

<特集>

合流改善のためのセンサ開発

—浸漬タイプ紫外線吸光度計と大腸菌自動測定装置—

Sensors for the Improvement of a Combined Sewer System

—Organic Pollutant Monitor(UV Meter)and Automatic Coliform Counter—

野瀬 勝利*¹, 高瀬 長武¹, 前田 充²

*¹(株)明電舎 研究開発センター 総合研究所 環境研究部,

²(財)下水道新技術推進機構 研究第三部

Katsutoshi NOSE*¹, Osamu TAKASE*¹, Mitsuru MAEDA²

*¹Meidensha Corporation, ²Japan institute of Wastewater Engineering Technology

Abstract

An organic pollutant monitor (UV meter) and an automatic coliform counter were developed for combined sewer overflows, and their performance was evaluated in a wastewater treatment plant. The UV meter determines the chemical oxygen demand (COD) and suspended solids (SS), and the automatic coliform counter can quickly determine the number of coliform groups. From the result of correlations among COD, SS and the number of coliform groups as measured by the legally required method, it was suggested that the UV meter and the automatic coliform counter were very useful monitoring systems for wastewater treatment plants.

Key Words: combined sewer overflows, chemical oxygen demand, suspended solids, coliform group

1. はじめに

我国において、古くから下水道の普及に取り組んできた都市では、汚水と雨水を同一の管きょで速やかに排除する合流式下水道を採用し、衛生的安全性の向上と浸水防除を同時に行うことを目的とした整備が進められた。これにより、早期に整備が進められたことで生活環境の改善や公共用水域の水質改善に寄与してきた。しかし、合流式下水道の整備区域では、雨天時に遮集管きょ能力を超える雨水と汚水が混合した未処理下水が公共用水域に放流され、公共用水域における生態系や衛生的安全性に係る影響が懸念されるようになったため、多くの都市で合流式下水道対策が実施されている。

合流式下水道改善対策は、雨天時に排出される放流負荷量を削減し、放流水質の向上を主たる目的としており、

公共用水域へ排出される雨天時の未処理下水や簡易処理水等高汚濁水の水質モニタリングは重要な要素に位置付けられる。このような背景において、放流先の公共用水域における汚濁の指標であるCODとSSを計測する浸漬タイプ紫外線吸光度計¹⁾と、ふん便による汚染の疑いを示す公衆衛生的な指標である大腸菌群を計測する大腸菌自動測定装置²⁾について開発・評価を行ったので報告する。

2. 測定原理, 仕様

2.1 浸漬タイプ紫外線吸光度計測定原理, 仕様

浸漬タイプ紫外線吸光度計は、紫外線吸光度および可視光吸光度を検出し、間接的にCOD濃度とSS濃度を連続的かつ高精度で測定するもので、浸漬タイプの検出器として雨水吐き口等で雨天時の下水水質を測定するものである。浸漬タイプ紫外線吸光度計の構成を示したブロック図をFig.1に示す。

*〒141-8565 東京都品川区大崎 2-1-17

TEL : 03-5487-1552 FAX : 03-5487-1596

E-mail : nose-k@mb.meidensha.co.jp

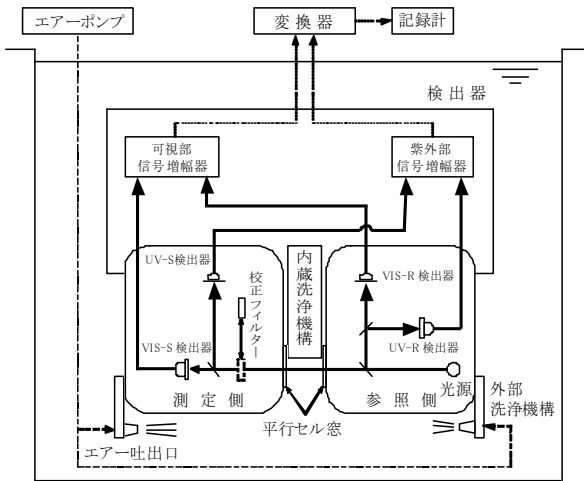


Fig. 1 浸漬タイプ紫外線吸光度計ブロック図

光源（低圧水銀灯）からの光束はハーフミラーで、参照側と測定側に振り分けられる。参照側で取り出された光は、更に、ハーフミラーで2つの光束 UV と VIS に分けられ、光学フィルターを透過した後、UV 検出器、VIS 検出器で強度を検出し、参照信号（UV - R、VIS - R）となる。測定側の光束は試料水が流れている平行セル窓を透過した後、ハーフミラーで2つの光束 UV と VIS に分けられ、光学フィルターを透過して UV 検出器、VIS 検出器で強度を検出し、測定信号（UV - S、VIS - S）となる。

それぞれの参照信号と測定信号を比較して、紫外線吸光度（UV）と可視光吸光度（VIS）を測定する。UV との相関から COD 濃度を、VIS との相関から SS 濃度を間接的に測定する。

浸漬タイプ紫外線吸光度計を、生下水等の汚染度の高い場所で長期間の連続測定を行うと、セル窓面に微生物膜や油分、無機物等が付着し、平行セル部分にはゴミ等の夾雑物が滞留し、正確な測定が出来なくなる場合がある。この対策として、内蔵洗浄機構と外部洗浄機構の2つの洗浄機構を備えている。内蔵洗浄機構は、洗浄液を封入した洗浄器を定期的に上下させ、平行セル窓面に付着した汚れを除去する。外部洗浄機構は、平行セル窓の両側にエアータラシ出口を設け、エアータラシを噴きつけることで滞留した夾雑物を除去する。

浸漬タイプ紫外線吸光度計の仕様を Table1 に、検出器の外観写真を Fig.2 に示す。

2.2 大腸菌自動測定装置測定原理，仕様

大腸菌自動測定装置は、公定法である培養法とは全く異なる原理に基づいた測定方法を採用しており、蛋白質

Table1 浸漬タイプ紫外線吸光度計仕様

項目	仕様
測定方法	連続紫外線吸光度法(単光路2波長方式)
測定範囲	吸光度で0~2Abs
再現性	±2%FS以内
安定性	ゼロドリフト: ±2%FS/週以内 スパンドリフト: ±2%FS/週以内
外部出力	DC4~20mA
電源	AC100V±10%、20VA
質量	検出器:約5kg、変換器:約10kg
使用環境(変換器)	周囲温度: -5~40℃ 相対湿度: 45~85%



Fig. 2 浸漬タイプ紫外線吸光度計(検出器)外観

等の測定法として知られている酵素免疫測定法（Enzyme Immuno Assay：以下、EIA法）と、最終的な検出に化学発光法を応用した測定法を採用している。測定原理を Fig.3 に示す。

最初に、大腸菌群に対する抗体（第1抗体）をポリスチレン製の試験管（φ11mm×70mm^L）内面に、固相化した試験管を用意する（図中[A]）。

次に、試験管に超音波破碎した試料を加えると、試験管内で抗原抗体反応（第1反応）が起こり、固相化抗体と試料中の超音波破碎大腸菌群が結合する（図中[B]）。更に、第1反応終了後、酵素を標識した大腸菌群に対する抗体（第2抗体）を添加すると、抗原抗体反応（第2反応）が起こり、第1反応で結合した超音波破碎大腸菌群と第2抗体が結合する（図中[C]）。第2反応終了後、洗浄を行い、残留した酵素標識抗体（第2抗体）を除去する（図中[D]）。

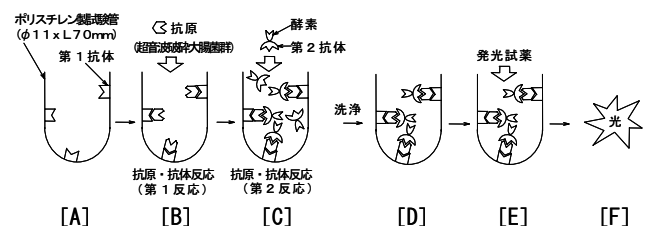


Fig. 3 大腸菌群測定原理

Table2 大腸菌自動測定装置仕様

項目	仕様
測定時間	30分(30~120分から選択可能)
測定範囲	66,410~8,750,000個/cm ³ (測定時間により異なる)
測定精度	変動係数(CV) ≤ 10%
外部出力	DC4~20mA
電源	AC100V±10%、7A
外形寸法	装置本体:1240mmW X 748mmD X 1255mmH サンプリング部: 470mmW X 740mmD X 2249mmH
質量	250kg
使用環境	屋内、温度:20℃、湿度:65%以下 エアコンの設定温度を20℃で運転を行い、 使用環境を保持する



Fig. 4 大腸菌自動測定装置外観

洗浄後、発光試薬を加えると、化学発光反応が起こる。この発光量は、標識酵素量に、標識酵素量は、超音波破碎大腸菌群に対して1対1の関係であるため、間接的に発光量から大腸菌群数を導き出すことができる(図中[E][F])。大腸菌自動測定装置は、これら全工程を自動化した装置である。大腸菌自動測定装置の仕様をTable2に、外観写真をFig.4に示す。

3. 評価方法

開発した装置の評価は、下水処理場において連続測定を行い、装置の測定値と公定法の手分析値との相関性により評価を行った。評価期間は、平成15年10月~平成16年8月の10ヶ月間で、Fig.5にシステム構成図を示す。

浸漬タイプ紫外線吸光度計は、最初沈殿池流入水路の点検マンホール内に検出器を浸漬し、変換器をユニットハウス内に設置した。大腸菌自動測定装置は、本体、調整槽をユニットハウス内に据え付けて、最初沈殿池の流入水と流出水を採水ポンプにより揚水し、塩ビ製の配管(65A)を經由して、調整槽へ送水し、調整槽から大腸菌自動測定装置へ導水した。

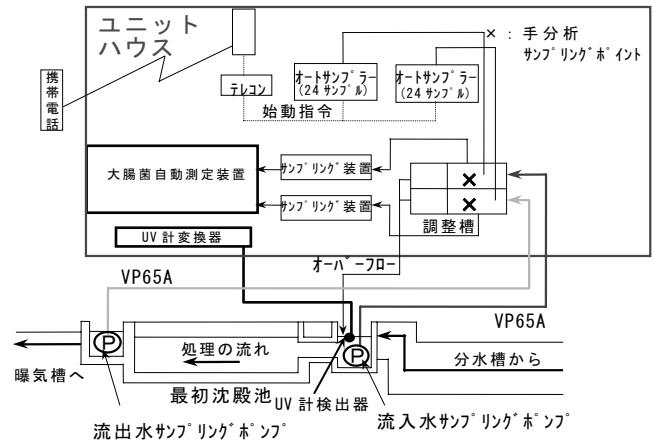


Fig. 5 システム構成図

3.1 浸漬タイプ紫外線吸光度計評価方法

連続測定の準備として、計器出力値を手分析値に換算するために、検量線を作成し換算式を求めた。検量線の作成には、試験開始前に行ったゼロ液(精製水)での計器出力値(UV値、VIS値)の結果と、計器出力値と手分析値との比較試験の結果を用いた。

評価方法は、原則として1回/2週の間隔で、最初沈殿池流入水路のマンホールから水中ポンプでユニットハウス内の調整槽に送水された試料をサンプリングして、手分析を行った。計器出力値は記録計に記録し、試料水の手分析値(COD、SS)と計器出力値の換算値を比較した。手分析用試料の採水は、人手による採水を原則としていたが、急な降雨時の採水を確実にを行うために、オートサンプラーを現場に設置し、降雨があった場合には、無線による遠隔操作により1時間間隔で採水した。

評価試験期間中、低濃度域のデータを得るため、流入水を精製水で正確に75%、50%、25%となるように段階希釈した試料についても手分析と計器による比較を1度行った。

また、本装置は浸漬タイプの計測器であるため、雨水吐きに設置した場合は、検出器が常時浸漬状態にあるとは限らない。このような状況を想定し、乾燥状態から浸漬した時の検出器の安定性について評価試験を行った。検出器を設置した初沈流入水から空气中に浮かせた状態(乾燥状態)で一定期間(6~23日間に変動)放置し、再度浸漬させた直後に手分析と計器による比較を5度行った。

手分析の測定は、CODは「JIS K 01102-21」、SSは「昭和46年環境庁告示第59号付表8」に従い、分析機関に依頼した。

3.2 大腸菌自動測定装置評価方法

連続測定の前準備として、初沈流入水、初沈流出水各々の試料の測定を装置と手分析で行い、発光量と大腸菌群数の関係より検量線を作成し、換算式を求めた。

評価方法は、原則として1回/1週の間隔で、調整槽に送水された試料をサンプリングして、手分析を行った。装置の測定は、調整槽から初沈流入水と初沈流出水を1時間毎に交互に調整槽から大腸菌自動測定装置にサンプリングして大腸菌群を連続して測定・記録し、装置の測定値と手分析値を比較した。雨天時の手分析用採水は、浸漬タイプ紫外線吸光度計の採水と同様な理由で、オートサンプラーを使用した。

手分析の試料水の採取、保存および大腸菌群数の検定方法は、下水の水質の検定方法に関する省令(最終改正：平成一六年三月一二日国土交通省・環境省令第一号)に従い、分析は分析機関に依頼した。

4. 評価結果

4.1 浸漬タイプ紫外線吸光度計評価結果

手分析値と浸漬タイプ紫外線吸光度計のUV出力値から求めたCOD換算値の相関グラフをFig.6に、VIS値から求めたSS換算値の相関グラフをFig.7に示す。●は晴天日、■は雨天日、◆は流入水希釈水、▲は乾燥→浸漬直後のデータである。相関は原点を通る条件で解析した。

Fig.6において、CODの決定係数 R^2 は、0.94と高く、回帰直線の傾きも0.94で1に近い値を示しており、十分な測定精度を有している。測定範囲としては、少なくとも0~150mg/Lに適用できると評価できる。

Fig.7において、SSの決定係数 R^2 は、0.88と高く、回帰直線の傾きも1.05で1に近い値を示しており、十分な測定精度を有している。測定範囲としては、少なくとも0~400mg/Lに適用できると評価できる。

また、COD,SS共に、検出器を乾燥→浸漬した直後の計測に関しても手分析とほぼ同等の計測結果であった。

4.2 大腸菌自動測定装置評価結果

手分析値と大腸菌自動測定装置の測定値の相関グラフをFig.8に示す。図中、●は晴天日、■は雨天日のデータである。相関は原点を通る条件で解析した。

●:晴天日、■:雨天日、◆:流入水希釈水、▲:乾燥→浸漬

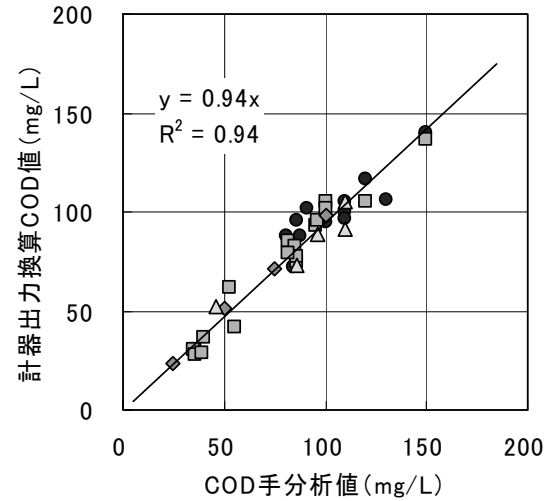


Fig. 6 手分析値と計器出力「UV-COD」の相関

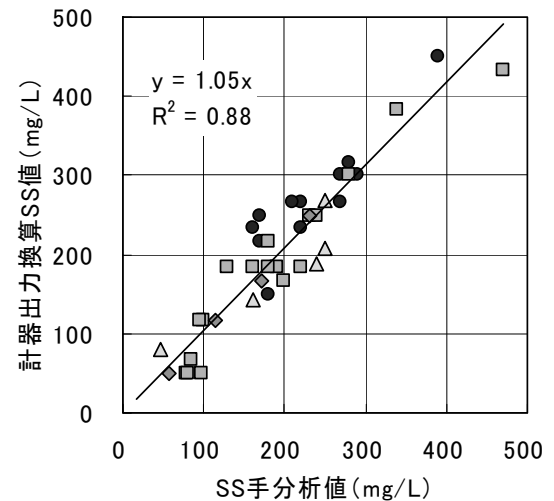


Fig. 7 手分析値と計器出力「VIS-SS」の相関

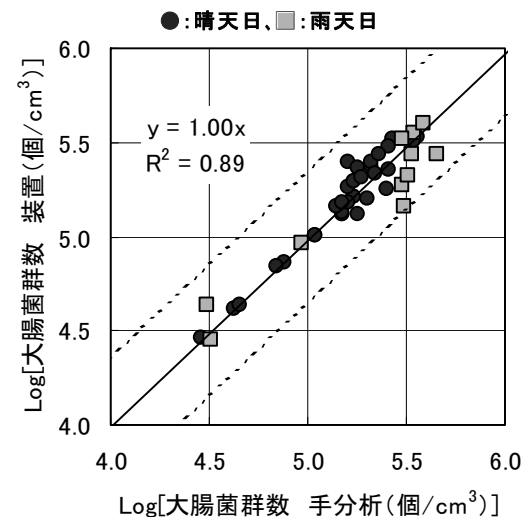


Fig. 8 手分析値と装置大腸菌群の相関

Fig.8において、決定係数 R^2 は、0.89と高く、回帰直線の傾きも1.00と十分な測定精度を有している。絶対値についても破線で示すとおり、 $y = x$ に対して $\pm 0.35 \text{Log}$ の範囲に入っており装置と手分析の大腸菌群数に相違がないことを示している。

今回の評価試験では、第1反応時間20分、第2反応時間5分において、測定範囲としては、少なくとも30,000~400,000個/cm³の範囲で大腸菌群の定量が可能であった。

5. まとめ

合流式下水道の改善対策に適用可能な浸漬タイプ紫外

線吸光度計と大腸菌自動測定装置の開発、評価試験を行った。今回、連続測定試験において、高汚濁水を測定試料として手分析と計器出力値の相関性評価を行った結果、手分析との決定係数は高く、計測器として信頼できる結果が得られた。また、計測器の出力は、晴天時においても雨天時においても安定しており、各測定項目のモニタリング装置として、有効であることを実証した。

[参考文献]

- 1) 下水道技術開発プロジェクト (SPIRIT21) 委員会：
合流式下水道の改善に関する技術開発「浸漬タイプ紫外線吸光度計に係る技術評価書」(2004)
- 2) 下水道技術開発プロジェクト (SPIRIT21) 委員会：
合流式下水道の改善に関する技術開発「大腸菌自動測定装置に係る技術評価書」(2004)