

既設の水路と水槽を利用した流出解析のための流量観測

加治佐 隆 光

三重大学生物資源学部

Discharge Measuring for Runoff Analysis Using Existing Channel and Tank

Takamitsu KAJISA

Faculty of Bioresource, Mie University

Summary

The precise discharge given by actual measurements is needed for hydrology and so on. But some of the measurements are taken under limited conditions.

The discharge measurements discussed in this paper were tried at the end of our university farm. The channel and the road could not be reformed for measuring.

Under this condition, the electrometric water depth was measured by immersion-type level transmitter settled in the tank at the upstream end of the steep channel. The calibration of the discharge based on this water depth was tried.

The general relation between the discharge and the water depth was confirmed in the small range of discharge. Parameters for the improvement of the accuracy of calibration was discussed. One of the time series of measurements was given for investigation.

Key words: runoff, discharge measurement

I. はじめに

洪水流出の検討などに際しては降雨量および流出量の測定と自記記録が必要となるが、常に恵まれた測定条件が与えられるとは限らない。

例えば、著者は当大学附属農場で流出量を測定しているが、農場全体からの流出の測定を試みた際に、計器の一部を学外の市道に置く必要が生じた。

このような場合、多少の精度の減少を覚悟しても、通行事務および通水事情に支障が生じないように測定システムを構築する必要がある。

そのようなシステムの構築についてはあまり事例報告

が見られないように思えるので、以下では、まず、その構築について著者の試みた結果を示して検討を加える。

そして、予備実験の段階ではあるが測定値の一例を示して検討する。

II. 地区概況

本論中、流域としたのは Fig. 1 に太線で囲んである当大学の附属農場の一部である。この流域の面積は 135000 m² であるが、そのうち山林 16000 m² を含む。

そこからの流出量測定には図中に示してある測点 A、B の 2 箇所で流出量測定の必要がある。それら測定箇所付近の形状を Fig. 2 (a), (b) に示す。

測点 A は学内であるので計測システム設置の施工が

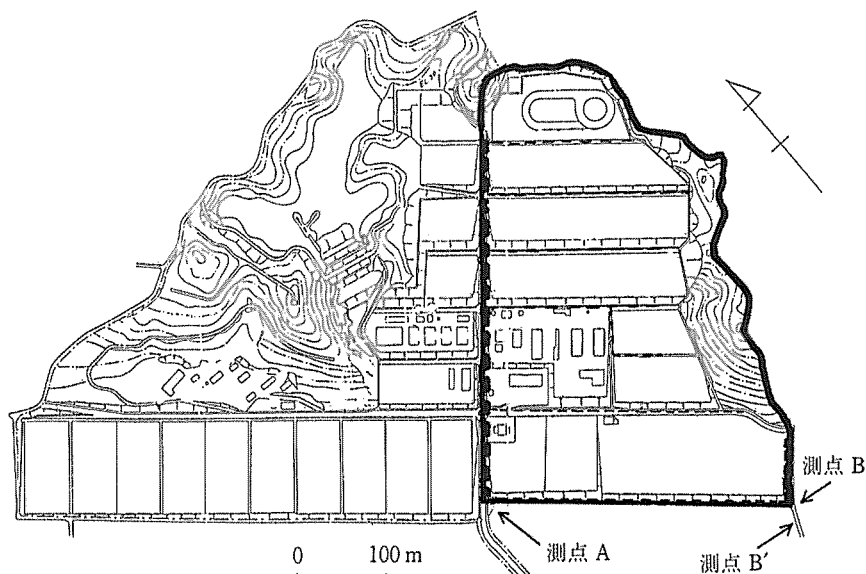


Fig. 1. 地区概況図

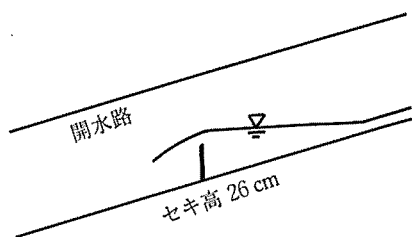


Fig. 2 (a). 測点 A

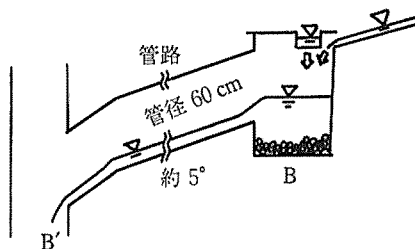


Fig. 2 (b). 測点 B と B'

可能である。この測点では水槽にフロート式の水位記録計を設置して、その読みを流出量 Q_a に換算する。堰は高さ 26 cm の全幅堰とした。

一方、Fig. 2 (b) に示されている測点 B では学外での計測となる。この測点では投げ込み式水位計を道路下の水槽内に置き、そこからコードを引いて水位計からの出力を学内で記録し流出量 Q_b に換算することとした。堰の設置は実質的に不可能である。このような箇所での水位測定と流出量 Q_b への換算について以下にまとめる。

Ⅲ. 水槽内水位と流出量の測定

1. 水位測定

測点 B で用いた投げ込み式水位計の外形は長さ 13

cm、直径 2 cm の棒状である。電流による出力との特性は次式に示されている。

$$H = 3(A - 4) / 16 \quad (\text{ただし, } 0 < H < 3)$$

H: 水深 (m), A: 電流 (mA) である。

水位変動の時間的変動が未詳な測定初期の段階では、上記の電流に生じる時間変化を特にアナログ記録計で記録する必要があると思われる。また、幅に限りのある記録紙の有効利用を考慮すれば、記録紙のはし近くで越流水がゼロとなるように電圧を調整する必要がある。そういったことも考慮した電源、水位計と記録計の連結部を Fig. 3 に示す。記録する電圧を図に示した可変抵抗で調整した後は、記録電圧 V によって水位は一義的に定められる。

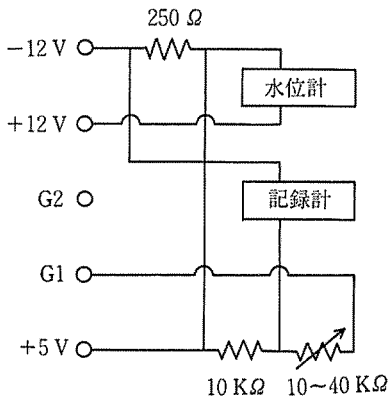


Fig. 3. 測定 B での電圧の記録

一方、水槽の下流側にある管路内の流れは射流で流れているので、水槽と管路との連結部には限界水深の生じていることが予想される。このような流れは、堰を越流する水の流れと同様であるので水槽内水位によって流出量は一義的に定められる。

結局、電圧 V によって流出量 Q_b は一義的に定め得ることとなるので、この関係について検討した。

2. 記録電圧から流出量への換算

まず、流出のある時に、記録電圧 V をテスターで測定して、その際の記録紙での読みとの対応を確認した。また、Fig. 1 に測点 B' と記入してある箇所、流出を 15 l の容器で受け止めて、これが満杯になるまでの時間 t_b を記録した。そして、15 l を時間 t_b で除して流出量 Q_b とした。1986年12月から1987年10月までの15回それらの測定を試みた。そのことによって得られた結果を

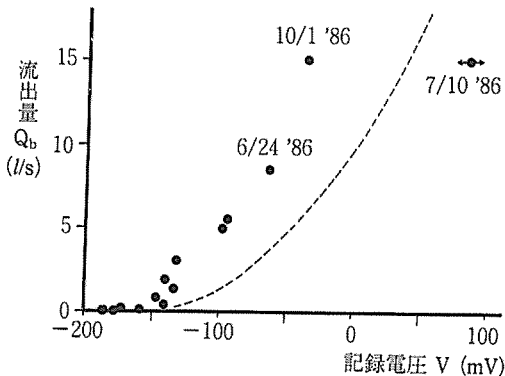


Fig. 4. 記録電圧と流出量との関係

Fig. 4 に示す。

図中の各プロットによれば、実測の流出量の範囲内では、電圧 V と流出量 Q_b にある一定の関係が確認できたように思える。ただし、これ以上に流出がある場合、容器の中で水が激しく渦巻くので時間 t_b の測定自体に困難が生じる。

また、一方、Fig. 3 で $10\text{ K}\Omega$ の抵抗を含む回路に流れる電流は抵抗 $250\ \Omega$ の回路へ流れる電流と比べて無視できるほど小さいと仮定すると、電圧 V と水位 h_b については次の関係式が得られる。

$$h_b = 3(V - V_0) / (250 \times 16)$$

h_b : 測点 B での越流水深 (m), V : 記録電圧 (mV), V_0 : 流出量が正になる際の電圧 (mV) である。

流出量 Q_b と水位 h_b との関係に、越流堰の式に示されている関係が成立するとして、 Q_b と h_b の関係を求めると次式を得る。

$$Q_b = 2C \int_0^{R^2 - (R - h_b)^2} (\sqrt{R^2 - x^2} - R + h_b)^{1.5} dx$$

Q_b : 測点 B での流出量 (m^3/s), C : 流量係数 ($\text{m}\cdot\text{sec}$), R : 管路の半径で 0.3 m 。

以上の二式に基づき、パラメータ V_0 を -175 mV 、流量係数 C を 1.7 として求めた記録電圧 V と流出量 Q_b の関係を Fig. 4 に破線で示した。ここで、 V_0 については、Fig. 4 で流出量が正になる際の記録電圧に注目して決定した。流量係数は、ここでの流れにナップが切れていないであろうことを考慮すればかなり近似的ではあるが、矩形ゼキのものを適用した。

実測値と上式による計算曲線は合致しないが、同一傾向を示し、 V_0 、 C の値により、両者を合致させることができる。

IV. 流出量の測定例

まず、測点 A での記録例を Fig. 5 (a) に示す。この場合の第 1 ピーク流出量は越流水深 h_a を 5.3 cm 、水路幅を 0.8 m とすれば、次式に従い約 16.6 l/s と推定される。

$$Q_a = 1.7 \times 0.8 \times h_a^{1.5}$$

Q_a : 測点 A での流出量 (m^3/s), h_a : 測点 A での越流水深 (m)。

次に、Fig. 3 に示されている関係を適用して得られた電

圧 V の記録例を Fig. 5 (b) に示す。図中の矢印に示してある第 1 ピークの記録電圧である -75 mV に対応する流出量は Fig. 4 からおよそ 7.5 l/s と推定される。

記録時間については停電の為、測定 B に関してあいまいであったので敢えて割愛した。

なお、Fig. 5 の各図の得られた1986年4月15日の日雨量は 38.5 mm/day であった。また、次式に基づく当日の API 指数は 8.0 mm であったことを付記する。

$$\text{API} = \sum_{i=1}^{20} (0.85^i R_i)$$

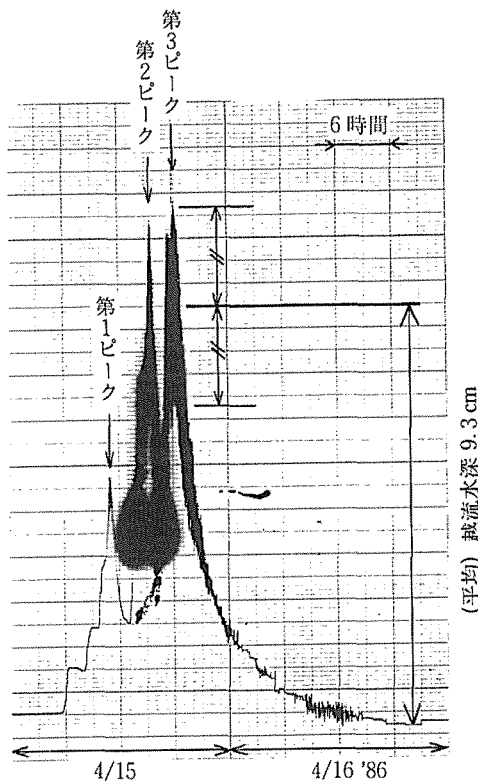


Fig. 5 (a). 測点 A での水位記録例

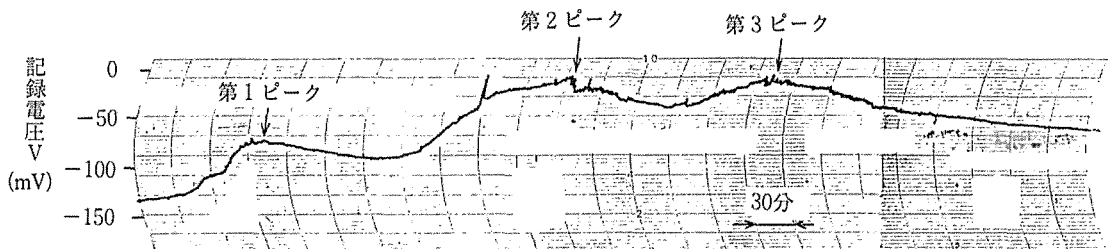


Fig. 5 (b). 測点 B での電圧記録例

R_i は当日から数えて i 日以前の日降水量。

著者の若干の経験によれば上記の API 指数は、小さい方であって、当日の初期土壌条件は比較的乾燥していたことが予想される。

V. む す び

以上のように、既設の水路と水槽を利用した流出解析のための流量観測施設の構築について検討を試みた。その結果、流出量の推定については、上述のパラメータ V_0 とか流量係数 C などを検討することによってある程度の精度で流出解析を行い得るものとの確証を得ることができた。以下に、測定に関する改良点を列挙して、本論のまとめとする。

流出量 Q_a の測定に関しては、以下の点を挙げ得る。

- ・ Fig. 5 (a) に示されている記録ペンの振動を検討した場合、少なくとも 1 時間に 2 cm 程度の記録密度が要求されているように思われる。

流出量 Q_b の測定に関しては、以下の 3 点を列挙し得る。

- ・ 記録紙の幅は小さすぎたように思えるが記録電圧の時間変動の様子からみて、デジタルの記録計の導入を検討する方が得策と思える。

- ・ 記録電圧から流出量への換算については、Fig. 4 をキャリブレーション・カーブとして使うのであれば、大きい流出量の測定に精度向上が要求される。

- ・ 停電のことを考慮して、電池駆動の記録計が好ましい。

以上のように、残された課題も多いのであるが、当大学の施設としていることでもあり、次に流出測定を試みる際の参考になるものと思える。

なお、本調査を行なうに当たり、測定機器の設置や雨量の測定値の利用など、種々、御指導を賜った附属農場前主事、小川幸持教授に深く謝意を表します。