

# 新 医用材料工学

— バイオマテリアルの基礎から  
DDS・再生医療への応用まで —

堀内 孝  
村林 俊 【共著】  
宮本啓一

コロナ社

# ま え が き

紀元前 2500 年頃には金が、18 世紀にはセラミックスが歯の代替材料として用いられたとの記録がある。いまを遡ること 170 年前に無菌手術法が確立すると、新たな医療技術が感染症を起こさず導入可能となり、飛躍的に医学が発展した。その立役者の一つが医用材料であるといっても過言ではない。外科手術で用いられるメスや縫合糸は金属や生体高分子から出発し、20 世紀に入ると輸血セットや注射器、注射針などの治療用器具、さまざまな生体機能を人工物で置きかえる人工臓器などの治療機器へと進化した。人工臓器の需要が高まるにつれ、医学と工学の両分野の知識と技術をもつ人材の育成が望まれ、本邦では 1988 年 4 月、国家資格としての臨床工学技士が誕生した。

本書の前身である臨床工学シリーズ 12「医用材料工学」はまさしく、その考え方に則り、2006 年 2 月に初版が刊行され、今年で 20 年を迎えるに至った。その間、医療技術もますます発展し、組織工学、再生医療、ドラッグデリバリーシステム (DDS) と医用材料の新たな領域が拡大している。そこで、いままでの知識と技術を系統的にまとめ、臨床工学技士のみならず医療機器開発を目指す次世代の医療技術者育成に寄与できる基礎材料工学と臨床工学、さらには組織工学をも融合した教科書を上梓することとした。本書「新 医用材料工学」では、再生医療用材料、DDS 材料の研究者である三重大学工学部生体材料化学研究室の宮本啓一教授に新たな章をご執筆いただくとともに、最新の医療機器・医療器具をアップデートした。

1 章から 5 章は「実際の臨床現場で用いられている医用材料」を中心に引き上げ、工学的視点から整理し、関連する基本的な内容を 8 章以降にリンクできるように心がけた。

6 章には「ドラッグデリバリー材料」、7 章には「再生医療用材料」を新たに

加えた。

8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。

9章の「医療機器および医用材料の安全性評価」では、2020年に改訂された「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」を中心に、各種試験法を医療用具の分類と関連付けながら概説した。

10章の「医用材料の滅菌」は医学全般の中で「滅菌消毒学」として取り上げられているので、原理を概説するに留め、医用材料の滅菌に関連付け解説した。

2026年5月

著者一同

本書詳細ページ (<https://www.coronasha.co.jp/np/isbn/9784339072853/>)  
では臨床工学技士国家試験の解説を順次更新していくので、国家試験を目指す学生はぜひ参照されたい。

# 目 次

## 1 章 臨床の中の医用材料

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

## 2 章 医用金属材料

2.1 医用金属材料とは	7
2.2 金属の基礎	8
2.2.1 金属結合 8 / 2.2.2 金属の結晶構造と組織 9	
2.2.3 純金属と合金 11	
2.3 金属の性質	12
2.3.1 化学的性質 12 / 2.3.2 物理的性質 14 / 2.3.3 生物学的安全性 16	
2.4 金属の種類	17
2.4.1 鉄と鉄合金 17 / 2.4.2 非鉄金属と非鉄合金 20	
2.5 医用金属材料の応用	24
2.5.1 循環血液と非接触（非観血的） 24 / 2.5.2 循環血液と接触（観血的） 28	
2.6 ま と め	32

## 3 章 医用無機材料（バイオセラミックス）

3.1 医用無機材料（バイオセラミックス）とは	34
3.2 セラミックスの基礎	36

3.2.1 セラミックスの結合	36	/	3.2.2 セラミックスの結晶構造	37			
3.3 セラミックスの種類と性質	..... 38						
3.3.1 化学的性質	38	/	3.3.2 物理的性質	38			
3.4 バイオセラミックスの種類	..... 39						
3.4.1 生体不活性	39	/	3.4.2 生体活性	41	/	3.4.3 生体内崩壊性	44
3.5 バイオセラミックスの応用	..... 45						
3.5.1 人工骨, 骨スペーサ	45	/	3.5.2 骨増量剤	46	/	3.5.3 人工歯	46
3.5.4 人工関節骨頭部	47	/	3.5.5 人工弁弁葉	48			
3.6 ま と め	..... 49						

## 4章 医用高分子材料 I (合成高分子)

4.1 医用高分子材料とは	..... 50			
4.2 合成高分子の基礎	..... 52			
4.2.1 合成高分子の種類と合成法	52	/	4.2.2 高分子材料の構造と形態	64
4.2.3 高分子の性質	65			
4.3 合成高分子の種類と応用	..... 70			
4.3.1 非観血的軟組織代替材料 (血液と接触しない)	71			
4.3.2 観血的軟組織代替材料 (血液と接触する)	73			
4.3.3 体外循環治療用材料	78	/	4.3.4 インターフェース材料	88
4.4 ま と め	..... 91			

## 5章 医用高分子材料 II (生体由来高分子)

5.1 天然高分子の基礎	..... 93						
5.1.1 単糖と多糖	93	/	5.1.2 アミノ酸とタンパク質	94			
5.1.3 その他の天然高分子	95						
5.2 医用天然高分子の種類	..... 96						
5.2.1 多糖系	97	/	5.2.2 タンパク質系	101			
5.3 天然高分子の応用	..... 106						
5.3.1 人工皮膚	106	/	5.3.2 人工靭帯	107	/	5.3.3 生体弁弁尖	107
5.3.4 脱細胞化組織	108						

5.4 ま と め .....	109
-----------------	-----

## 6章 ドラッグデリバリー材料

6.1 ドラッグデリバリーシステムとは .....	111
6.2 ドラッグデリバリーシステムの基礎 .....	112
6.2.1 薬物体内動態と血中濃度変化について 112 / 6.2.2 薬物送達方法 113	
6.3 ドラッグデリバリー材料の応用 .....	116
6.3.1 マイクロカプセル・リポソーム材料 117 / 6.3.2 ハイドロゲル材料 117	
6.3.3 高分子ミセル材料 118 / 6.3.4 薬剤溶出型ステント 118	
6.4 ま と め .....	119

## 7章 再生医療用材料

7.1 再生医療用材料とは .....	120
7.2 再生医療用材料の基礎 .....	121
7.2.1 生体組織の基本構造 121 / 7.2.2 再生医療用材料の要素 123	
7.2.3 リモデリングの方法論 124 / 7.2.4 オルガノイドの作成技術 125	
7.3 再生医療用材料の応用 .....	128
7.3.1 細胞材料 128 / 7.3.2 細胞足場材料 131	
7.4 ま と め .....	133

## 8章 材料・生体相互作用と医用材料の生体適合性

8.1 材料と生体の相互作用とは .....	134
8.2 血漿タンパク質の材料表面への吸着 .....	136
8.2.1 吸着タンパク質の脱着・交換 138 / 8.2.2 IgGの吸着配向性 139	
8.2.3 吸着タンパク質の多層化 140 / 8.2.4 吸着タンパク質の構造変化 140	
8.3 生 体 反 応 .....	141
8.3.1 血栓形成反応 142 / 8.3.2 補体活性化反応 152	
8.3.3 アレルギー反応 155 / 8.3.4 炎症反応 156	
8.3.5 石灰化反応 160 / 8.3.6 癌化反応 161	
8.3.7 それぞれの反応の相互関連 162	

8.4 材料-生体相互作用と生体適合性 .....	163
8.5 ま と め .....	163

## 9 章 医療機器および医用材料の安全性評価

9.1 医療機器および医用材料の安全性規格と試験法 .....	165
9.2 物 性 試 験 .....	166
9.2.1 弾性 167 / 9.2.2 延性 168 / 9.2.3 圧縮強さ 168	
9.2.4 韌性（衝撃強さ）と脆性 169 / 9.2.5 硬さ 169	
9.3 化学的試験（溶出物試験） .....	169
9.4 生物学的試験 .....	170
9.5 ま と め .....	175

## 10 章 医用材料の滅菌

10.1 医用材料の滅菌と消毒・殺菌 .....	177
10.2 滅菌の定量的考え方 .....	178
10.3 各 種 滅 菌 法 .....	180
10.3.1 高圧蒸気滅菌法（物理的滅菌法／加熱法） 180	
10.3.2 乾熱滅菌法（物理的滅菌法／加熱法） 180	
10.3.3 放射線滅菌法（物理的滅菌法／照射法） 181	
10.3.4 濾過滅菌法（物理的滅菌法／濾過法） 182	
10.3.5 エチレンオキシドガス滅菌法（化学的滅菌法／ガス法） 183	
10.3.6 過酸化水素滅菌／過酸化水素低温ガスプラズマ滅菌法 （化学的滅菌法／薬液法） 184	
10.4 ま と め .....	185

付 録 .....	186
引用・参考文献 .....	193
索 引 .....	196

# 1 章

## 臨床の中の医用材料

普段身の周りにある生活必需品からハイテク製品まで各材料はニーズにあ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ができる。医療においても多くの材料が合目的に選ばれ、用いられてきた。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、医療施設用建設材料、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。

### 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要である。機能面による分類を表 1.1、接触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。

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) など
機械的	人工弁, 人工心臓, 人工関節 (摺動部), 人工靭帯など
光学的	コンタクトレンズ, 眼内レンズなど
物質輸送的	人工腎臓, プラズマフェレシス, 人工肺など
化学反応的	接着剤, 骨セメント, 骨増量剤など

表 1.2 医用材料の接触部位からの分類<sup>1)†</sup>

非接触用具	患者の身体に直接的にも間接的にも触れていない医療用具
体表面接触用具	皮膚：健全な皮膚にのみ接触する医療用具 粘膜：健全な口腔，食道，尿道などの粘膜器官に接触する医療用具 損傷表面：傷ついた皮膚あるいは粘膜器官に接触する医療用具
体内と体外を連結する用具	血液流路・間接的：血管に薬液などを注入する医療用具で，1点で血管と接触するもの 組織／骨：組織，骨および歯と連結する医療用具 循環血液：循環血液と接触する医療用具
体内埋込み用具	組織／骨：組織および／または骨と接触する医療用具 血液：おもに血液と接触する医療用具

表 1.3 医用材料の物性からの分類

金属材料	加工しやすい 腐食を受けやすい
セラミックス材料	加工にくい 硬い 腐食を受けない（安定である）
有機材料	加工・成形しやすい 多種類，多機能

機能面から材料は構造、機械、光学、物質輸送、化学反動的機能に分類される。構造材料は形を保持するために使用される材料で、ヒト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り返し応力に十分耐えられることと同時に生体適合性が良く、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（8章参照）。

血液と直接接する人工弁弁葉（弁尖）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かつ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。人工関節の摺動部<sup>しゅうどう</sup>は可動性や耐摩擦性など機械的性質が求められるが、その骨幹部分（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。

<sup>†</sup> 肩付きの数字は、巻末の引用・参考文献を表す。

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、生体適合性が良く、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、眼球のなかに挿入し使用される。

物質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、適度な耐圧強度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。

歯科材料として用いられている齲齒修復用充填材は比較的短時間の高分子重合反応であるが、骨増量材による人工歯根上でのリン酸カルシウム結晶成長は比較的長期的な化学反応である。

表 1.1 に示す機能面からの分類では、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 に示す接触部位による分類が適当である。9 章で記述した「医療機器の製造販売承認申請等に必要な生物学的安全性評価の基本的考え方（2020 年 JIS 改正）」ではまさしくこの分類に則り、考慮すべき生物学的安全評価項目をそれぞれの必要性に応じて課してある。

表 1.3 は材料物性による分類を示したもので、表 1.1 で示した医用材料に求められる機能（物性）を有していれば複数の分類に属することもある。例えば、抗血栓性が良く無毒で、かつ機械的強度が良ければ人工弁として無機材料のセラミックスでも合成高分子でも、さらには生体由来組織ですら使用できる。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学習しておりなじみ深い。したがって本書も 2 章で医用金属材料、3 章で医用無機材料（バイオセラミックス）、4 章で医用高分子材料Ⅰ（合成高分子）、5 章で医用高分子材料Ⅱ（生体由来高分子）とし、医療に使用されている材料を中心に紹介する。

一般に、金属は延性・展性が高く、加工しやすいもの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（受けにくい金属

もある), 重い, 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も含める。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にくく, 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油から得られる原料を用いることもできるので, 大量かつ安価に製品をつくることができる。成形性が良く, 腐食を受けない。多くは体内で安定であるが加水分解などで劣化する材料もある。生体由来材料もこの分類に含まれ, 代表的なものとして動物性由来のコラーゲンやエラスチンが挙げられる。

## 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, 大切な条件であり,

表 1.4 医用材料の備えるべき条件<sup>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 (医用機能性)
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: ポリエステル系人工血管) e) 発癌性, 催奇形性などのないこと

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，ガス透過性の良い人工肺，硬くかつ強く骨と結合できる人工骨，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（2～5章参照）。

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材料として適切とはいいがたい。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便利である。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病原微生物を熱，薬品， $\gamma$ （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たいへん役に立つ（10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，材料の生体に及ぼす生体の変化）について材料が備えるべき条件を挙げてみよう。ただし，多くの場合はその両方が同時に起こっている（8章参照）。

生体から材料への作用の代表例には，血液と材料接触時にみられる血小板，白血球の付着や，体液中のタンパク質のコンタクトレンズ上への吸着などが挙げられる。さらに，材料の劣化，分解が生じることもある。なぜ，そのようなことが起きるのか。どうすれば，作用を抑えることができるのか。逆に，その性質を活かした生分解材料があるのだろうか。

# 索引

<b>【あ】</b>		オッセオインテグレーション	急性全身毒性試験	174
亜急性および亜慢性全身毒性試験	174	27	吸着	136
アテロコラーゲン	102	オブソニン作用	吸着タンパク質の構造変化	140
アナフィラトキシン	156	オリゴ糖	93	
アフエリシス	80	オルガノイド	125	
アミノ酸	94	<b>【か】</b>		
洗い流し効果	151	改質天然高分子	51	
アレルギー反応	136, 155	外シャント	90	
アレルゲン	155	界面エネルギー	136	
アンジオテンシン変換酵素		核酸	95	
阻害薬	150	角膜上皮細胞	128	
アンチトロンビンⅢ	142	過酸化水素低温ガスプラズマ		
<b>【い】</b>		滅菌法	184	
異栄養性石灰化	160	過酸化水素滅菌法	184	
イオン化傾向	13	活性水素	153	
遺伝毒性試験	175	カテーテル	89	
医用金属材料	7	カプセル化	158	
<b>【え】</b>		芽胞	177	
エアレーション	184	ガラス	42	
エチレン-ビニルアルコール		ガラス転移点	66	
共重合体	63	癌化反応	136, 161	
エチレンオキサイドガス滅菌法	183	観血的軟組織代替材料	73	
エラスチン	97	がん原性試験	175	
炎症反応	136, 156	幹細胞	121	
延伸性 PTFE	62	感作性試験	170	
延伸 PTFE 製人工血管	74	眼内レンズ	71	
延性	168	乾熱滅菌法	180	
<b>【お】</b>		間葉系幹細胞	128	
応力-ひずみ曲線	166	<b>【き】</b>		
		偽(仮性)内膜	73, 151	
		機械弁	30	
		キチン	96	
		キトサン	98	
			急性全身毒性試験	174
			吸着	136
			吸着タンパク質の構造変化	140
			吸着配向性	139
			共重合	52, 63
			金 (Au)	23
			金属結合	9
			金属結晶	9
			筋組織	123
		<b>【く】</b>		
			グリカン	93
			グリコサミノグリカン	94
			グリコシド結合	93
		<b>【け】</b>		
			経カテーテル大動脈弁置換術	108
			経カテーテル大動脈弁留置術	108
			傾斜ディスク弁	48
			形状記憶性	21
			経皮的冠動脈形成術	28
			経皮的経内腔形成術	89
			経皮の心肺補助	85
			外科的な弁置換術	108
			血液回路	89
			血液灌流法	82
			血液凝固因子	142
			血液適合性試験	174
			血液透析法	78
			血液透析濾過法	78
			血液濾過法	78
			結合組織	121

血漿灌流法	82	脂肪組織由来間葉系幹細胞	34
血漿交換法	81	自由エネルギー	130
血小板第3因子	149	周期表	8
血小板反応	142	重合体	52
血漿分離法	80	重縮合	52
結晶粒界	11	自由電子	9
血栓形成反応	136, 142	重付加	52
<b>【こ】</b>		重付加反応(逐次反応)	57
高压蒸気滅菌法	180	縮合重合	52
合金	11	純金属	11
膠原線維	101	消毒	177
合成高分子	50	上皮組織	121
抗体医薬	115	シリコン	55
高分子キニノーゲン	142	ジルコニア	40
高分子ミセル	118	歯列矯正材料	28, 72
骨固定器	25	神経組織	123
骨髄由来間葉系幹細胞	129	人工関節	24
骨スパーサ	46	人工血管	73
骨増量剤	46	人工血管内シャント	90
古典的経路	153	人工骨	46
コバルト-クロム合金		人工歯	46
(Co-Cr 合金)	20	人工歯根	26
コラーゲン	95	人工心臓	31
コントロールドリリース	114	人工腎臓	78
<b>【さ】</b>		人工靭帯	107
細菌胞子	177	人工乳房	72
再生セルロース	98	人工肺	85
細胞足場材料	123, 131	人工皮膚	106
細胞外マトリックス	123	人工弁	30
細胞シート技術	125	人工弁縫着部	75
細胞毒性(金属)	16	靭性	169
細胞毒性試験	170	<b>【す】</b>	
殺菌	177	スキャホールド内培養技術	125
<b>【し】</b>		ステント	28
ジェランガム	99	ステントグラフト	28, 75
自家培養軟骨	129	スフェロイド培養技術	125
歯冠修復材料	27, 72	スローリリース	113
刺激性試験	173	<b>【せ】</b>	
自己培養皮膚	128	生殖発生毒性試験	175
		生体活性材料	34
		生体吸収性材料	131
		生体適合性	134
		生体内崩壊性材料	34
		生体不活性材料	34
		生体弁	30
		生分解性試験	175
		赤色血栓	149
		セグメント化ポリウレタン	57
		石灰化	160
		石灰化反応	136, 160
		接触角	68
		ゼラチン	97
		セルロース	96
		セルロールトリアセテート	98
		セロトニン	157
		選択的血漿交換法	81
		<b>【た】</b>	
		ターゲッティング	115
		体外式膜型人工肺	85
		体心立方格子	9
		対数的死滅則	178
		体性幹細胞	121, 129
		大動脈バルーンポンピング	88
		多血小板血漿	130
		脱細胞化組織	109
		多糖	93
		多分化能幹細胞	130
		炭酸アパタイト	42
		弾性	167
		弾性線維	103
		単糖	93
		タンパク質	94, 140
		単量体	52
		<b>【ち】</b>	
		チタン(Ti)	20, 21
		チタン合金(Ti合金)	20

超高分子量 (超高密度)

ポリエチレン 25

超弾性 21

## 【て】

定常流型人工心臓 31

デオキシリボ核酸 95

デスモシン 102

鉄 17

鉄合金 17

転移性石灰化 160

電気伝導度 (金属) 15

電子供与型 149

電子受容型 149

電子線滅菌法 182

天然高分子 50

## 【と】

特殊鋼 19

ドラッグデリバリー 112

ドラッグデリバリーシステム 112

トロンピン 149

貪食作用 158

## 【な】

内シヤント 90

ナイロン6 55

ナイロン66 55

軟骨細胞 128

軟質ポリ塩化ビニル 89

## 【に】

肉芽組織 159

二重濾過血漿分離法 81

ニッケル-チタン合金 (Ni-Ti)

合金) 21

二葉弁 (バイリーフレット)

弁) 48

## 【ぬ】

ヌクレオチド 95

## 【ね】

熱可塑性 66

熱硬化性 66

熱伝導度 (金属) 15

## 【は】

バイオアクティブガラス 43

バイオガラス 43

バイオセラミックス 34

バイオチューブ技術 125

バイオプリンタ技術 125

ハイドロキシアパタイト 42

ハイドロゲル材料 117

ハイブリッド型人工臓器 120

パイロライトカーボン 41

鋼 17

白色血栓 149

拍動流型人工心臓 31

白血球遊走作用 152

発熱性物質試験 174

## 【ひ】

ヒアルロン酸 99

ヒスタミン 157

ビニル化合物 59

被包化 158

## 【ふ】

フィブリリン 102

フィブロネクチン 105

フェノール樹脂 57

付加重合 52

フサン 151

副経路 153

副資材 51

腹膜透析法 78

腐食 12

不動態 13

ブラジキニン 148

プレカリクレイン 142

プロテオグリカン 95

## 【へ】

ヘパリン 100

ペプチド結合 94

## 【ほ】

放射線滅菌法 181

ボール弁 48

補助循環装置 88

ホスホジエステル結合 95

補体活性化反応 136, 152

補体系 152

ポリアクリロニトリル 61

ポリウレタン 57

ポリエステル 53

ポリエチレン 59

ポリエチレンテレフタレート

53

ポリ塩化ビニル 60

ポリカーボネイト 56

ポリグリコール酸 54

ポリジメチルシロキサン 55

ポリスチレン 60

ポリスルホン 56

ポリテトラフルオロエチレン

62

ポリ乳酸 54

ポリヒドロキシメチルメタク

リレート 62

ポリビニルアルコール 60

ポリプロピレン 59

ポリマー 52

ポリメタクリル酸-2-ヒドロ

キシエチル 62

ポリメタクリル酸メチル 61

ポリメチルメタクリレート

61

## 【ま】

マイクロカプセル 117

埋植試験 174

マクロファージ 157

慢性全身毒性試験 174

<b>【め】</b>	ヤング率	167	リモデリング	124
メシル酸ナファモスタット	<b>【ゆ】</b>		臨界面張力	69
151	融点 (高分子)	65	リンパ球	157
滅菌	<b>【よ】</b>		<b>【れ】</b>	
面心立方格子	溶解度パラメーター	68	冷却濾過法	81
<b>【も】</b>	溶菌作用	152	<b>【ろ】</b>	
モノマー	溶血	30	濾過滅菌法	182
52	<b>【り】</b>		六方最密構造	9
<b>【や】</b>	リボ核酸	95	<b>【わ】</b>	
薬剤溶出型ステント	リポソーム	117	ワーファリン	151
28, 118				
薬物体内動態				
112				

<b>【A】</b>	<b>【J】</b>	<b>【Y】</b>
A-W ガラス	J カーブ	Young-Dupre の式
44	104	69
<b>【D】</b>	<b>【M】</b>	<b>【Z】</b>
D-グルコサミン	MPC 共重合体	Zisman プロット
98	64	69
D 値	<b>【N】</b>	<b>【ギリシャ文字】</b>
179	N-アセチル-D-グルコサミン	$\alpha$ -アルミナ
<b>【E】</b>	98	39
EPR 効果	<b>【S】</b>	$\alpha$ -ヘリックス
115	SUS304	95
ES 細胞	SUS316L	19
121	19	19
<b>【I】</b>		$\beta$ -シート
iPS 細胞		95
121		$\beta$ -リン酸三カルシウム
		44
		$\gamma$ 線滅菌法
		181

— 著者略歴 —

堀内 孝 (ほりうち たかし)

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)  
1981年 米国クリーブランドクリニック財団人工臓器研究所勤務 (1987年まで)  
1987年 工学博士 (東京大学)  
2018年 三重大学名誉教授  
2025年 東都大学名誉教授  
2026年 京都橋大学健康科学部臨床工学科特任教授  
現在に至る

村林 俊 (むらばやし しゅん)

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人工臓器研究所勤務 (1987年まで)  
2007年 北海道大学大学院情報科学研究科准教授  
2013年 退職

宮本 啓一 (みやもと けいいち)

1992年 北海道大学大学院理学研究科修士課程修了 (高分子学専攻)  
2001年 博士 (理学) (北海道大学)  
2018年 三重大学大学院工学研究科教授  
現在に至る

新 医用材料工学—バイオマテリアルの基礎から DDS・再生医療への応用まで—

Biomaterials for Clinical and Tissue Engineering

— Fundamentals and Applications to Clinical and Tissue Engineering —

© Takashi Horiuchi, Shun Murabayashi, Keiichi Miyamoto 2026

2026年 7月3日 初版第1刷発行



検印省略

著者	堀内 孝
	村林 俊
	宮本 啓一
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 978-4-339-07285-3 C3047 Printed in Japan

(西村)



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。