繊維は一般に高分子鎖が繊維軸方向に強く配向するためその力学的性質に強い異方性が生じている。通常は繊維軸に対して軸対称の異方性をもつと考えられ、線形弾性体としてこの異方性弾性体を記述する弾性定数は次の5つである。

E_L ；繊維軸方向の弾性率

E_T ；繊維軸に直角方向の弾性率

G_{LT} ；繊維軸をねじるときのトルクに係するせん断弾性率

ν_{LT} ；繊維軸方向の一軸伸長における伸長ひずみとそれに伴う直角方向のひずみで定義されるポアソン比

ν_{TT} ；繊維軸に直角の断面内でのポアソン比

これら5つのパラメータが繊維の性質を与えるが、繊維は必ずしも線形挙動のみでなく非線形の挙動を示し、また粘弾性あるいは塑性を示す。したがって、繊維の性質をとらえるにはこれら5つのそれぞれについての挙動を詳しく観測する必要がある。

しかし、これまで実用化されている繊維についてこれら性質がすべて明らかになっているわけではなく、主に E_L 、わずかに G_{LT} がわかっているにすぎない。この不完全な状況のもとで繊維を多くの用途に応用し、また繊維の内部構造を論じているのが現状である。繊維の強度についても繊維軸方向のみでなく、直角方向やせん断変形に対する強度も必要で、特に複合材料の強度設計にはこれらが重要である。最近、われわれは上記の5つの特性を評価するための測定システムを完成させ、単繊維を直接に測定することにより外乱を排除してこれら特性を純粋に求めることができるようになった^{1),2)}。ただし ν_{TT} は一軸に配向した繊維高充てんコンポジットを用いて測定する。高強度繊維を含む

図1 繊維の性質を記述する弾性定数

多くの繊維について測定を進めているが、これまでに明らかになったことをまとめると、

(1) E_L/E_T 比 (異方性パラメータ) は衣料用のポリエステル繊維で8~18、高強度繊維の Kevlar 149 では84、高強度ポリエチレン繊維で74のようにきわめて強い異方性を示す。

(2) 一般に有機繊維では E_T および G_{LT} に塑性による降伏現象が現れ、弾性範囲は狭い。降伏応力も降伏現象を示さない炭素繊維やセラミック繊維のこれら変形における破壊強度に比較して低く、それらの1/50程度である。

信頼性の要求される高強度材料や微妙な触感が要求される高品質衣料材料の設計には上に示した繊維特性のすべてについて知ることが重要で、高い E_L 値の競争に走り、バランスの失った繊維を開発してもその用途に困るはずである。

文献

- 1) S. Kawabata: Proceedings of the 4th Japan-US Conference on Composite Materials at Washington DC., Technomic, (1989) p.25
- 2) S. Kawabata: *Journal of the Textile Institute*, 81, 432 (1990)

表1 繊維の弾性定数 (2例)

アラミド繊維 "Kevlar 49"				
E_L (GPa)	E_T (GPa)	G_{LT} (GPa)	ν_{LT}	ν_{TT}
129.6 *	2.49	2.01	0.62	0.31
(113.4)				
炭素繊維 "Torayca T300"				
E_L (GPa)	E_T (GPa)	G_{LT} (GPa)	ν_{LT}	ν_{TT}
308.1 *	6.03	18.24	1.05	0.31
(234.6)				

*：破断付近の値、() 内は初期低ひずみ域での値

川端 季雄 Suetō Kawabata (京都大学工学部高分子化学教室・教授、工博、専門=高分子固体力学、繊維材料物性)