の生存率が明らかに高かった。

3.2 樹高成長

無立木区では、チップ+被覆処理におけるふるい小苗の樹高が、チップ処理や、マツ落葉+被覆処理のふるい小苗の樹高よりも有意に高かった(図2)。ふるい大苗においても、チップ+被覆処理の樹高が、チップ処理やマツ落葉処理の樹高よりも有意に高かった。樹高は100cmを超えており、植栽時の樹高

より増加していた。他の処理区には植栽時の樹高とあまり変わらないものや、主軸枯れにより低下した様子も見られた。

林内区では、マツ落葉処理のふるい小苗の樹高が他の3処理区より有意に高かった。ふるい大苗でも、マツ落葉処理の樹高がチップ処理よりも有意に高かった。ポット苗ではマツ落葉+被覆処理の樹高がチップ+被覆処理よりも有意に高かった。山取り苗には保水処理間に有意差は見られなかった。

最も樹高が高い苗木規格と保水処理の組み合わせを明らかにするため、各苗木規格で樹高の平均値が最も大きい区画を選び、無立木区と林内区のそれぞれにおいて多重比較した。その結果、無立木区では、ふるい小苗と大苗が山取り苗よりも有意に大きかった(Tukey's HSD test, p<0.05)。ふるい小苗と大苗の樹高は、同じチップ+被覆処理を比較したものであるが、有意な差は認められなかった。同様に、林内区では、ふるい小苗と大苗がポット苗・山取り苗よりも有意に大きかった(Tukey's HSD test, p<0.05)。ふるい小苗と大苗は、同じマツ落葉処理を比較したものであるが、有意な差は認められなかった。

3.3 根元直径成長

無立木区に植栽したふるい小苗とふるい大苗では、チップ+被覆処理の平均根元直径が他の処理区より有意に大きかった(図3)。ポット苗と山取り苗には、処理間の有意差は見られなかった。林内区では、ふるい小苗をマツ落葉処理にしたものの直径が、他の保水資材処理より有意に大きかった。ふるい大苗と山取り苗においても、マツ落葉処理の直径がチップ処理やマツ落葉+被覆処理よりも有意に大きかった(図3)。

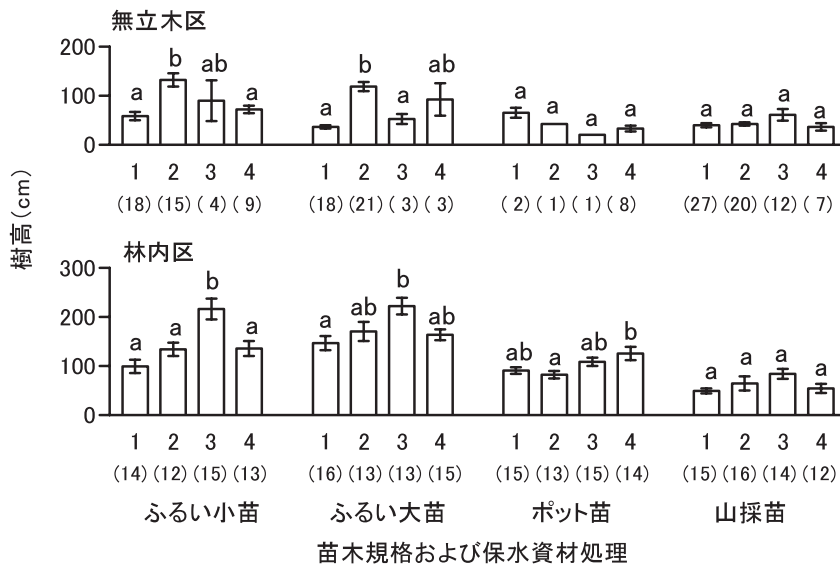


図2 カシワ苗木の樹高の平均値と標準誤差

× 軸ラベルの数字は保水処理を示す。1はチップ処理, 2はチップ+被覆処理, 3はマツ落葉処理, 4はマツ落葉+被覆処理。
 ()内に標本数を示す。
 異なるアルファベットは、同一の苗木規格内において保水処理間に有意差があることを示す (Tukey's HSD test, $p < 0.05$)。

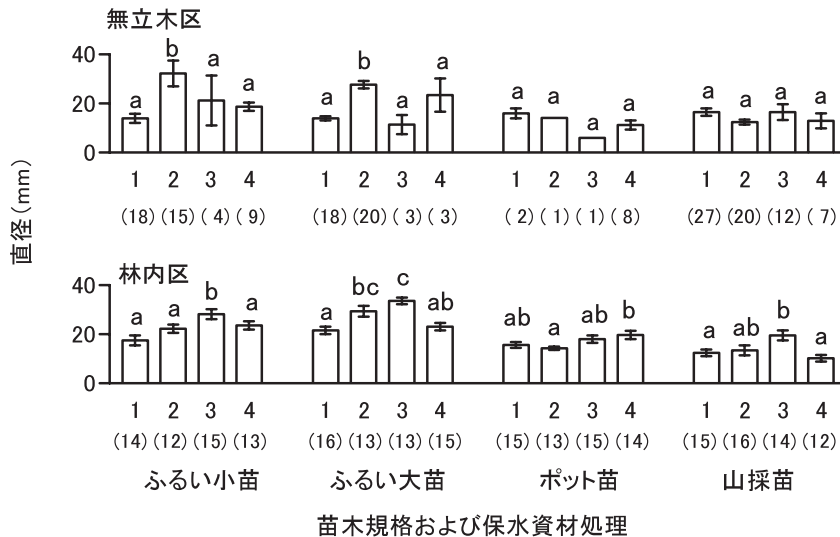


図3 カシワ苗木の根本直径の平均値と標準誤差

図の説明は図2と同じ

最も直径が大きい苗木規格と保水資材処理の組み合わせを明らかにするため、各苗木規格で根元直径の平均値が最も大きい区画を選び、無立木区と林内区のそれぞれにおいて多重比較した。その結果、無立木区では、ふるい小苗が山取り苗よりも有意に大きかった (Tukey's HSD test, $p > 0.05$)。ふるい小苗と大苗は、同じチップ+被覆処理を比較したものであるが、有意な差は認められなかった。同様に、林内区では、ふるい小苗と大苗がポット苗・山取り苗よりも有意に大きかった (Tukey's HSD test, $p < 0.05$)。ふるい小苗と大苗は、同じマツ落葉処理を比較したものであるが、有意な差は認められなかった。

4 考察

カシワ 8 年生の生存率は、無立木区 3~68%に対し、林内区 78~98%であった。生存率を 4 年生時の状況 (田村・金子, 2008) と比べると、無立木区では低下し、林内区ではほぼ変わらずに維持されていた。樹高成長は、無立木区が林内区の半分程度しかなく、なかには依然として植栽した当時の樹高にも回復していない区画も見られた。直径成長は無立木区と林内区は同等であった。これらのことから、幼齢期のカシワ苗木の生育場所として、林内区は適しているが、無立木区は苗木の定着が困難な状態が続いている不適な場所であると考えられた。

砂丘地の乾燥を緩和する森林の効果は、幼齢期になってからも、苗木の生存率に大きく影響すると考

えられる。林内区ではいずれの苗木規格間、保水資材間にも有意差が見られず、高い生存率を示していたことから、上層のクロマツ林による乾燥を緩和する効果が、苗木規格や保水資材の効果よりも大きいと考えられた。一方無立木区で比較的生存率が高かった組み合わせは、ふるい小苗と大苗そして山取り苗を、チップと組み合わせた区画だった。樹高が高かったのも、ふるい小苗と大苗をチップ+被覆と組み合わせた区画だった。ふるい苗と山取り苗は、ポット苗よりも根が発達して乾燥に比較的強いと考えられる。またチップはマツ落葉より保水力があると考えられる。本実験結果から断定はできないが、カシワ苗木の幼齢期の生育にとっても、苗木規格や保水資材よりも植栽する場所を選定することが、植栽計画において重要であると考えられた。

クロマツ林内に植栽した苗木の生育がよいことは、ケヤキ、エゾイタヤ、シナノキにおいても確認されている(金子・田村, 2007)。汀線から300m、上層樹高17mのクロマツ林冠下に植栽した事例では、6年生の生存率が80~100%あり、植栽時に100cmだった樹高が、220~400cmに達していた。前線部に客土して植栽した事例より生存率が高く、2倍の樹高成長が確認された。

カシワ苗の植栽には、砂生植生のある汀に近い無立木区ではなく、汀線から数百m離れたクロマツ林が成林した砂地に、ふるい苗を植栽することによって良好な結果が得られると結論される。林内区で最も樹高が高かったのは、クロマツ落葉を混入してふるい苗を植える方法であった。これは、砂丘に成林したクロマツ林が持つ自然の土壤環境と良く似ているからではないかと想像される。落下した枯死葉は、強風が飛砂を惹起した時に表層に積もる飛砂に覆われることを繰り返すが、このことが砂丘の砂地土壤に有機質を供給する結果となり、カシワの生育を支える水分と土壤構造の生成を促すのではなかろうか。

謝辞

本研究は三井物産環境基金 2011 年度東日本大震災復興研究助成 (R11-F3-211) および秋田県森林整備課ならびに森林技術センターの支援を受けて行いました。調査には石塚純氏、小番直人氏、嵯峨龍馬氏、佐々木忍氏、鈴木淑之氏、高橋航太氏、高橋法人氏、鳥瀧理夫氏に尽力いただきました。さらに、査読いただいた方には丁寧な助言を頂きました。深く感謝申し上げます。

引用文献

[1] 浅井達弘・真坂一彦 (1998): 北海道北部の天然生カシワ海岸林の現存量および純生産量, 北海道林業試験場研究報告, 35, 11-19.

- [2] 長谷川栄 (1984): 北海道における天然性海岸林の保全に関する基礎的研究—石狩海岸におけるカシワ林の構造と更新—, 北海道大学農学部演習林研究報告, 41, 313-422.
- [3] 星崎和彦・佐野さやか・桜庭秀喜・田淵範子・吉田麻美・及川夕子・蒔田明史・小林一三 (2005): 被害木の炭化によるマツ材線虫病の防除:媒介昆虫抑制のための戦略と秋田の海岸マツ林における取り組み, 東北森林科学会誌, 10, 82-89.
- [4] 伊藤重右衛門 (1985): 北海道における海岸林造成に関する基礎的研究, 北海道立林業試験場研究報告, 23, 1-108.
- [5] 伊藤聡 (2000): 山形県の海岸地帯に植栽した広葉樹の初期成長特性, 東北森林科学会誌, 5, 105-109.
- [6] 金子智紀 (2005): 秋田県中央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, 90-94.
- [7] 金子智紀・田村浩喜 (2007): 広葉樹を活用した海岸防災林造成技術の開発, 秋田県農林水産技術センター森林技術センター研究報告, 17, 37-60.
- [8] 苅住昇 (1979): カシワ. (樹木根系図説. 苅住昇, 1121pp, 誠文堂新光社, 東京), 696-697.
- [9] 気象庁(2008): 気象統計情報, <<http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>>, (2008.07.24 閲覧)
- [10] 小林一三(2004): 人社会の持続可能性と森林, 林業技術, 747, 2-6.
- [11] 近田文弘(2001): 日本の海岸林の現状と機能, 海岸林学会誌, 1, 1-4.
- [12] 小山晴子(2008): 松枯れを越えて—カシワと松をめぐる旅, 119pp, 秋田文化出版, 秋田.
- [13] 中島勇喜・岡田穰編著(2011): 海岸林との共生, 218pp, 山形大学出版会, 山形.
- [14] 斎藤新一郎 (1979): ミズナラおよびカシワの育苗と植栽上の問題点, 林業技術研究発表大会論文集/北海道林業普及協会, 53, 245-247.
- [15] 佐々木寧(2013): バイオシールド, 新たな提案. (津波と海岸林—バイオシールドの減災効果—. 佐々木寧・田中規夫・坂本知己, 209pp, 共立出版, 東京), 181-203.
- [16] 佐竹義輔・原寛・亘理俊次・富成忠夫編(1989): 日本の野生植物木本 I, 321pp, 平凡社, 東京.
- [17] 竹中明夫(2007): 全天空写真解析プログラム CanopoOn2, <<http://takenaka/akio.cool.ne.jp/etc/canopon2/>>, (2008.07.24 閲覧)
- [18] 田村浩喜・金子智紀 (2008): 海岸砂防用広葉樹の選抜と更新技術に関する研究, 秋田県農林水産技術センター森林技術センター研究報告, 18, 76-83.

[受付 平成26年9月1日, 受理 平成27年2月26日]