

## 粒子フィルタによる宮古島仲原流域の地下水位挙動推定 Estimation of groundwater level by particle filter in Nakabaru, Miyakozima

○八尾野玲奈\*・村上 玄\*\*・藤澤和謙\*・村上 章\*

YAONO Reina・MURAKAMI Gen・FUJISAWA Kazunori・MURAKAMI Akira

### 1. はじめに

沖縄総合事務局宮古島伊良部農業水利事業所管内の宮古島仲原流域では、現在仲原地下ダムが建設中である。これが当該流域の地下水挙動にどのような影響を与えるのかを検討するため、地下水流動解析が実施されている。現在のところ、実測水位と解析水位との間には誤差が認められるが、その要因として、石灰岩の地盤が不均質であることによる透水性状のばらつきが考えられる。そこで本論では、データ同化手法の一つである粒子フィルタ<sup>1)</sup>により重要なパラメータである透水係数を推定し、地下水位の再現性向上を目指した。

### 2. 推定方法・解析条件

図 1 に宮古島全体の概略図を示す。本研究では図中の太い実線で囲まれた部分が研究対象地域となる。対象領域を三角形要素によって分割して有限要素解析を行い、計算された地下水位に対して観測地下水位とともに粒子フィルタを適用した。数値解析では、対象領域を合計 10 箇所の透水ゾーンに区分し、地下水流動解析を行った。図 2 には、解析領域のメッシュデータ、透水ゾーン(a-1 から g)、観測データとして用いた水位計の位置(●印)とその番号(1, 2, 5, 8)並びに地下ダムの建設予定位置(赤い太線)を示す。

粒子フィルタによる透水係数の推定手順は、具体的には以下となる。

- 1) 透水ゾーンごとに乱数範囲を設定しその一様乱数に従う透水係数の組み合わせを 500 通り用意した。
- 2) 降雨条件を考慮した準 3 次元地下水解析モデルにより、日ごとに観測地点における地下水位を計算した。
- 3) 実際の観測水位データから、各粒子の尤度を計算し、重み分布を求めた。重み分布は観測地下水位が把握されたもとの、透水係数の事後分布に対応する。
- 4) 重み付き平均により求めた透水係数の推定値(事後確率分布から得られる透水係数の平均値に対応する)を準 3 次元解析モデルに入力し、地下水位挙動の計算を行った。

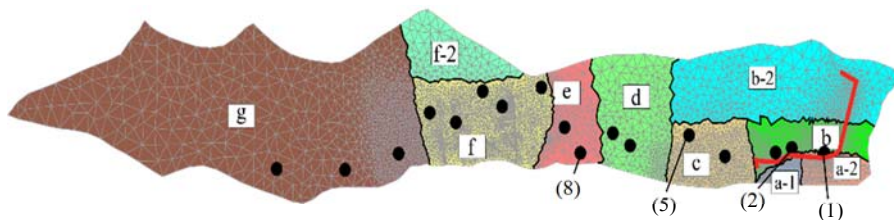


図 2 解析に用いたメッシュ、ゾーン、観測点、地下ダムの建設予定位置  
Fig.2 Mesh, zone, observation, and underground dam construction points



図 1 宮古島全体の図  
Fig.1 Map of Miyakozima

\*京都大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Kyoto University

\*\*三祐コンサルタンツ株式会社 Sanyu Consultants Inc. **Keyword**: 土構造物の解析, 逆解析

Table.1 Range of permeability for each zone

表 1 各ゾーンにおける透水係数の乱数設定範囲

透水ゾーン	乱数設定範囲(cm/s)	透水ゾーン	乱数設定範囲 (cm/s)
a-1	$1.00 \times 10^{-1} - 1.00 \times 10^1$	d	$1.00 \times 10^1 - 5.00 \times 10^1$
a-2	$1.00 \times 10^{-4} - 1.00 \times 10^{-3}$	e	$1.73 \times 10^1$
b	$1.00 \times 10^{-2} - 1.00 \times 10^{-1}$	f	$8.16 \times 10^{-1}$
b-2	$1.00 \times 10^1 - 5.00 \times 10^1$	f-2	$3.32 \times 10^1$
c	$5.00 \times 10^{-1} - 1.40 \times 10^1$	g	$1.87 \times 10^{-3}$

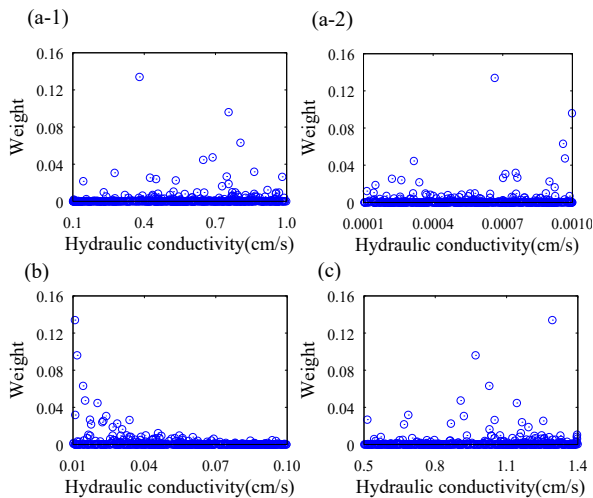


図 3 各ゾーンにおける透水係数の重み分布 (左上のカッコ内は透水ゾーンを示す)

Fig.3 Weight distribution of permeability for each zone (Zone type is shown in the parentheses)

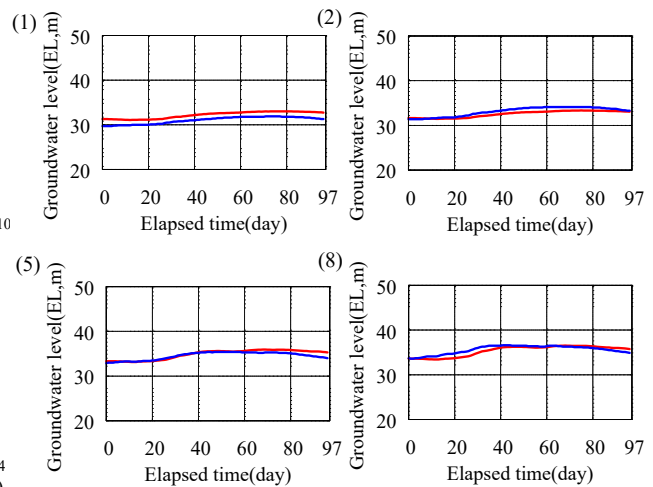


図 4 各観測点における地下水位挙動(左上のカッコ内は観測点番号を示す)(赤:観測地下水位, 青:計算地下水位)

Fig.4 Behavior of estimation groundwater level (Observation point number is shown in the parentheses) (Red: Observation Blue: Calculation)

各透水ゾーンにおける透水係数の設定範囲を表 1 に示す. なお, 本研究では解析条件に影響を及ぼす下流領域の透水係数を調べるため, ダム上流側に当たるゾーン e よりも北側のゾーンの透水係数は一定の値とした.

### 3. 解析結果

図 3 に透水係数の重み分布を示す. 図 4 には, 透水係数の推定値を用いた地下水流動解析によって計算された地下水挙動を示す(紙面の都合上, 一部を抜粋). 図 3 の重み分布ではピークが明瞭に見られなかったものの, 計算された地下水位は観測値との良い一致を得た.

### 4. 今後の課題

本研究では, 実際の地下水位データを用いた粒子フィルタを準 3 次元地下水解析に適用することで, 透水係数を推定し, 地下水位挙動の再現を試みた. その結果, 再現性の高い地下水位挙動結果が得られた一方で, 重み分布では明瞭なピークが認められなかった. この結果は, 推定された透水係数の不確実性(ばらつき)が大きいことを意味するが, その主な原因には粒子数の不足が考えられる.

参考文献: 1) 樋口 知之(2011): データ同化入門-次世代のシミュレーション技術-, 朝倉書店, 5-6, 78-115.