

신기술(NT), 특히 생물학적 미생물 배양기 「SKYCLEAN」

(주)SK케미칼
이학박사 최기승 선임연구원

I. 서론

폐수의 처리방법에는 여러 물리·화학적 방법과 생물학적 방법이 있다. 이 중 물리·화학적 방법은 비용이 많이 들뿐만 아니라 처리 후의 생성물을 재처리해야 하는 단점이 있는 반면에 생물학적 방법은 상당량의 유기물 성분을 이산화탄소의 형태로 분해 및 안정시키거나 메탄가스를 생성시켜 폐수내 유기물을 제거시킴으로써 처리 후 생성물의 양이 비교적 적게 된다.

생물학적 처리방법은 주로 미생물을 이용하여 폐수내의 오염물질을 분해, 해독 및 분리시키는 것으로서, 도시 생활 하수의 2차 처리, 유기물을 함유한 공장폐수 및 이로부터 생성되는 슬러지의 처리에 주로 사용되며 비교적 저렴한 경비와 다양한 공정 등으로 세계적으로 가장 널리 사용되고 있는 폐수 처리 방법이다.

생물학적 방법은 산소의 이용 유무에 따라 호기성 처리와 혐기성 처리로 나뉘며, 호기성 처리에는 활성슬러지법, 살수 여상법, 회전판법, 산화지법 등이 있고, 혐기성 처리에는 혐기성 소화법, 정화조법 등이 있다.

II. 활성오니법과 미생물

상기 호기성 처리법에서 가장 대표적인 방법은 활성 오니법으로 이 방법은 폭기조(aeration tank) 내에서 유기물을 함유한 폐수에 공기를 주입하면 폐수 속에 존재하는 미생물의 호기성 대사에 의해 유기물이 이산화탄소와 물로 분해되고 미생물량이 증가하여 오·폐수 중의 유기물을 분해 제거하는 방법이다. 활성 오니법을 이용한 오·폐수의 처리 공정을 요약하면, 우선 유입수를 원 폐수저조에서 수량 및 pH를 조절해 침전하기 쉬운 부유물을 제거한 다음, 연속적으로 폭기조에 도입한다.

여기에서 호기성 미생물을 유동상태에서 폭기 시키면 오·폐수중의 유기물은 산화 분해되어 제거된다.

그리고 나서 폭기조의 혼합액을 연속적으로 최종 침전조에서 도입해 처리수에 포함되어 있는 플록상의 활성 오니를 침강 분리시켜 그 일부를 반응 활성 오니 라인을 통하여 폭기조로 반응하고 다른 일부는 잉여 오니로서 탈수처리 및 처분하며 침전조의 상등수를 최종적으로 소독하여 방류하는 공정으로 이루어져 있다.

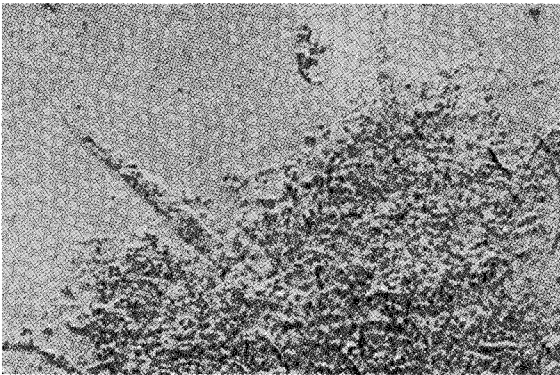
이때 생물학적 처리 장치의 핵심 역할을 하는 폭기조는 주로 콘크리트 구조물로 만들어진 반응기로서, 그 내부에 활성 오니라고 불리는 미생물 덩어리를 담고 있으며, 이들 미생물은 세균류, 진균류, 원생 동물 및 후생 동물의 각기

다른 개체군의 미생물에 의해서 구성되는 혼합 배양 체로서 폐수 중에 녹아있는 용존 산소를 이용하여 증식하면서 유기성 오염 물질을 영양 성분으로 이용하여 유기성 오염 물질을 분해 제거함으로써 오·폐수를 정화시킨다.

오·폐수중에 포함되어 있는 용해성 유기물들은 세균이나 균류등에 의해서 직접 섭취되지만 미소 동물은 이들 유기물을 영양원으로 할 수 없기 때문에 폐수의 정화는 세균등의 부생 영양성의 미생물의 주역이라 생각되고 있다.

활성 오니는 200 ~ 1000 μm의 부정형의 덩어리이며 주로 세균이 응집된 것이다.

이 플럭의 주변에 미소동물 등이 부착하고 있는 형태이다.



(플럭의 현미경 사진 X 400)

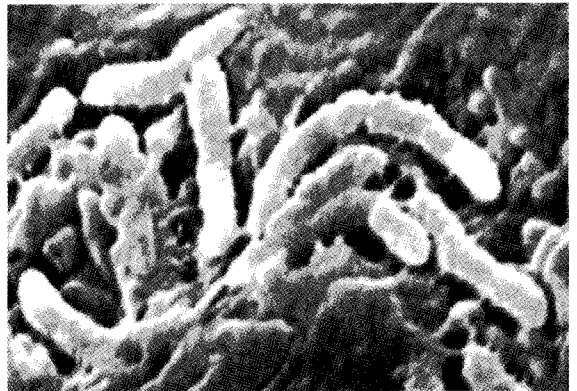
폭기조에서 유기물의 미생물에 의한 산화는 이 과정에서 수 많은 미생물을 증식하게 하면서 폭기조에서는 유기물 처리 기간동안 생태학적인 천이가 일어나게 된다

전술한 바와 같이 일반적으로 오·폐수중의 유기물은 이들을 먹이로 하여 증식하는 종속 영양성 세균에 의해 제거되어지게 되고 유기물의 농도 감소 및 세균수의 증식에 따라 이들 세균을 먹이로 하는 원생동물이 증식되는 과정을 거치면서 플럭이 생성되게 되는 것이다.

플럭의 생성은 미생물이 증가되고 질소의 농도가 제한되면서 미생물에서 분비하는 세포 외 고분자물질의 분비가

증가 되면서 생성되는 것으로 알려지고 있다.

플럭을 전자 현미경으로 관찰하면 세균과 세균의 세포사이를 고분자 물질이 연결 (Bridge)하면서 플럭을 생성함으로써 플럭이 형성되면서 세균이 개별적으로 존재할 때 지녔던 콜로이드의 안정성을 잃게 되어 플럭이 형성된 이후의 폭기조의 혼합액을 정지하면 상징액과 활성오니가 분리되게 되는 것이다.



(플럭 중 세균 및 세균이 분비하는 세포 외 고분자 물질)

이 때 폭기조의 유기물의 종류 및 이들의 부하에 따라 활성오니를 구성하는 미생물 상이 다르게 되며 이러한 오·폐수 중 가장 유기물 부하가 높은 폭기조의 폭기액 내에는 활성이 강한 세균들이 존재하게 된다.

활성오니에 주로 출현하는 주요한 미생물은 세균 및 원생동물이나, 처리되는 유기물의 종류에 따라서는 균류나 미소 후생동물이 나타나는 것도 있다.

활성오니법에서는 다양한 미생물이 폐수와 함께 폭기되어 유동하고 있으므로 증식속도가 작은 미생물은 폭기조에서 증식되지 못한 채 씻겨 흘러나가게 된다.

III. 오·폐수처리용 미생물 처리제

오·폐수처리용 미생물 처리제란 활성오니를 이용한 생물학적 오·폐수처리에 폭기조 내에 인위적으로 첨가되

어, 오·폐수 중의 물질이나 난분해성 물질의 분해를 촉진시켜 생물학적 산소요구량(BOD), 화학적 산소요구량(COD) 및 부유물질(Suspended solid: SS) 농도를 감소시켜 주는 처리제를 말한다.

일반적으로 산업 폐수 처리장의 경우 생산성의 증가 및 생산품목의 다양화에 따라 폐수의 변동폭이 커져 폭기조 내의 미생물이 수용할 수 있는 적정 처리 용량을 초과하거나 새로운 유기물로 인해 부하를 받는 일이 수시로 발생되며 이로 인해 처리 효율이 저하되고 방류 기준을 초과하는 일이 발생된다. 이러한 일이 발생될 때 인위적으로 분해능이 높은 미생물을 투입하면 원상 회복기간을 단축시켜줄 수 있는데 이것이 미생물 제제의 가장 큰 역할이라 할 수 있다.

폭기조에는 다양한 종류의 세균 및 원생 동물이 서식하고 있으며 분해 시켜야 하는 오염 물질의 종류 또한 다양하다.

이러한 처리 장치에서 분해 효율을 증가 시키기 위해서는 무엇보다도 제품내 각 오염물질에 대한 분해능이 우수한 미생물을 다량으로 함유하고 있어야 하며, 오염 물질의 종류 따라 그에 적응된 세균을 함유하고 있어야 한다. 따라서 폐수의 종류에 따른 분해 효율이 좋은 세균의 탐색, 이들의 보존 및 분리된 균주의 폭기조 내에서의 신속한 활성이 제품의 품질에 중요한 역할을 하며, 각각의 오염물질의 종류에 적합하며 상술한 조건을 갖춘 미생물 제제라야 폐수 처리 효율을 상승 시킬수 있으며 이러한 의미에서 Customer Formulation의 개념이 미생물 제제의 제조에 도입되어야 할 것이다.

현재 시판되고 있는 오·폐수처리용 미생물 처리제는 제품의 형태에 따라 고체형과 액체형으로 나눌 수 있다.

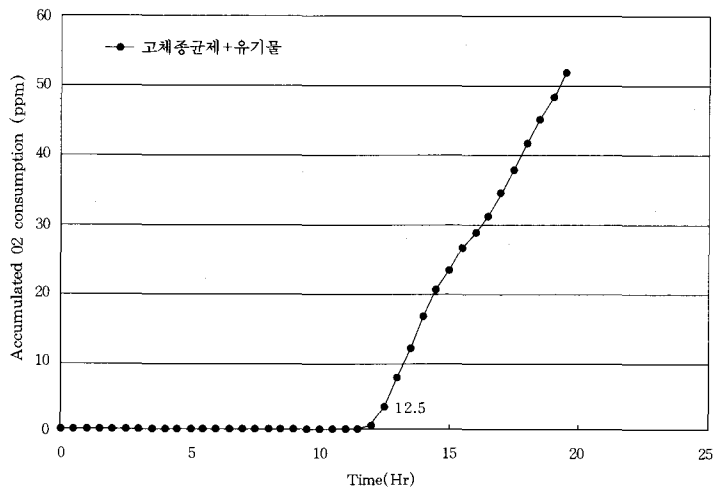
고체형 미생물 처리제는 분리된 미생물을 농축 배양한 후, 곡물원료 배지에 접종하여 고체배양하고 열풍 건조한 후 파쇄 과정을 거쳐 제품화하거나, 종균을 액체 배양하고 동결 건조시킨 후에 벗집, 쌀겨, 톱밥 또는 낙엽 등의 곡물 원료와 혼합하여 제품화한다.

일부의 경우에는 액체 배양액에 계면활성제와 글리세롤(Glycerol)을 첨가하여 분무건조(Spray dry)한 후에 제품화 하기도 한다.

액체형 미생물 처리제는 분리된 미생물을 액상으로 농축 배양한 후, 실리콘 오일 및 비이온성 계면활성제를 투입하여 제품화하는 방법 등을 사용하고 있다.

일반적으로 열풍건조, 동결건조 및 분무건조 등을 통해 제조된 고체형 미생물 처리제는 보존성이 우수하고 제품의 변질우려가 없는 장점을 지닌 데 반해, 오·폐수처리시 유효 미생물이 활성화되는데 소요되는 시간이 길다는 단점을 지니고 있으며, 이는 Respirometer를 이용하여 세균의 증식이 좋은 물리, 화학적 조건에서, 일반 세균의 이용이 용이한 유기물을 0.1% w/v 투입한 후 시판되고 있는 고체형 종균제 내의 미생물 활성에 소요되는 시간을 측

유기물(Peptone 1%) 존재하의 고체 종균제內 미생물 활성소요시간



정한 실험 결과에서도 10시간 이상이 소요되는 결과를 본 결과를 통해서도 어느 정도 예측할 수 있다.

액체형 미생물 처리제는 고체형 미생물 처리제와는 반대로 미생물 활성화에 소요되는 시간이 비교적 짧는데 반해 보존기간이 짧고, 변질되기 쉬운 단점을 가지고 있다.

IV. 미생물의 생육에 영향을 미치는 환경요인

미생물의 생육에 영향을 미치는 요인으로는 온도와 같은 물리적 요인과 수분, pH 및 산소등과 같은 화학적 요인이 작용한다.

(1) 온도

보통 미생물의 생육 한계는 0 ~ 75℃이지만 각각의 미생물에는 생육의 최저, 최적 및 최고 온도가 있다.

생육 최적온도가 18℃ 인 균을 호냉균 또는 저온균이라고 하고 25 ~ 40℃ 인 균을 중온균, 45℃나 그 이상의 온도에서 서식하는 균을 고온균이라 하며 대부분의 미생물은 중온균에 속한다.

생육 온도를 높인다고 하는 것은 균이 갖고있는 효소반응의 속도를 빠르게 하여 균체 합성속도를 높이는 것이지만 일정 온도가 지나면 오히려 효소 단백질 분자의 변성을 초래하여 생육속도를 저하시키기도 한다.

호열균이나 내열균을 제외하면, 60℃, 10분 정도에서는 일반적인 미생물의 영양세포와 곰팡이의 포자가 사멸된다.

(2) 수분

미생물의 생육에는 수분이 필요하며 대부분의 곰팡이는 물이 없어도 습도가 95% 이상이 되면 생육하기 시작한다.

(3) pH

일반적으로 곰팡이와 효모는 pH 5.0 ~ 6.5, 세균과 방

선균은 7.0 ~ 7.5정도의 최적 pH를 갖는다.

미생물을 배양하면 대사산물 등으로 인하여 배지의 pH가 변화하기 때문에 배양중의 pH변화를 방지할 수 있도록 하여야 한다.

(4) 산소

일반적으로 산소를 필요로 하는냐의 여부에 따라 산소 존재시 증식할 수 없는 절대 혐기성균, 산소의 존재 여부와 상관없이 증식할 수 있으나 산소 존재 시 증식이 더 용이한 통성 혐기성균, 산소가 존재 하여야만 증식할 수 있는 절대 호기성균으로 구분할 수 있으므로 호기성 균주의 배양 시에는 유리산소의 농도가 높도록 유지시켜 주어야 하며, 혐기성균의 경우 물리적으로 전위를 낮춰주거나 배양액의 산화 환원 전위를 낮춰주는 물질을 첨가하여야 한다.

이와 같이 미생물을 배양하기 위해서는 배양 기간동안 온도, pH, 산소, 영양분 등 상기의 조건들을 유지시킬 수 있고 배양기 내부의 오염된 미생물을 제어할 수 있는 살균설비를 모두 갖춘 배양 설비로 주의 깊게 배양을 하여야 한다.

배양기 또는 배양기술을 이용하여 오·폐수처리 효율을 극대화하려는 기존의 방법으로는 미생물 발효 탱크에 4종의 호기성 미생물과 혐기성 미생물을 투입 하여 악취, 유해가스 및 유해물질을 배출하지 않고 하수를 처리하는 기술이 소개된 바 있는데, 이 기술은 발효기내에서 미생물을 증식 시키는 목적이 아니고, 자연에서 분리된 특정 미생물을 투입하여 하수 슬러지에 적응시켜 유해가스 등을 제거하는 방법으로 투입된 균이 슬러지에 적응하는데 일정시간이 소요되는 단점이 있다.

미국특허 제5,376,275호에는 순환(Recirculation)장치 및 2~3개의 동일한 구조를 가진 발효기와 연결될 수 있는 구조를 지닌 발효기에 하수 슬러지를 15~60일간 발효시킨 후 이를 새로 유입되는 슬러지와 혼합하여 조정 슬러지(Conditioned sludge)를 만든 후 혐기조→무산소조

→호기조로 구성된 처리조에 투입함으로써 질소와 인의 함량을 감소시키는 기술이 소개된 바 있는데, 이 기술은 상기한 WO 96/15992호와 같이 발효기내에서 미생물을 증식시키는 목적이 아닌 미생물을 이용한 슬러지 내 탈인 과 탈질을 목적으로 하는 방법으로, 15일 내지 60일 정도의 상당히 긴 처리시간이 소요되는 단점을 지니고 있다.

V. 현장 미생물 배양기 SKYCLEAN

SK 케미칼(대표 홍지호)은 중균제를 대체하며 오/폐수 처리장 효율을 증대시키는 설비를 세계 최초로 개발, 상품화했다.

이는 SK 케미칼 화학연구소에서 3년동안의 연구 끝에 개발한 상품으로서 향후 폐수 처리시장의 판도에 많은 변화가 예상되고 있다.

오/폐수처리장에서 많이 사용되고 있는 중균제 시장에 대하여 이제는 현장에서 간편하고 정확하게 폐수처리장에서 필요로 하는 미생물들을 직접 증식시켜 주입이 가능하게 되었다.

따라서 기존 중균제의 단점인 “미생물 활성화에 필요한 소요시간”이 전혀 필요 없는 신개념의 폐수처리 기술이며, 또한 운전 비용이 저렴하여 많은 비용 절감 효과가 예상된다.

상기의 도표에서 보는 바와 같이 SKYCLEAN의 핵심기술은 폐수처리장에 유용한 미생물을 선택적으로 배양시키는 것이다. 즉, 생물학적인 오·폐수 시스템에서 미생물 증식용 반응기를 폭기조와 연결하고, 이 반응기에 폭기조의 폭기액 또는 특정 유기물의 분해력이 뛰어난 미생물을 투입하고, 배양물질을 첨가하여 일정기간 배양한후 배양기에서 증식된 폐수에 활성이 뛰어난 미생물을 폭기조로 재 투입함으로써 폐수처리 효율을 높이는 것이다.

SK케미칼은 전세계에 특허를 출원하였으며 이미 한국과 호주에서는 특허를 획득하였고 산업자원부 기술표준원으로부터는 한국 신기술 인증을 받았다.

SKYCLEAN은 활성이 높은 균주의 사용으로 기존의 미생물 제제 보다 탁월한 오/폐수 적응력을 나타내고 사상균 감소로 슬러지의 침강성이 개선되며 과부하로 인한 폐수 처리 효율 악화 방지 및 Shocking시 신속하고 효과적인 대처가 가능하며 방류수의 COD, BOD 제거 효율을 높일 수 있는 장점을 가지고 있어 공장의 폐수 처리장 뿐만 아니라 아파트/빌딩 오수처리장, 하수종말처리장 등 다양한 응용이 가능하다.

(문의전화 : 031-240-8353)

