

## 제약폐수 활성슬러지 공정에서 슬러지의 생물학적 활성 측정

문순식, 이상훈, 최광근, 이상훈<sup>1</sup>, 문홍만<sup>1</sup>, †이진원  
 광운대학교 화학공학과, 대성산소(주) 초저온연구소<sup>1</sup>  
 광운대학교 화학공학과 생명공학 연구실\*\*  
 전화 (02) 940-5712, FAX (02) 909-0701

### Abstract

In this study, biological activity in activated sludge process for pharmaceutical wastewater was analyzed by using respirometer. For various amounts of BOD loadings, oxygen uptake rate was measured and kinetic parameters were evaluated. By repetition of experiments, optimal operating conditions (eg, MLSS, BOD loadings, oxygen concentration, etc) were decided for the enhancement of activated sludge process.

### 서론

많은 제조 공정들은 필연적으로 폐수를 배출하게 된다. 그리고 배출하는 폐수를 방류 수질에 부합하도록 처리하여 배출해야한다. 이런 폐수를 처리하는 방법에는 여러 가지가 있는데 그 중에서 생물학적 폐수 처리 방법은 2차 오염원의 발생이 적고 환경친화적이어서 널리 사용되고 있다.<sup>1)-2)</sup> 생물학적 처리법에는 다양한 방법들이 있는데, 그중 활성슬러지 공정(activated sludge process, ASP)은 폐수 속에 들어있는 유기물을 미생물의 호흡과 세포 합성을 통해 제거하는 공정으로 비침강성 콜로이드 고형물을 응집 제거하고 유기물을 안정화시키는데 우수한 효과를 나타낸다.<sup>3)</sup> 반응조내 미생물의 농도와 활성을 결정하는 중요한 인자들로써 용존산소 농도, 질소와 인등의 영양염류 농도, 온도 및 pH등 여러 가지 것들이 있으나 이 중에서도 미생물의 호흡에 관한 인자들이 중요하게 여겨지고 있다.<sup>4)</sup> 미생물의 호흡에 있어서 MLSS(mixed liquor suspended solids)농도와 유기물 부하의 변화가 중요한 영향인자가 된다. 또한 활성슬러지법에서는 반응조내에서 용존산소를 적당한 수준으로 유지시켜주는 것이 공정의 정상적인 운전에서 중요한 요인으로 작용한다. 폭기조내에서 미생물의 증식과 호흡속도가 최대가 되기 위해서는 유기물과 산소농도가 생화학반응에 제한요인으로 작용하지 않도록 유지되어야 하며, 폭기조내의 미생물의 증식과 호흡속도는 호흡율 측정기(respirometer) 및 electrolysis cell 등으로 측정이 가능하다. 호흡율 측정기는 미생물이 유기물을 분해할 때 요구되는 산소의 소비량 또는 소모 속도를 측정하는 장비로서 미생물군이 오염원을 분해하는 능력을 나타내는 직접적인 지표를 나타낼 수 있다. 본 연구의 목표는 호흡율 측정기를 이용하여 생물학적 폐수처리에 중요한 MLSS 및 폐수의 유기물 부하, 용존산소(dissolved oxygen)농도에 따른 생물학적 산소요구량을 측정, 최적의 조건을 산정하여 제약폐수 처리에 있어서 폐수처리장내의 미생물 활성을 최대화 하여 운전효율을 높이고자 함이다.

## 재료 및 방법

호흡율을 측정하는 장비인 respirometer는 미생물이 유기물을 분해할 때 요구되는 산소의 양 또는 소모 속도를 측정하는 장비로서 미생물군이 오염원을 분해하는 능력을 나타내는 직접적인 지표를 나타낼 수 있다. 본 실험에 사용된 respirometer(Comput-OX Model OO-104, USA, Figure 1)는 미생물 반응조, 산소공급장치, 그리고 데이터 처리와 저장을 위한 컴퓨터 부분으로 이루어져 있다. Respirometer는 밀폐된 반응조에서 미생물의 호흡에 의해 산소가 소모되면 반응기 상부의 기상에 있던 산소가 용해되어 반응기 내부가 약간의 부압 상태가 되는데 일정한 부압이 되면 산소 공급 장치에서 산소가 공급되도록 되어 있다. 또한 미생물이 유기물을 분해하는 과정에서 생성되는 이산화탄소는 반응조내에 별도로 설치된 유리 튜브를 통과하면서 50%의 KOH와 접촉하여 제거된다. 실험에 사용된 시료와 미생물은 경기도 화성군에 위치한 공동 제약 폐수 처리장의 원수와 슬러지를 사용하였으며, 슬러지는 사용하기 전에 미생물의 활성을 최대로 유지시켜 주기 위해 산기석을 이용하여 일정시간 폭기하였다. 반응조는 완전히 밀폐하였으며 실험 시 온도는 공동 제약폐수 처리장 원수조의 온도와 유사하게  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 유지하였다. 이와 병행한 실험장비로는 발효기가 있는데, 이는 Respirometer를 사용하여 실험하였을 때 실험중에 시료의 채취가 불가능한 점을 보완하여 참고자료로 활용하기 위함이었다. 발효기의 내부는 Respirometer와 동일한 조건을 유지하기 위하여 반응기 내부에 KOH를 달아 놓았으며 완전 밀폐하고 같은 온도로 맞춰 주었다. MLSS농도, COD의 측정은 Standard methods를 따랐다.<sup>5)</sup>

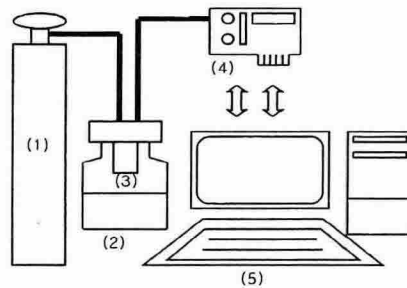


Figure 1. Schematic diagram of respirometer device.

(1) oxygen tank, (2) reactor, (3) CO<sub>2</sub> trap device, (4) I/O interface, (5) computer

## 결과 및 고찰

Figure 2. 을 보면 MLSS농도 변화와 미생물의 호흡에는 일련의 상관관계가 있음을 쉽게 알 수 있다. 3번 반응기와 4번 반응기의 AOU값이 거의 같은 값을 나타내는데, 이는 MLSS농도 2860~3460mg/L의 범위에서 최적의 값을 보인다고 해석된다. 이는 실제 폐수 처리 공정에서의 MLSS농도 범위와 크게 다르지 않은 수치이다. 1번 반응기와 2번 반응기의 경우에는 상대적으로 MLSS농도가 낮아, AOU값이 낮다고 판단할 수 있다.

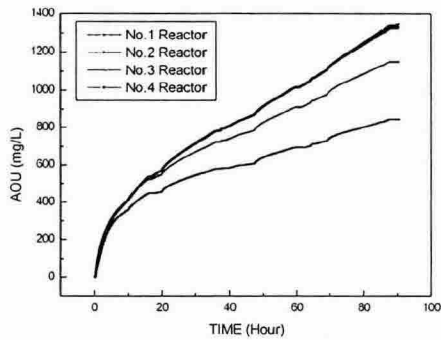


Figure 2. MLSS에 따른 AOU (Accumulated Oxygen Uptake, mgO<sub>2</sub>/L) 의 변화량

반응기	1번 반응기	2번 반응기	3번 반응기	4번 반응기
MLSS (mg/L)	706	2460	2860	3460

Table 1. 각 반응기의 MLSS 농도

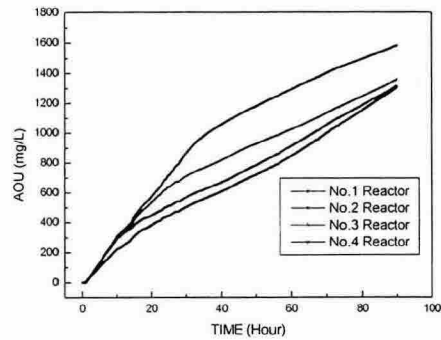


Figure 3. COD부하에 따른 AOU의 변화량

반응기	1번 반응기	2번 반응기	3번 반응기	4번 반응기
COD (mg/L)	1061	599	241	129

Table 2. sludge접종후의 COD

1981년 Young은 OUR로 활성슬러지의 활동도와 폐수성상의 변화와 부하변동에 따른 OUR의 변화를 측정하였으며 내생호흡상태 슬러지의 최대 OUR을 측정하여 슬러지 표본의 OUR과 비교함으로써 슬러지내 활동적인 부분(active mass)을 측정해 낼 수 있는 방안을 제시하였다.<sup>6)</sup> 산소소모량의 측정은 미생물이 기질을 분해하면서 소모하는 산소의 양을 가늠해 볼 수 있는 척도로서 사용될 수 있다. Figure 4.에서는 MLSS농도 변화에 따른 OUR값

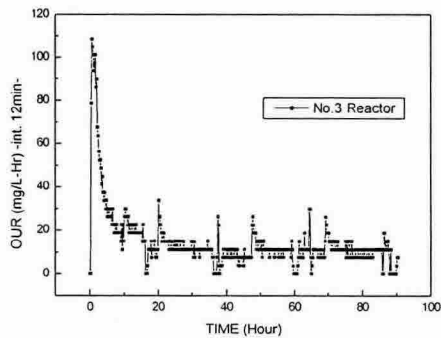


Figure 4. MLSS 2860mg/L일 때의 OUR 변화량

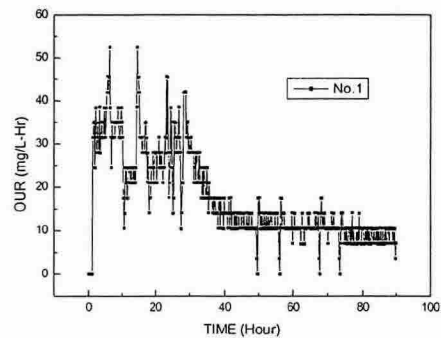


Figure 5. COD 1061mg/L일 때의 OUR변화량

의 변화를 보여주고 있다. 이는 생물학적 처리에 있어서 적당한 MLSS의 농도를 유지시켜 주는 것이 중요인자라는 사실을 확인하여 주는 결과라 할 수 있다. 또 다른 호흡률 측정에 있어서의 중요인자인 COD부하에 관한 Data를 살펴보았다. 유기물은 미생물들의 직접적인 먹이다. 이 유기물의 양을 각각 희석하여 1, 1/2, 1/5, 1/10으로 하여 각각 1~4번 반응기에 230mL를 넣고 70mL의 sludge를 접종하였다. 이 때 사용한 sludge는 반송슬러지를 방치해서 침전 시킨 것이다. 이 슬러지에서 상등수는 버리고 MLSS농도를 측정된 결과 9888mg/L 이었다. 이를 대략 2500~3500mg/L 사이로 맞춰주기 위하여 70mL를 집중한 것이다. 희석수는 수돗물을 받아 두고, 잔류 염소가 영향을 미치지 않도록 20시간정도 방치해둔 후에 사용하였다. Figure 3. 은 COD부하의 변화에 따른 각 반응기의 AOU변화량을 나타낸 그림이다. 각 반응기의 COD는 Table 2. 에 나타내었다. COD값은 희석 배율과 거의 유사한 data를 나타내고 있다.

#### 요약

본 연구는 제약폐수 처리에 있어서 폐수처리장내의 미생물 활성을 최대로 하여 운전효율을 높이는 것을 목적으로 하고 있다. 각 부하에 따른 영향을 살펴보고 각종 동력학 계수를 측정하여 실제 폐수처리 공정에 있어서 최적의 조건으로 운전할 수 있도록 하는 것이 목적인데, 이에 MLSS부하, COD부하에 따른 결과들을 구할 수 있었다. 반복실험을 통하여 더욱 정확한 동력학 계수를 측정할 수 있으리라 기대한다.

#### 참고문헌

1. Rolf Eliassen, Paul H. King, and Ray K. Linsley (1991), Wastewater Engineering Treatment, Disposal, and Reuse, 3rd ed. McGraw-Hill, Inc.
2. Kuo, J. F. (1997), Evaluation of tertiary filtration and disinfection systems for upgrading high-purity oxygen-activated sludge plant effluent, *Water Environment Research*, 69(1), 34~43
3. Water Pollution Control Federation (1994). Aeration : A Wastewater Treatment Process, Virginia.
4. Vargas-Lopez, C.E., Stentiford, E.I. and Mara, D.D. (1989), Discussion of: Evaluation of oxygen uptake rate as an activated sludge process control parameter, *J. of WPCF*, 61 (1) 99-102
5. Lenore S. Clescarl, Arnold E. Greenberg, Andrew D. Eaton (1995), Standard Methods for the examination of water and wastewater 20th ed., APHA, AWWA, WEF.
6. Young, J. C., "Oxygen Uptake Rate as an Activated Sludge Control Parameter" (1981). *Water Sci. Tech.*, (G.B), 13:397