

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

-イイギリ強度試験①(曲げ試験)-

井口 朝道・仲摩 和寛

1. 目的

イイギリはヤナギ科イイギリ属の落葉高木で、日本では本州から先島諸島まで分布し、山地に点在する。沖縄県では35種ある造林樹種の1つとして指定されている。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、早生樹全体の植栽実績は増加しているが、イイギリについてはほとんど植栽実績がなく、また材としての利用も進んでいない。木材利用を検討する際には、乾燥性能と併せて、木材の基本的な性質の1つである強度性能について把握することが必要となるが、これまでデータの蓄積が不十分であることから、イイギリ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、イイギリ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3個体(伐採日:2022/11/16)を供試した。詳細は別報の急速乾燥試験に記す。

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、目視により節等の欠点を除いた計159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柢目面とした。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/mm²)及び見掛けの曲げヤング係数(以下、MOE) (kN/mm²)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-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/mm²)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

目視により判別できる欠点を除いて試験を行ったが、一部の試験体では、十分に塑性変形を起こす前に破壊が発生し、試験時間が通常より短くなり(図-1)、結果、一般に相関関係が成立する

MOE に対応する MOR が異常に小さい値を示した(図-2)。基本的に、小試験体による強度試験は無欠点とするため、破壊までに要する時間が 90 未満の試験体については、目視では判読が困難な欠点が存在するものとして、これらを除いた 135 本についての結果をとりまとめた。

また、目視により判読が困難な欠点の発生状況について、髄からの距離毎に整理したところ、全てが 40 mm で発生しており、80mm、120mm では、全く発生しなかった(表-1)。Fisher の正確確率検定による多重比較を行ったところ、40mm と 80, 120mm 間で有意に欠点の発生状況が異なることが確認された($p < 0.01$)。

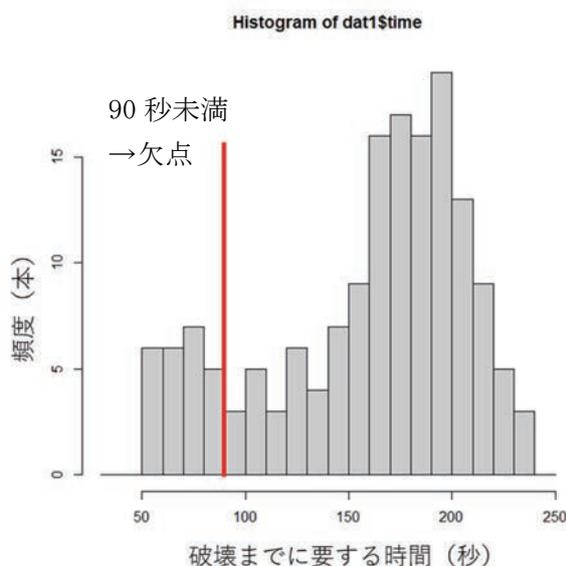


図-1 全試験体の破壊までに要する時間の頻度分布

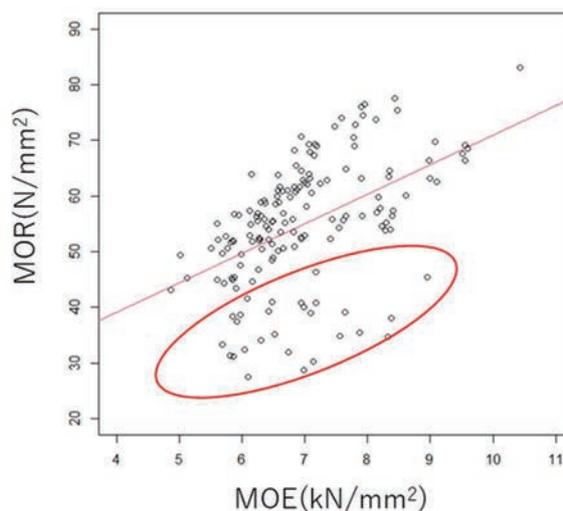


図-2 全試験体の MOE と MOR の関係

表-1 髄からの距離毎の欠点の発生状況

髄からの 距離 (mm)	欠点の有無		総計
	有	無	
40	24	33	57
80	0	61	61
120	0	41	41
総計	24	135	159

無欠点試験体の曲げ試験の結果の概要を表-2 に示す。平均 MOE は 6.98 kN/m^2 、平均 MOR は 58.1 N/mm^2 であり、ウラジロエノキ (平均 MOE: 5.35 、平均 MOR: 47.3) より高く (井口、2022)、ハマセンダン (平均 MOE: 7.23 、平均 MOR: 60.9) よりわずかに低い値を示した(井口、2023)。

次に、非破壊検査から算出した Efr と実際の MOE の関係を図-3 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 0.98 と非常に強い有意な正の相関が確認され($p < 0.01$)、非破壊検査による MOE の推定が可能であることが確認された。さらに、MOE と MOR (cor: 0.66)、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-4、図-5)。

髓からの距離が MOR に及ぼす影響について把握するため、髓からの距離毎の MOR を図-6 に示す。ホルムによる多重比較の結果、全ての区間で有意な差が確認され ($p < 0.05$)、MOR は $40\text{mm} < 80\text{mm} < 120\text{mm}$ の順となった。

表-2 曲げ試験結果の概要 (欠点を除いた試験体)

樹種	供試数	平均密度 (kg/m^3)	平均含水率 (%)	平均Efr (kN/mm^2)	MOE(kN/mm^2)		MOR(N/mm^2)	
					平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
イイギリ	135	399.9	14.0%	7.61	6.98	1.05	58.1	8.5

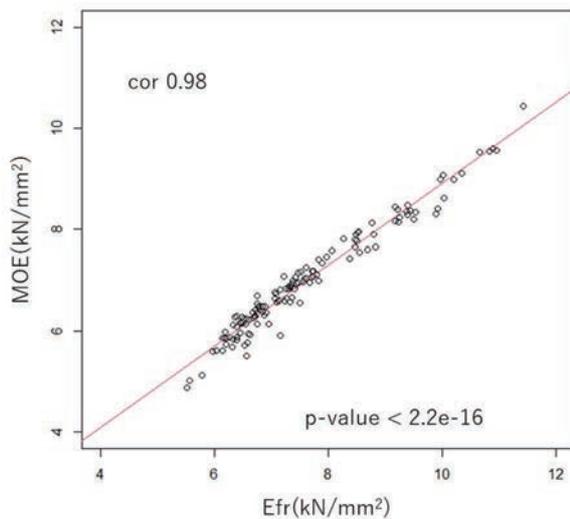


図-3 Efr と MOE の関係

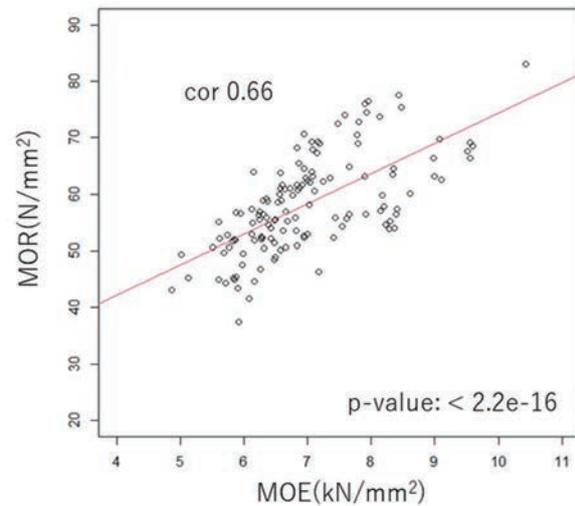


図-4 MOE と MOR の関係

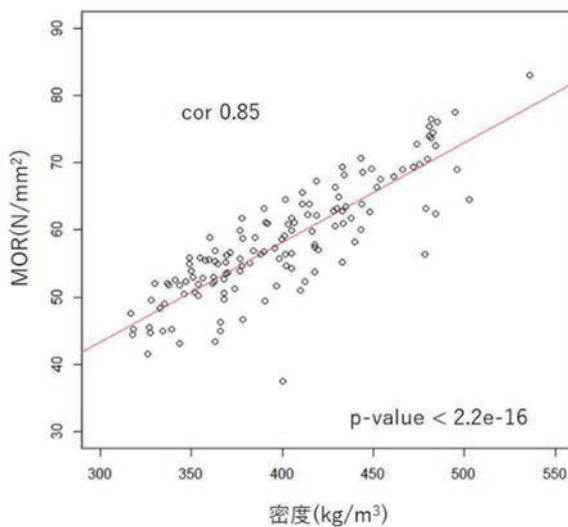


図-5 密度と MOR の関係

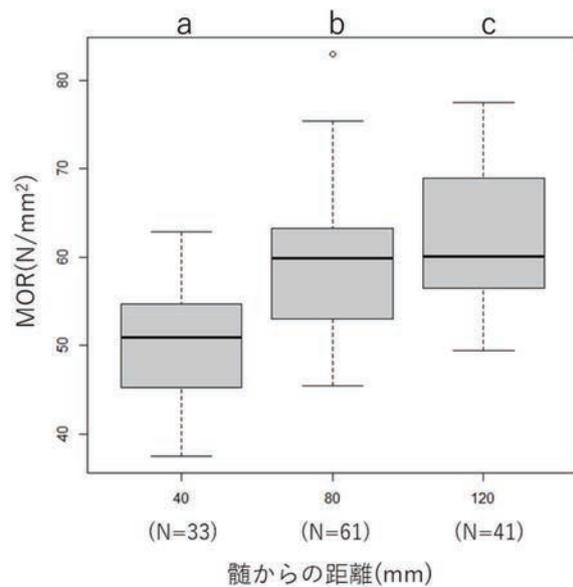


図-6 髓からの距離毎の MOR
(N は試験体数を示す)

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

- イイギリ強度試験②(縦圧縮試験) -

井口 朝道・仲摩 和寛

1. 目的

イイギリはヤナギ科イイギリ属の落葉高木で、日本では本州から先島諸島まで分布し、山地に点在する。沖縄県では35種ある造林樹種の1つとして指定されている。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、早生樹全体の植栽実績は増加しているが、イイギリについてはほとんど植栽実績がなく、また材としての利用も進んでいない。木材利用を検討する際には、乾燥性能と併せて、木材の基本的な性質の1つである強度性能について把握することが必要となるが、これまでデータの蓄積が不十分であることから、イイギリ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、目視により節等の欠点を除いた計87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、 σ_c) (N/mm^2)及び縦圧縮ヤング係数(以下、 E_c) (kN/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 $7.4\text{kN}/\text{m}^2$ 、平均 σ_c は $28.9\text{N}/\text{mm}^2$ であり、ウラジロエノキ(平均 E_c :5.5、平均 σ_c :22.2)より高く(井口、2022)、ハマセンダン(平均 E_c :7.8、平均 σ_c :31.3)よりわずかに低い値となり(井口、2023)、曲げ試験と同様の傾向を示した。

E_c と σ_c 、密度と σ_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、cor)が順に0.68、0.91、0.67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 σ_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 σ_c を図-4に示す。多重比較(ホルム)の結果、全ての区間で有意な差が確認され($p < 0.05$)、 σ_c は $40\text{mm} < 80\text{mm} < 120\text{mm}$ の順となった。

表-1 縦圧縮試験結果の概要

樹種	個数	密度 (kg/m^3)	含水率 (%)	Ec (kN/mm^2)		σ_c (N/mm^2)	
				平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
イイギリ	87	400	13%	7.4	1.2	28.9	3.2

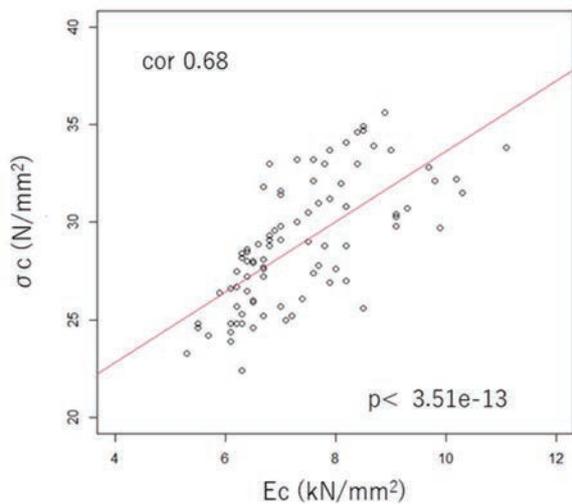


図-1 Ec と σ_c の関係

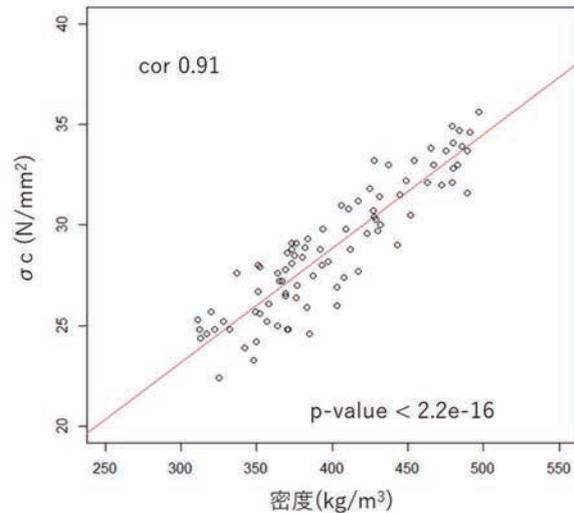


図-2 密度と σ_c の関係

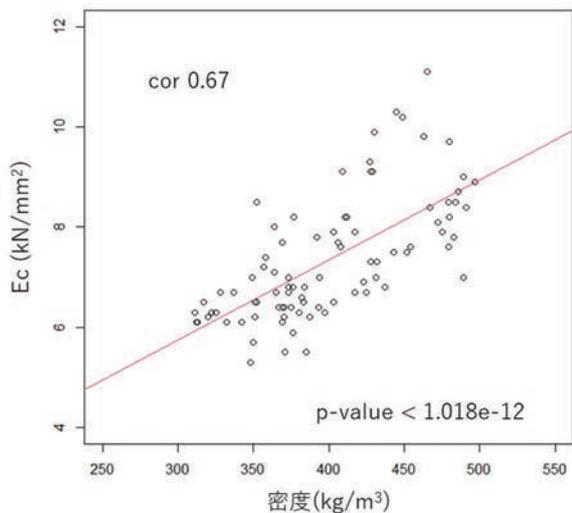


図-3 密度と Ec の関係

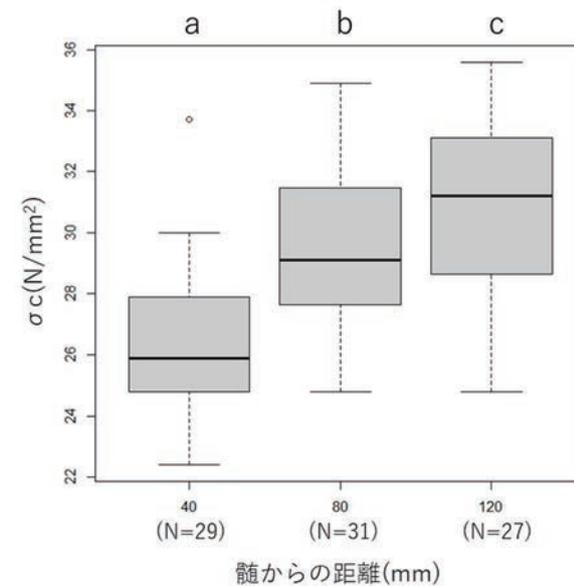


図-4 髄からの距離毎の σ_c
(N は試験体数を示す)

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

- イイギリ急速乾燥試験 -

井口 朝道・仲摩 和寛

1. 目的

イイギリはヤナギ科イイギリ属の落葉高木で、日本では本州から先島諸島まで分布し、山地に点在する。沖縄県では35種ある造林樹種の1つとして指定されている。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、早生樹全体の植栽実績は増加しているが、イイギリについてはほとんど植栽実績がない。木材利用に関しては、一般に広葉樹は針葉樹と比較して乾燥の困難性が大きな課題の1つに挙げられるが、本樹種の乾燥に関する知見はほとんどない。そこで、乾燥スケジュールの確立に向け、本報では、イイギリ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を行ったので報告する。

2. 材料と方法

試験には名護市源河県営林内に自生する3個体(No2~No4)を供試した。2022年11月16日に伐採し、2mの長さで、No2は2玉(以下、先玉を21、元玉を22と記す)、No3は3玉(以下、先玉から31~33と記す)、No4は1玉に造材を行った。その後、材厚40mmで製材し、寸法を20(R)×100(T)×200(L)mmとした正板目無欠点小試験体の製作を行った。詳細な試験方法については、令和3年度の業務報告に記載の通りであり、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、各丸太から計2枚ずつ試験体を製作し、2023年2月7~10日の期間に2回に分けて試験を行った後、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。

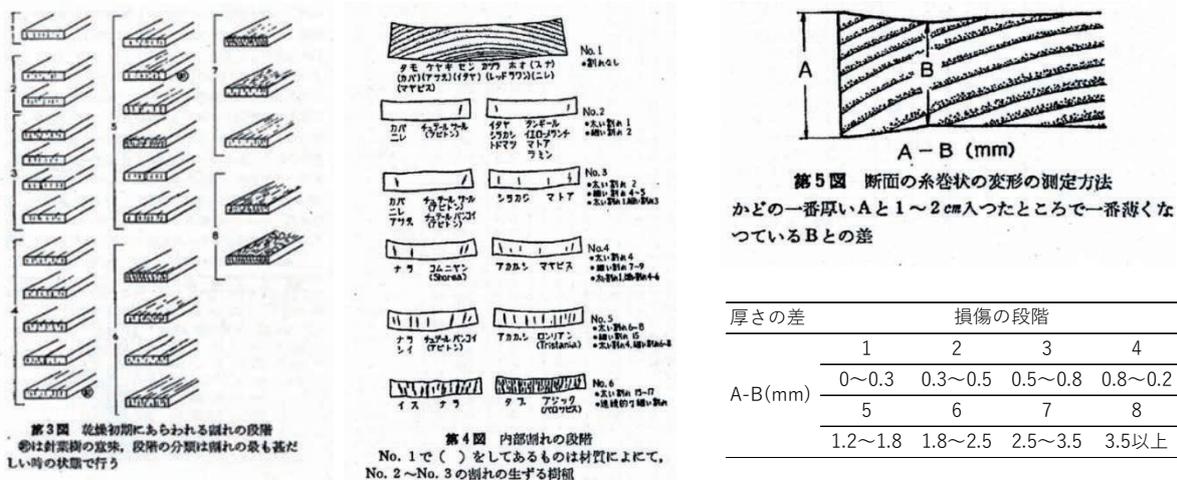


図-1 初期割れ(左)、内部割れ(中央)、断面の糸巻状変形(右)の損傷の分類

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

試験によって確認された各損傷の程度を評価することで得られた乾燥条件を表-2に、また既往の文献値を考慮し、より緩やかになるよう乾球温度を45～60度に調整した乾燥条件を表-3に示す。さらに、それぞれの乾燥条件における乾燥スケジュールを図-2に示す。

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: °C)		
		初期温度	初期温度差	終末温度
初期割れ	3	60	4.3	85
断面変形	2	66	6.0	88
内部割れ	1	70	6.5	95
総合評価		60	4.3	85

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: °C)		
初期温度	初期温度差	終末温度
45	4.3	60

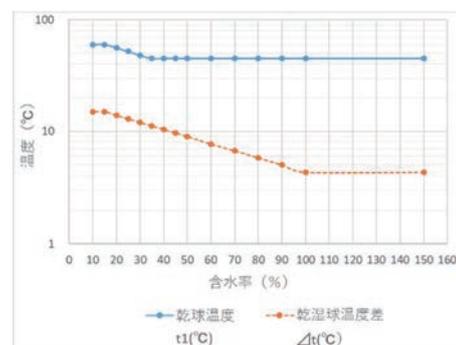
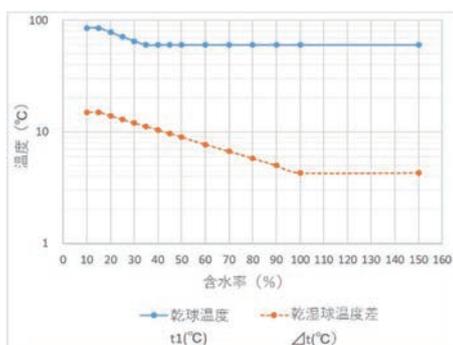


図-2 イギリスの乾燥スケジュール（左は表-2、右は表-3に対応したスケジュール）

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

- イイギリ天然乾燥試験 -

井口 朝道・仲摩 和寛

1. 目的

イイギリはヤナギ科イイギリ属の落葉高木で、日本では本州から先島諸島まで分布し、山地に点在する。沖縄県では35種ある造林樹種の1つとして指定されている。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、早生樹全体の植栽実績は増加しているが、イイギリについてはほとんど植栽実績がない。木材利用に関しては、一般に広葉樹は針葉樹と比較して乾燥の困難性が大きな課題の1つに挙げられるが、本樹種の乾燥に関する知見はほとんどない。そこで、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、イイギリ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（3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(厚)×150(幅)×600(長)mmとした板目材(8枚)、追い柵目材(12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棧積みして行った(図-1)。製材後、ラップに包み冷蔵庫内で保管した後、2022年11月28日から試験を開始した。乾燥期間中は、開始後約1ヵ月間は週に2回、その後は1週間に1回の頻度で重量、寸法および割れを計測し、全ての試験体の重量が平衡状態となった2023年2月2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幅の小試験片を用いて、乾燥後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、乾燥後の方向別の収縮率、乾燥期間中の経過日数と含水率の推移、含水率と収縮率の関係について解析し、天然乾燥時の乾燥特性について検討を行った。



図-1 天然乾燥試験の棧積み状況



図-2 木材のくるいの測定 (左:ねじれ、右:幅そり)

3. 試験結果

供試した 20 枚を木目毎に分けて、天然乾燥試験における乾燥特性を示す(表-1)。乾燥後の平均含水率は、いずれも日本の一般的な気乾含水率である約 15%となり、乾燥が十分に進んでいることが確認された。方向別の平均収縮率は、接線方向にあたる幅方向で最も大きな値を示したが、国産の主要な広葉樹材 (3.9~8.9%) と比較して低くなった。また、平均のねじれは木目毎に 1~3 mm程度、幅そりは 1mm 程度であった。表面割れは、追い柵目材で 3 枚確認されたが、うち 1 枚は樹芯・節の影響であり、また平均割れ長も 13.8 cm と大きな割れは確認されなかった。また、内部割れは確認されなかった。

表-1 イイギリの木目毎の天然乾燥試験における乾燥特性

木目	供試体数	乾燥後 含水率(%)	収縮率(%)			ねじれ (mm)	幅そり (mm)	表面割れ (枚)	表面割れ長 (cm)	内部割れ (枚)
			繊維方向	厚さ方向	幅方向					
追い柵	12	15.1%	0.1%	2.0%	2.3%	1.1	1.0	3	13.8	0
板目	8	15.3%	0.1%	1.5%	3.0%	2.6	0.8	0	-	0

図-3 に天然乾燥中の含水率の推移を示す。初期含水率が 200%を超える試験体も含まれていたが、開始後 40 日程度では概ね平衡状態に達しており、速やかに乾燥が進んだと考えられる。含水率と収縮率の関係については図-4 に示すとおりである。多くの試験体で、含水率が 30%以下になった時点で収縮率が上昇している傾向が見られた。試験終了時の厚さ方向の含水率分布については、特に材中央部が材表面と比較して高い傾向は確認されず、また、最大の含水率差は全て 1%未満に抑えられており、材の中心まで十分に乾燥が進んでいることが確認された(図-5)。

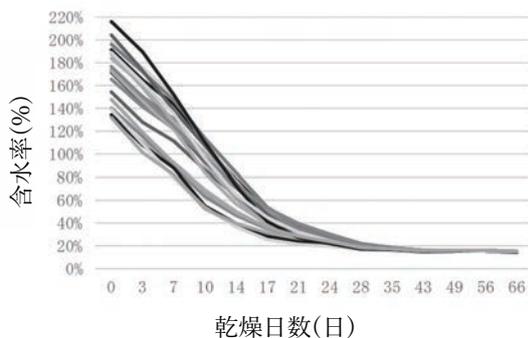


図-3 天然乾燥中の含水率の推移

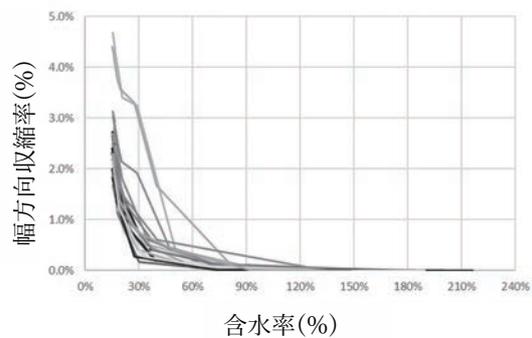
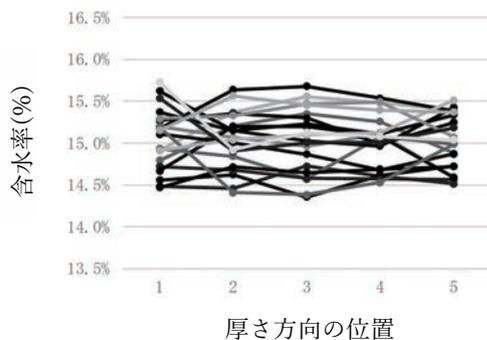
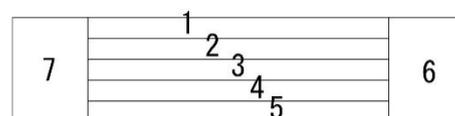


図-4 含水率と幅方向の収縮率の関係



厚さ方向の位置

図-5 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

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

-イイギリ人工乾燥試験①-

井口 朝道・仲摩 和寛

1. 目的

イイギリはヤナギ科イイギリ属の落葉高木で、日本では本州から先島諸島まで分布し、山地に点在する。沖縄県では35種ある造林樹種の1つとして指定されている。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、早生樹全体の植栽実績は増加しているが、イイギリについてはほとんど植栽実績がない。木材利用に関しては、一般に広葉樹は針葉樹と比較して乾燥の困難性が大きな課題の1つに挙げられるが、本樹種の乾燥に関する知見はほとんどない。そこで、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、イイギリの急速乾燥試験の結果、及び既往の文献値を考慮し、より緩やか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（3本の丸太）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。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（厚）×150（幅）×600（長）mmとした板目材（10枚）、追い柁目材（10枚）の計20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、2023年3月7日から試験を開始し、調湿処理を経て3月13日に終了した。

本試験での乾燥スケジュール①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、およそ24時間毎に重量と寸法、割れを計測した。終了時には、全ての試験体を対象に木材のくるいである、ねじれと幅そり、さらに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。また、試験体中央部を切断した際の木片を用いて、内部割れの有無についても確認を行った。

以上の測定した項目から、方向別の収縮率、木目毎の狂いや割れ、経過日数と含水率の推移について解析し、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木目毎の乾燥特性を表-1 に、また、試験中の含水率の推移を図-1 に示す。木目毎に平均した最終含水率については、追い柵目材、板目材のいずれにおいても、生材状態から7日目までに調湿処理を終えたところ、目標含水率にわずかに及ばず9%程度となった。

方向別の平均の収縮率については、板目材、追い柵目材では、一般に収縮率が大きいとされる接線方向となる幅方向において最も大きな値となったが、国産の主要な広葉樹材の接線方向収縮率(3.9~8.9%)と比較して、特段高い数値ではなかった。表面割れは、乾燥開始前から確認されていた樹芯由来の割れの1枚のみであった。くるいについては、平均のねじれは追い柵目材では2.3mm、板目材では2.1mmとなった。一方、平均の幅そりは、追い柵目材では1.7mm、板目材では1.4mmとなった。また、内部割れは確認されなかった。

試験終了時の厚さ方向の含水率分布を図-2 に示す。柵目材である材番号21-4-1(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10~13%と高い上に、材中央部と材表面との差も2.6%と大きく、乾燥が明らかに不十分であった。この材の人工乾燥開始時点の含水率は166%で、全体の試験体の平均初期含水率(176%)と比較しても低く、乾燥が十分に進まなかった要因については不明である。材中央部と材表面との差が1%未満に抑えられ、十分に乾燥が進んでいると考えられる試験体は20枚中わずかに6枚であり、13枚は含水率差が1~2%となっており、全体的に乾燥が不十分であったが、乾燥日数をわずかに伸ばすことで対応可能と考えられた。

表-1 イイギリの人工乾燥試験①における乾燥特性

木目	供試体数 (枚)	乾燥後 含水率(%)	収縮率(%)			ねじれ (mm)	幅そり (mm)	表面割れ (枚)	平均表面割れ (cm)	内部割れ (枚)
			長さ方向	厚さ方向	幅方向					
追い柵	10	9.0%	0.1%	3.1%	3.4%	2.3	1.7	1	43.4	0
板目	10	8.9%	0.2%	2.4%	4.0%	2.1	1.4			0

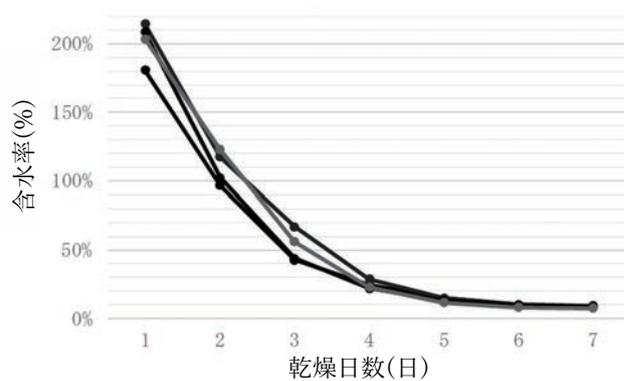
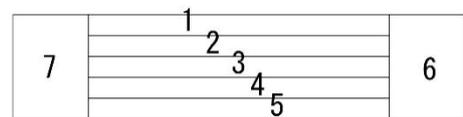
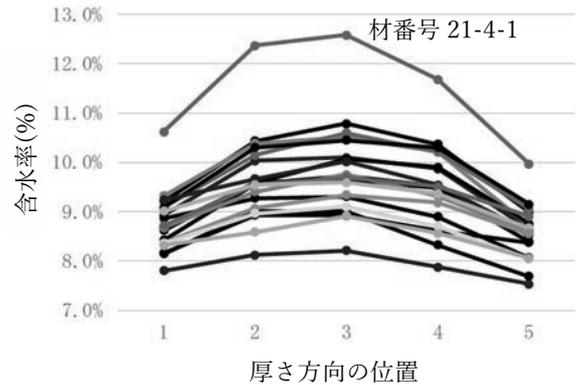


図-1 人工乾燥中の含水率の推移



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

-イイギリ人工乾燥試験②-

井口 朝道・仲摩 和寛

1. 目的

イイギリはヤナギ科イイギリ属の落葉高木で、日本では本州から先島諸島まで分布し、山地に点在する。沖縄県では35種ある造林樹種の1つとして指定されている。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、早生樹全体の植栽実績は増加しているが、イイギリについてはほとんど植栽実績がない。木材利用に関しては、一般に広葉樹は針葉樹と比較して乾燥の困難性が大きな課題の1つに挙げられるが、本樹種の乾燥に関する知見はほとんどない。そこで、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、イイギリ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（3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。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(厚)×150(幅)×600(長)mm とした板目材(8枚)および追い柁目材(12枚)の計20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、2023年2月13日から試験を開始し、調湿処理を経て2月18日に終了した。

本試験での乾燥スケジュール②は、急速乾燥試験の結果を基に作成した乾燥条件を使用し、乾燥温度はスケジュール①より高い60～85℃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、およそ24時間毎に重量と寸法、割れを計測した。

終了時には、全ての試験体を対象に木材のくるいである、ねじれと幅そり、さらに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。また、試験体中央部を切断した際の本片を用いて、内部割れの有無についても確認を行った。

以上の測定した項目から、方向別の収縮率、木目毎の狂いや割れ、経過日数と含水率の推移について解析し、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木目毎の乾燥特性を表-1 に、また、試験中の含水率の推移を図-1 に示す。初期含水率が 200%を超える高含水率の試験体が含まれていたが、平均の最終含水率については、板目材、追い柵目材ともに、生材状態からわずか5日間で調湿処理を終えることができ、目標含水率である 8%に到達する結果となった。

方向別の平均の収縮率については、板目材、追い柵目材では、一般に収縮率が大きいとされる接線方向となる幅方向において最も大きな値となったが、国産の主要な広葉樹材の接線方向収縮率 (3.9~8.9%) と比較して、特段高い数値ではなかった。表面割れは計 7 枚で確認されたが、追い柵の 2 枚については、樹芯由来の割れが人工乾燥開始時点ですでに発生していた。くるいについては、平均のねじれは追い柵目材では 1.8mm であるのに対し、板目材では 2.7mm となった。一方、平均の幅そりは、木目を問わず 1.6~1.9mm となった。また、内部割れは確認されなかった。

次に、試験終了時の厚さ方向の含水率分布を図-2 に示す。全体的に、材表面に対して材中央部で若干含水率が高い傾向を示したが、追い柵目材である材番号 21-4-2 (個体番号-製材位置-鉛直方向位置) 以外は、いずれもその差が 1%未満に抑えられており、十分に材内部まで乾燥が進んでいることが確認された。また、21-4-2 についても、含水率は、目標含水率とおりの 8.2%であり、含水率差も 1.1%と 1%をわずかに上回ったが、大きく乾燥が不十分であるとの状況ではなかった。

表-1 イイギリの人工乾燥試験②における乾燥特性

木目	供試体数 (枚)	乾燥後 含水率(%)	収縮率(%)			ねじれ (mm)	幅そり (mm)	表面割れ (枚)	平均表面割れ (cm)	内部割れ (枚)
			長さ方向	厚さ方向	幅方向					
追い柵	12	7.4%	0.2%	3.3%	4.1%	1.8	1.9	6	13.0	0
板目	8	7.5%	0.3%	2.6%	4.8%	2.7	1.6	1	5.1	0

* 平均表面割れ (cm) は、割れた供試体のみでの平均値とする

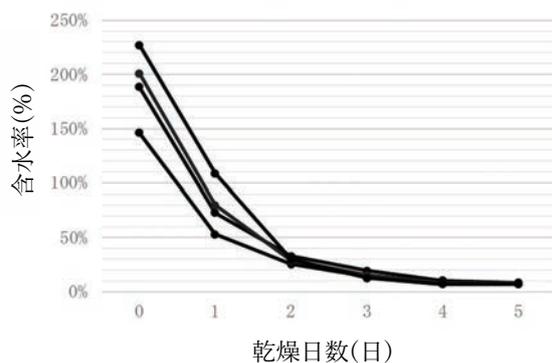
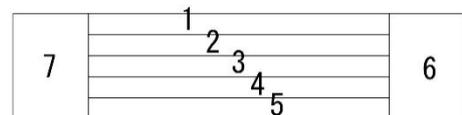
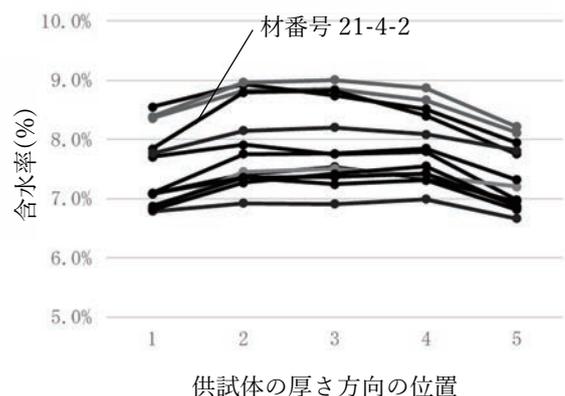


図-1 人工乾燥中の含水率の経過



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

広葉樹の乾燥期間の短縮に向けた研究

-ホルトノキ急速乾燥試験-

井口 朝道・仲摩 和寛

1. 目的

ホルトノキはホルトノキ科ホルトノキ属の常緑高木で、日本では関東南部から先島諸島まで分布し、低地から山地の林に広く生育するほか、街路樹や公園樹として植栽されている。沖縄県では、35種ある造林樹種の1つとして指定されており、記録の残る昭和60年から令和元年までの期間に9haが新植され、7~8齢級に達する人工林も現存する。一般に、広葉樹を利用する際は、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、ホルトノキの乾燥に関する知見の蓄積は不十分である。そこで、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、ホルトノキ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2022年7月上旬に金武町で伐採され、同月の下旬に企業組合キンモク（金武町）に搬入された3本の丸太（No1~3）を供試した。2022年8月22、24日に材厚40mmで製材し、それぞれ翌日までに、寸法を20(R)×100(T)×200(L)mmとした正板目無欠点小試験体の製作を行った。詳細な試験方法については、令和3年度の業務報告に記載の通りであり、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、各丸太から計3~4枚ずつ試験体を製作し、2回に分けて試験を行った後、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。

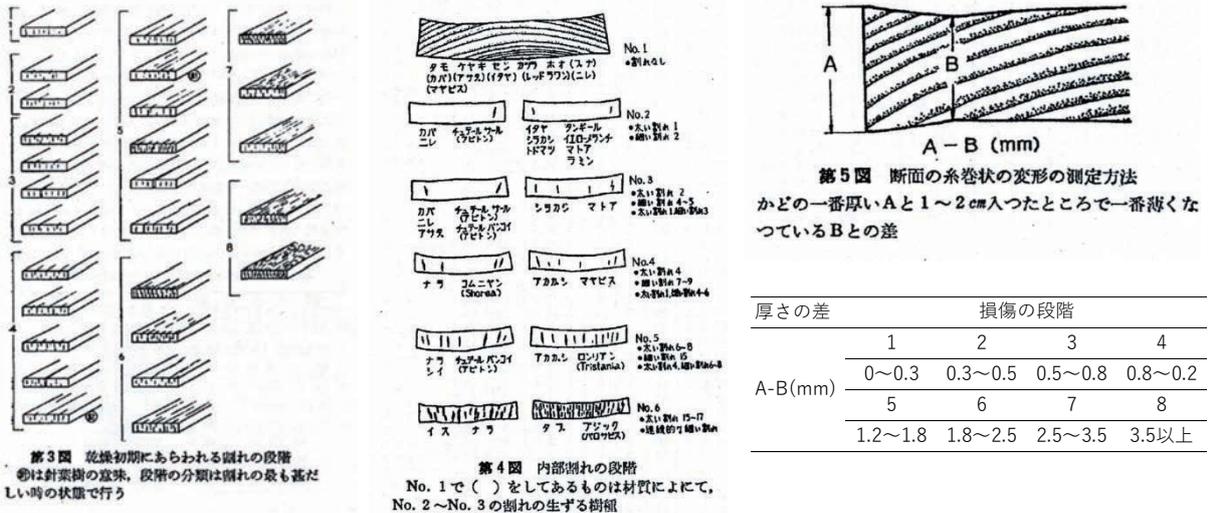


図-1 初期割れ（左）、内部割れ（中央）、断面の糸巻状変形（右）の損傷の分類

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

試験によって確認された各損傷の程度を評価することで得られた乾燥条件を表-2に、また既往の文献値を考慮し、より緩やかになるよう設定した乾燥条件を表-3に示す。さらに、それぞれの乾燥条件における乾燥スケジュールを図-2に示す。

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: °C)		
		初期温度	初期温度差	終末温度
初期割れ	6	50	2.3	81
断面変形	4	54	4.0	80
内部割れ	6	45	2.5	70
総合評価		45	2.3	70

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: °C)		
初期温度	初期温度差	終末温度
45	2.3	60

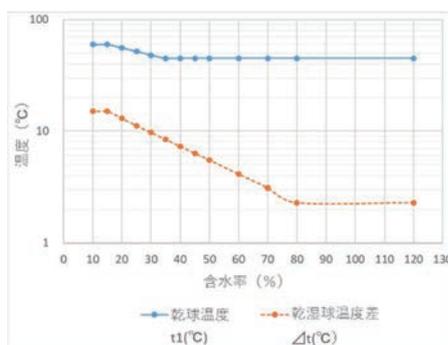
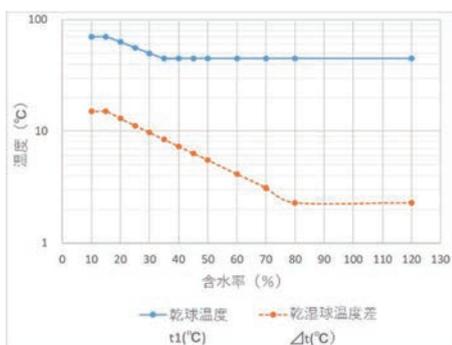


図-2 ホルトノキの乾燥スケジュール（左は表-2、右は表-3に対応したスケジュール）

広葉樹の乾燥期間の短縮に向けた研究

-ホルトノキ天然乾燥試験-

井口 朝道・仲摩 和寛

1. 目的

ホルトノキはホルトノキ科ホルトノキ属の常緑高木で、日本では関東南部から先島諸島まで分布し、低地から山地の林に広く生育するほか、街路樹や公園樹として植栽されている。沖縄県では、35種ある造林樹種の1つとして指定されており、記録の残る昭和60年から令和元年までの期間に9haが新植され、7~8齢級に達する人工林も現存する。一般に、広葉樹を利用する際は、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、ホルトノキの乾燥に関する知見の蓄積は不十分である。そこで、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、ホルトノキ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（3本の丸太）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(厚)×150(幅)×600(長)mmとした板目材（7枚）、追い柵目材（2枚）および柵目材（4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棧積みして行った（図-1）。製材後、ラップに包み冷蔵庫内で保管した後、2022年8月31日から試験を開始した。乾燥期間中は、開始約1ヵ月間は週に2回、その後は1週間に1回の頻度で重量、寸法および割れを計測し、全ての試験体の重量が平衡状態となった2022年11月28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幅の小試験片を用いて、乾燥後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、乾燥後の方向別の収縮率、乾燥期間中の経過日数と含水率の推移、含水率と収縮率の関係について解析し、天然乾燥時の乾燥特性について検討を行った。



図-1 天然乾燥試験の棧積み状況
（中段：ホルトノキ）



図-2 木材のくるいの測定（左：ねじれ、右：幅そり）

3. 試験結果

供試した 13 枚を木目毎に分けて、天然乾燥試験における乾燥特性を示す(表-1)。乾燥後の平均含水率はいずれも約 17%程度で、一般的な気乾含水率である 15%より若干高い値となった。平均収縮率は、板目、追い柵目材では幅方向、柵目材では厚さ方向と、それぞれ木材の接線方向でより大きくなる傾向がみられたが、国産の主要な広葉樹材 (3.9~8.9%) と比較して特に大きな値ではなかった。また、平均のねじれは木目毎に 2~5 mm程度、幅そりは 1mm 程度であった。表面割れは、樹芯の影響により板目材の 1 枚に木表・木裏計で 40 cm程度が確認されたが、それ以外では大きな割れは確認されなかった。また、人工乾燥の際に確認された内部割れは、天然乾燥では見られなかった。

表-1 ホルトノキの木目毎の天然乾燥試験における乾燥特性

木目	供試体数	乾燥後 含水率(%)	収縮率(%)			ねじれ (mm)	幅そり (mm)	表面割れ (枚)	表面割れ長 (cm)	内部割れ (枚)
			繊維方向	厚さ方向	幅方向					
追い柵	2	17.2%	0.0%	2.5%	3.2%	1.9	1.1	1	7.5	0
板目	7	16.6%	0.1%	2.5%	4.0%	5.0	1.5	1	38.9	0
柵目	4	16.7%	0.0%	5.1%	2.2%	5.0	0.8			0

図-3 に天然乾燥中の含水率の推移を示す。初期含水率が 80%~104%と比較的低かった試験体は、開始後 40 日程度で平衡状態に達したが、初期含水率が 95~141%程度とやや高かったものは、平衡状態に達するまで 90 日程度を要した。含水率と収縮率の関係については図-4 に示すとおりである。含水率が高い状態から収縮が始まる供試体ほど、最終の収縮率が大きくなる傾向が見られた。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較して高く、差が 1%程度に抑えられている供試体は 13 枚中 6 枚であった(図-5)。

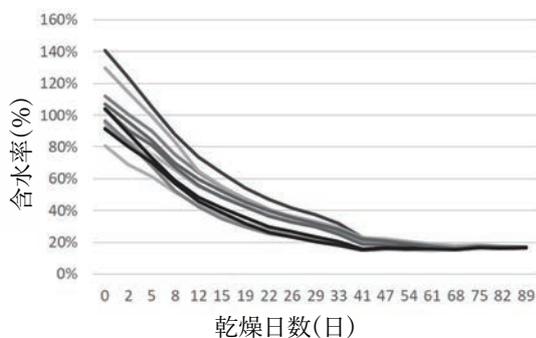


図-3 天然乾燥中の含水率の推移

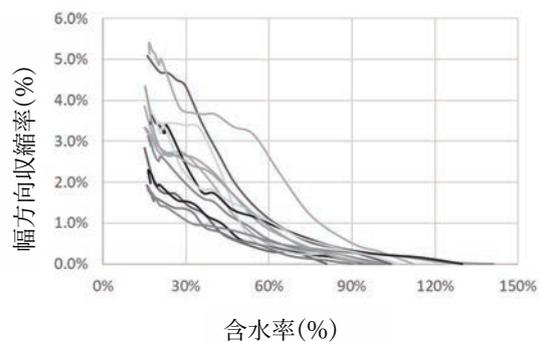


図-4 含水率と幅方向の収縮率の関係

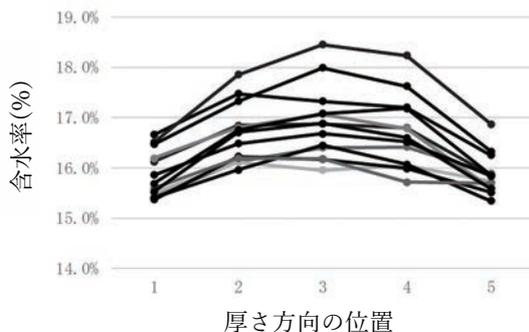
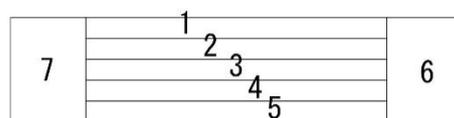


図-5 終了時の厚さ方向の含水率分布



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

-ホルトノキ人工乾燥試験①-

井口 朝道・仲摩 和寛

1. 目的

ホルトノキはホルトノキ科ホルトノキ属の常緑高木で、日本では関東南部から先島諸島まで分布し、低地から山地の林に広く生育するほか、街路樹や公園樹として植栽されている。沖縄県では、35種ある造林樹種の1つとして指定されており、記録の残る昭和60年から令和元年までの期間に9haが新植され、7~8齢級に達する人工林も現存する。一般に、広葉樹を利用する際は、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、ホルトノキの乾燥に関する知見の蓄積は不十分である。そこで、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、ホルトノキの急速乾燥試験の結果、及び既往の文献値を考慮し、より緩やか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（3本の丸太）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。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（厚）×150（幅）×600（長）mmとした板目材（6枚）、追い柵目材（4枚）および柵目材（3枚）の計13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10月4日から試験を開始し、調湿処理を経て10月19日に終了した。

本試験での乾燥スケジュール①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、およそ24時間毎に重量と寸法、割れを計測した。終了時には、全ての試験体を対象に木材のくるいである、ねじれと幅そり、さらに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。また、試験体中央部を切断した際に、一部の供試体に内部割れがみられたため、内部割れの有無についても確認を行った。

以上の測定した項目から、方向別の収縮率、木目毎の狂いや割れ、経過日数と含水率の推移について解析し、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木目毎の乾燥特性を表-1 に、また、試験中の含水率の推移を図-1 に示す。木目毎に平均した最終含水率については、板目材では、生材状態から 15 日目に調湿処理を行うことで目標含水率に近い 8.1% となった。一方で、追い柵目材では約 10%、柵目材では約 11% となり、一部で目標含水率に到達していない供試体がみられた。平均の収縮率については、板目・追い柵目材では幅方向、柵目材では厚さ方向とそれぞれ木材の接線方向でより大きくなる傾向がみられたが、国産の主要な広葉樹材 (3.9~8.9%) と比較して特に大きな値ではなかった。表面割れは計 4 枚で確認されたが、追い柵目材、柵目材の 3 枚については樹芯由来の割れであった。平均のくるとについては、幅そりは特段大きい値を示さなかったが、ねじれについては、木目を問わず 7~9mm となった。内部割れは、追い柵目材、板目材でそれぞれ 2 枚が確認された。

試験終了時の厚さ方向の含水率分布を図-2 に示す。柵目材である材番号 1-5-2 (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 10~32% と高い上に、材中央部と材表面との差も大きく、明らかに乾燥が不十分であった。また、板目材の 3-2-2、追い柵目材の 3-7-2 についても含水率 15% を超える部位が存在し、乾燥が不十分と判断された。これらの材の人工乾燥開始時点の含水率は 103~137% で、他の試験体 (81~113%) に比べ初期含水率が非常に高いとは言えず、乾燥が十分に進まなかった要因については不明である。材中央部と材表面との差が 1% 程度に抑えられており、全体的に 8% 以下であった供試体数は、13 枚中 6 枚であった。

表-1 ホルトノキの人工乾燥試験①における乾燥特性

木目	供試体数 (枚)	乾燥後 含水率 (%)	収縮率 (%)			ねじれ (mm)	幅そり (mm)	表面割れ (枚)	平均表面割れ (cm)	内部割れ (枚)
			長さ方向	厚さ方向	幅方向					
追い柵	4	9.8%	0.2%	5.1%	5.2%	8.7	1.6	1	11.0	2
板目	6	8.1%	0.2%	3.5%	6.3%	8.2	1.3	1	42.8	2
柵目	3	11.2%	0.2%	6.8%	3.6%	7.1	2.1	2	35.7	0

* 平均表面割れ (cm) は、割れた供試体のみでの平均値とする

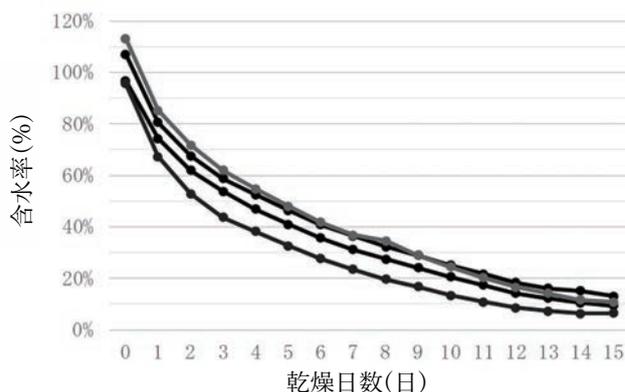
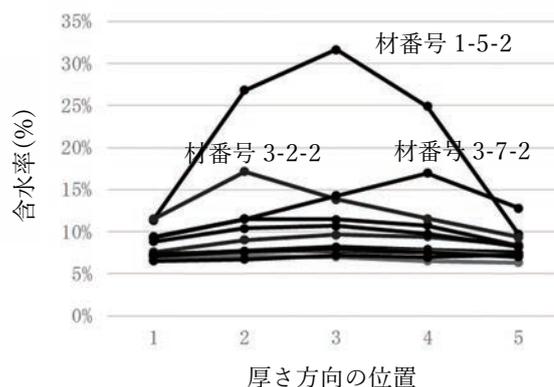


図-1 人工乾燥中の含水率の推移



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

広葉樹の乾燥期間の短縮に向けた研究

-ホルトノキ人工乾燥試験②-

井口 朝道・仲摩 和寛

1. 目的

ホルトノキはホルトノキ科ホルトノキ属の常緑高木で、日本では関東南部から先島諸島まで分布し、低地から山地の林に広く生育するほか、街路樹や公園樹として植栽されている。沖縄県では、35種ある造林樹種の1つとして指定されており、記録の残る昭和60年から令和元年までの期間に9haが新植され、7~8齢級に達する人工林も現存する。一般に、広葉樹を利用する際は、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、ホルトノキの乾燥に関する知見の蓄積は不十分である。そこで、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、ホルトノキ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（3本の丸太）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。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（厚）×150（幅）×600（長）mmとした板目材（8枚）、追い柵目材（2枚）および柵目材（3枚）の計13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10月24日から試験を開始し、調湿処理を経て11月4日に終了した。

本試験での乾燥スケジュール②は、急速乾燥試験の結果を基に作成した乾燥条件を使用し、乾燥温度はスケジュール①よりやや高い45~70℃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うこととしていたが、うち1枚の含水率の減少が他と比べて著しく遅滞したため、全体的に過乾燥とならないよう、残りの1枚でスケジュールを管理した。また、平均含水率相当の2枚を加えた計4枚について、およそ24時間毎に重量と寸法、割れを計測した。

終了時には、全ての試験体を対象に木材のくるいである、ねじれと幅そり、さらに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。また、試験体中央部を切断した際に、一部の個体に内部割れがみられたため、内部割れの有無についても確認を行った。

以上の測定した項目から、方向別の収縮率、木目毎の狂いや割れ、経過日数と含水率の推移について解析し、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木目毎の乾燥特性を表-1 に、また、試験中の含水率の推移を図-1 に示す。平均の最終含水率については、板目材では、生材状態から 11 日目に調湿処理を行うことで目標含水率に近い 8%程度となった。一方で、追い柵、柵目材では 10%を超え、一部で目標含水率に到達していない供試体がみられた。平均の収縮率については、板目材では幅方向、柵目材では厚さ方向とそれぞれ木材の接線方向でより大きくなる傾向がみられたが、国産の主要な広葉樹材（3.9～8.9%）と比較して特に大きな値ではなかった。表面割れは計 5 枚で確認されたが、板目材、追い柵のそれぞれ 1 枚については樹芯および節由来の割れであった。くるいについては、幅そりは特段大きい値を示さなかったが、ねじれは木目を問わず 4～6mm となった。内部割れは、全ての木目で確認され、計 5 枚であった。

次に、試験終了時の厚さ方向の含水率分布を図-2 に示す。追い柵目材である材番号 3-4-2（個体番号-製材位置-鉛直方向位置）については、内部の含水率が 30%以上と高い上に、材中央部と材表面との差も大きく、明らかに乾燥が不十分であった。また、柵目材の 3-6-1、2-6-1、板目材の 3-9-2 についても平均の含水率が 10%を超え、乾燥が不十分と判断された。これらの材の人工乾燥開始時点の含水率は 97～144%で、他の試験体（81～106%）に比べ初期含水率が非常に高いとは言えず、乾燥が十分に進まなかった要因については不明である。材中央部と材表面との差が 1.0%程度に抑えられており、全体的に 8%程度であった供試体数は、13 枚中 2 枚と少なかった。

表-1 ホルトノキの人工乾燥試験②における乾燥特性

木目	供試体数 (枚)	乾燥後 含水率 (%)	収縮率 (%)			ねじれ (mm)	幅そり (mm)	表面割れ (枚)	平均表面 割れ長 (cm)	内部割れ (枚)
			長さ方向	厚さ方向	幅方向					
追い柵	2	17.4%	0.1%	5.2%	4.1%	5.0	1.0	1	14.4	1
板目	8	8.3%	0.1%	3.3%	6.3%	4.3	1.6	4	18.7	3
柵目	3	11.2%	0.1%	6.3%	3.8%	6.0	0.9			1

* 平均表面割れ (cm) は、割れた供試体のみでの平均値とする

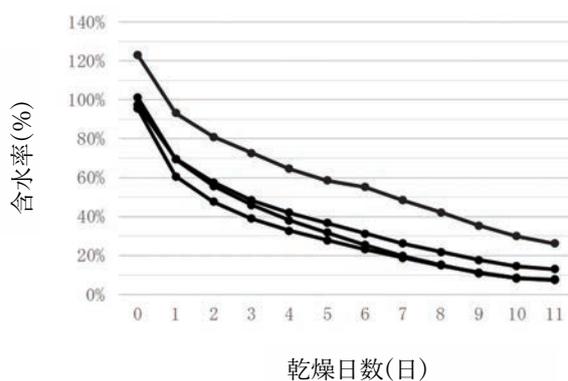
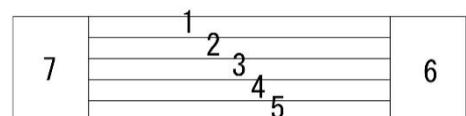
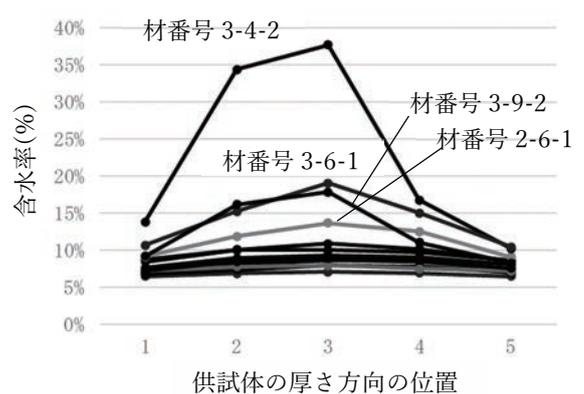


図-1 人工乾燥中の含水率の経過



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

水中貯木の有効性の検証に向けた研究

-アカギ水中貯木試験の対照区の結果-

井口 朝道・仲摩 和寛

1. 目的

アカギはコミカンソウ科（従来の分類ではトウダイグサ科）アカギ属の常緑高木で、日本での自生の分布は沖縄諸島から先島諸島までとされ、石灰岩地に多く見られる。沖縄県では35種ある造林樹種の1つとして指定されており、成長が早く用材利用が見込めることから、昭和60年からこれまで16haの植栽実績があり、特に宮古島においては、優良な林分が多く確認されている。

木材利用に関しては、多数ある沖縄県産有用樹の中でも特徴的な赤色系を示し、一部の木工事業者や消費者からの需要はあるものの、割れやくるい、落ち込みが生じやすい樹種として用材利用が難しいとされている。そこで、一部の事業者では、自ら水中貯木を行いアカギ特有の欠点を軽減させ利用しているが、その効果については科学的に立証されていない。そこで、アカギに対する水中貯木の効果を検証するため本研究を実施したので報告する。

本報では、対照区として水中貯木を行わない通常の天然乾燥試験の結果について報告する。

2. 材料と方法

供試木は、中城村で伐採され、その後2カ月程度土場で保管された後に、2020.10月上旬に製材した丸太5本(No.1-3,5,6)と2020.10下旬に国頭村で自ら伐採後、製材した1本(No.7)である。製材は、企業組合キンモク(金武町)において、全て材厚40mm程度とし、No.2,3,5,6は5枚、No.1は6枚、No.7は7枚となり、その後、長さ方向には60cmに分割し、試験体数は計75枚となった。そのうち、個体や木取りに偏りが無いよう3つに区分(対照区、1年貯木、2年貯木)し、50枚については、森林資源研究センター内の水中貯木槽において水中貯木を開始した。

水中貯木を行わない対照区の天然乾燥試験は、寸法を35(厚)×150(幅)×600(長)mmとした追い杭目材(10枚)、板目材(7枚)および杭目材(8枚)の計25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積み重ねて行った。製材後、ラップに包み冷蔵庫内で保管した後、2022年10月31日から試験を開始した。乾燥期間中は、開始後約1ヵ月間は週に2回、その後は1週間に1回(開始後3ヵ月以降は2週間に1回)の頻度で重量、寸法および割れを計測し、全ての試験体の重量が平衡状態となった2023年4月12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、試験体中央部から採取した2cm幅の小試験片を用いて、乾燥後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、乾燥後の方向別の収縮率、乾燥期間中の経過日数と含水率の推移、試験体に現れた割れやくるいについて解析し、天然乾燥時の乾燥特性について検討を行った。なお、割れについては木表、木裏の両面で確認された数値の合計を示す。

3. 試験結果

供試した 25 枚を木目毎に分けて乾燥特性を示す(表-1)。乾燥後の平均含水率は、いずれも日本の一般的な気乾含水率とされる 15%を超える約 17%程度を示し、乾燥開始から 5 ヶ月以上経過し、平衡状態と思われたがやや高く留まっていることが確認された。方向別の平均収縮率は、追い柵、板目では幅方向、柵目材では厚さ方向とそれぞれ接線方向で最も大きな値を示し、国産の主要な広葉樹材 (3.9~8.9%) と比較しても大きな値となった。また、平均のねじれは板目で 14 mm程度と大きな値を示した。表面割れは、ほとんどの材で確認され、平均の割れ長も 30 cmを超えた。なお、そのうち芯割れの影響とされるものは 8 枚であった。内部割れは計 7 枚で確認された。

表-1 アカギの木目毎の天然乾燥試験 (対照区) における乾燥特性

木目	供試体数 (枚)	乾燥後 含水率(%)	収縮率(%)			ねじれ (mm)	幅そり (mm)	表面割れ (枚)	平均表面割れ (cm)	内部割れ (枚)
			長さ方向	厚さ方向	幅方向					
追い柵	10	17.4%	0.1%	6.9%	9.5%	5.1	5.0	10	49.2	3
板目	7	17.3%	0.0%	4.5%	9.1%	14.2	4.5	5	36.0	3
柵目	8	17.7%	0.0%	9.1%	5.6%	4.4	2.8	8	38.5	1

図-1 に天然乾燥中の含水率の推移を示す。初期含水率は 90-150%と個体による差が大きかったが、開始後 70 日までは比較的速やかに乾燥が進み、多くの試験体が 20%程度まで低下したが、その後の含水率の低下は非常に緩やかとなり、乾燥終了時の 160 日までの 90 日間ではわずか 2%程度しか乾燥が進まなかった。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較して明らかに高い傾向は確認されず、最大の含水率差は 25 枚中 23 枚で 1%未満に抑えられていた。一般に、乾燥が不十分な場合は、材中央部の含水率が明らかに高くなるが今回は確認されなかったことから、全体的な含水率は 16~18%程度と 15%と比べやや高い状態ではあるが、おおむね平衡状態となっていたことが確認された(図-2)。

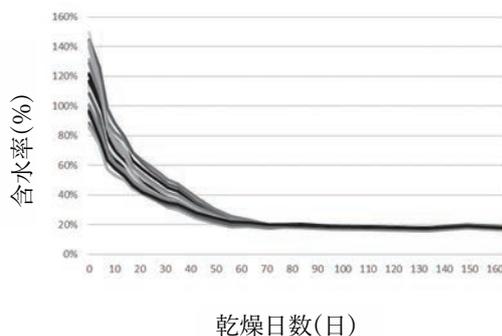
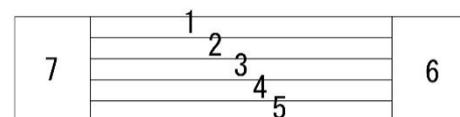
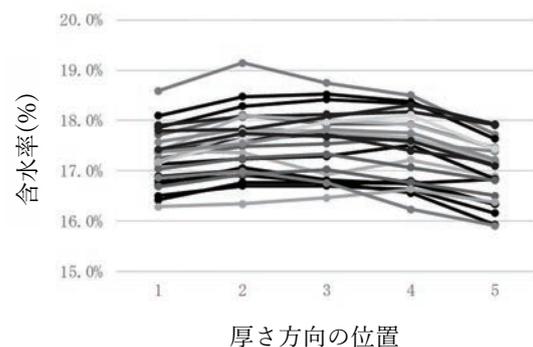


図-1 天然乾燥中の含水率の推移



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

非木質資源を利用したきのこ栽培技術の検討

—非木質資源を利用したシイタケ子実体発生量調査④—

仲摩 和寛

1. はじめに

沖縄県では、拡大基調にあるきのこ生産に応えるため、安定した培地基材の確保が喫緊の課題となっている。新たな培地基材を確保するため、非木質資源としてシークワサー果実絞り粕を培地に 20%置換したシイタケ子実体発生量調査を行ったところ、害菌の発生が顕著となり収穫量も低調なものとなったことから、今報ではベノミル水和剤を添加し、同様の栽培試験を実施した。

2. 方 法

培地基材は、スタジイ (*Castanopsis sieboldii*) とシークワサー (*Citrus depressa*) の果実絞り粕 (以下シークワサー粕) を使用した。スタジイは 2022 年 9 月に名護市内で伐倒後、森林資源研究センターにて破碎 (新宮商行 おが粉製造機 SD-90) し、風乾したおが粉を用いた。シークワサー粕は、10 月 27 日に沖縄総合農産加工株式会社から調達し、同日フードプロセッサにて粉碎後、菌床作成前日まで -20°C で冷凍保存したものを自然解凍して用いた。菌床作成は、11 月 10 日に浸水、11 日に袋詰め・滅菌、12 日に植菌した。試験区は、スタジイおが粉のみを標準区、シークワサー粕を絶乾重比で 20%置換した区、さらに両区に対してベノミル水和剤 (ベンレート、(株)森産業) を菌床重量の 0.02% 添加した区を設定した (試験区の略記号は Cs100、Cd20、Cs100+、Cd20+とする)。栄養剤は、フスマを用い、添加割合を培地基材 : フスマ = 4 : 1 (絶乾重比) とした。各試験区の pH を調整し揃えるため、Cd20、Cd20+区に対し、炭酸カルシウムを培地重量の 0.5% 添加した。含水率 63%、各試験区 2.2kg 菌床とし、供試数は 7 個とした。菌床の滅菌は、高圧滅菌器で 121°C 、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、 21°C で、11 月 13 日～2023 年 2 月 12 日までの 95 日間とした。子実体の発生は、簡易自然発生舎で 2 月 13 日～4 月 17 日まで行った。散水は 5 時、13 時、21 時の 1 日 3 回 6 分間、浸水は 2 回 (3 月 7 日 : 8 時間、3 月 27 日 : 8 時間) とした。調査項目は、シイタケの収穫量 (子実体の生重量)、子実体のサイズとし、収穫量の統計解析は、「R (version 4.0.0)」を使用して、シークワサー粕による 20%の置換とベノミル水和剤の添加による 2 つの要因が収穫量へ与える影響について二元配置分散分析を行った。また、子実体のサイズは、傘直径を直行 2 方向についてノギスで測定し、3cm 未満を SS、3cm 以上～4 cm 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 に区分した。

3. 結 果

各試験区の培地 pH は Cs100 が 5.31、Cs100+が 5.40、Cd20 が 5.48、Cd20+が 5.54 であった。図-1 に収穫 3 回を終えた廃菌床の状況を示す。前報では収穫 1 回を終えた時点でシークワサー粕を置換した区に 50%以上の害菌付着が見られたが、今回の試験ではシークワサー粕の置換およびベノミル水和剤の添加有無に関わらず、害菌付着はほぼ見られなかった。

菌床 1 個あたり収穫量は図-2 のとおりで、平均値±SD では、Cs100 が 441.8±37.0g、Cs100+が 481.0g ±53.6g、Cd20 が 577.0±58.7g、Cd20+が 586.2±48.1g であった。シークワサー粕の置換有無とベノミル水和剤の添加有無を 2 要因として従属変数を収穫量とした二元配置分散分析の結果、シークワサー粕を置換した Cd 区の方が有意に多い (p<0.01) が、ベノミルの添加有無では有意差が無く、交互作用も有意差はなかった。子実体サイズ別割合は図-3 のとおりで、市場価値が高いとされる M サイズ以上の割合は Cs100、Cs100+、Cd20、Cd20+の順に 75.3%、64.7%、53.2%、30.1%であった。シークワサー粕を添加した試験区は、収穫量がイタジイより多いが M サイズ未満の小振りな子実体の割合が高い結果となった。但し、子実体サイズは培養日数をより短く調整することで改善されることも考えられる。また、ベノミル水和剤を添加した区は Cd、Cs 双方の区において M サイズ未満の小振りな子実体割合が高くなった。



図-1 収穫 3 回後廃菌床状況 (左から Cs100、Cs100+、Cd20、Cd20+)

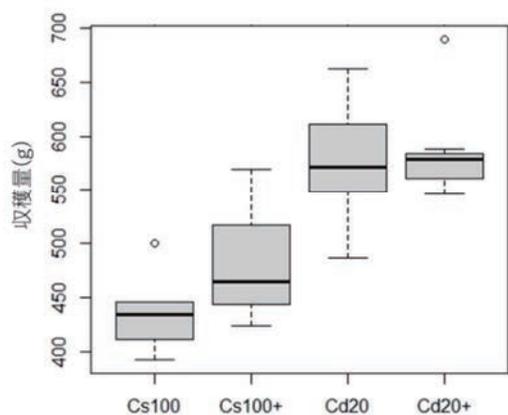


図-2 試験区別菌床 1 個あたり収穫量

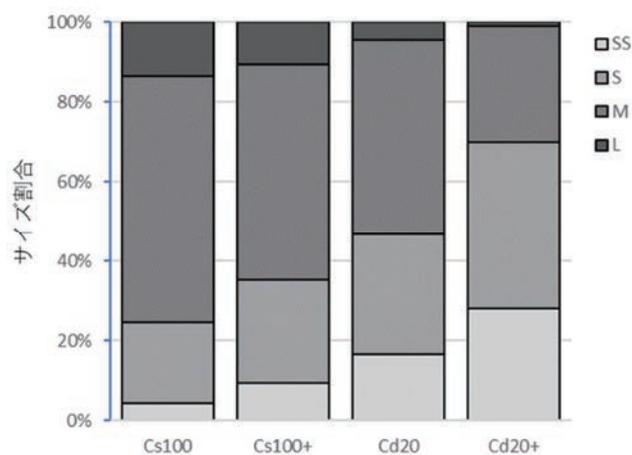


図-3 試験区別子実体サイズ割合

非木質資源を利用したきのこ栽培技術の検討

—非木質資源を利用したアラゲキクラゲ子実体発生量調査④—

仲摩 和寛

1. はじめに

沖縄県では、拡大基調にあるきのこ生産に 대응するため、安定した培地基材の確保が課題となっている。新たな培地基材を確保するため、既報でバガスとシイタケ廃菌床を用いた発生量調査を行ったが、今回はシークワサー絞り粕を用いて同様の調査を行った。

2. 方法

培地基材は、スダジイ (*Castanopsis sieboldii*) とシークワサー (*Citrus depressa*) の果実絞り粕を使用した (以下 Cs、Cd と略す)。Cs は 2022 年 9 月に名護市内で伐倒後、森林資源研究センターにて破碎 (新宮商行 おが粉製造機 SD-90) し、風乾したおが粉を用いた。Cd は、10 月 27 日に沖縄総合農産加工株式会社から調達し、同日フードプロセッサにて粉碎後、 -20°C で冷凍保存し、自然解凍して用いた。菌床作成は、11 月 10 日に浸水、11 日に袋詰め・滅菌、12 日に植菌した。試験区は、Cs100% を標準区とし、Cd により 25%、50% の割合で Cs 基材を置換した区 (絶乾重比) の計 3 区を設定した (順に Cs100、Cd25、Cd50 と略す)。栄養剤は、培地基材 : フスマ = 4 : 1 (絶乾重比) とした。pH 調整剤は炭酸カルシウムを全区に対し培地重量の 1.0% 添加した。含水率 63%、各試験区 1.0kg 菌床とし、供試数は 7 個とした。菌床の滅菌方法は、高圧滅菌器で 121°C 、90 分とし、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。試験区の pH は、滅菌後の培地から 5g 採取し、25g のイオン交換水を加えて攪拌し、1 時間静置した後、再度攪拌し、卓上型 pH 計 (堀場製作所 F-74) で 3 回測定した平均値により確認した。培養は、空調施設を有する培養室にて室温 24°C に設定し、11 月 13 日から実施した。

3. 結果

各試験区の pH は Cs100、Cd25、Cd50 の順に 6.1、5.8、5.7 であった。培養 16 日目の菌床の状況を写真-1 に示す。Cs100 は菌床全体にアラゲキクラゲの菌糸が十分に蔓延していることが確認できるのに対し、Cd25 は接種源から 5~20mm 程度の伸長に留まり、Cd50 では全く伸長が見られなかった。また、Cd25、Cd50 では *penicilium* 属と思われる害菌のコロニーが全ての菌床で確認された。これらの培養状況からアラゲキクラゲの培地基材にシークワサー絞り粕を用いることは不適であると思われる、培養段階で試験を終了した。



写真-1 培養 16 日目の菌床の状況 (左 : Cs100、中央 : Cd25、右 : Cd50)

スタジイおが粉の保管期間が与えるシイタケ子実体への影響

仲摩 和寛

1. はじめに

本県のシイタケ生産現場では、平成26年頃から生じた発生不良により1菌床あたりの収穫量が300gを下回る事態が続いたが、生産者施設の各工程や栽培環境をモニタリング、ヒアリングしつつ、適正な基準値に近づくよう改善を続け、現在では従来の収穫量程度まで回復している。

一方、本センターでは、不適樹種が混入した際の影響を調べるため、クスノキ科等の樹種を置換した栽培試験を実施してきたが、既報¹⁾の試験では、破碎直後のスタジイ (*Castanopsis sieboldii*) おが粉を用いた菌床は、クスノキ科の収穫量より劣り、発生不良時に近いものであった。広葉樹おが粉の主構成となるスタジイが保管期間により発生不良の要因となるのであれば、発生不良に繋がるリスクは高いものと予想される。そこで、スタジイおが粉の保管期間による影響と適切な管理期間を検討するため、菌床シイタケの発生量調査を行ったので報告する。

2. 方法

培地基材は、2022年8月から11月にかけて1月毎に1本ずつ名護市内で伐倒したスタジイを森林資源研究センターにて破碎（新宮商行 おが粉製造機 SD-90）したおが粉を用いた。菌床作成は、11月23日に浸水、24日に袋詰め・滅菌、25日に植菌した。試験区は、おが粉の保管期間別に、破碎直後、1ヶ月、2ヶ月、3ヶ月保管の計4区（以下 fresh、1month、2month、3month とする）を設定した。おが粉は、破碎後、雨のかからない倉庫内にてブルーシート上に敷並べて風乾し、よく乾燥させた状態で保管した。栄養剤は、培地基材：フスマ＝4：1（絶乾重比）とした。含水率63%、各試験区2.2kg菌床とし、供試数は7個とした。菌床の滅菌方法は、高圧滅菌器で121℃、90分とし、菌株は、直前に購入したXR-1（森産業）とした。培養は、21℃で、11月25日～2023年2月23日までの90日間とした。子実体の発生は、簡易自然発生舎で2月24日～4月24日まで行い、3回の収穫とした。散水は5時、13時、21時の1日3回6分間、浸水は2回（3月16日：8時間、4月3日：8時間）とした。調査項目は、シイタケの収穫量（子実体の生重量）、子実体のサイズとし、収穫量の統計解析は、「R（version 4.0.0）」を使用して、Tukey-Kramer法による多重比較検定を行った。

3. 結果

各試験区の収穫量について、平均値±SDはfresh区が431.3±55.3g、1month区が541.7±45.0g、2month区が516.3±31.1g、3month区が541.1±61.3gであった。各区を多重比較検定したところ、fresh区がほか3区と比べ収穫量が低い(p<0.05)結果となった(図-1)。3回の収穫期間別の平均収穫量、標準偏差および多重比較検定した結果を図-2に示す。1回目の収穫では全ての区間に有意差はみられなかったが、2回目の収穫ではfresh区の収穫量が有意に少なく(p<0.01)、3回目の収穫では全ての区間に有意差はみられなかった。fresh区が他の区に対し低調な収穫量となったのは、2回目の発生が少なかったことに起因していた。

各区の子実体サイズ別割合は図-3のとおり、市場価値が高いとされるMサイズ以上がfresh区で39.9%、

1month 区が 53.4%、2month 区が 60.0%、3month 区が 55.5% となり、1~3month 区が 5 割を超えていたのに対し、fresh 区は 4 割程度であった。また、L サイズの子実体サイズは、fresh 区、1month 区、2month 区が順に 5.2%、6.1%、7.7% であったのに対し、3month 区は 18.2% と比率が高くなっていった。

これらの結果より、収穫量の面を考えると原木の破碎から 1 ヶ月以上経過したおが粉を使用することが望ましく、3 ヶ月経過したおが粉を使用すると大径の子実体割合が高まることが示唆された。なお、栽培中の各区のシイタケ発生状況は図-4 のとおりで、奇形の子実体が見られるようなことは無かった。

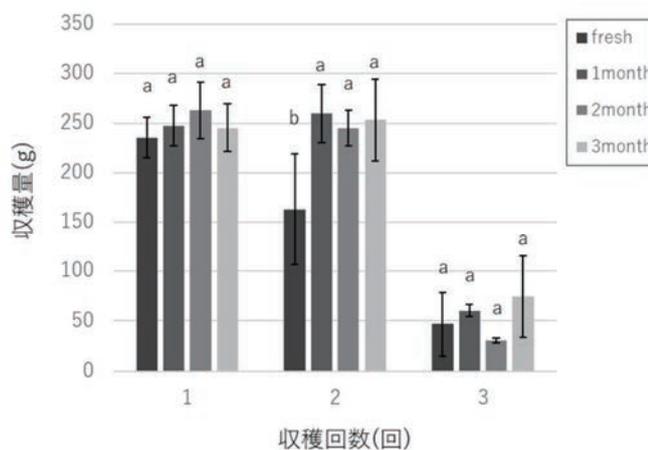
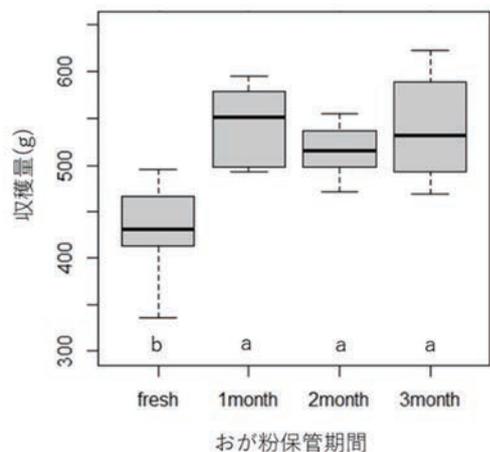


図-1. おが粉保管期間別シイタケ収穫量

図-2. おが粉保管期間別収穫回数別シイタケ収穫量

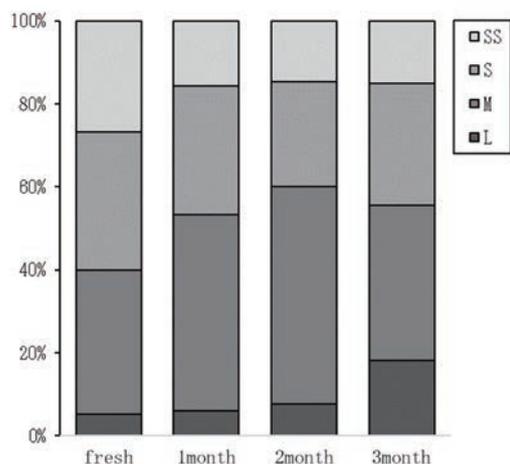


図-3. おが粉保管期間別シイタケ子実体サイズ割合

図-4. 保管期間別の菌床シイタケ発生状況
(左上 fresh、右上 1month、左下 2month、右下 3month)

引用文献

- 1) 伊藤ら (2021) 菌床シイタケにおける不適樹種の検討-クスノキ胸高直径別、滅菌温度別試験-, 沖縄県森林資源研究センター業務報告, No. 63, 72-73

松くい虫発生予察調査

大石 毅

1. はじめに

この調査は、マツノマダラカミキリ（以下、カミキリ）成虫の発生消長と累積有効積算温度により、羽化脱出時期を推定し、薬剤散布及び伐倒駆除時期の決定等に役立てるものである。

2. 方 法

産卵のために供試したカミキリ個体群は、2019年に名護市内のリュウキュウマツ（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世代飼育した個体群を用いた。

試験に用いたマツは健全または枯損していない木を2021年6月と2021年8月に伐採・玉切り（長さ×直径＝100cm×10～25cm）、伐倒した時期別に森林資源研究センター構内の2つの網室に35～40本ずつ保管した。6月に伐倒・玉切したマツを保管した網室には2021年6月16日に既交尾のカミキリ10ペア（以下、6月産卵区）、8月に伐倒・玉切したマツを保管した網室には2021年8月23日にカミキリ9ペア（以下、8月産卵区）を放飼し、産卵させた。羽化脱出個体数の調査は2022年3～7月の期間行い、羽化脱出した個体をすべて回収し、回収日と個体数を記録した。なお、マツは2023年2～3月にすべて分解調査し、マツの内部に越年した幼虫、蛹、成虫がいないことを確認した。

3. 結 果

2022年の全体的（6月産卵および8月産卵の合計値）な、羽化脱出初日は2022年4月18日、50%羽化脱出日は6月10日、羽化脱出最終日は2022年7月26日、羽化脱出した総個体数は713頭であった（表1）。2022年の羽化脱出初日は2021年に比べて9日早く、50%羽化脱出日は8日遅く、羽化脱出最終日は26日遅かった（表1）。

6月産卵区と8月産卵区の羽化脱出初日は4月18日と5月6日、50%羽化脱出日は6月1日と6月15日、羽化脱出最終日は7月12日と7月26日であった（表2、図）。

表1. 当年および過去12年間の羽化脱出日に関する概要

調査年	羽化脱出初日	50%羽化脱出日	羽化脱出最終日	総個体数
2022	4月18日	6月10日	7月26日	713
2021	4月27日	6月2日	6月30日	707
2020	4月24日	6月11日	7月28日	1,341
2019	4月25日	6月6日	7月25日	713
2018	4月20日	6月4日	7月17日	282
2017	4月25日	5月26日	6月21日	132
2016	5月2日	5月20日	6月16日	152
2015	4月16日	6月5日	7月3日	309
2014	4月22日	6月16日	7月13日	310
2013	4月15日	5月21日	6月30日	143
2012	4月21日	6月8日	6月30日	282
2011	5月10日	6月14日	7月17日	570
2010	4月19日	6月19日	7月23日	930

表2. 産卵時期別の調査に関する基礎情報

調査項目	調査区名	
	6月産卵区	8月産卵区
マツ伐倒日	2021年6月16日	2021年8月23日
放飼頭数	メス=10頭 オス=10頭	メス=9頭 オス=9頭
放飼日	2021年6月24日	2021年8月23日
羽化脱出初日	2022年4月18日	2022年5月6日
50%羽化脱出日	2022年6月1日	2022年6月15日
羽化脱出最終日	2022年7月12日	2022年7月26日
総羽化個体数	343頭	370頭

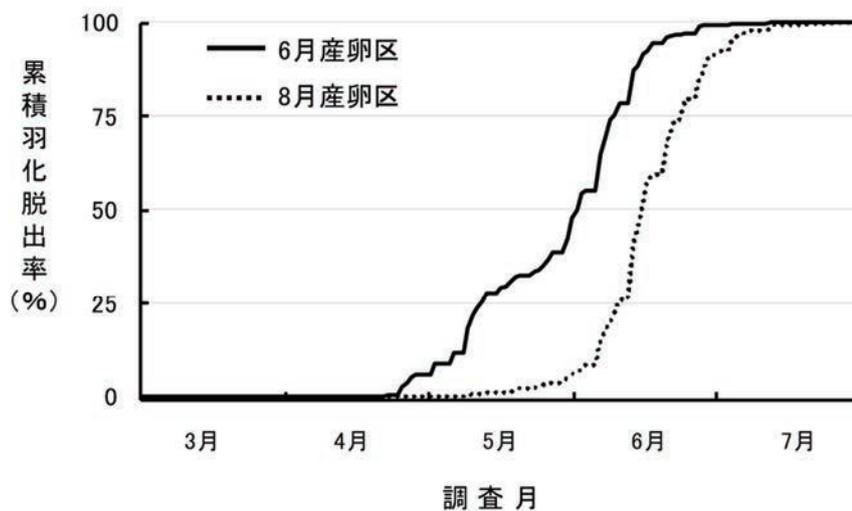


図. 産卵開始時期別の羽化脱出率の推移

マツノマダラカミキリの羽化時期と体サイズ

-産卵時期が羽化時期と体サイズへ与える影響 (2022) -

大石 毅

1. はじめに

害虫の発生パターンを調査することは防除の時期等を検討する上で重要である。そこで今回は、マツノマダラカミキリ（以下、カミキリ）の産卵時期の違いが羽化脱出時期および体サイズに与える影響について調査するために、産卵開始時期を6月、8月に設定した場合の羽化脱出時期や成虫の体サイズについて調査した。

2. 方法

産卵のために供試したカミキリ個体群は、2019年に名護市内のリュウキュウマツ（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世代飼育した個体群を用いた。

試験に用いたマツは健全または枯損していない木を2021年6月と2021年8月に伐採・玉切し（長さ×直径=100cm×10~25cm）、玉切したマツは時期別に森林資源研究センター構内の2つの網室に35~40本ずつ保管した。6月に玉切したマツを保管した網室には2021年6月16日に既交尾のカミキリ10ペア（以下、6月産卵区）、8月に伐倒・玉切したマツを保管した網室には2021年8月23日にカミキリ9ペア（以下、8月産卵区）を放飼し、産卵させた。羽化脱出した個体数の調査は2022年3~10月の期間行った。羽化脱出した成虫はすべて回収し、回収日、性別、個体数、体長を記録した。なお、2023年2~3月にマツはすべて分解調査し、マツの内部に越冬した幼虫、蛹、成虫がいないことを確認した（データ省略）。

3. 結果

(1) 産卵時期が羽化時期に与える影響

メスの最初の羽化脱出は6月産卵区では4月25日、8月産卵区5月13日であり、6月産卵区に比べ8月産卵区は18日遅くなった。メスの羽化個体数が多い時期は6月産卵区では6月の初旬から中旬、8月産卵区では6月中旬であった。メスの最終羽化脱出時期は6月産卵区では7月4日、8月産卵区では7月26日であり、6月産卵区に比べ8月産卵区は22日遅くなった。（図1の左側の上下）。

オスの最初の羽化脱出は6月産卵区では4月18日、8月産卵区5月6日であり、6月産卵区に比べ8月産卵区は18日遅くなった。オスの羽化個体数が多い時期は6月産卵区では6月の初旬から中旬、8月産卵区では6月中旬であった。オスの最終羽化脱出時期は6月産卵区では7月12日、8月産卵区では7月5日であり、6月産卵区に比べ8月産卵区は7日早くなった。（図1の右側の上下）。

(2) 産卵時期が体サイズに与える影響

メスの体サイズは6月産卵区では $23.4 \pm 3.2\text{mm}$ (平均値 \pm SD)、8月産卵区では $23.7 \pm 3.0\text{mm}$ であり、その差は 0.3mm であった (図2の左側)。

オスの体サイズは6月産卵区では $22.5 \pm 3.6\text{mm}$ (平均値 \pm SD)、8月産卵区では $23.1 \pm 3.4\text{mm}$ であり、その差は 0.6mm であった (図2の右側)。

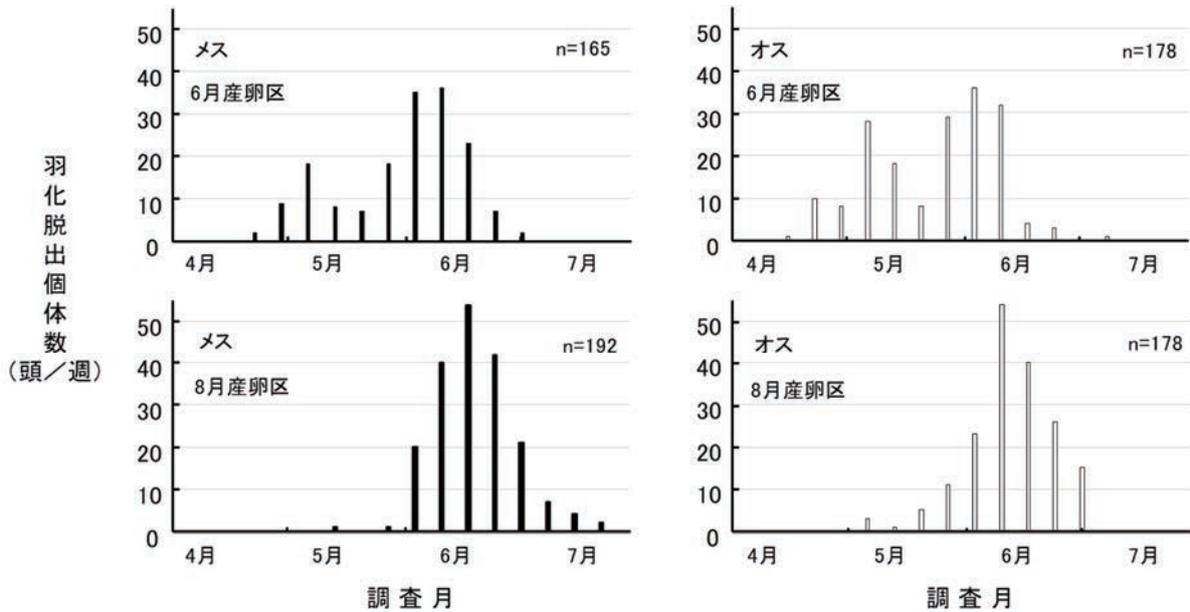


図1. 産卵開始時期が羽化脱出時期にあたる影響

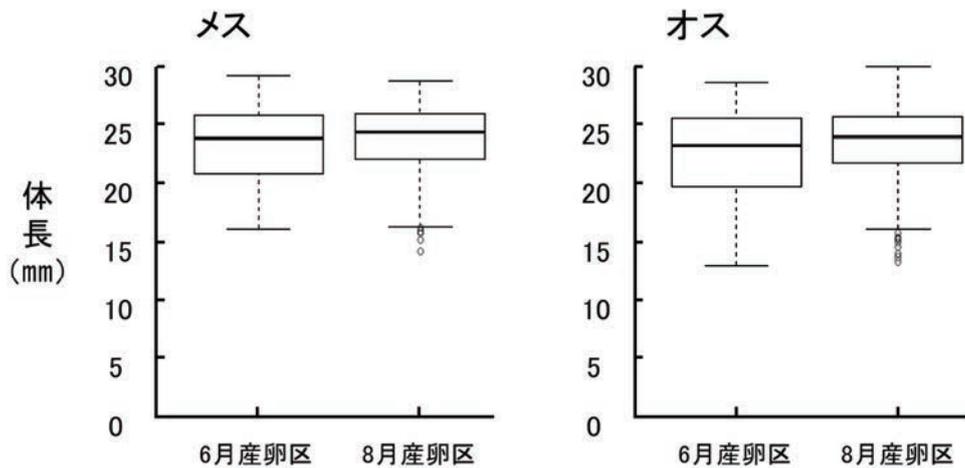


図2. 産卵開始時期が体サイズにあたる影響

アカギヒメヨコバイに対するチアメトキサムの防除効果

-薬剤処理後の残効期間について-

大石 毅・東江 賢次

1. はじめに

アカギヒメヨコバイ (*Coloana arcuata* Dworakowska) は2019年6月に沖縄島南部のアカギの街路樹において国内で初めて発生が確認された。本害虫は主にアカギに寄生し、幼虫や成虫に吸汁されたアカギの葉は黄化または褐変し、落葉する。さらに、本害虫が多発している木の周辺は幼虫や成虫の排泄物等により茶褐色に汚れる。このようなことから被害木の近隣の住民から街路樹管理者に対し苦情が多数寄せられており、街路樹管理者等はその対応に苦慮している。そのため、防除方法として2020年7月から樹幹注入剤 (4.0%チアメトキサム) による防除効果試験を開始した。今回は本薬剤の2020年7月から2023年1月までの防除効果について報告する。

2. 方 法

試験地は名護市内の街路樹のアカギにて実施した。試験薬剤は4.0%チアメトキサム (アトラック[®]液剤) を用いた。薬剤の樹幹注入は2020年7月14日に行った。処理区および無処理区の反復として木をそれぞれ4本設定した。調査は樹幹注入後から2020年7月から2021年7月までは毎月、2021年7月から2022年7月までは2月ごとに実施した。さらに、その後は2022年11月と2023年2月に実施した。虫の個体数の調査はそれぞれの木から4複葉採集し、実験室に持ち帰り、幼虫および成虫の頭数を記録した。なお、各試験区の処理量および木に関する基礎情報については表に示した。

3. 結 果

処理区の幼虫の個体数は、2020年8月から2023年11月の期間において0.0~0.4頭/複葉 (平均値) で推移した (図中の上)。処理区の幼虫の個体数は2023年2月に3.1頭/複葉と僅かに増加したが、調査期間の幼虫の個体数は無処理区より高い値を示すことはなかった (図)。

処理区の成虫の個体数は、2020年8月~2023年2月の期間において0.0~1.6頭/複葉で推移した (図中の下)。処理区の成虫の個体数が無処理区より高い値を示したのは2022年3月と2023年2月であったが、その差はそれぞれ0.06頭/複葉、0.13頭/複葉であり極めて小さかった (図)。

以上のことから、4.0%チアメトキサムによるアカギへの樹幹注入処理はアカギヒメヨコバイに対し防除効果は高く、幼虫および成虫に対する残効は少なくとも2021年11月までの16ヶ月間継続すると考えられた。無処理区において2022年1月以降、幼虫および成虫の発生が少なくなった要因の一つとして、アカギに発生するアカギヒメヨコバイの被害軽減対策として実施した定期的な剪定が考えられた。調査期間中の処理区における幼虫の発生は極めて少ないに

もかかわらず、成虫の発生が確認された。これらの成虫は無処理区もしくは近接するアカギからの飛来による個体である可能性が高いと推察された。

表. 処理薬剤および調査木に関する基礎情報

試験区名	使用薬剤	有効成分・処理量	調査木No.	樹高(cm)	胸高直径(cm)	処理量(ml)
薬剤処理区	アトラック [®] 液剤	4.0%チアメトキサム	1	487	24	120
		DBH ^{注1} =11~20cm 60~120ml	2	503	25	120
		DBH>20cm DBHが [△] 10cm増すごとに60~120ml増量	3	439	21	120
			4	481	33	240
無処理区			1	502	19	-
			2	512	33	-
			3	474	29	-
			4	638	34	-

注1: 胸高直径

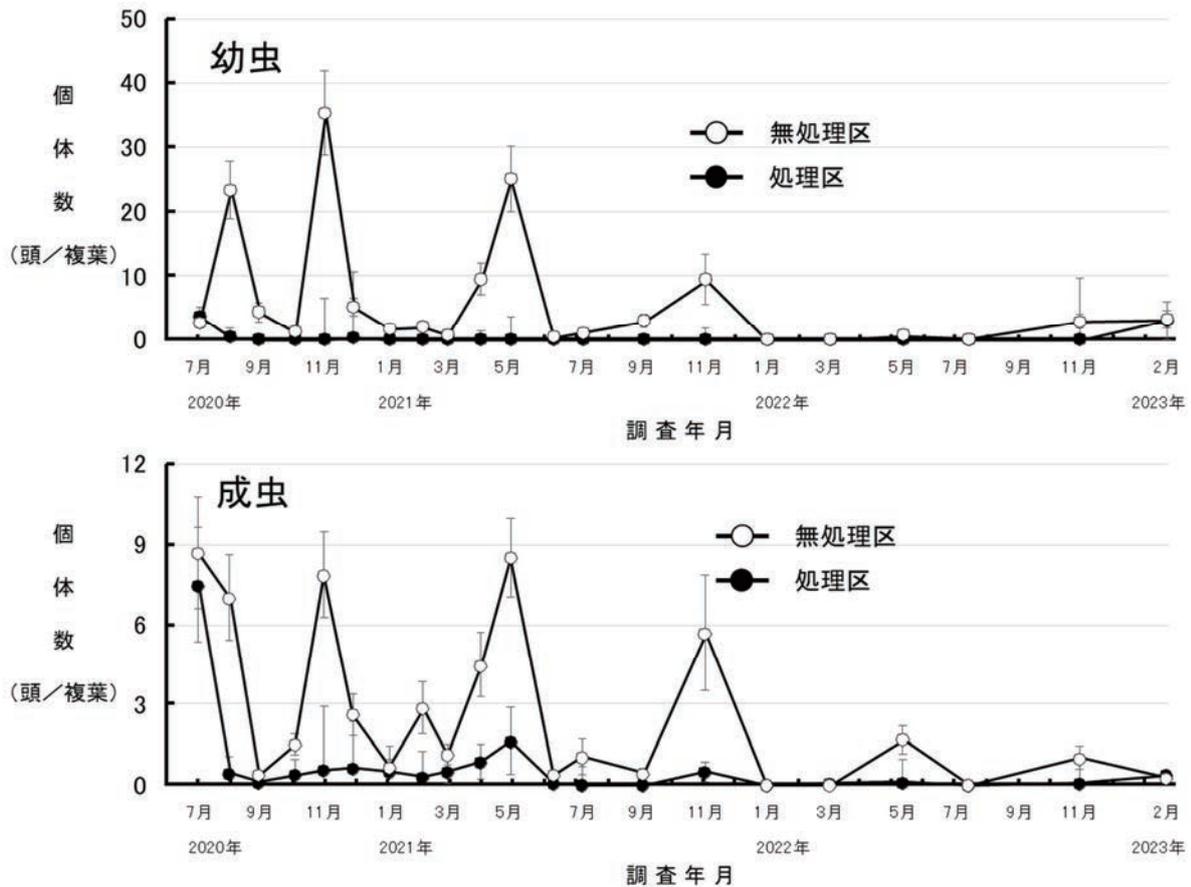


図. アカギヒメコバイの幼虫(上)および成虫(下)に対する防除効果

図中のエラーバーは標準誤差

イジュ優良個体の挿木苗の生育状況と植栽について 2

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一つであり、苗木の需要は高い。成長の優れたイジュ造林地の造成のためには、優良個体からの種子確保が不可欠であることから、優良個体として選抜した個体の挿木クローンを作成し（研究報告 No62）、2022 年 1 月に暫定採種園造成のため植栽を実施した（業務報告 No33）。今回は、暫定採種園における家系数及びクローン個体数を増やすことを目的として、新たに増殖した挿木クローンを植栽したのでその概要について報告する。

2. 材料と方法

イジュ優良個体 27 個体（研究報告 No62）のうち 19 個体と、優良個体としては選抜されなかったものの形質上大きな問題が無く採穂が容易であった 2 個体について、2021 年 1 月末から 2 月初旬に採取した穂木を、研究報告 No62 と同様の方法で挿木し、2021 年 10 月～2022 年 2 月に、M スターコンテナ苗（用土、ココピート：パーライト=9:1、基肥として 1 鉢あたりハイコントロール 700 を 10g 施用）に鉢上げし、ネットハウスで管理した（以下 2021 年挿木クローン）。2023 年 1 月に、森林資源研究センター内暫定採種園のブロック B と C に、原則その時点で苗高 30cm 以上の個体を 4m 間隔(625 本/ha)で植栽した（図-1）。また、研究報告 No62 記載の挿木クローンのうち、前年度は生育が十分でなかったため植栽対象外としたが 2023 年 1 月時点で苗高 30cm 以上となっていた個体（以下 2020 年挿木クローン）もブロック B と C に併せて植栽した。配置については、エクセルのマクロ機能を活用した採種園等の設計支援ソフト MIX-WEX (Mixed for Windows with Excel version 1.0.0, 林木育種センター) を用いて決定し、9 型の配置形式とした。

また、ブロック B において、挿木苗の防風等の観点から実生苗（苗高 30cm 以上）を挿木クローンの間に千鳥に植栽した。実生苗は、2021 年 10 月に名護市及び国頭村内で採種後、パーミキュライトにとり播きし発芽した稚苗を 2021 年 12 月～2022 年 1 月に M スターコンテナ（用土、ココピート：パーライト=9:1、基肥として 1 鉢あたりハイコントロール 700 を 10g 施用）に鉢上げしたものである。なお、ブロック C は風当たりの弱い斜面であったため、実生苗は植栽しなかった。

3. 試験結果

2021 年挿木クローンについて、2023 年 1 月の植栽直前に生存していた総本数は 328 本で、30cm 以上で植栽対象となったのはそのうち 226 本だった。挿木本数 834 本に対する得苗率は約 27% で、家系によって大きくばらつき、7 個体においてはクローンが得られなかった（表）。

今回植栽したのは、2021 年挿木クローン 14 家系 219 本と 2020 年挿木クローン 4 家系 14 本の合計 18 家系 233 本（表）及び実生苗 192 本で、植栽図は図-2、3 のとおりである。

2 カ年に渡る植栽により造成したブロック A～C の暫定採種園（総面積=約 0.45ha）は、将来的

に事業として採種園を造成する上で、優良個体の遺伝子を保存する役割も期待される。また、暫定採種園の優良個体クローンの成長量や結実時期・量等についてデータを継続的に集積し、採種園の適切な管理方法などの技術を確立する必要がある。



図-1 イジュ暫定採種園位置図とクローン

表 イジュ優良個体挿木苗の2023年1月の生育状況と植栽本数

個体名	管理番号	優良個体	挿木本数	生存本数	苗高30cm以上本数	得苗率*	植栽本数
2021挿木クローン							
楚洲1	No110	○	40	12	1	2.5	0
楚洲2	No111	○	39	4	0	0	0
楚洲3	No112	○	40	2	0	0	0
奥間2	No152	○	40	2	0	0	0
奥間3	No153	○	40	21	18	45.0	18
辺野喜1	No156	○	40	30	26	65.0	26
辺野喜2	No157	○	40	7	6	15	7
辺野喜3	No158	×	40	9	9	22.5	9
源河8	No159	○	40	35	35	87.5	34
源河9	No160	○	40	7	5	12.5	5
源河10	No161	○	40	22	7	17.5	7
源河6	No167	○	40	8	0	0	0
古我知1	No169	×	39	29	21	53.8	21
古我知2	No170	○	40	37	35	87.5	30
古我知3	No171	○	38	25	17	44.7	17
古我知4	No172	○	39	11	0	0	0
古我知5	No173	○	40	10	0	0	0
奥2	YB16-㉔	○	40	31	29	72.5	29
奥6	YB16-㉖	○	39	6	2	5.1	1
奥間9	育天4	○	40	7	4	10.0	4
奥間11	育天6	○	40	13	11	27.5	11
小計			834	328	226	27.1	219
2020挿木クローン							
奥間4	No154	○	-	-	-	-	6
楚洲4	No113	○	-	-	-	-	6
楚洲5	No114	○	-	-	-	-	1
楚洲8	No117	○	-	-	-	-	1
小計							14
合計							233

*得苗率：挿木本数に対する2023年1月時点で生存していた挿木苗のうち30cm以上の本数



18							No171	No159	No153	No156	No159	No170
17							No169	No170	No113	No158	YB16-2	No169
16							No156	No154	YB16-2	育天6	No153	No157
15						No113	No159	育天6	No170	No159	No169	No154
14						YB16-2	No171	YB16-2	No158	No153	YB16-2	No171
13					No154	No159	No161	No156	No169	No114	No156	No170
12	No159	No161	YB16-2		No153	No158	No157	No113	No171	育天6	No157	No169
11	No171	No156	No169		No161	育天6	No159	No169	YB16-2	No170	YB16-2	No156
10	No170	No158	育天6	No159	No171	YB16-2	No153	No170	No156	No171	No153	No159
9	No157	No159	No171	No170	No156	No157	No169	No171	YB16-2	No170	No156	YB16-2
8	No169	育天6	No156	No153	No171	YB16-2	育天6	No153	No154	No159	No169	No153
7	No153	YB16-2	No170	No113	No159	No169	No159	No170	No156	No158	No171	No161
6				No169	育天6	No156	No171	YB16-2	No159	YB16-2	No156	No117
5				No159	No153	No158	No153	No156	No169	育天6	No153	No161
4				育天4	No171	No170	No157	No158	No170	No159	No170	No169
3					YB16-2	No154	No159	No169	No156	No158	No154	No153
2						No156	No171	No113	No170	No161	No170	No156
1						No113	No161	育天6	No153	No171	No169	No159
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

図-2 イジュ暫定採種園植栽クローン配置図 (ブロック B)



13						YB16-2	No170
12		No159	YB16-2	No169	No159	No171	No169
11		No170	育天4	No170	YB16-2	No170	No156
10		YB16-2	No156	No159	No156	No159	No153
9		No159	No160	No170	育天4	No170	YB16-2
8		YB16-2	No153	No156	No159	No171	No159
7		No170	No159	No169	No170	No156	YB16-2
6	No159	No169	育天6	No160	YB16-2	No159	No170
5	No156	No158	No170			No160	No156
4	No170	YB16-2	No159	YB16-2	No159	YB16-2	No170
3		育天4	No160	No156	No170	No156	No159
2		No159	No153	YB16-2		YB16-2	No169
1	YB16-6	No170	No157	No159		No160	No159
	1	2	3	4	5	6	7

図-3 イジュ暫定採種園植栽クローン配置図 (ブロック C)

イジュの個体別採種時期別発芽率について

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一つであり、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、M スターコンテナ苗の育苗については技術が確立されている。また、優良個体を選抜し、そのクローン苗によって暫定採種園を造成し、結実が期待される場所である。しかし、イジュの種子の発芽率が低いことが、苗木の安定生産に向けた課題である。本試験では、イジュの個体別及び時期別に採取した種子の発芽率について、既存の資料のデータ（表-1）と比較検討した。

2. 材料と方法

イジュの種子は、名護市大中公園内から5本、国頭村辺野喜ダム内から3本、いずれも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採取した。採種時期は2022年9月中旬（9月13日又は14日）、9月下旬から10月上旬（9月27日又は10月4日）、10月中旬（10月12日）、10月下旬（10月24日）の4回とした（表-2）。採種は高枝切鋏を用い、果実のついた枝先を採取して、採取後2日以内に果実のみに分離し、果実数を数えた後、熱風乾燥機（ESPEC社製 LC-234）35℃で24時間乾燥させた。乾燥後、果実に亀裂が入ったところを割ってすべての種子を取り出し、種子の重さを測定した。ただし、10月下旬に採取したものの中には、すでに果実に亀裂が入っており、機械による乾燥工程を省略したものを含む。取り出した種子はその日のうちにバーミキュライトを充填した育苗箱に播種した。育苗箱は、ガラス室内のビニルトンネル内で1日3回かん水し、播種日から1ヶ月後の発芽本数を数えた。

種子分離に供試した果実とは別に、果実4~6個を半分になり（図）種子数を数えて、果実1粒あたりの平均種子数を求め、供試果実数をかけ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を発芽率とした。また、計量した種子重量を供試種子数で割った値を1粒あたりの平均重量とした。

3. 試験結果

果実1粒あたりの種子数は、14~15粒で、果実は5室からなるさく果で、1室に平均で約3粒含まれていた（図）。ただし、大中公園 No.3 では15~18粒、辺野喜ダム No.1 では16~19粒で（表-2）、果実が6室であったり、1室に4粒の種子が含まれていた。

発芽率は、大中公園 No.1 と No.9 及び辺野喜ダム No.0 においては、5%以上だったが、それ以外の個体は非常に低かった。発芽率が比較的高い3個体においても、10%を超えたのは大中公園 No.1 の9月14日と辺野喜ダム No.0 の10月24日のみで、既存の資料の20%（表-1）を下回っていた（表-2）。採種時期と発芽率の関係をみると、大中公園 No.1 は9月中旬に採取した種子の

発芽率が高く、採取が後になるほど発芽率は低かったが、辺野喜ダム No0 は逆で、採取時期が後になるほど発芽率が高い結果となった。大中公園 No9 はどの時期でもあまり変わらず 6~8% 程度だった(表-2)。

1g あたりの種子数は 90 粒から 292 粒と幅があり、個体や採取時期によってばらついた(表-2)が、いずれの値も、これまで発芽率を求める際に利用していた既存の資料の値 (1g あたり換算 293g) (表-1) より低かった。これより、既存の値を利用して発芽率を求めると、1g あたりの種子数が実測値より大きいため、発芽率は過小になることがわかった。また、重量と発芽率との関連性はみられなかった。

今回の結果より、発芽率には個体差があり、しかも 1% 前後でかなり低い個体があることがわかった。また、種子採取の時期による発芽率の傾向は個体によって異なっていた。

採取適期については、既存の資料に 10~12 月とあるが (表-1)、9 月中旬採種で、熱風乾燥機を用いて得た種子でも発芽することが分かった。この方法は機材も手間も要するため、生産ベースの種子採取には向かないが、採種適期前に事前に播種試験を行うことで、発芽率が極めて低い個体を予測することができ、採種対象木を絞ることができると考えられた。

表-2 供試母樹別採取時期別の発芽率及び種子重量

表-1 イジユに関する既存データ

採種時期	10~12月
採種適期	11月
1kgあたり粒数	293,000粒
発芽率	20%

※ (社) 沖縄県緑化推進委員会
平成17年12月 第3回改訂版増刷
沖縄有用樹木要覧P90より抜粋



図 果実切断状況

母樹No	採種日	果実1粒あたりの種子数 確認個数	種子数/ 果実1粒	供試果実 数	供試種子 数	1粒あたり 重量 (g)	1gあたり 粒数	播種から 1ヶ月後の 発芽率
大中公園No.1	9.14	5	15.0	40	600	0.00551	181.4	11.0
	9.27	5	15.4	52	801	0.00438	228.3	7.5
	10.12	5	15.4	60	924	0.00425	235.1	5.8
	10.24	5	15.0	55	825	- **	-	4.0
大中公園No.3	9.14	6	16.8	31	522	0.00343	291.5	0.0
	9.27	5	17.0	70	1190	0.00660	151.5	0.3
	10.12	5	18.0	50	900	0.00513	195.1	0.0
	10.24	5	15.2	60	912	- **	-	0.0
大中公園No.9	9.14	5	15.0	65	975	0.00523	191.1	6.3
	9.27	5	15.4	70	1078	0.00551	181.3	7.8
	10.12	5	15.0	24	360	0.00529	189.2	7.8
	10.24	*	5	15.2	-	-	- **	-
大中公園No.10	9.14	5	15.4	34	524	0.01106	90.4	1.0
	9.27	5	15.2	70	1064	0.00960	104.1	0.3
	10.12	5	15.4	60	924	0.00671	149.0	2.1
	10.24	5	14.8	60	888	- **	-	0.3
大中公園No.11	9.14	5	14.8	44	651	0.00432	231.4	0.6
	9.27	5	15.0	70	1050	0.00395	253.4	0.0
	10.12	5	15.0	70	1050	0.00412	242.9	2.9
	10.24	*	-	15.1 ***	66	999	0.00410	244.2
辺野喜ダムNo.0	9.13	5	15.0	11	165	0.00534	187.3	5.5
	10.4	6	15.2	65	986	0.00580	172.5	9.0
	10.24	4	15.0	42	630	0.00510	196.0	19.5
辺野喜ダムNo.1	9.13	4	16.5	7	116	0.00946	105.7	0.0
	10.4	6	19.5	24	468	0.00651	153.6	0.0
	10.24	*	4	18.5	36	666	0.00525	190.6
辺野喜ダムNo.5	9.13	5	14.4	15	216	0.00616	162.4	0.0
	10.4	6	14.8	70	1038	0.00942	106.2	0.0
	10.24	5	13.8	60	828	- **	-	1.0

* 採取した時点で果実に亀裂が入って自然乾燥が進んでいたため、熱風乾燥機にかけずに種子分離した。

** 重量の計量を実施していないためデータなし。

*** 果実1個あたりの種子数を確認していなかったため、それ以前のデータの平均により算出した。