

잉여 미생물 오니에 의한 전처리약품 대체 효과

1. 서론

산업 폐수를 적절하게 처리하기 위해서는 1차, 2차, 3차 등 단계적 처리가 필수적이다. 일반적으로 전처리라고 일컬어지는 1차 처리 과정에서 오염물질 농도 저감을 위해 상당량의 약품이 응집, 중화제 등의 목적으로 사용되어, 이로 인한 약품비의 부담과 더불어 폐기물 처리 비용도 가중된다.

실제로 고농도, 난분해성 폐수에서는 1차 처리약품 비용이 전체 비용의 40% 이상을 차지하는 등 높은 비중을 점한다

또 다른 측면에서 최근 탈질에 대한 관심이 높아짐에 따라 여러 공법이 제시되고 있는데, 질소 화합물의 특성상 약품처리가 불가하고, 처리비용이 많이 드는 막분리, 활성탄 흡착법 등을 제외하면 궁극적으로 미생물처리를 채택할 수 밖에 없다

탈질 과정에서 질소화합물 처리를 위해서 일정 배수의 유기물이 필요한데, 금속가공, 도금산업 등 유기물의 농도가 극히 낮은 폐수에서는 별도 유기물을 투입하여야 탈질 처리가 가능하므로, 미생물에 의한 탈질 이전에 저렴한 처리 비용에 의한 질소 화합물 농도를 줄일 수 있는 방법이 절실히 요망된다.

이러한 문제 해결을 위해 최근에 개발되어 한국물환경학회, 대한상수도 학회 주관 2004년공동 춘계 학술 발표 및 포럼에서 발표되었고 특허 출원을 준비 중에 있는 기술을 소개하고자 한다. 또한 이해를 돕기 위하여 발표 논문 외에 다른 실험결과와 현장 운전 data를 첨부하였다.

2. 바실러스에 의한 미생물 처리 공법의 이해

신기술을 파악하기 위해서는 바실러스에 의한 미생물 처리 공법의 이해가 선행되어야 한다.

주지하는 바와 같이 바실러스는 박테리아종에 속하는 막대 모양의 미생물로 사상균으로 알려져 왔다.

처리 효율이 우수하나 침전지에서 고액분리가 쉽지 않아 수처리 공정에 이용할 수 없었으나, 운전 조건 변경에 의해 문제를 해결할 수 있게 되어, 최근에는 바실러스에 의한 수처리 공법을 채택하는 사업장이 증가하고 있는 실정이다.

바실러스 공법의 특징을 열거하면 다음과 같다.

첫째, 활성오니법에서는 용존산소 농도를 2 mg/l 이하로 유지하나 바실러스 공법에서는 1 mg/l이하로 유지함으로써 Energy 비용을 대폭 절감할 수 있다.

둘째, 폭기조내 미생물 농도를 높게 유지할 수 있어 유량, 농도 변화에 의한 충격에 적응력이 높고 처리 효율도 우수하다.

셋째, 바실러스의 특성상 생활 환경의 급격한 변화가 있으면 포자를 생성하였다가 환경이 호전되면 재발아하여 활동하므로 독성 물질, 온도 변화에 대처할 수 있다.

넷째, 일반 대사 과정에서 질소 화합물 동시에 제거할 수 있지만, 활성 오니법에서 질소 화합물을 제거하기 위해서는 별도로 무산소조, 탈질조를 운영하여야 한다.

다섯째, 암모니아, 황화수소, 메르캅틴 등 악취 물질을 바실러스가 섭취하므로 별도의 탈취시설이 필요하지 않다.

여섯째, MLSS 농도를 높일 수 있어 잉여 슬러지 발생

량이 적으며 탈수 효율이 양호하여 슬러지 케이크를 20~30% 줄일 수 있다.

전술한 바와 같이 바실러스의 우수한 분해능력은 활성 오니의 경우와 달리 증식과정에서 강력한 가수 분해 효소인 catase와 superoxidedismutase를 분비하여 난분해성 유기물의 제거효율을 상승시킨다.

또한 포자 형성과정에서 levan과 dertran 등이 주성분인 carbohydrate 그리고 polypeptide 결합의 capsule을 생성하는데, 이러한 성질을 이용하여 잉여오니를 응집반응에 투입하면 전처리 약품과 대등한 효과를 얻을 수 있다.

3. 하수 처리 시설에서 미생물의 흡착효과 비교

3-1. 실험조건

- 대상시료: 서울 중랑 하수 처리장에 유입되는 하수
- 응집 실험용 미생물 농도: 활성 오니, 바실러스 공히 2,160 mg/l
- 유입수 COD 농도: 310 mg/l

3-2. 실험결과

표-1. 미생물과 시간변화에 따른 응집처리 효과

단위: COD mg/l

시간	시료	활성오니 투입	바실러스 투입
0분		260	260
1분		250	240
5분		250	170
10분		250	130
20분		240	120
30분		240	110
1시간		230	110
2시간		230	110

전기 실험 결과를 보아 활성오니에 의한 응집 처리 효과는 시간이 경과함에 따라 큰 변화가 없으나 바실러스의 경우 20~30분만 경과하면 응집처리 효율이 50% 이상으로 나타났다.

4. 난분해성 유기물에서 미생물의 흡착효과 비교

4-1. 실험조건

- 대상시료: 탄닌산을 COD 300 mg/l로 조정
- 응집 실험용 미생물 농도: 활성 오니, 바실러스 공히 1,580 mg/l

4-2. 실험결과

표-2. 미생물과 시간변화에 따른 응집처리 효과

단위: COD mg/l

시간	시료	활성오니 투입	바실러스 투입
0분		290	290
1분		270	280
5분		260	150
10분		260	120
20분		250	110
30분		250	110
1시간		240	100
2시간		230	100

반응시간 30분을 기준으로 할 때 활성 오니에 의한 처리 효율은 17% 이내지만 바실러스에 의한 처리 효율은 63%를 초과한다.

5. 난분해성 유기물 농도에 따른 흡착효과 및 흡착 모델

5-1. 실험목적

난분해성인 탄닌산을 대상으로 흡착에 의한 처리 효율을 기존 흡착이론에 대비하여 흡착 곡선을 산출함

5-2. 실험조건

- 바실러스 시료의 MLSS 농도: 2,089.82 mg/l
- 탄닌산의 투입농도: 50, 100, 200, 300, 500, 700 mg/l
- 바실러스 시료와 탄닌산의 투입비율: 7:3

5-3. 실험결과

표-3. 탄닌산 농도변화에 따른 응집처리 효과

단위: COD mg/l

탄닌산 투입 농도 (mg/l)	잔존 COD (mg/l)	제거 COD (mg/l)	ln(c)	ln(x/m)	c/(x/m)
50	5	45	1.6094	3.0696	0.2322
100	10	90	2.3026	3.7627	0.2322
200	40	160	3.6889	4.3381	0.5225
300	100	200	4.6052	4.5612	1.045
500	245	255	5.5013	4.8042	2.008
700	370	330	5.9135	5.062	2.3433

m: 시료의 MLSS mg/l,

c: 잔존 COD

x: 제거된 COD

5-4. 흡착모델 식 계산

-Freundlich 등온식

$$\frac{x}{m} = kc^{1/n}$$

$$\ln\left(\frac{x}{m}\right) = \ln k + \frac{1}{n} \ln c$$

표-3 Data를 대입하면

$$\frac{x}{m} = 13.9182c^{0.24108}$$

-Langmuir의 등온식

$$\frac{x}{m} = \frac{abc}{1+bc}$$

$$\frac{c}{x} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a}c$$

표-3 Data를 대입하면

$$\frac{x}{m} = \frac{3.5398c}{1 + 0.02159c}$$

흡착곡선을 계산하려면 상관관계 도표를 작성하여야 하나 본 보고서에서는 생략하였는데, 2개의 흡착이론에 적합한 결과식을 얻을 수 있었다.

6. 난분해성 폐수의 응집처리

6-1. 대상시료

경남온산소재 L사 제약 및 농약 혼합 폐수

시료의 COD cr: 43,000 mg/l

6-2. 바실러스 혼합비율

-Case 1 → 바실러스:대상시료 = 7:3

-Case 2 → 바실러스:대상시료 = 6:4

-Case 3 → 바실러스:대상시료 = 5:5

6-3. 실험결과

표-4. MLSS 농도에 따른 난분해성 폐수의 처리 효과

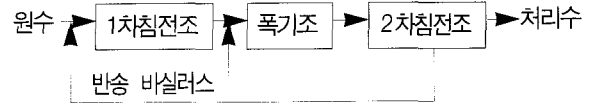
구분	MLSS 농도	반응전 COD cr	반응후 COD cr	제거율	제거 COD cr/MLSS	
Case 1	1	3,187mg/l	12,900mg/l	7,000mg/l	45.7%	1.85
	2	3,187mg/l	12,900mg/l	7,200mg/l	44.2%	1.79
	AV	3,187mg/l	12,900mg/l	7,100mg/l	45.0%	1.82
Case 2	1	6,423mg/l	17,200mg/l	10,800mg/l	37.2%	1.00
	2	6,423mg/l	17,200mg/l	12,800mg/l	25.6%	0.69
	AV	6,423mg/l	17,200mg/l	11,800mg/l	31.4%	0.85
Case 3	1	7,864mg/l	21,500mg/l	11,400mg/l	47.0%	1.28
	2	7,864mg/l	21,500mg/l	9,600mg/l	55.3%	1.55
	AV	7,864mg/l	21,500mg/l	10,500mg/l	51.2%	1.42

7. 바실러스 흡착 실제 운전 Data

7-2. System 구성

7-1. 소재지

일본 치바현 나라시노시 쓰다누마 하수처리장 20,000 m³/day 처리 규모



7-3. 운전 Data

월	구분	일차	1	6	11	16	21	26	평균
4		1차유입 (mg/l)	115.0	143.0	95.8	65.6	84.1	133.0	115.1
		1차유출 (mg/l)	51.9	25.0	44.7	39.4	35.0	44.5	44.1
		제거율 (%)	54.9	82.5	53.3	39.9	58.4	66.5	55.2
5		1차유입 (mg/l)	128.0	96.7	196.0	69.6	53.7	125.0	141.0
		1차유출 (mg/l)	47.9	42.1	40.0	25.8	28.5	45.7	41.7
		제거율 (%)	62.6	56.5	79.6	62.9	46.9	63.4	67.7
6		1차유입 (mg/l)	76.6	143.0	108.0	126.0	151.0	60.0	120.9
		1차유출 (mg/l)	33.1	33.3	47.6	47.3	63.0	44.4	49.2
		제거율 (%)	56.8	76.7	55.9	62.5	58.3	26.0	56.0
7		1차유입 (mg/l)	115.0	143.0	95.8	65.6	84.1	133.0	115.1
		1차유출 (mg/l)	51.9	25.0	44.7	39.4	35.0	44.5	44.1
		제거율 (%)	54.9	82.5	53.3	39.9	58.4	66.5	55.2
8		1차유입 (mg/l)	128.0	96.7	196.0	69.6	53.7	125.0	141.0
		1차유출 (mg/l)	47.9	42.1	40.0	25.8	28.5	45.7	41.7
		제거율 (%)	62.6	56.5	79.6	62.9	46.9	63.4	67.7
9		1차유입 (mg/l)	76.6	143.0	108.0	126.0	151.0	60.0	120.9
		1차유출 (mg/l)	33.1	33.3	47.6	47.3	63.0	44.4	49.2
		제거율 (%)	56.8	76.7	55.9	62.5	58.3	26.0	56.0
10		1차유입 (mg/l)	115.0	143.0	95.8	65.6	84.1	133.0	115.1
		1차유출 (mg/l)	51.9	25.0	44.7	39.4	35.0	44.5	44.1
		제거율 (%)	54.9	82.5	53.3	39.9	58.4	66.5	55.2
11		1차유입 (mg/l)	128.0	96.7	196.0	69.6	53.7	125.0	141.0
		1차유출 (mg/l)	47.9	42.1	40.0	25.8	28.5	45.7	41.7
		제거율 (%)	62.6	56.5	79.6	62.9	46.9	63.4	67.7
12		1차유입 (mg/l)	76.6	143.0	108.0	126.0	151.0	60.0	120.9
		1차유출 (mg/l)	33.1	33.3	47.6	47.3	63.0	44.4	49.2
		제거율 (%)	56.8	76.7	55.9	62.5	58.3	26.0	56.0

-1차 유출, 1차 유입은 1차 침전조를 의미하며 COD 농도를 표시한 것임

-4~12월간 매일 Data가 있으나 5일마다 Data만 표시하였고 평균치는 월간평균값임

8. 결론

산업의 고도화와 더불어 무한경쟁에 돌입한 시점에서 환경산업에서도 원가 절감이 절실히 요망된다.

일본의 하수 처리장에서 우연히 접하게 된 바실러스의 흡착기술은 현재 환경기술보다 진일보한 기술로 보여지며, 산업현장에 적용한다면, 적용하는 순간부터 비용절감에 크게 기여할 것으로 기대된다. 또한 금속 가공산업에서 발생하는 질산성 질소제거에 본 흡착기술과 바실러스 처리공법을 연결처리한다면 기술면에서나 비용적인 측면에서 타기술보다 월등할 것으로 보아진다. 다만 적용하는 폐수의 성상에 따라 최적 반응 비율과 최고의 제거효율을 별도로 시험하여 결정되어야 하겠다.

참고문헌

1. 한국물환경학회, 대한상하수도학회 공동 춘계 학술 발표회 논문집 (2004년, 김응호, 조연제, 임수빈, 신홍경)

2. 일본 치바현 노라시노시 쓰다누마 하수처리장 운전 data 등

▶ 저자: 이복춘

- 환경(수질) 기술사, 화공(고분자 제품) 기술사
- 인천환경기술개발센터 홈닥터, 엔바이오테크 주식회사 고문

문의처: 엔바이오테크 주식회사

TEL : (02) 804-1791~2 / FAX : (02) 804-1793

회 고

무료 “현장 애로사항 지도사업” 실시 안내

연합회는 중소기업청 지원하에 중소기업에서의 현장 애로사항을 해소해 경쟁력을 확보할 수 있도록 “현장 애로사항 지도사업”을 실시합니다. 회원사들이 보다 쉽게 이용할 수 있도록 도와드리니 많은 이용 바랍니다.

[연합회 지원부분]

- ① 정부지원금 75%, 업체부담 25% (업체부담금 전액 추후 환급)
- ② 제출서류 작성관련 상담 및 보고서 일체 작성 대행
- ③ 전문기술위원으로 구성 지도사업의 신뢰성 및 효율성 제고
- ④ 사후 AS 보장

* 자세한 문의로는 연합회 교육컨설팅 사업부 852-2291, 이양례(016-308-5888) / 홈페이지 www.keef.or.kr

정부·연합회 지원 ‘해외유명규격 인증획득 지원’ 사업 안내

소재, 부품, 제품 등을 연구, 개발·제조하는 중소기업으로서 품질향상 및 수출 활성화에 필요한 해외유명규격·인증획득을 중소기업청 지원하에 연합회에서 쉽게 할 수 있도록 도와드립니다.

* 자세한 사항은 연합회 홈페이지(www.keef.or.kr) 참조 * 상담 : (02)852-2291 연합회 컨설팅 교육사업부