

第46号

# 研究報告

意匠性と耐久性に優れた内・外装材の利用技術に関する研究（H28～H30）

令和2年3月

熊本県林業研究・研修センター

# 意匠性と耐久性に優れた内・外装材の利用技術に関する研究

平成 28 年度～平成 30 年度（単県）

中村 圭子

三井 幸成

## 要 旨

内・外装材に木材を利用すると材表面の色は経年的に変化するが、その変化が方位・高さ・材の処理方法（塗装・熱処理・保存処理）、また品種により受ける影響について検討した。

その結果、建物外装に塗装したスギ材を利用した場合、北面は東西南面に比べ変色速度が遅く、高さ別では雨水の影響を受けやすい低位置では早い段階で色が変化することがわかった。

処理方法の違いについては、塗装した試験体は無塗装の試験体と比較すると色の変化は緩やかであり、熱処理材や保存剤の加圧注入材についても塗装することが色の変化を抑制する上で有効であることが確認された。無塗装材については、心材無処理と比較すると辺材無処理材の色の変化が大きかった。

特徴のあるスギ品種別心材色の変化については、クリア塗装することで  $L^*$ （明度）の低い材の色の変化が穏やかになる可能性が考えられた。

## はじめに

公共建築物等木材利用促進法の制定等により、木材が建築物の外壁や内装に使用される機会が増え、県産のスギ、ヒノキも多く用いられている。地域材利用を一層進めるにはさらに外構的利用を拡大する必要があると考えられる。外構的利用は日射、風雨、腐朽菌・カビ等により色調や表面性状が大きく変化する。そのため、経年的な色調変化の程度を把握したうえで、利用につなげていく必要がある。

また、内・外装材としての利用技術を検討するうえでは、県内代表樹種であるスギ材の経年変化の程度について研究する必要がある。県内のスギは多くの品種があり、品種毎に異なることの多い心材色を生かした内・外装材としての需要が期待されている。これらの活用方法の検討は、スギ大径材より入手可能な品質の高い板製品を利用するという大径材の有効利用につながるものである。さらに、県内では広葉樹材の内装への利用が進められており、広葉樹材の経年変化の程度についても検討する。

そこで、本研究課題において下記について研究を行った

- ・公共建築物等に使用された内・外装材の経年変化の把握
- ・スギ板材の処理方法別の材色の経年変化の把握
- ・スギ品種別の材色の変化の把握
- ・スギ材と他の県産材の色の変化の比較

## 第1章 公共建築物等に使用された内・外装材の経年変化

### 1. はじめに

経年による木材の色調の変化は、気象因子の負荷の程度によって異なる。気象因子の違いと木材表面色変化との関係性を明らかにすることにより、必要であれば予め色調変化を考慮した建築物の設計等を行うことが可能となる。そのため、内・外装材として利用技術を向上させるための研究の一つとして、内・外装に使用されている塗装したスギ材の経年による色の変化の調査を方位別、高さ別に行った。

### 2. 調査方法

#### 1) 調査場所

外壁に塗装したスギ材を使用した公共建築物（熊本県内、2015年竣工）における方位及び高さの違いによる材表面色の経年変化の測定を行った。調査対象とした建物には、内外装ともに木材が多く使用されており、特に外装には、東西南北各方位の外壁に木材が使用されているため、方位別の色の変化傾向が調査可能な建物である。各方位の軒の出は、南面 120cm、東西北面 150 cm であった。

#### 2) 調査方法

同建物における、方位および高さの違いによる材表面色の経年変化の測定を行った。調査状況を図-1に示す。測定箇所（図-2）は、外装については東西南北の各方位に各2箇所、高さを外壁材下辺から約0 m、1 m、2 m高の3箇所に設定し、内装については建物南側に位置する北向きの壁高さ1 mに1箇所設定した。測定は約4~6か月ごとに色差（日本電色（株）製色差計）及び含水率（kett 製木材水分計 HM-520）について行った。測定日は、2017年3月、7月、2018年2月、8月である。測色は、JIS5600-4-6に基づき、CIELAB色空間におけるL\*（明度）、a\*（正：赤方向、負：緑方向）、b\*（正：黄方向、負：青方向）を測定し各パラメーターの変化量（ $\Delta L^*$ 、 $\Delta a^*$ 、 $\Delta b^*$ ・・・(1)式）から色差（ $\Delta E^*_{ab}$ ）を(2)式により計算した。測色は、定位2箇所における測定値を平均した。

$$\Delta L^* = \Delta L^* \text{ (各測定時の数値)} - \Delta L^* \text{ (初回測定時の数値)} \cdots (1) \quad (\Delta a^*, \Delta b^* \text{ も同様})$$

$$\Delta E^*_{ab} = \{ (\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 \}^{1/2} \cdots (2)$$



図-1 現地調査の様子

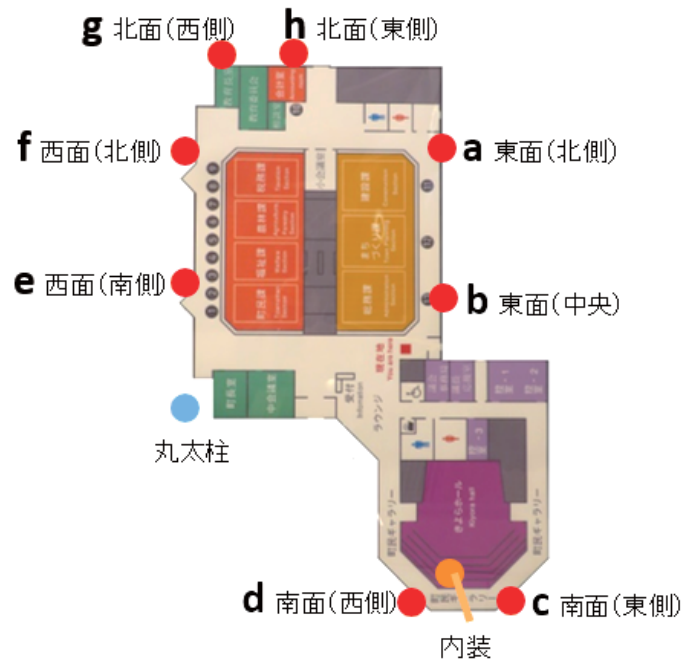


図-2 調査箇所

### 3. 結果と考察

外装材の測定開始日からの色差 $\Delta E^*_{ab}$ 及び $\Delta L^*$ 、 $\Delta a^*$ 、 $\Delta b^*$ 値の推移について、図-3に示す。建物の東西南北いずれの方位においても色の变化はみられたが、北面は東西南面に比べ変色速度が遅いことがわかった。

また、 $\Delta L^*$ 、 $\Delta a^*$ 、 $\Delta b^*$ の値については、今回調査を行った期間においては、 $a^*$ 値と比較し $L^*$ 値と $b^*$ 値に大きな変化がみられたが、方位別・高さ別による違いはみられなかった。また、調査期間において色差 $\Delta E^*_{ab}$ が最も変化したのは西面2m高であり、日照時間の長さが影響していると考えられる。一方、各方位とも高さ約0mでは色差の変化は比較的緩やかであったが、図-4からも分かるように変色が顕著であった。これは外装材の低い位置では、雨がかりや雨の跳ね返り等により早い段階（建物完成から調査開始までの約10か月間）で変色が発生したことが影響していると考えられる。

内装材については、外装材と比較すると緩やかな変化であり、外装北面と同程度の色差値の変化がみられた。各測定箇所において含水率を測定した結果を図-3に示す。なお、各測定は前日に降雨のない晴天日に行った。北面の含水率は経年的に上昇傾向を示し、南面と西面の含水率は、夏高く、冬低いという季節によって変化する傾向がみられた。

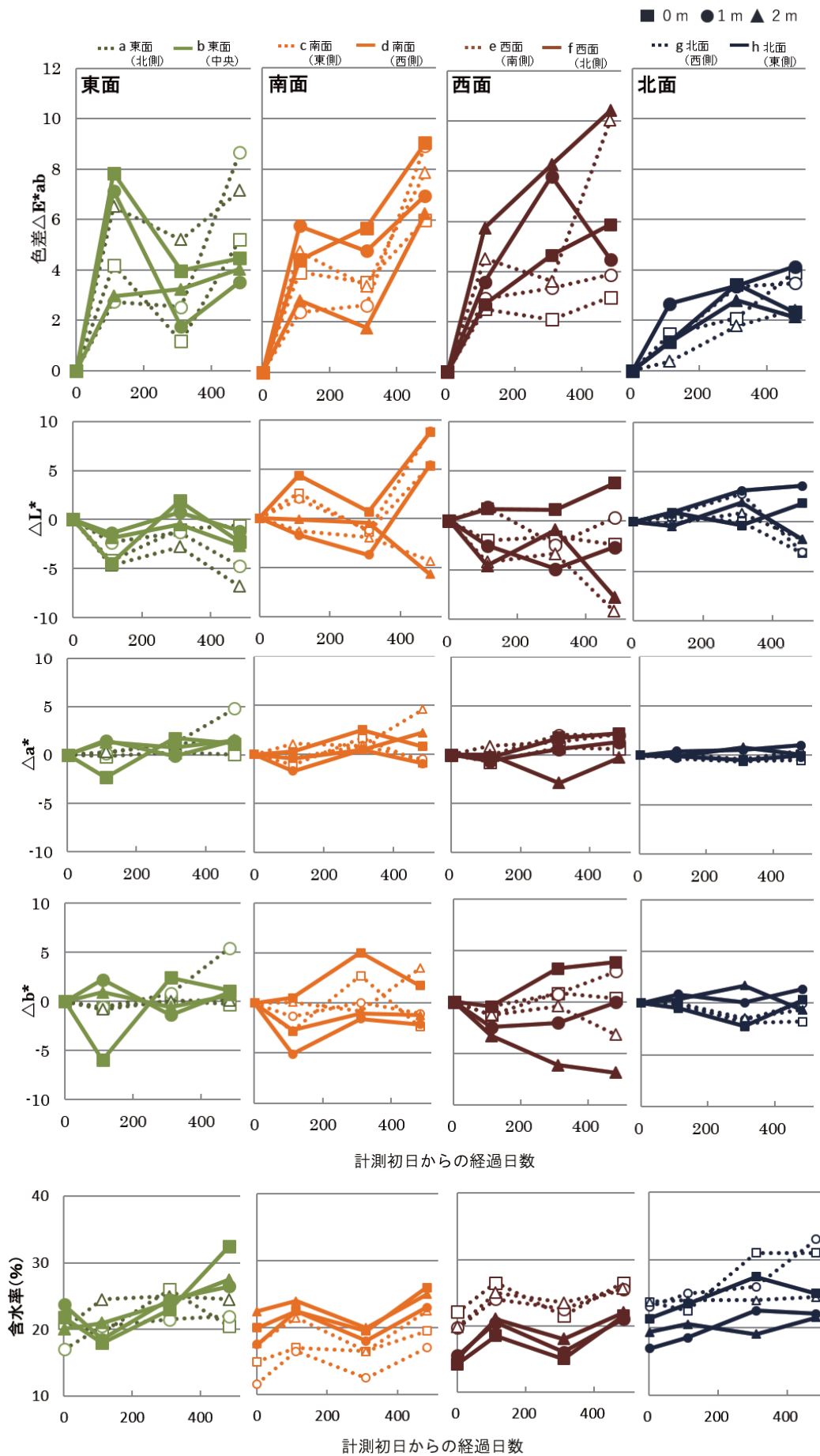


図-3 方位・高さ別の色差  $\Delta E^*_{ab}$ 、 $\Delta L^*$ 、 $\Delta a^*$ 、 $\Delta b^*$  の変化及び含水率の変化



図-4 建物東面の外構材の様子

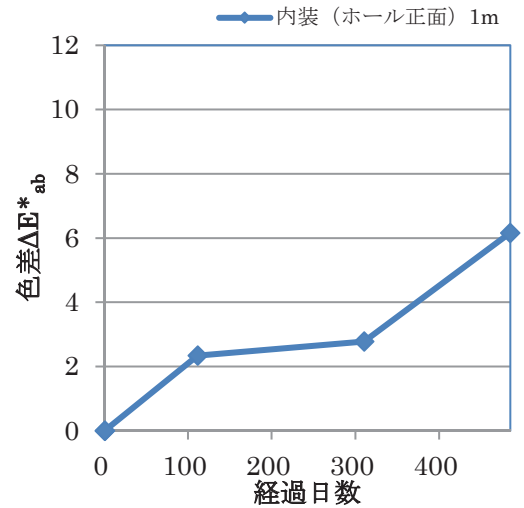


図-5 内装材の色差  $\Delta E^*_{ab}$  の変化



図-6 丸太柱の表面色変化の様子

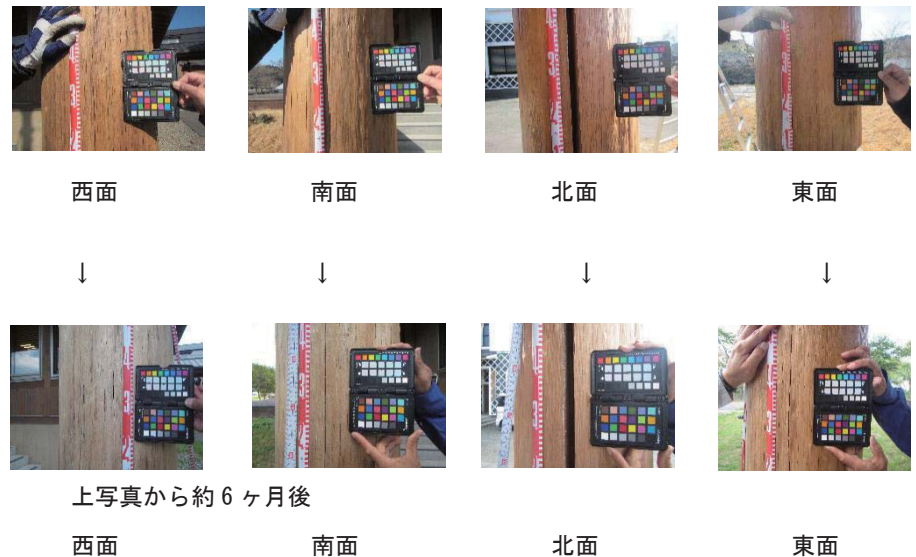


図-7 丸太柱の方位別表面色変化の様子

(上段：2018年2月撮影、下段：2018年8月撮影)

調査を行った建物には丸太柱が多く用いられており、その中で屋外に設置されていたものを図-6に示す。この柱は、建物の南西側に設置されており(図-2)、東側と北側には建物が位置するため、直射日光は主に南面と西面に当たる。基礎を高くし、水切れがよいように措置されている。軒があるが、柱材の下部は雨や日射などの気象因子の影響があり、表面色の変化がみられた。基礎上から高さ30cm程度の箇所表面の状態を図-7に示す。写真上段の状態が、約6ヶ月後には下段の写真の状態に変化した。特に西面と南面に表面色の変化がみられた。外構材の表面色の変化傾向には気象因子の違いが大きく影響していることが分かった。



## 第2章 スギ板材の処理方法別の材色の経年変化

### 1. はじめに

外構に用いられる木材は、日射、風雨、腐朽菌・カビ等により、経年的に色調が大きく変化する。今回は、経年的な耐候劣化を的確に評価することを目的とし、塗装や保存など処理方法の異なる各種スギ板材の屋外暴露試験を行い、木材表面色の変化について調査を行った。

なお、本調査は公益社団法人日本木材保存協会平成28年度事業「大規模木造建築物における木質外構部材の耐候性向上・維持管理技術の確立」の一部を活用して行った。

### 2. 調査方法

暴露試験材の基材はスギ材の心材と辺材とした。処理方法（無処理・塗装（含浸と造膜）処理・保存処理）の異なる試験材（70 mm（幅）×140 mm（長さ）×10 mm（厚さ）、各条件3枚繰り返し）の南面45度屋外暴露試験（熊本県林業研究・研修センター本館屋上（図-8））を平成28年7月15日に開始し、10週目までは2週間ごと（±3日）、以降は4週間～2か月ごとに（±3日～7日）に色差およびはっ水度を測定した。図-9に条件別の暴露試験材の外観（スキャン画像）を示す。

はっ水度は森林総研法<sup>1)</sup>により、塗装面の中央部に約1 gの水を滴下し、1分後にふき取り、試験片に浸透しなかった水質量の百分率を求めた。試験片に水が浸透しなければはっ水度は100%であり、全ての水が浸透するとはっ水度は0%である。

塗装は塗装基材を23℃、湿度55%RHの恒温恒湿室にて7～10日間養生した後、刷毛を用いて行い、2回塗りで仕上げた。塗装1回目と2回目の塗装間隔は含浸型塗装で24時間、造膜型塗装では4時間とした。暴露条件は、南向き45度とし、木材の繊維方向を地面に対して垂直に向けて、暴露架台に設置した。暴露画像の記録には、スキャナー（EPSON製GT-X980）を用いた。

熱処理および、木材保存剤のACQ処理については越井木材工業（株）において、塗装については、大阪ガスケミカルズ（株）において行った。



図-8 屋外暴露架台の外観

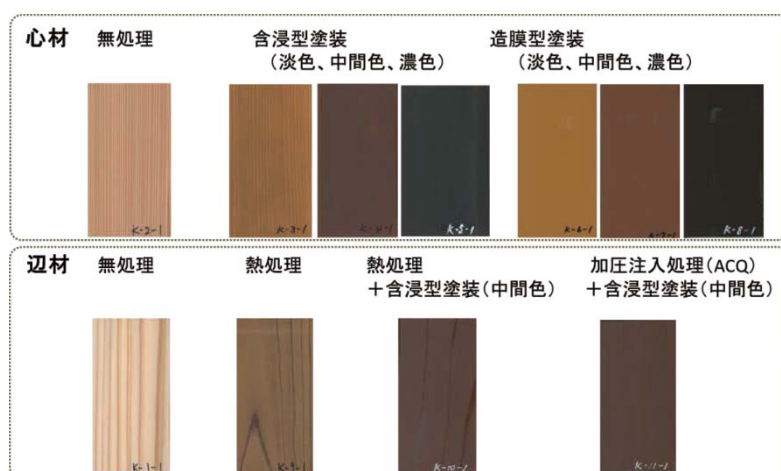


図-9 屋外暴露試験体の外観

### 3. 結果と考察

#### (1) 色調変化

$\Delta E^*_{ab}$ 、 $\Delta L^*$ 、 $\Delta a^*$ 、 $\Delta b^*$ の変化を図-10に示す。塗装を行っていない辺材無処理、心材無処理、辺材熱処理については暴露開始初期から色差値 $\Delta E^*_{ab}$ は大きく増加した。最も変化の大きかった暴露初期(14週頃まで)の無塗装試験体の $L^*$ 値、 $a^*$ 値、 $b^*$ 値の変化傾向を比較すると、いずれの試験体も $a^*$ 値、 $b^*$ 値は似た変化傾向を示したが、 $L^*$ 値については、辺材無処理はマイナス傾向の変化、辺材熱処理の試験体はプラス傾向の変化がみられ、心材無処理の試験体では変化があまりみられなかった。 $L^*$ の変化傾向の違いにより、辺材無処理材の色差値は心材無処理よりも大きな値で推移しており、辺材は心材よりも変色しやすい結果となった。

木材の気象劣化因子の中で紫外線は木部の劣化に大きな影響を与えるが、光の浸透しやすさは、木材の密度に反比例することが報告されている<sup>2)</sup>。よって、今回観察された辺材と心材の変色の差異も、木材の密度の影響が反映された結果と考えられる。

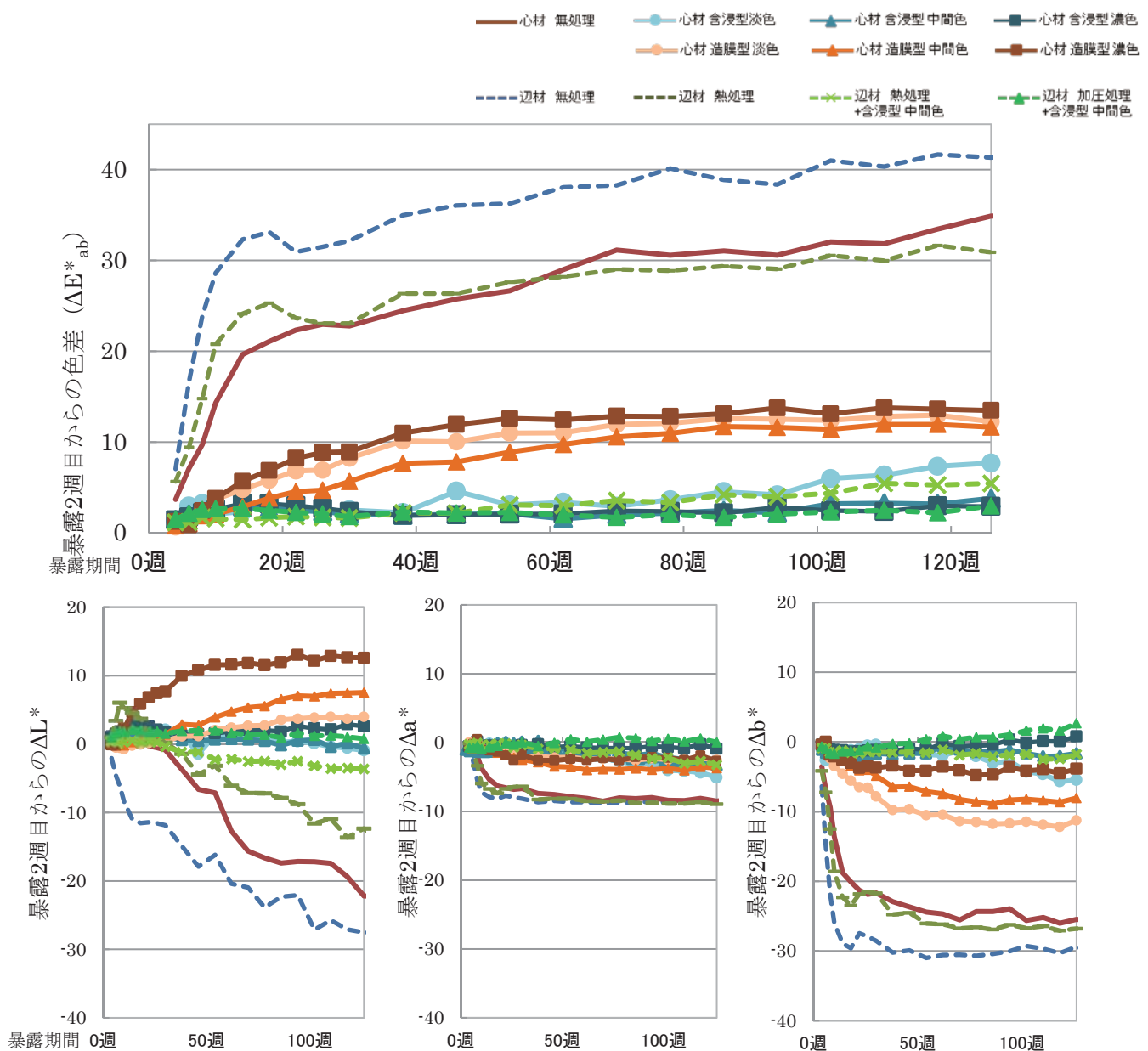


図-10 暴露試験体の色差  $\Delta E^*_{ab}$ 、 $\Delta L^*$ 、 $\Delta a^*$ 、 $\Delta b^*$ の変化



また、辺材無処理材と辺材熱処理材を比較すると、無処理材の方が色差値の変化が大きく、熱処理により変色速度の低下がみられた。

塗装した試験体については、無塗装試験体と比較すると色差値は低値を示したが、徐々に色差値が増加する傾向を示した。

造膜型の塗料を塗布した試験体には、塗膜の割れや剥がれはみられなかったが、含浸型よりも造膜型で色差値の変化が大きい結果となった。暴露試験体の表面を確認すると、造膜型では膜上に付着した汚れ等が測定に影響している可能性が考えられた。なお、塗料の色の濃淡による違いについては、今回の暴露調査期間中には目立った傾向は確認されなかった。

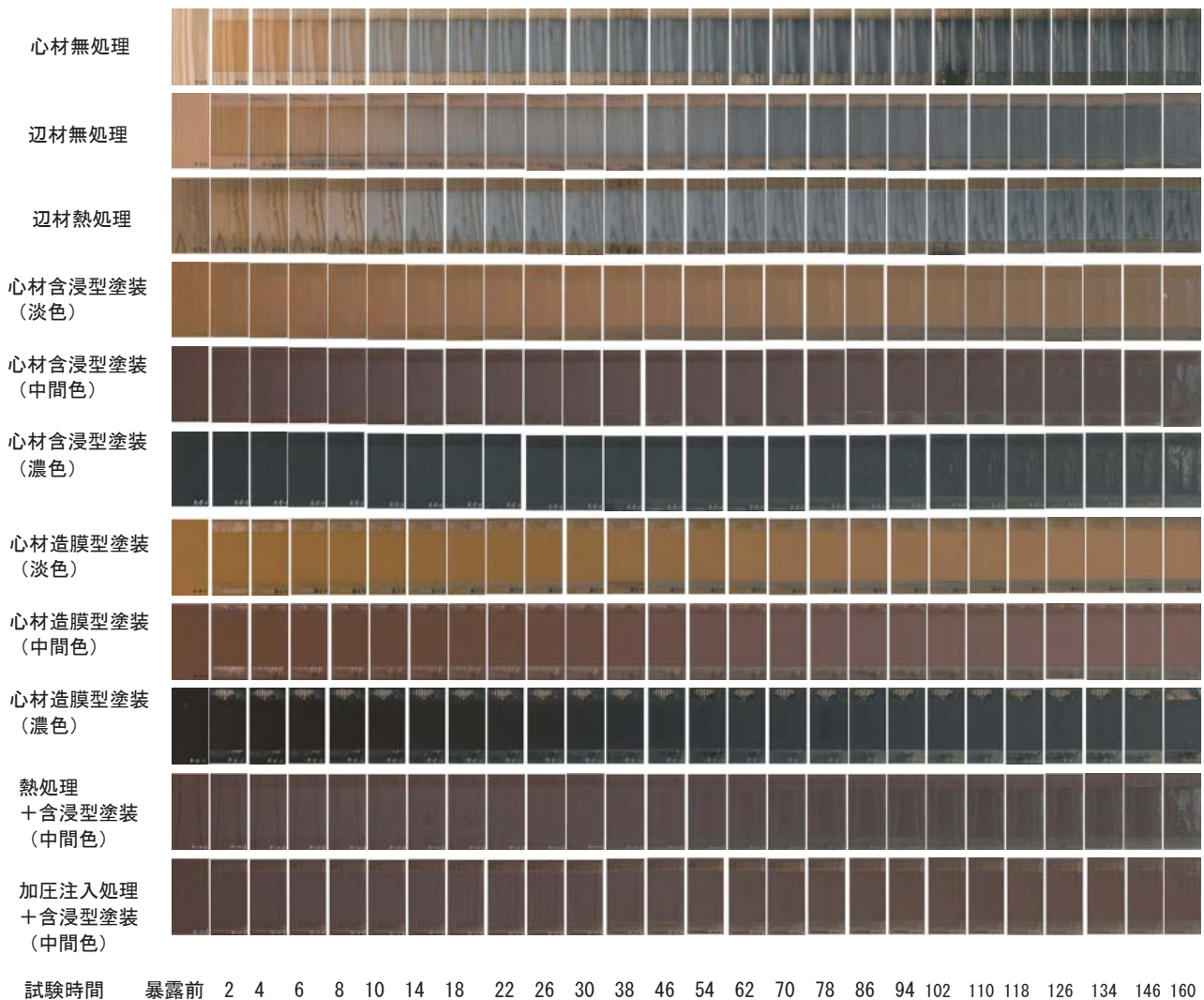


図-1-1 試験体の外観変化

すべての暴露試験体の外観の変化を図-1-1に示す。

無塗装試験体については、暴露2週経過後から色調の変化が観察された。辺材無処理と心材無処理については、黄色味を帯びた濃色に変化した後、退色していき18週目には灰色となった。

辺材熱処理については、暴露2週経過後から淡色化していき徐々に灰色に変化していった。

塗装した試験体については、含浸型の塗料を塗布した試験体では、暴露94週経過後から一部の試験体で部分的な塗膜の剥がれがみられた。造膜型の塗料を塗布した試験体では、試験期間における塗膜の割れや剥がれはみられなかった。

また、塗装は通常の木材だけでなく、熱処理材や保存剤の加圧注入処理材についても、色調変化を抑制する上で有効であることが確認された。塗装した試験体の色調変化や塗装の塗り替えに関する情報を蓄積するため、屋外暴露を継続してデータを蓄積していく必要があると考える。

(2) はっ水度の変化

はっ水度の変化を図-12に示す。辺材無処理、辺材熱処理の試験体は暴露開始初期からはっ水度50%程度であり、暴露開始30週頃には30%、40週を過ぎると20%以下に低下した。また、心材無処理材は、無塗装である辺材無処理材や辺材熱処理材と比較すると、はっ水度は高い値で推移した。

塗装試験体については、造膜型を塗布した試験体では今回の試験期間でははっ水度に変化はみられなかった。含浸型では、暴露60週目頃からはっ水度の低下がみられ、塗料色の濃淡で差がみられたが、全色で86週には80%を下回り、126週には60%を下回った。

色調変化とともに、はっ水度の変化を把握することで塗装の塗り替え等のメンテナンスを検討する情報として利用することが可能であるため、データの蓄積を継続していく必要があると考える。

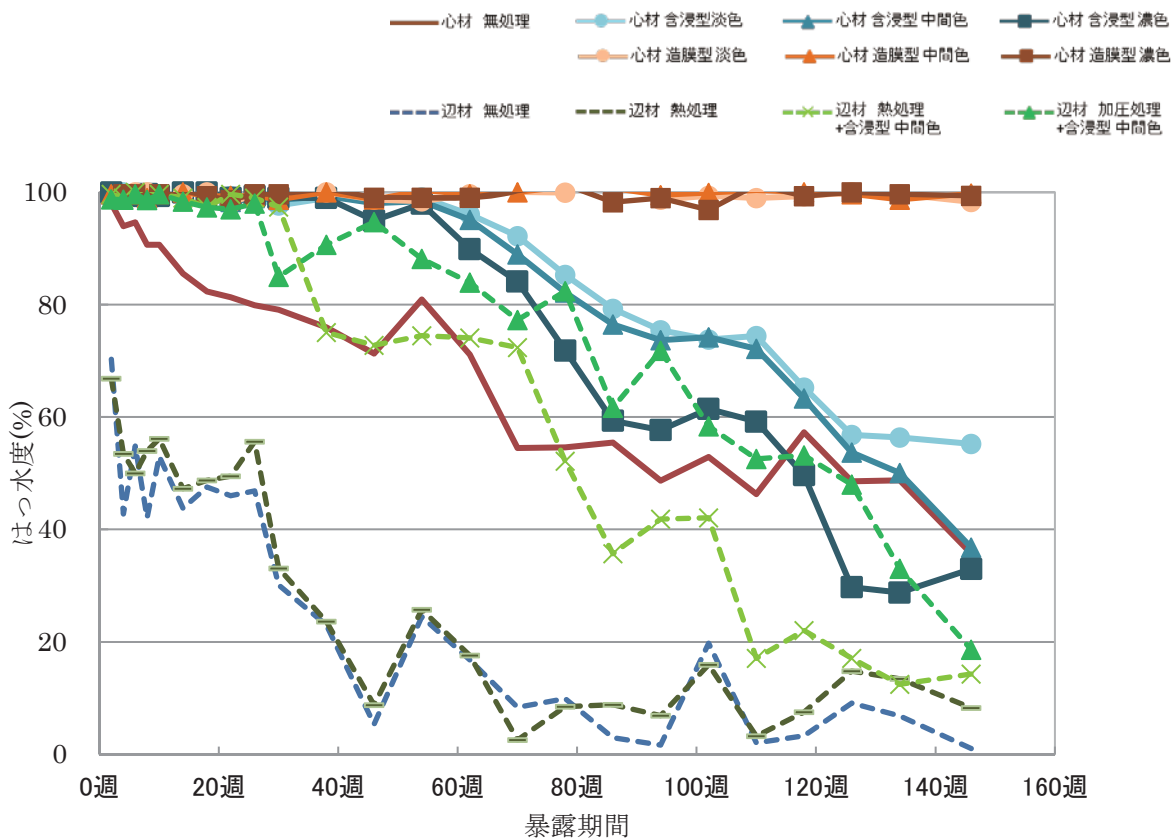


図-12 暴露試験体のはっ水度の変化

### 第3章 スギ品種別の材色の変化

#### 1. はじめに

県内スギ在来品種は特徴的な心材色を有しているものがあり、その心材色の特徴を生かした内・外装材への利用を促進するため、スギ3品種（ヤブクグリ：黒み赤（湿地）・赤褐色（乾地）、アヤスギ：赤褐色、クモトオシ：暗褐色）の色の短期的経年変化の測定を行った。

#### 2. 調査方法

柁目の心材（145mm（高さ）×65mm（幅）×8mm（厚さ））に、無塗装及びクリア塗装した試験体（各条件3枚繰り返し）を用い、キセノンランプ法（JIS K 5600 - 7 - 7、放射照度は波長300～400nmで180W/m<sup>2</sup>）により促進耐候性試験（外装利用（方法1、サイクルA）及び内装利用を想定（方法1、サイクルC））を行い、色差を測定した。

#### 3. 結果と考察

外装利用を想定した試験（無塗装、クリア塗装の試験片）の色差値 $\Delta E^*_{ab}$ 、 $\Delta L^*$ 、 $\Delta a^*$ 、 $\Delta b^*$ の変化を図-13に示す。色差値 $\Delta E^*_{ab}$ は、各試験体で試験開始直後に大きく変化し、試験時間24hで無塗装試験体は平均7、クリア塗装試験体は平均4.6となった。試験時間120h以降は塗装の有無により色差の変化に違いが見られた。無塗装の試験体では品種にかかわらず同様の白色化の変化傾向となったが、クリア塗装試験体では品種による差が見られ、ヤブクグリとアヤスギは色差9～11、クモトオシは5～7の範囲で推移した。品種による心材色の特徴から、試験前の $L^*$ 値は品種ごとに差がみられ、クモトオシが最も低い値を示した。クリア塗装を行うことで明度 $L^*$ 値が低い場合、色調変化が緩やかになる可能性が考えられる。

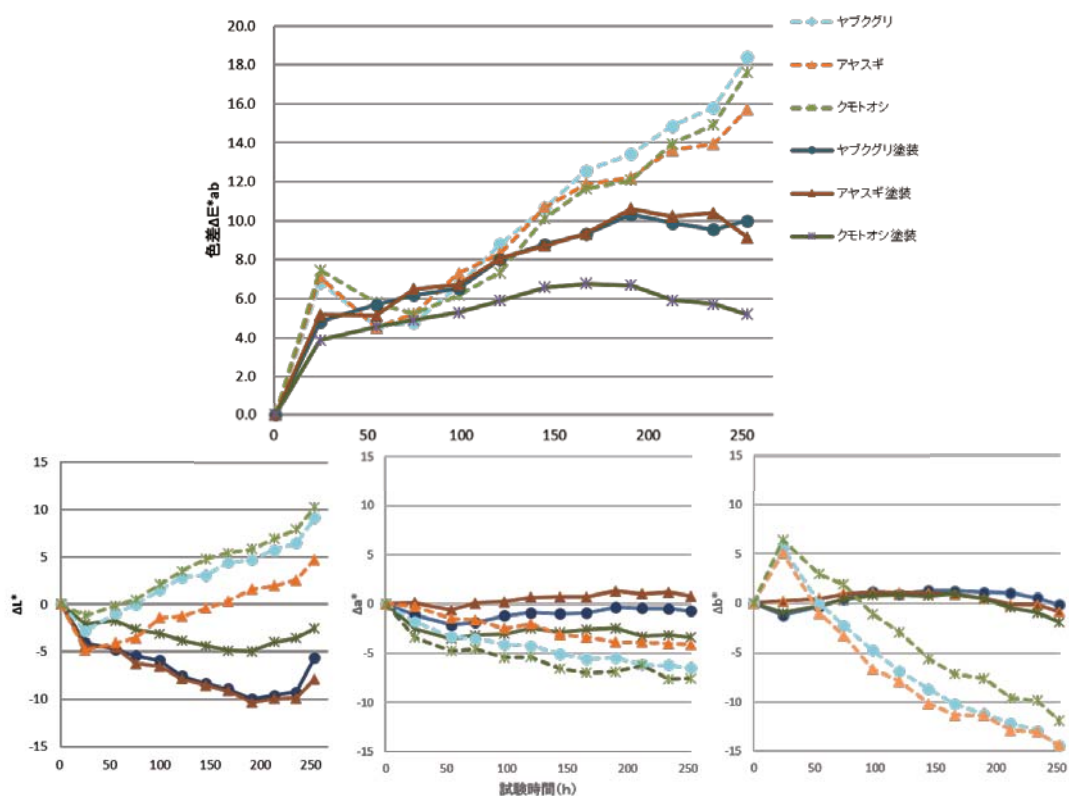


図-13 試験体の色差  $\Delta E^*_{ab}$ 、 $\Delta L^*$ 、 $\Delta a^*$ 、 $\Delta b^*$  の変化

図-14に試験体の変化について示す。外装利用を想定した試験において、無塗装の試験体は黄色味を帯びた濃色に変化した後、98時間後には白色化がみられた。クリア塗装をした試験体は徐々に黒味を帯びた濃色になり、その後190時間に各品種で白色化がみられた。

なお、内装利用を想定した試験は無塗装の試験体で行ったが、徐々に黄色味を帯びた濃色への変化がみられ、樹種による違いはみられなかった。

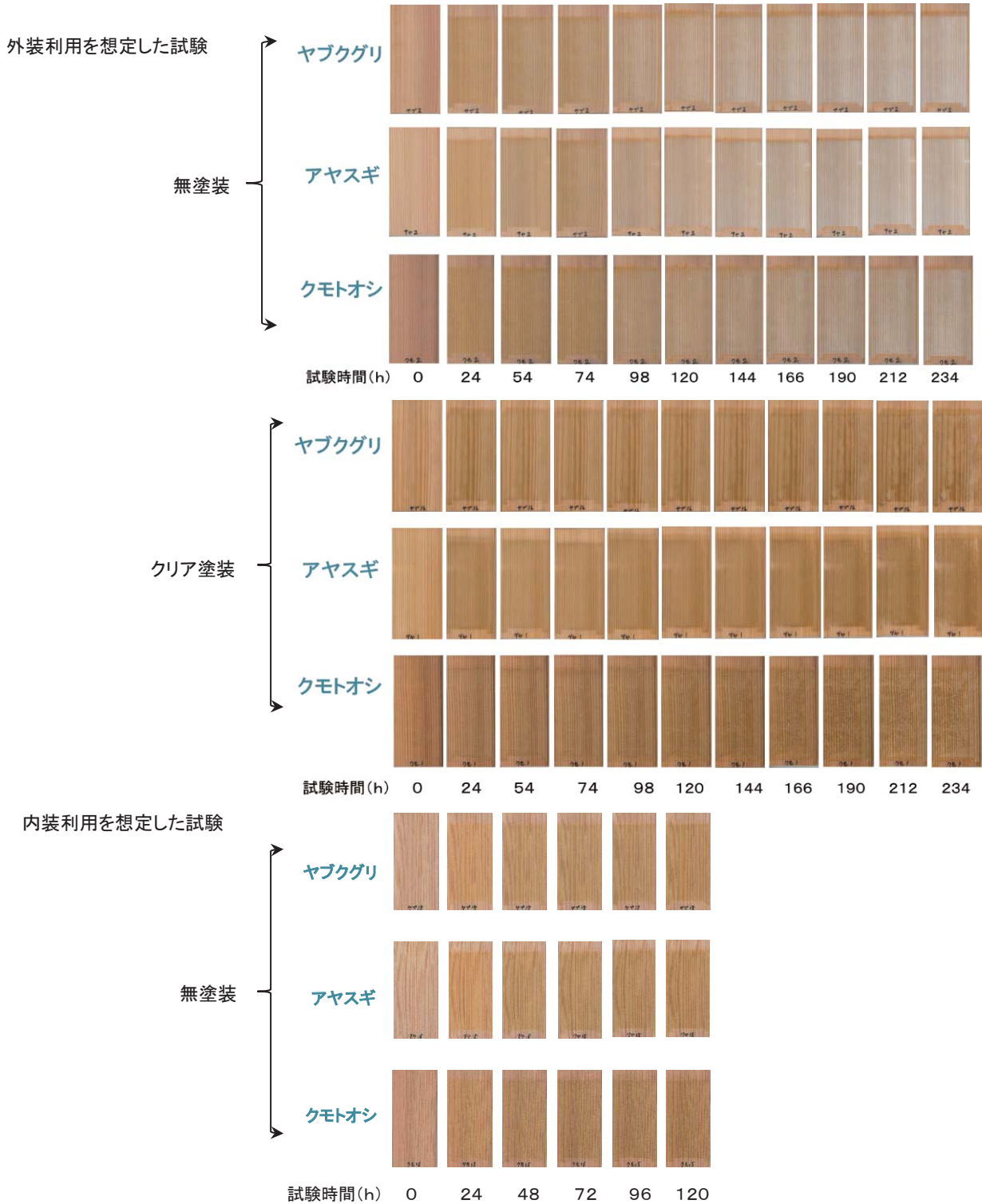


図-14 試験体の変化



## 第4章 スギ材と他の県産材の色の变化の比較

### 1. はじめに

県産の針葉樹・広葉樹の内装材が多く利用されつつあるが、ここでは、スギとスギ以外の県産材を材料とした内装材の色の变化の比較を目的として調査を行った。

### 2. 調査方法

7樹種（スギ・ヒノキ・センダン・シイ・クヌギ・タブ・クス）を用いたフローリングを設置し、色差 $\Delta E^*_{ab}$ の値を調査した。設置場所は、本センター本館1階入り口から約5m建物内に入った場所（ドア外には庇が設置されている）とし、直射日光は当たらない場所である。設置時及び約18ヵ月後に色差の測定を行った。

### 3. 結果と考察

色差 $\Delta E^*_{ab}$ の結果を図-16に示す。樹種ごとに多少の差がみられたが、現在のところ同時に設置した針葉樹（スギ・ヒノキ）と広葉樹（センダン・シイ・クヌギ・タブ・クス）に明確な差は確認されなかった。今後も引き続き、変化の傾向を測定するよう考えている。



図-15 フローリング設置状況

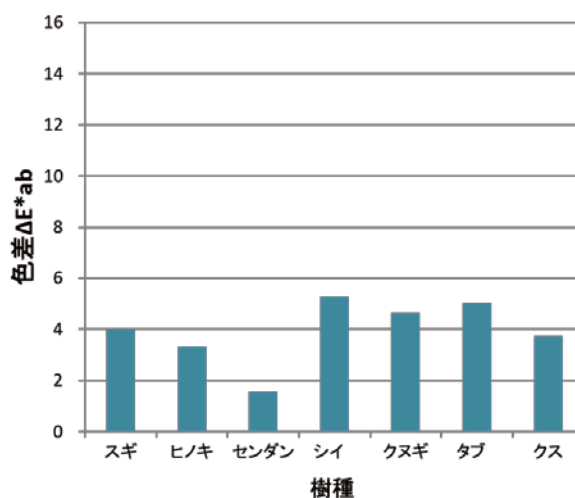


図-16  $\Delta E^*_{ab}$ の変化



## 第5章 総合考察

内・外装材への木材の利用を進めるにあたり、耐久性とともに建築物の価値を維持するための木材の色の変化について検討するため、様々な条件における色の変化を把握することを目的に研究を行い、下記の結果を得た。

- 1) 建物外装に塗装したスギ材を利用した場合、北面は東西南面と比較し変色速度が遅く、今回調査した期間では西面2m高が色の変化が最も大きく、日照時間の長さが影響していることが考えられる。0m高さ周辺は雨水の影響を受けて早い段階で色が変わった。内装材の色の変化は穏やかであり、外装北面と同程度の色差変化がみられた。
- 2) スギの辺材と心材を用いた処理方法別試験体の暴露試験では、塗装した試験体は無塗装の試験体と比較すると色の変化は穏やかであり、熱処理材や保存剤の加圧注入についても塗装により色の変化の抑制がみられた。無処理材においては、辺材は心材よりも変色しやすい結果となった。木材の密度の影響が反映された結果と考えられる。
- 3) 特徴のあるスギ品種別心材色の変化については、無塗装の試験材においては品種毎の色の変化の違いはみられなかったが、クリア塗装することで $L^*$ （明度）の低い材の色の変化が穏やかになる可能性が考えられる。
- 4) 針葉樹（スギ・ヒノキ）と広葉樹（センダン・シイ・クヌギ・タブ・クス）のフローリング材の色の変色変化を確認したところ、明確な差は確認されなかった。今後も引き続き変化の傾向を測定するよう考えている。

### 引用文献

- 1) 木口実、片岡厚、土居修一、森満範、長谷川益夫、森田慎一、金城勝、嘉手刈幸男、今村祐嗣：地域別暴露による木材保護着色塗料の耐候性評価、木材保存、22、150-158(1996)
- 2) 片岡厚：屋外用の木材塗装に関する技術動向、塗装工学、48(1)、28-38(2013)

研究報告 第46号

編集・発行	熊本県林業研究・研修センター 熊本市中央区黒髪8丁目222-2 電話 096-339-2221 FAX 096-338-3508
発行日	令和2年3月

発行者：熊本県
---------

所属：林業研究・研修センター
----------------

発行年度：令和元年度（2019年度）
--------------------