

# 昭和30年度幾春別川河況調査報告

— 単位図法による流出曲線の推測について —

元水工研究室 (現札幌開発建設部) 技官 太田 昭 郎

## 要 旨

幾春別川上流域を対象とした水文調査は過去5箇年にわたつて実施され、この調査報告は、すでに、所報第11号、彙報第8号等に発表された。本文では、過去に得られた調査資料を総合して、当河川における降雨と流出曲線の特質について考察を加えるとともに、従来、降雨から河川出水を推測する方法として慣用されている単位図を求め、その実際の適合性および応用上問題となる諸点に関する検討を行なつた。

## I. ま え が き

降雨記録から河川流出量を推測しようとする目的には、過去の降雨記録を統計的に調べ、降雨から河川の計画洪水量を定めること、降雨観測によつて河川の洪水予報を行なうこと等があり、この目的のために従来種々の推測方式が行なわれてきている。最近多く用いられている単位図法もその一つであつて、すでに米国においては河川の洪水予報に実用化されている。

筆者等はこの方法により、現在までに求めた水文観測の資料に基づいて、幾春別川上流域における単位図を求めたが、その結果から次のようなことを知ることができた。すなわち、各出水ごとに求めた単位図はピークの到達時刻・減衰時間等については大体一致した関係が認められるが、個々の単位図を比較してみるとそのピークの大きさは相当に変化があり、一般には降雨強度が大きくなるとピークもまた増大する傾向があるということである。

したがつて、おのおの相当差異のある各単位図を平均して求める平均単位図 (average unit graph) をもつて、唯一の基本形であるとするのは、推測上重要な因子であるピークの大きさに誤差を招く結果となる。由良川をモデル河川として石原博士の行なつた研究<sup>1)</sup>によつてもこれと同じような結果が得られている。従来の単位図法の基本的考え方については、さらに検討を加え、わが国の河川の特異性に適合した方法がとられるべきであると思う。

単位図法の基本的考え方は、ある特定の河川において同一の降雨時間と同一の地域分布を示す降雨であれば、これによつて生ずる流出曲線は降雨強度の如何にかかわらず同一の単位図をもつものと仮定して、流出曲線を支配する降雨要素をできるだけ単純化して扱おうとするものである。

しかし、わが国の河川は、一般に急勾配で出水の速いものが多く、また降雨強度自体もきわめて複雑であつて、推測の困難さが倍加されるものと考えられる。

以上のように降雨強度のピークに及ぼす影響を無視することができないと思うので、降雨条件に応じて数種の異なつた単位図を用いるのが妥当でないかと思う。本文は現在までに得た資料に基づいて取りまとめたものであるが、今後、さらに明確な結論を得るために調査研究を継続するつもりである。

## II. 幾春別川上流域と調査の概要

### 1. 流域の概要

調査の対象とした流域は図-1に示すように、桂沢ダム地点 (流域面積 150 km<sup>2</sup>) の下流約 2 km にある自記

水位観測所 (流域面積 155 km<sup>2</sup>) に対する山地集水域について調べた。

幾春別川の最上流部には幾春別岳 (標高 1,063 m) がそびえ一大分水界をなしている。対象としての流域はほぼ四角形に近く、夕張川・芦別川の両流域と接している。流域の周辺を囲む分水界は、幾春別岳を除くと平均 600 m ぐらいの尾根地帯で、全般的に標高はあまり高くなく、平均面積高度を求めると 360 m ぐらいとなつている。しかし全般的に標高差が大きく、急勾配の傾斜地が流域の大半を占めているので平坦部はきわめて少なく、わずかに上桂沢盆地と菊面沢開拓地に狭隘な平地が存するにすぎない。

流路形状を平面的にみると、本流に対して放射状に多くの支流が流入している。本流の河床横断形状は一般に比較的深いV字形を造り、底部河床は岩層が露出し水深は浅い。支流は急勾配の溪流をなし、よく発達した支流は沢地帯を形成している。

流域内の詳細な地質状態はわからないが、全般的には中生代白堊紀に属する砂岩・頁岩層が主体で、表土は比較的薄くやや不透水性である。林相は全般的に良好で、低地は一部畑地となつているが、ほとんど原始林地帯で、樹種は、えぞ松・とど松の針葉樹が主で、漣葉樹は、なら・かば・しな・せんが多い。

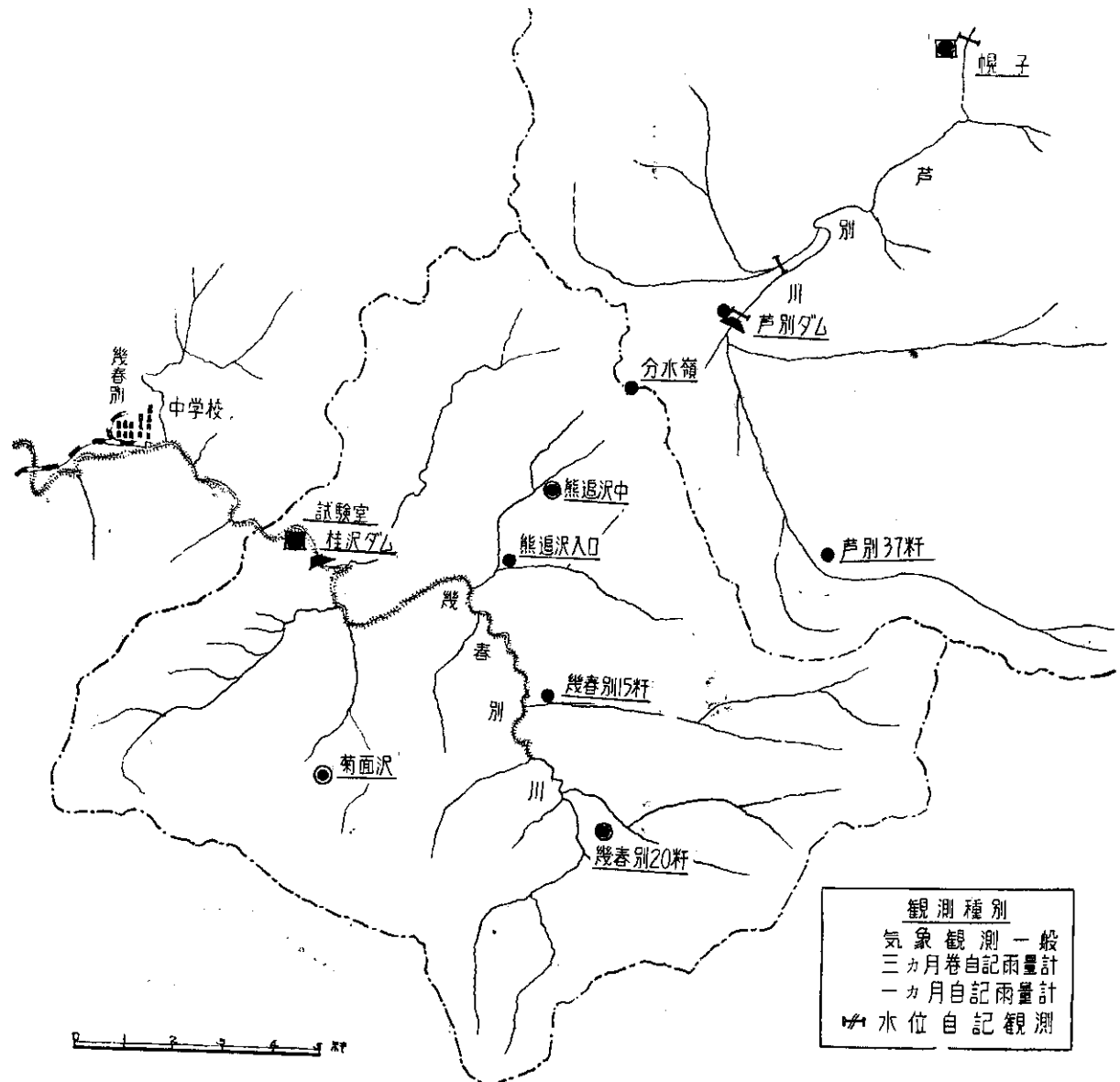


図-1 幾春別川・芦別川上流流域図

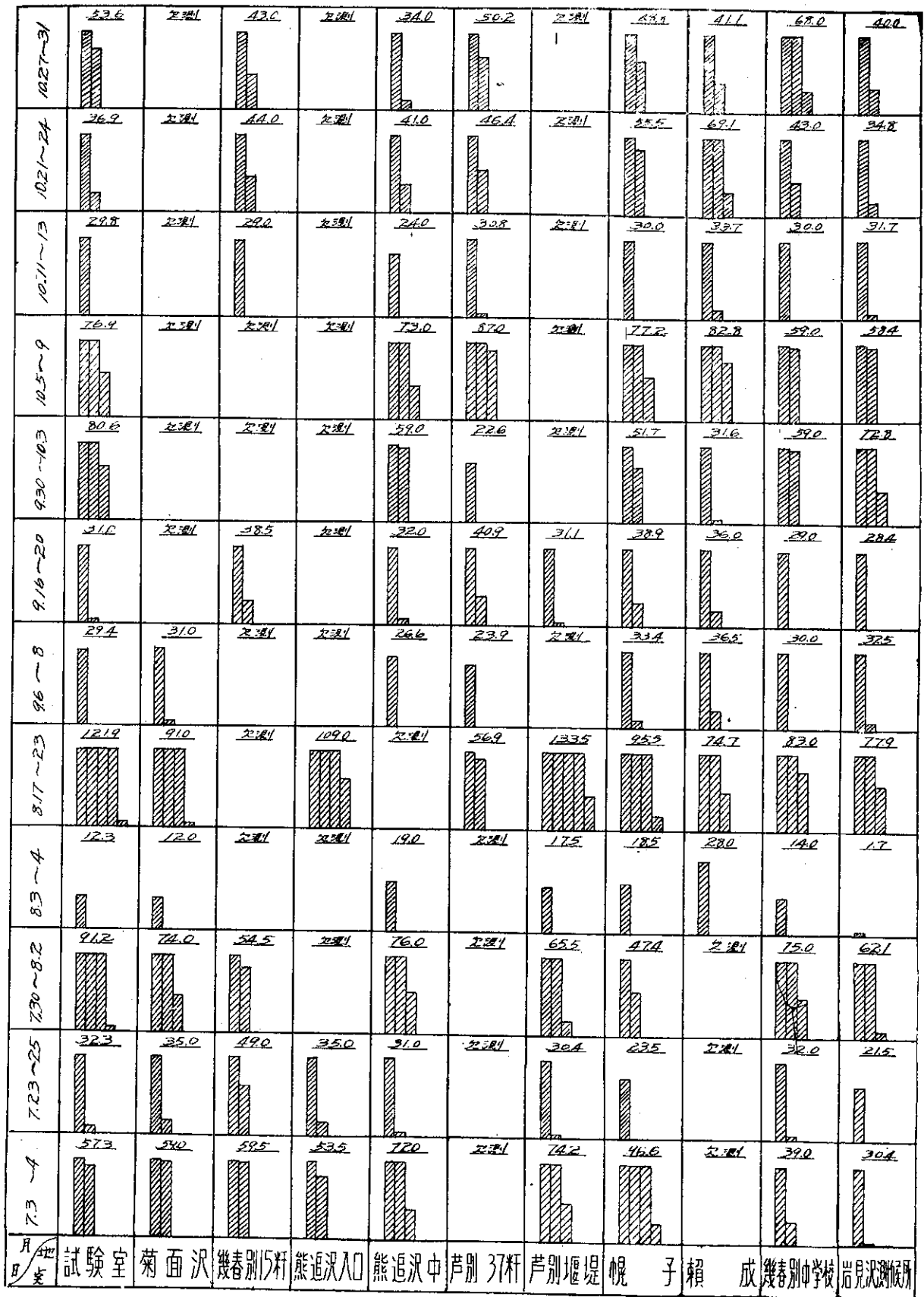


図 - 2

## 2. 調査の概要

幾春別川山地流域の調査は、昭和25年より降雨量その他の水文学的調査を実施してきたが、その調査結果はすでに報告済みである(所報第11号参照)。昭和30年度は過去の調査資料に基づき図-1に示すような観測点を選びだし長期自記雨量計6台を設置して、7月より10月までの約4箇月間降雨調査を行った。調査期間中は大きな雨量がなく、所期の結論を得る資料は求められなかつたが、現在までの各資料について総合的に考えると、対象流域内の降雨の強さの場所的な分布性は若干あるが、特に著しい特異性はないと考えられる。図-2は昭和30年度降雨調査資料を総括したものである。

### III. 流出曲線の特性と直接流出量の分離

降雨に起因する河水は、地表面流出・中間流出・地下水流出の性質を異にする流出成分の集りであり、実際にこれらの各成分に相当する部分をはつきりと分離することはできないが、流出曲線を論ずる際には流出波型を構成する重要な因子であり、特に幾春別川のような山地河川における流出曲線の特質を左右するものとしては、直接原因である降雨のほか、地上に達した雨水が河道に流出するまでの過程におけるものが大きいように考えられる。

このような観点から流出曲線の特質と各流出成分との関係について考察を行い、さらにここで採用する直接流出量について説明する。

河川流出曲線の減衰部曲線は、当初急激な下降から次第に緩慢な下降を持續する。減衰部曲線が長びく原因の一つは河道内における貯溜効果のためであるが、さらに主要な原因は地下浸透による保水効果であり、この浸

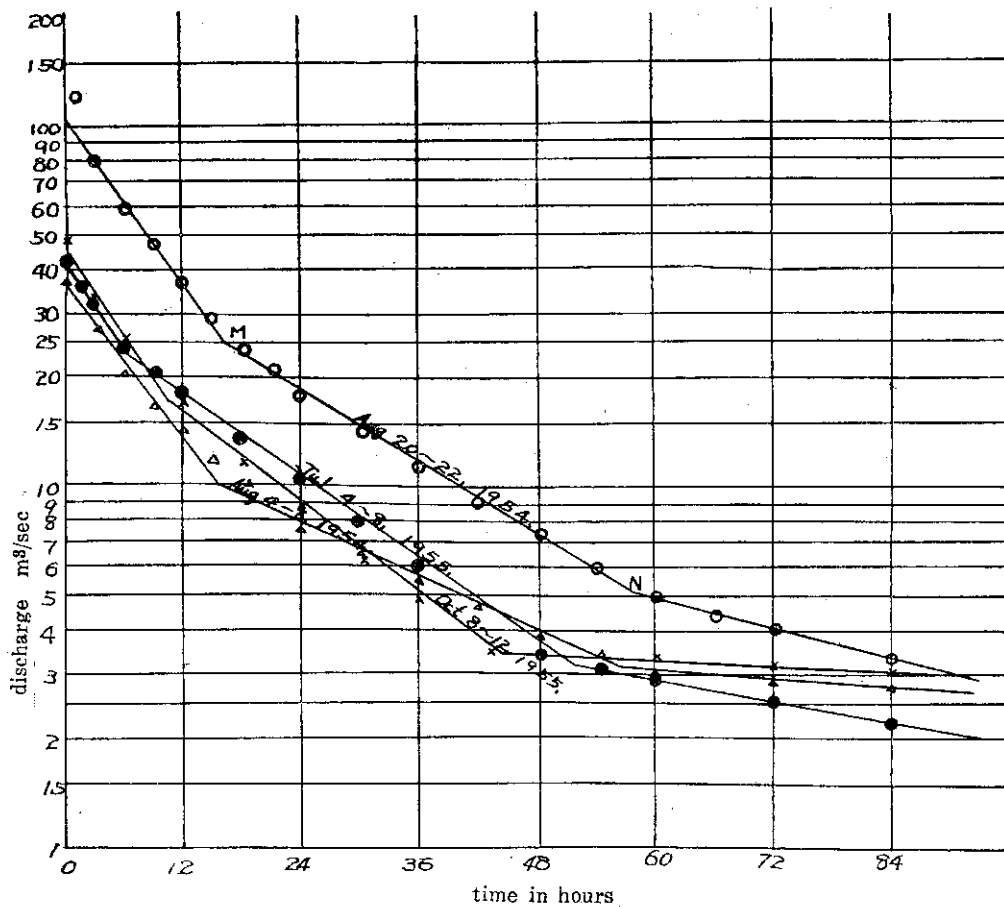


図 - 3

透水は、中間流出・地下水流出となり流出を遅延させている。また減衰部曲線が指数曲線に近い通減曲線で表わされるが、これを詳細に観察すると必ずしも単一の指数曲線をもつて全減衰曲線が描かれる場合は少なく、一般にはいくつかの異なった傾斜を有する曲線部分から成り立っている。

図-3は幾春別川の実測資料について減衰曲線を解析し、各流出成分との関係を推測したものである。peak flow P点から降雨開始前の流量と等しくなった流量 N' までの全減衰曲線について、時間と流量の関係をプロットしてみると、図-4のように多くの場合傾斜角の異なる三つの直線部の連続によつて全減衰曲線に合致することが確かめられた。

PM, MN, NN' の各直線部分は順次その傾斜角を逓減するが、これらの各直線部分はそれぞれ主として地表面流出・中間流出・地下水流出の各減衰部によつて支配される部分であることが推察される。すなわち図-4のように各流出成分の関係を示す流出図を想定し、図-3と対照してみると、P点は流出曲線のpeak flowであるが、これはまた地表面流出波型のピークと一致し、PからMにかけて最も急激な減衰が示される。次にMからNへ比較的緩慢で持続的な中間流出の減衰となり、さらにN点に達すると流出主成分は地下水流出へと移行し、N点を過ぎるNN'の減衰曲線はきわめて緩慢で減衰時間の長い指数曲線に収斂するのが認められる。

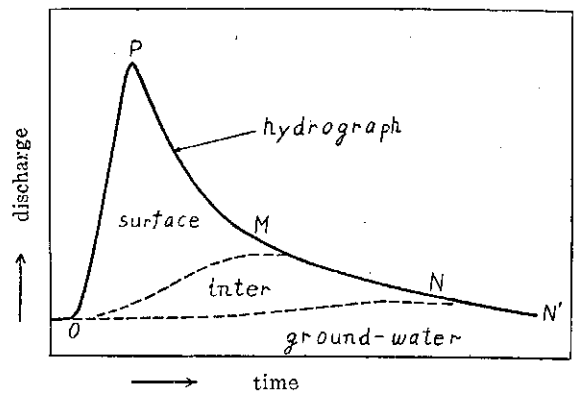


図 - 4

以上のような減衰部曲線の特徴から各流出成分の存在が実証されるとともに、直接流出量を分離する方法の一つの根拠が与えられるものと考えられる。すなわち、

相似な性格をもつ地表面流出と中間流出を一緒にした直接流出量を、地下水流出の基底流から分離する方法としては、図-8に示すように流量の増加し始める点Oと、peak flow P点から縦横各座標に平行線を引きその交点をHとし、さらにH点とN点を結びOHNによつて直接流出量を分離した。

#### IV. 単位図の算定

##### 1. 降雨継続の単位時間の決定

単位図法はある所定の継続時間を示す降雨と、これに対応する単一流出曲線を解析することであり、この場合まず問題になるのは単位時間のとり方である。

降雨は自然現象であるからその変化は複雑であり、なるべく短時間に定めるのが望ましいが、実際問題として観測技術の巧拙、調査資料から求められる解析値の精度や、単位図法自体が比較的単純化した仮定を設け実用的立場を重要視している等から、あまり微少な単位時間を採用するのは、信頼度の少ない諸量について解析を行うことになり、推測値の適合性を低下し単位図法の意義をそこなうおそれがある。

したがって幾春別川では過去に得られた資料について、以下述べるような各流出曲線の特徴、流出面積の大きさ等を検討し、単位時間を6時間とした。

##### 2. 最高流量の到達時間

ある有効継続の一連降雨と、これに対応する単一流出曲線の関係において、この有効降雨継続時間の中心時刻より、流出曲線のピークの現われるまでの時間を到達時間と定義する(図-5参照)。一般に到達時間は特定の河川についても必ずしも定数値ではなく、複雑な降雨強度の時間的経過によつて著しく変化する。しかし比較的単純な経過を示す一連降雨とこれに対応する流出曲線の関係を調べるとだいたい一定の関係があることが示される。

図-6の幾春別川桂沢量水所における、降雨継続時間と到達時間の関係からわかるように、約6時間の降雨

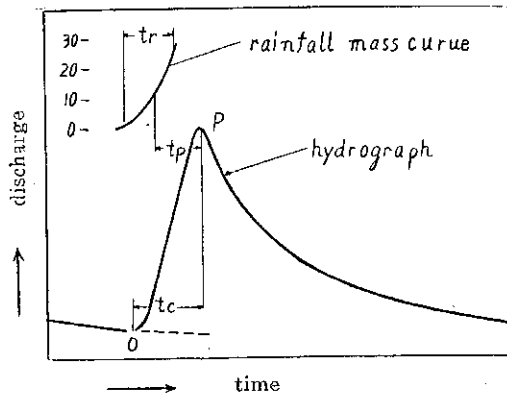


図 - 5

継続時間に対して到達時間は平均6時間と推定される。到達時間は降雨強度によつても影響を受けるが、幾春別川についてはあまり顕著でないようであつた。なお降雨時間が長びき6時間以上に及ぶものは、一般に継続時間中の降雨強度の時間的経過が一樣な変化を示すことが少ないため、二つ以上のピークができ、対応するピークの関係も不明確な複合流出型となる場合が多かつた。

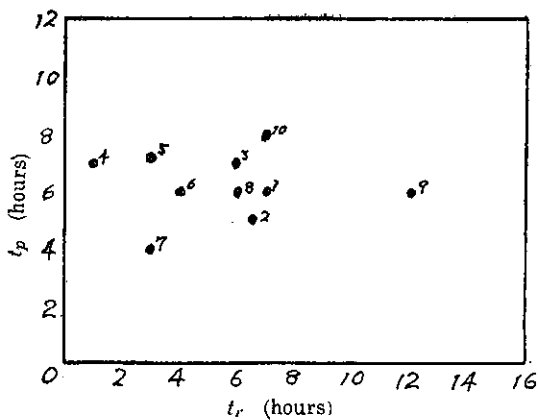


図 - 6

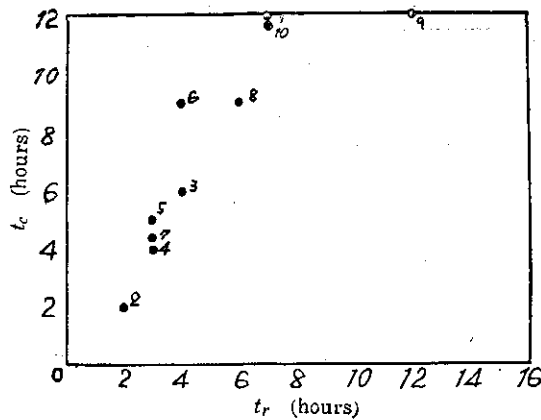


図 - 7

1	7.4	1953
2	7.23	//
3	7.30	//
4	8.21	//
5	8.22	//
6	10.1	//
7	10.2	//
8	10.8	//
9	10.11	//
10	10.20	//

### 3. 降雨量と直接流出量との関係

降雨量とこれに起因して河川に現われる流出量の関係は、河川流域における固有の特質、すなわち、地形・地質・植物の被覆状態等によつておのおのの差異のあるところであるが、さらに一特定河川においても個々の出水ごとに示される両者の関係は変化が複雑であり、一定の関係を求めることはむづかしい。

河川流出はその流出過程において一部土壌中に消失するほか、蒸発で失なわれるが、この消失量の変化は多数の因子の関与によつて示されるが、おもに次の各事項が重要な要素と考えられる。

- i) 総降雨量および降雨継続時間
- ii) 降雨当初における土壌の保湿度
- iii) 季節的な植物の生育状態
- iv) 気候による蒸発量および地下水位の変化

ある特定の河川については、iii) および iv) は流域固有の要素とみなすこともできるが、i) および ii) は個々の降雨ごとに変化し影響するところも大きい。

幾春別川の降雨量と直接流出量の関係については、便宜上調査資料のうち、降雨継続時間の6時間前後のもののみを対象に調べた。なお、ここで直接流出量はIIIで述べた方法によつた。すなわち、図-9に示されるように各観測値に差異があり、合理的普遍的な両者の一定の関係を求めることがむづかしく、前期降雨が接近して

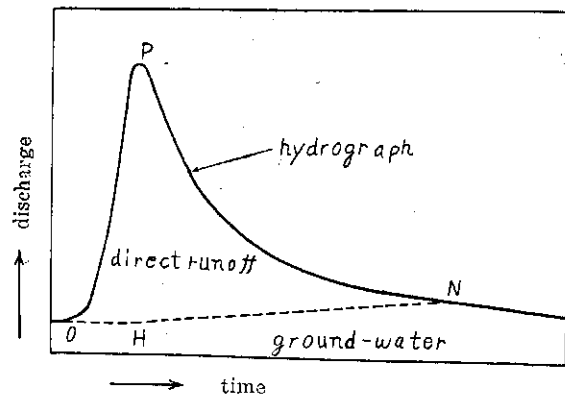


図 - 8

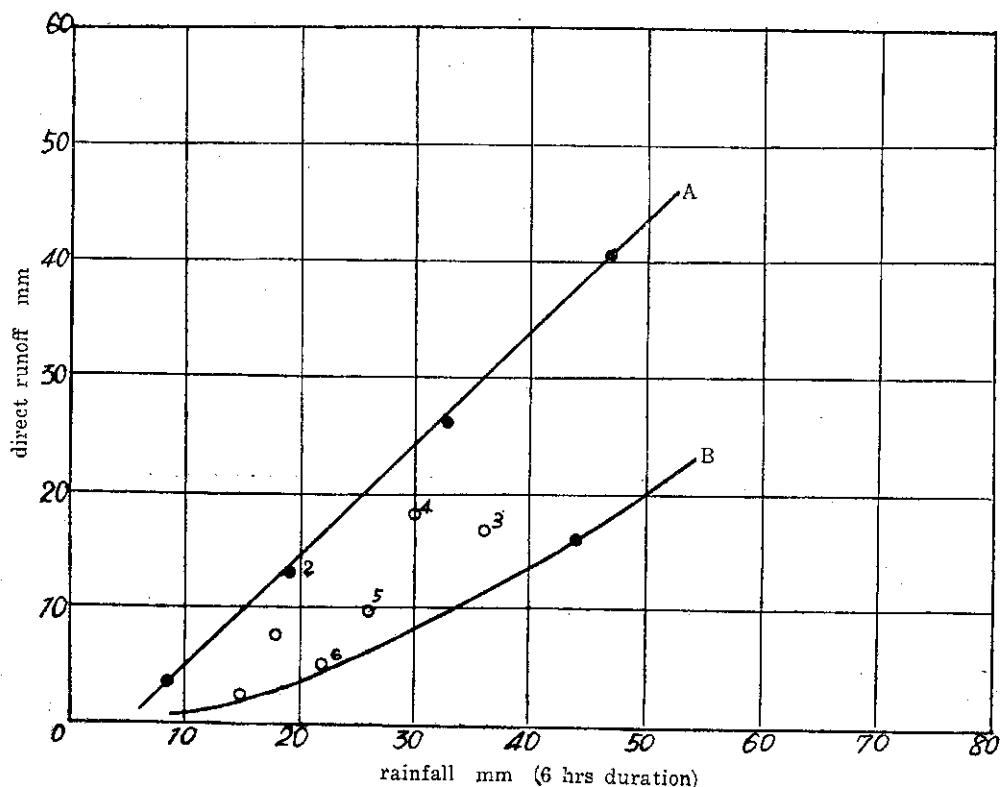


図 - 9

いる場合は A 曲線、離れている時は B 曲線に近づいて現われ、A、B 二曲線に挟まれる範囲内で変化が示されるようである。前期降雨の条件を考慮することが望ましかつたが、資料が充分でなく正確を期しがたかつたのでこれは今後の課題として残した。

#### 4. 単位図の作成

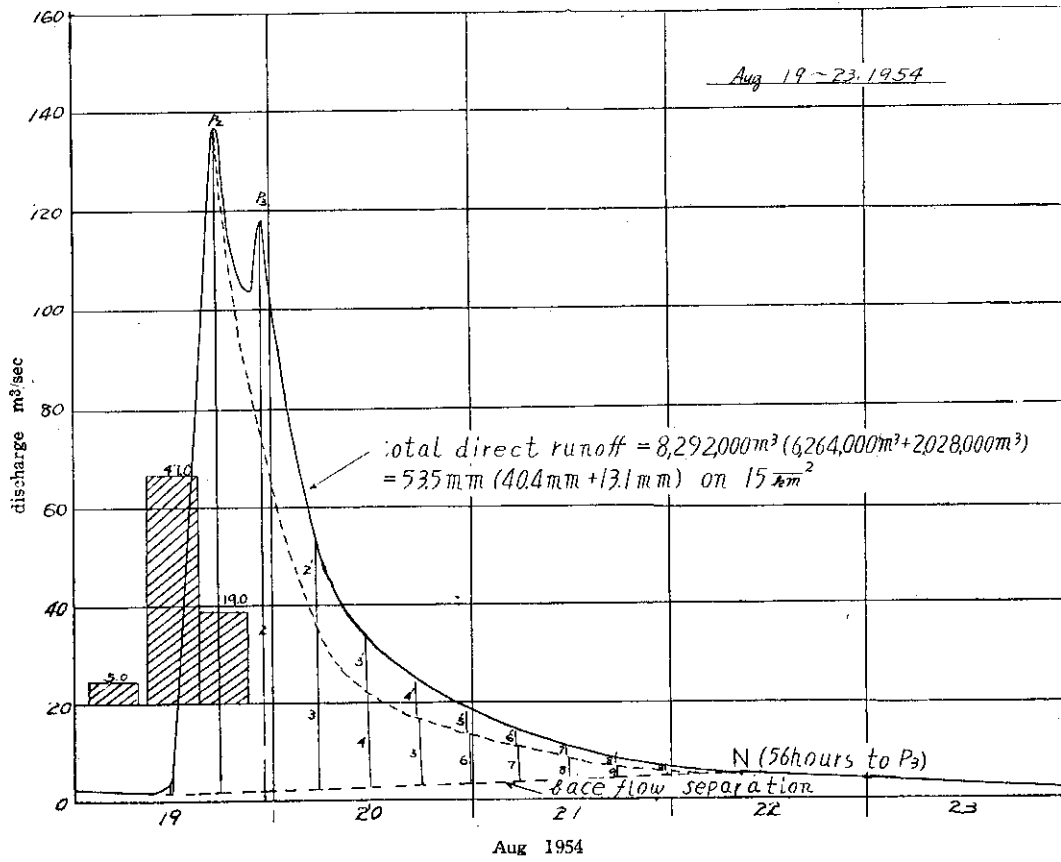
さきに述べたように幾春別川に対する単位図は単位時間を 6 時間とし、また単位雨量を 10 mm と定めて個々の出水ごとの単位図を作成した。単位図作成の過程は図-10~13 に示されるような幾何学的図解法<sup>2)</sup>によつて行なつた。ここでは 6 時間降雨量が 30 mm, 36 mm, 47 mm に対するもののみを示した。この結果は図-13 に示されるように出水ごとの各単位図の到達時間はだいたい一致しているが、ピークの大きさには相当変化がありしたがつて求められた平均単位図と個々の単位図との差異も大きくなつている。

#### V. 単位図の特性と推測上の諸問題点について

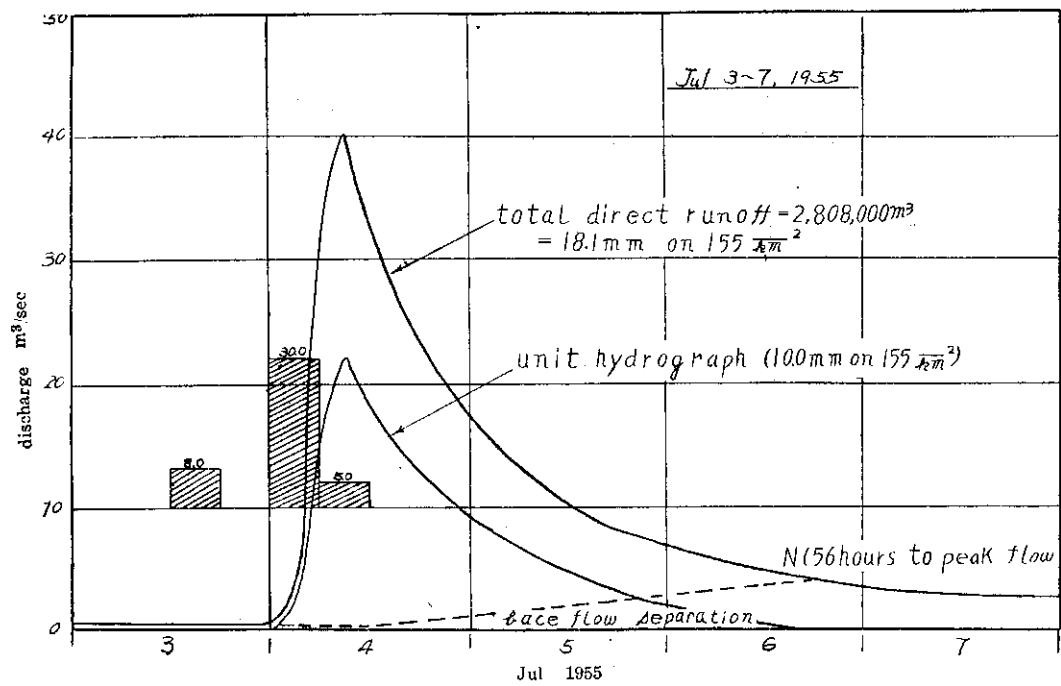
以上のように幾春別川で求めた単位図は、個々の降雨ごとに変化が認められ、異なつた条件の出水に対して同一の平均単位図を用いることの不適合性を明らかにした。

しかし降雨強度が大きくなれば流出曲線のピークも増大するという特質が、顕著に現われていることが認められたが、これは一つの問題点であり、この原因については降雨強度の影響による各流出成分河道流路における諸条件の変化等が考えられる。しかもこの点については最初にも述べたが由良川の事例とも一致するところであり、一つの特性であろうと考えられる。

図-14 は降雨強度と単位図ピークの大きさの関係を示したものであるが、大体ピークの大きさは降雨強度に比例して増大するように見受けられる。今後この相関関係がさらに明確になれば、個々の降雨強度に対応する単位図のピークの大きさを補正修正して、合理的な推測を行なうことができるものと考えられる。



☒ — 10



☒ — 11



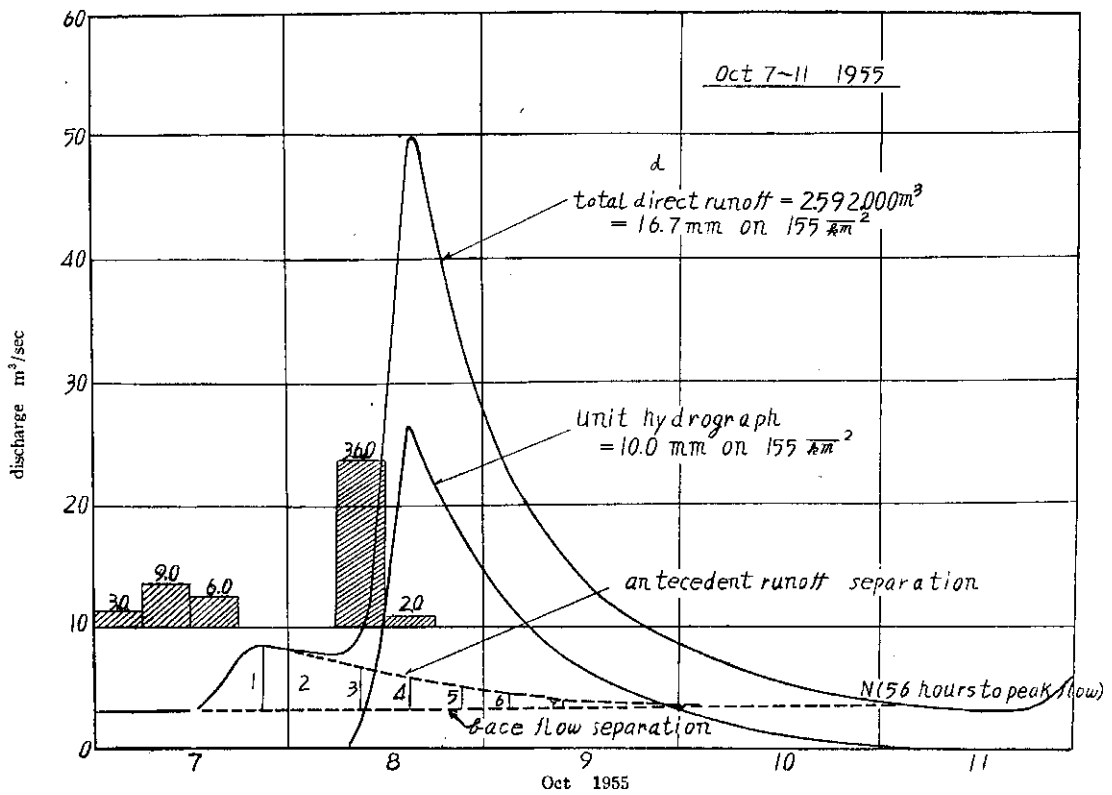


图 - 12

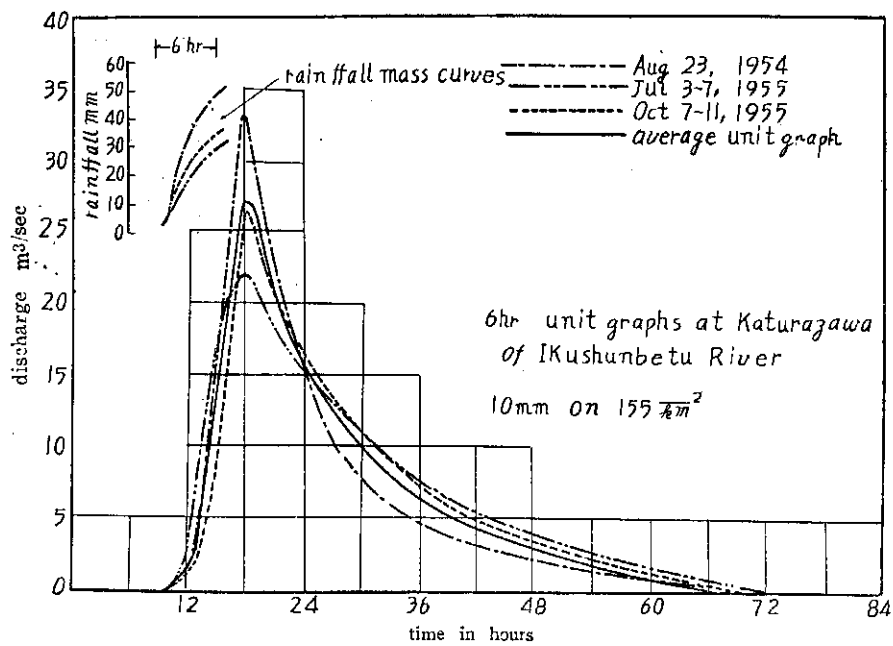


图 - 13

## VI. む す び

本報告では、昭和30年度調査分を含め過去に得られた資料に基づき、幾春別川における降雨記録から流出曲線を推測するための各資料を整理し、出水ごとの単位図を作成し、またそれらの各特質について若干の考察を行なった。この結果は期待した結果が得られず、降雨強度によつて単位図が変化するため、単一の単位図を適用することに支障をきたした。しかし、前項でも述べたようにこの変化がある一定の関係で変化するようであり、この特性を明らかにすれば、現状における推測手段とし

ては、単位図を補足修正して適用するという便法も考えられるが、これは単位図の意義が従来のもものと変つてくるから、今後はさらに検討を加えるとともに、わが国諸河川によく適合した推測方法が考えられなくてはならないと思われる。

### 参 考 文 献

- 1) 石原藤次郎：“わが国における単位図の特性について” 土木学会誌 第41巻, 第3号
- 2) R. K. Linsley, JR., M. A. Kohler and J. L. H. Paulhus: “Applied Hydrology” pp. 444~449

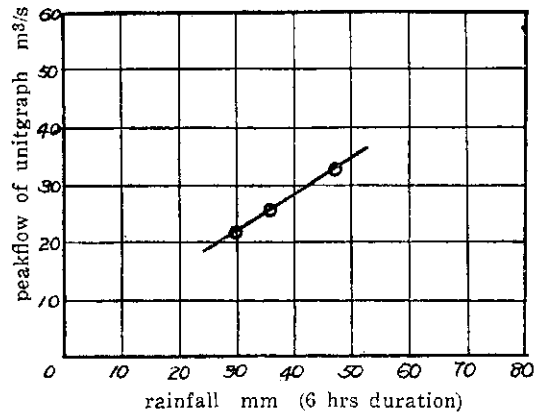


図 - 14

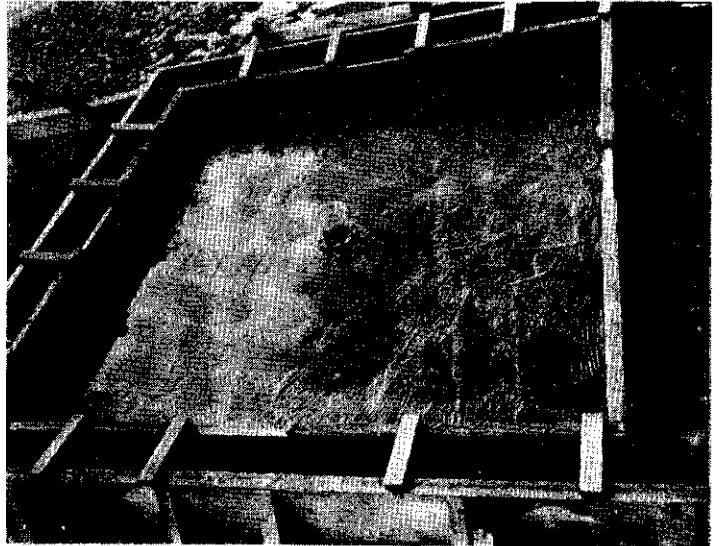
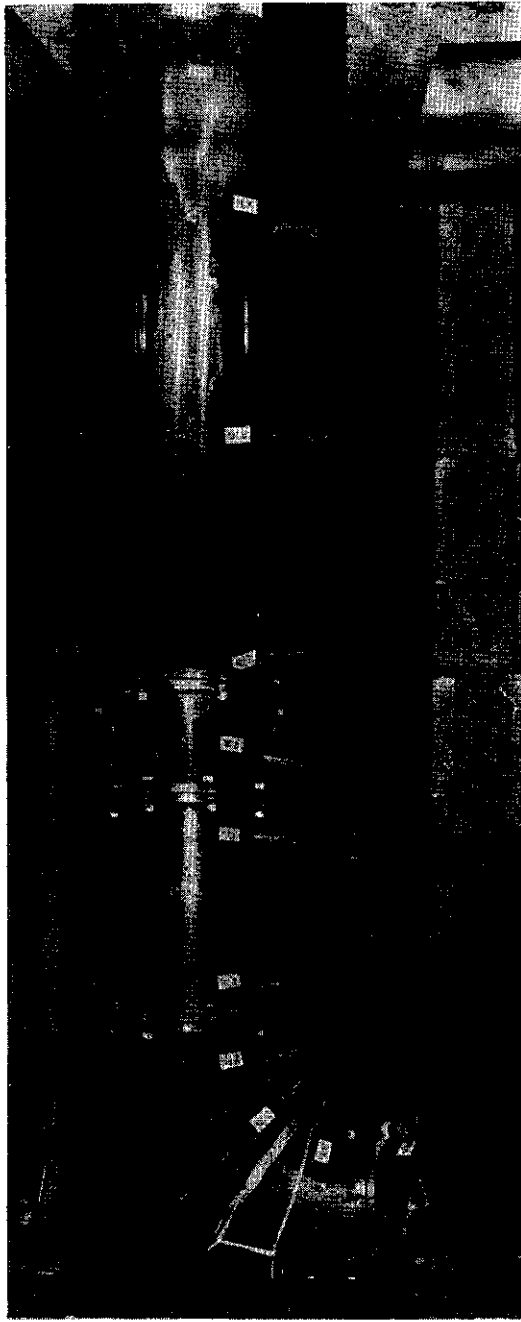
## 堅型伸縮取水塔模型（アクリル製品）による水理試験

——多目的または農業ダムにおける調整門扉付  
固定取水塔に代わる新形式——

貯溜水を農業灌漑用を使用する高堰堤の場合、特に本道のような寒冷地においては、表面水深2mまでの温水を取水しなければ稲作の生育に害があることは、すでに常識となつていことである。しかしながら現実においては貯水池の利用水深はダム高さの半ばにも及ぶものであるから、この表面温水取水のためには相当の工夫と工費を要する門扉類を持つたコンクリート造り取水塔（または斜樋）等を必要とするのである（例えば、桂沢ダムでは29mの水位の移動に対して6段のローラーゲートを持つたコンクリート造り取水塔がダム上流面に接して造られた）。

そこで、もし堤内導水鉄管をダム上流において垂直に立起させて取水塔垂直部を伸縮可能（または、傾斜可能としてもよい）として呑口部を貯水位の変動に従つて移動させることができれば——これには伸縮または傾斜の機構および機械的検討と管の水圧による挫屈に対する力学的工夫が必要であることは勿論であるが、根本的には水理学的検討を要する——単に、この取水塔を保持するのに足りるだけのコンクリート構造物で済み、また門扉類も必要でないから著しく工費を軽減することができる。

このような観点より、先般、当試験所水工研究室において、写真で見られるような縮尺3/100のアクリル樹脂製の新型取水塔の模型を製作して試験を行いその水理特性を検討した。



写真—2 上部水槽

写真—1 取水管模型

試験の結果、理想的に設計されるならば、管路の空洞現象の恐れは全くなく、出口面積を適当に縮少することにより管内にきわめて良好な水理条件が得られ、取水管路におけるすべての水頭損失が流量に与える影響は、管径が前後同径の単純管路に比較して非常に小さいことなどがわかり、水理的にはこのような壱型取水管路も高堰堤における取水形式として採用しようという考察を得た。

なお、詳細については後日発表の予定である。