

# NADH計の開発と水処理施設での実証試験

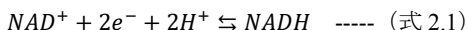
J F Eアドバンテック株式会社 ○林 達也 松浦 申浩  
 東京都下水道局 森田 健史 塩見 浩

## 1. はじめに

微生物がもつ補酵素 NADH（還元型ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド）は活性汚泥中の微生物の活動状況により、その量が増加する。NADH を指標とした反応槽の風量制御は欧州で開発され米国や韓国などで導入事例があり、国内でもいくつかの自治体で実証試験 [1], [2]がなされている。J F Eアドバンテックで下水処理における風量制御用途を想定した NADH 計を開発したことから、東京都下水道局と J F Eアドバンテックによる簡易提供型共同研究を実施した。回分試験や実施施設での実証試験から、水質計測器として必要な性能を有していることを検証したため、報告する。

## 2. 水処理における NADH について

微生物が細胞内に保有する補酵素の NAD（ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド）は電子伝達体であり、エネルギーの生産過程で酸化型の NAD<sup>+</sup>と還元型の NADH の状態に変化する（式 2.1）。



このように NADH の量は活性汚泥中の微生物の活動状態を示し、処理状態に応じて、嫌気>無酸素>好気の大小関係で変化する（図 2.1）。NADH 計は微生物の代謝状態を直接測定することで DO 計では測定不可能な低 DO 領域で風量制御ができる可能性がある。

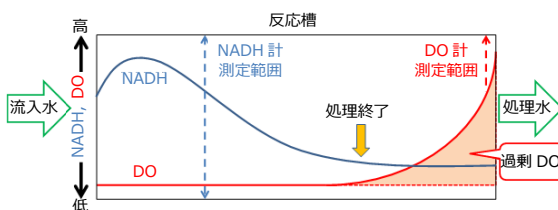


図 2.1 反応槽内の DO と NADH の推移

## 3. 研究目標

水処理試験装置による回分試験と砂町水再生センター東陽Ⅲ系（ステップ A2O 法施設）に設置した長期試験により水質計測器として必要な性能を有しているか検証することを目的とし、研究目標は繰返し性精度±2.0%F.S.以下、頻度が月1〜2回程度のメンテナンス性、さらに他の水質計測器と比較して水質変動に対する追従性に優位性があることとした。

## 4. NADH 計

NADH は波長 340nm の光を吸収し、460nm の蛍光を発することから NADH 計では光学的に NADH の増減を検知することができる（図 4.1, グラフ 4.1）。

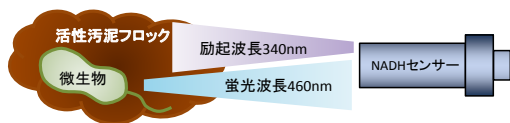
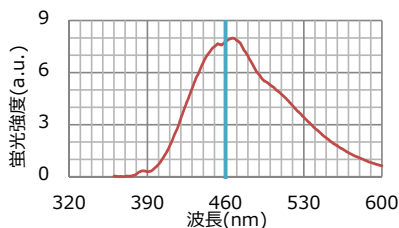


図 4.1 NADH 計の測定原理



グラフ 4.1 励起波長 340nm における NADH 蛍光スペクトル

NADH 蛍光検知の障害要因として懸濁物質、水温の影響が懸念される。このため NADH 計センサーは濁度センサーと水温センサーを内蔵した。また、懸濁物中での測定が有利になるように接液部への導光は光ファイバーを使用して受発光部を集積させている。試作した NADH 計の形状を図 4.2 に、仕様を表 4.1 に示す。

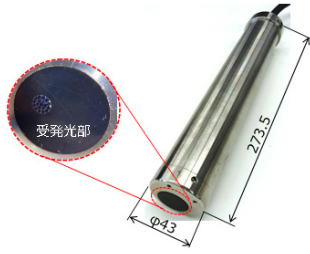


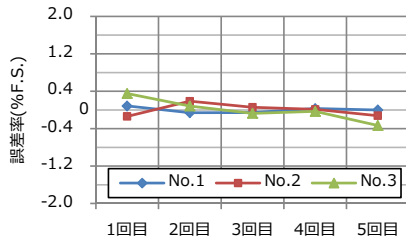
図 4.2 NADH 計センサー形状

測定項目	NADH, 濁度, 水温
測定範囲	NADH : 0~20mg/L (NADH 試薬)
	濁度 : 0~4000mg/L (カオリン)
	水温 : 0~50℃
光学構造	光ファイバー式
光源	LED
設置方法	浸漬形 (センサー投込み式)
質量	約 2.5kg (ケーブル 10m 込み)
材質	ケース : SUS316, 光学部 : POM, PMMA
	ケーブル : PVC

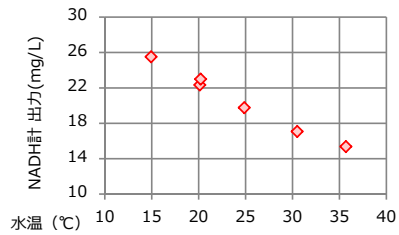
5. 研究結果

5.1 基本性能

20mg/L に調製した NADH 試薬を 5 回繰り返して測定し、繰返し性が目標の±2.0%F.S.以内であることを確認した (グラフ 5.1)。NADH 蛍光検知の阻害要因である水温はマイナスの影響を受ける (グラフ 5.2)。MLSS は活性汚泥濃度を示し、NADH の量に影響する指標であることから、長期試験では水温補正のみを実施した。



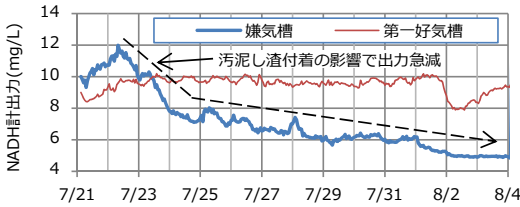
グラフ 5.1 繰返し性精度



グラフ 5.2 NADH 温度特性

5.2 メンテナンス性

東陽Ⅲ系 (嫌気槽, 無酸素槽, 好気槽) に NADH 計を設置し、長期試験を実施した (図 5.1)。嫌気槽や無酸素槽では 2 日で受発光部に汚泥し渣が付着して測定不良となった (グラフ 5.3, 写真 5.1)。そこで洗浄装置を追加し、月 2 回の手作業による清掃を併用することで、約 9 か月間の長期間、し渣付着等の影響なく計測できることが確認できた (グラフ 5.4)。また、1 ヶ月間の連続測定後のドリフトは±3.0%F.S.以内と良好であり、月 2 回程度のメンテナンスで長期間、NADH の安定計測が可能であると考えられる。



グラフ 5.3 洗浄装置なし時のトレンドデータ



写真 5.1 汚泥付着状況

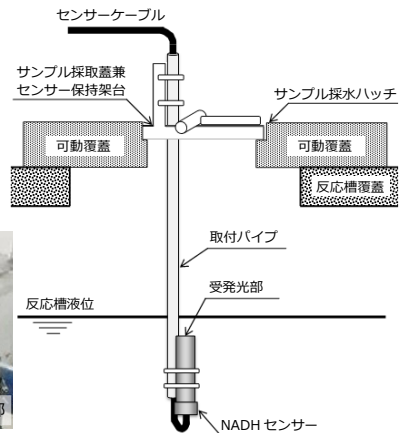
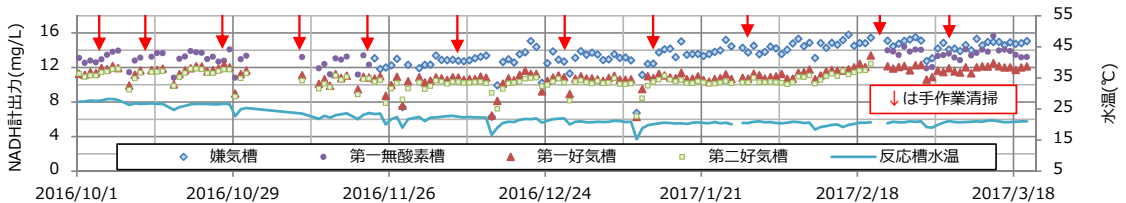


図 5.1 設置模式図



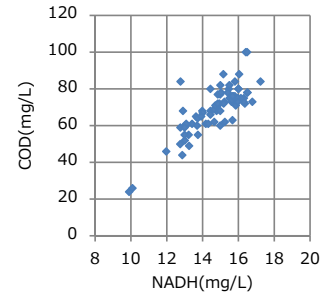
グラフ 5.4 洗浄装置設置後の長期試験トレンドデータ

5.3 水質変動に対する追随性

長期試験において砂町水再生センターで採取されている各水質分析値と NADH 計を含む各水質計測器の指示値を比較した。その結果、従来計測器と比べて流入水質との相関が高く、特に COD と相関が高いことが確認された (表 5.1, グラフ 5.5)。

表 5.1 流入水水質と水質計測器の相関係数

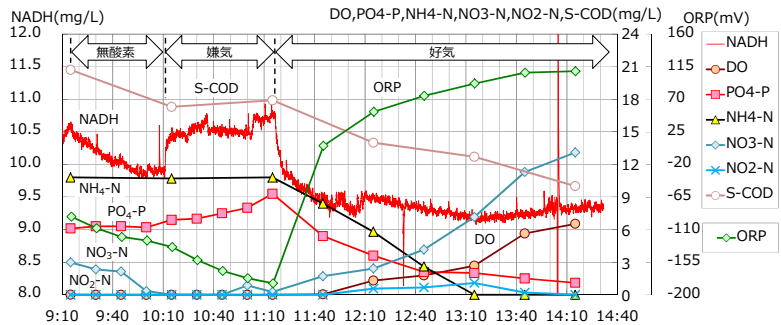
嫌気槽設置 水質計測器	反応槽流入水質		
	COD	NH <sub>4</sub> -N	PO <sub>4</sub> -P
NADH	0.83	0.74	0.69
ORP	-0.23	0.11	-0.12



グラフ 5.5 NADH と流入水 COD 値

回分試験にて水質変動への追随性を ORP 計や DO 計と比較した (グラフ 5.6)。NADH 量は既知の文献と同じく、処理状態によって嫌気 > 無酸素 > 好気の大小区間で変化することが確認できた。

NADH と ORP は出力変化に負の相関があり、NADH は PO<sub>4</sub>-P、COD との相関がみられる。また、DO 計では検知できない嫌気、無酸素工程の判別も可能と考えられる。



グラフ 5.6 水質変動に対する各水質計測器の出力

6. まとめ

本研究の結果、NADH 計は反応槽中の NADH を連続的に捉える水質計測器としての基本的性能があることが検証できた (表 6.1)。COD との相関が高いことから有機物センサーとして流入負荷に応じた風量制御や、嫌気から好気へ滑らかに測定値が変化することから同時硝化脱窒制御用の計測器として活用できると考える。

表 6.1 研究結果まとめ

研究目標	検証内容	結果
繰返し性精度： ±2.0%F.S.以下	・標準試薬による繰返し性精度が±2%F.S.以内であるか確認する。	・±0.4%F.S.以内であり、目標を達成した。ただし水温補正は必要である。
メンテナンス性： 月1~2回程度	・長期測定において、検出部の耐久性、活性汚泥付着等の出力への影響を確認する。 ・メンテナンス時に標準試薬を測定し、ドリフトが±5%FS以下であるか確認する。	・清掃頻度は1回/2週。嫌気槽、無酸素槽では洗浄装置が必要。検出部は約9か月の連続測定で異常なし。 ・±3.0%F.S.以内で、目標の±5.0%F.S.を達成。
水質変動に対する追随性： 他の水質計測器と比較して優位性があること	・回分試験において、DO計及びORP計に比べて水質変化に鋭敏であるか確認する。 ・長期試験において、日常試験の水質データとの関係を解析する。	・CODやPO <sub>4</sub> -Pとの相関がみられ、DO計では検知できない嫌気、無酸素工程における水質変化が捉えられる。

謝辞

本研究実施にあたり、機器の設置場所や水質分析データのご提供、実験作業にご協力いただきました砂町水再生センターの皆様に御礼申し上げます。

参考文献

1. 中村明徳. 活性汚泥法の新たな風量制御指標「NADH」に関する基礎的検討(第2報). 第47回下水道研究発表会講演集:2010年, pp.684-686.
2. 前田明徳他. NADHを指標とした窒素除去技術のAO法への適用実験. 第49回下水道研究発表会講演集:2012年, pp.934-936.