

紫外線による材料の劣化と周辺環境との関係について

システム科学技術学部 建築環境システム学科

1年 阿部 穂積

指導教員 システム科学技術学部 建築環境システム学科

教授 板垣 直行

教授 長谷川 兼一

助手 大塚 亜希子

1.はじめに

一般的に建築物，特に外装材は太陽光に晒され続けるため紫外線の影響が大きい。また，紫外線には消毒作用などのメリットと，変色などを引き起こすといったデメリットがある。

そこで今回は，日本人になじみ深い木材を中心に屋外暴露試験及び促進耐候性試験を行い，紫外線による材の劣化について研究した。

2.紫外線

観測される紫外線量は季節，緯度，天気，時間で変化することが分かっており，直射光や散乱光など日射量の多い夏や，正午ごろに紫外線量が多くなることは広く知られている。

しかし，天気や地表面の状態によっては想像を超える量の紫外線を浴びていることもある。これは地表面で紫外線が反射するため，公園などの草地では反射率は10%以下だが，冬になり雪が堆積すると80%にまで反射率が跳ね上がる。周辺環境が変化することで下からの紫外線量に違いが出るのである。

3.木材の外観変化

紫外線や雨水に当たる場所に木材を使用したとき，早ければ数日で変化が確認される。これは，①光変色期，②明・淡色化期，③灰色化期，④凹凸化期の4段階で進行し，樹種や材によって特徴が異なる。①で紫外線により

木材の成分が変性・分解され材面が変色，次に②でリグニンなどが雨水に溶出して明るさが増加する。③ではカビ汚染など黒色系の汚染が加わり，最終的に④で脆くなった表面が雨水や砂塵などで浸食されて凹凸化するというのが木材劣化の一般的な過程である。

4.試験内容

スギ*，ベイスギ，ケヤキ，チークの4種類の無垢材で150×65×10のサイズの試験体を作成し，木材以外の材料として窓枠サッシなどに用いられる塩化ビニル樹脂の板も同じサイズで用意した。これらの屋外暴露試験及び促進耐候性試験を行い，目視による外観観察と分光測色計(ミノルタ社製 CM-508i)を用いたL*a*b*の測定で評価した。

*スギのみ色味が異なる2種類の板から試験体を作成

4-1.屋外暴露試験

試験体は4種類の木材と塩化ビニル樹脂板から3つずつ作成し，写真のように暴露した。



写真1 0日後



写真2 17日後



写真3 49日後

写真左から、塩化ビニル樹脂、ケヤキ、スギ2列、ベイスギ、チークの順で、チークのみ17日後から設置している。写真から分かるように、17日後までに色が濃くなり、その後は段々と白っぽくなっていくことが観察できた。

次に試験体の平均の色差を図2で示す。

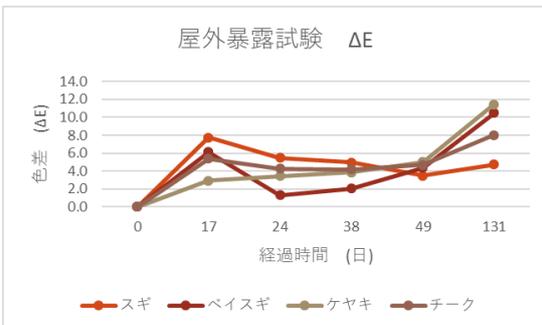


図2 平均色差

17日後の色差が大きいのはこの時の試験体の色が暴露当初よりも濃くなったためだと考えられる。またこれ以降は緩やかに色差が大きくなっていったことから、白っぽくなったという印象を裏付ける結果となった。

試験体の $L^*a^*b^*$ に注目すると、全体的に明度は上昇する一方で、赤みや黄みは一度上昇するがその後に減少するという傾向が見られ

た。測色の平均結果を図3から図5で示す。

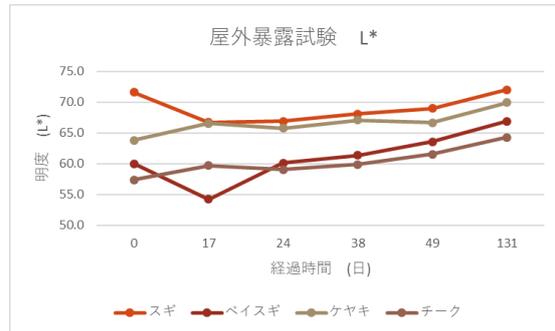


図3 明度の変化

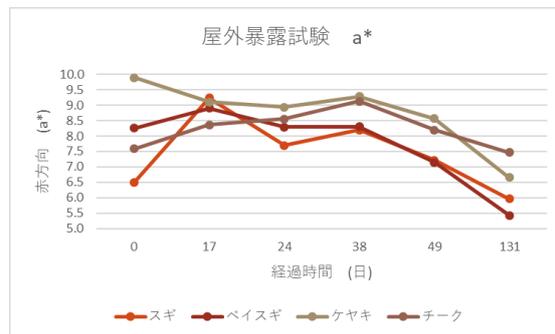


図4 赤みの変化

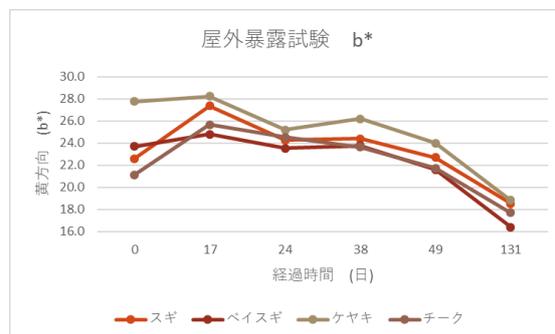


図5 黄みの変化

特に針葉樹は、色が濃く見える17日後の明度の減少が著しく、それ以外は緩やかな変化だった。赤みや黄みに関しては、全体的には折れ線グラフが山なりを描き、暴露当初よりも小さい値まで減少することが確認できた。

4-2. 促進耐候性試験

試験機はキセノンランプのウェザーメーターを用い、UV放射照度 $450\text{W}/\text{m}^2$ 、温度 38 度、湿度 50% で試験を行った。試験体は4種類の木材と塩化ビニル樹脂から試験時間ごとに3つずつ作成、時間になったら取り出す形で試

験を行った。評価は屋外暴露と同様である。

まず、変化が顕著に見られるベイスギとケヤキの試験時間ごとの比較写真を写真4と写真5で示す。

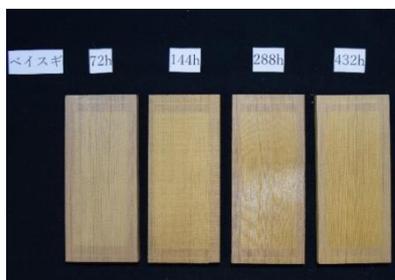


写真4 ベイスギ時間ごと



写真5 ケヤキ時間ごと

ベイスギは早くから変色しているが、ケヤキは288h後を境としてはっきり変色している。

次に平均の測色結果を図6から図9で示す。

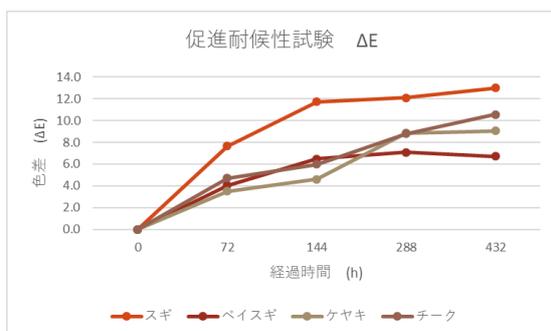


図6 平均色差

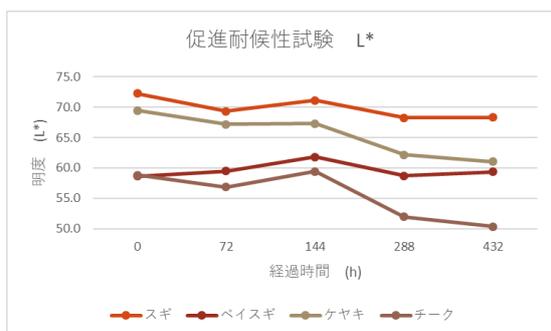


図7 明度の変化

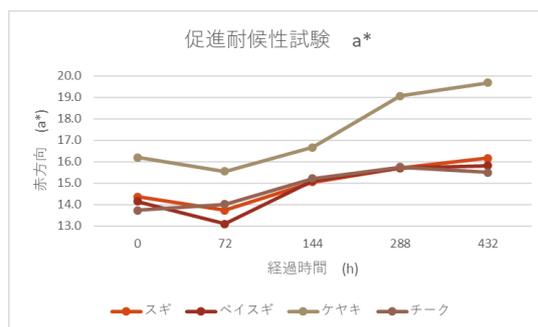


図8 赤みの変化

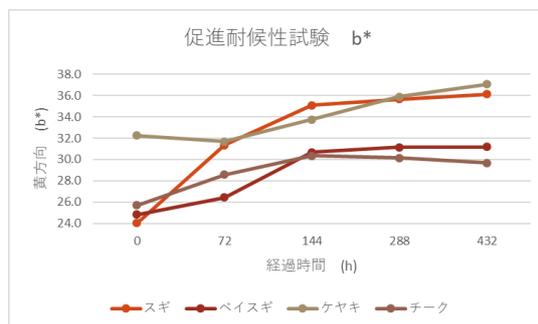


図9 黄みの変化

全体的に、明度は減少し反対に赤みや黄みが上昇する傾向が見られた。樹種別にみると、スギの色差が72hで大きくなるのは黄みの上昇が、ケヤキの色差が144hから288hの間に大きくなるのは赤みの上昇が関係していると考えられる。これより、針葉樹は早い段階から徐々に変色し、広葉樹はある段階から急激に変色する特徴があると分かった。

4-3.紫外線量での比較

屋外暴露試験及び促進耐候性試験での積算紫外線量を表1及び表2で次ページに示す。

屋外暴露17日目と促進試験の144h、また49日目と288hはほぼ積算紫外線量が等しいため、この2つに注目する。まず、17日目と144hを比較するとスギを除いた3種類はほぼ色差が等しいことが分かる。一方、暴露が進んだ49日目と288hでは明らかに促進の方が色差が大きい。これは、屋外暴露では徐々に雨水により成分が流され明・淡色化が進行するのに対し、促進では紫外線により表

面の成分が暗・濃色化しても雨水等で流されずに変色が進むためだと考えられる。

表 1 屋外暴露試験

試験体測色日	積算紫外線量 (W/m ²)
11/19 (17日)	60108
11/26 (24日)	72612
12/21 (49日)	115238

表 2 促進耐候性試験 放射照度 450W/m²

試験時間(h)	積算紫外線量 (W/m ²)
72	32400
144	64800
288	129600
432	194400

5. 紫外線強度の比較

次に、天候や屋内外といった条件が異なる場合の紫外線強度の比較を図 10 で行う。屋内とは完全に雨水などに晒されない場所を表す。

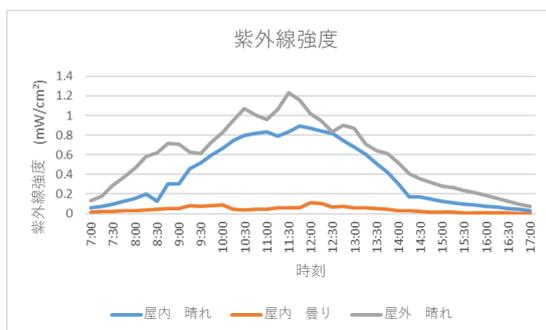


図 10 1日の紫外線強度

このデータから、屋内でも紫外線の影響は避けられないが、窓ガラスなどで紫外線強度を弱めることができると分かった。また、雨が降っているとき、厚い雲で覆われているときにはほとんど紫外線強度は観測されず、変化も小さいことが確認できた。

6. まとめ

今回は木材を中心に紫外線による材の劣化について実験や測定を行った。

屋外暴露試験では、①光変色期と思われる木材の濃色化と②明・淡色化期と思われる明度の上昇が確認できた。一方で促進耐候性試験では屋外暴露試験とは反対に明度が減少するのみで、これは①光変色期と思われる。雨水などで木材の成分が流されなかったことで②明・淡色化期には至らなかった。

また、紫外線強度は天候に左右されることや、屋外の方が紫外線は強く劣化が進みやすいことが確認できた。

7. 課題

今回は、もう 1つの目標である周辺環境の違いが劣化に及ぼす影響について実験することができなかった。太陽光は新雪や草地などで反射率が変化するため、今後は積雪のあるときに紫外線量の計測を行うなどをしたい。

また、約半年間では③灰色化期と④凹凸化期までは変化しなかった。実際に屋外で木材を使用するときにはカビや微生物なども考慮に入れる必要があるため、これからも観察を続け変色だけでなく耐久性や外観の変化なども記録していきたい。

参考文献

片岡厚：

木材の気象劣化と表面保護—気象劣化のメカニズム—, 木材保存 Vol43-2 (2017)

気象庁：紫外線の性質

http://www.data.jma.go.jp/gmd/env/uvhp/3-70uvindex_mini.html