

昭和 38 年増補改訂版

## 水理公式集改訂の要点

水理公式集改訂委員会

委員長 横 田 周 平

### 1. 再改訂の経過

水理公式集を編さんしようという企ては 20 年ほど前学会の一隅でこつこつ進められ、原稿もほぼまとまったのですが戦災の頃であったので印刷にまわすまでに至りませんでした。戦後まもなく安芸皎一先生がこの企画を復活して出版にまでこぎつけました。ついで本間 仁先生が改訂の委員長となり昭和 32 年 6 月改訂版を世に送りました。

考えて見ますと世界的にも類例のない珍しい形式の水理図書であります。改訂版も 8 版を数え、これ以上版を重ねることは無理となったそうであります。ふり返って見ますと戦後の荒廃、食糧難、電力不足、風水害などを克服して今日の経済的繁栄にまで到達した過程には、水とのたたかひがその基盤になっており、その流れに乗って水理公式集も地味ながらお役に立ってきたのではないかと考えられます。戦前水理公式集を主唱した若い技術者の一人として本当に感慨深いものがあります。

今回の再改訂は学会事務局からの要請を受けて伊藤前水理委員長のお膳立てによって発足しました。水理委員会のご指導をうけて進める仕事であるが、一応別個の委員会とし、現在水理関係の第一線で実際に活動していられる若手の方々を糾合し私が委員長役をお受けすることになりました。

昭和 37 年 4 月 3 日に発足準備打合せを行ない、5 月 25 日に第 1 回の委員会を開き運営、改訂方針の審議を始めました。秋になって翌年の夏期講習会の教材として水理公式集の再改訂版が間に合うかどうか、学会のそのほうの委員会から正式に問合わせがきました。ここでわれわれの委員会としても重大な決意を固めなければならぬことになりました。予定された執筆者はそれぞれ手いっぱい仕事を抱えておられる方々ばかりであるので、私としてはかなりの危惧の念を持ちましたが、委員会の若々しい気力を頼みとして敢然と期限を切って背水の陣をしることと致しました。

公式集の全体の構成は従来どおり 4 編としましたが、第 4 編の表題を「港湾」から「港湾および海岸」と変更しました。各編に主査と幹事をおき、各編ごとの部会を

中心に作業を進めてもらいました。今年に入って 2 月で各編ごとの作業がほぼ完了し、3 月に各編の間の調整を行ない、4 月上旬に原稿をとりまとめガリ版印刷にまわし、4 月 25 日の水理委員会にはかりました。

水理委員会の諸先生から原稿に対してご意見をいなど意見など文書で多数いただきました。水理公式集に対して並々ならぬご関心を示していただきましたものとして私ども身の引き締まる思いでありました。これらの文書は主査幹事会の席上で慎重に討議され、処置をとるべきものは早急に処置をとりました。ただ水理公式集の性格に関する基本的な問題となりますと、積み上がってきたものを大幅に変更することは時間的にも不可能となり、また当初の水理委員会での議論のむし返しにもなりますので問題は今後にも残ることになりました。

5 月 6～7 日都市センターで最終調整のための委員会を開きました。用語記号の統一、図面の整備、索引の作り方など細かい問題も意外に多く 2 日間では不足であって主査・幹事に仕事が残されました。5 月 28 日私学会館での主査・幹事会をもって、ともかく本印刷に付するところまでこぎつけました。このあとミスプリントをできるだけ少なくするための処置をどうとるかが当面の問題となっています。

### 2. 水理公式集に関する基本的な問題点

今回の再改訂に当たって従来の河川・発電水力・上下水道・港湾の 4 編制を改め水理学編と水文学編を加えた 6 編制にしたかどうかというご意見も当初ありますが、水理委員会のご討議では水理学の教科書的になるとして大多数のご賛同をうるまでに至りませんでした。理論式との関係はそのところどころで簡素に記述することとし、また水文関係は主として河川編の中で取り扱うことになりました。原稿に対する水理委員会の諸先生のご意見の中で理論に走りすぎている点のご指摘が多くありましたが、執筆する側からはやはり理論との関連を明らかにして置きたい点と、必要ではあるがまだ実用的公式がでない領域には理論的に入って行く手がかりを示しておきたいという気持ちが強かったためだと思います。

土木技術者が当面する水理問題で水文的な事項が重要視されるようになり、今回の再改訂でこの部門を大幅に取り入れることは水理委員会でもご了承を得たところでありますが、実際にやってみますと公式の熟度として他の部門との比較上問題点が多く、本委員会の席上おおいに議論の種となりました。特に融雪の関係はまだ公式として取り上げるべき段階ではなく、一括削除すべきかどうかというところまで参りましたが、ときあたかも近年まれな豪雪で大きな地すべりを誘発したことであり、今後必要となる領域であると想定されますので大方の批

判を覚悟のうえでこれを採り入れ、このつぎの改訂の時期までに立派な公式で置きかえられることを祈念することといたしました。

水文学と水理学は一応別個の学問体系をなしておりますが、最も親しい関係であり水理公式集に水文学のうちの必要な部分を取り入れることは十分常識的に認められるところだと思いますが、上下水道編で水質の関係をとり上げるかどうかははっきり異種の学問でありますので本質的に重大な問題でありました。現在の実務のほうから申しますと特に下水の分野では土木技術者が水質の問題をも扱わなければならない実状にあり、しかも水質の問題は常に水量の問題と密接不可分でありますので、本委員会としてやはり公式集に包含しておこうということになりました。私自身水質審議会の専門委員を務めており、実際問題に関与してきて、この分野が今後重大なことになる予感がいたしますし、また遠くない将来、衛生工学が土木工学から分離独立して行くとしても、その際の衛生水理学の内容として重要な部分を占めるのではないかと予想しています。

発電水力・上下水道の各編では水工学の進歩につられて新しい公式を補充したものが多いのですが、港湾および海岸編では最近数年の進歩にいちじるしいものがあり、大いに面目を改めました。昭和 28 年の 13 号台風から始まって伊勢湾台風、第 2 室戸台風、チリ地震津波などの大災害があいつぎ一方、海岸保全法の制定と予算措置、学会の海岸工学委員会の活動などが、この数年間に海岸関係の水理学に大きな影響をおよぼし成果をあげた結果が反映されたものでありましょう。

当初の予定ではあまり大きな改訂を考えたわけではありませんでした。いざ作業を始めて見ますと気力あふれる執筆者の方々の努力が積り積って約 2 倍という増ページとなってしまいました。最近の印刷費の値上りと相まって定価が高くなるのが委員会の頭痛の種となりました。実用的には工業高校卒業後 5 年くらいの技術者を対称に編集することを申し合わせ計算例など豊富に取り入れるつもりでありましたものが、最後にはページ数の増加をおさえるために多少割愛するものもあって心残りとなりました。

以下各編について改訂の主要点を報告いたします。

### 3. 河 川 編

ごく小数でありますほとんど利用されていないと目される公式を削除し、全体としては最近の研究結果を取り入れ増補しました。

最も大幅に増補したところは水文関係でありました。種々の公式が提案されていますが在来の長年の実用に耐えてきた公式と比較しますと、今後なお十分検討を要す

るものと思われました。したがって公式もしくは前提となる関係式を掲げるにとどめてあります。この点は委員会としても議論のあったところではありますが、現段階では他に頼るものがありませんし、今後の発展を期待する意味もふくめて増補いたしましたものであります。特に低水流出と融雪は利水・豪雪などの問題が重要となってきましたので参考となる式を掲げましたが、まだ研究が十分ではありませんので使用に当っては注意していただきたいと思ひます。水文学のひん度の項を新たに書き加えましたが、これは厳密な水理学の範ちゅう以外ですが使用上の利便を考えて加えました。堤防およびアース ダムの透水については基礎からのろろ水および水路からのろろ水を加えました。

#### [1.1] 平均流速

平均流速としては、断面内の垂直方向の流速分布をあらわす 2 つの形式の公式について説明し、平均流速公式としては Chézy, Manning および対数公式をあげているのは旧公式集と同様であるが、粗度係数その他の解説には最近の研究成果が多数ふくまれている。

#### [1.2] 流量測定

流速測定と流量測定とにわけ、前者においては流速計、表面浮子、棒浮子による測定を述べ、後者においては断面内の平均流速の求め方、水位流量曲線による方法、およびその補正方法などが新しくとり入れられている。

#### [1.3] 河川流出

この章は、旧公式集に比しその内容がいちじるしく充実された。その内容は流域平均雨量、洪水流出、低水流出、融雪、水文学のひん度であり、降雨量や、洪水、低水流出の解析法には最近用いられている多くの方法が述べられており、その実用化がはかられている。この分野においてはまだ未開発のところが多く、一般化されていないものも多いが、将来の研究と一応の実用化のために引用されたものも少なくない。水文学のひん度においては、最近の確率計算の要望に応えるため、必要な各種公式を一応集約し、さらに計算例をのせて使用に便とした。

#### [1.4] 不 等 流

不等流の計算に必要な基礎概念、限界水深、等流水深、水面形の分類などが充実され、さらに各種計算方法が詳述されている。特に Chow の方法については数値表その他、使用に便している。また開水路断面急拡による損失の計算については最近の研究成果が述べられている。

#### [1.5] 不 定 流

不定流の一般的計算方法のほか、今回においては洪水追跡の最近の研究が多数引用された。また図式解法や数値計算においてその内容が充実された。

#### [1.6] 流 砂

一般的にその内容が充実されたが、特に河床変動およびその特性においては、河床変動の機構、貯水池の堆砂、局所洗掘などに新しい研究成果が多数とり入れられた。

#### [1.7] 堤防およびアース ダムの浸潤

堤体の浸潤においては定常流と非定常流とにわけ各種の計算法を説明した。基礎の透水については、流線網の図成解法につ

いて特に詳述し揚圧力、パイピング作用については発電水力編にまとめた。

## 4. 発電水力編

本編は最近の水力開発技術の進歩と相まって全般的にボリュームが増加しましたので章の数が増加しました。“せき、水門および余水吐”の章を2分し、“せきと越流頂”、“ゲートおよびバルブ”の2章としました。“段波、衝撃波および射流現象”の章を“急こう配水路の流れ”と“開水路のサージング”にわけました。従来の“跳水”“地震時動水圧”の章はそれぞれ“跳水と減勢”“地震時動水圧と揚圧力”としました。“開水路の損失落差”は“開水路の損失および水面低下量”と改め“水力機械”の章を新設しました。

なお細部にわたりますが各章で改訂された主要点は下記のようにになりました。

### [2.1] 管路の損失水頭

a. 摩擦による損失水頭については、Darcy-Weisbachの式を基本として、経験式と理論式を対比して示し、解説を充実させた。b. 曲りによる損失水頭として、従来の数多くの実験結果を再検討調整したAndersonおよびStraubの値を示した。c. 分流および合流による損失水頭として、実用される管路について一般的な形で高い精度を与えるGardelの式および図表をかかげた。

### [2.3] せきと越流頂

a. “刃形せき”の節に、せきの製作および測定方法に関する注意事項の解説を加えた。b. 標準形および類似標準形越流頂の流量公式を示した。c. “広頂せき、台形せき、および段落ち流れ”の節を新設して、それぞれに対する公式を明示した。d. “円形せきと朝顔型せき”の節を新設し、従来の立坑型余水吐の記述を改訂充実するとともに、これらに対する流量公式をかかげた。e. “サイフォン余水吐”の節において、従来の流量公式に加えて、設計上の問題点を記述した。f. “低いせき”の節を新設。g. “もぐりせき”の節に、もぐり刃形せきに対する流量公式を追加した。h. “横越流せき”の節を充実し、横越流せきの分類とその水理学的特性を解説した。

### [2.4] ゲートおよびバルブ

従来の水平水路床のゲートからの流出のほかに、ダム上のゲートからの流出、高圧ゲートおよびバルブからの流出に対する流量係数を示し、さらにゲートに働く水圧についてもふれた。

### [2.5] 急こう配水路の流れ

この章では、従来の射流現象および衝撃波に関する諸現象に加えて、“境界層の発達”、“空気混入流”“転波”の3節を新設し、それぞれについての諸公式をかかげるとともに、解説を大幅に充実せしめた。

### [2.6] 跳水と減勢

従来の跳水に関する諸公式のほかに各種水路における跳水の公式を加え、さらに各種の減勢工の水理設計要項を解説した。

### [2.9] サージタンク

a. 振幅計算のための実用的な図表を加えた。b. “放水路サージタンク”の節を充実させた。c. “揚水管路のサージタンク”、

“サージタンクがならぶ場合”、“サージングの減衰率”、“サージングの図式計算方法”の各節を追加新設した。

### [2.10] 水力機械

この章は全く新しく設けたもので、“水車の出力と効率”、“比較回転度”、“水車形式の選定基準”、“吸出し高”、“無拘束速度”、“水車の特性”、“水車の設計”、の7節にわたって、公式の提示と解説を行なった。

### [2.11] 地震時動水圧、揚圧力

a. “柱状構造物に作用する地震時動水圧”の節を新たに設けた。b. 従来、河川編にふくまれていた揚圧力、パイピングの項を本編にまわし、加筆した。

## 5. 上下水道編

本編も発電水力編と同様に技術の進歩にともなって水理的な問題も多彩となってきましたため厳密な水理学の範ちゅうを多少逸脱するようになりましたが、前にも述べましたように現実の事態にそく応し役に立つようにとの主旨からなり大幅な増補が行なわれました。各章で改訂された主要点は下記のようにになりました。

### [3.1] 地下水

a. 地下水計算によく使われるImage(鏡像)法を追加した。b. 最近の地下水の取水現象にかんがみ、海岸の地下水を加え、海岸地帯における海水と地下水の関係を明らかにした。

### [3.2] 管路

a. 全般的に書き直すとともに、3-2-7管の強度を定める水理要素として、hoop tension、曲り部における静、動水圧を書き加えた。b. 流量計およびポンプの節で、流量計の各種について概説を加えるとともに、下水道において利用頻度の多いPairshall Flumeを詳説した。c. プロローを書き加えた。

### [3.4] 浄水

a. 沈殿池密度流の項を書き加えた。b. 最近の処理方式として、使用されるフローションの項を追加した。c. マイクロ、ストレーナーによる損失水頭を書いた。d. 洗浄排水トラフの計算に中川氏の成果を取り入れた。e. 集水装置の項を追加し、かつ末石氏の成果を入れた。

### [3.5] 雨水流出量

a. 雨水流出係数の参考値をあげた。b. 雨水流出の計算手法として、等価粗度係数を用いる方法およびシカゴ法を紹介し、今後の解析法への指針たらしめた。

### [3.6] 下水管の水理

a. 雨水ますの設計に便なるよう、従来の研究結果を整理追加した。b. カルバートの水理を詳説した。

### [3.7] 生物化学処理の水理

この章は最近のこの方面の研究を取り入れるため新規に加えたものであって、散水ろ床内の滞流時間、散水ノズル、ドージングタンク、エアレーションによる酸素交換について記述した。

### [3.8] 汚泥

汚泥処分の問題は近年特に緊急とされることから、大幅な追加を行なった。すなわち汚泥の脱水、汚泥の熱交換を書き加え、設計に便なるようにした。

### 〔3.9〕 河川および海岸の自浄作用

最近における水質汚濁に関する問題やこれに行政的な措置がとられるような事態になったのでこれに対応して本章を新たに追加し、つぎの項目を取り上げた。溶存酸素不足曲線、再曝気係数、河川における拡散、感潮河川における混合、拡散、感潮部における酸素不足曲線、海岸における希釈、拡散。

## 6. 港湾および海岸

発電水力・上下水道の各編がその性質上多分に水工学的な色彩が濃いものに対して河川編と本編は水理学の主流ともいふべき分野であります。前にも述べましたようにわが国の海岸工学もようやく基礎が固まってきましたのに即応して編の名称に海岸を加え、最近の進歩を豊富に取り入れることに努力いたしました。各章の細部にわたって記述しますと冗長になりますので章ごとに改訂の主要点をあげればつぎのようであります。

### 〔4.1〕 表面波

水深一周期一波長および波速の関係を再計算して正確を期し有振振幅波の表示式には最近の研究成果を採用した。また新たにクイノド波の説明を加え、孤立波との関係を明らかにした。

### 〔4.2〕 波の変形

回折に関する表を付加し、また反射、ならびに波に対する流れの効果に関する項目を新たに加えて解説した。

### 〔4.3〕 風波の発達

波の不規則性についての記述を詳細にし、波高の確率分布、エネルギー・スペクトルにも言及した。このようにして、深水波の推定法としての S.M.B. 法のほか同等の重みをもって、P.N.J. 法（エネルギー・スペクトル法）を解説し、推算に便利な図をそう入した。また移動風域による深水波の推定法として Wilson の図式法、浅水風波の推定法としての Bretschneider の方法、うねりの推定法を新たに加えた。

### 〔4.4〕 波圧および波のうちあげ

従来の公式に止まらず、最近の研究成果を積極的に取り上げる方針で記述した。また浮体に作用する波力、複合断面へのうちあげ、堤防に斜めに波が入射する場合など、かなり実用的な問題にもふれている。

### 〔4.5〕 漂 砂

内容の性格上記述的になっているが、実験的研究成果に止まらず、広く現地観測の成果を重視して取り入れ、できるだけ普遍的と認められる事項をあげた。たとえば沿岸砂州の発生限界に関連して縮尺効果の重要性を、また浜地形のリズミカルな変

化特性、移動限界水深の算定諸式、漂砂量算定のための諸関係、飛砂現象の記述などである。

### 〔4.6〕 潮汐およびその他の長波

特に湾および湖の振動に関する記述をより詳細にし、また潮流や最近注目されてきた長周期波のスペクトルについても説明した。

### 〔4.7〕 津波および高潮

津波の発生、津波によって湾内に誘起される振動、気象潮偏差の推算式をかかげ、また最近各地で実施されている電子計算機による高潮の数値計算についてもふれた。

### 〔4.8〕 河口密度流およびその他の流れ

全面的に書き直し、(a) 河口二層流、(b) 混合型密度流、(c) 河口流出、(d) その他の流れに分け、特に河口二層流の水理的諸特性に関連した多くの研究成果を分類記列して、使用に便ならしめた。

## 7. む す び

世界の近代化された国々の中で日本ほど多種多様な水理関係の災害を受けている国はなく、また水資源の開発に日本ほど骨折っている国もないように思います。このことは裏返せばわが国の水理学の研究者は最も恵まれた水理学の宝庫の中にも申せましょう。したがってこの水理公式集の再改訂に当って私達はなにかば冗談ではありますが英訳して世界に売り出そうかなどと申し上げておりました。しかし作業を始めてみますと理想の域にはほど遠いものとならざるを得ませんでした。土木技術者が直面する水理問題のあらゆる分野まで領域を拡張しようとしたのですが、そこは水理公式的にはまだ未熟であったことが多く、したがって全体の調整上からも苦勞した点が多く問題を今後提示したような形になりました。

一方、全国にまたがる数十名の執筆者の方々が与えられた期限内最大限の努力をはらって下さったことに間違いはなく、その意味では現在の日本の水理学のレベルを素直に表現した作品であるとも申せましょう。

この再改訂された水理公式集がミスプリントもなく刷り上り、夏期講習会に間に合い、つぎの改訂の時期まで土木技術者の座右の書となってお役に立つことを念願しつつ、水理公式集改訂委員会の学会に対する報告といたします。

## 水 理 公 式 集 改 訂 委 員 会 委 員 (50 音順)

◎主査      ○部会幹事

委員長 横 田 周 平

### 第 1 編 (河 川)

芦 田 和男 足 立 昭平 石 原 安雄 角 屋 陸  
◎吉川 秀夫 木 村 俊晃 高 棹 琢馬 高 橋 裕  
○土屋 昭彦 土 屋 義人 福 岡 正己

### 第 2 編 (発 電 水 力)

岩 佐 義朗 岩 崎 敏夫 嶋 祐之 ○千 秋 信一  
中 山 謙治 ◎林 泰造 松 本 繁樹

### 第 3 編 (上 下 水 道)

荒 木 正夫 ◎久 保 越 合 田 健 坂 根 稔一郎  
杉 木 昭典 徳 平 淳 中 川 義徳 二 階 堂 広  
○松 本 順一郎

### 第 4 編 (港 湾 お よ び 海 岸)

井 島 武 士 ◎岩 垣 雄 一 岸 力 柏 村 正 和  
細 井 正 延 ○堀 川 清 司 堀 口 孝 男 光 易 恒  
室 田 明