

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、ISO22000の枠組みに基づいて、市内給水栓水における残留塩素濃度を管理している。ここでは、令和6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：残留塩素濃度平準化の評価

評価項目2：浄水場における残留塩素濃度制御状況の評価

評価項目3：浄水場出口残留塩素計の計測精度の評価

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

2. OPI-Cl₂ (Osaka Performance Index for residual chlorine)

OPI-Cl₂は、式[1]で表現される残留塩素濃度の指標であり、各水質TMの稼働日数に対して当局が目標とする残留塩素濃度を確保できた日数の割合で評価している。

$$OPI-Cl_2(\%) = \frac{\text{水質TMにおける残留塩素の日平均濃度が} 0.2 \sim 0.4 \text{mg/Lの日数}}{\text{水質TM稼働日数}} \times 100 \quad \dots\dots\dots [1]$$

3. 結果

3. 1 評価項目1：残留塩素濃度平準化の評価

表-1に令和6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84.0%となった(前年度：84.6%)。

※ 表中の灰色の着色：OPI-Cl₂が50%以下

表-1 令和6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	夢洲	農人橋	小松	都島本通	大宮	鶴見	
達成日数	362	336	184	204	365	358	298	163	284	359	279	200	257	
稼働日数	365	365	365	345	365	365	340	170	365	365	365	365	365	
4月	100.0	100.0	83.3	100.0	100.0	100.0	86.7	-	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
5月	100.0	93.5	90.3	90.3	100.0	100.0	100.0	-	96.8	96.8	93.5	80.6	93.5	
6月	90.0	63.3	20.0	0.0	100.0	100.0	60.0	-	63.3	86.7	73.3	0.0	43.3	
7月	100.0	100.0	48.4	0.0	100.0	100.0	64.5	-	22.6	96.8	100.0	25.8	54.8	
8月	100.0	87.1	16.1	0.0	100.0	100.0	100.0	-	6.5	100.0	83.9	61.3	9.7	
9月	100.0	60.0	30.0	0.0	100.0	100.0	100.0	-	53.3	100.0	66.7	40.0	10.0	
10月	100.0	100.0	45.2	93.5	100.0	100.0	100.0	100.0	96.8	100.0	67.7	0.0	83.9	
11月	100.0	100.0	3.3	90.0	100.0	93.3	29.4	100.0	96.7	100.0	76.7	40.0	86.7	
12月	100.0	100.0	71.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	32.3	45.2	64.5	
1月	100.0	100.0	22.6	90.3	100.0	100.0	89.3	93.1	100.0	100.0	100.0	80.6	100.0	
2月	100.0	100.0	89.3	62.5	100.0	100.0	100.0	92.3	100.0	100.0	67.9	85.7	100.0	
3月	100.0	100.0	87.1	83.9	100.0	83.9	100.0	90.3	100.0	100.0	54.8	100.0	100.0	
通年	99.2	92.1	50.4	59.1	100.0	98.1	87.6	95.9	77.8	98.4	76.4	54.8	70.4	

	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	145	365	322	360	363	363	353	335	329	299	189	359	
稼働日数	365	365	365	365	365	365	361	365	348	365	365	365	
4月	46.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	93.3	100.0	
5月	74.2	100.0	93.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	80.6	100.0	
6月	40.0	100.0	80.0	100.0	100.0	100.0	93.3	90.0	100.0	96.7	10.0	93.3	
7月	3.2	100.0	41.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	22.6	0.0	100.0	
8月	0.0	100.0	100.0	83.9	93.5	96.8	80.6	67.7	100.0	32.3	0.0	87.1	
9月	0.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	60.0	100.0	63.3	3.3	100.0	
10月	0.0	100.0	83.9	100.0	100.0	96.8	100.0	90.3	100.0	71.0	0.0	87.1	
11月	10.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	93.3	100.0	100.0	36.7	100.0	
12月	83.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	38.7	100.0	100.0	87.1	
1月	71.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
2月	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
3月	51.6	100.0	61.3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
通年	39.7	100.0	88.2	98.6	99.5	99.5	97.8	91.8	94.5	81.9	51.8	98.4	

	豊野(城東)系			
	大道	大今里西	敷津東	放出西
達成日数	351	239	365	286
稼働日数	365	365	365	365
4月	100.0	93.3	100.0	100.0
5月	100.0	90.3	100.0	90.3
6月	100.0	50.0	100.0	66.7
7月	100.0	16.1	100.0	61.3
8月	74.2	29.0	100.0	35.5
9月	80.0	10.0	100.0	46.7
10月	100.0	54.8	100.0	93.5
11月	100.0	96.7	100.0	83.3
12月	100.0	54.8	100.0	64.5
1月	100.0	93.5	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	65.5	100.0	78.4

3. 2 評価項目2：浄水場における残留塩素濃度制御状況の評価

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。

$$\text{目標誤差 (mg/L)} = \text{計器室 (mg/L)} - \text{目標値 (mg/L)} \quad \dots\dots [2]$$

令和6年度は全ての系統において、目標誤差が±0.05mg/Lの範囲内に占める割合が92%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。

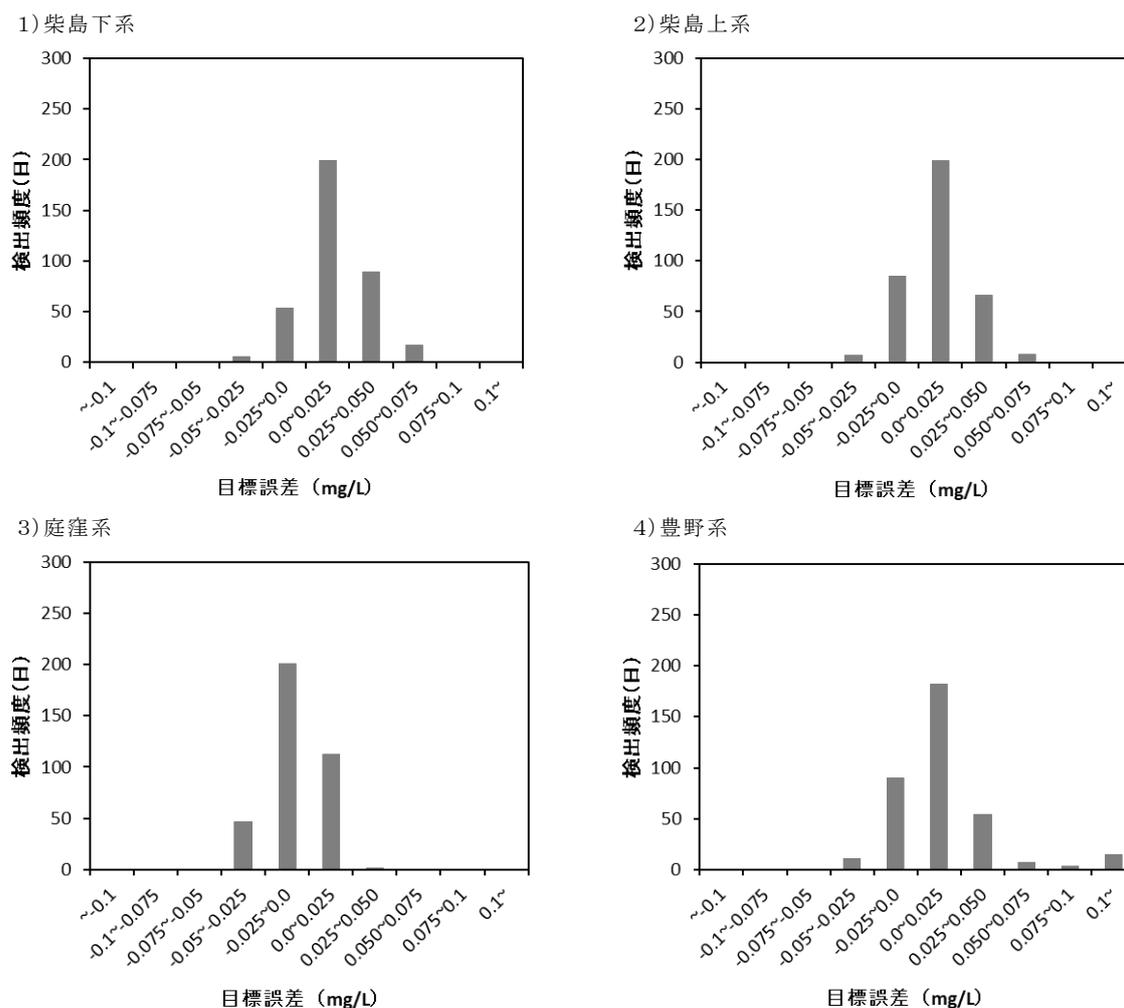


図-1 各配水系統における目標誤差の分布

表-2 各配水系統における目標誤差の年間平均値、標準偏差及び±0.05mg/Lの範囲内に含まれる割合

	令和5年度				令和6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)	0.01	0.01	-0.01	0.00	0.01	0.01	-0.01	0.01
標準偏差	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
-0.05~0.05の乖離の範囲内の日数が年間に占める割合	98.1%	97.8%	98.4%	99.2%	95.3%	97.8%	99.5%	92.3%

3. 3 評価項目3：浄水場出口残留塩素計の測定精度の評価

各配水系統について、毎日水質管理研究センターの分光光度計で行っている残留塩素測定結果（以下：水質）とその測定試料を採水した時点の各浄水場出口における残留塩素計の指示値（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。

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

全ての系統において、測定誤差の平均値は±0.05mg/Lの範囲内に収まっており、また測定誤差が±0.05mg/Lの範囲内に占める割合は94%以上であった。これは、各所管において残留塩素濃度計の精度管理（クロスチェック）が正しくかつ確実に行われていたためと考えられた。

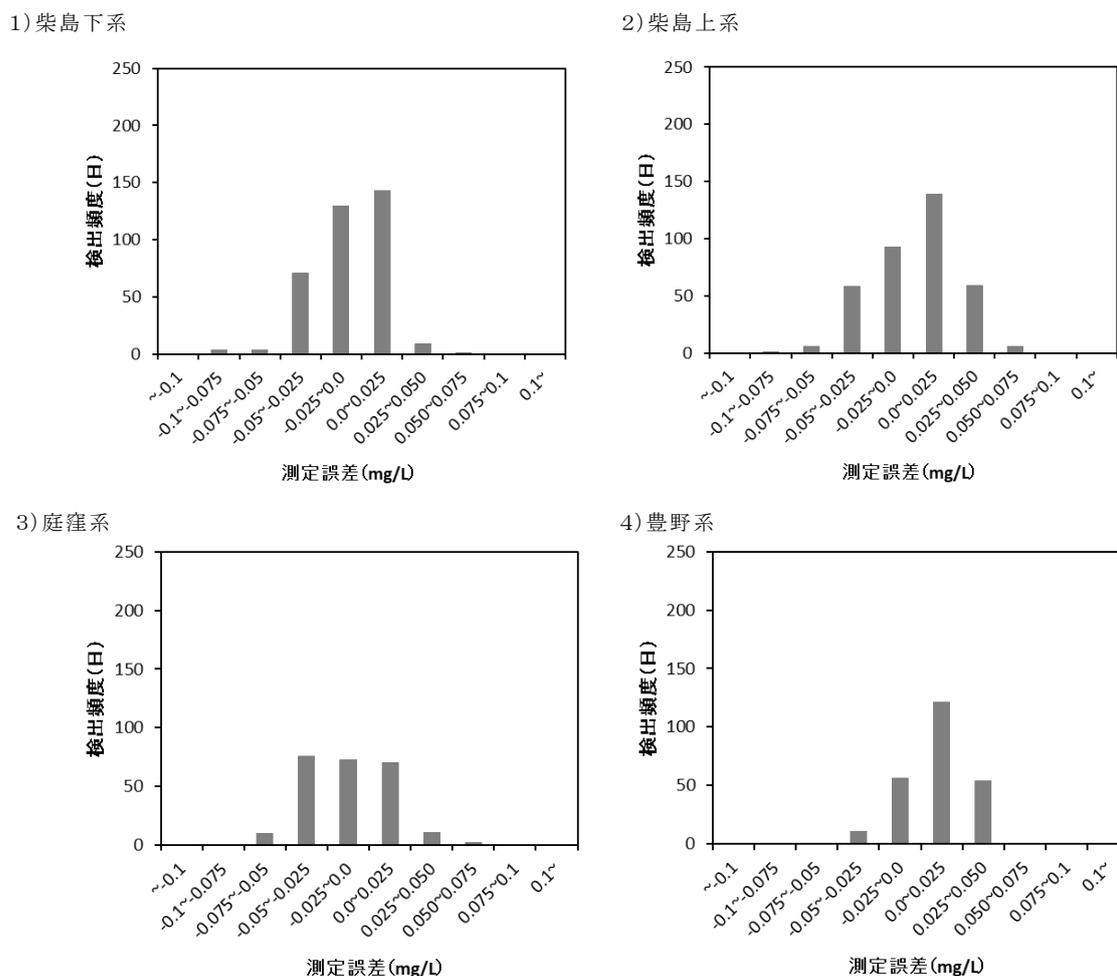


図-2 各配水系統における測定誤差の分布

表-3 各系統における測定誤差の年間平均値、標準偏差及び±0.05mg/Lの範囲内に含まれる割合

	令和6年度			
	柴島下系	柴島上系	庭窪系	豊野系
平均値(mg/L)	-0.01	0.00	-0.01	0.01
標準偏差	0.02	0.03	0.03	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(%)	97.5%	96.4%	94.7%	99.6%

さらに、毎日水質管理研究センターの分光光度計で行っている残留塩素測定結果（水質）と各浄水場出口における残留塩素計指示値の1日平均値（以下：計器室[1日平均]）との差（以下：測定誤差[1日平均]）を式[4]にて算出し、年間平均値、標準偏差、及び測定誤差[1日平均]が±0.05mg/Lの濃度範囲に占める割合を表-4に示した。

$$\text{測定誤差[1日平均]} (\text{mg/L}) = \text{水質} (\text{mg/L}) - \text{計器室[1日平均]} (\text{mg/L}) \dots\dots[4]$$

その結果、柴島下系および豊野系は、測定誤差[1日平均]が±0.05mg/Lの濃度範囲に占める割合がその他の系統に比べて低かった。表-3の結果と比較すると、令和6年度の柴島下系出口および豊野系出口の残留塩素濃度は、時間帯によって変動が生じていたと考えられた。

表-4 各系統における測定誤差[1日平均]の年間平均値

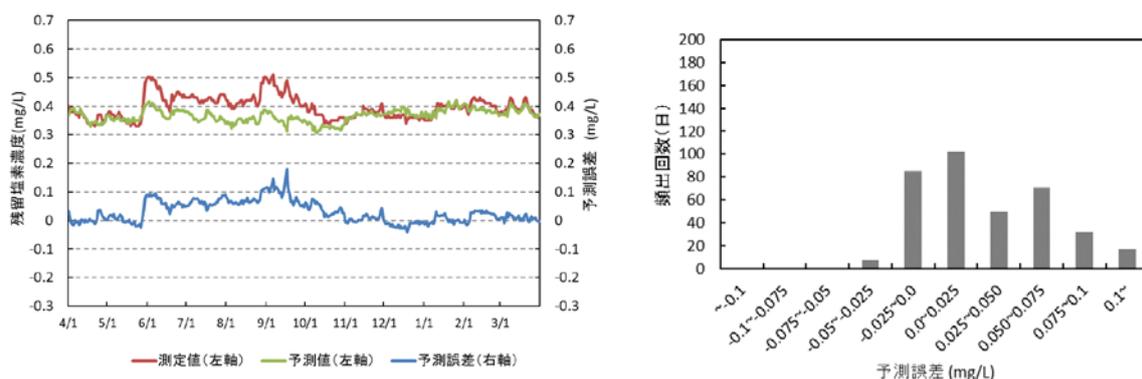
	令和6年度			
	柴島下系	柴島上系	庭窪系	豊野系
平均値(mg/L)	-0.03	0.00	-0.01	0.00
標準偏差	0.03	0.03	0.02	0.04
-0.05~0.05の乖離の範囲内の日数が年間に占める割合(%)	79.5%	96.2%	96.2%	87.1%

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[5]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-5に示した。

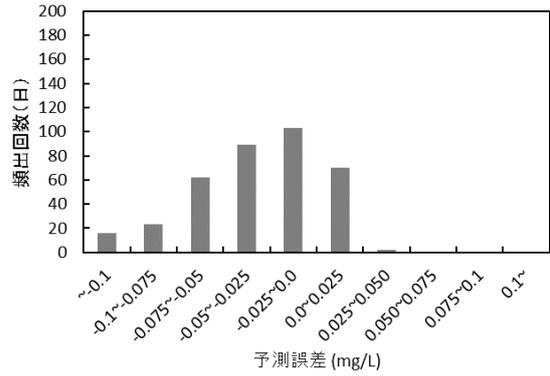
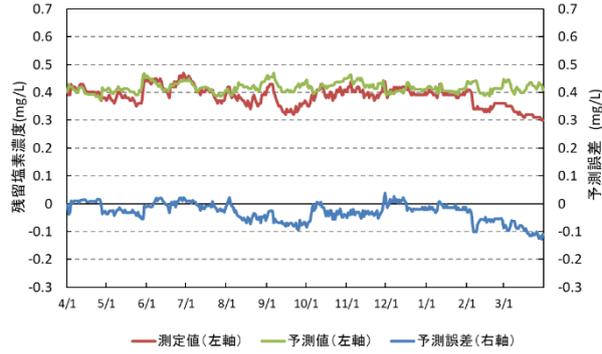
なお、残留塩素シミュレーションプログラムで使用する水温は各基準TMの1日平均値を使用し、初期濃度は柴島下・上系は柴島浄水場出口、庭窪系は異配水場出口、豊野系は城東配水場出口の残留塩素濃度を監視している計器の1日平均値を用い、流達時間は最新のデータを使用した。

$$\text{予測誤差} (\text{mg/L}) = \text{測定値} (\text{mg/L}) - \text{予測値} (\text{mg/L}) \dots\dots[5]$$

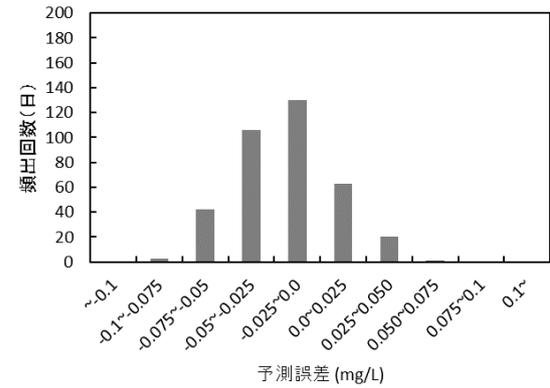
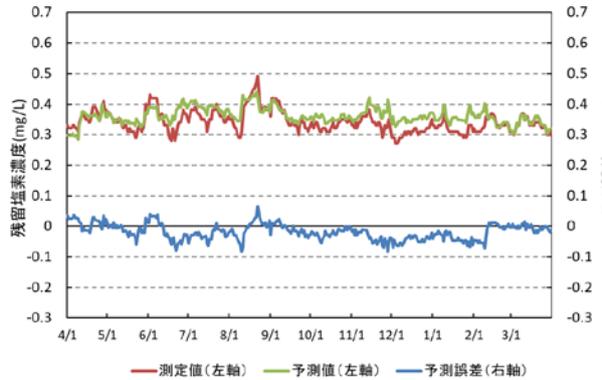


1) 柴島下系（基準 TM：大開局、柴島浄水場からの流達時間：15 時間）

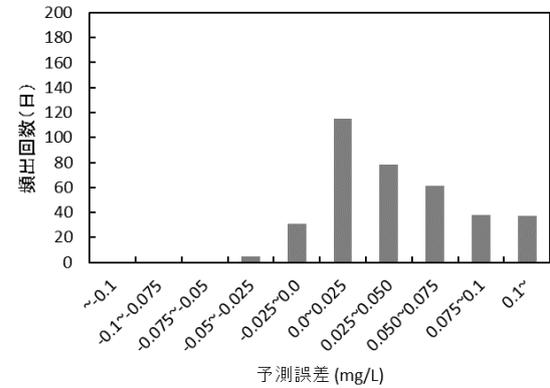
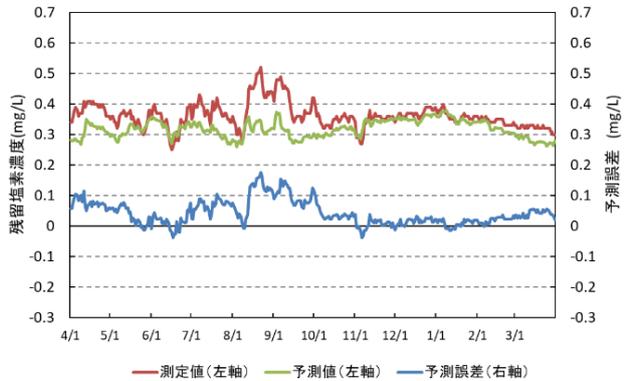
図-3 各配水系統における水質 TM の予測値と実測値との濃度差の推移と分布



2) 柴島上系 (基準 TM : 小松局、柴島浄水場からの流達時間 : 8 時間)



3) 庭窪系 (基準 TM : 平野西局、巽配水場からの流達時間 : 10 時間)



4) 豊野系 (基準 TM : 大道局、城東配水場からの流達時間 : 20 時間)

図-3 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-5 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6年度			
	柴島下系	柴島上系	庭窪系	豊野系
平均値(mg/L)	0.03	-0.03	-0.02	0.04
標準偏差	0.04	0.03	0.03	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(%)	95.3%	95.6%	100.0%	89.9%

4. まとめ

4. 1 柴島系

- ・柴島下系全体のOPI-Cl₂(%)は84.7%に低下した（前年度：89.2%）。
- ・柴島上系全体のOPI-Cl₂(%)は75.6%に低下した（前年度：83.9%）。
- ・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50.4%、59.1%であり、例年と同じ傾向が見受けられた。これらの局は、柴島浄水場からの流達時間が短いため、柴島下系の目標値が高めに設定される夏季において、OPI-Cl₂(%)が低下した。
- ・柴島上系の大宮局におけるOPI-Cl₂(%)は、通年で54.8%であり、例年と同じ傾向が見受けられた。大宮局の残留塩素濃度の1日最大値は、柴島上系の出口塩素濃度よりも高くなっている日が多かったことから、柴島上系の目標値よりも高く設定する必要がある豊野系（城東系）の影響によってOPI-Cl₂(%)が低下した。
- ・水温の低下とともに浄水場出口の目標値を下げる意向であったが、柴島浄水場防波管修繕工事に関連して、配水池の残留塩素のバランスを監視するために目標値を下げるのが難しかったため、柴島系のOPI-Cl₂(%)が低下した。
- ・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95.3%、上系において97.8%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85.2%に上昇した（前年度：82.1%）。
- ・庭窪[大淀]系全体のOPI-Cl₂(%)は87.9%に上昇した（前年度：82.1%）。
- ・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いため、水温上昇に合わせて浄水場出口の制御目標値を段階的に変更する必要があり、結果としてOPI-Cl₂(%)の悪化につながった。しかし、水温の低下にあわせて適切な時期に目標値を変更できたことによって、庭窪系全体のOPI-Cl₂(%)は上昇につながったと考えられた。
- ・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85.0%でほぼ横ばいであった。（前年度：85.2%）。
- ・豊野系の目標誤差が±0.05mg/Lの範囲内に占める割合は92.3%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、管網計算による流達時間の再計算の必要性などについて配水課と密に連携し、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。また、令和3年度に試行導入された2次配水場における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として制御する濃度制御の運用も、令和4年度から本格運用が開始された。この濃度制御の運用に対しても、シミュレーションプログラムを用いたが、特筆すべき問題はなかった。

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が、随時、検討されている。このため、滞留時間が変更されていないかについても、総合水運用センターと密に連携し、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。

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した。この間、マニュアルの充実を図るとともに、各評価項目において各測定値の誤差を評価してきたが、近年は水質試験所の分光光度計と各所管で管理されている計器類との濃度差が±0.05mg/Lの範囲に概ね収まるようになっている。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ている。

さらに、令和4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、追加塩素注入後の残留塩素濃度を制御する運用を本格的に開始した。これにより、該当の配水ブロックが残留塩素濃度管理の面では自立した運用が可能となった。したがって、評価項目2（浄水場における残留塩素濃度制御状況の評価）を、濃度制御を導入した配水場にも適用することで高度な残留塩素管理に繋がる可能性がある。

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。