

材料劣化と周辺環境の関係

システム科学技術学部 建築環境システム学科
2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

1. 研究の動機・目的

一般的に建築物，特に外装材は屋外で太陽光に晒されるため紫外線の影響を大きく受ける。また紫外線には消毒やビタミンD生成等のメリットと変色や日焼け等のデメリットがある。

上記のことを踏まえ昨年度から学生自主研究を実施し，紫外線等による木材劣化について調査した。今年度は更に屋外暴露試験の継続と経過観察，地表面の状態による紫外線反射率の違いと劣化との関連性を考察し，新たに雨水の影響を見るための屋外暴露試験も開始した。

2. 先行研究の要約

2-1. 紫外線

紫外線はその波長によりUV-A (315～400nm)・UV-B (280～315nm)・UV-C (100～280nm) の3種類に区別される。オゾン層が薄い夏季にUV-Bの到達量が増加し，また観測地点の緯度，天気や時間帯等によっても紫外線量に変化するが，お昼頃に最大の到達量となる。一方で地表面で紫外線が反射することにより，通常以上の量の紫外線を浴びることもある。乾いた草地は15%～25%，灰色の地表面は25～30%の反射率であるが，新雪の場合80%にまで跳ね上がることもある¹⁾。

2-2. 木材の紫外線劣化

木材表面の劣化は，①光変色期，②明・淡色化期，③灰色化期，④凹凸化期の4段階で進行する。まず①で紫外線により木材の成分が変性・分解され材の表面が変色，淡色材は暗・濃色化しやすく，濃色材は樹種により傾向が異なるという特徴を持つ。次に②で抽出成分等が雨水へ溶出し明度(L*)が増加する。この段階で着色構造が分解され赤み(a*)や黄み(b*)が減少する。更に曝露させると③の状態，つまり白色化した材に黒色系の汚染が加わり灰色化する。促進耐候性試験等の場合は白色化のみであることからカビや大気汚染物質の影響が大きいことが分かる。そして④で脆くなった表面が雨水や砂塵等で浸食され凹凸化するまでが一般的な木材劣化の過程である²⁾。

2-3. 木造建築外装試験体での屋外曝露試験³⁾

外壁の場合，地面からの雨水や砂塵等の跳ね返り部分や雨だれの跡などの部分的な変色が，きたない印象を強く与えてしまうことが示されている。

この調査を踏まえて，図1に示す木造建築外装試験体(スギ材)が作製された。この試験体は木材による外壁の張り方の代表例である縦張り(材1～材4)，南京下見張り(押縁の間隔が広い中間部分)，さらさら下見張り(3つの押縁の部分)の3種を再現したもので，試験体の上

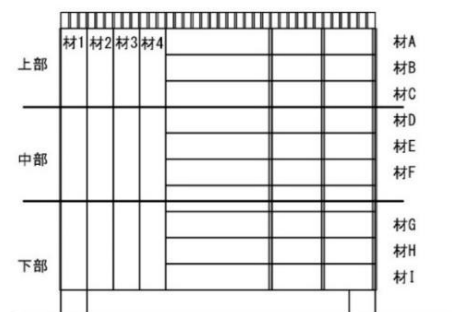


図1 木造建築外装試験体

部分には底を設け、実際の建物と近い状態で屋外曝露試験及び色差測定が行われた。

3. 研究の方法と過程

3-1. 小試験体での屋外曝露試験

スギ*, ベイスギ, ケヤキ, チークの4種類の無垢製材から150×65×10 (mm)の試験体を、塩化ビニル樹脂の板から150×65×1(mm)の試験体を3体ずつ作製した。これらの屋外曝露試験を行い、目視による外観観察と分光測色計(ミノルタ社製 CM-508i)を用いた試験体の色差及びL*a*b*の測定により評価した。測色結果(2019年7月～2020年2月)を4-1に後述する。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、チークのみほかの材料より遅れて17日後から設置している。(*スギのみ色味が異なる白太と赤身の2種類の板から試験体を作製)



図2 試験1日目(2018/11/2)



図3 試験18日目(2018/11/19)



図4 試験286日目(2019/8/14)

3-2. 木造建築外装試験体での屋外曝露試験

2-3. で述べた試験を引き継ぎ(2019年7月～2020年2月), 変色の様子を記録した。



図5 試験1日目(2018/11/2)



図6 試験25日目(2018/11/26)



図7 試験260日目(2019/7/19)

3-3. 紫外線強度の計測, 紫外線反射率の考察

2-1で述べたように紫外線は様々な条件によって量や強度が異なる。そのため地表面の状態や天候, 角度の条件を変えて紫外線量の計測を行い, 地表面ごとの紫外線反射率について調査, 比較した。紫外線の計測には照度UVレコーダ(株式会社ティアンドデイ製TR-74Ui)を使用した。

4. 研究の結果, 考察

4-1. 小試験体の屋外曝露試験

図2～図4の写真から分かるように, 17日後までに濃色化, その後は段々と白っぽくなるのが観察できた。試験体の平均色差及び明度を図8, 図9に示す。なおL*a*b*に関しては塩化ビニル樹脂の変化は小さく, 木材のみを比較している。

試験の結果, 樹種ごとの変色の特徴が大きく現れた。まず色差に関してはケヤキ・チーク・スギが特に増加している。また赤み・黄みは明度同様に減少傾向にあるが, 特にケヤキの減少が大きい一方でチークの変化は最も小さかった。これらから各樹種の特徴を以下のようにまとめる。

- ・スギ…曝露当初から変色が激しい

- ・ベイスギ…スギ同様に曝露当初から変色するが、スギよりは明度の変化は小さい
- ・ケヤキ…他の樹種より赤みや黄みが強いが、曝露を続けるとその退色が激しい
- ・チーク…明度の減少が大きいが、赤みや黄みは残りやすい

塩化ビニル樹脂は色差が小さい(2.00~3.00)ため、耐候性の強い材ということが分かった。

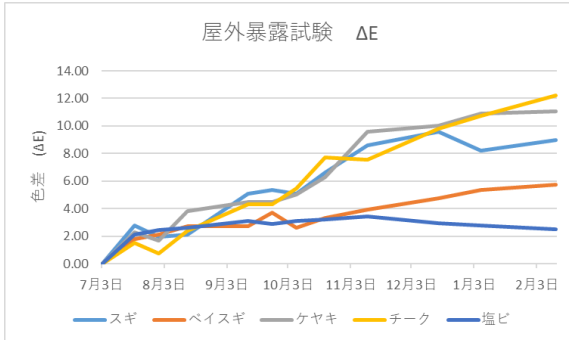


図8 小試験体色差変化

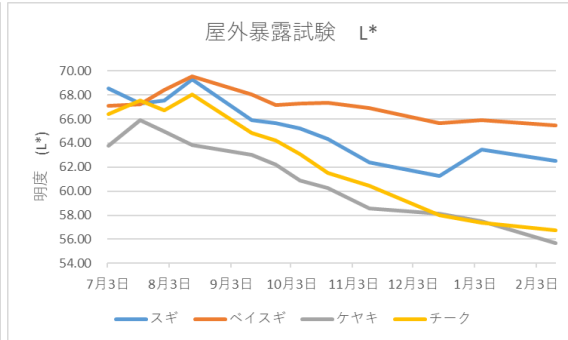


図9 小試験体明度変化

4-2. 木造建築外装試験体の屋外曝露試験

縦張りでの色差及び明度を図10, 図11に示す(他の張り方も同様の変化のため省略)。測色箇所は図1に示すように南京下見張りとしさら子下見張りの場合は材A(上部)・材E(中部)・材I(下部)を測色、縦張りは他の張り方での測色高さと同等の位置で測色した。

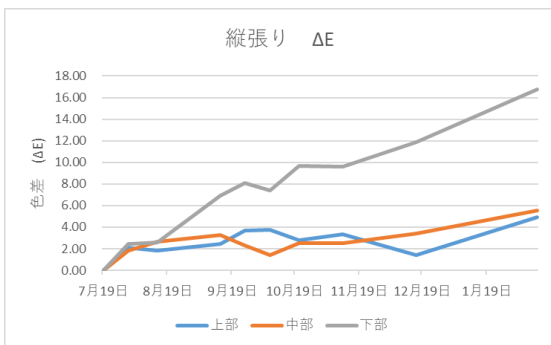


図10 外装試験体色差変化

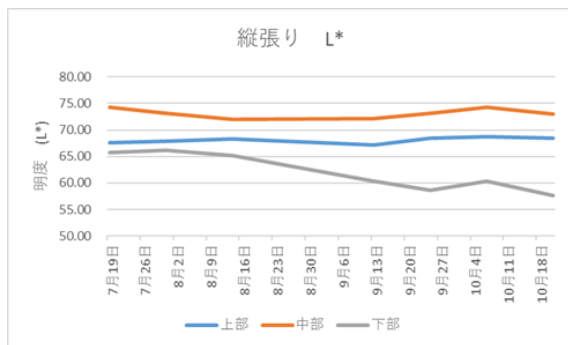


図11 外装試験体明度変化

これらのグラフから、底でカバーされない下部の色差が大きいが確認でき、雨水がかかることが退色に影響すると分かった。材のL*a*b*については、全ての張り方で明度は中部が最も大きい値を示したが、赤みと黄みは下部ほど小さい値を記録した。上部は底により紫外線が遮られるため劣化しにくく、中部は②明・淡色化、下部は③灰色化したと考えられる。

4-3. 紫外線強度の比較

地表面との角度及び地表面が異なる時の紫外線強度の違いについて、地表面に対する角度が水平の場合と垂直の場合の比較、またコンクリートと草地、積雪という条件での比較を行った。このときの計測時間は午前8時30分頃から午後5時30分頃までの9時間程度で、南向きにセンサーを設置している。まず角度に注目した結果を図12, 図13に示す。

これらはコンクリート(図12)と積雪場所(図13)での晴れの時の紫外線強度を示している(草地はコンクリートと同様の結果のため省略)。図12では水平面に対する垂直面の強度は7割から9割となったが、図13では反対に垂直面の方が強かった。地表面からの反射があれば垂直面の方が強くなると予想していたが、反射率が高い新雪では垂直面の強度が強まることが確認された。

続いて、地表面に注目した結果を述べる。地表面に対し垂直にセンサーを設置した場合のコン

クリートと草地での紫外線強度を晴れと曇りの場合で比較している。コンクリートの方が弱い強度で、晴れの方がコンクリートと草地の差が激しい。なお曇りではコンクリートでの紫外線強度は草地の8割から9割程度で、晴れよりも強度が弱まることが分かった。しかし2-1.の通りコンクリートの反射率は草地と同等あるいはそれよりも若干高く、そこから垂直面の方がその影響で強度が大きくなると予想したが今回は異なった結果となった。センサーの設置の仕方や周辺環境により日影ができた等の影響によるものと考えられる。

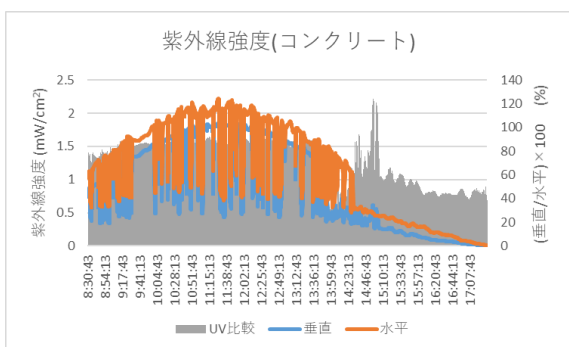


図12 紫外線強度(コンクリート)

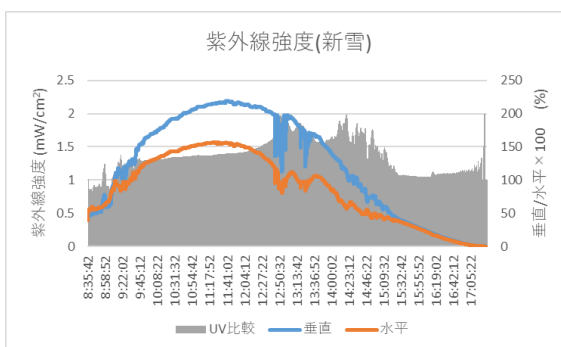


図13 紫外線強度(新雪)

5. 今後の発展と研究の予定

上記の結果を踏まえて現在新しい日射による紫外線を受けつつ雨水の影響を調べる屋外暴露試験を実施している。図14のように南面および上部を透明のアクリル樹脂板で覆い、片方に雨水の浸入するスリットを設けた中に100×150×10(mm)の試験体(スギ材)を設置し色差測定を行っている。写真(図15)の左2枚は辺材(No.1・No.2)、右2枚は心材(No.3・No.4)で、No.1・No.3は雨水がかからず、No.2・No.4はかかる。

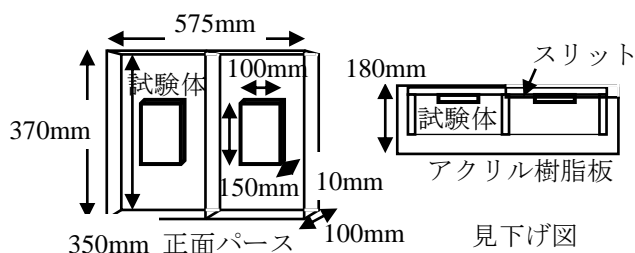


図14 雨水の影響を見る屋外暴露試験



図15 屋外暴露試験 試験装置・試験体

現在までの色差及びL*a*b*に関してまとめると、まず色差は辺材の変化が大きかった。明度は全体的に減少傾向だが、反対に黄みは上昇傾向にあり、赤みに注目すると辺材は上昇傾向に対し心材は減少傾向にあった。目視では雨水がかかる試験体は部分的に黒っぽく変色しているが、測色値は現段階であまり違いが見られないため、今後も曝露を続け経過を観察していきたい。

最後に今後の予定として木造建築外装試験体の促進耐候性試験を計画している。また地表面からの紫外線反射率は、センサーの場所や方位等の条件を改善し繰り返し測定していきたい。

【参考文献】

- 1) 日本太陽エネルギー学会：太陽エネルギーの基礎と応用，オーム社(1978)
- 2) 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)
- 3) 菅睦美：木質外装材の劣化現象に対する仕上げ方法の影響，秋田県立大学卒業論文(2018)