

H-Q地点で水面勾配をはかろう！

WATER SURFACE SLOPE MUST BE
MEASURED AT H-Q STATIONS

山口 高志

Takayuki YAMAGUCHI

¹正会員 工博 東京電機大学教授 理工学部建設環境工学科(〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂)

At present, most observatory stations of flood discharge by River Bureau, Ministry of Construction, measure very few items of hydraulic quantity during flood, that is, water stage every quarter an hour, and flood discharge by rod floats for 10 hours or less. The author would like to insist that hydraulic phenomena cannot be seen only with these data, and that water surface slope (I) must be added to the items to be measured, because, for instance, uniform flow does not necessarily exist in the natural rivers, but hydraulic conditions can be more informatively seen with slope and stage hydrographs.

The author has been analysing radio current meter data for six years, which measures surface velocity from a bridge and gives us tremendous information about hydraulic condition during flood.

In this paper, analysis of hydraulic, but strange phenomena are introduced through his analyses using radio current meter data. By obtaining and using I almost same analyses will be performed, but not completely, because slope measurement cost is much cheaper.

Key Words: Water surface slope, hydraulic quantity measurement during flood, radio Current meter

1. はじめに

電波流速計が直轄河川に利用されるようになってほぼ10年がたち、筆者がデータを扱い始めて6年程度が経過したが、その間種々のデータに遭遇した。すなわち洪水流量観測地点(H-Q)であるのに、とても等流とは思えない現象や、8の字ループなど多様である。いくつかを例示する(図-1~5)。横軸はQでもよいが生のデータ V_s を用いた。

図-1は、ほぼ妥当なデータが取られた地点である。ほかは時計まわり、反時計まわりなど種々の形状をとっているが、原因の主役はバックである。たとえば、図-5の水位ハイドログラフは、とくに変哲もない普通の洪水波形である(図省略)。

ここで建設省の水理観測の実際を見てみると、水位、これは河川にとって最も重要な量であるから、低水も洪水時もとられている。そのほかの水理量は流量だけで、低水に関しては、年間30~36回の低水流量を人力でボート等を用いて行っている。

洪水は、棒浮子による洪水流量観測のみである。浮子

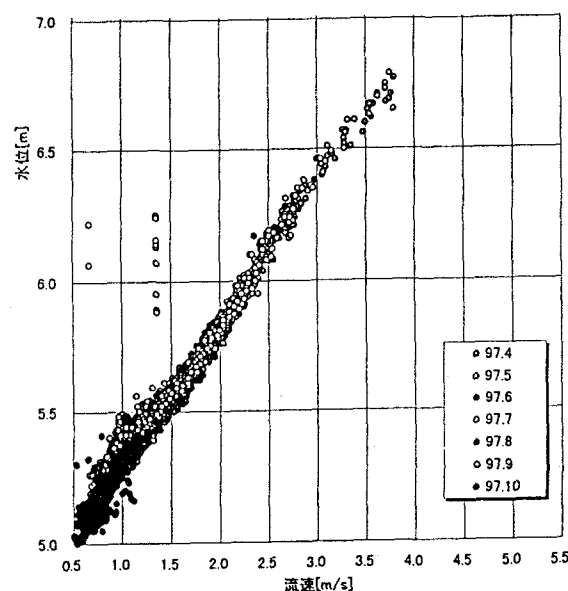


図-1 T川H橋H-V ch.2(97)

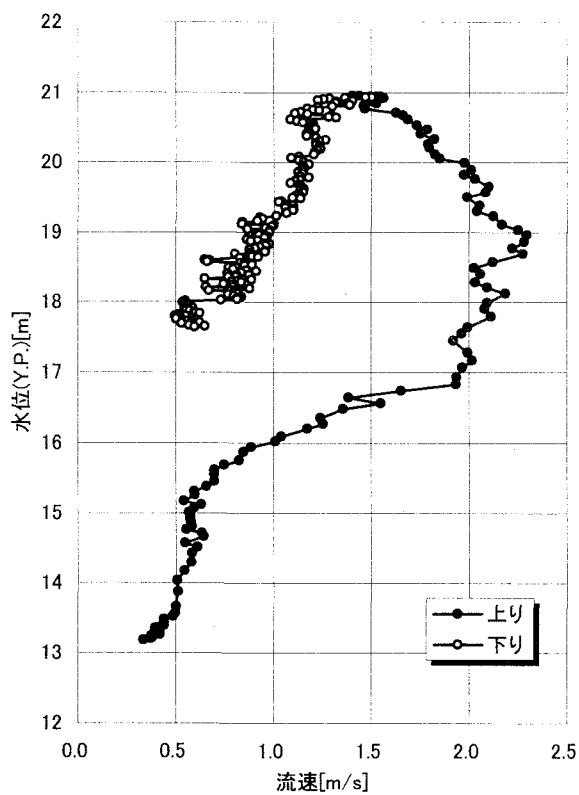


図-2 W/川F橋H-V Ch.5(98.9.16~17)

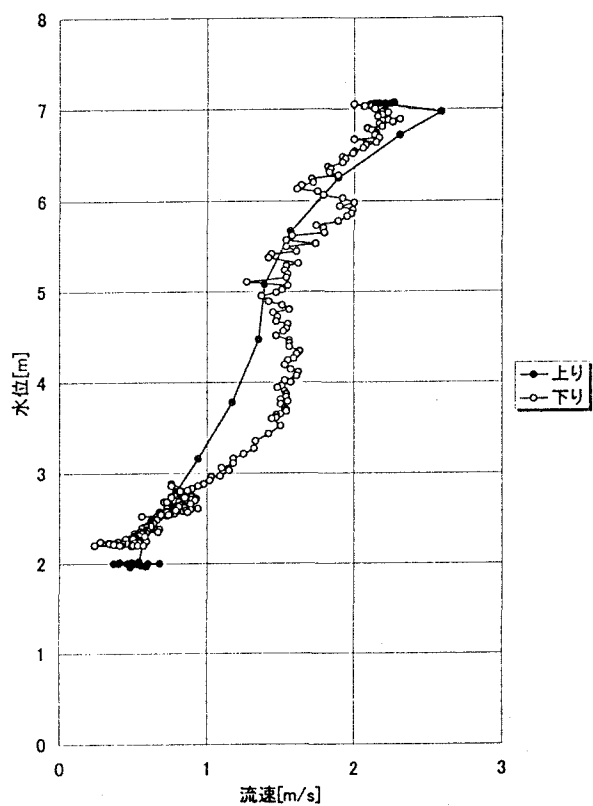


図-3 0川0橋H-V ch. 2(98. 9. 15~22)

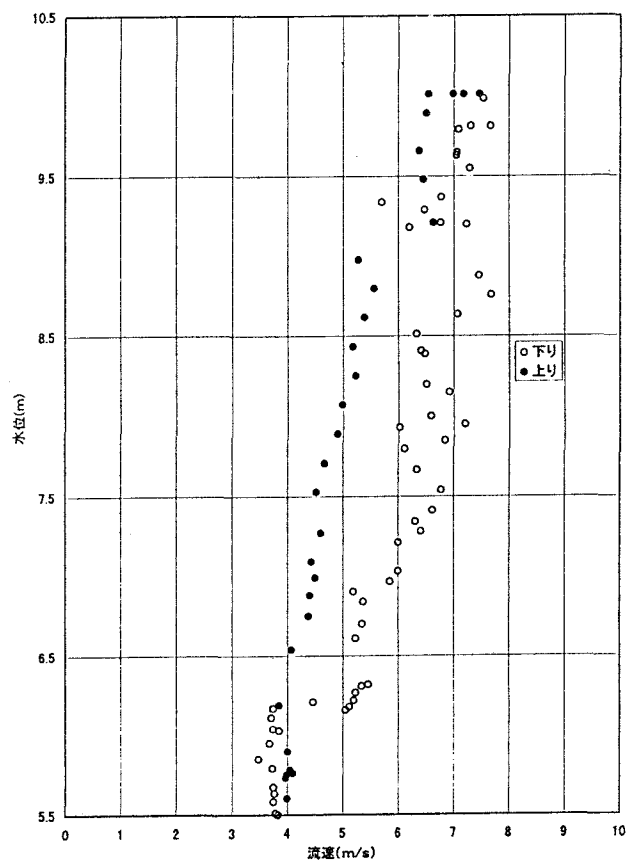


図-4 A川C橋H-V ch. 2(98. 9. 16~17)

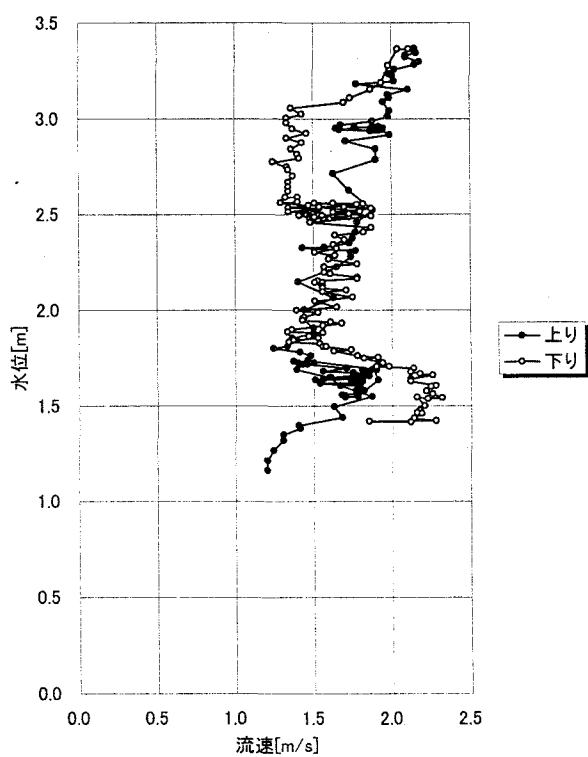


図-5 越辺川樋の口橋H-V (98. 8. 29~31)

に関連する問題点は割愛するとして、中出水データの不足、ピークをすぎると2、3点で観測を終了するなど、必ずしもすべての点でとはいわないが、水理量のデータ不足は否めない（これについてはあとに例示する）。これは、とりえず建設省レベルの話であり、県となると洪水流観もあまり実施されていない。

これだけのデータでは、同じ水位で種々の流速を示す図-2～5の解釈は非常に困難であり、観測された流量値が観測誤差なのか、真値なのかも同様不明であろう。

筆者は、マニング式からもわかるように、第2の水理量として、水面勾配Iを是非流量観測所で測定するようにしてはという提案をしたいのである。関係式を以下に示しておくが、第2の水理量であることがわかる。

$$Q = VA, A = f(H), \text{ or } f(h) = f(R),$$

$$V = (1/n) R^{2/3} I^{1/2}$$

記号の説明は省略する。

なお建設省が98年度に行った全国的な調査によれば、「H-Q式に問題点あり」という観測地点が26%に達しているとの報告¹⁾があり、地点選定の難しさ、観測に向けた地点が少ないことを物語っている。

2. 難解な水理現象の例示

(1) 〇川〇橋の場合

〇川〇橋には、92年に電波流速計が低水路（b:45m）に2台、高水敷（B:150m）に1台設置され、今日まで観測を続けている。ただし、低水時は流速がおそく観測不能である。これまで2回、98年に2回高水敷にのる洪水を経験している。

H-Vs関係は、これまでほとんどが時計まわりループ、あるいはそのあと、反時計まわり（つまり8の字）ループを描いていた（図-3および図-6）。調べていくうちに下流700mに取水堰があり、これが〇橋地点にバックをきかせていたことがわかった。すなわち低水時バックを受けている〇橋地点に洪水が来ると、始めは流量の一部を上流に貯留させて、徐々に水面勾配を等流勾配へと回復しながら水位が上昇するため、流速が相対に小さく、洪水の下降部分では、相応に水面勾配が保持されながら、水位が下がるため、流速は同じ水位で下りの方が大きい、つまり時計まわりループができたのであった。なお8の字ループの上の部分は等流勾配が完成したのちの通常の反時計まわりループと考えられる。

この推論を実証するために、水位計から200m上流にポータブル水位計を設置し、水面勾配をとって見た。その後大きな洪水は来なかったが、3連続の小出水があり、その間水面勾配は上り続けた（図省略）。

98年の8月出水は、上記推論を立証してくれた。図-7がそれであり、30日出水は、通常の反時計まわりループである（図-3と併せて参照）。

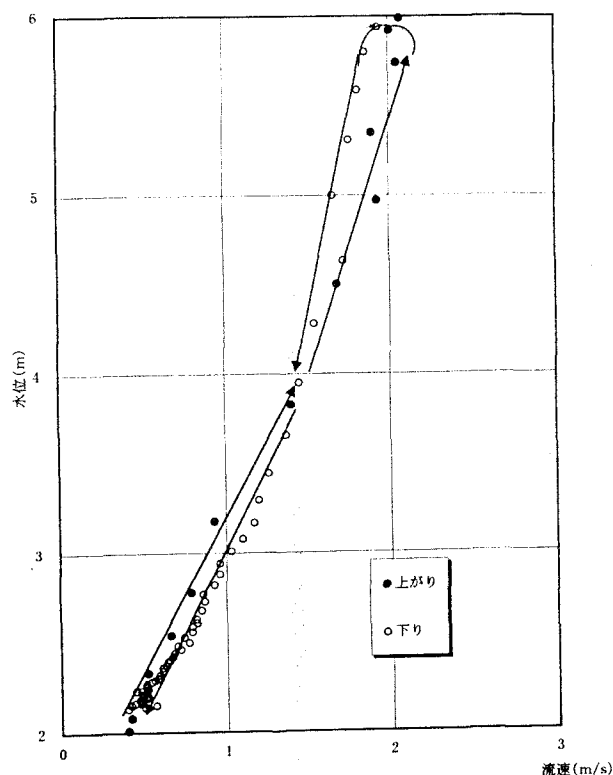


図-6 〇川〇橋 H-V ch. 1 (96. 9. 22~24)

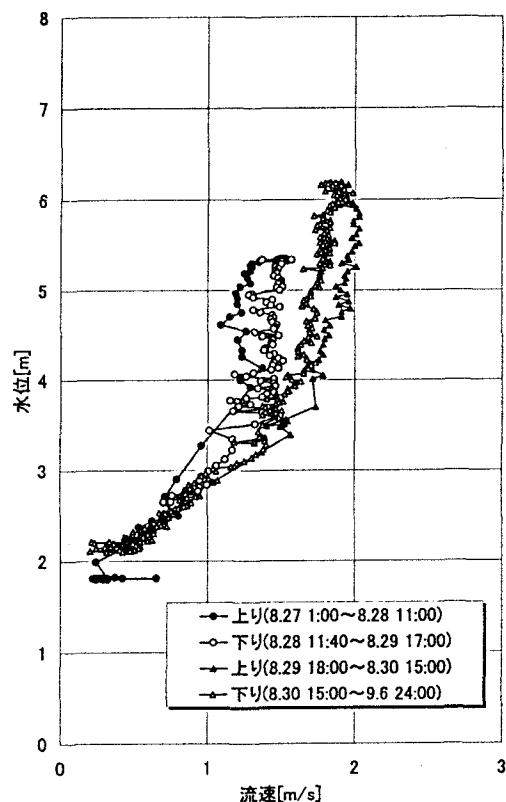


図-7 〇川〇橋 H-V ch. 2 (98. 8. 27~9. 6)

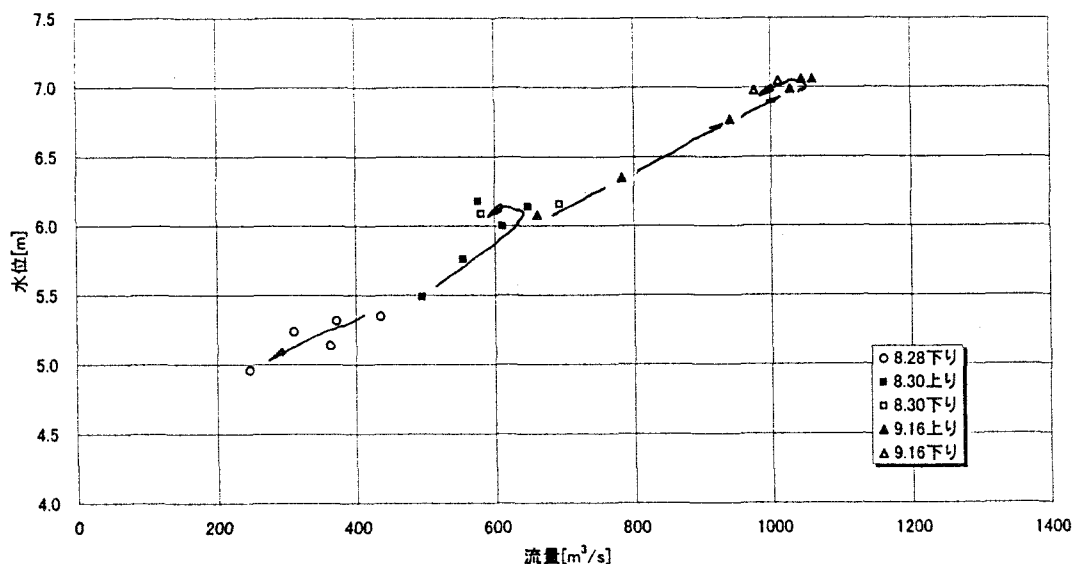


図-8 〇川〇橋洪水観測 H-Q (98. 8～9 洪水)

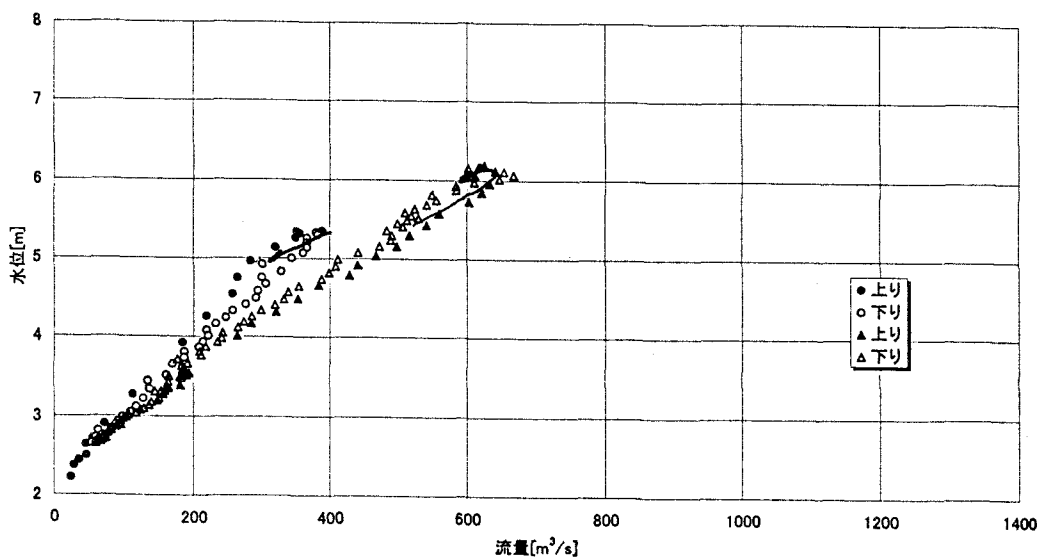


図-9 〇川〇橋電波流速計 H-Q (98. 8. 27～9. 1)

※ データ過小からおきる問題

本地点における8、9月出水の洪水観測データをすべてプロットしたのが、図-8である。記号の差を無視してプロットの傾向だけ見ていただくと一見整然とほぼ直線にならんでいて、H-Qカーブとしてあまり抵抗を感じない。ということは、H-Qカーブの算出にそのまま利用されるということである。本来、 $H \propto \sqrt{Q}$ が直線なので、直線的なのは気になるが。実際に

は、図示してある通り、あるグループはピークからの下り、あるグループはのぼりから下り数時間までと水理的には、少し異質なものがプロットされており、結果的に直線になったのは偶然にすぎないようである。同様河床に変化がなかったとして、電波流速計のH-Qカーブを2洪水について示せば、図-9のように、H-Qの関係の相対位置が異なることがわかる。

(2) W川F橋の場合

本地点は、上流に向けての河床勾配が 1/2500 程度、下流は遊水池内河道で、勾配が 1/10000 以下という河道である。13km 下流で本川に合流するが、勾配がほとんどないため本川のバックを、加えて本川までの間に 2ヶ川の小さな支川の合流があり、同ようバックを受ける。

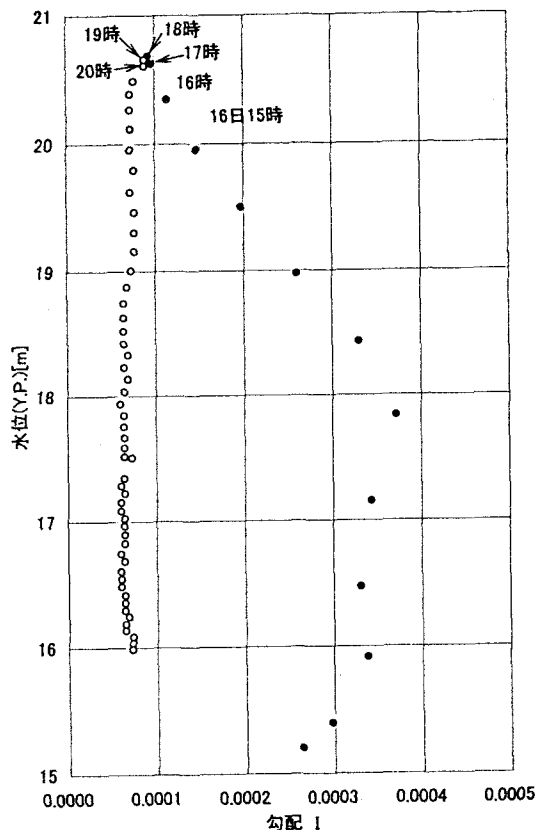


図-10 W川F橋 H-I (98. 9. 16~18)

図-2の例なのであるが、このため、始めは水位が上がれば流速が上がるという関係を示すが、下流河道の貯留が果されると、流速の上昇は止まり、水位のみ上昇し、のち流速の漸減ということになる。

その間の水面勾配観測結果を図-10 に示す。水位が低い時点で最大流速を示す理由、後半ほとんど小さな水面勾配のまま水位低下することがわかる。

(3) 越辺川樋の口橋の場合

本地点は、電機大学独自に電波流速計および水位計を設置したので固有名詞を使う。

他の地点同様 2 大出水があった。H-V s カープは、図-5 に示すように O 川と似た形状を示した。この原因は 600m ほど下流に支川高麗川との合流点があり、今回の出水があまりに大きかったため樋の口橋は大きなバックを受けることになったからである（加えて支川の流域面積が大きく到達時間も長い）。

すなわち $H=1.5\text{m}$ でほぼ最大流速 (2.0m/s) に達したあと減小し、ピーク付近で漸く 2.0m/s になり、以後同じような経路で減小する。 $H=1.5\text{m}$ で上りの時より流速が大きいのは O 橋の場合と同じ理由であろう。

近隣の 3 水位計を利用して、樋の口橋の水面勾配のハイドログラフを作成した (図-11)。立ち上がり途中から激減し、以降水位低下 (バックの減小) とともに上昇しているのがわかる。つまり逆に読めば水面勾配の回復は、バックの減小と読めるわけである。

関連してであるが、H の下降、I の上昇 (H と I のクロス) は掃流砂能力の減小になるわけで、事実樋の口橋は、大量の堆積土砂を見た。

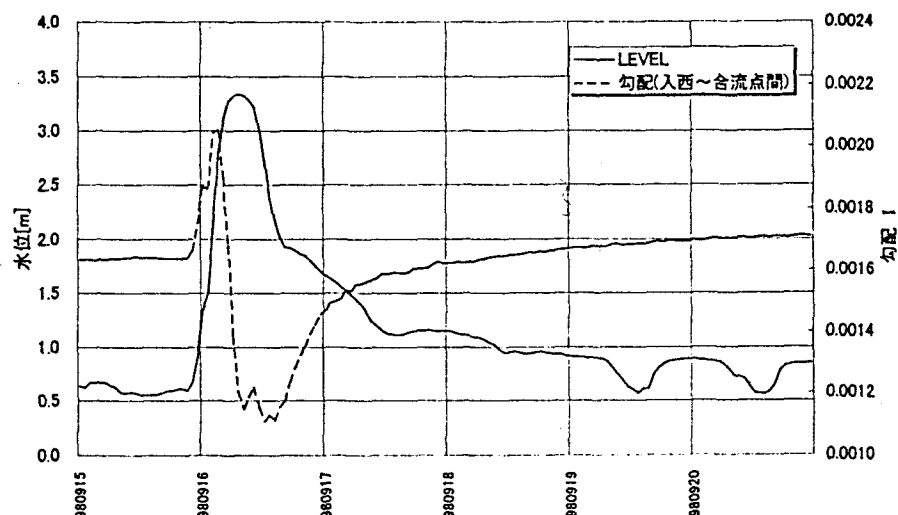


図-11 越辺川樋の口橋 t~H, I (98. 9. 15~20)

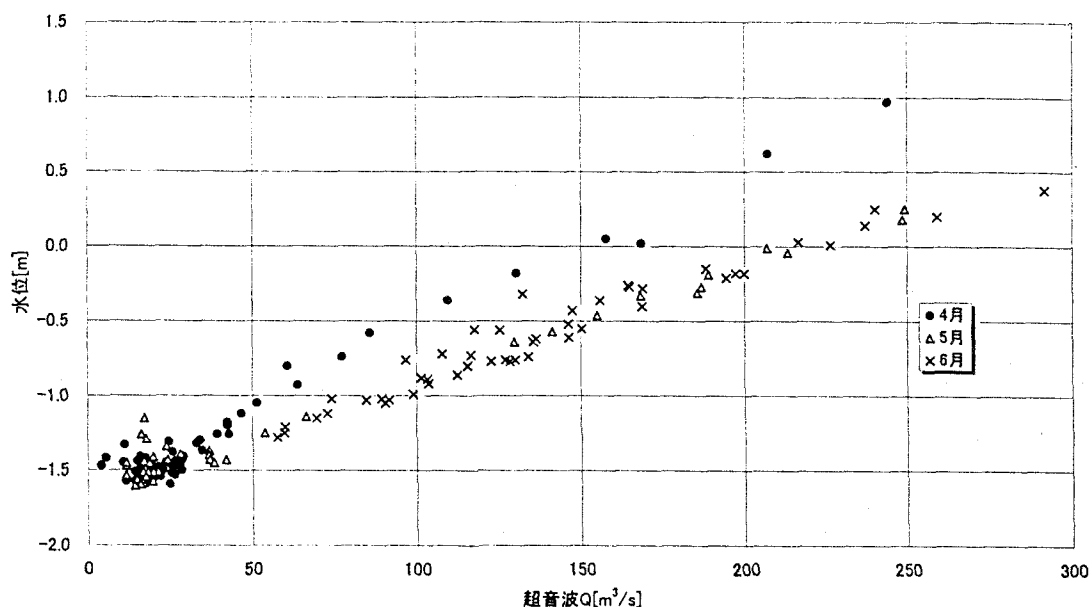


図-12 W川K地点超音波H-Q(97.4~6)

(4) W川K地点の場合

この例は、低水の場合である。

K地点では、超音波流速計で流量をはかっている。これは、一般的には下流水位によらずほぼ正確な流量をはかっている。あまり河床変化がないときのH-Qを図-12に示す。おおよその話でいえば、4月は下流本川の流量が豊水ぎみで、5、6月は流量が少なかったようで、H-Qを異にしている。これもK地点付近の水面勾配をはかっていたら、容易に判断できたものと思われる。

3. まとめ

以上に見たように、これだけ多岐な現象が河川の中で起きているにもかかわらず、現在測定されている量では、これらの現象を解明するには、不足していることが理解されよう。

これを解決するために、最小費用、最大効果を生み出す2番目の水理量は、水面勾配だと筆者は主張したい。

もちろん、筆者が本主張の論拠に使った電波流速計を設置するのが、流量算出のオンライン化を含め、横断方向の流速分布の変化など情報量としては、数倍の情報量を提供してくれるので、これに過ぎたものは現状ではないが、コストの点で格段の差がある。全体のレベルアップを意図しながらコスト安で洪水を見る姿勢を養える

のは、水面勾配測定と考えられる。具体的には、現地の水面勾配の大きさに応じた距離の地点に、護岸にはわせた圧力式自記水位計を設置するだけだからである（コード長を考え、200万円以下）。

参考までに、今後に残されている観測項目を挙げておく（順不同）。

- ① 破堤等、事件を正確に把握しうる、たとえば縦断方向3~5kmおき水位計の設置
 - ② 流量基準点 水面勾配測定用水位計の設置
 - ③ 流量基準点 横断方向水位計の付加（とりあえず中央1点）
 - ④ 流量基準点 電波流速計横断方向 数台の設置
 - ⑤ 流量基準点 河床横断観測システムの開発
- ⑤の河床横断観測は、今後最重要の課題であろう。

謝辞:建設省関東地方建設局利根川ダム統合管理事務所、利根川上流および荒川上流工事事務所には、データの提供をいただいた。

また東京電機大学大学院生、小堀、熊木両君には図面作成等で手間をかけた。ここに記して共々感謝したい。

参考文献

- 1) (財)河川情報センター:水位・流量観測の精度向上に関する検討業務 中間報告書, H11.2.

(1999.4.26 受付)