

地下水の有機塩素化合物濃度と一般水質・地下水流動との関係

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、さらに水質による水系区分、シミュレーションによる流れ方向の推定を行い、有機塩素化合物汚染の広がりを考察した。

2. 測定結果

有機塩素化合物は 1, 1, 1 - トリクロロエタン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレンが検出された。そのなかでも工場近くの地点 8 において最も高い濃度で検出された 1, 1, 1 - トリクロロエタンの濃度分布を図 1 に示す。

3. 地下水の流れについて

3.1 流動とクラスター分析による水系区分

地下水の流れと有機塩素化合物濃度について検討するために、まず N 町の地下水の流動方向をシミュレーションによりもとめた。その結果を図 2 に示す。図より北部から南部、南東部にと 2 通りの流れがあるように推測できた。

次に水質の主成分分析を行い、主成分のスコアを用いたクラスター分析により水系を区分した。その結果、図 2 に示す 3 つの水系が得られた。このときの主成分分析の結果を表 1 に示す。水系 1 のあたりの流れは地点 4 の方から流れるにしたがって徐々に南部に行く流れと南東に行く流れに分かれている。南部への流れが水系 1 に属する地点 19、20、21 にも影響しているとも考えられる。水系 2 も地点 15 あたりから南部の方に行く流れと南東に行く流れとに分かれている。そしてその南東への流れが地点 12 に影響しているとも考えられる。

3.2 水質類似性による流れ方向の推定

各地点間の流れ方向を推定するために水質の類似性の指標を用いた。この水質の類似性の指標は、主成分スコアから以下の式で求めた。

$$\text{水質類似性の指標} = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + (x_3 - y_3)^2 + (x_4 - y_4)^2}$$

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 " "

この指標により水系 1 において値の小さかった地点(2.0 以下)を図 3 に示す。水質的に類似性があるとき水みちなど水の流れやすい部分の流れがあるのではないかと考えられる。図 3 に示した値の小さい地点を先ほどシミュレーションにより検討した流れにそって選択していくと、水系 1 は地点 4 から 13, 8, 11 に行く流れと、地点

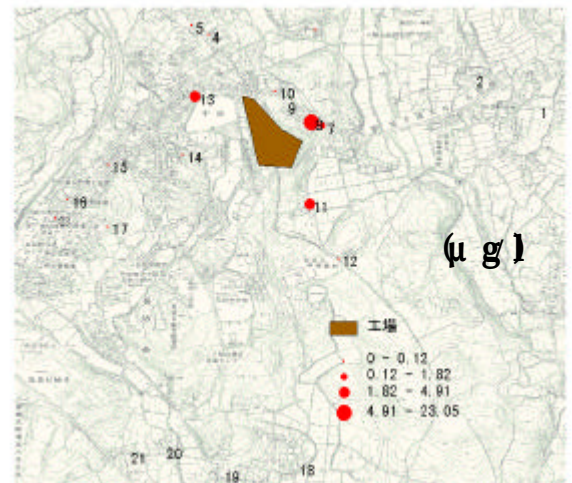


図 1 1.1.1-トリクロロエタンの分布

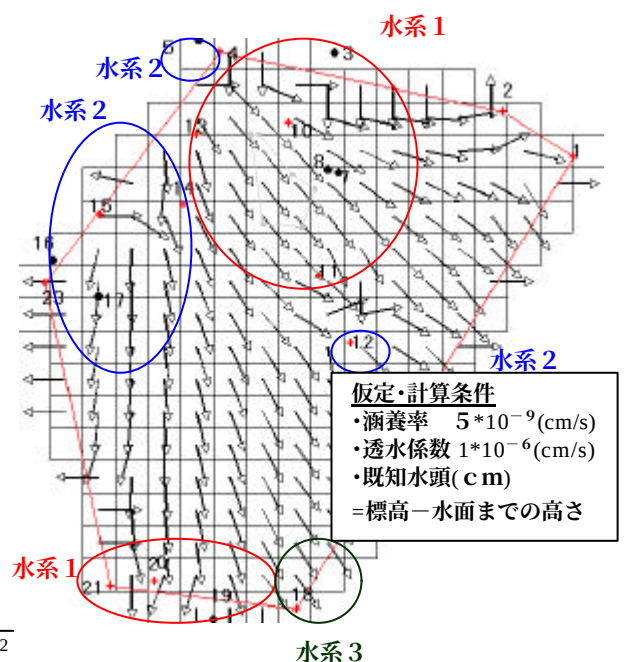


図 2 流動とクラスター分析による水系区分

キーワード 有機塩素化合物 地下水流動 主成分分析

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

表 1 因子負荷量と主成分の累積寄与率

	主成分1	主成分2	主成分3	主成分 4
Na ⁺	0.88	-0.31	0.01	0
K ⁺	0.68	-0.52	0.29	0.19
Ca ²⁺	0.42	0.67	0.55	-0.14
Mg ²⁺	0.31	0.83	0.25	-0.03
NH ₄ ⁺	0.07	0.26	-0.38	0.79
Cl ⁻	0.84	-0.06	0.02	-0.23
NO ₂ ⁻	0.14	0.53	-0.4	0.31
NO ₃ ⁻	0.81	0.27	-0.38	-0.11
SO ₄ ²⁻	0.27	-0.28	0.67	0.55
HCO ₃ ⁻	-0.42	0.24	0.76	0.06
固有値	3.14	2.07	1.92	1.14
寄与率(%)	31.43	20.69	19.23	11.43
累積(%)	31.43	52.11	71.34	82.77

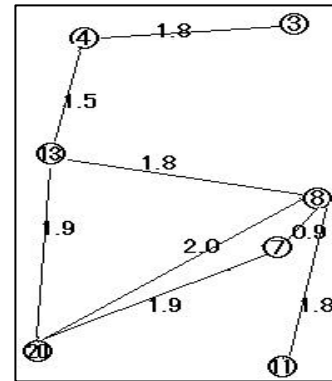


図 3 水系 1 における地点間の類似性

4 から 13, 8, 7, 20 に行く流れがあるのではないかと考えられる。ただし、北部から南部までの間の測定地点数が少ないためさらに様々な流動があると考えられる。

4. 流動と有機塩素化合物濃度との関係

有機塩素化合物は現在ではあまり使用されなくなっており、現在問題となっている汚染は過去の残留物による汚染が今発覚したものと考えられる。不透水層の粘土層の土壤に高い濃度で貯蓄された残留物、つまり汚染の塊が現在も地中水により洗い流され汚染が広がっているのではないだろうか。よって高い濃度で汚染が検出された井戸の近くには汚染の塊があると推定できる。3.2において推定した流れにそって 1.1.1 - トリクロロエタンの 1998 年と 1999 年の変動を図 4 に示した。地点 8 において最も濃度が高くなっており次いで地点 11, 13 となっている。このことより地点 8 の近くに汚染の塊があると推定でき、移流により 11 をとおって有機塩素化合物は運ばれると考えられる。地点 13 の濃度が高いのは拡散によるものと考えられる。また、1998 年と 1999 年とを比較すると地点 8 は最も濃度の減少が大きい。汚染の塊がなくなった場合、地下水の希釈によって汚染源に近い場所から低下していく。地点 8 の減少はそういったことも示唆しているのではないだろうか。

さらにテトラクロロエチレンとトリクロロエチレンを加えた有機塩素化合物濃度の流れ方向の変動を図 5 に示した。この図のように、テトラクロロエチレンは地点 8 を中心としたスポット的な汚染の広がりを示している。一方、1.1.1 - トリクロロエタンは比較的広域的な汚染の広がりを示している。この相違は、両者の溶解度の相違等に関係しているのではないかと考えられる。

5. まとめ

本研究では、地下水流動のシミュレーション、水質による水系区分により、地下水の流れを推定し、その流れ方向での有機塩素化合物の濃度変化を検討した。その結果、移流と分散による広がり方、物質の特性による広がり方の相違を明確にできた。

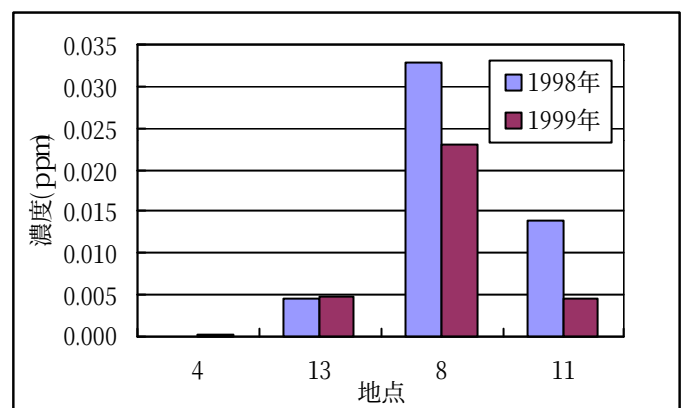


図 4 1.1.1 - トリクロロエタンの変動

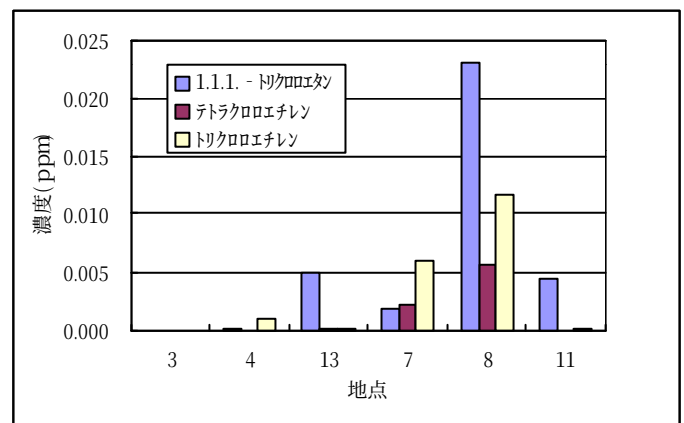


図 5 有機塩素化合物濃度の流れ方向の変動