

# Readout

HORIBA Technical Reports

特集 電気化学法ではかる

March 1994 ■ No.8

---

## 活性汚泥槽用溶存酸素計 (WAXA-100) —溶存酸素ではかる—

WAXA-100 Dissolved Oxygen Monitoring System  
For Activated Sludge Process  
—Measuring with Dissolved Oxygen—

秋山重之・松本博夫  
Shigeyuki AKIYAMA, Hiroo MATSUMOTO

(Pages 47-54)

---

株式会社 堀場製作所



## 活性汚泥槽用溶存酸素計(WAXA-100)

—溶存酸素ではかる—

### WAXA-100 Dissolved Oxygen Monitoring System for Activated Sludge Process

—Measure with Dissolved Oxygen—

秋山重之・松本博夫

Shigeyuki Akiyama, Hiroo Matsumoto

#### 【要旨】

下水処理場では微生物による活性汚泥処理が行われており、種々の方式のばっ気槽が使われている。効率よくかつ安定な污水処理をするためには、ばっ気槽の污水中に溶け込んでいる酸素(溶存酸素)量の最適な制御が必要となる。当社では、厳しい環境条件下でも連続かつ安定に計測できる、活性汚泥槽用溶存酸素計WAXA-100シリーズを販売している。本稿では、WAXA-100の測定原理、仕様、応用例、特に、さまざまな固形浮遊物が混じった污水を連続的に測定するために工夫した点を中心に紹介する。

#### Abstract

Various types of aerators are used in sewage treatment plants where the activated sludge process is applied. Optimal control of the dissolved oxygen (DO) is essential to maintaining the efficiency and stability of the process. An extra-durable WAXA-100 system that can perform continuous monitoring of DO under the severe conditions of the activated sludge process has been developed. This paper discusses the principle of operation, specifications, and features of this system designed especially for continuous DO measurement in sewage water containing various suspended solids along with examples of practical applications.

#### 1. はじめに

各種産業の製造現場では工程の自動監視や運転制御に用いる溶存酸素(Dissolved Oxygen : DO)の測定は、pHおよび電気伝導率とならんで重要な水質管理項目の一つである。これは、水溶液中に溶解している酸素ガスがもつ“酸化力”の指標の一つである溶存酸素濃度を測定することが重視されているからである。

環境水にあってはDOは水中生物の生存と深いかわり合いがあり、生物活性の一つの指標となっている。また高温を扱うプロセスでは、容器や器材の腐食性の一大要素であり、発酵槽や各種反応系を扱う化学工場では、製品の品質や組成を左右する重要な要因とされている。さらに超LSIを生産する工程では洗浄用として多量に使用する超純水は、シリコンウエハの表面酸化を防ぐために、溶存酸素濃度を数ppb以下に管理している。

図1に各種の産業分野で管理すべき溶存酸素濃度と当社の溶存酸素計の製品群を示す。

DO濃度	各産業分野	製品名
μg/l	1	ボイラ缶水 OXBA-1000 (ボイラ水用溶存酸素計)
	10	超純水Siウエハ洗浄用 OXBA-1000
	100	膜モジュール装置 ボイラ供給水 α-900 DO (工業用溶存酸素計)
mg/l	1	下水処理場ばっ気槽 養魚・真珠養殖用 WAXA-100 (工業用溶存酸素計) OM-10 (ハンディタイプDOチェッカ)
	10	環境用水質モニタ 河川・湖沼用DOチェッカ WARA-51, 25 (水質自動監視装置) OM-10 (ハンディタイプDOチェッカ) U-10 (水質チェッカ)
	100	

図1 各種用途における溶存酸素の濃度と当社の溶存酸素計  
Typical DO levels in various applications and Horiba's DO meters

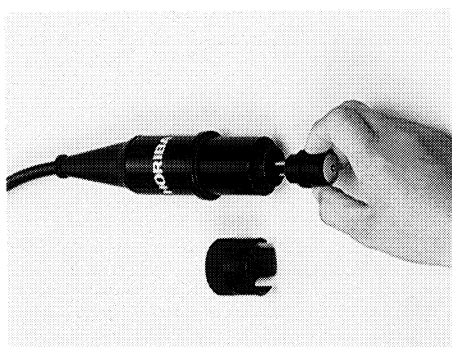


図2 WAXA-100センサプローブ  
Sensing probes of WAXA-100

溶存酸素計には、隔膜式ポーラログラフ法およびガルバニセル法を原理とする電気化学センサが用いられている。

ここでは隔膜ガルバニセル法を用いた溶存酸素計WAXA-100<sup>1)</sup>の原理と厳しい環境条件下での応用例として、下水処理場の活性汚泥処理槽のDO制御を用いた運転管理を紹介する。

## 2. WAXA-100の測定原理と測定システム

### 2.1 WAXA-100の特長と用途

図2にWAXA-100のセンサプローブを示す<sup>2)</sup>。最大の特長は、DOセンサの隔膜の張力の均等性と安定性と、センサがディスプレイタイプ(プラグイン方式)であること。これにより計器の保守が簡素化され、また故障時の診断と修理が容易なため広い産業分野の現場や研究室で手軽に使うことができる。

図3は各産業分野で使用される工業用溶存酸素計WAXA-100の代表的なシステムを示す。WAXA-100システムは、省力化、省エネルギー化、安全管理、公害防止などに使われており、計測データは濃度測定、監視用および制御用として用いられる。

### 2.2 測定原理とセンサの構造

#### (1) 隔膜式ガルバニセル法の原理

隔膜式ガルバニセル法のセンサは、ふっ素樹脂フィルム(FEP)製の気体透過膜で仕切られたアルカリ性電解液中に、卑金属(鉛)から成るアノードと、隔膜に密着させた貴金属(銀)から成るカソードを設け、ガルバニ電池を形成するようにしている。試料水中の溶存酸素は、FEP膜を透過しカソード表面に到達する。各電極では次のような電気化学反応を起こす。

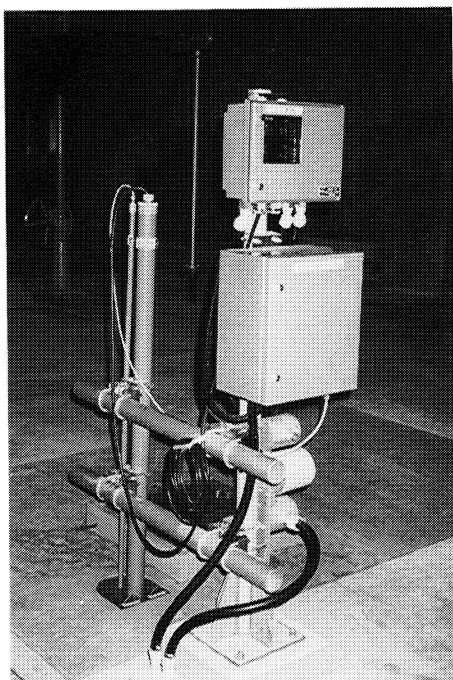
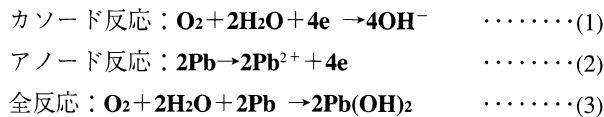


図3 WAXA-100の測定システムの設置例  
Field installation of the WAXA-100 system



カソードでは酸素が還元され、アノードでは鉛が酸化されアルカリ性電解液中にイオンとなって溶出する、このとき両極間に接続した外部負荷に電流が流れる。この電流値は試料水中の酸素分圧に比例し、これを測定することにより溶存酸素濃度を知ることができる。

なお、隔膜を透過する酸素量および試料水中の飽和酸素量は温度によって変化するため、同時に試料温度を測定してマイコンによって補正演算を行う。また、試料水流量が少ないと隔膜表面に濃度勾配ができるため、一定以上の流速を必要とする。

(2) センサの構造

図4に本ガルバニセル法のセンサの断面を示す。

一般に隔膜センサの特性はFEP酸素透過隔膜の安定な保持方法により左右される。この隔膜は通常10～50μmの薄膜で、試料水流体とアルカリ性電解液およびカソード電極面と安定な接触を保つように構成されている。このため、環境温度の変化、隔膜表面への異物の付着、試料水の圧力および流速変化などあらゆる環境条件下でも長期間安定に測定ができる。一般に、感度変化、温度影響、応答遅れ、指示のふらつきなどの現象が発生する場合は、隔膜の張力保持が異常になっている場合が多い。

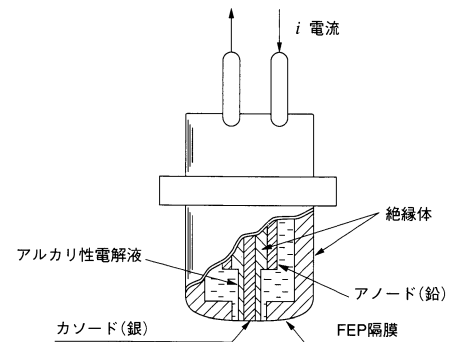


図4 ガルバニセル法のセンサ構造  
 Construction of the galvanic cell sensor

2.3 WAXA-100の測定システム

(1) システム構成

図3に示した溶存酸素計WAXA-100では、DOセンサーはセンサホルダの先端部に設置し水中に浸漬して使用する。操作部および制御部は陸上のポールに固定して設置する。制御部にはエアジェット洗浄用ポンプおよびタイムシーケンサーを内蔵している。

(2) 仕様

主な仕様を表1に示す。操作部本体、洗浄器ユニットは防滴構造で屋外に設置できるようになっている。下水処理場では0～5/20mg/ℓの濃度範囲が一般的に使われる。

測定原理	: 隔膜ガルバニ電池式
測定範囲	: 0～5/20mg/ℓ
試料条件	: 温度0～40℃、圧力0～0.1Mp、 流速15～25cm/s以上
再現性	: ±2%FS (同一温度条件)
安定性	: ±2%FS/day以内
応答性	: 90%応答60秒以内
表示	: O <sub>2</sub> 濃度、温度、警報
電極再生	: 電極交換方式
外部出力	: O <sub>2</sub> 濃度DC 4～20mA、警報出力 (上・下限) レンジ出力
外部入力	: O <sub>2</sub> 濃度出力ホールド信号
周囲条件	: 温度 -5～45℃ 湿度 85%RH
電源	: AC100V±10V 50/60Hz
機能	: 自動温度補償、大気校正、自動レンジ切替、自動塩分補正、 自動ゼロ・スパン機能
洗浄器	: エアジェットによる洗浄

表1 WAXA-100の主な仕様  
 Basic specifications of WAXA-100

### (3) 各部の機能

- ① センサプローブ：使用にあたっては、浸漬形、流通形または簡易ホルダなど専用ホルダを用いる。プローブ本体は温度検出器、DOセンサ、固定キャップから構成されている。DOセンサは、センサ部の交換が容易なディスポーザブルタイプとしている。
- ② センサホルダ：活性汚泥処理槽の構造により二種類がある。流速の大きなばっ気槽ではセンサプローブを垂直に浸漬して用いる浸漬形を、また、流速の少ない全面ばっ気槽では水平に固定したプローブを巻き上げる方式を用いる。図5に構造図を示す。
- ③ 洗浄器ユニット：内蔵ポンプを用いて0.2~0.3MPaの圧縮空気をノズルから隔膜センサ部膜面に吹きつけて、スライム汚泥などの付着物を定期的に除去するエアジェット方式を用いている。
- ④ 操作部：検出プローブからの酸素濃度と温度の各信号を増幅し、酸素濃度および温度の表示をする。また各設定条件のモード表示および濃度レンジ、アラームなども表示する。さらに操作に必要なモード選択スイッチ、数値設定スイッチおよびレンジ選択スイッチ類が配置されている。

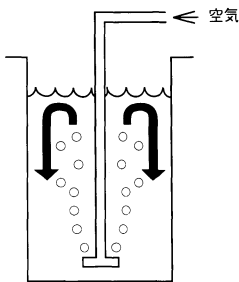
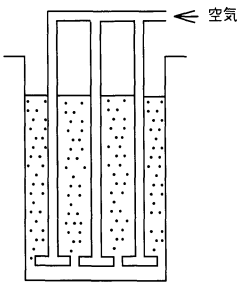
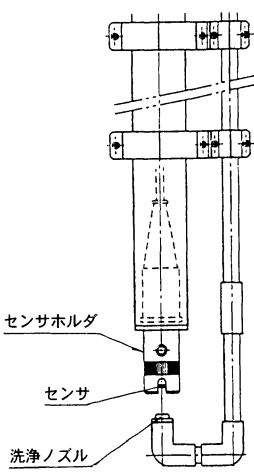
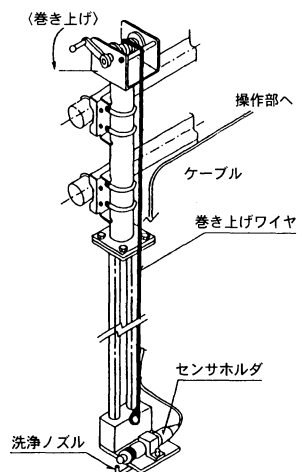
使用例	T 下水処理場	N 下水処理場
項目 ばっ気方式の種類と特徴	旋回流方式  流速がはやい 気泡が大きい ごみが多い	全面ばっ気方式  流速が極めて小さい (下からの対流程度) 気泡が極めて小さい ごみは比較的少ない
センサホルダの種類	垂直形 	水平形 

図5 センサホルダの選択と使用例  
Selection of sensor holders and their applications

### (4) 特性

図6に本機の基本性能データを示す。基本性能は、ほとんどセンサ自体の特性に依存するところが多い。この他、高精度な計測が必要となるプロセス制御用とするために、低濃度レンジ、応答特性、温度補償精度および耐環境性を向上させた。

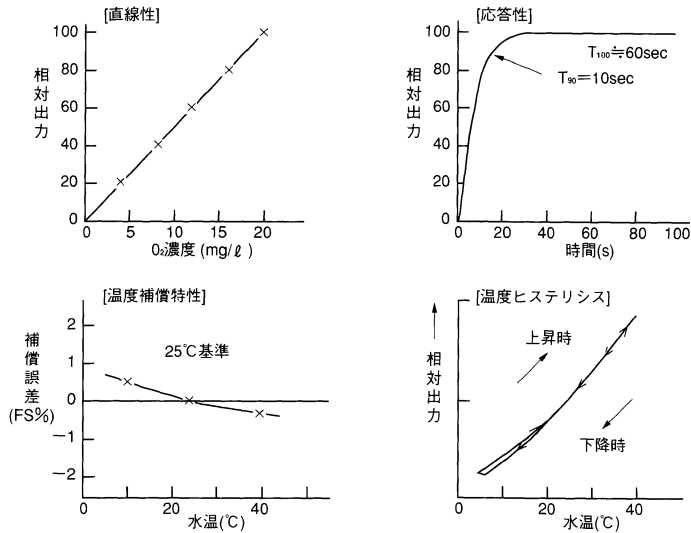


図6 WAXA-100測定システムの特性データ  
Technical datas of WAXA-100

### (5) プロセス制御のための機能

制御機器への接続を容易に行うために次のような機能をもっている。

- ①表示 O<sub>2</sub>濃度 デジタル3桁(最小分解能0.001ppmO<sub>2</sub>)  
温度 デジタル3桁(最小分解能0.1°C)  
警報 下限警報, 上限警報, バッテリアラーム, 校正不能
- ②外部出力 O<sub>2</sub>濃度(標準) DC4~20mA(絶縁出力・最大負荷抵抗500Ω)  
警報出力 上限警報, 下限警報  
(無電圧a,b接点 接点容量AC115V, 0.2A)  
レンジ出力 (無電圧a接点 接点容量AC115V, 0.2A)
- ③外部入力 O<sub>2</sub>濃度出力ホールド信号(容量DC15V 50mA以上)
- ④機能 自動温度補償  
大気校正機能  
自動ゼロ・スパン機能(手動ボタン操作)  
自動塩分濃度補正機能

### 3. 下水道処理設備への溶存酸素計の適用例

水質汚濁のない, 快適で水を自由に使用できる便利な生活を支えているのが下水道設備である。F市では水資源対策として, 節水型都市を目指しており下水処理水を再利用する中水道設備を併せて設置している。図7は, 下水処理場のしくみ<sup>3)</sup>を示したものである。下水処理工程の中核となるばっ気槽には, 当社の溶存酸素計WAXA-100システムが稼働しており, 中央操作室で行う自動制御運転用として使われている。

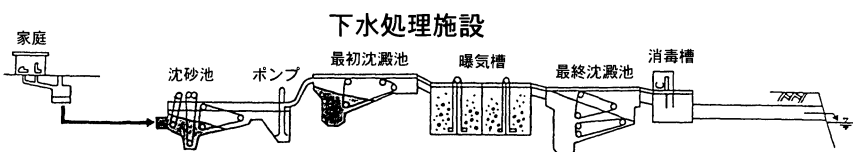


図7 下水処理のしくみ<sup>3)</sup>  
Schematic of sewage treatment process

### 3.1 活性汚泥処理槽

活性汚泥処理槽は、ばっ気槽またはエアレーションタンクといわれる。ここでは、汚濁水中の有機成分を栄養源として繁殖する微生物(活性汚泥)を浮遊させ、ばっ気と攪拌することにより有機物を分解して炭酸ガス、アンモニア、亜硝酸、硝酸などに変える。エアレーションタンク内混合液の活性汚泥浮遊物をMLSS(Mixed Liquor Suspended Solid)と言い、その濃度は3,000~6,000mg/ℓである。ばっ気処理後は沈降性の良い活性汚泥と処理水に分離しやすくなる。

### 3.2 センサホルダの選択

ばっ気槽に使用するセンサホルダは、ばっ気処理方式により試料水の性状が異なるため、それぞれに適した構造のものを選ぶ必要がある。図5は垂直形と水平形の二方式について、当社がフィールドでの稼働実績から経験的に改良し完成させたものである。流速の大きいばっ気槽では、繊維状異物の巻き付きのため形状や構造のより簡単な垂直形センサホルダが適している。また、流れの極めて少ない全面ばっ気槽には、応答膜面に気泡が付着しない水平形センサホルダが適している。

### 3.3 DO制御とセンサ信号のパターン認識

下水処理場の活性汚泥処理槽の電力消費量の大半がエアレーション用ブローアの電力量であることから、ブローアの送風量を調整してDOの制御を行うことは重要である。

DO計は、沈澱池で原水中の懸濁浮遊物を沈殿除去した後の原水の導入口付近のばっ気槽内に設置することが多い。ここでは汚濁水による酸素消費量が大きく活性汚泥の活動が最も活発でDO値も低い。

#### (1) DO制御の例

通常DO計からの濃度信号は、4~20mAで伝送され中央操作室の監視制御装置に入力し、フィードバック制御により自動的にブローアの回転数制御や運転台数の増減を行う等、送風量の調節を行う。

図8は、全面ばっ気方式におけるDO値のトレンドグラフを示す。DO濃度管理値は、0.6mg/ℓに設定しており、DO値の変動幅として $0.5 \pm 0.15$ mg/ℓ以内で安定した管理が行われている。

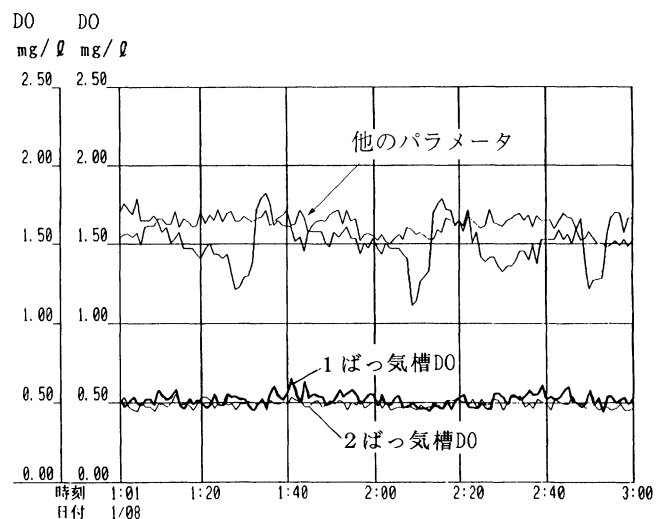


図8 下水処理場における溶存酸素の実測例  
Examples of DO measurements in sewage disposal plants



## (2) センサ信号のパターン認識

隔膜DOセンサの応答速度は $T_{90}$ にて、10秒以内である。ばっ気槽に浸漬して用いるため流通形に見られるサンプリング系の遅れはなく、図8のトレンドグラフの指示変動は、活性汚泥処理水中の溶存酸素の濃度変化を示していると判断できる。同一系統2槽間のDO指示はそれぞれ類似の変動サイクルを示している。

DOセンサの応答性から実装における指示変動の形態をパターン化することでセンサ特性の自己診断、保守時期の決定や活性汚泥処理工程の制御の適否の診断データが得られる。図9に当社がフィールドで経験した典型例を示す。それぞれの指示変動のパターンは、①センサの特性に起因するもの、②センサホルダなど周辺技術に起因するもの、③工程の動きに起因するものに大別できる。

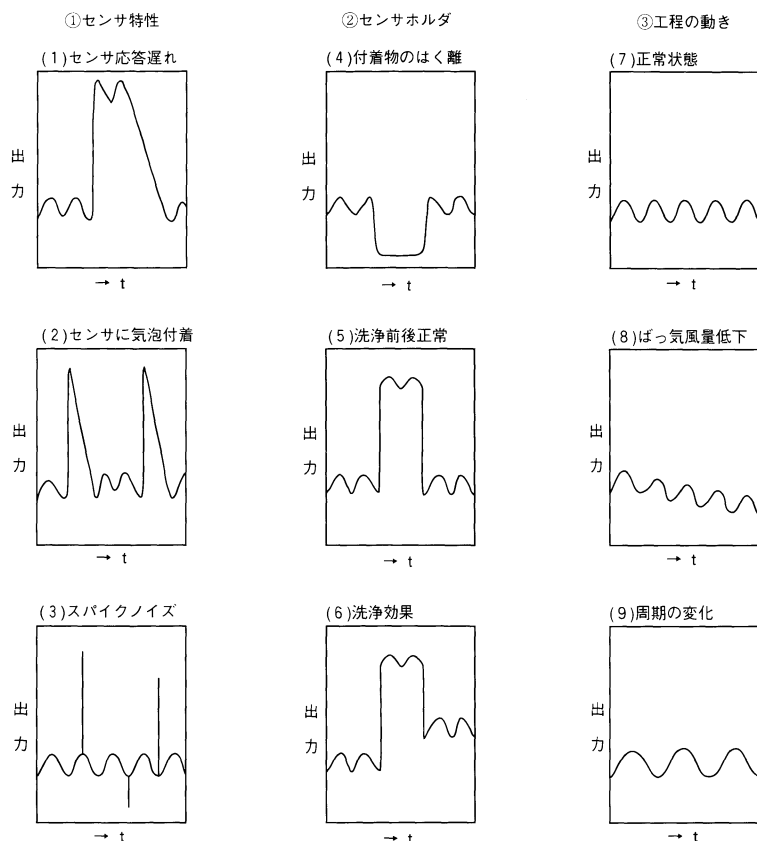


図9 センサからの出力信号パターン  
Output trend under various conditions of operation

DOセンサを用いた活性汚泥処理工程のオンライン計測の高精度化は、DOセンサおよびセンサホルダを含む周辺技術に依存するところが少なくない。これらのDOセンサの指示変動パターンを分類、規格化し監視制御装置にデータベースとして蓄積し、日常の運転データと比較照合することでセンサの異常の早期発見、故障の診断などDO計の保守点検における自己診断情報を提供する。

## 4. まとめ

下水処理施設の一層の省エネルギー化、省力化運転が要求される昨今、現場で使用される化学センサの役割もますます重要となっている。隔膜DOセンサで活性汚泥処理工程に組込むときの問題点と対策を述べた。今回F市下水処理場のご協力により、フィールドでの計画的な点検作業を実施することで、センサ寿命を

一か年以上安定に使用できる目標を実現できた。

ここに紹介したDOセンサ技術が活性汚泥処理槽の運転管理に役立てば幸いである。

#### 参考文献

- 1) 秋山重之, 計装,27,8(1984).
- 2) 堀場製作所製品カタログ 溶存酸素計WAXA-100.
- 3) 福岡市中部下水処理場現場カタログ.



秋山 重之  
Shigeyuki Akiyama

環境・工業計測開発部 副部長  
1967年入社  
環境用・工業用各種分析装置の  
開発に従事



松本 博夫  
Hiroo Matsumoto

環境・工業計測開発部 係長  
1970年入社  
水質分析計の設計に従事



