

Respirometry for control & monitoring

石川 隆章 *

(株) 明電舎

TAKA AKI ISHIKAWA *

Meidensha Corporation

はじめに

5月30日の午後に行われた Session 2-2 の概要について報告する。本セッションでは制御やモニタリングへの酸素利用速度(OUR)測定の応用に関する以下の4編の発表があった。

1. Improving the start-up of an EBPR system using OUR to control the aerobic phase length : a simulation study(Spain)

A. Guisasola, M. Pijuan, J.A. Baeza, J. Carrera, J. Lafuente

生物学的リン除去プロセス (Enhanced biological phosphorus removal : EBPR) はリン酸蓄積細菌が多く存在する汚泥を対象としているが、リン酸蓄積細菌はリン除去を考えなくていいような一般的な汚泥ではほとんど存在しない。それ故に、EBPR システムの立ち上げにはこの菌の増殖のために非常に長い時間と高度な技術が要求される。

ここでは SBR (回分法) における EBPR システム立ち上げに関しシミュレーションを用いて最適な手法を検証した。モデルには ASM (活性汚泥モデル) 2d を用いた。

今回の検証においてリン酸塩濃度と OUR との関係に着目したところ、OUR の測定により曝気時におけるリン酸塩濃度の減少し始めるタイミングを把握できることがわかった。このタイミングに合わせて曝気時間間隔を操作して槽内のリン酸塩濃度を維持することで、従属栄養細菌中のリン酸蓄積細菌の割合を 95% まで高め、さらに最終的に汚泥中のリン酸蓄積細菌の菌体量を 30% 増加させることができた。

すなわち OUR を指標とすることで SBR における EBPR システム立ち上げを容易に行うことができるという可能性が示唆された。

2. Monitoring biodegradation of diesel fuel in bioventing processes using in-situ respiration rate (Korea)

T. H. Lee, I. G. Byun, Y. O. Kim, I. S. Hwang and T. J. Park

石油性炭化水素は様々な経路から土壌や地表水に流入している。石油性炭化水素に汚染された土壌の修復技術としては、蒸気抽出、加熱脱着、焼却、土壌水洗・洗浄、溶媒抽出がある。しかし、これらの物理・化学的処理は高価だが完全な汚染修復には至らない。

一方、汚染物質を分解・転換できる微生物を用いた生物修復技術は安価で、汚染物質を完全に無害のものに分解できる。近年、石油性炭化水素汚染への In-situ 技術適用によるコスト削減効果が注目されている。In-situ 技術は汚染土壌の採掘なしでその場で汚染修復できる。汚染物質分解活性をもつ微生物を増殖促進させるためには、土壌に酸素を供給する bioventing が有効である。

本論文では、bioventing 実験用の土壌カラムを連続、間欠(6時間通気/6時間休止)の2系列に分け、それぞれ TPH (全石油性炭水化物) 8000mg/kg-土壌を含んだ 5kg の土壌で行った。栄養素は C:N:P = 100:10:1 の濃度比のものを加えた。TPH の生分解速度は、ディーゼル燃料の生分解過程での酸素消費モニタリングにより求めた呼吸速度式から計算した。

各系列の酸素濃度変化から、ディーゼル燃料の生分

解速度は30日までは増加し、それ以降は減少した。これはディーゼル燃料の生分解性成分が微生物により30日の間に除去されたからだと思われる。

また、間欠 venting での TPH 除去は連続のそれよりもやや高く、間欠エアレーションは土壌のディーゼル燃料を生分解するのに、連続のそれよりも効率的でコストがかからないことが示唆された。

In situ 呼吸速度に基づき計算された生分解速度から予想した TPH 濃度は、実測値とよく一致した。これらの結果より、呼吸速度のオンライン測定システムを石油汚染土壌の生物修復としての bioventing プロセスに応用できることが示唆された。

3. Automatic detection of exogenous respiration end-point using artificial neural network (Netherlands)

I. Bisschops, H. Spanjers, K. Keesman

好気性細菌が廃水のような生物分解性物質を受け取ると、内生呼吸から外生呼吸へと代謝工程が変化する。これは生物分解が完了すると逆になる。呼吸速度測定法を使うと、呼吸速度経過グラフで、呼吸速度が変化を示すところを記録できる。熟練者なら呼吸が変化する瞬間を捉えることは難しくない。グラフ上で外生呼吸に相当する面積は、短期の BOD または BOD_{ST}とも呼ばれる生物易分解性分画の分量に相当する。COD の値と併せて、得られた BOD_{ST} は廃水の処理性の決定に用いることができる。

呼吸速度測定法は廃水のオンライン測定への適用の可能性はある。しかしながら、外生呼吸の終点の自動検出は難しい。廃水の処理性の連続測定へ向けての第一段階は、終点の自動検出を可能にすることである。

この研究では、終点の検出にニューラルネットワークの利用を調査した。この研究の結果から言えることは、外生呼吸の終点すなわち廃水サンプルの BOD_{ST} の検出にニューラルネットワークを適用できるということである。最も重要な結論のひとつは、ニューラルネットワークの訓練は近似データがあれば可能な点である。いくつかのケースではニューラルネットワークは重要なミスを起こしうるが、終点が大きく違っても必ずしも BOD_{ST} は大きく違わないからである。訓練が適正であることが、信頼性のある出力を得る唯一の方法といえる。

4. Improving oxygen concentration control in activated sludge process with estimation of

respiration and shedding control (Slovenia)

S. Gerksie, D. Vrecko, N. Hvala

DO 指示値と送風量の信号を元にして呼吸速度のオンライン予測を行うモデルベース理論の効果についての報告である。DO 制御における最大の外乱は呼吸であるとみなせるので、呼吸速度を即時に同定できると効果的な制御ができることになる。そこで呼吸速度の変動を見込んだパラメータスケジューリング PI 制御を提案した。

スケジュール制御のために、曝気プロセスの（もともと非線形な）動力学モデルを局所線形化して計算を行った。PI 制御パラメータのスケジューリングには、その計算に基づき呼吸速度を予測する「ソフトセンサー」を使用した。シミュレーションソフトウェア COST によるベンチマークに加えてパイロットプラント実験でも、従来の PI 制御との比較を行った。

シミュレーションでは、PI 制御パラメータのスケジューリングに本手法を適用し安定な結果を得られた。パイロットプラント実験では、予想通りの結果が得られたものの実践的な問題がいくつか生じた。

使用したアルゴリズムは単純であり、工業用プログラマブルコントローラへの組み込みにも適している。既存の PI 制御と比べると、明確で直接的な削減効果などは期待できない。だがより効率的かつ一定の性能が見込めるので、応答時間の短縮効果がカスケード制御システムなどでは役立つ。本結果を定量的に評価するにはさらに調査が必要である。