

日本生体医工学会監修

臨床工学シリーズ

117

# 医用材料工学

三重大学名誉教授 工学博士 堀 内 孝  
元北海道大学大学院准教授 工学博士 村 林 俊  
共 著

コ ン ナ 社

---

### 臨床工学シリーズ編集委員会

元杏林大学教授	医学博士	伊藤寛志
東京女子医科大学名誉教授	医学博士	太田和夫
神奈川県立保健福祉大学教授	工学博士	小野哲章
代表 上智大学名誉教授	工学博士	金井寛
東京大学名誉教授	工学博士	斎藤正男
東京大学名誉教授	医学博士	都築正和

---

(五十音順，所属は初版第1刷発行当時)

## 序

近年の医療機器の高度な発達に伴い、これらの機器を安全・有効に活用するために工学技士が必要となり、臨床において多数の技士が働いている。昭和62年、関係各位の努力によりこれらの工学技士のために、臨床工学技士法が制定された。これに伴って、臨床工学技士の教育が差し迫った重要な問題になり、日本エム・イー学会<sup>†</sup> CE委員会が中心になり、日本医科器械学会、透析療法合同専門委員会の協力を得て、適正な教科書の早期発行を検討してきた。

臨床工学技士は将来の医療機器の発展に対応できるよう、臨床における工学的問題に広く対処できる能力を持つことが必要とされている。このためには工学的基礎を体系的に理解することがきわめて重要であるが、同時に医学の基礎知識を修得しなければならない。3年という短い養成期間に工学と医学双方の基礎を理解させるよう教育することはたいへん困難で、従来の工学教育および医学教育を縮めるだけではとても不可能である。そこで臨床工学的視点に立った工学および医学の教育が必要となる。しかしこれまでこのような観点からの教科書はまったくなかった。

本シリーズはこのような状況を踏まえ、臨床工学技士の学校教育にはもちろん、臨床工学を体系的に学びたい医療関係者のニーズにも十分応えられるよう企画したものである。

1990年1月

「臨床工学シリーズ」編集委員会

代表 金井 寛

---

<sup>†</sup> 2005年4月、「日本エム・イー学会」は「日本生体医工学会」に名称変更になりました。

## ま え が き

1988年4月に臨床工学技士法が施行されてから18年が経過した。次世代の臨床工学技士の養成のために作成された教育カリキュラムは臨床工学技士の担う社会的責任の大きさを映し出したもので、他の分野では類を見ないほど広範な内容である。その教育カリキュラムは医学系と工学系の科目にほぼ二分できるが、工学系の専門基礎科目の一つである「医用材料工学」には45時間の履修が課せられている。臨床工学技士の業務が体外循環操作、カテーテル検査、医用機器の安全管理など、多種多様な医用材料にかかわることから考えても重要な教科であり、国家試験を目指す学生にも、資格取得後の臨床工学技士にとっても「医用材料工学」には十分習得していただきたい内容が数多く含まれている。

医用材料や生体材料を取り扱った書籍は多く見られるが、それらの内容はすでに大学の基礎（教養）課程において化学の基礎を学んだ読者が対象であり、高校から進学したばかりの学生には系統的な理解が困難な内容も少なくない。また、臨床工学技士を目指す学生達の高校在学時の化学Ⅰ、Ⅱの履修状況や臨床工学技士養成校や大学における化学教育の時間配分を鑑みると、医用材料工学を学習するに最低限の「化学のまとめ」を章として整理しておくことが重要と考えた。そこで、本書では7章「医用材料の基礎」として掲載することで、今までにない臨床工学技士養成のための教科書ができたと思っている。

1章から3章は「実際の臨床工学技士の業務に関連する材料」を中心に引き上げ、整理し、関連する基本的な内容を7章にリンクさせ、理解を深められるように心掛けた。4章はいまだ不明な部分が多く、それゆえ難解である「医用材料と生体との相互作用」をできるだけ平易に説明できるよう紙面をさいた。

5章の「医用材料の滅菌」は臨床医学総論の中で「滅菌消毒学」として引き上げられているので、原理を概説するとどめ、各材料に対する滅菌法は付録

中に記した。

6章の「医用材料の安全性評価」では「医療用具の製造（輸入）承認申請に必要な生物学的試験のガイドライン」を中心に、各種試験法を医療機器の分類と関連付けながら概説した。

7章は2章の医用材料の種類と対応できるよう構成した。高等学校化学I、IIおよび化学の基本項目から医用材料を学ぶために重要と思われる最小限の内容を掲載した。すでに、化学の基礎を習熟している学生は本章を割愛し、1章から6章までの各項目で参照を勧めている箇所のみ7章を使用すると効果的な学習ができるであろう。

本書の特色の最後の一つは、第1回目から現在までの臨床工学技士国家試験過去問題および解答と解説（医用材料分野）をインターネット上（<https://www.coronasha.co.jp/static/07112/07112.htm>）に掲載することである。本文の関連箇所を繰り返し学習していく間に教科書の中から「医用材料とは何たるか」を学び取る力を自ら培っていただければ幸いである。

2006年1月

堀 内 孝  
村 林 俊

## 初版第14刷にあたって

初版第1刷の発行から14年が経過し、この間にISO 10993-1:2018およびJIS T 0993-1との整合が進み、米国食品安全管理局（FDA）発出の生物学的安全性評価指針とも差異がほとんどなくなった。そこで今回の版では、「6.4 生物学的試験」の内容を更新した。

2020年11月

堀 内 孝  
村 林 俊

# 目 次

## 1 臨床工学技士と医用材料

1.1 医用材料の種類と分類 .....	1
1.2 医用材料の備えるべき条件 .....	4
1.3 ま と め .....	6
引用・参考文献 .....	7

## 2 医用材料の種類

2.1 医用金属材料 .....	8
2.1.1 ステンレス鋼 .....	9
2.1.2 コバルトクロム合金 .....	10
2.1.3 チタンおよびチタン合金 .....	10
2.1.4 貴金属合金 .....	10
2.2 医用無機材料 (バイオセラミックス) .....	11
2.2.1 アルミナ .....	12
2.2.2 ジルコニア .....	12
2.2.3 カーボン .....	12
2.2.4 ヒドロキシアパタイト .....	12
2.2.5 リン酸カルシウム系ガラス .....	13
2.3 医用高分子材料 .....	13
2.3.1 シリコーン .....	15
2.3.2 ポリアミド .....	16
2.3.3 ポリウレタン .....	16
2.3.4 ポリ塩化ビニル .....	17

2.3.5	ポリエステル	17
2.3.6	ポリエチレン	18
2.3.7	ポリプロピレン	19
2.3.8	ポリメタクリル酸メチル	19
2.3.9	ポリメタクリル酸-2-ヒドロキシエチル	20
2.3.10	ポリテトラフルオロエチレン	21
2.4	生体由来医用材料	21
2.4.1	コラーゲン	22
2.4.2	ゼラチン	23
2.4.3	キチン・キトサン	24
2.5	ま と め	24
	引用・参考文献	26

### 3 医用材料の応用

3.1	非観血的組織代替材料	27
3.1.1	軟組織代替材料	27
3.1.2	硬組織代替材料	32
3.2	観血的組織代替材料	36
3.2.1	人工血管	36
3.2.2	ステント	39
3.2.3	人工弁	40
3.2.4	人工心臓・補助心臓	42
3.3	体外循環治療用材料	46
3.3.1	人工腎臓	46
3.3.2	アフレスシス療法	49
3.3.3	人工肺	53
3.3.4	補助循環装置	55

3.4 インタフェース材料	56
3.4.1 カテーテル	56
3.4.2 血液回路	57
3.4.3 スキンボタン	58
3.4.4 ブラッドアクセス用シャント	58
3.5 ま と め	59
引用・参考文献	61

## 4 材料・生体相互作用と医用材料の生体適合性

4.1 材料と生体の相互作用とは	62
4.2 血漿タンパク質の材料表面への吸着	64
4.2.1 吸着タンパク質の脱着・交換	65
4.2.2 IgGの吸着配向性	66
4.2.3 吸着タンパク質の多層化	67
4.2.4 吸着タンパク質の構造変化	67
4.3 血栓形成反応	68
4.4 補体活性化反応	78
4.5 アレルギー反応	80
4.6 炎症反応	82
4.7 石灰化反応	86
4.8 癌化反応	87
4.9 それぞれの反応の相互関連	88
4.10 材料-生体相互作用と生体適合性	89
4.11 ま と め	89
引用・参考文献	91



## 5 医用材料の滅菌

5.1 医用材料の滅菌と消毒・殺菌	92
5.2 滅菌の定量的考え方	93
5.3 高圧蒸気滅菌法	95
5.4 エチレンオキシドガス (EOG) 滅菌法	95
5.5 放射線滅菌法	96
5.6 ま と め	97
引用・参考文献	98

## 6 医用材料の安全性評価

6.1 医療機器および医用材料の安全性規格と試験法	99
6.2 物 性 試 験	100
6.2.1 弾 性	101
6.2.2 延 性	102
6.2.3 圧縮強さ	102
6.2.4 靱性（衝撃強さ）と脆性	103
6.2.5 硬 さ	103
6.3 化学的試験	103
6.4 生物学的試験	103
6.5 ま と め	109
引用・参考文献	110

## 7 医用材料の基礎

7.1 原子の結合と材料	111
7.1.1 原子の構造と元素周期表	112
7.1.2 電子の軌道と配置	113
7.1.3 電子式（最外殻電子の表記法）	118
7.1.4 一次的結合	119
7.1.5 二次的結合（分子間に働く引力）	123
7.2 金属材料	126
7.2.1 金属の構造	126
7.2.2 金属の性質	127
7.2.3 金属材料の種類と性質	130
7.3 無機材料	134
7.3.1 無機材料の構造	134
7.3.2 無機材料の種類と性質	135
7.4 有機材料	141
7.4.1 有機化合物の構造	142
7.4.2 高分子の合成と高分子材料	149
7.4.3 天然高分子材料	157
7.4.4 高分子材料の性質	162
7.5 まとめ	166
引用・参考文献	169
<b>付 録</b>	<b>170</b>
<b>索 引</b>	<b>176</b>

# 1 臨床工学技士と医用材料

材料工学とはあらゆる生活、文化、産業の基礎となっている材料の性質を学び、目的に応じた材料の作成と適切な使い方を修得する分野である。普段身のまわりにある生活必需品からハイテク材料まで各材料はニーズに合った諸性質を満たしており、身近な材料からさまざまな物理的、化学的現象を学習することもできる。一般的に材料の選択は、機能性はもちろんのこと加工・成形性、経済性などの多角的な立場から行われる。医療においても多くの材料が合目的に選ばれ、用いられている。その適用の範囲は広く、実際血液に接触する材料や体内に埋め込む材料だけでなく、配管用材料、医療用機器の部品材料など多岐にわたっている。その中で、生体や生体からのサンプル（例えば、血液）と接触して用いられる材料を、医用材料と呼んでいる。

臨床工学技士が携わる一般業務の多くは、透析や人工心肺など体外循環操作に関するものである。実際の体外循環操作に用いられている材料はどのようなものなのか、なぜそのような材料が選択され、どのように使用されているのか、また材料使用時に起こりうる変化はどのようなものかを十分理解しておく、安全な操作につながるばかりでなく、より高度な医療のニーズに応ずることができる。

## 1.1 医用材料の種類と分類

医用材料の種類を系統的に分類することは、一つひとつの材料の機能や性質、使用例を逐一学習するよりも効果的であり、広い分野を把握するために重

## 2 1. 臨床工学技士と医用材料

要である。機能面による分類を表 1.1, 使用部位による分類を表 1.2, また一般的な物性による分類を表 1.3 に示す。

構造材料は形を保持するために使用される材料で、人間の体や体の一部を支える人工骨, 人工歯根, 人工関節などが挙げられる。体内に埋入されるそれらの材料は, 想定される最大荷重や繰返し応力に十分耐えられることと同時に生体適合性がよく, 毒性, 発癌性<sup>がん</sup>のないもの, 埋入後物性変化を起こしにくいものでなければならない(4章参照)。

表 1.1 医用材料の機能面からの分類

構造的	人工骨, 人工歯, 人工歯根, 人工血管, 人工乳房, 人工関節 (骨幹部)
機械的	人工弁, 人工心臓, 人工関節 (摺動部), 人工靭帯
光学的	コンタクトレンズ, 眼内レンズ
物質輸送的	人工腎臓, プラズマフェレシス, 人工肺
化学反応的	接着剤, 骨セメント

表 1.2 医用材料の使用部位による分類

埋植用材料	非観血的組織代替材料 (血液と接触しない)	軟組織代替材料	眼内レンズ, 人工乳房, 人工皮膚, 人工靭帯, 人工陰茎など
		硬組織代替材料	人工骨, 人工関節, 人工歯根など
	観血的組織代替材料 (血液と接触する)	人工血管, スtent, 人工弁, 人工心臓・補助心臓など	
体外循環治療用材料		人工腎臓 (透析膜, 血液濾過膜など) アフエレシス (血漿分離膜, 血漿成分分離膜, 白血球除去など) 人工肺 (膜型人工肺), 補助循環など	
インタフェース材料		カテーテル, 血液回路, スキンボタン, シャントなど	

表 1.3 医用材料の物性からの分類

金属材料 (2.1節, 7.2節参照)	加工しやすい 腐食を受けやすい
無機材料 (2.2節, 7.3節参照)	腐食を受けない (安定である) 硬い 加工しにくい
有機材料 (2.3節, 7.4節参照)	加工・成形しやすい 多種類, 多機能

血液と直接接する人工弁の材料は繰り返し衝撃力に耐え、心臓の吐出圧によって十分開閉できる重量で抗血栓性を有するものが必要条件である。拍動型人工心臓の血液ポンプ部では人工弁と同じく抗血栓性が求められるのみならず、弾性体として機能しなくてはならない。人工関節 摺動部は可動性や耐摩耗性など機械的性質が求められるが、その骨幹部（ステム）は骨組織との力学的性質のマッチング（調和）が必要で構造的分類に含まれる。装着用の軟組織代替材料の代表的なものとしてコンタクトレンズがあるが、透明であること、生体適合性がよく、成形性に優れていることが条件である。眼内レンズはコンタクトレンズ同様、光学的性質が重要であるが体表面には露出しておらず、眼球の中に挿入し使用される。

物質交換用材料、ガス交換用材料は透析用膜、人工肺用膜に代表されるように、溶質やガス透過性といった高次の機能と同時に、適度な耐圧性と成形性が必要である。これらの材料の用途では、血液と直接接触する面積が大きいため、溶出物が毒性を示さないこと、血液成分への損傷が少ないことなどが要求されている。

機能面からの分類（表 1.1）では人工弁と人工関節のように血液との接触を必要とするものとし、ないものが混在しているので、生体への、または生体からの作用を重要とする場合は表 1.2 に示す使用部位による分類が適当である。6 章で記述した「医療用具の製造（輸入）承認申請に必要な生物学的試験のガイドライン」ではまさしくこの分類に則り、第 1 次評価 9 項目、補足的評価 4 項目をそれぞれの必要性に応じて課してある（6.3 節参照）。本書も臨床工学技士の業務が治療の安全を第一とすることから、3 章医用材料の応用ではこの分類に則り実際に使用されている医用材料の説明を行った。

表 1.3 は材料物性による分類を示したもので、表 1.1 で示してある医用材料に求められる機能（物性）を有していれば、この分類の複数に属することもある。例えば、抗血栓性がよく無毒で、かつ機械的強度がよければ、人工弁としては無機材料のセラミックスでも合成高分子でも生体由来組織を利用することも可能である。材料を基本から捉えるためには重要な分類であり高校までの化

学でもその基本は学習しておりなじみ深い。したがって、本書も医用材料の種類として2章で医用金属材料，医用無機材料，医用高分子材料（有機材料）として特記すべき材料を紹介し，7章でその基礎を対応させて記載した。

一般に，金属材料は延性が高く，加工しやすいことや機械的強度が優れたものが多く，歯科材料やステント，人工弁の部品（弁輪部），手術器具，機械部品，一般構造材料として広く使用されている。腐食を受けること（受けにくい金属もある。7.2.2項参照），重いこと，高価なことなどが使用品目，目的を制限する要因である。

代表的な無機材料のセラミックスは広義には陶磁器やガラスなどを含める。現在では各種センサなどの先端技術材料まで幅広く使用されており，組み合わせる元素の種類と比率でさまざまな結晶構造や特性を発揮することが可能である。一般的に腐食を受け難く，硬く，不燃性であるが成形性はほかの材料に劣る。医用材料としては人工骨，人工関節用の材料として使用されている。

有機材料はプラスチックやゴムなど生活必需品において汎用されているが，各種高分子膜などの高次機能を発揮するものも多い。合成高分子のように原料から得られる原料を用いることもできるので，大量に安価に製品をつくることができる。成形性がよく，腐食を受けない。生体由来材料もこの分類に含まれ，代表的なものにコラーゲンのようなタンパク質やウシの心嚢膜しんのうのような生体組織などが用いられている。

## 1.2 医用材料の備えるべき条件

医用材料の中で特に，生体と直接接触する部位に使用しなければならない材料はどのような条件を備えるべきであろうか。表1.4にその条件を列挙した。目的とする機能を十分に発揮する（医用機能性）ことは，最も大切な条件であり，材料物性が適切でなくてはならない。透明なコンタクトレンズ，水や溶質を透過させる透析膜，ガス透過性のよい人工肺，硬い人工骨，耐摩耗性に優れた人工関節。それらの物性は分子の組成や構造，集合状態によって説明できることが多い（2章，7章参照）。

表 1.4 医用材料の備えるべき条件<sup>1)2)</sup>

1) 機能面からの条件	目的とする機能を満足すること
2) 材料固有の条件	a) 医療用としての再現性をもつこと b) 加工性、成形性が適切であること c) 物性、耐疲労性が適切であること d) 消毒、滅菌が可能なこと
3) 生体から材料への作用	生体内劣化（生分解性）が適切であること
4) 材料から生体への作用	a) 生体に毒性のないこと b) 生体への刺激性、炎症惹起性が適切であること c) 血液成分を破壊、変性しないこと d) 血栓をつくらないこと（ただし、血栓形成が合目的な材料もある。例：人工血管） e) 発癌性、催奇性などのないこと

機能性だけ満たしていれば十分であろうか。加工性に優れたものでなければ十分に機能を示すことは困難である。医療現場で手にする材料はすでに製品としての成形品であるが、成形品となる過程には加工のしやすさが材料選択条件となっている。例えば、機械的強度が優れていても、硬すぎて加工できないのでは製品として適切とはいえない。加工のしやすさも、材料の一般的性質と密接な関係があり体系的に理解しておくとうりである（7章参照）。例えば、セラミックスは硬くてもろいので、切削加工は不向きである。

材料を使用する前には感染を防止するため滅菌ができなくてはならない。滅菌は、材料に付着している雑菌を加熱、薬品、ガンマ線、電子線などの手段で死滅させることを目的とするが、その操作により材料の機能自身に影響を及ぼさないことが大切である。熱変性の起こしやすさ、薬品との反応しやすさなど材料の一般的性質を理解しておくとうり役に立つ（5章参照）。

これまでの条件は、医用材料を実際埋め込んだり、体外、体表で使用する前に留意すべき条件で、医療用以外の材料と共通するものが多い。実際の使用では医用材料の備えるべき条件としては生体と材料の相互作用を考慮しなくてはならない。そこで、実際に起こりうる変化として材料側の変化（すなわち生体側から材料側への作用による材料の変化）と生体側の変化（すなわち、材料の

† 肩付き数字は、章末の引用・参考文献の番号を表す。

# 索 引

<b>【あ】</b>	カテーテル	17, 56	結合組織	28
亜急性および亜慢性全身	価電子	118, 120	血小板	68, 72, 73
毒性試験	カニューレ	56	血栓形成反応	68
アフレスシス療法	カプセル化	29, 84	<b>【こ】</b>	
アミノ酸	ガラス転移点	164	抗凝固剤	76
α-アルミナ	癌化反応	87	抗血栓性	36
アルミナ	感作性試験	106	合成高分子	13
アレルギー	がん原性試験	109	硬組織埋植材料	86
アンジオテンシン変換酵素	完全人工心臓	42	高分子キニノーゲン	71
	眼内レンズ	27	骨接合用材料	12
	乾熱滅菌	95	骨セメント	19, 35
アンジオテンシン変換酵素	<b>【き】</b>		コバルト-クロム合金	34, 132
阻害薬	機械弁	40	コポリマー	13
アンチトロピンⅢ	希ガス	117	コラーゲン	22, 29, 32, 69
<b>【い】</b>	キチン	24, 29, 161	コンタクトレンズ	19, 86
イオン化傾向	キトサン	24, 161	<b>【さ】</b>	
イオン結合	キニン系	71	最外殻電子	118
遺伝毒性試験	偽内膜組織	37, 89	再生セルロース	47, 161
インプラント	吸収性縫合糸	18	細胞毒性試験	106
<b>【え】</b>	急性全身毒性試験	108	殺菌	92
エチレン-ビニルアルコール	吸着タンパク質		三重結合	120
ル共重合体		65, 66, 67, 68	<b>【し】</b>	
エポキシ樹脂	キュプロファン	48	歯科用レジン	19
炎症	共重合	156	σ結合	142
<b>【お】</b>	共有結合	120	刺激性試験	106
応力	極性分子	124	止血材	23
オートクレーブ滅菌法	金属結合	122	質量数	112
<b>【か】</b>	<b>【け】</b>		周期表	113
外因系反応	傾斜ディスク弁	40	重合体	149
外シャント	経皮経管冠動脈形成術	39	受容体 (GPIIb/IIIa)	71
界面エネルギー	血液回路	17	消毒	92
カスケード反応	血液凝固因子	68, 70	シリコーン	15, 28, 57
可塑剤	血液浄化用吸着材	20	シリコーンゴム	
	血液適合性試験	108		
	血液透析法	47		



	32, 40, 153
シリコン膜	30, 54
ジルコニア	137
人工陰莖	32
人工関節	10, 13
人工肝臓	49
人工血管	21, 86
人工股関節	19
人工硝子体	15
人工心臓	86
人工心臓弁	12
人工靱帯	31
人工水晶体	19
人工透析	79
人工乳房	28, 84
人工肺	15, 19
人工皮膚	29
人工弁	40, 86
親水性材料	67, 79

【す】

水素結合	125
スキンボタン	58
ステント	39
ステントグラフト	40
ステンレス鋼	130

【せ】

生殖発毒性試験	109
生体活性材料	11
生体吸収性材料	24
生体組織材料	21
生体適合性	89
生体内試験	103
生体不活性材料	11
生体弁	42
生体由来材料	21
生物学的試験	103
生分解性試験	109
セグメント化ポリウレタン	16, 45, 89, 156
石灰化	42, 86
ゼラチン	24

セルロース	78
セルロースジアセテート	50, 165

繊維芽細胞	82
-------	----

【そ】

双極子	123
創傷被覆材	24, 29
疎水性材料	67

【た】

多糖	159
弾性	101
炭素繊維	31
単量体	150

【ち】

チタン合金	34, 36, 45, 89, 132
超高分子量ポリエチレン	34

【て】

テフロン	31
電気陰性度	123
天然高分子	13

【と】

同位体	113
ドレーン	56
トロンビン	75

【な】

内因系反応	69
内シャント	59
内皮細胞	68
ナイロン	16, 152
軟質ポリ塩化ビニル	57
軟組織埋植材	23

【に】

肉芽組織	84
二重結合	120
二葉弁	40

【ね】

熱可塑性	164
熱硬化性	164
熱分解性カーボン	12
熱分解炭素	41

【は】

バイオガラス	13, 33, 138
バイオセラミックス	11
π結合	142
配向吸着	67
バイタリウム	34
ハイドロゲル	20
パイロライトカーボン	138
発熱性物質試験	108

【ひ】

ひずみ	100
ヒドロキシアパタイト	12, 33, 36, 58, 138
皮内反応試験	106
ビニル化合物	154
被包化	84
表面張力	65

【ふ】

フィブリノーゲン	72
フィブリン	72
フィブロネクチン	69
フェノール樹脂	152
副資材	15
フサン	77
フタル酸ジ-(2-)エチル ヘキシル	17, 57
不動態被膜	9
不飽和炭化水素	145
ブラジキニン	48, 72, 82
ブラッドアクセス	58
プレカリクレン	71
プロスタサイクリン	68

	<b>【へ】</b>	ポリテトラフルオロエチレン 21, 31, 37, 41, 54, 97, 155, 165	メタクリル酸メチル 滅菌	155 92
へパリン	76, 161		<b>【も】</b>	
	<b>【ほ】</b>	ポリビニルアルコール 19, 31, 54	モノマー	13
縫合糸	16, 19, 21	ポリマー	13	
ポリウレタン	16, 57	ポリメタクリル酸-2-ヒド ロキシエチル	20	<b>【や】</b>
飽和炭化水素	144	ポリメタクリル酸メチル	19	薬物除放用担体
補助心臓	42	ポリメチルメタアクリレート	28, 35	ヤング率
補体	78			<b>【ゆ】</b>
ポリアクリロニトリル	165			有機化合物
ポリアミド	16, 152	<b>【ま】</b>		融点
ポリエステル	31, 152	慢性全身毒性試験	108	輸液バッグ
ポリエチレン	18, 95	埋植試験	108	<b>【よ】</b>
ポリエチレンテレフタレート	18, 37, 41			陽子数
ポリ塩化ビニル	17, 57	<b>【む】</b>		溶出物試験
ポリオレフィン	54	無極性分子	124	
ポリグリコール酸	18			<b>【り】</b>
ポリジメチルシロキサン	15	<b>【め】</b>		硫酸デキストラン
ポリスチレン	95	メシル酸ナファモスタット	77	リン酸三カルシウム
ポリスルホン	48, 173			76 138

	<b>【A】</b>		<b>【F】</b>		<b>【R】</b>
ACE	76	FB	82	RGD 配列	71, 74
A-W 結晶化ガラス	13, 33			<b>【S】</b>	
	<b>【D】</b>		<b>【L】</b>	LDL アフェレシス	76
DDS 材料	23		<b>【P】</b>	PGA	18
DEHP	17			SUS 316 L	9

**堀内 孝** (ほりうち たかし)

1976年 東京理科大学工学部工業化学科卒業  
 1978年 東京理科大学大学院工学研究科修士課程修了(工業化学専攻)  
 1978年 東京大学医科学研究所臓器移植生理学研究部研究生  
 1981年 米国クリーブランドクリニック財団法人工臓器研究所 リサーチフェロー  
 1984年 米国クリーブランドクリニック財団法人工臓器研究所 シニアリサーチエンジニア(代謝系人工臓器部門)  
 1987年 工学博士(東京大学)  
 1987年 東京大学講師  
 1991年 東京大学助教授  
 1992年 東亜大学大学院教授  
 2003年 三重大学教授  
 2006年 三重大学大学院教授  
 2018年 三重大学名誉教授

**村林 俊** (むらばやし しゅん)

1972年 北海道大学工学部合成化学工学科卒業  
 1975年 北海道大学大学院工学研究科修士課程修了(合成化学工学専攻)  
 1978年 北海道大学大学院工学研究科博士課程修了(合成化学工学専攻)  
 工学博士(北海道大学)  
 1978年 米国クリーブランドクリニック財団法人工臓器研究所 リサーチフェロー  
 1981年 米国クリーブランドクリニック財団法人工臓器研究所 プロジェクトスタッフ(生体材料生体適合性部門)  
 1987年 北海道大学助教授  
 1995年 北海道大学大学院助教授  
 2007年 北海道大学大学院情報科学研究科准教授  
 2013年 北海道大学大学院退職

**医用材料工学**

Biomaterials for Clinical Engineer

© Takashi Horiuchi, Shun Murabayashi 2006

2006年2月10日 初版第1刷発行

2020年12月20日 初版第14刷発行

検印省略

著 者 堀 内 孝  
 村 林 俊  
 発 行 者 株式会社 コロナ社  
 代 表 者 牛来真也  
 印 刷 所 新日本印刷株式会社  
 製 本 所 有限会社 愛千製本所

112-0011 東京都文京区千石 4-46-10

発 行 所 株式会社 コロナ社

CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替 00140-8-14844・電話(03)3941-3131(代)

ホームページ <https://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-07112-2 C3347 Printed in Japan

(金)



**JCOPY** <出版者著作権管理機構 委託出版物>

本書の無断複製は著作権法上での例外を除き禁じられています。複製される場合は、そのつど事前に、出版者著作権管理機構(電話03-5244-5088, FAX 03-5244-5089, e-mail: info@jcopy.or.jp)の許諾を得てください。

本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられています。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は、いかなる場合も認めていません。落丁・乱丁はお取替えいたします。