

九州大学再生水処理施設における節水および経費削減方法の提案と評価

九州大学工学部 学生会員 ○眞木 亮輔
九州大学大学院 工学研究院 正会員 藤林 恵
九州大学大学院工学府 学生会員 菅原 啓

九州大学大学院 工学研究院 正会員 久場 隆広
九州大学大学院工学府 学生会員 渡邊 俊介

1. 序論

世界規模で水資源は貴重であり、水不足は深刻な問題である。国内でも一部地域で水問題が発生し、福岡市と糸島市においても一級河川が無く、渇水が起りやすい。その水量的な問題の対策方法の一つとして再生水の利用が考えられている。2003年に福岡市では再生水に関する条例が制定され、大型建築物での再生水の使用が義務付けられた。

さらに、九州大学では伊都地区へのキャンパス移転が2018年に完了し、学内人口もここ10数年で大きく増加した。また、伊都地区周辺地域では移転前から農作物等への塩害が問題となっている。地下水を農業用水として広く利用しているため、地下水位の低下と渇水の影響により、地下水域への海水流入が憂慮された。このような福岡市の条例化や移転前後における諸問題を受け、2004年に学内に給水センターが建設された。給水センターは、大学内で生じた雑排水に浄化処理を施した再生水を供給している。

また、節水効果と同時に、再生水は経費面においても安価である^{1),2)}。本研究では、給水センター内の再生水処理施設の運転手法を模擬可能なモデルを構築し、それを基に、より一層の節水および経費削減のための運転手法の提案ならびにその節減効果の評価を行った。

2. 運転モデルの作成

2.1 用語の説明

図1に、九大給水センターの水供給^{1),2)}のフロー図を示した。給水センターでは、以下に示すような水が使用されている。

- ・原水：学内で発生した、実験用水や食堂で利用される水などの排水であり、給水センターで再生処理を行うための原水である。トイレ排水は含まれない。
- ・透過水：RO膜で逆浸透処理を行った、透過水であり、実験用水に再利用される。
- ・濃縮水：RO膜処理時に、RO膜を通過しなかった再生水であり、塩類などが残留している。トイレ用水に利用される。
- ・MF膜処理水：図1には記載していないが、RO膜処理の前段階のMF膜での処理のみを行った再生水。濃縮水が不足する際に、トイレ用水として利用されることがある。

- ・補給水：再生水の供給量が使用量を下回るときに供給される上水。透過水用の補給水と濃縮水用の補給水の2種類の補給水が存在する。

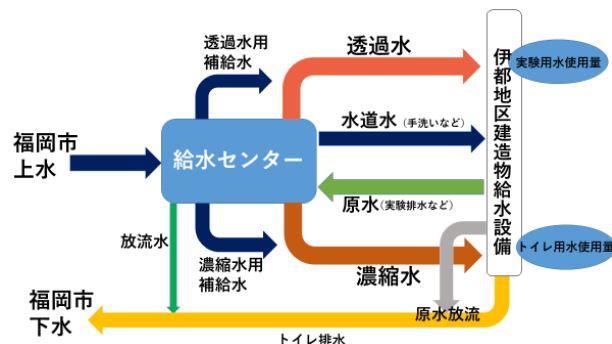


図1：給水センターの水供給フロー図

2.2 運転モデルの作成

現状の再生水処理施設の運転手法を把握した上で、効率的な運転手法を提案するために運転モデルを作成した。原水流量と、学内での実験用水使用量、トイレ用水使用量を入力すると、透過水、濃縮水、MF膜処理水の供給量を算出でき、同時に、補給水を算出できるモデルを作成した（図1参照）。

2.3 モデルの精度の評価

図2には計算値と実際の値との相対誤差

$I = \frac{(\text{実際の値}) - (\text{計算値})}{(\text{計算値})}$

を日単位で算出し、その年平均を示した（ I は絶対値記号である）。

図2より、再生水量の誤差が、透過水、濃縮水において、20%以上と若干大きな値になっているが、再生水処理施設は全自動で運転されているわけではなく、原水流量などに応じて一部でマニュアル運転されてい

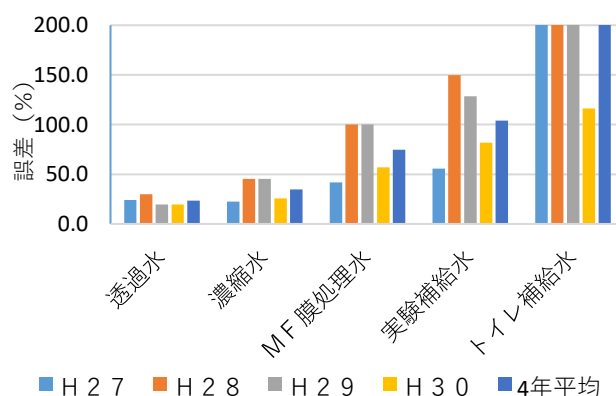


図2：日単位の相対誤差の年平均

ることを考慮すると、許容範囲の誤差であると考えられる。そのため、再生水の供給についてはモデルの精度は高いと言える。

しかし、MF 膜処理水と補給水については、誤差が 100%を超えたことから、現状のモデルでは、MF 膜処理水や補給水のように不定期に発生するものに対しての精度が低いと考えられる。今後モデルを利用し、効率的な運転手法を提案するには、モデルを改善し、より精度を向上させる必要がある。

3. 新たな運転手法の提案

3.1 原水放流量の有効利用

給水センターでは現在、処理しきれない量の原水が流入した場合あるいは、供給用の再生水のタンク等が満水位の場合、RO 膜の処理などを行わずに福岡市下水道中へ放流している。本研究ではその放流している原水の総量について調べた。

また、給水センターは建設当初、1 日 1,500 m³ の処理を行う予定であったが、需要量が少ないため現在は最大 750 m³ で処理を行っている。そのため今回は、現在の原水タンクを倍増させ、処理能力を倍増させた場合にどの程度の節水・料金節約に繋がるか、計算を行った。

3.2 計算方法

まず、以下のように名称を付けて議論を進める。

現状の処理能力の場合……系 I

処理能力を倍増させた場合……系 II

系 I の場合に発生する費用は以下ようになる。

(系 I の原水放流料金) + (系 I の補給水料金) + (系 I の再生水製造料金) + (系 I の上水利用料金) {式 1}

系 II の場合に発生する費用は以下ようになる。

(系 II の原水放流料金) + (系 II の補給水料金) + (系 II の再生水製造料金) + (系 I の上水利用料金) {式 2}

と表すことで、処理能力倍増による節約料金は {式 2} - {式 1} で求められる。

また、原水放流による下水道料金、補給水料金などは福岡市の上下水道料金を参照した。再生水については 1 年間のおおよその運用費である、350 円/m³ として再生水製造料金²⁾を計算した。

3.3 結果・考察

図 3 に節水量と原水放流による下水道料金などのそれぞれの料金、合計の節約料金を示した。

まず、原水放流の総量は 2018 年と 2017 年の 2 年分しかデータが存在しなかったが、平均で約 11,000m³ であった。これは原水流量全体の約 10%である。

図 3 より、平均で約 500 万円/年の節約効果があることが分かった。また、2018 年 10 月に文系学部などの九大伊都キャンパスへの移転が全て完了したことから、今後より、原水放流量や補給水量が増加する可能性は高い。そのため、タンクの建設コストなどの初期費用は

掛かるが、原水タンクの倍増化などにより処理能力を向上させることは、長期で考えると大きな節水・節約に繋がる。

また、今回は処理能力を倍増させるという方法で考察を行ったが、依然処理しきれない原水が生じた。処理能力を増加させることには限界があるため、前述のモデルなどを利用し、より効率的な運転手法を提案することは、原水放流量の削減にも繋がるため非常に重要である。

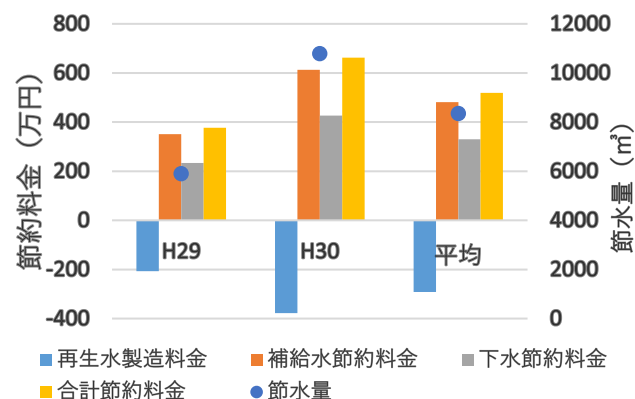


図 3：処理能力向上による節水・経費削減効果

4. 結論

本研究では、再生水処理施設の運転手法を把握した上で、より節水および経費削減につながる運転手法を提案することを目的とし、以下の結論・課題を得た。

- (1) 透過水、濃縮水の供給量は作成したモデルの計算値とほぼ同様であると考えられ、モデルの精度は高い。
- (2) MF 膜処理水、補給水については現在のモデルでは精度よく表現できていないため、今後、モデルを利用し、効率的な運営手法を提案するためには、修正が必要である。
- (3) 処理しきれない原水が年間約 11,000m³ 存在し、公共下水道に放流されている。仮に、処理能力を倍増させた場合、約 500 万円/年の節約が見込まれる。また今後、キャンパス移転の効果もあり、その節約効果は大きくなる可能性が高い。
- (4) 処理能力の向上のみでは原水は処理しきれないため、今後はモデルなどを利用し、効率的な運転手法を提案することが非常に重要となる。

【参考文献】

- 1) 菅原啓、久場隆広、渡邊俊介：“九州大学伊都地区での下水再生水設備の運用に関するコスト評価”、2018 年度土木学会西部支部研究発表会、VII-27、2019
- 2) 菅原啓：“伊都キャンパス給排水系統の水循環の把握と下水再生水の利活用に関する研究”、九州大学工学部卒業論文、2019