

第4章 生産方法と苗木の品質

4-1 目的と方法

4-1-1 背景と目的

本事業1年目（平成31(2019)年度）において、コンテナ苗生産に関するヒアリングを行った全国の生産者からコンテナ苗を購入し、各種測定を行い、苗木の生産方法と苗木の品質がどのように関係するかを調査した。購入した苗木は、解体調査と植栽後の毎木調査（活着・成長調査）に分けて調査を行い、その結果を総合して評価した。

4-1-2 方法

本事業1年目（平成31(2019)年度）において、表4-1に示す生産者のコンテナ苗を購入した。購入した苗木は3-1-2に示す方法で各種測定した。各生産者から購入した苗木40本ずつのうち大きさを考慮して2つのグループに分けた。一つは、根鉢の硬度や落下試験を行った後、地上部・地下部を切り分けて乾燥重量等の測定に供するグループ（解体調査）と、もう一つは、苗長や根本径を計測した後、活着やその後の成長を調査するため、熊本県阿蘇市波野（標高650m）にある畑に植栽するグループ（毎木調査）である。本事業2年目（令和2(2020)年度）では、初期成長の測定と堀取って根の発根状況の分析調査を行った。

表 4-1 購入した苗木の生産者の都道府県と購入した苗木の本数（本）

No.	都道府県	調査対象樹種、購入本数					
		スギ 150cc	スギ 300cc	ヒノキ 150cc	ヒノキ 300cc	カラマツ 150cc	カラマツ 300cc
1	北海道					40	
2							40
3						40	
4	岩手県	40				40	
5		40				40	
6	宮城県	40					
7		40					
8		40					
9						40	
10	秋田県	40				40	
11		40					
12		40					
13	石川県		40				
14	長野県			40		40	
15				40		40	
16					40	40	
17	愛知県	40		40			

No.	都道府県	調査対象樹種、購入本数					
		スギ 150cc	スギ 300cc	ヒノキ 150cc	ヒノキ 300cc	カラマツ 150cc	カラマツ 300cc
18	三重県	40		40			
19	島根県	40		40			
20		40		40			
21	広島県	40		40	40		
22	徳島県	40					
23		40					
24		40					
25		40					
26		40					
27	高知県	40		40			
28		40		40			
29	熊本県		40		40		
30			40		40		
31	大分県		40				
32	宮崎県		40				
33			40				
34			40				
35	鹿児島県	40	40				

注：下線部は、挿木

4-2 解体調査の測定結果及び解析

4-2-1 測定結果

解体調査における苗木の測定結果の平均値と標準偏差をまとめ、スギ、ヒノキ、カラマツについてそれぞれ表 4-2～表 4-4に示す。なお、この表では、今後の出荷基準の一つになる可能性がある根系被覆率の小さい方から順に整理した。

出荷の基準となりうる指標である苗長、根元径、根系被覆率を見ると、スギは苗長の平均が 39.9～71.1cm の範囲であり、根元径の平均が 4.5～8.5mm の範囲内であった。根系被覆率の平均は、7.1～69.4% であり、挿木系の方が実生系よりも根系被覆率が低い傾向にあった。ヒノキは、苗長の平均が 43.0～65.6cm の範囲内であり、根元径の平均が 4.1～6.8mm の範囲内であった。根系被覆率の平均は、17.6～71.0% の範囲内であった。カラマツは、苗長の平均が 28.7～61.1cm の範囲内であり、根元径の平均が 5.1～8.0mm の範囲内であった。根系被覆率の平均は、9.4～31.9% の範囲内であり全体的にスギ、ヒノキよりも根系被覆率は低い傾向にあった。なお、平均苗長が他の生産者よりも短い No. 3 のカラマツ（北海道）の苗木は購入時に 1 号苗（苗長 30cm 以上）がなかったため、2 号苗（苗長 25cm 以上 30cm 未満）を購入した。

表 4-2 スギの各種測定結果（根系被覆率順）

地域	生産者 No.	容量	苗長 (cm)		根元径 (mm)		地上部絶乾重量 (g)		地下部絶乾重量 (g)		根系被覆率 (%)		根鉢硬度上部 (cm)		根鉢硬度下部 (cm)		脱落土 (g)		根鉢底根	白根
			平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	(%)	(%)
大分	29(挿)	300	49.9	4.2	8.5	0.8	22.1	3.0	11.7	5.8	7.1	2.2	12.9	3.2	4.1	3.4	255.4	35.4	0	0
宮崎	34(挿)	300	53.2	6.6	5.4	0.7	12.8	4.8	3.0	1.1	10.3	2.4	5.4	2.1	5.8	3.2	204.9	35.6	10	100
宮崎	33(挿)	300	39.9	2.4	6.5	0.9	11.2	2.5	3.7	1.0	11.3	2.8	11.9	3.3	7.3	2.4	157.0	16.3	45	100
熊本	31(挿)	300	40.1	4.9	6.7	0.6	17.0	4.2	4.4	1.2	13.4	6.0	9.8	4.8	12.4	3.8	200.8	33.5	100	95
愛知	17	150	47.5	5.7	5.1	0.8	9.2	2.6	2.7	0.9	16.0	7.4	11.5	4.1	6.7	5.5	68.6	44.6	75	70
広島	21	150	52.6	6.4	5.0	0.7	8.3	2.6	1.9	0.8	17.9	6.8	10.6	4.1	3.9	4.3	72.3	17.6	45	50
岩手	5	150	40.3	4.0	5.0	0.5	7.9	1.4	2.5	1.2	19.0	13.2	10.6	4.4	2.8	3.0	78.2	14.3	0	90
宮崎	32(挿)	300	46.6	3.5	8.2	1.3	18.6	4.5	6.8	1.9	19.8	6.2	10.1	4.1	10.7	3.3	196.8	19.6	5	85
島根	19	150	45.0	4.5	6.1	1.1	10.2	2.2	3.6	1.1	20.9	7.3	17.2	1.9	17.4	2.7	110.0	69.2	80	95
石川	13	300	45.3	2.8	7.0	0.7	12.5	1.7	6.3	2.4	30.9	8.6	12.4	2.1	12.8	2.5	206.9	18.5	90	100
鹿児島	35(挿)	300	59.8	5.8	7.4	0.7	19.0	2.8	9.3	2.5	32.3	9.5	10.0	4.0	14.5	2.7	195.7	15.7	95	100
岩手	4	150	45.6	6.0	5.6	0.9	10.7	2.8	3.0	0.9	32.3	11.3	12.9	2.8	8.1	4.3	123.5	19.8	90	100
熊本	30(挿)	300	56.6	6.1	6.9	0.6	20.2	3.1	5.1	0.8	32.6	8.3	14.1	1.9	13.7	2.0	224.3	16.4	75	95
徳島	26	150	45.2	5.9	5.3	0.7	8.9	1.4	4.1	0.7	33.0	6.3	17.1	1.9	14.8	1.9	128.9	5.8	95	100
宮城	8	150	46.7	3.1	6.8	0.8	14.7	3.3	3.6	1.1	38.3	10.5	20.8	1.9	10.2	4.9	112.9	72.0	100	100
鹿児島	35(挿)	150	51.4	4.3	7.1	1.3	17.4	2.3	6.7	1.4	38.9	12.2	16.0	3.8	19.5	3.4	133.9	10.9	95	100
高知	28	150	71.1	6.3	7.0	1.0	15.9	4.7	4.3	1.8	40.0	16.3	16.0	2.8	11.3	6.0	133.4	23.9	75	40
秋田	12	150	63.0	6.3	6.2	1.0	11.9	2.7	4.2	1.7	43.0	9.8	15.6	2.5	17.1	4.2	168.7	10.1	100	95
秋田	11	150	42.2	3.4	5.8	0.7	9.2	1.3	3.4	1.2	43.9	15.9	16.1	2.2	10.4	5.3	95.6	13.2	95	95
高知	27	150	51.0	5.1	5.4	0.5	8.3	1.6	3.0	0.7	47.1	11.0	12.3	2.3	11.3	2.3	96.7	11.2	95	100
宮城	6	150	62.9	5.3	6.7	0.6	17.1	2.6	3.9	1.0	47.8	11.5	16.6	2.6	13.7	3.3	115.2	72.8	100	100
徳島	22	150	43.7	4.5	5.3	0.6	9.0	2.1	4.0	1.3	48.3	17.9	12.3	2.1	12.0	2.0	144.2	9.9	95	100
徳島	25	150	45.2	5.6	4.6	0.6	6.9	2.2	2.7	1.0	49.1	22.5	11.6	2.9	8.6	1.8	109.3	9.0	65	100
三重	18	150	54.8	7.6	5.7	1.1	11.5	3.4	3.8	1.4	49.9	24.3	15.2	3.3	13.5	5.1	82.0	53.7	85	100
秋田	10	150	41.7	2.1	6.4	0.5	10.2	1.2	3.7	0.7	50.3	10.5	14.0	2.6	14.6	1.5	94.1	11.1	100	100
島根	20	150	53.3	6.4	5.8	0.8	14.0	2.7	4.8	1.5	53.8	17.9	16.8	2.5	14.3	3.0	83.8	52.7	100	95
宮城	7	150	49.4	5.5	6.1	1.2	11.6	4.2	4.0	1.3	55.8	14.5	20.4	2.8	14.8	4.7	112.7	74.9	100	100
徳島	24	150	50.8	5.3	5.6	0.6	9.3	1.9	3.5	1.0	59.3	15.8	12.2	2.4	10.2	2.9	113.8	11.6	100	100
徳島	23	150	50.9	3.4	6.6	0.9	14.8	3.9	6.4	2.2	69.4	15.9	15.6	2.4	15.7	2.5	141.4	12.9	100	100

※（挿）は、挿木系を示す。

表 4-3 ヒノキの測定結果（根系被覆率順）

地域	生産者No.	容量	苗長(cm)		根元径(mm)		地上部絶乾重量(g)		地下部絶乾重量(g)		根系被覆率(%)		根鉢硬度上部(cm)		根鉢硬度下部(cm)		脱落土(g)		根鉢底材	白根
			平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	(%)	(%)
愛知	17	150	43.0	5.6	4.1	0.4	6.7	1.4	2.8	0.6	17.6	4.8	13.7	2.3	8.8	1.8	80.2	51.0	100	100
広島	21	300	43.9	5.4	4.6	0.5	6.1	1.5	2.5	0.8	18.1	8.2	6.7	2.7	4.9	3.5	113.8	16.8	5	30
長野	16	300	49.6	4.9	4.4	0.6	7.2	2.1	3.5	1.6	24.8	17.0	10.2	4.2	8.1	2.7	163.3	38.4	65	55
長野	15	150	65.6	6.2	6.6	0.9	11.8	1.8	4.2	1.0	26.5	5.2	13.6	2.8	6.9	2.6	128.5	20.6	95	100
長野	14	150	59.0	3.2	4.8	0.5	6.9	1.1	3.5	0.8	26.8	11.3	15.1	2.1	11.0	2.1	132.5	14.0	95	100
広島	21	150	44.4	4.7	4.2	0.6	4.8	1.3	2.7	0.8	28.8	10.1	12.9	2.9	9.9	3.9	102.8	12.8	10	0
熊本	30	300	54.0	7.2	6.8	0.7	11.8	2.5	5.0	1.7	31.9	11.5	13.3	1.6	6.9	3.5	199.5	18.6	30	5
島根	19	150	47.2	5.7	5.1	0.5	7.5	1.7	3.6	0.5	38.6	8.6	16.8	1.4	14.3	1.9	104.2	65.4	100	5
高知	28	150	63.7	4.7	5.5	0.8	9.2	2.2	3.9	0.8	48.8	16.6	13.7	2.6	7.7	3.2	119.3	10.1	80	15
熊本	31	300	51.4	4.9	6.3	0.8	13.8	3.6	5.1	1.8	51.6	16.2	15.6	3.3	11.4	3.5	215.1	21.1	100	35
高知	27	150	57.2	5.3	5.5	0.4	8.8	1.5	2.8	0.8	58.3	14.9	11.7	2.5	11.8	2.0	105.8	7.7	100	35
島根	20	150	55.5	4.6	4.8	0.4	8.8	1.9	3.2	0.7	59.0	13.6	14.7	2.3	8.6	2.7	85.7	54.8	75	45
三重	18	150	64.5	8.4	5.5	0.7	10.6	2.4	5.0	1.5	71.0	19.7	16.2	2.2	10.9	3.6	75.2	48.3	45	10

表 4-4 カラマツの測定結果（根系被覆率順）

地域	生産者No.	容量	苗長(cm)		根元径(mm)		地上部絶乾重量(g)		地下部絶乾重量(g)		根系被覆率(%)		根鉢硬度上部(cm)		根鉢硬度下部(cm)		脱落土(g)		根鉢底材	白根
			平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	(%)	(%)
北海道	1	150	58.2	8.3	6.6	0.8	5.3	1.4	3.3	1.3	9.4	5.7	12.8	5.3	8.4	6.0	103.4	24.1	10	0
北海道	3	150	28.7	1.3	5.9	0.9	4.8	10.0	3.2	1.2	10.8	4.1	12.6	3.4	11.1	4.5	115.6	18.9	55	15
長野	15	150	48.7	4.7	5.8	0.7	3.5	0.8	2.9	0.7	11.3	2.8	15.4	1.8	9.7	3.9	134.5	19.0	45	5
長野	16	150	43.8	3.6	5.2	0.6	2.9	0.6	3.0	0.9	11.4	3.2	12.0	3.3	12.3	2.5	105.6	13.0	90	95
岩手	5	150	52.5	5.0	6.5	0.9	5.2	1.0	4.2	0.8	11.5	4.1	14.5	3.3	9.9	3.0	97.4	8.9	40	0
宮城	6	150	57.6	4.5	6.1	0.5	4.2	0.8	2.5	0.5	11.9	2.5	8.7	3.5	8.4	0.8	82.2	52.2	100	95
北海道	2	150	34.2	2.3	5.1	0.6	2.2	0.5	2.1	0.6	15.4	4.5	8.7	2.6	10.1	2.5	41.1	10.5	100	100
宮城	9	150	41.2	4.1	6.8	1.4	4.5	1.1	4.0	1.0	16.3	3.8	16.6	3.0	13.2	4.8	100.3	16.0	95	100
岩手	4	150	54.8	7.5	7.4	0.8	5.3	0.9	4.2	1.0	20.4	6.7	15.9	2.3	12.9	3.8	130.1	8.8	100	60
長野	14	150	41.0	3.1	6.4	0.9	4.1	0.9	4.1	1.8	20.4	9.5	13.3	3.2	10.0	3.3	110.9	19.1	55	15
宮城	7	150	53.2	5.9	7.2	1.2	5.5	2.5	5.0	1.7	21.4	6.5	20.2	1.6	15.4	4.2	107.3	67.7	100	35
宮城	6	300	51.0	4.4	7.6	0.8	6.1	1.4	4.2	1.2	22.9	8.1	11.9	4.7	8.6	4.0	207.3	43.7	95	75
秋田	10	150	61.1	1.3	8.0	0.9	6.4	1.0	4.2	1.2	31.9	8.9	17.6	2.2	10.9	3.2	106.8	12.1	90	30

4-2-2 解析方法

4-2-1の解体調査で得られたデータを用いて、苗木の生産・育苗方法との関係性及び今後の規格の基準の整理のため、各種測定値との関係性を解析し流通しているコンテナ苗の実態を把握する。さらに、植栽後の毎木調査とも今後この結果と連関させて苗木の育苗方法と苗木の品質についての関係性を明らかにする。

解析方法については、各種の測定値を齋藤ら（2019）の解析方法に従い、主に線形回帰によって関係性を調べた。根元径と苗長については、樹種ごとに散布図を作成し、コンテナ容量と形状比の分布の関係性を大まかに把握した。苗長及び根元径と根の絶乾重量は、散布図を作成し、ガンマ分布（リンク関数をLogとする）を仮定した一般化線形モデル¹による回帰直線を引いて傾向を把握した。

根元径と脱落土、根鉢の硬度（根鉢上部と根鉢下部それぞれの平均値）及び根系被覆率の関係についても散布図を作成し、ガンマ分布（リンク関数をLogとする）を仮定した一般化線形モデルによる回帰直線を引いて傾向を把握した。

なお、以後の解析は全て R² ver. 3.5.2 を用いて行った。

¹ 回帰分析の一種。線形回帰は、残差が正規分布のデータしか扱えないが、一般化線形モデルは残差を任意の分布で扱える。Generalized Linear Models; GLMs。

² R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

4-2-3 解析結果

(1) 苗長と根元径の関係

樹種ごとに苗長と根元径の関係について、散布図を作成した結果を図 4-1 に示す。図中の点線は、それぞれ形状比 60、100、140 を示しており、それぞれの直線上にある点は、その形状比にあることを示している。形状比は、スギが 44.1~158、ヒノキが 54.8~156、カラマツが 38.1~122 で、カラマツの形状比が他の樹種よりも小さい傾向にあった。スギは、形状比が 60~100 で苗長が 50cm 前後に分布が集中していた。コンテナ容量については、150cc の方が 300cc よりも苗長が大きく形状比が高い苗木があった。挿木系の方が実生系よりも根元径が大きい傾向にあった。ヒノキは、形状比が 100 を中心として苗長が 50~60cm 周辺に分布している傾向にあった。コンテナ容量については、150cc の方が 300cc よりも苗長が大きく形状比が高い苗木があった。カラマツは、形状比 60~100 の間で苗長が 40~60cm 周辺に分布していた。

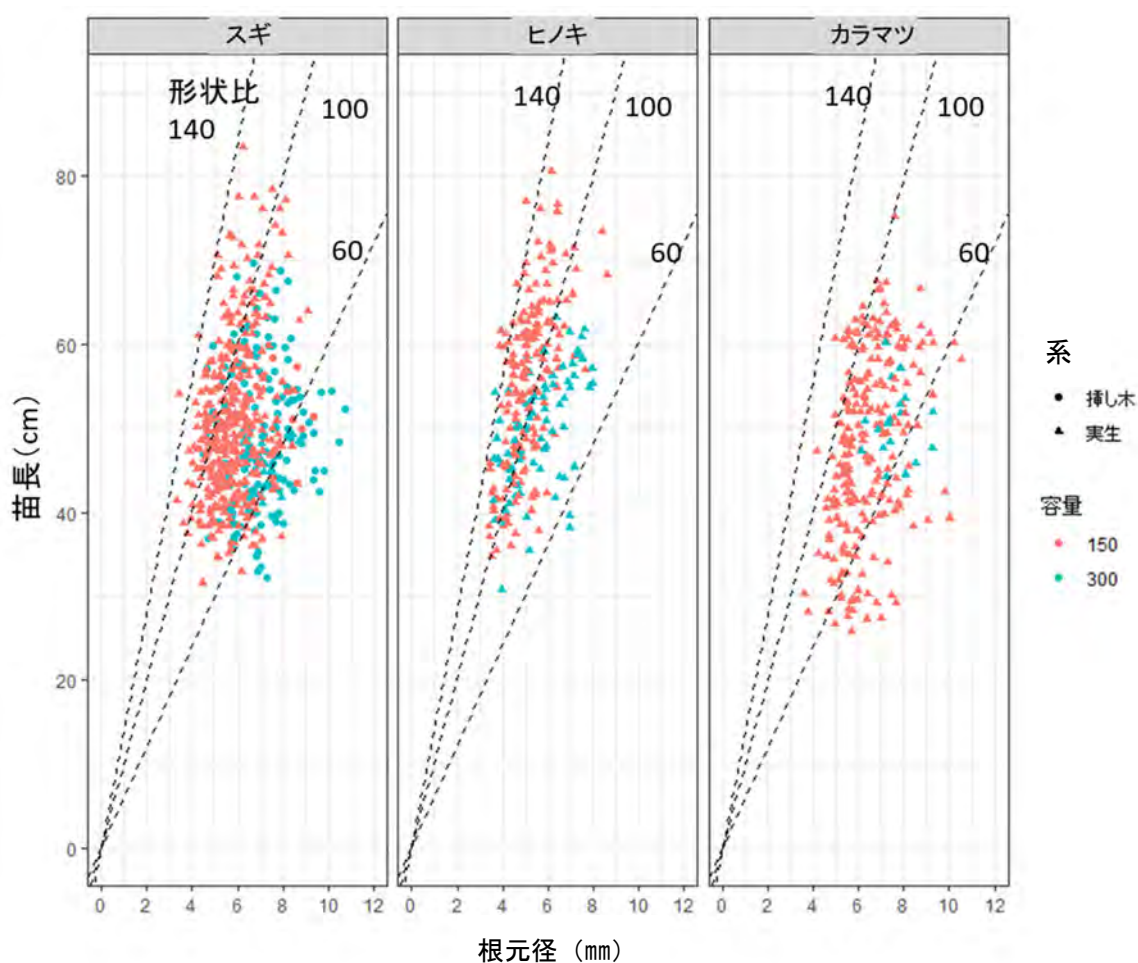


図 4-1 苗長と根元径の関係

（２）苗長及び根元径と根の量の関係

樹種ごとに苗長及び根元径と根の絶乾重量との関係について、散布図を作成した結果を図 4-2 ～ 図 4-3 に示す。苗長と根の絶乾重量は相関性が低い傾向にあるが、根元径と根の絶乾重量は強い相関性があることがわかり、根元径は根の量と関係している指標になる可能性が考えられた。そのため、後述の根鉢の解析は、根元径との関係性を解析した。

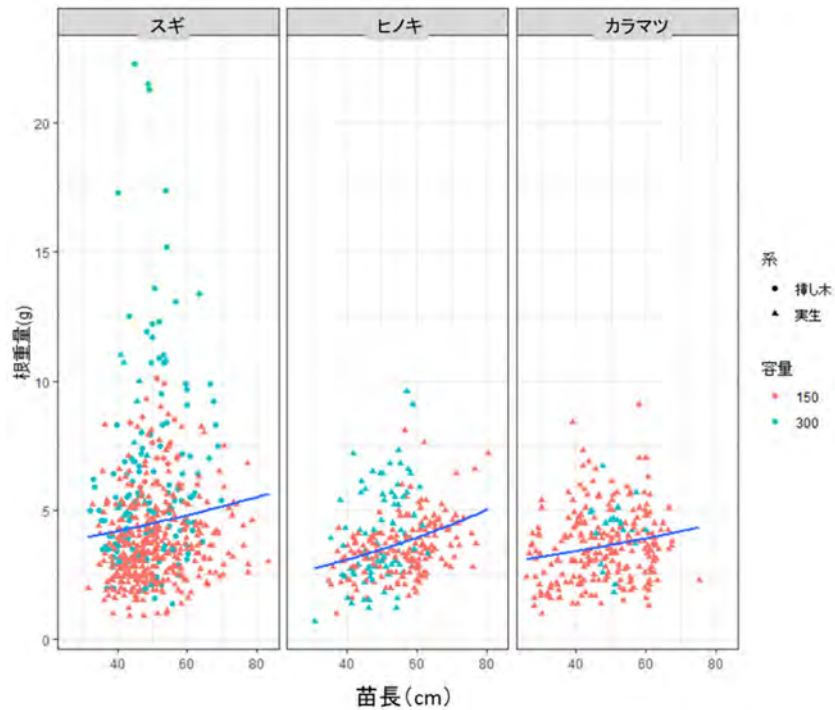


図 4-2 苗長と根の絶乾重量との関係

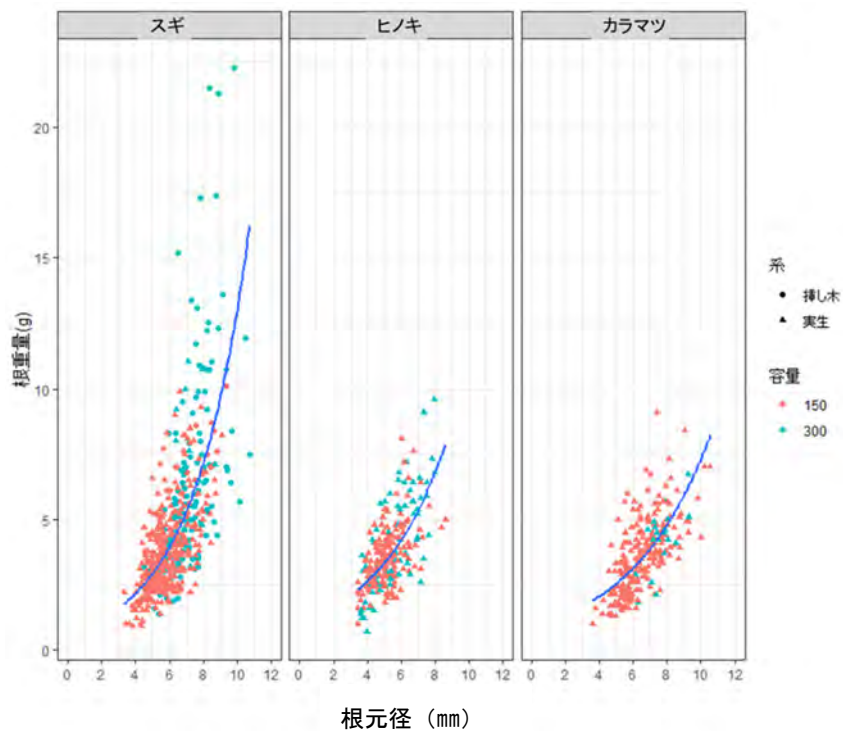


図 4-3 根元径と根の絶乾重量との関係

(3) 根元径と根鉢の関係

樹種ごとに根元径と根鉢の関係の解析として、根元径と脱落土、根鉢の硬度及び表面根被覆率の散布図を作成した。根元径と脱落土量の関係を図 4-4 に示す。コンテナ容量 300cc の方が脱落土の多い傾向にあった。これは、単純に培地容量が多く、その分根鉢形成に時間を要することが関係している可能性があると考えられる。根元径が大きいと脱落土量が減少する傾向にあるが、強い相関性は示していなかった。

根元径と根系被覆率との関係を図 4-5 ～図 4-6 に示す。スギについては挿木系と実生系に分けて作成した。いずれも根元径が大きくなると表面根被覆率が上昇する傾向にあるが、必ずしも当てはまらずバラツキが大きい傾向となった。

根元径と根鉢硬度の関係を図 4-7 に示す。いずれも根元径が大きくなると根鉢の硬度が上昇する傾向にあるが、必ずしも当てはまらずバラツキが大きい傾向となった。

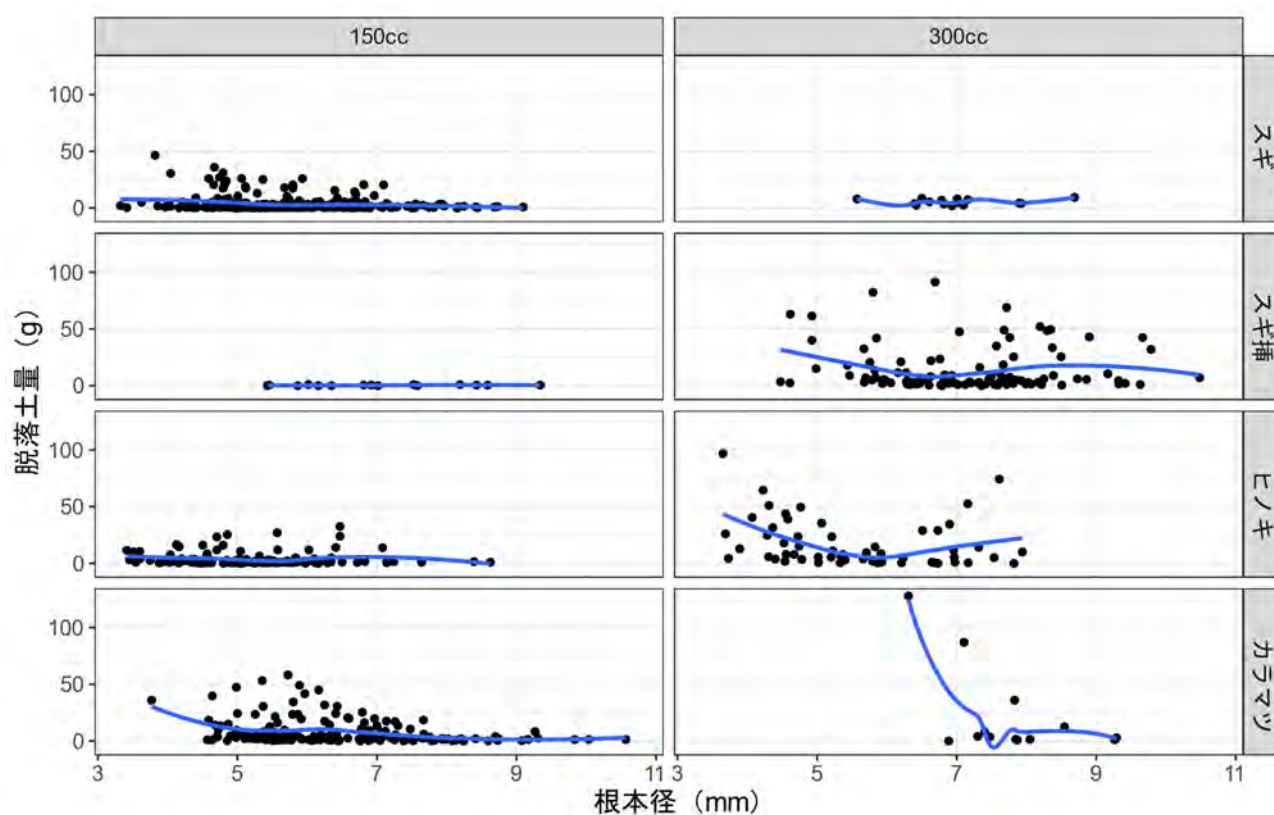


図 4-4 根元径と脱落土の関係

青線は、平滑化スプライン曲線³

³ 近似曲線的一种。ノイズを含んで観測した観測値から、2 階微分に基づく平滑度とのバランスを取りながら曲線を使用して関数を推定する手法。

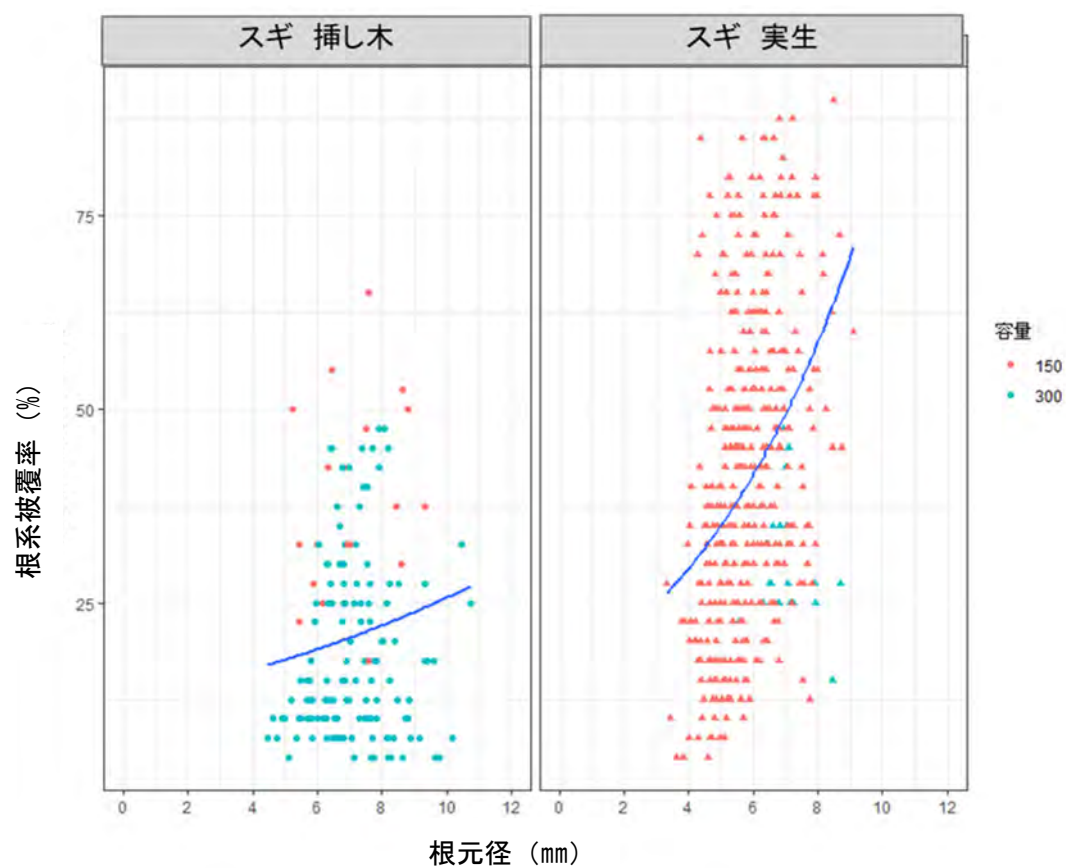


図 4-5 根元径と根系被覆率の関係（スギ）

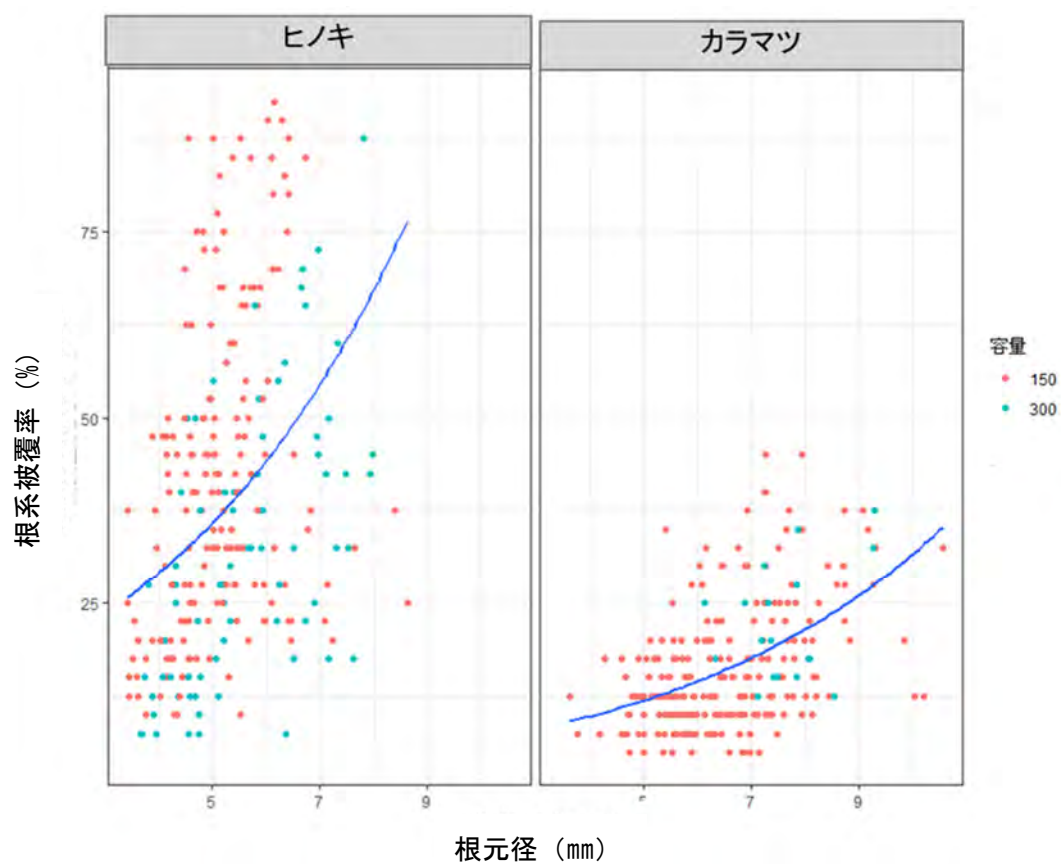


図 4-6 根元径と根系被覆率の関係（ヒノキ、カラマツ）

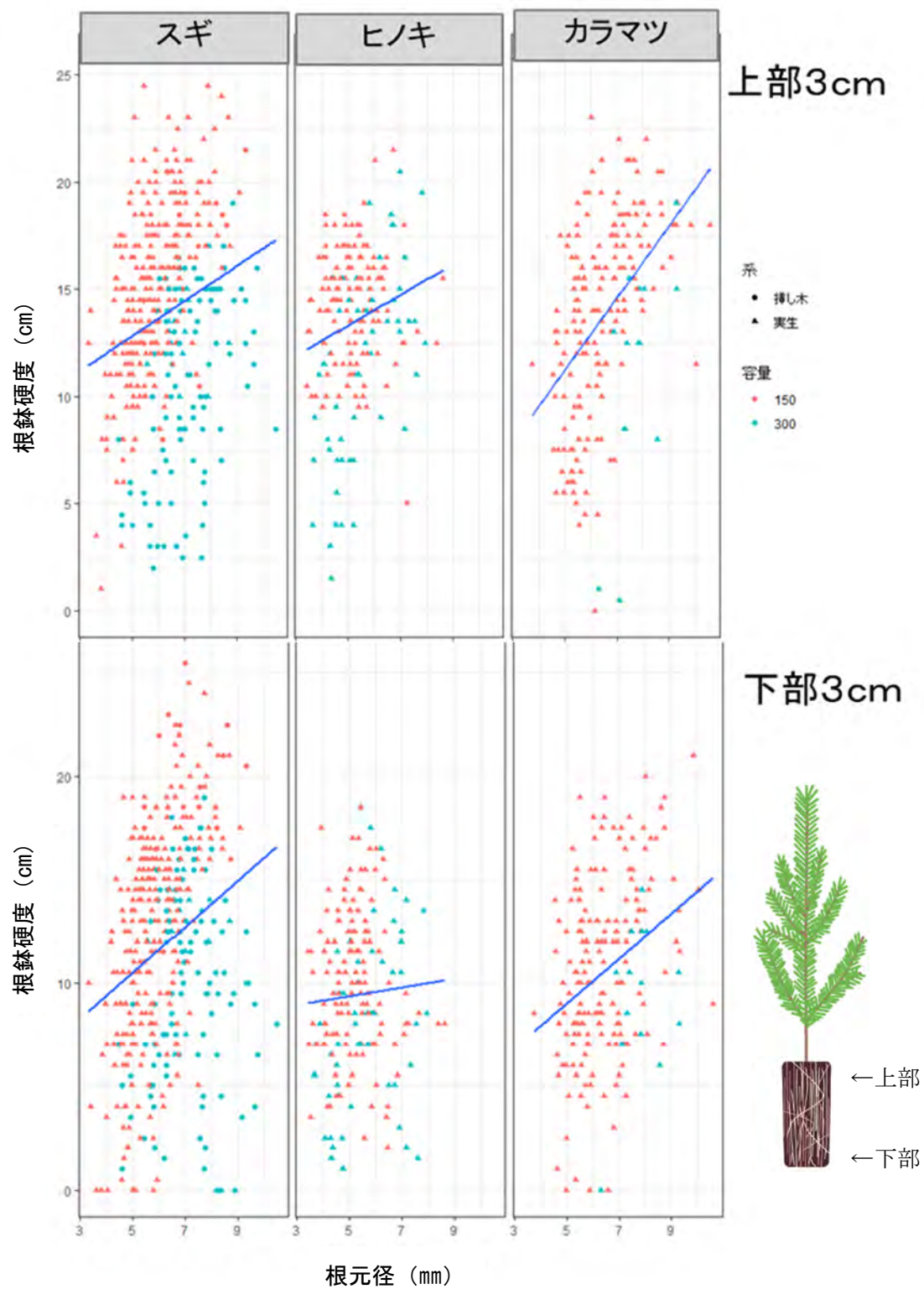


図 4-7 根元径と根鉢硬度との関係

4-2-4 考察とまとめ

苗長及び根元径と根鉢に関わる測定値との回帰分析の結果、根元径と根の量とは強い相関関係にあることがわかり、根元径が根の発達の指標としてなりうる可能性が示唆された。一方で根元径と根鉢の硬度、脱落土量、表面根被覆率については相関関係が強くなかった。これは、生産者ごとに異なる培地を使っていることや生産方法、育苗期間がことなることが考えられた。そのため、今後いくつかの条件を分けて解析をすることで、何が根鉢の発達に影響を及ぼしているか検討する。

4-3 植栽後の毎木調査結果

本事業1年目（平成31(2019)年度）において、同一な環境における苗木の活着・成長を調べるため、生産者から購入したコンテナ苗を熊本県阿蘇市（標高650m）の畑に令和2(2020)年1月から2月にかけて試験的に植栽した。植栽した苗木は、計55系統であった（表4-5）。苗木は55列、1列20本で植栽した（写真4-1）。植栽後、植栽木の生育状況、活着率と1成長期の成長量を計測した。計測した位置等を図4-8に示す。令和2(2020)年11月に植栽木を掘り上げて根の発根状態を調べた（写真4-2）。掘り上げた植栽木は、3-1-2の解体調査と同様に、各部を計測した後、地上部と地下部を分けて乾燥重量も計測した。

計測したデータを基に植栽後の樹高成長量及び地際径成長量と植栽前のコンテナ苗の計測値関係について調べた。



写真 4-1 植栽地の様子



写真 4-2 掘り取った植栽木

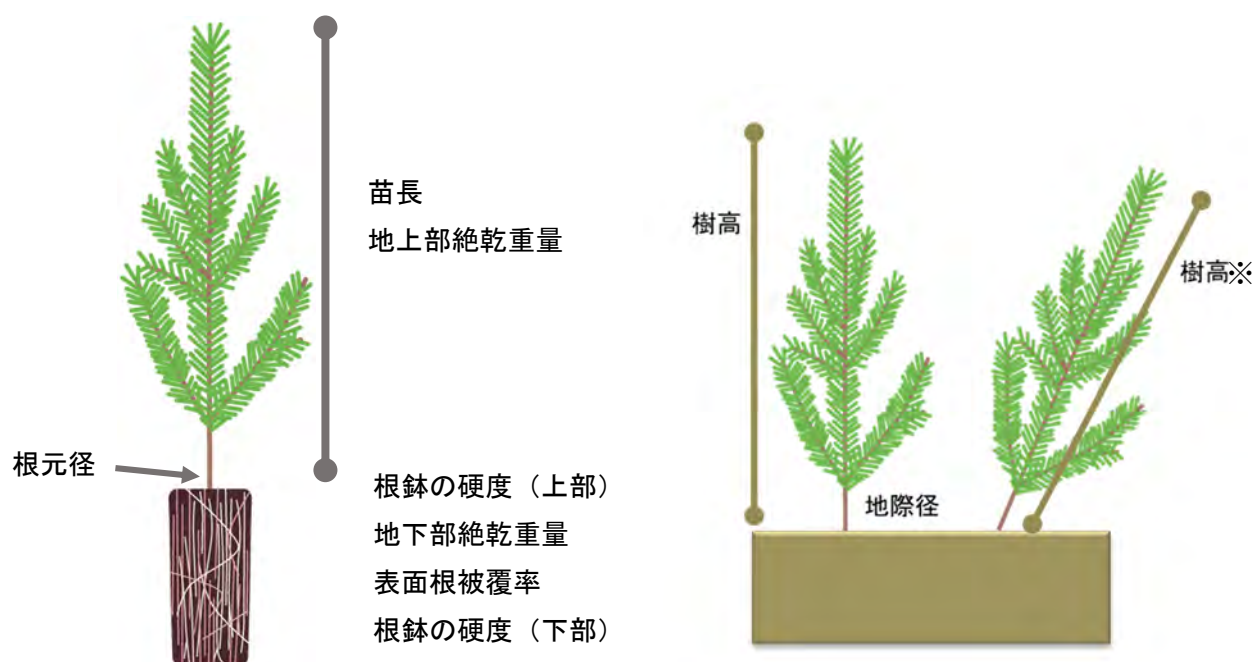


図 4-8 コンテナ苗の植栽前後の測定箇所

※傾斜木については、樹幹長を樹高として測定した。

表 4-5 毎木調査（活着・成長調査）に供した苗木の生産者番号と系統番号

生産者	都道府県	系統番号					
		スギ 150cc	スギ 300cc	ヒノキ 150cc	ヒノキ 300cc	カラマツ 150cc	カラマツ 300cc
1	北海道					29	
2							32
3						30	
4	岩手県	12				11	
5		9				8	
6	宮城県	44				43	42
7		47				48	
8		45					
9						33	
10	秋田県	21				22	
11		16					
12		10					
13	石川県		7				
14	長野県			19		20	
15				23		24	
16					18	17	
17	愛知県	54		55			
18	三重県	46		49			

生産者	都道府県	系統番号					
		スギ 150cc	スギ 300cc	ヒノキ 150cc	ヒノキ 300cc	カラマツ 150cc	カラマツ 300cc
19	島根県	53		52			
20		50		51			
21	広島県	14		13	15		
22	徳島県	36					
23		35					
24		31					
25		41					
26		34					
27	高知県	28		27			
28		25		26			
29	大分県		<u>1</u>				
30	熊本県		<u>40</u>		39		
31			<u>37</u>		38		
32	宮崎県		<u>2</u>				
33			<u>5</u>				
34			<u>6</u>				
35	鹿児島県	<u>4</u>	<u>3</u>				

下線部は、挿木

表 4-6 コンテナ苗の植栽前後の測定値（スギ）

No.	地域	容量	植栽前の測定										植栽後の毎木調査			
			苗長 (cm)		根元径 (mm)		生重量 (g)		根系被覆率 (%)		根鉢底根	白根	樹高 (cm)		地際径 (mm)	
			平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	(%)	(%)	平均	標準偏差	平均	標準偏差
29	大分(挿)	300	50.2	4.7	8.1	1.3	280.1	23.5	8.1	2.5	0	10	46.3	4.2	6.2	0.5
34	宮崎(挿)	300	54.2	6.2	5.5	0.6	211.3	30.4	10.3	1.8	25	100	50.6	7.2	5.2	0.6
33	宮崎(挿)	300	40.2	3.0	6.4	0.8	173.9	14.6	11.9	3.3	70	100	38.3	3.8	6.5	0.8
31	熊本(挿)	300	39.8	5.3	6.4	0.7	226.0	13.4	15.0	6.8	100	95	38.4	5.2	6.3	0.9
21	広島	150	52.9	5.9	5.0	0.8	82.6	8.7	16.6	8.7	40	15	49.9	6.2	4.5	0.6
19	島根	150	45.9	4.0	6.0	0.8	148.8	11.8	20.3	7.6	95	100	41.2	4.0	4.8	0.4
32	宮崎(挿)	300	46.7	2.9	8.6	1.6	211.5	19.8	20.8	7.4	0	80	42.4	3.6	6.7	1.0
17	愛知	150	48.5	6.4	5.3	0.8	110.4	17.6	22.3	12.5	55	45	41.9	6.8	4.0	0.5
5	岩手	150	40.4	3.9	5.1	0.5	93.8	10.4	22.4	10.6	0	85	38.3	3.7	5.0	0.4
4	岩手	150	45.8	5.4	5.3	0.6	127.8	12.7	32.4	11.0	85	100	43.7	5.0	5.1	0.4
8	宮城	150	46.0	3.4	6.4	0.3	158.2	16.4	33.1	10.2	100	100	42.9	3.4	5.6	0.4
22	徳島	150	43.6	4.5	5.3	0.6	143.7	9.6	35.4	15.8	90	100	41.0	4.3	4.3	0.5
28	高知	150	71.1	6.4	7.1	1.5	130.3	15.1	37.0	14.0	55	25	67.9	6.2	5.6	0.9
13	石川	300	45.8	3.0	7.0	1.0	229.8	21.7	38.1	8.5	100	100	42.9	3.8	6.1	0.8
12	秋田	150	63.0	6.2	5.8	0.9	168.3	13.3	41.0	14.3	95	100	59.3	6.3	5.6	0.6
35	鹿児島	300	61.4	5.4	7.4	0.8	200.3	19.5	41.4	12.4	60	100	56.6	5.3	6.8	0.6
26	徳島	150	45.7	5.7	5.9	0.8	132.4	8.8	41.8	10.9	100	100	42.6	5.7	5.0	0.6
18	三重	150	56.1	7.9	5.3	1.3	111.9	27.2	42.4	24.1	70	85	53.4	7.6	5.0	1.1
30	熊本(挿)	300	56.5	7.0	7.2	0.7	233.6	25.7	42.6	12.3	100	100	53.6	7.3	6.6	0.8
6	宮城	150	62.8	4.9	6.8	0.7	154.4	15.4	42.9	17.2	100	100	59.5	4.7	6.0	0.5
7	宮城	150	49.6	5.0	6.2	1.1	156.3	10.1	45.6	15.5	95	90	46.6	4.6	5.7	1.1
25	徳島	150	45.8	6.4	4.7	0.6	108.6	11.1	45.8	20.9	90	100	43.5	6.8	4.0	0.5
11	秋田	150	42.6	3.6	5.7	0.4	87.7	14.3	46.0	8.8	90	100	39.3	3.2	5.0	0.4
20	島根	150	54.4	7.1	5.8	0.5	116.3	11.8	48.1	11.4	100	100	49.2	7.2	5.1	0.6
24	徳島	150	51.5	5.1	5.3	0.7	116.8	15.4	50.5	18.4	70	100	47.4	4.3	4.9	0.6
10	秋田	150	41.5	1.6	6.2	0.5	89.4	16.4	53.6	8.4	100	100	38.2	1.8	5.2	0.5
35	鹿児島(挿)	150	51.5	4.7	7.4	1.2	132.6	12.3	54.6	8.9	100	100	46.2	4.6	6.3	0.7
27	高知	150	52.2	4.9	5.5	0.5	94.7	10.4	55.1	12.9	90	100	47.5	4.9	4.7	0.4
23	徳島	150	51.4	3.5	6.8	0.9	148.5	13.3	68.0	15.3	100	100	48.3	4.0	5.7	0.7

表 4-7 コンテナ苗の植栽前後の測定値（ヒノキ）

No.	地域	容量	植栽前の測定										植栽後の毎木調査			
			苗長 (cm)		根元径 (mm)		生重量 (g)		根系被覆率 (%)		根鉢底根	白根	樹高 (cm)		地際径 (mm)	
			平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	(%)	(%)	平均	標準偏差	平均	標準偏差
16	長野	300	50.7	4.8	4.5	0.6	196.3	36.0	15.3	10.8	90	90	49.7	4.9	4.1	0.6
21	広島	300	43.9	5.1	4.5	0.6	147.3	14.6	20.8	11.8	0	30	42.7	4.6	4.1	0.5
17	愛知	150	44.9	6.0	4.2	0.6	119.1	9.0	24.3	11.1	95	100	40.9	6.1	3.7	0.5
15	長野	150	68.9	6.1	6.5	0.8	131.5	19.0	24.9	6.3	30	0	65.6	6.0	5.2	0.6
14	長野	150	60.1	3.5	4.9	0.7	126.9	13.0	34.5	10.0	100	100	57.9	4.8	4.0	0.5
30	熊本	300	54.5	6.9	6.6	0.6	223.5	13.1	35.4	10.8	45	0	50.8	7.8	5.4	0.5
21	広島	150	44.4	4.7	4.2	0.6	106.7	7.6	35.9	12.8	40	0	42.6	4.4	3.7	0.5
19	島根	150	48.0	5.2	4.9	0.6	142.0	11.0	40.3	11.1	100	15	43.9	5.5	4.3	0.5
28	高知	150	64.5	6.2	5.2	0.6	116.4	11.2	42.8	11.7	55	10	62.8	5.7	4.9	0.7
31	熊本	300	51.5	4.9	6.4	0.6	226.0	16.9	47.6	17.7	100	60	49.7	4.8	5.7	0.6
20	島根	150	55.7	4.0	5.0	0.4	127.4	8.2	53.8	13.4	65	85	53.0	4.1	4.5	0.4
27	高知	150	58.5	5.9	5.8	0.7	106.1	10.0	66.5	14.0	100	40	55.5	5.4	5.1	0.5
18	三重	150	65.3	8.2	6.0	0.8	114.3	11.9	80.4	11.6	55	5	62.7	8.9	5.4	0.5

表 4-8 コンテナ苗の植栽前後の測定値（カラマツ）

No.	地域	容量	植栽前の測定										植栽後の毎木調査			
			苗長 (cm)		根元径 (mm)		生重量 (g)		根系被覆率 (%)		根鉢底根	白根	樹高 (cm)		地際径 (mm)	
			平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	(%)	(%)	平均	標準偏差	平均	標準偏差
3	北海道	150	28.7	1.5	5.6	0.8	130.8	15.7	8.8	2.4	30.0	15.0	27.7	1.7	5.3	0.8
1	北海道	150	59.9	8.7	6.3	0.8	120.5	19.3	9.5	3.5	10.0	0.0	57.0	13.3	6.2	1.0
15	長野	150	49.4	4.8	5.9	0.6	147.6	9.9	10.4	2.8	30.0	0.0	47.3	4.9	5.3	0.7
6	宮城	150	57.8	4.3	6.6	0.8	124.2	13.2	11.3	2.9	100.0	95.0	55.4	4.2	6.4	1.0
5	岩手	150	53.2	5.1	6.7	0.7	110.9	8.4	11.6	4.7	20.0	0.0	51.6	4.9	6.4	0.7
16	長野	150	44.1	4.0	5.3	0.5	106.9	9.4	11.6	2.8	100.0	100.0	42.4	3.7	5.2	0.5
2	北海道	150	34.7	2.7	5.3	0.6	49.5	8.2	14.9	4.8	100.0	100.0	32.0	3.0	4.8	0.6
9	宮城	150	42.7	5.3	6.3	1.0	103.8	15.1	16.0	3.8	100.0	100.0	40.9	5.0	5.9	1.2
6	宮城	300	51.6	4.2	7.8	1.1	235.4	13.0	16.5	4.0	100.0	65.0	49.4	4.4	8.0	1.5
7	宮城	150	53.7	6.1	8.3	1.6	150.9	12.8	17.8	3.0	75.0	5.0	50.7	5.8	6.9	1.3
4	岩手	150	55.5	7.2	7.3	0.7	134.5	9.7	24.3	7.7	100.0	40.0	53.2	7.4	6.5	0.6
14	長野	150	41.5	3.5	6.4	0.8	112.9	20.1	24.3	10.2	85.0	35.0	38.9	3.3	5.1	0.7
10	秋田	150	61.1	1.3	7.8	0.6	106.5	7.5	35.3	4.7	100.0	0.0	58.5	1.9	6.8	0.6

4-3-1 植栽後の生育状況（湾曲）

植栽後、ほとんどの植栽木が直立していたが、一部の個体が湾曲していた（写真 4-3）。湾曲は、スギ、ヒノキで発生し、スギ挿木系とカラマツでは発生しなかった。樹種ごとの湾曲と形状比の関係を図 4-9 に示す。

湾曲は、形状比が高いと発生しやすい傾向を示し、形状比 100 前後から発生し、スギでは形状比 120 以上になると、形状比 120 以上のグループ中の 13%の個体が湾曲した。ヒノキでは、形状比 120 以上のグループ中の 8.6%が湾曲した。スギ挿木系とカラマツは、ほとんど湾曲しなかった。なお、これらの湾曲した個体は令和 2 (2020) 年 11 月の掘り上げまでにはほとんどが問題ないレベルにまで直立した状態に回復した。



写真 4-3 植栽後に湾曲した個体

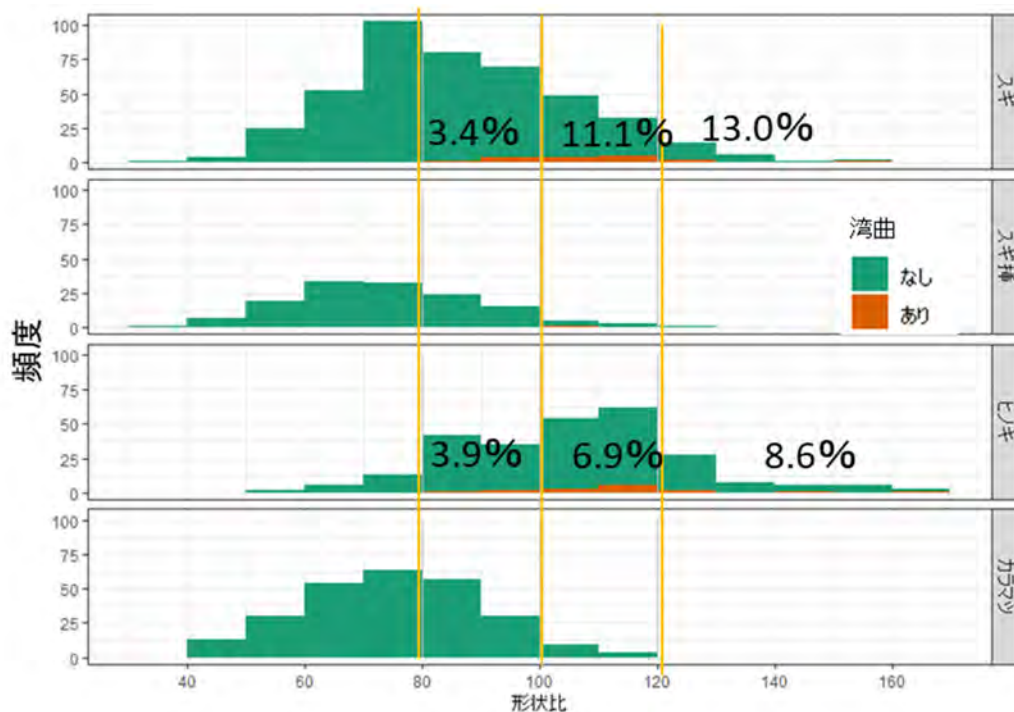


図 4-9 植栽前の形状比と植栽後の苗の湾曲の関係

図中の割合は、黄色の線の範囲内（形状比のグループ内）で湾曲している個体の割合。

4-3-2 植栽後の活着と生存率

植栽後、令和2(2020)年4月に実施した活着調査では、全ての個体が生存しており活着率100%であった。しかし、同年6月に再度調査した時から一部個体が枯死しはじめ、同年11月に堀取った時点で植栽した苗木の全体の約1割が枯死した。枯死個体は、一部生産者に集中する結果となった(図4-10)。スギは、枯れがほとんど発生せず、ヒノキとカラマツで枯死が多くみられた。植栽前の苗木の根鉢被覆率と枯死率との関係を図4-11、植栽前の苗木の根元径と枯死の関係を図4-12に示す。ヒノキは、根鉢被覆率が40%以下かつ根元径5mm以上の苗木で枯死が発生した。カラマツは、根系被覆率及び根元径に関係なく枯死が発生した。

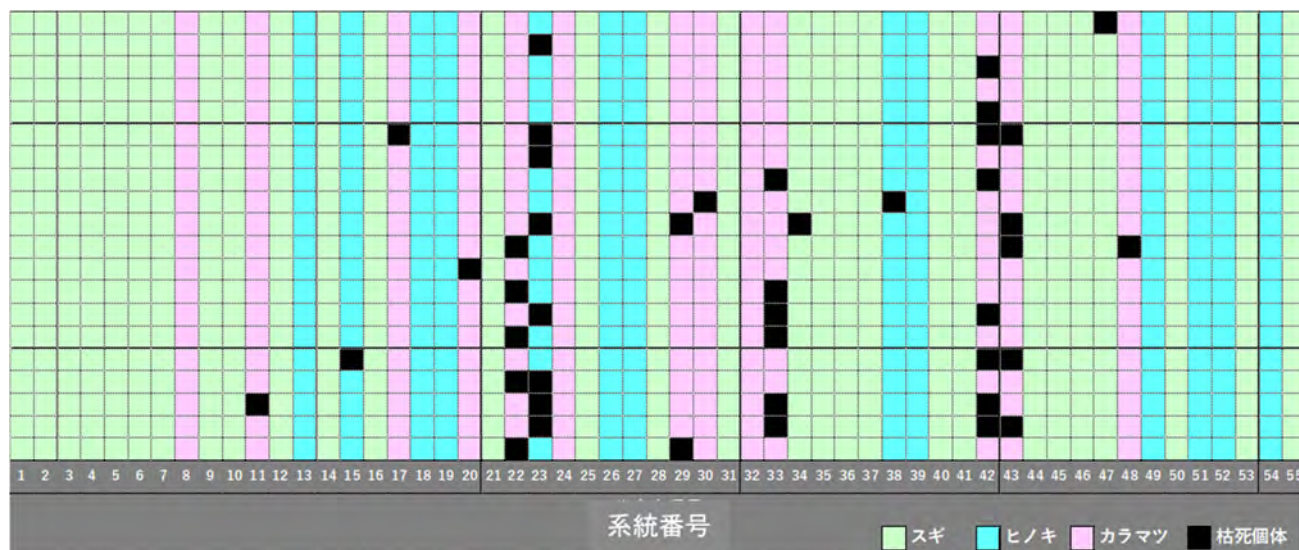


図 4-10 熊本県阿蘇市の植栽地に試験植栽した個体のうちの枯死個体の分布
令和2(2020)年11月時点(調査後すべて堀り取った)。生産者ごとに1列に苗木を配置している。

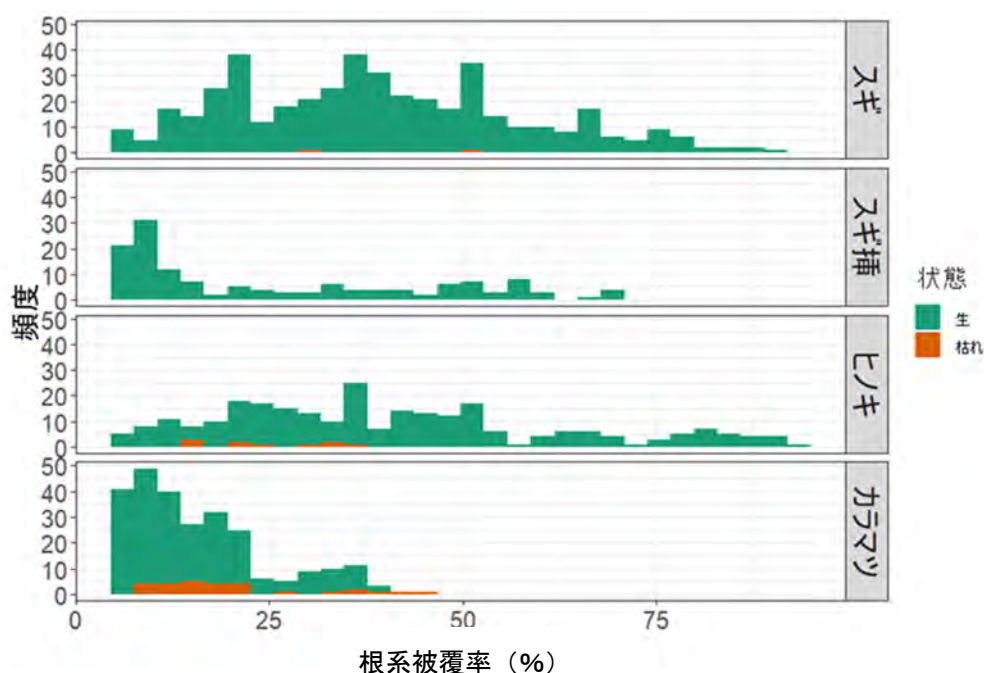


図 4-11 植栽前の苗木の根系被覆率と枯死の関係

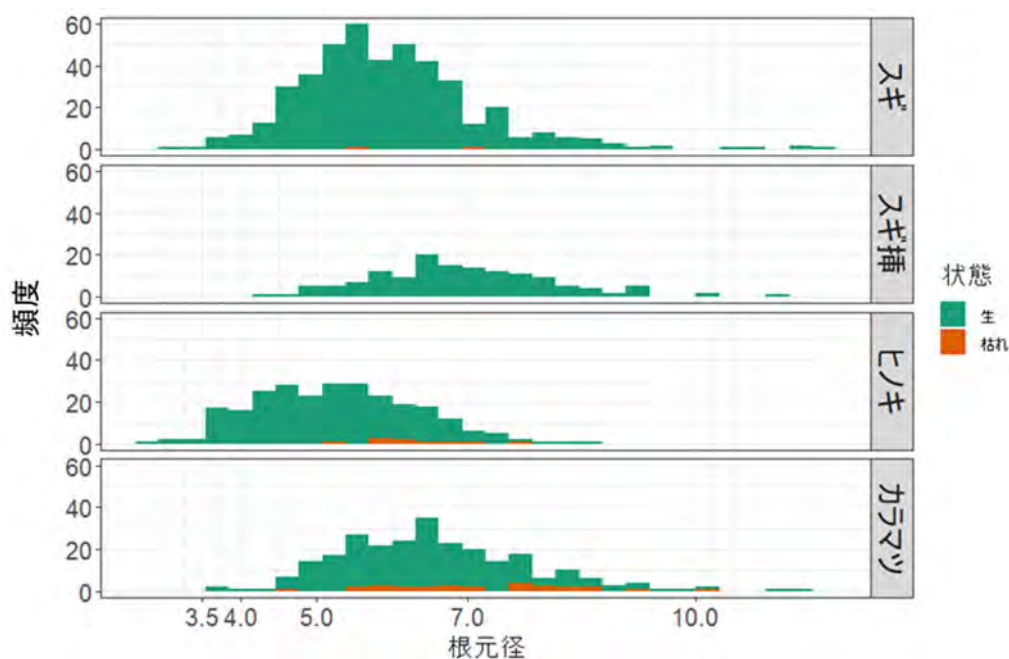


図 4-12 植栽前の苗木の根元径と枯死の関係

4-3-3 植栽後の成長量と植栽前の苗木の状態の関係分析

植栽後の成長量（樹高成長・地際径成長）と植栽前の苗木の状態（根元径、苗長、形状比、コンテナ容量、根系被覆率）との関係を調べるため、決定木分析を行った。決定木分析（CART）とは、樹形図によってデータを分析し、条件ごとにデータ群をグループ分けして傾向を推定する方法である。解析対象は、令和2（2020）年11月時点（1成長期後）で枯死しなかった健全木を用いた。目的変数は、同年11月計測時の樹高、相対樹高伸長量、地際径、相対肥大成長量とし、各樹種に対して以下の4つのモデルについて最適モデルを選択した。

モデル式

11月時樹高＝出荷時の苗長＋出荷時の根元径＋出荷時の形状比＋容量＋根系被覆率

相対樹高伸長量＝出荷時の苗長＋出荷時の根元径＋出荷時の形状比＋容量＋根系被覆率

※相対樹高伸長量＝ $\ln(11\text{月樹高}) - \ln(\text{出荷時の苗長})$

11月時地際径＝出荷時の苗長＋出荷時の根元径＋出荷時の形状比＋容量＋根系被覆率

相対肥大成長量＝出荷時の苗長＋出荷時の根元径＋出荷時の形状比＋容量＋根系被覆率

※相対肥大伸長量＝ $\ln(11\text{月根元径}) - \ln(\text{出荷時の根元径})$

解析の結果は、図 4-13 で示すような決定木で示され、ある基準（例：苗長）より高いグループが右、低いグループが左に行くことを繰り返し、グループ化を行う。今回は、成長が良かった苗のグループを赤、成長が良くなかった苗のグループを青で囲んだ。

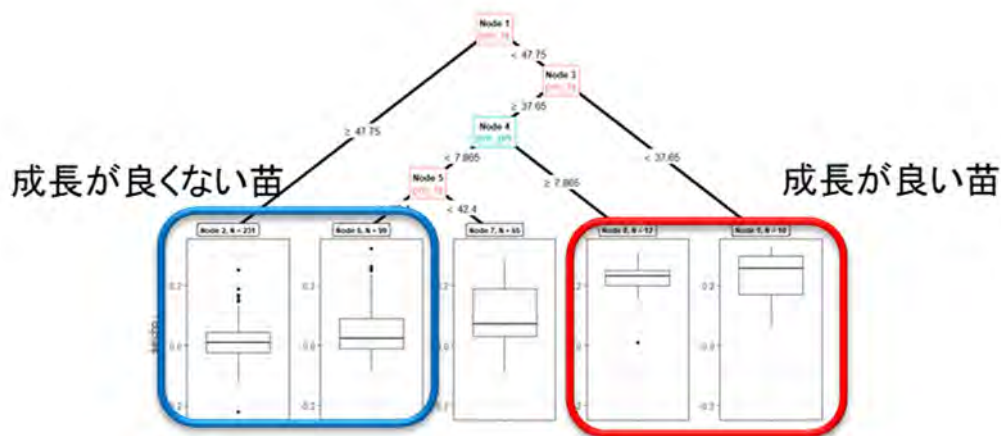


図 4-13 決定木分析における結果のイメージ

(1) スギ

1 成長期後の 11 月時の樹高は、苗長 60cm 以上または、形状比が 50 以下のコンテナ苗だと大きい傾向にあった。相対樹高伸長量は、苗長 (30cm 以上) 45cm 以下、形状比 77 以下のコンテナ苗だと大きい傾向であった (図 4-14)。

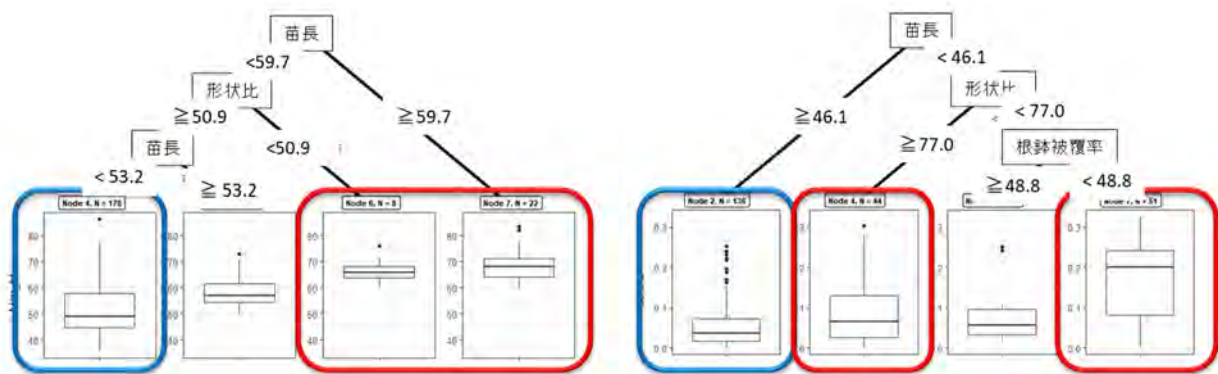


図 4-14 スギの決定木分析結果：11 月時樹高 (左) と相対樹高伸長量 (右)

1 成長期後の 11 月時の地際径は、根系被覆率 19% 以上で苗長 61cm 以上のコンテナ苗だと大きい傾向にあった。相対肥大成長量は、根元径が 4.7mm より小さいか形状比が 103 以上で大きい傾向にあった (図 4-15)。

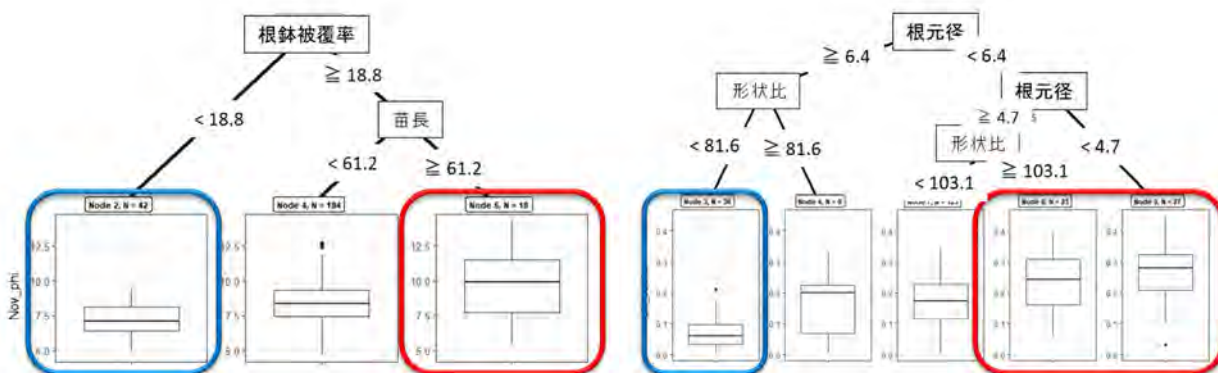


図 4-15 スギの決定木分析結果：11 月時地際径 (左) と相対肥大成長量 (右)

(2) スギ挿木

挿木の初期樹高伸長量は、根元径ではなく苗長（地上部の状態）に依存しており、初期の苗長が大きい個体ほど大きい傾向にあった。相対樹高伸長量は、苗長 37cm 以下で大きく、最終樹高が追いつく例もあった（図 4-16）。

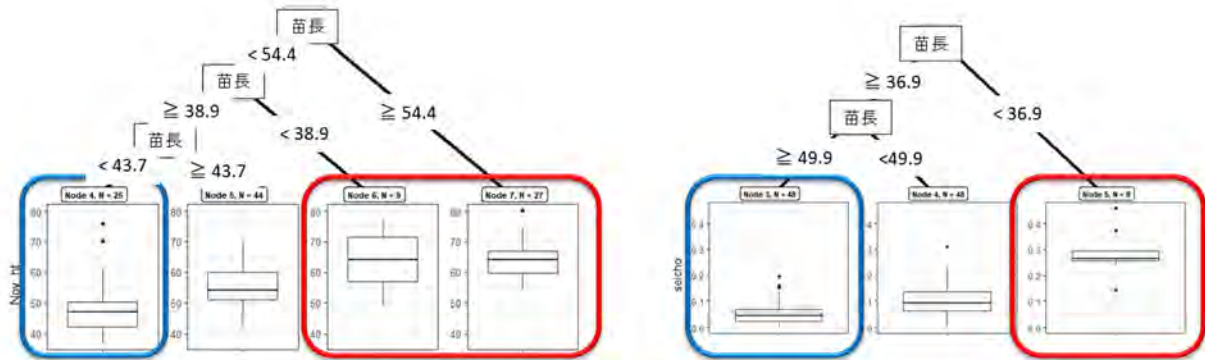


図 4-16 スギ挿木の決定木分析結果：11 月時樹高（左）と相対樹高伸長量（右）

1 成長期後の 11 月時の地際径は、初期苗長 61cm 以下だと大きい傾向にあった。相対肥大成長量は、初期根元径 5.7mm 以下だと大きい傾向にあった（図 4-17）。

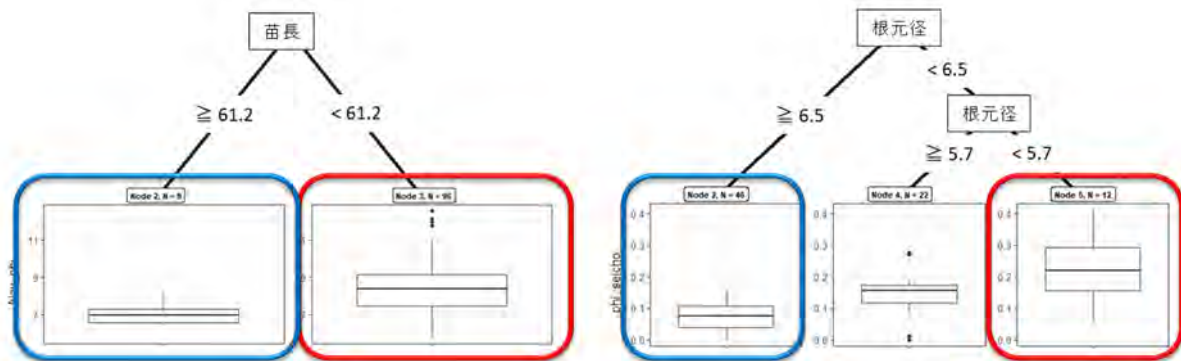


図 4-17 スギ挿木の決定木分析結果：11 月時根元径（左）と相対肥大成長量（右）

(3) ヒノキ

1 成長期後の 11 月時の樹高は、初期苗長が 46cm 以上または、初期苗長が 46cm 以下で初期根元径 4.7mm 以上だと大きい傾向にあった。相対樹高伸長量は、形状比が 87 以下または、初期苗長 49cm 以下だと大きい傾向にあった（図 4-18）。

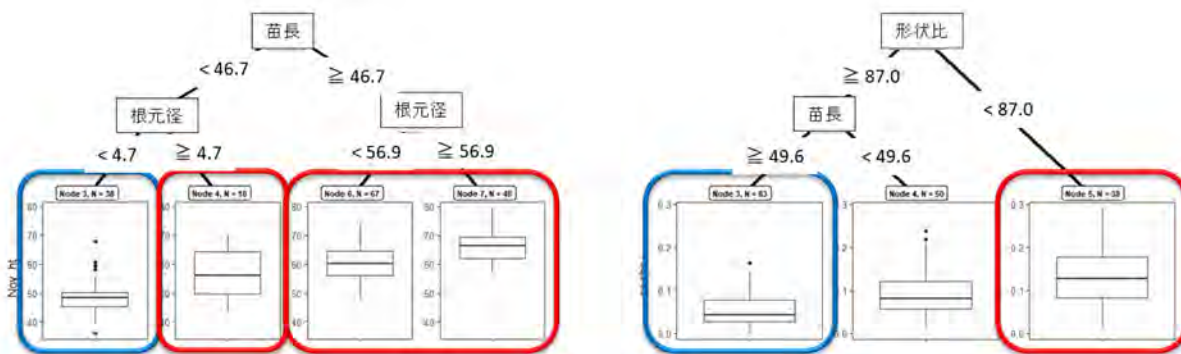


図 4-18 ヒノキの決定木分析結果：11 月時樹高（左）と相対樹高伸長量（右）

1 成長期後の 11 月時の地際径は、初期根元径 4.6mm 以下で容量 300cc の場合と初期根元径 6.9mm 以上の場合と初期根元径 6.9mm 以下かつ初期苗長 60.5cm 以下で根系被覆率 76%以上の場合が大きい傾向にあった。相対肥大成長量は、初期根元径 5.5mm 以下だと大きい傾向にあった（図 4-19）。つまり、初期根元径や初期苗長が小さくても、300cc 容器を使っていたり、根系被覆率が高い方が、1 成長期後の地際径が大きい傾向にあった。

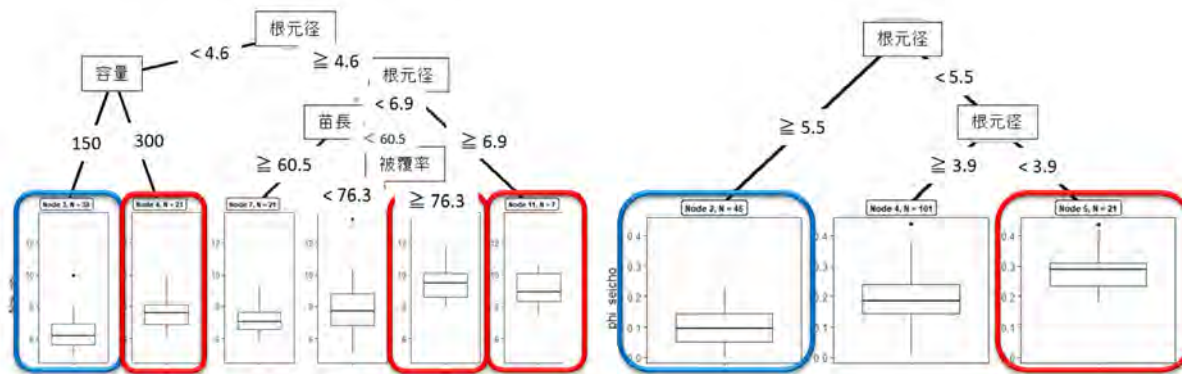


図 4-19 ヒノキの決定木分析結果：11 月時地際径（左）と相対肥大成長量（右）

(4) カラマツ

1 成長期後の 11 月時の樹高は、初期苗長 50cm 以上だと大きい傾向にあった。相対樹高伸長量は、初期苗長 46cm 以下だと大きい傾向にあった（図 4-20）。

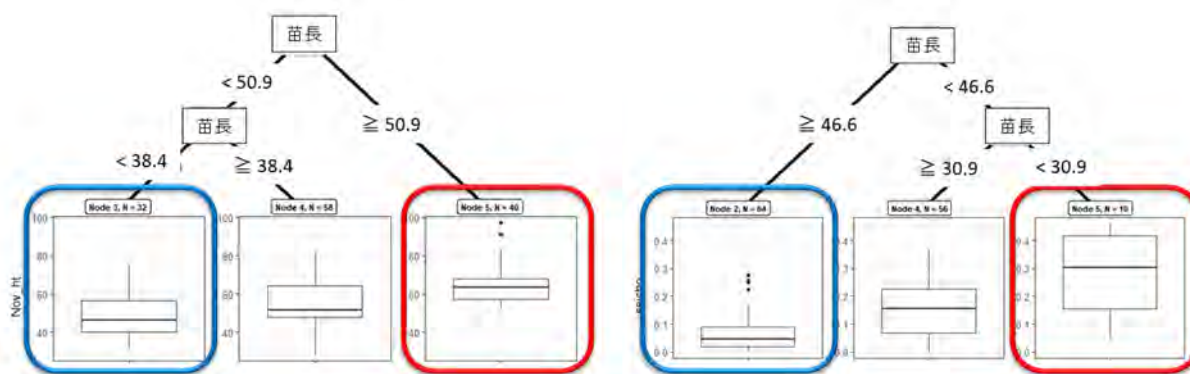


図 4-20 カラマツの決定木分析結果：11 月時樹高（左）と相対樹高伸長量（右）

1 成長期後の 11 月時の地際径は、初期苗長 50cm 以上、または、初期苗長 38cm 以下だと大きい傾向にあり、植栽時の苗長が大きい方で地際径が大きい傾向にあった。相対肥大成長量は、初期根元径 5mm 以下だと大きい傾向にあった（図 4-21）。

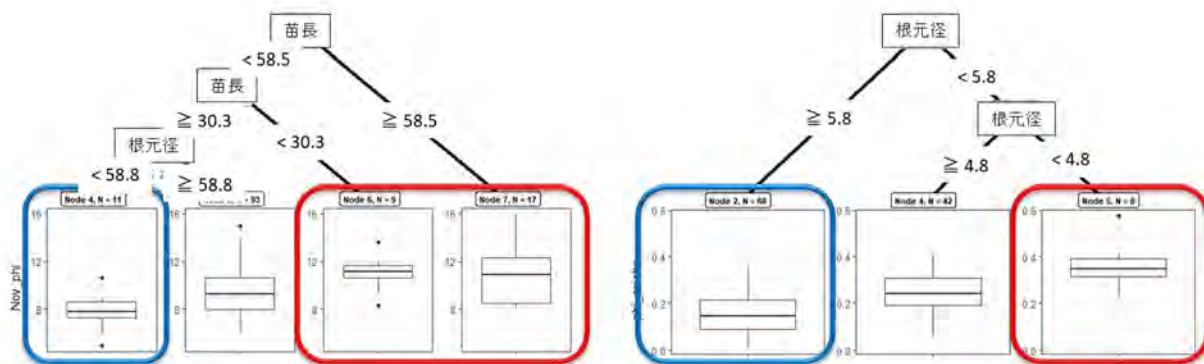


図 4-21 カラムツの決定木分析結果：11 月時根元径（左）と相対肥大成長量（右）

4-3-4 生産者ごとの苗木の植栽後の成長量の分析

植栽後の個体の成長量に関して、植栽前の苗木の状態（根元径、苗長等）やその生産方法との関係性を調べるため、植栽後の成長量と植栽前の苗木の状態との関係を生産者ごとに分析し、植栽後の成長が良かった苗木とそうでなかった苗木に分けて、生産方法の違いを検討した。

評価方法は、

成長量指標 (cm³) = 試験終了 11 月の生残個体の D²H の平均値 - 試験開始 2 月の個体の D²H の平均値

を以下「成長(量)」と読替えてランキング形式に並べ、植栽木の指標値（各平均値：植栽直後の樹高・地際径及び植栽前の苗木の根系被覆率・根鉢硬度・脱落土量）を比較した。さらに、植栽後の枯死率、葉の黄変等の変化についても記載し、傾向を調べた。今回の分析では仮の基準として樹高 40cm、地際径 4mm、根系被覆率が 30%、根鉢の硬度 12mm、脱落土を 15g と設定した。成長が良かった生産者については、第 3 章のヒアリングシートからどのような生産方法をしていたかの特徴を探った。なお、生産者名は系統番号とする。

(1) スギ実生系

スギ実生系については、各生産者から購入したコンテナ苗は、植栽直後の初期サイズとして、仮基準のうち樹高 40cm 以上、地際径 4mm 以上をほぼ全てクリアしていた。成長が良かった苗木は、根系被覆率の平均が 40%を超えた生産者の苗木であった。先の 2 つの仮基準を満たさなかった生産者の苗木は、成長が低位にあった。また、植栽後の葉色が「やや黄変」「黄褐変」となるものが多く見受けられ、生産者間の相違が大きかった（図 4-22）。最も良好な成長を示した系統番号 50 の植栽木を写真 4-4 に、葉色黄褐変 80%の系統番号 44 の植栽木を写真 4-5 に示す。

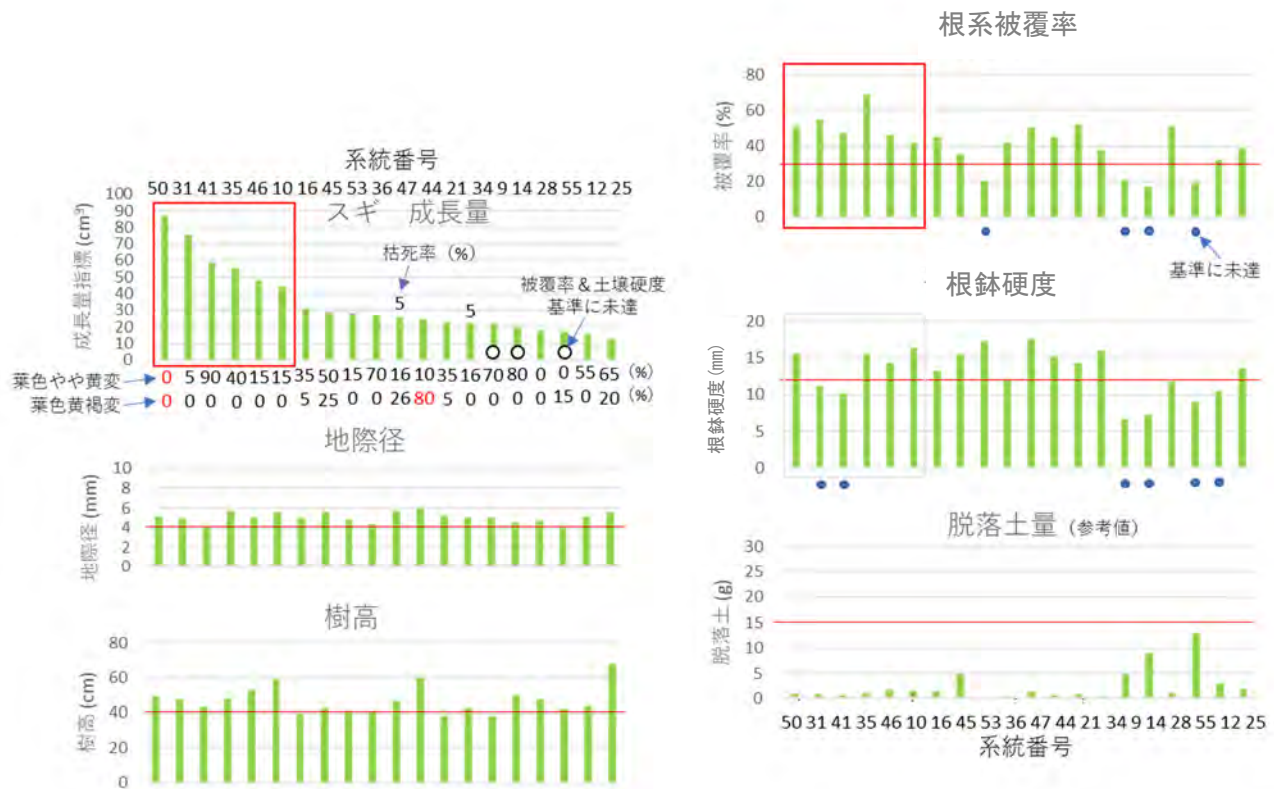


図 4-22 スギ実生系の成長量と各指標値との関係
赤枠が成長の良かったと判断された生産者の苗木



写真 4-4 系統番号 50 の植栽木を掘り取ったときの状況 (令和 2 (2020) 年 8 月 18 日撮影)



写真 4-5 系統番号 44 の植栽木（黄色のライン上）

植栽後の成長が良かった苗木とそうでなかった苗木の生産方法について、表 4-9 に示す。いずれも、ココナツピートをベースにした培地を用いており、元肥に緩効性肥料を入れ、追肥していた。このうち、成長の良い傾向にあった苗木については、全般的に追肥しているように見受けられた。特に、最も成長が良かった系統番号 50 の苗木の生産者は、元肥、追肥ともに緩効性肥料を用いていた。

他方、葉色が悪かった系統番号 44 の苗木については、生産方法から考えて出荷時に肥料切れの可能性が考えられた。ただし、施肥の有効期間については、灌水の多寡に影響を受けるため、注意が必要である。

また、コンテナ容器の地置きを行っていた生産者の苗木については、系統番号 9 が根鉢硬度と根系被覆率の仮基準を満たしていない。地置きによって根鉢の形成が十分に行われなかった結果、地下部の絶乾重量が他の生産者よりも少ない（表 4-2 生産者 No. 5）ことが、成長にマイナスに効果があったと考えられる。

表 4-9 植栽後の成長が良かった苗木（緑網掛け）とそうでなかった苗木（青網掛け）の
生産方法の比較（スギ実生系）

系統 番号	移植タイプ	培地	灌水 (夏以外)	元肥	追肥	備考
50	播種床	ココナツピート100	40min 毎日	緩効性肥料180日	緩効性肥料180日	
31	播種箱	ココナツピート90 パーライト10	3min 毎日	緩効性肥料180日	液肥 様子を見て	
41	播種箱	ココナツピート100	120min 毎日	緩効性肥料180日	緩効性肥料	
35	播種床	ココナツピート100	40min 3日に1回	緩効性肥料180日		
46	播種床	ココナツピート60 他4種	30min 毎日	緩効性肥料300日	液肥 様子を見て	
10	播種箱	ココナツピート65 鹿沼土35	手まき 様子を見て	緩効性肥料700日	液肥 月1	
44	キャビティ 直播き	ココナツピート80 鹿沼20	120min 毎日	元肥有り培地と無し培 地を混合	化成粒剤2回	コンテナ地置き
9	播種床	ココナツピート80 鹿沼土20	90min 毎日	緩効性肥料360日	-	コンテナ地置き
14	播種床	ココナツピート77 もみがら8 馬糞堆肥15	10min 2日に1回	緩効性肥料150日	液肥	
54	播種床	ココナツピート80 鹿沼土20	45min 毎日	緩効性肥料360日	-	

(2) スギ挿木系

スギ挿木系については、植栽後の葉色の変化はほぼなかった。成長量と根系被覆率や根鉢硬度との関係は、調査数が少なく傾向がつかめなかった（図 4-23）。挿木生産者の生産方法の比較を表 4-10 に示す。

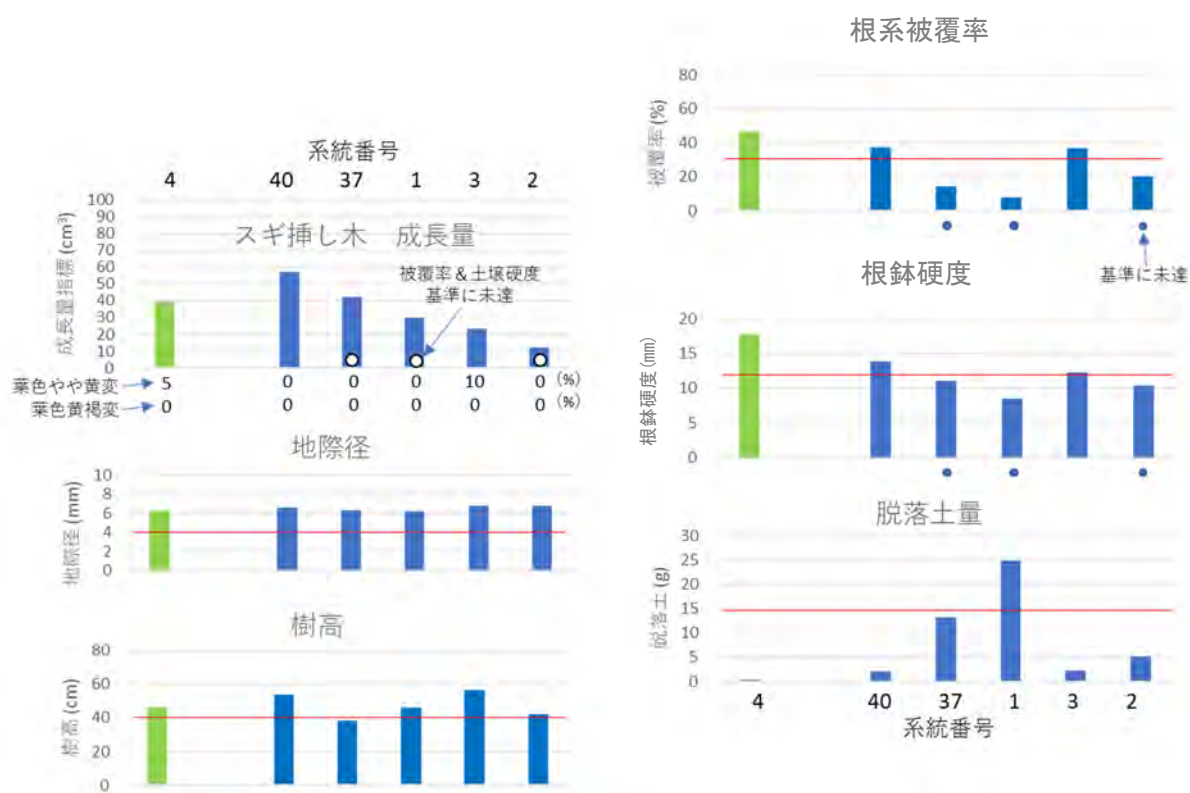


図 4-23 スギ挿木系の成長量と各指標値との関係

緑：150cc 青：300cc

表 4-10 挿木生産者の生産方法の比較

系統番号	挿木タイプ	培地	灌水 (夏以外)	元肥	追肥	備考
40	直挿	ココナツピート35ピートモス35赤土20パーライト他10	3日に1回	緩効性肥料180日	微量要素肥料	
37	直挿	ココナツピート40ピートモス25パーライト25赤土10	3日に1回	なし	有機肥料	
1	箱挿し	ココナツピート50赤土20ピートモス20パーライト10	8min 2～3日に1回	緩効性肥料180日	緩効性肥料	
3 4	床挿し	ココナツピート100	60min 毎日	鶏糞	化成肥料	
2	床挿し	スギバーク100	30min 2～3日に1回	なし	硫安	

(3) ヒノキ

ヒノキの成長量指標はスギ実生系より小さかったものの、生産者ごとに成長量に違いがあった。150cc コンテナ苗のうち、根系被覆率及び根鉢硬度が基準値に満たない生産者の苗木は、成長が低位の中にあった。他方、300cc コンテナ苗では、数が少なく傾向が不明であった。植栽後の葉色変化はスギ実生系ほどではなく、葉色が「やや黄変」となるものが特定の生産者で発現したものの、「黄褐変」は認められなかった。旺盛な成長を示す系統番号 49 の植栽木 (300cc) を写真 4-6 に、枯死率 40% の系統番号 23 の植栽木 (150cc) を写真 4-7 に示す。

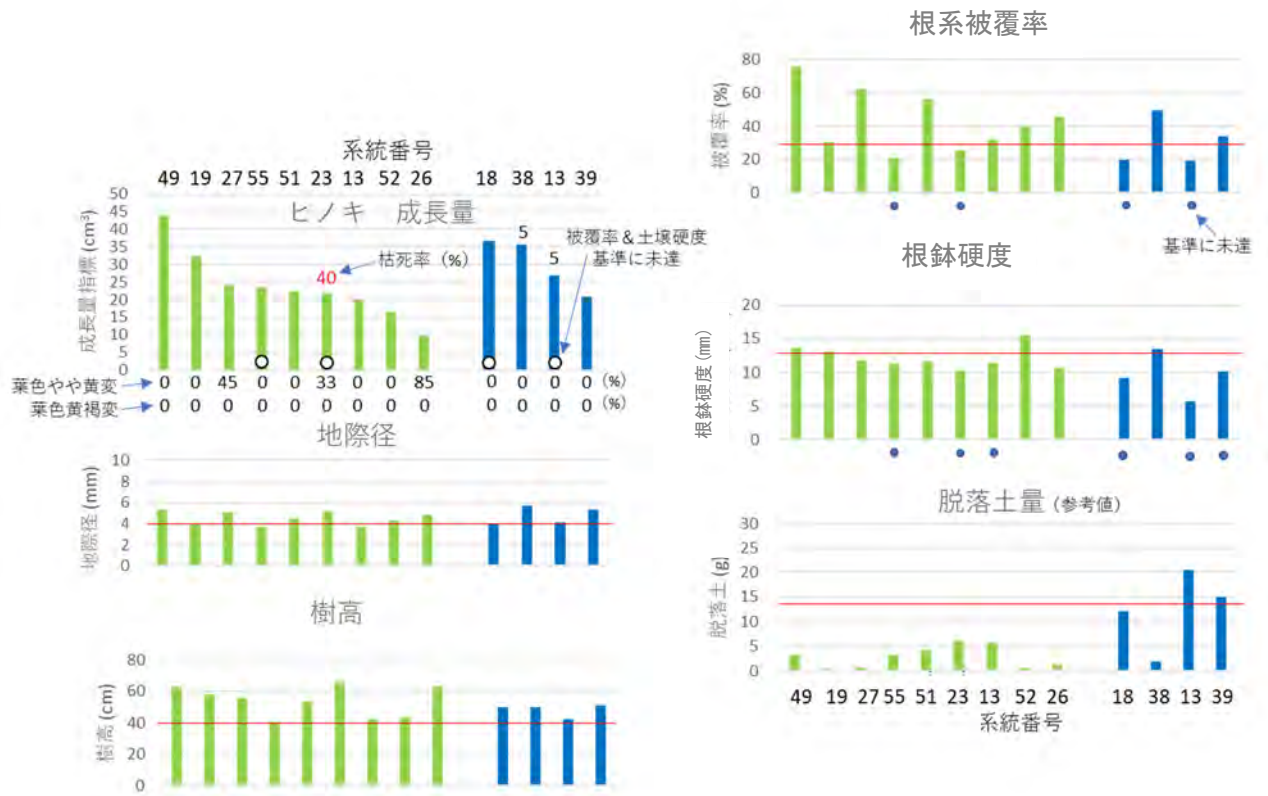


図 4-24 ヒノキの成長量と各指標値との関係

緑 : 150cc 青 : 300cc



写真 4-6 系統番号 38 の植栽木を掘り取ったときの状況（令和 2（2020）年 8 月 18 日撮影）



写真 4-7 系統番号 23 の植栽木を掘り取ったときの状況（令和 2（2020）年 11 月撮影）

植栽後の成長が良かった苗木とそうでなかった苗木の生産方法について、表 4-11 に示す。全体として、ココナツピートを培地のベースにして鹿沼土等を混ぜている生産者がほとんどであり、元肥に緩効性肥料を入れて追肥は入れない生産者が多い傾向にあった。

良好な根系発達を見せた系統番号 38 の生産者は、出荷苗に肥料を持たせることを重視しており、元肥は無いものの 3 回の追肥設計をしていた。

他方、枯死率 40%を示した系統番号 23 の生産者の苗木の枯死個体は根鉢内の根の発達が貧弱な傾向が認められた。その生産方法は、モミ殻燐炭を 10%混合した培地を用いて、追肥はなく、灌水毎日 2 時間を基本とするものであったことから、肥料切れを起こしていた可能性がある。また、系統番号 26 の生産者の苗木も葉色がやや黄変しており、その生産方法は、モミ殻燐炭を培地に混ぜるというものであったことから、これも出荷時の肥料切れが原因と考えられた。

表 4-11 植栽後の成長が良かった苗木（緑網掛け）とそうでなかった苗木（青網掛け）の
生産方法の比較（ヒノキ）

系統 番号	移植タイプ	培地	灌水 (夏以外)	元肥	追肥	備考
38 播種床		ココナツピート40 他3種	60min 毎日	-	有機肥料入り化成粒剤	
49 播種床		ココナツピート60 他4種	30imin 毎日	緩効性肥料300日	液肥 葉色を見て	
19 播種床		ココナツピート98 野菜培土2	手灌水 様子を見て	緩効性肥料100日	-	
27 播種箱		ココナツピート80 パーライト15 鹿沼土5	40min 2日1回	緩効性肥料360日	化成肥料	
55 播種床		ココナツピート80 鹿沼土20	45min 2日に1回	緩効性肥料360日		
23 播種床		ココナツピート90 朽殻くん炭10	120min 毎日	緩効性肥料100日	-	
26 播種床		ココナツピート80 朽殻くん炭20	40min 毎日	緩効性肥料100日	硫安	

（４）カラマツ

カラマツの成長と指標との関係を図 4-25 に示す。植栽後の葉色の変化は試験期間中ほぼ認められなかった。植栽後の枯死率が高かった系統として、系統番号 43 の植栽木を写真 4-8 に、系統番号 33 の植栽木を写真 4-9 に示す。また、ほとんどの生産者の苗木は、根系被覆率が基準値 30% に達していないが、カラマツの種特性を反映した根系の発達様式に関係しているのか、あるいは長野県、東北地方、北海道の寒冷な気候下での栽培時間（根鉢形成に時間を要する）に起因する問題なのか、その原因は現時点では不明である。

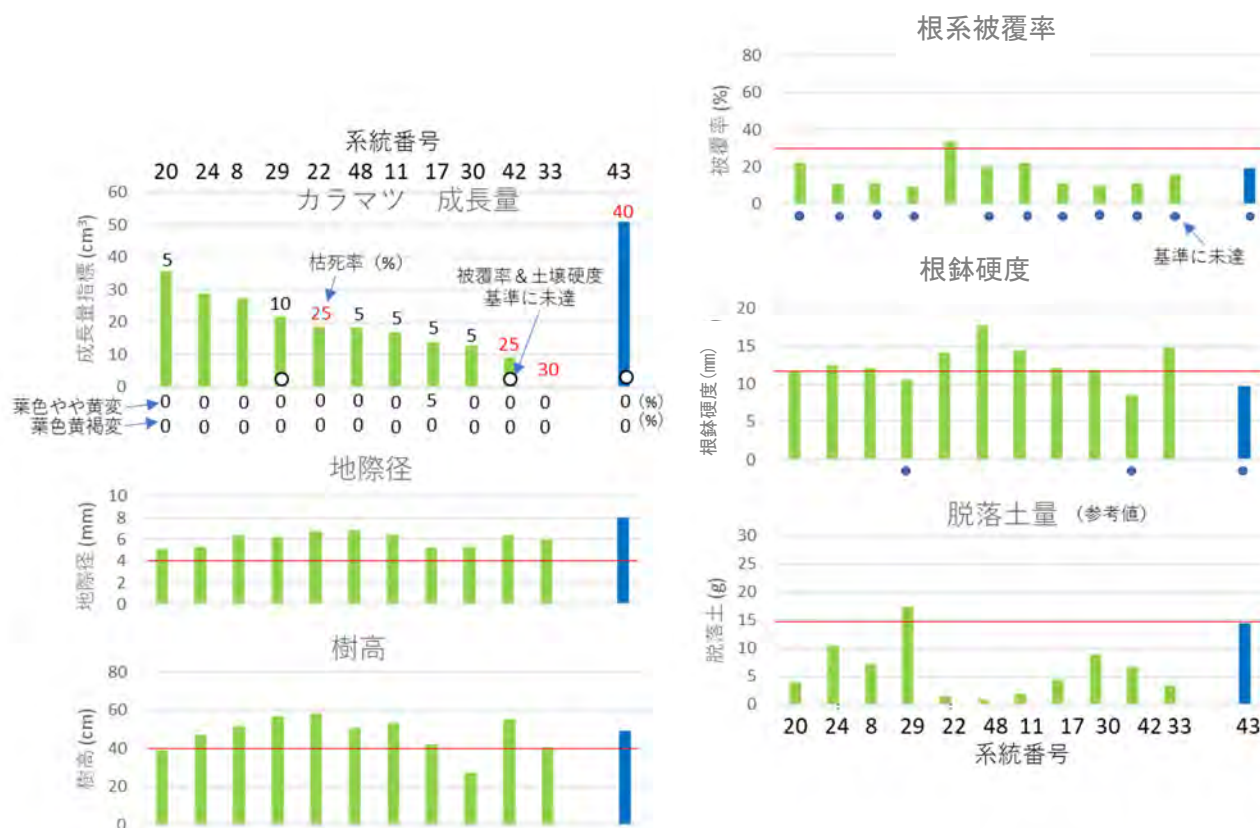


図 4-25 カラマツの成長量と各指標値との関係

緑：150cc 青：300cc



写真 4-8 系統番号 43 の植栽木の掘り取ったときの状況（令和 2（2020）年 11 月撮影）。左は生存個体で右が枯死個体。



写真 4-9 系統番号 33 の植栽木の掘り取ったときの状況。左は生存個体で右が枯死個体（令和 2（2020）年 11 月撮影）。右写真は、枯死個体の根。根が曲げられて移植された結果、根鉢内で根が正常に発達できず植栽後に枯死に至ったと考えられた。

植栽後の成長が良かった苗木とそうでなかった苗木の生産方法について、表 4-12 に示す。植栽後の成長が良くなかった苗木の生産者は、ココナツピートに鹿沼土等を混ぜた培地を用いており、元肥に緩効性肥料 100 日タイプを用いつつ、追肥は無いか状況に応じて液肥を施用している点で共通している。

このうち、系統番号 42 及び 43 の生産者は 150cc と 300cc のカラマツのコンテナ苗を生産しており、今回の調査における植栽後の枯死率が 150cc コンテナ苗で 25%、300cc コンテナ苗で 40%であった。いずれのキャビティ容量でも根系被覆率、根鉢硬度ともに仮基準を満たしていなかった。写真 4-8 から明らかなように、掘り起こした枯死個体の根系が十分には発達していない。この生産者は、5 月に地置きから棚上げし、9 月に地置きに戻していたことから、育苗期間中の地置きが根鉢内での根系形成にマイナスに働いたものではないかと思われる。

系統番号 33 の生産者の苗木は、枯死率が 30%であり、試験期間中に全く成長傾向を示さなかった。

写真 4-9 から分かったとおり、根鉢の根系発達が全くできていないばかりか、主根屈曲の跡が残っており、移植作業が正常に出来ていなかったと考えられる。

表 4-12 植栽後の成長が良かった苗木（緑網掛け）とそうでなかった苗木（青網掛け）の生産方法の比較（カラマツ）

系統 番号	移植タイプ	培地	灌水 (夏以外)	元肥	追肥	備考
20	露地・播種床	ココナツピート98 野菜培土2	手灌水 様子を見て	緩効性肥料100日	-	
24	露地・播種床	ココナツピート90 籾殻くん炭10	120min 毎日	緩効性肥料100日	-	
29	露地・播種床	ココナツピート80 鹿沼土20	時間不明	緩効性肥料100日他	液肥、硫安	
42 43	ハウス等・直播	ココナツピート80 鹿沼土20	240min 2～3日に1回	緩効性肥料100日	化成肥料・液肥 様子を見て	コンテナ地置き
33	露地・播種床	ココナツピート85 他3種	20min 毎日	詳細不明	液肥	防草シートの上にコン テナ地置き

4-3-5 苗木品質調査結果から考えられる良い苗木の基準と推測される生産方法

今回の調査は、全国のコンテナ苗を熊本県阿蘇市（標高 650m）に集めて植栽した。今回の植栽試験の一連の結果から概ね以下のことについて傾向が得られた。

植栽後に生存率が高く、成長が良い苗木の外部の特徴は、根鉢がしっかりしている苗木（根鉢被覆率 30%以上、根鉢硬度 12 mm以上）であることが第一条件であると考えられる。また、苗長や根元径が大きい個体が植栽 1 成長期後も全体的に大きい傾向にあった。他方、形状比については、従来高い方が樹高成長にマイナス考えられていたが、これは肥大成長を優先させていたためである。しかし、形状比が高すぎる（120 以上）と、植栽後に湾曲する可能性がある。この湾曲は、1 成長期でほとんどが直立するものの、湾曲している間に雑草木に被圧されたり、下刈り時に誤伐されるリスクがある。

植栽後に成長が良かった苗木は、概ね元肥や追肥の効果が植栽後も持続し、見た目の葉量が多く葉色が良い傾向にあった。今回の結果から、コンテナ苗の育苗中に肥料コントロールにより出荷時まで緩効性肥料の効果が残っていること、そのためには灌水は根鉢への水分供給とともに肥料溶脱を考えて行うことに留意する必要であると考えられた。

一方で、コンテナ容器の地置きは、状況により、根鉢内の根量を減らして根鉢を緩くする傾向にあり、植栽後の枯死に繋がるリスクがある。また、幼苗をキャビティへ移植する際は、主根を真っ直ぐ培地へ挿入しないと根鉢内の根系発達に弊害が起きることがあり、これについても留意する必要がある。