ま　え　が　き

生体物性とは，生体の物性に関する学問である。生体に電気や超音波などの物理的エネルギーを加えた場合，生体の組織・器官がどのように応答するかについての物性であり，また，生体自体が発生している物理的エネルギーの特性に関する物性である。生体物性は，医療において非常に重要である。なぜならば，医療の実際において，診断や治療のために，いろいろな物理的エネルギーを生体に加えることが多いからである。なぜ診断が行えるのか，なぜ治療効果が現れるのか，また，どの程度までの物理的エネルギーならば安全に利用できるのか，それらの基盤が生体物性なのである。そのため，臨床工学技士を目指す学生たちにとって，最も重要な学問分野の一つである。

しかし，生体物性は難しくて，よくわからない。そのような声を聞く。実は私自身もそう思っていた一人である。私は人工臓器の材料が専門であり，生体物性に関しては断片的な知識しか持っていなかった。その私がなぜ生体物性の教科書を書くことになってしまったのか。それは7年ほど前に，臨床工学技士養成校で「生体物性」の講義を担当することになったのが契機である。それまで担当されていた先生の代わりに専門外の私になぜ依頼がきたのか今もってわからないが，承諾してしまった。講義をするためには，しっかりとした勉強が必要である。いろいろな本や論文を読んで少しずつ理解できるようになった。その努力の結果がこの本といえる。

講義を担当して気づいたことがある。いろいろな本はあるが，臨床工学技士を目指す学生さんたちにとって「生体物性」の教科書とすべき本がないのである。内容が難しすぎたり，説明が足りなかったりである。専門家にとっては自明のことでも，初心者にはなぜそうなるのかがわからない。専門家は，たぶん，初心者にとって何がわからないかがわからないのではないかと思う。私自

身も生体物性は専門外であるため，初心者といえる。いくつも理解困難な事項があった。一つずつ理解を深め，やっと講義ができるようになった。

初心者にとってわかりやすい「生体物性」の本をつくりたい。それがこの本を執筆した動機である。わかりやすい本とするため，知識の羅(ら)列ではなく，なるべく「なぜ」にこだわった記述をした。「覚えるのではなく理解する」ことが，重要であると思うからである。いったん理解すると，いろいろと応用することができる。しかし，専門外の私が間違った記述をしてしまったらたいへんである。そのため三田村先生と西村先生に監修をお願いした。三田村先生は電子・電気系をバックグラウンドにされ，人工心臓の研究開発における世界的な権威である。西村先生のバックグラウンドは機械・力学系であり，人工関節の研究開発をされている。西村先生が開発された人工股(こ)関節は広く臨床に用いられている。バックグラウンドが異なるお二人にしっかりと監修していただいた。そのお陰で，皆さんに自信を持ってこの本をお届けすることができる。

各章のまとめは，章末に記載しないで，巻末に付録という形でまとめた。臨床工学技士を目指す学生さん達が国家試験のための勉強をする際に，そのほうが便利かと考えたためである。また，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（生体物性分野）をコロナ社のWebページ（http://www.coronasha.co.jp）の本書の書籍紹介に掲載した。活用していただければ幸いである。

この本は臨床工学技士を目指す学生さんたちのために書いたが，医療にかかわる方々にとっても役立つものと考えている。すでに述べたように，生体物性は最新の医療技術・機器を深く修得するための基盤であるからである。この本が，多くの方々にとって生体物性を理解する一助となればと願う次第である。

2012年4月

村林 俊

目　　次

1.　生体物性の概要

1.1　生体物性と医療……1
1.2　生体物性と生体構造の階層性……3
1.3　生体物性の特徴……4
1.3.1　異　方　性……4
1.3.2　非　線　形　性……5
1.3.3　周波数依存性……5
1.3.4　温度依存性……5
1.3.5　反射・散乱・吸収の特異性……6
1.3.6　経時変化性……6

2.　生体物性に重要な生体物質

2.1　水……7
2.2　電　解　質……10
2.3　タンパク質……11
2.3.1　タンパク質を構成するアミノ酸……11
2.3.2　タンパク質の種類と機能……14
2.3.3　タンパク質の構造……14
2.3.4　タンパク質の変性……17
2.4　脂質と細胞膜……17
2.4.1　単　純　脂　質……17
2.4.2　細胞膜を構成する複合脂質……18
2.4.3　細胞膜の構造……20
2.4.4　細胞膜の物質透過性……21
2.4.5　細胞内液と細胞外液……22

3. 生体の電気的特性

3.1 受動的特性……24
3.2 能動的特性……30
3.2.1 静止電位……30
3.2.2 活動電位……31
3.2.3 神経細胞……32
3.2.4 生体の磁気……35
3.3 電流の生体作用……35
3.3.1 電撃……35
3.3.2 電撃の周波数特性……37
3.3.3 機能的電気刺激……38
3.4 電磁界の生体作用……39
3.4.1 静電界……39
3.4.2 静磁界……39
3.4.3 超低周波電磁界……40
3.4.4 低周波・中周波・高周波電磁界……41
3.4.5 超高周波電磁界……42

4. 生体の音響特性

4.1 音と超音波……43
4.1.1 音速……45
4.1.2 音響インピーダンス……47
4.1.3 超音波の減衰……48
4.2 超音波の医療応用……49
4.3 超音波の安全性……51

5. 生体の力学的特性

5.1 力学的性質を表す用語……52
5.1.1 応力……53
5.1.2 ひずみ……53
5.1.3 ポアソン比……54

5.1.4 弾　性　率……55
5.1.5 粘　性・粘　度……57
5.2 生体組織の力学モデル……60
5.3 生体組織の力学的特性……61
5.4 筋肉の分類と構造……63
5.5 骨の構造とリモデリング……65

6. 生体の流体的特性

6.1 血液とその粘度……68
6.2 血管内を流れる血液……71
6.3 層 流 と 乱 流……72
6.4 血液循環と心拍数調節……75
6.5 血管の構造と脈波伝搬……76

7. 生体の熱的特性

7.1 熱　と　温　度……78
7.2 ヒトの体温とその調節……79
7.2.1 熱　の　産　生……80
7.2.2 熱　の　伝　搬……80
7.2.3 熱　の　放　散……81
7.2.4 体温調節と発熱……81
7.3 熱の生体物質への影響……83
7.4 熱の医療応用……84

8. 生体の光特性

8.1 光……86
8.2 原子・分子のエネルギー……87
8.3 光のエネルギーと光の吸収……88
8.4 色　と　色　覚……89
8.5 生体物質による光吸収……90

8.5.1 可視光領域……90
8.5.2 紫外線領域……92
8.5.3 赤外線領域……95
8.6 光の反射・透過・散乱・減衰……95
8.7 光の医療応用……97
8.7.1 パルスオキシメータ……97
8.7.2 サーモグラフィ……98
8.7.3 レーザ手術装置……98

9. 生体の放射線特性

9.1 放射線の種類……99
9.2 放射線に関する単位……100
9.3 放射線と物質の相互作用……102
9.4 放射線による生体への影響……103
9.5 放射線の医療応用……105
9.5.1 放射線診断……105
9.5.2 核医学検査……106
9.5.3 放射線治療……106
9.6 放射線の安全性……107

付録（生体物性の要点）

1. 一般的性質……109
2. 生体の電気的特性……110
3. 生体の音響特性……115
4. 生体の力学的特性……118
5. 生体の流体的特性……121
6. 生体の熱的特性……124
7. 生体の光特性……126
8. 生体の放射線特性……127
引用・参考文献……130
索引……132

1. 生体物性の概要

生体物性とは，生体を物質としてとらえてその性質を理解し，現実の問題に応用できるようにまとめた学問領域である。現実の問題とは，生体に物理的エネルギーが加えられた場合や，生体の物理的情報を取得することを意味している。端的にいえば，医療に用いられている診断や物理的な手法による治療であり，その基盤となる学問分野が生体物性である。また，物理的エネルギーの安全性の観点からも，生体物性は重要な学問分野となっている。

1.1　生体物性と医療

現代の医療は，診断や治療に用いられる医療機器なしには考えられない。その診断や治療にはいろいろな物理的エネルギーが用いられている。おもな物理的エネルギーは，電気・電磁気，音波・超音波，機械（力学），熱，光と放射線である。これらの物理エネルギーを利用したおもな機器・技術を**表 1.1** にまとめた。

診断機器は，生体がつくり出している物理的エネルギーを測定する場合と，生体に物理的エネルギーを加え，その応答を測定する場合に分けられる。具体的に述べれば，体脂肪計は生体に電気エネルギーを加える診断器である。生体の組織により電気的特性（インピーダンス）が異なることに基づいている（3.1 節）。心電計，筋電計，脳波計は，生体がつくり出している電気エネルギー現象を測定している。生体が発生させる電気エネルギー現象は，能動的電気特性として 3.2 節で解説する。MRI は，磁場環境下における生体組織（特に水）の電磁波吸収・減衰特性に基づいている（3.4 節）。心音計は，いうまで

表 1.1　おもな物理的エネルギーと医療技術

物理的エネルギー	おもな診断機器	おもな治療機器・技術
電気・電磁気	心電計，筋電計，脳波計，体脂肪計，MRI	除細動器，機能的電気刺激，ハイパーサーミア（温熱療法），電気メス，心臓ペースメーカー
音波・超音波	心音計，超音波診断	結石破砕術，水晶体破砕術，超音波メス，ハイパーサーミア
機械（力学）	血圧測定，筋力測定	矯正術，吸引器
熱	サーモグラフィ	ハイパーサーミア
光	パルスオキシメトリ	レーザ光線治療，レーザ手術
放射線	X 線撮影・CT，ポジトロン CT（PET カメラ）	放射線治療

もなく心臓の拍動に伴って発生する音を測定する。超音波が生体組織に加えられた場合，生体組織によってその伝搬速度，反射特性（音響インピーダンス），減衰特性が異なっている（4 章）。その性質を利用した方法が超音波診断である。血圧測定は血管の圧迫と解放により行い，筋力測定は筋組織が発生する力学的強度を測定する（5 章）。サーモグラフィは，生体が発生する赤外線を計測する。その赤外線量は生体がつくり出している熱量に依存する（8 章）。パルスオキシメトリは，経皮的に脈拍数や動脈血酸素濃度をモニターする測定法である。その原理は赤血球に含まれるヘモグロビンの光吸収特性に基づいている（8 章）。X 線は高エネルギー電磁波であり，生体を容易に透過するが，その透過度が組織によって異なっているため，生体内部の情報が取得できる（9 章）。ポジトロン CT は PET（Positron Emission Tomography）カメラとも呼ばれ，正電荷を持った陽電子（ポジトロン）の発生状態を測定する診断法である。陽電子は，^{18}F などの放射線同位元素の陽電子崩壊によって発生する。癌組織は正常組織よりグルコースを取り込みやすいことを利用し，^{18}F を結合させたグルコースを体内に投与し，グルコースの集積した癌組織を検出する。発生した陽電子は電子と結合して高エネルギー電磁波である γ 線を発生し，実際には，その γ 線量を測定している。

治療機器・技術では，生体に物理的エネルギーを加えている。そのエネル

ギーは，診断で用いるエネルギーより強いことが多い。どのような強度・条件でエネルギーを加えれば効果的に，また安全な方法になるかが重要である。その基盤となるのが生体物性である。本書は，それぞれの物理的エネルギーに関する生体の特性を解説することが目的である。また，血液の流体としての性質も6章で述べている。各論を述べる前に，生体物性の特徴をまとめる。

1.2　生体物性と生体構造の階層性

生体物性の最大の特徴は，不均質な物質の物性であることである。しかも，その不均質さが秩序だったものであることが，一般の材料との最も大きな違いである。その秩序性は，生体構造が**図 1.1** のように階層性を持っていることに起因する。

器官系：一連の目的のために協調する器官の集団
器官：特定の機能を営む組織の集合体
組織：一定の配列や形態をとっている細胞の集団
細胞：生命を構成する基本単位
分子：水，電解質，有機化合物，無機化合物など

図 1.1　生体構造の階層性

器官系として消化器系を例にとると，食道，胃，小腸などの特定の機能を営む器官より形成され，食物の分解・吸収という目的のために協調して機能を果たしている。各器官を構成している組織は，**表 1.2** に示したように4種類に大分類される。生命体を構成する基本単位が細胞であり，組織は細胞の集団によって形成されている。ヒトの場合，二百数十種類の異なった形態・機能を持った細胞から構成されている。細胞の成分は，水，電解質，有機化合物である。硬組織と呼ばれる骨や歯には，カルシウムとリン酸を主成分とする無機化合物が多く含まれている。なお，生体の基本単位である細胞とその構成成分について，生体物性を理解する上で重要と思われる観点から次章で解説する。

表 1.2　組織の分類

組　織	種　類
上皮組織	被覆し，整列し，また腺を構成する組織 皮膚，消化管，気道，体腔の内面 （保護，吸収，分泌の機能を持つ。）
支持組織	いろいろな組織，器官の間を埋めて，それらを結びつけたり，支えたりする組織 結合組織（脂肪組織，血液組織を含む。）， 軟骨組織，骨組織
筋組織	筋肉を構成する組織 骨格筋，平滑筋，心筋
神経組織	脳と脊髄（せきずい）および末梢（まっしょう）に伸び出した神経を構成する組織

1.3　生体物性の特徴

生体が階層的構造体であり，いろいろな物質から構成されていることにより，物理的エネルギーが加えられた場合，その応答が一様にならない。すなわち，**図 1.2** にまとめた特異的な性質を示すことになる。

特徴
- 異方性
- 非線形性
- 周波数依存性
- 温度依存性
- 反射・散乱・吸収の特異性
- 経時変化性

図 1.2　生体物性の特徴

1.3.1　異　方　性

異方性とは，測定する方向によって特性が異なる性質である。特に，電気的特性，力学的特性において顕著に現れている。例として，筋組織の電気抵抗率を**図 1.3** に示した。3 章において詳しく述べるが，低周波数の電流は細胞外液を流れる。そのため細長い細胞で構成されている筋組織では，細胞の配列に平行な筋線維方向の抵抗率が垂直方向の抵抗率より低くなる。ちなみに，この図

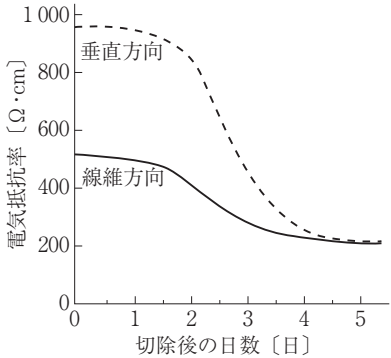

図 1.3 電気特性の異方性と経時変化
（イヌの骨格筋）[1)†]

は 1.3.6 項の経時変化も表している。5 章で述べる力学的特性でも，血管を例にとれば，半径方向と血管方向の伸び方が非常に異なっている。

1.3.2 非 線 形 性

非線形性とは，加えられた物理的エネルギー量に対して，生じる応答が比例しない性質である。電気的特性，力学的特性，流体的特性などで顕著である。3.3 節で解説する電気刺激の場合，ある一定値以下では応答しないいわゆる**閾値**（しきい）が存在する。力学的特性や流体的特性でも，そのヤング率や粘度などの物性定数が一定とならない。その詳細については各章で解説する。

1.3.3 周 波 数 依 存 性

周波数依存性とは，加えた物理力の周波数によって生体の応答が異なる性質である。3 章の電気的特性と 4 章の超音波特性において特に重要になっている。

1.3.4 温 度 依 存 性

温度依存性とは，温度によって生体の応答が異なる性質である。一般に，物質は温度により物理的特性が変化する。生体を構成するタンパク質や細胞膜な

† 肩付き数字は，巻末の引用・参考文献番号を表す。

どは，温度変化により構造や性質を変えやすいため，一般の物質よりも温度による影響が出やすいといえる。

1.3.5　反射・散乱・吸収の特異性

光や超音波に対し，生体は特徴的な反射・散乱・吸収の特異性を示す。この性質によって超音波診断やパルスオキシメトリが可能となっている。それぞれ4章の音響特性と8章の光特性において詳細に述べる。

1.3.6　経時変化性

生体は静的な物体ではなく，その誕生から死に至るまで絶えず変化している。すなわち，時間とともに細胞，組織，器官が変化している。また，短時間的にも周期的なリズムで変化している。このように時間の経過とともに変化する性質を経時変化性という。

経時変化性には体温，心拍数，血圧など1日を周期とする日単位のリズムや，季節に対応した年単位の変化などがあり，それによって生体の物性も影響を受けている。さらに，生命活動が終了した場合，酵素の働きなどにより物性の変化が生じる。一例として，図1.3に筋組織の電気抵抗率の経時変化を示した。

索　　引

【あ】

アクチン 64
アセチルコリン 64
圧　縮 52
圧力損失 71
アドミッタンス 27
アミノ酸 11, 12
アンテナ 41

【い】

イオンチャネル 30
イオン流 40
一次構造 15
異方性 4
異方性反磁性体 39
インターロイキン-1 82

【う】

渦電流 40
運搬体タンパク質 21

【え】

エネルギー弾性 56
絵の具の３原色 90
エントロピー弾性 56, 57

【お】

応　力 53, 55
応力緩和 60
応力-ひずみ線図 55, 61
オゾン層 94
音 43
音響インピーダンス 44, 47
音　速 44, 45
温　度 78
温度依存性 5
温度感受性 84
温熱療法 41, 49, 84
　癌の―― 42

【か】

階層性 3
回転エネルギー準位 95
海綿骨 65
化学シナプス 34
架橋形成 12
核医学検査 106
核　酸 22
可視光 86, 88, 90
活動電位 30, 31
カルシウム 66
癌細胞 106
慣性力 73

【き】

器　官 3
器官系 3
基質小胞 66
基礎代謝量 80
基底状態 89
基電流 38
機能的電気刺激 38
キャビテーション 51
吸収スペクトル 91, 93
吸収線量 101
キュリー 100
極限強さ 55
極　性 8
筋原線維 63
近赤外線 95
筋線維 63
筋組織 4, 63
筋電計 1

【く】

クエットの流れ 59
クリープ 60
グリセロリン脂質 19
グレイ 101
クロナキシー 39

【け】

けい光 89
経時変化性 6
血　圧 72
血圧測定 2
血　液 68
血　管 62, 72
血　球 69
血　漿 10, 69
ケルビン温度 78
減　衰 96
減衰定数 44, 49

【こ】

交感神経 76, 84
光　子 88
膠質浸透圧 77
高周波電流 38
硬組織 3
降伏点 55
興奮性細胞 35
ゴールドマンの式 32
骨格筋 63
骨芽細胞 66
骨　髄 66
骨髄移植 108

ゴ　ム　56, 62
コラーゲン　17, 62, 65
コンデンサー　25, 26, 37
コンピュータ断層撮影法　106
コンプトン効果　103

【さ】

サーモグラフィ　2, 98
最小感知電流　36
最大荷重　55
最大強度　55
細　胞　3, 7
細胞外液　10, 30
細胞内液　10, 30
細胞膜　17, 25
殺菌灯　93
三次構造　15
サンタン　94
サンバーン　94
３要素モデル　60
散　乱　96

【し】

シーベルト　100
紫外線　12, 86, 88, 92
紫外線吸収　93
視覚細胞　86
閾　値　5, 36, 37, 38
磁気モーメント　40
軸　索　32
シグマ効果　70
仕　事　80
視細胞　90
支持組織　4
脂　質　17
脂質二重膜　20, 22
ジスルフィド結合　17
シナプス　34
脂肪酸　18
集軸効果　70
周波数依存性　5
周波数分散性　26
ジュール熱　37
樹状突起　33
受動的電気特性　24
循環血液　80
衝撃波　50
小細動脈　76
常磁性物質　39
照射線量　100
蒸発性熱放散　81
上皮組織　4
情報伝達物質　66
静　脈　76
心音計　1
心　筋　63
真空紫外線　92
神経細胞　32
神経組織　4
神経伝達物質　34
心磁図　35
心室細動　36
親水性　12, 20
親水性物質　10
心電計　1
振動エネルギー準位　89, 95
心拍出量　72

【す】

髄　鞘　33
水素結合　8, 12, 15
垂直応力　53
スターリングの法則　75
ずり応力　58
ずり速度　59

【せ】

静磁界　39, 40
静止電位　30, 31
生体色素　90
静電界　39
静電容量　25
生物学的効果比　101
赤外線　86, 88, 95
セルシウス温度　79
絶対零度　78
せん断　52
せん断応力　53, 58
せん断速度　59, 70
線量当量　101

【そ】

造影剤　106
双極子相互作用　8
造血組織　66
層　流　71, 72, 74
組　織　3
疎水性　12, 20
疎水性物質　10
塑　性　55

【た】

体温調節　82
体温調節中枢　79
体脂肪計　1
代　謝　80
体積弾性率　47, 55
大動脈　76
太陽光　89
対　流　80
多結晶構造体　95
ダッシュポット　60
縦　波　44
単結晶　95
単純脂質　17, 18
弾　性　55, 56
弾性限界　55
弾性線維　62
弾性定数　55
弾性波　43
弾性要素　60
タンパク質　11, 40, 83, 93

【ち】

チャネル　31
チャネルタンパク質　21
超音波　43
超音波診断　2

超音波洗浄機 51
超音波メス 50
超高周波電磁界 42
超低周波電磁界 40
超伝導量子干渉素子 35

【て】

低周波・中周波・高周波
　電磁界 41
定常流 71
電解質 10
電気シナプス 34
電気メス 36, 37
電　撃 35
電磁界 39
電磁波 86
伝　導 80
電離反応 102
電離放射線 99

【と】

透　過 95
等価回路 27
透磁率 24
導電電流 25, 26
導電率 24, 26
動脈硬化 77
トリアシルグリセロール 17

【な】

内因性発熱物質 82
ナトリウムチャネル 33, 36
ナトリウムポンプ 32

【に】

二次構造 15
ニュートンの粘性法則 59
ニュートン流体 59, 68

【ぬ】

ヌクレオチド 22

【ね】

ネガティブフィードバック
　機構 81
ねじり 53
熱 78
　――の産生 80
　――の伝搬 80
　――の放散 81
熱効果 38
熱作用 41
熱　傷 83
熱中性子 102
ネルンストの式 31
粘　性 58, 68
粘性係数 59, 72
粘性要素 60
粘性力 73
粘弾性的性質 58, 60
粘　度 59, 71

【の】

脳磁図 35
能動的電気特性 24
能動的特性 30
脳波計 1

【は】

ハーゲン–ポアズイユの法則
71
ハイパーサーミア 84
白内障 50
破骨細胞 66
破断点 56
発　熱 82
バ　ネ 60
パルスオキシメータ 91, 97
パルスオキシメトリ 2
パルス電流 38
半致死線量 107

【ひ】

非圧縮性材料 54
光 86
　――の吸収原理 86
　――の３原色 90
　――の反射 95
光吸収 90
皮質骨 65
非蒸発性熱放散 81
ひずみ 53, 55
非線形性 5
引張り 52
ヒドロキシアパタイト
65, 66
非ニュートン流体 59, 68
日焼け 94
表皮効果 42
表面波 44

【ふ】

フォークトモデル 60
不感蒸散 81
副交感神経 76
複合脂質 17, 18
輻　射 80
フルエンス 101
分　解 17
分　極 8
分散現象 29
分散性 26

【へ】

平滑筋 62, 63
ベクレル 100
ペプチド結合 12
ヘム構造体 91
ヘモグロビン
17, 24, 39, 90, 97
ベルゴニー・トリボンドーの
　法則 104
変位電流 25, 26, 37
変　性 17
変性温度 83

【ほ】
ポアソン比 54
放射性同位元素 99, 106
放射線 99
放射線荷重係数 101, 102
放射線感受性 104, 107
放射線診断 105
放射線治療 106
放射能の量 100
ポジトロン CT 2
ホットスポット 41
骨 65
ポンプ 22

【ま】
膜タンパク質 20
膜電位変化 31
膜透過係数 32
マクロショック 36
曲　げ 53
マックスウェルモデル 60
末梢血管抵抗 72

【み】
ミオグロビン 90
ミオシン 64
ミクロショック 36, 37
水 7
——の放射線分解 104
脈波伝搬速度 77

【む】
無髄神経 33

【め】
メラニン色素 94
免疫系細胞 82, 83

【も】
毛細血管 76
モーメント 53

【や】
ヤング率 55

【ゆ】
有髄神経 33
誘電率 24, 26
誘導脂質 17
誘導電流 40
輸送体タンパク質 14, 21

【よ】
溶媒和 9
横　波 44
四次構造 17
余　色 90

【ら】
ラジカル 102, 104
ラ　ド 100
ランビエの絞輪 33
乱　流 72, 74

【り】
離脱限界電流 36
リモデリング 65
粒子と波の二重性 87
流　線 72
流　体 58
流　量 71
量子力学 87
両親媒性 19
臨界レイノルズ数 74
りん光 89
リン酸 19
リン脂質 19

【れ】
励起状態 89
レイノルズ数 73
レーザ光線 98
レオベース 38
レ　ム 100
連銭形成 70
レントゲン 100

【英字】
Ca^{2+}イオン 10
Computed Tomography 106
CT 106
DNA 93
——の損傷 104
MRI 1, 40
Na^{+} / K^{+}ポンプ 22, 23
PWV 77
pulse wave velocity 77
RBE 101
SAR 41
SH 結合 12
UV_A 93, 94
UV_B 93, 94
UV_C 93
X　線 99, 105

【ギリシャ文字】
α　線 99
α 分散 26, 28
α–ヘリックス構造 15
β–シート構造 15
β　線 99
β 分散 26
γ　線 99, 100
γ 分散 26, 29

―― 監修者・著者略歴 ――

三田村　好矩（みたむら　よしのり）
1966 年　名古屋工業大学工学部計測工学科卒業
1969 年　北海道大学大学院修士課程修了（電子工学専攻）
1971 年　北海道大学大学院博士課程修了（電子工学専攻），工学博士
北海道大学助手
1978 年　北海道大学助教授
1989 年　北海道東海大学教授
1998 年　北海道大学教授
2007 年　北海道大学名誉教授
東海大学特任教授
現在に至る

西村　生哉（にしむら　いくや）
1985 年　北海道大学工学部精密工学科卒業
1987 年　北海道大学大学院修士課程修了（精密工学専攻）
日本電子株式会社入社
1990 年　北海道大学助手
1999 年　博士（工学）（北海道大学）
2007 年　北海道大学大学院助教
現在に至る

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
米国クリーブランドクリニック財団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　北海道大学大学院准教授
現在に至る

臨床工学技士のための生体物性
Fundamental Aspects of Biomedical Engineering for Clinical Engineers

© Shun Murabayashi 2012

2012 年 6 月 11 日　初版第 1 刷発行　★

検印省略

監修者　三田村　好矩
　　西村　生哉
著　者　村林　俊
発行者　株式会社　コロナ社
　　代表者　牛来真也
印刷所　萩原印刷株式会社

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　http://www.coronasha.co.jp

ISBN 978-4-339-07231-0　（大井）　（製本：愛千製本所）
Printed in Japan

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おります。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おりません。

落丁・乱丁本はお取替えいたします