

# 医療機能材料

7B324

3

高分子機能材料シリーズ—9

# 医療機能材料

高分子学会—編

江苏工业学院图书馆  
藏书章

共立出版株式会社

高分子機能材料シリーズ 全9巻

第9巻 医療機能材料

検印廃止

© 1990

1990年11月20日 初版1刷発行

NDC 578

編集委員長

代表 鶴 田 禎 二

発行者 南 條 正 男

東京都文京区小日向4丁目6番19号

印刷者 山 岡 景 信

東京都江東区亀戸7丁目45-2

東京都文京区小日向4丁目6番19号

発行所 電話 東京 (947) 2 5 1 1 番 (代表)

郵便番号 112 振替東京1-57035 番

共立出版株式会社

印刷・科学図書 製本・中條製本

Printed in Japan

ISBN 4-320-04284-0 C 3343

社団法人  
自然科学書協会員





高代千代林図式一

# 天啓地開林図式

高代千代全集

高代千代全集

高代千代全集

本書の全部あるいは一部を断わりなく転載または  
複写（コピー）することは、著作権・出版権の侵  
害となる場合がありますのでご注意下さい。

共立出版株式会社

## 編集委員長

鶴田 禎二 東京理科大学教授・生命科学研究所長 工学博士  
東京大学名誉教授

## 編集委員 (50 音順)

赤池 敏宏 東京工業大学生命理工学部 工学博士  
奥居 徳昌 東京工業大学工学部材料工学共通講座 工学博士  
金子 正夫 理化学研究所太陽エネルギー科学研究グループ 工学博士  
新海 征治 九州大学工学部合成化学科 工学博士  
中西 八郎 工業技術院繊維高分子材料研究所 理学博士  
林 壽郎 京大学生体医療工学研究センター 工学博士  
増田 俊夫 京都大学工学部高分子化学科 工学博士  
山田 文一郎 大阪市立大学工学部応用化学科 工学博士

## 巻担当編集委員

今井 淑夫 東京工業大学工学部有機材料工学科 工学博士  
梶山 千里 九州大学工学部応用化学科 工学博士・Ph. D.  
片岡 一則 東京理科大学基礎工学部材料工学科 工学博士  
川上 雄資 名古屋大学工学部合成化学科 工学博士  
木村 良晴 京都工芸繊維大学繊維学部高分子学科 工学博士  
小出 直之 東京理科大学理学部 理学博士  
谷口 彬雄 (株)日立製作所基礎研究所 工学博士  
津田 和一 名古屋工業大学工学部応用化学科 理学博士  
野瀬 卓平 東京工業大学工学部高分子工学科 工学博士  
畠山 立子 工業技術院繊維高分子材料研究所 理学博士  
古川 猛夫 理化学研究所生体高分子物理研究室 工学博士

## 9 卷「医療機能材料」

### 巻担当編集委員

林 壽 郎 京都大学生体医療工学研究センター

木 村 良 晴 京都工芸繊維大学繊維学部

### 執筆者（執筆順）

丹 澤 宏 元 東レ（株）研究理事

林 壽 郎 京都大学生体医療工学研究センター

今 井 庸 二 東京医科歯科大学医用器材研究所

林 和 子 工業技術院大阪工業試験所

箕 浦 憲 彦 工業技術院製品科学研究所

木 村 良 晴 京都工芸繊維大学繊維学部

稲 垣 健 二 旭化成工業（株）日向医薬工場

山 内 淳 一 （株）クラレ倉敷工場メディカル研究開発室

中 前 勝 彦 神戸大学工学部

岩 田 博 夫 国立循環器病センター研究所

保坂 俊太郎 東レ（株）基礎研究所

北 島 昌 夫 富士フイルム（株）朝霞研究所

田 畑 勝 好 京都大学医療技術短期大学部

大 内 辰 郎 関西大学工学部

岡 野 光 夫 東京女子医科大学医用工学研究施設

中 村 晃 忠 国立衛生試験所

## 「高分子機能材料」シリーズ 発刊にあたって

このたび、高分子学会の出版事業の一つとして「高分子機能材料」シリーズ(全9巻)を編集・刊行することとなりました。「高分子機能材料」が21世紀へ向けての新技术創成のため、キーマテリアルの役割を演ずるものであることは、すでに広く各方面で認識されています。「高分子機能材料」の内容は、それが最前線のものであればあるほど、日ごとに急速な変革をとげていますので、断片的なトピックスを集めて「シリーズ」にただけでは、またたく間に色褪せた内容の本になってしまいます。高分子学会も創立40周年を間近に控え、多数の第一線研究者を動員して、この「シリーズ」を編集・刊行するからには、ぜひとも現代はもちろん後世の人々にも役に立つ寿命の長いものを創り出さねばなりません。

いったい、「高分子機能材料」とは何でしょうか？

学会主催の高分子討論会に「機能高分子」のセッションが、はじめて設けられたのは、1972年11月のことでした。発表件数は13件、全体の6%弱にすぎず、内容も高分子触媒関係が主流でした。高分子学会の年次大会では、1978年になってはじめて「機能性高分子」のセッションが登場しました。件数は106件。これは全発表件数の17%に相当し、内容的にも当時の時代の潮流を反映して、光感応性高分子、医用高分子、透過膜、高分子錯体などかなり多彩になってきました。

さて、1990年5月に開催された年次大会では「機能性高分子」のセッションでの研究発表が378件もありました。これは実に全発表件数の30%にも達しています。その中味も例えば、情報・記録材料、電気・電子・磁性材料、光機能材料、膜、バイオメディカルポリマーなどのように非常に多岐にわたり、現代の「機能性高分子」の諸様相がここに集約された感じです。とくに注意すべきことは、「機能性高分子」の各セッションで、分子集合体としての材料のコンセプトがつよく打ち出されてきたことです。「高分子機能材料」シリーズはその

名称の示すとおり、「材料」というコンセプトを中心に編集されています。

現代の先端技術は、それぞれの分野で長い年月をかけてはぐくまれた広い裾野の基盤の頂点に位置しています。頂点の絢爛さに目を奪われて基盤への深い探究がおろそかにされてはなりません。本「シリーズ」では、全巻の目録に見られるように、「高分子機能材料」の精選された各論を5巻に割りふってあります。各巻とも歴史的な流れの一断面として、現代の高分子機能材料の諸様相を捉え、さらにはその流れに乗って未来展望をくりひろげます。

この「シリーズ」では基礎的事項に、かなり大きな比重をかけることにしています。とくに第1巻から第4巻までには、高分子の合成と物性に関する最も基礎的な部分が、最近20年間の進歩を中心にまとめられます。第5巻から第9巻までの各論をタテ糸にたとえるならば、最初の4巻はヨコ糸として各論の基礎をつなぐ役目を果します。若い世代の人たちが基礎を尊重し、未来への創造的展開を推進するのにすこしでも役立ちたいという編集者の思いがこの「シリーズ」の構成にはこめられています。

「高分子機能材料」シリーズは、大学、企業の研究室あるいは図書室等に全巻を揃えていただくと、日常極めて有効に利用されることになるでしょう。また、学生諸君をはじめ若手研究者の方々には、個人使用のため全巻を座右に置かれることをお勧めします。きっと末長く愛読され生涯手離せないものになってくれるものと思います。

1990年8月

編集委員長 鶴田 禎二



## まえがき

種々の高分子材料の生医学領域における利用は、近年さらに急激にその重要性を増してきた。その上差し迫った需要のために過渡的な利用も多く、早急に検討し解決しなければならない問題が山積している。このために、高分子化学を始めとして種々の分野の化学、生物、医学、薬学の研究者が果たさなければならない役割は非常に大きく、人工材料と生体組織との動的な相互作用など、原理的にも新しい多くの課題を含むので、模索的な試行とともに、絶えず新しい視点が要求される。これまでの活発な研究の集積により、医療用高分子材料に関する優れた成書も刊行されてきたが、この分野における進展はまさに日進月歩であり、また、個々の疾病に対する医療用材料についての医学サイドからのニーズに対応するという今までの高分子側の立場から、高分子化学者がその本来の知識と技術を活用して、高次の化学機能性医療用高分子材料を主導的に開発する時期が到来したといえよう。本巻は、高分子化学者が、単なる材料提供者に終わらずに、高分子の分子設計、機能設計の立場から、生物医学領域における有用な高分子材料を開発していくための有力な指針となることを期待して、現段階における医療機能高分子材料に関する基本的に重要な知見を集約したものである。この分野に進む学生、研究者にとって出発点となるとともに、この分野の研究者にとっても最新の知識を体系的に得るものとして役立てて頂きたいと念願する次第である。

本巻の構成は序論および6つの章より成り、序論では医療機能高分子材料の問題の発端、提起と、探求のための基本的な考え方が概括的に述べられている。1章では、医療用高分子材料に求められる基本条件として、機能性、安全性、および生体適合性についてまとめられている。特に、物理的機能、化学的機能、毒性、可滅菌性、界面適合性、力学適合性などについて重点的に述べ、さらに

進んで、高分子材料と生体との相互作用を分子レベル、細胞レベル、組織レベルで整理した。特に、人工材料に対する免疫、排除反応、石灰化、血漿板・血液凝固反応、生体為害性反応、および治癒のメカニズムなどについてまとめた。2章では、抗血栓性高分子材料、組織適合性材料を分子設計する際に必要な指針を定め、それに基づいて種々の人工材料を個々に取り上げ、それらの開発と応用に関する現状および問題点について機能性に立脚して概観した。3章では、人工膜材料の透過・分離・吸着などの機能に基づく血液浄化システム（人工臓器）の開発とその問題点についてまとめた。さらに、歯科、眼科用高分子材料について、それぞれの機能性と関連させながら概観した。また、より高次の生体機能を付与させたハイブリッド人工臓器について、その現状と展望を述べた。4章では、臨床検査などに用いられる機能高分子についてまとめた。これには、診断用ラテックスやバイオセンサー用素材が含まれる。さらに、診断用高分子医薬の現状と将来展望についてまとめた。5章では、薬物療法における機能高分子についてまとめた。これには、高分子化合物そのものが薬効を示す高分子医薬と、薬剤の有効性を高めるための補助として、薬物送達制御あるいはバイオアヴェラビリティの改善をはかるものとが含まれる。6章では、医療用高分子材料が人体に直接関与するという特殊性のために、その実用化に際しては材料の安全性に関する所定の試験基準が設定され、薬事法に合格することが必須条件となることに着目して、これらの試験法および関連法規について簡明にまとめた。

このように本巻は医療用機能高分子材料の現状を明らかにし、今後の展開のための確固とした足場として役立つようにまとめられており、今後この分野の研究の推進のための基本的資料として活用されることを期待するものである。

最後に、執筆依頼から校正終了まで極めて短い期間と、限られた原稿枚数にもかわらず、真摯に取り組まれた執筆者に、編集担当者として心から感謝する次第である。

1990年8月

林 壽郎

化学大辞典 全10巻……………同編集委員会編/B・6・平均1000頁  
 学生化学用語辞典 増補版 大学教育化学研究会編/四・八・298頁  
 共立化学公式……………妹尾 学編/B・6・424頁  
 実験化学便覧 新版……………同編集委員会編/B・6・628頁  
 化学に未来はあるか……………増田幸夫他訳/B・6・216頁  
 新しい化学の挑戦……………吉田邦大編/B・6・258頁  
 英文化学文献探索の手引 増補版……中村莞爾編/B・6・144頁  
 教養の化学……………伊澤康司他編/A・5・240頁  
 注解付化学英語教本……………川井清泰編/B・6・112頁  
 工業化学英語 第2版……………中村喜一郎他著/A・5・150頁  
 化学英語演習……………中村莞爾編/B・6・122頁  
 先生と生徒のための化学実験「科学の実験」編集部編/B・5・234頁  
 化学実験シミュレーション……………吉村忠志と志者/B・5・238頁  
 ケムス化学……………奥野久輝他訳/B・5・608頁  
 化学ドライラボ入門 吉村忠志と志者/B・5・174頁  
 BASICによる化学……………菊池 修著/B・5・222頁  
 化学へのアプローチ……………水野謹吾著/B・5・220頁  
 化学の基礎……………西野 忠著/A・5・150頁  
 理工系化学の基礎……………柴田茂雄他著/B・5・292頁  
 図説化学……………山村 等他著/A・5・206頁  
 理科系一般化学……………相川嘉正他著/A・5・208頁  
 大学一般教養化学教科書……………松浦多聞他編/A・5・216頁  
 大学教養基礎化学 第2版……………同研究会編/A・5・286頁  
 大学一般教養化学……………佐田栄三他監修/A・5・272頁  
 化学概論……………松浦多聞他編/A・5・238頁  
 わかりやすい物理化学……………関崎正夫著/A・5・158頁  
 概説物理化学 第2版……………阪上信次他著/A・5・318頁  
 基礎物理化学……………妹尾 学編/A・5・238頁  
 理工系学基礎物理化学……………柴田茂雄他著/B・5・270頁  
 物理化学概説 増補版……………小野宗三郎他著/A・5・216頁  
 物理化学Ⅰ 第2版……………小野宗三郎他著/B・6・256頁  
 演習物理化学……………阪上信次他著/A・5・226頁  
 詳解物理化学演習……………小野宗三郎他編/A・5・336頁  
 物理化学演習 改訂版……………小野宗三郎他著/B・6・288頁  
 物理化学実験法 改訂版……………後藤肇平編/B・6・208頁  
 化学結合論 改訂版……………小泉正夫訳/A・5・608頁  
 ラマン分光学……………伊藤結一訳/A・5・292頁  
 赤外線吸収とラマン効果……………水島三一郎他著/B・6・284頁  
 化学結晶学入門……………齊藤喜彦著/B・6・204頁  
 量子化学の基礎……………平野康一著/A・5・204頁  
 分子軌道法計算入門 時田澄男他著/B・5・208頁  
 触媒化学概論 新版……………斯波忠夫他著/B・6・346頁  
 放射線化学……………九里善一郎著/A・5・178頁  
 電気化学通論 第3版……………田島 榮著/A・5・434頁  
 コリタ電気化学……………藤平正道他訳/A・5・248頁

電気化学Ⅰ 改訂版……………吉沢四郎他著/B・6・198頁  
 電気化学Ⅱ 改訂版……………吉沢四郎他著/B・6・218頁  
 電気化学Ⅲ……………吉沢四郎編/B・6・278頁  
 金属電気化学……………沖 猛雄著/A・5・264頁  
 界面電気現象……………北原文雄他編/A・5・392頁  
 表面および界面……………渡辺信淳他著/A・5・222頁  
 薄膜化技術……………早川 茂他著/A・5・232頁  
 吸着……………慶伊富長著/B・6・224頁  
 基礎無機化学……………綿抜邦彦他著/A・5・192頁  
 構造無機化学Ⅰ 第3版……………桐山良一他著/B・6・284頁  
 構造無機化学Ⅱ 第3版……………桐山良一他著/B・6・304頁  
 構造無機化学Ⅲ 第2版……………桐山良一著/B・6・278頁  
 錯体化学入門 第3版……………柴田村治著/B・6・182頁  
 有機電子論Ⅰ 増補版……………井本 稔著/B・6・336頁  
 有機電子論Ⅱ……………井本 稔著/B・6・336頁  
 分析化学辞典……………同編集委員会編/A・5・2242頁  
 表面分析辞典……………日本表面科学会編/B・6・386頁  
 分析化学の基礎技術……………武者宗一郎他著/A・5・品 切  
 分析化学における推計学 改訂版……………小島次雄著/A・5・176頁  
 シュルロー一般分析化学演習Ⅱ……………宗森 信訳/B・6・300頁  
 実験分析化学 訂正増補版……………石橋雅義著/A・5・184頁  
 定性分析化学Ⅰ 改訂版……………曾根興三他訳/B・6・288頁  
 無機定性分析 改訂版……………木村健二郎他著/A・5・340頁  
 定量分析の実験と計算1 改訂版……………高木誠司著/A・5・544頁  
 定量分析の実験と計算2 改訂版……………高木誠司著/A・5・624頁  
 定量分析の実験と計算3……………高木誠司著/A・5・586頁  
 化学計測のためのフーリエ変換法入門……………関宮真佐人他著/A・5・品 切  
 核磁気共鳴の基礎と原理……………北丸重三著/A・5・270頁  
 パソコンによる機器分析演習……………吉村忠志と志者/B・5・132頁  
 ペーパークロマトグラフ法の実践 改訂増補版……………柴田村治他著/A・5・186頁  
 物質科学のための熱分析の基礎……………齋藤安俊著/A・5・416頁  
 パソコンによる有機化学……………郷々堀 強著/B・5・226頁  
 現代有機化学概説……………荒谷孝昭編/A・5・182頁  
 概説有機化学……………戸田美三夫他著/A・5・342頁  
 基礎有機化学……………高木行雄他著/A・5・278頁  
 有機合成化学……………佐藤 匡著/A・5・260頁  
 高分子の科学……………高橋 彰他訳/A・5・220頁  
 高分子化学 第3版……………村橋俊介他編著/A・5・368頁  
 高分子電気物性……………金丸 競著/A・5・172頁  
 入門高分子物性……………高分子学会編/A・5・188頁  
 入門高分子材料設計……………高分子学会編/A・5・220頁  
 入門高分子材料……………高分子学会編/A・5・188頁  
 入門高分子特性解析……………高分子学会編/A・5・290頁  
 高分子破断の化学……………金丸 競著/A・5・142頁

# 目 次

## 序 論

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 1. 医療機能材料としての高分子 .....    | 1  |
| A. 高分子科学・技術の進展と医用材料 ..... | 1  |
| B. 医療機能材料とは .....         | 4  |
| 2. 目的機能と材料設計 .....        | 6  |
| A. 使用目的と必要条件 .....        | 6  |
| B. ニーズに対応する材料設計 .....     | 8  |
| C. 性能評価と界面現象 .....        | 9  |
| 3. 臨床応用と製品開発 .....        | 11 |
| A. 実用化の現状と課題 .....        | 11 |
| B. 安全性の保証 .....           | 15 |
| C. 滅 菌 .....              | 16 |
| D. 評価の標準化 .....           | 17 |
| 4. 研究開発を取囲む諸問題 .....      | 17 |
| A. 医療経済と医療産業 .....        | 17 |
| B. 学際領域の抱えているもの .....     | 18 |
| 文 献 .....                 | 20 |

## 第1章 高分子と生体系との相互作用

|                        |    |
|------------------------|----|
| 1.1 医療用高分子の基本的機能 ..... | 21 |
| A. 物理的機能 .....         | 22 |
| B. 物理化学的機能 .....       | 29 |

x 目 次

|                  |     |
|------------------|-----|
| C. 生体適合性の定義と種類   | 40  |
| D. 材料における界面の役割   | 41  |
| E. 非刺激性表面の形成     | 45  |
| F. 組織接着性         | 54  |
| G. バルク的適合性       | 59  |
| H. 生体為害性と滅菌      | 60  |
| 1.2 生体反応         | 62  |
| A. タンパク質との相互作用   | 63  |
| B. 細胞との相互作用      | 68  |
| C. 組織との相互作用      | 73  |
| D. 高分子の生体内における変化 | 98  |
| 文 献              | 107 |

## 第2章 生体適合性材料

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 2.1 血液適合性材料        | 113 |
| A. 血管内皮の生理作用模倣型    | 113 |
| B. 生体治癒反応利用型       | 121 |
| C. 吸着タンパク質制御型      | 124 |
| D. 非活性表面型          | 130 |
| E. 血液適合性研究をめぐる諸問題点 | 135 |
| 2.2 軟組織適合性材料       | 136 |
| A. 軟組織適合性材料の設計指針   | 136 |
| B. 軟組織適合性天然由来材料    | 143 |
| C. 軟組織適合性人工材料      | 152 |
| D. 生理活性物質固定化材料     | 153 |
| 2.3 硬組織適合性材料       | 155 |
| A. 硬組織の構造と適合性材料    | 155 |
| B. 骨修復用高分子材料       | 161 |
| C. 人工関節            | 165 |
| D. 人工靱帯            | 166 |



|                        |     |
|------------------------|-----|
| 2.4 吸収性材料 .....        | 168 |
| A. 生体の代謝と分解吸収性 .....   | 168 |
| B. 酵素分解型生体吸収性高分子 ..... | 175 |
| C. 自然分解型生体吸収性高分子 ..... | 176 |
| D. 生体吸収性高分子の用途 .....   | 182 |
| 文 献 .....              | 186 |

### 第3章 人工臓器用材料

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 3.1 血液浄化型人工臓器 .....             | 197 |
| A. 血液浄化治療 .....                 | 197 |
| B. 膜による血液浄化 .....               | 201 |
| C. 血液浄化用吸着材 .....               | 209 |
| 3.2 歯科材料 .....                  | 220 |
| A. 歯の構造と機能 .....                | 221 |
| B. 歯科用高分子材料の分類 .....            | 222 |
| C. コンポジットレジン技術 .....            | 237 |
| D. 接着技術 .....                   | 241 |
| 3.3 眼科材料 .....                  | 248 |
| A. 人工水晶体の歴史 .....               | 248 |
| B. IOL 素材の生体内安定性 .....          | 251 |
| C. 最近の IOL の概要 .....            | 254 |
| D. 人工硝子体 .....                  | 257 |
| 3.4 ハイブリッド型人工臓器 .....           | 258 |
| A. 人工肝臓 .....                   | 259 |
| B. 人工血管 .....                   | 261 |
| C. ハイブリッド型人工膵臓 .....            | 262 |
| D. その他のハイブリッド型膵臓用素材 .....       | 283 |
| E. ハイブリッド型人工膵臓用材料に求められること ..... | 286 |
| 文 献 .....                       | 288 |

## 第4章 診断用高分子材料

|     |                            |     |
|-----|----------------------------|-----|
| 4.1 | 診断用微粒子 .....               | 297 |
| A.  | 微粒子が診断に利用される分野             | 297 |
| B.  | 素材別にみた診断用微粒子               | 298 |
| C.  | 免疫学的検査における微粒子の応用           | 306 |
| D.  | 細胞の識別と標識への応用               | 314 |
| E.  | 細胞機能測定への応用                 | 316 |
| 4.2 | ドライケミストリー分析素子 .....        | 322 |
| A.  | ドライケミストリー                  | 322 |
| B.  | 多層フィルム法分析素子の構成と機能          | 324 |
| C.  | 全血分析素子                     | 333 |
| D.  | 電位測定によるドライケミストリー           | 335 |
| E.  | 免疫反応系の組み込み                 | 336 |
| F.  | ドライケミストリーの今後               | 338 |
| 4.3 | 診断用試薬 .....                | 339 |
| A.  | 臨床化学分析と診断                  | 339 |
| B.  | 診断用高分子試薬                   | 340 |
| C.  | 診断用不溶性高分子試薬                | 341 |
| D.  | バイオセンサーの診断への応用             | 349 |
| E.  | バイオリアクターの診断への応用            | 351 |
| F.  | カラム型バイオリアクターの特性を利用した診断への応用 | 356 |
| G.  | 診断用バイオリアクターの開発             | 362 |
| 文 献 | .....                      | 366 |

## 第5章 ドラッグデリバリーシステム

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 5.1 高分子医薬と送達制御 .....             | 371 |
| A. 薬効を示す高分子 .....                | 371 |
| B. 薬物送達制御 .....                  | 375 |
| C. ハイブリッド型高分子プロドラッグ .....        | 404 |
| 5.2 インテリジェント型ドラッグデリバリーシステム ..... | 406 |
| A. DDS のインテリジェント化とは .....        | 406 |
| B. オートフィードバック機構 .....            | 407 |
| C. 拡散制御型デバイス .....               | 409 |
| D. 化学刺激応答システム .....              | 412 |
| E. 物理刺激応答システム .....              | 416 |
| 文 献 .....                        | 429 |

## 第6章 材料の安全性評価

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 6.1 薬事法に基づく承認のしくみ .....    | 433 |
| A. 薬事審議会にかけられるか否かの選択 ..... | 433 |
| B. 薬事審議会の審査 .....          | 434 |
| 6.2 原料化学物質の毒性 .....        | 434 |
| 6.3 材料の前臨床毒性試験(総論) .....   | 435 |
| A. 現 状 .....               | 435 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| B. 歯科材料の生物学的評価ガイドライン | 437 |
| C. 医用材料の毒性評価ガイドライン   | 437 |
| D. 国際標準化機構の動向        | 439 |
| 6.4 材料の前床毒性試験(各論)    | 441 |
| A. 急性毒性試験            | 441 |
| B. 皮内反応試験            | 442 |
| C. 埋植試験              | 443 |
| D. 細胞毒性試験            | 445 |
| E. 変異原性              | 451 |
| F. 発癌性, その他          | 451 |
| 文 献                  | 454 |

## おわりに

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 1. 医療材料の構造, 形態, 機能 | 458 |
| A. 材料化の方法論         | 458 |
| B. 化学的修飾法          | 459 |
| C. 物理的修飾法          | 461 |
| 2. 医用材料の設計指針       | 464 |

|     |     |
|-----|-----|
| 索 引 | 469 |
|-----|-----|