

人口減少を考慮した上水道システムの将来対策に関する検討

環境計画研究室 荻原雄一

1. 背景と目的

わが国は現在人口減少や少子高齢化が問題となっており、将来はさらなる進行が予測されている。水道事業では人口減少により水質悪化が発生する可能性がある。水道水は残留塩素(以下、残塩と略す)により安全に保たれており、残塩は時間と共に減少するという特徴がある。残塩は水道法によって感染症を防ぐ観点から給水栓において遊離残留塩素が0.1mg/Lを下回らないように定められている。近年、節水などにより水需要が減少傾向にあることに加えて、人口減少の進行により更なる水需要の減少が発生すれば、水道水が蛇口に届くまでにかかる時間が増加し、残塩が基準値を下回るかもしれない。そうなれば微生物が繁殖しやすくなる。

本研究では将来の需要水量を予測し、将来の残塩濃度変化について検討する。また、残塩濃度が基準値を下回る地域については残塩濃度の減少を抑える対策について検討する。研究の対象地域は鳥取市上水道江山浄水場系とする。また、水道施設は今後更新時期を迎え、計画的な更新が必要となる。そこで、残塩低下対策とあわせて鳥取市上水道事業の将来の施設更新について検討する。

2. 残留塩素濃度推計方法

一般的に、水道水は浄水場で処理された水が送水管を通り配水池に送られ、配水池に貯水され自然流下により各給水栓に届く。そこで、残塩濃度の推計は各給配水施設(送水管、配水池、配水管網)において滞留する時間に対して残塩濃度の減少率を算出し、浄水場での残塩濃度に乗算して各地域の残塩濃度を求める。江山浄水場系には主な配水地区が14箇所あり、配水管網については地区ごとに推計を行う。送水管と配水池についてはそれぞれの関係する施設の滞留時間を算出し減少率の推計を行う。

配水管網においての推計は管網計算を用いる。図1に最も大きな配水地区である上町の配水管網図を示す。節点に需要水量と地盤高、管路に距離と口径を入力すると、配水池から各節点に水が届くまでの時間(滞留時間)が求められ、配水池から各節点間での残塩濃度の減少率が算出できる。上町配水地区は配水池数1、節点数183、管路数251のモデル管網である。節点ごとに需要水量を割り振り、将来の需要水量は人口に比例すると仮定する。将来の人口推計は江山浄水場系の32小学校地区について行い、2005年を基準年とし2060年までの人口変化比率を求めた。各節点に対応する小学校地区の人口変化比率を乗算し将来の需要水量を算出した。配水地区ごとの需要水量は送水管、配水池における残塩濃度減少率の推計でも用いる。

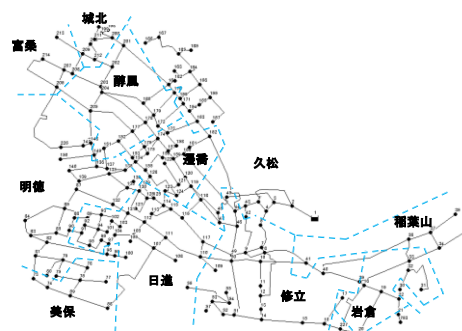


図1 上町配水地区の配水管網図

送水管と配水池についての残塩濃度減少率の推計は(1)式より求められる。送水管と配水池での滞留時間を算出し、包括残塩減少係数は既存研究により求められた算出方法を用いる。送水管については稲貝ら(2008)、配水池については山口ら(2011)を参考にした。式(1)に1次反応速度モデルを示す。

$$\frac{C_{TP}}{C_0} = \exp(-k \times TP) \cdots (1)$$

C_0 :初期の残留塩素濃度 (mg/L), C_{TP} :TP時間経過後の残留塩素濃度(mg/L), k :包括残塩減少係数(hr⁻¹), TP :経過時間(hr)

3. 推計結果

鳥取市水道局は江山浄水場系の末端給水栓10箇所(公表4箇所)において毎日水質モニタリングを実施している。値を公表している4箇所の残塩濃度実測値と本研究の推計値を図2に示す。本研究では5月の状況を想定しており、実測値は2011年度5月の平均値である。浄水場の残塩濃度は同じ値に設定しているため3箇所のみを比較したが推計値と比較すると各地点で誤差は小さいものである。残塩濃度の減少速度は水温や水質に左右されやすく正しい値を推計するのは困難だが、本研究は平均値ではあるが比較的正しく推計することができたと言える。

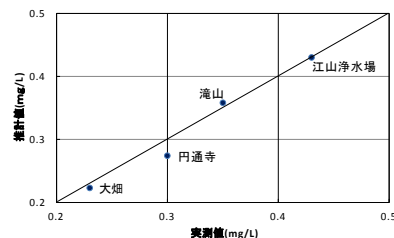


図2 残留塩素濃度の実測値と推計値

図3に需要水量の変化比率を示す。需要水量の変化比率とは2005年の需要水量に対する2035年と2060年の需要水量の比率を意味する。図4に2005年から2060年にかけての残塩濃度減少率の節点数の割合を示す。残塩濃度減少率とは2005年から

2060年にかけて何%の残塩が減少するかを意味する。図3と図4から需要水量の変化は残塩濃度の減少に関係しているか確認する。

図3を見ると、吉岡と下味野高は他の地区と比較して需要水量の減少が大きい。2060年の需要水量は吉岡で43%(2005年比)、下味野高で46%(2005年比)と2005年の半分以下になる。2005年から2060年にかけての残塩濃度の減少率は吉岡と下味野高で50%以上になる節点があり、この2地区は全体的に残塩濃度の減少率が高くなっている。その他には砂丘や賀露といった地区で残塩濃度の減少率が高くなっている。3番目に需要水量の減少率が高い上町の残塩濃度は小さな減少である。これは配水管網が複雑で水量が減少しても水が滞留しにくい形状になっているためだと考えられる。江山浄水場系全体の変化を見ると減少率10%以下の節点が約7割と需要水量が減少しても残塩濃度はあまり減少しないことが言える。これは上町など配水管網が複雑な地区が多く、残塩濃度が減少しやすい配水管網が単調な地域は規模が小さく全体で見ると割合は少ない。

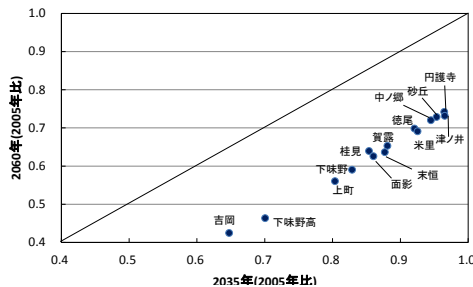


図3 需要水量変化比率

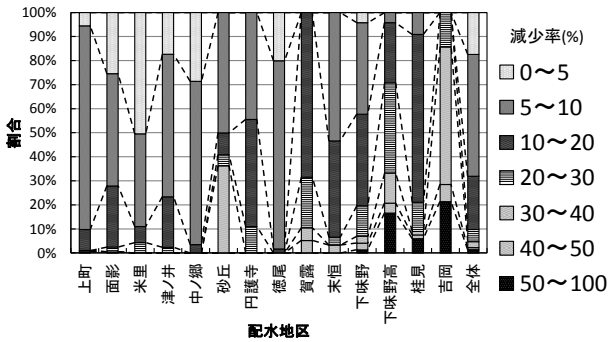


図4 2005年から2060年にかけての残留塩素濃度減少率別の節点数の割合

4.施設更新

水道施設は法定耐用年数が管路40年、配水池60年と定められている。今後、耐用年数を超えた施設の更新が行えず、老朽管が増加していくと考えられている。そこで、鳥取市上水道事業では今後の施設更新費はどれほど必要か検討する。管路と配水池の更新費は概算でも詳細な更新費用と変わらない費用が出せる。ここでは各管路と各配水池の経過年を調べ、将来の期間ごとに必要な更新費を求めた。図5に期間別の管路更新費を示す。

鳥取市上水道の導・送・配水管を含めた管路総延長は1,142,283mである。管路の口径別に更新費を算出すると、全ての管路を更新するには約275.9億

円が必要となる。管路更新を40年サイクルで行うと仮定すると1年当たり6.9億円となる。配水池と併せると約328.5億円で、1年当たりでは7.7億円となる。鳥取市上水道の年間事業費が約30億円なので管路と配水池の更新だけで約26%を占めることになる。

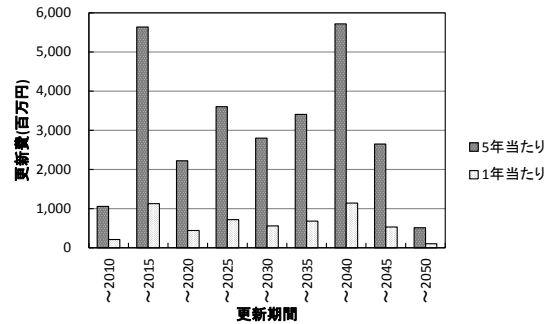


図5 期間別の鳥取市上水道管路更新費

5.人口減少時への移行政策

人口減少が進行した結果、残塩濃度が基準値を下回る地域に対して対策を検討する。対策が必要な地域は管路末端に位置しており、配水地区全体への対策ではなくピンポイントでの対策が必要となる。管路末端での残塩濃度を上昇させるためには管路内の流速を上昇させ滞留時間の縮小を図ることが一つの案である。具体的には管路末端の消火栓や排泥弁での放水、管路口径の縮小すること(管路更新)により管路内の流速を上昇させる。放水と管路更新の費用を比較すると管路更新の方が安い、目先の対策としては放水の方が容易である。また、耐用年数を迎えた配水池の更新を行う場合は防災上の観点から配水池容量を1日の需要水量の12時間分に設定する。これは震災などにより水道が使えなくなった場合の応急給水のための対策である。

将来の人口減少にあわせて残塩濃度対策と配水池更新を実施すると、基準値を下回る地域はなくなり、残塩濃度が高かった地域の値は低下する。残塩濃度が高かった地域は配水池の容量が小さく滞留時間が短い地区が多い。そこで、配水池容量を1日の需要水量の12時間分と設定することで滞留時間が増加し残塩濃度も低下する。鳥取市上水道江山浄水場系では放水や管路更新によって問題解決したが、地域によっては追加塩素などの対策も考えられる。

6.まとめ

将来の残塩濃度の推計結果は実測値との誤差が少なく正しく推計できたと言える。江山浄水場系では将来の残塩濃度が基準値を下回り水質悪化に繋がる地域は存在するが、全体的に見れば少なく江山浄水場系全体での対策は必要ない。残塩濃度が基準値を下回る地域への対策としては管路更新や管路の末端での放水が考えられ、各地域の置かれた状況に即した対策が必要となる。

今後の課題としては数十年後の人口推計は信頼性が薄く、将来の需要水量も推測と異なるかもしれない。そこで、将来の人口推計に幅を持たせた検討も行うべきである。