

最近の研究成果

2009

平成22年3月



林業技術センター

目 次

1 「低コスト林業団地」における効率的な路網計画策定技術の開発	
①地形指標を用いた開設優先度の評価	1
2 「低コスト林業団地」における効率的な路網計画策定技術の開発	
②人工衛星画像を用いた森林資源分布の評価	3
3 低コスト作業システムの構築	
－高密路網とグラップル系作業システム－	5
4 木製外構材の耐久性簡易診断技術の開発	
－日常点検でわかる木製外構材の耐久性簡易診断技術マニュアル－	7

「低コスト林業団地」における効率的な路網計画策定技術の開発

①地形指標を用いた開設優先度の評価

1 目的

広島県では、「低コスト林業団地」設定をもとに、高密路網整備と高性能林業機械による施業の効率化を進めています。当センターでは、地形指標による「開設優先度評価」と高分解能衛星画像解析による「森林資源分布評価」を統合し、団地内で効率的に路網計画を策定できるシステムを開発しています。このうち「開設優先度評価」については、標高データを用いて計算した地形指標が既設作業道の作設状況にどのように影響しているかを検証しています。

2 内容

- (1) 緩中傾斜地が多い高谷山線(三次市栗屋町)および鶉木線(山県郡北広島町)、急傾斜地が大半を占める清綱線(三次市吉舎町)および平田山線(三次市君田町)の4路線を選定し、以下のとおり作設状況調査ならびに地形指標の地図データ化を行いました。
 - ① 作設状況調査(写真1); DGPS およびレーザー測量機による測点位置情報、各測点における幅員・縦断勾配、地山勾配、切盛法面勾配・法長、切土法面および路面の山中式土壌硬度、路面の CBR 値
 - ② 地形指標解析; 国土地理院基盤地図情報 10m メッシュ標高モデルを用い算出された傾斜、累積流量、水の溜まりやすさ(TWI)、土砂の侵食力(SPI)
- (2) 作設状況調査結果との関係による地形指標評価は、GIS 上で各測点の位置座標により対応する各地形指標の属性値を空間検索し、両変数間の相関関係を比較して行いました(図1)。

3 結果

- (1) 作業道の構造に関しては、急傾斜地の清綱線で概ね全項目で傾斜と正の相関、平田山線でも切土法長は傾斜と正の相関が確認されました(表1)。一方、緩中傾斜地路線では相関が確認されませんでした。この結果は、特に急傾斜地で傾斜が構造を規定することを意味するとともに、作設コストに傾斜が影響していることを裏付けると理解されました。
- (2) 作業道の路面支持力に関しては、高谷山線で傾斜と土壌硬度、累積流量と切法土壌硬度が正の相関、鶉木線で CBR と累積流量や SPI と負の相関が確認されました(表1)。一方、急傾斜地では相関が認められませんでした。この結果は、緩中傾斜地では特に局所的な水の集まりやすさが路面に影響するとともに、表層の土質によって影響のしかたが異なると考えられました。

4 活用の方向

傾斜および累積流量または SPI が作業道作設に関係する地形指標として有効とみなされたため、これらの指標を用いて GIS 上で路網計画策定を行うための「開設優先度」背景レイヤーとして整備するとともに(図2, 図3)、線形計画作業に役立てていただくためのマニュアル化を進めていくことで、低コスト林業団地全体と個別施業地の路網計画策定に貢献します。



写真1 測定の様子

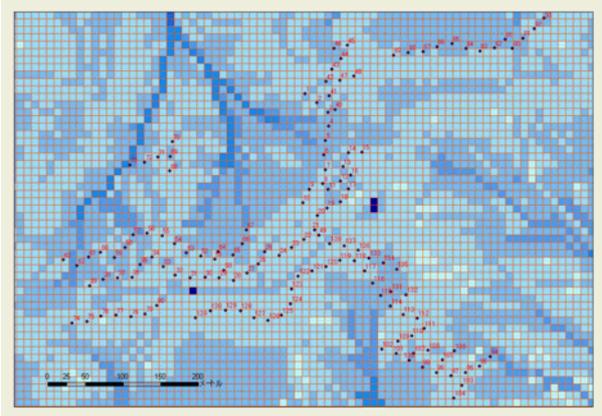


図1 測定結果と地形指標の重ね合わせ

表1 作設状況と地形指標の関係

構造							
	縦勾絶	地傾切	地傾盛	切法長	切勾配	盛法長	盛勾配
高谷山							
鶉木							
清網	傾斜+	傾斜+	傾斜+			傾斜+	傾斜+
平田山			傾斜+				

路面支持力							
	土壌硬度				CBR		
	盛土	中央	切土	切法	盛土	中央	切土
高谷山	傾斜+			累流+ SPI+			
鶉木					累流- SPI-	累流- SPI-	累流- TWI- SPI-
清網							
平田山							

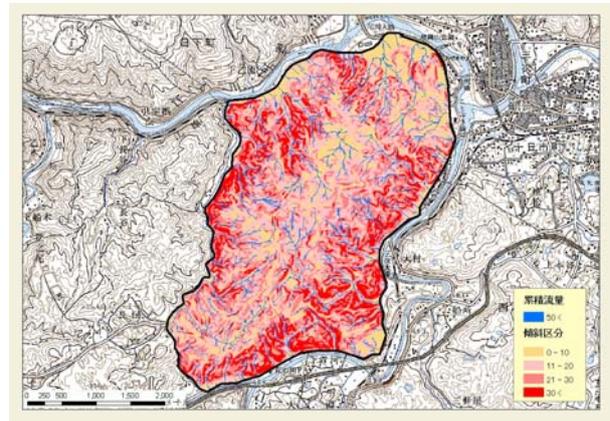


図2 開設優先度レイヤーのイメージ(団地全体)

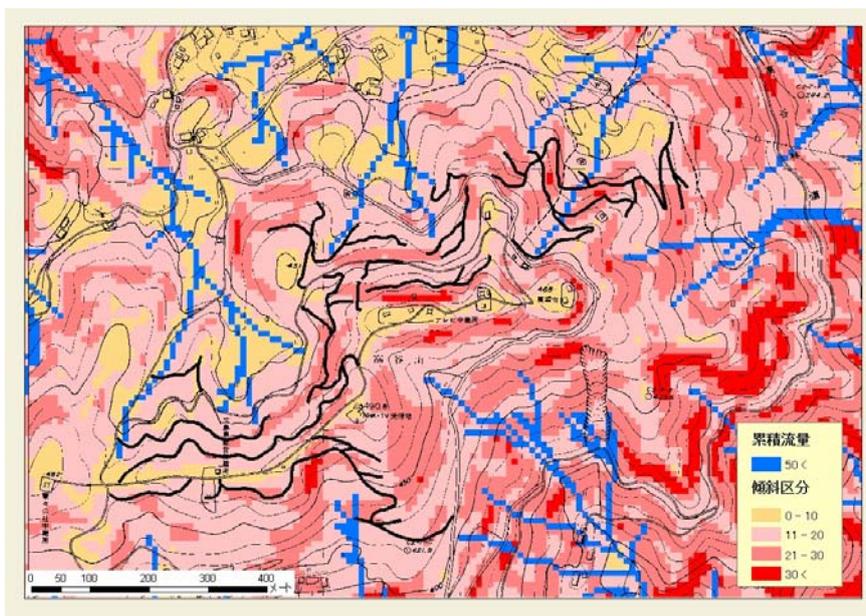


図3 開設優先度レイヤーのイメージ(詳細スケール)

「低コスト林業団地」における効率的な路網計画策定技術の開発

②人工衛星画像を用いた森林資源分布の評価

1 目的

「低コスト林業団地」設定後に路網の全体計画を策定する際には、詳細な森林資源分布情報が必要となります。このため、人工衛星画像を用いて人工林の分布、さらに立木本数密度、材積分布まで評価し、路網計画の策定に利用することを目指して開発を行っています。本報告では現在まで検討したヒノキ人工林の分布および立木本数密度、直径の推定について紹介します。

2 内容

- (1) ヒノキ人工林の分布を地上分解能 10mの中分解能人工衛星画像を解析して作成しました。今回用いた方法はヒノキ林にのみ適用可能な方法ですが、北斜面や谷部の日陰の影響を受けないため、一度に10~20km四方程度の広域の分布図が作成できます。
- (2) 安芸太田町筒賀および庄原市東城町にて、様々な林齢のスギ、ヒノキ人工林 30ヶ所の現地調査を行うとともに、地上分解能 60cm~1mの高分解能人工衛星画像を解析して立木の樹冠の頂点を抽出（樹冠抽出図）しました。両者の結果を用いて、立木本数密度および平均胸高直径の推定式を作成しました。

3 結果

- (1) ヒノキ人工林の分布を三次市の北部地域で「低コスト林業団地」が多く分布する 21km×18km の範囲について作成しました。分布図の分類精度は80%でした。
- (2) 立木本数密度推定式は以下のとおりで、30ヶ所の調査林分で推定精度を求めたところ、平均で82%と高い結果となりました。

樹冠抽出図から10mメッシュ単位（/100 m²）で集計した後に以下の式で計算

$$\text{立木本数密度} = (0.16 \times (10\text{mメッシュ単位本数} \times \pi)^{1.5}) / \pi$$

- (3) 平均胸高直径推定式は以下のとおりで、30ヶ所の調査林分で推定精度を求めたところ、平均で86%と高い結果となりました。

$$\text{平均樹冠面積(m}^2\text{)} = 10\text{mメッシュの面積} / \text{メッシュ単位で集計した本数}$$

$$\text{平均樹冠直径(m)} = \sqrt{(\text{平均樹冠面積(m}^2\text{)} / \pi) \times 2}$$

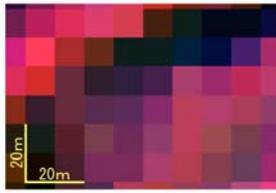
$$\text{平均胸高直径(cm)} = 6.73 \times \text{平均樹冠直径(m)}^{1.05}$$

- (4) 今年度後半から三次市栗屋町の高谷山団地（面積796ha）を対象に現地予備実証試験を行っており、その現地にてヒノキ人工林分布図と立木本数密度図を重ね合わせた森林資源分布図の検証を行っています。

4 活用の方向

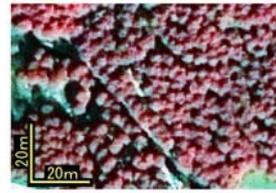
ヒノキ人工林とその材積（開発中）の分布図を路網計画策定のためのGISの背景レイヤーとして整備し、来年度にかけて森林組合の協力を得ながら現地実証試験を行います。その結果をうけて、団地全体の路網計画策定作業に役立てていただくためのマニュアル化を進めていきます。

ヒノキ人工林分布図

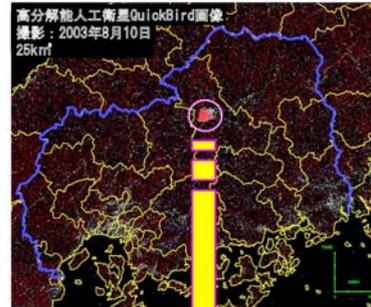
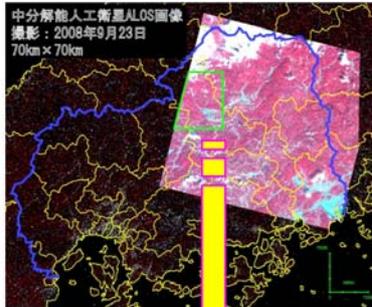


地上分解能10mの
中分解能衛星画像
を使用する
色の情報から林相区分

立木本数密度, 平均直径分布図



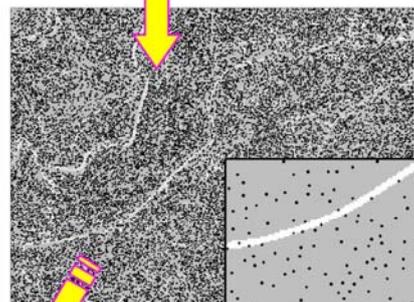
地上分解能1m以下
の高分解能衛星画像
を使用する
個々の立木の形の
情報を読みとる



解析ソフトで 手動にて分類

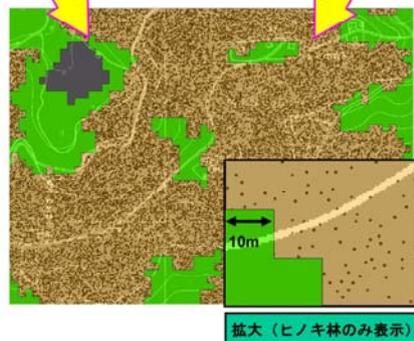


解析ソフトで 樹冠を自動カウント



ヒノキ林分布図
茶色がヒノキ林,
他の色はその他の森林

樹冠抽出図
拡大 (黒点が樹冠の頂点)



ヒノキ林分布図と樹冠
抽出図を重ねたもの
ヒノキ林部分のみ樹冠
を表示
10mメッシュごとに集
計して, GISの背景レ
イヤとして利用する

図 1 衛星画像を使用した森林資源分布評価のフロー

低コスト作業システムの構築 －高密路網とグラップル系作業システム－

1 目的

本県のスギ・ヒノキの資源量36百万m³余に対し、最近3年間の年間素材生産量は、資源量の0.13%程度の50千m³と低迷しています。

本研究は、県産材生産の増産を目指し路網と高性能林業機械を組み合わせた低コストで高効率な作業システムを構築するため、林野庁の補助事業である「低コスト作業システム構築事業」により平成19～21年度までの3か年、開発実証試験に取り組みました。

2 内容

(1) 三次市粟屋町の市行分収造林地(ヒノキ 39・40年生)に設定したモデル林1.93ha(A-1:0.60ha, A-2:1.33ha)において、21年度(A-1:251m)と20年度(A-2:416m)に作設した幅員3.0mの作業路を利用し、定性間伐を行いました。(図1)間伐材および作業路作設に伴い発生した支障木をトラックが入れる集積土場へ搬出するまでの各工程の作業時間を測定し、これを時間分析してサイクルタイムを求め、システム生産性・労働生産性を算出しました。

(2) ハーベスタとフォワーダによる作業システムは、次のとおりです。(写真1, 2, 3, 4参照)



(3) 使用した機械は、次のとおりです。

試験区	路網作設	伐木	木寄・集材	造材	集搬	巻立
A-1	小松 78US/松本 MSE-25GZX	ハスクバーナ 346XP	小松 78US/ 松本 MSE-HW23SDL/ 松本 MSE25-LGM	住友 SH75X-3B/ KESLA-20SH	小松 78US/ 松本 MSE25-LGM	三菱 307B/ イワジ GS-65LB
A-2	小松 78US/松本 MSE-25ZRX	・357XP	三菱 307B/ 松本 MSE-HW23ACB/ イワジ GS-65LJV		+ 諸岡 ST-650VDL	

3 結果

生産性は、集材距離(林内から作業土場まで)と集搬距離(林内作業土場からトラックが入れる集積土場まで)に大きく影響されるため、路網密度と路網配置が重要となっています。試験区から出材された材積125m³(A-1:55m³, A-2:70m³)を基にシステム生産性・労働生産性(表1)を算出した結果、A-1が31.8m³/日・15.7m³/人日、A-2が27.0m³/日・13.6m³/人日といずれも高い生産性を示しました。これを路網密度(A-1:418m/ha, A-2:313m/ha)および集搬距離(A-1:280m, A-2:610m)によって比較するとA-1試験区がより高い生産性を示しました。これにより生産性の向上には、路網と高性能林業機械の適切な組み合わせとともに路網密度と路網配置の重要性が実証されました。

4 活用の方向

本県を含む全国9ブロック12箇所のモデル林における開発・実証試験の結果から、間伐作業地の作業条件に応じた路網と高性能林業機械の最適な組合せを構築し、これを「低コスト作業システムマニュアル」として施業を実施する森林組合等の事業者へ提供します。

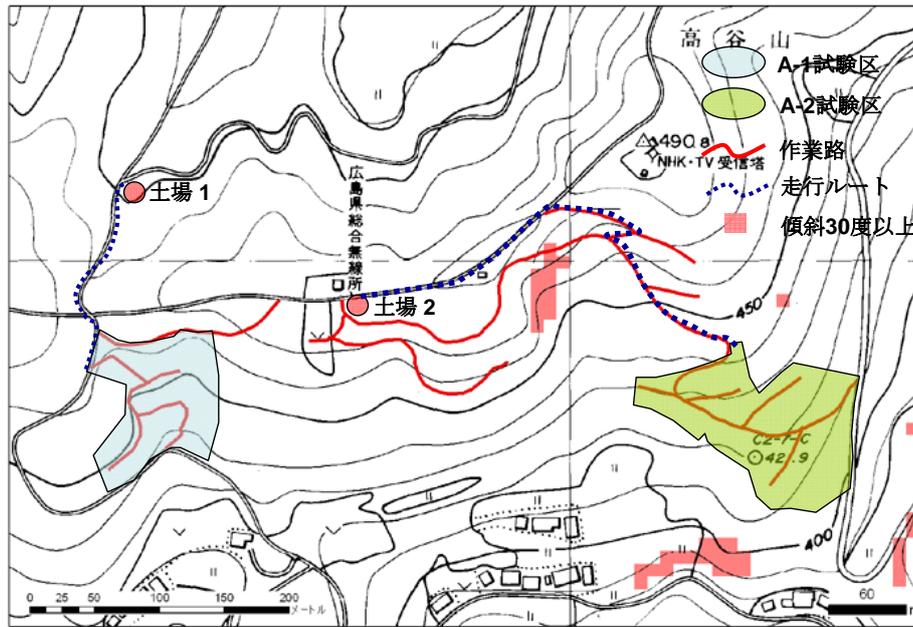


図1 試験区の模式図

表1 システム生産性

試験区	路網密度 (m/ha)	平均集搬距離 (m)	1時間当りの 生産性 (m ³ /時間)	1日当りの 生産性 (m ³ /日)	労働生産性 (m ³ /人・日)
A-1	418	280	5.3	31.8	15.7
A-2	313	610	4.5	27.0	13.6
平均	346	445	4.9	29.4	14.7



写真1 ハーベスタによる造材



写真2 グラップルによる積込み



写真3 フォワーダによる運搬



写真4 土場グラップルによる巻立

木製外構材の耐久性簡易診断技術の開発

— 日常点検でわかる木製外構材の耐久性簡易診断マニュアル —

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する時、樹脂やコンクリート製に比べて耐久性が劣る、劣化の度合いを判断する方法がない、またそのため補修方法や交換時期がよく分らない、といった問題が生じています。そのため、腐りにくい木材を製造する方法や、激しく腐ってしまう前の木材を補修する方法、及びどの程度強度が残っているのかを判断する方法を開発しました。

2 方法

- (1) 木材に、直径が小さくて深い穴を多数あけて、木材保存剤を効率的にしみ込ませる方法を検討しました。
- (2) 木材の補修については、木材に水分がしみこまないように樹脂を使用した方法を検討しました。
- (3) 腐朽が進んだ木材の交換時期の判断には、経過年数と強度減少の関係を把握するため、腐朽の度合いの違う木材の強度試験を行い検証しました。

3 結果

- (1) 圧力をかけながら木材保存剤を注入する試験の結果、ドリルで穴あけした材(写真 1)は穴あけしない材に比べて4.6倍も多く薬剤を注入できることがわかりました。(図 1)また、穴あけ材は薬剤に漬けるだけの方法でも、加圧して注入する方法と同程度の薬剤がしみ込むことがわかりました。
- (2) 軽微な腐朽部位や亀裂箇所について、木粉を詰めて浸透性のある α -シアノアクリレート系樹脂をしみこませる方法(写真2)を試みた結果、健全材と補修材の強度を比較しても、ほとんど強度低下が無いことがわかりました。
- (3) JIS K 1571(2004)「木材保存剤の性能試験方法および性能基準」を参考に、目視による被害度区分を5段階で示し、被害度区分と強度減少率とを対比できるようにしました。(図2)また、施工後いろいろな年数を経過した木製外構材の強度試験結果などから、何年後かの木材の強度を推定する式(表1)を作成しました。また、これらにより、被害度区分から強度を推定できるようになったことから、補修や交換時期の判断を容易に行えるようになりました。

4 活用の方向

これらの研究結果をもとに、木材(木製外構材)の日常点検や余寿命の推定方法・補修方法をまとめた『日常点検でわかる木製外構材の耐久性簡易診断マニュアル』を作成しました。これを行政や関連企業に広く普及して行きます。

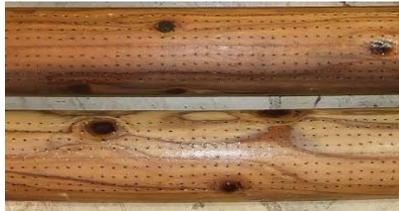


写真1 径2mmの穴をあけた材



写真2 樹脂を浸み込ませ補強したスギ腐朽材

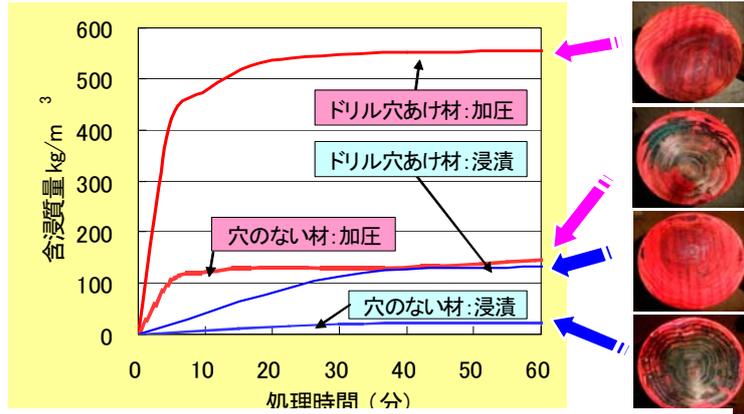


図1 スギ材1m³当たりの木材保存剤含浸質量

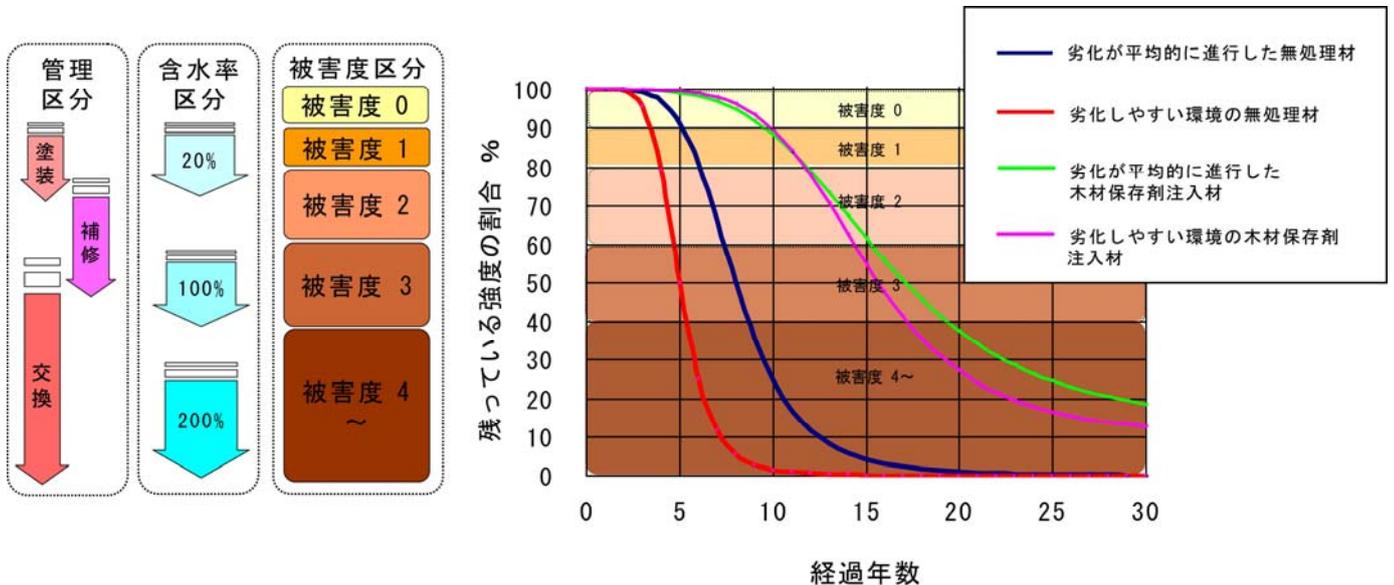


図2 被害度区分から交換時期を求める図と経過年数と強度減少の関係

表1 試験から求めた外構部材の強度推定式

<p>① 腐朽が平均的に進行した材の強度推定式</p> <p>推定強度 = $[a + (100 - a) / \{1 + (\text{経過年数} \div c)^b\}] \div 100 \times 40$ (N/mm²)</p> <p>無処理材 : a = 0, b = 5, c = 8</p> <p>木材保存剤注入材: a = 12, b = 4, c = 16</p>
<p>② 早く腐朽が進行した材の強度推定式</p> <p>推定強度 = $[a + (100 - a) / \{1 + (\text{経過年数} \div c)^b\}] \div 100 \times 24$ (N/mm²)</p> <p>無処理材 : a = 0, b = 6, c = 5</p> <p>木材保存剤注入材: a = 10, b = 5, c = 15</p>
<p>③ 含水率が高くなった材の強度推定式</p> <p>推定強度 = $(-0.17 \times \text{含水率}(\%) + 46) \times 0.5$ (N/mm²)</p>
<p>※ 経過年数を代入することで、どれぐらい強度があるか計算できます。</p>

最近の研究 成果（平成21年度）

平成22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東四丁目 6-1

TEL(0824)63-5181

FAX(0824)63-7103
