

음식물 쓰레기 산발효액을 이용한 하수 고도처리기술

(주) 제오텍 대표이사 장기훈

(주) 태영 대표이사 변 탁

1. 기술개발의 필요성

질소와 인은 하천에서는 부영양화를, 바다에서는 적조 현상을 일으키는 주요원인물질로 알려져 있다. 따라서 정부에서는 수환경을 보호하기 위해 1996년 1월 1일부터 BOD, SS뿐만 아니라 하,폐수 배출시설에서 질소와 인의 방류기준을 적용하고 있다. 그러나 처음 규제를 시작하는 질소와 인은 그 제한농도가 너무 높아 현실적으로 적합하지 않은 측면이 있어 향후에는 질소와 인에 대한 규제치가 더욱더 강화될 것으로 예상된다.

지금까지 국내에서는 하수처리시설이 설치, 가동이 되고 있으나 이러한 시설은 대부분이 표준활성오니법으로 되어 있어 질소와 인을 처리하기에는 미흡한 실정이다. 따라서 향후에는 기존의 하수처리시설을 대부분 질소와 인의 제거까지 가능한 하수고도처리시설로 개선하여야 한다.

기존의 하수처리시설을 개선하기 위해서는 기존의 표준활성오니법을 그대로 수용할 수 있어야 하고 추가시설은 최소에 그쳐야 한다. 특히 이미 잘 알려진 A2/O, MLE, M-Bardenpho, DNR 등의 하수고도처리공정은 기존의 표준활성오니법을 개선할 수 있지만 별도로 내부순환시설을 갖추어야 한다. 내부순환비율은 대개 100%에서 많게는 300%이상까지 하여야 하므로 기존의 표준활성오니시설에서 내부순환시설을 별도로 설치하는데에는 어려움이 많다.

국내의 하수수질은 관계의 부실, 유기성 폐기물의 분리 배출 등으로 하수중의 유기물질이 적어 질소나 인을 생물

학적으로 제거하는 데에는 어려움이 많다. 실제로 하수고도처리 시설계획시에는 유기물질이 부족한 부분을 외부에서 유기탄소원으로 메탄올이나 초산 등으로 첨가하는 경우가 있다. 이렇게 계획할 경우 이들 약품비용으로 유지관리비용이 많이 소요되고 있다.

또한 각 지자체에서는 주민생활에서 발생하는 음식물쓰레기의 처리문제로 어려움을 겪고 있다. 현재 대부분의 음식물쓰레기는 매립되고 있으나 매립시 발생하는 2차 환경오염문제로 인해 조만간 직매립이 금지되는 것으로 예고되어 있다. 그리고 식품가공공장이나 주정공장에서 발생하는 고농도 유기성 폐기물의 처리에도 그 비용이 많이 소요되고 있다.

즉, 폐자원인 음식물쓰레기나 고농도의 유기성 폐액을 적절히 처리하여 하수고도처리시 부족한 유기탄소원으로 활용할 수 있다면 음식물쓰레기의 처리나 하수고도처리에 모두 효과적일 것으로 기대된다.

따라서 국내의 실정을 감안하여 하수고도처리시 부족한 유기물질을 메탄올이나 초산 등의 화공약품이 아닌 폐자원을 활용하고 더 나아가서 기존의 하수처리시설을 개선시 개선비용을 최소화할 수 있는 기술의 개발이 필요하다.

2. 국내수질 특성

위의 <표 1>에서 볼 수 있듯이 BOD/T-N비가 상대적으로 낮은 수치이다. 따라서 이들 하수처리장에서 고도처리

〈표 1〉 국내 하수처리장의 유입수질('97년 3/4분기 자료)

처리장	BOD		SS		T-N (유입)	T-P (유입)	BOD/ T-N	BOD/ T-P	비고
	설계	유입	설계	유입					
J STP	200	75.7	250	130	17	1.4	4.45	54.1	
K STP	130	76.6	150	28.6	45.3	2.4	1.69	31.9	
A STP	200	96.2	200	113.3	55.9	2.4	1.72	40.1	
G STP	150	42.4	150	64.0	19.1	1.7	2.22	24.9	
S STP	200	37.5	200	114.0	16.2	2.1	2.31	17.9	

※ 자료) '98환경산업총람, 환경관리연구소

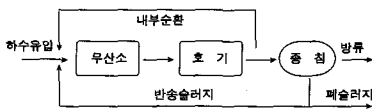
시설을 도입시 생물학적으로 탈질과 탈인을 동시에 달성하기에는 어려움이 따른다.

3. 기존의 하수고도처리공정

기존의 하수고도처리 공정은 크게 연속유입식 BNR과 회분식(SBR) BNR, 그리고 수로형 BNR로 크게 나눌 수 있지만 국내의 하수처리시설이 대부분 표준활성오니법으로 설치되어있는 것에 비추어 볼 때 회분식이나 수로형 BNR보다는 연속유입식 BNR이 일반적이다. 연속식 BNR공정에는 각각 다음과 같다.

① MLE(Modified Ludzack Ettinger) Process

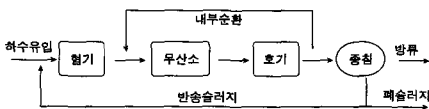
- 질소제거에 적합하다.
- 인제거기능이 미흡
- 내부순환비율이 100~300%정도



〈그림 1〉 MLE Process

② A2/O Process

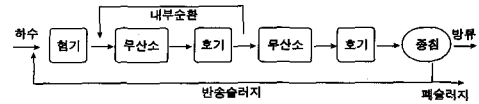
- 질소와 인 동시제거 가능
- 내부순환비율이 100~300%정도



〈그림 2〉 A2/O Process

③ M-Bardenpho

- 질소와 인 동시제거 가능
- 내부순환비율이 100~300%정도



〈그림 3〉 M-Bardenpho Process

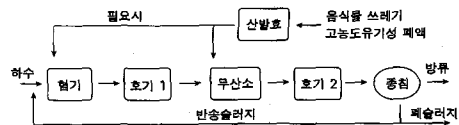
④ UCT Process

- A2/O Process의 인제거 기능을 보완
- 질소제거 성능 양호
- 내부순환을 2 Line으로 해야 함.

4. 기술개발공정

현재 당사는 (주)태영과 공동으로 경기도 구리하수처리장내에서 모형실험을 운전중에 있으며 그 주요 처리공정은 다음과 같다.

질소와 인을 생물학적으로 제거시 부족한 유기물질을 음식물쓰레기나 고농도 유기성폐액을 1차로 산발효시켜 여기서 생성된 유기산을 BNR 공정에 공급한다.

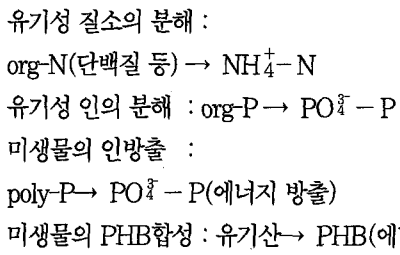


〈그림 6〉 기술개발공정

- ① 산발효: 음식물쓰레기나 고농도 액상유기물을 미생물이 이용하기 좋은 유기산의 형태로 전환시켜주는 기능

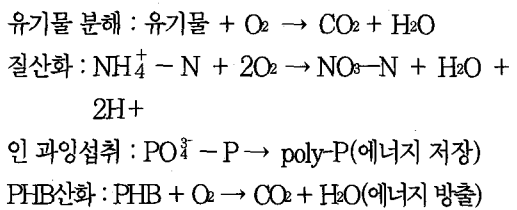
을 한다. 산생성 혐기성미생물이 활동하기 좋은 pH 5~6.5, 온도는 약 35℃ 정도로 하는 것이 바람직하다. 산발효조에서 생성된 유기산은 하수중의 질소와 인을 생물학적으로 제거하는데 유용하게 활용할 수 있다.

② 혐기: 혐기조의 기능은 유입수중의 유기성 질소나 인을 분해한다. 또한 반송슬러지나 내부순환슬러지중에 함유되어 있는 poly-P를 ortho-P로 전환시킨다. 이때 방출되는 에너지를 이용하여 세포내 저장물질인 PHB(poly-β-Hydroxy Butyrate)를 합성한다. 이것을 식으로 표현하면 다음과 같다.

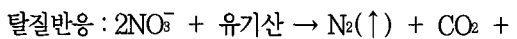


본 기술개발 공정에서는 혐기조에서 유기산이 부족할 때 산발효액을 공급해 줄 수 있다.

③ 호기1: 하수중의 유기물질을 산화시키며, 암모니아성 질소는 질산성 질소로 전환시킨다. 그리고 혐기조에서 방출된 인은 미생물이 세포내에 poly-P형태로 최대한 섭취한다. 이때 세포내 저장되었던 PHB는 산화된다.



④ 무산소: 무산소조에서의 주요한 반응은 탈질반응인데 탈질미생물은 유기물을 필요로 한다. 혐기, 호기를 지나는 동안 이미 유기물질은 거의 소모되었기 때문에 무산소조에는 반드시 유기물을 공급하여 준다. 산발효조에서 생성된 유기산은 메탄올이나 초산 등의 외부탄소원에 비해 탈질성능이 뛰어나다. 탈질반응은 다음과 같다.



H₂O

⑤ 호기2: 잔여유기물질을 산화하거나 무산소에서 방출될 수도 있는 약간의 인을 다시 섭취하여 최종처리수를 방류기준이하로 유지할 수 있도록 한다.

⑥ 최종침전조: 생물반응조를 거처나온 혼합액을 고액분리한다. 그리고 하부에 수집된 슬러지는 대부분이 생물반응조로 반송되며, 일부는 잉여 슬러지로 폐기된다.

5. 본 개발공정의 특징

① 탈질의 효율화

질소제거의 대표공정인 MLE Process를 그림과 같이 가정할 때 탈질율은 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

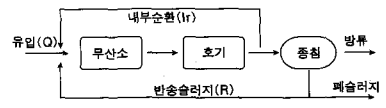
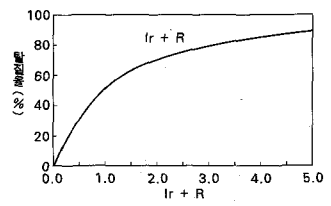


그림 7 MLE Process

먼저 이 식이 성립되기 위해서는 무산소조로 유입되는 질산성 질소는 100% 탈질되어야 한다. 따라서 그러기 위해서는 반응조내에서의 미생물양이 충분하여야 하며 또한 탈질에 필요한 유기물질의 양과 이에 필요한 시간을 충분하여야 한다.

반송슬러지 및 내부순환에 따른 탈질율을 그림으로 표시하면 아래와 같다.



(그림 8) 반송슬러지 및 내부순환에 따른 탈질율

대개 반송슬러지의 양을 유입수의 50%정도로 운전하는 것을 기준으로 하고 내부순환비를 100%와 200%를 가정할 때 탈질효율은 이론적으로 각각 60%와 71.4% 정도로 내부순환비에 정비례하여 증가하지 않는다.

그러나 본 개발공정에서는 호기조 후단에 바로 무산소

조가 있기 때문에 호기조에서 산화된 질산성질소는 이론적으로 무산소조에서 100%까지 탈질이 가능하다.

② 오염물질제거속도 측면

내부순환이 있는 경우와 없는 경우를 비교하였을 때 오염물질의 제거속도 측면에서 유리한 면이 많다.

반응기 해석상 오염물질의 농도가 높을수록 오염물질의 제거속도가 빠르고 반응조내에 체류하는 시간이 많아짐에 따라 실제 제거할 수 있는 오염물질의 양은 더 많아지므로 반응기의 동력학적 측면에서 내부순환이 없는 것이 훨씬 유리하다.

즉, 내부순환비율이 작아짐에 따라 반응조에 유입되는 오염물질의 농도는 높아지고 반응조에 실제 체류하는 시간이 더욱더 증가한다.

③ 시설비, 유지관리측면

대개 BNR Process는 탈질을 효과적으로 하기 위하여 유입하수중의 풍부한 유기물질을 이용한다. 이를 위해서는 호기조 후단에서 무산소조 전단으로 내부순환을 시켜주는데 이 양은 유입수의 100~300%정도로 많이 시켜주고 있다. 그러나 본 기술개발 공정에서는 내부순환이 없으므로 초기시설비나 유지관리비도 다른 BNR Process에 비해서 저렴하다.

그리고 기존의 하수처리시설은 거의가 표준활성오니로 되어있다. 이 시설을 하수고도처리시설로 개선시에는 기존의 콘크리트 구조물에 별도의 내부순환시설을 갖추어야 하므로 시공이 매우 어렵다. 그러나 내부순환이 없을 경우 기존처리시설의 개조에 아주 유리하다.

④ 탈질효율 증대

음식물쓰레기나 고농도 유기성 폐액의 산발효후 생성되는 유기물질의 종류는 다양한데 그 중 유기산은 탄소수가 적은 분자형태로 미생물이 이용할 수 있는 이상적인 형태이다. 유기산이 하수의 질소, 인 제거에 효과가 있음은 이미 많은 논문을 통하여 발표되었다. <표 2>에서는 탄소원에 따른 생물학적 비탈질 속도를 나타내고 있는데 Acetic Acid나 Digester Supernatant는 반응속도가 큰 것을 알 수 있다.

⑤ 폐자원의 이용

국내에서 발생하는 음식물쓰레기는 현재 대부분이 매립에 의해 최종처분되고 있다. 그러나 음식물쓰레기는 대부분이 유기물질이므로 침출수나 악취 등의 2차 환경오염문제를 야기시킨다. 따라서 음식물쓰레기의 직매립은 조만간 금지되는 것으로 예고되어 있다.

<표 3>에서는 음식물쓰레기의 원소조성을 나타내고 있는데 C/N비가 10이상으로 높아 이를 BOD/N비로 환산할 경우에는 25~30정도일 것으로 예상된다.

<표 2> 탄소원에 따른 비탈질 속도

탄소원	20℃에서 비탈질속도 (gNO ₃ -N/kgVSS.d)
Methanol	7~20
Acetic Acid	
Hydrolyzed Sludge	
Brewery Wastewater	
Digester Supernatant	
Hydrolyzed Starch	
Easily Degradable Part of Wastewater	7~20
Ethanol	
Whey	
Raw Wastewater	
Molasses	0.2~0.5
Endogeneous Respiration	
Methan Gas	

<표 3> 음식물쓰레기의 원소조성

구분	C	H	O	N	S	회분	C/N	비고
서울	42.8	6.1	30.9	3.7	0.3	-	11.6	1)
부산	45.9	6.9	32.1	4.4	0.6	10.0	10.4	2)

자료 : 1) "음식물쓰레기 퇴비화 타당성 연구", 1993.12, 서울시정개발연구원
 2) "부산시 음식물쓰레기의 최적관리방안", 1997.12, 부산광역시

따라서 음식물쓰레기를 이물질을 걸러낸 후 산발효액을 하수고도처리에 주입한다면 훌륭한 외부유기탄소원으로 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 문의 전화:(02)3662-9043