

2A02 改良型炭酸ガスレーザー超音速延伸法で作製した PEN ナノファイバー

(山梨大院・総合)○鈴木章泰、大城靖貴

【緒言】当研究室では、ナノファイバー(NF)の新規な作製法として炭酸ガスレーザー超音速延伸法(CLSD)を独自に開発し、様々な熱可塑性高分子材料のNF化、さらにNFのシート化やマルチフィラメント化を可能にしてきた。しかし、現行のCLSD装置で得られるNFの繊維径は300nm程度であり、エレクトロスピンニング法や精密複合紡糸法で得られるNFよりCLSD-NFの繊維径は太い。CLSD法における延伸条件には、チャンバー圧(p_{ch})、レーザー出力(P_L)、レーザー照射位置(D)および繊維供給速度(S_s)などが挙げられ、特に、繊維径は p_{ch} と P_L に大きく依存する。より速い流速は、 p_{ch} を下げることで達成できるが、現行の装置では、到達可能な p_{ch} は約-90kPa(ゲージ圧)である。そこで、より細いNFの作製を目的とし、速い気体流を発生させて強い延伸張力を印加できるオリフィスを考案・製作した。このオリフィスユニットは、Fig.1に示すように繊維供給オリフィス、Zn-Se窓と観察窓をユニット化したものである。このオリフィスユニットを装着したCLSD II装置(Fig.1)では、 p_{ch} を-98kPaまで減圧でき、延伸時に現行の装置に比べて大きな張力を熔融した繊維に印加できる。ここでは、CLSD II装置で作製したPEN-NFについて報告する。

【実験】用いたPEN原繊維の繊維径は100 μ m、結晶化度は0.7%であり、非晶質・無配向繊維である。ここではCLSD II装置を用いたPENのNF化条件を検討し、得られたCLSD-PENについてSEM観察、DSC測定、FT-IR測定、WAXD測定などを行った。

【結果】Fig.2は繊維軸とレーザー光の中心との距離(D_y)を変えて得られたCLSD-PENのSEM像および平均繊維径(d_{av})を示す。なお、他のCLSD条件は、 $S_s=0.1$ m min⁻¹、 $P_L=4$ W、オリフィス出口とレーザー光の中心との距離(D_z)を0.1 mm、 $p_{ch}=-98$ kPaで一定とした。 $D_y=0.8$ mmで得られたCLSD-PENでは $d_{av}=4.569$ μ mのマикроファイバーであるが、それ以外のCLSD-PENの d_{av} は1 μ m以下である。さらに $D_y \leq 0.4$ mmでは、低い P_L であるにも拘らず、 d_{av} は300nm以下になり、 $D_y=0.0$ mmで得られたCLSD-PENでは $d_{av}=249$ nmであり、繊維径の均一性は高い。Table 1は原繊維と D_y を変えて得られたCLSD-PENの融点(T_m)およびDSC測定から算出された結晶化度(X_c)をそれぞれ示す。特に、 $D_y=0.2$ mmで得られたPEN-NF($d_{av}=270$ nm)のDSC曲線では、原繊維の T_m より23.5°C高い285.7°Cにはほぼ単一の融解ピークが観察されている。このPEN-NFの高融点結晶の X_c は22.1%に達し、低融点結晶の $X_c(=2.9\%)$ に比べて高く、 D_y が高融点結晶の生成に重要なCLSD条件であることが明らかになった。

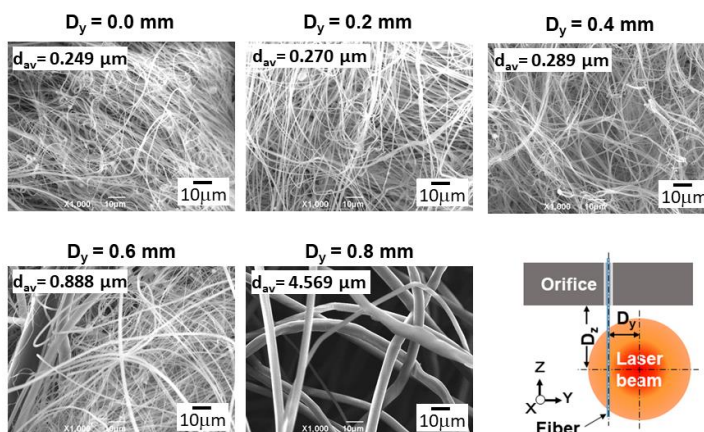
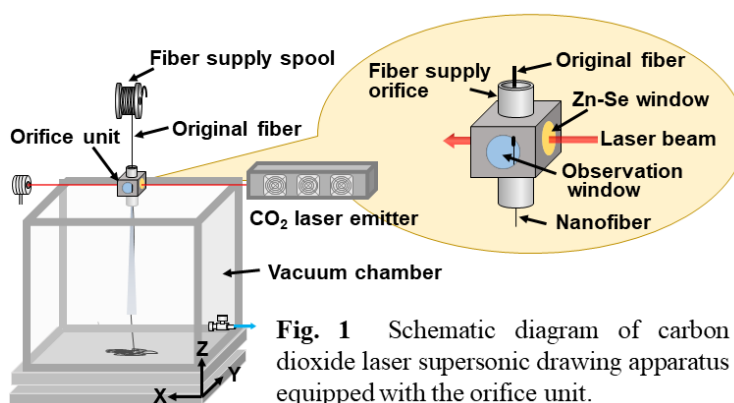


Fig. 2 SEM micrographs and average fiber diameters (d_{av}) for CLSD-PEN fibers obtained at various distances between fiber and laser beam centers (D_y).

Table 1 Melting point (T_m) and degree of crystallinity (X_c) for the original fiber and CLSD-PEN fibers obtained at various distances between fiber and laser beam centers (D_y) and $D_z=1.0$ mm.

Sample	T_m / °C	X_c / %
Original	262.2, -----	0.7 (0.7, -----)
D_y / mm	0.0	260.7, 284.8
	0.2	260.2, 285.7
	0.4	261.1, 284.9
	0.6	260.9, 285.6
	0.8	261.0, 277.1
		20.8 (7.0, 14.3)
		25.1 (2.9, 22.1)
		21.6 (10.0, 11.6)
		19.4 (11.8, 7.6)
		15.5 (6.5, 9.0)