

東京工業大学 正会員 日野 幹雄
 “ “ “ 長谷部 正彦
 熊谷組 “ “ 村松 繁

1. 要 旨

本研究は、これまでに著者らの考へてきたフィルタ-分離・AR法(これまで逆探法と呼んだが誤解をまねくので呼び替える)を、①短期単位(時間単位)に拡張すること、②長期流出の貯留関数の推定に応用することとを目的とするものである。一般に、降雨-流出系における流出構造を表わす指標としては、応答特性があげられると考えられる。本研究では、神流川の時間単位の水文資料の4洪水例の流出解析を行ない、各々の洪水に対して各流出成分の応答関数を求めて、これらを比較検討して神流川の流出特性を推定し、応答関数が降雨による要定であることを示した。また、最後に、神流川の地下水流出(日単位)の流出特性を表わす貯留関数のパラメータをも推定する新しい方法を提案している。

2. 観測資料の水文特性

本研究で用いる神流川の流域面積は、373.6 km²で、流域形状は細長く、幹川長は68 kmにあよぶ。地質的には古生質であり、急勾配であるため土壌の厚さは比較的に薄く、流域全体は適度の森林に覆われている。表-1に解析資料の水文特性を示す。

3. 短期流出解析

(a) 流出量時系列の流出分離

流量ハイドログラフの逓減部は、一なし二の変曲点をもつことが知られている。図-1には、 $\ln(y_0/y_t)$ を縦軸に時間 t を横軸にとってグラフにプロットしている。No.5の洪水が、3成分に流出分離されていることが示されている。この理由としては、このNo.5の降雨強度が他の3例の洪水よりも強いからだと推察される。このように、流出分離遅延数が決定されたので数値フィルタ-により流出分離する。

(b) モデルの適用

流出分離された流出成分の逓減部(下降部)にARモデルをあてはめる。この結果、4洪水例とも表面流出成分は、AR(2)、地下水流出成分は、AR(4)である。このように各流出成分のAR係数が推定されたので、このAR係数から流域の流出特性を表わす、応答関数が次式で求まる。

$$h_0^{(k)} = 0, h_1^{(k)} = 1/\gamma^{(k)}, h_2^{(k)} = a_1^{(k)}/\gamma^{(k)}, \dots, h_n^{(k)} = \sum_{j=1}^n h_{n-j}^{(k)} \cdot a_j^{(k)} \quad (1)$$

但し $n > 1$, $a^{(k)}$, l 成分のAR係数, $\gamma^{(k)} = 3.6 / (1 - a_1^{(k)} - \dots - a_p^{(k)})$

(c) 地下水流出系の流域特性

一つの流域において、地下水流出成分の流出特性(AR係数・応答関数)は、降雨のパターンにかかわらず不変であると考えられる。神流川の地下水流出系に関しても、No.9のAR係数を用いて、他の3洪水の地下水流出成分時系列に適用して降雨を逆推定し、その降雨を用いて流量を再計算

	No.9	No.12	No.14	No.5
降雨強度	5.69	5.60	4.59	6.58
総降雨量	119.4	231.6	165.2	175.4
流出率	0.76	0.95	0.68	0.92
ピーク流量	318.0	1220.0	672.0	1110.0

表-1 水文特性

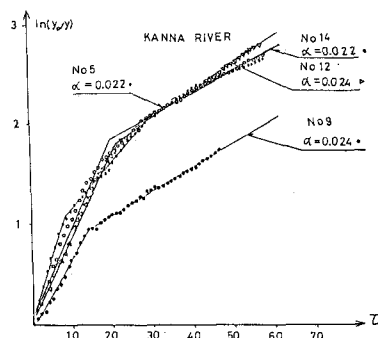


図-1 $\ln(y_0/y_t)$ と t の関係

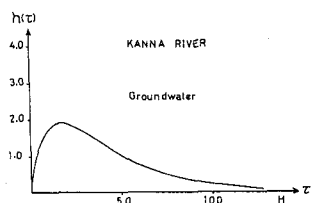


図-2 応答関数(地下水流出)

し、原時系列と比較すると、ほぼ一致していたことから神流川の地下水流出成分の流出特性は、降雨強度や年度に関係なく不変であることが確かめられた。図-2に地下水流出系の応答関数を示す。この結果、神流川では、ピーク流量に達するのは、17~18時間位で、全部流出するのは、150時間(6日)位である。

(d) 表面流出系の流域特性

流出分離した表面・中間流出成分にARモデルを適用すると、No.9、No.12、No.14の表面・中間流出成分とNo.5の表面流出成分のモデルの次数は、2次であった。No.5の洪水は、図-1から理解できるように流量の逓減部に、2つの変曲点があり、3成分に流出分離した。表-1に示した様に降雨強度は、No.5が一番強く、この降雨型は、豪雨型であると考えられる。図-3に表面・中間流出系(No.5は、表面流出系)の応答関数を示す。この結果、4洪水の例ともピーク流量に達する時間位は、5~6時間位から、流出しおえるのは、30~40時間位の間にある。各洪水毎に検討すると、No.9、No.12、そしてNo.14の平均降雨強度は、表-1より、順に小さくなり、応答関数のピーク流量もわずかではあるが順に低くなっているが、応答関数の形としては、ほぼ一致していることがわかる。なお、No.5は、表面流出成分のみの応答特性と考えられるので、他の3例に比べると応答関数は、鋭い立ち上がりをもちピーク流量も高く、かつ流出しおえる時間位短いことがわかる。以上のように、神流川の表面・中間流出系の流出特性は、地下水流出系のそれと同じように、不変であることが推定された。しかし、表面・中間流出系の流出機構は、流域面積の大きさによって異なるとも考えられる。(例えば、梓川流域($A=0.396\text{ km}^2$) のような場合)

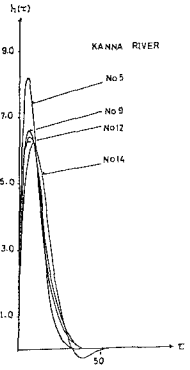


図-3 応答関数(表面流出)

4. 地下水流出系(日単位)の貯留特性

(パラメータ)の新推定法

神流川の地下水流出について、流出特性の一つである貯留関数のパラメータを推定することを試みて流出機構を検討する。まず、神流川の流量時系列(1年間)を数値フィルタ($f_c=0.1\text{ cycle/day}$)により流出分離し(2)式により S_q を求める。(但し、 X_q の最高は 2.5 mm/day) (図-4)

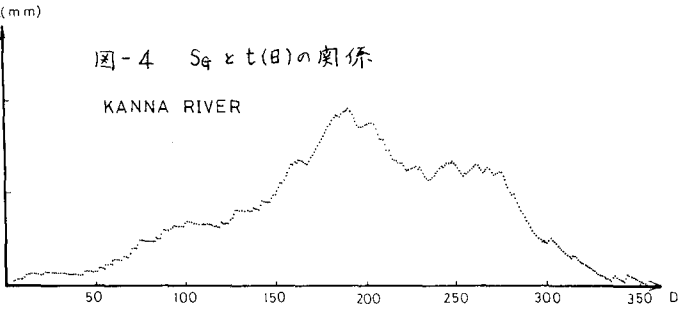


図-4 S_q と $t(\text{日})$ の関係

$$S_q = \int X_q dt - \int y_q dt \quad (2)$$

貯留関係は、非定常効果を考慮して次の様に考える。

$$dS_q/dt = X_q - y_q \quad (3)$$

$$S_q = K_0 y_q + K_1 (dy_q/dt) + S_0 \quad (4)$$

(4)式を変形して、(5)式を得る。

$$\Delta S_q = K_1 (dy_q/dt), \text{ 但し } (\Delta S_q = S_q - K_0 y_q - S_0) \quad (5)$$

ここに、 K_0 、流出分離周期($f_c^{-1}=K_0$)、 K_1 、 S_0 ；定数、 X_q ；地下水流出に寄与する降雨、 y_q ；地下水流出量、 S_q ；地下水貯留量。

図-5に、貯留量(S_q)と流出量(y_q)の関係を示す。最後に、(5)式により、 ΔS_q と dy_q/dt の関係を図上にプロットし、 K_1 を推定する。(図-6)

以上のようにして流出特性の一つである貯留関数のパラメータ(地下水流出系)が推定された。

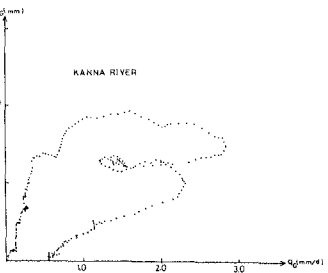


図-5 S_q と y_q の関係

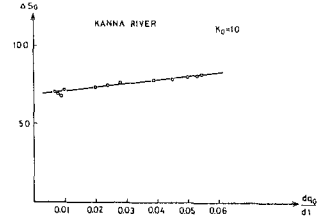


図-6 ΔS_q と dy_q/dt の関係