内装材料の耐光性評価方法の開発 (第2報)[†]

新規耐光性試験方法の木質内装材料への適用^{*1}

辻本吉寛^{*2}, 今村祐嗣^{*3}

Development of an Evaluation Method of Photo-Stability for House Interior Materials II.[†]

Application of the new photo-stability test method to wood-based house interior materials^{*1}

Yoshihiro TSUJIMOTO^{*2} and Yuji IMAMURA^{*3}

House interior materials are not directly exposed to rain and only receive the sunlight that penetrates through window glass. Therefore, to develop a method of evaluating the photo-stability properties of interior materials, we applied the newly designed accelerated photo-stability test to wood and wood-finish materials separately under exposure to transmitted metal halide lamp light through window-sash glass and transmitted xenon lamp light through glass filter. The results are as follows:

When the light-colored softwood samples were exposed to the transmitted metal halide lamp light, L^* values decreased, whereas a^* and b^* values increased. The degree of color changes decreased in the order of single glass, double glass, low emissivity double glass, solar reflection double glass, and laminated solar reflection double glass. Especially when exposed to the light through laminated solar reflection double glass and solar reflection double glass, a^* and b^* values decreased once at the first stage, and then increased gradually, and the color difference also increased, decreased and finally increased from the beginning to the final stage. Moreover, we have confirmed the influence of the different types of window glass on the photo-stability of the various wood-based house interior materials. These results have proven that the test methods using the transmitted metal halide lamp light are effective in the evaluation of the photo-stability properties of house interior materials which are exposed to transmitted light through window glasses.

Keywords: photo-stability, evaluation method, glass-transmitted light, metal-halide lamp, interior materials.

太陽光の窓サッシ透過光が照射される内装材料の耐光性評価方法の開発を目的として、木材試料にメタルハライドランプの窓サッシ対応中間ガラス透過光およびキセノンランプのフィルター透過光を照射する促進耐光性試験を実施した結果、以下のことがわかった。

メタルハライドランプ式試験において、淡色の針葉樹材は全般的に L^* 値が減少し a^* および b^* 値が増加するという傾向が見られた。その変化の程度は、直射光、単板ガラス、普通複層ガラス、高断熱複層ガラス、遮熱断熱複層ガラス、防犯複層ガラスの順に小さくなった。その中で、防犯複層ガラスと遮熱断熱複層ガラスでは、 a^* および b^* 値が一旦減少した後に徐々に増加し、それに伴い色差も増加・減少その後増加という変化を示した。それらを含めて各種窓サッシが木材試料の耐光性に及ぼす影響を確認することができたことから、この試験方法が内装材料の耐光性評価を行ううえで有効な手段であることが示された。

[†] Report I: This journal 52(3), 145-152 (2006).

^{*1} Received July 24, 2006; accepted October 31, 2006.

^{*2} 積水ハウス(株)総合住宅研究所 Sekisui House Co., Ltd. Comprehensive Housing R&D Institute, Kizugawa 619-0224

^{*3} 京都大学生存圏研究所 Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, Uji 611-0011

1. 緒 言

住宅の内装材料として用いられる木材やプラスチックは、経年使用により外装材料と同様に光劣化して変退色などが生じる。しかし、外装材料と異なり雨水が当たらず、太陽光も窓サッシのガラスを透過した光が照射される。ガラス透過光はガラスでの太陽光の吸収・反射のため、放射照度が小さくなるのに加えて分光分布が変化することに留意する必要がある。木材の光変色には、主として“やけ”（濃色化）と“あせ”（淡色化、明色化）があるが、樹種によりそれらの傾向が異なり、照射される光の波長域によっても変化し、塗装の有無でも変化するといわれている¹⁻⁸⁾。また、これまで屋外使用を想定した暴露試験や耐候性試験およびそれらの相関性の検討は行われているが⁹⁻¹¹⁾、サッシの種類まで考慮した耐光性試験はほとんど行われていない。

一方、住宅の高気密高断熱化により、窓サッシも単板ガラスから複層ガラス、高断熱複層ガラス、遮熱断熱複層ガラスがごく一般に使用されてきている^{12,13)}。また、最近では、遮熱断熱複層ガラスに防犯のために“合せガラス”を組み合わせた防犯複層ガラスも使われ始めている¹⁴⁾。これらは単板ガラスに較べて光のカット率が大きく、カットされる波長域も広がってきている。また、従来から木造・鉄骨造に係わらず内装の仕上げ材として多くの木材が使用されているが、木材の持つ色調を生かすため素地または透明系や淡色系の塗装が施されることが多い¹⁵⁾。このため、こうした内装材料の光変色に対する評価を行うには窓サッシに対応した耐光性評価方法が必要であり、その開発に着手した。

前報¹⁶⁾では、人工光源としてはメタルハライドランプを使用し、試料と人工光源の間に窓サッシ対応中間ガラスを挟みこんだ促進耐光性試験装置を考案し、太陽光のガラス透過光と促進試験装置での照射光の分光分布を測定した。その結果、以下のことがわかった。

- ・太陽光のガラス透過光の分光分布としては、単板ガラス、普通複層ガラス、高断熱複層ガラス、遮熱断熱複層ガラス、防犯複層ガラスの順に紫外線域その中でも低波長域の放射照度が大きく低下した。
- ・これに対して、窓サッシ対応中間ガラスを挟みこんだ促進試験装置の分光分布は太陽光と同様の傾向を示し、特に紫外線域の分光分布は類似しており、内装材料の促進耐光性試験装置として有用であることが示された。

そこで本報では、内装材料として木材素材および木材塗装品を用いて、前報¹⁶⁾で述べた促進耐光性試験およびJISで規定されているキセノンランプでの促進耐光性試験^{17,18)}を実施し、窓サッシの違いが内装材料の耐光性に及ぼす影響を調べ、内装材料の新しい耐光性評価方法の妥当性を検討した。

2. 試験方法

2.1 試料

試験に供試した内装材料とその略号を Table 1 に示す。樹種はラジアタパイン（R；*Pinus radiata*）、マホガニー（M；*Swietenia macrophylla*）、ヒノキ（H；*Chamaecyparis obtusa*）、カリン（K；*Pterocarpus indicus*）、オーク（O；*Quercus alba*）の木材素材および木材塗装品を試料として試験に供試した。試料の

Table 1. Samples for exposure test.

Wood		Finishing		Initial color value			Sample code
Wood species	Color	Resin	Color type	L_0^*	a_0^*	b_0^*	
Radiata pine* ¹ (<i>Pinus radiata</i>)	whitish-yellow	—	no finish	79.72	5.54	22.84	R-N
		polyurethane	clear	77.88	6.48	26.86	R-C
		polyurethane	semi-transparent	65.25	12.99	28.94	R-S
		polyurethane	semi-transparent (deep color)	41.28	13.76	18.66	R-SB
Mahogany* ² (<i>Swietenia macrophylla</i>)	red-brown	—	no finish	56.10	14.77	23.61	M-N
		polyurethane	semi-transparent	38.36	16.48	17.10	M-S
Hinoki* ¹ (<i>Chamaecyparis obtusa</i>)	whitish-yellow	—	no finish	81.96	5.61	19.67	H-N
Karin* ² (<i>Pterocarpus indicus</i>)	red-brown	—	no finish	54.23	16.74	23.06	K-N
		polyurethane	semi-transparent	38.42	18.72	16.67	K-C
White oak* ² (<i>Quercus alba</i>)	whitish-yellow	polyurethane	semi-transparent	58.27	11.70	28.15	O-S

*¹: sapwood, *²: heartwood

形状は、50(L)×50(R)×15(T) mm とした。そのうちオークは、合板下地に厚さ0.3 mm の供試樹種の化粧単板を貼り合わせた床材を用い、それ以外は無垢の木材または集成材の窓額縁あるいは建具を用いた。塗装品は和信化学工業株のポリウレタン樹脂系塗料のクリア塗装 (C) または着色クリア塗装 (S) を施したものをを用いた。

2.2 対象ガラス

今回対象としているガラスは前報¹⁶⁾ と同じく、実際の住宅などで用いられている単板ガラス (G1; Single glass), 普通複層ガラス (G2; Double glass), 高断熱複層ガラス (G3; Low emissivity double glass), 遮熱断熱複層ガラス (G4; Solar reflection double glass), 防犯複層ガラス (G5; Laminated solar reflection double glass) の5種類であった。

2.3 促進耐光性試験

2.3.1 促進耐光性試験方法の検討

促進耐光性試験として、前報¹⁶⁾ で提案した試料と人工光源の間に窓サッシ対応中間ガラスを挟み込んだ、“ガラス透過メタルハライドランプ式試験”を実施した。

また別途、太陽光の分光分布と近似していること^{19, 20)} に加えて、JISにおけるアンダーグラス試験用光源として規定されていること^{17, 18)} から、“アンダーグラスフィルター(以下,UGフィルターという)を使用したキセノンランプ式試験”を実施することとした。試験に際し、試験機に標準装備されている屋外暴露を想定した標準フィルター#275およびUGフィルター#320を使用した状態での放射照度および分光分布を測定した結果、#275フィルターの透過光は、JIS A1415において直接屋外暴露を想定した

WX-A法で規定している放射照度の比率(290~800 nm:100%, 290 nm以下:0%, 290~320 nm:0.6%, 320~360 nm:4.2%, 360~400 nm:6.2%)を満足し、同じく#320フィルターの透過光は窓ガラスを透過した太陽光を想定したWX-B法で規定している放射照度の比率(300~800 nm:100%, 300 nm以下:0%, 300~320 nm:0.1%未満, 320~360 nm:3%, 360~400 nm:6%)を満足していることを確認した²¹⁾。

以上の検討を踏まえ、Table 2に示す9種類の促進耐光性試験を実施した。なお、一部試験で散水を行ったが、本報での目的が内装材料の耐光性評価方法の開発であるため一括して「耐光性試験」と称することとした。

2.3.2 ガラス透過メタルハライドランプ式試験

紫外線量が安定するまで窓サッシ対応中間ガラスを置かない状態でメタルハライドランプ式耐候性試験機(ダイプラウインテス KU-R4CI-A, ランプ: MW60W, 標準石英ガラスフィルター: KF-1)を運転したのち、紫外線計(ウシオ電機 UNI METER UIT-101 受光器 UVD-365PD)を用いて290~400 nm波長域の放射照度が1000 W/m²になるように調整した。そのあと、MWおよびMPは窓サッシ対応中間ガラスを入れない状態で、MG1~MG5は石英ガラスの上に窓サッシ対応中間ガラスを3枚1組で並べた状態で試験を開始した。散水を行うMWに供試する試料の木口面はエポキシ樹脂塗料で防水処理し、それ以外の試料の木口面は無処理とした。なお、人工光源の場合、ランプおよび窓サッシ対応中間ガラスの使用時間により分光分布が変化することが考えられるため、その変化が軽微である1000時間

Table 2. Conditions of accelerated photo-stability tests.

Light source	Window-sash glass or filter	Test time [h]	Irradiance [W/m ²]	Black-panel temperature [°C]	Water spray ^{*3}	Test code
metal-halide lamp	Direct light	200	1000 ^{*1}	63	yes	MW
metal-halide lamp	Direct light	200	1000 ^{*1}	63	no	MP
metal-halide lamp	Single glass	200	1000 ^{*1}	63	no	MG1
metal-halide lamp	Double glass	200	1000 ^{*1}	63	no	MG2
metal-halide lamp	Low emissivity double glass	200	1000 ^{*1}	63	no	MG3
metal-halide lamp	Solar reflection double glass	200	1000 ^{*1}	50	no	MG4
metal-halide lamp	Laminated solar reflection double glass	200	1000 ^{*1}	50	no	MG5
xenon lamp	Direct light (#275 filter)	500	550 ^{*2}	63	no	XP
xenon lamp	#320 filter	500	550 ^{*2}	63	no	XPG

^{*1}: Irradiance of metal-halide lamp of wavelength between 290-400 nm

^{*2}: Irradiance of xenon lamp of wavelength between 290-800 nm

^{*3}: Spraying of water for 120 seconds every two hours

以内¹⁶⁾になるように試験を実施した。

試験を開始する前に、試料の中央付近に測定箇所3ヶ所を決め、分光測色計(コニカミノルタ CM-3600d, D_{65} 光源, 拡散照明 8度受光 $d/8$, SCI)を用いて, CIE(1976) $L^*a^*b^*$ 色空間における表面色 L_0^* , a_0^* , b_0^* を測定した。また, 光沢計(コニカミノルタ uni-Gloss 60)を用いて 60° 鏡面反射率 G_0 を測定した。

2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200時間後に試料を取り出し, 柔らかい刷毛で試料表面のほこりなどを取り除いてから暗室中に24~72時間放置したのち, 試験前と同一箇所を同様の方法で表面色 L^* , a^* , b^* および 60° 鏡面反射率 G を測定した。繰り返し数はそれぞれ3であった。次式より ΔL^* , Δa^* , Δb^* および色差 (ΔE_{ab}^*), および光沢保持率 (GR) を求めた。

$$\Delta L^* = L^* - L_0^*, \Delta a^* = a^* - a_0^*, \Delta b^* = b^* - b_0^* \quad (1)$$

$$\Delta E_{ab}^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (2)$$

$$GR = 100 \times (G/G_0) \quad (3)$$

また, 5, 10, 20, 50, 100, 200時間後に試料を各1個抜き取りアルミホイルで包み暗室中に保管し, すべての試験終了後同時にできるだけ目視との差が生じないように色合いを調整したスキャナー(エプソン ES-6000H)を用いてその外観を記録した。

2.3.3 UG フィルター透過キセノンアーク式試験

紫外線量が安定するまでキセノンランプ式耐候性試験機(スガ試験機 SX75, ランプ: 7.5 KW 水冷ランプ, インナーフィルター: 石英ガラス)を運転したのち, 290~800 nm 波長域の放射照度が 550 W/m^2 になるように自動制御された状態で試験を開始した。アウターフィルターは, 直射光を想定した XP では標準フィルター #275 を使用し, ガラス透過光を想定した XPG では UG フィルター #320 を使用した。なお, ガラス透過メタルハライドランプ式試験と同様にランプおよびフィルターの使用時間は1000時間以内になるように試験を実施した。

ガラス透過メタルハライドランプ式試験と同様の方法で, 100, 200, 300, 500時間後に試料を取り出し, ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE_{ab}^* および GR を求めた。繰り返し数はそれぞれ3であった。また, 100, 200, 300, 500時間後に試料を各1個抜き取りアルミホイルで包み暗室中に保管し, すべての試験終了後同時にその外観をスキャナーで記録した。

2.3.4 試料表面温度の制御方法

太陽光の強さ, 外気温度, 室内温度などの環境条件が同じでも, 窓サッシの種類により透過光の分光

分布や透過率が異なりそれに伴い輻射熱も異なってくるため, 内装材料の表面温度も窓サッシの種類により異なる。これに対し, 今回使用した促進耐候性試験機では, 設定したブラックパネル温度になるように槽内温度を自動的に制御するようになっているため, 輻射熱が減少するとかえって槽内温度が異常に高くなるという不具合が生じてしまう。したがって, 実際の使用環境に即した試料表面温度の制御方法を選定する必要がある。その時の基本的な考え方としては, JIS A 1415をはじめブラックパネル温度(BP 温度)としては 63°C が一般的であることから, 「直射光が当たる場合, 黒色に着色した内装材料(木材)の表面温度が 63°C となるようにし, それと同じ強さの光が各種窓サッシを透過して試料に当たった場合に想定される表面温度になるように制御を行う。」こととした。

そこで, 南面 30° の暴露架台の上に5種類の対象ガラスの窓サッシを組み込んだ箱に, 厚み15 mm のラジアタパインの表面に黒色塗装を施した標準黒色試料を入れ, 熱電対を用いてその表面温度を5分間隔で測定した。なお, 直射光の場合は試料を直接暴露すると雨水の影響を受け短期間で大きく損傷を受けるため, 太陽光の透過率が高い石英ガラスを箱に組み込んでその透過光を直射光とみなした。測定は, 京都府相楽郡にある積水ハウス(株)総合住宅研究所の屋上暴露場において, 2005年7月1日~7月31日の1ヶ月間行った。その結果, 測定期間中の直射光による標準黒色試料の表面温度の上位32番目までの平均値が 63.0°C となった。そのため, それと同一時刻の5種類の窓サッシの箱に置かれた標準黒色試料の表面温度の平均値を求めると, 単板ガラス(G1)では 63.0°C , 普通複層ガラス(G2)では 62.5°C , 高断熱複層ガラス(G3)では 61.6°C となり直射光とあまり差が無かったのに対し, 遮熱断熱複層ガラス(G4)では 51.6°C , 防犯複層ガラス(G5)では 49.6°C となった。

以上のことから, メタルハライドランプ式試験のうち MW, MP および MG1, MG2, MG3 の BP 温度を 63°C で制御し, MG4 および MG5 の BP 温度を 50°C で制御することとした。その際, メタルハライドランプ式試験機の標準の BP 温度計を用いると, 熱伝導率の低い木材では試料の表面温度が設定した BP 温度以上になるため, 標準黒色試料と同じ温度を示すように改造した特殊 BP 温度計を用いた。また, キセノンランプによる直射光試験である XP およびアンダーガラス試験である XPG の BP 温度を 63°C で制御することとした。

3. 結果と考察

3.1 ガラス透過メタルハライドランプ式試験結果

メタルハライドランプ式試験における ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE^*_{ab} の変化をFig. 1~5に、外観の変化をFig. 6~7に示す。

淡色の針葉樹材であるラジアタパインの無塗装品(R-N)では、Fig. 1およびFig. 6からわかるように照射時間が長くなるに従い、全体的に L^* 値が減少し、 a^* 値および b^* 値が増加し、結果として ΔE^*_{ab} が増加した。その変化の程度は、直射光(MP)、単板ガラス(MG1)、普通複層ガラス(MG2)、高断熱複層ガラス(MG3)、遮熱断熱複層ガラス(MG4)、防犯複層ガラス(MG5)の順に小さくなった。

MG5では、 a^* 値および b^* 値が一旦減少した後10時間前後で初期値に戻りその後徐々に増加した。それに伴い、 ΔE^*_{ab} も極大値を示した後10時間前後まで低下し、そこから再度増加した。また、MG4でもそれに近い現象が見られた。この現象は、同じ淡色の針葉樹材であるヒノキの無塗装品(H-N)においても同様であった。

これまで、“カラマツの辺材は可視光でも変色し390 nm以上の光では明色化が進行し390 nm以下の光を含むと濃色化が起こる”という峯村らの報告¹⁾や、“スギの辺材に紫外-可視光を分光して照射すると400 nm前後を境界として短波長域では濃色化、長波長域では明色化する”という片岡らの報告²⁾があり、10時間までの変化はそれと合致していると言える。しかし、前述したように本実験では紫外域の透過率が非常に小さいMG5¹⁰⁾において、最初は淡色化するがその後照射時間が長くなると濃色化に転じるという現象が見られた。変色機構については、より詳細な分析等を待たなければならないが、太陽光による木材表面の変色は可視光による淡色化と紫外線による濃色化との競争反応であるとする、可視光による淡色化がある段階で停止するのに対し僅かな紫外線でもそれによる濃色化が継続的に進行するために、照射時間が長くなるにつれて濃色化が強くなることが考えられる。

ラジアタパインのクリア塗装品(R-C)では、Fig. 2およびFig. 7からわかるように L^* 値が減少し a^* 値および b^* 値が増加し、ガラスの種類による変化の程度もR-Nと同様の傾向を示した。ただし、直射光であるMPや透過率の高いMG1ではR-Nに比べて10~20時間までは変色がやや緩やかであったが、それ以降徐々に大きくなった。これは、最初は塗膜により光が吸収・遮蔽されるために ΔE^*_{ab} がや

や小さくなったが、徐々に塗膜自身の変色に加わるため ΔE^*_{ab} が大きくなったと思われる。光の透過率が低いMG4とMG5では、R-N同様に a^* 値および b^* 値が一旦減少した後徐々に増加するという現象が見られたが、R-Nに比べると変化が緩やかで50~100時間で初期値に戻った。

ラジアタパインの着色クリア塗装品(R-S)では、Fig. 3からわかるようにR-Cより変色が小さくなり、より濃色の着色クリア塗装品(R-SB)ではさらに小さくなった。これは、濃色の塗膜による光の吸収および遮蔽効果が強くなり木材成分の光分解が抑制され、また塗装により初期の L^* 値が低くなっていたために照射後との差が小さくなったと考えられる。

一方、濃色の広葉樹材であるマホガニーの無塗装品(M-N)では、Fig. 4からわかるように照射時間が長くなるに従い、ラジアタパインとは逆に a^* 値および b^* 値が緩やかに減少し、 L^* 値の変化は軽微であった。ただし、もともとの試料間での色のバラツキが大きかったためガラスの種類による明らかな傾向は見出せなかった。

これに対し、マホガニーの着色クリア塗装品(M-S)では、Fig. 5からわかるように照射時間の経過とともに a^* 値および b^* 値が減少し、それに伴い ΔE^*_{ab} が増加した。 ΔE^*_{ab} はMPとMG1ではほとんど差が無く、MG2, MG3, MG4, MG5の順に小さくなった。

同じく濃色の広葉樹材であるカリンは、無塗装品(K-N)および着色クリア塗装品(K-S)ともマホガニーと同様の変色傾向を示し、変色程度はマホガニーよりも小さかった。

今回の試料の中ではオークのカラークリア塗装品(O-S)において最も変色が少なく、照射20時間以降で L^* 値が減少するものの照射200時間後の ΔE^*_{ab} が1~15程度であり、中でもMG4, MG5については6以下となり変色が非常に軽微であった。

上記以外の傾向として、MG1~MG5ではいずれの試料とも光沢保持率はほとんど変化しなかった。直射光であるMPでは、無塗装品の光沢保持率はほとんど変化しないが、塗装品のそれは50時間前後から徐々に減少した。また、散水のあるMWでは、50時間前後から無塗装品は白化を伴って光沢保持率が増加し、塗装品は塗膜割れを伴って光沢保持率の減少が見られた。前者は、主として紫外線によりリグニンなどが低分化してそれが水に溶脱し、紫外線に安定なセルロースに富む表面になったためと思われる⁴⁾。

Fig. 1. Changes in ΔE^*_{ab} , ΔL^* , Δa^* , Δb^* of R-N upon exposure to transmitted metal-halide lamp light through various types of window-sash glasses.

Fig. 2. Changes in ΔE^*_{ab} , ΔL^* , Δa^* , Δb^* of R-C upon exposure to transmitted metal-halide lamp light through various types of window-sash glasses.

Fig. 3. Changes in ΔE^*_{ab} , ΔL^* , Δa^* , Δb^* of R-S upon exposure to transmitted metal-halide lamp light through various types of window-sash glasses.

Fig. 4. Changes in ΔE^*_{ab} , ΔL^* , Δa^* , Δb^* of M-N upon exposure to transmitted metal-halide lamp light through various types of window-sash glasses.

Fig. 5. Changes in ΔE^*_{ab} , ΔL^* , Δa^* , Δb^* of M-S upon exposure to transmitted metal-halide lamp light through various types of window-sash glasses.

Test code	0	5 hours	10 hours	20 hours	50 hours	100 hours	200 hours
MW
MP
MG1
MG2
MG3
MG4
MG5

Fig. 6. External changes of R-N in accelerated photo-stability tests with metal-halide lamp light.

Test code	0	5 hours	10 hours	20 hours	50 hours	100 hours	200 hours
MW
MP
MG1
MG2
MG3
MG4
MG5

Fig. 7. External changes of R-C in accelerated photo-stability tests with metal-halide lamp light.

3.2 UG フィルター透過キセノンアーク式試験結果

キセノンランプでの直射光試験 (XP) およびアンダーグラス試験 (XPG) において、淡色系の R-N, R-C, R-S, H-N では L^* 値の減少, a^* 値および b^* 値の増加が進み, その結果 ΔE^*_{ab} が大きくなるという傾向が見られた。また, それ以外の試料についてもメタルハイドランプ式試験の MP, MG1 と同様の変化を示した。

XP と XPG では Fig. 8 に示すように外観上ほとんど差が無く, ΔE^*_{ab} でもアンダーグラス透過光の XPG の方が大きい場合も見られた。これは, XPG

Sample code	Test code	0	100 hours	200 hours	300 hours	500 hours
R-N	XP
	XPG
R-C	XP
	XPG

Fig. 8. External changes of Radiata Pines (R-N, R-C) in accelerated photo-stability tests with xenon lamp light.

において, 320 nm 以下の光は遮断されているが, 320~360 nm の放射照度はあまりかわらず360~440 nm の放射照度はわずかながら直射光の XP より大きくなっている²¹⁾ ことが原因と考えられる。これらの結果は, 本実験における木材の変色が主として 320 nm 以上の波長域の光によるものであることを示唆している。

したがって, UG フィルター透過キセノンランプ式試験は, 320 nm 以上の波長の透過率が低下しないため, 400 nm 付近までの光をカットする住宅の窓サッシの透過光を想定した耐光性試験としては適さないと考えられる。

4. 結 論

内装材料として木材素材および木材塗装品を用いて, 窓サッシ対応中間ガラスを挟み込んだガラス透過メタルハイドランプ式試験およびアンダーグラスフィルター透過キセノンランプ式試験を実施した結果, 以下の結論を得た。

1) ガラス透過メタルハイドランプ式試験において, 淡色の針葉樹材であるラジアタパインの無塗装品, 塗装品およびヒノキの無塗装品では, L^* 値が減少し a^* 値および b^* 値が増加し, ΔE^*_{ab} が増加するという傾向が見られた。その変化の度合いは, 直射光, 単板ガラス, 普通複層ガラス, 高断熱複層ガラス, 遮断断熱複層ガラス, 防犯複層ガラスの順に小さくなった。そのうち, 防犯複層ガラスと遮断断熱複層ガラスでは, a^* 値および b^* 値が一旦減少した後徐々に増加し, それに伴い ΔE^*_{ab} も増加・減少その後増加という変化を示した。その原因として, 照射時間の経過とともに木材成分の光劣化反応による淡色化と濃色化との競争反応により表面色の色調が変化している可能性が考えられる。また, 紫外線の透過率の大きい直射光や単板ガラスでは, 最初は

木材の変色が支配的であるため、塗装品の色差が無塗装品よりやや小さくなったが、照射時間が長くなると塗膜自身の変色が加わるため無塗装品より大きくなった。

2) 濃色の広葉樹材であるマホガニーおよびカリンの塗装品では、淡色の材とは逆に照射時間の経過とともに a^* 値および b^* 値が減少し、それに伴い ΔE^*_{ab} が増加した。その変化の度合いは、直射光と単板ガラスでほとんど差が無く、普通複層ガラス、高断熱複層ガラス、遮熱断熱複層ガラス、防犯複層ガラスの順に小さくなった。無塗装品でも同様の傾向を示したが、ガラスの種類による変色の明らかな傾向は見出せなかった。

3) アンダーガラスフィルター透過キセノンランプ式試験において、ガラス透過メタルハライドランプ式試験の直射光や単板ガラスに類似した表面色の変化を示した。また、320 nm 以下の光を遮断するガラスフィルターの有無による差がほとんど見られなかったことは、本実験における木材の変色が主として320 nm 以上の波長域の光によるものであることを示唆している。

今回実施したガラス透過メタルハライドランプ式試験により、各種の窓サッシが木材試料の耐光性に及ぼす影響を確認することができたことから、この試験方法は窓サッシそのなかでも特に高断熱複層ガラス、遮熱断熱複層ガラス、防犯複層ガラスなど紫外線域の遮光効果の高い窓サッシの透過光を想定した内装材料の耐光性評価を行ううえで有効な手段であることが示された。

今後は各種の窓サッシを用いた屋内暴露試験を行い実際のガラス透過光での変色状況を確認し、ガラス透過メタルハライドランプ式試験との相関性および促進倍率を検討するとともに、その変色機構を明らかにしていく予定である。

謝 辞

本論文のとりまとめに多くのご助言をいただいた独立行政法人森林総合研究所の木口 実氏に謝意を表します。また、実験にご協力をいただいた積水ハウス㈱の大西正人氏、吉岡 純氏に深く感謝いたし

ます。

文 献

- 1) 峯村伸哉, 梅原勝雄: 北林産試研報 **68**, 92-145 (1979).
- 2) 善本知孝: “木材利用の化学”, 今村博之ら編, 共立出版, 東京, 1983, pp. 7-22, 204-214.
- 3) 種田健造, 太田路一, 矢田望充: 木材学会誌 **35**(6), 530-536 (1989).
- 4) 木口 実: 木材保存 **19**(6), 262-271 (1993).
- 5) 大越 誠, 西條博之: 木材学会誌 **47**(1), 52-57 (2001).
- 6) 三井勝也, 村田明宏, 土川 覚, 小原光博: 岐阜県生活技術研究所研究報告 **4**, 44-48 (2002).
- 7) 片岡 厚, 木口 実: 第55回日本木材学会大会研究発表要旨集, 京都, 2005, p. 141.
- 8) Pandey, K. K.: *Polym Degradation and Stab* **90**(1), 9-20 (2005).
- 9) Feist, W. C., Rowell, R. M.: *ACS Symp Ser* **187**, 349-370 (1982).
- 10) 木口 実, 鈴木雅洋, 木下稔夫, 川村二郎: 木材工業 **52**(12), 612-617 (1997).
- 11) 吉田安里, 柴田直明: 長野県林業総合センター業務報告 1999, pp. 70-71 (2000).
- 12) 建築知識編集部: 建築知識 **47**(2), 76-77 (2005).
- 13) 建材情報編集部: 建材情報 **235**, 5-14 (2000).
- 14) 西村 浩: 住まいと電化 **16**(10), 20-23 (2004).
- 15) 木口 実: 木材保存 **20**(1), 55-62 (1994).
- 16) 辻本吉寛, 今村祐嗣: 木材学会誌 **52**(3), 145-152 (2006).
- 17) 日本規格協会: JIS K7350-2 (1995).
- 18) 日本規格協会: JIS A1415 (1999).
- 19) Allen, N. S., McKellar, J. F., Wood, D. G. M.: *Plast Rubber Mater Appl* **1**(2), 57-61 (1976).
- 20) 須賀 蕨: 第40回ゴム技術シンポジウム, 日本ゴム協会, 東京, 1995, pp. 49-65.
- 21) 辻本吉寛, 今村祐嗣: 第56回日本木材学会大会研究発表要旨集, 秋田, 2006, p. 80.