

酸素利用速度測定装置の下水処理場での評価実験

関東芝重電技術研究所 ○金子 政雄 河内 恭三
松本 昭雄

1. まえがき

下水処理場では曝気槽において活性汚泥中の微生物による被処理液中の有機汚濁物質の生物処理を行なっている。この時、微生物は曝気槽の混合溶液中の溶存酸素を消費しながら処理するため、これを効率的に行なうには微生物が必要とする酸素量、すなわち酸素利用速度を測定し、最適曝気風量に制御するのが有効と考えられる。

一方、下水処理場で用いられるプロセス用水計器については、汚物の付着による信頼性の低下を改善するのが重要な課題となっており、酸素利用速度測定装置もこの例外ではない。今回、下水による汚物の付着について検討し、これらの防止策をそなえた酸素利用速度の自動測定装置を試作し、下水処理場での評価実験を実施し、長期間安定した無保守測定が可能でありプロセス用として十分使用できることを検証したので、これを発表する。

2. 実験装置

実験に使用した酸素利用速度測定装置の構成を図-1に示す。検出器の構成を図-2に示す。

酸素利用速度とは曝気槽内の混合溶液が単位時間(t)に消費した酸素濃度、すなわち溶存酸素濃度の減少度であり、式-(1)で表わすことができる。実験装置も

$$Rr = \frac{Ca - Cb}{t} \quad (1)$$

$\left\{ \begin{array}{l} Rr ; \text{酸素利用速度 [ppm/Hr]} \\ Ca ; \text{測定開始時の DO [ppm]} \\ Cb ; \text{時間 t 後の DO [ppm]} \end{array} \right.$

式-(1)を使用して酸素利用速度を測定している。

図-1に示したとおり、装置は曝気槽に設置する検出部と、検出部からの信号により酸素利用速度を算出するとともに検出部の動作を制御する演算制御部から構成されている。

検出器は図-2に示したとおり、測定槽とピンチバルブと攪拌ポンプと隔膜式溶存酸素電極からなりすべてを曝気槽の試料液中に浸漬する。試料液を測定槽内に採水し、所定の溶存酸素濃度に達するまで曝気した後、上下のピンチバルブを閉じ試料液を密封した状態で、攪拌ポンプにより試料液を攪拌しな

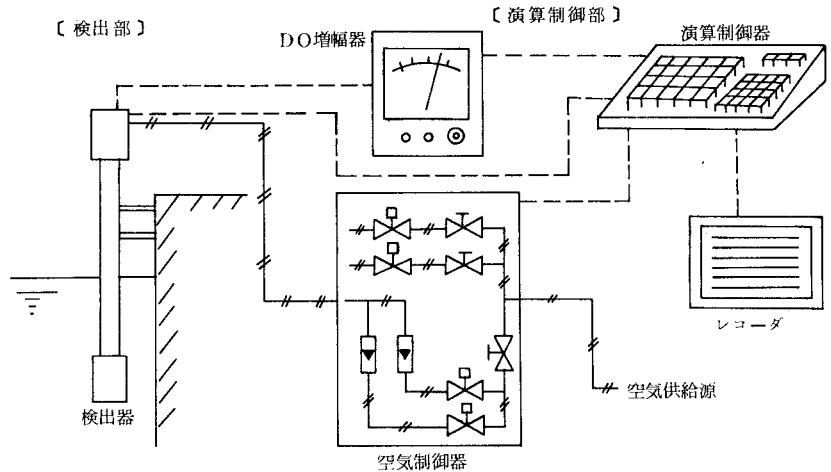


図-1 実験装置の構成図

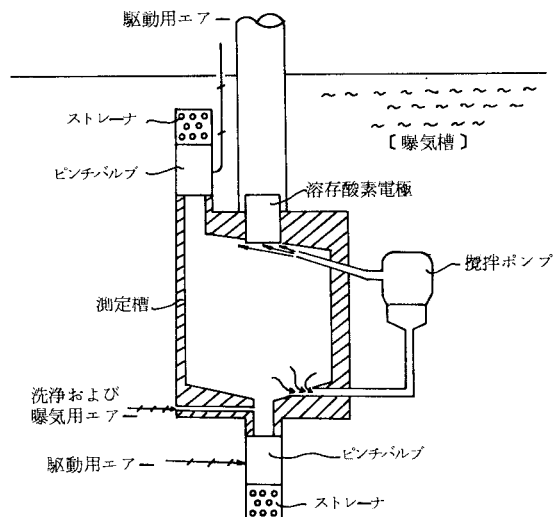


図-2 検出器の構造図

がら隔膜式溶存酸素電極により溶存酸素の減少を測定する。この測定値から式(1)を用いて演算器が酸素利用速度を算出する。

酸素利用速度測定装置が下水処理場で長期間にわたり安定した測定を維持するためには次に示す3つの問題点を解決しなければならない。

- (1) 測定槽内壁，ストレーナ，ピンチバルブへの汚物の付着により，試料液の採水が確実にできなくなる。
- (2) 隔膜式溶存酸素電極は隔膜表面における試料液流速が所定値以上でないと，安定な測定ができないため攪拌が必要だが，攪拌器が汚物の付着のため能力低下を生じ，溶存酸素電極の指示が不安定となることが多い。また，攪拌器の能力低下は試料液中のSSの沈降を生じるため測定誤差となる。
- (3) 溶存酸素電極の隔膜に汚物が付着すると大きな測定誤差となる。このため，標準液を用いたチェックを行ない校正する必要がある。

上記の問題点の解決のため，曝気槽における汚物の付着状態を把握するための調査検討を行ない下記に示す対策が最適と考え，この対策を施した酸素利用速度測定装置を試作し実験に使用した。

(1) 自動バブリング洗浄

採水を実際に行なうには，試料液を完全に置換できる採水法の確立と，測定槽，ストレーナ，ピンチバルブの効果的な洗浄を実施する必要がある。測定槽内に付着した汚物に対する除去法を検討した結果，測定槽内に空気を送り込んで行なうバブリングと，試料液を槽外へ排出する操作を繰り返すことで，多くの汚物を除去できることを確認した。従って，洗浄としては，上方のピンチバルブを閉じ測定槽内へ大流量の空気を送り込みバブリングしながら下方のピンチバルブ，ストレーナから試料液を排出する自動バブリング洗浄を採用した。この洗浄で下方のピンチバルブとストレーナも同時に洗浄される。次に下方のピンチバルブを閉じ，上方のピンチバルブを開いた後に空気を供給し上方のピンチバルブとストレーナを洗浄する。

試料液を完全に置換する採水法として，上記の自動バブリング洗浄で試料液を完全に測定槽外へ排出した後，空気の供給を停止し上方のピンチバルブを開き試料水を測定槽に導入させる方法を採用した。

(2) 攪拌ポンプによる溶存酸素電極の洗浄と試料液の攪拌

試料液の攪拌に回転子を使用したスターラを用いると，回転子への汚物の付着により攪拌能力が低下したり回転しなくなることがある。図-2に示したように測定槽へ採水する試料液はストレーナで粗大ゴミを除去したものであり付着する汚物も活性汚泥を主体としたものである。このような汚物に対して一般にポンプは安定といわれており実験装置に使用した攪拌ポンプも単独の試験で2年以上無保守で運転できることを確認したものである。また，試料水を吐出流として溶存酸素電極の隔膜表面に吹付けることで，試料液に流速を発生させるだけでなく，試料液自体による洗浄も行なっている。

(3) 自動空気校正

測定槽内に空気を供給した状態で空気中の酸素濃度を溶存酸素電極で測定する。この空気測定値を用いて溶存酸素電極のドリフトを補償する自動空気校正を行なう。また，空気測定値が大きくドリフトした場合に，保守が必要となったことを警告する保守警報を出力する。

3. 実験方法

下水処理場の曝気槽入口付近に装置を設置し，約1年半の現地評価実験を行なった。装置の測定周期は1時間であり，測定，自動洗浄，自動空気校正を毎回行なった。

隔膜式溶存酸素電極の標準液によるゼロ，スパンチェックおよびピーカ実験による酸素利用速度の測定（手分析）を1～2週間に1回実施した。

4. 実験結果と考案

図-1 に示した装置を使用して，下水処理場において約1年半の現地実験を行ない以下の諸特性を確認した。

(1) 酸素利用速度の経時変化

酸素利用速度測定装置の測定値を図-3～図-5に示す。図-3と図-4は酸素利用速度の日変化を示したものであり，図-5は年変化を示したものである。この下水処理場は平均的に酸素利用速度が低い。

日変化も10 ppm/Hrと少ないが，夏季が冬季よりも高くなる傾向が現われている。これは水温の違いによる活性汚泥中の微生物の活性度の差によるものである。

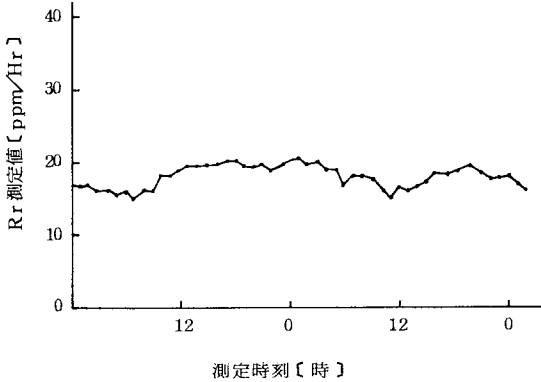


図-4 酸素利用速度の日変化（冬季）

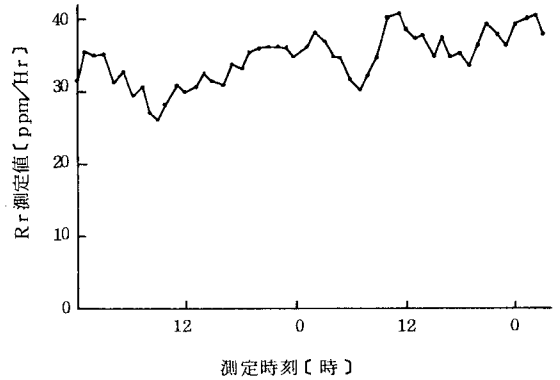


図-3 酸素利用速度の日変化（夏季）

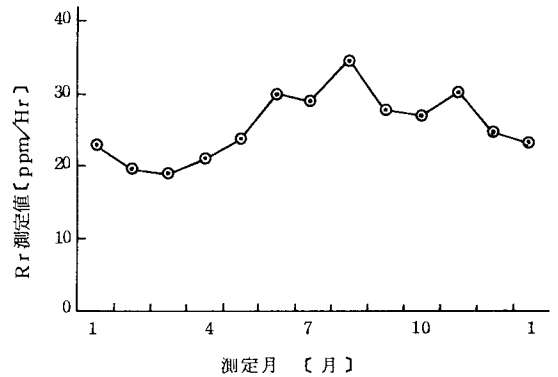


図-5 酸素利用速度の年変化

り，一般の下水処理場についても同様のことがいえる。

(2) 自動空気校正の有効性

標準液を用いた隔膜式溶存酸素電極のスバンドリフトと自動空気校正における空気測定値の関係を図-6に示す。図-6から，標準液を用いたスパンチェックと空気測定値とはよく一致し，相関係数も0.99と高かった。

従って，空気測定値により高い精度で溶存酸素電極のスバンドリフトを把握でき，この空気測定値を用いて指示の補償を行ったり，保守時期の警報を出力することも可能である。

(3) 溶存酸素電極の指示ドリフト

標準液を用いた溶存酸素電極のゼロドリフトと，自動空気校正におけるスバンドリフト（空気測定値を用いて図-6から算出）の関係を図-7に示す。

図-7からゼロドリフトは±0.2 ppm/2～3カ月以内と小さく校正する必要はなかった。これに対し，スバンドリフトは，2～3カ月で50%以上の低下を生じた。しかし，この低下は測定期間とともに徐々に増大するのではなく測定開始から1～2カ月間は±5%以内の小さなドリフトであり，それ以降の20～30日間に急

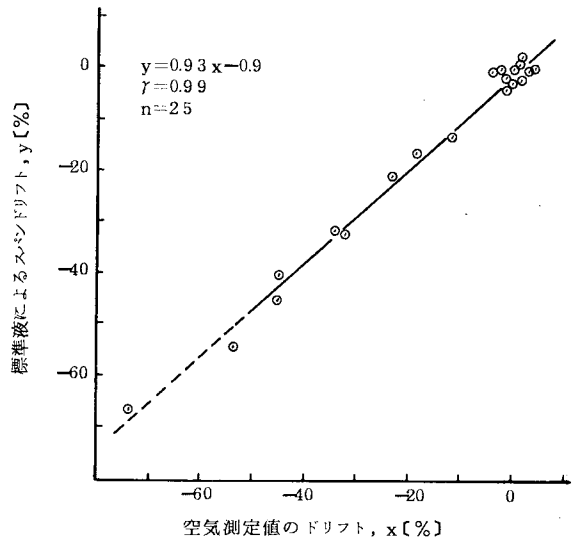


図-6 標準液によるスバンドリフトと空気測定値のドリフトとの関係

激な指示低下（50～70%）を生じることを確認した。これは溶存酸素電極の隔膜表面への汚物の付着が図-8に示すとおり、隔膜支持体付近からはじまり、徐々に中央に向かって広がってくるためである。中央に付着しにくいのは攪拌ポンプの吐出流による洗浄が効いているためである。汚物が検出電極のところまで付着した時に急激な指示ドリフトを生じるので、測定開始からしばらくは指示ドリフトが小さいことになる。

また、指示低下が30～50%となった場合においても直線性が維持された。従って、ゼロドリフトも小さいことから、自動空気校正により2～3か月間は無保守で測定できることを確認した。

以上の結果から、測定槽の自動バブリング洗浄と、攪拌ポンプによる試料液の攪拌と、攪拌ポンプの吐出流による溶存酸素電極の隔膜洗浄はすべて有効な方法といえる。また、実験期間中に試料液の採水にともなうトラブルは発生しなかった。このことから、自動バブリング洗浄による測定槽、ピンチバルブ、ストレーナの洗浄は効果的に行なわれ、これを利用した採水法も適していたといえる。

(4) 測定値の信頼性

手分析による酸素利用速度と、酸素利用速度測定装置の測定値の関係を図-9に示す。一年を通じて相関係数0.93と高い相関が確認できた。図-7に示したような溶存酸素電極の大きなドリフトを発生した時も含んだ結果であり、自動空気校正が有効に働いていることがわかる。

また、検出器を曝気槽に浸漬したため、応答性が早いうえに、採水にともなう試料液の液温変化もなく、信頼性の高い測定値が得られた。今回の実験でも、手分析値が試料液の液温変化に大きく影響されることを確認している。

5. まとめ

曝気槽における汚れ防止の対策を施した酸素利用速度測定装置の、下水処理場における約1年半の現地評価実験において、自動バブリング洗浄、攪拌ポンプによる攪拌と溶存酸素電極の洗浄、自動空気校正が有効に働き、2～3か月間の無保守測定を達成できた。これはプロセス用計器として十分使用できるものと考えられる。

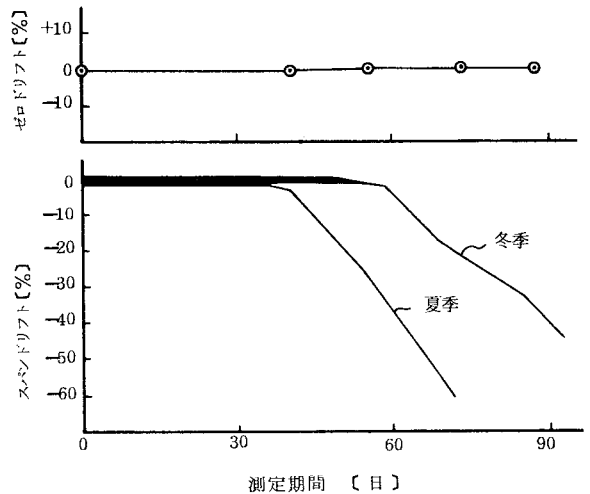


図-7 溶存酸素電極のゼロドリフトとスパンドリフト

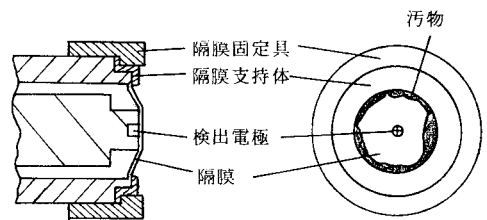


図-8 溶存酸素電極の隔膜への汚物の付着

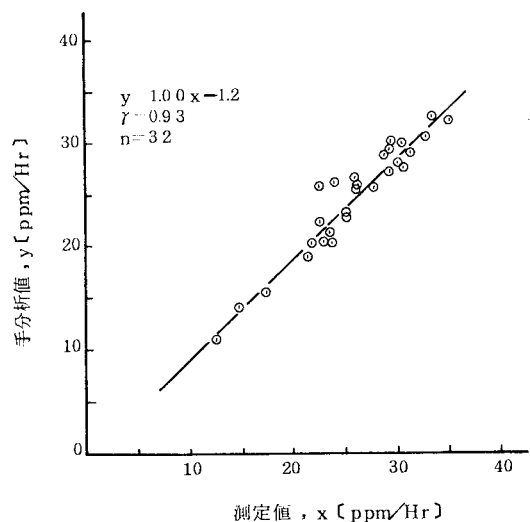


図-9 酸素利用速度測定装置の測定値と手分析との関係