

京都大学工学部地球工学科 学生員

○増田 千胤

京都大学大学院工学研究科 正会員

北岡 貴文

京都大学大学院工学研究科 正会員

Pipatpongsa, Thirapong

京都大学大学院工学研究科 正会員

大津 宏康

1. はじめに

本研究で対象としているタイの首都バンコクでは経済成長にともなって地下水需要が急増した結果、ピエゾ水頭が急激に低下し地盤沈下や塩水化が生じた。現在では課税などの対策によりピエゾ水頭の回復がみられる地域もある一方、郊外地域において汚染地域の水平方向の拡大が問題となっている。今後、対象地域では汚染の水平方向の拡大にともなって、難透水層の不連続箇所を通じた異なる帯水層への汚染の拡大も懸念される。このような現状を踏まえて本研究では対象地域において揚水量が多い、PD層（地表面から下部深度 100m程）、NL層（地表面から下部深度 150m程）、NB層（地表面から下部深度 200m程）について難透水層の不連続性の検討を行った。本研究ではタイのDGRから得られたデータ¹⁾を用いて濃度相関マトリックス法および揚水量とピエゾ水頭の相関分析により帯水層間の化学的、物理的な繋がりを考察し、不連続性について検討した。また得られた結果とボーリングデータの比較により検討手法の妥当性の検証を行った。以上の検討により対象地域において汚染に対する脆弱性が高い地域を推定した。

2. 濃度相関マトリックス法による検討

本研究では濃度相関マトリックス法²⁾を用いて帯水層間の水質の類似性の判定を試みた。濃度相関マトリックス法では2種類の試料水の相関数を算出し、類似性を判定することができる。帯水層間で水質が類似した地点では難透水層の不連続箇所を通じた地下水の鉛直方向の混合が生じていると考えられる。本研究では対象地域において塩水化が生じていることを踏まえて、7種類の主要溶存イオンからCl⁻を除いた6種類のイオンによる解析を行った。図-1に結果を示す。図-1より2つの難透水層について汚染の拡大が懸念されている郊外地域

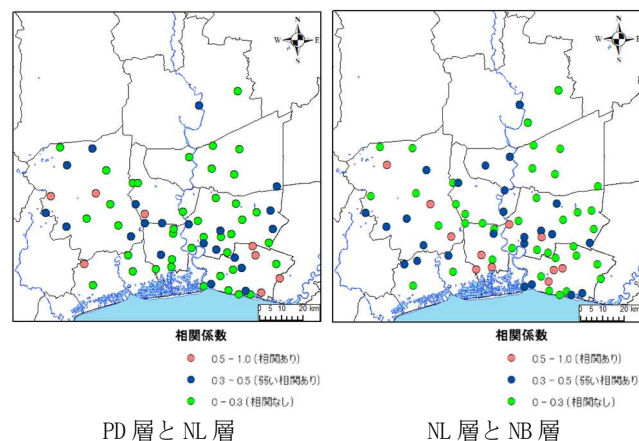


図-1 濃度相関マトリックス法 結果

では水質が類似していないことを確認した。これより郊外地域において鉛直方向の汚染の拡大が生じる可能性は低いと推察される。またPD層とNL層について沿岸部で水質が類似した地点を確認した。現在これらの地点では汚染が確認されていないが、汚染が発生した場合には鉛直方向に拡大する可能性がある。一方NL層とNB層についても同様に沿岸部で水質が類似した地点を確認した。これらの地点では塩水化が生じていることが明らかになっており、汚染の鉛直方向の拡大が生じたと考えられる。

3. 揚水量とピエゾ水頭の相関分析による検討

難透水層の不連続性を検討するにあたり、各県における揚水量と地点ごとのピエゾ水頭の相関分析³⁾を行った。難透水層が不連続である地点における揚水では上層の帯水層からの地下水の流入が生じるため、両者の相関は小さくなると考えられる。本研究では揚水量のデータとして県ごとのデータを用いたが、揚水地点が偏在する郊外地域では結果が不正確となる可能性がある。その理由は相関がみられなかった地点のうち、郊外の地点では難透水層の不連続性によるものか周囲に揚水地点が存

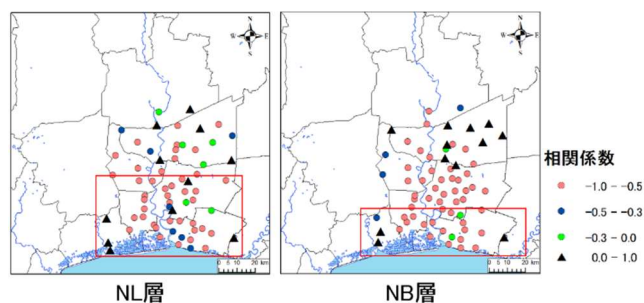


図-2 揚水量とピエゾ水頭の相関分析

在しないことによるものかを特定することができずと考えられるためである。そこで本研究では揚水地点が均等に分布する沿岸地域において検討を行った。図-2に結果を示す通り、沿岸地域において相関がみられず難透水層の不連続性が疑われる地点を複数確認した。

4. 検討手法の考察

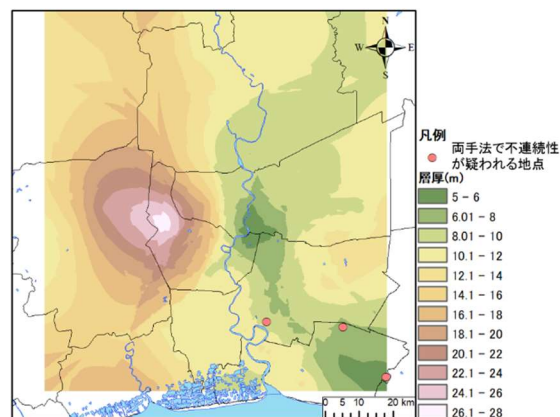
これまで行った手法の検証を目的として、難透水層の不連続性が疑われる地点とボーリングデータを比較した。以下に概要を述べる。

まずクリギングとよばれる手法を用いて点のデータであるボーリングデータから面のデータである層厚分布の推定を行った。クリギングではデータが存在しない地点の層厚を推定することができるが、データの密度が低い地域では推定結果の信頼度が低くなることに留意する必要がある。そこで本研究では推定された層厚分布のうち、ボーリングデータが多く存在している沿岸地域及びチャオプラヤ川沿いの地域の層厚を検証に用いた。

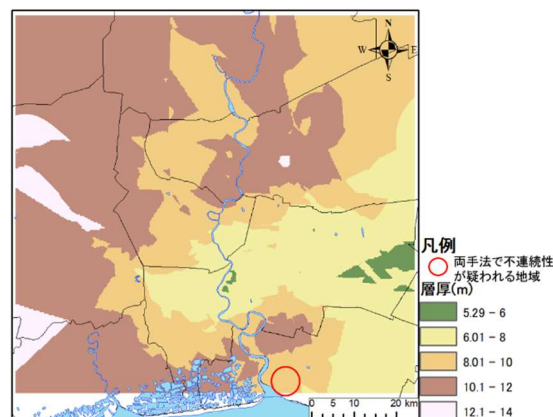
次に濃度相関マトリックス法、揚水量とピエゾ水頭の相関分析のどちらにおいても難透水層の不連続性が疑われる地点の層厚を、クリギングにより推定された層厚分布を用いて検証した。PD層とNL層を隔てる難透水層では、クリギングに用いたボーリングデータから得られた難透水層の平均層厚は11m、NL層とNB層では9mであった。図-3に示すように、難透水層の不連続性が疑われる地点では周囲と比較して層厚が薄いことを確認した。これらの地点や地域では難透水層が薄いことによる鉛直方向の地下水の混合が生じていると推察される。

5. 結論・今後の課題

本研究では対象地域において濃度相関マトリックス法および揚水量とピエゾ水頭の相関分析により難透水層の不連続性の検討を試みた。これらの検討により鉛直



(a) PD層とNL層を隔てる難透水層



(b) NL層とNB層を隔てる難透水層

図-3 不連続性が疑われる地点における層厚

方向の汚染の拡大が懸念されている郊外について、難透水層が連続して分布することを確認した。また検討した結果をボーリングデータから推定された層厚分布と比較した。その結果、不連続性が疑われる地点では他の地域と比較して層厚が薄いことを確認した。

今後は難透水層が薄い地点で生じていると考えられる地下水の鉛直方向の混合について、その程度を定量的に検討する必要がある。

参考文献

- 1) Department of Groundwater resources: Project Geology information system for database management of groundwater in groundwater critical area, <http://mis.dgr.go.th/webdev/>, 2018.2.18 閲覧.
- 2) 向井浩, 治田隆宏, 田中里志: 井水の化学成分に基づく京都盆地北部市街域の地下水系の解析, 地球化学, Vol. 43, No. 2, pp. 45-57, 2009.
- 3) 石原成幸, 高崎忠勝, 川合将文, 河村明, 天口英雄, 大崎友輔: 東北地方太平洋沖地震による東京での地下水位と揚水量の相互相関特性の変化について, 水文・水資源学会 2014 年度研究発表会, https://doi.org/10.11520/jshwr.27.0_100088, 2014, 2018.2.18 閲覧.