

---

 原著論文
 

---

育苗容器の材質と育苗中の密度調整がコウヨウザンコンテナ苗の形態に与える影響

Effects of container materials and density adjustment on the morphological attributes of  
Chinese fir (*Cunninghamia Lanceolata*) container seedlings

山中 豪<sup>1)\*</sup>

Go Yamanaka<sup>1)\*</sup>

**要旨**：形状比（苗高/根元径）（以下、H/D比）や地上部と地下部の乾重比（地上部乾重/地下部乾重）（以下、T/R比）の低い実生コウヨウザンコンテナ苗の育成条件を明らかにするために育苗試験を行った。育苗容器には、2種類の個別セルコンテナと1種類のブロックコンテナを用いた。2種類の個別セルコンテナのうち1種類は不織布製であり、もう1種類は樹脂製だった。個別セルコンテナはトレーから取り外し可能なセルを持つことから、育苗中に密度調整が可能である。育苗中に密度調整を行ったコンテナ苗のH/D比およびT/R比は低かった。また、樹脂製容器で育苗した個体と比較して、不織布製容器で育成した個体の根元径は太かった。さらに、不織布製容器で育成した場合、容器から抜き取る際に根鉢が破損する危険がないことから、コウヨウザンコンテナ苗の育苗に使用する容器は樹脂製よりも不織布製が好ましいと考えられた。

**キーワード**：直接播種、1年生苗、H/D比、T/R比、個別セルコンテナ

**Abstract**: A growing test was conducted to investigate how to grow Chinese fir container seedlings with low height-to-diameter (H:D) and low shoot-to-root (S:R) ratios. Two types of individual cell containers and one block container were used. The individual cell containers were made of nonwoven or plastic. Individual cell containers have dismountable cells; however, block containers do not. When the shoots were crowded, the growing density of individual cell containers was changed to low during seedling growth. The density adjustment decreased the H:D and S:R ratios; the diameter became thicker when grown in nonwoven containers. Furthermore, the nonwoven containers do not need to be removed when planting. Therefore, nonwoven containers are more suitable than plastic containers for growing Chinese fir seedlings.

**Keywords**: direct sowing, annual seedlings, height-diameter ratio, shoot-root ratio, individual cell containers

### はじめに

ヒノキ科コウヨウザン属コウヨウザン (*Cunninghamia Lanceolata*) は中国原産の針葉樹であり (福田 1954), 中国南部や台湾における主要な造林樹種の一つである (磯田・山口 2019). 我が国には江戸時代以前から社寺境内などに植栽され, 各地で試験的な造林が行われたものの (福田 1954), 本格的に造林されることはなかった (藤澤 2017). しかし近年, 我が国では造林コストの低減を目的とした早生樹の導入が進められており (林野庁 2023), コウヨウザンは早生樹の一つとして注目されている (大貫ら 2022).

造林コストを低減させる方法としては, 伐採と造林の一貫作業システム (以下, 一貫作業シス

---

<sup>1)</sup> 三重県林業研究所

Mie Prefecture Forestry Research Institute

\*E-mail : yamang00@pref.mie.lg.jp

テム)の導入が有効であるとされており(中村・今富 2019),一貫作業システムにおいてはコンテナ苗を活用することが重要である(中村 2012).このことから,コウヨウザンの造林においてもコンテナ苗を活用できるよう,コウヨウザンコンテナ苗の育成手法の開発が行われている(林木育種センター2021).コウヨウザンコンテナ苗の育成においては,スギやヒノキの育苗技術が適用可能であるものの,スギやヒノキと比較して地上部の形状が異なることなどが確認されており(広島県森林整備・農業振興財団・広島県樹苗農業協同組合 2019),また近年では,コンテナ苗の形態的な品質が植栽後の成長に影響を与えることもわかっている(八木橋ら 2016).従って,コウヨウザンコンテナ苗の育成技術の開発においては,優良なコウヨウザンコンテナ苗として備えるべき品質がどのようなものかを明らかにしつつ,それを育苗により実現できるような条件を明らかにしなければならない.特に,樹高の低いコウヨウザンは林地でノウサギによる主軸の切断のリスクが高い(鶴川ら 2023)ことから,植栽後の樹高成長能力が高い苗を用いるメリットは大きいと考えられる.コウヨウザンと同じくヒノキ科に属するスギでは,高い形状比(苗高/根元径,以下,H/D比)をもった苗を植えた場合,肥大成長を優先するという事例が報告されている(八木橋 2019)ことから,H/D比がより低い,つまり潜在的なH/D比に近い状態の苗を植栽することで,より良い樹高成長が期待できるものと考えられる.

育成される苗のH/D比は,育苗中の個体間密度の影響を受ける(只木ら 1966)ことから,コンテナ苗のH/D比をより低くするためには,育苗中の密度調整が有効である(山中 2022).また,コンテナ苗の育苗中に育苗密度の調整をするためには,各セルが連結している容器(以下,ブロックコンテナ)ではなく,各セルがトレーから取り外し可能な容器(以下,個別セルコンテナ)を使用する必要がある(山田 2015, Landis *et al.* 1990).我が国においては,現在複数種類の個別セルコンテナが流通しており,それぞれ材質や形状が異なる(小笠ら 2021)ことから,好ましい形態を持ったコウヨウザンコンテナ苗の育成に適した容器を明らかにすることも重要である.なお,苗木の品質の評価においては,地上部のみで評価するのではなく,地下部も含めた形態を評価すべきであり,地上部乾重と地下部乾重の比(以下,T/R比)が小さいことが良い苗木の条件と言える(宮崎 1965).そのため,コウヨウザンコンテナ苗の形態の評価において,H/D比だけでなくT/R比も指標とする必要がある.

これらのことから,コウヨウザンコンテナ苗の形状をスギと比較するとともに,密度調整がコウヨウザンコンテナ苗の形態に与える影響を明らかにすることを目的とした育苗試験を行った.また,試験において複数の容器を用い,その影響を明らかにすることで,コウヨウザンコンテナ苗の育苗に適した容器の検討を行った.

## 材料と方法

### 1. 使用した種子と播種

コウヨウザン種子は中国産,スギ種子は特定母樹採種園から得られたものを用いた.2021年4月15日,柳沢・斎藤(1955)および陶山・富川(2019)を参考にし,中性洗剤0.03%水溶液による種子選別を行い,浮いたものを除いた.種子はその後60時間程度水に浸した.播種は2021年4月20日に行い,容器の各セルに1粒ずつ播種した.同日,余った種子を鹿沼土細粒で満たした育苗箱に播種した.播種から1ヶ月後の5月21日に,各セルの発芽の有無を確認し,発芽がみられなかったセルには育苗箱で発芽した個体を移植した.

### 2. 育苗容器と培地

コウヨウザンの育苗容器にはBCC社製FlexiFrame77 side slit cell 150(150 cc/セル)(以下,

FF77) 462 本, グリーンサポート社製バイオコンテナ ZacH50-150S(150 cc/セル) (以下, ZacH50) 420 枚, および全国山林種苗協同組合連合会製 JFA150(150 cc/セル, 40 セル/枚) 4 枚を用いた (表-1). スギは JFA150 を 4 枚用いた (表-1). なお FF77 と JFA150 の材質はポリプロピレン樹脂であり, ZacH50 の材質は生分解性不織布である.

培地はココピート 70%, パーライト 15%, 木質系堆肥 15%を混合し, 元肥としてジェイカムアグリ社製ハイコントロール 650-360 号 (N:P:K=16:5:10) を 10 g/L 入れ, よく攪拌したものを用了.

### 3. 育苗施設

育苗は三重県林業研究所構内のビニールハウス内で行った. 台風などの強風時以外は, ハウスの側面のビニールを常に巻き上げ, 通風できる状態とした. 散水はハウス側面から, 2.0 m 間隔で水平に設置した散水噴口 (矢野散水社製 B-3.5 (散水量 6.0 L/分/口)) により行った. 散水頻度は季節に応じて調整し, 播種後数ヶ月間または夏季には毎日, 秋季には 2 日ごと, 冬季には 4 日ごととした. 1 日あたりの散水時間は 30 分程度とした.

### 4. 密度調整と育苗トレー

FF77 と ZacH50 は各セルの取り外しが可能な個別セルコンテナであり, 密度調整が可能である. 密度調整の効果を確かめるため, それぞれの容器の 3 分の 1 を播種当年 8 月 24 日と 9 月 30 日に密度調整する 2 回密度調整区, もう 3 分の 1 を播種当年 8 月 24 日に密度調整する 1 回密度調整区, 残りは密度調整しない無調整区とし, 計 3 つの処理区を設けた (表-1). JFA150 はブロックコンテナであり密度調整ができないことから, 全て無調整区とした. 密度調整においては, 密度調整を行う 1 週間程度前に苗高を計測しておき, 各個体を苗高により表-2 に示したサイズクラスに区分し, S から LL のサイズクラスごとに, 表-2 に示した密度に置き換えた.

育苗トレーについて, FF77 は通常, 付属のトレー (セル密度 400 個体/m<sup>2</sup>) で育苗するが, 密度調整した場合, 自作のワイヤーメッシュ製架台 (目合 5 cm) に差し替えて育苗を続けた. ZacH50 は全て東海化成社製スペーシングトレー 35 穴で育苗した.

### 5. 計測

前述のとおり, 播種後 1 ヶ月が経過した 5 月 21 日に発芽の有無を確認し, 密度調整を行うための苗高の計測を 8 月 17 日と 9 月 27 日に行った. 播種から 1 成長期が経過した 11 月 17 日 (以下, 11 月時点), 播種から 1 年が経過した 2022 年 4 月 4 日 (以下, 翌 4 月時点) に苗高と根元径を計測した. 翌 4 月時点には, 各容器, 各処理区から無作為に 22-23 個体を選出し (表-1), 水で丁寧に培地を洗い流した後, 地上部と地下部に切り分け, 80 °C に設定した乾燥機で 48 時間以上乾燥したのちに乾重を計測した. 残った個体のうち一部は育苗を継続し, 2022 年 12 月 1 日 (以下, 翌 12 月時点) に苗高と根元径を計測した (表-1). コウヨウザンの苗高について, コウヨウザン苗は梢の先端位置が明確に確認できないことがあり, また梢付近が曲がっていることがあるため, 地際から葉の最高到達点までの垂直距離を苗高として計測した. コウヨウザンの根元径については, 地際から 1 cm の位置における径としたが, コウヨウザンの根元は小さい葉が密生することがあり, その場合はさらに地際で計測した.



## 6. 統計処理

11月時点のコウヨウザンコンテナ苗の地上部形状において、セル上で発芽した個体と移植した個体に差があるかを明らかにするため、11月時点の苗高および根元径についてt検定を行った。

密度調整と容器種類がコウヨウザンコンテナ苗の形態に与える影響を明らかにするため、FF77とZacH50で育苗したものを対象に、翌4月時点のコウヨウザンコンテナ苗の苗高、根元径、H/D比、T/R比を目的変数、処理区および容器種類を説明変数とした二元配置分散分析を行った。また、密度調整と容器種類が、根元径と地下部乾重の関係に与える影響を明らかにするため、地下部乾重を目的変数、翌4月時点の根元径、処理区、容器種類、およびそれらの交互作用を説明変数として一般化線型モデル（以下、GLM）に当てはめ、AICを指標とした変数増減法による変数選択を行った。なお、GLMにおける確率分布はGamma、リンク関数はlogとした。

全ての統計処理はプログラミング言語Rのversion4.2.2で行い、statsパッケージのlm関数およびglm関数を使用した。

## 結果

### 1. 発芽の有無と移植の影響

容器種類および処理区ごとの発芽数は表-1のとおりであり、全1042セル中710セルで発芽が確認され、発芽率は68.1%であった。11月時点の地上部形状を、セル上で発芽した個体と移植した個体で比較したところ、移植した個体の苗高や根元径は有意に小さかった（図-1）。

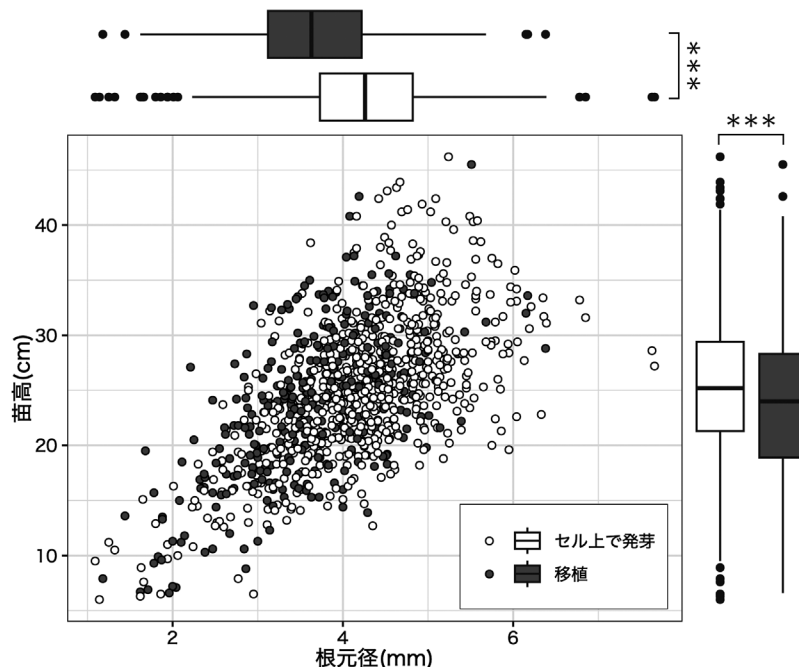


図-1. セル上で発芽した個体と移植した個体の11月時点の地上部形状。図の上側と右側に配置したマージナルプロットは、それぞれ根元径と苗高のボックスプロットである。箱中の線は中央値、箱の両端は第3四分位点と第1四分位点、バーの量端は第3四分位点+(第3四分位点-第1四分位点)×1.5までの範囲における最大値と第1四分位点-(第3四分位点-第1四分位点)×1.5までの範囲における最小値をそれぞれ示す。アスタリスクは有意差があることを示す（t検定、\*\*\*： $p < 0.001$ ）。

## 2. 樹種の比較

JFA150 で育苗した場合の 11 月時点の地上部形状について、コウヨウザンとスギで比較したところ、スギの平均 H/D 比は 104.6 であったが、これに対してコウヨウザンの平均 H/D 比は低く、70.9 であった (図-2)。以降、特に明記しない場合、苗高、根元径および H/D 比などについては、コウヨウザンコンテナ苗のものを示す。

## 3. 容器種類と密度調整が地上部形状に与える影響

平均苗高については、密度調整の回数が多い処理区ほど低く、容器による違いは明確ではなかった (図-3abc, 表-1)。また、11 月時点と翌 4 月時点の差はなかった (図-3ab)。

平均根元径については、ZacH50 > FF77 > JFA150 の順に大きい傾向があり、処理区間の差は明瞭ではなかった (図-3def, 表-1)。また、11 月時点と比較し、翌 4 月時点の根元径は大きくなっていった (図-3de)。

平均 H/D 比については、密度調整の回数が多い処理区ほど低く、容器による違いは明確ではなかった (図-3ghi, 表-1)。また、11 月時点と比較して翌 4 月時点では全ての容器種類および処理区で H/D 比が小さくなったが (図-3gh, 表-1)、翌 4 月時点と比較して翌 12 月時点では無調整区で H/D 比が顕著に大きくなった (図-3hi, 表-1)。

ZacH50 および FF77 で育苗した個体を対象とした二元配置分散分析の結果、11 月時点の苗高、根元径および H/D 比のいずれを目的変数とした場合でも、処理区および容器種類が有意に影響していた (表-3)。なお、H/D 比を目的変数とした場合でのみ、交互作用項が有意であった (表-3)。

枯死や先枯れの発生本数については、容器種類間による明瞭な違いはなかったが、密度調整を行った処理区で先枯れが発生しやすい傾向が確認された (表-1)。

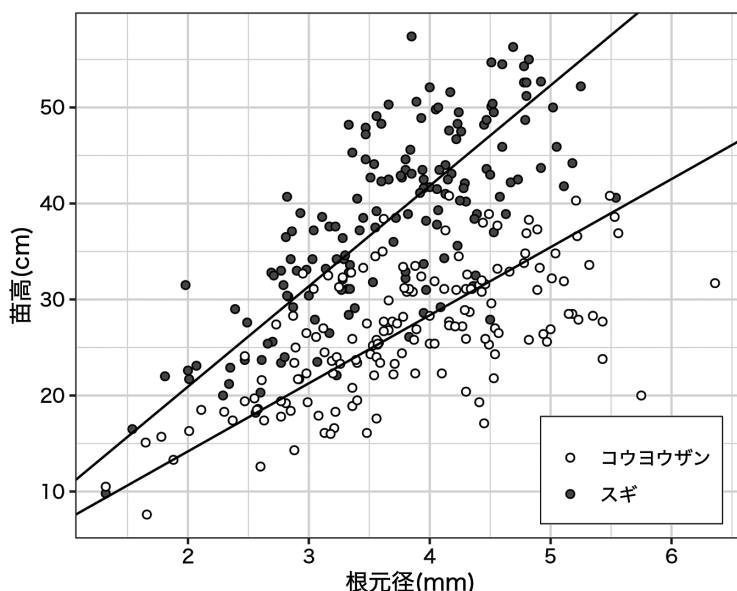


図-2. JFA150 で育苗した場合の 11 月時点の地上部形状。斜線は各樹種の平均 H/D 比 (コウヨウザン : 70.9, スギ : 104.6) を示す。

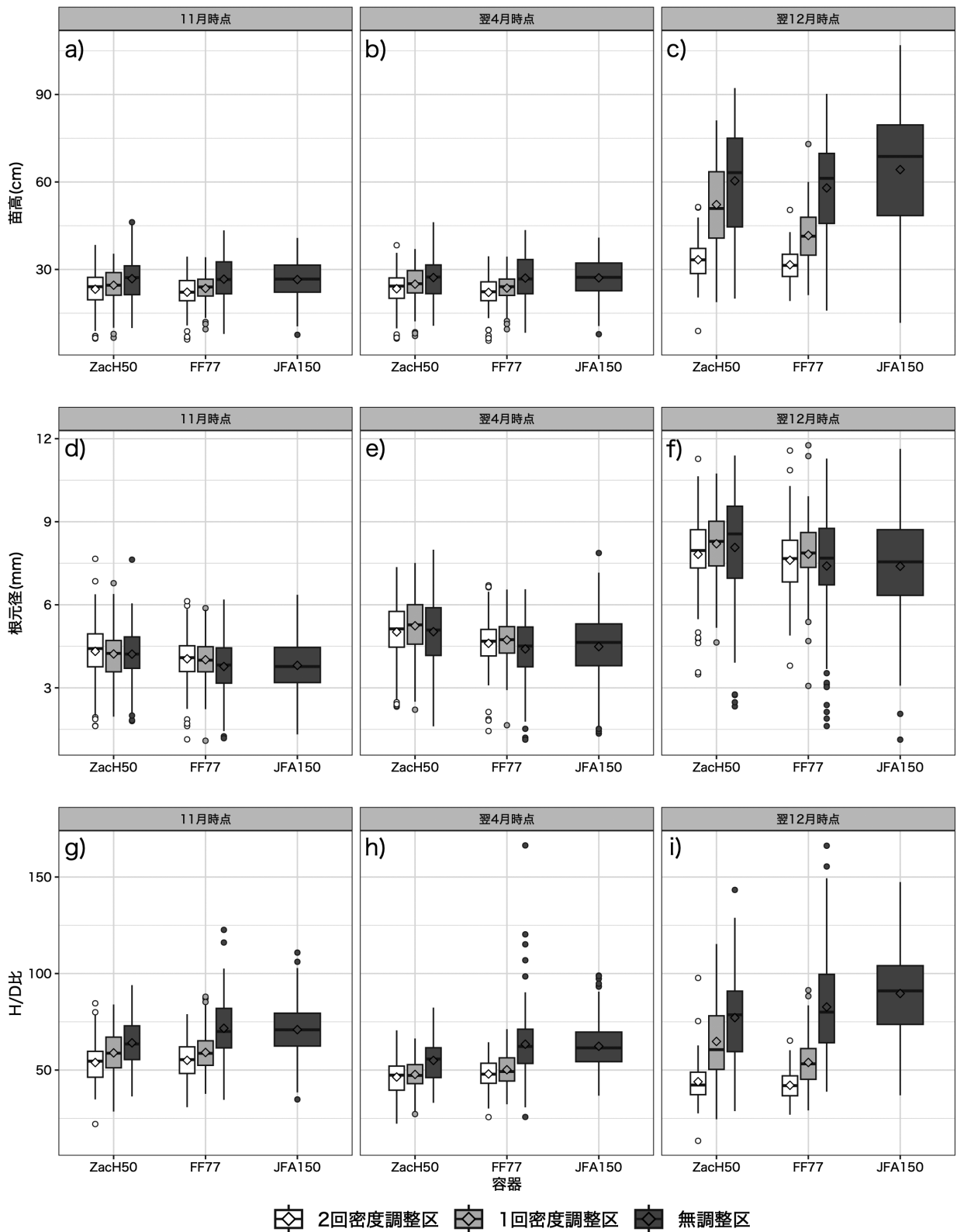


図-3. 処理区および容器種類ごとの苗高，根元径および H/D 比の推移。箱中の横線は中央値，箱の上端は第 3 四分位点，箱の下端は第 1 四分位点，上向きのバーの端は第 3 四分位点+(第 3 四分位点-第 1 四分位点)×1.5 までの範囲における最大値，下向きのバーの端は第 1 四分位点-(第 3 四分位点-第 1 四分位点)×1.5 までの範囲における最小値，菱形のシンボルは平均値をそれぞれ示す。

#### 4. 容器種類と密度調整が地下部乾重に与える影響

乾重計測の際、FF77 および JFA150 で育苗した個体は容器から抜き取る作業を要するが、これらの容器において、コウヨウザンコンテナ苗は根がセル内面に強く張り付いており、抜き取る際に根鉢が引きちぎれ断裂するといったことが頻発した。なお、目立った根鉢の破損が生じた個体は計測の対象外とした。

平均 T/R 比は密度調整を行った処理区でより低く、容器による違いは明確ではなかった(図-4, 表-1)。ZacH50 および FF77 で育苗した個体を対象とした二元配置分散分析の結果、処理区のみが有意に影響しており、容器種類の影響や交互作用項は有意でなかった(表-3)。

根元径と地下部乾重の関係について、ZacH50 および FF77 で育苗した個体を対象に、地下部乾重を目的変数とした GLM と、AIC を指標とした変数増減法による変数選択を行った結果、処理区と容器種類の交互作用項を除く、全ての説明変数と交互作用項が選択された。すなわち、ZacH50 を用いる場合と FF77 を用いる場合とで、根元径と地下部乾重の関係は異なり、また、密度調整を行わなかった場合、根元径に対する地下部乾重が小さくなった(図-5)。

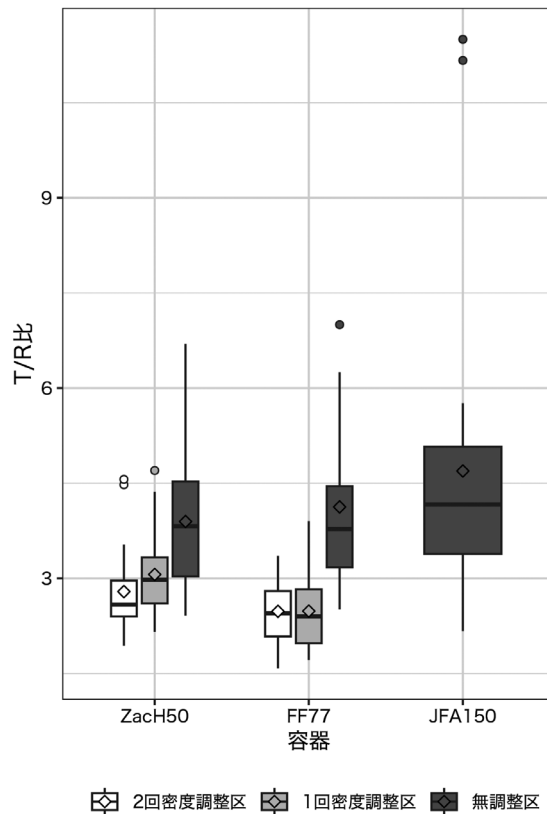


図-4. 処理区および容器種類ごとの T/R 比. 図の見方は図-3 と同じ.

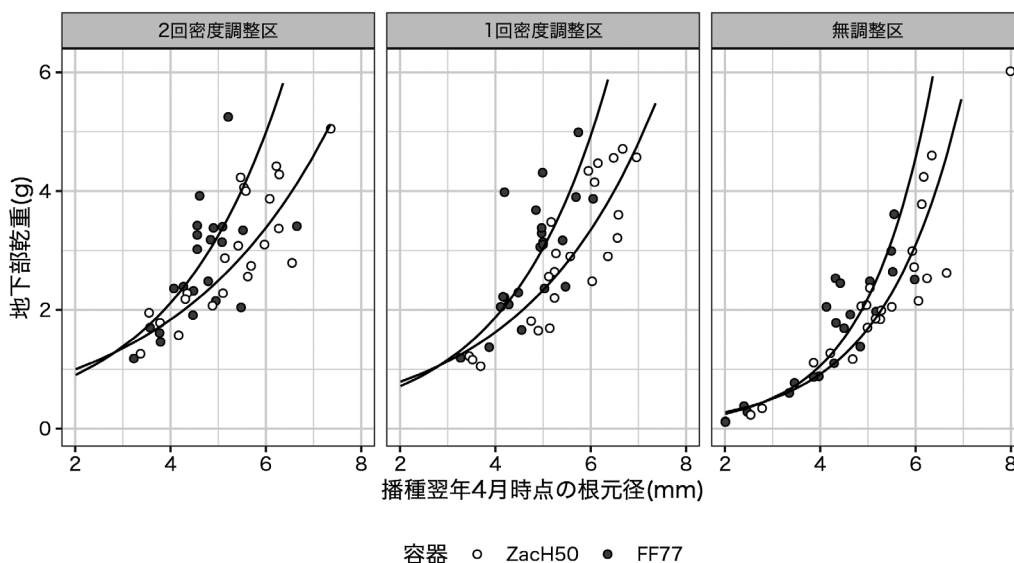


図-5. 処理区および容器種類ごとの地下部乾重. 図中の曲線は、地下部乾重を目的変数、乾重計測時点の根元径、処理区、容器種類とそれぞれの交互作用を GLM (確率分布: Gamma, リンク関数: log) に当てはめ、AIC を指標とした変数選択を行った結果得られた最適モデルの予測線を示す.



## 考察

### 1. スギと比較したコウヨウザンコンテナ苗の地上部形状

育苗においては、育苗の結果目指すべき形や色、すなわち育苗の生産目標を定める必要がある。育苗の結果生産される苗の品質は育苗環境によって左右される(佐藤 1965, *Brissette et al.* 1991)ことから、育苗の生産目標を定めなければ、育苗容器や育苗期間、および育苗施設などを決めることができない。そのため、コウヨウザンコンテナ苗の生産を事業化する前に、コウヨウザンコンテナ苗が潜在的にどのような形態を持つものなのかを明らかにしておくことは重要である。

JFA150 で 1 成長期育苗したスギコンテナ苗とコウヨウザンコンテナ苗の地上部形状を比較したところ、スギと比較してコウヨウザンの H/D 比は低いことがわかった(図-2)。苗木の規格については、樹種ごとに潜在的な H/D 比が異なるため、2023 年 5 月 1 日に一部改正された山林用主要苗木の標準規格(昭和 33 年 12 月 24 日付け 33 林野造第 16622 号林野庁長官通知)(以下、標準規格)においては樹種ごとに別の基準が設けられている。今回 JFA150 で育苗したスギコンテナ苗の平均 H/D 比は 104.6 であったが、この値はスギコンテナ苗の標準規格における H/D 比の推奨値 110 と概ね同等である。これらに対し、今回 JFA150 で育苗したコウヨウザンコンテナ苗の平均 H/D 比は 70.9 であったことから、コウヨウザンコンテナ苗の生産目標における H/D 比は、大きくとも 70 程度であるべきと考えられた。

### 2. 密度調整の効果

密度調整の回数が多い処理区ほど、苗高は低く、根元径は太くなり、またその結果 H/D 比は低くなった(図-3, 表-1)。密度調整は苗畑で行われていた床替(松下 1965)と同様の効果を持ち、地上部の過密による H/D 比の上昇(只木ら 1966)を防ぐことができる。今回の試験では、スギコンテナ苗の育苗において密度調整を行った例(山中 2022)と同様に、コウヨウザンコンテナ苗の育苗において密度調整を行うことで、H/D 比の低いコンテナ苗を育成することができた。また同時に、密度調整を行うことで地下部が充実し(図-4)、T/R 比の低いコウヨウザンコンテナを育成することができた。

根元径と地下部乾重の関係についても、密度調整の有無によって異なっており、密度調整を経た個体と比較して、密度調整を行わない過密な状態で育苗した個体では、根元径に対して地下部乾重が小さい傾向があった(図-5)。根元径は植栽後の成長を予測するための最も優れた指標である(*Grossnickle and MacDonald*2018)が、これは根元径と地下部バイオマスの間に関係があるため(齋藤ら 2019)だと考えられる。今回の結果のように、育苗密度によって根元径と地下部乾重の関係が変わることは、過密な状態で育苗されたコンテナ苗の植栽後の成長が、根元径によって予測されたものよりも下回る危険があることを示唆している。

苗木の状態異常について、今回の試験においては、育苗 2 成長期目に先枯れが多数発生しており、その発生数は密度調整を行った処理区で多かった(表-1)。密度調整により、樹体周辺の風通しが良くなり、苗がより乾燥にさらされることが影響していると予想されるが、容器が不織布製で根鉢が特に乾燥しやすい ZacH50 と、樹脂製の FF77 で差は顕著ではなかったことから、水分以外にも影響している要因がある可能性も考えられる。密度調整の主なデメリットは、占有面積の増加や密度調整の手間が生じることによるコストの増加であるが、今回の試験の結果から、コウヨウザンコンテナ苗の育苗においては、密度調整によって先枯れが発生しやすくなるデメリットが生じると考えられた。

なお、無調整区において、翌12月時点のH/D比が高くなったことから(図-3hi)、密度調整を行わず高密度で2成長期間育苗した場合には、1成長期間のみ育苗した苗よりも形態的品質が低下する危険があると考えられた。

### 3. 容器の比較

今回の試験では、ブロックコンテナであるJFA150と、個別セルコンテナであるZacH50およびFF77を用いた。ZacH50とFF77を用いた育苗においては、密度調整を行うことでH/D比およびT/R比の低いコンテナ苗を育成することができたが、JFA150を用いて育成されたコンテナ苗のH/D比やT/R比は高かった(図-3ghi, 図-4, 表-1)。H/D比やT/R比は低いほど良いとされており(宮崎1965)、また、高いH/D比を持つコンテナ苗を植栽した場合には良好な樹高成長が期待できない(八木橋2019)ことから、下刈りの省略などによって造林コストの低減を試みる場合や、ノウサギによる食害を受けやすい樹高を早期に抜け出そうとする場合には、密度調整が可能なZacH50やFF77などの個別セルコンテナによってコウヨウザンコンテナ苗を育成するべきであると考えられた。

ZacH50とFF77を比較した場合、FF77で育成したものよりも、ZacH50で育苗したものでより地上部サイズが大きく、特に根元径への影響が顕著であった(図-3def, 表-1, 表-3)。一方で、根元径と地下部乾重の関係はZacH50を用いた場合とFF77を用いた場合で異なり、ZacH50を用いた場合、根元径に対する地下部乾重が小さかった(図-5)。ZacH50は不織布製であることから、容器の材質による水分の蒸発量の違いが影響しているものと考えられしたが、詳細なメカニズムは今後検証していく必要がある。また、これらの形態の違いが、植栽後の成長にどのように影響するのか、今後植栽試験によって明らかにしていく必要があると考えられた。これら以外で確認されたZacH50とFF77の違いとしては、抜き取り作業に関することがある。FF77は容器から抜き取らなければ植栽できないが、ZacH50は容器のまま植栽が可能であり、抜き取り作業に伴って根鉢を損傷させる危険がない。仮にZacH50から根鉢を抜き取る場合でも、不織布製であるため容易に根鉢から引き剥がせる。以上のことを勘案すると、コウヨウザンコンテナ苗の育苗においては、生分解性不織布や紙によって作られた容器を用いることが好ましいと考えられた。

### 4. 1年生コウヨウザンコンテナ苗の育苗手法の検討

密度調整を経て1成長期育苗したコウヨウザンコンテナ苗は、幹に軟弱さは無く、根鉢も崩れないことから、1年生苗として十分に植栽に耐え得るものであった。しかしながら、苗木の形態と実際に林地に植栽した後の成長量の関係については十分にわかっておらず、どの程度の苗高や根元径を下限として、あるいはどの程度のH/D比を上限として流通させるべきか不明である。そのため、今後様々な形態のコウヨウザンコンテナ苗を植栽し、その成長量を調査することで、林地で十分な成長能力を発揮できるコウヨウザンコンテナ苗の条件を明らかにし、これを育苗における生産目標としてフィードバックする必要がある。とりわけ、1成長期育苗した1年生苗と2成長期育苗した2年生苗では、育苗コストは大きく異なることから、1年生苗が実用可能であれば、育苗コストの低減が可能である。ただし、1成長期のみ育苗したコンテナ苗の地上部形状は大きくばらついており、小さく、細く、軟弱なコンテナ苗も多く含まれる(図-1)。そのため、1年生苗の生産を行うのであれば、1成長期でできる限り成長を促す必要がある。スギコンテナ苗の育苗においては、同時期に播種した場合、移植したものとそうでないもので1成長期後の苗高が有意に異なることが確認されており(山中2022)、その原因は移植時のトランスプラントショ

ック (Landis *et al.* 2010) であると考えられる。今回の結果においても、移植した個体よりもセル上で発芽させた個体の地上部形状が大きくなっていたため (図-1), 1年生苗の生産を試みるのであれば、セルへ直接播種すべきであると考えられた。しかしながら、今回の試験におけるセルに直接播種した種子の発芽率は 68.1%であり、残りの 31.9%のセルで移植を行う必要があった。種子選別により高発芽率の種子を得ることができれば、移植する個体は少なくなるため、スギやヒノキの種子で実用化されている近赤外光による種子選別技術 (原ら 2016) の、コウヨウザン種子への適用が期待される。もう一つ、1年生のコウヨウザンコンテナ苗を育成する際に考慮すべき点は、冬から春にかけての成長である。播種当年 11 月時点と播種翌年 4 月時点では、苗高は変化しなかったが、根元径は大きくなったことから (図-3degh, 表-1), 1年生のコウヨウザンコンテナ苗の植栽においては、秋植えよりも春植えが好ましいと考えられた。

### 謝辞

本研究の実施にあたり、三重県林業研究所の業務補助職員である豊田良子氏および森川恵理子氏からは、過酷な環境の中、播種から計測に至るまで、多大なるご尽力をいただいた。ここに記し、感謝の意を表す。

### 引用文献

- Brissette JC, Barnett JP, Landis TD (1991) Container seedlings. In Forest Regeneration Manual. Duryea ML, Dougherty PM (eds) Springer, 117–141
- 藤澤義武 (2017) 特集「これからの林業とコウヨウザン」について. 森林遺伝育種 6: 132–136
- 福田次郎 (1954) 高知県の廣葉杉. 山林 844: 1–19
- Grossnickle SC, MacDonald JE (2018) Why seedlings grow: influence of plant attributes. New For 49: 1–34
- 原 真司・松田 修・落合幸仁・飛田博順・宇都木玄 (2016) 近赤外光による選別および殺菌剤処理がスギおよびヒノキ種子の発芽率に及ぼす影響. 日林誌 98: 247–251
- 広島県森林整備・農業振興財団・広島県樹苗農業協同組合 (2019) コウヨウザンコンテナ苗生産マニュアル. 広島県森林整備・農業振興財団
- 磯田圭哉・山口秀太郎 (2019) 海外林木育種事情調査 中国コウヨウザン事情. 林木育種情報 29: 6–7
- Landis TD, Dumroese RK, Haase DL (2010) The Container Tree Nursery Manual Volume 7, Seedling Processing, Storage, and Outplanting. United States Department of Agriculture Forest Service
- Landis TD, Tinus RW, McDonald SE, Barnett JP (1990) The Container Tree Nursery Manual Volume 2, Containers and Growing Media. United States Department of Agriculture Forest Service
- 松下規矩 (1965) 床替. (造林ハンドブック. 坂口勝美・伊藤清三監修, 養賢堂). 532–547
- 宮崎 紳 (1965) 苗木の良否. (造林ハンドブック. 坂口勝美・伊藤清三監修, 養賢堂). 600–609
- 中村松三 (2012) 再造林の低コスト化とコンテナ苗. 森林技術 839: 30–33
- 中村松三・今富祐樹 (2019) 一貫作業システムの普及に向けて. (低コスト再造林への挑戦. 中村松三・伊藤 哲・山川博美・平田令子編, 日本林業調査会). 34–41
- 小笠真由美・藤井 栄・飛田博順・山下直子・宇都木玄 (2021) 山林用針葉樹コンテナ苗における育苗方法の現状と課題. 日林誌 103: 105–116
- 大貫 肇・近藤禎二・田中賢治・仲尾 浩 (2022) 低コスト再造林とコウヨウザン. 森林遺伝育

種 11: 201–205

- 林木育種センター (2021) コウヨウザンの特性と増殖マニュアル. 林木育種センター  
林野庁 (2023) 令和 5 年版森林・林業白書. 全国林業改良普及協会  
齋藤隆実・小笠真由美・飛田博順・矢崎健一・壁谷大介・小黒芳生・宇都木玄 (2019) スギコン  
テナ苗における根鉢の物理的性質の定量的評価. 日林誌 101: 145–154  
佐藤大七郎 (1965) 苗木の成長. (造林ハンドブック. 坂口勝美・伊藤清三監修, 養賢堂). 203–  
211  
陶山大志・富川康之 (2019) 界面活性剤を添加した水選によるヒノキ種子の発芽率向上. 森林応  
用研究 28(2): 1–6  
只木良也・上中作次郎・赤川吉秀 (1966) 林木の競争に関する研究(V): さしつけ密度とスギのサ  
シキ苗の生長. 日林誌 48: 33–36  
鶴川 信・藤澤義武・大塚次郎・近藤禎二・生方正俊 (2023) ノウサギが主軸を切断できるコウ  
ヨウザン植栽苗のサイズ. 日林誌 105: 239–244  
八木橋勉 (2019) 事例 7: 形状比の低いコンテナ苗の方が良好に成長する. (低コスト再造林への  
挑戦. 中村松三・伊藤 哲・山川博美・平田令子編, 日本林業調査会). 78–79  
八木橋勉・中谷友樹・中原健一・那須野俊・櫃間 岳・野口麻穂子・八木貴信・齋藤智之・松本和  
馬・山田 健・落合幸仁 (2016) スギコンテナ苗と裸苗の成長と H/D 比の関係. 日林誌 98:  
139–145  
山田 健 (2015) コンテナ苗の特徴-育苗・造林技術の動向. (コンテナ苗その特徴と造林方法.  
山田 健・宮城県伐採跡地再造林プロジェクトチーム・三樹陽一郎・ノースジャパン素材流  
通協同組合共著, 全国林業改良普及協会). 15–62  
山中 豪 (2022) 選苗と密度調整がスギ実生コンテナ苗の形態的性質に与える影響. 日林誌 104:  
243–253  
柳沢聡雄・齋藤幹夫 (1955) 界面活性剤によるヒノキのタネの精選. 日林誌 37: 549–551