

하수처리장 유입수 성상 실시간 예측모델 및 활용성 평가

Evaluation on Applicability of the Real-time Prediction Model for Influent Characteristics in Full-scale Sewerage Treatment Plant

김연권, 김지연, 한인선, 김주환, 채수권*

Younkwon Kim, Jiyeon Kim, Insun Han, Juhwan Kim, Sookwon Chae*

Abstract

Sewerage Treatment Plants(STPs) are complex systems in which a range of physical, chemical and biological processes occur. Since Activated Sludge Model(ASM) No.1 was published, a number of new mathematical models for simulating biological processes have been developed. However, these models have disadvantages in cost and simplicity due to the laboriousness and tediousness of their procedures. One of the major difficulties of these mathematical model based tools is that the field-operators mostly don't have the time or the computer-science skills to handle these models, so it mainly remains on experts or special engineers. In order to solve these situations and help the field-operators, the KM²BM(K-water & More-M Mass Balance Model) based on the dynamic-mass balance model was developed. This paper presents KM²BM as a simulation tools for STPs design and optimization. This model considers the most important microbial behavioral processes taking place in a STPs to maximize potential applicability without increasing neither model parameter estimation nor wastewater characterization efforts.

Key words: Biological Sewerage Treatment Plants, Simulator, Dynamic-mass balance model

요 지

일반적으로 생물학적 하수처리공정들은 단위공정내 물리·화학적 및 생물학적 반응들이 복잡하게 존재한다. 활성슬러지모델 1(ASM No.1)을 시작으로 생물공정을 모사하기 위한 다양하고도 새로운 수학적 모델들이 개발되어 왔다. 그러나 이들 모델은 그 활용의 측면에 있어 비용과 단순성에서 매우 큰 단점을 가지고 있었다. 그중 이들 수학적 기반의 모델들이 갖는 또 다른 활용상의 어려움은 현장 근무자들이 활용하기에는 시간 소요와 컴퓨터-과학에 관한 기술부족의 장벽이 매우 높아 결국 모델활용의 영역은 전문가나 특정 엔지니어들에게 국한되어 왔다. 이러한 상황을 극복하고 현장 근무자들에게 도움을 주기 위해 동적-물질수지모델(Dynamic-Mass-Balance Model)에 기초한 KM²BM이 개발되었다. 이번 논문은 생물학적 하수처리장을 설계하고 모사함에 있어 활용 가능한 모사 툴로서의 KM²BM을 소개한다. 이 모델은 모델 파라미터의 추정이나 하수성상분석과 같은 별도의 노력 없이도 단순한 인자추정만으로 생물학적 하수처리장내 미생물의 중요 거동 기작을 고려함으로써 잠재적 공정적응력을 최대화 시킬 수 있다.

핵심용어 : 생물학적 하수처리장, 시뮬레이터, 동적-물질수지모델

K-water연구원 · E-mail : kyk90@kwater.or.kr
K-water연구원 · E-mail : jy.kim@kwater.or.kr
K-water연구원 · E-mail : jshwang@kwater.or.kr
K-water연구원 · E-mail : dooyong@kwater.or.kr
K-water연구원 · E-mail : juhwan@kwater.or.kr
울지대학교 보건환경과학부 교수 · E-mail : cskwen@eulji.or.kr

2. 서론

최근 중소형 규모이상의 하수처리장을 대상으로 실시되고 있는 수질원격감시체계, 일명 TMS(Tele-Monitoring System)는 센서와 전송장치를 부착하여 실시간으로 하수처리장에서 발생하는 방류수내 오염물질의 변화를 모니터링하는 시스템을 말한다. 이러한 환경변화는 보다 안정적인 방류수질 및 처리효율을 확보하기 위해서 기존의 인력과 경험에 의존한 하수처리장의 운영방법이 보다 과학적이고도 체계적인 운영관리기법과 전략이 필요한 시대로 전환되었음을 의미한다. 이와 같은 TMS에 보다 능동적으로 대응하기 위해서는 해당 하수처리장의 정상운영여부와 방류수질에 대한 정확한 정보 및 예측기능이 필수적이라 하겠다. 하지만 ASM(Activated Sludge Model) 시리즈로 대변되는 IWA(International Water Association)의 활성슬러지 모델은 유기물 제거와 기타 오염항목의 예측을 위해 60여개 이상의 입력변수를 필요로 했을 뿐만 아니라 이들 계측값들이 실시간으로 획득되기 어려운 점에 기인하여 실시간 모니터링이 원칙적으로 어려웠다. 결국 모델활용의 어려움으로 인해 모델을 이용한 생물학적 하수처리공정의 모사는 관련 학문분야의 전문지식을 가진 전문가들이나 특정 엔지니어들에게만 국한되고 있다. 금번 연구는 활성슬러지공정을 모사할 수 있는 수학적 모델의 실시간 구동을 위해 신뢰가능하고 신속하게 하수처리장 유입수를 예측할 수 있는 기법을 개발하여 모델활용에 적용하고자 하였다.

2. 실험방법

금번 연구수행을 위해 유입하수의 성상을 실시간으로 계측하기 위한 장비를 개발하여 그 특성과 적용성 여부를 평가하였다. 먼저 유입수내 COD, SS, N 성분의 특성을 분석하기 위해, 그림 1 과 같이, 급속 미생물 호흡을 측정법에 의한 TCOD와 이분해성 COD(RBCOD)를 계측토록 하였으며, SS와 Conductivity meter를 이용하여 SS와 N 성분의 계측이 가능토록 하였다. 이들 물질간의 발생특성을 모델트리 기법을 이용하여 주요 발생인자들에 대한 예측식을 생산, 활용하였다.

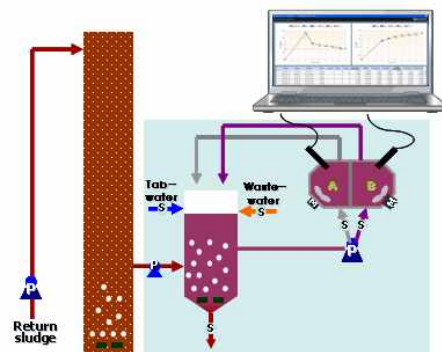


Fig. 1 MRA2(Microbial Respirometric Analyzer-2)의 개념도



Fig. 2 실시간 하수처리장 유입수 분석 알고리즘 개요도

3. 실험결과

실험결과 급속 미생물 호흡을 측정법에 의한 이분해성 COD 성분과 TCOD 예측의 일일변화패턴을 확인 할 수 있었다(그림 3, 4 참조). 그림 3에서 확인 할 수 있듯이, 하수처리장으로 유입되는 TCOD 중 이분해성 COD의 조성성분 및 농도는 매 시간대별로 상이함을 알 수 있었다. 이들 성분은 질소-인 동시제거를 목적으로 하는 고도하수처리공정에서 인제거와 탈질과정에 매우 중요한 성분으로 기존에 이화화적인 방법으로 계측이 불가능하다는데 금번 연구결과에 큰 의미를 들 수 있었다. 또한 SS와 Conductivity를 이용한 계측값과 이분해성 COD의 계측값을 비교화하여 만든 예측식을 통해 실제 획득된 이화학적 COD 값과 비교한 결과 예측식이 매우 잘 맞는 것을 확인할 수 있었다. 일반적으로 COD_{Cr}법의 경우, 시료의 채수로부터 분석까지 3~4시간의 시간 소요가 걸리는 것이 비해 금번 연구결과는 약 10~20분 이내에 정확한 예측결과를 생산해 낼 수 있는데 매우 큰 의미가 있다 하겠다.

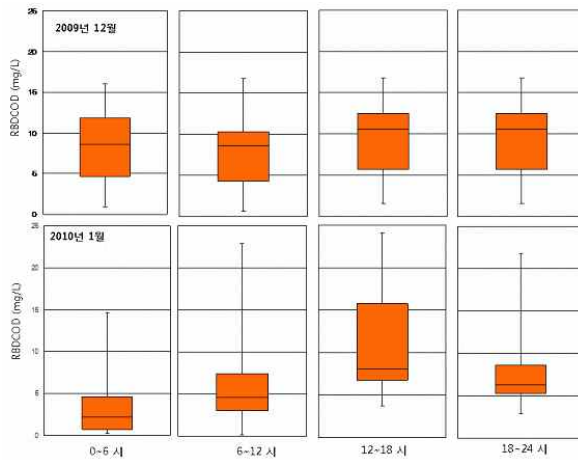


Fig. 3 MRA-2를 이용한 일일 시간대별 이분해성 COD 변화추이

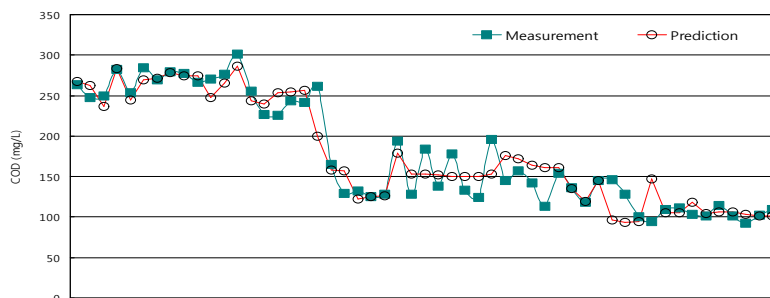


Fig. 4 MRA-2를 이용한 실시간 하수처리장 유입수 COD 예측 및 실측결과 비교

앞서 언급한 MRA-2를 이용하여 유입수내 N 성분을 추정한 결과 다음 그림 5의 결과를 얻을 수 있었다. MRA-2를 이용한 NH₄-N 예측식을 이용하여 유입수내 NH₄-N과 TN을 예측한 결과(실선) 온라인 계측기(점)를 이용한 계측결과 보다 더욱 안정적이고도 정확한 값을 얻을 수 있었다. 이는 MRA-2가 유입수를 예측함에 있어 기존 온라인 계측기 보다 센서오염의 내구성이 강해 보다 안정적인 결과를 획득할 수 있었던 것으로 사료되었다.

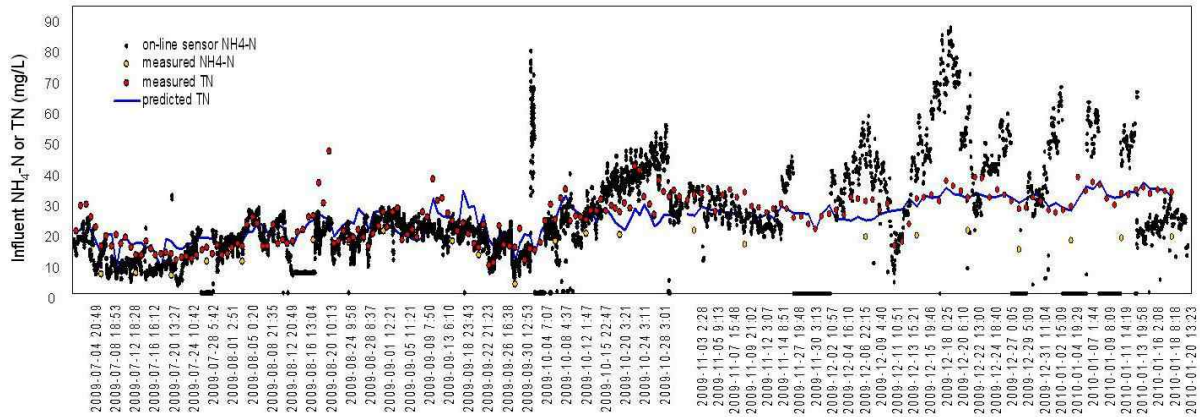


Fig. 5 MRA-2과 온라인 계측기를 이용한 실시간 하수처리장 유입수 TN 예측 및 실측결과 비교

금번 연구를 통해 개발한 MRA-2와 유입수 예측방법은 기존 온라인 계측장비 또는 인력에 의한 수분적 결과에 준하는 매우 정확한 값을 획득 할 수 있었을 뿐만 아니라, 매우 짧은 시간에 다양한 유입수 성분에 대한 계측결과를 획득 할 수 있었다. 이들 결과는 방류수 예측을 위한 실시간 모델 구동에 매우 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

4. 참고문헌

1. 환경관리공단, 수질원격감시체계(TMS)구축 업무처리 절차, SOP No. WTMS-OF-PC (2006)
2. 한국수자원공사, 자가진단형 하수처리장 운영관리시스템(상용화버전)의 개발 및 실규모 하수처리장 현장적용 연구(2차년도) (2009)
3. 김연권, 김지연, 김병균, 문용택, 김홍석, 서인석, 한인선, 생물학적 하수처리장 모사를 위한 동적-물질수지모델 기반의 KM^2BM 적용성 평가, 한국환경기술학회지, 제10권, 제3호 (2009)