

# 第5回水理研究会講演会報告

土木学会水理研究会

本年の水理研究会講演会は昭和35年5月27日早稲田大学大隈小講堂において開かれ、次の18編の研究が報告された。本年の総合テーマは河川の流出問題および水路のサージングの問題である。

## 講演題目

- 1 わが国における最近の水文学の進歩について  
一主として由良川を中心として— 京大 石原藤次郎, 岩垣 雄一
- 2 有効降雨の意義とその分離方法  
京大 石原藤次郎, 高棹 琢馬, 鹿島建設 梅田 貞夫
- 3 基底流減衰特性の存在とその応用 岡山県電気局 酒井 一郎
- 4 自然河川流域における降雨損失 建設省土研 木村 俊晃
- 5 最大洪水流量を簡単に求める方法 東北地建 柴原孝太郎
- 6 雨量配分に関する確率論的研究 京大 石原 安雄, 角屋 睦
- 7 洪水の周期性 電力技研 伊藤 剛
- 8 融雪期の流出機構について  
北海道開発局 高瀬 正, 石塚 耕一, 山口 甲
- 9 偶然累加現象としての流出 都立大 丸井 信雄
- 10 電子管式アナログ洪水流出計算機 建設省土研 木村 俊晃
- 11 単位図法の新しい計算法  
京大 石原藤次郎, 高棹 琢馬, 鹿島建設 梅田 貞夫
- 12 大小2流域における流出特性の比較  
北大 岸 力, 中尾欣四郎, 猪俣 通, 増本 秀二
- 13 Unit-Hydrograph と流出関数 阪大 田中 清
- 14 降雨および流域特性と到達時間およびその時刻の  
流量との関係について 九大 上田年比吉
- 15 流積急変部における段波変形について  
阪大 室田 明, 和田 明
- 16 開水路のサージングの力学的相似律 中大 林 泰造
- 17 サージタンクの図式解法に関する 2, 3 の覚え書  
中大 林 泰造, 服部昌太郎
- 18 放水路サージチャンパーのサージングの簡易計算法  
中大 林 泰造

1. 石原(藤), 岩垣は、京都大学工学部ならびに防災研究所が中核となって実施してきた、京都府由良川流域における過去10年の水文学研究の成果を中心として、わが国における水文学の進歩について述べたものである。水文学においては、研究の性質上、精度のよい現場の観測資料を豊富に必要とするが、現実にはこれは容易なことでは得られない。この意味で由良川流域における高精度の資料の蓄積は、まことに貴重である。

著者の1人石原は、わが国の河川に対する単位図の有効性に、もっとも早く着目したうちの1人であるが、氏を中心とする共同研究によって、単位図の線型仮定の問題、単位図に組合わすべき有効降雨の問題等に対する考え方が提出されている。また、豊富な雨量データによって、一連降雨の流域平均総雨量の算定精度の検討を行なうことによって、注目すべき結果を得ているが、これは今後の雨量観測網の設計に対して一つの指針となるであろう。



2. 石原(藤), 高棹, 梅田は、従来直接流出として取扱ってきた流出成分は、表面流出、中間流出の2つの機構に区別して取扱われるべきあることを示し、その場合の有効降雨のとり方を論じたものである。林草地の斜面では、表層に数cm程度の樹草の腐敗したものが存在するが、この層に浸透した降雨がこの層を飽和して浸出するものを中間流と考え、この浸出面積が降雨の終了後、指数関数的に減少するとした。しかしこのように面積が変化すると考えると取扱いが繁雑となるので、観測点において同一時刻に同一流量を発生させるという条件でこれを雨量に変換したものが、ここでいう有効降雨の概念であり、その決定に必要なパラメータは、ハイドログラフの解析によって求めることになっている。この有効降雨の概念は、水理学的に従来のものと異なっているが、その妥当性等については、これを利用する流出計算法(講演11)とともに論ぜられるべきであろう。

3. 酒井は岡山県旭川における毎年5月から10月までの期間の基底流の流出が、ただ1本の基底流減衰曲線(BF曲線)によって律せられることを述べ、さらにその応用面にふれたものである。酒井は、河川流域を模型化して上下2つの水槽と考え、上部を蒸発する水分を保持し、かつ下槽に降雨を浸透通過させる蒸発槽(V槽)、下部をV槽を浸透通過した水を受け入れ、BFを放出するBF槽と名づけた。そうしてこの模型とBF曲線とを利用して基底流量の予知が可能であると述べている。こういったことは、古くから多くの人によって唱えられており、従来から問題にされていた点で、例えば表面流と基底流との分離法などについて新しくふうは見られないが、1つの河川について実用にまで持って行った努力は高く評価されるべきであろう。

4. 木村は自然河川流域における降雨損失量を定量的

に評価するための1つの試みとして、既存の資料によって、三の解析を行なったものである。木村は、損失量をその期間内の総蒸発量、総地下水流出量および滞留貯留量（降雨として地表に落ち流域内にとどまっていた、いまだ流出量測定点まで流下してこない水量）の変化分の三者の和であると考え、日本およびアメリカの河川、試験地およびライシメーターの観測記録を用いて、1年間の、および1洪水間の降雨損失量を推定した。解析の結果、降雨損失量に対する割合で論ずるよりも、純損失をその絶対値で論ずる方が適当であること、および浸透能の概念を流出問題において重視することには若干の疑問があるとしている。

5. 柴原は、流出関数を単位降雨量による流量を表わす関数と定義して、今までに多くの研究を行ってきた。とくに洪水到達時間の変化に従って、最大流量とその発生時刻がどのように変化するかを数理的に導いた。今回は、その研究を一步進め、最大洪水流量をより簡単に求める方法を提案した。これにより最大流量はある一定の洪水影響時間内の降雨量によって定まる。ただしこの方法は①あまり大きな支川が流入せず、②流域形状が矩形に近く、③流域面積があまり大きくないことが条件とされる。これら条件と比較的近いものとして銅山川柳瀬ダム流域（170.7 km<sup>2</sup>）を選んで、6回の出水について最大流量を計算し実測値と比較した結果、かなりよい符合を見ている。

6. 石原(安)、角屋が計画日雨量の短時間雨量への配分に確率論的考察を試みたのは、現実には正確な短時間観測資料が一般に十分には期待できない今日、時宜を得た研究といえよう。短時間雨量を示す各成分の和が一定という条件のもとでの最大値分布は、数学的にも未解決のようで、ここには全面的な厳密解は得られていない。しかし、たとえば24時間雨量より1時間雨量を求めるに、日雨量を2段階程度に細分して、実用上その解を類推することを試みている。この考え方で、昭和33年台風21、22号による関東地建管内の雨量データを整理検討した結果も、一応十分な適合性を示している。

7. 伊藤は洪水の周期性についてさまざまな資料から検討を加えた。①過去の多くの学説から、気象現象に認められる周期を整理、②樹令225年の日光杉などの年輪の成長度変化について検討、③朝鮮京城の170年間の最大月雨量と前橋測候所の最大日雨量記録より、前者には36年、後者については46年前後の周期を認め、④利根川栗橋の大正7年以降の流量について5～6年、10～11年の周期の卓越を見出している。これらを整理すると次表のようになる。

次に栗橋流量について調和分析を用いて計算、100年洪水、200年洪水流量を計算、統計理論により従来計算された値と比較して、統計理論による計算には周期性が

各資料の周期

資料の名称	周 期					
	5～6年	10～11		33～34		
栗橋流量						
前橋最大日雨量		11				
京城最大月雨量	6年	12	27	33	55	100
日光杉					55	100
川内杉、日田杉		10			50	90～

加味されていないので、同じ100年洪水流量でも、計算の対象とする資料の期間によって、かなりの差が出てくることを指摘した。確率統計理論と周期性との関係については活発な討論が行なわれた。この問題はフランスをはじめ各国でも長い間議論の湧いている問題で、簡単に割り切った結論をどちらにも下しうる段階ではないであろう。

8. 高瀬、石塚、山口は石狩川水系雨竜川における融雪期の流出機構を、主として気温と融雪量とを関係づける degree-day-factor を利用して解析した結果を述べたものである。融雪には、気温、湿度、風速、日射量など種々の気象的要因のほかに地形的な要因が関係してくるし、その上融雪期の降雨が複雑に関係してくるので、とても簡単には解決できないが、著者等も断わっており、第1次のアプローチとして、夏季の出水との相違等について明らかにできたのは収穫であった。融雪による出水については、従来ほとんど研究されなかったが、発電等の水資源利用の方面からの要請が増大した今日、もっとも研究の進展の望まれる分野の一つであるといつてよいであろう。

9. 丸井はある流量観測地点を通過する流量を、雨水の偶然かつ独立な分散の過程における、流域各地点の各時刻の限雨の独立累加量としてとらえ、これに確率論を適用して流出関数を求めたものである。従来指数関数型の流出関数がいくつか提案され用いられてきたが、本論文はその理論的根拠を与えようとする試みとして興味ぶかい。雨水の分散過程を一様に偶然累加現象と考えることには問題があるが、実用性を重んずる工学的なアプローチの一つとして、その発展を期待したい。

10. 木村は土木研究所水文研究室において製作した貯留関数法を基礎とする電子管式アナログ洪水流出計算機について述べたものである。アナログ洪水流出計算機としては、米国 Stanford 大学におけるマスキング法を基礎としたものや、速水博士の洪水流の理論を基礎とした京都大学のもの、およびこれとよく似た土木研究所河川研究室のものなどがあるが、これらがすべて直接アナログの形をとっているのに反し、水文研究室のものは微分解析器の方式を採用している。それゆえこれはいわゆる単能式の電子計算機であって、任意の河川について簡単に計算できる強味を持っている。大型高速度の電子計算機による洪水追跡の研究がさかんに行なわれている

現在、これと前述の直接アナログ型計算機との中間を行くものとして、この種の計算機の前途に期待するところが大きい。

11. 石原(藤), 高棹, 梅田は, 由良川などを中心に今まで単位図法の研究に多くの実績をあげてきた。今回はこの種の計算にあたって難点とされていた複雑な計算方法とか, 多くの水文資料を要する点などを克服しようとする新しい計算法を呈示した。これを由良川大野ダム地点流域 (350 km<sup>2</sup>) の流出解析に適用してよい結果を得た。新計算法の考え方の基礎は, 雨水の流れを力学的に見るという立場で, 単位図法の総合化によってばく大なる水文資料をなるべく要せず, 簡単迅速に計算できることをねらっている。具体的には一つの降雨記録とそれに対応する流量記録のみによって, 降雨および流出特性を考慮に入れた単位図を作製できる。まず一降雨から有効降雨を算出し (その方法は同日別に発表している), 最大流量の伝播時間内の平均降雨強度を試算の結果求め, 最大流量発生時刻の推定, 最大流量の計算をしたのち, 単位図のおくれを定めて, 時間流量曲線を求めるという順序である。石原らはすでにこの種の研究を積み重ねてきているので今回の研究の進展は一そう意義がふかい。

12. 岸, 中尾, 猪俣, 増本は, 流出特性を大小2流域について比較検討した。大流域として石狩川伊納 (集水面積 3 370 km<sup>2</sup>), 小流域として豊平川簾舞 (同じく 460 km<sup>2</sup>) を例として, とくに流域斜面や河道での流下時間, 河道の貯溜効果などについて, いままでに高棹, 立神, 木村らによって研究されてきた解析結果が, この大小2流域の流出にどの程度の適用度があるかを検討している。伊納での15回の流出には, 数種の単位図を用意することによって立神法が適しており, 総雨量が大きいほど, 頂点流量のおくれの大きい単位図が適することを認めた。簾舞の流出では, 流出の遅減曲線は伊納とは異なって1本の指数曲線では表わし得ないこと, また流出の上昇時間と平均雨量強度との関係が, 頂点流量 200 m<sup>3</sup>/sec を境として2本の線に分かれることを見出している。

13. 田中は現在の水文学における流出に関する問題点を方法論的立場から整理して紹介した。たとえば, 単位図の概念は black box (河川流域) に excitation (降雨) を加えると, lag をともなった response (流量) があると置き換えて, この関係が積分方程式の形をとることを示した。これより単位図による方法の仮定としては定常性, 線型性の仮定が必要であることを指摘して説明を加えた。また単位図作製に当たって従来は独立した一様な強度だけが用いられていたが, 任意の降雨強度分布の降雨と, それに対する流量とが関数形で与えられれば, 余効関数としての単位図が求められることを示し

た。また流出関数の方法は, 余効関数の形を経験的に仮定する方法に相当することなども指摘している。また伊藤の論文の流出の周期性をめぐって討論のあったことにも触れ, 周期性についての研究の経過を説明, まだ明確な結論は得ていないと報告している。

14. 上田は降雨, 流域特性より洪水到達時間, 流量を求めるにあたって, 単位図法を一步進めるものとの立場から特性曲線法による計算を発表した。まず流域中央に一本の河道とその両側に一樣な斜面をもつ矩形模型流域を想定する。各斜面は一樣で河道は勾配, 粗度, 断面形が同じとし, 降雨としては①一定強度, ②増加三角形分布, ③減少三角形分布, ④二等辺三角形分布のそれぞれの場合を考える。流出を斜面流出と河道流出とに分け, それぞれに運動方程式 (Manning 式が成立すると仮定) と連続方程式を解くにあたって無次元化を行なって特性曲線表示をする。さきに上田は筑後川上流部の出水解析にも特性曲線法を用いて成果をあげているが, この研究は丹念な計算を整理してまとめただけに敬意を表したい。

一般に流出計算法のさまざまな方法に, 簡単化のための努力が払われて前進が見られる。一方, 現場でのナマの観測や資料収集に関する研究発表も加わって行くことが強く希望される。

要望課題のサージングに対しては4編の研究発表があり, そのうち2編は開水路に生ずるサージングに関するもの, 他の2編は通常の意味で用いられる管路のサージングに関するものであった。サージングという言葉が比較的狭い意味に取られやすいせいとか, あるいは現在あまりまとまった研究が行なわれていないためか, 量的に見ると流出の14編に比し少々物淋しい感じがしないでもない。この点に関しては, あらかじめ要望課題を選定する際もっと数多くの論文が発表されそうな別のテーマとするか, または他の現象もふくめた例えば“発電水理における非正常現象”といった広いテーマとするような考慮が払われて欲しかったと思われる。以下各論文の要点を紹介する。

15. 室田, 和田は横越流堤を有する分岐水路の分岐部に段波が浸入した際, 非周期性の入射波が分岐部において明瞭な周期波に移行することに注目し, その副次波動の機構を解明しようとして試みたものである。このような現象の基礎実験として直線水路の途中に水路巾の急変部を設け, まずその部分における段波の反射率および透過率を実験的に求め理論値との比較を行なった。次に抜巾部分における過渡現象と認められる副次波動の挙動を明らかにするため, 減衰効果および流積変化を考慮した水面上昇に関する線型波動方程式を Stokes の方法によって解き実験結果との比較を行なった。その結果, ①かな

り急激な減衰振動であること、②拡巾部には一般に横振動と縦振動とが存在するが、この場合には縦振動が主になっている、③拡巾部が閉そくしていないため一次の振動が発生しにくい、と報告されている。なお拡巾部両端が閉そくしていると仮定したときの各水深に対応する固有振動周期および、拡巾部における水面波形に関し、それぞれ理論および観測結果の比較図が示されている。

16. 林は開水路非定常流の模型実験を行なうに当って満足すべき力学的相似法則を、実物と模型との間に成立する連続および運動方程式の対応する各項が一樣比例関係にあることより導いている。一般に摩擦抵抗を無視し得ない開水路不定流の模型実験では、必然的に模型を幾何学的にひずませなければならぬが、単に縦横の方向のみならず巾方向にもひずませた方が、好都合な場合のあることを指摘した。そこで現象を支配する7個の縮尺の中で、独立に選ぶうる3個の縮尺を適当に指摘した場合の種々の相似条件式を示した。次に相似律の検証を行なうため、特性曲線法によって求められた実物についての理論値と、模型実験から相似律により実物値に換算された“実験値”との比較を行なった。この場合、使用した模型水路は長さ24 m、巾40 cm、流量42 l/secの規模のものであり、実験は縦横にひずませたものと縦横のみならず巾方向にもひずませたものと二とおりについて行なわれた。その結果、理論と実験とはよく一致したものであり、相似律は十分妥当なものであると結論されている。

17. 林、服部はサージタンクの図式解法として現在もっとも多く用いられている4種の方法、すなわち(1) Calame-Gadanの半図式解法、(2) Escandeの半図式解法、(3) Schoklitschの図式解法、(4) Bouvard-Molbertの図式解法、を数値積分の方法と比較検討し、実

用計算としては、それぞれがどのような特徴を持つかについて研究を行なったものである。すなわち、まず(3)の方法については単働、差働および副水槽を有する調圧水槽の具体的な作図法ならびに実際の計算例が示され、次に(4)の方法については副水槽を有する系の同様な作図法ならびに計算例が示されている。さらに(1)および(2)の方法については本質的には同一であるので、まとめて(1)の方法による制水口調圧水槽の実際の計算例が示されている。最後に数値積分法との比較が以下に示す諸項目、計算の手間、精度、計算上の誤り、図式解法における時間間隔などについて行なわれるとともに、各図式解法の特徴、使用範囲などが論ぜられ、さらに電子計算機使用の際の考察が払われている。

18. 林は地下発電所に設置される放水路式調圧水槽のサージングに関して著者が発表した理論は実験結果とよく一致することが確かめているが、その計算式が多少繁雑であるのでその簡易化が望まれてきた。本研究はその簡易化をはかるため、まず運動方程式中にふくまれる放水路トンネルの水の重量に関し、前論文では仮定水面形によりかこまれる部分に注目したが、本論文では開水路となる部分を省略しトンネル全部に注目することとした。次に運動方程式および連続方程式を連立して数値積分することはやめ、その代わりにSchoklitschの図式解法によって図式解法を行なった。

結論として、上述の操作によって行なわれる本計算法はきわめて迅速であり、また計算結果は実験結果とよく一致するので実用計算に十分供しうるものであることが述べられている。

本報告を取りまとめるにあたり御多忙中にもかかわらず御協力いただいた本間 仁、吉川秀夫、稲田 裕、嶋 祐之、高橋 裕の各氏に対し、紙上をかりて厚く御礼申し上げます。(編集部)

## 会員の皆様へ会員課よりお願い

会員に対するサービスの万全を期して4月から事務局に会員課が発足して総務および経理に属していた事務を一切引きつぎました。つきましては次のことからについてぜひ御協力賜わりたく御願い申し上げます。

### 1. 住所・勤務先等の異動について

そのつどお手数でも必ず詳細に御通知下さい。

### 2. 会費の納入について

会費収入は学会活動の根本でありますのでお忘れなく御納付下さい。

正員 1200円(年額) 学生員 600円(年額)

### 3. 会誌・論文集未着の場合について

学会誌は毎月おそくも月末までに、論文集(学生員はのぞく)は奇数月の月末までに、それぞれお手許に届くはずですが、もし翌月になっても到着しないときは一応御問合せ下されば幸いです。