

## 周波数成分分離を組み合わせた潮汐応答法による沿岸域帯水層の水理定数の推定 Tidal response method with frequency-decomposition techniques to determine hydraulic parameters of coastal aquifer

○白旗克志\*, 吉本周平\*, 土原健雄\*, 石田 聡\*

○SHIRAHATA Katsushi, YOSHIMOTO Shuhei, TSUCHIHARA Takeo, ISHIDA Satoshi

### 1. はじめに

南西諸島の多くの地域では透水性の地層が広く分布し、農業用水源を地下水に求めざるを得ない。事業等により市町村規模の地域範囲で地下水開発を行う場合には、帯水層の水理的性質を把握することが重要である。水理定数推定のために一般的に用いられる揚水試験は、特に高透水性の地層が対象である場合には、揚水による水位低下が小さく検出可能な影響範囲がせまく、広範囲の水理定数推定手法としては効率的でない場合がある。また自然地下水位が潮汐の影響で周期的に振動するような沿岸域では、揚水試験データの精度よい解析が難しくなる。

本発表では、潮位変動の海岸から内陸に向かう伝播によって生じる、地下水位の周期的変動（潮汐応答）を分析して水理定数を推定する方法（白旗ら、2017）とその適用事例を紹介する。

### 2. 成分分離を組み合わせた潮汐応答法

手法の全体は、次の4段階からなる：(1)地下水位の連続観測、(2)観測データからの長周期変動成分の除去、(3)短周期成分データからの単一潮汐成分（正弦振動）の抽出、(4)水位の正弦振動の伝播式を用いた帯水層水理定数の計算。(1)は現地での観測作業、(2)以降は得られた時系列観測データを机上で処理する作業である。

#### (1) 地下水位の観測

地下水位の観測は、海岸から距離が異なる2地点に、自記水位計を設置するなどにより行う（**図1**）。2地点は海岸線に垂直な直線上に配置すれば後の結果の解釈が容易であるが、同一の潮位変動の伝播の影響下にある範囲内で、海岸から距離が異なる2地点であればよい。その際2地点のうち海岸により近い地点は、できるだけ海岸線に近いほうがよい。標準的には1時間間隔で、あるいはより短い間隔で、2地点で同時に39.5日間（948時間）連続して地下水位を観測する。

#### (2) 長周期成分の除去

2地点の時系列観測データそれぞれから、重み付き移動平均によって長周期の振動成分を除去する（**図2** (a)）。移動平均の重みには、卓越する潮汐の周期（約半日または約1日）の振動成分には全く影響を与えずに、2日以上長周期の振動成分を除去するよう設計して作成した数列を用いる。データ長さ10日間の重み付き移動平均を行うため、移動平均後の出力データは10日間分短くなる。あらかじめ長周期成分を除去することで、単一潮汐成分抽出の誤差が低減される。

#### (3) 単一潮汐成分の抽出

時系列データからの成分抽出（**図2** (b)）とは、具体的にはその特定周期の正弦振動の振幅と初期位相を計算することを指す。長周期成分が除かれた長さ29.5日間の地下水位データ（1時間間隔で708データ、30分間隔で1416データ）から、離散フーリエ変換の式を利用して、周期約12.421時間の卓越潮汐成分（主太陰半日周潮： $M_2$ ）の振幅と初期位相を計算する。離散フーリエ変換の式は三角関数、平均、平方根などの計算の組合せであり、表計算ソフト上で組み込み関数

\* 農研機構 農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO

キーワード：沿岸域地下水、自記観測、デジタルフィルタ、離散フーリエ変換

を入力すれば実現できる。実際には式を入力済みの計算シートを用意しておき、観測データを貼り付ければ上記(2)も含め計算されて、振幅と初期位相が算出されるようにしている。

#### (4) 水理定数の計算

帯水層中での水位振動の伝播を表す式に、卓越潮汐による2地点の正弦振動の振幅の比(減衰比)あるいは初期位相の差またはそれを変換して得られる時間差(図2(c)), 2地点それぞれの直近海岸からの距離の差(2地点の配置が海岸線に垂直であれば2地点間の距離)と、潮汐成分の周期を代入すると、水頭拡散率が算出される。水頭拡散率は「透水係数×帯水層厚さ÷貯留係数」に等しい水理定数で、これに既存の地質調査資料などから分かる帯水層厚さと貯留係数(不圧帯水層の場合は有効間隙率にほぼ等しい)を組み合わせることで、透水係数が計算できる。

### 3. 適用事例

農業用水源として地下水の開発が期待されている、南北約4.3 km・東西約5.8 kmの楕円形の島嶼の海岸から1 km程度の範囲内の複数測線の帯水層の水理定数推定に利用した。

推定された帯水層の透水係数は、 $10^{-2}$  m/秒のオーダーで、過去に揚水試験で推定された結果(山田ら, 2009)のオーダーと一致した。また島内の透水係数分布の傾向として、北西部では相対的に透水係数が小さいことが明らかになった。これは別途調査により明らかになっている、北西部において相対的に塩水浸入距離が短いという事実と整合する。潮汐応答法により明らかになった透水係数の不均質性は、島嶼中央部での揚水試験結果とあわせ地下水解析モデルに反映され、同地区で行われている将来の水源地開発に向けた調査で活用されている。

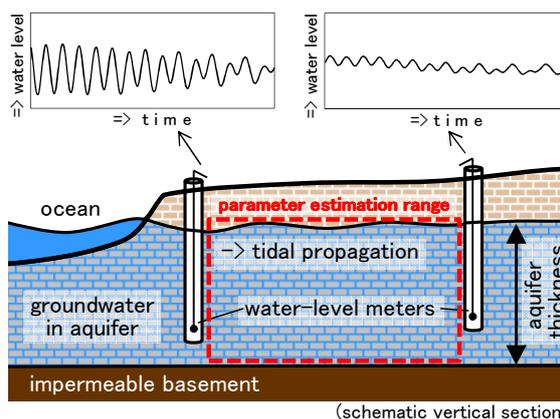


図1 潮位伝播と2地点地下水位観測のイメージ  
Fig. 2 Schematic profile of tidal propagation in aquifer and groundwater-level observations

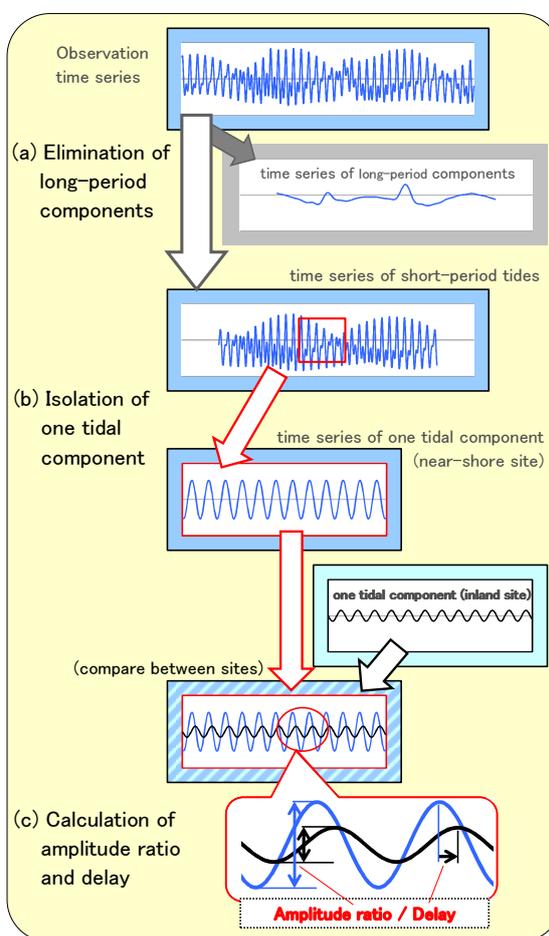


図2 観測データの処理と分析の流れ  
Fig. 2 Procedure of processing and analysis of observation time series

**謝辞** 本研究の一部は、農林水産省委託プロジェクト研究「極端現象の増加に係る農業水資源、土地資源及び森林の脆弱性の影響評価」(課題番号 91150) および JSPS 科研費 26660194 の支援を受けて実施した。沖縄総合事務局農林水産部、同土地改良総合事務所および地元村の関係各位の御協力に謝意を表す。

**引用文献** 1) 白旗ら (2017) : 地盤工学会誌, 65(9), 24-25, 2) 山田ら (2009) : 日本地質学会第 116 年学術大会講演要旨, 0-91