

## 생물학적 하 · 폐수처리 실제(5)

# - 거품, 스크의 발생과 실제

### 이 문 호

이호환경건설링 대표이사  
(한국과학기술원 생물공학 석사)

#### ■ 목차

1. 생물학적 폐수처리의 관리에 고려해야 할 사항
2. 산업폐수별 폐수특성과 처리에서의 문제점
3. 생물학적 폐수처리의 이상현상 발생과 결과
4. 별킹의 발생과 실제
5. 거품, 스크의 발생과 실제
6. 슬러지부상, 해체, 슬러지형성 불량 등의 문제

활성슬러지법의 운전에서 가장 심각한 문제를 야기하는 것은 미생물에 의한 거품과 스크의 발생이 아닌가 생각한다. 거품이 심하게 일어나면 폭기가 불가능하여(사진-1) 폐수



사진-1:방선균 증식에 의한 거품발생

처리가 어렵고 스크이 심하게 일어나게 되면 슬러지가 폭기조 수면에 전부 부상하게 되므로(사진-2) 역시 폐수처



사진-2:폭기를 중단했을 때 두꺼운 스크의 생성

리효율이 나타나지 않는다.

미생물에 의한 거품이나 스크의 발생이 심하게 되면 결국 폭기조내의 모든 장애미생물을 제거하는 수밖에 없으므로 폭기조의 슬러지를 전부 인발하고 새로이 seeding을 하는데까지 이르게 된다.

뿐만아니라 거품과 스크를 유발하는 미생물의 증식환경이나 증식제어에 대한 지식이 아직 불충분하다는 점이 문제 해결을 더욱 어렵게 만들고 있다.

다음에 몇가지 사례를 살펴보면서 거품,스�크의 원인과 결과를 알아보고자 한다.

## 1. 사례-1

## \* 처리공정

원수--->집수--->가압부상--->접촉포기--->침전--->방류

## \* 원수

제빵폐수

유량: 90m<sup>3</sup>/d

BOD: 800-1,000mg/l

## \* 집수조

용량: 160m<sup>3</sup>

## \* 폭기조

용량: 60m<sup>3</sup> x 4조=240m<sup>3</sup>

MLSS: 5,000mg/l

## \* 이상현상

- 다량의 거품 발생
- 폭기를 중단하면 폭기조 수면에 크림덩어리가 부상
- 침전조 갈색화 및 방류수 혼탁
- 케이크 생산량 증대로 폐수배출량 및 크림배출량이 증가함

위의 예는 식빵, 크림빵, 팔빵 등의 각종 빵류와 케이크를 생산하는 업체다. 따라서 제품 생산공정에서는 밀가루, 달걀, 설탕을 주된 원료로 사용하고 있으며 우유, 건포도, 과일 등 기타 재료도 사용한다. 어느 것이든 미생물에게 쉽게 이용될 수 있는 것들이며 미생물에게 좋은 영양분이 된다.

그러나 뭐라해도 제빵폐수의 가장 큰 특징은 지방성분이 다량 함유되어 있다는 점이다. 크림빵이나 케이크생산에서 많은 양의 지방이 폐수로 배출될 수 있다.

이러한 점을 고려해 폐수가 폭기조에 유입되기 전에 가압

부상처리를 거쳐 지방성분을 제거하지만 부하량이 많을 때는 지방이 완전하게 제거되지 못한다.

그리하여 위의 폐수처리장에서는 물론 다른 이유도 있을 수 있겠지만 이 지방 때문에 방선균 증식이 일반화되고 있다. 이상현상이 발생되지 않을 때라도 활성슬러지내에는 방선균이 현미경 관찰로서 확인될 정도로 항상 존재하는 걸 볼 수 있다.

방선균은 슬러지미생물보다 증식속도가 느리고 또 고온에서 잘 증식하므로 대체로 수온이 낮은 겨울철엔 방선균증식에 따른 거품이나 스크발생이 좀처럼 일어나지 않는다. 그럼에도 위의 경우에는 11월에 이상현상이 발생되었다.

크리스마스 때 케이크의 수요가 많으므로 11월부터 케이크의 생산량을 늘려가며 비축하기 시작한다고 한다.

그러니 자연히 폐수의 배출량 특히 이 경우엔 지방의 배출량이 증가하게 된다. 이것이 방선균의 증식을 촉진시킨 계기가 된 것으로 보인다.

폭기조에서는 다량의 거품이 발생되었고 폭기를 중단하면 폭기조 수면에 슬러지 스크와 함께 크림덩어리가 뭉쳐져 부상했다.

뿐만아니라 침전조 中央井에도 크림이 두꺼운 층을 형성할 정도로 떠 있었다. 그리고 무엇보다 중요한 것은 침전조가 갈색으로 변화되면서 유출수가 혼탁된다는 점이다.

그리하여 폭기처리 후 alum을 첨가함으로써 방류수의 혼탁문제는 해결이 되었다. 이렇게 하면서 폭기량 감소, 간헐포기, SRT감소를 위한 슬러지탈수 등 각종 대책을 시행했지만 폐수배출량의 증대(설계유량이상)로 방선균증식을 억제하는 데는 역부족이었다.

결국은 크리스마스가 지나고 폐수배출량이 적은 연휴기간 동안 슬러지 전면교체라는 대수술까지 갈 수밖에 없었다.

위의 예에서 볼 수 있듯이 지방이나 기름류가 많이 배출되는 처리장에서는 방선균증식의 가능성이 높다는 사실을 우리는 마음에 새겨야 할 것이다.

2. 사례-2

\* 처리과정

원수--->집수--->응집침전--->순산소포기--->침전--->응집침전--->방류

\* 원수

제지폐수

유량: 25,000m<sup>3</sup>/d

COD: 300mg/l(폭기조 유입수)

\* 폭기조

밀폐형 순산소포기

용량: 3,000m<sup>3</sup>(폭기조 3x3, 병렬)

MLSS: 3,000mg/l

DO: 6.5mg/l, pH: 6.4, 수온: 30~35℃

\* 이상현상

- 방류수가 매우 혼탁
- 방류수 COD 상승
- 침전조 갈색 및 슬러지 부유
- 스킴 발생

방선균 증식에 가장 좋은 환경을 제공해주는 것은 역시 제지폐수가 아닌가 생각된다. 처리수의 COD감소를 위해 SRT를 길게 운전하게 되고(폭기조 MLSS 고농도), 폭기조의 수온이 높고(30~35℃), 원수의 BOD가 그리 높지 않아 대체로 낮은 F/M비로 운전되고 있으며 폭기조의 DO가 높은 점 등이다.

그러나 위의 예에서는 방선균증식에 적합한 환경이 한 가지 더 보태지는 데 바로 pH이다. 순산소포기에서는 폭기조 내 pH가 거의 6.4~6.5로 안정화된다. 이것은 CO<sub>2</sub>의 용해에 기인하는 데 바로 이 pH 6.5가 방선균 증식의 최적 pH라는 점이다. 따라서 외국의 조사에 의하면 공기포기보다 순

산소포기에서 방선균증식이 더 빈번하였다고 한다.

방선균이 많이 증식하게 되면 방선균이 포함된 미세한 플러크가 침전조에서 잘 침강되지 않고 부유하므로 침전조가 갈색으로 보이며 미세한 플러크가 방류수로 유출되므로 SS, COD가 상승하게 된다.

3. 사례-3

\* 처리과정

원수--->집수--->폭기--->침전--->모래여과--->소독--->방류

\* 원수

오수(전자회사, 직원 4,000여명)

유량: 600~700m<sup>3</sup>/d

BOD: 150~200mg/l, CODMn: 150mg/l

\* 폭기조

용량: 1,200m<sup>3</sup>(폭기조 3개)

MLSS: 2,000~2,500mg/l

\* 이상현상

- 폭기조 수면에 갈색의 스킴
- 방류수 SS, COD 증가
- 침전조 갈색 및 슬러지 부유
- 방류수계에 거품 발생

방선균 증식에 있어서 오수나 하수도 예외가 아니다.

회사의 오수는 아파트 등의 오수와 다소 차이가 있다. 비교적 BOD가 더 높고 기름함유량이 더 많다. 이것은 회사오수에는 주방폐수의 함유비율이 높기 때문이다.

위의 예에서도 마찬가지다. BOD가 150~200mg/l로서 높은 편이고 집수조 수면에 기름띠가 보일정도로 기름함유도 높았다.

그러나 무엇보다 방선균 증식에 중요한 역할을 한 것은 SRT라고 볼 수 있다. 폭기조의 용량이 1,200m<sup>3</sup>으로서 HRT가 무려 2일이나 되고 있다. 일반 오수처리에서 HRT가 6시간정도인 것과 대비하면 긴 HRT이다. 이러한 조건에서 폭기조의 MLSS농도를 낮게 운전해야 할 상황인데 폭기조의 MLSS가 2,000~2,500mg/l이었다. 따라서 당연히 SRT가 매우 길게 될 수밖에 없다. 이런 조건이 된 데에는 원래 회사 전직원의 수가 8,000명이상이었는데 반이하로 줄어들면서 오수발생량도 반감한 결과이다.

오수발생량이 크게 줄어들었을 때를 감안하여 폭기조의 수를 줄여 운전할 수 있는 시스템이 되어 있었다면 좋았을 것을 폭기조 3개를 반드시 운전할 수밖에 없도록 시설이 되어 있는 것도 재량운전을 어렵게 하고 있다.

위의 예에서는 측면포기를 하므로 폭기조 한쪽편에는 다



사진-3:방선균 증식에 의한 스크생성

량의 스크이 생성된다(사진-3). 물론 폭기를 중단하면 폭기조 전면이 두꺼운 슬러지층으로 덮히게 된다.



사진-4:방선균 증식에 의한 거품발생(반송라인)

방선균이 대량 발생되므로서 반송라인에도 다량의 거품이 발생되어 넘치게 된다.(사진-4) 이처럼 조그만 낙차만 있어도 거품이 발생되는 데 특히 방선균이 증식한 처리장에서는 처리수가 하천에 유입될 때 수중보 등에 의한 낙차만 있으면 거품이 발생된다. 그리하여 모래여과를 거쳐 완벽하게 처리를 한다해도 방류수계에 거품이 발생되는 게 방선균 거품의 또 다른 문제점이다.

하수처리에서도 스크의 문제가 심각해질 수 있다. 하수처리장에서도 대체로 폭기조 측면에서 폭기를 하는 데 그 반

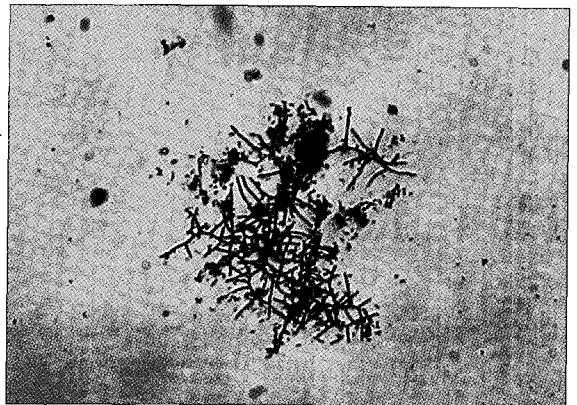


사진-5:방선균의 현미경 사진(위상차, 400배)

대편에 스크이 부상하는 경우가 있다. 그 부상슬러지에는 거의 방선균(사진-5)이 포함되어 있어 슬러지가 쫄처럼



사진-6:하수처리장의 부상슬러지

방선균은 슬러지속에 포함되어 있으므로 방선균만 선별적으로 죽이기는 더더욱 어렵다. 따라서 무엇보다 중요한 것은 슬러지의 현미경 관찰을 자주하면서 방선균의 우점화를 미연에 방지하는 것이다.

그러나 방선균 등 미생물에 의한 거품이나 스크발생의 빈도가 산업폐수는 물론이고 오수,하수까지 점점 증가하고 있다는 게 상황을 어렵게 만들고 있다. 관리자의 관심과 주의가 필요하다고 본다.

가라앉지 않는다. 비이커에 슬러지를 담아두었을 때 슬러지가 마를 때까지도 가라앉지 않는다(사진-6). 이것은 방선균이 증식하면서 생성하는 소수성물질 때문이다.

방선균외에도 하수처리장에서 거품과 스크문제를 일으키는 미생물에는 *Microthrix parvicella*가 있다. 이 균이 많이 증식하게 되면 폭기조 수면에 슬러지가 부상하여 슬러지층

이 자꾸만 두꺼워진다(사진-7). 폭기조내의 대부분의 슬러지가 수면에 부상하게 되면 슬러지미생물과 하수의 접촉이 이루어지지 않는다. 따라서 처리수의 수질이 매우 악화된다. 그렇다고 수면의 슬러지를 감압으로 모두 제거해버리면 F/M비가 급격하게 상승하게 되어 분산세균의 증식과 편모충류의 과다증식 등 2차적인 문제가 야기된다.

방선균이 활성슬러지미생물보다 증식속도가 느리다고는 하나 어떤 환경조건에서 일단 한번 우점화가 되면 좀처럼 제어하기가 어렵다는 게 문제이다.

방선균은 슬러지속에 포함되어 있으므로 방선균만 선별적으로 죽이기는 더더욱 어렵다. 따라서 무엇보다 중요한 것은 슬러지의 현미경 관찰을 자주하면서 방선균의 우점화를 미연에 방지하는 것이다.

그러나 방선균 등 미생물에 의한 거품이나 스크발생의 빈도가 산업폐수는 물론이고 오수·하수까지 점점 증가하고 있다는 게 상황을 어렵게 만들고 있다. 관리자의 관심과 주의가 필요하다고 본다.

다음호에 계속



사진-7: *Microthrix parvicella* 증식에 의한 스크발생

환경기술인연합회의 홈페이지 주소가 www.keef.or.kr로 변경되었습니다.