

地下水流動シミュレーションによる長坂町上条地区の地下水汚染解析

山梨大学大学院 学生員 原見 和華奈
山梨大学工学部 正 員 坂本 康
山梨大学工学部 西田 継

1. はじめに

現在、有機塩素化合物による地下水汚染が問題となっている。山梨県の N 町でもある工場敷地内の土壌より有機塩素化合物が検出された。本研究では、問題となった工場の周辺において一般水質と有機塩素化合物濃度を測定し、かつ地下水流動シミュレーションを行い、汚染物質の広がりを解析した。

2. 採水地点

対象地域は山梨県長坂町長坂上条地区周辺である。対象地域の標高は、はほぼ北から南に低下し、かつ対象地域の東西に流れる河川の方に低下している。採水地点は図-1 に示す 23 地点とした。地点 7, 8, 10, 13 は有機塩素化合物汚染が報告された工場周辺にある地点であり、14, 15, 16, 17, 23 は商店街に位置する地点である。

3. 水質のグループ分け

水質データを用いて、主成分分析・クラスター分析により採水地点のグループに分けをおこなった。分析対象データとして、一般水質項目 11 項目を採用した。図-1 に示す 2 つのグループに分けられた。

4. 使用したプログラムについて

地下水流動プログラムは、GMS(Groundwater Modeling System)を使用した。GMS 中の MODPATH, MT3D のプログラムを用いた。MODPATH は粒子追跡プログラム、MT3D は移流・拡散プログラムである。

5. MODPATH を用いた汚染解析

5.1 MODPATH による推定流線と水質類似性の指標

それぞれの地点を通る流れを知るため、前方追跡をした流線を推定した。透水係数は 10^{-3} cm/s、涵養率は 5.7×10^{-6} cm/s 空隙率は 0.4 とし、一様な分布とした。一方水質を用いた検討も試みた。水質的に類似性がある地下水は、水みちなど水の流れやすい部分の流れによってお互いに関係するのではないかと考えられる。そこで上流の地点 4 を代表的な地点とし、他の地点と地点 4 との類似性を求めた。水質の類似性の指標は、一般水質の主成分分析で得られる主成分スコアから以下の式で求めた。

水質類似性の指標

$$= \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + (x_3 - y_3)^2 + (x_4 - y_4)^2}$$

x_i : 地点 x の第 i 主成分のスコア ($i = 1 \sim 4$)

y_i : 地点 y の " "

流線と水質類似性の指標の等値線図を図-2 に示す。工場周辺では地点 4 の方向に向かってたどられ、水質的にも地点 4 との類似性が高くなった。さらに商店街周辺では地点 15 以上の上流はたどれず、地点 4 との類似性も低かった。

キーワード 有機塩素化合物 地下水流動 シミュレーション

連絡先 〒400-8511 甲府市武田 4-3-11 TEL 055-220-8591 FAX 055-220-8770

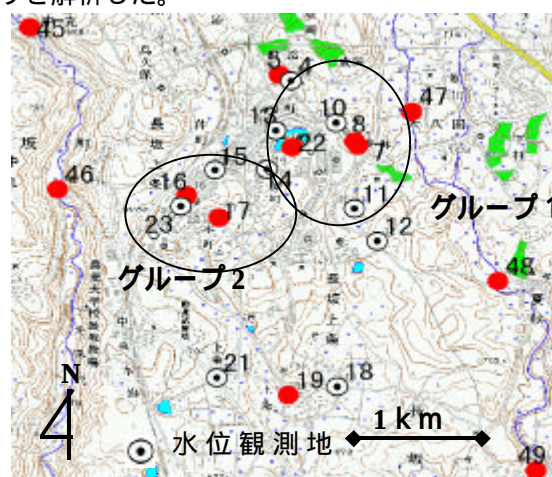


図-1 採水地点

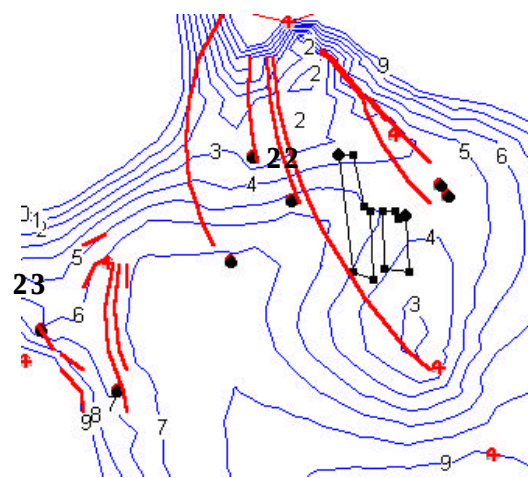


図-2 流線と水質の類似性

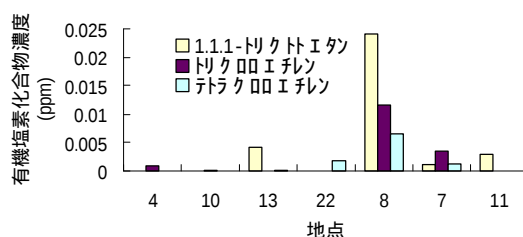


図-3 工場周辺の有機塩素化合物濃度

5.2 推定流線に基づく有機塩素化合物濃度変化の検討

流線方向に沿って、分析した有機塩素化合物濃度を並べて、図-3 に示す。地点 4 からの流れをたどると、地点 8 で 1,1,1-トリクロロエタンが高く検出され、地点 22, 8, 7 で溶解度が小さいためスポット的な広がり方をするテトラクロロエチレンが検出されている。これらは地点 22, 8, 7 のあたりに汚染源があると確定される。

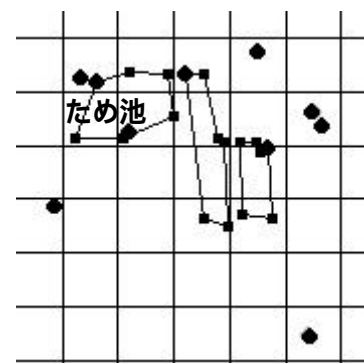


図-4 汚染源の選定

6. MT3D を用いた汚染の広がりの推定

6.1 汚染源の選定

4.2 によって地点 22, 8, 7 のあたりに汚染源があると推定できた。よってこれらの近傍の工場敷地内の 3 つのセル(図-4 の ~)を汚染源候補とした。次に、空隙率 0.4, 縦分散係数 $10^{-3} \text{cm}^2/\text{s}$, 横分散係数 $10^{-4} \text{cm}^2/\text{s}$ とし、それぞれの地点の濃度をシミュレーションにより求めた。その結果と 1,1,1-トリクロロエタンの実測値とで地点間の濃度割合を比較し、その結果から汚染源を推定した。実測値では、地点 8 が最も高い濃度を示し、次いで地点 13, 11 となった。地点 4, 10 での濃度はほとんどゼロであった。地点 8 は地点 11, 13 の約 7 倍近い濃度であった。シミュレーション結果では、汚染源を として場合は地点 8, 11 の濃度が高くなり、ため池まで汚染が広がった。汚染源を , として場合は地点 11 の濃度が高くなり、ため池まで汚染が広がらなくなった。このことから、汚染源を と推定した。

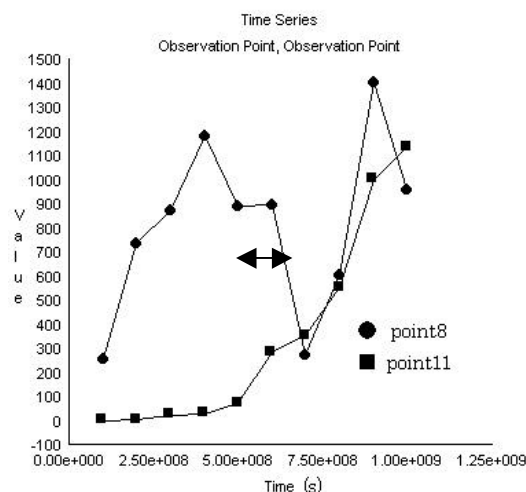


図-5 地点 8 と 11 の経時変化

6.2 有機塩素化合物汚染域の推定

初期設定のパラメーターでの経過時間と汚染の広がりの関係から判断して、シミュレーションでは実際より早く汚染が広がったと考えられた。そこで、空隙率を 0.6 と大きくして再検討した。このときの濃度の経時変化を図-5 に示す。図において矢印で示した期間での地点 8 と 11 の濃度割合が実測値の濃度割合に近くなった。この期間は地点 8 の濃度が減少し、汚染物質が地点 8 の周辺に停滞している期間であり、地点 11 の濃度は増加傾向にある。このときの濃度分布を図-6 に示す。汚染域は工場から南東方向の流れの影響によって広がっており、その方向は東側の河川に向かっていている。また、地点 13 は実測値では地点 11 よりも高い濃度割合を示していたが、シミュレーションでは地点 13 まで汚染は広がらなかった。そこで、縦分散係数を大きくして検討したが、文献の値と比べると非常に大きい値にしないと地点 13 まで汚染は広がらなかった。このことから、地点 13 は汚染されたため池の影響を受けたのではないかと考えられる。

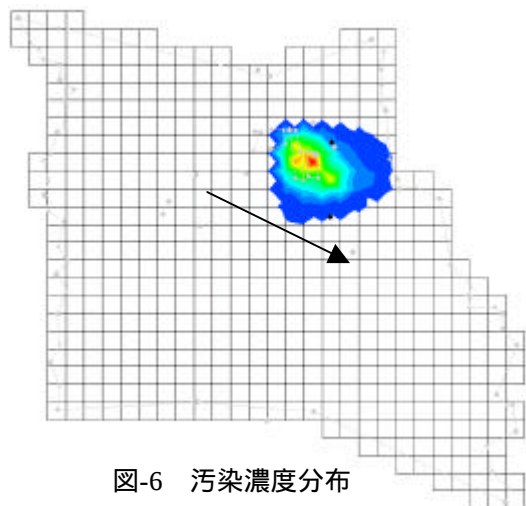


図-6 汚染濃度分布

6.3 実測値の長期変化との比較

シミュレーション結果と実測値との長期変化を比較するため、1,1,1-トリクロロエタンについての長期変化を図-7 に示す。地点 8, 11 は共に変化はないが、増加傾向にある。しかし、図-5 よりシミュレーションでは実測値の濃度割合に近づいた後増加傾向にあった。よって 1,1,1-トリクロロエタンの汚染源からの供給が減少傾向にあると考えられる。

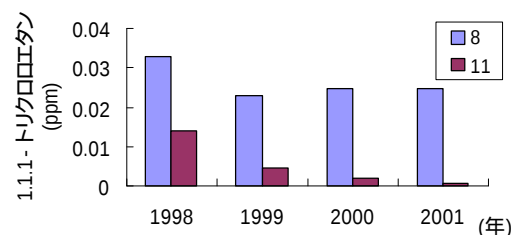


図-7 1,1,1-トリクロロエタンの長期変化

7. まとめ

汚染源は工場の北側と推定され、汚染域は南東方向の移流の影響によって東側の河川の方方向に広がっていると推定された。地点 8, 11 はそれらの影響を受けていると考えられる。このとき工場の西側はため池までしか汚染は広がっておらず、地点 13 はそのため池の影響をうけていると推定された。