

修復井戸相互の関連性を考慮した地下水修復のファジイ制御

株式会社フジタ 技術センター 正会員 ○ 畠 俊郎
防衛大学校 システム工学群 正会員 宮田 喜壽

1．はじめに

近年，揮発性有機化合物による地下水汚染事例が増加傾向にある．揮発性有機化合物に汚染された地下水を修復する最も一般的な手法は地下水揚水法である．地下水揚水法の適用では，事前調査の結果を踏まえて最も効率が良いと考えられる場所に修復井戸を配置する．しかしながら，揚水処理が進むに連れて地下水中の汚染物質は複雑に移動するため，修復期間を通してある一定の処理効率を維持することは難しい．本研究では，ファジイ推論を適用した揚水制御について検討を行っている．本文では，敷地内に複数の修復井戸を配置した場合の揚水制御について検討した結果について報告する．

2．修復井戸相互の関連性を評価した制御モデル

2．1 修復井戸相互の関連性を評価する必要性

実際の修復サイトでは，修復期間の短縮や拡散防止の観点から一つの汚染域に複数の修復井戸を配置する．このような場合，修復井戸の効果は独立ではなく，相互に関連性を有する．揚水制御においては，井戸相互の関連性を考慮する必要がある．本研究では，重み学習アルゴリズムを用いて以上の影響を考慮する方法について検討した．検討したモデルを図 - 1 に示す

2．2 制御アルゴリズムの概要

井戸相互の関連性を考慮した揚水量の設定に先立って，井戸相互の関係を学習させる．学習モデルは，入力層，学習層および出力層の3層で構成される．それぞれの要素は，各層毎にすべての要素とある重みを持って結合している．関連性の評価に先立って，ファジイ推論制御値と，その制御値を用いて修復を行った結果の濃度変化量を入力とし，ネットワークに重みを学習させる．学習が適切に行われた場合は，各モニタリング井戸の濃度変化と関連性の高い修復井戸との結合状態（重み）が強くなる．学習後のネットワークのイメージを図 - 2 に示す．図中では，重さを線の太さで表現している．次に，ファジイ推論により得られた各井戸の制御値と集中的に修復を進める必要のあるエリアを入力とし，関連性データを用いた補正計算を実施する．本研究で検討した制御アルゴリズムの概要を図 - 3 に示す．

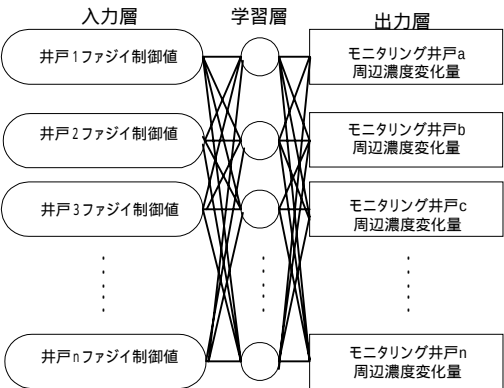


図 - 1 相互評価モデルの概要

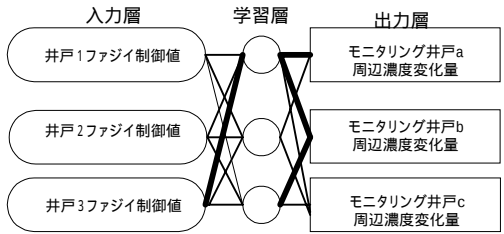


図 - 2 学習後のネットワーク

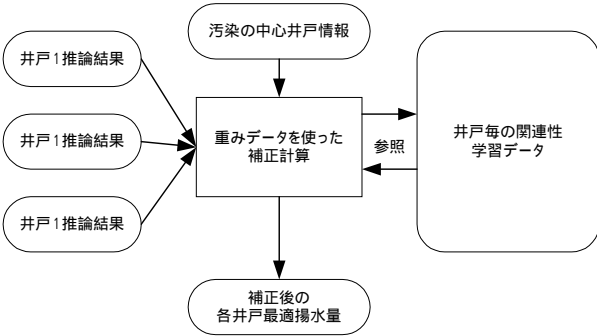


図 - 3 検討した制御アルゴリズムの概要

3．解析的検討

3．1 解析の概要

キーワード：地下水揚水，揮発性有機化合物，ファジイ推論，浄化技術

連絡先：〒243-0125 神奈川県厚木市小野 2025-1 TEL 046-250-7095 FAX 046-250-7139

実際の汚染サイトを参考に地盤モデルを作製し、各井戸の揚水条件を、適当な時間ステップで、先に説明した制御アルゴリズムで計算し、随時境界値問題を解いた。地盤モデルの概要は図 - 4 に示すとおりであり、汚染原因物質は、トリクロロエチレン（比重 1.460）を想定した。地層構成は、G.L-5.0m（関東ローム層）、G.L-5.0～20.0m（細砂）とし、解析パラメータや境界条件は、実際の汚染サイトにおけるトリクロロエチレンの濃度変化を説明できる値を想定した。トリクロロエチレンの移動問題は、移流・分散方程式を差分法で解いた。関連性評価モデルを用いた場合と、各井戸の揚水量を固定した場合について計算を行い、環境基準を満足しない領域の面積の時間推移と累積揚水量を評価パラメータとした。

3.2 制御アルゴリズムで考慮した制約条件

2.2 に示した制御の制約アルゴリズムで考慮した制約条件は以下に示すとおりである。

- ・ 日最大揚水量は 200m^3 以下とする。
- ・ 修復目標濃度は環境基準値とする。
- ・ 修復目標期間は 1 年半以内とする。
- ・ モニタリング井戸 d より下流域に拡散させない。

3.3 解析結果と考察

2 種類のケースについてトリクロロエチレン汚染範囲を試算した結果を図 - 5 に、累積揚水量を試算した結果を図 - 6 に示す。なお、本検討では、地下水面より上に存在する土壌からの新たな汚染物質の供給が無いと仮定している。修復対策を実施しない場合は、濃度拡散により 150 日で 2 倍の広さに拡散するとの結果を得た。各井戸の揚水量を固定して修復を実施した場合は、70 日後に $1,200\text{m}^2$ 、120 日後に 800m^2 、180 日後に解析対象領域すべてが環境基準値を満たすとの結果になった。井戸相互の関連性を考慮した場合は、30 日後に $1,200\text{m}^2$ 、90 日後に 800m^2 、130 日後に解析対象領域すべてが環境基準値を満たすとの結果となった。累積揚水量を比較した結果、井戸相互の関連性を考慮した場合は、実測値に比べて約 20% の水量削減効果が期待できる結果となった。

4. まとめ

地下水揚水法における修復井戸相互の関連性を考慮した揚水制御手法について検討を行った。その結果、ファジィ制御と重み学習アルゴリズムの組合せにより地下水揚水法の効率化が期待できることが明らかになった。今回の検討では、学習層の要素数が 15 個必要となった。そのため、重みネットワークの形成にかなりの計算時間が必要となった。今後は地盤中の汚染物質濃度にあわせた学習層の階層化と、計算の高速化を目標に検討を進める予定である。

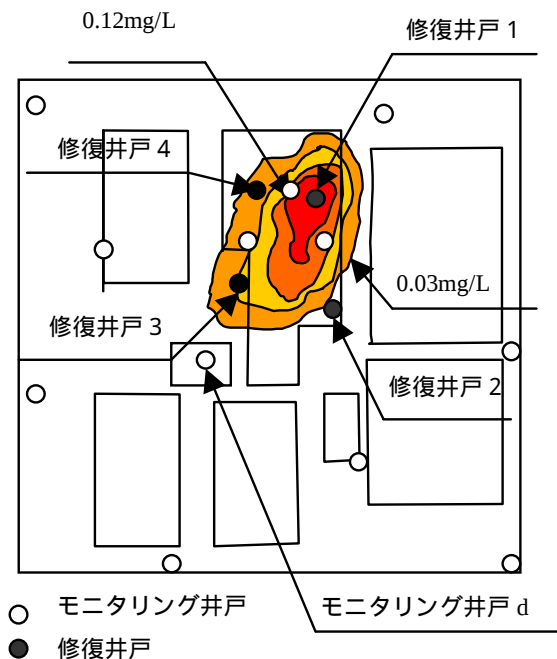


図 - 4 修復サイトの概要

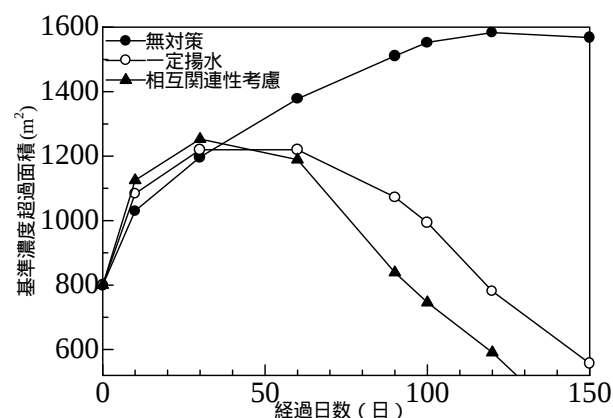


図 - 5 基準濃度超過面積の推移

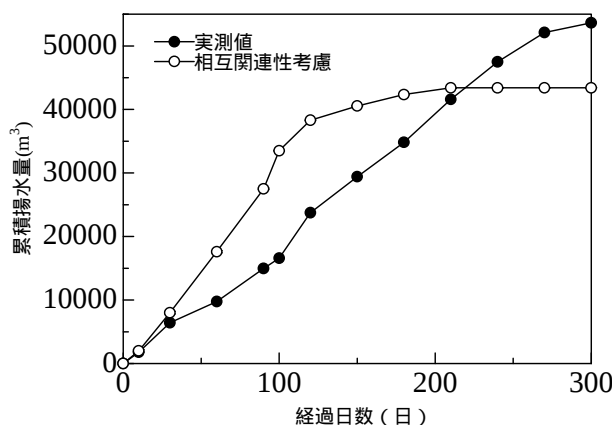


図 - 6 累積揚水量の推移