

防潮林再生緊急調査事業報告書

—東日本大震災津波で被災した防潮林再生に向けての取組—

平成 29 年 2 月

岩手県林業技術センター

報告書作成にあたって

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災では、大規模な津波の発生により、多くの尊い人命や財産が失われ、戦後最悪の自然災害となった。

この大津波の発生により、潮害の防備、飛砂・風害の防備等の災害防止機能を有し、地域の生活環境の保全に重要な役割を果たしてきた海岸防災林が甚大な被害を受けた。

岩手県には、昭和 8 年の昭和三陸津波を契機に造成された県有防潮林 24 箇所のほか、白砂青松百選にも選定された「高田松原」や「根浜」を含む市有林等 3 箇所、計 27 箇所の海岸防災林があるが、このうち 26 箇所、面積約 67ha が津波により被災した。

県の復旧実施計画では、他所管の防潮堤用地等となる箇所を除く 20 箇所、面積約 45ha において復旧が計画されており、平成 32 年度末までに植栽を完了させる予定で工事が進められている。

東日本大震災により被災した海岸防災林の再生に向けては、林野庁が設置した「東日本大震災に係る海岸防災林の再生に関する検討会」（以下、再生検討会）により、「今後における海岸防災林の再生について（平成 24 年 2 月）」がとりまとめられており、基本的な再生方針や推進方向が示されている。

このなかで、地域の防災機能を図る観点から、飛砂・風害の防備等の災害防止機能に加え、津波に対する被害軽減効果も考慮した海岸防災林の復旧・再生を検討していく必要があるとされ、津波に対して根返りしにくい林帯を造成する観点から、植栽基盤の造成においては、地下水位等からの地盤高さを確保するための盛土を実施することが望ましいとされている。

このほか、植栽樹種については、海岸の最前線は飛砂、潮風、寒風等の害に十分耐えうるもの、陸側は防風効果を高めるために保全対象に対し十分な樹高をもつものから選定する必要があるとし、自然条件や地域のニーズを踏まえた多様な森づくり、生物多様性の保全が求められていることから、広葉樹の植栽等についても考慮することが望ましいとされている。

本県では、再生検討会の基本方針等を踏まえて復旧計画を進めてきたが、海岸防災林（以下、県の呼称である防潮林とする）の造成に最も適した樹種とされるクロマツについて、県内では種子生産を行っておらず、苗木調達に懸念があること、アカマツ、広葉樹については、県内である程度の種苗を確保できるものの、防潮林での生育適性については知見が乏しく不明な点が多いこと等が課題であった。

そこで、岩手県林業技術センターでは、防潮林再生に係る様々な課題に対応するため「防潮林再生緊急調査事業（平成 24 年度～平成 28 年度）」を研究課題として設定し、「防潮林植栽樹種の適性試験」、「防潮林復旧事業地における植栽後の経過調査」等に取り組んできた。

今回の報告では、これまでの取組みをとりまとめ、第 1 章では「防潮林植栽樹種の適性試験」、第 2 章では「防潮林復旧事業地における植栽後の経過調査」の結果を報告する。また、第 2 章の末尾では、生育不良が懸念される場合の施工上の対応策について整理した。

今後、県内の復旧造成工事が加速するなか、限られた時間と予算のなかで、現場によっては、盛土資材の調達等、様々な課題を抱えながらの実施となるが、本報告が今後の防潮林再生に係る業務の一助として活用して頂ければ幸いである。

目 次

第1章 防潮林植栽樹種の適性試験	1
1 はじめに	1
2 方法	1
(1) 試験地の概要（大湊地区、明戸地区、浪板地区、大田地区）	
(2) 調査と解析	
3 結果	3
(1) 各試験地の生育経過	
(2) 樹種別の生育状況	
(2) 植栽木の初期成長	
(3) 適正樹種の評価	
4 浪板地区の生育不良について	7
5 大田地区カシワの生育不良について	8
第2章 防潮林復旧事業地における植栽後の経過調査	9
－浪板地区・浦の浜地区・摂待地区における調査事例－	
1 はじめに	9
2 浪板事業区の調査事例	10
(1) 調査方法	10
①調査地概要	
②調査と解析	
(2) 結果	11
①植栽基盤の土壌環境	
②植栽木の生育状況	
③植栽木の初期成長	
④滞水の影響	
⑤傾斜木の発生状況	
(3) まとめ	14
3 浦の浜事業区の調査事例	15
(1) 調査方法	15
①調査地概要	
②調査と解析	
(2) 結果	15
①植栽基盤の土壌環境	
②植栽木の生育状況	
③植栽木の初期成長	
④滞水の影響	
⑤傾斜木の発生状況	
(3) まとめ	19
4 摂待事業区の調査事例	20
(1) 調査方法	20
①調査地概要	
②調査と解析	
(2) 結果	21
①植栽基盤の土壌環境	
②植栽木の生育状況	
③植栽木の初期成長	
(3) まとめ	23
5 生育不良が懸念される場合の施工上の対応策	24

第1章 防潮林植栽樹種の適性試験

1 はじめに

防潮林を早期に確実に再生するためには、生育環境に適した樹種を植栽することが重要となる。

東日本大震災に係る海岸防災林の再生に関する検討会による報告（平成24年2月）では、具体的な植栽樹種として、海岸の最前線では、針葉樹はクロマツ・アカマツ等、広葉樹はカシワ等、陸側では、針葉樹はクロマツ・アカマツ等、広葉樹はカシワ・タブノキ・コナラ・エゾイタヤ等があげられている。しかし、岩手県では、防潮林の造成に最も適した樹種とされるクロマツについて、県内では種子生産を行っておらず苗木調達に懸念があること、また、アカマツや広葉樹についても、防潮林での生育適性の知見が乏しく不明な点が多いこと等が課題であった。

そこで、津波被害跡地へのアカマツ、広葉樹等の生育適性を明らかにするため、植栽試験を行った。

2 方法

(1) 試験地の概要

植栽試験地は、平成24～25年にかけて、久慈市大湊地区、田野畑村明戸地区、大槌町浪板地区、大船渡市大田地区の県有防潮林内4カ所に設置した。

試験地概要を表-1、植栽樹種一覧を表-2に示す。植栽面積は400㎡、植栽本数は400本、植栽密度は10,000本/haとし、植栽木の配置は、試験地内で樹種が偏らないよう配置した(図-1)。また、植栽基盤は、津波被害による地表攪乱が少なかった大湊地区、明戸地区では不陸整正を行った後に、地盤沈下や地表起伏など攪乱が大きかった浪板地区、大田地区では盛土を行った後に植栽した。

植栽方法は、直径30cm×深さ30cmの植穴掘削の後、中～深植えとし、化成肥料（マルモリ3号）50gを半円状に施肥し、植栽木の根元は、敷きわら（30×30cm）で被覆を行った。また、試験地を囲む4方向に高さ1.2mの木製防風柵を設置した。

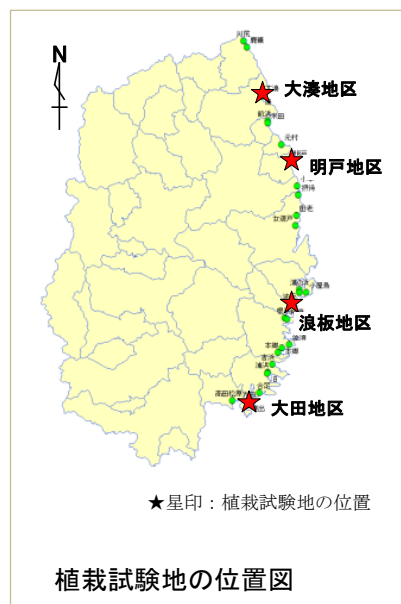
表-1 試験地概要

試験地	大湊	明戸	浪板	大田
所在	久慈市夏井町	田野畑村明戸	大槌町吉里々	大船渡市末崎町
緯度	40° 12' 27.18" N	39° 56' 45.63" N	39° 22' 55.68" N	38° 59' 54.17" N
経度	141° 47' 51.71" E	141° 56' 23.16" E	141° 56' 17.17" E	141° 42' 55.33" E
試験区(形状)	方形 20m×20m	方形 20m×20m	方形 20m×20m	台形 48×15m
植栽時期	平成24年6月17,18日	平成24年6月13,14日	平成25年4月17,18日	平成25年6月13,14日
植生基盤	津波堆積土	津波堆積土	盛土(厚さ30cm)	盛土(厚さ40cm)
土性	砂壤土	砂土	砂壤土	壤土(アカマツ林B層)
汀線からの距離	220m	400m	13m	25m

表-2 植栽樹種一覧

区分	植栽樹種	区分	種類	規格・形状寸法	植栽本数(本)
1	クロマツ	東北選抜精英樹	実生苗	2年生以上	40
2		西日本選抜松くい虫抵抗性	実生苗	2年生以上	40
3		岩手県産松くい虫抵抗性	実生苗	2年生以上	44
4	アカマツ	人工交配した松くい虫抵抗性	コンテナ苗	2年生以上	40
5		岩手県産松くい虫抵抗性	コンテナ苗	2年生以上	40
6	広葉樹	カシワ	実生苗	H=0.6m	28
7		イタヤカエデ	実生苗	H=0.6m(0.35m※1)	28
8		コナラ	実生苗	H=0.6m	28
9		クリ	実生苗	H=0.6m(1.0m※1)	28
10		ミズナラ	実生苗	H=0.6m	28
11		オオヤマザクラ	実生苗	H=0.6m	28
12		ケヤキ	実生苗	H=0.6m(1.0m※1)	28
計					400

※1 大湊地区、明戸地区の形状寸法は()書きのとおり。



(2) 調査と解析

調査は、植栽木の根元径及び樹高の測定のほか、枯損を観察するための健全度調査を行った。

調査期間は、植栽直後から3生育期までとし、大湊地区、明戸地区では、平成24年6月から平成26年9～10月まで、大田地区では、平成25年6月から平成27年10月まで毎年調査を実施した。生育不良が継続的に観察された浪板地区については、4生育期まで調査を継続し、平成25年5月から平成28年10月まで調査を実施した。健全度は、植栽木の生育状況から「健全」、「部分枯れ」、「枯死」の3段階に分け評価を行った(表-3)。

各試験地では、植栽後から毎年1回、6～7月にかけて下刈り作業を実施した。

表-3 健全度の評価区分

区分	状態
健全	外観上異常がない、葉の一部に変色が見られる
部分枯れ	苗木の先端部、枝先、枝葉が枯れている
枯死	苗木が全枯れしている



健全 (異常なし・一部変色)

部分枯れ

枯死

また、測定で得られた根元径、樹高から材積を次式により算出した。

$$V = D^2 H \quad \text{ここで、} V: \text{材積}(\text{cm}^3)、H: \text{樹高}(\text{cm})、D: \text{根元径}(\text{cm}) \text{とする。}$$

さらに植栽木の成長指標として、3生育期における根元径成長率、樹高成長率、材積成長率を次式により算出した。

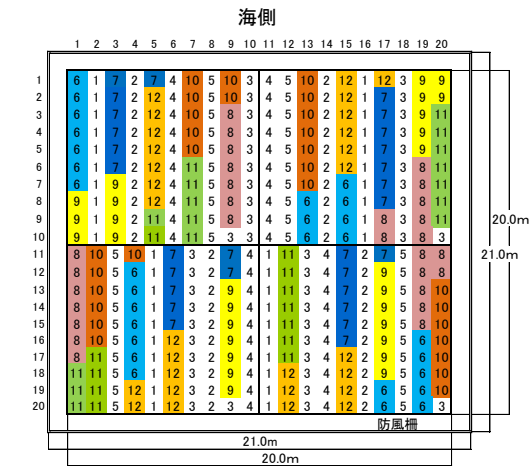
$$\text{根元径成長率} = \frac{\ln(3 \text{ 生育期の } D / \text{ 植栽直後の } D)}{3}$$

$$\text{樹高成長率} = \frac{\ln(3 \text{ 生育期の } H / \text{ 植栽直後の } H)}{3}$$

$$\text{材積成長率} = \frac{\ln(3 \text{ 生育期の } V / \text{ 植栽直後の } V)}{3}$$

【成長率 (相対成長率)】

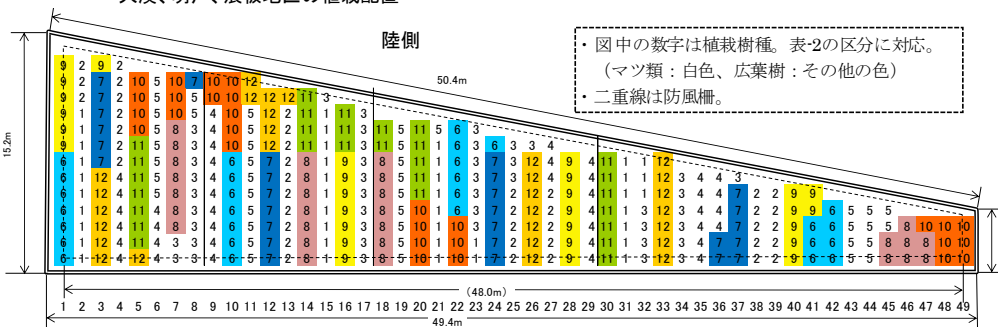
植栽時の苗木に対する成長割合を自然対数化して求める苗木の年間成長速度 (以下、成長率という。)



大湊、明戸、浪板地区の植栽配置



試験木の植栽状況 (大湊地区・クロマツ精英樹)



大田地区の植栽配置

図-1 試験地の植栽配置図



試験地設定前後の状況

3 結果

(1) 各試験地の生育経過

各試験地における植栽3年後の生存率と健全率を図-2に示す。大湊、明戸、大田の3地区では、生存率87~92%、健全率80~87%と、植栽木は概ね順調に生育していた。

一方で、浪板地区では、生存率49%、健全率31%と低調で、枯死木の発生本数が多く生育不良がみられた。浪板地区の生育不良の原因については、「4 浪板地区の生育不良について (p7)」で詳しく説明する。

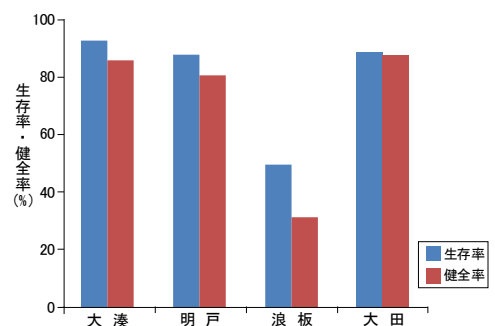


図-2 各試験地の植栽3年後の生存率・健全率

(2) 樹種別の生育状況

植栽木が概ね順調に生育していた3試験地（大湊・明戸・大田地区）における植栽3年後の樹種別の生存率と健全率を表-4に示す。

大田地区では、カシワの生存率が低調であったが、これは植栽時に展葉苗を使用したことによるもので、補植木については生存率100%、健全率95%であった。そのため、以下における樹種別の生育状況については、大田地区のカシワは、補植木の生存率・健全率を用いるものとする。なお、大田地区のカシワ生育不良の原因については、「5 大田地区カシワの生育不良について（p8）」で詳しく説明する。

表-4 植栽3年後の樹種別の生存率と健全率 (単位:%)

区分	大湊		明戸		大田※	
	生存率	健全率	生存率	健全率	生存率	健全率
クロマツ精英樹	92	92	97	97	93	93
クロマツ抵抗性	60	58	85	83	95	95
アカマツ抵抗性(実)	88	88	76	76	81	81
アカマツ人工交配(コ)	97	97	95	95	95	95
アカマツ抵抗性(コ)	100	100	87	87	100	100
カンフ	100	100	93	82	4(100)	4(95)
イタヤカエデ	93	79	77	73	93	89
コナラ	93	89	76	60	100	100
クリ	100	89	82	50	82	82
ミズナラ	100	96	69	62	100	100
オオヤマザクラ	93	36	100	75	100	100
ケヤキ	100	100	100	96	100	100
全体	92	85	87	80	88	87

※大田地区のカシワは展葉苗を植栽したため生存率が低調、()は補植木の補植2年後の生存率・健全率



植栽3年後の生育状況（大田地区）

マツ類では、生存率60~100%、健全率58~100%と、生育状況は樹種や試験地によって異なっていた。樹種別には、クロマツ精英樹（東北産）では、生存率・健全率ともに9割以上と高い活着が認められた。一方で、クロマツ抵抗性（西日本産）は、試験地により状況が異なっており、明戸地区、大田地区では生存率・健全率ともに8~9割と活着良好であったが、大湊地区では何れも6割程度と活着不良気味であった。アカマツでは、コンテナ苗（人工交配・抵抗性）で生存率・健全率ともに9割以上と活着良好で、実生苗では7~8割の生存率・健全率となった。

広葉樹では、生存率69~100%、健全率36~100%と、マツ類と同じく、生育状況は樹種や試験地によって異なっていた。何れの試験地においても、生存率・健全率ともに9割以上と高かったのは、ケヤキのみであった。また、大田地区では、広葉樹全7種で、生存率・健全率ともに8割以上と活着良好であった。一方で、大湊地区ではオオヤマザクラで、明戸地区ではクリ、コナラ、ミズナラで、生存率、若しくは健全率が低く、活着不良がみられた。

植栽木の活着には、植栽基盤の違いが大きく現れていると考えられ、アカマツ林B層の土壌を盛土に使用した大田地区では、土壌の物理性や養水分状況が良く、何れの樹種も活着が良好であったが、砂質系土壌の大湊地区、明戸地区では、土壌の保水力が弱く、一部樹種で乾燥症状による活着不良が観察された。



植栽3年後の生育状況（大湊地区）



植栽3年後の生育状況（明戸地区）



クリ乾燥症状（明戸地区・植栽当年）

(3) 植栽木の初期成長（浪板地区を除く3地区）

3 試験地における樹種別の根元径、樹高の推移を表-5、根元径成長率と樹高成長率を図-3、図-4に示す。植栽木の成長は、樹種や試験地により異なっており、大田地区では、何れの樹種でも成長が良好で、2 生育期であっても他地区の3 生育期に相当する大きさにまで成長しているものもあった。

表-5 3試験地の樹種別の根元径、樹高の推移

区分	根元径・平均(mm)											
	大 湊				明 戸				大 田※			
	当初	1生育期	2生育期	3生育期	当初	1生育期	2生育期	3生育期	当初	1生育期	2生育期	3生育期
クロマツ精英樹	6.9	7.8	11.5	18.5	6.0	7.1	11.8	19.0	7.2	10.4	22.0	35.8
クロマツ抵抗性	8.5	9.1	12.6	18.8	7.7	9.5	12.2	17.1	7.1	10.2	23.5	38.8
アカマツ抵抗性(実)	6.7	7.3	12.2	20.5	6.1	6.7	10.6	17.0	6.4	7.6	18.0	31.2
アカマツ人工交配(コ)	5.5	8.4	16.1	27.4	4.8	6.4	12.6	21.7	6.5	9.2	21.0	37.3
アカマツ抵抗性(コ)	6.5	8.7	15.7	27.9	6.5	7.7	13.9	23.4	5.9	10.5	25.9	43.5
カシワ	9.3	11.1	16.7	25.4	8.4	10.4	12.8	19.0	10.5	9.3	27.2	43.0
イタヤカエデ	5.3	7.2	10.5	15.0	5.0	6.9	10.2	14.8	5.4	8.5	18.0	27.3
コナラ	5.7	6.7	11.2	18.8	5.2	6.1	8.3	14.8	5.0	9.1	19.5	30.5
クリ	9.1	11.5	15.5	23.1	7.7	9.1	10.1	13.8	7.2	10.5	24.5	37.8
ミズナラ	7.6	8.6	12.9	20.0	6.1	6.6	8.8	13.9	6.6	11.7	23.8	35.5
オオヤマザクラ	6.4	11.0	13.4	15.7	6.1	10.8	13.7	17.2	6.5	15.7	25.8	35.8
ケヤキ	7.5	14.8	24.1	33.0	7.3	12.2	19.3	28.1	5.4	11.5	25.9	37.5
全体	7.0	9.2	14.4	22.3	6.4	8.2	12.3	18.8	6.6	10.3	22.5	36.0

区分	樹高・平均(cm)											
	大 湊				明 戸				大 田※			
	当初	1生育期	2生育期	3生育期	当初	1生育期	2生育期	3生育期	当初	1生育期	2生育期	3生育期
クロマツ精英樹	14.9	26.9	43.0	74.7	12.3	24.7	45.5	75.1	27.1	37.5	63.9	120.1
クロマツ抵抗性	20.2	32.0	46.7	78.0	19.8	31.2	47.0	71.0	19.1	35.8	68.5	127.1
アカマツ抵抗性(実)	29.6	37.8	52.7	76.5	28.5	37.7	48.9	65.4	36.2	42.0	55.1	98.4
アカマツ人工交配(コ)	30.0	32.5	59.6	90.1	28.9	32.6	48.3	70.1	45.2	50.0	64.8	112.6
アカマツ抵抗性(コ)	30.6	34.3	59.7	95.5	34.2	36.5	53.1	77.5	35.6	42.1	69.2	127.0
カシワ	53.2	66.7	80.9	107.2	53.8	65.7	67.8	79.5	70.9	65.5	80.0	126.5
イタヤカエデ	39.8	53.9	68.4	120.6	36.3	50.9	68.4	96.2	53.6	66.1	123.2	157.7
コナラ	56.3	54.3	82.6	130.7	54.8	56.7	58.6	93.5	61.4	80.4	124.2	193.1
クリ	104.9	103.6	114.3	139.2	99.0	98.7	85.3	92.9	38.6	71.8	131.9	198.1
ミズナラ	65.4	67.3	83.1	117.8	56.6	54.1	60.2	83.2	70.7	82.4	122.2	176.1
オオヤマザクラ	55.5	88.4	105.5	114.9	60.3	86.0	104.6	118.5	75.0	128.5	182.3	219.9
ケヤキ	105.2	128.2	162.8	198.6	105.1	110.9	137.7	170.5	59.6	98.6	174.9	232.4
全体	46.4	57.6	77.5	109.4	45.3	53.7	66.7	89.0	46.5	63.3	101.2	154.0

※大田試験地のカシワは、当初植栽木で生存した個体データを掲載(n=1)



大湊地区 3 生育期 (H26. 9. 24)



明戸地区 3 生育期 (H26. 9. 25)



大田地区 3 生育期 (H27. 10. 7)

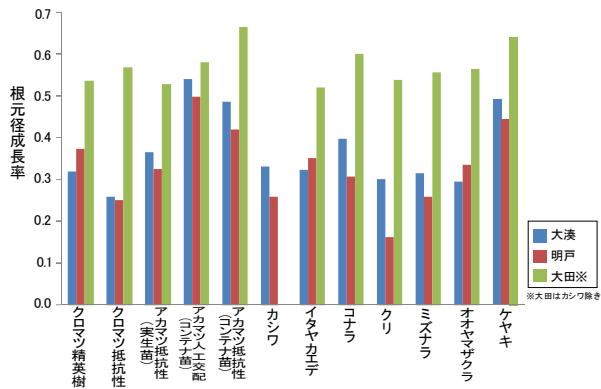


図-3 各試験地の樹種別の根元径成長率

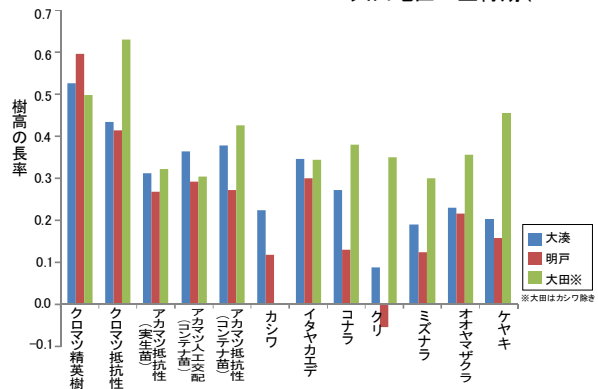


図-4 各試験地の樹種別の樹高成長率

マツ類は、広葉樹と比較すると、根元径及び樹高の成長率が高かった。特に、クロマツ（精英樹・抵抗性）では、樹高の成長率が0.41~0.63と高く、植栽時の樹高は12.3~27.1cmであったが、3 生育期は71.0~127.1cmとなった。また、アカマツコンテナ苗（人工交配・抵抗性）では、他樹種に比べ、根元径の成長率が0.42~0.67と高く、植栽時の根本径は4.8~6.5mmであったが、3 生育期は21.7~43.5mmとなった。アカマツでは、全試験地において、根元径・樹高ともに、コンテナ苗の方が実生苗よりも成長が良好であった。

広葉樹では、マツ類に比べ成長率が低く、マツ類並みの成長がみられたのはケヤキのみであっ

た。ケヤキでは、根元径の成長率が0.44～0.64と高く、アカマツコンテナ苗（人工交配・抵抗性）並みの成長率であった。大田地区では、ケヤキ以外の広葉樹も成長が良く、根元径の成長率は0.52～0.64とマツ類並みの成長率であった。クリは、大田地区以外は、特に樹高の成長率が低調で、先枯れ症状を呈する個体がみられた。

植栽木の初期成長についても、植栽基盤の違いが影響していると考えられ、アカマツ林B層の土壌を盛土に使用した大田地区では、何れの樹種も、他地区に比べて成長が良く、土壌の物理性や養水分状況が良好であったことが伺えた。



クロマツ精英樹(大湊地区) クロマツ精英樹(明戸地区) クロマツ精英樹(大田地区) アカマツコンテナ苗(大田地区) アカマツ実生苗(大田地区)
(上記写真は全て3生育期における生育状況)

(4) 適性樹種の評価

植栽適性樹種の条件として、生存率が高く、活着後の成長が良好であることが挙げられることから、この2点を指標として評価を行った。成長の指標は、樹種によって肥大成長と伸長成長の傾向が異なる場合があることから材積成長率を用いることにした。

3試験地における植栽木の生存率と材積成長率の関係を図-5に示す。今回の結果では、生存率が高い樹種は、ケヤキ、オオヤマザクラ、カシワなどの広葉樹となり、成長率の高い樹種は、アカマツ抵抗性（コンテナ苗）、アカマツ人工交配（コンテナ苗）、クロマツ精英樹などのマツ類となった。マツ類では、広葉樹に比べ成長率が高く、特にコンテナ苗では良好な成長を示していた。

このことから、防潮林の植栽において、海水流入のない場所での植栽には、クロマツ、アカマツのほか、ケヤキ等広葉樹の活用が可能と考えられる。また、コンテナ苗の活用は、初期活着の面で有利である可能性が高い。海水の流入や滞水が発生する場所では、海水流入を抑えるための盛土造成や植栽基盤の透水性を改善したうえで、クロマツを活用していくことが有効と考えられる。さらに、植栽木の活着や成長には、植栽基盤の土壌状況が大きく影響することから、土壌の物理性や化学性を確保した上で、植栽を進めていくことが重要となってくる。

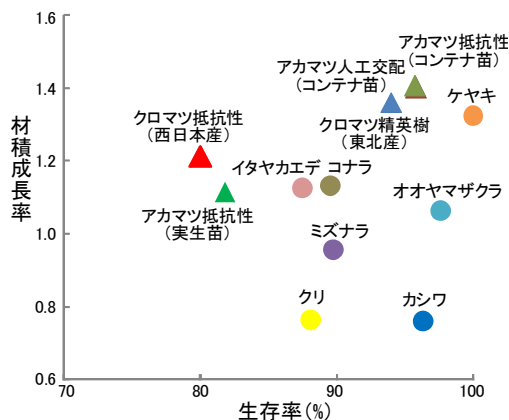


図-5 植栽木の生存率と材積成長率の関係
(大湊、明戸、大田の3試験地の平均値、ただしカシワは大田除き)



大田地区における植栽基盤状況
(表層40cm: アカマツ林B層の盛土土壌・
下層40cm以下: 玉砂利交りの排水良好な層)

4 浪板地区の生育不良について

浪板地区では他の3地区と異なり、植栽直後から枯死木の発生が多く、植栽3年後の生存率は49%と生育不良がみられた。生育不良の原因を検証するため、平成25年7月25日に1回目の補植を、平成26年5月14~15日に2回目の補植を実施した（以下、1回目を「補植」、2回目を「再植栽」という）。植栽時に、施肥、敷きわらは行わなかった。

補植及び再植栽前後の樹種一覧を表-6、表-7に示す。補植本数は80本、再植栽本数は118本で、苗木調達都合から、補植後および再植栽後に樹種や品種系統が変わった個体がある。

平成28年調査時における当初植栽木、補植木、再植栽木の生存率を表-8に示す。当初植栽木では、さらに枯損が進み、4生育期の生存率は12%であった。また、補植木、再植栽木についても枯死木の発生が多く、生存率は5~15%であった。浪板地区では、補植後、再植栽後においても生存率が低く、常時、生育不良が発生する立地環境であったことが推測された。

表-6 補植前後の樹種一覧

補植前	補植後	本数(本)
クロマツ精英樹	クロマツ抵抗性	20
アカマツ抵抗性(実)	〃	20
アカマツ人工交配(コ)	アカマツ人工交配(コ)	20
アカマツ抵抗性(コ)	〃	20
計		80

表-7 再植栽前後の樹種一覧

再植栽前	再植栽後	本数(本)
クロマツ精英樹	クロマツ精英樹	17
クロマツ抵抗性	クロマツ抵抗性	10
アカマツ抵抗性(実)	アカマツ抵抗性(実)	18
アカマツ人工交配(コ)	アカマツ抵抗性(コ)	6
アカマツ抵抗性(コ)	〃	6
カシワ	カシワ	12
イタヤカエデ	イタヤカエデ	4
コナラ	コナラ	1
クリ	クリ	14
ミズナラ	〃	3
ミズナラ	ミズナラ	2
オオヤマザクラ	オオヤマザクラ	19
ケヤキ	ケヤキ	6
計		118

表-8 当初植栽木・補植木・再植栽木の生存率(H28年時) (単位:%)

区分	当初植栽木 (4生育期)	補植木 (4生育期)	再植栽木 (3生育期)
クロマツ精英樹	9	-	0
クロマツ抵抗性	39	28	20
アカマツ抵抗性(実)	2	-	11
アカマツ人工交配(コ)	0	3	-
アカマツ抵抗性(コ)	14	-	0
カシワ	21	-	17
イタヤカエデ	0	-	0
コナラ	14	-	0
クリ	0	-	0
ミズナラ	18	-	0
オオヤマザクラ	4	-	0
ケヤキ	18	-	0
全体	12	15	5



浪を被った模様のクロマツ



汀線から近い試験地



防潮堤を越波する高波



防潮堤の亀裂

浪板地区の試験地の状況を上記写真に示す。試験地は、汀線からの距離が13mと海岸に近く、潮風害や潮水害の影響を受けやすい立地環境であった。防潮堤を越波した高波により海水が地表部から流入し、試験地内に滞水している状況が度々観察されるほか、防潮堤に亀裂が観察され、海水が試験地の地下へ流入している可能性を伺わせた。また、試験開始以降、周辺が嵩上げ工事されるなど、試験地が周辺に比べ標高が低くなり、頻繁に滞水が発生している状況が観察された。浪板地区では、これらの立地環境が、植栽木の生育不良の主な要因であると推測された。

汀線が近く潮水害、潮風害を受けやすい立地環境や周辺に比べ標高が低く滞水が発生しやすい箇所では、盛土造成や排水工の施工等により、滞水しにくい植栽基盤を造成したうえで、防風工の設置や耐塩性の高いクロマツの植栽等、生育不良を軽減するための対応策を検討する必要があると考えられる。



植栽3年後(H27. 10. 22)



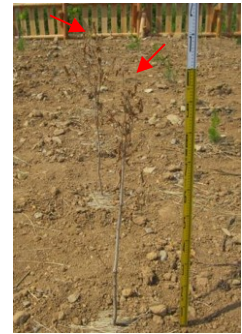
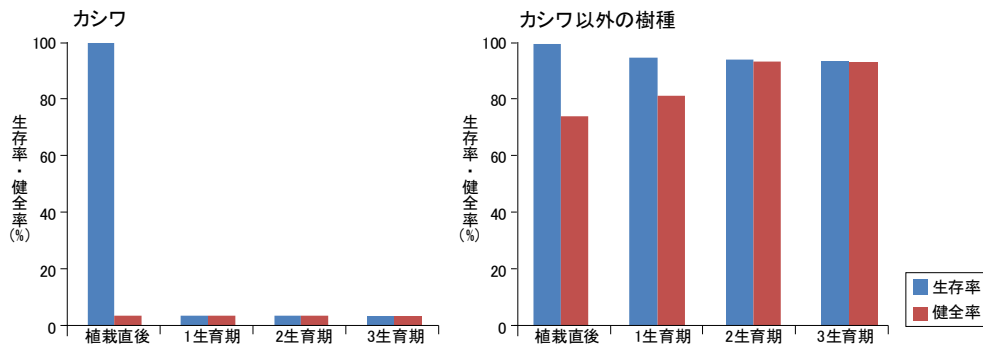
枯損の拡大(H28. 5. 27)



植栽4年後(H28. 9. 9)・滞水状況

5 大田地区カシワの生育不良について

大田地区では植栽3年後の生存率が88%と概ね生育良好であったが、カシワのみ生存率が低調であった。大田地区におけるカシワとカシワ以外の樹種の生存率・健全率の推移を図-6に示す。カシワは、植栽直後から生育不良がみられ、秋までには植栽した28本中27本が枯死し、植栽3年後の生存率・健全率はともに4%であった。一方、カシワ以外の樹種では、植栽3年後の生存率・健全率はともに94%と生育良好であった。植栽前後の気象状況は、平年に比べて降雨が少なく乾燥傾向であったとみられるが、活着が著しく低調であったのはカシワのみであった。

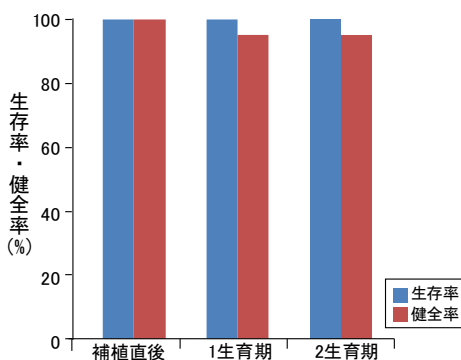


植栽直後カシワ枯死 (H25. 7. 2)

カシワの生育不良の原因を検証するため、平成26年5月28日に、前年のカシワ枯死木20本を掘取り、同じ位置にカシワを補植した。苗木は展葉を抑えるため冷蔵庫で保管していたものを使用し、植栽時に、施肥、敷きわらは行わなかった。補植したカシワの生存率・健全率の推移を図-7に示す。補植2年後の生存率は100%、健全率は95%と生育良好であった。

当初植栽時における植栽苗木の状況を下記写真に示す。カシワの苗木は、植栽時期が6月中旬であったため、未展葉の苗木が調達できず、展葉途中の苗木が使用されていた。これに対して、平成26年の補植試験では、前年に枯死木が発生した位置で生育が良好であった。このことから、枯死は、展葉途中のカシワ苗木を使用したことによるものと考えられ、葉からの蒸発散に対する根からの水分吸収の不足や植栽前後の少降雨を要因として乾燥症状を引き起こしたものと推測された。

県内では、植栽時期である春季に乾燥が続く場合があることから、植栽のタイミングや苗木調達等には注意をする必要がある。特に、広葉樹では、マツ類に比べ乾燥に弱いので、展葉途中の苗木の使用はできるだけ避けた方が良く、植栽時期としては展葉前が望ましい。



当初植栽に使用したカシワ苗木 (上記⑥)



カシワ補植木・生育良好

第2章 防潮林復旧事業地における植栽後の経過調査

-浪板地区・浦の浜地区・摂待地区における調査事例-

1 はじめに

岩手県では、東日本大震災津波で被災した防潮林のうち、他所管の防潮堤用地等となる箇所を除く20箇所、面積約45haにおいて復旧が計画されており、平成32年度末までに植栽を完了させる予定で工事が進められている。平成26年6月には、第1号となる摂待地区の植栽が完了し、平成28年12月時点で、合計6箇所（摂待・浪板・浦の浜^{*}・前須賀・元村・大湊）で植栽が終了している。

先行して植栽が完了した浪板・浦の浜・摂待の3地区において、これまで植栽後の経過調査を実施してきたので、その結果を報告する。

また、これら復旧事業地で調査を実施してきた過程で、盛土により嵩上げした植栽基盤に起因する生育不良が発生する事例があったことから、「生育不良が懸念される場合の施工上の対応策」について追加整理した。

浦の浜^{*}：平成27年度に復旧対象地の一部で植栽が完了。平成31年度にも植栽が計画されている。



浪板地区植栽後 (H27. 9. 25)



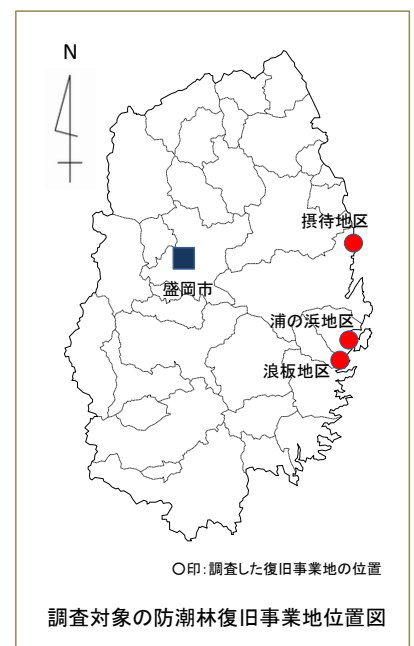
浦の浜地区植栽後 (H27. 7. 2)



摂待地区補植後 (H27. 7. 9)



摂待地区補植後 (H27. 8. 20)



浪板地区
植栽基盤土壌 (壤土)



浦の浜地区
植栽基盤土壌 (シルト質壤土)



摂待地区
植栽基盤土壌 (重埴土)
表層 50 cm : 林道残土、50 cm 以下 : 津波堆積土

2 浪板事業区の調査事例（大槌町）

(1) 調査方法

①調査地概要

調査地は、大槌町浪板地区の防潮林復旧事業地で、浪板川と国道 45 号線が交差する下流直下の河口部に位置し、浪板川を挟み右左岸に渡っている。平成 26 年 4 月から平成 26 年 12 月にかけて、地下水位からの高さが 2.7m 以上となるよう、盛土による嵩上げ造成工事が行われ、平成 27 年 7 月下旬にクロマツが植栽された。

調査地概要を表-1 に示す。植栽面積は、右岸側 0.24ha、左岸側 0.1ha で、林帯幅はそれぞれ最大 30m、20m である。右岸側では、海側から浪板川側、陸側の 3 方向を囲うように、左岸側では、海側から浪板川側の 2 方向を囲うように、高さ 2.0m の丸太防風柵（合掌組み）が設置されている。また、盛土に使用した土壌は、大槌町内の山林の表土で、5 cm 以上の礫を除去したものが使用されている。

表-1 調査地概要

浪板事業区(大槌町)	
植栽面積	0.34ha
植栽樹種	クロマツ(コンテナ苗、3年生・2年生)
植栽時期	平成27年7月下旬
植栽密度	5,100本/ha
植栽方法	径30cm、深さ30cmの植穴に 客土(黒土)を半量混入、施肥はなし
調査本数	クロマツコンテナ大苗(3年生) 108本 クロマツコンテナ普通苗(2年生) 232本
下刈回数	1回(H28年8月)
盛土の厚さ	0~1.4m

表-2 健全度の評価区分

区分	状態
1 健全	外観上異常がみられない
2 変色	葉に変色がある、枝枯れはみられない
3 部分枯れ	苗の先端部・枝先・枝の一部が枯れている
4 半枯れ	苗木の枝葉の半分以上が枯れている
5 枯死	枯死している

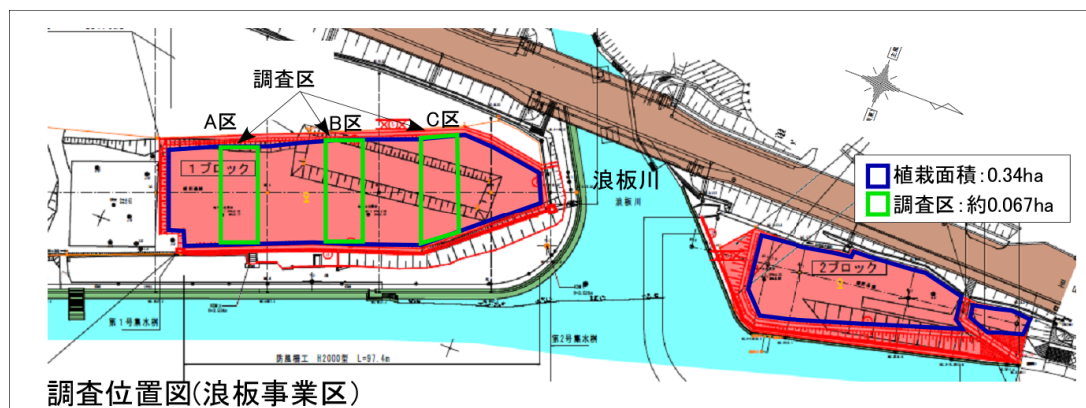
②調査と解析

調査は、右岸側の一部に調査区を設置し(約 0.067ha、下図)、植栽直後の平成 27 年 8 月から平成 28 年 9 月まで実施した。調査項目は、根元径、樹高の測定のほか、健全度調査を行った。傾斜木については、苗木を伸ばした本来の高さを樹高とし、このほか自然高を測定した。健全度は、変色・枯損状況から「健全」、「変色」、「部分枯れ」、「半枯れ」、「枯死」の 5 段階で評価した(表-2)。

また、調査地における植栽基盤の土壌環境を評価するため、平成 27 年 11 月に土壌の硬度及び透水性を調査した。土壌硬度は、長谷川式土壌貫入試験器を用い、土壌の軟らか度(S 値(cm/drop))を計 3 地点で測定した。透水性は、長谷川式現場透水試験器を用い、深さ 20cm 及び 40cm における最終減水能(mm/hr)を各々 1 点で測定した。

さらに、平成 28 年 9 月に調査区内の 3 地点から深さ 30cm までの土壌を採取し、土性^(※)の判定、風乾細土による pH・電気伝導度(EC)の測定を行った。土性判定は指触法による簡易判定とし、日本ペトロロジー学会編(1997)による区分に準じた。

土性^(※): 土壌を粒径組成(土壌粒子の大きさ別重量割合)に基づき一定の区分で分類したもの



測定で得られた根元径、樹高から、形状比を次式①により算出した。傾斜木については、傾斜度合いを表す指標として、傾斜度を次式②により算出した。

$$\text{形状比} = H/D \quad [\text{cm/cm}] \quad \dots \dots \dots \text{①}$$

$$\text{傾斜度} = H' / H \quad [\text{cm/cm}] \quad \dots \dots \dots \text{②}$$

ここで、D：根元径(cm)、H：樹高（傾斜木の場合：苗木を伸ばした本来の高さ）(cm)、
H'：自然高(cm)とする。

さらに、植栽木の成長指標として、2 生育期における根元径成長率、樹高成長率を次式により算出した。

$$\text{根元径成長率} = \text{Ln} (2 \text{ 生育期の根元径} / \text{植栽直後の根元径}) / 2$$

$$\text{樹高成長率} = \text{Ln} (2 \text{ 生育期の樹高} / \text{植栽直後の樹高}) / 2$$

【成長率（相対成長率）】
植栽時の苗木に対する成長割合を自然対数化して求める苗木の年間成長速度（以下、成長率という。）

(2) 結果

①植栽基盤の土壌環境

植栽基盤の土壌の物理性・化学性の測定結果を表-3 に、長谷川式土壌貫入試験の結果を図-1 に示す。土性は、壤土で、植栽基盤土壌として大きな問題を引き起こす粒経組成ではなかった。また、土壌硬度は、深さ 60 cm 以下では固結層がみられたが、深さ 45～60cm までは軟らかな状態で、透水性も良好であった。電気伝導度はやや低く貧栄養な状態ではあったが、pH、電気伝導度ともに適正範囲内であった。

植栽基盤としては、深さ 60 cm 以下で固結層がみられたが、それ以外は、物理性・化学性ともに大きな問題はなく、概ね良好な土壌環境であった。

表-3 植栽基盤の土壌の物理性・化学性の測定結果(浪板事業区)

区分	測定項目	測定結果	評価
物理性	土性 <small>(日本ペトロロジー学会編による区分)</small>	壤土	
	土壌硬度	S値 (cm/drop) 図-1のとおり	△～○ 締まった～軟らか
	透水性	最終減水能 (mm/hr) 285、300<	○ 良好
化学性	pH (H ₂ O)	7.0～7.5	△ 通常植物の生育適正範囲
	電気伝導度	EC(mS/m) 6.8～9.8	△ 養分不足

・評価 良：○、可：△、不良：×
・評価の判定 (財)日本緑化センター「植栽基盤整備技術マニュアル」に準じる



調査地全景 (植栽 2 年後・H28.9.9)

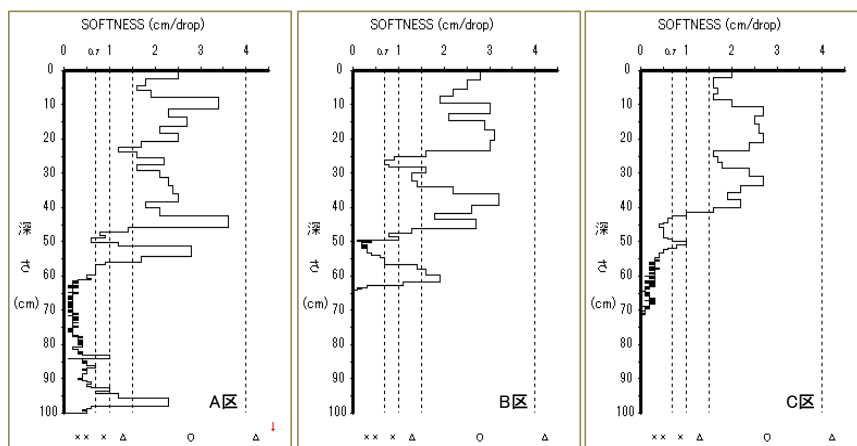


図-1 長谷川式土壌貫入試験の結果(浪板事業区)



1 本だけ発生した枯死木

②植栽木の生育状況

植栽木の健全率と生存率の推移を表-4 に示す。2 年間で発生した枯死木は 1 本のみで、2 生育期の生存率は、クロマツコンテナ大苗 (以下、大苗)、クロマツコンテナ普通苗 (以下、普通苗) ともに 100% と高い活着が認められた。

また、植栽後に 5~6%で変色が見られたが、次年には回復し、2 生育期の健全率は 100%であった (図-2)。

表-4 植栽木の健全率と生存率 (浪板事業区)

区分	健全率(%)			生存率(%)		
	当初	1生育期	2生育期	当初	1生育期	2生育期
	H27年8月	H27年10月	H28年9月	H27年8月	H27年10月	H28年9月
クロマツコンテナ大苗	99	95	100	100	100	100
クロマツコンテナ普通苗	100	94	100	100	100	100

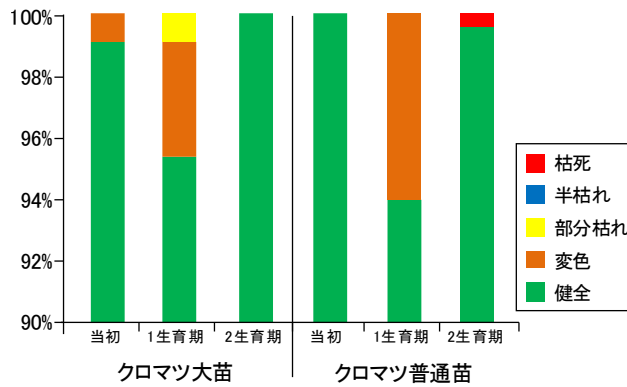


図-2 植栽木の健全度別割合 (浪板事業区)



クロマツ大苗健全木 (植栽 2 年後)



クロマツ普通苗健全木 (植栽 2 年後)

③植栽木の初期成長

植栽木の根元径、樹高の推移を表-5 に示す。根元径の平均は、植栽当初は大苗 8.3mm、普通苗 5.7mm であったが、2 生育期には 15.4mm、13.3mm となった。樹高は、植栽当初は大苗 67.3cm、普通苗 29.3cm であったが、2 生育期には 79.3cm、50.6cm となった。大苗では、当初の形状比が 82 であり、普通苗の 52 に比べやや徒長気味の状態であった。

根元径と樹高の相対成長率を図-3 に示す。根元径、樹高ともに成長率は、普通苗の方が大苗に比べ高かった。また、大苗の樹高成長率は 0.1 未満と、他調査事例と比べても著しく低調であった。大苗では、植栽当初、徒長気味の状態で、地上部・地下部のバランスが悪く、植栽直後においては地下部への成長が優先され、樹高の成長率が抑えられた可能性がある。ただ、成長については、まだ 2 生育期目であることから、継続的な観察が必要となる。

表-5 植栽木の根元径、樹高サイズの推移

区分	根元径 (mm)						樹高 (cm)					
	平均			標準偏差			平均			標準偏差		
	当初	1生育期	2生育期	当初	1生育期	2生育期	当初	1生育期	2生育期	当初	1生育期	2生育期
クロマツコンテナ大苗	8.3	9.0	15.4	0.8	0.8	1.7	67.3	70.2	79.3	7.9	7.8	10.1
クロマツコンテナ普通苗	5.7	7.1	13.3	0.7	1.0	2.1	29.3	31.9	50.6	3.3	3.5	9.3

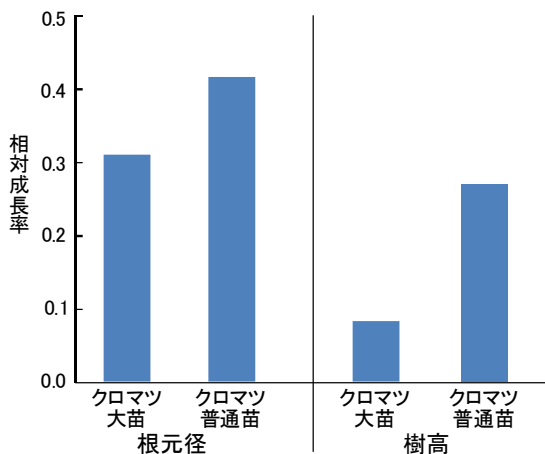


図-3 根元径と樹高の相対成長率(浪板事業区)



滞水木・健全

④滞水の影響

平成28年9月の調査は、台風13号の通過直後に実施したため、調査地の一部では滞水が発生していた。最寄りの新町気象観測所(大槌町新町)における記録では、前日からの積算雨量が155mm、時間最大雨量が45.5mmであった。

滞水が観察されたのは、調査対象の3区画のうち1区画のみで、そのうち滞水していた植栽木は22%と、前日の激しい雨にもかかわらず、滞水が発生したのはごく限られた範囲であった。滞水は、土壌の経年変化等の影響により、植栽基盤上に僅かな微地形が生じ、やや低くなった箇所に発生していた。

滞水区と非滞水区における根元径・樹高の成長率を表-6に示す。滞水区と非滞水区で根元径、樹高ともに成長率の違いはあまりみられなかった(図-4)。また、滞水区における植栽木の健全率は100%であった。当事業地では、透水試験の結果から、土壌の透水性が良好であり、滞水があってもごく限られた期間で排水され、植栽木の活着や成長への影響は少ないものと推測された。

表-6 滞水区と非滞水区における成長率

区分	根元径		樹高	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差
滞水区	0.35	0.05	0.20	0.07
非滞水区	0.38	0.05	0.24	0.06



植栽基盤上で発生した滞水

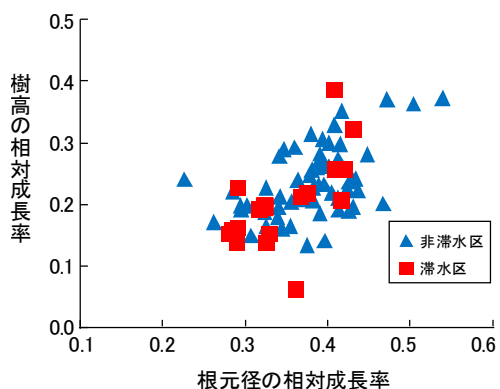


図-4 滞水区と非滞水区における根元径成長率と樹高成長率の関係(浪板事業地)



植栽木の一部が傾斜

⑤傾斜木の発生状況

調査地では、植栽木の一部が風の影響等を受けて傾斜していた。傾斜木の出現率は大苗 31%、普通苗 9%と、大苗の方が高かった(表-7)。傾斜の度合いを表した傾斜度(※)は、大苗 0.82、普通苗 0.88で、大苗の方が大きく傾斜していた。傾斜方向は、海側が多いものの一定ではなく、各方向に傾斜していた。

植栽当初の形状比階別の傾斜木出現率を図-5 に示す。傾斜木の出現率は、植栽当初の形状比が高いほど多い傾向があり、植栽当初の形状比が 70 以上となると、傾斜木の出現率は 2 割を超えていた。また、植栽当初の形状比が高い程、傾斜度が低く、大きく傾斜していた(図-6)。

現時点では、傾斜木であっても健全率は 100%ではあるが、今後、倒伏や枯損の懸念もあることから、継続的な観察が必要となる。



クロマツ大苗傾斜木

区分	傾斜木の出現率(%)	傾斜度(※)	
		平均	標準偏差
クロマツコンテナ大苗	31	0.82	0.12
クロマツコンテナ普通苗	9	0.88	0.05

※傾斜度=傾斜木の(自然高)÷(本来の伸ばし樹高)

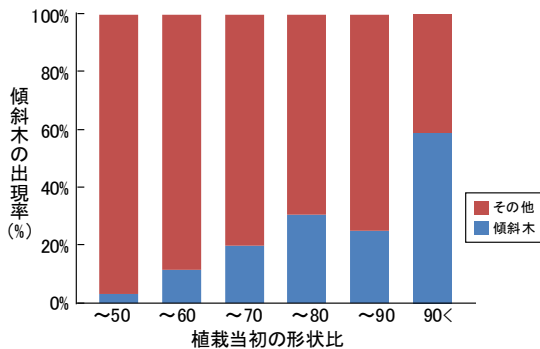


図-5 植栽当初の形状比階別の傾斜木出現率

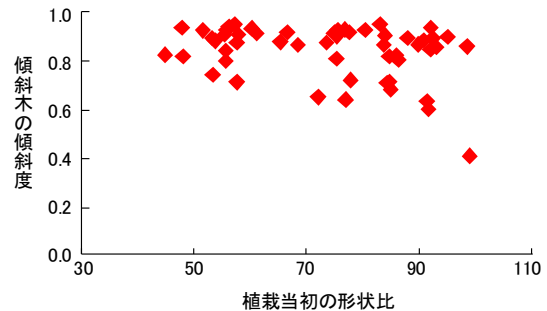


図-6 植栽当初の形状比と傾斜木の傾斜度

(3) まとめ

浪板事業区では、植栽基盤の透水性が良好で、表層 60cm 以下で固結層がみられたが、それ以外は、物理性・化学性ともに大きな問題はなく、概ね良好な土壌環境であった。

また、植栽 2 年後における生存率・健全率は共に 100%と高い活着が認められた。

調査地では、台風通過直後に植栽基盤の一部で滞水が観察されたが、透水性が良好な基盤であったことから、滞水があってもごく限られた期間で、活着や成長への影響は少ないものと推測された。

3 年生の大苗では、植栽当初の形状比が高く徒長気味の状態で、傾斜木の発生が多くみられた。強風が頻発する海沿いの造成地では、根系の伸張が十分でない時期に、強風にさらされると、バランスを崩し傾斜等が発生する。特に、コンテナ苗の場合、地下部のサイズは一定であることから、地上部サイズが大きくなり徒長気味になると、地上部・地下部のバランスが悪くなり、傾斜しやすく、倒伏や枯損が懸念される。対策としては、植栽時に支柱を添える等が考えられるが、現場の立地環境や植栽する苗木の状況等から判断する選択となるだろう。

事業地は、汀線からの距離が近く、高波が防潮堤を超えることもあり、潮風害や潮水害の懸念があったが、植栽樹種がクロマツということもあり、現時点では目立った被害はみられなかった。

3 浦の浜事業区の調査事例

(1) 調査方法

①調査地概要

調査地は、山田町浦の浜地区の防潮林復旧事業地で、船越半島入口付近に位置し、北側方向は山田湾に面している。平成 25 年 9 月から平成 27 年 2 月にかけて、地下水位からの高さが 2.9m 以上となるよう、盛土による嵩上げ造成工事が行われ、平成 27 年 6 月下旬にアカマツ、クロマツが植栽された。

調査地概要を表-8 に示す。植栽面積は 1.60ha で、海側から陸側にかけて約 20×20m の格子状の区画が 2～3 個配置されており、植栽幅は最大 370m、林帯幅は 40～60m である。海側に面した最前列は、高さ 2.0m の丸太防風柵(合掌組み)が設置されており、それ以外は、高さ 1.2m の木製防風柵が縦横約 20m 間隔で設置されている。また、盛土に使用した土壌は、表層 100～140cm 深は山田町内の山林で発生した心土(礫交土)で、100～290cm 深は津波堆積土が使用されている。

表-8 調査地概要

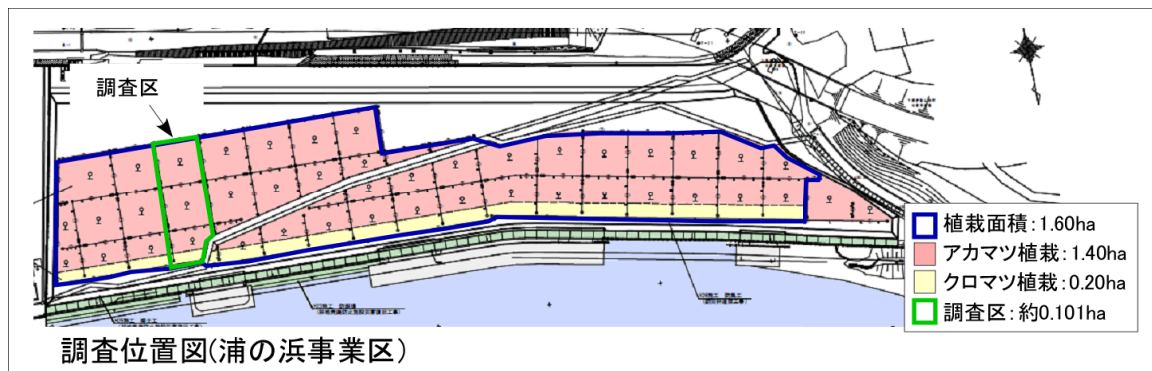
浦の浜事業区(山田町)	
植栽面積	1.60ha
植栽樹種	アカマツ(コンテナ苗・2年生)、クロマツ(ポット苗・3年生)
植栽時期	平成27年6月下旬
植栽密度	5,000本/ha
植栽方法	径30cm、深さ30cmの植穴に 客土(黒土)を全量混入、施肥はなし
調査本数	クロマツポット苗(3年生) 36本 アカマツコンテナ苗(2年生) 468本
下刈回数	0回
盛土の厚さ	2.6m～2.9m(地表1.0～1.4m以下は津波堆積土)



調査地全景(植栽2年後・H28.8.5)

②調査と解析

調査は、植栽区域の一部に調査区を設置し(約 0.101ha、下図)、植栽直後の平成 27 年 8 月から平成 28 年 9 月まで実施した。調査項目、解析方法は、2 (1) ② (p10) に同じであるが、透水試験の測定箇所は各々 3 点、土壌試料の採取は 1 地点で行った。



(2) 結果

①植栽基盤の土壌環境

植栽基盤の土壌の物理性・化学性の測定結果を表-9 に、長谷川式土壌貫入試験の結果を図-6 に示す。土性はシルト質壤土で、シルトの割合が高く、植栽基盤土壌としてやや問題となる粒経組成であった。土壌硬度は、非常に硬く、表層直下から固結層がみられ、調査測点 3 点全てにおいて固結状態であった。透水性は測点により違い、海側の 2 区画では、最終減水能が 12～38(mm/hr)と不良、陸側の 1 区画では 117～126(mm/hr)と良好であった。土壌の化学性については、pH は適正範囲内であったが、電気伝導度は低く貧栄養な状態であった。

植栽基盤としては、物理性の面でやや難があり、土壌硬度は表層直下から固結層がみられ、透水性は一部区域で不良となる土壌環境であった。

表-9 植栽基盤の土壌の物理性・化学性の測定結果(浦の浜事業区)

区分	測定項目	測定結果	評価
物理性	土性 <small>(日本ペトロロジー学会による区分)</small>	シルト質壤土	
	土壌硬度	S値(cm/drop) 図-6のとおり	× 固結
	透水性	最終減水能(mm/hr) 12~126	×~○ 不良~良好
化学性	pH	pH(H ₂ O) 7.0	△ 通常植物の生育適正範囲
	電気伝導度	EC(mS/m) 1.7~2.0	△ 養分不足

・評価 良:○、可:△、不良:×

・評価の判定 (財)日本緑化センター「植栽基盤整備技術マニュアル」に準じる



アカマツ健全木(植栽2年後)

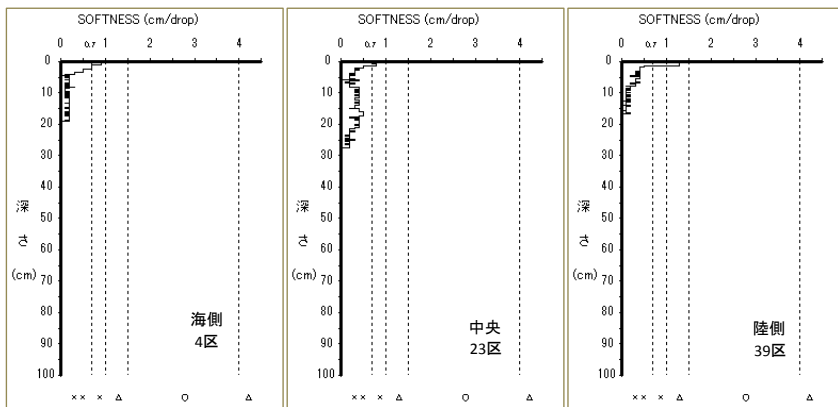


図-6 長谷川式土壌貫入試験の結果(浦の浜事業区)



クロマツ健全木(植栽2年後)

②植栽木の生育状況

植栽木の植栽直後から2生育期までの健全率と生存率を表-10に示す。2年間で枯死木の発生はなく、2生育期の生存率はアカマツ(コンテナ苗)、クロマツ(ポット苗)ともに100%と高い活着が認められた。

また、植栽後に、アカマツの約7割、クロマツの2~3割で変色が見られたが、次年には回復し、2生育期の健全率はアカマツ90%、クロマツ100%であった(図-7)。

表-10 植栽木の健全率と生存率(浦の浜事業区)

区分	健全率(%)			生存率(%)		
	当初	1生育期	2生育期	当初	1生育期	2生育期
	H27年8月	H27年10月	H28年9月	H27年8月	H27年10月	H28年9月
アカマツ	99	29	90	100	100	100
クロマツ	92	75	100	100	100	100



アカマツ半枯れ(植栽2年後)

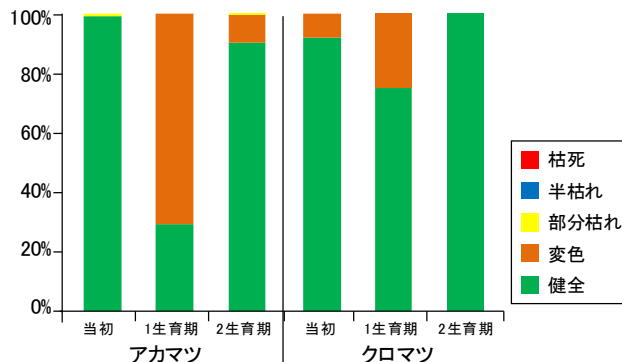


図-7 植栽木の健全度割合(浦の浜事業区)



植栽基盤上で発生した滞水

③植栽木の初期成長

植栽木の根元径、樹高の推移を表-11に示す。根元径の平均は、植栽当初にはアカマツ7.4mm、クロマツ11.0mmであったが、2生育期には14.3mm、21.1mmとなった。樹高は、植栽当初にはアカマツ48.6cm、クロマツ57.6cmであったが、2生育期には59.3cm、68.8cmとなった。また、植栽当初の形状比は、アカマツ66、クロマツ53であった。

根元径と樹高の相対成長率を図-8に示す。根元径、樹高ともに成長率は、樹種間で違いはなく、ほぼ同程度であった。ただ、アカマツ、クロマツともに、樹高成長率は0.1程度と、他調査事例と比べても著しく低調であった。当該事業地では、土壌硬度が非常に硬く、根系の成長や根の養水分吸収に影響があり、伸長生長が抑えられている可能性がある。ただ、成長については、まだ2生育期目であることから、継続的な観察が必要となる。

表-11 植栽木の根元径、樹高サイズの推移(浦の浜事業区)

区分	根元径 (mm)						樹高 (cm)					
	平均			標準偏差			平均			標準偏差		
	当初 H27年8月	1生育期 H27年10月	2生育期 H28年9月	当初 H27年8月	1生育期 H27年10月	2生育期 H28年9月	当初 H27年8月	1生育期 H27年10月	2生育期 H28年9月	当初 H27年8月	1生育期 H27年10月	2生育期 H28年9月
アカマツ	7.4	8.3	14.3	0.9	1.1	3.4	48.6	50.2	59.3	6.9	7.2	9.3
クロマツ	11.0	11.9	21.1	2.0	2.4	4.5	57.6	59.0	68.8	15.8	15.9	15.1

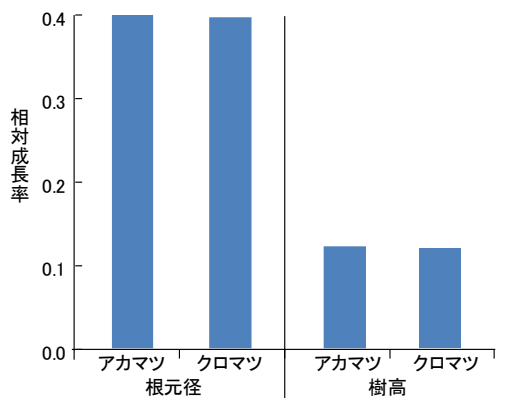


図-8 根元径と樹高の相対成長率(浦の浜事業区)



滞水木・部分枯れ



滞水箇所を観察された苔(滞水解消後)

④滞水の影響

平成28年8月の調査は、台風7号の通過直後に実施したため、調査地の一部では滞水が発生していた。最寄りの山田気象観測所(山田町織笠)における記録では、前日までの積算雨量が132mm、時間最大雨量が30mmであった。

滞水が観察されたのは、台風7号通過直後に調査した2区画のうち1区画のみで、そのうち滞水していた植栽木は20%であった。土壌の経年変化により、植栽基盤上に微地形が生じ、やや低くなった箇所に滞水が発生しており、滞水箇所では苔などが観察され、頻繁に滞水が発生していることが推測された。

滞水区と非滞水区における健全度別割合を図-9に示す。滞水区では、変色や部分枯れ等の発生率が高く、これらの症状がでている個体は、今後、枯損に移行する可能性がある。

滞水区と非滞水区における根元径・樹高の成長率を表-12に示す。根元径と樹高の成長率は、いずれも滞水区より非滞水区が高かった(図-10)。

当該調査箇所では、透水試験の結果、土壌の透水性が不良であり、滞水すると水がなかなかひかず、植栽木の生育状況や成長に影響が及ぶものと推測された。

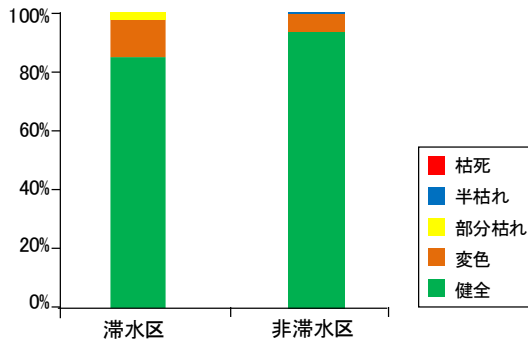


図-9 滞水区と非滞水区における健全度別割合 (浦の浜事業区)

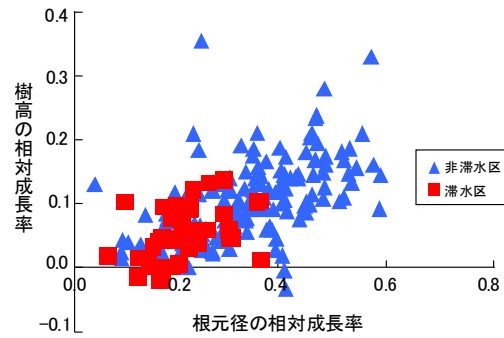


図-10 滞水区と非滞水区における根元径成長率と樹高成長率の関係 (浦の浜事業区)

表-12 滞水区と非滞水区における成長率 (浦の浜事業区)

区分	根元径		樹高	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差
滞水区	0.21	0.07	0.05	0.04
非滞水区	0.33	0.11	0.10	0.06

表-13 傾斜木の出現率と傾斜度 (2生育期・H28年9月時点)

区分	傾斜木の出現率 (%)	傾斜度 (※)	
		平均	標準偏差
アカマツ	24	0.85	0.07
クロマツ	14	0.86	0.03

※傾斜度=傾斜木の(自然高) / (本来の伸びし樹高)

⑤傾斜木の発生状況

調査地では、植栽木の一部分が風の影響等を受けて傾斜していた。傾斜木の出現率はアカマツ 24%、クロマツ 14%と、アカマツの方が高かった(表-13)。傾斜の度合いを表した傾斜度(※)は、樹種間ではほとんど違いはみられなかった。傾斜方向は、ほぼ一定で海側に傾斜していた。

植栽当初の形状比階別の傾斜木出現率を図-11 に示す。傾斜木の出現率は、植栽当初の形状比が高いほど多い傾向があり、植栽当初の形状比が 70 以上となると、傾斜木の出現率は 2 割を超えていた。また、植栽当初の形状比が高い程、傾斜度が低く、大きく傾斜していた(図 12)。

傾斜木のなかには、別の芯が置き換わっている個体もあり、現時点では、目立った生育不良は発生していないが、今後、倒伏や枯損の懸念もあることから、継続的な観察が必要となる。

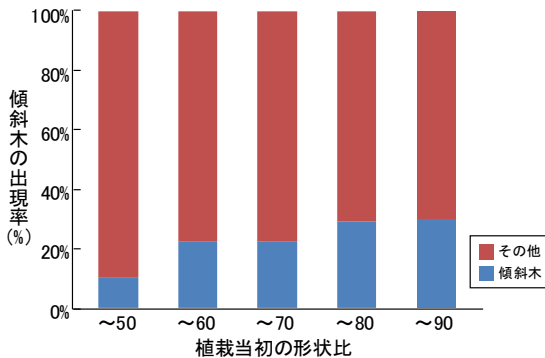


図-11 植栽当初の形状比階別の傾斜木出現率

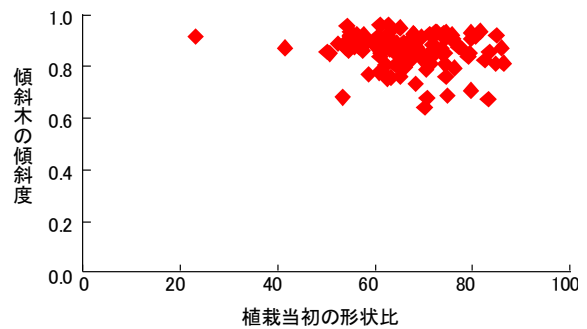


図-12 植栽当初の形状比と傾斜木の傾斜度



アカマツ傾斜木



倒伏しかかった傾斜木



芯が置き換わった傾斜

(3) まとめ

浦の浜事業区では、土壌が非常に硬く、表層直下から固結層がみられ、透水性も不良な箇所があり、植栽基盤としては、特に物理性で問題のある土壤環境であった。

しかし、植栽2年後における生存率は、アカマツ、クロマツともに100%と高い活着が認められた。現時点では目立った枯損や生育不良は生じていないが、物理性の面で問題のある植栽基盤であることから、今後も継続的な観察が必要となる。

調査地では、台風通過直後に植生基盤の一部で滞水が観察され、滞水した植栽木では変色等の発生比率が高く、根元径、樹高ともに成長率が低かった。当該調査箇所では、透水性が不良な基盤であったことから、滞水すると排水が悪く、生育状況や成長に影響が及ぶものと推測された。

事業地では、風等の影響により、海側方向へと一律に傾いている傾斜木が多くみられた。強風が頻発する海沿いの造成地では、根系の伸張が十分でない時期に、強風にさらされると、バランスを崩し傾斜等が発生する。特に、コンテナ苗の場合、地下部のサイズは一定であることから、地上部サイズが大きくなり徒長気味になると、地上部・地下部のバランスが悪くなり、傾斜しやすく、倒伏や枯損が懸念される。対策としては、植栽時に支柱を添える等が考えられるが、現場の立地環境や植栽する苗木の状況等から判断する選択となるだろう。



浦の浜地区・植栽基盤造成状況



植穴への客土(黒土)の混入



客土混入後の植穴



植穴周辺の雑草繁茂 (H28. 8. 5)



アカマツ・雑草により被圧 (H28. 8. 5)



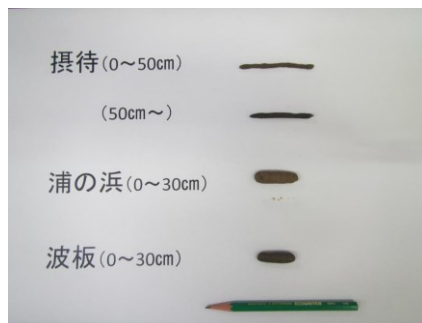
植栽木ツルに巻かれ被圧 (H28. 9. 26)



長谷川式土壌貫入試験の様子



長谷川式現場簡易透水試験の様子



土性判定(指頭法)
紐状に伸ばした場合の形状の違い
(粘土成分が多い場合は細い紐状となる)

4 摂待地事業区の調査事例

(1) 調査方法

①調査地概要

調査地は、宮古市摂待地区の防潮林復旧事業地で、摂待川河口の海岸水門上流直下に位置し、摂待川を挟み右左岸に渡っている。平成 24 年 11 月から平成 25 年 6 月にかけて、地下水位からの高さが 2.9m 以上となるよう、盛土による嵩上げ造成工事が行われた。平成 26 年 5～6 月にアカマツ（裸苗・2 年生以上）等が植栽されたが、植栽後まもなく右岸側の広範囲で枯損が発生したことから、平成 26 年 10 月に 0.36ha、平成 27 年 7 月に 0.58ha、平成 28 年 8 月に 0.31ha が補植されている。当初植栽木の枯損原因となった排水不良を改善するため、平成 27 年 7 月と平成 28 年 8 月の補植では、暗渠工等の排水工事が施工されている。

調査地概要を表-14 に示す。植栽面積は、右岸側 1.89ha、左岸側 0.68ha で、林帯幅はそれぞれ最大 127m、190m である。右左岸ともに、高さ 1.2m の木製防風柵が、摂待川方向及び海側から陸側方向にかけて約 30m 間隔で設置されている。また、盛土に使用した土壌は、表層 50cm 深は林道田山線の残土で、50～250cm 深は津波堆積土が使用されている。盛土の厚さは一律ではなく、右岸側では、摂待川に向かって厚くなっており、施工後の横断勾配、縦断勾配はほぼ 0 に等しい。

表14 調査地概要

摂待事業区(宮古市)	
植栽面積	2.57ha
植栽時期・植栽樹種	当初 H26年5～6月:アカマツ(裸苗・2年生以上)等 補植 H26年10月:アカマツ(ポット苗)、H27年7月:アカマツ(コンテナ苗・2年生)、H28年8月:クロマツ(コンテナ苗)等
植栽密度	5,000本/ha
植栽方法	H26年6月当初植栽 客土なし、施肥あり H27年7月植栽 客土(黒土)全量混入、施肥なし いずれも径30cm、深さ30cmの植穴
調査本数	アカマツ裸苗(2年生以上) 39本〔H26年6月植栽〕 アカマツコンテナ苗(2年生) 368本〔H27年7月植栽〕
下刈回数	0回 (調査対象地)
盛土の厚さ	0～2.4m(地表下0.5m以下は津波堆積土)

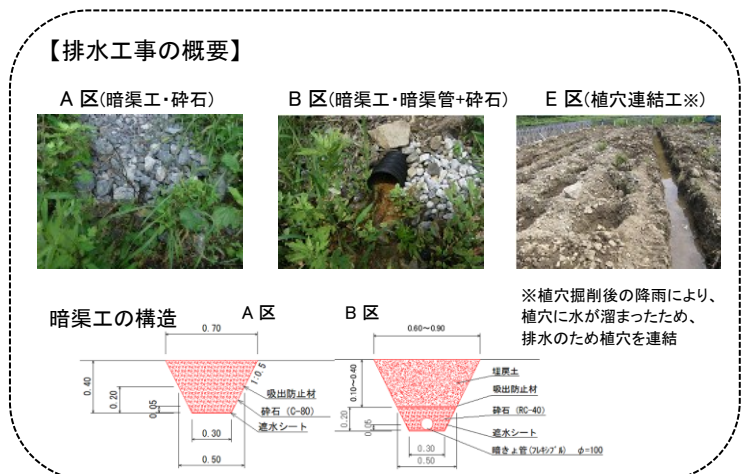


②調査と解析

調査は、平成 27 年 7 月に補植された区域で行った。補植は、当初植栽木が枯死した箇所のみ行ったので、調査地には、平成 26 年 6 月植栽のアカマツ裸苗と平成 27 年 7 月植栽のアカマツコンテナ苗が混在している。

調査区を排水工事別に A 区（暗渠工・碎石のみ：0.025ha）、B 区（暗渠工・碎石+暗渠管：0.027ha）、E 区（植穴連結工：0.029ha）と 3 区画設置し（右上図）、補植直後の平成 27 年 8 月から平成 28 年 9 月まで調査を実施した。

調査項目、解析方法は、2 (2) (p10) に同じであるが、透水試験の測定箇所は各々 2 点、土壌試料の採取は 1 地点で行った。



(2) 結果

①植栽基盤の土壤環境

植栽基盤の土壤の物理性・化学性の測定結果を表-15に、長谷川式土壤貫入試験の結果を図-13に示す。土性は「重埴土」で、粘土成分が多く、植栽基盤土壤としてやや問題となる粒経組成であった。また、土壤硬度は、表層直下から固結層がみられ、全測点において固結状態であった。透水性は、E区では「可」の範囲内であったが、B区の表層40cm深では、全く水がひかず「不良」であった。土壤の化学性については、pHは適正範囲内であったが、電気伝導度は表層50cmの土壤で低く貧栄養な状態であった。

植栽基盤としては、物理性の面でやや難があり、土壤硬度は表層直下から固結層がみられ、透水性は一部区域で不良となる土壤環境であった。

表-15 植栽基盤土壤の物理的・化学的性質の評価(摂待事業区)

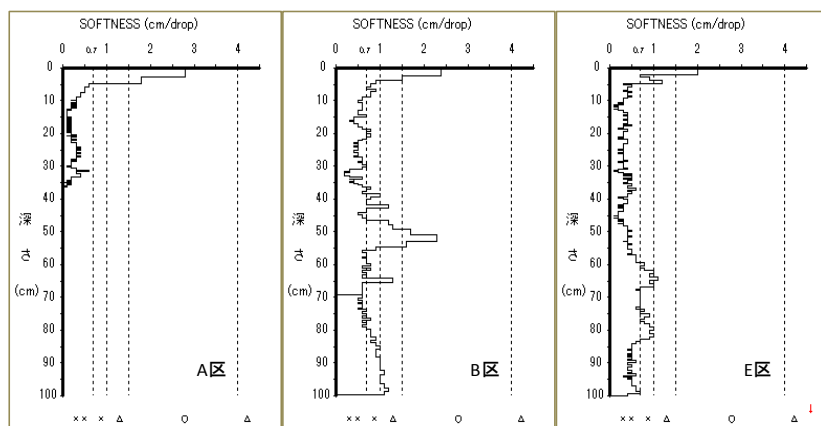
区分	測定項目	測定結果	評価
物理性	粒径組成 (土性判定)	~50cm: 重埴土 50cm~: 重埴土	粘土量が多い 透水性不良要因
	土壤硬度 S値(cm/drop)	図-13のとおり	× 固結層あり
	透水性 最終減水能(mm/hr)	0~80	×~△ 透水性不良
化学性	pH pH(H ₂ O)	~50cm: 6.7 50cm~: 6.8	○
	電気伝導度 EC(mS/m)	~50cm: 4.4 50cm~: 38.1	△ ~50cm: 養分不足

・評価 良:○、可:△、不良:×

・評価の判定 (財)日本緑化センター「植栽基盤整備技術マニュアル」に準じる



調査地全景, B区 (補植2年後・H28.9.20)



調査地全景, E区 (補植2年後・H28.9.20)

図-13 長谷川式土壤貫入試験の結果(摂待事業区)

②植栽木の生育状況

当初植栽木の補植時における生存率を表-16に示す。当初植栽木の生存率は5~17%で、植栽翌年には大半が枯死していた。

植栽木の健全率と生存率を表-17に示す。A区、B区では、枯死木の発生が多く、1生育期で変色や部分枯れだったものが、翌年には枯死に至っているものが多かった(図-14)。また、2生育期の健全率も14~36%と低調であることから、今後も枯損へと移行する個体が増えると推測される。

一方、E区では、1生育期では6割弱に変色がみられたが、翌年には大きく回復しており、2生育期の健全率は76%、生存率は96%であった。一部には、排水不良により変色や部分枯れが継続している個体もあるが、3区画のなかでは最も改善がみられた。

表-16 当初植栽木の補植時における生存率(摂待事業区)

区分	当初植栽木※の 補植時における生存率(%)		当初植栽木※の 植栽翌年の枯死率(%)	
	A区(暗渠・碎石のみ)	6	94	
B区(暗渠・碎石+暗渠管)	5	95		
E区(植穴連結)	17	83		

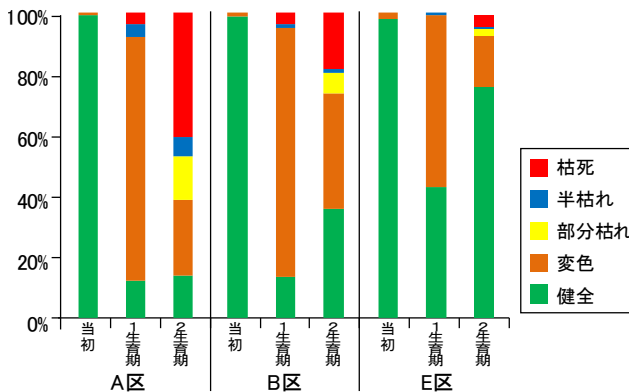
※当初植栽木:アカマツ裸苗



半枯れ木(A区)

表-17 植栽木の健全率と生存率(摂待事業区)

区分	健全率(%)			生存率(%)		
	当初	1生育期	2生育期	当初	1生育期	2生育期
	H27年8月	H27年10月	H28年9月	H27年8月	H27年10月	H28年9月
A区(暗渠・碎石のみ)	99	12	14	100	96	59
B区(暗渠・碎石+暗渠管)	99	13	36	100	96	81
E区(植穴連結)	98	43	76	100	100	96



変色・枯死(A区)



全枯れ・枯死(A区)

図-14 植栽木の健全度別割合(摂待事業区)

③植栽木の初期成長

植栽木の根元径、樹高の推移を表-18 に示す。アカマツコンテナ苗の植栽当初の平均根元径は、A区 6.5 mm、B区 6.8 mm、C区 6.6 mmであったが、2 生育期には 9.2mm、11.3mm、12.7 mm となった。樹高は、A区 39.4 cm、B区 41.2 cm、C区 41.2 cmであったが、2 生育期には 42.5 cm、49.0 cm、48.9 cm となった。根元径、樹高ともに、A区ではサイズの変化が特に小さかった。

根元径と樹高の相対成長率を図-15 に示す。根本径、樹高ともに成長率は、3 区画のなかでは E 区で高かった。しかし、全区画において樹高の成長率は 0.1 程度と、他調査事例と比べても著しく低調であった。当該事業地では、土壌硬度が非常に硬いうえに透水性が悪く、根系の成長や根の養水分吸収の働きに影響があり、伸長生長が抑えられている可能性がある。ただ、成長については、まだ 2 生育期目であることから、継続的な観察が必要となる。

表-18 植栽木の根元径、樹高サイズの推移(摂待事業区)

区分	根元径(mm)						樹高(cm)						標本数 (n)	
	平均			標準偏差			平均			標準偏差				
	当初	1生育期	2生育期	当初	1生育期	2生育期	当初	1生育期	2生育期	当初	1生育期	2生育期		
アカマツ コンテナ苗	A区	6.5	7.1	9.2	0.7	0.9	1.8	39.4	41.6	42.5	5.7	5.5	7.5	67
	B区	6.8	7.4	11.3	0.7	0.8	2.3	41.2	42.8	49.0	5.5	5.5	8.5	103
	E区	6.6	7.1	12.7	0.7	0.7	2.9	41.2	42.0	48.9	5.6	5.8	8.3	116
アカマツ 裸苗	A区	9.9	11.2	15.6	1.6	1.8	2.8	37.1	38.6	47.0	5.9	5.9	10.2	7
	B区	9.0	10.1	13.4	2.1	2.5	5.2	39.4	40.5	50.4	6.2	6.1	20.1	7
	E区	8.6	9.1	16.7	2.5	3.0	7.2	31.5	31.8	51.0	13.0	12.7	26.2	24

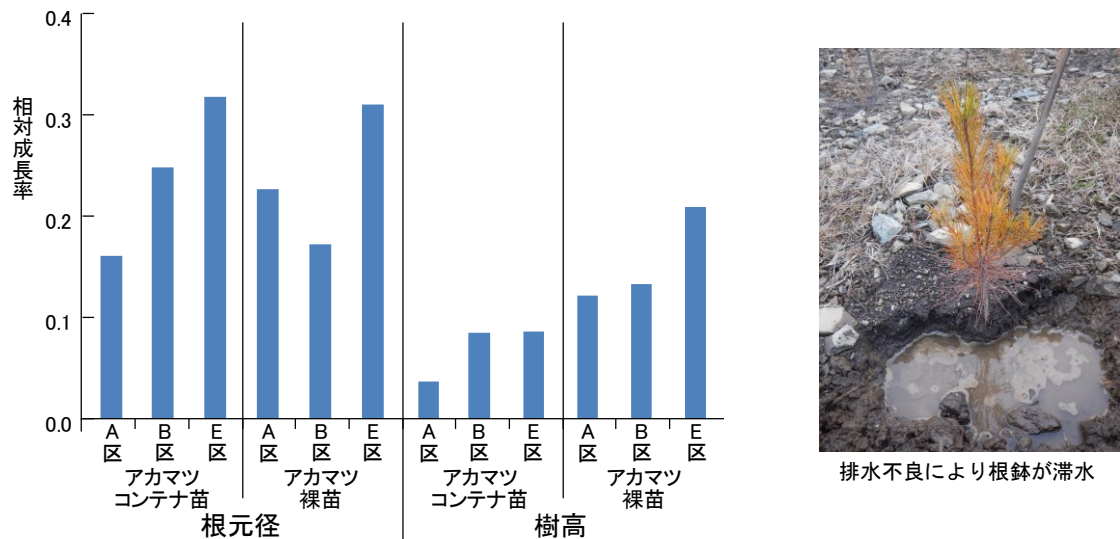


図-15 根元径と樹高の相対成長率(摂待事業区)

(3) まとめ

摂待事業区では、土壌が非常に硬く、表層直下から固結層がみられ、透水性も不良な箇所があり、植栽基盤としては、特に物理性で問題のある土壌環境であった。

当該事業地では、植栽基盤が粘土成分を多く含む土壌であったため、排水不良により過湿状態が続き、根が酸素欠乏となり根腐れとみられる枯損が多数発生していた。そのため、補植時に、排水工事が施工されたが、A区（暗渠工・砕石のみ）、B区（暗渠工・砕石+暗渠管）では、補植2年後の健全率は14%、36%と活着が悪かった。E区（植穴連結工）では、3区画のなかでは最も活着が良かったが、未だ3割程度に変色等がみられ、全調査区を通じて、生育状況が好転するような効果はみられなかった。盛土造成にあたり、粘土成分が多い土壌が使用されたため、不透水層が非常に厚く、表層数十cm程度の改良では、それらの排水環境を改善するまでに至らなかったと考えられる。今後の改善策としては、不透水層を貫通する縦穴排水を暗渠排水と併せて設置するなど、浸透水の排水を改善することや開渠排水により地表水の排水を改善すること等が考えられる。

植栽基盤の排水不良は、植栽後の活着に大きく影響するので、盛土資材として粘土成分を多く含む土壌の使用はできるだけ避けた方が良く、やむを得ず使用する場合は、上記の排水工事の施工を事前に検討する必要があると考えられる。

当該事業地では、平成28年度にも排水工事と補植が行われていることから、これらも併せ、今後も継続的な観察が必要となる。



枯死木多数発生 (A区)



過湿害 (葉変色)



過湿害 (葉小型化)

5 生育不良が懸念される場合の施工上の対応策

防潮林復旧事業地における植栽木の生育は、植栽基盤の土壌状況をはじめ、周囲の立地環境、気象状況など様々な影響を受ける。防潮林を早期に確実に再生するためには、植栽木の生育不良が懸念される場合、その対策を図ることが重要となる。そこで、復旧事業地において想定される代表的な生育不良要因について整理し、その施工上の対応策を以下に示した。

(1) 植栽基盤に問題がある場合

①透水性不良・排水不良

土壌が粘土質な場合や堅密度が高い場合は、透水性が悪く、排水不良による過湿害が発生しやすい^{1),2)}。また、平坦地形の場合、傾斜地に比べ、地表水を速やかに排水できないため、滞水しやすく過湿害を引き起こしやすい^{2),3)}。排水不良により滞水し過湿状態になると、根や微生物により酸素が消費されて酸欠状態となり、根腐れを起こし、枯死の原因になる^{2),4)}。

【要因】

- ・土壌が粘土質、堅密度が高い^{1),2),3)}
- ・地形が平坦等^{2),3),5),6)}

【対策】

- ・盛土資材として粘土成分が少ない土壌を活用する。
- ・開渠排水や暗渠排水、縦穴排水等の排水工を併用する。^{1),7),8)}
- ・地表排水を促すため、施工地に5%程度の傾斜をつける。^{3),5),6)}

②固結

土壌に腐食や有機物が少なく単粒構造である場合や粘土シルト等の微粒子成分が多い場合は、堅密度が高く固結した土壌となりやすい^{1),2),3)}。固結環境下では、土壌が硬いため、根の伸長生長が妨げられ、生育に必要な水分や養分を吸収することができず、枯死の原因になる⁷⁾。重機等の踏圧により表土が締め固められると、より固結状態となる^{1),2),3),6)}。

【要因】

- ・土壌に腐食や有機物が少なく単粒構造、粘土シルト等の微粒子成分が多い^{1),2),3)}
- ・重機等の踏圧等^{1),2),3),6)}

【対策】

- ・施工時に過度な締め固め造成は避ける。⁵⁾
- ・植栽前に耕耘工を行う。^{1),5),7)} (※1) (※2)
- ・バーク堆肥等(有機物)の混入による土壌改良工を実施する。^{1),7)} (※3)

(※1) 植穴のみ改良しても、周辺は固結状態にあり、根系発達を阻害するので、面状に改良することが重要。全面改良が難しい場合は、植穴の帯状改良(植穴連結)とする。^{1),2)}

(※2) 耕耘した場合でも、時間経過とともに、再び元の硬さに戻りやすい。長期にわたる土壌の物理性の改善を期待する場合は、バーク堆肥等の混入による土壌改良工を検討する。^{1),3),5),6)}

(※3) バーク堆肥混入による土壌改良工の留意点

- ・施用するバーク堆肥は完熟堆肥とする。
- ・植栽と同時に実施する場合は、窒素欠乏となる場合があるので、必要に応じて施肥を併用する。
- ・透水性の不良地では、酸素欠乏が助長されるので、透水性を改善した上での施工とする。^{3),6),9)}

③過乾（乾燥）

土壌が砂質の場合は、透水性が良い反面、保水力が小さいため、乾燥により根が必要な水分を吸収することができず、生育不良や枯死の原因となる。また、固結した土壌でも、水分供給が固結層位で絶たれるため、乾燥害を引き起こしやすい。^{4),6)}

【要因】

- ・土壌が砂質系、固結^{4),6)}

【対策】

- ・保水性を高めるため、敷きわら等によるマルチングや良質土による客土工を実施する。^{4),6),8)10)}（「固結」の対策は上記②に同じ）

④養分不足

土壌に腐食や有機物が少なく養分不足の場合は、枯死に至ることは少ないが、極端に伸長成長が小さいなど成長不良となることがある⁷⁾。盛土材料の土壌は、現場近辺における丘陵地や山林の心土を使用していることが多く、電気伝導度が低く貧栄養な場合が多い¹⁾。

【要因】

- ・腐食や有機物量が少ない貧栄養土壌⁶⁾

【対策】

- ・緩効性の化成肥料を施用する⁴⁾。(※4)

(※4) 施肥の留意点

- ・保肥力のない土壌には、バーク堆肥等の有機物を投入して、保肥力を増加させたうえで施肥を行う。
- ・排水不良地では、施肥は還元状態を誘発する場合もあるため、排水改善したうえで施肥を行う。^{1),4),7)}

(2) 気象害が懸念される場合

①風害・寒風害（冬期）

強風が頻発する海岸では、枝葉から蒸発散が促進されて、乾燥による生育障害が発生し、枯死の原因となる。冬期に、積雪よりも上に出ている枝葉が強風にさらされ、水分が奪われて乾燥死する症状は「寒風害」となる^{5),10),11)}。

【要因】

- ・強風（乾燥による水ストレスの増大）^{5),10)}

【対策】

- ・防風柵、防風ネット等の防風工を設置する。設置位置は、風の主方向に対して概ね直角となるよう、造成森林の風上側に設置する^{2),5)}。
- ・風による植栽木の水分蒸発を抑制するため、植栽木の風上側にカヤ等で編んだ衝立工を設置する¹²⁾。
- ・風が強い箇所では、土壌乾燥抑制のため、敷きわら等によるマルチングや良質土による客土工を行う⁵⁾。
- ・寒風害が発生する懸念がある場所では、春植栽を検討する¹¹⁾。

②寒乾害

冬期に積雪が少なく土壌凍結のある場所では、初春に光合成が開始され水分が必要な時に、根からの水分供給量が足りず、枯死の原因となる¹¹⁾。

【要因】

- ・土壌凍結（乾燥による水ストレスの増大）¹¹⁾

【対策】

- ・地表の保温のため、植栽木の周囲で敷き藁等によるマルチングを行う⁵⁾。
- ・土壌凍結がある場所では、春植栽を検討する¹¹⁾。

③潮風害・潮水害

汀線からの距離が近い場合や防潮堤を越える高波の発生頻度が高い場合は、植栽木が潮風や潮水の影響を受け、生育不良となり枯死の原因となる^{5),8)}。

【要因】

- ・汀線からの距離が近い、防潮堤を越波する高波の発生頻度が高い^{5),8)}

【対策】

- ・海岸前線部分は耐塩性の高いクロマツ等を植栽する⁵⁾。
- ・潮風の影響を抑えるため、風上側に、防風柵や防風ネット等の防風工を設置する^{2),5),8)}。
- ・海水が造成地に流入する頻度が高い場所では、速やかに排水できるように開渠工や暗渠工等の排水工を併用する⁸⁾。

(3) その他の施工上の留意点

①植栽時期

秋植えの場合は、根系の伸長が十分でない時期に、冬期の強風や低温にさらされるため、寒風害や寒乾害へのリスクが高くなる。冬期における風の強さなど、現場状況に応じて、防風工の設置に加え、衝立工や敷き藁等によるマルチング、客土工を行う。

②植栽方法

復旧事業地の植栽では、コンテナ苗が使用されているが、植え方不良による生育不良を避けるため、植栽にあたっては以下のことに留意する。

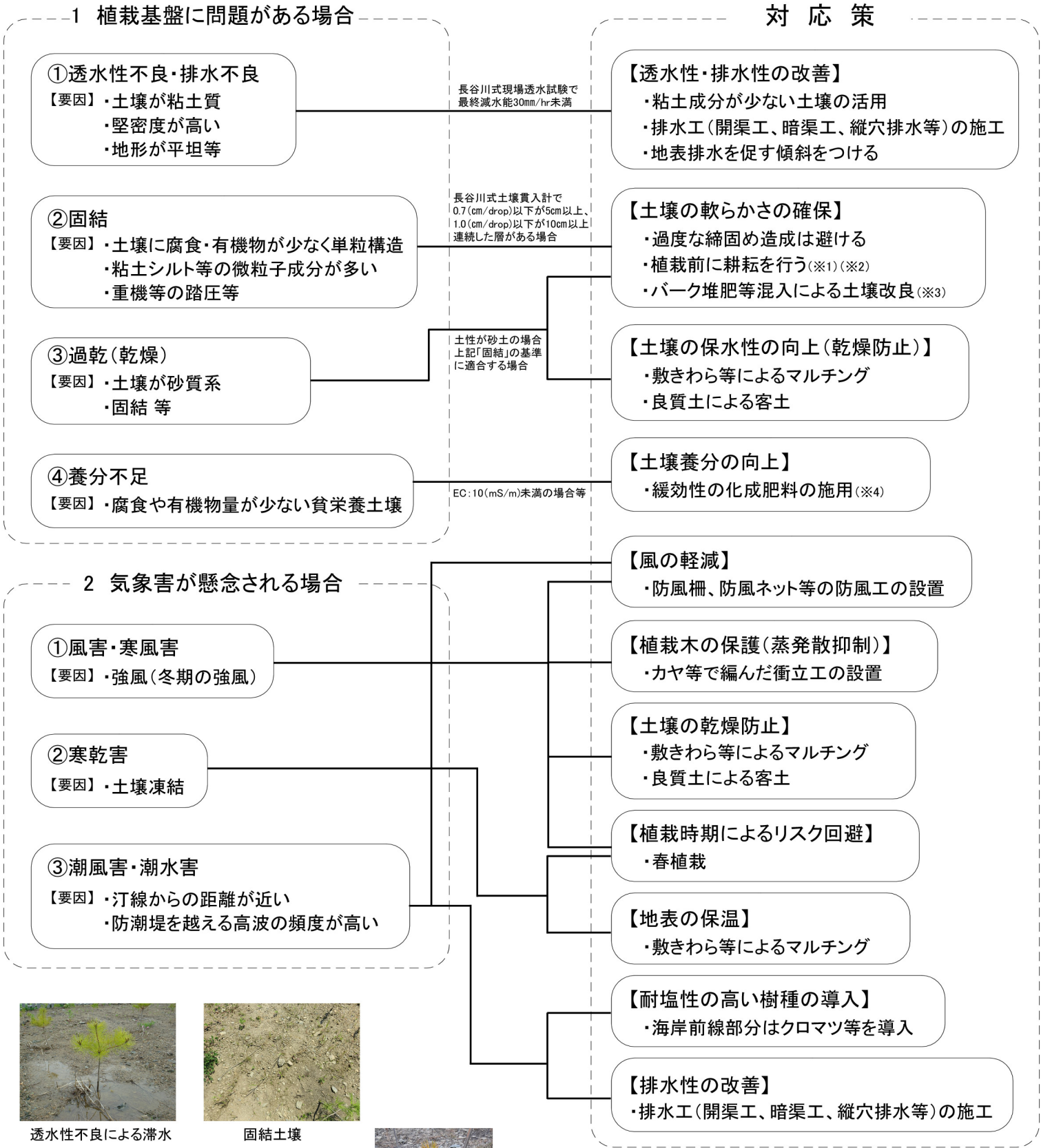
- ・コンテナ苗の根鉢と土壌をしっかりと密着させる（ただし、過度な転圧は避ける）
- ・浅植えや過度な深植えは避ける

③植栽時の苗木の状況

植栽時に苗木が徒長している場合は、風の影響で苗木が傾き、倒伏や枯損する恐れがある。コンテナ苗の場合は、根鉢の大きさが一定であることから、徒長苗では、相対的に地下部が小さく、苗を支えられない場合がある。植栽木が徒長している場合は、風の強さ等、現場状況に応じて、植栽時に支柱添えを検討する。

〈参考文献〉

- 1) 奥水肇・吉田博宣（1998）緑を創る植栽基盤－その整備手法と適応事例－，ソフトサイエンス社
- 2) 財団法人 日本緑化センター（2006）最新・樹木医の手引き 改定3版，（財）日本緑化センター
- 3) 河田弘（1981）バーク（樹皮）堆肥，博友社
- 4) （社）日本造園建設業協会（2005）植栽基盤整備ハンドブック，（社）日本造園建設業協会
- 5) 運輸省港湾局監修（1999）港湾緑地の植栽設計・施工マニュアル，（財）港湾空間高度化センター港湾・海域環境研究所
- 6) （社）日本造園学会 緑化環境工学研究委員会（2000）緑化事業における植栽基盤整備マニュアル，ランドスケープ研究 63（3） p224-241
- 7) 監修 国土交通省都市局公園緑地・景観課緑地環境室（1999）植栽基盤整備技術マニュアル，一般財団法人 日本緑化センター
- 8) 村井宏・石川雅幸・遠藤治郎・只木良也（1992）日本の海岸林－多面的な環境機能とその活用－，ソフトサイエンス社
- 9) 渡辺治夫（1962）樹皮の利用，北海道林産技術普及協会
- 10) 森林保険研究会編（1972）気象災害の見方，社団法人 森林保険協会
- 11) 上田真代（2012）道路防雪林の生育不良の要因について，寒地土木研究所月報 No. 704 p31-34
- 12) 林野庁監修（2004）治山技術基準解説（防災林造成編），（社）日本治山治水協会
- 13) 日本ペトロロジー学会編（1997）土壌調査ハンドブック改訂版、博友会
- 14) 河田弘（1989）森林土壌学概論、博友会
- 15) 亀山章・三沢彰・近藤三雄・奥水肇（1989）最先端の緑化技術，ソフトサイエンス社



透水性不良による滞水



固結土壌



潮風害・潮水害



乾燥による生育不良



排水不良による根鉢滞水



排水工(開渠排水)



防風工(防風柵)



客土(黒土半量混入)

(※1) 植穴のみ改良しても、周辺は固結状態にあり、根系発達を阻害するので、面状に改良することが重要。全面改良が難しい場合は、植穴の帯状改良(植穴連結)とする。
 (※2) 耕耘した場合でも、時間経過とともに、再び元の硬さに戻りやすい。長期にわたる土壌の物理性の改善を期待する場合は、バーク堆肥等混入による土壌改良工を検討する。
 (※3) 施用するバーク堆肥は完全堆肥とする。植栽を同時に行う場合は、窒素欠乏となる場合があるので、必要に応じて施肥を併用する。透水性不良地では、透水性を改善した上での施工とする。
 (※4) 保肥力のない土壌には、バーク堆肥等の有機物を投入して施肥を行う。排水不良地では、排水改善した上で施肥を行う。