

動的ナノ構造解析による繊維物性の分子論的考察

梶原莞爾、浦川 宏、奈倉正宣、大越 豊、高橋正人、
藤松 仁、谷上哲也、後藤康夫、山浦和夫
京都工芸繊維大学 工芸学部*、信州大学 繊維学部

1. 緒言

高強度高弾性率繊維は、産業資材としての利用が積極的に進められている。その代表であるケブラーや PBO (ポリ-*p*-フェニレンベンゾビスオキサゾール) は分子鎖の剛直性を利用することで、高屈曲性のポリエチレンはゲル紡糸法と熱延伸により、分子鎖が高度に一軸配向した繊維構造を実現している。これらのスーパー繊維が有する極限性能を必要としない用途も広く存在し、15%程度従来より高強度の PET 繊維が低コストで生産できることが強く望まれている。

繊維強度を考える上で、高度な分子鎖の配向が第一に重要であるが、繊維長さ方向の構造の不規則性や不均一さも大切な因子である。天然繊維については、一本の繊維の中での太さの分布が力学的性質に及ぼす影響が調べられ、有限要素法によるシミュレーションも行われている。太さむらだけでなく、繊維の微細構造の不均一性も強度に大きな影響を与えると考えられる。しかしながら、長さ方向に沿った微細構造変化を詳細に調べた研究はほとんどない。そこで、動的ナノ構造解析のために開発した小角 X 線散乱装置に改良を加え、単繊維の小角及び広角 X 線散乱パターンを同時に測定できるようにし、繊維の長さ方向の微細構造変化を観察するシステムを構築した。

2. 装置の改良

単繊維の X 線測定には、高強度の入射 X 線が必要である。そこで、X 線集光ミラーの光源を見込む角度を大きくした、新しいミラーを設計した。この置き換えにより入射 X 線強度は約 5 倍大きくなった。X 線を検出するイメージングプレートを試料位置の下流、60mm と 7,000mm に設置し、広角及び小角 X 線散乱が同時に測定可能とした。延伸した PET 繊維からの回折パ

ターンを Fig.1 に示す。試料位置での入射 X 線のサイズは 0.7 mm であり、この大きさを平均化された構造変化を観察できる。

3. 微細構造の解析

強度に大きな影響を与える微細構造は、結晶化度及びボイドサイズであり、WAXS と SAXS のパターンから見積もることができる。結晶化度の評価は 2 次元パターンを解析する新しい手法を、全散乱強度から相対的な照射体積 (繊維の太さに対応) を評価する方法を開発した。ボイドの大きさは SAXS の解析から見積もり、これらの情報を繊維長さ方向にスキャンしながら得ることが可能である。

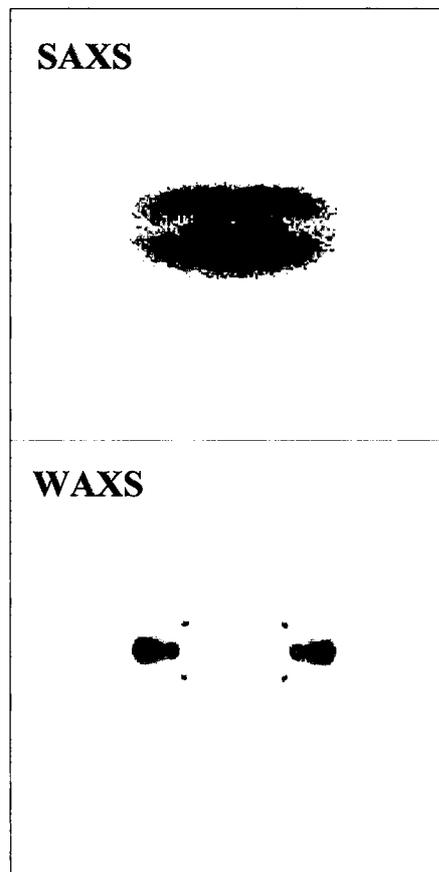


Fig.1 X-ray scattering patterns at small-angle and wide-angle region from the same part of PET fibers.