

## 연속 회분식 반응조 (SBR) 공정을 이용한 폐절삭유의 생물학적 처리능 평가

백병도<sup>1</sup>, 김창섭<sup>2</sup>, 김준영<sup>1</sup>, 장인성<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>호서대학교 반도체·디스플레이공학과

<sup>2</sup>호서대학교 환경공학과

### Evaluation of biological treatment of cutting-oil wastes using sequencing batch reactor (SBR) process

Byung-Do Baek<sup>1</sup>, Chang-Seop Kim<sup>2</sup>, Jun-Young Kim<sup>1</sup> and In-Soung Chang<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Semiconductor and Display engineering, Hoseo University

<sup>2</sup>Department of Environment engineering, Hoseo University

**요 약** 본 연구에서는 연속회분식반응조 (Sequencing Batch Reactor, SBR)를 이용하여 친환경성 절삭유라는 이름으로 시판되는 절삭유 2종 (H사, B사)의 생물학적 처리능을 평가하였다. H사의 절삭유를 응집/응결 전처리 (H<sub>1</sub>)하여 0.04-0.08kgCOD/kgMLSS·d의 F/M비로 SBR로 유입한 경우, BOD<sub>5</sub>와 COD<sub>Cr</sub>의 평균 제거율은 각각 97%, 91% 이상을 나타내었으며, T-N, T-P의 평균 제거율은 각각 76%, 81% 이상을 나타내었다. B사의 절삭유를 희석한 후 (B<sub>1</sub>) 0.01-0.02kgCOD/kgMLSS·d의 F/M비에 맞추어 SBR로 유입한 경우, COD<sub>Cr</sub>의 평균 제거율은 77% 이상을 나타내었다. 응집/응결 처리된 절삭유 (B<sub>2</sub>)를 0.01-0.04kgCOD/kgMLSS·d의 F/M비에 맞추어 유입한 경우, COD<sub>Cr</sub>의 평균 제거율은 85% 이상을 나타내었다. 이후 실제 처리장에서 폐절삭유를 처리할 때 오수와 합병하여 처리하는 상황을 반영하기 위하여 B<sub>2</sub>와 합성폐수를 혼합하여 (B<sub>3</sub>) 0.09-0.11kgCOD/kgMLSS·d의 F/M비에 맞추어 유입하였을 때, BOD<sub>5</sub>와 COD<sub>Cr</sub>의 평균 제거율은 각각 97%, 98% 이상을 나타내었고 T-N, T-P의 평균 제거율은 각각 79%, 76% 이상을 나타내었다. 그리고 생물학적 처리를 거친 H<sub>1</sub>과 B<sub>3</sub>에 대한 각각의 유출수의 (COD<sub>Cr</sub>-BOD<sub>5</sub>)/COD<sub>Cr</sub> 비는 각각 85%와 61% 정도로 난분해성 유기물이 잔존하고 있는 것을 확인할 수 있었다.

**Abstract** Two different cutting-oils from H and B companies which are sold as an eco-friendly cutting-oils were selected and the biodegradability of these commercially available cutting-oils was evaluated by the sequencing batch reactor (SBR) processes. The cutting-oil wastes (H<sub>1</sub>) pre-treated by coagulation/flocculation was used as an influent to SBR. When the F/M ratio was operated 0.04 to 0.08kgCOD/kgMLSS·d, removals of BOD<sub>5</sub> and COD<sub>Cr</sub> were above 97% and 91%, respectively. T-N and T-P removals were above 76% and 81%, respectively. If the diluted cutting-oil wastes (B<sub>1</sub>) was used as an influent of the SBR, COD<sub>Cr</sub> removals were above 77% at the F/M ratio of 0.01-0.02kgCOD/kgMLSS·d. After the cutting-oil wastes was treated by coagulation/ flocculation (B<sub>2</sub>), COD<sub>Cr</sub> removals was above 85%. If the pre-treated cutting-oil wastes were mixed with a synthetic wastewater (B<sub>3</sub>) and fed into the SBR in order to mimic the real wastewater treatment plant situation, BOD<sub>5</sub> and COD<sub>Cr</sub> removals were above 97%, 91%, respectively. T-N and T-P removals were above 79% and 76%. The ratio between BOD<sub>5</sub> and COD<sub>Cr</sub>, (COD<sub>Cr</sub>-BOD<sub>5</sub>)/COD<sub>Cr</sub>, indicating the biodegradability of effluent of the SBR, was calculated to 85% and 61%. This means that significant amounts of non-readily-biodegradable organic compounds in the effluent of H<sub>1</sub>, B<sub>3</sub> are still present.

**Key Words** : Cutting-oil, Sequencing Batch Reactor (SBR), Coagulation/flocculation, Non-Biodegradable Organic Compounds

이 논문은 2008년 교육과학기술부의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2008-521-D00240)

\*교신저자 : 장인성 (cis@hoseo.edu)

접수일 2009년 05월 08일

수정일 09년 07월 01일

게재확정일 09년 07월 22일

## 1. 서론

금속가공 공정 시 공구와 금속의 마찰에 의해 발생하는 열과 소음을 방지하고 내구성 향상 및 깨끗한 절삭면을 얻기 위하여 다양한 절삭유를 사용한다. 절삭유는 크게 수용성과 비수용성으로 분류되며 비수용성 절삭유는 절삭성능과 부식방지는 우수하나 가공작업 및 폐절삭유 처리과정에서 발생하는 유독성 및 환경오염 등의 문제점이 있는 것으로 알려져 있다. 수용성 절삭유는 물에 희석하여 편리하게 사용할 수 있는 장점이 있지만 비수용성 절삭유에 비하여 절삭성능이 낮고 사용 시 거품과 미생물오염 등의 문제가 발생한다. 이를 방지하기 위하여 방부제, 부식방지제, 세정제 등 각종 화학물질들이 첨가된다[1,2].

조제된 수용성 절삭유는 광유, 기유 (base oil), 계면활성제의 함유량에 따라 각각 에멀전유, 반합성유, 합성유로 구분되며 사용된 후에 발생하는 폐절삭유는 별도의 처리가 필요한 산업폐기물로 분류되어 엄격한 규제를 받는다. 폐절삭유는 물리·화학적 전처리와 최종 생물학적 처리공정을 거쳐 처리하고 있지만 처리공정이 복잡하고 일정하지 않은 발생량, 슬러지 다량 발생, 낮은 제거율로 인하여 배출허용 기준에 부합되지 힘들어 처리에 어려움이 많은 것으로 보고되고 있다[3]. 그리고 절삭유에 존재하는 난분해성 유기물 (non-biodegradable organic compounds)이 물리·화학적 처리와 생물학적 처리공정을 거치면서 완전히 분해되지 않고 처리수에 잔존하여 방류되는 문제점도 잔존하고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 전기응집[4], 분리막 여과[5], 분리막 여과/이온교환[6], 분리막 여과/오존처리[7], 산화처리[8], 증발/탈기[9] 등의 단독 또는 혼합공정에 의한 폐절삭유의 물리·화학적 처리에 관한 연구들이 진행되어 왔지만 실제 현장에 광범위하게 적용되는 기술로는 발전하지 못하였다. 따라서 절삭유를 제조하는 업체에서는 폐절삭유의 분해가 촉진될 수 있도록 절삭유 조제에 필요한 물질을 생분해 성분으로 대체하여 소위 친환경성 절삭유를 개발하여 시판하고 있는데 실제 현장에 적용하기 위해서는 생물학적 처리능에 대한 사전평가가 이루어져야 한다.

연속회분식반응조 (Sequencing Batch Reactor, 이하 SBR)는 유입, 반응, 침전, 유출, 휴지 등의 단계가 단일 반응조 안에서 순환되며 수행되는 공정이다. 따라서 호기조의 활성슬러지 농도를 유지하기 위한 반송 슬러지나 침전조 등의 별도 공정이 필요하지 않아 소요되는 부지면적이 적고 소규모 운전이 가능하다. 그리고 유입수 성상에 따라 운전모드 변동이 가능하고 주기적인 호기성,

무산소, 혐기성 조건이 부여되어 질소와 인과 같은 영양염류의 제거가 가능하다는 장점을 가지고 있다[10]. 이와 같은 장점을 지닌 SBR 공정은 실험실 규모의 비교적 간단한 장치로 구성되어 생물학적 운전인자를 도출할 수 있는 실험 장치로 널리 사용되고 있다. 따라서 본 연구에서는 업체에서 개발되는 친환경성 절삭유의 생물학적 처리능을 사전에 평가하기 위해 SBR 공정을 적용하였다. 이를 위해 SBR 공정을 실험실 규모로 제작하여 친환경성 절삭유라는 제품으로 시판되고 있는 H사와 B사의 절삭유를 선택하여 SBR의 유입수로 사용하여 그 생분해능을 평가하였다.

## 2. 실험장치 및 실험방법

### 2.1 시료

H사와 B사에서 친환경성 절삭유라는 제품으로 시판되고 있는 절삭유를 기본시료로 하여 네 가지 종류의 시료를 조제하였다. 조제된 폐수를 SBR의 유입수로 사용하여 폐절삭유의 생분해능을 평가하였고 유입수의 종류는 표 1에 나타내었다.

[표 1] 유입수의 종류

유 입 수	제 조
H <sub>1</sub>	H사 절삭유 응집 처리 후 상등수
B <sub>1</sub>	B사 절삭유의 0.01v/v% 희석수
B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub> 응집 처리 후 상등수
B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub> + 합성폐수

[표 2] 합성폐수의 조성

조 성	농 도 (mg/L)
glucose	983.7
peptone	737.7
yeast extract	98.2
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	830.0
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	263.2
MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	196.7
MnSO <sub>4</sub> · 4H <sub>2</sub> O	17.7
FeCl <sub>3</sub> · 6H <sub>2</sub> O	1.0
CaCl <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O	19.7

H사의 절삭유는 전처리 과정으로 응집/응결 처리 (2.2 절 참조)한 후 SBR의 유입수 (H<sub>1</sub>)로 사용하였다. B사의 절삭유는 절삭원유를 0.01v/v% 농도로 희석한 희석수

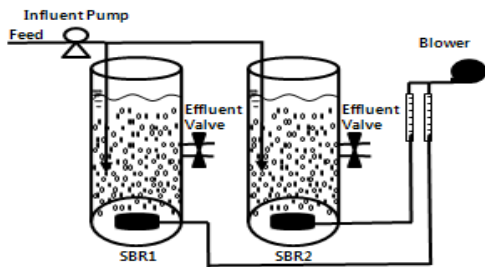
(B<sub>1</sub>)를 SBR의 유입수로 사용하였다. 또한 B<sub>1</sub>을 응집/응결 처리한 후 상등수 (B<sub>2</sub>)를 유입수로도 사용하였다. 실제 폐수처리 현장에서 적용되고 있는 폐절삭유와 오수의 합병 처리방법을 반영하기 위하여 표 2와 같은 조성을 가지고 있는 합성폐수를 인위적으로 조제한 후 B<sub>2</sub>와 혼합하여 SBR의 유입수 (B<sub>3</sub>)로 사용하였다.

## 2.2 응집/응결

절삭유를 사용하고 있는 또 다른 H사의 폐수처리장에서는 발생한 폐절삭유를 응집/응결 공정으로 전처리하여 생물학적 처리과정으로 보내 처리하고 있다. 따라서 본 연구에서도 폐절삭유를 응집/응결 전처리하여 SBR의 유입수로 사용하였다. Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, 즉, Alum을 응집제로 사용하였다. Alum (8%)을 시료의 pH가 4로 낮아질 때까지 주입하고 다시 pH 4에서 NaOH (3%)를 시료의 pH가 7.3-7.5로 될 때까지 주입하였다. 응집 과정은 jar-test를 통하여 이루어졌고 급속교반은 170rpm (3분), 완속교반은 70rpm (20분)으로 하였으며 침전시간은 30분으로 설정하여 실시하였다. 침전 후 상등수 (H<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>)를 SBR 공정의 유입수로 사용하였다.

## 2.3 SBR 운영

아크릴 재질의 원통형 SBR 반응기를 제작하여 생물 반응조로 사용하였다 (그림 1).



[그림 1] 연속식 회분 반응기 (SBR) 시스템

반응기 직경은 16cm, 높이는 50cm이다. 8L의 최대용량과 4L의 운전 용량을 가진 반응기 (2개)를 제작하였고 유출수의 원활한 배출을 위하여 반응기 중간 높이에 유출밸브를 설치하였다. 다공성 산기관을 반응기 하단에 설치하여 공기를 공급하였다. 유입, 반응, 침전, 유출의 4단계 SBR 공정을 1cycle (48hr)로 단계별 시간을 설정하여 운전하였다. 유입단계 (1hr)에서는 연동펌프 (Masterflex Pump System, cole-parmer, USA)를 이용하여 SBR1에는

유입수 H<sub>1</sub>을 유입하였고 SBR2에서는 유입수 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>을 순차적으로 유입하였다. 반응단계 (45.5hr)에는 하단에 설치된 다공성 산기관을 통하여 활성 슬러지의 산소 공급 및 교반을 목적으로 2L/min의 유량으로 공기를 공급하였다. 침전단계 (1hr)에는 공기공급을 중단하고 침전을 유도하였고 유출단계 (0.5hr)에는 유출밸브를 열어 유출수를 배출하였다. 이상의 운전조건을 표 3에 요약하였다. 반응기에 접촉될 슬러지는 현재 금속가공공정에서 절삭유를 사용하고 있는 H사 폐수처리장에서 채집한 활성 슬러지를 사용하였다.

[표 3] 운전조건

항 목	조 건
반응조 총 용량	8L
운전 용량	4L
수리학적 체류시간	48hr
F/M 비	0.01-0.11kgCOD/kgMLSS d
공기 유량	2L/min

## 2.4 분석방법

절삭유의 생물학적 처리능을 관찰하기 위하여 MLSS, COD<sub>Cr</sub>, BOD<sub>5</sub>, T-N, T-P를 분석항목으로 설정하여 측정 및 분석하였으며 분석방법은 표 4에 나타내었다.

[표 4] 분석방법

항 목	분석 장비 및 분석방법
MLSS	수질 공정 시험법
COD <sub>Cr</sub>	Spectrophotometer (DR-4000U. HACH) -Reactor Digestion Method
BOD <sub>5</sub>	수질 공정 시험법
T-N	Spectrophotometer (DR-4000U. HACH) -Persulfate Digestion Method
T-P	Spectrophotometer (DR-4000U. HACH) -Persulfate Digestion Method

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 MLSS 변화

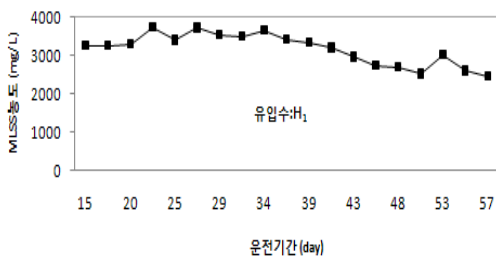
그림 2는 유입수 H<sub>1</sub>과 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>을 반응조에 유입한 후 운전시간에 따른 반응조 내 MLSS 농도의 변화를 비교한 것이다. 0.04-0.08kgCOD/kgMLSS · d의 F/M비에 맞추어 H<sub>1</sub>을 유입한 SBR1의 경우 그림2a, 60일의 운전기간 중 34일 이전에는 큰 변화가 없이 MLSS가 일정한 수준

으로 유지되는 것을 확인할 수 있지만 그 이후에는 서서히 감소하는 경향을 관찰할 수 있었다. 34일이 경과한 시점의 MLSS는 약 3,660mg/L이었고 운전종료 시점의 최종 MLSS는 약 2,450mg/L로 1,000mg/L 이상 감소하였는데 이는 활성슬러지 미생물이 기질로 받아들여 분해할 수 있는 생분해성 유기물이 점차 감소함에 따라 MLSS가 감소한 것으로 생각된다.

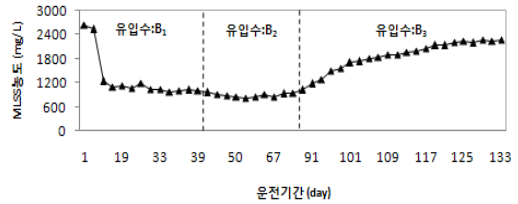
SBR2의 경우 그림2b, 초기에 B<sub>1</sub>을 유입하였으나 MLSS가 지속적으로 감소하였으며 약 2,500mg/L에서 시작된 MLSS는 운전시간이 경과함에 따라 급격히 감소하여 운전시간 40일이 경과한 후에는 MLSS가 약 900mg/L까지 감소하였다. 이후부터는 응집/응결 전처리한 후 상등수인 B<sub>2</sub>를 유입수로 사용하여 0.01-0.04kgCOD/kgMLSS · d의 F/M비에 맞추어 유입하였다. 추후 운전시간이 경과되면서 MLSS는 더 이상 감소하지 않았고 일정하게 유지되었다. 이는 운전초기에 난분해성 유기물의 저해작용으로 인하여 유기물 분해가 원활하지 못하였지만 이후에 응집/응결 전처리로 인해 어느 정도 난분해성 유기물이 제거됨에 따라 대사가 원활하게 이루어진 결과로 이해할 수 있다.

한편 합성폐수가 첨가된 B<sub>3</sub>을 유입한 이후에는 MLSS가 지속적으로 증가하였다. 운전 종료시점에서 최종 MLSS는 2,260mg/L까지 증가하였고 이 시점에서 F/M비는 0.09-0.11kgCOD/kgMLSS · d이었다.

이와 같이 높은 부하율로 운전할 수 있었던 이유는 공동대사작용 (cometabolism)으로 설명할 수 있다. 즉, 미생물에 의한 오염물질의 분해 과정에서 공동대사작용이 발생하는데, 이는 미생물 내의 효소가 미생물의 성장과 증식에 필요한 생분해성 1차 기질을 분해하면서 난분해성 유기물도 효소에 의해 화학적 변화 및 분해가 이루어지는 과정을 의미한다[11]. 이러한 원리에 의해 비교적 쉽게 분해될 수 있는 합성폐수의 첨가가 난분해성인 폐절삭유의 분해를 도울 수 있었던 것으로 이해할 수 있다.



(a)



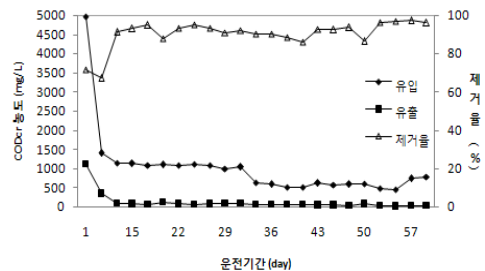
(b)

[그림 2] 운전시간에 따른 MLSS농도의 변화; (a) SBR1, (b) SBR2

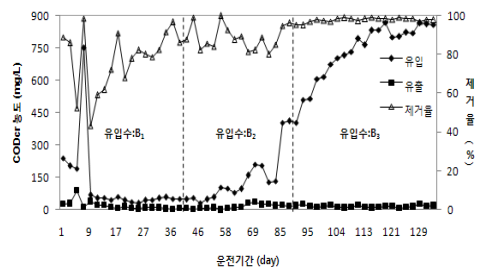
따라서 B<sub>3</sub>를 유입수로 이용하여 비교적 높은 F/M비로 운전할 수 있었던 이유는 합성폐수의 첨가로 인한 1차 기질의 분해속도 증가와 공동대사작용으로 인해 난분해성 물질인 폐절삭유가 합성폐수를 첨가하지 않았을 때보다 수월하게 분해되었기 때문이라고 생각된다.

### 3.2 COD<sub>Cr</sub> 분석

그림 3은 운전시간에 따른 유출수의 COD<sub>Cr</sub> 제거율을 비교한 것이다. H<sub>1</sub>을 유입수로 사용한 SBR1의 경우 그림 3a, F/M비는 0.04-0.08 kg COD/kg MLSS · d이었다. 운전초기에는 활성슬러지 미생물이 기질에 순응하는 과정으로 대사과정이 활발하지 않아서 비교적 낮은 COD<sub>Cr</sub> 제거율을 보였으나, 15일이 경과한 이후에는 85% 이상의 제거율을 보였다.



(a)



(b)

[그림 3] 운전시간에 따른 COD<sub>Cr</sub> 농도변화; (a) SBR1, (b) SBR2

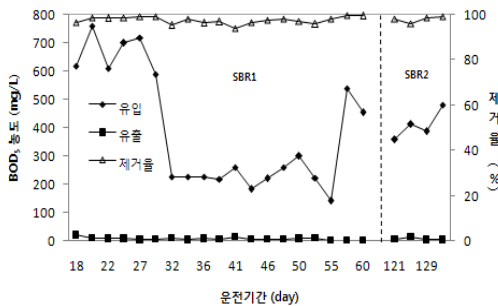
B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>를 유입수로 사용한 SBR2의 경우 그림3b의 F/M비는 0.01-0.11kgCOD/kgMLSS · d 이었다. 초기에는 B<sub>1</sub>의 COD<sub>Cr</sub>농도를 100mg/L으로 조절하여 F/M비를 0.01-0.02kgCOD/kgMLSS · d로 유지하였다. 이 때 COD<sub>Cr</sub> 제거율은 78% 이상을 나타내었다. 유입수가 B<sub>2</sub>인 경우 F/M비를0.01-0.04kgCOD/kgMLSS · d로 조절하여 유입하였을 경우 COD<sub>Cr</sub> 제거율은 85% 이상이었다.

이후 F/M비를 0.09-0.11kgCOD/kg MLSS · d로 조절하여 B<sub>3</sub>의 COD<sub>Cr</sub> 농도를 약 860mg/L 정도까지 증가시켜 유입하였을 때 98% 이상의 평균 COD<sub>Cr</sub> 제거율을 보였다.

### 3.3 BOD<sub>5</sub> 분석

그림 4는 생물학적 처리성능을 평가하는 지표로 사용되는 BOD<sub>5</sub>를 운전시간에 따라 측정한 결과이다. SBR1의 경우에 유출수의 BOD<sub>5</sub>는 큰 폭의 변화를 보이고 있지 않고 대부분 10mg/L 미만으로 관찰되었다.

SBR2의 경우 B<sub>3</sub>를 유입한 시점 이후에만 BOD<sub>5</sub>를 측정하였다. 유입수의 BOD<sub>5</sub> 농도에 따라 96.4-99.0% 의 높은 제거율이 관찰되었는데 이는 전술한 바와 같이 합성 폐수가 첨가됨에 따라 공동대사작용으로 인하여 미생물이 절삭유와 합성폐수를 기질로 받아들여 분해가 촉진되었기 때문이라고 생각된다.



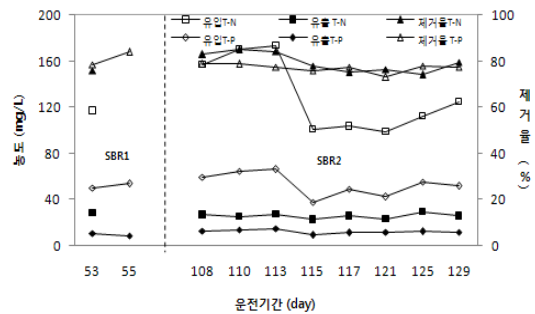
[그림 4] 운전시간에 따른 BOD<sub>5</sub> 농도변화

유출수 내에 잔존하는 난분해성 유기물의 비율을 알아보기 위해 유입수 H<sub>1</sub>과 B<sub>3</sub>가 반응조에서 생물학적 처리를 거친 후 유출되는 유출수의 COD<sub>Cr</sub>와 BOD<sub>5</sub> 농도를 이용하여 (COD<sub>Cr</sub>-BOD<sub>5</sub>)/COD<sub>Cr</sub> 비를 계산하였다. SBR1의 유출수는 평균 85%이었고 SBR2의 유출수는 평균 61%의 비율로 나타났다. 이는 유출수 내에 난분해성 유기물이 아직 상당부분 존재하고 있는 것으로 이해할 수 있다. 이는 폐절삭유의 공통된 특징으로 아직 친환경성 절삭유의 개발에 있어 개선할 여지가 많이 있음을 시사하고 있다.

폐절삭유의 처리에서 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 응집/응결 전처리 최적화, 생물반응조의 체류시간 증대, 막분리 (membrane process)나 흡착공정과 같은 추가적인 난분해성 유기물 고도처리 공정을 도입하는 형태로 보완된다면 난분해성 유기물의 효율적인 처리 및 처분이 이루어 질 것으로 생각된다.

### 3.4 T-N, T-P 분석

그림 5는 각각 반응조의 T-N, T-P 제거율을 나타낸 것으로 SBR1은 운전종료 시점 직전에, SBR2는 B<sub>2</sub>를 유입한 이후부터 운전종료 시점까지의 T-N, T-P 제거율을 관찰하였다. T-N, T-P의 평균 제거율이 SBR1은 각각 76%, 81%이었고, SBR2는 각각 80%, 76%로 나타났다. 표준 활성슬러지법에서는 질소 및 인의 처리효율 향상을 위해 추가적인 공정을 도입하고 있지만 본 SBR 공정에서는 휴지, 침전단계가 탈질과 인방출 과정이 일어나는 무산소조 및 혐기조 역할을 하기 때문에 더 높은 제거율을 나타낸 것으로 생각된다. 또한, 본 실험에서는 침전단계가 반응단계보다 매우 적은 시간으로 운전되었기에 침전단계의 운전시간을 증가시켜 적당한 운전조건을 맞추어 준다면 T-N, T-P의 제거율은 더욱 향상될 수 있을 것으로 생각된다.



[그림 5] 운전시간에 따른 T-N, T-P 농도변화

## 4. 결론

본 연구에서는 SBR 공정을 이용하여 H사와 B사에서 시판되는 친환경성 절삭유의 생물학적 처리능을 평가하였다. H사의 절삭유는 응집/응결 전처리하여 SBR1의 유입수로 사용하여 운전한 결과, COD<sub>Cr</sub>과 BOD<sub>5</sub>는 평균 90%, 97% 이상의 제거가 되었고, MLSS는 일정하게 유지되다가 점차 감소하는 경향이 관찰되었다. 하지만 난분해성 유기물이 평균 85%의 비율로 유출수에 잔존하고

있는 것을 확인할 수 있었다.

B사의 절삭유는 초기에는 B<sub>1</sub>을 SBR2에 유입수로 사용하여 생물학적으로 처리하였으나 지속적인 MLSS의 감소를 보였다. 이후 절삭유를 응집 처리한 B<sub>2</sub>를 유입하였을 때는 COD<sub>Cr</sub>의 평균 제거율은 85% 이상을 나타내었고 MLSS가 더 이상 감소하지 않고 일정하게 유지되었다. 그리고 생분해 가능한 합성폐수와 B<sub>2</sub>를 혼합한 B<sub>3</sub>을 유입수로 사용한 경우에는 COD<sub>Cr</sub>과 BOD<sub>5</sub>의 평균 제거율은 각각 98%, 97% 이상으로 관찰되었고 기질의 공동대사작용으로 인하여 MLSS가 지속적으로 증가하였다. 그러나 평균 61%의 난생분해성 유기물이 유출수에 상당부분 잔존하고 있는 것을 확인할 수 있었다. 이상의 결과로부터 폐절삭유 의 생물학적 처리능 평가를 SBR 공정을 이용하여 수행할 수 있음을 확인하였다.

### 참고문헌

[1] 김영운, 홍광민, 정근우, 반찬조, “미생물을 이용한 절삭유제의 부패성능 평가에 관한 연구”. 한국화학공학회지, Vol. 44, No. 4, pp. 350-355, November, 2006.

[2] 박동욱, 윤충식, 이송권, “절삭유(Metalworking Fluids)의 발암성에 대한 고찰”, 한국정밀공학회지, Vol. 20, No. 1, pp. 50-62, January, 2003.

[3] 임병란, 배시애, 임호주, 조창호, “생물활성탄을 이용한 절삭유로 오염된 지하수의 처리특성과 미생물군집 구조 해석”, 한국환경보건학회지, Vol. 32, No. 1, pp. 71-76, February, 2006.

[4] M. Kobya, C. Ciftci, M. Bayramoglu, M.T. Sensoy, "Study on the treatment of waste metal cutting fluids using electrocoagulation", Separation and Purification Technology, Vol. 60, No. 3, pp. 285-291, May, 2008.

[5] U. Daiminger, W. Nitsch, P. Plucinski, S. Hoffmann, "Novel techniques for oil/water separation", Journal of Membrane Science, Vol. 99, No. 2, pp. 197-203, February, 1995.

[6] Sheng H. Lim, Wen J. Lan, "Treatment of waste oil/water emulsion by ultrafiltration and ion exchange", Water Research, Vol. 32, No. 9, pp. 2680-2688, September, 1998.

[7] In-Soung Chang, Chang-Mo Chung, Seung-Ho Han, "Treatment of oily wastewater by ultrafiltration and ozone", Desalination, Vol. 133, No. 3, pp. 225-232, April, 2001.

[8] Juan R. Portela, J. López, E. Nebot, E. Martínez de la Ossa, "Elimination of cutting oil wastes by

promoted hydrothermal oxidation", Journal of Hazardous Materials, Vol. 88, No. 1, pp. 95-106, November, 2001.

[9] G. Libralato, A. Volpi Ghirardini, F. Avezzo, "Evaporation and air-stripping to assess and reduce ethanolamines toxicity in oily wastewater", Journal of Hazardous Materials, Vol. 153, No. 3, pp. 928-936, May, 2008.

[10] Metcalf & Eddy, "Wastewater Engineering-Treatment and Reuse", 4th edition, McGraw-Hill H. E., 2003.

[11] Daniel J. Arp, Chris M. Teager, Michael R. Hyman, "Molecular and cellular fundamentals of aerobic cometabolism of trichloroethylene", Biodegradation, Vol. 12, No. 2, pp. 81-103, March, 2001.

### 백 병 도(Byung-Do Baek)

[준회원]



- 2007년 2월 : 호서대학교 환경공학과 (공학사)
- 2007년 2월 ~ 현재 : 호서대학교 반도체/디스플레이공학과 석사과정

<관심분야>  
수처리, MBR

### 김 창 섭(Chang-Seop Kim)

[준회원]



- 2009년 2월 : 호서대학교 환경공학과 (공학사)
- 2009년 2월 ~ 현재 : 한국 kolmar 사원

<관심분야>  
수처리

김 준 영(Jun-young Kim)

[정회원]



- 2004년 8월 : 호서대학교 환경공학과 (공학사)
- 2006년 8월 : 호서대학교 환경공학과 (공학석사)
- 2007년 2월 ~ 현재 : 호서대학교 반도체/디스플레이공학과 박사과정

<관심분야>  
수처리, MBR

장 인 성(In-Soung Chang)

[정회원]



- 1990년 2월 : 서울대학교 공업화학과 (공학사)
- 1992년 2월 : 서울대학교 공업화학과 (공학석사)
- 1996년 2월 : 서울대학교 공업화학과 (공학박사)
- 1997년 2월 ~ 현재 : 호서대학교 환경공학과 교수

<관심분야>  
수처리, MBR, 청정기술