

繊維ロープの耐候性評価

原田 真^{*1}、加藤八郎^{*2}

Weathering evaluation of fiber ropes

Makoto HARADA and Hachirou KATO

Mikawa Textile Research Center, AITEC^{*1*2}

産業資材の中でも、屋外で使用されるロープは耐候性が重要な性能の一つである。ロープの寿命予測は、メーカーである産地業界の大きな目標であるが、これらの寿命予測は難しく、これまでロープの取り換え時期などの明確な基準がない状況である。そのため、耐候性との関わりで繊維ロープの寿命を予測する耐候性評価に関する研究は、産地業界から要望されてきた。本研究では、汎用ロープについて屋外暴露試験、促進劣化試験を行い、暴露時間と強度低下の相関性を探った。

1. はじめに

平成7年の製造物責任法（PL法）施行以来、メーカー各社には製品の品質保証、信頼性保証がますます厳しく求められている。産業資材の中でも、屋外で使用されるロープは耐候性が重要な性能の一つであり、産地の企業からのこれらの耐候性に関する問い合わせは多い。

本研究では、市販の汎用ロープについて屋外暴露試験、促進暴露試験を行い、暴露時間と強度低下の相関性を求める。しかし、ロープの各種性能は、原料樹脂の特性、原糸の紡糸条件、ロープ製造時の諸条件により異なるため、今回の結果によって、全ての素材・ロープについての統一的な見解を示すことはできないが、一般的な傾向を探る参考資料として報告する。

2. 実験方法

2.1 試料

本研究に用いた試料は以下に示す6種類のロープで、呼称太さは全て12mmである。

ポリエチレン（グリーン、ブラック）
ポリプロピレン特殊モノフィラメント
ナイロン、ポリエステル、ビニロン

2.2 試験条件

・屋外暴露試験

当センター屋上に於て無緊張状態で試料を設置して、平成14年6月から試験を開始した。

暴露時間 0.5年、1年、1.5年、2年

・促進暴露試験

JIS L 1096 サンシャインイガ-メーカー（S80HB型、スカ試験機株）

暴露時間 300時間、600時間、900時間、1200時間

2.3 評価方法

・強伸度測定

ロープ 定速緊張形（ロープ引張試験機 HTH-10A、
（株）島津製作所）

つかみ間隔約50cm、引張速度15cm/分

ヤーン JIS L 1013

つかみ間隔20cm、引張速度20cm/分

・熱分析（TAS-100、（株）リガク）

・赤外吸収スペクトル測定（フーリエ変換赤外分光光度計 FTIR-8300、（株）島津製作所）

・表面の色相変化の測定（測色機 CM-3600d、ミノルタ（株））

3. 実験結果及び考察

3.1 強伸度

本研究に用いた各種ロープの耐候試験前の物性値を表1に示す。

表1 試料の物性値

	引張強さ (kN)	伸び率 (%)	実測太さ (mm)	リード (mm)
ポリエチレン・グリーン	12.7	24.5	11.8	47.0
ポリエチレン・ブラック	15.0	37.5	13.0	36.0
PP 特殊モノフィラメント	22.6	22.0	12.1	39.3
ナイロン	36.8	49.0	12.1	30.0
ポリエステル	24.4	27.5	13.0	34.0
ビニロン	15.9	26.5	12.7	33.0

図1、2に屋外暴露時間と強度保持率、伸度保持率との関係を示す。多くの素材で暴露時間が増加するにしたがって強度低下の進行が確認できるが、ポリエチレンはグリーン、ブラック共に、1.5年まで強度が増加する傾向が表れている。伸度もポリエチレンは他の素材と異なり、暴露時間が増加しても低下が見られず、特にブラックでは大幅に伸度が増加している。この原因として、添加されている顔料（特にブラック）が紫外線を吸収することによって、ポリエチレン自身の劣化を防いだことに加え、試験開始時期は夏にあたり気温がかなり上昇したことで、強風やロープ自身の重さによって張力を受けたことが、分子配向やヤーンの引きそろえにつながり、強度の増加につながったと考えられる。

強度低下はPP特殊モノフィラメントが最も著しく、半年で初期の半分近くまで低下し、その後も緩やかに低下している。伸度も半年で大幅に低下していることが確認できる。高分子の劣化は300~400nmの紫外線と空気中の酸素による酸化反応によって引き起こされ、その反応速度は温度が高いほど大きくなることはよく知られている。PP特殊モノフィラメントの強度がこのように半年で半減したことの理由として、試験開始時期が6月であり太陽光のエネルギーが強かったことと気温が高かったことが一番の理由と考えられる。また、ロープメーカーからの情報でこのロープはワンウェイ用であり、紫外線吸収剤などの耐候性向上剤はほとんど添加されていないこともわかり、PP特殊モノフィラメントにおいて耐候剤の必要性を再認識する結果となった。

この試料について、ストランドの外側ヤーンと内側ヤーンに分けて強度低下の状態を調べたところ、内側ヤーンはほとんど強度低下が認められないのに対し、外側ヤーンはロープと同じ強度低下の傾向を示した。

図3、4に促進暴露時間と強度保持率、伸度保持率との関係を示す。ポリエチレンブラックは1200時間暴露後もほとんど強度が低下していない。しかし、屋外暴露で見られた様な強度の増加は起きなかった。伸度は他の素材と大きく異なり、暴露時間が増加するにしたがって伸度が増加した。ポリエチレングリーンは、600時間以降から強度低下が進み、顔料の違いによる差が顕著に表れた。ポリエステルの強度低下も少なく、900時間までほとんど強度低下が見られなかった。促進暴露の場合もPP特殊モノフィラメントの耐候性が最も悪かった。促進暴露後の各種ロープについて、ストランドの外側ヤーンと内側ヤーンに分けて強度低下の状態を調べたところ、全てのロープにおいて外側ヤーンはロープ自身の場合と類似した強度低下の傾向を示し、内側ヤーンは

ほとんど強度低下が認められなかった。

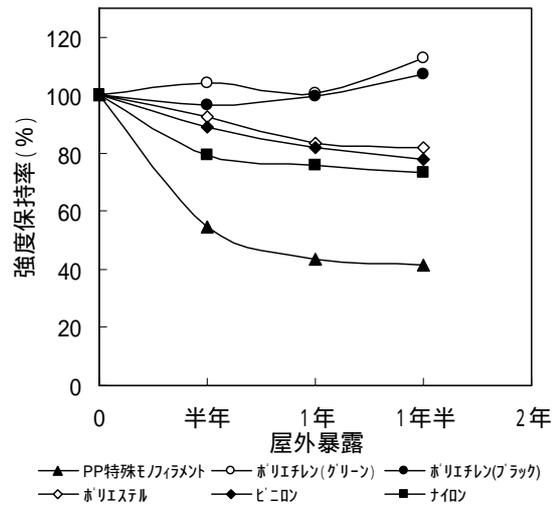


図1 屋外暴露時間と強度保持率との関係

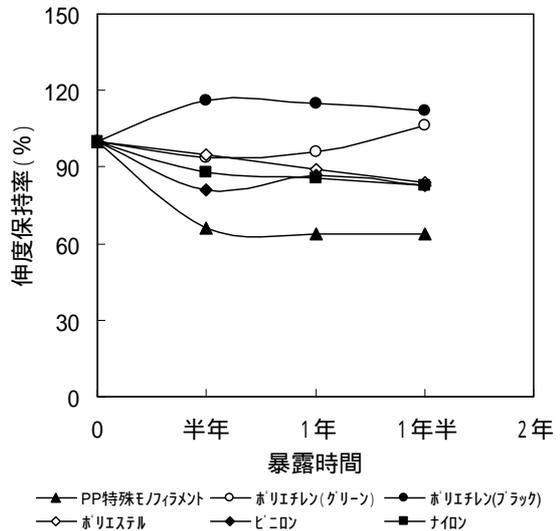


図2 屋外暴露時間と伸度保持率との関係

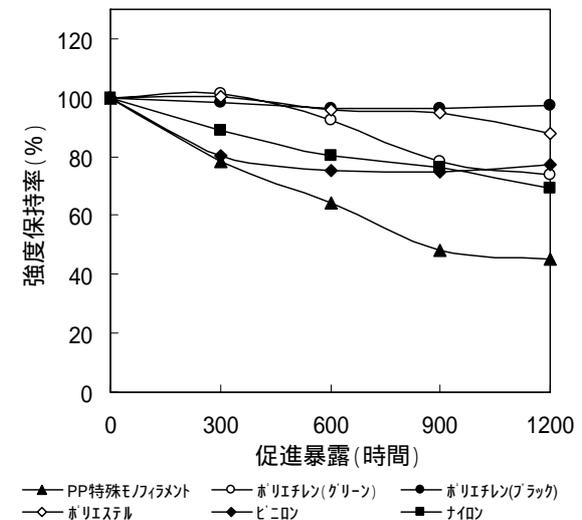


図3 促進暴露時間と強度保持率との関係

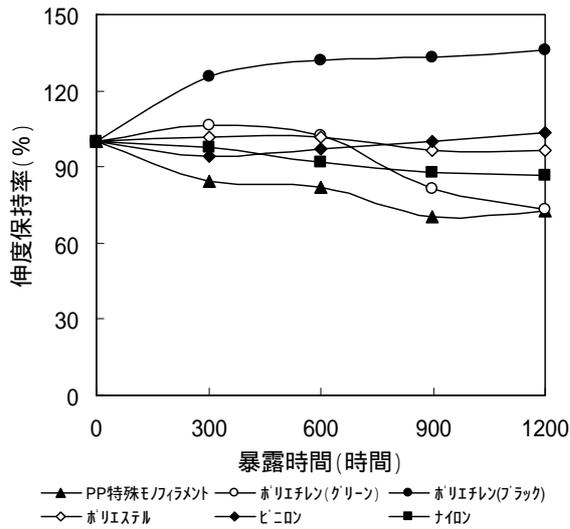


図4 促進暴露時間と伸度保持率との関係

これら強度低下の結果から見た各素材の屋外暴露と促進暴露の相関関係を図5に示す。素材ごとに全く異なった相関となっていることがわかる。ポリエチレンについては、グリーン、ブラックともに屋外暴露における強度低下が1.5年の時点で現れなかったため、相関を求めることができなかった。

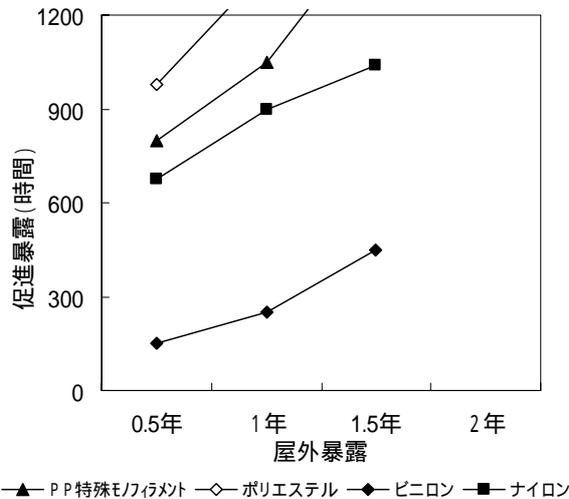


図5 強度低下から見た屋外暴露時間と促進暴露との相関

3.2 熱分析

暴露後の熱分析結果の一例としてPP特殊モノフィラメントのDSC曲線を図6、7に示す。屋外暴露、促進暴露ともに、時間の増加とともに融点が低温側にシフトしていることが確認できる。これは劣化による分子量の低下が生じたためと考えられる。また、融解熱に注目してみると、暴露時間の増加とともに融解熱は減少してお

り、この傾向は屋外暴露、促進暴露ともに現れている。

しかし、ほかの素材では、屋外暴露、促進暴露ともにDSC曲線に変化は確認できなかった。暴露によって著しい強度低下を示したPP特殊モノフィラメントについてのみDSC曲線の大きな変化が現れた。

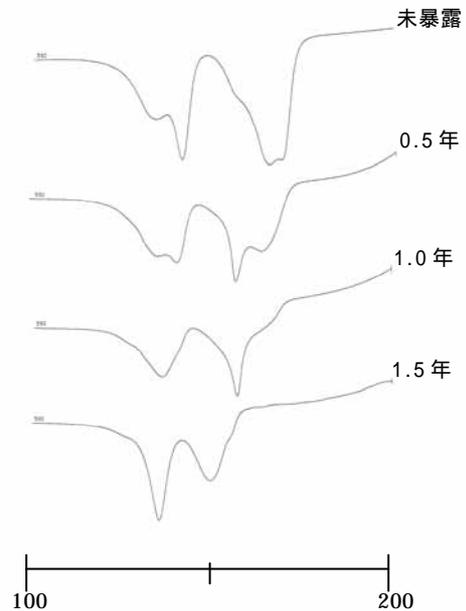


図6 PP特殊モノフィラメントのDSC曲線(屋外暴露)

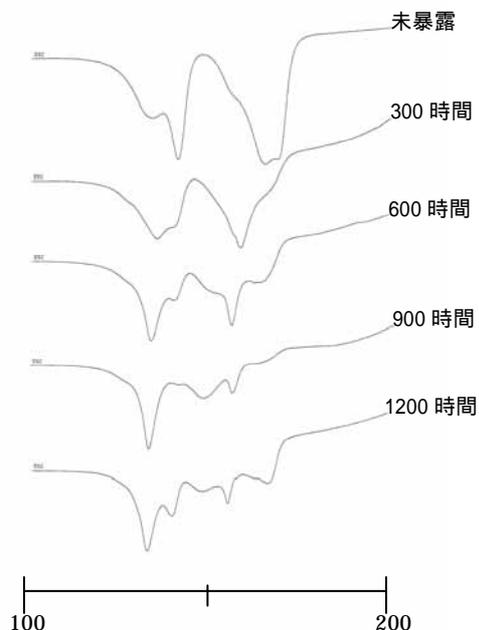


図7 PP特殊モノフィラメントのDSC曲線(促進暴露)

3.3 赤外吸収スペクトル

一例としてPP特殊モノフィラメントの赤外吸収スペクトルを図8に示す。屋外暴露、促進暴露ともに、 1720 cm^{-1} 近辺にカルボニル基の生成が確認できる。また、暴露時間が増すに従って、カルボニル基の生成量が増加していることも確認できる。

しかし、同じポリオレフィンであるポリエチレンでは、強度低下の見られた促進暴露後のグリーンでカルボニル基の生成が確認できたが、生成量は少なく、暴露時間による生成量の違いは見られなかった。ブラックでは強度低下も見られなかったが、カルボニル基の生成は確認できなかった。

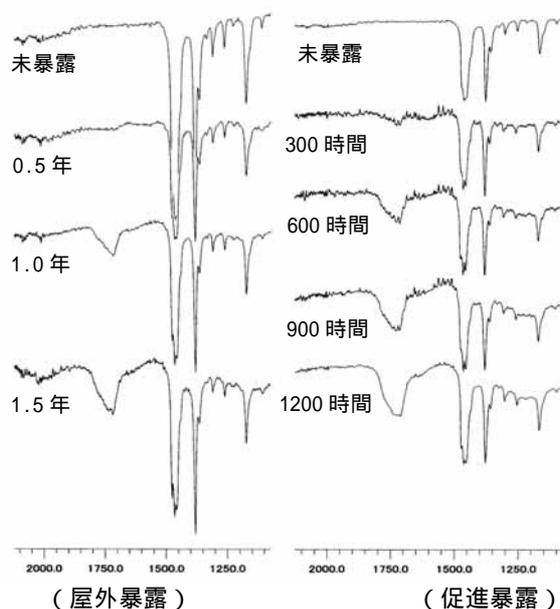


図8 PP特殊モノフィラメント赤外吸収スペクトル測定

3.4 暴露試験後のロープ表面の調査

屋外暴露、促進暴露ともに、試験後のロープの表面形状、手触り、固さなどに大きな変化が確認できた。PP特殊モノフィラメントは表面が毛羽立つようなチョーキングを示し、暴露時間が多くなるにしたがって毛羽立ちは激しくなった。ナイロン、ポリエステル、ビニロンでは、屋外暴露半年、促進暴露300時間から硬化が見られ、暴露時間が増加するにしたがって固さは増加した。

ロープ表面の色相に注目すると、屋外暴露のサンプルは表面に黒鉛の煤の様な汚れがかなり付着し、一部で黄変も見られた。ポリエチレングリーンでは屋外暴露、促進暴露ともに表面の色相の明らかな変化が確認できたため、表面の反射率分布を測定し、この変化量から屋外暴露と促進暴露の相関を求めた。その結果を図9に示す。屋外暴露1年に相当する促進暴露時間数は約480時間

となった。このように、暴露時間と色相の変化を統計的にとらえ、その関係データを蓄積していけば、材料の寿命予測のインジケータとしての利用の可能性が見えてくると思われる。

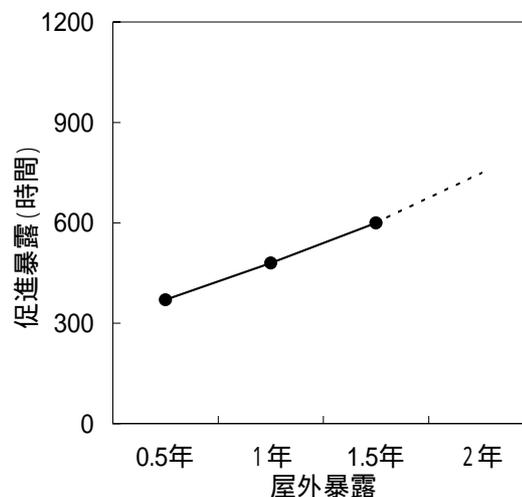


図9 色相の変化から見た屋外暴露時間と促進暴露と相関(ポリエチレングリーン)

4. 結び

今回、市販の各種素材の呼称太さ12mmのロープについて、屋外暴露試験、促進暴露試験を行い、暴露時間と強度低下の相関性を探った。その結果、下に示す結果が得られた。

- (1) 強度低下の面から見た屋外暴露1年に相当する促進暴露時間数は、PP特殊モノフィラメントが約1000時間、ビニロンが約300時間、ナイロンが約900時間であった。
- (2) ポリエチレンについては、屋外暴露における強度低下が1.5年の時点で現れなかったため、相関を求めることができなかった。
- (3) ポリエチレングリーンについて色相の変化から見た相関は、屋外暴露1年に相当する促進暴露時間数は約480時間であった。

耐候性などロープの各種性能は、原料樹脂の特性、原糸の紡糸条件、ロープ製造時の条件など様々な要素と複雑に関連するため、今回の結果が全ての素材・ロープについての統一的な見解を示すことはできないが、一般的な傾向を探る参考資料として報告する。

文献

- 1) 杉浦清治、沢田克行、松原晃：三河繊維技術センター研究資料、
- 2) 大澤善次郎ほか：高分子材料の長寿命化と環境対策、(2000)CMC 出版