

水文観測の品質向上

IMPROVEMENT OF QUALITY IN HYDROLOGICAL DATA

木下武雄¹・清水裕²・中尾忠彦³

Takeo KINOSITA, Yutaka SHIMIZU and Tadahiko NAKAO

¹正会員 理博 (株) 水文環境 (〒103-0005 東京都中央区日本橋久松町 10-6)

²正会員 前 国土交通省河川局河川環境課 (〒100-8918 東京都千代田区霞ヶ関二丁目 1-3)

³正会員 工博 (財) 河川情報センター理事 (〒102-8474 東京都千代田区麹町 1-3)

Inadequacy in hydrological data is always a problem in water resources development everywhere in the world, also in Japan. The project has been organized by the River Bureau, the Ministry of Land, Infrastructure and Transport with aim at making clear the real difficulties in hydrological observation and data-processing, and improving the data quality. This report is briefing the results of the project. Examples are assurance of discharge observation near and above the design flood level, in tidal rivers, in the backwater reaches of weirs and under other difficult conditions. Data checks are carried out at every hydrological data base by both computers and manual ways, for instance comparing the hydrograph at the certain site with those upstream and downstream. Careful investigation is applied to assure the stage-discharge relation. All problems found in the project are classified into two, local matters and common items. The local matters are now being solved locally, while the common items are under study in the research organizations. Thus quality in hydrological data will be much improved.

Key Words : Observation, quality of hydrological data, check of quality, design flood, tidal river, backwater reaches, travel time curve, stage-discharge curve

1. 目的

我が国における水文観測の品質向上のためのプロジェクトが、現在進行中である。その作業の概略を紹介し、その過程で明らかになった様々な水理・水文現象を紹介し、今後の技術の発展に役立てることを目的とする。

2. 水文資料の欠陥

昭和 26 年 9 月 25 日 (1951 年) 経済安定本部資源調査会は、経済安定本部総裁総理大臣吉田茂に対して「水文学資料の欠陥に関する報告」を提出した¹⁾。それには、水力発電、農業利水、上水道、治山、治水は水に関する統計資料に基づいて計画されるが、その中に重大な欠陥があることを発見したので、未だ結論をえない点が多いが、雨量観測、流量観測、水位観測について 2,3 の事項について述べる、とし

ている。

この報告では第一に、観測所の数、分布を述べている。昭和 13 年の調査では雨量計 (自記、普通併せて) が気象台、建設省、電力会社、都道府県合わせて 3,071 ケ所である。昭和 25 年の調査では気象台が 1,671 ケ所、建設省が 327 ケ所、電力会社 301 ケ所である。合計 2,299 となる。流量観測所は建設省が 1,021 ケ所、電力関係 319 ケ所である。合計 1,340 となる。さて、昭和 26 年当時の欠陥とは、そしてその対策とは：

(1) 雨量観測

- ① 現場の観測人への指導不足 → 一つ一つ指導して歩くこと。
- ② 各機関の調整が不十分 → 調整を図る。
- ③ 山岳雨量観測所の不足 → 取扱い簡単な雨量計の開発。
- ④ 日雨量、時間雨量の収集・整理、利用者への

提供の不備 → 統一して公開するように。

(2) 流量観測（低水）

- ① 精度が悪い。注意して測れば精度が高いことがわかっているのに。→ 観測断面の整正・安定した所で行え。他の観測所と比較せよ。
- ② 地下水・伏流水との交換がわからない。
- ③ 水位観測が不正確。
- ④ 水位流量曲線が不適確 → 精密観測を数多く実施せよ。

(3) 流量観測（高水）

- ① 精度が悪い。150mしか離れていない観測所で上流の流量／下流の流量の比が14とか71とかなる。→ 水位観測の精度向上。
- ② 水位流量曲線が両者ほとんど差異がないのに、日流量が連日又は断続的に50%も違った値を示す。→ 水位流量曲線で高い水位のものはほとんど推定であるからそれを是正せよ。

(4) 流量及び水位観測に関する要望事項

- ① 流量を整理公開する専門の箇所を設置する。
- ② 粗なる観測値でも観測方法を明記して利用する。
- ③ 流量観測、水位観測の管理方法を統一する。

この後に、水文学の研究について、大学・研究所の活動をまとめているが、ここでは省略する。

3. それから50年

この報告が出された直後に、国土調査法水基本調査作業規程準則などが制定されたり、各省が独自に水文観測の手引きを作ったと言う努力がなされたが、それから50年たってこの欠陥がどれだけ是正されたか。素直に言って反省せざるをえない点も少なくない。また技術が衰退したと考えられる面も見られるようになった。例えば50年前は雨量を0.1mmまで測り、0.1mm以下の降雨を0.0mmと記し、無降雨(「ー」と記す)と区別していたが、1mm単位に変わり、テレメータ化により無降雨と0mmとは区別がなくなった。

気候変動の可能性による観測・モニターの重要性が叫ばれ出したにも拘わらずに。

建設省(当時)河川局では、雨量年表・流量年表を昭和13年分から公開しているが、それらに誤植が目につくようになった。河川局では観測の現状を把握して、具体的な改善を図るように水文観測検討会を設けて、活動を開始した。つまり21世紀版「水文学資料の欠陥」を明らかにして、後世に役立つ統計資料を残し、国民の付託に応えるためである。

水文資料とはその内容は多岐にわたる。ここでは国土交通省河川局が一翼を担っている雨量(正しくは降水量と言うべきもの)・水位・流量の資料について観測の点検とデータの品質管理について、議論を集中する。それらはとにかく60年以上にわたって継続して来た業務だからである。今から30余年前にも、予算要求の折に大蔵省から「水文観測はすでに20年以上もデータが貯まったからこれ以上観測する必要はないでしょう。」という冷たい扱いを受けの中を、予算をやりくりしながら、営々と続けてきた観測業務なのである。国土交通省の水位観測所は2,519ヶ所である。これまで〇〇川××観測所の水文データは当該河川の治水・利水の計画・管理に使われるのみと思われていたが、当該河川の環境モニター要素であること、さらに一河川のデータよりも地球環境の指標の一つとみなされるようになった。過去50年の間の水文資料に対する価値観も全地球的な観点へと展開して来たことを強調しておこう。

4. 品質管理の手法

水文データには精度という定義は与えにくい。漠然と精度という言葉は使われるが、時々刻々変化する水文現象を瞬時で捉えるのが水文観測であるから、観測は1回限りである。真偽を論ずる余地はない。しかし数値を並べてみると、極めて独断的ではあるが、誰も疑う余地のないものから、どう見てもおかしい数値まで、色々な段階の数値がある。それで、それらの数値を何らかの方法で検証して、それが修正できるものなら修正し、修正できなければそのまま残し、またそれを用いると誤った結論になると懸

念されれば欠測とするように、仕分けしていくことが必要であろうと思われた。さらに、観測データを見るだけでなく、そのデータを作成した観測現場を踏査して、誤ったデータを取得しているのではないかを確かめる必要性もあるし、またこのような水文観測の全体システムの見通しを調べねばならないことも明らかになった。

この事業は国土交通省河川局に水文観測検討会が置かれ、河川環境課の指導の下に行われている。その具体的活動は図-1のように水文観測所の総点検を行うことと、データの品質管理組織の活動である。総点検とは①河川局所掌の総べての観測所を②総合的に点検することで、必ず現場を踏査することとした。それには一級水系では必ず重要な1観測所、大きな水系では重要な複数観測所（全国約160ヶ所と推定）を踏査する総括点検班と、その他の全観測所を踏査する地方点検班とにより構成される。総括点検班は水文観測検討会の委員などにより編成され、地方点検班は各地方ごとに経験のある者により編成された。これら点検班は踏査とともに、過去3年程度のデータ照査も行っており、現場で見たことが、どのようにデータに反映しているかあるいは、データから現場の問題点を調べた。

品質管理組織は各地方整備局に委員会を設け約10項目のデータの品質管理のアルゴリズムによって、行われたデータチェックの結果を委員会において審議するという方式によっている。

今回はニーズの高い観測として、水位流量観測所を対象とした。品質管理としては雨量、水位、水位・

流量曲線を対象とした。

5. 観測所点検

観測所点検は、実際に観測所へ足を運ぶ踏査と事務所での資料の照査とに分かれる。チェックリストを用意して、踏査の迅速性を図った。結果として注意を拂わねばならない例として、次の項目がある。

(1) 計画高水位程度の高水でも観測できること

計画高水位程度の高水は河川の高水計画に極めて重要なデータである。対策が必要である。

- ① 計画高水位程度で、観測所へ近づけること。
- ② 計画高水位程度で、自記水位計局舎が水没しないこと。
- ③ 計画高水位程度まで、又は堤防上50cmまで量水標を取付けること。量水標が途中で剥がれないように。
- ④ 計画高水位程度で、見通し杭が水没しない位置に立てる。
- ⑤ 適切な長さの浮子（例えば、水深が深いので4m浮子など）を用意すること。
- ⑥ 高水敷上の流観がなおざりにされないように方法を準備する。
- ⑦ 水位が上がった時、量水標が遠くなって目盛の読み違いのないように。

(2) 基準断面と流観位置が離れている場合

流観を基準断面から離れた位置、または河状が著

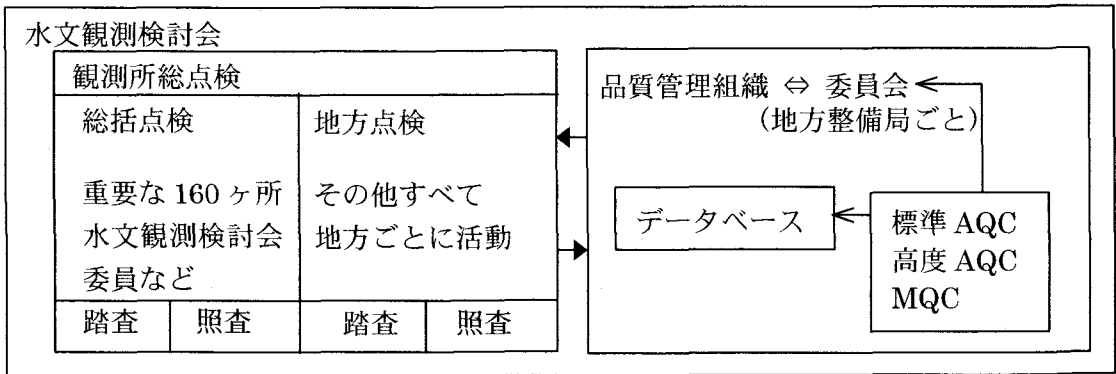


図-1 水文観測検討会の活動説明

しく異なる位置で行うと、その流量値を基準断面の水位でHQ曲線にしても、HQ曲線が不自然に曲がることもあり、等流HQ曲線のような水理学的チェックができない²⁾。

低水流観は原則、基準断面で行う。基準断面より約200m以上離れるか、目視で河状が著しく異なっていれば、低水流観位置で観測流量表、HQ、HA、HV曲線を作り、データ照査を行う。

高水流観は原則、基準断面で行う。できれば基準断面を第1見通しとする。基準断面より第1、第2の見通しの近い方の断面が約500m以上離れるか、目視で河状が著しく異なっていれば、高水流観の位置で観測流量表、HQ、HA、HV曲線を作り、データ照査を行う。

こうして観測サイトでのHQ、HA、HV曲線での検証を経たデータをデータとして認知する。

(3) 感潮河川

重要な観測所の中には、河床低下などにより下流から潮汐の波動が伝わるようになった所もある。感潮河川で低水流観として水位・流量をプロットしても、一価関数として並ばない。これに対する対策が色々考案されている。まず、流量観測する時刻に干潮時を選んでいく所は多い。明瞭に流れているからである。しかし、それで作成したHQ曲線が満潮時に利用できるわけではない。それを使っている所もある。干潮時の水位を上流の非感潮域の水位と相関をとり、干潮でない時は上流の水位から下流の水位を推定して、それをHQ式に入力して流量を求めている例がある。時差も考慮して補正しているが、満潮時は流れが止まるわけだし、上流の非感潮域と言っても、どこまで遡ればよいか、こうして求めた日流量の取扱いは難しい。

上流（支川を含む）のHQを作れる観測所から、流量を合成して合成流量を公表値としている所もある。しかし合成流量でHQ曲線を作っても、水理的に説明つかない場合もある。超音波流量計で連続的に直接、流速を測り、断面積を掛けて、流量としている所もある。

(4) 取水堰

取水堰は水資源開発としては重要だが、流量観測としては厄介である。取水堰の下流で流量を測っている所があるが、流域からの流出を測るということにはならない。全く干上ってしまっている観測所もある。取水堰の上流で測るのは大抵湛水域となっていて、流速が極めて遅く流速観測もやりにくいし、HQ曲線は作れない。湛水域で水位を測って、堰の越流公式を用いて流量を求める方法もあるが、多くは可動堰で開度がわからないと流量が算出できないので、あまり利用されていない。又、越流深も小さく精度が悪い。湛水域で流観はするが、基準断面を上流の非湛水域に設けて、その水位と結びつけることもあるが、HQ曲線が不自然な形となる。またチェックができない。

上流の流量から合成流量を作って公表している場合も多いが、必ずしも上策とは言えない。また堰操作によって、断面内の流速分布が著しく変化することがあり、教科書にはないような流速分布も現れることに注意せねばならない。

(5) 深い河川の流観

洪水時に射流が発生するという所がある。地形としては兩岸が岩盤で単断面の狭窄部であるが水深が深い。このような所で射流が発生することは考えにくい、観測人の証言である。極めて速い流速と解せばよいかも知れない。乱れもひどく、極めて速い流速を普通の浮子測法で測れないかもしれない。フルード数云々ではなく、水深が5.2m以上では吃水4mの浮子を使うことになっているが、現在の4mの浮子は折れやすいという欠点も観測精度向上に障害となっている。

(6) 二重化水位計の異常値に対する切り換え

二重化した水位計の「主」が徐々に異常値（多くの場合、人手によらなければ、リアルタイムで検出できない）になって行ったような場合、どのような自動的方法により「副」に切り換えて行くかを明確に決めておくこと。また正常値（この定義も曖昧ではあるが）に戻った時に、どのような自動的方法で

「主」に戻すか戻さないかを決めておかなければならない。

(7) 橋脚につけた水位計

水位計を〇〇橋につけるのは、アクセスや流観には好都合であるが、橋脚による波立を充分考慮して、十分な精度が出るかを検討しておかねばならない。

- ① 橋脚のそばでは、局所洗掘がある。またそれを防止する為の護床工などがある。その為河床形状が複雑で、低水でもそこで何を測っているかの検討は必要である。
- ② 洪水時には、橋脚の後流・渦の発生は避けられない。どれくらいの変動（誤差）になるかを洪水時に目視し、調べ、精度上問題ないことを確かめる。
- ③ 橋梁に超音波水位計を取付ける例があるが、流れ、風、交通による橋梁の振動が誤差を発生させていないことを確かめる。

(8) 重要地点ほど観測困難

河川管理・計画などの為、地形上、水文上の条件の観測困難な所にも観測所を置かなければならないことがある。この場合は、やはり相応の費用をかけねばならない。

- ① 地形上、量水標が反対側を向いて、洪水時に観測人の側から読めないことのないよう、補助量水標などを考える。
- ② 作業安全上の改善（手すりや安全な階段）
- ③ 浮子投下機の改良。岸から浮子を投擲している例もあるが、投入位置がわからないので問題がある。

(9) 新手法の導入

これまで流量と言うと、低水は可搬式流速計、高水は浮子で観測するものとの思い込みがある。しかし、ダムよりの放流が十分の精度まで測られている場合には、それを公表流量としてもよいのではない。また新技術による流観方法（例えば超音波流量計）の設置されている観測所で在来法の流量と比較して十分な一致を見ていて、かつ水理・水文的に妥

当な方法であれば、これを公表流量としてもよいのではない。その場合の観測に関する関連情報の公開は必要である。

6. 品質管理

国土交通省の水文・水質データベースに入力されている雨量・水位・水位流量曲線を対象とした。データを前半年、後半年に分け、半年ごとにデータの品質管理を行い、その結果を各地方整備局等ごとの委員会に報告している。その手法は、まず標準 AQC（Automatic Quality Check）を行う。これは雨量や水位が、常識的な値を設定して、それを越えていないかを見るものである。次に高度 AQC を行う。これは、あるアルゴリズムに従って品質を判断するものである。これで判断のつかないものには MQC（Manual Quality Check）を行う。正常値と判断されなくても、異常とは判断できないものは、そのまま正常値の中に残すことにしている。そのアルゴリズムの内容は次のようなものである。

(1) 雨量

- ① 標準偏差による照査：時間雨量、日雨量について、各観測所ごと、月ごとに長年の平均値及び標準偏差を求め、 $\text{平均値} + n \times \text{標準偏差}$ を越えたものを異常値として照査する。 $n=3$ をとっている。地域性・季節性が導入されている。
- ② 近隣雨量との相関：近隣（複数）観測所の雨量と相関をとり降雨の時系列がずれていないか、欠測に類する障害などがないかを調べる。つまり波形が相似かを調べる。
- ③ 累加雨量の比較：ある期間を決め、その期間内の総雨量が周辺の 3ヶ所の雨量計から平面近似をして推定された雨量との相違が著しくはないか。つまり全量が周辺と整合しているかを調べる。

(2) 水位

- ① 上下流水位の相関：上、下流の水位時系列を

ずらして相関をとり、相関が最大となるよう
なずらし時間を探す。ずらし時間が水理的に
妥当な値かを調べる。水位波形を適切に選べ
ば、潮汐の遡上の場合にも適用できる。

- ② 水位の一定時間の継続：地域により、季節に
より、流域面積により決められている継続時
間より長時間、水位が一定なのは異常とみな
す。
- ③ 水位の急激な増減：ある閾値を越えて水位が
上昇又は下降した場合、上昇については流域
の雨量と比較し、下降については指数低減よ
りはずれているかを判断して異常と決める。
- ④ 水位ピーク発生の順序：上流から下流へ、水
位ピークの発生が順番になっているか。遅れ
時間は①で述べたずらし時間と整合するか。
また幾つかの出水について、水位ピークの走
時曲線を作成して異常な伝搬がないかを調
べる。

(3) 観測流量

- ① 流量ピークの発生順序：上流から下流へ観測
流量のピークの発生が順番になっているか。
遅れ時間は水位ピークの場合と類似か。水位
ピークの走時曲線と重ねて、水位ピークより
流量ピークの方が先に発生していることを確
かめる。
- ② 水位流量曲線において：
 - ・ $Q=0$ における水位が河床高よりも低くない
か。河床高よりも異常に高くないか。
 - ・ 曲線分離点と断面形の変化点（例えば高水
敷高）と一致しているか。
 - ・ 流観最高水位より HQ 曲線入力最高水位の
方が低い（外挿していない）か。
 - ・ 縦軸に水位、横軸に流量をとった時、時系
列としての水位・流量が洪水では反時計ま
わり、潮汐では時計まわりか³⁾。

7. まとめ

上に述べた諸課題は、水文観測所の現地踏査やデ
ータ照査さらに品質管理業務で明らかになったもの
である。これらはすべて（財）河川情報センターに
おいて平成 13 年度、平成 14 年度の報告書としてま
とめられ、担当の各地方整備局、北海道開発局、沖
縄総合事務局へ送られると共に河川局の水文観測検
討会でも報告された。現地で解決できるものと全国
共通で解決するものに分け、共通的な課題について
は（独）土木研究所などの協力により解決して行く
積りである。

約 50 年前に資源調査会が総理大臣に報告した水
文学資料の欠陥よりは大幅な改善がなされたと思う。
例えば 50 年前には低水・高水流量とも精度が悪い
ときめつけられたものが、概ね精度は著しく向上し、
問題箇所でも、どのように精度が悪いかが具体的に
わかるようになった。評価方法が今と相違するので
正確には言えないが、今ならまさかこんな値にはな
らないと言える。これは 50 年間の大きな進歩と言
えよう。このような進歩を指導した国土交通省河川
局地方整備局等、（独）土木研究所、（財）河川情報
センター及び下支えをした観測人、メーカー、コンサ
ルタント、流観業者の各位に深甚なる感謝の念を示
すものである。

参考文献

- 1) 安芸皎一（資源調査会議長）：水文学資料の欠陥に関す
る報告、資源調査会報告第 9 号、経済安定本部資源調
査会、昭和 26 年（1951 年）9 月 25 日
- 2) 木下武雄：等流 HQ 式による流量の照査、水文・水資
源学会、2001 年研究発表会要旨集、pp.30～31、2001
年 8 月
- 3) 木下武雄：超音波により連続的に観測された洪水・潮
汐の流量変化の不定流としての挙動、防災センター研
究報告第 27 号 pp.1～11、1982 年 3 月

(2003. 4. 11 受付)