主成分分析による地下水の水質特性の把握

株式会社エイト日本技術開発 ○花木 勇太、原 伸匡 風見 健太郎、大嶋 篤

1. はじめに

主成分分析は、多くのデータを統計解析することでデータがどのような傾向があるか整理することが出来る検討手法である。主成分分析は多くのデータを処理し、得られた結果により総合的に解釈することが出来る。

トンネル施工箇所付近の井戸や湧水で実施された施工 前後の水質分析結果を用いて主成分分析を実施した結 果、水質の変化が認められたため、以下にその事例につ いて報告する。

2. 調査概要

(1) 調査目的

本調査は、水質試験結果を用いて主成分分析を実施し、 トンネル施工前の水質特性を把握し、施工影響による水 質特性の変化を把握するものである。

(2) 使用データ

ナトリウム、カリウム、カルシウム、マグネシウム、 硫酸、炭酸水素、塩化物各イオン、pH、電気伝導率 (Ec) の水質分析結果を用いて分析を行う。

(3) 分析手法

主成分分析は図-1に示すとおり、ばらつきの大きい散布図があり、新たに分散が最大(ばらつきが大きいところ)となるように軸 A を引く、次に軸 A に直角になるように軸 B を引くことにより新たな相関性を得ることで、データに最大限の意味を与える手法である。

地下水については、その水質に着目した場合、地下水 成分がどのような傾向を示すのか統計手法を用いること で多量のデータを分かりやすく表現するために用いられ る。

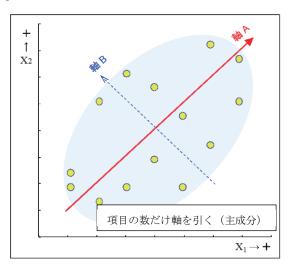


図-1 主成分分析について

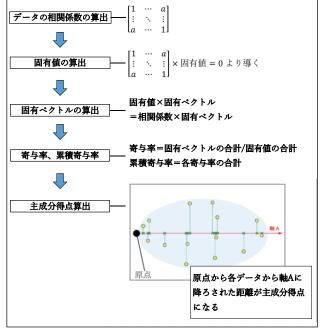


図-2 主成分分析の方法

3. 分析結果

トンネル施工に伴う地下水への影響を推定するために 施工箇所周辺の井戸や湧水の施工前後の水質分析結果を 用いて主成分分析を実施した。

主成分分析結果から得られた固有ベクトル(各主成分の性質)、固有値(各主成分が有するデータ数)、寄与率(各主成分がデータを表現できる割合)、累積寄与率を表-1に示す。表-1(第6主成分以降は省略)に示すとおり、第2主成分までで全データの約70%を表現できる結果となった。

表-1 固有ベクトル、固有値、寄与率、累積寄与率

固有ベクトル	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分	第5主成分
ナトリウムイオン	0.237	0.387	0.483	0.460	0.371
カリウムイオン	0.173	-0.593	0.186	0.416	-0.570
カルシウムイオン	0.391	-0.090	-0.083	-0.501	0.027
マク゛ネシウムイオン	0.339	0.019	-0.538	0.150	0.086
硫酸イオン	0.246	-0.249	0.602	-0.424	0.149
炭酸水素イオン	0.423	0.176	-0.205	-0.110	-0.059
塩化物イオン	0.397	-0.171	-0.069	0.380	0.298
рН	0.225	0.599	0.166	-0.013	-0.643
Ec	0.446	-0.093	-0.007	-0.073	-0.030
固有值	4.810	1.521	1.079	0.874	0.397
寄与率	53.45%	16.90%	11.99%	9.72%	4.41%
累積寄与率	53.45%	70.35%	82.34%	92.06%	96.47%

4. 考察

(1) 第1主成分

図-3、図-4に示すとおり、第1主成分の固有ベクトルは、塩化物イオン、炭酸水素イオン、硫酸イオン、マグネシウムイオン、カルシウムイオン、カリウムイオン、ナトリウムイオン、Ec がプラス側であり、第1主成分得点とEc は正の相関となっていることから、第1主成分得点は岩石からの溶出特性を示しており、得点が高いほど地下水、低いほど表流水起源であると考えられる。

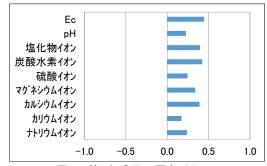


図-3 第1主成分の固有ベクトル

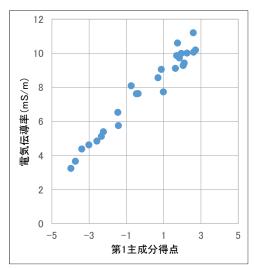


図-4 第1主成分得点と電気伝導率の関係

(2) 第2主成分

図-5に示すとおり、第2主成分の固有ベクトルは、炭酸水素イオン、マグネシウムイオン、ナトリウムイオン、pH がプラス側となっている。高 pH やナトリウム成分が多い地下水は、一般的に深層地下水の特徴的を示し、施工前に第2主成分得点が高かった地点は深層地下水の特性を示していたことから、第2主成分得点が高いものは深層地下水に分類し、低いものは浅層地下水に分類した。

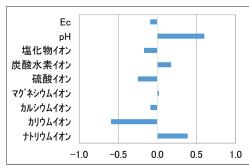


図-5 第2主成分の固有ベクトル

(3) 調査地周辺の地下水成分

第1主成分得点と第2主成分得点の関係図を図-6に示す。施工箇所周辺の地下水は三角形 ABC で示すように、第1主成分が低い A:表流水系、第1主成分得点が高く、第2主成分得点の高い B:深層地下水系、第1主成分得点が高く、第2主成分得点の低い C:浅層地下水系の3成分で形成されているものと考えられる。

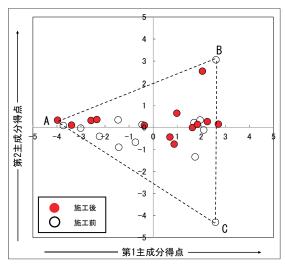


図-6 第2主成分の固有ベクトル

(4) 施工前後の成分比較

図-7に施工前後の第1主成分得点の関係図を示す。

第1主成分得点は濃度変化を示していることから、地点A、Bでは施工後に濃度が高まっている一方で、地点C、D、E、Fでは施工後に濃度が低下している。これはトンネル施工により施工箇所付近の水質特性が変化していることを示している。

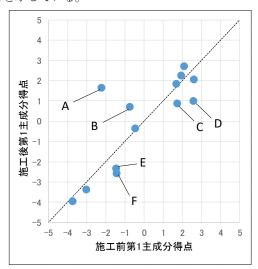


図-7 施工前後の第2主成分得点の関係図

5. 最後に

本稿では、トンネル施工前後の水質試験結果を用いて 主成分分析を実施し、地下水の水質変化を把握すること が出来た事例を紹介したが、工事に限らず、土地利用の 変化等による水質の変化も把握することが可能であり、 活用の幅を拡げていきたい。