

# 活性汚泥濃度(MLSS)計の機能向上

## Function Improvement of MLSS Analyzers

武石 雅志<sup>\*1</sup> 尾形 好和<sup>\*1</sup>  
 TAKEISHI Masashi OGATA Yoshikazu  
 鶴之園 龍一<sup>\*1</sup> 清野 真二郎<sup>\*1</sup>  
 TSURUNOSONO Ryuuichi KIYONO Shinjirou

下水道分野で重要なプロセス分析計であるMLSS計の開発を行った。SS400 MLSS計は、低濃度の測定が可能な透過光散乱光比較方式の採用とパルス点灯方式や光学系の配置の工夫による外乱光の影響削減により、0 ~ 500 mg/ℓから0 ~ 20000 mg/ℓの幅広い濃度範囲で信頼性の高い測定が可能となった。また、自浄効果のあるフロート形ホルダの導入や校正作業の簡易化等を実施し、計器の維持管理改善の観点から保守性を改善した。本稿では、SS400 MLSS計の特徴とその技術的背景について報告する。

The MLSS analyzer was developed. It was important process analyzers for the sewage field. The SS400 MLSS analyzer is a measurement of high reliability within the range of the concentrations from 0-500mg/ℓ to 0-20000mg/ℓ. The measurement of low concentrations became possible by adopting the measurement method that compares transmitted light with scattered light. Devising of the arrangement of the optics system and adopting the pulse-driven light emission has reduced the influence of the turbulence light. Moreover, we reviewed maintainability from the viewpoint of the maintenance management ability of liquid analyzer and executed the introduction of the self-cleaning floating holder and the simplification of the calibration, etc. We report on a characteristic of the SS400 MLSS meter and the technical background.

### 1. はじめに

近年、下水道市場が量から質の時代へ変化しつつある。数年前までは下水道の普及率を上げるため、下水道処理施設の建設に力が注がれ、全国各地に下水道処理施設が造られてきた。近年では、施設の建設と同時に、環境保全や水質向上の観点から処理の方法にも眼が向けられている。この背景には、環境基準の達成が厳しい水域での上乘せ排水基準の強化、そして平成12年度に施行が予定されている第5次総量規制などの排水規制の強化が挙げられる。このような排水規制の強化に対応するため、多くの処理場で高度処理の導入が行われている。

現在の下水処理方法のほとんどが、活性汚泥(有機物等を栄養源とする細菌や原生動物のような微生物の集まり)を利用した活性汚泥法である。

その中でも、標準活性汚泥法は、古くから政令都市などの大規模施設で多く採用されてきた処理方法で、図1で示すように、ばっ気槽に下水と活性汚泥(最終沈降

池からの返送汚泥)を流入させ、空気を吹き込み攪拌し、下水に含まれる有機物を分解・除去する方法である。

最近では、好気性微生物と嫌気性微生物の両者の分解サイクルを利用して、下水中の有機物の除去と同時に窒素、リンの除去を行う高度処理に対応したオキシデーションディッチ法(OD法)や回分式活性汚泥法(回分法)、地方の中小規模施設で多く採用されている。また、標準活性汚泥法の処理施設でも、ばっ気槽を嫌気槽と好気槽に分けて高度処理に対応している。

では、このような質の時代に求められているのは何であろうか。それは、信頼性の高い水質管理であり、水質

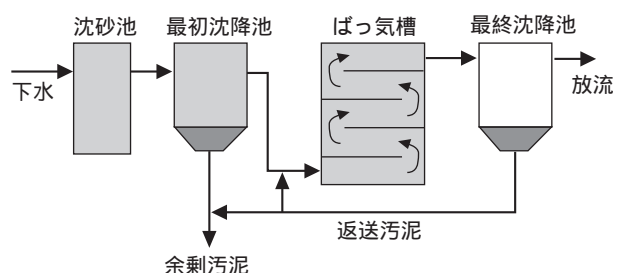


図1 標準活性汚泥法のフロー図

\*1 IA環境機器事業部 技術部

の状態を正確に把握することのできるプロセス分析計である。

本稿では、信頼性の向上と維持管理改善の観点から、最近開発を行った下水道分野で重要なプロセス分析計であるMLSS計(活性汚泥濃度計)およびそれに付随するセンサホルダ類の機能向上について紹介する。

## 2. SS400 MLSS計の特長

前述のように、活性汚泥は下水処理に必要不可欠なものであり、その濃度は「JIS B 9944：活性汚泥処理装置の試験方法」の中でMLSSとして規定され、安定した下水処理を行うための重要な管理指標のひとつである。MLSSとは、Mixed Liquor Suspended Solidsの略称で、活性汚泥処理装置のばっ気槽内の懸濁物質濃度であり、この懸濁物質濃度を、光の散乱・減衰を利用して連続測定する計器が、MLSS計である。

現在のMLSS計の測定原理には、透過光方式、散乱光方式、散乱光比較方式および透過光散乱光比較方式などいくつかの測定方式があるが、それぞれ原理上、利点・欠点をもっている。

今回、開発したSS400 MLSS計は、従来の散乱光比較方式から透過光散乱光比較方式に測定原理を変更し、今まで原理上難しかった低濃度での測定を可能にした。さらに、今までMLSSの測定上で外乱となっていた様々な要因を取り除いて、信頼性を向上させている。また、水質計器の維持管理改善の観点から洗浄、校正などの保守性を見直しを行った。図2にSS400 MLSS計の外観を示す。

SS400 MLSS計の主な特長として、

- (1) 0~500 mg/l の低濃度から 0~20000 mg/l の高濃度まで広範囲の測定が可能
- (2) 外光の影響を削減
- (3) 界面での反射光の影響を削減
- (4) 光源の長寿命化



図2 MLSS計の外観

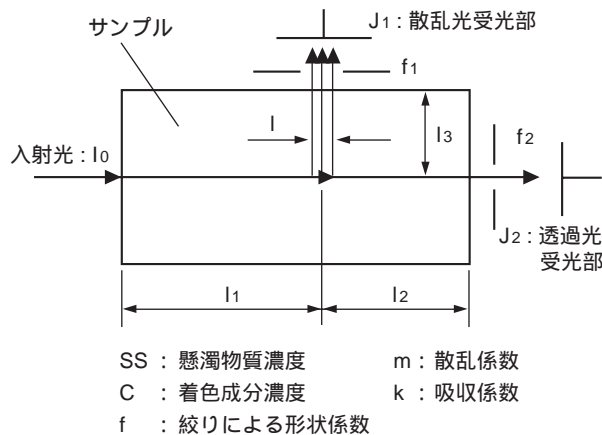


図3 SS400 MLSS計の測定原理

## (5) 校正の簡易化

が挙げられる。これらの特長の技術的背景に関して以下に詳しく報告する。

## 3. SS400 MLSS計の測定原理

図3にSS400 MLSS計の測定原理図を示す。

測定液に光(入射光強度 $I_0$ )を入射すると、測定中に含まれる懸濁物質(懸濁物質濃度SS)と着色成分(着色成分濃度C)により、光は散乱、吸収される。散乱光 $J_1$ および測定液中を通過して減衰した透過光 $J_2$ は、RayleighやMieの散乱理論および透過理論のLambert-Beerの法則から

$$J_1 = f_1 \{ I_0 \exp(-kCl_1) \exp(-mSSL_1) mSS \} \exp(-kCl_3) \exp(-mSSL_3)$$

$$J_2 = f_2 I_0 \exp(-kC(l_1+l_2)) \exp\{-mSS(l_1+l_2)\}$$

として求めることができる。

ここで、散乱光と透過光の比( $J_1/J_2$ )をとると、

$$J_1/J_2 = (f_1/f_2) \{ mSS \} \exp\{kC(l_2-l_3)\} \exp\{mSS(l_2-l_3)\}$$

となる。この時、 $l_2=l_3$ となるように受光部を設置すると  $SS = \{ f_2 / (f_1 m l) \} (J_1 / J_2)$

となり、入射光強度および着色成分濃度とは無関係に、測定対象(散乱係数 $m$ )が一定であれば、懸濁物質濃度SSは、透過散乱比 $J_1/J_2$ と比例関係になる。

図4に濁度標準物質であるカオリンの懸濁物質濃度SSに対する、透過光、散乱光の出力特性、図5に透過散乱比の出力特性を示す。

透過光出力は、懸濁物質濃度の増加とともに対数的に減少する。一方、散乱光出力は、低濃度では、懸濁物質濃度の増加に比例して増加するが、高濃度になると飽和し、逆に減少しはじめる。

ここで、散乱光出力 $J_1$ と透過光出力 $J_2$ の比をとった透過散乱比 $J_1/J_2$ は、原理上、直線関係になるはずであるが、実際には図5で示すような変曲点の無い曲線になる。この理由は、懸濁物質濃度の増加に伴う光の2次散

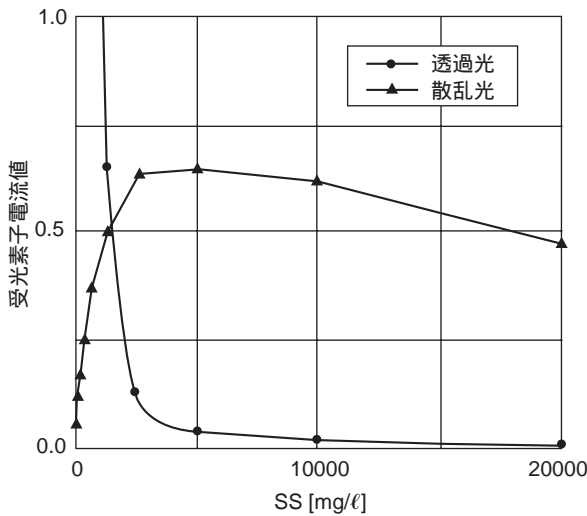


図4 透過光および散乱光出力特性

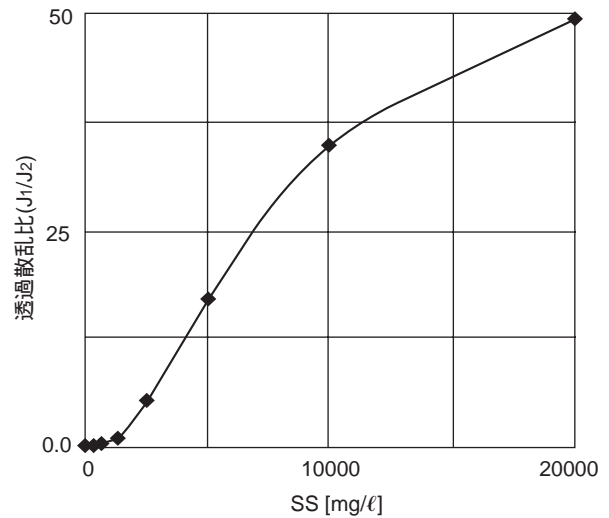


図5 透過散乱比出力特性

乱, 多重散乱によるものであるが, 測定対象の懸濁物質の性状が同じであれば, 再現性のある曲線となる。そこで, SS400 MLSS計は, 検出器からの透過光および散乱光信号をこの特性曲線をもとに演算し, 懸濁物質濃度に変換している。

以上のように, 透過光散乱光比較方式を採用したことにより, 従来のMLSS計では, 測定が困難であった, 0~500 mg/lの低濃度領域から0~20000 mg/lの高濃度領域まで測定が可能となった。

#### 4. 外乱要因の影響削減

通常, 標準活性汚泥法のばっ気槽では, 連続的にばっ気・攪拌を行っていることから, 懸濁物質濃度が極端に低くなることなく, MLSS測定中に外光(太陽光・屋内光)の影響を受けることは, ほとんどなかった。

最近, 高度処理に対応した回分式活性汚泥法などの処理施設では, ばっ気・攪拌および活性汚泥の沈降処理を同一ばっ気槽内で行うため, MLSS計の測定位置によっては, 懸濁物質濃度の低下により, 外光の影響を受けたり, 沈降処理時に生じる上澄み水と活性汚泥の界面での反射光の影響を受ける場合がある。

##### (1) 外光の影響削減

SS400 MLSS計は, 受光部側に可視光カットフィルタ(800 nm以下), 光源側に近赤外発光LED(発光波長: 880 nm)を装着することにより, 可視外乱光の影響を取り除いている。また, 光源のパルス点灯方式を採用し, 図6で示すように, 光源点灯( $E_1$ )時の受光信号( $V_1$ )と光源消灯( $E_0$ )時の受光信号( $V_0$ )の差分をとることにより, 外乱光の信号を取り除いている。

##### (2) 界面の反射光の影響軽減

従来のMLSS計の場合, 活性汚泥の沈降処理時に上澄み水と沈降した活性汚泥の間に生じる界面での反射光の影響を受けやすい光学系の配置であった。SS400 MLSS計の場合は, 図7で示すように界面での反射光が受光部に入らないように光学系を配置し, 界面での反射光の影響を軽減している。

#### 5. 保守および維持管理

##### 5.1 校正作業

MLSS計の場合, 他の水質計器と異なり基準となる標準物質が定義されていないため, MLSSを正確に測定する

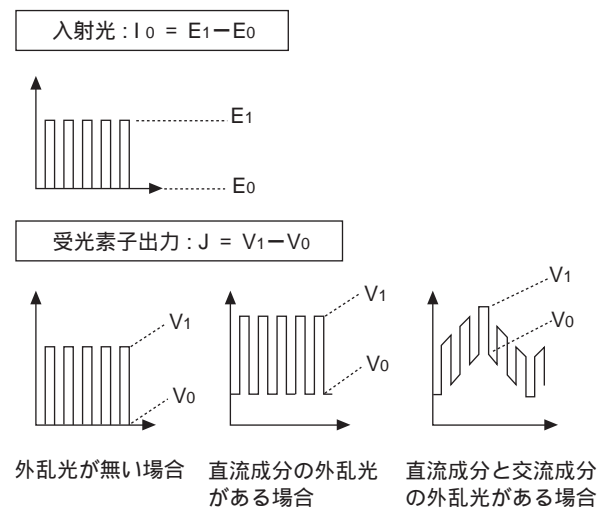


図6 光源のパルス点灯

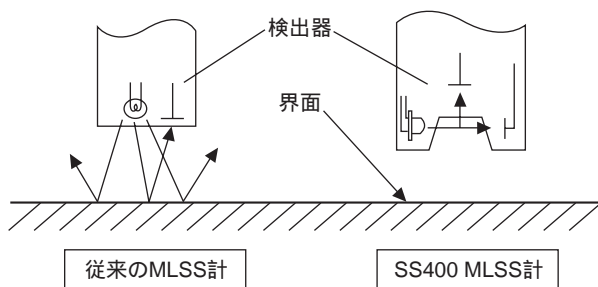


図7 光学系の配置

ためには、スタートアップ時に、プロセスの実液を用いた校正が必要である。

従来のMLSS計の校正作業は、測定液を希釈して検量線を作成し、この検量線に基づいて計器を調整する方法がとられてきた。この作業には、大きな手間と時間が必要であったが、SS400 MLSS計は、活性汚泥と関連のあるカオリン(濁度標準物質)を基準物質として採用し、その特性曲線を変換器に内蔵することにより、従来の $\frac{1}{3}$ の工数で校正が可能になった。実際の校正作業は、検出器のばらつきを補償するためのセンサ定数の設定と測定液を用いた3点校正(感度校正)を実施するだけである。

MLSS計を長期的に維持管理していくのに欠かせないのが、定期的な保守である。SS400 MLSS計の定期的な校正は、一度、実液校正を実施すれば、測定液の性状が変化しないかぎり、校正板を用いた簡易校正で十分である。簡易校正は、標準装備している校正板を検出器に装着するだけで簡単にスパン(感度)校正が可能で、大幅に保守工数を削減できる。

また、光源をタングステンランプから近赤外発光LEDに変更したことにより、従来必要であった定期的な光源の交換が不要となり、汚れの1つの要因であった藻類の発生も抑制し、洗浄回数の軽減ができる。

## 5.2 センサホルダおよび洗浄装置

最後に水質計の維持管理の改善に貢献するセンサホルダや洗浄装置について報告する。従来のMLSS計は、検出器とホルダが一体であったため、検出器の保守を行うたびに、2 m程度あるホルダを持ち上げる必要があった。SS400 MLSS計では、検出器とホルダを分離し、各々の処理施設に適用したホルダを選択できるようにした。

ホルダは、従来の潜漬形ホルダ、投込み用ガイドホルダに加え、フロート形ホルダ、引き上げ形ホルダをラインアップし、選択の自由度を高めた。

この中でもフロート形ホルダは、球面のフロートボールに検出器を内蔵するタイプのホルダで、液面の変動に追従した測定が可能である。また、OD法や標準活性汚泥法のように常時流れのあるアプリケーションでは、自浄作用により、接液部の汚れの付着が起こり難く、洗浄周期の改善ができる。OD法の処理施設でフロート形ホルダを使用したフィールドテストでは、2カ月無洗浄での連続運転で、指示の低下は見られず、保守(洗浄)周期の軽減効果が確認されている。

一方、回分式活性汚泥法のように一時的に流れが停止する処理施設では、フロート形ホルダの自浄作用が発揮できないため、定期的に洗浄を行なう必要がある。自動洗浄装置には、水ジェット洗浄やワイパー洗浄があり、引き上げ形ホルダや潜漬形ホルダに付加することが可能である。回分法の処理施設で、ワイパー洗浄装置付き引き上げ形ホルダを使用したフィールドテストでは、洗浄装置がない場合は、1週間で指示が低下しはじめたのに対し、6時間に1回の洗浄周期でワイパー洗浄した場合は、1カ月後でも指示低下は見られず、自動洗浄装置の効果による保守周期の軽減効果が確認されている。

以上のようにそれぞれの処理施設にあったホルダや洗浄装置を選択することで、長期間、安定した測定が可能となり、信頼性の向上はもちろんのこと、水質計器の維持管理で重要な保守工数の削減が実現できる。

## 6. おわりに

今回、水質計の信頼性向上と維持管理改善という観点からホルダや洗浄装置を含めMLSS計の機能向上を行った。本稿で紹介したようにSS400 MLSS計は、低濃度から高濃度までの幅広い範囲で信頼性の高い測定が可能であると同時に、洗浄や校正などの定期的な保守工数を大幅に削減できることから、フィールドでの水質管理の信頼性向上および省力化に貢献できるものと確信している。今後も、これで十分ということではなく、更なる信頼性向上と維持管理改善を追求していくつもりである。

## 参考文献

- (1) 武石雅志：活性汚泥濃度計の技術動向．第30回次世代センサセミナーシリーズ「環境とセンサ」．次世代センサ協議会．1998，p. 29-38.