医療用繊維

上出健二^{*1}・真鍋征一^{*2}・飯島秀樹^{*3}

1. はじめに

昭和57年度厚生白書によると日本における国民医療費は昭和55年度に約12兆円に達し、昭和57年度には14兆円に達する見通しである¹⁾。これらの額は繊維製品売上高の約2倍で、農業生産額あるいは鉄鋼生産額にはほぼ匹敵する。国民医療費の伸び率は年率約8%であり、GNPの伸び率を越えている。昭和55年度における国民所得に対する医療費の割合は6.18%となり、欧米先進国なみに近づいた(1979年イギリス6.5%, フランス9.3%, 西ドイツ9.5%, アメリカ8.4%; これら先進国ではいずれも医療費の伸び率が国民所得の伸び率を上回っている)。将来の日本の姿を先進諸外国に求めると、国民医療費の伸び率は今後とも国民所得の伸び率を越えるであろう。昭和56年の医薬品生産額は、3兆6791億円、医療用具生産額は7195億円である。これらの値は昭和52年に比べて医薬品は1.50倍、医療用具は1.80倍と飛躍的に増大した¹⁾。

国民の基礎的生活のための消費水準は既に高いレベルにあり、国民のニーズは多様化している²⁾。今後、国民支出のウェイトは、保険、医療あるいは福祉サービス分野で高まって行くであろう。先進国あるいは安定成長期における社会ニーズの中で、医療分野が今後とも成長産業であり、研究開発の重要な位置を占める事は間違いない。

2. 繊維の医療への展開

繊維の医療分野への展開方向は次に示す3方向に整理される³⁾。

第1の方向は現存する衣料用および産業用繊維をほとんどそのまま繊維形態(繊維の太さ、長さ、編織の組織)のみを変化させる事により医療分野へ展開する方向であ

る。例としてベッドジーツ、手術衣がある。

第2の方向は医療用を目的として現存の衣料用および産業用繊維を医療用としての要求性能を満足するように単繊維の内部構造まで改変する方向である。この例として不織布ガーゼ、縫合材料がある。これを一般医療用繊維と呼ぶ。

第3の方向は医療用で要求される機能の付与を目的として、繊維素材および紡糸、後加工条件すべてに渡って医療用に特化させて製造する方向である。人工腎臓用中空繊維、血漿分離用中空繊維がその例である。これを医療用機能繊維と呼ぶ。この分野では医療用と衣料用との要求性能に大幅な差がある。セルロースのような繊維形成能を持つ高分子に薬理作用を付与した高分子医薬⁴⁾は、より高度な医療用機能繊維の一種に位置する可能性を持つが、ここでは取り上げない。

2.1 現存繊維の医療分野への展開

現存する繊維をほとんどそのまま医療分野に利用する場合の特徴は繊維が直接に体内組織と接触しない点である。したがってこの場合の繊維製品は医療用具の製造販売時に適用される薬事法(昭和35年法律145号)の対象外である。この製品の例として病院でリネン材料と呼ばれているベッドシーツ、手術衣、白衣、マスクなどがある。

1) 病院用ベッドシーツ 病院用ベッドシーツの種類には、病院職員用、外来診察台用、入院患者ベッド用、重症患者ベッド用がある。病院用ベッドシーツへの要求性能は使用目的によって多少の差はあるが、家庭用シーツに比べて①床ずれ防止、②体の移動し易さ、③ベッド上での物体の優れた安定性、④ベッド作りの容易さ、⑤血液や分泌物のふき取り易さ、⑥ほこりや毛羽の発生量の少なさ、⑦掃除の容易さ、などの性能が要求される。クリーニング回数(あるいは滅菌回数)が家庭用に比べて多いので、シーツの耐用回数には注意する必要がある⁵⁾。

上記②、⑤、⑥、⑦の要求を満足する一つの方法として制電、吸水性長繊維の利用が考えられる。しかし、ベッドシーツとしての要求性能(吸水性、吸汗性、耐久性)および経済性の両者の制約から綿の平織製品がほぼ100%使用されている⁶⁾。診察台用、重症患者ベッド用にはディスプレイザブルなシーツが最適と言われる。しかし、このシーツは健保点数の制約のため十分には普及し

Fibers for Medical Use

KENJI KAMIDE^{*1}, SEI-ICHI MANABE^{*2} and
HIDEKI IJIMA^{*3}

Textile Research Laboratories,
ASAHI CHEMICAL INDUSTRY CO., LTD.

^{*1} 旭化成工業(株) 参与

繊維加工研究所 副所長(理博, 工博)

^{*2} 旭化成工業(株) 繊維加工研究所 副参事(工博)

^{*3} 旭化成工業(株) 繊維加工研究所 (工修)

ていない。綿に替わる新しい素材の進出は耐久性と価格の点で難しい。

2) 病院用衣類 病院用衣類には白衣(診察用, 臨床検査用, 調剤用), 手術衣, 外科手術時に着用する患者衣などがある。空气中を浮遊する細菌の大部分は, $0.5\ \mu\text{m}$ 以上の塵に付着して浮遊している⁷⁾と言われている。したがって, 手術衣⁸⁾, 手術帽, 患者衣, 患者帽は耐クリーニング性, 耐滅菌処理性に加えて, 無菌, 無塵, 防塵性が要求される。繊維の制電性能を高めることで静電気による繊維への塵の吸着が防止できるので, 無塵, 防塵性付与には制電処理が有効な手段と考えられる。精密電子工業用に開発された無塵不織布が医療用としても利用され始めている。 $0.3\ \mu\text{m}$ 以上の粒子を99.97%以上捕捉するHEPA (high efficient particle air) フィルターにより清浄化された無菌手術室内の手術衣にはこの無塵不織布が最適であろう。洗浄後の細菌付着数はナイロン, ポリエステルでは綿に比べて少ない(表1)⁹⁾けれども, ベッドシートと同様の理由で病院用衣類のディスポ化は進んでいない。

表1 各種繊維布に付着する細菌数⁹⁾

繊維	菌数(per cm^2)
羊毛	3.4×10^7
絹	1.7×10^6
綿	2×10^8
酢酸セルロース	6×10^4
ナイロン	1×10^3
ポリエステル	2.2×10^2
ポリアクリロニトリル	5×10^3

3) 歯ブラシ 歯ブラシは家庭用品品質表示法の規制を受ける。毛に要求される基本的物性は適度な①非吸水性と②曲げ剛性である。素材別に見た市場割合はナイロン6.12が80%, ナイロン6.10が15%, その他ポリエチレン, 豚毛が5%である。毛の太さが6~14 mil (milli inch; $2.54 \times 10^{-6}\text{m}$)が一般的で, 日本国内での歯ブラシの年間消費量は2億本, 毛に換算して約300tである。歯間の汚れを除くためのデンタルフロスは太さ2~3 milのナイロン6.6あるいはナイロン6.12長繊維が利用される。これらナイロン繊維のほとんどが米国から輸入されている。

2.2 一般医療用繊維

現存する繊維に医療用途に適した機能を付与した繊維を一般医療用繊維という。衛生材料(衛材)と総称されており, ガーゼ, 包帯, 脱脂綿, タンポン, 添布剤, 絆創膏, 縫合糸などを含む。この分野の繊維製品の製造に際しては薬事法第14条第1及び2項, 第12条第1及び2項が適用される。局方ガーゼ, 局方脱脂綿, 局方絆創膏,

局方外医療用タンポン, 局方外滅菌ガーゼ, 局方外救急絆は医薬品に属する。医薬品の品質を維持し, 保証するため, 原料の受け入れから最終製品の包装出荷までの製造工程全般に渡り“医薬品の製造及び品質管理に関する基準”(いわゆる“GMP”)が昭和53年度より実施されている。

医療用繊維は第1に滅菌可能であることが要求され, 滅菌処理時の繊維の物性変化に注意すべきである¹⁰⁾。

1) ガーゼ ガーゼには日本薬局方ガーゼ(局方ガーゼ)と医薬部外品ガーゼ(生理処理用品としての部外品ガーゼ)があり, 昭和57年の生産額は両者合わせて3億2千万m(幅30cm)である¹¹⁾。局方ガーゼは綿の40番手の単糸を用いることが定められている。病院等に納入されるガーゼは局方“ガーゼ”試験法で素材の純度が厳しく規定され, ガーゼの寸法も指定されている。このほか, 医療用ガーゼには人体への安全性, 使い易さ(はつれにくい, 形崩れしにくい, 毛羽立たない), 機能性(血液, 分泌物を吸収し易い, 柔軟性)が要求される。

2) 不織布 局方ガーゼは一定の規格寸法でのみ提供されるため, 使用目的に適合した寸法の要求に局方ガーゼは応じられない。また, 一度使用済みのガーゼは, 病院側の判断のみで手術以外の用途に再使用されているが, 技術上, 衛生上の問題があると指摘されている¹²⁾。使用目的に適した形態のものの提供やディスポザブルへの需要とコストダウンへの対応から非接着型再生セルロース不織布ガーゼ¹³⁾が開発された。不織布ガーゼは, ①医療用ガーゼの要求性能を満たし, ②ガーゼ以上の優れた吸収性能(吸収血液量は局方ガーゼの約2倍, 乾式不織布を除き, 吸水量は局方ガーゼの1.5倍以上)を持ち, 更に, ③多量生産が可能のためにディスポ分野に最適(院内感染防止)であり, ④純粋な高分子材料から構成され不純物がなく, ⑤価格が安定している。不織布ガーゼの代表的な製法には銅アンモニア法(旭化成)¹⁴⁾, ビスコース法(立川研)¹⁵⁾, ビスコース法/メチロール化反応法(三菱レーヨン)¹⁶⁾がある。

米国に於ける1982年の不織布製品の売上高は13億5500万ドルである。用途別シェアはおむつカバーが155%, 出産・手術用パック, ガウン11.4%, 衛生ナプキン, アンダーパッド, 老人用おむつカバー3.7%と医療用途で全体の30.6%を占める。これらの1982年から1987年の年間平均成長率はそれぞれ12%, 14%, 13%といずれも大きな伸びが予想される¹⁷⁾。再生セルロース不織布をカルボキシメチル化して超吸水性とした製品¹⁸⁾は従来の吸水性ポリアクリレート樹脂や吸水性ポリアクリル酸樹脂を不織布に組み入れた製品よりも成型加工性に優れ, 衛生材料として今後の伸びが期待される。

表2 医療用不織布¹⁸⁾

品 名	メーカー	製 法 等	用 途 例
ベンリーゼ	旭化成	セルロース・スパンボンド	ガーゼ, カット綿, 救急絆ほか
スパンボンド	旭化成	ナイロン, ポリエステル	丁字帯, 三角巾, シーツほか
バイリオン不織布	日本バイリン	乾式各種	シーツ, 貼布剤, マスクほか
三菱ノンウーブン	三菱製紙	湿式各種	シーツ, 手術カバー, OBセットほか
4Cクロス	クラレ	乾式(穴あきフリース)	キャップ, マスク, タオルほか
湿式不織布	池田紙業	湿式各種	紙ガーゼほか
キノクロス	本州製紙	乾式パルプ法	接着式綿帯, 清浄ナップほか
湿式不織布	日本紙業	湿式各種	清浄ナップほか

表2¹⁸⁾に日本国内で販売されている医療用不織布を示す。

3) 縫合糸 外科領域で使用される縫合糸は生体組織の縫合を目的とし、使用に際しては組織と縫合素材の相互の特性を考慮する必要がある。縫合糸はその性能面から体内で吸収される吸収性縫合糸(天然素材; 腸線, 合成繊維; ポリグリコール酸, ポリビニルアルコール, ポリグラクチン910²⁰⁾など)と非吸収性縫合糸(天然素材; 絹, 合成繊維; ポリエチレンテレフタレート)の編み糸にシリコン, テフロンをコーティングした糸, ナイロン6, ナイロン66のモノフィラメント, ポリプロピレンのモノフィラメント, ポリエチレンのモノフィラメント, 金属; 銀, ステンレス)に分類される。形態的には編み糸とモノフィラメントがある。細菌汚染についてはモノフィラメントのほうが毛管現象による細菌付着がないので編み糸よりも有利である。

縫合糸に要求される性能は, ①大きな強度, ②縫合される組織に適合した伸度, ③大きな結節保持力, ④適度な曲げ剛性, ⑤耐滅菌性, ⑥生体反応の少なさ, などである。合成繊維系縫合糸の基準は昭和45年12月28日厚生省告示第444号に与えられている。

ポリグリコール酸縫合糸では表面に水溶性非イオン界面活性剤をコーティングして表面摩擦を下げ, 組織損傷を防ぐとともに結節時にはポリグリコール酸の表面が露出して摩擦を大きくして結節保持力が増すように合成繊維系縫合糸の後加工による改質の試みが多い²¹⁾。絹縫合糸は表面のセリシンを除去して編み糸とした軟質絹糸がほとんどである。これには補強, 表面摩擦低下, 毛管現象防止の目的でシリコンなどがコーティングされる。ポリエステル, ポリプロピレン縫合糸は生体内での強度変化を受け難い²²⁾ため生体内で半永久的に使用することができる。

2.3 医療用機能繊維

医療用機能繊維の典型例は人工腎臓に利用される中空繊維である。人工臓器(人工腎臓²³⁾, 人工肺²³⁾, 人工血管²⁴⁾, 人工肝臓など)に利用される繊維には血液と直接接触するため, より厳しい生体適合性(血液適合性, 組織

適合性, 抗血栓性)が要求される。表3²⁵⁾に現在繊維が利用されている人工臓器, 繊維素材, 形態, 使用箇所, および特徴をまとめて示す。人工臓器分野における市場の大きさは現在, 人工腎臓が1位である。将来, 中空繊維を用いた血漿分離技術は単なる血漿/血球分離から血中の有効成分毎の分離を目的とする血漿分画にまで発展し, この技術を利用する市場は1位になる見通しである²⁶⁾。

1) 人工腎臓用中空繊維 人工腎臓は慢性腎不全等で腎機能が著しく低下または喪失した患者に主として適用される血液浄化装置である。人工腎臓は1966年から本格的に臨床用として用いられ, 1968年12月から医療保健が, 1972年10月から身体障害者福祉法が適用され, 患者の自己負担(患者一人当たりの全経費は1983年で約50万円/月とされている)がなくなった²⁶⁾。日本国内の人工透析患者数は1982年12月現在4万7978人²⁷⁾である。透析患者数は毎年5000人ずつ増加し, 10年後には10万人を越える見通しである。

人工腎臓の歴史は1913年Abelらによる硝酸セルロース膜を用いた血液透析の試みに始まり, 1944年Kolffはセルロース膜を用いた血液透析により急性腎不全患者の救命に成功した。その後セルロース膜は中空繊維化された。中空繊維型人工腎臓は最近では全血液透析器の90%以上を占める²⁸⁾。

中空繊維の外径は現在200~300 μ m, 膜厚は10~20 μ mであるが, 近々5 μ m前後になるであろう。素材は銅アンモニア法再生セルロース^{28, 29)}(旭化成, ENKA)が大部分であるが, その他酢酸セルロース加水分解法再生セルロース^{30, 31)}(帝人, Cordis-Dow), 酢酸セルロース³²⁾(Cordis-Dow), ポリアクリロニトリル^{33, 34)}(旭メディカル), ポリメチルメタアクリレート^{35, 36)}(東レ), エチレンービニルアルコール共重合体^{37, 38)}(クラレ), ポリスルホン³⁹⁾(Amicon)などがある。

2) 血漿分離用中空繊維 繊維の医療分野への進出を歴史的に見ると, 人工腎臓のように医療側の要求に従って開発され, それによってまた需要が急激に拡大され, 社会体制(健保など)も整備された。メディカルグレード

表3 人工臓器分野で利用される繊維の種類²⁵⁾

人工臓器	繊維の種類	形態	使用箇所	特徴
人工腎臓	再生セルロース エチレン・ビニルアルコール 共重合体 ポリアクリロニトリル ポリメタクリル酸メチル 酢酸セルロース コラーゲン ナイロン、セルロース 炭素繊維	中空繊維	血液透析部	ディスポーザブル、小型化 血液充填量小(50~100ml) 残血量小(1~5ml) 故障率小(0.1%以下)
		フィラメント	透析液処理 (吸着用)	表面積大 取扱い容易
人工肺	ナイロン、ポリエステル ポリプロピレン ポリ塩化ビニリデン	メッシュ	消泡部	表面をシリコン加工 取扱い容易
人工心臓	ポリエステル	メッシュ	心室壁	表面シリコン加工、機械的強度大
人工肝臓	再生セルロース ポリアクリロニトリル 酢酸セルロース	中空繊維	透析部	体内からの毒素除去、表面積大
人工気管	ポリエチレン、テフロン	メッシュ	気管組織	纖毛上皮の再生大、組織反応小
人工食道	ポリエチレン、テフロン ポリエステル	メッシュ	食道組織	組織反応小
人工すい臓	アクリル共重合体	中空繊維	透析部	インシュリンを血管内に、糖を体外へ
人工弁	ポリエステル、テフロン ナイロン、ポリプロピレン 再生セルロース	フィラメント	弁のリング部	組織と人工弁との縫合、組織成長の足場
人工骨 人工関節	グラファイト繊維 炭素繊維	フィラメント	人工骨内部	骨の補強(骨と近い弾性率を与える)
人工腱	テフロン、ポリエステル ナイロン、絹 金属繊維	フィラメント	筋肉内の腱	骨と腱との連結
人工皮膚	ナイロン	織	合成ポリペプチドの裏打ち	やけどの一時的整形
人工血管	テフロン ポリエステル	編織 不織布	直径5mmφ以上の動脈連結部	仮成内膜の形成促進
腹水処理	酢酸セルロース/ ポリアクリロニトリル	中空繊維	腹水のろ過・吸収部	腹水中の癌細胞と細菌とを体外へ除去 (酢酸セルロース)、蛋白を体内へ(ポリ アクリロニトリル)
補助循環	ポリエステル	フィラメント スフ メッシュ	血液ポンプ室 フィルタ部 消泡部	ポリウレタン製ダイヤフラム上に仮成内 膜の形成促進 表面シリコン加工

の繊維原料の要求、即ち、医療用繊維は原料モノマーから医療用として設計すべきであるとする要求が、最近、医療側からなされている。

一方、最近では繊維産業の高度な技術を積極的に利用した新しい治療法の研究開発が活発化している。その代表例が高分子膜を用いる血漿交換療法、血漿浄化療法の開発である^{40,41)}。

血漿分離とは、血液中の有形成分(赤血球；直径6~9.5μm、白血球；直径6~20μm、血小板；直径2μm)と無定形成分である血漿(主成分はアルブミン；分子量

69,000、免疫グロブリン；分子量150,000などのタンパク質)とを分離することである。

血漿交換療法とは、血液透析や血液ろ過では除去し得ない血漿中の高分子量物質の除去を目的とし、分離した血漿から有用なアルブミンを中心とした分画を取り出し、再び体内に戻す方法である。1981年の血漿交換に関する研究論文数が5年前の10倍に達している⁴²⁾。この事実から判るように血漿交換療法は近年、急速に開発された方法である。

血漿分離用の膜の開発は血漿交換療法の進展に大きく

表4 血漿分離用中空繊維

メーカー	旭メディカル	東レ	クラレ	三菱レーヨン	帝人	Membrana
素材	酢酸セルロース	ポリメチルメタ アクリレート	ポリビニル アルコール	ポリエチレン	ポリマーアロイ ^{*1)}	ポリプロピレン
最大孔径 〔 μm 〕	0.2	0.5	0.2	— ^{*2)}	0.2 ^{*3)}	0.5
中空繊維内径 〔 μm 〕	330	370	330	270	330	330
膜厚 〔 μm 〕	75	85	125	60	75	140

*1) 酢酸セルロース75%, アクリル系ポリマー22%, 硝酸セルロース(3%)

*2) 幅3~5nm, 長さ2~4 μm のくし型の形状を持つ孔のため表示せず。

*3) 平均孔径

寄与した。従来は遠心分離法により血漿/血球分離を行っていたが、①連続的に大量の分離が難しい、②装置が高価である、③患者間の血液感染の危険がある、などの問題点があった。1978年Solomonら⁴³⁾により膜による血漿/血球分離の可能性が明らかにされ、その後、血漿/血球分離用として0.1~1.0 μm 程度の平均孔径を持つ多孔質膜の開発が活発となった。現在は人工腎臓と同様に中空繊維状膜が中心である。素材は酢酸セルロース⁴⁴⁾(旭メディカル, Cordis-Dow), ポリアクリロニトリル(旭メディカル), ポリスルホン(住友ベークライト, Amicon), ポリメチルメタアクリレート(東レ), ポリビニルアルコール(クラレ), エチレン-ビニルアルコール共重合体(クラレ), ポリエチレン⁴⁵⁾(三菱レーヨン), ポリプロピレン⁴⁶⁾(Membrana)などがある^{47, 48)}。

膜による血漿浄化法(二重過プラズマフェレシス)では孔径0.1~0.4 μm の一次膜で血漿分離を行ない、孔径0.01~0.08 μm の二次膜で血漿タンパクを分画する。すでに旭メディカルよりポリアクリロニトリル/酢酸セルロースの各中空繊維状膜2種類を組み合わせた二重過プラズマフェレシスシステムが販売されており、最近、ポリビニルアルコール/エチレンビニルアルコール共重合体の組み合わせ(クラレ)が市販された。表4に代表的な血漿分離用中空繊維をまとめて示す。

3. 新しい医療用繊維

吸着性繊維を用いた血清タンパク質の分画あるいは血液浄化、血球の繊維に対する粘着性の差を利用した白血球の分離(粘着カラム法)など既存の繊維を用いた新しい医療技術の開発がある^{49, 50)}、一方、殺菌繊維⁵¹⁾、抗菌繊維^{52, 53)}(三菱レーヨン, 帝人), 硫酸バリウム混入のX線防御手術衣⁵⁴⁾などが開発されつつある。また、中空繊維状膜上に肝細胞を増殖させたハイブリッド型人工肝臓^{55, 56)}に代表される新しいタイプの人工臓器^{57, 58)}の開発も活発化している。

繊維産業以外の分野で開発された技術が繊維の形態で医療に利用された典型的な例は光学繊維(Optical fiber)である。体内の各部所の直接観察用に使われる内視鏡⁵⁹⁾や医用レーザーメスは欠く事のできない医療器具の一つとなった。

特定の形状を記憶しているいわゆる形状記憶合金は工学的応用研究が活発となっているが、医療分野でも幾つかの応用が試みられている。繊維状の形状記憶合金ではフィルター状あるいは血管の直径に近い直径で巻いたコイル状で形状記憶させ、直線状で血管内に挿入したのち形状回復させて凝血トラップ用フィルター⁶⁰⁾あるいはコレステロール除去材⁶¹⁾として機能させる例がある。形状記憶の機能を利用すれば、外科手術を避けられるなどの利点があり、この素材の今後の展開が注目される。

4. おわりに

医療用繊維はその量的な伸び率(年率20%以上)とその高付加価値を考えると将来性のある分野と言える。繊維に要求される性能は、繊維が高度な医療技術に利用されるほど衣料用繊維の性能とは異質なものになる。したがって医療用機能繊維とは、繊維工業の持つ高度化された技術を用いて、医学が要求する高度の機能を有するように作製された高分子構造体の一形態であると解釈すべきであろう。繊維の持つ形態上の特徴は①単位体積当たりの表面積が大きい(吸着機能, 物質透過機能), ②機械的性質が優れる(補強材不要, 小型化可能), ③取り扱いが容易, ④可とう性良好がある。中空繊維の形態上および高次構造上の特徴と繊維高分子の素材としての特徴と複合化した医療用機能繊維は繊維産業の中で知識集約化への最短コースにあると言える。

文 献

- 1) 厚生省編, 昭和57年版厚生白書(1983)。
- 2) 中山暢三, 繊維誌, 34, P197(1981)。

- 3) 産業用繊維資材研究会編, “産業用繊維資材ハンドブック” p.612 (1979), 繊維機械学会.
- 4) Kamide, K., Okajima, K., Matsui, T., Onishi, M., Kobayashi, H., *Polymer J.*, **15**, 309 (1983).
- 5) 産業用繊維資材研究会編, “産業用繊維資材ハンドブック” p.613 (1979), 繊維機械学会.
- 6) 真鍋征一, 繊維機械学会第34回年次大会講演前刷, p.55 (1981).
- 7) 諸徳寺義晴, 織消誌, **18**, 275 (1977).
- 8) 小林寛伊, 織学誌, **36**, P-510 (1980).
- 9) 皆川 基, 小沢 敦, 森 敬, 織消誌, **13**, 103 (1972).
- 10) 大場琢磨, 織学誌, **36**, P-517 (1980).
- 11) 通商産業大臣官房調査統計部編, 昭和57年繊維統計年報, 日本繊維協議会(1983).
- 12) 芦田 真, 荒川洋造, 古川千栄子, 山本直美, 医器誌, **46**, 34 (1976).
- 13) 磯部昭博, 織学誌, **39**, P-436 (1983).
- 14) 牧田 実, *ibid.*, **30**, P-260 (1974).
- 15) 青木良一, *ibid.*, **30**, P-371 (1974).
- 16) 鈴木 磨, *ibid.*, **33**, P-188 (1977).
- 17) 日本化学繊維協会技術部, 化纖月報, **36**, (7) 39 (1983).
- 18) 勝田慶雄, *ibid.*, **32**, (3) 47 (1979).
- 19) 特開昭56-15458 (旭化成).
- 20) 稲垣有司, 田中 稔, 眼科臨床医報, **77**, 448 (1983).
- 21) 小林寛伊, 手術, **34**, 1369 (1982).
- 22) Lee, H., Neville, K., “Handbook of Biomedical Plastics” Chapter 4, p10 (1971), Pasadena Technology Press.
- 23) 稲垣健二, 織学誌, **39**, P-405 (1983).
- 24) 野一色泰晴, *ibid.*, **39**, P-399 (1983).
- 25) 佐藤公彦, 真鍋征一, 上出健二, 織機誌, **31**, P306 (1978).
- 26) 上出健二, 飯島秀樹, 真鍋征一, インファケム, **3**, (3) 27 (1982).
- 27) 小高通夫, わが国の慢性透析療法の現況, 人口透析研究会, (1983).
- 28) 特公昭50-40168 (旭化成) など.
- 29) ベルギー特許879108, 879109, 879110, 897422 (1980), (Akzo N. V.).
- 30) 特開昭50-70611 (帝人) など.
- 31) 村上瑛一, 長谷川良三, 水谷昭治, 人工臓器, **5**, (Suppl.), 107 (1976).
- 32) 西独特許2827100 (Cordis-Dow).
- 33) 西独特許2739118 (旭化成) など.
- 34) 特開昭55-103306 (日本ゼオン) など.
- 35) 特開昭55-27053 (東レ) など.
- 36) 岡沢 孜ら, 人工臓器, **4**, 157 (1975).
- 37) 特開昭56-149438 (クラレ) など.
- 38) 星野敏久ら, 人工臓器, **7**, 264 (1978).
- 39) Davis, R. B., et al., ACS Symp. Ser. (Am. Chem. Soc.), p367 (1981).
- 40) 例えば, 井上 昇ら, 人工臓器, **7**, 1095 (1978).
- 41) 例えば, 阿岸鉄三, 膜, **7**, 95 (1982).
- 42) 塩川優一, 治療学, **8**, 479 (1982).
- 43) Solomon, B. A., et al., *Trans. Am. Soc. Artif. Intern. Organs*, **24**, 21 (1978).
- 44) 上出健二ら, 高分子論文集, **34**, 205 (1977).
- 45) 特開昭55-13209 (三菱レーヨン).
- 46) USP 611300 (セラニース).
- 47) 鶴見 隆, 表面, **20**, 708 (1982).
- 48) 中林宣男, 医用材料, **19**, 200 (1982).
- 49) 本田憲治, 宮本正樹, 笹川 滋, 織学誌, **36**, P-496 (1980).
- 50) 宮本正樹, 笹川 滋, *ibid.*, **39**, P-411 (1983).
- 51) 特開昭55-51817 (三菱レーヨン) など.
- 52) 特開昭55-40821 (三菱レーヨン) など.
- 53) *Jpn. Chem. Week*, Jan., **17**, p6 (1980).
- 54) *Text. Ind.*, **143** (10), 19 (1979).
- 55) Wolf, C. F. W., Munkelt, B. E., *Trans. Am. Soc. Artif. Intern. Organs*, **21**, 16 (1975).
- 56) Wolf, C. F. W., *Polymer Science and Technology*, **13**, 557 (1980).
- 57) Chick, W. L., et al., *Science*, **187**, 847 (1975).
- 58) Colton, C. K., et al., *Polymer Science and Technology*, **13**, 541 (1980).
- 59) 大吉 馨, 化纖月報, **28**, (1) 39 (1975).
- 60) Simon, M., et al., *Radiology*, **125**, 89 (1977).
- 61) 本間敏夫, 医用材料, **19**, 223 (1982).

(昭和58年12月5日受理)