

3. 2 市内給水栓水における残留塩素管理の評価

1. はじめに

当局では、平成19年3月に作成した「残留塩素管理マニュアル」（令和元年7月1日に改訂）に従い、市内給水栓水における残留塩素濃度を管理している。当局で残留塩素濃度指標として導入しているOPI-Cl₂（Osaka Performance Index for residual chlorine：式〔1〕）を用いて、令和3年度における各配水系統（柴島下系、柴島上系、庭窪系〔巽・大淀〕及び豊野系）の残留塩素濃度を評価した。

$$\text{OPI-Cl}_2(\%) = \frac{\text{水質 TM における残留塩素の日平均濃度が } 0.2 \sim 0.4 \text{ mg/L の日数}}{\text{水質 TM 稼働日数}} \times 100 \quad \dots\dots\dots [1]$$

2. 評価項目

令和3年度における水質TM残留塩素濃度測定値より、以下に示す項目1～4について評価した。

評価項目1：各水質TMにおける月別及び通年のOPI-Cl₂達成率

評価項目2：浄水場における残留塩素濃度管理の評価

評価項目3：計器室指示値における残留塩素濃度の精度の評価

評価項目4：残留塩素濃度シミュレーションプログラムの評価

3. 結果

3. 1 評価項目1：各水質 TM における月別及び通年の OPI-Cl₂ 達成率

表-1に令和3年度における各水質TM局の月別OPI-Cl₂(%)を示した。全系統のOPI-Cl₂(%)は83.3%となった（前年度：85.8%）。

表-1 令和3年度における各水質 TM 局の OPI-Cl₂(%)の推移

	柴島下系								柴島上系				
	中島	大開	新高	野里	大淀北	春日出北	舞洲	農人橋	小松	都島本通	大宮	鶴見	
達成日数	359	359	316	171	341	353	279	342	316	282	206	287	
稼働日数	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	
4月	100.0	100.0	96.7	86.7	100.0	100.0	93.3	100.0	100.0	100.0	93.3	96.7	
5月	87.1	100.0	80.6	3.2	71.0	100.0	58.1	93.5	93.5	74.2	54.8	58.1	
6月	100.0	100.0	96.7	20.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	76.7	73.3	96.7	
7月	100.0	100.0	100.0	0.0	100.0	100.0	71.0	96.8	100.0	41.9	54.8	74.2	
8月	96.8	80.6	90.3	0.0	74.2	64.5	54.8	45.2	64.5	29.0	32.3	16.1	
9月	100.0	100.0	46.7	0.0	100.0	100.0	90.0	90.0	100.0	63.3	23.3	53.3	
10月	100.0	100.0	87.1	38.7	100.0	100.0	96.8	100.0	83.9	77.4	74.2	51.6	
11月	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	96.7	100.0	96.7	100.0	83.3	100.0	
12月	100.0	100.0	100.0	83.9	90.3	100.0	61.3	100.0	90.3	83.9	71.0	100.0	
1月	96.8	100.0	48.4	54.8	93.5	96.8	19.4	100.0	67.7	83.9	0.0	100.0	
2月	100.0	100.0	92.9	100.0	100.0	100.0	78.6	100.0	67.9	100.0	57.1	100.0	
3月	100.0	100.0	100.0	80.6	93.5	100.0	100.0	100.0	74.2	100.0	61.3	100.0	
通 年	98.2	98.2	85.3	46.8	93.4	96.7	76.4	93.7	86.6	77.3	56.4	78.6	

	豊野（城東）系			
	大道	大今里西	敷津東	放出西
達成日数	351	221	364	256
稼働日数	365	365	365	365
4月	100.0	96.7	100.0	100.0
5月	93.5	48.4	100.0	71.0
6月	100.0	70.0	100.0	93.3
7月	93.5	38.7	100.0	41.9
8月	67.7	0.0	96.8	0.0
9月	100.0	6.7	100.0	23.3
10月	100.0	0.0	100.0	16.1
11月	100.0	70.0	100.0	100.0
12月	100.0	100.0	100.0	100.0
1月	100.0	100.0	100.0	100.0
2月	100.0	100.0	100.0	100.0
3月	100.0	100.0	100.0	100.0
通 年	96.2	60.5	99.7	70.1

	庭窪（巽）系					庭窪（大淀）系						
	南港中	墨江	瓜破東	勝山南	平野西	北加賀屋	築港	南堀江	南恩加島	梅南	九条南	晴明通
達成日数	281	357	299	318	327	354	355	202	354	332	204	324
稼働日数	365	365	362	365	365	365	365	365	365	365	365	360
4月	100.0	100.0	80.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	93.3	96.7	83.3
5月	64.5	100.0	25.8	100.0	96.8	100.0	100.0	41.9	100.0	87.1	16.1	58.1
6月	96.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	63.3	100.0	100.0	76.7	100.0
7月	74.2	100.0	93.5	83.9	74.2	100.0	100.0	0.0	96.8	71.0	3.2	100.0
8月	19.4	74.2	16.1	38.7	32.3	64.5	67.7	0.0	67.7	48.4	0.0	48.4
9月	6.7	100.0	80.0	50.0	90.0	100.0	100.0	0.0	100.0	93.3	0.0	100.0
10月	67.7	100.0	100.0	74.2	83.9	100.0	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	96.8
11月	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	93.3	100.0	100.0	93.3	96.7
12月	96.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	96.8	100.0
1月	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	90.3	100.0	100.0	100.0	100.0
2月	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	82.1	100.0	100.0	96.4	100.0
3月	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	96.8	100.0	100.0	96.7	100.0
通 年	77.0	97.8	82.6	87.1	89.6	97.0	97.3	55.3	97.0	91.0	55.9	90.0

※ 表中の灰色の着色：OPI-Cl₂が50%以下

3. 2 評価項目2：浄水場における残留塩素濃度管理の評価

各浄水場出口の残留塩素計指示値の1日平均値（以下：計器室）と残留塩素濃度制御目標値（以下：目標値）の濃度差（以下：目標誤差）を式〔2〕にて算出し、その度数分布を図-1に、目標誤差の年間平均値と標準偏差、及び目標誤差が±0.05mg/Lの濃度範囲に占める割合を表-2に示した。

目標誤差（mg/L）＝計器室（mg/L）－目標値（mg/L）・・・・・・〔2〕

令和3年度は柴島下系及び上系、庭窪系、豊野系の全てにおいて、目標誤差が±0.05mg/Lの範囲内に占める割合が95%以上であり、年間を通じて浄水場出口における残留塩素濃度は目標値付近で良好に制御されていた。

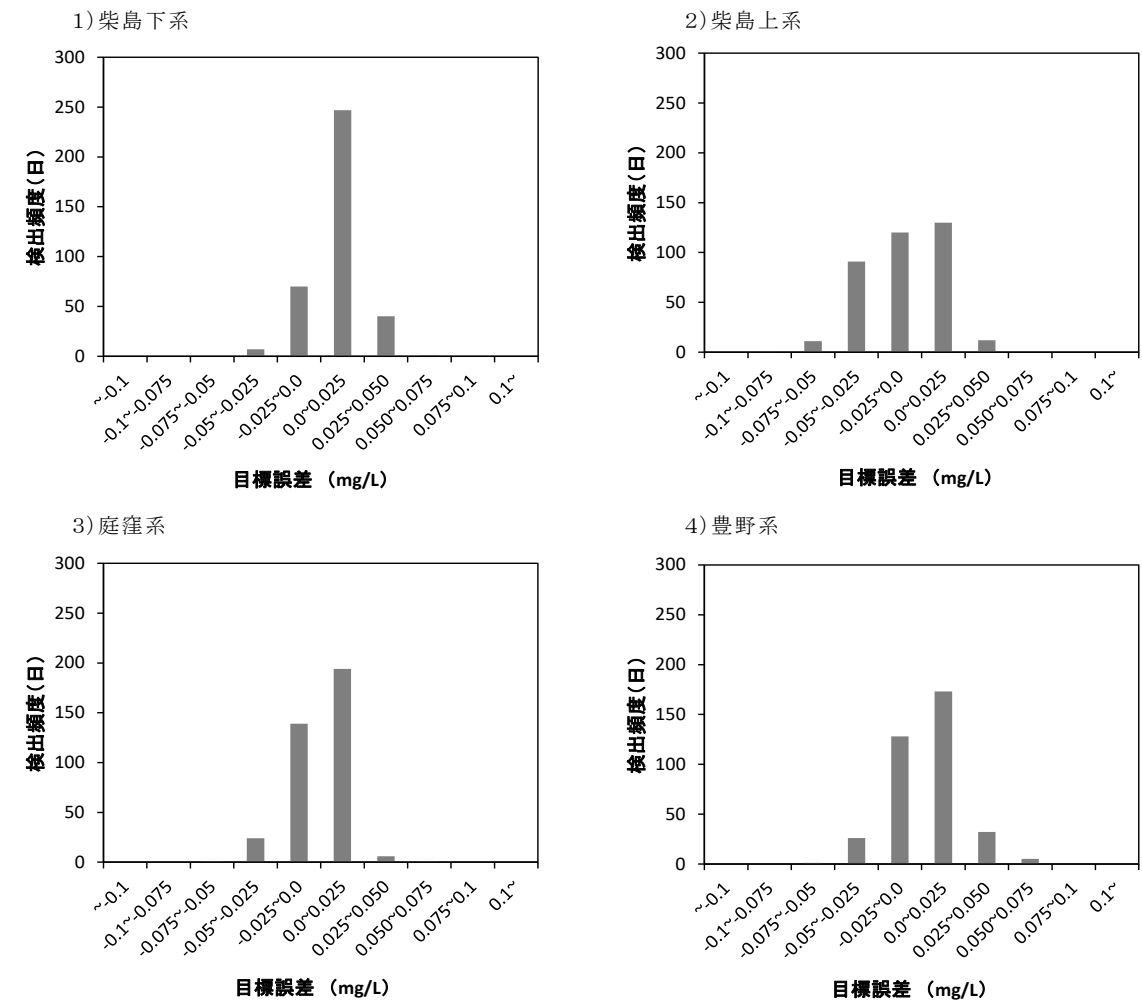


図-1 各配水系統における目標誤差の分布

	令和2年度				令和3年度			
	柴島下系	柴島上系	庭窪系	豊野系	柴島下系	柴島上系	庭窪系	豊野系
平均値(mg/L)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.01	0.00	0.00
標準偏差	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02
－0.05～0.05の乖離の範囲内の日数が年間に占める割合	99.7%	98.9%	99.2%	98.9%	99.7%	96.7%	99.5%	98.4%

3. 3 評価項目3：計器室指示値における残留塩素濃度の精度の評価

各配水系統について、毎日水質試験所の分光光度計で行っている残留塩素測定結果（以下：水質）と各浄水場出口における残留塩素計の9時から10時までの指示値の平均値（以下：計器室）との差（以下：測定誤差）を式[3]にて算出し、その度数分布を図-2に、年間平均値、標準偏差、及び測定誤差が±0.05mg/Lの濃度範囲に占める割合を表-3に示した。

$$\text{測定誤差 (mg/L)} = \text{水質 (mg/L)} - \text{計器室 (mg/L)} \quad \cdots \cdots [3]$$

令和3年度は測定誤差が±0.05mg/Lの範囲内に含まれる割合が柴島上系を除く系統において97%以上であり、水質試験所の測定値と大きな違いはなかった。一方、柴島上系については、計器室に比べ水質試験所の測定値が高い傾向にあった。ただし、計器室の残留塩素計は、定期的に水質試験所の分光光度計とクロスチェックを行っているポータブル残留塩素計にて校正していること、また水質試験所の分光光度計についても定期的に点検を行い、感度等の評価を行っていることから、これらの機器に由来する測定誤差ではないと考えられた。

柴島上系の測定誤差の推移と測定誤差の7日ごとの移動平均値の推移を図-3に示した。8月～11月において測定誤差が大きくなっている日が多いことがわかった。校正の際の作業環境や作業手順等に起因する誤差によるものと考えられたが、確証に至る明らかな事象がなかったことから、引き続き、再現性があるか等、確認を進めていく。

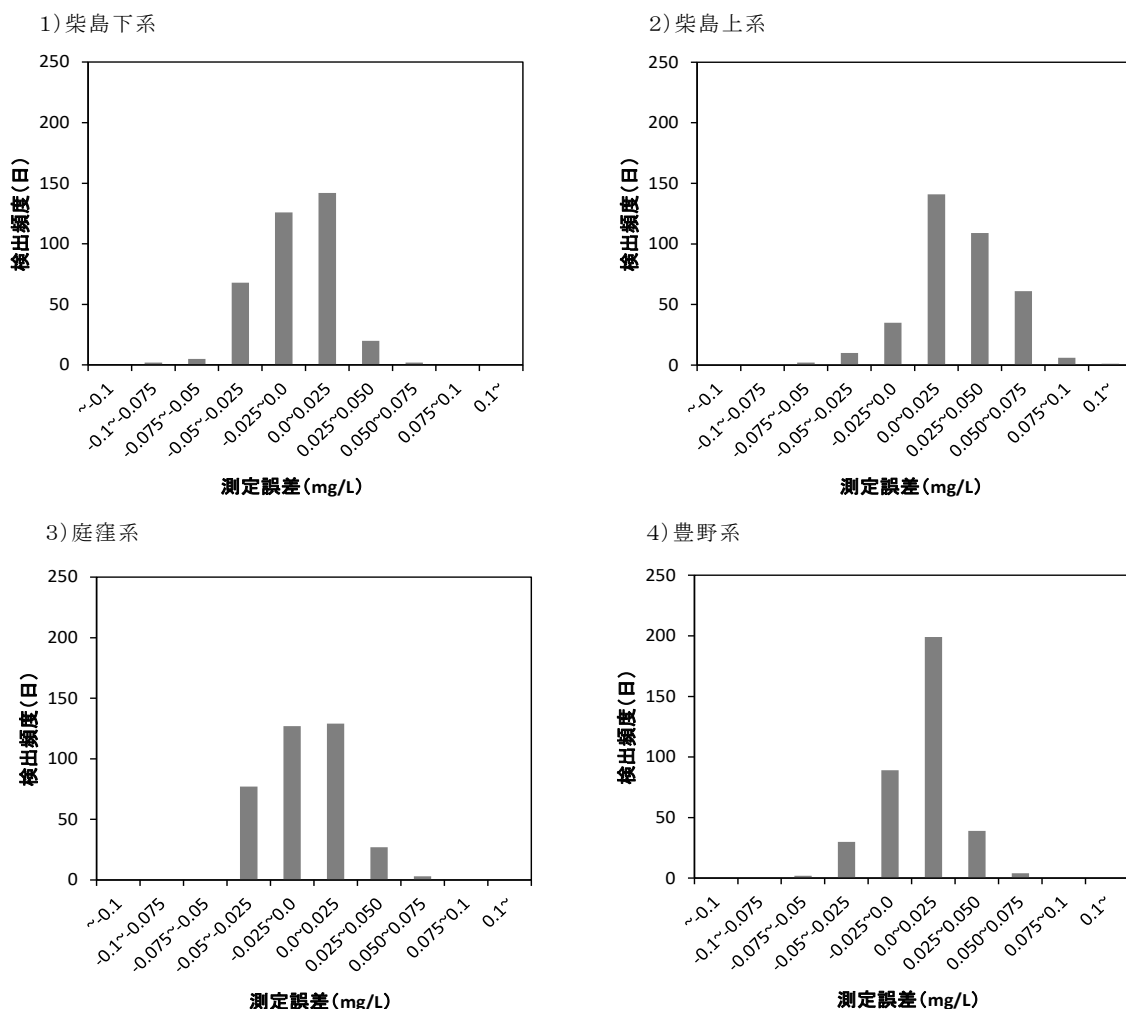


図-2 各配水系統における測定誤差の分布

表-3 各系統における測定誤差の年間平均値

	令和2年度				令和3年度			
	柴島下系	柴島上系	庭窪系	豊野系	柴島下系	柴島上系	庭窪系	豊野系
平均値(mg/L)	-0.02	0.01	0.00	0.01	-0.01	0.02	-0.01	0.00
標準偏差	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02
-0.05～0.05の乖離の範囲内の日数が年間に占める割合(%)	94.0%	93.7%	95.0%	94.5%	97.5%	80.8%	99.2%	98.3%

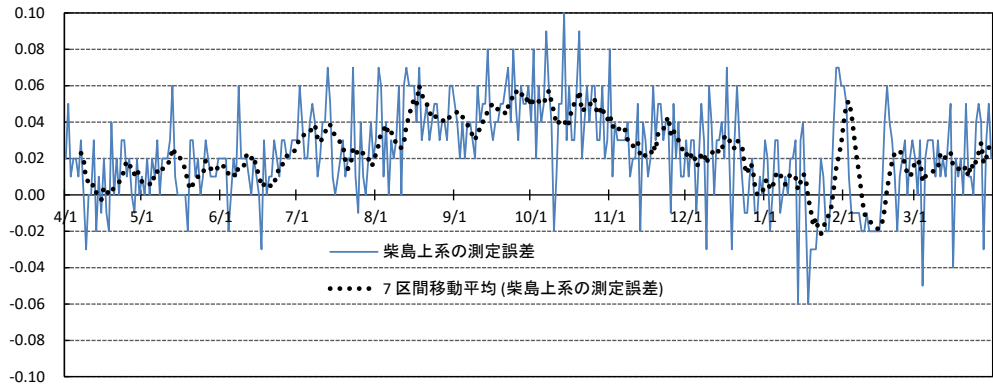


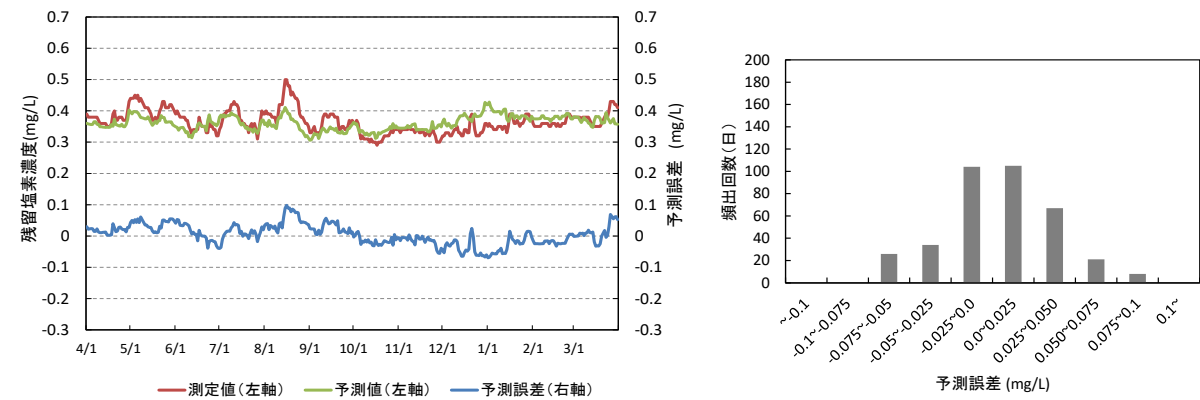
図-3 柴島浄水場上系出口における測定誤差の年間推移と測定誤差の7日ごとの移動平均値の推移

3. 4 評価項目4：残留塩素濃度シミュレーションプログラムの評価

各配水系統の TM で測定された残留塩素実測値と残留塩素シミュレーションプログラムにより算出した予測値及び式〔4〕から求めた予測誤差の年間推移と分布図を図-3 に示した。また通年における予測誤差の平均値、標準偏差、及び予測誤差が±0.1mg/L の濃度範囲に占める割合を表-4 に示した。

なお、残留塩素シミュレーションプログラムで使用する水温は各基準 TM の1日平均値を使用し、初期濃度は柴島下・上系は柴島浄水場出口、庭窪系は庭窪浄水場出口、豊野系は豊野浄水場出口の残留塩素濃度を監視している計器の1日平均値（計器室）を用い、流達時間は最新のデータを使用した。

$$\text{予測誤差 (mg/L)} = \text{測定値 (mg/L)} - \text{予測値 (mg/L)} \cdots \cdots [4]$$



1) 柴島下系（基準 TM：大開局、流達時間：15 時間）

図-4 各配水系統における水質 TM の予測値と実測値との濃度差の推移と分布

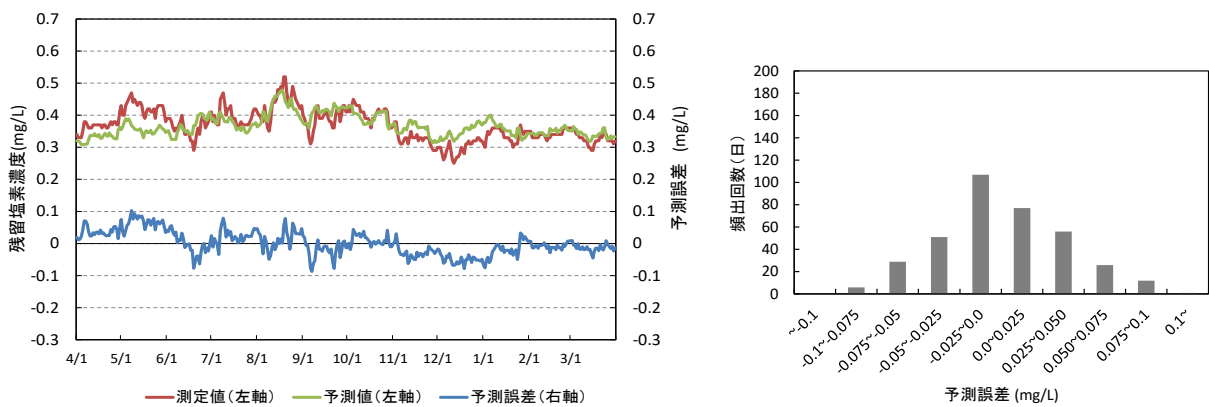
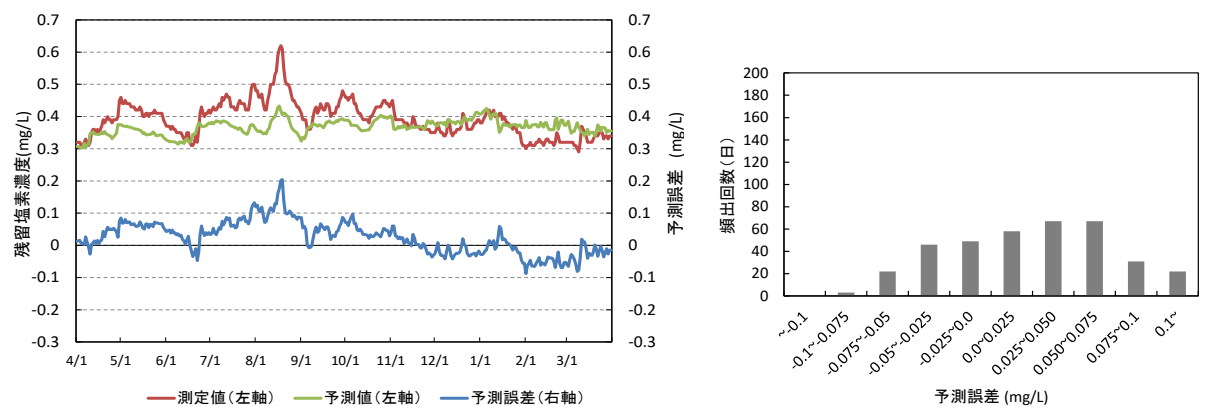
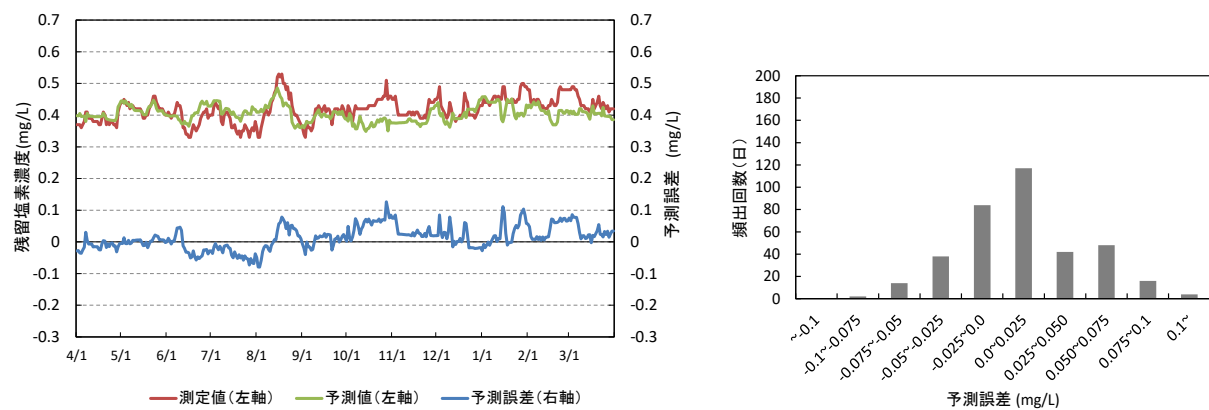


図-4 各配水系統における水質 TM の予測値と実測値との濃度差の推移と分布（つづき）

表-4 各配水系統における水質 TM の予測誤差の年間平均値

	令和3年度			
	柴島下系	柴島上系	庭窪系	豊野系
平均値(mg/L)	0.00	0.01	0.02	0.00
標準偏差	0.03	0.04	0.05	0.04
-0.1～0.1の乖離の範囲内の 日数が年間に占める割合(%)	100.0%	98.9%	94.0%	99.7%

4. まとめ

4. 1 柴島系

- ・柴島下系全体のOPI-Cl₂(%)は85.2%に低下した（前年度：88.2%）。
- ・柴島上系全体のOPI-Cl₂(%)は78.5%に低下した（前年度：88.6%）。
- ・柴島下系の野里局と新高局におけるOPI-Cl₂(%)は、通年でそれぞれ46.8%、85.3%であり、その他の局より低い値となった。これらの局は柴島浄水場からの流達時間が短く、これらの局の残留塩素濃度は、柴島下系の目標値に影響を受ける。そのため柴島下系の目標値が高めに設定される夏季および残留塩素消費が少ない冬季において、OPI-Cl₂(%)の低下につながったと考えられた。また、8月には例年よりも降水量が多く、例年よりも水温が大幅に低下し、OPI-Cl₂(%)の低下につながったと考えられた。
- ・柴島上系の太宮局におけるOPI-Cl₂(%)は、通年で56.4%であり、その他の局より低い値となった。太宮局においては、柴島浄水場からの流達時間が7時間（令和2年度平均配水量における管網計算結果）と比較的短く、柴島上系の目標値に影響を受け、OPI-Cl₂(%)の低下につながったと考えられた。また、太宮局の1日の最大値は、柴島上系の出口濃度よりも高くなっている日が多かった。これは、柴島上系の出口濃度よりも目標値が高く設定されていた豊野系の影響によるものと考えられ、このことも太宮局におけるOPI-Cl₂(%)の低下につながったと考えられた。柴島下系と同様に、8月の降雨による水温変動が大きく、OPI-Cl₂(%)の低下につながったと考えられた。
- ・柴島系の目標誤差が±0.05mg/Lの範囲内に占める割合は、下系において99.7%、上系において96.7%であり、浄水場出口における残留塩素濃度は目標値付近で良好に制御されていた。

4. 2 庭窪系

- ・庭窪[巽]系全体のOPI-Cl₂(%)は86.8%に上昇した（前年度：81.6%）。
- ・庭窪[大淀]系全体のOPI-Cl₂(%)は83.3%でほぼ横ばいであった（前年度：84.1%）。
- ・庭窪[巽]系・庭窪[大淀]系のOPI-Cl₂(%)は夏季において悪化した。当該配水系統は給水末端までの流達時間が大きいと、浄水場出口の制御目標値を高く設定する必要があると、OPI-Cl₂(%)が悪化した時期は庭窪浄水場目標値を0.63mg/Lから0.81mg/Lまで段階的に変更した時期と一致する。その後、水温の低下とともに目標値を下げることににより達成率は向上した。
- ・庭窪系の目標誤差が±0.05mg/Lの範囲内に占める割合は99.5%であり、浄水場出口における残留塩素濃度は目標値付近で良好に制御されていた。

4. 3 豊野系

- ・豊野系全体のOPI-Cl₂(%)は81.6%に低下した（前年度：85.4%）。
- ・8月の多量の降雨の影響で、例年よりも水温の変動が大きかったため、浄水場の制御目標値の変更が予測通りにできなかったことが原因と考えられた。また、それ以降の期間についても水温の変動が大きく、OPI-Cl₂(%)の低下につながった。
- ・豊野系の目標誤差が±0.05mg/Lの範囲内に占める割合は98.4%であり、浄水場出口における残留塩素濃度は目標値付近で良好に制御されていた。

4. 4 残留塩素濃度シミュレーションプログラム

今後のブロック化の進捗や配水量の減少などで、各水質 TM までの流達時間が変化する可能性があるため、予測値と実測値の差を監視して、必要に応じて配水課に管網計算による流達時間の再計算を依頼し、シミュレーションプログラムを適宜修正する必要がある。令和3年度は、2次配水場における追加塩素注入法について、従来の追塩率制御に加えて、追加塩素注入後の配水池流入水の残留塩素濃度を目標値に制御する濃度制御の運用も開始した。これに伴い、残留塩素濃度シミュレーションプログラムを修正し、追加塩素注入後の配水池流入水の残留塩素濃度を算出できるように改変した。

また、危機対応力向上の観点から、配水池における貯水量の見直しも検討されていることより、必要に応じて滞留時間の変更も必要となる。

5. さいごに

当局は平成18年度に残留塩素管理マニュアルを策定し、平成26年度に改訂を加え、同マニュアルを基に市内給水栓における残留塩素管理を行ってきた。また、平成28年度にはISO22000の枠組みとして残留塩素管理

規程を策定し、同規程のマニュアルとして再整備を行った。この間、各評価項目において各測定値の誤差を評価してきたが、近年は±0.05mg/Lの濃度範囲に概ね収まるようになった。これは、水質試験所での取り組みに加え、柴島・庭窪・豊野の各浄水場及び施設保全センター、東部・西部・南部・北部の各水道センターとの間で残留塩素濃度計のクロスチェックを確実にかつ継続的に取り組んできたことで実現されたと考えられた。

さらに、令和3年度から2次配水場における追加塩素注入方法について、これまでの追塩率制御に加え、追加塩素注入後の配水池流入水の残留塩素濃度を目標値に制御する濃度制御による運用を開始した。令和3年度は該当配水場及び実施時期も限られたものであったが、目標濃度制御の本格導入によって、該当の配水ブロックの残留塩素濃度の安定化につながり、OPI-Cl₂の上昇にもつながるものと期待している。

今後も、様々な取り組みを続けることで高度な残留塩素管理を実現していく。

(担当：小林)