

「河川工学はおもしろい！　これほど楽しみながら人の役に立てる学問がほかにあるのだろうか？」

これらの思いを読者の皆さんに伝えるにはどうすればよいのか　と考えながらこのまえがきを書いている。著者は、正直なところ、大学の3回生までは海は大好きだったが河川のことなどまったく興味を持っていなかった。4回生に進級してからの研究室選びのときに、海の研究ができる研究室を探したところ・・・、著者が在籍していた大学には海の研究ができる研究室が存在せず、河川工学の研究室を選択することになった。

河川のことを勉強し始めると、いままで知らなかった河川の魅力を知ることができた。洪水中、河川には水しか流れていないと思っていたところ、土砂や木なども流れており、なんと河川の地形は時々刻々と変化しているとは！　その河川の地形についても、蛇行した流路、網目状の流路など、青い空・白い雲・緑の大地とともに美しい景色を構成する自然河川の形状は、一つとして同じ形が存在しないとは！

しかも、河川は、われわれの生活とは切っても切れない関係にある。生活用水や農業用水のために、われわれは河川の水を利用している。豪雨となれば河川から水が氾濫し、われわれの生命や生活基盤を脅かす。著者は、現在、京都大学防災研究所に所属しており、水害・土砂災害が発生すると、被災地へ災害調査に出かける。被災地では、発生した自然現象の規模の大きさに驚愕させられるとともに、「この現象を研究して適切な河川整備を実施していれば、何人救えただろうか？」と考えさせられる。

河川を中心として形成された自然環境は、「ホッ」とした穏やかな気持ちをわれわれに与えてくれるとともに、魚や貝などの食糧資源もわれわれに与えてくれる。淀川から一度消えてしまった天然記念物のイタセンパラが、8年ぶりに淀川で野生の状態で繁殖したとの連絡を本書執筆中に受けた。著者は、イタセンパラの放流や生息場づくりを委員会の委員としてお手伝いしていたが、これは、多くの河川工学・生物学・生態学等の研究者、国土交通省・地方自治体・河川財団・建設コンサルタント等の技術者の共同作業の成果であった。

そうです！ 河川工学は、人と動植物の生活と命を守る非常に大切な学問なのです！ これだけ強く人間社会とかかわりのある河川を、地球上の生物にとって有益・無害なものとするために知恵を出し合う仕事に、必ず充実感を感じられると思う。この学問を勉強することにより、読者の人生がより充実したものになることを約束しよう！

本書は、読者が工学技術者として河川の業務に関係した仕事をするときに必要と思われる知識を集約することを考えて執筆した。そのため、学校だけでなく、職場においても本書を開いていただけるとありがたい。また、本書は、現在の河川業務でよく利用されている数値解析によって現象の把握や理解ができることを念頭に置いて執筆している。そのため、既存の多くの河川工学の教科書に記載されていた有用な式が抜け落ちていと感じられるかもしれない。これらの式は、数値解析の結果の確認において有用である。また、簡便に利用できるため、現象の概要を把握する上でも非常に有用である。これらについては、既存の出版物をご参照いただきたい。

本書を執筆するにあたり、直接的・間接的に日本および海外の多くの河川工学・砂防工学・生物学・生態学の研究者からご指導・ご教示を得ている。特に、大学において初めて、河川工学の世界に著者を導き入れてくださった ICHARM・江頭進治先生に深甚なる敬意を表する。

本書を執筆する機会を与えてくださるとともに、原稿の詳細についてご助言をいただいた神戸大学・道奥康治先生、砂防分野の流砂現象についてご教授いただいた京都大学・藤田正治先生、ダムについてご教授いただいた京都大学・

角 哲也先生，生物や動植物の生息場についてご教授いただいた徳島大学・鎌田磨人先生，図面や写真などの本書への掲載をご快諾いただいた京都大学・平石哲也先生，群馬大学・清水義彦先生，北海道大学・木村一郎先生，東北大学・風間 聡先生，九州工業大学・鬼束幸樹先生，山口大学・赤松良久先生，東洋大学・福井吉孝先生，法政大学・大八木英夫先生，砂防地すべり技術センターの安養寺信夫氏，国土交通省近畿地方整備局・長谷川稔氏・伊藤嘉奈子氏，国土交通省近畿地方整備局紀南河川国道事務所，国土交通省中国地方整備局，国土交通省四国地方整備局徳島河川国道事務所，大阪府水生生物センター・上原一彦氏，パシフィックコンサルタンツ株式会社・市山 誠氏，京都大学大学院・久加朋子君，株式会社山辰組，株式会社富士開発コンサルタンツ，株式会社ハイドロシステム開発，応用地質株式会社，株式会社大田計器製作所，株式会社パスコ・セコム株式会社に謝意を表する。

本書の内容には，これまでの研究・教育活動で得られた多くの知見が含まれている。日々の研究・教育活動に多くのサポートをいただいている京都大学宇治地区事務部，京都大学防災研究所技術室・広報出版企画室，京都大学工学部地球工学科事務室，京都大学大学院工学研究科 C クラスター事務室の皆さまに謝意を表する。

本書に掲載した計算結果の一部は DELL のサーバを用いて得られている。計算機についてご助言いただいた DELL 株式会社の浅利千紗子氏に感謝の意を表する。また，現地観測についてご助言いただいた株式会社ニコン・トリンプルの吉田朋弘氏，株式会社テクノアイシステムの六車睦二氏に感謝の意を表する。

最後に，本書の出版に際し，多くの労をいただいたコロナ社に謝意を表する。

2013 年 10 月

竹林 洋史

目 次

1 章 河 川

1.1 河 川 と は 2

1.2 河川工学の役割 3

演 習 問 題 5

2 章 河川の水利特性

2.1 開 水 路 7

2.1.1 一次元モデル 10

2.1.2 平面二次元モデル 10

2.2 洪水の伝播特性 15

■ キネマティックウェーブ法 16

2.3 貯 水 池 17

2.4 河 口 20

2.4.1 塩 水 く さ び 21

2.4.2 強混合型の流れ 24

2.4.3 津 波 25

2.4.4 河 口 砂 州 27

2.4.5 河口域の計画高水位 29

2.5 地下水・浸透流 30

2.6 流 れ の 計 測 31

2.7 数 値 解 析 法 33

2.7.1	波 動 方 程 式	34
2.7.2	拡 散 方 程 式	39
2.7.3	保 存 形	41
	演 習 問 題	43

3章 河 川 地 形

3.1	河川地形の種類	45
3.2	流 砂	52
3.3	流路・河床変動	59
3.3.1	一次元河床変動解析	60
3.3.2	二次元河床変動解析	63
3.4	地 形 の 計 測	65
	演 習 問 題	68

4章 水および土砂の流出

4.1	水循環と気象	70
4.1.1	水循環と日本の気象特性	70
4.1.2	降 雨 の 観 測	71
4.2	降 雨 の 流 出	72
4.2.1	貯 留 関 数 法	73
4.2.2	タンクモデル	74
4.3	土 砂 の 生 産	75
4.3.1	土砂生産の様式	75
4.3.2	土石流の解析の支配方程式	83
4.4	土 砂 の 流 出	85
4.4.1	土砂の流出解析	86
4.4.2	土 砂 資 源	90
	演 習 問 題	91

5章 治水

- 5.1 治水の必要性 93
- 5.2 河川法 93
 - 5.2.1 河川法の歴史 93
 - 5.2.2 河川法上の河川と河川管理者 94
 - 5.2.3 河川管理 97
 - 5.2.4 河川の工事計画 98
- 5.3 計画高水 100
- 5.4 水防 102
 - 破堤対策としての水防工法 103
- 5.5 河川の分派および合流 108
- 演習問題 110

6章 利水

- 6.1 利水の必要性 112
- 6.2 水源地による水資源開発 112
- 6.3 貯水ダムによる水資源開発 114
 - 6.3.1 ダムの種類 114
 - 6.3.2 ダムの機能 115
 - 6.3.3 コンクリート重力ダム 116
 - 6.3.4 高ダムの堆砂対策 118
- 演習問題 121

7章 河川環境

- 7.1 河道内の生態系 123
 - 7.1.1 粒状有機物と底生動物 123
 - 7.1.2 河道内の樹林化 124
- 7.2 河川環境の保存と創生 128

7.2.1	河川整備の目標像	129
7.2.2	多自然川づくり	130
7.3	水 質	131
7.4	河川の親水および景観整備	137
	演 習 問 題	138

8章 河 川 構 造 物

8.1	堤 防	140
8.2	護 岸	146
8.3	水 制	148
8.3.1	水 制 の 種 類	148
8.3.2	水 制 工 法	150
8.4	水 害 防 備 林	151
8.5	水 門 と 樋 門	152
8.6	床 固 め と 堰	154
8.7	魚 道	156
8.8	砂 防 ダ ム	164
8.9	その他の砂防関連施設	166
8.9.1	流 路 工	166
8.9.2	遊 砂 地	166
8.9.3	山 腹 工	167
	演 習 問 題	168

引用・参考文献	169
---------	-----

演習問題解答	174
--------	-----

索 引	179
-----	-----

1 章

河 川

◆本章のテーマ

河川は、水とともに土砂を流送し、流域地形を時々刻々と変化させながら、流域の物理環境の基盤となる地形を形成していることを理解する。沖積平野の河川の特徴について学ぶ。河川工学が社会に果たす役割を学ぶ。

◆本章の構成（キーワード）

1.1 河川とは

河川，洪水，降雨，土砂，隆起，沈降，沖積平野，氾濫

1.2 河川工学の役割

日本の河川の特徴，実務と河川工学の関係

◆本章を学ぶとマスターできる内容

- 👉 流域の地形の形成機構の概要
- 👉 河川による土砂の輸送が果たしている役割
- 👉 河川工学の社会的役割

1.1 河 川 と は

日本をはじめとする、アジア・モンスーン地域は、**土砂生産** (sediment production) が非常に活発であるため、**図 1.1** のように、河川の周辺に**沖積地** (alluvial land) を形成する。沖積地は、最終氷河期以降に、河川流によって上流から輸送されてきた**土砂** (sediment) が**氾濫** (inundation)・**堆積** (deposition) することによって形成された地形であり、日本のほとんどの平野は**沖積平野** (alluvial plain) である。**図 1.2** は、河川によって地形が浸食される速度の分布を示している^{1)†}。図より、日本を含むアジア地区の円が大きくなっており、アジア地区において、地形が急速に浸食されて土砂が下流域および海域に供給されていることがわかる。つまり、多くの日本人は、土砂が氾濫することによって作られた地形の上に生活しており、**治水** (flood control) 無くしては現在の生活が成り立たないことが容易に想像できる。一方、**河川** (river) は、**流域** (river basin) の**生態システム** (ecological system) の形成において重要な役割を果たしている。河川は、^{かどう}河道内を流れる**流砂** (transported sediment) の時空間的な不均衡により形成する^{かしょう}**河床** (river bed) や**河岸** (river bank) の**浸食** (erosion) および氾濫原への土砂の堆積現象を通じて河川流域の**地形** (topographical feature) を形成しており、絶えず地形を変動させている。つま



図 1.1 静岡県・大井川流域の沖積地

† 肩付き数字は巻末の引用・参考文献番号を表す。



Ohmori(1983)¹⁾ から、200 m³/km²/y 以上を抽出。アマゾン河とナイル河は値は小さいが、参考のために示す。²⁾

図 1.2 川によって地形が浸食される速度の分布

り、河川は、水供給だけでなく、流域の物理環境の**多様性**（diversity）を創造する役割も果たしており、流域の生態系の形成において不可欠な要素となっている。そのため、河川に関する研究は、古くから現在に至るまで多くの研究者によって行われている。

1.2 河川工学の役割

河川工学（river engineering）には、大きく以下のような役割がある。

- ① 河川を流れる**水**（water）、土砂およびその他の物質の動態を科学的に明らかにする。
- ② **洪水**（flood）による水および土砂の氾濫から人類の生命と財産を守る方法を明らかにする。
- ③ 河川を流れる水および土砂をわれわれが適切に使用する方法を明らかにする。
- ④ 河道内の動植物の**生息空間**（habitat）を保存・創生するための方法を明らかにする。

コ ラ ム

川はやっぱり空から！

川は空から見ると全体像がよくわかる。とはいっても空から河川を見ることができる機会はなかなかない。そこで、私は出張で飛行機に乗るとき、できる限り窓際に座ることにしている。図1は、ロシア上空で撮影した蛇行流路の写真である。いまでは、Google Earth^{TM†}でパソコンの前でも擬似的に空から河川を見ることができる。飛行機に乗る予定があるならば、事前にフライトコースを調べ、Google EarthTMでおもしろそうな河川地形があるところをチェックしておくと、飛行機の旅がより一層楽しくなるだろう。



図1 ロシア東部の蛇行河川

一つ目の役割は、特に工学に限らず、地形学や砂防学においても同様である。**河川整備**（river regulation work）を実施する場合は、河川の力学特性を把握する必要がある。河川工学の研究者や技術者は、数学と物理を駆使して、河川で発生している力学現象を科学的に明らかにしようとしている。

二つ目の役割は治水に関することであり、人命に直接関係するため、最も重要な役割と考えられる。四大文明が大河川の流域圏で発生したことからわかるように、人類にとって河川は不可欠な存在である。そのため、河川による洪水氾濫から自らの生命を守る取り組みは、太古の昔から行われてきた。現在の河川工学は、科学的な知見に基づき、人類がより安全に川の近くで生活できる方法を明らかにしようとしている。

三つ目の役割は、流域の水と土砂の利用にかかわっている。二つ目の役割で

† Google EarthTM は Google Inc. の商標または登録商標である。

述べたように、人類の生活において河川は必要不可欠な存在である。人類は、生きていくために水を必要としているし、河川の水辺には、人類の食料となるさまざまな動植物が生息している。また、飲料水だけではなく、農業および工業用の水も不可欠である。河川が輸送する土砂は建設材料としてよく使用されていた。近年、日本ではその利用が急速に減少したが、海外においては現在でも多くの河川で**砂利採取**（sand mining）が行われている。そのため、砂利採取による河川地形の急激な変化による**河川構造物**（river structure）の倒壊や生物の生息・生育場の消失などの問題が発生しないような**土砂マネジメント**（sediment management）を実施することが非常に重要となっている。

四つ目の役割は、河道内の生態システムに関するものである。河道内にはさまざまな動植物が生息しており、彼らの存在を考慮した河川整備は、河川が河川本来の特性を持続するためには不可欠である。戦後、**治水事業**（flood management work）と利水事業を優先して河川整備を実施してきた結果、河道内の生態システムは悪化してしまった。このような状況を食い止めるとともに本来の河川の姿を再生するためには、生態学に関する知見だけでなく、力学をベースにした河川工学的なアプローチも必要となっている。

演 習 問 題

- 〔1.1〕 水および土砂の氾濫が果たす役割の一例を述べよ。
- 〔1.2〕 自宅の地盤が沖積地かどうか調べよ。
- 〔1.3〕 過去3年以内に発生した河川災害の一つについて調べよ。
- 〔1.4〕 河道内で発生している環境問題の一つについて調べよ。

索引

【あ】

秋雨前線	
autumnal rain front	70
アースダム	
earth dam	114
アーチダム	
arch dam	114
アッパーレジーム	
upper regime	49
圧力式水位計	
pressure meter	32
圧力水頭	
pressure head	31
暗 渠	
culvert	152
安息角	
angle of repose	48

【い】

一次元河床変動解析	
one dimensional bed deformation analysis	60
一次元モデル	
one dimensional model	9
一様砂	
uniform sediment	53
一流体モデル	
one fluid model	83
一級河川	
first class river	65, 94
移 流	
advection	135
移流項	
advection term	34
陰解法	
implicit method	35

【う】

ウォッシュロード	
wash load	52
雨水管	
storm sewer	134
雨量計	
hyetometer	71
運動方程式	
momentum conservation equation	10

【え】

栄養塩類	
nutrient salt	126
越 流	
overtopping	29
越流水制	
overflow groin	149
越流ダム	
overflow dam	114
越流堤	
over flow levee	142
エネルギー勾配	
energy slope	10
塩 水	
salt water	20
塩水くさび	
saline wedge	21
鉛直二次元モデル	
vertical two dimensional model	9
塩 分	
salinity	131

【お】

置 土	
sediment augmentation	119
尾 根	
ridge	79

帯 工	
river bed girdle	154
温 帯	
temperate zone	70

【か】

海 溝	
ocean trench	25
外 水	
river water	142
開水路	
open channel	7
開水路流	
open channel flow	7
解析格子	
numerical grid	33
海 底	
see bed	25
化学的酸素要求量	
chemical oxygen demand, COD	132
化学的風化作用	
chemical weathering effect	83
河 岸	
river bank	2
河岸浸食	
bank erosion	59
角落し	
sliding timber	155
拡 散	
diffusion	24, 135
拡散係数	
diffusion coefficient, coefficient of diffusion	24, 39, 58
拡散方程式	
diffusion equation	34
河 口	
river mouth	9

火砕流 pyroclastic flow	81	滑 動 sliding	53	基準点高さ reference level	57
風上差分スキーム upwind difference scheme	35	可動堰 movable weir	155	キネマティックウェーブ法 kinematic wave method	16
火山灰 volcanic ash	81	渦動粘性係数 coefficient of eddy viscosity	13	逆位相 out of phase	49
火山流域 volcanic river basin	81	河畔林 river side tree	70	吸脱着 absorption and desorption	135
河 床 river bed	2	過飽和 oversaturation	134	境界条件 boundary condition	18
河床位 bed elevation	9	ガ リ Gully	82	橋 脚 bridge pier	27
河床近傍流速 water velocity near bed	11	刈取食者 scraper	123	強混合型 intense mixing	20
河床形態 bed configuration	45	下 流 downstream	9	局所洗掘 local scouring	10, 50
河床勾配 bed slope	15	カルマン定数 Karman's constant	13	魚群探知器 fish finder	66
河床材料 bed material	9, 53	川幅 channel width	46	魚 道 fish pass, fish ladder, fishway	156
河床変動 bed deformation	59	環 境 environment	94	許容応力 allowable stress	118
河床面の安定性 bed stability	59	環境基準 environmental criteria	131		
霞 堤 open levee	141	間隙水 void water	83	【<】	
河 川 river	2	還 元 reduction	135	空 隙 void	30
河川工学 river engineering	3	緩混合型 moderate mixing	20	空隙率 porosity	61
河川構造物 river structure	5	涵養林 water source forest	112	クーラン数 Courant number	36
河川整備 river regulation work	4	管 路 pipe	7	【け】	
河川法 river law	93	管路流 pipe flow	7	計画高水位 water level of design flood	29
河川連続体仮説 river continuum hypothesis	123			計画高水流量 design flood discharge	30, 98
渇水期 dry season	113	【き】		計画高潮位 design high tide level	30
		気圧計 barometer	32	計算格子点 grid point	18
		気候変動 climate change	112		

形状抗力係数
coefficient of form drag 13

径 深
hydraulic depth 10

下水処理場
sewage treatment plant 133

限界摩擦速度
critical friction velocity 54

懸濁態物質
suspended material 135

厳密解
exact solution 37

【こ】

降 雨
rain 10

降雨量
precipitation 73

公害対策基本法
basis law for environmental
pollution control 131

高規格堤防
super levee 143

公共下水道管
public sewerage conduit
133

光合成
photosynthesis 134

交互砂州
alternate bar, single row
bar 12, 46

格子法
grid method 67

洪 水
flood 3

降 水
precipitation 70

高水護岸
high water bank protection
146

洪水時最高水位 116

洪水波
flood wave 16

洪積台地
diluvial upland 93

構造線
tectonic line 79

降伏応力
yield stress 85

合流式下水道
combined sewer system 133

合流点
confluence 108

抗 力
drag force 13

固液混相流
solid-liquid multiphase flow
83

護 岸
bank protection 26

固定砂州
stationary bar 48

固定堰
fixed weir 155

固有振動数
characteristic frequency
117

コンクリートダム
concrete dam 114

混合砂
non-uniform sediment 55

痕跡水位
trace of highest water
surface level 101

【さ】

最深河床位
lowest bed elevation 67

最大圧縮応力
maximum compression
stress 118

細粒土
fine material 63

朔望平均満潮位
mean monthly high tide
level, H.W.L. 29

砂 堆
dune 48

サーチャージ水位
surcharge water level 116

差分式
difference equation 35

砂防ダム
sabo dam 114

砂 漣
ripple 48

酸 化
oxidation 135

三角州
delta 49

三次元モデル
three dimensional model 9

【し】

シェジーの式
Chezy's law 16

自記水位計
hydrograph 32

シグマ座標系
Sigma coordinate system 18

自浄機能
selfpurification 137

自浄作用
autopurificatory activity
134

地震時の動水圧
dynamic pressure during
earthquake 117

地震力
seismic force 117

地すべり
landslide 75

支 川
tributary 10

湿 地
wet land 45

質量保存則
mass conservation equation
9

指定区間
assigned area 97

地盤沈下
subsidence 97

死 滅
extinction 135

弱混合型
weak mixing 20

斜面安定解析
slope stability analysis 79

斜面崩壊
slope failure 25, 75

砂利採取
sand mining 5, 51

自由表面
free surface 7

重力加速度
gravity acceleration 10

重力ダム
gravity dam 114

浚 渫
dredging 99

順応的管理
adaptive management 130

小規模河床形態
small-scale bed
configuration 48

蒸 散
transpiration 70

捷水路
shortcut channel 108

小跳躍
saltation 53

蒸発散
evapotranspiration 70

擾 乱
disturbance 59

上 流
upstream 9

植 生
vegetation 13

植生の密生度
vegetation density 13

浸 食
erosion 2

深層崩壊
deep seated landslide 76

浸透流
seepage flow 30

【す】

水 位
water surface level 9

水害防備林
protection forest against
flood damage 151

水 質
water quality 98, 131

水質汚濁防止法
water pollution control law
131

水準器
level 65

水 深
water depth 11

水深比
aspect ratio 46

水深平均値
depth averaged value 9

水 制
groin 50

水防工法
levee protection
construction method 102

水 面
water surface 7

水 門
gate 152

水力発電
hydraulic power generation
112

水 路
channel 7

水路実験
flume test 11

数値解析
numerical analysis 7

【せ】

静止摩擦係数
coefficient of static friction
147

静水圧
hydrostatic pressure 116

生息空間
habitat 3

生態システム
ecological system 2

生物化学的酸素要求量
biochemical oxygen
demand, BOD 131

生物分解
biolysis 135

節 理
joint 118

背割堤
spread levee 142

遷移層
transition layer 62

線形化
linearization 33

線形関数
linear function 74

扇状地
alluvial fan 49

前進差分スキーム
forward difference scheme
35

せん断力
shear stress 11

全窒素
total nitrogen 132

穿入蛇行
incised meander 45

全リン
total phosphorous 132

【そ】

増 殖
multiplication 135

相対粗度高さ
 relative rough height 11
 掃流砂
 bed load 11, 52
 掃流砂層
 bed load layer 61
 ソリトン分裂
 soliton fission 26
 粗粒化
 armoring 126

 【た】
 大気圧
 atmospheric pressure 7
 堆砂圧
 sediment deposition
 pressure 116
 対数則
 log law 11
 堆 積
 deposition 2
 堆積層
 deposition layer 61
 堆積物収集食者
 collector 123
 ダイナミックウェーブ法
 dynamic wave method 16
 台 風
 typhoon 29, 70
 タイムステップ
 time step 89
 高 潮
 storm surge 21, 29
 高ダム
 high dam 114
 濁 度
 turbidity 131
 蛇行流路
 meandering channel 45
 ダ ム
 dam 7
 ダム貯水池
 dam reservoir 9

多目的ダム
 multipurpose dam 114
 多様性
 diversity 3
 ダルシー則
 Darcy's law 30
 多列砂州
 multiple row bar 47
 単位河道
 unit channel 86
 単位斜面
 unit slope 86
 段 丘
 terrace 125
 タンクモデル
 tank model 73
 淡 水
 fresh water 20
 断面内二次流
 secondary flow 48
 断面平均
 cross-sectional average 60

 【ち】
 地下水
 ground water 30
 地 形
 topographical feature 2
 治 水
 flood control 2
 治水事業
 flood management work 5
 中央差分スキーム
 central difference scheme 36
 中規模河床形態
 meso-scale bed
 configuration 48
 沖積蛇行
 alluvial meandering 45
 沖積地
 alluvial land 2
 沖積平野
 alluvial plain 2

潮汐蛇行
 tidal meandering 45
 潮汐流
 tidal flow 45
 長 波
 long wave 25
 直線流路
 straight channel 45
 貯 留
 storage 70
 貯留関数法
 storage function method 73
 貯留量
 storage volume 73
 沈 降
 settling 135
 沈降速度
 settling velocity 58

 【つ】
 津 波
 tsunami 21
 梅 雨
 rainy season 70

 【て】
 堤外地
 riverside area 46
 低気圧
 low atmospheric pressure 29
 抵抗則
 friction law 11
 定常流
 steady flow 27
 低水工事
 low water river work 93
 低水護岸
 low water bank protection 146
 底生動物
 benthos 123
 ティーセン法
 Thiessen method 71

泥炭地 peat	45	土砂マネジメント sediment management	5	排砂バイパストンネル sediment discharge bypass tunnel	7
堤内地 landside area	46	土石流 debris flow	53, 75	背 水 backwater	21, 108
堤 防 bank	30	トータルステーション total station	65	ハイドログラフ hydrograph	15, 72
堤防間距離	46	土のう sand bag	103	パイピング現象 piping phenomena	144
泥 流 mud flow	75	【な】			
デカルト座標系 Cartesian coordinate system	20	内 水 inland water	142	剥離渦 separation eddy	48
天井川 raised bed river	51	内水排除 drainage behind levee	142	波 高 wave height	25
電磁流速計 electromagnetic current meter	31	【に】			
転 動 rolling	53	二級河川 second class river	94	破碎食者 shredder	123
天文潮 tide	29	二次元モデル two dimensional model	9	波 速 wave celerity	17
【と】		【ね】			
透過型水制 permeable spur dike	148	根固工 bed protection works	146	波 動方程式 wave equation	17, 34
凍結融解作用 freeze-thaw effect	83	粘性項 viscosity term	34	反砂堆 anti-dune	48
等高線 contour line	79	粘着性土 cohesive material	49	反発係数 reflection coefficient	85
透水係数 coefficient of permeability	31	【の】			
導流堤 guide wall	142	法留工 foot protection works	146	氾 濫 inundation	2
特殊堤 non-soil embankment	140	法覆工 slope protection works	146	氾濫解析 inundation analysis	84
特性曲線 characteristic curve	34	【は】			
床固め groundsill	154	梅雨前線 rainy front	70	氾濫原 flood plain	45
土 砂 sediment	2	ハイトグラフ hyetograph	72	【ひ】	
土砂生産 sediment production	2	バイオマス biomass	125	非越流水制 non-overflow groin	149
				非越流ダム non-overflow dam	114
				干 潟 tidal flat	21
				樋 管 sluice way	152
				微細粒状有機物 fine particle organic matter, FPOM	124
				比水分容量 specific water volume	31

非線形性 non-linear characteristics	74	物理的風化作用 physical weathering effect	83	ベッドマテリアルロード bed material load	52
比貯留係数 coefficient of specific storage	31	不透過型水制 impermeable spur dike	148	偏西風 temperate westerlies	70
非定常性 unsteady flow characteristics	27	不飽和状態 unsaturated condition	30	【ほ】	
非粘着性土 non-cohesive material	63	不飽和浸透流 unsaturated flow	31	放水路 diversion channel	108
微分方程式 differential equation	34	浮遊砂 suspended load	9, 52	放物型方程式 parabolic type equation	39
非平衡性 non-equilibrium characteristics	58	浮遊砂濃度 suspended concentration	57	飽和状態 saturated condition	30
樋 門 sluice way	152	浮遊砂量 suspended sediment discharge	57	飽和浸透流 saturated flow	31
表層崩壊 surface failure	76	浮遊性藻類 phytoplankton	132	保存形 conservation form	11
表面流出量 surface runoff water discharge	112	浮遊物質の濃度 suspended solids, SS	131	本 堤 main levee	140
【ふ】		篩い分け試験 sieving test	67	【ま】	
風 化 weathering	75	分 散 dispersion	135	摩擦速度 friction velocity	11, 54
風 波 wind wave	21	分流式下水道 separated sewer system	134	マスムーブメント mass movement	75
富栄養化 eutrophication	132	分流点 distributary	108	マニング則 Manning's law	10
付加体 accretionary prism	77	【へ】		マニングの粗度係数 Manning's roughness	10
副 堤 secondary levee	140	平均粒径 mean diameter	54	【み】	
複列砂州 multiple row bar	47	平衡流砂量 equilibrium bed load	53	水 water	3
浮 子 pole type float	31	閉鎖性水域 closed water area	132	湖 lake	9
付 着 adherent	135	平坦河床 flat	46	水含有率 water content rate	64
付着性藻類 periphyton	123	平面二次元モデル horizontal two dimensional model	9	水資源 water resource	30
				水循環 hydrological cycle	70
				水の密度 water density	11

【む】		溶存酸素濃度 dissolved oxygen, DO	131	流 砂 transported sediment	2, 52
無機化 inorganic	132	溶存態栄養塩 dissolved nutrient salt	135	流 出 runoff	70
無次元限界掃流力 non-dimensional critical shear stress	54	溶存態有機物 dissolved organic matter	135	流出過程 runoff process	73
無次元掃流力 non-dimensional shear stress	54	余水吐 effluent outlet	114	粒状有機物 granular organic matter	123
無次元有効掃流力 non-dimensional effective shear stress	54	余裕高 freeboard	143	粒子 - 流体モデル particle-fluid model	83
【も】		【ら】		流水断面積 cross-sectional area	10
網状流路 braided channel	45	落 石 rock fall	75	流跡線 particle path	48
【ゆ】		螺旋流 spiral flow	48	流 線 stream line	12
有機汚濁 organic pollutant	131	乱 流 turbulence flow	60	流 速 water velocity	9
有限体積法 finite volume method	11	【り】		粒 度 sediment size distribution	9
有効摩擦速度 effective friction velocity	54	離散化 discretization	34	粒度分布 sediment size distribution	55
遊水池 flood control basis	100	利 水 water utilization	112	流 木 drift wood	32, 152
融雪型火山泥流 snow melting type pyroclastic flow	81	利水計画 water utilization plan	112	流 量 water discharge	9
輸 送 transport	24	利水工事 river regulation work for water utilization	112	流路形態 channel configuration	45
輸送速度 transport velocity	35	リ ター litter	123	流路変動 channel deformation	59
輸送方程式 transport equation	58	流 域 river basin	2, 15	量水標 staff gauge	32
【よ】		流域土砂動態モデル basin sediment runoff model	86	リ ル Rill	82
揚圧力 lift pressure	116	隆 起 uplift	25	理論解析 theoretical analysis	7
溶 解 dissolution	135	粒径階 size class	55	【れ】	
陽解法 explicit method	35			レイノルズ応力 Reynolds stress	13

レーザープロファイラー laser profiler	66	【ろ】		【わ】	
レーダ雨量計 radar hyetometer	72	ロウワーレジーム lower regime	49	輪中堤 ring levee	140
連続堤 continuous levee	141	濾過食者 filter feeder	123	湾 曲 curve	60
		ロックフィルダム rock fill dam	114	湾曲内岸砂州 point bar	48

【A】

ADCP
acoustic Doppler current
profiler 32

【C】

CFL 条件
Courant Friedrich and
Lewy condition 36

【G】

GPS
global positioning system 66

【L】

LSPIV
large scale particle image
velocimetry 32

—— 著 者 略 歴 ——

1995 年 立命館大学工学部土木工学科卒業
2000 年 立命館大学大学院理工学研究科博士後期課程修了（総合理工学専攻）
博士（工学）
2000 年 徳島大学助手
2003 年 徳島大学大学院准教授
2008 年 京都大学防災研究所准教授
現在に至る

河 川 工 学

River Engineering

© Hiroshi Takebayashi 2014

2014 年 1 月 31 日 初版第 1 刷発行

検印省略

著 者 たけ ばやし ひろ し
竹 林 洋 史
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 978-4-339-05629-7 (森岡) (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