

大原川中流域における表流水-地下水系の水循環解析

九州大学工学部

学生会員 ○木下詔彦

九州大学大学院工学研究院

正会員

広城吉成

(株)エスジー技術コンサルタント 正会員 堤敦

(株)東京建設コンサルタント 非会員

松本大毅

1.目的

水循環解析モデルを用いて流域全体の水循環系の将来予測を行うことは、水循環系の健全化を目指す観点から非常に重要になっている。モデルに可能な限り調査対象地域の水理地質条件を反映し、自然条件を定量的に表現することが水循環系の健全化を考える上で必須となる。

本研究で調査対象とした大原川は福岡市西部に位置し、延長 3780m、流域面積 3.1 km² の準用河川であり、その一部が普通河川となっている。堤・神野モデル¹⁾を用いて図 1 中に示す大原川 S6 地点の河川流量を計算したところ、S6 地点において、算出された流量が実際の観測流量を大きく上回ることが判明した。S2、S3 地点の観測結果は概ね計算結果と一



図 1 大原川流域

致しているため、S3～S6 間には S3 上流域とは異なる何らかの水理地質条件が存在するのではないかと推測された。

本研究では大原川中流域の表流水-地下水系の水循環を把握することを目的として流域の水理地質条件を精査・再考したところ、旧河道の存在が文献²⁾で確認され、その水理パラメータとしての透水係数を地質条件から判断しモデルに与えた。加えて堤・神野モデルを精査したところ、得水河川として地下水が河川に流入する現象はモデルに考慮されていたが失水河川として河川水が地下水に流出する地下水涵養現象が考慮されていなかった。本研究では堤・神野モデルに以上の 2 点を組み込み、解析を進めた。

2.内容2.1.解析領域概要

解析領域は九州大学伊都キャンパス周辺地域であり、その地域を 50m×25m メッシュに 12750 点に分割し、それぞれのメッシュに対して降雨量、透水係数、標高データなど様々なデータを割り当てた。また、計算期間は 2002 年の 1 年間とした。

2.2.数値モデル

堤・神野モデル¹⁾は、以下の地下水涵養モデルを用いて、鉛直方向の集中化を行い、地下水流動に関しては準 3 次元淡塩 2 相地下水流動モデルを用いている。2 つのモデルについて以下に概説する。

(a)地下水涵養モデル

地下水涵養モデルは 1 段タンクで構成され、地下水への涵養量を計算する式と、タンク内の水位の変化を地表面に到達した降雨の地下浸透成分と地下水涵養量、そして蒸発散量で表現する式の 2 つの基礎式からなる。地表面に到達する降雨量は全降雨量から森林による遮断蒸発量を引いた値になる。タンク内に入った地下浸透成分は、初期損失高に一時的に貯留され、タンク内水位がそれを超えると地下水への涵養が開始される。

(b)準 3 次元淡塩 2 相地下水流動モデル

準 3 次元淡塩 2 相地下水流動モデルは、広域において、水平流速に比べて垂直流速が無視できるとした準一様流の仮定を用いて、3 次元現象を平面 2 次式に近似したモデルである。不圧地下水分布域と被圧地下水分布域の淡水相・塩水相の単位面積あたりに貯留される水の貯留量変化を計算する 4 つの式から構成されている。またこれらの 4 つの式を用いて地下水位などが計算され、それによって河川流量を計算できる仕組みになっている。

2.3.S6 地点周辺の水理地質条件

S6 地点付近には旧河道の痕跡が存在していることが報告²⁾されており,この旧河道の存在を考慮していないために神野・堤モデルでは計算結果と観測流量の差異が生じているのではないかと考えられた.図 2 に示す推定旧河道部とその周辺について,堤・神野モデルでは $1 \times 10^{-4} \text{cm/s} \sim 1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ の透水係数が与えられていたが,本報では被圧地下水における加圧層を無くし,推定旧河道部では $1 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ オーダー,旧河道周辺については $1 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ オーダーの透水係数を与えた.なお,これらの透水係数の値については,旧河道部には砂質土層があるとの報告²⁾により,砂質土の透水係数の範囲内で定めた値を与えた.



図 2 旧河道位置

2.4.堤・神野モデルにおける河川と地下水の関係

堤・神野モデルでは,準 3 次元淡塩 2 相地下水流動モデルで河川流量を計算する際,地下水から河川への湧出,いわゆる得水河川(図 3)については考慮されていたが,河川から地下水への涵養,いわゆる失水河川(図 4)については考慮されていなかった.よって,本研究では図 4 の現象,つまり河川から地下水への涵養量 q_{riverin} をモデルに反映させて計算を行った.

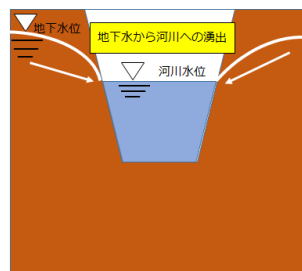


図 3 得水河川概念

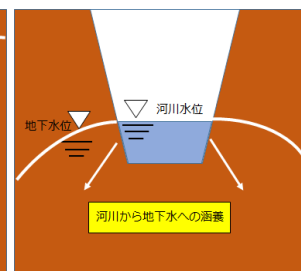


図 4 失水河川概念

3.結果

図 5 に 2002 年の WL1 地点での地下水位の観測値と,旧河道の存在と失水河川としての地下水への涵養量 q_{riverin} を考慮した場合の地下水位の計算結果を示す.期間を通して計算結果が観測結果を上回っているが,6 月～8 月を除くと,地下水位の変動パターンは概ね再現できた.WL1 の井戸は個人の井戸として利用されており,揚水量の影響を定量的に把握することは容易ではないが,観測値と計算結果の変動状況は概ね一致した.

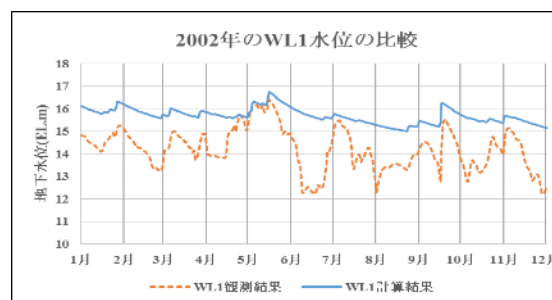


図 5 WL1 地下水位の観測結果と計算結果

表 1 に S6 流量の計算結果を示す.改良前が堤・神野モデルによる結果である.計算河川流量が約 450000m^3 観測河川流量より多く見積もられている. S6 地点の河川流量の減少に関しては,旧河道部の存在と河川から地下水への涵養を考慮したことで適切な河川流量を計算していることが分かる.堤・神野モデルでの計算流量が観測流量を大きく上回っていた原因は,堤・神野モデルに対して,適切な水理地質条件,ここでは旧河道の存在と河川から地下水への涵養が考慮されていなかったためと考えられ,本研究ではそれらを考慮したことで,神野・堤モデルの精度を高めることができた.

表 1 計算結果

2002年	S6流量($\text{m}^3/\text{年}$)	
	観測河川流量	計算河川流量
改良前	1,233,186	1,680,488
旧河道		1,603,223
旧河道+ q_{riverin}		1,282,543

4.結論

S6 地点のみ計算流量と観測流量の差異が発生した原因は,S6 流域周辺に旧河道が存在していたことと河川から地下水への涵養が考慮されていないことと考えられ,今回はそれらを考慮することで,計算結果と観測結果は概ね一致した.水循環解析モデルを用いて流域全体の水循環系の現況を把握するには,モデルに可能な限り調査対象地域の水理地質条件を反映し,自然条件を定量的に表現することが重要であることが示唆された.

参考文献

- 1)堤敦ら(2003):表流水-地下水系水循環機構の予測モデルの開発と適用-九州大学新キャンパス建設地を対象として-,土木学会論文集 No.747/2-65
- 2)広城吉成,横田雅紀(2010):幸の神湧水と幸川、大原川,土木学会西部支部研究発表会