

京都府南山城地域における水源揚水井の長寿命化に関する研究

関西大学大学院理工学研究科	学生員	○中寺 美月
関西大学環境都市工学部	フェロー	楠見 晴重
関西大学環境都市工学部	フェロー	大西 有三
水文技術コンサルタント株式会社	正会員	高橋 健二

1. はじめに

本研究の対象地域である京都府南山城地方は、良質な地下水が豊富にありその貯水量は211億tとされ、琵琶湖の水量に匹敵する⁽¹⁾。京都府南山城地方に属する城陽市と八幡市は地下水利用が盛んな地域であり、上水道水源を地下水にそれぞれ約80%、約45%依存している。地下水を汲み上げるためには井戸が必要であり、当地域でも水源揚水井として利用されている。水源揚水井は、様々な要因により経年的に性能が低下するため、適切な維持管理を施す必要がある。堀替えには膨大なコストがかかり、現状の維持管理方法である洗浄工事は、経験者の管理則に基づき決定されている。すなわち、定量的評価に基づいたマネジメントが行われていない。そこで本研究では過去の地下水利用データを分析し、揚水井の性能低下の将来予測と、将来予測に基づいた経済分析手法を用いることで、戦略的かつ合理的な水源揚水井の維持管理計画を検討する。

2. 井戸の老朽化

揚水井では、揚水を継続するにつれて運転水位の低下や揚砂量の増加等の様々な井戸障害が発生し、必要な揚水量を確保できなくなる。揚水量が減少する原因として、他井の干渉によるものとストレーナーの目詰まり現象が挙げられる。中でも、目詰まり現象は井戸障害の原因として大きな影響を及ぼしている。図.1は、井戸のストレーナー部分の目詰まり現象のメカニズムを示したものである。目詰まりの原因は地下水流動の影響で流入した土粒子による物理的要因、あるいは、生物的・化学的要因によるものが主である。したがって、揚水井を持続的に使用するためには目詰まりが進展しないように適切な管理を実施する必要がある。対象地域の井戸は水位低下という形で井戸障害が表面化している。

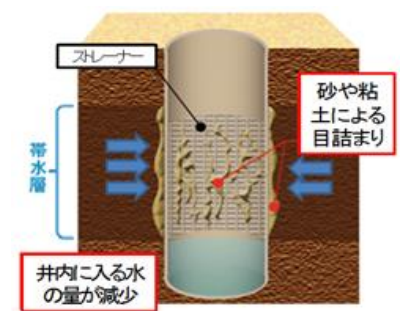


図.1 目詰まりのメカニズム

3. 揚水能力の評価指標

維持管理計画の検討に重要なことは、揚水井の機能低下状況を把握し、将来の低下予測を精度よく予測することである。対象地域では、揚水能力を洗浄工事の度に評価していた。その評価指標は、主に透水係数と比湧出量が主である。既往の研究では、実測データから透水係数の定量的評価は行われていなかった。そこで、本研究では透水係数を指標に用いて、揚水井の経年的な性能低下挙動を明らかにした。

4. チームの平衡式による透水係数の算出

性能低下挙動の分析を行うためには、モニタリングに適した指標が必要である。本研究では、対象地域の実測データから算出できる指標を用いるため、透水係数の算出にチームの平衡式（式（1））を適用した。チームの平衡式は、自由水面の帯水層から揚水を行う場合、井戸から一定流量を取水し、それに伴う地下水位の変化から透水係数を求めることができる式である⁽²⁾。

$$Q = \frac{\pi k(H^2 - h^2)}{2.3 \log(R/r)} \quad \text{式(1)}$$

ここに、Q：揚水量、H：自然水位、h：運転水位、r：新設井戸の計画口径、k：透水係数、R：影響圏半径である。

キーワード：地下水、揚水井、維持・補修、

連絡先：〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁目3番35号 関西大学地盤環境工学研究室 TEL 06-6368-0837(6507)

5. 洗浄工事を考慮したモデル

性能低下予測モデルに基づいて維持管理計画を検討するにあたり、洗浄効果をモデルに反映することは極めて重要である。そこで、既往の洗浄工事の際に実施された揚水試験の透水係数の値を基に、各浄水場の洗浄効果の分析を行った。洗浄効果は、実測値の対数平均値を取り、工事前後の標準偏差の値の差を算出することで、算出した。

6. 透水係数を指標とした性能低下予測モデル

図 2 は、洗浄工事の効果を反映した八幡美濃山浄水場 8 号井における今後 50 年間の性能低下予測モデルである。無対策の場合から、洗浄工事を 1 年間隔で行う場合の 51 通りの透水係数の性能低下予測を行った。

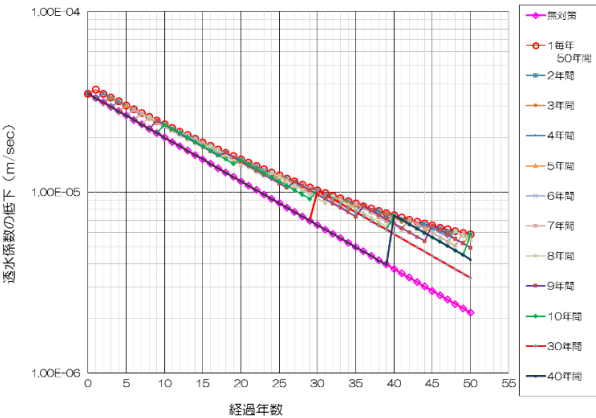


図. 2 性能低下予測モデル

7. 経済分析手法による維持管理計画

維持管理計画の検討手法として、費用便益分析を行う。揚水井の性能低下は、水道料金による収入に与える影響が大きいため便益を含めた検討が必要である。本研究では、維持管理シナリオによる直接的な便益の差を確認するために、純現在価値について算定を行う。また、性能低下の将来予測に対して、費用便益比が最大となるような維持管理計画を策定すればよいとされているため、必要便益比についても算定を行う。

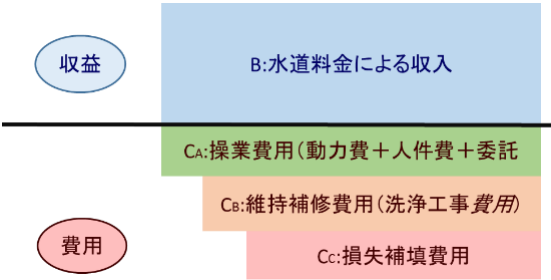


図. 3 上水道事業における便益の概念図

図 3 は、上水道事業における費用と便益の概念図を表している。

維持管理に投入される費用は、操業費用、維持補修費用、損失補填費用の和からなる。損失補填費用とは揚水井の性能低下に伴い不足した揚水量を、府営水より補填する際に発生する費用である。また、便益は水道料金による収入のみを考慮する。

8. 各揚水井の費用分析の結果

表 1 は、各浄水場の代表井戸における費用便益分析の結果を示したものである。本分析において理想洗浄工事間隔は、最大費用便益比と純現在価値による理想工事間隔は数年の差が出た。これらの費用分析の値を考慮し、各揚水井に理想工事間隔を求めた。最適な維持管理シナリオは揚水井ごとの透水係数の性能低下特性により違いが発生した。

表. 1 費用便益分析の結果

	城陽第1-3	城陽2一団地	城陽3-7	美濃山8
最大純現在価値 (百万円)	1079.17	3786.58	4312.34	2266.79
最大純現在価値による 理想工事間隔(年)	3	4	13	3
最大便益比	1.52	4.85	6.74	2.39
最大便益比による 理想洗浄工事間隔(年)	4	5	17	3
理想工事間隔	3~4年	4~5年	13年	3年

9. まとめ

本研究では、目詰まり現象から起こる揚水井の性能低下に着目し、定量的な評価手法の提案に基づいた将来の性能低下予測を行った。さらに、経済分析手法を導入し、最適な維持管理計画を検討した。維持管理シナリオを仮定し、将来予測に基づいて純現在価値と、費用便益比を算出した。その結果、各揚水井の最適な維持管理シナリオを提案することができた。従来の経験則的な維持管理に対する本手法の有用性は、費用面まで包含した戦略的な維持管理計画の検討であり、大きな意義をなすことが期待される。

参考文献

1) 谷口敬一郎, 京都府南山城地方の地下水資源について, 物理探査第45巻, pp.54-62, 1992.
2) 水村和正: 水圏水文学,山海堂,pp54-55.1988.