

ISSN 1883-017X

BULLETIN
OF THE

KAGOSHIMA PREFECTURAL FORESTRY TECHNOLOGY CENTER

No. 16

March 2013

鹿児島県森林技術総合センター

研 究 報 告

第 16 号

平成 25 年 3 月



鹿児島県森林技術総合センター

〒899-5302

鹿児島県始良市蒲生町上久徳 182-1

KAGOSHIMA PREFECTURAL FORESTRY TECHNOLOGY CENTER
AIRA, KAGOSHIMA, JAPAN

鹿児島県森林技術総合センター研究報告

第16号

目次

論文

機械作業システムの収支試算ソフト

列状間伐における機械作業システムの生産性予測ソフト及び収支試算ソフト

河野雄一 1

短報

ホウ素系薬剤等で処理した木材の非接地・非暴露条件での耐蟻性
設置後2年経過したリュウキュウマツ試験体の食害状況

森田慎一・迫田正和・吉原勝利 11

資料

リュウキュウマツ板材の変形に及ぼす裏溝加工の影響

森田慎一 15

スギ下刈り省力試験地の成長調査

宮里 学・森田慎一・東 正志 25

桜島における松くい虫被害量とマツノマダラカミキリ発生数について

東 正志 29

シイタケ栽培における中温系品種を用いた気候変動への対応

福永寛之・重森宙一・大久保秀樹 32

論文

機械作業システムの収支試算ソフト開発*1 列状間伐における機械作業システムの生産性予測ソフト及び収支試算ソフト

河野雄一*2

要旨：鹿児島県における高性能林業機械の導入促進を図るため、機械作業システムによる利用間伐の収支試算ソフト開発に着手し、その中核プログラムとして、作業効率と生産性を予測する「間伐生産性シミュレーター」と、伐出生産性の予測結果を基に作業経費と素材収入を試算し、収支予測を行う「間伐収支フォーキャスター」を作成した。

キーワード：列状間伐、高性能林業機械、機械作業システム、生産性予測、収支予測

はじめに

間伐作業の機械化による低コスト化及び林業労働力不足の解消は、鹿児島県の間伐推進施策における重要課題として位置付けられ、高性能林業機械を複数組み合わせ合わせた「機械作業システム」による利用間伐が積極的に推進されている。しかし、高額な初期投資がかかることに加え、地況・林況・作業方法毎に大幅に作業効率が異なり、作業経費の算出が難しいことから、果たして間伐作業の機械化が低コスト化につながるのか、現場ごとに見極める必要があり、導入を躊躇する林業事業者も多い。

そこで、鹿児島県の利用間伐現場で特徴的な、小規模かつ林相が不揃いな複数林分を団地的に集約した間伐施業地において、機械作業システムを導入した場合の、作業経費と素材収入を事前に試算検討が可能なパソコンソフトの開発に、平成19年度から着手した。ソフトは機能別に開発した複数のプログラム（部品ソフト）より構成され、伐出総合試算ソフト「フォレストリー・フォーキャスター（Forestry Forecaster）」と総称し、作成済みのプログラムから順次、県内林業関係者へ配布し、現地実証と同時進行で開発を進めた。

今回は、ソフトの中核プログラムである、列状間伐の機械作業システムについて、各工程ごとの作業効率と生産性を予測する「間伐生産性シミュレーター」及び、この予測結果を基に、現場作業経費及び素材収入を試算し、伐採現場の収支見込みを予測する「間伐収支フォーキャスター」の作成と、これらによるシミュレーション調査の結果について報告する。

調査方法及び調査地

1. 間伐生産性シミュレーター

間伐生産性シミュレーター（以下シミュレーター）は、スギ、ヒノキ人工林における3残1伐の列状間伐を対象とし、想定する作業システムは、鹿児島県で標準的な全木+短幹による2段階集材方式で、具体的には次のような作業工程を前提としている（図1）。

- ① チェンソーによる人力伐木作業
- ② スイングヤーダやウインチ付きバックホウ等による集材路までの全木集材（通称「木寄せ作業」）
- ③ プロセッサ等による集材路上での造材作業
- ④ フォワーダ等による集材路から林外土場への短幹集材（通称「搬出作業」）

*1 Kono, Y.: Development of an accounting software for the Machinery logging system.

: Productivity-Simulator and Costbalance-Forecastor for Machinery logging systems on
linethinning.

*2 鹿児島県森林技術総合センター資源活用部 Kagoshima Prefectural Forestry Technology Center.
Forest Resource Application div., Aira, Kagoshima 899-5302 Japan.

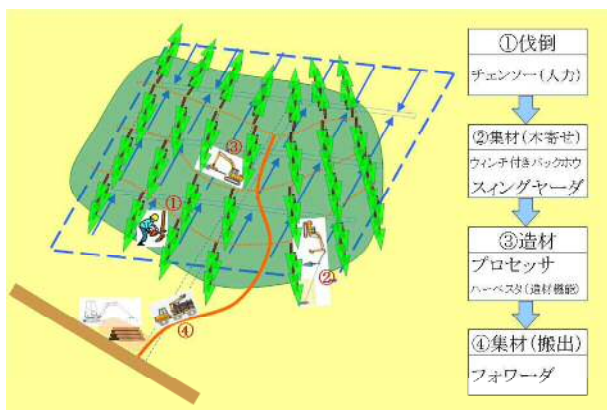


図1 シミュレーターが前提とする作業工程

シミュレーターは予測過程ごとに遷移する6画面で構成され(図2)、最終的に、各工程ごとの生産効率・機械稼働時間・作業日数・工数(人日)等の伐出生産性及び必要経費試算に必要な因子と、生産材の規格別(末口径・長さ)本数及び材積等の収入試算に必要な因子の出力を行う。以下に予測過程を示す。

(1) 現場条件入力

林況(樹種, 林齢, 平均樹高, 平均胸高直径, ha当たり成立本数)と現場条件(面積, 路網延長, 平均傾斜)を入力し, 伐区全体の伐採本数や伐採材積, 総伐採列数や1列当たりの立木本数と列延長(木寄せ距離)を算出する。なお, 作業条件(人員数, 使用機械, 上荷下荷の別, 採材長, 各工程での歩留まり)は, それぞれの工程予測段階で入力する。

(2) 伐木工程予測

伐採列1列の伐木にかかる時間を1サイクルとしてサイクルタイム計算を行い, 1日当たりの伐採列数を算出し, 伐木作業にかかる日数, 工数等を入力する。

(3) 木寄せ工程予測

伐採列1列の路上までの全木集材にかかる時間を1サイクルとしてサイクルタイム計算を行い, 1日当たりの処理列数を算出し, 集材作業にかかる日数, 工数等を入力する。

(4) 造材工程予測

元玉から順番に採材長を入力して細りを計算し, それぞれの玉の末口径・素材材積を算出する。これらを採材条件とし, 伐採列1列分の集材木の造材にかかる時間を1サイクルとしてサイクルタイム計算を行い, 1日当たりの処理列数を算出し, 造材作業にかかる日

数, 工数等を入力する。同時に, 伐採列1列から生産される玉数と素材材積を入力する。

(5) 搬出工程予測

路上から土場までの短幹集材1往復にかかる時間を1サイクルとしてサイクルタイム計算を行い, 1日当たりの往復回数と搬出量を算出し, 集材作業にかかる日数, 工数等を入力する。

(6) 作業生産性出力

各工程における算出結果を集計し, 伐区全体の工期, 工数(人日), 出材積, 労働生産性等を入力する。同時に, 伐区全体から生産される玉数と素材材積について, 規格別(末口径・長さ)に出力する。

なお, 各工程のサイクルタイム計算については, これまで鹿児島県森林技術総合センターにより行われた, ビデオ分析調査により得られた推定式を元に, 各機種別に調整して使用した。これらパラメーターについては, 一部, 暫定的なものも含まれるため, 入れ替えが可能ないようにマスタ(データベース)化した。これにより, 常に最新の調査結果が反映可能なうえ, 新たな機種追加等も可能である。

また, 材積計算に当たっては, 鹿児島県におけるスギ, ヒノキの収穫予測式(長濱, 2003)を使用し, 細り計算に当たっては, 井上・黒川による相対幹曲線式の推定方法(井上・黒川, 2001)を応用した。

2. シミュレーターの調査地

調査地は, 鹿児島県薩摩川内市に位置するスギ・ヒノキ34年生, 面積10.11haの人工林(図3)で, うちスギ伐区が3.41ha, ヒノキ伐区が6.70ha, 作業方法は3残1伐の列状間伐である。



図2 シミュレーター画面(図は現場条件入力画面)



図3 調査地概況

各伐区の間伐前の林況は、20×20mの方形プロット調査結果から、スギ伐区は平均胸高直径24.3cm、平均樹高15m、立木密度1,475本/ha、不用木混入率8%、ヒノキ伐区は平均胸高直径18.1cm、平均樹高13m、立木密度1,800本/ha、不用木混入率32%であった。なお、シミュレーターでは、柱材生産が不可能な胸高直径18cm未満の立木を不用木として位置付けている。

路網状況は、集材路の総延長1,785m、うちフォワードの運行のみに供せられる幹線は575m、木寄せ及び造材に供せられる支線1,210mで、路網密度176.6m/haであった。シミュレーターの都合上、支線についてはスギ伐区とヒノキ伐区の延長を分ける必要があるが、現地はスギ伐区とヒノキ伐区がモザイク状に混在し、仕分けが困難なため、面積按分レスギ伐区が408m、ヒノキ伐区が802mとした。

作業手順は、伐倒手4人で先行伐倒後、オペレータ兼荷外し手1人と荷掛け手1人の2人作業×2班体制で、ウインチ付きバックホウにより集材路まで全木集材を行った。集材がある程度進んだら、1班は造材・搬出作業に移り、オペレータ1人が路網上で小型プロセッサにより造材、別のオペレータ1人がフォワードで林外土場まで搬出した。なお、フォワードへの積み込み・荷下ろしには、別途グラップルローダを使用し、グラップルローダのオペレータは、フォワードのオペレータが兼務している。

採材については、末口径14cm以上で、元玉から順番に、スギが4m-4m-3mの3玉、ヒノキが4m-4mの2玉を基本的な採材パターンとしている。

なお、調査方法は、労務調査については日報の集計と聞き取りにより、生産量調査については販売伝票を

集計した。

3. 間伐収支フォーキャスターの概要

間伐収支フォーキャスター(以下フォーキャスター)は、シミュレーターが出力した、工程ごとの生産効率・機械稼働時間・作業日数・工数(人日)等の伐出生産性、使用機械の種類、集材路延長等の経費試算に必要な因子と、樹種、生産材の規格別(末口径・長さ)本数及び材積等の収入試算に必要な因子を取り込み、作業経費、素材収入を試算し、収支予測を行う。

フォーキャスターは試算過程ごとの8画面で構成され(図4)、作業経費については、人件費、機械損料・リース費、燃料費、附帯作業費、運材経費、市場経費等を各工程別に試算し合計する。素材収入については、素材の規格別に市場単価を反映して試算する。別途、補助金収入を加えることも可能である。以下に試算過程を示す。

(1) 計算結果読み込み

シミュレーターに入力した現場作業条件のうち計算に必要な情報(樹種、面積、路網延長、使用機械)と、出力したデータ(伐木・木寄せ・造材・搬出それぞれにかかる日数、工数、機械稼働時間、伐区全体の工期、工数(人日)、伐区全体から生産される素材の規格別(末口径・長さ)玉数・材積)を読み込む。

(2) 作業経費試算

作業日数、工数、使用機械、機械稼働時間から、機械稼働経費、燃料代、人件費を出力する。機械稼働経費については、ユーザーが各使用機械の導入形態(自社保有、リース、レンタル)を選択し、損料またはリース・レンタル料として算出する。



図4 フォーキャスター画面(図は作業経費試算画面)

(3) 附帯経費試算

面積，路網延長，作業日数，工数，使用機械から，準備経費（集材路開設費，除草・除伐経費，機械搬送費）を出力する。機械搬送費については，ユーザーが搬送形態（自社搬送，搬送業者委託）を選択し，各形態に応じて算出する。併せてユーザーが，現場までの通勤距離と，土場から市場までの運搬距離を入力することで，作業員の人員輸送費及び，素材運送経費を算出する。

また，土場造成や土場借り上げ経費が必要な場合は，ユーザーの任意でこれらを加えることができる。

(4) その他経費試算

通常想定される現場経費以外に，特殊な経費が発生する場合，ユーザーの任意でこれら経費を自由に追加することができる。

(5) 経費集計

出力された作業経費，附帯経費，その他経費の合計に，事務費（率計上）を加算して経費合計を出力する。併せて，ha当たり経費，m³当たり経費も算出する。

(6) 素材販売収入試算

伐区全体から生産される素材の規格別（末口径・長さ）材積に，販売歩留まりと直材：小曲材比率を乗じ，ユーザーが選択した市場の直近の取引価格表から，それぞれの規格の該当単価を自動抽出し，素材売り上げ見込みを算出する。販売歩留まりと直材：小曲材比率は，現場状況に応じて，ユーザーの任意で簡単に設定値の変更が可能である。

また，販売手数料と，市場経費（市場手数料，はい積料）を算出して素材売り上げ見込みから差し引き，素材販売収入合計として出力する。併せて，ha当たり収入，m³当たり収入も算出する。

(7) 補助金収入試算及び収入集計

間伐補助金と集材路の開設補助金の補助対象となっている場合は，補助金の概算額を算出し，収入に加えることが可能である。

(8) 収支試算結果出力

経費と収入の出力結果を全て取りまとめ，収支試算を行う。併せて，ha当たり収支，m³当たり収支も算出する。算出結果については，試算結果だけを表示したものと，歳出・歳入項目（人件費，損料等，燃料費，事務費，その他経費，素材収入，補助金収入）ごとに内訳を集計し表示したものの2種類の出力が可能である。

る。

なお，経費及び収入の試算に用いる単価表（機械リース・レンタル単価，各市場の取引価格，補助金標準単価等）は，webや各種林業統計資料等で一般公表されている単価を独自で収集して作成したものを標準単価として搭載しているため，各ユーザーの実態に応じたカスタマイズが必要である。また，各市場の取引価格については，常に最新の価格を試算に反映させるためには，毎月更新する必要がある。

4. シミュレーターとフォーキャスターによる収支試算調査

路網密度や事業規模（面積・出材積）等の現場条件を変化させ，収支試算結果がどのように変化するか，シミュレーターとフォーキャスターを組み合わせることでシミュレートした。前提とする作業条件は地位2等地のスギ林Ⅶ齢級及びⅧ齢級における3残1伐の列状間伐とし，入力する平均胸高直径，平均樹高は，鹿児島県におけるスギの収穫予測式（長濱，2003）より，地位2等地における標準的な値を採用する。作業システムは，伐倒手4人による先行伐倒，小型スイングヤーダにより，オペレータ兼荷外し手と荷掛け手1人の2人作業で集材路まで全木集材（簡易架線もしくは地曳き集材），小型プロセッサにより造材後，フォワーダで搬出することとし，全木集材は，集材路を挟んで上か

表1 試算に用いた高性能林業機械リース単価

機械種別	期間別リース料金(千円)						
	0.5月	0.67月	0.83月	1月	1.17月	1.33月	1.5月
スイングヤーダ(0.3m ²)	150	200	250	300	350	400	450
プロセッサ(0.45m ²)	130	180	230	260	310	360	390
フォワーダ(4t)	80	110	140	160	190	220	240

- 1) リース単価は，県内で実績の多い鹿児島県林業労働力確保支援センターの単価を使用している。（但し，現在，リース制度は廃止され貸出助成制度に変わっている。）
- 2) 月額リースを基本とするが，半月リース及び6日単位(0.17月)での延長も可能である。
- 3) 試算で用いた期間料金のみ抜粋している。

表2 試算に用いたスギ素材市場取引価格

長級	2m		3m		4m	
	直材 円/㎡	小曲 円/㎡	直材 円/㎡	小曲 円/㎡	直材 円/㎡	小曲 円/㎡
9~11	-	-	7,500	7,500	8,800	8,800
11~13	-	-	6,300	6,300	8,800	8,800
13~15	-	-	6,300	6,300	7,800	7,800
15~17	6,000	5,000	10,200	6,500	8,600	6,300
17~19	6,000	5,000	10,200	6,500	10,000	8,000
19~21	6,000	5,000	10,000	7,300	10,000	8,000
21~23	6,000	5,000	10,000	7,300	10,000	8,000
23~25	6,000	5,000	10,000	8,200	10,300	8,300
25~27	6,000	5,000	10,000	8,200	10,300	8,300
27~29	6,000	5,000	10,000	8,200	10,300	8,300

- 1) 当単価表は日市場における2009年3月23日のスギ取引実績を基にしている。
- 2) 試算で用いた径級のみ抜粋している。

らの下荷，下からの上荷ともに可能とする。採材の優先順位は，末口径14cm上－4 m材，14cm上－3 m材，14cm未満－4 m材，14cm未満－3 m材の順とする。

また，本県での高性能林業機械の導入実態を考慮し，使用機械は，チェーンソーを除き全てリースとし（表1），現場までの通勤距離は20km，木材市場までの運搬距離は60km，材価は2009年3月時点（調査当時）で設定（表2），補助金収入は無いこととし，集材路は今後の保育も含め3回利用と仮定し開設費は3分の1のみ計上した。

調査結果及び考察

1. シミュレーター

(1) 作業効率・労働生産性の比較

調査地における所要工数予測を表3に，実際の工数集計結果と予測値との比較結果を表4に示す。調査地

表3 所要工数の予測結果（造材歩留まり100%）

工程	区分	スギ伐区	ヒノキ伐区	伐区全体
伐木	1列当たり伐採材積及び本数 (m ³ /列(本/列))	3.63 (11.1)	2.28 (13.5)	5.91 (24.6)
	1サイクル当たり伐採時間 (秒/サイクル)	929	821	1,750
	サイクル数(伐採回数) (サイクル)	113	223	336
	総伐採材積及び立木本数 (m ³ (本))	410.5 (1,257)	509.4 (3,015)	919.9 (4,272)
	作業所要時間 (時間)	29.2	50.8	80.0
	作業日数 (日)	1.33	2.31	3.64
	作業工数 (人日) (4人作業)	5.32	9.24	14.56
	集材延長 (m)	20.9	20.9	—
	列当たり集材延長累計 (m)	227.4	204.2	—
	林内残置率(不要木) (%)	8	32	—
集材(木寄せ)	1列当たり集材材積及び立木本数 (m ³ /列(本/列))	3.34 (10.2)	1.55 (9.2)	4.89 (19.4)
	1サイクル当たり集材時間 (秒/サイクル)	1,432	1,495	2,927
	サイクル数(伐採回数) (サイクル)	113	223	336
	総集材材積及び本数 (m ³ (本))	377.7 (1,156)	346.4 (2,050)	724.1 (3,206)
	作業所要時間 (時間)	45.0	92.6	137.6
	作業日数 (日)	8.17	16.84	25.01
	作業工数 (人日) (2人作業)	16.34	33.68	50.02
	1番玉造材歩留まり (%)	100	100	—
	2番玉造材歩留まり (%)	100	100	—
	3番玉造材歩留まり (%)	100	—	—
造材	1列当たり造材材積及び素材本数 (m ³ /列(本/列))	2.67 (30.7)	1.17 (18.4)	3.84 (49.1)
	1サイクル当たり造材時間 (秒/サイクル)	540	500	1,040
	サイクル数(伐採回数) (サイクル)	113	223	336
	総造材材積及び素材本数 (m ³ (本))	302.2 (3,468)	261.1 (4,099)	563.3 (7,567)
	作業所要時間 (時間)	17	31	48
	作業日数 (日)	3.08	5.63	8.71
	作業工数 (人日) (1人作業)	3.08	5.63	8.71
	1サイクル当たり平均往復走行距離 (m)	639.9	691.5	—
	1サイクル当たり往復所要時間 (秒/サイクル)	3,597.3	3,535.8	—
	フォワード積載量 (kg)	2,625	2,625	—
集材(搬出)	1列当たり集材材積及び素材本数 (m ³ /列(本/列))	2.67 (30.7)	1.17 (18.4)	3.84 (49.1)
	1サイクル当たり積載量(素材本数, 列数換算) (本/サイクル(列/サイクル))	73.5 (2.4)	84.1 (4.6)	157.6 (7.0)
	サイクル数(往復回数) (サイクル)	47	49	96
	総集材材積及び素材本数 (m ³ (本))	302.2 (3,468)	261.1 (4,099)	563.3 (7,567)
	作業所要時間 (時間)	47	48	95
	作業日数 (日)	8.58	8.70	17.28
	作業工数 (人日) (2人作業)	17.16	17.40	34.56
	総生産素材材積及び素材本数 (m ³ (本))	302.2 (3,468)	261.1 (4,099)	563.3 (7,567)
	作業日数 (日)	21.16	33.48	54.64
	作業総工数 (人日)	41.90	65.95	107.85

の労働生産性は，附帯作業まで含めると2.41m³/人日，うち，シミュレーターの予測対象である機械作業システム本体の労働生産性は3.31m³/人日であった。これに対し，シミュレーターでの予測は，造材歩留まりを100%と設定した場合，予測労働生産性は5.23m³/人日であり，実際の生産性とはかけ離れた結果となった（表3）。

そこで，造材歩留まりを実際の出材量から逆算して再設定し，予測値の再計算を行った。なお，シミュレーターは，造材対象木全てを設定採材パターンどおりに造材したものとして予測するが，現実には，設定長に規格が満たない場合や，逆に設定長より長い採材が可能な場合もあり，予測値と実際に出材した素材本数とをそのまま比較できないため，歩留まりは，素材本数でなく，規格・形状によらない素材材積を用いて算出した。歩留まりの算出結果を表5に示す。

表4 所要工数の予測と実際との比較
(造材歩留まり100%)

区分	予測生産性			実際の生産性
	スギ伐区	ヒノキ伐区	伐区全体	
生産材(A) (m ³)	303.0	261.0	564.0	324.6
工数(B) (人日)	伐木	5.32	9.24	14.56
	集材(木寄せ)	16.34	33.68	50.02
	造材	3.08	5.63	8.71
	集材(搬出)	17.16	17.40	34.56
計	41.90	65.95	107.85	98.19
作業効率 (A)/(B) (m ³ /人日)	伐木	56.95	28.25	38.74
	集材(木寄せ)	18.54	7.75	11.28
	造材	98.38	46.36	64.75
	集材(搬出)	17.66	15.00	16.32
労働生産性(A)/(B) (m ³ /人日)	7.23	3.96	5.23	3.31

表5 生産予測値を100とした場合の造材歩留まり推定

樹種	区分	規格		生産予測(歩留100%)		実際の生産量			歩留まり設定値 (B)/(A)	
		径 (cm)	材長 (m)	平均径 (cm)	本数 (本)	材積(A) (m ³)	区分	平均径 (cm)		本数 (本)
スギ	元玉	14上	4	20.1	1,156	186	規格内	19.0	631	93
							短材	10.7	255	29
	計	886	122 (B)							
	2番玉	14上	4	14.1	1,156	92	規格内	14.0	274	21
							短材	15.1	332	21
計	1,638	91 (B)								
3番玉	小径木	3	8.4	1,156	25	規格内	9.9	643	19	78%
ヒノキ	元玉	14上	4	15.0	2,049	183	規格内	14.9	104	9
							短材	17.2	319	20
	計	423	30 (B)							
	2番玉	小径木	4	9.7	2,049	78	規格内	10.5	841	38
							短材	9.8	861	25
計	1,702	62 (B)								

以上の結果から、歩留まりを1番玉から順に、スギについては66%，99%，78%，ヒノキについては16%，80%と設定して再度計算（表6）すると、結果は3.46

表6 所要工数の予測結果（造材歩留設定後）

工程	区分	予測生産性			実際の生産性
		スギ伐区	ヒノキ伐区	伐区全体	
伐木	1列当たり伐採材種及び本数 (m ³ /列(本/列))	3.63 (11.1)	2.28 (13.5)	5.91 (24.6)	
	1サイクル当たり伐採時間 (秒/サイクル)	929	821	1,750	
	サイクル数(伐採回数) (サイクル)	113	223	336	
	総伐採材種及び立木本数 (m ³ (本))	410.5 (1,257)	509.4 (3,015)	919.9 (4,272)	
	作業所要時間 (時間)	29.2	50.8	80.0	
	作業日数 (日)	1.33	2.31	3.64	
	作業工数 (人日) (4人作業)	5.32	9.24	14.56	
	集材延長 (m)	41.8	41.8	-	
	列当たり集材延長累計 (m)	227.4	204.2	-	
	林内残置率(不要木) (%)	8	32	-	
集材(木寄せ)	1列当たり集材材種及び本数 (m ³ /列(本/列))	3.34 (10.2)	1.55 (9.2)	4.89 (19.4)	
	1サイクル当たり集材時間 (秒/サイクル)	1,432	1,495	2,927	
	サイクル数(伐採回数) (サイクル)	113	223	336	
	総集材材種及び本数 (m ³ (本))	377.7 (1,156)	346.4 (2,050)	724.1 (3,206)	
	作業所要時間 (時間)	45.0	92.6	137.6	
	作業日数 (日)	8.17	16.84	25.01	
	作業工数 (人日) (2人作業)	16.34	33.68	50.02	
	1番玉造材歩留まり (%)	66	16	-	
	2番玉造材歩留まり (%)	99	80	-	
	3番玉造材歩留まり (%)	78	-	-	
造材	1列当たり造材材種及び本数 (m ³ /列(本/列))	2.06 (24.9)	0.41 (8.8)	2.47 (33.7)	
	1サイクル当たり造材時間 (秒/サイクル)	509	447	956	
	サイクル数(伐採回数) (サイクル)	113	223	336	
	総造材材種及び本数 (m ³ (本))	232.6 (2,809)	91.5 (1,967)	324.1 (4,776)	
	作業所要時間 (時間)	15.98	27.67	43.65	
	作業日数 (日)	2.90	5.03	7.93	
	作業工数 (人日) (1人作業)	2.90	5.03	7.93	
	1サイクル当たり平均往復走行距離 (m)	647.1	756.3	-	
	1サイクル当たり往復所要時間 (秒/サイクル)	3,673.6	4,379.3	-	
	フォワーダ積載量 (kg)	2,625	2,625	-	
集材(搬出)	1列当たり集材材種及び本数 (m ³ /列(本/列))	2.06 (24.9)	0.41 (8.8)	2.47 (33.7)	
	1サイクル当たり積載量(集材本数, 列数換算) (本/サイクル(列/サイクル))	77.3 (3.1)	115.2 (13.1)	192.5 (16.2)	
	サイクル数(往復回数) (サイクル)	36	17	53	
	総集材材種及び本数 (m ³ (本))	232.6 (2,809)	91.5 (1,967)	324.1 (4,776)	
	作業所要時間 (時間)	37	21	58	
	作業日数 (日)	6.74	3.78	10.52	
	作業工数 (人日) (2人作業)	13.48	7.56	21.04	
	総生産集材材種及び本数 (m ³ (本))	232.6 (2,809)	91.5 (1,967)	324.1 (4,776)	
	作業総日数 (日)	19.14	27.96	47.10	
	作業総工数 (人日)	38.04	55.51	93.55	

表7 所要工数の予測と実際との比較
(造材歩留設定後)

区分	予測生産性			実際の生産性	
	スギ伐区	ヒノキ伐区	伐区全体		
生産材(A) (m ³)	233.0	91.0	324.0	324.6	
工数(B) (人日)	伐木	5.32	9.24	14.56	17.00
	集材(木寄せ)	16.34	33.68	50.02	49.50
	造材	2.90	5.03	7.93	10.50
	集材(搬出)	13.48	7.56	21.04	21.19
	計	38.04	55.51	93.55	98.19
作業効率 (A)/(B) (m ³ /人日)	伐木	43.80	9.85	22.25	19.09
	集材(木寄せ)	14.26	2.70	6.48	6.56
	造材	80.34	18.09	40.86	30.91
	集材(搬出)	17.28	12.04	15.40	15.32
労働生産性(A)/(B) (m ³ /人日)	6.13	1.64	3.46	3.31	

m³/人日であり、実際の生産性に近い値が得られた（表7）。

調査結果で、スギ、ヒノキ共に1番玉の造材歩留まりが低いのは、シカの剥皮害木が多かったためと思われる、その傾向は特にヒノキで顕著であった。

また、各工程それぞれを個別に比較すると、造材工程の作業効率については実際よりもかなり高い予測値が算出されており、これは、造材した短幹材の整理手順の違いが原因と思われる。シミュレーターでは、造材後、集材路上に並べられた短幹材の仕分け・集積を、フォワーダへの積み込みの前作業として、搬出作業側で計上している。仕分け・集積作業をプロセッサで行うと、構造の複雑なヘッド部分を痛めることもあり、当現場においても、当初の作業段取りとしては集材作業班が行う予定であったようだが、かけ持ちしている別現場の都合上、造材作業班が造材作業時に行っていることが聞き取りにより判明している。

ここで、仮に現場が当初の作業段取りどおり行えた場合、仕分け・集積にかかる日数が搬出作業に加わることになり、実際は、搬出作業の予測値が低いということになる。しかし、作業日報での集計では、仕分け・集積作業にかかる工数のみを抽出することが出来ないため、搬出作業においてどの部分作業の予測精度が低いのか特定は困難である。但し、搬出作業で最も作業効率に影響する要素はフォワーダの往復回数であることから、現場において、フォワーダに過積載気味に積み込み、実際の往復回数が予測値より少なくなり、結果、作業所要時間のうち往復走行時間が短縮されたのではないかと推測できる。

(2) 出材量の比較

調査地における実際の出材量と予測値の比較を表8に示す。実際に出材した素材本数は、スギ3,167本、ヒノキ2,125本、出材積にしてスギ233m³、ヒノキ92m³であった。これに対し、先に設定した造材歩留まりに基づくシミュレーターの予測出材本数はスギ2,810本、ヒノキ1,967本、出材積にしてスギ233m³、ヒノキ91m³であった。出材積から歩留まりを逆算しての出材予測であるため、当然、出材積は近似した結果となるが、先に述べたとおり、現実には、設定採材パターンどおりに造材出来ない場合も多く、出材本数は実際とかけ離れた結果となっている。

表8 出材量予測と実際との比較（造材歩留設定後）

樹種	区分	規格		予測生産量			実際の出材量			採材設定との合致割合(B)/(A)	
		径 (cm)	材長 (m)	平均径 (cm)	本数 (本)	材積 (m ³)	平均径 (cm)	本数 (本)	材積 (m ³)	本数比	材積比
スギ	元玉	14上	4	20.1	763	123 (A)	19.0	631	93.1 (B)	83%	76%
			2	—	—	—	20.0	177	21.6	—	—
	2番玉	14上	4	14.1	1,145	91 (A)	14.0	274	21.4 (B)	24%	24%
			3	—	—	—	14.9	264	17.8	—	—
			2	—	—	—	16.0	68	3.5	—	—
			小径木	4	—	—	—	10.7	1,032	48.4	—
3番玉	小径木	3	8.4	902	19	9.9	643	19.4	—	—	
計				2,810	233	3,167	232.8	—	—		
ヒノキ	元玉	14上	4	15.0	328	29 (A)	14.9	104	9.3 (B)	32%	32%
			3	—	—	—	14.5	58	3.7	—	—
	2番玉	小径木	4	9.7	1,639	62 (A)	10.5	841	37.7 (B)	51%	61%
			3	—	—	—	9.5	806	22.4	—	—
			2	—	—	—	14.0	55	2.1	—	—
			計	1,967	91	2,125	91.9	—	—		

なお、1番玉と2番玉について、設定採材パターンどおりに生産できた素材の割合を、予測値を100%として算出したところ、本数比でスギ1番玉83%、2番玉24%、ヒノキ1番玉32%、2番玉51%、材積比でスギ1番玉76%、2番玉24%、ヒノキ1番玉32%、2番玉61%となった。

スギ2番玉の合致割合が低いのは、平均末口径が14cmであることから、小径材（14cm未満）として分類された材が多かったためと思われる。ヒノキについて総じて合致割合が低いのは、造材歩留まりと同様、シカの剥被害木が多く、腐朽・変色部位を避けて短く採材した結果であると思われる。

(3) シミュレーターの課題

調査結果から、各工程における処理本数、出材本数の予測を誤らなければ、生産性については高い精度でシミュレート可能であることが示唆された。また、以下の改良点が判明した。

- ① 予測値の精度を確保するためには造材歩留まりの設定が重要であるが、ユーザーの主観に左右されやすい入力因子であるため、歩留まりの客観的な推定方法を考案し、入力自動化を検討したい。
- ② 標準木を基準とした単一の採材パターンによる出材量予測では、出材本数の推定が十分ではないため、径級毎の度数分布を考慮する等、採材パターンを変動させる手法を検討し、本数推定の精度を高めたい。
- ③ 現場においては、不良木等であっても作業の支障になるため、木寄せ～造材まで行ってしまう場合があり、生産性予測で用いる出材予測量と、将来的にコスト試算で用いる出材予測量とでは、何らかの補

正因子が必要である。

- ④ 材整理の一部について、作業段取りによっては、造材工程側で行う場合と集材工程側で行う場合があり、伐区における作業全体の効率としては変わらないが、単工程単位で評価した場合、予測値と実際が極端に乖離する場合がある。
- ⑤ 搬出作業において、フォワーダ等搬出機械の過積載による作業効率への影響について実態を調査し、調査結果によっては、立木の重量と体積換算に用いる変数について、再考の必要がある。
- ⑥ 現在のシミュレーションは、トラブル等による作業遅延を考慮していないため、作業遅延の評価方法を解明し、作業遅延時間を予測する必要がある。

2. フォーキャスター

(1) 林内集材路密度による収支変化のシミュレート
スギ35年生、10haの間伐団地を想定し、林内集材路密度の条件を変化させて入力し、収支の変化を調べ、想定作業システムを効率よく運用させるための木寄せ用の最適路網密度を検証した。

平均胸高直径24cm、平均樹高16m、立木密度1,360本/haを固定値として入力、素材収入の試算は、出材積704m³、4,414千円（6,270円/m³）となった。

路網の条件は、集材路のうちフォワーダの運行のみに供せられる幹線延長を500mで固定（50m/ha）し、木寄せ及び造材に供せられる支線延長を、100m（10m/ha）から3,000m（300m/ha）の間で100m間隔で変化させて入力した。支線集材路の延長・密度に伴い変化するのは、附帯経費（集材路開設費）と木寄せ距離である。木寄せ距離は労働生産性、ひいては作業経費に影響する。なお、現場実態を踏まえ、幹線は、既設集材路の補修利用、支線は新設と仮定して単価設定した。（表9）

表9 集材路延長・密度の変化に伴う試算因子の変化

	支線集材路の新規開設延長(m)						
	100	500	1,000	1,500	2,000	2,500	3,000
幹線集材路延長(補修利用) ※	500	500	500	500	500	500	500
集材路合計延長(m)	600	1,000	1,500	2,000	2,500	3,000	3,500
支線密度(m/ha)	10	50	100	150	200	250	300
幹線密度(m/ha) ※	50	50	50	50	50	50	50
集材路密度(m/ha)	60	100	150	200	250	300	350
集材路開設経費(千円)	210	450	750	1,050	1,350	1,650	1,950
うち今回伐倒経費に計上する金額(千円)	70	150	250	350	450	550	650
列延長(上下集材路間) (m)	500	100	50	33	25	20	17
木寄せ距離(上南, 下南両方可能) (m)	250	50	25	17	13	10	8

1) ※は条件固定。

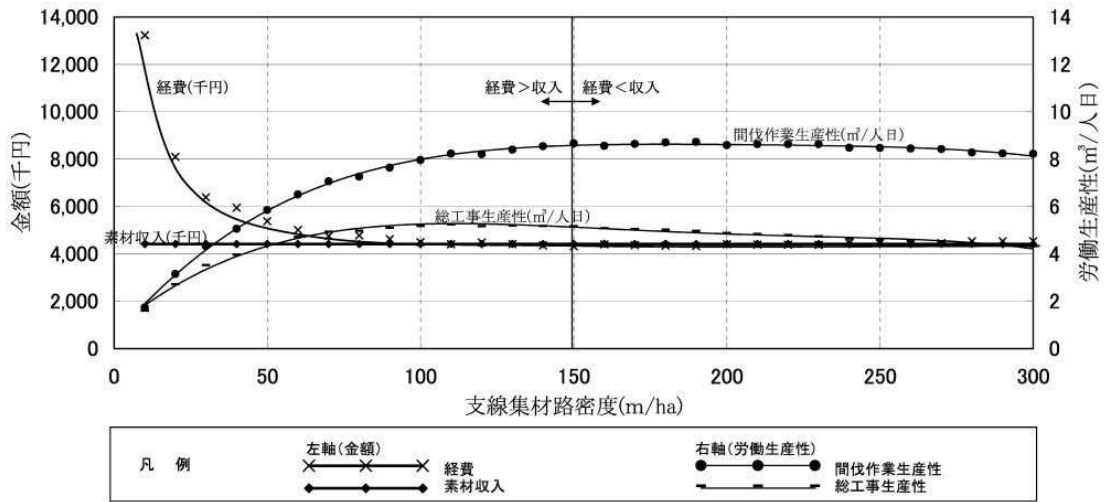


図5 支線集材路密度と労働生産性及び収支の関係

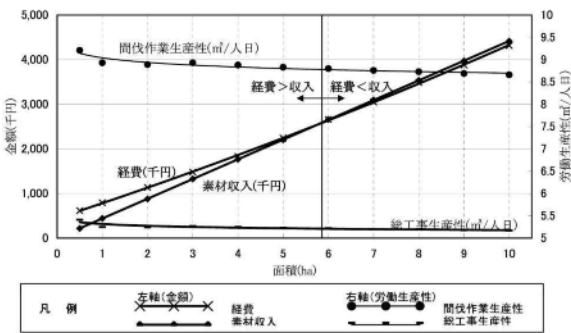


図6 事業面積と労働生産性及び収支の関係 (スギ35年生)

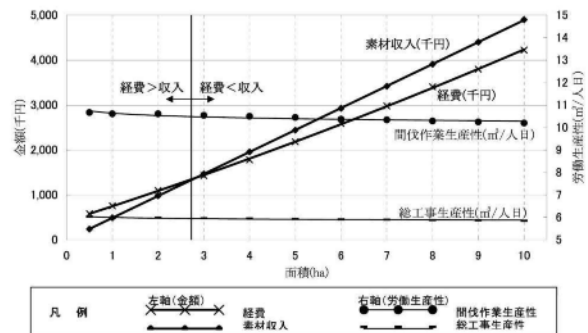


図7 事業面積と労働生産性及び収支の関係 (スギ40年生)

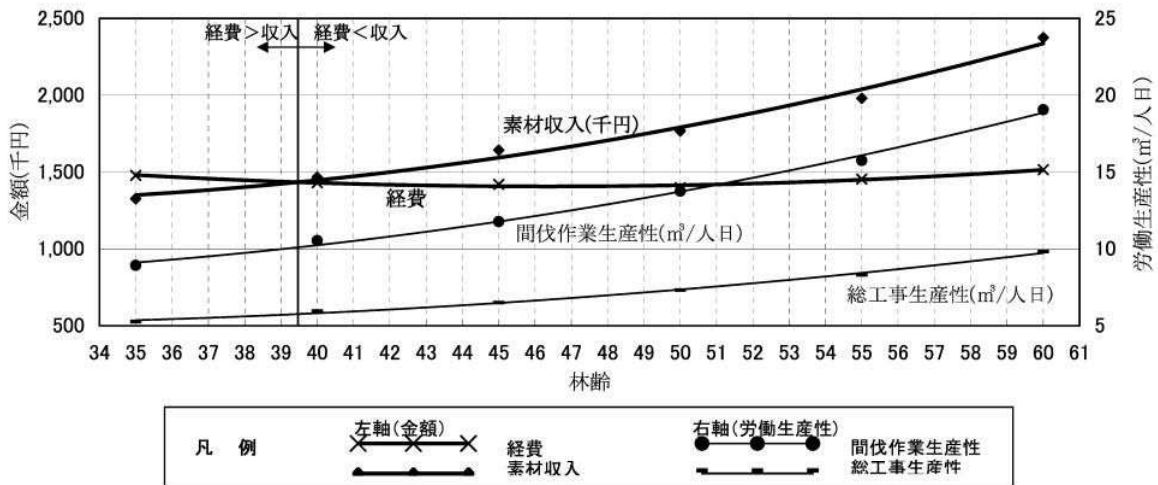


図8 林齢と労働生産性及び収支の関係

シミュレートの結果、労働生産性については、間伐作業本体だと支線の密度が概ね150m/haまでは向上、8.5m³/人日をピークとして横ばい、250m/ha以降は緩やかに下降した。路網開設等の附帯作業まで含めた総工事だと、概ね100m/haまでは向上、以降は5.0m³/人日をピークとして緩やかに下降した。収支の変動については、総経費の減少が100m/haで緩やかになり、150m/haで収入に重なると、後はほぼ横ばいで一定となった。(図5)

このことから、検討した作業条件で、2009年3月時点の材価では利益を出すのは困難であること、また、支線を150m/ha以上の高密度に入れても、開設経費に見合った労働生産性及び利益は見込めないことが判明した。よって、生産性、採算性の両方を考慮した、支線集材路の適正路網密度の範囲は100~150m/ha、幹線集材路を加えると150~200m/haと判明した。

(2) 面積及び出材積による収支変化のシミュレート
作業効率を変化させないため、集材路の密度を固定して木寄せ距離を一定に保ち、間伐面積を変数として収支の変化を調べ、1回のリースにつき、採算割れをしないための最低必要とする事業規模について、スギ35年生と40年生の場合で検証した。

面積を0.5ha(鹿児島県の一筆当たり平均)から10haまで変化させ、集材路密度を幹線50m/ha、支線150m/haで固定した場合の、入力延長及び開設経費は表10のとおり。

スギ35年生は平均胸高直径24cm、平均樹高16m、立木密度1,360本/haを固定値として入力、40年生は平均胸高直径25cm、平均樹高17.5m、立木密度1,200本/haを固定値として入力、出材積は35年生で67m³/ha、40年生で72m³/ha程度となった。

シミュレートの結果、35年生では経費と収入のグラフの傾きが平行線に近く、収入が経費を上回り利益に

転じるのが5.9haであった(図6)。

40年生では、経費については35年生の場合とさほど変わらないが、35年生に比べ径級が大きく出材積も多いことから、面積増加に伴う収入の増加が著しく、利益に転じるのは2.8haであった(図7)。

このことは、1回のリースにつき最低必要とする事業規模は、35年生(67m³/ha)で約6ha、40年生(72m³/ha)で約3haであり、35年生の場合、鹿児島県で一般的な2~3ha程度の施業地なら、近隣の数現場を取りまとめて施業する必要があること、スケールメリットによる収支の改善効果は、林齢、すなわち単位収穫量の多さに比例することを示唆している。

参考までに面積3ha、幹線150m(50m/ha)、支線450m(150m/ha)の伐区を想定し、極力、経費が変動しないよう条件設定し、林齢(出材積)のみを変数とした場合の収支の変化を、図8に掲げる。

おわりに

昨今の景気低迷を反映し、費用を負担してまで自己所有林の間伐を実施または作業委託する森林所有者がますます減少しつつある中、切り捨て間伐を主体とした間伐推進策では限界があるものと思われる。

これを打開するためには、列状間伐を主体とした利用間伐を推進し定着させ、森林所有者の負担軽減を図る必要がある。間伐材を搬出して換金し、作業経費の一部を素材収入で補填する事で、切り捨て間伐よりは支出を少額に抑え、間伐に対する森林所有者の経済的ハードルを下げようという取り組みである。

この取り組みの中で、当ソフトは、森林施業プランナー等の有効な間伐推進ツールとして期待されており、利用間伐の見積り作成だけでなく、高性能林業機械の導入検討や、機械間伐の推進資料作成等、様々な活用が可能である。今回の収支試算のシミュレート調査について、得られた結果を基に鹿児島県の「集材距離による作業システムの選択フロー」を調製してみた。(図9)

また、今回の調査を踏まえ、これまで作業効率の観点から「作業団地の平均利用材積が概ね50m³/ha以上」としてきた県の列状間伐普及マニュアルの実施条件に

表10 面積の変化に伴う試算因子の変化

	面積(ha)									
	0.5	1	2	3	4	5	6	9	10	
支線集材路延長(新規開設)(m)	75	150	300	450	600	750	900	1,350	1,500	
幹線集材路延長(補修利用)(m)	25	50	100	150	200	250	300	450	500	
集材路合計延長(m)	100	200	400	600	800	1,000	1,200	1,800	2,000	
支線密度(m/ha)※	150	150	150	150	150	150	150	150	150	
幹線密度(m/ha)※	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
集材路密度(m/ha)※	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
集材路開設経費(千円)	53	105	210	315	420	525	630	945	1,050	
※今回間伐経費に計上する金額(千円)	18	35	70	105	140	175	210	315	350	
列延長(上下集材路間)(m)	33	33	33	33	33	33	33	33	33	
木寄せ距離(上向,下向両方可能)(m)	17	17	17	17	17	17	17	17	17	

1) ※は条件固定。

ついて、採算性も考慮し「概ね70m²/ha以上」に見直すことも検討する必要がある。

しかし、ソフトは機械損料関係をはじめデータベースの不足箇所も多く、加えて、各種推定式のパラメータの検証や、作業遅延の評価方法の解明等、まだまだ課題も多く、更なる改良が必要であるため、今後も実地での検証を重ね、更なる予測精度の向上につながる計画である。また、収支シミュレーション結果については、鹿児島県の標準を想定した机上調査であるため、引き続き、現場実績との乖離について追跡調査を行いたい。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、貴重な御助言をいただいた、鹿児島大学農学部附属演習林教授の岡勝博士、(独)森林総合研究所の田中良明森林路網研究室長及び収穫システム研究室の方々に深く感謝申し上げます。また、ソフト開発のための現地調査に御協力いただいた(有)田中林業、(財)鹿児島県森林整備公社、

プログラミングに関して多大な貢献をいただいた富士通エフ・アイ・ピー(株)鹿児島支店、以上の団体に厚くお礼申し上げます。

引用文献

柱 敦史 (2001) 日林九支研論 54：7-10.
 中山富士男 (2001) 日林九支研論 54：5-6.
 井上昭夫・黒川泰亨 (2001) 日林誌 83：1-4.
 長濱孝行 (2003) 鹿児島県林試研報 8：1-11.
 長濱孝行 (2006) 鹿児島県林試研報 9：7-25.
 長濱孝行・近藤洋史 (2006) 日林誌 88：71-78.
 満留良文 (2005) 九州森林研究 58：42-45.
 満留良文 (2006) 九州森林研究 59：117-120.
 河野雄一・満留良文・岡 勝・田中良明 (2009) 九州森林研究 62：59-63.
 河野雄一 (2010) 九州森林研究 63：41-45.

集材路網密度	造材ポイントまでの 木寄せ/集材距離	(伐木)	(木寄せ/集材)	(造材)	(集材)	(運材)
参考 集材路網密度 幹線+支線 ()は支線密度 210(160)m/ha	参考 5m 10m 15m	チェンソー	グラップル	プロセッサ (林内)	フォワーダ	トラック
175m/ha以上 グラップル主体 200(150)m/ha	15~25m 20m	チェンソー	グラップル ワイントリプルバックホウ	プロセッサ (林内)	フォワーダ	トラック
190(140)m/ha 180(130)m/ha 175(125)m/ha 170(120)m/ha	25~40m 25m 30m 35m	チェンソー	ワイントリプルバックホウ 小型スイングヤード	プロセッサ (林内)	フォワーダ	トラック
175m/ha ~44m/ha スイングヤード 主体 160(110)m/ha 150(100)m/ha 140(90)m/ha 130(80)m/ha 120(70)m/ha 110(60)m/ha 100(50)m/ha 90m/ha 80m/ha 70m/ha 60m/ha 50m/ha 44m/ha	40~70m 40m 45m 50m 55m 60m 65m 70m 75m 80m 85m 90m 95m 100m	チェンソー	小型スイングヤード 大型スイングヤード	プロセッサ (林内/土場)	フォワーダ	トラック
44m/ha~22m/ha タワーヤード	70~100m 70m 75m 80m 85m 90m 95m 100m	チェンソー	大型スイングヤード	プロセッサ (土場)		トラック
22m/ha未満 集材機	100~200m 150m 200m	チェンソー	タワーヤード	プロセッサ (土場)		トラック
	200m以上	チェンソー	集材機	プロセッサ (土場)		トラック

図9 集材距離による作業システムの選択フロー

短報

ホウ素系薬剤等で処理した木材の非接地・非暴露条件での耐蟻性*1

設置後2年経過したリュウキュウマツ試験体の食害状況

森田慎一*2・迫田正和*3・吉原勝利*4

はじめに

奄美は、イエシロアリなど、家屋に甚大な被害を及ぼす恐れがあるシロアリの活動が盛んな地域である。筆者らは鹿児島県日置市吹上と奄美市笠利町との2か所において野外杭打ち試験を実施し、同じ処理でも奄美市の試験地での被害が大きいことを確認している(図師ほか2010)。

一方、奄美地域は世界自然遺産の登録候補地として、貴重な動植物や自然環境の保護・保全が重要な課題となっている地域でもあることから、木材の保存処理にあたっては環境への負荷ができるだけ少ない方法が望まれる。そこで、銅などの金属塩を含まず、急性、慢性の毒性も低いとされている(角田1999a)ホウ素系薬剤を用いた処理を検討した。

ホウ素系薬剤としては、ホウ酸、ホウ砂、八ホウ酸二ナトリウム四水塩(以下DOT)があり、製材の日本農林規格(農林水産省2007)等では、「ほう素化合物系」として、「ほう砂・ほう酸混合物又は八ほう酸ナトリウム製剤」として掲載されている。「ほう素化合物系」の薬剤は性能区分K1にのみ記載されており、室内での防虫効果のみを期待される位置づけに過ぎない。これらとは別に、木材の難燃化剤のひとつとしてホウ素系

の薬剤が用いられており(日本木材保存協会2012)、シロアリの防除効果を同時に謳っているものもある。

リュウキュウマツの建材利用の一環としてシロアリ防除処理は不可欠と考えられることから、今回、県内企業で注入処理ができるDOTとホウ素系難燃化剤(以下FR)による注入処理を行った試験体を用いて、シロアリ食害に対する抵抗性を試験した。

試験方法

1. 薬剤の注入処理

リュウキュウマツ(*Pinus luchuensis*) 辺材から試験体を作成し、予め気乾状態での重量を測定した。

注入薬剤として、DOT、FR及び比較のため有機系のシプロコナゾール/イミダクロプリド混合薬剤(以下CI)を用い、県内企業に依頼して通常の製品と同じ条件で加圧注入した。ただし、DOTについては、前回の野外杭打ち試験で、約3%濃度の薬液を注入したものがほとんど効果を示さなかったことから、薬液の濃度を高め、4%(以下D4)及び10%(以下D10)にしたものを用いた。注入前後の重量から、下式により薬剤の注入量を求めた。注入試験体は、処理ごとに10本とし、これらとは別に未処理の試験体を20本用意した。

*1 Morita, S., Sakoda, M., Yoshihara, K.: Anti-termite performance of boric compounds applied to ryukyumatsu (*Pinus luchuensis*) wood, under protected above-ground conditions in field.

*2 鹿児島県森林技術総合センター森林環境部

*2 Kagoshima Prefectural Forestry Technology Center. Forestry and Environment div., Aira 899-5302 Japan.

*3 現 鹿児島県大島支庁農林水産課

*3 Present address: Forestry and Fisheries Promotion Division, Kagoshima Pref. Ohshima Branch Office, Amami 894-8501 Japan.

*4 鹿児島県森林技術総合センター資源活用部

*4 Kagoshima Prefectural Forestry Technology Center. Forest Resource Application div., Aira 899-5302 Japan.

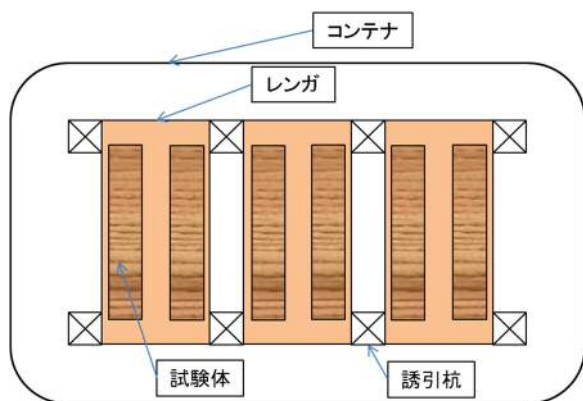


図1 試験体の設置

$$\text{注入量 (kg/m}^3\text{)} = (\text{注入後の試験体重量} - \text{注入前の試験体重量}) / \text{試験体の体積}$$

2. 非接地・非暴露試験

木材保存薬剤の効力試験（日本規格協会 2004）に規定されている表面処理用木材保存剤の野外試験方法を参考にして非接地・非暴露試験を実施した。試験地は、2011年1月26日に、前報（図師ほか 2010）と同じ鹿児島県奄美市笠利町の市有林内に2か所設定した。

地表面にレンガ（およそ10cm×20cm×厚さ5cm）3個を図1のように並べ、その4隅に当たる場所8か所に誘因餌としてリュウキュウマツの杭（長さ35cm）を打ち込んだ。レンガの上に各注入処理をした試験体（3cm×3cm×長さ15cm）をそれぞれ1個、未処理のもの2個の計6個を置いた。

これを空気抜きのあるコンテナで覆ったものを1単位として、それぞれの試験地に5コンテナ設置した。設置後8か月、1年、及び2年を経過した時点で試験体を観察し、前報同様0～100の5段階（0：健全、10：わずかに食害痕あり、30：食害あり、50：内部まで食害されている、100：食害し尽くされている）でシロアリによる食害の程度を判定した。

3. 野外杭打ち試験

非接地・非暴露試験体と同じ薬剤を同一条件で注入した杭（3cm×3cm×長さ35cm）を用いた野外杭打ち試験を、1か所の試験地のみで同時に行った。各薬剤を注入したリュウキュウマツの杭を、図2に示すような配置で地上に5cm程度残して打ち込んだ。経過観察は2の非接地・非暴露試験と同時に行った。

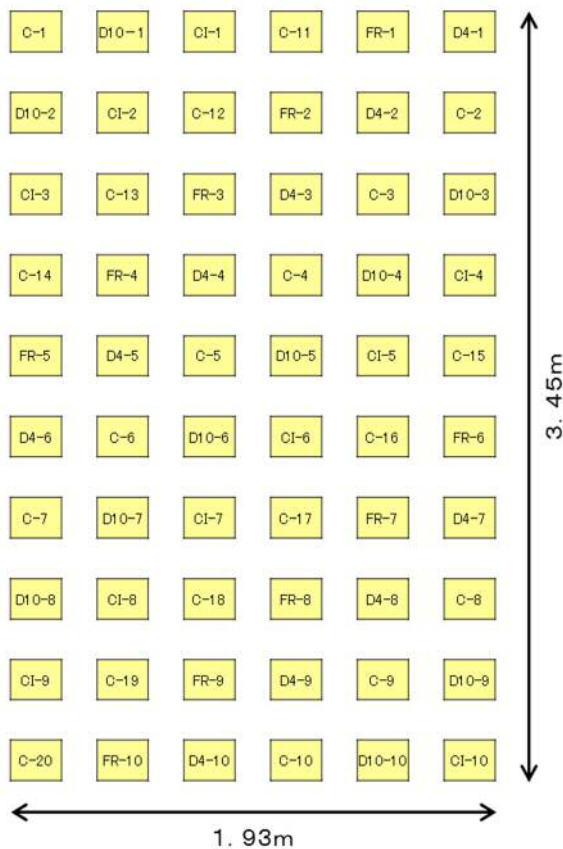


図2 野外杭打ち試験配置図（杭間隔は約35cm）

結果と考察

1. 薬剤の注入量

表1に非接地・非暴露試験体及び野外杭打ち試験体に対する、各薬剤の注入量を求めた結果を示す。DOTの注入量はほぼ400kg/m³で、薬剤濃度や試験体の形状による有意差はなかった。FRはそれらよりも有意に少ない320kg/m³程度であった（いずれも平均値のt-検定による）。注入条件の違いや薬剤の浸透性の差などが影響したものと考えられるが、原因は明らかではない。CIについては、加圧注入処理後に材を加温する操作があることから、試験材中の水分も減少する可能性があり、実際の薬剤注入量よりも過少になっていると考えられる。

DOT 処理材について、それぞれの平均注入量から試験材に含まれる薬剤のホウ酸換算当量（以下 BAE）を計算すると、D4で19.1（野外杭打ち試験体）～19.8

表1 薬剤の注入量

(単位 kg/m³)

試験体の種類 と注入薬剤	非接地・非暴露試験体				野外杭打ち試験体			
	D4	D10	FR	CI	D4	D10	FR	CI
平均注入量	413	393	324	119	398	383	318	78
最大注入量	501	475	361	155	447	437	367	121
最小注入量	333	345	305	98	353	330	281	55
標準偏差	48.6	39.8	17.9	22.8	31.1	39.3	30.2	17.8

(非接地・非暴露試験体) kg/m³, D10 では 46.0 (同前) ~47.2 (同前) kg/m³であった。これらをさらに木材の乾燥重量に対する吸収率で表すと、試験体の気乾比重の平均が 0.66, 注入前の含水率は 13%程度であったことから、D4 は 3.3~3.4%BAE, D10 は 7.9~8.1%BAE 程度であったと推定される。これらはあくまでも平均値の推定であり、表 1 に示されるように注入量には個体差があり、平均注入量の 1 割程度の標準偏差を持つ分布となっている。

2. シロアリによる食害

2.1 非接地・非暴露試験

非接地・非暴露状態で設置した試験体のシロアリによる平均食害度の推移を図 3 に示す。未処理の試験体は、設置後 8 か月経過した最初の観察時にすでに平均食害度は 75.0 を示した。この時、FR 処理したものも平均食害度が 50 に近く、内部まで食害されているものが多かった。これらに対して DOT 処理したものは、きわめて軽微な食害痕が見られたのみで、CI 処理材は全く食害が見られなかった。

設置後 1 年、2 年と経過するに従って、FR 処理した試験体の食害度は上昇し、2 年経過した時点では無処理試験体と同じ程度に食害し尽くされた。FR 処理については、薬剤の組成や濃度等が現時点では不明であるため断言はできないが、シロアリ防除に関してはホウ素分 (ホウ酸当量) が不足して、十分な性能を発揮できていないことが考えられる。

DOT 処理試験体の食害度には濃度依存性が認められ、D4 処理では 1 年後の平均食害度が 11.0, 2 年後には 15.0 となった。食害発生率は 1 年後が 0.7, 2 年後は 0.9 で、これらから食害指数 (=平均食害度×食害発生率) を計算すると、1 年後に 7.7, 2 年後には 13.5 となり、2 年後には JIS に示される性能基準 (食害指

数 10 未満) を満たさなくなることがわかった。

これに対して D10 処理では、2 年後でも平均食害度は 4 で軽微な食害にとどまっている。CI 処理も 1 年後までは食害が認められなかったが、2 年経過した時点では D10 処理と同程度の軽微な食害が認められた。これらについては、2 年間の試験では性能基準を満たしており、耐用年数がさらに期待できることから、今後も経過観察を継続して行う必要がある。

非接地・非暴露野外試験におけるホウ素化合物の防蟻性能については、角田による総説 (角田 1999b) の中で、オーストラリアでの研究結果から、45 週間以上の長期試験でシロアリの食害抑止には 0.52~2.6% BAE の吸収量が必要と紹介されている。また、ハワイで行われた実験では、2.52%BAE の処理材でも繰り返しシロアリの攻撃を受けると食害を完全に抑止できないとされている。

また、角田らは (角田ら 2002) DOT 処理したベイツガなどの土台材を用いて非接地・非暴露条件の野外試験を鹿兒島 (日置市吹上) とハワイで行い、鹿兒島では 1.1~5.4%BAE の処理で 5 年間ほとんどシロアリによる食害の進行が認められなかったと報告している。

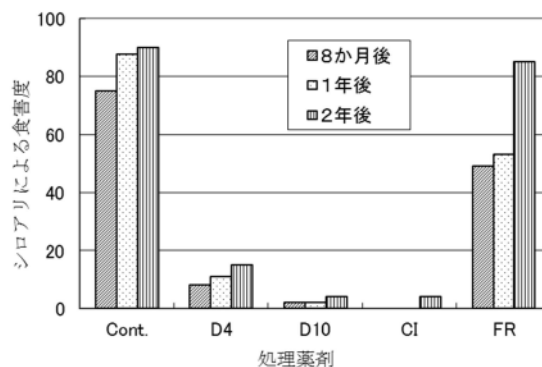


図3 非接地・非暴露試験体の平均食害度の推移

同時に、ハワイではシロアリによる食害が処理の有無に関係なく早いと述べており、気温とシロアリ活性の高さがその原因であると考察している。

試験方法や気候、シロアリ種並びに供試材樹種の違いもあることから、これらのデータを直接比較することは困難であると考えられるが、3.3~3.4%BAEのD4試験体でも2年間の食害抑止ができなかったことから、今回の試験地ではシロアリの活性がきわめて高いことが推察され、奄美地域におけるシロアリ対策は、薬剤濃度を一定以上に保つことだけでなく、土壌処理や建築方法（点検しやすい構造）など総合的な対策が必要であることを示唆している。

2. 2 野外杭打ち試験

野外杭打ち試験における試験体の平均食害度の推移を図4に示す。杭打ち試験の試験体は、非接地・非暴露試験と比較してシロアリの攻撃をより早く受ける傾向が認められ、未処理試験体は8か月経過時に平均食害度が90以上を示し、8か月以内にほぼ食害し尽くされたことがわかる。FR処理材は、未処理材よりも食害の進行は遅れたものの、1年後には平均食害度が90となり、ほぼ食害し尽くされた。

また、DOTやCIで処理した試験体は、これらと比べると低い食害度であったが、非接地・非暴露試験体より食害の進行は早く、最も食害の少なかったCI処理でも、2年経過後には平均食害度が20を超えた。これは、試験体が地面と直接接触していることによって、シロアリとの接触機会が多くなることとともに、降雨による薬剤の試験体からの流亡、拡散(DOT)や、微生物などによる有機物の分解(CI)が進行し、シロアリの攻撃を受けやすくなったことによるものと考えられる。これらの結果から、杭打ち試験は非接地・非暴露試験の促進試験として位置づけることが可能と考えられた。

結 論

奄美大島に設定した試験地で、ホウ素系薬剤としてDOTの4%及び10%溶液を注入したリュウキュウマツの抗蟻性能を、非接地・非暴露状態で調べ、以下のような結果が得られた。

1. 未処理試験体は1年以内に、ホウ素系難燃化剤を注入処理したものは2年以内にシロアリによって食

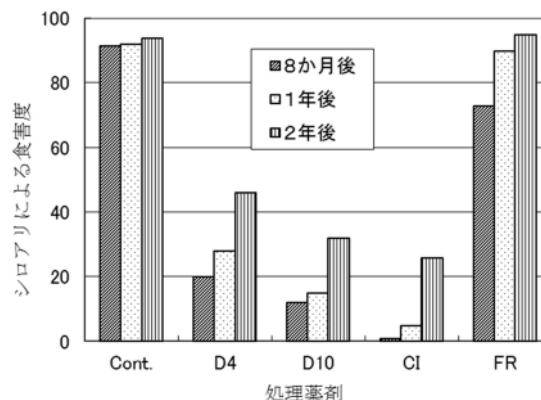


図4 野外杭打ち試験体の平均食害度の推移

害し尽くされた。

2. DOTの4%溶液を注入したものは1年までは食害指数が10未満であったが、2年後には10を超え、JISに規定する性能基準を満たさなくなった。
3. 10%溶液を注入したものと、CIを注入したものは2年経過後も軽微な被害にとどまった。
4. 同時に実施した野外杭打ち試験では、非接地・非暴露試験と同傾向の被害がより早期に現れた。

引用文献

- 角田邦夫(1999a) ホウ素化合物の木材保存剤としての利用. 木材保存 25(2):48-58.
- 角田邦夫(1999b) ホウ素化合物の木材保存剤としての利用(2) 野外での効果評価と木質ボード保存処理への応用. 木材保存 25(6):251-262.
- 角田邦夫ほか(2002) 地下シロアリおよび腐朽に対する八ホウ酸二ナトリウム四水和水(ティンボア)処理家屋土台の劣化防止効果. 木材学会誌 48(2):107-114.
- 図師朋弘, 森田慎一, 岩智洋, 穂山浩平, 日高富男(2010) 奄美産木材の野外杭打ち試験による防蟻性能評価, 鹿兒島県森林技術総合センター研究報告 13, 53-60.
- 日本規格協会(2004) JIS K1571, 木材保存剤の試験方法及び性能基準, 14-16.
- 日本木材保存協会(2012) 木材保存学入門(改訂3版), 122-129.
- 農林水産省(2007) 製材の日本農林規格. 平成19年8月29日農林水産省告示第1083号.

資料

リュウキュウマツ板材の変形に及ぼす裏溝加工の影響

森田慎一

森林環境部

はじめに

リュウキュウマツは、奄美産木材の中でも比較的蓄積が多く、木目の美しさなどから家具、建築用材などとして利用できる有用な樹種である。しかしながら、現在はチップ用材としての利用が主になっており、建材など付加価値の高い用途への利用は、ごく限られているのが実情となっている。

リュウキュウマツを利用する上での問題点のひとつとして、加工後の材料の動きが比較的大きく、製品の変形などが生じてクレームの原因となることがあげられる。とりわけ内装材などの比較的薄い材料を用いた場合には変形が目立つことから、こうした材料の変形防止技術を確立することは、リュウキュウマツの用途拡大を図るためにも重要な課題のひとつである。

従来から、フローリングや壁板などの内装材には、裏面にスリット状の切り込みを入れる裏溝加工が施されるのが普通である。裏溝加工は、床に直貼接着する場合の接着剤のはみ出しを吸収するスペースとしての役割などもあるが、材の割れや反り（カップ発生）を防止するためのものという考えが一般的であろう。しかし、その効果について検討した研究例（川上 2008）は少なく、裏溝の形状や入れ方に特段のセオリーはないと思われる。

本研究は、裏溝の本数と深さを変えて試験体を作成し、一定の温度条件下で湿度を変化させることによって発生する、試験体の幅反り（カップ量）とねじれ量を計測、比較することで、このような

裏溝加工が、材料の変形に影響するか検証することを目的として実施した。

材料

1 市販乾燥材

徳之島の製材工場から購入したリュウキュウマツ乾燥材（幅 120mm×厚さ 20mm×長さ 2 m）から、柾目に近い板材を選び、20℃、65%RH（相対湿度）に調整した恒温恒湿室内で数か月間積み保管した後、裏溝加工（1）に供した。

2 乾燥試験供試材

昨年報告した（迫田ら 2012）、スパイク積木を用いて通常よりも初期設定温度を高めた（80℃）スケジュールによる乾燥試験に供したリュウキュウマツ板材（製材時寸法は、幅 125mm×厚さ 25mm×長さ 2 m）の一部を用いた。

乾燥試験が終了してから、20℃、65%RHの恒温恒湿室に数か月間積み保管した後、裏溝加工（2）に供した。材料の板の選別に当たっては、乾燥時にスパイク積木を用いたものと通常積木を用いたものを区別し、さらにそれぞれから比較的材の表層部に近い板目板と、内層部分を含む柾目板とに分けた。それぞれの区分ごとに、原木の異なる板から、節などの大きな欠点が比較的少ないものを4～5枚選定した。各板材から、幅 100mm×厚さ 12mm×長さ 300mmに仕上げた試験体を5～4枚採取した。

表1 裏溝の入れかた (1)

種類	溝の本数	溝の幅	溝の深さ	溝の配置 (木口断面図)
C	0	—	—	—
S1	1	60mm	1mm	
D1			3mm	
S2	2	12mm	1mm	
D2			3mm	

注) 断面図の ■ は裏溝の位置を示す

表2 裏溝の入れかた (2)

種類	溝の本数	溝の幅	溝の深さ	溝の配置 (木口断面図)
C'	0	—	—	—
S2'	2	12mm	1mm	
D2'			3mm	
S3	3	12mm	1mm	
D3			3mm	

注) 断面図の ■ は裏溝の位置を示す

実験方法

1 裏溝加工

1. 1 裏溝加工 (1)

1枚の供試板から、表1に示すように、裏溝加工なし (C)、幅60mm、深さ1mmの裏溝を中央に1本 (S1)、幅60mm、深さ3mmの裏溝を中央に1本 (D1)、幅12mm、深さ1mmの裏溝を2本 (S2)、幅12mm、深さ3mmの裏溝を2本 (D2) の5とおりの試験体を、それぞれ5枚ずつ作成した。裏溝は原則として木裏側 (柾目材であるが、年輪の接線方向の傾きを見ながら、目視による判断で比較的木裏側に近いと思われる面) に入れた。

1. 2 裏溝加工 (2)

試験体の木裏側 (1. 1と同様に目視で判断) に、表2に示すような溝加工を行った。溝の幅は12mmで一定とし、溝の本数を2または3本、深さを1または3mmに設定し、溝加工しないものと合わせて5種類の試験体を作成した。板目材では、1枚の板から上記5種類の試験体を、4本の別々の原木から採材した板を用いて作成した。しかし、

柾目材の一部には、節などにより5枚の試験体を採取できないものがあつたことから、柾目試験体では、5本の原木から得た5枚の板を用い、各板から異なる加工の4種類の試験体を作成した。すなわち、試験体は5種類の加工法それぞれが、異なる原木由来の4枚ずつとなるように配分された。

2 材料の変形量計測

2. 1 カップ量の計測

鉄製の定盤上に、高さ15cmのマグネットスタンドを図1のように固定した。スタンドA、B間は、先端部の中心間で96mm、スタンドCは同じく先端の中心間がAC=BC=146mmとした。

試験体のおもて面を、スタンドAとスタンドBの先端に密着させて、スタンドCの先端との3点で試験体を支持し、スタンドA、Bの中央に設置した位置センサーでカップ量を読み取った。カップ量は、幅11cm×長さ35cm×厚さ10mmの亚克力板を用いて測定した値をゼロ点として、それぞれの試験体の両木口および中央付近の3カ所で測定した。なおカップ量は、木口面から見て凸型に発生するものをプラス、凹型に発生するものをマ

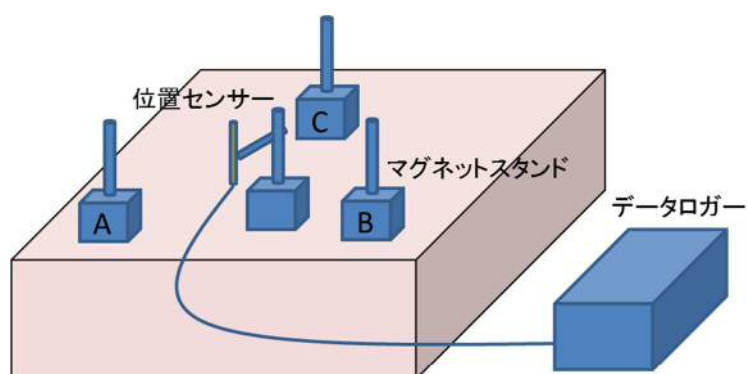


図1 カップ量の計測方法

イナスで示した。

2. 2 ねじれ量の計測

図1に示したスタンドA, Bは固定したまま、スタンドCと位置センサーを動かして、4本の先端が試験体の4隅に収まるよう配置した。スタンドA, B, Cの3つの先端に試験体のおもて面を固定し、2.1で用いたものと同じアクリル板を測定した値をゼロ点として、位置センサーで読み取った値をねじれ量とした。ねじれ量については、ねじれの方向によってプラス、マイナスの値が決まるが、今回はねじれる方向は考慮せず絶対値で比較した。

3 乾湿繰り返し試験

3. 1 裏溝加工(1)による試験

加工直後の試験体を、重量およびカップ量を計測した後、15°C、50%RHに保った恒温恒湿機に入れた(脱湿過程1)。なお温度15°Cは、冬の奄美の平均気温(奄美市名瀬の1~2月の平年値が15°C前後)を考慮して設定したものである。試験体重量が恒量に達するまで、適宜間隔を開けながらカップ量を計測し、恒量に達した後、温度は15°Cのまま湿度設定を95%RHに変えた(吸湿過程)。さらに試験体重量がほぼ恒量に達するまで適宜カップ量を計測し、恒量に達した後、カップ量とねじれ量とを計測して湿度設定を50%RHに戻した。その後、15°C、50%RHで試験体重量がほぼ恒量になるまで、同様に計測を行った(脱湿過程2)。最後

に105°Cの乾燥機中で3日間乾燥し、室温に戻した後、絶乾重量と絶乾時のカップ量及びねじれ量を計測した。

3. 2 裏溝加工(2)による試験

加工直後の試験体を、重量、カップ量およびねじれ量を計測した後、30°C、50%RHに保った恒温恒湿機内に置いた。試験体重量が恒量に達するまで、適宜間隔を開けながらカップ量を計測し、恒量に達した後ねじれ量を計測した。計測後、湿度設定のみを95%RHに変えた。さらに試験体重量がほぼ恒量に達するまで適宜カップ量とねじれ量とを計測し、恒量に達した後50%RHに戻した。その後、30°C、50%RHで試験体重量がほぼ恒量になるまで、同様に計測を行った。なお、温度30°Cは、奄美市名瀬における夏の平均気温の平年値(7~8月が28°C台)を参考に設定した。

結果および考察

1. 裏溝加工(1)の試験体の含水率及びカップ量の推移

裏溝加工(1)を施した試験体のカップ量変化を、試験体の含水率の変化と併せて図2に示す。

試験体の平均含水率は、初期状態が12.5%であり、脱湿過程1によって12.1%まで低下した。吸湿過程で26.0%まで上昇した後、脱湿過程2によって13.6%となった。

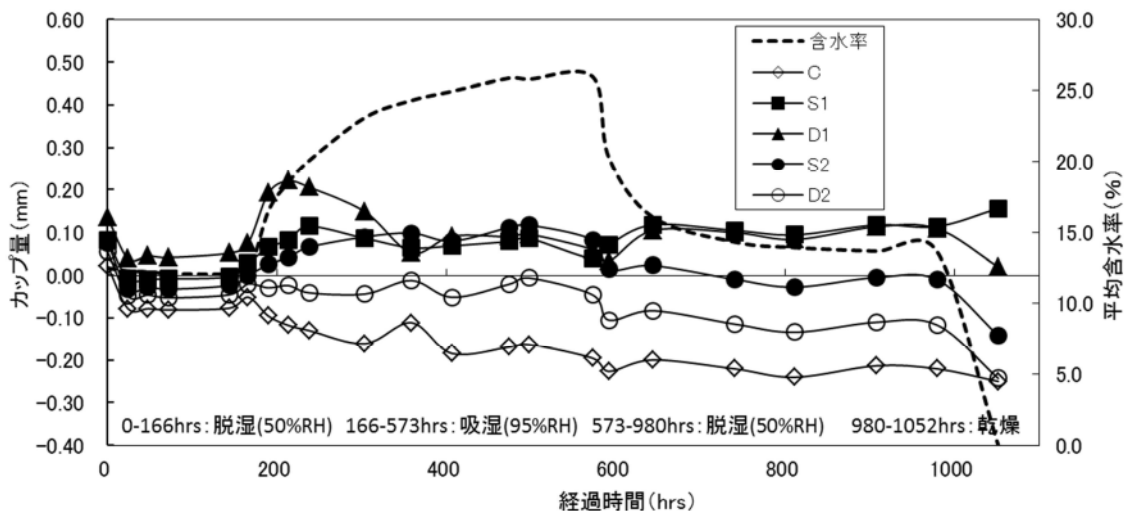


図2 試験体の平均含水率及びカップ量の推移 (温度 15°C)

カップ量は±0.25mm程度までであり、試験開始直後の減少と、吸湿過程初期の100時間程度までの動きが比較的大きかった。裏溝加工との関係ははっきりとしないが、現状の加工方法に近い12mm幅、深さ1mmの溝を2本入れたものが、全試験期間を通じての変化量は少なかった。

2. 裏溝加工 (1) の試験体のねじれ量の推移

時間の経過とともに、カップよりもねじれの発生が顕著になってきた試験体があったことから、吸湿過程と再脱着過程の最後、及び絶乾後のねじれ量を計測した。裏溝加工の種類別に図3に示す。

ねじれ量の絶対値は、試験開始時から50%RH平

衡を経て95%RH平衡時までには生じたものは0.5～1mm程度の範囲にあった。その後の50%RH状態での乾燥過程では、裏溝のないものはねじれ量が2倍以上に増加したが、裏溝を入れたものは安定もしくは減少した。ただし、裏溝の有無や溝の入れ方による統計的な有意差は認められなかった。

その後、絶乾状態まで乾燥したときのねじれ量は裏溝なしが最も大きく、3.5mmを超えた。また、裏溝1本よりも2本が、浅い溝よりも深い溝を入れた方が小さくなる傾向が見られたが、これも統計的に有意な差ではなかった。

そこで、原木の特性がねじれに表れた可能性も

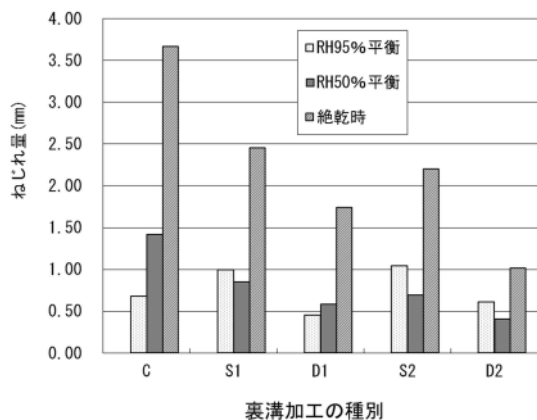


図3 ねじれ量 (絶対値) の変化

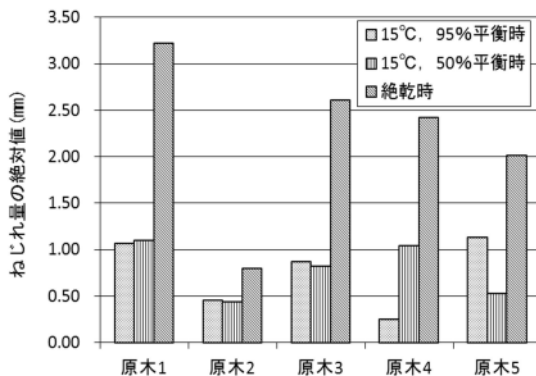


図4 原木別のねじれ量(絶対値)

あると考え、裏溝加工の種類に関係なく原木別のねじれ量にして示したのが図4である。図から明らかかなように、絶乾時のねじれ量は原木2から採材したものが他の4本からの試験体よりも小さかったことがわかる。しかし、絶乾時以外の、通常使用される環境の範囲内と考えられる今回の条件で発生するねじれ量は有意な差ではなかった。

裏溝加工の種類と、原木の違いをパラメーターとした2元分散分析でも、どちらの要因もねじれ量の発生に有意であるとは認められなかったことから、本実験によっては、試験体のねじれ発生に対する裏溝加工の効果は特に認められなかった。

3. 裏溝加工（2）の試験体の含水率及びカップ量の推移

全試験体の平均含水率は、図5のように推移した。すなわち、平均含水率は、初期状態が11.9%であり、脱湿過程1によって10.2%まで低下した。吸湿過程で25.2%まで上昇した後、脱湿過程2によって11.1%となった。温度が15℃の場合と比較すると、湿度条件を変えた場合の含水率変化の速度はやや速いが、平衡に達するまでの時間は長時間を要した。また、脱湿時の平衡含水率は、30℃のほうがやや低かった。

各試験体のカップ量の発生状況の推移を、板目

材および柾目材別に、裏溝加工の種類ごとに平均して図6に示した。温度30℃の条件で、50%RHから実験を開始してから308時間経過した時点で湿度を95%RHとし、914時間経過したときに再び50%RHに戻して、最終的には1,562時間まで続けた。

いずれの裏溝加工の場合でも、4個の試験体の平均カップ量は-0.4~+0.6mmの範囲となっている。カップは、湿度を変化させた直後からおおむね100時間程度までに変化し、その後は安定していた。加工直後からのわずかな動きを別にすれば、吸湿時にはプラス方向、放湿時にはマイナス方向の動きを示した。

柾目板と板目板との発生量の違いは大きくないように見えるが、図6はカップの生じる向きが異なる試験体があれば、平均したときに見かけ上のカップ量が小さくなる。そこで、カップ量を絶対値に換算して図6を書き換えたものが図7である。図7を見ると、カップ量の絶対値を平均したものは、柾目材よりも板目材のほうが大きいことがわかる（縦軸のスケールが異なることに注意）。また、湿度環境が変化したときにカップが発生するが、吸湿時よりも放湿に転じたときの方が変化は大きいこと、放湿直後に大きく生じたカップがその後

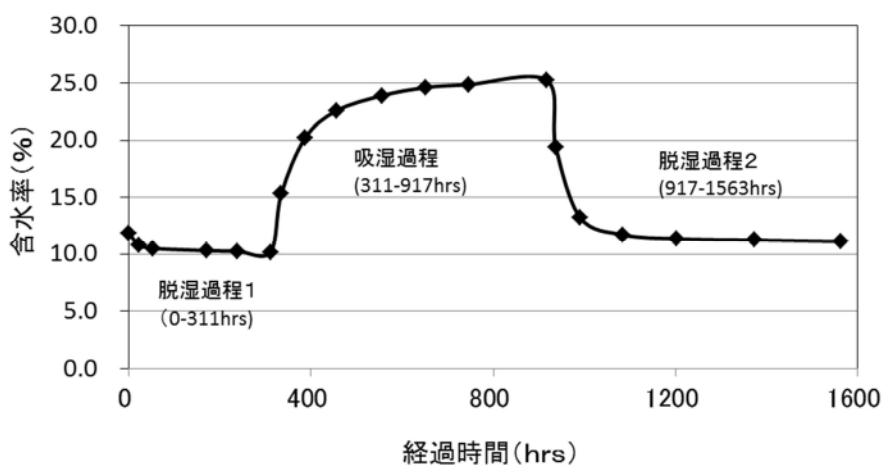


図5 試験体の平均含水率の推移 (温度 30℃)

緩和されていたことがわかる。こうした動きを示した理由は、より詳細に解析してみないとわからないが、次に示すねじれの発生など、試験体全体の動きとも関係しているものと思われる。

裏溝加工との関連ははっきりとはせず、裏溝加工によってカップ量が小さくなる傾向は認められなかった。また、乾燥時に使用した栈木の種類による違いも特段認められなかった。

4. 裏溝加工（2）の試験体のねじれ量の推移

図8にねじれ量（絶対値）の推移を示した。ねじれの発生量も柾目材よりも板目材の方が大きく、柾目材では裏溝加工に関係なく1～2mm以内に収まったのに対して、板目材では最終的に5mm以上のねじれを生じたものが見つかった。

また、ねじれの発生についても、カップ同様吸湿から放湿に転じたときに大きく、条件を変えてからおおむね100時間程度以内に発生することがわかった。

特にスパイク栈木を用いて乾燥した材から加工した試験体に多く生じたが、その理由は明らかではない。裏溝加工との関連が特に見いだせなかったことから、原木別に整理し直して示したのが図9である。図9から、スパイク栈木を用いて乾燥した原木5と原木11から加工した板目材に大きくねじれが発生しており、このことがスパイク栈木で乾燥した試験体全体のねじれ量を大きくしていることがわかる。これら2本の原木は他の栈木や板目・柾目別の条件の試験体には使用されていないため比較ができないが、裏溝加工の影響よりも、このような原木の素性による影響の方が大きい可能性があると考えられる。

まとめ

リュウキュウマツ板材の、乾燥、加工後の変形発生に及ぼす裏溝加工の効果について調べるため

に、裏溝の数や深さを変えた試験体を作成して、湿度変化に伴うカップ及びねじれの発生量を計測した。十分に乾燥した材料でも、湿度変化に伴う吸、脱湿過程においてカップ及びねじれの発生が見られた。カップの発生量は柾目材よりも板目材の方が大きく、放湿に転じたときに一時的に大きく動くことが観察された。また、ねじれ量は30cmの試験体長さに対して、柾目材で最大1～2mm（30℃、50%RHのとき）であったが、板目材では5～6mm発生する試験体が多くあり、使用時には大きな問題となると考えられた。特に脱湿過程初期（100時間以内）での発生量が大きかった。裏溝加工の種類と変形量との関連は、今回の実験でははっきりとは認められず、むしろ原木の素性による影響の方が大きい可能性が示唆された。

謝 辞

実験の遂行に当たって、鹿児島県工業技術センター地域資源部の方々に、設備利用の便宜や様々なアドバイスをいただきました。心から感謝申し上げます。

引用文献

- 川上 敬介（2008）室内空調等に対応した県産スギ内装用面材の開発，鳥取県農林総合研究所林業試験場平成19年度業務報告，20-22。
- 迫田 正和，森田 慎一，岩智 洋，吉原 勝利（2012）リュウキュウマツ人工乾燥試験，鹿児島県森林技術総合センター研究報告 15，12-17。

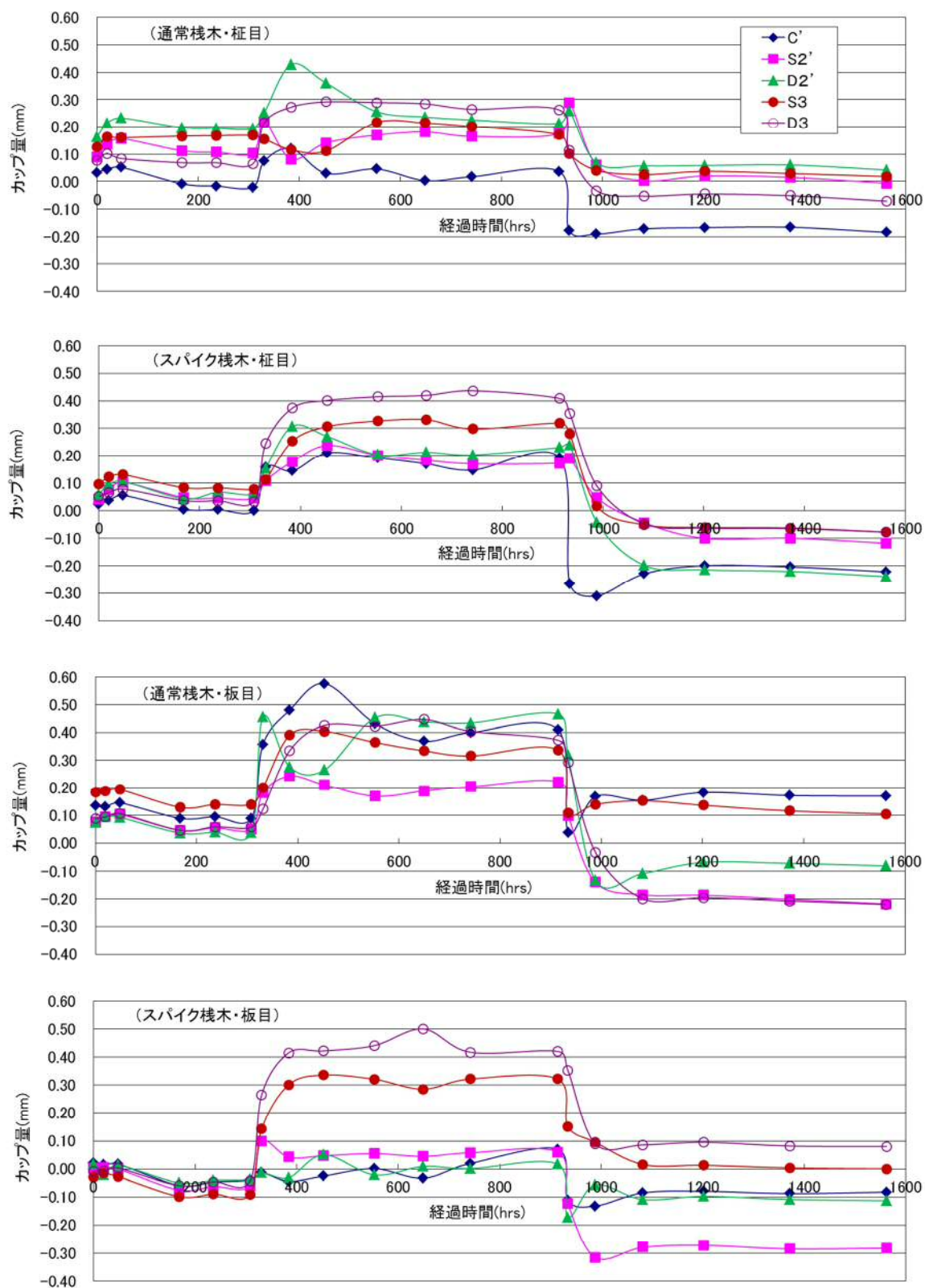


図6 加工直後→脱湿 (50%RH) →吸湿 (95%RH) →再脱湿 (50%RH) 時のカップ量の推移 (温度 30°C)

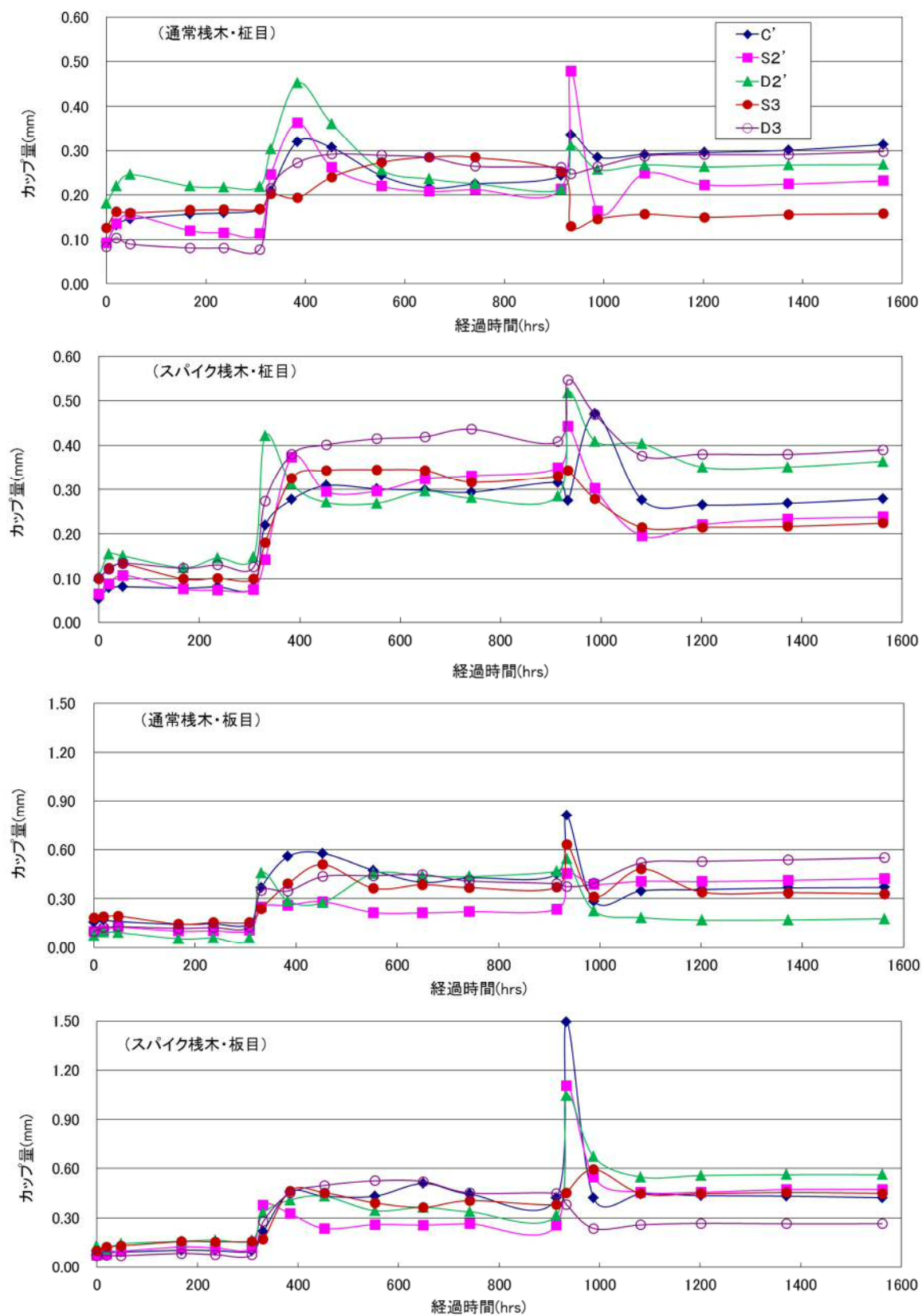


図7 加工直後→脱湿 (50%RH) →吸湿 (95%RH) →再脱湿 (50%RH) 時のカップ量絶対値の推移 (温度 30℃)

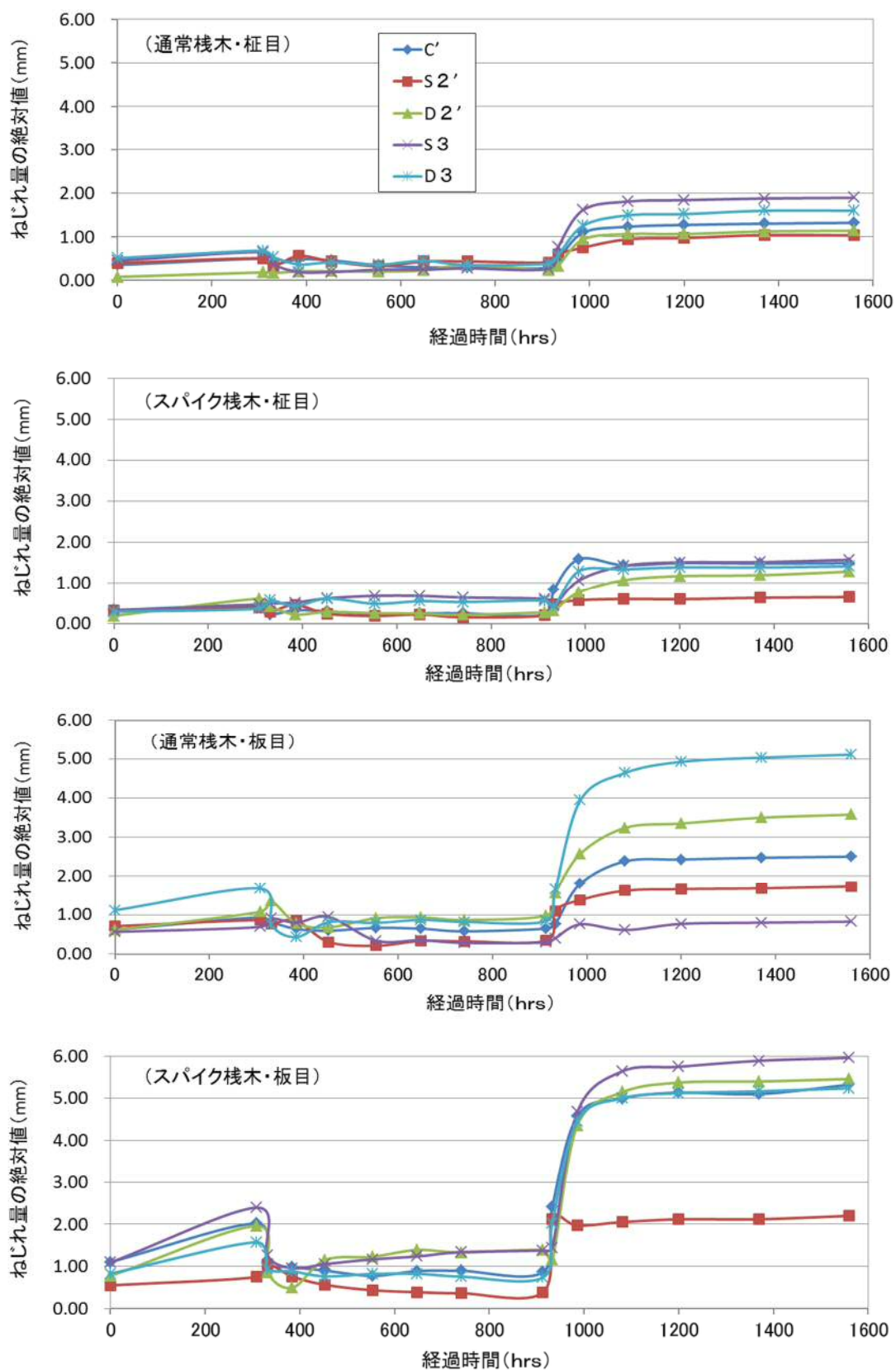


図8 加工直後→脱湿 (50%RH) →吸湿 (95%RH) →再脱湿 (50%RH) 時のねじれ量の推移 (温度 30℃)

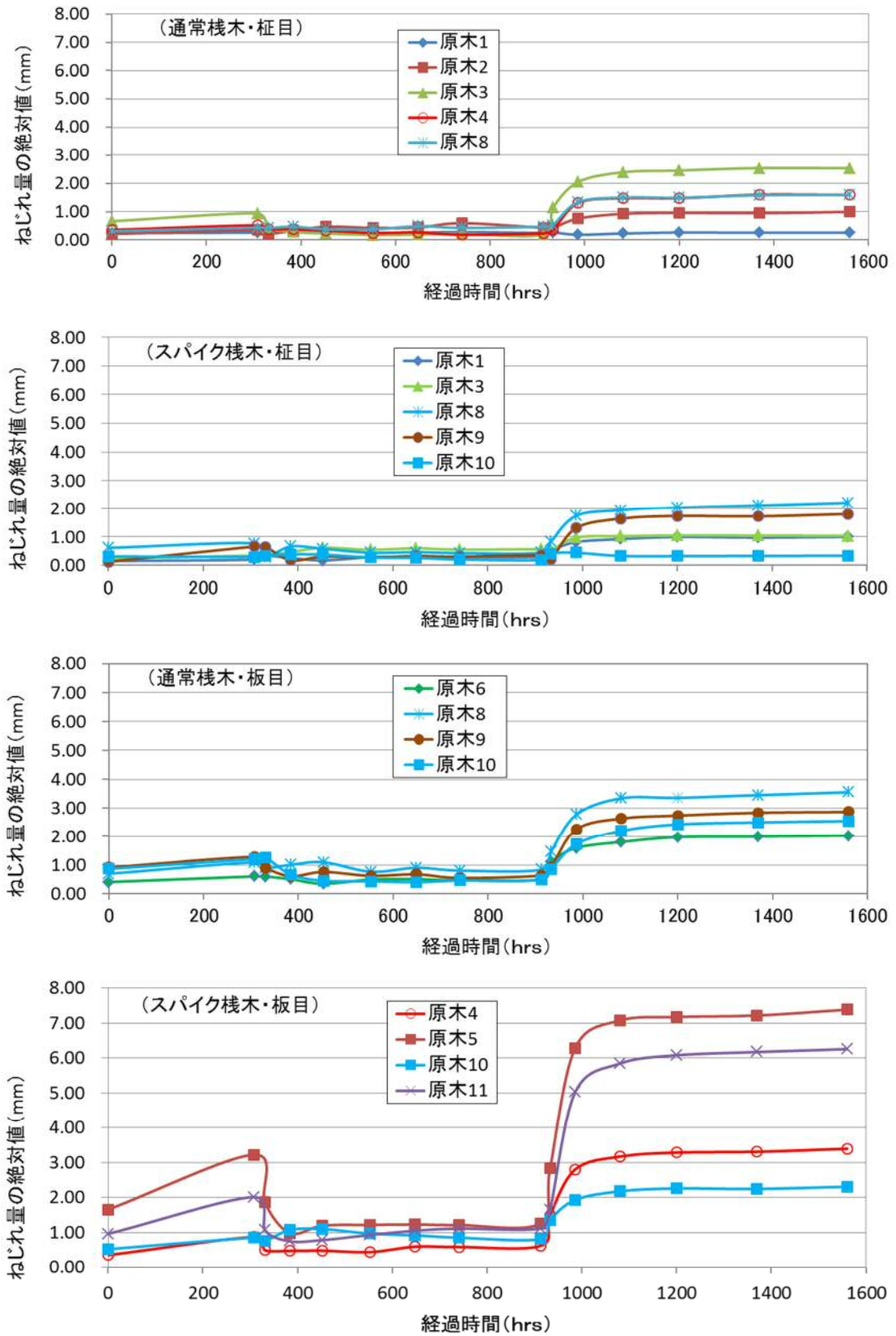


図9 原木別に見たねじれ量の推移 (温度 30°C)

資料

スギ下刈り省力試験地の成長調査

宮里 学，森田慎一，東 正志
森林環境部

はじめに

下刈りは人工林造成において、特に労力を要する作業であり、その費用の低コスト化が再造林推進における重要な課題となっている。

鹿児島県では、下刈りの省略もしくは期間短縮による低コスト化を図るため、初期成長に優れた品種の導入、大苗植栽、施肥等を行った実証試験地を設置している。

今回は、初期成長に優れた品種の大苗植栽を実施した試験地の調査結果を報告する。

試験地の概要と調査方法

試験地は、霧島市福山町にある県有林（北緯 31 度 41 分 53.06 秒・東経 130 度 52 分 52.05 秒）に設けており、標高 400m、U字型谷部に位置し、表層地質は砂岩及び同優勢互層（鹿児島県 1990）である。スギ人工伐採跡地 0.57ha に、初期成長の良いスギ精英樹県指宿 1 号の 2 年生苗（苗長 110cm）を、2001 年 3 月植栽した。植栽密度は、1ha 当たり 1500 本、2000 本、3000 本の 3 区分とし、北向きと南向きの斜面にそれぞれ下刈り区、無下刈り区を設定した（図 1）。なお、今回の調査時の林齢は 12 年生である。



図 1 福山試験地

調査方法については、全植栽木を対象とし、樹高、胸高直径、根元曲がり、幹曲がり、被圧木等の発生状況を

調査した。樹高は測竿もしくは測高器（Haglöf 社製 VertexIII）を使用し、胸高直径は直径メジャーで測定した。根元曲がり及び幹曲がりは、次代検定林調査要領（独立行政法人森林総合研究所林木育種センター 1996）による評価基準に基づき調査し、5 段階評価を行った。いずれも評価値が高いほど直材に近いことを示す。被圧木等の発生状況については、周辺樹木からの被圧、つる植物の巻き付き等の発生状況を調査した。

結果と考察

調査結果の分析は、前回 2007 年の調査（下園ら 2009）同様、各試験区の林縁付近にある計測木のデータは除外した。

1. 生存率

各試験区の生存率は 80～100% であり、周辺の広葉樹等による被圧の影響で生育不良の個体は多かったが、枯損まで至った個体は少なかった。

前回調査時の結果と比較すると、1500 本/ha と 2000 本/ha の北向き斜面・下刈り無し区で、枯損木が比較的多く発生している（表 1）。なお、1500 本/ha 区の枯損木の原因は、広葉樹等による被圧であり、2000 本/ha 区は集材路開設による支障木伐採であった。

2. 樹高、胸高直径

樹高と胸高直径は、3000 本/ha 区の南向き斜面を除く全ての試験区で下刈り区の方が成長は良好であった（表 2、表 3）。

3. 根元曲がり、幹曲がり

根元曲がりと幹曲がりについても、樹高及び胸高直径と同様、ほとんどの試験区で下刈り区の方が曲がりは少なく良好であった（表 4、表 5）。

4. 被圧木等の発生状況

被圧木等の発生割合は、いずれの試験区においても無下刈り区の方が高く、北向き斜面の 1500 本/ha 区と南向き斜面の 2000 本/ha 区では発生割合は 70% を上回った。

一方、下刈り区では発生割合は、いずれの植栽密度においても30%以下であった(表6)。

以上のことから、健全な林分を育成するには下刈りの優位性が認められることから、省力化施策を検討するうえで、無下刈りよりも下刈り回数の低減が妥当であると考えられた。

引用文献

独立行政法人森林総合研究所林木育種センター
(1996) 次代検定林調査要領, 1-10.

鹿兒島県(1990) 鹿兒島県地質図.

下園寿秋, 上床眞哉, 大迫恵(2009) 下刈り省力によるスギ成長試験. 九州森林研究 62: 80-83.

表1 試験区別の生存率

試験区	斜面方位	下刈りの有無	植栽本数(本)	生存本数		2004年調査時の生存本数(本)	増減
				A	生存率(%)		
1,500本/ha	北	有	56	52	93	53	-1
		無	56	45	80	54	-9
	南	有	120	116	97	117	-1
		無	76	73	96	75	-2
2,000本/ha	北	有	61	57	93	57	0
		無	98	85	87	97	-12
	南	有	100	100	100	100	0
		無	85	85	100	85	0
3,000本/ha	北	有	33	32	97	33	-1
		無	41	39	95	41	-2
	南	有	80	78	98	79	-1
		無	32	30	94	30	0

表2 試験区別の樹高計測結果

試験区	斜面方位	下刈りの有無	計測本数(本)	平均樹高(m)		増減
				A	2007年調査時の平均樹高(m)	
1,500本/ha	北	有	52	11.49	7.12	4.37
		無	45	7.45	4.96	2.49
	南	有	116	8.30	5.41	2.89
		無	73	6.68	4.42	2.26
2,000本/ha	北	有	57	10.46	6.70	3.76
		無	85	7.73	5.33	2.40
	南	有	100	9.20	5.84	3.36
		無	85	6.74	4.79	1.95
3,000本/ha	北	有	32	10.07	6.25	3.82
		無	39	7.51	4.95	2.56
	南	有	78	9.07	5.97	3.10
		無	30	9.28	5.88	3.40

表3 試験区別の胸高直径計測結果

試験区	斜面 方位	下刈りの 有無	計測本数 (本)	平均胸高直径	2007年調査時の		増減 A-B
				(cm) A	平均胸高直径	(cm) B	
1,500本/ha	北	有	52	18.0	15.3	2.7	
		無	45	10.2	8.7	1.5	
	南	有	116	13.2	10.9	2.3	
		無	73	9.1	7.1	2.0	
2,000本/ha	北	有	57	15.9	14.2	1.7	
		無	85	11.3	10.0	1.3	
	南	有	100	14.3	12.0	2.3	
		無	85	9.3	8.3	1.0	
3,000本/ha	北	有	32	13.8	12.6	1.2	
		無	39	8.9	8.4	0.5	
	南	有	78	12.7	11.3	1.4	
		無	30	13.8	10.9	2.9	

表4 試験区別根元曲がり評価の発生頻度

単位：%

試験区	斜面 方位	下刈りの 有無	計測本数 (本)	評価1	評価2	評価3	評価4	評価5
1,500本/ha	北	有	52	0.0	0.0	1.9	38.5	59.6
		無	45	2.2	0.0	11.1	51.1	35.6
	南	有	116	0.0	0.0	6.9	30.2	62.9
		無	73	0.0	1.4	11.0	17.8	69.9
2,000本/ha	北	有	57	0.0	0.0	0.0	26.3	73.7
		無	85	0.0	1.2	11.8	56.5	30.6
	南	有	100	0.0	1.0	4.0	19.0	76.0
		無	85	0.0	1.2	10.6	44.7	43.5
3,000本/ha	北	有	32	0.0	0.0	0.0	46.7	53.1
		無	39	0.0	0.0	5.1	59.0	35.9
	南	有	78	0.0	1.3	7.7	51.3	39.7
		無	30	3.3	0.0	3.3	40.0	53.3

注) 評価5：地際からの曲がりがない、評価4：少し曲がりがあるが採材に支障なし、評価3：0.3m以上0.6m未満採材時に切り捨てる曲がりがある、評価2：0.6m以上1.2m未満採材時に切り捨てる曲がりがある、評価1：1.2m以上採材時に切り捨てる曲がりがある

表5 試験区別幹曲がり評価の発生頻度

単位：%

試験区	斜面方位	下刈りの有無	計測本数(本)	評価1	評価2	評価3	評価4	評価5
1,500本/ha	北	有	52	0.0	0.0	1.9	23.1	75.0
		無	45	9.1	6.8	25.0	25.0	34.1
	南	有	116	0.9	6.0	12.1	21.6	59.5
		無	73	5.5	16.4	15.1	19.2	43.8
2,000本/ha	北	有	57	1.8	1.8	0.0	12.3	84.2
		無	85	2.4	14.1	18.8	41.2	23.5
	南	有	100	0.0	0.0	3.0	20.0	77.0
		無	85	3.5	8.2	15.3	25.9	47.1
3,000本/ha	北	有	32	0.0	0.0	12.5	31.3	56.3
		無	39	2.6	5.1	17.9	35.9	38.5
	南	有	78	3.8	6.4	12.8	24.4	52.6
		無	30	0.0	0.0	3.3	46.7	50.0

注) 評価5：曲がり全くなし，評価4：少し曲がりがあるが採材に支障なし，評価3：矢高が直径の50%未満，評価2：矢高が直径未満，評価1：重曲又は矢高が直径以上

表6 試験区別の被圧木等発生状況

試験区	斜面方位	下刈りの有無	計測本数(本)	被圧木等の発生本数(本)	被圧木等の発生率(%)
1,500本/ha	北	有	52	5	9.6
		無	45	33	73.3
	南	有	116	33	28.4
		無	73	38	52.1
2,000本/ha	北	有	57	8	14.0
		無	85	40	47.1
	南	有	100	12	12.0
		無	85	61	71.8
3,000本/ha	北	有	32	4	12.5
		無	39	19	48.7
	南	有	78	15	19.2
		無	30	11	36.7

資料

桜島における松くい虫被害量とマツノマダラカミキリ発生数について

東正志
森林環境部

はじめに

マツ材線虫病（以下、松くい虫）の代表的な予防措置として、有人ヘリコプターによる薬剤散布（特別防除）がある。薬剤散布の有効な時期はマツノマダラカミキリ（以下、カミキリ）の発生期であることから、過去のカミキリ成虫の発生動向のデータを基に薬剤散布日を決定している。

鹿児島県森林技術総合センター（以下、当センター）では、このデータを収集するため、松くい虫激害地の被害材を用いてカミキリ成虫の発生予察事業を実施しており、平成16年度以降は鹿児島市桜島（以下、桜島地区）の被害材を使用している。

そこで、桜島地区における松くい虫被害量推移と発生予察事業におけるカミキリ発生数との関連性について検討した結果を報告する。

近年の松くい虫被害について

① 鹿児島県内における松くい虫被害状況

鹿児島県における近年の松くい虫被害量は、昭和53年度をピークに漸減し、平成10年度に最少を記録したのち再び増加に転じている。中でも平成18年度以降は奄美大島での被害が増加している（表1）。

表1 鹿児島県内の地区別松くい虫被害量

年度	鹿児島	南薩	北薩	姶良	大隅	熊本	奄美	計
S53	3,857	38,458	10,893	6,314	9,322	5,711	357	74,912
H6	1,098	3,527	702	455	992	2,115	2,059	10,948
H7	1,289	4,011	454	424	1,278	1,300	12,011	20,767
H8	758	3,569	393	740	1,364	1,245	5,486	13,555
H9	477	1,959	420	422	1,560	70	3,821	8,729
H10	443	1,599	595	951	2,608	76	2,355	8,627
H11	1,030	514	506	239	5,435	80	1,492	9,296
H12	2,000	318	322	97	6,472	42	1,843	11,094
H13	13,403	265	196	65	11,234	95	1,980	27,238
H14	17,435	499	136	50	4,561	74	1,659	24,414
H15	23,001	322	60	20	886	178	2,003	26,470
H16	25,800	356	59	50	361	60	2,051	28,737
H17	22,693	311	78	35	207	117	8,549	31,990
H18	16,771	587	106	92	323	208	12,222	30,309
H19	16,101	1,137	704	48	283	550	17,580	36,403
H20	15,214	1,160	609	219	388	357	40,678	58,625
H21	12,407	2,169	902	482	412	127	74,200	90,699
H22	560	1,849	1,542	477	278	41	88,076	92,823
H23	102	3,094	2,750	251	289	67	73,532	80,085

また、県内における松くい虫被害激害地の推移につ

いてみると、平成6年度までは南薩地区、平成7年度から9年度までは奄美大島地区が被害の中心であった。その後は大隅地区、鹿児島地区、そして再び奄美大島地区へと被害の中心がシフトしている（表2）。

表2 鹿児島県内の地区別松くい虫被害発生状況

年度	鹿児島	南薩	北薩	姶良	大隅	熊本	奄美	計
S53	5.1	51.3	14.5	8.4	12.4	7.6	0.5	100.0
H6	10.0	32.2	6.4	4.2	9.1	19.3	18.8	100.0
H7	6.2	19.3	2.2	2.0	6.2	6.3	57.8	100.0
H8	5.6	26.3	2.9	5.5	10.1	9.2	40.5	100.0
H9	5.5	22.4	4.8	4.8	17.9	0.8	43.8	100.0
H10	5.1	18.5	6.9	11.0	30.2	0.9	27.3	100.0
H11	11.1	5.5	5.4	2.6	58.5	0.9	16.0	100.0
H12	18.0	2.9	2.9	0.9	58.3	0.4	16.6	100.0
H13	49.2	1.0	0.7	0.2	41.2	0.3	7.3	100.0
H14	71.4	2.0	0.6	0.2	18.7	0.3	6.8	100.0
H15	86.9	1.2	0.2	0.1	3.3	0.7	7.6	100.0
H16	89.8	1.2	0.2	0.2	1.3	0.2	7.1	100.0
H17	70.9	1.0	0.2	0.1	0.6	0.4	26.7	100.0
H18	55.3	1.9	0.3	0.3	1.1	0.7	40.3	100.0
H19	44.2	3.1	1.9	0.1	0.8	1.5	48.3	100.0
H20	26.0	2.0	1.0	0.4	0.7	0.6	69.4	100.0
H21	13.7	2.4	1.0	0.5	0.5	0.1	81.8	100.0
H22	0.6	2.0	1.7	0.5	0.3	0.0	94.9	100.0
H23	0.1	3.9	3.4	0.3	0.4	0.1	91.8	100.0

全体における被害量の割合が30%を超える地区を着色している。

② 桜島地区における松くい虫被害状況

桜島は溶岩地帯にマツ林が広がる独特の景観を有しており、鹿児島県を代表する観光地である。桜島地区は表1における「鹿児島地区」に属しており、鹿児島地区における被害量のほとんどを桜島地区が占めている。

この桜島地区では、平成13年度以降に被害量が増加し、平成16年度にピークを迎えたあと平成22年度以降は被害量が激減している（図1）。

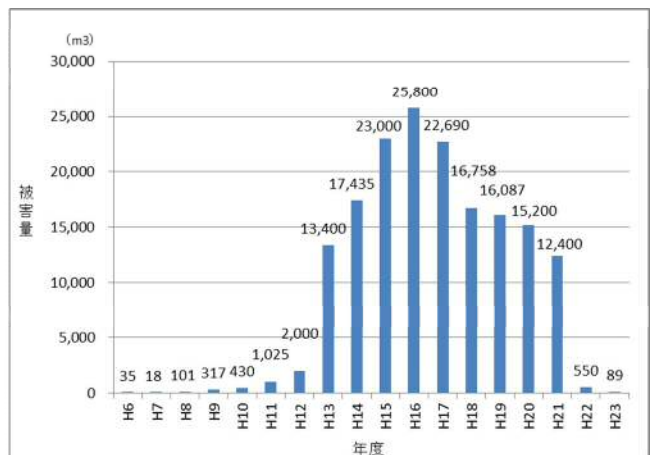


図1 桜島地区における松くい虫被害量の推移

発生予察事業について

発生予察事業とは、松くい虫被害材を野外の網室等に設置し、春に材から羽化脱出（以下、発生）するカミキリ成虫数とその時期を調査するものである。調査項目は、成虫が発生した最初の日（以下、発生初日）、成虫の発生総数に対して5%の発生数となった日（以下、5%発生日）、同様に50%の発生数となった日（以下、50%発生日）、成虫の発生が終息した日（以下、発生終日）、発生総数、積算温度などであり、各種松くい虫防除事業の参考データとしているところである。

発生予察に用いる被害材は、材の中にカミキリ幼虫が存在することが必須条件であることから、必然的に被害地（特に激害地）から調達することとなる。記録のある平成11年度以降、平成15年度までは桜島地区以外から調達しているが、平成16年度から22年度まで、桜島での被害が増加したこともあり、発生予察事業に用いる被害材は全て桜島地区から調達した。

これまでの調査結果を見ると、多少のバラツキはあるが、概ね発生初期の5%発生日は6月上旬、発生ピークの50%発生日は7月上旬となっている（表3）。

表3 発生予察におけるカミキリ発生数

	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23
発生初日	5/16	5/29	5/11	5/9	5/16	5/17	5/10	5/11	5/22	5/17	5/17	5/24	5/25	5/18	5/28	6/7	5/19
発生初期 (5%発生日)					6/5	5/30	6/6	6/9	5/30	6/9	5/29	6/10	6/7	6/14	6/11	6/14	6/10
ピーク (50%発生日)	7/11	7/5	6/27	6/23	6/30	7/3	7/4	7/9	7/5	6/26	6/27	7/11	7/19	7/11	7/10	7/4	7/2
発生終日	8/14	8/16	8/8	7/23	8/9	8/8	8/1	8/19	8/7	8/4	8/3	8/14	8/22	8/10	8/7	8/3	7/29
発生前日までの有効積算温度(°C)	208	257	228	289	266	190	213	229	279	234	206	247	278	231	348	460	220
総発生数(頭)					574	641	668	398	125	489	300	568	697	1071	120	76	
被害材産地					山川	山川	山川	垂水	垂水	桜島	桜島	桜島	桜島	桜島	桜島	桜島	加世田

平成16年度から22年度までの発生数の推移を見ると平成17年度以降、カミキリ発生数は徐々に増加し、平成20年度にピークを迎え、その後減少していることがわかる（図2）。

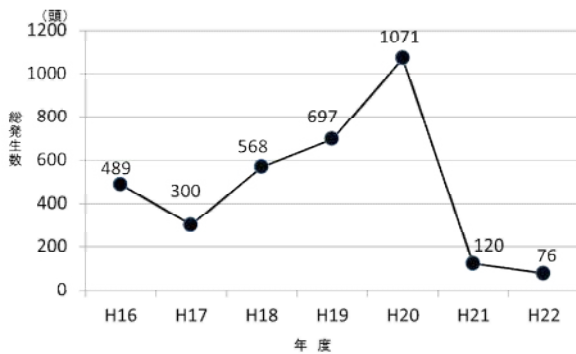
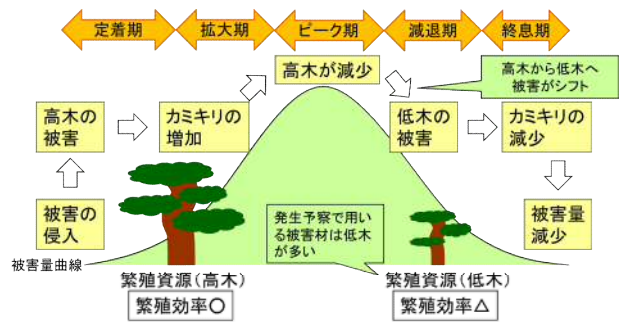


図2 発生予察事業における年度別カミキリ発生数

被害量とカミキリ発生数との関係について

桜島での松くい虫被害推移についての報告がある（松尾 2011）。

桜島での被害は、まず微害であった「定着期」を経て、被害の拡大する「拡大期」へと移行し、その間カミキリ繁殖に効率の良いマツ高木への被害が集中することで被害量は爆発的に増加した。その後、高木が繁殖源として利用され続けることで被害量の最大期である「ピーク期」を迎えるが、やがて高木は減少し、被害は低木へとシフトしていく。しかし、低木資源では繁殖効率が悪化するためカミキリ数はやがて減少し、被害量も減少する「減退期」を迎え「終息期」へ移行する（図3）。



鹿児島大学修士論文(2011)松尾俊幸 をもとに作成

図3 桜島における松くい虫被害推移

この考え方をもとに、桜島地区における被害量とカミキリ発生数との関連を見る（図4）。

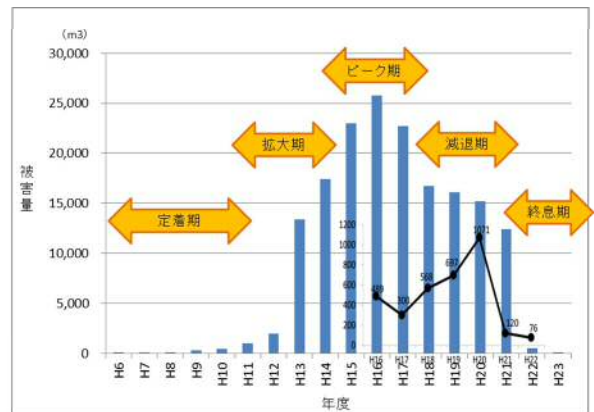


図4 桜島における被害量とカミキリ発生数との関係

一般的に害虫による被害量のピークとその個体数のピークは同時期であると考えられる。しかし、桜島の松くい虫被害量のピークは平成16年度であるのに対し、カミキリ発生数のピークは平成20年度であり、両者のピークには差がある。この要因として、今回の発生予察に用いた被害材は各年度とも直径が10cm程度と細く、低木由来のものであったことが考えられる。桜島で高木が多く枯れる被害量のピーク時であっても、発生予察で用いた被害材は先述のとおり直径が10cm程度の低木で

あったことから、当時のカミキリ発生数は少なく、その後低木資源での繁殖が活発になった「減衰期」において発生数がピークを迎えることとなったものと考えられる。そして、その後に低木資源までもが少なくなったことで、被害量とともに発生数も減少し続けているものと考えられる。

さいごに

平成 24 年末度現在、桜島の被害発生量は激減している。このまま被害量が少ない状態が続くと、今後、低木資源の生育に伴い、カミキリ繁殖に適した高木資源が増加し、再び被害量が増加する可能性がある。桜島は溶岩地帯特有の険しい地形条件であり、松くい虫被害を低レベルで保ち続けるためには、伐倒駆除等による地上からの防除には限界がある。伐倒駆除等と合わせ、特別防除等の予防処置を今後も継続することにより、被害の少ない状態を長く継続させていくことが重要である。

引用文献

松尾俊幸 (2011) 桜島におけるマツ材線虫病の変遷とそれに関わる要因. 鹿児島大学大学院農学研究科修士論文.

資料

シイタケ栽培における中温系品種を用いた気候変動への対応

福永寛之*・重森宙一*・大久保秀樹**

*資源活用部・**資源活用部(現大島支庁)

はじめに

平成 23 年の本県における林産物生産額は約 113 億円で、このうち食用きのこ類は約 16 億円(林産物全体の 14.3%)と素材、たけのこに次ぐ生産額となっている。¹⁾ また、全国では生シイタケ生産に占める原木栽培の割合は 18%であるのに対して、本県では 70%と原木栽培の割合が高いのが特徴である。²⁾

一方、最近、原木シイタケ生産者から、「シイタケの発生が従前と異なる。」という意見を聞く機会が増えてきている。本試験を開始する前に県内の生産者に対してアンケート調査を実施したところ、県内の多くの生産者が「秋の発生が遅れることがある」や「低温系品種が発生不良になることがある。」といった感想を持っているが、具体的な対応策を講じている生産者は少ないことが判明した。また、鹿児島地方気象台の気象データを分析したところ、1950 年代に比べて 2000 年代の平均気温が高くなっていることが分かった。

このようなことから、本研究は、近年の気候条件の変

動状況を調査するとともに、中温系品種の栽培を行い、気候条件等と品種特性の関係を把握し、気候変動に対応したシイタケ栽培方法を検討することを目的としている。

本報告では、その栽培状況や収量調査の現在までの経過について報告する。なお、途中経過であるので、最終的な結果については収量調査が完了してから改めて報告する。

調査方法および結果

1. 近年の気候条件の変動

鹿児島地方気象台の気象データを基に作成した鹿児島市における年平均気温の推移を図 1 に、年間降水量の推移を図 2 に示す。年平均気温は 1950 年からの 60 年間で約 2℃ほど気温が上昇している。一方、降水量は、年変動はあるものの、おおむね横ばい傾向である。

次に、月ごとの平均気温、日最高気温、日最低気温の変化を図 3 に示す。

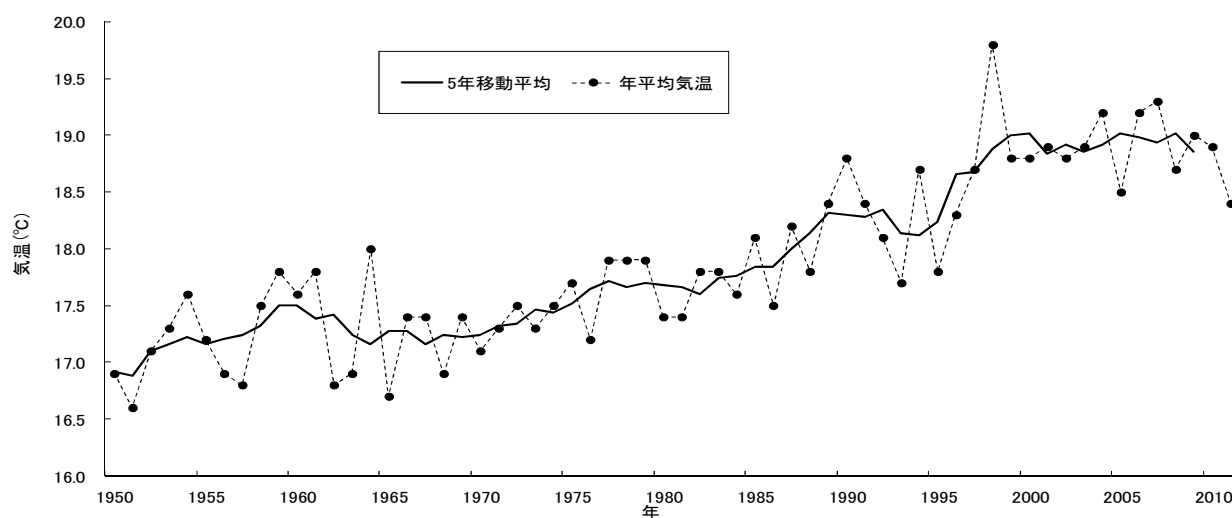


図 1 鹿児島市における年平均気温の推移

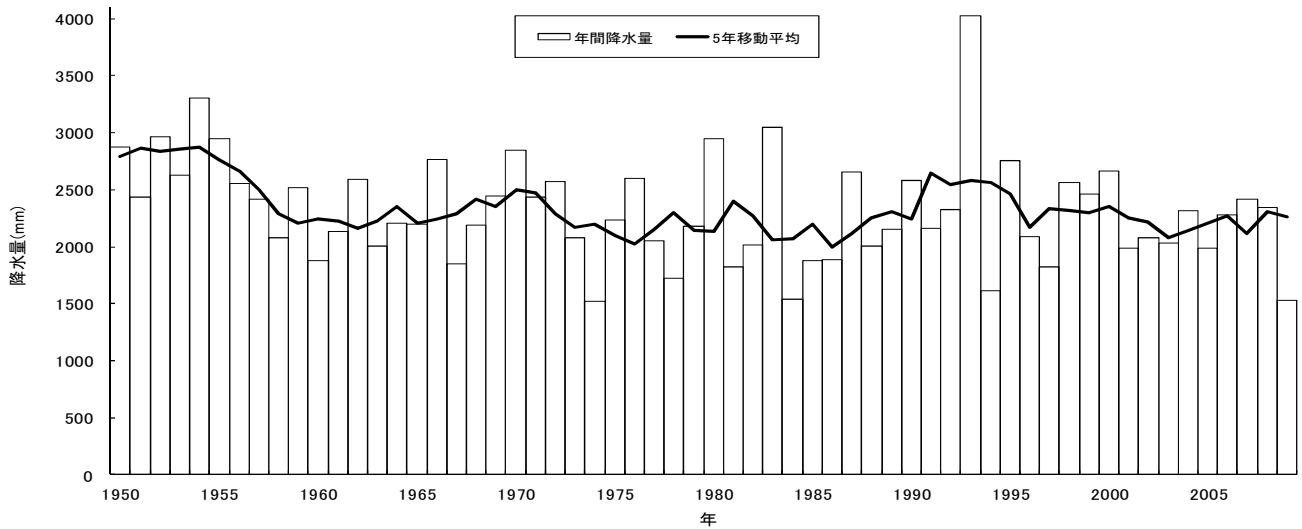


図2 鹿児島市における年降水量の推移

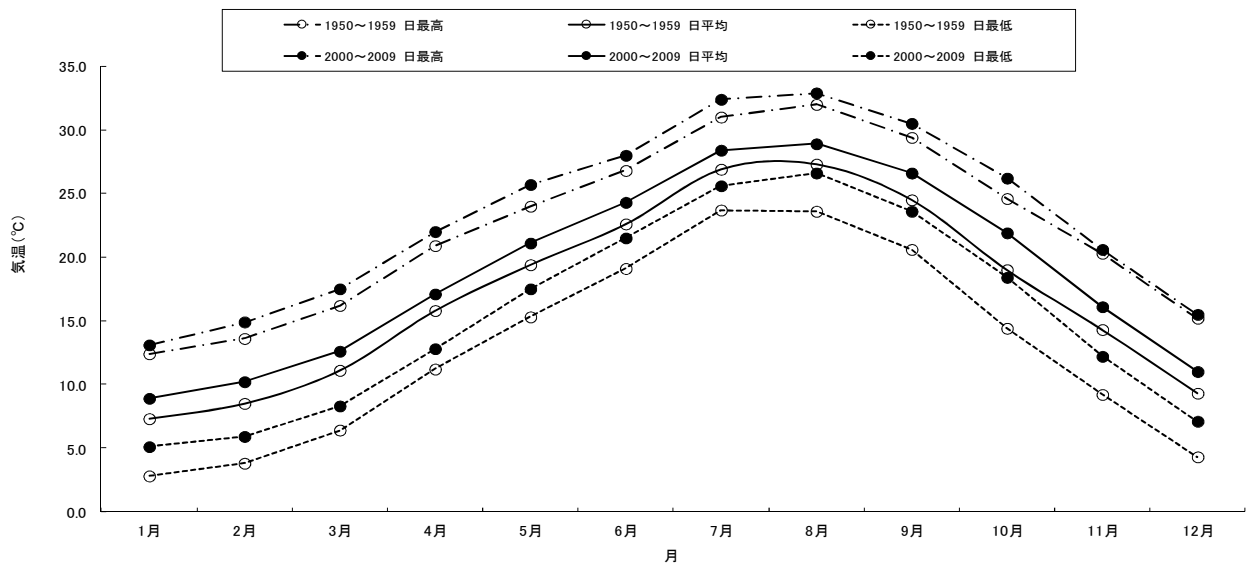


図3 鹿児島市における月別の日平均気温、日最高気温、日最低気温の変化

8月から12月の日最低気温の上昇幅が2~3℃と他と比べて大きい。シイタケの子実体発生の温度条件(表1, 表2)から考えると、ほだ場等の立地的な条件によっては、品種の変更を検討していく必要があると思われる。

表1 シイタケ子実体発生の温度条件

	温度	備考
発生	5~25℃	
最適	10~20℃	品種によって異なる

かごしま原木しいたけ生産者養成講座テキスト(2011)

表2 品種別のシイタケ子実体発生の温度条件

区分	発生温度	備考
低温系品種	5℃以下	
低・中温系品種	8℃以下	通常は早朝に記録
中・低温系品種	10~12℃	される1日の最低気温がこれ以下になる
中温系品種	15℃以下	
中・高温系品種及び高温系品種	20℃以下	と発生する。

「シイタケ栽培を始める方へ」菌叢51巻1号(2005)

本研究では、表1, 表2の条件を踏まえ、シイタケの発生温度条件を「それぞれの品種の発生温度の下限

以下で、かつ、日最低気温と日最高気温の較差が発生温度の範囲内で10℃以上」として調査等を行った。

2. ほだ木の育成

ほだ木の育成過程を表3に示す。原木として末口径8～18cmのクヌギを使用した。植菌は末口径の2.5倍の木片駒を千鳥状に接種し、植菌後は低いヨロイ伏せにして

笠木を被せて仮伏せを行った。本伏せは梅雨に入る前に高めのヨロイ伏せにし、二夏経過後、センター内のスギ林ほだ場にほだ起こしを行った。なお、伏込み中の散水は一切行わず自然降雨のみとしている。このような方法でほだ木育成を行い、2012年4月時点では、'10ほだ木のほだ起こしが完了し、収量調査を行っている。

表3 ほだ木の育成過程(2012年4月時点)

区分	品種	系統	発生温度(℃)	植菌	仮伏せ	本伏せ	ほだ起こし
'10ほだ木	A木片	中低温性	8～18	2010. 1.12～ 1.20	2010. 1.20～ 4.25	2010. 4.25～ 10.07	2011. 10.08～
	B木片	中温性	8～20	2010.	2010.	2010.	2011.
	E木片	中温性	10～22	03.18	03.18～	04.26～	9.16～
	C木片	中高温性	10～22		04.25	2011.	
'11ほだ木	D木片	中温性	15～25			9/15	
	B木片	中温性	8～20	2011.	2011.	2011.	
	G木片	中温性	8～22	03.16～	03.23～	05.14～	
	H木片	中温性	10～22	03.23	05.13		
'12ほだ木	I木片	中高温性	10～22				
	B木片	中温性	8～20	2012.	2012.	2012.	
	I木片	中高温性	10～22	02.16～	02.17～	04.25～	
	J木片	中高温性	10～25	02.17	04.24		
	K木片	中高温性	15～25				

注1) 収量調査未完了であることから、品種名は非公表としている。
 注2) 本表中の系統は種菌メーカーが表示している発生型。(きのこ種菌一覧/2012年版より抜粋)

3. 収量調査

調査は、伏込み期間が終了し、ほだ起こししたものについて行っている。収穫はシイタケの発生する9月下旬から翌4月末にかけて、2～3日おきにほだ場を巡回し、おおむね6～8分開きに成長したものを採取した。採取

したシイタケは、発生したほだ木別に管理し、発生日・発生個数・生重量を記録した。

表4および図4に用役1年目(発生1年目)が完了した'10ほだ木分の収量とほだ場の気温の集計結果を示す。

表4 しいたけ種菌別の収量とほだ場の気温(2010植菌分, 2011年9月～2012年3月調査分)

種菌	発生温度(℃)	発生型(メーカー区分)	植菌年	収量・個数	用役1年目						総計	1個当り重量(g)	
					2011			2012					
					9月	10月	11月	12月	1月	2月			3月
A	8～18	中低温性	2010	収量(kg/m ³)	0.2	0.3	1.1	0.7	2.4	2.3	7.0	30.9	
				個数(個/m ³)	3.7	12.9	38.8	25.8	81.2	63.7	226.1		
B	8～20	中温性	2010	収量(kg/m ³)	0.2	0.5	4.7	6.4	0.8	8.1	0.9	21.6	15.4
				個数(個/m ³)	6.8	34.1	279.4	370.2	43.2	626.9	38.6	1,399.1	
C	10～25	中高温性	2010	収量(kg/m ³)	7.4	8.6	7.1	11.4	0.3	4.6	1.2	40.7	14.6
				個数(個/m ³)	429.5	611.0	445.6	760.3	43.6	438.7	66.6	2,795.4	
D	15～25	中温性	2010	収量(kg/m ³)	1.4	11.4	2.5	6.5	0.2	6.6	0.8	29.3	21.5
				個数(個/m ³)	66.7	117.3	149.6	407.3	13.8	549.9	57.5	1,362.1	
E	10～22	中温性	2010	収量(kg/m ³)	9.6	4.9	3.4	5.9	1.3	3.8	1.8	30.7	15.7
				個数(個/m ³)	586.6	309.4	226.9	334.6	77.9	323.1	94.0	1,952.4	
ほだ場の気温	最低が13度以下で最高と最低の差が10度以上の日数			1	4	10	13	11	8	10	57		
	最低が8度以下で最高と最低の差が10度以上の日数			0	2	8	13	11	8	9	51		

(注1) 収量・個数ともそれぞれの種菌を植菌したほだ木の総材積で除している。
 (注2) 「発生型」は種菌メーカーが表示している発生型である。(きのこ種菌一覧/2012年版より抜粋)

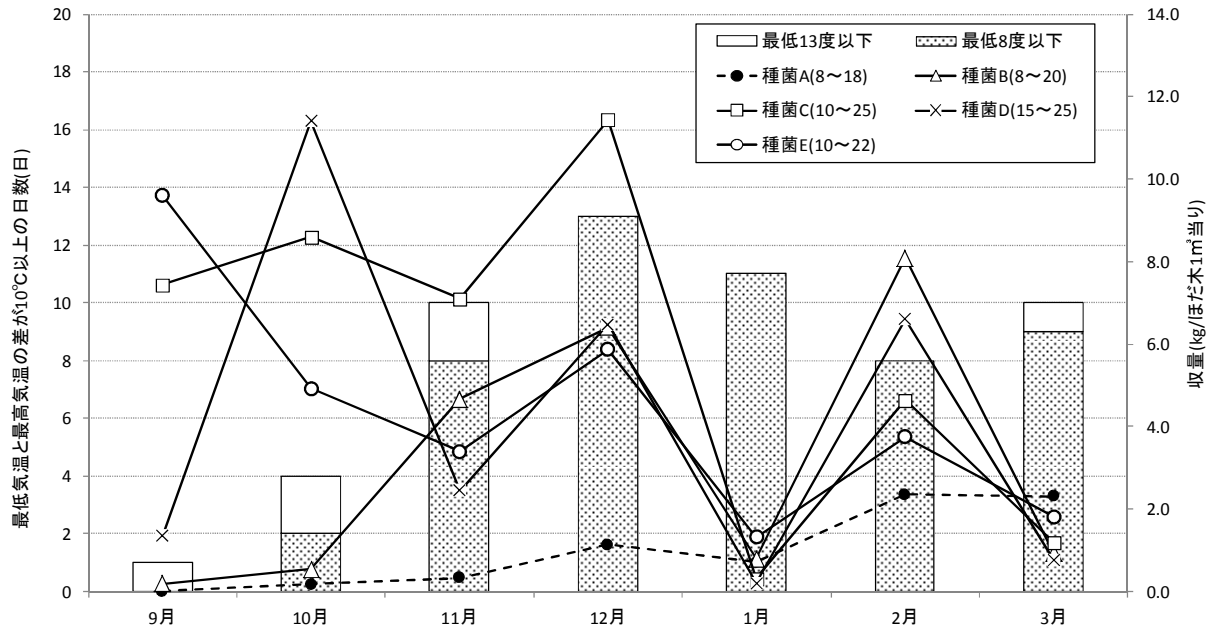


図4 しいたけ種菌別の収量及びほだ場の気温較差(2010年植菌分, 2011年9月~2012年3月調査)

菌種Aは低温系, B~Eは中温系として植菌したものである。低温系Aは11月から本格的に発生しているが, 中温系C, D, Eは9月から, Bは10月から本格的に発生している。1個当たりの重量について, 中温系は, 低温系の1/2~2/3となっている。図5に2007~2009年に植菌

した低温系品種の2011年9月~2012年3月の収量調査結果を示す。2007年植菌分は用役4年目, 2008年植菌分は用役3年目, 2009年植菌分は用役2年目の収量となる。用役年数による収量の差はあるものの, 2010年植菌分と同様に12月か1月から本格発生している。

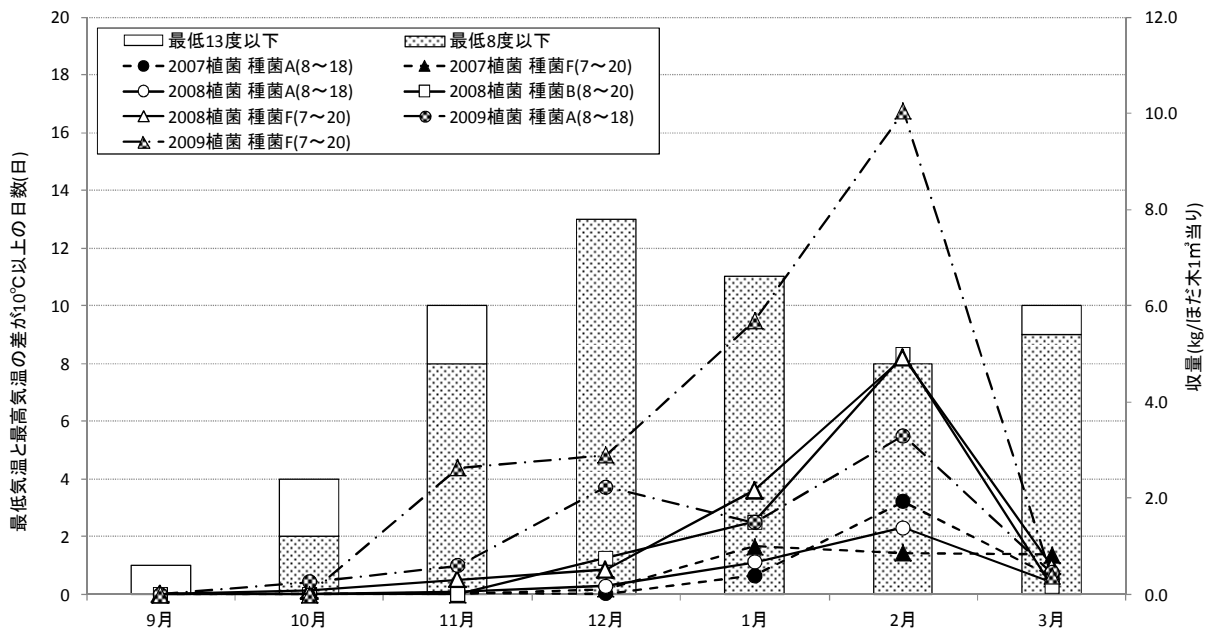


図5 しいたけ種菌別の収量及びほだ場の気温較差(2007~2009年植菌分, 2011年9月~2012年3月調査)

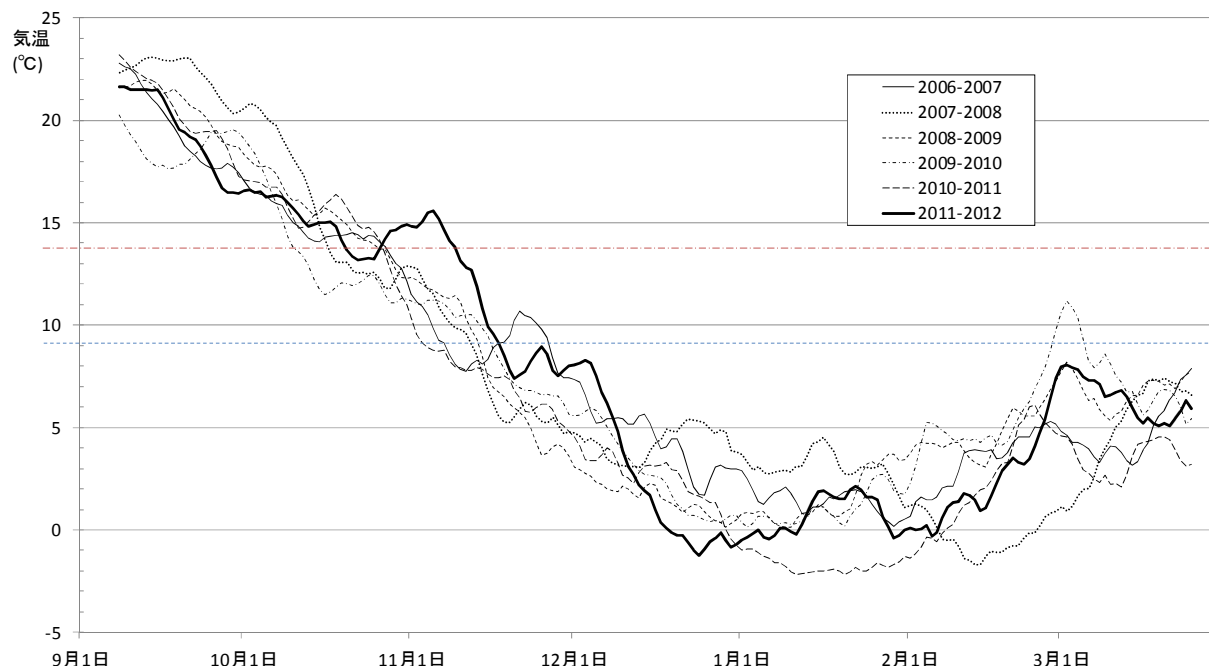


図6 2006年から2012年までの9月～3月の日最低気温の推移(15日移動平均)

中温系と低温系の発生傾向の違いはあるが、中温系、低温系のそれぞれの品種ごとの傾向はほぼ同じで、同一品種であれば植栽年度が異なっても発生傾向は同じであった。

2011年の秋、低温系品種の発生が不良であったのは、当試験のほだ場だけではなく、低温系品種を栽培しているしいたけ生産者の多くのほだ場も、同様な状況であった。

2006年から2012年までの9月～3月の日最低気温の推移を図6に示す。例年どおりであれば、9月から1月にかけて下がり続ける日最低気温が、2011年に限っては10月下旬に上昇に転じ、11月下旬に平年並みにいったん戻るが、12月上旬までは11月下旬の水準で停滞するといった例年にない傾向であった。

考察

長期的な傾向として、気温は上昇傾向にあり、中でも秋の日最低気温はその傾向が顕著である。2011年の秋は発生不良であった。これは本試験でも現れているが、植栽年度や低温系品種内のそれぞれの菌種で傾向の違いが現れなかったことから、発生刺激となる日最低気温の影響であると考えられる。一方、中温系品種はこの影響を

受けず、9月下旬から順調に発生した。これは、日最低気温が上昇した2011年の秋でも、発生刺激に必要な日最低気温となったためと考えられる。しかしながら、本試験で収穫した中温系品種は1個当たりの重量が小さく、収穫時に「傘の色が低温系品種と比べ薄く、傘が開きやすい」という印象であり、低温系品種と置き換えるには疑問が残った。

このようなことから、気候変動への対応、収量の安定化などを図るためには、中温系品種を一部導入することも検討する必要があると考えられるが、現時点では収量調査が完了していないことも含め、データ不足であるので、今後とも収量調査を継続するとともに、形質的な面についても検討する予定である。

参考文献

- 1) 鹿児島県環境林務部環境林務課(2012)平成24年度鹿児島県森林・林業統計。
http://www.pref.kagoshima.jp/ad01/sangyo-rodo/rinsui/tokei/shinrin/24tokei1_121114.html
- 2) 鹿児島県環境林務部林業振興課(2011)かごしま原木しいたけ生産者養成講座テキスト。