

徳島すぎ足場板を利用した高信頼性

構造用材の開発（第1報）

橋本 茂・仁木 龍佑・坂田 和則・網田 克明

要旨：集成材に適した木材保存剤，接着剤及び塗料を見出すために各種性能評価試験を行い，以下の結果を得た。接着性能の評価では，保存処理材では接着剤滴下時における接触角が概ね減少し，ぬれ性能が高まった。供試した3種類の保存処理材のうち2種類のはくり率は無処理材と同程度であった。保存処理材のせん断強度は無処理材の約90%の強度であった。塗装性能の評価では，塗料の種類によりばらつきがみられるが，保存処理材と無処理材の塗料滴下時における接触角の差は少なかった。集成材用ラミナの強度性能の評価では，保存処理材の曲げ強さと引っ張り強さは，無処理材と比較していずれも低い値を示した。耐久性の評価では，保存処理集成材の重量，寸法及び色差の経時変化は，無処理集成材より安定していた。

1 はじめに

本県は186千haの人工林を有し，その資源は充実しつつあるものの，その3分の2は未だ間伐が必要な林分である。一方で，阪神淡路大震災を契機に住宅の安全性が注目され，強度等の品質・性能が明らかな木材製品の供給が求められるようになったことや，建築基準の性能規定化が行われることから，住宅等の構造材には強度性能が明確で信頼性の高い部材を用いることが必要不可欠となっている。

こうした状況下，集成材，針葉樹合板，単板積層材については，国産材の利用に関する基礎的な研究開発が行われてきたが，近年，原料形質に応じた製造手法等の研究開発による新たな製品開発が求められている。しかし，国産材から既存の製品を製造する場合には，外材と比較して比重が小さく軟質であるために，耐えられる荷重が小さく，また傷が付きやすいなど国産材固有の材質に由来する多くの問題点を抱えている。これら課題の解決により木材の需要拡大，特に間伐材を含めた中目材の利用促進を図ることが必要である。

そのため，住宅の外構部材や公園施設のほか土木用資材などに保存処理木材へ対するニーズが高まっており，県内にも保存処理工場が設置されていること，県内には古くから足場板が製材され流通しており，同じ規格のため集成材のラミナとしてそのまま利用できることから，徳島すぎ足場板を利用した保存処理集成材の開発に取り組んでいる。

今回は，集成材に適した木材保存剤，接着剤及び塗料を見出すために各種性能試験を行ったので，

屋外暴露試験の経過状況と併せて報告する。

2 試験方法

2.1 接着性能の評価

2.1.1. 接着剤ぬれ試験

アルキルアンモニウム系（以下 AAC という）、銅・アルキルアンモニウム系（以下 ACQ という）、アクリル酸亜鉛・PEGMA（以下 TAS という）を注入処理したスギ材にレゾルシノール系接着剤、水性高分子イソシアネート系接着剤を滴下し、その接触角を測定した。接着剤の滴下にはテルモシリンジ（テルモ，SS-01T）を使用し、保存処理材の材面に接着剤を 0.03ml 滴下した。接触角の測定は、マイクロ스코ープ（キーエンス，VH-6110）で拡大視した画像印刷物から図 1 に示す角度を測定した供試体数は各条件ごとに 10 体，無処理と併せて計 80 体とした。

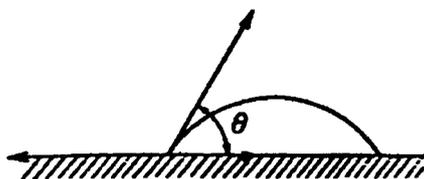


図 1 接触角の測定

2.1.2 接着はくり試験

AAC，ACQ 及び TAS を注入処理したスギ材をレゾルシノール系接着剤を用いて接着し，2 層積層板を作成した。そのラミナ形状を木口面 30mm×200mm，長さ 500mm とし，処理区分ごとに 5 枚の 2 層積層板を作成した。そこから試験体を作成し，JAS 集成材の浸せきはくり試験，煮沸はくり試験に準拠して行った。

2.1.2.1 浸せきはくり試験

試験体の形状は，木口断面寸法をそのままとした長さ 75mm のものとした。その試験体を室温の水中に 21 時間浸せきした後，70 の恒温乾燥機（アドバンテック，KCV-15D）の中に入れ，器中に湿気がこもらないようにして 24 時間以上乾燥して，乾燥後の含水率が試験前の含水率以下となるようにし，その処理を 2 回繰り返した。処理終了後，試験体の両木口面におけるはくりの長さが 3mm 以上のものについてアンタルノギス（ミットヨ，CD-15C）で測定し，次式によりはくり率を算出した。

$$\text{はくり率}(\%) = (\text{両木口面のはくりの長さの合計} / \text{両木口面の接着層の長さの合計}) \times 100$$

供試体数は，各条件ごとに 5 体，無処理と併せて計 20 体とした。

2.1.2.2 煮沸はくり試験

試験体の形状は，浸せきはくり試験と同じとした。その試験体を恒温水槽（アドバンテック，LT-680）の沸騰水中に 4 時間浸せきし，更に室温の水中に 1 時間浸せきした。その後水

中から取り出した試験体を 70 ℓ の恒温乾燥機中に入れ，器中に湿気がこもらないようにして 24 時間以上乾燥して，乾燥後の含水率が試験前の含水率以下となるようにし，その処理を 2 回繰り返した。はくり長さの測定，はくり率の算出及び供試体数は浸せきはくり試験と同じとした。

2.1.3 ブロックせん断試験

2.1.2 の 2 層積層板から試験体を作成し，JAS 集成材のブロックせん断試験に準拠して行った。図 2 に試験体の形状を示す。その試験体をせん断装置（インストロン・ジャパン，4206）を用いて破断させ，次式によりせん断強さを算出した。

せん断強さ（ kgf/cm^2 ）＝試験体が破断したときの荷重 / 接着面積
供試体数は各条件ごとに 5 体，無処理と併せて計 20 体とした。

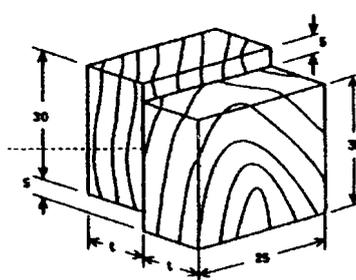


図 2 試験体の形状

2.2 塗装性能の評価

2.2.1 塗料ぬれ試験

AAC，ACQ を注入処理したスギ材に 4 種類の水性塗料を滴下し，その接触角を測定した。塗料の滴下，接触角の測定は 2.1.1 接着剤ぬれ試験と同じとした。供試体数は各条件ごとに 5 個，無処理と併せて計 60 体とした。

2.3 集成材用ラミナの強度性能の評価

2.3.1 注入処理ラミナ単体強度試験

供試材料はスギ足場板で，1 枚の足場板から 3 体の試験体を切り出し，試験体形状を木口面 $35\text{mm} \times 240$ ，長さ $1,200\text{mm}$ とした。そのうち 2 体は AAC，ACQ を注入処理し，残りの 1 体は無処理とした。各処理区 12 体作成し，万能試験機（島津製作所，UDH-100S）を使用して曲げ試験を行った。

2.3.2 注入処理ラミナ縦継ぎ強度試験

供試材料はスギ足場板で，1 枚の足場板から 6 体の試験体を切り出し，試験体形状を木口面 $35\text{mm} \times 240\text{mm}$ ，長さ 600mm とした。そのうち 2 体ずつの 4 体は AAC，ACQ を注入処理し，残りの 2 体は無処理とした。注入処理後，フィンガージョイントにより縦継ぎしたものを各処理区 12 体作成し，引っ張り試験機（飯田工業，NET-401）を使用して引っ張り試験を行った。

2.4 耐久性の評価

2.4.1 屋外暴露試験

AAC, ACQ を注入処理したスギ材及び無処理スギ材を積層接着し,それぞれ 3 種類の塗料を塗布した後,周囲に遮蔽物のない屋外に設置した(写真 1)。ラミナ形状を木口面 30mm × 240mm,長さ 900mm で 10 枚接着したものを試験体とし,各条件ごとに 1 体,計 12 体を作成した。屋外に設置する前に,分光測色計(ミノルタ,CM-2002)を使用し, $L^*a^*b^*$ 表色系により 1 試験体当たり 24 か所を測色した。また同時に,接線方向,半径方向及び繊維方向の寸法と重量を測定した。その後,1 か月毎に同様の調査を実施した。この調査は,現在も定期的に継続して調査を行い,データを集積しているところである。

3 結果と考察

3.1 接着性能の評価

3.1.1 接着剤ぬれ試験

無処理材に接着剤を滴下した時の接触角は,水性高分子イソシアネート系が 72 度,レゾルシノール系が 74 度であった(図 3)。一方,各保存処理材に接着剤を滴下した時の接触角は無処理材より概ね減少し,ぬれ性能が高まることが分かった。特に,AAC 処理材にレゾルシノール系接着剤を滴下した接触角は 43 度であり,量も低い値を示した。しかし,木材保存剤と接着剤の組み合わせによる接触角の差がみられた。

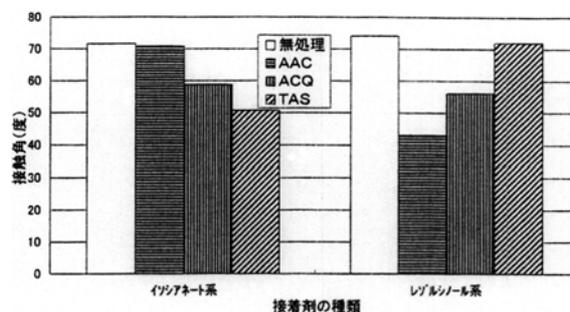


図 3 接着剤ぬれ試験結果

3.1.2 接着はくり試験

無処理材のはくり率は浸せきはくり試験では 3.6%,煮沸はくり試験では 3.1%であった(図 4)。AAC 処理材,ACQ 処理材のはくり率は,浸せきはくり試験,煮沸はくり試験ともに毎処理材と同程度であった。このことにより,この 2 種の木材保存剤を注入処理したラミナは集成材に使用できることが分かった。しかし,TAS 処理材のはくり率は浸せきはくり試験では 63%,煮沸はくり試験では 42%であり,前者は無処理材の約 20 倍,後者は無処理材の約 10 倍のはくり率を示した。

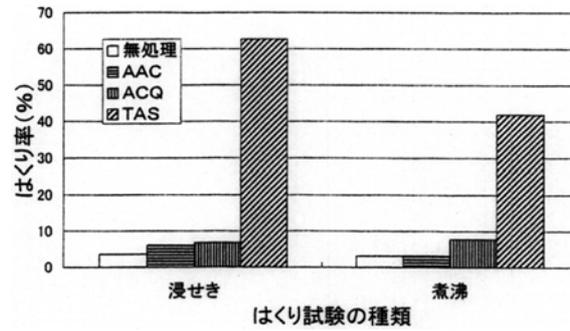


図 4 接着はくり試験結果

3.1.3 接着層ブロックせん断試験

無処理材のせん断強度は 57.8kgf/cm^2 であり、各保存処理材のせん断強度は無処理材より若干低い値を示した(図 5)。無処理材に比較して AAC 処理材は 94%、ACQ 処理材は 88%、TAS 処理材は 89%の強度を示した。しかし、せん断強度が低いものでも木部破断率は高かったため、接着力が低下したのではなく、被着材そのものの強度が影響していると考えられる。

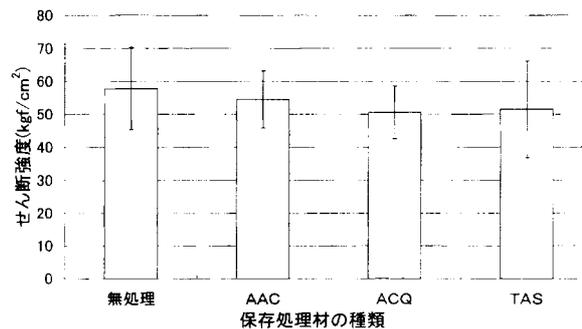


図 5 接着層ブロックせん断試験結果

3.2 塗装性能の評価

3.2.1 塗料ぬれ試験

4 種類の塗料を滴下した時の接触角は、無処理材が 22 度、AAC 処理材が 25 度、ACQ 処理材が 23 度であった(図 6)。塗料の種類によりばらつきが少しみられるが、平均的に各保存処理材と無処理材に塗料を滴下した時の接触角の差は少なかった。このことにより、各保存処理材においても無処理材と同等に塗装が可能であることが分かった。

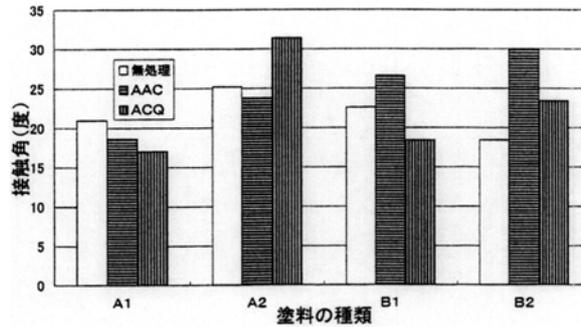


図 6 塗料ぬれ試験結果

3.2 集成材用ラミナの強度性能の評価

3.3.1 注入処理ラミナ単体強度試験

曲げ強さは無処理材が 45.6MPa , ACQ 処理材が 36.2MPa , AAC 処理材が 42.4MPa であった(図 7)。各保存処理材の曲げ強さは無処理材と比較していずれも低い値を示し, ACQ 処理材で 21% , AAC 処理材で 7%減少した。このことから, 保存処理により曲げ強度が若干低下することが分かった。

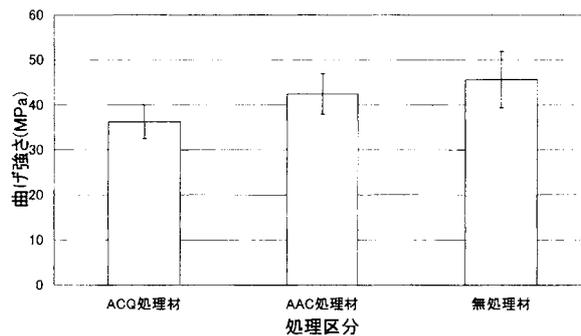


図 7 保存処理材の曲げ強さ

3.3.2 注入処理ラミナ縦継ぎ強度試験

引っ張り強さは無処理材が 20.4MPa , ACQ 処理材が 18.5MPa , AAC 処理材が 17.8MPa であった(図 8)。各保存処理材の引っ張り強さは, 無処理材と比較していずれも低い値を示し, ACQ 処理材で 9% , AAC 処理材で 13%減少した。このことから, 保存処理により引っ張り強度が若干低下することが分かった。

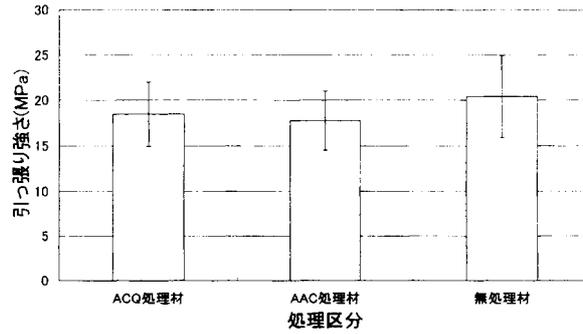


図 8 保存処理材の引っぱり強さ

3.4 耐久性の評価

3.4.1 屋外暴露試験

保存処理集成材の重量変化は、無処理集成材と比較して少なかった(図 9)。12 か月後における重量変化率は、ACQ 処理集成材で-3.5~0.3%、AAC 処理集成材で-3.1~-1.1%、無処理集成材で 1.9~3.7%であった。無処理集成材の変化率は多い時で 7.0%まで増加し、12 か月後では全ての試験体が増加した。一方、保存処理集成材の 12 か月後の重量変化率は ACQ 処理集成材に A 塗料を塗布した試験体を除いて全て減少し、暴露開始時よりもやや減少する傾向がみられた。しかし、一時的に増加する試験体もあり、その最大増加率は 3.6%であった。また、重量は暴露開始から 8 月頃にかけて減少し、その後徐々に増加するが、再び 2 月頃から減少し始める傾向があった。

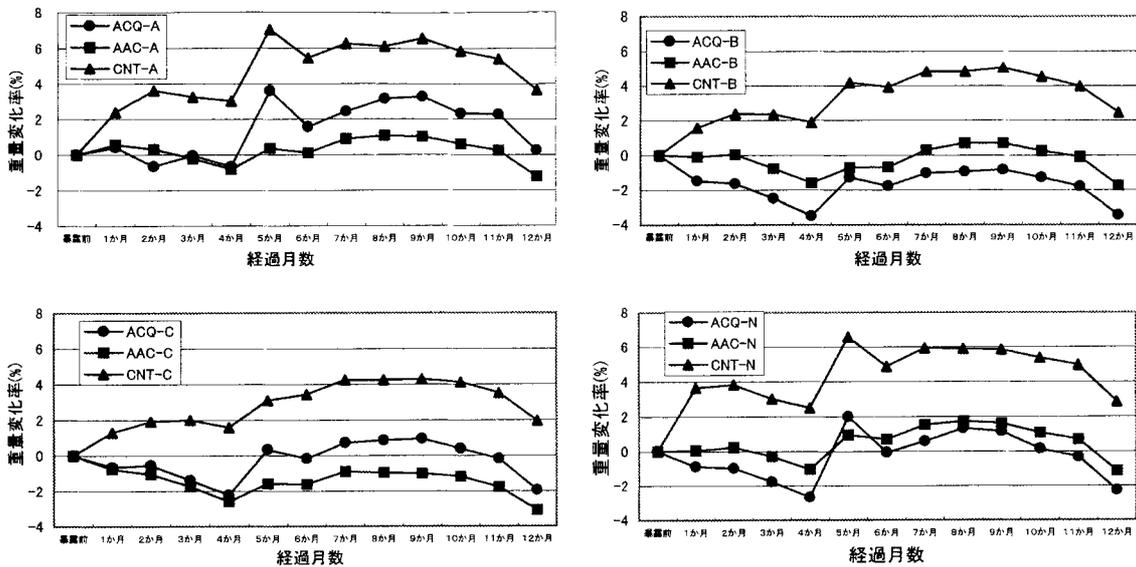


図 9 屋外暴露試験体の重量変化

保存処理集成材の接線方向の寸法変化は、無処理集成材と比較して少なかった(図 10)。12 か月後における接線方向の寸法変化率は、ACQ 処理集成材で-0.5~0.1%、AAC 処理集成材で-0.5~0.0%、無処理集成材で 0.4~0.6%であった。無処理集成材の変化率は多い時で 1.2%

まで増加し、12 か月後では全ての試験体が増加した。一方、保存処理集成材の12 か月後の変化率はA塗料を塗布した試験体を除いて全て減少し、暴露開始時よりもやや減少する傾向がみられた。また、寸法は暴露開始から8月頃にかけて減少し、その後徐々に増加するが、再び2月頃から減少し始め、重量変化と同じ季節変動がみられた。

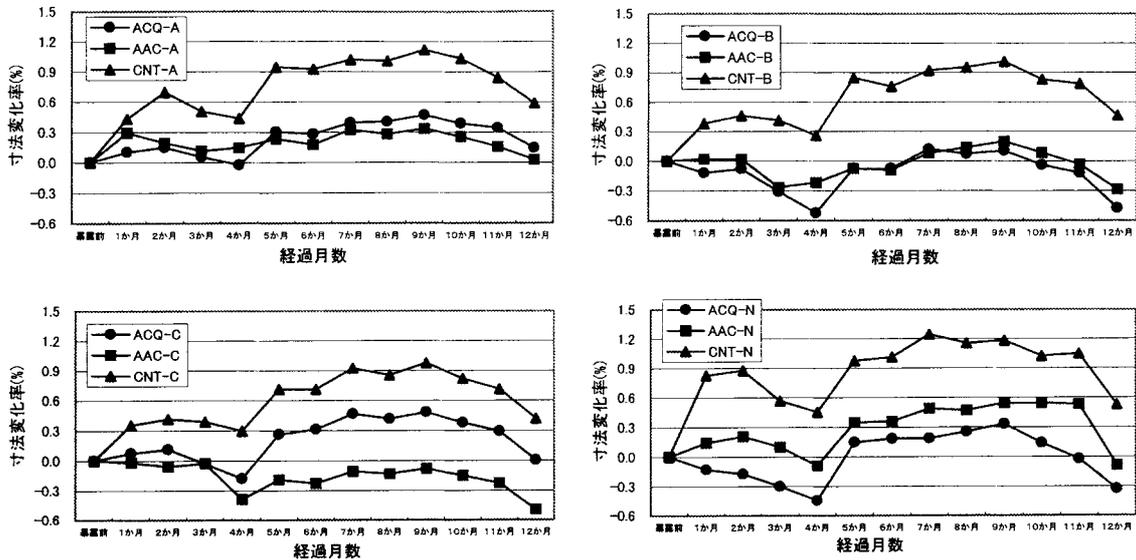


図 10 屋外暴露試験体の接線方向の寸法変化

保存処理集成材の半径方向の寸法変化は、無処理集成材と比較して少なかった(図 11)。12 か月後における半径方向の寸法変化率は、ACQ 処理集成材で-0.3~0.2%、AAC 処理集成材で-0.3~0.0%、無処理集成材で0.5~0.9%であった。無処理集成材の変化率は多い時で1.5%まで増加し、12 か月後では全ての試験体が増加した。一方、保存処理集成材の12 か月後の変化率はACQ 処理集成材にA塗料を塗布した試験体を除いて全て減少し、暴露開始時よりもやや減少する傾向がみられた。また、寸法は暴露開始から8月頃にかけて減少し、その後徐々に増加するが、再び2月頃から減少し始め、重量変化と同じ季節変動がみられた。

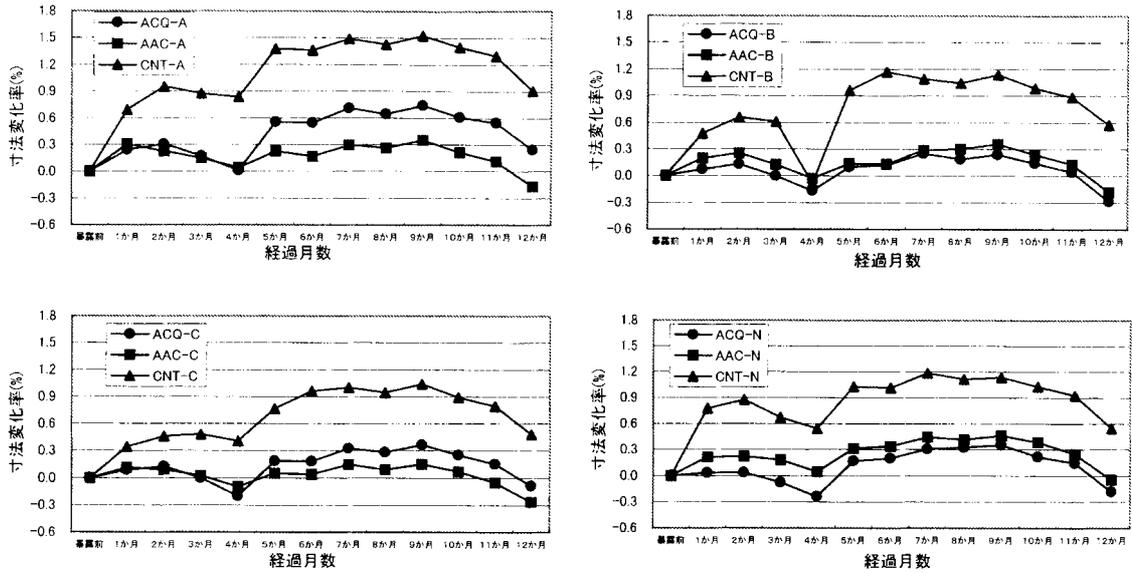


図 11 屋外暴露試験体の半径方向の寸法変化

保存処理集成材の色差の変化は、毎処理集成材と比較して少なかった（図 12）。特に、ACQ 処理集成材の色差は小さく、無塗装の試験体でも同様の結果が得られた。12 か月後における色差は、ACQ 処理集成材で 1.28 ~ 2.48，AAC 処理集成材で 4.87 ~ 10.65，無処理集成材で 7.80 ~ 19.96 であった。無処理集成材の色差は多い時で 22.21 まで増加した。A 塗料及び B 塗料を塗布した試験体の色差は、7 月にかけて増加し、その後減少し、ほぼ一定の値で推移した。一方、C 塗料を塗布した試験体は、無塗装の試験体とほぼ同じ値で推移した。

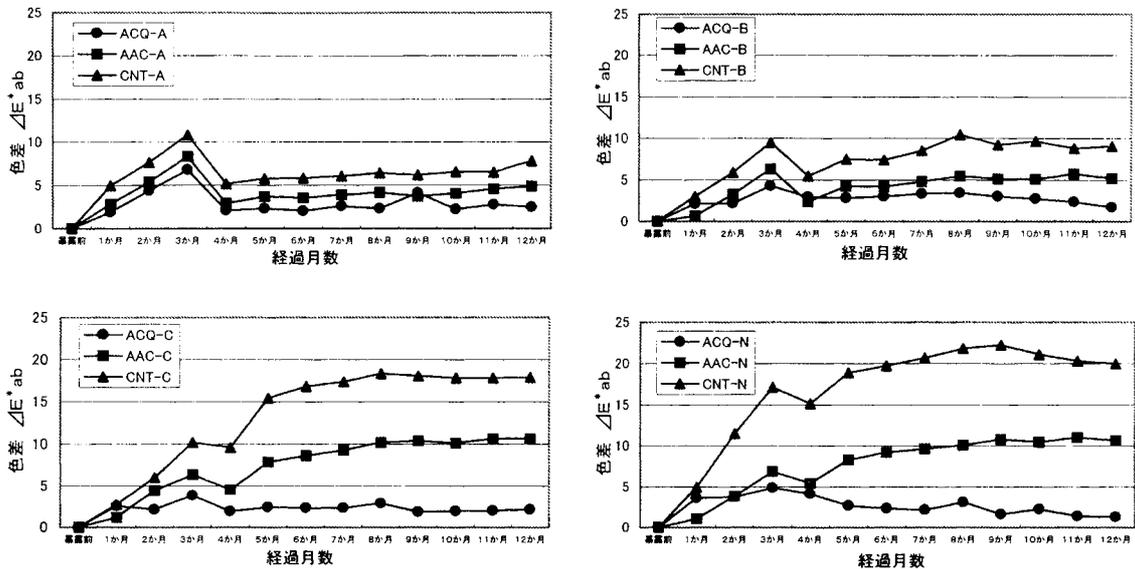


図 12 屋外暴露試験体の色差変化

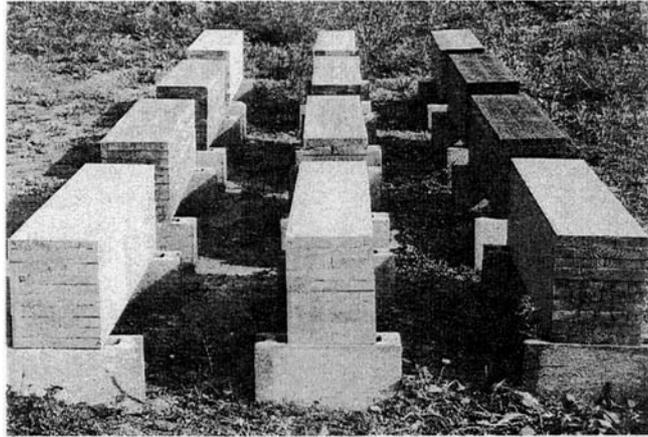


写真 1 保存処理集成材屋外暴露試験体の設置状況

4 おわりに

保存処理集成材の利点は、ラミナ段階で木材保存剤を注入処理するため、材料の深部にまで木材保存剤を注入させることができ、高い耐久性を付与することが可能となることが挙げられる。さらに、屋外耐用年数が長くなることにより、従来使用されていなかった部分にも利用でき、用途の拡大につながるなど期待される。

今後は、注入処理ラミナを用いた実大サイズの集成材を試作し、製造方法、製造工程、生産コストを調査するとともに、試作した集成材の実大曲げ試験を行い、その強度性能の評価を行う予定である。また、屋外暴露している保存処理集成材の調査を今後も引き続き行い、耐久性を評価するための指針値を検討したい。

【引用文献】

- 1) 木材活用事典編集委員会：木材活用事典，(株)産業調査会 事典出版センター，227 (1994)
- 2) 農林水産省：JAS 集成材 構造用集成材，(社)日本農林規格協会，42～45 (1996)
- 3) 徳島県：平成 12 年度みどりの要覧〔林業統計〕，46 47 (2000)