

第Ⅲ部門

タイ・バンコクにおける水質分析を反映させた三次元地層モデルの作成

京都大学工学部地球工学科 学生会員 ○太田 慎吾
 京都大学大学院工学研究科 正会員 大津 宏康

1. はじめに

タイ・バンコクでは、急激な都市化に伴って、過剰揚水に起因して地下水塩水化や地盤沈下といった問題が顕在化している。この問題を受けタイでは地下水問題に対する体系化された法律ができ、バンコクを中心に揚水量の減少に伴う地下水位の上昇が顕れている。この地下水位の上昇により地下構造物の安定性、地下水汚染の拡大といった新たな問題が指摘されている。これらは事前に水位上昇の程度を予測し、適切に地下水揚水量を管理すれば被害を小さくできると考えられる。このため、1)地下水の適切な揚水、2)地下水位上昇による汚染の移流・分散、を十分に検討する必要がある。

本研究ではこれらを検討する前段階としてバンコク地域での三次元地層モデルの構築を行うことを目的とする。地下水の分野において地下水流動や物質移行現象を精度よく予測するためには、難透水層の連続性の推定が重要となる。そこで、本研究ではバンコクにおいてヘキサダイアグラムを用いて水質分析を行い、難透水層の連続性と水質との関係を検証した上で、その結果を反映させた三次元地層モデル構築を試みた。

2. 難透水層の連続性と水質

図-1 はバンコク周辺地域の地下水位等高線の上にヘキサダイアグラムを表示したものである。なお、このコンターは地表から地下水面までの距離を表している。地下水はピエゾ水頭の大きい方から小さい方に流れるので、コンター線に対して垂直に値の小さい方から大きい方に向かって流れていると考えられる。本研究では、隣り合う上下の帯水層で水質の類似性が見られれば付近で難透水層の不連続箇所があるものとしている。また、PD 層、NL 層、NB 層はバンコク地下における第2、第3、第4帯水層のことを指しており、難透水層2、難透水層3はそれぞれPD層とNL層の間の層、NL層とNB層の間の層を指している。

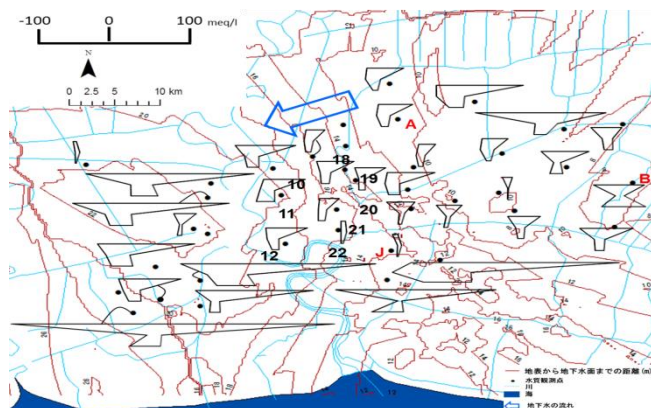


図-1 バンコクでの地下水位等高線およびヘキサダイアグラム(PD層)

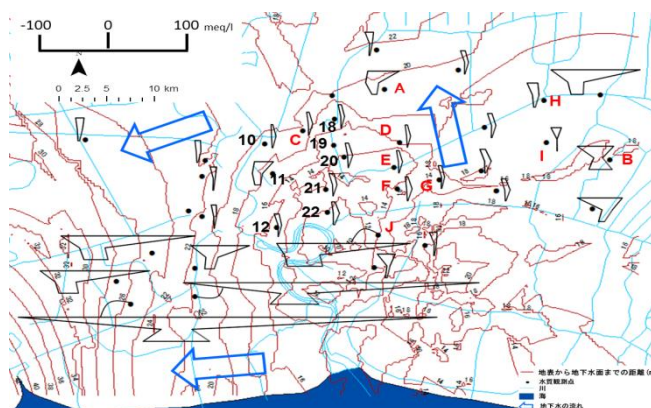


図-1 バンコクでの地下水位等高線およびヘキサダイアグラム(NL層)

A 地点では、周囲との水質の比較から PD 層から NL 層に流入していることがわかる。また、ピエゾ水頭から見ても PD 層から NL 層に流入していることが確認できる。A 地点において、NL 層では地下水は南から流れてきていると推察できる。これより A 地点より南の地点で難透水層2の不連続箇所があり、そこで PD 層から NL 層へと流入し、NL 層での南から北への地下水の流れによって A 地点に流れ込んでいると推察できる。これより図-2 の D4 の位置に難透水層2の不連続箇所があると推察される。

同様にすると図-2 に示すように難透水層の不連続箇所を推定することができる。

3. 三次元地層モデルの構築

以下の手順で三次元地層モデルを構築した。地下を帯

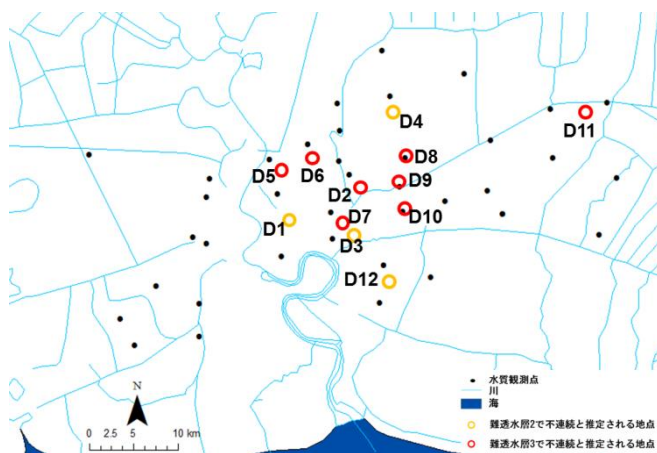


図-2 難透水層の不連続が推測される地点

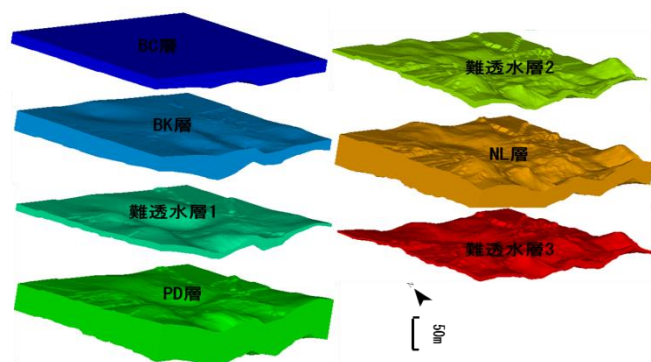


図-3 バンコクでの水質を反映させた地層モデル (層別)

水層と難透水層に分類し、それぞれの層厚に対して普通クリギング法を行う。さらに、モデル範囲においてメッシュ分割を行う。そして、平面メッシュのノードでクリギングから得られた値を抽出し、平面メッシュを鉛直方向に拡張することで三次元メッシュのノードでの値を得る。このデータを可視化ソフト AVS で可視化した。難透水層の連続性を考慮するために層厚データとしてボーリングデータから得られたものと図-2 で示した難透水層の不連続箇所での層厚を 0m としたものをを用いた。構築結果を図-3 に示す。

4. 補間精度検証

クリギングの補間精度を検証するにあたり交差検証法の一つである Leave-one-out cross-validation (LOOCV) を用いた。LOOCV はデータ群の中から一つのデータをテスト用データとして取り除き、残りのデータを検証用データとして用いて取り除いたデータの推定を行う。これを全てのデータがテスト用データとして用いられるまで繰り返す。LOOCV は全てのデータを検証用データとして用いるため、検証誤差の隔たりが少ない手法とされている。今回、ボーリングデータのみを用いた難透水層 2、難透水層 3、及び水質分析を考慮した難透水層 2、

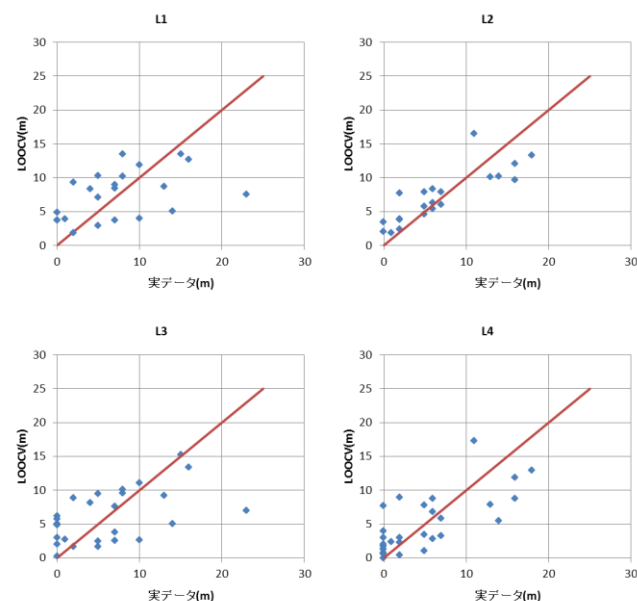


図-4 LOOCV による計算結果

難透水層 3 について LOOCV による検証を行った。図-4 に LOOCV による補間精度を示す。なお、L1：ボーリングデータのみを用いた難透水層 2、L2：ボーリングデータのみを用いた難透水層 3、L3：水質による推定を反映させた難透水層 2、L4：水質による推定を反映させた難透水層 3 とする。この図より、L2 が特に精度よく補間できているのがわかる。また、L1 と L3 を比較すると L3 の方が直線に沿うようにプロットされており、L2 と L4 では L2 の方が直線に沿うようにプロットされているのがわかる。以上より、難透水層 2 では水質を考慮したクリギング結果の方が考慮していないものに比べて、やや補間精度が上がっていることがわかった。しかし、難透水層 3 では水質を考慮したクリギング結果のほうが誤差の偏りは小さくなったものの補間精度は悪くなっているという結果になった。補間精度が悪くなった原因として、難透水層が不連続だと推定し層厚を 0m と仮定した地点が、セミバリオグラムによって定められた空間的相関関係に沿わず、はずれ値となったからだと考えられる。

5. まとめ

本研究では、タイ・バンコクにおいてにてヘキサダイアグラムを用いて地下水質と難透水層の連続性について考察し、その結果を考慮した三次元地層モデルを作成した。また、これにより水質データが地下推定における補足データとなりえる可能性を示すことができた。