

人口減少を考慮した水道送水管ネットワークの更新

環境計画研究室 南輝晃

1.背景と目的

現在、高度経済成長期に布設された多くの水道管が老朽化により、更新の時期を迎えている。しかし、限りある予算の中で全ての管を更新していくことは困難であるため、優先順位が高い管から順次更新していく必要がある。一方、人口減少により、将来人口が減少し、それにより水需要が減ることが予想される。そこで本研究の目的として、将来の人口減少に伴う影響を考慮するとともに、各配水池間の水の融通性も考慮した送水管の更新方法を提案する。

2.事例研究

人口減少下で、上水道の将来に向けての対策を考える。本研究では、人口減少の影響として、(1)更新予算の減少、(2)水道利用者の変化の2点について考慮した。(1)については、現在の水道料金制度では、更新するための予算は、水道の料金収入から出されるので、全体の予算が減ることによって、更新費用も減少すると考えられる。(2)では水需要の変化により、各管が断・減水した場合の被害の影響も現在と違い、利用者が減少しているところでは、影響が少なくなると思われるため、多くの被害が予測される場所を優先的に更新していく必要があると考えられる。また、各配水池間の水の融通性を考慮する。融通率とはある配水地区から他の配水地区に水を融通できる割合である。そこで、本研究では、予算制約下で、計画期間内の充足水量が最大となる管の更新順序とその延長を求める。

本モデルでは5年を1期とし、10期(50年)の更新管路を求める。t期の管路iの便益をEで表す。M本の管の充足水量をT期合計したものが式(1)となり、これを最大化したときの更新順序、延長を目的とする。定式化したモデルを以下に示す。

$$\max_{x_i^t} \sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^T E = \max_{x_i^t} \sum_{m=1}^M \sum_{t=2}^T \left[\prod_{i \in m} \exp \left\{ -\beta_{i,t}^0 \left(L_i - \sum_{j=1}^{t-1} x_i^j \right) \right\} + \sum_k \alpha_{k,m} \prod_{i \in k} \exp \left\{ -\beta_{i,t}^0 \left(L_i - \sum_{j=1}^{t-1} x_i^j \right) \right\} \right] q_{m,t} \quad (1)$$

管リンクiのτ期に更新される延長を x_i^τ 、リンクiのt期における破損率を $\beta_{i,t}^0$ 、リンクiの管長を L_i 、k配水池からm配水池区域に融通できる割合を $\alpha_{k,m}$ 、m配水池区域のtにおける需要水量を $q_{m,t}$ とする。

本研究では、モデル管路として鳥取市の第1次配水池までを研究対象とした。図1に示す。

3.検討するシナリオ

本研究では5つのシナリオを設定し、更新シミュレーションを行った。シナリオ1では実際に予測した人口減少データを用い、融通率は各配水池に10%~30%の範囲で設定した。充足水量に融通率を乗じたものが融通できる水量となる。シナリオ2では2010年の人口のまま変化せず、融通率はシナリオ1と同様とした。シナリオ3では2010年の人口から每期0.8を乗じ、融通率はシナリオ1と同様とした。シナリオ4については、シナリオ1の人口減

少率と同様とし、融通率は全て50%の場合とする。シナリオ5では、シナリオ1と同じ人口減少率とし、融通率を考慮しない場合とした。

4.更新シミュレーション結果

本研究では表1の5種類のシナリオをExcelのソルバ機能により計算を行った。計画期間内50年間の充足水量を最大化することにより、送水管の更新順序と延長を算出した。表1例として、シナリオ1のI期から更新完了のIV期までの結果を示した。番号1~10がリンク番号である。

表1 シナリオ1の更新順序と延長(km)

| | I | II | III | IV | 計 |
|----|------|------|------|------|-------|
| 1 | 0 | 0 | 2.30 | 2.82 | 5.12 |
| 2 | 1.50 | 0 | 0 | 0 | 1.50 |
| 3 | 0 | 1.35 | 0 | 0 | 1.35 |
| 4 | 1.36 | 0 | 0 | 0 | 1.36 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 4.42 | 0.48 | 0 | 4.90 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0.54 | 3.13 | 0 | 0 | 3.67 |
| 9 | 3.50 | 0 | 0 | 0 | 3.50 |
| 10 | 0 | 0 | 6.18 | 0 | 6.18 |
| 計 | 6.90 | 8.90 | 8.96 | 2.82 | 27.58 |

5.まとめ

送水管の更新順序とその延長について、(1)1期目では管長の短い管が短期間かつ低予算で充足水量を増加させることができるため、リンク2, 4, 8, 9が選定された。(2)シナリオ1, 2, 3において、人口変化の程度が違えば、予算の額に変化があり、更新することのできる距離や更新にかかる期間に影響があるということが分かる。(3)シナリオ1と4, シナリオ1と5において、配水池間の水の融通率を大きく場合と融通率を0にした場合では、更新順序に変化はないということが分かった。

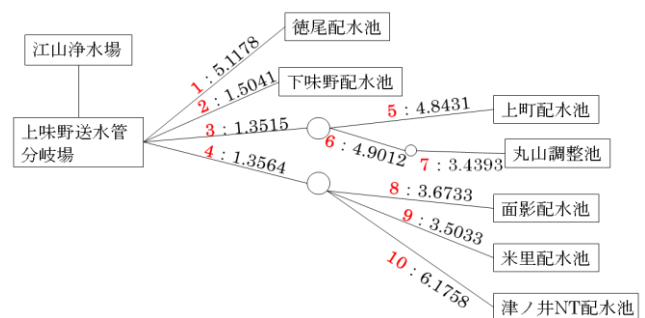


図1 モデル管路(リンク番号：管の延長(km))