

松くい虫に強いリュウキュウマツ品種の選抜

-挿木クローン検定 3-

久高 梢子

1. 目的

リュウキュウマツのマツ材線虫病に強い家系は、これまでに 11 家系が抵抗性候補木として選抜されているが、採種園を構成するには家系数が少なく、遺伝的多様性を確保するため追加選抜する必要がある。クロマツ等のマツ材線虫抵抗性品種の開発においては、激害地で生存した個体の実生家系に連年接種試験を行い、生き残った個体自体を選抜する実生家系選抜が行われており、リュウキュウマツにおいても 2017～2023 年にこの方法で一次検定合格個体を選抜した。今回は、二次検定として当該個体のさし木クローンに線虫接種を行ったので、その結果を報告する。

2. 材料と方法

供試苗は、2017～2021 年に 2 回連年線虫接種して生き残った 17 系統のさし木クローン（以下、検定苗）と、沖森研内に自生しているリュウキュウマツ 3 個体のさし木クローン（以下、非選抜系統苗）である。これらの供試苗は、2023 年 1 月 20 及び 25 日にさし木処理を行い、2023 年 6 月 21 日に発根を確認後、直ちに沖森研内の圃場へ移植した。その翌週の 6 月 27 日に対照系統として抵抗性クロマツ品種 5 系統と抵抗性ではないクロマツ精英樹 1 系統（林木育種センター九州育種場（以下、九州育種場）から譲渡）の 1 年生コンテナ苗を移植した。移植は 1 反復につき 26 系統を 1～4 本ずつランダムに 6 反復配置した。

移植から約 13 ヶ月後の 2024 年 7 月 18 日に線虫接種を行った。検定は、国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター品種開発実施要領「マツノザイセンチュウ抵抗性品種」（以下、実施要領）に準じて実施し、線虫接種方法は改良剥皮法により行い、線虫接種頭数は 10,000 頭/100 μ l とし、線虫は島原個体群（九州育種場から譲渡）を使用した。このとき、供試苗の苗高及び地際径を調査した。接種日から 20 週目に、全針葉が赤褐色に変色した個体を枯死、病徴が見られない個体を健全とし、供試苗の状態を判定して、接種本数に対し、枯死に至っていない苗の本数割合を生存率、健全苗の本数割合を健全率として算出した。

3. 試験結果

各系統の接種検定の結果を表-1 に示す。対照系統の抵抗性クロマツの生存率及び健全率は、クロマツ精英樹より明らかに高く、沖縄の気候条件下においてもマツノザイセンチュウ抵抗性を示していた。

抵抗性の評価については実施要領に則り、検定苗 10 個体以上を確保できた 14 系統について、図-1 の算出方法にて評点 P を算出した。対照系統の値は、抵抗性クロマツ 5 系統の平均値とした。その結果、14 系統中 12 系統について評点 P がマイナスとなり、実施要領上の二次検定合格

となった(表-2)。非選抜系統苗は評点Pの順位が低かった。

線虫接種時の対照系統苗と検定苗の苗高及び地際径にはそれぞれ有意差があり(Welchのt検定、 $p < 0.05$) (図-2)、同時に植栽した対照系統のクロマツ実生苗とリュウキュウマツ挿木検定苗では、クロマツが良好な成長を示した。

表-1 系統ごとの検定苗の生存率と健全率及び基本情報

系統名	供試苗数	平均苗高(cm)	±SD	平均地際径(mm)	±SD	生存本数	生存率%	健全本数	健全率%	
AI-14-1	6	21.0	6.2	6.1	0.8	5	83.3	4	66.7	
AI-17-1	12	20.8	6.5	5.4	1.9	9	75.0	9	75.0	
AI-18-1	5	37.4	9.0	7.0	1.5	5	100.0	4	80.0	
AI-46-1	2	14.0	1.4	5.4	1.5	2	100.0	1	50.0	
No. 2413-2	12	21.3	8.8	5.1	1.8	11	91.7	11	91.7	
No. 2419-1	2	21.5	12.0	5.9	1.0	1	50.0	1	50.0	
No. 2420-1	17	28.4	8.6	6.9	1.6	15	88.2	15	88.2	
精2701-1	15	21.9	6.3	4.9	1.3	6	40.0	6	40.0	
精302-1	24	40.9	15.6	7.8	2.3	24	100.0	19	79.2	
精304-1	11	26.1	9.2	7.0	2.3	9	81.8	9	81.8	
精英樹八重山11号-1	4	32.3	12.4	7.0	1.8	2	50.0	1	25.0	
仲里り-13-3	24	22.1	7.7	7.7	2.2	19	79.2	17	70.8	
仲里り-31-2	13	27.5	7.6	6.5	1.6	10	76.9	8	61.5	
平久保No.3-1	20	28.8	8.7	6.1	1.5	18	90.0	16	80.0	
平久保No.3-2	20	30.6	11.1	7.2	2.0	16	80.0	13	65.0	
平久保No.5-1	12	32.3	10.8	8.7	2.0	9	75.0	8	66.7	
平久保No.6-1	19	27.0	10.5	6.0	1.8	11	57.9	11	57.9	
cnt1	***	12	26.8	7.1	6.6	1.7	6	50.0	3	25.0
cnt4	***	15	24.2	6.7	7.1	2.0	11	73.3	8	53.3
cnt5	***	7	27.7	11.2	7.5	2.3	3	42.9	2	28.6
備前143	*	15	35.1	6.9	10.2	2.2	12	80.0	9	60.0
三崎90	*	15	22.0	3.0	6.9	1.7	11	73.3	8	53.3
顕娃425	*	19	40.8	7.6	11.7	2.7	10	52.6	9	47.4
田辺54	*	20	31.1	5.7	10.5	1.9	6	30.0	4	20.0
三豊103	*	16	29.5	7.8	9.6	2.1	3	18.8	0	0.0
県芦北5号	**	19	48.4	8.5	13.1	2.5	1	5.3	0	0.0

* 抵抗性クロマツ、** 抵抗性ではない精英樹、*** 非選抜系統

表-2 各系統の実施要領に基づく評点Pと順位

順位	系統名	P値
1	No. 2413-2	-15.7
2	精302-1	-15.6
3	No. 2420-1	-14.5
4	平久保No.3-1	-13.7
5	精304-1	-12.4
6	仲里り-13-3	-10.3
7	AI-17-1	-10.1
8	平久保No.3-2	-9.7
9	平久保No.5-1	-8.9
10	仲里り-31-2	-8.6
11	cnt4	-6.8
12	平久保No.6-1	-4.4
13	精2701-1	1.6
14	cnt1	1.7

$$\text{評点}P = \frac{(A-a)}{A} \times 10 + \frac{(B-b)}{B} \times 5$$

A: 対照系統の生存率 (%)
a: 検定系統の生存率 (%)
B: 対照系統の健全率 (%)
b: 検定系統の健全率 (%)

評点Pがマイナスの系統を二次検定合格個体とする。(実施要領第16条第2項)

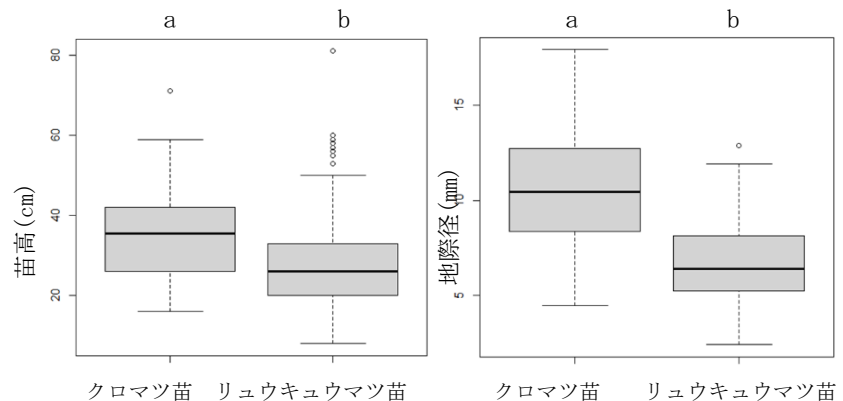


図-1 評点の算出方法と二次検定合格個体の定義

図-2 クロマツ苗とリュウキュウマツ苗の苗高(左)及び地際径(右)
 ※異なるアルファベットは5%水準で有意差があることを示す。

イジュ苗木生産安定化に向けた発芽率向上に関する基礎研究

-発芽率の個体別・年次別変動 1-

久高 梢子

1. 目的

イジュは沖縄島北部地域の主要な造林樹種の1つであり、苗木の需要は高い。これまでにMスターコンテナの用土や施肥量に関する試験が行われ、コンテナ苗の生産技術が確立されている。また、2022～2023年には、選抜された優良個体のさし木クローンで採種園を造成しており、今後の結実・採種が期待される。一方、生産現場における苗木の安定供給に向けては、種子の発芽率が低いことが課題である。イジュの種子生産には年変動や個体差があることが経験的に知られているが、調査事例は少ない。そこで、イジュの発芽率の個体別・年次別変動を明らかにするためモニタリング調査を行うこととし、本報はその1年目の結果を報告する。

2. 材料と方法

調査対象としたイジュは、森林資源研究センター場内（以下、センター）、東村慶佐次の農道沿い（以下、慶佐次）、名護市呉我の市道沿い（以下、呉我）の林縁部で比較的光環境がよい場所に生育している個体から4～5本ずつ選定した。2024年9月30日及び10月15日に、開裂が始まる前か始まった直後で種子がこぼれていない状態の果実を採取した（図-1）。種子採取の際は高所作業車を用い、次年度の花芽形成に影響のないよう枝先の切断を避け果実だけを採取した。採取した果実のうち、まだ開裂していないものの中から1個体あたり100～200個を採取した。そのうち10個ずつを直径方向に切断し、果実1個あたりの平均種子数を求めた（図-2）。果実断面には種子断面が含まれており、種子の中心が白い胚で満たされているものを有胚種子として（図-2）、果実1粒あたりの種子数に対する有胚種子数を有胚率として求めた（以下、割り試験）。また、果実を割る際に、果実の厚さと直径を計測した（図-3）。

割り試験に供した以外の果実は、熱風乾燥機（ESPEC社製LC-234）を用いて35℃で約12時間乾燥させ、供試果実からすべての種子を分離した。なお、採取時点で果実の乾燥が進んでおり大部分に亀裂が入っていた場合には、機械による乾燥工程を省略した。分離した種子は当日中にパーミキュライトを充填した育苗箱に播種し、ガラス室内のビニールトンネル内で1日1回かん水管理し、2024年12月15日に発芽本数を数えた。割り試験で得た果実1粒あたりの平均種子数を供試果実数に乗じて播種試験の供試種子数とし、供試種子数に対する発芽本数の割合を発芽率とした（以下、発芽試験）。

3. 試験結果

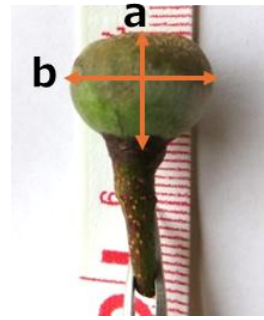
有胚率は0.0～10.8%、発芽率は0.0～2.2%であり、有胚率と発芽率には弱い正の相関がみられたが統計的有意性は得られなかった（スピアマンの順位相関係数=0.38、 $p=0.077$ 、表）。今後も調査を継続し発芽率の個体別・年次別変動のモニタリングを継続して調査する計画である。



図-1 採取対象果実



図-2 果実及び種子の断面



果実計測方向
a方向：厚さ
b方向：直径

図-3 果実径計測位置

表 供試母樹別の有胚率及び発芽率

母樹ID	採取日	胸高 直径 (cm)	樹高 (m)	割り試験						発芽試験							
				厚さ平均 値 (cm)	±SD	直径平均 値 (cm)	±SD	10果実分 の種子数 (A)	平均種子数 (A/10)	全有胚 種子数 (B)	有胚率 (B/A) %	播種日	供試果 実数 (C)	供試種子数 (A/10 * C)	発芽 本数	発芽率 %	
センターNo.1		17.7	10.0														
	9月30日			11.6	0.4	14.5	0.5	154	15.4	2	1.3	10月1日	61	939	0	0.0	
	10月15日			—	—	—	—	160	16.0	3	1.9	10月16日	30	480	1	0.2	
センターNo.2		21	10.3														
	9月30日			13.4	0.6	14.8	0.4	159	15.9	2	1.3	10月3日	30	477	2	0.4	
	10月15日			13.1	0.8	13.2	0.9	152	15.2	9	5.9	10月18日	30	456	2	0.4	
センターNo.3		12.5	9.1														
	9月30日			15.1	0.5	14.1	0.5	150	15.0	0	0.0	10月3日	30	450	0	0.0	
	10月15日			14.2	0.6	13.5	0.6	152	15.2	5	3.3	10月17日	30	456	1	0.2	
センターNo.4		20.8	10.0														
	9月30日			12.2	0.3	14.8	0.3	160	16.0	3	1.9	10月2日	30	480	2	0.4	
センターNo.5		22	10.0														
	9月30日			13.9	0.6	15.2	0.6	157	15.7	0	0.0	10月1日	30	471	1	0.2	
慶佐次No.8		29	8.2														
	9月30日			14.4	0.6	14.2	0.6	161	16.1	5	3.1	10月1日	30	483	5	1.0	
	10月15日			—	—	—	—	181	18.1	5	2.8	10月16日	30	543	1	0.2	
慶佐次No.10		38.5	12.4														
	9月30日			12.0	0.7	16.3	0.6	167	16.7	18	10.8	10月2日	30	501	1	0.2	
	10月15日			15.4	0.8	14.1	0.6	151	15.1	16	10.6	10月17日	30	453	10	2.2	
慶佐次No.13		15.5	9.3														
	9月30日			16.1	0.3	14.5	0.4	153	15.3	3	2.0	10月2日	30	459	5	1.1	
	10月15日			—	—	—	—	163	16.3	17	10.4	10月17日	30	489	0	0.0	
慶佐次No.14		25.7	12.3														
	9月30日			14.8	0.4	17.3	0.6	173	17.3	7	4.0	10月3日	30	519	7	1.3	
	10月15日			14.9	0.4	16.6	0.9	177	17.7	8	4.5	10月17日	30	531	0	0.0	
呉我No.10		15.8	6.2														
	9月30日			9.9	0.5	11.3	0.7	142	14.2	4	2.8	10月2日	148	2102	42	2.0	
呉我No.15		13.8	8.3														
	9月30日			13.7	0.4	18.3	0.9	192	19.2	14	7.3	10月1日	30	576	5	0.9	
呉我No.17		9.8	5.6														
	9月30日			14.0	0.5	17.1	0.4	169	16.9	0	0.0	10月1日	30	507	0	0.0	
	10月15日			—	—	—	—	175	17.5	2	1.1	10月16日	30	525	0	0.0	
呉我No.18		13.1	5.5														
	9月30日			14.4	0.8	16.9	0.6	176	17.6	5	2.8	10月2日	30	528	0	0.0	
	10月15日			13.9	1.1	15.9	0.7	147	14.7	9	6.1	10月18日	30	441	2	0.5	
呉我No.20		31.8	8.1														
	9月30日			12.5	0.7	15.0	0.8	149	14.9	1	0.7	10月2日	35	522	1	0.2	

イジュ苗木生産安定化に向けた発芽率向上に関する基礎研究

-他家授粉が有胚種子形成に与える影響-

久高 梢子

1. 目的

イジュは沖縄島北部地域の主要な造林樹種の1つであり、苗木の需要は高い。これまでにMスターコンテナの用土や施肥量に関する試験が行われ、コンテナ苗の生産技術が確立されている。また、2022～2023年には、選抜された優良個体のさし木クローンで採種園を造成しており、今後、結実・採種が期待される。一方、生産現場における苗木の安定供給に向けては、種子の発芽率が低いことが課題である。イジュには翼と種皮だけで胚を有しない種子が多いことが経験的に知られているが、その要因は明らかになっていない。一方で、ツバキ科では無胚種子の一因として自家不和合性が知られている。そこで本報では他家授粉がイジュの有胚種子形成に与える影響について人工授粉操作によって検討した。

2. 材料と方法

2024年5月1、5、8日に森林資源研究センター場内に自生する3個体のイジュを対象に、つぼみを有する枝に以下の処理を行った。処理A：自家授粉（つぼみのうちに袋掛け）、処理B：人工他家授粉（雄蕊を切除し、名護市内に自生する他個体から花粉を採取し、筆を用いて授粉させ袋掛け）、処理C：授粉無し（雄蕊を切除し袋掛け）（図-1）。2024年6月に袋を除去し、2024年9月13日に処理を行った枝から生存果実を採取し、供試果実数に対する生存果実数を果実形成率とした。このとき無処理の枝（以下、自然授粉）からも果実を10粒採取した。採取した果実は図-2の位置で半分に切断し、果実断面に含まれる種子断面から果実1粒あたりに含まれる種子数を数えた。さらにその内の有胚種子（白い胚で種子内部が充たされている、図-3）の数を数え、採取した全果実中に確認された総種子数に対する有胚種子合計数を有胚率として求めた。なお、生存果実のうち果実径が明らかに平均的なサイズに達していない未熟な場合は対象から除外した。

3. 試験結果

処理別の果実形成率は、母樹3個体とも処理Bで70%以上となった（表-1）。3個体の合計の果実形成率は、多重比較として実施したFisherの正確確率検定（Holm補正適用）の結果、処理Bが他の2処理より有意に高く、処理AとCの間に有意差はなかった（表-1）。また、処理別の有胚率は表-2のとおりで、同様の解析の結果、処理Bは、処理A、処理Cと比較して有意に高く、自然授粉は処理A、処理Cよりも有意に高かったが、処理Bとの間に有意差は認められなかった。

今回の結果より、イジュの果実形成には他家授粉が有効である可能性が示唆された。しかし自家授粉処理について、風等の振動や自然落下による授粉を想定したが、袋掛けされた状態では訪花昆虫の訪れもなく、確実に自家授粉したか不明である。今後、人工自家授粉の処理を加えて、果実形成における他家授粉の有効性を確認する必要がある。また、イジュの有胚種子の形成には、

人工他家受粉は自家受粉や受粉無しより有効であったが、自然受粉と比較すると差がなかった。さらに、人工他家受粉の種子有胚率は5%と非常に低い値であり（表-2）、発芽率を高める効果は認められなかった。ただし、果実断面から有胚種子を判断する際、成熟した胚とは言えないが小さな白いものを有した種子や半透明の粘性のある液体で満たされた種子があり、これらは果実切断の時点では未成熟であったが、将来的には有胚種子になる可能性が考えられた。そのため、今後は開裂が始まった果実を採取し、成熟した種子を確認するとともに、発芽試験により発芽率を調査する必要がある。

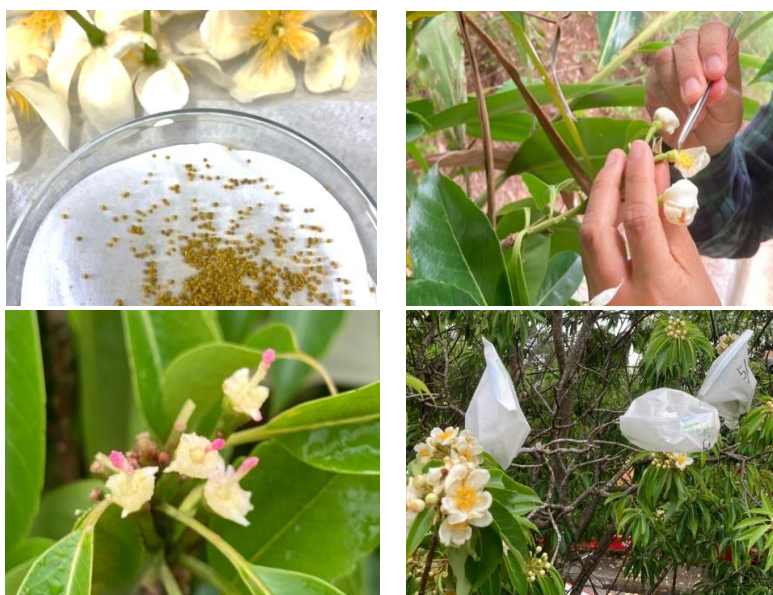


図-1 人工授粉試験の様子

左上：採取した授粉用の花粉（つぼみのついた枝を実験室内で水差しし、開花当日に葯ごと採取）、右上：開きかけのつぼみから花卉と雄蕊を除去、
 左下：授粉直後（花粉は石松子（増量剤）で5倍程度に希釈。ピンク色は石松子に含まれる染料による）、右下：袋掛け状況



図-2 種子切断位置



図-3 種子断面

表-1 処理別の果実形成率

処理区	供試果実数				生存果実数				果実形成率(%)					
	母樹No.	1	2	3	合計	1	2	3	合計	1	2	3	合計	
A		12	13	7	32	2	7	2	11	16.7	53.8	28.6	34.4	a
B		24	28	21	73	17	25	16	58	70.8	89.3	76.2	79.5	b
C		21	18	10	49	0	8	2	10	0.0	44.4	20.0	20.4	a

表-2 処理別の有胚率

処理区	種子数合計				有胚種子合計				有胚率					
	母樹No.	1	2	3	合計	1	2	3	合計	1	2	3	合計	
自然受粉		161	169	168	498	4	1	12	17	2.5	0.6	7.1	3.4	ab
A		30	135	17	182	0	0	1	1	0.0	0.0	5.9	0.5	c
B		265	417	214	896	17	24	4	45	6.4	5.8	1.9	5.0	a
C		—	128	—	128	—	0	—	0	—	0.0	—	0.0	c

注1) 表-1、2においてA:自家受粉、B:人工他家受粉、C:受粉無し

注2) アルファベットの違いは有意差あり (p<0.05、Holm補正)

早生樹造林に向けた育林・育種技術開発事業

-ハマセンダン接木試験-

久高 梢子

1. 目的

沖縄県の森林・林業アクションプランでは、持続可能な森林経営のため早生樹種による短伐期施業を推進し、森林資源の循環利用を図ることとしており、早生樹の優良個体選抜や育苗技術の開発が必要である。早生樹の1樹種として着目されているハマセンダンについては、雌雄異株と雌雄異花同株の両性を含む3型の性表現を有することや、種子発芽率は母樹による個体差があることがわかっている。将来的に採種園を造成し、効率的に種子採取を行うには、形質的に優良であることに加え、性表現が既知の個体や種子生産能力の高い母樹によるクローンで採種園を造成することが有効と考えられることから、接木の活着率を高める手法について検討する。

2. 材料と方法

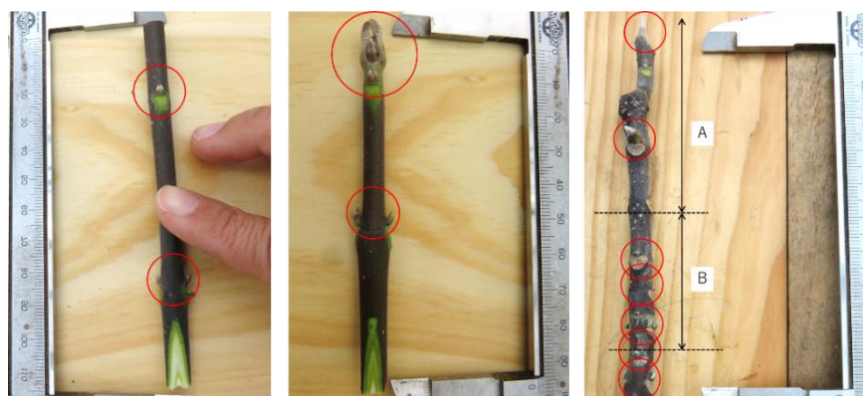
名護市道多野岳線から瀬高林道を経て嘉陽林道の県営林72林班まで(延長約8km)の道沿いに自生するハマセンダンから5個体(先行調査で性型を同定済み)を選び、2024年2月7日に穂木を5~10本ずつ採取した。ハマセンダンは落葉広葉樹であり、この時はいずれの母樹も全体的に落葉していた。5個体のうち2個体は過去1年間に剪定を受けており、その後発生した萌芽枝を、3個体は普通枝を採取した。接木処理は穂木採取と同日又は翌日に行った。穂木に葉がある場合は除去し、長さは固定せず、枝の先端から側芽を基本1~3対有する先端処理区と、その下から側芽を1~3対有する下部処理区に調整した(図-1)。台木は2022年11~12月に播種したMスターコンテナ実生苗を使用し、台木の地際から約15cm前後の高さで切り接ぎした。処理後は水分が接口に直接入り込むのを防ぐため1個体ずつビニル袋で地際まで覆い、ガラス室内のビニルトンネル内で1日2回かん水管理した。個体ごとの供試数は表-1のとおりで、合計97本処理を行い、接木処理の際に、穂木長を計測した。2024年4月12日に新芽が伸長しているものを活着個体と判定し、供試数に対する活着本数の割合を活着率とした。穂木が先端処理区か下部処理区か(以下、穂木採取位置)と枝の由来(普通枝/萌芽枝)がハマセンダンの接木活着率に与える影響を検討するため、接木活着の有無を目的変数とし、穂木採取位置と枝の由来を固定効果、母樹の個体差をランダム効果の説明変数として、一般化線形混合モデル(ロジスティック回帰)による解析を行った。

3. 試験結果

一般化線形混合モデルによる解析の結果を表-2に示す。接木活着率は穂木採取位置については、先端処理区に対して下部処理区は負の効果を受けており($p < 0.05$)、枝の由来については、普通枝に対して萌芽枝は有意ではなかったものの正の効果を受ける傾向があった($p = 0.055$)。母

樹の個体差のランダム効果の推定値は 0.1304 (SD=0.3611) であった。得られたモデルによる活着率推定値は、下部・普通枝が 24.5% で低く、先端・萌芽枝が 72.4% で高く、先端・普通枝と下部・萌芽枝は 47.1%、48.9% となった (表-3)。これは、萌芽枝由来の穂木は一般的に接木や挿木の活着率が高くなること、先端は成長点を有しており何らかの植物ホルモンの生産が接木活着率に影響していることが考えられた。

以上より、ハマセンダンを接木する場合は、萌芽枝の先端部を穂木とすることで活着率が高くなることが示され、性型や種子生産能力の高い母樹を接木によって選択的に増殖し、母樹園を造成することが可能であることがわかった。なお、一部の接木活着個体は 2024 年 9~11 月に開花し、それらは母樹の性表現 (令和 3~6 年までの調査データ) と一致していることを確認した。



注) 赤○は芽の位置

図-1 処理区別の穂木と芽の付き方

(左：下部・萌芽枝、中央：先端・萌芽枝、右 A：先端・普通枝、右 B：下部・普通枝)

表-1 接木供試本数及び活着状況

母樹個体ID	R4年 性表現	荒穂の由来	供試本数		平均 穂木長(cm)	±SD	活着本数		活着率 (%)	
			下部	先端			下部	先端	下部	先端
24	雄性	普通枝	11	11	6.8	1.8	2	7	18.2	63.6
61	両性	普通枝	5	10	5.0	1.2	0	3	0.0	30.0
63	雄性	普通枝	5	10	5.6	1.3	3	5	60.0	50.0
35-2	雄性	萌芽枝	12	13	7.7	1.9	6	6	50.0	46.2
36	両性	萌芽枝	10	10	8.8	1.9	5	10	50.0	100.0
合計			43	54	7.0	2.1	16	31	37.2	57.4

表-2 一般化線形混合モデルによる接木活着率に関わる
要因解析の結果

変数	回帰係数	SE	p値
切片	-0.1174	0.3938	0.7655
穂木採取位置 先端			
下部	-1.0066	0.4517	0.0259
枝の由来 普通枝			
萌芽枝	1.0793	0.5631	0.0553

表-3 接木活着率推定値

穂木採取位置	下部	先端
枝の由来	(%)	(%)
普通枝	24.5	47.1
萌芽枝	48.9	72.4

注) 穂木採取位置：先端、枝の由来：普通枝を基準カテゴリとした。

早生樹造林に向けた育林・育種技術開発事業

-ウラジロエノキの植栽密度に関する試験-

井口 朝道・久高 梢子・合田 雅浩

1. 目的

ウラジロエノキは、アサ科ウラジロエノキ属の常緑高木で、非石灰岩地の山地～低地の肥沃な場所に生え、大木も多くみられる。先駆種で沖縄を代表する早生樹種である本種は、木材としては、軽くて加工性が高いことから国頭村内の小学校では学童机として利用されるなど一定の需要がある樹種である。沖縄県の森林・林業アクションプランでは、開発跡地や遊休農地等を活用しながら、早生樹種による短伐期施業を推進し、森林資源の循環利用を図ることとしており、こうした背景から、2017年に造林樹種として新たに追加指定された。

これまで、当センターではウラジロエノキを対象に育苗技術や土壌や地形が成長に及ぼす影響に関する研究については一定程度行ってきた。早生樹の植栽密度については、現行の造林事業では通常の造林樹種で3,000本/haを標準としているところ、早生樹は2,000本/haで植栽を行っている。しかし、ウラジロエノキの旺盛な初期成長を考慮すると、適正な植栽密度についての検討が必要であると考え、そこでウラジロエノキの植栽密度が成長に与える影響について検討することを目的に本研究を実施した。

2. 材料と方法

試験地は、沖縄県名護市の源河県営林72林班内の、早生樹の成長に適すると考えられる谷部の性質を持つ平坦な土地に設置した(図-1)。植栽密度の区分は、現行の2,000本/haと低密度植栽の1,000本/haの2区分として、2024年4月30日に植栽した(図-2)。使用した苗木は、2023年7月に播種し、苗高が高くなり過ぎたため2024年3月に高さ20cmで剪定した後に植栽前に萌芽枝を3本程度に整理した剪定苗と、2023年の9月に播種し育苗したものの2種類があり、密度区分毎に偏りが出ないように混合して植栽した。植栽後半年経過した2024年11月5日と、約1年後の2025年5月7日に、枯死・枯損調査、苗高および樹冠の重なりを計測した。

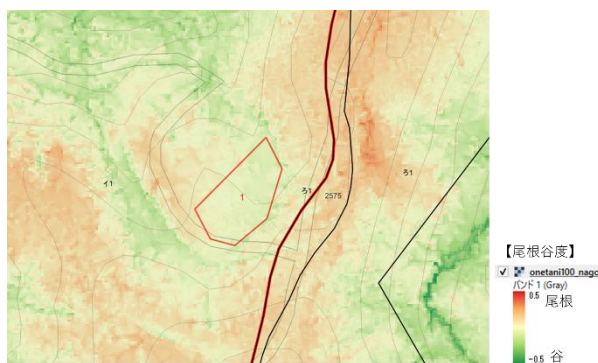


図-1 試験地の地形の状況

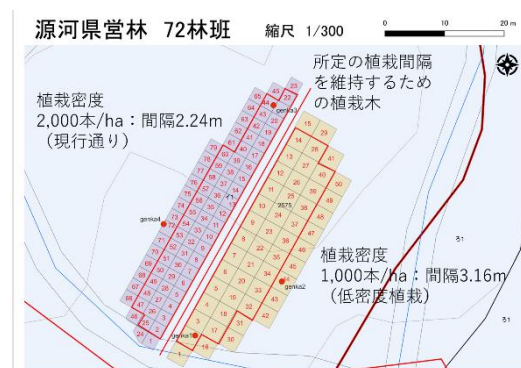


図-2 試験地の密度区分ごとの植栽状況

ここで枯損とは、枯死個体に、主軸の先枯れや台風被害である倒伏等により植栽時の苗高より低下した個体を加えたものとする。なお、植栽本数は1,000本/ha区で50本、2,000本区/haで79本の計129本であるが、枯死・枯損調査の解析対象木としては、外周の植栽木を除いた1,000本/ha区で34本、2,000本/ha区で55本の計89本(図-2の赤枠内)とした。さらに、1年後の樹高と期首苗高の差を樹高成長量とし、成長量解析には、外周の植栽木を除いた健全木(植栽時点より樹高が高い個体)を用いた。また樹冠の重なりについては、解析対象木から見て周囲4方向のうち樹冠が接している数(0~4)を目視で確認し記録した。

3. 試験結果

植栽半年後、および1年後の植栽木の枯死・枯損状況について表に示す。枯死および枯損した本数は、半年後は2,000本/ha区の剪定無の苗木で1本確認され、1年後には2,000本/ha区の剪定無の苗木でさらに1本増え、計2本が確認された。

表 植栽半年後および1年後の苗木種類毎の枯死・枯損の発生状況

植栽密度 (本/ha)	剪定の 有無	植栽本数 (本)	2024.11.5		2025.5.7	
			枯死本数	枯損本数	枯死本数	枯損本数
1,000	無	17	0	0	0	0
	有	17	0	0	0	0
2,000	無	33	1	1	2	2
	有	22	0	0	0	0

次に、健全木計87個体を対象に、植栽密度区分毎の樹高成長量を図-3に示す。ここで目的変数を樹高成長量、説明変数を植栽密度区分および剪定の有無とした線形回帰分析を行ったところ、いずれも有意な影響は確認されなかった。また、植栽1年後の樹冠の重なりについて植栽密度毎の接触数の割合を図-4に示す。苗木間距離が3.16mとなる1,000本/ha区では約8割の個体がいずれの方向でも樹冠が接していないが、苗木間距離が2.24mと短くなる2,000本/ha区では1つ以上接している個体が4割を超える結果となった。今後は、樹種を増やしつつ調査を継続し、早生樹の適正な植栽密度についての検討を進めていく。

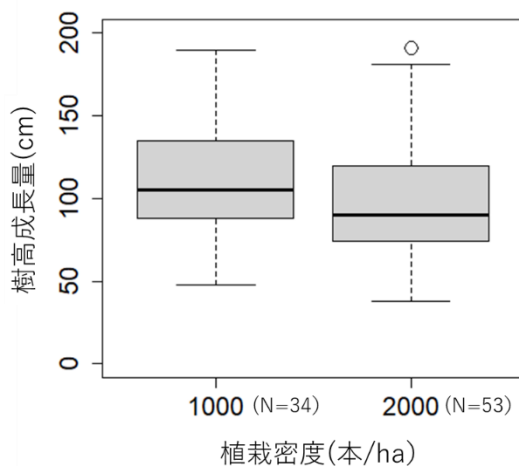


図-3 苗高成長量と植栽密度との関係

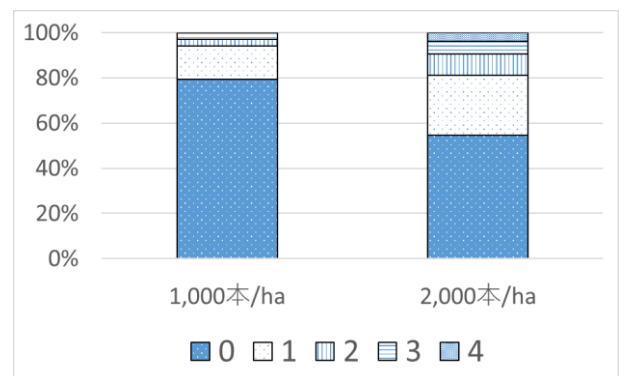


図-4 樹冠が接する方向数の割合と植栽密度との関係

Ⅱ 齢級までの人工林における適正施肥量の把握

-試験地の概要と期首時点における林分調査-

井口 朝道・合田 雅浩

1. 目的

本県は、亜熱帯海洋性気候に属し広葉樹主体の特有の森林を有する事等から、他県と比較し森林整備事業に係る標準単価が高い状況である。このような中、森林整備の低コスト化に資するため、平成30年度～令和2年度に当センターで取り組んだ「イジュの施肥方法に関する試験」において、植栽後2年間では、施肥量を現行の半分とした場合においても、樹高と根元直径成長量は同等であることが明らかとなった。一方で、沖縄県造林事業実施基準では、施肥はⅡ 齢級以下の林分で行う下刈りと併せて行うと定められており、また沖縄県では多くの樹種の植栽が行われているため、Ⅱ 齢級までのイジュ以外の造林樹種についても同様の検証が必要とされている。

そこで、本研究はⅡ 齢級までの複数樹種の人工林を対象に適正施肥量について明らかにすることを目的に試験を行った。初年度は、試験地の概要と期首の林分調査結果について報告する。

2. 材料と方法

近年の森林整備事業のうち人工造林（新植）の実績を踏まえ、試験地は、沖縄島北部の名護市内に1箇所と宮古島市内に2箇所の計3箇所を設置した。施肥区分は3区分（現行区（N換算 5.4g）：full、半減区（N換算 2.7g）：half、無施肥区：CTR）、繰り返し数を20～30本程度の2反復を共通とし、詳細は以下に記す。

1) 名護市嵐山 83 林班ろ 2 小班内イジュ造林地（図-1 左）

試験地は、令和2年度に、育成単層林としてイジュ・タブノキの新植（2,900本/ha）が行われた造林地内のイジュ植栽箇所に設置した。令和6年度時点の林齢は5年生であり、2024年8月1日に期首の根元直径（ノギス）、樹高の測定を行い、併せて所定の施肥を実施した。

2) 宮古島市平良西仲宗根地内テリハボク造林地（図-1 中）

試験地は、令和4年度に、育成単層林としてテリハボク（4,000本/ha）の新植が行われた造林地内に設置した。令和6年度時点の林齢は3年生であり、2024年11月11日に期首の根元直径（ノギス）、樹高の測定を行い、併せて所定の施肥を実施した。

3) 宮古島市前里添棒原地内イヌマキ造林地（図-1 右）

試験地は、令和元年度に、育成単層林としてイヌマキ（4,000本/ha）の新植が行われた造林地内に設置した。令和6年度時点の林齢は6年生であり、2024年11月12日に期首の胸高直径（ノギス）、樹高の測定を行い、併せて所定の施肥を実施した。



図-1 期首時点の試験地の状況（左：イジュ、中：テリハボク、右：イヌマキ）

3. 試験結果

期首時点の各調査地における根元直径（イヌマキは胸高直径）および樹高について、施肥区分毎に示す（図-2）。今後3年間を通して施肥区分による成長量の比較を行っていく予定である。

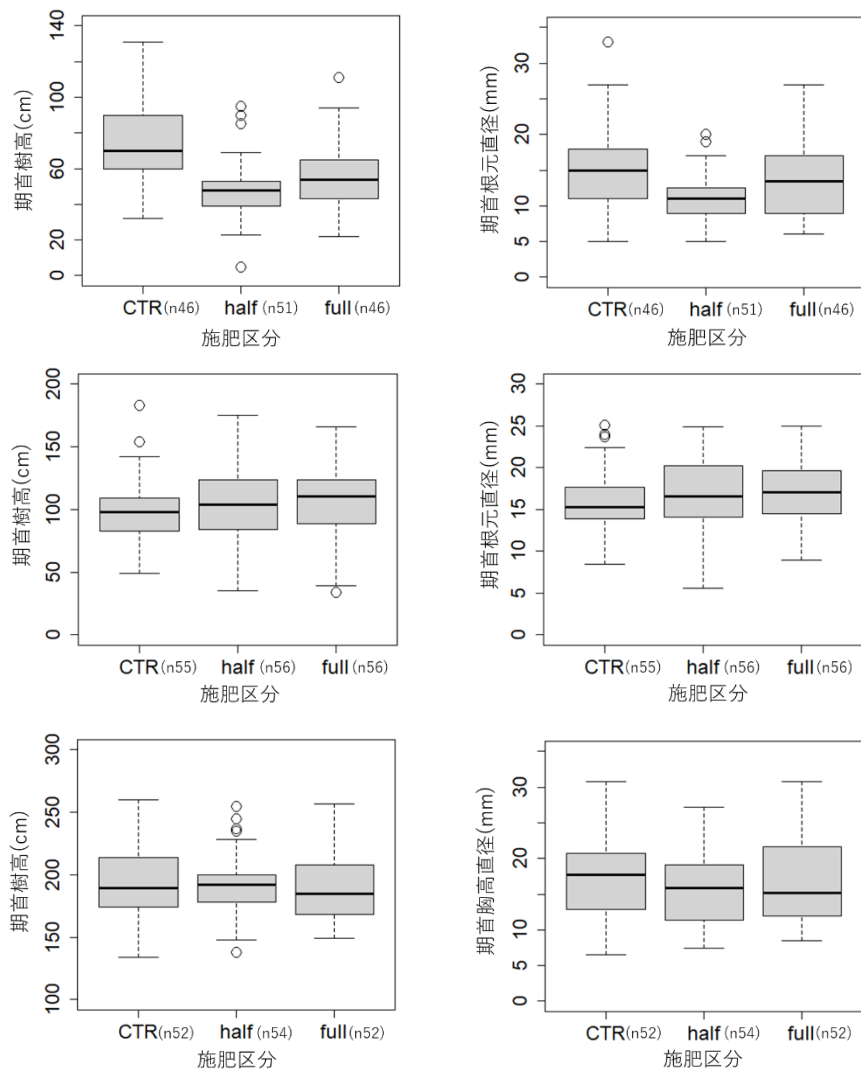


図-2 各調査地における施肥区分毎の期首の樹高（左）および直径（右）
（上：イジュ、中：テリハボク、下：イヌマキ）

広葉樹人工林の密度管理に関する研究

-イジュの密度管理基準の再検討-

久高 梢子・井口 朝道

1. 目的

イジュ人工林の密度管理基準については、研究報告 No. 61 において 3 箇所の 7～8 齢級の林分で 9 調査区の毎木調査を行い、胸高直径（以下、DBH）と樹冠面積の関係式から算出した密度管理モデル（以下、樹冠面積モデル）が示されている。一方、クスノキ人工林では、研究報告 No. 65 において、DBH と樹冠幅の関係式から算出した密度管理モデル（以下、樹冠幅モデル）の当てはまりが良いことから、これを密度管理基準として提言している。そこで、本報では研究報告 No. 61 のデータを用いて、イジュの樹冠幅モデルについて検討した。さらに 7～8 齢級人工林は DBH30 cm 以上の個体が存在していなかったため、研究報告 No. 62 のイジュ優良個体選抜において取得した候補木の DBH と樹冠幅のデータを加え、DBH30 cm 以上の個体を含むデータセットで解析を行った。

2. 材料と方法

7～8 齢級人工林のプロット調査は 2018 年に、優良個体候補木の単木調査は 2018～2020 年に行った（研究報告 No. 61、62 参照）。上層木（樹冠が林冠に達している個体）について、DBH 及び直交する 2 方向の樹冠幅を計測し、DBH と平均樹冠幅（2 方向の平均）の線形回帰モデルによって得た関係式から DBH に対応した平均樹冠幅を推定し、樹冠が真円で樹冠が互いに重なることなく接する場合（樹冠投影率 78.5%）の立木密度を適正密度として算出した（以下、推定適正密度）。

3. 試験結果

調査対象木の DBH は、7～8 齢級人工林（ $n=149$ ）では 0～30 cm で、特に 10～20 cm に集中しており、一方、優良個体候補木（ $n=46$ ）では 25～50 cm であった（図-1）。

次に、DBH と平均樹冠幅の関係を図-2 に示す。ピアソンの相関分析の結果、DBH は平均樹冠幅と正の相関があり、7～8 齢級人工林だけの DBH30 cm 以下の場合より優良個体候補木を加えた DBH50 cm 以下の場合の相関が高いことが確認された（各相関係数：0.63、0.77）。ここで線形回帰モデルによる関係式を用いて得られた 7～8 齢級人工林の樹冠幅モデルは、研究報告 No. 61 で示された樹冠面積モデルと比較して、DBH が約 10 cm 以下のときは変化が緩やかとなるが、10 cm を超えると大きく変わらなかった（図-3、表-1）。また、優良個体候補木を加えた樹冠幅モデルは、7～8 齢級人工林の樹冠幅モデルより、DBH が 13 cm 以上では推定適正密度が低くなることがわかった（図-3、表-1）。

以上より、DBH と樹冠幅の関係式の相関が高く、また収穫が想定される大径の DBH の密度まで網羅していることから、優良個体候補木を加えた樹冠幅モデルをイジュ人工林の密度管理基準として採用することが適当と考えられた。今後は現地への適用について検討する必要がある。

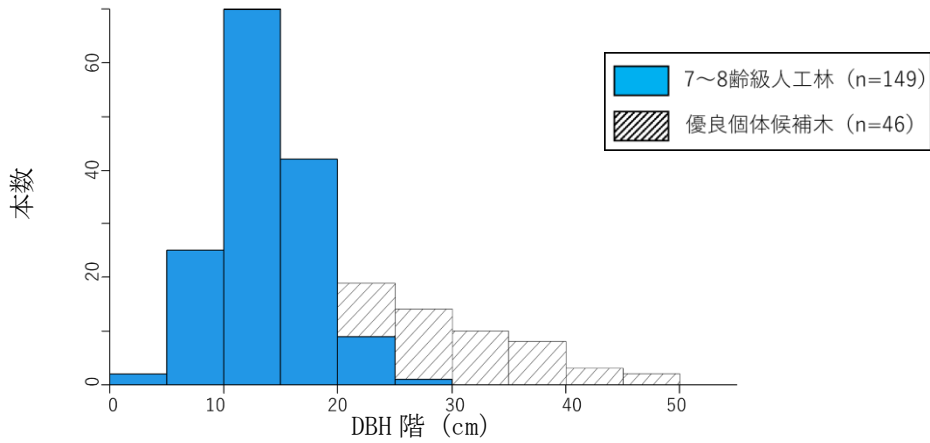


図-1 調査対象木の DBH 階別本数分布

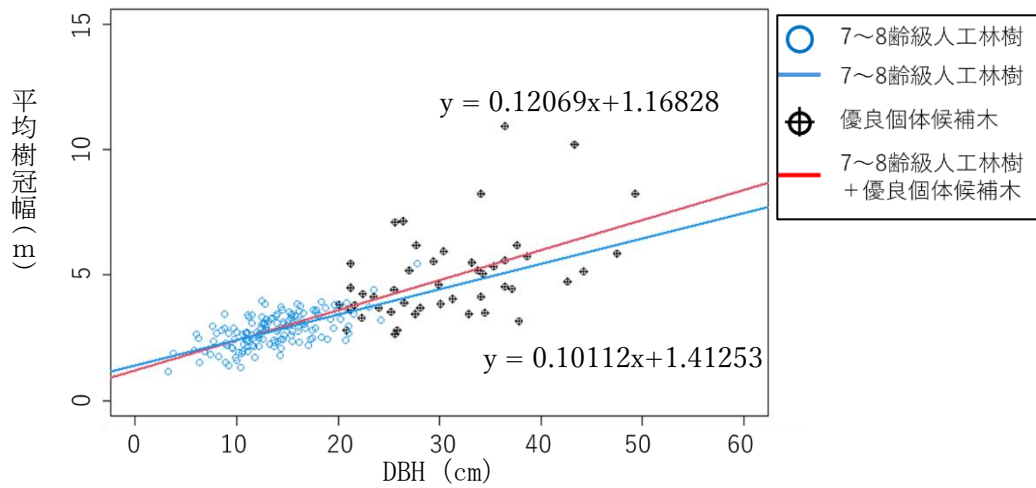


図-2 7～8 齢級人工林だけの場合と優良個体候補木を追加した場合の DBH と平均樹冠幅の関係

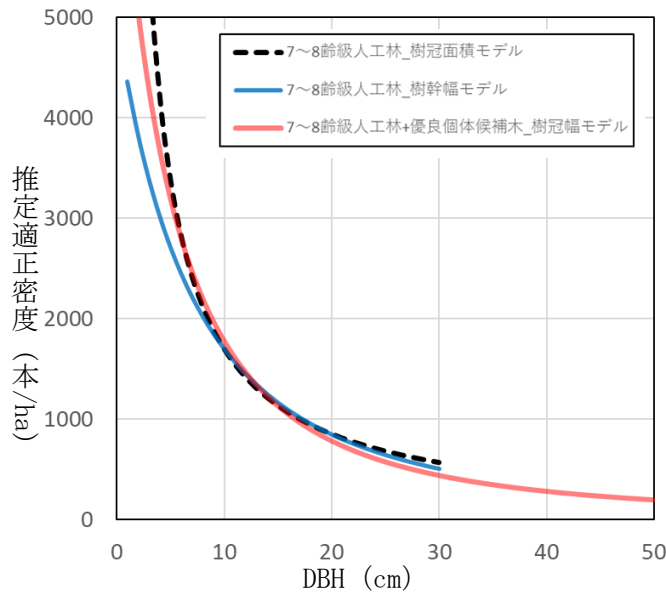


図-3 DBH から推定される適正密度

表-1 DBH5cm 階級ごとの推定適正密度

DBH (cm)	7～8 齢級	7～8 齢級	7～8 齢級
	人工林	人工林	人工林+
	樹冠面積	樹幹幅	優良個体
	モデル	モデル	候補木_
	(本/ha)	(本/ha)	樹冠幅
			モデル
			(本/ha)
5	3374	2718	3186
10	1696	1702	1773
15	1132	1165	1127
20	850	848	779
25	680	644	571
30	567	506	436
35	—	—	344
40	—	—	278
45	—	—	230
50	—	—	193

持続可能な森林造成支援システムの構築事業

-令和5年度植栽試験の初期成長と令和7年度植栽試験地の毎木調査-

伊藤 俊輔、久高 梢子、井口 朝道、漢那 賢作

1. はじめに

本事業の対象とする東村慶佐次地内の県営林には、民間に貸し付けられ耕作された後に放棄され、県へ返還された耕作放棄地等造成未利用地がある。返還された土地では、造林事業が実施されているが、その一部で植栽木の生育不良や活着不良が発生している。本事業では生育・活着不良の原因を解明し改善手法を提示することを目的に開始された。本報告では、2023年度植栽試験で植栽した苗木の初期成長について報告する。また、2025年度植栽試験予定地で実施した自然侵入したと考えられる既存樹木の毎木調査結果を併せて報告する。

2. 方法

2023年度植栽試験地は、植栽試験区はコシダのルートマットを除去する区（裸地と表記）/除去しない区（コシダと表記）、植栽孔を従来法/アースオーガ（オーガと表記）による穿孔の4パターン、2反復とした。ルートマットの除去は平爪バケットを装着したバックホウで2024年1月30日、31日に実施した。アースオーガによる植栽孔の設置は2月21日、22日に充電式アースオーガDG460D（マキタ製、以下オーガ）に直径15cmのアースオーガビットを装着し実施した。穿孔の深さは50cm程度とし、そのまま植穴とした。植栽は3月26日に行った。苗木は各調査区に、4樹種を20～21本ずつ植栽した。植栽木の調査は4月4日と5日、12月10日に実施し、測定項目は樹高と地際径とした。成長量は4月と12月の調査の差分とした。各樹種の成長量は、R(4.5.1)で二元配置の分散分析により、生存本数に与える影響についてはGLM（ロジスティック回帰）により解析した。また、2025年度植栽試験予定地では、植栽前の毎木調査を10月7日～17日にかけて行った。測定項目は樹高と胸高直径とし、樹木位置の記録にはトゥルーパルス360（Laser Technology社製）を用いた。

3. 結果

植栽木の樹高成長量、肥大成長量ともにヤマモモが最も大きく中央値でそれぞれ11cmと8.1mmであった。ヤマモモとリュウキュウマツの樹高成長量は、コシダが裸地に対して有意（ $p < 0.05$ ）に大きかったが、イジュ、クスノキでは差

表 2024年12月時点の植栽苗の初期成長量と生存個体数

樹種	樹高 cm	地際径 mm	生存/植栽本数
イジュ	6cm ± 5.9	2.9mm ± 1.45	168/168
クスノキ	5cm ± 9.2	2.9mm ± 1.76	167/167
リュウキュウマツ	11cm ± 12.9	8.1mm ± 3.62	143/167
ヤマモモ	7cm ± 5.6	2.5mm ± 1.42	167/167

値は中央値±標準偏差

はなかった（表、図-1）。クスノキの肥大成長量は、コシダが裸地に対して有意に大きかったが

($p < 0.05$)、他の樹種では差はなかった(表、図-2)。樹高成長量、肥大成長量共に植栽孔の違いにより差はなかった。植栽木の生存に与える影響を解析したところ、モデル式を「生死～樹種」とした場合、 p 値はほぼ1で有意ではなかった。リュウキュウマツに限って「生死～コシダ・裸地*植栽方法」とした場合、交互作用のみ $p=0.0605$ で、今後の生死の推移に着目する必要がある。

2025年度試験予定地の毎木調査の結果は図-3のとおりで、12科13属16種、計384個体の木本が出現した。調査地中央にはリュウキュウマツが分布し、モッコクが調査地にまんべんなく分布していた。リュウキュウマツの樹高の最大値は10.5m、中央値は5.8mと最も大きかった。他の樹種は樹高5m以下のものが多く、中央値は1.0m～2.8mであった。

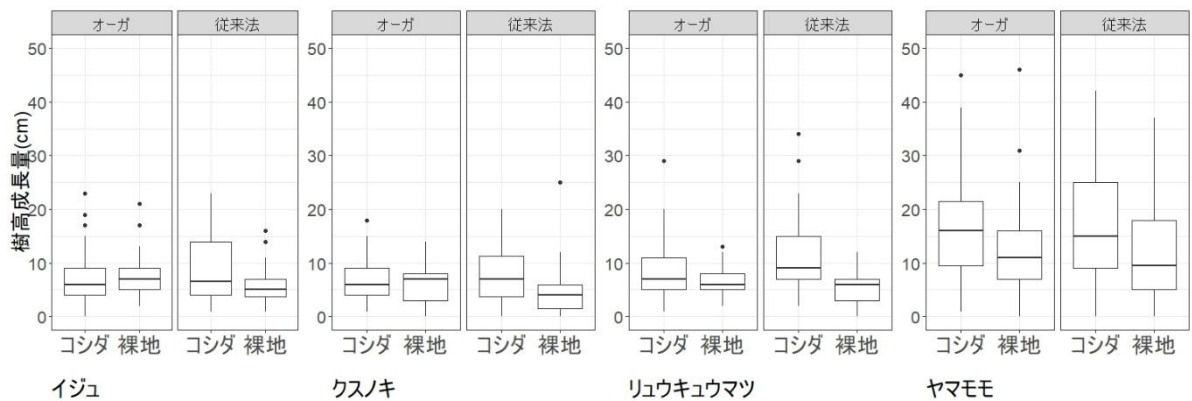


図-1 植栽苗の樹高成長量

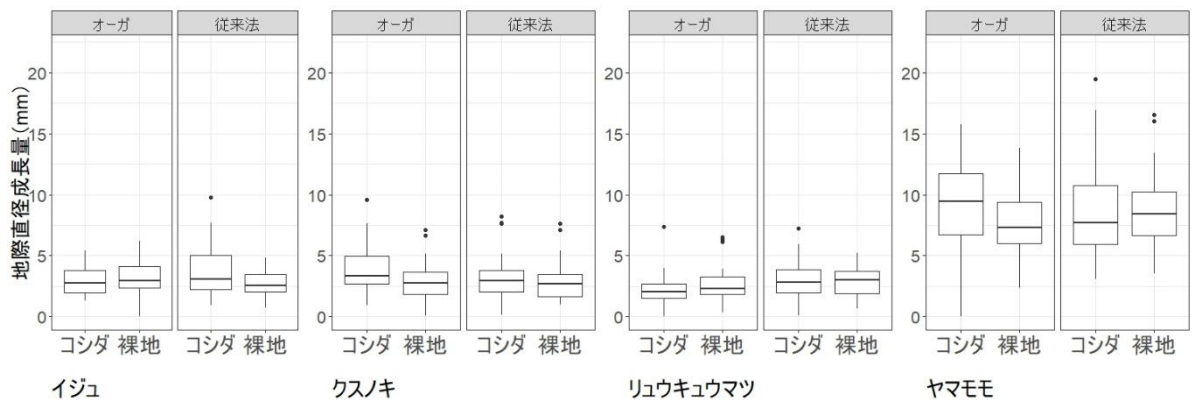


図-2 植栽苗の肥大成長量

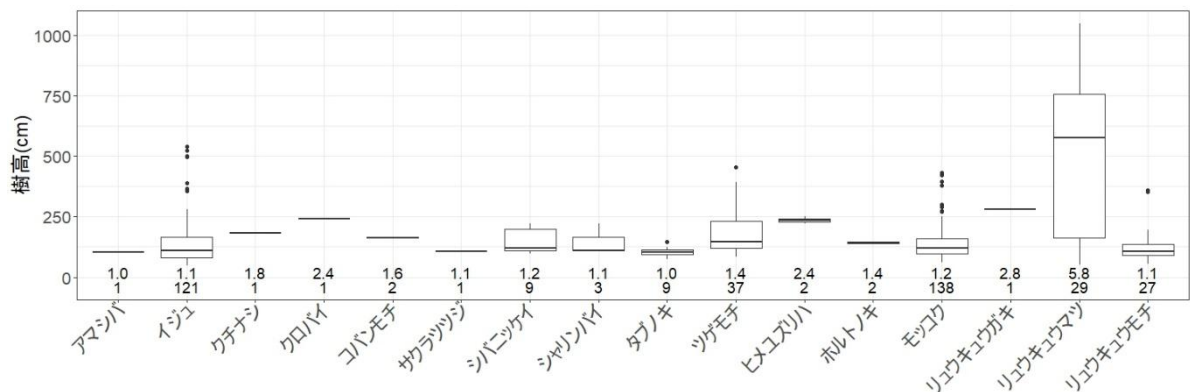


図-3 2025年度植栽予定地に出現した樹種の樹高(図中の数値の上段は樹高の中央値、下段は出現個体数を示す。)

持続可能な森林造成支援システムの構築事業

-令和5年度植栽試験区の土壤理化学性の経時変化-

伊藤 俊輔、久高 梢子、井口 朝道、漢那 賢作

1. はじめに

本事業の対象とする東村慶佐次地内の県営林には、民間に貸し付けられ耕作された後に放棄され、県へ返還された耕作放棄地等造成未利用地がある。返還された土地では、造林事業が実施されているが、その一部で植栽木の生育不良や活着不良が発生している。本事業では生育・活着不良の原因を解明し改善手法を提示することを目的に開始された。本報告では、2024年3月に試験植栽を実施した区域の土壤物の理化学性の経時変化について報告する。

2. 方法

土壤調査は東村慶佐次の北緯 26.624948、東経 128.112583 付近の 0.3ha の試験地内で実施した。前報告の中で記載したコシダのルートマットを除去した区（以下、コシダなし、n=4）/除去しない区（以下、コシダあり、n=4）から土壤試料を採取して、植栽前（n=8）と植栽後1年間の土壤の理化学性を比較した。土壤試料の採取は、植栽前の2023年11月～12月と植栽1年後の2025年2月に行った。土壤試料の採種は、各試験区の中央1箇所から0層直下を基準に深さ0、10cmから、100ml円筒または25ml遠沈管に採取した。2023年に採取した土壤試料のうち試験区中央で採取した試料と比較し1年間の土壤の理化学性の変化を調べた。測定項目は、炭素・窒素含有量、pH、EC、飽和透水係数とした。炭素・窒素含有量は風乾土1000mgを秤量し、有機元素測定装置（vario Max cube エレメンター社製）で測定した。pHは風乾土2gにイオン交換水を5ml加え攪拌後、pH計（F-74 堀場製作所製）で測定した。土壤ECは風乾土2gにイオン交換水を10ml加え攪拌後、卓上型pH・伝導率複合計（PC2700 Eutech製）で測定した。飽和透水係数は、デジタル透水性試験機（DIK-4026 大起理化工業製）で測定した。

3. 結果

土壤の炭素量の中央値はコシダがある場所では増加していたが、コシダを除去した場所では減少していた。0cmのコシダありの炭素量は、中央値で2023年比1.75倍に増加していた（図-1左）。土壤の窒素、CN比についても炭素の場合と同様の傾向であった（図-1中央、右）。0cmの土壤pHの中央値は、2023年は4.37、コシダがある場所では4.42に、コシダを除去した場所では、4.62であった（図-2左）。10cmの土壤pHの中央値は、2023年は4.32であるのに対して、コシダありは4.55、コシダ除去は4.54で（図-2左）、酸性の程度が緩和されていた。土壤のECは、2023年調査時と比較してコシダがある場所とコシダを除去した場所両方で低下していた。また、10cmではコシダを除去した場所よりも、コシダがある場所でECの中央値が低かった（図-2中央）。飽和透水係数の中央値は、2023年と比較して0cm、10cmともにコシダがある場所で大きく（透水性が良く）なっていたが、コシダを除去した場所では小さく（透水性が悪く）なっていた（図-2右）。

飽和透水係数測定用試料の採取時に、コシダを除去した試験区の水が集まる場所では藻の発生が確認され、恒常的な帯水の可能性が示唆された（図-3）。また、コシダのものと思われる未分解の根系が土壌から露出していたが、根系は表層にとどまっており飽和透水係数への影響は少ないと思われた（図-4）。

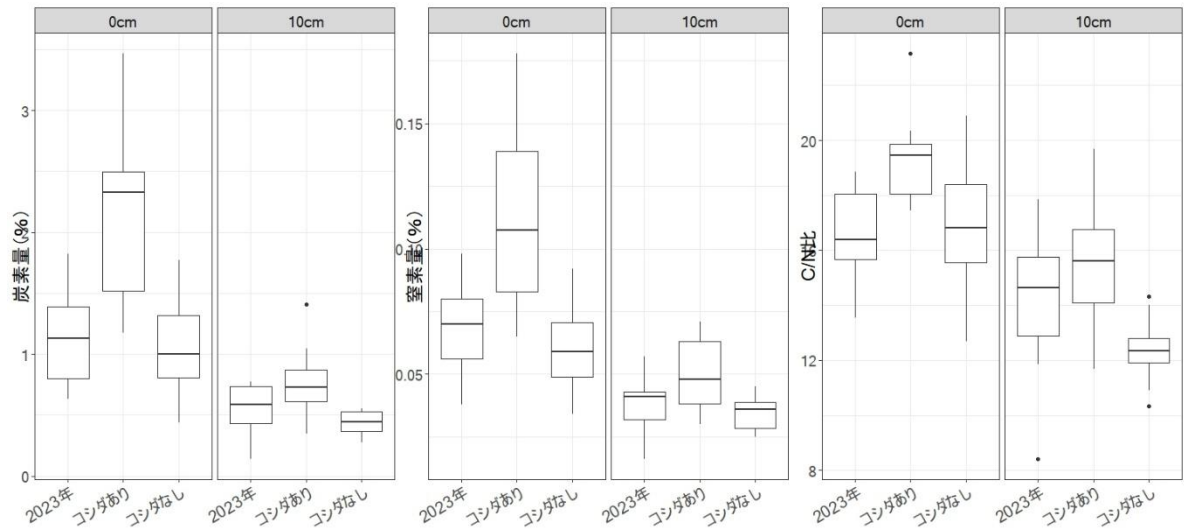


図-1 土壌中の炭素量（左）、窒素量（中央）とCN比（右）

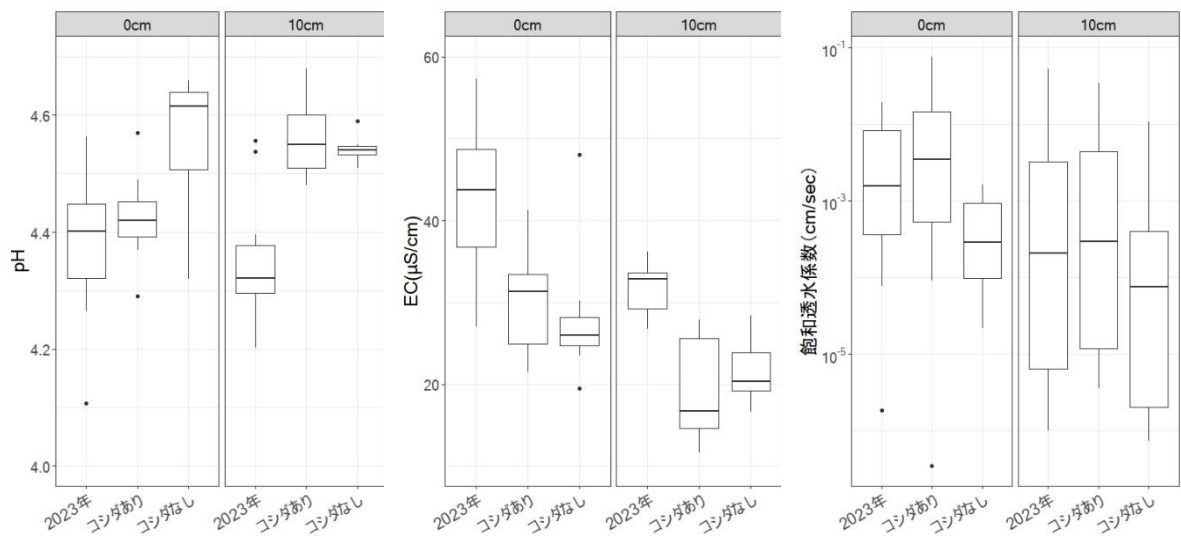


図-2 土壌 pH（左）、土壌 EC（中央）と飽和透水係数（右）



図-3 土壌表面に繁殖する藻類



図-4 コシダなし区 4 か所の飽和透水係数測定試料中に残存するコシダの根系