

## 福岡県森林林業技術センター 研 究 報 告

第9号

2008年3月

- ・マンネンタケ(霊芝)の栽培技術開発と育種  
金子 周平・石川 景子 . . . . . 1~7
- ・シイタケ原木栽培におけるハラアカコブカミキリ被害防止としての  
昆虫寄生菌 *Beauveria blongniartii* 固定不織布の有効性  
大長光 純・川端 良夫 . . . . . 9~14
- ・親竹の集団仕立てとウラ止めによるタケノコの促成栽培  
濱地 秀展 . . . . . 15~20
- ・ホルトノキ萎黄病防除技術に関する研究  
檜崎 康二・津田 城栄 . . . . . 21~24
- ・海苔網を用いたシカ用防護柵の改良  
池田 浩一 . . . . . 25~28
- ・間伐材等の低位利用材を活用したオール木質スギパレットの開発  
廣田 篤彦・占部 達也・村上 英人・片桐 幸彦 . . . . . 29~44



## マンネンタケ(霊芝)の栽培技術開発と育種

金子 周平・石川 景子

Development of cultivation technology and breeding of multi-functional mushroom *Ganoderma lucidum* (Leyss.:Fr.) Karst.

Shuhei KANEKO, Keiko ISHIKAWA

金子周平・石川景子：マンネンタケ(霊芝)の栽培技術開発と育種 福岡県森林研報9:1~7, 2008

マンネンタケの機能性成分,特に前立腺肥大や骨粗鬆症の予防に關係するホルモン関連物質に注目し,保健用食品開発を目的として,子実体の収量性に優れ,機能性成分を多く含有する系統の育種,およびそれらの効率的栽培技術の開発を行った。約80の野生系統について培養・栽培特性を検討した。至適培養温度は30前後であり,一般的に栽培されている食用きのこ類より高温域にあると考えられた。平板培地と液体培地における菌糸体の成長速度や,ポリプロピレン製びん栽培による子実体収量量については系統によって大きな差が見られた。子実体の形態も系統により異なり,大まかに傘型,鹿角型,中間型に分けられた。収穫後再度発生を行い,何回発生まで可能であるかを調べたところ比較的良好な系統では5回まで収穫が可能であった。培地材料により収量に差があった。前立腺肥大に關与すると考えられる男性ホルモン関連酵素5-リダクタゼの阻害活性について,培養温度により菌糸体の阻害活性に差がみられた。子実体の阻害活性では,系統別,栽培培地材料別に差がみられ,収穫回数別の差は認められなかった。子実体と菌糸体の阻害活性を比較すると,子実体の阻害活性が高いことが認められた。トリテルペノイドの含有についても系統間に差が認められた。これらの結果をもとに収量量,機能性の面から3系統を優良系統とした。

キーワード:マンネンタケ,機能性,栽培技術,育種

## はじめに

マンネンタケは広く霊芝と称され,従来漢方薬の原料等に用いられるなど,その機能性について大きな期待が寄せられるきのこである。薬用効果についても多くの研究が行われてきている(Kohda *et al.*, 1985;水野・藤原,1992;Aoyama *et al.*,2007)。九州大学グループは,本きのこ抽出物が高い抗男性ホルモン活性を有し,前立腺肥大改善効果があることを動物実験等で確認している(小西ほか,2003;Liu *et al.*,2005)。また同グループは女性ホルモン補助作用に着目し,動物実験もふまえて骨粗鬆症に対する予防効果があることも示唆している(清水ほか,2006)。前立腺肥大症の抑制の効果があり,しかも骨粗鬆症予防の機能性を持つ多機能のマンネンタケを創出することは,この病気に悩んでいる人々にとって多大な貢献になるものと考えられる。

これまでのきのこ類についての育種は,その目的が食用をめざすものであったことから,収量量や色,形,無孢子性,栽培期間短縮等を目標にしたものが多かった。しかし,近年きのこ類の有する保健的な機能性が重要視され,活性成分が明らかになるにともない,成分を指標にした育種への期待が大きくなってきている。これまでに,マンネンタケの有する成分等の有効性は示唆されているが(水野・藤原,1992;小西ほか,2003;Liu *et al.*,2005;Fujita *et al.*,2005;清水ほか,2006;Aoyama *et al.*,2007),マンネンタケ種内における変異については,子実体の色や形についての報告はあるものの(水野・藤原,1992,Seo *et al.*,1998),機能性成分の含有量については検討されていない。そこで本研究では,マンネンタケの抗男性ホルモン作用(Liu *et al.*,2005)について5-リダクタゼ阻害活性と,薬理的評価についての指標物質として興味もたれて

1) 本研究は 福岡県バイオベンチャー-等育成事業による「高齢化社会に対応した男性ホルモン調節機能を有するキノコ(霊芝)の開発, 都市エリア産学官連携促進事業による霊芝中の生理活性物質を利用した特定保健用食品の開発, 森林総合研究所交付金プロジェクト「機能性成分を強化したきのこの成分育種」(平成16~18年度)により実施したものである。共同研究者:九州大学(近藤隆一郎,清水邦義,劉潔,藤田瑠美,宮本以智子)(株)やまやコミュニケーションズ(田尻寿利,上田千恵)クロレラ工業(株)(隅本正一郎,小西史子,野田潔)(有)微創研(水海吉太郎)(株)久留米リサーチパーク(芳賀慶一郎,池田敬史)

いる(水野・藤原, 1992)トリテルペノイド成分について、種内(系統間)変異を明らかにし、機能性成分を多く含有し、多収量性の優良な系統を選抜することを目的として行った。さらに当該品種を農林業上の特産作物として効率的に生産することができれば、産業振興にも大きく寄与するものと考え、効率的栽培技術についても検討した。活性の高いものを選抜、さらに収量性を加味して決定した優良な系統を、効果的に栽培する技術を明らかにした。

## ・材料と方法

### 1. 供試菌株

供試した種菌は野生系統を中心に収集し、当センタ-に保存している菌株を使用した。

### 2. 菌糸体培養試験

#### (1) 系統別平板培地培養試験

保有菌株80系統について25℃暗黒下で静置培養を行った。90mm滅菌シャーレにオ-トクレ-ブ滅菌(滅菌時間:15分)したポテトデキトロ-ス寒天培地(市販PDA培地, DIFCO社製)を12mlづつ注し、固まった後、予め同培地上で培養した各系統の二核菌糸体コロニ-先端からディスク(5mm)をとり、シャーレ中央に接種した。培養中期の7日間でのコロニ-直径成長(接種源から培地に着床してから7日後の直径-着床時直径)をノギスで測定し、成長速度の系統間差を検討した。

#### (2) 二核菌糸体の温度別平板培養試験

2-(1)の試験で菌糸体成長が良好で正円なコロニ-を形成した48系統について、培養温度別の菌糸体成長を調べた。2-(1)と同様の培地に系統別に接種を行った後、5℃、10℃、15℃、20℃、25℃、30℃、35℃および40℃の各条件下で静置暗黒培養を行った。培養は各区ともシャーレ5枚とした。成長したコロニ-直径の長径・短径を経時的にノギスで測定し、その平均値について1日当たりの成長速度(一定期間内における拡大コロニ-直径÷拡大に要した日数)を求めた。

#### (3) 液体培養試験

平板培養で比較的菌叢が厚かった33系統を用い、滅菌したSMY液体培地(ショ糖1%・麦芽エキス1%・酵母エキス0.4%)40ml(100ml三角フラスコ)にPDA平板培養した二核菌糸体コロニ-の先端ディスク(5mm)を接種し、23℃下で静置培養を18日間行った。その後濾紙No.2で濾過し、凍結後真空乾燥した菌糸体の重量を測定した。

#### (4) 温度別液体培養菌糸体中の5-リダクタ-ゼ

### 阻害活性

液体培養で菌糸体成長が良好な3系統を用いて、SMY液体培地で20℃、25℃、30℃、35℃の温度別に培養し、2-(3)と同様に凍結乾燥した菌糸体について、九州大学において活性を測定した。

## 3. 栽培試験

### (1) 培地基材比較試験

培地基材とする木粉について、スギ鋸屑とブナおがこを用いた。栄養材は米山・瀧澤(1986)の報告を参考に、容積比で20%とした。スギ培地は当センタ-で排出したスギ鋸屑を3~6ヶ月屋外に自然堆積したものに綿実殻、コ-ンコブミ-ル、こめぬかを容積比で2:1:1になるように混合したものを基本培地とした(金子, 2006)。ブナ培地は、市販ブナおがこにコ-ンコブミ-ルとこめぬかを混合(2:2:1)したものを基本培地とした。共に含水率が約65%になるように水道水で調整し、容量850mlのポリプロピレン製びん(以下びん)に550g詰めてオ-トクレ-ブ殺菌(滅菌時間60分)した。種菌は無作為に抽出した7系統を用い、2-(1)の方法でシャーレで培養した各系統の二核菌糸体を1びんに1シャーレ分を培地ごと接種した。これらを22.5(±約0.5)℃下で約60日間暗培養した後、23℃に設定した(±約2℃)湿度95%以上、床面照度約700ルクスの発生室に入れ、子実体を発生させた。菌傘の縁および管孔の色が黄色から白色に変わった時点で採取を行い、生重を測定した。各系統にびん5~6本を供試した。

### (2) 系統別栽培試験

保有菌株80系統について栽培試験を行い、子実体の収量および形態を調査した。培地はブナおがこ、スギ鋸屑、綿実殻、コ-ンコブミ-ル、こめぬかを容量比で等量に混合し(ブナ・スギ培地)、水道水で含水率約65%に調整して容量850mlのPPびんに、500g詰め、オ-トクレ-ブ殺菌(滅菌時間60分)を行った。3-(1)の要領で接種、培養、子実体形成、採取を行った。但し、発生室は24℃(±約2℃)、湿度90%以上に設定した。収量は生重を測定し、形態は菌傘の形状を調査した。各系統4びん以上を供試し、育種の可能性を前提として、最大収量をその系統の値とした。

### (3) 子実体収穫可能回数試験

菌糸体成長において優良と認められた12系統の菌株を種菌とした。3-(2)と同様の方法で栽培し子実体を発生させ、収穫測定した。収穫後もそのまま発生室で子実体の発生と収穫を繰り返し、子実体

が何回まで発生可能であるか、またそれぞれの回数での収量を測定し、総発生量の検討を行った。

（4）培地別子実体発生量試験

培地組成により収穫量が変化するかどうかをみるために、2-（1）よりさらに培地材料を変えて栽培試験を行った。培地は基本的に木粉基材4・栄養材1（容量比）の混合で調整し、ブナ：スギ：こめぬか=2:2:1（以下BSr）、ブナ：ヒノキ：こめぬか=2:2:1（以下BHR）、クヌギ：こめぬか=4:1（以下Kr）、ブナ：こめぬか=4:1（以下Br）、ソメイヨシノ：こめぬか=4:1（以下Cr）、ユリノキ：こめぬか=4:1（Yr）の6種類とした。2-（1）の菌糸体成長において優良であった6系統を供試し、3-（1）と同様の方法で子実体を発生させ、収穫後熱風乾燥機で恒量になるまで乾燥後、重量を測定した。

（5）5-リダクタ-ゼ阻害活性・トリテルペノイド含有量測定

収穫した子実体を凍結乾燥し、九州大学での試験に供試した。項目として、子実体収穫可能回数試験の子実体について栽培期間別5-リダクタ-ゼ阻害活性の比較を、上記のスギ培地、ブナ培地およびブナ・スギ培地で栽培した子実体について培地別5-リダクタ-ゼ阻害活性の比較、ブナ・スギ培地により栽培した子実体について、系統別5-リダクタ-ゼ阻害活性とトリテルペノイド含有量の比較を行った。

（6）優良系統間の交配

3-（2）で子実体収量性の高かった系統 FPF-030622B と3-（5）で5-リダクタ-ゼ阻害活性の高かった系統 BMC9049による交配試験を行った。両者の担子胞子を常法により単離、交配させ、450

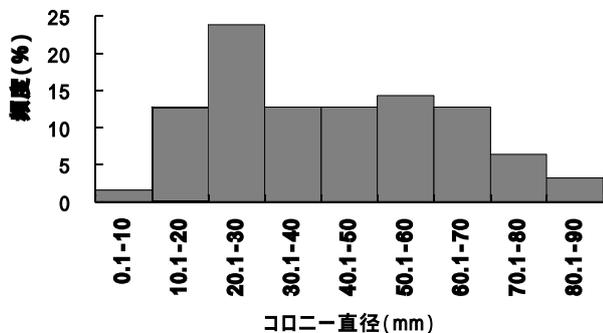


図-1. マンネンタケの系統別二核菌糸体成長速度の頻度分布

PDA 平板, 25℃下で静置暗黒培養中期の7日間におけるCO2 - 直径成長。

株を創出した。これらの中から菌糸体成長速度、培養CO2 - の正円性（スム - ズ性）によって22株を選抜し、3-（1）と同様にスギ・ブナ培地によるびん栽培試験を行った。

・結果と考察

1. 菌糸体培養試験

（1）系統別平板培地培養試験

25℃下における菌糸体成長速度の系統間差について成長速度の頻度分布を図-1に示す。培養7日間のCO2 - 直径成長は9.7~88.3mmと系統により顕著な違いがみられた。全体的に20.1~30mmが多く、平均38.2mmであった。菌糸体成長速度は栽培上重要な因子であり、優れているものは優良系統として選抜した。

マンネンタケの菌糸体成長速度系統間差について多数の材料によって論じた報告はないが、本結果におけるような著しい系統間差は他のきのこ類にもみられ（温水ほか、1959；中沢ほか、1988；金子、1995）、このことが育種効果につながるものと考えられる。

（2）二核菌糸体の温度別平板培養試験

二核菌糸体の温度別培養試験結果を図-2に示す。10~35℃で菌糸体成長がみられ、成長が良好な範囲は25~35℃で、最適温度は30℃であった。5℃, 40℃ではほとんど成長がみられなかった。平地における野生マンネンタケは6~7月に多く子実体を形成するいわゆる夏きのこであり、菌糸体成長の最適温度も他の食用きのこ類（衣川、1982）より高い範囲にあると言える。

設定温度別菌糸体成長結果は、Amano *et al.* (2007)の1菌株の報告より高温域での成長速度が速く、吉岡ほか（1993）の菌糸体成長可能温度15~35℃

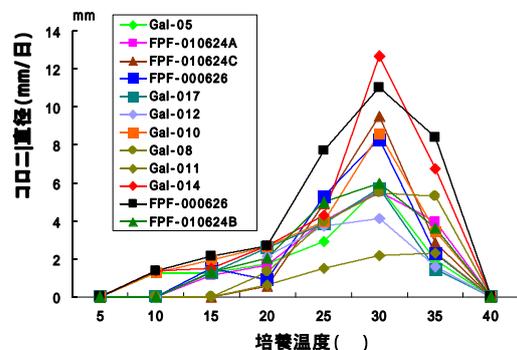


図-2. マンネンタケ野生株の菌糸体成長に及ぼす培養温度の影響

最適温度30 という結果とほぼ同様で、Gal-014のように25 以上で急に成長が早くなるという系統とGal-05のように変化の少ない系統があった。20, 25 から成長速度は次第に速くなり、30~35 でピークとなり40 以上で速度が落ちる傾向がみられた。いずれの系統もシャーレや試験管に蔓延した菌糸体はやがてマット状になり、緊密度を増し、切り離すのが困難になるという特徴を有していた。

( 3 ) 液体培養試験

液体培養試験の結果を図-3に頻度分布図で示す。系統による変異は顕著にみられた。18日間培養で251~300mg の範囲の系統が最も多く全体の46%を占め、次いで301~350mg が32%であった。食用きのこのヌメリスギタケは、SMY 液体培養20日間で、約100mg であり(金子, 2003)マンネンタケの菌糸体成長は、良好であると考えられた。

PDA 培養菌糸体がマット状となり、接種源として利用しづらいことから液体培養菌糸体にしたが、同様にマット状になりやすく、緊密な塊となって切り離すことが困難であった。

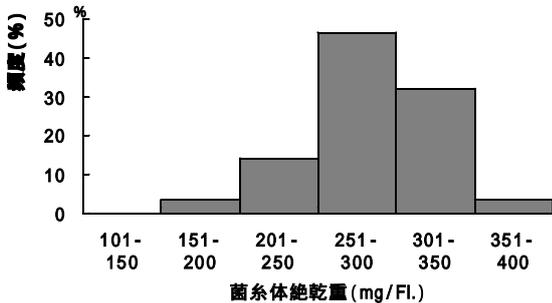


図-3. マンネンタケ系統別液体培養菌糸体総乾重の頻度分布  
SMY 培地, 23 で18日間静置培養。

( 4 ) 温度別液体培養菌糸体中の5 -リダクタ - ゼ阻害活性

結果を図-4に示す。培養温度によって菌糸体の5 -リダクタ - ゼ阻害活性に明らかな差がみられ、25 培養菌糸体ではいずれの系統も他の培養温度より高い阻害活性を示した。30 から35 と高温になるに従って阻害活性は低くなる傾向を示した。培養温度によって菌糸体組成成分に違いが生じるものと考えられる。マンネンタケ優良株子実体中の阻害活性は70%以上で、種苗登録対象きのこ類19種の中で最も高いことが報告されている(Liu *et al.*, 2005)。今回の液体培養菌糸体の阻害活性は、いずれの培養

温度でも30%以下であり、子実体の平均的阻害活性(50~60%)と比較しても、活性物質を効率よく得るためには子実体を利用する必要性が示唆された。

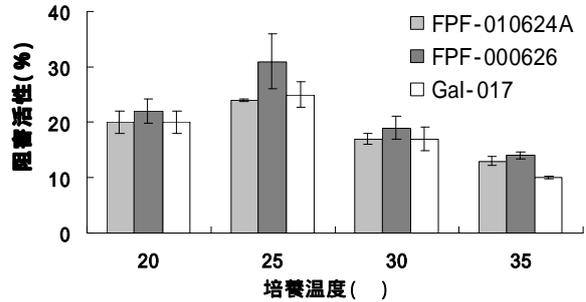


図-4. マンネンタケ培養温度別菌糸体の5 -リダクタ - ゼ阻害活性  
SMY 液体培養菌糸体の凍結乾燥物。

2. 栽培試験

( 1 ) 培地基材比較試験

系統別のブナ培地とスギ培地から初回発生で得られた子実体の最大収穫量を図-5に示す。いずれの系統においてもブナ培地からの収穫量が多かった。

米山・瀧澤(1986)はカンバおがこで良好な子実体発生があること、吉岡ほか(1993)は菌糸体の培養特性から広葉樹おがこが有利であること、熊田・青野(2002)はマンネンタケと同属のマゴジャクシ子実体形成率でスギより広葉樹が優れていることを報告している。本研究からもマンネンタケ栽培にお

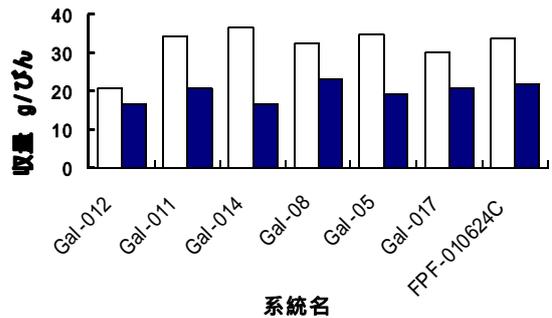
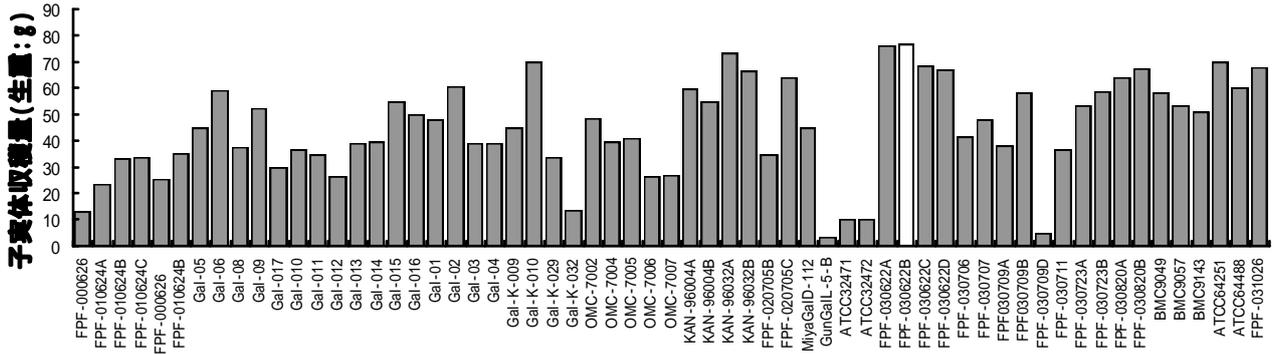


図-5. スギ培地( )とブナ培地( )でのマンネンタケ子実体収穫量比較



写真-1. マンネンタケ菌床栽培子実体の系統別形態



子実体収穫があった菌株名

図-6 . マンネンタケ系統別子実体収穫量

菌床びん栽培：ブナおがこ：スギ鋸屑：綿実殻：コ-ンコブ：米糠 = 1:1:1:1:1  
 白抜きは菌糸体成長と収穫量で優良（同一産地由来は代表）

ける子実体収量性において広葉樹が有利であろうと考えられた。

(2) 系統別栽培試験

空調びん栽培により形成された子実体の形態は系統によって異なり、大まかに傘型、鹿角型、中間型に分類できた（写真-1）。傘型は比較的柄が短く、びん口の上に傘を形成する。鹿角型は柄が分岐しながら長く伸び傘を形成しない。中間型は、長い柄の先に比較的小さい傘を形成する。これらの分類別の発生割合を表-1に示す。傘型が56%と最も多く、鹿角型が30%程度であった。

系統別子実体収量の結果について子実体発生が見

表-1 . マンネンタケ野生株栽培子実体の形態特性

|         | 傘型   | 中間型  | 鹿角型  | 計*    |
|---------|------|------|------|-------|
| 子実体形成株数 | 36   | 9    | 19   | 64    |
| 発生割合(%) | 56.2 | 14.1 | 29.7 | 100.0 |

\*：うち、傘型-中間型、中間型-鹿角型両形態を示すものがそれぞれ2株ずつ発生した。

られたものを図-6に示す。系統によって顕著な差がみられた。収量についても選抜効果は大きいと考えられ、培地 500g(/びん)から初回発生のみで70g以上(生重)発生し、最大収量を示した FPF-03062Bを優良系統として選抜した。頻度が高いのは30g~40gで全体の約30%がこの範囲であった。

(3) 子実体収穫可能回数試験

結果を図-7に示す。5回の繰り返し収穫が可能な系統がみられた。概ね第1回の収穫は50g前後であるが、2回目以降で系統間に差がみられ、2回で終了する系統もあったが、最大では5回で累計収穫量が300gを超える収穫が得られた。これまでに繰

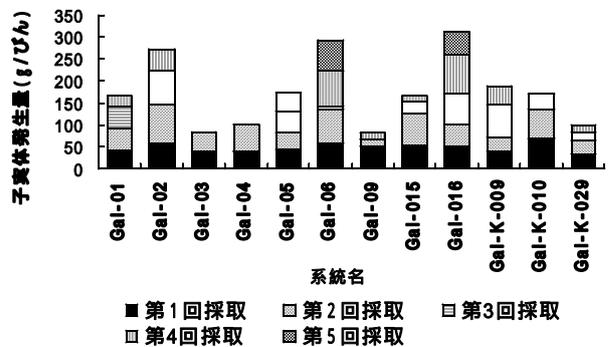


図-7 . マンネンタケ菌糸体成長優良系統の子実体収穫量

菌床びん(培地500g/850ml びん)による栽培で、収穫量は累積で示している。

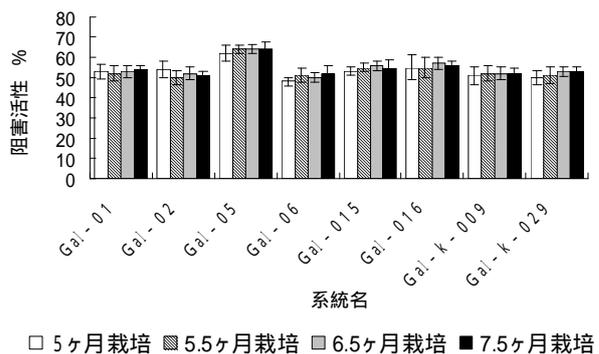


図-8 . 菌床びん栽培によるマンネンタケ子実体の系統別、栽培期間別5-リダクタゼ阻害活性

垂線は標準偏差を示す。

り返し収穫に関する報告はみられないが、野生では同一切り株などから数年繰り返して子実体発生が観察されることから、培地能力に応じて複数回収穫が

有利ではないかと考えられる。

系統別，栽培期間別5 -リダクタ - ゼ阻害活性について図- 8 に示す。阻害活性は栽培期間による変異より，系統間における変異が大きい傾向が認められた。最も高いものでは栽培期間にかかわらず60%を超える阻害活性を示した。子実体の成育段階別にトリテルペノイド含有量を比較し，変化のあることが報告されているが(高島，1998)，同じ成育段階で採取された子実体では発生回数による5 -リダクタ - ゼ阻害活性の変化は僅少であることが認められた。

( 4 ) 培地別子実体発生量試験

培地材料別に収穫量を比較した結果を図- 9 に示す。培地材料により，収穫量の変化がそれぞれの系統でみられたが，概ねブナおがこを含む培地で高い値となる傾向がみられた。基材となる木粉について針葉樹と広葉樹での比較では，同属のマゴジャクシの菌床袋栽培で，広葉樹が子実体形成率，収穫量で優れているという報告例がある(熊田・青野，2002)。マンネンタケにおいても同様に広葉樹木粉が有効であると考えられる。

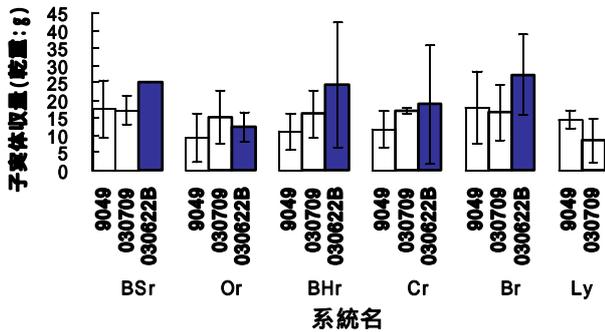


図- 9 . マンネンタケ優良株の栽培培地別 1 びんあたりの子実体収穫量

\*は培地の種類で，BSr;ブナ2:スギ2:こめぬか1 V/V, Or;クヌギ4:こめぬか1, B Hr;ブナ2:ヒノキ2:こめぬか1, Cr;ソメイヨシノ4:こめぬか1, Br;ブナ4:こめぬか1, Lr;ユリノキ4:こめぬか1を示す。垂線は標準偏差を示す。

( 5 ) 5 -リダクタ - ゼ阻害活性・トリテルペノイド含有量

マンネンタケの培地別・系統別発生子実体の5 -リダクタ - ゼ阻害活性について図10, 11に示す。前述したように系統間差が認められ，さらに培地基材についてもブナ培地の優良性が示唆された。また，阻害活性80%を超える優良な系統が認められた。

トリテルペノイド含有量について表- 2 に示す。GanoderiolA, GanoderiolF, Ganodermanontriol につい

て優良な 2 系統が認められた。

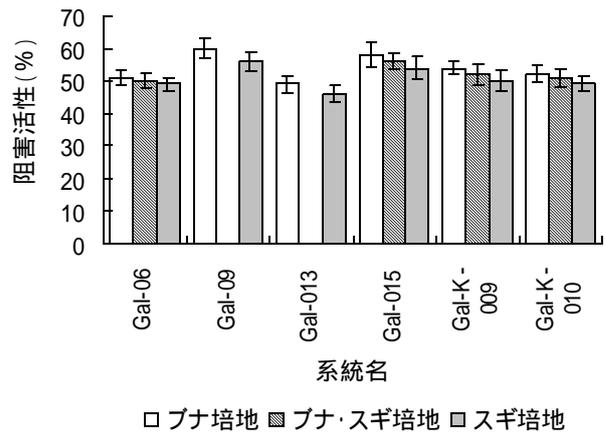


図-10 . マンネンタケ系統別，培地別発生子実体の5 -リダクタ - ゼ阻害活性  
垂線は標準偏差を示す。

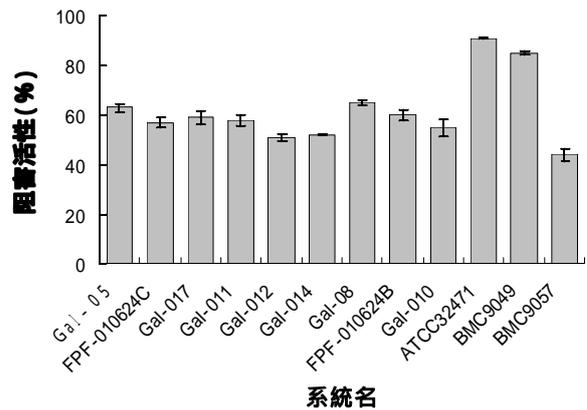


図-11 . マンネンタケ子実体系統別5 -リダクタ - ゼ阻害活性

表- 2 . マンネンタケ30% EtOH 抽出物中のトリテルペノイド

| 系統名                | Ganoderiol A (μg/mg) | Ganoderiol F (μg/mg) | Ganodermanontriol (μg/mg) |
|--------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|
| <b>BMC9049</b>     | <b>0.69 ± 0.02</b>   | <b>0.54 ± 0.03</b>   | <b>5.15 ± 0.05</b>        |
| BMC9143            | -                    | -                    | 0.36 ± 0.01               |
| ATCC64488          | -                    | 1.13 ± 0.01          | 2.71 ± 0.01               |
| ATCC64488          | -                    | -                    | 2.73 ± 0.05               |
| <b>FPF-030622B</b> | -                    | <b>0.18 ± 0.01</b>   | <b>1.97 ± 0.02</b>        |
| Com.Kagawa         | -                    | -                    | 0.25 ± 0.00               |
| BMC9057            | -                    | -                    | 0.46 ± 0.01               |
| FPF-030723A        | -                    | -                    | 1.08 ± 0.03               |
| FPF-031026         | -                    | -                    | -                         |
| FPF-030707         | -                    | -                    | -                         |
| FPF-030820B        | -                    | -                    | 0.35 ± 0.01               |
| FPF-030709A        | -                    | -                    | 0.65 ± 0.01               |
| <b>FPF-030709</b>  | <b>0.55 ± 0.03</b>   | <b>1.10 ± 0.02</b>   | <b>8.20 ± 0.13</b>        |

太字は成分含有量が収量で優良であり選抜された菌株

( 6 ) 優良系統間の交配

栽培試験に供試した交配株はすべて柄が3 ~ 10cm

伸びるだけの奇形子実体を生じ、これらはトリテルペノイド含有量でも劣っていた。繰り返し栽培試験を行っても同様であり、供試した交配菌株は全て遺伝的に奇形子実体を生じる形質を有していると考えられた。マンネンタケの交配株による栽培試験の報告例はなく、本現象の原因は不明である。ただ本きのこは異系統間でも子実体が接触すると一体となる性質を有するので、今後はこの性質を利用することで優良な菌株を栽培することも考えられる。

### まとめ

マンネンタケ二核菌系体の培養温度適正は30 前後であるが、系統間差が認められた。栽培試験においては、培地基材として広葉樹(ブナ)が子実体収穫量 5 -リダクタ -ゼ阻害活性において針葉樹(スギ)に優っていた。これについても系統間に大きな差が認められた。これらの結果を基にマンネンタケの優良系統として収穫量に優れた FPF-030622B, 5 -リダクタ -ゼ阻害活性が高くトリテルペノイド含有量も多い BMC9049, トリテルペノイド含有量の多い FPF-030709B の3系統を優良系統として選抜した。マンネンタケの交雑育種は過去に例がないが、この様に、今後は収量性や有効成分含有量を目標にした選抜育種が可能であることが明らかになった。

### 引用文献

- Amano, Y., Inoue, T., Swano, S., Nakamura, K. and Sano, K. (2007) Influence of Light Illumination on Mycelial Growth of *Ganoderma lucidum* Karst. *Mushroom Sci. & Biotechnol.* 15 : 17-24.
- Aoyama, M., Saito, S., Kiyoto, M., Togashi, I., Hara, T., Yagi, Y., Kimura, T. and Yoneyama, S. (2007) Antihypertensive Components in the Fruit Body of *Ganoderma lucidum*. *Mushroom Sci. & Biotechnol.* 15 : 91-96.
- Fujita, R., Liu, J., Shimizu, K., Konishi, F., Noda, K., Kumamoto, S., Ueda, C., Tajiri, H., Kaneko, S., Y. Suimi, Y. and Kondo, R. (2005) Anti-androgenic activities of *Ganoderma lucidum*. *Journal of Ethnopharmacology* 102 : 107-112.
- 金子周平 (1995) ブナシメジ *Hypsizygus marmoreus* の栽培特性, きのこの科学 2 : 51-56.
- 金子周平 (2003) スギ鋸屑を利用したヌメリスギタケ *Pholiota adiposa* の栽培 日本応用きのこ学会誌 11 : 183-192.
- 衣川堅二郎 (1982) キノコの生理・生態. キノコの事典 54-58 朝倉書店
- Kohda, H., Tokumoto, W., Sakamoto, K., Fujii, M., Hirai, Y., Yamasaki, K., Komoda, Y., Nakamura, H., Isgihara, S. and Uchida, M. (1985) The Biologically Active Constituents of *Ganoderma lucidum* (Fr.) KARST. Histamine Release-Inhibitory Triterpenes. *Chem. Pharm. Bull.* 33 : 1367-1374.
- 小西史子・隈本正一郎・劉潔・清水邦義・近藤隆一郎・金子周平 (2003) マンネンタケ *Ganoderma lucidum* による前立腺肥大の抑制. 日本臨床代替医学会誌 2 : 14-17.
- 熊田 淳・青野 茂 (2002) 野生きのこの栽培に関する研究. 福島県林セ研報 35 :
- Liu, J., Fujita, R., Sato, M., Shimizu, K., Konishi, F., Noda, K., Kumamoto, S., Ueda, C., Tajiri, H., Kaneko, S., Suimi, Y. and Kondo, R. (2005) The effect of strain, growth stage, and cultivating condition of *Ganoderma lucidum* on 5 -reductase inhibition. *J. wood Sci.* 51 : 189-192.
- 水野卓・藤原弘 (1992) マンネンタケ(霊芝)キノコの化学・生化学. 学会出版センター - 211-221.
- 中沢 武・森 寛一 (1988) シイタケ菌の高温に対する耐性の菌株間差異 *Trans. Mycol. Soc. Jpn.*, 29 : 55-62.
- 温水竹則・安藤正武・堂園安生 (1959) シイタケ子実体の発生時期・発生量および形態 林試研報 116 : 27-57.
- Seo, G.S. and Kitamoto, Y., (1998) Morphological Features and Morphogenesis in the *Ganoderma lucidum* Complex. *Mushroom Sci. & Biotechnol.* 6 : 43-54.
- 清水邦義・劉潔・宮本以智子・近藤隆一郎 (2006) 霊芝の前立腺肥大・骨粗鬆症改善効果 FFI ジャーナル 211(2) : 124-133.
- 高畠幸司 (1998) マンネンタケの子実体形成にともなう肘伝いおよびその構成部位のトリテルペン類含有率の変化. 富山林技研報 11 : 1-6.
- 米山彰造・瀧澤南海雄 (1986) マンネンタケ(霊芝)の空調栽培. 昭和60年度林業技術研究発表大会論文集, 北海道林業改良協会, p.213.
- 吉岡住彦・渡辺和夫・河合昌孝・小畠 靖 (1993) マンネンタケの生理的性質および培養特性. 奈良県林試研報 23 : 56-63.



## シイタケ原木栽培におけるハラアカコブカミキリ被害防止としての 昆虫寄生菌 *Beauveria brongniartii* 固定不織布の有効性

大長光 純・川端良夫

Effect of nonwoven pulp fabric sheet with *Beauveria brongniartii*  
for damage laying by *Moechochotypa diphyssis* on the shiitake bed-log

Jun ONAGAMITSU , Yoshio KAWABATA

大長光純・川端良夫：シイタケ原木栽培におけるハラアカコブカミキリ被害防止としての 昆虫寄生菌 *Beauveria brongniartii* 固定不織布の有効性 福岡森林研報 9：9～14，2008 ハラアカコブカミキリはシイタケほだ木を加害する重要害虫である。この被害を防止するため、昆虫寄生菌 *Beauveria brongniartii* (Sacc.) Petch の分生胞子が固定された不織布を用いてその効果を調べた。ハラアカコブカミキリ成虫をこの不織布に接触させると17日目ですべて死亡した。その時の対照区の死亡率は20%であった。網室内で産卵行動への影響を見ると、産卵痕数は不織布設置区は対照区の43%、新成虫発生数では同じく56%にとどまった。野外のほだ場で同様に効果調査を行ったところ、産卵痕数は対照区の17%、新成虫発生数では20%となり、これは MEP 剤散布による防除効果とほぼ同等であった。ただし次世代カミキリの生育には影響はなかった。

キーワード： *Beauveria brongniartii* ，ハラアカコブカミキリ，シイタケほだ木，不織布

### はじめに

ハラアカコブカミキリ *Moechochotypa diphyssis* (Pascoe) (以下カミキリとする) について堀田・高橋(1979, 1980), 堀田ほか(1981), 森本ほか(1978), 大長光・金子(1990)らの報告がある。それによると、春に新しい広葉樹枯死木の樹皮に産卵し、幼虫は形成層部を食べて生育し、その年の秋に蛹化及び羽化する。羽化後1週間程度経つと樹皮に不定形の穴をあけて脱出する。シイタケ栽培用のクヌギも餌となるため、種駒を打ったばかりの新ほだ木は激しく食害される。被害を受けたほだ木はシイタケ菌の成長が阻害され、さらに食害部や成虫の脱出孔からシイタケ菌に対する害菌類が侵入し、子実体発生量の減少を招く。そのため福岡県では原木シイタケ生産上最も重要な害虫となっている。

このカミキリに対して、糸状菌の一種である *Beauveria brongniartii* (Sacc.) Petch (以下ポーベリア菌とする) が天敵菌として有効であることが明らかになった(大長光, 1982)(写真-1)。現在このポーベリア菌の分生胞子を固定した不織布が、果

樹害虫のゴマダラカミキリやキボシカミキリ防除用に開発されている(商品名バイオリサカミキリ：日東電工社開発，現在出光興産が製造販売，以下シートとする)。そこで本研究では、このシートを用いてハラアカコブカミキリの簡便な防除法を開発し、シイタケ生産の効率化を図ることを目指した。



写真-1．ポーベリア菌による死亡成虫

1)本研究は平成16～17年度に行った林業普及情報活動システム「天敵菌によるカミキリ虫被害防止調査」、及び平成18年度福岡県研究課題「天敵菌を用いたシイタケほだ木害虫の防除」の成果を取りまとめたものである。なお、内容の一部は九州森林研究に発表(大長光・川端, 2006)した。

## ・材料と方法

シートの防除効果を確認するため、成虫に対して室内でシートに接触させて飼育する試験を行った。次に網室内でのほだ木に対する産卵防止効果試験を行った。さらに野外ほだ場での産卵防止効果試験を行った。最後にシートと MEP 剤散布との比較試験を行った。この4通りの試験材料と方法について以下に述べる。

### 試験1（実験室内における成虫接触試験：2004年）

供試カミキリは、福岡県八女郡上陽町（現在八女市上陽町）の野外で2004年4月22日に採集した成虫を用いた。試験は4月23日から行い、実験室内で成虫をピンセットでつまんでシートに1～2秒軽く接触させ、直ちに個体別に飼育した。飼育容器は内径85mm、高さ68mmのガラス製腰高シャーレ（ガラス蓋または網蓋）及び長さ165mm、幅105mm、高さ48mmのポリエチレン製フードパックを使用した。飼育容器を変えたのは、湿度条件の違いでポーベリア菌の殺虫効果が変わる（大長光，1982）とされるのでその違いを見るためであった。容器内の湿度の高い順に、腰高シャーレガラス蓋>フードパック>腰高シャーレ網蓋、と思われる。ただし容器内部の湿度は計測しなかった。シート接触区容器内に餌としてクヌギ枯枝数本と水を含ませたスポンジを入れた。対照区の飼育容器はガラス製腰高シャーレガラス蓋およびフードパックの2通りとした。飼育作業は対照区からシート接触区の順に行い、ポーベリア菌の汚染が起こらないように努めた。供試頭数はシート接触区は3通りの飼育容器それぞれに雌雄5頭ずつの合計30頭、対照区は腰高シャーレガラス蓋で雌雄5頭ずつ、フードパックで雌雄10頭ずつの計30

頭とした。両区のカミキリはそれぞれ別の大型容器内で飼育した。飼育後経時的に成虫の生死を同年5月10日まで観察した。死亡虫はガラスシャーレ内に10日間保存し、虫体から菌の叢生（外部から見える菌糸の固まり）が生じるかどうかを調べた。なお死亡虫の菌の同定は行わなかった。

### 試験2（網室内ほだ木産卵防止試験：2004年）

2004年4月23日にほだ木の設置と放虫を行った。試験区は当センター内の2か所の網室（いずれも縦3.5m×横1.4m×高さ2.6m、床はコンクリート敷き）を用い、それぞれにクヌギほだ木（中央直径平均5.5cm、長さ1m、2004年3月にシイタケ種駒打ち）15本を5本ずつ3段の井桁積みした。一方をシート設置区（以下シート区）とし、大きさ50cm×5cm×5mmのシート1枚半（延べ長さ75cm）をほだ木の上に並べ、その上を笠木としてクヌギ枝条で覆った（写真-2）。対照区は、シートを設置せずにほだ木を笠木で覆った。各網室へ試験1と同じく前日に採集したカミキリ成虫を雌雄5頭ずつ放虫した。その後ほぼ一週間ごとに成虫の生死を観察し、死亡虫は網室から取り出して試験1と同様に菌の叢生があるかどうか観察した。シートの有効期間は約30日であることから、放虫後35日目の5月28日に網室内の残存成虫およびシートをすべて回収し、同日にほだ木に付けられた産卵痕数を数えた。ほだ木は引き続き同じ網室内に保管し、新成虫の発生状況を発生が終了したと思われる同年の11月末日まで観察した。なお幼虫どうしは餌木内で避けあう傾向があり、幼虫どうしの食害か所はほとんど重ならないため（藤本，1978）、1つの脱出孔から出てくる成虫は1頭のみである。そこで成虫発生数は脱出孔数と同じと推定した。



写真-2 . 網室内シート区



写真-3 . よろい伏せのクヌギ林シート区

試験3（野外ほだ場産卵防止試験：2005年）

試験は当センター内で常法により栽培試験を行っているクヌギほだ木を用いた。このほだ木は2005年2月初めに種駒打ちし、同年3月下旬に当センター内のクヌギ林と人工ほだ場内により伏せしたものである。シート設置区（以下シート区）はクヌギ林内のほだ木を用いた（写真-3）。ほだ木の構成は4列で、1列当たり本数は73本～75本、枕木（横木）と腕木（縦木）が各列16組、ほだ木の総本数は297本であった。対照区は人工ほだ場に設置したものをを用いた。シート区と同じく4列で、1列当たり74～76本、枕木と腕木が各列16組、総本数300本であった。4月13日に枕木上面にほぼ1本おきに前試験と同じ大きさのシートを1枚ずつガンタッカーで打ち付けた。枚数は一列に10枚とした。シート区と対照区は約100m離れている。なお、当センター内及び周辺にはカミキリが生息しているため、人為的な放虫はせず自然加害に任せた。ほだ木への産卵痕数は同年8月末に、産卵されやすい小径木（堀田ほか、1981）を1列から任意に5本ずつ抜き取って調べ、調査後元の場所に戻した。同年12月に脱出孔数を全てのほだ木について調べた。

試験4（野外ほだ場産卵防止効果および MEP 剤比較試験：2006年）

供試ほだ木は2006年2月に伐採・種駒打ちした小径木で、同年4月25日に当センター内で人工ほだ場内に井桁積みにした（写真-4）。試験区はシート設置区（以下シート区）、スミパイン散布区（MEP80%剤、以下スミパイン区）、対照区（無処理）の3区とした。各区はそれぞれ別々の人工ほだ場内で、シート区では50本を数本ずつ15段に積み、スミパイン区は49本を12段に、対照区は52本を15段に積んだ。各区の井桁積みはそれぞれ25～30m離れ、覆光ネットで隔離されているが、カミキリは自由に出入りできる。これらの人工ほだ場内は例年カミキリの加害が見られるところである。シート区には4月25日にシート（1枚の大きさは現在主に販売されているスリムタイプで、幅2.5cm、長さ50cmのものを使用、幅が試験2、試験3に使用したものの半分）を、外側から側面と上面に2枚ずつ計10枚ガンタッカーで止めた（写真-4）。さらに5月30日に同数の新しいシートと交換し、7月31日にシートを除去した。スミパイン区は、スミパイン乳剤350倍溶液を4月25日と5月30日にほだ木が十分に濡れる程度に散布し

た。これら施用諸元を表-1に示す。同年の8月上旬に全てのほだ木について産卵痕数を、12月上旬に同じく脱出孔数を調査した。また、シート設置やスミパイン散布に要した作業時間を計測した。



写真-4．井桁積みシート区

表-1．人工ほだ場試験諸元

|        | ほだ木<br>本数 | 4月25日<br>施用/散布量         | 5月30日<br>施用/散布量         | 備考               |
|--------|-----------|-------------------------|-------------------------|------------------|
| シート区   | 50        | スリムタイプ<br>10枚           | スリムタイプ<br>10枚           | 7月31日シート<br>取り外し |
| スミパイン区 | 49        | スミパイン350<br>倍<br>2.1%散布 | スミパイン350<br>倍<br>3.2%散布 | -                |
| 対照区    | 52        | -                       | -                       | -                |

古いシートを取り外した後に新しいシートを取り付けた。

結果及び考察

試験1（実験室内における成虫接触試験）

接触試験の経時別生死を表-2に示す。シート接触区では7日目までは死亡やマヒは認められなかったが、13日目は供試した30頭のうち25頭が死亡し、17日目には残りの供試虫もすべて死亡した。一方、対照区では4日目までに1頭死亡したが、17日目までの死亡数は6頭にとどまった。容器別生死及び死亡虫からの菌叢の発生状況を表-3に示す。シート接触区における菌叢の発生数は、腰高シャーレガラス蓋が9頭、フードパックが7頭、腰高シャーレ網蓋が3頭であった。容器による影響は、供試虫がすべて13日目から17日目にかけて死亡したため影響

表- 2 . 成虫接触試験経時別生死

| 供試虫数   |      | 4日目 | 7日目 | 13日目 | 17日目 |    |
|--------|------|-----|-----|------|------|----|
| シート接触区 | 雌15頭 | 生   | 15  | 15   | 0    | 0  |
|        |      | マヒ  | 0   | 0    | 3    | 0  |
|        |      | 死   | 0   | 0    | 12   | 15 |
|        | 雄15頭 | 生   | 15  | 15   | 2    | 0  |
|        |      | マヒ  | 0   | 0    | 0    | 0  |
|        |      | 死   | 0   | 0    | 13   | 15 |
| 計30頭   | 生    | 30  | 30  | 2    | 0    |    |
|        | マヒ   | 0   | 0   | 3    | 0    |    |
|        | 死    | 0   | 0   | 25   | 30   |    |
| 対照区    | 雌15頭 | 生   | 14  | 14   | 14   | 12 |
|        |      | マヒ  | 0   | 0    | 0    | 0  |
|        |      | 死   | 1   | 1    | 1    | 3  |
|        | 雄15頭 | 生   | 15  | 15   | 14   | 12 |
|        |      | マヒ  | 0   | 0    | 0    | 0  |
|        |      | 死   | 0   | 0    | 1    | 3  |
| 計30頭   | 生    | 29  | 29  | 28   | 24   |    |
|        | マヒ   | 0   | 0   | 0    | 0    |    |
|        | 死    | 1   | 1   | 2    | 6    |    |

表- 3 . 飼育容器別の接触試験結果

| 飼育容器   | 供試虫数 | 17日目までの死亡頭数 | 菌叢発生頭数 |
|--------|------|-------------|--------|
| シート接触区 | 雌5頭  | 5           | 5      |
|        | 雄5頭  | 5           | 4      |
|        | 計10頭 | 10          | 9      |
| シート接触区 | 雌5頭  | 5           | 2      |
|        | 雄5頭  | 5           | 1      |
|        | 計10頭 | 10          | 3      |
| シート接触区 | 雌5頭  | 5           | 3      |
|        | 雄5頭  | 5           | 4      |
|        | 計10頭 | 10          | 7      |
| 対照区    | 雌5頭  | 1           | 0      |
|        | 雄5頭  | 3           | 3      |
|        | 計10頭 | 4           | 3      |
| 対照区    | 雌10頭 | 2           | 1      |
|        | 雄10頭 | 0           | 0      |
|        | 計20頭 | 2           | 1      |

はわかりにくいですが、湿度条件が高いほど菌叢が発生した頭数は多かった。対照区では腰高シャーレガラス蓋区がフードパック区よりも死亡割合、菌叢発生割合ともに高く、大長光(1982)の結果と同様に湿度が高くなる飼育容器ほど死亡しやすい傾向が見られた。シート接触区で死亡したが菌叢が発生しなかった個体もあった。ただし、堤・山中(1996)によるとポーベリア菌で死亡しても菌叢が生じない場合もあるため、シート接触区の供試虫がすべて死亡したことはシートの効果があったと考えられる。対照区では17日目までに死亡した6頭のうち菌叢が4頭に生じ、そのうち3頭は腰高シャーレガラス蓋区であった。シート接触区と対照区の飼育は隔離して行

っていたが、シート接触区からの污染か、あるいは野外での自然感染によるものかは不明である。

試験 2 ( 網室内ほだ木産卵防止試験 )

産卵のため放虫したカミキリ成虫の生死を表- 4 に示す。シート施用区(以下シート区)では17日目までに10頭すべて死亡した。対照区の死亡虫は17日目で2頭、35日目でも7頭であった。また死亡虫から菌の叢生が見られた個体は、シート区で4頭、対照区では1頭もなかった。

次に産卵痕数と脱出孔数を表- 5 に示す。産卵痕数は対照区の223個に対してシート区は95個(対照区の43%)であった。新成虫の発生は2004年8月下旬から11月初めまで認められ、脱出孔数は対照区の70個に対してシート区が39個(対照区の56%)であった。また産卵痕が観察されなかったほだ木は、シート区が15本中7本で、対照区は1本だけであった。同様に脱出孔がなかったほだ木はシート区が9本、対照区が5本であった。

表- 4 . 産卵用に放虫した成虫の死亡経過

| 放虫数  |     | 7日目 | 13日目 | 17日目 | 25日目 | 35日目 | 菌叢発生頭数 |   |
|------|-----|-----|------|------|------|------|--------|---|
| シート区 | 雌5頭 | 生   | 5    | 3    | 0    | -    | 0      |   |
|      |     | 死   | 0    | 2    | 5    | -    | 2      |   |
|      | 雄5頭 | 生   | 5    | 2    | 0    | -    | 0      |   |
|      |     | 死   | 0    | 3    | 5    | -    | 2      |   |
| 計    | 生   | 10  | 5    | 0    | -    | 0    |        |   |
|      | 死   | 0   | 5    | 10   | -    | 4    |        |   |
| 対照区  | 雌5頭 | 生   | 5    | 4    | 3    | 3    | 2      | 0 |
|      |     | 死   | 0    | 1    | 2    | 2    | 3      | 0 |
|      | 雄5頭 | 生   | 5    | 5    | 5    | 2    | 1      | 0 |
|      |     | 死   | 0    | 0    | 0    | 3    | 4      | 0 |
|      | 計   | 生   | 10   | 9    | 8    | 5    | 3      | 0 |
|      |     | 死   | 0    | 1    | 2    | 5    | 7      | 0 |

表- 5 . 網室内ほだ木の産卵痕数と脱出孔数

|      | ほだ木本数 | 総産卵痕数 A | 総脱出孔数 B | B/A % | 産卵痕10個以上のほだ木本数 | 脱出孔6個以上のほだ木本数 |
|------|-------|---------|---------|-------|----------------|---------------|
| シート区 | 15    | 95      | 39      | 41    | 4              | 3             |
| 対照区  | 15    | 223     | 70      | 31    | 7              | 5             |

以上からシート区では半数近くのほだ木は産卵されず、産卵痕総数も対照区の約4割にとどまった。なおこのシートには産卵抑制効果はない(日本植物防疫協会, 2005)としている。さらに脱出孔数の産卵痕数に対する割合は、シート区が41%、対照区が31%で、シート区の方が高かった。つまりシート設

置によって産卵数を減少させることができても、次世代はシート設置の有無に係わらず発生した。

カミキリがシイタケ発生に与える影響として、森永(1985)は産卵痕数がほだ木表面 1 m<sup>2</sup>あたり60個以上で大きな被害がでるとしている。今回使用したほだ木の平均直径は5.5cmで長さ 1 mであるから、1本あたりのほだ木樹皮部の表面積は約0.17m<sup>2</sup>となる。1 m<sup>2</sup>あたり60個の産卵痕数を0.17m<sup>2</sup>に換算すると約10.2個となる。そこでほだ木 1本あたり10個以上産卵痕があったほだ木本数は、シート区では4本であり対照区 7本の57%であった。また大長光・金子(1990)は、小径木では成虫脱出孔数がほだ木 1本あたり 6個以上でシイタケ収量が低下するとしている。そこで6個以上の脱出孔数のあったほだ木を見ると、シート区で3本であり対照区 5本の60%であった。以上から、今回の試験ではシート設置は無設置に較べて4割程度被害を減少させる効果があったと考えられた。

試験 3（野外ほだ場産卵防止試験）

産卵痕数と脱出孔数の調査結果を表- 6 に示す。ほだ木 1本あたりの産卵痕数は、対照区の平均5.7個に対してシート区は1.8個（対照区の31%）であった。脱出孔数は対照区で1.3個、シート区は0.1個（同じく 9%）であった。また脱出孔数 6個以上のほだ木本数は、対照区は23本でシート区では0本であった。以上からシートの防除効果は認められた。ただしこの試験地はシート区はクヌギ林内、対照区は人工ほだ場内という環境の違いがあった。そこで条件をできるだけ揃えて次年度に試験を行った。

試験 4（野外ほだ場産卵防止効果および MEP 剤比較試験）

試験 4 は、前項の試験で不十分であった試験環境を揃えること、及び現在登録のあるスミパイン剤との比較を行うために実施した。結果を図- 1 と図- 2 に示す。産卵痕数はほだ木 1本あたり対照区の10.5個に対して、シート区では1.8個（対照区の17%）、スミパイン区で0.6個（同じく 5%）となった。シート区とスミパイン区の間には有意差はないが、両処理区と対照区との間には有意差が認められた。（Kruskal-Wallis,  $p < 0.001$ ）。脱出孔数は、対照区の2.1個と比較して、シート区で0.4個（対照区の20%）、スミパイン区0.1個（同じく 5%）となった。この場合も産卵痕数と同じく、シート区とスミパイン区の間には有意差はなく、両処理区と対照区との間

表- 6 . 野外ほだ木における産卵痕数と脱出孔数

| 試験区                | ほだ木<br>列 | ほだ木<br>本数 | 産卵痕数調査   |          | 脱出孔数調査   |          |                           |
|--------------------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|---------------------------|
|                    |          |           | 調査<br>本数 | 産卵<br>痕数 | 調査<br>本数 | 脱出<br>孔数 | 脱出孔6個<br>以上の<br>ほだ木本<br>数 |
| シート区<br>(クヌギ林)     | 1        | 74        | 5        | 7        | 74       | 2        | 0                         |
|                    | 2        | 73        | 5        | 7        | 73       | 0        | 0                         |
|                    | 3        | 75        | 5        | 10       | 75       | 15       | 0                         |
|                    | 4        | 75        | 5        | 11       | 75       | 17       | 0                         |
|                    | 計        | 297       | 20       | 35       | 297      | 34       | 0                         |
|                    | 平均       |           | 1.8      |          | 0.1      |          |                           |
| 対照区<br>(人工ほだ<br>場) | 1        | 74        | 5        | 6        | 74       | 58       | 5                         |
|                    | 2        | 74        | 5        | 29       | 74       | 135      | 9                         |
|                    | 3        | 76        | 5        | 74       | 76       | 167      | 9                         |
|                    | 4        | 76        | 5        | 5        | 76       | 31       | 0                         |
|                    | 計        | 300       | 20       | 114      | 300      | 391      | 23                        |
|                    | 平均       |           | 5.7      |          | 1.3      |          |                           |

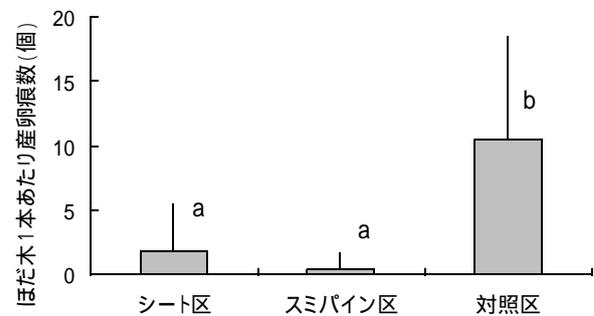


図- 1 . 処理区別の産卵痕数

a, b間には有意差あり ( $p < 0.001$ ), 垂線は標準偏差を示す。

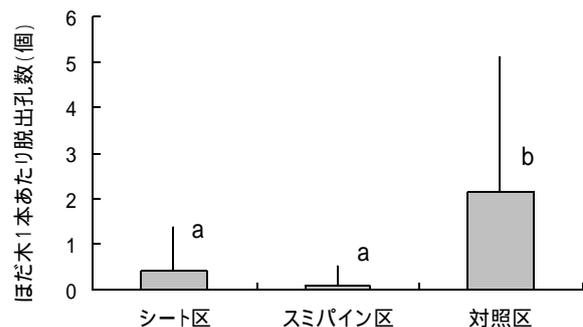


図- 2 . 処理区別の脱出孔数

a, b間には有意差あり ( $p < 0.001$ ), 垂線は標準偏差を示す。

表- 7 . 作業時間

|        | 準備  | 散布/設置 | 片付け  | 計    |
|--------|-----|-------|------|------|
| シート区   | 2.0 | 5.8   | 3.0  | 10.8 |
| スミパイン区 | 7.5 | 8.5   | 10.0 | 26.0 |

2 回の平均で、単位は分で示す。

にはそれぞれ有意な差が認められた。(Kruskal-Wallis,  $p < 0.001$ )。また、脱出孔数6個以上のほだ木本数は、対照区の8本に対してシート区、スミパイン区ともに0本であった。このことは環境の異なる場所で行った試験3の結果と矛盾せず、シートの有効性を示した。さらにシートの防除効果は現在農薬登録のあるスミパイン剤と同程度であった。

次に作業に要した時間を比較すると、事前・事後処理も含め、シート区の処理時間は10.5分、スミパイン区では26分であった(表-7)。今回は小規模な実験であるが、このボーベリアシート処理は農薬散布に較べて短時間で済み、また農薬散布器を使わずにすむため労力的にも簡易な作業であった。資材費として、ほだ木1本あたりではシートの価格は67.2円、スミパイン剤は2.0円(いずれも2回分の合計、2006年価格)となり、シートは割高となった。

#### まとめ

カミキリをシートに接触させると17日以内に死亡した。網室内で、ほだ木にシートを設置した場合、対照区に較べて産卵痕数は43%、脱出孔数は56%に減少した。野外ほだ場では脱出孔数で同じく9%と20%に減少し、これはスミパインの効果とほぼ同等であり、十分実用に耐えるものであった。

ところで、網室内の試験(試験2)では野外の結果(試験3, 試験4)よりもほだ木1本あたりの産卵痕数と脱出孔数がともに多かった。その理由として、網室内のように閉ざされた場所で限られたほだ木という環境では、カミキリが野外よりも対象ほだ木により多く産卵をした可能性が考えられる。

「バイオリサカミキリ」は2007年12月から農薬適用拡大として、シイタケほだ木のカミキリムシ防除用に使用できるようになった。ただしこのボーベリアシートは、スミパイン剤よりもほだ木1本あたりの単価が高くなるため、より少ないシート数での有効な防除法を検討する必要がある。これまでの観察では、ハラアカコブカミキリの飛翔は日中に開けた場所で行い、林内や人工ほだ場などの障害物の多い所あるいは夜間はほとんど歩行により移動する。そのため、ほだ木に外部から直接飛び移るのはまれで、近くの地面などに降りた後に歩いてほだ木に移動することが推察される。そこでシートは地面近くに設置すれば良く、井桁積みの場合上部には必要ないと考えられる。そうすればシートの使用枚数もより少ない数で足り、経費の削減につながる可能性がある。今後行動生態に応じた設置方法を検討していく必要

がある。

また、ボーベリア菌の使用は化学農薬よりも環境に対する負荷は少ないと思われるが、ほだ場や周囲に生息する昆虫相にどのような影響があるのか、明らかにしていくべきであろう。

#### 謝辞

本研究を行うにあたり、日東電工株式会社にはシートを提供いただいた。樋口俊男博士(元日東電工、現在出光興産所属)からは助言と文献の提供をいただいた。また井筒屋化学株式会社から MEP 剤を提供していただいた。関係者に厚く感謝する。

#### 引用文献

- 藤本幸夫(1978)しいたけほだ木害虫としてのハラアカコブカミキリとその防除法に関する研究。長崎県総合農林試験場研究報告(林業部門) 9: 12-35.
- 堀田隆・高橋和博(1979)ハラアカコブカミキリの生態に関する研究(1)。日林九支研論 32: 375-376.
- 堀田隆・高橋和博(1980)ハラアカコブカミキリの生態に関する研究(2)。日林九支研論 33: 129-130.
- 堀田隆・高橋和博・麻生賢一(1981)ハラアカコブカミキリの生態に関する研究(3)。日林九支研論 34: 213-214.
- 森本桂・安藤正武・藤本幸夫(1978)ハラアカコブカミキリに関する知見。菌蕈 24(9): 20-23.
- 森永鉄美(1985)ハラアカコブカミキリの被害について( )。日林九支研論 38: 269-270.
- 日本植物防疫協会(2005)農薬ハンドブック .820pp, 日本植物防疫協会, 東京.
- 大長光純(1982) *Beauveria* 菌によるカミキリムシ殺虫試験。日林九支研論 35: 153-154.
- 大長光純・金子周平(1990)福岡県におけるハラアカコブカミキリの発生消長と防除に関する研究。福岡県林試時報 37: 1-58.
- 大長光純・川端良夫(2006)ハラアカコブカミキリに対する *Beauveria brongniartii* 固定不織布の有効性。九州森林研究 59: 206-208.
- 堤隆文・山中正博(1996)昆虫糸状菌 *Beauveria brongniartii* (Sacc.) Petch GSES 株を培養した不織布シートのカミキリ成虫に対する殺虫効果。応動昆 40: 145-151.

## 親竹の集団仕立てとウラ止めによるタケノコの促成栽培

濱地 秀展

Forcing of bamboo sprout by group plant and cutting culms

Hidenobu HAMACHI

**濱地秀展：親竹の集団仕立てとウラ止めによるタケノコの促成栽培** 福岡県森林研報 9 : 15~20, 2008 本研究では、タケノコの促成栽培法として普及しつつある集団仕立て施業に適したウラ止め段数を把握するとともにビニルマルチ等を組み合わせたタケノコの早出し試験を行った。枝数 10 段程度のウラ止めは枝数 15 段程度のウラ止めよりも早期に発生するタケノコの割合が僅かに高くなり、タケノコが小形化する傾向が見られた。また、ビニルシートマルチでは対照区に比べ約 2 週間タケノコの発生ピークが早くなったが、ビニルシートマルチにビニルハウスを設置した場合には、ビニルシートマルチに比べ発生ピークが遅く、タケノコが徒長するなど、早出し効果は見られなかった。集団仕立てにウラ止めを行ない、ビニルマルチを設置することで、タケノコの促成栽培を行なうことができると考えられた。

キーワード：タケノコ、ウラ止め、集団仕立て、促成栽培

### はじめに

福岡県は全国でも有数のタケノコ産地であり、本県産のタケノコは関西市場を中心に全国へ出荷されている。また、現金収入の少ない春期に発生するため、生産者にとっては農閑期の貴重な収入源となっている。しかし、安価な中国産加工品の増加や生産者の高齢化により、タケノコの生産量は 1980 年の 4 万 t をピークに減少し、近年は 8 千 t 前後で推移している（福岡県，2007）。また、加工用と青果用の生産量の比率は 1980 年の 80 : 20 から 2006 年には 47 : 53 となり、生産の主体は加工用から青果用へと移っている。単価を見ても、加工用の平均単価が 1980 年の 93 円から 2006 年には 55 円と下落しているのに対し、青果用の平均単価は 1980 年の 193 円から 2006 年には 391 円と上昇している（福岡県特用林産物需給動態調査）。青果用は早いところでは 10 月下旬から初出荷されるが、生産量としてはごく少ない量であり、急激に増えるのは 4 月中旬以降である。しかし、生産量の増加に伴って単価も急激に下がり、一般に 3 月下旬では 800 円/kg 前後、4 月上旬

でも 500 円/kg 前後で取り引きされているものが、4 月中旬には 200 円/kg 前後にまで急落する。タケノコ生産の収益性を高めるためには、単価が急落する前の生産量を増やすこと（早出し）が重要である。福岡県では、八女地方を中心に、親竹の発生箇所をまとめ、林内の日当りを良くして地温を上げ早出しを図るといった集団仕立て施業（写真-1）が徐々に普及している。しかし、この施業法には竹の先端部分を折るウラ止め（写真-2）が必須の作業といわれている（野中，2003）。ウラ止めは古くから京都地方を中心に行われている親竹管理技術であり、稈の細い先端部を折ることで親竹を通直に立て、樹高を低くし、竹林内の日影を少なくすることで日光の入射を増やし、地温を高めてタケノコの発生を早めるとともに風雪害にも強くなることを目的にしている（大島，1931）。ウラ止め後の残枝段数については、昭和初期には 12 段前後が目安とされていた（大島，1931）が、その後葉面積保持の観点から 18 段以上が推奨され（内村・上田，1960）、近年では通常 15~20 段とされている（内村，1985）。しかし、集団仕立て施業においては、親竹の残枝段数についての検

1) 本研究は県単研究課題「親竹のウラ止めと集団仕立てによる早出し試験」により、平成15~17年度に実施したものである。

討は行なわれていない。そこで、集団仕立施業に適した残枝段数の検討を行なった。

集団仕立て施業は、親竹の発生箇所を集中させるため、空いた部分にビニルマルチ等の保温資材を導入し易い。保温資材の設置によって地温が上昇し、それが早出しに効果があることは多くの研究によって確認されている(青木・野中, 1987)。しかし、不透水性のビニル資材を設置する際は、土壤の乾燥への対応策として灌水が必須とされている(丸尾, 1987)が、灌水施設を設置できる竹林は非常に少なく、これが現場への普及率が上がらない要因の一つになっている。そこで、本研究ではビニルマルチの設置幅を3m以下に設定し、周囲からの降雨の浸透により乾燥の影響を低下させることを試みた。また、西尾ほか(1984)は、ビニルマルチだけでは夜間に地温が低下するため保温効果のある堆肥を敷設した。本研究では、堆肥と伐採竹のチップ(竹チップ)との混合物と敷設した。竹チップは、近年小型破碎機の導入が進んで発生量の増加が予測される資材であり、利用が進めば竹林整備効果も期待できる。さらに保温効果の高いビニルハウス(野中, 1988)についても試験を行なった。

また、これら保温資材の普及促進のためには早出し効果だけでなく発生したタケノコの商品性(形状)の検討が必要と考えられるため、発生したタケノコの形状調査を行った。



写真-1. 集団仕立ての竹林(福岡県上陽町)



写真-2. ウラ止め処理竹

## ・試験地及び試験方法

### 1. 残枝段数別のタケノコ発生調査

試験林は久留米市藤山町に設置した。ここはモウソウチクが広葉樹林に侵入し、竹林となった場所である。標高は約40m, 斜面は西向きで傾斜は約10°となだらかな地形である。土壌は赤色系粘性土で、隣接するタケノコ栽培林では皮の色味の良い高品質なタケノコが発生している。当初の立竹密度は743本/10aで、倒伏した枯竹が残る荒廃した竹林であった。2003年7月に600㎡(20m×30m)の試験地を設定し、5m間隔でプラスチック杭を立て、その周囲に7, 8本ずつ親竹を残し、それ以外の竹は伐採した。試験地を南北に二分し、残枝段数を15~17段程度にする区(以下通常ウラ止め区)と残枝段数を8~10段程度にする区(以下強度ウラ止め区)とし、2004年の新親竹からウラ止めを行った。2004~2006年の3~4月に2~7日間隔で収穫調査を行い、掘上げたタケノコの本数、長さ、最大部の直径、および重量を測定した。各年の収穫調査時の竹林状況は表-1のとおりである。竹林の栽培管理は県の栽培暦を基準として行った。

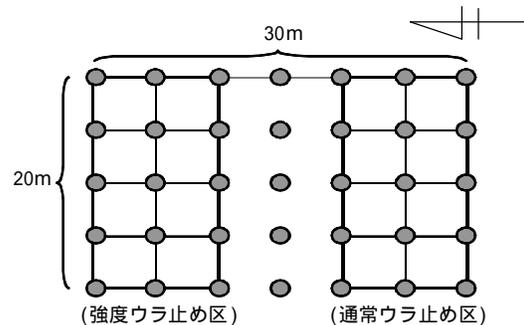


図-1. 試験地の概要(藤山試験林)

表-1. 年別の竹林状況(収穫調査時)

| 立竹密度(本/10a) | 2004    | 2005 | 2006 |
|-------------|---------|------|------|
|             | 強度ウラ止め区 | 355  | 245  |
| 通常ウラ止め区     | 385     | 225  | 295  |
| 平均胸高直径(cm)  | 2004    | 2005 | 2006 |
|             | 強度ウラ止め区 | 11.3 | 11.3 |
| 通常ウラ止め区     | 12.2    | 12.2 | 10.9 |
| ウラ止め竹の割合(%) | 2004    | 2005 | 2006 |
|             | 強度ウラ止め区 | 0    | 24   |
| 通常ウラ止め区     | 0       | 29   | 51   |

### 2. ビニルマルチ・小型ハウスによる早出し試験

試験林は久留米市山本町の当センター試験林に設

置した。ここはキンメイモウソウチクの新植地で、1995年頃に植栽され、その後は発生した新竹のウラ止め施業のみ行われていた。林分全体の面積は約300㎡で、林地の標高は約30m、斜面は北西向きで傾斜は約20°である。2006年12月に3～5m間隔でプラスチック杭を立て、その杭を中心に親竹を約10本ずつ残して集団仕立てとした。試験林設置時の立竹密度は660本/10aで、平均胸高直径は7.2cmであった。試験林のほぼ中央部にマルチ区、ハウス区を設定し、その他の区域を対照区とした(図-2)。マルチ区は幅2.6m、長さ5.6m、面積14.6㎡で、竹チップと豚糞堆肥を1:1の割合で混合したものを5cmの厚さに散布し、その上を厚さ0.1mmの透明ビニルシートで覆った(写真-3)。ハウス区は幅2.85m、長さ5.6m、面積16.0㎡で、マルチ区と同様に竹チップと豚糞堆肥の1:1混合物を厚さ5cmに散布し、透明ビニルシートで覆った上に小型のビニルハウスを設置した(写真-4)。ビニル資材は2006年2月17日～4月3日まで46日間設置し、収穫調査は3月8日～4月22日まで行った。また、プロットを中心に温度ロガー(T&D, TR52)、湿度ロガー(UIZIN, ECH10)を土壌表面(堆肥部分は含まず)から10cmの深さに埋設し、2006年2月17日から3月31日まで測定した。なお、ハウス区では乾燥が影響と考えられるタケノコの発生異常(発生量の低下、タケノコの徒長)が見られたため、3月27日に両区に100ずつ灌水を行なった。

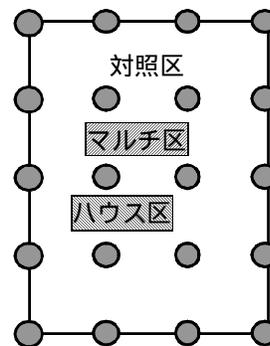


図-2 . 試験地の概要(山本試験林)

・ 結果

1 . 残枝段数別のタケノコ発生調査

(1) タケノコの発生量と発生本数

年別の発生量と発生本数を図-3に示す。

ウラ止めした親竹が全く無い2004年から、発生量、発生本数とも強度区の方が多かったが、ウラ止め竹の割合が増えてもその傾向は変らなかった。また、各区とも2005年は発生量・本数ともに落ち込んだが、2006年には回復した。

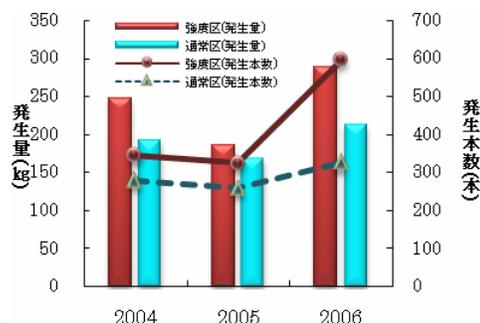


図-3 . 残枝段数別の発生量と発生本数の推移 (10a 当り)

(2) タケノコの平均重量と形状比

2004年を基準(100)とした年別のタケノコの平均重量と形状比(長さ/最大部の直径の推移)を図-4に示す。平均重量は、通常区では2005年にやや減少したものの、大きな変化は見られなかった。一方、強度区では年々減少し、2006年には約7割に減少した。形状比は両区とも減少し、2006年には2004年の約6割とタケノコの形状は太くなった。



写真-3 . ビニルマルチ



写真-4 . 小型ハウス

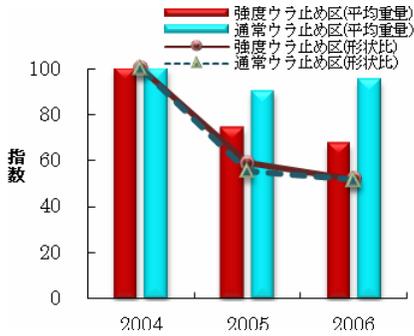


図-4 . タケノコの平均重量と形状比の推移 (2004年を100とした場合)

(3) タケノコの発生パターンと早期発生割合

収穫調査期間(3~4月)を5日ごとに分け、各期間中に発生したタケノコの量が、調査期間を通じた全体の量に占める割合を折れ線グラフで表したものの(発生パターン)について、調査年ごとに図-5に示す。また、高単価で取り引きされる3月31日までの発生割合を図-6に示す。2004年のタケノコの発生は、強度区では顕著な発生の山がみられない分散型の傾向であったが、ウラ止めした親竹の割合が多くなるにつれて、ピーク時に発生が集中する集中型の傾向が強くなった。一方、通常区では2004年に分散型の傾向であったが、2005年には集中型となり、2006年には分散型に近い傾向であった。3月31日までの早期発生率については、年により気候条件が異なるため年ごとの比較はできないが、2004年には通常区の方が高かったが、2005年以降は強度区の方が高くなった。

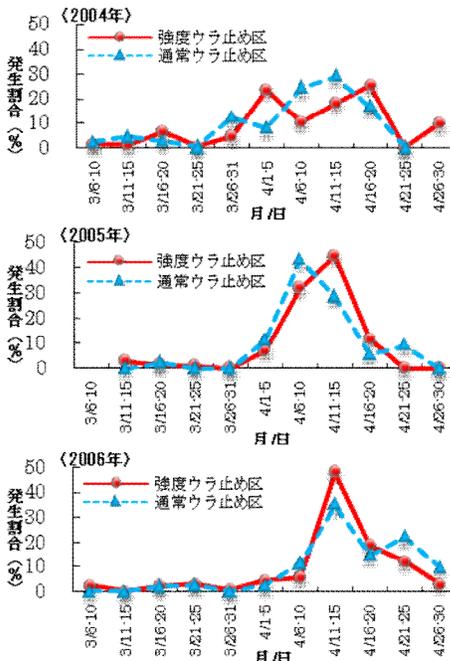


図-5 . 年別のタケノコ発生パターン

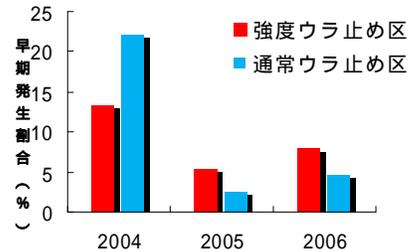


図-6 . 3月31日までに発生したタケノコの重量割合

2. ビニルマルチ・小型ハウスによる早出し試験

(1) タケノコの発生量と形状比

調査日ごとのタケノコ発生量の割合を図-7に、また形状比の推移を図-8に示す。対照区では4月11日の調査時に発生ピークとなったのに対し、マルチ区では3月27日と15日早く、ハウス区でも3月31日と11日早いピークとなった。しかし、ハウス区では対照区、マルチ区に比べて発生推移にバラツキがみられた。また、3月27日の灌水後の3月31日に急激に発生量が増加した。

形状比は、ハウス区がマルチ区、対照区に比べて大きな値で推移した。平均値はハウス区が4.4、マルチ区が3.5、対照区が3.2となり、ハウス区と他の二区の間には有意差が認められた(分散分析,  $p < 0.05$ )。

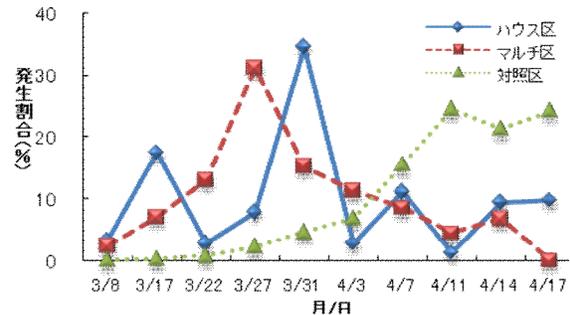


図-7 . 施業方法別のタケノコの発生推移

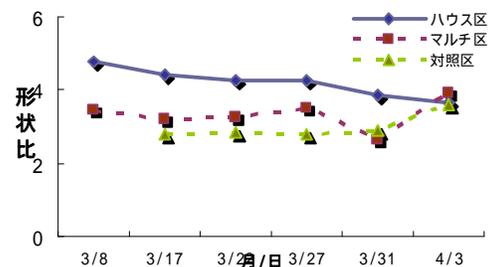


図-8 . 発生タケノコの形状比の推移

（ 2 ）地温と土壤湿度

施業方法別の地中温度の推移を図-9に、湿度の推移を図-10に示す。温度はハウス区>マルチ区>対照区の順で高く推移した。設置から10日間はハウス区とマルチ区の温度差は少なかったが、その後は1~2ハウス区が高く推移した。測定期間中の平均温度は、ハウス区が13.0、マルチ区が11.6、対照区が9.0、また日最高気温の平均はハウス区が15.1、マルチ区が13.4、対照区が10.9であった。土壤水分については、キャリブレーションを行っていないので水分量の比較は出来ないが、ハウス区は灌水時以外ほぼ変化がなかったのに対し、マルチ区では降雨ごとに土壤水分に変化がみられた。

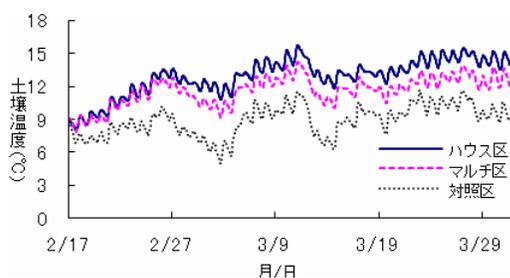


図-9. 施業方法別の温度推移（地下10cm）

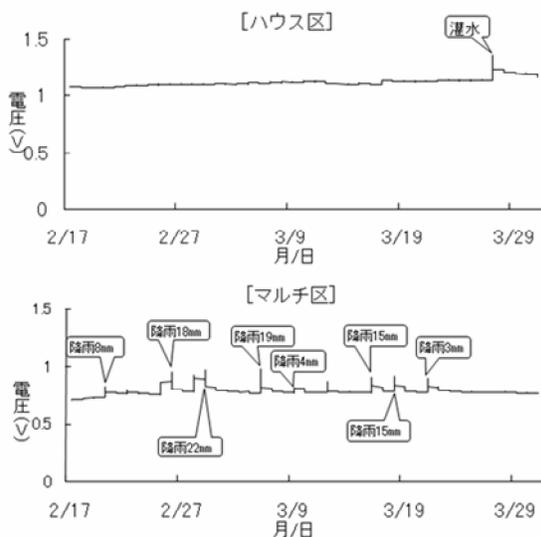


図-10. 施業方法別の土壤湿度（地下10cm）

・考 察

1. 親竹の残枝段数の違いがタケノコの発生に及ぼす影響

ウラ止めした竹の割合は試験開始2年目で約50%程度であるが、8~10段に残枝した強度ウラ止め区ではウラ止めした竹が多くなるにつれてタケノコの小型化、発生本数の増加、発生時期の集中化が

みられた。このような発生状況は、不作年や立竹密度を150本/10a以下の粗密仕立てにした場合に見られる傾向で、葉の養分供給能力と関係していると考えられている（野中，1986；野中・佐々木，1992）。ウラ止めは、その強度が増すと一枝につく葉数は増えるが1本の竹の全葉数はウラ止めをしないものに比べて少なくなる（内村・上田，1960）ことから、今回見られた残枝段数の違いによるタケノコの発生状況の変化は竹林内の葉量の減少が影響したのではないかと考えられる。しかし、年間の発生量については残枝段数の違いによる差は少なく、強度のウラ止めによる収穫量への影響は少なくとも施業転換後の初期にはみられなかった。年度別では、両区ともに2005年に減少したものの2006年には回復した。これは、タケノコの発生量は隔年で豊凶があらわれる場合が多い（上田，1963）ためと考えられる。タケノコの形状比は残枝段数の違いによる差はみられなかった。しかし、初年度は5.0以上と細型だったものが、2年目年以降は3.0付近に下がった。竹林を伐開した翌年に発生するタケノコは細くなる傾向にあることが報告されている（倉岡，1999）。今回の試験地は長年放置されていたところであり、初年度に発生したタケノコの形状比は親竹管理に伴う伐竹の影響ではないかと考えられる。

3月31日までに発生したタケノコの割合は、初年度は通常ウラ止め区が高かったが、2年目以降は強度ウラ止め区が高かった。しかし、両区の差は2.7~3.3%にすぎなかった。また、強度ウラ止めによってタケノコは集中的に発生するようになったが、その時期はタケノコの価格が急落する4月中旬であり、今回の調査では残枝段数の違いによる早出し効果については明らかにできなかった。しかし、強度のウラ止め区ではタケノコが小形化する傾向がみられた。最近、缶詰用タケノコとして小形タケノコが注目されており、この点において集団仕立てに強度のウラ止めを組み合わせることは、タケノコ栽培管理上有用であると考えられた。

2. 保温資材による早出し効果

平均地温はハウス区>マルチ区>対照区の順で高かったが、タケノコの発生ピークはマルチ区が対照区に比べ約2週間前と最も早かった。また、タケノコの形状も対照区と差がなく、ビニルシートマルチはタケノコの早出しに効果が認められた。しかし、地温が最も高かったハウス区ではタケノコの発生時期の不安定化、発生したタケノコの徒長化といった発生の異常がみられた。マルチ区では降雨ごとに土

壤水分が上昇したが、ハウス区では土壤水分の変化は灌水後のみみられ、灌水後にタケノコの発生量が急激に増加したことから、ハウス区でみられたタケノコの発生時期の不安定化は、土壤水分の影響ではないかと推察された。また、地温が 15 を超えるとタケノコの節間伸長が促進されることが報告されている(丸尾, 1978)。ハウス区の日最高気温の平均は 15.1 と 15 を超えており、ハウス区でみられたタケノコの徒長化は、今回用いたビニルハウスとビニルシートマルチの組み合わせでは地温が上がりすぎたためと考えられた。

ところで、ハウス区とマルチ区のサイズはほぼ同じにもかかわらず、マルチ区では降雨ごとに土壤水分が上昇した。マルチ区に使用したビニルシートは厚さ 0.1mm であり、林床表面の竹チップや発生するタケノコなどによって穴ができていた可能性がある。有孔ポリオレフィンフィルムは早出し栽培での実用性が高いとされており(安淵ほか, 2002)、今後、孔の間隔や大きさ、シートの性質等による早出し効果や発生するタケノコの商品性等を検討していく必要がある。

本研究により、集団仕立て施業によってできた林床のスペースにビニルシートマルチを設置することでタケノコの早出しを行うことができることが明らかになった。マルチは設置が簡易で資材コストも比較的安価であるが、収穫ごとにマルチを移動させる必要があり、このことが現場に普及しない一因となっている。したがって、タケノコの早出しを進めるためには、今後、保温資材の設置時期や方法、資材の検討が必要であろう。

### 引用文献

福岡県(2007)福岡県森林・林業の動向 - 平成 18 年度

林業白書 - .49pp.

野中重之(2003)タケノコ生産管理技術と新たな竹林経営. 福岡県森林研報 4:1-52.

大島甚三郎(1931)孟宗筍栽培法. 233pp, 博文館, 東京.

内村悦三・上田弘一郎(1960)竹の切断試験. 京都大学農学部演習林報告 29:112-128.

内村悦三(1985)タケノコ 親ダケの取り扱い方. 特産情報 4月号:50-51.

青木尊重・野中重之(1987)モウソウタケノコを生産技術.(日本産主要竹類の研究. 青木尊重編 葦書房, 423pp, 福岡). 303-384.

西尾稔(1984)モウソウチク竹林の改善とタケノコ早出し法の開発. 三重県林業技術センター業務報告書 22:11.

野中重之(1988)タケノコ早出しに関する研究( ). 日林九支研論 41:265-266.

丸尾包治(1987)通常の竹林内にハウスを設置した早出し法. 徳島県農試資料.

上田弘一郎(1963)有用竹と筍. 314pp, 博友社, 東京.

倉岡由紀子(1999)木炭の利用技術の開発 - タケノコ早出し試験 -, 熊本県林指業務報告 37:86-90.

野中重之(1986)タケノコ生産に関する研究. 福岡県林試研究資料 10, 63pp.

野中重之・佐々木重行(1992)モウソウチクの生理・生態に関する研究( ) - 葉替りと発筍 -, 福岡県林試時報 39:2-46.

丸尾包治(1978)孟宗筍の早期出荷に関する研究, 徳島県農試研報 16:24-32.

安淵次郎・東出圓朗・川口公男(2002)帯状皆伐と簡易被覆による筍の促成栽培技術. 徳島農研研報 37: 25-29

## ホルトノキ萎黄病防除技術に関する研究

榑崎康二・津田城栄<sup>1)</sup>

Studies on control technique of *Elaeocarpus* yellows

Koji NARAZAKI, Jyouei TSUDA

榑崎康二・津田城栄：ホルトノキ萎黄病防除技術に関する研究 福岡県森林研報 9：21～24，2008 街路樹として福岡県内で広く植栽されているホルトノキにおいて，ホルトノキ萎黄病の被害がみられるようになった。本研究ではホルトノキ萎黄病原因の一つである病原微生物ファイトプラズマを簡易に検出する方法の開発を試みた。その結果，ホルトノキの葉脈部位を1N水酸化ナトリウム溶液で処理し，PCR反応を阻害する成分を中和するはたらきをもつPCR緩衝液を用いてPCRすることで簡易に検出することができた。また，この病害の防除にはオキシテトラサイクリン（OTC）製剤の樹幹注入が用いられるが，本研究では樹幹注入時のOTC製剤の樹体内における濃度分布を調査した。その結果，1箇所注入木は樹体内で著しく不均一に分布し，箇所数を増やすほど均一に分布することが示された。また，樹幹注入前に剪定するか否かで比較したところ，剪定木の方がより均等に分布することが示唆された。

キーワード：ホルトノキ萎黄病，ファイトプラズマ，オキシテトラサイクリン

### はじめに

ホルトノキ (*Elaeocarpus sylvestris* var. *ellipticus*) は，福岡県内で街路樹として広汎に植栽されている重要な緑化木である。近年，このホルトノキにおいて，葉の小型化や黄化，枝枯れ等の症状を示し，衰弱枯死する被害がみられるようになった（河辺ほか，2000）。河辺ほか（1999）はこの病害木から，病原微生物であるファイトプラズマを検出し「ホルトノキ萎黄病」 (*Elaeocarpus* yellows) と命名した。ファイトプラズマは肉眼で確認できないため，本病害の罹病の確認にはDNA分析が用いられることが多い。DNA分析を行うためには，まずDNA抽出作業を行い，抽出したDNAを用いてPCRを行う。しかしDNA抽出は，市販のDNA抽出キットを用いても，液体窒素によるサンプルの摩砕，溶出処理，沈殿，遠心分離，洗浄と煩雑な作業を必要とする。そこで本研究では，このDNA抽出作業を簡略化し，簡易にファイトプラズマを検出する方法の開発を試みた。

現在この病害に対する防除法として，抗生物質であるオキシテトラサイクリン製剤（OTC）の樹幹注

入試験が行われている（河辺ほか，2006）。ファイトプラズマは全木的に分布するため，注入された薬剤は樹木全体に行き渡る必要がある。しかし，現状では注入後の薬剤の樹体内における濃度分布は明らかにされておらず，樹幹注入を行う前提として，薬剤の濃度分布の把握が求められる。そこで注入箇所数，剪定の有無別に調査を行い，薬剤ができるだけ均一に移行する注入法の検討を行った。

本研究は，これらの調査によりホルトノキ萎黄病の防除技術に関する基礎的知見を収集し，防除技術の確立に資することを目的とした。

### ファイトプラズマの簡易検出法の開発

#### 1. 材料と方法

##### (1) 供試材料

久留米市内に植栽されている街路樹4個体（KK-2, 4, 5, 6）から，それぞれ成葉3～4枚採取した。なお，ポジティブコントロールとして，別個体からDNeasy® plant Mini Kit（株キアゲン）を用いて抽出し，ファイトプラズマを検出したDNA溶液を用いた。また，ネガティブコントロールには蒸留水を用いた。

1) 福岡県水産林務部緑化推進課

2) 本研究は「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」の「緑化樹等の樹木病害に対する防除薬剤の効率の適用化に関する研究」（平成15～18年度）で実施したものである。なお，報告の内容については，第117回日本森林学会でポスター発表，第63回日本森林学会九州支部大会で口頭発表した。

## ( 2 ) DNA 抽出

以下の3つの方法で抽出を行った。

### 水酸化ナトリウム溶液による抽出

葉の葉脈部分をメスで切り出し細かく切り刻み、約20mgを0.6mlチューブに入れ、1N水酸化ナトリウム溶液を100 $\mu$ l添加し約30分静置する。その後上清1 $\mu$ lを採取し、蒸留水で100倍希釈したものを1 $\mu$ lを鋳型DNAとした。

### 核酸保存濾紙による抽出 (水処理)

と同様に切り刻んだ葉脈約20mgを0.6mlチューブに入れ、水100 $\mu$ l添加し95 $^{\circ}$ Cで約30分静置する。その後上清1 $\mu$ lを採取し、蒸留水で100倍希釈したものを1 $\mu$ lを核酸保存濾紙 (FTA カード (Whatman 社)) に添加した。添加後約30分乾燥させた後、1.25mmのパンチ1枚を鋳型DNAとした。

### 核酸保存濾紙による抽出

核酸保存濾紙として FTA カードを用いた。葉脈を濾紙の上に置き、乳棒で擦りつけ細胞を付着させた。添加後約30分乾燥させた後、1.25mmのパンチ1枚を鋳型DNAとした。

## ( 3 ) DNA 分析

通常 PCR ( Polymerase Chain Reaction ) に用いる鋳型 DNA は精製したものをを用いるが、上記の抽出方法には精製の工程がないため、鋳型 DNA にタンパク質等 PCR 反応を阻害する成分が多く含まれていることが予想される。そこで、PCR 反応液において、反応阻害成分を中和する働きを持つ PCR 緩衝液 ( Ampdirect<sup>®</sup> Plus ( 島津製作所 ) ) を用いた。

PCR ( Polymerase Chain Reaction ) 反応液の組成は、1 $\times$  Ampdirect<sup>®</sup> Plus, 0.5U/ $\mu$ l TaKaRa Ex Taq HS ( TaKaRa ), 2種類のプライマーそれぞれ10 $\mu$ Mである。プライマーは、ファイトプラズマの16S-rDNAの一部を特異的に増幅するものを用いた。PCR反応処理は、最初に95 $^{\circ}$ C 10分間変成処理を行った後、94 $^{\circ}$ C 60秒 ( 変成 ) 53 $^{\circ}$ C 60秒 ( アニーリング ), 72 $^{\circ}$ C 90秒 ( 伸長 ) の3行程を40サイクル行い、最後に72 $^{\circ}$ C で10分間伸長反応を行った。PCR 増幅産物は1.2%アガロースゲル、1 $\times$  TAE 緩衝溶液を用いて、電圧100Vで約30分間電気泳動を行った後、エチジウムブロマイドで染色し、UV トランスイルミネーター上で観察を行った。

## 2 . 結果と考察

図- 1 において、レーン 1, 4, 7, 10は抽出方法が水酸化ナトリウム溶液による処理、レーン 2, 5, 8, 11が核酸保存濾紙 (水処理) による処理、レーン 3, 6, 9, 12が核酸保存濾紙によるものである。アガロースゲル電気泳動の結果、レーン 4, 7, 10においてポジティブコントロールと同じ1,500bps 付近にバン

ド ( PCR 増幅産物 ) が出現した。KK-2においては、どのレーンにもバンドが出現しなかった。表- 1 に示すとおり、予備実験で DNA 抽出キットを用いて抽出したものを PCR した結果、今回使用した4個体のうち、KK-2のみバンドが出現しなかった。したがって、今回の水酸化ナトリウム処理による DNA 抽出の結果は、DNA 抽出キットによるものと同じであった。

これらの結果から、水酸化ナトリウム溶液で処理することにより、ファイトプラズマを検出できることが示された。これは水処理との比較により、水酸化ナトリウムにより細胞壁等が破壊され、溶液中に DNA が溶出したこと、また PCR において、反応阻害成分を中和する PCR 緩衝液の組み合わせによるものと考えられる。核酸保存濾紙は細胞壁等を破壊し、DNA を濾紙上に固定するものであるが、今回検出することができなかった。ファイトプラズマは葉の細胞内に寄生するため、核酸保存濾紙では葉の細胞壁まで破壊できても、その中にあるファイトプラズマの細胞膜まで破壊できなかったものと考えられる。

本研究により、ホルトノキ成葉の葉脈部位を1N水酸化ナトリウム溶液で処理し、反応阻害成分を中和する働きを持つ PCR 緩衝液を用いてPCRすることにより、液体窒素によるサンプルの摩砕等煩雑な作業をとる必要がなく、DNA 抽出作業を簡略化してファイトプラズマを検出できることが明らかとなった。

今後、クロガネモチ等ホルトノキ同様に萎黄症状がみられる緑化樹についてこの方法を適用し、ファイトプラズマの検出を試み、その原因の解明について進展が期待できる。

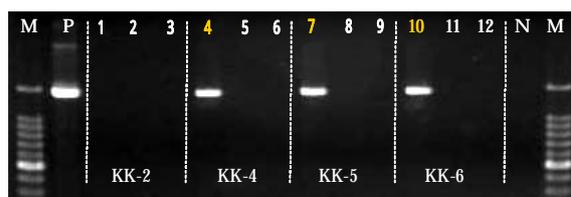


図- 1 . ファイトプラズマ16S-rDNAの電気泳動像

Mはサイズマーカー、Pはポジティブコントロール、Nはネガティブコントロールを示す。

表- 1 . DNA分析の結果

| サンプルNo. | 抽出方法 |            |        |          |
|---------|------|------------|--------|----------|
|         | NaOH | 核酸保存濾紙 (水) | 核酸保存濾紙 | DNA抽出キット |
| KK-1    | +    | -          | -      | +        |
| KK-2    | -    | -          | -      | -        |
| KK-3    | +    | -          | -      | +        |
| KK-4    | +    | -          | -      | +        |

+ : ファイトプラズマ検出  
 - : " 非検出  
 DNA 抽出キットは予備実験の結果である。

・オキシテトラサイクリンの樹体内の濃度分布

1. 材料と方法

試験木には、久留米市内に植栽されたホルトノキ成木（平均胸高直径20cm，樹高5m），注入する OTC 製剤は Oxytetracycline hydrochloride（シグマ社）を用いた。試験木1本あたりの OTC 注入箇所数が，1～3カ所の試験区を設定した。

1カ所注入試験区では数年間無剪定の試験木を用い，2及び3カ所注入試験区では，無剪定と強度剪定された2種の試験木を用いた。1カ所注入区では5本，2および3カ所注入区では3本の試験木を用いた。無剪定木では試験木1本あたり約4.5gの OTC を，強度剪定木では約1.5gを注入した。薬剤の注入は容器にグリーンガード（ファイザー社）を用いて行い，1カ所注入では200mlの水に溶解させ自然圧で，2および3カ所注入では1,500mlの水に溶解させポンペで加圧して注入した。各試験木の主幹から分岐した主要な太枝から，枝ごとに葉3枚を採取し OTC 濃度の分析に供試した。OTC の葉内濃度の定量は，高速液体クロマトグラフィーを用いて行った（津田，2006）。

2. 結果と考察

表-2のとおり，1カ所注入木における薬剤の葉内

濃度は試験木，枝ごとに大きく異なり，試験木2においては樹体内で著しく不均一に分布していた。

表-3，4はそれぞれ2および3カ所注入木について，剪定木と無剪定木について枝ごとの OTC 濃度を示したものである。これらの試験木では1カ所注入木のように極端に薬剤濃度が高い枝はみられなかった。

表-5には，無剪定木および剪定木における注入箇所数と OTC 濃度分布状態の関係を示した。2カ所と3カ所を比較すると，3カ所の方が定量限界以上の OTC 濃度を示す枝の割合が高かった。また，枝間の OTC 濃度の標準偏差も，3カ所の方が小さいことから，できるだけ均等に薬剤を移行させるには，注入箇所数が多い方が有利であることが示唆された。剪定の有無別で比較すると，剪定木のほうが定量限界以上の枝の割合が高く，無剪定より均等に移行していることが示唆された。

このことから，薬剤の注入は，毎年行われている街路樹剪定のあとに行うのが実用的である。しかし，3カ所注入の剪定木においても約2割の枝で薬剤濃度が定量限界未満の値であった。薬剤の注入は，主幹に穴をあけて行うので，単純に注入箇所数を増やすことは，樹木に対する負担が大きく困難である。今後，薬液量や注入法のさらなる検討を行い，薬剤が均等に移行する注入法を確立する必要がある。

表-2. 1カ所注入木における各枝の葉内OTC濃度（μg/g）

| 試験木No. | 枝番号  |      |      |      |      |      |     |      |
|--------|------|------|------|------|------|------|-----|------|
|        | a    | b    | c    | d    | e    | f    | g   | h    |
| 1      | 20.4 | <QL  | 16.9 | 19.5 | 81.7 |      |     |      |
| 2      | 98.0 | 1.4  | <QL  | 91.6 | <QL  | 3.4  |     |      |
| 3      | <QL  | <QL  | 12.0 | 14.6 | 1.0  | 1.8  |     |      |
| 4      | <QL  | 24.4 | <QL  | 10.4 | <QL  | <QL  |     |      |
| 5      | <QL  | <QL  | 51.1 | 15.6 | <QL  | 53.0 | <QL | 59.4 |

Q Lは定量限界（0.8μg/g）を表す。

表-3. 2カ所注入木における各枝の葉内OTC濃度（μg/g）

| （剪定木）  |     |      |      |     |      |      | （無剪定木） |      |     |     |      |     |      |
|--------|-----|------|------|-----|------|------|--------|------|-----|-----|------|-----|------|
| 試験木No. | 枝番号 |      |      |     |      |      | 試験木No. | 枝番号  |     |     |      |     |      |
|        | a   | b    | c    | d   | e    | f    |        | a    | b   | c   | d    | e   | f    |
| 1      | <QL | 2.2  | 17.9 | <QL | 17.0 | <QL  | 1      | <QL  | 2.8 | 7.3 | 18.6 | 9.2 | 30.2 |
| 2      | 4.8 | 2.0  | 3.9  | 2.5 | <QL  | 35.7 | 2      | <QL  | <QL | 6.4 | 1.7  | <QL | 18.1 |
| 3      | 2.3 | 36.6 | 13.8 | <QL | <QL  | 10.0 | 3      | 50.1 | <QL | <QL | <QL  | <QL | 8.4  |

表-4 . 3カ所注入木における各枝の葉内OTC濃度 (  $\mu\text{g/g}$  )

| (剪定木)  |     |     |     |     |      |     | (無剪定木) |      |      |      |      |      |      |
|--------|-----|-----|-----|-----|------|-----|--------|------|------|------|------|------|------|
| 試験木No. | 枝番号 |     |     |     |      |     | 試験木No. | 枝番号  |      |      |      |      |      |
|        | a   | b   | c   | d   | e    | f   |        | a    | b    | c    | d    | e    | f    |
| 1      | 3.5 | 1.4 | 1.4 | <QL | 5.6  | 5.5 | 1      | 2.6  | 6.8  | 16.9 | <QL  | <QL  | 12.5 |
| 2      | 3.1 | <QL | 9.1 | 8.4 | 2.1  | 9.2 | 2      | 1.1  | <QL  | 18.9 | <QL  | 14.9 | 6.5  |
| 3      | <QL | <QL | 9.2 | 2.9 | 17.7 | 1.2 | 3      | 40.1 | 41.6 | 49.4 | 13.9 | <QL  | 2.3  |

表-5 . 剪定の有無及び注入箇所数とOTC濃度の関係

| 剪定の有無 | 注入箇所数 | QLである枝の割合<br>(%) | 枝間のOTC濃度の<br>標準偏差 |
|-------|-------|------------------|-------------------|
| 剪定なし  | 2     | 55.6             | 15.9              |
|       | 3     | 72.2             | 11.5              |
| 剪定    | 2     | 66.7             | 12.7              |
|       | 3     | 77.8             | 4.4               |

### まとめ

本研究により萎黄病の防除技術に関し、簡易なファイトプラズマの検出法や、薬剤の樹体内での拡がりなど基礎的知見を得ることができた。今後、クロガネモチ等他の緑化木で萎黄症状がみられるものに適用の検討を進める必要がある。この知見で得られた罹病の簡易診断や適切な薬剤の施用方法を確立し、街路樹等の管理者及び緑化業者等に普及し、緑化木の適正な管理に資することが期待できる。

### 謝 辞

本研究を実施するにあたり、ご教示、ご指導下さった独立行政法人森林総合研究所 河辺祐嗣氏に謝意を表します。

### 引用文献

- 河辺祐嗣・楠木 学・大野啓一郎 (1999) ファイトプラズマによるホルトノキ萎黄病 (新称). 日植病報 65: 654
- 河辺祐嗣・楠木 学・大野啓一郎・加藤貞一 (2000) ファイトプラズマによるホルトノキ萎黄病の被害実態. 日林学術講 111: 281.
- 津田城栄 (2006) ホルトノキ葉内のオキシテトラサイクリンの高速液体クロマトグラフィーによる定量法. 日本森林学会誌 88: 46-49
- 河辺祐嗣・宇佐美陽一・津田城栄・楠木 学・小河誠司・松浦邦昭 (2006) ホルトノキ萎黄病の抗生物質薬剤注入による治療試験. 第117回日本森林学会大会講演要旨集: A13

## 海苔網を用いたシカ用防護柵の改良<sup>1)</sup>

池田 浩一

Improvement of deer-proof fence using nori culture net

Koichi IKEDA

池田浩一：海苔網を用いたシカ用防護柵の改良 福岡県森林研報 9：25～28，2008 使用済み海苔網の獣害防止用資材としての利用法を検討するために、もぐり込みやネットの食い破りなどによってシカが柵内に侵入することがあるシカ用ネットタイプ防護柵下部に、海苔網を地面からの高さを変えて張り、自動撮影カメラを用いて動物の反応を調査した。その結果、シカ、イノシシ、ノウサギ、アナグマの4種が撮影され、いずれの種も海苔網を地面から浮かす高さが高くなるほど海苔網上で撮影される個体は減少した。高さ30cmで海苔網上で撮影された個体はなく、海苔網を地面から浮かせて張ることにより防護柵へのシカの接近を回避できることが明らかになった。

**キーワード**：ニホンジカ，被害防除，防護柵，海苔網

### はじめに

福岡県におけるニホンジカ（以下、シカ）による農林業被害額は減少傾向にあるものの、造林木の食害や樹皮剥皮害の発生地拡大、農作物被害の増加など、依然深刻な問題となっている（福岡県緑化推進課，2007）。シカによる被害を軽減する方法としてこれまでに様々な技術が開発、普及されている（自然環境研究センター，1994）。県内の森林では、造林木食害が1年を通して発生し、忌避剤による被害軽減には限界があること（池田，1996）から、ポリエチレン製ネットを用いた防護柵が主に使用されている。しかし、このタイプの防護柵はシカの侵入によって柵内の造林木が食害されることがあり、その原因として柵下部からのもぐり込みや食い破り、飛び越えなどが報告されている（上山，1983；高柳・吉村，1988；池田ほか，2000）。また、シカがネットに絡まることで柵が破壊され、その場所からシカが侵入する事例もみられる。そのため、シカの侵入を防ぐためには、ネットを一定の高さ以上に保つだけでなく、ネットにシカをできるだけ近づかせない工夫が必要である。このような視点から、最近、ネットを地面にはわせるタイプの防護柵が市販されている。また、ネットタイプの防護柵を設置するには約64万円/haの経費がかかり（池田ほか，2001）、より安価な防除法の開発が求められている。

一方、福岡県は海苔生産量が佐賀県、兵庫県に次いで全国第3位と盛んで（全国海苔貝類漁業協同組合連合会，2006）、毎年使用済みになった海苔網が生じている。そこで、県ではそのような海苔網を水洗し獣害対策用防護柵として活用する取り組みが行われている。しかし、海苔網を防護柵のネットとして使用した場合、容易に食い破られ侵入されることが報告されており（上山，1983）、海苔網を単にネットとして利用したのでは被害軽減効果は低いことが予想される。

そこで本研究では、安価に入手できる使用済み海苔網を用いた効果的な防護柵を設計するために、シカを防護柵に近づかせないための海苔網の設置法について検討した。

### 調査地および方法

調査は、嘉麻市小野谷に設置されたステンレス線入りポリエチレン製ネット柵で行った。この柵内にはシカが侵入しており<sup>2)</sup>、柵沿いは小径状に裸地化していた。このような場所にはシカの足跡が多数残されており、侵入したシカが柵外に出ようと頻りに柵沿いを歩行していると推察された。2005年6月13日に地形が緩やかで特に裸地化が激しかった2か所（両調査地間は約50m）を選定し、シカの通路側の柵下部に水洗した使用済み海苔網を地面にはわせ、柵側の高さを変えて斜めに設置した（表-1，図-1）。

1) 本研究は、県単研究課題「野生鳥獣に関する研究」により、平成17～18年度に実施したものである。

2) 調査期間中、柵内に植栽されたスギへのシカ被害は樹皮剥皮が数本発生したのみであった。

設置にあたっては既存ネットに接する側の海苔網にはロープを通し、ロープを既存の支柱とネットに固定した。海苔網はたるみのないように、二重張りでは網目が重ならないように張り、柵と反対側はプラスチック杭で地面に固定した。2005年8月9日に両調査地に赤外線式自動撮影カメラ(トレールマスター、フジプランニング社)を設置した。このカメラは撮影間隔2分に設定されており、撮影後2分間は動物がカメラの前を通過しても撮影されないようになっている。2週間~1か月おきにメンテナンスを行い、撮影された画像から動物の種類、撮影場所を判定した。撮影は2007年1月29日まで行った。なお、カメラのメンテナンス時に海苔網上に落下した枝条は取り除いた。

表-1. 海苔網の設置状況

| 設置高 <sup>1)</sup><br>(cm) | 調査地 | 設置期間                      | 海苔網サイズ<br>幅×長さ(m) | 備考   |
|---------------------------|-----|---------------------------|-------------------|------|
| 0                         | A   | 2005.6.13~<br>2005.10.17  | 1×1.8             | 一重張り |
| 0                         | B   | 2005.6.13~<br>2005.12.2   | 1×1.8             | 一重張り |
| 10~13                     | A   | 2005.10.17~<br>2006.10.30 | 1×2.8             | 二重張り |
| 20~23                     | B   | 2005.12.2~                | 1×2.8             | 二重張り |
| 28~32                     | A   | 2006.10.30~               | 1×2.8             | 二重張り |

1) 既存ネットに接した部位の地面からの高さ。

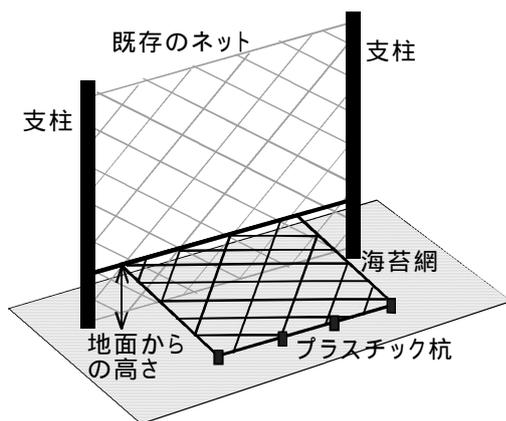


図-1. 海苔網の設置方法

結果

自動撮影カメラで撮影された動物のうち、種を特定できた動物の撮影状況を表-2, 付図-1~6に示す。撮影された動物はシカ, イノシシ, ノウサギ, アナグマの4種で、このうちシカが延べ129頭と最も多く、全体の約3/4を占めていた。撮影されたシカは、

表-2. 自動撮影カメラによる撮影状況

| 設置高<br>(cm) | シカ |    |     | ノウサギ |    |    | アナグマ |    |   | イノシシ |    |   |
|-------------|----|----|-----|------|----|----|------|----|---|------|----|---|
|             | 網上 | 網外 | 計   | 網上   | 網外 | 計  | 網上   | 網外 | 計 | 網上   | 網外 | 計 |
| 0           | 23 | 27 | 50  | 12   | 5  | 17 | 2    | 0  | 2 | 0    | 0  | 0 |
| 10~13       | 6  | 15 | 21  | 0    | 0  | 0  | 0    | 0  | 0 | 2    | 1  | 3 |
| 20~23       | 4  | 44 | 48  | 3    | 5  | 8  | 6    | 0  | 6 | 0    | 1  | 1 |
| 28~32       | 0  | 10 | 10  | 0    | 8  | 8  | 0    | 0  | 0 | 0    | 3  | 3 |
| 計           | 33 | 96 | 129 | 15   | 18 | 33 | 8    | 0  | 8 | 2    | 5  | 7 |

数字は撮影された延べ頭数を示す。

オス成獣, オス幼獣, メス成獣, 性別不明の幼獣であった。次いでノウサギが33頭, アナグマが8頭, イノシシが7頭であった。

シカは33頭が海苔網上で撮影され、このうち23頭は海苔網を地面に接して張った場合(設置高0cm)であった(付図-1~3)。ノウサギは15頭が海苔網上で撮影され、このうち12頭は設置高0cmの場合であった(付図-4)。アナグマは撮影された8頭全てが海苔網上であった。しかし、設置高20~23cm(以下, 20cm)で撮影された6頭は海苔網が地面と接する付近であった(付図-5)。イノシシは設置高10~13cm(以下, 10cm)以上で撮影され、海苔網上の2頭は設置高10cmの場合であった(付図-6)。

シカ, ノウサギ, イノシシについて、海苔網の設置高による海苔網上で撮影された割合の変化を図-2に示す。3種とも海苔網を設置する高さが高くなるほど海苔網上で撮影された割合は減少し、設置高28~32cm(以下, 30cm)ではいずれの動物も海苔網上では撮影されなかった。撮影割合は種によって異なり、設置高0cmではシカが46.0%, ノウサギが70.6%, 設置高20cmではシカが8.3%, ノウサギが37.5%であった。

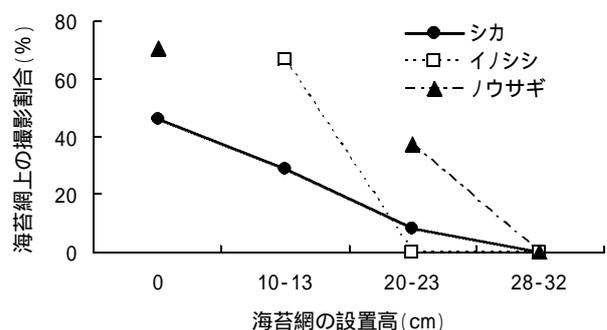


図-2. 設置高別の海苔網上で撮影された割合

考察

本研究で使用した自動撮影カメラは撮影間隔2分に設定されているため、設置した海苔網の区域外で撮影された個体が完全に海苔網を回避したとは断言できない。しかし、今回多くの画像が得られたシカ

では海苔網を地面から高く張るほど海苔網上で撮影された割合は減少しており、海苔網を地面から浮かせることはシカの歩行を妨げる効果があることを示唆している。

今回の調査で、シカは設置高30cmに張られた海苔網上では撮影されなかった。この試験に使用した海苔網は、15cm目の網目が重ならないよう二重に張られており、網目サイズは7~8cm程度となる。田戸ほか(2007)は、飼育下のメスジカに鉄管を地上からの高さや間隔を違えて並べた構造物上を歩行させる試験を行い、鉄管の間隔80mm、高さ305mmではシカは歩くことができなかつたと報告している。今回設置した海苔網は片側のみ地面から浮かせているものの、シカが歩けなかつた構造物の間隔や地面からの高さは田戸ほか(2007)の結果と一致しており、二重張り、地上から30cm程度の高さに張られた海苔網は、シカが歩けない障害物と考えられた。

防護柵内へのシカの侵入経路となるネットの食い破りやネット下部の隙間(上山,1983;高柳・吉村,1988;池田ほか,2000)をつくる原因として、シカ以外にノウサギやイノシシによる作用が考えられる。イノシシの撮影頻度は少なかったが、両種とも海苔網上で撮影される状況はシカと同じであったことから、この海苔網はシカだけでなく、ノウサギやイノシシの歩行を妨げる効果があると考えられた。

以上のことから、海苔網を用いてシカ用防護柵へのシカの接近を回避させるためには、海苔網を地面に接して張ると効果はなく、海苔網を30cm程度浮かせると有効であることが明らかになった。しかし、今回オス成獣は撮影されたが、回数は9回にすぎなかった。オス成獣は体サイズがメスや幼獣に比べ大きく、今回用いた障害物への反応も異なることが予想される。また、枝分かれた角はネットに絡まりやすいと考えられることから、今後地面から浮かせて張った海苔網に対するオス成獣の反応を明らかにする必要がある。

今回の調査では海苔網上への落枝が多くみられ、放置すれば地面から浮かせた高さが保たれない危険性があり、定期的なメンテナンスが必要であることも明らかになった。したがって、地拵え時に枝条や廃材を柵状に柵積みしその補強として海苔網で覆う方法(上山,1988)や海苔網をネットとして使用し、

シカの侵入側に枝条や廃材を柵積みする方法(池田ほか,2000)など、林地に適した海苔網の使用法を検討する必要がある。

## 謝 辞

本研究を実施するにあたり、嘉飯山森林組合には試験地の設定について、森林総合研究所九州支所の矢部恒晶チーム長には自動撮影カメラについて格別のご配慮をいただいた。また、福岡県森林林業技術センターの甲斐田哲雄氏には海苔網を提供していただいた。厚く感謝します。

## 引用文献

- 福岡県緑化推進課(2007)福岡県特定鳥獣(シカ)保護管理計画(第3期).福岡県緑化推進課, 12pp.
- 池田浩一(1977)福岡県におけるシカ被害の特徴と忌避剤による被害軽減の試み.林業と薬剤 137, 13-18.
- 池田浩一・小泉透・矢部恒晶・宮島淳二・讃井孝義・吉岡信一・吉本喜久雄・住吉博和・田實秀信(2001)九州におけるニホンジカの生態と被害防除.森林防疫 50, 167-184.
- 池田浩一・奈須敏雄・森琢磨(2000)ニホンジカによる激害型枝葉採食被害の発生状況と被害防除.森林防疫 49, 194-199.
- 自然環境研究センター(1994)平成5年度鳥獣害性対策調査(獣類:シカ)報告書. 189pp.
- 田戸裕之・桑野泰光・伊藤直弥・細井栄嗣(2007)ニホンジカ飼育個体における侵入防御試験. 118回日林学術講, B27.
- 高柳敦・吉村健次郎(1988)カモシカ・シカの保護管理論に関する一試論 - 防護柵の効果と機能 -.京大演報 66:1-17.
- 上山泰代(1983)シカの被害防除に関する試験( ) - シカ防除用のり網防護さくに対するシカの加害 -. 34回日林関西支講:217-220.
- 上山泰代(1988)シカの被害防除に関する試験( ) 伐倒樹木の枝条とのり網併用による防護さくの被害防止効果. 39回日林関西支講:315-318.
- 全国海苔貝類漁業協同組合連合会(2006)海苔の知識 ノリ生産動向.([http://www.zennori.or.jp/genjo\\_h19/chisiki2-03.html](http://www.zennori.or.jp/genjo_h19/chisiki2-03.html)).



付図- 1 .海苔網上のシカ(海苔網の設置高は0cm)



付図- 2 .海苔網上のシカ(海苔網の設置高は20cm)



付図- 3 .海苔網を避けて歩くシカ(海苔網の設置高は30cm)



付図- 4 .海苔網上のノウサギ(海苔網の設置高は0cm)



付図- 5 .海苔網上のアナグマ(海苔網の設置高は20cm)



付図- 6 .海苔網上のイノシシ(海苔網の設置高は10cm)

## 間伐材等の低位利用材を活用したオール木質スギパレットの開発

廣田 篤彦・占部 達也・村上 英人・片桐 幸彦<sup>1)</sup>

Development of all wooden Sugi pallet with dowel joint  
to make efficient use of thinned wood

Atsuhiko HIROTA, Tatsuya URABE, Hideto MURAKAMI, Yukihiko KATAGIRI<sup>1)</sup>

廣田篤彦・占部達也・村上英人・片桐幸彦:間伐材等の低位利用材を活用したオール木質スギパレットの開発 福岡県森林研報9:29~44,2008 間伐等から生じる曲がり材等の低位利用材の利用促進のため、スギ曲がり材から得たパレット部材をダボ接合により組み立てたオール木質スギパレットの開発を行った。従来製品としてラジアタパイン材を使った釘打ちパレットを比較対象として、スギ材におけるダボ接合条件の検討を行うとともに、試作した実大パレットの性能比較を行った。その結果、ダボ接合条件としてダボ直径10mm,ダボ打込深さ17mm,嵌合度-0.05mm,水性高分子-イソシアネート系接着剤使用により、釘打ちに比べ2.5倍の引抜耐力を得ることができた。また、これらの接合条件で作製した実大パレットの強度は従来の釘打ちラジアタパインパレットと比べ、JISの曲げたわみ率は同等以上、落下試験における変化率は極めて小さいことを確認した。また、製造コスト削減のため、板幅が異なるデッキボードから構成される複数板幅パレットの検討を行い、従来の単一板幅パレットと同等の性能があることを確認した。さらに、短尺丸太の製材ライン及びダボ打ちパレットの組立システムの開発を行い、製材歩留まり及び製造工程の省力化を図った。この内、横バンドソーによる製材時に発生する厚みムラを補正するために厚さ方向の加工精度の向上にスペーサーが有効であることが示された。

キーワード:スギ,パレット,ダボ接合

### はじめに

物流用の木製パレットは国内で毎年4~5千万枚が生産され、プラスチック製や金属製なども含めたパレット生産量の全体の約7割を占めている。生産枚数は2005年は5千2百万枚、2006年は6千万枚と増加傾向にある(日本パレット協会,2007)。しかしながら、木製パレットに使用される木材の多くはラジアタパイン、ベイツガ、北洋カラマツ、熱帯産広葉樹といった輸入材であり、国内産のスギは木製パレット全体の0.2%を占めるに過ぎない(村田ほか,2004)。

一方、戦後植えられた国内のスギ人工林は間伐による手入れが必要となっているが、近年の木材価格の低迷等により間伐の実施が遅れていることが指摘されている(平成19年度版森林・林業白書,2007)。間伐が進まない理由の一つとして、間伐材には曲がり材やキズ材が建築用としては向かない低位利用材が少なからず含まれ安価であり、また、需要自体も少ないことが挙げられる。

これらの間伐から得られるスギ低位利用材をパレットとして有効利用できれば、スギ材の需要拡大とともに、間伐等の森林の整備が促進され、森林のもつ公益的機能の高度発揮に大きく貢献できる。

現在、木製パレットには比較的強度の高い樹種が使用されている。スギはこれらの樹種に比べ曲げヤング係数や比重が低いため、従来の釘打ちパレットでの利用は曲げなどに対する強度性能がやや劣るとされる(江藤ほか,1989)。

そこで、本研究ではこのような材質特性をもつスギを部材に使い釘の代わりにダボ接合で組み立てたオール木質スギパレット(図-1)の開発を行った。

パレットとして従来製品と同等以上の性能を開発目標とし、限られた打込深さで強固な接合耐力を得るためのダボ接合条件を検討すると共に、試作した実大パレットの性能試験を行い、本パレットの性能向上に関する研究を行った。

また、パレットに使われるデッキボードは、通常端部を除きほとんどが単一の板幅のもので構成されている。このため、丸太から一定幅の板材を製材す

本研究は(財)福岡県環境保全公社リサイクル総合研究センター研究開発事業(平成16~18年度)によりNPO法人21世紀の森林づくり(福岡県久留米市)との共同研究で実施したものである。なお、本研究の成果であるスペーサーを用いた厚み補正方法及び本パレットの生産システムに関する特許を申請中である。

1) 福岡県水産林務部林政課

る必要がありロスが大きく歩留まりを下げる原因となっている。そこで、パレット製造コストの低減を図るため、デッキボードの複数板幅利用についての検討や製材精度の向上に関する研究を行った。

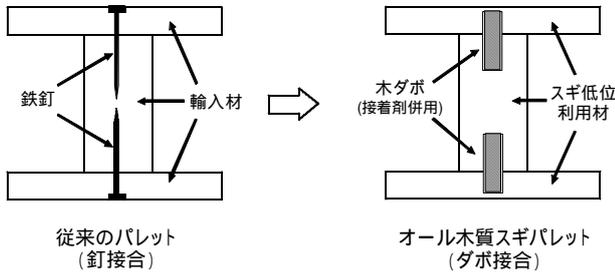


図-1. 従来のパレットとオール木質スギパレット

・試験体と試験方法

1 ダボ接合における最適接合条件の検討

(1) スギ大曲がり材の材質試験

スギ低位利用材として県産スギ大曲がり材の基礎材質を把握するために、福岡県森林組合連合会浮羽事業所から購入した材長3mのスギ大曲がり材(写真-1)51本について、購入直後(生材時)に最大矢高、細り等の形状測定と縦振動法による動的ヤング係数(以下ヤング係数)の測定を行い、これらの丸太の形状とヤング係数の関係を調べた。



写真-1. スギ大曲がり材

(2) パレット部材の材質試験

(1)で供した51本の内13本の丸太(末口径平均15.0cm, ヤング係数平均7.67GPa)について、約1mに玉切りして製材後、パレット部材としてデッキボード材(断面22×100mm, 22×150mm)及び桁材(57×100mm)を採取した。

これらのスギパレット部材と、パレット工場から購入した、現在釘打ちパレットとして使用されている代表的な樹種であるラジアタパイン材について、天然乾燥を半年間行った後、縦振動法によるヤング係数及び気乾比重を測定し、材質比較を行った。

(3) 釘の引抜試験

釘打ちパレットの場合、桁材からの釘の引き抜けに対する性能が重要となる。このため、ここでは表-1に示すスギ及びラジアタパインを母材として、JIS Z 2101に準じてスクリー釘(胴径3.1mm×長さ65mm, 釘先端チゼル型)をハンマーにより打込深さ

45mmまで打ち込み1週間養生後、JIS Z 2101「木材の強度試験方法」に準じ釘の引抜試験を行った(図-2, 写真-2)。計測した最大荷重を最大引抜耐力とし、母材の樹種や比重との関係を調べた。

表-1. 釘の引抜試験に用いた母材の概要

| 母材の種類   |       | 釘打ち面 | N数 |
|---------|-------|------|----|
| 樹種      | 気乾比重  |      |    |
| スギ      | 0.382 | 板目   | 4  |
|         | 0.418 |      | 4  |
|         | 0.457 |      | 4  |
|         | 0.412 |      | 4  |
| ラジアタパイン | 0.446 |      | 4  |
|         | 0.476 |      | 4  |

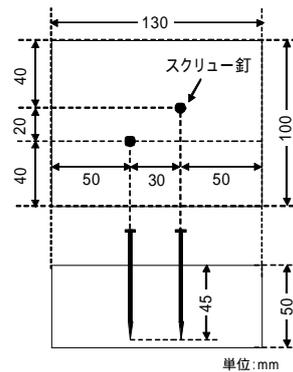


図-2. 釘の打込位置



写真-2. 釘の引抜試験

(4) ダボの引抜試験

デッキボードからのダボの引抜性能がパレットの強度に大きく影響すると考えられる。そこで、接着剤の種類や嵌合度、母材の比重といった接合条件が引抜耐力へ及ぼす影響を調べるため、スギ板を母材として繊維直交方向におけるダボの単純引抜試験を行った。試験体の概要を図-3に示す。各試験体の共通仕様としては、厚さ20mmのスギ板材を母材とし、ダボは写真-3に示すスパイラル状溝付き圧縮ダボ(ブナ, 公称直径10.0mm, 比重0.74, 含水率10.3%)を用いた。ダボ打込深さは17mmである。

接着剤は接着力, 耐水性, 作業性を考慮し, 特殊変性酢酸ビニル系(三木理研工業RBH-3, 以下「酢ビ」)及び水性高分子-イソシアネート系(オーシカTP-111, 以下「水性イソ」), 1液性湿気硬化型ポリウレタン(東洋プライウッド, 以下「ウレタン」)の3種類を用いた。

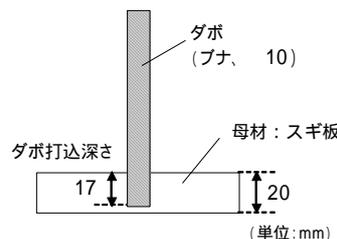


図-3. ダボ引抜試験体



写真-3. スパイラル状溝付き圧縮ダボ

かんごう  
嵌合度（穴のきつさ：ダボ径 - ダボ穴径）については、気乾比重が約0.40の母材を用い、酢ビ及び水性イソそれぞれの接着剤について、ダボの公称直径10.0mm（実測10.05mm）に対し、目標嵌合度+0.15，-0.05，-0.25mmで作製した試験体について、ダボの引抜試験を行った。母材の比重については、嵌合度を-0.05mmに設定し、気乾比重が0.40～0.49の母材を用いて同様にダボ打ちを行い、水性イソ接着剤使用時における母材の比重が最大引抜耐力に及ぼす影響を調べた。

接着剤の塗布は、穴底に接着剤を適量注入した後ハンマーによりダボ打ちを行った。母材表面に吹き出した接着剤は拭き取った。養生期間は1週間で試料数は各条件6体である。

これらの試験体について、木材万能強度試験機（インストロン社製，最大容量10tf）を用い荷重速度2mm/minにより繊維直交方向におけるダボの引抜試験を行い最大引抜耐力を計測した（写真-4）。



写真-4. ダボの引抜試験

（5）ダボの配置方法別の曲げ及びせん断試験

次に、ダボの配置が曲げ及びせん断性能へ及ぼす影響を調べるため、ダボの配置を図-4に示す千鳥A，B型及び直線型で配置し接合したパレット部分試験体を各3体ずつ作製し、木材万能強度試験機を用いて図-5に示す方法により曲げ試験を行った。また、フォークリフトの爪によるパレット側方からの加力に対するせん断性能を調べるため、図-6に示すパレット部分試験体を同様に3体ずつ作製しせん断試験を実施した。

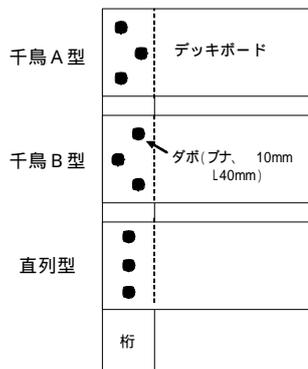


図-4. ダボの配置方法

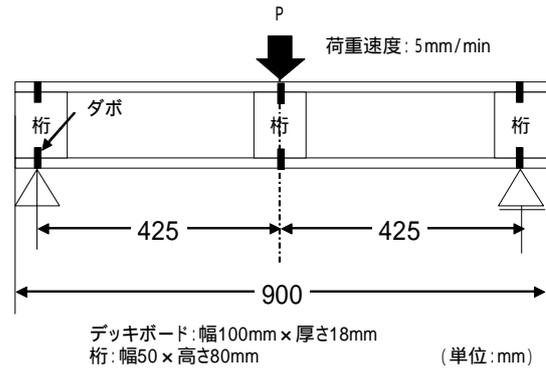


図-5. 曲げ試験方法

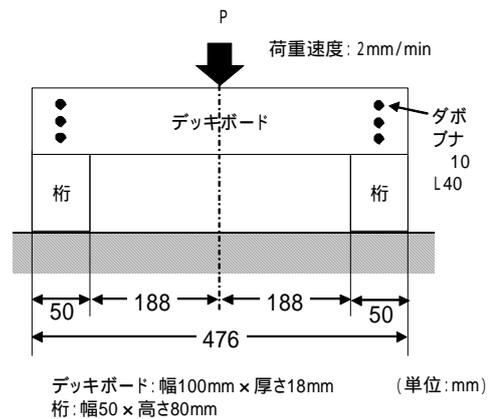


図-6. せん断試験方法

（6）パレットの曲げ性能に影響を与える各因子の検討

パレットの接合方法，デッキボードのヤング係数及び厚さの各因子がパレットの曲げ性能に与える影響を調べるため，2水準系直交表（L<sub>16</sub>直交表）で各因子を組み合わせる作製した試験体の曲げ試験を行った。因子としては，接合方法としては釘1種類，ダボ接合に用いる接着剤として3種類（水性イソ，ウレタン，酢ビ）の計4種類及びダボ打込深さ2種類を設定した。部材の性能としてはデッキボードの厚さ及びヤング係数を各2種類ずつ設定し，これらを組み合わせる16種類のパレット部分試験体を各1体ずつ作製した（表-2）。

試験は木材万能強度試験機を用い「JIS Z 0602「平パレット試験方法」（1988）を準用して図-7に示す曲げ試験を行った。計測した荷重と変形量から求めたたわみ率を比較し，各因子がパレットの曲げ性能に与える影響を調べた。

表-2.パレット部分試験体の概要

| 試験体番号 | 接合方法                | 天板厚さ (mm) | ダボ深さ (mm) | デッキボード動的ヤング係数 (GPa) |
|-------|---------------------|-----------|-----------|---------------------|
| 1     |                     | 21        |           | 7                   |
| 2     | スクリーュー釘<br>(3.1×65) | 21        | -         | 9                   |
| 3     |                     | 17        |           | 7                   |
| 4     |                     | 21        | 5         | 9                   |
| 5     | 水性イソ                | 21        | 10        | 7                   |
| 6     |                     | 17        | 5         | 9                   |
| 7     |                     | 17        | 10        | 9                   |
| 8     | ウレタン                | 21        | 5         | 7                   |
| 9     |                     | 17        | 10        | 9                   |
| 10    |                     | 21        | 5         | 7                   |
| 11    | 酢ビ                  | 21        | 10        | 9                   |
| 12    |                     | 17        | 5         | 7                   |
| 13    |                     | 17        | 10        | 9                   |
| 14    |                     | 21        | 5         | 7                   |
| 15    |                     | 17        | 10        | 9                   |
| 16    |                     | 17        | 5         | 7                   |

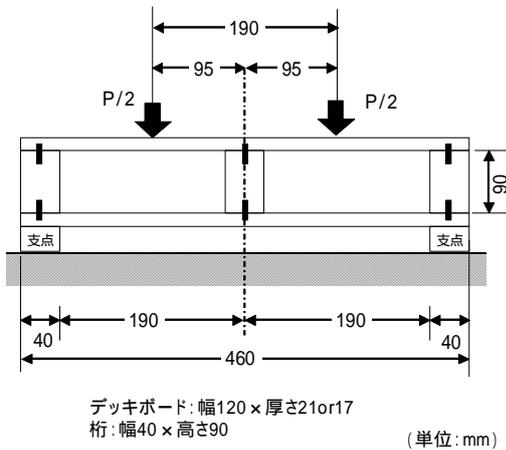


図-7.パレット部分試験体及び曲げ試験方法

2 オール木質スギパレットの強度性能の把握

(1) 実大パレットの曲げ試験

前項で決定したダボ接合条件を基に作製した実大オール木質スギパレットの強度性能を把握するとともに、競合するラジアタパイン釘打ちパレットとの性能比較を行った。

デッキボードの動的ヤング係数の平均がスギがそれぞれ6.5GPa, 7.5GPa, 8.5GPaの3種類に選別したスギ及びラジアタパイン板材をデッキボードに使用して実大パレットを作製した。

組立方法はスギ材については釘接合及びダボ接合,ラジアタパイン材については釘接合を用い,各ヤングごとに1体ずつ作製した。ダボ接合には引抜試験の結果を基に嵌合度-0.05,打込深さ17mmとした。実大パレットの概要を表-3,図-8に示す。

表-3.実大パレットの概要

| 試験体名      | デッキボード      |                    | 接合方法<br>(1接合部当たり)   |
|-----------|-------------|--------------------|---|
|           | 樹種          | 動的ヤング係数<br>平均(GPa) |   |
| スギ+釘      | スギ          | 6.5                | ・スクリーュー釘<br>3.1mm×L65mm<br>・配置:千鳥掛け3本                     |
|           |             | 7.5                |   |
|           |             | 8.5                |   |
| スギ+ダボ     | スギ          | 6.5                | ・フナダボ<br>10.0mm×40mm<br>・配置:直列3本<br>・接着剤<br>水性高分子-イソシアネート |
|           |             | 7.5                |   |
|           |             | 8.5                |   |
| ラジアタパイン+釘 | ラジアタ<br>パイン | 7.5                | ・スクリーュー釘<br>3.1mm×L65mm<br>・配置:千鳥掛け3本                     |
|           |             | 8.5                |   |

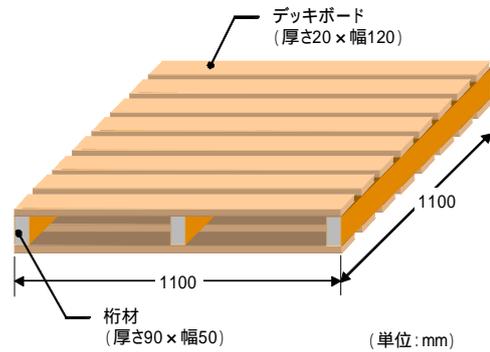


図-8.実大パレットの概要図  
(両面使用形二方差しパレット)

これらの実大パレットについて JIS Z 0602の「平パレット試験方法」による曲げ試験を行った。試験は実大材試験機(前川試験機製,最大容量100tf)を用い荷重速度5mm/minにより3tfまで載荷を行った(図-9,写真-5)。100(200)kgf及び1,250(2,500)kgf時点でのたわみ量を基に最大積載質量1(2)t時のたわみ率を算出し,デッキボードの樹種やヤング係数,接合方法の違いによる比較を行った。

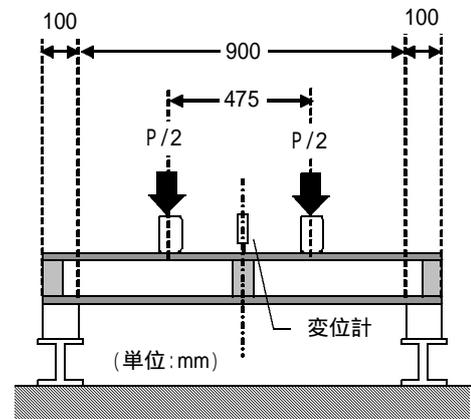


図-9.実大パレットの曲げ試験方法



写真-5. 実大パレットの曲げ試験の様子

**(2) パレットの落下試験**

(1) で用いた供試体の内、デッキボードのヤング係数が6.5GPaの釘接合及びダボ接合のスギパレットとヤング係数が8.5GPaの釘打ちラジアタパインパレットを各1体ずつ用い落下試験を行った。

試験は同様にJIS Z 0602(1988)のパレットの落下試験方法に準じパレットを落下高さ50cmから3回落下させた。さらにISO 8611-1(1996)に準じて落下高さ100cmから落下試験を各3回行った(図-10、写真-6)。

落下試験前後のパレット対角線A B間における寸法Yの変化量を基に変化率を算出し、耐落下衝撃性を比較した。

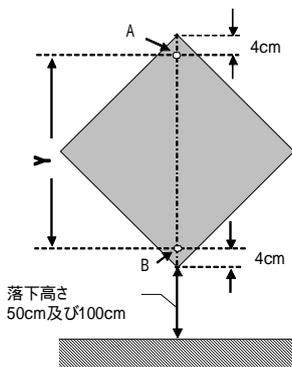


図-10. 落下試験方法



写真-6. 落下試験の様子

**3 オール木質スギパレットの耐久性の把握**

**(1) ダボ接合部の煮沸試験**

パレットの屋外使用を想定し、ダボ接合部の煮沸試験を行い、接着剤の種類による耐久性の比較や釘接合との比較を行った。 - 1 (6) に供したパレット部分試験体16体を使用し、煮沸試験後に曲げ試験を行い、接着剤3種類(酢ビ、水性イソ、ウレタン)を使用したダボ接合試験体及び釘接合試験体ごとにたわみ率の平均値を算出し、各接合方法間での煮沸処理前後のたわみ率を比較した。

煮沸試験は、連続煮沸槽により4時間煮沸し、その後1時間室温水中で冷却した後、70の温度で24時間乾燥を行った。曲げ試験方法は前述の図-7のとおりである。

**(2) パレットの屋外暴露試験**

屋外での使用頻度が比較的高いと考えられるビール工場でのパレット使用を想定し、そのパレット規格に準じて写真-7に示すパレット(オーバーラップ型、幅1100奥行900mm)を計16体作製した。部材にスギ材を使用し、組立には水性イソによるダボ接合を用いた。

これらの試験体を当センター内のアスファルト塗装済み平坦地上に1枚ずつ重ならないように設置し、無載荷状態で2年間の屋外暴露試験を行った。

暴露試験前と試験後に前述の図-9に示す曲げ試験を行い最大積載質量1t時のたわみ率を算出し、屋外暴露前後での比較を行った。



写真-7. 屋外暴露試験に用いたパレット

**4 複数板幅利用によるパレットの低コスト化**

**(1) 製材歩留まり試験**

原木には、材長4mのスギ丸太3種(大曲がり材、小曲材、キズ材)を各5本ずつ用いた。これらの丸太の形状を計測した後、玉切りして長さ1.15mの短尺丸太を各原木3本ずつ採取した。

これらの短尺丸太を本研究事業で試作した短尺丸太用製材ライン(参考資料)を用いて製材を行い、厚さ20mmのだら挽き板を採取した。これらのだら挽き板から丸身を付けず採取可能な範囲で耳すり加工を行い、最大幅の板材を採取した。

さらに、得られた板材から幅4種類(80, 100, 120, 150mm)の板材を可能な限り採取し、デッキボードに利用した場合の製材歩留まりの算出を行い、単一幅で利用する場合との比較を行った。

なお、歩留まりの計算における原木材積には素材市場からの購入材積を用いた。

( 2 ) 板幅4種パレットの曲げ試験

( 1 ) で供試した4種類の板材をヤング係数の平均がそれぞれ6.5GPa, 7.5GPa, 8.5GPaになるように選別した。これら板材をデッキボードに用いてダボ接合で組み立て、表-4に示す配置方法により板幅一定パレット及び板幅4種(図-11)パレットをそれぞれヤング係数ごとに1体ずつ作製した。パレットの形状は両面使用形二方差しパレット(幅1100mm×奥行1100)で組立にはダボ接合を用いた。

曲げ試験は、同様にJIS Z 0602「平パレット試験方法」に準じて行った。載荷は約3tfまで行い、最大積載質量1t及び2t時のたわみ率を算出した。

表-4. デッキボードの配置方法

| 板位置  | パレットの種類      |              |
|------|--------------|--------------|
|      | 板幅一定<br>(mm) | 板幅4種<br>(mm) |
| 端部   | 150          | 150          |
|      | 120          | 120          |
|      | 120          | 80           |
|      | 120          | 80           |
|      | 120          | 80           |
|      | 120          | 100          |
| 端部   | 150          | 120          |
| 板幅合計 | 900          | 880          |

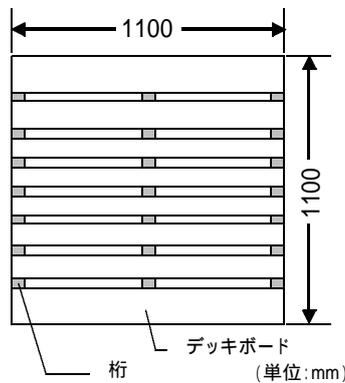


図-11. 板幅4種パレットの概要図

5 製材時の厚み加工精度の向上

丸太は製材することによって長さ方向に反りが発生する(写真-8)。その反りは挽き面に対し凸の形で生じ、その大きさは今回用いた短尺丸太の挽き面において4mm前後であった。今回製材機として採用した横バンドソーは厚みが大きな材については反りの矯正機能が期待できないため、この反りの影響により厚み方向の加工精度の低下が懸念される。

この厚み方向のバラツキを抑えるため、ベルトの下に設置したスペーサ(写真-9)を用いた厚み補正方法の検討を行った。

スペーサ設置による厚み補正効果を調べるため、製材時の設定としてスペーサの有無やその厚み、鋸の緊張力を組み合わせ製材試験を行った(表-5)。

送材速度は10m/minでスペーサの取り付け位置は鋸の手前10mmに固定した。丸太は元口側から投入し、製材機の設定厚を20mmにし製材を行い、得られた挽き板の元口部、中央部及び末口部における厚みを測定し、厚みのバラツキについて各製材時の設定条件ごとの比較を行った。



写真-8. 丸太挽き面に生じた反り

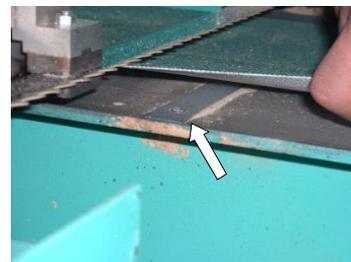


写真-9. ベルト下に設置したスペーサ

表-5. 製材時の設定

| 設定  | スペーサ厚み<br>(mm) | 鋸の緊張力<br>(MPa) |
|-----|----------------|----------------|
| 設定1 | 無し             | 0.70           |
| 設定2 | 1.5            | 0.60           |
| 設定3 | 1.5            | 0.70           |
| 設定4 | 1.5            | 0.77           |
| 設定5 | 3.0            | 0.70           |

. 結果と考察

1 ダボ接合における最適接合条件

( 1 ) スギ大曲がり材の材質把握

購入先の原木市場では「スギ大曲がり材」の一区切りでは積み重ねられており、径級にかなりばらつきがあるものの、細りはこれまで行った一般材と比べ同程度であった。

最大矢高については平均31.6mmと大きく(表-6)、また、蛇行性があるものが1/3を占めた。このような曲がり大きな丸太を従来の方法で製材を行うと歩留まりが大幅に低下すると考えられ、製材方法の検討が必要と思われた。

ヤング係数の平均値は7.43GPaでスギ製材の全国的な値と比べるとほぼ同程度であった(図-12)。ただし、そのバラツキが大きいため、極端に値が低い材の使用について検討が必要と思われる。

そこで、丸太の形状(元口及び末口の直径, 矢高, 細り)についてヤング係数との関係を調べた結果、直径との相関はみられなかったが、矢高( $R^2=0.233$ ,  $p<0.01$ ), 細り( $R^2=0.208$ ,  $p<0.01$ )については負の相関が見られた(図-13)。細りや曲がり大きいものほどヤングが小さかった。このことから丸太の形状を考慮することにより低ヤング係数の丸太をある程度選別できることが明らかになった。

表-6. スギ大曲がり丸太の材質試験結果

|         | 材長<br>(cm) | 直径 (cm) |      |      | 最大<br>矢高<br>(mm) | 細り<br>(%) | 動的ヤング<br>係数<br>(GPa) |
|---------|------------|---------|------|------|------------------|-----------|----------------------|
|         |            | 元口      | 中央   | 末口   |                  |           |                      |
| 平均値     | 310.2      | 18.3    | 16.9 | 15.4 | 31.6             | 0.95      | 7.43                 |
| 最大値     | 351.7      | 24.5    | 23.2 | 22.1 | 77.0             | 2.26      | 10.45                |
| 最小値     | 301.5      | 12.9    | 12.5 | 10.8 | 12.0             | 0.38      | 3.86                 |
| 標準偏差    | 9.4        | 3.1     | 2.7  | 2.5  | 14.9             | 0.40      | 1.74                 |
| 変動係数(%) | 3.0        | 16.9    | 15.8 | 16.6 | 47.2             | 42.4      | 23.5                 |

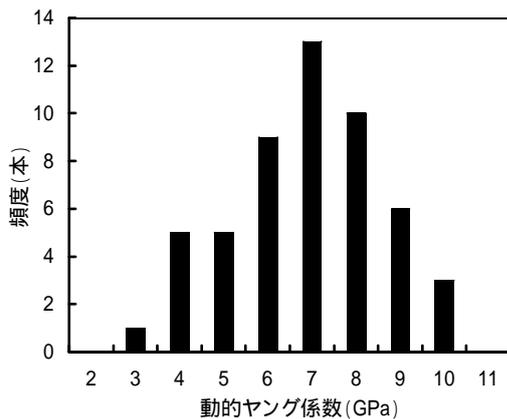


図-12. スギ大曲がり丸太の動的ヤング係数の頻度分布

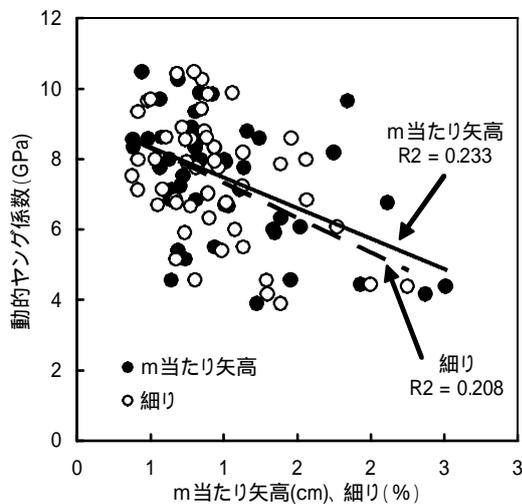


図-13. 丸太の形状と動的ヤング係数の関係

(2) スギ及びラジアタパインの材質比較

パレットの曲げ性能に影響を及ぼすと考えられるデッキボードの板材サイズにおけるヤング係数をスギとラジアタパインで比較した結果、平均値は板幅100mmでは同等であったが、150mmのものではラジアタパインが高い値を示した( $t$ 検定,  $p<0.01$ )。また、スギはラジアタパインに比べてかなりバラツキが大きかった(図-14)。

気乾比重は、スギがややバラツキが大きかったが、樹種間に差は認められなかった( $t$ 検定,  $p>0.05$ ) (図-15)。

木材工業ハンドブック(2002)によると、各樹種におけるヤング係数の平均値はスギが7.5GPa, ラジアタパインが8.5GPa, 気乾比重の平均値はスギが0.38, ラジアタパインが0.44としている。今回供試したスギ材はヤング係数がやや低く比重はやや高めであった(図-15)。

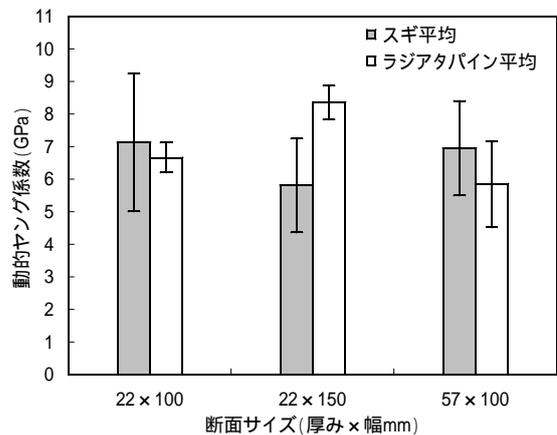


図-14. 部材の各断面サイズにおけるスギとラジアタパインの動的ヤング係数(垂線は標準偏差を表す)

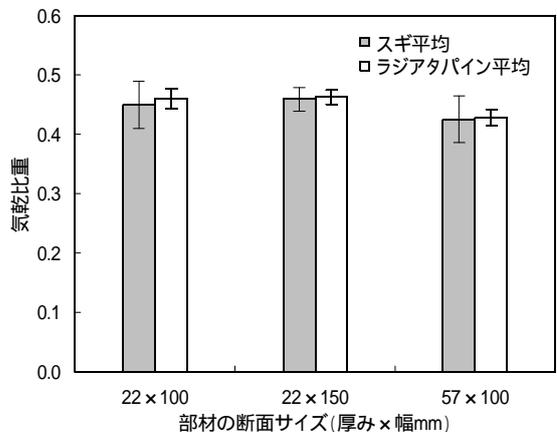


図-15. 部材の各断面サイズにおけるスギとラジアタパインの気乾比重(垂線は標準偏差を表す)

( 3 ) スギ及びラジアタパインの釘の引抜耐力

釘の引抜試験結果を図-16に示す。両樹種ともに比重の増加に伴い、釘の最大引抜耐力が増加した。

スギ及びラジアタパインは( 2 )で述べたようにそれぞれ平均的な気乾比重が異なるため、本実験で得た気乾比重と最大引抜耐力の回帰式を基に各樹種の平均的な耐力を算出した。木質構造設計基準・同解説( 2003 )では釘の引抜耐力は比重の累乗に比例するとしており、累乗関数を用いた回帰式を用いた。その結果、それぞれ最大引抜耐力はスギが気乾比重0.38で73kgf、ラジアタパインが気乾比重0.44で114kgfと算出された。

ただし、藤井( 1986 )はラジアタパインの平均的な気乾比重を0.48としており、より安全側に配慮するため、次項でダボ接合との比較に用いるラジアタパインの釘の最大引抜耐力は両者を平均した気乾比重0.46における算出値128kgfを用いた。

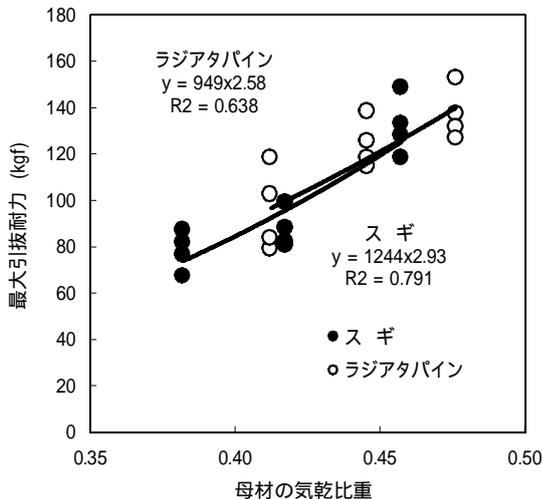


図-16. スクリュー釘の最大引抜耐力 ( 胴径3.1mm、打込深さ45mm )

( 4 ) 引抜耐力からみたダボ接合条件の決定

1) 接着剤の種類

最大引抜耐力を接着剤の種類で比較した結果、一般的な傾向として水性イソが最も高く、続いて酢ビ、ウレタンの順であった( 図-17 )。ウレタンについては嵌合度の設定が1条件であったが、引抜試験後のダボ表面で木破部が認められず、接着剤が粉状にダボ表面に付着しており接着剤の発泡等により十分な接着力が発揮されなかったものと思われる。

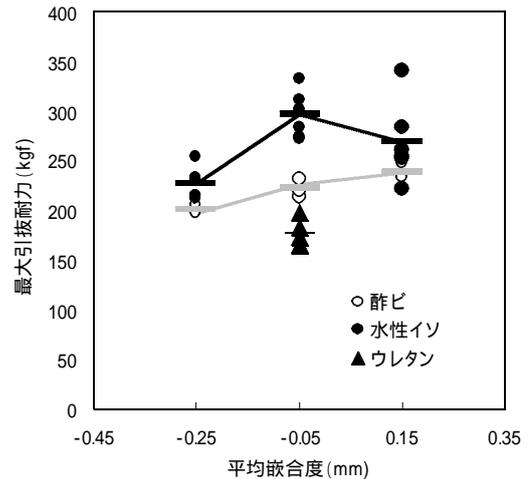


図-17. 接着剤毎の嵌合度と最大引抜耐力との関係 ( 母材: スギ、比重0.40~0.41、ダボ打込深さ17mm )

2) 嵌合度

酢ビ及び水性イソについて、嵌合度との関係を調べた結果、酢ビは嵌合度の上昇に伴い耐力が向上した。家具の組立では嵌合度0.2mm程度が理想とされており( 日本加技, 1996 ), 酢ビの場合は0.2mmに近い程引張耐力が強くなる結果となった。

一方、水性イソは酢ビに比べ耐力が高いものの、嵌合度が-0.05mmに比べ0.15mmでは耐力がやや低下しばらつきも大きくなった。水性イソでは酢ビに比べ粘性が高いため、ダボ打込時における母材穴側面へ接着剤が十分に広がらなかったものと推察される。

嵌合度が高すぎると母材の干割れ誘発の危険性も考えられ、酢ビで-0.05mmの耐力が高かったこと、水性イソでは-0.05mmと0.15mmでは大きな耐力の差が見られなかったことから、組立時の作業性向上の点も考慮し最適な嵌合度を-0.05mmとした。

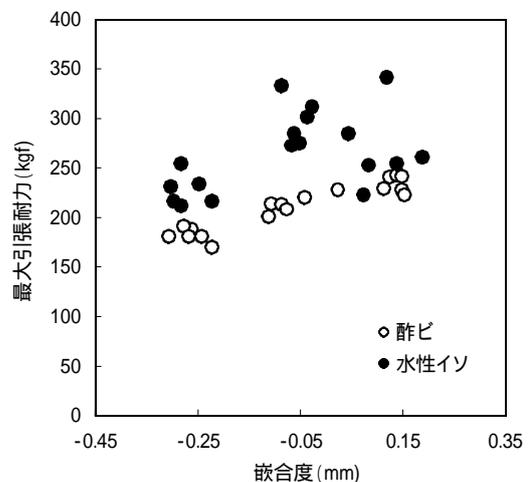


図-18. 嵌合度と最大引抜耐力の関係 ( 母材: スギ、比重0.400~0.415、ダボ打込深さ17mm )

3) 母材の比重

水性イソ接着剤において、最大引抜耐力と母材の気乾比重との間に正の相関 ( $R^2=0.581, p<0.01$ ) が見られた (図-19)。

接合条件として接着剤に水性イソを使用し、嵌合度-0.05mm、母材に一般的なスギの気乾比重0.38を使用した場合、得られた回帰式から算出されたダボの最大引抜耐力は315kgfであった。

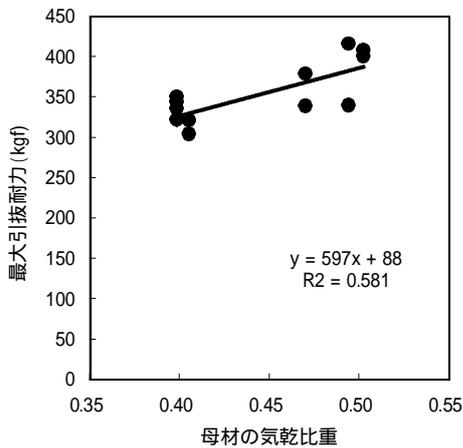


図-19. 母材の比重と最大引抜耐力の関係  
(接着剤：水性イソ、母材：スギ、嵌合度-0.05、ダボ打込深さ17mm)

このことから、表-7に示す接合条件において、ラジアタパインを母材とする釘の引抜耐力128kgfに比べ、スギはダボを使用することで約2.5倍の性能を得ることができた。

表-7. 各接合部の条件

| 接合方法       | ダボ接合             | 釘接合     |
|------------|------------------|---------|
| 接合具 種類     | フナダボ             | スクリュー釘  |
| 直径         | 10               | ( 3.1)  |
| 樹種         | スギ               | ラジアタパイン |
| 母材 厚み (mm) | 20               | 50      |
| 気乾比重       | 0.38             | 0.46    |
| 接着剤        | 水性高分子 - イソシアネート系 | -       |
| 打込深さ (mm)  | 17 (ダボ)          | 45 (釘)  |
| 嵌合度 (mm)   | -0.05            | -       |

木材工業ハンドブック(2004)から引用

(5) ダボ配置方法の検討

曲げ試験における最大荷重は千鳥A型 > 直列型 > 千鳥B型であった。同様に変位増加量 (100kgf ~ 300kgf間) も千鳥B型に比べ千鳥A型及び直列型が小さく剛性が高い結果となった (表-8)。

せん断試験における最大荷重は直列型 > 千鳥B型 > 千鳥A型の順となった。破壊は全てダボ付近のデッキボードの破壊であった (表-9)。

両試験結果から、直列型が優れていると考えられた。また、機械による穴開け作業も直列型が最も効

率が良いため、ダボの配置方法は直列型が最も有効と思われた。

表-8. 曲げ試験結果

| 試験体名 | 最大荷重 (kgf) | 100kgf時変位 (mm) | 300kgf時変位 (mm) | 変位増加量 (mm) |       |
|------|------------|----------------|----------------|------------|-------|
| 千鳥A型 | 1          | 361            | 6.56           | 20.80      | 14.24 |
|      | 2          | 460            | 6.16           | 20.00      | 13.84 |
|      | 3          | 454            | 6.46           | 19.34      | 12.88 |
|      | 平均         | 425            | 6.39           | 20.05      | 13.66 |
| 千鳥B型 | 1          | 329            | 6.78           | 23.01      | 16.23 |
|      | 2          | 437            | 6.56           | 19.95      | 13.39 |
|      | 3          | 360            | 6.10           | 21.60      | 15.50 |
|      | 平均         | 375            | 6.48           | 21.52      | 15.04 |
| 直列型  | 1          | 393            | 2.40           | 15.93      | 13.53 |
|      | 2          | 421            | 7.80           | 23.03      | 15.23 |
|      | 3          | 432            | 5.76           | 17.55      | 11.79 |
|      | 平均         | 415            | 5.32           | 18.84      | 13.52 |

表-9. せん断試験結果

| 試験体名 | 最大荷重 (kgf) | 500kgf時変位 (mm) | 1000kgf時変位 (mm) |      |
|------|------------|----------------|-----------------|------|
| 千鳥A型 | 1          | 1267           | 1.40            | 3.60 |
|      | 2          | 1153           | 1.50            | 3.30 |
|      | 3          | 1451           | 1.20            | 3.00 |
|      | 平均         | 1290           | 1.37            | 3.30 |
| 千鳥B型 | 1          | 1437           | 1.40            | 2.60 |
|      | 2          | 1322           | 0.30            | 1.90 |
|      | 3          | 1294           | 1.50            | 2.20 |
|      | 平均         | 1351           | 1.07            | 2.23 |
| 直列型  | 1          | 1582           | 0.90            | 2.20 |
|      | 2          | 1260           | 0.20            | 1.30 |
|      | 3          | 1597           | 0.80            | 2.50 |
|      | 平均         | 1480           | 0.63            | 2.00 |

6) パレットの曲げ性能に影響を及ぼす因子

L<sub>16</sub>直交表による実験データの解析を行った結果、パレットの曲げ性能に影響を与える因子として、接合方法別 (F検定,  $p<0.05$ ) とデッキボード板の厚さ (F検定,  $p<0.01$ ) で有意な差が認められた。

各接合方法で平均たわみ率を比較すると、釘接合が0.94%、ダボ接合は用いた接着剤が水性イソの場合0.74%、ウレタンが1.00%、酢ビが1.01%であり、水性イソを使用したダボ接合が低く、強度的に最も優れていた (図-20)。

また、デッキボードの厚さ25mmではたわみ率が厚さ17mmより約7割に減少していた。

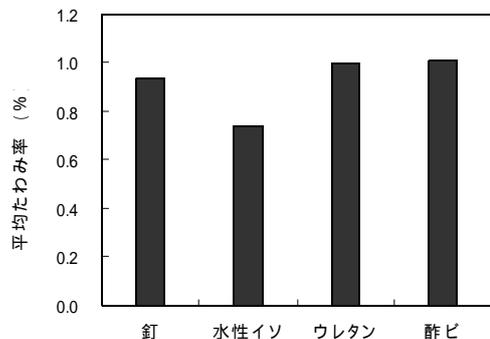


図-20. 接合方法別の平均たわみ率 (最大積載質量1t時)

2 ダボ打ちスギパレットの強度性能の把握

(1) 実大パレットの曲げ性能

最大積載質量 1 t 時のたわみ率は、各パレットともにデッキボードのヤング係数が高いほどたわみ率が減少した。しかし、この荷重レベルではパレットに使用する樹種、接合方法の違いによる明確な差は認められなかった(図-21)。

これに対して荷重レベルが高い 2 t 時のたわみ率は、1 t 時と同様にデッキボードのヤング係数の増加に伴いたわみ率が減少したが、デッキボードのヤング係数が比較的高い 8.5 GPa では、スギ釘打ちパレットは両端部での釘の浮き上がりが見られ、同仕様のラジアタパインと同程度の値を示した(図-22)。

一方、スギダボ打ちパレットは、デッキボードのヤング係数にかかわらず、他の釘打ちパレットに比べたわみ率は低い値を示した。

以上の結果から、デッキボードのヤング係数が高いほどパレットの曲げ剛性が向上し、また、比較的荷重レベルが高い場合において、ダボ接合を用いたパレットは他の釘打ちパレットに比べ高い曲げ剛性を有することが分かった。

前述のようにスギはラジアタパインに比べ 1 GPa 程度ヤング係数が低いとされている。スギを使用したパレットの組立にダボ接合を用いることで、ラジアタパイン以上の曲げ性能を付与できることが分かった。

なお、いずれの仕様も JIS のたわみ率の基準値 2.5 % 以下を満たしていた。

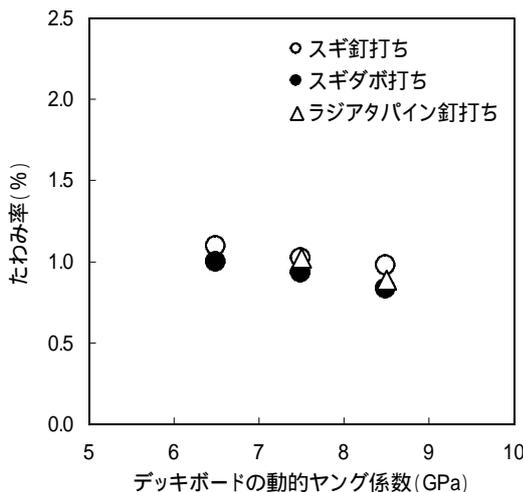


図-21 各パレットのたわみ率 (最大積載質量 1 t 時)

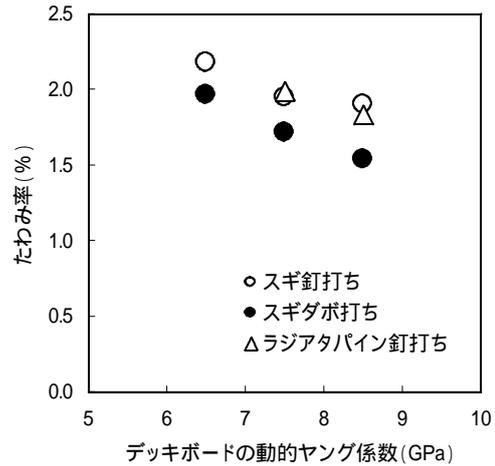


図-22 各パレットのたわみ率 (最大積載質量 2 t 時)

(2) パレットの耐落下衝撃性

落下試験の結果を図-23に示す。変化率が最も低かったのはダボ接合を行ったスギパレットであり、次に釘打ちラジアタパインパレット、釘打ちスギパレットの順であった。スギをダボ接合したパレットは他の釘打ちパレットに比べ明らかに変化率が少なく、また、落下回数の増加とともに接合方法による差が明確に現れた。スギのダボ打ちパレットの落下回数 6 回後の変化率は、釘打ちラジアタパインパレットの落下回数 3 回後の変化率よりも低かった。このように、ダボ接合を用いたスギパレットは優れた耐落下衝撃性を示した。

なお、いずれの仕様も落下高さ 50 cm で行う JIS の基準値 ( 3 % 以下 )、ならびに落下高さ 100 cm で行う ISO の基準値 ( 4 % 以下 ) を満たした。

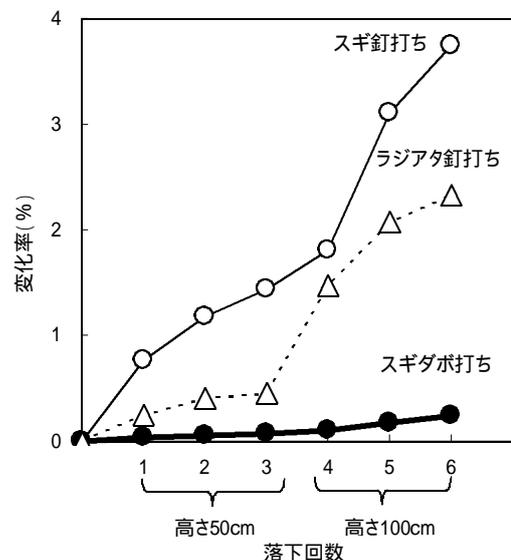


図-23 落下試験における変化率

### 3 オール木質スギパレットの耐久性

#### ( 1 ) 煮沸処理によるダボ接合部の耐久性

煮沸試験前後のたわみ率の測定結果を図-24に示す。煮沸後のたわみ率は釘接合が最も大きく、ダボ接合では接着剤に酢ビ使用の場合が大きく、水性イソとウレタンが最も小さかった。たわみ率の増加量は、釘接合が最も大きく、次いでダボ接合の酢ビで、水性イソ、ウレタンの順であったが、煮沸前のたわみ率は水性イソ接着剤を用いたダボ接合が最も低かったことを併せて、ダボ接合に使用する接着剤は水性イソが最適と考えられた。

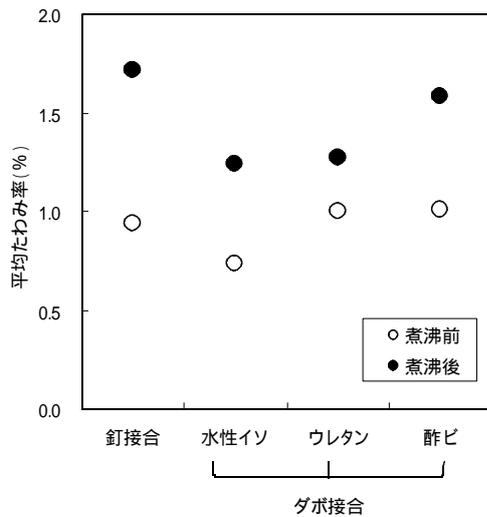


図-24. 煮沸試験前後における平均たわみ率

#### ( 2 ) 屋外暴露による実大パレットの耐久性

各試験体における屋外暴露の前後で測定したたわみ率の関係を図-25に示す。暴露前のたわみ率と暴露後のたわみ率は正の相関 ( $R^2=0.208$ ,  $p < 0.01$ ) が見られ、暴露前のたわみ率が高い試験体ほどたわみ率の増加が大きい傾向を示した。

試験体全体の平均値で比較すると、初期のたわみ率が平均で0.72%、暴露試験後のたわみ率が平均で1.21%、増加割合は68%であった。屋外暴露により剛性の低下がみられたが、全ての試験体が2年間の屋外暴露後もJISのたわみ率の基準値(2.5%以内)を満たしていた。

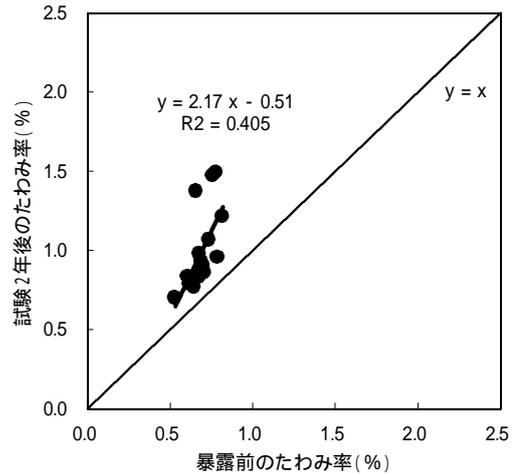


図-25. 暴露試験前後のたわみ率の関係

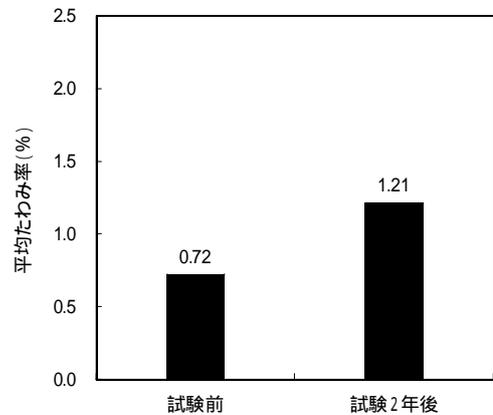


図-26. 暴露試験前後の平均たわみ率

### 4 複数板幅利用によるパレットの低コスト化

#### ( 1 ) 複数板幅による歩留まり向上効果

表-10に供試したスギ丸太の形状を示す。各材種ともに材長は約4.1m、平均末口径は約22cmとほぼ同等である。最大矢高の平均値は大曲がり材41mm、小曲がり材24mm、キズ材16mmである。

これらの原木から厚さ20mmの板材を採取したときの製材歩留まり試験の結果を表-11に示す。全般的な傾向として、最大幅で採取した場合の歩留まりが約70%であるのに対し、120mm幅のみでは約43%と大幅に歩留まりが低下した。これに対し、板幅が4種類では約65%となった。板幅を単一化する場合に比べ、板幅を4種類にすることにより、最大幅の板幅を採取した際の歩留まりとの差を5%まで縮小し、歩留まりも約2割向上した。また、いずれの原木においても同様の歩留まり向上効果が見られた(図-27)。

表-10. スギ丸太の形状  
(製材歩留まり試験用)

| 原木の種類 | 元口径<br>(cm) | 末口径<br>(cm) | 最大矢高<br>(cm) |
|-------|-------------|-------------|--------------|
| 大曲がり材 | 26.6        | 22.2        | 4.1          |
|       | 30.1-23.8   | 24.8-19.2   | 6.5-2.2      |
| 小曲がり材 | 27.4        | 22.5        | 2.4          |
|       | 30.9-23.2   | 25.1-20.3   | 3.0-1.7      |
| キズ材   | 24.9        | 22.2        | 1.6          |
|       | 28.6-23.0   | 25.9-19.4   | 2.0-1.0      |
| 平均    |             |             |              |
| 最大-最小 |             |             |              |

表-11. 製材歩留まり試験結果

| 原木の種類 | 丸太<br>材積<br>(m <sup>3</sup> ) | 採取した板幅                  |             |                         |             |                         |             |
|-------|-------------------------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|
|       |                               | 最大幅                     |             | 120mm幅のみ                |             | 幅4種類                    |             |
|       |                               | 材積<br>(m <sup>3</sup> ) | 歩留まり<br>(%) | 材積<br>(m <sup>3</sup> ) | 歩留まり<br>(%) | 材積<br>(m <sup>3</sup> ) | 歩留まり<br>(%) |
| 大曲がり材 | 0.749                         | 0.531                   | 70.9        | 33.0                    | 44.1        | 51.0                    | 68.1        |
| 小曲がり材 | 0.837                         | 0.562                   | 67.1        | 34.9                    | 41.7        | 51.1                    | 61.1        |
| キズ材   | 0.715                         | 0.508                   | 71.0        | 30.3                    | 42.4        | 46.1                    | 64.5        |
| 平均    | -                             | -                       | 69.7        | -                       | 42.7        | -                       | 64.6        |

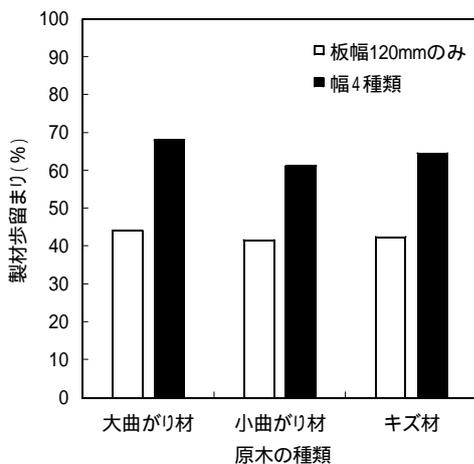


図-27. 原木の種類別の製材歩留まり

(2) 板幅4種パレットの曲げ性能

板幅4種パレットと板幅一定パレットの曲げ性能を比較した結果、両者ともにデッキボードのヤング係数の増加とともにたわみ率が減少するものの、最大積載質量1t時及び2t時において両者の間に明確な差が認められなかった。また、JISの基準2.5%を十分満足していた。

デッキボードの板幅4種類(80,100,120,150mm)を混合させたパレットと板幅一定(120mm)のパレットは、曲げの力に対し同等の剛性を有することを確認した(図-28)。

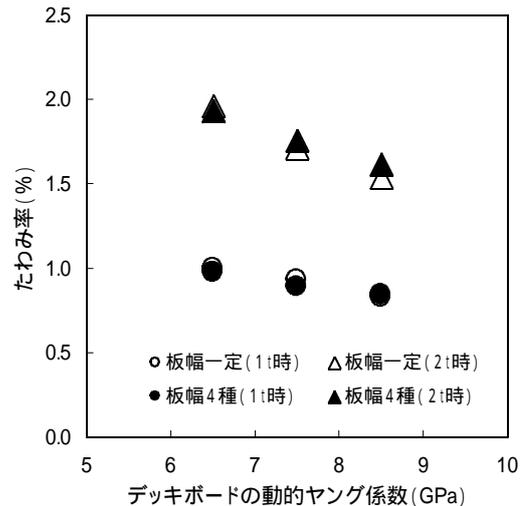


図-28. 各パレットのたわみ率

5 厚み加工精度の向上

各設定ごとに製材して得られた板材の厚み測定結果を表-12に示す。厚みのバラツキを表す指標として標準偏差を用いて比較した結果、スペーサを使用していない設定1が0.63mmであったのに対し、1.5mm厚のスペーサを用いた設定3では0.31mmに大幅に減少した。

1.5mm厚のスペーサ使用時において、鋸の緊張力の影響を比較した結果、緊張力が設定3より小さい設定2では0.58mmと標準偏差が大きくなった。より大きな緊張力をかけた設定4は0.32mmとなり、設定3と同程度であった。緊張力による鋸への負担を考慮すると、本研究で用いた横バンドソーにおける鋸の緊張力は0.7MPaが適当と思われた。

次に、スペーサの厚みは3mmより1.5mmの設定3の方が標準偏差が小さく厚みのバラツキを抑える効果が高かった。

商品を自動でパレット上に積む装置に使用するパレットは寸法精度が厳しく、板厚の許容誤差は±0.5mmが要求される。この厚み精度を把握するため平均値と実測値との差を厚み誤差として用いた。設定1と設定3の厚み誤差の頻度分布を図-29に示す。設定3が設定1に比べ厚み誤差が小さくなっている。全測定数に占める厚み誤差±0.5mm以内の測定数の割合を比較すると、設定1が67.3%に対し、設定3では90.5%と増加し、厚みが許容誤差内に収まる割合が増えていることが分かる(図-30)。

以上の結果から、1.5mm厚のスペーサを用い、鋸の緊張力を0.7MPaに設定することにより厚みのバラツキを抑えることができた。

表-12. 各設定ごとの厚み測定結果

| 設定  | 製材時の設定             |                    | 挽き板の厚み      |              |
|-----|--------------------|--------------------|-------------|--------------|
|     | スペーサ<br>厚み<br>(mm) | 鋸の<br>緊張力<br>(MPa) | 平均値<br>(mm) | 標準偏差<br>(mm) |
| 設定1 | 無し                 | 0.70               | 19.62       | 0.87         |
| 設定2 | 1.5                | 0.60               | 20.33       | 0.58         |
| 設定3 | 1.5                | 0.70               | 19.79       | 0.39         |
| 設定4 | 1.5                | 0.77               | 19.78       | 0.38         |
| 設定5 | 3.0                | 0.70               | 20.24       | 0.51         |

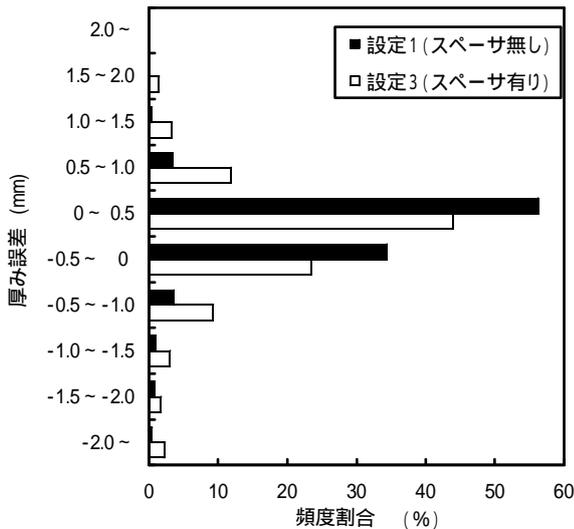


図-29. 厚み誤差の頻度分布 (鋸の緊張力: 0.7MPa)

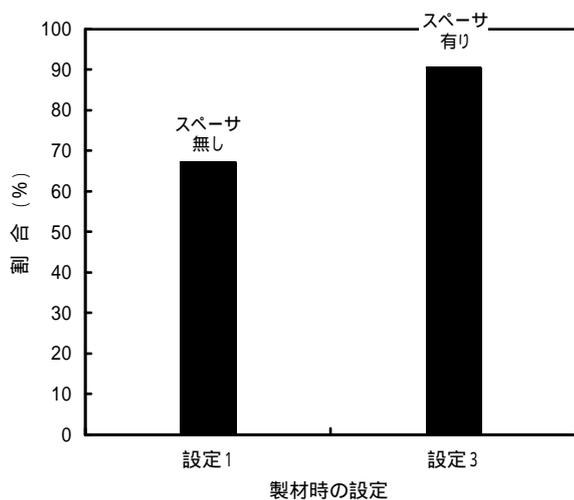


図-30. 全測定数に占める厚み誤差 ±0.5mm 以内の測定数の割合 (鋸の緊張力: 0.7MPa)

まとめ

スギを母材にしたダボ接合の最適条件を検討し、嵌合度等を明らかにした。また、ダボ接合により組み立てたオール木質スギパレットは、従来使用されている釘打ちのラジアタパインパレットと同等以上の性能を持つことができた。さらに、コスト削減のため、曲がり材などのスギ低位利用材を短尺化し製材する技術やデッキボードの幅の種類を増やすことにより製材歩留まりを向上することができた。

本研究により、スギ材はパレットとして十分利用可能であることを確認した。

また、ダボ接合は釘のように衝撃等により釘頭が表に出ることがないため積載商品に傷をつけにくく、別途行ったモニター調査でも好評を得ている。

この結果を基に、共同研究者であるNPO法人21世紀の森林づくりが平成19年4月からオール木質スギパレットの販売を開始している。

謝辞

本研究を実施するにあたり、ご教示、ご指導下さった独立行政法人森林総合研究所林知行室長、接着剤の提供、助言を頂いた(株)オーシカ、三木理研工業(株)、東洋プライウッド(株)の各位に深謝を表します。

引用文献

江藤ほか(1989) 産業用パレットの試作と強度性能, 日林九支研論集42: 269-270  
 藤井毅(1986)木製パレット用スクリュー釘の性能, 木材工業.468: 21-26  
 村田光司ほか(2004) 梱包・木箱工場の木質残廃材 森林総研, 第54回木材学会要旨集: 545  
 日本建築学会(2002) 木質構造設計基準・同解説: 219-232, 丸善, 東京  
 (社)日本木材加工技術協会(1996) 木材の接着・接着剤, 249pp, 産調出版, 東京  
 (社)日本パレット協会(2000~2006) パレット生産統計 ([http://www.jp-pallet.or.jp/pallet\\_statistics.html](http://www.jp-pallet.or.jp/pallet_statistics.html))  
 林野庁(2007), 平成19年度版森林・林業白書, 165pp, 日林協, 東京  
 森林総研(2004)木材工業ハンドブック: 192-199, 丸善, 東京

## 【参考資料】

## オール木質スギパレットの製造システムについて

オール木質スギパレットの事業化を図るため、短尺材の製材方法及びダボ接合によるパレットの組立方法で構成される製造システムに関する研究を行ったので併せて報告する。

### ・短尺丸太の高効率製材システムの開発

一般に建築用の丸太は直材が好まれ、製品寸法に応じて3mまたは4mの長さに玉切りされたものが多い。これらの通直で材長が長い丸太の製材には送材車付き帯鋸盤が一般に使用されている。

本パレットに使用する丸太は建築用に不向きな曲がり材を対象としており、直材を対象とする送材車付き帯鋸盤を用いた製材方法では製材歩留まりが著しく低下することが考えられる。

一方、パレットに使用する部材は建築用とは異なり、長さは1m前後であり短尺化した丸太も利用可能である。曲がり材を短尺化し効率的に製材できれば大幅な歩留まり向上が期待される。

本研究はこの点に着目し、曲がり材から得た短尺丸太を効率的に製材するシステムの開発を行った。

短尺丸太を効率良く製材する方法として、写真-1のような横バンドソーをベースとした製材ラインを設計、試作した。送材はベルトコンベアを採用し、複数の丸太を連続で製材する仕様とした。



写真-1. 試作したベルトコンベア式短尺材製材ライン

## 1 製材ラインの改良

### 1) 鋸の採用

パレット部材は積載商品の滑り防止の点から鉋削による厚み調整を行わないのが一般的である。一方で商品を自動でパレット上に積む装置ではパレットの寸法精度が厳しいため、製材時において高い厚み精度が要求される。

今回スペーサによる厚み精度向上を検討するため、横バンドソーの鋸刃には幅25mm、厚さ0.90mmの細鋸刃を採用した。(写真-2)



写真-2. 採用した細鋸刃

### 2) 鋸の耐久性向上

鋸の切削抵抗を軽減させ、送りスピード向上や鋸の耐久性を上げるための潤滑油吹き付け装置に加え、厚み加工精度を上げるためのエア吹き付け装置及び鋸屑かき出しブラシ(写真-3)を設置した。



写真-3. エア吹き付け装置と鋸屑かき出しブラシ

## 2 試作ラインの性能把握と改良

試作ラインを用いて短尺丸太の製材試験を行い、製材処理速度や厚み加工精度に関する性能把握を行った。さらに、性能向上や省力化を図るための装置の改良を行った。

### 1) 製材処理速度

本システムを用い、平均直径22cm、長さ1.35mの短尺丸太0.498m<sup>3</sup>を送り速度6m/分で製材した結果、厚さ20mmのだら挽き板の製材に21分を要した。1日(7時間)の稼働に直すと約10m<sup>3</sup>の処理速度であった。

さらに、鋸の緊張力及びあさり幅について検討を行った結果、緊張力0.7MPa、あさり幅1.5mmに設定することにより送り速度を10m/分まで向上することができた。これにより製材処理速度を1日(7時間)の稼働で約12m<sup>3</sup>に向上させることができた。

**2) スペース設置**

半割丸太の挽き面に生じる反りによる厚みのバラツキを抑えるため、送材ベルトコンベアに改良を加えた。

半割丸太下面とベルト間に隙間を生じないようにすることで、厚みムラを少なくする方法を採用した。厚み補正の手段としては、ベルトの下にスペースを設置した。

次に、鋸のあさり幅を小さくすると共に、鋸の冷却と潤滑、また鋸くずを付きにくくするために潤滑油とエアの吹き付け装置（写真-4）を併用し、未装着のものと比較し、厚みの精度向上を図った。その結果、装着することにより、厚みのバラツキを抑えることができた。



写真-4. エアと潤滑油の吹き付け装置

**3) 省力化のためのリターン装置の開発**

製材作業の省力化のため、挽き終えた製品と挽き残り材を自動的に仕分けして横バンドソーに再投入するリターン装置（写真-5）を開発した。リターン装置の特徴及び改良点を以下に示す。



写真-5. リターン装置

**回転盤の設置**

製材作業を作業員1名で行えるように、製材後に得られた製材品と挽き残り材を自動的に仕分けし、挽き残り材を、確実に自動反転させるため、写真-6のような回転盤方式を採用した。

**挽板仕分け装置**

製材後に残る背板は厚みが均一でなく、仕分け装置部分に挟まれることがある。このため、仕分け装

置にシリンダーを取り付け、背板通過時に作業者が手元のスイッチで仕分け部分を引き上げられる装置を取り付け、スムーズに仕分け部を通過できるようにした（写真-7）。

さらに、挽き残り材をラインへ確実に送り返すため回転ベルトを併設した（写真-8）。以上のライン構成によって、短尺丸太の製材作業の省力化を図った。



写真-6. 回転盤



写真-7. 仕分け部の引き上げ装置



写真-8. 仕分け装置（回転ベルト併設）

**丸太の固定治具の試作**

設備投資を抑えるために、製材初期に行う丸太の半割作業を同一製材ラインで行うことにした。そこで、丸太をベルト上で安定させるため、種々のサイズに対応できる丸太の固定治具の試作を行った。（写真-9，写真-10）。

簡易な治具であるが、本治具を丸太下部に設置することで、丸太がベルト上で安定し半割りすることが可能になった。



写真-9. 試作した丸太固定治具上の丸太



写真-10. 試作治具を使った製材

### ・低コストパレット組立システムの開発

ダボ接合による組立は、ダボを挿入するための部材への穴開け、穴への接着剤の注入及びダボの打ち込みの3工程からなり、従来の釘打ちによる組立に比べて作業が煩雑である。また、流通しているパレットの仕様は様々であり、部材の寸法も多岐に及ぶ。

穴開け作業は加工精度や迅速性が要求され、他の工程に及ぼす影響も大きいため、機械化等による効率化が必要である。

そこで、これらの多様な仕様をもつパレットに対応でき、かつ、多数のダボ穴を効率良く開ける多軸同時穴開け機の検討を行い、ダボ接合による組立作業の効率化を図った。

#### 1 自動穴開け機の改良

高精度で迅速に穴開け作業を行うため、コンピュータ制御を用いた多軸ドリルを採用し、同機をベースに改良を行いダボ穴開け作業の向上を図った(写真-11)。部材の機械への設置については、位置決めを簡単に行い、部材寸法が異なる場合も対応可能な治具を考案し、設置作業の効率化を図った。さらに、部材の設置スペースをデッキボード用と桁材用とに仕切ることにより、両部材の設置作業と穴開けの並行作業を可能とした(写真-12)。なお、穴開け位置を予めコンピュータに登録することにより、種々のパレットに対応可能である。

本機を用いパレット100枚を試作し、作業速度を調査した。1枚当たりの作業時間は穴開け工程が7分となった。組立については手作業による接着剤注入及びダボ打ち工程で6分30秒を要した。両工程は

を並行することで1時間当たり8枚程度の生産能力と試算された。



写真-11. 改良した多軸穴開け機



写真-12. 多軸穴開け機の作業スペース (左: デッキボード、右: 桁材)

### ・モニター調査及び説明会等の開催

#### 1 モニター調査

試作パレットを4箇所の事業所に依頼・納入し、流通現場でのモニター調査を実施した(表-1)。モニター調査の結果、使用後の感想は好評であった。

表-1. モニター先一覧

| モニター先  | パレット<br>納入枚数<br>(枚) | パレット使用品目  | 所在地 |
|--------|---------------------|-----------|-----|
| 農業資材販売 | 50                  | 倉庫内での資材管理 | 八女郡 |
| 電気関連   | 30                  | 倉庫内での資材管理 | 佐賀県 |
| 電機メーカー | 70                  | 重量物の倉庫内管理 | 福岡市 |
| 瓦販売店   | 20                  | 事業者間の移動   | 朝倉市 |

#### 2 説明会等の開催

パレットの事業化を図るため、林業・木材関係者を対象とした説明会や製造機械見学会の開催、一般県民、事業者を対象とした展示会への出展を10イベント延べ16日間実施した。

### ・さいごに

横バンドソーを使用した短尺丸太の連続製材ラインの開発とダボ組立作業の効率化を行うことができた。接着剤注入とダボ打ち込み作業の自動化についても機械メーカーと検討を行ったが、設備費が高額になると試算されたため手作業によるものとした。これらの自動化については今後の課題である。

---

---

福岡県森林林業技術センター研究報告 第9号

平成20年3月31日発行

発行 福岡県森林林業技術センター  
〒839-0827 福岡県久留米市山本町豊田1438-2  
TEL 0942-45-7870  
FAX 0942-45-7901

印刷 多田印刷株式会社  
〒830-0037 福岡県久留米市諏訪野町四丁目2432  
TEL 0942-35-3459  
FAX 0942-36-1472

---

---

|  |         |
|--|---------|
| <b>Development of cultivation technology and breeding of multi-functional<br/>mashroom <i>Ganoderma lucidum</i> (Leyss.:Fr.) Karst</b>                     | 1 ~ 7   |
| Shuhei KANEKO , Keiko ISHIKAWA   |         |
| <b>Effect of nonwoven pulp fabric sheet with <i>Beauveria brongniartii</i><br/>for damage laying by <i>Moechotypa diphysis</i> on the shiitake bed-log</b> | 9 ~ 14  |
| Jun ONAGAMITSU , Yoshio KAWABATA   |         |
| <b>Forcing of bamboo sprout by group plant and cutting culms</b>   | 15 ~ 20 |
| Hidenobu HAMACHI   |         |
| <b>Studies on control technique of <i>Elaeocarpus</i> yellows</b>  | 21 ~ 24 |
| Koji NARAZAKI , Jyouei TSUDA   |         |
| <b>Improvement of deer-proof fence using nori culture net</b>  | 25 ~ 28 |
| Koichi IKEDA   |         |
| <b>Development of all wooden Sugi pallet with dowel joint<br/>to make efficient use of thinned wood</b>  | 29 ~ 44 |
| Atsuhiko HIROTA , Tatsuya URABE , Hideto MURAKAMI, Yukihiko KATAGIRI   |         |

|             |                  |
|-------------|------------------|
| 福岡県行政資料     |                  |
| 分類番号<br>R F | 所属コード<br>0803201 |
| 登録年度<br>19  | 登録番号<br>0005     |