



전 병 준

(주)프라이텍인터내쇼날

기술영업부장

효율적이고 안정 관리를 위한 산업폐수 처리기술<23>

목 차

1. 산업폐수 처리를 위한 기초 개념

- (1) 현탁 입자의 제거방법
- (2) 슬러지의 침전 부상처리
- (3) 용해성 물질의 제거방법
- (4) 저농도 유기물의 제거방법
- (5) 무기성 오염물의 제거방법

2. 석유화학 공장의 폐수처리

- (1) 정유공장의 폐수처리
- (2) 일반 석유화학 공장의 폐수처리

3. 제지·펄프공장의 폐수처리

4. 합성·염색공장의 폐수처리

5. 식품공장의 폐수처리

6. 제철·철강공장의 폐수처리

7. 이수·위생처리장의 폐수처리

8. 특정 오염물질의 처리기술

9. 폐수처리 신기술에 대한 이해

10. 폐수 재활용기술과 안정관리

2-4 입자가속기 등의 물리학적 분해장치를 이용하는 방법

Electric Beam Accelerator는 원래 러시아를 중심으로 전선의 표면처리 등의 용도에 사용되던 것을 응용하여 난분해성 폐수중의 유기물과 같은 COD성분을 분해시키기는 용도로 적용하는 분해장치를 말한다. 그러나, 이장치는 낮은 전류사용으로도 높은 효율을 보일 수 있는 장점은 있으나, 유기물에 대하여 무차별적인 분자고리를 끊는 Cracking과정을 수행하는 것이 주기능이고, 완전분해는 기대하기 어렵기 때문에 실제 입자가속기를 설치한다고 하더라도 후단에 활성분해를 촉진시키는 작용을 하는 것으로 인식되면 될 것이다. 또한 전처리로서 오존을 병용할 경우에는 분해효율이 급격히 상승하는 것으로 알려지고 있다.

따라서, 난분해성 유기물의 처리를 필요로 하는 경우에는 이러한 응용기술과 미생물처리라는 기본기술을 병용하는 것이 현실적으로 가장 바람직하므로 실제 다양한 실험과 경제성을 고려하여 선택하는 것이 바람직하다.

전술한 이러한 기타의 COD제거 방법들은 아직 기술적인 한계를 보이고 있으나 특정성분들에 대해서는 상당폭 효율적인 대응방안이 될 수도 있기 때문에 COD의 처리에 문제가 있는 경우에는 다양한 방법으로 검토를 실시하는 것이 바람직하다.



마. 폐수중의 질소성분의 처리방법

최근 산업의 급속한 발달과 함께 폐수처리에 있어서도 다양한 특정성분의 제거노력이 꾸준히 증가하고 있으며 부영양화의 주요 원인중 하나인 질소원의 제거를 위한 노력 또한 완만한 기술적인 발전에도 불구하고 꾸준히 전개되어 오고 있다.

실제 폐수중에 포함되어 있는 질소원을 제거하기 위해 암모니아성 질소가 높은 경우에 있어서는 알칼리조건하에서 Stripping 방법 등을 이용하여 고농도의 질소원인 암모니아를 제거하는 방법이 제조공정 등에서 적용되어 왔다.

그러나, 고농도폐수와 같이 처리의 대상이 분명한 경우에는 비교적 설비적으로도 질소원의 제거에 적극성을 보이고 있으나, 일반 폐수처리에서와 같이 유기물과 질소원이 혼재되어 있는 경우 질소오염원은 상대적으로 중요성을 가시화시키기가 어려웠던 것이 현실이었다.

한편, 신기술에 대한 보수적인 수용추세에도 불구하고 최근에는 대형산업체를 중심으로 폐수중의 질소원 제거를 위한 다양한 노력들이 시험되고 검토되는 추세에 있어 고무적인 부분도 많은 실정이다.

1) 탈질제의 개요

자연계의 질소 형태는 유기질소, 무기질소, 그리고 질소가스이다. 유기질소화합물은 생물학적 분해에 의하여 암모니아 형태로 전환되며, 암모니아는 질산화 과정에 의하여 질산성질소로 전환된다. 무산소 조건에서 질산성질소는 질소가스로 환원된다. 이런 일련의 과정을 생물학적 질산화-탈질화 과정이라 한다.

수용성 무기질소인 NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- 등은 광합성식물의 영양소로 사용되며 암모니아는 pH가 높은 상태에서 기체상태로 탈기된다.

지표수에 존재하는 질소의 대부분은 토양 배출수와 희석

된 폐수로부터 발생된다.

유입하수의 질소 구성을 보면 NH_4 가 60-70%정도이고 유기질소가 30-40%정도이다. 일반적인 활성슬러지법에 의해서는 약 10-30%정도가 제거되며 생물학적 질소제거 공정에서는 약 70-80%정도가 제거된다.

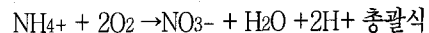
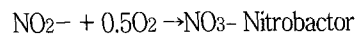
통상, SRT가 5일 이상이고 산소가 충분히 공급되는 활성오니조에서는 약 90% 정도의 질산화가 발생되며 무산소조에서 탈질은 70-90% 정도 발생된다. 따라서 유출되는 질소의 형태는 대부분 질산성질소의 형태로 존재하는 것으로 알려져 있다.

질소제거는 크게 질산화와 탈질 2단계로 나눈다.

1-1) 질산화 (Nitrification)

질산화 반응은 Nitrosomonas에 의하여 NH_4^+ 를 NO_2^- 로 전환하는 반응과 Nitrobacter에 의하여 NO_2^- 를 NO_3^- 로 전환하는 반응이다.

<반응식 및 관여미생물>



질산화 반응에서 생성되는 에너지는 질산화 미생물이 CO_2 , HCO_3^- , CO_3^{2-} 등과 같은 무기 탄소원으로부터 미생물 자신에게 필요한 유기물질을 합성하는데 사용된다.

따라서 위의 식으로부터 1g의 NH_4 를 산화시키기 위해서는 4.6g의 산소가 필요하며, 7.1g의 알카리도가 소모된다는 것을 알 수 있다.

상기에서 알 수 있는 바와 같이 질산화 과정을 통하여 단백질(질소) 함유 오폐수는 가수분해하여 아미노산이 되고 질산화균에 의해 NH_3-N , 아질산성질소(Nitrosomonas)에 의해 NO_2-N 로 다시 질산균(Nitrobacteria)에 의해서 NO_3-N 로 되어 안정화되는 과정을 말하며, 하수처리에서 질산화는 보통 독립영양미생물에 의해 일어난다. 질산화 반



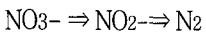
응의 영향인자로는 다음과 같은 것들이 있다.

- ① DO : 4 mg / L 이상 (최소 1mg / L) 유지.
- ② 알칼리도 : 50 mg / L 이상
- ③ pH : 7.5 - 8.5
- ④ 온도 : 중요인자로서 질산화 미생물의 독립영양미생물은 10도 이하의 경우 질산화속도가 현격히 떨어지게 된다.
- ⑤ 방해물질 : 일부 중금속과 유기화합물(탄소성분)은 질산화 미생물 성장에 방해가 된다.

이러한 영향성은 유기화합물을 소비하는 종속영양미생물이 질소화합물을 이용하는 독립영양 미생물보다도 분자상의 산소 요구량이 더 크기 때문에 종속과 독립미생물이 함께 공존시 독립영양 미생물에 의한 질소소비는 사실상 일어나지 않는 것에 기인하는 것으로 해석된다.

1-2) 탈질(Denitrification)

용존산소가 충분한 호기성 조건에서는 미생물이 용존산소를 전자수용체로 사용하여 에너지를 얻게 되지만, 용존산소가 거의 없는 경우(DO < 0.5mg/L)에는 NO₃⁻, NO₂⁻와 같은 형태의 결합산소를 이용하여 에너지를 얻게 된다. 즉, 탈질반응이 발생하기 위해서는 용존산소가 거의 없고 동시에 질산성 질소, 아질산성 질소 같은 무기 질소가 존재하여야 한다.



결국, 탈질반응은 질산화 반응의 반대로서 NO₃-N 이 혐기성균에 의해 NO₂-N, N₂ gas로 환원되는 것으로서 오폐수 처리에 관여하는 대표적인 탈질 미생물 (Pseudomonas, micrococcus, bacillus)의 탈질시에는 무산소 (Anoxic) 조건이어야 하고, 탈질시에는 탄소원이 존재하여야 한다.

탈질화 반응의 영향인자로는 다음과 같은 것들이 있다.

- ① 온도 : 0 - 50 도 (통상 5 - 30 도)

② pH : 적정범위 6.5 - 8 이며, pH 가 6.0 이하 혹은 9.0 이상일경우 탈질률은 감소한다.

탈질반응이 알칼리 생성 반응이므로 특별한 조정은 필요 없다. 즉, NO₃-N 1g 제거시 알카리는 3.6g 생성된다.

- ③ DO : 탈질시 방해인자로 작용한다.

또한, 탈질에 관계되는 중요사항으로는

① 탈질화 과정에서 용존산소와 질산성질소가 함께 존재할 경우 유기물의 산화에 있어서 우선적으로 산소를 이용하기 때문에 탈질시 반드시 무산소 조건을 만들어 주어야 한다.

② 탈질계수는 용존산소의 농도가 1.0 mg / L 일때 0으로 떨어진다.

③ 탈질시 소비되는 유기물량은 2.9 mg COD / mg NO₃-N이며, 이용 가능한 용해성 기질(Soluble Substrate)의 약 50%만이 탈질시 이용된다.

④ 탈질과정은 알칼리도가 생성되는 반응으로 질산이 N₂ gas로 탈 질산화될때 탄산(Carbonic acid)은 중탄산(Bicarbonate)으로 전환된다.

이러한 탈질 반응은 일반적으로 호기성 미생물처리법 중 장기폭기법에 의하여 기대할 수 있거나 활성오니처리 후, 메탄올과 같은 유기원을 별도로 첨가하여 탈질 반응을 실시하는 탈질법(이하 후탈질법으로 칭함)이 적용되던 것이 일반적이었다. 그러나, 활성오니처리후 별도의 탈질반응을 유도하는 후탈질법의 경우 탈질효율은 높으나 외부의 유입 탄소원을 이용하므로 경제성이 문제가 되는 경우가 일반적이다. 따라서, 활성오니의 처리전에 유기물이 공존하는 조건하에서 탈질반응을 유도하는 탈질반응(이하 전탈질로 칭함)을 비교해 보면 다음과 같이 대별된다.

2) 탈질의 실제적인 공법 예

2-1) 미생물막 이용 탈질



항목	전 탈질법	후 탈질법
기본원리	-탈질반응조를 호기조 전단에 설치 -유입원수중의 유기질소 및 암모니아성 질소는 호기조에서 질산화가 완료된후 탈질반응조로 내부반송되며, 내부 반송된 질산화물은 탈질미생물에 의해 유입수중의 탄소원을 이용 탈질	-탈질반응조를 호기조 후단이나 침전조 후단에 설치 -유입원수중의 유기질소 및 암모니아성 질소가 호기조에서 질산화된후 탈질반응조로 이송되며, 유입 원수중의 탄소원이 호기조에서 이미 사용되었으므로 알콜과같은 유기탄소원을 외부에서 공급하여 질산화물을 탈질
처리효율	-탈질효율은 유입원수중의 유기탄소원의 농도에 의해 결정 -C/N비가 클경우 탈질효율이 높다. -C/N 비가 작을경우 탈질효율이 낮다.	- 유입원수중의 유기탄소원의 농도와 상관없이 외부탄소원의 유입농도에 의해 탈질효율이 결정되므로 유기탄소원을 적정량 투입할경우 높은 탈질효율을 기대할수 있다.
장점	-유입 원수중의 유기탄소원을 이용하여 탈질을 시키므로 경제적인 처리가 가능	-외부의 유기탄소원을 이용하므로 탈질효율이 높다.
단점	-유입원수중의 유기탄소원을 이용하므로 C/N 비가 낮은 폐수의 경우 높은 탈질효율의 달성이 어렵다.	-외부의 유기탄소원을 이용하므로 운전경비가 증가하여 경제적인 처리가 어렵다.

하나, Anammox 반응을 촉매하는 혐기성 독립영양세균을 이용, 낮은 C/N 비(2~3:1)에서 질소(T-N) 고도처리가 가능토록 한 특징이 있다.

② 생물막에 의한 부착미생물 이용으로 고도처리효율이 높다.

질산화, 탈질미생물은 증식속도가 느려, 증식량보다 유실되는 양이 많이 부유 미생물의 증식 한계점을 갖고 있으나, 생물막에 부착된 상태로 증식할 수 있어, 증식속도가 느린 질산화 탈질미생물도 안정적으로 활성화 유지, 고도 처리효율이 높다.

생물막은 고정상+유동상 매디아로서 미생물 부착이 양호하고 폐쇄현상이

유기물, 질소, 인을 함유하고 있는 하·폐수를 처리하기 위하여 생물반응조를 혐기성조, 탈질반응조, 호기성조로 분할하고 탈질반응조와 호기성조에 생물막을 충전(충진재를 이용하는 등의 방법을 이용하여, 생물막을 형성)시켜 탈질반응조에 적절한 하수 공급과 Anammox 반응을 촉매하는 혐기성 독립영양세균을 이용하여 탈질처리하는 방식이며, 고정상 및 유동상의 점포상생물막법등이 이용된다. 미생물 부착과 탈리가 양호하고, 폐쇄현상이 없으며, 증식속도가 느린 질화, 탈질 미생물을 고정화하여 고도처리의 효율을 향상시킨 방식이다.

2-2) Anammox 반응을 이용한 탈질 반응 (C:N = 2:1)

이 반응은 암모니아를 전자 공여체로, 질산염을 산소 대신 전자수용체로 이용하는 아나모क्स 반응을 촉매하는 혐기성 자가 영양 세균의 작용을 이용하여 탈질을 유도하는 방법이다.

① 낮은 C/N비에서도 질소(T-N)의 고도처리가 가능하며 BOD : 60~100 mg/l, T-N : 20~40 ml/l 로 C/N비가 2~3 : 1 정도, 질소, 인 고도처리공법은 C/N비 5:1이 필요

적다.

③ 폐기물 발생량이 20~30% 줄어든다.

생물막에 부착된 슬러지는 박테리아부터 슬러지를 먹이로 하는 후생동물까지 여러종류가 먹이사슬에 의해 형성되므로 슬러지 발생량이 20~30% 줄어든다.

④ 동절기 수온저하에도 고도처리가 가능하다.(오니 군집의 수막 현상으로 동절기 수온 저하(10℃)시에도 부분적인 처리가 가능하다.

2-3) ASA(Advanced Step Aeration)법

부영양화 원인물질인 질소, 인을 제거하는 여러 가지 방법 중 전형적으로 질소는 생물학적으로 처리하고, 인은 응집제를 이용하는 화학적 처리법이 주로 이용되었다. 그러나 최근에는 생물학적인 질소, 인의 동시제거에 대한 연구가 수행되고 있으며, 일반적으로 널리 이용되고 있는 생물학적 질소, 인 제거 공법은 혐기-호기성(A/O, A2/O)방법이다.

이 공법은 질소를 제거하기 위해서는 질산성질소를 무산소조로 순환하여 탈질시키고, 인은 혐기조에서 용출시켜서



호기조에서 미생물에 의해 과잉 섭취시켜 제거하는 원리로 되어 있다. 그러나 이들 방법은 최종침전지에서 혐기조로 반응되는 슬러지중 질산성질소로 인하여 혐기조내에서 인 용출이 저해되어 인 제거율이 낮아지는 단점이 있다.

이와 같은 단점을 보완한 MUCT 나 VIP공법 역시 반응슬러지를 무산소조로 순환시켜 반응슬러지내 질산성질소를 탈질시켜 제거한 후, 혼합액을 혐기조로 유입시키는 방식으로 내부순환이 복잡하고 고도화된 운전기술이 요구되므로 일반적인 국내의 산업현장에 적용하기란 곤란한 실정이었다. 따라서, 이를 개선하여 관리를 용이토록 한 개선법으로 ASA공법이 소개되고 있으나, 실제 적용 결과에 대해서는 아직은 확인단계에 있는 실정이다.

ASA(Advanced Step Aeration)법은 기존의 내생-탈질법과 단계식 주입법의 장점을 이용한 방법으로 혐기조 전단에 무산소슬러지조를 설치하여 조내에서 재차 내생탈질과 인용출 과정을 둠으로써 질소, 인 제거를 향상시키는 공법으로서 무산소 슬러지조, 혐기조, 호기조, 무산소조, 호기조(재포기)로 구성되며 탈질 및 인 방출을 촉진하기 위해 혐기조에 유기물(RAS)을 공급하는 방식이다.

A.S.A-PROCESS는 고도 단계식 유입 혐기-호기법(Advanced Step Aeration, ASA)으로 원폐수의 수질에 따라 유입수가 최종침전지를 거치지 않고 곧 바로 생물반응조로 유입되고, 또한 대부분의 순환법에서 탈질을 위해서 행하는 내부순환 대신에 본법에서는 혐기조와 무산소조에 원폐수의 단계식 주입을 하는 내생 탈질법에 의해 질소를 제거하므로써 경제적이고 유지관리가 용이하고 특히 기존 폐수처리장에서 운영되고 있는 표준활성슬러지법을 가급적 그대로 이용할 수 있는 특징이 있다.

3) 탈질공정의 설계기준

전형적인 단계식 유입 혐기-호기방식의 탈질공정의 설계 기준은 다음과 같다.

① 무산소 슬러지조

최종 침전지로부터의 반응슬러지를 일정시간 체류시켜 반응슬러지 내의 $\text{NO}_3\text{-N}$ 을 내생탈질에 의해 제거함으로써 반응조내 결합산소분을 최소화하여 혐기조에서 용해성 인을 방출할 수 있는 최적환경을 제공하고 슬러지는 안정화된다. 유입수량에 대한 체류시간은 0.5시간이다.

② 혐기조

혐기성슬러지의 영향으로 반응조는 완전혐기상태가 제공되어 유입하수중의 쉽게 분해 가능한 유기물을 이용하여 인을 방출하게 된다. 또한 슬러지내에서 질소가 흡착 제거된다. 반응조의 체류시간은 보통 1~1.5시간이 소요되는데 3시간 이상이면 황산이온의 환원이 진행되어 유화수소의 냄새가 발생하는 경우가 있다.

③ 질화조

유기물산화, 질산화, 내생호흡 및 DO 유지에 소요되는 충분한 DO의 공급하에서 $\text{NH}_4\text{-N}$ 가 $\text{NO}_3\text{-N}$ 로 질산화반응에 의해 전환된다. 또한 호기조건하에서 인의 과잉섭취가 일어나며 유기물 산화도 병행된다. 체류시간은 2.5~3.5시간이다.

④ 무산소조

호기조에서 충분한 질산화가 진행된 후 무산소조에서는 절대 혐기상태가 아닌 무산소생태(결합산소존재: $\text{NO}_2\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$)에서 탈질산화를 위한 에너지로서 내부탄소원인 유입하수를 이용하여 질산염을 질소가스로 제거한다. 이때 탄소에너지로 이용되는 유입하수중의 용해성 BOD가 상당부분 제거되며 암모니아 질소는 생체내에 합성된다.

체류시간은 1.5~2.0시간이다.

⑤ 2차 폭기조(2nd Aeration Tank)

이 반응조에서는 미처리된 유기물을 산화시키고 최종 침전지에서 인 재용출을 방지하며 처리수의 DO를 확보하기 위해 제공된다. 체류시간은 0.5~1.0시간이다.

4) 국내·외 탈질/탈인 처리프로세스 비교

생물학적 인·질소제거 프로세스의 개발과정에 있어서 초



기에는 질소 제거를 위해서 메탄올과 같은 유기물을 주입 하였으며, 인 제거를 위해서는 화학처리방법을 적용하였으나 유지관리비용이 많이 드는 단점 때문에 기존의 2차 처리 시설을 변형하여 유입하수의 유기물을 탄소원으로 이용한다는 개념으로 다양한 공법이 개발되어 왔다.

4-1) 외국의 탈질/탈인 제거 공법

외국에서 개발된 대표적인 생물학적 인·질소제거 프로세스로는 A/O, A(I)/O 그리고 수정 Bardenpho 프로세스 등이 있다.

A/O, A(I)/O 그리고 수정 Bardenpho 프로세스는 탈질조 및 혐기조가 포기조(曝氣槽)와 접촉하여 운전하며 혐기조에서는 유입하수와 같은 유기물을 이용하여 인을 방출시키고, 포기조에서는 혐기조에서 방출된 인을 과잉으로 흡수하게 된다. 최종적인 인의 제거는 증식된 잉여 슬러지의 폐기 슬udge항기에 의하여 이루어 지고, 질소 제거는 포기조에서 질산화된 질산성 질소를 탈질조로 내부반송후 유입하수의 유기물을 탄소원으로 하여 질산성 질소를 질소가스로 환원시켜 제거하는 공법으로서 수질이 안정적으로 변동폭이 크지 않아야 한다.

4-2) 국내의 탈질/탈인 공법

해외 기술들은 생물학적 인·질소제거 공정은 포기조 전 단계에서 질소 및 인의 제거가 이루어짐에 따라 유입 폐수의 수질특성에 전적으로 영향을 받게 됨으로 우기가 뚜렷하고, 대부분의 하수처리장 유입수가 합류식 하수관거에 의해 유입되어 하수의 유기물 함량이 낮은 우리나라의 실정에 바로 적용하기에는 어려운 점들이 많아 하수처리장을 중심으로한 국내의 실정을 맞춰 이를 개선한 (주)풍림산업과 Dr. Lee.,S.E.가 공동 개발한 P/L 및 P/L-I 프로세스가

있다.

P/L 프로세스에서는 포기조에서 질산화가 이루어진 질산성 질소 및 혼합 슬러지를 2차 침전지에서 고액분리 후 탈질조로 30% 반송시켜 내생(內生) 탈질화에 의해 생성된 유기물을 이용하여 질소를 제거하고, 다음 공정인 혐기성 조건의 탈인조(脫磷槽)에서도 cell 분해에 의해 생성된 유기물을 탄소원으로 이용하여 인을 방출시킴으로서 유입수질의 변동에 영향성이 작게 되고, 2차 침전지와 탈인조 사이에 설치된 탈질조에서 질산성 질소를 제거함으로써 탈인조에서 질산성 질소에 의한 영향을 최소화 할 수 있도록 설계되어 있다.

그러나 P/L 프로세스의 경우 유기물과 인의 제거는 우수하였으나 질소 제거의 경우는 2차 침전조와 탈인조 사이에 설치되어 있는 탈질조의 슬러지 반송율에만 의존하여(내부 반송율 30%) 질소 제거율이 낮기 때문에 P/L-I 프로세스에서는 질소 제거율을 향상시키고, 안정적인 인의 제거를 이루기 위해 P/L 프로세스의 탈질조를 포기조 前 단계에 설치하였다. 즉, 포기조에서 질산화된 질산성 질소를 탈질조로 내부반송(유입수 기준 200%)을 시킴으로써 내생 탈질화가 아닌 유입수의 유기탄소원을 이용한 탈질화를 유도하여 질소 제거율을 높였으며, 슬러지가 반송되는 2차 침전지 前 단계에서 질산성 질소를 제거하여 탈인조의 질산성 질소유입을 최소화 함으로써 탈인조에서 인 방출을 원활히 진행시켜 질소 및 인 제거율을 종래 공정보다 높일 수 있다.

이러한, 최근의 공법들은 대부분 폐수의 성상이 잘 알려져 있는 도시하수를 대상으로 개발된 경우가 많으므로 산업폐수에서는 실제 처리대상이 되는 폐수를 대상으로하여 장기간에 걸친 현장 적용성을 확인한 후 실제 적용 검토를 하는 것이 바람직하다고 판단된다.

하기에 산업폐수에 대한 전형적인 생물학적 질산화(Biological Nitrification) 결과를 언급하였다.



【 산업폐수에 대한 전형적인 생물학적 질산화(Biological Nitrification)결과】

Industrial examples of biological nitrification

Waste source and strength	Influent			Loading rate, lb/day BOD/lb MLSS	Sludge production, age, days	Nitrate and nitrite lb N/day lb MLSS	Average effluent	
	BOD, mg/l	Organic N, mg/l	NH ₃ -N mg/l				NH ₃ -N mg/l	NO ₂ -N, mg/l
Waste source and strength	150-220	12-18	15-20	0.1~0.3	6~18	0.02~0.03	0.1	12~20
I. Domestic wastes								
II. Industrial wastes								
Organic acids	300	3-8	25	0.12	11~28	0.01	low	30
Pharmaceutical and organic chemical *	250	80	25	0.05~0.1	> 20	0.01	2	34
Synthetic fibers and polymers	1,000	80	low	0.15	> 20	0.003	5	500+
Synthetic fibers	5,000	700	50	0.17	30+	0.017	2	230
Nylon	2,800	200	50	0.15~0.2	> 10	0.012	2	300~400 †
Pharmaceutical and organic chemical †	200	75	625	0.02	> 20	0.05	50~100	500~1,00
Inorganic wastes	10	0	500~1,00	0	> 30	0.2	< 1	

* Nitrification has also been demonstrated for refinery and meatpacking wastewates.

† Second stage of two-stage system.

‡ Predominantly NO₂-N

