

「高性能林業機械・コンテナ苗を活用した低コスト育林に向けた実証試験」

(平成 26 年度 完了報告)

九州森林管理局 森林技術・支援センター

1 背景及び目的

林業を取り巻く情勢は、長期に渡る木材価格の低迷、林業就業者の減少と高齢化等の問題に直面し森林整備の円滑な推進が難しい状況下にある中で、林業経営の採算性や労働強度の軽減等のトータルコストの縮減が重要な課題となっている。この対応策として低コスト路網の整備、高性能林業機械の活用を軸とした低コストな作業システムの構築や造林に関する低コスト化に向けた取組が必要となっている。この造林の低コスト化については、これまでも大苗植栽やヘキサチューブによる下刈の軽減等について実施してきたところであるが、高性能林業機械等を活用した低コスト化については試みられることはなかった。

今回、造林作業における労働者への負担軽減のため、さらに林業経営の採算性向上を目的として高性能林業機械及びコンテナ苗を活用した育林システムの確立に取り組むこととした。

2 試験概要 (図-1 参照)

(1) 場所

宮崎県宮崎市高岡町
宮崎森林管理署管内
去川国有林 256 い林小班内

(2) 地況・林況等

面積 : 1.51ha
(更新 : 1.44ha)
林分 : スギ単層林
(64 年生)
標高 : 約 160 m
方位 : 北西向き斜面
林地傾斜 : 5 ~ 20 度
土壌型 : Bc 型

(3) 試験期間

平成 21 年度 ~ 平成 26 年度

(4) 試験方法

① 集材・地拵 :

ロングリーチグラブ活用
(平成 21 年秋搬出)

② 植付苗種等 :

スギ (1,500 本 / ha 植栽)
コンテナ苗及び普通苗 (裸苗)
品種はタノアカ及び精英樹 10 系統を用いた。

③ 植付方法 :

コンテナ苗は「改良型コンテナ苗自動耕耘植付機 (以下「植付機」という。))」、プランティングチューブ (以下「PT」という。))、鋤を使用し、普通苗は鋤を使用し、それぞれ使用器具別に植栽区を設定した。

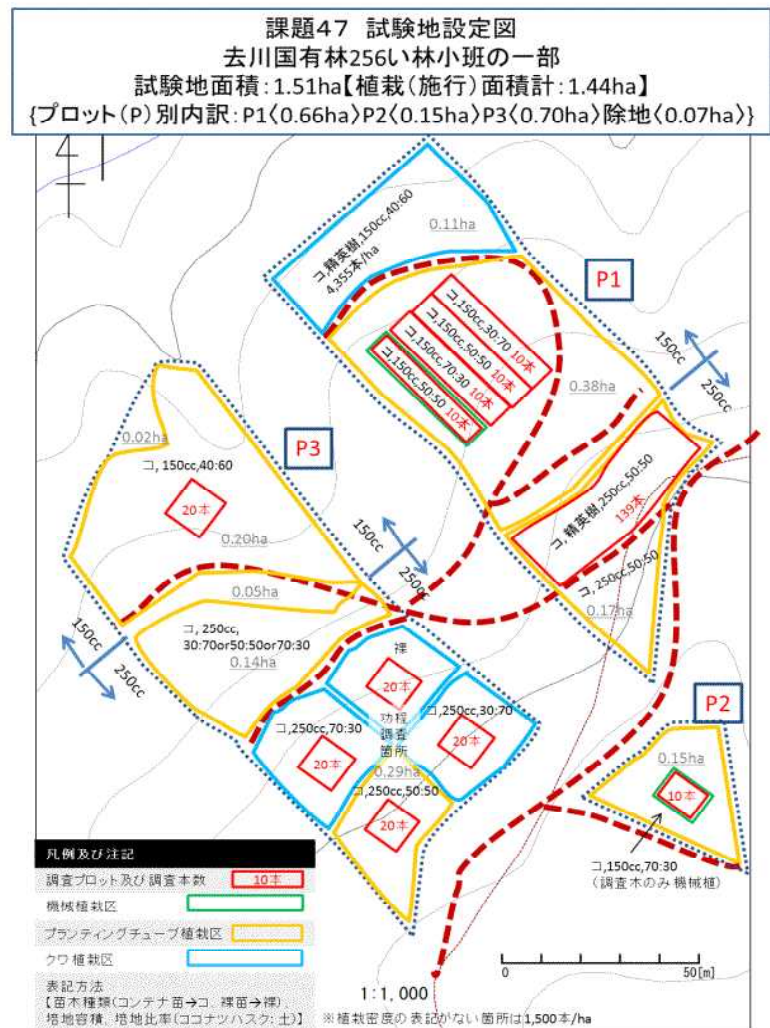


図-1 試験概要図

(5) 調査内容

① 伐採から地拵までの作業因子の工期調査

平成 21 年 11 月にロングリーチグラップルを用いたスギ伐倒木の全木による木寄せ作業の工期調査（稼働時間及び木寄せ数量により試算）を実施した。調査に使用したロングリーチグラップルの特徴は、スーパーロングリーチマン SLR200SW、17 t、リーチ 20m、引込力 3 t、押込力 5 t、引込速度 100m/分、押込速度 60m/分であった。

また、木寄せ集材後のロングリーチグラップルによる地拵作業についても工期調査を実施した。

② 植付の工期調査（PT、鋤）

平成 22 年 2 月 5 日、平均林地傾斜は 19 度、地床植生は無い状況下において、コンテナ苗と普通苗を使用し、PT 及び鋤による工期調査を実施した。（調査箇所：プロット 3、1,500 本/ha 植栽、苗間隔：約 2.6 m）

調査は、苗木 100 本（コンテナ苗 250cc、普通苗）を器具別（PT、鋤）に植付する際に要した時間を測定した。具体的には、2 人が PT でコンテナ苗各 100 本を、1 人が鋤でコンテナ苗 100 本を、また、コンテナ苗と比較するため普通苗 100 本を 3 人で鋤を使用して植栽した。

なお、コンテナ苗は植付箇所の中心に置き、そこから苗籠に 14 ～ 15 本を入れて植付位置に移動し植栽した。

③ 自動耕耘植付機の実用化の調査

平成 22 年 2 月 24 日、独立行政法人森林総合研究所が開発した「改良型コンテナ苗自動耕耘植付機」による植付作業の実演を行った（参加者約 200 名）。実演に際しては植付機を所有する社団法人林業機械化協会に貸出を要請した。この植付機はコマツ PC60 バックホーをベースマシンにプロペラ型オーガ、PT、ターゲット型苗送り装置からなる植付機であり、植付工期は現状の 200 ～ 250 本/人日が 1000 本/日以上に向上するものと試算されていた。

実証試験時に（株）モリトウにて撮影されていたビデオ映像によりデータを解析し、走行、ブーム操作、耕耘、植付、てん圧、その他の作業要素毎に所要時間を秒単位で記録した。映像上では植付が正常に作動したのか不明な場面が多く、明らかに異常な動作、時間がかかりすぎる場合は失敗とした。正常であればブーム操作 10 秒、耕耘 8 秒、植付 8 秒、てん圧 5 秒程度を要し、それぞれ 20 秒、15 秒、15 秒、10 秒以上を要した場合も失敗と判断した。また、走行は小移動のみを集計した。これらの判断基準に基づき成功例だけを抜出して集計を行った。

④ 立乗型刈払機の稼働状況調査

この立乗型刈払機の特徴は、5cm 程度の雑灌木の破砕ができ、35 度の傾斜まで対応可能で、操作するオペレーターは常に水平に保たれていることなどである。

平成 23 年 7 月 21 日、熊本県、宮崎県、鹿児島県の林業関係者を招いて株式会社キャニコムの担当者による立乗型刈払機（刈幅 150cm タイプと 60cm タイプの 2 機種）の下刈作業実演会を行うと共に時間観測法により調査を行った。

⑤ コンテナ苗の生存調査

植栽後の平成 22 年 4 月から平成 26 年 4 月までの生存数について、クローン別（タノアカと精英樹）、苗木別（コンテナ苗と普通苗）、コンテナ苗の容量別（150cc と 250cc）、コンテナ苗の培地別（ココナツハスクと土の混合比：30 対 70、40 対 60、50 対 50、70 対 30）、植付器具別（植付機、PT、鋤）について調査を行った。

⑥ 植栽木の成長量調査

平成 22 年 4 月から平成 26 年 4 月までの根元直径及び樹高の成長量について調査を行った。調査対象木については表 1 のとおりである。

また、本試験における成長量等の分布については、一元配置分散分析（Tukey）の方法を用いた。

表－1 調査木一覧

区分	クローン名	苗木	容量	培地	植付器具	プロット	調査本数
A	タノアカ	コンテナ苗	150cc	ココナツハスク30%:土70%	プランティングチューブ	1	10本
B	タノアカ	コンテナ苗	150cc	ココナツハスク50%:土50%	プランティングチューブ	1	10本
C	タノアカ	コンテナ苗	150cc	ココナツハスク70%:土30%	プランティングチューブ	1	10本
D	タノアカ	コンテナ苗	150cc	ココナツハスク50%:土50%	自動耕耘植付機	1	10本
E	タノアカ	コンテナ苗	150cc	ココナツハスク70%:土30%	自動耕耘植付機	2	10本
F	タノアカ	コンテナ苗	150cc	ココナツハスク40%:土60%	プランティングチューブ	3	20本
G	タノアカ	コンテナ苗	250cc	ココナツハスク30%:土70%	鍬	3	20本
H	タノアカ	コンテナ苗	250cc	ココナツハスク50%:土50%	プランティングチューブ	3	20本
I	タノアカ	コンテナ苗	250cc	ココナツハスク70%:土30%	鍬	3	20本
J	タノアカ	普通苗	-	-	鍬	3	20本
K	県始良20	コンテナ苗	250cc	ココナツハスク50%:土50%	プランティングチューブ	1	23本
L	県始良34	コンテナ苗	250cc	ココナツハスク50%:土50%	プランティングチューブ	1	22本
M	県始良4	コンテナ苗	250cc	ココナツハスク50%:土50%	プランティングチューブ	1	15本
N	県甘木5	コンテナ苗	250cc	ココナツハスク50%:土50%	プランティングチューブ	1	16本
O	県肝属2	コンテナ苗	250cc	ココナツハスク50%:土50%	プランティングチューブ	1	8本
P	県児湯2	コンテナ苗	250cc	ココナツハスク50%:土50%	プランティングチューブ	1	11本
Q	東白杵8	コンテナ苗	250cc	ココナツハスク50%:土50%	プランティングチューブ	1	6本
R	日向署2	コンテナ苗	250cc	ココナツハスク50%:土50%	プランティングチューブ	1	13本
S	水俣署2	コンテナ苗	250cc	ココナツハスク50%:土50%	プランティングチューブ	1	11本
T	宮崎署6	コンテナ苗	250cc	ココナツハスク50%:土50%	プランティングチューブ	1	14本

(6) 施業履歴

年度	H21	H22	H23	H24～H26
実施事項	試験地設定 伐採・集材・地拵(※1) 植付(※2、3)	成長量調査	成長量調査 下刈(※4)	成長量調査 下刈

※1 H21.11.2～19 ロングリーチグラップルによる木寄せ集材の功程調査

※2 H22.2.5 植栽器具別の植付功程調査

※3 H22.2.24 自動耕耘植付機の植付功程調査

※4 H23.7.21 立乗型刈払機の下刈功程調査

3 結果と考察

- (1) ロングリーチグラップルを用いた集材（木寄せ）から地拵までの工期調査
1時間当たりの木寄せ数量は3.47m³であった（表-2、写真-1）。

表-2 ロングリーチグラップルによる木寄せ作業工期調査結果

伐区	数量 (m ³)	稼働時間 (H)	1時間当たりの木寄せ数量 (m ³ /H)
1	125	36	3.47
3	31	9	3.44
計	156	45	3.47

また、木寄せ集材後に実施したロングリーチグラップルによる ha 当たりの地拵日数は約 5 日であった（表-3、写真-2）。なお、地拵作業時の枝条処理量は未計測である。



写真-1 ロングリーチグラップルによる集材



写真-2 ロングリーチグラップルによる地拵

表-3 ロングリーチグラップルによる地拵え工期調査結果

区分	数量	備考
調査面積	0.15ha	
稼働時間(分)	240分	
ha当たり地拵時間(分)	1600分	240分÷0.15ha=1600分/ha
ha当たり地拵日数	約5日	1600分÷60分÷5時間/日=5.3日

※1日の機械による地拵稼働時間は5時間として試算した



写真-3 地拵後

- (2) 植付器具（PT、鍬）の違いによる工期調査

工期調査より、1日（6時間）当たり植付本数を算出した結果、鍬を使用した普通苗の場合 527 本/日、PT を使用したコンテナ苗の場合 450 本/日、鍬を使用したコンテナ苗の場合 568 本～ 697 本/日となった（図-2）。

なお、コンテナ苗の培地が運搬及び植付作業で壊れることもあり、培地が壊れたコンテナ苗は、PT での植付作業に支障となったことや、PT には土が付着しやすく、土を取り除く手間が発生したこと、コンテナ苗の枝が支障となり PT の中をスムーズに落ちず植付が行えなかったことにより、1日（6時間）当たり植付本数が、鍬を使用した普通苗より PT を使用したコンテナ苗の方が少ない結果となったと考えられる（写真-4～9）。

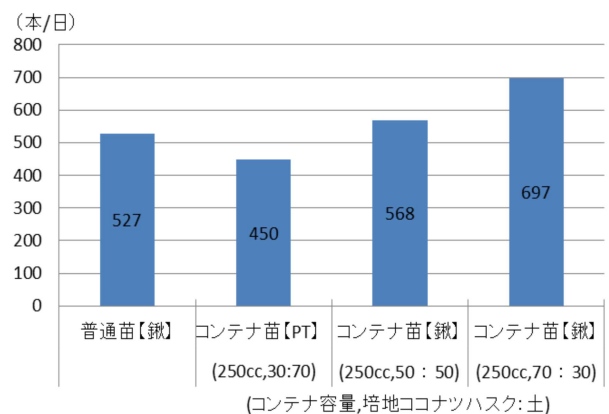


図-2 植付器具別の1日（6時間）当たり植付本数



写真-4 鍬による植栽



写真-5 PTによる植栽①



写真-6 PTによる植栽②



写真-7 PTへの土付着



写真-8 PT内での枝詰まり



写真-9 使用したコンテナ苗

(3) 自動耕耘植付機の実用化の調査

調査結果は、耕耘-植付-てん圧モードの試行回数 30 回、うち成功例として 16 回、成功例のコンテナ苗木 1 本当たりの平均所要時間は 34.5 秒、植付-てん圧モードにおける試行回数は 15 回、うち成功例として 11 回、成功例の平均所要時間は 30.6 秒であった（写真-10～12）。

失敗の原因としては、ターレットにおける苗詰まり、苗落下口でのセンサーの誤動作、PT での苗木通過センサーの不作動、埋没枝条によるオーガの回転阻害など、また、オーガの翼の変形が発生した。（平成 21 年度データ。現在は各部の改良が進められている。）



写真-10 自動耕耘植付機による植栽の様子



写真-11 コンテナ苗を装填



画像-12 植栽後の状況

(4) 立乗型刈払機の稼働状況調査

時間観測法による調査結果は、稼働時間 12 分 19 秒、刈幅 1.55m、刈り払い延長 142m であった。これを 1 時間あたりに換算すると計算上では 0.1ha 程度の下刈を実施したことになる。

立乗型刈払機を導入するための課題としては、走行時に障害となる伐株や林地残材、また、窪地等の傾斜変化等への対応が難しいことである。立乗型刈払機による下刈作業を導入する場合には、伐採時から伐株の高さや林地残材の処理について事前に対応しておく必要がある（写真－13、14）。



写真－13 立乗型刈払機の下刈状況



写真－14 立乗型刈払機の下刈状況

(5) コンテナ苗の生存調査

苗木別、容量別、培地別等の調査本数の推移（表－4 参照）では、調査区分の全てで活着率が 90 % 以上であった。

コンテナ苗の主な枯損原因は、イノシシによる踏み荒らしや掘り起こし等の被害によるものであった。

表－4 調査本数の推移(苗木・容量・培地別等)

区 分		H22.4	H22.9	H23.10	H24.11	H25.4	活着率
苗木	コンテナ苗	269	264	262	258	258	96%
	普通苗	20	20	20	20	20	100%
容量	コンテナ苗(150cc)	70	68	67	66	66	94%
	コンテナ苗(250cc)	199	196	195	192	192	96%
培地	コンテナ苗(30:70)	30	29	29	29	29	97%
	コンテナ苗(40:60)	20	20	19	19	19	95%
	コンテナ苗(50:50)	179	176	175	171	171	96%
	コンテナ苗(70:30)	40	39	39	39	39	98%
植付 器具	PT	209	204	202	198	198	95%
	鍬	60	60	60	60	60	100%
	植付機	20	20	20	20	20	100%



写真－15 コンテナ培地

(ココナツハスク：土＝30：70)



写真－16 コンテナ培地

(ココナツハスク：土＝50：50)



写真－17 コンテナ培地

(ココナツハスク：土＝70：30)

(6) 成長量調査

① タノアカ（在来種）のコンテナ容量・培地別の成長量比較

根元直径及び樹高成長量において、コンテナ苗の成長量は裸苗と同程度であったが、培地 50 : 50 のコンテナ苗の容量別の成長については、根元直径及び樹高ともに 250cc が良好な傾向であった。（図-3～6）。

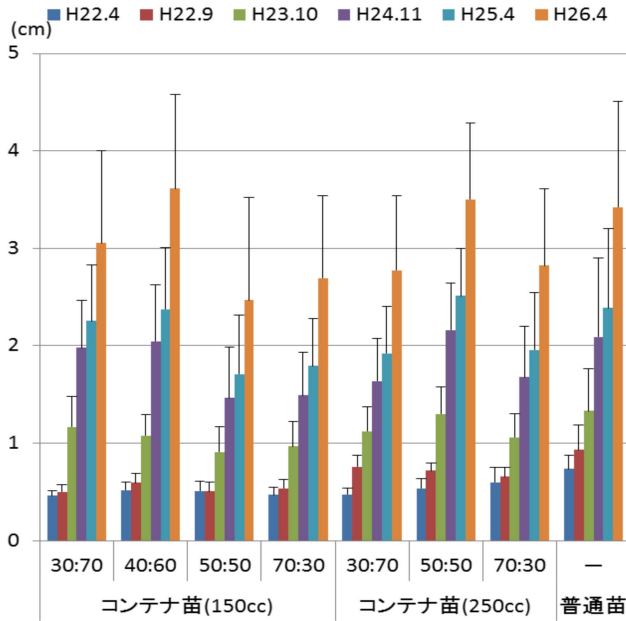


図-3 平均根元直径の推移（容量・培地別）

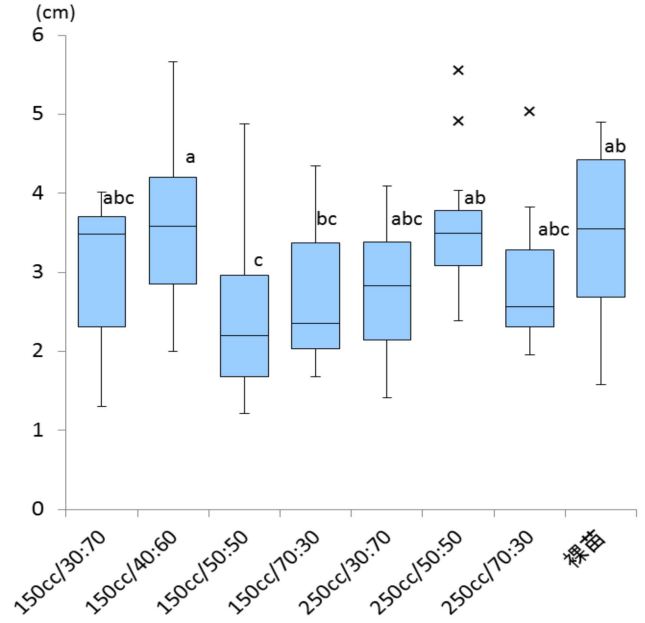


図-4 容量・培地別の根元直径の比較（H26.4）
〔異符号間で有意差あり（ $P < 0.05$ または $P < 0.01$ ）〕

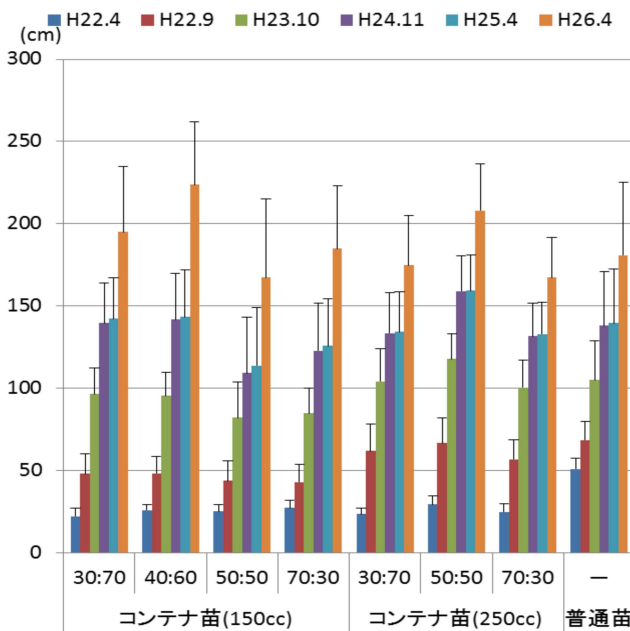


図-5 平均樹高の推移（タノアカ・容量培地別）

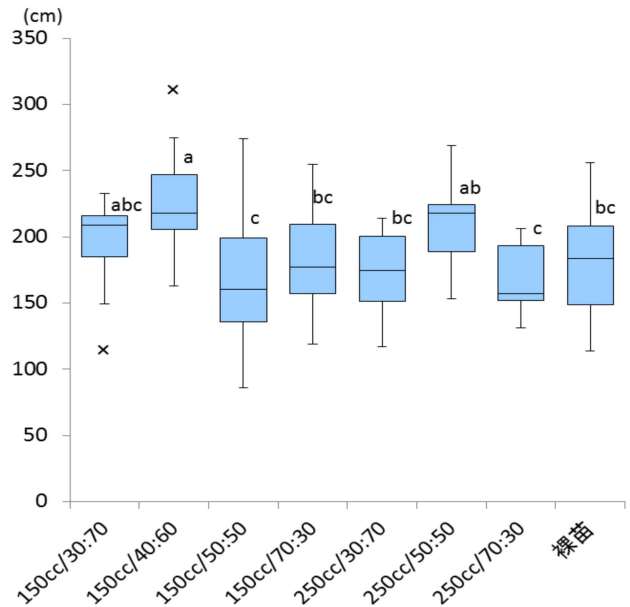
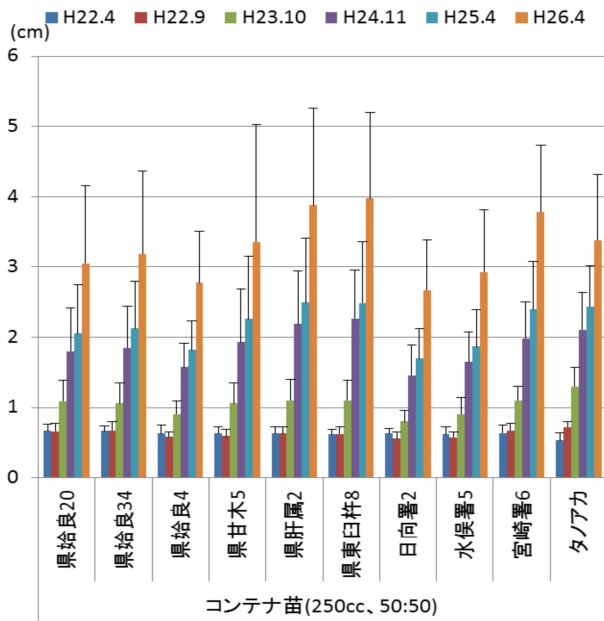


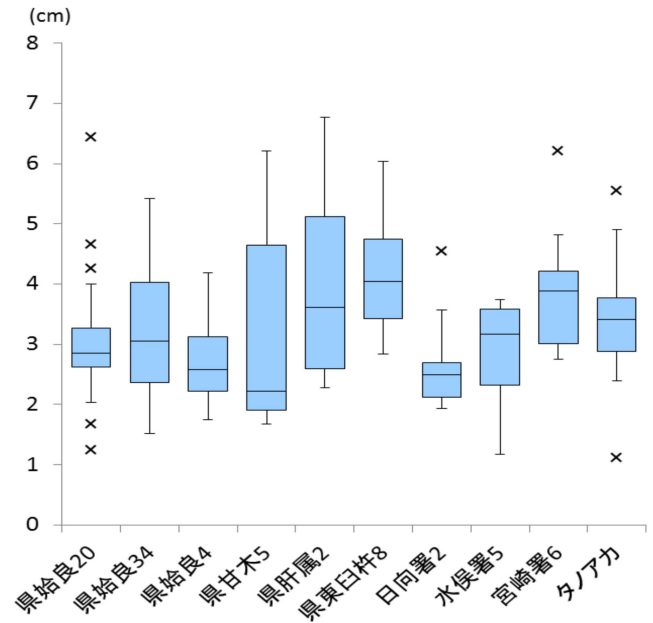
図-6 容量・培地別の樹高の比較（H26.4）
〔異符号間で有意差あり（ $P < 0.05$ または $P < 0.01$ ）〕

② タノアカ（在来種）と精英樹の成長量比較

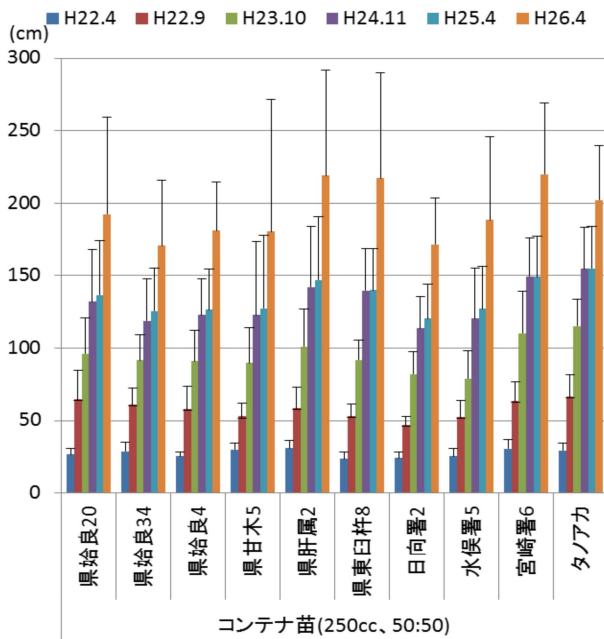
タノアカと他の精英樹の根元直径及び樹高成長量を比較すると、タノアカと有意差が見られた精英樹はなかった（図-7～10）。この結果は、当試験地で 250cc/50:50 のタノアカと精英樹の各個体数が 10 本前後と小数であったため有意差が見られなかったと考えられる。



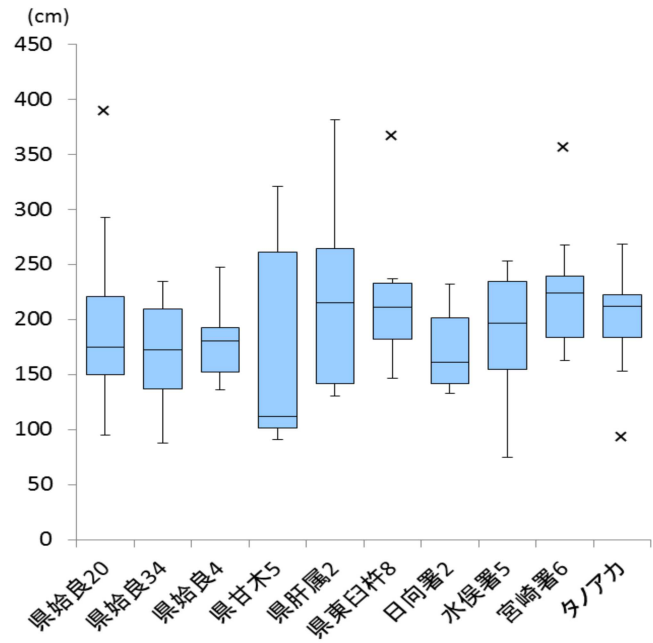
図一 7 平均根元直径の推移（タノアカと精英樹）



図一 8 タノアカと精英樹の根元直径の比較（H26.4）



図一 9 平均樹高の推移（タノアカと精英樹）



図一 10 タノアカと精英樹の樹高の比較（H26.4）

4 まとめ

本試験により、自動耕耘植付機及び立乗型刈払機の試行を行い、作業工程だけでなく現時点での課題等についても把握することができた。

また、当試験地はコンテナ苗黎明期と言える時期に設定された貴重な試験地であり、コンテナ苗の活着率及び成長についても裸苗と比較できる結果が得られている。

今後、造林の低コスト化に必須である一貫作業システム（伐採搬出と並行しながら林業機械を利用しつつ地拵・植付）を行う際、コンテナ苗は従来の裸苗と比べ植付時期が春と秋だけに限定されないという利点から重要なツールとなる。さらに、コンテナ苗を用いることにより、植付作業の機械化も可能となるため、植付及び保育作業における機械化試行例は少ないが、林業の低コスト化のために今後も機械の改良を進め継続して試行を続ける必要がある。