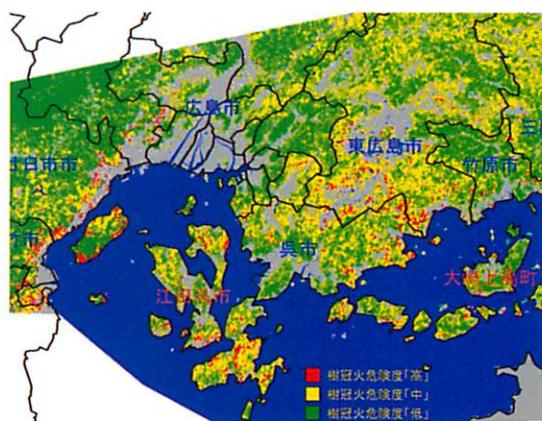


最近の研究成果

2008



平成21年 3 月

 **広島県立総合技術研究所**
Hiroshima Prefectural Technology Research Institute

林 業 技 術 セ ン ター

(表紙写真)

- 上 高性能機械ザウルスロボによる作業路の開設
- 左 防腐剤注入性能向上による高耐久木材の開発
- 右 樹冠火危険度マップの開発
- 下 ヒノキポット苗の植栽試験

目 次

1	低コスト作業システムの構築	1
2	作業道の開設に伴う軟弱路盤の改良	3
3	さし木により育成したヒノキポット苗木の植栽調査	5
4	衛星データを利用した林野火災防御支援システムの開発	7
5	既存木橋の構造強度評価技術の開発及び検証	9
6	木造工作物の高耐久化に関する技術開発	11

低コスト作業システムの構築

1 目 的

本県では、産業として自立できる林業の確立を目指し、低コスト林業団地を設定し効率的に木材を生産する取り組みを進めていますが、林業の採算性が悪化している現状において、施業の集約化や路網と機械の組み合わせによる効率的な森林施業により林業生産コストを縮減することが重要な課題となっています。そこで、高密路網と高性能林業機械を組み合わせた低コスト作業システムを構築するために間伐材の労働生産性を評価しました。

2 内 容

- (1) 三次市粟屋町の市行分収造林地内（43ha、ヒノキ38・39年生）にモデル林（5.16ha）を設定し、高性能機械ザウルスロボ2台（松本MSE-25ZRX：バケット容量0.21m³）を使用して幅員2.7mの作業路を1,050m開設しました。なお、作業の実施は三次地方森林組合に依頼しました。
- (2) 間伐木等の搬出作業システムは次のとおりです。なお、造材・運材作業は、いずれの作業系とも造材をハーベスタ（住友SH-75X / KESLA-20SH）、運材をグラップル（三菱307B/イワフジGS-65LJV）とフォワーダ（諸岡ST-650VDL）の組み合わせで行いました。
 - ① 定性間伐・車両系では木寄せ・集材をウインチ付きグラップル（三菱307B/松本MSE-HW23ACB/イワフジGS-65LJV）で行い、作業人員は2名で行いました（図－1）。
 - ② 列状間伐・車両系では木寄せ・集材をウインチ付きグラップル（同上）による単線地引き方式で行い、作業人員は2名で行いました（図－2）。
 - ③ 列状間伐・架線系では木寄せ・集材をスイングヤーダ（住友SH-75X/イワフジTW-202）によるランニングスカイライン式・スラックライン式索張り方式で行い、作業人員は3名で行いました（図－3）。

3 結 果

出材材積は、170m³（支障木84m³、定性間伐材56m³、列状間伐材30m³）で、これより生産性および労働生産性を算出した結果、定性間伐・車両系は30m³/日・15m³/人日、列状間伐・車両系は24m³/日・12m³/人日、列状間伐・架線系は24m³/日・8m³/人日となりました。標準的な高性能機械作業システムの労働生産性は現状では5.7m³/人日であり、いずれのシステムにおいても高い労働生産性が得られました。このことから、路網と機械を適切に組み合わせることによって効率的な間伐施業を行えることが実証されました。また、生産性は、林内作業土場からトラックが入れる集積土場までのフォワーダによる運材距離と路網密度に大きく影響されることから、効率的な路網配置が重要であることがわかりました。

4 活用の方向

本県を含む全国9ブロック12箇所のモデル林で昨年度より林野庁の補助事業(低コスト作業システム構築事業)として実施されている調査・分析結果から、施業地の条件に応じた路網と機械の適正な組み合わせの検討を行い、平成21年度に低コスト作業システムマニュアルを作成して、間伐施業を実施する森林組合等へ提供する予定です。

キーワード：低コスト林業 作業道 高性能林業機械 路網密度



伐倒
チェンソー

積込
グラブ

A-1 定性間伐・車両系

木寄・集材
グラブ
ロングリーチ
グラブ

運材
フォワーダ

システム生産性

30m³/日

労働生産性

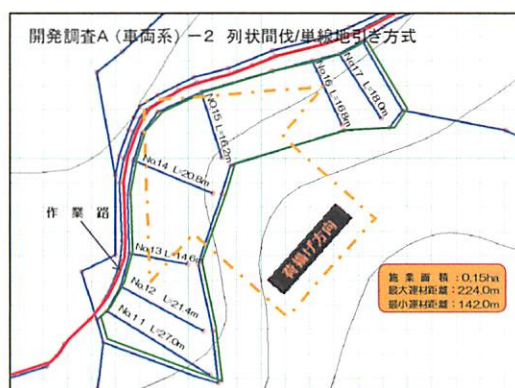
15m³/人・日

造材
ハーベスタ

人員2名

区域内路網密度 400m/ha

図ー1 定性間伐・車両系による作業システムと生産性結果



伐倒
チェンソー

積込
グラブ

A-2 列状間伐・車両系

木寄・集材
グラブ
ウィンチ付
グラブ

運材
フォワーダ

システム生産性

24m³/日

労働生産性

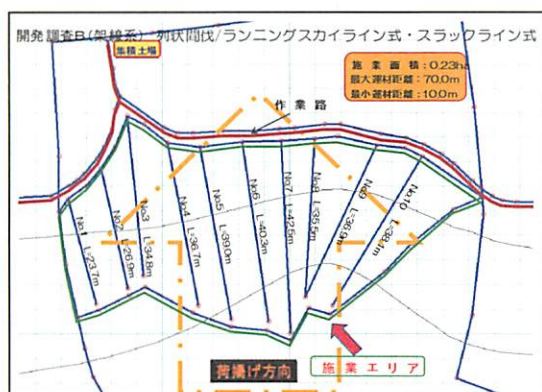
12m³/人・日

造材
ハーベスタ

人員2名

区域内路網密度 300m/ha

図ー2 列状間伐・車両系による作業システムと生産性結果



伐倒
チェンソー

積込
グラブ

B 列状間伐・架線系

木寄・集材
スイングヤーダ

運材
フォワーダ

システム生産性

24m³/日

労働生産性

8m³/人・日

造材
ハーベスタ

人員3名

区域内路網密度 200m/ha

図ー3 列状間伐・架線系による作業システムと生産性結果

作業道の開設に伴う軟弱路盤の改良

1 目 的

本県では低コスト林業団地における効率的で持続的な林業経営を目指し、作業道の整備による機械化を推進しています。この路網整備にあたっては、軟弱地盤での路盤安定処理が作設対策の重要な課題となっていますが、特に安価な作設が求められている作業道など低規格な路網では、林道工事で多く使用される碎石などを路盤材料とすることは、コスト面でなかなか困難なのが現状です。

そこで1㎡当たり1,000円程度という安価なリサイクル材料を作業道の路盤材料として活用できないかと、製紙過程で残渣となる製紙スラッジ灰（以下PS灰）を主原料とした造粒固化体（以下試料）を使用しての試験施工を行いました。

2 内 容

試料は、愛媛県四国中央市の㈱予州興業プラントでPS灰と石炭灰1：1の混合物へ高炉セメントB種7％、生石灰3％、水40～50％を加えたものを7日間養生後、粒度の異なる3種類と粒度0～40mmに添加物（スラグ*）を混入した1種類を製造しました。試験地は、平成20年6月中旬に四国中央市金砂町の作業道（試験地1）、同年11月上旬と12月下旬に三次市栗屋町の2箇所の作業道（試験地2・3）を設置しました。施工はダンプトラックで試料を搬入し、バックホウにより敷均し・転圧を行いました（表－1）。試験は、①施工後の経過観察、②作業道作設直後と試料敷設後の路面支持力と支持力強度を簡易支持力測定器（CASPOL）と山中式土壤硬度計を用いて測定しました。

注）スラグ*：金属の製錬に際し溶融した金属から分離して浮かぶかすで、道路の路盤材やコンクリート骨材として広く用いられる。今回使用したスラグは、HMS-25鉄鋼スラグで0～25mmに粒度調整した上層路盤材

3 結 果

観察および測定の結果、①施工前にはダンプトラックの登坂走行が困難であったのが、施工後は可能となったように施工後の敷設区間と未敷設区間では著しい差異が確認されました（写真－1）。特に降雨後においては、未敷設区間では泥濘状態にありましたが、敷設区間は足で踏むと水が浮き出る程度か乾いているという良好な路面状態でした。②試験地1における敷設4ヶ月後の路面支持力（CBR値）および支持力強度は、作設直後の未敷設路面と敷設路面ではいずれも著しい差異が確認されました（図－1）。これらのことから、今回使用したPS灰を主原料とした試料は、碎石と同様、敷設効果の即効性が伺え、軟弱路盤への路盤材料としての有効性が示唆されました。

4 活用の方向

今後は、冬期の凍上状態など経年変化の観察を継続するとともに最適な施工方法を確立し、低コスト林業団地内で増加してくる作業道開設工事での軟弱路盤の安定処理に安価で即効性のある路盤材料として森林組合等へ技術提供して行く予定です。

キーワード：作業道 リサイクル 路盤材料 路面支持力 支持力強度

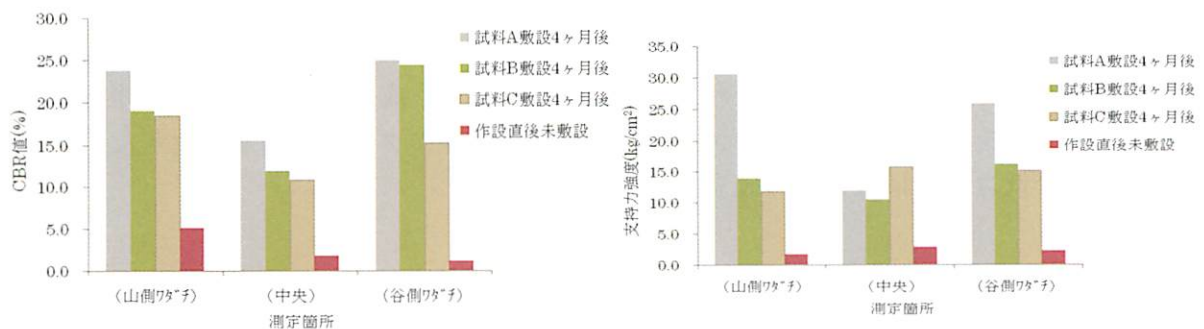
表一1 試料と敷設条件・実施試験地

試料区分	試料の粒度	スラグ添加	使用量	敷設延長	平均敷厚	実施試験地
A	0～40mm	無	3t	7.0・7.0m	110・100mm	1・2
B	25～40mm	無	3t	8.0・7.0・20.0m	70・100・100mm	1・2・3
C	0～40mm	有	3t	7.0・7.0m	110・100mm	1・2
D	0mm	無	1t	7.0m	路床土と混入	2

注)試験地1(四国中央市)においては、経過監査後、路面支持力・支持力強度を測定
試験地2・3(三次市)においては、現在、経過観察中



写真一1 試験施工前と施工後の路面状況



図一1 路面支持力（左）と支持力強度（右）

さし木により育成したヒノキポット苗木の植栽調査

1 目 的

今後の植栽が見込まれる花粉症対策品種においては、その性格上さし木等のクローン苗木を植栽する必要があります。従来、さし木は育苗箱や圃場で行なわれ、発根苗木を育苗した後山地に植栽しており、コストの面で実生苗木に比べて不利となっていました。

一方、速水林業社ではハイトカルチャ株式会社製のセラミックポットを用いてポットに直接さし木を行い、発根苗木をポットを付けたまま植栽するという効率的な育苗・植栽方法をとっています。このポットには切れ目が入っており、根系の発達によって裂けることによりポットのまま植栽することが可能となったとしています。

このたび、このヒノキポット苗木を入手することができましたので、苗木の成長や根系発達の状況を調査するために、センター内で植栽試験を行いました。

2 内 容

ポットの上部から出ている根の量によって、A（出ていない）、B（出ている）、C（かなり出ている）に3区分しました。さらに、これらのポット苗木の一部はポットをはずして植栽しました。植栽密度はヘクタール当たり3,000本です。苗木の苗高、根元径や植栽にかかる時間を測定しました。（植栽日：平成20年7月4日、11日）。

3 結 果

(1) ポット苗木の植栽効率

作業工程は図1のとおりで、移動時間を含めて1本当たり30秒以内という短時間で植栽が可能でした。また、通常植栽されるヒノキ2年生山行苗木(優良個体で50～60 g程度)に比べて軽量であることから（表1）、植え付け作業が効率的に行えることがわかりました。

(2) ポット苗木の枯損状況

写真1のように、ポット苗木は一般の実生2年生山行苗木に比較して、根量はかなり少ないことがわかります。しかも、今回の植栽時期は7月の上旬で、通常は植栽を避ける時期でしたが、表2のように、根量の多いポット苗木(C)では8割近くが活着していました。また、Bではポットをはずして植栽した場合には枯損が増えており、ポット（図2）の有効性が示唆されました。

4 活用の方向

ポットをつけたままで植栽できる小形のポット苗木は、一般的な造林に比べて植栽効率が良く、植栽時期も拡大できることがわかりました。今後は、成長の良否や成長に伴ってポットが割れるのかを観察し、スギやヒノキの花粉症対策品種のクローン増殖に適した、さし木増殖方法及び低コスト植栽方法の確立を目指します。



図1 ポット苗木の植栽



図2 セラミックポットの形状



写真1 ヒノキ苗木の形状
(左から、ポット苗木、ポットをはずした苗木、実生2年生山行苗木)

表1 ポット苗木測定データ

区分	苗高 (cm)	根元径 (mm)	枝張り (cm)	全長 (cm)	重量(g)	
					全体	苗木
A	37	3.8	15	42	32.0	11.6
B	39	3.6	13	43	31.7	10.8
C	44	4.0	15	47	38.2	17.1

表2 ポット苗木の枯損状況

区分	ポット	植栽本数	4カ月後の枯損状況	
			本数	%
A	有り	60	24	40
	無し	14	8	57
B	有り	43	11	26
	無し	14	9	64
C	有り	41	9	22
	無し	14	3	21

衛星データを利用した林野火災防御支援システムの開発

1 目 的

大規模な林野火災発生が集中する瀬戸内地域を対象として、2日以上にわたって延焼する林野火災対策のために、各種の衛星データを利用して林野火災情報を抽出し、地形情報や気象情報などを併せ、延焼拡大を予測し、時々刻々変化する延焼状況に応じた消防戦術策定を支援するシステムの開発を行いました。(総務省消防庁消防防災科学技術研究推進制度による三菱総合研究所ほか3者との共同研究)

2 内 容

開発の内容は次のとおりです。

- ① 毎日4回配信される低分解能衛星画像から火災検知を行うための「林野火災監視システムの開発」
- ② 森林の林内可燃物の状況による危険度格付けを、高分解能衛星画像を用いて危険度マップ化する「林野火災樹冠火危険度マップ作成手法の開発」
- ③ 樹冠火危険度マップ、地形データとリアルタイムの風データに基づいて数時間先までの延焼予測を行う「林野火災延焼シミュレーションシステムの高精度化」

以上、表1の概要のように3つのサブテーマに分けて実施し、これらを統合してWeb GIS上で稼働するシステムのプロトタイプを開発することとしました。

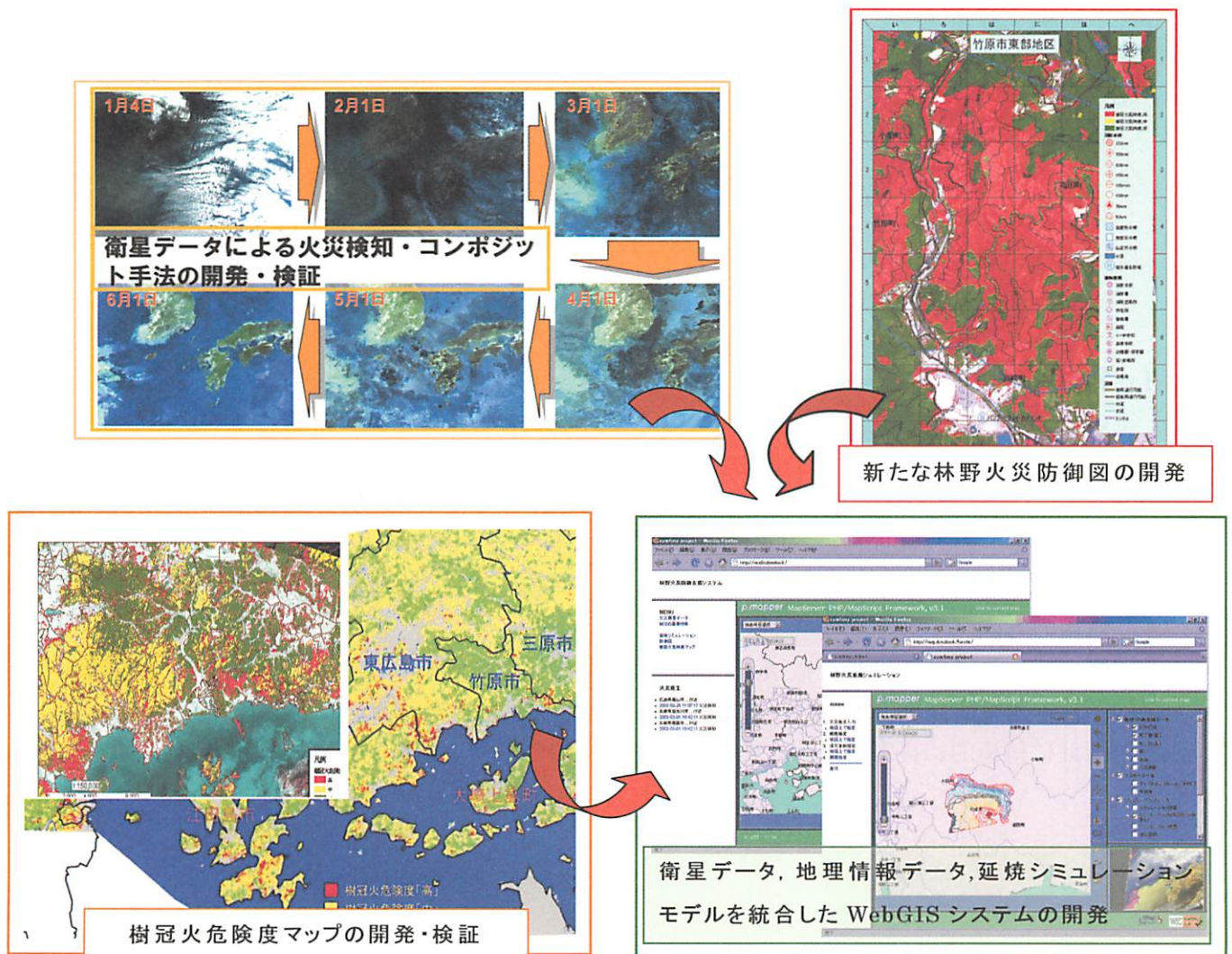
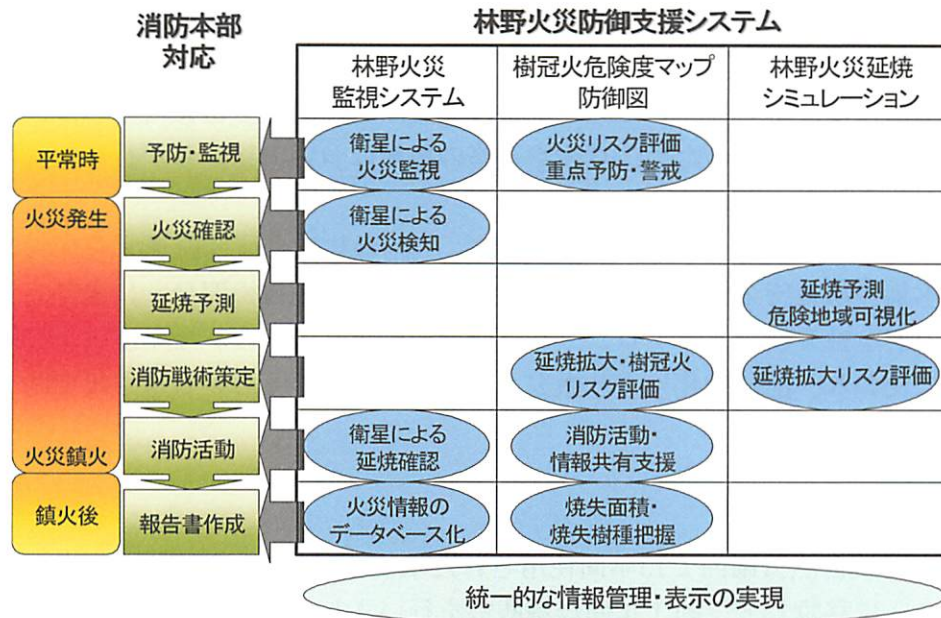
3 結 果

火災検知、延焼予測、戦術策定から鎮圧後の火災報告策定に至る林野火災防御の全てのフェーズにおいて、効果的な情報提供の面から活動を支援するシステムのプロトタイプを開発しました。また、本システムは竹原広域消防本部を対象にプロトタイプシステムを整備(図1)し、デモンストレーションを行いました。

4 活用の方向

開発の中核機関である(株)三菱総合研究所が消防庁に本システムの導入についてはたらきかけています。また、竹原市へプロトタイプシステムの導入による図上演習における利用を関係行政機関を通じてはたらきかけています。

表－１ 林野火災防御支援システムの概要



図－１ 竹原広域消防本部を対象にしたプロトタイプシステムの整備

既存木橋の構造強度評価技術の開発及び検証

1 目 的

現存する木橋には、耐久性への配慮が不十分で安全上の問題を抱えたものが、相当数存在すると言われています。そのため、点検や補修の技術について見直しが行なわれてきましたが、まだまだ不十分なのが現状です。

そこで平成19年度から21年度の3カ年計画で、(独)森林総合研究所運営費交付金プロジェクト「既存木橋の構造安全性を維持するための残存強度評価技術開発」により、データに基づいた木橋の安全性を検証するプロジェクト研究が始まりました。今年度は木橋破壊試験を行い、実際に使われ、部材劣化により撤去された木橋がどのくらいの重さまで耐えられるのかを検証しました。

2 内 容

福山市の山野峡自然公園内で13年間使用された木橋（通称かっぱ橋）（写真1）を平成19年に当センターに移設して、約1年間経過観察を行いました。そして、平成20年6月に載荷により破壊させました。

実大木橋の破壊試験の内容は、次のとおりです。

- ① 土砂の入った土のう袋（約320kg/袋）をクレーン車で吊り上げ、橋の部材に当たらない様に注意しながら橋の上に1袋ずつ置く
- ② 土のうは、橋の中央部分に、出来るだけ均等になるよう、また橋の長さおよび幅方向に対称となるよう置く
- ③ 正確な載荷荷重の測定は、橋脚部分に設置した4個のロードセルで測定
- ④ 載荷加重による橋の部材変化の「歪み」や「たわみ」量の変化を測定

3 結 果

土のう26袋（94kN, 9.1t）を置いたところで、トラス下弦材が引き千切れる一次破壊が発生し（写真2）、橋全体が傾きました。しかし、橋は落下しなかったため、その後も土のうをのせ続け、53袋（190kN, 18.6t）を置いたところで、今度は上弦材が圧縮してつぶれ、橋全体が落下しました（写真3）。（図1）

4 活用の方向

実際に使われていた木橋を破壊した試験は世界的にも例がありません。この調査・解析結果は、日本建築学会・土木学会・木橋技術協会・木材保存技術協会等の木橋安全性診断方法、技術指針に積極的に提案します。そして、既存木橋の点検・補修・管理に利用されます。



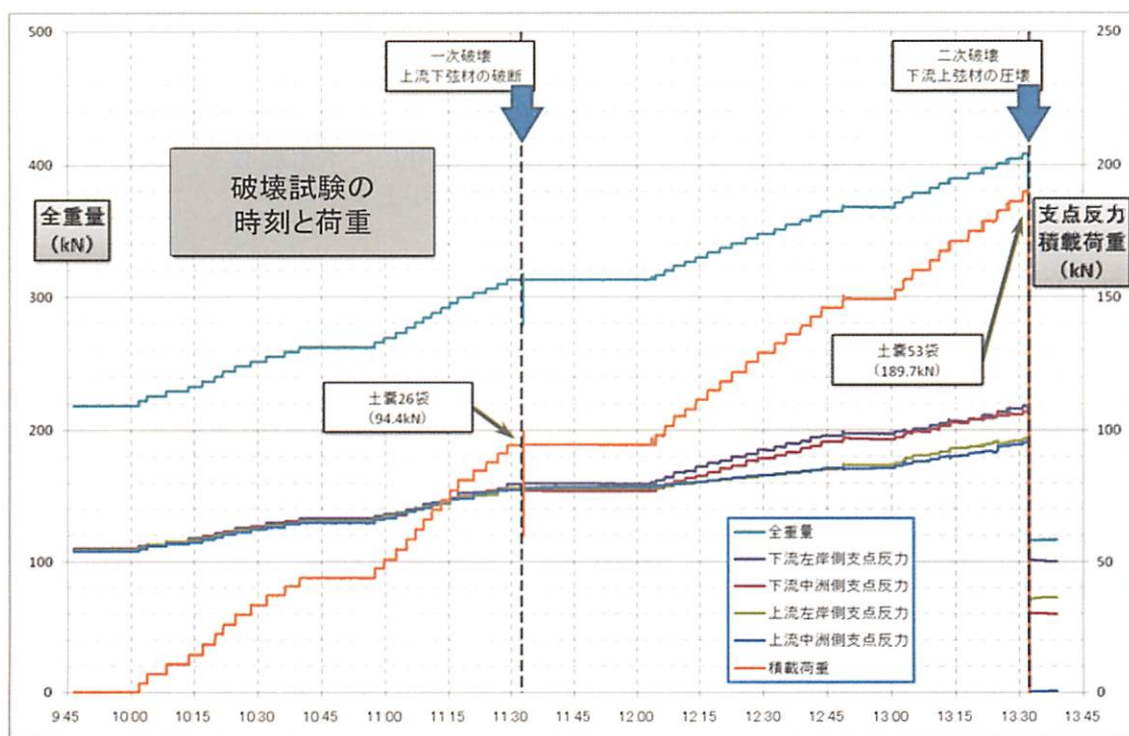
写真1 山野峡自然公園内へ架設当時の「かっぱ橋」



写真2 傾きながら耐えるかっぱ橋



写真3 落橋したかっぱ橋



図一1 破壊試験の時刻と荷重 ((独) 森林総合研究所より提供)

木造工作物の高耐久化に関する技術開発

1 目的

間伐材などの木材を木柵のような土木資材として利用しようとしたとき、樹脂やコンクリート製に比べて耐久性が劣る、劣化を判断する方法がない、またそのため補修や交換時期がよくわからない、といった問題が生じています。そのため、まず腐りにくい木材を製造する方法、また腐ってしまう前の木材の補修方法や、腐ってきたらどれぐらいの安全性があるかを判断する方法を開発しました。

2 内容

- (1) 腐りにくい木材を開発するために、木材に小さな穴を多く、深くあけて、防腐剤を浸み込ませる方法を検討しました。
- (2) 木材の劣化程度を検査する方法を確立するために、ピロディン（針貫入試験機）や含水率計を使用してみました。
- (3) 木材の補修方法を開発するために、木材に水分が浸みこまないように樹脂を使った補修方法を試みました。
- (4) 腐った木材の交換時期を決めるために、腐り方の違う木材の強度試験を行いました。

3 結果

- (1) 圧力注入機械による防腐剤注入試験では最初の5分間でドリル穴あけ材（写真1）が穴のない材に比べて4.6倍も注入できました（図1）。また、穴あけ材は浸漬だけの方法でも、機械注入と同程度浸みこんでいることがわかりました。
- (2) 含水率測定では腐っている部分が異常に高く、強度が低いことがわかりました（図2，3，写真2）。
- (3) 浸透性の樹脂や樹脂モルタルが補修に有効であることがわかりました（図4，写真3，4）。
- (4) 腐朽させた期間が長くなると強度が急激に低下することがわかりました（図5）。

4 活用の方向

これまでの研究成果を使って「広島県版木造工作物のメンテナンスマニュアル」を作成し、行政や関連企業に技術移転を行います。高耐久木材を利用した木造施設を、適正な管理のもとで、長期にわたり安全に利用し続けることが可能となります。

キーワード：高耐久 防腐剤注入

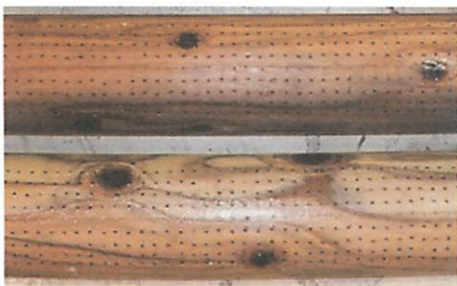


写真1 径2mmの穴をあけた材

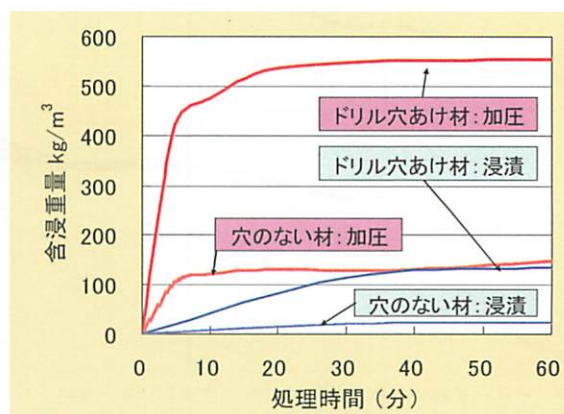


図1 スギ材1㎡当たりの防腐剤含浸重量



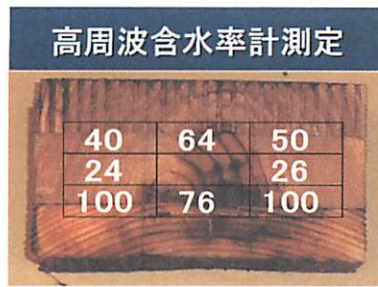


図2 高周波測定器と全乾法による含水率



写真2 高含水率材の縦圧縮試験

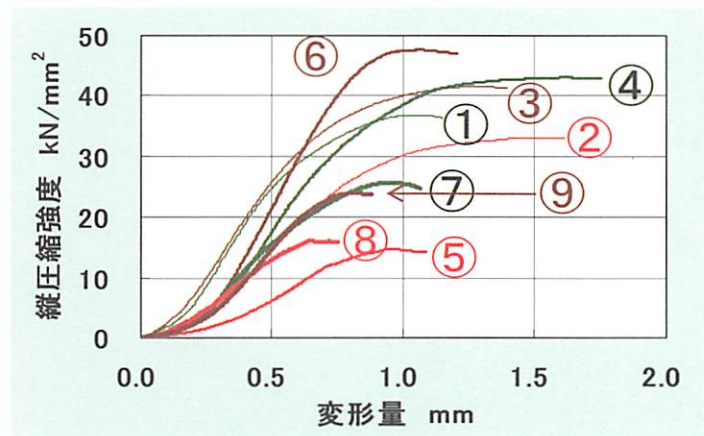


図3 含水率の差がある腐朽材の縦圧縮強度比較
注：図中の番号は図2の試験片番号と一致



写真3 樹脂補強材の縦圧縮試験

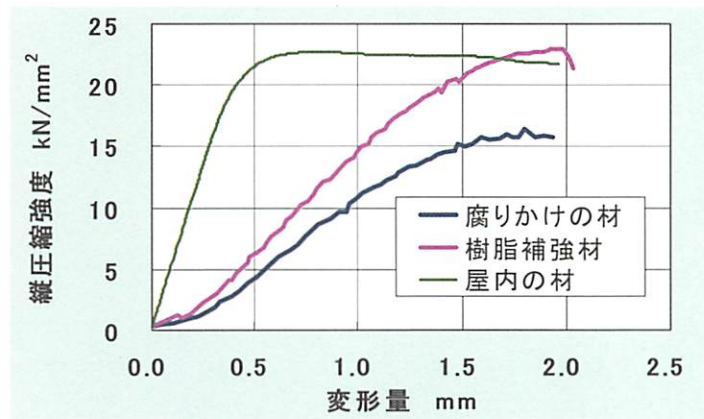


図4 樹脂補強による縦圧縮強度比較

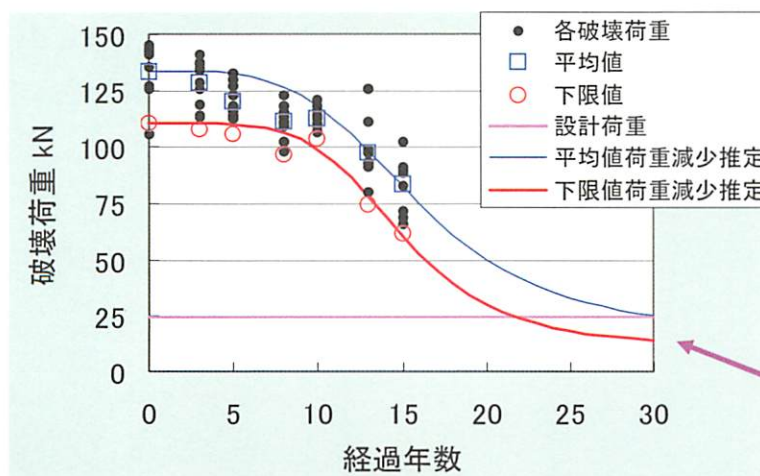


図5 ヒノキグレーチングの曲げ強度減少



写真4 樹脂を浸み込ませたスギ腐朽材

・下限値荷重減少推定式

$$y = 110 \times (a + (100 - a) / (1 + (x/c)^b))$$

$$a = 10, b = 5, c = 15$$

最近の研究成果

(平成20年度)

平成21年 3 月31日 印刷

平成21年 3 月31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町168-1

TEL: 0824-63-7101

FAX: 0824-63-7103