

日本における雨量・水位等の観測網

Hydrological Networks in Japan

国立防災科学技術センター 正員 木下武雄

はじめに

日本においては雨量・水位等の水文要素の観測は多くの機関により分担して実施されている。この点については観測の根拠となる法律の体系にも問題がある上に幾つもの組織が関与していて、すべてが明快に割り切れているわけではない。測器については日進月歩であるのに、規程などがそれに伴わないといった面もみられる。それらについて主として技術的な面について、以下にこれまでわかったことを要約して、¹⁾ここに述べさせていたとき、諸賢のご批判をあおぐ次第である。

1. 観測網

こゝでは降水量・水位及び流量・蒸発量・雪・地下水に関する観測網について一べつしたい。なおここに掲げた箇所数などは公式なもののみについてであり、また統計年次にも一年程度の前後があることを予めお断りしておく。公式とはそれぞれの機関の協力によりえられた資料によるということで、この他にも一時的・又は特別な目的のための箇所は幾つか存在すると思われる。

1.1. 観測網の現況

1.1.1. 降水量

降水量の測定には地上に雨量計をおいて、雨量計の中へ入った水の量を測るという手法を用いている。その量を人手によって測る器械を指示雨量計（気象業務法・国土調査法）又は普通雨量計（河川法）と呼び、記録ができる器械を自記雨量計と呼ぶ。現在、わが国で設置されている雨量観測所のうち気象庁・建設省・各都道府県・水資源開発公団及び電気事業者等において観測されているものは表1のように合計約6,000である。これでわが国土面積を割れば、1箇所あたり62.6km²となる。これは世界気象機関の最低基準⁴⁾

表1 雨量観測所数

所 属	気 象 庁	建 設 省	各 都 道 府 県	水 資 源 開 発 公 団	電 気 事 業 者 等	合 計
観測所数	2,187	2,029	1,115	40	657	6,028

によってみると、温帯の山岳地方としての100～250km²よりは密であるが、非常に不規則な降水分布で山がちで2万km²以下の島としての25km²よりは疎である。恐らく世界的にみて密な部類に入るだろう。

気象庁で管理している雨量観測所は地域気象観測システム（AMeDAS）に組み入れられつつあり、昭和53年度末に完了する。雨量計には転倒ます式を用い、雨だけを測るところが473箇所、4要素（雨・風向風速・気温・日照時間）が839箇所、雨については17kmメッシュ、他の4要素については21kmメッシュのおおむね等密度で全国を覆っている。AMeDASでは電電公社の電話回線によって東京の地域気象観測センターに毎正時ごとに収集され、ディスクバックに記録される。こうして収集された観測データは、予め定められた時間ごとに指定された官署に配信される。

建設省と北海道開発局が管理する一級河川においては普通雨量計により、自記雨量計又はテレメータ式の雨量計を併設して観測している。データは事務所・地方建設局・本省の各段階に集収・チェックされて印刷物となる。表1の他にも農林水産省・日本国有鉄道・学校などで観測されているが、数はあまり多くはなくあるいは資料の保存状況があまりよくない。今後、調査の上まとめたい。

気象庁・建設省の雨量観測所の高度別の分布をみると図1のようになる。図中実線は国土面積の高度別である。これと比べ気象庁（点線）は低い高度で分布が密であり、1,500m以上で面積の高度別と同じである。建設省（破線）は100m～500mの高度で分布が密であり、高山では疎である。この事実は各省庁の雨量観測の目的のちがいと合致していて大へん興味ぶかい。

1.1.2. 水位及び流量

水位は湖沼・貯水池などの水の存在量を示すものでもあり、河川などでは水位流量曲線を介して流量に変換するための重要な量である。水位観測では水ぎわに立てた量水板を人が読む器械を指示水位計（国土調査法）又は普通水位計（河川法）と呼び、記録する器械を自記水位計と呼ぶ。水位から流量を求める観測所を水位流量観測所（国土調査法）又は測水所（電気事業法）と呼ぶ。現在わが国で設置されている水位流量観測所のうち建設省・通商産業省・農林水産省・水資源開発公団・電気事業者等において実施されているものは表2のように合計約2,400である。1級河川に関わるもののみではないが、1級河川の概数110で割

表2 水位流量観測所数

所 属	建 設 省	通商産業省	電気事業者等	農林水産省	水資源開発公団	合 計
観測所数	1,460	30	705	168	23	2,386

れば、1河川あたり22箇所となる。わが国土面積を合計で割れば1箇所あたり158km²となる。上記以外の機関として都道府県・水道企業者などがあると思われるが、水位流量観測の困難性からみてあまり多くはないと推定される。

水位流量観測で歴史のあるものは電気事業法に基づく測水所でその数の推移は表3の通りである。

1.1.3. 蒸発散

蒸発散は降水とともに水循環の基本的要素であるが、測定 of 困難さゆえに定った観測方法はない。

口径120cm、深さ25cmの大型蒸発計による蒸発量は気象庁において14箇所で測られている。

27,000km²に1箇所となる。WMOは湿った温帯では50,000km²としているが、これで十分だろうか。

1.1.4. 雪

雪は降水の一部ではあるが、その様態として降雪・積雪・融雪があり、それぞれ社会に対する影響にちがいがあ。気象庁の刊行物には降雪・積雪などをのせるが、あまり統一したものではない。

表3 通商産業省関係測水所数の経緯

調 査 期 間	直轄測水所	指定測水所	合 計
明治43年～大正2年	852	0	852
大正3年～同12年	415	0	415
同13年～昭和4年	502	0	502
昭和5年～同12年	107	453	560
同13年～同22年	78	390	468
同23年～同32年	30	390	420
同33年～同42年	30	767	797
同43年～同51年	30	730	760
同52年9月	30	705	735

1.1.5. 地下水

地下水の観測としては地下水位が対象となる。建設省・農林水産省・通商産業省・運輸省・都道府県市によるものは表4のように合計1,300である。これでわが国土のうち高度100m以下の面積を割れば1箇所あたり81.2km²となる。

表4 地下水の観測所数

所 属	建 設 省	農林水産省	通商産業省	運 輸 省	都道府県市	合 計
観測所数	562	65	203	3	467	1,300

1.2. 観測の問題点

1.2.1. 法律の体系の矛盾

気象業務法・国土調査法・河川法・電気事業法などによる呼称の不統一はすでに述べた。雨量観測において指示計を基準とすべきか自記計を基準とすべきかについては国土調査法降水量調査作業規程準則によれば「自記雨量計による観測は、自記雨量計に併設された指示雨量計による観測結果に基づき自記紙に記録された降水量又は時刻を補正し……」となっているが気象業務法には別段の定めはない。気象庁は気象業務法に基づいてAMeDASを推進したが、国土調査法の方針とは一致していない。しかし、この不一致はまた重大な示唆を与えるものでもある。すなわち、雨量とは雨量計に溜った水の量とする考え方で十分か否かということである。一点での雨量観測の精度が落ちても、広がりのある空間、例えば流域への流入としての雨量を正確に観測することに主眼をおくならば肯定できる不一致である。いずれにせよ文面上は整理しておかなければならない。

1.2.2. 観測の確実性の向上

同じ自然現象は二度と起きない。したがって自然現象の観測をたとえ一時的にしろ失敗したり欠落すれば記録上に永久に残る欠測となる。現在は各種の機械が進歩したとは言え、決して完全とは言えない。これを防ぐ第一の方法は故障をチェックする人である。観測の確実性を増すためには観測員がついていなければならない。国土調査法で指示雨量計の併置を義務づけたことの意義はここにありと推量される。第二の方法は自記計を2台併置することである。データの重要性からみれば2台の併置に要する金額は安いと言える。

人手によらざるを得ない手順と、器械に任ずることのできる手順とははっきり区別して、人手によらざるを得ない手順については、適切なる観測員を指令すること、さらに観測員が早く引き上げられるような報しゅうと、万一の場合の補償とを準備しなければならない。指示水位計の読取は1日2回6時・18時に行うことになっているが、年間通してみれば全回数の半分は日の出前又は日没後になっているわけで、観測員の拘束時間の長さと考えれば、現在の観測員が極めて低い報しゅうと不安定な補償しか与えられてなくて社会常識を逸脱した状態にあると言える。

1.2.3. 冬期の降水量観測

これまで冬期の降水量観測が困難であるため、冬期は観測所を閉鎖する例が多く、貴重な水資源である雪の実態が充分に測れていない。地方によっては雪は年降水量の半分以上を越えるところもあり、冬期の降水量観測には改良すべき点が多い。そのうち主なものは

- ① 風よけをつけて、受水口へ適正な量の雪が落下するように導くこと。
- ② 電熱器をつけて雪を溶かして計測できるようにすること。ただし適切な電熱が要求されること。
- ③ 積雪面と受水口の高さとの関係を一定に保つこと。

などの問題があるが気象庁ではAMeDASに冬期の降水量も含むように改良中である。

1. 2. 4. 水位観測資料の連続性

水位観測資料が時系列として連続しない場合がある。それは①河床変動、②移設、③零点高の混乱などによる。河床変動のうち河床上昇は水位観測井をつまらせるなどの害をするが、横穴をあけるとか、横導水管を掘り出すとか対策がある。しかし河床低下は観測井を全く無用にしてしまう。この場合気泡式だとパイプを延長するとか、リードスイッチ式だと測定柱を下にもう一本打つとかで解決できる。

移設は河川改修などに伴ってしばしば行われる。これまで測っていた箇所が廃川となる場合もある。また器械の更新、出水による流失、調整のミスで零点が混乱してしまうことがある。記録に折返し機構のついているものには充分注意が払われるべきである。

1. 2. 5. 検定

雨量計・発電水力調査用の流速計にはそれぞれ明確な検定規則があるが、これまで考えられている検定は金物としての検定である。現地で稼働している器械が十分な精度であるかという検定、さらに観測システムとしての検定をどうするかは今後に残された問題であろう。

1. 2. 6. 新しい観測方法と古い観測方法の比較

新しい観測方法が導入されるときには古い方法との比較を行わねばならない。しかし技術革新によって測定数の著しくちがった新しい方法が開発された時にどうすればよいのか。地上雨量計とレーダー雨量計、回転式流速計と超音波流速計の2つの場合について、空間的、時間的スケールのちがいと問題点をすでに報告した。⁵⁾ えてして金物の比較のみをしがちであるが、システムとしての比較を今後、大いに考えていかなければならないであろう。

2. 観測の新しい方向

法律上の問題などはあっても新しい観測方法を導入して確実性の向上につとめなければならない。ここに少数の例をあげて、そのような努力の一端を述べたい。

2. 1. 超音波による河川の連続流観⁶⁾

超音波で測る流速は瞬時値である。回転式流速計で求められる流速はより長い時間(20秒以上)の平均値であり、これを横断的に一断面の流量観測にまでもって行くためには数十分かかる。水位流量曲線はこれら流観の平均値といえることができる。超音波による流速と回転式流速計による流速との比較はすでによく一致することが確かめられているので、超音波による流速に断面積を掛けて求めた流量と水位流量曲線による流量とを比較すると、果してどうなるだろうか。

北上川登米(3.24 km)における小出水の例においてみると図2のようになる。これをみて第1に言えることは水位のピーク発生よりいずれも超音波による流量ピークが早く現れていることである。この点についてはすでに約25年前に米田⁷⁾等により洪水波の性質の一つとして実測・計算で示されているが、注目すべき現象である。第2には低水で超音波による流量は水位流量曲線による流量と一致しているが、ピーク付近で両者のちがいが目立つ。さらに超音波による流量の低減部で両者のちがいが多くなる。この様な事情は図3の水位流量関係で一層明らかになる。水位流量曲線による方法では当然上に凸の一価関数となるが、超音波による流量と水位との関係は幾段ものループを描く。ループは反時計まわりで流量のピークが水位のピークに先行する。流量 Q 、川幅 B (一定)、流速 v 、水深 h とおくと $Q=Bvh$ となる。 v のピーク $\partial v/\partial t=0$ がはじめに、 h のピーク $\partial h/\partial t=0$ があとで現れるので、 Q のピーク $\partial Q/\partial t=0$ が中間に現れる。

このように考えると、水位流量曲線はもともと定流に対して成立つ関係ではあるが、孤立波となると、立ち上り部は上に凹の曲線となってしまうわけで、水位流量曲線の利用に大きな疑問を投げかける。超音波利用についてはノイズ除去のための新しい手法、例えば相関式流速計などの発展も期待されているので、現在すべての河川に即座に可能とは言えないが、以上の理由からもっと広く用いられてしかるべきと考えられる。

2.2. 着色された量水板

6時と18時とに普通水位計を読むことは大へん困難であることは前にも述べた。水位観測が器械化する中で、人力作業を少しでも確実にするために考案されたのが着色された量水板である。これまで、水位の記録を入念に追跡すると1m程度の飛躍がみられることがあった。勿論そのような現象が非現実とは言わないが、従来の量水板は余程馴れていないと、m単位が目盛があいまいであるため、1mの読み違いが発生する可能性があった。そのため1mごとに量水板の色を変えることにした。10色選べれば問題ないが人の判別力、塗料の耐久性からみて5色を5mのサイクルで変えることにした。色および色順は0m、1mの順に白、黄、赤、緑、橙とした。5m、6mと同じ色順が繰返される。誰が見ても赤の量水板に水面がきていれば2m、7m、12m……のいずれかであることがわかる。5m以上誤ることはまずないので、極めて観測の確実性が高い。1m以下の単位にも同様の色順をつけることも可能ではあるが、1mの長さの内を読み取るのはたいして困難ではないこと、製作費の上昇を考えて1m単位とした。すでに3年ほど試用され成果を上げている。

3. まとめ

これで、すべてが尽されたのではなく、水文観測にまつわる諸問題のうち、観測網の現状と、問題点と、解決への努力の一例を述べただけである。上に述べた以外にも水文観測向上のために解明すべき気象学的・水理学的問題も多い。水理講演会の課題に水理・水文に関する観測がとり上げられた機会に、著者の愚考を述べさせていただいたことを感謝いたします。

参考：

- 1) 科学技術庁資源調査会報告79号：水情報システムの現状とその改善に関する報告、昭和53年10月31日
- 2) 気象庁：札幌・仙台・東京・大阪・福岡の各管区气象台及び沖縄气象台観測所一覧表、昭和51年4月1日
- 3) 建設省河川局河川計画課：雨量及び水位観測所数調書、昭和52年4月
- 4) WMO: Guide to Hydrological Practices, WMO-No.168
- 5) 木下武雄：水調査作業基準の問題点とその改良、水資源に関するシンポジウム、1977年10月25日
- 6) 奥島基良ほか：超音波流速計による二、三の河川の連続流観と超音波相關式流速計の研究、本水講
- 7) 米田正文：淀川計画高水論

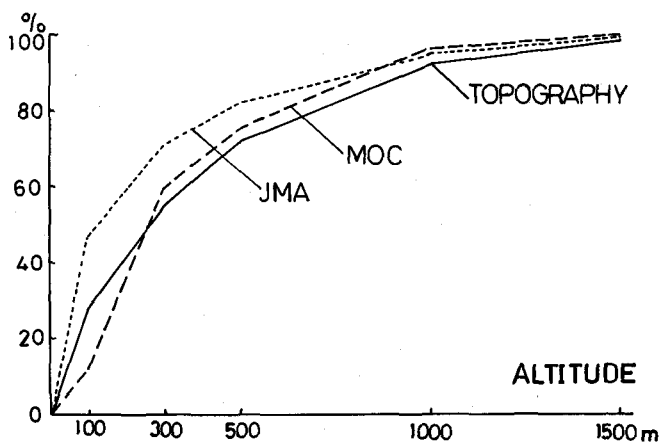


FIG.1 RAINGAUGE DISTRIBUTION

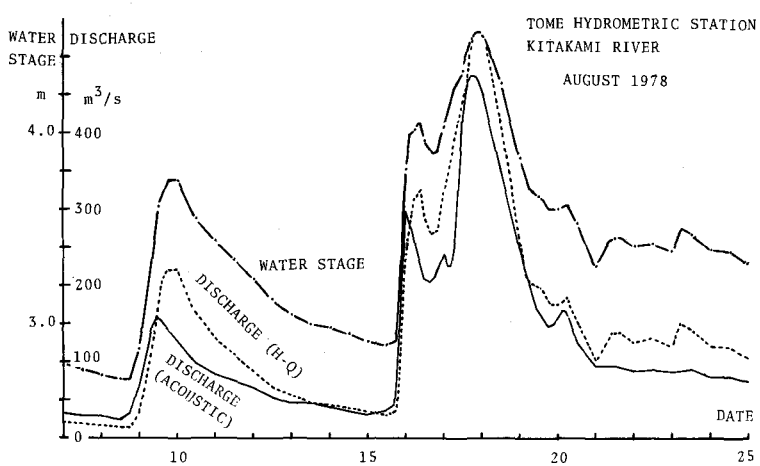


FIG. 2 COMPARISON OF DISCHARGE HYDROGRAPH (ACOUSTIC) WITH THAT (H-Q)

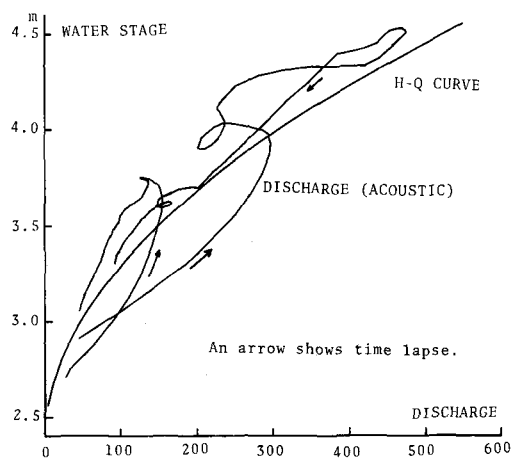


FIG. 3 WATER STAGE DISCHARGE RELATION
TOME HYDROMETRIC STATION