

〈研究発表〉

複数光源を活用した散乱光式汚泥濃度計の開発

山崎 実, 林 達也

JFE アドバンテック株式会社 水環境事業部 (〒663-8202 西宮市高畑町 3-48, E-mail: hayashi@jfe-advantech.co.jp)

概要

下水処理場における水処理や汚泥処理の効率化, 施設の安定操作を行う上で汚泥濃度の監視と制御は非常に重要であり, 信頼性の高い計測器が求められている。測定原理は様々なものがあるが, 本開発では測定範囲が広く, 安価でメンテナンスが容易な光学式を採用した。光学式は汚泥性状の変化と検出部への汚泥付着の影響を受ける短所があるが, 本開発では汚泥性状を複数光源の特性差を利用して感度補正する演算方法を開発し, 検出部構造を改善することで汚泥付着に対する影響も軽減することができた。開発した計測原理等について報告する。

キーワード: 近赤外光, 汚泥濃度, 浮遊物質量, プロセス制御, 下水処理

1. はじめに

下水道施設における汚泥処理や水処理の効率化を図り, 薬品注入率の適正化や安定操作を行う上で, 汚泥濃度の監視と制御は非常に重要である。そのため信頼性の高い汚泥濃度計は, 今後ますます必要とされている。

汚泥濃度計には, 超音波式や計量式, 光学式, マイクロ波式等既に様々な方式の計測器があるが, 汚泥性状や気泡による影響などの性能面あるいはメンテナンス性, 価格, 濃度適用範囲上の制約, リアルタイム(連続)出力か否か等それぞれにおいて一長一短があり, 結果的にユーザ満足度が低く, 課題が多い計測器だというのが現在の状況といえる。

光学式には, 気泡の影響を受けにくく低濃度~高濃度までの広範囲に渡って精度良く計測でき, メンテナンスも容易という長所がある一方, 汚泥色の変動による影響を受け黒色汚泥の測定には不向きであったり, 検出部への汚泥付着の影響により計測誤差が大きくなったりする短所があった。このような現状を踏まえ, 本開発では消化汚泥のような黒色汚泥や集約汚泥処理場の受入汚泥のように各処理場からの汚泥量配分の変動により汚泥色が変動する場合など, 汚泥性状が変化するような環境下でも測定できるように複数光源の出力特性差を利用して感度補正する演算方法を開発した。また, 重力濃縮汚泥など, 検出部に付着しやすい測定環境に対して検出部構造を見直すことで汚泥付着による測定への影響を軽減することを実証試験より確認することができたのでここに報告する。

2. 測定原理

光学式濃度計の測定ブロック図を Fig.1 に示す。検

出部先端の光ファイバより被測定物(汚泥)に近赤外光を直接照射し, 汚泥より反射した散乱光を光ファイバで受光した後, フォトダイオードで電気信号に変換している。

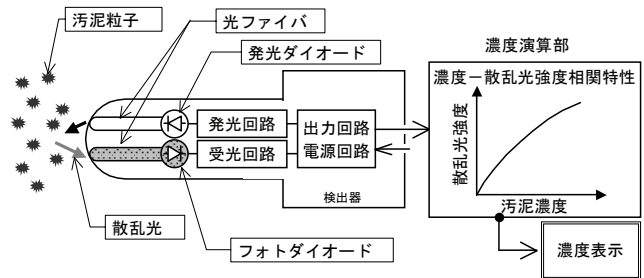


Fig.1: Measurement Principle of Optical Density Meter (Single Light)

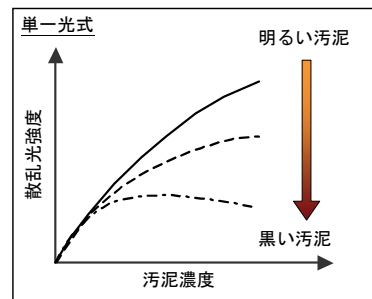


Fig.2: Correlation Between Intensity of Scattered Light and Sludge Density (Single Light)

受光した散乱光強度は汚泥濃度によって決まる相関特性を持っている。しかしながら散乱光強度は Fig.2 に示すように汚泥色が黒色になると低下するなど, 相関特性に変化が生じるため, 汚泥色が変化する集約処理場の受入汚泥や消化汚泥等の黒色系汚泥の測定に光学式は不向きであった。そこで Fig.3 に示すように照射光の波長が異なると汚泥色に応じて変化する散乱光強度と汚泥濃度の相関特性に違いが生じるという知見から,

その相関特性の差を利用して汚泥色による散乱光強度の変化をリアルタイムに補正することで汚泥色の変化による出力への影響を軽減すると共に単一散乱光式では測定が困難であった黒色系汚泥の測定が可能となった。

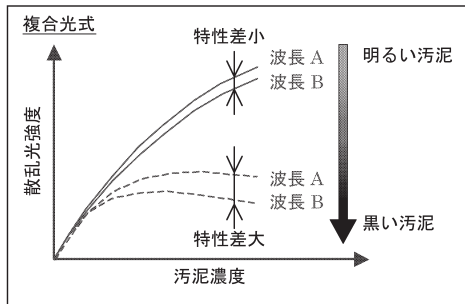


Fig.3: Correlation Between Intensity of Scattered Light and Sludge Density (Dual Light)

複数光源を用いた複合散乱光式の測定ブロック図を Fig.4 に示す。波長 A, B の散乱光強度の比は汚泥色の黒色度と相関があることを利用し、予め定めた汚泥色補正データよりその比に対応するゲインを決定する。そのゲインを B 波長の散乱光強度に乘じた値を汚泥濃度との相関テーブルに当てはめて汚泥濃度を算出する。

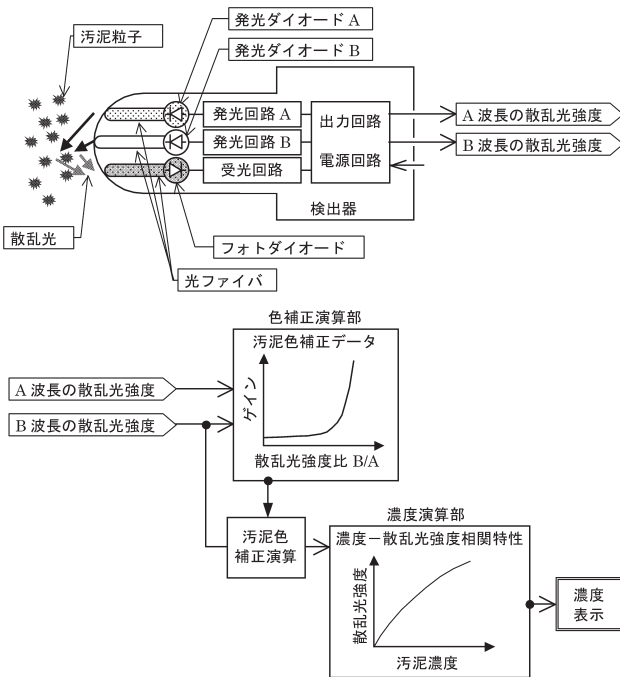


Fig.4: Measurement Principle of Optical Density Meter (Dual Light)

3. 従来方式との測定比較

3.1 汚泥色(性状)の違いによる測定比較

汚泥色(性状)の異なる3種類の汚泥を水で希釈して6~8段階の濃度を精製し、各濃度において従来型の単一散乱光式と新規開発した複合散乱光式でオフライン測定した指示値と、手分析により求めた濃度値とを比

較した結果を Fig.5 に示す。比較のため、各濃度計の検量線は変更せず同一校正値で計測を行った。複合散乱光式は、サンプル2のやや黒い汚泥に合わせて校正し、単一散乱光式はサンプル1のやや明るい汚泥に合わせて校正を行っている。

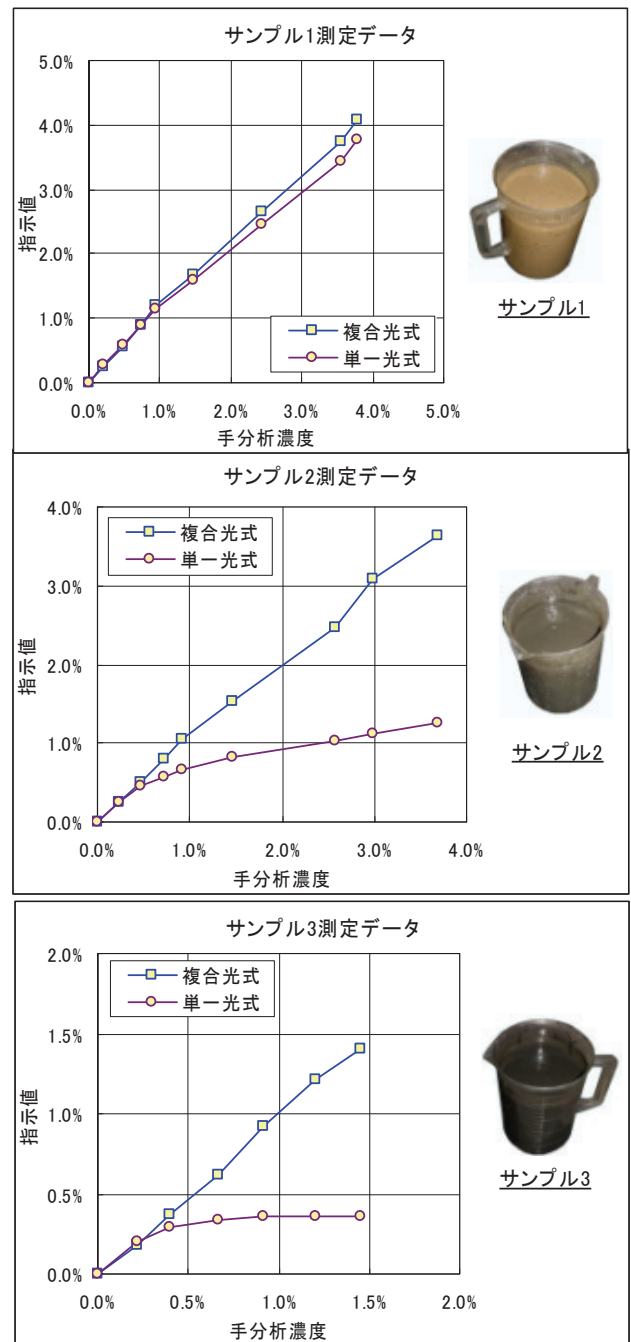


Fig.5: Performance Comparison of Sludge Density Meter

サンプル1は濃縮生汚泥で汚泥としては、比較的明るい色である。したがって、複合散乱光式だけでなく単一散乱光式も直線性が良く、手分析濃度値と良く合っている。一般的な初沈生汚泥、余剰汚泥、返送汚泥、濃縮汚泥がこれに相当する。

サンプル2は腐敗の進んだ濃縮汚泥で比較的黒い汚泥である。通常、消化汚泥以外で集約汚泥処理場な

どの受入汚泥に相当する。複合散乱光式は、高濃度～低濃度まで直線性が良く、精度的にも手分析濃度値と良く合っており、汚泥色による影響は見られない。一方、単一散乱光式は直線性が悪く、1%以上では計測誤差が大きい。このため検量線の変更や再校正が必要となってくる。

サンプル 3 は黒色の消化汚泥である。複合散乱光式は、サンプル 2 と同様に直線性が良く精度的にも手分析濃度値にほぼ等しく、汚泥色による影響は見られない。しかしながら、単一散乱光式は、0.4%を超えると指示値が飽和状態となっている。このような場合は、検量線や校正值の変更では対応が不可能となり、計測器として使用することはできない。

3.2 集約処理場における連続測定

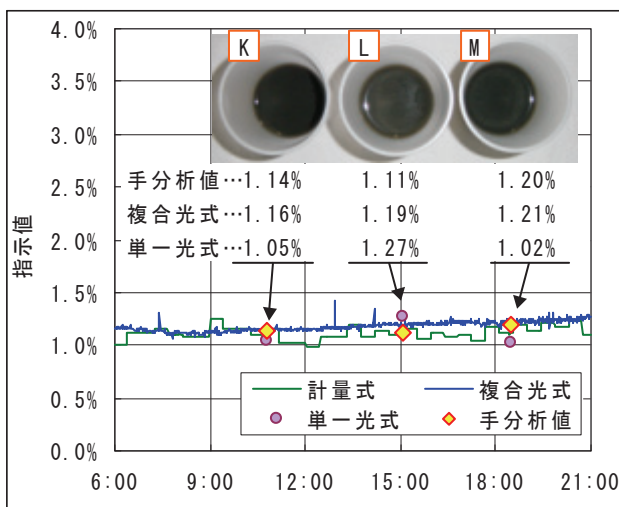


Fig.6: Measurement of The Sewage Treatment Plant Case

汚泥色(性状)が変化しやすい集約汚泥処理場の受入汚泥配管に複合散乱光式を設置して連続測定したデータを Fig.6 に示す。比較のため、同一配管に設置されている計量式濃度計の指示値と朝 **K**、昼 **L**、夕 **M** にサンプルした汚泥の手分析値と、それを単一散乱光式によりオフライン測定した値をプロットしている。汚泥は配管による長距離輸送のため、腐敗が進み黒色系である。また、各処理場からの汚泥量の配分が変動するため時間帯により汚泥色が微妙に変化している。朝 **K** と夕 **M** が黒く、昼 **L** はこげ茶色に近い。そのため、単一散乱光式は汚泥色の影響を受けて、朝 **K** と夕 **M** では手分析値に比べ濃度指示値が低く、昼 **L** では高めに指示している。一方、複合散乱光式は汚泥色による影響は受けず、ほぼ手分析値に近い指示をしており、計量式濃度計と同等の性能を発揮している。¹⁾

このように汚泥色が黒く微妙に変化するような環境や腐敗が進行した黒い汚泥の環境では、従来方式の単一散乱光式より新規開発した複合散乱光式の方が適していることが検証された。

4. 汚泥付着に対する改善

複合散乱光式濃度計は Fig.7 に示すように専用の接続配管に挿入して使用する。配管内に汚泥が堆積する Fig.8 のような油脂成分の多い重力濃縮汚泥は測定原理にかかわらず信頼性の高い計測は難しい。Fig.9 に汚泥が付着して指示誤差が拡大した複合散乱光式濃度計の検出部を示す。このような付着は自動洗浄機構を用いても除去することは難しく、一度付着し始めると短時間で計測不良を起す場合がある。

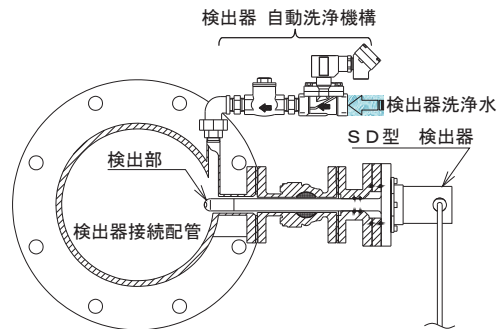


Fig.7: The Density Meter of Optical Detector Set Up Diagram



Fig.8: Gravity Concentrated Sludge Pipe Wall

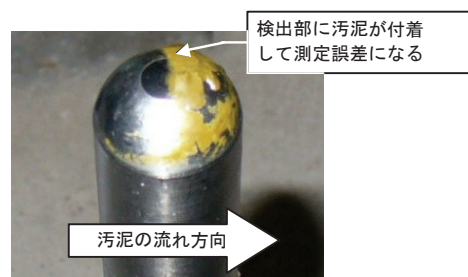


Fig.9: Situation of The Adhesion of Sludge to The Detector

汚泥は、検出部形状や汚泥の流れる方向、流速により付着する場所が決まってくるが、このような形状の場合、汚泥の流れてくる上流側には汚泥が付着せず下流側に付着する傾向がある。このことに着目して Fig.10 に示すように検出部を汚泥の流れてくる上流側に配置することで検出部への汚泥付着を軽減することができた。しかしながら当初は検出部を平面加工していたため、汚泥の流速によっては Fig.11 のように検出部に汚泥が付着

し、測定に影響がでることがあった。汚泥流速の緩急により検出部の平面部分において乱流が発生したことが付着を促進させた原因と推定された (Fig.12)。そこで、検出部を球面にして乱流の発生を抑えることで Fig.11 と同一箇所でも測定して汚泥が付着しないことを確認した (Fig.13)。²⁾



Fig.10: Situation of The Adhesion of Sludge to The Detector (Low Flow Rate, 0.2m/s)

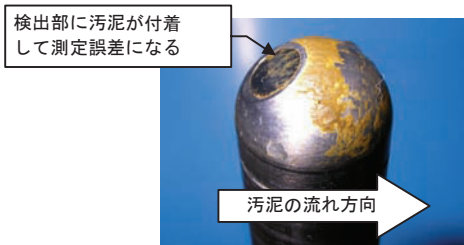


Fig.11: Situation of The Adhesion of Sludge to The Detector (High Flow Rate, 0.5m/s)

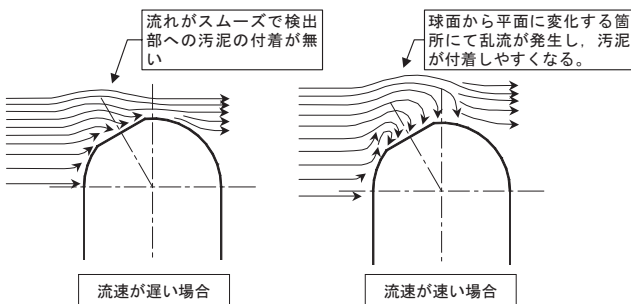


Fig.12: Workings of The Adhesion of Sludge to The Detector

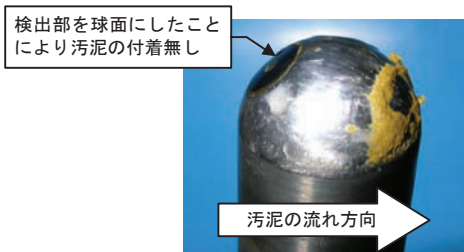


Fig.13: After Revised The Structure of The Detector

れていた色(性状)の変化する汚泥や、消化汚泥などの黒色系の汚泥を安定して精度良く測定できることが各種実験により検証できた。また、油脂成分が多く含まれる重力濃縮汚泥のような付着しやすい汚泥に対しても検出部構造を見直し、自動洗浄構造を併用することで汚泥の付着を軽減し、長期間安定した連続測定ができるようになった。汚泥色による影響を自動補正する機能を備えていることやメンテナンスの容易さ等を考慮すれば、顧客満足度の高い汚泥濃度計に近づいたと考える。

今後は上下水道分野に限らず、製紙工場のパルプ汚泥濃度、工場排水の浮遊物質質量などの測定用途に適用し、各分野において測定データを蓄積して改善、改良を行い、性能の向上を図る。

[参考文献]

- 1)山崎実,林達也,正垣幸治:黒色汚泥用複合散乱光式濃度計の開発,第41回下水道研究発表会講演集,pp.1143-1145(2004)
- 2)山崎実,林達也,山本祥之:複合散乱光式汚泥濃度計の開発,第44回下水道研究発表会講演集,pp.904-906(2008)

5. おわりに

今回開発した複数光源を活用した複合散乱光式汚泥濃度計は、従来の単一散乱光式では測定が困難とさ