

# 繊維ロープの劣化特性とリユース

加藤和美<sup>\*1</sup>、丹羽隆治<sup>\*2</sup>

## Degradation characteristics and reuse of textile ropes

Kazuyoshi KATO and Takaharu NIWA

Mikawa Textile Research Center,AITEC<sup>\*1</sup> Owari Textile Research Center,AITEC<sup>\*2</sup>

使用済み繊維ロープの劣化特性について試験した結果、底曳用ロープは磨耗による劣化が激しかった。養殖、定置、陸上用ロープについては外見上の傷みはあまり見られなかったが、外ヤーンは内ヤーンより強度低下しているものが多かった。また、未使用のPPロープについて各種劣化試験後の劣化特性を調べたところ、促進耐候試験、屋外耐候試験、屈曲試験、磨耗試験において外ヤーンは劣化が大きく、内ヤーンの劣化は少なかった。劣化の少ない内ヤーンを使用してリユースロープを試作したところ、JIS規格値以上の強度を有していた。

### 1. はじめに

現在、環境に優しい社会や生産システムの確立が強く叫ばれている。産業資材業界でも廃棄物の低減化や、使用済み繊維ロープ・ネット等の資材製品の回収等に努めなければならなくなっている。これらの使用済み回収製品は摩耗、日光、風雨、繰り返し疲労等により劣化しているため、ペットボトルのように単純にリサイクルできない。そこで、繊維ロープのリサイクルの可否を判断するために、使用済み繊維ロープの劣化度の測定及び未使用ロープに対して各種劣化試験を行い、物性等に与える影響について研究した。さらにリユースについても検討をおこなった。

### 2. 実験方法

#### 2.1 試料

ポリプロピレン特殊モノフィラメントロープ

(PPロープ、GG色、18mm径、10mm径)

使用済み繊維ロープ

(PP:6、PE:3、ポリエステル:7、ナイロン:5)

#### 2.2 強伸度試験

ロープ自身の強伸度の他に、ストランド内側ヤーン(内ヤーン)とストランド外側ヤーン(外ヤーン)に分けてヤーン強度も測定する。

ロープ：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

#### 2.3 促進耐候試験

JIS L 1096

サンシャインウェザーメータ

ブラックパネル温度 63±3

#### 2.4 屋外耐候試験

当センター本館屋上フェンスに試料を取り付けて試験した。18mm径PPロープは平成14年5月から、10mm径PPロープは平成13年8月より(一部は平成11年8月より)試験を開始した。

#### 2.5 屈曲試験

18mm径PPロープをロープ屈曲試験機(株式会社川鉄工所製)を使用し、次の条件で試験した。

屈曲角度：60°×2

屈曲速度：30回/分

荷重：50kg

#### 2.6 磨耗試験

18mm径PPロープをロープ磨耗試験機(株式会社川鉄工所製)を使用し、次の条件で試験した。

磨耗子：硬質菱目仕上げローレット 24

荷重：10kg

#### 2.7 繰り返し引張試験

ロープ引張試験機(株式会社島津製作所製 HTH-10A)を使用し、18mm径PPロープを引張破断強度(54kN)の50%の引張荷重と5%の引張荷重の間で100サイクルの繰り返し引張りを行った。

#### 2.8 溶融流動性試験

キャピログラフ(株式会社東洋精機製作所製 1C)を用いて劣化試験前後の溶融粘度を測定した。

#### 2.9 分子構造変化の測定

フーリエ変換赤外分光光度計(株式会社堀場製作所製 FT-200)を使用してカルボニル基の生成を調べた。

\*1 三河繊維技術センター 開発技術室 \*2 尾張繊維技術センター 加工技術室

### 3. 実験結果及び考察

#### 3.1 使用済み繊維ロープの物性

使用済み繊維ロープの内ヤーンと外ヤーンの引張強度を図1に示す。斜線上が内外のヤーン強度がバランスのとれているところである。底曳用ロープは摩耗により、外ヤーンの損傷が激しい。養殖、定置網、陸上用ロープは外見上の傷みはあまりみられないが、外ヤーンは内ヤーンより強度低下しているものが多い。

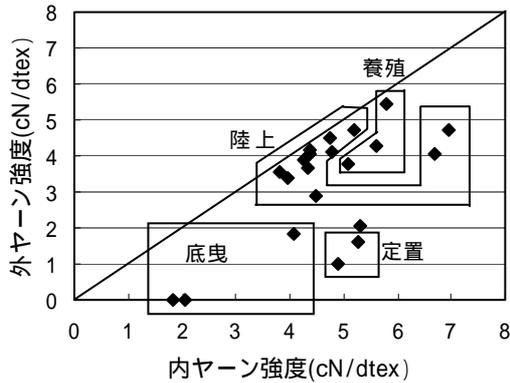


図1 使用済みロープのヤーン強度

#### 3.2 促進耐候試験

図2に促進耐候時間と強度保持率の関係を示す。耐候時間の増加とともに外ヤーンは強度低下していくが、内ヤーンはほとんど低下しない。ロープの強度保持率は外ヤーンと内ヤーンの間を示した。

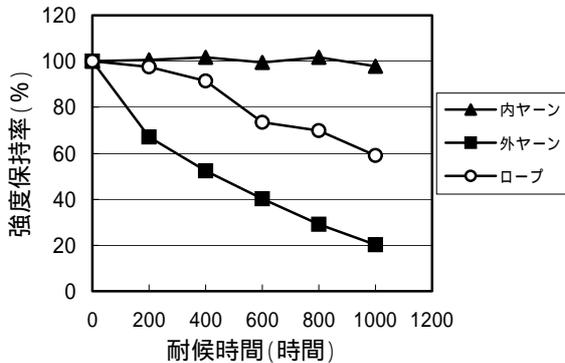


図2 18mmPP ロープ促進耐候試験と強度保持率

#### 3.3 屋外耐候試験

図3に18mmPPロープの9ヶ月間の屋外耐候試験結果を、図4に10mmPPロープの3年間の屋外耐候試験結果を示す。どちらも外ヤーンの劣化はおきているが、内ヤーンの劣化はほとんどみられない。10mmPPロープの3年耐候後は、ロープ表面に毛羽立ちが多量にみられ、かなりひどい状態であった。外ヤーンの強度保持率も8%まで低下していたが、内ヤーンの強度保持率は93%であり、

内ヤーンの劣化は少なかった。

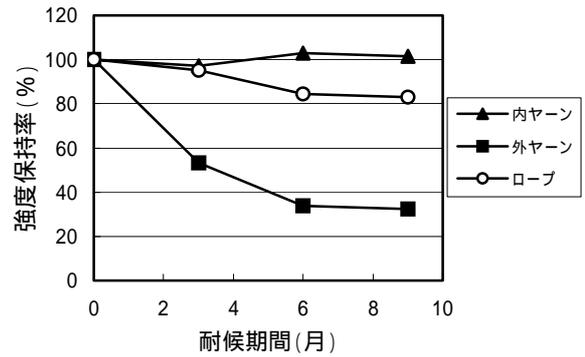


図3 18mmPP ロープ屋外耐候試験と強度保持率

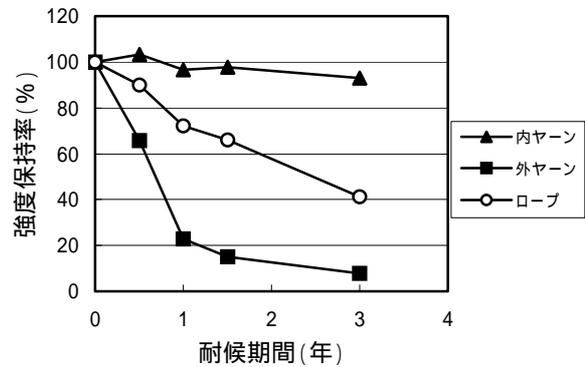


図4 10mmPP ロープ屋外耐候試験と強度保持率

#### 3.4 屈曲試験

図5に屈曲回数と強度保持率の関係を示す。屈曲試験では、ロープのストランドが相互に摩擦されて主に外ヤーンが損傷するが、内ヤーンも屈曲の影響で強度低下がおきる。

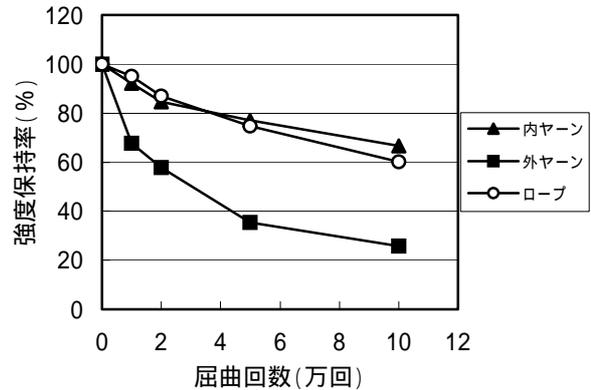


図5 18mmPP ロープ屈曲試験と強度保持率

#### 3.5 摩耗試験

図6に18mmPPロープの摩耗回数と強度保持率の関係を示す。摩耗では外ヤーンが損傷を受けて強度低下する。

外ヤーンの摩耗とともにロープ強度も低下していくが、内ヤーンの摩耗が始まる（6,000回）と急激にロープ強度は低下し、この後7,000回前後でロープが破断した。

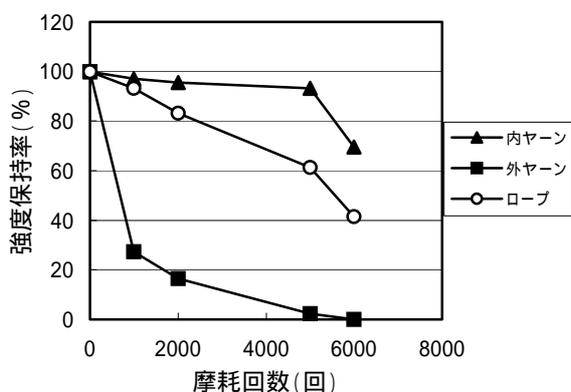


図6 18mmPP ロープ摩耗試験と強度保持率

### 3.6 繰り返し引張試験

繰り返し引張試験と強伸度保持率を図7に示す。外ヤーン、内ヤーン、ロープともに強度は少し向上し、伸度が低下する。これは繰り返し引張により延伸されたためと考えられる。特にロープの伸度が低下するが、これは繰り返し引張による延伸効果とヤーンの引きそろえの相乗効果によるものと考えられる。

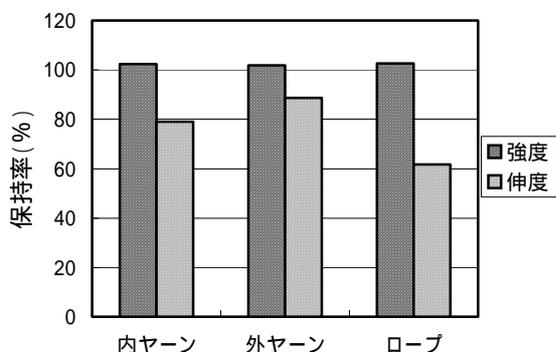


図7 18mmPP ロープ繰り返し引張試験と強伸度保持率

### 3.7 溶融流動性試験

屋外耐候試験 10mmPP ロープ外ヤーンの溶融流動性試験結果を図8に示す。1年耐候品ではblankとの差は少ないが、3年耐候品はblankに比べ、溶融粘度の低下が見られる。しかし、マルチフィラメント用ポリプロピレンより粘度は高く、分子量の低下は見られるが、大きな低下ではないと考えられる。内ヤーンについてはここでは図示しないが、溶融粘度の変化は殆ど見られなかった。

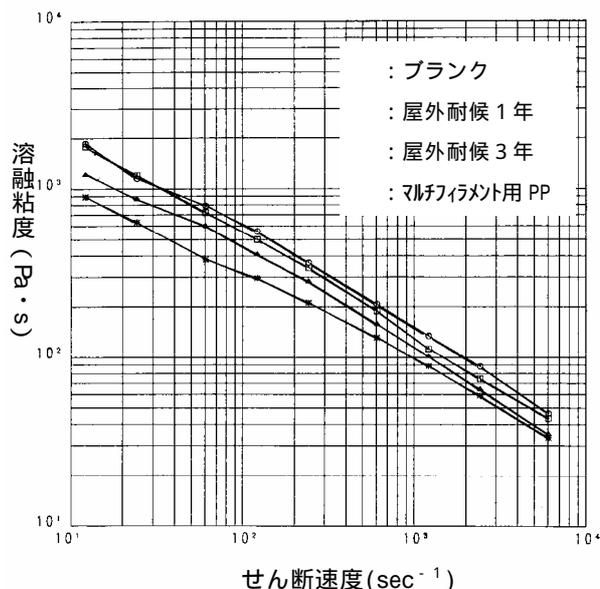


図8 10mmPP ロープ外ヤーン溶融流動性

### 3.8 FTIR 測定

屋外耐候試験 10mmPP ロープ外ヤーンの FTIR 測定結果を図9に、ロープ表面の測定結果を図10に示す。酸化反応により生成するカルボニル基(1715cm<sup>-1</sup>)が生成している。生成量はロープ表面の方が多く、主に光劣化により表面にカルボニル基が生成するものと考えられる。

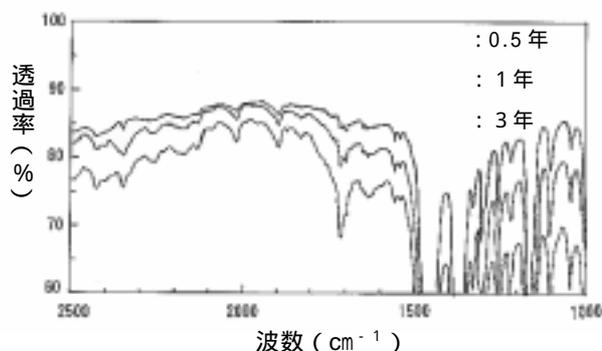


図9 屋外耐候 10mmPP ロープ外ヤーン FTIR 測定結果

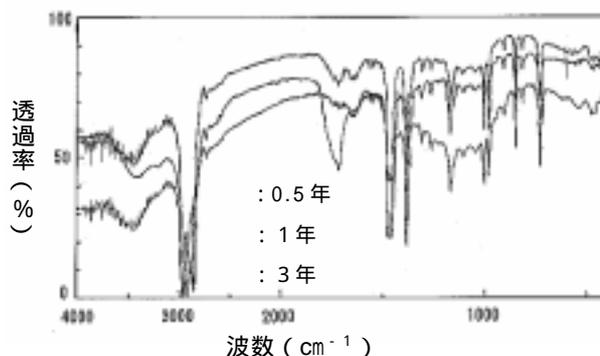


図10 屋外耐候 10mmPP ロープ表面 FTIR 測定結果

### 3.9 リユースの検討

ここまでの研究により繊維ロープの内ヤーンは劣化が少ないことが判明した。そこで、内ヤーンを再利用する方法を検討した。内ヤーンはロープのストランドから比較的簡単に取り出すことができる。この取り出した内ヤーンを撚り合わせてリユースロープを試作した。18mm 径 PP ロープから 12mm 径のリユースロープが、使用済み 16mm 径 PP ロープ、16mm 径ナイロンロープからそれぞれ 11mm 径のリユースロープが試作できた。試作したリユースロープの引張強さを図 11 に示す。9ヶ月屋外耐候 18mm 径 PP ロープから製造した 12mm 径リユースロープは未使用品から製造した PP ブランクリユースロープの 95%の強度を有していた。このロープは JIS 規格値や日本フレキシブルコンテナ工業会 (JFC) 規格値以上の強度を有していた。また、使用済み繊維ロープから試作した 11mm 径 PP リユースロープ、11mm 径ナイロンリユースロープも JIS 規格値以上の強度を有していた。

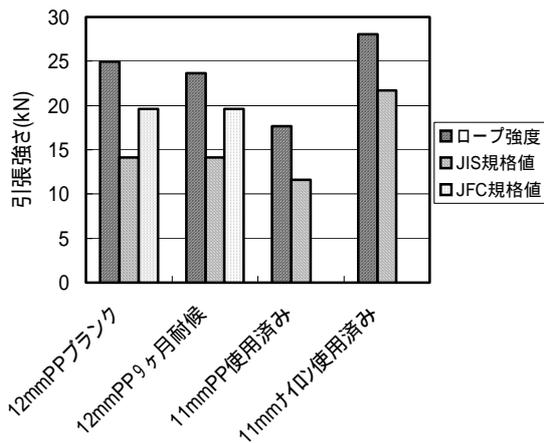


図 11 リユースロープの引張強さ

## 4. 結び

使用済みの繊維ロープの物性試験および未使用繊維ロープの各種劣化試験の結果、ロープは主にストランド外ヤーンが劣化することが判明した。また、劣化の少ないストランド内ヤーンを再利用することにより、十分に再使用可能なリユースロープが製造できることも確認できた。廃棄ロープの有効成分の選択利用の考え方が、廃棄物の減少と資源の有効利用のための参考になれば幸いである。

### 文献

- 1) 松原；三河繊維研究資料、209、(1975)
- 2) 杉浦ら；三河繊維研究資料、216、(1979)
- 3) 丹羽ら；三河繊維研究資料、227、(1984)
- 4) 丹羽ら；三河繊維研究資料、228、(1984)
- 5) 杉浦ら；三河繊維研究資料、233、(1987)