

## グローバル感度解析を用いた評価地点の地下水流動場に影響を与えるパラメータの検討

鹿島建設(株) 正会員 ○田部井和人 羽根幸司 升元一彦  
 フェロー会員 森川誠司  
 (株)地層科学研究所 正会員 天野大和  
 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 正会員 丸井敦尚

### 1. はじめに

地層処分事業は、段階的な調査を行うことで詳細度を高めながら調査を行う。地層処分事業の初期調査段階では、地下施設設計や安全評価のための情報を提供するとともに、次段階調査に向けた知見を効果的・効率的に得る必要がある。初期調査段階では地下に関する情報が限られるため、地質的・水文学的知見を活用しながら解析的検討を実施することで、次段階の調査計画に活用できる情報を提供することができる。本報は、感度解析手法の一つであるグローバル感度解析を用いて、評価地点の地下水流動場に影響を与える地層の地下水パラメータの抽出を試みた。

### 2. グローバル感度解析

感度解析手法には、固定されたパラメータの組み合わせを固定し、その近傍のみを対象とするローカル感度解析と幅広いパラメータ変化が解析結果に与える影響を評価するグローバル感度解析がある。本検討では調査の初期段階で、幅広いパラメータ変化が解析結果に与える影響を評価し、調査の優先順位に資する情報の提供を念頭に、グローバル感度解析による検討を行った。検討には米国地質調査所 USGS が開発した PEST の付属ツールである GSA++<sup>1)</sup>を用いた。GSA++はランダムサンプリングにより抽出したパラメータの組合せに対し、(1)式で記述される感度 (EE : Elementary Effects) を用いてパラメータの感度を求め、多数のサンプリング結果から感度の統計量が計算される。感度の平均と標準偏差が高いほど感度の高いパラメータと判断できる。

$$EE_{i(x)} = [y(x_1, x_2, \dots, x_i + \Delta, \dots, x_k) - y(x)] / \Delta \quad (1)$$

ここで、 $x_i (i=1, 2, \dots, k)$ は感度を求める入力パラメータ、 $y(x)$ は  $x$  に対する評価値である。なお、GSA++では指定した解析結果の二乗値が評価値として用いられる。また、 $\Delta$ は  $x_i$  に対する微小差分を表す。

### 3. グローバル感度解析を用いた評価地点の地下水流動場に影響を与えるパラメータの検討

検討対象は、図-1 に示す遠浅な地形を有する仮想の沿岸サイトの解析モデルに対して行った密度流を考慮した初期水理場解析である。グローバル感度解析のパラメータは各地層の透水係数とした。透水係数は全国各地の実測データを統計処理した結果を参考に設定し、その幅は試みに  $\pm 1$  オーダーとした。各地層の透水係数の上下限界を表-1 に示す。図-2 に示す 750m 深度の勇知層内の 2km $\times$ 2km の領域に 100 点の評価点を設定し、その流速の中央値を評価値とした。180 回のサンプリングにより求められたグローバル感度解析の結果として、各地層の透水係数の感度の平均および標準偏差の関係を図-3 に示す。この図から評価領域の地下水流速に対する感度は勇知層が最も高く、次に更別層が高い。評価点を勇知層内に設定したため、勇知層の感度は最も高い。更別層の感度も比較的高い理由について、図-4 に解析パラメータの組合せの中で、更別層のパラメータだけが異なる 2 ケースの解析結果を示す。本検討モデルは主に陸域から海域への地下水流があり、勇知層の上部にある更別層の透水係数が低い場合、評価領域近傍の地下水流は勇知層に集中するが、更別層の透水係数が高い場合には地下水流が更別層にも流れるため、勇知層の地下水流が相対的に小さくなる。

### 4. まとめ

水理的に合理的なボーリング位置は、上記検討で抽出した地層の透水係数のようなパラメータの変化に対して、計測値 (例えば水頭) が鋭敏に変化する位置といえる。そこで、今後は複数のボーリング地点を仮定し、

キーワード 沿岸部、地層処分、地下水流動、概念モデル、グローバル感度解析

連絡先 〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 KI ビル 鹿島建設(株) 土木設計本部 TEL 03-6229-6795

パラメータに対する各地点の水頭値等の感度をグローバル感度解析により比較検討する予定である。

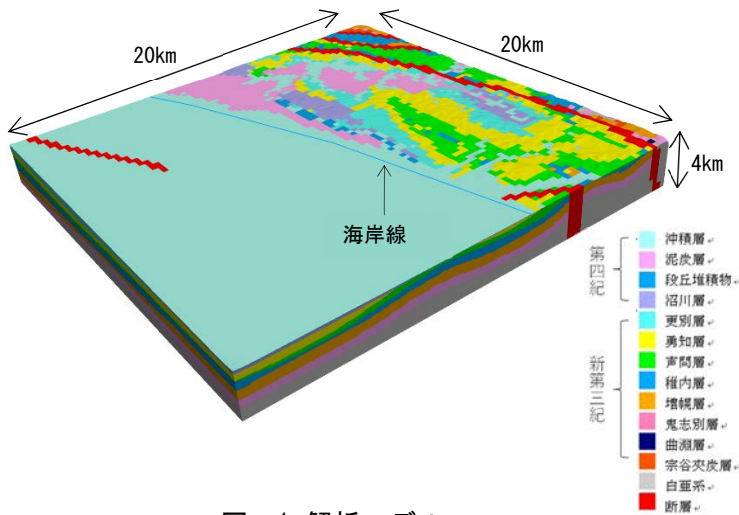


図-1 解析モデル

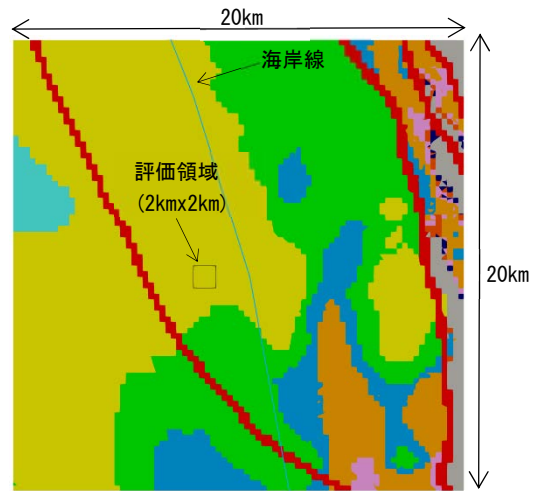


図-2 750m 深度の地質平面図と評価領域

表-1 解析用物性値

		透水係数[m/s]	
		下限値	上限値
第四紀堆積岩類	沖積層、泥炭層、段丘堆積物、沼川層	$1.0 \times 10^{-7}$	$1.0 \times 10^{-5}$
新第三紀堆積岩類	更別層	$1.0 \times 10^{-8}$	$1.0 \times 10^{-6}$
	勇知層	$1.0 \times 10^{-8}$	$1.0 \times 10^{-6}$
	声間層	$1.0 \times 10^{-8}$	$1.0 \times 10^{-6}$
	稚内層	$1.0 \times 10^{-8}$	$1.0 \times 10^{-6}$
	増幌層	$1.0 \times 10^{-8}$	$1.0 \times 10^{-6}$
	増幌層以深	$1.0 \times 10^{-8}$	$1.0 \times 10^{-6}$
白亜紀堆積岩類	白亜系	$1.0 \times 10^{-11}$	$1.0 \times 10^{-11}$
断層	陸側：幌延断層、大曲断層	$1.0 \times 10^{-8}$	$1.0 \times 10^{-6}$
	海側：遠別断層		

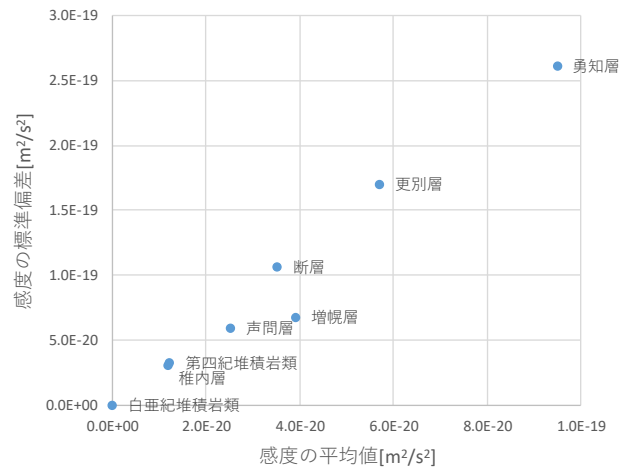


図-3 各地層の感度の平均と標準偏差分布

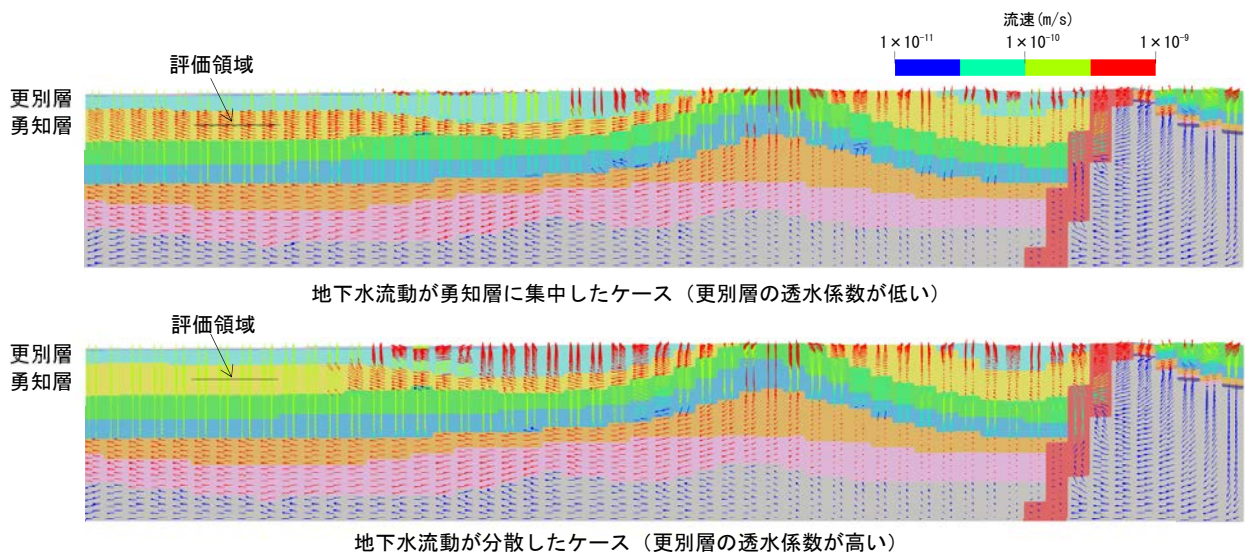


図-4 更別層の透水係数の感度が最も高かった解析パラメータ組合せの一例

参考文献

1) Welter, D. E., White, J. T., Hunt, R. J., & Doherty, J. E.: Approaches in highly parameterized inversion—PEST++ Version 3, a Parameter ESTimation and uncertainty analysis software suite optimized for large environmental models, U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 7, chap. C12, 2015