

無散水消雪施設設計における揚水方法選定のための地下水シミュレーション解析事例

日本地下水開発（株）

黒沼 寛・廬 明俊・黒沢 亘・角張 信・原田 俊明・秋山 純一

1. はじめに

地下水を利用した消雪施設を設置する場合、消雪施設周辺に既存井戸が多く分布している地域においては、地下水の汲み上げに伴う地下水位の低下による周辺既存井戸の枯渇や、揚水量の低下等の問題が発生する可能性がある。このような影響を、消雪工事前にその影響範囲や影響量を予測する目的で、地下水位の観測を実施し、そのデータを用いて地下水シミュレーションを行う場合が多い。

本調査では、地下水シミュレーションソフトMODFLOW（合衆国地質調査所）を用いて実施した、地下水の揚水・注入時の周辺地下水への影響予測結果と、その後実施された調査井による揚水・注入試験時の観測データとの比較について紹介する。

2. 調査概要

調査井を3孔、水位観測井を1孔設置し、調査井・水位観測井完成後、調査井3孔及び既存の調査井1孔の計4孔を用いて揚水・注水試験を実施した。揚水試験実施前に、水圧式自記水位計を水位観測井の1孔と、注入井の2孔に設置し、

調査地域における地下水位の変動状況及び揚水・注水試験に伴う地下水位の変化を把握するための水位観測を実施した。

調査井（No1～3、既存）、観測井（ob）位置および解析範囲を図-1に示す。

これらの調査結果から、本調査地域における地下水位変動状況の把握と、無散水消雪用水源井の既存井戸に及ぼす影響予測・解析をおこなった。

3. 地下水シミュレーションの構築

(1) MODFLOWの概要

MODFLOWは合衆国地質調査所（USGS）によって開発された3次元地下水シミュレーションソフトウェアである。シミュレーションの本質は、拡散型の微分方程式を解くことであるが、この微分方程式の数値解析は差分法を採用している。

(2) シミュレーション範囲と格子設定

解析範囲は、当該地域の地形地質条件と予想される影響範囲を考慮し、無散水消雪計画路線を中心とした400m×400mの範囲を設定した。格子間隔は東西方向および南北方向ともに10mで設定した。

(3) 地層モデル

当該地域の地質は、周辺の既存地質資料および調査井および観測井ボーリング結果より、基盤岩の上位に砂礫層（帯水層）が1層分布するのみである。地下水揚水による影響が懸念されるのは、当該砂礫層に賦存している地下水である。モデル設定においては、砂礫層（帯水層厚約20～40m）の地下水位を解析対象として、下部の基盤岩は不透水層として設定した。解析対象深度は60mとした。

(4) 計算条件の設定

①水理定数の設定

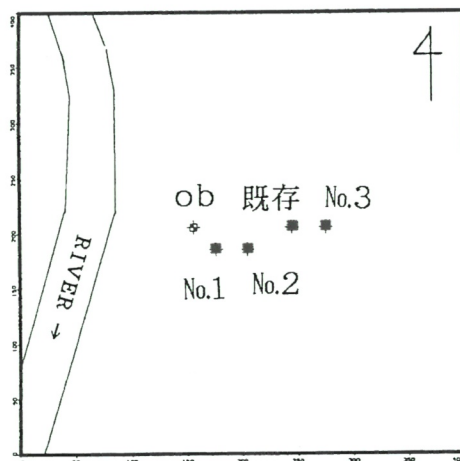


図-1 調査井・観測井位置および解析範囲

調査結果をもとに、解析範囲の水力定数を表-1に示す。水力定数は、調査地域の地層状況及び帯水層状況から自由面水井戸で、地表湛水部から補給のない非平衡揚水とした。帯水層の水力定数は、調査結果の平均値を採用して一様な値とした。

表-1 計算条件の設定値

項目	設定値	備考
透水係数 k	$3.24 \times 10^{-4} \text{ m/sec}$	XYZ 3 方向
貯留係数	0.01	≒有効孔隙率

②揚水・注入方法の設定

影響対策として注入井を設けた場合、北側はNo.3孔から0.200 m³/min揚水し、既存井に注入をおこない、南側はNo.2孔から0.200 m³/min揚水し、No.1孔に注入すると仮定した。

(5)境界条件の設定

①初期地下水位

調査地域の地形地質状況、調査井および観測井の水位観測結果より、調査地全体の地下水初期水位を推定した。

②境界域の水位

境界線上の地下水位は、定常水位として設定した。

4.地下水シミュレーション結果

(1) 2孔揚水、2孔注入による地下水位の変化

図-2、図-3に揚水・注入開始から8時間後、22時間経過後の周辺地下水の予想水位降下量を示す。

水位降下量が0.1mとなる範囲は、揚水8時間後では、No.3孔による影響が南北90m、東西で80mとなり、No.2孔による影響が南北30m、東西25mとなった。揚水22時間後では、No.3孔による影響が南北110m、東

西で80mとなり、No.2孔による影響が南北30m、東西25mとなった。

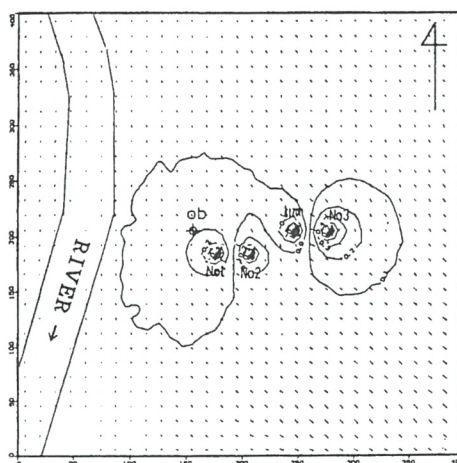


図-2 8時間経過後の水位降下量

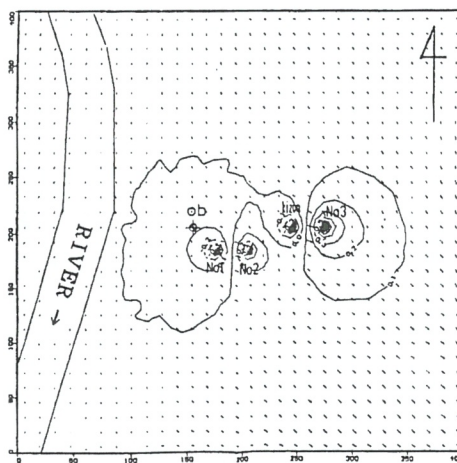


図-3 22時間経過後の水位降下量

(2) 2孔揚水、2孔注入による影響予測結果

シミュレーション結果より、本調査地域における周辺の既存井戸の水位降下量は、0.35m以下と予想された。4孔同時に0.100 m³/min揚水した場合の地下水シミュレーション結果から予想される水位降下量は0.75m以下で、2孔揚水、2孔注入では4孔同時揚水の約1/2の水位降下量と予測される。

地下水シミュレーションの結果、揚水・注入による予想水位降下量は0.35 m程度であった。水位降下量0.35 mは自然変動の範囲であり、既存井戸のトラブル発生の主要因となる可能性は低いと考えられる。従って、実用上、揚水・注入の影響による問題が生じることは少ないと予測した。

5. 地下水シミュレーションの妥当性検証

水理定数、初期水位等の設定値の整合性を検証するため、実際に行った揚水・注入試験との比較、検討を行った。揚水・注入試験との検証は、観測井(o b)における水位降下量で比較した。観測孔における揚水・注入試験時の実測値とシミュレーションによる計算値とを比較して図-4に示した。

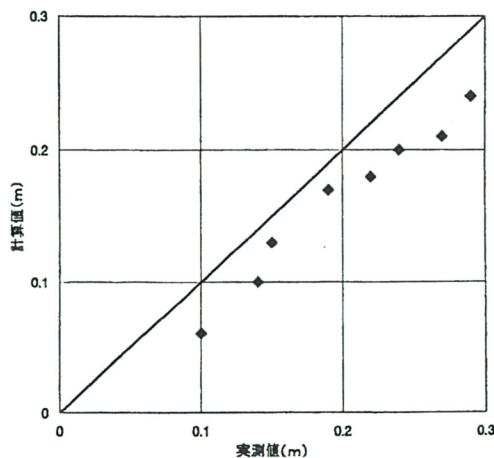


図-4 観測井における実測値と計算値の比較

実測値と計算値との差は全て±0.06 mの範囲内であった。このことより、シミュレーションによる計算値は許容範囲内にあると判断され、シミュレーション結果は適切なものであると考えられる。

6. まとめ

本調査地域における地下水シミュレ-

ーション結果から、無散水消雪施設による地下水の揚水・注入時の水位降下量および低下範囲を推定した。また、今回は実際に揚水・注入試験を実施し、この地下水シミュレーションの妥当性を検証することができた。検証結果から、シミュレーション結果は適切なものであると判断される。

今後の課題としては、冬期間に消雪施設が稼働した場合(断続・繰返し稼働)の水位変化は、本検討における地下水シミュレーションによる予測と必ずしも一致しない可能性が考えられる。このため、初年度稼働期には、観測井の水位を観測して予測値と比較し、予想以上の水位低下がある場合は、地下水シミュレーションを再度実施するとともに、揚水量や消雪システムについて再検討することが重要である。

《引用・参考文献》

1. MARY P.ANDERSON WILLIAM W.WOESSNER 著
地下水モデル、1994.
2. 地下水技術センター 理学博士 酒井軍治郎 著
地下水の水理解析法、1980.