

## 先行降雨指数による溪流取水の評価事例

加治佐 隆 光

三重大学生物資源学部農業土木学講座

## Evaluation of Possible Intake of Water using Antecedent Precipitation Index

Takamitsu KAJISA

Faculty of Bioresources, Mie University

### Abstract

The possible intake of water in an area with no large reservoir has been evaluated for planning-purposes. For example, this kind of study is effective for analysis of a run-of-river irrigation system.

For supplementing past discharge data, estimating the discharge due to precipitation data using a run-off model is effective. After the discharge estimated, a stochastic evaluation for planning will be tried.

In this paper, an approximated analysis with no successive data of measured discharge for making a run-off model is discussed. The stochastic relation between the API value given from precipitation data and small discharge  $Q$  is introduced as the stochastic model for estimating the discharge. This relation was computed using the least square program. If the order of discharge is in the effective range of this API $\sim$  $Q$  relation, the stochastic evaluation for planning the drought damage will be possible. In this case, the measured discharge data are needless to be successive for getting the API $\sim$  $Q$  relation. The other merits are as follows.

The error component of discharge given from the physical run-off model is as large as the range of days, because the longer the discharge estimated days are, the more difficult it is to estimate the water volume in the catchment area. Different from the physical run-off model, the error component of discharge is free from the length of estimated days.

When daily cumulative values (for example, dry days, cumulative insufficient water volume and so on) are used as an index for the possible intake of water, the errors of the index affected by variation of API $\sim$  $Q$  will be as small as the discharge estimated days being longer.

Since the API at 0:00 a.m. is used in this paper, the estimated  $Q$  of a rainy day is not in good agreement with measured one. So, this approximated analysis leads to a safer evaluation for drought damage.

**Key words:** API, run-off model, water resources, water management.

### 緒 言

一般的に、貯水池への流出量については、低水時のみ

でなく洪水時の流出量も含めて評価が行われる。しかし一方、溪流取水については貯水池がないので、低水時のみにおける河川の流出量と必要取水量との比較が特に重要である。

近年、筆者は流出量が、種々の都合で連続的に自記記

録されず、間断的に実測された流域における溪流取水の可能性の評価を試みた。その際に、既に知られている先行降雨指数 (Antecedent Precipitation Index, 以下、API) と河川低水量との関係を統計的モデルとして導入した。

一般的に、API は洪水流出初期の流域内の乾湿の程度を表すものとして、「初期」流量と表現された流出量との関係が確認されている<sup>1)</sup>。したがって、本論と同様に取水の可能性を検討する目的で両者の関係を取扱っている報告は、他には少ないと予想する。

解析の結果、この問題に対する上述の統計的モデルの使用は簡便であり、しかもある程度実用的であることを確認できたので、解析内容などを本論にまとめた。

なお、以下で溪流取水の可能性を判断する際には、必要取水量  $Q_{needs}$  を受益地の事情に合わせて 10.0 l/s とした。

## II. 流域の概況と流出量の実測

流域は、降水量の多い地方における面積 0.33 km<sup>2</sup> の山林である (Fig. 1 参照)。

流出量  $Q$  として、コンクリートの堤体部分に天端を 0.2 m 下げて設定した幅 0.4 m のセキ板を越流する流量を実測した (Fig. 2 参照)。越流水深  $h$  を実測して、(1) 式で求まる  $Q$  を実測値とした。

次式は、 $h$  と  $Q$  の関係式であるが、幅が 0.4 m の矩形セキと同様に、指数部に定数 1.5 を適用して、

$$Q = K \times 0.4 \times h^{1.5} \times 1000 \quad (1)$$

とした。 $Q$ : 流出量 (l/s),  $K$ : 係数,  $h$ : 越流水深 (m) である。

容量と時間の測定によって、 $Q$  を 6.0 l/s と求めた際に、係数  $K$  は 1.76 であった。この 6.0 l/s なる  $Q$  は、本論での重要な指標のひとつである 10.0 l/s なる  $Q_{needs}$  に近いと考え、厳密には定数でない  $K$  を近似的に 1.76 とした。

なお、上述のようにコンクリートの堤体部分とセキ板との天端の高さの差は 0.2 m であるので、 $h$  が 0.2 m 以上の場合、すなわち  $Q$  が 63.0 l/s 以上の場合には、流出量を過小評価する可能性がある。幸い、本論での  $Q_{needs}$  は、この 63.0 l/s よりも十分に小さい。



Fig. 1. 流域概況図

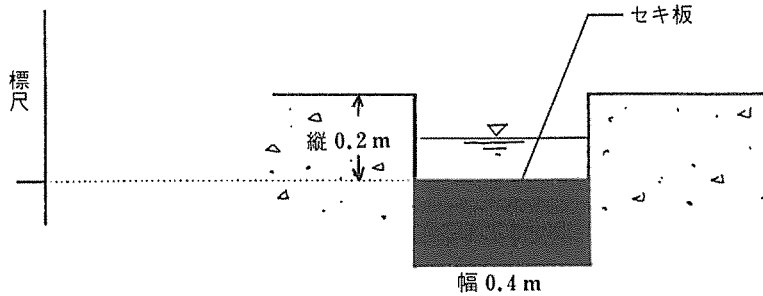


Fig. 2. 取水ゼキ付近の状況

### Ⅲ. API と流出量の関係

日々の API は次式で定義した。

$$API = \sum_{i=1}^n \alpha^i \cdot R_i \quad (2)$$

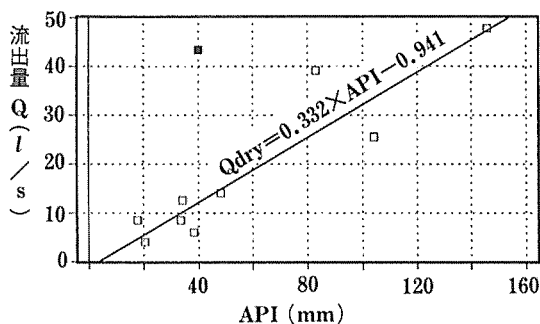
API: 先行降雨指数 (mm),  $n$ : 日数 (days),  $\alpha$ : 係数,  $R_i$ :  $i$  日以前の日降水量 (mm/day) である。 $n$  と  $\alpha$  の数値を決定するための規則は特にない。ここでは、文献<sup>2)</sup>に同じく、 $n$  を 20 とし、 $\alpha$  を 0.85 とした。

具体的に、地方気象台で得られた日降水量に基づき(2)式から求まる API と、(1)式から得られた  $Q$  の実測値の関係を Fig. 3 に示す。

Fig. 3 中、黒印は日降水量 82 mm/day の雨天日での結果であるが、それ以外の晴天日での結果についてのみ、API と  $Q$  の相関関係を確認できる。そこで、以下では、流出量  $Q$  を晴天日の流出量  $Q_{\text{dry}}$  と雨天日の流出量  $Q_{\text{rain}}$  の 2 つに分けて考える。晴天日と雨天日それぞれの定義については当日の日降水量  $R_0$  を適用して後述する。

API と  $Q_{\text{dry}}$  の相関関係について、最小二乗法で得られた経験式を以下に示す (Fig. 3 参照)。

$$Q_{\text{dry}} = 0.332 \times API - 0.941 \quad (3)$$


 Fig. 3. API と  $Q$  の相関関係

なお、幸い、本論での  $Q_{\text{needs}}$  は上式に示される相関関係の適用範囲内である (Fig. 3 参照)。

一方、 $Q_{\text{rain}}$  の大きさの評価に関する詳細は不明であるが、特に少なめに見積もった  $Q_{\text{rain}}$  である  $Q_{\text{rain,min}}$  を、

$$Q_{\text{rain,min}} = Q_{\text{dry}} \quad (\text{case A}) \quad (4-1)$$

と表記できる。また、取水の可能性を評価する際に、 $Q_{\text{needs}}$  より大きい  $Q_{\text{rain}}$  はほとんど意味を持たないので、特に多めに見積もった  $Q_{\text{rain}}$  である  $Q_{\text{rain,max}}$  を、

$$Q_{\text{rain,max}} = Q_{\text{needs}} \quad (\text{case B}) \quad (4-2)$$

とした。

晴天日と雨天日のいずれかの場合に相当する任意の日の  $Q$  を推定する際に、推定値として最小・最大値を求める場合をそれぞれ caseA, caseB とする。

caseA では、(3)、(4-1) 式が適用される。同様に、caseB では、(3)、(4-2) 式が適用されるが、最大値を見積もるために (4-2) 式の適用条件が最も広い場合を考え、当日の日降水量  $R_0$  が正の場合に (4-2) 式を適用することとする。

このような理由によって、本論では、 $R_0$  が 0 に等しい日についてはこれを晴天日として (3) 式を適用する。 $R_0$  が正の日についてはこれを雨天日として、caseA で (4-1) 式、または caseB で (4-2) 式を適用する。

### Ⅳ. 考 察

溪流取水の可能性に関し、 $Q$  が  $Q_{\text{needs}}$  以下となる日数の百分率を評価基準として危険率と定義し、算出することとした。この危険率が小さいほど取水の可能性は大きいと考える。

Table 1. 月別の流出量の頻度 (%)

case	R <sub>0</sub>	Q (l/s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	備 考
A		0～10.0	81	69	53	24	26	23	32	49	29	42	57	84	←危険率
		10.0以上	19	31	47	76	74	77	68	51	71	58	43	16	
B	0	0～10.0	67	53	35	14	17	13	23	32	18	29	42	68	←危険率
	0	10.0以上	13	22	30	43	46	38	34	26	37	36	30	12	
	正	10.0	20	25	35	43	37	49	43	42	45	35	28	20	

(1964～1989)

具体的には、地方気象台で入手可能な1964年から1989年までの26年間について求まった日々の日降水量と API に従って、caseA, B それぞれについての危険率を求めた。

結果を Table 1 に示す。表中、例えば1月には、危険率は caseA で81%、caseB で67%である。結局、この1月の危険率は67～81%の範囲にあることが示されている。

Table 1 中の危険率を概観してみた場合、冬には夏よりも危険率が数十%大きく、冬には特に取水が困難で計画危険であることを確認できる。

なお、caseA, B での危険率の差は10%程度であって、夏冬での危険率の数十%といった差よりも小さい。すなわち、この程度の結論を得る目的では、caseA のみの計算結果の提示でも、計画危険率が大きめで安全側であることもあって、支障ないと思える。

本解析の手法上のおおまかな利点と欠点を以下にまとめる。

利点1：上述のように、流出量の実測日が間欠的でも対処でき簡便である。

利点2：貯留型の物理的モデルと異なり、推定流出量の誤差が累積しないので、長期間にわたる解析には有利である。

利点3：本論での危険率のように評価基準の算定に(3)式が複数回適用される場合、(3)式自体に含まれる誤差が相殺されることを期待できる。

利点4：本論での caseA のように計画安全の側の評価を得たい場合には有効である。

欠点1：API と相関関係のある流出量の範囲内に必要

取水量がなければ、取水の可能性を検討できない。

欠点2：雨天日の Q も含めて評価基準を算出する際には、本論での危険率のように結果に区間幅が生じる。

## V. お わ り に

以上、事例報告を通して、API を適用して溪流取水の可能性を検討する際の利点および留意点を提示した。

溪流取水の可能性を検討する為には、本論で提示した危険率と同様に、補給水量の大きさなどについても評価し得ると考えるが、ここでは説明の為に省いた。

水位観測に際しては、新宮市役所教育委員会の方々、解析に際しては、専攻生の石川正明君に協力を得た。記して謝意を表する。

## 引 用 文 献

- 1) 岩井重久, 石黒正儀: 応用水文統計学, 森北出版, pp. 342-343 (1977)
- 2) 田中丸治哉, 角屋 睦: 流域土湿指標に関する一考察, 第42回農業土木学会京都支部研究発表会講演要旨集, pp. 63-64 (1985)

## 参 考 文 献

- 3) Akira GOTO and Mario Hayagan Sande: フィリピン・ミンダナオ島における灌漑計画のための低水流出解析, 応用水文 (1991)
- 4) 新宮市: 新宮市間沢浮島植物群落調査報告書 (1991)