

早生樹の活用に関する基礎的技術開発事業

-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、環境に対する影響が少ない集落周辺の開発跡地や休耕農地等の造成未利用地等を活用し、早生樹種による短伐期施業を行い、森林資源の循環利用を図ることとしている。早生樹種の中でもセンダンは、琉球王朝時代から有用木として取扱われていた記録があり、今日に至るまで木材として普及している樹種である。近代においては、昭和50年代終わり頃から造林事業により植栽が行われている。近年は他県でも有望な早生樹として注目され、形質の優れた個体の選抜を行っているとの報告があり、本県においても優良個体の育種に取り組むこととした。

今回は、優良個体選抜の後に必要とされるクローン増殖技術を開発する目的で、センダンの接木試験を実施したのでその結果を報告する。

2. 材料と方法

母樹として名護市内の街路樹（3地区6個体）を選定し、2023年1月12日にそれら母樹から穂木を採取し、母樹あたり8～11本の穂木について接木試験を行った。穂木は接木実施まで冷蔵庫（10℃）で保管した。母樹は1～2年前に剪定されており、その影響で萌芽したと思われる枝（図-1）を穂木として採取した。台木には、2021年11月に播種し、2022年4月にMスターコンテナ苗に鉢上げした1年生苗を使用した。

接木処理は2023年1月17日に実施した。穂木は葉をすべて除去し、頂芽・側芽問わず休眠芽を2芽残すよう調整した。台木は地際から10cm前後の高さで切り接した。接木処理の後に、水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3回かん水して管理した。

接木処理後に接ぎ口の高さ、穂木の長さ、穂木直径を測定した。穂木直径は、穂木の中央部の短径と長径を測定しその平均とした（図-2）。活着率の調査は、2023年3月24日（接木処理から66日後）に行い、新芽が伸長している個体（図-3）を活着個体と判定し、その本数を記録した。

3. 試験結果

穂木は芽の数が2つになるように調整したところ、いずれの母樹から採取した穂木も平均穂木長は6～8cm、平均穂木直径は6～7mmであった（表）。また、接木の活着率は、27～100%と母樹により異なり、活着率が100%となった母樹は2本確認された。

以上より、センダンは接木によりクローン苗の増殖が可能であると考えられた。

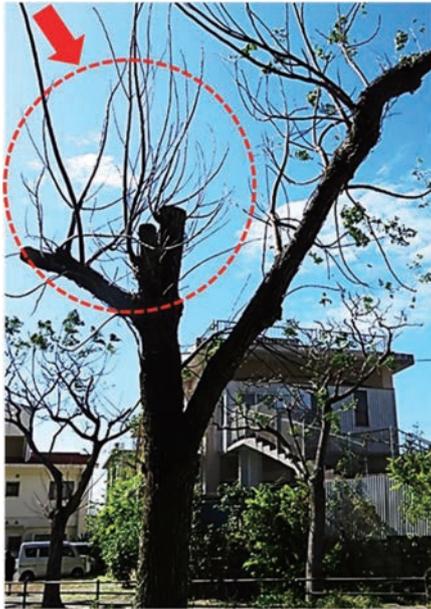


図-1 穂木とした萌芽枝（母樹 No.5）



図-2 接木後の測定位置



図-3 活着個体

表 母樹別の接木活着率

母樹 No.	所在地	試験数	活着本数	活着率%	平均接ぎ口高 (cm) ±SD	平均穂木長 (cm) ±SD	平均穂木直径 (mm) ±SD
1	A	8	8	100.0	11.6 ± 3.3	7.1 ± 3.3	6.8 ± 3.3
2	A	10	5	50.0	12.7 ± 2.2	7.3 ± 2.2	6.3 ± 2.2
3	A	9	6	66.7	9.0 ± 2.9	6.7 ± 2.9	6.2 ± 2.9
4	B	8	3	37.5	10.0 ± 2.2	7.8 ± 2.2	6.0 ± 2.2
5	C	9	9	100.0	12.3 ± 3.6	7.1 ± 3.6	6.0 ± 3.6
6	C	11	3	27.3	11.3 ± 2.4	7.8 ± 2.4	7.0 ± 2.4

松くい虫に強いリュウキュウマツ品種の選抜

-実生苗木への連年接種-

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。また、その選抜方法は、実生苗に接種試験を行って母樹を抵抗性家系として選抜する方法であったが、樹齢が高くなると接木や挿木が困難になるため、クローン検定や採種園の造成に資する苗を生産することができず問題となっていた。一方、クロマツ等では実生苗に接種試験を行い、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、この選抜方法は、クローン増殖が容易な若齢家系を得ることができるため、リュウキュウマツにおいても本選抜方法が可能か検討を行った。今回は、クロマツ等の実生家系選抜方法に準じて、実生苗（同一個体）に対する連年（2021 年と 2022 年）接種の結果を報告する。

2. 材料と方法

供試苗木は 12 家系 247 本で、2020 年 1 月に沖縄県森林資源研究センター（以下沖森研とする）のガラス室内で播種・育苗し、2021 年 3 月に沖森研内の圃場へ移植した。線虫接種は、2021 年 7 月 15 日（以下、2021 年接種）と 2022 年 7 月 15 日（以下、2022 年接種）に行った。2021 年接種は、苗高が 15 cm 以上の個体を接種の対象とした。また、2022 年接種は、前年接種後に生き残った個体のうち接種日まで生き残った個体を対象とした。線虫接種方法は常用されている改良剥皮法により行い、線虫接種頭数は、2021 年接種で 5,000 頭/50 μ l、2022 年接種で 10,000 頭/100 μ l とした。線虫は島原個体群（林木育種センター九州育種場から譲渡）を使用した。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、接種した苗木の状態を判定して、接種本数に対する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。また、2022 年接種の生存個体を、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」（（独）国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所）（以下、実施要領）に準じて、一次検定合格苗とした。

3. 試験結果

各家系の連年接種の結果を表に示した。2021 年接種は、生存率と健全率はいずれも 0~14%で、12 家系中 6 家系 7 本のみが生き残った。2022 年接種ではそのうち 1 本が枯死し、4 本には病徴が現れ、2 本が健全で最終的には 6 家系 6 本の一次検定合格苗を得た。2021 年接種本数に対する一次検定合格個体の本数割合（以下、総生存率）は 0~14.3%であった。一次検定合格個体は、今後実施要領に準じてクローン検定（二次検定）を行い、家系の抵抗性を検証する予定である。

表 実生家系選抜の一次検定結果

家系	選抜区分	2021年接種					2022年接種					1次検定合格個体数	総生存率
		平均苗高 (cm)	平均地際径 (mm)	接種本数	生存率	健全率	平均苗高 (cm)	平均地際径 (mm)	接種本数	生存率	健全率		
AI-1	強制線虫接種	20.7	2.9	9	0.0	0.0	—	—	—	—	—	0	0.0
AI-5	強制線虫接種	20.3	3.2	7	0.0	0.0	—	—	—	—	—	0	0.0
AI-6	強制線虫接種	26.0	3.7	39	0.0	0.0	—	—	—	—	—	0	0.0
AI-11	強制線虫接種	23.0	3.0	40	2.5	2.5	46.0	8.1	1	100.0	100.0	1	2.5
AI-15	強制線虫接種	20.0	3.8	19	10.5	10.5	64.5	15.8	2	50.0	0.0	1	5.3
AI-18	強制線虫接種	20.7	3.6	7	14.3	14.3	53.0	13.6	1	100.0	0.0	1	14.3
AI-19	強制線虫接種	20.6	3.3	17	0.0	0.0	—	—	—	—	—	0	0.0
AI-24	強制線虫接種	19.1	3.4	16	0.0	0.0	—	—	—	—	—	0	0.0
仲里り-16	強制線虫接種	20.1	3.9	32	3.1	3.1	36.0	8.6	1	100.0	0.0	1	3.1
仲里り-17	強制線虫接種	20.3	3.6	24	4.2	4.2	69.0	22.2	1	100.0	100.0	1	4.2
平和創造の森公園No1*	その他	20.6	3.3	26	0.0	0.0	—	—	—	—	—	0	0.0
平和創造の森公園No4*	その他	21.9	3.3	11	9.1	9.1	29.0	7.2	1	100.0	0.0	1	9.1
総 計				247					7			6	

注1：*はこれまで接種が行われたことのない家系。

注2：選抜区分について、強制接種とは過去に強制的に線虫接種が行われ生き残った個体のこと。

注3：総生存率とは、2021年接種時の接種本数に対する一次検定合格個体の本数割合。

松くい虫に強いリュウキュウマツ品種の選抜

-挿木試験及び挿木苗移植後の活着率 2-

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実生家系に接種試験を行い、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この方法を用いて 2017 年から 1 次検定合格個体を選抜した。次の段階で 2 次検定として当該個体の接木クローンへの線虫接種を行う必要があるが、リュウキュウマツは接木による増殖が困難であることが知られている。そのため、今回は接木に代わる増殖方法として挿木によるクローン増殖の可能性について検討した。

2. 材料と方法

挿木試験に供試した挿穂は、2017～2020 年に 2 回連年線虫接種して生き残った 1 次検定合格個体のうち、2021 年 2～3 月に萌芽枝誘導のための剪定を実施した 17 家系 22 個体から採取した。これらの接種年度及び採穂時の樹齢については表のとおりである。また、センター内に自生するリュウキュウマツの中から、1 次検定合格個体と同程度の大きさのものを、線虫接種試験を行っていない（以下、接種選抜未実施）個体として、同日に挿穂を採取した（表中の cont. 2、cont. 3）。なお、接種選抜未実施個体は、萌芽枝誘導の剪定もまた未実施であった。

2022 年 1 月 17 日に採取した挿穂を一晩流水に漬け、翌日、穂長を 10cm、着葉量は穂長の 2/3 程度に調整し、挿口は返切りして 2 倍希釈したオキシベロンに 10 秒浸漬して、細粒鹿沼土に挿付けた。その後、森林資源研究センター内のガラス室のビニルトンネル内で朝夕ミストかん水により管理した。

約 5 ヶ月後の 2022 年 6 月 27～30 日に挿穂を堀上げ発根調査を行い、挿穂の発根の有無を確認した。調査後は直ちに沖森研内の圃場へ移植した。移植は、6 ブロックに区画分けし、1 ブロックにつき 24 個体の挿穂を 3～7 本ずつランダムに配置した。その後、移植から約 6 ヶ月後の 2022 年 12 月 12 日に、活着本数の確認及び苗高の計測を実施した。

3. 試験結果

2022 年 1 月の挿付本数に対する 6 月の発根有本数の割合（以下、発根率）を表に示す。萌芽枝誘導の剪定を実施している 1 次検定合格個体の発根率は 68～100%で、非常に高かった。また、萌芽枝誘導未実施の接種選抜未実施個体においても 56～76%だった。これよりリュウキュウマツは挿木増殖が比較的容易であると考えられた。

6月に植栽した総植栽本数に対する12月の活着本数の割合（以下、活着率）は、すべての個体の挿木苗において80%以上で非常に高く、挿木苗の圃場への移植後の活着についても問題ないと考えられた。各平均苗高については、小さいもので12.0cm、大きいもので32.0cmと倍以上の差があったことから、次年度実施予定の線虫接種試験時の苗高の差が、接種試験に及ぼす影響について注視する必要がある。

表 令和4年挿木試験における採穂台木の状況、発根調査結果及び圃場移植後の生育状況

採穂台木の状況		2022年1月		2022年6月発根状況		2022年12月生育状況			
個体識別番号	接種年度	採穂当時樹齢	挿付本数	発根有本数	発根率 %	総植栽本数	活着本数	活着率 %	平均苗高±SD (cm)
AI-14-1	2017-2018	7	30	21	70.0	21	18	85.7	16.2 ± 5.2
AI-14-2	2017-2018	7	40	38	95.0	38	37	97.4	15.3 ± 6.0
AI-14-3	2017-2018	7	36	28	77.8	28	26	92.9	17.1 ± 6.8
AI-16-1	2017-2018	7	40	32	80.0	32	27	84.4	18.8 ± 5.9
AI-17-1	2017-2018	7	39	39	100.0	40	38	95.0	14.4 ± 4.7
AI-18-1	2018-2019	6	40	33	82.5	33	32	97.0	32.0 ± 9.1
AI-6-1	2017-2018	7	39	36	92.3	36	34	94.4	23.9 ± 7.7
No. 2413-1	2017-2018	7	35	24	68.6	23	22	95.7	17.3 ± 5.5
No. 2413-2	2018-2019	6	37	37	100.0	37	28	75.7	19.1 ± 6.9
No. 2418-1	2017-2018	7	39	33	84.6	33	27	81.8	12.0 ± 6.1
No. 2419-1	2017-2018	7	39	33	84.6	32	31	96.9	18.6 ± 7.5
No. 2420-1	2019-2020	5	40	39	97.5	38	38	100.0	17.1 ± 5.1
精302-1	2018-2019	6	40	39	97.5	39	34	87.2	26.7 ± 10.8
精303-1	2017-2018	7	39	39	100.0	39	38	97.4	19.5 ± 5.2
精304-1	2018-2019	6	31	26	83.9	26	24	92.3	21.3 ± 7.4
仲里り-13-1	2017-2018	7	29	21	72.4	18	17	94.4	18.2 ± 4.3
仲里り-13-2	2018-2019	6	40	37	92.5	36	28	77.8	17.0 ± 3.7
仲里り-13-3	2019-2020	5	40	36	90.0	36	35	97.2	17.5 ± 5.1
仲里り-15-1	2017-2018	7	39	35	89.7	35	29	82.9	17.4 ± 4.9
仲里り-31	不明	不明	40	37	92.5	37	36	97.3	12.1 ± 4.1
北中城No1-1	2019-2020	5	30	26	86.7	26	22	84.6	16.1 ± 3.6
北中城No1-2	2019-2020	5	20	17	85.0	16	15	93.8	27.1 ± 11.7
cont. 2	-	不明	39	22	56.4	22	21	95.5	13.7 ± 4.8
cont. 3	-	不明	39	30	76.9	30	24	80.0	14.6 ± 4.8

※cont. 2、3: 接種選抜未実施、萌芽枝誘導の剪定未実施の自生個体。

※北中城 No1-2 は、2 ブロックにおいては2本ずつ移植した。

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-

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 年において、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挿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、2017～2018 年に連年線虫接種して生き残った 17 系統の挿木クローン（以下、検定苗）である。これら検定苗は、2021 年 2 月 5 日に挿木し、同年 5 月中～下旬に発根を確認後、直ちに沖森研内の圃場へ移植した。移植は 1 反復につき 17 系統を 1～9 本ずつランダムに配置し、4 反復とした。また、2022 年 1 月 25 日に対照系統として抵抗性クロマツ品種 6 系統と抵抗性でない系統のクロマツ精英樹 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 年生毛苗を、検定苗と同じ畝の空いた場所にランダムに 4 反復配置した。同時に、検定苗には 1 本ずつスコップで根切りを施した。

移植から約 14 ヶ月後の 2022 年 7 月 15 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 1 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、検定苗について、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、検定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 15 系統（AI-17 と NO. 2413 を除く）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、6 系統の抵抗性クロマツのうち生存率が最下位の波方-73 を除いた 5 系統の平均値とした。その結果、15

系統中 14 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)。

線虫接種時のクロマツ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)、圃場移植時期のずれが起因すると考えられた。今回の結果より、対照系統の抵抗性クロマツと検定苗の苗高や地際径が異なっていたことを念頭に置いて、挿木クローン検定を繰り返し、データを集積する必要がある。

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	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-1	21	51.0	11.8	11.2	2.3	20	95.2	5	23.8
AI-6	16	51.3	16.9	9.4	2.8	16	100	5	31.3
AI-14	10	41.2	19.8	11.2	4.6	7	70	0	0
AI-16	10	44.7	10.7	11.7	4.0	10	100	7	70
AI-17	1	14.0	-	4.5	-	1	100	1	100
AI-18	18	56.2	16.8	10.8	3.0	18	100	14	77.8
NO. 2413	3	46.3	8.1	11.4	1.8	2	66.7	2	66.7
NO. 2418	23	39.2	11.0	8.5	1.5	22	95.7	10	43.5
NO. 2419	11	49.4	12.2	10.7	2.1	11	100	1	9.1
精301	23	64.1	17.6	11.3	2.8	23	100	8	34.8
精303	14	44.1	10.3	9.9	2.1	13	92.9	2	14.3
仲里リ-10	17	47.3	15.0	9.6	3.1	17	100	17	100
仲里リ-13	11	55.3	12.9	10.8	3.0	11	100	4	36.4
仲里リ-14	11	37.8	11.3	9.9	3.2	10	90.9	2	18.2
仲里リ-15	24	46.5	14.0	9.5	2.6	24	100	10	41.7
仲里リ-17	17	24.1	11.5	6.4	2.3	17	100	16	94.1
仲里リ-30	25	53.3	16.9	11.3	2.6	23	92	14	56
三崎ク-90 *	29	28.8	6.3	6.1	1.2	16	55.2	6	20.7
志摩ク-64 *	36	22.2	7.0	7.6	2.1	24	66.7	12	33.3
吉田ク-2 *	36	28.4	5.1	7.3	1.2	21	58.3	10	27.8
波方ク-37 *	36	26.6	4.9	6.6	1.4	23	63.9	16	44.4
備前ク-143 *	27	25.2	4.9	6.2	1.0	14	51.9	10	37
波方ク-73 *	36	19.7	5.3	6.1	1.4	18	50	7	19.4
県芦北5号 **	35	34.7	7.9	8.2	1.6	4	11.4	1	2.9

* 抵抗性クロマツ品種 ** 抵抗性ではない精英樹

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

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

表-2 各系統の実施要領に基づく評点 P と順位

順位	系統	評点P
1	仲里リ-10	-17.2
2	仲里リ-17	-16.3
3	AI-18	-13.8
4	AI-16	-12.6
5	仲里リ-30	-9.1
6	仲里リ-15	-8.3
7	NO. 2418	-7.8
8	仲里リ-13	-7.5
9	精301	-7.2
10	AI-6	-6.7
11	AI-1	-4.7
12	NO. 2419	-3.3
13	仲里リ-14	-3.1
14	精303	-2.9
15	AI-14	3.2

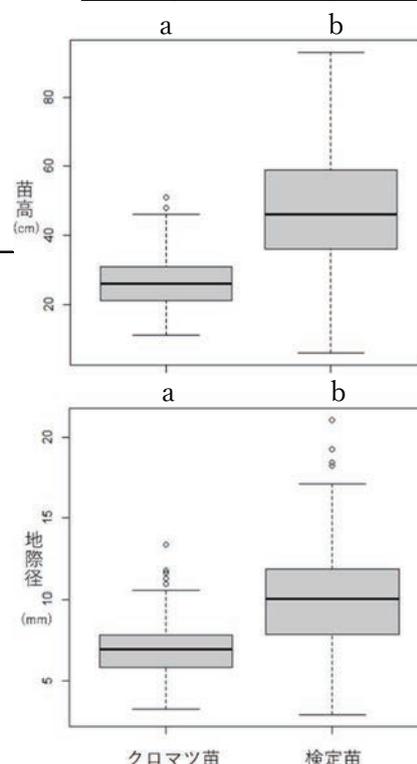


図-2 クロマツ苗と検定苗の苗高及び地際

※異なるアルファベットは有意差があることを示す。

松くい虫に強いリュウキュウマツ増殖技術確立

-接木試験 2-

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、接木が困難であるため、クローン検定や採種園の造成に資する苗木を十分に生産することができず問題となっていた。

リュウキュウマツの接木の活着率が低いことは報告されているが、今回は採穂台木の樹齢が異なる場合の接木の活着率について検証した。

2. 材料と方法

接木に使用した穂木は、嵐山採種園に存在する抵抗性候補木の仲里り-31 (植栽年次から数えて 28 年生) (以下、採穂台木 A) 及びその種子を 2016 年に播種し同年のうちに森林資源研究センター圃場に移植した子世代 (7 年生) 2 個体 (以下、採穂台木 B、C) から採取した。2022 年 12 月 26 日と 2023 年 1 月 26 日に、各母樹から 1 時期につき 15 本ずつ、合計 90 本の穂木を採取して、同日中に接木を行った。穂木は新芽の伸長が始まっていないものを選び、長さ 3~5cm に調整し、葉は頂芽に近い 5~10 本を残して全て除去し、接口を切返した。接木の方法は、台木上部を切落とす前に、先に台木に割口を切込み、上部を切落としてから穂木を挿入した。割口の位置は割接と比較して、径がやや太い低めの位置とし、最終的には穂木の径より台木の径がやや大きい「切接(きりつぎ)」の様相となった(図)。台木は 2020 年 8 月に天然生実生苗をポリポットに鉢上げしたものを使用した。

接木処理後は、接口が濡れないようビニルで覆い、野外のネットハウスで 1 日 1 回ミストかん水により管理した。2023 年 3 月 28 日に穂木の新芽が伸長しているか若しくは新芽や葉が枯れていないものを活着個体と判定し、その本数を記録した。

3. 試験結果

採穂台木別・接木時期別の活着率は、採穂台木 A はいずれの時期も 0%であった(表-1)。採穂台木 B 及び C は、12 月接木ではいずれも 6.7%、1 月接木では 13.3%と 26.7%で 1 月の接木処理がやや高い活着率となった(表-1)。採穂台木の樹齢別の接木活着状況は、樹齢 38 年の採穂台木から採取した場合活着率は 0%に対して、8 年生から採取した場合では 13.3%となり、樹齢の若いほうが有意に活着率が高かった(フィッシャーの正確確率検定、 $p < 0.05$) (表-2)。リュウキュウマツは、挿木では採穂台木の樹齢の若いほうが活着率が高いことが分かっており、接木でも同様の結果となった。但し、8 年生の採穂台木は 2022 年 3~4 月頃に剪定をかけており、穂木が萌芽枝であった可能性があり、その影響も考慮する必要がある。

今回の結果より、抵抗性候補木は仲里り-31 を含め老齢化し、高木化しているので剪定等の管理も困難となっているため、接木による増殖は困難であることが示唆された。

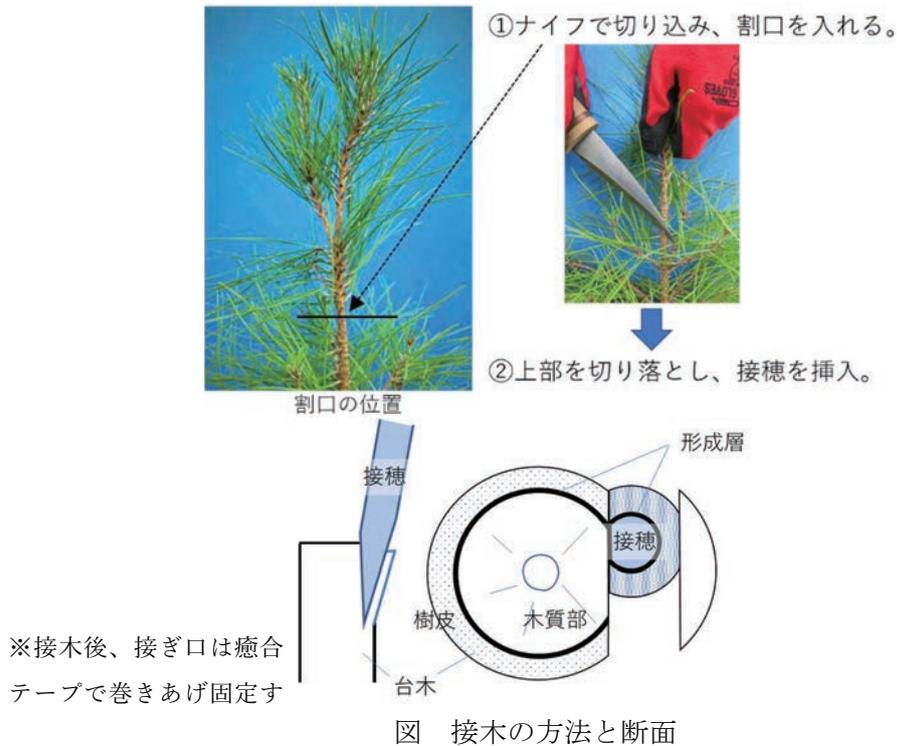


表-1 採穂台木別・接木時期別樹齢別の接木活着率

家系	採穂台木	生育場所	樹齢	2022年12月		2023年1月		合計		
				活着本数	活着率	活着本数	活着率	供試数	活着本数	活着率
仲里り-31	A	嵐山	28	0	0	0	0	30	0	0
	B	森研セ圃場	8	1	6.7	2	13.3	30	3	10
	C	森研セ圃場	8	1	6.7	4	26.7	30	5	16.7

表-2 樹齢別の接木活着率

樹齢	供試数	活着本数	活着率%
28	30	0	0
8	60	8	13.3

森林化困難地域における植栽適木の検討

久高 梢子

1. 目的

沖縄本島北部県営林では、返地された貸付跡地の一部において造林木の成長にバラツキが見られる。その要因として、貸付当時に土地の造成等が行われたことで土壤環境が不均一であることが考えられる。特に、下層土が露出している箇所は、強酸性で通気性や透水性が悪く、樹木の生育がよくない箇所と考えられる。このような場所（以下、森林化困難地域）の植栽は、リュウキュウマツが適しているが、マツ材線虫病の被害などにより敬遠されているため、森林化困難地域において、病虫害の被害が少なく、成長が早い、これまでの造林樹種に代わる新たな樹種の検討が求められている。

そこで、海外においても強酸性土壤の適応樹種として確認されており、琉球大学の植栽試験や街路樹等として県内での植栽実績があるメラルーカ属から2種と、本県で近年早生樹として注目されているハマセンダンに着目した。併せて、既存の造林樹種のうち、本島北部地域の主要樹種であるイジュ、肥料木として知られるヤマモモ、土壤を選ばず痩せ地や乾燥地でも生育するとされるシャリンバイの計6種類について、2020年3月に森林化困難地域で植栽試験を実施し、植栽3年目の活着状況及び生育状況について調査を行ったので報告する。

2. 材料と方法

植栽地は東村慶佐次県営林で、4,000本/haの間隔で各樹種15本ずつ植栽した（業務報告No.32参照）。植栽した樹種は、*Melaleuca alternifolia*（以下、アルテルニフォリア）、カユプテ、ハマセンダン、イジュ、シャリンバイ、ヤマモモの合計6種とした。*Melaleuca*属2種は、琉球大学農学部から提供を受けた1年生Mスターコンテナ苗（以下Mスター苗）を用いた。イジュとハマセンダンは、沖縄県森林資源研究センター内で育苗した1年生Mスター苗を用いた。シャリンバイとヤマモモは、今帰仁村内の苗木生産者より購入した2～3年生のポット苗を用いた。植栽後は年に1回IBワンス（N:P:K=12:6:6、肥効1年）を45g/本施肥した。

植栽は2020年3月17日に行い、植栽から約3年後の2023年3月7日まで3ヶ月毎に苗高調査を行い、最終日には地際径も計測した。樹種別の苗高成長量及び地際径については、先枯れ等の被害のない健全木を対象として多重比較（Tukey-Kramer法）により統計解析を行った。

3. 試験結果

生存率（植栽本数に対する植栽3年後の生存本数の割合）は、ハマセンダンにおいて著しく低下した（表）。健全木の平均苗高はカユプテが182cmと大きかったが、枯死木若しくは不健全木は折れや倒伏などが見られ、健全木は植栽本数の約7割となり（表）、強風等による被害を受けやすいことが考えられた。健全木の平均地際径はヤマモモが44.8mmと大きかったが、一方で生存本数

の約2割が葉に食害を受けて非健全な状態であった(表)。

期首から3年間の健全木を対象とした6ヶ月ごとの平均苗高の推移は、カユプテが植栽2年目から著しい成長を示した一方で、イジュ、シャリンバイ、ハマセンダンに殆ど成長していなかった(図-1)。

植栽期首からの苗高成長量は、カユプテ、アルテルニフォリア、ヤマモモの順に大きく、イジュ、ハマセンダン、シャリンバイは成長量が小さかった(図-2)。また、地際径については、カユプテとアルテルニフォリア若しくはヤマモモでは違いはなく、ヤマモモはアルテルニフォリアより大きく、イジュとシャリンバイ、ハマセンダンは同程度で小さかった(図-3)。

表 植栽3年後の生育状況

樹種	植栽本数	生存本数 (本)	生存率 (%)	健全木数 (本)	健全木 平均苗高 (cm)	±SD	健全木平均 地際径 (mm)	±SD
カユプテ	15	12	80.0	10	182.4	30.8	36.1	8.7
アルテルニフォリア	15	15	100.0	13	148.1	27.1	29.5	7.9
ヤマモモ	15	14	93.3	11	137.8	41.7	44.8	12.7
シャリンバイ	15	15	100.0	15	58.1	15.1	10.1	2.0
イジュ	15	15	100.0	15	47.7	11.7	13.1	2.2
ハマセンダン	15	4	26.7	3	39.3	9.9	6.6	1.1

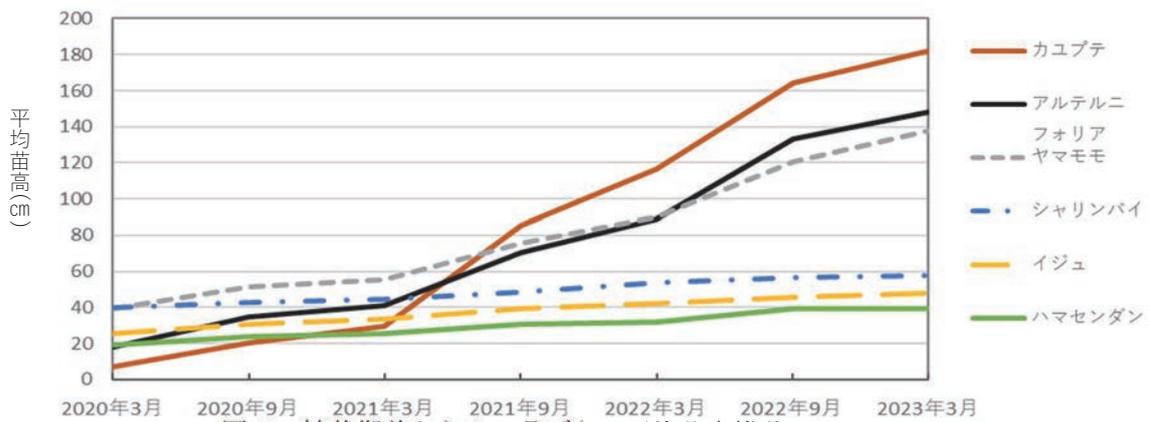


図-1 植栽期首から6ヶ月ごとの平均苗高推移

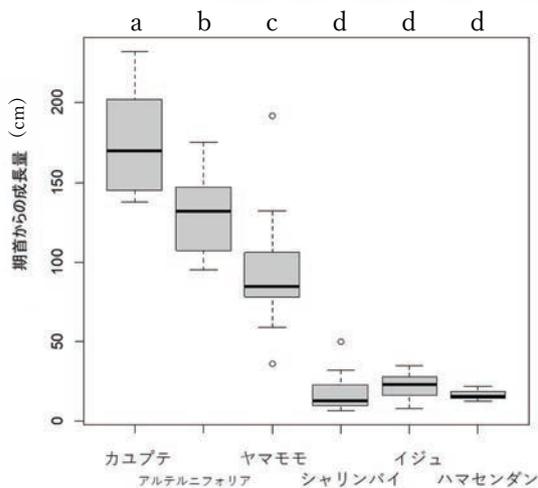


図-2 樹種別苗高成長量

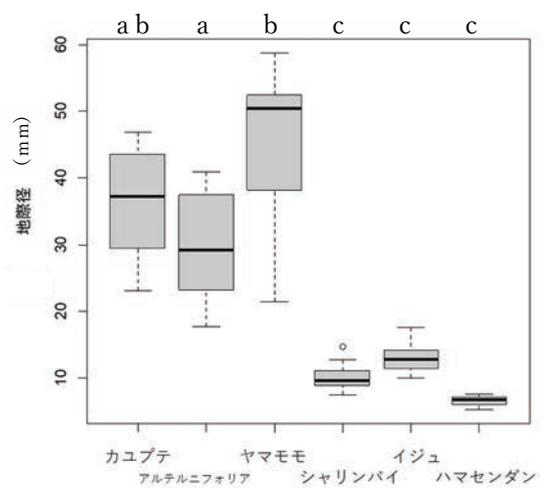


図-3 樹種別地際径

異なるアルファベットは樹種で有意差があることを示す (Tukey-Kramer 法、 $p < 0.05$)。

広葉樹人工林の密度管理に関する研究

-テリハボク密度管理基準の検討-

井口 朝道・久高 梢子

1. 目的

テリハボク (*Calophyllum inophyllum* L.) は、テリハボク科テリハボク属の常緑高木である。沖縄の方言ではヤラブと呼ばれ、台風や塩害に強い特性を有することから、古くから屋敷などの防風林に広く植栽され、現在も海岸防災林や農地防風林等の造成の際の主要な樹種の1つである。

また、材は赤みを帯び、波打つような木目の美しさから、特に宮古・八重山の離島地域では家具や食器等の材料として高い評価を得ており、用材生産を目的として離島地域を中心に、造林事業においても広く植栽されている。そのような中、近年では石垣市有林の6齢級のテリハボク単相林において、林冠が閉鎖する等、間伐が必要な時期に到達していると考えられたことから、試行的に間伐が実施された。しかし、本県では、広葉樹人工林についての密度管理基準が策定されておらず、適正な密度管理手法が示されていないことが課題となっている。

そこで、本研究はテリハボク人工林を対象に、適正な密度管理の基準について検討を行うことを目的に実施した。本報では、2021年の調査に加えて、2022年に調査を実施した林分のデータも併せて解析を行ったので報告する。

2. 材料と方法

2021年の調査地は前報の通りである。2022年の調査は、石垣市字真栄里地内に位置する国際農林水産業研究センター 熱帯・島嶼研究拠点内（以下、JIRCAS）に造成された防風林帯のうちテリハボクの単層林で行い、調査区は15m×20m、15m×15mの方形区を1箇所ずつ設置した。この防風林帯は、1972年のJIRCAS開所以降に造成され、1978年の航空写真（国土地理院）では既に確認されるため、林齢およそ50年生程度と考えられた。現地調査では、テリハボクを対象にDBH、樹高および樹冠幅（2方向）を計測した。密度管理の手法については、既往のイジュの研究にならい胸高直径と樹冠の広がりとの関係性に着目し、樹冠を指標とした間伐基準の検討を行った。

3. 試験結果

2022年に調査分を行ったテリハボク上層木45本の胸高直径および樹高の頻度分布を図-1に示す。胸高直径のピークは30cm～35cmであり、40cm以上の個体も多く存在するなど、本林分は収穫時期に到達していると考えられた。上層木樹高は、多くが12～14mの範囲に収まっていた。

次に、2か年分の調査個体の胸高直径と直交する2方向の平均樹冠幅、および胸高直径と平均樹冠幅から円の公式により算出した樹冠投影面積の関係を示す（図-2）。ピアソンの相関分析の結果、胸高直径は樹冠幅および樹冠投影面積のいずれとも強い正の相関があることが確認され、十分に樹冠を発達させた個体が、着葉量の増加に伴い、大きな直径成長を示したことが示唆された。

さらに線形回帰モデルによって胸高直径に対応した平均樹冠幅または樹冠投影面積を推定し、空間に占める樹冠面積の割合が 78.5% (樹冠が互いに重なり合わない場合) となる適正密度を算出した (図-3、表-1)。ここで、胸高直径から樹冠幅を推定した上で樹冠面積を算出する方法 (以下、樹冠幅モデル) と、直接、胸高直径から樹冠面積を推定する方法 (以下、樹冠面積モデル) の二通りの手法があるが、前者の樹冠幅モデルの方が、胸高直径の成長度合いに対応する密度変化がより緩やかな曲線となり、特に胸高直径が小さい場合には現実的な値を示した。

テリハボクの密度管理基準を現場へ適用する際の具体的な手法については研究報告に記す。

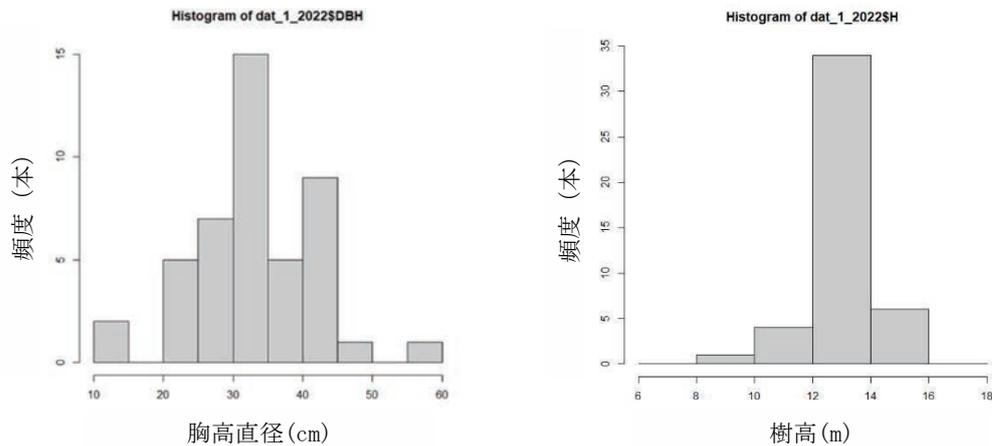


図-1 テリハボク上層木の頻度分布 (左: 胸高直径、右: 樹高)

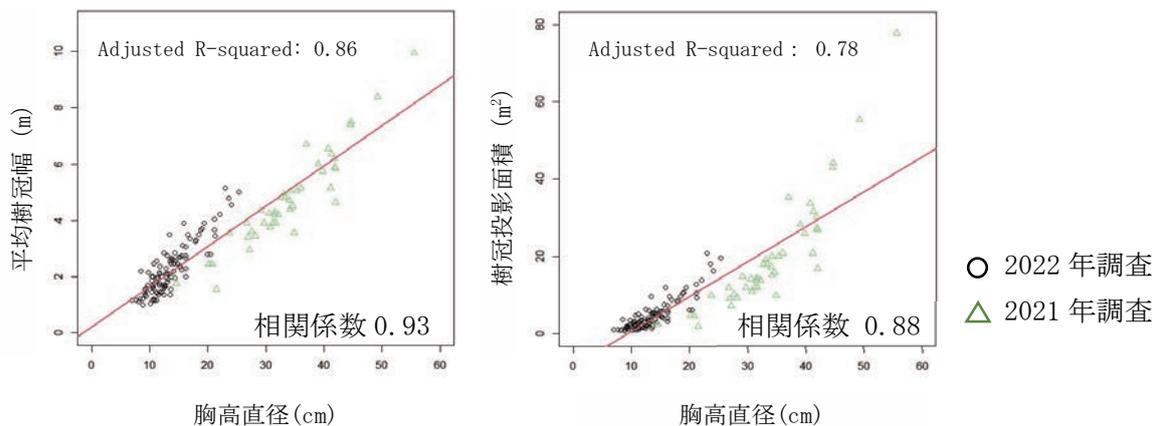


図-2 胸高直径と平均樹冠幅(左)および樹冠投影面積(右)の関係

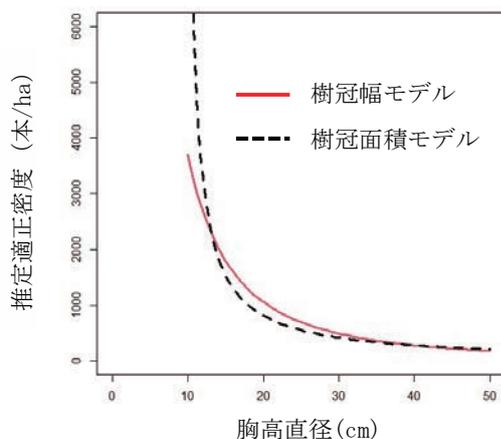


図-3 胸高直径と推定適正密度の関係

表-1 胸高直径と樹冠投影率を 78.5%にした場合の推定適正密度の関係

テリハボク上層木 平均DBH	適正密度 (樹冠幅モデル) (本/ha)	適正密度 (樹冠面積モデル) (本/ha)
10	3,800	13,200
15	1,800	1,600
20	1,100	900
25	700	600
30	500	500
35	400	400
40	300	300
45	300	300
50	200	300

早生樹の活用に関する基礎的技術開発事業

-ウラジロエノキ苗の形状比に関する試験-

井口 朝道・久高 梢子

1. 目的

ウラジロエノキは、ニレ科の常緑高木で、成長が早い沖縄を代表する早生樹種の1つである。近年、需要が高まっており、造林樹種として植栽されている。

これまで、採種適期や発芽率、施肥量等、育苗技術に関する研究は、沖縄県森林資源研究センターにおいて一定程度行われてきたが、育苗中の成長が早いことから、出荷時期を逃した際に苗高や形状比が過大な苗が生産される事象が確認されている。そこで、ウラジロエノキ苗の形状比が、植栽初期の枯損や成長に与える影響について評価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、沖縄県名護市の森林資源研究センター内の樹木園に位置し、過去に近隣から国頭マージを厚さ 60 cm程度客土した平坦な地形であり、植栽前にはトラクターにより耕耘した。2022. 4. 6 に、当センターで生産した以下の3種類の苗木を位置的な偏りがないうよう 2,000 本/ha の密度で計 70 本を混植した後、約 2 カ月毎に枯損の状況を確認し、併せて苗高を計測した。

1) ガラス室生産-コンテナ苗(以下、glass-c)

当センター内に自生するウラジロエノキ 1 個体(No. 120)から完熟した黒い種子を採取(2020. 7. 15)し、果皮と果肉を取り除き、冷蔵庫で7ヶ月保存した種子を2021. 2. 16に直接コンテナに播種した。基肥としてハイコントロール 700(ジェイカムアグリ社製、N:P:K=16:5:10)を用土 10lに対し 10g(N:1.0g/鉢)施用し、ガラス室内で生産した。植栽時は、播種後 14 カ月となり、平均苗高が 80cm を超える比較的大きな苗木である。

2) ネット室生産-コンテナ苗(以下、net-c)

使用した種子、播種時期、基肥については、1)g-c と同様であるが、ガラス室ではなく、上部と側面をネットで囲われたネット室内で生産した。植栽時は播種後 14 カ月となり、平均苗高は 50 cm程度の標準的な規格の苗木である。

3) ガラス室生産-ポット苗(以下、glass-p)

使用した種子は2020年8月～9月に沖縄県名護市の名護城公園付近に自生するウラジロエノキ 1 個体(No5)から、黒く熟したものを採種し、果皮と果肉を取り除いた後、冷蔵庫で保存したものを使用した。約 10 カ月が経過した 2021. 6. 4 に、用土(容積比、赤土 4 : 堆肥 1)を 1 鉢当たり約 600ml 充填したポットに直接蒔き付けし、ガラス室内で生産した。基肥の種類、および 1 鉢あたりの施肥量は他の 2 種と同様である。植栽時は播種後 10 カ月となり、平均苗高は 50 cm程度の標準的な規格の苗木である。

また、名護で最大瞬間風速 29.9m/s を記録した 2022 年の台風 11 号接近後の 2022. 9. 6 には、根回りや倒伏等の台風被害の状況について確認した。

3. 試験結果

植栽後1年が経過した2023.4.3時点の、苗木種類毎の植栽木の枯損および台風被害の状況について表-1に示す。1年間で枯損した本数は、いずれの苗木についても4~5本ずつであり、大きな差は確認されなかった。ここで枯損とは、枯死した個体に加え、主軸の先枯れ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。一方で、台風11号による被害の発生本数については、植栽時の苗高および形状比が高いglass-c区で6本と最も多くなった。なお、台風被害を受けた個体が必ずしも枯損に至る訳でない。ここで、目的変数を台風被害の発生の有無、説明変数を形状比とした一般化線形モデル（二項分布を仮定したロジスティック回帰）により解析したところ、形状比が台風被害の発生確率に有意($p < 0.01$)に影響を与えていることが確認された(図-1)。

表-1 植栽1年後の苗木種類毎の枯損および台風被害の発生状況

苗木種類	植栽本数	最終枯損本数	台風時生存本数	台風被害本数	植栽時平均苗高	植栽時平均形状比
glass-c	23	5	20	6	87.2	96.5
net-c	23	5	22	2	50.4	65.1
glass-p	24	4	22	0	46.6	63.1

*表-1で植栽時平均苗高、形状比については、台風時生存個体の数値を記載

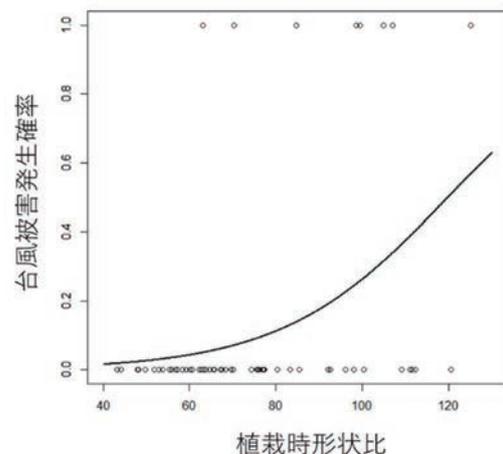


図-1 植栽時の形状比と台風被害の発生確率の関係

枯損苗を除外した個体(計56本)を対象に、苗木種類毎の1年間の苗高成長量を図-2に示す。使用苗木の違いで大きな成長量の差は見られなかった。ここで、目的変数を苗高成長量、説明変数を形状比および育苗容器(コンテナ、ポット)とした二元配置分散分析を行ったところ、形状比、育苗容器のいずれも苗高成長量に有意に影響を与えていることは確認されなかった(図-3)。

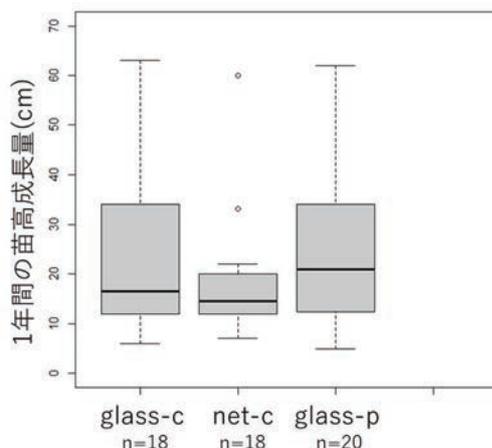


図-2 苗木種類毎の苗高成長量

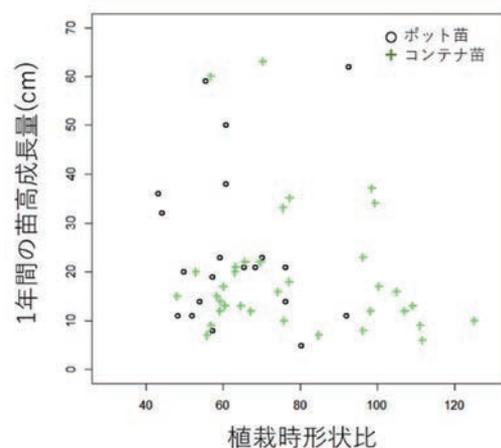


図-3 育苗容器毎の形状比と成長量の関係

早生樹の活用に関する基礎的技術開発事業

-ウラジロエノキの成長特性と立地環境に関する研究（植栽3年後の状況）-

井口 朝道・久高 梢子・伊藤 俊輔・玉城 雅範^{*1}

1. 目的

ウラジロエノキは、ニレ科の常緑高木で、成長が早い沖縄を代表する早生樹種の1つである。近年、需要が高まっており、造林樹種として植栽されている。

立地環境が成長に及ぼす影響については未解明であるため、令和元年度から本研究を実施しており、4年目にあたる今年度は、植栽後3年間の成長量と立地環境の影響について評価したので報告する。

2. 材料と方法

調査地、使用苗木、および立地環境調査における調査手法については令和元年度の報告による。令和4年度の成長量調査は、植栽後30カ月および36カ月後にあたる2022年9月21日、2023年3月16日に実施した。また立地環境調査のうち、土壌堆積含水率および土壌貫入値については、成長量調査と併せて実施しており、初回計測から2022年3月17日までの併せて計7回の平均値を採用した。

3. 試験結果

立地環境調査の結果について、調査区毎の土壌体積含水率、土壌貫入値、露出度を図-1に示す。令和3年度の報告から数値の変更はなく、多重比較(ホルム)の結果、露出度の数値から調査区1は開放的な尾根地形、調査区2、3は、いずれも閉鎖的な斜面下部と同様な環境として位置づけることとした。他の立地環境調査の結果については、土壌体積含水率は、調査区1で有意に高い値を示し($p < 0.01$)、土層貫入値については、調査区1、2では、多くの地点で最大の50cmに達するなど、土層深が比較的厚いのに対し、調査区3では、ほとんどの地点で30cmを下回り、土層深が有意に薄い結果となっている($p < 0.01$)。

次に植栽3年後の調査区毎、剪定の有無別の植栽木の現況を表-1に示す。なお、下刈り時に誤伐を受けた6本を除いた227本を解析対象とした。いずれの調査区においても、枯死や枯損(先枯れ等による樹高減少)が高い割合で発生しており、特に尾根地形にあたる調査区1では枯死の発生割合は70%以上となった。枯死の発生の有無を目的変数、説明変数に露出度を用いて一般化線形モデル(ロジスティック回帰モデル)により解析を行った結果、露出度が大きいほど、有意に枯死の発生割合が高くなる傾向が確認された($p < 0.01$ 、図-2)。

3年間の成長量がプラスとなった84個体を対象として、成長量に立地環境が及ぼす影響について評価するため、目的変数に樹高成長量、説明変数に単回帰モデルで1%有意水準を下回った露出度、土壌貫入値を用いた一般線形モデルにより重回帰分析を行ったところ、土壌貫入値が有意に

^{*1} 北部農林水産振興センター 森林整備保全課

正の影響を与えている可能性が確認された ($p < 0.05$)。また、土壌貫入値と成長量の間でピアソンの積率相関分析を行ったところ、低い正の相関 (相関係数 0.39) がみられた ($p < 0.01$) (図-3)。

立地環境が成長量に与える影響について正確に評価するには、長期的に計測する必要があるため、今後も継続的にデータを収集・蓄積し、解析を実施する予定である。

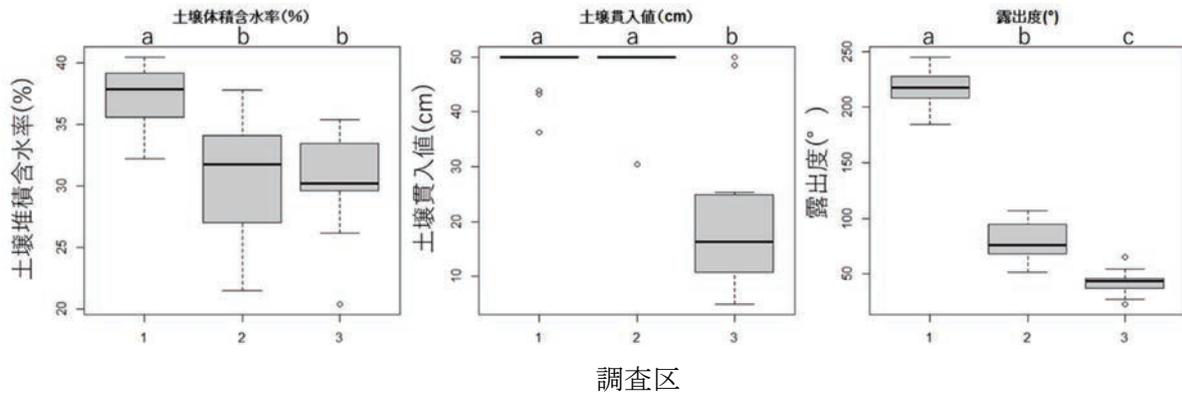


図-1 調査区毎の立地環境

(左から、土壌体積含水率(%)、土層貫入値(cm)、露出度(°))

表-1 植栽3年後の調査区毎、剪定の有無別の植栽木の現況

調査区	剪定有・無	当初生存個体	枯死	枯死発生率	枯損含む	枯死・枯損発生率
1	無	74	51	69%	52	70%
	有	8	8	100%	8	100%
	小計	82	59	72%	60	73%
2	無	33	8	24%	10	30%
	有	39	22	56%	22	56%
	小計	72	30	42%	32	44%
3	無	38	23	61%	30	79%
	有	35	20	57%	21	60%
	小計	73	43	59%	51	70%
総計	無	145	82	57%	92	63%
	有	82	50	61%	51	62%
	小計	227	132	58%	143	63%

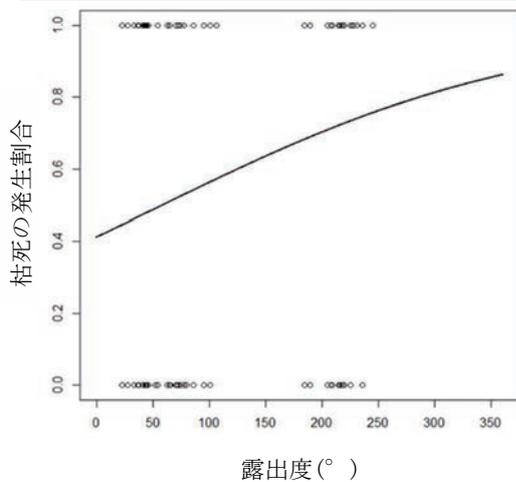


図-2 露出度と枯死の発生割合の関係

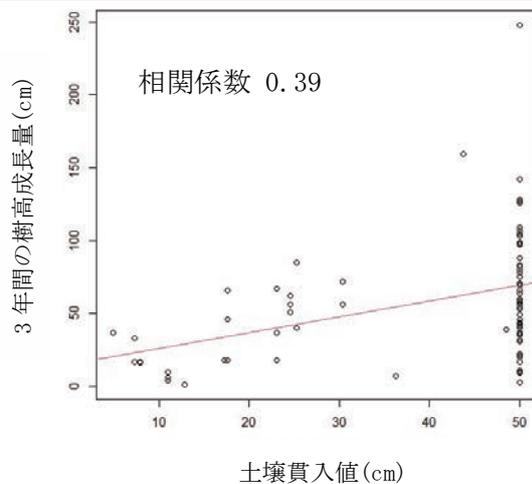


図-3 土壌貫入値と成長量の関係

早生樹の活用に関する基礎的技術開発事業

-センダンの芽かき・枝打ち効果実証試験-

井口 朝道・久高 梢子・金城 智之*¹

1. 目的

センダン (*Melia azedarach* L.) は、センダン科センダン属の落葉高木であり、日本では、関東から先島諸島に分布し、沖縄県に自生する早生樹種の1つである。沖縄県の森林・林業アクションプランでは、環境に対する影響が少ない集落周辺の未利用造成地等を活用し、早生樹種による短伐期施業を行うことで、森林資源の循環利用を図ることとしており、中でもセンダンは昭和の時代から用材生産を目的に植栽されてきた。材は赤みを帯び、木目の美しさや加工の容易さから、沖縄本島含め八重山地域においても家具や食器等の材料として古くから利用されている。

近年、全国的に早生樹種の活用に関心が集まる中、熊本県ではセンダンの通直な材の生産に芽かき・枝打ちが効果を発揮することが示されているが、本県では芽かき・枝打ちの事例がない。

そこで、本研究はセンダン人工林を対象に、芽かき・枝打ちの効果を明らかにすることを目的に実施した。本報では、植栽後約2カ年後までの調査結果を用いて解析を行ったので報告する。

2. 材料と方法

調査区は、2020年12月に植栽を実施した、石垣市字平得地内に位置する県営林内の造林地に設置した。芽かき・枝打ちを実施する区（以下、実施区）と対照区を設け、各区1反復の繰り返し数を各3×4の12本とし、4反復（計96本）を設置した（図-1）。なお、植栽密度は、2,000本/haであり、苗木は、2019年12月に名護市内で採取し、森林資源研究センターのガラス室において、直ちに育苗箱に播種したものを、2020年4月にコンテナ苗に移植し、11月までの期間に生産したものを使用した。現地調査は植栽後約3ヵ月が経過した2021年2月に初期の苗高を計測し、その後は、2021年11月、2022年6月、2022年11月に樹高、枝下高、胸高直径（測定可能個体のみ）を測定した。また、2021年11月調査時から、脇芽や枝が確認された場合には、実施区のみ、高さ3m程度の範囲で芽かき・枝打ちを行い、作業後には改めて枝下高を測定した。なお、枝がない個体の枝下高はその時点の樹高の値を採用した。また、実施区内の個体であっても、脇芽や枝がないものについては、作業を行っていない。併せて、実施区内で主軸に折損やカミキリ虫被害が確認された場合には、根元から台切りを実施した。

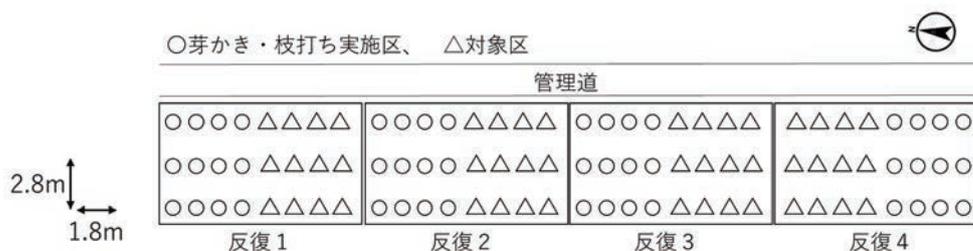


図-1 試験区の配置

*1 八重山農林水産振興センター 農林水産整備課（令和3～4年度在籍）

3. 試験結果

2022年11月時点のセンダンの成長への芽かき・枝打ちの影響を把握するため、芽かき・枝打ちを実施した個体（以下、実施個体）と対照個体に分けて生育状況を示す。ここで解析対象は、生存個体のうち、過去に台切りを行っておらず、かつ2022.9月の台風により主軸折損被害が発生していない個体で、かつ成長が遅く胸高直径を測定しなかった各区分1個体を除いた個体とした。

樹高成長量と胸高直径について、芽かき・枝打ち実施の有無に分けてt検定（ウェルチ）を行ったところ、いずれも有意な差は確認されず、現時点では成長そのものには影響を及ぼしていないと考えられた（図-1）。次に、通直で枝下高の高い素材生産を促すための芽かき・枝打ちの効果を検証するため、作業実施の有無別に枝下高を比較した（図-2）。t検定（ウェルチ）を行ったところ、2022年6月の前回の作業後には、実施個体の枝下高が有意に高かったものの（ $p < 0.01$ ）、11月の今回の作業前に測定した枝下高では、有意な差は確認されなかった。複数の個体で、成長点より低い位置で発生する後生枝が確認されており、枝下高が低下する事象によるものと推察された。今後は、より素材生産に着目し、採材長により評価することが望ましいと考えられた。

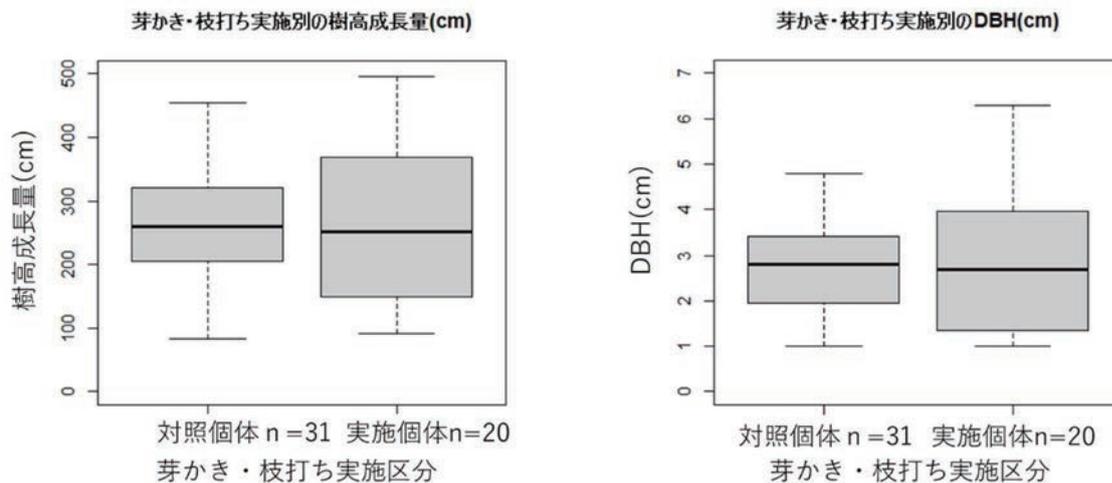


図-1 芽かき・枝打ち実施別の成長の程度（左：樹高成長量、右：胸高直径）

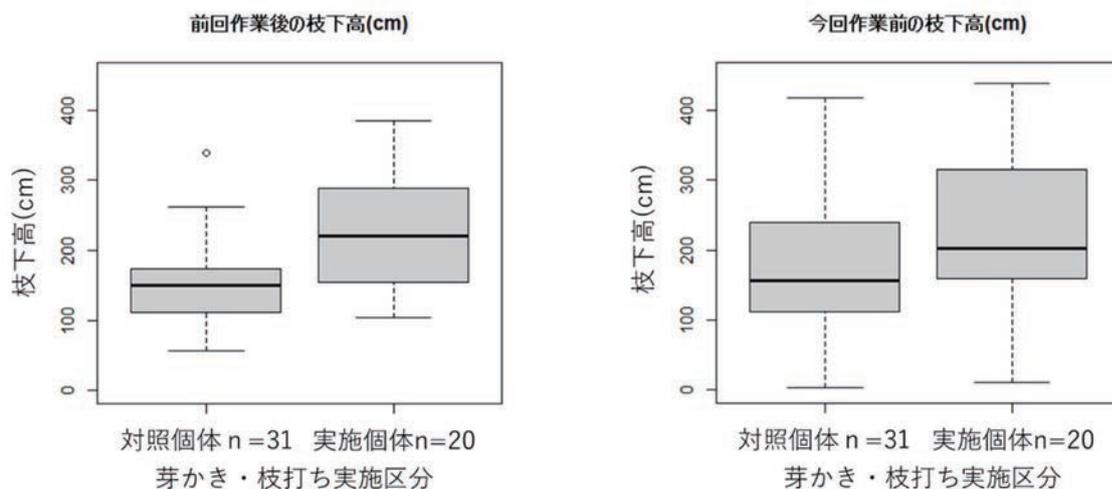


図-2 芽かき・枝打ち実施別の枝下高（左：前回作業後、右：今回作業前）

早生樹の活用に関する基礎的技術開発事業

-ハマセンダン有胚種子の見分け方に関する検討-

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、環境に対する影響が少ない集落周辺の開発跡地や休耕農地等造成未利用地等を活用し、早生樹種による短伐期施業を行い、森林資源の循環利用を図ることとしている。そのため、早生樹の育苗技術の確立が必要である。しかし早生樹として着目されているハマセンダンは育苗に必要な種子の発芽率や保存方法等に関する基礎情報が少ない。本課題では、発芽率の高い種子を保有する母樹を見分ける方法について、エタノール選と種子の断面調査から有胚率及び発芽率の高い種子を分けることができるかどうか検討した。

2. 材料と方法

供試したハマセンダン種子は、名護市道多野岳線から瀬嵩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 12 個体から採取した。採取は 2022 年 11 月 22～12 月 5 日に行い、開裂がはじまった果序が観察された個体から、果序のついている位置（枝の方向や樹冠の上中下）になるべく偏りがないうよう 5～10 房ずつ採取した。採取した果序は室温で乾燥し、採取日翌日から 1 週間以内に果序の開裂が進んだものから種子分離し、播種の前に 1 セット（200 粒）ごとに 99.5%エタノールに 10 秒間浸し（以下エタノール選と呼ぶ）、沈んだ種子と浮いた種子数を計測しそれぞれ分けてバーミキュライトを敷き詰めた育苗箱に播種した。播種は 2022 年 11 月 25 日～12 月 8 日に行ったが、母樹によって種子の採取可能時期が異なったため、播種セットは母樹により 1～3 セットとした。育苗箱はガラスハウス内のビニルトンネル内で、1 日 2 回（5 分間/1 回を 6:00 と 17:00）ミストかん水で管理した。2022 年 12 月 28 日から発芽本数調査を開始し、2023 年 5 月 8 日まで行った。

また、採種日とほぼ同日に、採取してきた果序の房から 3～6 粒ずつ開裂前の果序（1 粒につき 3～6 粒の種子を有する）を取り（図-1 上）、デザインナイフで切断し、種子の中の胚の有無を調べた（以下、割り試験）。このとき、果序の中に黒い種皮が形成されている個数を種子数とし、そのうち断面が白く詰まっているものを有胚種子として（図-1 下）、全種子数に対する有胚種子数の割合を有胚率とした。

3. 試験結果

調査期間中の 12 個体の種子の発芽率の推移は図-2 の通りで、3 月初旬から 4 月初旬に発芽が活発となり、4 月下旬以降は発芽率の増加は緩やかとなった。5 月 8 日の発芽率は、母樹 12 個体中 5 個体は 1%未満で、7 個体は 2.8～51.5%とある程度の発芽が確認され、全体としては 8.9%であった（表）。エタノール選により選別された種子の発芽率は、沈降種子が 31.9%で、浮上種子

1.7%に対して有意に高く（フィッシャーの正確確立検定、 $p < 0.01$ ）、エタノール選の有効性が確認された(表)。割り試験による有胚率は、発芽が確認された7個体については少なくとも5~87%で、0%になるものはなかった(表)。

発芽率とエタノール選沈降率（沈降種子数/播種総数）又は有胚率の関係を検討するためスピアマンの順位相関係数を求めたところ、ともに正の相関がみられた（ $p < 0.01$ で有意差あり）(図-3, 4)。これよりエタノール選及び割り試験はハマセンダンの発芽率の高い種子を判別する上で有効であることが示された。



図-1 果序(上)と有胚種子の割り断面(下)

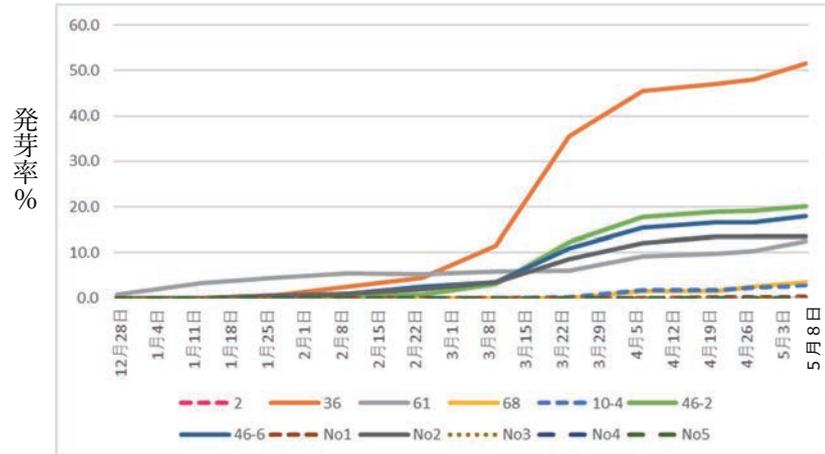


図-2 発芽率の時系列推移

表 エタノール選の結果別発芽率及び割り試験による有胚率

母樹ID	採種セット数	播種総数	エタノール選による発芽率									割試験供試数	有胚種子数	有胚率
			発芽数	発芽率	沈降種子			浮上種子						
					種子数	発芽数	発芽率	種子数	発芽数	発芽率				
36	1	200	103	51.5	180	102	56.7	20	1	5.0	143	116	81.1	
46-2	3	600	121	20.2	377	121	32.1	223	0	0.0	281	243	86.5	
46-6	1	200	36	18.0	107	36	33.6	93	0	0.0	258	39	15.1	
No2	1	200	27	13.5	2	0	0.0	198	27	13.6	265	136	51.3	
61	2	400	50	12.5	142	27	19.0	258	23	8.9	286	207	72.4	
68	1	200	7	3.5	72	7	9.7	128	0	0.0	250	56	22.4	
10-4	2	399	11	2.8	52	11	21.2	347	0	0.0	276	14	5.1	
2	2	400	0	0.0	20	0	0.0	380	0	0.0	275	32	11.6	
No1	2	400	1	0.3	2	1	50.0	398	0	0.0	278	0	0.0	
No3	2	400	0	0.0	2	0	0.0	398	0	0.0	259	2	0.8	
No4	2	400	0	0.0	1	0	0.0	399	0	0.0	279	1	0.4	
No5	1	200	0	0.0	0	0	-	200	0	0.0	284	0	0.0	
合計		3999	356	8.9	957	305	31.9	3042	51	1.7	3134	846	27.0	

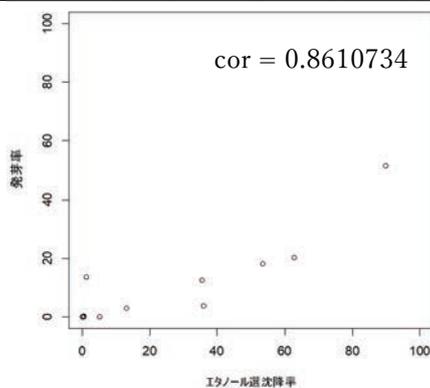


図-3 発芽率とエタノール選沈降率の関係

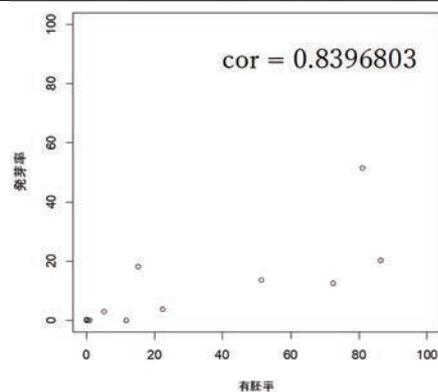


図-4 発芽率と有胚率の関係

早生樹の活用に関する基礎的技術開発事業

-ハマセンダンにおけるMスターコンテナを用いた施肥量試験-

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、環境に対する影響が少ない集落周辺の開発跡地や休耕農地等の造成未利用地等を活用し、早生樹種による短伐期施業を行い、森林資源の循環利用を図ることとしているが、早生樹の1種であるハマセンダンは育苗方法が明らかにされていない。

本課題では、ハマセンダンを対象に、近年活用が進んできているMスターコンテナを用いて育苗段階における施肥量試験を行ったので報告する。

2. 材料と方法

供試したハマセンダンの苗木は、2021年11月に多野岳に自生する3個体から採取した種子をバーミキュライトにとりまきし、ガラス室内で発芽させた稚苗を、1本当たり約625mlの用土(ココソイル9:パーライト1)を充填したMスターコンテナに移植した。移植時期の違いによる成長量等への影響を検討するため、移植は2022年3月2日(以下、3月移植)と6月6日(以下、6月移植)に行った。

施肥量による影響を確認するため、基肥としてハイコントロール700(ジェイカムアグリ社製、N:P:K=16:5:10)を用土10に対し7.5g(N換算値で0.75g/鉢)(以下、0.75g区)、15g(N:1.5g/鉢)(以下、1.5g区)、22.5g(N:2.25g/鉢)(以下、2.25g区)施用した。移植時期及び施肥量の処理区ごとの苗木数は表-1のとおりである。処理区ごとに偏りがないよう配置し、ガラス室内でミストかん水により管理した。

苗高は移植の翌月から2023年3月まで毎月、根元直径は2023年3月に計測した。成長量については、移植から最終計測日までの期間、すなわち3月移植では12ヶ月間、6月移植では9ヶ月間の成長量とした。途中先折れ等の異常が生じた個体は解析対象外とした。また、ハマセンダンは落葉広葉樹であり、落葉時期について確認を行った。なお、すべての葉が落葉した状態もしくは紅葉した葉が1,2本残っている状態を落葉個体とした。

3. 試験結果

2023年3月時点の生存率は、いずれの処理区分でも95%を超えており、高い結果となった(表-1)。1ヶ月ごとの平均苗高推移をみると(図-1)、3月移植は12月まで成長し、その後は成長が止まったのに対し、6月移植は12月以降も微増した。また、3月移植では急成長する時期が6~11月と5ヶ月あったが、6月移植は10~12月までの2ヶ月しかなかった。落葉個体については、1~3月調査の際に確認され、3月移植では17~45%が落葉個体となったが、6月植栽ではほとんどなかった(表-1)。

時期ごとに施肥区分で成長量、地際径及び2022年3月時点の形状比を比較すると、3月移植は成長量と地際径について処理区間で違いが確認された (t 検定、 $p < 0.05$) が、形状比についての違いは確認されなかった (表-2)。また6月移植では、成長量については、0.75g 区と 1.5g 及び 2.25g で有意差があった (Turkey-kramer, $p < 0.05$) が、地際径及び形状比についてはいずれの区分においても有意差が確認されなかった (表-2)。また、2023年3月時点の苗高 30 cm 以上の苗木の得苗率は3月移植では施肥区分による有意差はなく (フィッシャーの正確確率検定、 $p < 0.05$)、6月移植では、0.75g 区より 1.5g 区及び 2.25g 区で有意に高かった (フィッシャーの正確確率検定の多重比較、 $p < 0.05$) (表-1)。また、移植時期別施肥区分別 (0.75g 区と 1.5g 区) で形状比を二元配置分散分析で比較すると、施肥量による影響はみられないが移植月による影響が確認され ($p < 0.05$) (図-2)、形状比の低い苗木を生産するのであれば6月より3月移植が適していることが示唆された。

以上より、ハマセンダン M スターコンテナ苗の施肥量は、移植時期によらず窒素量換算で 1.5g 区が適量であり、形状比を小さくするために移植時期は6月より3月がよいことがわかった。ハマセンダンコンテナ苗の規格については、今後植栽試験等を実施し検討する必要がある。

表-1 2023年3月における移植時期・施肥区分別の生存状況

移植時期	施肥量	供試本数	生存率 (%) *	成長量解析 対象本数	落葉本数	苗高30cm以 上本数	30cm以上苗 の得苗率 (%) *	
3月	0.75g	24	100.0	23	11	14	58.3	n. s.
	1.5g	24	95.8	22	4	19	79.2	
6月	0.75g	63	96.8	58	1	30	47.6	a
	1.5g	64	96.9	62	0	45	70.3	b
	2.25g	64	98.4	61	0	48	75.0	b

注1) *は供試本数に対する割合とする。

注2) アルファベットは5%水準で有意差があることを、n. sは無いことを示す。

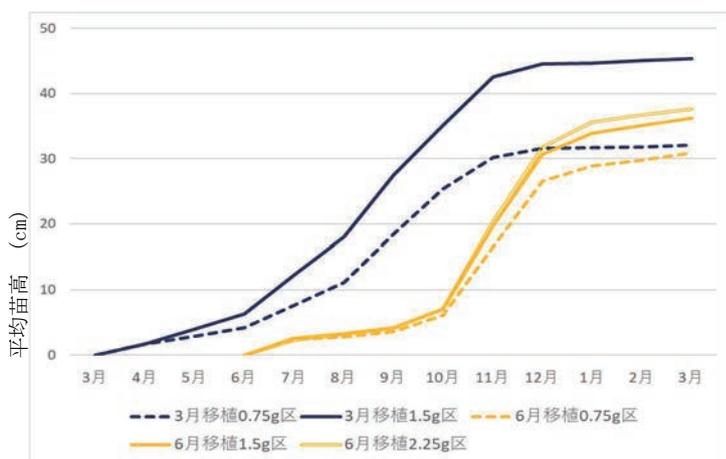


図-1 移植時期・施肥区分別の平均苗高推移

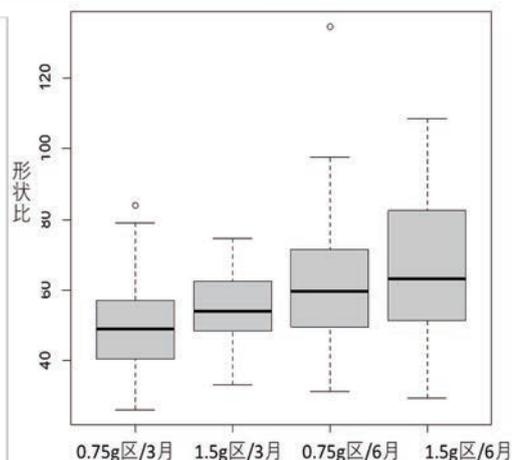


図-2 移植時期・施肥区分別の形状比

表-2 移植時期・施肥区分別の成長量、2023年3月地際径及び形状比

移植時期	施肥区分	平均値±標準偏差		
		成長量 (cm)	地際径 (mm)	形状比
3月	0.75g区	30.5 ± 12.7	6.4 ± 1.5	50.0 ± 15.8
	1.5g区	43.7 ± 14.2	8.2 ± 1.9	54.2 ± 11.0
6月	0.75g区	28.6 ± 12.0	5.0 ± 1.5	62.3 ± 18.7
	1.5g区	33.7 ± 12.4	5.5 ± 1.3	66.6 ± 19.4
	2.25g区	35.2 ± 11.1	5.4 ± 1.2	70.1 ± 17.8

注) アルファベットは5%水準で有意差があることを、n. sは無いことを示す。

コウヨウザンの成長について

久高 梢子・井口 朝道

1. 目的

コウヨウザン(*Cunninghamia lanceolata* Hook.)は中国原産の樹種で、成長の早さや萌芽更新が可能であることから造林コストの低減に繋がることが期待され、近年全国的に造林樹種として研究が進められている。一方、沖縄県内では琉球王朝時代に中国福州より渡来し、琉球王国の御用木に指定され、厳重に管理されていた樹種であったが、近代においては造林事業での植栽実績がなく、県内における成長量等の研究成果も少ない状況である。

そこで、沖縄県では、国の関連機関と連携し、コウヨウザン等の早生樹の造林等の共同試験に係る覚書を締結し、2020年3月27日、名護市内の県営林に、森林総合研究所 林木育種センター九州育種場より提供を受けたコウヨウザン苗木を植栽し、経過を調査している。今回は、植栽から3年目の活着状況と生育状況について調査結果を報告する。

2. 材料と方法

調査は2022年5月18日(植栽から2年2ヶ月後)、11月18日(植栽から2年8ヶ月後)に行い、生存の確認、苗高及び地際径の計測を行った。

植栽された苗木は、実生苗3系統106本、挿し木によるクローン苗4系統102本であり、生存率、苗高成長量及び地際径を苗木の種類別家系毎にとりまとめた。生存率は植栽本数に対する生存個体の割合とした。成長量は健全木(生存個体のうち退色や誤伐が無く、植栽期首(2020年4月10日)より高い苗高の個体とする)について、植栽期首苗高と2年8ヶ月後苗高との差により求めた。

3. 試験結果

家系毎の植栽2年2ヶ月後の生存率は、前年度の最終調査時点(2021年11月18日)からほぼ横這いであったが、植栽2年8ヶ月後には実生苗で65~90%、クローン苗で73~84%となり、5~11月の間に枯死が起こっていた(表)。最大苗高は、実生苗の広西天峨Sでは5mに達しており、その成長の早さが確かめられた(表)。

苗木種類別の家系毎の2年8ヶ月後苗高成長量について、それぞれ多重比較(Tukey-Kramer法、 $P<0.05$)を行ったところ、実生苗では広西天峨Sと広西風山Sにおいて有意差が確認された(図-1)。クローン苗では熊本菊池深葉E259と熊本菊池深葉E282において有意差が確認された(図-2)。

苗木種類別の家系毎の植栽2年8ヶ月後地際径について、それぞれ多重比較(Tukey-Kramer法、 $P<0.05$)を行ったところ、実生苗では広西風山Sと広西吉安S及び広西天峨Sにおいてそれぞれ有意差が確認された(図-3)。クローン苗では家系による有意差はなかった(図-4)。

今後も引き続き、沖縄県内におけるコウヨウザンの成長量等について長期的に調査していく予定である。

表 植栽3年目の生育状況

区分	家系	期首植栽 本数 (本)	生存率 (%)			2022年11月			
			2021年11月	2022年5月	2022年11月	平均樹高 (cm)	±SD	最大苗高 (cm)	健全木 (本)
			1年8ヶ月後	2年2ヶ月後	2年8ヶ月後				
実生苗	広西吉安 S	20	70.0	70.0	65.0	257.3	83.9	390	13
	広西天峨 S	66	77.3	75.8	74.2	292.6	88.0	510	49
	広西風山 S	20	90.0	90.0	90.0	214.8	59.6	310	18
	小計	106	78.3	77.4	75.5	269.3	87.0		80
クローン苗	九育菊池	40	87.5	87.5	80.0	142.7	60.4	284	25
	熊本菊池深葉E259	15	80.0	80.0	73.3	195.5	69.4	308	11
	熊本菊池深葉E282	15	80.0	80.0	80.0	98.6	69.1	265	10
	福山県有林D279	32	84.4	84.4	84.4	174.0	63.7	316	26
	小計	102	84.3	84.3	80.4	153.6	69.4		72

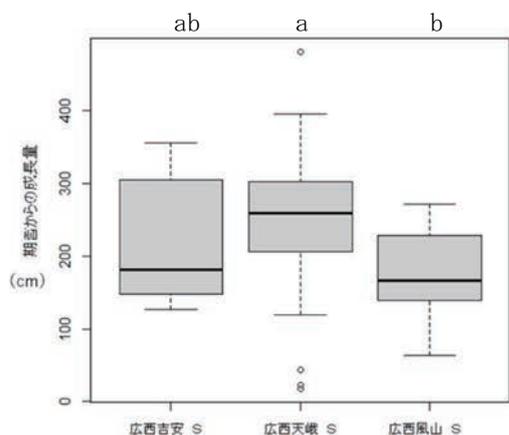


図-1 実生苗3系統の苗高成長量

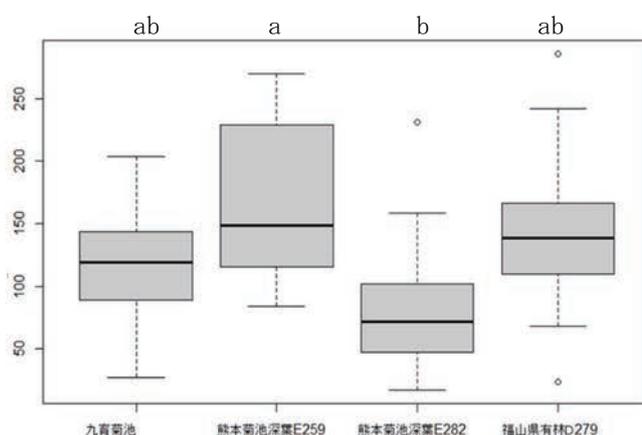


図-2 クローン苗4系統の苗高成長量

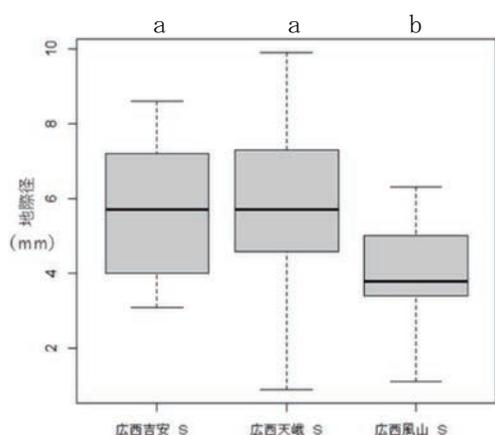


図-3 実生苗3系統の地際径

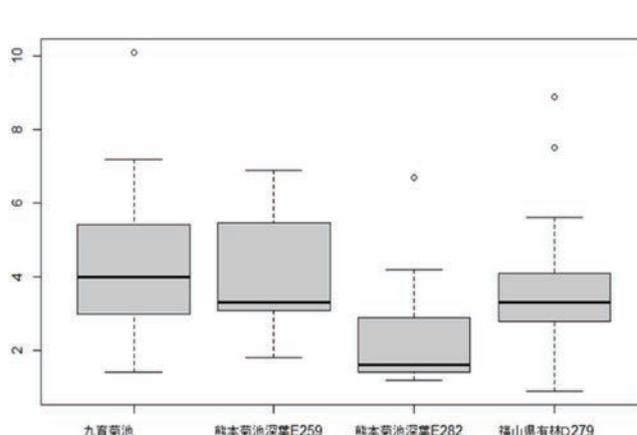


図-4 クローン苗4系統の地際径

*図1~4において、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。

持続可能な森林造成支援システムの構築事業

-2023 年度植栽予定地の土壌理化学性調査-

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、県へ返還され耕作放棄地等造成未利用地となった土地がある。返還された土地では、造林事業が実施されているものの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 年度の植栽に先立ち実施した土壌の理化学性調査の結果を報告する。

2. 方 法

調査区は東村慶佐次（北緯 26. 624938、東経 128. 112585 付近）の県営林内に、16. 4m×21. 8mの方形区を 6 区画配置した（図-1）。pH、塩化物イオン量、透水性測定用の試料は、土壌断面調査を行うと同時に採取した。垂直方向の試料の採取位置は、0 層直下を基準に 0、10、30cm とした。水平方向の試料採取位置は図-1 の黒丸の位置とした。試料採取位置の記号は右側を R、中央を M、左側を L と表記した。試料は各層 1 点採取した。土壌断面調査を実施した近傍と、原植生の残る林内（Plot0 と表記）で長谷川式土壌貫入により土壌硬度を測定した。pH は風乾土 2g に対してイオン交換水を 5ml 加え攪拌後 pH 計（F-74 堀場製作所製）で測定した。塩化物イオン量は、風乾土 2g に対して 0. 01mol/l NaOH 水溶液 100ml を加え 1 時間 120rpm で浸透後、塩素イオン計（CL-10Z 笠原理化工業製）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。

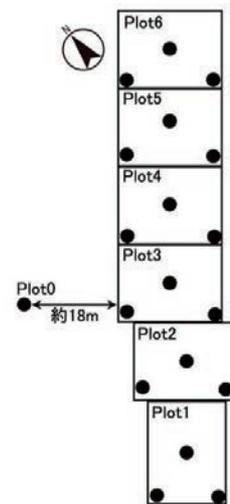


図-1 試料採取位置

3. 結 果

pH は 3. 9 から 4. 8 で、中央では深度が深くなるに連れ pH が低くなる傾向にあったが、左右では深さによる傾向は認められなかった（図-2）。塩化物イオン量は表層が高く、深くなるに連れ少なくなる傾向があった（図-3）。飽和透水係数は試料採取深度が深くなるにつれ低くなり、透水性が低下した（図-4）。Plot0 と Plot1～6 の軟らか度を比較すると、Plot1～6 は全体的に膨柔で人的改変の影響がうかがえた（図-5）。Plot0 では、深さ 20cm を超える深さから 0. 7 と根系の発達が阻害される硬さとなったのに対して、Plot1～6 の左右で 50cm までは、軟らか度 0. 7 を下回ることがほとんどなかった。また、Plot 中央（切土、作業道）では Plot によっては 10cm 以深で軟らか度が 0. 7 以下となる箇所があった。（図-6）。

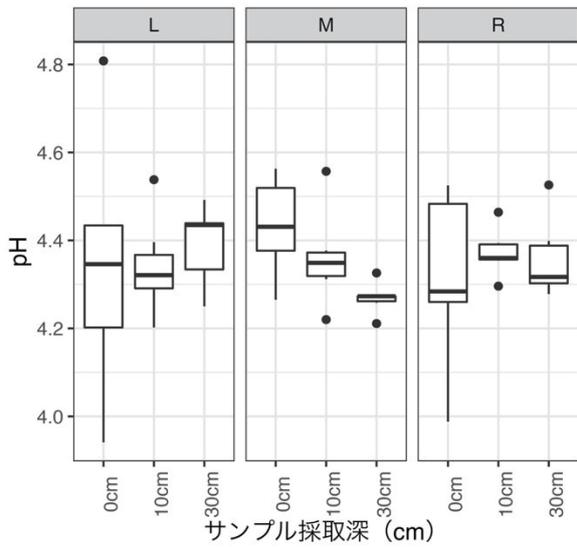


図-2 土壌 pH

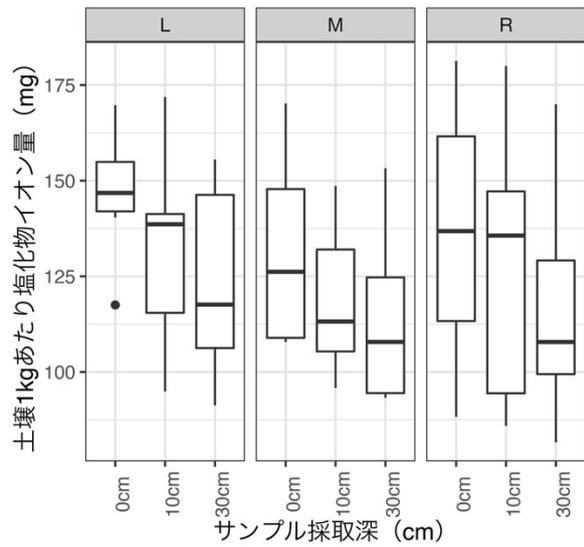


図-3 土壌中の塩化物イオン量

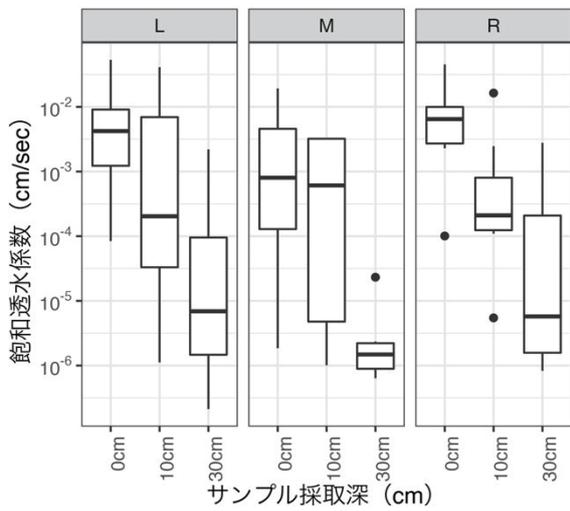


図-4 飽和透水係数

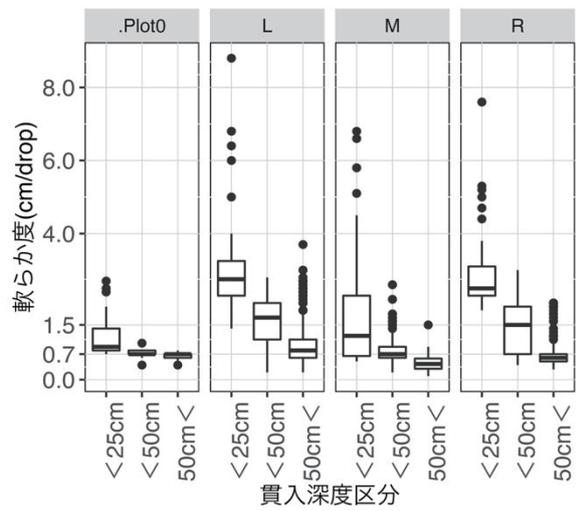


図-5 土壌の貫入深度区分別軟らか度

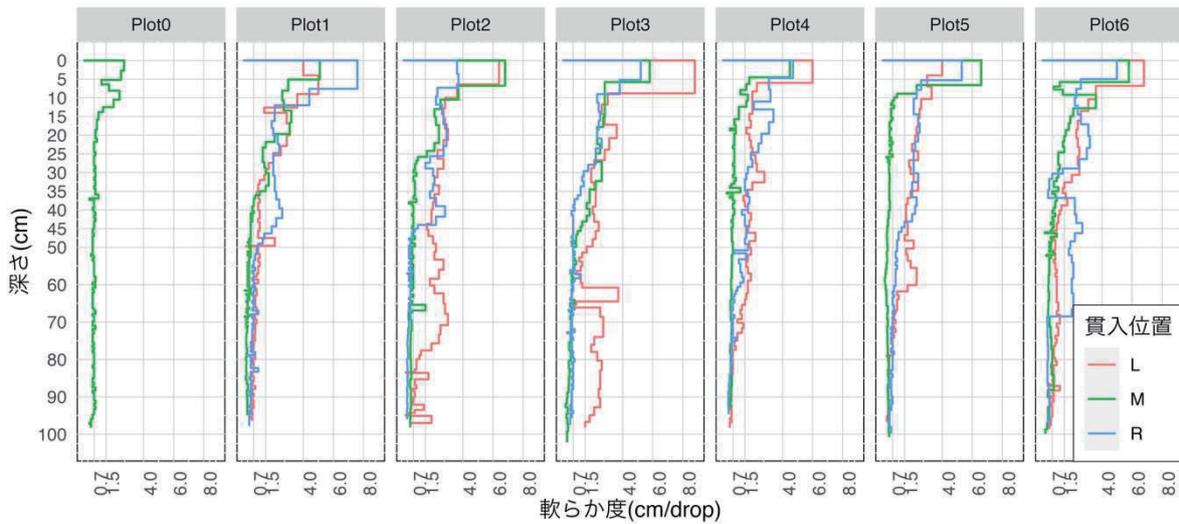


図-6 各プロットの軟らか度

持続可能な森林造成支援システムの構築事業

-2023 年度植栽予定地の毎木調査結果-

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、県へ返還され耕作放棄地等造成未利用地となった土地がある。返還された土地では、造林事業が実施されているものの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年度の植栽に先立ち実施した毎木調査の結果を報告する。

2. 方 法

調査区は東村慶佐次（北緯 26. 624938、東経 128. 112585 付近）の県営林内に、16. 4m×21. 8m の方形区を 6 区画配置した。樹木位置は Plot6 右上の杭を基準（図-2）に、トゥルーパルス 360（Laser Technology 社製）で水平距離、方位角を測定した。基準とした杭は iPhone 12 Pro Max の GPS により緯度経度情報を記録した。樹高は測棒、DBH は直径巻尺により測定した。また、樹木位置図作成の際に緯度経度情報を平面直角座標系に変換し作図した。

3. 結 果

表 毎木調査の結果

	樹種	平均樹高±SD	平均 DBH±SD	個体数
毎木調査の結果 12 科、15 種類の樹木が確認された（表）。樹高 5m 以下の個体が多い中で、リュウキュウマツの樹高は最も高く 10. 6m であった（図-1）。モッコクは 117 個体、リュウキュウマツは 42 個体と全個体数の 77% を占め、調査区全域に分布していた（図-2）。また、樹高の高いリュウキュウマツは調査区の中央付近に分布していた。	イジュ	2. 3±0. 74	3. 4±2. 09	18
	ギーマ	2. 5	9. 5	2
	シバニッケイ	1. 9	1	1
	シャリンバイ	3. 2±1. 24	3. 7±2. 25	3
	タブノキ	4±0. 69	5. 1±2. 53	4
	ツゲモチ	4. 7	5	1
	ナカハラクロキ	1. 8±0. 33	1. 9±0. 66	4
	ヒメユズリハ	3. 7±1. 94	7. 8±1. 77	3
	フカノキ	2. 4	2. 5	1
	ホルトノキ	4. 5	4. 5	1
	モチノキ	2. 1±0. 68	2±0. 71	3
	モッコク	2. 1±0. 91	2. 2±1. 75	117
	ヤマモモ	3. 4±1. 53	7. 5±6. 36	3
リュウキュウマツ	5. 9±2. 7	17±12. 43	42	
リュウキュウモチ	2. 1±0. 43	1. 2±0. 28	4	

単位：樹高 m、DBH cm、3 個体未満の樹種は標準偏差の表記なし

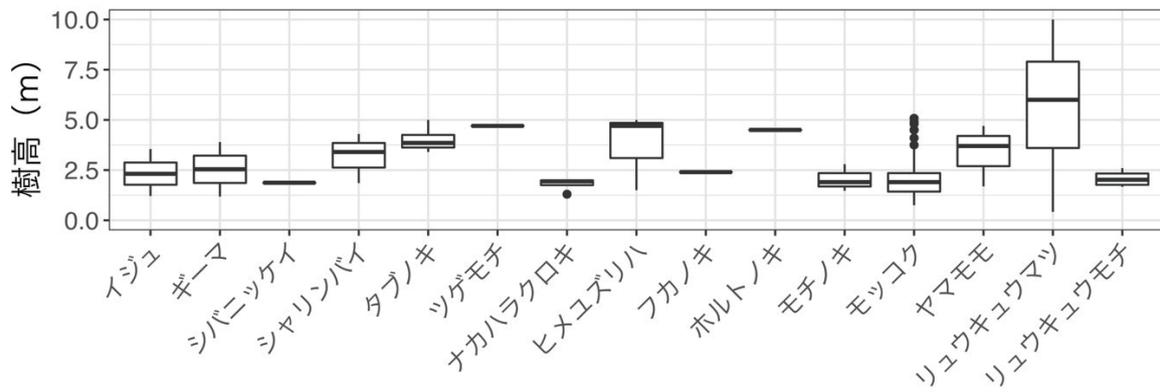


図-1 2023 年度植栽予定箇所の毎木調査結果（樹高の箱ひげ図）

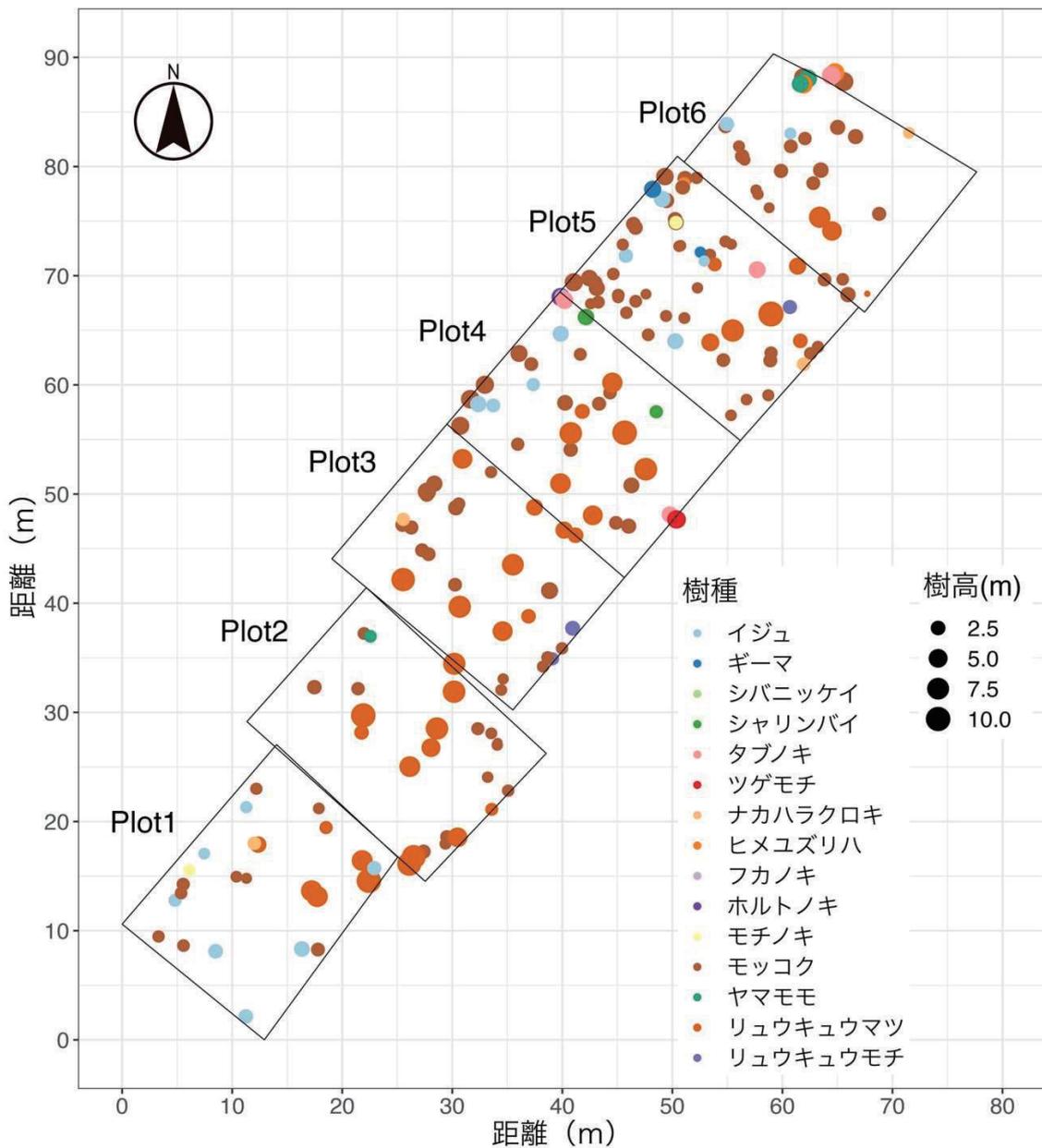


図-2 2023 年度植栽予定箇所の樹木位置図

持続可能な森林造成支援システムの構築事業

-2023 年度植栽予定地の土地利用の変遷-

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、県へ返還され耕作放棄地等造成未利用地となった土地がある。返還された土地では、造林事業が実施されているものの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年度の植栽に先立ち土地利用の変遷について航空写真を中心に整理した結果を報告する。

2. 方法

調査区は東村慶佐次（北緯 26.624938、東経 128.112585 付近）の県営林内に、16.4m×21.8m の方形区を 6 区画配置した。調査区の土地利用の変遷の整理目的に、1946 年～2018 年までの航空写真は国土地理院の地図・空中写真閲覧サービスにより取得した。2021 年の写真についてはドローンを活用し取得した。微地形表現図については、本センターが導入している森林クラウドから取得した。航空写真等は QGIS (3.28.4) を活用し整理した。横断測量はポケットコンパス（カンタム・ウシカタ社製）、トゥルーパルス 360（Laser Technology 社製）、箱尺で実施した。

3. 結果

Plot2 付近を横断測量した結果は図-1 のとおりで、現地踏査で図の矢印 1 付近に盛土の法尻があり、矢印 2 には作業道跡が確認された。本 Plot では盛土と切土が混在していると思われる。

図-2 の土地利用の変遷から、1971 年までは森林が維持されているが、1977 年には作業道が敷設されこの頃から開発がなされてことが伺えた。1993 年と 2018 年の写真を見比べると 1993 年の Plot3、5、6 にリュウキュウマツと思われる樹木の侵入が見られ、2018 年のリュウキュウマツの位置と概ね一致する。このことから少なくとも 1993 年頃には耕作が放棄されており、本調査区は耕作放棄後 30 年程度経過していると推定された。

1993 年の写真で確認できる作業道は、2002 年以降の写真では植物に覆われ確認できないが、微地形表現図では確認できた。また、Plot2 付近の横断測量でも作業道が確認できた（図-1）。

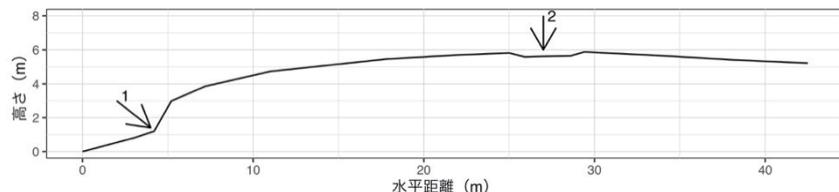
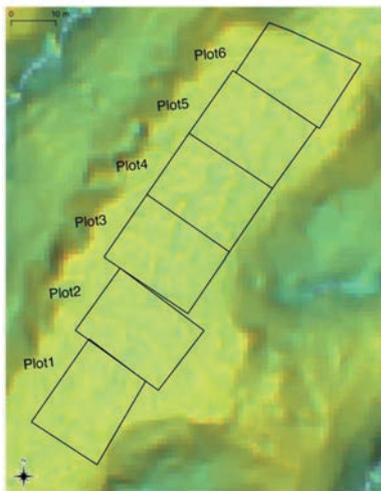


図-1 Plot2 付近の横断図



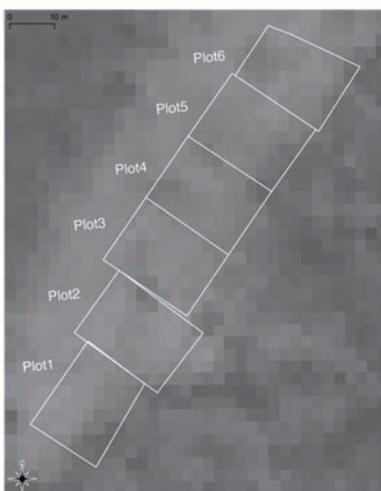
微地形表現図



2021年



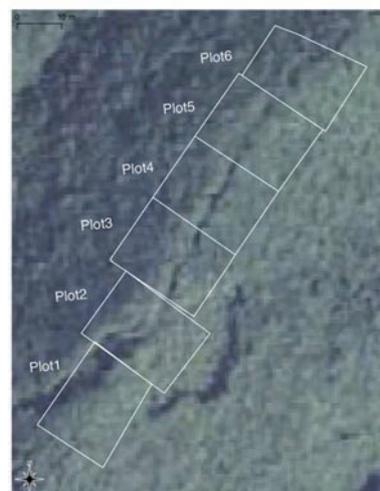
2018年



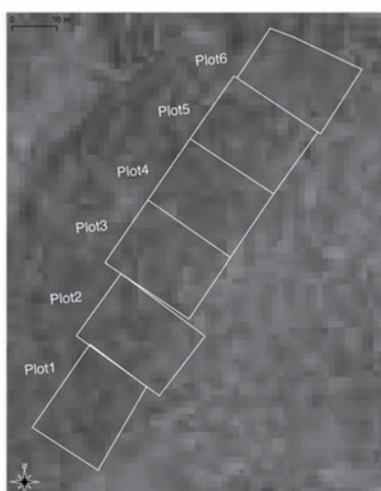
2002年



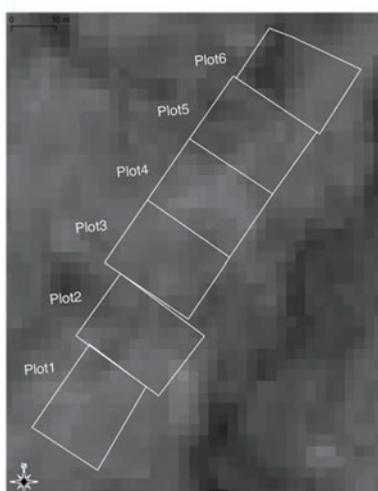
1993年



1977年



1971年



1946年

図-2 調査区の土地利用の変遷

スマート林業の実証に向けた研究

-衛星画像を用いた機械学習法(ランダムフォレスト)による広葉樹林、松林の分類-

井口 朝道・仲摩 和寛

1. 目的

SDGs の目標の 1 つである持続可能な森林管理を推進するためには、現在の森林資源の正確な情報を取得し、実効性の高い施業計画を策定することが重要である。森林の情報は、森林簿において管理されることとなっているが、特に樹種や資源量については、一部に現実との乖離があることが課題となっている。森林面積は非常に広大であり、また路網も限定されているため、現地調査において全てを確認することは、莫大なコストと労力を要し、実質的に不可能である。そこで、ドローンや GIS 等の新たな ICT を活用して、広範囲の森林を対象に、効率的に森林資源の情報を把握する技術が求められており、今後、そのようなスマート林業を沖縄県で推進していくためには、全国と植生や林業の実態が異なる本県における実証データの蓄積が不可欠である。令和 4 年度は、衛星画像を用いて機械学習法による広葉樹林、松林等の分類を試みたので報告する。

2. 材料と方法

解析に使用した画像は、沖縄県森林管理課から提供を受けた、国頭村奥、楚洲周辺における高分解能衛星デジタル画像である（拡張子:tif、縦×横：3,000×4,000m、解像度 50 cm）（図-1）。

画像分類については、教師あり学習によるピクセルベース分類とし、R ver4.1.3 により、パッケージ「caret ver6.0.93」を用いて、ランダムフォレストにより解析を行った。分類は、①人工物（民家、道路、構造物など）、②広葉樹林、③農地、④松林の 4 区分とし、トレーニングデータとして、画像から任意に①100、②300、③200、④500 点の計 1,100 点を選び、衛星画像の RGB 値（各 256 階調）を抽出した。精度検証には、同衛星画像からトレーニングデータとして使用していない範囲（縦×横：750×1,000m）において、ランダムにサンプリングしたテストデータ 100 点を用いた（図-2）。ここで、精度検証については、同衛星画像を目視（研究員 3 名の多数決）で判読した区分との対応により行った。また、今回用いた衛星画像は解像度 50 cm とデータ容量（137MB）が大きく、PC のメモリ不足により、分類画像の作成の際には 16 に分割して行う必要が生じた。そこで、元画像を 1/16 に圧縮した画像（解像度 2.0m、8.59MB）を使用した場合の画像分類についても同様な手法を用いて実施した。



枠は図-2 の範囲を示す

図-1 使用した衛星画像 (3,000×4,000m)



図-2 精度検証に用いたテストデータ

3. 試験結果

はじめに元画像(解像度 50 cm)におけるトレーニングデータ 1,100 点の土地区分毎の RGB 値を図-3 に示す。いずれの RGB 値においても、人工物は高い数値を示し、次に農地、広葉樹林、松林の順となっていることが分かった。なお圧縮画像の場合もほぼ同様の傾向を示した(図省略)。

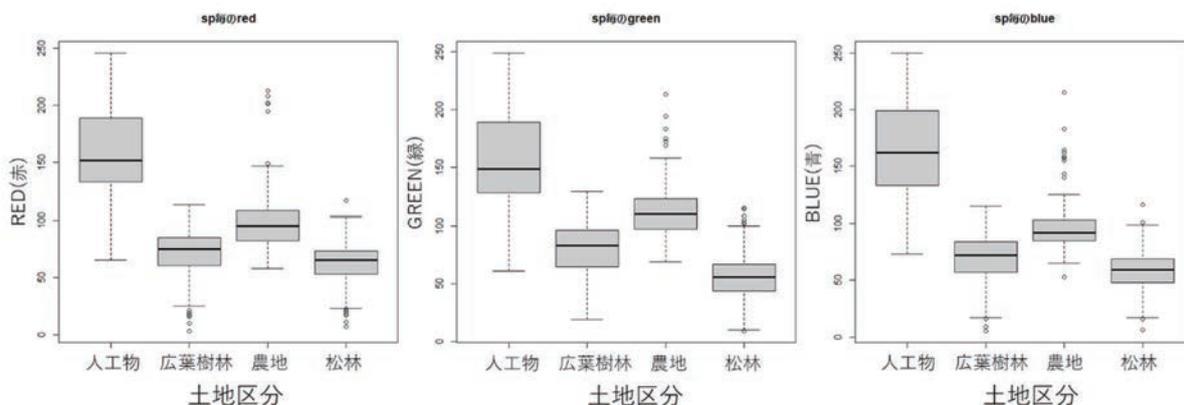


図-3 元画像(解像度 50cm)のトレーニングデータにおける土地区分毎の RGB 値

RGB 値を用いて、ランダムフォレストによりテストデータ 100 点の予測を行った。元画像を用いた場合の分類結果を表-1、圧縮画像を用いた場合の結果を表-2 に示す。予測の正解率については、元画像では 80%(80/100)、圧縮画像では 79%(79/100)と、いずれも 8 割程度の精度で予測ができることが示され、解像度を 2.0m に圧縮した場合でも予測精度は同等であることが示唆された。

表-1 元画像の場合の分類結果

ランダムフォレスト予測モデル(解像度0.5m)					
	人工物	広葉樹林	農地	松林	小計
人工物			1		1
目視判読 (真値)	広葉樹林	41	2	9	52
農地			1		1
松林		8		38	46
小計		49	4	47	100

表-2 圧縮画像の場合の分類結果

ランダムフォレスト予測モデル(解像度2.0m)					
	人工物	広葉樹林	農地	松林	小計
人工物				1	1
目視判読 (真値)	広葉樹林	41		11	52
農地			1		1
松林		9		37	46
小計		50	2	48	100

ランダムフォレストによる予測モデルを用いて、圧縮した衛星画像から土地区分の予測分類図を作成した(図-4)(ゴマ塩ノイズを除去するため 3×3 の範囲で最頻値を予測値として採用)。さらに画像ラスタをベクタ化し、面積割合を算出した。

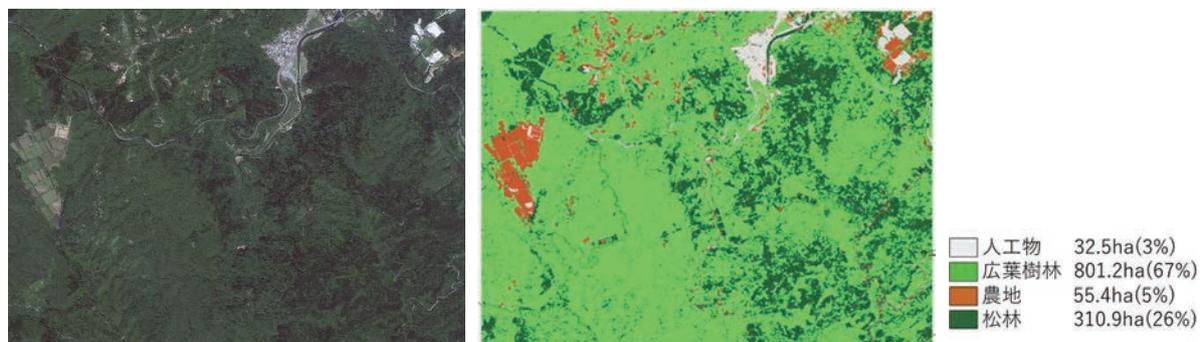


図-4 ランダムフォレスト予測モデルによる土地区分分類図(左:衛星画像、右:予測分類図)

クロサワオオホソカタムシは生きたマツノマダラカミキリ

幼虫を餌として利用できるのか？

大石 毅

1. はじめに

クロサワオオホソカタムシ（以下、クロサワ）についてマツノマダラカミキリ（以下、カミキリ）の蛹を対象とした捕食や繁殖効率に関する調査報告はあるが、動きが活発な生きたカミキリ幼虫を捕食・寄生対象とした具体的なデータはほとんどない。そこで、今回はクロサワに生存または死亡したカミキリ幼虫をあたえた場合のクロサワの寄生率や羽化率について比較検討した。

2. 方 法

試験はプラスチック製の飼育容器（図1参照、以下飼育容器）を用いて行った。飼育容器内にろ紙を敷き、その上にカミキリ幼虫を1頭入れ、さらに飼育容器の蓋の内側にティッシュに産み付けられたクロサワの卵塊（17～33卵／卵塊）を貼り付けた（図1参照）。試験区として生きたカミキリ幼虫を入れた飼育容器（以下、生存カミキリ区）と冷凍殺虫したカミキリ幼虫を入れた飼育容器（以下、死亡カミキリ区）を8個ずつ設置し、温度25℃、L:D=14:10に設定したインキュベーターに保管した。試験開始から12日後に生存カミキリ区のカミキリの生死、両区のクロサワ卵について実体顕微鏡を用い検鏡し、卵の上部が開放している卵をふ化卵として判断し、その個数を計測した。ふ化率は（ふ化卵数／供試卵数）×100として算出した。寄生に関する調査は飼育容器内のカミキリ幼虫を適宜観察し、カミキリ幼虫の体表面にクロサワ幼虫が一頭でも食いついていた場合（図2）を寄生と判断した。寄生率は（寄生されたカミキリ幼虫数／供試カミキリ幼虫数）×100として算出した。クロサワの羽化に関する調査は、試験開始から60日後に飼育容器内のクロサワの羽化個体数を記録した。羽化率は（羽化個体数／供試卵数）×100として算出した。今回の試験に供試したカミキリ幼虫は、2019年に名護市内のリウキュウマツ（以下、マツ）から採集した個体を起源とし、森林資源研究センターで2世代飼育した幼虫を用いた。供試したクロサワ卵の由来は2016年から当研究センターで累代飼育（飼育世代数不明・飼育温度25～28℃）した個体群が産卵した卵を用いた。クロサワ卵は産卵から10日間、温度25℃、日照時間を明期：暗期=14:10に設定したインキュベーターに保管した後に試験に用いた。各区間のふ化、寄生および羽化に関する解析は、Fisher 正確確率検定（R ver. 4.3.1 R Core Team, 2013）を用いて行った。

なお、今回の試験において生存カミキリ区のカミキリの死亡要因が飢餓によることを排除するため、クロサワ卵を処理していない生存カミキリのみ飼育容器を10個設定し、試験開始から12日間観察したところカミキリ幼虫の死亡は全く確認されなかったことから、クロサワ卵を処理された生存カミキリ区の試験開始から12日以内に死亡が確認されたカミキリの死亡要

因はクロサワの捕食・寄生によるものと判断した（データ省略）。

3. 結果

ふ化率は、生存カミキリ区では $100 \pm 0.00\%$ （平均値 \pm SE）、死亡カミキリ区では $97.95 \pm 1.21\%$ であり、ほとんどの卵においてふ化が確認され、両区間に有意な差は認められなかった（表）。生存カミキリ区の寄生率は 87.5% 、死亡カミキリ区では 75.0% であり、両区間において有意な差は認められなかった（表）。なお、生存カミキリ区においてクロサワの寄生が確認された7頭のカミキリ幼虫は死亡が確認された。クロサワの羽化率は生存カミキリ区では $28.6 \pm 8.59\%$ 、死亡カミキリ区では $12.7 \pm 4.29\%$ であり、有意に生存カミキリ区の羽化率は死亡カミキリ区に比較して高い値を示した（表）。

以上の結果から、クロサワは生きたカミキリ幼虫を捕食・寄生できること、さらに死亡したカミキリ幼虫を餌として利用した場合よりも羽化個体数が増加することが明らかとなった。

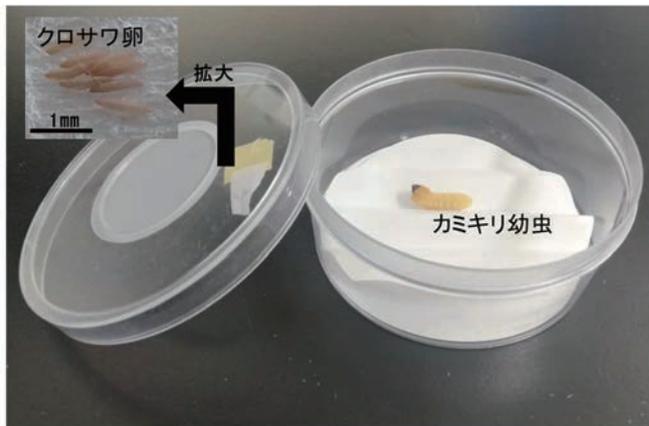


図1. 飼育容器(直径×高さ=100×40mm, SPL Lifesciences社製)



図2. マツノマダラカミキリ幼虫の体表面に寄生したクロサワ幼虫(赤丸)

表. マツノマダラカミキリ幼虫の生死がクロサワの羽化にあたる影響

調査項目	試験区名		p 値 ^(注2)
	生存カミキリ区	死亡カミキリ区	
接種卵数	22.8 ± 1.54 ^(注1)	25.63 ± 2.28	
ふ化率	100.0 ± 0.00	97.95 ± 1.21	$p = 0.942$
寄生率	87.5	75.0	$p = 1.00$
羽化率	28.6 ± 8.59	12.17 ± 4.29	$p < 0.001$

注1) 表中の数値は平均値 \pm SE

注2) 各区間の検定はFisherの正確確率検定

沖縄島におけるデイゴカタビロコバチの環境影響調査（2022年度）

大石 毅

1. 目的

森林資源研究センターではデイゴヒメコバチ（以下、ヒメコバチ）に寄生・捕食するデイゴカタビロコバチ（以下、カタビロ）を天敵として2014年にハワイから導入した。カタビロについて実験室内において防除試験等を実施し、2017年10月に宮古島市の下地島にて野外放飼試験を開始した。その後、野外放飼を行っていない沖縄島の糸満市内のデイゴから2020年4月にカタビロの発生が確認されたことから、県内全域を対象に分布調査を実施したところ、沖縄島、久米島、多良間島、石垣島、竹富島において分布していることが確認された。これまでのところ、カタビロは原産国である南アフリカや導入元であるハワイにおいてはヒメコバチ以外の昆虫を捕食若しくは寄生した報告やデイゴ属以外の植物から採集された報告はないが、今後、本県において定着したカタビロの環境への影響および今後の対応を検討するため、環境影響評価の指標の一つとして、ヒメコバチ以外への寄生性について2020年より調査を実施している。今回は2022年度の調査結果について報告する。

2. 材料と方法

調査対象とした植物の種類および採集部位は大石・東江（2021）と安田（2019）のカタビロの同属種の被寄生昆虫が寄生する可能性がある植物リストに基づき、実施した。調査期間は2022年7月から2023年1月にかけて任意の時期に実施した。調査地域は沖縄島（架橋にて接続している島を含む）とした。調査した地区別の植物の採集本数は、北部地区146本、中部地区28本、南部地区25本、合計199本であった。採集した植物は採集地点や採取部位（果実、茎、葉、気根）ごとに袋に入れ採集日、採集地、植物名、個数または重さを記録した。採集した植物は温度25℃、日長条件を明期：暗期＝14：10の条件で2～3ヶ月間保管し、それらの植物から羽化した成虫を全て回収した。回収した成虫は99.5%エチルアルコールに浸漬保存し、形態的特徴によりカタビロとその他の虫に区別し、個体数を記録した。

3. 試験結果

沖縄島における2022年度の環境影響調査の結果を表に示す。果実についてはショウガ科、ノブドウ科、マンサク科、クワ科、ナス科の5科12種の165本から2,071.3g、2,243個を採集した。その他の虫がショウガ科1種から9頭、マンサク科1種から4頭、クワ科9種から6,562頭およびナス科1種から1頭が回収されたが、カタビロは確認されなかった。また、葉・茎及び気根についてはクワ科2種、ナス科1種、ウリ科1種の3科4種の34本から264.5gを採集した。その他の虫がクワ科1種から29、ウリ科1種から27頭回収されたが、カタビロは確認されなかった。

今回の調査においてカタビロが確認されなかったが、今後も調査を継続する必要がある。

表. 沖縄島における環境影響評価 2022年度

植物名		採集部位	採集重量 (g)	採集個数	虫が採集された木の本数		調査本数
科名	種名				カタビロ	その他の虫 (虫数)	
ショウガ科	アオノクマタケラン	実	133.5	255	0	4 (9)	9
ノブドウ科	ノブドウ	実	25.5	130	0	0 (0)	4
マンサク科	イスノキ	実	19.6	47	0	2 (4)	3
クワ科	ホソバムクイヌビワ	実	80.4	429	0	7 (231)	21
	アカメイヌビワ	実	21.5	8	0	1 (522)	1
	イヌビワ	実	522.0	280	0	16 (1,115)	45
	ガジュマル	実	108.6	247	0	13 (1,246)	14
	オオイタビ	実	550.3	55	0	2 (7)	14
	オオバイヌビワ	実	297.8	98	0	7 (994)	19
	アコウ	実	130.5	223	0	7 (1,676)	11
	ハマイヌビワ	実	162.6	388	0	12 (745)	24
	ナス科	テリミノイヌホオズキ	実	17.0	137	0	1 (1)
		小計	2,071.3	2,243	0	72 (6,576)	165
クワ科	ガジュマル	気根	148.8		0	10 (29)	22
	アコウ	気根	4.5		0	0 (0)	1
ナス科	テリミノイヌホオズキ	葉	4.3		0	0 (0)	1
ウリ科	ケカラスウリ	葉・茎	106.9		0	10 (27)	10
		小計	264.5		0	20 (56)	34
		合計	2,335.8		0	92 (6,632)	199