

7. 貯水槽水道における残留塩素予測手法の検討

當山 裕一
吉村 誠司
服部 晋也
計画課 益崎 大輔

1. はじめに

本市では、市内一円の給水栓における残留塩素濃度の適正化・均一化を図るため、残留塩素シミュレーションプログラムを用いて浄・配水場における塩素注入濃度を設定し、過不足ない残留塩素管理を行っている。一方、水道法では、微生物学的安全性を確保するために、塩素消毒が義務付けられており、市内給水栓において遊離残留塩素濃度が0.1mg/L以上となるよう定められている。これまで、本市では、貯水槽水道における塩素消費量を0.1mg/L程度と見積もり、直圧水だけではなく、貯水槽を経由した水でも遊離残留塩素濃度0.1mg/Lを確保できるよう、直圧の末端給水栓における遊離残留塩素濃度の管理目標値を0.2mg/Lとし、浄・配水場における塩素注入率を設定してきた。

しかしながら、貯水槽における塩素消費量は材質、大きさ、回転数、使用年数及び清掃頻度によって大きく変化することが予想され、貯水槽における塩素消費量が想定しているよりも大きい可能性もある。そこで、貯水槽での塩素消費量を予測することを目的に、モデル受水槽を用いて貯水槽における残留塩素シミュレーションプログラム式（以下：プログラム式）を構築し、市内の実施設における貯水槽において、その妥当性を評価したのでその結果を報告する。

2. 調査方法

予測値は、水中に含まれる物質と塩素の反応及び水面からの塩素の揮散を考慮したモデル式¹⁾（1）を用いて計算した。受水槽経由水における残留塩素濃度の予測値と2. 1～2. 3の残留塩素消費量調査結果を比較し、プログラム式の妥当性を評価した。ここで、 t は貯水槽内での滞留時間（hr）、 C は t 時間後の遊離残留塩素濃度（mg/L）、 k_b 、 k_v は水質に由来する遊離塩素濃度の減少速度係数と揮散に由来する遊離塩素濃度の減少速度係数であり、水温が高いと大きくなる。

$$C = (C_0 + \frac{k_v}{k_b}) \exp(-k_b t) - \frac{k_v}{k_b} \dots (1)$$

2. 1 モデル受水槽における残留塩素消費量調査

理想的に管理された貯水槽における残留塩素減少の実態を把握するために、図-1に示す本市水道局体験型研修センターに設置しているモデル受水槽（容量1m³、材質、繊維強化プラスチック製（FRP製））において、図-2に示すように流入側と流出側に連続監視型の残留塩素計（東亜DKK製：RC-31P-K）と量水器にロードサーベイを設置し、経時的に残留塩素濃度と使用水量を測定した。なお、1日当たりの回転数は排水総量を受水槽容量で除して算出し、本実験における回転数は2回/日に設定した。



図-1：モデル受水槽

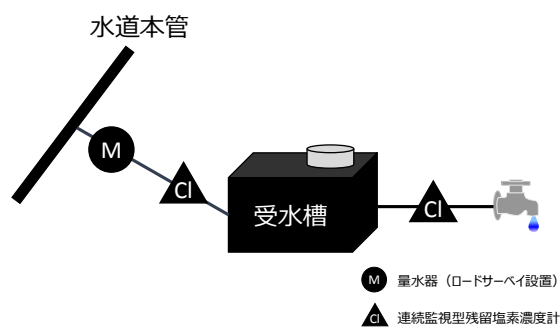


図-2：調査概要

2. 2 貯水槽の管理状態に係る残留塩素消費量調査

貯水槽の管理状態に係る残留塩素消費量調査の
手順について図-3に示した。砂ろ過水5Lを加え水
道水（貯留時：RUN1）で満水にした繊維強化プラ
スチック製（FRP製）タンク（容量300L）を2ヶ月
間室外で放置（滞留水：RUN1）した後、タンク内
の水を排水し、再度、タンク内を水道水で満水に
した場合の残留塩素濃度の経時変化を測定した

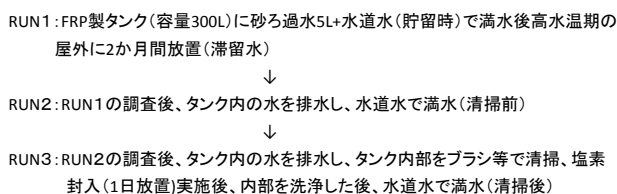


図-3：調査方法の手順

（清掃前：RUN2）。さらに、タンクの清掃作業として、タンク内壁面をブラシで物理的に洗浄した後、残
留塩素濃度10mg/Lの水でタンクを満水し、1日間放置した。1日後にタンク内の水を排水し、水道水でタ
ンク内を洗浄した後、再度、水道水で満水にした場合の残留塩素濃度の経時変化を測定した（清掃後：RUN
3）。

2. 3 市内実施施設の貯水槽における残留塩素消費量調査

材質（繊維強化プラスチック製（FRP製）、コンクリート製（RC製）、ステンレス製（SUS製））、設置場所
（屋内、屋外）、設置年数（13～42年）、容量（4～41m³）の異なる市内の実施設8か所の貯水槽について、
2.1と同様に連続監視型の残留塩素計及びロードサーバイを設置し、高水温期、低水温期における残留塩
素消費量の調査を行った。

3. 結果と考察

3. 1 モデル受水槽における残留塩素濃度の挙動

モデル受水槽における残留塩素濃度の実測値と予測値の挙動を図-4に示した。予測値はボールタップ稼
働により流入水した水の影響により残留塩素濃度が増加する挙動を再現できており、全ての結果について
実測値と予測値の差は±0.05mg/L未満に収まっていた。このことから、理想的に管理された貯水槽の残留
塩素濃度はプログラム式を用いて予測できると判断した。

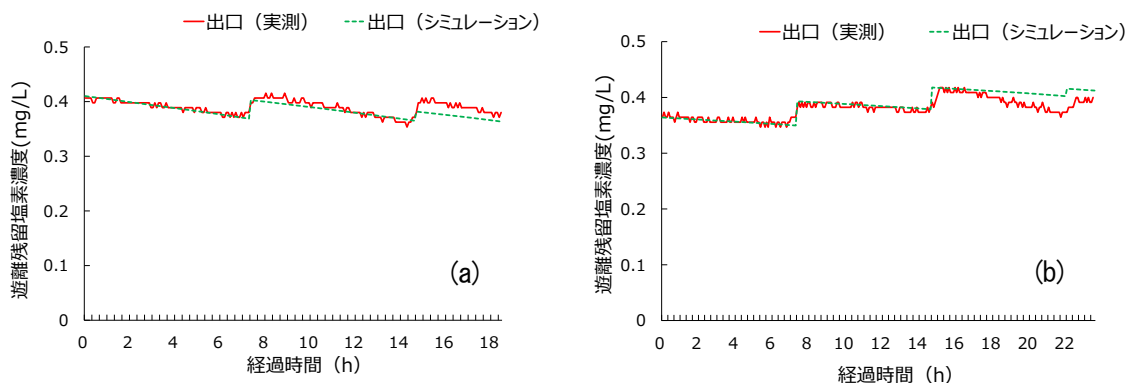


図-4：モデル受水槽における残留塩素濃度の挙動
(a)高水温期：21°C、(b)低水温期：7.5°C

3. 2 貯水槽内部の清掃が不十分な場合における残留塩素濃度の挙動

2ヶ月放置した滞留水と水道水（貯留時）の測定結果（RUN1）を表-1に示した。滞留水と水道水（貯留
時）の水質を比較すると蛍光強度が29から57に増加、一般細菌が0から63個/mLに増加、及び従属栄養細菌
が0から106個/mLに増加しており、何らかの汚染を受けている状態であることが示唆された。図-5は清掃前
後の残留塩素濃度減少の挙動を示したもので、清掃前の滞留水（RUN2）は清掃後の滞留水（RUN3）より
も残留塩素消費量が多くなっていった。また、清掃後は予測値と実測値とのかい離が±0.05mg/L以内に収ま
っていることがわかった。

表-1：貯水槽内部における滞留水と水道水（貯留時）の測定結果

	滞留水	水道水(貯留時)
濁度(度)	0.2	<0.1
色度(度)	0.5	<0.5
pH値	9.1	7.6
過マンガン酸カリウム消費量(mg/L)	1.4	0.7
TOC(mg/L)	1.2	0.7
蛍光強度	57	29
一般細菌(個/mL)	63	0
大腸菌	「-」	「-」
従属栄養細菌(個/mL)	106	

3. 3 市内実施設における残留塩素濃度の挙動

市内実施設8か所(A~H)の貯水槽流出部の高水温期及び低水温期における残留塩素濃度の実測値と予測値の差を図-6に示した。貯水槽の容量、材質、設置場所、設置年数、水温に関係なく流出水の残留塩素濃度と予測値の乖離幅は±0.05mg/L未満であったことから、プログラム式は実施設の貯水槽においても、残留塩素濃度の予測に適用できるものと判断した。

3. 4 プログラム式を用いた受水槽における残留塩素濃度の予測

H施設の運用をモデルケースとして残留塩素の消費が多くなる高水温期(水温30℃)を想定し、貯水槽の回転数と流出水残留塩素濃度の関係を図-7に示した。流出水の残留塩素濃度を0.1mg/L確保するために必要な貯水槽の回転数は、流入水の残留塩素濃度が0.3mg/Lの時は0.5回転、0.2mg/Lの時は1回転という結果であった。このことから、直圧水の残留塩素濃度を0.2mg/L以上とする現行の運用で回転数が1日1回転以上であれば、貯水槽経由水の残留塩素濃度を0.1mg/L確保できると考えられる。

4. まとめ

- 1) モデル貯水槽について、プログラム式を構築し、市内実施設における仕様の異なる受水槽において、プログラム式の妥当性を評価したところ、実測値と予測値との乖離は±0.05mg/L未満であり、プログラム式は異なる仕様の受水槽であっても残留塩素濃度の予測に適用できることを確認した。
- 2) 管理が不十分な貯水槽の残留塩素消費量はプログラム式から予測される量よりも大きく一致しなかった。
- 3) プログラム式を用いて貯水槽経由水の残留塩素濃度を予測したところ、受水槽の回転数が1日1回転、直圧の給水栓末端における残留塩素濃度が0.2mg/Lあれば0.1mg/L以上確保できることを確認した。

5. 参考文献

- 1) 渕上ら：市内配水過程における高度浄水処理水の残留塩素の挙動とその管理、日本水道協会雑誌、第72巻、第6号、pp.12-24(2003)

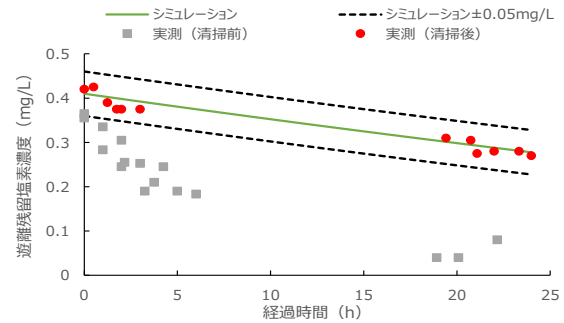


図-5：貯水槽清掃前後における残留塩素濃度の挙動

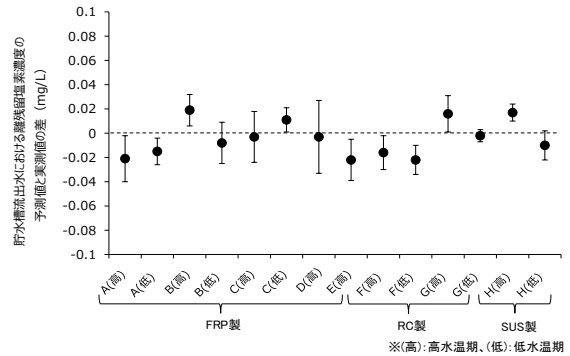


図-6：市内実施設における残留塩素濃度の実測値と予測値との差

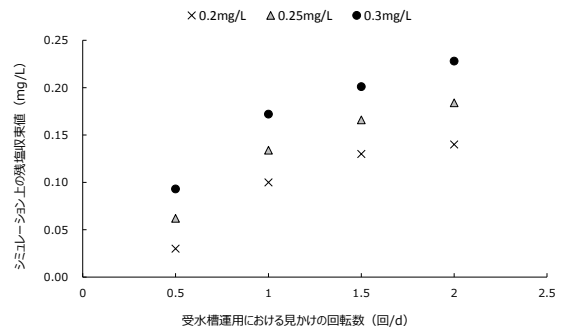


図-7：貯水槽の回転数と残留塩素濃度の関係(水温30℃)