

窓枠用塩化ビニル樹脂の性能評価に関する屋外曝露試験(2年)と促進劣化試験との比較

正会員 ○松本 悠実*1

同 野口 貴文*2

同 高村 正彦*3

塩化ビニル樹脂	促進耐候性試験	屋外曝露試験
ラマン分光	色差	力学試験

1. はじめに

塩化ビニル樹脂をはじめとする高分子材料は化学的・電氣的に安定であり、また断熱性に優れるなど利点が多く、特に近年では日本における窓枠への応用が期待されている。一方で熱や紫外線への耐久性が課題となっており、塩化ビニル樹脂を用いた窓枠が普及するためには耐久性を定量的に把握すること、適正な劣化防止剤を選定することが必要である。

そこで、本研究では添加剤の異なる塩化ビニル試料に対して屋外曝露試験を行い、その性能を評価することとする。また、同試料に対して紫外線による促進劣化試験を行うことによって、屋外曝露試験との比較・検討を行い、性能を評価することを目的とする。

2. 実験

2.1 実験概要

塩化ビニル樹脂の劣化において生じる反応は、紫外線の照射による分子の切断や架橋、または光や熱により開始される酸化反応¹⁾である。従って、支配的な因子である紫外線に着目し、紫外線強さが異なる地域において屋外曝露試験および促進劣化試験を行い、各物性の相関関係を分析した。また、屋外曝露試験と促進劣化試験との関係性について検討を行なった。

2.2 試験体

本試験で用いる試験体は、窓枠用外装材に用いる塩化ビニル樹脂から作製したものである。塩化ビニル樹脂を基本とし、安定剤(Ca/Zn系、Pb系)および耐候助剤(ベンゾフェノン系 UVA)の成分比率の異なる4種類の試験体を用意した。成分表および試験体番号を表1に示す。

2.3 実験方法

屋外曝露試験および促進劣化試験を行い、それぞれの試験において化学的な指標の変化を測定した。また、色差測定、引張試験、衝撃試験を行い、化学的变化との相関性について検討した。

(1) 屋外曝露試験

紫外線強さが異なる2つの地域において屋外曝露試験を行った。曝露地は東京大学工学部1号館屋上(T)と、ウエザリングテストセンター宮古島暴露試験場(M)である。2015年6月から試験を開始し、現在も続行中である。

(2) 促進劣化試験

促進劣化試験としてメタルハライドランプ式耐候性試験機を使用した。試験概要を表2に示す。

表1 試験体成分(重量部)

試験体	試験体	①	②	③	④
		phr			
PVC	重合度1000	100	100	100	100
安定剤	Ca/Zn系	4.0	4.0		
	Pb系			4.0	4.0
強化剤	アクリル系強化剤	5.0	5.0	5.0	5.0
滑材	ポリエチレンワックス200	0.15	0.15	0.15	0.15
	エステル系内部滑剤	0.1	0.1	0.1	0.1
加工助剤	アクリル系加工助剤	1.0	1.0	1.0	1.0
充填剤	炭酸カルシウム	5.0	5.0	5.0	5.0
顔料	酸化チタン	7.0	7.0	7.0	7.0
耐候助剤	ベンゾフェノン系UVA	0.3		0.3	

表2 促進劣化試験の概要

光源	メタルハライドランプ
光学特性波長	295-450nm
紫外線照度	70-80mW/cm ²
有効照射面積	1200cm ² , 800×150mm
サイクル	照射: 50°C 50%RH 4h
	結露: 30°C 98%RH 4h
	休止: 50°C 50%RH 2h
促進劣化試験サイクル	0~2000 hours

(3) 化学分析

ラマン分光試験により、劣化させた試験体の内部の分子構造を解析した。本研究では、劣化指標としてポリエテン(-C=C-, 1512cm⁻¹)に着目し、各試験体についてポリエテンピーク強度を測定した。また、走査型電子顕微鏡により劣化表面の観察を行なった。促進劣化試験では劣化前、劣化後200、600、1200、2000時間に測定を行なった。屋外曝露試験では曝露1年後と2年後に測定を行なった。

(4) 色差測定

表面色は分光測色計を用いて測定し、測定時期は化学分析と同様である。

(5) 引張試験

JIS K 7162に基づき試験を行ない、降伏点応力を求めた。試験機の容量は50kN、引張速度は5mm/秒で行い、試験体はダンベル1BA型を用いた。促進劣化試験では劣化前、劣化後1200、2000時間に測定を行なった。屋外曝露試験では曝露1年後と2年後に測定を行なった。

(6) 衝撃試験

JIS K 7111に基づき、シャルピー衝撃試験を行なった。測定時期は引張試験と同様である。

3. 実験結果

3.1 化学分析結果

促進劣化試験における試験体④のポリエンピーク強度の測定結果および劣化前と劣化後の SEM 画像を図 1 に示す。屋外曝露試験における曝露 2 年後のポリエンピーク強度は、全ての試験体において劣化前の状態と同様に小さい。また、曝露地の差および成分による違いは殆ど見られなかった。促進劣化試験では、試験体①および②でポリエンピーク強度が小さい結果となった。安定剤と耐候助剤に着目すると、安定剤に Ca/Zn 系が使われ、耐候助剤が添加されている試験体においてポリエンピーク強度が小さいことから、これらがポリエン発生の抑制に関わっていると考えられる。また SEM 画像より、劣化後の試験体表面の凹凸が増加しており、特に宮古島で曝露を行なった試験体において顕著に観察された。

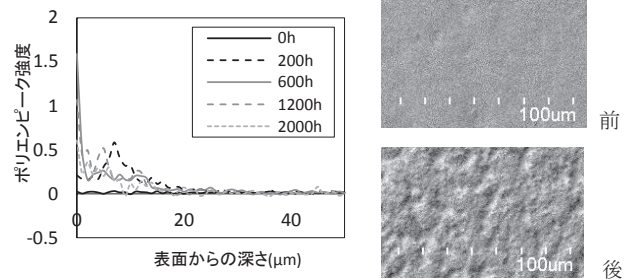


図 1 ポリエンピーク強度・SEM 画像（促進、④）

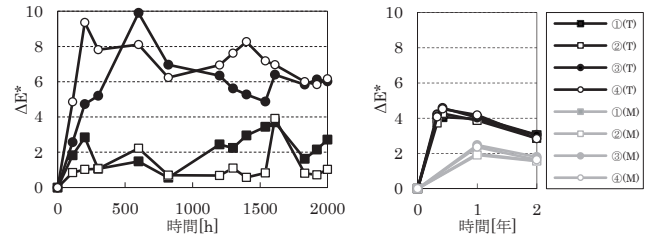


図 2 色差（左：促進劣化、右：屋外曝露）

3.2 色差測定結果

促進劣化試験および屋外曝露試験における色差（ ΔE^* ）の測定結果を図 2 に示す。促進劣化試験では、配合の違いによる差が顕著に現れた。全体的に Pb 系安定剤を用いた試験体③、④において色差が大きい結果となった。目視観察では促進劣化後は薄い黄色に変化しており、これは Δb^* が正の方向に変化していることと一致した。ラマン分光の結果と比べると、ポリエンピーク強度が大きく現れている 600 時間前後において、 ΔE^* および Δb^* の値が大きくなったことから、表面におけるポリエンの現象は色変化に密接な関係があるといえる。屋外曝露試験では、東京よりも宮古島における試験体の方が ΔE^* の値は大きくなり、目視においても試験体が黒っぽく変化していることが確認され、東京と宮古島の環境の違いによると思われるが、配合の違いによる色差は殆ど見られなかった。

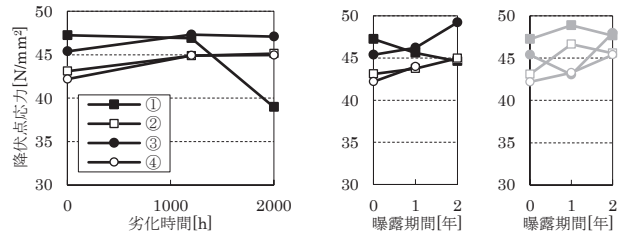


図 3 引張試験

（左：促進劣化、中央：東京、右：宮古島）

3.3 引張試験結果

降伏点応力の算定結果を図 3 に示す。促進劣化試験および屋外曝露試験どちらにおいても、降伏点応力の変化は殆どみられなかった。また、降伏点応力の大きさも両試験において同等であった。全ての試験体で JIS A 5558 に示されている性能の 36.8N/mm^2 以上の結果を示すことから、劣化後も窓枠用建材として十分な性能を保っていると考えられる。

3.4 衝撃試験結果

衝撃試験の結果を図 4 に示す。試験体③および④は試験体が破断せず正確な値を算出できなかったため、省略する。促進劣化試験および屋外曝露試験のどちらにおいても、劣化時間が増えるにつれシャルピー衝撃強度は減少し、その後増加した。衝撃強度の変化は両試験にて同様であった。屋外曝露試験に着目すると、同配合試験体において、宮古島で曝露した試験体の方が強度は若干大きい結果となった。紫外線による影響は宮古島の方が強い

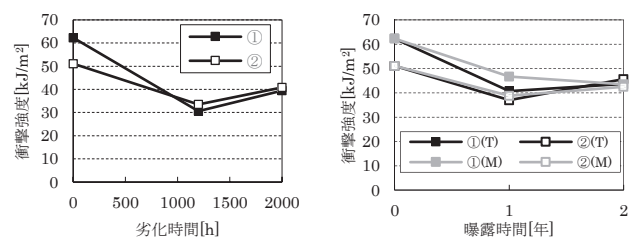


図 4 衝撃強度（左：促進劣化、右：屋外曝露）

と考えられるが、色差の傾向もふまえると、曝露期間 2 年では紫外線の影響はまだ大きくないと思われる。

4. まとめ

添加剤の条件の異なる塩化ビニル樹脂試験体に促進劣化試験と屋外曝露試験を行なった。色差およびラマン分光は、促進劣化試験と屋外曝露試験で異なる結果を示したが、力学的性質は劣化条件に関わらず同様な傾向を示した。また、本実験結果より、Ca/Zn 系安定剤は Pb 系安定剤と同等以上の性能を有していると言える。

謝辞

本研究の実施に際し、石橋亮様、高田遼様（YKK AP 株式会社）、木村智様、福田誠司様、川島淳一様（信越化学工業株式会社）、棚田裕様（東京大学）のご協力を得た。記して謝意を表す。

参考文献：リ沖慶雄：プラスチック材料の劣化，金属表面技術，24(4)，229-238，1973-04

*1 住友林業株式会社

*2 東京大学大学院工学系研究科

*3 塩ビ工業・環境協会

*1 Sumitomo Forestry Co., Ltd.

*2 Graduate School of Engineering, the University of Tokyo

*3 Vinyl Environmental Council