

Session 8-1 Control in chlorination & aeration

後藤 雅史

MASAFUMI GOTO

鹿島建設(株)技術研究所

はじめに

会議 2 日目の 5 月 31 日の午前に行われたセッション 8-1 Control in chlorination & aeration の概要について報告する。本セッションでは、活性汚泥プロセスの曝気制御に関する発表が 3 件、塩素処理制御に関する発表が 1 件あった。以下に、個々の発表の概要を記す。

1 Improvement of ammonia removal in activated sludge process with feedforward-feedback aeration controllers (Slovenia) D. Vrecko, N. Hvala, A. Stare, O. Burica, M. Strazar, M. Levstek, P. Cerar, S. Podbevsek

活性汚泥プロセスにおけるエネルギー消費の約半分を占める曝気の制御について、3 種類の制御システムを、パイロットプラントにおいて比較・評価した結果についての報告である。

パイロットプラントは、移動床生物膜施設 (moving bed biofilm reactor: MBBR) として設計・建設されたもので、プラスチック製の浮遊性微生物担体を用いている。最終沈澱池からの汚泥返送は行っていない。

パイロットプラントは 5 つの槽 (有効容積は、それぞれ 88m³ から 130m³) で構成され、前段の第 1、第 2 槽が嫌気脱窒槽 (機械攪拌)、続く第 3、第 4 槽が曝気槽、最集段が担体を第 1 槽に返送するための分離槽である。計装は、流入水および第 4 槽のアンモニア性窒素濃度、第 3 槽、第 4 槽への曝気送風量 (1 点) ならびに第 4 槽の DO 濃度であり、筆者らはこれらの測定値に基づく 3 種の曝気送風量制御アルゴリズムを比較・評価している。

評価した曝気送風量制御アルゴリズムは、① 第 4 槽 DO を用いたカスケード PI 制御系、② 第 4 槽の DO とアンモニア態窒素濃度を用いたカスケ

ード PI 制御系、ならびに、③ 流入水アンモニア態窒素濃度と、第 4 槽の DO とアンモニア態窒素濃度を用いた、フィードフォーワード・カスケード PI 制御系である。

この制御系は、いずれも、限られたプロセス変数に基づくシンプルな制御系であるが、筆者らの試験結果によると、DO セットポイントの設定値にアンモニア濃度が敏感に影響を受ける DO カスケード制御系 (①) に比し、アンモニア態窒素カスケード制御系 (②) では約 23%、フィードフォーワード・カスケード制御系 (③) では約 45% の曝気送風量の節約が可能であった。

筆者らも今後の課題として挙げているように、硝酸態窒素濃度の計測・制御系を加えることによって全体的な窒素制御の確立を期待したい。

2 Modelling of aeration systems at wastewater treatment plants (Switzerland and Germany) L. Rieger, J. Alex, W. Gujer and H. Siegrist

(2 番目に予定されていた発表者の PowerPoint ファイルにトラブルが発生したため、順番を繰り上げて発表)

廃水処理プラントにおける曝気システムの応答時間に関するモデル系の構築事例である。

筆者らは、曝気制御系モデルの構築には、①曝気槽モデル: ASM シリーズなどの速度論モデル、流入モデル、水理・輸送モデル、②センサーモデル、③DO 主制御系、④曝気モデル: 主制御系以外の制御ループ、送風システムモデル、送風量検知後の時間遅れモデルの 4 つの要素を検討する必要であると指摘する。

実際に、筆者らが 3 ヶ所の実施設において実施した実験結果によると、送風システムの時間遅れは概ね 4~5 分程度の範囲であり、その他の要因全てを考慮すると、送風量にステップ変化を与えた場合、新たな定常状態に達するまで約 30 分を要す

ことが示された。したがって、異なったタイプの DO 制御系の設計、比較あるいは評価を目的とするシミュレーションのためには、制度の高い曝気システムモデル系が必要となる。特に、DO 制御系のパラメータ類をオフラインで決定する場合、曝気システムのモデルに高い精度が要求されると筆者らは考え、ブロワやスロットル弁、管路などからなる送風システム、気泡の上昇速度、および、DO 主制御系以外の制御ループなどに起因する時間遅れを詳しく考慮したモデル系を提唱している。

現実的には、例えば曝気送風量制御が、ある程度の時間間隔をおいたセットポイント値の大きな変化を伴うもののみではなく、連続的な細かな修正を行う場合もあると思われるが、送風量の制御が新しい定常状態を作りだすまでに最大 30 分間程度を要するとの知見は、個々の要素プロセスの時定数を考慮した上での制御系の構築が必要であることを指摘しているものと考えられた。

3 Feedforward aeration control using on-line offgas analysis (Spain and the USA) I. Trillo, T. E. Jenkins, D. Redman, T. Hilgart, J. Trillo

従来の、プロセスの酸素要求量の間接的な指標である曝気槽 DO をプロセス変数としても用いるフィードバック制御アルゴリズムに替え、より直接的な呼吸速度ならびに酸素移動の総括的なリアルタイム指標であるオフガス分析データに基づくフィードフォワード制御系の開発事例である。報告された筆者らの制御系は、曝気槽水面におけるオフガス分析(オンライン)を行い、気相中酸素の物質収支から酸素移動効率(OTE)を計算し、曝気送風量の制御するものである。

本手法に基づいた制御系は、2001年11月に実排水処理施設に適用されて以来、継続して稼働中とのことで、信頼性は十分に示されている。また、最先端のフィードバック制御系との性能比較試験を同一の処理場で併行実施した結果によると、オフガス・フィードフォワード制御が、安定性に極めて優れていたと報告された。また、制御精度についても、フィードバック制御系に比べ、DO セットポイントからの偏差が約 1/3 程度 ($\pm 0.15\text{mg/L}$ 以内) に収まることが示され、性能的にも優位であった。

さらに、筆者らはオフガス分析システム導入の副次的効果として、呼吸速度(OUR)や、曝気送風系の機能(OTEや酸素移動影響因子 αF)等のリアルタイムモニタリングが可能となり、突発的な負

荷の投入や毒性物質混入の検出が可能となること、また、例えば、散気装置性能(αF)の経時変化を連続監視する事によって装置の清掃間隔を最適化できるなどの新たな応用も可能になることを指摘する。

本技術は、限られたシンプルな観測データから、PCやPLCによる計算・評価を介して最大限の情報を引き出し、制御や維持管理に役立たせる技術の好例と考えられた。なお、オフガス採集装置はかなり小型のようであり、曝気槽を代表するオフガスが採取できるよう、設置位置の選択に注意が必要ではないかと想像された。

なお、曝気送風量をステップ変化させた場合、オフガス分析データとして差異が検出されるのに要する時間は20秒程度とのことであった。

4 New Process control strategy for wastewater chlorination and dechlorination using ORP/pH (Korea and the USA) H. Kim, S. Kwon, S. Han, M. Yu, S. Gong, M. F. Colosimo

韓国では2003年以降、廃水処理水の殺菌処理が必須となっており、塩素消毒が多く採用されている。しかし、残留塩素は一般河川等の水生生物等に毒性を持つことから、放流前に亜硫酸などの還元性硫黄化合物による脱塩素処理することが一般的である。本報告では、処理水の十分な消毒処理ならびに放流水の安全性確保を実現することを目的に、筆者らが開発した不連続点塩素処理ならびに脱塩素反応の終点をORPおよびpHセンサによって検出し、塩素と亜硫酸の投入量を最適化する手法が提案された。

筆者らの実験結果によると、塩素による滴定操作時のORPとpHのプロファイルを統合的に評価することによって、優占残留塩素種がモノクロラミン、ジクロラミン、遊離塩素と変化していくポイント(すなわち、最後の変化の生じるポイントが不連続点)を明確に把握が可能であると示された。また、同様に、還元剤による滴定操作においても、ORPとpHのプロファイルを統合的に評価することによって遊離残留塩素還元反応の終点を判断できることが示された。

発表時には、これらは1.5L程度のベンチスケールの実験装置で得られたデータを基に考察・検証されたものであるが、自動滴定装置とオンラインセンサをPCと組み合わせることによって自動的にそれぞれの終点を検出することは容易であると思われ、今後の開発が期待される。