

# 金属編地を用いた耐熱性樹脂複合材の特性評価

多摩テクノプラザの複合素材開発セクターでは、撚糸技術など糸の形状を工夫することでこれまで困難であった金属繊維を編成した編物（以下、金属編地）を開発しました。金属編地の耐熱性と伸縮性を活かし、高温下で大きな変位が連続的に加えられるポリテトラフルオロエチレン（以下、PTFE）製ダイヤフラムへの利用を、株式会社永島パッキング製作所との共同研究により検討しました。PTFE製ダイヤフラムは高温下で使用することにより永久ひずみが生じるため、多くが使い捨てとなっています。そこで複数回の使用ができる製品を目指し、金属編地を基材としたPTFEとの複合材（以下、金属編地/PTFE複合材）の開発、および特性評価を行いました。

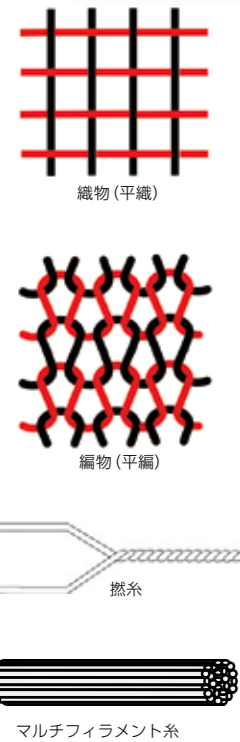


図1 織物・編物の違いと各糸形状

## 1. 金属編地の開発

織物は繊維が経緯（たてよこ）に直線的に配置され、優れた引張強度を有しています。一方で編物はループ状になった繊維が互いに連結した構造により伸縮性を有し、引張りや曲げの力に対して変形しやすく柔軟性があります（図1上）。従来は強化材として織物が多く用いられていますが、本研究では編物の特性に着目し、変位量大きいダイヤフラムなどの用途への応用について検討しました。

金属繊維は加工性、耐候性、コスト面からステンレス（SUS316）を選定しました。金属編地を基材としたPTFEとの複合材の厚さは想定用途を考慮して2.5mm～3mmを目標とし、金属編地の厚さは0.5mm以下を目標としました。

編成組織は編地が薄く、製造効率の良い平編を選択しました。金属繊維の単線

は編成が困難であるため、撚糸とマルチフィラメント糸を準備しました（図1下）。撚糸は合撚糸機を用いて線径0.1mmの単線2本を、撚り数200回/mにて作製しました。マルチフィラメント糸は線径0.012mmの単線が100本で構成される糸を用いました。

次に横編機を用いて金属編地を作製しました。編機のゲージは金属繊維を安定して編成でき、目的の厚さと密度を得られた10ゲージを選択しました。比較品として金属織物（平織、線径0.1mm、100メッシュ）を用意しました。

## 2. 金属編地の特性評価

変位量と破裂強度の評価として、JIS L1096 破裂試験B法を基に試料表面と試験治具（押し棒）が接した点を基準点とし、破断までの変位量と応力を計測しました（図

2）。試料は撚糸とマルチフィラメント糸で作製した金属編地2種、および比較として金属織物を用いました。低変位領域における荷重、および破断強度よりマルチフィラメント糸を用いた金属編地を選定しました。選定した金属編地は10mm程度の変位量においてほとんど荷重が加わっていないことがわかりました。一方で織物は硬く伸びがないため、変位量大きい用途には適していないことがわかりました。

## 3. 複合化、および複合材の特性評価

破裂試験の結果から選定したマルチフィラメント糸を用いた金属編地と、PTFEとの複合化を行いました（金属編地/PTFE）。はじめに複合化の際、金属編地にひずみが生じないように金属製の治具を作製して編地を固定しました。これを容器内へ設置し、PTFE原料を充填して高温高圧化で複合化した後、目標の厚さ3mmに加工しました。作製した複合材についてX線CT装置を用いて透過像を確認し、金属編地が試料中間に配置され、ひずみや目寄れがなく成形されていることがわかりました（図3）。

複合材の特性を評価するため、高温炉付きの万能試験機を用いて200℃にて破裂試験を行いました。試験治具は金属編地の特性評価と同じ規格に従い高温試験用に自作しました。試料は金属編地/PTFE複合材と、比較として複合材と同じ厚さ（3mm）のPTFE単体、およびガラス繊維フィラーが20wt%複合されたPTFE（PTFE/GF20%）を用いました。その結果、金属編地/PTFE複合材はPTFE単体と比較して破断強度が30%程

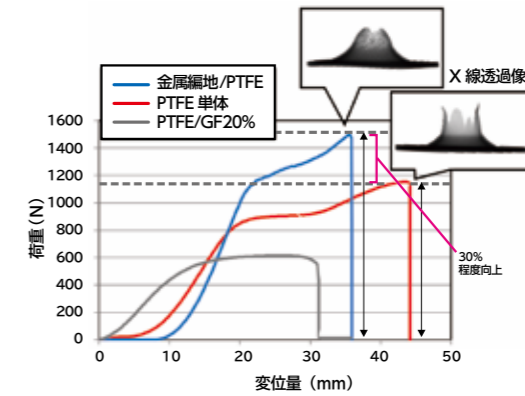


図4 破裂試験（200℃）と破断後X線透過像

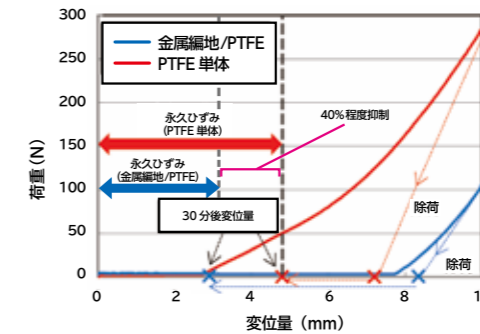


図5 10mm変位における永久ひずみ（200℃）

度向上していることがわかりました（図4）。またX線透過試験により破断後の試料を観察した結果、金属編地/PTFE複合材は変形が抑制されていることがわかりました。

次に200℃にて上述の破裂試験治具を用いてダイヤフラム使用環境を想定した変位量（10mm）を加えた後に除荷させました（図5）。PTFE単体は3mm程度の変位によって応力が生じ、除荷後30分後の変形量を計測したところ、4.8mmの残留ひずみが確認されました。金属編地/PTFE複合材は8mm程度の変位ではほとんど応力がかからず、10mm変位での永久ひずみも40%程度向上する（抑制する）ことがわかりました。以上より、マルチフィラメント糸を用いた金属編地を複合することで高温下の破断強度が向上し、永久ひずみを抑制できることがわかりました。

### 〈担当者コメント〉 今後の応用展開

変位の大きい材料でも、編物材料を強化材として用いることで物性の向上が期待できます。また伸縮性に優れることから形状の複雑な材料などへの応用も考えられます。金属以外にもさまざまな繊維を用いた編地の開発が可能です。

複合素材開発セクター  
副主任研究員  
唐木 由佑

### ■ お問い合わせ

複合素材開発セクター  
〈多摩〉

TEL 042-500-1292

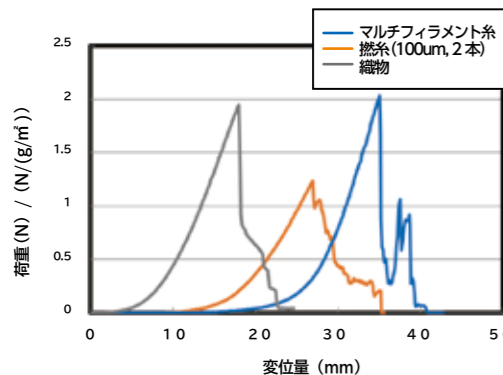


図2 破裂試験結果

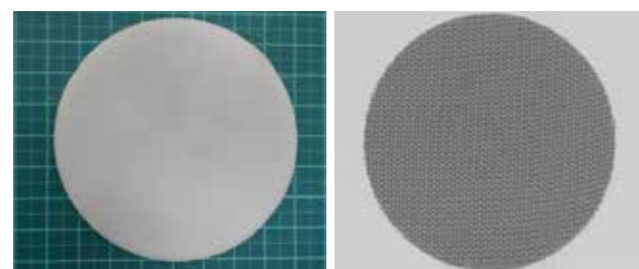


図3 成形品外観（左）およびX線透過像（右）

### Key Point

#### 編物（ニット）複合材について

PTFEは高温下における破断強度が小さく、弾性域内であっても連続使用によって永久ひずみが生じます。静的に使用するガスケット（密閉シール）などは、耐クリープ性を目的としたフィラーや織物との複合材が用いられますが、本研究では編物の伸縮性に着目し、動的に使用するダイヤフラムなどへの複合化を検討しました。ダイヤフラムはポンプ材料などに用いられますが、高温下での変形を抑制することで性能低下を防ぐことができます。金属以外の繊維を使用したり、編組織（編物の構造）を変化させることで、用途に応じて物性を制御できる可能性があります。

