

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

本市では、平成19年3月に作成した「残留塩素管理マニュアル」（平成27年3月31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。

本報告では、本市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、平成29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、次年度の残留塩素管理に反映させるための改善点を提案する。

$$\text{OPI-Cl}_2(\%) = \frac{\text{水質TMIにおける残留塩素の日平均濃度が0.1~0.4mg/Lの日数}}{\text{水質TMI稼働日数}} \times 100 \quad \dots\dots\dots [1]$$

2. 評価項目

平成29年度における水質TMI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TMI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TMIにおける月別及び通年のOPI-Cl₂達成率

表-1に各水質TMI局の月別OPI-Cl₂(%)を示し、表-2に各配水系統における平成25年度から平成29年度の年度別OPI-Cl₂(%)を示した。表-1の灰色で塗りつぶしたところはOPI-Cl₂が50%以下を示している。平成29年度における全系統のOPI-Cl₂(%)達成率は、前年度の82.2%から4.3%低下し、77.9%であった。

表-1 平成29年度における各水質TMI局のOPI-Cl₂(%)達成率の推

| | 柴島下系 | | | | | | 柴島上系 | | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| | 中島 | 大開 | 新高 | 野里 | 春日出北 | 舞洲 | 農人橋 | 小松 | 南扇町 | 都島本通 | 大宮 | 鶴見 |
| 達成日数 | 365 | 354 | 336 | 215 | 356 | 166 | 351 | 333 | 292 | 184 | 86 | 273 |
| 稼働日数 | 365 | 359 | 365 | 365 | 365 | 365 | 365 | 365 | 328 | 365 | 365 | 365 |
| 4月 | 100.0 | 96.7 | 86.7 | 73.3 | 100.0 | 0.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 70.0 | 100.0 | 100.0 |
| 5月 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 38.7 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 61.3 | 67.7 | 100.0 |
| 6月 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 96.7 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 33.3 | 36.7 | 100.0 |
| 7月 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 83.9 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 38.7 | 29.0 | 74.2 |
| 8月 | 100.0 | 100.0 | 64.5 | 0.0 | 80.6 | 61.3 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 29.0 | 0.0 | 90.3 |
| 9月 | 100.0 | 100.0 | 93.3 | 3.3 | 100.0 | 96.7 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 36.7 | 10.0 | 16.7 |
| 10月 | 100.0 | 100.0 | 90.3 | 61.3 | 100.0 | 83.9 | 100.0 | 100.0 | 93.3 | 51.6 | 3.2 | 35.5 |
| 11月 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 96.7 | 100.0 | 3.3 | 100.0 | 100.0 | 80.0 | 70.0 | 0.0 | 40.0 |
| 12月 | 100.0 | 87.1 | 83.9 | 80.6 | 90.3 | 41.9 | 83.9 | 67.7 | 67.7 | 29.0 | 0.0 | 87.1 |
| 1月 | 100.0 | 100.0 | 87.1 | 22.6 | 100.0 | 0.0 | 83.9 | 58.1 | 45.2 | 22.6 | 0.0 | 54.8 |
| 2月 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 32.1 | 100.0 | 3.6 | 85.7 | 75.0 | 95.7 | 67.9 | 3.6 | 100.0 |
| 3月 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 54.8 | 100.0 | 12.9 | 100.0 | 93.5 | 廃止 | 96.8 | 32.3 | 100.0 |
| 通年 | 100.0 | 98.6 | 92.1 | 58.9 | 97.5 | 45.5 | 96.2 | 91.2 | 89.0 | 50.4 | 23.6 | 74.8 |

| | 庭窪（巽）系 | | | | | | 庭窪（大淀）系 | | | | | | |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 南港中 | 墨江 | 南田辺 | 瓜破東 | 平野西 | 勝山南 | 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 | 170 | 297 | 240 | 258 | 295 | 309 | 313 | 310 | 250 | 286 | 304 | 267 | 319 |
| 稼働日数 | 365 | 365 | 365 | 365 | 365 | 365 | 365 | 365 | 365 | 365 | 365 | 365 | 365 |
| 4月 | 96.7 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 5月 | 45.2 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 6月 | 63.3 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 7月 | 0.0 | 83.9 | 29.0 | 19.4 | 35.5 | 83.9 | 74.2 | 93.5 | 12.9 | 100.0 | 77.4 | 29.0 | 90.3 |
| 8月 | 0.0 | 9.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.2 | 0.0 | 29.0 | 0.0 | 0.0 | 61.3 |
| 9月 | 0.0 | 30.0 | 0.0 | 10.0 | 36.7 | 33.3 | 56.7 | 23.3 | 0.0 | 30.0 | 23.3 | 16.7 | 90.3 |
| 10月 | 0.0 | 100.0 | 93.5 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 80.6 | 83.9 | 100.0 | 100.0 | 61.3 |
| 11月 | 0.0 | 80.0 | 73.3 | 93.3 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 83.3 | 23.3 | 100.0 | 100.0 | 90.3 |
| 12月 | 67.7 | 74.2 | 87.1 | 87.1 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 83.9 | 90.3 | 100.0 | 100.0 | 61.3 |
| 1月 | 90.3 | 100.0 | 54.8 | 51.6 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 77.4 | 83.9 | 100.0 | 100.0 | 71.0 |
| 2月 | 100.0 | 100.0 | 50.0 | 96.4 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 85.7 | 100.0 | 100.0 | 28.6 | 71.4 |
| 3月 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 96.8 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 67.7 |
| 通年 | 46.6 | 81.4 | 65.8 | 70.7 | 80.8 | 84.7 | 85.8 | 84.9 | 68.5 | 78.4 | 83.3 | 73.2 | 87.4 |

表-1 平成29年度における各水質TM局のOPI-Cl₂達成率の推移(つづき)

| | 豊野(城東)系 | | | | |
|------|---------|-------|-------|-------|-------|
| | 大道 | 大今里西 | 勝山南 | 敷津東 | 放出西 |
| 達成日数 | 365 | 248 | 309 | 365 | 306 |
| 稼働日数 | 365 | 365 | 365 | 365 | 365 |
| 4月 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 5月 | 100.0 | 90.3 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 6月 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 90.0 |
| 7月 | 100.0 | 67.7 | 83.9 | 100.0 | 100.0 |
| 8月 | 100.0 | 25.8 | 0.0 | 100.0 | 96.8 |
| 9月 | 100.0 | 30.0 | 33.3 | 100.0 | 53.3 |
| 10月 | 100.0 | 35.5 | 100.0 | 100.0 | 67.7 |
| 11月 | 100.0 | 13.3 | 100.0 | 100.0 | 23.3 |
| 12月 | 100.0 | 90.3 | 100.0 | 100.0 | 87.1 |
| 1月 | 100.0 | 64.5 | 100.0 | 100.0 | 93.5 |
| 2月 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 92.9 |
| 3月 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 通年 | 100.0 | 67.9 | 84.7 | 100.0 | 83.8 |

表-2 各配水系統の年度別OPI-Cl₂達成率

| 年度 | H25 | H26 | H27 | H28 | H29 |
|-------|------|------|-------|------|------|
| | 配水系統 | | | | |
| 柴島下系 | 85.8 | 97.4 | 94.6 | 69.1 | 82.1 |
| 柴島上系 | 81.2 | 95.0 | 88.8 | 69.1 | 70.6 |
| 庭窪巽系 | 89.0 | 95.6 | 97.3 | 91.0 | 71.6 |
| 庭窪大淀系 | 97.4 | 99.8 | 100.0 | 96.5 | 79.0 |
| 豊野系 | 96.0 | 98.7 | 96.4 | 84.6 | 87.3 |
| 全系統 | 89.8 | 97.4 | 95.3 | 82.2 | 77.9 |

系統別の概要について、以下に記載する。

1) 柴島下系

- ・柴島下系全体のOPI-Cl₂は平成28年度の69.1%から82.1%に上昇した。
- ・野里局と舞洲局のOPI-Cl₂は、通年で58.9と45.5%であり、他4局については90%以上であった。舞洲局については、残留塩素濃度確保のため、舞洲給水塔の残留塩素濃度目標値を上昇させたことによりOPI-Cl₂が年間を通して低くなった。

2) 柴島上系

- ・柴島上系全体のOPI-Cl₂は平成28年度の69.1%から70.6%とほぼ横ばいであった。
- ・柴島上系のうち、第3配水ポンプ場から配水されている都島本通局と大宮局のOPI-Cl₂が通年で50.4%と23.6%であり低めであった。その他の水質TM局については、良好な結果であった。
- ・鶴見局のOPI-Cl₂が低下する原因については、柴島上系と豊野系との境界部分に位置しており、豊野系の城東配水場から高い塩素濃度の水が配水される時間帯があるためと考えられる。

3) 庭窪[巽]系

- ・庭窪[巽]系全体のOPI-Cl₂は平成28年度の91.0%から71.6%に低下した。7月から9月にかけて全局でOPI-Cl₂が低下する傾向が認められた。

4) 庭窪[大淀]系

- ・庭窪[大淀]系全体のOPI-Cl₂は平成28年度の96.5%から79.0%に低下した。7月から9月にかけては庭窪[巽系]と同様に全局でOPI-Cl₂が低下する傾向が認められた。

5) 豊野系

- ・豊野系全体のOPI-Cl₂は平成28年度の84.6%から87.3%に上昇したが、大今里西局と勝山南局のOPI-Cl₂は主として8月から9月に低下する傾向が認められた。

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-3に示した。

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

平成29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。

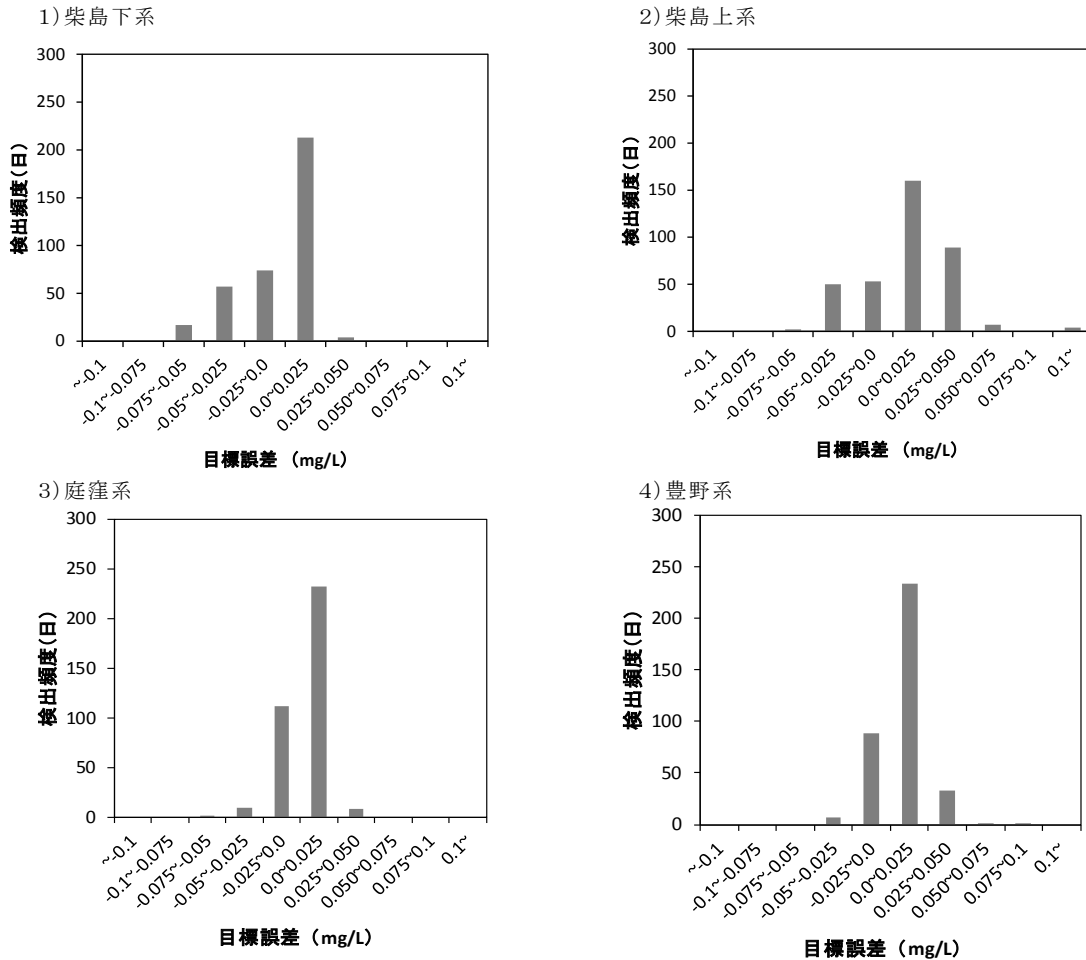


図-1 各配水系統における目標誤差の分布

表-3 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

| | 平成28年度 | | | | 平成29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 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | -0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00 |
| 標準偏差 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 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(%) | 100.0 | 100 | 100 | 99.7 | 95.3 | 96.4 | 99.5 | 99.5 |

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-4に示した。

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

平成29年度は測定誤差が±0.05mg/Lの範囲内に含まれる割合が庭窪系を除き95%以上であった。庭窪系も94.8%であり、水質試験所の測定値と大きな違いはなかった。

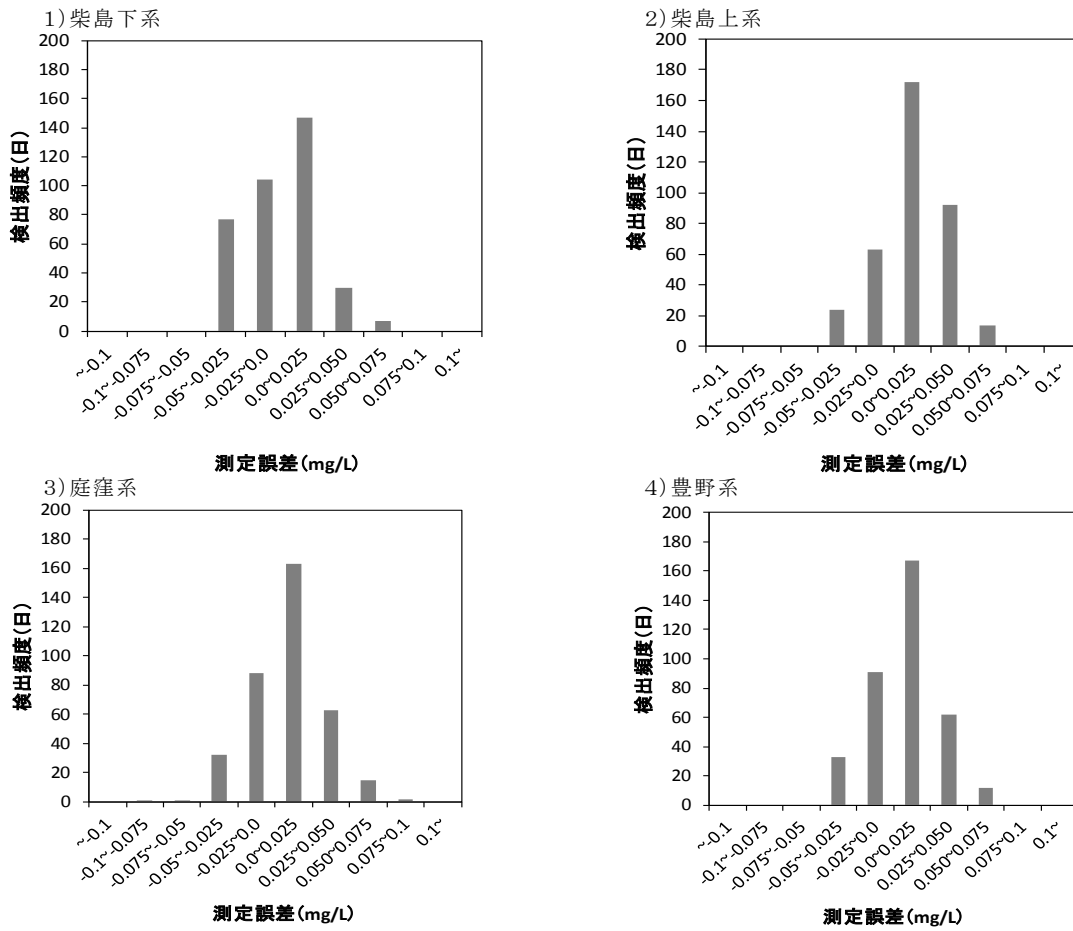


図-2 各配水系統における測定誤差の分布

表-4 各系統における測定誤差の年間平均値

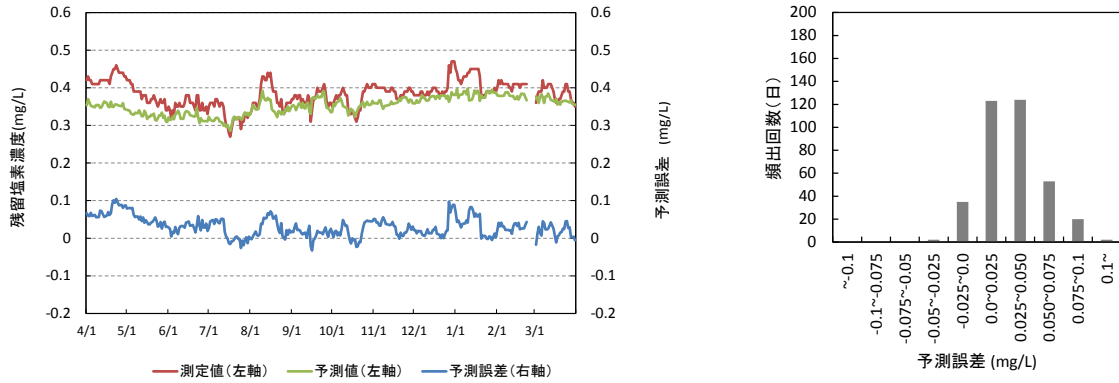
| | 平成28年度 | | | | 平成29年度 | | | |
|--------------------------------------|--------|------|------|------|--------|------|------|------|
| | 柴島下系 | 柴島上系 | 庭窪系 | 豊野系 | 柴島下系 | 柴島上系 | 庭窪系 | 豊野系 |
| 平均値(mg/L) | -0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | -0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 標準偏差 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 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(%) | 94.5 | 89.6 | 92.6 | 99.7 | 98.1 | 96.2 | 94.8 | 96.7 |

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

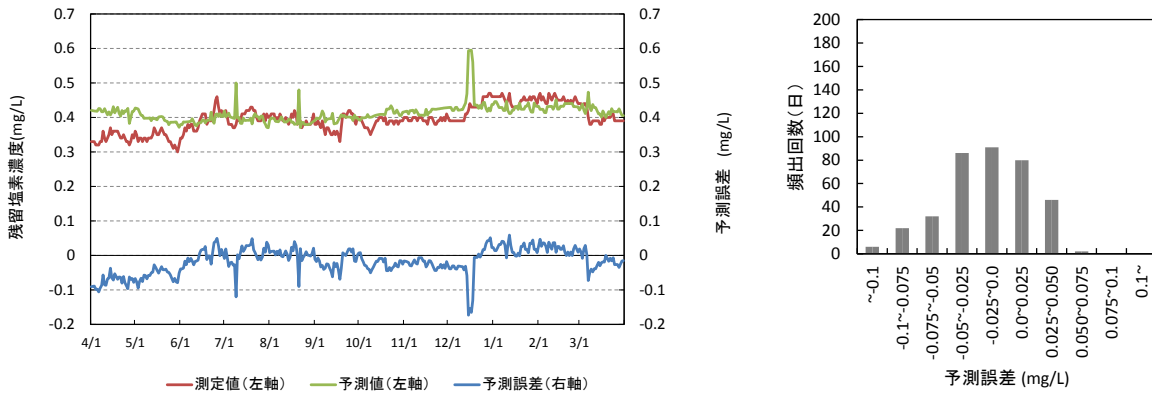
各配水系統の TM で測定された残留塩素実測値と残留塩素シミュレーションプログラムにより算出した予測値及び式[4]から求めた予測誤差の年間推移と分布図を図-3に示した。また通年における予測誤差の平均値、標準偏差、及び予測誤差が±0.05mg/Lの濃度範囲に占める割合を表-5に示した。

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。

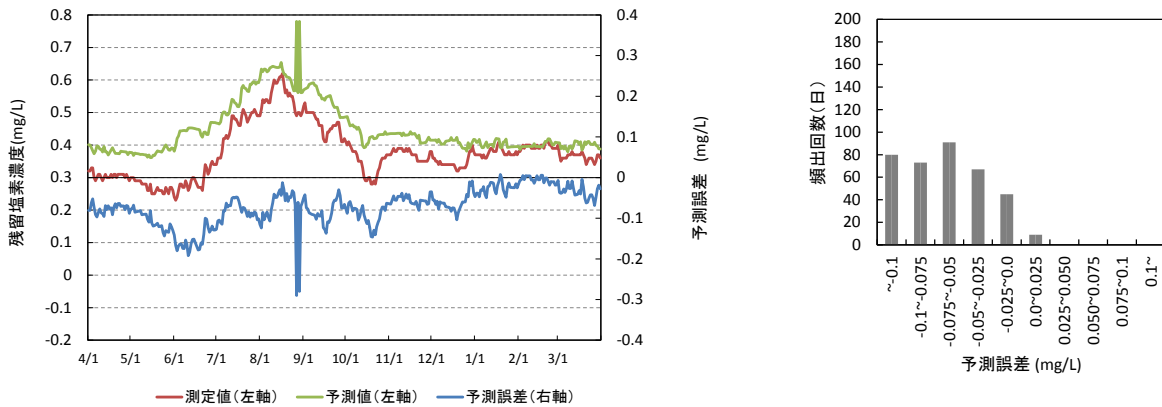
$$\text{予測誤差 (mg/L)} = \text{測定値 (mg/L)} - \text{予測値 (mg/L)} \dots\dots [4]$$



1) 柴島下系 (基準 TM : 大開局、流達時間 : 15 時間)

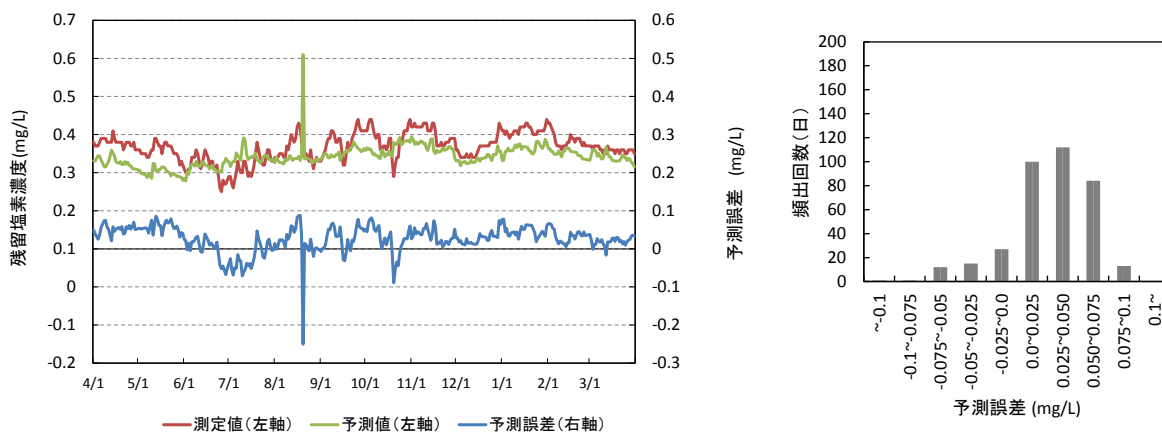


2) 柴島上系 (基準 TM : 小松局、流達時間 : 8 時間)



3) 庭窪系 (基準 TM : 平野西局、流達時間 : 10 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



4) 豊野系 (基準 TM : 大道局、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

| | 平成29年度 | | | |
|----------------------------------|--------|------|------|------|
| | 柴島下系 | 柴島上系 | 庭窪系 | 豊野系 |
| 平均値(mg/L) | 0.03 | 0.02 | 0.07 | 0.03 |
| 標準偏差 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 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(%) | 99.4 | 98.4 | 78.1 | 99.7 |

4. 考察

1) 柴島系

- ・柴島下系全体のOPI-Cl₂(%)は平成28年度と比べ達成率が向上した。
- ・野里局及び舞洲局は低い達成率であった。舞洲局については残留塩素を確保するために残留塩素制御目標値を高く設定したため、達成率が低くなった。
- ・柴島上系全体のOPI-Cl₂(%)は平成28年度と比べほぼ横ばいであった。第3配水ポンプ場から配水されている都島本通局、大宮局、豊野[城東]系との系統境界部の鶴見局を除くその他のTM局のOPI-Cl₂(%)の達成率は良好であった。
- ・柴島系の目標誤差が±0.05mg/Lの範囲内に占める割合は、両系統ともに95%以上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。

2) 庭窪系

- ・庭窪[巽]系・庭窪[大淀]系のOPI-Cl₂(%)は7月から10月にかけて悪化が顕著であり、この時期は庭窪浄水場の残留塩素制御目標値を0.62mg/Lから0.82mg/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残留塩素制御目標値を下げていくと達成率は向上した。
- ・水質TM別では、南港中局について7月から11月における実測値と残留塩素シミュレーション式による予測値との差が大きく乖離していたため、達成率が悪くなったと考えられる。そのため来年度は予測値と実測値の差に注視して、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及び浄水管理室による咲州配水場の滞留時間の再計算を依頼して、シミュレーションプログラムを修正する必要がある。
- ・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。

3) 豊野系

- ・豊野系全体のOPI-Cl₂の達成率は平成28年度より若干上昇し、良好な達成率であった。大今里西局については、8月から11月のOPI-Cl₂が低下したことで、通年で豊野系の他のTM局よりも低くなった。
- ・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. 2 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更され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。

5. 次年度の課題

- 1) 今後も継続して行われる配水系統ブロック化に伴う各局の残留濃度の挙動について注意する。
- 2) 残留塩素濃度シミュレーションプログラム予測誤差の改善に向けた知見を収集する。

(担当：當山・原)