

島根中山間セ研報
Bull. Shimane Pref.
Mount. Reg. Res. Ctr.

ISSN 1349-9696

**BULLETIN
OF THE
SHIMANE PREFECTURE MOUNTAINOUS
REGION RESEARCH CENTER**

**No. 2
March 2006**

島根県中山間地域研究センター研究報告

第 2 号

平成18年 3 月

SHIMANE PREFECTURE MOUNTAINOUS
REGION RESEARCH CENTER
IINAN, SHIMANE, 690-3405, JAPAN

島根県中山間地域研究センター

島 根 県 飯 南 町

論文：研究の結果をまとめ、これに考察と結論を与えたもの。

短報：小さいが新しい知見の速報，既知の知見の再確認，新しい研究方法などを短くまとめたもの。

審査：原稿の採否は出版委員会が決定するが，内容，構成，字句の修正を著者に要求することがある。

島根県中山間地域研究センター研究報告

第 2 号

平成 18 年 3 月

目 次

〈 論 文 〉

- コロイダルシリカを用いた無機質複合化処理単板の性能と
単板積層材への応用に関する研究 …………… 後藤 崇志 … 1
- 子実体懸濁液散布によるクロマツ苗畑でのショウロ栽培 …………… 富川 康之 … 43
- 島根県における2004年に異常出沒したツキノワグマの実態調査
澤田 誠吾 ・ 金森 弘樹
金子 愛 ・ 小寺 祐二 … 51
- ポット使用によるマテバシイ、シロダモ、タブノキの育苗試験 …………… 山中 啓介 … 61
- 天敵微生物*Beauveria bassiana*による
マツノマダラカミキリ成虫駆除試験 …………… 福井 修二 … 69
- 島根県産スギ材とコナラ材により製造した集成材の性能評価 (II)
後藤 崇志 ・ 池淵 隆
中山 茂生 ・ 福島 亮 … 77

〈 短 報 〉

- 第23回日本環境会議松山大会
中山間地域の再生戦略を考える — 第1セッション — 中川聰七郎 ・ 笠松 浩樹 … 87
- 中山間地域における限界集落の実態 …………… 笠松 浩樹 … 93
- 里山環境のフィールドワーク
— 島根県匹見町の限界集落調査から — …………… 笠松 浩樹 … 99

〈 資 料 〉

- イノシシと牛の社会空間行動の観察例
長妻 武宏 ・ 小寺 祐二
吉岡 孝 …………… 105
- スギ丸太の燻煙熱処理及びスギ板材の燻煙乾燥試験
中山 茂生 ・ 池淵 隆
後藤 崇志 ・ 越智 俊之
福島 亮 ・ 可部 淳
栗栖 利寿 ・ 三浦千恵子 … 109
- 島根県における木材需給の実態調査
越智 俊之 ・ 中山 茂生
池淵 隆 ・ 後藤 崇志 … 117

コロイダルシリカを用いた無機質複合化処理単板の性能と 単板積層材への応用に関する研究*

後藤 崇志

Studies on the Properties of Wood-Mineral Composed Veneers Using Colloidal Silica and
the Application to Laminated Veneer Lumber

Takashi Goto

要 旨

本研究は、島根県の森林資源で蓄積量が多い針葉樹材のスギ材と広葉樹材のコナラ材の利用技術の開発を目的として行ったものである。

スギ材とコナラ材を合板や単板積層材（以下、LVLと記す）などに利用するために、スギ単板とコナラ単板を製造した。そして、これらの単板に難燃性や耐候性を付与するために、コロイダルシリカーホウ酸溶液（以下、CB溶液と記す）による無機質複合化処理を施し、酸素指数による燃焼性試験、ウェザーメータを用いた促進耐候性試験など各種の性能評価を行った。

コナラ材は未利用広葉樹材の1つであり、これまで構造用部材として利用されることはほとんどなかった。したがって、基礎的な強度特性に関するデータは得られていない。そこで、コナラ材の製材と単板などの基礎的な強度特性をスギ材とあわせて把握した。さらに、コナラ単板をLVLへ応用するために、コナラ単板とスギ単板とを複合化したLVL（以下、異樹種複合LVLと記す）への適用性を検討した。

LVLを構造用として利用するためには、耐火性の付与が重要な課題となる。そこで、LVLに耐火性を付与することを目的として、CB溶液を用いて無機質複合化処理したスギ単板あるいはコナラ単板を異樹種複合LVLやスギLVLに積層接着し、その耐火性について基礎的な試験を実施した。

以下、本研究で得られた結果などをまとめる。

第1章 コロイダルシリカーホウ酸溶液によって無機質複合化処理したスギ単板とコナラ単板の難燃性評価

第1章では、スギ単板（辺材、心材）とコナラ単板に難燃性を付与することを目的とし、CB溶液により無機質複合化処理を単板に施してその難燃性の評価を行った。無機質複合化処理単板（以下、WMC単板と記す）の難燃性の評価は、酸素指数（以下、OIと記す）による燃焼性試験を行い、あわせて炭化試験片のEPMA観察を行った。また、実証的な燃焼試験としてマイクロバーナーによる燃焼性試験もあわせて行った。

難燃性の評価に用いたWMC単板の重量増加率（%、以下、WPGと記す）は、スギ辺心材単板で約50%、コナラ単板で約14%となった。溶脱処理に対する不溶性無機物の固着率はそれぞれ約80%、62%と高い値を示した。

* この報告は、島根大学大学院総合理工学研究科の博士論文（2005年3月）として取りまとめたものである。

OIによる燃焼性試験の結果、OIは無処理単板では樹種に関わりなくスギ単板とコナラ単板とも22%となったが、WMCスギ単板では約57%、WMCコナラ単板では約33%と無処理単板よりも大きくなった。溶脱処理後はそれぞれ31%、24%程度と低下したが、それでも無処理単板より高い難燃性を維持していた。WPGとOIとの間には強い相関関係が認められ、得られた回帰直線式によってWPGからOIを推定することが可能となった。燃焼時間と残炭率はWMC単板で改良されており、溶脱処理後も単板の内層部分に固着した不溶性無機物により燃焼時間と残炭率に著しい低下は認められなかった。

OIによる燃焼性試験から得られた無処理単板とWMC単板の炭化試験片について、EPMA観察を行った。無処理スギ単板では細胞壁の薄壁化が認められ、無処理コナラ単板では道管の扁平化などが認められた。しかし、WMCスギ単板では、無機物は仮道管内腔と細胞壁中に広く固着していた。WMCコナラ単板では、無機物が道管の内腔を充填していた部位と道管内腔の内壁をコーティングするように付着している2種類の部位が観察された。

マイクロバーナーによる燃焼性試験の結果、WMC単板を加熱面に積層接着すると試験体上面の温度上昇が緩やかとなった。特に、WPGの高いスギ辺心材単板では、30分間の燃焼処理を施しても着火は認められなかった。WMCスギ心材単板を加熱面に積層接着し、直接火炎を当てて試験を行った結果、WPGが50%以上の単板でWPGとOIとの回帰直線式から求められるOIが60%以上になると、実際の燃焼挙動に類似した状況下における難燃性がより高くなる傾向が認められた。

第2章 コロイダルシリカ溶液による無機質複合化処理単板の色調変化と耐候性評価

第2章では、コロイダルシリカ溶液を用いた無機質複合化処理に伴う単板の色調変化を検討するために、スギ単板とコナラ単板への無機質複合化処理に伴う色調変化を検討した。また、耐候操作による溶脱処理における不溶性無機物の固着率と色調変化、さらにウェザーメータによる促進耐候性試験での色調変化と単板の表面状態の変化を観察し、WMC単板の耐候性について検討した。

耐候性の評価に用いたWMC単板のWPGは、スギ、コナラともCB溶液処理単板がコロイダルシリカ単独溶液（以下、C溶液と記す）やホウ酸単独溶液（以下、B溶液と記す）よりも大きくなり、スギ単板60.7%、コナラ単板17.0%であった。

処理に伴う単板の色調変化を測色した結果、C溶液ではアルカリ汚染の影響が認められ、B溶液では酸汚染の影響が認められた。CB溶液ではこのような汚染などの影響が認められず、色差（以下、 ΔE^* と記す）が小さくなって利用上支障が生じないことが明らかとなった。

溶脱処理における不溶性無機物の固着率は、C溶液とCB溶液で処理した単板で高くなり、スギで80~90%、コナラで50~80%となった。不溶性無機物の形成にコロイダルシリカ溶液を用いることが有効であることが分かった。色調の変化は、CB溶液処理単板では処理時にアルカリ汚染や酸汚染が生じず、また固着した無機物の変色を防いで ΔE^* が最も小さくなった。

促進耐候性試験における色調変化を測色した結果、全体的な傾向として、 ΔE^* は促進劣化26時間目まで増加し、その後100時間目まで減少し、それ以後増加していく傾向が認められた。これは、試験初期の色調変化には無機質複合化処理時のアルカリ汚染と酸汚染が影響しており、それ以降は木材成分の溶脱や固着した無機物が色調変化に影響しているものと考えられた。CB溶液による処理は、促進劣化初期の ΔE^* の増減幅が小さく、またスギではコントロールよりも ΔE^* 値の変化が小さくなっていた。さらに、促進耐候性試験による物理的な木質部の侵食を抑制しており、耐候性の向上が期待できるものと考えられる。

第3章 鳥根県産コナラ材とスギ材の異樹種複合LVLへの適用性の検討

—製材、単板、および異樹種複合LVLの基礎的な強度特性—

第3章では、コナラ材の製材、単板などの基礎的な強度特性を把握するとともに、コナラ単板とスギ単板を複合化した異樹種複合LVLの曲げ試験を行い、その曲げ性能を把握するとともに各単板の構成方法などについて検討した。

コナラ製材は曲げおよび縦圧縮試験において高い強度特性を示し、曲げヤング係数（以下、MOEと記す）は14.8GPa、曲げ強度（以下、MORと記す）は141MPa、縦圧縮強度は60MPaであった。横圧縮試験においては、試験体木口面に現れる道管配列角度が横圧縮強度に強く影響して負の相関関係が認められ、その強度は19MPa程度となった。

コナラ単板のMOEは、平均11.9～12.4GPa程度の範囲にあり、カラマツ単板などと同等の高いMOEを示すことがわかった。また、コナラ単板のMOEの分布特性は、MOEの下限側10.5GPa程度となった。

異樹種複合LVLのMOEは約10～12GPaで、スギLVLよりも1.7～2.1倍程度向上していた。MORは約80MPaでスギLVLよりも1.8倍程度向上していた。異樹種複合LVLは、外層部分にコナラ単板を構成することにより、そしてLVL断面におけるコナラ単板の構成割合が44%程度で高いMOEを示した。しかし、MORについてはMOEほど高い向上は認められなかった。これは、異樹種複合LVLの外層部分に構成したコナラ単板への応力分担が大きくなっているためと考えられ、今後各構成要素の応力分布の検討が必要である。

第4章 無機質複合化処理単板を積層したLVLの曲げ性能と燃焼処理の影響

第4章では、無機質複合化処理に伴う単板の力学的特性の変化を検討するため、CB溶液による無機質複合化処理をスギ単板とコナラ単板に施し、この処理前後での単板のMOEを重錘法により測定した。また、WMC単板を積層接着したLVL（以下、複合化LVL）を製造してその曲げ性能を検討した。さらに、複合化LVLにマイクロバーナーを用いて燃焼処理を施し、その直後に曲げ試験を実施して無処理LVLに対するMORの残存率を求め、WMC単板をLVLに積層接着した際の燃焼処理に対する耐火性の向上について検討した。

単板のMOEは、WPGの増加に伴って若干大きくなる傾向が認められたが、その分布特性は無機質複合化処理前と同様であった。挽き板のようにWPGがある値以上になるとMOEが低下するということはなかったが、今後WPG値が50%程度の高い単板について検討する必要がある。

複合化LVLの曲げ性能は、無処理単板を積層した無処理LVLと同等であり、曲げ性能などが低下することはなかった。複合化LVLに積層接着したWMC単板の接着性能は良好で、JAS規格を満たす結果であった。

複合化LVLの燃焼処理後のMORの残存率は、10分間の燃焼処理後、スギのWMC単板を積層した場合38%、コナラのWMC単板を積層した場合27%となって無処理LVLよりも高くなった。また、燃焼処理に伴う断面欠損は複合化LVLでは抑制されていたことから、WMC単板の積層接着による耐火性の向上が図られたといえる。

序 章

1. 研究の目的

島根県の森林面積は約52.7万haであり、本県の土地面積6,707km²に占める森林面積の割合（林野率）は約79%にのぼり、全国3位の高い値となっている（島根県農林水産部森林整備課，2003）。そして、森林蓄積量は8,471万m³になり（島根県農林水産部森林整備課，2003），図1に示すように近年は人工林を中心に毎年約200万m³ずつ蓄積量は増加している。したがって、本県は全国的にみても人工林を中心として森林資源に恵まれていることがわかる。

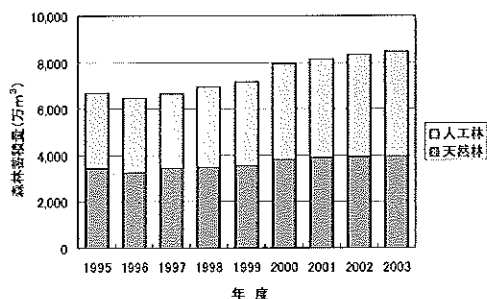


図1 島根県の森林蓄積量の推移

森林面積約52.7万haのうち民有林面積は約49.4万ha（森林面積の約93.7%）であり、民有林に占める人工林と天然林の内訳は、人工林面積約18.5万ha（民有林面積の約37.4%）、天然林面積約28.8万ha（同約58.3%）となっている（島根県農林水産部森林整備課，2003）。人工林は主に針葉樹により構成されており、その樹種構成はスギ約7.9万ha（人工林面積の約42.7%）、ヒノキ約5.4万ha（同約29.2%）、マツ類約5.1万ha（同約27.6%）となっている。一方、天然林のそれは、コナラ・クヌギなどの落葉広葉樹が大半を占めており、約25.6万ha（天然林面積の約88.9%）にもおよんでいる。

人工林面積の大部分を占めている針葉樹材の齢級構成を図2に示す。これより、人工林の針葉樹は、特に4～8齢級のスギとヒノキが多いことが分かる。4～8齢級のスギとヒノキは、人工林面積の約8.3万ha（人工林面積の約44.9%）を占めており、これらの人工林は間伐作業を必要とする林分である（島根県農林水産部森林整備課，2003）。

間伐作業を怠ると、植栽木が成育する際にそれら同士で競争が起こり、形状比（樹高/胸高直径）の高いモヤ

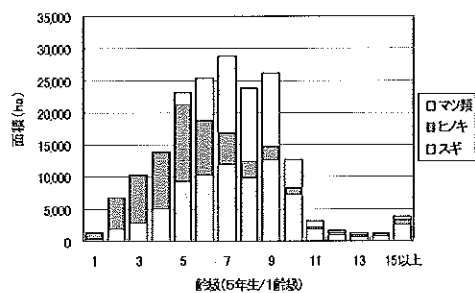


図2 人工林面積約18.5万haにおけるスギ、ヒノキ、マツ類の齢級構成

シ状の樹木となるために、図3に示すような風雪などによる倒木被害が発生する。さらに、病虫害が発生しやすくなって利用価値の高い材が生産できなくなる恐れがある。さらに、林内の下層植生がなくなって土地が痩せ、水源かん養機能などの公益的な多面的機能が十分に発揮できなくなることがわかっている（(社)全国林業改良普及協会，1998）。



図3 2004年10月の台風23号によるスギ林分の倒木被害（島根県飯石郡飯南町内にて撮影）

間伐を促進するためには間伐対象木となるスギやヒノキなどの中小径材の利用技術の開発が必要であり、この問題は本県のみならず国内の森林林業行政において重点課題と位置づけられている（林野庁，2003）。現在、間伐材は土木用資材や魚礁などとして盛んに利用されているが、今後はそれらを挽き板などに製材し、難燃化処理を施して難燃処理材などとしての新たな用途拡大が検討されている。

さて、本県の木材産業については、2003年現在県内には7つの原木市場があり、針葉樹材を中心に取引が行われている。2001年次の国産材取扱実績は13.3万m³であり、このうち樹種別の取扱実績はマツ類41%、スギ41%、ヒノキ15%となっている。マツ類とスギが圧倒的に多く、

本県の木材産業において主要な樹種になっていることがわかる (Takashi Goto, 2003)。

本県の主要な木材産業は、製材業、木材チップ製造業、合板工業などである。製材業については、2003年末現在その工場数は173工場であり、そのうち製材用動力の出力規模が37.5～75.0kW未満の工場が約38% (66工場) を占め、本県の製材業は小規模工場が多いといえる。製材用素材消費量は全体では17.6万m³であるが、1工場当たりの素材消費量は1,017m³で年々減少している (Takashi Goto, 2003)。

木材チップ製造業については、2003年末現在その工場数は26工場である。木材チップ生産量は15.4万m³で、原材料は素材 (原木) からの生産が約92%を占めている。本県における木材チップの主な消費先はパルプ製造業であるが、パルプ製造業においては近年特に安価な輸入チップの利用量が増大している。したがって、木材チップ、さらには原材料である広葉樹材などの新たな用途開発が求められている (中国四国農政局松江統計・情報センター, 2004)。

合板製造業については、2004年現在でJAS (日本農林規格) 認定工場は5工場あり、主に製造されている合板は普通合板と構造用途の合板である。製造量は2003年末現在28万m³で、依然として増加傾向にある (中国四国農政局松江統計・情報センター, 2004)。

西日本でも有数な本県の合板製造業では、南洋産大径材から北洋産カラマツ材またはニュージーランド産ラジアータパイン材などの針葉樹材への樹種転換が図られている。本県では1998年より県産スギ材を利用した合板の製造に関する研究が本格的に始まった。スギ材は①早晚材の特性の差が大きく、晩材部の硬さは早材部の4倍以上にもなる、②生材含水率の絶対値が高く、200%以上になることも多いなどの理由 (林, 1999) によりこれまで合板に利用されることはほとんどなかった。しかし、製造機械の改良開発により、図4に示すようなスギ丸太からの単板切削、単板の乾燥などの工程が可能となり (後藤ほか, 1999)、また性能評価の結果 (後藤ほか, 2000) から実用化が可能であることが明らかとなった ((財)日本木材総合情報センター, 2000) ことから、2002年からは県産スギ材を原料とする合板の製造が2工場で続けられている。

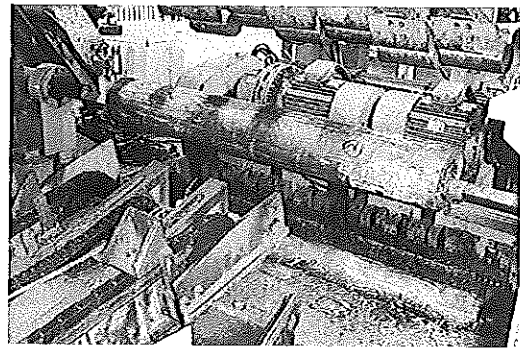


図4 スギ中小径材を原料とした合板用単板の切削工程

天然林の主要な樹種であるコナラは日本の温帯下部から暖帯にかけて広く分布し、2次林の優占種の1つとなっていて、かつては薪炭材として重要な樹種であった (佐竹ら, 1989)。島根県においても全域に広く分布し、蓄積量は極めて多い。広葉樹材は、民有林総蓄積量約8,472万m³のうち約34.9%にあたる約2,953万m³の蓄積量を誇り (平成14年度末現在)、図5に示すようにコナラ材はその中でも約33.7%にあたる約994万m³を占めている (島根県農林水産部森林整備課, 2003)。

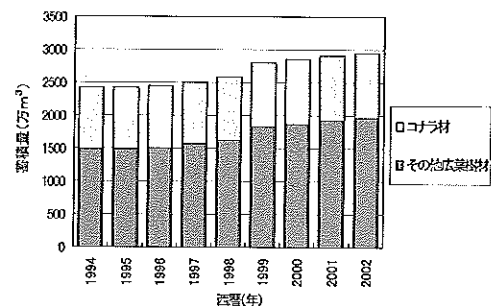


図5 民有林広葉樹材蓄積量に占めるコナラ材の蓄積量の推移

コナラ材 (図6) の気乾比重は平均0.75程度で重硬な材質を呈している (平井, 1996) が、同じコナラ属のミズナラ材よりも材質は劣る (佐竹ら, 1989)、(日本材料学会木質材料部門委員会, 1982) といわれている。乾燥による割れや狂いが生じやすく、またナラ類は若干腐りやすいという理由だけで「実用性に欠ける=雑木」として軽んじられてきた (建築知識編集部, 2002) 背景もある。したがって、現在の用途は直径20cm程度まではシイタケ原木に、それ以上の大径材はチップ用原木などに限られており (最新木材工業事典出版委員会, 1999)、用材としてはほとんど利用されていない。チップ用の原



図6 チップ工場に集積されたコナラ原木

材料としての利用は、前述のとおり、県内のパルプ製造業では輸入チップの利用量が増大してきたため、コナラ材自体の需要は減少している。したがって、今後はコナラ材をはじめとする広葉樹材の新たな用途開発も求められている。

このように、本県は人工林を主とする針葉樹材と天然林を主とする広葉樹材をはじめとして全国的にも豊かな森林資源に恵まれている。本研究は、その中でも特に利用技術の開発が求められている針葉樹材のスギ材と広葉樹材のコナラ材の新たな利用技術の開発を目的として行うものである。

スギ材やコナラ材の新たな利用方法として、特に単板化による合板や単板積層材（以下、LVL (laminated veneer lumber) と記す）への利用が注目されている（島根県林業技術センター・島根県産業技術センター，2003）。合板やLVLなどの木質材料を構造用として利用するためには耐火性の付与が必要となり、構成エレメントへの難燃性付与による耐火性能の向上が重要な因子のひとつとなりうる（坂本，2000）。

1995年1月の阪神・淡路大震災では10万戸以上の木造建造物が被害をうけ、6,000人もの人々が木造住宅の崩壊によって亡くなっている（日本木材学会地震プロジェクトチーム 有馬ほか，1996）。この結果、木材製品の性能はそれまでの外観特性を重視した評価基準から、強度性能を基準とする構造信頼性が要求されるようになってきた。そして、強度性能が計算・評価され、構造信頼性に基づいて保証された構造用木材製品であるエンジニアードウッド (engineered wood) の需要が急増してきたのである。なお、代表的なエンジニアードウッドとしては図7に示す構造用集成材、構造用LVL、構造用合

板、OSB (oriented strand board) などがある (Tomoyuki Hayashi, 2003)。阪神・淡路大震災以降、在来軸組工法住宅の施工方法において構造用合板やOSBなどの構造用面材を利用することが増えてきている。また、軸組材料としては構造用集成材の需要が急増しており、構造用LVLの利用も増加傾向にある (林, 1998)。

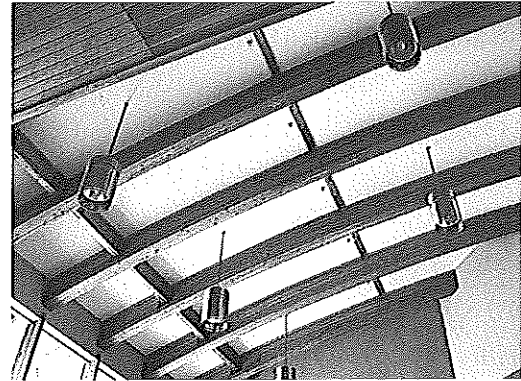


図7 中山間地域研究センターに施工された県産スギ構造用集成材

構造用合板や構造用LVLなどの構成エレメントとなる単板は、厚みが約3mmで裏割れが生じており、薬品処理も容易である (林, 1998)。また、合板やLVLでは処理単板を選択的に断面設計することが可能である。そこで、合板やLVLなどに耐火性を付与するために、単板の難燃化が期待できるコロイダルシリカーホウ酸溶液による無機質複合化処理を単板に施し、単板への難燃性の付与とその評価を試みた (古野ほか, 2001)。

木材の難燃化は重要な課題 (建築知識編集部, 2001) であるが、無機質複合化処理は木材の特性を残しながら製品の使用目的に応じて適正に行うことが望ましい (鈴木ほか, 1999) と考えられている。そこで、コロイダルシリカ溶液を用いた無機質複合化処理前後での単板の色調変化を測色した。また、コロイダルシリカ溶液によって無機質複合化処理した材は、今後エクステリアウッド (exterior wood) など屋外での利用も考えられ、特に耐候性が重要な性能の1つとなる。そこで次に、コロイダルシリカ溶液を用いて無機質複合化処理したスギ単板とコナラ単板に耐候操作による溶脱処理と、ウェザーメータを用いた促進耐候性試験を行って色調変化の測色と単板の表面状態の変化を観察した。

本県の主要な木材産業の1つである合板製造業には、県産スギ材、さらにはコナラ材の利用も視野に入れた製造技術の開発が求められている。そこで、コナラ材の新たな利用技術の開発を目的として、スギ単板とコナラ単板を複合化したLVL（以下、異樹種複合LVLと記す）の製造を試みた。また、コナラ材の利用を進める上で、その強度特性に関する資料（錦織ほか、1989）は非常に少ないため、コナラ製材の曲げ試験と圧縮試験、次にLVLに利用するために重錘法によるコナラ単板とスギ単板の曲げヤング係数（以下、MOE（modulus of elasticity）と記す）の測定を行った。そして、異樹種複合LVLを製造して曲げ試験を行うことによってMOEと曲げ強度（以下、MOR（modulus of rupture）と記す）を求めた。

無機質複合化処理単板（以下、WMC（wood-mineral composed）単板と記す）の応用に関する研究として、異樹種複合LVLに耐火性を付与するために、WMC単板をLVLの外層部分に積層接着し、燃焼処理後に曲げ試験を行ってLVLのMORの残存率を求めた。また、無機質複合化処理前後の単板のMOEを測定し、無機質複合化処理に伴って単板に強度性能の変化が生じるかどうかについても検討した。

2. 従来の研究

コロイダルシリカ（colloidal silica）溶液（図8）とは、負に帯電した無定形シリカ粒子が直径10~20nmの集塊状態となって水中に分散してコロイド状をなしているものである。粒子の表面には $-SiOH$ 基および $-OH^-$ イオンが存在し、アルカリイオンにより電気二重層が形成され、粒子間の反発により安定している。この電荷バランスが崩れて粒子同士が接合すると増粘性が起り、ゲル化（固化）、凝集するのである（図9）（日産化学工業（株）、2001）。

コロイダルシリカ溶液の特徴は、①付着・皮膜（固体表面への強固な付着および充填皮膜の形成）、②含浸充填（多孔性物質への侵入充填及び表面平滑化）、③結合・硬化（乾燥または焼結による固いゲルの形成）などがある。用途としては、繊維、製紙、鋳造、窯業・耐火物などの製造分野において利用されている。なお、本研究において供試したコロイダルシリカ溶液（日産化学工

業（株）製 Snow Tex 30）の組成と特性は表1のとおりである（日産化学工業（株）、2001）。

コロイダルシリカ溶液による木材への無機質複合化処理については、古野ら（古野ほか、1997）により研究が始められた。当初はケイ酸塩として水ガラスが用いられ、

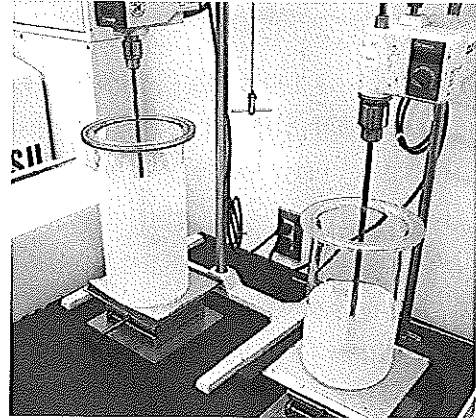


図8 攪拌中のコロイダルシリカ溶液

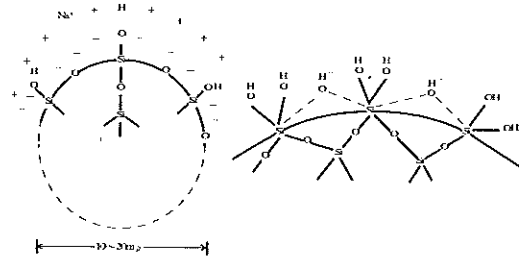


図9 コロイダルシリカ溶液の粒子及び表面状態の概要

表1 コロイダルシリカ溶液（Snow Tex 30）の組成と特性（日産化学工業（株）、2001）

組成と特性	特性値
無水珪酸（ SiO_2 ）含有量（wt %）	30~31
酸化ナトリウム（ Na_2O ）含有量（wt %）	0.6以下
水素イオン濃度（pH）	9.5~10.5
粒子径（nm）	10~20
粘度（25℃にて）（ $mPa \cdot s$ ）	6以下
比重（20℃にて）	1.20~1.22
外観	透明性膠質液
氷結点	0℃

特に水ガラス-ホウ素化合物系処理によって木材に難燃性、耐朽性、耐蟻性などが付与できることがわかった (Takeshi FURUNO *et al.*, 1991), (Takeshi FURUNO *et al.*, 1992), (Takeshi FURUNO *et al.*, 1993)。しかし、水ガラス-ホウ素化合物系処理は、水ガラスと無機塩の両溶液に順次浸せきする二重拡散法で処理するものであった。したがって、アルカリ溶液である水ガラスへの浸せき処理によって、木質部、特に木材表面層付近にアルカリ汚染や劣化などが生じて接着強度の低下 (古野ほか, 1995) や耐摩耗性と硬さの低下 (古野ほか, 1996) などが認められ、課題となった。そこで、アルカリの影響を少なくし、かつ不溶性無機物の固着率を高めることができる無機溶液としてコロイダルシリカ溶液を用いたのであった (古野ほか, 1997)。

コロイダルシリカ溶液自体は表1よりアルカリ性溶液であるが、ホウ素化合物としてホウ酸を重量比で5%加えたコロイダルシリカ-ホウ酸溶液 (以下、CB (colloidal silica-boric acid) 溶液と記す) のpHは中性となり、木材基質を劣化させることなく木材の持つ良い特性を保持しながら無機物の高い固着性と難燃性、耐朽性、耐蟻性など複数の機能を同時に付与できることがわかってきている (古野ほか, 2001), (古野ほか, 1999)。

なお、コロイダルシリカ溶液を用いて無機質複合化処理した木材の特性に関するその他の研究は、例えば山口 (山口, 1994) によって曲げ強度、寸法安定性、無機物の固着状態の観察などについて報告されている程度であり、研究数は極めて少ない。

この無機質複合化処理の大きな特徴は、コロイダルシリカを水系で浸せきする非常に簡単な処理方法だという点である。水ガラスを用いる処理は、前述のとおり、二段階操作による二重拡散法が必要なものであった。しかし、CB溶液による処理は、図10に示すように1段階の浸せき操作で無機質複合化処理することが可能である。

また、コロイダルシリカ溶液や添加するホウ酸は、適正に利用すれば人と地球環境への負荷も少ないという特徴がある。コロイダルシリカ溶液の危険有害性については、火災・揮発性はこの溶液自体が不燃性物質であるので問題はなく、有害性についてはIARC (The International Agency for Research on Cancer: 国際がん研究機関) において、グループ3 (ある条件のもとで

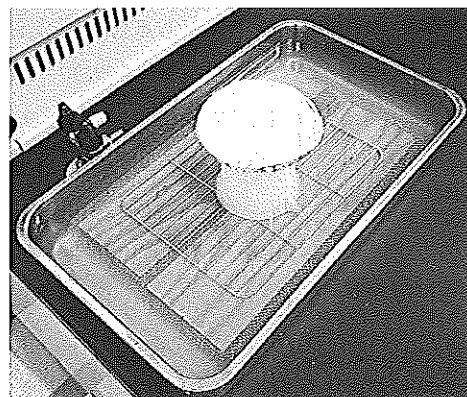


図10 CB溶液によるスギ単板への無機質複合化処理

行われた動物実験から限定された証拠はあるが、それ以外の強い支持証拠はなく、ヒト発ガン性に分類し得ない) に分類されており (日産化学工業(株)化学品事業部 無機材料事業部, 2000)、適正に利用すれば安全な溶液であるといえる。ホウ酸については、哺乳動物が必要以上のホウ酸塩を接種すると、過剰分は腎臓の働きで体外に排出されるため、哺乳動物に対するホウ酸塩の急性毒性は微弱で食塩と同程度である。下等動物では、摂取したホウ酸塩は必ず細胞に到達するため、過剰に摂取すれば死は免れない。害虫や腐朽菌はホウ酸塩に対し耐性を持ち得ず、このことは、木材保存剤としてのホウ酸塩の優れた特徴である (荒川, 2003) ことがわかっている。

CB溶液を用いた無機質複合化処理、水ガラス-ホウ素化合物系溶液を用いた処理、あるいは既存の難燃処理剤など (建築知識編集部, 2001), ((財)日本木材総合情報センター, 2000) を比較したものを表2に示す。なお、これは筆者の独自の考えが含まれているため、直接的な比較は困難な部分もあることを考慮に、あくまでも参考として記載する。

処理溶液のpHについては、水ガラス-ホウ素化合物系溶液は水ガラス溶液がアルカリ性であるため、木質基材の劣化や木材表面のアルカリ汚染が生じる恐れがある。しかし、CB溶液は中性であるのでそのような劣化などが生じることはない。処理設備は、既存法では減圧加圧処理施設などの大型機器を必要とする場合があるが、CB溶液は拡散浸透の1段階処理方法であり、浸せき処理によって無機質複合化が図られる。また、製造時間も短縮化されて製造コストが比較的安くなることが期待できる。コロイダルシリカ溶液自体の価格も市販され

表2 コロイダルシリカ溶液、水ガラス溶液などによる無機質複合化処理方法の比較検討

処理工程及び製品因子		CB 溶液	WB 溶液	既存法
処理工程	溶液 pH	中性	アルカリ性	—
	設備	簡易	簡易	減圧加圧
	含浸工程	1 段階	2 段階	1 段階
	コスト	安	高	高
	有害性	低	中	低
製品	難燃性	高	高	高
	耐溶脱性	高	中	中
	素材感	保持	中	中

注) CB溶液：コロイダルシリカ-ホウ酸溶液
WB溶液：水ガラス-ホウ素化合物系溶液

ている木材防腐剤などよりも比較的安価である。

このように、コロイダルシリカ溶液を用いた無機質複合化処理は、処理溶液自体の安全性が保たれており、処理方法も比較的簡易で低コスト化が図られ、木材製品の高付加価値化を可能とする方法であるといえる。

3. 研究の概要

本研究では、島根県産のスギ材とコナラ材の利用技術の開発を目的として、ロータリーレースによりスギ材とコナラ材の単板を製造し、コロイダルシリカ-ホウ酸溶液（以下、CB溶液と記す）により無機質複合化処理を施してその難燃性と耐候性などの性能評価を行った。また、スギ単板とコナラ単板を複合化する異樹種複合LVLへの応用を検討するために、まずスギ材とコナラ材の製材と単板について基礎的な強度特性を把握し、次に異樹種複合LVLを製造してその曲げ性能を検討した。さらに、異樹種複合LVLの構造用途への利用を想定して耐火性の付与について基礎的な研究を行った。無機質複合化処理単板（以下、WMC単板と記す）をLVLに積層接着し、燃焼処理を施してから曲げ試験を実施して曲げ強度（以下、MORと記す）の残存割合などを測定した。

本研究の概要を以下に示す。

第1章では、CB溶液により無機質複合化処理したスギ単板とコナラ単板の難燃性の評価について検討した。

スギ材とコナラ材を合板やLVLに利用するために、

これらのロータリー単板を製造した。構造部材の用途として利用するためには構成エレメントである単板に難燃性を付与し、構造材料として耐火性能を保証することが必要となってくる（坂本，2000）。そこで、CB溶液を用いて単板に無機質複合化処理を施し、単板への難燃性の付与とその評価を試みた。難燃性の評価は、酸素指数による燃焼性試験により行った。また、燃焼後の炭化試験片をEPMA（X線微小部分分析法）により観察して無機物の固着状態を確かめた。さらに、マイクロバーナーを用いた実証的な燃焼性試験を行って、酸素指数の値が実証的な燃焼試験においても難燃性を示しうるものなのかどうかあわせて考察した。

第2章では、コロイダルシリカ溶液とホウ酸などにより無機質複合化処理したスギ（辺材）単板とコナラ単板について、これらの処理に伴う色調変化と、屋外での利用を想定した耐候性の評価について検討した。

木材への無機質複合化処理は木材表面への無機物の固着を伴う。したがって、実際の利用を考えると木材の特性を残しながら目的に応じて適正に行う必要があると考えられている（鈴木ほか，1999）。また、コロイダルシリカ溶液を用いた無機質複合化処理は、難燃性や耐朽性などの向上が報告されている（古野ほか，2001）、（古野ほか，1997）ことから、今後、屋外で利用されているエクステリアウッドなどへの利用が期待される。エクステリアウッドの用途においては、日光や風雨に対する抵抗性を示す耐候性が重要な性能の1つとなる（雨宮，1991）ことは明らかである。

そこで、まずコロイダルシリカ溶液とホウ酸溶液などによる3条件の無機質複合化処理をスギ（辺材）とコナラの単板に施し、各処理に伴う色調変化を測色して著しい変色が生じないかどうか検討した。次に、これらのWMC単板に耐候操作による溶脱処理とウェザーメーターを用いた促進耐候性試験を行い、色調変化の測色と単板の表面状態の変化を観察してWMC単板の耐候性について評価を試みた。

第3章では、まずコナラ材とスギ材の製材や単板などの基礎的な強度特性を把握し、次にコナラ単板とスギ単板との複合化による異樹種複合LVLの製造とその曲げ性能について評価した。

コナラ材は重硬な材質を呈している（平井，1996）が、

ミズナラ材よりも材質は劣る（佐竹ほか，1989），（日本材料学会木質材料部門委員会，1982）とされ，また乾燥による割れや狂いが生じやすいために雑木として軽んじられてきた（建築知識編集部，2002）背景がある。したがって，コナラ材の利用を進める上でその強度特性に関する資料は非常に少ない（錦織ほか，1989）。そこで，まずコナラ製材の曲げ試験と圧縮試験を行って基礎的な強度特性を把握した。次に，LVLに利用するためにコナラ単板とスギ単板を製造し，その曲げヤング係数（以下，MOEと記す）を測定して単板のMOEの分布特性を検討した。そして，これらの単板を用いて単板構成条件の異なる数種類の異樹種複合LVLを製造し，曲げ試験を行ってMOEとMORを求めてその単板の構成方法などについて検討を行った。

第4章では，WMC単板のLVLへの応用を検討するために，CB溶液により無機質複合処理したスギ単板とコナラ単板をLVLに積層し，その曲げ性能と燃焼処理後の曲げ性能を検討した。また，WMC単板のMOEの測定も行った。

LVLに耐火性を付与するための基礎的研究として，CB溶液による無機質複合処理をスギ単板とコナラ単板に施し，これらをLVLの外層部分に積層接着した。そして，マイクロバーナーによって燃焼処理を施して断面欠損を生じさせた後に曲げ試験を行い，無処理のLVLに対するMORの残存割合を検討した。また，無機質複合処理したスギ単板とコナラ単板のMOEを測定し，処理によって単板のMOEに変化が生じるのかどうか検討するとともに，WMC単板を積層したLVLの曲げ試験もあわせて実施した。

第1章 コロイダルシリカーホウ酸溶液によって無機質複合処理したスギ単板とコナラ単板の難燃性評価

1.1 緒言

島根県の森林資源で蓄積量の多い針葉樹材のスギ材と，用途がチップ用材やシイタケ用原木などに限られている広葉樹材のコナラ材を合板や単板積層材（以下，LVLと記す）などに利用するために，ロータリー単板を製造した。合板やLVLなどの木質材料を構造用として利用するためには，構成エレメントへの難燃性付与に

よる耐火性能の向上が重要な因子の1つとなりうる（坂本，2000）。構成エレメントとなる単板は，厚みが約3mmで裏割れが生じており，薬品処理が容易である（林，1998）。そして，合板やLVLでは処理単板を選択的に断面設計することも可能である。

これまでの研究では，水ガラス-ホウ素化合物系溶液（古野ほか，1995），あるいはケイ酸塩-ホウ素化合物系溶液（古野ほか，2001）による難燃性の改良が試みられている。これらの処理により難燃性は向上したが，前者はアルカリ溶液であるため木質部の劣化と不溶性無機物の形成率が低いという問題が認められた。しかし，後者でケイ酸塩としてコロイダルシリカ溶液を用いた場合，処理溶液のpHは中性であり，木質部を劣化させることなく耐熱性，耐光性などの改良が達成されている（古野ほか，1999）。

そこで，合板やLVLなどに耐火性能を付与するために，コロイダルシリカーホウ酸溶液による無機質複合処理をスギ材とコナラ材の単板に施し，難燃性の付与とその評価を試みた。

無機質複合処理した単板の難燃性の評価は，既報（古野ほか，2001）に準じて酸素指数による燃焼性試験により行った。また，燃焼後の炭化試験片をEPMA（X線微小部分分析法）により観察して無機物の固着状態を確かめた。

酸素指数とは「所定の試験条件下において，材料が燃焼を持続するのに必要な酸素中の容量パーセントで表される最低酸素濃度の数値」である。酸素指数法による結果は数値で表すので物質の燃焼性の相対評価が可能で，再現性が良く，数値に信頼性が高いといわれ，プラスチック業界では品質管理などに利用されている（吉村ほか，1980）。しかし，木材は樹種固有の組織構造，さらには生育環境によってその材質は大きく異なっている。また，この酸素指数法の結果から実際の火災状況下における木材の難燃性の評価は困難であると考えられる。

そこで，マイクロバーナーを用いた実証的な燃焼性試験をあわせて行い，無機質複合処理した単板の難燃性の評価を試みた。さらに，酸素指数の値がこの実証的な燃焼性試験において難燃性を示しうるものなのかどうかあわせて検討した。

1. 2 試験方法

1. 2. 1 供試単板

島根県産のスギ (*Cryptomeria japonica* D. Don) 辺材と心材およびコナラ (*Quercus serrata* Thunb. ex Murray) のロータリー単板を供試した。その寸法を210 (L) × 110 (T) × 3.5 (R) mmに調整し、スギ辺材34枚、心材27枚、コナラ47枚を供試した。

気乾状態の単板を60℃で24時間予備乾燥し、続いて50℃で24時間の真空乾燥 (P₂O₅存在下) を施して全乾状態とした。全乾重量などを測定した後、蒸留水中に1週間以上浸せきさせて飽水状態に調製し、無機質複合化処理を施した。

1. 2. 2 無機質複合化処理溶液の調製と浸せき処理

無機質複合化処理溶液は、コロイダルシリカ溶液 (日産化学工業(株)製 Snow Tex 30, 無水ケイ酸含有量30~31wt%) にホウ酸を重量比で5%加え、30分間攪拌して調製した。なお、コロイダルシリカ溶液のpHは10.92のアルカリ性であったが、重量比5%のホウ酸を添加するとpHは6.47の中性付近となり、古野らの報告 (古野ほか, 2001) と同様にこの処理による木質部の劣化は生じないことを確認している。

飽水状態の単板を室温下でこの溶液中に24時間浸せきした。その後、室温下で30分間風乾し、単板中に含浸したコロイダルシリカをゲル化して固着させるために1. 2. 1項と同様な方法で固着乾燥を行った。そして、真空乾燥を行って全乾状態の無機質複合化処理 (以下、WMCと記す) 単板の重量などを測定して重量増加率 (% 以下、WPG (weight percent gain) と記す) を算出した。

1. 2. 3 溶脱処理

溶脱処理はJIS K 1571 (1998) に準じ、水中攪拌による溶脱操作を8時間施し、次に60℃の揮散操作を16時間施した。これを1サイクルとして計10サイクルの溶脱処理を行った。製造したWMC単板のうちスギ辺材9枚、心材7枚、コナラ11枚、さらに各無処理単板12枚を処理した。溶脱処理終了後にWPGを求め、溶脱処理前後のそれらより不溶性無機物の固着率 (%) を算出した。

1. 2. 4 酸素指数による燃焼性試験

酸素指数 (以下、OIと記す OI: oxygen index, 単板が有炎燃焼を維持するのに必要な酸素と窒素の混合ガスの最小酸素濃度 (容量%)) による燃焼性試験は、JIS K 7201 (1999) に準じ、図1-1に示すような燃焼性試験器 (スガ試験機(株)製 ON-1型) により行った。

単板は全乾状態に調製し、WMC単板と無処理単板、さらに溶脱処理を施したそれらを供試した。WMC単板1枚から100 (L) × 50 (T) × 3.5 (R) mm寸法のを4枚ずつ切り出し、各条件16枚を試験した。なお、供試したWMC単板のWPGは、無機質複合化処理前の全乾時密度を利用して、寸法100 (L) × 50 (T) × 3.5 (R) mmの推定全乾重量を算出しこれを用いて検討している。

試験は室温約10℃、燃焼用ガラス円筒内温度約20℃の温度条件のもと、単板をガラス円筒内に繊維方向を垂直に設置して行った。OIの初期値は既報の値 (古野ほか, 2001), (吉村ほか, 1980)などを参考とし、それ以後は試験結果やWPGを参考に0.5%刻みで変更した。着火前に約30秒間混合ガスを円筒内に流して雰囲気を作った。着火源はLPガスを使用し、点火器の炎の大きさを16mm程度として単板に約5秒ずつ2, 3回の着火を試みた。着火部位は、上端木口から裏割れない板目面に掛けて6mm下がったあたりの位置とした。

このような着火方式により、単板に着火して有炎燃焼を3分間維持するか、もしくは単板が60mm以上燃焼す

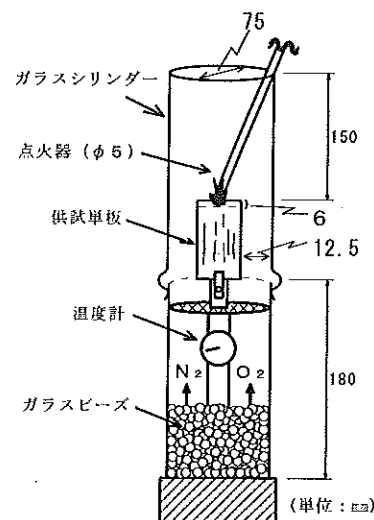


図1-1 酸素指数による燃焼性試験器の燃焼コラム装置部

る時の最小OIを求めた。また、燃焼時間、残炭率(%) (古野ほか, 2001), 燃焼挙動などもあわせて観察した。

1. 2. 5 EPMAによる炭化試験片の観察

EPMA観察は既報(古野ほか, 2001)のとおり、観察用の炭化試験片をOIによる燃焼性試験後の炭化した単板より採取した。炭化した単板から横断面が3×5mm程の小ブロックを採取し、破断面を観察面とした。イオンパタリング装置(日本電子製 JFC-1100)を用いて真空中で金蒸着を施し、EPMA(日本電子製 JEOL JXA733)により観察した。細胞内腔や細胞壁中の無機物の存在と分布を二次電子像で観察し、またケイ素(Si)のX線像も観察した。

1. 2. 6 ミクロバーナーによる燃焼性試験

ミクロバーナーによる燃焼性試験は、古野らの報告(古野ほか, 1997)に準じて行った。2枚の単板を積層接着した試験体を水平に設置し、試験体の下面を加熱してその際の上面温度を熱電対により測定した。

試験体は、節など欠点のないスギ辺材単板(上面: 温度測定面)と、WMC単板あるいは無処理単板(下面: 加熱面)をレゾルシノール樹脂(大鹿振興(株)製 大鹿レジン D-33N)によりホットプレスで積層接着して製造した。試験体寸法は200(L)×100(T)×6(R)mm、供試体数は加熱面の違いによって無処理スギ辺材5体、無処理コナラ5体、WMCスギ辺材5体、WMCスギ心材9体、WMCコナラ5体とした。

試験は、室温約10℃のもとで周囲を風防で取り囲んで行った。ミクロバーナーの口径直径は10mmでLPガスを利用し、試験体下面との距離は100mmに調整した(図1-2)。なお、ミクロバーナーの炎の先端付近の温度は試験開始後7分間で400℃に達し、その後は試験終了時まで430~450℃で平衡状態であった。

WMCスギ心材のうち4体については、意図的にその距離を80mmに近づけて直接火炎を当てて試験し、WPGとOIの回帰直線式より推定されるOI値との関係を比較検討した。温度測定は、試験体上面中央部1ヵ所とその左右70mmの位置2ヵ所の合計3ヵ所とし、K熱電対温度計(TYPE K JIS 2 400mm, 直径8mm)により3秒間隔で測定した。なお、熱電対による熱損失は全

て同等であるとみなして検討した。

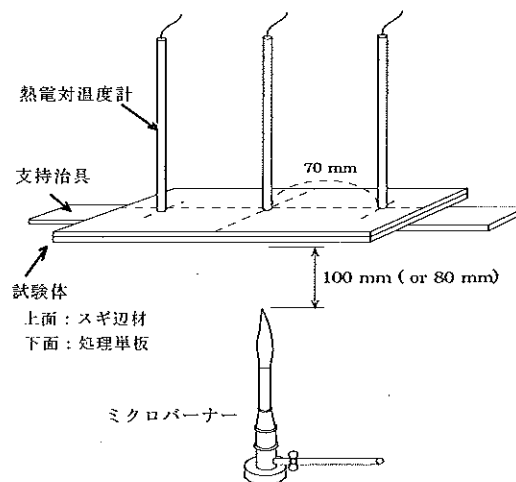


図1-2 ミクロバーナーによる燃焼性試験

1. 3 結果と考察

1. 3. 1 WMC単板のWPG

WMC単板の溶脱処理前のWPGはスギ辺材53.3%, スギ心材50.2%, コナラ14.1%となり、溶脱処理後はスギ辺心材とも40%以上となり、コナラで10%程度となった(図1-3)。WPGは溶脱処理前後ともスギ辺心材単板で大きくなっているが、これは樹種の組織構造が影響しているものと考えられる。針葉樹材であるスギ材の主要構成細胞は仮道管でその比率は97.2%(古野ほか, 1994)を占めている。広葉樹材であるコナラ材の場合、組織構造がほとんど同様であるミズナラ材と比較すると、道管は12.6%(古野ほか, 1994)しか占めておらず、空隙が少なく、溶液の浸透性が低いことが影響しているものと考えられる。供試単板の全乾時密度を測定した結果、スギで0.30g/cm³, コナラで0.66 g/cm³となり、コナラ単板の全乾時密度がスギ単板のそれよりも約2倍大きいことから伺える。

スギ材の心材部には心材成分が沈着(城代ほか, 1993)しており、また石川ら(石川ほか, 2003)によると壁孔の破壊率は心材のほうが辺材よりも小さいため、ホウ素含有量も心材が小さくなったと報告している。しかし、本研究においては辺心材でWPG、さらに後述のとおり難燃性などに大きな違いは認められていない。これは、材料が単板であり、単板製造時に裏割れも生じるため、処理溶液が辺心材単板に同等に含浸しやすかったためと

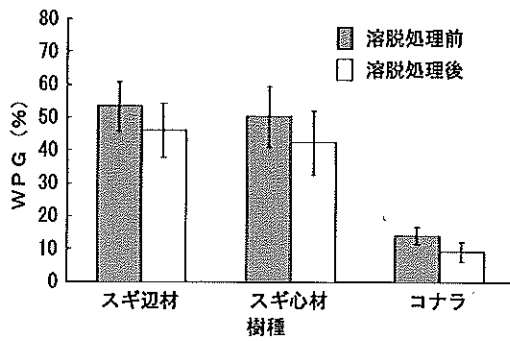


図1-3 溶脱処理前後でのWMC単板のWPG (エラーバーは標準偏差を示す)

思われる。古野らの研究(古野ほか, 1997)では、厚さ3mm程度のスギ挽き板に同じ処理を施している。このWPGは辺材30.8%、心材24.1%と報告されており、本研究と比較すると、単板は含浸性が高いことがわかる。

なお、体積膨潤率はスギ辺材2.4%、スギ心材4.4%、コナラ5.4%となり、挽き板のようにWPGと明確な比例関係は認められなかった。これは、WMC単板では割れの拡大やあばれの発生が観察されたことから、これらの影響があるものと考えられる。

1. 3. 2 溶脱処理に対する不溶性無機物の固着率

図1-3における溶脱処理前後のWPGから不溶性無機物の固着率を求めた結果を表1-1に示す。スギ辺心材単板では80%以上と大きくなり、溶脱処理前のWPGと相関関係($R=0.43\sim 0.85$)が認められた。したがって、細胞内腔あるいは細胞壁に固着した無機物の絶対量が多いほど固着率は大きくなり、特に単板の内層部に形成される無機物が固着率に影響するものと考えられる。

古野らの研究(古野ほか, 1997)での固着率は約94%であると報告されている。しかし、本研究ではそれより小さい値を示した。これは単板の裏割れや製造工程で生じた微細な割れなどが影響しているものと考えられる。単板を合板やLVLに構成する際は、裏割れの生じている面が積層接着される。したがって、裏割れ部分からの

表1-1 溶脱処理後の不溶性無機物の固着率

固着率 (%)	スギ辺材	スギ心材	コナラ
平均値	80.4	84.6	62.8
標準偏差	1.8	1.6	7.2
単板枚数	7	9	11

無機物の溶脱は生じないわけであるが、この点については今後さらなる検討を要する。

1. 3. 3 酸素指数による燃焼性試験結果

(OI, 燃焼時間, 残炭率)

OIは図1-4に示すとおり、全ての無処理単板では樹種による違いや溶脱処理の影響は認められず、吉村ら(吉村ほか, 1980)の報告と同様に22%となった。WMC単板では、一般に着火が困難となり、OIを高く設定しないと着火できず、また燃焼を維持できない傾向が認められた。WMC単板のOIは著しく向上してスギ辺材56.5%、スギ心材57.0%、コナラ32.5%となった。着火が困難であることは木材の燃焼における発熱や発煙を抑制することに有効であることから、WMC単板の高い難燃性が示された。溶脱処理によってOIは低下し、それぞれ32.0%、31.0%、24.5%となった。しかし、無処理単板より高いOIを示しており、WMC単板の難燃性は溶脱処理後も保持されていた。

燃焼時間として、単板への着火が確認された後、有炎燃焼(木材活用辞典編集委員会, 1994)を継続した平均時間を表1-2に示す。WMC単板では無処理単板より

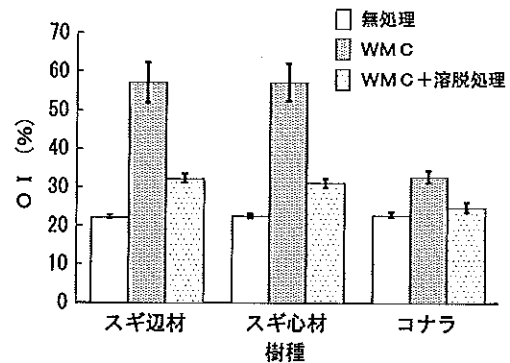


図1-4 溶脱処理前後の無処理単板とWMC単板のOI測定結果

表1-2 OIによる燃焼性試験における無処理単板とWMC単板の燃焼時間

単板条件	燃焼時間 (秒)		
	スギ辺材	スギ心材	コナラ
無処理 (溶脱前)	182	155	376
" (溶脱後)	202	205	428
WMC (溶脱前)	201	227	415
" (溶脱後)	188	210	439

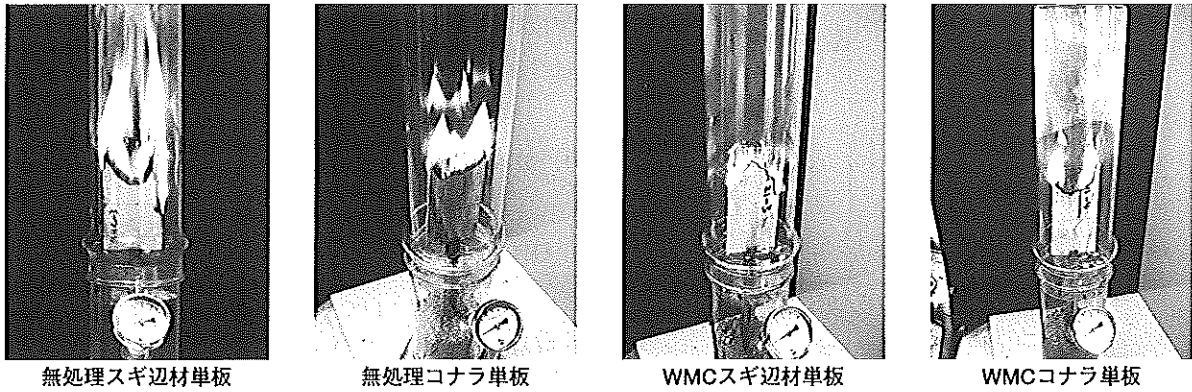


図1-5 OIによる燃焼性試験における各単板の燃焼挙動

も20~70秒程度長くなっていることがわかる。溶脱処理後も無処理単板より長い燃焼時間を示している。

図1-5に各単板の燃焼挙動の様子を示す。無処理スギ辺材単板は、赤色の大きな炎を生じながら激しい有炎燃焼を示し大量の煙が発生した。無処理コナラ単板では、小さな炎でゆっくりと燃焼した。WMC単板は、上端木口面から側面へ延焼して有炎燃焼となるものが大半であり、単板の板目面が先行的に燃焼するものはほとんど見られなかった。火炎は非常に小さく緑色を呈し、燃焼速度も緩やかで燃焼時間は長くなった。また、煙の発生はほとんど観察されなかった。

WMC単板では、単板製造時板目面に繊維直角方向に付いたガンギローラーの針傷跡の部分で燃焼の進行が止まるものが多数認められた(図1-6)。これはこの針傷がインサイジング効果(井上, 1972)を付与し、単板内層部への無機物の固着を促したためと考えられる。

溶脱処理後のWMC単板は、単板表層部分の無機物が溶脱されているため着火は比較的容易であった。しかし、単板内層部の無機物は固着しているため燃焼速度は溶脱処理前のもっと大きく変わらず、燃焼時間は溶脱処理前よりわずかに短い結果となった。そして、炭化物は赤熱燃焼(木材活用辞典編集委員会, 1994)が長く続いていた。

単板の燃焼に関与した部分における炭化重量割合(古野ほか, 2001)である残炭率を図1-7に示す。無処理スギ辺材単板は10%程度、無処理コナラ単板は2.5%ほどであったが、WMC単板では著しく向上し、WMCスギ辺材単板は34.2%、心材単板は28.7%、WMCコナラ単板では29.0%となった。これは、細胞内腔あるいは



図1-6 WMC単板で観察された板目面での“インサイジング効果”

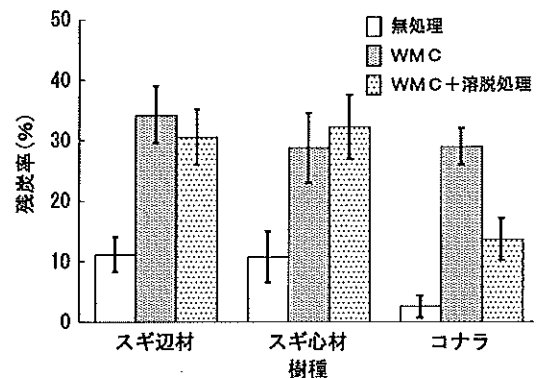


図1-7 OIによる燃焼性試験における残炭率の測定結果

細胞壁に固着している無機物が細胞壁の熱分解を抑制して炭化物の形成に寄与しているためと考えられる。溶脱処理後もWMCスギ辺材単板では約30%を維持していることがわかる。これは、前述のとおり、単板表層の無機物は溶脱するが、単板内層の無機物は固着している

ため、残炭率は溶脱処理前と変わらず高い値になったものと考えられる。

1. 3. 4 酸素指数による燃焼性試験におけるWPGとOIとの関係

WMC単板のWPGとOIによる燃焼性試験の結果より得られたOIの値との関係を図1-8に示す。無処理あるいはWMCスギ辺心材単板のWPGとそれらのOIの間には強い相関関係が認められ、相関係数は溶脱処理前0.97、溶脱処理後0.92と高くなった。図1-8には示していないが、コナラ単板についても相関関係が認められ、相関係数は溶脱処理前0.93、溶脱処理後0.81であった。図1-8より得られた回帰直線式よりスギ辺心材単板、さらにはコナラ単板についてもWPGからOIが予測できることが可能となった。スギ単板の溶脱処理後のプロットで高いWPGでありながらOIが低いものが認められる。これは、前述のとおり、単板表層の無機物が溶脱され、着火が容易となったことが影響しているものと考えられる。着火は容易になったが、これらの燃焼時間は溶脱処理前と比較して短くはなっていない。

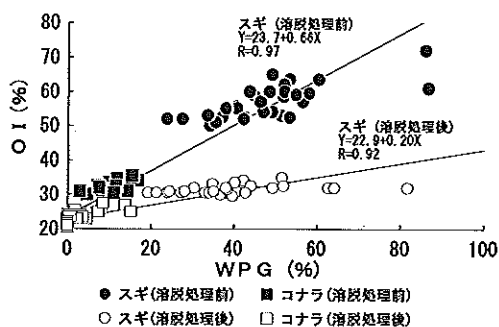


図1-8 OIによる燃焼性試験における単板のWPGとOI値との関係

1. 3. 5 炭化試験片のEPMA観察

OIにより燃焼性試験した炭化試験片をEPMAで観察した結果について、無処理スギ辺心材単板の横断面の二次電子像を図1-9に示す。仮道管全体が著しく異常に収縮し、また収縮しなかった仮道管部分が所々に散在している様子が見られる(図1-9A)。さらに注目されるのは細胞壁の薄壁化が進行していることであり、拡大像(図1-9B)からも明らかである。このことは、無処

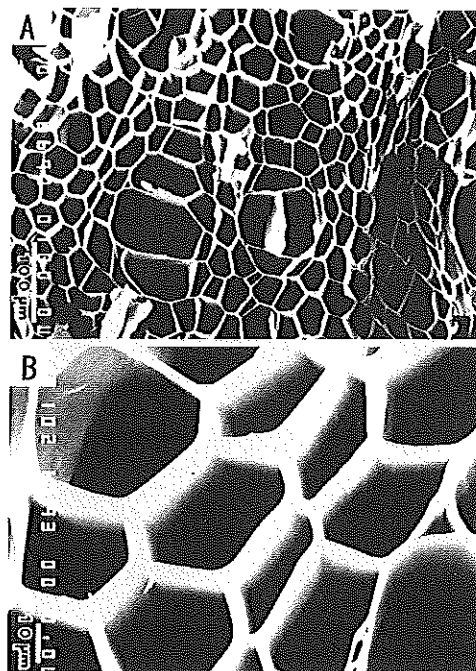


図1-9 無処理スギ辺心材単板の横断面二次電子像

理単板では残炭率が小さくなり、炭化部分が容易に砕けやすいことを裏付けている。

WMCスギ辺心材単板の横断面についてのEPMA観察結果を図1-10に示す。図1-10Aより、仮道管内腔にシリカが点在するようにして充填、固着している様子がわかる。別の部位では、試験片の表面付近あるいは試験片内部の早材部仮道管内腔に局所的にシリカが集中して存在しているのが認められた。コロイダルシリカ溶液系で含浸処理した無機質複合体では、図1-10Bに示すように、シリカが固体状で内腔を充填することはこれまでの研究で報告されている(古野ほか, 2001)。また、仮道管は全体的に均一に収縮しているが、無処理単板に見られたような異常な収縮は生じなかった。さらに、仮道管壁の薄壁化もみられず元の形態をほぼ保っていた(図1-10B)。図1-10CのX線像からケイ素は細胞内腔を充填しているシリカのみならず、細胞壁にも分布していることが明らかである。既報(古野ほか, 2001)と同様に細胞壁にシリカの他にホウ素化合物(ホウ酸)も存在していることが考えられ、この両成分が難燃性を付与し、燃焼による細胞壁の薄壁化を阻止して残炭率と燃焼時間が無処理単板よりも優れていたものと推察される。

コナラ単板で無処理とWMC単板の横断面の二次電子

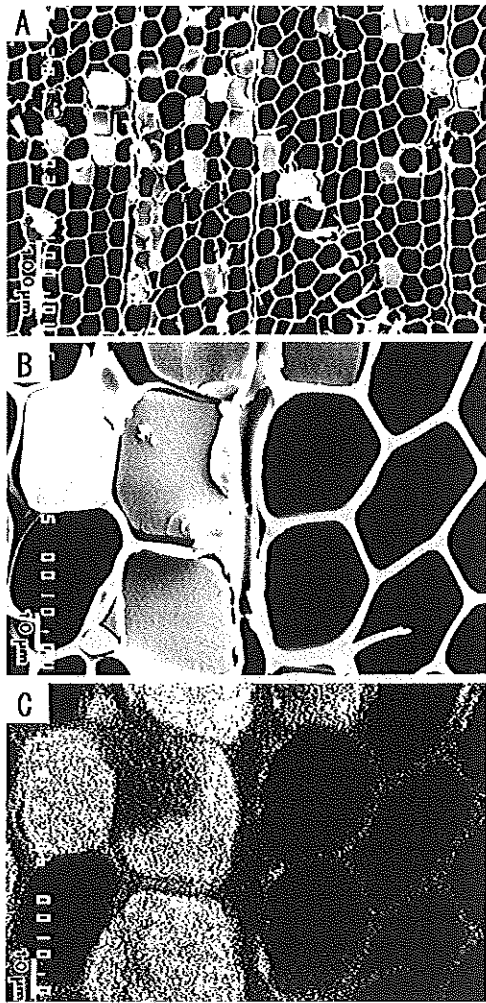


図1-10 WMCスギ辺材単板の横断面における二次電子像 (AおよびB) とSi-K α 1X線像 (C)

像を図1-11に示す。無処理コナラ単板では、組織の異常収縮や破壊、亀裂が観察され、特に道管の変形による扁平化が顕著に認められた (図1-11A)。それとは対照的にWMCコナラ単板では組織構造の変形は非常に少なく、道管内腔をシリカが固体状に充填あるいは道管の内壁をコーティングするように付着していた (図1-11B)。道管以外の木部繊維などへのシリカの分布は非常に少なかった。

WMCコナラ単板の横断面について二次電子像とその部位のX線像を図1-12に示す。これは、細胞内腔へのシリカの分布が見られなかった晩材部小道管およびその周辺の木部繊維と軸方向柔細胞の炭化状態を示しているが、図1-12Aより細胞壁の薄壁化は生じていないことがわかる。細胞内腔にシリカが存在していないにもかかわらず、道管壁や木部繊維壁にケイ素の分布が検出され

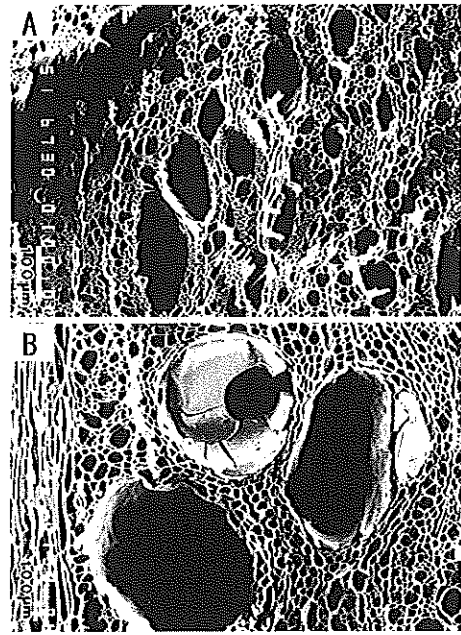


図1-11 無処理コナラ単板 (A) とWMCコナラ単板 (B) の横断面の二次電子像

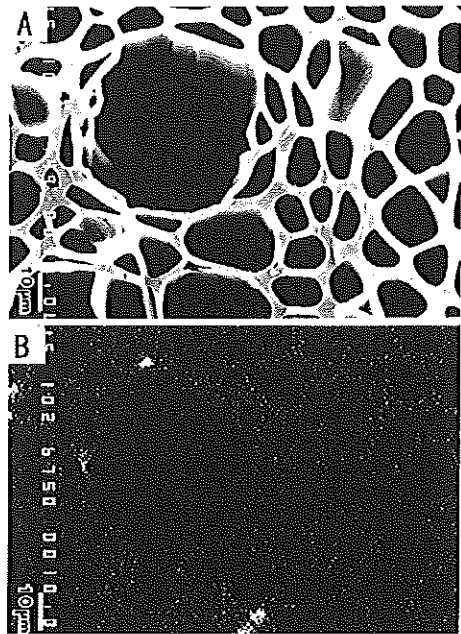


図1-12 WMCコナラ単板の横断面における二次電子像 (A) とSi-K α 1X線像 (B)

たことが注目される (図1-12B)。このことは、コロイダルシリカ溶液の含浸処理中に拡散浸透によってシリカが細胞壁中に固着したことを意味している。この細胞壁中のシリカの存在がホウ酸とともに難燃性の向上に寄与していると考えられる。

1. 3. 6 ミクロバーナーによる燃焼性試験結果

(燃焼面単板がおよぼす上面温度への影響)

各単板について代表的な温度曲線の一例を図1-13に示す。無処理コナラ単板は、大半が8分程度で有炎燃焼

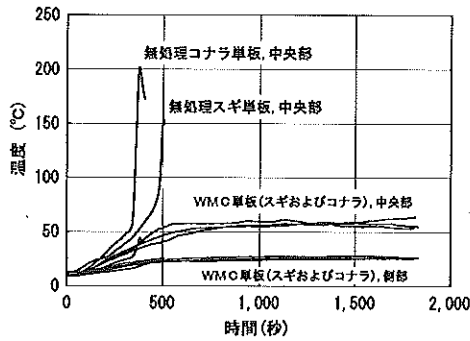


図1-13 ミクロバーナーによる燃焼性試験における燃焼時間と温度との関係(試験体下面とマイクロバーナーとの距離100mm)

状態となった。無処理スギ辺心材単板も短いもので8分、長くても20分程度で有炎燃焼状態となって上面スギ辺心材単板に延焼するかもしれない試験体中央部が燃え抜けた(図1-14(図左))。また、試験後の試験体下面の燃焼面は、図1-14(図右)に示すように、炭化部分が大きくなった。

これに対し、WMC単板では上面の温度上昇が約250~500秒にかけて緩やかになっていることが見てわかる。WMC単板を燃焼面に構成したものの大半は、30分間燃焼を続けても着火することはなかった(図1-15(図左))。これは、ホウ素によって不活性化炭化層が形成され酸素と熱の供給を妨げ(屋我ほか, 1997)、可燃性ガスの発生を抑制しているためと考えられる。試験後の燃焼面は、図1-15(図右)に示すように、無処理スギ辺心材単板よりも炭化部分が小さくなった。

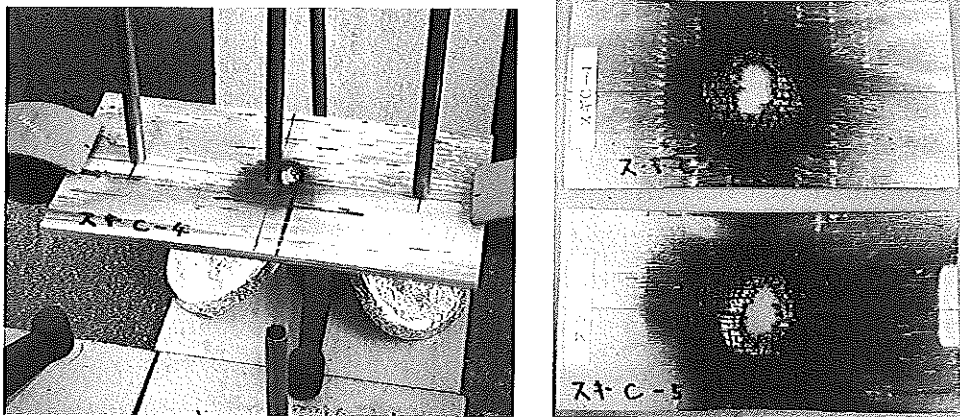


図1-14 燃焼面が無処理スギ辺心材単板での燃焼挙動(図左)と試験後に観察した燃焼面の炭化部分(図右)

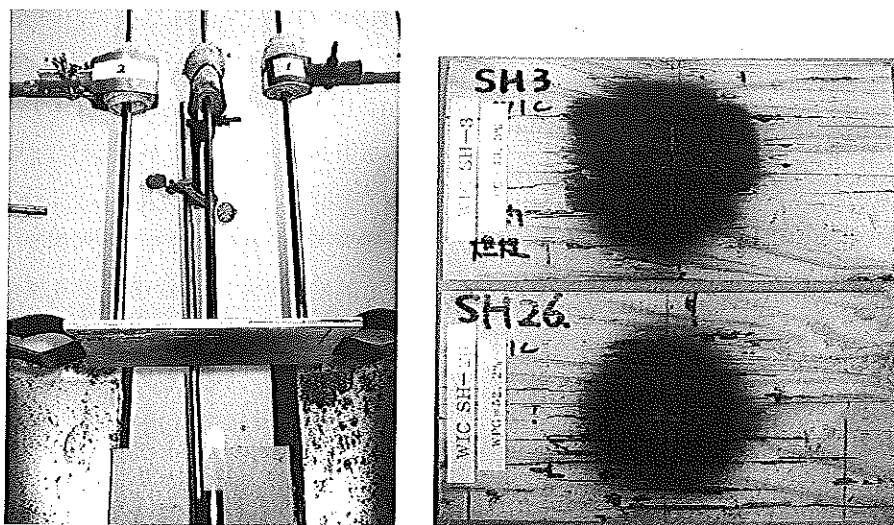


図1-15 燃焼面がWMCスギ辺心材単板での燃焼挙動(図左)と試験後に観察した燃焼面の炭化部分(図右)

燃焼される下面がWMCスギ辺心材単板のものでは、上面温度が60℃以上を記録することはなかった。しかし、WMCコナラ単板のものでは60～70℃以上を記録するものが認められた(図1-13)。これは、試験体下面(燃焼面)に構成したWMCコナラ単板のWPGは12%程度であるのに対し、スギ辺心材単板のそれは50%程度であったことから、WPGの低いコナラ単板では上面スギ辺心材単板への熱の伝導を抑制できなかつたと考えられる。

1. 3. 7 ミクロバーナーによる燃焼性試験結果 (燃焼面単板のWPGとOIとの関係)

燃焼面となる下面にWMCスギ心材単板を積層接着し、ミクロバーナーとの距離を80mmとして燃焼性試験を行った結果を図1-16に示す。なお、図中に示したOI値は、図1-8で得られたWPGとOIの回帰直線式より求めた推定OIを示している。これより、推定OIが60%以上になるならば、直接火炎が当たっても発炎することはなく、上面温度の上昇を抑制していることがわかる。炭化層の形成部分も小さくなっていたので、高い難燃性を示すことがわかった。

上杉ら(上杉ほか, 1999)によると、LVLの炭化速度は毎分0.6～0.7mmと報告されている。本実験において供試した試験体は、加熱面にWMC単板を積層し、その上面に無処理スギ辺心材単板を積層して厚さを6mmに調整している。試験体は約20～30分間燃焼しても完全に炭化することはなく、また燃え抜けることもなかった。単板の難燃性は向上しているの、一般的なLVLと同

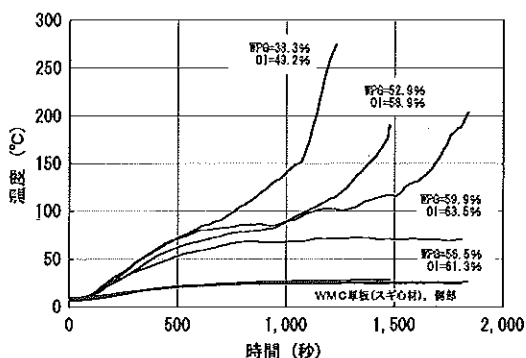


図1-16 ミクロバーナーによる燃焼性試験における燃焼時間と温度との関係(試験体下面とミクロバーナーとの距離80mm)

注) 図中のOI値は図1-8の回帰直線式より算出した

等以上の難燃性を付与することが可能になるものと期待される。

本実験は、2枚の単板を積層接着してその下面を燃焼させ、上面の温度を測定して評価を試みている。WMC単板の用途として構造用LVLなどを想定しており、WMC単板を積層したLVLの燃焼性試験を実施して、実際の使用状況下により近い状態での耐火性の評価を行う必要がある。

また、現在建築基準法における難燃材料、準不燃材料、不燃材料などの認定は、コーンカロリメータを用いた試験方法が採用されるようになってきている。このコーンカロリメータを用いた評価方法と既存のJISに準じた評価方法の整合性は現在検討されており(Subyakuto, Bambang Subiyanto *et al.*, 2003)、コロイダルシリカ溶液を用いて無機質複合処理した単板(木材)などの難燃性の評価においても、今後コーンカロリメータを用いた評価も実施する必要がある。

1. 4 まとめ

スギ辺材、心材単板とコナラ単板を製造し、難燃性の付与を目的としてコロイダルシリカ-ホウ酸溶液によるWMC単板を製造した。難燃性の評価はOIによる燃焼性試験を行い、あわせて炭化試験片のEPMA観察を行った。また、実証的な燃焼性試験としてミクロバーナーによる燃焼性試験もあわせて行った。

WMC単板のWPGはスギ辺心材単板で約50%、コナラ単板で約14%となった。溶脱処理を施した後も高いWPGを維持し、不溶性無機物の固着率はそれぞれ約80%、62%となった。

OIによる燃焼性試験の結果、OIは無処理単板では全ての単板が22%であったが、WMC単板ではスギ辺心材単板で約57%、コナラ単板でも約33%と大きくなった。溶脱処理後はそれぞれ31%、24%程度に低下したが、それでも無処理単板より高い難燃性を維持していた。燃焼時間と残炭率はWMC単板では改良されていた。溶脱処理後、単板表層の無機物は溶脱されるが、単板内層の不溶性無機物が効果的に作用し、燃焼時間と残炭率に著しい低下は認められなかった。

OIによる燃焼性試験後の炭化試験片について、EPMA観察を行った。無処理スギ辺心材単板では、細胞

壁の薄壁化が各所に認められ、残炭率に影響を及ぼしていることがわかった。無処理コナラ単板では、道管の扁平化などが認められた。しかし、WMCスギ辺材単板では、無機物は局所的あるいは分散して仮道管内腔に充填し、また細胞壁中にも広域的に固着していた。WMCコナラ単板では、無機物が道管の内腔を充填していた部位と道管内腔の内壁をコーティングするように付着している2種類の部位が観察された。

WPGとOIとの間にはスギ単板とコナラ単板ともに強い相関関係が認められ、得られた回帰直線式を用いてWPGからOIを推定することが可能となった。

マイクロバーナーによる燃焼性試験の結果、WMC単板では試験体上面の温度上昇が緩やかとなった。WPGの高いWMCスギ辺材単板では、30分間燃焼しても着火は認められず、炭化の進行は抑制されていた。

WMCスギ材単板を加熱面に積層し、マイクロバーナーとの距離を80mmとして直接火炎を当てて試験を行った。その結果、WPGが50%以上の単板でWPGとOIとの回帰直線式から求められるOIが60%以上になると、実際の燃焼挙動に類似した状況下における難燃性がより高くなる傾向が認められた。

第2章 コロイダルシリカ溶液による無機質複合化処理単板の色調変化と耐候性評価

2.1 緒言

コロイダルシリカ溶液による木材の無機質複合化処理は、ホウ酸を加えることによって溶液のpHが中性となり、木材基質を劣化させることなく無機物の高い固着性と難燃性、耐朽性、耐蟻性などの向上が図られることがわかっている(古野ほか, 2001), (古野ほか, 1997), (古野ほか, 1999), (後藤ほか, 2004), (古野ほか, 2004)。また、この溶液の木材中への含浸処理は浸せき処理のみの一工程であり、処理溶液も人体に低毒性であることから(古野ほか, 1999)、例えばスギ間伐材をはじめとする低質材を用いた内装材料や外壁材などへの難燃性付与技術として実用化が期待できるものである。

しかし、一般的に無機質複合化処理による木材表面への無機物の固着は、木材本来の色調や質感を失う恐れがあり、実際の利用を考えると木材の特性を残しながら目

的に応じて適正に行うことが望ましい(鈴木ほか, 1999)と考えられている。したがって、コロイダルシリカ溶液を用いた無機質複合化処理についても、処理材の色調などの特徴を把握して製品の利用に適した処理技術を検討することが必要であると考えられる。

コロイダルシリカ溶液を用いた無機質複合化処理は、難燃性や耐朽性なども向上することから、今後、内装材料やエクステリアウッドなどへの利用が考えられる。特に、エクステリアウッドなどの用途においては、日光や風雨に対する抵抗性を示す耐候性が重要な性能の一つとなる(雨宮, 1991)ことは明らかである。

この無機質複合化処理の耐光性については、ホウ酸を添加した溶液系では彩度の変化量が全体的に小さくなり、無処理材と大きな差異が生じたと報告されている(古野ほか, 1999)。風雨の影響について詳細な検討はなされていないが、水中攪拌と揮散操作を行う溶脱処理において、ホウ酸を添加すると不溶性無機物の固着率が高くなることがわかっている(後藤ほか, 2004)。しかし、耐候性そのものについてはこれまで詳細に検討されていない。

そこで、第2章では、まずコロイダルシリカ溶液による無機質複合化処理をスギ(辺材)とコナラの単板に施し、この処理に伴う色調変化を測色して著しい変色が生じないかどうかについて検討した。次に、これらの無機質複合化単板に耐候操作による溶脱処理とウェザーメータによる促進耐候性試験を行い、色調変化の測色と単板の表面状態の変化を観察して無機質複合化処理単板の耐候性について評価を試みた。

2.2 試験方法

2.2.1 供試単板

島根県産の針葉樹材のスギ(*Cryptomeria japonica* D. Don)と、広葉樹材のコナラ(*Quercus serrata* Thunb. ex Murray)の丸太を供試し、ロータリーレースにより厚さ3mmの単板を製造した。スギ(辺材)とコナラの乾燥単板を寸法3(R)×65(T)×150(L)mmに調製して各130枚を用いた。なお、乾燥単板の気乾時含水率は5~8%, 全乾時密度はスギ0.31g/cm³, コナラ0.69g/cm³であった。

単板は60℃で24時間予備乾燥し、次に50℃で24時間以

上の真空乾燥 (P₂O₅存在下) を行って全乾重量を測定した。そして、セパラブルフラスコ中に入れて減圧処理を3時間行い、蒸留水を注入して浸せき処理を施した。その後、室内で1週間以上蒸留水中に浸せきさせ、飽水状態にしてから無機質複合化処理溶液を拡散浸透させた。なお、飽水時の単板の平均含水率はスギ282%、コナラ95%であった。また、あわせてコントロール単板30枚を調製した。

2. 2. 2 無機質複合化処理溶液の調製と浸せき処理

無機質複合化処理溶液は、コロイダルシリカ溶液 (日産化学工業(株)製 Snow Tex 30, 無水ケイ酸含有量30~31wt%) とホウ酸により調製した。処理溶液は、コロイダルシリカ (colloidal silica) 単独溶液 (以下, C溶液と記す), コロイダルシリカ溶液にホウ酸を重量比で5%加えて2時間攪拌したコロイダルシリカーホウ酸 (colloidal silica-boric acid) 溶液 (以下, CB溶液と記す), ホウ酸を50℃の温浴中で24時間攪拌した飽和溶液 (溶液濃度9.28%) であるホウ酸 (boric acid) 単独溶液 (以下, B溶液と記す) の3条件とした。各溶液のpHを測定してから飽水状態の単板を浸せきさせた。

各単板30枚ずつを供試して無機質複合化処理を施した。C溶液処理とCB溶液処理は室温下で24時間浸せきし, B溶液処理は50℃の温浴中で24時間浸せきした。浸せき処理後, 単板は室温下で1時間程度風乾し, 次に60℃で24時間の固着乾燥を行った。そして, 前述と同様な方法で全乾重量を測定して重量増加率 (% 以下, WPGと記す) を算出した。

2. 2. 3 溶脱処理

無機質複合化処理単板 (以下, WMC単板と記す) とコントロール単板から各条件15枚を供試し, JIS K 1571 (1998) の耐候操作に準じて溶脱処理を行った。なお, 溶脱処理に供試した15枚の単板は, 各WMC単板30枚について, 溶脱処理前のWPGの平均値が等しくなるように15枚ずつ2グループに区分し, その後1グループに溶脱処理を実施することとした。

処理方法は, まず材積の10倍量の蒸留水中での水中攪拌による溶脱操作を8時間, 次に60℃での揮散操作を16時間, これを1サイクルとして10サイクル行った。その

後, 前述と同様な方法により溶脱処理後のWPGを求め, 溶脱処理前のWPGとの比較から不溶性無機物の固着率 (%) を算出した。

2. 2. 4 WMC単板の側色

単板は無機質複合化処理前後, および溶脱処理後に材色を測色した。測色は分光測色計 (MINOLTA製 CM-3700d) を用いてCIE $L^*a^*b^*$ 表色系により評価した。測色条件はD65光源, 10度視野, 測定径φ11mmとし, 単板の木表側で常に同一となる3箇所を測色した。そして, 処理前後での色差 (以下, ΔE^* と記す) を求め, 処理に伴う色調の変化が生じているかどうか検討した。

2. 2. 5 WMC単板の促進耐候性試験

促進耐候性試験は, 図2-1に示したキセノンアークランプ式耐候性試験機 (スガ試験機(株)製 XL-75) により, 紫外線照射とスプレー処理を行う促進劣化処理を施した。そして, 促進劣化処理の時間ごとに材色を測色し, 促進劣化処理前との ΔE^* などを求めて著しい変色が生じているかどうか検討した。

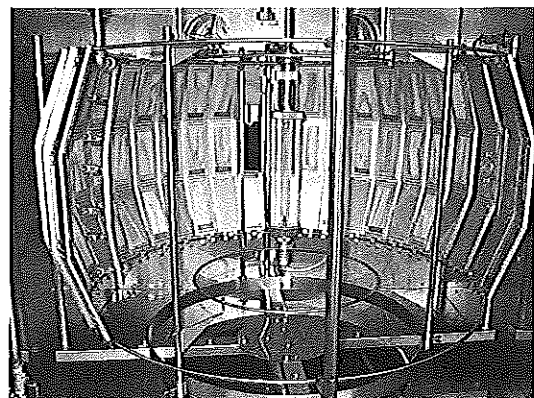


図2-1 ウェザーメータによる促進耐候性試験

試験方法は, JIS K 7350-2 (1995) (JIS K 7350-2) に準じて行った。紫外線照射とスプレー処理を同時に18分間, 続いて紫外線照射のみを102分間, この120分間を1サイクルとして600サイクル (1,200時間) 行った。紫外線照射の方法は連続方式で照度60W/m² (波長域300~400nm), 照射時のブラックパネル温度63℃, 湿度50±5%, ランプから単板までの距離は960mmとした。

材色の測色は, 分光式色差計 (日本電色工業(株)製 SE-2000) を用いてCIE $L^*a^*b^*$ 表色系により評価した。

測色条件はD65光源，10度視野，測定径φ10mmとし，単板の木表側で常に同一となる3箇所を測色した。測色時間は促進劣化処理前，促進劣化処理後10，26，50，76，100，150，200，300，400，500，600，800，1,000，1,200時間ごとに行った。

なお，前述のWMC単板の測色に使用した分光測色計とは異なる分光式色差計を用いている。したがって，促進劣化処理前に改めて供試単板を分光式色差計で測色し，その結果を基に処理後の ΔE^* などを算出した。

2. 3 結果と考察

2. 3. 1 WMC単板のWPGと不溶性無機物の固着率

WMC単板の溶脱処理前後でのWPGを図2-2に示す。WPGはコナラよりもスギで高くなり，溶脱処理前のスギではC溶液50.6%，CB溶液60.7%，B溶液16.5%，コナラではそれぞれ9.4%，17.0%，0.5%となった。これは，スギ材の主要構成細胞は仮道管であるのに対して，コナラ材のそれは木部繊維であり，各単板の全乾時密度はスギ0.31g/cm³，コナラ0.69 g/cm³，空隙率はスギ79.3%，コナラ54.0%となることから，組織構造の違いと全乾時密度（空隙率）の違いが影響しているものと考えられる。また，広葉樹材の浸透・透過性に影響を及ぼす主要通路である道管内のチロースなどの影響（古野ほか，1994）も考えられる。

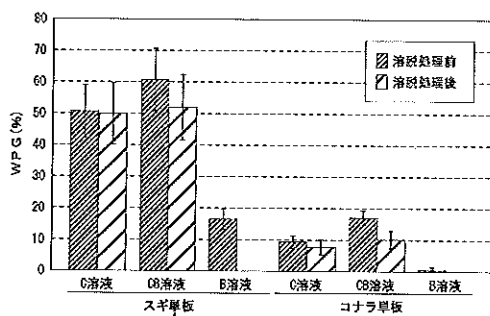


図2-2 WMC単板の溶脱処理前後におけるWPG (%)

無機質複合化処理前後の全乾時密度より固着無機物量(kg/m³)を算出した結果，スギで大きくなり，C溶液153kg/m³，CB溶液182kg/m³となった。B溶液は41kg/m³であったことから，コロイダルシリカ溶液を用いることによって固着無機物量は大きくなるのがわかる。これは，ケイ酸とホウ酸が細胞内腔のみならず細胞壁中にも

存在していること（古野ほか，2001）によるものと考えられる。コナラではC溶液61kg/m³，CB溶液86kg/m³であるのに対して，B溶液では極めて小さくなり，コナラのような空隙率が低く，浸透性も低いと考えられる材であってもコロイダルシリカ溶液を用いることが有効であることがわかった。

溶脱処理後のWPGは，スギではC溶液49.9%，CB溶液52.0%，コナラではそれぞれ7.8%，10.1%であった。溶脱処理前後のWPGより不溶性無機物の固着率を求めると，スギではC溶液98.3%，CB溶液84.9%，コナラではそれぞれ80.0%，58.1%となった。固着率はCB溶液よりもC溶液で高くなる傾向が認められたが，図2-2より，溶脱処理後のWPGはCB溶液がC溶液と同等以上であることから，CB溶液処理での高い無機物の固着性が認められた。なお，B溶液ではスギ，コナラとも固着率は0%となった。既報においてもホウ素化合物の固着率は極めて低くなっており（古野ほか，2001），またホウ酸塩は処理木材中で固着しないため処理木材は土壌などに接地せず，雨水から保護された環境ならば使用できることがわかっている（荒川，2003）。実際の使用環境下でのホウ酸塩の溶脱は処理材表面から周囲の水や土に移行すると生じる（荒川，2003）ことから，この溶脱処理はB溶液処理単板に対しては極めて厳しい条件であったと考えられ，コロイダルシリカ溶液がホウ酸の固着に寄与していることを示す結果となった。

2. 3. 2 無機質複合化処理前後の色調変化

単板の無機質複合化処理前後における測色結果とこれらの ΔE^* を表2-1に，WMC単板の表面状態の一例を図2-3に示す。C溶液では，スギ，コナラともコントロールと比較して明度（以下， L^* と記す）が5.60，8.65減少して ΔE^* が大きくなっている。これは，C溶液のpHが10.0のアルカリ性であったことからアルカリ汚染（井上，1972）によって“やけ”のような変色が生じて L^* が低下したものと考えられる。例えば，スギやミズナラなどではアルカリ汚染の影響が強くなるのがわかっている（武南，1969）が，この無機質複合化処理に伴う変色（汚染）は特にコナラで著しくなることが観察された。

CB溶液は，pH6.4とほぼ中性であり，溶液自体によ

る木材基質へのアルカリ汚染などの影響はなく、 ΔE^* はスギ、コナラとも小さくなった。コントロールと比較すると L^* は4.40, 6.46増加しているが、これは単板表面にも無機物が固着するためにそれらが直接的に L^* 値に影響し、若干白色がかかるようになったためと考えられる。

表 2-1 スギ, コナラ単板の無機質複合化処理前後での測色結果

単板	処理溶液	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
スギ	コントロール	74.36	7.35	24.61	—
	C溶液	68.74	6.69	25.19	8.33
	CB溶液	78.76	6.03	23.53	4.52
	B溶液	74.35	5.78	20.55	4.16
コナラ	コントロール	63.29	7.05	23.75	—
	C溶液	54.64	5.47	24.17	9.45
	CB溶液	69.75	3.79	20.41	7.44
	B溶液	70.57	2.98	15.35	13.01

しかし、WPGと明度差（以下、 ΔL^* と記す）との間に相関関係は認められておらず、無機物は主に材中の細胞内腔と細胞壁中に固着することから（古野ほか, 2001）、利用上著しい支障になるものではないと考えられる。

B溶液では、特にコナラで L^* が7.28増加し、色度 b^* が8.40減少して相対的に ΔE^* は大きくなった。B溶液のpHは2.9であったことから、酸汚染（井上, 1972）が生じたものと考えられる。酸汚染はスギで影響が大きいことが報告されている（武南, 1969）が、この無機質複合化処理に伴う酸汚染の影響は特にコナラで著しくなった。

2. 3. 3 WMC単板の溶脱処理による色調変化

溶脱処理による単板の色調変化の結果を表 2-2 に示す。スギではCB溶液でコントロールとほぼ同じ ΔE^* となり、コナラではCB溶液で ΔE^* が最も小さくなった。この結果から、CB溶液では耐候操作による変色を抑制できると考えられる。不溶性無機物の固着率と色調変化との間に相関関係は認められなかった。しかし、CB溶液で処理した無機質複合体では、細胞内腔に存在している無機物は固体化しており、溶脱処理前後とも細胞内腔

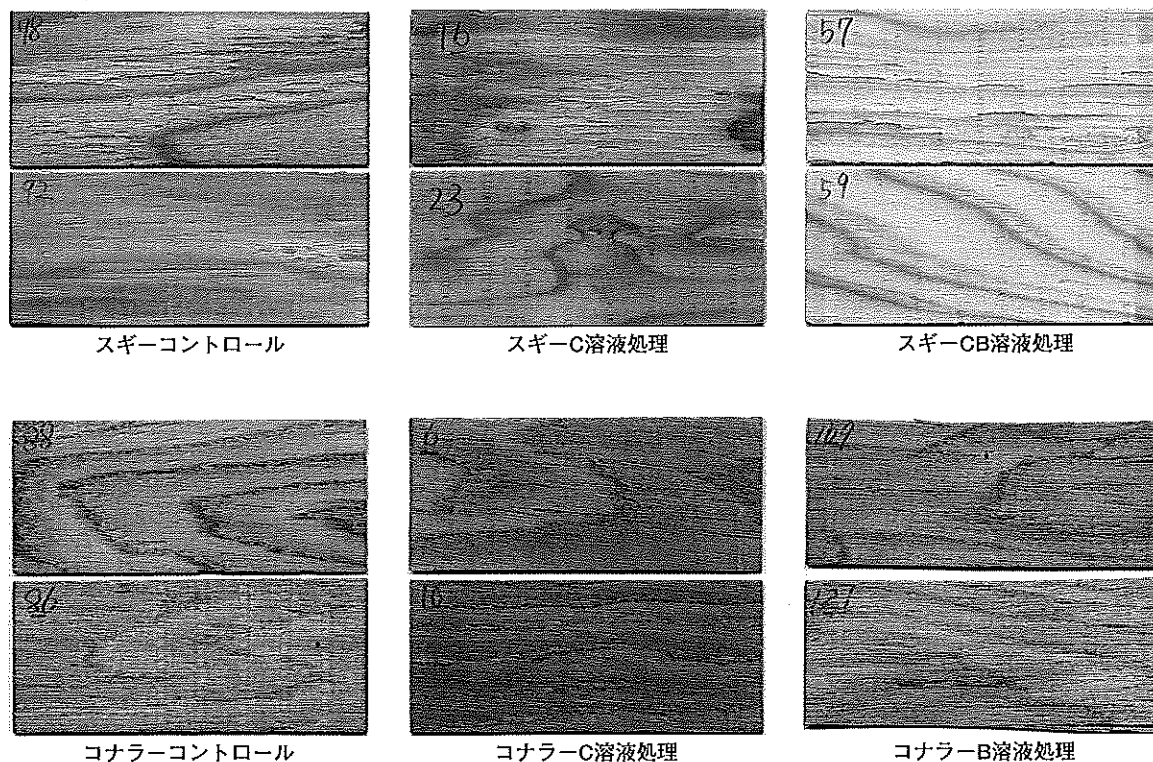


図 2-3 各無機質複合化処理を施したスギ単板とコナラ単板の単板表面の色調

表 2-2 溶脱処理によるWMC単板の色調変化

単板	処理溶液	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
スギ	コントロール	-2.45	-0.89	-1.47	3.57
	C溶液	4.81	-0.94	-2.10	5.63
	CB溶液	-2.59	-0.47	-0.72	3.42
	B溶液	-4.42	-0.45	1.34	4.81
コナラ	コントロール	4.78	-2.92	-4.45	8.81
	C溶液	12.84	-0.82	-2.33	13.23
	CB溶液	-1.78	-0.49	0.19	3.67
	B溶液	-7.21	0.31	0.99	7.41

を充填していることが観察されている(古野ほか,2001)。ケイ素の分布は溶脱処理前後とも主に細胞内腔で観察されているが、細胞壁中にもわずかに存在し、ホウ素は溶脱処理前後とも細胞内腔と細胞壁に一様に分布していることが明らかとなっている(古野ほか,2001)。したがって、ホウ酸はシリカとともに細胞内腔のみならず細胞壁にも存在して不溶性無機物を生成しているものと考えられる。この不溶性無機物によって、溶脱操作における細胞壁実質への直接的な水分の接触を妨げ、木材成分の流動、濃縮による汚染(改訂3版木材工業ハンドブック編集委員会,1982)を防ぎ、揮散操作における温度、湿度による変色(改訂3版木材工業ハンドブック編集委員会,1982)を抑制しているものと考えられる。揮散操作に伴う加熱による変色は、一般に広葉樹は針葉樹に比べて低い温度(50℃~)で変色を起こしやすい(井上,1972)とされていることから、本研究ではコナラで溶脱処理に対する変色抑制の効果が明確に認められたといえる。

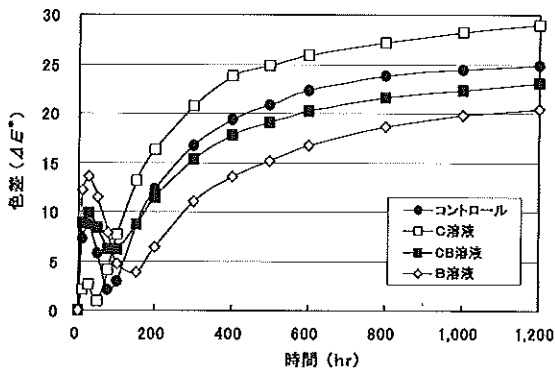


図 2-4 促進耐候性試験における溶脱処理前 WMCスギ単板の色差 (ΔE^*) の変化

C溶液では、各単板とも ΔL^* が高くなって ΔE^* が大きくなる傾向が認められた。B溶液では、 ΔL^* が低下して ΔE^* が大きくなる傾向が認められた。これらは、無機質複合化処理時のアルカリまたは酸による汚染の影響によって単板表面付近の木材基質が劣化し、溶脱処理における水中攪拌と揮散操作の乾湿繰り返しによって細胞壁レベルでの破壊やはく離が生じ、水中攪拌による木材基質の溶脱作用が重なって生じたものと考えられる。

2. 3. 4 WMC単板の促進耐候性試験による単板の色調変化と表面状態の変化

促進耐候性試験における色調の変化として、各WMC単板で溶脱処理前後の ΔE^* についての経時変化を図 2-4~2-7 に示す。 ΔE^* は、樹種および溶脱処理前後の単板に関わらず、試験初期の26時間目まで増加して100時間目にかけて一度減少し、それ以後1,200時間目まで増加する傾向が認められている。これは、 ΔL^* と色度 a^* および b^* の色度差(以下、 Δa^* および Δb^* と記す)の変化が影響している。ここで、図 2-8 に溶脱処理前WMCスギ単板の ΔL^* の変化を、図 2-9 に Δa^* の変化をそれぞれ示す。なお、コナラ単板の明度差と色度差についても同様な傾向が認められた。図 2-8 から、 ΔL^* は試験26時間目にマイナス側の最小値となり、その後プラスに増加している。図 2-9 では、 Δa^* は試験26時間目にプラス側の最大値となり、その後マイナスに減少している。したがって、 ΔE^* は試験初期の増加後に一度減少し、再び増加する傾向を示すといえる。

C溶液は、図 2-8 より試験初期の ΔL^* の低下が小さく、表 2-1 においても L^* は最も小さくなっていった。

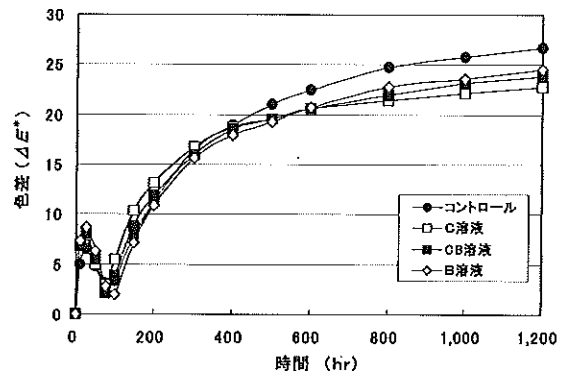


図 2-5 促進耐候性試験における溶脱処理後 WMCスギ単板の色差 (ΔE^*) の変化

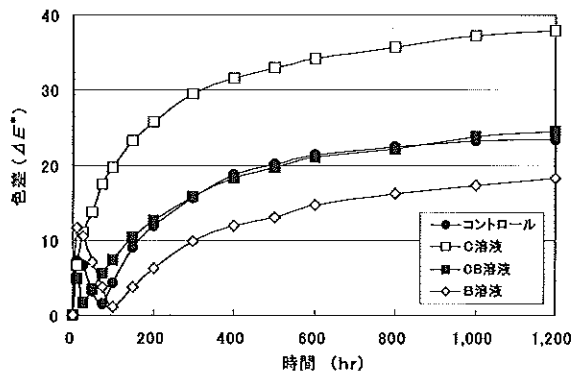


図 2-6 促進耐候性試験における溶脱処理前 WMCコナラ単板の色差 (ΔE^*) の変化

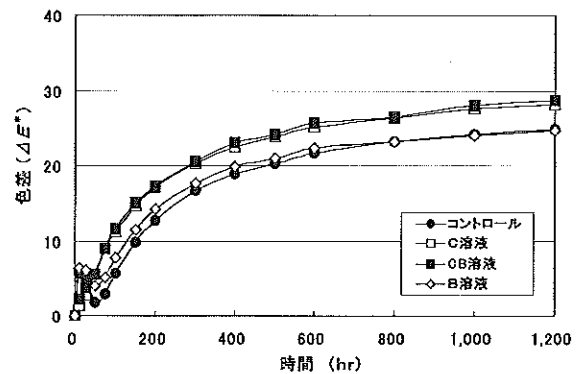


図 2-7 促進耐候性試験における溶脱処理後 WMCコナラ単板の色差 (ΔE^*) の変化

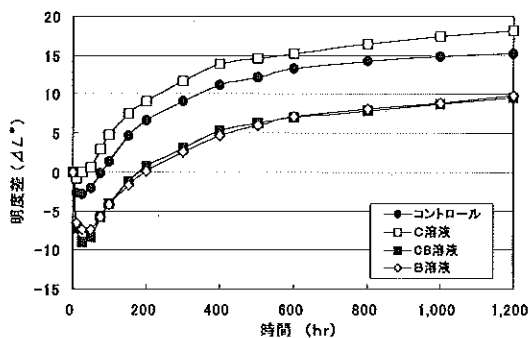


図 2-8 促進耐候性試験における溶脱処理前 WMCスギ単板の明度差 (ΔL^*) の変化

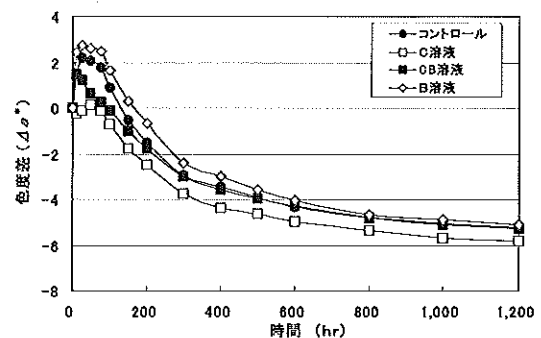


図 2-9 促進耐候性試験における溶脱処理前 WMCスギ単板の明度差 (Δa^*) の変化

また、図 2-9 より Δa^* の低下は最も大きくなったことより、これはアルカリ汚染の影響によるものと考えられる。アルカリ汚染は、暗灰色となって明度が低下し、光によって退色する (井上, 1972) ことがわかっている。したがって、無機質複合化処理時にアルカリ汚染によって L^* が低下し、促進耐候性試験ではアルカリ汚染の影響によって退色が進んだものと考えられる。B 溶液については、図 2-9 より試験初期の Δa^* の増加が最も大きくなっているが、これは酸汚染の影響によるものと考えられる。酸汚染は、いずれの樹種でもほぼ淡赤色となって紫外線に暴露されると呈色が著しくなることが示されており (井上, 1972)、この促進耐候性試験でもその傾向が認められたといえる。

試験初期において ΔL^* は低下後に増加し、 Δa^* などの色度差は増加後に低下してそれぞれ平衡状態となった。試験 26 時間目までは汚染の影響が著しく生じ、試験 100 時間目以降はコントロールでは単板表面からリグニンなどの木材成分が溶脱してセルロースが多く残存している (木口, 1993) ことが予想される。C 溶液と CB 溶

液では不溶性無機物の固着率が高いことから、固着した無機物が色調変化に影響し、B 溶液ではホウ素の溶脱後コントロールと同様な色調変化を呈するものと考えられる。したがって、この促進耐候性試験では試験 26 時間目前後では無機質複合化処理時のアルカリ汚染や酸汚染の影響が生じ、それ以降は木材成分の溶脱や固着した無機物が色調変化に影響したものと考えられる。その結果、 ΔL^* と色度差が低下あるいは増加後に平衡状態になり、 ΔE^* も特徴的な色調変化を示したものと考えられる。

図 2-4 の溶脱処理前 WMC スギ単板では、 ΔE^* は試験 26 時間目で C 溶液は 2.5、その他は 9~14 程度に増加して 100 時間目で 5 程度に減少し、その後 1,200 時間目にかけて 20~30 に増加している。この中で、C 溶液は試験初期の ΔE^* の増減が小さいが、最終的に ΔE^* は最も大きくなっている。これは、アルカリ汚染の影響によるものと考えられる。B 溶液は試験初期の ΔE^* の増加が最も大きくなっているが、これは酸汚染の影響によるものと考えられる。CB 溶液は、試験初期の ΔE^* の増減幅がコントロールよりも小さくなっている。これは、図 2-8

からCB溶液ではコントロールよりも試験26時間目での ΔL^* の低下は大きくなるが、それ以降の増加はコントロールよりも抑えられている。また、図2-9から Δa^* はCB溶液よりもコントロールで増減幅が大きくなっている。これらの ΔL^* と Δa^* 、さらには Δb^* の変化によって、CB溶液の ΔE^* の増減幅はコントロールよりも小さくなったものと考えられる。

図2-5の溶脱処理後WMCスギ単板では、コントロールと各無機質複合化処理での ΔE^* の差異は溶脱処理前のそれより小さくなっている。これは、溶脱処理後に単板表面の無機物が溶脱されるためと考えられる。しかし、試験400時間から1,200時間にかけて各WMC単板の ΔE^* はコントロールよりも小さくなっており、単板内部に固着した無機物が寄与したことが推測されるが、今後検討を要する。

図2-6の溶脱処理前WMCコナラ単板では、各無機質複合化処理の ΔE^* の変化は溶脱処理前スギ単板(図2-4)と同様な傾向を示している。すなわち、C溶液は ΔE^* の変化が特に大きくなり、B溶液では試験初期の ΔE^* の増減が最も大きくなるものの、100時間目以降は最も小さくなっている。これは、溶脱処理前スギ単板と同様にアルカリ汚染と酸汚染の影響によるものと考えられる。コントロールとCB溶液は、試験初期の増減が認められ、試験終了時の ΔE^* はスギ単板のそれと同様に25程度になっている。CB溶液でのWPGは17.0%であり(図2-2)、試験初期の色調変化は抑制するも

の、溶脱処理での不溶性無機物の固着率が58.1%であったことから、試験100時間程度で単板表面の無機物は溶脱され、 ΔE^* の変化はコントロールと同程度になったものと考えられる。

図2-7の溶脱処理後WMCコナラ単板では、全体的な ΔE^* の変化は図2-5の溶脱処理後のスギ単板と同様に、各無機質複合化処理での ΔE^* の差異は小さくなっていることがわかる。

この促進耐候性試験では、スギとコナラの樹種の違いや溶脱処理の前後による色調変化の著しい差異は認められなかった。無機質複合化溶液の違いによる色調変化の差異は、スギとコナラでそれぞれ同様な傾向を示した。CB溶液の ΔE^* は、スギとコナラともに試験初期の増減幅がコントロールよりも小さく、特にWPGが高いスギの ΔE^* はコントロールよりも試験全体にわたって色調変化が抑制されたといえる。一般的に、木材の風化は光劣化による木材表面の変色から始まることから、 ΔE^* の増減幅がコントロールよりも小さくなることは耐候性に効果的であることが期待できる。

促進耐候性試験後の単板の表面状態について、一例としてスギのコントロールとCB溶液処理したものを図2-10に示す。コントロールでは主に早材部に特徴的な木質部のはく離が認められ、晩材部では細かな割れが生じていた。この早材部におけるはく離や拡大した割れの凹凸は $640\mu\text{m}$ 以上であることがわかり、コントロールの表面粗さは極めて大きなものであった。しかし、

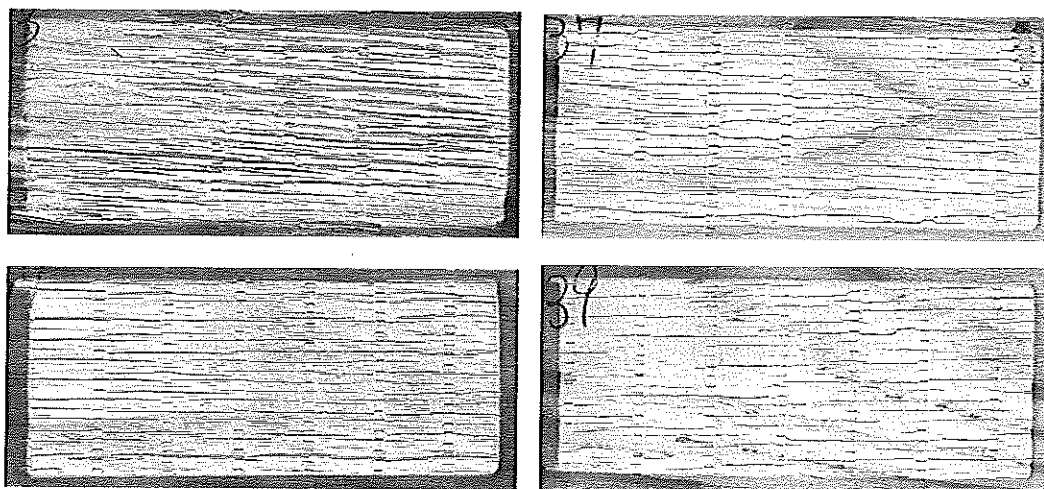


図2-10 促進耐候性試験後の各スギ単板表面の劣化状態

注) 左-コントロール単板, 右-CB溶液処理単板

CB溶液処理したものでは、割れの発生は認められるが、コントロールのような早材部のはく離は全く生じていなかった。

紫外線照射と水中浸せき処理をヒノキに行った場合、放射断面では、有縁壁孔の壁孔膜の破壊から始まり、孔口が拡大して壁孔縁の薄化と崩壊が生じ、開口部が大きくなり、さらに細胞壁の薄化に伴って細胞が崩壊し、損失すると報告されている(朴ほか, 1996)。コントロールではこのような細胞レベルでの劣化が進行するとともに、単板製造時に生じる微細な割れなども拡大して物理的な侵食が進んだものと考えられる。しかし、CB溶液処理は無機物が細胞内腔と細胞壁中に強固に固着し、またコントロールと比較して板目面でのブリネル硬さは26%程度向上している(古野ほか, 1999)ことから、促進耐候性試験による物理的な侵食を抑制したのと考えられる。今後、促進耐候性試験の試験時間に伴う割れの発生数の変化、割れ深さの進展、表面の粗さ増加の測定など定量的評価を行う必要がある。

CB溶液処理は、スギではコントロールと比較して ΔE^* の変化が小さく、促進耐候性試験による木質部の侵食が抑制されていたことから耐候性の向上が期待できる。実際の屋外暴露の状況においては、水分と紫外線の影響の他にカビ、変色菌などの微生物の影響が大きくなる(木口, 1993)。LVLの屋外暴露試験でもそれらの影響が認められているため(Tomoyuki Hayashi *et al.*, 2002), 屋外暴露試験によって屋外の環境下でのWMC単板や無機質複合処理した木材の変色や劣化などを今後検討していく必要がある。

2. 4 まとめ

コロイダルシリカ溶液とホウ酸を用いた無機質複合処理をスギ(辺材)とコナラの単板に施し、処理に伴う色調の変化を測色した。また、耐候操作による溶脱処理での不溶性無機物の固着率と色調変化、さらにウェザーメータによる促進耐候性試験での色調変化と単板の表面状態の変化を観察し、コロイダルシリカ溶液を用いた無機質複合処理による耐候性の向上について検討した。

無機質複合処理した単板のWPGは、スギ、コナラともCB溶液処理単板で最も大きくなり、スギ60.7%、コナラ17.0%であった。

無機質複合処理に伴う単板の色調変化を測色した結果、C溶液ではアルカリ汚染の影響が認められ、B溶液では酸汚染の影響が認められた。CB溶液ではこのような汚染などの影響が認められず、 ΔE^* が小さくなり、CB溶液処理単板は利用上支障を及ぼさないことが明らかとなった。

溶脱処理における不溶性無機物の固着率は、C溶液とCB溶液で処理した単板で高くなり、スギで80~90%以上に、コナラで50~80%程度となって、コロイダルシリカ溶液を用いることが有効であることがわかった。また、CB溶液処理では高い無機物の固着性が認められた。色調の変化は、CB溶液処理単板で ΔE^* が最も小さくなった。これは、無機質複合処理時に汚染が生じないことと、細胞内腔と細胞壁中に無機物が固着して耐候操作による変色を防いでいるものと考えられる。

促進耐候性試験における色調変化を測色した結果、全体的な傾向として、 ΔE^* は促進劣化26時間目まで増加し、その後100時間目まで減少してそれ以後増加していく傾向が認められた。これは、試験初期の色調変化は無機質複合処理時のアルカリ汚染と酸汚染が影響し、100時間目以降は木材成分の溶脱や固着した無機物が色調変化に影響したのと考えられる。CB溶液による処理は、試験初期の ΔE^* の増減幅が小さく、またスギではコントロールよりも ΔE^* 値の変化が小さくなっていった。さらに、促進耐候性試験による物理的な木質部の侵食の抑制が観察されたことから、CB溶液による無機質複合処理は、耐候性の向上が期待できるものと考えられる。

第3章 島根県産コナラ材とスギ材の異樹種複合LVLへの適用性の検討 —製材、単板、および異樹種複合LVLの基礎的な強度特性—

3. 1 緒言

コナラ(*Quercus serrata* Thunb.ex Murray)は日本の温帯下部から暖帯にかけて広く分布し、2次林の優占種の1つとなっていて、かつては薪炭材として重要な樹種であった(佐竹ほか, 1989)。島根県においても全域に広く分布し、蓄積量は約994万 m^3 を誇っている(島根県農林水産部森林整備課, 2003)。コナラ材の気乾比重

は平均0.75程度で重硬な材質を呈している（平井，1996）が，乾燥による割れや狂いが生じやすく，また若干腐りやすいため用材としてはほとんど利用されていない。現在の用途は直径20cm程度まではシイタケ原木に，それ以上の大径材はチップ用原木などに限られている（最新木材工業事典出版委員会，1999）。

そこで，第3章では，島根県の重要な森林資源の1つであるコナラ材の新たな利用技術の開発を目的として，スギ（*Cryptomeria japonica* D.Don）との複合化による異樹種複合単板積層材（以下，異樹種複合LVLと記す）の製造を試みた。コナラ材は前述のように，乾燥による割れや狂いが生じやすいため，単板化によって乾燥を容易にし，また難燃処理や防腐処理を容易に行うこともねらった。

コナラ材の利用を進める上で，その強度特性に関する資料は極めて少ない。そこで，初めにコナラ製材の曲げ試験と圧縮試験によりその基礎的な強度特性を把握した。次に，異樹種複合LVLに利用するためにコナラ単板とスギ単板を製造し，その曲げヤング係数（以下，MOEと記す）を測定して各単板のMOEの分布特性を検討した。そして，これらの単板を用いて異樹種複合LVLを製造し，曲げ試験を行ってMOEと曲げ強度（以下，MORと記す）を求めるとともに，スギ単板とコナラ単板の構成方法などについて検討を行った。

3. 2 試験方法

3. 2. 1 製材の曲げ試験と圧縮試験

コナラ製材の曲げ試験と圧縮試験は，スギ製材とあわせて，JIS Z 2101（1994）（日本規格協会，1994）に準じて木材用万能試験機（（株）マルイ製10ton）により行った。コナラ製材は島根県下3地域（出雲市，邑智郡，浜田市）のチップ工場に集積された原木について，スギ製材は県西部地域（鹿足郡金城町）で生産された原木を供試した。製材後，含水率を8～15%に乾燥して各試験に用いた。

曲げ試験の試験体寸法は，図3-1に示すように，25（R）×25（T）×400（L）mm，スパンは350mmに調製した。試験体数はコナラ製材162体，スギ製材280体である。中央集中荷重方式により柃目面に載荷し，得られた応力-ひずみ線図によりMOEとMORなどを求めた。

圧縮試験については，コナラ製材は縦圧縮試験と横圧縮試験を行い，スギ製材は縦圧縮試験のみ行ってそれぞれの圧縮強度を求めた。試験体寸法は，図3-2に示すように，辺長25×25mm，高さ75mmに調製し，試験体数は各条件30体とした。

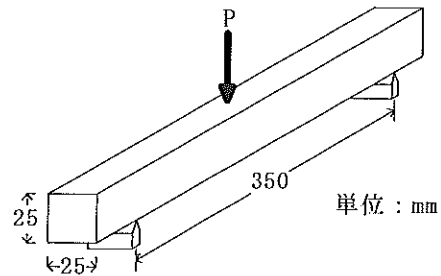


図3-1 コナラ製材とスギ製材の曲げ試験方法

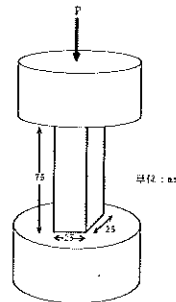


図3-2 コナラ製材とスギ製材の圧縮試験方法

3. 2. 2 単板の製造とMOEの測定

コナラ単板とスギ単板は，島根県合板協同組合浜田針葉樹工場（島根県浜田市治和町）に設備されている針葉樹合板製造用ラインにより製造した。県産のコナラ原木とスギ原木をロータリーレースにより厚さ3mmに単板化し，次に自動制御型ドライヤーによって含水率を約8%に乾燥した。

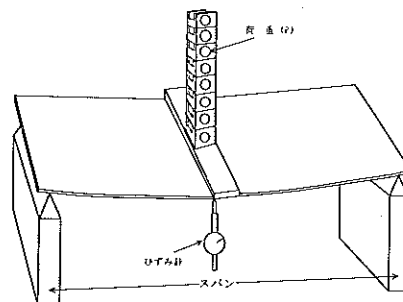


図3-3 重錘法による単板のMOE測定

各単板のMOE測定は、図3-3に示すように、重錘法により行った。単板の寸法は3(R)×300(T)×450ないし650(L)mmに調製し、スパンは400mmないし600mmの2条件とした。試験体数は各スパン条件につきコナラ単板65体、スギ単板105体である。重錘法での荷重量はコナラ単板で0.5kg×10回、スギ単板で0.2kg×10回とし、変位計により荷重毎のたわみ量を測定してMOEを算出した。

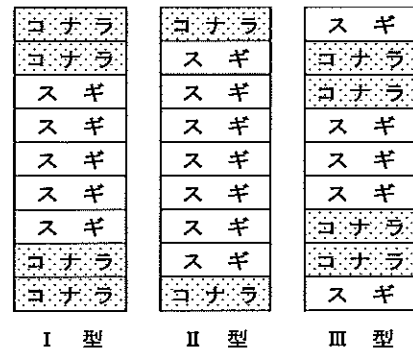


図3-4 異樹種複合LVLの単板構成方法

3. 2. 3 LVLの製造と曲げ試験

異樹種複合LVLの製造は、単板のMOE測定に用いた長さ450mmの単板を供試した。単板構成は、図3-4に示すように、単板積層数は9プライで、高い曲げ強度特性を期待したI型、I型に対してコナラ単板の構成量を減らしたII型、またスギ単板を化粧的に用いてコナラ単板を内層に構成したIII型の3種類とした。なお、コナラ単板のみで構成したIV型、スギ単板のみで構成したV型もあわせて製造した。接着剤はフェノール・レゾルシノール系樹脂(大鹿振興(株)製 大鹿レジンディアノール33N)を用い、350g/m²の割合で両面塗布してホットプレスによって100℃で14分間圧縮した。圧縮圧力はI、II、III型は12kgf/cm²、IV型は15 kgf/cm²、V型は7 kgf/cm²とした。解圧後、約2週間養生し、寸法25(R)×300(T)×450(L)mmのLVLを曲げ試験用として25(R)×25(T)×400(L)mmに小割した。

製造した5種類のLVLは、製材の曲げ試験方法と同様にJIS Z 2101(1994)(日本規格協会, 1994)に準じて平使い方向で曲げ試験を行った。含水率は7.3~13.0%で、試験体数はI、II、III型は各50体、IV型は10

体、V型は40体である。なお、単板はMOEの大きいものを外層部分に構成したが、曲げ試験体は小割したためMOEの構成の違いによる強度特性の変化については検討しなかった。

3. 3 結果と考察

3. 3. 1 製材の曲げ試験と圧縮試験

コナラ製材とスギ製材の曲げ試験および圧縮試験結果を表3-1に示す。曲げ試験結果については、比較として錦織らの報告(錦織ほか, 1989)のミズナラ製材の曲げ強度特性をあわせて示す。コナラ製材の材質特性は、気乾比重0.83、平均年輪幅3.4mmとなり、平井の報告(平井, 1996)以上に重硬な材質であることがわかった。曲げ強度特性は、MOE14.8GPa、MOR141MPa、曲げ比例限度84MPaであり、スギやミズナラと比較してみても非常に高い曲げ強度特性を有することがわかった。

曲げ試験体の破壊形態は、図3-5(a)に示すように、引張り側がフィンガー状となるそぎ割れ引張(財)日本住宅・木材技術センター, 1999)を呈し、粘り強い

表3-1 製材の曲げ試験および圧縮試験結果

樹種	気乾比重	平均年輪幅 (mm)	MOE (GPa)	MOR (MPa)	曲げ比例限度 (MPa)	縦圧縮強度 (MPa)	横圧縮強度 (MPa)
コナラ	0.83 (0.05)	3.4 (1.3)	14.8 (1.6)	141 (22.7)	84 (15.0)	60 (3.7)	19 (5.1)
スギ	0.37 (0.06)	5.2 (1.6)	4.9 (1.6)	52 (11.1)	33 (6.4)	36 (4.7)	—
ミズナラ	0.85 (0.04)	2.4 (0.5)	13.0	107	62	—	—

注) 数値は平均値を示し、()内は標準偏差を示す

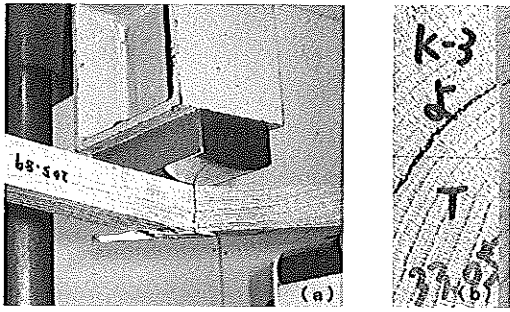


図3-5 曲げおよび圧縮によるコナラ製材の破壊

- (a) 曲げによるそぎ割れ引張破壊
- (b) 横圧縮による孔圏部分のせん断破壊

材質であることが見出された。なお、MOEやMORなどの曲げ強度特性と気乾比重や年輪幅などの材質特性の間に明確な相関関係は認められなかった。しかし、ミズナラ材と比較してみても、コナラ材は強度的に利用価値のあるものと考えられる。

圧縮強度特性については、縦圧縮強度は60MPaで、縦方向には非常に高い強度特性を示し、気乾比重と高い相関関係（相関係数0.78）が認められた。しかし、横圧縮試験においては、図3-5 (b)に見られるように、環孔部（孔圏）でのせん断破壊が認められ、横圧縮強度は19MPaとなった。横圧縮試験体の高さ方向（製材では木口面にあたる面）に現れる道管の配列角度と横圧縮強度との関係を図3-6に示す。なお、道管配列角度は道管の接線方向の角度を分度器により測定した。図3-6より、これらの間には明確な負の相関関係（相関係数-0.90）が認められた。これは、コナラ材が環孔材であるため、道管の配列角度が大きくなると横圧縮によって孔圏部分にせん断応力が集中して破壊が生じやすくなる

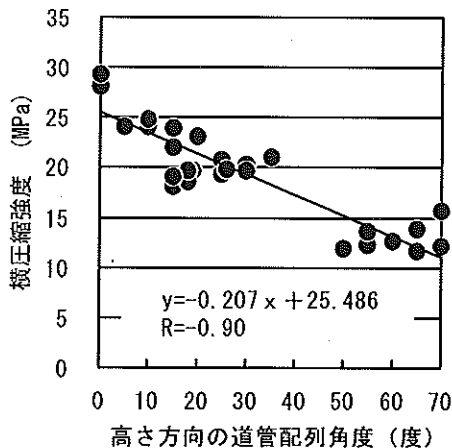


図3-6 コナラ横圧縮試験体での高さ方向の道管配列角度と横圧縮強度との関係

ためと考えられる。LVLでは、原木の単板化によって許容できる小さな欠点は積層接着により製品内に分散される（林，1998）。したがって、コナラ原木の単板化によって孔圏道管は分散され、このような影響は小さくなるものと予想できる。

3. 3. 2 単板のMOEの測定

各単板のMOEの測定結果を表3-2に示す。なお、既報（後藤ほか，1999）の北洋産カラマツ単板とニュージーランド産ラジアータパイン単板の測定結果もあわせて示す。各単板のMOEはスパン長による著しい違いは認められず、コナラ単板は11.9～12.4GPa、スギ単板は5.6～6.4GPaであった。単板の気乾比重とMOEとの相関係数は、各単板0.45前後で明確な相関関係は認められなかった。コナラ単板は製材と比較するとわずかにMOEが低下しているが、島根県内の合板工場で主原料として用いられているカラマツ単板やラジアータパイン単板と同等のMOEを示すことがわかった。

コナラ単板とスギ単板のMOEの分布特性を図3-7に示す。コナラ単板は下限側が10.5GPa程度であり、前述のコナラ製材と同様に高い曲げ強度特性の分布を示す

表3-2 各単板のMOE測定結果

樹種	気乾比重	MOE (GPa)	
		材長 450mm	材長 650mm
コナラ	0.72	11.9 (2.0)	12.4 (1.5)
スギ	0.34	5.6 (1.3)	6.4 (1.5)
カラマツ	0.59	12.0 (2.6)	12.6 (2.1)
ラジアータパイン	0.45	7.8 (1.8)	7.7 (1.5)

注) 数値は平均値を示し、()内は標準偏差を示す

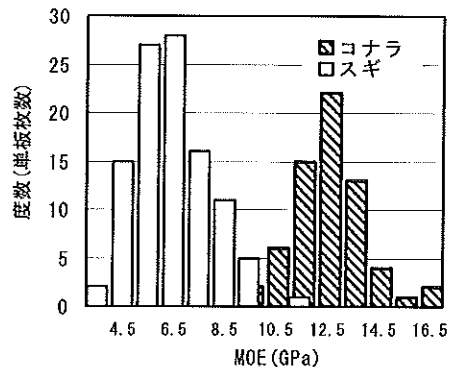


図3-7 コナラ単板およびスギ単板のMOEの分布特性

ことがわかった。したがって、LVLの曲げ強度特性の向上を目的として単板を構成するには、コナラ単板は外層部分に、スギ単板は内層部分に構成することが望ましく、LVLは平使いとして用いることがより効果的であるものと考えられる。

3. 3. 3 異樹種複合LVLの曲げ試験

I型、II型、III型の異樹種複合LVLと、IV型、V型の各LVLの曲げ試験結果を表3-3に示す。異樹種複合LVLとV型を比較すると、異樹種複合LVLはMOEで1.7~2.1倍、MORで1.8倍程度向上することがわかった。

曲げ試験による試験体の破壊形態は、外層部分に構成した単板で、その樹種の製材の破壊形態に類似していた。すなわち、図3-8に示すように、コナラ単板を外層部分に構成した異樹種複合LVLでは、引張り側コナラ単板のそぎ割れ引張破壊から内層部分のスギ単板のぜい性引張破壊（財）日本住宅・木材技術センター、1999）に移行するように破壊が進行していた。コナラ単板の孔圏道管が欠点になることが考えられたが、荷重点付近でのめり込みによる著しい破壊は見られなかった。なお、一部の試験体では内層部分のスギ単板にせん断破壊が生じたが、大半の試験体は引張り側での破壊であり、接着層での破壊もなかった。

異樹種複合LVLのI型に対してII型とIII型は、それぞれコナラ単板の構成量あるいは構成位置が異なっており、最外層にコナラ単板を構成したI型で最も高い



図3-8 異樹種複合LVL (I型) の曲げによる破壊形態

MOEの向上を示した。コナラ単板の構成位置と構成量を検討するため、LVL断面におけるコナラ単板の構成割合とMOE、MORとの関係を検討した（図3-9）。その結果、コナラ単板の構成割合が高くなるほど、そして構成割合44%のI型とIII型との比較から、最外層にコナラ単板を構成することによってMOEが顕著に向上することがわかった。しかし、MORについてはMOEほど明確な向上は認められていない。

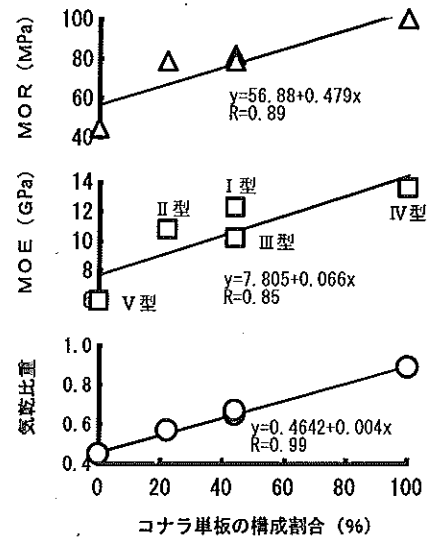


図3-9 各LVLのコナラ単板の構成割合と気乾比重、MOE、MORとの関係

表3-3 異樹種複合LVLの曲げ試験結果

LVL	気乾比重	MOE (GPa)	MOR (MPa)
I型	0.65 (0.02)	12.3 (1.3)	82 (6.3)
II型	0.57 (0.02)	10.8 (1.1)	79 (6.8)
III型	0.67 (0.02)	10.2 (1.3)	79 (5.0)
IV型	0.89 (0.01)	13.6 (1.1)	100 (10.2)
V型	0.45 (0.02)	6.0 (1.2)	45 (9.9)

注) 数値は平均値で、()内は標準偏差を示す

異樹種複合LVL、V型のLVL、そしてスギ製材の曲げ強度特性を図3-10にあわせて示す。異樹種複合LVLの強度性能は、特にMORのパラツキが小さくなっている。しかし、例えばI型とスギ製材の回帰直線を比較すると、I型のそれは傾きが小さくなっている。すな

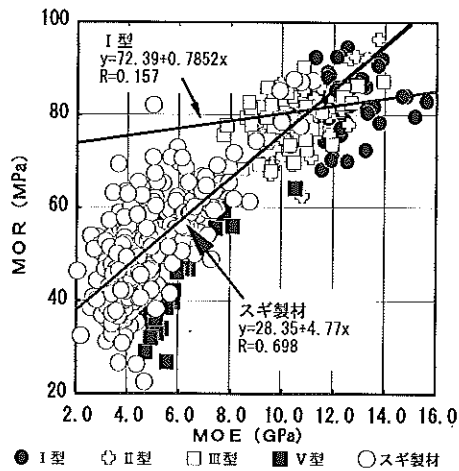


図3-10 異樹種複合LVL、スギLVL (V型) とスギ製材の曲げ強度特性の比較

わち、MOEの高いコナラ単板をLVLの外層部分に構成することによってMOEは向上するが、MORは十分に向上しないことがわかった。このことは、林らの研究結果(林ほか, 1991)と同様に、外層部分に構成したMOEの高いコナラ単板への応力分担が大きくなっているためと考えられる。実大寸法のLVLでの強度特性の検討が必要となるが、異樹種複合LVLについて各構成要素の応力分布を今後検討する必要がある。

3.4 まとめ

島根県の森林資源において、特に天然林に蓄積量の多いコナラ材の利用技術を開発するために、まずコナラ材とスギ材の製材の曲げ試験と縦圧縮試験および横圧縮試験を行い、その基礎的な強度特性を把握した。次に、コナラ単板とスギ単板を製造して重錘法によりMOEを測定し、MOEの分布特性を検討した。さらに、コナラ単板とスギ単板を複合化した異樹種複合LVLを製造して曲げ試験を実施し、異樹種複合LVLの強度特性を把握して単板の構成方法などについて検討した。

コナラ製材は気乾比重0.83で曲げおよび縦圧縮試験において高い強度特性を示し、MOE14.8GPa、MOR141MPa、縦圧縮強度60MPaであった。横圧縮試験においては、試験体木口面の道管配列角度が横圧縮強度に強く影響し、横圧縮強度は19MPaであったが、LVLは欠点分散効果によってその影響は小さくなるものと考えられた。

コナラ単板のMOEは、平均11.9~12.4GPa程度の範囲

にあり、カラマツ単板などと同等であることがわかった。コナラ単板のMOEの分布特性は、MOEの下限側は10.5GPa程度であり、LVLの単板構成としてコナラ単板は外層部分に、スギ単板は内層部分に構成することが望ましいものと考えられた。

異樹種複合LVLは、スギLVLよりもMOEで1.7~2.1倍、MORで1.8倍程度向上することがわかった。そして、異樹種複合LVLの外層部分にコナラ単板を構成することにより、さらにLVL断面におけるコナラ単板の構成割合が44%程度になるとより高いMOEを示した。しかし、MORはMOEほど高い向上は認められなかった。これは、異樹種複合LVLの外層部分に構成したコナラ単板への応力分担が大きくなっているためと考えられた。したがって、今後各構成要素の応力分布の検討が必要である。

第4章 無機質複合化処理単板を積層したLVLの曲げ性能と燃焼処理の影響

4.1 緒言

コロイダルシリカ溶液とホウ酸による無機質複合化処理は、木材に高い難燃性を付与することが期待できる(古野ほか, 2001)。単板積層材(以下、LVLと記す)の構成エレメントは厚さ3mm程度の単板であり、ロータリーレースによる製造工程において裏割れが生じるため、単板中への薬剤の浸透が容易で難燃性の付与が期待できる。また、LVLは集成材と同様に構成エレメントである単板を断面設計することができるため、難燃処理した単板を意図的に外層部分に構成することが可能である。したがって、無機質複合化処理単板(以下、WMC単板と記す)をLVLの外層部分に積層接着すれば、火災の発生時にLVL自体が燃えにくくなり、建築物が焼け落ちにくくなる耐火性(坂本, 2000)を向上させることが可能になるものと考えられる。

コロイダルシリカ溶液を用いた無機質複合化処理に伴う木材の力学的特性の変化について、古野ら(古野ほか, 1997)は、挽き板ではWPGがある範囲以上増加するとバルキングの影響によって曲げヤング係数(以下、MOEと記す)と曲げ強さ(以下、MORと記す)が低下し、複合体がもろくなる傾向があることを報告している。しかし、単板について無機質複合化処理を施した場合の

力学的特性の変化についてはこれまで詳細に検討されていない。

そこで、第4章では、コロイダルシリカーホウ酸溶液による無機質複合化処理をスギ単板とコナラ単板に施して、無機質複合化処理前後における単板のMOEを重錘法により測定し、MOEが挽き板の場合と同様にある範囲以上になると低下するのかどうかについて検討した。次に、WMC単板を積層接着したLVL（以下、複合化LVLと記す）を製造し、その曲げ性能を試験した。加えて、複合化LVLはWMC単板を接着しているため、その接着性能についてJAS（日本農林規格）に準じて評価した。さらに、複合化LVLの耐火性を評価することを目的として、複合化LVLにマイクロバーナーによる燃烧処理を施し、その直後に曲げ試験を行って燃烧処理前のLVLに対するMORの残存率を求め、WMC単板のLVLへの積層接着による耐火性の向上について検討した。

4. 2 試験方法

4. 2. 1 供試単板

島根県産のスギ (*Cryptomeria japonica* D.Don) およびコナラ (*Quercus serrata* Thunb. ex Murray) の原木を供試し、島根県合板協同組合浜田針葉樹工場（島根県浜田市治和町）に設備されているロータリーレースによって厚さ3mmの単板を製造した。単板は、自動制御型ドライヤーにより含水率を8%程度まで乾燥した。

乾燥された単板は、寸法を3(R)×100(T)×350(L)mmに加工し、各80枚を供試した。単板は60℃で24時間予備乾燥し、次に50℃で24時間以上の真空乾燥（P₂O₅存在下）を行って全乾重量を測定した。そして、室温の水中に飽水状態となるまで1週間以上浸せきした後、無機質複合化処理溶液を拡散浸透させた。なお、飽水時の単板の平均含水率はスギ207%、コナラ84%であった。

4. 2. 2 無機質複合化処理溶液の調製と浸せき処理

無機質複合化処理溶液は、コロイダルシリカ溶液（日産化学工業(株)製 Snow Tex 30、無水ケイ酸含有量30~31wt%）とホウ酸により調製した。コロイダルシリカ溶液にホウ酸を重量比で5%加えて約2時間攪拌し、その後飽水状態の単板を室温下で24時間浸せきさせた。浸せき処理後、単板は室温下で1時間風乾し、次に60℃で

24時間の固着乾燥を行った。そして、前述と同様な方法で全乾重量を測定して重量増加率（%以下、WPGと記す）を算出した。

4. 2. 3 重錘法によるWMC単板のMOEの測定

無機質複合化処理前後における全乾状態の単板について、図4-1に示すように重錘法によってMOEを測定した。測定条件は、スパン300mm、荷重量は0.2kg×10回として単板の中央部に載荷した。そして、変位計により荷重毎のたわみ量を測定してMOEを算出した。

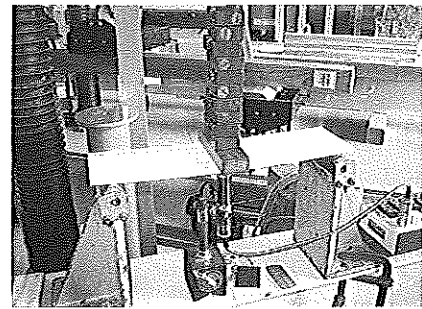


図4-1 重錘法によるWMC単板のMOE測定

4. 2. 4 WMC単板を積層したLVLの製造と接着性能試験

LVLおよび複合化LVLの単板積層数は8プライとし、単板構成方法は表4-1に示す2タイプとした。全乾状態のWMC単板は予め含水率を約10%に調湿し、燃烧処理を施す複合化LVLの試験体下面（曲げ試験時には引張り側）に2プライ積層接着した。

LVLの製造において、接着剤はレゾルシノール・フェノール共縮合樹脂接着剤（(株)オーシカ製 D-33N）を用いた。接着剤を単板に350g/m²の割合で両面塗布し、ホットプレスによって100℃で20分間熱圧縮した。圧縮圧力はSタイプで8kgf/cm²、KSタイプで12kgf/cm²とした。解圧後、約1週間養生して寸法を曲げ試験用として

表4-1 LVLの単板構成方法

LVLタイプ	樹種構成
S	S (8p)
KS	K (2p) - S (4p) - K (2p)

注) Sはスギ単板、Kはコナラ単板を示し、(p)は積層枚数を示す

22 (幅) × 22 (せい) × 352 (材長) mmに小割した。試験体数は、WMC単板を積層した複合化LVLと全て無処理単板を積層したLVLについて、試験条件毎に各8体とした。

複合化LVLの接着性能は、構造用単板積層材のJAS (日本農林規格) ((社)日本農林規格協会, 2000) に準じ、浸せきはく離試験と煮沸はく離試験により評価した。試験片は、曲げ破壊試験体の健全部より採取することとし、断面寸法はそのまま材長を75mmに調製した。

浸せきはく離試験は、試験片を室温の水中に24時間浸せきさせた後、60℃の恒温乾燥器中で24時間乾燥させた。試験片の適合基準は、試験片4側面を観察し、4側面における接着層のはく離率が10%以下であり、かつ同一接着層におけるはく離の長さがその接着層の1/3以下であることとした。

煮沸はく離試験は、試験片を沸騰水中に5時間浸せきし、さらに室温の水中に1時間浸せきした後、60℃の恒温乾燥器中で24時間乾燥させた。試験片の適合基準は、前述の浸せきはく離試験と同様な基準とした。

4. 2. 5 複合化LVLの燃焼処理と曲げ試験

複合化LVLへの燃焼処理は、図4-2に示すように、マイクロバーナーによって行った。燃焼処理は、LVLが曲げ荷重を受ける際に引張り側となる試験体下面中央部に施し、処理時間は5分間または10分間とした。マイクロバーナーとLVLとの距離は100mmとし、火炎の大きさは火炎先端がLVLに接触する程度となるように注意して調節した。そして、燃焼処理を施した後、直ちにJIS Z 2101 (1994) (日本規格協会, 1994) に準じて曲げ試験を行った。

曲げ試験は、図4-3に示すように、木材引張圧縮試

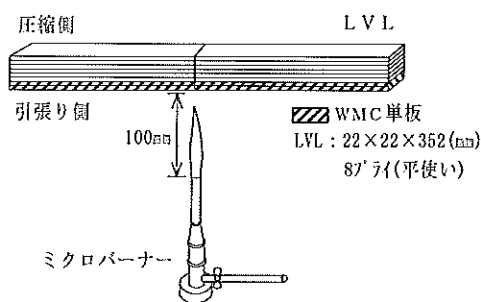


図4-2 LVLへの燃焼処理方法の概要

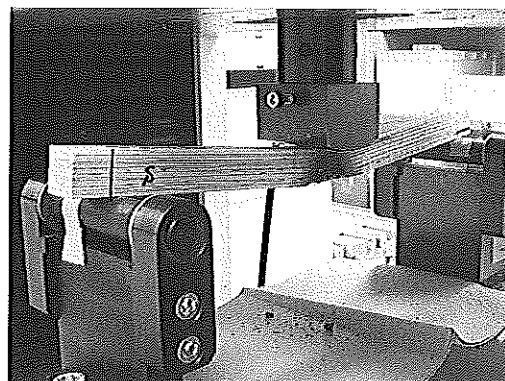


図4-3 燃焼処理を施したLVLの曲げ試験

験機 (ミネベア(株)製 AL-100kNB型) によってスパン308mmとして行い、燃焼処理後のLVLのMOEとMORを算出した。燃焼処理によってLVLには断面欠損が生じているが、MOEとMORの算出時に欠損部分は考慮しなかった。なお、初めに燃焼処理を施さない各条件のLVLについても同様な方法で曲げ試験を行い、複合化LVLのMOEとMORを測定した。

4. 3 結果と考察

4. 3. 1 WMC単板のWPGと固着無機物量

各単板のWPGは、表4-2に示すように、スギ単板で38.7%、コナラ単板で11.8%となった。単板中に固着した無機物量を無機質複合化処理前後の全乾時密度より算出した結果、スギ単板で111kg/m³、コナラ単板で88kg/m³となり、特にこの無機質複合化処理ではスギ単板が難燃材料に相当する結果 (最新木材工業事典出版委員会, 1999) が得られた。しかし、第2章の結果から、コロイダルシリカーホウ酸溶液処理したスギ単板のWPGは60.7%で、その際の固着無機物量は182kg/m³であったことから、処理溶液量と処理単板材積などの関係を改善することによって、さらに高い固着無機物量を得ること

表4-2 WMC単板のWPGと固着無機物量

樹種	WPG (%)	全乾時密度 (kg/m ³)		固着無機物量 (kg/m ³)
		処理前	処理後	
スギ	38.7	310	421	111
	(7.2)	(37.3)	(35.7)	(17.0)
コナラ	11.8	678	766	88
	(1.7)	(44.9)	(36.2)	(32.4)

注) ()内は標準偏差を示す

が期待できる。

4. 3. 2 WMC単板のMOEの測定

無機質複合化処理前後の単板について、重錘法によりMOEを測定した結果を表4-3に示す。MOEはスギ単板とコナラ単板ともに無機質複合化処理により若干高くなっており、処理前に対してスギ単板で9%、コナラ単板で15%向上した。標準偏差と変動係数には無機質複合化処理前後で大きな違いは認められないことから、その分布特性はほぼ同じ状態を呈していることがわかった。

古野ら（古野ほか、1997）によると、挽き板の場合WPGが50%以上になるとパルキングの影響によってMOEとMORが低下すると報告されている。本研究に供試したWMC単板のWPGの平均値はスギで38.7%、コナラで11.8%であった。これらのWPG値では各単板のMOEが著しく低下することはないことがわかったが、今後WPGが50%程度の単板についてさらに詳細に検討する必要がある。

表4-3 無機質複合化処理前後における単板のMOE測定結果

単板	統計値	MOE (GPa)	
		処理前	処理後
スギ	平均値	5.8	6.3
	標準偏差	1.4	1.5
	変動係数(%)	24.5	23.5
コナラ	平均値	10.8	12.4
	標準偏差	1.9	2.2
	変動係数(%)	17.5	17.7

4. 3. 3 WMC単板を積層した複合化LVLの曲げ性能と燃焼処理の影響

複合化LVLと無処理単板を積層接着した無処理LVLの燃焼処理前の曲げ試験結果を表4-4に示す。Sタイプの無処理LVLはMOEが9.88GPa、MORが69.3MPaとなり、一般的なスギLVLよりも高い値となっている。複合化LVLではMOEが7.92GPa、MORが58.3MPaとなった。第3章で示したスギLVL（第3章記述のV型）のMOEが6.0GPa、MORが45MPaであったことと、試験体寸法の違いなどを考慮して検討すると、Sタイプの複合化LVLの曲げ性能は無処理と同等以上になるものと考えられ、WMC単板の積層接着によって曲げ性能が低下することはないことがわかった。

KSタイプの複合化LVLの曲げ性能はMOEが12.71GPa、MORが97.1MPaとなり、KSタイプの無処理LVLのそれらは10.75GPa、92.5MPaであった。KSタイプの複合化LVLについても無処理と同等以上となることがわかった。

なお、複合化LVLの接着性能は、浸せきはく離試験、煮沸はく離試験ともに構造用LVLのJASを満たす結果となり、接着性能に問題はないことが確認できた。曲げ試験の際に、WMC単板の接着層が破壊することもなかった。

燃焼処理後にLVLの曲げ試験を実施してMORを算出した結果について、スギWMC単板を積層したSタイプの複合化LVLと無処理LVLの結果を図4-4に示す。これより、燃焼処理後の複合化LVLのMORは無処理のそれよりも高くなっている。5分間と10分間の燃焼処理後でのMORの残存率は、無処理でそれぞれ30%、25%、複合化LVLで43%、38%となり、WPGが約30%のスギ

表4-4 複合化LVLと無処理LVLの曲げ試験結果

LVL タイプ	統計値	MOE (GPa)		MOR (MPa)	
		無処理	複合化LVL	無処理	複合化LVL
S	平均値	9.88	7.92	69.3	58.3
	標準偏差	0.50	0.48	7.3	7.8
	変動係数(%)	5.0	6.0	10.6	13.3
KS	平均値	10.75	12.71	92.5	97.1
	標準偏差	0.45	0.45	3.4	5.6
	変動係数(%)	4.1	3.6	3.6	5.8

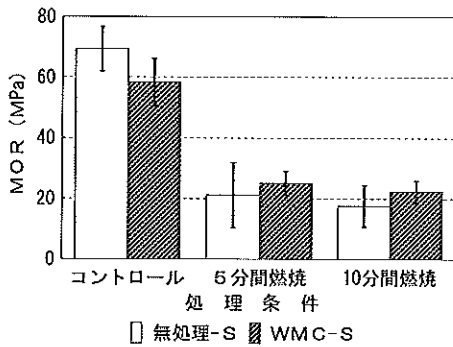


図4-4 スギWMC単板を積層した複合化LVL (WMC-S)と無処理LVL (無処理-S)の燃焼処理後のMORの変化

WMC単板を積層接着することによってMORの残存率の向上が図られたといえる。

燃焼処理後のLVLの断面欠損の発生状況は、図4-5に示すように、スギの無処理LVLでは5分間、あるいは10分間の燃焼処理で炭化を伴う著しい欠損が引張り側2プライまで生じていたが、WMCスギ単板を引張り側に積層接着しているスギ複合化LVLでは欠損は全く生じておらず、外観特性からも耐火性の向上が図られたことがわかった。

次に、KSタイプのLVLで燃焼処理後の複合化LVLと無処理LVLのMORの測定結果を図4-6に示す。図4-4のSタイプのものと比較すると、MORの残存率は小さくなっているが、これはコナラWMC単板のWPGが約10%であったためであると考えられる。

5分間、10分間の燃焼処理後のMORの残存率は、複合化LVLではそれぞれ26%、27%、無処理LVLではそ

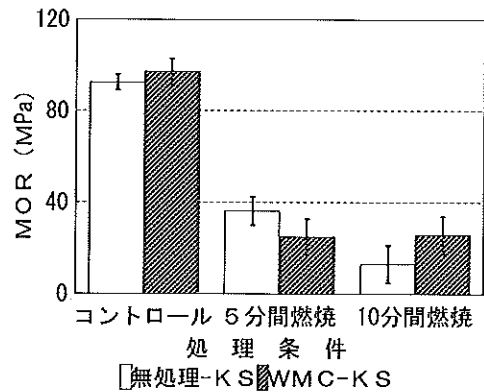


図4-6 コナラWMC単板を積層した複合化LVL (WMC-KS)と無処理LVL (無処理-KS)の燃焼処理後のMORの変化

れぞれ39%、14%となった。10分間の燃焼処理後のMORは、複合化LVLが無処理LVLよりも高い値を示しており、コナラWMC単板の積層接着による耐火性の向上が認められたといえる。しかし、5分間の燃焼処理後のMORの残存率は無処理LVLで高くなっている。

第1章の酸素指数による燃焼性試験の結果から、コナラWMC単板の難燃性は無処理のものより向上していることは明らかである。したがって、本実験のKSタイプの複合化LVLのMORの残存率も、無処理LVLよりも高くなることが予想される。温度上昇速度(加熱速度)等の燃焼処理条件が一定である方法によって、加熱と同時の載荷試験やLVLの燃焼時の温度解析(Bambang Subyaktio *et al.*, 2001)を実施し、WMC単板をLVLに積層することによる耐火性向上の効果をさらに明らかにする必要がある。

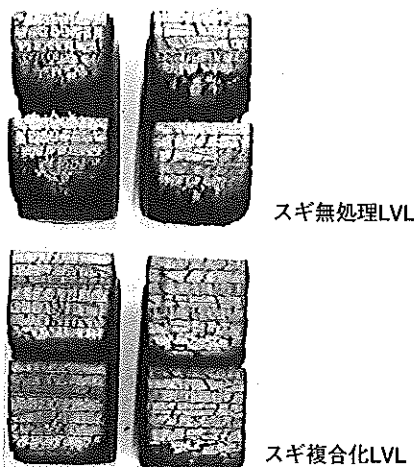


図4-5 5分間の燃焼処理後のスギ無処理LVL(上)とスギ複合化LVL(下)の試験体断面

4.4 まとめ

コロイダルシリカーホウ酸溶液による無機質複合化処理をスギ単板とコナラ単板に施し、無機質複合化処理前後での単板のMOEを測定した。また、WMC単板を積層した複合化LVLを製造し、曲げ性能と接着性能を評価した。そして、複合化LVLに燃焼処理を施した後に曲げ試験を実施し、燃焼処理前に対するMORの残存率を求め、WMC単板のLVLへの積層接着による耐火性の向上について検討した。

無機質複合化処理によるスギ単板の固着無機物量は 111kg/m^3 となり、難燃材料に相当する結果となった。ただし、WPGが約39%でありさらに高いWPGが得られ

れば高い固着無機物量が期待できる。

単板のMOEは、WPGの増加に伴って若干大きくなる傾向が認められた。今後、WPGが50%程度の単板について検討する必要がある。

WMC単板を積層した複合化LVLの曲げ性能は、無処理LVLと同等であり曲げ性能の低下は認められなかった。WMC単板の接着性能について、接着性能は良好でJAS規格を満たす結果であった。

複合化LVLの燃焼処理後のMORの残存率は、スギWMC単板を積層した場合10分間の燃焼処理後38%、コナラWMC単板を積層した場合27%と高くなり、WMC単板の積層による耐火性の向上が図られた。

今後、WMC単板を積層した小、中断面寸法の複合化LVLの曲げ試験と、それらの定量的な燃焼処理条件に伴う曲げ試験を実施し、LVLのWMC単板の積層接着による耐火性の向上についてさらに検討する必要がある。

結 言

島根県産のスギ材とコナラ材より単板を製造し、コロイダルシリカーホウ酸溶液による無機質複合化処理を施し、WPG(%)、難燃性、耐候性などについて評価した。コナラ材の製材と単板の曲げや圧縮の強度性能を評価し、スギとコナラの単板を複合化した異樹種複合LVLを製造して曲げ試験を行った。無機質複合化処理したWMC単板の強度特性を調査し、その後複合化LVLに積層接着して、耐火性についての基礎的な試験を実施した。

コロイダルシリカーホウ酸溶液によって無機質複合化処理したスギ単板とコナラ単板の難燃性を評価した(第1章)。得られた結果は次のとおりである。

- 1) WPGはスギ単板で約50%と高くなり、無機物の固着率も約80%となった。
- 2) 酸素指数、燃焼時間、残炭率は、無機質複合化処理によって著しく向上した。
- 3) WPGと酸素指数との間には正の相関関係が認められ、WPGから酸素指数を推定することが可能となった。
- 4) 無機物は細胞内腔のみならず細胞壁中にも固着し、難燃性に寄与していた。
- 5) 燃焼面の単板のWPGが50%で、その酸素指数が60%

程度になるならば、実際の燃焼挙動に類似した条件下でも高い難燃性が得られた。

コロイダルシリカ溶液による無機質複合化処理単板の色調変化と耐候性を評価した(第2章)。得られた結果は次のとおりである。

- 1) コロイダルシリカ単独溶液やホウ酸単独溶液では、処理に伴ってアルカリ汚染や酸汚染が生じ、促進耐候性試験でも影響が生じた。
- 2) コロイダルシリカーホウ酸溶液は、溶液自体による汚染が生じず、利用上支障がないことがわかった。
- 3) 溶脱処理での色差 ΔE^* は、コロイダルシリカーホウ酸溶液で小さくなった。
- 4) 促進耐候性試験において、コロイダルシリカーホウ酸溶液処理単板は、明度差 ΔL^* と色度差 Δa^* などの増減幅が小さくなり、変色を抑制していた。
- 5) コロイダルシリカーホウ酸溶液処理単板は、木質部の侵食が抑制され、耐候性の向上が期待できた。

島根県産コナラ材とスギ材の異樹種複合LVLへの適用性を検討するために、製材、単板、および異樹種複合LVLの基礎的な強度特性について検討した(第3章)。得られた結果は次のとおりである。

- 1) コナラ材は、曲げヤング係数、曲げ強さ、縦圧縮強度が特に優れていた。
- 2) コナラ材の横圧縮強度は、木口面の道管配列角度と負の相関関係にあった。
- 3) コナラ単板は、高い曲げヤング係数の分布特性を有していた。
- 4) 異樹種複合LVLは、スギLVLよりも高い曲げ強度性能を有していた。
- 5) コナラ単板はLVLの外層部分に構成し、構成割合は40%程度が適切であることがわかった。

無機質複合化処理単板を積層したLVLの曲げ性能と燃焼処理の影響を検討した(第4章)。得られた結果は次のとおりである。

- 1) スギ単板の固着無機物量は、難燃材料に相当することがわかった。
- 2) WMC単板の曲げヤング係数は、WPGの増加に伴っ

て若干大きくなるものの、分布特性に変化は生じなかった。

- 3) 複合化LVLの曲げ性能は、無処理のものと同等であった。
- 4) 複合化LVLの燃焼処理後の曲げ強度の残存率は、無処理LVLより高くなり、耐火性の向上が認められた。
- 5) 今後、定量化された燃焼処理条件下での耐火性の評価が必要である。

本研究において、コロイダルシリカーホウ酸溶液を用いることによってスギ単板とコナラ単板に難燃性と耐候性を付与できることが明らかとなった。また、コナラ材の基礎的な強度特性が把握され、スギ材との複合化による異樹種複合LVLへの適用が可能であることがわかった。そして、コロイダルシリカ溶液により無機質複合化処理したWMC単板をLVLに積層接着すると、耐火性の向上が図られることがわかった。

コロイダルシリカ溶液を用いた無機質複合化処理単板(木材)を今後実用化へつなげていくためには、木材の寸法、含水率、加工工程などの条件が含まれる実用化レベルを想定した製造方法の検討、あるいは屋外や荷重載荷時を想定したような実際の使用環境条件下における詳細な性能評価、さらには使用後のリサイクル(再生利用)方法の検討を要するものと考えられる。しかし、それらについては今後の課題としたい。

本研究で得られた成果が、木材の難燃性と耐候性をはじめとする木材保存技術の向上に、スギ材とコナラ材の利用技術の開発に、そして島根県の林業と木材産業の発展にわずかでも役立てば幸いである。

引用文献

- 雨宮昭二：木材の屋外利用の歴史と今後の方策，木材工業，46 (11)，503-508 (1991)
- 荒川民雄：木質建材のホウ酸塩処理と応用，木材工業，58 (9)，403-408 (2003)
- Bambang Subyakto, Toshimitsu Hata, Isamu Ide, Shuichi Kawai: Fire-resistant performance of a laminated veneer lumber joint with metal plate connectors protected with graphite phenolic sphere sheeting, *Journal of Wood Science*, 47 (3), 199-207 (2001)
- 武南勝美：木材の化学汚染とその対策 (3) 完，木材工業，24 (7)，314-319 (1969)
- Takeshi FURUNO, Tohru UEHARA and Susumu JODAI: Combinations of wood and silicate I. Impregnation by water glass and applications of aluminum sulfate and calcium chloride as reactants, *Mokuzai Gakkaishi*, 37 (5), 462-472 (1991)
- Takeshi FURUNO, Kenta SHIMADA, Tohru UEHARA and Susumu JODAI: Combinations of wood and silicate II. Wood-mineral composites using water glass and reactants of barium chloride, boric acid, and borax, and their properties, *Mokuzai Gakkaishi*, 38 (5), 448-457 (1992)
- Takeshi FURUNO, Tohru UEHARA and Susumu JODAI: Combinations of wood and silicate III. Some properties of wood-mineral composites using the water glass-boron compound system, *Mokuzai Gakkaishi*, 39 (5), 561-570 (1993)
- 古野 毅, 澤辺 攻編：“木材科学講座 2 組織と材質”，海青社，109-110 (1994)
- 古野 毅, 田所隆治, 上原 徹：水ガラス-ホウ素化合物系による無機質複合体の接着性と難燃性，材料，44 (498)，292-296 (1995)
- 古野 毅, 青野重雄, 上原 徹：水ガラス-ホウ素化合物系による木材無機質複合体の力学的性質，材料，45 (6)，687-693 (1996)
- 古野 毅, 栗生 剛, 松岡真吾, 井上唯師, 上原 徹：コロイダルシリカ溶液による木材の無機質複合化とその性質，材料，46 (4)，401-407 (1997)
- 古野 毅, 今村祐嗣, 浅田 修, 加藤定信：コロイダルシリカ溶液による木材無機質複合体の特性—耐蟻性，耐光性，硬さ，耐摩耗性—，材料，48 (3)，245-250 (1999)
- 古野 毅, 後藤崇志, 加藤定信：ケイ酸塩-ホウ素化合物系による木材無機質複合体のEPMA観察と酸素指数法による難燃性評価，材料，50 (4)，383-390 (2001)
- 古野 毅, 勝部雅之, 加藤定信：各種ケイ酸塩溶液系で

- 調製した無機質複合化木材の無機成分分析, 材料, 53 (4), 388-395 (2004)
- 後藤崇志, 池淵 隆, 石橋公雄, 西 政敏, 山根啓義, 二見鎌次郎: 県産スギ材を利用したスギ複合構造用合板の製造と性能評価, 日本木材学会中国・四国支部第11回研究発表会要旨集, 28-29 (1999)
- 後藤崇志, 池淵 隆, 中山茂生: 島根県産スギ材により製造したスギ複合板の性能評価, 日本木材加工技術協会第18回年次大会講演要旨集, 53-54 (2000)
- Takashi Goto, Takashi Ikebuti, Shigeo Nakayama, Akira Fukushima, Takeshi Furuno: THE FOREST RESOURCES AND WOOD INDUSTRY IN SHIMANE PREFECTURE, JAPAN, 16TH INTERNATIONAL WOOD MACHINING SEMINAR PROCEEDINGS PART2: POSTER PRESENTATIONS, 782-789 (2003)
- 後藤崇志, 古野 毅: コロイダルシリカーホウ酸溶液によって無機質複合処理したスギ単板とコナラ単板の難燃性評価, 材料, 53 (4), 381-387 (2004)
- 林 知行, 宮武 敦: スギ複合集成材の強度特性 (第1報) 曲げ, 引張および部分圧縮強度, 木材学会誌, 37 (3), 200-205 (1991)
- 林 知行: “高信頼性木質建材「エンジニアードウッド」”, 日刊木材新聞社, 151-152 (1998)
- 林 知行: スギ構造用LVLの製造上の問題点, 木材工業, 54 (2), 60-65 (1999)
- Tomoyuki Hayashi, Atsushi Miyatake, Masaki Harada: Outdoor exposure tests of Structural laminated veneer lumber I: evaluation of the physical properties after six years, Journal of Wood Science, 48 (1), 69-74 (2002)
- 林 知行: “ここまで変わった木材・木造建築”, 丸善, (2003)
- Tomoyuki Hayashi: Recent development on the processing technology for engineered wood products in Japan, Conference on Forestry and Forest Products Research 2003 (CFFPR 2003) Review, (2003)
- 平井信二: “木の百科 (解説編)”, 朝倉書店, 159-161 (1996)
- 井上嘉幸: “実用木材加工全書10 木材の劣化と防止法”, 森北出版, 274-277, 367 (1972)
- 石川朝之, 堀内清史, 柴田博幸, 戸谷和光, 武田邦彦: 木材の難燃化に及ぼす壁孔の破壊とホウ素化合物の影響, 材料, 52 (3), 301-308 (2003)
- JIS K7350-2: プラスチック実験光源による暴露試験方法第2部: キセノンアーク光源
- 城代 進, 鮫島一彦編: “木材科学講座4 化学”, 海青社, 20 (1993)
- 改訂3版 木材工業ハンドブック編集委員会: “改訂3版 木材工業ハンドブック”, 丸善, 482 (1982)
- 建築知識編集部: “建築知識 [10月号]”, エクスナレッジ, 239-246 (2001)
- 建築知識編集部: “建築知識 [3月号]”, エクスナレッジ, 147 (2002)
- 木口 実: 木材の気象劣化と耐候処理 1. 木材の劣化気象因子と劣化機構, 木材保存, 19 (6), 3-12 (1993)
- 中戸莞二編著: “新編 木材工学”, 養賢堂, 96-99 (1985)
- 日本規格協会: 木材の試験方法 JIS Z 2101-1994
- 日本木材学会地震プロジェクトチーム 有馬孝禮, 飯島泰男, 小松幸平, 高橋旨象, 土居修一: “木造住宅の耐震”, 日本木材学会, 1-10 (1996)
- 日本材料学会木質材料部門委員会編: “木材工学辞典”, 工業出版, 753 (1982)
- 錦織 勇, 安井 昭: 広葉樹小径材の材質調査 (I), 島根県林技セ研報, 40, 61-67 (1989)
- 日産化学工業(株): “スノーテックス コロイダルシリカ” 製品カタログ (2001)
- 日産化学工業(株)化学品事業本部 無機材料事業部: 製品安全データシート N-08 スノーテックス 30, 1-3 (2000)
- 木材活用辞典編集委員会: “木材活用辞典”, 産業調査会, 87 (1994)
- 朴 秉守, 古野 毅, 上原 徹: 紫外線照射による木材表面の顕微化学的変化, 木材学会誌, 42 (1), 1-9 (1996)
- 林野庁 編集: “図説 森林・林業白書 (平成14年度版)”, (社)日本林業協会, 60-62 (2003)

- 最新木材工業事典出版委員会編：“最新木材工業事典”，
 (社)日本木材加工技術協会，60-61，124-125 (1999)
- 坂本 功：“木造建築を見直す”，岩波新書，3 (2000)
- 佐竹義輔，原 寛，亘理俊次，富成忠夫編：“日本の野生植物 木本 I”，平凡社，71 (1989)
- 島根県農林水産部 森林整備課：島根県の森林・林業
 平成15年度版，29 (2003)
- 島根県農林水産部 森林整備課：森林資源関係資料 (平成14年度末現在)，2-59 (2003)
- 島根県林業技術センター，島根県産業技術センター：
 (平成12年度～平成14年度 県立試験研究機関連携推進事業)「地域材を用いた建築部材及び家具・建具用素材の開発」研究報告書，(2003)
- Subyakto, Bambang Subiyanto, Toshimitsu Hata, Shuichi Kawai: Evaluation of fire-retardant properties of edge-jointed lumber from tropical fast-growing woods using cone calorimetry and a standard fire test, *Journal of Wood Science*, 49 (3), 241-247 (2003)
- 鈴木正治，徳田迪夫，作野友康編：“木材科学講座 8 木質資源材料 改訂増補”海青社，63-66 (1999)
- (社)日本農林規格協会：“構造用単板積層材の日本農林規格”(2000)
- (社)全国林業改良普及協会：“林業技術ハンドブック”，
 技秀堂，860-862 (1998)
- 中国四国農政局松江統計・情報センター：農林水産統計
 平成15年木材統計調査結果 (島根県) (平成15年12月31日現在)，1-9 (2004)
- 上杉三郎，原田寿郎，前田 豊，山田 誠：LVLの耐火性能，*木材学会誌*，45 (1)，57-61 (1999)
- 屋我嗣良，河内進策，今村祐嗣編：“木材科学講座12 保存・耐久性”，海青社，161，190-191 (1997)
- 山口東彦：ケイ酸化合物固定木材の調製とその物理的性質，*木材学会誌*，40 (8)，838-845 (1994)
- 吉村 貢，梅村健三：酸素指数法による木材の燃焼試験 (第1報) Up and Down 法による測定，*木材学会誌*，26 (3)，209-214 (1980)
- 吉村 貢，三輪 明：酸素指数法による木材の燃焼試験 (第2報) 日本工業規格法による測定，*木材学会誌*，26 (4)，287-292 (1980)
- (財)日本住宅・木材技術センター：“ティンバーエンジニアマニュアル作成事業報告書 (木造住宅の構造設計の基礎知識)”，2 (1999)
- (財)日本木材総合情報センター：“月刊 WIDE 9月号”，12-15 (2000)
- (財)日本木材総合情報センター：“月刊 WIDE 11月号”，2-7 (2000)

Studies on the Properties of Wood-Mineral Composed Veneers using Colloidal Silica and the Application to Laminated Veneer Lumber

Takahi Goto

ABSTRACT

Japanese cedar (sugi: *Cryptomeria japonica* D. Don) and Japanese oak (konara: *Quercus serrata* Thunb. ex Murray) are considered to be the major tree species in Shimane Prefecture. For the effective utilization of sugi and konara woods and developing the new processing technology of these woods, in this doctoral dissertation, veneers made from sugi and konara woods were treated with the colloidal silica solution to manufacture wood-mineral composed (WMC) veneers, and the properties of WMC veneers were investigated and the application of WMC veneers to laminated veneer lumber (LVL) were attempted.

In Chapter 1, WMC veneers were manufactured with sugi and konara using the colloidal silica-boric acid solution for the purpose of enhancing the fire retardancy of veneers. The evaluation of fire retardancy was experimented by two burning tests with oxygen index (OI) and microburner methods. In addition, the residual char produced after the OI-burning test was observed by electron probe X-ray microanalysis (EPMA).

Weight percent gains (WPGs) for sugi (sapwood and heartwood) and konara veneers were about 50% and 14%, respectively. Ratios of fixation of unleached inorganic substances in WMC veneers were about 80% for sugi and 62% for konara.

OI values of untreated veneers were 22% regardless of wood species and the presence of leaching procedure, whereas WMC veneers of sugi and konara showed OI values of about 57% and 33%, respectively. The burning time and the percent weight of residual char were increased by combination of wood and silicate. As a result of EPMA observation, carbonized cell walls of untreated veneers became thinner, showing an abnormal shrinkage of tracheids and vessels. In the case of WMC veneers of sugi and konara, silica bodies filled up the lumina of tracheids and vessels or sometimes coated the lumen surfaces, and the abnormal shrinkage of cells and the thinning of cell walls hardly occurred. Also, the distribution of silica in the carbonized walls of tracheids, vessel, and wood fibers was found interestingly, giving a fire retardant effect to WMC veneers together with boron compound. The correlation between WPG and OI was recognized and consequently the evaluation of fire retardancy with WPG would be possible.

In the burning test of WMC veneers with a microburner, the increase in temperature on the upper side of specimen was slow. The ignition of WMC sugi veneer was not recognized in 30 minutes and the carbonized area on the under side of specimen was small. When WMC sugi veneer was directly exposed to fire and OI values estimating from the linear regression equation were more than 60%, the fire retardancy could be evaluated to be better.

In Chapter 2, veneers of sugi sapwood and konara were treated with colloidal silica and boric acid solutions to manufacture WMC veneers, and the color changes on the veneer surfaces by treatment were investigated. Then we evaluated the weathering resistances of treated veneers by both leaching procedure and weathering test with a weather meter.

WPG for the colloidal silica-boric acid treatment (CB treatment) was larger than that for the treatment with

only colloidal silica solution or boric acid solution (C or B treatment).

It was found that the CB treatment did not cause any remarkable color change whereas the C or B treatment deteriorated veneer surfaces because of alkalinity or acidity.

The fixation ration of unleached inorganic substances by the leaching procedure was larger in the C or CB treatment than that in the B treatment. Although there was not little correlation between the fixation ration and the color difference (ΔE^*), the ΔE^* value in the CB treatment was the smallest among all the treatments.

In the weathering test, it was observed that the ΔE^* values varied in the initial stage of the test and trended to increase later. The change in ΔE^* for the CB treatment was small in the initial stage, and the ΔE^* value in CB-treated sugi veneers became smaller than control veneer during the test. Furthermore, the CB treatment prevented the portion of earlywood from any physical erosion by weathering test.

In Chapter 3, konara is the most dominant hardwood species in Shimane Prefecture. For developing the new processing technology of unused konara wood, we attempted to manufacture species-mixed laminated veneer lumbers (9 ply-LVLs) by combining with sugi.

We examined strength properties of konara and sugi lumbers such as bending and compressive strengths followed by measuring the modulus of elasticity (MOE) in bending in veneers of both konara and sugi. Three types of species-mixed LVLs composed of konara and sugi veneers were manufactured to test the modulus of rupture (MOR) and the MOE in bending.

Konara lumber was found to have high strength properties in bending and compression parallel to grain, but compressive strength perpendicular to grain was low because konara wood was ring-porous and the concentration of shearing stress occurred in the pore zone.

The MOE of konara veneer showed nearly the same value as that of Dahurian larch (*Larix dahurica* Turcz.).

It was found that species-mixed LVLs enhanced the MOE by 1.7-2.1 times that of LVL composed of sole species of sugi by laminating konara veneer in the face layer and showed the high MOE value when composing konara veneer at the cross-sectional area of about 44%. However, the MOR in bending in species-mixed LVLs did not increase remarkably as much as the MOE.

In Chapter 4, the fire endurance of LVLs laminated WMC sugi or konara veneers in the face layer (WMC-LVL) was examined. The evaluation of fire endurance was experimented by the burning treatment and the bending test. WMC-LVLs were burned by a microburner for 5 or 10 minutes and measuring the MOR in bending. Also we measured the MOE of WMC veneers in bending. In addition, we examined bending properties of WMC-LVLs by the bending test.

The retentions of the MOR of WMC-LVLs laminated WMC sugi veneer and WMC konara veneer after 10 minutes were 38% and 27%, respectively. These retentions of the MOR were larger than that of the control LVLs. The carbonized area on the under side of WMC-LVLs were smaller than that of the control LVLs. The MOE of WMC veneers showed nearly the same value as that of control veneers.

論文

子実体懸濁液散布によるクロマツ苗畑でのショウロ栽培

富川 康之

Effects of Inoculation with Fruit Bodies Suspension on Cultivation
of *Rhizopogon rubescens* in Nursery of *Pinus thunbergii*

Yasuyuki Tomikawa

要 旨

2年生クロマツ苗畑へショウロの子実体懸濁液を散布して、その苗畑での子実体発生量、発生時期および子実体形成部位を調査し、海岸クロマツ林での自然発生実態と比較した。苗畑では散布翌年の秋期から子実体発生が始まり、試験区によっては5年間発生を認めた。散布2年後の秋期に10.2個/m²と最も多く、3年後の秋期までに全体の86%が発生した。苗畑では平均6.8個/m²/年、14.4g/m²/年で、海岸クロマツ林の1.9個/m²/年、3.7g/m²/年に比べて発生数は3.6倍、発生重量は3.9倍であった。苗畑では秋期から冬期にかけて発生が長期間であり、また80%以上の子実体が上部を地表に露出し、これらの発生実態は海岸クロマツ林と異なった。

I 目 的

ショウロ (*Rhizopogon rubescens*) は腹菌類に属し、大きさ1~3 cmのほぼ球形~不正形の食用きのこである。マツと共生する菌根性きのこで、おもに海岸砂丘地に造成された防風クロマツ林に発生する。近年、松食い虫被害等で防風クロマツ林が減少したが、本県では現在でもショウロの発生地域があり、独特の芳香と歯ごたえから料亭などでは貴重な食材として扱われている。

菌根性きのこの林地接種方法として、いくつかのきのこで子実体懸濁液散布が検討され、ショウロについては子実体発生事例が報告されている^{5) 8)}。また、ショウロはクロマツ苗畑での自然発生事例が報告され⁵⁾、宿主が幼齢木であっても子実体形成が可能であることに注目した。本試験では子実体懸濁液をクロマツ苗畑へ散布して、その苗畑での子実体発生量、発生時期および子実体形成部位を調査した。また、海岸クロマツ林で自然発生する子実体を採取する場合と比較して、苗畑栽培の優位性を検証した。

本試験は林野庁研究費助成課題「菌根性きのこの安定生産技術の確立」で実施したもので、本課題に参加され、ご指導頂いた独立行政法人森林総合研究所および各府県の担当者各位にお礼を申し上げる。

II 試験方法

1997~1999年の3月、松江市宍道町の旧林業技術センター構内に花崗岩風化土壌(真砂土)を客土し、幅1 m、長さ約5 mの床替え用の苗床を造成した。苗床1 m²当たり稲わら堆肥2 kg、鶏糞300g、硫酸、過リン酸石灰、熔リンを各50g、塩化カリ20gの施肥およびバイジット粒剤10gを施用した後、2年生クロマツ苗を30cm間隔で植栽した。以後、定期的に手作業で草本類、藓苔類および落葉を除去した。

1997年5月、6月、1998年5月、1999年3月、6月の5回、出雲市浜町の海岸クロマツ林でショウロ子実体を採取した。子実体懸濁液の調整および散布は子実体採取当日、乳鉢等で子実体を破碎した後、子実体重量の100

倍の水道水で稀釈し、それぞれ苗床 1 m²に 2 ℓ を散布した。

各散布区とも 2002 年秋まで約 7 日間隔で苗床の地表を観察し、子実体の上部が地表に露出した時点で採取した(写真 1～3)。また、地表の子実体を採取した際、採取部位から深さ 10 cm まで掘り下げながら直径約 1 cm 以上の子実体を採取し、同時に子実体形成部位を測定した。

1999 年に出雲市浜町の海岸クロマツ林内で、あらかじめショウロ子実体の発生を確認した範囲に自然発生実態

の調査地 105 m² を設置した。1999～2003 年に約 7 日間隔で、熊手を使用して地表に堆積した落葉を除去した後、地表を掻き起こすことによって子実体を採取した(写真 4)。また、地表付近の子実体を採取した際、苗畑での調査と同様に子実体形成部位を調査した。

クロマツ苗畑では 1998～2002 年、海岸クロマツ林では 1999～2005 年、調査地とその周辺でショウロ以外のきのこについても採取し、種名を調査した。

表 1 子実体懸濁液散布によるクロマツ苗畑でのショウロ発生数(個)

懸濁液散布時期	子実体発生時期											
	1997年		1998年		1999年		2000年		2001年		2002年	
	春	秋	春	秋	春	秋	春	秋	春	秋	春	秋
1997年 5月	0	0	0	4	8	9	2	6	0	4	0	2
6月	0	0	0	1	6	10	3	11	0	3	0	1
1998年 5月			0	0	0	2	5	13	2	7	0	3
1999年 3月					0	0	0	7	2	10	0	6
6月					0	0	0	5	6	9	3	8

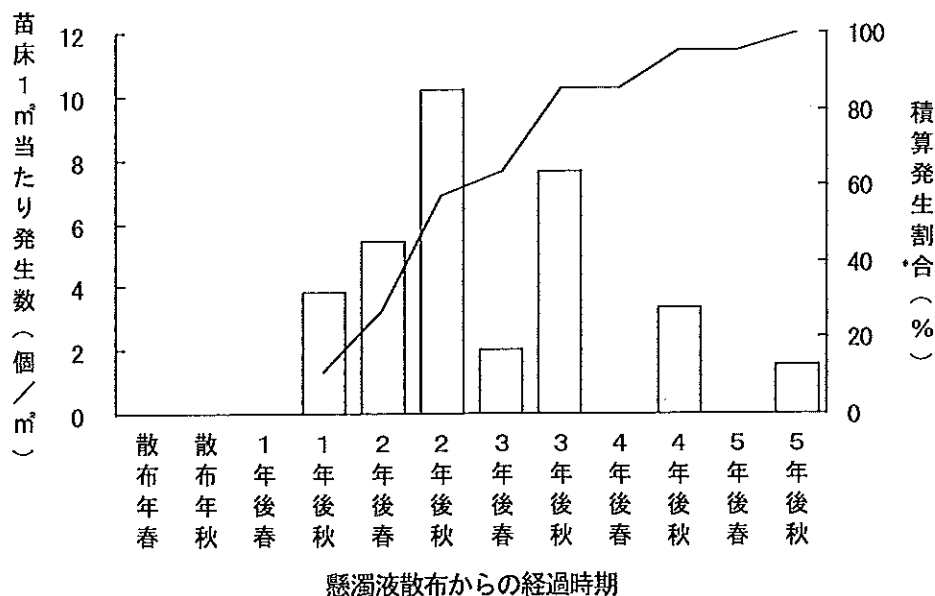


図 1 苗畑でのショウロ子実体発生の推移

Ⅲ 試験結果

1. 子実体懸濁液散布による苗畑でのショウロ子実体発生数の推移

子実体懸濁液の散布時期ごとに、子実体発生数の推移を表1に示した。子実体の発生開始時期はいずれも散布翌年の秋期で、1997年の散布区では1998年から2002年までの5年間発生を認めた。

懸濁液散布からの経過時期別に、苗床1m²当たり発生数の推移を示した(図1)。散布2年後の秋期が最も多く10.2個/m²で、積算発生割合は2年後の秋期までが57.4%、3年後秋期には85.8%に達した。また、秋期の発生量が春期より多く、4年目と5年目は春期の発生を認めなかった。

2. 苗畑および海岸クロマツ林でのショウロ子実体の発生実態

懸濁液を散布したクロマツ苗畑および海岸クロマツ林での子実体発生量および発生時期を表2に示した。苗畑で採取した子実体は158個、333.5gで、子実体1個の平均重量は2.1g、海岸クロマツ林で採取した子実体は957個、1863.6gで、子実体1個の平均重量は1.9gであった。苗床1m²当たり年間発生数は6.8個で、海岸クロマ

ツ林の1.9個に比べて3.6倍であった。また、苗床1m²当たり年間発生重量は14.4gで、海岸クロマツ林の3.7gに比べて3.9倍であった。

苗畑での子実体発生時期は3月中旬～4月中旬、9月中旬～1月下旬であった。ただし、9月中旬～10月上旬の発生は少なく、12月下旬～1月下旬の発生は子実体発生開始年およびその翌年に限られ、概して秋期～冬期の発生時期は10月中旬～12月中旬で春期より長期間であった。海岸クロマツ林での発生時期は3月下旬～7月下旬、10月中旬～11月下旬であった。ただし、5月下旬～7月下旬の発生は少なく、概して春期の発生は3月下旬～5月中旬であった。

採取した子実体のうち、クロマツ苗畑での126個、海岸クロマツ林での271個について、形成部位ごとの子実体数を表3に示した。上部を地表に露出した子実体を「地表」、落葉層の除去作業時に採取された子実体を「落葉下面」とし、土壌中の子実体は地表から子実体上部までの深さを示した。クロマツ苗畑では地表が80%以上で、深さ3cmまでの浅い地表付近が95%以上であった。また、深さ5cm以上では子実体を認めなかった。海岸クロマツ林では落葉層の有無で子実体形成部位の割合が異なるが、いずれも深さ1～3cmまでが多く、全体の約

表2 ショウロ子実体の発生量および発生時期

	クロマツ苗畑	海岸クロマツ林
調査期間	1998～2002年	1999～2003年
調査面積 (m ²)	5	105
子実体発生量		
発生数 (個)	158	957
発生重量 (g)	333.5	1863.6
子実体平均重量 (g)	2.1	1.9
1 m ² 当たり年間発生量*		
発生数 (個)	6.8	1.9
発生重量 (g)	14.4	3.7
子実体発生時期		
春～夏期	3月中旬～4月中旬	3月下旬～7月下旬
秋～冬期	9月中旬～1月下旬	10月中旬～11月下旬

* : 懸濁液散布からの経過時期別1m²当たり発生量(図1)の合計/調査期間(5年)

表3 ショウロ子実体の形成部位 (個, カッコ内は%)

調査期間	クロマツ苗畑	海岸クロマツ林		
	1999~2001年	1999~2002年	1999~2002年	1999~2002年
		落葉あり	落葉なし	合計
調査数	126	230	41	271
地表	105 (82.9)	—	2 (4.9)	2 (0.7)
落葉下面	—	65 (28.3)	—	65 (24.0)
地中—深さ1~3cm	17 (13.8)	141 (61.3)	39 (95.1)	180 (66.4)
— 3~5cm	4 (3.3)	20 (8.7)	0 (0.0)	20 (7.4)
— 5~7cm	0 (0.0)	4 (1.7)	0 (0.0)	4 (1.5)
— 7cm以上	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)

65%, 次いで落葉下面が約25%であった。子実体上部を露出することは少なく、深さ3cm以上の子実体形成割合は苗畑より高かった。

3. 調査地のきのこ相

試験苗床からはショウロ以外のきのこは認めなかったが、苗床の周辺では菌根性のヌメリイグチ、コツブタケ、腐生性のコガネキノカラカサタケが発生した。海岸クロマツ林のショウロ発生地は砂質土で、大半は薄い落葉層があり、植生はクロマツのみで、ここでは菌根性のニセショウロ、コツブタケが発生した。ショウロ発生地の周辺は一部に厚く堆積した落葉層および腐植層があり、クロマツの他に蘚苔類およびカヤツリグサ科の植物を認め、菌根性のシモコシ、アカゲシメジ、ヒメコナカブリツルタケ、ヒメコガネツルタケ、ツルタケ、タマゴテングタケモドキ、フクロツルタケ、オウギタケ、ヌメリイグチ、チチアワタケ、シロハツ、ドクベニタケ、ハツタケ、アンズタケ、マツバハリタケ、ニセショウロ、コツブタケ、ホンショウロの他、腐生性の6種のきのこを認めた。

IV 考 察

本試験では、苗畑でのショウロ子実体の発生量は海岸クロマツ林に比べて多かった。苗畑では子実体懸濁液を散布した翌年の秋期に子実体発生が始まったが、懸濁液散布時から苗畑を使用した6年間の平均発生量を考えても海岸クロマツ林の3倍以上の収量が見込める。また、発生開始後の3年間、すなわち本試験では5年生クロマ

ツ苗までの発生割合が高く、苗畑の使用年数は検討すべきである。

海岸クロマツ林でショウロ子実体の発生実態を調査したが、調査地は既存のショウロ発生地に設置したものであり、海岸クロマツ林全域の発生量は本試験結果より小さな値になるであろう。海岸クロマツ林は苗畑に比べて発生したきのこが多種で、多くはマツと外生菌根を形成して菌糸をマット状に上げる種であるため⁹⁾、ショウロ菌はこれらと競合し、生息域が制限されていると推察される。また、海岸クロマツ林では熊手等を使用して、広範囲の落葉層を掻き取りながら子実体を採取するのに対して、苗畑では大半の子実体が地表に露出するため採取が容易であった。海岸クロマツ林でのショウロ採取に比べて、苗畑でのショウロ生産は収量および採取効率から有利と考える。

本試験では子実体懸濁液散布区のすべてからショウロ子実体が発生したが、過去の予備的な散布試験では必ずしもすべての試験区で子実体発生あるいは菌根形成を認めていない。また、明間らによる報告^{2) 4) 5) 8) 12)}を比較しても子実体発生量あるいは菌根形成率に違いがある。これには接種方法、土壤条件、マツの生育状態などが影響したと推察するが、苗畑でのショウロ生産を実用化するにはより詳細な条件の解明が必要である。また、子実体懸濁液散布ではなく培養菌糸の接種による子実体発生^{10) 13)}、あるいは菌根形成⁷⁾に関する報告があり、苗畑への接種方法について今後検討したい。

本試験では苗床1m²に散布した懸濁液には採取したショウロ子実体20gを使用した¹⁾が、散布量以上に発生量

を得るには3年を要した。生産性を上げるには子実体懸濁液の濃度および散布量、子実体の発生量増加技術^{1) 3) 6) 11)}などの検討が必要である。

本試験ではコガネムシ等の土壤害虫による苗木生長被害を回避するためバイジットを使用した。実際のショウロ生産は無農薬で行うべきである。そのためには無農薬栽培が苗木の根の生長および菌根形成に及ぼす影響を確認する必要がある。

引用文献

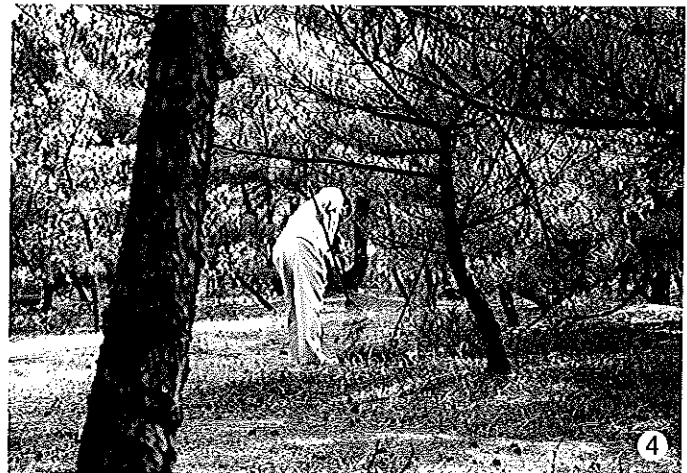
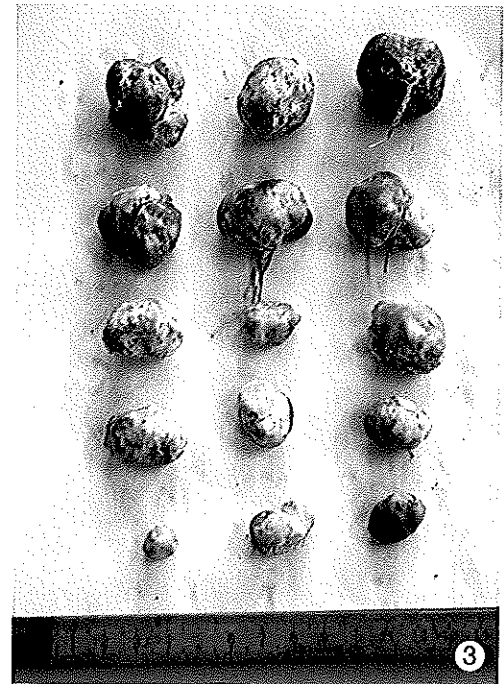
- 1) 阿部 実・伊藤精二：木炭粉埋設によるショウロの増殖。日林東北支誌44：245-246, 1992
- 2) 明間民央・根田 仁・宮崎和弘：菌根性食用きのこショウロの共生栽培に向けた感染苗作成技術の開発。森林総研研究成果選集：34-35, 2000
- 3) 荒尾正剛・市原孝志：食用野生きのこの栽培技術に関する研究—木炭を利用したショウロの栽培技術—。高知林試研報24：38-47, 1995
- 4) 福里和朗：クロマツの外生菌根について（V）—ショウロの接種試験—。日林九支研論集46：199-200, 1993
- 5) 平佐隆文：注目した野外でのショウロ子実体生産事例。島根林技研報42：37-44, 1991
- 6) 平佐隆文：粉状木炭の埋め込みによるショウロの増産試験。島根林技研報43：25-30, 1992
- 7) 平佐隆文：ショウロ土壌培養菌糸体接種によるクロマツまきつけ苗の菌根合成。島根林技研報46：53-56, 1995
- 8) 宗田典夫：海岸クロマツ林の環境整備によるショウロの発生事例。石川林試研報36：28-29, 2004
- 9) 小川 眞：海岸砂丘のクロマツ林における微生物相。林試研報305：107-124, 1979
- 10) 玉田克志・粕谷玲子・菅野 昭・相澤孝夫：ショウロ菌根合成苗による野外での子実体形成。日本応用きのこ学会第6回大会講演要旨：46, 2002
- 11) 徳田進助・濱田 甫：炭施用によるショウロ栽培試験（Ⅱ）。日林九支研論集43：251-252, 1990
- 12) 辻 充・小林康宏：海岸砂防林におけるクロマツ直播法の検討（Ⅱ）。第28回日本緑化工学会発表要旨：237-140, 1997
- 13) 山田明義・小倉健夫：菌根合成をもとにした食用外生菌根菌の栽培。日本菌学会第44回大会講演要旨：62, 2000

Effects of Inoculation with Fruit Bodies Suspension on Cultivation
of *Rhizopogon rubescens* in Nursery of *Pinus thunbergii*

Yasuyuki Tomikawa

ABSTRACT

Fruit bodies suspension of Syouro mushroom (*Rhizopogon rubescens*) was poured into nursery of 2-year-old seedlings of *Pinus thunbergii* and its effects on the inoculation was examined on yield, time of production, and formative position of fruit bodies and these condition were compared with forset of *P.thunbergii* for windbreak on coastal dune. The first production of mushrooms was observed in the fall of the next year after the inoculation in nursery and production were continued for five years in the some study plot. At the rate of 10.2 per 1m² on the nursery bed and season was maximum number of mushrooms in the fall of two years after the inoculation and 86% of the total number of mushrooms was produced in three years period of early stage. The average of yield in number and fresh weight of the mushrooms were 6.8 and 14.4g per 1m² on the nursery bed and year, respectively, and these were 3.6 times in number and 3.9 times in fresh weight, 1.9 and 3.7g per 1m² on the coastal forset and year. The difference between nursery and coastal forest was produced long term throught fall to winter in the nursery and above 80% of the total number of mushrooms were formed at surface of ground with appearance apper parts of fruit bodies.



- 写真1 苗畑でのショウロ子実体の採取
写真2 苗畑で発生したショウロ子実体
写真3 苗畑で採取したショウロ子実体
写真4 海岸クロマツ林でのショウロ子実体の採取

論文

島根県における2004年に異常出沒したツキノワグマの実態調査

澤田 誠 吾・金森 弘 樹・金子 愛*・小寺 祐 二

The unusual high number of Asian Black Bears (*Ursus thibetanus*) witnessed for 2004
in Shimane prefecture

Seigo Sawada, Hiroki Kanamori, Ai kaneko* and Yuuji Kodera

要 旨

2004年は、全国的にツキノワグマが人里へ異常出沒したが、本県においても目撃件数と捕獲数はこれまでに例のないほど多く、それぞれ1203件、115頭（うち15頭放獣）にも達した。2004年の捕獲個体の年齢構成は0～25歳であり、例年に比べると高齢個体も多かった。胃内容物は、9月にはシバグリを認めたが、10～11月には人里へ誘引したカキなどの果実やハチの巣が多く、堅果類はほとんど認めなかった。栄養状態は、例年に比べて良い個体が多かった。しかし、子連れメスの中には極端に痩せた栄養状態の悪い個体も認めた。目視による堅果類の豊凶調査では、全県的にブナとミズナラは凶作傾向であった。本年のツキノワグマの異常出沒は、秋期に堅果類などの餌植物の凶作傾向が大きな要因になったと考える。

I はじめに

2004年の秋期は、北陸地方を中心にツキノワグマ（以下「クマ」と略記）の人里周辺への出沒が相次いだ（環境省, 2005）。本県においても、10月以降に多くのクマが里山や市街地周辺にまで出沒し、カキや養蜂蜜罈などへの被害が頻発した（写真1～4）。このような大量出沒に対して、被害防除を可能なところでは実施したが、多くのクマが捕殺された。本県における有害鳥獣捕獲などによる捕獲数は、これまで最も多かった2002年度の63頭を大きく上回る115頭（うち15頭を放獣）にも達した。

そこで、大量出沒の要因を探るために、捕獲状況と堅果類の豊凶状況を調査し、また捕獲個体の年齢構成、胃内容物および栄養状態の分析を行った。

本調査において、有益なご助言を頂いた(財)自然環境研究センターの藤田昌弘研究員と、捕獲個体からのサンプル採取にご協力頂いた島根県猟友会の皆様、鳥獣保

護員、各市町村の担当者および木次、川本、浜田、益田農林振興センター林業部の各位に厚くお礼を申し上げます。

II 調査方法

2004年に各農林振興センターから提出された捕獲調査票をもとに捕獲区分、性別についてまとめた。養蜂、クリ園、民家のカキなどへ被害を与えたクマを有害鳥獣捕獲、イノシシ捕獲用の脚くりワナと箱ワナによって捕獲された場合を錯誤捕獲、人身事故の回避で射殺された場合を緊急避難および交通事故死に区分した。

2004年4月から12月に有害鳥獣捕獲、錯誤捕獲、緊急避難によって捕殺された個体と交通事故による死亡個体のうち95頭の第2小白歯または第1小白歯、87頭の胃内容物および98頭の周辺脂肪付き腎臓について分析を行った。年齢査定は、八谷・大泰司(1994)の方法に従って、

* 島根県益田農林振興センター

菌根部の50 μ 切片を作成し、セメント質にみられる年輪を数えた。なお、0歳の個体の一部は、乳歯と体重から査定した。胃内容物は、食物項目分析のために70%のアルコールで保存した後に1mm目の篩で水洗し、篩上に残ったものを小寺(2001)に従ってポイントフレーム法で分析した。本調査に用いたクマの胃内容物の多くは、大型の断片として残ったが、小型の断片も多く確認されたため、2mm目の方眼加工を施したシャーレを用いた。水を張ったシャーレに抽出した胃内容物を一様に広げて、格子点上に掛かる摂食物を各項目(木本、堅果類、双子葉植物、単子葉植物、繊維質、ササ、植物質、根・塊茎、コケ、イネ・籾殻、種子、果実、ハチの巣、動物質、獣毛、家畜用飼料、その他)に集計した。格子の数は合計500点とし、次式によって各項目毎に占有率を求めた。

各項目の占有率(%)

=各項目によって被われた格子数/500 \times 100

また、各項目のうち判別可能なものは、種の同定を行った。栄養状態の測定は、腎臓重量に対する両端を切除した脂肪重量の割合である腎脂肪指数(KFI)(Riney, 1955)を算出した。なお、各分析項目の差の有無をMann-whitney U検定によって求めた。ただし、検定に十分なサンプル数のあった10、11月間での検定を行った。

2004年10~11月に、県西部地域(益田市匹見町亀井谷)と県東部地域(飯南町泉民の森)において、ブナ、ミズナラおよびシバグリについて目視による堅果類の豊凶調査を行った。豊凶区分は、樹冠での果実の分布状況が、凶作(なしまたは一部)、並作(まばらで偏りがあり)、豊作(全体に一様)とし、数十本を観察して本県の東部

地域、西部地域の豊凶を評価した。

Ⅲ 調査結果

捕獲数は、有害鳥獣捕獲66頭(オス36頭、メス30頭)、箱ワナによる錯誤捕獲29頭(オス14頭、メス12頭、不明3頭)、脚くくりワナによる錯誤捕獲16頭(オス10頭、メス6頭)、緊急避難4頭(オス)の合計115頭であったが、錯誤捕獲のうち箱ワナ11頭(オス4頭、メス4頭、不明3頭)、脚くくりワナ4頭(オス3頭、メス1頭)は放獣した。なお、この他に交通事故による死亡が6頭(オス3頭、メス2頭、不明1頭)あった。とくに、県西部の益田農林振興センター管内の市町での捕獲が55%を占め、次いで隣接の浜田農林振興センター管内の市町でも30%と多かった。このうち、有害鳥獣捕獲は10~11月に60%が集中し、錯誤捕獲は11月に20%が集中して多かった(表1)。

捕獲個体の年齢構成は、オス0~25歳(平均年齢6.1歳)、メス0~24歳(平均年齢9.1歳)であり、全個体の平均年齢は7.3歳であった。3歳以下の若齢個体が40%、10歳以上の高齢個体が35%を占めた。また、有害鳥獣捕獲個体と錯誤捕獲個体の平均年齢は、それぞれ8.0歳と6.7歳であった。また、有害鳥獣捕獲個体の14%が0歳であったが、これらはメス親と共に箱ワナによって捕獲された個体と単独で捕獲された個体であった。有害鳥獣捕獲以外の捕獲区分でも15%の個体が0歳であった(図1、2)。

捕獲区分別の胃内容物の食物項目毎の占有率を表2~5に示した。有害鳥獣捕獲個体は月毎の差は大きい、ハチの巣、果実、種子および動物質の占有率が高かった。動物質は、ニホンミツバチ(*Apis cerana*)、果実は、カ

表1 捕獲区分別の捕獲数(頭)

月	有害鳥獣捕獲	錯誤捕獲		緊急避難	交通事故
		箱ワナ	脚くくりワナ		
4	0	0 (0)*	1 (1)	0	0
5	0	2 (2)	0 (0)	0	0
6	0	2 (2)	2 (1)	1	1
7	0	0 (0)	0 (0)	0	0
8	3	5 (3)	1 (0)	0	0
9	1	2 (0)	2 (0)	0	1
10	44	4 (1)	5 (1)	1	3
11	17	14 (3)	5 (1)	2	1
12	1	0 (0)	0 (0)	0	0
合計	66	29 (11)	16 (4)	4	6

*うち、捕獲後に放獣したもの。

キ (*Diospyros kaki* Thunb), リンゴ (*Malus pumila* Mill) およびナシ (*Pyrus serotina* Rehder) が同定できた。堅果類は, 10, 11月にわずかに出現したのみで

あった。また, 11月の家畜用飼料は, 鶏舎で摂食したものであった (表2)。錯誤捕獲個体は, 木本の材片とイネ・粃殻の占有率が高かった。動物質で同定できたのは,

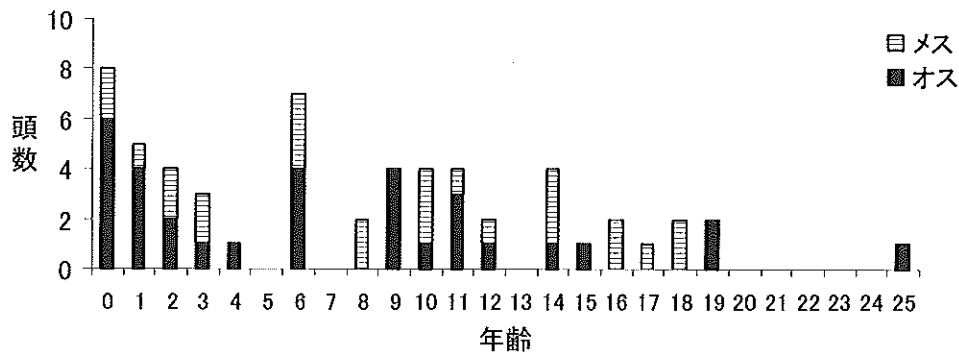


図1 有害鳥獣捕獲個体の年齢構成

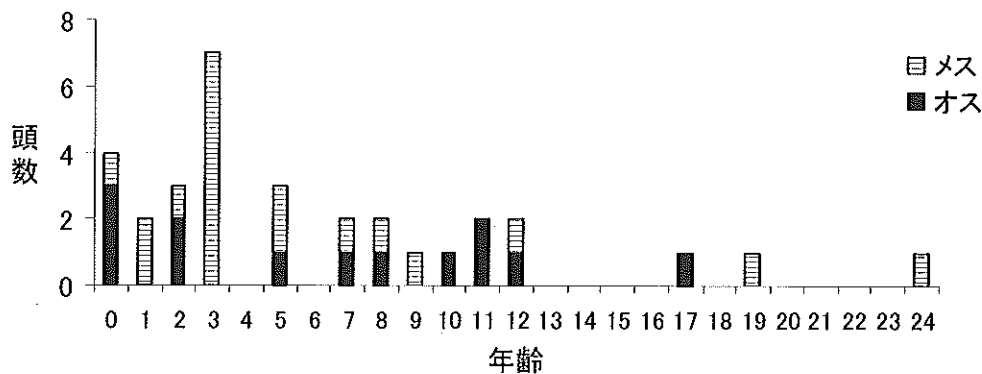


図2 錯誤捕獲個体の年齢構成

表2 有害鳥獣捕獲個体の胃内容物の占有率 (%)

	8月 (n:3)*	9月 (n:1)	10月 (n:35)	11月 (n:13)	12月 (n:1)
木本	2.7	0.0	0.7	1.1	0.0
堅果類	0.0	0.0	0.6	0.9	0.0
双子葉植物	28.7	7.0	27.4	13.2	0.0
単子葉植物	0.1	0.0	0.7	0.4	0.0
繊維質	2.5	2.2	3.3	2.0	2.2
ササ	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0
植物質	0.0	0.0	0.3	0.0	17.2
根, 塊茎	0.0	0.0	0.3	0.6	0.0
コケ	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
イネ, 粃殻	0.4	0.0	0.0	10.3	0.0
種子	21.2	0.0	4.3	11.4	7.6
果実	10.9	4.2	27.9	32.8	70.4
ハチ(巣)	22.9	68.6	23.6	11.1	0.0
動物質	7.6	9.0	8.6	4.0	0.6
獣毛	3.0	9.0	1.8	5.2	2.0
家畜用飼料	0.0	0.0	0.0	6.4	0.0
その他	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0

*サンプル数。

表3 錯誤捕獲個体の胃内容物の占有率 (%)

	6月 (n:1)*	8月 (n:3)	9月 (n:2)	10月 (n:5)	11月 (n:15)
木本	97.0	8.0	9.6	18.2	13.2
堅果類	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9
双子葉植物	1.4	26.3	0.5	42.4	16.6
単子葉植物	0.0	0.1	0.0	0.0	0.7
繊維質	0.0	7.3	18.1	3.6	1.5
植物質	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
根, 塊茎	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
コケ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
イネ, 籾殻	0.0	0.0	26.7	15.8	19.3
種子	0.0	25.3	5.2	2.2	7.5
果実	0.0	0.9	0.0	14.2	26.4
動物質	1.6	31.4	0.9	1.0	5.1
獣毛	0.0	0.8	39.0	2.4	6.6

* サンプル数。

表4 緊急避難個体の胃内容物の占有率 (%)

	6月 (n:1)*	10月 (n:1)	11月 (n:1)
木本	8.0	0.0	84.8
双子葉植物	43.6	25.8	8.0
植物質	0.0	2.6	0.0
根, 塊茎	0.0	0.0	5.0
コケ	0.0	0.0	0.4
種子	2.4	0.0	0.0
果実	0.0	69.6	0.0
ハチ(巣)	0.0	0.0	0.0
動物質	46.0	2.0	0.0
獣毛	0.0	0.0	1.8

* サンプル数。

表5 交通事故死個体の胃内容物の占有率 (%)

	6月 (n:1)*	9月 (n:1)	10月 (n:3)
木本	6.4	0.0	0.0
堅果類	0.0	81.4	0.0
双子葉植物	24.2	0.0	21.5
繊維質	17.6	0.0	8.5
植物質	5.2	0.0	0.0
種子	0.0	0.0	0.5
果実	0.0	0.0	50.9
動物質	46.6	18.6	18.5

* サンプル数

表6 10, 11月の捕獲区分別による胃内容物の占有率 (平均値%)

	10月			11月		
	錯誤捕獲 (n:5)	有害鳥獣捕獲 (n:35)	Mann-whitney U検定	錯誤捕獲 (n:15)	有害鳥獣捕獲 (n:13)	Mann-whitney U検定
木本	18.2	0.7	p<0.05	13.2	1.1	n, s
堅果類	0.0	0.6	n, s	2.9	0.9	n, s
双子葉植物	42.4	27.4	n, s	16.6	13.2	n, s
単子葉植物	0.0	0.7	n, s	0.7	0.4	n, s
繊維質	3.6	3.3	n, s	1.5	2.0	n, s
ササ	0.0	0.0	n, s	0.0	0.6	n, s
植物質	0.0	0.3	n, s	0.3	0.0	n, s
根, 塊茎	0.0	0.3	n, s	0.0	0.6	n, s
コケ	0.0	0.2	n, s	0.1	0.0	n, s
イネ・籾殻	15.8	0.0	p<0.05	19.3	10.3	n, s
種子	2.2	4.3	n, s	7.5	11.4	n, s
果実	14.2	27.9	n, s	26.4	32.8	n, s
ハチ(巣)	0.0	23.6	p<0.05	0.0	11.1	p<0.05
動物質	1.0	8.6	n, s	5.1	4.0	n, s
獣毛	2.4	1.8	n, s	6.6	5.2	n, s
家畜用飼料	0.0	0.0	n, s	0.0	6.4	n, s
その他	0.0	0.1	n, s	0.0	0.0	n, s

* サンプル数を示す。

トゲアリ (*Polyrhachis lamellidens*), ムネアカオオアリ (*Camponotus obscuripos*), オオハリアリ (*Pachycondyla chinensis*), ケバエの一種 (*Bibionidae* sp.) であり, 果実はサルナシ (*Actinidia arguta* Planch) であった。獣毛の占有率が9月に40%と高かったが, イノシシ (*Sus scrofa*) 成獣の毛であった (表3)。緊急避難個体は, 10月に果実の占有率が70%と高かったが, カキであった。動物質は, トゲアリ, ムネアカオオアリおよびトビイロケアリ (*Lasius japonicus*) であった (表4)。交通事故死個体は, わずか1頭ではあるが, 堅果類が9月に80%と高く, シバグリ (*Castanea crenata* Sieb) であった。動物質, 果実のうち同定できたのは, ムネアカオオアリ, トビイロケアリ, クロスズメバチ (*Vespula flaviceps*) およびサルナシであった (表5)。

双子葉植物は, すべての捕獲区分において出現し, 月によって差があるものの全体的に占有率が高かった。有害鳥獣捕獲個体は, 主にカキなどの果樹類の葉であり, 錯誤捕獲個体, 緊急避難個体および交通事故死個体は, 自生植物を多く認めた。同定できたのはマメ科植物, イネ科植物であった。この他に交通事故死個体からミミズ, 昆虫の成虫と幼虫, 有害鳥獣捕獲個体と錯誤捕獲個体からダニ, 昆虫の成虫と幼虫を認めた。

また, 10月と11月に捕獲数が急増したが, この時期の錯誤捕獲個体と有害鳥獣捕獲個体間では, 10月は木本, イネ・籾殻, ハチの巣, 11月はハチの巣で有意差を認め

た (Mann-whitney U検定, $p < 0.05$, 表6)。すなわち, 木本とイネ・籾殻は錯誤捕獲個体で高く, ハチの巣は有害鳥獣捕獲で高かった。有意差は認めなかったものの, 双子葉植物は錯誤捕獲個体でやや高く, 果実は有害鳥獣捕獲個体がやや高かったが, 錯誤捕獲個体でも認めた (表6)。

KFIは, 6~9月は50~60%で推移したが, 10月には78%で, その後11月には103%まで増加した。なお, 10月と11月の間には有意差を認めた (Mann-whitney U検定, $p < 0.05$, 図3)。また, 有害鳥獣捕獲個体と錯誤捕獲個体間には有意差を認めなかった (Mann-whitney U検定, n.s., 図4) が, 子と共に捕獲されたメスの中には極端に栄養状態の悪い個体も認めた。とくに, 10月の子連れメスの栄養状態 (KFI) は, 単独メスよりも1/2以下の低い値を示した (Mann-whitney U検定, $p < 0.01$, 図5)。本調査でのKFIを2002, 2003年度のものと比較すると, やや高い傾向があった (図6)。

豊凶調査は, 西部地域ではシバグリは並作であったが, ミズナラ, コナラおよびブナは凶作であった。一方, 東部地域では, シバグリについては並作であったが, ミズナラ, コナラはやや凶作, ブナは凶作であった。

IV 考察

本調査では捕獲個体の40%がメスであり, うち4歳以上の性成熟 (片山ら, 1996) したメスが30%を占めた。また, 最高齢の24歳のメスが子連れであったことから,

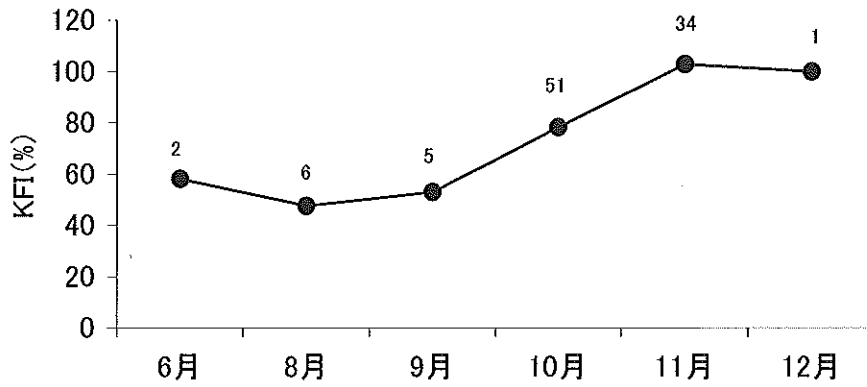


図3 2004年度捕獲個体のKFIの季節的变化

図の数字はサンプル数を示す。

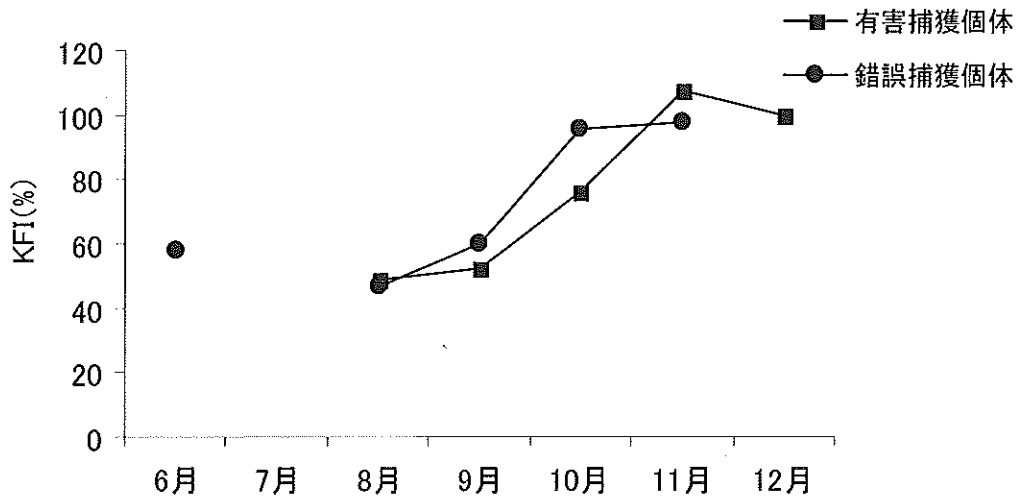


図4 捕獲区分別のKFI

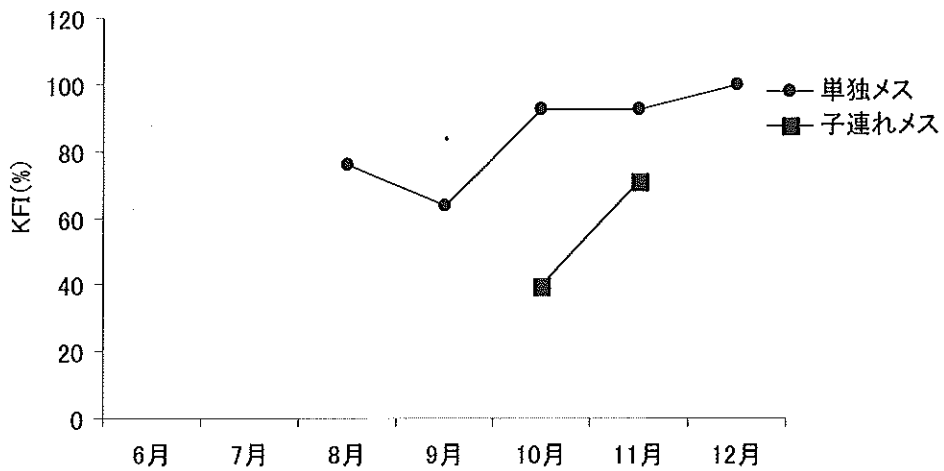


図5 子連れメスと単独メスのKFIの季節的な変化

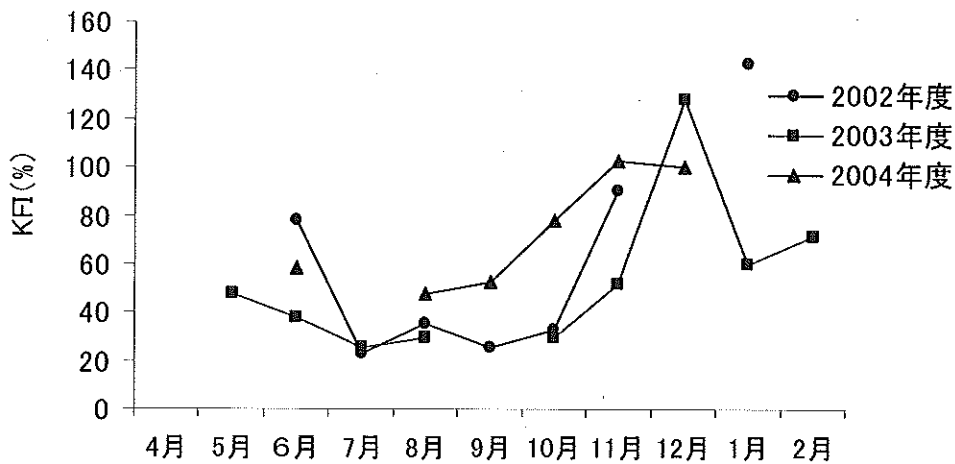


図6 年度別のKFIの季節的な変化

本年は出産経験が豊富な年齢層のメスが多数捕獲されたといえる。このことは、今後の個体群の繁殖に大きく影響すると考えられる。有害鳥獣捕獲された個体の平均年齢が8.0歳と錯誤捕獲された個体の平均年齢6.7歳よりやや高かったが、この原因は不明である。今後も捕獲個体の年齢構成の推移を調査して、捕獲圧が個体群に及ぼす影響をモニタリングしていく必要がある。

食物項目分析では、サンプル数が少ない月もあるが、有害鳥獣捕獲個体では、民家庭先のカキや養蜂蜜罌のハチミツなどの誘引物が多く、錯誤捕獲個体や交通事故死個体は、アリやサルナシなどといった動植物が多かった。繊維質は双子葉植物、単子葉植物を噛み砕いたものと考えられる。錯誤捕獲個体からは、木本とイネ・籾殻が多く出現したが、木本はイノシシ捕獲用の脚くりワナによって錯誤捕獲された際に、周囲の樹木の幹を齧ったものであろう。また、イネ・籾殻は、イノシシを捕獲するために箱ワナに撒いた誘引餌であり、水稻を食害したのではないと考える。有害鳥獣捕獲個体からもイネ・籾殻が出現したが、これも箱ワナでの捕獲の際の誘引餌であろう。イノシシの毛が錯誤捕獲個体から出現しているが、これは何らかの原因で死亡したイノシシを捕食したものと考える。

秋期の主要な食物は、ブナ、ミズナラ、シバグリなどの堅果類(橋本ら, 1997)であるが、食物項目分析では、10, 11月にこれらの堅果類がほとんど出現しなかった。一方、この時期には果実とハチの巣の占有率が高かったが、これは有害鳥獣捕獲された個体はカキなどの果実に

誘引されたためと考える。また、現地での堅果類の豊凶調査でも、シバグリを除いてブナとミズナラは凶作であった。これらのことから、餌資源となる堅果類が、秋期には生息地に少なかったと考えられる。また、堅果類だけでなく漿果類などの餌植物も胃内容物からほとんど認められなかった。したがって、堅果類、漿果類などの多くの餌植物の凶作傾向が本年は一致し、クマが人里へ大量出没した大きな要因になったと推測される。

現地では、10, 11月に果実が、9月から11月に養蜂蜜罌がクマの被害を受けたが、有害鳥獣捕獲個体の胃内容物の占有率からみても、この時期には果実とハチの巣が多く、本調査結果と一致していた。果実の多くはカキであり、カキ100gあたりに含まれる炭水化物は、甘カキ15.9g、渋カキ16.9gと多い(科学技術庁, 2000)。炭水化物にはデンプンや砂糖のように消化されやすく、栄養価の高いものも多くある(森本, 1996)。また、ハチミツの主要成分は果糖とブドウ糖(八巻, 2002)であり、クマにとっては、カキやハチミツは魅力的な食物と考えられる。2002, 2003年度の捕獲個体に比べて、9月から11月にかけてのKFIが高いのは、カキやハチミツを摂食し、その成分である糖類が栄養状態に反映したものと考えられる。錯誤捕獲個体のKFIも、有害鳥獣捕獲個体と同様の傾向を示したが、錯誤捕獲個体の胃内容物からもカキなどの果実が出現しており、これらを摂食してKFIの値が高くなった可能性がある。

本調査において、子と共に捕獲されたメス親の中には極端に栄養状態の悪い個体を認めた。これは、子を伴っ

ているために餌を探す行動が制限されて、自らの摂食が十分にできなかったとも考えられる。また、子連れメスには授乳痕が確認されたことから、授乳によって一層貧栄養状態になったとも考えられる。また、緊急避難と交通事故死を含めると0歳個体が7頭、1歳個体が7頭も単独で捕獲または死亡した。通常、子は1歳まではメス親と行動を共にするが、子連れメスの中には、子育てを放棄して自らの摂食を優先した個体がいるのかもしれない。また、冬眠前には、多量の堅果・漿果類を食べ、その栄養分を体脂肪として蓄えることから、これらの供給量が繁殖の成否を左右する重要な要因(坪田ら, 1998)であるが、生息地にこれらの餌植物が十分になかったために、里部へ積極的に餌を求めて出沒し、捕獲されたことが示唆される。

本調査では、大量出沒の決定的な要因の把握は十分にできなかった。しかし、堅果類などの結実量の年変動、台風や猛暑による餌資源への影響(環境省, 2005)は自然現象である。クマが人里へ出沒するのを防ぐためには、各種の被害対策が欠かせない。代表的な方法として電気柵の設置があるが、本県では費用面などから一部でしか設置されていないのが現状である。今後、クマの誘引物を撤去できない場合は、電気柵などの被害防止対策を実施していくことが必要である。

1998~1999年にかけて実施された生息数調査によれば、西中国地域個体群の生息数は、480±200頭と推定されている(自然環境研究センター, 2000)。2004年には、広島、山口、島根県で233頭が捕殺されたが、これは推定生息数のほぼ半数にも当たる。本年の捕獲が西中国地域個体群に与える影響はきわめて大きいと考えられる。今後、西中国地域のクマ個体群の保護管理を推進していくためには、クマの保護管理に対する地域住民の理解の推進と共に、科学的なモニタリングの継続と、クマの生息地と里山の環境整備や出沒時の適切な対応が重要である。

引用文献

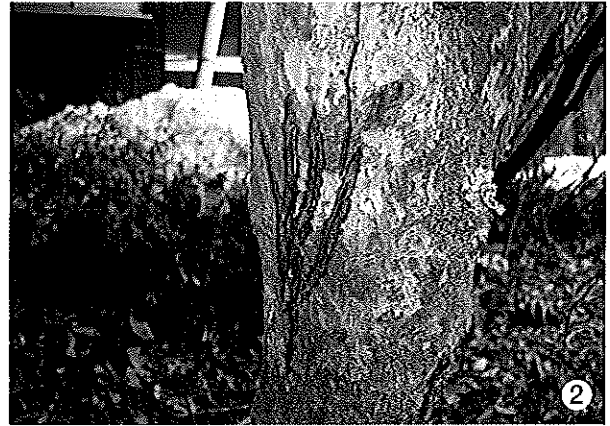
- Riney, T. (1955) Evaluating condition of free-ranging red deer (*Cervus elaphus*) with special reference to New Zealand, 429-463, *New Zealand Journal of Science and Technology*.
- 八谷 昇・大泰司紀之(1994)骨格標本作製法, 99-112, 北海道大学図書刊行会.
- 石田 健(1995)ツキノワグマの食性と生活史, 74pp, 哺乳類科学.
- 片山敦司・坪田敏男・山田文雄・喜多 功・千葉敏郎(1996)ツキノワグマ (*Selenarctos thibetanus japonicus*) の繁殖指標としての卵巣と子宮の形態学的観察, 30pp, 日本野生動物医学学会誌.
- 森本 宏(1996)改著 家畜栄養学, 53pp, 養賢堂
- 橋本幸彦・高槻成紀(1997)ツキノワグマの食性: 総説, 8pp, 哺乳類科学.
- 坪田敏男・溝口紀泰・喜多 功(1998)ニホンツキノワグマ *Ursus Thibetanus japonicus* の生態と生理に関する野生動物医学的研究, 22-23, 野生動物医学学会誌.
- 科学技術庁(2000)5訂 日本食品標準成分表, 108-109, 科学技術庁 資源調査会.
- 財団法人自然環境研究センター(2000)西中国地域主要生息地域のツキノワグマ生息調査報告書, 1-34, 財団法人自然環境研究センター.
- 小寺祐二(2001)島根県石見地方の中山間地域におけるニホンイノシシの保護管理に関する研究, 30-31, 東京農工大学大学院博士論文.
- 八巻孝夫(2002)食の医学館, 485pp, 小学館
- 環境省(2005)ツキノワグマの大量出沒に関する報告書, 1-115p, 財団法人自然環境研究センター.

The unusual high number of Asian Black Bears (*Ursus thibetanus*) witnessed for 2004
in Shimane prefecture

Seigo Sawada, Hiroki Kanamori, Ai kaneko* and Yuuji Kodera

ABSTRACT

In 2004, an unusual number of Asian Black Bears haunted the villages all through Japan. There were 1203 incidents with 115 bears shot or caught while 15 of them were released later. The age distribution of them was between 0 to 24 years old. More elderly bears were captured or shot as compared to these few years. In September, chestnuts were found inside the stomachs, whereas in October and November, mostly fruits and honeycombs, and fewer acorns and nuts. The number of bears with good nutrition in 2004 was bigger than that in these few years. However, there were some breeding females with serious malnutrition. There was a poor harvest on beech and oak all over Shimane Prefecture in 2004 according to observation survey of nuts and acorns. It is suggested that due to the poor harvest in autumn, the unusual number of bears wandered into the villages for food.



- 写真1 養蜂蜜脬の被害
写真2 民家庭先のカキ樹幹の爪痕
写真3 民家の壁に営巣した蜂巣への被害
写真4 クリ園での枝折り被害
写真5 イノシシ捕獲用脚くりワナでの錯誤捕獲
写真6 イノシシ捕獲用箱ワナでの錯誤捕獲

論文

ポット使用によるマテバシイ, シロダモ, タブノキの育苗試験

山中 啓介

Pot Nursing of *Lithocarpus edulis* Nakai, *Neolitsea sericea* Koidz.
and *Machilus thunbergii* Sieb.

Keisuke Yamanaka

要 旨

複数の苗木を1つのポットに育成するポット育苗法について、マテバシイ、シロダモ、タブノキで試験した。いずれの樹種においてもポットが小さく、用土が少ないと発芽率、生存率が低下する傾向があった。マテバシイ、シロダモではポット内に発生した苗木の数が多いものほど苗高が高くなった。マテバシイでは用土を20cmの高さまで入れたロングポットでもポット下部で根の巻き込みが確認された。シロダモ、タブノキでは用土の高さが7.5cmのポットであっても巻き込みは確認されなかった。

I はじめに

島根県海岸クロマツ林の松くい虫被害跡地では植生回復が大きな課題となっており、その手段の1つとして広葉樹植栽が実施されている。しかし、植栽した広葉樹の中には枯死するものも少なくなく、夏季の乾燥や冬季の季節風など厳しい環境のなかで植栽木の活着率をいかに向上させるかが大きな課題である。活着率の向上や早期の樹冠閉鎖を期待して海岸部では密植が行われている(倉田, 1979)。また、植栽時の根系の損傷が少なく、育苗中に形成された根系が植栽後も引き続き機能するポット苗(浅川, 1994)の利用も有効な手段と考えられるが、本県においてはこれら海岸部でポット苗の利用はほとんどない。

一方、山中・井ノ上(2002)は本県海岸部の広葉樹の植生実態を調査し、海岸部での植栽樹種としてシロダモ(*Neolitsea sericea* Koidz.), タブノキ(*Machilus thunbergii* Sieb.)など6種が適しているとした。また、マテバシイ(*Lithocarpus edulis* Nakai)も海岸部での植栽に適していると指摘されている(橋詰・中田ほか, 1993)。

そこで、本研究ではポット苗利用による植生回復技術確立の基礎資料を得る目的で、マテバシイ、シロダモ、タブノキを用いたポット苗の育苗試験を行った。

II 試験方法

2001~2002年、島根県八東郡宍道町(現 松江市宍道町)の島根県林業技術センター構内で試験した。供試種子は2000年に採取したが、マテバシイは出雲市芦渡町、シロダモは益田市久城町、タブノキは隠岐郡海士町に生育するものから採取した。なお、これらの種子は2001年4月23日から49日間、人工気象器内に放置して発芽率を調査した。ポットは用土を20および15cmの高さまで入れた4穴ロングポット(長さ22.5cm, 用土15cmのものはポット長16cmになるように切断)と7.5cmまで入れた1穴ポット(長さ9cm)の3種の黒色ビニール製ポットを使用した(以下、それぞれ「長ポット」「中ポット」「短ポット」とする。)。径はいずれも10.5cmの丸型であった。用土は畑土:鹿沼土:ピートモス:パーミキュライト:油粕:堆肥を1:3:7:1:0.5:0.5の割合で混和したものをを用いた。播種は2001年4月19~20日に行った。

マテバシイ、シロダモはそれぞれ1ポット当たり5, 3, 1個(以下、それぞれ「5個ポット」「3個ポット」「1個ポット」とする。)の3播種区とし、また、タブノキは1個ポットの1播種区とした。各播種区あたり長・中・短ポットをそれぞれ30ポット供試した。また、苗畑にもマテバシイ、シロダモ、タブノキそれぞれ203, 288, 152個播種した。播種後はポットには寒冷紗、苗畑には敷きわらを置き、梅雨入りまで乾燥を防止した。試験期間中をとおして地表面が乾燥したときには適宜灌水した。ポット内の水分状態を把握するために9月25日に発芽しなかったポットの土壌含水率をポット形状別に各3ポットずつ計測した。施肥はポットでは用土に混和した油粕、堆肥以外は行わなかったが、苗畑では基肥のみをN-P-K要素量で15-7-2g/m²化成肥料で施用した。

調査は発芽が出そろった8月7日から11月まで約1か月間隔で生存の有無と苗高を調査した。最終調査日に各播種区当たり5ポットずつ苗木を抜き取り根系の発育状態を観察した。

Ⅲ 結 果

供試した各樹種の発芽率と終調査日における生存の状況を表1に示した。マテバシイの発芽率は人工気象器内で46%、苗畑で60%であったのに対してポットでは20~70%と大きく異なった。概して用土が多量なものほど発

芽率が高かった。シロダモは人工気象器内で31%、苗畑で57%であったのに対してポットでは30~70%であり、概して用土が多量なものが高かった。また、タブノキは人工気象器内で40%、苗畑で37%であったの対しポットでは30~37%と同程度であった。一方、生存状況を見るときはどの樹種、どのポットでも生存率は67%以上であり、特にマテバシイの生存率が高かった。しかし、1ポット当たり1個播種したものではいずれのポットでも生存本数が1以下であり、全く発芽・成長しなかったポットを認めた。

図1にポット土壌の含水率を示した。いずれのポットも表層が最も乾燥し、下方になるにつれ含水率が上昇した。短ポットの表層は平均含水率が約50%と長・中ポットの表層と比較して10%程度低かった。

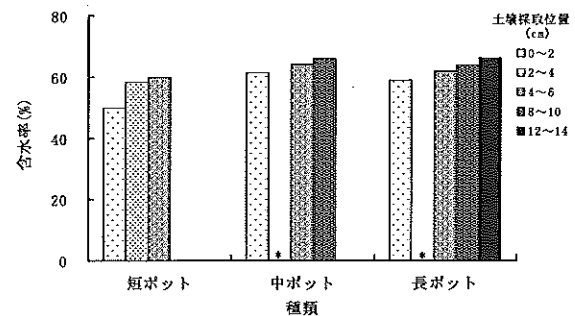


図1 ポット土壌の含水率

ポットへの播種数に関わらず最終調査日に生存している本数をそのポットの生育本数とし、各樹種における1ポットあたりの生育本数毎の成長の推移を図2~4に示した。マテバシイ、シロダモではポット長に関わらず生育本数によって苗高に1.5~2.4倍の違いが見られた。そして、いずれも生育本数が多いものほど発生初期の苗高が高く、その後の成長に密度による差は見られなかった。また、3樹種とも概してポット用土が多いものほど良好な成長を示し、長、中ポットでは苗畑よりも良好な成長を示すものが多かった。

最も良好な成長を示したのはマテバシイが生育本数5本の長ポットで苗高14.6cm、シロダモが生育本数5本の長ポットで7.3cm、タブノキが生育本数1本の長ポットで9.4cmであった。

根系の状態を観察した結果、シロダモ、タブノキではポット長に関わらずポット下部での根の巻き込みはほと

表1 発芽および生存の状況

樹種	播種数	発芽率(%) (/全播種)	生存本数 (/ポット)	生存率(%) (/全発芽)		
マテバシイ	長ポット	5	62.7	3.1	98.9	
		3	34.4	1.0	96.8	
		1	70.0	0.7	100.0	
	中ポット	5	50.0	2.5	98.7	
		3	35.6	1.1	100.0	
		1	53.3	0.5	93.8	
	短ポット	5	22.7	1.1	97.1	
		3	45.6	1.4	100.0	
		1	40.0	0.4	100.0	
シロダモ	苗畑	203	59.6	—	93.2	
		長ポット	5	72.0	3.0	82.4
			3	61.1	1.5	81.8
	1		63.3	0.6	89.5	
	中ポット	5	33.3	1.8	89.8	
		3	51.4	1.3	81.6	
		1	30.0	0.2	77.8	
	短ポット	5	40.7	1.6	80.3	
		3	41.1	0.9	73.0	
1		40.0	0.3	66.7		
タブノキ	苗畑	288	57.3	—	87.9	
	長ポット	1	36.7	0.4	100.0	
	中ポット	1	30.0	0.3	88.9	
	短ポット	1	33.3	0.3	80.0	
	苗畑	152	36.8	—	98.2	

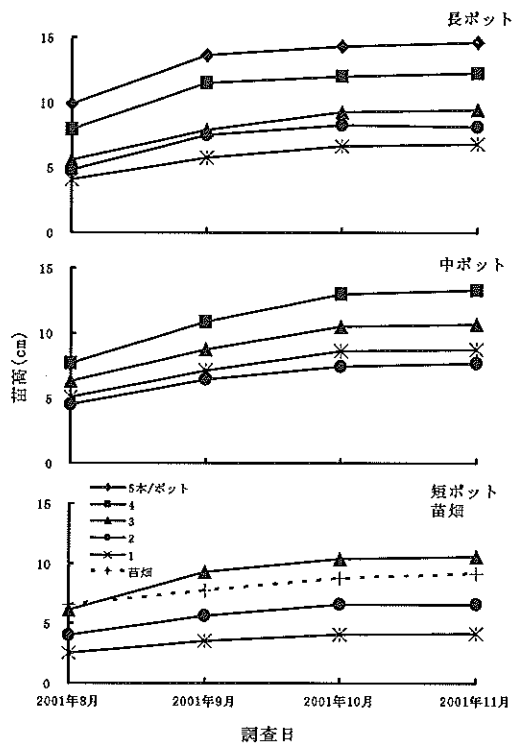


図2 マテバシイの成長の推移

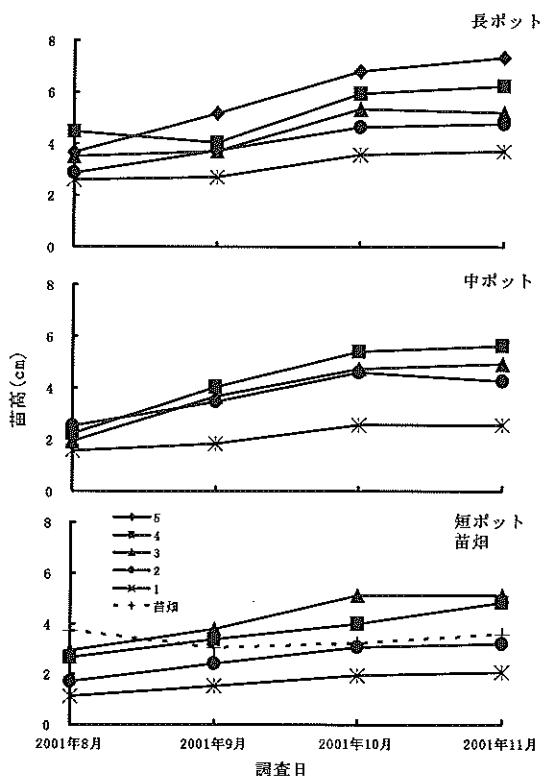


図3 シロダモの成長の推移

んど見られなかったのに対して、マテバシイの中、短ポットではいずれも95%と高い割合で、また、長ポットでも

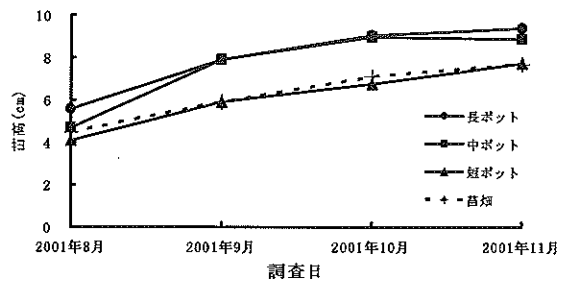


図4 タブノキの成長の推移

表2 マテバシイの根系の状態

ポット種	調査本数	平均根長 (cm)	根巻き率 (%)
長	35	29.93 (±5.99)	31.4
中	31	29.19 (±4.46)	96.8
短	24	30.61 (±10.86)	95.8

注) ()内は標準偏差

30%のもので巻き込みを認めた(写真1, 2, 3,)。表2にマテバシイの根系の状態を詳細に調査した結果を示した。平均根長はいずれのポット長においても約30cmであった。しかし、中、短ポットでは共に約95%と高い割合で、長ポットでも約30%で根の巻き込みが確認された。

IV 考 察

ポット育苗の問題点として大量にポット用土が必要なことや運搬に労力がかかることが指摘されており、ポットに直接播種する場合は複数の種子を蒔き、余分なものを取り除くという対策が行われている(浅川, 1992)。これは発芽しないポットは経費や労力の無駄になるので、このようなポットを生じさせないためである。一方、ポットによる育苗ではポットに直接播種せず苗畑で発芽したものをポットに移植するという方法もある。これらことから、ポットに直接播種して育苗する場合は全てのポットから苗木の発生があり、種子、ポット用土や管理労務の損失を防止するために苗畑と同等以上の発芽率や生存率にする必要があると考えられる。マテバシイでは高い生存率を示したことから、発生する本数を増やすことが重要である。一方、シロダモ、タブノキでは生存率が80%程度のものが多く、苗畑より劣るものも認められた。したがって、発生本数を増加させることに加え、

発芽後に枯損するものをいかに減少させるかということも重要な要素となる。これらのことから、1成長期後に苗木が生育していないポットを生じさせないためにはマテバシイでは長ポットで少なくとも3個、シロダモでは中ポットよりも長いポットに少なくとも3個播種する必要があると考えられる。これに対し、マテバシイ、シロダモ、タブノキともポット長に関わらず1個の播種ではポットに直接播種する育苗方法は有効な手段とはいえないと考えられる。

いずれの樹種においてもポット用土が少ないものが発芽率、生存率が低い傾向があった原因の1つにポット土壌の水分条件が考えられる。これは、ポット用土が少なくなると水分を保持する用土の体積が減少するため、適宜灌水を行ったものの、水分を一定に保持することが困難であったと考えられる。このことは、ポットへの蒔き付け後の管理で最も重要なものが灌水であると指摘されている(大庭, 1994, 浅川, 1999) ことでも裏付けられる。したがって、このことが短ポットで発芽率、生存率が低い傾向を示した大きな要因である可能性が高いと考えられる。

径が10.5cmのポットに苗木が1~5本生育している場合、1m²当たりの本数に換算するとそれぞれ115, 231, 346, 462, 577本となる。一方、標準的な仕立て方としてマテバシイが100~150本/m²で平均苗高13cm程度、シロダモは200本/m²で平均苗高13cm、タブノキは200本/m²で平均苗高10~15cmという報告がある(関西地区林業試験研究機関連絡協議会育苗部会, 1980, 竹内虎太郎, 1975)。これらのことからマテバシイでは1ポット当たり1本、シロダモ、タブノキでは2本が標準的な育苗密度と考えられる。これらの報告とは施肥量や環境条件が違うため一概に比較はできないが、生育本数が多いポットで既存の報告とほぼ同等の苗高を示し、標準的な育苗密度と考えられるポットでは既存の報告よりも成長が劣っていた。用土が多いポットで成長が良好であったことは、1ポットあたりの水分や肥料の総量が多いことが大きく影響していると考えられる。一般的に密度が高くなると肥大成長は抑制されるものの伸長成長を大きく制限することはないとされている(堤, 1994, 玉井, 1989)。一方、トウモロコシでの例ではあるが、発生初期に限っては草丈の高い個体による被陰効果によって低

い個体の伸長成長が促進されると考えられる助け合い的相互作用があるという報告(小川, 1980, Hozumi. et al. 1955)もある。本研究では小川が指摘しているように、マテバシイ、シロダモとも発生初期において密度が高いポットほど苗高が高かった。そして、その後の成長は密度が違っていても大きな違いが見られなかった。これらのことから、本研究で生育本数が多いポットほど苗高が高くなった理由は、発生した苗木によってポット表面が被覆され、水分の蒸発や地温の上昇が抑制された可能性が高いと考えられる。しかし、いずれの樹種も一般的な山出し苗の規格である苗高50~60cm(堤, 1994)に達していないことから2年以上の育苗期間が必要になる。したがって、1つのポットに複数の苗木が生育しているものについては、競争によって今後の成長が抑制される可能性が高いので(小川, 1980)間引きが必要であると考えられる。また、2年以上利用が可能なポット用土、施肥や管理方法の改良が今後の課題である。

ポット育苗で大きな問題の1つがポット内部で根の巻き込みが形成される(浅川, 1999)ことである。マテバシイではこのことが顕著に現れた。平均根長がポット長よりも長いことが、ポット下部で根が巻き込んだ原因である。巻き込んだ根は植栽時に切ることもある。しかし、この場合土が崩れるためポットの効果が薄れること(浅川, 1994)や労務の増大が問題となる。したがって、①より長いポットの使用、②底なしポットを金網などの上に設置して自然に根を切断する自然根切りの手法の適用について今後検討していく必要がある。

本研究によって1つのポットに複数の苗木を育成する方法はマテバシイ、シロダモ、タブノキにおいて育苗法の1つとして可能であると考えられた。そして、用土の改良、適切なポットの形状といったことが今後の課題となっている。複数の苗木が生育しているポットは数本枯損してもいずれかの個体が植栽した位置で生存する可能性が高くなることから、密植や巢植えと同様に早期の地表被覆効果が期待できる。そのうえ同じ本数を植栽する場合、植栽穴を掘る労務が軽減される。このことから、このポット苗の利用は環境の厳しい海岸部などで植生を回復するための有効な手段の1つとなると考えられる。

引用文献

- 浅川澄彦 (1994) 造林学—基礎の理論と実践技術, 川島書店: 221-222
- 浅川澄彦 (1999) 熱帯の造林技術, 国際緑化推進センター: 45-90
- 橋詰単人・中田銀佐久ほか (1993) 図説実用樹木学, 朝倉書店
- Hozumi, et al. (1955) Intraspecific competition among higher plants. IV. Journal of the Institute of Polytechnics, Osaka City University Series D6. : 121-130
- 関西地区林業試験研究機関連絡協議会育苗部会 (1980) 樹木のふやし方, 農林出版
- 倉田益二郎 (1979) 緑化工技術, 森北出版: 298
- 小川房人 (1980) 個体群の構造と機能, 朝倉書店: 137-156
- 大庭喜八郎 (1994) 造林学—基礎の理論と実践技術, 川島書店: 103-104
- 竹内虎太郎 (1975) 緑化用樹木の実生繁殖法, 創文: 271
- 玉井重信 (1989) 森林生態学, 朝倉書店: 80-86
- 堤利夫編 (1994) 造林学, 文永堂
- 山中啓介・井ノ上二郎 (2002) 島根県海岸部における広葉樹実態調査, 日本林学会関西支部研究発表要旨集 53: 41

Pot Nursing of *Lithocarpus edulis* Nakai, *Neolitsea sericea* Koidz.
and *Machilus thunbergii* Sieb.

Keisuke Yamanaka

ABSTRACT

The nursing experiments to plant using one pot with 1-5 seedlings of each three species of broad-leaved trees, *Lithocarpus edulis* Nakai, *Neolitsea sericea* Koidz., *Machilus thunbergii* Sieb. et Zucc. were conducted. The germination and the survival ratio of three species were decreasing at the pots with a little amount of soil. The more seedlings of *L.edulis* and *N.sericea* developed in one pot, the higher they grew up. Even the pots filled to 20cm in depth with soil, the root of *L.edulis* seedlings looped at bottom of the pot. The other species were observed no root looping even the small pot filled to 7.5cm.



写真1 マテバシイの根系
 (上) 短ポット (中) 中ポット (下) 長ポット



写真2 シロダモの根系
 (上) 短ポット (中) 中ポット (下) 長ポット



写真3 タブノキの根系
 (上) 短ポット (中) 中ポット (下) 長ポット

論文

天敵微生物 *Beauveria bassiana* による マツノマダラカミキリ成虫駆除試験

福井 修二

Microbial control of adults of the Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus*,
using nonwoven fabric strips containing *Beauveria bassiana*

Shuji Fukui

要 旨

天敵微生物 *Beauveria bassiana* を培養した不織布製剤を野外の網室内に集積したマツ材線虫病被害丸太上に設置して、さらにシートで被覆してマツノマダラカミキリ成虫の駆除効果を検討した。不織布製剤を設置した試験区のカミキリ成虫の平均生存日数は対照区に比較べて1/2~1/8に短縮し、捕獲後14日以内の死亡率は50~100%と高率であり、死体からは高率に *B. bassiana* の菌そうが発生した。また、*B. bassiana* に感染したマツノマダラカミキリは生存日数が短くなり、後食量が著しく減少した。被害丸太に不織布製剤を設置した後に、人為的に孔を開けないシートで被覆して優れた駆除効果を得た。不織布製剤はマツノマダラカミキリ成虫に対して高い駆除効果を示すばかりでなく、後食行動を抑制することによる材線虫病予防効果も期待できる。

I はじめに

昆虫病原糸状菌 *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin による害虫駆除は環境等への負荷が少ない防除法の一つとして注目され、マツ材線虫病の病原であるマツノザイセンチュウ (*Brusaphelenchus xylophilus*) (Steiner & Buhner) Nickle の媒介者であるマツノマダラカミキリ (*Monochamus alternatus* Hope) (以下「カミキリ」と略記) の駆除に利用する研究も行われた。当初は幼虫殺虫に利用が試みられたが、効果は不安定であり、高い駆除効果を得るためには *B. bassiana* を被害丸太に多量に施用する必要がある、実用的な殺虫効果を得ることは困難であると報告された (島津ら1982, 井ノ上ら1983)。

樋口・中島 (1999) は *B. bassiana* をシート状の不織布に培養した製剤 (以下「不織布製剤」と略記) をカミ

キリ成虫脱出前に集積した被害丸太の上に設置してさらにシートを被覆して、脱出カミキリの70%以上が14日に死亡したことを報告した。興津ら (2000) は菌に感染したカミキリの生存日数が減少して、産卵数が減少することを示唆した。また、岡部ら (2001) は駆除効果を高める方法と感染したカミキリの後食量が減少することを報告した。

本試験では不織布製剤を利用したカミキリ駆除効果を確認し、また施用方法を変えて殺虫効果を調査してその実用性を検討した。

試験を実施するにあたり、不織布製剤等の材料の提供をいただいた日東電工株式会社の樋口俊男氏、井筒屋化学株式会社の岡部武治氏に厚く御礼申し上げる。

II 材料と試験方法

1. 材料

マツノマダラカミキリの寄生を認めたマツ材線虫病枯死木を2003年には江津市黒松町（クロマツ）、出雲市野崎町（アカマツ）、松江市宍道町宍道（クロマツ）また、2004年は江津市黒松町（クロマツ）から入手した。枯死木は伐倒して長さ1mに玉切りして、中央直径4～22cmの丸太として用いた。供試丸太は2003年は5月22日、2004年は5月27日に飯石郡飯南町上来島、中山間地域研究センター構内の野外網室（縦2m×横2m×高さ2m、縦2m×横1m×高さ2m）内に集積した。供試丸太の集積容量は1区につき2003年には0.4m³、2004年には0.2m³とした。供試丸太は1区につき2003年には62～81本、2004年には32～42本用いた。

供試した不織布製剤は幅5cm×長さ50cm×厚さ0.15cmの不織布に*B. Bassiana*を培養した製剤（日東電工株式会社製）であり、集積した供試木の上面に被害材積0.1m³当たり1枚の不織布製剤を設置した。2003年は入手した不織布製剤を4本、2004年は縦長に半分に切断したものを4本固定した。不織布製剤は集積した供試丸太の上面にほぼ等間隔にガンタッカーで固定した。

2. 試験方法

試験区は以下のものを設けた（図1、写真1、2）。

菌単用区：不織布製剤のみ設置し、シート無被覆。

閉鎖シート区：不織布製剤を設置してシートを被

覆。

開孔シート区：不織布製剤を設置してシートを被覆して、集積材の木口面上部の両側に直径15cmの孔を設ける。

対照区：不織布製剤を無設置、シート無被覆。

供試丸太のシート被覆は2003年にはポリエチレン製ブルーシートを用い、シートの裾を集積した被害材の最下部に折り込んだ。2004年は生分解性シートを用いて、シートの裾を折り込まず、地面に15cm触れる程度に被覆した。試験区は2004年に不織布製剤を設置した3区では2回反復したが、2003年の試験区と2003年と2004年の対照区では反復しなかった。

網室内のカミキリは原則としてほぼ毎日捕獲した。網室の天井、壁面、被覆シートの外面上に静止した個体を捕獲したが、菌単用区と対照区では天井、壁面に静止したもののみ捕獲して、丸太上のものは捕獲しなかった。捕獲したカミキリは個体毎に円形ポリ容器（上部直径10.5cm、下部直径9.5cm、高さ4.5cm）に直径3mm程の通気口を6か所開けたものに入れ、マツ枝を餌として与えた。

生存日数は捕獲初日を1日目として死亡した日の前日までとした。既往の研究により、カミキリが性的に成熟して産卵を開始するのは、羽化脱出後14日程度を要することが知られている（岸，1988）。そこで、14日以内に死亡した個体を駆除効果があるものとして、捕獲後14日以内の死亡率（捕獲後の生存日数が14日以内の個体/捕

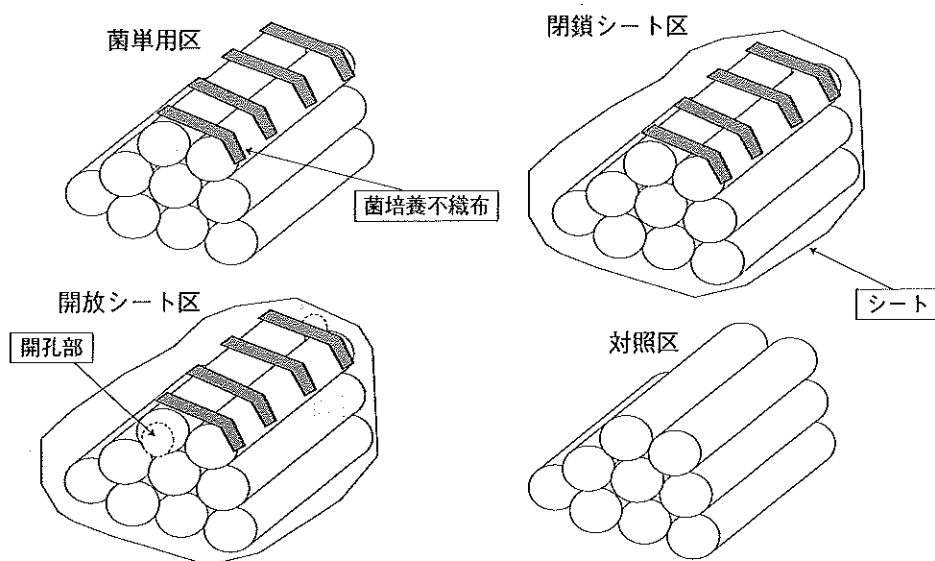


図1 *Beauveria bassiana*培養不織布製剤の設置状況

獲数)を調査した。カミキリ飼育時の餌は2003年にはアカマツ、2004年にはクロマツの針葉を除去した2~3年生の枝を与えた。枝の樹皮が食べ尽くされる前に新しいものを与えた。後食量の測定は後食痕の長さで最大幅を測定して、森本・岩崎ら(1977)の計算式に従い算出した。

死亡したカミキリは直径9cmのガラスシャーレ内に湿らせた濾紙を敷いた上に置いて蓋をして、25℃に調整した恒温器内に入れた(写真3)。その後、30日間死虫の体表面に現れる菌そう(写真4)の有無を観察した。

捕獲終了後(2003年9月29日、2004年10月4日)に被覆シートにカミキリが脱出する際に開けた孔の数と、供試丸太の脱出孔数を調査した。

Ⅲ 結 果

1. カミキリの捕獲状況

カミキリの捕獲は2003年は6月23日から、2004年は6月14日から始まり、兩年とも不織布製剤の設置後半月以上経過した。捕獲期間は2003年が、57日間、2004年は37日間であった。50%捕獲日は2004年が6月27日~7月9日で短期間に集中したが、2003年は7月2日~7月22日で分散した。2003年の脱出孔数は41~238孔であったのに対して捕獲数は32~197頭であり、捕獲率は対照区が91%と最も高く、開孔シート区、菌単用区がこれに次ぎ、閉鎖シート区が最も低く38%であった。

2004年の脱出孔数は26~93孔であったのに対して捕獲数は24~59頭であり、捕獲率は開孔シート区と対照区が82~92%と高く、菌単用区がこれに次ぎ、閉鎖シート区が最も低く35%であった(表1)。

試験終了後に集積丸太を移動した際、多数のカミキリ

表1 マツノマダラカミキリ成虫の捕獲状況

年	試験区	脱出孔数	捕獲数	捕獲率(%)	捕獲の経過(月/日)		
					初日	50%捕獲	最終
2003	菌単用	41	33	80.5	6/23	7/2	8/1
	閉鎖シート	205	78	38.0	6/23	7/17	7/28
	開孔シート	238	197	82.8	6/25	7/10	8/7
	対 照	133	120	90.2	6/23	7/22	8/18
2004	菌単用-1	73	41	56.2	6/17	7/5	7/18
	" -2	72	45	62.5	6/20	7/9	7/23
	閉鎖シート-1	93	49	52.7	6/18	6/27	7/10
	" -2	91	32	35.2	6/20	7/1	7/15
	開孔シート-1	67	55	82.1	6/14	6/27	7/12
	" -2	26	24	92.3	6/20	7/5	7/21
	対 照	66	59	89.4	6/17	7/5	7/23

の死骸があり、それらの中には*B.bassiana*の菌そうが発生しているものを認めた。また、カミキリがシートを喰い破って脱出した孔を開孔シート区では2~3孔、閉鎖シート区では7~14個認めた。

2. 捕獲したカミキリの生存日数

平均生存日数は対照区では31~43日であった。これに対して菌単用区では10~15日、シート被覆区では4~14日、開孔シート区では5~9日であり、不織布製剤を設置した区では著しく短かった(表2)。各個体の生存日数にはばらつきが大きく、対照区では1~105日、菌単用区では1~61日、閉鎖シート区では1~79日、開孔シート区では1~75日であった。

3. 捕獲後14日以内のカミキリ死亡率

捕獲後14日以内の死亡率は対照区が17~18%であった。これに対して、菌単用区では51~82%と高率であり、また、閉鎖シート区では81~94%、開孔シート区では92~100%と著しく高率であった(図2)。

4. *B.bassiana*菌そう発生率

捕獲後14日以内に死亡したカミキリから発生した*B.bassiana*の菌そう発生率は対照区が0%であった。これに対して、菌単用区では43~55%と高率であり、また、閉鎖シート区では59~87%、開孔シート区では72.2~81.9%と著しく高率であった(図3)。

5. 不織布製剤の殺虫効果維持期間

閉鎖シート区で捕獲したカミキリについて、捕獲後14日以内の死亡率と*B.bassiana*の菌そう発生率の経過を

表2 マツノマダラカミキリ成虫の平均生存日数

年	試験区	平均生存日数	
		平均生存日数	標準偏差
2003	菌単用	10.0	11.1
	閉鎖シート	13.5	19.0
	開孔シート	8.6	10.7
	対 照	42.6	26.2
2004	菌単用-1	16.3	14.6
	" -2	13.2	14.1
	閉鎖シート-1	7.5	5.1
	" -2	3.8	6.9
	開孔シート-1	5.4	3.7
	" -2	5.2	3.3
対 照	31.1	16.4	

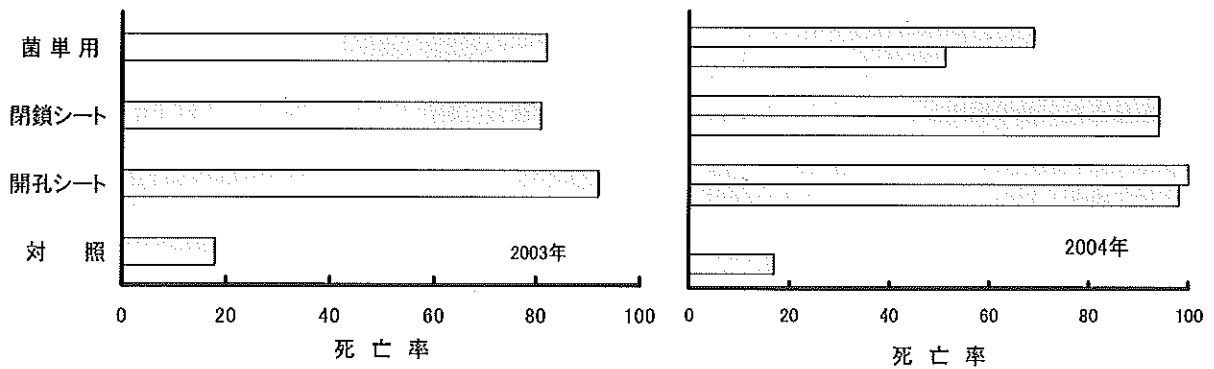


図2 捕獲後14日以内のマツノマダラカミキリ成虫の死亡率

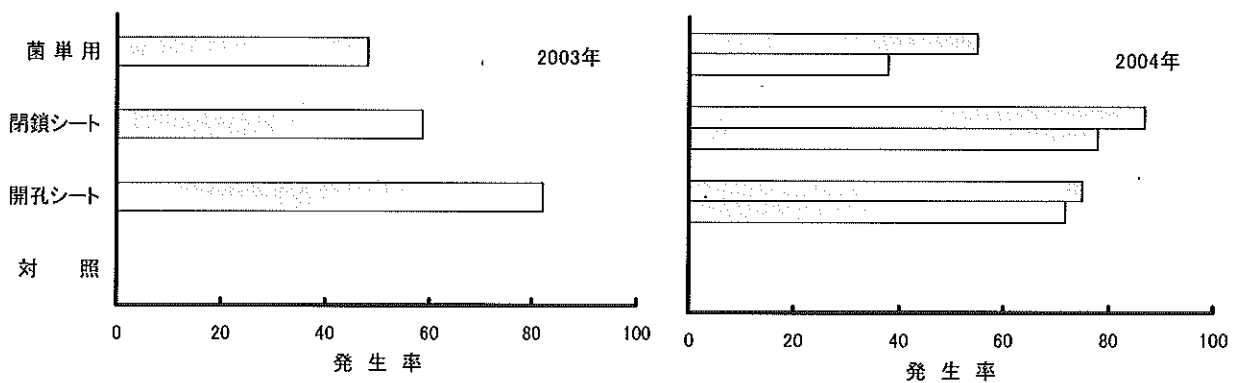


図3 捕獲後14日以内に死亡したマツノマダラカミキリ成虫の*Beauveria bassiana*菌そう発生率

表3 捕獲したマツノマダラカミキリの菌そう発生の経過 (閉鎖シート区)

年	経過日数	全捕獲数	14日以内死亡率	菌そう発生率
2003	31 ~ 35	5	80.0	100.0
	36 ~ 40	10	80.0	75.0
	41 ~ 45	4	75.0	100.0
	46 ~ 50	25	80.0	60.0
	51 ~ 55	19	84.2	43.8
	56 ~ 60	10	80.0	62.5
	61 ~ 65	5	80.0	25.0
2004 区-1	16 ~ 20	6	100.0	83.3
	21 ~ 25	10	100.0	90.0
	26 ~ 30	2	100.0	100.0
	31 ~ 35	22	100.0	68.2
	36 ~ 40	7	85.7	83.3
2004 区-2	41 ~ 45	2	0.0	-
	21 ~ 25	3	100.0	100.0
	26 ~ 30	4	100.0	50.0
	31 ~ 35	9	88.9	100.0
	36 ~ 40	7	100.0	85.7
	41 ~ 45	5	80.0	100.0
	46 ~ 50	3	66.7	100.0
	51 ~ 55	1	100.0	100.0

みると、2003年は65日後まで死亡率は75~100%以上、菌そう発生率は45日までは75~100%と高率であった。しかし、46日以降の菌そう発生率は25~63%に低下した。2004年は捕獲後55日まで死亡率、菌そう発生率ともに

80%以上と高率であった(表3)。

6. 捕獲したカミキリの後食量

対照区の平均後食面積36~42cm²であったのに対して、菌単用区では4~6cm²、シート被覆区で2~8cm²、開孔シート区では2~4cm²と小面積であった。なお、いずれの区においても捕獲個体ごとの後食面積のばらつきが大きかった(表4)。

表4 マツノマダラカミキリの平均後食量

年	試験区	平均後食面積(cm ²)	標準偏差
2003	菌単用	4.4	7.5
	閉鎖シート	7.6	16.8
	開孔シート	4.2	10.2
	対照	35.1	28.8
2004	菌単用 -1	6.0	6.2
	" -2	5.1	5.9
	閉鎖シート -1	1.7	2.3
	" -2	2.1	3.5
	開孔シート -1	1.7	1.4
	" -2	2.1	3.2
	対照	12.7	8.8

IV 考 察

*B. bassiana*を培養した不織布製剤を設置した試験区ではカミキリの捕獲率が低かったが、これは集積した丸太の隙間や下部からカミキリの死骸が見いだされたので、多くが*B. bassiana*に感染して飛翔せずに死亡したものと推察する。また、対照区に比較して不織布製剤を設置した試験区のカミキリの平均生存日数は1/2~1/8に短縮し、捕獲したカミキリの14日以内の死亡率は50~100%であり、また死亡個体からは菌そうが高率に発生した。これらは不織布製剤の設置によって高率にカミキリを駆除したことを示す。

不織布製剤の設置によって*B. bassiana*に感染したカミキリは生存日数が短くなり、後食量は著しく減少した。マツ材線虫病の病原はマツノマダラカミキリによって媒介され、カミキリが後食時に枝に付ける傷から樹体内に侵入するため、この後食面積が少なければ感染する危険は低くなる。不織布製剤の設置は後食を抑制する効果があり、枯損防止効果が期待できる。岡部ら(2001)はカミキリを不織布製剤に強制接触させた後にマツ苗木を置いた網室内に放虫して、接触せずに放虫した対照区のマツ苗が100%の枯死率であったのに対して、接触して放虫した区のマツ苗の枯死率は25%に留まったと報告している。

不織布を設置した各試験区の防除効果の差を見ると、菌単用区ではシートを被覆した2区に比べて捕獲したカミキリの生存日数は長く、捕獲後14日以内のカミキリ死亡率が低く、*B. bassiana*菌そうの発生率が低かった。シート被覆をしないためにカミキリが脱出後直ちに丸太から飛翔するために不織布製剤に接触する機会が低下したためと考える。また、これによってシート被覆をした区に比べて生存日数は長期化して、平均後食量も増加したと推察する。不織布製剤のみの設置では安定した駆除効果は期待できない。

シートを被覆した2区では平均生存日数と菌そうの発生率はほぼ同様であり、閉鎖シート区では開孔シート区に比べて捕獲後14日以内の死亡率はやや低かったが、捕獲率は1/2に過ぎなかった。なお、後食量はいずれの処理区でも同様に低かった。したがって、不織布製剤を設置した後にシートを被覆すること、またこのシートに人為的に開孔しないことが最も効果的な方法であると考え

る。なお、閉鎖シート区の捕獲率は最も低かったが、これはシートが物理的な障壁となって、カミキリが容易に脱出できないこと、またシート内部での停留が長期化して不織布製剤に接触して感染・死亡する個体が多くなったと考える。

閉鎖シート区の捕獲後14日以内の死亡率は開放シート区よりやや劣った。閉鎖シート区でのカミキリの捕獲数はシートに開けられた孔の数の4~6倍あり、脱出するカミキリの多数は既に開けられた孔を利用して脱出するが、このときに最寄りの孔から脱出して、設置した不織布製剤に触れずに感染を免れた個体があったと考える。一方、開孔シート区ではカミキリの捕獲率は高く、捕獲後14日以内の死亡率は最も高かった。カミキリの多くは人為的に開けた孔を利用して容易に脱出するために捕獲率は高くなるが、このとき開口部の最寄りに設置された不織布製剤付近を通過するために不織布製剤に接触する機会が多くなり死亡率が高くなったと考える。

不織布製剤を設置した各試験区で捕獲したカミキリには生存期間が30日を超えるものがあった。これらは不織布製剤周辺に移動しなかったことによって感染を免れた個体と推測する。駆除効果をさらに高めるためには、カミキリを不織布製剤に接触させる機会を増やす工夫が必要であると考えられる。

捕獲後14日以内に死亡したカミキリに菌そうの発生が見られない個体があった。対照区でも14日以内に17~18%が死亡しているので、*B. bassiana*の感染以外の何らかの要因によって死亡したと考える。また、興津ら(2005)は不織布製剤を設置したにもかかわらず菌そうの発生がない死亡個体について統計解析を行い、*B. bassiana*に起因する死亡要因に影響されていたことを示唆しており、感染・死亡後に、何らかの理由によって菌そうが発生しなかったものが含まれると考える。

岡部ら(2001)は1か月使用した不織布製剤へ強制接触させたカミキリの平均生存日数は6日と短く、高い殺虫効果が得られたことを報告している。本試験では設置後50日を経過するまでは80%の死亡率と60%以上の菌そう発生率を維持しており、不織布製剤の殺虫効果は設置後2か月程度持続すると考える。

本法の利点は生物である天敵を利用するものであり、環境への負荷が小さい方法であることである。また、設

置には、燻蒸処理とほぼ共通した作業工程を要するが、密閉する必要はないので、労力・経費は軽減される。

本試験は標高440mの冷涼な場所で、直射光が当たらない網室内において実施して高い駆除効果を得た。今後は菌の劣化防止や殺虫効果の向上を図り、また秋・冬期の施用や高温にさらされる疎林状態での海岸林など、各種状況下での検証が必要である。

引用文献

島津光明・申田 保・片桐一正 (1982) 天敵微生物によるマツノマダラカミキリ防除試験—脱出直前の被害材の処理—。日林論, 93: 399-400.

井ノ上二郎・周藤靖雄・山田栄一 (1983) マツノマダラカミキリの天敵調査と天敵微生物によるマツノマダラカミキリ殺虫試験。島根林技研報34: 29-37

樋口俊男・中嶋清明 (1999) 昆虫病原糸状菌*Beauveria bassiana*を培養したシート型不織布製剤によるマツノマダラカミキリ成虫駆除の可能性。応動昆講旨43:

26

森本 桂・岩崎 厚 (1977) マツノマダラカミキリに関する研究 (XXII) —飼育容器内での後食量—。日林九州研論30: 221-222

岡部武治・中嶋清明・高井一也・鈴木敏雄・樋口俊男 (2001) *Beauveria bassiana*を培養したシート型不織布製剤によるマツノマダラカミキリ成虫駆除。日林九支研論文集, 54: 115-116.

興津真行・岸 洋一・高木よし子 (2000) *Beauveria bassiana*を培養したシート型不織布帯の施用によるマツノマダラカミキリ成虫の制御。日林誌 3: 276-280

岸 洋一 (1988) マツ材線虫病—マツくい虫—精説。127pp. トーマスカンパニー。東京

興津真行・谷脇 徹・大田郁夫・岸 洋一 (2005) ボーベリア菌培不織布帯を施用したマツ丸太から脱出したマツノマダラカミキリ成虫の野外条件下における高い死亡率。応動昆49 (4) : 223-230

Microbial control of adults of the Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus*,
using nonwoven fabric strips containing *Beauveria bassiana*

Shuji Fukui

ABSTRACT

Control experiments using nonwoven fabric strips containing an entomogenous fungus, *Beauveria bassiana*, were conducted to kill adults of the Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus*. The strips containing the fungus were placed over infested pine logs, being covered with sheets in field cages. In the plots of the strips containing the fungus, survival days of adults were shortened by 1/8 to 1/2 of those in the control plot. Besides, mortality within 14 days was 50-100% of all the adults captured and the fungal hyphae developed on killed adults in high rate. The adults infected with the fungus were early killed and amount of the maturation feeding by them was significantly reduced. The highest control effect was obtained when the logs placing the strips over were covered with the sheet, on which no holes were artificially made. Not only the effect killing adults of the pine sawyer, but also the effect preventing the pine wilt disease due to suppress the maturation feeding are expected under the control practice applying the nonwoven fabric strips containing *B.bassiana*.

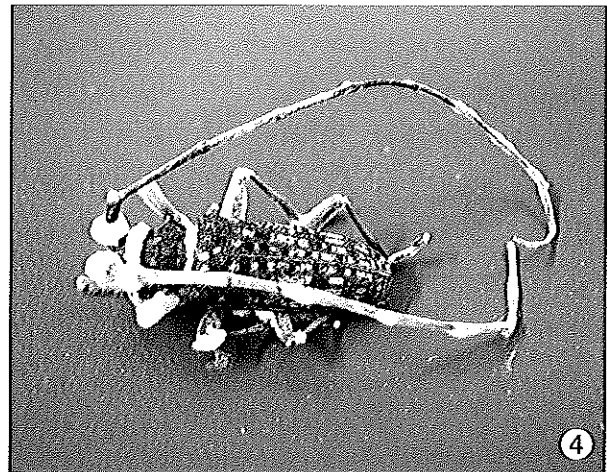
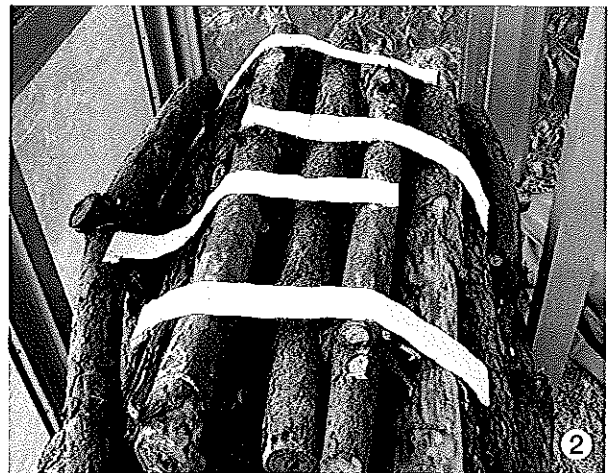


写真1 網室での試験状況（開孔シート区）

写真2 *B. bassiana*を培養した不織布製剤の設置状況

写真3 死虫からの菌そう発生状況調査

写真4 *B. bassiana*に感染・死亡したマツノマダラカミキリ（体節に白色の菌そうが発生）

論文

島根県産スギ材とコナラ材により製造した集成材の性能評価(Ⅱ)

後藤 崇志・池 淵 隆・中山 茂生*・福島 亮

Performance Evaluation of Laminated Woods Produced from Sugi (*Cryptomeria japonica*) and Konara (*Quercus serrata*) Grown in Shimane Prefecture (Ⅱ)

Takashi Goto, Takashi Ikebuchi, Shigeo Nakayama*, and Akira Fukushima

要 旨

島根県産スギ材とコナラ材より集成材用ラミナを製造し強度等級区分を行った。短尺ラミナはフィンガージョイント (FJ) によりたて継ぎ加工を施し, FJラミナの曲げと煮沸はく離試験により性能を評価した。断面構成の異なる2種類の実大コナラスギ異樹種集成材を製造し, 曲げと接着性能の試験を行った。ラミナの動的ヤング係数は, スギFJラミナ8.10GPa, コナラFJラミナ17.87GPaとなり, コナラは実大ラミナでも高い強度性能を有していた。FJラミナの曲げ強度 (MOR) はスギ42.1MPa, コナラ67.9MPaとなり, コナラFJラミナはフィンガーの引き抜け破壊が生じるものの高い接合強度を有すると考えられた。最外層にコナラFJラミナを構成した集成材は高い曲げヤング係数 (MOE) とMORを示したが, 最外層コナラFJラミナのFJ接合部の性能によってMORがばらつく傾向が認められた。コナラスギ集成接着, スギスギ集成接着とも高いせん断強度を示した。

I はじめに

島根県の森林資源蓄積量は, 針葉樹材ではスギが2,507万 m^3 , 広葉樹材ではコナラが994万 m^3 で蓄積量が多く主要な樹種となっている (島根県農林水産部森林整備課, 2005)。スギ材は間伐材をはじめ中小径材の利用技術の開発が求められており, コナラ材はこれまで主にシイタケ原木やチップ用材に利用されていたが, その需要は減少している。島根県産コナラ製材の小試験体での材質特性を求めた結果, 気乾時密度0.83g/cm 3 , 曲げヤング係数14.8GPa, 曲げ強さ141MPa, 縦圧縮強度60MPaと強度性能が優れていることがわかった (後藤ほか, 2004)。しかし, 乾燥による割れや狂いが生じやすいため用材としてはほとんど利用されていない (建築知識編集部, 2002)。

これまで筆者らはスギ材とコナラ材の新たな利用方法として, これらを集成接着したコナラスギ異樹種集成材の製造と性能評価を行ってきた (後藤ほか, 2001)。小試験体による性能評価の結果, 曲げ試験ではコナララミナを最外層に構成した平使い集成材でコナラスギスギスギコナラの断面構成が最も高い曲げ性能が得られることを明らかにした。接着性能試験では, 浸せきはく離試験とブロックせん断試験でJAS (財団法人日本合板検査会, 1996) の基準を満たす結果が得られている (後藤ほか, 2001)。しかし, これらは小試験体による結果であり, 実大材でフィンガージョイント, あるいは異樹種接着など様々な因子を考慮した性能評価を実施する必要がある。

そこで, 本研究では実大寸法のコナラスギ異樹種集

* 現農林水産部林業課

成材を製造し、構造用集成材の日本農林規格など（財団法人 日本合板検査会，1996）に準じて各種の性能評価を実施してコナラスギ異樹種集成材の製造技術の開発を試みた。

II 試験方法

1. スギラミナおよびコナララミナの製造と強度等級区分

島根県産のスギ (*Cryptomeria japonica* D. Don) とコナラ (*Quercus serrata* THUNB. ex Murray) の丸太から集成材用ラミナを製材した。スギ丸太は材長2.0～2.5m，末口径280mm，コナラ丸太は材長2.0m，末口径200～400mmのものを用いた。それぞれの丸太から幅140～180mm×厚さ30～40mmのラミナを製材し，天然乾燥と人工乾燥により含水率を15%以下に調整した。

乾燥後，各ラミナは縦振動法により動的ヤング係数 (Efr) を測定して強度等級区分を行った (写真1)。その後，ラミナは節や割れなどの欠点を除去して幅121mm×厚さ26mmに調製し等級ごとにフィンガージョイント (FJ) によるたて継ぎ加工を施した。なお，スギラミナ65枚は通直ラミナとして用いて強度等級区分を行った。

2. FJによるラミナのたて継ぎ加工

節や割れなどのあるスギとコナラのラミナは垂直型 (材幅の広い面に歯型が見える) のフィンガー加工を施してFJラミナとした。材長は2,500mmに仕上げ，スギ74枚，コナラ113枚のFJラミナを製造した。

フィンガーの形状を図1に示す。カッターは $t_2=0.7\text{mm}$ ， $p=4.0\text{mm}$ ， $l=12.4\text{mm}$ ， $\theta=6^\circ$ に設定されている。接着剤はレゾルシノール樹脂 ((株)オーシカ製

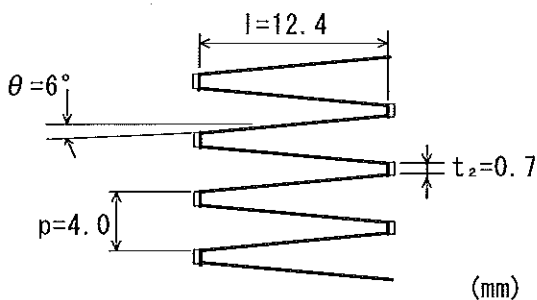


図1 フィンガージョイントの形状

D-33N) を両面塗布し，油圧シリンダーによって約10秒間圧縮した (写真2)。エンドプレッシャーはスギ 50kgf/cm^2 ，コナラ 100kgf/cm^2 とし，圧縮後約1週間養生した。その後，再びEfrを求めて強度等級区分を行うとともに，重錘法による静的曲げヤング係数 (静的MOE) も合わせて測定した。

3. FJラミナの曲げ試験と煮沸はく離試験

FJラミナの曲げ試験と煮沸はく離試験は，幅120mm×厚さ24mmで材長210mmの煮沸はく離試験用と，材長310mmの曲げ試験用のスギとコナラのラミナをFJによりたて継ぎ加工し，各試験にFJラミナ12体を供試した。

FJラミナの曲げ試験は，木材用万能試験機 ((株)マルイ製10ton) を用いて3等分点4点荷重方式により行った。試験体は材長600mm，スパン504mm，荷重点間距離168mm，試験体含水率13～15%とし，FJ部を荷重点間中央部に配置して荷重を加えた。そして，曲げヤング係数 (MOE)，曲げ強度 (MOR)，およびFJ部の破壊形態を観察した。

煮沸はく離試験は，試験体をFJ中央部で横切りし，木口面に接着層を露出させた。この試験体を沸騰水中に5時間浸せきし，次に室温の水中に1時間浸せきした後， $60^\circ\text{C}\pm 3^\circ\text{C}$ の恒温乾燥器中で18時間乾燥させ，含水率が19%以下となるように調整した。そして，木口断面の接着層で3mm以上の接着層はく離を測定した。

4. コナラスギ異樹種集成材の断面構成と集成接着

スギ通直ラミナ，およびスギとコナラのFJラミナを集成接着して5層構成のコナラスギ異樹種集成材を製造した。ラミナの断面構成を図2に示す。異樹種集成材

	K Sタイプ	S Kタイプ
最外層	コナラ	スギ
内層	スギ	コナラ
内層	スギ	スギ
内層	スギ	コナラ
最外層	コナラ	スギ

図2 コナラスギ異樹種集成材の断面構成

は、最外層にコナラを構成し内層にスギを構成したKSタイプと、最外層にスギを構成しそれに接する内層にコナラを構成したSKタイプの2種類とした。ラミナの強度等級は、KSタイプの最外層コナラがL160~L200、内層スギがL50~L80、SKタイプの最外層スギがL80~L125、内層コナラがL140~L180、内層スギがL40~L60とした。

FJラミナのFJ部は強度性能に影響を与えるものと考えられるため分散するように構成し、最外層用FJラミナのFJ部は荷重点間には配置せず、内層用FJラミナのFJ部は荷重点間、あるいは荷重点間以外の位置に任意に配置した。KSタイプの最外層ラミナは全てコナラFJラミナを構成し、内層スギラミナは通しラミナあるいはFJラミナを構成した。SKタイプの最外層ラミナにはスギの通しラミナとFJラミナを任意に構成し、内層用コナララミナは全てFJラミナで構成した。

集成接着は、レゾルシノール樹脂接着剤をハンドローラーで両面塗布し、コールドプレスによって圧縮圧力12kgf/cm²で24時間圧縮した。解圧後約1週間養生し、寸法を幅120mm×梁せい120mm×材長2,500mmに仕上げ加工を施してから実大曲げ試験を行った。

5. コナラスギ異樹種集成材の実大曲げ試験

コナラスギ異樹種集成材の実大曲げ試験は、木材用万能試験機を用いて行った。試験は3等分点4点荷重方式で、荷重点間距離720mm、スパン2,160mmとした(写真3)。試験体数はKSタイプ19体、SKタイプ14体であり、含水率は12~13%であった。試験によりMOEとMORを算出するとともに、試験体の破壊形態を観察した。

6. コナラスギ異樹種集成材の接着性能試験

曲げ試験後の試験体両端の非破壊部から試験体を採取して浸せきはく離試験、煮沸はく離試験、ブロックせん断試験を行った。

浸せきはく離試験は、集成材の木口断面寸法をそのままとした材長750mmの試験体を切り出し、水中に24時間浸せきした後70℃±3℃の恒温乾燥器で試験前の含水率以下まで24時間以上乾燥した。そして、接着層はく離長さ3mm以上のはく離を測定した。

煮沸はく離試験は、浸せきはく離試験と同寸法の試験体を沸騰水中に4時間浸せきし、さらに水中に1時間浸せきした後、70℃±3℃の恒温乾燥器で試験前の含水率以下まで24時間以上乾燥した。そして、接着層はく離長さ3mm以上のはく離を測定した。

ブロックせん断試験は、KSタイプの集成材からはコナラスギとスギスギ接着層を含む2種類の試験片を作製し、SKタイプからはコナラスギ接着層を含む1種類の試験片を作製した。木材用万能試験機を用い、接着層にせん断破壊を発生させるように荷重を加えた。せん断面となる接着層と荷重軸が平行となるように荷重を加え、試験片の接着層あるいは接着層付近を破断させた。そして、せん断強度を算出し、木部破断率を測定した。

III 結果と考察

1. ラミナの強度等級区分

スギ通直ラミナ、スギとコナラのFJラミナの気乾時密度、Efrおよび静的MOEの測定結果を表1に示す。気乾時密度はスギ0.38~0.41g/cm³、コナラ0.84g/cm³となり、前報(後藤ほか、2001)とほぼ同じ値であった。Efrは、スギの通直ラミナ8.31GPa、FJラミナ8.10GPa

表1 スギ通しラミナ、スギおよびコナラFJラミナの気乾時密度、Efr、静的MOE測定結果

樹種	ラミナ	気乾時密度(g/cm ³)	Efr(GPa)	静的MOE(GPa)
スギ	通直	0.38	8.31	8.11
		SD 0.04 CV 11.5	SD 1.58 CV 19.1	SD 1.57 CV 19.3
コナラ	FJ	0.41	8.10	7.86
		SD 0.04 CV 10.7	SD 1.52 CV 18.8	SD 1.44 CV 18.3
コナラ	FJ	0.84	17.87	17.03
		SD 0.03 CV 3.9	SD 2.25 CV 12.6	SD 2.19 CV 12.9

SD: 標準偏差, CV: 変動係数 (%)

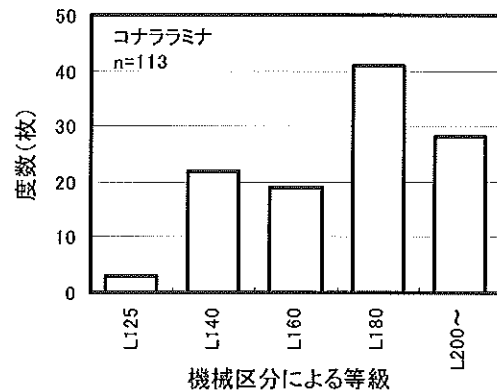
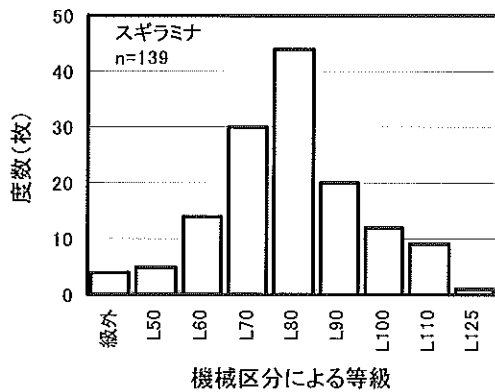


図3 スギラミナ (通直, FJ) とコナラFJラミナの強度等級区分結果

(左:スギラミナ (通直, FJ), 右:コナラFJラミナ)

となり、変動係数も同様な値であることからこれらに著しい分布の違いはないことがわかる。コナラFJラミナのEfrは17.87GPaとなり、前報(後藤ほか, 2001)とほぼ同じ値を示し、実大のコナララミナも高い強度性能を有することが明らかとなった。

静的MOEは、スギ通直ラミナ8.11GPa、スギFJラミナ7.86GPa、コナラFJラミナ17.03GPaとなり、スギFJラミナではEfrよりも若干低い値を示しているが、変動係数はEfrと静的MOEで著しい違いはなく、強度性能としての影響はないものと考えられる。

Efrによるスギとコナララミナの強度等級区分結果を図3に示す。なお、スギラミナは通直ラミナとFJラミナでバラツキに著しい違いがないことから合わせて等級区分した。スギラミナはL80等級が最も多く、コナララミナはL180が最も多くなっている。この結果より、スギラミナはL50~L70, L80~L90, L100以上の3区分に、コナララミナではL140~L160, L180以上の2区分に強度等級区分を行い異樹種集成材の断面構成を行うことがラミナの出現割合からいって有効であると考えられる。

2. FJラミナの曲げ試験と煮沸はく離試験

FJラミナの曲げ試験結果を表2に示す。MOEはスギ9.08GPa、コナラ15.90GPa、MORはスギ42.1MPa、コナラ67.9MPaとなり、変動係数はMOE、MORいずれも同様な値を示した。FJの強度はフィンガーが長いほど高く、強度の平均値は継ぎ目のない材の60~80%になるといわれている(林, 2004)。スギおよびコナラ製材の小試験体でのMORはそれぞれ52MPa、141MPa(後藤

表2 FJラミナの曲げ試験結果

樹種	MOE (GPa)	MOR (MPa)
スギ	9.08	42.1
	SD 0.66 CV 7.3	SD 5.0 CV 11.8
コナラ	15.90	67.9
	SD 1.21 CV 7.6	SD 7.6 CV 11.2

SD: 標準偏差, CV: 変動係数 (%)

ほか, 2004) となり、スギFJラミナのMORは製材の約80%と良好な強度を示したが、コナラFJラミナは約50%の強度という結果であった。

FJ部の破壊形態は、スギではFJ底部での破壊が大であったが、コナラではフィンガーの引き抜けが生じたものがほとんどであった。盛田ら(盛田ほか, 2001)は、材料強度が高くなれば引き抜け破壊の割合は増加するため引き抜け破壊は必ずしも接着不良の指標にはなり得ないと考察している。コナララミナは気乾時密度0.84g/cm³で高い強度性能を有する(後藤ほか, 2004)ことからFJの引き抜け破壊が生じたものと考えられる。曲げ試験によるFJラミナの強度等級区分はスギでL100、コナラでL160に相当しており、コナラは引き抜け破壊が生じるものの高い接合強度を有しているものと考えられる。

煮沸はく離試験の結果、全試験体の平均はく離率はスギ0.1%、コナラ4.3%、はく離率の最大値はスギ0.8%、コナラ13.3%となり適合基準を満たす結果であった。

表3 コナラースギ異樹種集成材の実大曲げ試験結果

集成材タイプ	気乾時密度(g/cm ³)	MOE(GPa)	MOR(MPa)
KS	0.57	15.16	69.5
	SD 0.02 CV 2.8	SD 0.58 CV 3.8	SD 11.5 CV 16.5
SK	0.58	10.77	61.0
	SD 0.02 CV 3.1	SD 0.61 CV 5.6	SD 7.7 CV 12.6

SD : 標準偏差, CV : 変動係数 (%)

3. コナラースギ異樹種集成材の実大曲げ試験

コナラースギ異樹種集成材の実大曲げ試験結果を表3に示す。MOEはKSタイプ15.16GPa, SKタイプ10.77GPaとなり, KSタイプで高いMOEを示した。これは, 表1よりコナラFJラミナのEfrは17.87GPaでスギのラミナは8.1~8.3GPaの範囲であり, KSタイプの最外層に構成したコナラFJラミナの性能によるものと考えられる。MORはKSタイプ69.5MPa, SKタイプ61.0MPaとなった。図4に各集成材のMOEとMORの関係を示す。集成材のMORは特に引張り側最外層ラミナのFJ部の性能が強く影響することが報告されており(渡辺ほか, 2003), MORの変動係数は, KSタイプ16.5%, SKタイプ12.6%でMOEのそれより大きく, MORのバラツキが大きくなっていることがわかる。表2より, FJラミナの曲げ性能は高くバラツキも小さくなっており, 実大材では均一なFJが製造されるよう最外層用コナララミナのFJ部の製造方法を検討する必要があると思われる。

破壊した集成材を観察すると, KS集成材では引張り側最外層コナララミナのFJ部が荷重点付近にある場合, FJ部より破壊が発生し内層スギラミナへ伸びていた

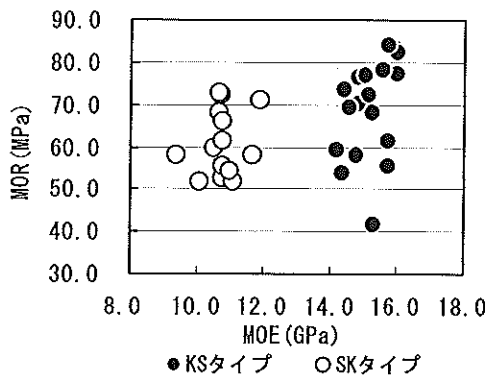


図4 コナラースギ異樹種集成材のMOEとMORの関係

(写真4)。SK集成材では, 引張り側最外層がスギ通シラミナの場合は, それに接するコナララミナのFJ部付近で破壊が発生し, 最外層がスギFJラミナの場合はFJ部で破壊するか, あるいは集成材自体が脆性的な破壊を示した(写真5)。

池淵ら(池淵ほか, 1998)は, 島根県産スギ通直ラミナ5層をレゾルシノール樹脂接着剤で集成した実大スギ集成材(スパン2,700mm)の曲げ試験を行い, MOEは5.9~8.8GPa, MORは34.3~51.0MPaになったと報告している。また, 最外層にヒノキ長尺ラミナを構成した場合のMOEは8.8~10.3GPa, MORは41.1~60.8MPaとなり曲げ性能が向上したことも合わせて報告している。コナラースギ異樹種集成材の強度等級はKSタイプE150-F435, SKタイプE105-F300に相当しており, 実大のスギ集成材あるいはヒノキスギ集成材と同等もしくはそれ以上の曲げ性能を有することが明らかとなった。

4. コナラースギ異樹種集成材の接着性能試験

浸せきはく離試験および煮沸はく離試験の結果, 浸せきはく離試験の合格率はKSタイプ73.7%, SKタイプ42.9%となり, SKタイプは14体中8体で適合基準を満たさなかった。SKタイプのはく離率の平均値は7.5%と高く, 特に最外層スギラミナと内層コナララミナとの接着層ではく離が多く生じていた。

煮沸はく離試験の合格率は, KSタイプ73.7%, SKタイプ92.9%となり, SKタイプでの合格率が高くなった。KSタイプのはく離率の平均は2.7%で小さかったが, 最大はく離率が10.4%の試験体をはじめとして8~9%のはく離率を示す試験体が19体中4体生じていた。

ブロックせん断試験の結果を表4に示す。KSタイプとSKタイプのコナラースギ接着層ではせん断強度と木部破断率ともにはほぼ等しい結果を示し, せん断強度

表4 コナラースギ・スギースギ接着層のブロックせん断試験結果

集成材タイプ	接着層	せん断強度(MPa)	木部破断率(%)	試験片数
KS	コナラースギ	10.0	50.9	95
		SD1.2 CV 11.9	SD 23.1 CV 45.3	
	スギースギ	8.6	77.6	187
		SD 1.1 CV 12.8	SD 16.0 CV 20.6	
SK	コナラースギ	10.7	58.1	69
		SD 1.7 CV 15.3	SD 23.4 CV 40.3	

SD: 標準偏差, CV: 変動係数 (%)

10.0MPa, 10.7MPa, 木部破断率50.9%, 58.1%となった。KSタイプのスギースギ接着層のそれらは8.6MPa, 77.6%となりコナラースギの試験片よりもせん断強度は小さく, 木部破断率は大きくなった。良好な接着の場合, 比重の大きな材はみかけ上接着強さは大きくなる。木材の比重が高くなり木材自体の凝集力が接着層の凝集力を上まわると, その接着系は接着層あるいは接着界面で破壊し木部破断率は減少する傾向がある ((社)日本木材加工技術協会, 1999)。表1より, コナラ材の気乾時密度は0.84g/cm³でスギ材に比べて約2倍であることから, コナラースギの接着はスギースギの接着よりもせん断強度は高くなるものの, 木部破断率は低くなる結果を示したものと考えられる。ブロックせん断試験では高いせん断強度が得られたが, 浸せきはく離, 煮沸はく離試験では適合基準は満たしておらず, 今後吸放湿を伴う長期的な暴露条件下での接着耐久性を検討する必要があると思われる。

IV おわりに

島根県産スギ材とコナラ材より集成材用ラミナを製造し, FJラミナの製造と性能評価, ラミナの強度等級区分, 実大のコナラースギ異樹種集成材の製造と曲げおよび接着性能試験を行った。実大のコナラFJラミナのEfrは17.87GPaであり高い強度性能を有することがわかった。スギとコナラのFJラミナは製材の曲げ強度の約80%, 50%の強度であったが, 高い接合強度を有するものと考えられる。実大のコナラースギ異樹種集成材は, 最外層にコナラFJラミナを構成するとE150-F435に相当する高い曲げ性能を示したが, MORのパラツキが大きく最外層用コナララミナのFJ部の製造方法を検討する

必要がある。接着性能は, ブロックせん断試験で高いせん断強度を示したが, 今後暴露条件下での接着耐久性の評価なども必要であると思われる。

謝辞

本報の取りまとめにあたり有益なご助言をいただいた島根大学総合理工学部 吉原浩 助教授に厚く御礼申し上げます。また, 当センター越智研究員よりご助言をいただき, この場をかりて感謝の意を表します。

本研究は平成10~14年度林野庁大型プロジェクト研究「地域材を利用した高信頼性構造用材の開発」の一環として実施した研究の一部を取りまとめたものである。林野庁, (独)森林総合研究所の関係各位に感謝の意を表します。

引用文献

- 後藤崇志・池淵 隆・古野 毅・中山茂生 (2004) 島根県産コナラ材とスギ材の異樹種複合LVLへの適用性の検討—製材, 単板, および異樹種複合LVLの基礎的な強度特性—, 木材工業59 (2) : 61-66.
- 後藤崇志・池淵 隆・中山茂生 (2001) 島根県産スギ材とコナラ材により製造した集成材の性能評価 (I), 島根林技研報52 : 11-19.
- 林 知行 (2004) ウッドエンジニアリング入門, 120-122, 学芸出版, 京都.
- 池淵 隆・錦織 勇 (1998) 島根県産スギ材の集成化と強度性能, 島根林技研報49 : 51-58.
- 建築知識編集部 (2002) 建築知識 [3月号], 147, エクスナレッジ, 東京.
- 盛田貴雄・林 知行・小松幸平・飯島泰男 (2001) フィ

ンガージョイントラミナの保証荷重試験（第1報）接着硬化過程における保証荷重試験の検討，木材学会誌 47（6）：508-514.

島根県農林水産部森林整備課（2005）森林資源関係資料（平成14年度末現在）.

社団法人 日本木材加工技術協会（1999）木材の接着・接着剤，42-43，産業出版，東京

渡辺公昭・田中健太郎・福留重人・小松幸平・森 拓郎・飯島泰男・藤田和彦（2003）異樹種集成材の曲げ強度に関する実験的研究．第53回日本木材学会研究発表要旨集：245.

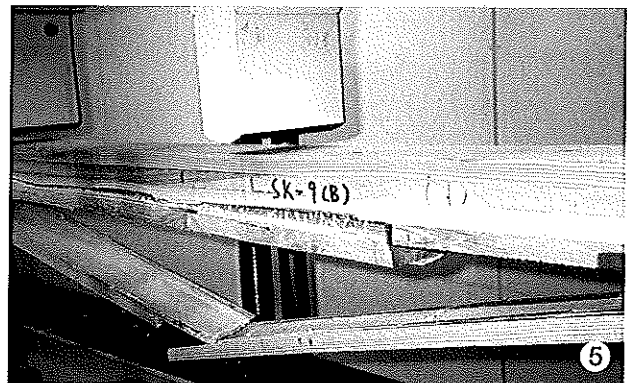
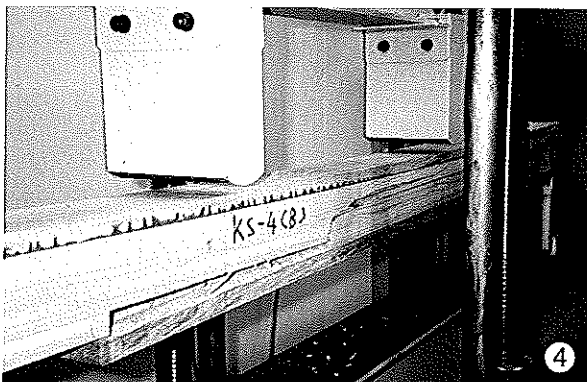
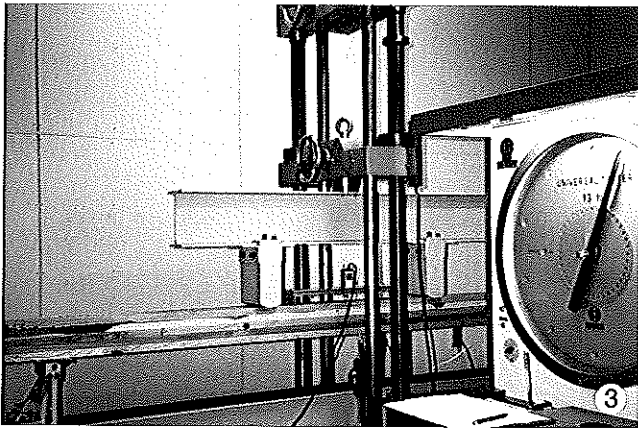
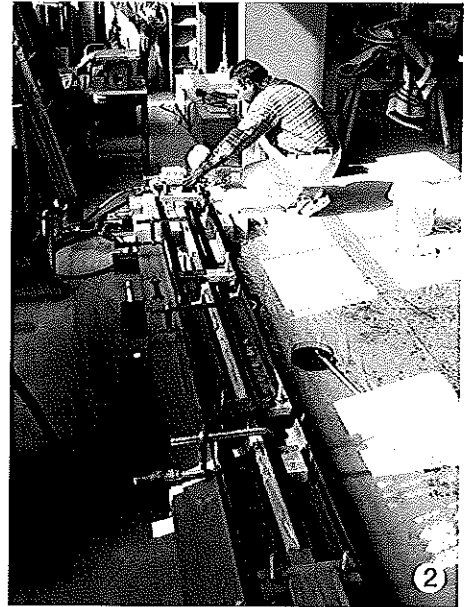
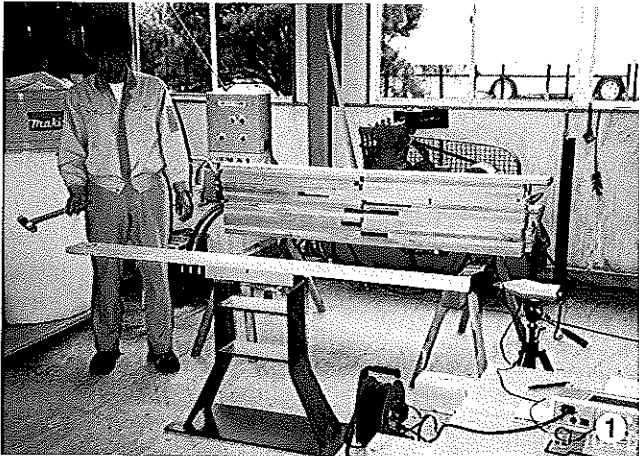
財団法人 日本合板検査会（1996）平成7年度食品等適正製造基準作成事業報告書 構造用集成材.

Performance Evaluation of Laminated Woods Produced from Sugi (*Cryptomeria japonica*) and
Konara (*Quercus serrata*) Grown in Shimane Prefecture (II)

Takashi Goto, Takashi Ikebuchi, Shigeo Nakayama, and Akira Fukushima

ABSTRACT

From Sugi (*Cryptomeria japonica* D.Don) and Konara (*Quercus serrata* Thunb. ex Murray) wood grown in Shimane Prefecture, we produced the laminae and graded the quality of these laminae according to their modulus of dynamic elasticity (Efr). Short laminae were finger-jointed, and the performance of finger-joint (FJ) was evaluated by bending and boiling tests. Bonding these finger-jointed laminae, two types of full-sized laminated woods were fabricated by changing the structure of lamination. The values of Efr were obtained as 8.10GPa and 17.87GPa for sugi and konara FJ laminae, respectively, so it was thought that the laminae of konara were superior to those of sugi in the strength performance of full-sized laminae. Modulus of rupture (MOR) were obtained as 42.1MPa and 67.9MPa for sugi and konara FJ laminae, respectively, so it was considered that the joint strength of konara FJ laminae was larger than that of sugi FJ laminae although the pull-out of finger was often induced. The laminated woods in which the konara FJ laminae were used as the top and bottom surfaces had large modulus of elasticity (MOE) and MOR. Nevertheless, the value of MOR was dependent on the performance of konara FJ laminae located at the surface. The glue lines between konara and sugi, sugi and sugi wood laminae showed great shear strength.



- 写真1 縦振動法によるラミナの強度等級区分
 写真2 ラミナのたて継ぎ加工
 写真3 コナラスギ異樹種集成材の実大曲げ試験
 写真4 KSタイプ異樹種集成材の曲げ破壊形態の一例
 写真5 SKタイプ異樹種集成材の曲げ破壊形態の一例

第23回日本環境会議松山大会 中山間地域の再生戦略を考える

— 第1セッション —

中川 聡七郎*・笠松 浩樹

The 23rd Japan Environmental Conference in Matsuyama
Studying about Regeneration Strategy of Mountainous Region
— The First Session —

Soushichirou Nakagawa, Hiroki Kasamatsu

はじめに

中山間地域等直接支払制度が見直しの時期を迎えた。この制度をめぐる評価がなされる必要がある。いま進められている市町村合併の功罪についても評価がなされる必要がある。国による福祉・公共投資の削減が続いていることにも注目する必要がある。加えて、WTO交渉の帰趨によっては農林業に更なる制約が加わることも予想される。こうした状況の下で、中山間地域の活力を再生するためには、生活環境、文化継承、住民自治等各分野を総合化した視点に立って、政策のあり方を再検討する必要がある。このため、このセッションでは、中山間地域に関して総括的な問題提起を行ったのち、①農林業をどのように再生するか、②連携・交流と地域資源利用をどう進めるか、③住民自治をどのように進めるか、という三つの課題について研究者、実務家を交えて検討を行うこととした。

【セッションの概要】

1. 問題提起¹⁾ ; わが国の社会・文化の特質と中山間地域再生の方向

中山間地域は農林業生産の場、暮らしの場であり、わが国の生活様式、価値観という文化を育ててきた場である。中山間地域問題を考えることは、市場経済で割り切

る社会観ではなく、人的資本、社会関係資本、文化資本、環境資本などの力に注目する社会観を提起することである、と考える。ここで幾つかの視点を提起したい。

- ① 中山間地域を、海底から山の中腹から山頂にかけての問題として捉える—日本列島を海底から聳え立つ島山として捉え、中山間地域の環境が悪化すればその影響は海底にまで及ぶという発想で考える必要がある。
- ② 中山間地域は、人間が手をかけてしまった自然へのミチゲーション問題として捉える—里山は暮らしに根付いた森林である。古代から繰り返し人間が手を加え馴致化した山林や集落、農耕地は手を入れ続けるミチゲーション活動が不可欠である。
- ③ 中山間地域は、人間作法が問われる問題として捉える—民俗信仰では山、森、川、田などに関する豊かな想像力が神への畏敬の念を表現し、伝統文化はこのような背景の中で育まれてきた。現代社会に対する「もう一つの文化」を構築するきっかけもまた、こうした背景の中での取組みを通じて生まれてくると考える必要がある。
- ④ 中山間地域は、命の水の通り道問題と捉える—天から地へと一直線に走る水の通り道を、中山間地域は複雑な地形によって迂回させている。命の水の通り道である同地域と健康との関係を考えることが必要であ

* 元鳥取環境大学教授

る。

- ⑤ 中山間地域を、創造工房として捉える—中山間地域には、複雑な地形と微気象により様々な資源があり、これらを背景に諸芸百般が生まれた。この地域を改めて諸芸百般を生み出す工房として捉え直す必要がある。
- ⑥ 中山間地域を、交流拠点問題と捉える—現代では、この地域は交通不便な地域と位置付けられている。また、近代の所有概念の重視によって所有と経営を不可分とする農家概念が広まり、それが現在では農林業発展の桎梏となっている。
- ⑦ 中山間地域を、樹海に浮かぶノアの箱船として捉える—一人々は高齢化し、集落の維持に必要な戸数を割る地域も生まれてきた。この地域を持続可能な地域として再構築するためには、生活に密着した機能が整備された密集する集落として再構築することが必要である。
- ⑧ 中山間地域問題を、フロンティア問題として捉える—棚田は消滅が進み、管理放棄林も増え、鳥獣被害が増大するなど人間の生存圏は縮小しているが、一方、県境を越えて市町村が連携するケースもみられ、県境は新たなフロンティアとしての位置付けを高めている。
- ⑨ 中山間地域を、場の多元性、多様性、多機能性問題として捉える—行政上の指定地域を念頭に設定されているが、縦割り行政の中で指定の有効性が問われている。今後、場の多元性、多様性等に着目した支援策を講じる必要がある。
- ⑩ 中山間地域は、市場経済に対する公共経済・公益経済の問題と捉える—「市場経済」の考え方に対して「必要経済」の考え方を対置することが必要である。そこが生産の場、生活の場であることを重視した支援策を構築することが最重要の課題である。

2. 報告 I ; 農林業をどのように再生するか

(1) 中山間地域農業政策の論点の推移と課題²⁾

中山間地域をめぐる農業政策の流れを追ってみると、

- ①政策目的の観点からは、60年代には山間・僻地の「生活水準の格差」、70年代には公害問題を背景に「自然環境保全」、80年代には地域社会の維持、伝統的文化の継

承といった「社会環境の保全」、「過疎化への対策」が強調され、90年代後半には、「農業生産維持」、「都市住民ニーズ」への対応、「地域文化的風土の形成」といった視点も取り入れられるようになった。これらの視点は相互に密接な関係があるが、全てのこうした政策論議の原点には、なぜ中山間地域の農業が守られねばならないのかという基本的論点があった。②政策手段の観点からみると、直接支払制度が発足する以前にはハード施設整備に重点があったその後、中山間地域総合整備事業においても施設・基盤整備に重点が置かれているが、直接支払制度後は、ソフトが重視され、集落の自発性の喚起にかなりの効果をあげたと思われる。反面、高齢化が進み自発的取組みが困難な集落等において交付金の繰り越し等の事態が生じている。③今後、中山間地域を維持するという考え方に立つならば、何よりも、その地域に住む人々の、そこに住み続けたいという強い意思が十分に活かされた形での支援のあり方が検討される必要がある。

(2) 高投入農林業の克服と環境保全³⁾

近年の農業政策の流れの中で、環境保全型農業や持続型農業への取組みが行われるようになったが、中山間地域と環境の問題を考える上において、経営体や地域農業が如何にしてEMS（環境マネジメント・システム）を構築していくかが今後の重要課題である。

中山間地域における取組み事例を紹介すると、高知県環境保全畑作振興センターは、県内に“環境に優しい農産物の供給連鎖”の仕組みを構築する。すなわち、生産分野として農業経営体群、流通分野として高知園芸連、輸送分野として運輸会社、販売分野として市場・量販店にそれぞれのEMSを構築することにより“環境戦略同盟”の形成を試みている。また、愛媛県西予市に位置する農事組合法人無茶々園は、90余戸の構成員農家が急傾斜地においてみかん栽培を行っているが、農薬の使用削減、化学肥料の無使用、廃棄物の適正処理等を目標に掲げて2001年1月にISO14001の認証を取得し、環境保全型農業の推進に取り組んでいる。無茶々園の活動はみかんの販売促進だけではなく、地先の宇和海汚染の防止をも視野に置いた「地域」の視点に立つ取組みである。

(3) 若者参入による林業再生の取組み⁴⁾

(株)いぶきは愛媛県久万高原町に所在する。平成2年

8月、久万町時代（合併前）に、町が地元の農林家の出資も募って第三セクターとして設立した。この会社の設立目的は、林業後継者の育成、雇用の創出によるUターン若者の定住促進、及びそれらによる地域活性化であった。同社の雇用条件は、通年雇用、月給制、完全週休二日制、週40時間労働等であり、町職員の就業条件を準則するものとされた。会社設立後における問題は予想を超えるものであり、指導者がいない、労働災害が多発する、材価低迷による赤字増加など多くの問題に直面した。流域林業活性化の一環として平成7年に郡内5カ町村への広域化を行った。また、平成10年には新聞に求人広告を出し、Iターンを中心に域外からも若者が集まってくるようになった。その頃から、毎年数人ずつコンスタントに入社している。社員の増加もままならず苦労した頃もあったが、一気に社員が増えると人材育成のためのコストが増加し赤字が増える。近年は技術や事業量が確保でき、黒字に転換している。木材不況が続く中でも、地域に雇用の場を提供しており、人材育成面では成功している。

(4) 農業への若者参入の基本条件⁵⁾

(有)やさか共同農場は、島根県浜田市に隣接する中山間地域の弥栄村で農業を営む経営体である。この農場が受け入れた若者はこの4～5年で15名にのぼっている。同農場に来る若者たちには三つのパターンがあるように思う。一つは、「直蒔き型」である。やさか農場自体もこのパターンに属するが、荒廃した農地を開墾し直し、有機農業を始める。暮らしも農業も全て自前でやるというパターンである。二つは、「定植型」である。島根県が実施する定住対策により、2年間の研修期間で地域の風土や基礎的な農業技術を修得した後やさか農場の社員になる。三つは、「接ぎ木型」である。流通業界に呼びかけたり、農閑期に都会住民と交際する等により、農業への参加を呼びかけて参入してくる人材である。今後は、「定植型」と「接ぎ木型」の両面の確保への取組みが課題であると考えている。

3. 報告Ⅱ；連携・交流と地域資源利用をどう進めるか

(1) グリーン・ツーリズムの展望と課題⁶⁾

「グリーンライフ」という新たな概念が登場した。施

設や景観による観光のみならず、そこに在住する人の暮らしそのものに観光価値が見いだされている。この動きは、欧米のライフスタイル・アントレプレナー（生き様起業家）に代表される。日本でも、ナイトスポットの存在によって発展してきたバブル期のツーリズムから、手入れをすることで関わっていくツーリズムに発展してきた。このような段階にある現在は、ネオ・ツーリズム（新・田園生活）時代と呼ぶことができる。具体的には、阿蘇で取り組んできたグリーントラスト運動や、天草での経済同友会・自治体・JA・大学が連携した農地活用プランの活動などに代表される。また、福岡県でも都市住民において農地保全や農作業に関わっていきたいという意思が強くみられる。このようなツーリズムを通して、土地の権利構造において所有と利用・管理という階層化が促されている。ツーリズム参加者においても、男性は定住を、女性は交流を指向するなどの特徴が出ており、ライフスタイルの転換にも役割を果たしている。

(2) I・Uターンの動向と課題⁷⁾

島根県の財団が行っている「I・Uターンのための産業体験事業」を受けた若者274名を対象とした調査では、男性が全体の6割、年齢は20歳代が6割。ほとんどが県外出身の単身者であり、働く興味のある産業分野は大部分の者が農林漁業であった。その地元定住率については、農山村で就業や活動したいものが明確になっている者、都会の生活・今の仕事から離れたいたいという気持ちが高い者ほど高い。こうした調査結果や事例調査からみると、I・Uターン者の定着性は、①移住前に具体的・現実的な自己設計を描いているか、②暮らしの情報を受信する手段があるか、③個人の意思や能力を地域において発揮できる環境が備わっているか、④地元に住民と行政が協働する体制ができているか、といった点にかかっていると考えられる。よって、農山村サイドでは、相談窓口の設置とアドバイス、住民との情報交流・交換の場の設営、人材のもつ技術・知識の活用、これらを動かしていくために住民と行政との連携と役割分担が重要となる。

(3) 緑の雇用事業の成果と展望⁸⁾

和歌山県で取り組んでいる「緑の雇用」とは、中山間地域において環境保全事業を展開することにより、雇創を創出し、都市から地方への新しい人口移動を起こすことによって、地域活性化を図るという趣旨の事業である。

今、「緑の雇用」で集まったマンパワーを活用し、荒廃した森林を再生する“環境林”の整備に取り組んでいる。“環境林”とは、森林所有者が一定期間（15年間）経営権を抑制することを内容とした「環境保全協定」を市町村と結び、伐採跡地に広葉樹の植栽を行ったり、針葉樹と広葉樹の混交林を誘導したりする森林のことである。平成14～16年の3カ年間に329人のIターン者（家族を含め524人）が「緑の雇用」に関わる仕事に就いた。都会から地方への人の流れができてつつある。政府は、『骨太の方針』において「緑の雇用」を取り上げ、農水省は14年度補正で予算化し、さらに16、17年度に予算計上し、総務省も地方財政措置を講じた。

(4) 中山間地域における直売所の実践から⁹⁾

愛媛県内子町は、平成8年、幹線道路の近接地に直売施設「内子フレッシュパークからり」を設け、町の出資で設立された第三セクターの株式会社をこれを運営することとした。地域の高齢化、過疎化などが進む中で、小規模兼業農家、高齢者農家、自給農家などJAの共販路線にのり難いメンバーが参加して発足した。生産者が「自ら販売価格を決める」という原則のもと、交代でカウンターを担当し、POSシステムの活用のほか、施設内に設けられた情報センターから、双方向ファクスを利用して生産農家に対し売れ行き状況や売れ筋情報を供給している。この双方向ファクスの利用により、生産者は在庫管理、生産計画などを行うことができるようになったが、併せて、適宜、近隣の出荷できない高齢生産者の出荷を代行するなど可能となった。農産物加工の面でも売れ筋が整ってきて売上げは増加し、“からり”直販市場の売上げは年間4億3000万円に及ぶに至った。

4. 報告Ⅲ；住民自治をどう進めるか

(1) 中山間地域における“小さな自治”の課題と展望¹⁰⁾

中山間地域では、地域住民の「地域活性化」から始まった取組みは、「地域づくり」の段階を経て、「地域自治形成」（小さな自治）への取組みへと発展してきている。すなわち、従来の経済活動に加えて、より多面的な地域づくりの取組みを実践しており、今や一層の総合性と革新性を備えた地域自治形成への取組みとして発展している。このような「小さな自治」は、旧村ないし小学校区単位で協議会等を構成しているものが多い。市町村

合併への対応としての、つまり、“遠くなる役場”への代替の仕組みとして注目されている。ただし、集落機能を代替するものではなく、従来のシステムの制約を乗り越えつつも補完しあう性格を有する。地域住民による新たな自治形成への取組みと評価でき、「農村自治組織」という新概念を構築すべきである。こうした取組みの課題は、①参画や意思決定を戸から個へ移行すること、②安定的財源の確保、③協同組合など自治組織と経済組織の両立を可能とする組織形態の充実、であると考えられる。

(2) 市町村合併と地域社会・住民自治¹¹⁾

市町村合併に関連して、地域の自立を支援するための国のグランドデザインが必要である。EUでは、“住民による自治”，自治の表現としての”地域デザイン”を可能とする観点から、条件不利地域等を指定し、それら地域のハンディキャップ解消のための「構造基金」を設けるなど、いわゆるグランドデザイン（条件不利地域対策）を設定している。現在進行中の市町村合併について考えてみると、かつて、明治時代の郡役所制（人口平均2400人/市町村。以下同じ。）、大正時代における市町村機能の拡大（同6400人）、戦後の地方自治法制定（市町村数1万、同7200人）、昭和の大合併（市町村数3200、同3万1000人）を経て、平成大合併により、究極的には市町村数400（同30万人）、今後の人口減少を加味すれば、江戸時代の幕藩の規模に近いものとなる。そこでは、県など中間自治体の権限縮小、旧村などの住民自治組織と自治体やその連合との共同作業による地域維持が必要となり、“小さな住民自治”の実力が問われることとなる。 (3) 小さな自治30年の経験から¹²⁾

川根地区は、広島県と島根県の県境に接する旧高宮町（現安芸高田市）の北辺の中山間地域である。過疎・高齢化が深刻になった1972年、地域住民の総意で、「川根振興協議会」が設置された。この動きに触発されて高宮町の残りの7つの地区（大字）でも相次いで地域振興会が設立された。町役場は、この動きを受け、これらの地域振興会との共催で、随時、地域振興懇談会を開き、地域の意向を聞きながら行政を進めるようになった。市町村合併を経た現在もこれは続いている。川根振興協議会の活動内容は、「自らの地域は自ら守る」を理念に行政との連携の下で各種イベントに取り組むほか、営農集団活動、特産品づくり活動、高齢者支援のための福祉活動、

生涯学習活動などを行っている。これらの活動は全て地域住民の自主的ボランティア活動によっている。現在は、旧中学校校舎を活用して整備（1992年）した「エコミュージアム川根」を拠点に都市住民との交流を進めている。

(4) 地域の元気と市町村合併の論議¹³⁾

ニセコ町は、かつて1万人を超えたこともある人口が4600人となり、町の人口維持が焦眉の課題である。基幹である農業振興の重点は「クリーン農業」というテーマを掲げて、“観光農業”化に取り組むなど“地域全体農業”という考え方で力を付け、“一人勝ち”でない農業を指向している。観光にも力を注ぎ、観光協会を株式会社にして観光客の誘致に努めている。まちづくりにも新たな行政手法を導入した。ラジオ、本、集会、ホームページなどで町長自らが徹底した情報公開を行い、住民との対話を重視した施策展開を行っている。市町村合併については、当初、後志支庁管内の7町村の合併（人口3万8000人）が道庁の構想として打ち出されたが、域内面積が15万ヘクタールという広大なものであり、話が噛み合わなかった。その後、5町村による合併構想に基づいて合併協議会での議論を重ねたが、財政力の弱い町村だけでの合併であり、住民に対する行政サービスの持続という点で具体案がまとまらず、合併協は解散した。合併は財政上の問題からも必要であるが、“合併ありき”で考えるべきではない。基礎自治体の枠組みは変えずに広域で対処可能なものは広域自治体で対処するなどの智慧を出せば、行政の効率化とサービス持続は可能である。

おわりに

セッション冒頭の「日本列島を海底から聳え立つ島山と捉え中山間地域の環境が悪化すればその影響は海底にまで及ぶ」という問題提起（小川）と各報告者の報告を受けて、数多くの議論が行われた。「これまでの環境問題は都市・工業のもたらす公害問題に焦点が当たっていた」、¹³⁾「20世紀のシステムの反省に立ち、農・山・漁村を

も視野に入れた環境問題の検討が必要」、¹⁴⁾「経済性のみを農林業の価値基準とせず、ツーリズムや環境保全などの面から評価する」、¹⁵⁾「従事者の大半が60歳以上である現状から、どうやって農林業を継続していくかを考える」、¹⁶⁾「今、改めて、“農林業は誰のものか”という視点が必要」、¹⁷⁾「農業者が農業収入で暮らしていける条件を構築し、費用負担を誰がどのように分担するのかの検討が必要である」¹⁸⁾「I・Uターンしたいリタイア層や女性など、幅広い担い手層を想定する」などの指摘が出された。農村に対する価値観の変化、農林業に対する新たな評価軸、多様な担い手の確保、農村自治組織や地方自治体などの受け皿組織について、議論の進展が見られ、盛会裡に終了した。

引用文献

- 1) 報告者：小川全夫（九州大学大学院人間環境学研究院教授）。
- 2) 報告者：大隈 満（愛媛大学農学部教授）。
- 3) 報告者：家申哲生（酪農学園大学酪農学科講師）。
- 4) 報告者：白川哲也（(株)いぶき課長）。
- 5) 報告者：佐藤 隆（(有)やさか共同農園代表）。体調不良で欠席のため、提出されたメモをもとに記述。
- 6) 報告者：佐藤 誠（熊本大学法学部教授）。
- 7) 報告者：笠松浩樹（前掲）。
- 8) 報告者：澤野 誠（和歌山県農林水産部緑の雇用推進局新ふるさと推進課副課長）。
- 9) 報告者：森本純一（愛媛県五十崎町商工会事務局長）。
- 10) 報告者：小田切徳美（東京大学大学院農学生命科学研究科助教授）。
- 11) 報告者：地井昭夫（広島国際大学社会環境科学部教授）。
- 12) 報告者：辻駒健二（川根振興協議会会長（安芸高田市））。
- 13) 報告者：逢坂誠二（北海道ニセコ町長）。

短報

中山間地域における限界集落の実態

笠松 浩樹

The States of Marginal Hamlet at Mountainous Region

Hiroki Kasamatsu

I はじめに

過疎・高齢化の進行により、中山間地域では限界集落が出現し始めた。限界集落とは、文字どおり集落活動の維持が限界に達している集落を指している。さらに、その状況が進んだ結果、無住化によって消滅を目前とした集落も存在する。特に、集落の世帯と人口の平均規模が元々小さかった中国地方や四国地方においては、全国に先駆けて限界集落が顕在化していると考えられる。

しかし、全国的に統一された限界集落の定義はなく、客観的な指標による位置づけが困難である。集落機能の弱体化や、集落そのものが消えつつあるという状況の深刻さを指摘する声は多いが、その問題点が明確に理解されているとは言えない。その結果、何にどのような対応をすべきであるかという対策も確立されていない。そもそも、対策が必要かどうかという議論も不十分なままである。

本稿では、まずは限界集落に関する議論の糸口をつくる必要があるとの観点に立ち、限界集落の実態に迫ることとした。

II 調査概要

2003年2月に島根県中山間地域にある13の限界集落で在住者へのヒアリング調査を行った。調査対象は、世帯数10戸未満、高齢化率50%以上の集落である。なお、サンプリングの条件に該当する集落は、2004年4月31日現在で島根県の中山間地域3,824集落の5.7%に相当する217集落となっている¹⁾。

調査対象集落の概況を表1に示す。

表1 調査対象集落の概況

調査対象集落	世帯	人口	65歳以上人口の割合
G T 市 N K 集 落	3戸	6人	83.3%
G T 市 S M 集 落	6戸	11人	72.7%
H K 町 N N 集 落	4戸	8人	50.0%
H K 町 S S 集 落	7戸	13人	92.3%
H K 町 T C 集 落	3戸	4人	100.0%
H K 町 W K 集 落	9戸	15人	100.0%
O D 市 K M 集 落	3戸	4人	75.0%
O D 市 M G 集 落	7戸	16人	50.0%
S D 町 J R 集 落	8戸	20人	65.0%
S D 町 N B 集 落	5戸	9人	66.7%
S K 町 N G 集 落	7戸	9人	88.9%
SK町UK・US集落	11戸	18人	88.9%

※ 数値は調査時点(2003年2月)のもの。

※ SK町UK・US集落は隣接しており、合同で調査を実施したため、まとめて標記した。

III 限界集落の実態

1. 不定期化・停止していく活動

恒例行事や伝統行事を維持することが難しくなり、毎年実施していた祭りや神楽を隔年実施にするなど、不定期なものになっている。特に、自家用車での移動手段を持たない高齢者が多くなれば、家屋や拠点施設が分散して存在しているため、集落の集まりへ出かけることも困難である。

活動が衰退・停止していく中、最後まで残るとされたものは葬儀であった。しかし、葬儀が簡素化された事例、在住者だけでは葬儀ができず都市部の葬儀社へ出かけて葬儀を行う事例も見られた。

その一方で、集落の活性化事業などには近隣集落との合同で取り組むなど、部分的な連携を行っている集落も存在している。

集落活動の衰退（ヒアリング調査より）

【HK町SS集落】

年始会・忘年会は気の向いた時に実施。神社の祭りでは神楽を舞っていたが、現在では舞わない年もある。

【SD町JR集落】

葬儀が年々簡素化されている。これまで住民が行っていたお坊さんの送迎をタクシーにするなど、少人数に合わせた方法がとられている。また、毎年行っていた泥落としては、人数が揃わない時には実施しないこともある。

【HK町TC集落】

1983年から隣接集落と合同で葬儀を行っている。現在では2集落合わせても葬儀が困難になったため、最寄りのM市の葬儀社を利用。

【OD市MG集落】

当初、単体集落で100万円事業に取り組むことをあきらめたが、近隣の6集落合同で取り組もうという呼びかけがあり、これに乗った。

2. 水管理ができず農業をやめる

農業生産活動（稲作）をやめた集落が存在した。その最大の理由は、高齢化率が高く人口が少ない集落では水管理ができないということであった。1世帯ずつ水田耕作をやめていき、谷や水系全体で水管理ができなくなった時点で一気に稲作をやめたということであった。また、圃場整備が行われていない集落では、早期に農業をやめる傾向があるという話も出た。

限界集落では、人の手が入らなくなった農林地が増えている等から、イノシシ、サル、クマ等が頻繁に出没するようになったと考えられる。鳥獣の出没は、農業を続ける意欲をさらに減退させ、農業生産活動の停止に拍車をかけている。

農業の衰退（ヒアリング調査より）

【HK町NN集落】

稲作はやっていない。少数だと水管理だけでも大変である。また、米をつくっても利益にならず、買う方が経済的である。

【OD市KM集落】

自家消費用の野菜のみを栽培し、水田はやめた。男手がなければ水の管理が大変で、少人数だと田へ順番に水を入れていくことも難しい。

【GT市NK集落】

イノシシとサルの被害が激しい。集落より上に家があった頃にサルの被害はなかった。家がなくなってから50～60

頭の群が出るようになった。2000年まで耕作していたが、現在は耕作している世帯はない。集落周辺はクマがよく出没する。出会うと怖いので、山へ行かない。



大規模な耕作放棄地（手前は空き家）

3. 数十年間放置されている家屋と農林地

高度経済成長期に大規模な人口減少（社会減）が発生した際、世帯全員が他出したところは空き家になった。これらは、放置されて以来数十年にわたって管理されていない。さらに近年では、高度経済成長期以降も集落に残った者が亡くなるケースも見られ、人口の自然減に起因する空き家も発生するようになった。

所有者が他出した農林地も、管理されずに放置されていることが多い。所有者が遠方に住んでいること、他者に管理を任せたくないという意向を持っていること等から、耕作・管理の放棄が進んでいる実態がある。

放置状態の未利用資源を活用することは、所有権の所在と強さに大きく規定される。不在地主においても今後数年のうちに世代交代が始まり、所有権が霧散すると考えられる。その時には、放置されている家屋や農林地に対して今以上に手がつけれない状況になると考えられる。

家屋や農林地の放置（ヒアリング調査より）

【GT市NK集落】

他出者が多くなった頃から家が放置されているため、空き家は1960～1970年代当時のまま残っている。

【HK町WK集落】

ここ2～3年のうちに独居者が亡くなり、4戸が空き家となった。空き家になっても借り手はいない。一人暮らしの世帯が多く、これからも世帯の消失が続く。

【OD市MG集落】

他出世帯の農地は、ほとんどがそのままの状態。木を植えているところが部分的にあり、耕作のために通っている者もいる。他出世帯は、農地の所有権を持ったまま出ている。

【SD町NB集落】

他出した世帯は、家屋、農地、林地の所有権を持ったままである。農地は多くが放置されており、それらは手をつけられない状態。

【HK町NN集落】

消失した世帯の家・土地、農地、林地は放置状態。荒らしても売るつもりはない。



約30年間放置されている空き家

4. 他出者は戻ってこない

他出者は、出た先で家を建てている場合が多く、現時点ではそこを離れて帰郷することは不可能に近い。さらに、他出先で生活の基盤が形成されていること、限界集落では生活利便性が著しく低いこと等から、定年後においても帰郷する可能性はきわめて少ないと考えられる。

他出者は、墓参りのために年に1回程度帰省することがある。墓が出身地と他出者をつなぐ存在となっており、特に世帯全員で他出した者にとっては、墓参りが集落を訪れる唯一のきっかけとなっている。しかし、墓を他出先へ移転したいと望む者も多い。その意向は他出者のみならず、限界集落に在住する者においても認められた。そうなれば、集落とのつながりが一切断たれることは明白である。

他出した後継者の動向（ヒアリング調査より）

【OD市MG集落】

他出していた30歳代がH市での勤めを辞めてUターンした。現在はK町へ勤務。その他の他出子は出た先で家を建てており、戻らない可能性が高い。

【OD市KM集落】

集落在住者の子供世代（第2世代）は出た先で家を立てており、戻ってくる予定はない。

【SD町JR集落】

山の奥にある墓の移動をすることができればよい。集落内の家の近くに移動させるくらいなら、子供達がいるI市へ移動させたい。家付近に墓があっても、家に人が住まなくなれば管理してくれる人もいなくなるが、I市であれば誰かが管理してくれる。

【HK町SS集落】

墓掃除が困難ということで、墓や遺骨も持って出た世帯が多い。墓がある者は年に1回墓参りに来るが、これらが死亡すれば、その子供世代はもう戻らなくなる。

【HK町TC集落】

墓や仏壇と残している他出世帯は、盆に帰省して2～3日泊まることもある。

【HK町NN集落】

土地を売るとすれば、ここでの生活や仕事を一切断ち切って「撤退」する時。その時には墓ごと持って出ることになる。

5. 集落の維持より生活の維持が重要

在住者が少なく高齢化が著しい集落では、遠くない将来に無住化することが十分に考えられる。高齢者しか存在しない集落では、どうやって集落を維持するかということ以前に、個々人の生活をいかに維持するかを最優先事項として考えなければならない状況になっている。

その一方で、当事者たる集落在住者は、生活の維持ができなくなった時や集落が消滅した時に、自身がどのように対処するかという最終的なビジョンを描けない。高齢の在住者にとっては身近に迫ったことであり、大きな不安を抱えてはいながらも、課題を解決する手段を持ち合わせていないと考えられる。

集落消滅と生活の維持（ヒアリング調査より）

【OD市KM集落】

集落が消えるというより、家が、自分たちが消えるという実感が強い。

【HK町WK集落】

集落は10年もしないうちに自然消滅することが考えられる。それまでにどうするかという見通しはなく、その時にならなければわからない。現状維持でどこまでやれるかということになる。今はそれで精一杯。

【HK町TC集落】

集落がなくなる、人がいなくなる可能性はある。いつそうなるかわからない。最後の1人になっても残るかもしれないが、最後から2人目が出る時に合わせて離れるかもしれない。実際どうなるかはその時になってみなければわからない。

【SD町NB集落】

集落が消える可能性はあるが、その時のことまで考えられない。考えると嫌になり、深く考えたくない。移動が困難な状況では、具合が悪くなった時が一番大変である。そのことが精神的に不安。

【SK町UK・US集落】

集落は10年以内に自然消滅するかもしれない。しかし、その時のために何をどうするかということは考えられない。自然の流れに任せるしかない。車が使えれば生活に困ることはない。自家用車に乗れなくなった時に生活の方法を変えなければならない。

6. 子供と一緒に暮らさない

在住者は、高齢のために身体が動かなくなり自活できなくなったとしても、子供のところで一緒に暮らすことを考えていない。自活できなくなれば病院や施設に入ることを選択する。

子供と一緒に暮らさないという意向の背景には、世代間で生活パターンが異なっていることがある。仮に介護が必要となっても、子供世代は日々の仕事や生活に追われており、直接介護してくれることが見込めないということである。それに加えて、長年にわたる集落での暮らしを終え、馴染みの薄い土地で全く新たな暮らしをスタートさせることは、高齢となった者にとっては大きなストレスでもある。

このような在住者の意向に合わせ、他出している子供世代の考えを探ることも急がれる。集落に在住している親にどうしてほしいのか、家屋や土地等の財産管理についてどう考えているのか等を把握する必要がある。

子供世代との関係（ヒアリング調査より）

【OD市KM集落】

子供のところへ行くことは考えていない。1人で寝たきりの生活になれば不安だが、同居していても面倒をみてくれることは難しい。体が動かなくなれば施設に入るかもしれないが、それも具体的に考えていない。

【SD町NB集落】

子供のところへ行っても知り合いがおらず、テレビを相手に朝から晩まで過ごす生活になる。また、体が動かなくなれば、面倒をみることも世代の仕事や生活の状況、家屋

の状態、親子関係などによって、施設に入れられることも考えられる。

【SD町JR集落】

子供のところへは正月に泊まりに行く程度。知らない土地では知り合いがなくて寂しい。独居になったり体が動かなくなればどうするかを考えなければならないが、同居することはあまり考えていない。

【SD町NB集落】

子供のところへ行ってもそれぞれの仕事や生活があり、体が動かなくなれば病院や施設に入れられることになる。

【SD町UK・US集落】

子供のところへ遊びに行った時、孫に「いつ帰るの?」と言われ、家族なのにお客さんのように感じる。仮に彼らの元で暮らすとしても、見知らぬ土地なので外へ出ることができず、家の中にもっていなければならない。何より都会へは行きたくない。生まれ故郷で暮らすことが一番よい。体が動かなくなれば病院か施設へ入ることも考えるが、子供のところへ行くとつもりはない。

【HK町WK集落】

炊事ができなくなれば大変。そうなれば施設へ入所する。子供のところへ行っても子や孫にはそれぞれの生活があり、足腰が立たなくなれば施設へ入れられる。

【HK町TC集落】

都会へ行ってもノイローゼになる。集落にいればすることがある。

【HK町SS集落】

子供のところは、遊びに行っても2~3日で帰りたくなる。

Ⅳ 考 察

1. 集落消滅の局面

限界集落の実態から、集落消滅とは何かを考えてみる。集落消滅のモデルを図1に示した。

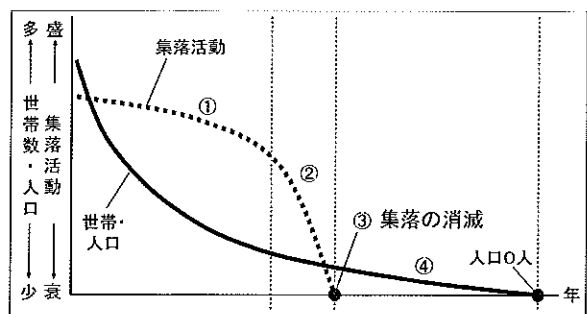


図1 集落消滅のモデル図

集落活動は世帯や人口の減少に伴って衰退していく。その過程では、生活に直結しないものや自発性が強く求められるものからいち早く衰退していくと考えられる(図1の①)。例えば、交流やイベント、集落ぐるみの旅

行→農業→祭り→常会→葬儀といった順で活動が衰退・停止していく。

ある活動に必要な役の数より世帯や人口が少なくなれば、その活動は加速度的に衰退する（図1の②）。同図では、限界状況について、①を前期、②を後期と位置づけることができる。

全ての活動が停止してしまった時、集落という社会（あるいは組織）としての機能は既に存在していない。（図1の③）この時点で、集落は事実上消滅したと表現できる。

ただし、活動が停止しても、数人の在住者が存在する（図1の④）。彼らは大抵が高齢であり、子供世代やIターン者などの移住がなければ、無住化することが明白であると言わざるを得ない。

2. 対策の視点

限界集落や消滅を目前にしている集落については、段階に応じた対策が求められる。

集落の活力が減退している状態（図1の①）では、集落の自発性に基づく企画力を支援する余地がある。発展型の活動は困難であっても、維持型の活動は実施可能である。また、維持できなくなりつつある生活機能は、この段階のうちに複数集落が連携して補完し合う等が求められる。

集落同士の連携について、まずは機能ごとに連携が進むと想定されるが、多くの機能が連携してくれば、組織的な集約も視野に入れる必要がある。例えば、大字や小学校区、公民館区等を単位とした「小さな自治」等が存在する²⁾。

「小さな自治」が歩み出すまでには時間がかかり、組織的な条件整備等も必要である。活動が急速に停止しつつあり、集落消滅を目前にした状態（図1の②）では、「小さな自治」が進む前に消滅を迎えることも十分に考

えられる。住民の自立的な生活維持が困難であれば、行政等による生活の支援・保障が必要となる。ほとんどの住民が集落での生活を望んでいることから、現住地で生活を全うするための支援が打ち出される必要がある。

集落消滅後（図1の④）は、対策は個々の住民や世帯レベルにおける生活水準の保障に特化していくと考えられる。

家屋、農林地などの資源については、世帯消失や集落消滅の後にどのような管理手法をとるのかを早期に決定しておかなければならない。特に、所有権問題への対応は、時機を逸すると一層困難になることが考えられる。今のうちに法制度上の見直しも含めた早急な整理が求められる。

V おわりに

経済の中心が都市部に移った現在、集落が持っていたかつての必然性は失われている。長い時間スケールで見れば、限界集落の出現や集落消滅は過渡的な流れの一端であり、消えるという状況だけを取り上げてことさらに問題視する必要はないのかもしれない。しかし、今の在住者やIターン希望者を中心として、そこに住みたい、資源を活用したい者がいるのであれば、それを実現する方策を考えていくことも重要である。そのことから、限界集落への対応を考えることは、今の時期特有の課題であると言える。

「季刊中国総研2005 vol.9-3 NO.32」掲載分を採録。章・項目の符号は、本報告書の規定に合わせて変更した。

- 1) 各市町村の住民基本台帳より。2004年4月31日現在。
- 2) 拙稿「行政による『小さな自治』へのアプローチ」（2005）『季刊中国総研』No.30pp. 17-21を参照のこと。

短報

里山環境のフィールドワーク

— 島根県匹見町の限界集落調査から —

笠松 浩樹

The Fieldwork of Woodlands

— Report from the Marginal Hamlet of Hikimi Town, Shimane Prefecture —

Hiroki Kasamatsu

I フィールドワークの概要

1. 限界集落に対する問題意識

近年、限界集落という言葉が注目を浴びている。過疎・高齢化によって集落単位の活動や営みを維持することが困難になり、社会や組織としての機能を果たすことができなくなりつつある集落を指す言葉である。この中には、数年で無人化する可能性がきわめて高い集落も含まれている。

限界集落は1つの文化の黄昏である。来るべき無人化とともに風習が消え去っていく。また、高齢となった在住者から証言を得ることができなくなるのも時間の問題である。一方では、農地や林地の所有権が分散することにより、適正な利用管理を進められなくなるという現代的な課題も出始めている。

本稿では、限界集落の人口減少がいつ・なぜ・どのように起こったのかに迫る。また、この頃は山仕事や農業のあり方が大きく変化した時期でもあり、当時の様子を整理することで人と里山との関わりを考えてみたい。さらに、里山に対する新たなニーズを外観したうえで、必要とされる現代的課題への対応を考えるきっかけも提示できれば幸いである。

2. 調査対象の概況

2003年2月、島根県の中山間地域に所在する限界集落で聞き取り調査を実施した¹⁾。その中から、島根県匹見町²⁾の4集落を取り上げ、問題の所在に迫ることとする。対象集落の概況は次のとおりである³⁾。

笹山：世帯7戸，人口13人，高齢化率92.3%
栃原：世帯3戸，人口4人，高齢化率100.0%
七村：世帯4戸，人口8人，高齢化率50.0%
和共：世帯9戸，人口15人，高齢化率100.0%

匹見町は、教科書に初めて過疎の言葉が出てきた時に例示として取り上げられた町でもあり、過疎・高齢化が特に進行している島根県の中でもさらに状況が進んでいる。1つの町の事象ということで背景や状況、問題を一般化しにくい場面もあるが、人と里山の関わりがどのように変化してきたかを紐解く足がかりになるであろう。



集会所に集まって聞き取り調査に応じてくれた集落のみなさん。左端が筆者。(和共；2003年2月)

II 産業構造の変化と人口の減少

1. 生業は森林資源に依存（～1960年頃）

集落在住者にこれまでの生業についてうかがったとこ

ろ、「1950年代までは主に山林労務で生計を立てていた」（七村）、「1965年までは木炭と木材の生産が主体だった」（栃原）など、半世紀前は木材の切り出しや薪炭生産を主業としていたことがうかがえる。特に、「1937～1941年に炭焼きのために他地域から移り住んできた世帯があり、韓国からの労働者も来ていた」（笹山）ように、森林資源を求めて外部から移住してきた者もあった。

ただし、森林資源のみに依存しきっていたわけではない。「終戦後にはコウゾとミツマタの生産も始め、1960年代までは、ワサビ、木炭、少々の水田（1戸あたり約3a）で生活していた」（笹山）など、里山周辺を多様に利用し、複合的な生業を営んでいたと考えられる。

1960年当時は、「自給自足の生活でお金を使うことがほとんどなく、支出は電気代、税金、年に2回の支払い程度」（笹山）であり、今ほど現金に頼らない生活を送っていた。当時の商業集積地に遠かったことは、町内でも遅くまで自給自足に近い暮らしが残っていたと考えられる。

2. 世帯・人口が最多となる（戦後～1960年）

集落の世帯・人口は、1945～1955年頃（笹山）から1959～1960年頃（栃原）の間に最多となった。10～15年間という短い期間に世帯・人口が増えたのは、戦後の引き上げが大きく影響していると考えられる。当時は「1軒に5～6人の家族が住んでいた」（和共）ことが一般的であり、今とは違い若者や子供が存在するバランスの良い年齢構成となっていた。

ただし、ピーク時でも世帯数が13戸（栃原）～35戸（笹山）など、集落の規模は決して大きくはなかった。森林資源に依存した生業が発達した集落は、資源確保のために山間部奥地に所在しているため、地形が急峻で農地面積が小さいという特徴もある。農地面積が小さかったことは、そこで養うことのできる人口も必然的に少なかったことがうかがえる。そして、元々小規模であったところに過疎化が進んだことにより、現在に至って消滅を目前に控えている。

3. 産業構造の変化によって人口・世帯の急減が始まる（1960～1970年代）

その後、急激な人口と世帯の減少が始まる。その時期

と原因は、「1960～1970年代にかけて木炭が不振になり、同時に仕事を求めて人が都市部へ出ていった」（笹山）、「1963年頃から就職のために集落を出る者が出始める」（和共）、「1965年頃までは木炭と木材の生産が主体だったが、これらが不振になって出稼ぎが始まる」（栃原）、「木材や炭が不振になって出稼ぎに出るようになった」（七村）ということであった。燃料が炭や薪からプロパンガスへ、さらに灯油へ移行していったことは、薪炭生産を主業としていた集落に大きな転換を迫ることとなる。高度経済成長期が始まり都市部へ労働力が吸収されていったことも人口と世帯の流出に拍車をかけた。同時に、「木炭が不振になった頃には山の木も伐りつくしていた」（笹山）ようであり、資源も枯渇していた。



斜面の農地は放棄されて木が生えている。周辺の林山にはミツマタが植えられていた。下部に見える家屋は空き家。（栃原；2003年2月）

初期の就職は出稼ぎや不定期労働が多く、その頃はまだ「ぼつぼつと人が出ていった」（七村）という状態である。就労形態は、出稼ぎや不定期労働から徐々に恒常的勤務に変化し、「会社勤めが多く」（七村）なる。そして、「社宅などに入居する世帯が出始め、通年雇用された者は家族ごと引っ越した」（栃原）など、世帯単位での流出が始まった。世帯流出については、「炭焼きのために他の地域から来ていた世帯、財産や農地を持たない世帯が早くに出ていった」（笹山）、「特に農地を所有していない小作世帯から先に出ていった」（七村）という背景があることから、農地や不動産の有無が出るか残るかを決める大きな要素となっていたようである。

集落に残った者は、生業を転換させつつ生き残る道を

模索した。笹山では、「1968～1975年にシイタケを栽培」(笹山)していた。栃原では、「1972年から隣の集落と合わせて8haの山林でミツマタの生産を始めた。ミツマタの出荷をきっかけに集落内の道路が整備され、作業場が建てられた。ミツマタの生産は1987年まで続いた」(栃原)。複合的に収入を得る手段を発達させながら、道路をはじめとした集落内の環境整備も進むことがあった。しかし、それでも人口減少は止まらなかった。

4. 在住者の死亡や高齢化によって世帯が消失する(～現在)

1960年代に起こった人口と世帯の減少は、その後勢いが衰えたかに見えた。減少度合いは確かに緩やかになったが、原因を変えながら着実に減少は続く。

1960年代当時に集落を「出た者の年齢は現在50～60歳。集落に住む者は、全員がその親の世代」(和共)という状態である。「親が死亡した後、子の世代が帰らずに世帯が消えた」(七村)、「ここ2～3年のうちに独居者が亡くなったために4戸が空き家となった」(和共)というように、在住者の死亡によって世帯の消失が進行している。そして、「一人暮らしの世帯が多いため、これからもこの状況が続くと考えられる」(和共)。

七村は住民基本台帳によると4戸・8人となっているが、実質的には1戸・1人が在住するのみであった。他の3戸は町中心部で生活しており、うち2戸が冬は町中心部、夏は集落で生活するという漂鳥のような生活を送っている。集落から離れて生活している理由は、「高齢者にとって医者が近い方がよいため」(七村)であり、「高齢者は、もしもの時(病気など)が不安で出ていく」(七村)ということである。高齢となった者が生活を維持させるためには、生活利便性の低い集落を離れざるを得ない。さらに、「一旦集落を出ると、実質的に本拠地も移すことになり、出た先で亡くなればそこで葬儀をする」(七村)ことになるのである。

Ⅲ 農林地の現状と今後

1. 弱体化した農業生産活動

先述のように、1960年代からの人口と世帯の急減局面では農地を所有している世帯が他出せずに残った。所有農地の存在は、過疎化を低減させる効果として重要で

あったと考えられる。そこで次は、農林地のあり方について考えてみたい。

「水田が一番多かったのは1960年前後」(和共)であり、人口のピークと一致している。また、所有農地は、量もさることながら、質的な面も重要であった。この頃から、全国的には圃場整備と農業機械の開発・普及がセットで進み、農業の省力化が加速された。しかし、匹見町では「圃場整備は町の縁辺部が後回しにされており、人口流出が進んでいた当時には、これら圃場整備が実施されていない集落から出た者が多い」(栃原)。

農業生産活動に携わる者にとっては、1970年代以降は逆境が続く。まず、政策や経済の動向が農業に直接的な影響を与えた。1972年の「生産調整以来、水田が減った」(和共)ことに始まり、相対的に米価も下がり続けている。

人口減少が進んだ結果、稲作については「少数だと水管理だけでも大変であるため耕作しない」(七村)ようになった。1960～1970年代に導入したシイタケも、高齢化のために「体力的に負担が大きく、近年は中国産に押されて不振。現在は自家消費分しか栽培していない」(笹山)状況である。

人と自然環境のバランスにも変化が起こっている。「最近ではイノシシ、タヌキ、クマが増え、農作物への被害がひどくなっている」(七村)。さらに、「この地区ではワサビ生産しか儲けにならない」(和共)、「現金収入が得られる農産物はワサビ」(笹山)と言われるほど重要な収入源であるワサビも、最近では「山の手入れをすることがなくなったため、山が弱って水ワサビはつくることができなくなった」(七村)ということである。

政策、市場経済、過疎・高齢化、そして、人と自然環境との関係の変化によって、「農業では食べていくことができない」(七村)状況になった。現在では、「稲作農家は5戸で、うち販売しているのは2戸」(和共)である他、「稲作はやっていない。米を売っても安く、1人だとつくるより買う方が経済的」(七村)というケースも出ている。あとは自家消費の野菜を細々とつくるのみで、「野菜は売るほどつくらない」(笹山)状態である。

2. タイミングを逸してしまった圃場整備

圃場整備が今になってようやく実施される集落もあ

る。和共では、「圃場整備が2003年～2008年の間に実施される予定。町内で一番遅い」（和共）。しかし、「竣工した時には現在の在住者が体力的に耕作できない状態になっている可能性が高く、死亡している家もある」（和共）ということだ。男手が1人しかおらず高齢化している栃原では、「今後整備されても既に人がいなくなっている」（栃原）ことが十分に考えられる。

他出した後継者が農業を継ぐ可能性は全くないわけではないが期待は薄い。その理由は、「既に農業だけでは生活が成り立たない時代であること、狭い農地では農業経営の条件が悪いことから、後継者世代が帰って農業を継ぐことは無理」（和共）というものであった。

現在は限界集落となっても、1960～1970年代当時に圃場整備が行われていれば違った道をたどっていたかもしれない。しかし、今となっては集落内部では過疎・高齢化が進み、農業を取り巻く諸条件と環境も異なり、圃場整備を行っても効果が発揮できる時期を逸してしまっていると言わざるを得ない。「圃場整備は、農家の体力があるうちにやっておくべきであった」（栃原）という一言に、施策実施のタイミングがいかに重要であり影響力を持っているかということを実感せずにはいられない。

3. 耕作放棄地の増加

農業生産活動の弱体化が進み、農業生産活動の規模縮小にとどまらず、農業を行わなくなった集落もある。土地利用の面では、「現在耕作しているのは家の周辺で、あとは木を植えたりワサビ田にした」（和共）ところもある。当然ながら、全ての農地に管理が行き届かないため、「耕作していない農地について、近いところは藪にならないように草刈りをしているが、遠方は管理をしていない」（和共）状態である。

他出世帯の農地は、「出た世帯が農地を集落内の農家に預けて耕作してもらっているのはわずかで、ほとんどが放置」（笹山）されている。「ごく一部の人が田を集落在住者に預けて耕作してもらっている」（和共）が、「無償で預けたくても借り手がない」（和共）のが実態であり、農地を適正に管理したくても担い手が不在という問題もある。

他出世帯が放置しているのは農地だけではない。「消

えた世帯の家・土地、農地、林地は放置状態」（七村）である。集落を出た時のまま放置され、30～40年間誰も手をつけていない家屋や農地も多い。そのような家屋は朽ち果て、農地は原野に帰っていった。しかし、「家ごと出た世帯は、家、宅地、農地、林地の所有権を有したまま」（和共）であり、所有者の了承が得られないために管理できないものが増えている。

4. 林地の境界が把握できなくなりつつある

土地利用という観点からすれば、農地より林地において問題状況が進んでいる。「山は金にならないため、集落住民も放置している」（笹山）ことが多く、今では全くと言っていいほど管理がされていない。



農地は全面的に放棄され、空き家は草に飲まれていく。2003年当時には集落に住んでいた最後の1人も集落を出たと聞いた。（七村；2004年6月）

所有している林地の境界の把握も曖昧になってきた。林地の所在や境界がわからなければ、適正な管理ができないことは明白である。「林地の境界は、集落に残っている者ならある程度把握できる」（七村）。しかし、「林地の境界は、集落に住んでいる者までは把握できる。しかし、出て行った子供の世代は把握していない」（笹山）ことがほとんどであり、中には「境界は、住んでいる者でも把握していない人がある。子供世代は全くわからない」（和共）場合もある。

財産や資源を後世に伝えるため、「足腰が元気なうちに子供達を連れて山へ行かなければならないという思いはある」（和共）。「子供世代が帰省した時に境界を教えることもある」（笹山）。その一方で、「今教えたとして

も図面と現地が一致しないために状況を正確に伝えることができず無駄だと感じる。国土調査の完了を待ちたい(笹山)という実態もある。

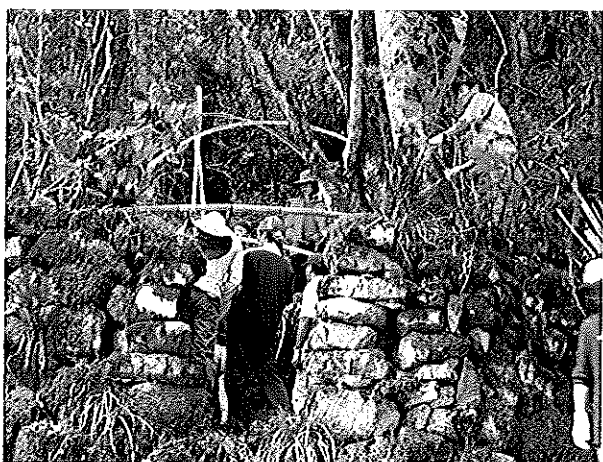
IV 里山をめぐる現代的課題

1. 里山の新たな利用

「田舎志向」、「定年帰農」、「自然回帰」という言葉が生まれているように、昨今はIターン者を中心に農山村が注目されている。実際に農業への新規参入やスローライフの実践が試みられているとともに、森林管理に興味を持つ都市住民も多い。さらに、ツーリズムの視点から里山の利用価値が見直されてもいる。

匹見町においても、森林管理に携わるIターン者が定住しており、新しい地域リーダーとしても活躍している。また、トレッキングや沢登り、スノーキャビンづくり等の本格的なツーリズムの胎動も見られ、そのための受け皿づくりが進みつつある。さらに、地元の女性グループが経営する空き家を改装した民宿では、地産地消の料理が話題を呼んでおり、リピーターも多い。

里山への働きかけは、確実に新しい局面を迎えつつある。ここで留意しておきたいのは、資源を利用管理する者が変化している点である。これらの動きは、里山における資源や環境の管理が従前の所有者や農業者のみによるものではなく、新しい担い手と手法によって行われている場合が多い。地縁・血縁関係以外の切り口でアプローチがなされる可能性がある。



野外活動の一環として炭窯跡に宿泊する試みを実践。石垣だけが残っている窯跡の上に竹でシェードの骨組みを組んでいる様子。(裏匹見峡；2005年5月)

2. 所有権問題への対応

ところが、農林地の状況を知る者の大半は、今後数年のうちに亡くなることが十分に考えられる。そうなると、所有地の正確な位置すら把握できなくなる。さらに、集落から人や世帯が消えても、広大な農林地や宅地の所有権は他出した者が持っている。所有者の所在が確定しにくく、例え所有者と接触できても、第三者に利用管理させることに消極的な者が多い。このような状況にあっては、次世代の担い手が里山資源の利用を試みても、所有権問題が障壁となり、手をつけることは難しい。国土調査等によって後世に土地利用の記録を残すことは意義のあることである。ただし、それには土地の境界を把握している者の存在が不可欠である。農林地の所有権を整理することは、まさに今がタイムリミットである。

今後に里山資源の利用を希望する者は、従前の所有者や在住者とは異なってくることも想定しなければならない。所有権とは切り離して利用を進めることについて、法制度面での対応も視野に入れつつ、対策を考えていく必要がある。

3. 新たな問題意識を持った限界集落へのアプローチ —むすびにかえて—

集落が成立・発展してきた理由と場所には、それなりの必然性があつたと考えられる。今回対象として取り上げた匹見町の限界集落の場合、1960年頃から産業構造や生活スタイルが転換し、その必然性は失われるか、あるいは変化していった。そして今、里山資源に対する新たなニーズが興り、また違った形の必然性が生まれつつある。特に、これからの半世紀のうちに里山資源を利用する者は、これまでの半世紀のそれとは大きく異なることが予測される。

限界集落が出現したことも、その先に集落の消滅が待っていることも、里山資源に対する新たな期待が高まっていることも、客観的には、時代の流れの過渡的な一面に過ぎない。しかし、里山資源の効果的・持続的な利用を考えた時、当面の課題として浮上してきた所有問題を見過すことはできない。2003年の調査は、集落在住者があとどれだけ当地で暮らすことができるのか、農林地の所有や境界把握がどうなっているのかという問題意識を持って実施した。その後、状況に何らかの変化があつた

のかを把握し、必要であれば集落消滅の様相も見届けた
い。そして、限界集落においても里山資源の新たな利用
の可能性を明らかにし、実現を模索する試みも始めた
い。

約3年が経過した現在、再び彼の地を訪れてみよう
と思う。

「季刊東北学 第五号」掲載分を採録。章・項目の符
号は、本報告書の規定に合わせて変更した。

- 1) 集落在住者に集会所等へ集まっていたき、グルー
プヒアリングの形で行った。以降の「」は、聞き取
りでうかがった集落在住者の言葉を文語体にアレン
ジしたものである。
- 2) 匹見町は2004年11月1日に益田市と合併して益田
市匹見町となった。
- 3) データは2003年1月31日現在における住民基本台
帳のもの。「高齢化率」は65歳以上人口の割合。

資料

イノシシと牛の社会空間行動の観察例

長妻 武宏・小寺 祐二・吉岡 孝

The observation example of the spacing behaviour between
the wild boar (*Sus Scrofa*) and the cows

Takehiro Nagatuma, Yuuji Koderu and Takashi Yoshioka

要 旨

イノシシ放飼場に繁殖用雌牛を3日間入れて、イノシシと牛の位置を5mの区画に記録した。イノシシは牛の威嚇・攻撃に対して、回避して逃走することができる距離を保って行動した。

I はじめに

島根県内では、遊休農地を利用した繁殖雌牛の放牧が行われている。遊休農地の畜産的利用は、イノシシなどの野生獣の生息環境の抑制としても行われている(千田, 2003)。しかし、これまで牛とイノシシの相互行動を直接観察した報告がないことから当センターの飼育イノシシと牛を使って相互の行動を観察した。

II 調査方法

1. 調査対象

調査したイノシシは、島根県中山間地域研究センター内のイノシシ放飼場(図1)に、2003年に捕獲したイノシシ1頭(♂, 体重約50kg)と2004年に捕獲したイノシシ3頭(♂1頭, ♀2頭, 体重いずれも約10kg)であり、いずれも島根県飯石郡赤来町(現:飯南町)塩谷上で捕獲した合計4頭であった。牛は、島根県隠岐郡西ノ島町で生産及び育成された放牧経験のある黒毛和種の雌牛2頭(体重いずれも約450kg)である。牛は試験開始直前に放飼場へ入れ、3日間行動を観察した後、放飼場から出した。

2. 調査方法

2004年9月1日~3日の3日間、毎日9:10~11:10及び14:00~16:00にイノシシと牛の位置を観察した。両者

の位置を分かり易くするために、放飼場内には約5m間隔で支柱を立てて区画分けした。観察は、放飼場内に隣接し、放飼場全体が見渡せる塔の上からデジタルビデオカメラ1台を使用し、MiniDV80分テープを1.5倍速、約2時間連続で、イノシシと牛の位置が判別できるように撮影した。撮影終了後、テープを再生して升目状(5m×5m)に区画した図に、10分間隔でイノシシと牛の位置を記録し、午前と午後各13回、1日当たり26回の合計78回分を記録して分析した(図2-1, 2-2)。2004年捕獲のイノシシ3頭は、带状または群状となって行動し、3頭が別々の区画にまたがることは一度もなかったため、記録は3頭まとめてひとつとし、iを1個記入した。なお、事故防止のため、A区画には牛が侵入しないように約90cmの高さで電気牧柵(通電せず)を設置して、イノシシの避難場所を設けた。

III 調査結果

調査時の天候は、晴れまたは曇り、降水量なし、最高気温25.7℃、最低気温19.0℃(気象庁赤名アメダスデータ:毎時データ)であった。イノシシがA区画に避難した回数は、データ数78回のうち、40回であり、いずれも2003年捕獲のイノシシであった。イノシシ同士が、同区画又は隣接する区画(3×3の9区画)に位置した回数は、30回であった。牛同士が、同区画又は隣接する区画

に位置した回数は、49回であった。イノシシと牛が隣接する区画に位置した回数は12回であったが、同区画に位置することは無かった。イノシシと牛との間隔は平均3.82区画離れていた。

Ⅳ おわりに

この試験では当初、牛は、イノシシが隣の区画（約5～7.1m）まで近づくと追いかける行動がみられた。イノシシは追いかられると威嚇することなく直ちに逃走した。なお、観察記録中に、イノシシが牛を追い払うた

めの威嚇行動をすることは一度もなかった。イノシシと牛は、平均で19m以上（3.82区画：19.1～27m）の距離を保ち、この距離は相互の行動に干渉しない安定した状態であったと考えられる。

フィールドでの活用方法としてこの距離を縮めない工夫が必要であると考ええる。

引用文献

千田雅之（2003）中国中山間地域を活かす里地の放牧利用. 2pp

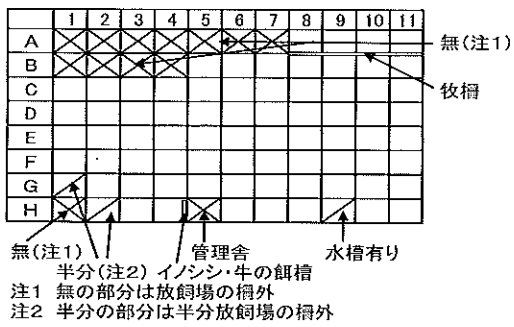
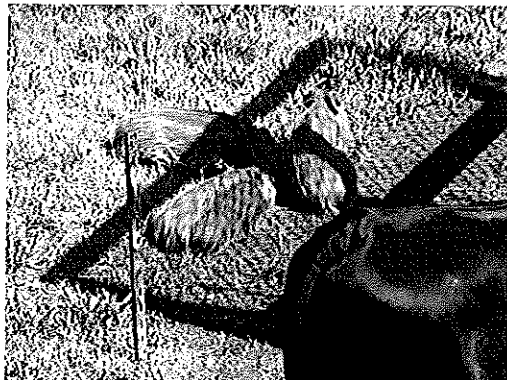


図1 イノシシ放飼場



- 写真1 イノシシ全頭と牛全頭
- 写真2 2004年捕獲のイノシシと牛(尻)
- 写真3 イノシシ全頭と牛

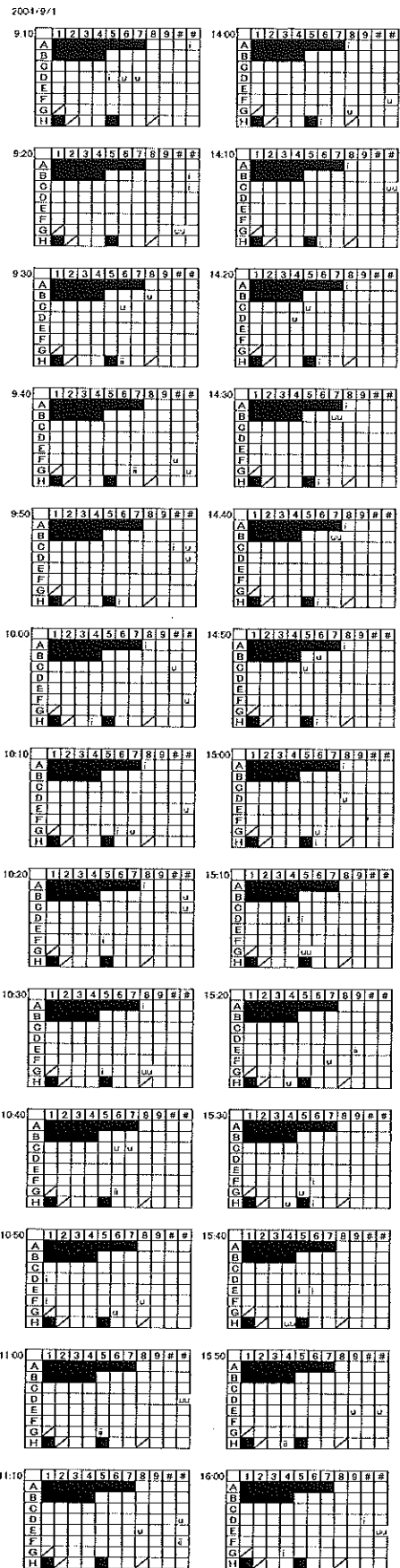


図2-1 イノシシと牛の位置図 (i:イノシシ u:ウシ)

2004/9/2

2004/9/3

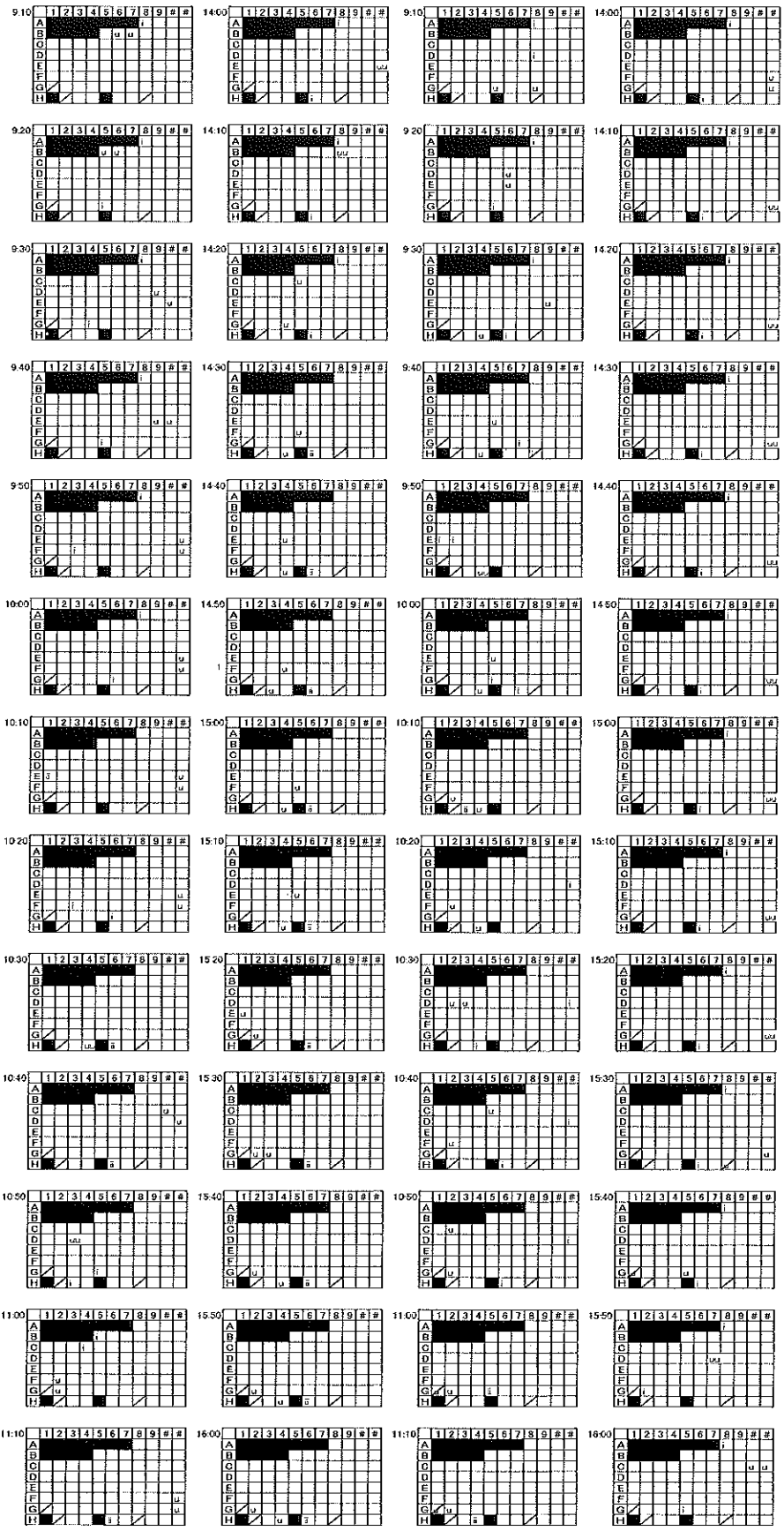


図 2-2 イノシシと牛の位置図 (i:イノシシ u:ウシ)

資料

スギ丸太の燻煙熱処理及びスギ板材の燻煙乾燥試験

中山茂生*・池淵隆・後藤崇志・越智俊之・福島亮
可部淳**・栗栖利寿**・三浦千恵子**

Smoke Heat-Treatment Test of Sugi Logs and Drying Test of Sugi Boards

Shigeo Nakayama*, Takashi Ikebuchi, Takashi Goto, Toshiyuki Ochi,
Akira Fukushima, Atsushi Kabe**, Toshinaga Kurisu**, Chieko Miura**

要 旨

島根県浜田市金城町内に設置されている丸太の燻煙熱処理試験装置と燻煙熱処理業務用施設を使用して、間けつ運転によるスギ丸太の燻煙熱処理及びスギ板材の燻煙乾燥試験を行い、以下の知見を得た。

1. 燻煙熱処理によりスギ丸太の含水率低減効果が認められ、特に辺材部において顕著であった。
2. 燻煙熱処理丸太から製材したスギ柱材の初期含水率は未処理の柱材と比較して低かったが、その後の天然乾燥期間の短縮には至らなかった。しかし、天然乾燥終了時の含水率のバラツキは燻煙熱処理丸太から得られた柱材の方が明らかに小さかった。
3. 柱材の天然乾燥試験において、燻煙熱処理丸太から得られた柱材の材面割れは未処理の柱材と比較して少ない傾向を示した。また、天然乾燥に際して、背割り加工を行うことにより材面割れの発生が大幅に減少した。
4. 柱材の強度試験を行ったところ、曲げヤング係数、曲げ強さ、縦圧縮強さのいずれも、燻煙熱処理丸太から得られた柱材と未処理の柱材との間に有意な差は認められなかった。
5. スギ板材の燻煙乾燥試験を行ったところ、初期含水率114.5%から燻煙乾燥後には6.6%となり、バラツキの少ない乾燥が可能であった。

I はじめに

地域材の地産地消による循環型林業を創出し中山間地域の振興を図るため、島根県浜田市金城町に地域材流通の拠点である浜田木材流通センターが開設されている。2002年6月、この流通センター地内に地域材の付加価値向上を目指して丸太の燻煙熱処理試験装置が設置され、さらに、2004年6月には燻煙熱処理業務用施設が稼働を始めている。

この燻煙熱処理試験装置及び燻煙熱処理業務用施設

(以下、試験装置及び業務用施設と記す)における丸太の処理能力はそれぞれ約10m³と100m³(50m³×2室)であり、従来の燻煙熱処理装置(佐々木ほか, 2004)とは異なり、燻煙熱処理室と燃焼室を分離して、燃焼室で製材廃材を燃焼させ発生した燃焼ガス、いわゆる燻煙を煙道を通して燻煙熱処理室へ導き、丸太の燻煙熱処理を行うものである。この装置の特長は、燃焼室が分離していることから火災の危険性が少なく、日中のみ製材廃材を燃焼させて夜間は消化できる点にある。

この報告の一部は、日本木材学会中国・四国支部第16回研究発表会(2004年11月, 徳島)において発表した。

* 現農林水産部林業課 ** 協同組合ヴァーテックス

本研究では、この特長を活かして間けつ運転によるスギ丸太の燻煙熱処理を行い、含水率の低減効果を検討した。また、柱材に製材して天然乾燥に供し、材面割れの発生状況を調査後、強度試験を行って燻煙熱処理が柱材の強度性能に及ぼす影響を検討した。さらに、この業務用施設は、燻煙乾燥施設としても応用できると考えられたため、スギ板材の燻煙乾燥試験も併せて実施した。

II 試験方法

1. 試験装置と業務用施設の概要

本試験では試験装置と業務用施設の2つの設備を使用した。試験装置（(株)益田機械製作所製）は、浜田木材流通センター地内に設置され、石央森林組合が所管している（写真-1）。その概要を図-1に示した。燻煙熱処理室（以下、熱処理室と記す）の寸法は間口1.8m×高さ2.1m×奥行き5.5mであり、丸太の処理能力は約10m³である。丸太の搬入はレール上に設置された台車1台により行われ、燃焼室で製材端材を燃焼させ発生した燃焼ガス（燻煙）を煙道を通して熱処理室へ導き、循環ファンにより室内を循環させて室内及び丸太を加熱する構造となっている。なお、燃焼室上部に設置された温水タンクから、必要に応じて手動で熱処理室にミスト状の水滴を噴霧し、一時的な加湿も可能な装置となっている。

業務用施設（(株)益田機械製作所製）は、浜田木材流通センターに隣接して設置され、協同組合ヴァーテックスが所管している（写真-2）。丸太の処理能力が100m³（50m³×2室）であること及び丸太の搬入を1室は台車で、他の1室はフォークリフトで行う点を除いて基本的な構造は試験装置と同様である。

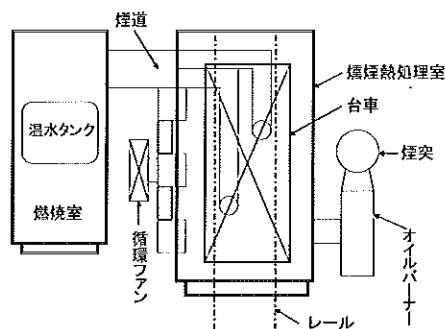


図-1 試験装置概要図（平面図）

2. 丸太の燻煙熱処理条件

スギ (*Cryptomeria japonica* D.Don) 丸太の燻煙熱処理試験は2回行った。1回目試験では、浜田市三隅町内の6齢級の同一林分から採取された末口径18cm、材長3.25mのスギ丸太60本を入手し試験材とした。丸太は初期含水率を測定するため3mに玉切った後、縦振動法によりヤング係数を測定し、ヤング係数の平均値と分散が等しくなるように30本ずつ2つのロットに分けて一方を燻煙熱処理用、他方を未処理用とした。燻煙熱処理用丸太30本を燻煙熱処理試験装置内に積積みをせずに積載し、2003年8月18日～22日の5日間、日中のみ製材端材を燃焼室で燃焼させ、夜間は消火する間けつ運転により燻煙熱処理（以下、熱処理と記す）を行った。熱処理丸太は熱処理室内の温度が低下するまで2日間養生した後取り出した。

2回目試験では、末口径18cm、材長3.2mの県産スギ丸太60本を入手し試験材とした。丸太は1回目試験と同様に3mに玉切った後、重量を測定し、重量の平均値と分散が等しくなるように30本ずつ2つのロットに分けて一方を熱処理用、他方を未処理用とした。熱処理用丸太30本を業務用施設内に積積みを行って積載し、2004年8月16日～21日の6日間、1回目試験と同様に間けつ運転により熱処理を行った。熱処理丸太は1日間養生した後取り出した。

3. 測定項目

1) 丸太材内温度と熱処理室内温度

1回目試験における材内温度の測定は、台車上に積載した丸太のうち、ロットの外周部に位置する上段2本、中段1本、下段2本の計5本について、材長方向の中央部に、ドリルにより7cmの深さまで穿孔し、K熱電対を挿入して測定した。挿入後、シリコングリースによりシールした。室内温度は、材内温度を測定した丸太5本の表面付近に計5箇所、K熱電対を取り付けて測定した。

2回目試験における材内温度と室内温度の測定は、ロットの外周部に位置する上段の3本について同様にK熱電対により測定した。

2) 丸太の含水率

1回目試験では、熱処理前に丸太末口から約25cmの

位置で厚さ3cmの円盤を採取し、心・辺材、白線帯別に全乾法により測定した。熱処理後、末口から40cmの位置で同様に厚さ3cmの円盤を採取して測定した。

2回目試験では、熱処理前に末口から約20cmの位置で同様に円盤を採取して測定し、熱処理後、末口から30cmの位置で円盤を採取して測定した。

3) 柱材の天然乾燥

1回目及び2回目試験において、熱処理丸太及び未処理丸太を13cm角柱材（1回目：13×13×250cm，2回目：13×13×260cm）に製材し、1回目試験では無背割り材の状態、2回目試験では背割り加工を行って天然乾燥に供した（写真-3）。天然乾燥期間は1回目試験では2003年10月～2004年4月までの7ヶ月間、2回目試験では2004年10月～2005年4月までの7ヶ月間とした。また、天然乾燥は当センター（飯南町）の屋外土場にて行い、天然乾燥期間中に発生した木口割れを含む材面割れ長さを測定した。なお、含水率は柱材の重量を毎回測定しておき、試験終了時の全乾法含水率から換算して求めた。

4) 柱材の強度試験

1回目試験において、天然乾燥終了後、モルダを使用して12×12×250cmの柱材に仕上げ加工し、スパン216cmの3等分点4点荷重方式により曲げ強度試験を行った（写真-4）。曲げ強度試験後、試験材の非破壊部分から材長48cmの縦圧縮試験材を採取し、短柱の縦圧縮試験を行った（写真-5）。なお、使用した試験機は（株）前川試験機製作所製IPA-100R-F（最大容量1000kN）である。

4. スギ板材の燻煙乾燥試験

末口径22cm，材長3mの県産スギ丸太20本を入手し、幅155mm×厚さ36mmの板材に製材し試験材とした。試験材82枚の両木口から23cmの位置で、長さ2cmの含水率試験片を採取し全乾法により初期含水率を求めた。そして、62.5cm間隔で棧木を入れて棧積みし、上部に圧縮のための重し（366kg）を積載した。業務用施設を使用して、2005年3月16日～27日までの12日間燻煙乾燥を行い、1日間養生した後取り出した（写真-6）。熱処理室内温度は日中80～100℃で推移し、夜間は40℃付近まで低下した。燻煙乾燥後、試験材の曲がり及び幅反

りを測定した後、板材の両木口から23cmの位置で同様に含水率試験片を採取して含水率を求めた。

III 結果と考察

1. 丸太材内温度と熱処理室内温度

1回目及び2回目試験における丸太材内温度と熱処理室内温度を図-2，図-3にそれぞれ示した。なお、室内温度は丸太表面付近で測定したため、図中の表記は表面温度としている。1回目試験では、5本の丸太について測定したが、このうち、材内温度と表面温度が最も高め及び低めに推移した試験材の温度経過を示した。1日目は表面温度、材内温度とも低めであったが、2日目以降は日中の表面温度は110℃～140℃，材内温度は75℃～95℃で推移し、夜間は表面温度、材内温度とも60℃付近まで低下した。2回目試験では、3本の丸太について測定したが、材内温度差が最大でも4℃弱であったため、試験材1本の温度経過のみ示した。表面温度、材内温度とも日を追って上昇する傾向であったが、日中の表面温度は60℃～90℃，材内温度は50℃～70℃で推移し、夜間は表面温度、材内温度とも40℃～60℃付近まで低下した。

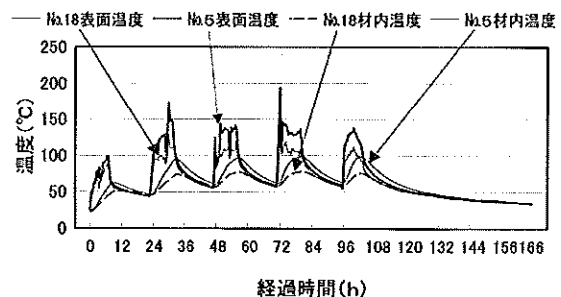


図-2 丸太材内温度と熱処理室内温度（1回目）

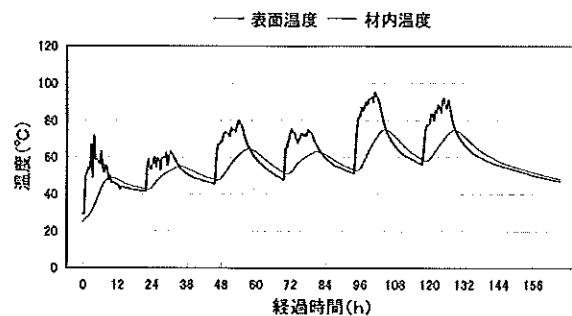


図-3 丸太材内温度と熱処理室内温度（2回目）

2. 丸太の含水率変化

1 回目試験における積載位置による含水率の違いを表-1 に示した。ロットの外周部に位置した丸太では、辺材部の含水率が100%を越える低下を示したのに対し、ロットの内部に位置した丸太のそれは49%であった。これは、1 回目試験では積木を入れずに積載したため、内部に位置した丸太の材内温度が十分上昇しなかったことに起因すると考えられる。従って、丸太の熱処理においても適切な厚さの積木により積積みを行って、ロット内部の丸太であっても外周部の丸太と同様に材内温度が上昇するよう積載段階での配慮が必要である。

1 回目及び2 回目試験における丸太の含水率変化を表-2 に示した。1 回目及び2 回目試験ともに心材部の含水率低下は少なかったが、辺材部では1 回目試験で77%、2 回目試験で86%と顕著な含水率低減効果が認められた。また、1 回目試験におけるロットの外周部に位置した丸太及び2 回目試験では心材部と辺材部の含水率差が小さくなる傾向が認められた。

燻煙熱処理によって発生する丸太の材面割れをおさえるためには、丸太表面の含水率を繊維飽和点以下にしないことが絶対条件であるとされている(奥山, 1996)。また、佐々木ほか(2004)は材面割れ深さを測定したところ、丸太の平均含水率が40%を下回ると材面割れが深くなることから、材面割れを避けるためには含水率を約50%程度にとどめる必要があると報告している。一方、

表-1 積載位置による含水率の違い(1 回目試験)

積載位置	本数 (本)	部位	熱処理前 (%)	熱処理後 (%)	差 (%)
外周部	13	心材	58	49	9
		辺材	184	69	115
		平均	95	55	40
内部	17	心材	75	68	7
		辺材	184	135	49
		平均	104	85	19

注) 数値は平均値である。

表-2 丸太の含水率変化

試験	本数 (本)	部位	熱処理前 (%)	熱処理後 (%)	差 (%)
1 回目	30	心材	67	60	7
		辺材	184	107	77
		平均	100	72	28
2 回目	30	心材	88	71	17
		辺材	144	58	86
		平均	104	64	40

注) 数値は平均値である。

損傷の発生メカニズムについては、辺材部の含水率の減少によって心材部との差が小さくなり含水率分布が均一化された後、さらに処理時間の増加とともに辺材部の含水率が減少し、このことによって表層部(辺材部)に引張り応力が発生することによって生じることが明らかにされ、材内温度が60℃の場合では長時間の燻煙熱処理を行っても材への損傷が少ないことが判明している(石栗ほか, 2001)。

今回の試験における丸太の材面割れについては、試験材がいずれも皮付き丸太であり、1 回目試験では一部樹皮が剥がれた部分において微細な割れが認められたものの、樹皮のある部分では目立った割れは少なく、2 回目試験では目立った割れはほとんど認められなかった。

この結果から、ロットの外周部丸太の平均含水率が55%まで低下した1 回目試験の温度条件ではもう1 日程度、平均含水率が64%まで低下した2 回目試験の温度条件ではもう2 日程度熱処理時間を延長し、損傷をおさえながら、50%を下回る程度の含水率に仕上げるのが望ましいと思われる。

3. 柱材の天然乾燥経過

柱材の天然乾燥経過を図-4 に示した。熱処理材と未処理材の天然乾燥開始時の含水率は、1 回目、2 回目試験とも熱処理材の方が低い値であったが、天然乾燥6 ヶ月後には23~25%と揃ってくる傾向であり、7 ヶ月後にはいずれも20%以下まで低下した。目標仕上がり含水率20%とした時の熱処理による天然乾燥期間の短縮化は明確ではなかった。これは、2 回の試験とも天然乾燥期間が冬期をまたいだことや本県の中山間地域でも最も寒冷的な地域である飯南町における天然乾燥であったことも要因として考えられる。そのため引き続き、季節や場所を変えての測定が必要であろう。なお、天然乾燥終了時の含水率のバラツキは熱処理材の方が明らかに小さく、1 回目試験の無背割り材では熱処理材と未処理材の標準偏差はそれぞれ1.4%と2.6%であり、2 回目試験の背割り材のそれはそれぞれ1.0%と3.2%であった。

天然乾燥期間における材面割れの推移を図-5 に示した。単位は試験材1 m当たりの4 材面に発生した材面割れの延長を表している。背割り材及び無背割り材ともに熱処理材が未処理材と比較して材面割れが少ない傾向を

示した。これは、柱材の辺材含水率が丸太段階での熱処理によって低下し、心材含水率もある程度低下したことによって、天然乾燥期間における心材部と辺材部の含水率傾斜が未処理材と比較して小さくなり、結果的に材表面層部の引張り応力が緩和されることによって材面割れの発生が少なかったものと考えられる。また、背割り材は無背割り材と比べ、材面割れが大幅に少なかった。なお、モルダ加工後に材面割れが少なくなっているのは、材表面層部を切削加工することにより、材表面の微細な割れが削り取られて消失したためである。この結果から、材面割れの少ない乾燥材を得るためには、熱処理後、製材し、背割り加工を行ってから天然乾燥するのが望ましいと言

える。

4. 柱材の強度性能

柱材の強度試験結果を表-3に示した。曲げヤング係数(MOE)、曲げ強さ(MOR)、縦圧縮強さ(σ_c)のいずれも、熱処理材と未処理材の間に有意な差は認められなかった。また、曲げ強度試験における試験材の破壊形態は、熱処理材と未処理材の間に相違点は認められず、柱の引張側が繊維に平行方向の引張応力によって引き離される引張型もしくは、柱の引張側に裂片状の破壊を起こし、破壊面が繊維状にささくれる強靱型破壊(渡辺, 1978)であった。このことから、今回の温度域での5日~6日程度の熱処理では、柱材として利用する場合の強度面における実用上の問題はないと考えられる。

5. スギ板材の燻煙乾燥経過

スギ板材の燻煙乾燥経過を図-6に示した。試験材82枚の初期含水率平均値は114.5% (標準偏差30.6%)であり、燻煙乾燥後には6.6% (標準偏差2.0%)となり、バラツキの少ない乾燥が可能であった。また、燻煙乾燥後の板材の曲がり及び幅反りはそれぞれ0.12%, 0.80%であった。

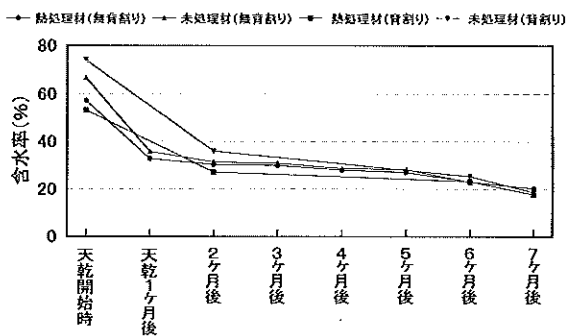


図-4 柱材の天然乾燥経過

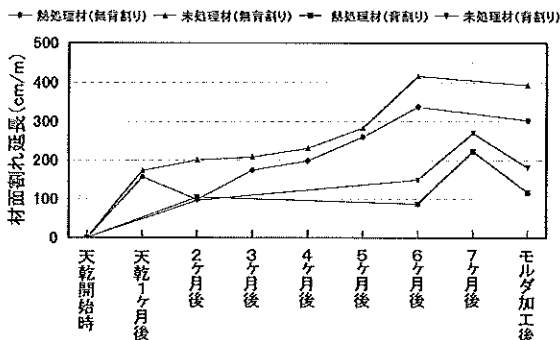


図-5 天然乾燥期間における材面割れの推移

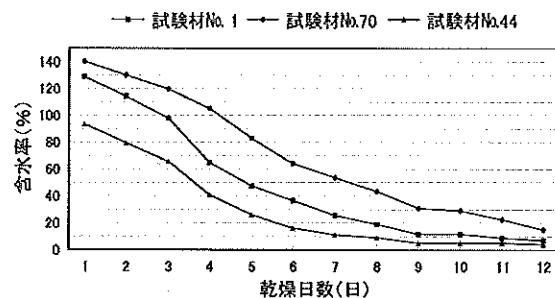


図-6 スギ板材の燻煙乾燥経過

表-3 柱材の強度試験結果

処理条件	試験体数		曲げ強度試験				縦圧縮試験		
			MC (%)	密度 (kg/m ³)	MOE (kN/mm ²)	MOR (N/mm ²)	MC (%)	密度 (kg/m ³)	σ_c (N/mm ²)
燻煙熱処理材	30	Ave	18.2	459	5.61	41.5	15.1	456	25.6
		SD	1.0	14	0.65	5.4	0.6	18	2.1
未処理材	30	Ave	17.5	455	5.58	39.3	15.4	455	25.9
		SD	0.8	28	0.69	4.8	0.7	29	1.8

注) Ave: 平均値, SD: 標準偏差

Ⅳ おわりに

本県内に導入された試験装置と業務用施設を使用して、間けつ運転によるスギ丸太の燻煙熱処理及びスギ板材の燻煙乾燥試験を行い、以上のような知見を得た。燻煙熱処理に関する研究は、大学や独立行政法人あるいは公設試験研究機関等で実施され成果も多数報告されているが、間けつ運転による燻煙熱処理を行った事例は少ない。今後は、間けつ運転により丸太にできるだけ損傷を発生させずに、平均含水率が50%を下回る程度に仕上げる燻煙熱処理スケジュールを確立していく必要がある。また、燻煙熱処理は丸太の残留応力の低減に有効であり、広葉樹（ケヤキ）においても製材時の曲がり量が非常に少なくなると報告されていることから（奥山ほか，1987）、県産広葉樹においても本設備を用いた間けつ運転によりその効果を検証しておく必要がある。さらに、アカマツ丸太を屋外に放置する場合、燻煙熱処理を行うことにより、青変と穿孔虫被害防止の有効性が認められたとする報告（佐々木ほか，2004）もあることから、県産アカマツ丸太でもその効果を確認することは有意である。

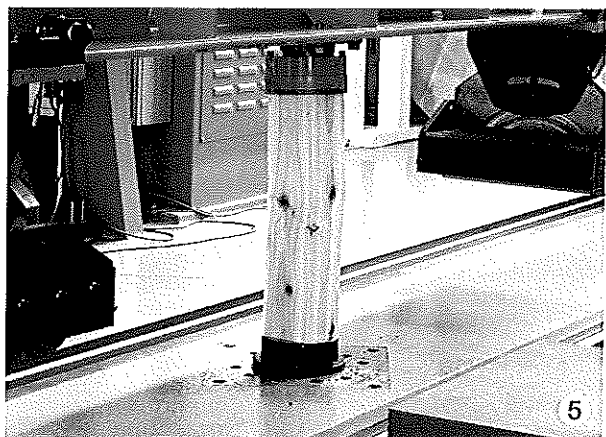
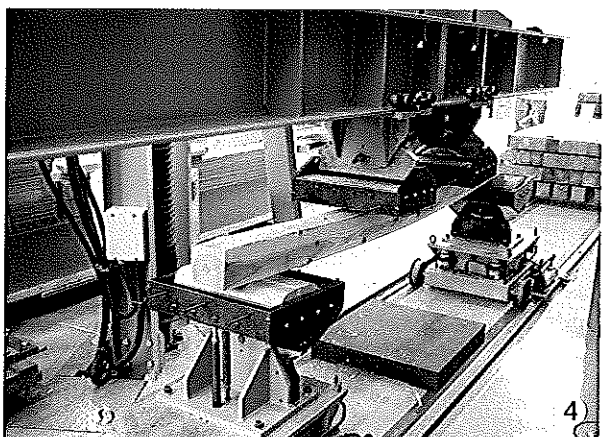
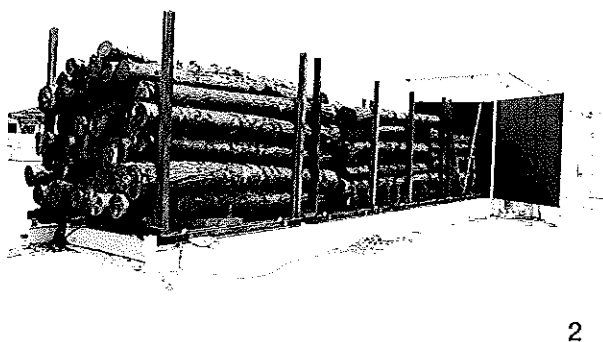
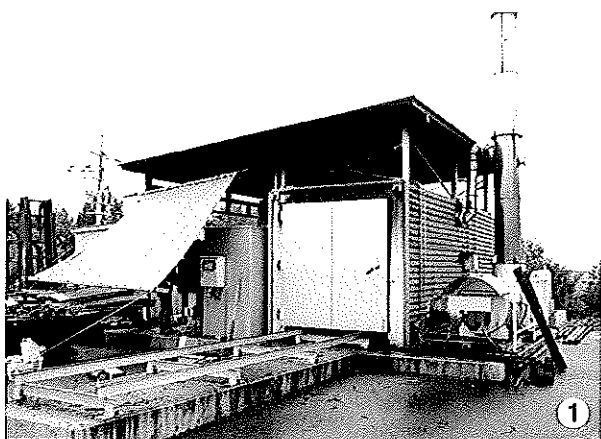
今後も燻煙熱処理及び燻煙乾燥の研究成果が蓄積され、その技術が普及されることにより、循環型林業の創出と中山間地域の振興につながっていくことを強く願うものである。

最後になりましたが、この研究を進めるにあたりまし

て木材利用グループ囑託職員名原俊顕氏には多大なご協力をいただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 石栗 太，黒岩友人，為我井淳一，丸山さおり，安藤 實，横田信三，吉澤伸夫（2001）燻煙熱処理によるスギ（*Cryptomeria japonica* D.Don）およびカラマツ（*Larix kaempferi* Carriere）材の材質変化—処理温度と時間の影響—。材料50（12）：1357—1363。
- 奥山 剛，金川 靖，服部芳明（1987）直接熱処理による丸太内残留応力の低下。木材学会誌33（11）：837—843。
- 奥山 剛（1996）丸太の燻煙熱処理の得失について。日本木材学会木材と水研究会シンポジウム要旨集「高温熱処理木材の諸特性」：6—9。
- 佐々木幸敏，清川雄司，江刺拓司（2004）低位利用資源の有効利用に関する研究。宮城県林業試験場成果報告14：1—25。
- 佐々木幸敏，清川雄司，江刺拓司，佐藤夕子（2004）燻煙熱処理による乾燥前処理効果—含水率の予備的低減と製材歩止り向上効果—。宮城県林業試験場成果報告14：48—58。
- 渡辺治人（1978）木材理学総論。農林出版株式会社：539—540。



- 写真一 丸太の燻煙熱処理試験装置
写真二 丸太の燻煙熱処理業務用施設と燻煙熱処理後の丸太
写真三 柱材の天然乾燥
写真四 柱材の曲げ強度試験
写真五 短柱の縦圧縮試験
写真六 燻煙乾燥したスギ板材（中央）

島根県における木材需給の実態調査

越智俊之・中山茂生*・池瀨 隆・後藤崇志

A Study on Actual Conditions of Timber Supply and Demand in Shimane Prefecture

Toshiyuki Ochi, Shigeo Nakayama, Takashi Ikebuchi, Takashi Goto

要 旨

島根県における住宅用部材の需給の実態を把握するために、島根県内の工務店および設計士を対象としたアンケート調査を実施し、以下の知見を得た。

1. 180事業体を対象にアンケート調査を行い、102事業体から回答を得た（回答率56.7%）。
2. 県産材を使用していきたいと回答した事業体は86.3%であった。そのうち、県産材であれば他県産材よりも価格が高くても使用していきたいと回答した事業体は13.7%であった。
3. ほぼすべての事業体が木材の乾燥について意識していた。76.5%の事業体が、乾燥材が未乾燥材よりも高くても使用したいと回答した。
4. 特定の製材所等から木材を入手している事業体は64.7%であり、そのうちの87.9%の事業体は県内の製材所等から入手していた。
5. 外材を使用している部材のうち、国産材で代替できる部材があると回答した事業体は68.6%であった。代替可能な部材としては、70.0%の事業体が梁をあげていた。
6. 外材を使用している部材を国産材で代替するための要件としては、一番に価格（39.9%）、次いで安定した供給量（24.6%）があげられた。

I はじめに

島根県の新設住宅着工数のうち約60%が木造であり、県産木材の約40%が住宅用部材として活用されている（島根県農林水産部，2005）。また、県産材の付加価値を高める利用をしていくために、県としても県産材住宅の建築を推進している（島根県農林水産部木材振興室，2003）。さらに、本県のスギ、ヒノキ人工林の蓄積量はそれぞれ2,500万 m^3 、989万 m^3 であり、人工林資源も充実してきている（島根県農林水産部森林整備課，2005）。現在、住宅用部材には外材が多く使用されているが、今

後は県産のスギ・ヒノキ材を住宅用部材として活用していくことによってさらなる需要拡大が望まれる。

これまで島根県においては、素材生産業や製材業を中心とした需給調査はなされている（石橋・西，1999，石橋ほか，2000）。しかし、実際に木造住宅の設計・施工を行う工務店等を対象とした調査は実施されていない。そこで、本調査は、工務店等の使用者側のニーズを把握するために実施した。本報では、その調査結果の一部について報告する。

調査を行うにあたってご協力いただいた島根県住まい

* 現農林水産部林業課

表1 調査対象の事業体数および回答数

	住まい づくり 協会	建築士 事務所 協会	建築 技術 協会	不明	合計
送付数	108	54	18		180
回答数	64	34	3	1	102
回答率(%)	59.3	63.0	16.7		56.7

※不明は事業体名が未記入であったもの

づくり協会、島根県建築士事務所協会および島根県建築技術協会隠岐支部、ならびにアンケートに回答いただいた事業体各位に厚くお礼申し上げます。

II 調査方法

調査対象は、島根県住まいづくり協会、島根県建築士事務所協会および島根県建築技術協会隠岐支部の会員の中から、木造住宅を手掛ける工務店および設計士事務所とした。調査はアンケートにより実施した。アンケート調査用紙は、調査対象の事業体すべてに平成15年9月に郵送により送付し、同年10月に回収した。

本報では調査結果のうち、県産材の使用、乾燥材への意識、木材の仕入れ先、国産材で代替可能な部材、国産材で代替するための要件について報告する。また、国産材で代替可能な部材については、外材を使用している部材との回答の傾向を調べるため χ^2 検定を行った。

なお、島根県住まいづくり協会の会員の事業体を「工務店」、島根県建築士事務所協会の会員を「設計士」と表記する。

III 結果と考察

1. 回答数

アンケート調査用紙は、3協会あわせて180事業体に郵送し、そのうち102事業体から回答を得た(回答率56.7%、表1)。

2. 県産材の使用

県産材と県外産材の区別ができれば、県産材を使用していきたいと回答した事業体は86.3%を占めていた。設計士のほうが、工務店に比べて県産材の使用に前向きであった。

しかし、県産材であれば、他県産材に比べて価格が高くて使用していきたいと回答した事業体は13.7%であった。そのため、県産材であるというだけで価格を上げる

ことは難しいといえる。

3. 乾燥材への意識

ほぼすべての事業体で、木材の乾燥について意識していた。76.5%の事業体が、乾燥材が未乾燥材より価格が高くて使用したいと回答した。しかし、使用したいと回答した事業体の中でも、価格が大幅に上がれば使用することが難しいと追記した事業体もあり、乾燥による付加価値を価格に反映させることに限度があると思われる。

4. 木材の仕入れ先

特定の製材所等から木材を入手している事業体は64.7%であった。工務店のほうが設計士に比べて特定の製材所等から木材を入手する傾向があった。入手先の所在地は、87.9%が県内であった。特定の製材所等から入手している理由は、対応の早さや順応性が31.5%、価格が22.2%、つきあいが18.5%、品質が良いおよび入手先が近いが14.8%であった。

5. 国産材で代替可能な部材

86.3%の事業体において、住宅用部材に外材が使用されていた。外材を使用する部材は、73.9%の事業体が梁をあげていた(図1)。その他には、間柱・根太・垂木

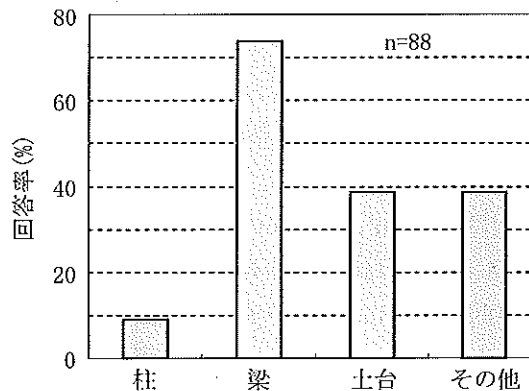


図1 外材を使用する部材

等さまざまな部材があげられていた。

外材を使用している部材のうち、国産材で代替できる部材があると回答した事業体は68.6%であった。設計士のほうが、工務店に比べて代替できると回答していた。代替可能な部材としては、70.0%の事業体が梁をあげていた（図2）。その他には、間柱・垂木・母屋という回答が多かった。

また、梁を外材でまかなっていると回答した事業体は、国産材で代替できる部材として梁をあげる傾向が認められた（ $\chi^2=27.727$, $p<0.001$ ）。

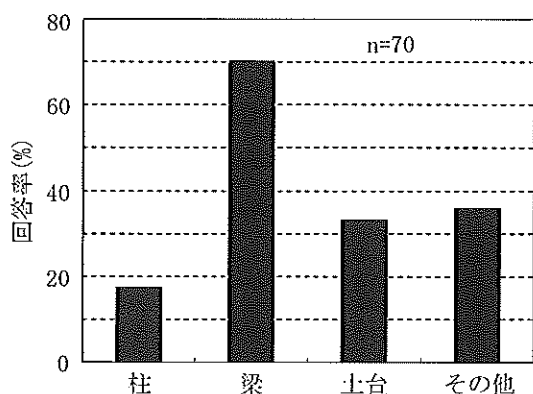


図2 国産材で代替できる部材

6. 代替するための要件

外材を使用している部材について、国産材で代替するための要件としては、価格が39.9%と一番高く、次いで安定した供給量が24.6%となった（図3）。外材を使用する理由として、価格および安定した供給量が上位にあげられているため、国産材で代替していくためには、価格を下げることはもとより安定供給のための体制づくりも欠かすことができないことが明らかとなった。

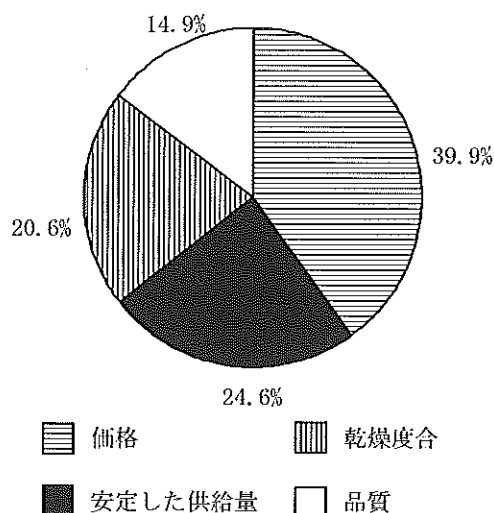


図3 国産材で代替するための要件

IV おわりに

本調査は、工務店や設計士を対象とした木材に関する意識調査といえる。そのため、県産材の需要拡大のためには、流通のための具体的な規格や品質についての調査が今後必要であると思われる。

なお、本調査結果は「木材需給の実態と県産材による供給可能部材の検討報告書」に取りまとめており、詳細についてはそちらを参照されたい。

引用文献

- 石橋公雄・西 政敏 (1999) 島根県における製材業の実態分析. 島根林技研報50: 1-8.
- 石橋公雄・西 政敏・池淵 隆・後藤崇志 (2000) 島根県における木材流通の実態分析. 島根林技研報51: 1-15.
- 島根県農林水産部 (2005) 島根県の森林・林業.
- 島根県農林水産部木材振興室 (2003) 島根県木質資源活用維新計画.
- 島根県農林水産部森林整備課 (2005) 森林資源関係資料.

2006（平成18年）3月発行

発行者 島根県中山間地域研究センター
〒690-3405 島根県飯石郡飯南町上来島1207
TEL (0854) - 76 - 2025 (代)
FAX (0854) - 76 - 3758
URL <http://www.chusankan.jp>

印刷所 株式会社 谷口印刷
