

71. 簡易的な物質移動解析手法を用いた道後平野地下水流動モデルの検証

Modelling of groundwater flow characterized by hydrogeological structures at Shigenobu-gawa alluvial fan, Ehime Pref., Japan, and verification of the model using the simple mass-transfer-analysis technique.

○ 渡辺 修 (渡辺水文企画), 栢木 智明 (株式会社 K-HGS),
大石 朗 (八千代エンジニアリング株式会社), 柳田 三徳 (日本工営株式会社)
Osamu Watanabe, Tomoaki Kayaki, Akira Ooishi, Mitsunori Yanagida

1. はじめに

道後平野の主たる水源である浅層地下水は、平野へ流入する河川（重信川）からの伏流によって涵養された循環の速い地下水である。重信川沿いで見られる瀬切れは、河川水の全てが伏流することで生じており、当地での地下水-表流水の相互交流を象徴する光景である。この瀬切れの状況や周辺地下水位分布（図-1、図-2）からは、地下水となった流れが重信川中流域では主に右岸側を流動しながら、砥部川との合流部付近（10KP）で再び重信川河床や沿川の湧水として地表に湧出している状況が見て取れる。地下水位分布と水文地質構造との関係から、重信川の瀬切れや湧水の分布といった水循環機構が、重信断層やそれに付随する活構造により形成された大規模な陥没構造に起因したものであることが考えられている¹⁾。

本研究では、道後平野へ流入する主要河川水の水質の違いに着目し、沿川地下水の水質分布から道後平野の地下水流動系を再確認した。加えて、既に構築されている道後平野の地下水流動モデル²⁾を用いた移流分散解析を行うことで、モデルで擬態した重信川中流域の陥没構造の妥当性について検証した。



図-1 道後平野の地下水位分布および重信川の瀬切れ状況 (2007 年 10 月一斉観測結果)¹⁾

2. 水文地質的特徴と地下水流動状況

重信川流域には、砂岩・泥岩を主体とする白亜系和泉層群が基盤岩として広く分布しており、重信低地¹⁾の不透水基盤を構成している。既存の井戸や物理探査で把握された基盤の深度分布から、砥部川合流地点より上流側に東西長 8km、南北幅 4km の狭長な陥没盆地の存在が示唆され、池田ほか³⁾が示したブーグ異常図

と調和的である。これらの特徴から、重信低地が重信断層による北落ちの深度 600m におよぶハーフグラベン¹⁾の埋積構造盆地であると考えられる。

周辺山地の山麓部には礫質堆積物が厚さ 50m 以上で分布しており、この堆積物がハーフグラベンを埋積しているものと推察され、深度 200m の調査ボーリング（松山市）で、土石流堆積物を主体としていることや、表層部では垂円～円礫が主体で基質に乏しく空隙に富み、地表下 20m 付近までは現河床の、深度 50m 付近までは旧河床の高空隙の礫層であることが確認されている。

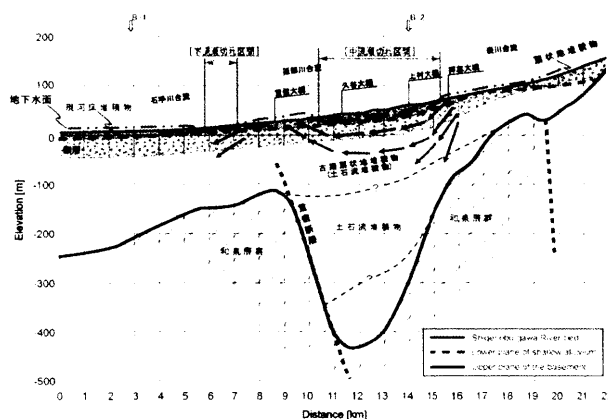
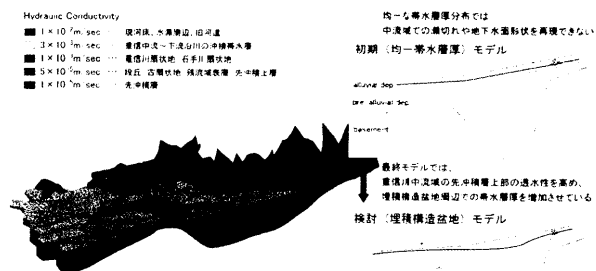
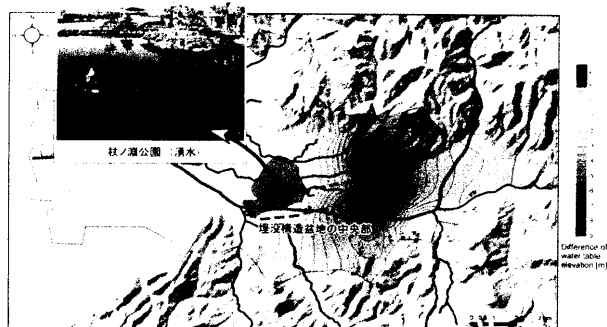


図-2 重信川縦断図（水文地質構造と地下水位分布）

3. モデルによる地下水位分布、流動経路等の再現

既に構築されている地下水流動モデルでは、沖積層厚をほぼ均一とした初期モデルに対し、重信川中流域の埋積構造盆地を模した透水係数の設定（図-3）を付加することで、実際の地下水位分布（2007 年 10 月）に近い結果を得ることができている²⁾。図-4 は、沖積層厚均一の初期モデルと、埋積構造盆地を反映させた検討モデルで得られた地下水位標高の差異を示したもので、図中に点線で示した範囲が埋積構造がもっとも深く、検討モデルで周辺より厚い良透水性を設定した箇所にあたる。この埋積構造の存在により、上流側の地下水位が低下し、また下流側での地下水位が上昇することになり、同時に重信川から伏没涵養される地下水の流動方向も、重信川中流右岸に集まりやすくなり変化すると思われる。この検討モデルで地下水面の上昇が再現された場所は、湧水が多く分布する箇所と一致する（写真はその代表例：杖ノ淵公園）。

図-3 地下水流動モデルへの透水係数設定状況²⁾図-4 モデルに埋没構造盆地を反映させることで得られる地下水面形状の変化 (赤色：低下, 青色：上昇)²⁾

4. 水質混合率および水収支からみた地下水流動経路

地下水の供給源である重信川上流（山之内）と表川の河川水の水質は異なっており，表川河川水は $\text{Na}+\text{K}$ が多く SO_4 が少ないことで重信川上流河川水と区別できる¹⁾．重信川上流及び中流域で伏没涵養されるこれらの河川水は流動経路で混合され，周辺の地下水の水質を特徴づけていると考えられる．

地下水の循環が十分速いことから，滞留中の成分溶出などによる水質変化が無いものと仮定し，重信川中流域の地下水について，それら2河川の水の混合比率の算出を試みた．その結果，湧水や浅井戸が多く分布している重信川中流域右岸一帯において，重信川上流（山之内）：表川合流部（17KP）＝2～3：7～8 程度の混合比率であると求めた（図-5）．

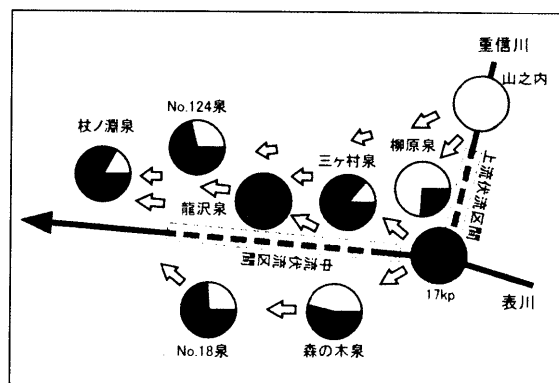


図-5 水質分析による河川水の混合比率

5. 移流分散解析による地下水水質分布の再現

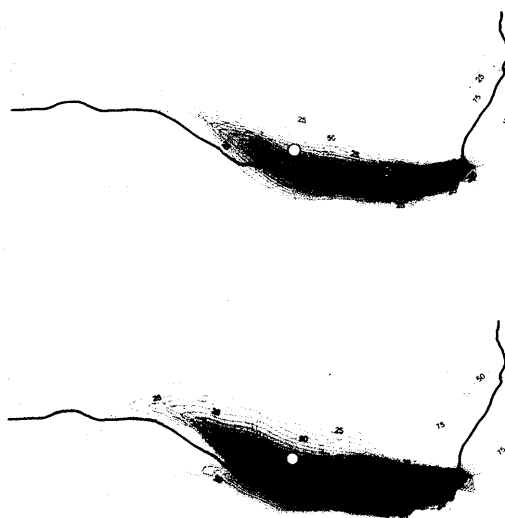


図-6 2 系統の涵養源からの移流分散解析結果例（上段：沖積層厚をほぼ均一とした初期モデル，下段：埋没構造盆地を反映させた検討モデル）

既往の地下水流動モデル²⁾を拡張し，重信川周辺地下水の水質の再現を試みた．境界条件として，重信川上流と表川合流部の伏没区間に，それぞれの水質を模した2種類の物質の濃度固定境界を与え，流動に伴うそれらの混合割合を検証した．図-6は計算結果の一例（分散係数：縦 500m，横 50m）を示したもので，赤線コンター領域が重信上流域からの物質濃度，青塗り領域が表川合流部からの物質濃度を表している．沖積層厚をほぼ均一とした初期モデル（上段）では，杖ノ淵公園（図中白丸）の地下水に表川合流部起源の水が44%しか含まれていないのに対し，埋没構造盆地を反映させた検討モデル（下段）では，53%含まれる結果が得られた．地下水位分布だけでなく，水質の面からも，重信川中流域の埋没構造盆地の存在と地下水流動への深い関与の可能性を支持する結果である．

文献

- 1) 扇状地水環境研究会（2008）：日本の扇状地における水環境の研究，扇状地水環境研究会，p.364.
- 2) Osamu Watanabe, Tomoaki Kayaki, Hiroji Ichimaru, Takaaki Hijii（2010）：Modeling of groundwater flow characterized by hydrogeological structures and interaction with surface water at Shigenobu-gawa alluvial fan, Ehime Pref., Japan, with a preliminary examination of the influence of climate change., Groundwater Response to Changing Climate, CRC Press, pp197-214.
- 3) 池田倫治，大野一郎，大野祐記，岡田篤正（2003）：四国北西部地域の中央構造線活断層系の地下構造とセグメンテーション，地震，56，pp.141-155.