

Ⅲ－B 407 地盤汚染の空間的広がりに対する一考察

東京工業大学 学生員○依田 佐知子 東京工業大学 正会員 神田 政幸
東京工業大学 正会員 日下部 治

1.はじめに

地盤内における汚染問題は、室内実験結果を現場に適用することが非常に難しいことから、数多くの数値モデルの開発が行われ有効とされてきた。これまでは汚染源からの拡散に注目されてきたが、今後は、既に地盤内に排出された汚染物質のクリーニングに重点が置かれることが予想される。その際、地層構造による汚染形態の指標を与えることは非常に有効であると考えられる。そこで、本研究では地層構造が汚染物質の分布形態に与える影響を調べることを目的とし、移流拡散プログラム MT3D^①を用いて解析を行った。

2.解析手法

MT3D は、地盤内における汚染物質の移動をシミュレートするために Zeng, C ら(1992)により開発された、差分解析法を用いたプログラムである。その最大の特徴は解の数値振動・発散を抑制するために、式(1)の下線部に示す移流項をラグランジェ法により、その他の項はオイラー法により解くというオイリアン－ラグランジェ法を用いていることにある。

$$R \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} (D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j}) - \frac{\partial}{\partial x_i} (v_i C) + \frac{q_i}{\theta} C_s - \lambda(C + \frac{\rho_b}{\theta} \bar{C}) \quad \cdots \text{式 (1)}$$

R:遅延係数 C:地下水中に溶解している汚染物質の濃度(M/L³) t:時間(T) D_{ij}:流体力学的分散係数(L²/T) v_i:間隙流速(L/T) q_i:外部からの単位体積あたりの流入・排出量(T) C_s:外部から(→)流入・排出する流体の濃度(M/L³) θ:間隙率

今回解析対象とした状況は、環境に対する規制強化から汚染源が1990年代にほぼ除去されているという仮定のもと、1960年に始まった汚染の汚染源を、その10年後、20年後、30年後に除去し、この広がりを2000年時にモニタリングしたというものである(Fig.1)。また、対象とする地盤とその定数については Fig.2、Table.1 に示した通りであり、土質定数はそれぞれの土に対して一般的な値を、分散度については過去の研究²⁾³⁾に使われた値を使用した。また、拡散係数は過去の研究から妥当と思われる範囲を仮定し、室内実験と現場でのスケールの違いを考慮するためその値を100倍したものに設定、その最大値、最小値で計算を行った。さらに土は飽和状態とし、等方かつ均質、汚染物質は化学反応を伴わないと仮定した。それぞれのケースに対して、拡散のみ、1m/yearの移流を含んだ場合の各2通りの計算を行った。

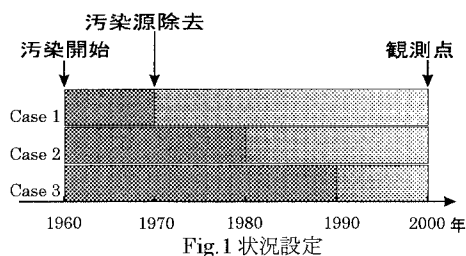


Fig.1 状況設定

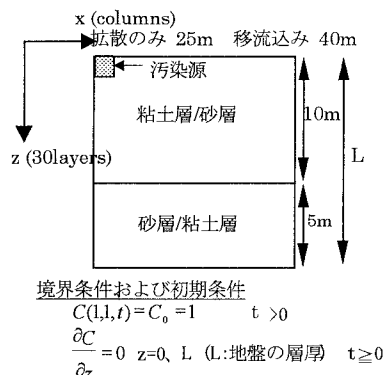


Fig.2 解析モデル

Table.1 解析に使用した定数

CASE	拡散係数 $D_{m, \text{clay}}$	拡散係数 $D_{m, \text{sand}}$	分散度 α_{sand}	透水係数 k_{clay}	透水係数 k_{sand}	間隙率 n_{clay}	間隙率 n_{sand}					
C-SH(clay-sand)	1.6(m ² /year)	16(m ² /year)	縦分散度 3(m) 横分散度 0.1(m)	3.0 (m/year)	3.0×10 ⁴ (m/year)	55	40					
S-CH(sand-clay)												
C-SL(clay-sand)	0.16(m ² /year)	1.6(m ² /year)										
S-CL(sand-clay)												

キーワード：拡散係数、2層地盤、飽和土

連絡先：(東京工業大学 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 TEL03-5734-2592 FAX03-3729-0728)

3. 解析結果

Fig.3 に粘土が上層にある場合で最も汚染物質の流入量が多いケース(C-SH Case 3)を示した。これを見ると、解析対象期間を通じて領域内に存在する汚染物質のほとんどが粘土層に留まり、砂層への影響は少ない。

次に Fig.4、5 には S-CH Case3 の砂層が上層にある場合で、粘土層の拡散係数のみを変えて比較を行ったものを示す。粘土層の拡散係数が大きい場合、汚染源除去後に粘土層底部が新たな汚染源となっている。一方で、拡散係数が小さい場合には汚染物質のほとんどが砂層内に集中し、砂層ではほぼ一様に比較的大きな濃度を示すことがわかる。以上より、粘土層の拡散係数の違いは、汚染源除去後の分布に大きな影響を与えるということがいえる。

Fig.6 は対象領域内に存在する汚染物質の体積を示したものであり、縦軸には領域内の汚染物質の全体積 V を解析領域内の全間隙体積 V_0 で除したものを示した。粘土層が上部にある場合と砂層が上部にある場合では汚染物質の流入量は大きく異なることがわかり、また、粘土層が上部にある場合にはその希釈の速さ（希釈率）は非常に小さいといえる。粘土層のみの拡散係数を変化させたケースをみると、汚染物質の流入量は上部にある砂層の拡散係数にほぼ依存し、またその希釈率は粘土層の拡散係数によって変化することがわかる。

粘土層が上部にある場合と砂層が上部にある場合では汚染物質の流入量は大きく異なることがわかり、また、粘土層が上部にある場合にはその希釈の速さ（希釈率）は非常に小さいといえる。粘土層のみの拡散係数を変化させたケースをみると、汚染物質の流入量は上部にある砂層の拡散係数にほぼ依存し、またその希釈率は粘土層の拡散係数によって変化することがわかる。

粘土層が上部にある場合と砂層が上部にある場合では汚染物質の流入量は大きく異なることがわかり、また、粘土層が上部にある場合にはその希釈の速さ（希釈率）は非常に小さいといえる。粘土層のみの拡散係数を変化させたケースをみると、汚染物質の流入量は上部にある砂層の拡散係数にほぼ依存し、またその希釈率は粘土層の拡散係数によって変化することがわかる。

4. 結論

以上より次の結果を得た。1)粘土層が上部にある場合、汚染物質の流入量は少ないが、その希釈率も小さく、汚染源除去後にも比較的狭い範囲に高濃度の汚染物質が残留する。2)砂層が上部にある場合、汚染物質の流入量は多く、汚染源を放置した期間による汚染の増大率も大きいものとなる。3)砂層が上部にある場合、流入する汚染物質の量は粘土層の拡散係数に依存しないが、その汚染形態は大きな影響を受ける。

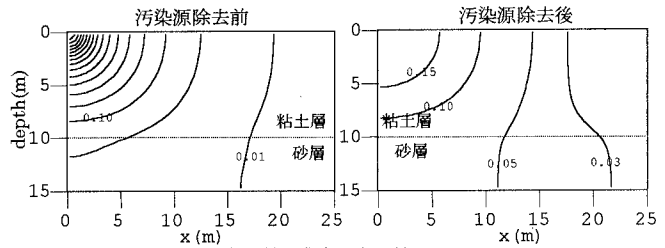


Fig.3 汚染物質の濃度分布比較 (C-SH Case 3)

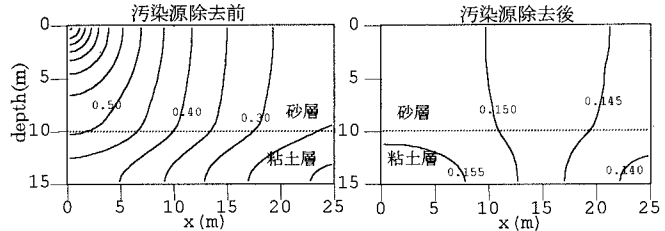


Fig.4 汚染物質の濃度分布比較 (S-CH Case 3)

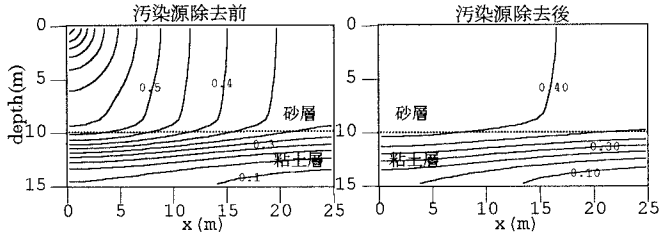


Fig.5 汚染物質の濃度分布比較 ($D_{m\text{ sand}}=16\text{m}^2/\text{year}$, $D_{m\text{ clay}}=0.16\text{m}^2/\text{year}$, Case 3)

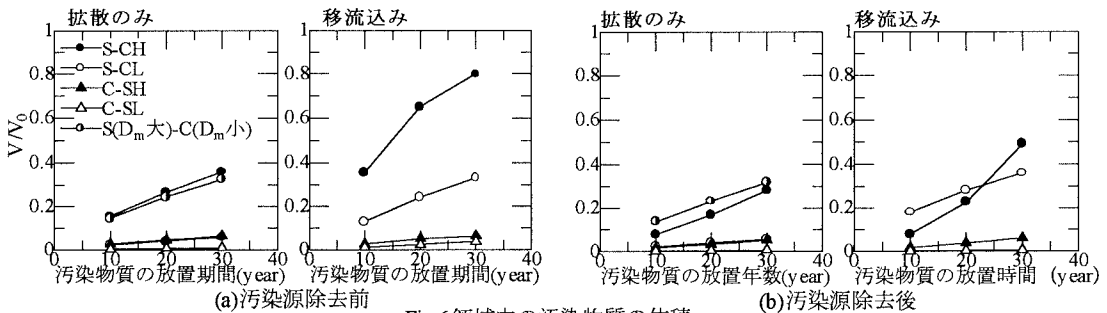


Fig.6 領域内の汚染物質の体積

[参考文献] 1)Zheng,C.MT3D documentation and uses Guide,1992 2)Freeze and Cherry:GROUNDWATER 1979

3)Shackelford,C.D:Diffusion of contaminants through waste containment barriers,Transportation Research Record,pp.169-181,1989