

II. 厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
「人口減少社会における情報技術を活用した水質確保を含む管路網管理向上策に関する研究」
分担研究報告書

水質計の開発及び実証

研究分担者 氏名：三宅亮 所属：東京大学工学系研究科

研究要旨

科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業において開発された小型水質計を用いて、協力を得た水道事業者が所管する実証フィールド内の実管路において実地検証を行い、実用化に必要な性能諸元、最適配置及び管理方法等について提案する。平成 29 年度に実施した実地検証では、計測データから水質計内の流路・フローセルへの泡がみに起因すると想定される特徴的な変動・ばらつきが確認された。これを受けて、平成 30 年度は、水質計の動作プログラムの改良（泡がみの抑制、気泡の除去判断等）と、それらを搭載した現場設置制御用 PC 及び通信環境の改良を実施した。その後、浄水場内へ水質計を再度設置し、改良した通信環境のもとで評価を行った。その結果、計測データの変動・ばらつきは抑えられ、比較的安定したデータが得られる見通しを得た。

A. 研究目的

近年、研究が進められている小型水質計（残留塩素濃度等）について、実管路において実地検証を行い、実用化の可能性を調査する。これらの結果を水質計の開発に関する提案に反映させる。具体的には科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業において開発された小型水質計を用いて、協力を得た水道事業者が所管するフィールド内の実管路網において実地検証を行い、実用化に必要な性能諸元、最適配置及び管理方法等について提案することを目的とする。

以上の目的を受け、平成 29 年度には、新たに無線通信系を付加した水質計を用いて、実地検証を実施したところ、計測データに特徴的な変動・ばらつきが確認された。これらについて水質計内の流路やフローセルでの泡がみが直接的な要因であると考察された。これを受けて、平成 30 年度は、水質計の動作プログラムの改良（泡がみの抑制、気泡の除去判断等）とそれらを制御するための現場設

置制御用 PC 及び通信環境の改良を行った。改良した水質計を浄水場内へ設置し、改良事項の評価を行うとともに、課題の抽出と改良案の提示を行うことを目的とした。

B. 研究方法

図 1 に小型水質計の構成図を示す。図中のポンプユニットで加圧・送出された試料水は、水質計ユニットの試薬カートリッジ内に入った後、分析部に至る。ポンプによって与えられる圧力は、試薬カートリッジ内の試薬バックを加圧することにも利用される。分析動作時に、分析部に設けられた開閉バルブを一定時間開放することで、前記圧力に圧されて試薬バック内の試薬が、一定量、分析部を流れる試料水に添加される。試料水及び添加された試薬は、分析部に設けられたマイクロ流路にて徐々に混和が進行し、発色反応を呈する。この発色度合は、試料水中の対象物質の濃度に依存して変化する。分析部に設けられたフローセルの一方には、赤・青・緑の順に高速

で点滅する LED 光源が設けられており、もう一方の端にはフローセルを透過する光量を計測するためのフォトダイオードが設けられている。これによりフローセル中を流れる試料水の色の変化を透過光量変化として捉えることができる。この透過光量から吸光度を求め、濃度に換算する。

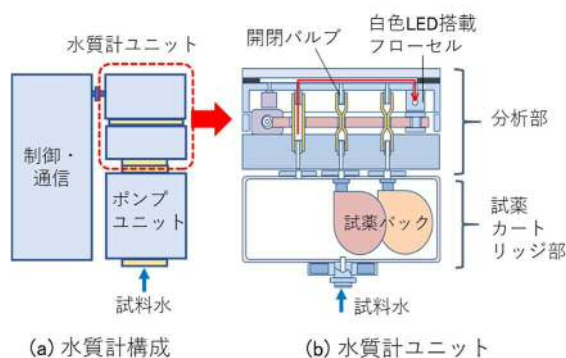


図 1 水質計の構成図

図 2 に平成 29 年度の結果を受けて、改良した泡がみ判断・処理プロトコルと、それらを搭載した現場設置制御用 PC での処理の流れを示す。従来は、水質計で取得した時系列の試薬反応による透過光量変化に関する生データを、現場設置制御用 PC を介して、そのままインターネットを経由して、遠隔地の作業者に送達されていた。作業者は、データの変化を目視にて確認、そのばらつき状態から泡がみかどうかを判定し、泡がみ由来であれば、気泡除去動作命令をネットワーク経由で水質計の制御・通信ユニットに送っていた。これに対して新たな通信環境においては、自動的に泡がみの可能性を判断・処理するプログラムを水質計近傍に設置されている現場設置制御用 PC に組み込み、迅速かつ適切に泡がみ除去が可能ないように修正した。

これにより目視監視・操作の手間が省けるとともに、インターネットを介することで発生していた気泡除去動作の時間遅れが解消され、現場でのリアルタイムでの対応が可能となった。図 3 に泡がみを作為的に発生させた場合の処理プログラムの動作を示す。プ

ロトコルに沿って信号変化の異常を検知し、再計測を行う様子を示されている。

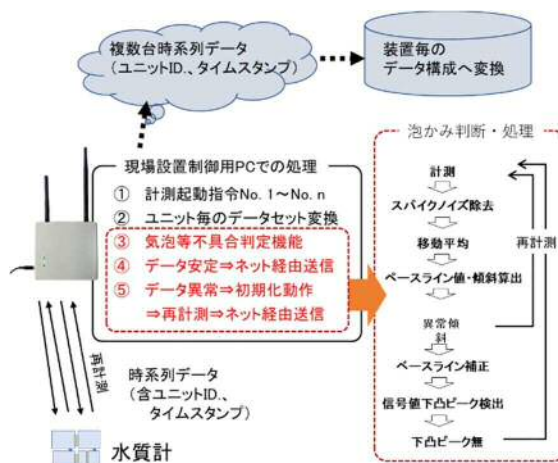


図 2 泡がみ判断・処理 (右) と現場設置制御用 PC 内での処理 (左)

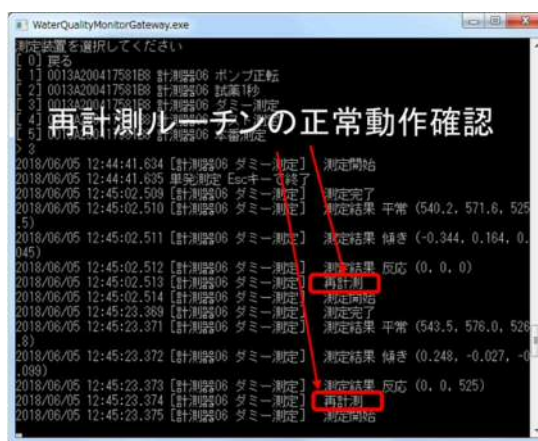


図 3 泡がみ発生時の再計測の様子

図 4 に、泡がみ対策を施した後に実施した評価実験での水質計および採取部の現場の写真を示す。基本的に、平成 29 年度に実施した現地実験で用いた水質計と同じ構成である。浄水場の既存の残留塩素計が設置されている場所に水質計を並置して、比較評価を行った。そのため、既存計器と同じ採水ラインから試料水を採取する構成としている。同図に示すように、採水栓から管路を分岐させ、一次溜め容器に導入する。余剰の試料水は一次溜め容器からオーバーフローさせて、

その外部に設けられた排水パンを経て、排水する。一次溜め容器から水質計へは、ポンプユニットを動作させて試料水を水質計ユニットに引き込む。計測に促された試薬を含む試料水は、廃液配管内を流下し、排出される。



図 4 採取部構成図

C. 研究成果

残留塩素濃度の検出法として、本研究では、DPD 法を用いた。DPD 法では、試料水に試薬を混和すると、赤色の発色を生じる。この試料水に対して、赤、青、緑 3 色の LED 発光を照射すると、緑色光と青色光において透過光が吸収されるが、ここでは青色の透過光量を残留塩素濃度計測用の値として採用した。

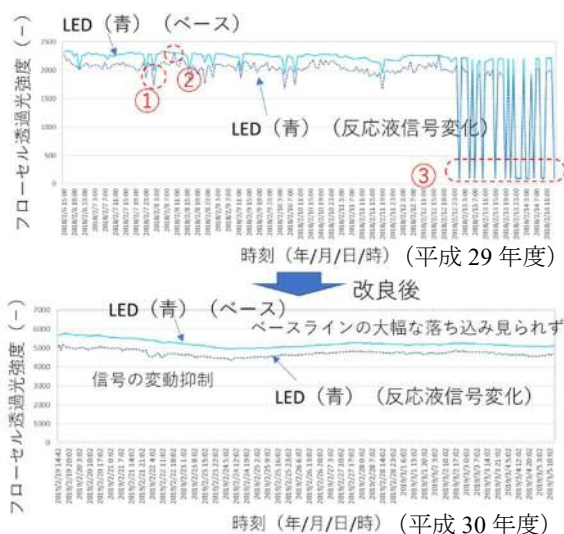


図 5 改良事項の現場評価結果

図 5 に取得したデータを示す。1 時間毎に取得した透過光量の変化を示す。青色実線はブランクの透過光量値、青色点線は発色時の透過光量値を示す。なお、本透過光量値は、発色度がピークを取るタイミングでの透過光量値を採用した。評価時期は、平成 31 年 2 月 19 日から 3 月 5 日の 2 週間である。平成 29 年度と同様に気温変動は 10℃程度であり、溶存ガスが気泡となって現れやすい環境となっている。図 5 の上段には、平成 29 年度の計測データ(平成 30 年 2 月 6 日～14 日)を再掲し、下段に平成 30 年度の計測データ(平成 31 年 2 月 19 日～3 月 5 日)を示す。平成 30 年度の図 5 の下図に示すとおり、平成 29 年度のデータ①に見られた信号値のスパイク状の落ち込みはほぼ解消されている。また、ベースライン(青線)に対して反応液の信号変化がない②で示す状況も発生していない。さらに、③で示した大幅な信号落ち込みも解消されている。

一方、本現場評価の実施中に、現場設置制御用 PC において、OS のアップデートが自動的に行われた。これにより遠隔地と通信が途絶えるなど、通信上の課題が明らかになった。今回は、アップデート後も自動的に測定を回復するプログラムを現場設置制御用 PC に組み込むとともに、通信が途絶えた状態においても PC 内にはデータが保存されるような工夫を施していた。これにより 1 時間毎のデータを欠損することなく取得していたことが分かった。しかしながら、ネットワークと繋がることで外部から不要な操作が入る危険性を示す例となった。通信環境をより安定化するためには、更なる改善策が必要である。

今後は、更なる屋外環境に設置した評価を実施する予定である。風雨や日射による水質計内部の昇温などでの課題の摘出を図り、適切な現場設置の形態、試料採取部デザインの提案を図っていく。

D. 考察

図 5 の実験で対象とした試料水は、浄水場内での採取水であり、残留塩素濃度はほぼ一定値であった。平成 30 年度の計測データにおいて、ベース信号値と反応液信号変化はほぼ一定の幅を持って変化していることから、安定的な計測が 2 週間にわたって成されたものと判断される。

E. 結論

平成 29 年度の現場設置評価にて明らかになった泡がみによる水質に関する信号の変動・ばらつき対策として、泡がみの判断・処理プログラム及び現場において迅速に判断し対処するために前記プログラムを現場設置制御 PC に搭載するといった通信環境の改良を実施した。その結果、2 週間にわたり安定的な計測結果が得られた。一方、本現場評価の実施中に、現場設置制御用 PC において、OS のアップデートが自動的に成された。これにより遠隔地と通信が途絶えるなど、通信上の課題も明らかになった。今回は、アップデート後も自動的に測定を回復するプログラムを現場設置制御用 PC に組み込むとともに、通信が途絶えた状態においても PC 内にはデータが保存されるような工夫を施しており、これによりデータを欠損することなく取得することが可能であったが、ネットワークと繋がることで外部から様々な操作が入る可能性がある。通信環境として更なる改善が必要である。

F. 研究発表

1. 論文発表

該当なし

2. 学会発表

1) 泉 健太, 渡辺 彬, 笠間 敏博, 遠藤 喜重, 三宅 亮, 遠隔監視用コンパクト水質計の開発, 2018/10/30, 第 9 回マイクロ・ナノ工学シンポジウム, 札幌市

2) 室岡 駿, 佐藤 友美, 笠間 敏博, 久代 京一郎, 高井 まどか, 川上 雅之, 矢野 大作, 田澤 英克, 泉 健太, 三宅 亮, オンサイト水質計向けマイクロ流路表面処理技術, 2018/10/30, 第 38 回化学とマイクロ・ナノシステム学会

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得

該当なし

2. 実用新案登録

該当なし

3. その他

該当なし

参考文献

1) 三宅亮, W.P.Bula, 遠藤喜重, 佐藤友美, 村上裕二, 横山新, 浅野由花子, 富樫盛典, 渡辺彬, マイクロデバイスを活用する水質モニタリング, 化学とマイクロ・ナノシステム学会誌, 2017 年, Vol. 16, No.1 pp. 8-1