

## Ⅱ. 1. 1 木質材料による「剛」なコーナー要素の開発と究極の木質ラーメンの実現

平成 20～22 年度 公募型研究  
耐久・構造 G, 生産技術 G

### はじめに

鉄骨構造が得意とするラーメン構法は壁を必要とせず、柱と梁のみで構造を実現することができる構法である。このラーメン構法を木造住宅に取り入れた場合の利点としては、住み手の変化に対応できる間取りの可変性、南面の大開口部への利用、狭小間口住宅の耐震不足の解消といったことが挙げられる。しかし、既存の木質ラーメン構法の接合部は剛節（※1）が確保されていないため、接合部自体の変形性能を考慮した複雑な構造計算をする必要があることから、普及し難いのが現状である。そこで本研究では、剛節が実現できれば構造計算が単純化され、汎用性の高い木質ラーメンが実現できるという考えの下に、木質材料による剛性を追求したコーナー要素の開発を行った。

※1 剛節：力が加わった時に接合部自体に角度変化がないもののみなせる接合部

### 研究の内容

平成 20 年度はフェノール樹脂含浸したトドマツ単板を交互に重ね合わせて圧密する L 字形コーナー要素（第 1 図）の製造方法について検討し、その構成要素となる材料の強度的な基本材料物性を把握した。

21 年度は L 字形コーナー要素の実大強度試験を実施し、接合性能を明らかにした。あわせて、コーナー要素と柱梁部材との継手方法について検討した。

22 年度は実大門形フレームの性能試験を実施し

た。L 字形コーナー要素（断面：120×300mm）を、柱および梁部材（カラマツ集成材：E105-F300）と縦継ぎすることで、スパン 4m、高さ 3m の門形ラーメンを構築した（第 2 図）。縦継ぎには木ダボ接合を採用し、20 本の木ダボ（ハードメイプル、φ12mm、長さ 240mm）を部材木口に挿入してポリウレタン樹脂接着剤を用いて接合した。柱脚は短ほぞとホールダウン金物（タナカ U35）で土台に留め付けた。試験体数は 1 体である。

試験では、耐力壁の試験方法を準用した正負交番の繰り返し荷重を加えた。架構全体の変形量は部材のたわみによるものが支配的であり、L 字形コーナー要素の変形は、開く方向、閉じる方向ともに無視できる程度のものであったことから、剛節の木質ラーメンとみなすことができると考えられる。破壊性状は L 字形部材の付け根における曲げ破壊であった（第 3 図）。最大荷重は材料強度による推定値に同等であった。

### まとめ

単板積層圧密技術を用いて、剛節の木質ラーメンを実現することができた。また、最大水平耐力は部材の曲げ強度から算出可能であることから、単純な構造計算で設計が可能になると考えられる。今後は鉛直荷重の影響などを考察しながら、許容応力度等計算によって設計プランを検討し、モデル住宅を試験施工することで新たな構法として提案していく予定である。



第 1 図 開発した単板積層圧密接合による L 字形コーナー要素



第 2 図 門形フレーム試験の模様



第 3 図 梁の付け根における曲げ破壊の模様

## II. 1.2 木造住宅の新構法開発のための 部材接合部の応力伝達メカニズムと設計・評価手法に関する研究

平成 21~22 年度 重点研究

耐久・構造 G, 生産技術 G

道総研北方建築総合研究所 (主管), 北海道大学, 北海道工業大学 (協力 (有) ユア・オプト)

### はじめに

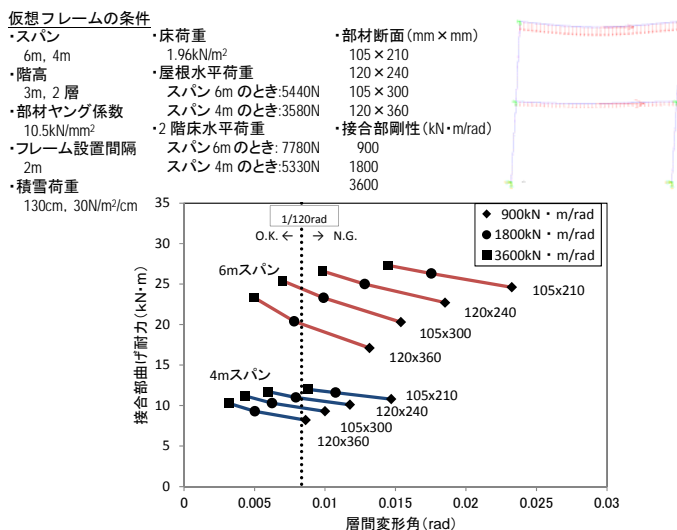
平成 8 年の阪神・淡路大震災後、木質構造に係る仕様規定が強化される方向で法改正が行われてきた。一方、適切な構造計算と実験によって性能が確かめられた構造形式の実用化を後押しする性能規定も大きく打ち出された。これに呼応して、道外の研究者や高度な設計手法の実務経験を有する技術者の一部が新構法の開発と実用化に向けて動き出している。しかし、道産材を活用した新構法開発に取り組むことのできる資料が整備されていない。そこで、本研究では、道内の一般の建築士や設計者・工務店が活用できる道産材を用いた接合部設計の資料の整備を目的とした。

### 研究の内容

21 年度は、鋼板挿入ドリフトピン接合について、トドマツを対象に最大耐力、剛性、靱性が端距離に応じて変化することを実験によって確認した。22 年度は次の 2 項目について実施した。

#### (1) フレーム構造解析による接合性能目標値の導出

フレーム構造を開発する際に必要となる接合部の性能目標値をフレーム構造解析によって導いた。解析対象は 2 層フレームで、スパンは 4m と 6m の 2 種類とした。部材断面を 4 種類、接合部剛性を 3 種類設定し、計 24 条件について解析した結果、部材断



第 1 図 フレーム構造解析による接合性能目標値の導出

面は 105 × 300mm 以上が必要であると判断された。接合部には曲げ耐力でスパン 4m では 10.3kN・m、スパン 6m では 23.3kN・m、接合部剛性は 1800kN・m/rad を目標として開発することが合理的であることを導いた (第 1 図)。

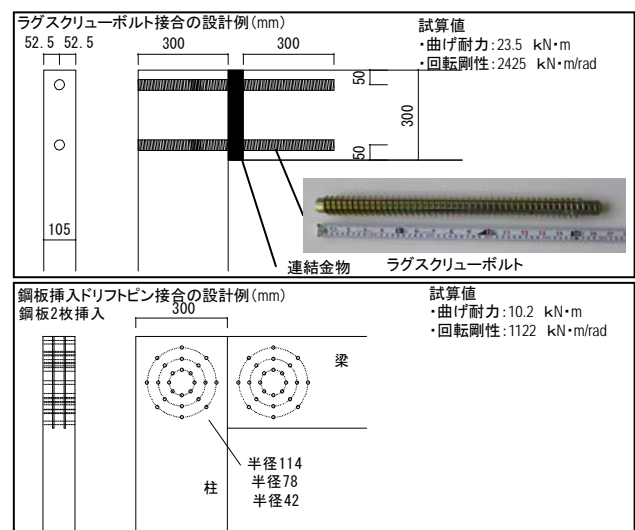
#### (2) 道産材を用いた接合部の設計例

道産材を用いた 2 種類の接合形式を取り上げ、先のフレーム構造解析で明らかになった要求性能を満足する接合部を設計した (第 2 図)。それぞれの接合部で接合具 1 本あたりの特性値を用いて曲げ耐力と回転剛性を試算した結果、カラマツ集成材を対象としたラグスクリューボルト接合であればスパン 6m でも目標値を上回る可能性が示された。また、トドマツ集成材を対象としたドリフトピン接合においてもピン配置を密にすることでスパン 4m を実現できるものと試算された。

### まとめ

フレーム構造解析によって接合性能の目標値を導出し、道産材を用いた接合部の設計例を示した。

技術指導・技術講習会等を通して、新たな構法開発や自社構法の性能評価を検討している木質構造設計者や工務店などに対し、長寿命化につながる新たな技術開発の支援を図る。



第 2 図 接合部の設計と試算の例

## Ⅱ.1.4 薬剤処理防火木材の耐候性および品質管理方法の検討

平成 22 年度 受託研究

耐久・構造 G, バイオマス G, 生産技術 G (委託者 日本防腐工業組合)

### はじめに

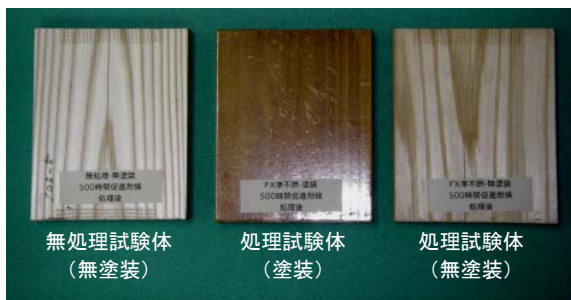
全国的に地域材の利用拡大が進められる中で、新たな用途として都市部の非木造建築物の外装材が注目されている。しかし、そのような用途に木材を使用するには、火災安全性への配慮から、一定水準の防火性能が求められることが多い。これまで、薬剤処理により防火性能を付与した木材（以下、薬剤処理木材とする）は、ほとんどが内装用途であるため、外装材への使用に際して、経年変化による性能低下が危惧されている。本課題では、薬剤処理木材について、屋外を想定した環境下における耐候性を検討するとともに、製品を製造する際の品質管理方法を検討した。

### 研究の内容

#### (1) 薬剤処理木材の耐候性の検討

薬剤処理木材の耐候性は、ウェザーメータを用いた促進耐候操作により検討した。試験体の薬剤処理木材は、木材にスギ材を、薬剤に一般的に用いられるタイプと耐溶脱タイプの 2 種類を用いた。また、一部の試験体は、高耐久性のフッ素樹脂系塗料等を用いた塗装を行った。促進耐候操作は 0~2000 時間とし、操作終了後は、試験体の質量、寸法、撥水性を測定するとともに、防火性能を評価した。防火性能については、防火材料の性能評価試験と同様に燃焼発熱性試験によって評価した。

耐候操作後の試験体の状態を第 1 図に示す。防火性能については、無塗装の試験体は、2 種類の薬剤ともに促進耐候操作後に低下する傾向が見られた。



第 1 図 耐候操作 500 時間後の試験体の状態  
(試験体の寸法：長さ 135×幅 105×厚さ 18mm)

一方、塗装した試験体は、耐候操作後においても、操作前と同等の防火性能を有していた。このことから、今回用いた薬剤処理木材は、屋外使用での防火性能の維持には、高耐久性塗料による塗装等の処置が必要であると考えられた。

#### (2) 薬剤処理木材の品質管理方法の検討

薬剤処理木材の品質管理では、燃焼を抑制する薬剤の注入量の管理が重要である。本項目では、製品に使用するスギ長尺材を対象に、薬剤注入量の管理値を検討した。

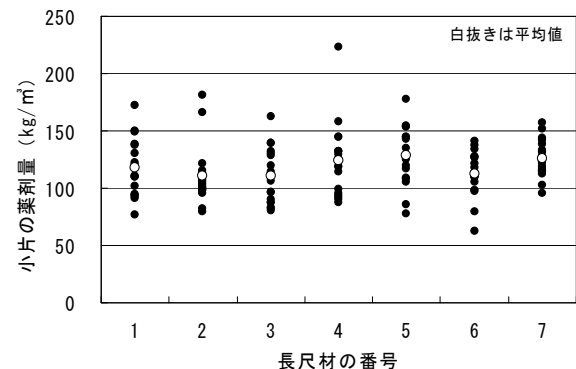
はじめに注入処理した長尺材を、長さ方向に 100mm 間隔で切断して小片を採取し、全乾比重を求めた。そして、小片の全乾比重と処理前の長尺材の全乾比重から、小片の薬液注入量を算出した（第 2 図）。次に、それらを基に、統計処理により長尺材内の薬剤量の分布範囲を推定した。最後に、薬剤量の分布範囲を基に、長尺材の全部位に基準の防火性能を付与する薬剤注入量を求め、管理値とした。

### まとめ

本研究の成果をまとめると以下のとおりとなる。

- ・試験で用いた薬剤処理木材では、屋外使用において防火性能を維持するためには、高耐久性の塗装等の処置が必要であることが分かった。
- ・長尺のスギ材について、全部位に基準の防火性能を付与する薬剤注入量の管理値の設定方法が得られた。

また、薬剤処理木材の耐候性については、今後、屋外暴露試験を行い、知見を深めていく予定である。



第 2 図 長尺材から採取した小片の薬液量  
(薬液注入量 700kg/m<sup>2</sup>)

## II.1.5 木造トラス用トドマツ材の接合強度性能評価

平成 22 年度 受託研究

耐久・構造 G, 生産技術 G (委託者 (株) F P コーポレーション)

### はじめに

木造トラスは比較的小さな断面の部材を用いて大きなスパンを確保する構造要素であり、接合部にメタルプレートコネクタを用いることによって工場での合理的な生産が可能である。しかし構造計算に必要な接合部の基準耐力は枠組壁工法用製材を用いた場合にのみ定められているため、S-P-F などの輸入材での使用に限られているのが現状である。そこで本研究では、北海道産トドマツを木造トラスに活用するため、枠組壁工法用製材としてのトドマツの強度性能やメタルプレートコネクタを用いた接合部の強度性能を評価した。

### 研究の内容

#### (1) 枠組壁工法用製材としての道産トドマツ材の強度試験

試験体は、北海道産トドマツから製造した枠組壁工法用製材の 204 材 (断面寸法 38×89mm) のうち、甲種 2 級に格付けされたものである。試験体数は各試験につき約 60 であり、平均密度は 0.40 g/cm<sup>3</sup>、含水率は 12% であった。標準的な方法にのっとり各種強度試験を実施した結果、引張強度、縦圧縮強度、せん断強度、曲げヤング係数の下限値は S-P-F 甲種 2 級の基準値を上回る性能が得られたが、曲げ強度およびめり込み強度は下回っていた。

#### (2) メタルプレートコネクタを用いた接合部の強度試験

試験体は、上記トドマツおよび北海道産カラマツ

(平均密度 0.48 g/cm<sup>3</sup>) による枠組壁工法用製材の 206 材 (断面 38×140mm) を、メタルプレートコネクタによって接合した継手 (つぎて) または仕口 (しぐち) である。プレートの寸法は 100×100mm であり、継手試験体でのプレートの方向は木材の繊維方向に対して 0 度または 90 度の 2 種類とし、仕口試験体では 0 度のみ 1 種類とした。

繰り返し加力による引張試験の結果、継手の場合の破壊形態は、ほとんど全ての試験体で金物が木材から引き抜ける形態 (第 1 図左) であったが、90 度タイプでは金物が引張破壊したものがトドマツ、カラマツで 1 体ずつ認められた。一方、仕口の場合は、すべて繊維直交方向の加力を受けた部材の割裂破壊 (第 1 図右) であった。

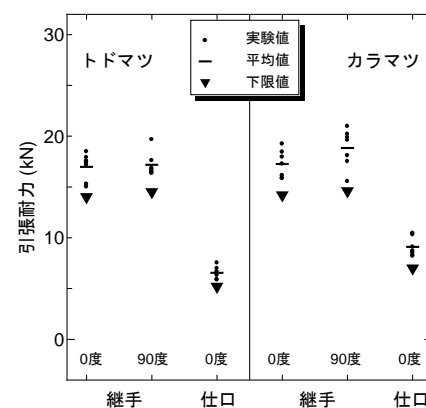
引張耐力は、トドマツ、カラマツとでほとんど差がなく、またプレートの方向による差も認められなかった。また仕口の場合は継手の半分程度であった (第 2 図)。得られた基準耐力は S-P-F 材のものと同程度であったことから、道産材を用いた場合でも S-P-F 材と同様な接合部設計が可能であると思われる。

### まとめ

本研究では道産トドマツ 204 材および接合部の強度試験を行い、木造トラス設計用データの収集・評価を行った。木造トラスは 2×4 住宅の他に在来構法住宅や住宅以外でも利用可能であり、企業側で今後建築する店舗や畜舎等での活用が見込まれている。



第 1 図 メタルプレートコネクタ接合部の破壊状況



第 2 図 接合部の引張耐力

## II.1.6 H形鋼金物を用いた高強度接合部の性能評価

平成22年度 受託研究

耐久・構造G, 生産技術G (委託者 (株)コバエンジニア)

### はじめに

近年の木造住宅では、広い居間空間などが要求されており、設計の自由度の高い工法の開発が望まれている。広い間取りを実現するためにはラーメン構法が有効であるが、木造住宅では複雑な設計・施工を伴うことが多く、広く普及しているとは言い難いのが現状である。一方、柱と梁からなる開口フレームを構成するための接合部にH形鋼金物を用いた木製カーポートがすでに実用化され、多くの施工実績がある。本研究では、この接合技術を木造住宅へ応用するため、実験によって性能を評価するとともに、耐力発現機構を明確にすることによって、より高強度な接合部の開発を行った。

### 研究の内容

道産カラマツ・トドマツの強度性能評価、H形鋼金物を用いた接合部の強度性能評価の2項目について研究を進めた。

#### (1) 道産カラマツ・トドマツの強度性能評価

めり込み試験等によって接合部剛性や耐力に関わる木材の強度性能を実験によって評価し、樹種特性等を整理した。

#### (2) H形鋼金物を用いた接合部の強度性能評価

対象とした金物は、H形鋼を加工したものであり、大規模な設備や高度な技術を必要とせずに製作することが可能である。部材への固定は、木材中に埋め込んで樹脂で固定したインサート(鋼製雌ネジ)にボルト締めするシステムである。金物の寸法は、梁

せいに応じて大小2種類あり、それぞれインサートの深さを100mmと140mmの2種類に設定している。柱、梁材は道産カラマツ集成材(E105-F300)を用い、住宅に用いられる部材を想定して、梁は120×240および120×360mm、柱は120×120および150×150mmとした。

接合部性能を確認するための強度試験および性能評価は、「木造軸組工法住宅の許容応力度設計((財)日本住宅・木材技術センター、14年6月(第2版))」に記載の「火打ち材接合部の面内せん断試験」に従い、正負繰り返し加力方式のモーメント抵抗試験(第1図)を実施し、部材断面やインサート深さによる影響を検討した。

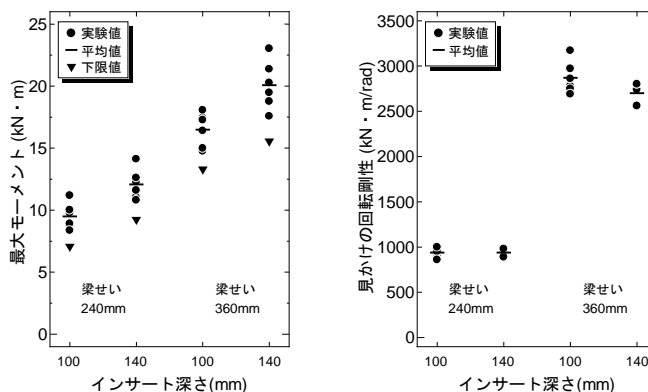
試験の結果、破壊形態はインサートが部材から引き抜けるのに伴う木材の割裂破壊であった。金物が大きいほどボルト間隔が広いため、最大モーメントや回転剛性は梁せい360mmの方が240mmの場合を上回った。一方、インサート深さが大きいほど最大モーメントは高い値を示したが、回転剛性にはほとんど影響しなかった(第2図)。

### まとめ

本研究では、すでにカーポートで実績があるH形鋼金物を用いた接合部のモーメント抵抗試験を実施し、耐力評価を行った。この研究成果は、別途実施されている引張試験や実大フレーム試験等の結果を併せて取りまとめられ、木造住宅用の設計資料として活用される。



第1図 モーメント抵抗試験



第2図 梁せい・インサート深さと強度性能の関係

## II. 1.8 国産単板積層材を用いた新しい厚板壁構造の開発

平成 22 年度 一般共同研究  
生産技術 G, 耐久・構造 G, 製品開発 G, 全国 LVL 協会

### はじめに

単板積層材 (LVL) は、中小径間伐材を有効に利用できる材料であり、強度のばらつきも小さく、長大かつ幅広い構造材が製造可能であるなど、構造材料として多くの優位性を有する。しかし、現状の主用途である軸材料としては、競合する集成材に比べて生産性と経済性が低く、LVL の特徴を活かした付加価値の高い用途開発が急務となっている。そこで、本研究では、国産単板積層材の利用拡大を目的として、大断面単板積層材をそのまま耐力壁要素として用いる新しい厚板壁構造の開発および実用的なデータ整備を行った。

### 研究の内容

#### (1) 柱脚金物を用いた接合部の性能評価

厚板壁工法に用いる LVL は、厚さ 35mm の LVL を 3 枚合わせて二次接着することで厚さ 105mm に仕上げたものである。樹種は国産スギおよびカラマツの 2 種類とし、LVL 製品としての比重はスギで約 0.5、カラマツで約 0.6 であった。幅方向の寸法安定性を高めるために、スギでは全 36 層のうち 4 層、カラマツでは全 33 層のうち 6 層を直交層とした。

この LVL を耐力壁体として用いる場合、土台または基礎との接合方法が性能を決定する重要な因子となるが、一般的な軸組構法に用いられているホールダウン金物では、今回の構法に期待する剛性や耐力を担保するには不十分であることが予想される。

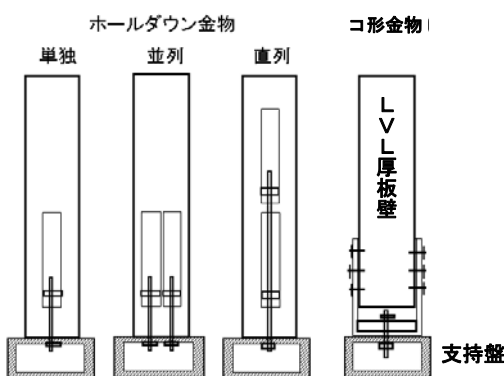
そこで、ホールダウン金物 2 個を組み合わせたタイプ (並列型、直列型)、新たに開発したコ形金物を対象として、LVL 厚板 (105×300×1000mm) にこれらの金物を取り付けた接合部 (第 1 図) の引張試験を行い、性能を検証した。その結果、ホールダウン金物を 2 個配置することによって 1 個の場合の 2 倍近い性能が得られること、またコ形金物も高い耐力に加えて粘り強い性能を有することが確かめられた。なお厚板 LVL は、いずれの接合形式においても、従来の製材に比べて性能のばらつきが非常に小さかった。

#### (2) 実大耐力壁の構造性能評価

前項で検討した 2 個のホールダウン金物またはコ形金物を用いた柱脚接合部仕様を対象として、LVL 厚板壁 (105×1000×3000mm) の面内せん断試験を行った (第 2 図)。その結果、いずれの樹種および接合仕様においても壁倍率が 10 倍以上となり、従来の壁構造と比べて非常に高い性能が得られた (第 3 図)。

#### まとめ

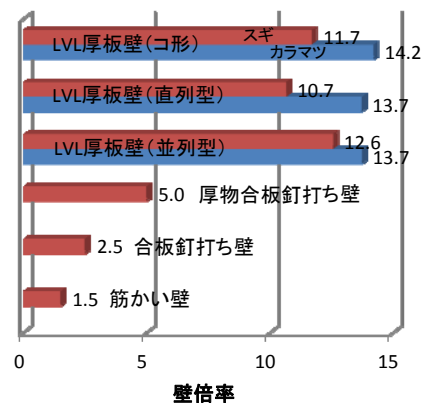
本研究により、LVL 厚板を耐力壁体として用いることで、非常に高い壁倍率を達成できることが明らかとなり、従来の構法では困難な平面プランや構造デザインを可能とする耐力要素として今後の実用化が期待される。なお、本研究は「平成 22 年度木のまち・木のいえ整備促進事業 (国土交通省)」により実施した。



第 1 図 柱脚接合部の仕様  
(厚板壁の側面図)



第 2 図 LVL 厚板壁の  
面内せん断試験



第 3 図 壁倍率の比較

## Ⅱ.2.1 木材・アルミ複合サッシを対象とした遮炎性能付与要素技術の検討

平成 21～22 年度 経常研究  
耐久・構造 G（協力 道総研北方建築総合研究所）

### はじめに

木材・アルミ複合サッシ（複合サッシ）は公共的な大規模建築物へ採用される場合が多く、その際には、採用される建築物の性格から住宅用途と比べ大開口面積が求められる。また、防火規制の最も厳しい都市中心部に建築される事例が多いことから、開口部に遮炎性能が求められる場合がある。しかし、複合サッシについてこれまで遮炎性能を付与するための要素技術の整理・検討を行った事例はないため、はめ殺し複合サッシを対象に遮炎性能を付与するための要素技術の検討を行った。

### 研究の内容

平成 21 年度は小型試験により耐熱強化ガラス（5mm）とフロート板ガラス（3mm）で構成された複層ガラスの遮炎性能の確認、ガラス取り付け部のディテールの検討を行い、耐熱強化ガラス 2 枚による複層ガラスの検討が必要であると判断した。

22 年度は耐熱強化ガラス 2 枚による複層ガラスの遮炎性能の確認、および耐熱強化ガラス 2 枚による複層ガラスと耐熱強化ガラスとフロート板ガラスによる複層ガラスの実大試験の実施、小型試験結果との整合性の確認、最終仕様の決定を行った。

#### (1) 小型試験による耐熱強化 2 枚構成複層ガラスの遮炎性能の確認

試験開始から 9 分過ぎにガラスが破壊し、20 分間の基準を満たさなかった。これは加熱面の膨張を枠内部の非加熱部（飲み込み部）が拘束し破壊に至ったと考えられた。また、別の試験では、ガラスの破壊する時間は加熱温度とガラスの線膨張率から計算したガラスの伸び量が、両端のクリアランス深さに達する前に破壊する結果となった。

#### (2) 実大試験

幅 1,300mm、高さ 2,200mm の実大試験体を作製し遮炎性能を確認した。

##### ①屋外加熱

- ・耐熱強化 2 枚構成仕様

小型試験では基準を満たさなかった仕様と同一仕様で大型試験を実施したところ、27 分 54 秒の性能を発揮し基準を満足した。

- ・網入りとフロート板構成仕様

小型試験では基準を満たした仕様と同一仕様で大型試験を実施したところ、14 分 29 秒で発炎した。そこで、さらに遮炎対策を強化し再試験を行ったが、15 分 15 秒で発炎した。

##### ②屋内加熱

- ・耐熱強化 2 枚構成仕様

屋外加熱で 27 分 54 秒の性能を示した仕様で実施したが、14 分 03 秒でガラスが破壊崩落した。これは加熱側に配置された木部により飲み込み部分が強力に遮熱されたことが原因と思われた。

### まとめ

ガラス面積の増大は耐熱強化仕様では有利側に、網入り仕様では不利側に働くことが明らかとなった。また、網入り仕様ではすべての部分で耐熱コーキングを採用する必要があること、耐熱強化仕様においてはガラスの飲み込み寸法を極力浅くすること、パッキンの材質を柔らかくガラスの変形に追従できる

ような材質を選択する必要があることがわかった。

最終仕様としてガラスと枠の収まり、脱落押さえの材質、配置等を適切に組み合わせることにより、これまで考えられていた仕様に比べ簡略化、コストダウンの見通しが得られた。



写真 耐熱強化 2 枚構成仕様  
実大試験（26 分経過時）

## II. 2. 2 野外木質構造物に発生する腐朽菌の遺伝子情報の整備と 検出技術の確立

平成 21～22 年度 経常研究  
耐久・構造 (協力 高知工科大学, 北海道大学)

### はじめに

腐朽診断により木材腐朽の兆候を早期に発見し、予防的な対処を行うことは、木質構造物の長寿命化に効果的である。本研究では、道内の主に野外で発生する腐朽菌に関する遺伝子情報のデータベースを整備し、得られた遺伝子情報を用いて腐朽菌を簡易に早期検出・同定する技術を確立し、野外木質構造物の腐朽診断に活用することを目的とした。

### 研究の内容

平成 21 年度は野外で発生する主要な腐朽菌のリボソーム DNA のスペーサー領域の塩基配列情報を分析し、種特異的と思われる領域の塩基配列からプライマー (\*1) の設計、作製を行った。また作製したプライマーにより対象とする腐朽菌を検出できることを確認した。22 年度は作製したプライマーの種特異性の確認と、野外木質構造物からの腐朽菌の検出・同定試験を行った。

#### (1) プライマーの種特異性の確認

作製した 15 種類のプライマーの種特異性を確認するため、各プライマーと保有する 26 種類の腐朽菌 (第 1 表) の DNA を用いて PCR 反応を行った。その結果、作製したプライマーにより対象菌を特異的に検出できた。一部のプライマーと菌の組み合わせにより、1000 塩基対以上の位置に非特異的な DNA バン

ドが認められるケースもあったが、電気泳動時に分子量マーカーを同時に泳動し、増幅した DNA バンドの分子量を見ることで、種特異的に増幅したバンドであるか否かを判断できることが確認された。

#### (2) プライマーを用いた腐朽菌の検出・同定試験

公園遊具・施設等の野外木質構造物の腐朽部位から腐朽材、子実体を採取し、種特異的プライマーを用いた PCR 法により、腐朽菌の検出・同定を試みた。PCR 法で同定できなかった試料については塩基配列を解析し、同定を試みた。試験の結果、第 2 表に示す腐朽菌を同定することができた。塩基配列の解析により同定したケニクアミタケ、*Postia stiptica* については種特異的プライマーの報告例が無いので、解析結果をもとに新たにプライマーを作製した。

### まとめ

本成果で主に野外木質構造物で発生する腐朽菌を種特異的に検出できるプライマーを作製したことにより、今後設置数の増加が予想される野外における木質構造物の腐朽を早期に検出することが可能となった。

今後この技術を (社) 日本木材保存協会が発行するマニュアル類に反映させるなどして木質構造物の維持管理を行う際の腐朽診断に活用する予定である。

\*1) プライマー：PCR により DNA 断片を増幅する際に用いる短い DNA 断片

第 1 表 供試菌

本研究で種特異的プライマーを作製した菌	既に種特異的プライマーが作製されている菌
スエヒロタケ	イドタケ
ヒイロタケ	カワラタケ
ニクウチワタケ	チョークアナタケ
シイサルノコシカケ	マツオウジ
ヒメキカイガラタケ	オオズラタケ
アラゲカワラタケ	ワタグサレタケ
カイガラタケ	キカイガラタケ
オガサワラハリタケ	キチリメンタケ
ニクイロアナタケモドキ	コゲイロカイガラタケ
ニクイロアナタケ	ナミダタケ
カタウロコタケ	ナミダタケモドキ
<i>Phanerochaete chrysosporium</i>	
ウスバタケ	
シハイタケ	
ダイダイタケ	

第 2 表 同定された腐朽菌

	種名(属名)	件数
PCR法	キカイガラタケ	7
	キチリメンタケ	1
	ワタグサレタケ	2
	ニクウチワタケ	1
	スエヒロタケ	1
DNA配列解析	ケニクアミタケ	1
	<i>Postia placenta</i>	1
	<i>Postia stiptica</i>	1
	シワウロコタケ属	1
	<i>Sistotremastrum</i> 属	1
	<i>Postia</i> 属	1



## II. 2.3 フロンティア環境における間伐材利用技術の開発

平成 21～23 年度 公募型研究

耐久・構造 G, 森林総合研究所 (主管), 飛島建設 (株), 早稲田大学, 港湾空港技術研究所

### はじめに

本研究では、間伐材を地中や海中などのフロンティア環境で使用していく際のボトルネックとなっている技術的課題を解決し、間伐材の巨大で潜在的な市場である建設・土木資材の分野に間伐材の新需要を創造するための設計指針案を作成することを目的とする。当場においては、今まで知見がほとんど無かった日本の海洋環境における木材の耐久性に関する知見を整備する。

### 研究の内容

平成 21 年度は、無処理および加圧注入用木材保存剤で処理した木材を海洋環境に設置した。7 か月を経過した時点で試験体を回収し、海虫 (フナクイムシやキクイムシ) による食害状況などを評価した。

22 年度も引き続き試験を継続し、先行して設置していた試験体も評価対象として取り入れ、設置後 24 か月までの結果を取りまとめた。試験方法と結果の概要は以下のとおりである。

#### ○試験方法と結果の概要

JIS K 1570 で規定されている木材保存剤を加圧注入したカラマツおよびスギの辺材・心材 (20 (R) × 20 (T) × 100 (L) mm あるいは 20 (R) × 20 (T) × 300 (L) mm) を試験体とした。これらの試験体を (独) 港湾空港技術研究所 (横須賀市) 内の海水循環水槽に設置した (海中暴露)。また、デッキ等のウォーターフロントで使用することを想定し、試験体を同所内の岸壁に水平設置 (海上暴露) し、試験体

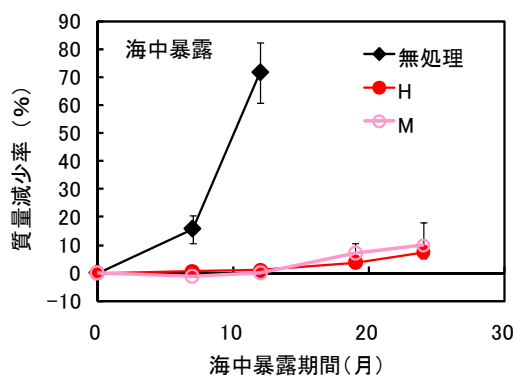
の半数はそのままの状態、残り半数は定期的にスプリンクラーによる海水噴霧を行った。なお、加圧注入処理では、JAS の「K3」、「K4」および「K5」の吸収量を目標値として 3 条件の作業液濃度を設定し (それぞれ「L (低濃度)」、「M (中濃度)」、「H (高濃度)」とする)、海中暴露では「M」と「H」、海上暴露では「L」と「M」の各処理材を供試した。

海中暴露では、無処理の全ての試験体が設置後 12 か月までに海虫による激しい食害を受けて崩壊したが、保存処理試験体については、24 か月を経過した時点でも海虫による劣化が抑制されていた (第 1 図)。特に「H」はほぼ健全な状態を維持し、強度低下もほとんど見られなかった。海上暴露では、海水噴霧を行わなかった無処理および保存処理試験体の質量減少率はいずれも 3% 以下で、退色以外の劣化は認められなかった。一方、海水噴霧を行った無処理試験体は 9% 以上の質量減少率を示し、試験体表面の浸食も顕著であったが、保存処理試験体では質量減少や浸食が抑えられた (第 2 図)。

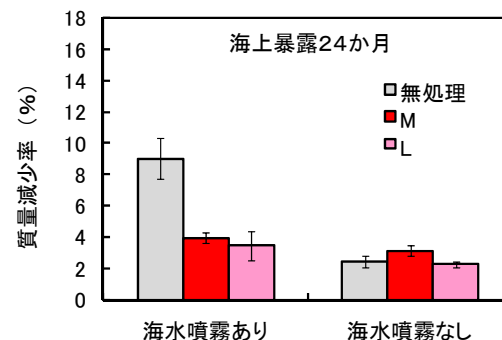
#### まとめ

海洋環境に設置して 24 か月までの観察の結果、保存処理試験体はほぼ健全な状態を維持できることがわかった。

23 年度も引き続き調査を継続し、海洋環境における木材の耐久性に関する知見をとりまとめる予定である。



第 1 図 海中に暴露した試験体の質量減少率 (カラマツ心材)



第 2 図 岸壁に水平設置 (海上暴露) した試験体の質量減少率 (カラマツ心材)

## II. 2.5 高温乾燥処理した道産材および各種面材料の耐久性評価

平成 22 年度 公募型研究

耐久・構造 G, 生産技術 G, マテリアル G, 京都大学

### はじめに

本研究では、道産カラマツおよびトドマツの心持ち材を住宅部材として利用するため、想定される高温乾燥条件と耐久性の関係を明らかにする。また、「長期優良住宅の普及の促進に関する法律」の施行に伴い、今後、住宅部材としての利用が見込まれる各種面材料（合板・MDF）の耐久性を評価する。

### 研究の内容

#### (1) 高温乾燥を実施したカラマツおよびトドマツの耐久性評価

第 1 表に示した条件で人工乾燥を行った道産のカラマツおよびトドマツについて、JIS に準じた耐朽性試験および室内防蟻試験（強制摂食試験，選択摂食試験）を行い、人工乾燥条件と耐久性（耐朽性および耐蟻性）の関係を検討した。

カラマツ試験体の耐朽性試験および室内防蟻試験において、心持ち材を対象とした乾燥条件である「高温（標準）」および「高温（厳しい）」の質量減少率は、心去り材の人工乾燥で一般的な「中高温」とほぼ同等の値を示し、耐久性の低下は認められなかった（第 1 図）。トドマツについても同様の傾向が見られた。

#### (2) 各種面材料の耐久性評価

加圧注入処理を施した合板，および原材料や製造条件等が異なる MDF に対して防腐性能試験（耐朽性試験）および室内防蟻試験（強制摂食試験，選択摂食試験）を実施し，それぞれの耐久性を評価した。

加圧注入処理合板の室内防蟻試験の結果，無処理試験体に比べて加圧注入処理試験体の質量減少が抑制された。一方，MDF の防腐効力試験および室内防蟻試験では，各種 MDF の質量減少率が対照材（スギ素材）より低く抑えられ，腐朽菌やシロアリに対して抵抗性を有すると考えられた（第 2 図）。また，MDF の各条件間において顕著な差異は認められなかったが，密度の高い方が，ラワンよりもスギの方が，また木材保存剤を添加した方が，いずれも質量減少率が小さくなる傾向にあった。

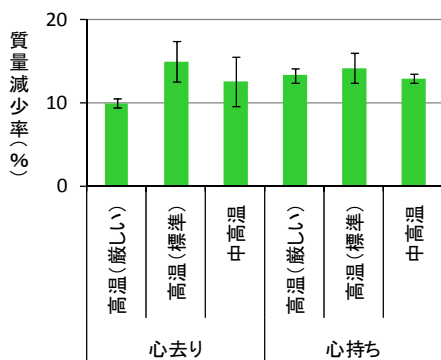
### まとめ

本研究により，カラマツおよびトドマツの心持ち材に対応した高温乾燥を行っても耐久性が低下しないこと，合板を保存処理することにより耐久性が向上すること，また MDF は耐久性が高く，原料や組成の違いが耐久性に影響を及ぼすことなどを明確にすることができた。これにより，道産材の利用を推進していく上で，あるいは長期優良住宅に対応できる部材を選定するための有用な知見として活用できる。

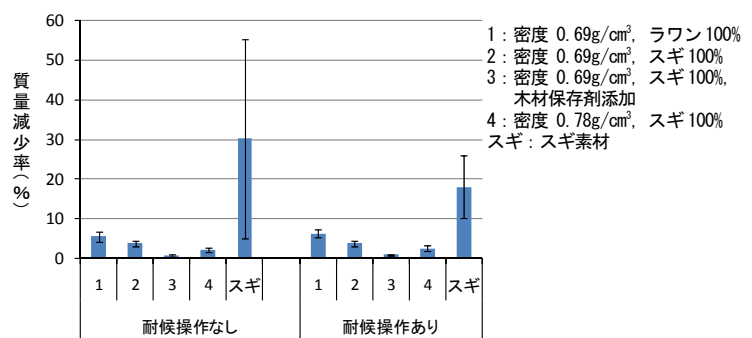
第 1 表 乾燥スケジュールにおける最高温度と時間

条件・記号	カラマツ		トドマツ	
	乾球温度(最高) °C	時間 h	乾球温度(最高) °C	時間 h
高温(厳しい)	120	18	120	24
高温(標準)	120	6	120	4
中高温	90	65	80	4

※いずれも仕上がり含水率は17%



第 1 図 強制摂食試験におけるカラマツ乾燥材の質量減少率



第 2 図 強制摂食試験における各種 MDF の質量減少率

## Ⅱ.2.6 強制腐朽処理接合部における残存耐力の定量評価に関する研究

平成 22～23 年度 公募型研究  
耐久・構造 G, 京都大学

### はじめに

木造住宅を長期にわたって使い続けるためには、床下や小屋裏の点検を定期的に行い、腐朽箇所が発見された場合には、早期に修繕を行うことが必要である。しかし、腐朽の程度に対応してどのような補修方法が適切なかを判断するにあたっては、科学的根拠に乏しい現状にある。

腐朽が構造物の耐震性能にどのように影響するかを説明するには、構造要素ごとの耐力低下現象を定量化する必要がある。本研究では構造物の耐力低下をモデル化することを目指し、構造要素の耐力低下現象を評価する方法について、柱-土台接合部に注目して検討した。

### 研究の内容

平成 22 年度は腐朽源ユニットを用いた新たな強制腐朽処理方法を考案し、柱-土台接合部のモデル試験体を対象として強度低下を評価する手法の有効性を検証した。

#### (1) 腐朽処理方法の検討

プラスチック容器を用いて寒天培地上に腐朽菌（オオウズラタケ）を培養し、腐朽源ユニットとした。これをトドマツ製材で構成された実大モデルの柱脚接合部の金物（Z マークかど金物、CP-T）が取り付けられている面に接触させ、ロールフィルムを巻きつけ固定した（第 1 図）。曝露は恒温恒湿室内で行い、温度 26℃、相対湿度 70%とした。腐朽期間は 2 か月と 4 か月の 2 段階とし、試験体数は各 1 体で

ある。曝露後の目視による腐朽状態の観察では、菌糸が土台金物面周辺にわたって蔓延していることが確認された。

#### (2) 残存強度の測定

土台の両端を固定した状態で柱を引き抜くことで、接合部の最大荷重と剛性を計測した。破壊形態は、健全試験体では土台が釘列に沿って割裂したのに対し、腐朽試験体では腐朽した表面の脱落と釘の引き抜けであった（第 2 図）。剛性と最大荷重を第 1 表に示す。健全試験体と比較して、腐朽試験体の最大荷重、剛性はいずれの曝露期間においても低下した。腐朽試験体の最大荷重は健全試験体の最大荷重が最も低かったものと同程度であったが、この接合金物の設計上の引張耐力（短期許容耐力 3.4kN）を上回っていた。

### まとめ

腐朽源ユニットを用いた新たな強制腐朽処理方法を考案し、その有効性が確認された。23 年度は試験体数を増やし、腐朽の程度についての情報を付与することで、腐朽と残存強度の関係を明らかにする。また、この強制腐朽処理方法を通常の屋内環境で実施することで、汎用性を実証する予定である。



第 1 図 腐朽源ユニットと  
腐朽処理の様相



第 2 図 破壊形態の例  
右：健全試験体、左：腐朽試験体

第 1 表 試験結果

	剛性 (kN/mm)	最大荷重 (kN)
健全1	3.94	13.3
健全2	4.28	7.4
健全3	4.53	12.7
健全4	2.68	13.6
2ヶ月曝露	2.00	7.6
4ヶ月曝露	2.55	7.2

## II.2.8 住宅地盤補強用木杭の検討

平成 22 年度 一般共同研究

耐久・構造 G, マテリアル G, 昭和マテリアル (株), 飛島建設 (株)

### はじめに

木杭は、昔から住宅の地盤補強として使用されてきたが、一般的にその信頼性は低い。しかし、保存処理などの耐久性向上策を行い、その耐久性や支持力特性を明示できれば、国土交通大臣が指定する住宅瑕疵担保責任保険法人が認定する住宅地盤補強工法として登録することがができる。そこで本研究では、保存処理した木杭の地中での耐久性や支持力等を明らかにすることを目的とした。

### 研究の内容

#### (1) 保存処理木材の室内促進劣化試験

加圧注入処理したカラマツ辺材 (20×20×100mm) の地際から地中にかけての部位 (地中部) における耐朽性を把握するため、ファンガスセラーによる促進劣化試験を行った。無処理材は暴露後 6 か月で地中部の被害度が 3.5 以上に達したが、保存処理試験体は 20 か月を経過しても耐用年数の目安となる被害度 2.5 に達していなかった (第 1 図)。質量減少率や縦圧縮強度から判断した劣化の傾向も、被害度と同様であった。これらの結果から、保存処理により耐用年数が 4~6 倍程度延長されたと推測された。

#### (2) 腐朽土槽試験による保存処理木材の耐久性評価

実際の地盤における腐朽をモデル化するため、地下水を深さ 40cm~70cm の範囲で変動できる大型腐朽槽に保存処理カラマツ丸棒 (φ100×1,000mm) を埋設し、促進劣化試験を行った。設置後 7 か月を経過した段階では、いずれの試験体、部位においても

劣化は見られなかった。

#### (3) フィールド試験

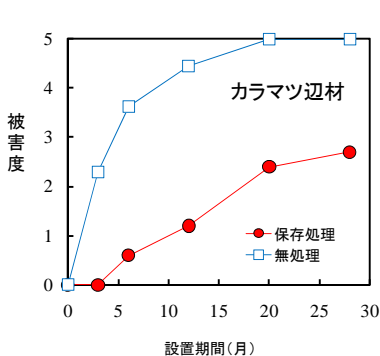
数種の木杭 (カラマツ) と現在汎用されているコンクリートパイル (RC, H 型 PC) を実地盤 (岩見沢市) に打設し、载荷試験等を実施して比較検討を行った。簡易载荷試験による沈下量を比較してみると、杭の先端抵抗力が期待できない当該地のような泥炭地においては摩擦抵抗力の大きい木杭の優位性が確認できた (第 2 図)。また、円柱材 (テーパーあり、なし) の結果から、テーパーの効果期待できると考えられた。

#### (4) 住宅地盤補強用木杭のライフサイクルアセスメント (LCA)

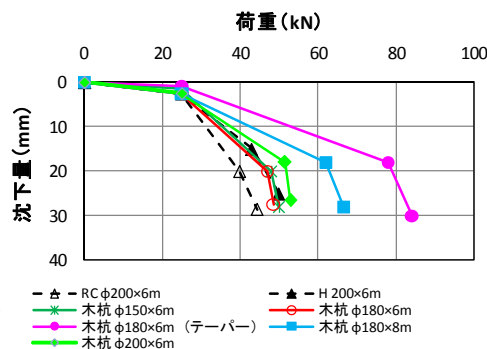
住宅 1 棟あたりの地盤補強に必要な杭を評価基準として、RC パイルと保存処理木杭の原料調達から建築現場輸送までの CO<sub>2</sub> 排出量を算出した (第 3 図)。その結果、保存処理木杭は RC パイルと比較して 8 割 (2.5t) 程度排出量が小さいことが示された。

#### まとめ

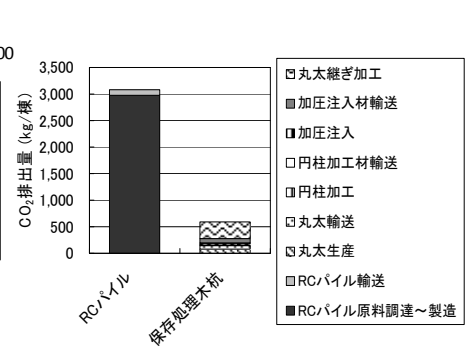
本研究により、木杭および保存処理の有効性に関するデータを明示することができたことから、保存処理木杭による地盤補強工法が住宅瑕疵担保責任保険法人に認証される予定である。それにより、今まで木杭がほとんど使用されていなかった住宅地盤補強用杭材として、間伐材が広く活用されることが見込まれる。耐久性に関する実証データについては、今後も継続して収集していく予定である。



第 1 図 ファンガスセラーにおける被害度の経時変化



第 2 図 簡易载荷試験における荷重・沈下曲線



第 3 図 RC パイルと保存処理木杭の CO<sub>2</sub> 排出量

## Ⅱ.2.13 木製遊具における安心・安全と長寿命化に関する研究

平成 22～24 年度 重点研究  
居住環境 G, 耐久・構造 G, 製品開発 G, マテリアル G

### はじめに

子どもたちの身近な公園にある木製遊具は、北海道が推進する木育\*の一環として、木に親しむという体験を担う重要な役割を持っているが、耐久性やメンテナンス性の低さが指摘され、減少の一途をたどっている。一方、遊具の設置や維持管理を担当する各市町村は、耐用年数が長く部材の劣化診断が容易に行える安全でコストのかからない製品を求めている。木製遊具においても、安心・安全の向上を図ることが重要であり、木材を使う上での課題を克服するために新規の技術開発を行った。

※子どもを含むすべての人が「木とふれあい」、「木に学び」、「木と生きる」取組のこと

### 研究の内容

平成 22 度は、遊具の主要構造部である支柱の耐久性とメンテナンス性を向上させた新しい木製遊具の設計を行い、旭川市東旭川「豊田へき地保育所」の敷地内に試験施工した（第 1 図）。

これまでの木製遊具支柱は、基礎に直接埋込まれた掘立て構造であり、地際部の腐朽が弱点となる。そこで、支柱の脚部が地面と接しない構造について検討した。

基礎と支柱の接合は、基礎上面のアンカーボルトに接合金具を固定し、支柱は地盤面より上でこの金具とドリフトピンを用いて接合するハイブリッド構

造（第 2 図）とした。

しかし、柱脚をピン構造とした場合、水平力を筋かいで負担する必要があるが、本遊具の基本コンセプトの一つである床下でも遊べる二層構造の実現が難しくなる。そこで、4本の鋼製支柱を遊具中央部に配置、筋かいの不要なコア構造とするとともに、地中で基礎を連結し、木製支柱が受ける水平力を鋼製支柱が負担する構造とした。

また、耐久性向上の一環として、柱頭木口の雨水の浸入などによる劣化を防ぐため、アセチル化処理を施した木材による柱頭保護キャップを取り付けた（第 3 図）。

今回使用した木材は、基本的に防腐剤を加圧注入した材料を使用した。ハイブリッド構造の耐久性評価のため、一部の材料は無処理材を使用した。

### まとめ

耐久性とメンテナンス性を向上させた、木製ハイブリッド構造遊具の設計と試作を行った。

23 年度は、本研究の成果を積極的に行政や関連企業へ情報発信するとともに、試作した遊具の経年劣化調査、ハイブリッド構造のライフサイクルコストの評価、試作により得られた施工性・耐久性の問題点に対する改善策、既設遊具の補修方法の検討などに取り組んでいく予定である。



第 1 図 試作した遊具



第 2 図 ハイブリッド構造



第 3 図 柱頭の保護

## Ⅱ. 2. 14 積雪寒冷地域における道産木材の耐候性の向上

平成 22～24 年度 経常研究  
居住環境 G, 生産技術 G

### はじめに

木材は、環境に配慮した材料として注目され、外壁や遮音壁など屋外での利用も望まれている。屋外で利用する際には、腐朽や変色などの問題が生じることから、木材保護塗料が用いられる。

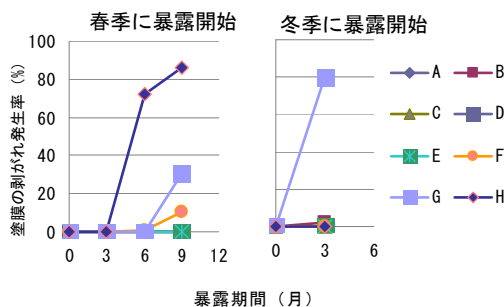
近年、VOC 低減の流れを受けて、水系の木材保護塗料が数多く製品化されはじめている。水系木材保護塗料の耐候性は、本州の温暖な気象条件下では調べられているが、冬季に積雪や凍結の影響を受ける地域での性能はあまり調べられていない。

本課題では、水系木材保護塗料の積雪寒冷地域における適切な塗装技術を明らかにするとともに、道産木材の耐候性の向上を図ることを目的として、種々の条件下での屋外暴露による塗膜の経時変化を調べる。

### 研究の内容

平成 22 年度は、施工初期に塗膜が積雪や凍結融解に暴露されることによる耐候性への影響を把握するため、春季（6 月）と冬季（12 月）の 2 条件で屋外暴露試験を開始し、塗膜の変化を調べた。

試験には、トドマツ、カラマツの柱目板を基材に用いた。塗料には、水系 8 種類、有機溶剤系 3 種類を用いた。春季（22 年 6 月）と冬季（22 年 12 月）に屋外暴露試験を開始し、暴露の傾斜角度を南面 45 度、南面 0 度（水平）の 2 条件とした。



第 1 図 水系塗料における塗膜の剥がれ発生率の経時変化  
基材：カラマツ 暴露角度：南面水平

第 1 図に、8 種類の水系塗料を塗布したカラマツ材を水平暴露した際の塗膜の剥がれ発生率の経時変化を示す。春季に暴露を開始した試験体では、6 ヶ月後から塗膜の剥がれが観察され始めた。9 ヶ月経過した時点で、塗料 F, G, H で塗膜の剥がれが確認され、剥がれの発生率はそれぞれ、10, 31, 86%となった。冬季に暴露を開始した試験体では、3 ヶ月経過した時点で塗料 B, G において塗膜の剥がれが観察され、剥がれの発生率はそれぞれ 2, 80%となった。これらの結果から、暴露開始時期により塗膜の耐候性が異なる可能性が示唆された。基材にトドマツを用いた試験体も各塗料の剥がれ発生率は異なるが、同様の傾向を示した。有機溶剤系の塗料についても、冬季に水平で暴露を開始した試験体で、暴露 3 ヶ月後に塗膜の剥がれが観察されるものがあった（第 2 図）。

冬季に、45 度で暴露を開始した試験体では、カラマツ材に塗料 G を塗布した試験体で塗膜の剥がれが観察されたが、水平暴露と比べ塗膜の剥がれに対する影響は小さい傾向にあった。

### おわりに

水系、有機溶剤系を問わず、暴露開始時期によって塗膜の耐候性が異なる可能性が示唆された。次年度も引き続き施工時期が塗膜の耐候性に及ぼす影響を検討し、積雪寒冷地に適した塗装方法、注意点を明らかにしていく。



第 2 図 冬季に暴露を開始し、3 ヶ月後における塗膜  
（淡色の部分で塗膜が剥離している）

基材：カラマツ

左：水系塗料，右：有機溶剤系塗料

## II. 2. 15 相乗効果発現薬剤による木材の発熱性、ガス有害性の抑制

平成 20～22 年度 公募型研究  
利用部長，耐久・構造 G

### はじめに

木材をオフィスなどの内装材料として使用する場合、防火性能が必要とされることから、薬剤による難燃処理が行われている。木材の難燃処理では、熱分解抑制作用が異なる薬剤を組み合わせ、相乗効果を発揮させることが有効と考えられる。また、燃焼ガスの有害性はマウスを用いる動物試験で評価されているが、燃焼によって生成する一酸化炭素とガス有害性との関連性が解明できれば、動物実験によらずにガス有害性を評価できる見通しが得られる。

そこで、木材の発熱性およびガス有害性の低減に相乗効果を発揮する混合薬剤処理技術の開発を目的として、発熱や炭化への影響および燃焼ガスの有害性について検討した。

### 研究の内容

平成 20 年度は、リン酸水素二アンモニウム－八ホウ酸ナトリウムの混合薬剤の処理で、各薬剤を単独で用いるよりも総発熱量が減少し、薬剤の燃焼抑制効果が相乗的に作用することを把握した。

21 年度は、異なるリン系薬剤においても同様の傾向を得た。この場合、リン系薬剤とホウ素系薬剤の混合比 9:1 または 8:1 で最も相乗効果が高く得られた。また、燃焼ガスの有害性をマウスの行動停止時間（生存時間）で評価し、多くの薬剤処理条件で行動停止時間が長くなることを把握した。一方、一酸化炭素濃度とマウスの行動停止時間との関連性は見いだせず、ガス分析値からガス有害性を推測する見通しは得られなかった。

22 年度は、混合薬剤処理による木材炭化への影響を検討するとともに一酸化炭素生成に及ぼす燃焼条件の影響を検討した。

#### (1) 炭化への影響

リン酸水素二アンモニウムまたは八ホウ酸ナトリウムで処理したスギの心材を IS0834 の標準加熱温度曲線に沿って 30 分間加熱し、未炭化部の残存厚さから炭化深さ（第 1 図）を、炭化層の質量から全乾

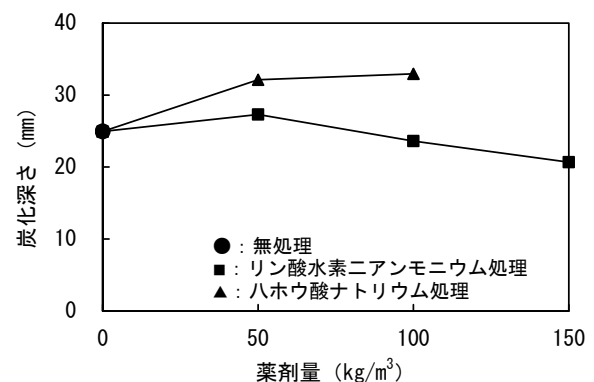
比重を求めた。八ホウ酸ナトリウム処理材では無処理木材より炭化深さが大きくなった。一方、リン酸水素二アンモニウム処理材では、薬剤量で挙動が異なり、100kg/m<sup>3</sup> 以上で無処理木材よりも炭化深さは小さくなった。このように、炭化深さに対する薬剤の影響は薬剤量や加熱方法によって異なり、薬剤量が少ない場合には無処理木材よりも早くなるなど、一定の傾向は示さなかった。

#### (2) 一酸化炭素生成に及ぼす燃焼条件の影響

供給空気条件が異なる発熱性試験装置および模型箱試験装置で薬剤処理木材を加熱し、燃焼条件が一酸化炭素濃度に及ぼす影響を評価した。その結果、燃焼条件によらず薬剤処理の有無、薬剤の種類が一酸化炭素濃度に強く影響することがわかった。

### まとめ

リン系薬剤とホウ素系薬剤の混合薬剤は、それぞれを単独で用いるよりも木材燃焼時の発熱量を低減させた。また、薬剤処理木材の燃焼ガスの有害性は低くなることが示された。このような複数の薬剤の組み合わせに関する知見は木質防火材料の開発に活用できる。一方、混合薬剤の炭化層形成作用を検討したが、薬剤の種類、混合比、量によって挙動が異なり、明確な傾向を把握するには至らなかった。このような薬剤の炭化作用については防火関連課題の中で引き続き検討する予定である。



第 1 図 加熱を受けた木材の炭化深さ

## II. 3.1 教室における木質二重床からのホルムアルデヒド発生の調査と対策

平成 20～22 年度 公募型研究  
居住環境 G, 技術支援 G

### はじめに

平成 15 年度の建築基準法改正以前に建設された学校の一部では、ホルムアルデヒド濃度が高い事例が見受けられる。このような教室の一部では、二重床下のホルムアルデヒド放散源が室内濃度に影響を与えている可能性が考えられたため、その調査と対策手法の検討を行った。

### 研究の内容

20 年度は二重床を有する教室の現地調査を行い、一部の教室において二重床下および壁体内に高濃度のホルムアルデヒドが存在することを明らかにした。

21 年度は床下のホルムアルデヒド放散源が室内のホルムアルデヒド濃度に与える影響を小形模型を用いた実験によって検討した。

22 年度は実大規模の二重床を用いて、床下のホルムアルデヒドが室内濃度に与える影響の検証と、床下空気を直接排出する局所換気装置のホルムアルデヒド低減効果の検討を行った。

実験室 (長さ 2.7m×幅 2.7m×高さ 2.5m) に市販二重床を設置し、実験室内のホルムアルデヒド濃度が極めて低いことを確認して試験に供した。ホルムアルデヒド放散源として、ホルムアルデヒド放散量の多い合板を製造し床下に設置した。この状態で床下および室内濃度を測定したところ、真夏の密閉された教室を想定した条件下 (気温 35℃) において、床下濃度は  $460 \mu\text{g}/\text{m}^3$  となった。一方、室内濃度は  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$  となり床下のホルムアルデヒド放散源が室内に影響を与えていることが明らかとなった。こ

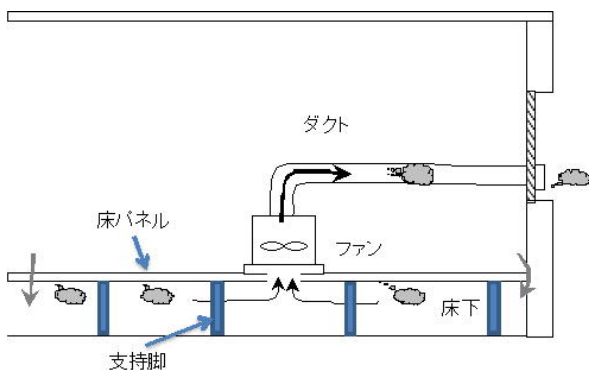
の状態、通常の室内換気と局所換気装置 (第 1 図) による床下換気を交互に行い、両条件での床上の室内濃度を比較した。その結果、室内の換気回数 0.5 回/h (1 時間に部屋の半分の空気が入れ替わる、建築基準法での必要換気量) 以上で、床下換気は室内換気に比べ大幅な室内濃度の低減を示した。これらのことから局所換気装置による床下換気が、効果的な濃度低減対策手法となりうることが明らかとなった (第 2 図)。

また、実在する学校教室 (床面積  $164\text{m}^2$ ) をモデルとして、二重床の交換と局所換気装置設置の場合の施工コストを試算した。局所換気装置の施工費は約 20 万円であり、二重床の施工費の約 140 万を大きく下回り、1/7 程度の初期投資で済むことがわかった。今回計算を行った二重床の施工費には解体費用を含んでいないため、実際の改修作業では両者の差はさらに大きくなると考えられる。また、局所換気装置の電気代は、年間 2 千円程度と予測された。

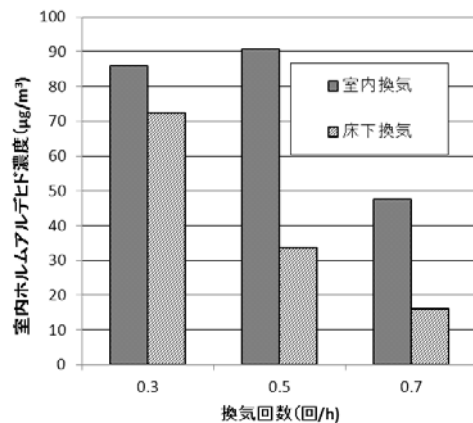
### まとめ

本研究によって、対策前の二重床において床下のホルムアルデヒドが室内に影響を与えていることを明確にし、その安価な対策手法を提案した。今後は、ホルムアルデヒド問題を有する学校及び建築物における対策手法として活用していく予定である。

備考：本研究は「財団法人トステム建材産業振興財団」の助成によって行った。



第 1 図 床下局所換気装置の概念図



第 2 図 換気による室内濃度変化