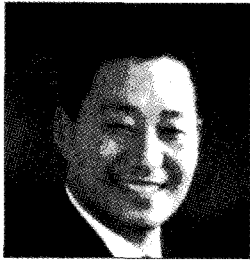


제지폐수 벌킹제어를 위한 미생물 적용 연구(하)



이성호
연합회 직전회장/정립환경C&C

목 차

I. 서론

II. 이론적인 고찰

1. 폐수의 특징
2. 미생물의 분류와 환경
3. 벌킹의 원인 및 종류
4. 벌킹의 진단 및 제어방법

III. 실험

1. 실험장치
2. 실험재료 및 방법
3. 결과 및 고찰

IV. 결론

III. 실험

1. 실험장치

실험장치 추가

2. 실험재료 및 방법

2.1 재 료

2.1.1 폐수 시료

경기도 소재 H제지회사에서 bulking의 현상이 발생되어 이를 대상폐수로 선정하였으며 대상 폐수의 폭기조 유입 수 수질은 BOD 101.5mg/L, COD 114.0mg/L, 폭기조 슬러지 부피(SV30)는 99%로 거의 침강되지 않은 상태였다.

또한, 방류수 수질을 BOD 10mg/L, COD 52mg/L로 처리 수질은 비교적 불량하였다.

2.2 실험 방법

2.2.1 Floc 형성 미생물 분리 및 동정

플록 형성 미생물의 분리를 위해 폐수처리장 활성오니를 균원시료로 하여 2% glucose를 첨가한 nutrient agar 배지 상에서 점질물을 내는 집락을 선별하였으며, 선별된

polymer 생성균주는 응집 침강 실험조건으로 플록형성을 비교 검토하였다.

먼저 무기성 입자로는 kaolin 5000mg/L를 증류수에 현탁시켜 급속교반하고, 선별된 polymer 생성균주 배양액을 0.1% 첨가하여 완속교반 후 플록의 침강성을 측정하였다. 유기성 입자로는 활성오니를 초음파 파쇄기와 homogenizer를 이용해 분쇄한 후, 현탁성 입자만을 회수하여 2000mg/L로 조정한 후 무기성입자와 같이 침강성을 측정하였다. 침강성은 플록이 형성되어 침강할 때 수면에서 슬러지 부피가 50%에 도달되는 시점을 침강속도로 환산하여 나타내었다.

최종 선별된 미생물의 동정은 전자 현미경(SEM)을 이용한 형태학적 관찰과 지방산 조성 분석 등의 생리 생화학적 특징을 Bergey's manual에 준하여 실시하였다.

활성 sludge의 flocculation 형성에 관한 초기모델은 zoogloeae 등이 사상체에 붙어 flocculation을 형성하는 것으로 설명되었으나 현재는 활성 sludge 내의 미생물이 생산하는 세포외 점성 고분자 물질이 세포응집과 flocculation형성의 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 점성 고분자 물질을 heteropolysaccharide로서 Ca, Mg 와 같은 양이온 성분이 플록 형성에 연결 고리 역할을 한다.

본 실험에서 활성sludge를 균원 시료로 한 polymer 생성 균주를 2% glucose 가 첨가된 nutrient agar 배지상에서 분리한 결과 18개 균주를 1차 선별하였고 이를 응집침강 실험을 통해 침강효율이 가장 높은 polymer 생성 균주를 flocculation 형성 미생물로 최종 선별하였다.

무기성 입자와 유기성 입자를 이용한 응집침강 실험 결과 flocculation 형성 균주 EBP1 처리구는 무기성 입자에서 0.12cm/sec, 유기성입자에서 0.11cm/sec로 대조구에 비해 5배 이상의 높은 침강 효율을 나타내었으며 이를 본 실험의 사용 균주로 선정하였다.

EBP1의 형태 및 생화학적 특징을 조사한 결과 Bacillus 속과 유사한 특징을 나타내었으며 이를 Bacillus sp. EBP-1으로 명명하였다.

2.2.2 Bulking 억제 실험

회분식 Pilot를 사용하여 활성슬러지 2500mg/L에 폭기조 유입수를 첨가하여 용량 1000mL로 설정하고 이를 30°C, DO 2~4mg/L 조건으로 대조구와 처리구의 처리 조건별 실험을 실시하였다.

산기관과 연속 주입장치를 설치한 연속식 Pilot를 이용하여 Working volume 2L, HRT 28hour, pH 7.0, Temp 30°C, DO 2~4mg/L로 각각 운전조건을 설정하였으며, MLSS는 2500mg/L(F/M ratio 0.2) 범위에서 운전하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 Bulking 원인균 동정

대상 폐수 폭기조 슬러지를 현미경으로 관찰한 결과 약간의 점 플록과 함께 사상성 세균이 우점하고 있었으며 현미경 배율을 확대하여 형태적 특성을 조사한 결과 Type 021N, 1701, 0041 등이 존재하고 있었으며 이중 Type 021N이 주 우점종으로 조사되었다.

본 조사 결과는 Richard 등(1985)과 Williams 등(1985)이 보고한 산업폐수 처리장에서 발견되는 사상성 세균으로 Type 0041, 1701, Haliscomenobacter hydrosis, Type 021N등이 주종을 이룬다는 결과와 유사하였으며 국내에서도 Jung 등(1995)이 조사한 사상세균은 Microthrix parvicella, Type 0041, 1701 등이 출현빈도가 높은 것으로 보고되어 있다. 산업 폐수 현장의 경우 폐수 발생 특성상 많은 유형의 다양한 물질이 포함되어 있고 운전 방법 또한 다양한 점을 감안하면 출현되는 사상성 세균도 다종 다양할 것으로 추측된다.

3.2 Bulking 억제 Pilot Test

Bulking 현상이 폐수처리현장에서 발생되었을 때 현장의 조치 사항으로 염소, 과산화 수소 등 산화제 처리에 의한 방법과 슬러지 침전 촉진을 위해 합성 고분자 응집제, 석회, 철염, 황산철 등을 폭기조에 직접 투입하는 방법을 사용하고 있다. 또한 DO 농도 조절, F/M 비 조절과 같이 운전 조절에 의해 Bulking 현상을 제어시키고 있으나 산화제 및 응결제 투입의 경우 일시적인 억제 효과를 나타내고 또한 운전조절로는 상당한 기간이 소요되는 문제를 내포하고 있다. 생물학적 처리 기작으로서 사상성 세균에 대한 용균기작을 가진 미생물을 이용하는 기술이 보고되어 있으나 실제 현장에 적용성을 가지는지는 알려져 있지 않다.

본 실험은 사상성 세균의 성장에 저해 기작을 가지고 있으며 응결제 역할을 하는 철 화합물을 첨가하는 방법과 사상성 세균의 대체 역할로서 플록 형성 세균을 첨가하는 방법을 병행하여 처리 수질에 영향을 미치지 않으면서 침강성을 개선시키는 실험을 회분식 pilot 와 연속식 pilot를 이용해 실시하였다.

Fig 5와 Fig 6은 적정 체류 시간과 적정 F/M 비를 알아보기 위해 폭기조 활성 sludge 와 Bacillus sp. EBP-1 균주의 첨가에 따른 처리 수질 변화를 COD로서 나타내었다.

폭기조 체류시간의 설정은 일반적으로 폭기조 미생물의 대수 증식 후기에 설정하고 있으며 본 실험 폐수의 경우 기초 폭기조 활성 sludge의 미생물 개체군의 대수 증식 후기는 36시간 정도이나 처리율에서의 최적화는 60시간으로 조사되었으며, 반면 flocc 형성 세균을 첨가하였을 때는 각각 24시간과 36시간으로 나타났다.

이와 같은 결과에서 flocc 형성 세균이 적정 농도로 유지되어 진다면 보다 짧은 체류시간에 적절한 처리 효율을 얻을 수 있을 것으로 추정 할 수 있다.

또한 bulking 발생 현장의 체류 시간인 48 시간을 기준으로 MLSS 양을 조절하여 적정 F/M 비를 조사한 결과 flocc 형성 미생물 첨가구와 기존 폭기조 활성 sludge 처리구 모두 F/M 비 0.2 정도 값이 최적인 것으로 조사되었다.

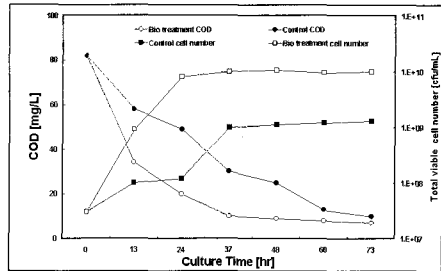


fig. 5 Variation of COD and viable cell number on the treatment of food wastewater

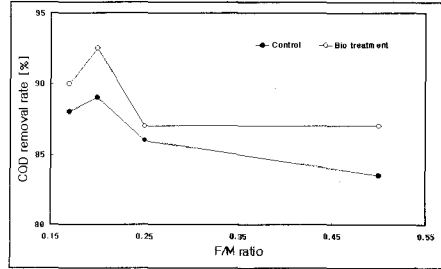


fig. 6 Variation of COD removal rate on each F/M ratio

철 화합물과 Flocc 형성 세균의 조합에 의한 활성슬러지 침강성을 조사한 결과 (Fig 7, Fig 8) FeCl₃에 비해 FeSO₄에 의한 조합에서 보다 효율적인 것으로 조사되었으며, 이 때 Flocc 형성 미생물의 최소 투입량은 200mg/L로 결정하였다.

연속식 pilot 실험은 회분식 실험 결과를 운전 조건에 반영하여 실시하였다.

대조구에는 현장 폭기조 활성슬러지와 FeSO₄ 100mg/L를 투입하였고, 실험구는 대조구에 flocc 형성

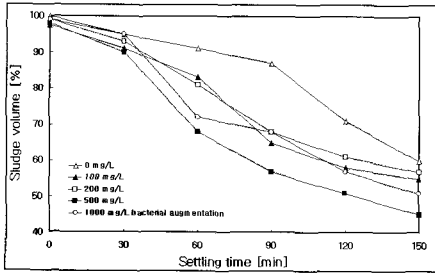


fig. 7 Effect of concentration of bacterial augmentation with $FeCl_3$ 100ng/L

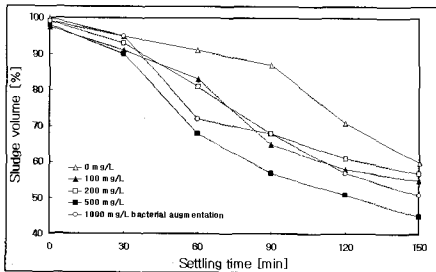


fig. 8 Effect of concentration of bacterial augmentation with $FeSO_4$ 100ng/L

세균 Bcillus sp. EBP-1 배양액을 200mg/L 투입한 반응조를 동일한 운전조건에서 비교 조사하였다.

$FeSO_4$ 와 flocc 형성 세균의 투입은 현장 적용 시 과다한 슬러지 발생우려 및 경제적 비용을 고려해 48~96시간으로 투입 간격을 조절하였다.

Fig 9와 Fig 10, 11, 12, 13에 나타난 결과는 연속 운전에서의 처리 수질의 변화와 침강성 변화를 조사한 결과이다.

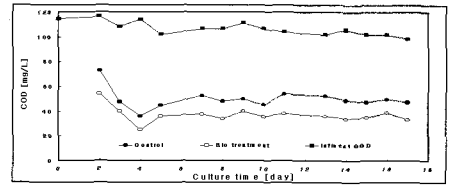
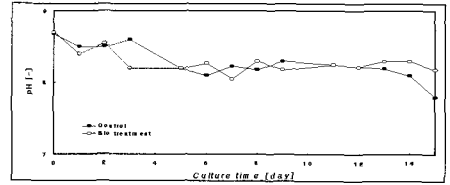
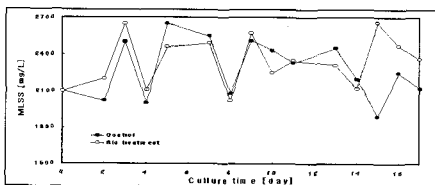


fig. 9 Continuous treatment in bench scale pilot of food wastewater

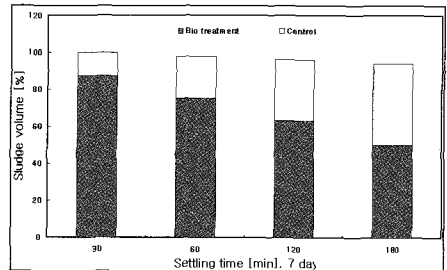


fig. 10 Variation of sludge volume on the bench scale pilot test

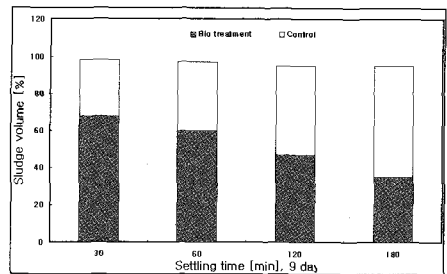


fig. 11 Variation of sludge volume on the bench scale pilot test

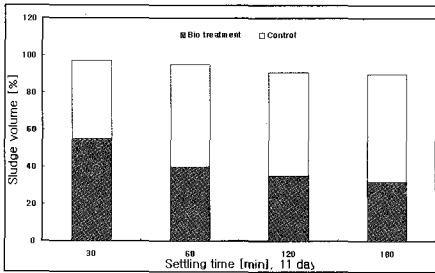


fig. 12 Variation of sludge volume on the bench scale pilot test

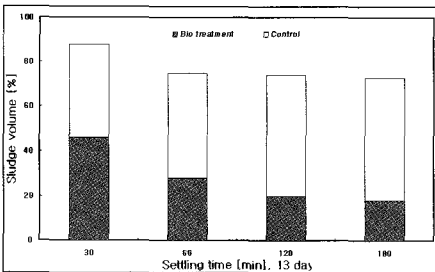


fig. 13 Variation of sludge volume on the bench scale pilot test

나타내었으며, 또한 침강성 조사에서 SV30의 경우 운전 초기에는 큰 변화가 없었으나 운전 7일차 이후 침강속도 차이가 나타나면서 운전 13일차에는 floc 형성 세균 처리구에서 50% 이하로 낮아져 처리 수질의 개선과 더불어 벌킹제어가 가능함을 나타내었다.

IV. 결론

플록 형성 미생물을 사용하여 실제로 벌킹이 발생한 제지폐수를 활성슬러지법으로 처리한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 벌킹 원인균으로는 Type 021N이 주 우점종으로 나타났다. 회분식, 연속식 pilot을 이용하여 실험한 결과 기초 폭기조 활성슬러지의 미생물 개체군의 대수 증식 후 최적화는 60시간으로 조사되었으며, 반면 floc 형성 세균을 첨가하였을 때는 각각 24시간과 36시간으로 나타났다.
2. 대상폐수의 연속 운전에서 처리수질의 변화를 조사한 결과, 침강성 조사에서 SV30의 경우 운전 7일차 이후 침강속도의 차이가 나타나면서 운전 13일차에는 floc형성 미생물 처리구에서 50%이하로 낮아졌다.
3. 유입수의 평균 COD 104.8mg/L에서 대조구 처리수의 경우 평균 COD는 52mg/L이었으나, floc형성 미생물 처리구의 처리수는 평균 35mg/L로 높은 처리효율이 나타나 회복시간 단축과 처리수질의 개선으로 벌킹 제어가 가능함을 나타내었다.



연속운전 결과 floc 형성 처리구의 MLSS의 양이 운전 14일차 이후부터 대조구에 비해 차이를 내며 증가하는 것을 나타내었으며, pH는 운전하는 동안 거의 비슷하게 pH 8에 근접하게 유지하는 것을 볼 수 있었다. 유입수 평균 COD는 104.8mg/L이었으며 대조구 처리수의 경우 평균 COD는 52mg/L, floc 형성 처리구의 처리수는 평균 COD 35mg/L로 floc 형성 세균 처리구에서 대조구에 비해 높은 처리 효율을