

III-860

比抵抗探査を用いたトレーサ試験による地下水移流拡散特性の把握手法について

鹿島技術研究所 正会員 川端 淳一 正会員 土弘 道夫
" 広野 進 " 鬼木 剛一

1. はじめに

比抵抗探査法を用いた地下水トレーサ試験（以下本技術とする）は、地下水流を可視化できる数少ない手法の一つであり、若干の実施例も存在するが、利用方法や精度については十分な考察が行われていないのが現状である。本論文は野外試験及び予測解析結果を示し、本技術による地下水の移流拡散特性の把握手法について考察したものである。

2. 野外試験概要

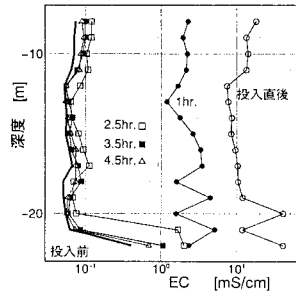
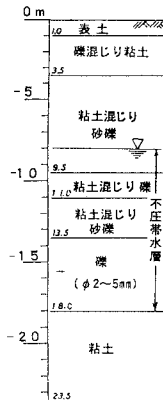
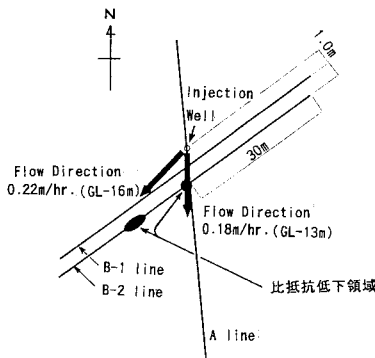


図-1 比抵抗測線位置平面図

図-2 土質柱状図

図-3 注入井での電気伝導度経時変化

図-1に野外試験で用いたトレーサ注入井、比抵抗探査測線等の平面図を示す。図中には別途測定された地下水流速計による深度別の測定結果も併記してある。又図-2は地盤の土質柱状図であり、層厚10m程度の不圧帯水層があることを示している。比抵抗探査の電極配置は2極法でGL-20m程度までの比抵抗分布の測定が可能のように、長さ60m、1m間隔でセットした。又トレーサとして15%塩水（電気伝導度EC=150mS/cm）160lを用い、注入井内に筒型の投入装置を設置して帯水層全体に置換投入した（地下水のEC=0.05mS/cmであった）。又注入井における電気伝導度の垂直分布を経時測定し、これより流速、拡散係数を求めた。

3. 塩水トレーサの拡散予測結果

図-3に塩水投入後の注入井内の電気伝導度の垂直分布経時変化を示す。この結果を基に地下水検層法により塩水投入時の地下水流速の帯水層内の平均値を求めたところ0.3m/hr.となり、流向流速計の測定結果とほぼ同程度となった。又Sauty¹⁾の近似式(1)を用い、 α_z （横方向分散度）=0.3 α_1 （縦方向分散度）として縦方向分散度 α_1 を同定したところ、 $\alpha_1=0.085$ (m)となった。以上の諸パラメーターを用いて、塩水投入後2hr.及び4hr.後の塩水トレーサの移動状況を平面2次元の移流拡散解析により予測したのが図-4である。なおこの図におけるcontour-lineの最小値は $c'=0.001$ ($C_a=0.15$ g/l, $EC=0.4$ mS/cm)とした。

$$c'(x, y, t) = \frac{C_a}{C_0} = \frac{V_v}{4\pi b n_e u t \sqrt{\alpha_1 \alpha_z}} \exp \left[- \left(\frac{x - ut}{4\alpha_1 u t} \right)^2 + \left(\frac{y}{4\alpha_z u t} \right)^2 \right] \dots (1)$$

$c'(x, y, t)$: 希釈率分布 C_0 : 初期濃度 C_a : 濃度 V_v : 投入量 b : 帯水層厚 (=10m) t : 時間
 n_e : 間隙率 (=0.5と仮定) u : 地下水流速 x, y : 注入井を原点とした時の座標 (x : 流動方向)

4. 比抵抗分布測定結果

図-5にトレーサ投入直前に測定されたA line（地下水流動方向）での比抵抗断面分布を示す。GL-8m～GL-18mは比抵抗値100 Ω m～350 Ω mとなって帯水した砂礫層であることを示し、又GL-18m以深の100 Ω -m以下

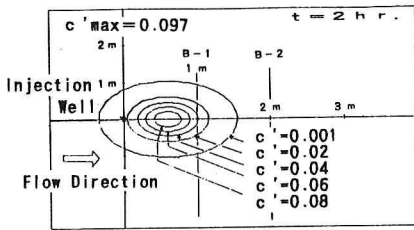


図-4-1 塩水トレーサの拡散予測解析結果（2時間経過時）

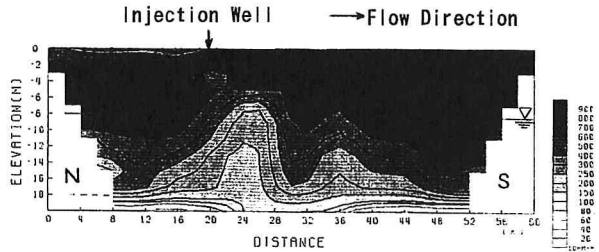


図-5 比抵抗分布(A-line、塩水投入直前)

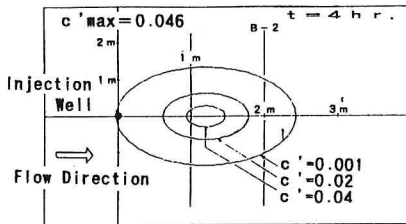


図-4-2 塩水トレーサの拡散予測解析結果（4時間経過時）

は粘性土を表している。

図-6-1はトレーサ投入後2.5時間経過時のA lineでの帯水層の比抵抗低下率^{*}分布を示している。注入井の下流側に明

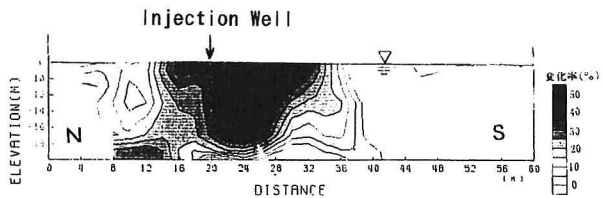


図-6-1 比抵抗低下率分布
(A line、投入後2.5時間経過時)

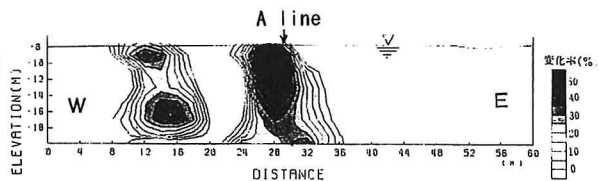


図-6-2 比抵抗低下率分布
(B-2 line、投入後4時間経過時)

瞭な比抵抗低下領域が存在し、塩水の拡散を捉えているものと考えられる。この比抵抗低下領域は予測した拡散範囲（図-4）よりも下流側へやや大きく広がっているが、これは比抵抗探査における注入井の影響、注入井下流での地下水流速の変化（地盤の不均一性）、比抵抗測定値のバラツキ等が原因として考えられる。

図-6-2は投入4時間経過後のB-2 line（地下水流向を横切る断面）での比抵抗低下率分布である。解析結果（図-4）によれば4時間後には塩水トレーサのかなりの部分がこの付近に達しているはずであるが、この図は解析結果を裏付けるような比抵抗低下領域を示している。又図中、A-line上及びそれより15m程度西側の2箇所では比抵抗低下領域が見られる。このことは注入井の下流側に2方向のみずみちが存在する可能性を示唆しており、これは図-2で示した深度別流向測定で観測された結果とも一致し、本測定の有用性が示された。（図-2中に低比抵抗領域の位置を同時に示した）。

^{*}）比抵抗低下率 = $(\rho - \rho_0) / \rho_0$ 、 ρ_0 ：初期比抵抗値 ρ ：トレーサ投入後の比抵抗値

5. 終わりに

以上注入井での各種測定及びそれに基づく予測解析結果を示し、さらにその結果を比抵抗探査測定結果と比較することによって、本技術が不均一な地下水の移流拡散特性（流向、流速、みずみち、拡散特性）を把握する上で有効であることがわかった。特にみずみちや拡散特性などの従来得にくかった情報を得ることもでき、廃棄物処分地、土壤汚染地等における地下水流況調査で有効な手段となるものと考えられる。今後各地盤で本技術を使用して、さらに発展させていきたいと考えている。

1) Sauty, J.P.(1985), An Analysis of Hydrodispersive Transfer in Aquifer, Wat. Res. Res., 16(1), 145-158