

## 炭素繊維強化 PEEK 樹脂の摩擦構造変化と摩擦特性への影響

## Transformation of Carbon Fiber Reinforced PEEK under Friction

兵庫県大・工（正）\*松本直浩 兵庫県大・工（非）荒砂心愛

兵庫県大・工（正）田中芹奈 兵庫県大・工（正）木之下博

Naohiro Matsumoto\*, Kokoa Arasuna\*, Serina Tanaka\*, Hiroshi Kinoshita\*

\*University of Hyogo

## 1. はじめに

樹脂材料は軽量で加工性が高く、摩擦材料としての活用が拡大している。樹脂を摩擦材料として用いる場合、耐摩耗性の向上を目的として頻繁に炭素繊維による補強が行われている。一方、樹脂-炭素繊維複合材料の摩耗プロセスは、①母材樹脂の摩耗、②炭素繊維の摩耗、③炭素繊維の脱落、等が関与した複雑なプロセスにより進行することから、高面圧で炭素繊維による耐摩耗効果が得られやすいなど、摩擦条件により耐摩耗効果に大きな変化が現れる<sup>1)</sup>。本研究では、高温で利用可能な PEEK 樹脂を炭素繊維強化した試料を用いて、特に高面圧な摩擦条件下における、摩擦面の構造変化について、炭素繊維の形状変化と樹脂の組成変化に着目して、摩耗メカニズムを検討した。

## 2. 実験方法

PEEK 樹脂、および炭素繊維強化 PEEK 樹脂（炭素繊維 30 wt%: PEEK-CF30%）は、ダイセルエボニック株式会社より提供いただいた試料を使用し、射出成型により得られた板状試料（板厚 1.6mm）を用いた。試料表面粗さは研磨により  $Sa=0.2\ \mu\text{m}$  に調整し摩擦試験に用いた。

摩擦試験は、往復摺動摩擦試験によって、摩擦相手材として直径 2 mm の SUS304 球を速度 300 rpm（最大速度 0.04 m/s）、距離 2.5 mm の条件で樹脂試料上を往復摺動させた。荷重は最大 3N を重りにより負荷し、初期のヘルツ最大接触圧は 140 MPa とした。摩耗量はレーザー顕微鏡により樹脂摩耗痕の体積を評価した。摩擦回数における比摩耗量は、摩耗体積を荷重とトータルの摩擦距離で除して求めた。

摩擦後の樹脂中の炭素繊維の状態変化を光学顕微鏡により観察した。観察画像を用いて、炭素繊維露出部分の長さ、単位面積当たりの個数を測定した。また、摩擦による母材樹脂の局所的な組成変化を顕微 FTIR の ATR 測定により評価した。

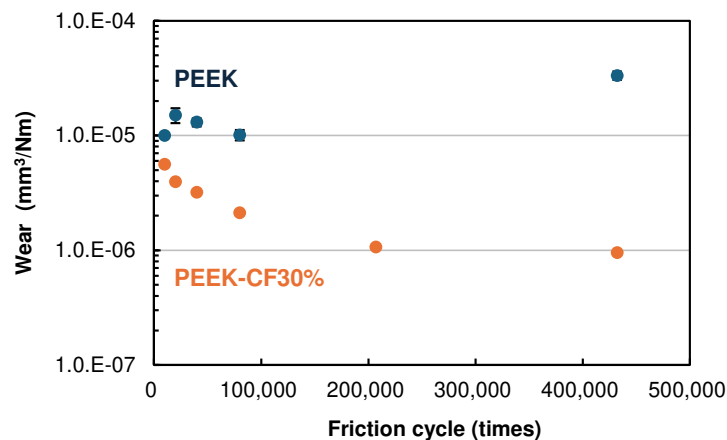


Fig. 1 Wear transition of reciprocating friction tests

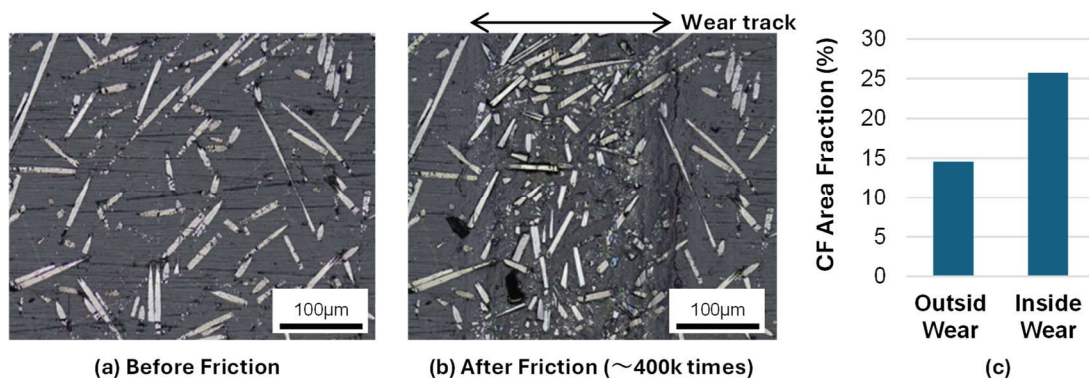


Fig. 2 PEEK-CF30% surface of (a) before and (b) after friction tests at same area. (c) Change in CF area fraction.

### 3. 結果と考察

Figure 1 に摩擦回数による摩耗量変化を示す。PEEK 樹脂では、摩擦回数に対して概ね一定の摩耗が進行するのに対して、PEEK-CF30%では、摩擦開始時には PEEK と同等の摩耗量を示したのち、摩擦回数の増加によって摩耗速度が低下した。これは、摩擦中の摩耗進展による接触面積の増加に加えて、炭素繊維強化 PEEK では、摩擦により表面の PEEK-CF 複合構造の変化が影響したものと考えられる。

Figure 2 は往復摩擦約 40 万回後の PEEK-CF30%の炭素繊維の状態を観察したものである。なお、摩擦方向は垂直方向であり、矢印は摩耗痕幅を示している。摩擦により、摩耗痕の内部において炭素繊維の破断が生じ、長さが減少した炭素繊維数が増加した。さらに観察画像から、表面に露出している炭素繊維の割合を評価したところ、摩擦後に炭素繊維の面積率が約 10%増加することが分かった。このように、高面圧な摩擦により、繊維の破断が進行するだけでなく、摩擦部で炭素繊維濃度が増加することが明らかとなった。繊維の破断や脱落の挙動を明らかにするため、繊維数の変化の定量的評価を試みた。

Figure 3 は、摩擦前後の複合材料の構造変化として、炭素繊維の形状および個数変化と、母材樹脂の化学構造変化を評価した結果を示す。Fig. 3(a)は、炭素繊維長さごとに、摩擦回数による個数変化をまとめたものである。摩擦回数による本数の変化を見ると、繊維長 30 $\mu\text{m}$  を境に、傾向の変化が確認された。繊維長 30 $\mu\text{m}$  以上では、摩擦回数 20 万回以上において、顕著に個数が減少した一方、繊維長 30 $\mu\text{m}$  以下では、個数が増加またはほぼ一定を推移した。特に約 40 万回での、繊維長 30 $\mu\text{m}$  以上の減少数に対して、30 $\mu\text{m}$  以下の増加数が少ないことから、繊維長 30 $\mu\text{m}$  以上では繊維破断により樹脂からの脱離が起こりやすくなることを示唆するものと考えられる。一方、Fig. 3(b)に示す FTIR 測定結果から、摩擦前後で大きな変化は見られないことから、母材 PEEK 樹脂は、摩擦中に酸化などにより構造変化しないことが分かった。

このような摩擦構造変化が明らかになったことから、炭素繊維強化 PEEK 樹脂で見られた、摩擦による摩耗速度の低下は、脱離しにくい 30 $\mu\text{m}$  以下の炭素繊維が増加した結果、表面の炭素繊維の割合が増加し、母材 PEEK 樹脂の摩耗が抑制されたことが、要因として考えられる。

### 4. おわりに

炭素繊維は直径が様であり、形状変化を定量的に評価しやすいことから、樹脂の耐摩耗性を高めるフィラー材料の耐摩耗メカニズムや、フィラーに求められる材料特性明確化のための、モデル材料として非常に適している。また、炭素繊維は固体潤滑性を発揮できる、炭素構造であり、モデル材料としてのみでなく、構造の最適化によりまだまだ摩擦フィラー材料として、耐摩擦摩耗ポテンシャルを有すると考えている。今後は今回取り扱わなかった炭素繊維の摩耗や潤滑性の観点から解析を進め、摩擦摩耗の抑制に最適な構造のフィラー設計に繋げていきたい。

### 文献

- 1) H. Voss, & K. Friedrich: On the Wear Behaviour of Short-Fibre-Reinforced PEEK Composites, Waer, 116, (1987) 1-18.

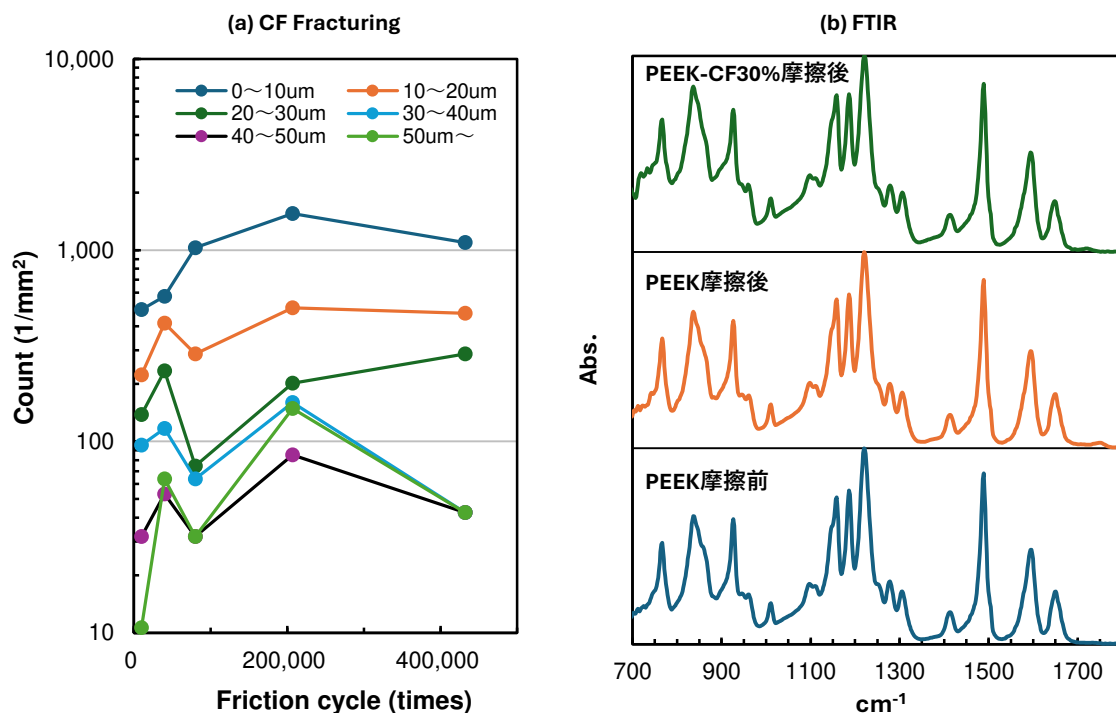


Fig. 3 PEEK-CF composite surface structure changes under high-pressure friction.

(a) Fracture of carbon fibers under friction. (b) FTIR spectra of PEEK after friction cycles more than 400k times.