

第 部門 草津川流域における降雨流出と地下水の挙動に関する研究

(株)建設技術研究所 正会員 ○小澤 和也* 立命館大学理工学部 フェロ - 江頭 進治**
立命館大学理工学部 正会員 伊藤 隆郭** 立命館大学大学院 学生員 西口 亮太**

はじめに 流域において降雨として給水された水は表面水、地下水、蒸発散などに分かれ、流域内を循環している。これらの相互作用は複雑であり、容易に把握することは困難である。一方、流域内の水循環を知るための簡便かつ合理的な予測手法が求められて久しい¹⁾³⁾。本研究では、地下水流に着目し、降雨流出解析を行い、表面流と地下水流の相互作用を検討する。なお、対象とする流域は草津川流域である。

草津川流域の特性 草津川流域は滋賀県湖南地域に位置する琵琶湖流域の一部である。草津川の流路長は約 14.7km、流域面積は約 44.0km² である。流域の年間降雨量は 1600mm 程度

である。同河川は 2002 年 6 月より図-1 に示すように新草津川に流路を変更している。なお、草津川は天井川河川としてよく知られ、平水時に水無川化し、下流域においては灌漑用水として琵琶湖水を逆水利用するなど、表面流の水利用が複雑化している。

表面流・地下水流の特性 図-2 は図-1 中の草津雨量観測所と地下水位観測点における、降雨量と地下水位および琵琶湖平均水位の経年変化である。流域内の地下水は琵琶湖へ向かって流れており、流域上流部においては降雨、下流部においては琵琶湖の影響を受けている。また、揚水による影響と思われる不規則な波形も見られる。観測井戸における水位データを用いて算出した導水勾配、観測井戸における測定値を参考に同定した透水係数、および土層厚を用いて、ダルシー則に適用し、湖岸長を考慮して地下水の年間流出量を見積もると、自由地下水の琵琶湖への流出量は年間 $2.7 \times 10^6 \text{ m}^3$ となる。これは、琵琶湖岸からの年間平均地下水流出量⁴⁾から算出される $8.3 \times 10^6 \text{ m}^3$ と同オーダーである。現地調査により 2 つの床固め断面上の流量とその間の水深・河床位・水面幅を測定し、河道のマニングの粗度係数 n を 0.05(m-s)、河道表層の浸透能 f を 150(mm/hr)と求めた。これらを降雨流出解析の条件として用いる。

kinematic wave 法を用いて、旭橋水位観測所(図-1 参照)における降雨流出解析を行った。計算においては、初期損失、蒸発散の影響は考慮せず、これらが全て地下浸透量として計算している。また、斜面モデルには、土地利用形態に応じ、マニングの粗度係数 n と斜面表層の浸透率 f_1 を与える。図-3 に旭橋水位観測所の実測データと解析値の比較を示す。旭橋水位観測所における年間総流出量に関する実測データと解析値は降雨量に対して約 50% で、ほぼ一致している。

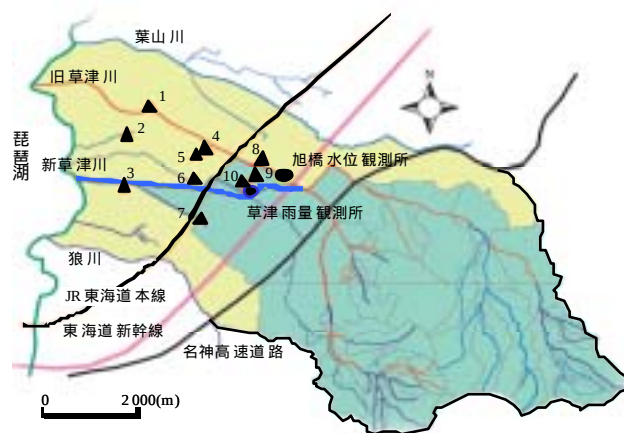


図-1 草津川流域図

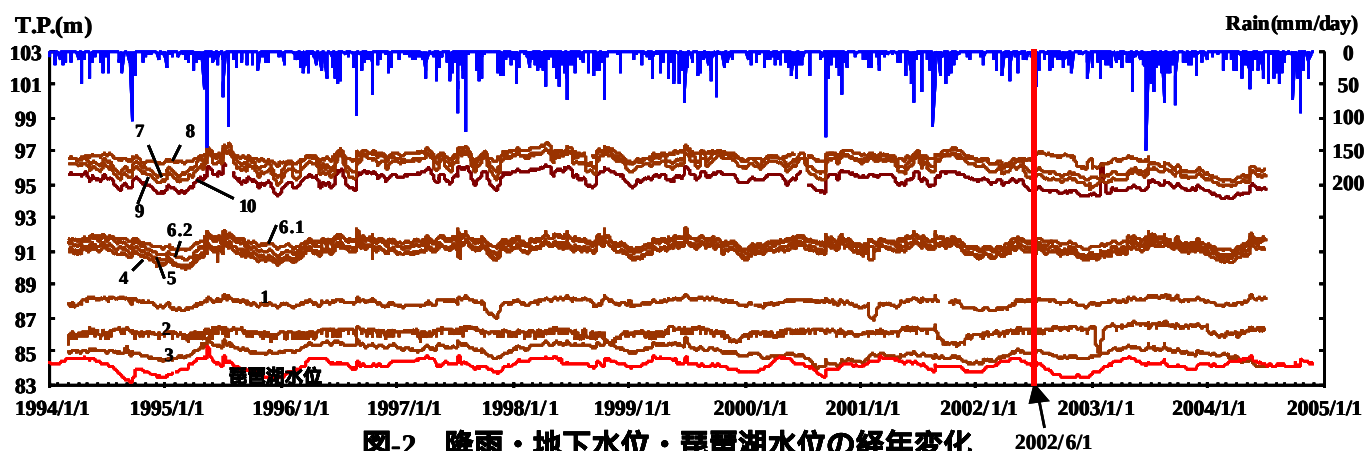


図-2 降雨・地下水位・琵琶湖水位の経年変化

Key words 水収支, 地下水, 表面流

* 〒103-8430 東京都中央区日本橋本町 4-9-11

TEL 03-3668-0451

** 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1

TEL 077-561-2732

FAX 077-561-2667

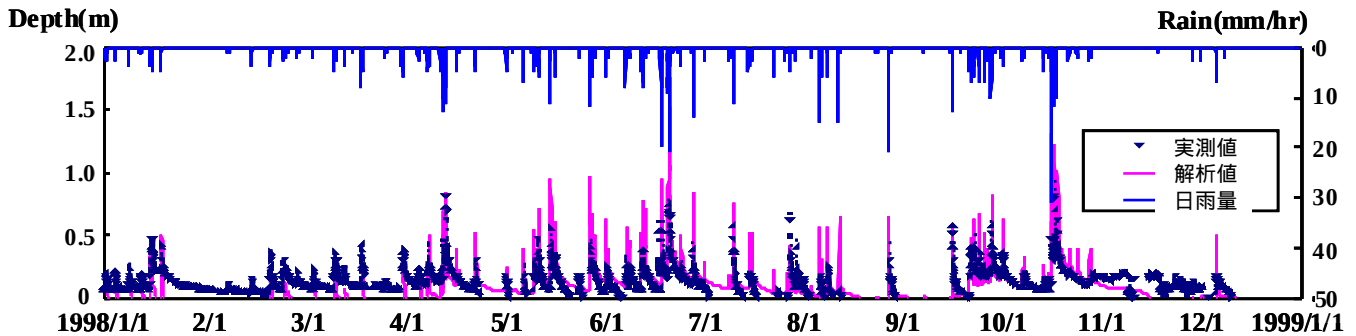


図-3 降雨流出解析による計算値と実測データの比較（旭橋水位観測所）

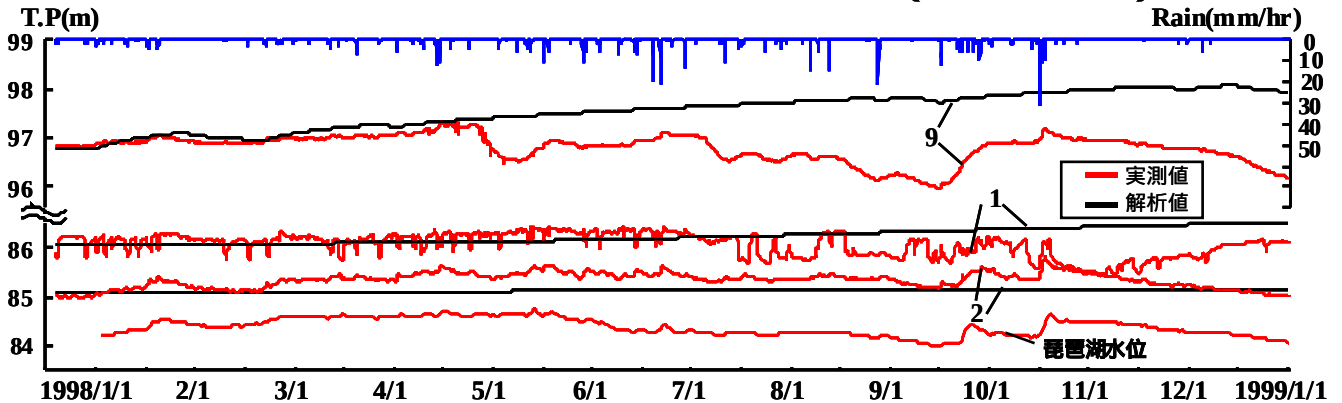


図-4 地下水平面2次元解析の計算値と観測井戸の実測データの比較

次に、降雨流出解析より得られた浸透率を用いて、地下水流れの平面 2 次元解析を行った。支配方程式は、次に示す連続式およびダルシー則である。

$$\lambda \frac{\partial h_g}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = f \quad (1), \quad q_x = -kh_g \frac{\partial(h_g + z_{bst})}{\partial x} \quad (2), \quad q_y = -kh_g \frac{\partial(h_g + z_{bst})}{\partial y} \quad (3)$$

ここに、 h_g ：地下水の水深、 q ：地下水流の単位幅流量、 λ ：土砂の空隙率、 f ：地表から地下への浸透率、 k ：透水係数、 z_{bst} ：基盤の標高である。計算対象領域は、図-1 に示すように、琵琶湖、葉山川、狼川および流域界で囲まれる領域である。湖岸の境界条件として琵琶湖平均水位の実測データを与え、山側の境界には一定の水深を与える。それ以外の境界には、水位の空間微分が 0 となるように設定している。また、地表から地下への浸透率は、流出解析に用いた河道および斜面のものを与え、透水係数は、前述の地下水の流出量算定に用いた値と同程度のものをを用いている。なお、河道からの地下への浸透率は、斜面のものよりもかなり大きい値を設定している。地下水の初期水位は、上流端から定常給水を行い、湖岸に琵琶湖年平均水位を与えることによって得られている。式(1)～(3)の差分には、中央差分を用いている。図-2 に示すように、観測井戸の水位は、琵琶湖にかなり近い場所では、琵琶湖水位の影響を受け、一方、草津川に近い観測点では、河川水の影響を受けているものと推察される。そこで、本研究においては、次のような観測点での解析を行うことにした。琵琶湖から近く河川から遠い観測点(No.1,2)、琵琶湖から遠く河川に近い観測点(No.9)。図-4 は、No.1,2,9 における計算値と実測データの比較である。No.9 においては、1998 年 5 月頃までは、実測データの傾向を良く表現しており、地下水に対する河川の影響を概ね再現している。しかしながら、5 月以降の地下水位データの急激な減少傾向については、今後の現地踏査を含めて検討する必要がある。No.1,2 においては、水位の大まかな傾向を再現できているようである。特に、No.1 では、揚水の影響と思われる水位変動が見られ、これについても今後の検討課題である。

おわりに 草津川流域を対象として、地下水流も含めて降雨流出解析を行った。表面流・地下水流の解析結果は概ね良好であり、今後、初期損失・蒸発散の影響や、揚水などの人為的なインパクトを導入する手法について検討し、流域全体の水収支について考察する予定である。

謝辞 草津川流域の地下水、表面水の水位データにおいては、琵琶湖河川事務所に協力頂いた。記して感謝いたします。

参考文献 1)市川ら：水工学論文集，44 巻，145-150，2000，2)賈ら：水工学論文集，44 巻，151-156，2000，3)原田ら：水工学論文集，48 巻(1)，385-390，2004，4)近畿地方建設局・水資源開発公団：淡海よ永遠に，琵琶湖開発事業誌< ・ >