

最近の研究 成果

2011

平成 24 年 3 月



林 業 技 術 セ ン タ ー

目 次

1 広島県の地形・地質に合った作業システムの開発を目指して ートラクタ系作業システムの実証試験結果とその可能性ー	1
2 広島県の地形・地質に合った作業システムの開発を目指して ー間伐技術「将来の木施業」の考え方と実践事例ー	3
3 安全・安心な乾燥材生産技術の開発	5
4 木材の不燃化等高機能化技術の開発	7

広島県の地形・地質に合った作業システムの開発を目指して —トラクタ系作業システムの実証試験結果とその可能性—

1 目 的

現在、本県では、平成 22 年度に森林・林業再生プラン実践事業(先進林業機械導入・改良事業)により、ドイツから導入した林業用トラクタ K175(図-1)を組み入れた広島県の地形・地質に合った作業システムの開発を目指しています。今回、搬出間伐施業地(図-2)において、トラクタ系作業システムの実証試験を行い、作業システムや機械の改良等の課題を提案しました。

2 内 容

- (1) 作業システムは、トラクタ 1 台、セット人員 2~3 名を想定し、伐倒・集材・造材作業を直列方式(一つの作業が終わって次の作業へ進む)としました。
- (2) 間伐方式は、ドイツなど中央ヨーロッパで行われている質の高い大径木を育てるための施業で、将来、価値が高くなる優良木候補(将来木という)を選定し、その木の回りを定期的に間伐しながら集中的に育成する「将来の木施業」という方法で行いました。
- (3) 集搬方法も中央ヨーロッパ方式(図-3)により、間伐木を集材するための幅 3m 程度、長さ 70m の集材線を 20m 間隔で 2 列作設し、二胴ウインチによる集材、ハーベスタによる造材を行いました(図-4)。集材線作設後、予め選木した将来木の成長に影響する木及びその木を集材線から搬出するために支障となる木を同様に集・造材しました(図-5)。
- (4) 作業工程ごとにビデオカメラ、デジタルカメラ、GPS ロガーにより時間観測を行い、サイクルタイムを求め、これをもとに生産性を試算しました。
- (5) 実証試験から機械に係る課題や作業システムに係る課題を整理し、作業方法の改善や機械の改良点を見出しました。

3 結 果

- (1) 時間観測から求めたサイクルタイムは、チェーンソーによる伐倒が 85 秒/本、道端からのハーベスタによる伐倒が 12 秒/本、造材が 70 秒/本、ウインチによる集材が 374 秒/回となり、作業工程の中で、集材工程がボトルネックとなりました(図-6)。
- (2) これより、トラクタ系作業システム全体の労働生産性を試算すると、1 日 1 人当たり 9m^2 という結果となり、 $10.8\text{m}^2/\text{人日}$ という導入時に事業体が掲げた目標値には及びませんでした。
- (3) トラクタは、道幅が狭いため機体を木に対し正対できなかったため、ハーベスタ伐倒では、クレーン長を十分活かすことができず、造材作業においてもクレーン部を左右に旋回する際に機体が傾くケースが見られました。
- (4) ウインチ集材では、ワイヤロープの引出しに係る負荷が大きい点やブロックを使った横取りのためのワイヤロープの引回し等が遅延の原因となりました。

4 活用の方向

これらの実証試験結果をもとに、今後は簡易架線方式(図-7)や繊維ロープ(図-8)の導入により労働負荷の軽減を図り、検証を継続しながら広島県の地形・地質に合ったトラクタ系作業システムを確立し、森林組合等の林業事業体へ広く普及して行きます。

図-1 林業用トラクタK175



図-2 試験地の林況と間伐方法

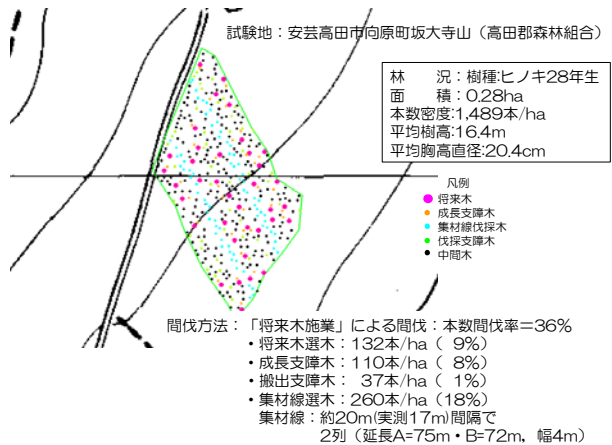


図-3 トラクタ系作業システムによる木寄・集材

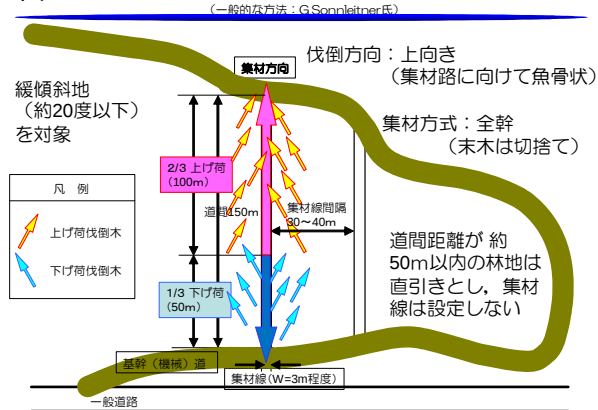


図-4 集材線伐採木の木寄・集材方法

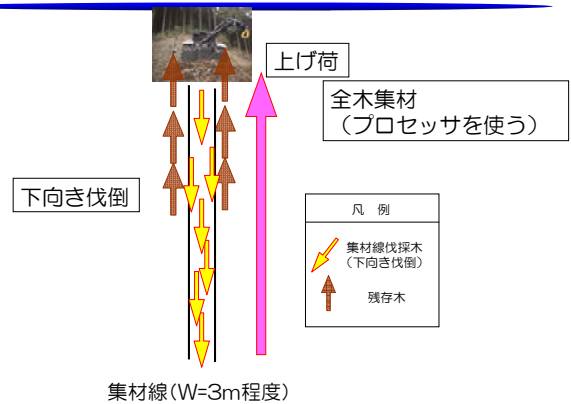


図-5 成長・搬出支障木の木寄・集材方法

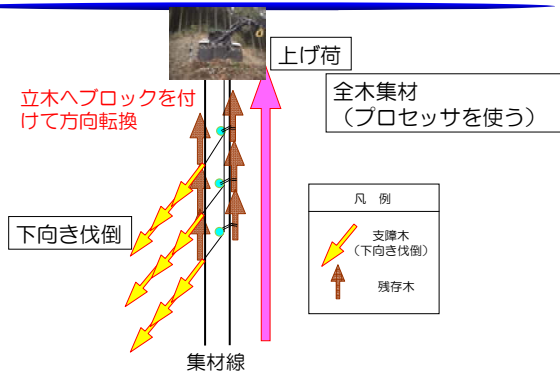


図-6 作業工程の比較

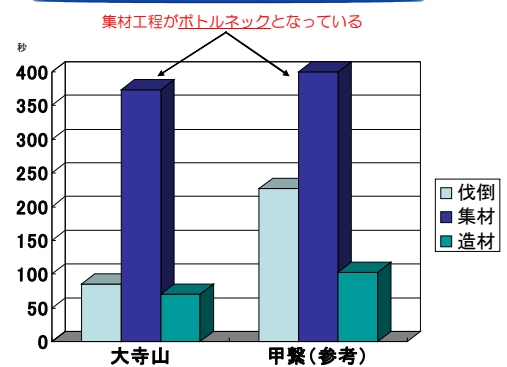


図-7 課題解決への提案①→簡易架線集材

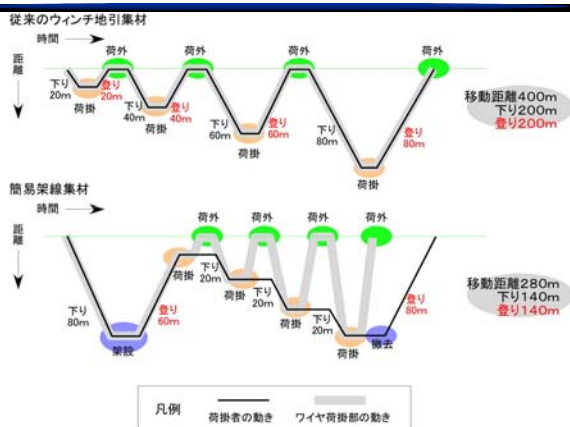
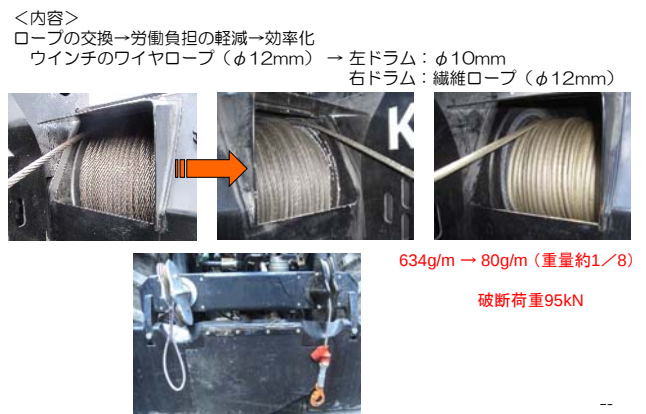


図-8 課題解決への提案②→ロープの軽量化



広島県の地形・地質に合った作業システムの開発を目指して ―間伐技術「将来の木施業」の考え方と実践事例―

1 目 的

平成 21 年度に「森林・林業再生プラン実践事業」で森林再生のための森林施業方法として「将来の木施業」という最終的に伐期まで残す木を早い段階で選木して育ててゆく方法が来日したドイツ、オーストリアのフォレスターにより提案され、試験的に実施することになりました。「将来の木施業」はドイツ、オーストリアで 30 年前から実施されている方法ですが、日本に合った方法であるか検証するため、調査地を事業地の中に設定しました。

2 内 容

- (1) 「将来の木施業」は従来方式の下層間伐と比べて、立木の配置が不均一で、径級が多様になるといわれます。また、収穫される材は大径寄りになるために、少ない伐採本数で必要な材積が確保できることから、低コスト化につながることを期待されます。
- (2) 施業を進めるうえでの目安は、①広島県で 100 年生時に期待できる最大の値を目標とし、スギで胸高直径 80 cm、ヒノキで 60 cm を目標径級と定め、②最後まで残す木「将来木」を 100 ～200 本/ha 選木し、その基準の優先順位はバイタリティ(活力)>クオリティ(質)>配置とし、③間伐の際には将来木の成長に影響する大きな木(2番手の木)を収穫し、被圧・不良木は伐らないことにより無駄なコストはかけないようにします。
- (3) 試験的な施業は、平成 22 年度から北広島町東八幡の甲繫を皮切りに、広島市安佐北区の松郷山、23 年度に入って安芸高田市向原町の大寺山、広島市安芸区の景浦山の計 4 か所で実施しました。
- (4) 施業実施前には周囲測量、立木位置測量、樹高・直径、枝下高の毎木調査を行い、将来木および成長支障木の選木を行いました。また、前後して集材線の設定も行い、それにかかる立木の選木も行いました。施業後は実際に伐採された立木の確認、将来木のペンキによるマーキング(次回以降の間伐で傷つけないように視認性を高めることと、伐採木の選木を迅速かつ容易にするため)、および林冠の開き度合いの記録を天空写真撮影により行いました。

3 結 果

- (1) 林分全体の伐採本数率は 32～36% で、列状間伐でよく行われる 1 伐 2 残の伐採本数率 33% と同程度で、適度な伐採率でした。また、林冠形状は列状間伐に似ていて、立木間隔を 3,000 本/ha 植栽時の 1.8m と想定すると、甲繫は 2 伐 12 残(+定性間伐)、大寺山は 2 伐 7 残(+定性間伐)に相当しました。
- (2) 伐採後の林冠には集材線の大きな空隙と、将来木周辺の小さな空隙が混在し、局所的に樹冠配置が疎な場所と密な場所が生じる特徴がありました。

4 活用の方向

施業(間伐)の効果の追跡調査を続けるとともに、今後施業効果のシミュレーションを行って施業マニュアル(暫定版)を作成し、森林組合等の林業事業体へ広く普及して行きます。

「将来の木施業」について



- 伐採木を選木
- 下層・不良木を伐採

- 立木の配置は均一になる
- 径級は平均的な大きさにそろう
- 収穫される材は小径寄りになる

「将来の木施業」



- 将来残す木を選木
- 将来木に影響する大きな木(2番手の木)を収穫

- 立木の配置は不均一になる
- 径級は多様になる
- 収穫される材は大径寄りになる
- 少ない伐採本数で材積確保…低コスト化

「将来の木施業」の進め方と目安

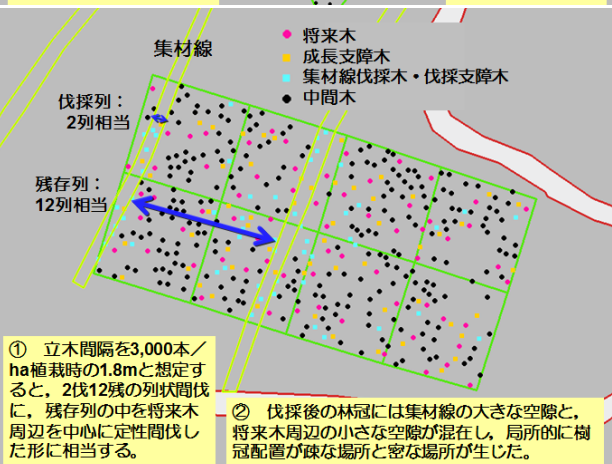
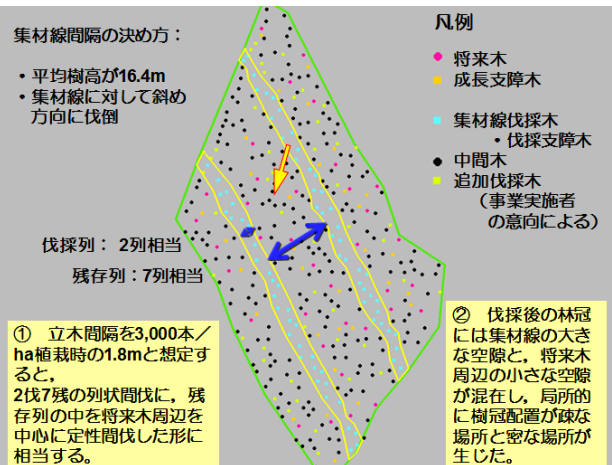
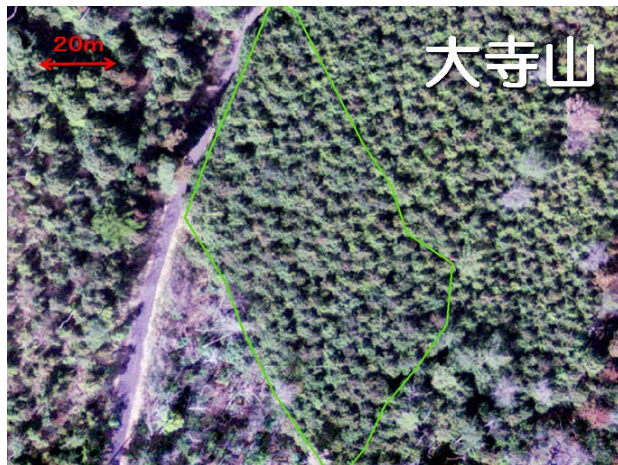
- 目標径級を決める
→ スギ：胸高直径80cm、ヒノキ60cm
広島県で100年生時に期待できる最大の値を目標とした
- 最後まで残す木「将来木」を選木する
→ バイタリティ(活力)＞クオリティ(質)＞配置
目標径級に達するまで長期間生きていることが最優先
選木本数：100～200本/ha
- 将来木に影響する大きな木(2番手の木)を収穫
被圧・不良木は伐らない
無駄なコストはかけない
- 対象森林・・・どの森林でもできるのか
→ 概ね初回間伐が済んだ森林
個体サイズの差がついた森林なら可能



事例

大寺山事業地 と 甲斐(こうつなぎ)事業地

事業地	樹種	林齢	調査 区面積	平均 樹高	平均 胸高 直径	本数 密度	平均樹 冠長率	将来木 本数
安芸高田市向原町 坂 大寺山事業地	ヒノキ	28 年	0.28 ha	16.4 m	20.4 cm	1,489 本/ha	37 %	132 本/ha
北広島町東八幡 甲斐事業地	ヒノキ	49 年	0.32 ha	16.0 m	22.9 cm	1,119 本/ha	43 %	209 本/ha



安全・安心な乾燥材生産技術の開発

1 目 的

最近では高温乾燥技術の普及により、間伐材から得られる心持ちで背割りのない柱材について、表面の割れを少なく乾燥させることが可能になっています。しかし、樹種や乾燥条件によっては内部が放射状に割れる場合があり、表面からはこの割れが見えないため、強度面で不安を抱く人も少なくありません。そこで、どのような乾燥をすれば強度が低下するかを検証したうえで、内部割れが少なく強度的に安全で安心して使用できる乾燥材の生産技術を開発しました。

2 内 容

- (1) 内部割れの少ない乾燥技術を開発しました。
- (2) 内部割れと強度の関係を解明しました。
- (3) 安全・安心な乾燥材の生産・利用マニュアルを作成しました。

3 結 果

- (1) 蒸気式乾燥方式では、表 1 のような内部割れの少ない乾燥条件を確立しました。また、この乾燥条件では、図1のように強度の低下は、天然乾燥と比べてほとんど差はありませんでした。なお、図1では、乾燥条件ごとに 50 体の曲げとせん断試験を行い、その強度値を斜めにずらして表示しています。5%下限値は、50 体の中で低い方からおよそ 2 番目の値で、無等級材の基準強度と比較を行います。
- (2) 高温で長時間乾燥させた木材では、内部割れや熱劣化が起こり、表 2 のような強度低下が認められました。
- (3) 安全・安心な乾燥材の生産・利用マニュアルを作成しました。図2はマニュアル第3章スギ蒸気式推奨乾燥条件による内部割れの例です。

4 活用の方向

安全・安心な乾燥材の生産・利用マニュアルを活用して、これを行政や関連企業に広く普及し、強度的に安全に使用できる乾燥材生産量の増加を目指します。また、内部割れの長さ方向の分布が明らかになったことから、両木口材端部分の除去など新しい造材方法や加工技術などの提案を行います。

表 1 内部割れの少ない蒸気式乾燥方式の推奨乾燥条件

樹種	蒸 煮		→	高 温 セ ッ ト		→	乾 燥	
	乾球温度(℃)／ 湿球温度(℃)	時間		乾球温度(℃)／ 湿球温度(℃)	時間		乾球温度(℃)／ 湿球温度(℃)	時間
スギ	95/95	8	→	120/90	24	→	90/60	184
ヒノキ	95/95	8	→	120/90	18	→	90/60	120
カラマツ	95/95	8	→	120/90	18	→	90/60	168
アカマツ	95/95	8	→	110/90	24	→	90/60	72

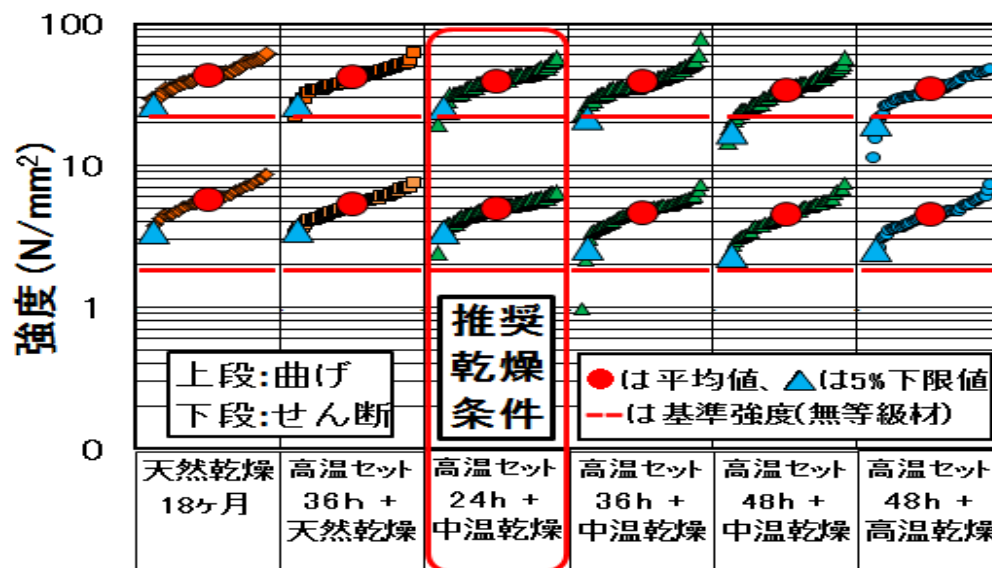


図1 スギ材の乾燥条件の違いによる強度の変化

表2 不適切な乾燥条件によって生じた内部割れや熱劣化による強度低下

	曲げ強度	縦圧縮強度	縦引張り強度	せん断強度	めり込み強度
スギ	B	B	B	C	B
ヒノキ	A	A	A	B	A
カラマツ	C	A	B	C	B

注) A:強度低下が認められない B:低下の疑いがある C:低下が認められる

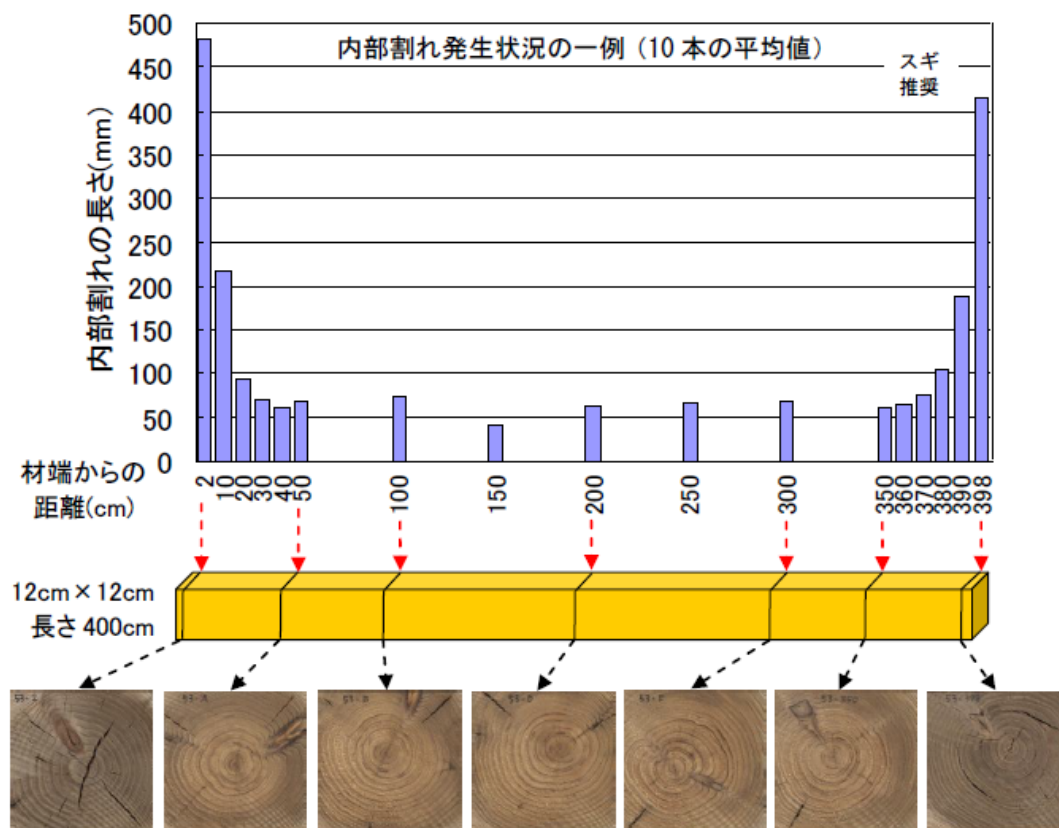


図2 推奨スギ蒸気式乾燥条件による内部割れの状況

木材の不燃化等高機能化技術の開発

1 目的

建築物等に木材を利用するとき、難燃性能の高い木材が必要となります。木材に難燃性のある薬剤を注入し、建築基準法に定められた防火材料基準を満たす木質材料を開発することを目的に研究を行っています。また、難燃性のある薬剤を木材に注入すると難燃薬剤が木材の表面に析出し、表面の状態が悪化することがあります。この表面悪化を防ぐ技術の開発を行いました。

2 内容

- (1) 減圧加圧注入機を用いて、スギ辺材、心材の注入時間に対する溶液注入量を求めました。
- (2) リン酸系、ホウ酸系、アルミニウム系、ケイ酸系の薬剤を注入した試験体を用いて、コーンカロリメータ試験と呼ばれる発熱性試験を行い、総発熱量を求めました。
- (3) 二液注入法を用いて、リン酸系の薬剤を木材の表面層で不溶性の物質に変化させて、表面悪化を防ぐ技術の開発を行いました。

3 結果

- (1) スギ辺材、心材にリン酸系20wt%薬剤を用いて減圧加圧注入を行いました。大きさは、長さ320mm、幅110mm、厚さ18mmで実験を行っています。図1は、減圧5分後の加圧時間に対する溶液注入量をグラフに示しています。加圧後には再び減圧を5分行っています。辺材は注入性が良く、減圧を5分、加圧を90分、再び減圧を5分行くと、約700kg/m³の薬剤注入量がありました。心材は注入性が悪く、薬剤注入量にばらつきも大きい結果が得られました。圧力はゲージ圧表示で、減圧-660mmHg、加圧10kg/m²で行っています。また、薬剤が注入されやすい木口面には疎水性のシリコンコーティングを行ってから注入を行いました。
- (2) 減圧加圧注入機を用いて種々の薬剤を注入したスギ辺材試験片のコーンカロリメータ試験を行いました。コーンカロリメータ試験は、建築基準法に定められた防火材料の認定試験の一つとして広く普及しています。リン酸系の薬剤は難燃性が高く、難燃剤含量が約100kg/m³で建築基準法に示された準不燃材料レベルの総発熱量(加熱10分, 8MJ/m²以下)を、難燃材料が約200kg/m³で不燃材料レベルの総発熱量(加熱20分, 8MJ/m²以下)を示すことがわかりました(図2)。また、ホウ酸系の薬剤も難燃効果が高く、難燃剤含量が約130kg/m³で準不燃材料レベルの総発熱量(加熱10分, 8MJ/m²以下)を示すことがわかりました(図3)。難燃剤含量は、注入試験前後の試験体の重量変化から計算しています。
- (3) リン酸系の薬剤にマグネシウム系の薬剤を加えて、減圧加圧注入を行い、その後、pHを調整した二つ目の液に浸けてリン酸系の薬剤を木材表面層で不溶性物質化させた試験体は、薬剤の表面析出が少ないことがわかりました(写真1, 2)。

4 活用の方向

これらの研究結果をもとに、木材を不燃化処理する技術や薬剤の表面析出を防止する技術を関連企業に技術移転して行きます。

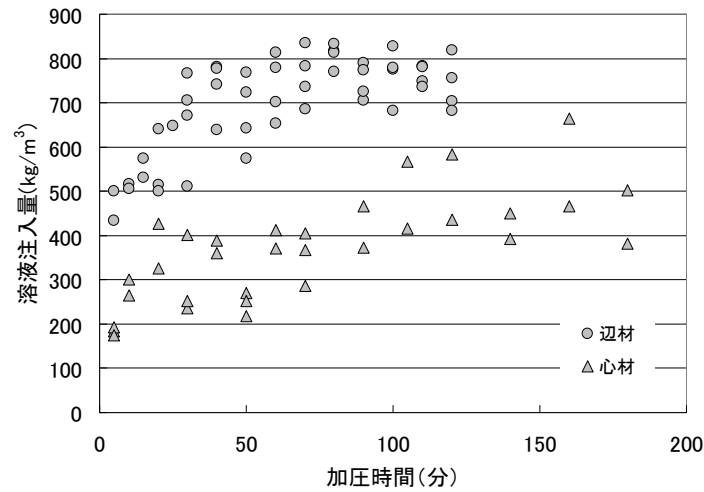


図1 加圧時間と溶液注入量の関係

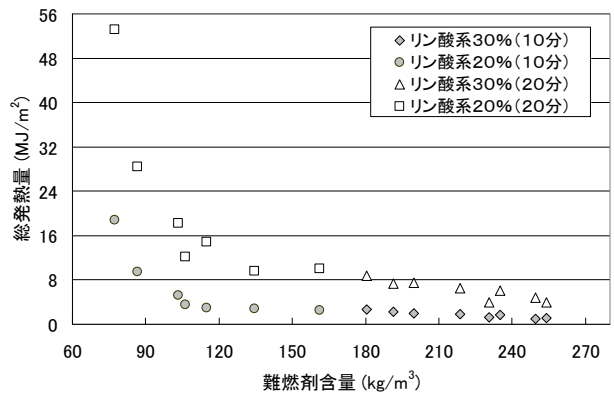


図2 リン酸系薬剤の難燃剤含量と総発熱量
(加熱時間10分と20分)

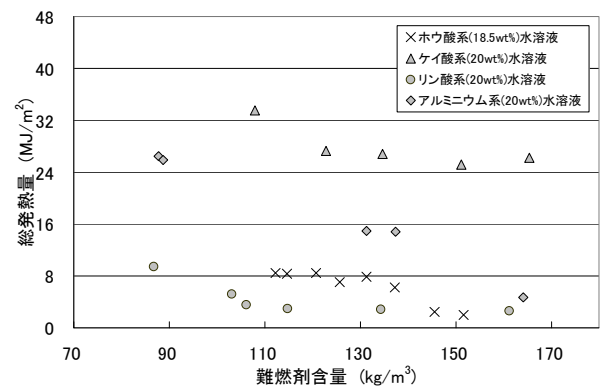


図3 各薬剤の難燃剤含量と総発熱量
(加熱時間10分)



写真1 リン酸系薬剤を注入したスギ辺材



写真2 リン酸系薬剤を不溶性物質化したスギ辺材
(特許出願中, 出願番号2010-275225)

最 近 の 研 究 成 果（平成 23 年度）

平成24年3月30日 発行

広島県立総合技術研究所林業技術センター

広島県三次市十日市東四丁目 6-1

TEL(0824)63-5181

FAX(0824)63-7103
