

土木・環境系コアテキストシリーズ D-1

水 理 学

竹原 幸生

著



コロナ社

土木・環境系コアテキストシリーズ 編集委員会

編集委員長

Ph.D. 日下部 治 (東京工業大学)

[C: 地盤工学分野 担当]

編集委員

工学博士 依田 照彦 (早稲田大学)

[B: 土木材料・構造工学分野 担当]

工学博士 道奥 康治 (神戸大学)

[D: 水工・水理学分野 担当]

工学博士 小林 潔司 (京都大学)

[E: 土木計画学・交通工学分野 担当]

工学博士 山本 和夫 (東京大学)

[F: 環境システム分野 担当]

このたび、新たに土木・環境系の教科書シリーズを刊行することになった。シリーズ名称は、必要不可欠な内容を含む標準的な大学の教科書作りを目指すとの編集方針を表現する意図で「土木・環境系コアテキストシリーズ」とした。本シリーズの読者対象は、我が国の大学の学部生レベルを想定しているが、高等専門学校における土木・環境系の専門教育にも使用していただけるものとなっている。

本シリーズは、日本技術者教育認定機構（JABEE）の土木・環境系の認定基準を参考にして以下の6分野で構成され、学部教育カリキュラムを構成している科目をほぼ網羅できるように全29巻の刊行を予定している。

A 分野：共通・基礎科目分野

B 分野：土木材料・構造工学分野

C 分野：地盤工学分野

D 分野：水工・水理工学分野

E 分野：土木計画学・交通工学分野

F 分野：環境システム分野

なお、今後、土木・環境分野の技術や教育体系の変化に伴うご要望などに応じて書目を追加する場合もある。

また、各教科書の構成内容および分量は、JABEE 認定基準に沿って半期2単位、15週間の90分授業を想定し、自己学習支援のための演習問題も各章に配置している。

従来の土木系教科書シリーズの教科書構成と比較すると、本シリーズは、A

分野（共通・基礎科目分野）に JABEE 認定基準にある技術者倫理や国際人英語等を加えて共通・基礎科目分野を充実させ、B 分野（土木材料・構造工学分野）、C 分野（地盤工学分野）、D 分野（水工・水理学分野）の主要力学3分野の最近の学問的進展を反映させるとともに、地球環境時代に対応するため E 分野（土木計画学・交通工学分野）および F 分野（環境システム分野）においては、社会システムも含めたシステム関連の新分野を大幅に充実させているのが特徴である。

科学技術分野の学問内容は、時代とともにつねに深化と拡大を遂げる。その深化と拡大する内容を、社会的要請を反映しつつ高等教育機関において一定期間内で効率的に教授するには、周期的に教育項目の取捨選択と教育順序の再構成、教育手法の改革が必要となり、それを可能とする良い教科書作りが必要となる。とは言え、教科書内容が短期間で変更を繰り返すことも教育現場を混乱させ望ましくはない。そこで本シリーズでは、各巻の基本となる内容はしっかりと押さえたうえで、将来的な方向性も見据えた執筆・編集方針とし、時流にあわせた発行を継続するため、教育・研究の第一線で現在活躍している新進気鋭の比較的若い先生方を執筆者としておもに選び、執筆をお願いしている。

「土木・環境系コアテキストシリーズ」が、多くの土木・環境系の学科で採用され、将来の社会基盤整備や環境にかかわる有為な人材育成に貢献できることを編集者一同願っている。

2011 年 2 月

編集委員長 日下部 治

水は人間の生命を維持していく上では必要不可欠なものであると同時に、ときには河川の氾濫^{らん}や津波などのような自然の猛威として人々の暮らしを脅かすものにもなり得る。水をいかに制御し、また有効に利用できるようにしていくかは太古からの人間の課題である。

「水理学」では水のさまざまな挙動を物理的に説明し、与えられた条件に対して水の挙動を予測することができるように、水の基礎的な動力学を理解することを目的としている。人々が快適に、かつ安全に生活できるように水理学の知識が活用されることが最終目的であり、水に関連する河川工学、海岸・港湾工学、衛生工学などの水工学分野において必要となる動力学的な基礎知識が水理学である。

さらに、近年環境問題の一つである生物多様性の問題に関しても、水の流れに関する知識は必要不可欠である。例えば、魚類、水生昆虫やプランクトンのような水中生物や干潟^{ひがた}などに生息する生物にとっても、水の流れは重要である。また、汚染物質の移流や拡散などの問題には流れが大きく影響を及ぼし、水域の水質を規定する重要な要因の一つでもある。

このように、水理学が関連する分野は広く、社会基盤の整備から水域の環境を考える上で水理学の知識が必要となってくる。

水の運動を取り扱うとき、質点系の力学とは違い、水自体を連続体として扱う必要がある。また水の特徴の一つに、自由に形状を変化できる点がある。例えば、水は容器によってさまざまに形状を変化させることができ、剛体運動とも違った視点が必要となる。このような特徴を持つ水の挙動を動力学的に記述

するには、これまでと違った視点が必要となる。つまり、水は流体の一種であり、流体力学に基づいた考え方も必要となってくる。しかし、水理学で用いる動力学の基本的な部分は高校までの物理学で学んだ知識で十分に理解できるものであり、本書では極力その点を重視して執筆した。

あくまで本書は水理学の入門書という位置づけとして執筆されており、特に高専や大学で初めて水理学を学ぶ学生を対象としている。そのため、本書では基本的な項目に重点をおいて執筆したつもりであり、深く掘り下げた議論は避けている部分もあるが、河川工学、海岸工学などの水工学関連分野へ進んでいく上で必要な内容は網羅されている。また、本書を通して水理学に興味を持たれた方は、さらに詳しい水理学の教科書に進んでいただき、水理学の奥の深さ、面白さも理解していただければ幸いである。

最後に、本書を執筆する機会を与えてくださった道奥康治先生（神戸大学）には心よりお礼を申し上げるとともに、著者の遅筆のため多大なるご迷惑をおかけしたことをお詫び申し上げたい。また、江藤剛治先生（近畿大学名誉教授）、高野保英先生（近畿大学）には水理学の講義および演習において多くのご指導、ご意見をいただき、本書を執筆するにあたってたいへんな参考となったことに深甚なる謝意を表したい。また、コロナ社の方々には著者の遅筆のためにご迷惑をおかけしたにもかかわらず、多大のご支援をいただいたことに心より謝意を表したい。

2012年8月

竹原 幸生

1 章 序 論

- 1.1 水理学が関連する分野 2
 - 1.1.1 河川の整備と管理における水理学の役割 2
 - 1.1.2 港湾整備と海岸保全における水理学の役割 4
 - 1.1.3 上下水道の整備における水理学の役割 5
 - 1.1.4 その他の工学分野と水理学の関連 6
- 1.2 水の物理的な性質 6
 - 1.2.1 単 位 系 6
 - 1.2.2 密度・単位体積重量・比重, 粘性, 表面張力, 圧縮性 8
 - 1.2.3 圧力とせん断応力 14
- 演 習 問 題 16

2 章 流体の力学

- 2.1 静水の力学 18
 - 2.1.1 静 水 圧 18
 - 2.1.2 平面に働く静水圧 19
 - 2.1.3 曲面に働く静水圧 26
 - 2.1.4 アルキメデスの原理と浮体の安定 30
 - 2.1.5 差 圧 計 34

2.2	流水の力学	35
2.2.1	流体運動の分類	36
2.2.2	水運動の記述法	38
2.2.3	質量保存則と連続の式	40
2.2.4	運動方程式	43
2.2.5	速度ポテンシャルと流れ関数	53
2.2.6	粘性流体の力学	58
2.2.7	エネルギー保存則とベルヌーイの定理	64
2.2.8	運動量の定理	67
	演習問題	70

3章 管路流

3.1	管路定常流の基本的事項	73
3.1.1	管路定常流におけるベルヌーイの定理	73
3.1.2	管路定常流における連続の式	74
3.2	摩擦によるエネルギー損失	75
3.3	管形状によるエネルギー損失	84
3.3.1	管形状によるエネルギー損失の種類	84
3.3.2	急拡損失水頭および出口損失水頭	85
3.3.3	急縮損失水頭および入口損失水頭	87
3.3.4	曲がり損失水頭	88
3.3.5	漸拡損失水頭および漸縮損失水頭	89
3.3.6	バルブによる損失水頭	89
3.3.7	その他の損失水頭	90
3.3.8	単線管路	90
3.4	複雑な管路	96
3.4.1	タービンおよびポンプ	96
3.4.2	サイフォン	97
3.4.3	ベンチュリーメータ	99

3.4.4	分岐管・合流管	100
3.4.5	管網計算	104
	演習問題	109

4章 開水路流

4.1	開水路流の基本的事項	113
4.1.1	開水路流におけるエネルギー保存則	113
4.1.2	常流・射流・限界流	114
4.1.3	跳水現象	118
4.2	開水路の等流・不等流	121
4.2.1	開水路等流の平均流速公式	121
4.2.2	等流水深と限界勾配	123
4.2.3	水理特性曲線	126
4.2.4	水理学的に有利な断面	127
4.2.5	開水路不等流と水面形の分類	129
4.2.6	ダム越流部の流れ	136
4.3	開水路非定常流	138
4.3.1	開水路非定常流の基礎式	138
4.3.2	段波の伝播	140
4.3.3	洪水流の伝播	144
4.4	オリフィスおよびせきの越流	145
4.4.1	オリフィスと流量公式	145
4.4.2	刃形せきと流量係数	150
	演習問題	154

5章 次元解析と相似則

5.1	水理学における模型実験	158
5.2	次元解析	159
5.2.1	次元解析の原理	159

	目	次
	5.2.2 レイリーの次元解析法	159
	5.2.3 バックinghamの π 定理	161
5.3	模型実験と相似則	163
	5.3.1 水理学における模型実験の相似則	163
	5.3.2 レイノルズの相似則	165
	5.3.3 フルードの相似則	166
	演習問題	169
引用・参考文献		171
演習問題解答		172
索引		191

1 章

序 論

◆本章のテーマ

水理学を学ぶにあたり、水理学で学ぶことがどのような分野で必要とされているかを理解し、関連する科目との関係を示す。特に人々の生活を支える社会基盤における治水のための河川整備および港湾整備や衛生的な生活を送るための上下水道の整備は重要な技術であり、水理学はその基礎的な知識を提供する。また、水理学を学ぶ上で必要となる水の物理的な性質や単位系について学習する。

◆本章の構成（キーワード）

1.1 水理学が関連する分野

河川の整備、港湾整備と海岸保全、上下水道の整備

1.2 水の物理的な性質

単位系、密度、単位体積重量、粘性、表面張力、せん断応力

◆本章を学ぶと以下の内容をマスターできます

- ☞ 水理学の果たす役割
- ☞ 水理学に関連する科目
- ☞ 水理学で用いる単位系
- ☞ 水の物理的な性質

1.1 水理学が関連する分野

これから学んでいく水理学がどのような分野で必要とされているかを理解しておく必要がある。本節では水理学が各分野とどのように関係しているかを概説する。

1.1.1 河川の整備と管理における水理学の役割

人々の安心で快適な生活を支える社会基盤工学を考える上では、川や海など自然界での水の挙動を理解する必要がある。陸地に降った雨や雪などの水の一部が河川となって地表を流れて、最終的には海に至る。河川は飲料水、農業用水、工業用水などの人間活動に必要な水をもたらす“恩恵の川”であるとともに、大雨による堤防の決壊による水害などのように“災いの川”になるときもある。また、河川は自然環境を楽しめる空間としての価値をもたらし、人間生活に潤いを与える空間として“癒しの川”としての価値も高まってきている。河川整備においては、河川からの恩恵を効率的に、しかも自然環境に負荷をかけずに引き出し、かつ、河川災害から人命、財産を守ることが必要とされる。

河川を整備、管理するためにさまざまな施設があり、それらを設計、維持していく上で必要な基礎的な力学を水理学で学ぶ。例えば、ダムに関しては流域に降った雨を一旦ためて下流の洪水を調節する治水目的のダムや、用水の取水や発電などの利水目的のダムがある。図 1.1 は天ヶ瀬ダムの写真である。1964年に宇治川に建設された多目的ダムであり、高さ 73 m、長さ 254 m のアーチ式コンクリートダムである。宇治川、淀川の洪水調整のほか上水道供給や水力発電等にも使用されている。

せき止められた川の水はダム背面にダム湖を形成し、ダム本体はその湖の巨大な水压を支えなくてはならない。この水压も水理学の中で学習する項目であり、ダムの容量、ダムを設置する場所の地形、地質などによってダムの形式を決定し、水压に耐え得るダムを設計しなければならない。

河川が増水したときに河川から水があふれ出ないために築かれている堤防や



図 1.1 天ヶ瀬ダム
(京都府)



図 1.2 多自然型河川の例 (竜田川,
奈良県斑鳩町)

河川の機能をより高めるための河川形状などを決めるには、水の流れをよく理解する必要がある。流れによって堤防や河床は圧力や摩擦力を受け、河岸の侵食や河床での土砂の堆積が生じる。どのような流れのときにどのような力を受けるかを予測、評価することが必要である。最近では、河川の自然環境の回復を目指して、多自然型川づくりが行われるようになり、植生や自然石などを使った河川改修が行われる。それらが洪水時に流れにどのような影響を与えるかを理解し、災害が生じないようにしなければならない。

図 1.2 は、多自然型河川工法により瀬と淵が人工的に形成され、直線水路よりも自然に近い河道整備が行われた例である。河川環境を考える上では、単に治水機能のみを考えるばかりでなく、魚類などの水中生物の快適な生息環境を理解しなければならない。また、堰などによって流れが寸断されると水中生物の移動もそこで阻害されるため、生態系の連続性を持たせるために、水中生物の移動が可能な魚道の設置も必要となってくる。

以上は河川工学と水理学の関係のごく一例にすぎない。さらに、河川での流れと土砂の移動や堆積、植生や水中生物の快適な生息環境と流れの関係など、さまざまな分野との関連性を考慮しながら幅広い視野を持って河川整備、管理に取り組まなければならない^{1)~3)†}。

† 肩付き数字は巻末の引用・参考文献番号を表す。

1.1.2 港湾整備と海岸保全における水理学の役割

日本は周囲を海に囲まれた島国であり、古くから海とは深いかかわりを持ってきた。また、人々の憩いの場所としても海岸を利用してきた。図 1.3 は鳴き



図 1.3 海岸に打ち寄せる波（琴引き浜，京都府）

砂で有名な琴引き浜の写真である。歩くたびに砂が鳴る“鳴き砂”を楽しみに毎年多くの観光客が訪れている。

海岸には波が打ち寄せ、また流れが作用しており、海岸形状はつねに変化している。日本は頻繁に台風が襲来する地域であり、激しい波浪が海岸を襲う。海岸が浸食

されれば、沿岸部に住む人々の安全が脅かされ、また沿岸施設は損害を被る。また、海洋で巨大地震が起これば津波が発生し、広範な沿岸域に甚大な被害をもたらす。このような災害から人命、財産を守るためには、海岸に作用する波や流れの特性を理解する必要がある。

海岸に作用する外力で最も大きなものは波である。一般的に波は、外洋で風から海面を通して海洋にエネルギーが伝わることにより発生、発達する。波は、最終的には海岸近くで砕波することによってエネルギーを放出する。海岸は波のエネルギーを受け止めるダンパーのような役割を果たしている。水理学では波を予測、評価する上で必要な水面波やその下に生じる水の波動の基礎を学ぶ。特に、波動はポテンシャル流として扱うことができ、数学的に表すことができる。

海岸域においては、波動だけでなく流れも共存する。砕波によって巻き上げられた浮遊砂は流れによって移動するため、沿岸流は海浜^{ひん}の形に大きな影響を及ぼす。砕波によってどのように海水が乱され、また底にある砂がどのような乱れにより巻き上げられるかを理解しなければならない。このような流れと砂の動きを理解する上で水理学の知識が必要になる。

港湾施設では、湾内を静穏に保つために防波堤が設けられる。防波堤には外海からの波浪を減少させる機能が必要であり、波から大きな力を受ける。

河川が海に流れ出る河口域でもさまざまな現象が生じる。河口域から水田への取水は、塩水の遡上を考慮して淡水のみを取水しなければならない。また、河口域では土砂により河口閉塞が引き起こされる場合があり、防災上問題が生じる場合がある。さらに、河口域に形成される干潟は生物の多様性を育む重要な空間であるが、このような干潟の形成、維持を考える上でも流れの仕組みを考えなければならない。

港湾工学や海岸工学においては、以上のほかにも水理学に関連する多くの事項があり、水理学の知識が要求される^{4),5)}。

1.1.3 上下水道の整備における水理学の役割

上下水道はわれわれの日常生活を支える重要な施設である。人間の生命を維持するために必要な飲料水は上水道により各家庭に配水されている。通常、上水道は水源から水を引き、浄水場の沈殿池および濾過池で濁質を除去して殺菌した後、各家庭に給水される。濾過池においては、砂や礫などに原水を通して濁質を除去する。砂礫層のような多孔質体内の流れを理解することも重要である。処理された水は配水管、給水管を通して各家庭に給水されるが、蛇口から適切な水量が供給されるように設計するには、管内の流れの性質を十分理解しなければならない。

人間の活動により生じた汚水は、地下の下水管を通して処理施設まで運ばれて処理された後に排水される。日本における下水道普及率は処理人口に基づけば2009年度末で73.7%に達している。汚水を処理場に運ぶ過程や下水処理過程においても水理学の知識が必要とされる。

また、日本の大都市では降った雨の多くが下水道に流れ込む。近年、ゲリラ豪雨と呼ばれる設計時の想定を上回るような集中豪雨が生じるようになり、内水氾濫の原因となることがある。防災の観点も含めて下水道の整備を考えていく必要が生じている。

その他、上下水道工学や衛生工学に関するさまざまな問題が水理学と深く関連している^{7),8)}。

1.1.4 その他の工学分野と水理学の関連

水理学が関連する他の分野の事例として地下水が挙げられる。地下水は地盤の透水層を流れており、浮遊物質等の汚濁物質が取り除かれる。以前は井戸を掘ることによって地下水を飲料水として用いてきた。1970年頃までの高度経済成長期においては、工業用水等として大量の地下水が汲み上げられて地下水位が低下し、地盤沈下などの問題が起こった。

その他、湖や貯水池などの閉鎖性水域の水質、水文学における流出解析、地すべりや土石流の発生などにも水理学の知識が必要となる^{9)~11)}。

1.2 水の物理的な性質

本節では、水理学を学ぶ上で必要となる水の物理量を示す。まず、物理量の単位系について概説し、水の代表的な物理量を説明する。

1.2.1 単 位 系

力学分野で用いられる単位系にはSI (The International System of Units, 国際単位系) と工学単位系がある。SIは基本物理量として長さ (L), 質量 (M), 時間 (T) の次元を用いる L-M-T系であるのに対して、工学単位系は長さ (L), 力 (F), 時間 (T) の次元を用いる L-F-T系である。それらの基本物理量を組み合わせることにより、力やエネルギーなどのさまざまな物理量の次元が定義される。L-M-T系に関しては基本物理量として cm (長さ), g (質量), s (sec (秒), 時間) を用いる CGS 単位系と, m (長さ), kg (質量), s (時間) を用いる MKS 単位系がある。SIでは MKS 単位系が用いられる。工学単

索引

【あ】		オリフィス orifice	145	限界流 critical flow	37
圧縮性流体 compressible fluid	43	【か】		原 型 prototype	165
圧縮率 modulus of compressibility	13	開水路流 open channel flow	113	【こ】	
圧力水頭 pressure head	65	緩勾配水路 mild slope channel	124	コーシー・リーマン Cauchy-Riemann	56
アルキメデスの原理 Archimedes' principle	31	完全流体 perfect fluid	46	コールブルック Colebrook	80
【い】		管 網 pipe network	104	【し】	
位置水頭 potential head	65	管路流 pipe flow	73	シェジー Chézy	122
【う】		【き】		次元解析 dimensional analysis	159
渦 度 vorticity	53	ギブソン Gibson	89	質 量 mass	8
渦動粘性係数 eddy kinematic viscosity	62	キャビテーション現象 cavitation	98	射 流 supercritical flow	37
運動学的波動理論 kinematic wave theory	145	急勾配水路 steep slope channel	124	終端速度 terminal velocity	169
運動量の定理 momentum theorem	67	共 役 conjugate	56	潤辺長 wetted perimeter	76
【え】		【く】		常 流 subcritical flow	37
液体の圧縮性 compressibility of liquid	13	クエットの流れ Couette flow	59	【す】	
エネルギー線 energy line	74	クライツ・セドンの法則 Kleiz-Seddon's law	145	水 頭 head	65
【お】		【け】		水理特性曲線 flow characteristics	126
オイラーの運動方程式 Euler's equations of motion	45	径 深 hydraulic radius	77	【せ】	
オイラーの記述法 Eulerian specification of flow field	38	傾 心 metacenter	32	静 圧 static pressure	67
応力テンソル stress tensor	15	ゲージ圧力 gauge pressure	19	絶対圧力 absolute pressure	19
		限界勾配 critical slope	124	全水頭 total head	65

漸変流 gradually varied flow	131
【そ】	
総 圧 total pressure	66
相当粗度 equivalent roughness	80
層 流 laminar flow	36
速度水頭 velocity head	65
速度ポテンシャル velocity potential	54
【た】	
ダルシー・ワイスバッハ Darcy-Weisbach	77
単位体積重量 specific weight	8
段 波 surge, hydraulic bore	140
【ち】	
跳 水 hydraulic jump	118
【て】	
定常流 steady flow	37
【と】	
動 圧 dynamic pressure	67
動水勾配線 hydraulic grade line	76
動粘性係数 kinematic viscosity	10
等ポテンシャル線 equipotential line	56
等 流 uniform flow	37
トリチェリーの定理 Torricelli's theorem	146

【な】

流れ関数 stream function	55
ナップ nappe	151
ナビエ・ストークスの方程式 Navier-Stokes' equation	50

【に】

ニクラゼ Nikuradse	79
ニュートン流体 Newtonian fluid	9

【ね】

粘 性 viscosity	9
粘性係数 coefficient of viscosity	9
粘性底層 viscous sublayer	64
粘性流体 viscous fluid	46

【は】

ハーゲン・ポアズイユの流れ Hagen-Poiseuille flow	59
バッキンガムの π 定理 Buckingham's π theorem	159
ハーディ・クロス Hardy-Cross	105

【ひ】

非圧縮性流体 incompressible fluid	43
ピエゾ水頭 piezometric head	76
比エネルギー specific energy	114
比 重 specific gravity	8

歪模型 distorted model	167
非定常流 unsteady flow	37
ピトー管 Pitot tube	66
表面エネルギー surface energy	12
表面自由エネルギー surface free energy	12
表面張力 surface tension	11

【ふ】

不等流 non-uniform flow	37
プラントル・カルマンの対数 分布則 Prandtl-Kármán logarithmic distribution of velocity	63
プラントルの混合距離理論 Prandtl's mixing-length theory	63
フルード数 Froude number	37
フルードの相似則 Froude's similarity	165

【へ】

ベスの定理 Böss's theorem	114
ベナコントラクタ vena contracta	146
ベランジェの定理 Belanger's theorem	115
ベルヌーイの定理 Bernoulli's principle	65
ベンチュリーメータ Venturi meter	99, 109

【ま】

摩擦速度 friction velocity	63
---------------------------	----

マニング Manning	122	【ら】		【れ】	
【み】		ラグランジュの記述法 Lagrangian specification of flow field	38	レイノルズ応力 Reynolds stress	52
密度 density	8	ラプラス方程式 Laplace equation	54	レイノルズ数 Reynolds number	36
【も】		乱流 turbulent flow	36	レイノルズの相似則 Reynolds' law of similarity	165
模 型 model	165	【り】		レイノルズ方程式 Reynolds' equation	52
【よ】		力学的波動理論 dynamic wave theory	145	レイリーの方法 Rayleigh's method	159
よどみ点 stagnation point	66	流 線 stream line	54	連続の式 equation of continuity	43
◇					
【D】		【L】		【R】	
DNS direct numerical simulation	158	LES large Eddy simulation	158	RANS Reynolds-averaged Navier- Stokes simulation	158

— 著者略歴 —

1986年 九州工業大学工学部開発土木工学科卒業
1989年 九州大学大学院博士課程中退(水工土木学専攻)
1989年 近畿大学助手
1996年 近畿大学講師
1997年 博士(工学)(九州大学)
1998年 米国イリノイ大学客員研究員
2001年 近畿大学助教授
2010年 近畿大学教授
現在に至る

水 理 学

Hydraulics

©Kohsei Takehara 2012

2012年10月10日 初版第1刷発行

検印省略

著 者 たけ はら こう せい
竹 原 幸 生
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

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 978-4-339-05627-3 (高橋) (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