

## 2017年度 名取市海岸防災林植栽地のモニタリング調査報告書

2018年1月 公益財団法人オイスカ  
緑化技術参事 清藤城宏

### はじめに

2011年3月11日、東日本大震災の津波により、太平洋沿岸各地の海岸防災林(以下、海岸林)は甚大な被害を受け、海岸林のマツ林被害は3,600ha、中でも宮城県は1,753ha、なかでも壊滅的被害は被災6県で1,100haにも及んだ。

オイスカは、3月17日に林野庁皆川長官に長期復興支援として「海岸林再生」への協力を申し出た。海岸林再生に不可欠となる大量の苗の供給が想定され、早急に優良苗の生産とその担い手確保、そして、地元被災農家の雇用に取り組む必要があると考え、国・県・市、種苗組合、森林組合、名取市被災農家等と協議を重ねた。そして、林業種苗法に沿って宮城県農林種苗農業協同組合に加入した地元被災農家が新たに組織した「名取市海岸林再生の会」(以下、再生の会)とともに、2012年3月に初の播種を行い、クロマツ苗木の自家生産を開始した。2017年9月、再生の会は、平成28年度全国山林苗畑品評会にて「林野庁長官賞」を受賞した。

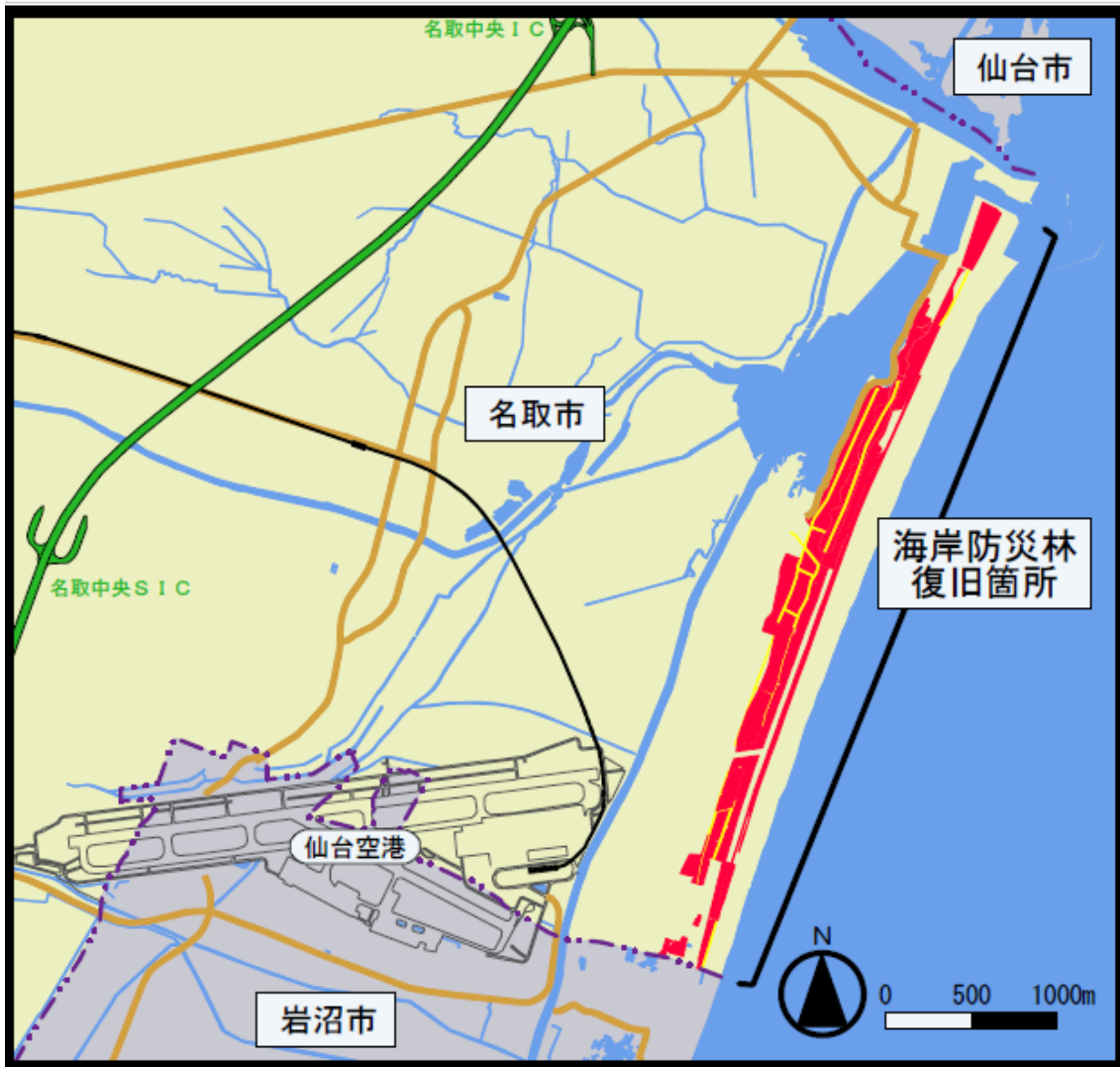
植栽地は国有林・県有林・市有林で、林野庁が民有地直轄治山事業として、高さ約3m、幅200mの植栽基盤を人工的に盛土し、防風柵、排水溝などを施した(写真-1)。

2014年には植栽基盤の完成箇所から自家生産した苗による植栽に着手し、同年は15.67ha(活着率98.4%)、2015年10.06ha(活着率98.0%)、2016年11.0ha(活着率98.3%)、2017年は13.66ha(活着率99.8%)の植付を完了、植栽完了総面積は50.39haに達し、モニタリングを行うための調査プロットを26か所を設置している。

海岸林造成に係る情報が十分とは言えない現在、このプロジェクトのモニタリング調査を通し、苗の出処、コンテナ苗の特性、植栽時期、植栽立地条件、苗木の実生・挿し木の特性など、多くの知見を得ることが出来ると考えている。

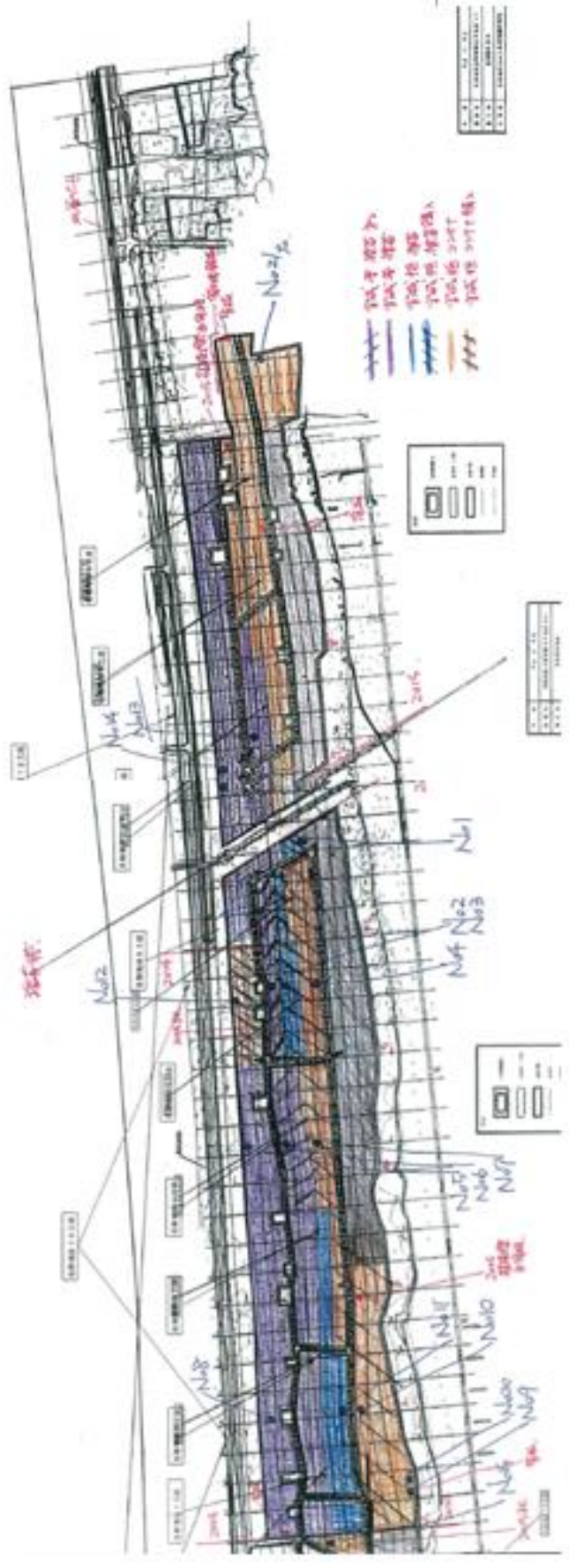
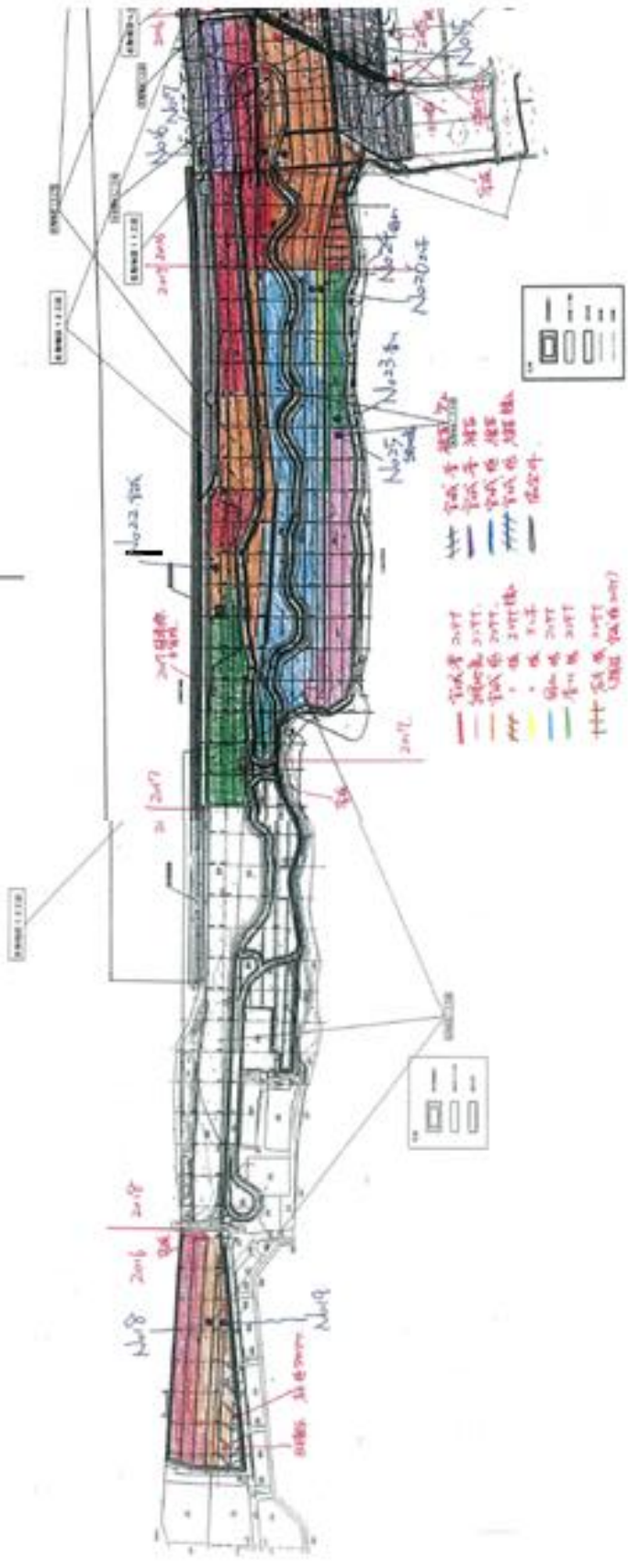


写真-1 オイスカ育苗場・2014年植栽地、名取市海岸林再生の会・全景 (2017年5月撮影)



名取市海岸林位置図（2017年現在 整備協定締結箇所）

# 各プロット位置図



## 方 法

2014 年度植栽地概要：

植栽は 2014 年 4 月 28 日から 5 月 30 日の間に行われ、15.67ha の面積である。調査プロットは 12 カ所設置した（表一 1 参照）。苗木は活着を促すため吸水ポリマーと 700 倍に溶いた液肥に根を浸水し、5,000 本/ha で植栽した。植栽後 6 月には一本当たり 50g の化成肥料を施肥した。毎年 6 月から 10 月には下刈（2 回刈）を継続している。

なお、コンテナ苗は早期育苗の可能性から当年生利用も言われているが、当年生では十分な樹高・根元径の発達は難しく、当法人としては、充実したコンテナ苗を確保するため、育苗はすべて露地苗同様に 2 年生を方針としている。

植栽に用いた苗は 2 年生苗で、抵抗性によるマルチキャビティーコンテナ苗（以下抵抗性コンテナ苗）、抵抗性露地苗（裸苗）、精英樹露地第 1 育苗場苗、精英樹露地第 2 育苗場苗、抵抗性露地第 1 育苗場苗である。第 1、第 2 育苗場は名取市海岸林再生の会の圃場、抵抗性コンテナ苗と抵抗性露地苗は宮城県農林種苗農業組合からの購入苗である。精英樹苗、抵抗性苗の植栽した苗は全て宮城県産（種子は宮城県林業技術総合センタークロマツ精英樹クローン採種園産、抵抗性採種園産）である。なお、No.12 の地点は宮城県の要請で秋植え 0.7 ha・3,500 本試植した箇所である。

2015 年度植栽地概要：

植栽地 10.06ha に調査区 3 カ所を設置した。調査地 No.13、No.14 は春植え、No.15 は宮城県の要請で秋植えを 1,500 本試植した箇所。調査地の土壌は、いずれも砂質で堅密であるが、No.14 は粘土分もあり砂壤土であった。No.15 の水湿状況は多湿傾向にあった。植栽苗木は No.13、No.14 は精英樹実生第 1 育苗場産露地苗、No.15 の秋植え苗は抵抗性コンテナ苗第 1 育苗場産を用いた。植栽当初同様、苗木は吸水ポリマー並びに 700 倍に溶いた液肥に根を浸水し、5,000 本/ha で植栽した。植栽後 6 月には 1 本当たり 50g の化成肥料を施肥した。毎年 6 月から 10 月には下刈（2 回刈）を継続している。

2016 年度植栽地概要：

植栽地 11.0ha に調査地 4 カ所を設置した。No.16、No.18 は精英樹コンテナ苗、No.17、No.19 は抵抗性コンテナ苗である。植栽はこれまでと同様に吸水ポリマー並びに 700 倍に溶いた液肥に根を浸水し 5,000 本/ha で植栽し、施肥も実施した。毎年 6 月から 10 月には下刈（2 回刈）を継続している。

2016 年度は秋植えによる広葉樹の調査区も設け（No.20、No.21）、植栽年の 11 月 16 日に測定した。樹種については結果の項で示す。

2017 年度植栽地概要：

植栽地 13.67ha に調査プロット 5 カ所を設置した。No.22 は香川県産種子抵抗性コンテナ苗、No.23 はマツノザイセンチュウに対する抵抗性があると考えられている宮城県石巻市網地島産種子コンテナ苗、No.24 は岡山産種子抵抗性コンテナ苗、No.25 は宮城県産種子抵抗性コンテナ苗である。No.26 は宮城県産抵抗性挿し木コンテナ苗で、宮城県林業技術総合センターで発根した苗をコンテナに移植し育てた苗である。いずれもコンテナ苗は 2 年生である。植栽地はいずれも土壤の物理性は砂土で、湿気を含みやすい土壤となっている。

植栽はこれまで同様の方法で植栽、追肥を実施。植栽当初の測定は 5 月 19 日に実施した。

今年度のモニタリング調査は、全調査地 26 か所についてこれまでと同様、樹高と根元直径を 7 月 14 日、11 月 16 日に測定した。

表-1 2017年度調査プロット一覧表

|        |            |            |           |            |               |         |           |         |
|--------|------------|------------|-----------|------------|---------------|---------|-----------|---------|
| プロットNO | 1          | 2          | 3         | 4          | 5             | 6       | 7         | 8       |
| 植栽年度   | 2014春      | 2014春      | 2014春     | 2014春      | 2014春         | 2014春   | 2014春     | 2014春   |
| 苗木出処   | 抵抗性コンテナ苗   | 精英樹露地第二    | 抵抗性露地購入   | 抵抗性コンテナ苗   | 精英樹露地第一       | 精英樹露地第二 | 抵抗性コンテナ苗  | 精英樹露地第一 |
| プロットNO | 9          | 10         | 11        | 12         | 13            | 14      | 15        |         |
| 植栽年度   | 2014春      | 2014春      | 2014春     | 2014秋      | 2015春         | 2015春   | 2015秋     |         |
| 苗木出処   | 抵抗性コンテナ苗   | 抵抗性コンテナ苗   | 抵抗性露地第一   | 抵抗性コンテナ苗   | 精英樹露地第一       | 精英樹露地第一 | 抵抗性コンテナ第1 |         |
| プロットNO | 16         | 17         | 18        | 19         | 20            | 21      |           |         |
| 植栽年度   | 2016春      | 2016春      | 2016春     | 2016春      | 2016秋         | 2016秋   |           |         |
| 苗木出処   | 精英樹コンテナ    | 抵抗性コンテナ    | 精英樹コンテナ   | 抵抗性コンテナ    | 広葉樹           | 広葉樹     |           |         |
| プロットNO | 22         | 23         | 24        | 25         | 26            |         |           |         |
| 植栽年度   | 2017春      | 2017春      | 2017春     | 2017春      | 2017春         |         |           |         |
| 苗木出処   | 香川県抵抗性コンテナ | 網地島抵抗性コンテナ | 岡山抵抗性コンテナ | 宮城県抵抗性コンテナ | 宮城県抵抗性挿し木コンテナ |         |           |         |

## 結果と考察

### 1)2014 年植栽地

植栽後 4 年間の平均樹高生長と平均根元直径生長を図-1、図-2 に示す。全体の平均樹高は 99.3 cm 平均根元直径は 36.1 mm であった。生長カーブはほぼ直線的であるが、樹高生長は多少上向き傾向にある。植栽時の形状比・比較苗高（樹高÷根元径）には差があり、形状比・比較苗高の小さい値の苗ほど生長・活着が良い傾向にあったが、現在はほぼ 30 以下で差がない値となっており、樹高と根元径の生長バランスがよく生育していると認められた。

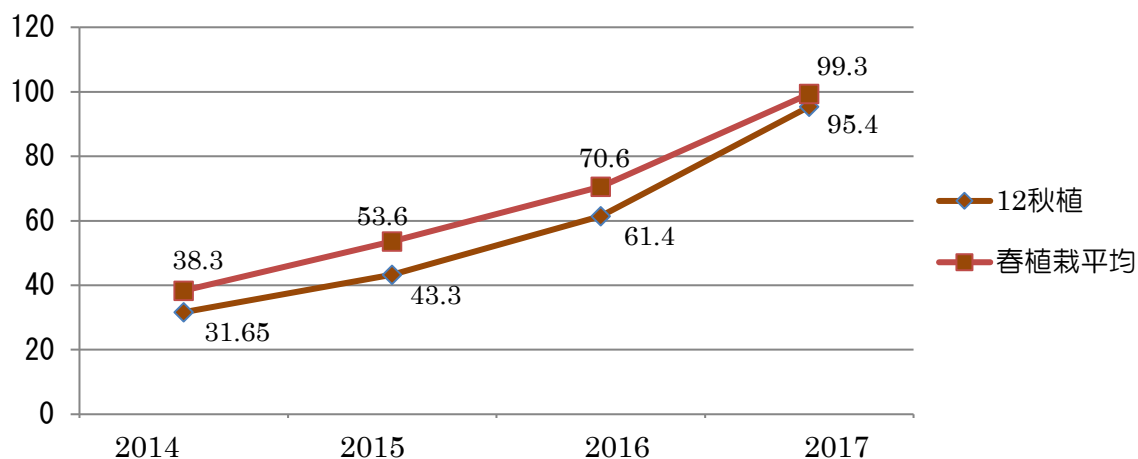


図-1 4年間の樹高生長

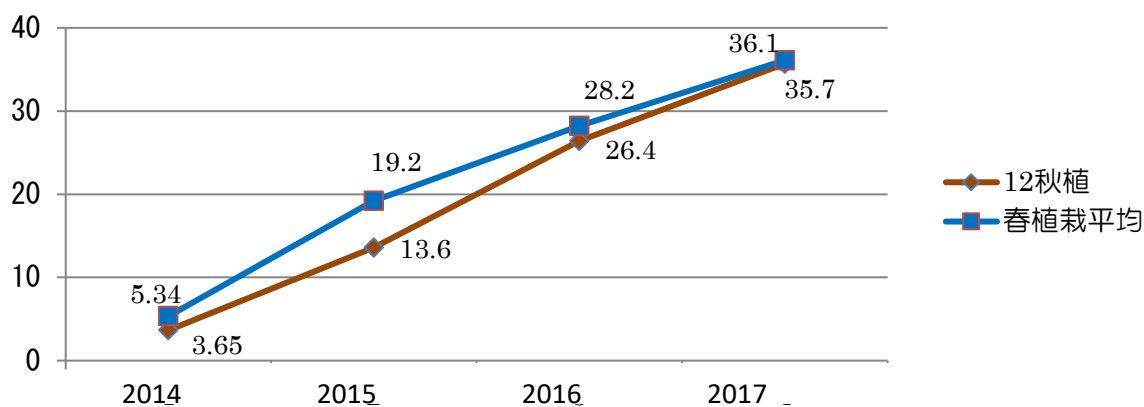


図-2 4年間の根元直径生長

次に各プロットごとの4年間の生長値を図-3、図-4に示す。取り分け生長が著しいプロットはNo.8で、平均樹高160.3cm、平均根元直径52mmであった。一方、最低はプロットNo.10で平均樹高73.4cm、平均根元直径27mmであった。このことは苗木の違いの影響もあるものの、特に大きな影響を与えているのは、植栽土壌環境であった。No.8の調査対象木の最高樹高は2mを越しており、また付近の同一立地条件、同一苗木で植栽されたところでは、全本数2mを超える場所もあり、最高の生長を示した個体は樹高3.1m、年伸長量は1.3mもあった。別表-1に土壌の物理性一覧表を添付した。No.8の土性は砂土で堅密度10、石礫を含み適度な湿り気を保った土壌で、植栽土壌条件のよい立地であった。



写真-2 No.8と同じ条件の場所の生育

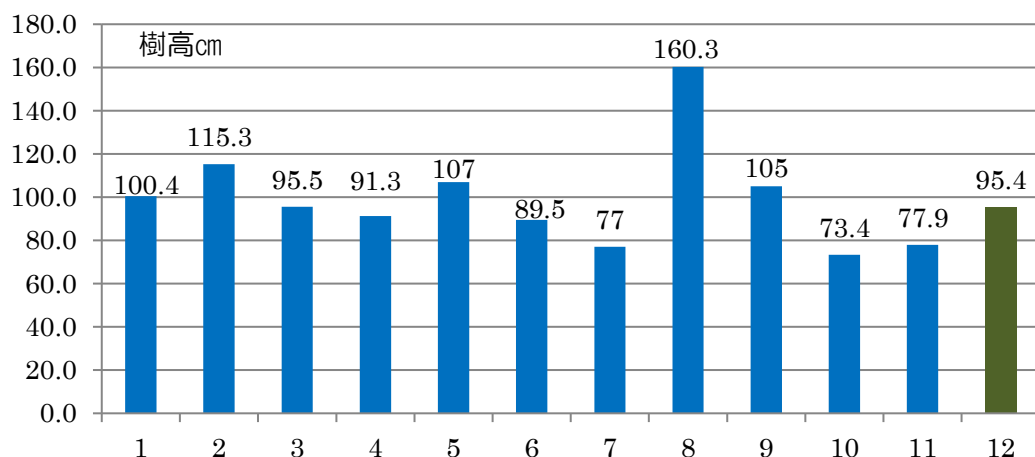


図-3 各プロットの平均樹高生長

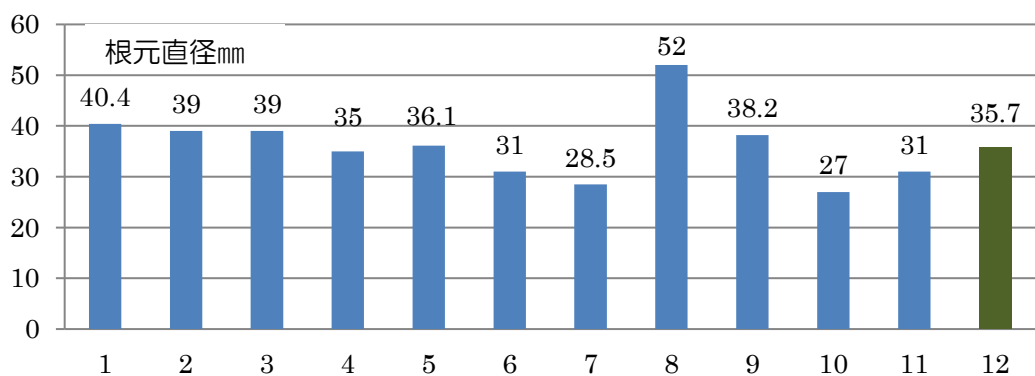


図-4 各プロットの平均根元直径生長

生育が悪かったプロット No.10 は、土性は同じ砂土でも多湿を示し、時には水が溜まるほど多湿状態にあった。多湿ということは、土壌の通気性が悪く、日中の高温時に給水すると、根が長時間水浸し、酸素欠乏に陥り、また根の枯死にまで至らせることに起因して生育が悪いと見てよい。同じように土壌が多湿と判定された No.6、No.7 においても生長は芳しくない。No.7 においては Ph 値が 3.5、4.0 と低い値を示した。これは多湿で水が溜まりやすい土壌、雨水の蓄積されやすいことから水素イオンが増えたことに起因していると考えられ、このため養水分の吸収が悪く、そのことが生長に影響を及ぼしているとも考えられる。

生育の良かった No.8 と No.5 は同じ苗であるので、生長差は植栽土壌の立地差によるものの、他のプロットに比べ生育がよいことから精英樹露地第 1 育苗場産の苗木の特性もあると考えられる。

そこで苗木養成別に生長をまとめて図-5 に示した。立地差を考慮せず単純に苗の違いだけで示した乱暴さがあるものの、多少の知見もみられる。すなわち、精英樹と抵抗性を同じ第一育苗場で同一の育苗方法で行ったが、植栽後は精英樹が良い結果となっている。同じ精英樹露地（裸苗）苗の育苗場の第1、第2では差がみられている。これは第1育苗場では樹高を伸ばさず、根元直径を太く育てるという基本方針に沿ったが、一方第2育苗場（2014年の苗のみ）では、どちらかと言うと徒長気味の苗となったので、その影響が表れたとも考えられる。

露地苗由来とコンテナ苗由来の比較では、コンテナ苗は2・3年は遅れると見ていたが、現在のところ露地の方が多少優れているが、大差が無くなってきている。

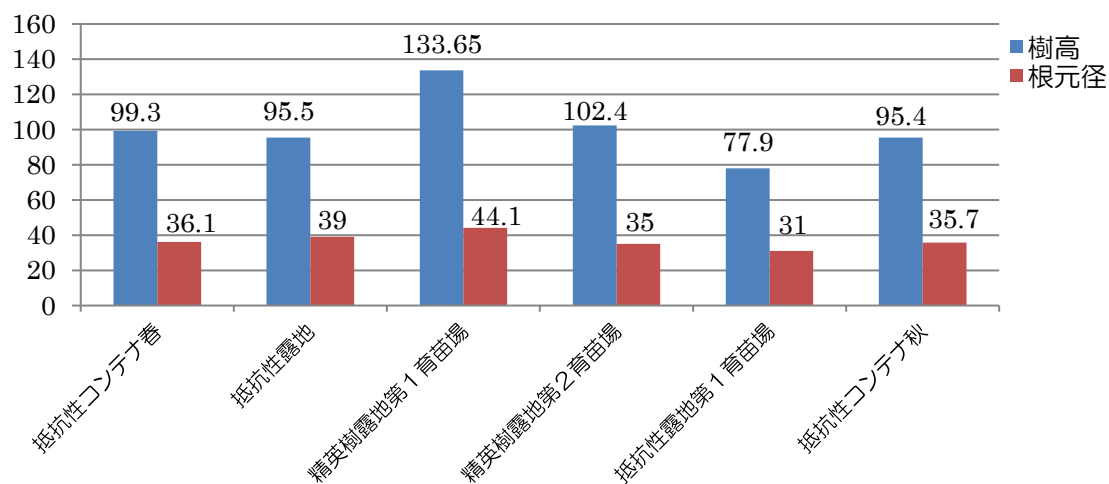


図-5 苗木養成別比較

植栽時期の違いについてその生長を図-6 に示した。比較した苗は、抵抗性コンテナ苗の植栽時期、春と秋の違いである。植栽3年目までは差が見られたものの、4年目の結果では平均値の差の検定で樹高、根元直径共に有意差がない結果であった。一般に針葉樹の秋植えは常識外と考えられてきたが、コンテナ苗の特徴である植栽時期を選ばない長所が見られたことから、猛暑期間、厳寒期を除けば、植栽時期の幅を広げて良いことが実証された。

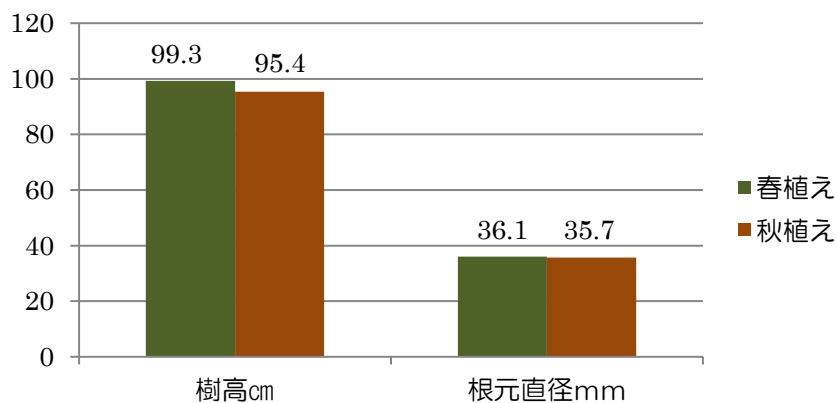


図-6 コンテナ苗生長の植栽時期の違い



## 2) 2015 年度植栽地

2015年度は10.06haに植栽された。調査プロットは3カ所設置している。調査地No.13、No.14は春植え、精英樹露地苗第一育苗場産苗である。昨年までの報告で、No.13は抵抗性コンテナ苗として報告していたが、No.14と同じ精英樹露地苗第一育苗場産苗であったので訂正する。No.15はコンテナ苗秋植えである。植栽3年目の結果を図-7に示す。調査地の土壌は、いずれも砂質で堅密であるが、No.13とNo.14では同じ苗でも土壌的にはNo.14は粘土分もあり砂質壤土で堅密度も多少高い。No.15の水湿状況は多湿傾向にあった。生長としては2014年植栽の秋植えの生長傾向と変わらない。

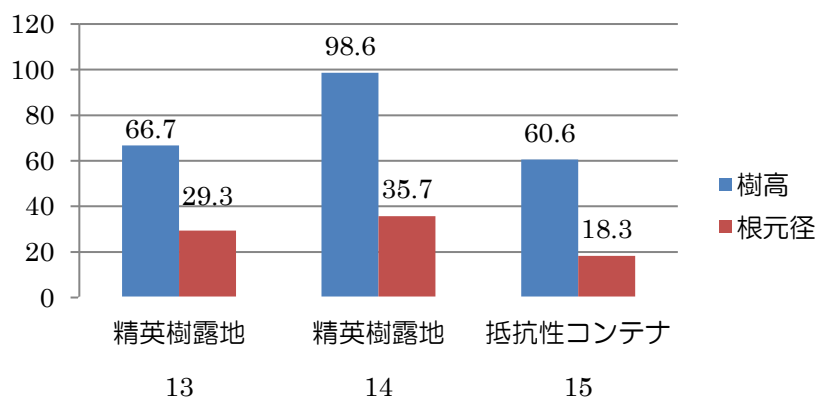


図-7 2015年植栽プロットの生長

## 3) 2016 年度植栽地

2016年度は11haに植栽され、調査プロットは4カ所を設けた。No.16、No.18は精英樹コンテナ苗、No.17、No.19は抵抗性コンテナ苗である。立地的には似た傾向にある場所で、全体に水湿状態は湿であるが多湿に近い。2年間の生長結果を図-8に示す。プロットNo.16で過湿気味にある土壌条件の表れとみている。ここでは精英樹か抵抗性かの差は見られていない。

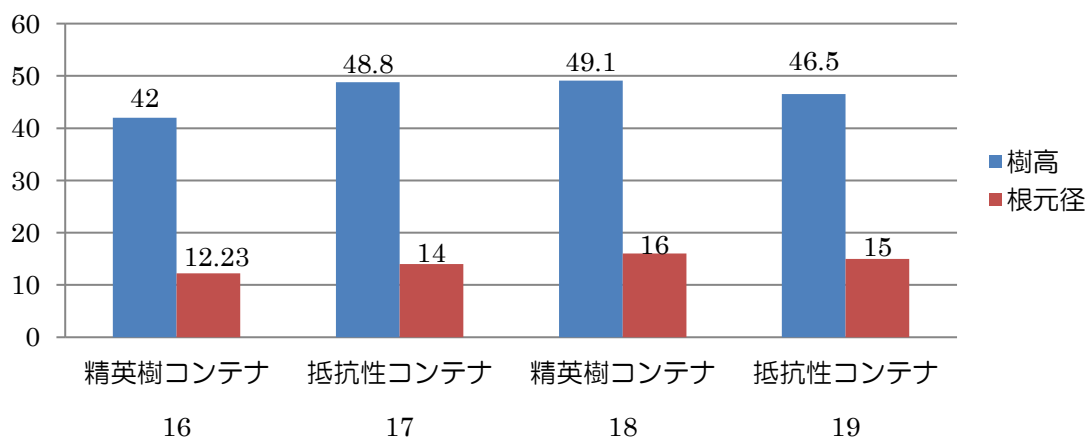


図-8 2016年植栽クロマツの生長

### 3-2) 広葉樹

2012年から、クロマツに比べて極めて少数ながら、広葉樹の宮城県産クリ、コナラ、ヤマザクラ、ケヤキ、オオシマザクラ、ウワミズザクラの播種・育苗を開始し、2014年から試験植栽を開始した（調査地 No.20：2014年春植え2年半生苗の1年後生存率17%・2015年秋植え2年生苗の1年後生存率64%）。また、林野庁を通じ皇居から種子を提供され、育苗した極く少数のエノキ、アカガシ、スタジイ、タブノキとともに、2016年に合計10種を秋植え3年半生苗で実施した（1年後生存率94.6%）。植栽時は50cm四方の穴に十分な用土と液肥を混ぜた泥付き苗で植付し、生存を促す芯どめを行った。

汀線から400m以上の最内陸部、全長約700mに2列、10種・671本（うち皇居産苗は全体の9%の65本）を植栽した。その山側には全長2.5km×幅30mの生物多様性配慮ゾーンが設置され、実生のヤマザクラ・ウワミズザクラ、40年前治山木として植栽されたハンノキなどが若干確認できる。今回の植栽は、将来の広葉樹母樹の育成として位置づけ、モニタリング対象として2か所（No.20・21）を設定した。

ここでは10種すべて植えたプロットNo.20の結果を示す。図-9には全体の平均生長を示す。2016年の植栽時の結果と比較すると、今年度の結果でも、先端枯れにより樹高ではマイナスを示し、伸びていない。根元直径も太りが見られなかった。このことから地下部の根の生長は顕著で無いことと、先端枯れと萌芽更新を繰り返すことが予想される。

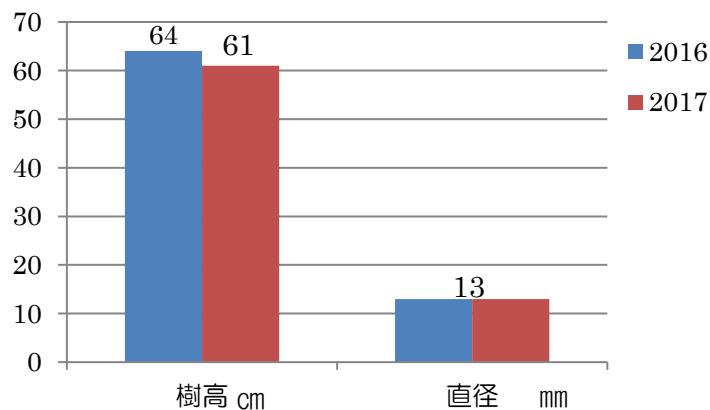


図-9 広葉樹の生長

次に樹種別の生長結果を図-10に示す。

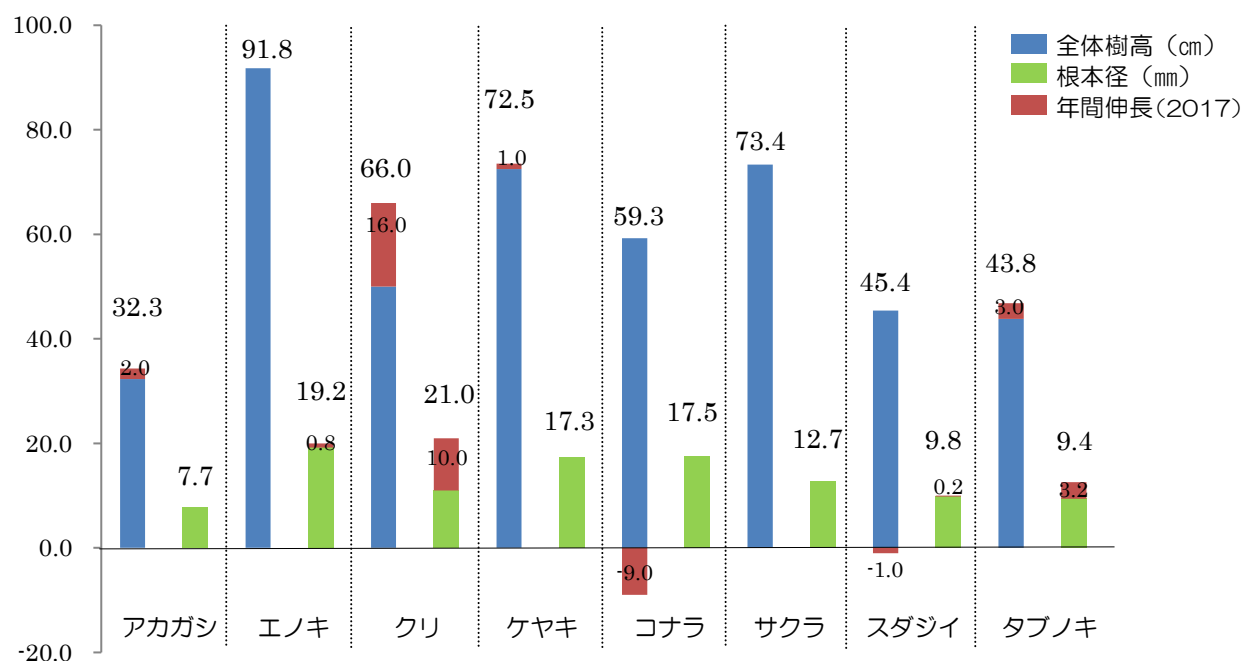


図-10 樹種別の生長

各樹種とも生存率は高いものの生長は良くない。比較的生育が見られているのはクリだけで、他の樹種では横ばいか、マイナスである。広葉樹は基本的に土壌の発達した環境で生育している。しかし当地は全く腐植の欠如した無機質土壌であり、風害、潮害、飛砂に遭遇する環境下にある。現状は広葉樹の植栽生育環境にはないと見てよい。

海岸林は、潮害や飛砂害また風害、ヤマセ等から背後地を守るため、防潮・飛砂防備に優れ、また、貧栄養の海岸砂地に最もふさわしい樹種として長い経験からクロマツを植栽してきた。海岸のクロマツ林は地域の海岸風景「白砂青松」として歴史的にも景観的にも日本の海岸美の愛された林である。しかしながら、近年はマツノザイセンチュウ被害によるマツ枯れが危惧され、また生物多様性の面から海岸林再生に広葉樹も植栽をすべきとの意見もあるのは事実である。しかし潮害、風害、飛砂また生育土壌環境から考え、造成初期の広葉樹導入は事業ベースで考えるのは無理である。

安定した宮城県内のクロマツ海岸林において、かつては林内でコナラ、カシワ、ヤマザクラ等を見ることができた。時間的な経過とともに、将来は植生遷移的に広葉樹が生育できる環境が整うであろう。今後土壌化も進むことで地下部の発達が促され、遠い将来、生物多様性保護ゾーンへの拡散・林対幅の拡幅と、海岸林最内陸部における母樹となるよう期待し、2018年度も追肥と下刈、モニタリングを継続して広葉樹の動向も追っていきたい。

#### 4) 2017 年度植栽地

植栽地 13.66ha に調査プロット 5 カ所を設置した。4 種類の抵抗性種子によるコンテナ苗と挿し木による苗の植栽である。No.22 は香川県産種子抵抗性コンテナ苗、No.23 は網地島産種子抵抗性コンテナ苗、No.24 は岡山産種子抵抗性コンテナ苗、No.25 は宮城県産種子抵抗性コンテナ苗、No.26 は宮城県産抵抗性挿し木コンテナ苗である。いずれもコンテナ苗は 2 年生である。植栽地はいずれも土壌の物理性は砂土で、湿気を含みやすい土壌である。

図-11 に各プロットの枯損率を示した。

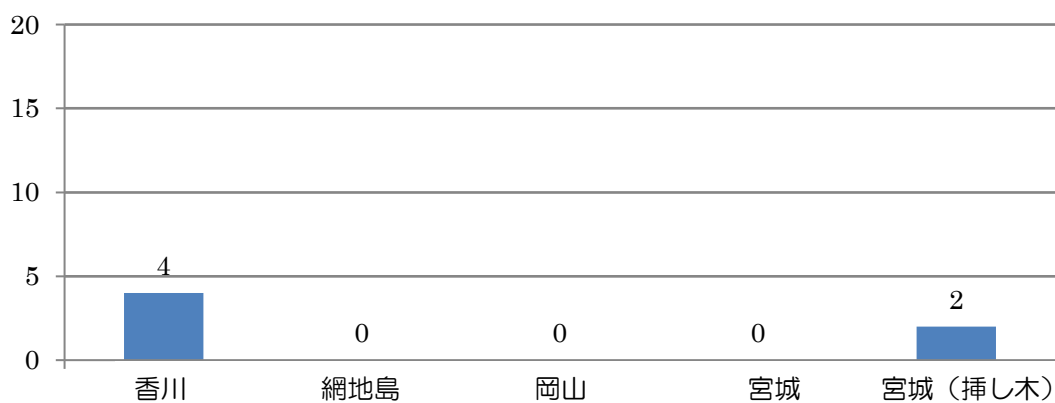


図-11 枯損率

香川と挿し木苗で若干の枯損が見られたものの、非常に良い活着を示している。

図-12 に樹高生長、図-13 に根元直径生長を示す。

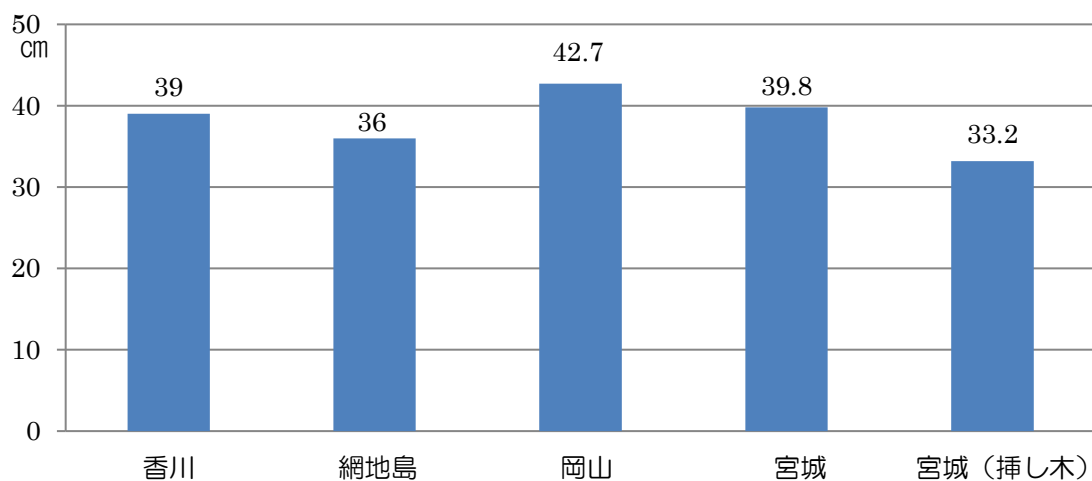


図-12 樹高生長

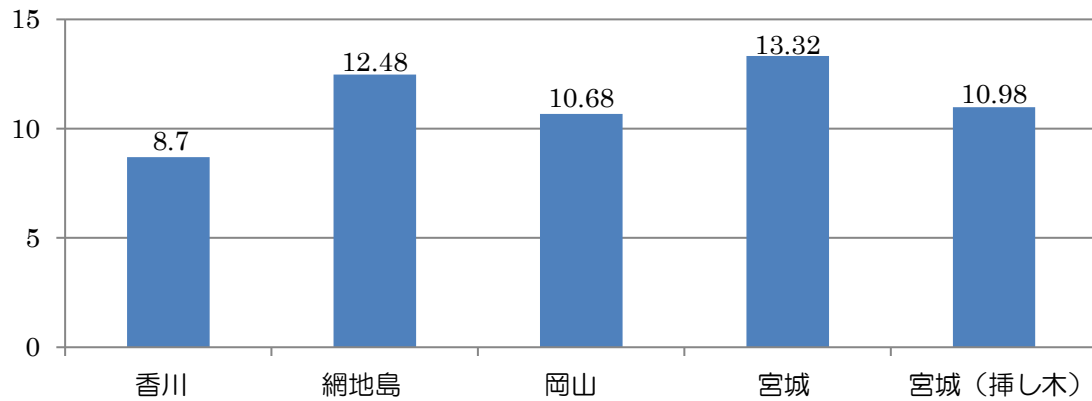


図-13 根元直径生長

樹高生長は岡山、宮城、香川、網地島、宮城挿し木の順であった。根元直径生長では宮城、網地島、宮城挿し木、岡山、香川の順で地元宮城県産が良い結果であった。

樹高の伸長量を考慮して相対樹高生長率で表すと図-14 のとおりである。結果は宮城県産が良いことが示された。参考まで、2018年1月、育苗場・植栽地ともに宮城県産以外は例年以上に葉が赤く変色している。

天然アカマツ林の産地試験の結果では、産地から距離が離れるに従って材積や形状が悪くなるという地理的勾配（クライン）の報告がある。クロマツの種苗配布区域は裏日本と表日本で配布区域がわかれている。香川、岡山も同一種苗配布区域内にあるので林業種苗法上、特に問題は無いが、アカマツの事例のようなクラインの状況がみられる点についても今後のモニタリングにより明らかにしていきたい。

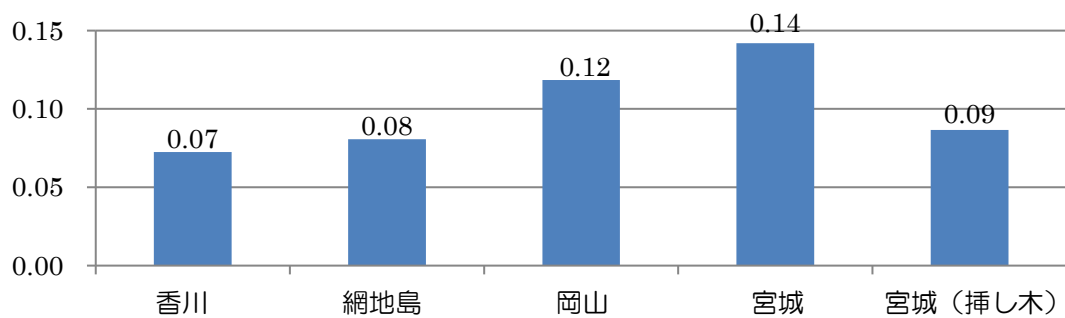


図-14 相対樹高生長率

#### 4 - 1) 挿し木苗と実生苗の比較

宮城県産抵抗性挿し木苗と宮城県産抵抗性実生苗の比較をおこなった。植栽当年の生長結果を図-15 に示す。

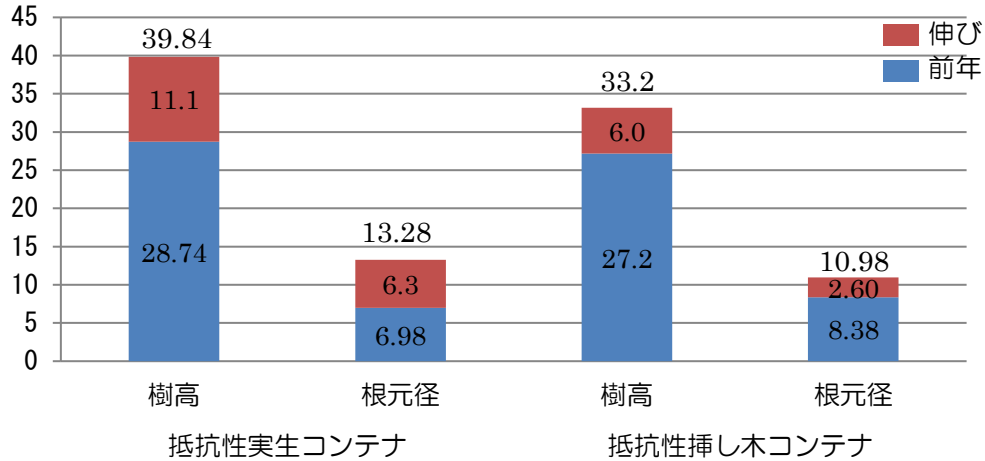


図-15 挿し木苗と実生苗の生長比較

植栽時の苗高は同程度であったが、伸び率では実生は挿し木に比べ約2倍であった。一方、根元直径は植栽時点では挿し木苗で大きかったものの、最終的には逆転して実生苗の生長が良くなった。

挿し木苗は宮城県林業技術総合センターで開発し、さし付け用土で発根した苗をコンテナに移植し、実生苗と同様にコンテナ苗化したものを提供されたものである。現地植栽した苗の生育は、コンテナ移植後の根鉢の形成の影響、また植栽後の根の発生・発達によると思われる。

以上の結果において、挿し木苗の成長率は今のところ必ずしも著しくない。生育を押し上げるだけの根鉢形成が実生苗ほど充実していないと予想され、その検証も必要であると思われる。いずれにせよ、被災した海岸林再生に必要なマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ苗木は基本的には実生に頼らざるを得ない。さらに抵抗性の高い第2世代抵抗性品種の苗木生産には、抵抗性の遺伝的な担保の面からも挿し木苗生産は有効な手段となるので、挿し木技術の確立と共に、挿し木苗による海岸林造成の情報も重要になってくる。

#### 4-2) コンテナ苗の植栽後の根の動き

2017年度植栽地において、大雨で崩れた場所でたまたま根の状態を複数見ることが出来たので参考までに報告する。

写真のように深さ15cm、300ccのコンテナで覆われていた苗は、側面からの根の発達はほとんど無く、底の下部の面から大量の根が伸びていた。コンテナで育苗中の根は、底穴の空気に触れる底に向かうため、コンテナ下部に根は伸長し、細根が多発している。伸びてコンテナから飛び出た根は、空中断根、根の切り戻しにより根は切断された状態でコンテナから取り出され出荷されるが、植栽されると地下部断根された空気に触れた部分あたりから大量の根が大量発生し、盛んに養分と水を吸収して生長の基を作っている。深さでいうと地下部30cm前後で根が伸長している。写真のように植栽当年度は、まだ支持根（垂直根）になるほどしっかりした根は形成されていなかった。植栽4年経過の苗で観察した樹高1mの個体の例では、水平根は1mを越して伸び、また真下に伸びている垂直根も太く伸びていた。樹体を支え生長していくための地下部の根の形成は、植栽当初から初期に発達形成していくことが観察された。



写真-3 コンテナ苗の植栽後の根の伸長

#### 4-3) 土壌の物理性と生長

樹木が生長するには水と養分が必要である。その水と養分は地下部の根から地上部へ送っているはずで、根の発達が生長の大きなカギである。海岸林再生対象地では地下水面が地表に近くにあって、本来深根性であるクロマツの支持根の生長が妨げられていたことから、生育基盤高さを3mの盛土により嵩上げを図っている。運ばれた盛土材料も様々で、別表-1のような土壌物理性を示している。土性ではほとんど砂ばかりの砂土(S)から、粘りのある粘土が大部分の埴土(C)まで見られる。根の発達には土が伸びるにふさわしい硬さがある。硬すぎれば伸びない限界もあるかもしれない。そのために土壌の硬度も調べている。2016年は各プロット深さ10cmと30cm、2017年度は10cmと30cmに50cmの深さも加え、「山中式硬度計」を用いて硬さを調べた。



写真-4 硬度計による調査

硬度はmmで表され、20 mm以下は根の発達に障害なし、20～24 mmで根系発達障害樹木あり、24 mm～27 mm以上で根の障害（固結）と分類している。

図-16 にプロット No.1～No.19 の硬度の年度比較を、図-17 には No.20～No.26 の当年の結果を示した。

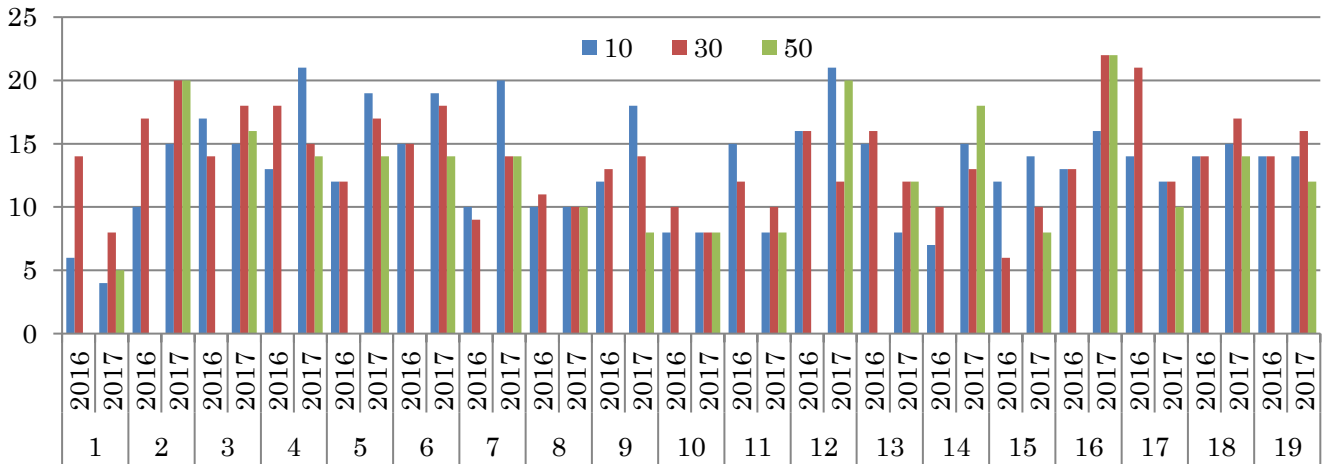


図-16 2016年と2017年の土壌硬度 (No.1～No.19)

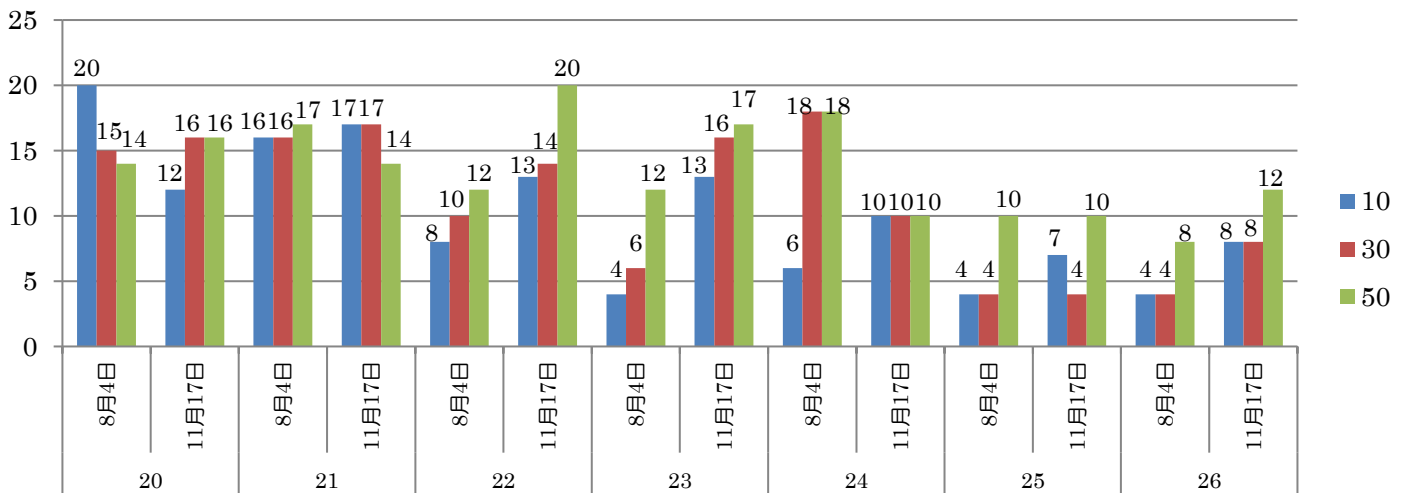


図-17 8月と11月の硬度比較 (No.20～No.26 2017)

一般に土壌硬度は、表層から下へ深まるにつれて土壌の硬さが増す。しかし、今回の図-16の結果を見ると必ずしもその一般的な傾向にはない。これは土性が一様でないことからわかる様に、運ばれてきた土壌母材の違いによるものと思われる。年度の違いを見ると2016年より2017年で多少硬度が増したプロットも多い傾向にあった。年間積算雨量を調べてみると2016年は1,114 mm、2017年は1,149.5 mmで、2017年の方が多く雨量の影響を受けているのかもしれない。



各層の硬度は、No.16の2017年22mmの最高値を除いて、ほとんど20mm以下で、根の生育を妨げている数値は見られなかった。No.16は土壌の過湿が目立った箇所である。

図-17のNo.22～No.26の箇所は、土性が砂土で、恐らく同じ個所から運ばれた土壌母材と思われ、大まかな傾向としては土壌の下部に向かって硬度が増す傾向が見られた。8月と11月の比較では各層すべて測定値は20mm以下で根の伸長を阻害する硬度ではなかった。また、傾向として11月の方が硬度が増す傾向にあった。8月測定時までの積算雨量は679mm、11月まででは10月に雨の量が多く降り、積算雨量では1,141mmで、雨量による土壌の締めりによる硬度の増加と考えられる。いずれにしても、50cmまでの深さで生育障害を起こす硬度は認められなかった。

なお、名取第1～6、9・11工区（調査区ではNo.2～7、10・11、14、21付近）で「部分的」に、植栽初年度より下から葉が黄変、著しく落葉する箇所が見られ、現場関係者は気になっている。窒素不足に加え、土壌の過湿による根の障害と見られるが、必ずしもプロットの土壌硬度には、それが反映されていないようにも思える。排水路が設計され、土壌物理性の改善に寄与しているが、今後、土壌含水率の調査も併せた継続調査が必要と考える。来年度は、国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所東北支所の土壌断面調査も計画されている。

