令和2年11月18日　第2回関東森林管理局技術開発委員会

技術開発委員会説明資料

【課題名】

エリートツリーの植栽試験

担当部署　　森林技術・支援センター

共同研究機関　林木育種センター

エリートツリーの植栽試験　概要

場所：茨城森林管理署管内
　　日立十王町　小松沢国有林
　　1186ほ林小班の一部

期間：平成30年度～令和2年度

概要：
　コンテナ苗及び裸苗で育苗したスギエリートツリーの交配家系について、
・成長量（樹高、胸高直径）
・下刈りの必要回数の軽減
・植栽密度による違い
の3点を明らかにし、エリートツリーの育林特性を解明する。

※エリートツリー
　スギ、ヒノキ、カラマツのうちの第1世代精英樹の中の優良なもの同士をかけ合わせて苗木を育成し、その中からさらに優れた個体を選抜したものを第2世代の精英樹という。
　この第2世代以降の精英樹をエリートツリーという。

試験地位置図（広域）

試験地全景写真（令和2年8月時点）

背景と課題

背景

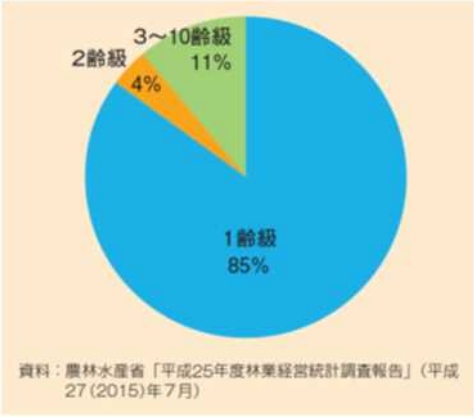
林業は育林経費の占める割合が高く、低コスト化のためには初期成長が早いエリートツリーの普及に取り組む必要がある。

一方、エリートツリー（第二世代精英樹）については、育林等に関してこれまでの種苗とは相違すると考えられる。このため、エリートツリーの普及に必要な植栽初期の成長量等の情報を得る必要がある。

課題

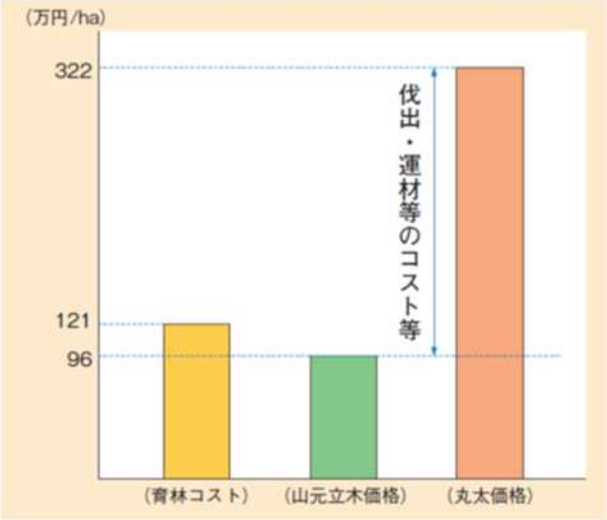
エリートツリーの普及に向けて、これまでに開発したエリートツリー同士の交配種子（F2）、第一世代精英樹の交配種子（F1）及び在来品種のオープン種子（在来）について植栽試験を実施し、エリートツリーの植栽初期の成長量等の特性についての情報を整理する。

（1）令和元年度森林・林業白書（P125、資料Ⅱ-29）
現在の木材生産にかかるコストのイメージ

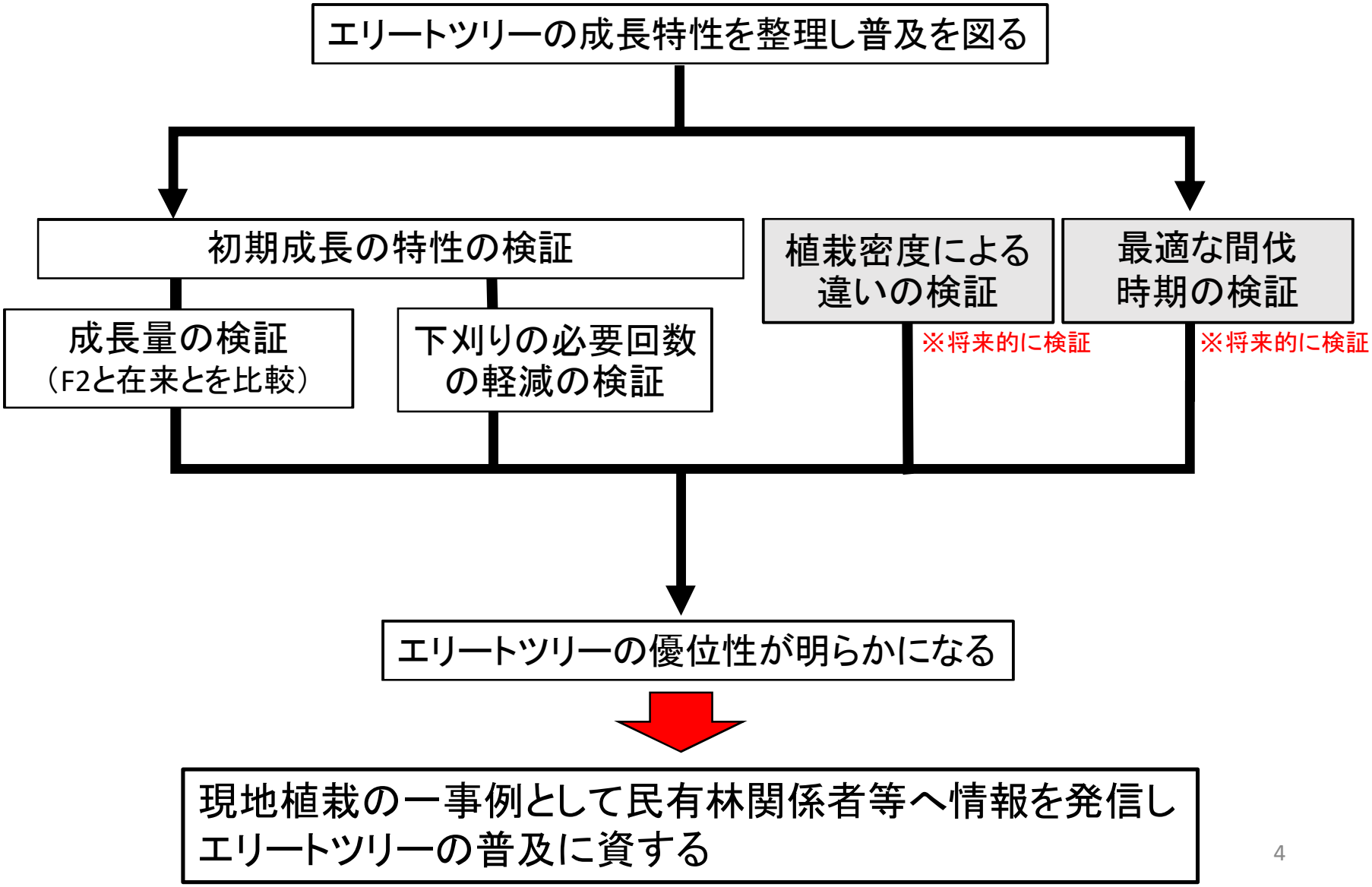


令和元年度森林・林業白書（P125抜粋）
スギ人工林において、50年生（10齢級）までの造林及び保育にかかる経費は、「平成25年度林業経営統計調査報告」によると、114万円/haから245万円/haまでとなっている。このうち約9割が植栽から10年間に必要となっており、初期段階での育林経費の占める割合が高い状況となっている

（2）令和元年度森林・林業白書（P125、資料Ⅱ-30）
現在の木材生産にかかるコストのイメージ



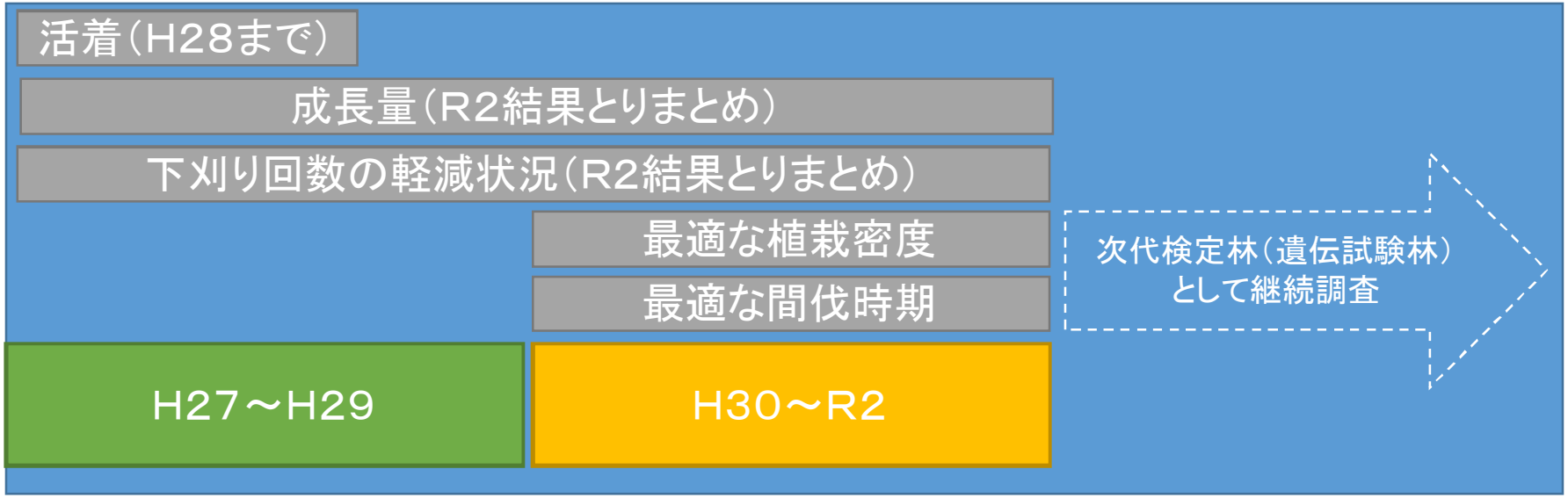
開発目的


エリートツリーの成長特性を整理し普及を図る
初期成長の特性の検証
成長量の検証
（F2と在来とを比較）
下刈りの必要回数
の軽減の検証
植栽密度による
違いの検証
※将来的に検証
最適な間伐
時期の検証
※将来的に検証
エリートツリーの優位性が明らかになる
現地植栽の一事例として民有林関係者等へ情報を発信し
エリートツリーの普及に資する

開発のロードマップ（前期開発期間含む）

エリートツリーの植栽初期の成長量等の特性を検証するため、以下のロードマップによりデータを収集し整理を行う。

表１　開発期間（H27～H29年度及びH30～R2年度）における調査設計



開発設計（前期開発期間含む）

エリートツリーの植栽初期の成長量等の特性を検証するため、以下の調査設計によりデータを収集し整理を行う。

表２　開発期間（前期H27～H29年度及びH30～R2年度）における調査設計と調査年度

		検証項目			
		F2個体の活着（コンテナ苗、裸苗）	下刈りの回数軽減	最適な植栽密度 ※検証は検定林移行後に実施予定	最適な間伐時期 ※検証は検定林移行後に実施予定
調査内容	①活着調査※1	H27（コンテナ苗） H28（裸苗）	―	―	―
	②成長量調査（樹高、胸高直径）	―	H27～R2	H27～R2	―
	③植生調査	―	R2	―	―
	④樹冠幅調査	―	―	R2	R2

※1　活着調査は植栽調査年度のみ

調査方法

開発設計に示した各調査項目と検証する内容との関係は以下のとおり。

①活着調査（前期課題に実施）
調査内容：枯損調査を行い、各系統の枯損率を把握
実施時期：H27年11月、H28年11月
調査対象：全個体

②成長量調査（樹高、胸高直径）
調査内容：測竿と輪尺で測定し、各系統の初期成長の特性を把握
実施時期：H30年11月、R元年4月、R元年12月、R2年8月
調査対象：全個体

③植生調査
調査内容：積算優占度を調査し、下刈り期間（回数）を把握
実施時期：R2年8月
調査対象：各プロットに調査プロット1箇所以上設定

④樹冠幅調査
調査内容：樹冠幅を測定し、植栽密度別に各系統の樹冠特性を把握
実施時期：R2年8月
調査対象：全個体

→ **活着の成績を評価**
※前期（H27～29）に実施
P10

→ **成長量を評価**
P11～13

→ **下刈り回数の軽減を評価**
P14～16

→ **最適な植栽密度を評価**
※検定林移行後に実施予定
P17

→ **最適な間伐時期を評価**
※検定林移行後に実施予定

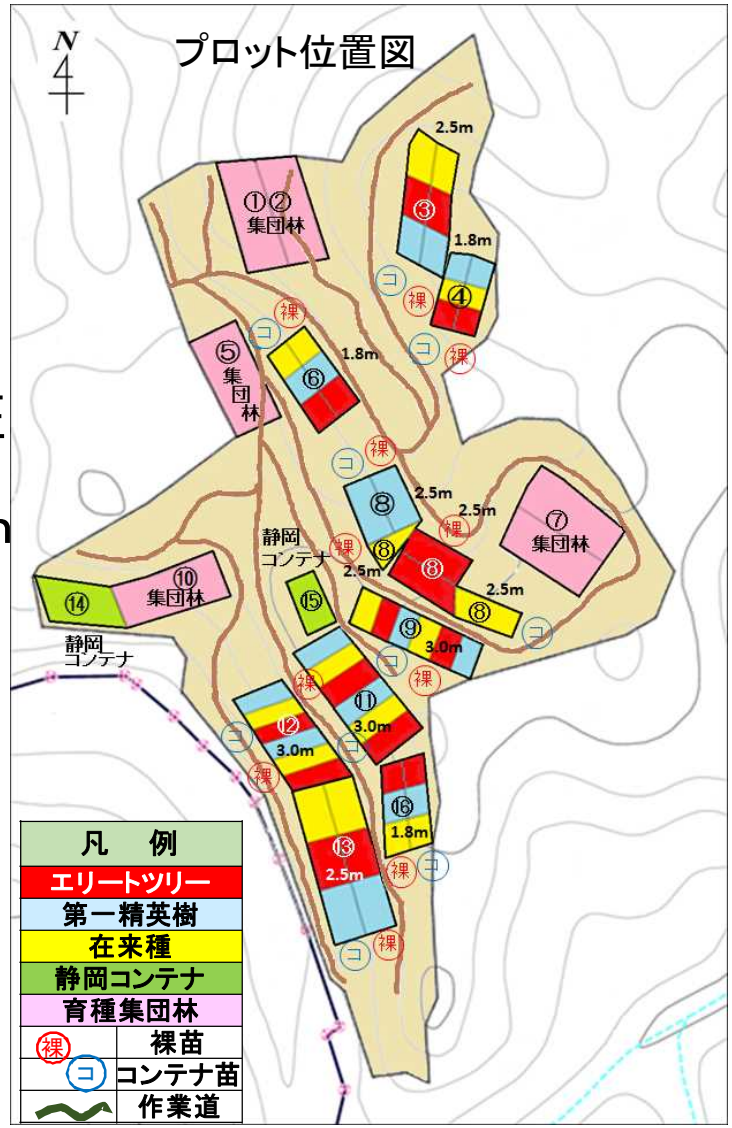
試験地（プロット内訳）

場所
茨城森林管理署管内
日立市十王町
小松沢国有林1186林班

標高：２６０～２９０ｍ

傾斜：約２０度

方位：北西
※方位は森林調査簿より記載



プロット植栽内訳		
プロット番号	(㎡) 面積	摘　要
①	2,130	育種集団林
②		育種集団林
③	1,480	コンテナ苗・裸苗(2.5m)
④	870	コンテナ苗・裸苗(1.8m)
⑤	1,290	育種集団林
⑥	1,100	コンテナ苗・裸苗(1.8m)
⑦	2,150	育種集団林
⑧	2,450	コンテナ苗・裸苗(2.5m)
⑨	1,220	コンテナ苗・裸苗(3.0m)
⑩	1,190	育種集団林
⑪	1,850	コンテナ苗・裸苗(3.0m)
⑫	1,520	コンテナ苗・裸苗(3.0m)
⑬	2,440	コンテナ苗・裸苗(2.5m)
⑭	770	静岡コンテナ苗
⑮	430	静岡コンテナ苗
⑯	1,020	コンテナ苗・裸苗(1.8m)
計	21,910	

（ ）内の数値は植栽間隔を表す。

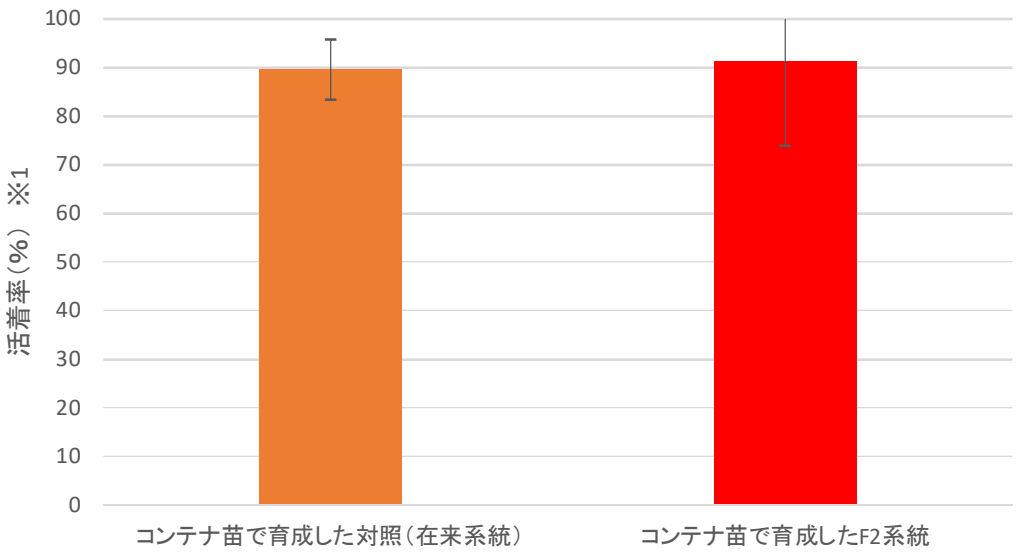
試験地（プロットごとの植栽本数）

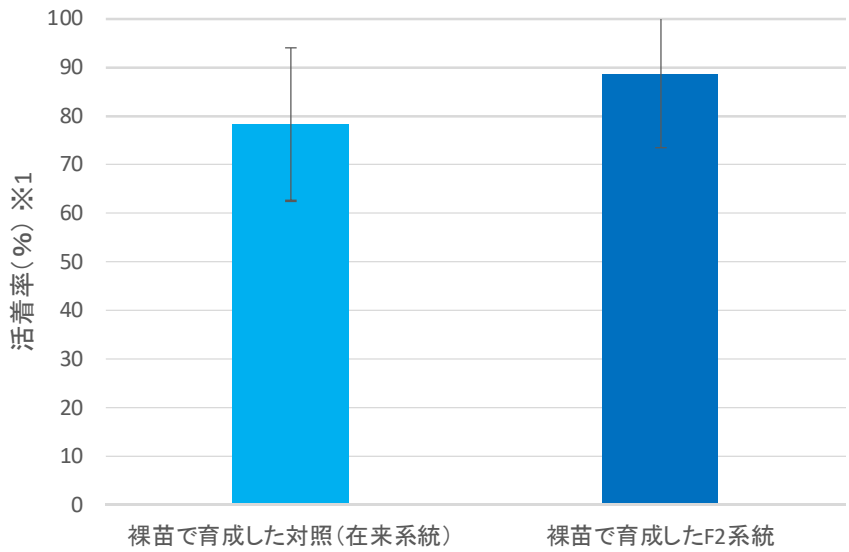
■　苗木は、以下の各集団（F1、F2、在来）を各プロットにほぼ同数植栽
　１　エリートツリー交配種子（F2）　　１２家系
　２　第一世代精英樹交配種子（F1）　６家系
　３　在来系統オープン種子（在来）
■　コンテナ苗はH27年春に植栽（育苗期間１年）
■　裸苗はH28年春に植栽（育苗期間２年）

プロット番号	苗種及び植付間隔	本数	備考
3	コンテナ苗及び裸苗（2.5m間隔）	240	コンテナ苗120本、裸苗120本
4	コンテナ苗及び裸苗（1.8m間隔）	272	コンテナ苗126本、裸苗147本
6	コンテナ苗及び裸苗（1.8m間隔）	336	コンテナ苗168本、裸苗168本
8	コンテナ苗及び裸苗（2.5m間隔）	360	コンテナ苗216本、裸苗144本
9	コンテナ苗及び裸苗（3.0m間隔）	147	コンテナ苗77本、裸苗70本
11	コンテナ苗及び裸苗（1.8m間隔）	242	コンテナ苗121本、裸苗121本
12	コンテナ苗及び裸苗（3.0m間隔）	180	コンテナ苗90本、裸苗90本
13	コンテナ苗及び裸苗（2.5m間隔）	390	コンテナ苗210本、裸苗180本
16	コンテナ苗及び裸苗（3.0m間隔）	336	コンテナ苗168本、裸苗168本
総植栽本数		2503	

※植栽密度：1.8m＝3,000本/ha、2.5m＝1,500本/ha、3.0m＝1,000本/ha

結果①　活着調査





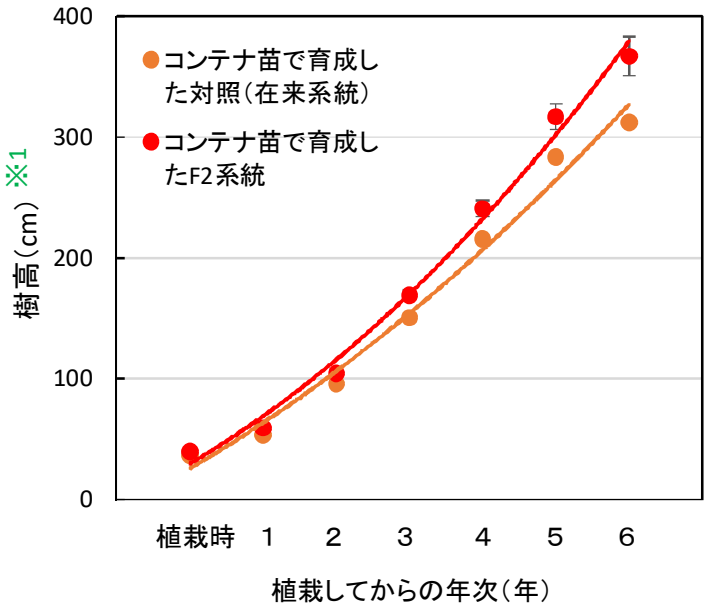
※1　活着率は、植付当年の秋の調査で、生存本数／植付本数＊100（%）として算出。
※　　エラーバーは標準誤差。

・エリートツリー同士の交配家系（F2系統）の植付後の活着率は、在来系統と同等であり、育成方法（コンテナ苗、裸苗）が異なっても高い活着率を示した。

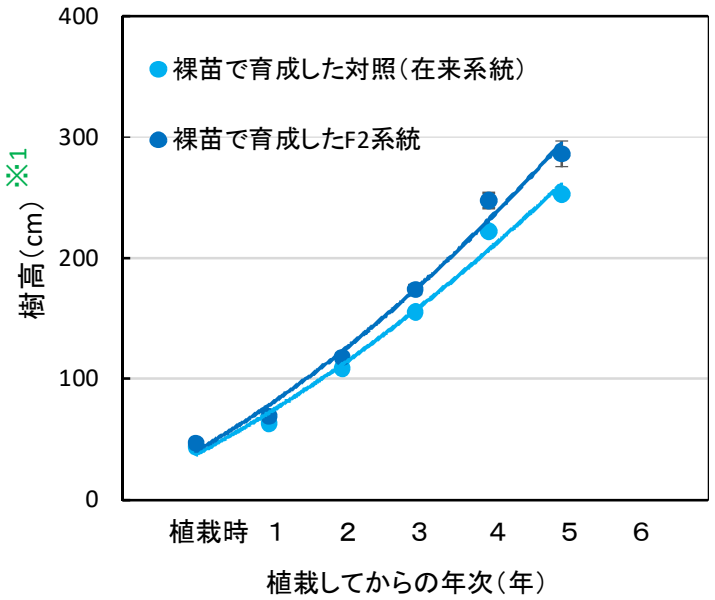
結果　②成長量調査（樹高）

エリートツリー同士の交配家系（F2系統）の成長特性

コンテナ苗の場合



裸苗の場合

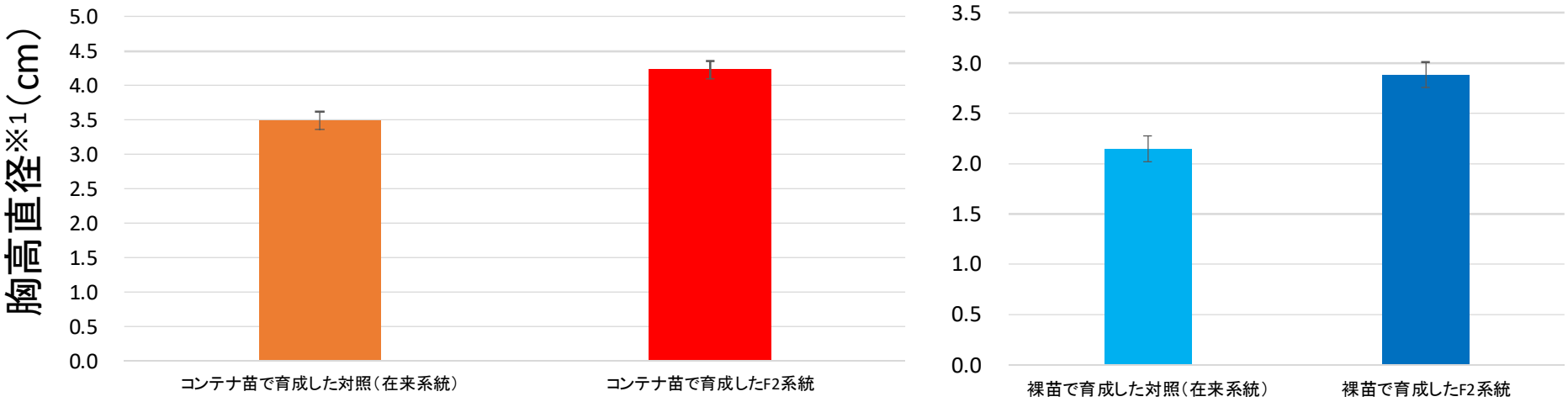


※1 各年次における在来系統の樹高は、全平均値と育苗方法の固定効果（BLUE値）と在来系統の変量効果（BLUP値）を加算して求めた。また、各年次におけるF2系統の樹高は、全平均値と育苗方法の固定効果（BLUE値）と12系統の各系統変量効果（BLUP値）の平均値として求めた。
※2 エラーバーはF2の12系統の標準偏差を表す。

・エリートツリー同士の交配家系（F2系統）の樹高は、在来系統に比べて大きい傾向があり、植栽してからの年次が増える程、その差は大きくなる傾向が見られた。

結果　②成長量調査（胸高直径）

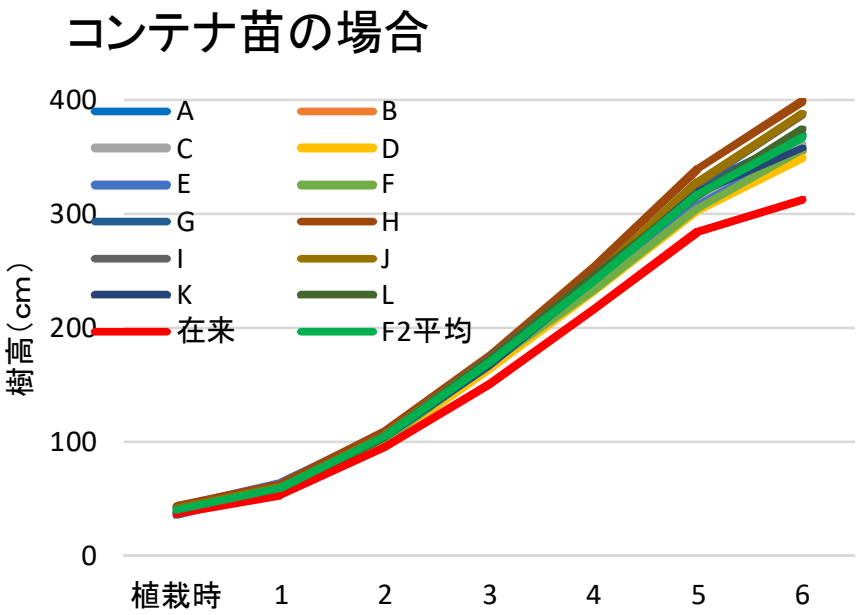
育苗方法の違いによるエリートツリー同士の交配家系（F2系統）の成長特性



※1 胸高直径は、全平均値と育苗方法の固定効果（BLUE値）と各家系の変量効果（BLUP値）を加算して求めた。
※データはR1年度（裸苗は植栽してから5年次、コンテナ苗は植栽してから6年次）のデータ。
※エラーバーは標準誤差。

・胸高直径について、F2系統と在来系統を比較したところ、コンテナ苗と裸苗に関わらずF2系統の方が裸苗よりも大きい傾向が見られた。

結果　①②の結果による系統評価



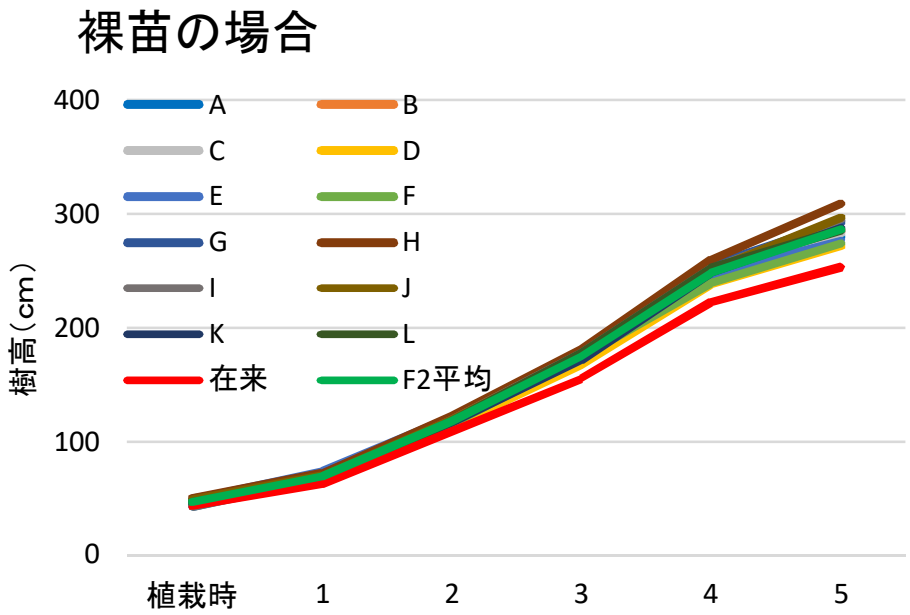


図. 植栽後のF2（エリートツリー同士の交配）12系統及び在来種苗コンテナ苗（左）と裸苗（右）の樹高評価値の推移

※1 各年次における樹高は、全平均値と育苗方法の固定効果（BLUE値）と各系統変量効果（BLUP値）を加算して求めた。

・エリートツリー同士の交配家系（F2系統）によって成長特性は異なり、系統の順位の変動は少なく、系統間差は徐々に大きくなる傾向が見られた。

結果　③植生調査（山川ら2011の指標（P21））

1．8m植栽　コンテナ苗　C1（67%）、C2（33%）

種類	平均植生高（cm）	SDR ※1	順位
ススキ	140	99	1
アカメガシワ	87	61	2
アズマネザサ	60	53	3
モミジイチゴ	100	47	4
ウワミズザクラ	145	43	5

1．8m植栽　裸苗　C1（100%）

種類	平均植生高（cm）	SDR ※1	順位
ススキ	132	79	1
ウワミズザクラ	160	61	2
ミヤコザサ	70	53	3
セイダカアワダチソウ	150	48	4
アカメガシワ	73	45	5

2．5m植栽　コンテナ苗　C1（67%）、C2　（33%）

種類	平均植生高（cm）	SDR ※1	順位
ススキ	157	77	1
アズマネザサ	76	75	2
アカメガシワ	105	69	3
イヌザンショウ	155	59	4
ヌルデ	75	52	5

2．5m植栽　裸苗　C1（67%）、C2（33%）

種類	平均植生高（cm）	SDR ※1	順位
ススキ	146	74	1
アズマネザサ	86	74	2
セイダカアワダチソウ	151	59	3
ヤマグワ	123	58	4
アカメガシワ	98	57	5

3．0m植栽　コンテナ苗　C1（83%）、C2（17%）

種類	平均植生高（cm）	SDR ※1	順位
ススキ	144	77	
アズマネザサ	71	65	
ミヤコザサ	42	55	
アカメガシワ	93	51	
ヤマウルシ	98	46	

3．0m植栽　裸苗　C1（67%）、C2（33%）

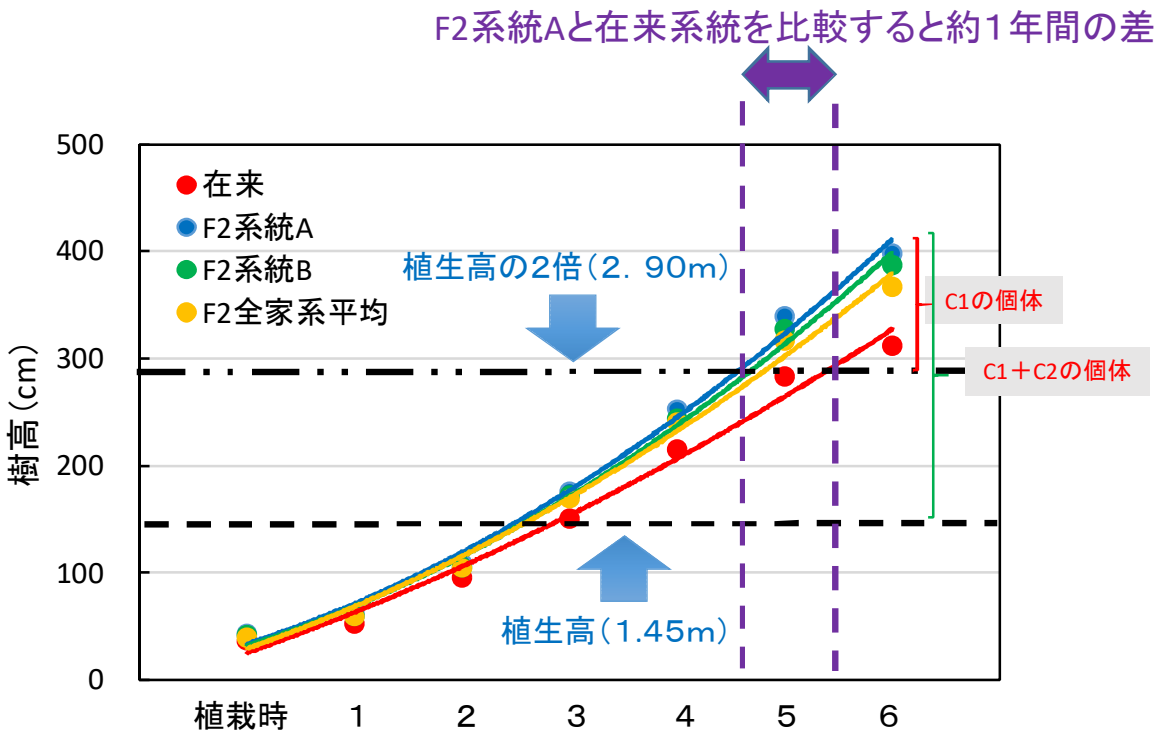
種類	平均植生高（cm）	SDR ※1	順位
ススキ	151	85	1
ミヤコザサ	55	56	2
アズマネザサ	68	49	3
アカメガシワ	95	47	4
クマイチゴ	92	47	5

※1 積算優占度（SDR）　＝　（植生高比数＋被度比数＋頻度比数）／3

SDRトップのススキの平均植生高⇒1.45m

下刈り終了時期：植栽木の半数が、C1の状態（平均植生高1.45mの2倍となる樹高2.90m）になった時

結果　③植生調査（下刈り回数の軽減状況）

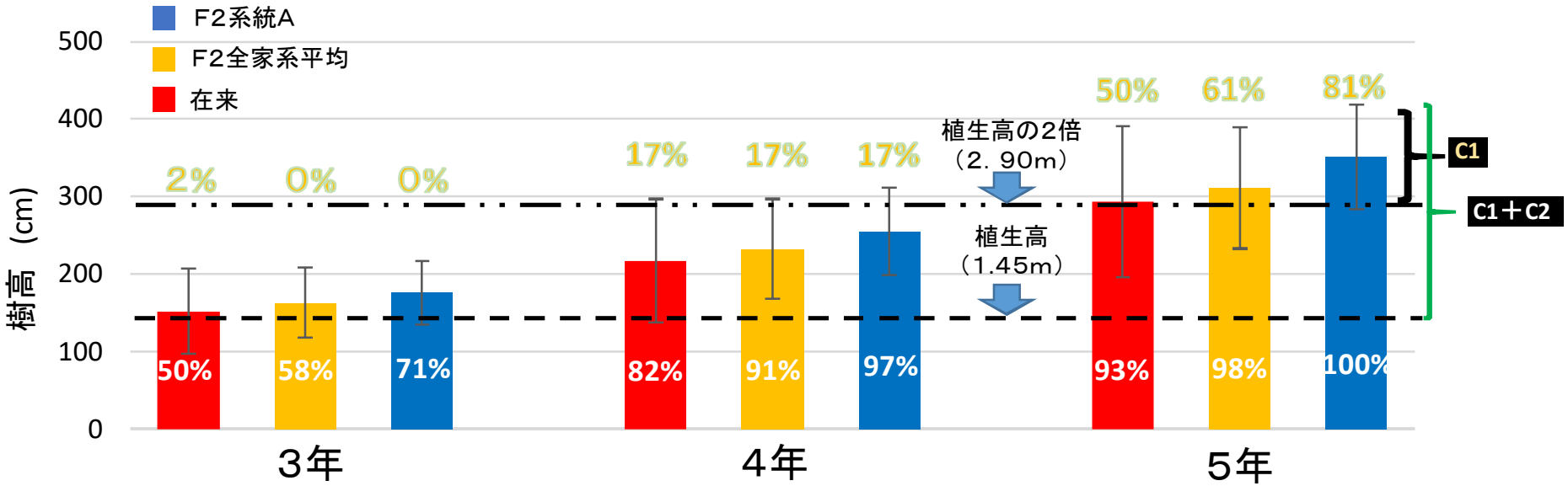


※植栽した$F_2$12系統のうち、6年次の樹高が最も高い系統を「F_2系統A」、6年次の樹高が2番目に高い系統を「F_2系統B」として区分

図．植栽後のF_2優良系統と在来種苗のコンテナ苗の樹高成長

- 当試験地は、ススキが優占する試験地である。令和2年8月現在、植栽木と周囲の雑草木との競合状態の多くはC1であり、樹冠は雑草木から半分以上露出していた（下刈りは3回（3年次まで）実施）。
- 植栽木の半数がC1（植生高1.45mの2倍の樹高2.90m）になる時期を比較した場合、在来種苗に対してF2系統Aは概ね1年ほど早く、下刈り回数軽減の可能性があると考えられた。

結果　③植生調査（植栽木の成長のばらつきと競合状態）

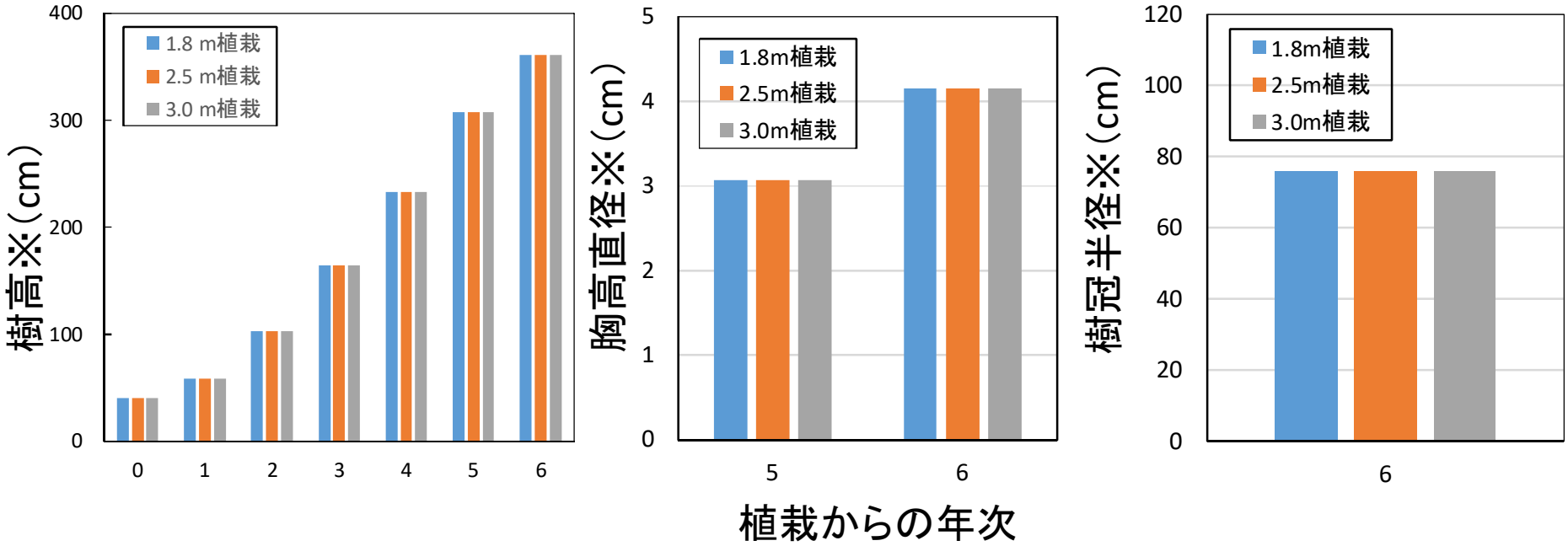


図．植栽後のF_2系統と在来種苗の樹高の分布

※エラーバーは標準偏差を表す。

- 植栽3年目において、C1の状態の個体の割合（同様に、C1＋C2の状態の個体の割合）は、在来種苗、F2全系統、及びF2の中で最も成長が優れた家系Aで、それぞれ2%（50%）、0%（58%）及び0%（71%）だった。
- 植栽4年目において、C1の状態の個体の割合（同様に、C1＋C2の状態の個体の割合）は、在来種苗、F2全系統、及びF2の中で最も成長が優れた家系Aで、それぞれ17%（82%）、17%（91%）及び17%（97%）だった。
- 植栽5年目において、C1の状態の個体の割合（同様に、C1＋C2の状態の個体の割合）は、在来種苗、F2全系統、及びF2の中で最も成長が優れた家系Aで、それぞれ50%（93%）、61%（98%）及び81%（100%）だった。

結果　④樹冠幅調査（検定林移行後に検証）



図．各植栽密度における植栽後の樹高、胸高直径、樹冠半径の比較

※各植栽密度区の樹高・胸高直径・樹冠半径は、全平均値と植栽密度の固定効果の推定値（BLUE値）を加算して求めた。（P19参照）

※ 植栽密度による樹高と胸高直径・樹冠半径の効果は求められなかったため、標準誤差は検出されなかった。

・現時点では成長量への植栽密度の影響はみられなかった。

まとめ

成果

① 活着の検証結果（前期課題）
　F2系統の植付後の活着率は、在来系統と同等

② 成長量の検証結果（エリートツリーの特性評価）
・樹高成長　F2系統は、在来系統に比べて大きい傾向
・直径成長　F2系統は、在来系統に比べて大きい傾向
・系統評価　F2の中でも系統間差があり、年々拡大する傾向

③ 下刈りの必要回数の軽減（保育経費の削減の可能性）
・F2系統は、従来の在来系統に比べて下刈り回数軽減の可能性がある。

④ 植栽密度による違い（現状の整理・記録）
・植栽密度による違いは現時点では見られない
・更なる経過観察が必要

・①～③の成果より、エリートツリー（F2系統）は植栽初期の段階において、在来系統に比べて成長が早く、現地の植生によっては下刈り回数軽減の可能性があるという点で優位であることがわかった。

試験地の今後の取扱い

＜開発期間後の取り扱い＞

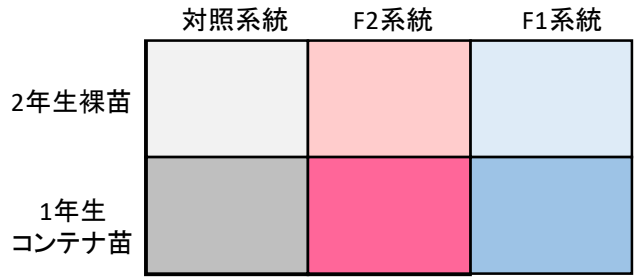
◆ 森林技術・支援センターが国有林におけるエリートツリーの植栽の一事例として展示活用する

◆ 検定林（遺伝試験林）に設定し、林木育種センターが定期的に調査を実施する（20年次までは5年毎、21年次以降は10年毎主伐時まで継続予定）

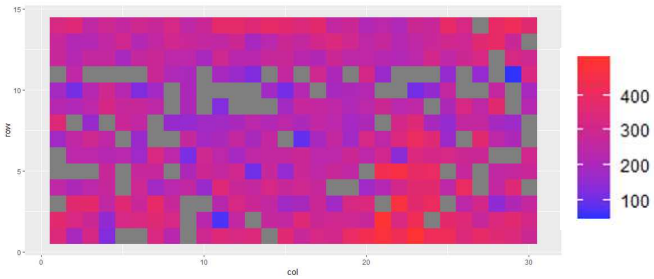
（参考）統計手法

スギは一般的に、谷や斜面下部で成長良、
尾根や斜面上部で成長不良

13ブロック植栽図

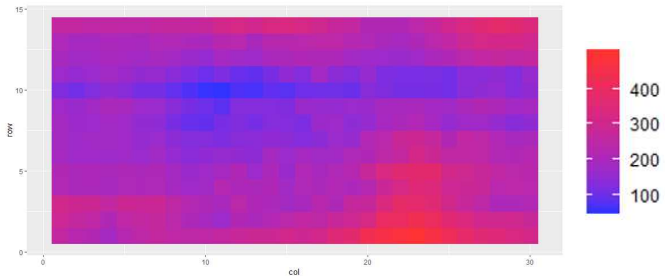


樹高の生データ



空間自己相関解析によりブロックごとに
地形や環境の影響を算出

地形や環境の影響を除いた樹高データ



より精度の高い系統評価や
育苗方法の評価が可能

全ブロックのデータを統合し、BLUP法により解析

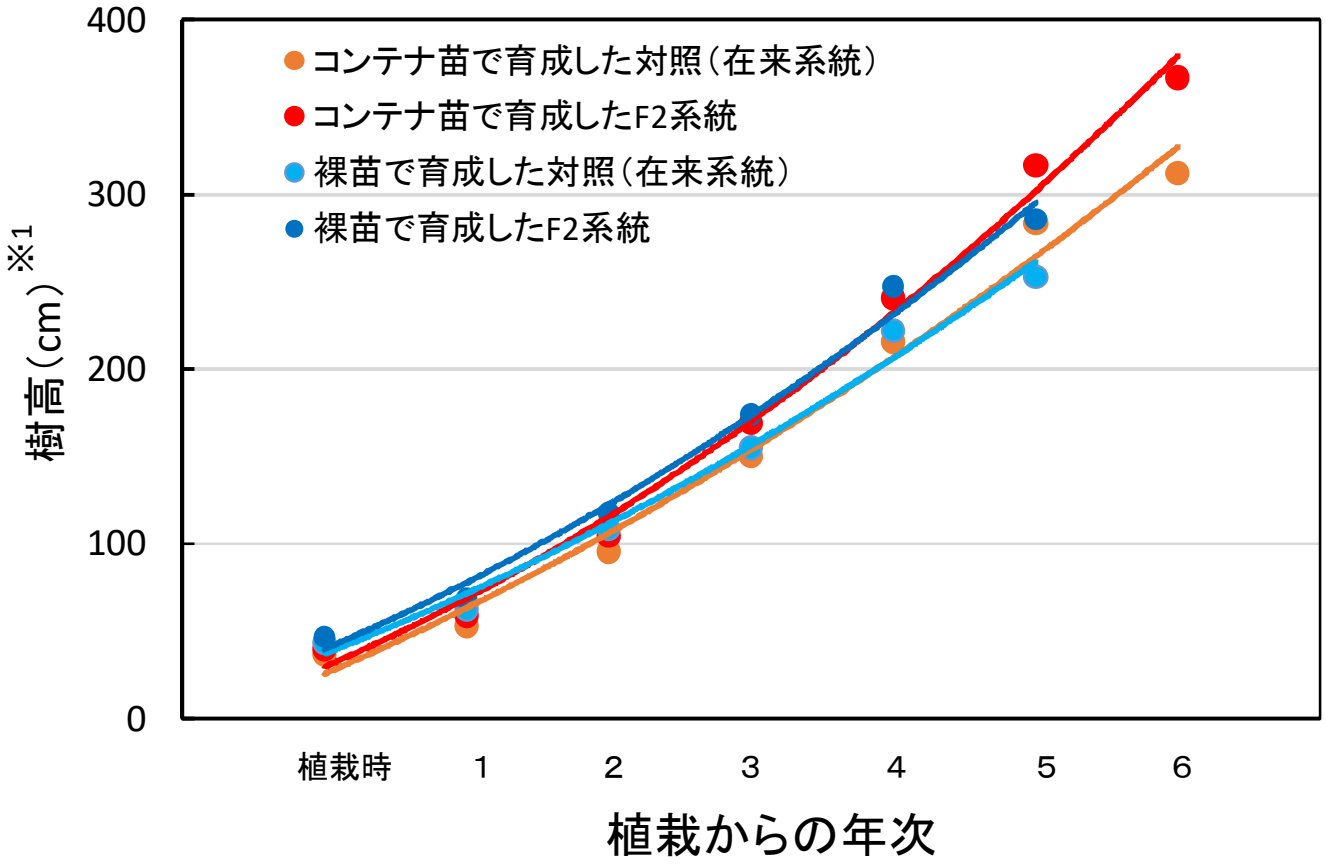
・系統・家系ごとの成長特性評価
・育苗方法等の影響
・植栽密度の影響

モデル式　樹高 ＝ 全平均 ＋ 育苗方法 ＋ ブロック ＋ 植栽密度 ＋ 系統・家系 ＋ 残差

［固定効果］　［固定効果］　［固定効果］　［変量効果］

（参考） 結果 ②生長量調査（樹高）

育苗方法の違いによるエリートツリー同士の交配家系（F2系統）の樹高特性



※1 樹高は、全平均値と育苗方法の固定効果（BLUE値）と各家系の変量効果（BLUP値）を加算して求めた。

・エリートツリー同士の交配家系（F2系統）の成長の優秀性は、育苗方法（コンテナ苗、裸苗）が異なっても発揮していた。

（参考）　植栽木と雑草木の競合（山川ら2011）

C1：　スギ植栽木の樹冠が周辺の雑草木から1/2以上露出する

C2：　スギ植栽木の先端部だけが周辺雑草木から露出する

C3：　スギ植栽木と周辺雑草木が同じ高さ

C4：　スギ植栽木が周辺雑草木に完全に埋れている

の4段階で判定