

1年生実生コンテナ苗生産マニュアル

—生産技術と活用方法—

コンテナ苗（Container seedlings）の歴史は古く、主に1960年代以降、米国などで多くの種類の容器が開発されてきました。我が国では2000年代に注目され始め、近年では、伐採と造林の一貫作業システムにコンテナ苗を活用することが推奨されています。しかし、スギやヒノキにおけるコンテナ苗生産の歴史は浅く、その生産方法には改善の余地があります。コンテナ苗生産の大きな課題は、生産コストを下げ、価格を低減することだと言われていますが、植栽後の成長能力を考えずに、単に生産コストやコンテナ苗の価格を下げる手法を選択することは避けるべきです。すなわち、育苗にかかるコストと、高品質な苗を使用することで削減できる初期保育コストを足し引きし、最適な選択をしなければなりません。

三重県林業研究所では、平成29年度から本格的にコンテナ苗の生産試験を開始し、コンテナ苗生産に関する多くの知見を得ました。本マニュアルではスギおよびヒノキの1年生コンテナ苗に注目し、その生産方法や、形態的品質を向上させる技術、また、1年生苗の植栽後の成長能力について紹介します。1年生苗は育苗期間が短く、生産コストを低くすることができますが、より生産コストを要する2年生苗との比較を行った結果についても紹介します。

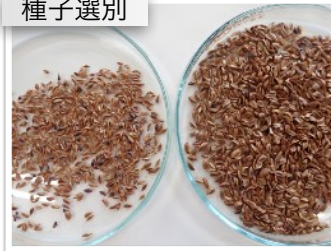


1年生スギ実生コンテナ苗

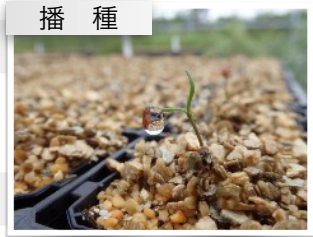
目次

- P 2 1年生苗とは そのメリット
種子選別
- P 3 発芽率の影響
種子の撒き方
- P 4 ブロックコンテナと個別セルコンテナ
培地
- P 5 肥料
施設
- P 6 密度調整の方法
- P 7 密度調整を経た苗の特徴
残った苗の取り扱い
- P 8 1年生苗と2年生苗の比較
- P 9 容器の比較
H/D比の低い苗は本当に成長が良いのか
- P 10 得苗率について
ヒノキの1年生苗

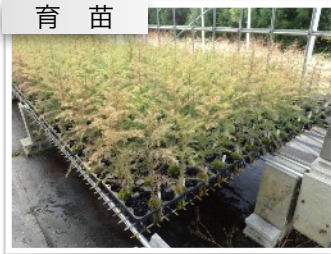
種子選別



播種



育苗



植栽



初期成長



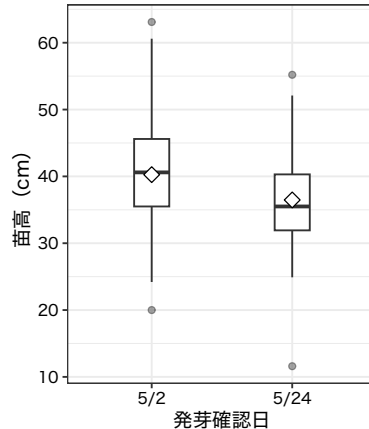
1年生苗とは そのメリット

我が国のコンテナ苗生産においては、育苗箱や畑で数ヶ月から1成長期間育苗した稚苗を、セル（このマニュアルでは、コンテナ苗の育苗容器の孔をセルと呼びます。）に移植する手法を用いる生産者が多く、この場合、播種から出荷まで通常2成長期を要します。2成長期間育苗しているため、生産される苗は2年生苗です。これに対し、春に播種し、1成長期間の育苗で十分な大きさに育て、当年秋または翌年春に出荷した場合、1成長期間育苗しているため、生産される苗は1年生苗です。

1年生苗は2年生苗に比べて多くのメリットがあります。一つ目は、生産コストが下がることです。育苗期間が短くなることで、水やりや管理のコストが下がります。二つ目は、施設面積あたりの生産本数を増やせることです。2年生苗は最長2年間施設を占有しますが、1年生苗は1年で1回転できます。そして三つ目は、需給調整が容易になることです。残念ながら、近年においても、需給調整がうまくいかず、生産した苗を大量に廃棄しなければならないケースがあります。廃棄苗が多くなるほど、育苗コストは上がります。育苗期間を1年にすることができれば、より正確な需給調整が可能となります。

種子選別

通常、育苗のスタートは播種ですが、1年生苗の育苗においては、播種の前に種子を選別しておくことが重要です。スギやヒノキの種子は、早いものだと播種後1週間程度、遅いものだと播種後1ヶ月程度で発芽します。早く発芽した個体と比べ、遅く発芽した個体の1成長期後の地上部サイズは小さく（図-1）、得苗率（このマニュアルでは、出荷可能な苗の数/使用したセル数とします。）を下げる原因になり得ます。大きな種子と比べ、小さな種子は発芽のタイミングが遅いため（図-2）、篩で小さい種子を取り除くことで、発芽のタイミングを早くすることができます。残った大きな種子は、さらに発芽率を上げるための選別を行い、セルに直接播種します。なお、選別で除外された種子は育苗箱に播種しておくことで、補植に使うことができます。



ボックスプロットの見方
箱の中の線は中央値、箱の両端は第3または第1四分位点、丸い点は外れ値、バーの先端は外れ値を除いた最大または最小値、ひし形のシンボルは平均値をそれぞれ示す。以降の図も同じ。

図-1. スギの発芽時期と1成長期後の苗高の関係
左：5/2までに発芽した個体、右：5/24までに発芽した個体。
播種日は4/20。

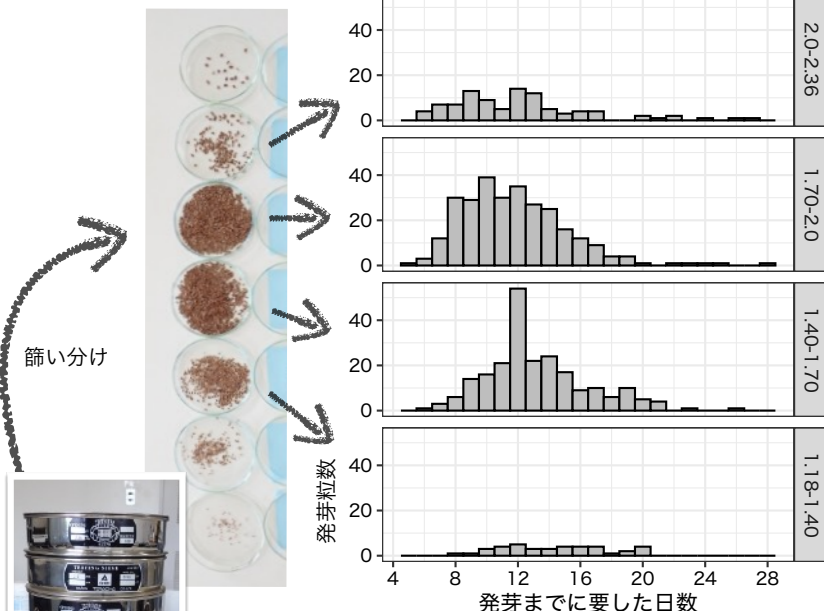
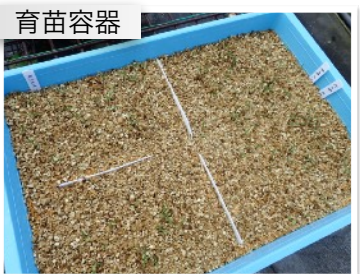
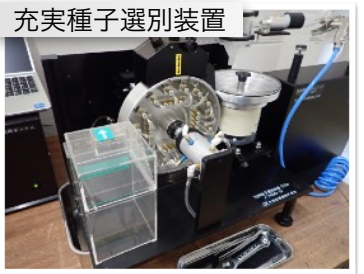


図-2. 篩い分けしたスギ種子の発芽速度
右側のラベルは篩の目合い (mm) を示す。



大きい種子は容器に直接播種します。

小さい種子は育苗箱に播種し、補植などに活用します。

発芽率の影響

使用する種子の発芽率も重要な要素です。コンテナ苗を育成する際の播種には、セルに直接播種する方法と、畑や育苗箱に播種し、その後セルに移植する方法があります。移植には、少なからず根の損傷を伴います。そのため、移植する方法を用いた場合、直接播種した場合と比較して、1成長期後のサイズが劣ることがあります（図-3）。また、セルに直接播種する方法には、一つのセルに1粒ずつ播種する方法と、一つのセルに複数の種子を播種する方法があります。種子は多大なコストをかけて作られています。また、花粉症対策に資する品種の種子は貴重であり、1粒も無駄にできるものではありません。これらのことから、最も好ましい播種方法は、各セルに1粒ずつ播種（以下、1粒播種）することですが、これを実現するためには、高い発芽率の種子が必要です。

三重県には充実種子選別装置が導入されており、種子をこの装置に通すことで、発芽率が90%以上の超高発芽率の種子を得ることができます。充実種子選別装置で選別した種子は、1粒直播していただくことを推奨します。



大きくなる前に間引く手間が必要。

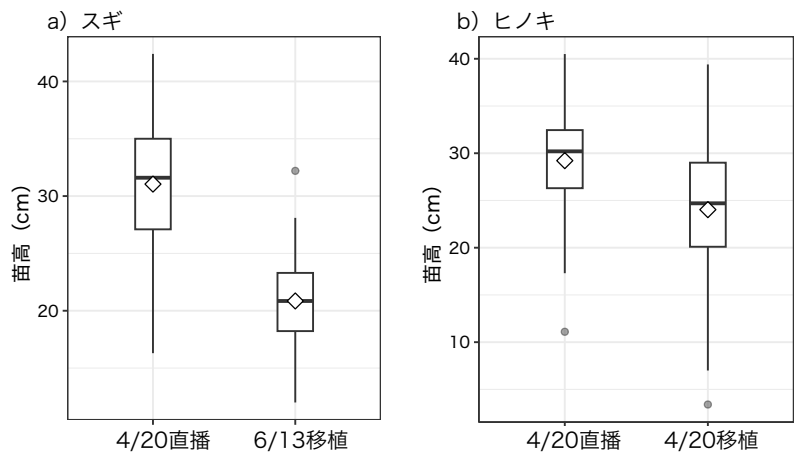


図-3. 移植有無と1成長期後の苗高の関係

- a) 直播したもの（左）と、育苗箱から稚苗を移植したもの（右）の比較。
- b) 直播したもの（左）と、あらかじめ発芽器で発芽させた稚苗を移植したもの（右）の比較。

種子の撒き方

前述のとおり、1年生コンテナ苗を作るためには1粒直播が重要ですが、播種するにあたって気をつけておくべきことがいくつかあります。種子を事前に給水させておくことで、発芽までに要する日数が短くなります。そのため、播種の数日前から種子を水に浸しておきます。流水が好ましいですが、無理な場合は毎日水を交換してください。播種の前日または当日の朝、しっかりと水気を切り、ザルやキッチンペーパーの上でパラパラになるまで乾かします。種子が乾きすぎないように、直射日光は避けてください。

セルに1粒ずつ自動で播種してくれる機械を国内で手に入れることは難しいので、手で播種します。当研究所では、紙とピンセットを使って、1粒ずつセルに落としています。

播種した後は必ずしっかりと覆土します。発芽直後の稚苗は非常に弱く、わずかな乾燥ですぐに枯れてしまいます。厚め（1 cm程度）に覆土し、また覆土が乾くことがないように、しっかりと高頻度に散水しなければなりません。覆土をしないと、何者かに種子を食べられることもあります。



当研究所では3日間漬けています。

パラパラになるまで乾燥します。

谷折りした紙の上で1列にしておき、ピンセットの腹で1粒ずつ押しだす。目指せ1粒/秒！

パーミキュライトなどでしっかり覆土します。

ブロックコンテナと個別セルコンテナ

どこに植えても最高のパフォーマンスを発揮するような苗を作ることができれば良いですが、実際には、どんな場所にいつ植えるか、あるいはどんな使い方して、何を期待するかによって、最適な苗の形態は変わります。苗の形態は、育苗に使用する容器の影響を強く受けます。容器の形状や材質によって、根域や個体間密度、さらには水分条件が異なるからです。そのため、コンテナ苗の育苗容器には、目的とする苗の形態や樹種に応じて、様々な材質や形状のものが存在します。我が国でよく使用されているJFA150は、トレーにセルが固定されているタイプの容器（Block containerと呼ばれます）ですが、当研究所では、令和元年度から、トレーからセルを抜いて差し替えることができるタイプの容器（Individual cell containerと呼ばれます）を使用した育苗試験を行なっています。また、令和3年度からは容器ごと植栽が可能な容器を使用した試験を行なっており、令和5年度現在、下記の6種類の容器を使用しています。このマニュアルでは、JFA150をブロックコンテナ、ほか5種類の容器をまとめて個別セルコンテナと呼びます。

Block container

JFA150 (以下、JFA)



国内産のブロックコンテナです。

Individual cell container

FlexiFrame77 (以下、FF77)



専用トレーに抜き差しすることで、容易に育苗密度を変えることができます。

インナーポット



JFAに差し込んで使うことができます。

容器ごと植栽可能

Jiffy-7C (以下、Jiffy)



培地付きの容器です。

ペーパーポット



古くからコンテナ苗の育苗容器として使用されてきました。

不織布ポット



ペーパーポットに比べて丈夫で、ハンドリングが良いです。

培地

当研究所では、ココピート：パーライト：木質系堆肥を容積比で70：15：15で混合した培地を使用しています。セルに培地を充填する際は、セル内に空洞ができないよう、軽く押し込みます。強く押し込む必要はありません。なお、Jiffyは培地（ココピート100%）付きの容器なので、培地の充填は不要です。



肥料

十分な肥料を与えなければ、1成長期で十分な大きさに育てることはできません。当研究所では、肥効360日タイプの緩効性肥料（N:P:K = 16:5:10）をセルあたり2g入るように配合しています。より多量の肥料を配合した場合、あるいは追肥した場合、地上部はより大きく成長します。これに対して地下部の成長量は十分に増加せず、結果としてT/R比（地上部乾重/地下部乾重）が高くなることがあるため（図-4）、過度な施肥は避けるべきです。



Jiffyは培地付きであるため、液肥で育てるか、肥料を入れ込む必要があります。

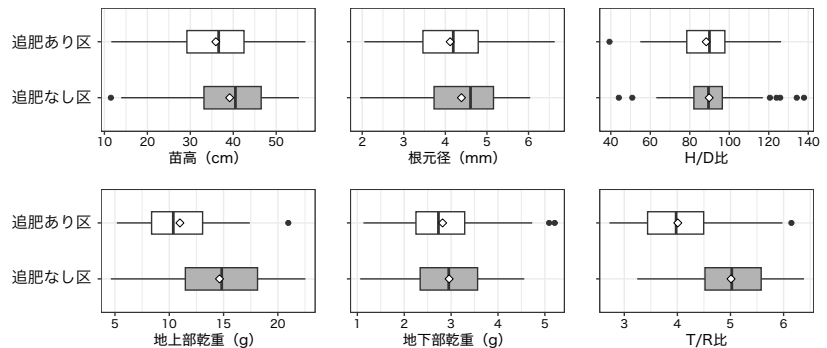


図-4. 追肥の有無と地上部形状および乾重の関係

樹種はスギ。播種後1成長期経過後に計測。元肥は2g/セル。追肥あり区では育苗中に0.5g/セルの追肥を行った。いずれの処理区も密度調整（P6参照）を行っている。

施設

当研究所では、ビニールハウス内に設置した架台の上で育苗試験を行っています。ただし、1年生苗の育成においては、ビニールハウスやガラス室を使うことによる成長を促進する効果はないことが確認されています。そのため、ハウスの側面や間口は台風時以外常に開放しています。架台や散水施設については、機器や材料を購入して自作しています（電気配線には電気工事士の資格が必要です）。つまり、初期投資のコストは工夫次第で下げることができます。

施設に関して最も重要なことは、十分な散水能力があるかどうかです。育苗中のコンテナ苗は根鉢が乾燥しやすいことから、散水のたびに根鉢に十分に水を含ませる必要があります。しかし、苗が成長し、地上部が根鉢部分を覆うようになると、根鉢に水がかかりにくくなります。ミスト散水などの、水の粒径が小さい散水方法では、風による影響も受けやすく、長い時間散水しても、根鉢があまり濡れず、枯れる個体が生じることがありました。このため、当研究所では、吐出量の多い散水噴口を使って散水しています。また、吐出量が多い分、高い水圧が必要なため、ハウス内に受水槽とポンプを設置しています。なお、1系統あたりの配管延長や総吐出量などによって、必要となるポンプの揚程は変わります。散水時間については、播種後数ヶ月は1日4回（5分/回）、夏は毎日（30分/日）、秋は隔日、冬は3日置きを標準にしています。



ワイヤーメッシュを使用した自作の架台



FF77やインナーポットがちょうど差せるようにしています。



ポンプとタイマーと電磁弁
4系統独立設定可能な設計です。



散水噴口の吐出量は6L/分/口です。
1系統あたり6口設置しています。



井戸水を受水槽に溜め、併設したポンプから
噴口へ圧送しています。500Lを2基設置して
いますが、30分の散水で空になります。



散水の粒径は小さめの雨粒程度です。

密度調整の方法

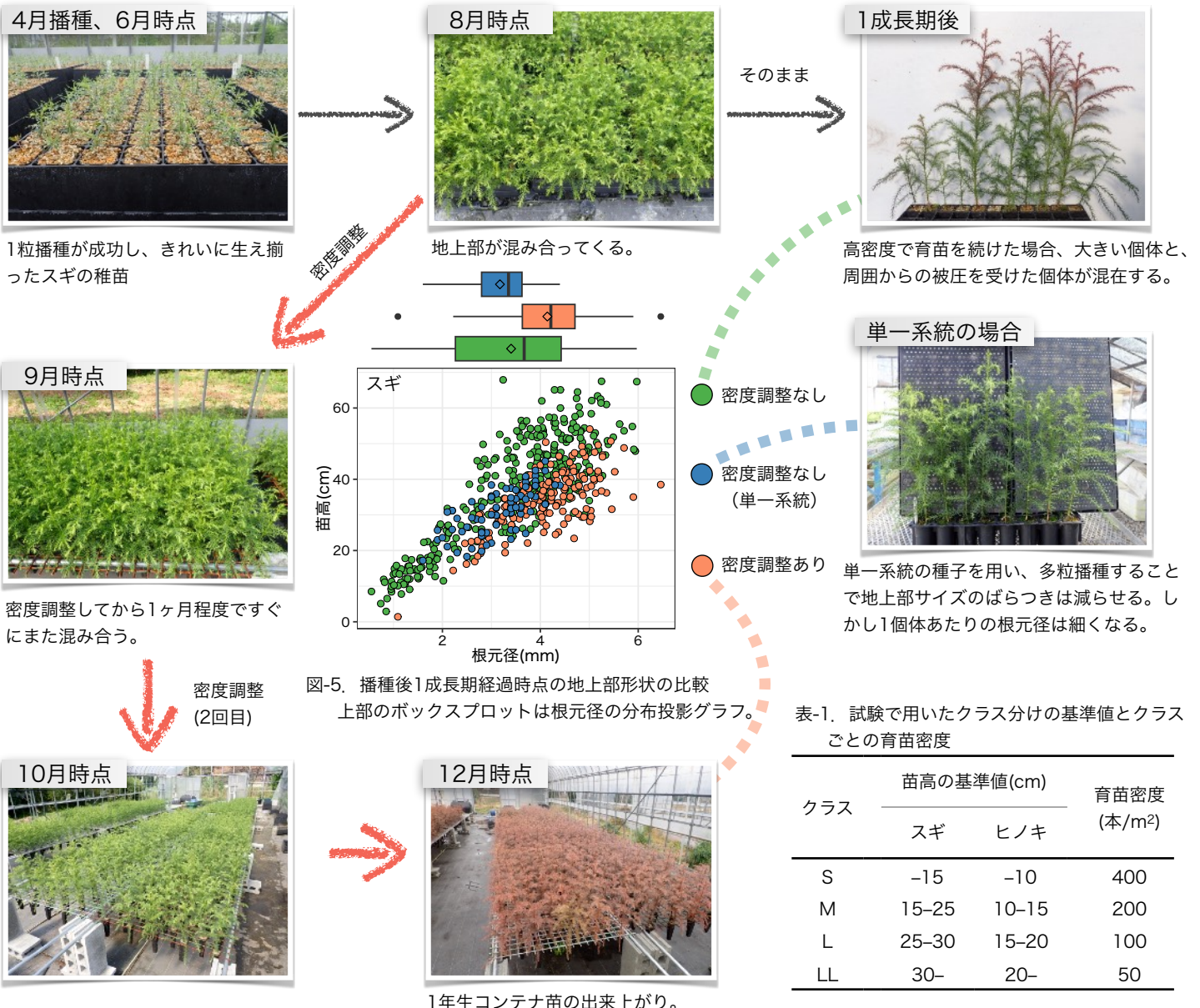
スギやヒノキを4月に播種した場合、およそ1ヶ月後には発芽します。この時点で発芽が見られないセルには、余った種子を播種しておいた育苗箱から移植すると培地が無駄になりません（P2参照）。

順調に育てば、8月頃に地上部は混み合ってきます。このまま冬まで放置した場合でも、1年生苗は育成できますが、十分な大きさに育った個体がある反面、その付近では、十分な光が得られず、小さいままの個体が少なからず生じます。その結果、地上部のサイズは大きくばらつき、低い得苗率しか得られません（図-5緑）。試験においては、単一系統の種子を用い、個体間差を小さくすることで、地上部サイズのばらつきを減らすことに成功しましたが、これにより得られた苗の根元径はより細くなってしまいました（図-5青）。高密度で育苗した場合、太く品質の良い1年生コンテナ苗を高い得苗率で生産することは困難であると考えられます。

苗のH/D比（苗高/根元径）は低い方が良いとされており、また、育苗密度が高い場合にH/D比が高くなることは古くより知られています。裸苗生産においては、これを避けるため、床替という作業を行っています。床替とは、育成した幼苗を一旦掘り上げ、大きさごとにクラス分けし、大きいクラスほど低い密度に植え替えるという作業であり、これによってH/D比の低い健全な苗を作ることができます。コンテナ苗の容器には様々な種類がありますが（P4参照）、セルがトレーから切り離し可能な個別セルコンテナであれば、この床替を再現することができます。

個別セルコンテナを用いた密度調整においては、床替と同様に、あらかじめ苗の大きさ（ここでは苗高）によってクラス分けしておき、大きいクラスほど低密度に差し替えます（表-1）。クラス分けの基準値が低いほど、各個体に十分な光が当たりますが、その反面、施設面積をより多く占有してしまいます。

密度調整を行うべきタイミングは、地上部が成長し混み合ってきた時です。P2-5までの条件が整っていれば、8月頃に地上部が混み合ってくるので、密度調整を行います。そこから1ヶ月程度経つと、再び地上部が混み合ってくるので、9月頃に2回目の密度調整を行います。



密度調整を経た苗の特徴

育苗中に、苗高によるクラス分けと密度調整を行うことで、個体間で光を奪い合うことがなくなり、すべての個体が十分な光を得ることができます。その結果、地上部サイズのばらつきが小さくなるとともに、根元径が太く、H/D比の低い苗を作ることができます（図-5赤）。

密度調整は、地下部にも影響を与えます。T/R比は低いほど根が充実していることを示しますが、密度調整を経た苗のT/R比は、密度調整をしなかった苗と比較して低く、地下部がより充実していました（図-6）。また、根元径と地下部乾重の間には相関関係がありますが、この関係が密度調整の有無によって異なり、密度調整を経た苗の根の量は、根元径の太さに対して充実していることがわかりました（図-7）。

冬季には色の違いも生じます。スギやヒノキは、ロドキササンチンという赤い物質を樹体内で合成、蓄積することで、冬季に受けるストレスを緩和していると考えられています。寒い時期には紫がかった褐色になっていることが、良い苗の条件の一つと言えます。ロドキササンチンの合成には光が必要ですが、高密度で育苗した苗は樹体の先端しか光が当たらず、樹体の大部分が緑のままです。これに対して、密度調整した苗は全体が赤くなります。



左：密度調整なし。右：密度調整あり。
背景の格子は10 cm間隔。

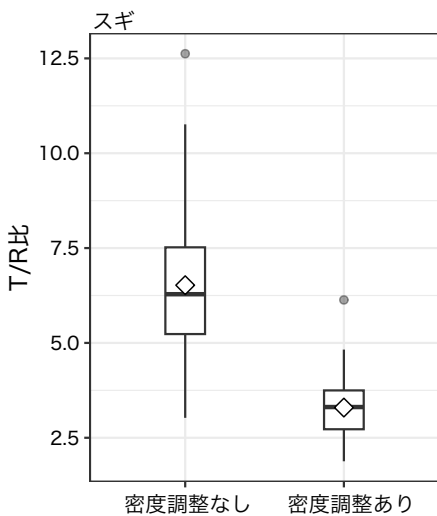


図-6. 播種後1成長期経過時点のT/R比

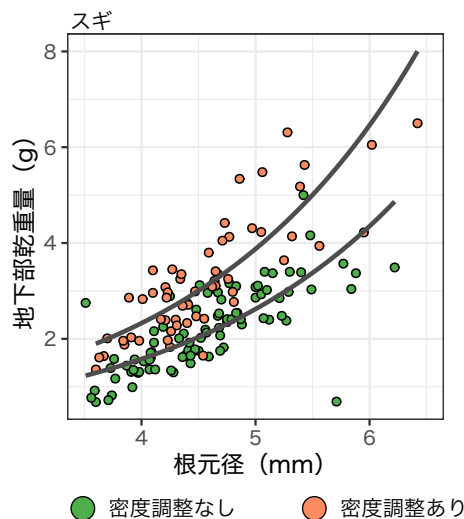


図-7. 根元径と地下部乾重の関係



育苗密度が高いと樹体先端しか赤くならない。

残った苗の取り扱い

密度調整を行うことで、スギでは高い得苗率が得られますが、全てが得苗可能になるわけではなく、出荷基準に満たない小さな苗がどうしても生じます。これらのうちほとんどは、2成長期目に十分な大きさになります（図-8）。コンテナ苗のメリットの一つに、植栽時期を選ばないことが挙げられるため、十分な大きさになったものから順次出荷すると良いでしょう。また、個別セルコンテナを使用すれば、残った苗をその都度1箇所に集めることができるので、施設面積を節約することが可能です。

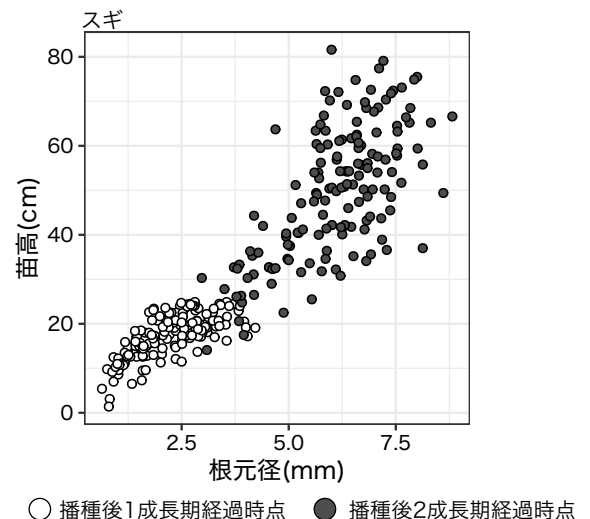


図-8. 播種後1成長期経過時点で小さい苗のその後の成長

1年生苗と2年生苗の比較

密度調整を行うことで、H/D比およびT/R比の低い1年生苗を作ることができました。しかし、造林用の苗としては、植栽されてから良好に成長しなければ価値はありません。従って、出来上がった1年生コンテナ苗を植栽し、その成長能力を確認する必要があります。

令和2年12月、三重県津市内の平坦な原野に1年生スギコンテナ苗と2年生スギコンテナ苗植栽しました。どちらも密度調整を経て育成された苗であり、追肥は行っていません。植栽時、1年生苗は2年生苗と比較して、地上部が小さく、H/D比は高い状態でした(図-9)。しかし、植栽してから2成長期が経過した時点では、樹高や根元径、およびH/D比に差は無く、1年生苗は良好に成長していました(図-9)。1年生苗は2年生苗と比較して育苗コストが低いため、今回の植栽条件においては最適の選択肢だったと考えることができます。ただし、どのような植栽条件でも、1年生苗が最適の選択肢になるとは限りません。今後より多くの植栽事例をもとに検証していく必要があります。

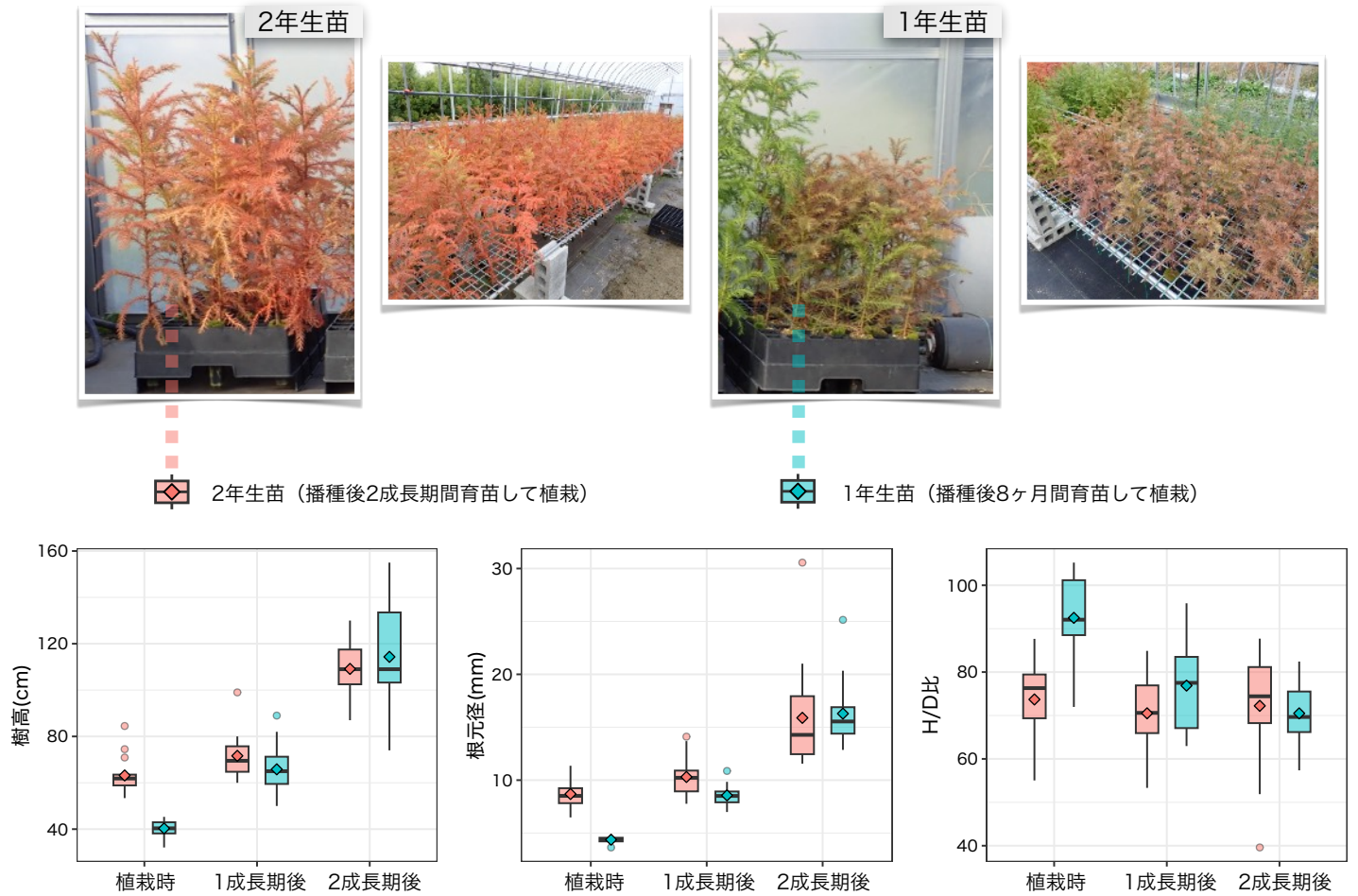
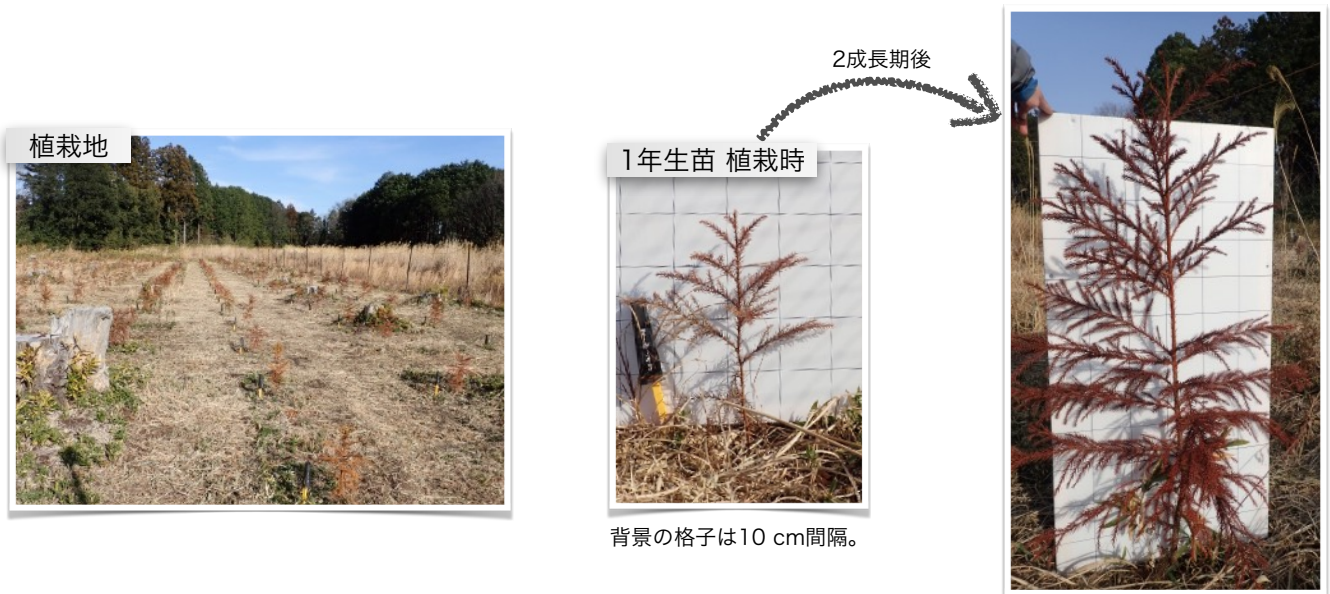
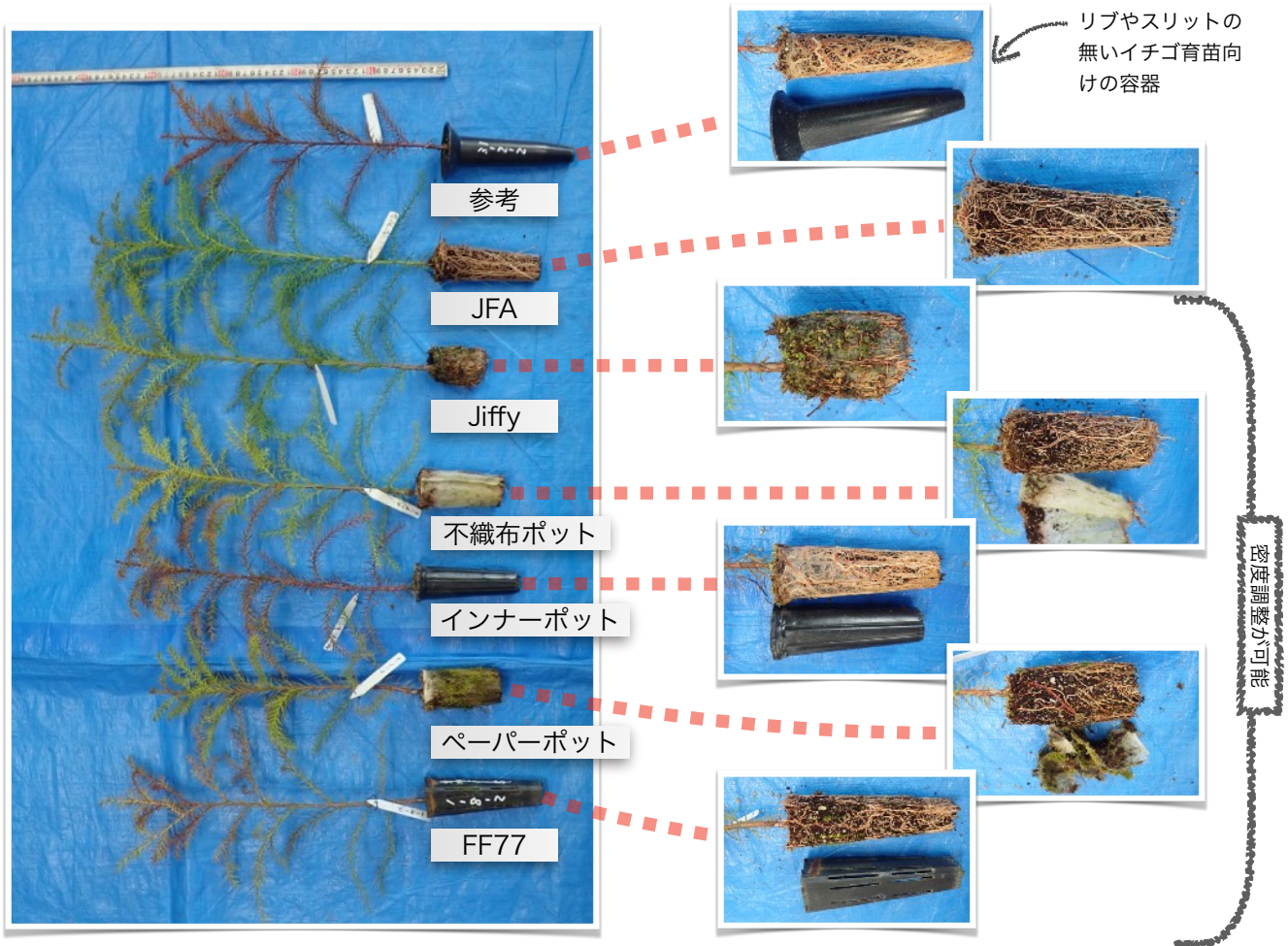


図-9. 1年生スギコンテナ苗と2年生スギコンテナ苗の植栽してから2成長期経過するまでの地上部の変化



容器の比較

育苗中に密度調整をするためには個別セルコンテナを使用する必要がありますが、個別セルコンテナには多くの種類が存在し、国内でも複数の種類が入手可能です。P4に示した容器はそれぞれ形状や材質が異なりますが、密度調整が可能な容器であれば、いずれの容器を用いた場合でも、同様な地上部形状を持った1年生苗を育成できることがわかりました。



H/D比の低い苗は本当に成長が良いのか

ここまで、H/D比は低いほど良いという前提で述べてきましたが、実際に植栽し、成長量を計測すると、必ずしもそうでないことがあります。三重県津市内の湿潤な原野に、様々なH/D比を持った1年生スギコンテナ苗を植栽したところ、H/D比が高い方が2成長期後の樹高が大きいという結果が得られました（図-10）。

水分環境が良く、条件の良い植栽地であれば、単純に苗高が高いほど有利である可能性も考えられます。植栽地の条件と苗の形態との相性については、今後検証していく必要があります。その結果得られた知見を育苗にフィードバックしていくことで、育苗から初期保育までのトータルコストの削減に繋がるものと考えられます。

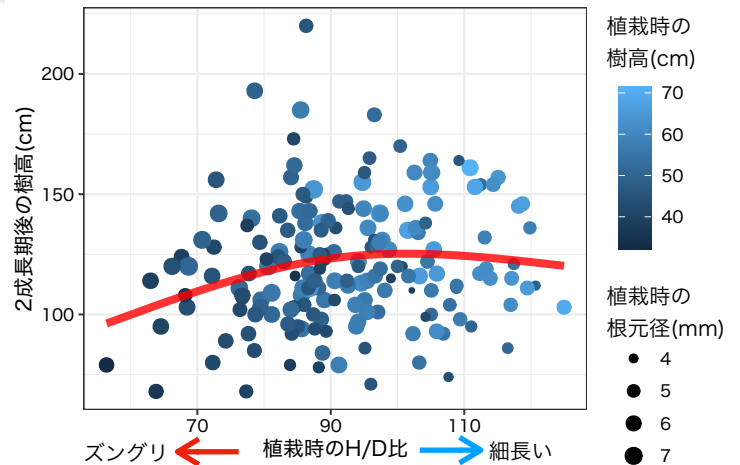


図-10. 植栽時のH/D比と植栽2成長期後の樹高の関係
曲線は自然2次スプライン

得苗率について

密度調整によって地上部サイズのばらつきは小さくなり、また根元径も太くなるため、1年生苗の得苗率は上がりますが、実際の得苗率は、出荷基準や規格次第で変わります。現時点でスギやヒノキのコンテナ苗の規格に確定的なものは無く、各都道府県において設定できることとされています。出荷先に応じて育苗の目標（すなわち満たすべき規格）を定め、目標を達成できるよう、育苗条件を整えていくことが重要です。

ヒノキの1年生苗

本マニュアルに掲載した結果のほとんどはスギを用いたものでしたが、ヒノキでも概ね同様の傾向があります。ただし、育苗におけるヒノキの成長はスギよりも遅いため、1成長期でスギと同等の苗高や根元径を持った1年生ヒノキ苗を育成することは困難です。発芽器（加温機能付き育苗箱）などを用いて2-3月に発芽させ、生育期間を長くするなどして、1成長期後の樹体サイズをより大きくすることを試みましたが、移植によるショックや順化の不足などによる負の影響が大きく、播種後1成長期経過時点の樹体サイズはかえって小さくなりました（図-3b）。また、FF77とJiffyを使って育苗したところ、Jiffyで育苗した場合に根元径が太くなったことから、通気性の良い容器を使用することで、より根元径の太い1年生ヒノキコンテナ苗を育成できると考えられました（図-11）。

1年生ヒノキコンテナ苗は小ぶりですが、植栽すれば順調に成長することもわかっています。1年生ヒノキコンテナ苗を三重県南部の山林に植栽した結果、植栽直後の平均樹高は31 cmでしたが、植栽から2成長期後の平均樹高は196 cmとなり、良好に成長しました（詳細は当研究所発行のリーフレット「コウヨウザンを三重県で育てるー植栽後初期の成長と育苗のポイントー」をご覧ください。）。

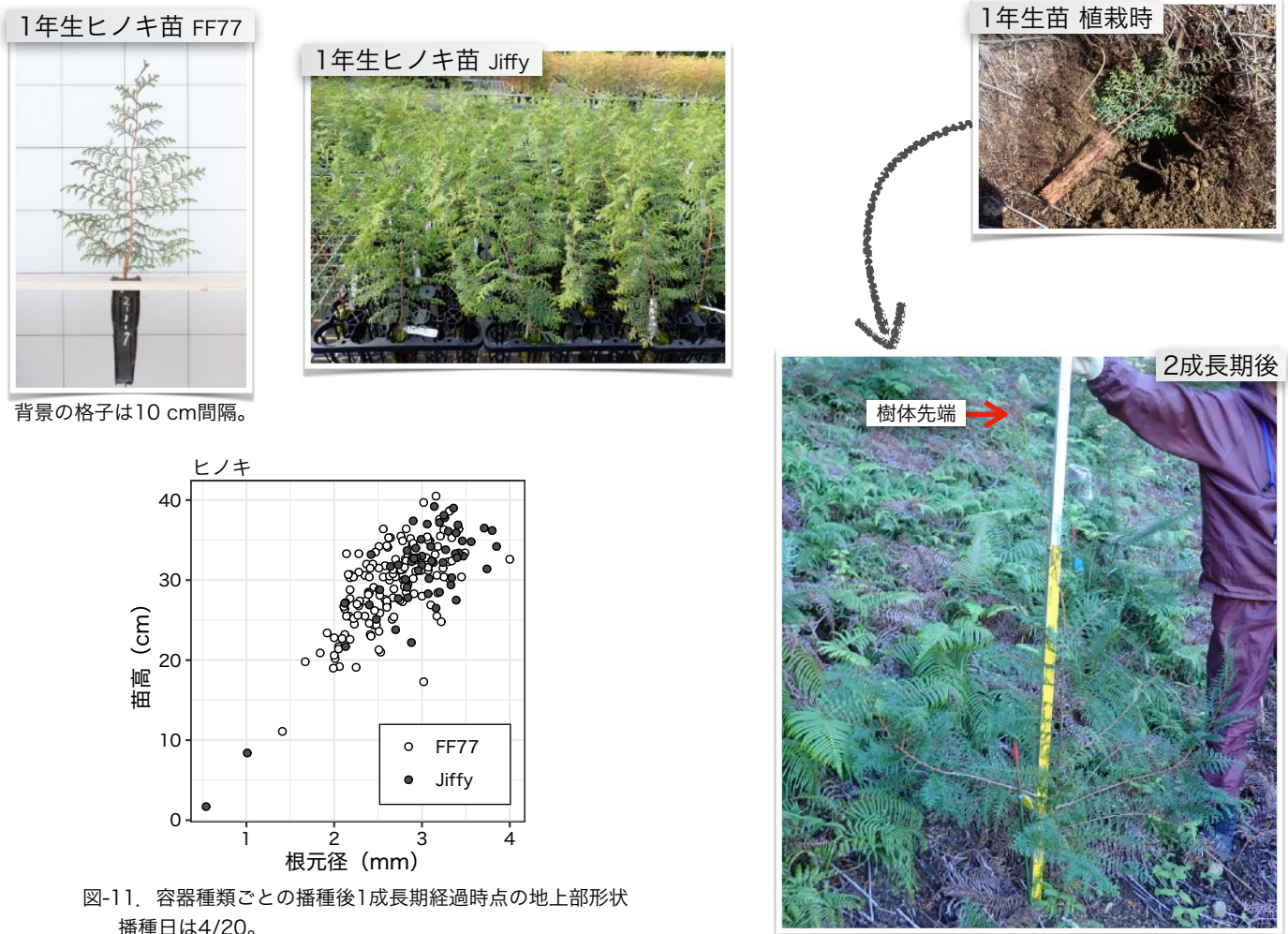


図-11. 容器種類ごとの播種後1成長期経過時点の地上部形状
播種日は4/20。