

競泳用水着の圧迫に及ぼす素材物性、サイズ、デザインの影響

諸岡 晴美・中橋 美幸*・諸岡 英雄**

Effects of Physical Properties, Size and Design of Racing Swim Suits on Clothing Pressure

Harumi MOROOKA, Miyuki NAKAHASHI and Hideo MOROOKA

E-mail : morooka@edu.toyama-u.ac.jp

キーワード：競泳用水着、衣服圧、水着の素材、サイズ、デザイン

Key words : Racing swim suit, Clothing pressure, Material of swim suit, Size, Design

1. 緒言

百分の一秒を競う水泳競技においては、選手の体力や技術の向上はもちろんのことであるが、水着の性能も重要な役割を果たすものと考えられる。競泳用水着の備えるべき主な性能として、一般的に、①水の抵抗が少なくなるよう体型を緊縮する、②水着と身体との間に水が入らない、③身体拘束が少なく、生理的負荷が少ない、④表面が滑らかで水流抵抗が少ないことなどが挙げられている¹⁾。

体幹部の圧迫と人体生理との関係についての研究は、カフを用いて圧迫したもの^{2),3)}、女性ファンデーション類の圧迫によるもの^{3)~7)}などが数多く報告されている。しかし、競泳用水着に関する研究はほとんどなく⁸⁾、水着素材の表面形状と水流との低抵抗を追究したものがみられる程度で⁹⁾、総合的な観点からの研究はないように思われる。

本研究では、競泳用水着開発のための基礎資料を得ることを目的として、まず繊維組成、デザインおよびサイズの異なる競泳用水着の身体各部の衣服圧、ならびにその衣服圧による身体形状への影響を明らかにする。一方、素材の引張り特性、せん断特性、吸水性や通気性などの素材物性を明らかにし、これらの観点から高性能な競泳用水着を設計するための方策を考察する。なお、近年はほぼ全身を覆うボディスーツ型の水着¹⁰⁾が登場しており、できるだけ被覆面積を小さくするという考え方を一変させている。しかしながら、高性能な競泳用水着を設計するためには、まず体幹部の圧迫と適切な素材物性を明らかにすることが重要であると考えられる。

2. 実験方法

2.1 試料

素材およびデザインの異なる試料記号E, C, Sの競泳用水着(以後、水着)を用い、試料EのみSサイズおよびLサイズ(以後、E_S, E_Lとする)を、他はMサイズの計4種を用いた。

繊維組成および厚さ、重さを表1に示す。繊維組成は、ポリエステルとポリウレタンであるが、混用率が異なる。組織は全てハーフ組織(ツーウェイトリコット)¹⁾である。また、各水着のデザインを図1に示す。試料EおよびCは、背を大きくくり抜いたものであり、試料Sはハイネックタイプである。また、試料S>E>Cの順にハイレグ度(鼠径部のくり)が大きくなっている。

表1 試料の詳細

試料記号	繊維組成	厚さ (mm)	重さ (mg/cm ²)
E	ポリエステル 65 %	0.34 (0.24)	19.2
	ポリウレタン 35 %		
C	ポリエステル 70 %	0.56 (0.28)	15.9
	ポリウレタン 30 %		
S	ポリエステル 80 %	0.46 (0.26)	21.2
	ポリウレタン 20 %		

組織はすべてハーフ組織(ツーウェイトリコット)。厚さは0.5gf/cm² 荷重下での値。ただし、括弧内は腹部伸長状態での厚さ。

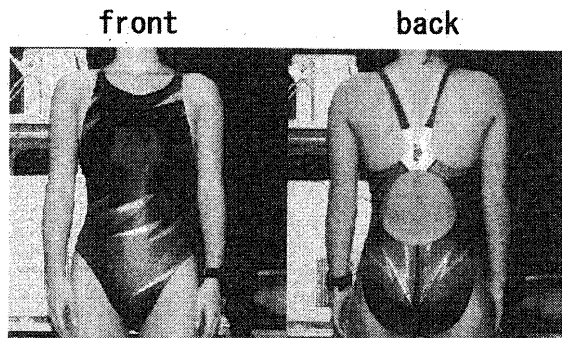
2.2 着用実験

(1) 被験者

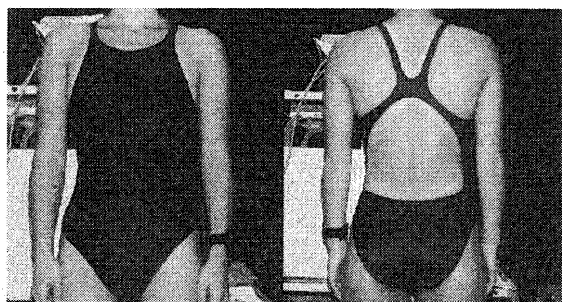
被験者は水泳部に所属する21歳の女子大学生1名で、その体型は身長159.0cm、体重52.0Kg、バスト83.4cm、ヒップ

* 現在、富山県工業技術センター生活工学研究所

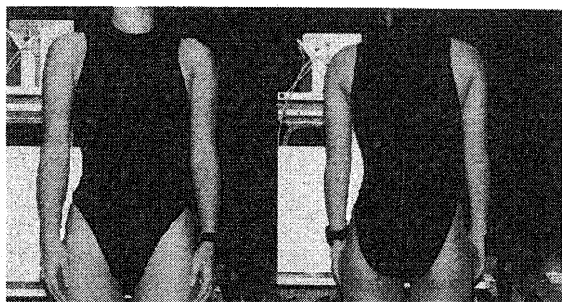
** 奈良女子大学生活環境学部アパレル科学講座



試料 E



試料 C



試料 S

図1 各試料水着のデザイン

91.4cm, 体脂肪率18.4%であった。20代女性の体脂肪率は20~25%が標準範囲であるのに対して、競泳選手は一般に体脂肪率が低いといわれているが、今回用いた被験者もかなり低かった。

(2) 衣服圧測定

AMI社製の衣服圧測定装置を用い、図2に示す胸部、腹部、鼠径部、肩部、背部、臀部の6箇所にて衣服圧を測定した。受感部はエアバック型センサーであり、胸部・腹部・臀部は2cmφの円型センサーを、鼠径部・肩部・背部は縫製部で辺縁部に当たるため、T型センサー(8mm×27mm)を用いて、それぞれ空気を0.3mlおよび0.2ml封入してセンサー厚さが約1mmになるように設定して測定を行った。被験者の姿勢は、正立位とした。

(3) 身体形状の測定

非接触式三次元身体計測装置(Cousette®北陸エステアール協同組合製)を使用して、セミヌード時(ショーツのみ着用)および水着着用時の身体形状を計測した。

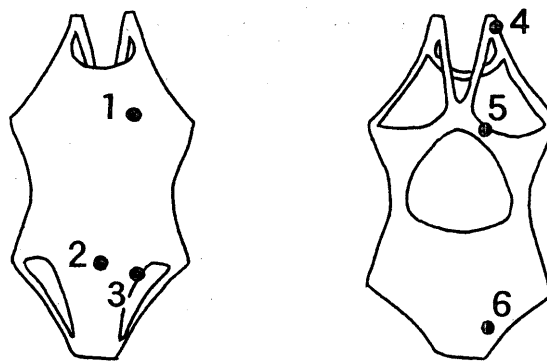


図2 衣服圧の測定部位

(1. 胸部、2. 腹部、3. 鼠径部、4. 肩部、5. 背部、6. 臀部)

2.3 素材物性の測定

(1) 引張り・せん断特性の測定

引張り・せん断試験機(KES-FB1カトーテック製)を用いて測定した。引張り特性は、最大荷重200gf/cm, 引張り速度0.2mm/sec, つかみ間隔2.5cm, つかみ幅10.0cmとして、ウェール方向およびコース方向について測定した。せん断特性は、せん断ずり速度0.417mm/sec, 強制荷重5gf/cmの下で最大せん断角10°まで測定した。

また、肩ひもを切断して最大荷重5kgfまでの引張り特性を測定した。なお、試料E, C, Sの肩ひも幅は、それぞれ2.3cm, 1.8cm, 7.9cmであった。

(2) 水分特性

水に対する特性として、3分間水に浸漬した後、ピンセットで試料端を挟み、30秒間水滴を自然落下させた時の保水性を測定した。また、標準寸法のマネキンに着用させた時の腹部伸長状態を厚紙で作った枠に接着剤で固定させた試料をアクリル板上に設置し、マイクロシリンジで0.1mlの水滴を落下させ、ウェール方向およびコース方向の吸水長さを15秒ごとに測定した。なお、吸水性の測定は、表裏両面から行った。

(3) 通気性

通気抵抗の測定を通気度試験機(KES-F8-APIカトーテック製)を用いて行った。なお、この場合も前述の腹部伸長状態の試料を用いた。

3. 結果および考察

3.1 水着着用時の衣服圧

結果を図3に示す。胸部、腹部および臀部は、衣服圧が10gf/cm²前後と低く、試料間の相違もかなり小さい。これに対して、鼠径部や肩部では衣服圧が50~80gf/cm²と非常に高く、試料間の差も大きい。すなわち、衣服圧は、水着の生地部分にあたる箇所でも低く、辺縁部分やひも部分にあたる箇所でも高いことがわかる。また、鼠径部では試料C>E>Sの順に衣服圧が高く、ハイレグ度の小さいものほど衣服圧が高くなっている。鼠径部分を円筒形と仮定すると、衣服圧Pは素材の張力Fと人体の曲率半径rを用いて、以下のkirkの式によって算出される。

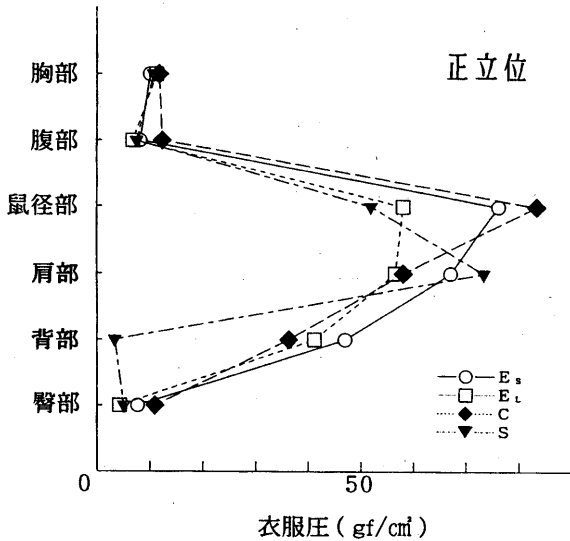


図3 水着着用時の衣服圧

$$P = \frac{F}{r} \quad (1)$$

すなわち、ハイレグ度が小さいほど、くりにおける鼠径部分の曲率半径が小さくなるためにPが高くなるものと推察される。鼠径部のPを低減させ、下肢の動きを拘束させないための方策として、ハイレグは有用であると考えられる。また、鼠径部分に縫製部をもたせないことも衣服圧を低減させるために有用と考えられ、最近のボディスーツ型の水着は鼠径部の衣服圧低減に効果があると推察される。

肩部では、ハイネックタイプの幅広の肩ひもをもつ試料Sの衣服圧が高く、幅の最も小さかった試料Cで低い。また、背部については、試料E、Cの場合くり抜かれた縫製部分に当たるため約40gf/cm²と衣服圧は高いが、試料Sでは縫製部分に当たらないため非常に低いなど、デザインが大きく衣服圧に影響していることが明らかとなった。

また、サイズによる相違をみるために試料E_sとE_Lを比べてみると、当然のことながら、サイズの小さいE_sでは衣服圧が高くなっており、その差は衣服圧が高い部位で顕著である。サイズが小さいと伸びひずみが大きくなり、(1)式において、張力Fが大きくなることから、試料E_sの衣服圧Pが高くなる。

3.2 水着着用による身体形状の変化

トップバストにおける水着着用時の断面形状をヌード時と比較して図4に示す。水着着用時は、バストの凹凸ならびにサイドへの張出しが減少し、断面がより丸くなっていることがわかる。また、同図中に示したその部分における衣服圧および水着着用時の寸法をヌード時からの寸法変化としてみると、試料E_s、試料Sでは約10gf/cm²の衣服圧でバスト寸法が約1.0~1.5cm減少し、試料E_L、試料Cでは約11.5gf/cm²で約2.5cm減少していることがわかる。すなわち、バストのように非常に柔らかい部分では、10gf/cm²程度の比較的低い衣服圧で胸部の形状が大きく変化すること、また約1gf/cm²というわずかな衣服圧増加でも寸法減少量が増加し、人体の緊縮に効果があることがわかった。

3.3 素材の引張り特性およびせん断特性

素材の引張り特性を図5に示す。試料Eの張力-ひずみ曲線の立ち上がりが大きく伸び抵抗が最も大きいこと、試料SとCの引張り特性はほぼ類似しており、伸び抵抗は試料Eに比べて小さいことがわかる。しかし、図3の衣服圧では、胸部、腹部、臀部の生地部分で試料Cの衣服圧が他の水着に比べてやや高い傾向がみられる。すなわち、生地の伸び抵抗による影響はみられない。鼠径部、肩部、背部においても生地の引張り特性が直接的に衣服圧に寄与していないように思われる。このことは、素材の引張り特性よりもむしろデザイン・水着寸法による衣服圧への影響が大きいことを示唆している。

また、図6に示すせん断特性についても試料Eのせん断抵抗が最も大きかった。表1からわかるように、試料Eはポリウレタンの混率が最も多く、薄い素材であるにも関わらず、引張りおよびせん断抵抗が大きかった。この理由を検討するために、顕微鏡写真で生地表面の形状を観察した(図7)。その結果、試料CおよびSに比べて、試料Eの表面は写真のように熱処理で編目が見えないほどに大きくつぶれ、平滑化していた。これは、水流抵抗を小さくするための工夫としてなされたものと考えられる。しかしこのことが、繊維間、糸間の動きを拘束することが明らかとなり、競泳のように大きな身体の動きを伴う場合には、身体拘束に繋がることや、人体の動きに追従できず、その結果として、水着と人体の間に水が侵入することなども予測され、熱処理のあり方が問題

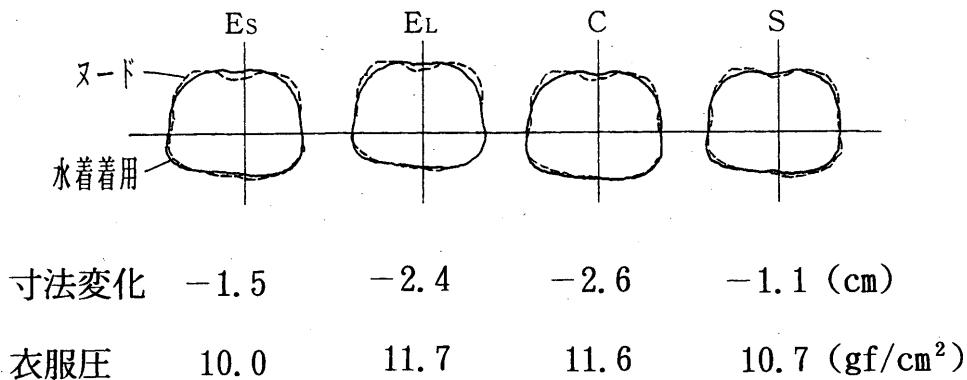


図4 水着着用に伴うトップバストにおける断面形状の変化

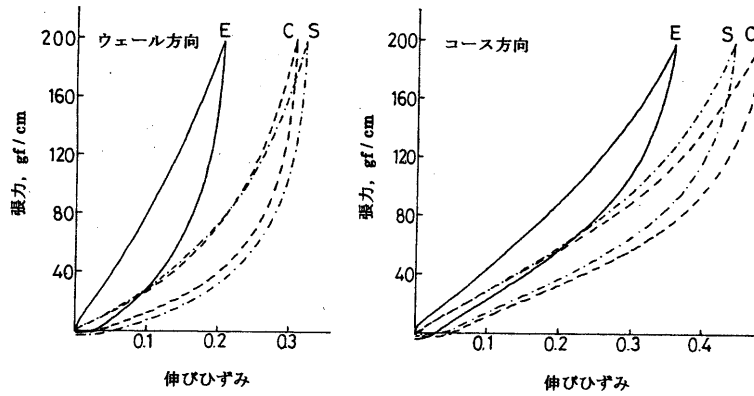


図5 水着素材の引張り特性

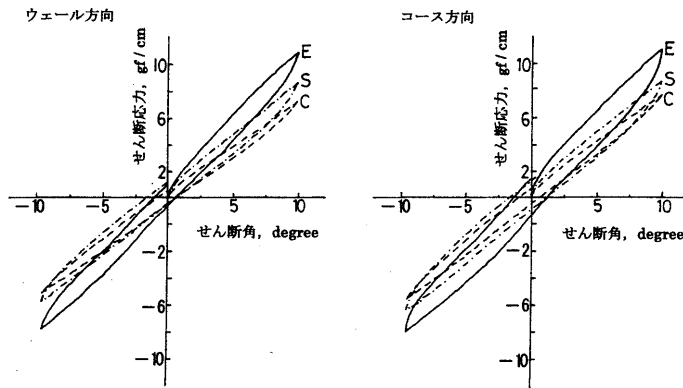


図6 水着素材のせん断特性

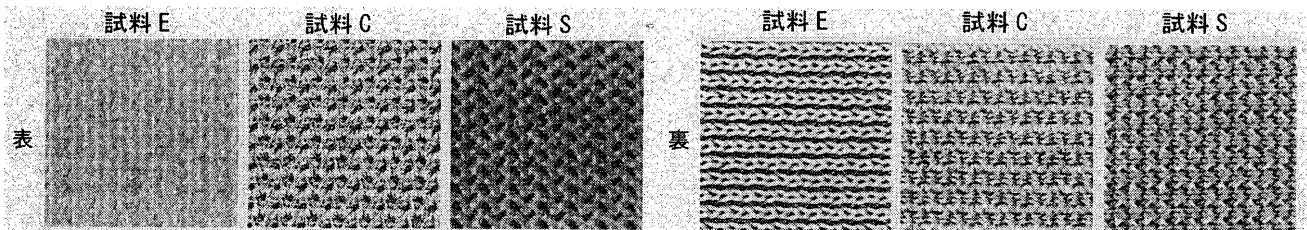


図7 水着の生地部分における表面写真

視された。

以上のことから、水着の衣服圧は、一般的に考えられる素材の引張り特性よりも、むしろ水着のデザインやサイズに大きく依存すること、またその差は、衣服圧の高い鼠径部や肩部、背部などの縫製部・辺縁部で明瞭であることがわかった。

3.4 肩ひもの引張り特性

結果を図8に示す。試料Sの伸び抵抗が最も大きく、肩部の衣服圧も最も高い。試料Sはハイネックタイプであり、肩ひも幅が7.9cmで、他の試料よりひも幅が大きかったために最も大きな引張り抵抗を示す結果となったと考えられる。また、試料Eの生地は試料Cより伸びにくかったこと(図5参照)、また肩ひも幅が試料C(1.8cm)より試料E(2.3cm)の方がやや広かったにもかかわらず、試料Eの肩ひもの方が伸びやすかった。この理由としては、縫製による伸び抵抗の増大が小さかったためと推察され、辺縁部の縫製方法のあり方が重要であると示唆された。

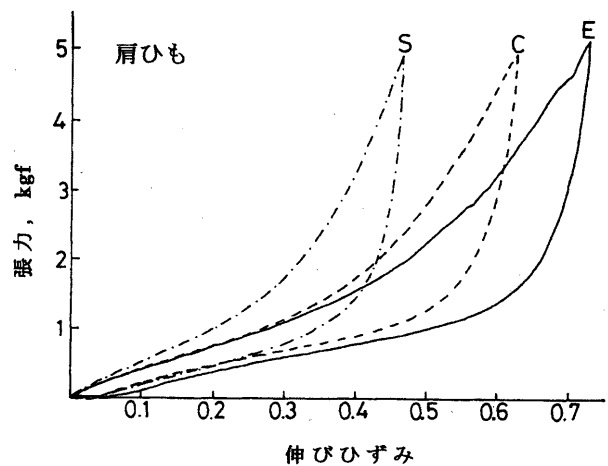


図8 肩ひもの引張り特性

3.5 素材の水分特性和通気性

ウェール方向とコース方向の吸水長さの積を吸水面積として、時間経過に伴う濡れ拡がり挙動を図9に示す。添字のf, bはそれぞれ表面からの吸水、裏面からの吸水を示している。試料Cの吸水速度が最も大きく、次に試料Sである。これらの試料では初期には表面からの吸水面積が裏面からよりも小さいが、その後逆転して表面からの吸水面積が大きくなっている。これに対して、試料Eの吸水面積は非常に小さく、特にE_fで小さい。また、表2に保水性の結果を示している。試料Eの保水性が最も小さいことがわかる。これらのことも熱処理による繊維間隙、糸間隙のつぶれが原因であると推察される。しかし、水着の場合、吸水性および保水性が大きいと重くなるため、保水せずにできるだけ軽いものが望ましいと思われることから、これに関しては熱処理は有効であると考えられる。しかし、表2に示す通気抵抗の結果をみると、試料Eは試料CおよびSに比べて通気性が悪い。通気性と通水性は同一ではないが、かなりの相関をもつと推察されることから、試料Eの通気抵抗の大きさは、水着と身体との間の水の侵入を防ぐと同時にいったん侵入した水は身体一水着系から外に排出されないことにも繋がると予想される。

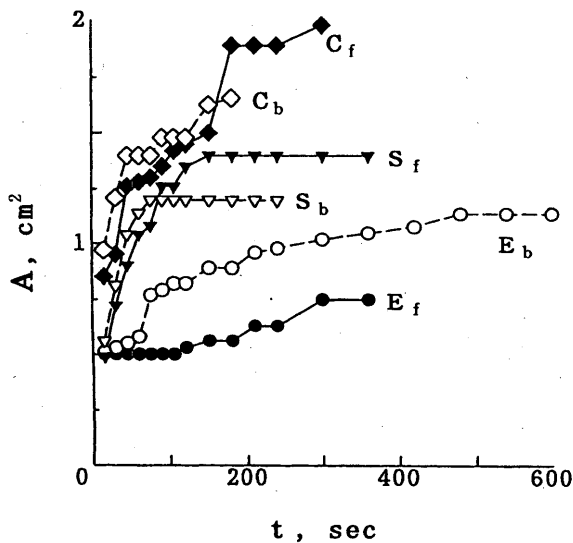


図9 時間経過に伴う水着素材の吸水面積

表2 水着素材の通気抵抗および保水性

試料記号	通気抵抗 ¹⁾ (Kpa·s/m)	保水性 (g/cm ²)
E	0.125	0.019
C	0.019	0.041
S	0.033	0.027

¹⁾ 腹部伸長時

4. 結語

本研究では、高性能な競泳用水着の設計に対して有用な基礎資料を得ることを目的として、繊維組成、デザインおよびサイズの違いが衣服圧および水着の着用性能にどのような影響を及ぼすのかを明らかにした。結果は以下に示す通りである。

- 1) 胸部、腹部、臀部の生地部分では衣服圧が約10gf/cm²と低く、水着間の相違は小さかった。鼠径部、肩部、背部の縫製部分では衣服圧が50~80gf/cm²と非常に高く、またこれらの部分では水着のサイズやデザインによる衣服圧への影響が大きかった。
- 2) 胸部では約10gf/cm²の衣服圧で形状が大きく変化し、バストの凹凸が偏平になり断面は丸くなるなど、緊縮効果がみられた。
- 3) 熱処理で生地表面が平滑化された水着素材は、伸び抵抗が大きく、せん断剛性が大きくなる傾向が認められ、熱処理のあり方が問題としてあげられた。
- 4) 肩ひもの伸び抵抗は、肩ひも幅が大きいもので最も大きかったが、必ずしも素材の伸び抵抗やひも幅に従わないことから、辺縁部の縫製方法の重要性が示唆された。
- 5) 熱処理された素材は、吸水性および保水性が小さく、通気抵抗が大きかった。

文献

- 1) ストレッチ素材 (快適衣料設計のために), 111, 東レリサーチセンター (1996)
- 2) 綿貫茂喜, 三平和雄; Ann. Physiol. Anthp., 6, 239 (1987)
- 3) 杉本弘子; 衣生活, 38, 22 (1995)
- 4) Hiromi TOKURA, Yuki KOMATSU and Naomi TAMURA; J. Home Econ. Jpn., 34, 633 (1983)
- 5) H. Tokura; Proc. Int. Symp. Clothing Comfort Studies in Mt. Fuji, Japan Res. Ass. Textile End-U ses. Osaka, 203 (1998)
- 6) K. Okura, T. Midorikawa, H. Tokura; J. Physiol. Anthropol., 19, 107 (2000)
- 7) 大築立志, 金 熙恩, 登倉尋實; デサントスポーツ科学, 14, 93 (1993)
- 8) 諸岡晴美, 中橋美幸, 諸岡英雄, 北村潔和; 繊維誌, 54, T37 (2001)
- 9) 清川 寛, 松崎 健; 繊維工学, 49, 565 (1996)
- 10) 2000年5月8日付け 読売新聞