

제약폐수 활성슬러지 공정에서 DO농도에 따른 미생물의 활성 변화 측정

문순식, 이상훈, 신종철, 최광근, 이상훈¹, 문홍만¹, 이진원

광운대학교 화학공학과, 대성산소(주) 초저온연구소¹

전화 (02) 940-5712, FAX (02) 909-0701

Abstract

In this study, we have tried to find the maximum microbial efficiency at the various dissolved oxygen (DO) concentration conditions in the treatment of pharmaceutical wastewater. Experiments of activated sludge process were performed to examine the relation between microbial activity and DO concentration in a continuous bioreactor. The reduction rate of COD (chemical oxygen demand) was low at the DO concentration between 0 ppm and 1.0 ppm, but it went higher and showed maximum between 1.5 ppm and 3.0 ppm. Then the COD reduction rate was quickly decreased above the DO concentration of 3.0 ppm.

서론

활성슬러지 공정(activated sludge process, ASP)법은 호기성 미생물의 작용을 통해 유기물이 분해 되면서 폐수 속의 용존산소가 소모되므로 적당한 농도의 용존산소를 유지하는 것이 중요하다. 그러나 유기물 부하가 높은 유입수가 반응조 내로 유입될 경우 미생물에 의해 용존산소의 소모가 더욱더 높아지기 때문에 공급해주어야 하는 산소의 농도 또한 높아지게 된다.^{1,2)} 공기를 이용하는 일반적인 활성슬러지 공정은 이러한 경우에 적당한 농도의 용존산소를 유지해주기 어렵기 때문에 이에 대한 보완이 필요하게 되었다. 생물학적 수처리 신기술을 이용한 공정개발에 대한 연구에서는 다음과 같은 몇 가지의 조건을 만족할 수 있도록 고안되어야 한다. 첫째, 많은 사업장에서 배출되는 폐수에는 고농도의 유기화합물이 포함되어 있는 경우가 대부분이므로 이러한 고농도 폐수를 안정하게 처리할 수 있는지를 고려해야 한다. 둘째, 수시로 발생할 수 있는 유기물이나 독성물질의 충격부하에 대해 안전성이 있어야 한다. 셋째, 폐수처리장의 용지단을 최소화하기 위해 유기물 분해속도를 향상시켜 반응조의 용적을 최소화할 수 있어야 한다. 넷째, 현재 운전중인 폐수처리 시설을 용이하게 개량하여 사용할 수 있는지를 고려한다. 이러한 조건을 만족시켜 줄 수 있는 가장 적합한 기술의 공정으로 순산소 활성슬러지 공정(pure oxygen-activated sludge process)을 들 수 있다. 순산소 활성슬러지 공정은 폭기용 가스로 공기 대신 산소 분압이 높은 순산소(95%이상)를 이용한다는 점에서 가장 큰 특징을 갖고 있다. 폭기용 가스의 산소분압을 높임으로써 폭기장치 단위동력당 산소 전달율을 크게 증가시킬 수 있어 재래식 공정에서 발생할 수 있었던 폭기장치의 산소전달능력의 한계를 극복할 수 있다. 또한, 공기 활성슬러지법(air-activated sludge process)에 비해 상대적으로 높은 산소분압으로 산소를 공급하기 때문에 반응조 내 미생물의 농도를 높게 유지할 수 있어 유기물 부하가 높은 유입수가 유입되더라도 대처할 수 있고, 이에 따른 처리효율이 증가하여 폐수처리 공정의 부지면적을 줄일 수 있는 장점이

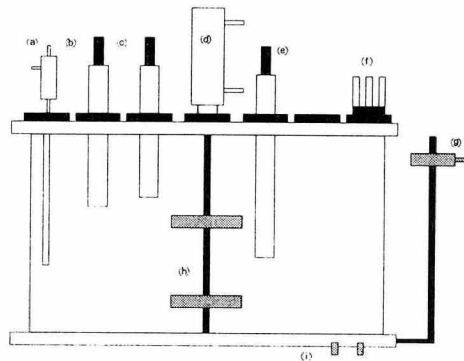
있다. 반면 산소의 이용효율을 높이고자 대부분의 순산소 공정들이 밀폐식으로 운전되기 때문에 미생물의 신진대사 과정에서 생성되는 CO₂가 대기중으로 제대로 방출되지 않아 폭기조 내의 pH가 낮아져 특히 질산화를 요구하는 공정에서는 단점으로 지적되고 있으며, 또한 순산소 활성슬러지 공정은 초기에 건설 및 운전비용 면에서 실제로 이용되는데 불리한 점으로 지적되었으나 순산소 발생장치의 기술 개발로 지금은 비용 면에서도 다른 수처리 공정에 경쟁력이 있는 기술로 평가받고 있다.³⁾

그러나 순산소 활성슬러지법을 사용하여 폐수를 처리할 때 반응조내에 공급되는 순산소의 양을 결정하지 못하고는 공기 활성슬러지법에 비해 그 효율이 떨어질 뿐만 아니라 경제적인 이익도 도모하지 못하게 될 것이다. 이에 본 연구에서는 밀폐형 순산소 활성슬러지 공정에서 폐수를 처리하는 데 필요한 적정량의 최적의 용존산소(dissolved oxygen, DO) 농도를 결정하였다.

재료 및 방법

미생물 활성의 변화를 측정하기 위해 사용한 반응조는 한국발효기(주)에서 제작한 반응조를 사용하였다.(Figure 1) 반응조의 전체 부피는 5 L이나 실험에 사용한 부피는 3 L로 고정하였다. 실험에 사용된 시료와 미생물은 경기도 발안에 위치한 공동 제약폐수 처리장의 원수와 슬러지를 사용하였으며, 슬러지는 사용하기 전에 미생물의 활성을 최대로 유지시켜 주기 위해 산기석을 사용하여 일정시간 폭기시켜 주었다. 밀폐된 반응조에서 미생물이 유기물을 분해하는 과정에서 생성되는 이산화탄소는 미생물 반응조 내에 별도로 설치된 유리병을 통과하면서 50%의 KOH와 접촉하여 제거된다. 미생물의 호흡에 의해 산소가 소모되면 반응기에 설치된 DO meter로 측정이 가능하도록 하였다.

반응조에 들어가는 유입수와 유출수의 조절은 펌프를 사용하였으며 유속은 0.2 mL/min으로



- | | | |
|-----------|------------|--------------------|
| ① 시료 채취구 | ② DO probe | ③ Scum Sensor |
| ④ 냉각기 | ⑤ pH probe | ⑥ pH 조절용 시약 주입구 |
| ⑦ Air 주입구 | ⑧ Agitator | ⑨ 온도조절용수 주입구 및 배출구 |

Figure 1. 미생물 특성 조사를 위한 반응조

하여 체류시간을 2시간 30분으로 하였다. 반응조는 완전히 밀폐하였으며 실험시 온도는 공동·계약폐수 처리장의 원수조의 온도와 유사하게 $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ 로 유지하였다. MLSS, COD농도의 측정은 Standard Methods를 따랐다.⁴⁾

결과 및 고찰

생물 반응기내의 미생물의 활성과 최적 용존산소 농도에는 어떤 상관관계가 있는가를 규명해 보기 위하여 발효기를 이용하여 연속식으로 실험을 하였다. 발효기에 두 개의 펌프를 연결하여 유입수와 유출수의 유속을 20 mL/min 로 조절하였고, 반응기의 총 부피는 5.5 L, 반응 부피는 3 L 로 하였다. 체류시간은 150분(2시간 30분)이었다.

DO농도와 미생물 호흡의 관련을 보기 위하여 COD의 변화량과의 관계를 살펴보았다. 0~1.0 ppm 정도의 낮은 DO농도에서는 COD의 감소율도 적은 것으로 나타났다. DO농도가 낮을 때에는 낮은 COD제거율을 보이는데, 이는 미생물의 활성이 적다는 것을 말해주는 것이

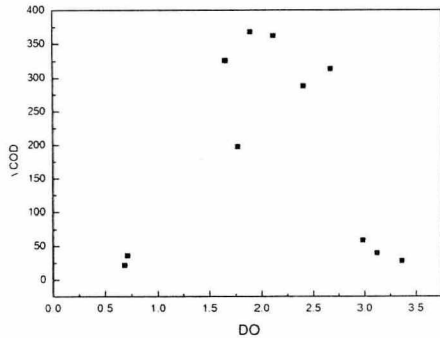


Figure 2. DO농도에 따른 COD 변화량

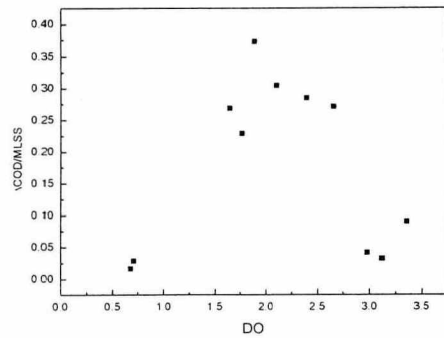


Figure 3. DO농도에 따른 COD 변화량과 MLSS의 비

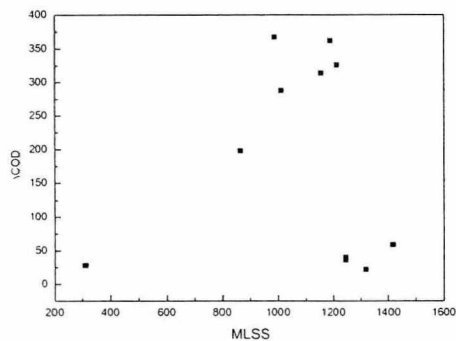


Figure 4. MLSS농도에 따른 COD 변화량

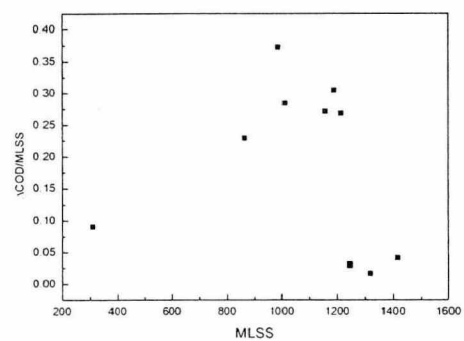


Figure 5. MLSS농도에 따른 COD 변화량과 MLSS의 비

라 할 수 있다. 또한 DO농도가 1.5~3.0 ppm 정도일 때에는 COD의 감소율이 다른 DO농도일 때 보다 상대적으로 높다. 그러나 3.0 ppm 이상의 DO농도에서는 오히려 COD감소율이 작아진다. 이는 생물학적 처리에 있어서의 적절한 DO농도를 가늠해 볼 수 있는 근거가 된다. 이로써 생물학적 처리에 있어 적절한 DO농도는 1.5~3.0 ppm 이라고 판단하였다. Figure 2~Figure 3은 DO농도의 변화에 따른 COD의 변화량과 COD의 변화량과 MLSS의 비를 각각 나타내고 있다. 또한 Figure 4~Figure 5는 MLSS의 변화에 따른 COD의 변화량, COD의 변화량과 MLSS의 비를 보여준다.

MLSS농도의 경우에도 같은 경향을 보이는데 반응조를 통과한 유출수를 기준으로 800~1200 mg/L 정도일 때 최대의 활성을 보이는 것으로 나타난다. 지나치게 낮은 MLSS농도이거나 1200 mg/L 이상의 높은 MLSS 농도의 경우에는 활성이 오히려 떨어지는 것으로 나타났다.

요약

본 연구는 제약폐수 처리에 있어서 폐수처리장내의 미생물 활성을 최대로 하여 운전효율을 높이는 것을 목적으로 한다. 생물 반응기내의 미생물의 활성과 최적 용존산소 농도에는 어떤 상관관계가 있는가를 규명하기위해 연속식 실험을 진행한 결과, 0~1.0 ppm 정도의 낮은 DO농도에서는 COD의 감소율도 적고, 1.5~3.0 ppm 정도일 때에는 COD의 감소율이 다른 DO농도일 때 보다 상대적으로 높았다. 그러나 3.0 ppm 이상의 DO농도에서는 오히려 COD 감소율이 작아진다.

참고문헌

1. 김남천외 1인 공역, "생물학적 폐수처리"(1995), 동화기술
2. Water Pollution Control Federation (1994), Aeration : A Wastewater Treatment Process, Virginia.
3. 김미영, 김인수 "순산소 생물막(POB)공정에서 질소 및 유기물 제거에 대한 내부순환율과 용존산소농도의 영향(1999)", 대한환경공학회지, Vol.21, No.1, pp. 119~130
4. Lenore S. Clescarl, Arnold E. Greenberg, Andrew D. Eaton (1995), Standard Methods for the examination of water and wastewater 20th ed., APHA, AWWA, WEF.