質的計測器の課題と対応策の検討について

１．　はじめに

下水処理プラントには数多くの水位計、圧力計などの量的計測器とDO計、濃度計などの質的計測器が設置され、処理プロセス状態監視および自動制御に活用されている。すなわち、プラント運用の適否の把握および変更のための管理項目や自動制御の検出端として活用されており、計測値の精度はプラントの運用の良否に大きく影響を与えることから、その精度維持のため計測器のメンテナンスの重要性が認識されている。特に質的計測器は開発の歴史が浅く、測定原理も手分析を応用したものが多く、かつ下水道という腐食性のガスの発生など特異な環境下で使用されている。また量的計測器と異なり精度校正が複雑な面があるので、メンテナンスは大きな負担となっている。

近年下水処理プラントは、省力化・省エネルギー化や処理の安定性確保の面から、自動制御が重視されると同時に高度処理の推進やCO_2排出量の削減など、質的計測器の性能の向上とその役割がより一層重要となってきている。

一方で、その精度・測定の不具合やメンテナンス性の悪さも指摘されている。そこで当協会の電機部会として、東京都下水道局のご協力を頂き、５箇所の水再生センターでヒアリングを行い、現状分析のもとに問題点を整理し対応策を検討するとともに、今後の質的計測器のあるべき姿についてまとめたものでその概要を報告する。

２．質的計測器の現状分析

（１）現状分析

１）調査対象機場

下水道局の協力を頂き、５箇所の水再生センターへのヒアリング調査を行った。

２）調査対象の計測器

調査対象の計測器は次の１９機種である。

①汚泥濃度計　②汚泥界面計　③ＳＶ計　④ＵＶ計　⑤ＤＯ計
⑥ＭＬＳＳ計　⑦ＯＲＰ計　⑧ｐＨ計　⑨残留塩素計　⑩次亜塩素濃度計
⑪オゾン濃度計　⑫Ｒｒ計　⑬Ｏ２計　⑭ＮＯＸ 計　⑮ＳＯＸ 計
⑯ＣＯ計　⑰ＨＣＬ計　⑱全窒素自動分析計　⑲全りん自動分析計

３）調査項目

観　点	ヒ　ア　リ　ン　グ　調　査　内　容
測定精度	・精度は手分析との整合性はありますか。 ・計測値の妥当性、安定性など。
即時性	・計測時間、測定周期、制御周期の妥当性など
設置の妥当性	・測定場所（サンプリング場所）、センサ数などの妥当性など。

メンテナンス性	・装置の操作性はよいですか。 ・メンテナンス周期はどれくらいでしょうか、されている作業内容は、作業者は委託または直営ですか。 ・洗浄、校正、部品交換などの容易さや難易度。 ・試薬の取り扱いについて。 ・保守部品の納期がどうか、また購入が容易か。
信頼性・耐久性	・故障内容、頻度。 ・洗浄装置が付属している場合は洗浄効果は十分でしょうか。 ・本体や消耗品の耐用年数について（短い／妥当など）。
耐環境性	・硫化水素など雰囲気のよくないところでも腐食など問題ないでしょうか（防水、防滴性能なども含む）。
経済性	・イニシャルコスト及び保守部品、消耗品などのランニングコストについて（高価／妥当など）。

ヒアリング結果を基に、質的計測器に対して課題と改善項目および計測器自体の必要性の検討をした。

（２）各計測器の課題と改善項目

各計測器に、現状の課題・改善項目を整理した。これらの項目については、メンテナンス側と電気及び計測器メーカーと共同して解決していくことが必要である。詳細は省略させて頂く。

（３）計測の必要性の検討

ヒアリングでは、設置しているが十二分に活用されていない計測器も見られた。そこで、計測の必要性についてその理由をまとめた。

１）第一沈でん池用汚泥濃度

第一沈でん池での引抜汚泥濃度は計測しているが、生汚泥の引き抜きは一般的に時間による引抜が主流となっているので、計測器の設置目的を明確にする必要がある。

２）ＳＶ

ＳＶは一般的に日常の水質手分析により測定されており、またＳＶ自体も急激に変化することが少ないので、長期的に記録を行い、必要性を検討する。

３）ORP

曝気槽における嫌気度を測定する酸化還元電位が測定されているが、計測器の誤差が大きく、おおよその目安にしかならないとの意見もある。実態をもう少し実態を把握する必要がある。

４）Ｒｒ

硝化を観測するためのものであるが、一般的にはDO計で管理が行われている。また近年実用化されたアンモニア計で直接硝化度を計測もある。

上記結果は、今回ヒアリングを実施した５箇所での意見であり、ほんの一例であるが、設置年度によっては若干異なる。その主なもの理由は計測器の精度とメンテナンス性および設置目的の意義の検討不十分などが考えられる。

３．　新たな用途の検討と新機能センサの開発

下水処理プラントの性能向上や効率的運用を実現するための質的計測器の新たな機能やそのための計測器について検討した。またヒアリング結果から、今後開や発が求められる新機能センサについても整理した。

（１）新たな機能と必要なセンサ

１）流入汚濁負荷の計測による曝気風量制御の精度向上

曝気槽流入部で汚濁負荷を連続計測し、その負荷量をD0制御等に利用することで、流入負荷を事前に把握した風量制御が可能となり、風量供給の効率化ならびに処理性能の安定化が期待できる。

そのためには、流入負荷を連続計測できる汚泥負荷量計測器の開発と流入水量を計測可能とする施設の改善も必要である。

※ＤＯ制御に流入汚濁負荷情報を付加した場合

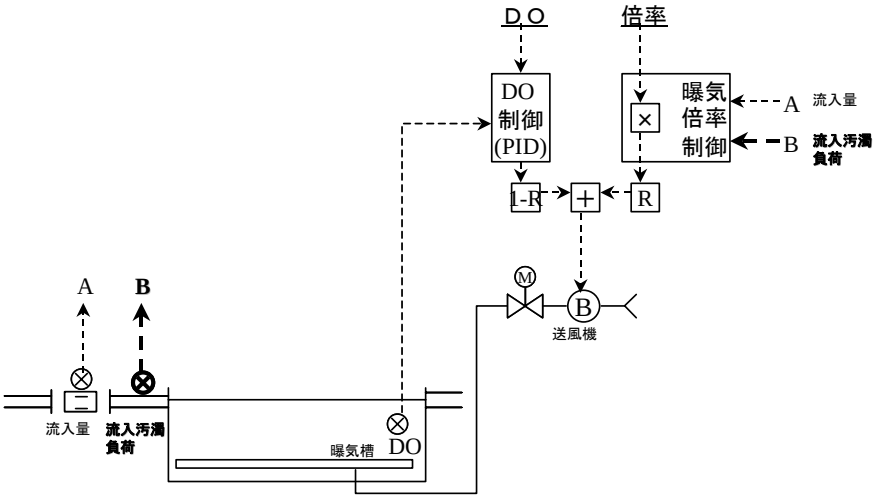

図１　流入汚濁負荷量による曝気風量制御フロー(案)

２）流入および曝気槽りん濃度の計測によるりん除去性能の向上

りん除去は安定的な処理が難しく、A_2O法適用機場を中心に降雨時の凝集財添加が行われている。凝集剤添加には、りんの連続計測結果に基づいた制御が望ましい。また、生物学的に処理する場合のも、曝気槽流入と嫌気槽でりん濃度を計測することでりんの吐出度合いを把握し、流入水の嫌気槽へのバイパス水量の調節によって処理性能を保つことも考えられる。

そのためには、連続計測ができサンプリング用のフィルタが詰まらないりん濃度計の開発が必要である。

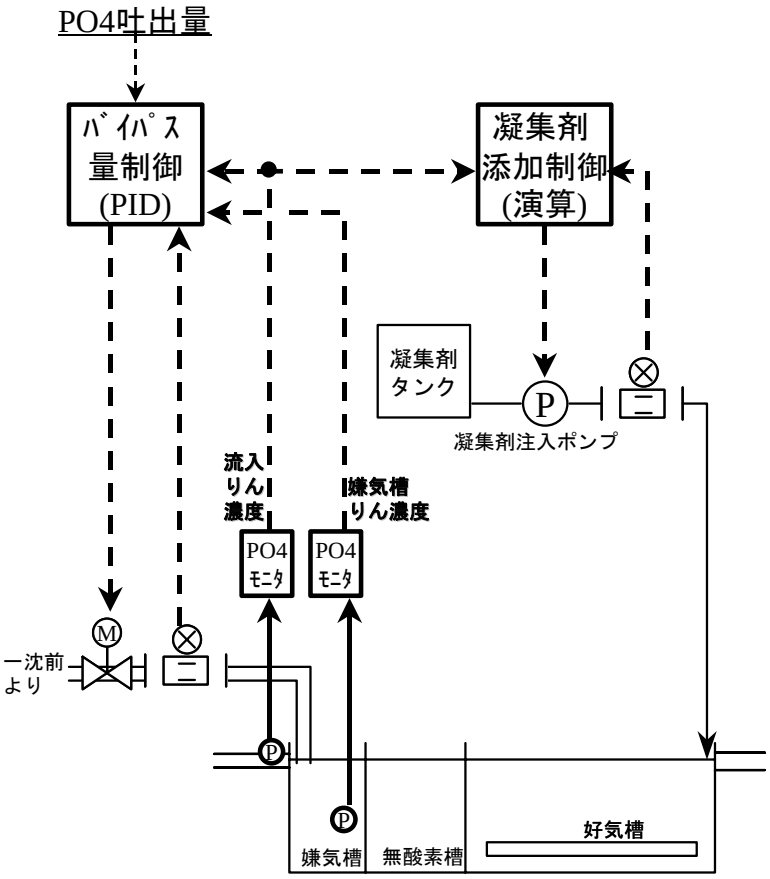

図２　流入汚濁負荷量による曝気風量制御フロー(案)

３）汚泥固形物量の把握による汚泥処理薬注の効率化

水処理施設から引き抜かれる汚泥の濃度から汚泥処理設備へ送り込まれる固形物の量を把握し、その量を汚泥処理の薬品注入量の制御に利用することで、受け入れ固形物量を事前に把握した制御が可能となり、汚泥処理における薬品処理の効率化ができると考えられる。そのためには、現状指標として計測しているだけの汚泥濃度を、汚泥固形物量の算出ならびに薬注制御へ活用していくことが必要である。

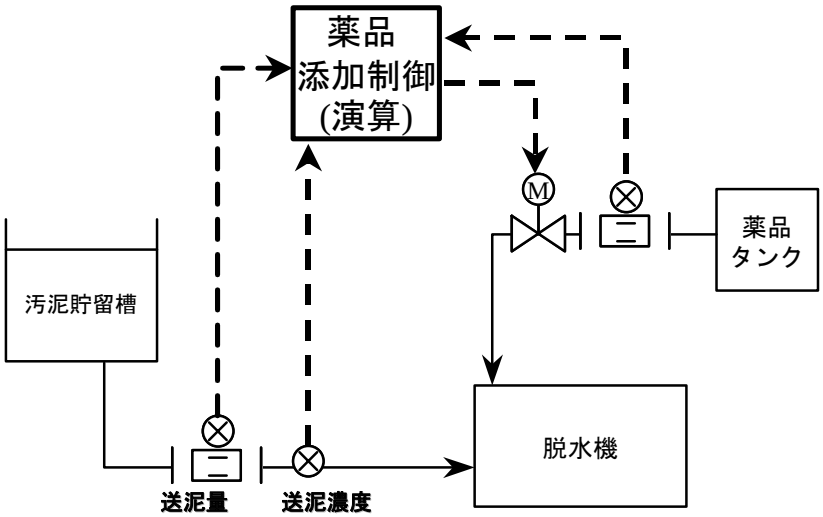

図３　汚泥固形物量による汚泥処理薬注制御フロー(案)

4）脱水ケーキ含水率の連続測定による汚泥処理薬注と焼却炉運転の効率化

脱水機から排出される脱水ケーキの含水率を常に把握し、その値を脱水機への薬品注入量および後段である焼却炉の燃料供給量の制御に利用することで、脱水機と焼却炉の両設備における最適運転点を保つような運用を行うことができると考えられる。すなわち、焼却炉内の温度が高温になりすぎないような含水率を維持することで、脱水設備の電力量、薬品量に加え、焼却燃料をも最適化することが可能となる。

そのためには、脱水ケーキの含水率を非接触にて連続計測することができる含水率計の開発が必要であるが、最近で脱水ケーキをポンプ圧送している例が多いのでこの点も配慮する。

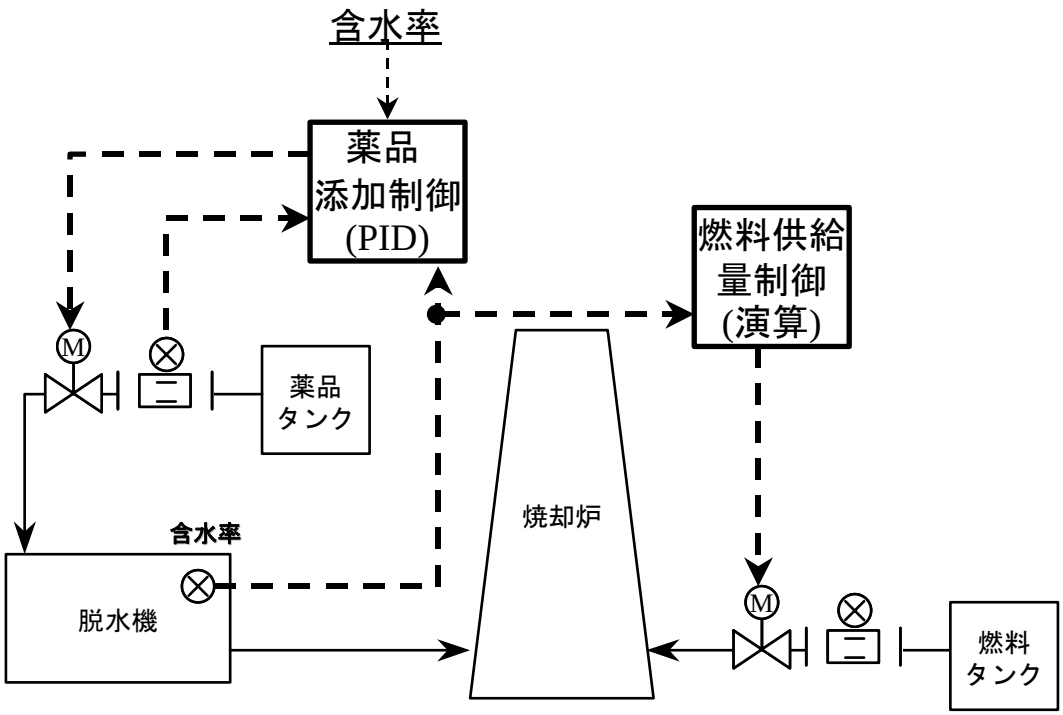

図４　汚泥固形物量による汚泥処理薬注制御フロー(案)

（２）新機能計測器の開発

１）サンプリングの不要な計測手法

サンプリングポンプ自体やサンプリング配管の洗浄・つまり等が問題となる場合が多い。したがって、サンプリング試料に対する計測・分析ではなく、下水処理水への直接浸漬などによる計測手法へ変換する。

２）下水試験方法に準じた計測

連続計測を行うために下水試験方法とは異なる代替手法で計測する計測器を適用する際には、手分析との整合を取ることが難しい場合がある。したがって、下水試験方法に準じた計測を連続して行える手法へ改良する。

3）メンテナンスフリー、試薬レス計器の開発

数多くの計測器を備えている機場において、校正、洗浄、試薬補充、廃液処理などのメンテナンスは、大きな負担となっている。したがって、メンテナンスフリー、試薬レス計器を開発する。

4）自己復旧機能の付加

異常が発生すると、従来計測器は計測を停止し、保全員がその復旧作業を行う必要があるが、その作業自体が負担であるだけでなく、復旧まで計測が停止することでプラントの安定運用を妨げる場合もある。したがって、発生した異常に応じて、再校正や洗浄などの一次復旧を計測器自身が行う自己復旧機能を付加する。

5）無線伝送機能の付加

プラントには数多くの計測器が必要であり、その分計測信号を伝送するケーブルが必要となるが、無線伝送機能を付加することにより、計測器の増設・更新時における省配線が可能となる。また、設置後の計測場所変更も可能となり、プラント運用の変更に柔軟な対応が可能となる。

4．　質的計測器のメンテナンスに関する提案

質的計測器の現状分析の結果、メンテナンス性の向上がすべての計測器の共通的課題であると思われる。そこで、メンテナンスに関して、質的計測器のあるべき姿について整理・提言する。

（1）メンテナンス周期の自動判定

現状、各計測器はメーカーが推奨する周期でのメンテナンスを実施することが必要であるが、多くの計測器を抱えている場合、その負担は非常に大きくなる。そこで、計測器自体が計測データからメンテナンスの必要な時期を自動判定し、通知することができれば、メンテナンス作業への負担や部品交換の費用の削減を図ることができる。

（2）メンテナンス容易な場所に設置

メンテナンスは必要不可欠なので、メンテナンスの容易性も考慮して設置することが大切である。

（3）部品の共通化

交換部品の保有および手配は計測器の種類が多くなればなるほど費用、作業の両面で大きな負担となる。そこで、異なる計測器間で可能な限りハードウェア部品自体を共有化し、計測値を発信する部分はソフトウェアで補うようにすれば、劣化、破損に伴う部品交換作業、費用の低減を図ることができる。その対策の一つとして各水再生センター間で部品台帳の作成も考えられる。なお、異なるメーカー間での共有化は現実的に困難なので求めない。

（4）異常時の自己診断

異常が発生した場合、その原因追求は保全員の負担となる上、復旧までに計測が停止すること

によるプラント運用管理への悪影響も考えられる。そこで、異常発生直前の計測器の状態や計測値を蓄積し、そのデータから自己診断を行うことが出来れば、原因追求の作業負担が削減されるだけでなく、計測停止時間の短縮が実現できる。

５．今後の展開

今後の展開方法は次のことが重要である。

（１）電気及び計測器メーカーとの共同検討体制の構築

２の各計測器の改善および３、４で提言した新機能の実現のためには、当然のことながら電気設備工事を実施している電気メーカと計測器を製作しているメーカーと共同して解決していくことが不可欠である。したがって、電気及び計測器メーカーとの共同検討体制を構築し、プラントの安定運用と質的性能の向上に必要な計測器やその機能の整理並びにセンサ改良・開発を推進する環境を整えることが必要である。

（２）計測器の必要性に関する幅広い実態調査

今回、５箇所の水再生センターへのヒアリングにより、各質的計測器の課題・改善項目を抽出した。他の機場では異なる知見を保有していたり、他の方法で有効活用していたりする可能性もあることから、今回ヒアリング対象外であった機場に対する幅広い実態調査も行っていく必要がある。

（３）計測管理の充実

質的計測器を常に一定の精度を維持し改善するには適切なメンテナンスはもとより、２で述べている調査項目の測定精度、即時性、メンテナンス性、信頼性・耐久性などについて定期的に調査してデーターベース化をするなど計測管理を充実することが有効である。さらに維持管理担当部署で常に計測器設置の意義や目的を理解して対応することが当初の目的を達成する有効な方法でもある。

（４）実態調査による保守点検項目・作業方法の共通化

１で、保守点検作業は現場での大きな負担となっていると述べたが、同じ計　測器であっても、作業内容・周期が現場毎で異なっていることも考えられる。そ　で、各計測器に対する保守点検項目、作業方法、作業周期について実態調査を行い、性能を劣化させずかつ作業負担を最小限とする、各機場共通的な指針をまとめていくことも必要である。

（５）計測設備設計マニュアルの見直し

下水道局で計測機器を選定には計測設備設計マニュアルが利用されているので、上記（１）～（４）の取り組みを実施するだけではなく、その結果を随時、　測設備設計マニュアルへ反映させることも必要である。

（６）自動制御の検証・改善

下水プラントには質的計測器を活用して、DO 制御に見られるように多くの自動制御が組み

込まれている。しかし,中には必ずしも適正に作動しているとは見られないものがある。この要因には大きく二つのことが考えられる。

１）自動制御の検出端である質的計測器に起因するもの。

質的計測器の精度や測定頻度によるものである。

２）被制御対象である下水道固有の特性によるもの。

これは　①流入下水の量･質の変化に受動的であること②処理メカニズムが複雑を呈する微生物反応であること③反応速度が遅いこと④制御対象が複雑となっていることなどである。したがって、自動制御の検証･改善にはこれらの要因を良く分析をすると同時に自動制御の目的を明確にすることが大切である。

６．　まとめ

本検討書では、５箇所の水再生センターでの質的計測器の実態を調査した上で改善項目を抽出し、新たな計測器の用途や必要な新機能のあり方、今後の取り組みについて検討した。

これからの下水道事業には、省力化、コスト縮減、処理の安定化などから自動制御が重視されており,さらに高度処理の推進やCO_2排出量の削減などより一層の質的性能の向上が求められており、その一旦を担う質的計測器については、現有設備をより有効活用しつつ、同時に機能高度化を実現していくことが不可欠である。また新たな質的計測器も実用化されており、期待すると同時に、当協会はこの点を充分認識して、関係各位のさらなるご指導をお願いする次第である。

最後に末尾ではあるが、ヒアリングにご協力いただいた５箇所の水再生センターの職員に感謝いたします。