

# 宮古島市におけるデイゴカタビロコバチの環境影響調査

大石 毅・東江 賢次

## 1. 目的

沖縄県ではデイゴカタビロコバチ（以下、カタビロ）の野外放飼試験を宮古島市の下地島にて 2017 年 10 月に開始した。放飼試験の当初はカタビロの移動能力は低いと考えられていたが、2018 年には宮古島や伊良部島に分布を拡大し、2021 年には宮古島市の島すべてにおいて分布していることが確認された。

カタビロは原産国である南アフリカやハワイにおいてデイゴヒメコバチ（以下、ヒメコバチ）以外の昆虫を捕食・寄生またはデイゴ属以外の植物から採集された報告はない。今後の野外におけるカタビロ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デイゴや標的とするヒメコバチ以外への寄生性を調査することは重要であると考えられる。

今回は文献調査等によりカタビロの同属種が寄生する昆虫やその昆虫が餌等として利用するカタビロの同属種の被寄生昆虫と関係のある植物の種類を選定し、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を作成し、宮古島市においてそれら植物を対象にカタビロの寄生の有無について調査を実施した。

## 2. 材料と方法

各年度の調査本数は、2020 年度は 54 本、2021 年度は 48 本であった（表 1）。調査対象とした植物は文献調査等によりカタビロの同属種が寄生する昆虫や植物の種類などを考慮し、9 科 18 種を選定した（表 2）。採集した植物は採集地点や採取部位（果実、茎、葉）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 L:D=14:10 の条件で 2~3 ヶ月間保管し、寄生している虫を羽化させ、成虫を回収し、個体数を記録した。回収した成虫は 99.5%エチルアルコールに浸漬保存し、形態的特徴により同定し、カタビロとその他の虫に区別した。

## 3. 試験結果

### (1) 宮古島市における 2020 年度の結果（表 3）

果実についてはクワ科、ナス科の 2 科 6 種の 40 本から 306.3g、635 個を採集したが、カタビロは確認されず、その他の虫がクワ科 2 種から 525 頭およびナス科のテリミノイヌホウズキから 17 頭が回収された。また、クワ科のガジュマルの気根を 117.9g 採集したが、カタビロは確認されず、その他の虫がガジュマルの気根から 16 頭回収された。

### (2) 宮古島市における 2021 年度の結果（表 4）

果実についてはノブドウ科、クワ科、2 科 7 種の 34 本から 274.7g、595 個を採集した

が、カタビロは確認されず、その他の虫がクワ科2種から392頭回収された。また、葉・茎及び気根についてはキク科のセンダングサ類、クワ科2種の14本から153.9gを採集したが、カタビロは確認されず、その他の虫についても回収されなかった。

表1. 宮古島市における調査本数

調査年度	島名					合計
	池間島	伊良部島	来間島	下地島	宮古島	
2020年度	4	15	4	4	27	54
2021年度	6	8	7	4	23	48

表2. 調査対象の植物採集リスト

植 物 名		採集部位	寄生または影響を受ける可能性がある昆虫
科名	和名		
ショウガ科	アオノクマタケラン	果実	アオノクマタケランミタマバエ等
ブドウ科	ノブドウ	果実	ミナミノブドウミタバエ
マンサク科	イスノキ	果実	イスノキミタバエ
クワ科	イスビワ、ガジュマル等 ガジュマル、アコウ	果実 気根	クワ科に寄生するイチジクコバチの近縁種 カタビロコバチの近縁種
キク科	センダングサ類、キク	葉	マメハモグリバエ、ナモグリバエ等
ナス科	テリミノイヌホオズキ テリミノイヌホオズキ、トマト等	果実 葉	テリミノイヌホオズキミタマバエ マメハモグリバエ、トマトハモグリバエ
マメ科	インゲン、サヤエンドウ等 インゲン等	葉 葉柄・茎	マメハモグリバエ、ナモグリバエ等 インゲンモグリバエ
ウリ科	ケカラスウリ キュウリ、セイヨウカボチャ等	葉柄・茎 葉	タマバエ類の一種 マメハモグリバエ、トマトハモグリバエ
ミカン科	ゲッキツ、タンカン等	新芽	ミカンコナカイガラムシ

表3. 2020年度の宮古島市における環境影響調査

植物名		採集部位	重さ(g)	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)	
クワ科	イヌビワ	実	14.7	9	0	0 ( 0)	1
	ガジュマル	実	129.4	204	0	13 ( 473)	17
	オオイタビ	実	43.9	5	0	0 ( 0)	1
	アコウ	実	8.4	14	0	0 ( 0)	1
	ハマイヌビワ	実	63.9	129	0	5 ( 52)	10
ナス科	テリミノイヌホオズキ	実	46.0	274	0	2 ( 17)	10
		小計	306.3	635	0	20 ( 542)	40
クワ科	ガジュマル	気根	117.9		0	2 ( 16)	14
		合計	424.2		0	22 ( 558)	54

表4. 2021年度の宮古島市における環境影響調査

植物名		採集部位	重さ(g)	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)	
ノブドウ科	ノブドウ	実	21.2	95	0	0 ( 0)	4
クワ科	ホンバイヌビワ	実	2.8	30	0	0 ( 0)	1
	イヌビワ	実	42.4	32	0	0 ( 0)	4
	ガジュマル	実	100.3	260	0	8 ( 353)	12
	オオバイヌビワ	実	32.2	13	0	0 ( 0)	2
	アコウ	実	19.8	55	0	0 ( 0)	3
	ハマイヌビワ	実	56.0	110	0	3 ( 39)	8
		小計	274.7	595	0	11 ( 392)	34
キク科	センダングサ類	葉	1.6		0	0 ( 0)	1
クワ科	ガジュマル	気根	140.8		0	0 ( 0)	12
	アコウ	気根	11.5		0	0 ( 0)	1
		小計	153.9		0	0 ( 0)	14
		合計	428.6		0	11 ( 392)	48

# 早生樹の材質特性の把握および乾燥スケジュールの確立に向けた研究

## -ハマセンダン強度試験①(曲げ試験)-

井口 朝道

### 1. 目的

ハマセンダンはミカン科ゴシユコ属の落葉高木で、沖縄を代表する早生樹の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、近年、植栽実績が増加している。一方で、木材の基本的な性質の1つである強度性能については、データの蓄積が不十分であることから、ハマセンダンの今後の利用に寄与するべく本研究を実施した。

本報では、ハマセンダンの基本的な強度を示すため、無欠点小試験体を用いた曲げ試験の結果について報告する。

### 2. 材料と方法

試験には名護市源河県営林内に自生する7個体(伐採日:2021/10/27)を供試した。

試験はJIS Z 2101に準拠して行うこととし、試験材の寸法は、20(R)×20(T)×320(L)mm、スパン長は280mmとした。また、材の位置による強度のばらつきを確認するため、髄からの距離が40mm、80mm、120mmとなるよう採材を行い、欠点を除いた計106本を供試した。

試験機は、オートグラフ AG-X plus100kN(島津製作所、最大容量 100kN)を用い、変位計 CDP-50(東京測器研究所)を試験体中央下部に設置し、荷重とスパン中央部のたわみを測定した。また、荷重方向については柁目面とした。曲げ試験から得られた荷重-たわみ曲線から、曲げ強さ(以下、MOR) (N/mm<sup>2</sup>)及び見掛けの曲げヤング係数(以下、MOE) (kN/mm<sup>2</sup>)を算出した。なお、強度試験を行う前に、非破壊検査として、FFTアナライザーCF-4500(小野測器)を用いて、固有縦振動数を測定し、①式により、縦振動ヤング係数(以下、Efr) (kN/mm<sup>2</sup>)を算出した(一次波の場合)。

また、試験体は、事前に温度20℃、湿度65%に設定された恒温恒湿機で標準状態となるよう調湿し、試験終了後には、全乾法により含水率(以下、MC)を測定した。

$$Efr(KN/mm^2)=4 \times L(mm)^2 \times fr^2(Hz) \times \rho(kg/m^3) \times 10^{-15} \quad \text{①式}$$

### 3. 試験結果

曲げ試験の結果の概要を表-1に示す。平均MOEは7.23kN/m<sup>2</sup>、平均MORは60.9N/mm<sup>2</sup>であり、ウラジロエノキ(平均MOE:5.35、平均MOR:47.3)よりそれぞれ高い値を示した(井口、2022)。

次に、非破壊検査から算出したEfrと実際のMOEの関係を図-1に示す。ピアソンの積率相関分析の結果、相関係数(以下、cor)が0.95と非常に強い有意な正の相関が確認された(p<0.01)。

MOE と MOR (cor:0.80)、及び密度と MOR (cor:0.82)については、いずれも有意な正の相関が確認された ( $p < 0.01$ ) (図-2、図-3)。

髄からの距離が MOR に及ぼす影響について把握するため、髄からの距離毎の MOR を図-4 に示す。ホルムによる多重比較の結果、髄からの距離が 40mm の材は、80mm、120mm の材と比較して有意に MOR が低い値を示した ( $p < 0.01$ )。

表-1 曲げ試験結果の概要

樹種	供試数	密度 $\rho$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	MC (%)	平均Efr ( $\text{kN}/\text{mm}^2$ )	MOE ( $\text{kN}/\text{mm}^2$ )		MOR ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	
					平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
ハマセンダン	102	403	13.3%	8.01	7.23	1.03	60.9	9.1

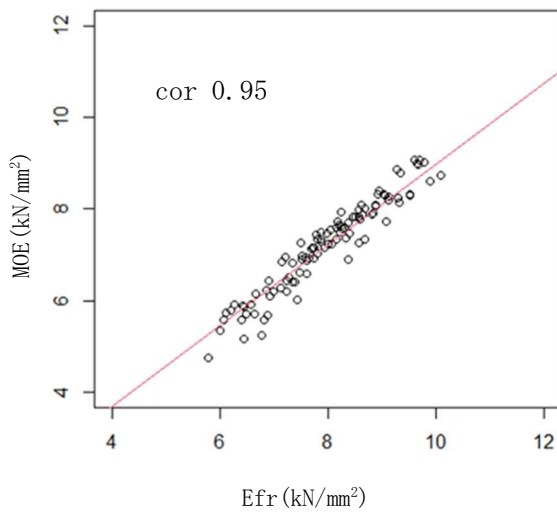


図-1 Efr と MOE の関係

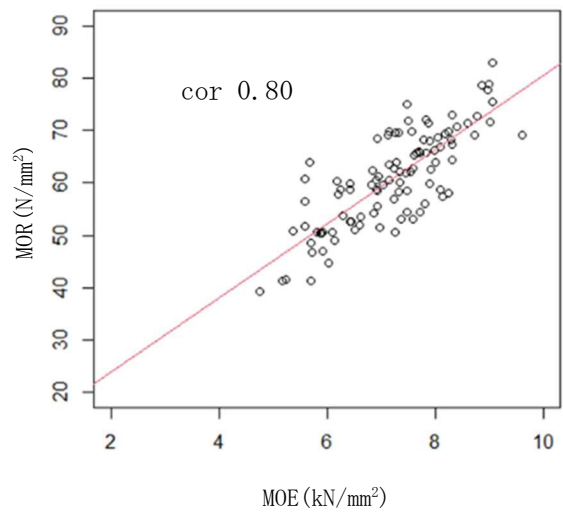


図-2 MOE と MOR の関係

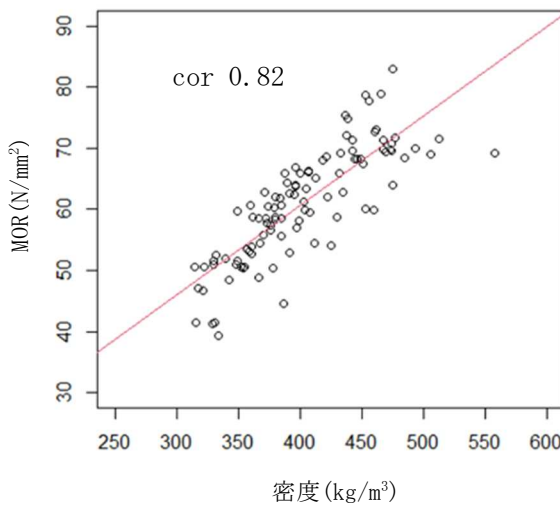


図-3 密度と MOR の関係

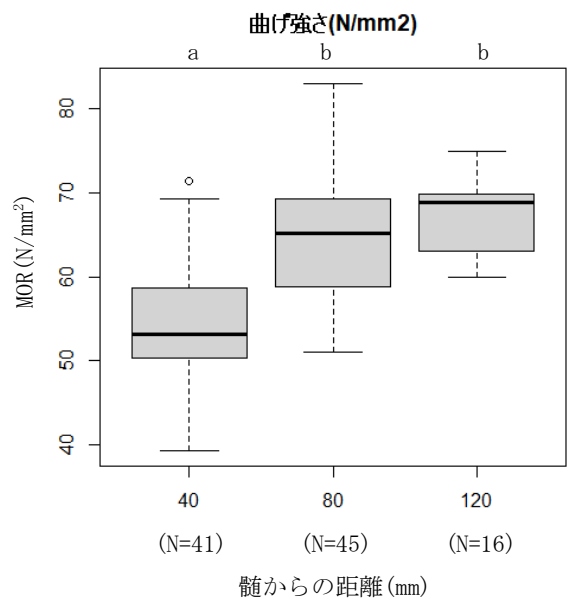


図-4 髄からの距離毎の MOR  
(N は試験体数を示す)

# 早生樹の材質特性の把握および乾燥スケジュールの確立に向けた研究

-ハマセンダン強度試験②(縦圧縮試験)-

井口 朝道

## 1. 目的

ハマセンダンはミカン科ゴシュユ属の落葉高木で、沖縄を代表する早生樹の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、近年、植栽実績が増加している。一方で、木材の基本的な性質の1つである強度性能については、データの蓄積が不十分であることから、ハマセンダンの今後の利用に寄与するべく本研究を実施した。

本報では、ハマセンダンの基本的な強度を示すため、無欠点小試験体を用いた縦圧縮試験の結果について報告する。

## 2. 材料と方法

供試木は、別報の曲げ試験と同様である。

試験は JIS Z 2101 に準拠して行うこととし、試験材の寸法は、20(R)×20(T)×60(L)mm とした。また、材の位置による強度のばらつきを確認するため、髄からの距離が 40mm、80mm、120mm となるよう採材を行い、欠点を除いた計 106 本を供試した。

試験機は、オートグラフ AG-X plus100kN(島津製作所、最大容量 100kN)を用い、長さ 20mm のひずみゲージ PFL-20-11(東京測器研究所)を試験体両側に貼付することでひずみを測定し、その平均値を採用した。

縦圧縮試験から得られた荷重-ひずみ曲線から、縦圧縮強さ(以下、 $\sigma_c$ ) ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )及び縦圧縮ヤング係数(以下、 $E_c$ ) ( $\text{kN}/\text{mm}^2$ )を算出した。試験体の調湿及び含水率(以下、MC)の測定法については、曲げ試験と同様である。

## 3. 試験結果

縦圧縮試験の結果の概要を表-1 に示す。平均  $E_c$  は  $7.8\text{kN}/\text{m}^2$ 、平均  $\sigma_c$  は  $31.3\text{N}/\text{mm}^2$  であり、ウラジロエノキ(平均  $E_c$ :5.5、平均  $\sigma_c$ :22.2) よりそれぞれ高い値を示した(井口、2022)。

$E_c$  と  $\sigma_c$ 、密度と  $\sigma_c$ 、さらに密度と  $E_c$  の関係について、それぞれピアソンの積率相関分析を行ったところ、相関係数(以下、 $\text{cor}$ ) が順に 0.80、0.79、0.71 となり、有意な正の相関が確認された( $p < 0.01$ ) (図-1、図-2、図-3)。

髄からの距離が  $\sigma_c$  に及ぼす影響について把握するため、髄からの距離毎の  $\sigma_c$  を図-4 に示す。ホルムによる多重比較の結果、髄からの距離が 40mm の材は、80mm、120mm の材と比較して有意に  $\sigma_c$  が低い値を示した( $p < 0.05$ )。

表-1 縦圧縮試験結果の概要

樹種	個数	密度 (kg/m <sup>3</sup> )	含水率 (%)	Ec (kN/mm <sup>2</sup> )		σ <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	
				平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
ハマセンダン	106	402	12%	7.8	1.1	31.3	4.0

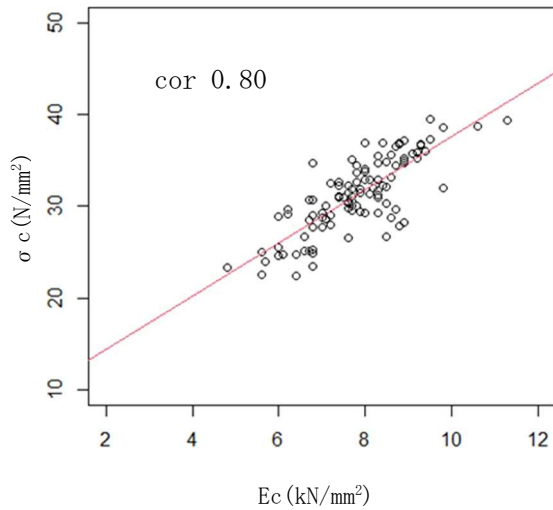


図-1 Ec と σ<sub>c</sub> の関係

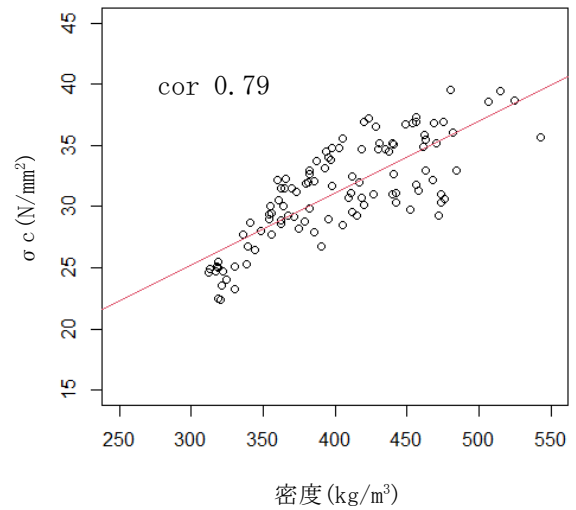


図-2 密度と σ<sub>c</sub> の関係

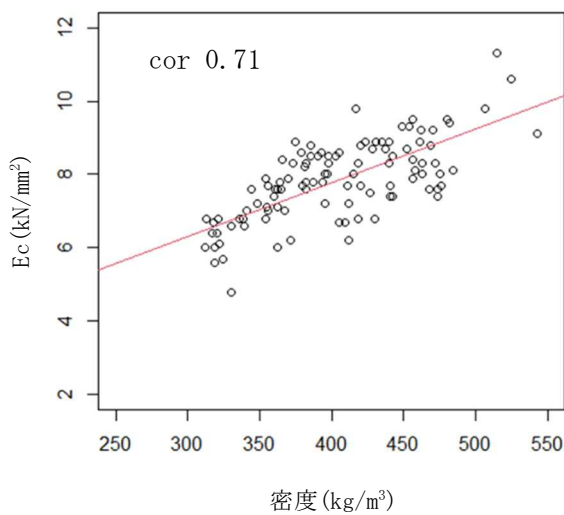


図-3 密度と Ec の関係

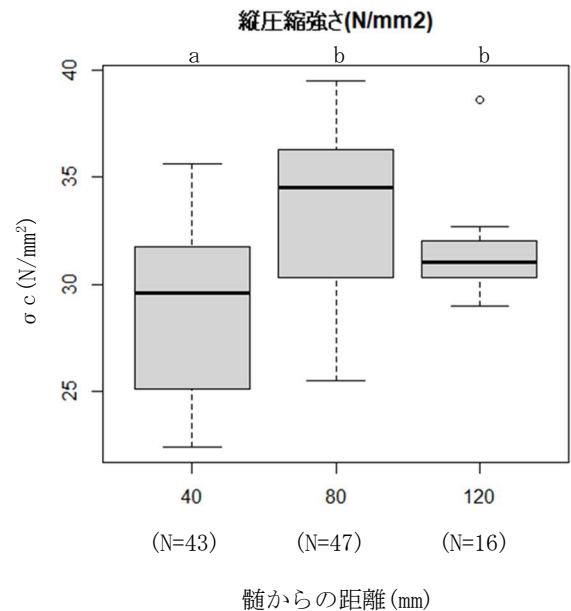


図-4 髓からの距離毎の σ<sub>c</sub>  
(N は試験体数を示す)

# 早生樹の材質特性の把握および乾燥スケジュールの確立に向けた研究

-ハマセンダン急速乾燥試験-

井口 朝道

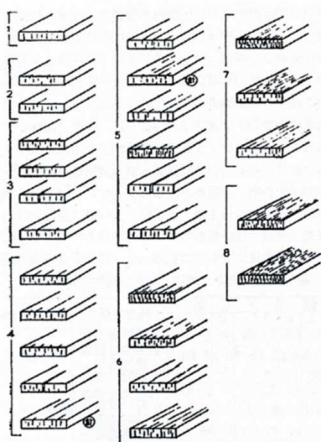
## 1. 目的

ハマセンダンはミカン科ゴシユコ属の落葉高木で、沖縄を代表する早生樹の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、近年、植栽実績が増加している。一方で、広葉樹を利用する際においては、針葉樹と比較した場合に、乾燥の困難性が大きな課題の1つとして挙げられるが、ハマセンダンの乾燥に関する知見の蓄積は、未だに不十分である。そこで、ハマセンダンの乾燥スケジュールの確立に向け、本研究を実施したので報告する。

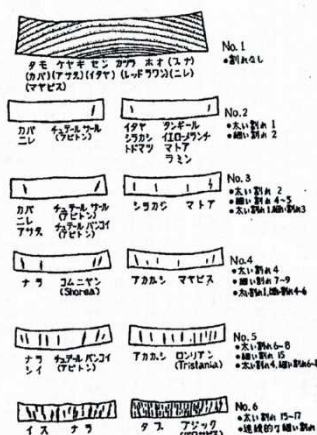
本報では、ハマセンダンの人工乾燥の適合性を評価するとともに、人工乾燥の際のスケジュール条件を検討するため、無欠点小試験体を用いた急速乾燥試験の結果について報告する。

## 2. 材料と方法

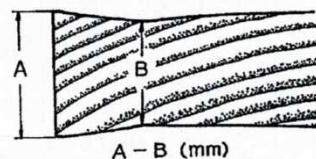
試験には名護市源河県営林内に自生する7個体 (No1~2, No4~8) を供試した。2021年10月27日に伐採し、1.5~2mに造材を行った後、翌28日に企業組合キンモク(金武町)において製材した。急速乾燥試験には、寸法を20(R)×100(T)×200(L)mmとした正板目無欠点小試験体を用いた。105℃に調整した恒温乾燥機を用いて、生材から全乾状態まで乾燥を行い、その間、試験体に発生する初期割れ、全乾状態に至った時点での断面の糸巻状変形、内部割れを観察・計測し、図-1(寺澤、1994)に従い損傷の段階を分類した。なお、各個体1枚ずつ計7枚を同時に試験し、2回繰り返し行った後、評価は損傷の種類毎に最も損傷の段階が大きいものを採用した。



第3図 乾燥初期にあらわれる割れの段階  
◎は針葉樹の意味、段階の分類は割れの最も甚だしい時の状態で行う



第4図 内部割れの段階  
No. 1で( )をしてあるものは材質によらず、No. 2~No. 3の割れの生ずる樹種



第5図 断面の糸巻状の変形の測定方法  
かどの一番厚いAと1~2cm入ったところが一番薄くなっているBとの差

厚さの差 A-B(mm)	損傷の段階			
	1	2	3	4
0~0.3	0.3~0.5	0.5~0.8	0.8~0.2	
5	6	7	8	
1.2~1.8	1.8~2.5	2.5~3.5	3.5以上	

図-1 初期割れ (左)、内部割れ (中央)、断面の糸巻状変形 (右) の損傷の分類



この各損傷の段階から、人工乾燥スケジュール条件（初期乾球温度、初期乾湿球温度差、終末乾球温度）を作成する際は、表-1（寺澤、1994）のとおりとし、損傷の種類毎に選択された各乾燥条件の中から最も緩やかな条件となる値を採用した。さらに、既往の文献値を考慮して、乾球温度が45~60℃となる、より緩やかな条件についても作成した。

決定した乾燥条件をもとに、初期乾球温度は含水率35%まで一定とし、そこから含水率15%時に終末温度になるように、また乾湿球温度差については、初期含水率の2/3まで一定とし、そこから最終の温度差が15℃になるように調整し、乾燥経過中の含水率に応じた人工乾燥スケジュールを作成した。

表-1 損傷の種類と段階による乾燥条件

損傷の種類	乾燥条件	損傷の段階							
		1	2	3	4	5	6	7	8
初期割れ	初期温度	70	65	60	55	53	50	47	45
	初期温度差	6.5	5.5	4.3	3.6	3.0	2.3	2.0	1.8
	終末温度	95	90	85	83	82	81	80	79
断面の糸巻状変形	初期温度	70	66	58	54	50	49	48	47
	初期温度差	6.5	6	4.7	4	3.6	3.3	2.8	2.5
	終末温度	95	88	83	80	77	75	73	70
内部割れ	初期温度	70	55	50	49	48	45		
	初期温度差	6.5	4.5	3.8	3.3	3	2.5		
	終末温度	95	83	77	73	71	70		

### 3. 試験結果

試験を行った7個体のうち2個体（No1、No5）については、著しい収縮・変形を生じ、用材としての利用は見込めないものと判断した。そこで、用材利用が見込まれる残りの5個体における各損傷の程度を評価し、その値と文献値から乾燥条件を決定し（表-2、3）、乾燥スケジュールを作成した（図-2）。

表-2 損傷の種類毎の評価から求めた乾燥条件

損傷の種類	評価値	乾燥条件（単位：℃）		
		初期温度	初期温度差	終末温度
初期割れ	2	65	5.5	90
断面変形	7	48	2.8	73
内部割れ	3	50	3.8	77
総合評価		48	2.8	73

表-3 文献値を考慮したより緩やかな乾燥条件

乾燥条件（単位：℃）		
初期温度	初期温度差	終末温度
45	2.8	60

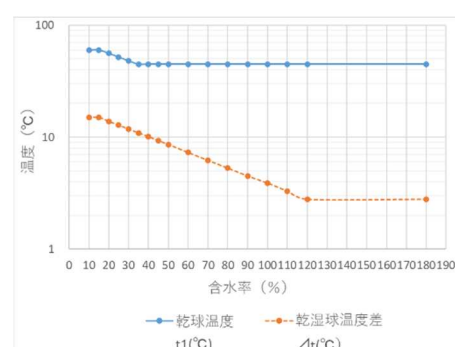
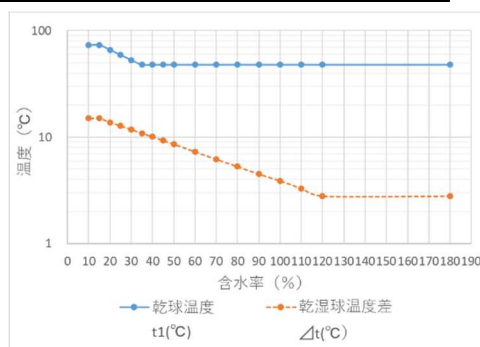


図-2 ハマセンダンの乾燥スケジュール（左は表-2、右は表-3に対応したスケジュール）

# 早生樹の材質特性の把握および乾燥スケジュールの確立に向けた研究

-ハマセンダン天然乾燥試験-

井口 朝道

## 1. 目的

ハマセンダンはミカン科ゴシュユ属の落葉高木で、沖縄を代表する早生樹の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、近年、植栽実績が増加している。一方で、広葉樹を利用する際には、針葉樹と比較した場合に、乾燥の困難性が大きな課題の1つとして挙げられるが、ハマセンダンの乾燥に関する知見の蓄積は、未だに不十分である。そこで、ハマセンダンの乾燥スケジュールの確立に向け、本研究を実施したので報告する。

本報では、ハマセンダンの天然乾燥の適合性を評価するとともに、人工乾燥との効率的な組み合わせ方法について検討するため、小板材を用いた天然乾燥試験の結果について報告する。

## 2. 材料と方法

供試木（7 個体）、および伐採・製材の内容については別報の急速乾燥試験と同様である。

天然乾燥試験には、寸法を 35(R)×150(T)×600(L)mm とした板目材および追桁目材(計 17 枚)を用いて行い、両木口面には、木口面からの乾燥を防ぐためシリコンコーティングを施した。試験は、森林資源研究センター木材実験棟の屋根のある半屋内空間に栈積みして行った(図-1)。

製材後、乾燥が進まないようラップに包み冷蔵庫内で保管した後、2021 年 11 月 8 日から試験を開始した。乾燥期間中は、開始約 1 ヶ月間はおよそ 3 日ごと、その後は 1 週間～2 週間ごとに重量、寸法および割れを計測し、全ての試験体が気乾状態となった 2022 年 2 月 10 日に終了した。終了時には、木材のくるいであるねじれと幅そりを測定したほか(図-2)、試験体中央部から採取した 2cm 幅の小試験片材を用いて、気乾含水率および厚さ方向の含水率分布を求めた。

以上の測定した項目から、気乾密度、方向別の気乾収縮率、経過日数と含水率の関係、および含水率と収縮率の関係について整理し、天然乾燥時の乾燥特性について検討を行った。



図-1 天然乾燥試験の栈積み状況



図-2 木材のくるいの測定 (左：ねじれ、右：幅そり)

### 3. 試験結果

試験を行った7個体のうち2個体 (No1、No5) については、急速乾燥試験と同様に、著しい収縮・くるいを生じた。そこで、これら2個体から供試した4枚と残りの5個体から供試した13枚を分けて、天然乾燥試験における乾燥特性を示す(表-1)。半径方向、接線方向の気乾収縮率、およびねじれや幅そりは、No1、5の2個体については非常に大きい値を示し、製材品としての利用は難しいと判断された。一方、残りの5個体については、収縮率は、国産の広葉樹材と比較して小さく(寺澤、1994)、また、ねじれ、幅そりも小さいことから歩留まりは高いと考えられた。

表-1 ハマセンダンの天然乾燥試験における乾燥特性

供試個体	供試体数	気乾含水率 (%)	気乾密度 (kg/m <sup>3</sup> )	気乾収縮率 (%)			ねじれ (mm)	幅そり (mm)	割れ (cm)
				繊維方向	半径方向	接線方向			
No1, 5	4	14.6%	483	0.1%	7.7%	11.7%	8.1	5.2	0.0
それ以外	13	14.7%	403	0.0%	2.5%	2.6%	2.1	0.9	0.0
計	17	14.7%	422	0.1%	3.7%	4.7%	3.5	1.9	0.0

図-3 に天然乾燥中の含水率の経過を、図-4 に含水率と接線方向の収縮率の関係を示す。No1、5の2個体については、いずれも初期含水率が200%を超えており、乾燥速度も遅く気乾状態までに70日程度を要したが、残りの個体については、初期含水率が100~200%程度とばらつきがみられたが、40日程で気乾状態に達した。含水率と収縮率の関係については、No1、5の2個体については、乾燥初期の繊維飽和点以上の領域で異常な収縮が確認され、細胞の落ち込みが発生したと考えられた。試験終了時の厚さ方向の含水率分布については、材中央部が材表面と比べて1~2%程度高いことが確認された(図-5)。

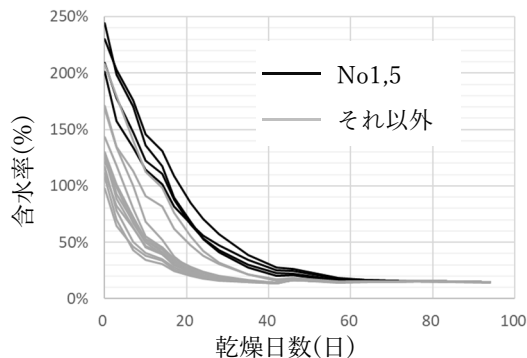


図-3 天然乾燥中の含水率の経過

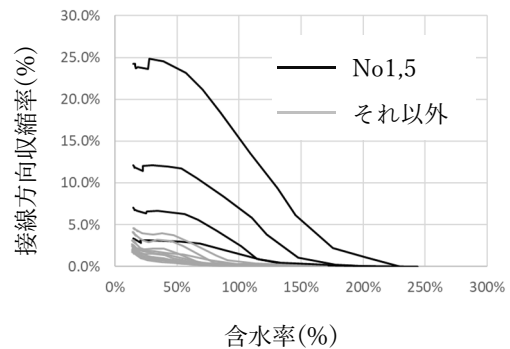


図-4 含水率と接線方向の収縮率

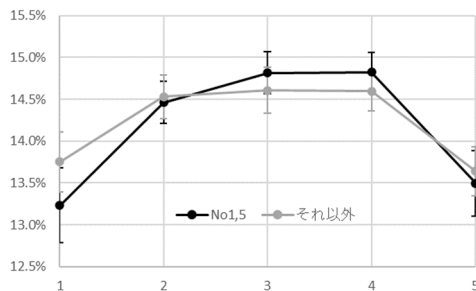
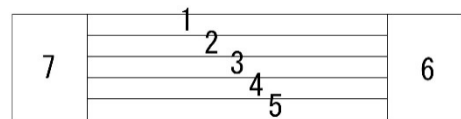


図-5 終了時の厚さ方向の含水率分布 (平均値、標準偏差を示す)



含水率分布試験片の模式図

# 早生樹の材質特性の把握および乾燥スケジュールの確立に向けた研究

-ハマセンダン人工乾燥試験①-

井口 朝道

## 1. 目的

ハマセンダンはミカン科ゴシュユ属の落葉高木で、沖縄を代表する早生樹の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、近年、植栽実績が増加している。一方で、広葉樹を利用する際においては、針葉樹と比較した場合に、乾燥の困難性が大きな課題の1つとして挙げられるが、ハマセンダンの乾燥に関する知見の蓄積は、未だに不十分である。そこで、ハマセンダンの乾燥スケジュールの確立に向け、本研究を実施したので報告する。

本報では、ハマセンダンの急速乾燥試験の結果を基に作成した人工乾燥スケジュール①の妥当性及び生材状態からの人工乾燥の適合性を検討するため、小板材を用いた人工乾燥試験の結果について報告する。

## 2. 材料と方法

供試木（7個体）および伐採・製材の内容については別報の急速乾燥試験と同様である。ただし7個体のうち2個体（No1、No5）については、先に行った急速乾燥試験において、著しい収縮・変形を生じ、用材としての利用は見込めないものと判断し、残りの5個体を対象に試験を実施した。なお、試験には電気式木材乾燥機 HD74（ヒルデブランド株式会社）を用いた。

人工乾燥試験は、寸法を 35(R)×150(T)×600(L)mm とした板目材および追柁目材（計 10 枚）を用いて行い、両木口面には、乾燥を防ぐためシリコンコーティングを施した。供試体は製材後、ラップに包み冷蔵庫内で保管した後、2022 年 4 月 5 日から試験を開始したが、3 日が経過した時点で乾燥機内の湿度が下がらない不具合が生じたため、一旦試験を中止し、再び冷蔵庫にラップを包んだ状態で保管した。その後、機器の修繕を経て 6 月 13 日から試験を再開した。

本試験での乾燥スケジュールは、急速乾燥試験の結果と既往の広葉樹乾燥に関する文献値を考慮し作成した緩やかな乾燥条件を使用し、乾燥温度は 45～60℃とした。また目標含水率は家具や内装材での利活用を念頭に 8%とした。試験中は、供試個体の平均含水率に標準偏差を加えた含水率に該当する試験体 2 枚を含水率コントロール材としてスケジュール管理を行い、平均含水率相当の 2 枚を加えた計 4 枚について、24 時間毎に重量、寸法および割れを計測した。終了時は、全ての試験体を対象に木材のくろいであるねじれ、幅そりおよび割れを測定したほか、試験体中央部から採取した 2cm 幅の小試験片材を用いて、乾燥終了時点の含水率および厚さ方向の含水率分布を求めた。

以上の測定した項目から、繊維方向別の収縮率、経過日数と含水率の推移について整理し、本スケジュールにおける人工乾燥の適合性について検討を行った。

### 3. 試験結果

人工乾燥試験における乾燥特性を表-1 に、また、試験中の含水率の推移を図-1 に示す。平均の最終含水率は目標含水率に近い 8.1% となり、生材状態から 10 日間で調湿処理まで行うことができた。割れについては 2 枚で確認されたが、いずれも樹芯の部分での割れであり、また、うち 1 枚は乾燥前の時点ですでに割れが発生していた。ねじれや幅そりなどの木材の狂いについては特段大きい値を示しておらず、以上の結果、今回供試したハマセンダン 5 個体については、製品にならないような著しい欠点の発生はなかった。

次に、試験終了時の厚さ方向の含水率分布を図-2 に示す。材番号 2-5-3 (個体番号-製材位置-鉛直方向位置) については、全体的に含水率が 10~16% と高い上に、材中央部と材表面との差も大きく、乾燥が不十分であった。この材は、人工乾燥開始時点の含水率が 170% を超えており、他の試験体 (68~134%) に比べ初期含水率が非常に高かったことが要因と考えられた。それ以外の試験体については、材中央部と材表面との差については、十分に乾燥が進んでいると判断される 1% 程度に抑えられており、全体的に 7~9% 程度であった。

表-1 ハマセンダンの人工乾燥試験における乾燥特性 (平均値)

供試個体	供試体数	乾燥後 含水率 (%)	収縮率 (%)			ねじれ (mm)	幅そり (mm)	割れ (cm)
			繊維方向	半径方向	接線方向			
計	10	8.1%	0.1%	3.9%	4.7%	3.5	1.6	2.4

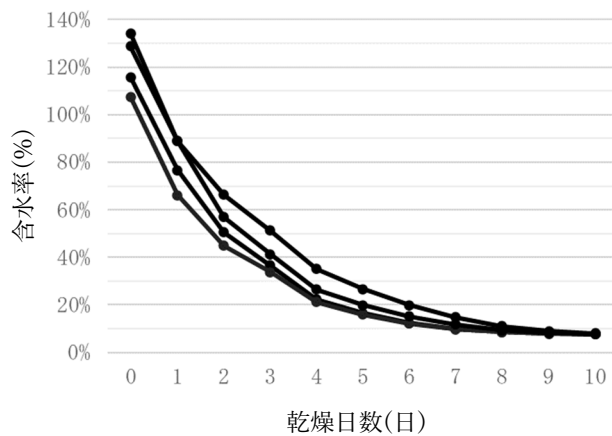
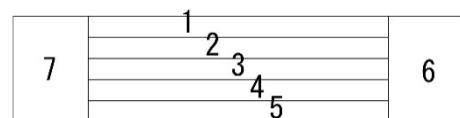
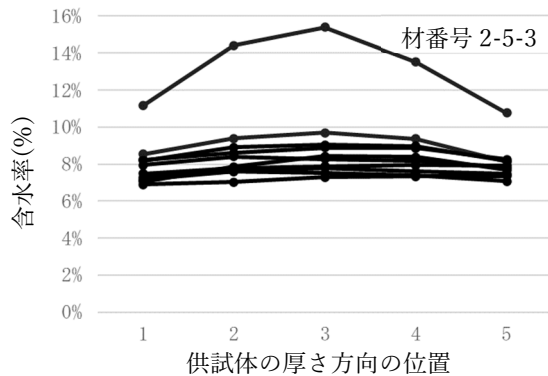


図-1 人工乾燥中の含水率の推移



含水率分布試験片の模式図

図-2 終了時の厚さ方向の含水率分布

# 早生樹の材質特性の把握および乾燥スケジュールの確立に向けた研究

-ハマセンダン人工乾燥試験②-

井口 朝道

## 1. 目的

ハマセンダンはミカン科ゴシユコ属の落葉高木で、沖縄を代表する早生樹の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、近年、植栽実績が増加している。一方で、広葉樹を利用する際においては、針葉樹と比較した場合に、乾燥の困難性が大きな課題の1つとして挙げられるが、ハマセンダンの乾燥に関する知見の蓄積は、未だに不十分である。そこで、ハマセンダンの乾燥スケジュールの確立に向け、本研究を実施したので報告する。

本報では、ハマセンダンの急速乾燥試験の結果を基に作成した人工乾燥スケジュール②の妥当性及び生材状態からの人工乾燥の適合性を検討するため、小板材を用いた人工乾燥試験の結果について報告する。

## 2. 材料と方法

供試木（7個体）および伐採・製材の内容については別報の急速乾燥試験と同様である。ただし7個体のうち2個体（No1、No5）については、先に行った急速乾燥試験において、著しい収縮・変形を生じ、用材としての利用は見込めないものと判断し、残りの5個体を対象に試験を実施した。なお、試験には電気式木材乾燥機 HD74（ヒルデブランド株式会社）を用いた。

人工乾燥試験は、寸法を35(R)×150(T)×600(L)mmとした板目材および追証目材（計9枚）を用いて行い、両木口面には、乾燥を防ぐためシリコンコーティングを施した。供試体は製材後、ラップに包み冷蔵庫内で保管した後、2022年7月25日から試験を開始し、8月3日に終了した。

本試験での乾燥スケジュールは、急速乾燥試験の結果から作成した乾燥条件とし、先に行った人工乾燥試験①よりもやや条件が厳しくなる乾燥温度48～73℃であった。また目標含水率は試験①と同じく家具や内装材での利活用を念頭に8%とした。

試験中のスケジュール管理や計測内容、終了時の測定項目は人工乾燥試験①と同様である。

以上の測定した項目から、繊維方向別の収縮率、経過日数と含水率の推移について整理し、本スケジュールにおける人工乾燥の適合性について検討を行った。

## 3. 試験結果

人工乾燥試験における乾燥特性を表-1に、また、試験中の含水率の推移を図-1に示す。平均の最終含水率は目標含水率とした8.0%となり、生材状態から9日間で調湿処理まで行うことができた。全ての供試体で割れは発生しなかったものの、個体番号7では、乾燥試験①ではみられな

った異常な収縮が発生し、ねじれや幅そり等も大きな値を示し、用材利用は困難と思われる欠点  
が確認された。また、この欠点の発生は、長さ 60cm の同じ供試体でも位置によって程度の差が著  
しく異なることから(図-2)、スケジュール条件を変更したことによる可能性も否定は出来ないが、  
ハマセンダンが局所的に非常に弱点となる部位を有することが要因である可能性が考えられた。

次に、試験終了時の厚さ方向の含水率分布を図-3 に示す。材番号 2-2-3 (個体番号-製材位置  
-鉛直方向位置) については、全体的に含水率が 9.6~13.7% と高い上に、材中央部と材表面との  
差も大きく、乾燥が不十分であった。この材は、人工乾燥開始時点の含水率が 230% を超えており、  
他の試験体 (89~182%) に比べ初期含水率が非常に高かったことが要因と考えられた。それ以外  
の試験体については、材中央部と材表面との差については、材番号 7-4-3 (含水率差 2.2%、初期  
含水率 182%) を除くと 1% 程度に抑えられており、全体的に 7~10% 程度であった。

表-1 ハマセンダンの人工乾燥試験における乾燥特性 (平均値)

供試個体	供試体数	乾燥後 含水率(%)	収縮率(%)			ねじれ (mm)	幅そり (mm)	割れ (cm)
			繊維方向	半径方向	接線方向			
計	9	8.0%	0.2%	4.9%	7.5%	4.6	4.7	0.0

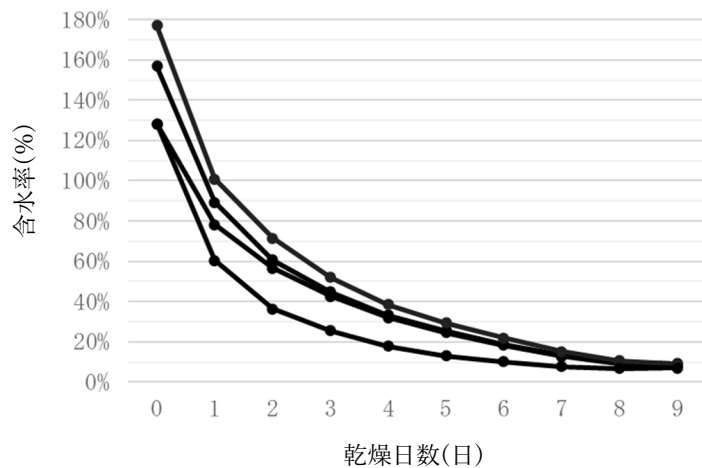


図-1 人工乾燥中の含水率の推移



図-2 個体番号7で確認された部分的な異常な収縮 (下半分)

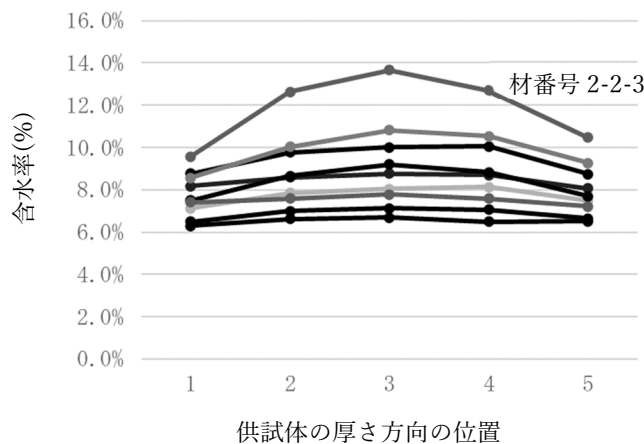
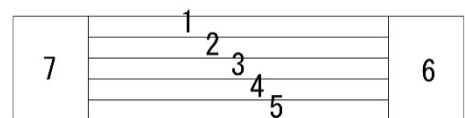


図-3 終了時の厚さ方向の含水率分布



含水率分布試験片の模式図

# 広葉樹の乾燥期間の短縮に向けた研究

## -ハマセンダン除湿乾燥試験

井口 朝道

### 1. 目的

ハマセンダンはミカン科ゴシュユ属の落葉高木で、沖縄を代表する早生樹の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、近年、植栽実績が増加している。一方で、広葉樹を利用する際においては、針葉樹と比較した場合に、乾燥の長期化や割れや狂いによる歩留まりの低下が大きな課題の1つとして挙げられる。

そこで、沖縄県産広葉樹の乾燥期間の短縮に向け、除湿機を用いたハマセンダンの乾燥試験を実施したので報告する。

### 2. 材料と方法

供試木（7 個体）、および伐採・製材の内容については別報の急速乾燥試験と同様である。

除湿乾燥試験には、寸法をおよそ 40 (R) × 100 ~ 300 (T) × 600 (L) mm とした、耳付きの板目材および柾目材（計 16 枚）を用いた。なお、柾目材は、板幅のおよそ中心に樹芯を含んでいるものを用いた。除湿機による天然乾燥期間中の乾燥速度の向上効果を比較するため、半数を、森林資源研究センター木材実験棟の屋根のある半屋内空間（以下、通常）に、残りを湿度 55% に設定した業務用除湿機 (RFB500F: 除湿能力 1.6 l/h、ORION 社製) を設置した空間（以下、除湿）に積みし、2 つの乾燥条件で試験を行った（図-1）。また、それぞれ 1 時間おきに温度・湿度を計測し、一日毎に平均値を算出した。

2021 年 11 月 1 日から試験を開始し、乾燥期間中は、開始約 1 ヶ月間は 3 日ごと、その後は 1 週間 ~ 2 週間ごとに重量を計測し、全ての試験体が気乾状態となった 2022 年 2 月 24 日に終了した。終了時には、寸法、割れおよび木材のくるいであるねじれと幅そりを測定したほか、試験体中央部から採取した 2cm 幅の小試験片材を用いて、気乾含水率および厚さ方向の含水率分布を求めた。以上の測定した項目から、方向別の気乾収縮率、経過日数と含水率の関係について整理し、除湿機を用いた天然乾燥の特性について検討を行った。



図-1 天然乾燥試験の積み状況（左：通常、中央：除湿、右：使用した除湿機）



### 3. 試験結果

各乾燥条件での期間中の温湿度および平均含水率の推移の状況を図-2、図-3 に示す。除湿機により、湿度が60%以下に抑えられており、含水率の低下が早まっていることが確認された。

次に木目別、乾燥条件別に乾燥結果の概要を表-1 に示す。割れについては、板目材で全く確認されなかった一方で、柵目材では樹芯を含んでいることから、多くで芯割れが発生した。

柵目材の12枚のデータを用いて、乾燥条件による比較を行ったところ、気乾含水率については、通常では16%程度に対し、除湿では12%程度と低くなっており、正確2標本 Wilcoxon 検定を行ったところ、除湿機を用いることで有意に気乾含水率を低下させることが確認された(図-4)。

また、収縮率や、割れ・狂いの各項目については、最終含水率の低かった除湿が通常と比べ若干数値が高くなる傾向がみられたが、検定を行ったところ有意な差は確認されなかった。

厚さ方向での平均含水率の分布については、全体的に除湿が低い含水率を示しており、表面と内部との差については、いずれも1%程度であった(図-5)。

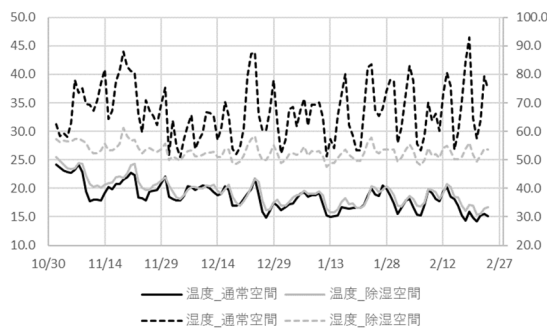


図-2 気乾中の乾燥条件別の温湿度

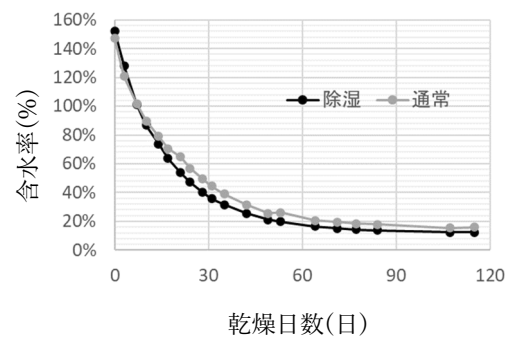


図-3 期間中の乾燥条件別の含水率の推移

表-1 ハマセンダンの除湿乾燥試験における乾燥結果の概要(平均値)

木目	乾燥条件	供試体数	気乾含水率			気乾収縮率(%)			ねじれ(mm)	幅そり(mm)	割れ(枚)	割れ(cm)	割れ伸長量(cm)
			率(%)	繊維方向	半径方向	接線方向							
板目	除湿	2	12.3%	0.2%	6.0%	4.6%	4.8	0.6	0	0.0	0.0		
	通常	2	15.6%	0.1%	5.5%	4.5%	1.1	0.6	0	0.0	0.0		
柵目	除湿	6	12.6%	0.2%	8.4%	3.4%	4.6	3.9	5	41.8	25.9		
	通常	6	16.3%	0.1%	7.4%	2.1%	2.6	2.2	5	33.2	10.8		

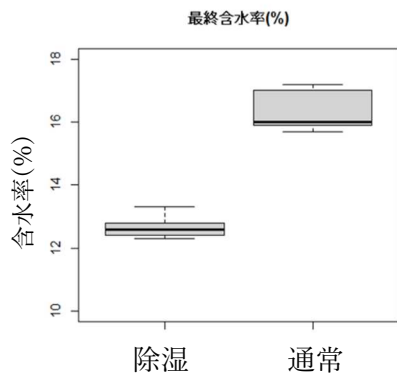


図-4 乾燥条件別の気乾含水率

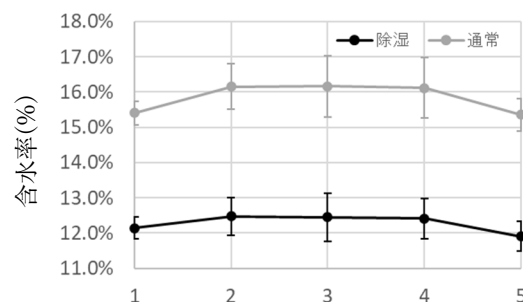


図-5 終了時の厚さ方向の含水率分布(平均値、標準偏差)

# きのこ栽培に低利用な樹種を利用したきのこ栽培技術の検討

—樹種別シイタケ子実体発生量調査—

伊藤 俊輔・井ノ口 あゆみ・仲摩 和寛

## 1. はじめに

沖縄県では現在、シイタケの生産に、イタジイを中心としたおが粉が使用されている。しかし、木材生産拠点における伐採量の減少と、きのこ生産の増加によりおが粉の供給不足が懸念されている。そこで、イタジイ以外の樹種によるおが粉がシイタケ菌床培地に適するか確認するため、本県の造林樹種から6樹種を用いてシイタケ子実体発生量調査を行ったので報告する。

## 2. 方法

培地基材は、ホルトノキ(*Elaeocarpus sylvestris*)、ヤマモモ(*Morella rubra*)、ウラジロエノキ(*Trema orientalis*)、ソウシジュ(*Acacia confusa*)、モモタマナ(*Terminalia catappa*)、シマトネリコ(*Fraxinus griffithii*)の6種に加え、比較対象としてイタジイ(*Castanopsis sieboldii*)を使用した(試験区の表記はEs、Mr、To、Ac、Tc、Fg、Csと記す)。各樹種は2021年8月に名護市内で伐倒後、宜野座村堆肥センターで破砕し、チップ状のおが粉とした。菌床作成は、2021年9月6日～9日(浸水:6日、袋詰めおよび滅菌:7日、植菌:9日)に実施した。栄養剤はフスマを用い、添加割合は培地基材:フスマ=4:1(絶乾重比)とした。含水率は63%、各試験区2.2kg菌床とし、菌床は各7個とした。菌床の滅菌は、高圧滅菌器で121℃、90分とした。菌株は直前に購入したXR-1(森産業)とした。培養は空調設備を有する培養室にて室温21℃に設定し、2021年9月6日～12月10日までの95日間とした。子実体の発生試験は、簡易自然発生舎で行い、2021年12月10日に除袋した後、2022年3月18日まで実施した。散水は5時、13時、21時の1日3回6分間、浸水は2回(1月7日:6時間、2月4日:6時間)とした。調査項目は、シイタケの収穫量とし、収穫量の統計解析は、「R(version 4.1.2)」、パッケージ「multcomp」を使用し、Dunnett法による多重比較検定を行った(有意水準5%)。また、子実体の傘直径(以下、サイズ)を直行2方向についてノギスで測定した平均値により、3cm以下をSS、3cm以上4cm未満をS、4cm以上6cm未満をM、6cm以上8cm未満をL、8cm以上をLLに区分し、重量ベースにより樹種別の子実体サイズ割合を算出した。

## 3. 結果

樹種別の菌床1個あたり収穫量は、図-1のとおりであった。Cs区が416.6±31.2gであり、本県にて標準とされる700～800gを大きく下回ったが、伐採後破砕された生木状態のおが粉を使用したことが主な原因と思われる。多重比較検定の結果、収穫量は、Cs区と比較するとMr区、To区が有意に多く、Tc区は有意に少なかった。Es区、Ac区、Fg区はCs区と同等の収穫量があった。樹種別の子実体サイズは、図-2のとおりであった。Cs区のMサイズ以上の割合は、7割程度であったのに対して、Mr区は3割程度であった。To区、Es区、Ac区、Fg区のMサイズ以上の割合は6～8割であった。

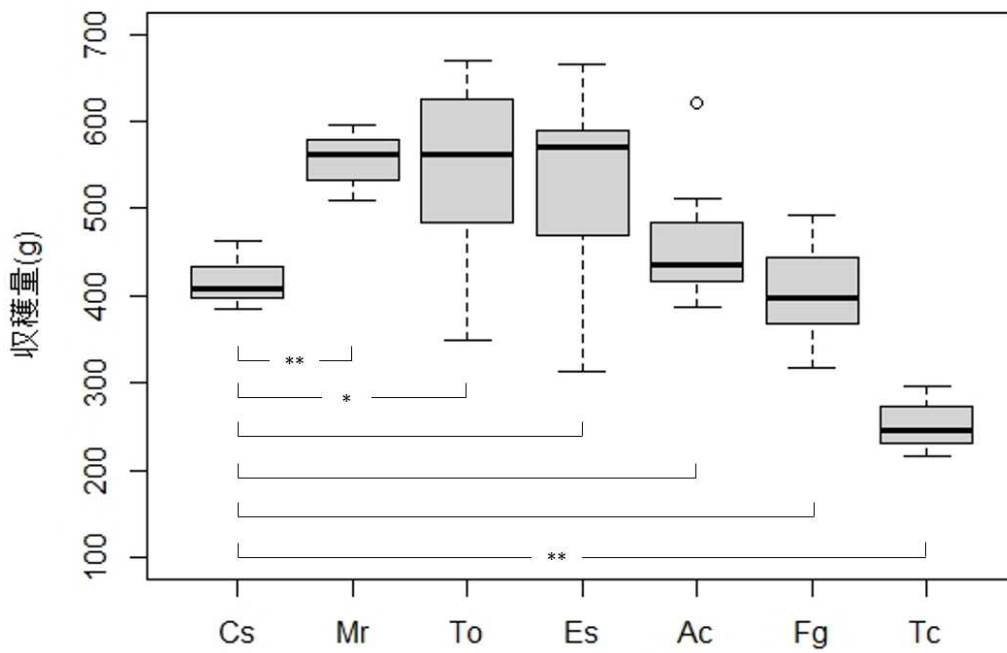


図-1 菌床1個あたり収穫量

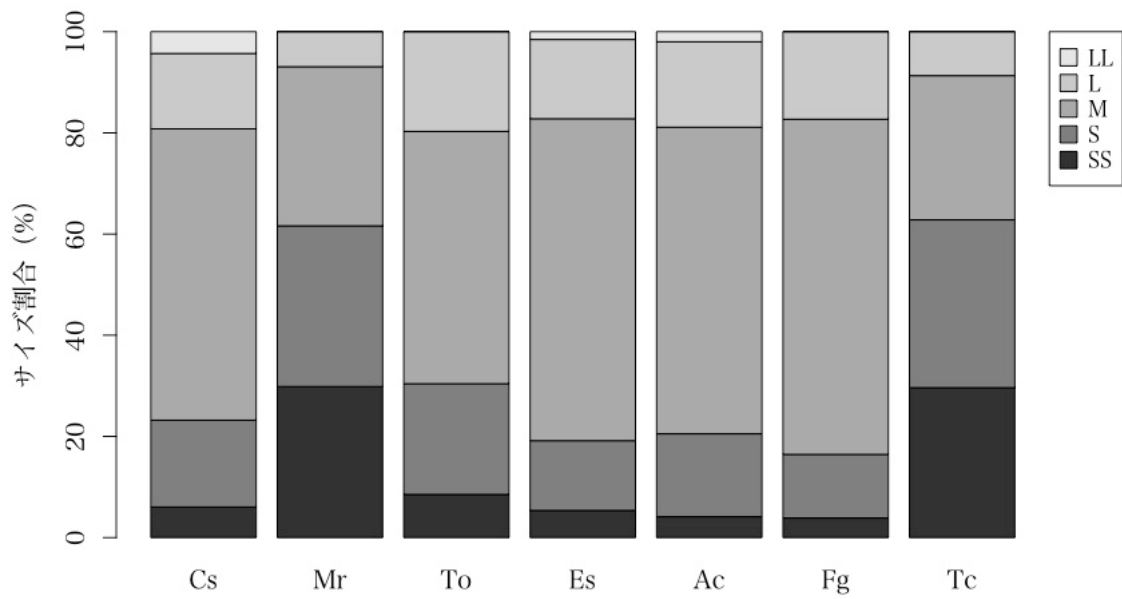


図-2 樹種別子実サイズ割合

# きのこ栽培に低利用な樹種を利用したきのこ栽培技術の検討

—樹種別アラゲキクラゲ子実体発生量調査③—

井ノ口 あゆみ・伊藤 俊輔・仲摩 和寛

## 1. はじめに

沖縄県では現在、アラゲキクラゲの生産に、イタジイを中心とした県産おが粉が使用されている。しかし、木材生産拠点における伐採量の減少と、きのこ生産の増加によりおが粉の供給不足が懸念されている。そこで、イタジイ以外の樹種によるおが粉がアラゲキクラゲ培地に適するか確認するため、本県の造林樹種から4樹種を用いてアラゲキクラゲ子実体発生量調査を行ったので報告する。

## 2. 方法

培地基材は、イジュ (*Schima wallichii* K. subsp. *noronhae* B.)、ホルトノキ (*Elaeocarpus zollingeri* K. var. *zollingeri*)、タブノキ (*Machilus thunbergii* S.)、リュウキュウマツ (*Pinus luchuensis* Mayr) の4種に加え、比較対象としてイタジイ (*Castanopsis sieboldii* M. subsp. *sieboldii*) を使用し (試験区の表記は Sw、Es、Mt、P1、Cs と記す)、2021年3月に名護市内で伐倒、同月宜野座村堆肥センターにて破碎し、1ヶ月程風乾させた。菌床作成は、2021年4月19日～22日 (浸水:19、20日、袋詰め、滅菌:20、21日、植菌:22日) に実施し、栄養剤はフスマを用いて、添加割合を培地基材:フスマ=3:1 (絶乾重比) とした。含水率は63%、各試験区2.2kg菌床とし、供試数は各樹種につき7個とした。菌床の滅菌は、高压滅菌器で121℃、90分とした。菌床のpHは、滅菌後の培地をコンカルビーカーに5g採取し、20gのイオン交換水を加え攪拌後、1時間静置したものを再度攪拌し、卓上型pH計 (F-74 堀場製作所) により測定した。菌床のCN比は、滅菌後の培地を110℃にて絶乾状態まで乾燥し、目開き1.0mmのメッシュを装着したミルで破碎したものをCNコーダー (MACRO CORDER JM1000CN ジェイ・サイエンス・ラボ) にて分析した。使用した菌株は、直前に購入したアラゲキクラゲ89号 (森産業) とした。培養は、空調設備を有する培養室 (室温21℃) にて、2021年4月22日～6月20日の60日間培養した。6月21日に発生操作として菌床側面の2面に10cmのスリットを2本ずつ切り込み、簡易自然発生舎にて害菌被害が顕著に現れ始めた2021年8月21日まで2ヶ月間子実体を収穫した。散水は5時、13時、21時の1日3回4分間とした。調査項目はアラゲキクラゲの収穫量 (子実体の生重) とし、収穫量の統計解析は統計分析ソフト「R (ver. 4.1.2)」、パッケージ「multcomp」を使用し、Dunnett法による多重比較検定を行った。なお、P1区において、害菌被害が顕著な1菌床を7月5日に廃棄したため、集計の対象を6菌床とした。

### 3. 結果

試験区別培地 pH 及び CN 比は、表-1 のとおりであった。pH は、Cs 区が最も低く 4.91、ほか試験区は 5.0 を越えており、最も高い Sw 区が 5.67 であった。CN 比は、Cs 区が最も低く 34.71、最も高い P1 区が 46.62 であった。

菌床 1 個あたり樹種別収穫量は図-1 のとおりで、「\*」は有意差を示す (\*:0.05、\*\*:0.01、\*\*\*:0.001)。Cs 区に対して Mt 区は有意に多く ( $p < 0.05$ )、Sw、Es 区は有意な差が無く、P1 区は有意に少なかった ( $p < 0.01$ )。菌床 1 個あたり週別合計収穫量の平均値は、図-2 のとおりであり、P1 区は全期間において他試験区より低調であった。また、最大の収穫量が得られた週は、Mt 区が 8 週目 (8 月 9 日~8 月 15 日) であったのに対し、他試験区では 6 週目 (7 月 26 日~8 月 1 日) であった。

表-1 試験区別培地 pH 及び CN 比

試験区	pH	CN 比
Cs	4.91	34.71
Mt	5.56	39.25
Sw	5.67	43.17
Es	5.17	39.25
P1	5.38	46.62

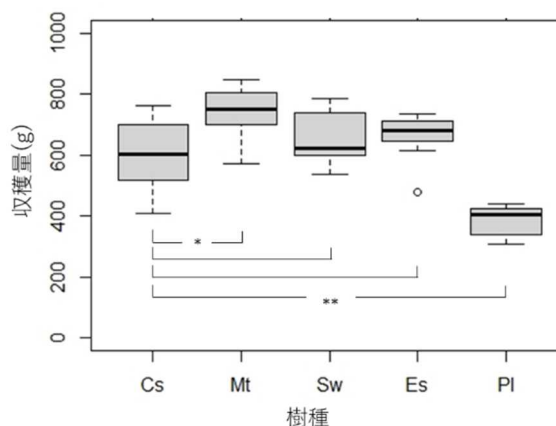


図-1 菌床 1 個あたり樹種別収穫量

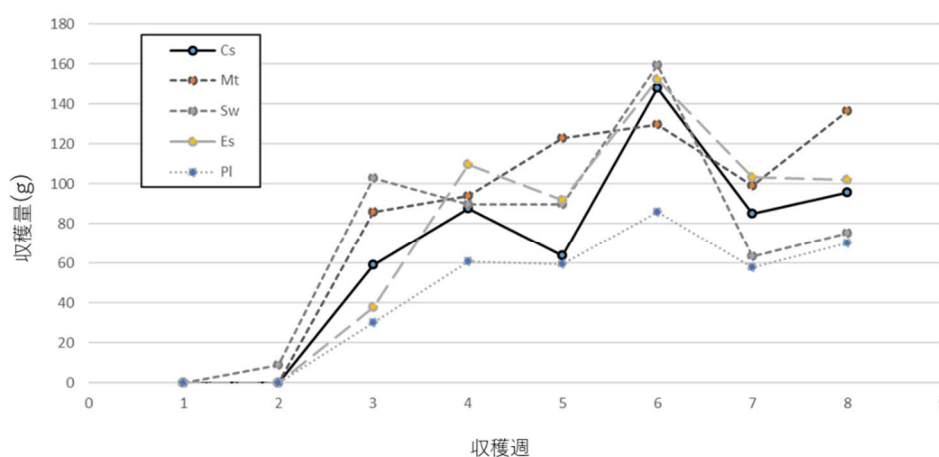


図-2 菌床 1 個あたり週別合計収穫量の平均値