

하 · 폐수처리장 시스템 분석의 중요성

목
차

1. 하 · 폐수처리장 시스템 분석의 중요성
2. 시스템 분석에 의한 활성슬러지공정 최적화
3. 폭기조 용존산소농도 제어에 의한 전력 비용 분석
4. 시뮬레이션을 이용한 농축조 운영관리 개선 방안
5. 수학적 모델을 이용한 질소 · 인 처리 공정 설계



안 세 영

(주)수엔지니어링&컨설팅 대표이사

시스템 분석의 필요성

우리나라에서 가동되고 있는 환경기초시설 중 수질환경에 관련된 시설인 하수처리장과 산업폐수처리장은 소규모 오수처리시설을 합하여 그 수가 무려 20,000여 개에 다다르고 있는 것으로 집계되고 있다.

이러한 환경기초시설의 수적 증가는 우리나라 수자원을 보존하는데 상당한 역할을 하고 있으며 환경시장을 늘리고 처리기술을 향상시키는데 기여해 왔다. 수질환경보존의 기반 구조가 어느 정도 마련된 시점에서 이제 우리는 현재 가동되고 있는 처리장들의 효율성에 주목할 필요가 있다. 왜냐하면 한 개의 처리장을 건설하는데 많은 재원이 소요되며 그 시설을 유지하기 위해 적지 않은 비용 지출이 발생되기 때문이다.

처리시설의 효율성을 점검하기 위한 기술, 좀더 자세히

말하면 비용을 덜 들이고 오염원을 감소할 수 있는 시설의 최적설계, 운전기법 개량, 관리전략 개발 등에 관련된 분야를 종합적이고 객관적으로 평가할 수 있는 기술이 "시스템 분석"이다.

문제해결을 위한 시스템 접근

하 · 폐수처리시스템의 성능은 각 단위공정과 단위시설의 상호작용에 의한 복합효과에 기인한다. 폐수에 포함되어 있는 오염물질은 공정 상에서 미생물 또는 화학약품과 반응하여 고형 슬러지화 되는 처리과정을 거치는데 각 공정 단계에서 수행되어지는 생물학적, 화학적, 물리적, 기계적 반응이 잘 연계되어 상호작용이 효과적으로 이루어지면 처리상태가 좋게 유지되나, 어느 한 부분이라도 비정상적으로 작동할 경우에는 점차적으로 다른 부분에 좋지 않은

처리시설의 효율성을 점검하기 위한 기술, 좀더 자세히 말하면 비용을 덜 들이고 오염원을 감소할 수 있는 시설의 최적설계, 운전기법 개량, 관리전략 개발 등에 관련된 분야를 종합적이고 객관적으로 평가할 수 있는 기술이 “시스템 분석”이다.

상태가 확산되며 이를 적절히 조절해 주지 않으면 전체적인 시스템 효율이 떨어지게 되고, 심할 경우 처리장을 가동할 수 없는 상태까지 이를 수 있다.

따라서 처리장의 효율성을 검토하거나 진단하고자 할 때에는 단위공정이나 단위시설들을 독립적으로 조사하는 것보다, 각 공정과 시설들을 연계하는 전체적인 접근, 즉 상호작용과 복합효과를 종합적으로 분석할 수 있는 “시스템적 접근”이 필요하다.

수리학적 모델과 컴퓨터 시뮬레이션

처리장을 분석하기 위한 시스템적 접근 방식은 대체로 다음과 같은 순서로 이루어지는데, 첫째 대상시설에 대한 문제의 목적을 정의하고, 둘째 목적에 맞는 여러 가지 대안을 제시하고 평가한 후, 셋째 대안을 설정하기 위한 의사결정을 수행하는 것이다.

하수종말처리장에서 자주 발생하는 중력식 농축조의 슬러지 농축에 대한 문제점을 예로 들어보자. 중력식 농축조에서 슬러지가 적절히 농축되지 않으면 슬러지 블랭킷과 상등수 사이의 계면이 형성되지 않는데 이러한 현상이 발생되면 농축조 슬러지가 다시 최초침전지로 반송되어 처리시설의 유입부하를 증가시키는 결과를 초래한다.

또한, 슬러지 농축 불량은 농축조 후단에 있는 소화조의 유입슬러지 농도를 떨어뜨리기 때문에 소화조의 성능저하를 야기하는 악순환이 발생한다. 이러한 문제점을 분석하기 위해서 일차적으로는 중력식 농축조의 운영상태를 점검해야 하며, 이차적으로 최초침전지와 최종침전지의 유입부하, 슬러지 농축상태와 농도, 슬러지 블랭킷 계면 높이, 슬러지 방출량을 조사해야 하고, 폭기조의 유입부하,

미생물 상태, 그리고 농도를 검토해야 한다. 심지어 소화 농축조에서 원류되는 반송수의 수질도 검사해야 하는 종합적이고 동시적인 분석이 이루어져야 한다.

농축불량의 문제를 해결할 수 있는 대안을 제시하려면 농축조, 침전지, 폭기조 등 각 단위공정 운영인자들을 조절하는 단계마다 각 공정의 유입부 및 유출부의 오염물과 슬러지의 물질수지를 계산하는 trial & error법(시행착오법)을 사용한다. 수많은 trial & error를 통한 계산에 의하여 중력식농축조 슬러지 적체의 원인을 찾아낼 수 있고, 그 문제 해결을 위한 운전방법들을 도출할 수 있는데, 그 중에서 가장 경제적이고 쉬운 대안을 설정하여 슬러지 적체의 문제점을 해결할 수 있다.

처리시설을 분석하려면 처리공정의 상호작용을 수치로 나타낼 수 있어야 한다. 즉 시스템의 구성과 운전관리형태가 숫자로 표현될 수 있어야 하는데, 이러한 수치는 공정의 상호작용을 쉽게 이해할 수 있게 해주며 모호함을 최대한 줄여서 과학적인 해석을 가능하게 하여 준다.

공정간의 상호작용을 수치적으로 분석할 수 있는 방법으로는 데이터 기술의 일종인 수리학적 모델과 컴퓨터 시뮬레이션 기법을 들 수 있다. 수리학적 모델이라 함은 처리현상을 실제와 비슷하게 수학적으로 표현한 것, 즉 수식(數式)으로 나타낸 것을 말하며, 컴퓨터 시뮬레이션이란 프로그래밍된 수리학적 모델을 빠른 연산능력이 있는 컴퓨터로 반복 연산하여 많은 대안을 제공해 줄 수 있는 모의실험을 말한다. 수리학적 모델은 처리공정의 설계와 운전 관련된 대안을 제시하고 평가하는데 매우 효과적인 기술이므로 이러한 수리학적 모델과 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하면 무한수(無限數)의 대안 평가가 가능하여 문제의 목적에 가장 근접하는 최적화 대안을 얻을 수 있다.

하·폐수처리장에 모델·시뮬레이션 적용

하·폐수처리장 운영자는 실제 처리시설을 이리저리 변화시켜 가면서 실험할 수 없는데, 그 이유는 시간과 비용이 너무 많이 소요될 뿐 아니라, 실제로 처리상황이 어떻게 변할지 예측 불가능하므로 운전인자의 변경에 따른 위험성이 매우 크기 때문이다. 그에 대한 대안으로 처리공정을 수학적으로 나타내는 모델을 만들고 그 모델을 컴퓨터에서 모의 실험할 수 있는 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하면 실제 처리장을 대상으로 하는 실험으로부터 발생할 수 있는 위험성을 배제할 수 있어 경제적이고 안전한 시스템 분석이 가능하다.

일반적으로 수학적 모델 개발은 많은 비용과 시간을 요하나, 하·폐수처리공정에 관련된 수학적 모델은 이미 수십 년 전부터 개발되어 왔다. 이 모델들은 하·폐수처리공정의 설계뿐만 아니라 운영에 대한 예측의 척도로 사용되어 왔는데, 컴퓨터 성능의 획기적인 발전과 더불어 수학적 공정 모델과 소프트웨어 프로그램이 지속적으로 향상됨으로써 현재는 강력한 시뮬레이션 엔진이 장착된 소프트웨어를 사용할 수 있게 되었고, 이러한 모델과 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 시스템 분석 기술은 “설계 최적화”, “운전 전략 수립”, “타당성 조사”, “비용평가”, “문제점 해결”, “연구개발” 등 거의 모든 하·폐수처리 분야에 적용되어 수 있다.

국내의 시스템 분석 기술 현황

하·폐수처리공정에 관한 수학적 모델은 거의 모두 외국에서 개발되어 왔으며 상용화된 시뮬레이션 소프트웨어도 모두 외국 제품이고, 우리나라에서는 대부분 이미 개발된 모델과 소프트웨어 프로그램을 구입하여 사용하고 있는 실정이기 때문에 시스템 분석에 관련된 원천기술이 부족하고, 모델을 컴퓨터 상에서 표현하고 운영할 수 있는 프

로그램 설계기술이 미약하다. 또한 상용화된 모델링 프로그램을 이용하여 시스템을 분석할 수 있는 기법 개발도 부진하기 때문에 전반적으로 하·폐수처리시설에 대한 시스템 분석을 수행할 수 있는 기반이 형성되지 못하고 있는 실정이다. 이는 우리나라의 짧은 하·폐수처리 역사와 관련이 있으며, 그로 인한 전문인력 부재와 사회적 인식 부족 등에 그 원인을 찾을 수 있다.

환경기초시설 정책방향

정부와 산업체는 주로 눈에 잘 보이는 부분, 즉, 처리장 건설, 시설 증설에 많은 비용을 지출해 왔으나, 눈에 잘 띄지 않는 부문인 처리시스템의 데이터 분석, 해석, 평가, VE(Value Engineering)에 관련된 기술에 대한 투자를 소홀히 하여왔다. 막대한 자금이 소요된 환경기초시설의 건설비용 및 운영비용의 적정성을 객관적으로 평가한 보고자료가 나오지 않고 있는 이유도 이러한 시스템 분석기술의 부재에서 비롯된 것이라고 할 수 있다.

외국에서는 모델과 시뮬레이션을 이용한 최적화기법을 사용하여 환경기초시설의 건설비용을 20~30% 절감하고, 사후 시행착오 발생률을 현저히 낮추었다는 보고를 많이 접할 수 있는데, 이는 시스템 분석이 환경기초시설의 설치와 운영에 얼마나 중요한 기술인가를 단적으로 보여주는 사례이다.

시스템 분석은 처리공정들의 상호작용을 수치적으로 표현하여 처리장의 상황과 시스템 내부에서 일어나는 반응을 예측하는 기술로, 분석의 과정과 결과가 추상적이고 해석적 형태가 아닌 수치로 표현되므로 객관성과 신뢰성을 확보할 수 있는데, 이러한 시스템 분석은 앞으로 계속적으로 소요될 환경기초시설의 건설비용과 운영관리비용을 획기적으로 절감해 줄 수 있는 지식기반기술이다.

다음호에 계속...