

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）及び本事業2年目（令和2〈2020〉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

生産者から購入した苗木は熊本県阿蘇市に集められ、生産者単位で以下の測定等を行った。測定項目を表4-1、図4-1に示す。測定項目の一部については齋藤ら（2019）¹を参考にした。コンテナ苗の測定の流れを図4-2に示す。まず、各生産者から購入した苗木40本を大きさに考慮して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である（解体調査）。もう一つは、苗長や根元径を測定した後、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）にある畑に植栽した（毎木調査）。阿蘇市の高標高地域では、カラマツの植栽事例があるため、寒冷地域で生産されるカラマツの植栽調査も可能であると判断した。

解体調査については、本事業1年目（平成31〈2019〉年度）に購入した苗木の各種測定結果と分析結果については平成31〈2019〉年度報告書第4章に、本事業2年目（令和2〈2020〉年度）に購入した苗木の解体調査の各種測定結果と分析結果については令和2〈2020〉年度報告書第3章に掲載している。

毎木調査について、本事業1年目（平成31〈2019〉年度）に植栽した毎木調査の分析結果については、令和2〈2020〉年度報告書第4章に掲載している。本報告書では、本事業2年目（令和2〈2020〉年度）に植栽した毎木調査の結果を4-2に、さらに、本事業1年目（平成31〈2019〉年度）植栽し毎木調査をおこなった植栽木は、乾燥重量のデータを用いた分析したので、その結果を4-3に記載した。

¹ 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。日本森林学会誌。101(4)：145-154

表 4-1 コンテナ苗の測定項目の内容

項目	内容
大きさ	苗長 (cm)、根元径 (2方向、mm) を測定した。
根鉢の硬度	山中式土壌硬度計を用いて、根鉢の上端から 4 cm、下端から 4 cm を各 2 箇所ずつ、合計 4 箇所に当てて根鉢の硬度 (cm) を測定した。
脱落土壌の重量	1 m からの落下による衝撃によって、根鉢から脱落した培地重量 (g) を測定した。落下試験前の輸送中に脱落した土の重量 (苗木の根鉢を 1 本ずつビニール袋に入れて輸送したので測定可能) も合わせて測定し、脱落重量 (g) とした。
各部の生重量	苗木の全体重量 (g)、地上部重量 (g)、培地洗浄後の根の重量 (g) を測定した。なお、解体調査の測定に供した 20 本のうち 5 本は、落下試験を行わず後述の培地重量を測定するため、培地がついたまま根鉢重量 (g) を測定した。
根鉢の状態	根鉢の形成状態の評価をするため、根鉢表面の根系被覆率 (略称: 根系被覆率%)、根鉢が下端まで達しているか (○・×)、根鉢表面に白根があるか (○・×) を記録した。なお、根系被覆率は、伊藤哲委員から提供を受けたコンピュータによる画像解析で得られた根系被覆率の写真を基準に判読した。
絶乾重量	地上部と地下部に切り分けた苗木を 70°C・72 時間で乾燥させ、地上部の絶乾重量 (g)、地下部の絶乾重量 (g) を測定した。なお、落下試験を行わなかった 5 本の根鉢は、根鉢の絶乾重量 (g) を測定後、根鉢から根を洗い出し、再度 70°C・72 時間で乾燥させ根の絶乾重量 (g) を測定し、両者の差から培地だけの絶乾重量 (g) を計算した。

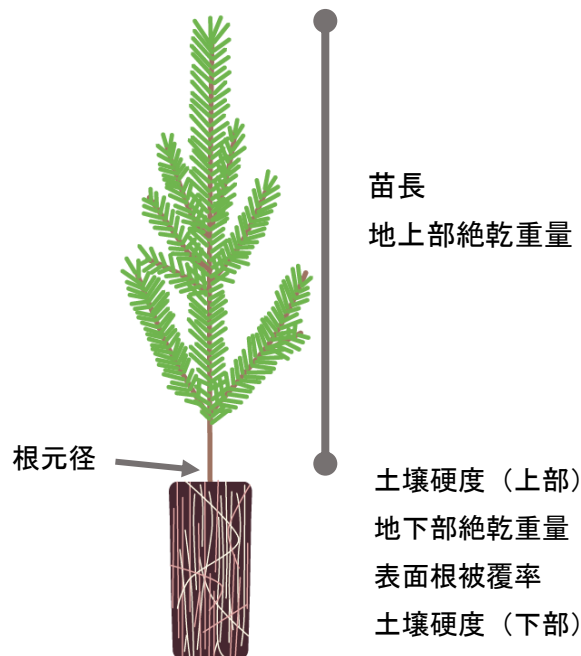


図 4-1 コンテナ苗の測定項目



図 4-2 苗木の測定の流れ

4-2 植栽後の毎木調査結果

本事業2年目（令和2〈2020〉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3〈2021〉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49系統で（表 4-2）、苗木は1列20本で植栽した（写真 4-1）。なお、後述する生産試験で生産したコンテナ苗も同時に植栽した。植栽後、植栽木の生育状況、活着率と1成長期の成長量を測定した。測定部位を図 4-3に示す。令和3〈2021〉年11月に掘り上げて根の発根状態を調べ（写真 4-2）、解体調査と同様に、各部を測定した後、地上部と地下部を分けて乾燥重量を測定した。

測定したデータ（表 4-2～4-5）を基に植栽後の成長量と植栽前のコンテナ苗の測定値関係について調べた。



写真 4-1 植栽地の様子

※写真は、令和2年度調査風景。令和3年度も同様に植栽した。



写真 4-2 掘り取った植栽木

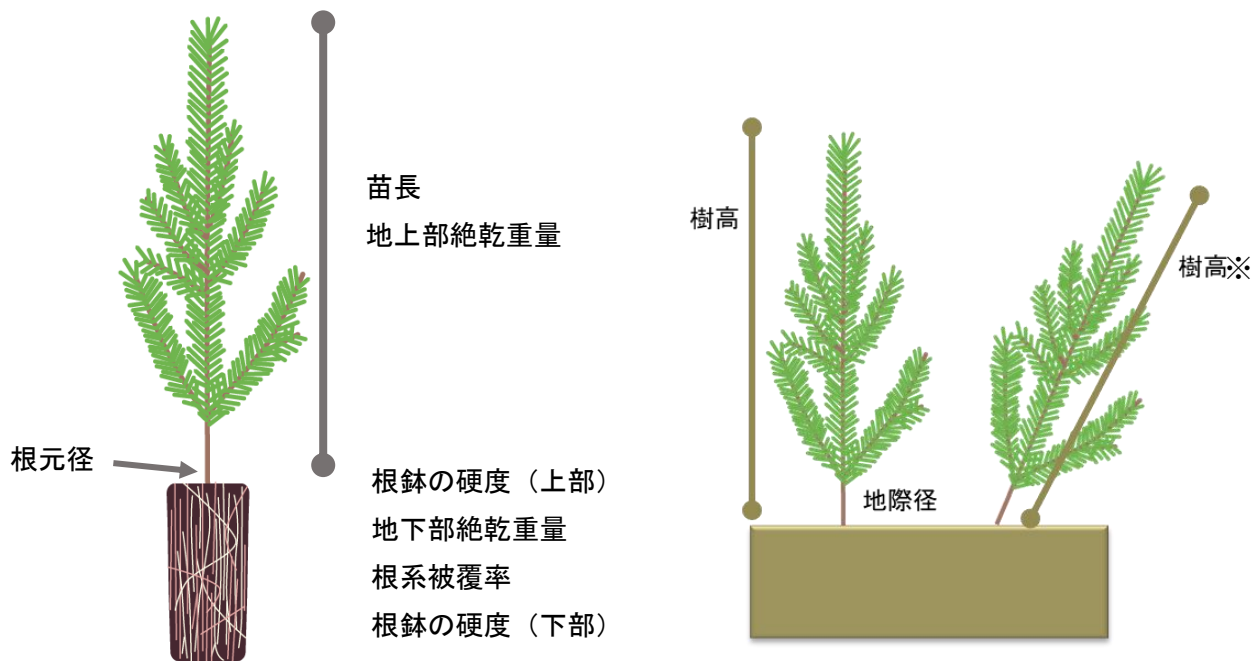


図 4-3 コンテナ苗の植栽前後の測定箇所
 ※傾斜木については、樹幹長を樹高として測定した。

表 4-2 本事業2年目（令和2（2020）年度）に毎木調査（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
36	北海道					1	
						2	
37						10	
						11	
11	秋田	31					
		32					
38	青森県	24					
39		27				28	
40	岩手県	26				25	
41	福島県		55		54		
42			48		49		
43			39		38		
44			35				
45	茨城県	41		40			
46	静岡県		47		46		
47	滋賀県	13		12			
48		8	9	7			

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
49		5	6				
50	和歌山県	42		43			
51		30		29			
52		15		14			
53	兵庫県	37		36			
54	鳥取県	<u>34</u>		33			
55	岡山県		51	53			
56			52	50			
57			57	56			
58	愛媛県	4		3			
59	宮崎県		<u>44</u> <u>45</u>				

※ 下線部は、挿木、斜字体は、当年生苗

表 4-3 コンテナ苗の植栽前後の測定値（スギ）

生産地	系統番号	樹種	初期値										最終値								
			容量	根元径	標準偏差	苗高	標準偏差	D2H	標準偏差	根系被覆率	鉢底	白根	硬度	根元径	標準偏差	苗高	標準偏差	D2H	標準偏差	変色率	枯死率
			cc	mm		cm		cm3		%	%	%	mm	mm		cm		cm3		%	%
青森	27	スギ	150	5.2	0.4	37.2	2.8	10.1	2.0	19.9	55	85	13	6.6	0.8	40.5	4.9	18.2	6.5	10	33.3
青森	24	スギ	150	5.3	-	57.9	-	16.3	-	17.6	80	100	7	8.0	-	61.3	-	39.2	-	0	83.3
秋田	32	スギ	150	4.8	0.5	31.0	0.8	7.2	1.4	46.3	55	100	10	6.4	0.7	35.0	3.0	14.8	4.2	20	0.0
秋田	31	スギ	150	4.8	0.7	30.1	1.4	7.1	2.1	14.0	50	100	6	7.5	1.4	36.5	5.0	21.9	11.2	6	0.0
岩手	26	スギ	150	5.5	0.8	35.6	2.5	11.1	3.5	71.5	95	100	15	8.2	1.4	46.9	8.1	33.6	16.9	0	0.0
福島	35	スギ	300	5.2	1.3	35.4	1.2	10.1	4.8	34.0	65	100	13	8.1	1.3	38.1	1.6	25.1	7.6	33	83.3
福島	55	スギ	300	5.8	0.7	41.8	4.2	14.3	3.4	39.3	65	25	9	8.2	1.8	48.4	11.0	35.0	20.0	0	0.0
福島	39	スギ	300	5.3	0.5	45.3	2.9	12.9	2.7	53.9	80	100	11	8.6	1.8	52.8	8.4	41.7	23.3	20	0.0
福島	48	スギ	300	6.4	0.6	43.8	4.4	18.3	4.6	43.3	95	100	13	9.7	1.4	48.1	5.4	47.5	21.1	6	0.0
茨城	41	スギ	150	5.4	0.6	41.0	3.5	12.0	3.3	68.6	95	100	15	7.7	0.8	46.4	6.8	28.0	8.5	27	11.8
静岡	47	スギ	300	5.0	0.8	45.4	6.5	12.0	5.0	24.4	85	100	12	7.7	1.5	55.1	9.9	35.2	18.2	6	0.0
滋賀	13	スギ	150	4.5	0.3	49.1	4.6	9.9	2.0	34.5	80	100	11	8.0	1.5	54.5	5.9	37.3	17.2	0	57.9
滋賀	8	スギ	150	5.0	1.3	42.3	6.8	11.8	6.6	53.6	45	45	9	8.9	1.8	50.0	9.5	43.5	23.2	0	11.1
滋賀	9	スギ	300	6.5	0.9	60.7	6.5	26.2	8.2	57.3	95	85	10	12.9	2.9	68.5	8.2	123.2	69.9	0	13.3
滋賀	5	スギ	150	4.4	0.6	49.1	4.5	9.7	2.5	42.9	90	100	15	10.4	1.7	60.4	7.9	68.8	31.6	0	0.0
滋賀	6	スギ	300	7.6	1.1	63.0	9.3	37.3	11.6	52.3	95	95	16	11.7	1.6	68.4	10.4	95.5	33.0	0	0.0
和歌山	42	スギ	150	4.9	0.7	50.1	6.3	12.5	3.8	34.3	95	100	12	6.4	0.9	54.3	6.8	22.7	7.5	12	10.5
和歌山	15	スギ	150	5.7	0.7	40.9	5.1	13.5	4.2	43.3	90	100	11	6.8	1.2	47.9	7.3	23.7	15.4	8	31.6
和歌山	30	スギ	150	5.3	0.7	56.5	5.1	16.1	3.9	30.8	95	100	13	7.9	0.9	61.0	9.2	38.7	12.7	0	22.2
兵庫	37	スギ	150	5.3	0.9	59.9	8.3	17.6	6.9	52.3	90	100	14	7.4	1.3	62.9	8.2	36.5	15.4	0	10.5
鳥取	34	スギ	150	6.4	0.7	41.6	5.8	17.2	4.3	43.0	55	100	11	7.6	0.5	43.8	6.0	25.6	6.0	5	0.0
岡山	57	スギ	150	5.6	0.7	42.4	5.2	13.6	3.9	42.9	95	95	13	9.6	1.4	52.3	10.7	51.5	26.6	5	0.0
岡山	51	スギ	150	6.4	1.0	55.3	7.8	23.2	7.8	46.0	95	100	13	9.6	1.3	60.8	9.0	58.5	20.8	0	0.0
岡山	52	スギ	150	6.9	1.2	51.6	7.5	25.3	8.6	61.4	85	30	15	10.7	2.3	63.3	14.9	80.8	52.3	0	0.0
愛媛	4	スギ	150	6.2	1.0	56.8	6.3	22.6	8.6	35.0	95	100	17	10.1	2.3	65.1	9.0	72.1	40.3	0	5.0
宮崎	44	スギ	300以上	8.8	1.6	73.1	5.4	58.3	25.9	31.3	95	100	13	12.8	1.1	85.4	6.5	141.4	31.6	0	0.0

表 4-4 コンテナ苗の植栽前後の測定値（ヒノキ）

生産地	系統番号	初期値											最終値							
		容量	根元径	標準偏差	苗高	標準偏差	D2H	標準偏差	根系被覆率	鉢底	白根	硬度	根元径	標準偏差	苗高	標準偏差	D2H	標準偏差	変色率	枯死率
		cc	mm		cm		cm3		%	%	%	mm	mm	cm		cm3		%	%	
福島	49	300	5.6	0.7	53.8	6.2	17.6	5.8	51.5	95	100	12	10.1	1.6	74.3	11.6	80.7	36.5	0	0.0
福島	38	300	4.7	0.4	45.6	2.8	10.2	1.7	55.1	90	25	10	8.1	1.1	60.2	4.6	40.6	13.5	0	5.0
福島	54	300	4.7	0.4	45.5	4.3	10.0	1.8	49.6	80	65	10	8.4	0.9	58.5	9.0	42.4	14.8	0	0.0
茨城	40	150	5.8	0.6	46.5	5.7	15.4	3.5	79.6	95	20	16	9.4	1.4	61.3	8.5	56.9	25.0	0	0.0
静岡	46	300	3.8	0.7	47.0	4.6	7.2	3.3	21.5	80	55	8	5.8	0.8	55.1	6.9	19.4	7.6	0	0.0
滋賀	12	150	4.3	0.9	52.1	7.2	10.3	5.3	64.6	95	60	10	8.3	2.1	63.3	11.7	49.4	38.3	0	0.0
滋賀	7	150	4.2	0.5	53.2	4.0	9.4	2.0	44.0	75	10	11	7.7	1.0	61.2	7.1	37.6	12.6	0	5.0
和歌山	14	150	5.1	0.9	41.1	3.5	11.0	4.5	37.4	5	20	8	6.5	1.1	49.3	5.3	21.7	8.3	0	0.0
和歌山	29	150	4.8	0.6	58.4	4.4	13.7	3.6	59.8	95	85	16	7.7	1.2	67.3	7.7	41.4	16.1	0	0.0
和歌山	43	150	5.1	0.8	56.5	4.9	15.2	5.6	33.0	95	30	10	6.6	1.2	59.7	4.1	27.2	10.8	0	0.0
兵庫	36	150	5.6	0.7	65.0	7.6	21.0	7.1	69.5	95	90	13	7.1	0.8	70.6	7.2	36.2	10.0	0	0.0
岡山	56	150	3.7	0.7	41.2	5.9	5.9	3.3	34.8	65	40	9	7.4	1.2	54.0	9.0	31.2	15.3	0	0.0
岡山	53	150	5.7	1.1	48.5	9.7	16.6	8.0	58.0	90	45	14	7.3	1.3	57.9	10.5	33.3	17.0	0	5.3
岡山	50	150	5.3	0.6	53.8	5.1	15.2	4.0	33.0	45	0	6	7.4	0.8	66.3	9.6	37.2	11.9	0	0.0
鳥取	33	150	3.7	0.6	47.4	6.9	6.7	2.7	52.5	85	100	12	6.5	1.2	57.7	6.8	25.8	12.6	0	5.0
愛媛	3	150	5.8	0.7	62.6	5.8	21.4	6.0	30.0	95	90	15	8.8	1.1	70.8	7.8	56.1	18.4	0	15.0

表 4-5 コンテナ苗の植栽前後の測定値（カラマツ）

生産地	系統番号	初期値											最終値							
		容量	根元径	標準偏差	苗高	標準偏差	D2H	標準偏差	根系被覆率	鉢底	白根	硬度	根元径	標準偏差	苗高	標準偏差	D2H	標準偏差	変色率	枯死率
		cc	mm		cm		cm3		%	%	%	mm	mm	cm		cm3		%	%	
北海道	1	150	4.5	0.5	39.7	3.3	8.1	1.9	9.0	65	95	5	8.5	1.1	44.5	5.9	32.7	11.0	0	0
北海道	11	150	5.2	0.8	54.3	5.1	15.3	5.1	4.6	40	5	3	8.2	1.5	58.9	6.5	42.1	20.1	0	0.0
北海道	2	150	5.4	1.1	55.1	5.5	17.2	8.4	21.0	95	5	8	10.3	2.4	63.1	12.0	74.6	50.7	0	5.0
北海道	10	150	5.1	0.6	36.7	3.1	9.7	2.9	5.0	0	0	5	11.8	2.5	56.6	12.6	87.9	54.2	0	0.0
青森	28	150	5.3	0.7	51.3	5.9	14.6	4.4	11.9	90	0	12	10.4	2.5	63.4	5.8	74.3	37.2	0	5.0
岩手	25	150	6.5	0.8	34.1	2.0	14.8	4.0	16.1	75	20	12	12.3	2.6	57.7	17.3	100.3	76.5	0	15.8

4-2-1 植栽後の生育状況（湾曲）

植栽直後、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・カラマツともに発生した。樹種ごとの湾曲と形状比の関係を図 4-4 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、形状比 120 以上のグループではスギ 21%、ヒノキ 4%、カラマツ 17%の個体が湾曲した。なお、ヒノキについては、形状比 120 以上を示す個体が他の樹種に比較しかなり多かったが、湾曲個体は逆に少なく、この傾向はヒノキの樹種特性に起因するものではないかと考えられる。これらの湾曲した個体は令和 3（2021）年 11 月の調査終了時の掘り上げまでにはほとんどが問題ないレベルにまで戻り直立した状態になっていた。



写真 4-3 植栽後に湾曲した個体

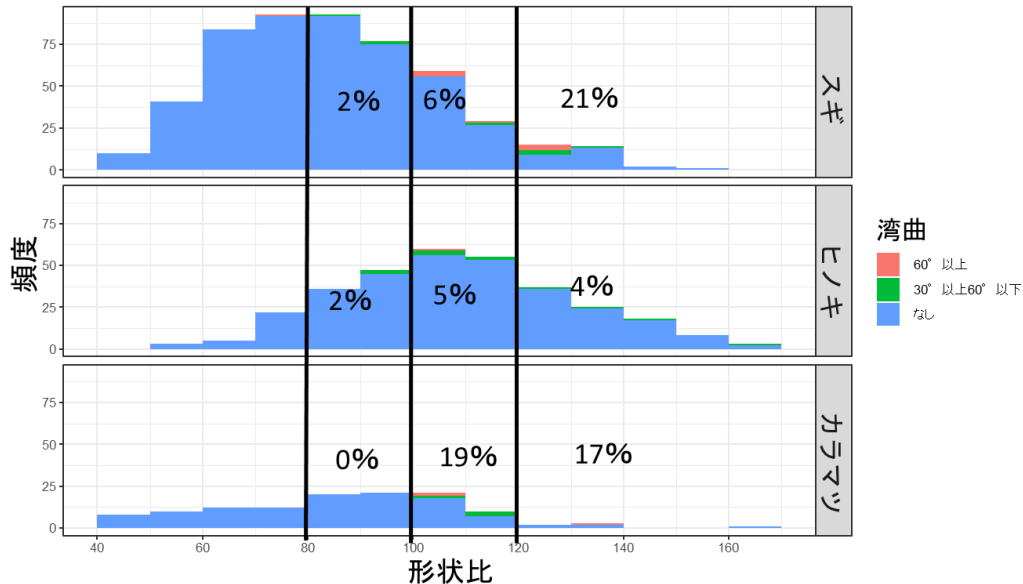


図 4-4 植栽前の形状比と植栽後の苗の湾曲の関係

図中の%数字：黒線で区分された形状比グループ内の全個体数に対する湾曲した個体数の割合

4-2-2 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 月の調査時から一部個体に枯死が始め、同年 11 月の調査終了時の掘り取り時点で植栽苗木全体の約 1 割が枯死した。枯死個体の発生は一部生産者に集中する結果となった（図

4-5)。特に、スギで顕著であった。

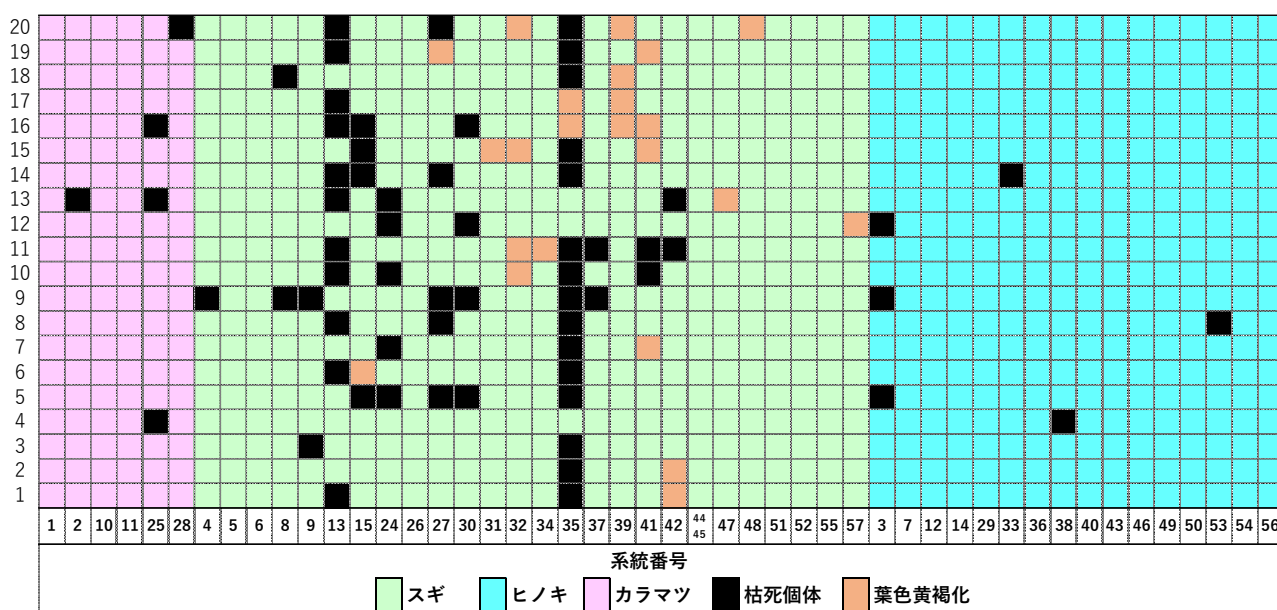


図 4-5 熊本県阿蘇市の試験植栽地で発生した枯死個体の分布
生産者（系統番号）ごとに1列20本の苗木を植栽

4-2-3 生産者ごとの苗木植栽後の成長量分析

植栽前の苗木の状態（根元径、苗長等）やその栽培方法と、植栽後の苗木の成長との関係性を調べるため、以下に示す評価方法で植栽試験期間中の成長量を算出した。それらの値をもとに、植栽後に成長が良かった苗木のグループと悪かった苗木のグループに分けて、生産者の栽培方法の違いを検討した。評価方法は、

成長量指標 = $\log(\text{試験終了11月の生残個体の } D^2H \text{ の平均値} / \text{試験開始2月の個体の } D^2H \text{ の平均値})$

D: 根元径、H: 苗長

上記の式で得られた「成長量指標」を「成長(量)」と読替えてランキング形式に並べ、成長(量)と植栽木の各指標値（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。成長が良かった生産者については、令和2年度の事業で行った生産者へのヒアリングシートからどのような栽培方法をしていたかの特徴を分析した。なお、生産者名は系統番号とする。

(1) スギ実生系

各生産者から購入したコンテナ苗の成長量と各指標値の関係を図 4-6 に示す。成長が良かった苗木は、根系被覆率の平均が30%を超えた生産者の苗木であった。また、苗木の変色率が少なく、枯死も系統番号13を除いて低い傾向にあった。

枯死が多かった系統番号13・15の掘り取り時の根の様子を写真 4-4 に示す。成長の良かった個体と枯死した個体を比較すると根の発達具合が全く異なることがわかる。一方で成長が悪く、枯死も多

かった系統番号 15 は、生存した個体も根の発達度合いは系統番号 13 ほどではなかった。

今回の調査では、系統番号 4、26（一部）、31、35 の苗木は生分解性ポットであった。系統番号 35 は今回の調査で最も枯死率が高く、掘り上げると根の発達がほとんど見られなかった（写真 4-5）。系統番号 26 はサイドスリットコンテナと生分解性ポットの両方が同一生産者から提供されたものであるが、サイドスリットのコンテナで育苗された苗木は全体的にバランス良く根系が発達しているのに対し、生分解性ポットの苗木ではポットに開けられたスリット部分から根が伸張している傾向にあった（写真 4-6）。



図 4-6 スギ実生系の成長量と各指標値との関係
赤枠が成長の良好と判断された生産者の苗木

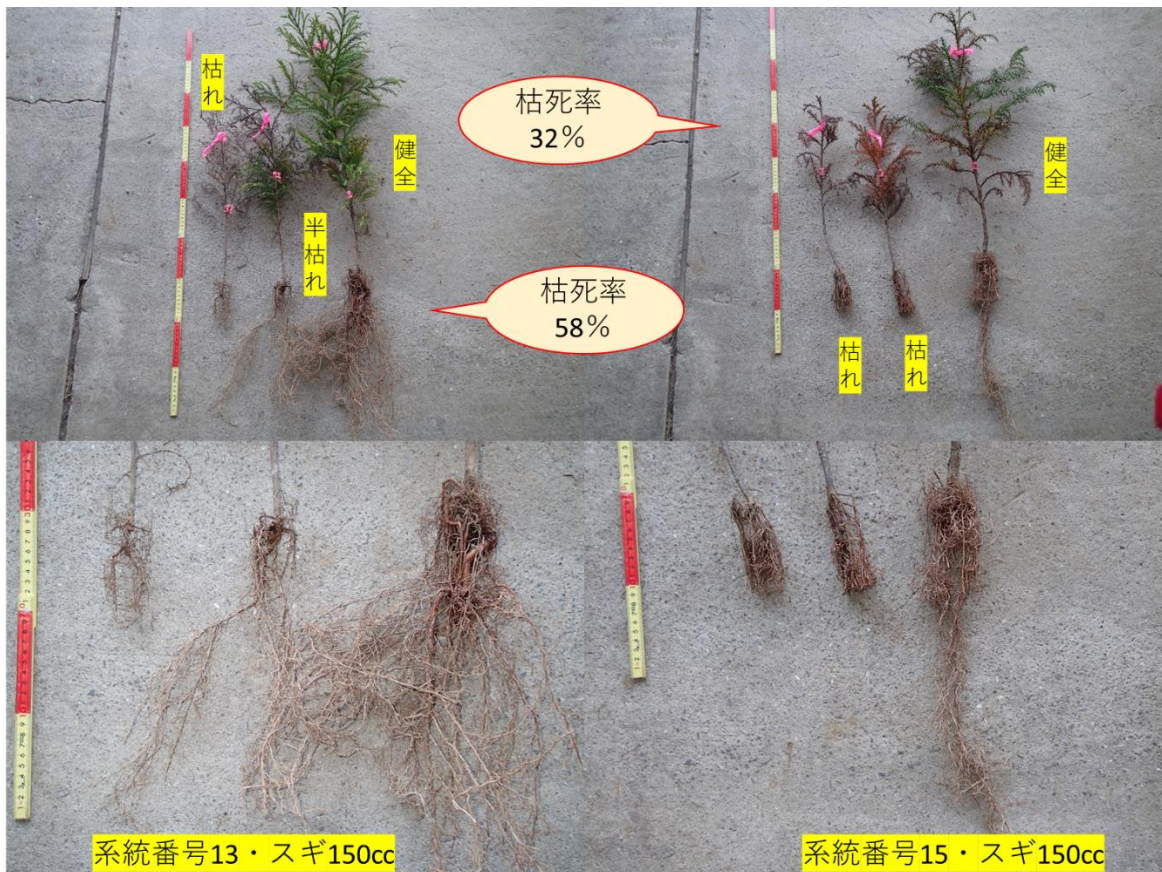


写真 4-4 系統番号 13 と 15 の根系の様子



写真 4-5 系統番号 35 の根系の様子



写真 4-6 系統番号 26 の根系の様子

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 4-6 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さらに適宜追肥していた。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。

他方、最も成長量が小さく、葉の変色個体と枯死個体が現れた系統番号 15 では、元肥に 100 日タイプの緩効性化成肥料を入れるのみで追肥はしていなかった。

表 4-6 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	移植タイプ	培地	灌水 (夏以外)	元肥	追肥	備考
8,9	毛苗 (育苗箱)	トップの培地にココナツピートと砂土を混和	2日に1回	緩効性化成肥料 180日	化成肥料	
39	幼苗	ココナツピート60鹿沼土40	毎日15-45分	有機肥料	有機肥料・液肥	
5,6	毛苗 (育苗箱)	ココナツピート90赤玉土10	天候次第	緩効性化成肥料 180日700日	液肥	
57	幼苗	ココナツピート80鹿沼土20（トップ）	手灌水（適宜）	緩効性化成肥料 100日	緩効性化成肥料	
13	毛苗 (育苗箱)	住友林業培養土（組成不明）	毎日20分	緩効性化成肥料 360日	化成肥料	
55	幼苗	ココナツピート60鹿沼土40	1日1回20-30分	緩効性化成肥料 180日360日	化成肥料 年3回	
35	幼苗	ココナツピート60鹿沼土40	乾燥に応じて適宜手まき	緩効性化成肥料	緩効性化成肥料	
42	毛苗 (育苗箱)	ココナツピート91パーライト5赤玉土1	2日に1回	緩効性化成肥料	液肥	
27	幼苗	ココナツピート80鹿沼土20		緩効性化成肥料 100日	液肥 5~8月 月1回	
15	幼苗	ココナツピート80鹿沼土20（トップ）	毎日5分 朝夕2回	緩効性化成肥料 100日	なし	

(2) スギさし木系

スギさし木は、系統番号 34 及び 44 のみであった。系統番号 44 は、M スターコンテナであり、キャビティ容量 300cc 以上、苗長も 70 cm 以上である一方、系統番号 34 はキャビティ容量 150cc であり、この 2 つの系統で生産方法の比較はできなかった。なお、両者とも変色個体は少なく枯死個体はなかった。系統番号 44 は 1 成長期後の苗高はスギの中で最も高かった（表 4-3）。

(3) ヒノキ

ヒノキの成長量と各指標値との関係を図 4-7 に示す。一部枯死はあったものの変色個体は見られなかったため、概ねどの生産者のコンテナ苗も健全に成長したと考えられるが、生産者によって成長量に差があった。成長がよかったコンテナ苗は、全て根系被覆率が 30% 以上であった。

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 4-7 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半数程度であり、そのほかの生産者は、ココナツピート 100% で生産する者、ココナツピートにパーライト、くん炭、軽石等を配合する者がいた。成長が良い傾向にあった生産者は、ほぼ追肥を行っていた。系統番号 33 は追肥を行なっていなかったが、元肥に緩効性化成肥料 180 日タイプと 360 日タイプを組合せており、植栽までに肥料効果は切れていなかったと考えられる。

他方、成長が小さかった苗には、系統番号 14 のように元肥に 100 日タイプの緩効性化成肥料が配合されるのみで追肥されなかった場合や、系統番号 36 のように元肥無しで追肥のみの施用の場合が認められた。

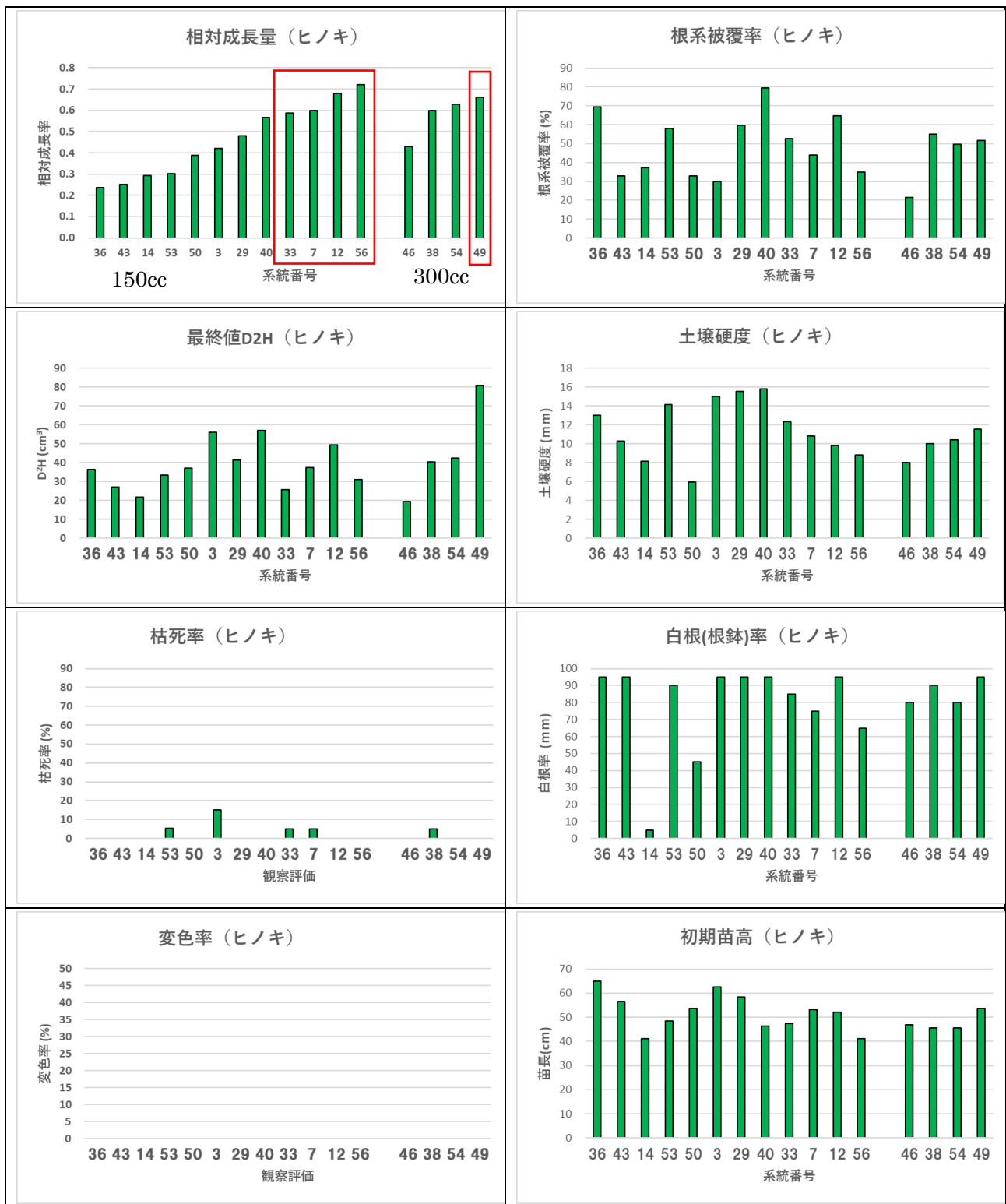


図 4-7 ヒノキの成長量と各指標値との関係
赤枠が成長の良好と判断された生産者の苗木

表 4-7 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	移植タイプ	培地	灌水 (夏以外)	元肥	追肥	備考
40	幼苗	ココナツピート85 軽石、くん炭他	毎日30分	緩効性化成肥料 (日数非公開)	6-8月 化成肥料月1回	
56	幼苗	ココナツピート80 鹿沼土20 (トップ)	手灌水 (適 宜)	緩効性化成肥料 100日	緩効性化成肥料	
12	毛苗 (育苗箱)	住友林業培養土 (組成不明)	毎日20分	緩効性化成肥料 360日	化成肥料	
7	毛苗 (育苗箱)	トップの培地にココナツ ピートと砂土を混和	2日に1回	緩効性化成肥料 180日	化成肥料	
33	幼苗	ココナツピート100	毎日	緩効性化成肥料 180日360日	なし	
46	幼苗	ココナツピート80 鹿沼土20 (トップ)	毎日 手ま き	緩効性化成肥料 100日、300日	化成肥料	
14	幼苗	ココナツピート80 鹿沼土20 (トップ)	毎日5分 朝夕2回	緩効性化成肥料 100日	なし	
43	毛苗 (育苗箱)	ココナツピート91パーラ イト5赤玉土1	2日に1回	緩効性化成肥料	液肥	
36	毛苗 (育苗箱)	ココナツピート34ピート モス30パーライト36	毎日1時間	なし	緩効性化成肥料 液肥	

(4) カラマツ

カラマツの成長量と各指標値との関係を図 4-8 に示す。植栽後の葉色の変化は試験期間中ほぼ認められず、枯死個体も一部で認められたが、集中して枯死するようなことはなかった。

また、ほとんどの生産者の苗木は、系統番号 28 以外は根系被覆率が 20% 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は不明である。この中には、当年生苗（系統番号 1、10）も含まれ、これらは 2 年生苗と比較してさらに根系被覆率が低くなる傾向にあった。

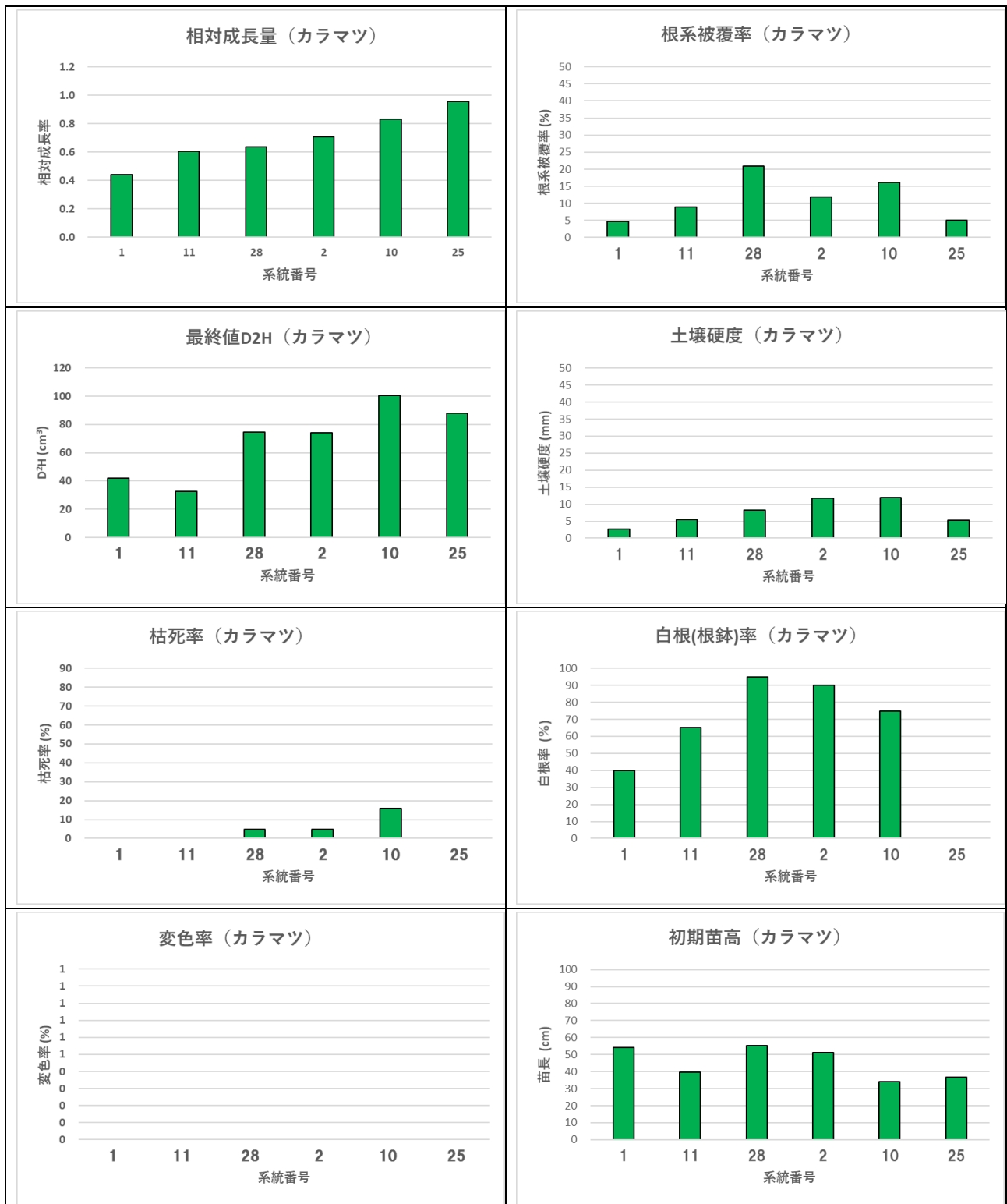


図 4-8 カラマツの成長量と各指標値との関係

苗木の生産方法について、表 4-8 に示す。今年度のカラマツについては、成長の試験・調査の対象となった生産者自体の数が少なく、成長の優劣を判断するに足るデータ数を収集できなかった。どの生産者も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大半で、一部にココナツピートに焼成赤玉土を配合する生産者がいた。元肥は、緩効性化成肥料を用いており 100 日タイプ、180 日タイプ、360 日タイプ、700 日タイプを組合せて配合している生産者が多かった。また、出荷までに根鉢が形成されないため、生分解性ポットで栽培することでこれを補い出荷している生産者が認められた。

表 4-8 コンテナ苗の生産方法の比較（カラマツ）

No	移植タイプ	培地	灌水 (夏以外)	元肥	追肥	備考
40	幼苗	ココナツピート55 鹿沼土45	毎日1時間	緩効性化成肥料 180日360日700日	化成肥料	
36	幼苗	ココナツピート70 焼成赤玉土30	2日に1回 2時間	緩効性化成肥料 100日360日700日	なし	当年生苗
39	幼苗	ココナツピート80 鹿沼土20	毎日30分	緩効性化成肥料 100日	液肥 5~8月 月1回	
37	幼苗	ココナツピート80 鹿沼土20	2日に1回 3時間	緩効性化成肥料 100日700日	化成肥料	当年生苗

4-3 植栽試験における地上部と地下部の成長

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月にかけて試験植栽した。植栽した苗木は、計55系統であった。これらの毎木調査の結果は、本事業2年目（令和2〈2020〉年度）の報告書（4-3）で報告している。これらについては、植栽地から令和2〈2020〉年11月に掘り取り後、乾燥重量を測定した。そこで、解体調査で測定した乾燥重量と掘り取り後の乾燥重量を比較し、地上部と地下部をあわせた1成長期のコンテナ苗の成長を分析した。分析に供した生産者のコンテナ苗とその系統番号を表4-9に示す。

表 4-9 本事業1年目（平成31〈2019〉年度）に毎木調査（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			
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					

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
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

4-3-1 植栽苗木の1成長期における成長量（絶乾重量）の推定

植栽後1成長期を経過した苗木の成長量（絶乾重量）を推定するには、期首と期末の絶乾重量が必要になる。期末の重量は掘り取り後計量することにより得られるが、期首の重量は苗木自体を植栽に供していることから得られず、植栽時の絶乾重量を推定する必要がある。そこで、苗木解体調査の乾燥重量のデータよりそれぞれの樹種について、根元径（D）と苗長（H）から算出される体積指標である D^2H を算出し、それらと絶乾重量との関係を回帰分析し、以下のようなコンテナ苗の絶乾重量（Dw）の推定式を得た。これを用いて植栽時の絶乾重量を求めた。

$$\log(Dw)=a \times \log(D^2H) + b$$

上記の推定式の係数である傾き a と切片 b を樹種ごとにまとめて表 4-10 に示す。

表 4-10 乾燥重量推定式の係数

	a	b	n	R ²
スギ（挿木）	0.5598	0.5674	160	0.502
スギ（実生）	0.6289	0.3837	420	0.6664
ヒノキ	0.5773	0.4051	260	0.6945
カラマツ	0.6014	0.1108	280	0.7135

n: サンプル数、R²: 相関係数

それぞれの樹種のコンテナ苗植栽試験における植栽直後の推定乾燥重量（期首乾重）と掘り取り時の乾燥重量（期末乾重）及び成長量（期末乾重 - 期首乾重）を個体ごとに算出し、その平均値と標準偏差を表 4-10～表 4-14 に示す。

表 4-11 試験植栽されたコンテナ苗（系統番号）の1成長期間における成長量（スギ：絶乾重量）

地域	系統番号	容量	植栽直後								掘り取り木			
			根元径		苗高		D ² H		推定乾燥重量		乾燥重量		成長量	
			mm	SD	cm	SD	cm ³	SD	g	SD	g	SD	g	SD
広島	14	150	4.5	0.6	49.9	6.2	10.5	3.9	12.2	2.6	18.4	6.2	7.9	5.5
徳島	36	150	4.3	0.5	41.0	4.3	7.8	2.2	11.2	2.0	22.0	6.2	13.2	5.6
愛知	54	150	4.0	0.5	41.6	7.0	6.9	2.1	13.8	2.5	22.2	6.3	14.2	5.6
宮城	47	150	5.5	1.0	46.9	4.7	14.9	5.9	12.6	4.4	23.2	8.0	10.2	5.7
岩手	9	150	5.0	0.4	38.3	3.7	9.8	2.7	15.2	2.2	23.6	5.7	13.5	5.8
徳島	34	150	5.0	0.6	42.6	5.7	10.8	2.7	13.7	2.5	25.4	5.7	14.6	5.2
岩手	12	150	5.1	0.4	43.7	5.0	11.6	2.5	10.0	1.2	25.8	6.9	14.6	6.0
高知	28	150	4.7	0.4	47.5	4.9	10.7	2.2	16.7	2.2	25.9	5.3	15.2	5.0
宮城	45	150	5.6	0.4	42.9	3.5	13.6	2.6	8.3	1.8	26.2	3.8	13.7	4.2
高知	25	150	5.7	0.9	68.3	6.1	22.5	7.0	10.1	1.0	26.5	5.9	9.5	4.5
広島	21	150	5.2	0.5	38.2	1.8	10.4	2.1	10.5	1.3	29.2	6.6	18.7	6.3
秋田	16	150	5.0	0.4	39.3	3.2	9.8	1.6	16.9	3.4	29.4	7.2	19.3	7.0
徳島	41	150	4.0	0.5	43.5	6.8	7.2	2.6	12.4	1.5	29.7	8.8	21.4	7.7
宮城	44	150	6.0	0.5	59.4	4.8	21.8	4.6	10.7	1.4	30.0	6.3	13.3	5.1
島根	53	150	4.8	0.4	41.2	4.0	9.7	1.8	11.2	1.5	31.0	10.5	21.0	9.9
徳島	35	150	5.7	0.7	48.3	4.0	16.1	4.8	10.7	1.8	32.9	8.8	19.2	7.5
秋田	10	150	5.6	0.6	59.3	6.3	18.8	4.3	10.1	1.6	33.0	9.9	17.8	8.7
三重	46	150	5.0	1.1	53.4	7.6	14.6	8.0	13.0	3.3	38.7	16.5	26.0	15.7
石川	7	300	6.1	0.8	42.9	3.8	16.1	4.7	8.0	1.6	45.5	6.6	31.7	6.0
徳島	31	150	4.9	0.6	47.4	4.3	11.6	3.3	8.8	1.5	46.9	16.7	35.7	16.2
島根	50	150	5.1	0.6	49.3	7.4	13.3	4.3	10.4	2.4	48.3	16.1	36.1	14.4

表 4-12 試験植栽されたコンテナ苗（系統番号）の1成長期間における成長量（スギさし木：絶乾重量）

地域	系統番号	容量	植栽直後								掘り取り木			
			根元径		苗高		D ² H		推定乾燥重量		乾燥重量		成長量	
			mm	SD	cm	SD	cm ³	SD	g	SD	g	SD	g	SD
熊本	30	300	6.6	0.9	53.5	7.5	23.7	6.3	21.6	3.1	56.1	16.5	34.5	16.4
大分	1	300	6.2	0.5	46.3	4.2	18.1	3.5	18.6	2.0	45.4	5.6	26.8	5.6
熊本	37	300	6.3	0.9	38.4	5.2	15.8	5.6	17.1	3.3	35.5	7.1	18.4	7.3
鹿児島	4	300	6.8	0.6	56.6	5.3	26.6	6.6	23.0	3.1	40.0	8.6	16.9	8.1
宮崎	2	300	6.7	1.0	42.4	3.6	19.7	6.1	19.4	3.3	35.4	9.8	16.0	9.4
宮崎	5	300	6.5	0.8	38.3	3.8	16.6	5.1	14.0	2.8	28.5	6.9	14.5	6.1
宮崎	6	300	5.2	0.6	50.6	7.2	14.3	5.3	12.7	2.9	26.2	8.8	13.5	7.0
鹿児島	3	150	6.3	0.7	46.2	4.6	18.8	4.7	18.9	2.7	30.4	6.5	11.5	5.6

表 4-13 試験植栽されたコンテナ苗（系統番号）の1成長期間における成長量（ヒノキ：絶乾重量）

地域	系統番号	容量	植栽直後								掘り取り木			
			根元径		苗高		D ² H		推定乾燥重量		乾燥重量		成長量	
			mm	SD	cm	SD	cm ³	SD	g	SD	g	SD	g	SD
広島	13	150	3.7	0.5	42.6	4.4	5.9	1.4	7.0	0.9	15.6	4.8	8.6	4.5
広島	15	300	4.1	0.5	42.7	4.6	7.5	2.2	8.0	1.4	22.8	6.5	14.8	6.3
愛知	55	150	3.7	0.5	40.9	6.1	5.7	2.1	6.8	1.4	25.0	5.5	18.1	4.7
長野	14	150	4.0	0.5	57.9	4.8	9.7	3.0	9.3	1.7	27.5	6.3	18.1	5.1
長野	16	300	4.1	0.6	49.7	4.9	8.5	2.9	8.6	1.8	29.7	6.8	21.1	6.0
島根	52	150	4.3	0.5	43.9	5.5	8.5	2.7	8.6	1.6	21.5	7.7	12.8	6.4
高知	27	150	5.1	0.5	55.5	5.4	14.7	3.2	11.9	1.5	25.7	5.8	13.8	4.7
島根	51	150	4.5	0.4	53.0	4.1	10.8	2.3	10.0	1.2	37.3	9.7	27.3	9.5
高知	26	150	4.9	0.7	62.8	5.7	15.1	4.6	12.1	2.1	18.5	4.5	6.5	2.9
三重	49	150	5.4	0.5	62.7	8.9	18.7	5.7	13.7	2.4	27.8	7.4	14.1	6.2
長野	23	150	5.1	0.5	64.7	6.7	16.9	4.4	12.9	1.9	22.0	5.5	9.1	4.5
熊本	39	300	5.4	0.5	50.8	7.8	15.2	4.4	12.1	2.1	31.3	4.6	19.2	4.2
熊本	38	300	5.8	0.6	49.8	5.1	16.7	4.4	12.8	1.9	49.6	7.4	36.8	6.5

表 4-14 試験植栽されたコンテナ苗（系統番号）の1成長期間における成長量（カラマツ：絶乾重量）

地域	系統番号	容量	植栽直後								掘り取り木			
			根元径		苗高		D ² H		推定乾燥重量		乾燥重量		成長量	
			mm	SD	cm	SD	cm ³	SD	g	SD	g	SD	g	SD
北海道	29	150	6.3	0.9	56.1	14.3	23.5	10.3	8.4	2.4	15.1	7.1	6.7	6.0
宮城	33	150	6.1	1.4	39.9	4.8	15.4	7.1	6.5	1.8	17.3	7.0	10.8	6.3
長野	24	150	5.3	0.7	47.3	4.9	13.7	4.7	6.1	1.2	17.5	7.1	11.4	7.3
宮城	48	150	6.7	1.2	50.9	6.1	23.8	10.6	8.5	2.2	19.0	6.1	10.5	5.9
岩手	8	150	6.4	0.7	51.6	4.9	21.2	4.7	8.1	1.1	20.0	10.9	12.0	11.2
宮城	43	150	6.4	1.0	55.1	4.5	22.8	7.7	8.4	1.6	21.6	6.6	13.3	6.2
長野	20	150	5.1	0.8	39.1	3.5	10.5	3.6	5.3	1.0	22.0	9.0	16.7	9.3
北海道	30	150	5.4	0.8	27.7	1.8	8.3	2.7	4.6	0.9	22.8	9.7	18.3	9.6
岩手	11	150	6.5	0.6	53.2	7.4	22.7	5.3	8.4	1.2	23.1	10.6	14.7	10.9
北海道	32	150	4.8	0.6	32.0	3.0	7.5	2.3	4.3	0.8	26.0	12.2	21.7	11.7
長野	17	150	5.3	0.5	42.6	3.8	12.2	3.0	5.8	0.9	29.4	17.9	23.6	18.1
宮城	42	300	8.2	1.6	48.2	4.0	34.1	14.8	10.6	2.8	32.2	18.6	21.6	19.5
秋田	22	150	6.8	0.6	58.6	1.9	27.2	5.4	9.4	1.1	38.4	15.3	29.1	15.6

スギの期間成長量（期末の絶乾重量－期末の絶乾重量）のランキングを図4-9（上図）、及び期首の絶乾重量のランキングを図4-9（左図）と期末の絶乾重量のランキングを図4-9（右図）に示す。ヒノキ及びカラマツについても同様に図4-10～図4-11に示す。いずれの樹種も植栽時（期首）において絶乾重量が大きい個体が掘り上げ時（期末）の絶乾重量も大きい傾向にあるが、期末の絶乾重量の順位が大きく下がる生産者と上がる生産者があった。令和2（2021）年度報告書（4-3-4）で分析した結果と照らし合わせると、肥料切れを起こさないように栽培管理された苗木の成長量大きい傾向があった。

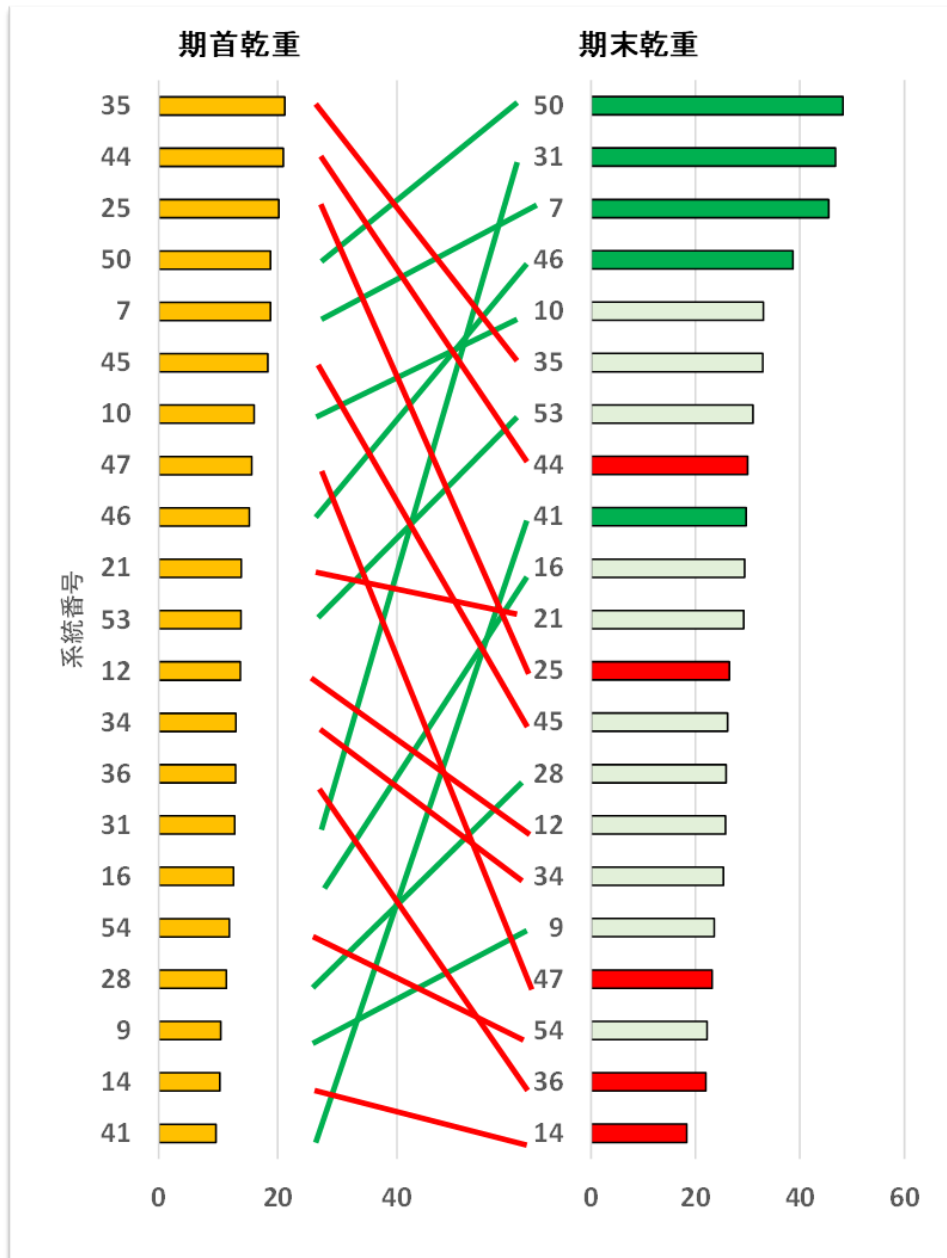
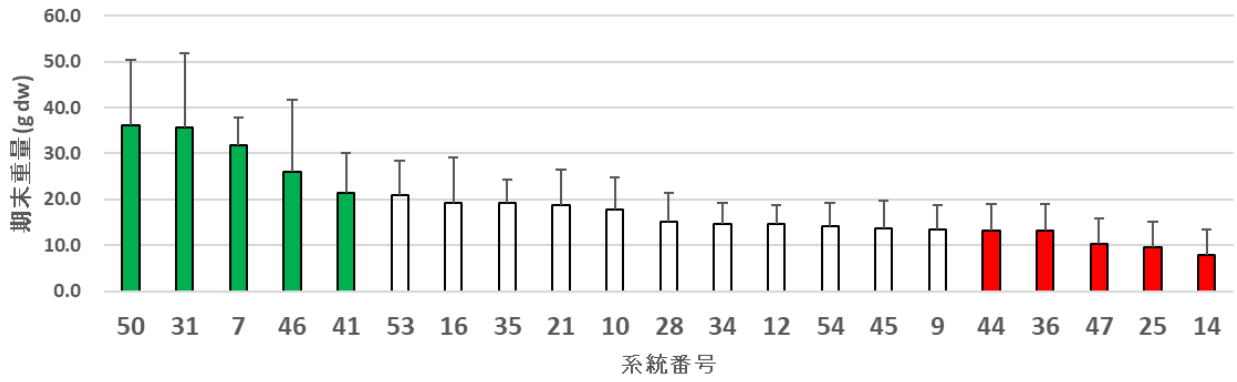


図 4-9 スギの期間成長量（絶対乾重量）ランキング（上）と期首と期末の絶対乾重量ランキングの変動状況（下）

棒グラフの色は、期間成長量の上位を緑、下位を赤とした。期首と期末の乾燥重量のランキングの変動の線は、順位を上げたものは緑、下げたものは赤とし、棒グラフの色は上図の色と一致する。

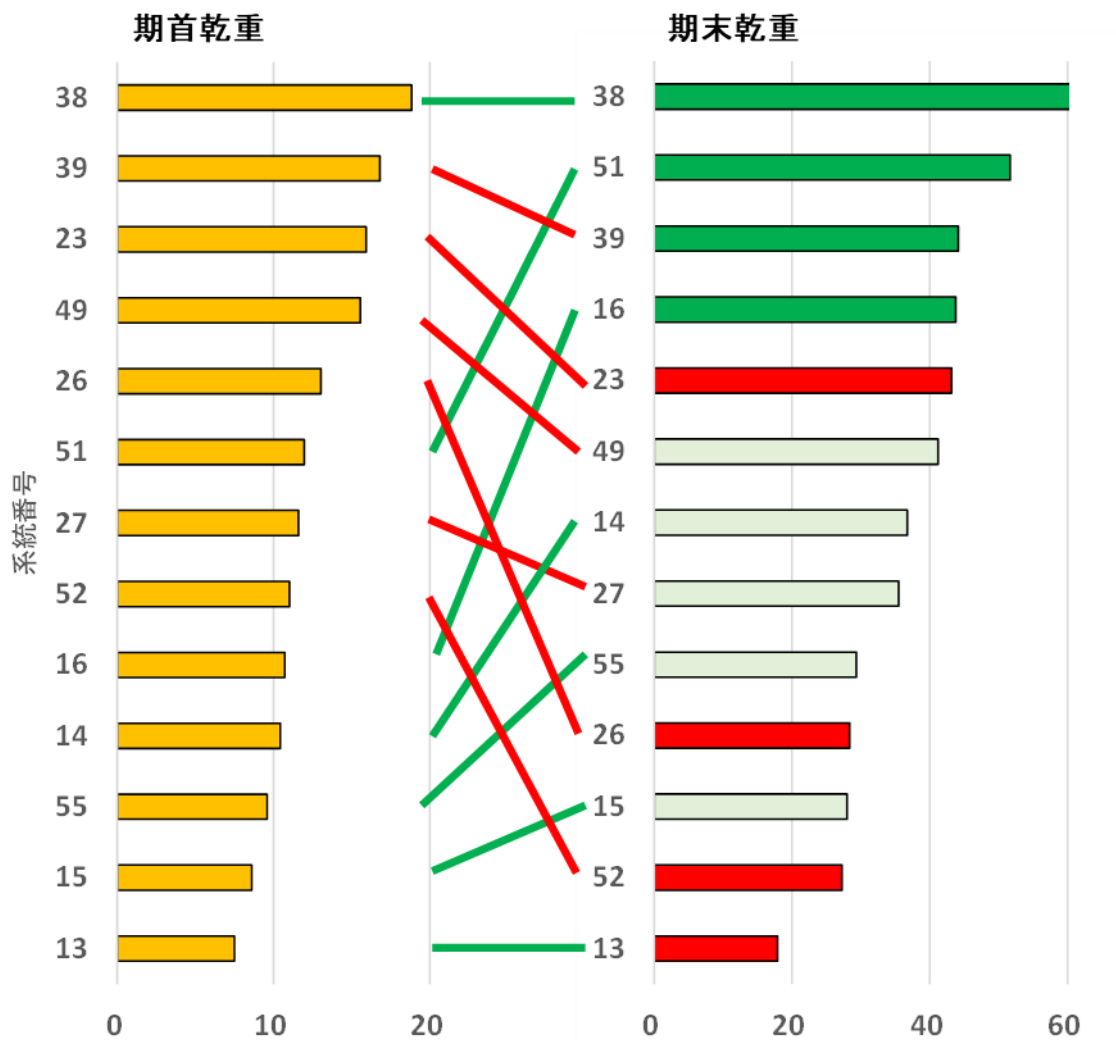
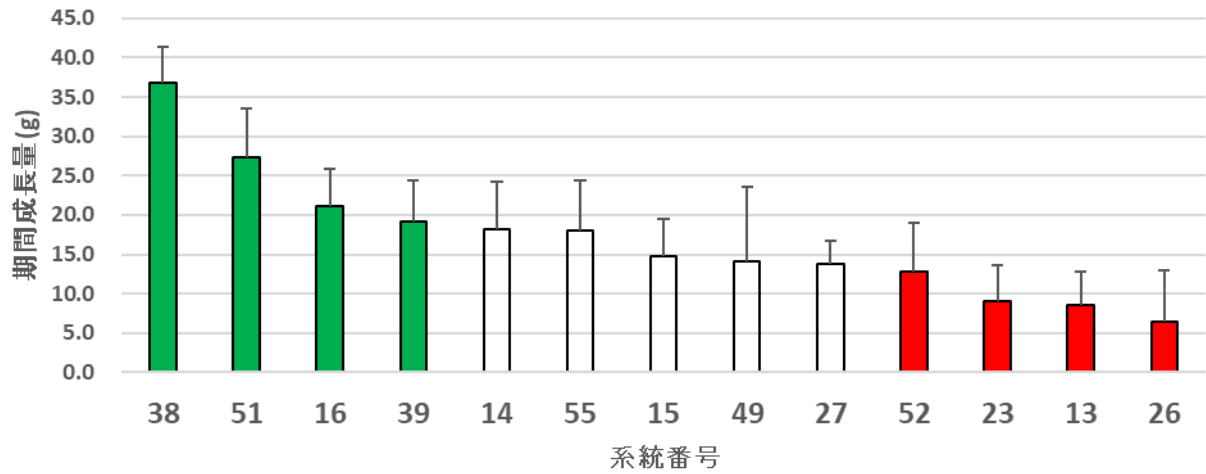


図 4-10 ヒノキの期間成長量（絶対乾重量）ランキング（上）と期首と期末の絶対乾重量ランキングの変動状況（下）

棒グラフの色は、期間成長量の上位を緑、下位を赤とした。期首と期末の絶対乾重量ランキングの変動の線は、順位を上げたものは緑、下げたものは赤とし、棒グラフの色は上図の色と一致する。

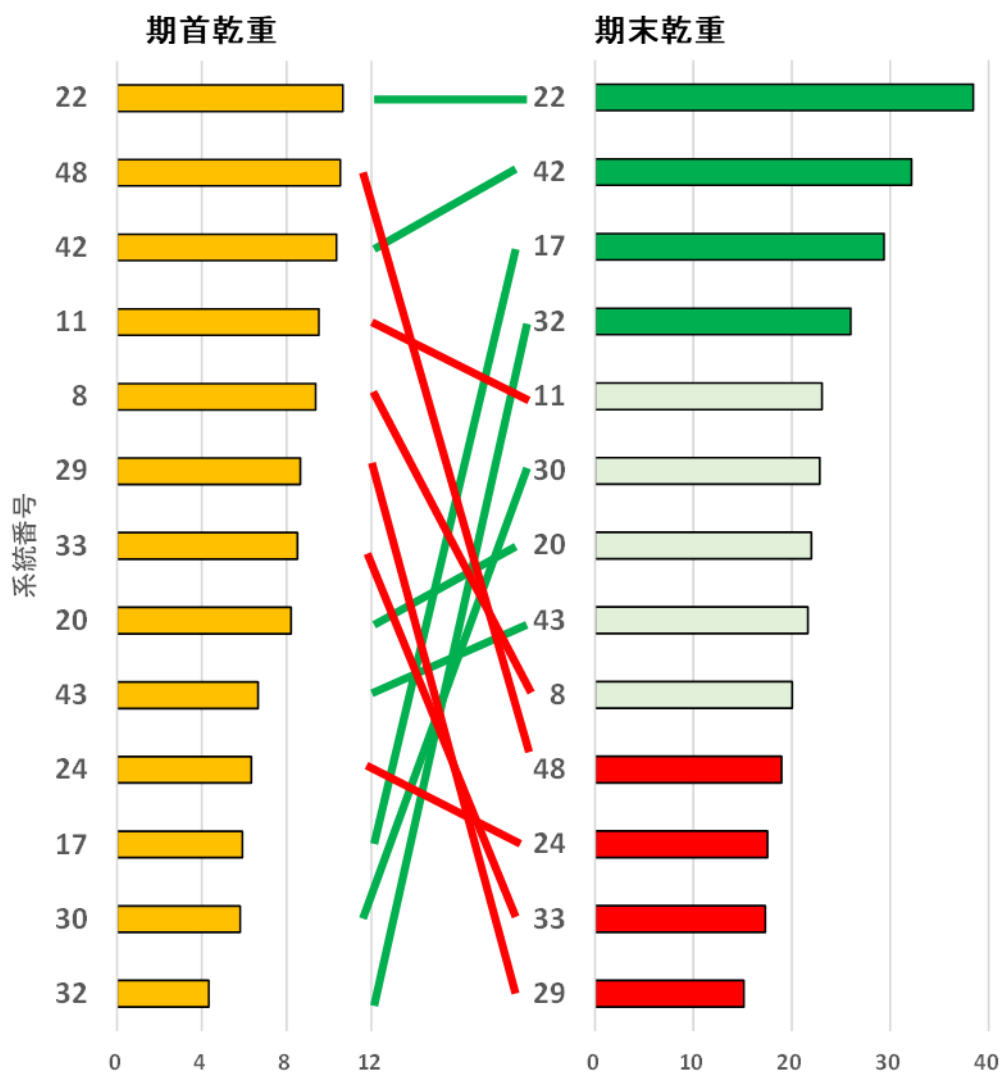
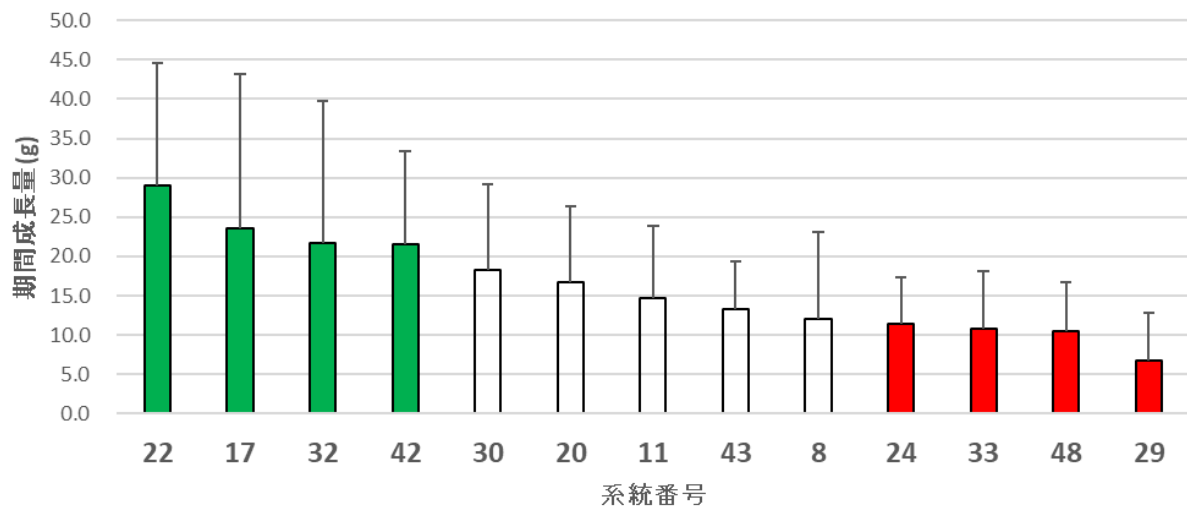


図 4-11 カラマツの期間成長量（絶対乾重量）ランキング（上）と期首と期末の絶対乾重量のランキングの変動状況（下）

棒グラフの色は、期間成長量の上位を緑、下位を赤とした。期首と期末の乾燥重量のランキングの変動の線は、順位を上げたものは緑、下げたものは赤とし、棒グラフの色は上図の色と一致する。

4-3-2 T/R 比による分析

植栽時の T/R 比（地上部の絶乾重量を根の絶乾重量で除した値：値が高いほど地上部が地下部よりも大きい）と期間成長量（絶乾重量）の平均値の関係を図 4-12 に示す。スギは、植栽時の T/R 比が 2.0～4.6 程度あり最も分布の範囲が広がった。ヒノキは、1.8～3.2 で中間程度。カラマツは、0.9～1.8 で最も低い範囲となった。スギ（さし木）、ヒノキ、カラマツでは、T/R 比と期間成長量との関係は特に見出すことはできないが、スギ（実生）において、T/R 比が 3 以上の高い個体で期間成長量が低い傾向があった。特に図中、青矢印で示した生産者はコンテナの地置きをしている生産者である。コンテナの地置きをして、出荷の 2 ヶ月程度前に育苗ベンチに上げて空気根切りをして出荷する方法は、T/R 比が高くなり植栽後の初期成長に悪影響を及ぼす可能性があると考えられた。

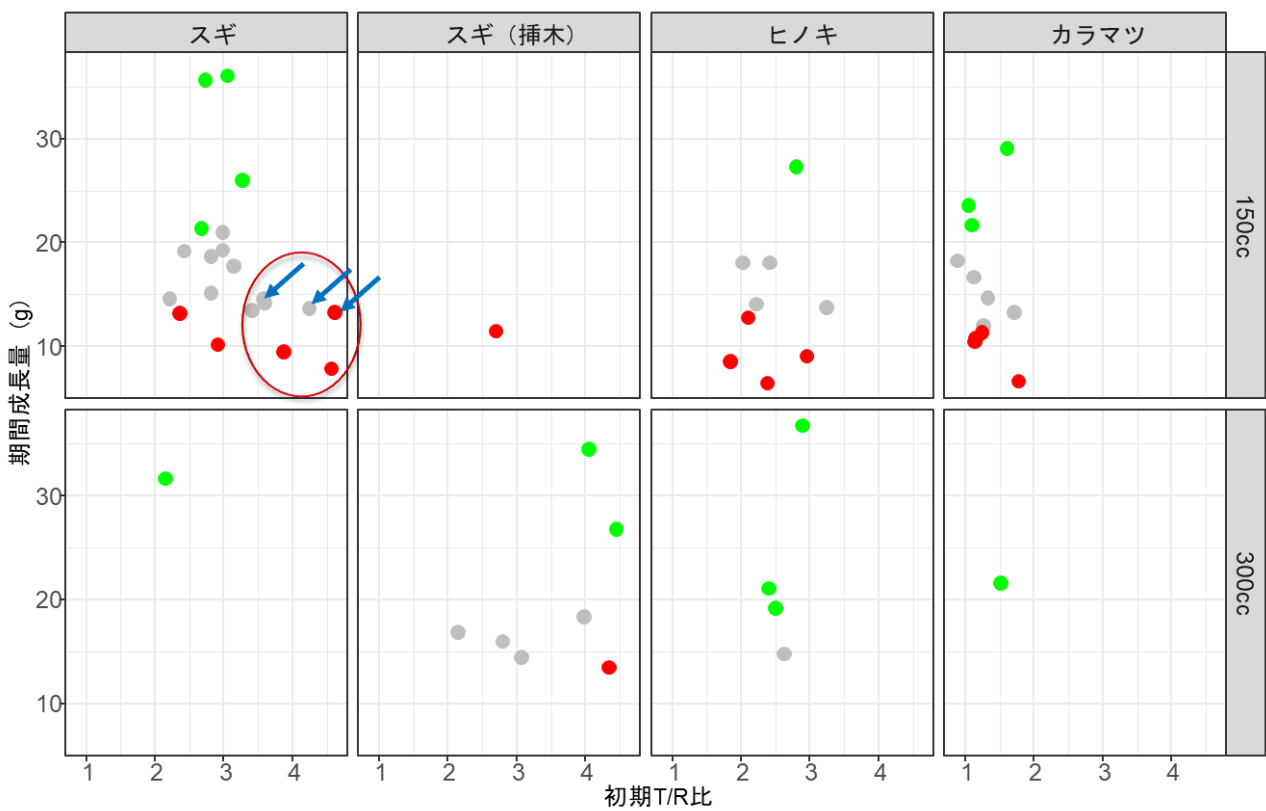


図 4-12 植栽初期の T/R 比と期間成長量（絶乾重量）との関係

赤丸内が初期の T/R 比が高く、期間成長量が悪かったグループ。緑の点と赤の点は、図 4-12～図 4-14 の棒グラフの色と一致する。青い矢印はスギコンテナ苗を栽培する上でコンテナの地置きの方法を採用している生産者の苗木。

4-4 生産方法と苗木の品質のまとめ

今回、全国のコンテナ苗を熊本県阿蘇市（標高 650m）に集めて植栽した一連の調査結果から、概ね以下の傾向が得られた。

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であることが第一条件であると考えられる。スギ・ヒノキについては、根系被覆率が 30%以上を満たしている苗木で良い成長がみられた。なお、カラマツについては、根系被覆率が全体的に低い傾向にあり、サンプル数もスギと比較すると少ないため、根系被覆率と植栽後の成長の関係についての検証はできなかった。

また、植栽試験の 2 年分のデータを用いて根系被覆率と植栽後 1 成長期の生存率の関係をロジスティック回帰分析で解析した結果、スギ（実生）、スギ（さし木）、ヒノキで根系被覆率が高いことで翌年の生存確率が上昇する傾向にあり、根鉢がしっかりしていることが、生存率にも影響することが明らかになった（図 4-13）。

さらに、今年度の調査では確認されなかったが、本事業 2 年目（令和 2（2020）年度）の試験植栽の調査で枯死が集中して認められた生産者の苗木を掘り起こして根を観察したところ、主根が移植時に屈曲し上方を向いている苗木が多々あった（写真 4-7）。これは、コンテナへ幼苗を移植する時に主根を真っ直ぐ培地へ挿入しないことで発生した主根屈曲と考えられる。このような状況でも外見的には根鉢が形成され出荷が可能とみなされるが、主根が上方を向いているため、植栽後、根が鉛直方向へ垂下できず地表面近くのみ根張りとなり、そのため、地表からの乾燥の影響を受けやすく、無降雨が続くとすぐ枯れてしまうか、成長がほとんどできない状況になると考えられる。幼苗の移植時には、このことについて留意する必要がある。

形状比については、従来高い方が樹高成長にマイナスと考えられていたが、これは肥大成長を優先させるためであり、肥大成長後に健全に成長することが判っている。しかし、形状比が高すぎる（120 以上）と、植栽直後に湾曲する可能性があることが分かった（図 4-4）。この湾曲は、1 成長期でほとんどが回復し直立するが、一方で、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。

元肥や追肥については、植栽後に成長が良かった苗木は肥料効果が植栽後も持続し、見た目にも葉量が多く葉色が良い傾向にあった。本事業 1 年目（平成 31（2019）年度）に実施したコンテナ苗の試験植栽において、成長が良かったコンテナ苗（スギで系統番号 7 と 50、ヒノキで系統番号 38 と 51）と悪かったコンテナ苗（スギで系統番号 14 と 25、ヒノキで 13 と 26）の葉サンプル（解体試験にて得られた葉の乾燥サンプル）を掘り起こし、葉分析を行った結果、スギとヒノキについて基本的に成長が良かった苗木の窒素含有率は、悪かった苗木の含有率に比較して高い値を示す傾向にあった（図 4-14、図 4-15）。今回の結果から、コンテナ苗の栽培における施肥管理は、山行きコンテナ苗の植栽後の初期成長に影響を及ぼす可能性があることを示唆しており、今後の研究等による検証が待たれるところである。

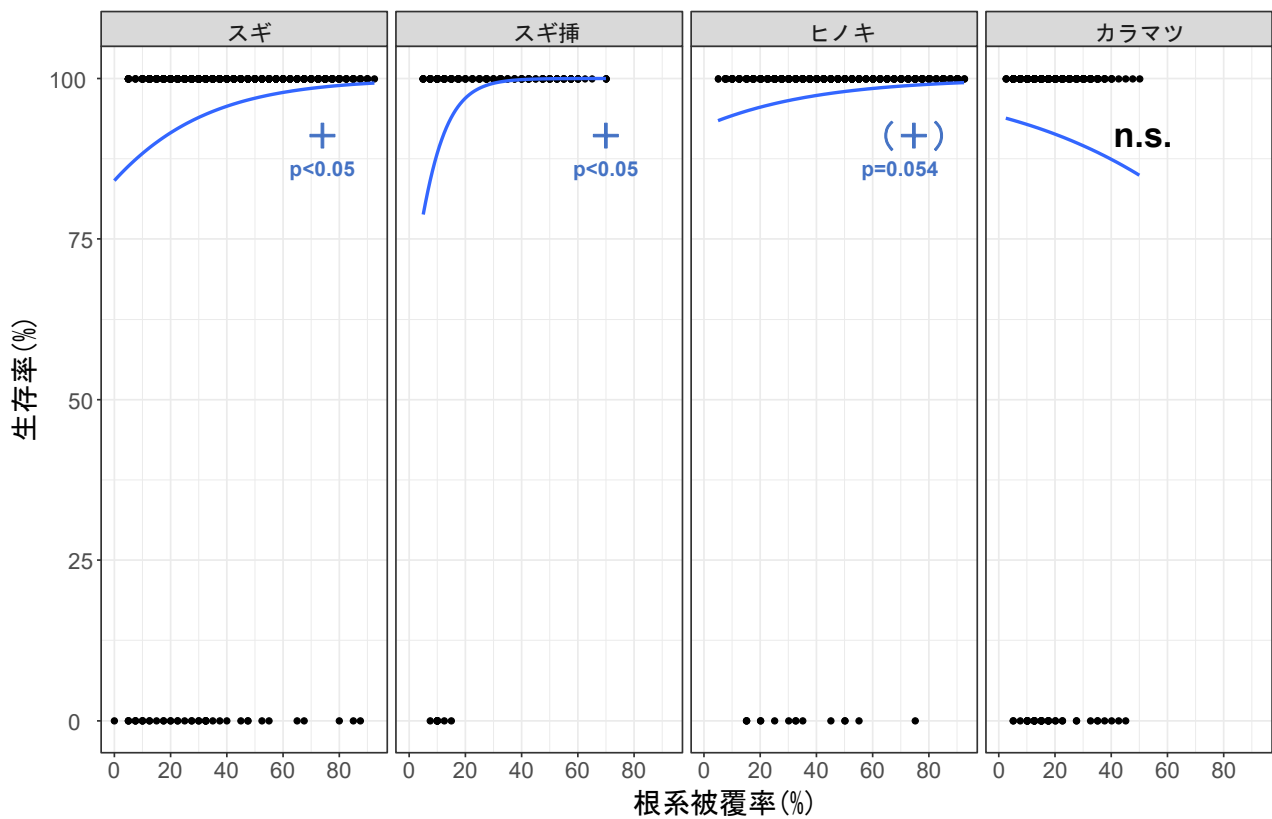


図 4-13 根系被覆率と植栽 1 年後の生存率の関係

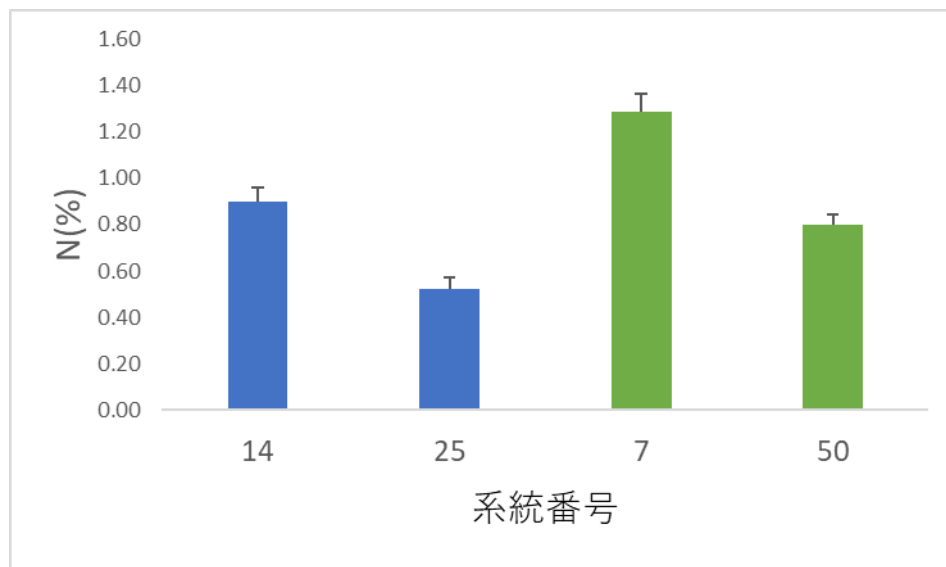


図 4-14 スギコンテナ苗の葉に含まれる窒素含有率

主軸から枝分かれの一次枝を葉とみなし、個体あたりの全ての一次枝を粉砕して分析に供した。
 緑の棒グラフ：植栽後の成長が良かった苗木、青の棒グラフ：成長が悪かった苗木

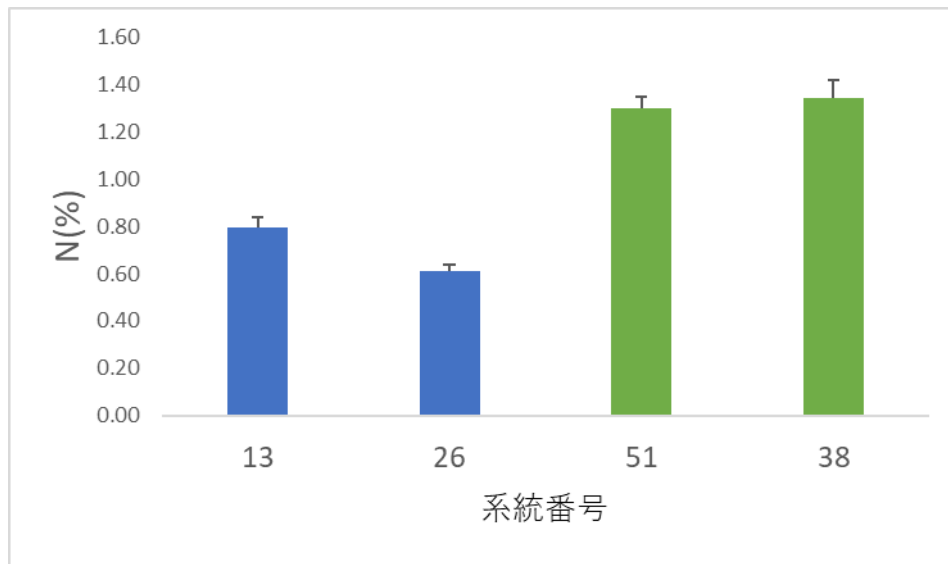


図 4-15 ヒノキコンテナ苗の葉に含まれる窒素含有率

主軸から枝分かれの一次枝を葉とみなし、個体あたりの全ての一次枝を粉碎して分析に供した。
 緑の棒グラフ：植栽後の成長が良かった苗木、青の棒グラフ：成長が悪かった苗木



写真 4-7 平成 31 (2019) 年度調査対象生産者 (系統番号 33) の植栽後一成長期後の根系状況 令和 2 (2020) 年 11 月撮影)

左写真 折尺の左：生存個体、同右：枯死個体

右写真 枯死個体の根のクローズアップ。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、植栽後も根が深く伸張できず枯死に至ったもの。