

廃棄物処分場における地下水流動及び汚染物質輸送解析

Simulation of groundwater flow and contaminant transport around waste landfill

○池本賢弘・諸泉利嗣・水藤寛・小野芳朗

IKEMOTO Masahiro・MOROIZUMI Toshitsugu・SUITO Hiroshi・ONO Yoshiro

1. はじめに

近年の土壌・地下水汚染の深刻化に伴い、汚染拡散を予測することで環境影響評価を行う手法が用いられている。そこで本研究では、漏洩した汚染水は地下水によって運ばれ拡散すると考え、処分場周辺において地下水のモデリングを行うとともに、地下水流動状況の再現解析とそれに伴う汚染物質輸送シミュレーションを行った。

2. 調査地概要と手法

処分場は山間農地を主体とする谷筋に建設され、周辺には山林および農地が広がっている。地下水流動モデルの検証用データを得ることを目的に観測井を配置し(図1)、2005年1月から2007年1月末まで地下水位の自動観測を1時間毎に行った。

モデルの構築には米国防省地下水モデリングシステムGMS6.0を用い、流動計算には内蔵された有限差分地下水流動解析プログラムMODFLOWを、汚染物質の輸送シミュレーションには解析プログラムMT3Dを用いた。

解析対象領域は処分場周辺の750m×450mとし、7.5m間隔で節点の標高を地形図から読み取りモデル化した。また、計算効率を考慮して有限差分セルのサイズを15m×15mとし、土層はボーリングデータを基に表層からA層(主に粘性土)、B層(風化花崗岩)、C層(基盤)の3層に大別してモデルを構築した。側面境界は分水界となる3方向をゼロフラックス境界、下流端の北西境界を一定水頭境界とした(図2)。モデルパラメータは地下水位の観測値に一致するように試行錯誤的に決定した(表1)。気象条件には岡山のアメダスデータを用い、タンクモデルにより地下水涵養量を、ペンマン式より蒸発散位をそれぞれ推定し、入力を行った。

3. 結果と考察

MODFLOWによる解析結果を図3に示す。流向流速ベクトルから、地下水が谷地形に沿って流下する様相が見てとれる。地下水の観測値と計算値を比較したところ、



図1 最終処分場周辺と観測井の位置
Site map and location of monitoring wells

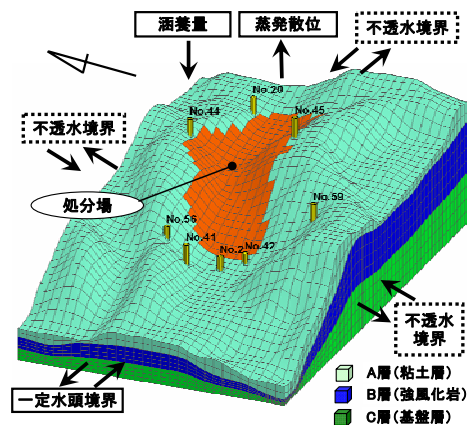


図2 モデル概念図
Modeling for landfill site

表1 モデルパラメータ
Model parameters

パラメータ	A層	B層	C層
水平透水係数 K_h (cm/s)	1.16×10^{-5}	1.16×10^{-6}	1.16×10^{-13}
鉛直透水係数 K_v (cm/s)	1.16×10^{-6}	1.16×10^{-7}	1.16×10^{-13}
垂直異方性	300	300	300
比産出率 S_y	0.10	0.15	0.15
縦分散長 λ_L (m)	20.0	20.0	20.0
横分散長 λ_T (m)	2.0	2.0	2.0
間隙率 n_e	0.32	0.32	0.32
拡散係数 D_0 (m^2/s)	2.0×10^{-9}		
蒸発散消滅深 d (m)	10.0		
セルの大きさ(xxy)	15m×15m		

岡山大学大学院環境学研究科 Graduate School of Environmental Science, Okayama Univ.

キーワード：地下水流動解析，汚染物質輸送シミュレーション，MODFLOW，廃棄物処分場

No.45 において予測精度が最も良くRMSE=0.44mとなり(図4上), No.20及び44を除くその他の観測井においても良好な結果が得られた。しかし, 処分場の上部に位置するNo.20(図4下)及び44では, 実測値は降雨に対する水位上昇が大きく見られ, 予測精度はそれぞれRMSE=3.24, 2.87mとなった。これは井戸周辺に埋設された矢板や遮水シート, 土壌の不均一性等が原因であると考えられる。よって, これらの水位変動を再現するためには, より複雑な構造物等の影響をモデルで表現する必要がある。このような局所的な水位変動を除いて, 処分場周辺における全体的な地下水流動を再現することができたと言える。次に, 流動解析で得られた流向流速ベクトルを用いて, 処分場内部の3ヶ所において遮水シートが破れたと仮定し, CIを想定した溶解性汚染物質が濃度 100g/L・年間 10m³の流量で漏出し続けるものとして, 10年間の汚染拡散予測を行った。なお, 各パラメータは既往の文献等を参考にして設定した。計算によって 10年後の汚染分布と流向流速ベクトルは図3のようになった。汚染物質は地下水流動の影響を大きく受け, 拡散過程に対して移流分散過程が卓越した流れとなった。10年後の汚染濃度は流動方向の15m先で約6.0g/Lとなり, 対象領域を超えた汚染の可能性が低いことが裏付けられた。以上の結果より, 流動方向を把握することによって汚染修復効果の向上が期待される。

4. おわりに

一般に MODFLOW は広域解析に用いられ, 本研究のような局所的かつ複雑なサイトにおける解析例は極めて少ない。しかし本モデルの解析結果は汚染地下水の流動方向を視覚的に説明可能とし, 十分な効力を発揮すると考える。今後はモデルを改良した上で分散長等の不確定パラメータ設定を検討し, より信頼性の高いモデルを構築することが課題である。

謝辞 本研究は文部科学省科学技術振興調整費「廃棄物処分場の有害物質の安全・安心保障」(代表者: 岡山大学 小野芳朗 教授)の一環として行いました。岡山大学大学院環境学研究科の堀川靖夫氏には標高データを提供していただきました。ここに記して感謝いたします。

参考文献 Karlheinz Spitz and Joanna Moreno (岡山地下水研究会 監訳), 実務者のための地下水環境モデリング, 2003。

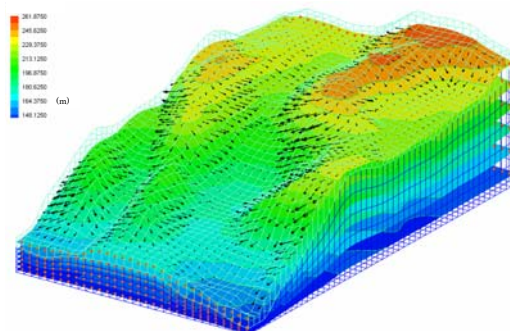


図3 地下水位と流向ベクトル
Simulation result for groundwater level and flow.

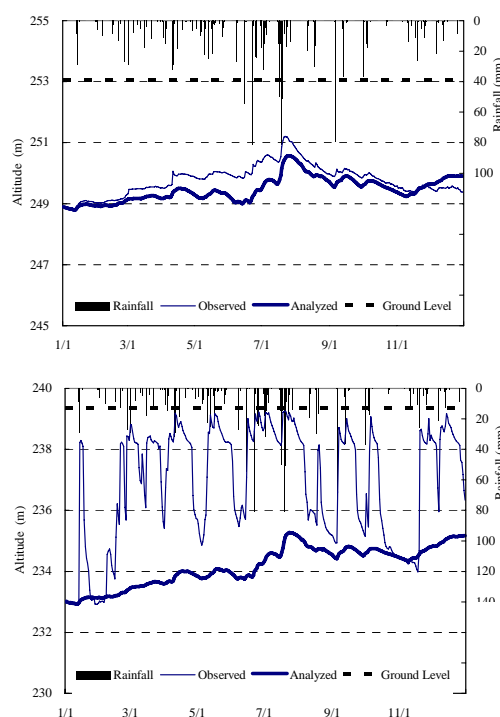


図4 観測値と計算値の比較(2006年)
(上: No.45, 下: No.20)

Comparison between the measured and the calculated groundwater levels.

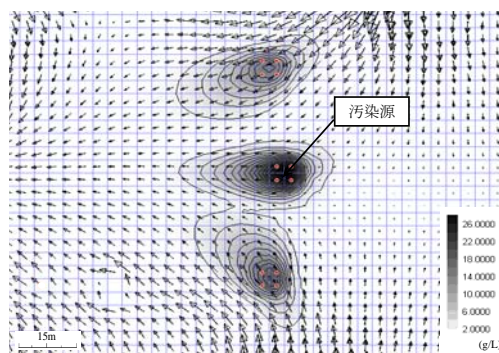


図5 汚染物質輸送解析結果
Result of contaminant transport simulation.