

Tube 접촉산화법에 의한 고도정화기술과 물의 재이용

李圭星

(환경처 기술감리위원)

5. 본 법은 왜 정화효율이 높은가

전술한 바와 같이 tube 접촉산화법은 저농도의 오수(하수 제3처리영역)에 대하여 아주 높은 처리효과를 발휘하나 큰 이유로서 다음 사항을 고려해야 한다.

예를들면 직경 1cm인 honey comb을 사용했다면 그 1m³중에 형성된 생물막은 그 두께를 고려해 넣어 약 380m² 정도가 된다. 따라서 1분동안에 1m의 속도로 1시간 순환여과를 계속하면 1시간에 22800m²의 생물막과 접촉하게 된다. 이 넓이는 폭 1m, 길이 22km에 해당하니까 1시간 순환한 물은 수심 1m, 길이 22km의 수로를 흐른 것과 같은 생물산화작용을 받는 것과 같다. 똑같이 2시간 순환여과하면 44km의 수로를 흐른 것과 같은 효과가 있으며, 3시간 순환하면 66km의 수로를 유하한 것과 같음을 알 수가 있다.

다시말하면 장치내에 하천을 만들어서 그 길이는 체류시간을 신축함에 따라서 자유로 변경할 수가 있다. 따라서 종전처럼 1~2시간에 수십 km 장거리의 하천에 상당한 자정작용을 받기 때문에 높은 효과가 있는 것이다.

특히 tube 여과조 내의 미생물 면적이 얼마나 큰 것인가는 이것을 살수여상이 갖는 생물막면적과 비교해 보면 금방 알 수가 있다. 즉 직경 10cm인 여재를 사용할 경우 여상 1m³ 정도의 표면적은 약 40m²로 추정되니까 그 표면적에 착생한 생물막이 전부 유효하게 거동해도 tube 여과의 1/9에 불과하다.

제2의 이유로서는 여러번 반복순환되니까 생물막의 접촉시간이 그 만큼 높은 것을 알 수가

있다. 이와 반대로 살수여상에는 다만 1회 여재 표면을 유하할 뿐만 아니라 접촉시간은 짧고 효과는 그만큼 작다. 그리고 제3에는 정화의 기능을 갖는 생물의 단위공간당 양이 활성오니 등에 비해 수 배 많고 더욱이 그 생물군의 구성이 복잡해 조화있기 때문에 아닌가 추정된다. 즉 활성오니법의 aeration 내는 심하게 교반된 환경이기 때문에 여기에 생활한 생물군은 적정 종류만이 번식하는 단조로운 구성으로 된 것은 생물학 원리이다. 사실 활성오니는 거의 세균과 원생동물로 구성되어 있는 것은 잘 알려져 있는 바이다. 그러나 tube내에는 조용히 흐른 작은 하천과 같은 환경이니까 여기에 생활한 생물군도 세균·원생동물의 다른 유훈류·선충류를 비롯해 각종 후생동물이 서식한 복잡하고 조화있는 생태계를 구성하고 있다. 따라서 유기물도 이들 생물군에 의해 다음처럼 연쇄상태로 섭취소화되기 때문에 고도의 무기화, 가스화가 실현될 것으로 생각된다.

6. 응용

Tube 접촉산화법은 개발이 얼마 안되어 널리 응용되지 않고 있으나 이미 하수나 공장폐수를 대상으로 한 몇개의 실험이나 실용 예는 있다. 여기서 그 실패 몇 가지를 소개하고자 한다.

(1) 도시하수에 응용한 예

하수의 이차처리수를 대상으로 tube 접촉산화법에 처리한 한 예를 들면 표4와 같다.

이것에 의하면 NH₃-N는 1hr 접촉으로 80% 산화되며 1.5hr에는 94%, 그리고 2hr 접촉시키면 실제로 90% 제거됨을 알 수가 있다. 물론 질

[표 4] 하수처리수에 대한 Tube 접촉산화법의 처리효과

NH₃-N

접촉시간	처리수량 (m ³ /m ² ·d)	수온 (°C)	원수농도 (mg/l)	평균치	처리수농도 (mg/l)	평균치	제거율 (%)
1hr	24	18~24	11.2~22.	17.7	2.7~4.2	3.5	80.2
1.5	18	12~18	4	20.8	0.8~1.6	1.2	94.2
2	12	24~25	13.6~26.3 9.7~25.2	15.9	0.3~0.8	0.6	96.2

COD

접촉시간	처리수량 (m ³ /m ² ·d)	수온 (°C)	원수농도 (mg/l)	평균치	처리수농도 (mg/l)	평균치	제거율 (%)
1hr	24	18~24	10.7~12.4	11.5	7.5~10.1	9.1	20.9
1.5	18	12~18	10.0~11.6	10.5	6.4~7.6	7.3	30.5
2	12	24~25	9.9~12.9	10.9	6.6~9.3	7.7	29.4

BOD

접촉시간	처리수량 (m ³ /m ² ·d)	수온 (°C)	원수농도 (mg/l)	평균치	처리수농도 (mg/l)	평균치	제거율 (%)
1hr	24	18~24	2.3~29.5	26.3	6.8~9.8	7.9	67.6
1.5	18	12~18	17.1~20.5	18.6	4.5~6.3	5.4	7.1
2	12	24~25	24 ~28.3	25.8	2.8~4.2	3.6	86.1

소는 없어지는 것이 아니고 NH₃가 산화되어 질산으로 변한 것이나 이 질화작용은 수리작용에 큰 의의가 있다.

예를들면 NH₃가 있으면 Cl₂에 의한 소독이나 산화가 아주 곤란하고 이것을 유효하게 행한다면 막대한 염소량(질소량의 10배)을 필요로 하나 질산이 되어 버리면 염소를 전혀 소비하지 않는다.

또한 질소를 생물학적으로 제거할 경우는 한번 질산으로 만들지 않고서는 탈질소가 되지 않기 때문에 강력한 질화작용이 있는 것을 생물탈질의 전처리로서 응용됨을 나타낸 것이다.

한편 NH₃가 HNO₃으로 변할때는 N의 약 4배의 산소를 필요로 하기 때문에 하수의 이차처리수처럼 NH₃-N를 10mg/l 정도 포함하면 자연계에 방출되어서 BOD 40mg/l에 상당한 산

소를 요구하는 셈이 된다. 따라서 NH₃를 HNO₃로 바뀌어서 방류하면 그 만큼 오염부하가 경감된다.

(2) 단지하수에 응용한 예

본 장치에 의한 하수의 3차 처리는 처리와 하수의 재생이용을 목적으로 하며, 방류수의 BOD 5mg/l 이하의 고도처리가 요구될 경우 유효한 처리방법이라고 생각된다. 여기서 회전원판식방법에 의해 처리한 단지하수의 이차처리수에 대하여 tube 접촉산화법을 사용한 3차처리를 행한 예이다.

즉 처리시간과 각 오염물질 감소상태의 요점을 열거하면 다음과 같다.

① 원수 BOD는 평균 67mg/l, 원판조에서 1~1.5hr의 처리에 의해 BOD 15~20mg/l가 되고, 특히 tube로 약 3hr 처리에 의해 BOD 3~6mg/l로 되었다.

② TOC나 COD(알카리-KMnO₄)의 제거율은 60~70%이었고 이에 따른 원수의 TOC는 평균 37mg/l, COD는 33mg/l이었다.

③ 원수의 ABS는 평균 5.2mg/l, 그 제거율은 90% 이상이었다.

④ 원수의 NH₃-N는 평균 20mg/l, 또한 90% 이상이 NO₃-N로 전환되었다. pH는 6.8~7.1이 5.8~6.8로 변화했다.

⑤ 원수의 알부노이드성 질소는 평균 4.5mg/l, 로 60~70%가 제거되었다.

⑥ PO₄는 원판조에 있어서 DO가 2~3mg/l 이상일 때는 거의 농도변화가 없었으나 DO가 1mg/l 일 때는 처리수 중에 증가했다. Tube 접촉산화조에 있어서는 처리시간이 4hr이 내일 경우는 유입농도와 거의 같거나 제거되는 경향을 나타냈으나 처리시간을 길게 하면 처리수 중에 현저하게 증가했다.

⑦ 원수의 SS는 20~70mg/l, 최종처리수는 2~7mg/l가 되었다. 여기에 여과 처리를 가하니 다시 COD, BOD의 저하도 가능했다. (표 5)

⑧ 회전원판의 slime 두께는 0.5mm이하부터 2~3mm이었으나 tube 표면의 slime은 0.1mm이

하였다.

생물상은 Vorticella, Opercularia, Epistilis, A-meba(大), Arcella, Nematoda, 윤충류, 규조류가 주체이며, 7~8월 경에는 빈모류가 발생했다. plastic tube의 slime의 Kr은 $22\text{mgO}_2 / \text{g hr}$ 로서 비교적 높은 활성도를 나타냈다.

[표 5] 3차 처리 효율표

(농도 : mg / ℓ)

No.	처리후(Tube)			여과처리(N ₀ 5C)	
	SS	COD	BOD	COD	BOD
1	7	12	4	10	2.4
2	3	12	3.3	10	3.2
3	3	10	3.8	9	2.8
4	2	13	5	12	1.9
5	2.5	11	3.3	8	1.6
6	5	15	6	15	4.9
평균	3.7	12.1	4.2	10.6	2.8

이상 요구한 tube 접촉산화법을 사용하면 투명도가 높은 BOD $5\text{mg} / \ell$ 이상의 처리수를 얻을 수가 있다. 특히 slime은 vinyl 표면에 잘 부착하여 적당한 생물량을 유지하고 활성도는 높을 것으로 생각된다.

(3) 공장폐수를 응용한 예

그림 4는 제사공장폐수에 대하여 tube 접촉산화처리를 했을 때의 실적이다. 이것에 의하면 폐수의 COD는 부산폐수가 유입될 경우와 안될 경우 또는 조업을 휴지한 야간과 주간이 크게 변화하나 처리수의 수질은 어느 쪽에 관계없이 항상 $15\text{mg} / \ell$ 전후에서 극히 안정된다. 이것이 본법의 특징중 하나이나 결국 COD 제거율은 80~90%에 달해 대단히 유효함을 나타냈다.

이밖에 악취, 색도를 경감하여 방류시에 진정 없어져야 할 것이다. 또한 그림 5는 Gamabogo 공장에 응용한 예이나 이것에 의하면 COD 제거율은 85~90%이고 특히 종전과 같이 원수 수질의 변동에 대하여 아주 안정하고 있음을 알 수가 있다.

이상과 같은 경험에서 명확해진 것은 원수의 수질변동이 강하고 만일 폐수가 중단될지라도

(야간조업을 정지하는 공장이나 주휴무 2일제 공장)처리에 지장이 없는 장치로서 운전관리가 쉽고 특별한 지식이나 기술을 필요로 하지않는 것, 장치의 소요면적이 작아도 되는 것 등이다. 본 처리법은 저농도 유기물의 무기화나 NH_3 의 산화(질화)에 효과가 있어서 방류수의 고도정화재이용기술로서 점차 크게 응용되리라 기대된다. ◻

