

1. 서론

(1) 연구목적

연초정수장은 매년 맛과 냄새문제로 정수공정관리에 어려움을 겪고 있다. 이것은 연초정수장의 취수원인 연초댐이 상류오염원과 인접해 있고, 평균 수심은 얇은 반면 체류시간이 길어 조류의 성장조건이 매우 양호한 것에 기인한다.

그러므로 취수원의 수질개선이 한계에 처하여 약조건의 원수를 공급받아야 하는 정수장에서는 정수장 내에서 이취미의 효율적 제어방안에 대한 대안이 마련되어야 한다.

따라서 본 연구는 국내최초로 정수장내에 탈기시스템을 도입을 통한 이취미 수질문제해결 등 수처리 효율향상방안에 대한 표준을 제시코자 하였다.



정수장에서 탈기처리공정의 적용으로 맛·냄새 제거 방안

글 _ 한중화 한국수자원공사 사천권관리단 (공동연구자 임성호, 조운해)



(2) 탈기(Air Stripping)의 이론적 배경

물리화학적 이취미 물질제거에서 그 대상인 이취미 물질은 가스 또는 이온 형태로 존재하여 물질의 종류에 따라서 다양한 처리 방법이 적용될 수 있다.

① 물리·화학적 제거

현재 주로 사용되는 탈기 방법으로는 강제 통풍식 스트리핑 탑(Induced-Draft Stripping Towers)와 분무지(Spray Ponds)를 들 수 있다. 다음 페이지의 그림 1)은 캘리포니아 주의 Santa Ana에 있는 Orange County Waste District에서 사용되는 탈기탑의 단면도이다. 탈기탑은 탑으로부터 공기를 뽑아내는 환풍기, 공기와 물의 접촉을 원활하게 하는 충전층, 배출 공기 중의 물방울을 모으는 장치 등으로 구성된다. 이 탑은 역류 시스템으로, 폐수가 위에서 아래로 하향류 형태로 흘러 들어가는 동안 공급되는 공기는 충전층을 통과하여 상향으로 흐른다.

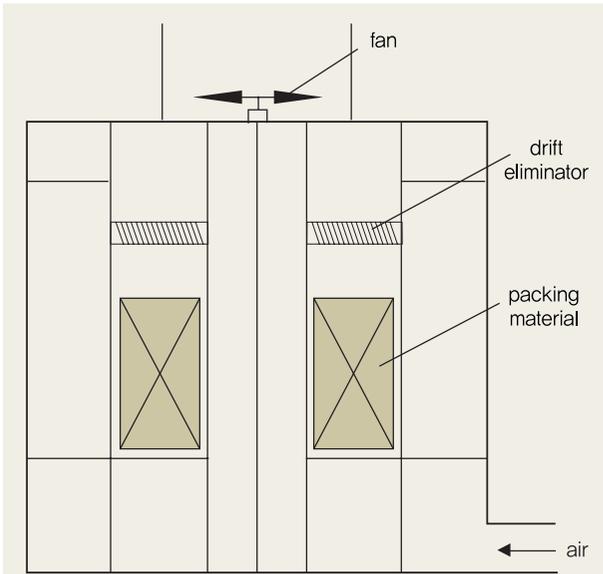


그림 1) Orange County의 이취미 제거 탈기탑

② 기체전달이론

기체전달(Gas Transfer)이란 기체가 어느 한 상태에서 다른 상태로 전달되는 공정으로서 보통 기체 상태에서 액체 상태, 또는 액체 상태에서 기체 상태로 전달되는 공정을 말한다. 하수 처리에서 나타나는 기체 전달로는 활성 슬러지 공정에서의 산소 공급, 살균에서의 염소 주입, 암모니아 가스 및 VOC의 탈기 등이 있다. 기체 전달의 메커니즘을 설명하기 위해 수많은 이론들이 제안되어 왔지만 그 중 가장 간단하고 많이 쓰이는 것은 Lewis와 Whitman에 의해 1924년에 발표된 이중막 이론(Two-film Theory)이다. 이 이론은 기체-액체의 경계면에 두 개의 막이 존재한다는 물리학적 모델에 근거를 두고 있다. 기체가 액체상으로부터 기체상으로 이동할 경우 기체는 액체상 → 액체막 → 기체막 → 기체상의 경로로 이동하게 된다. 액체가 충분히 교반된다면 액체상에서의 이동 속도는 더욱 빠를 것이며 액체상과 기체상 사이의 두 개의 막이 기체의 이동 속도에 가장 큰 영향을 미칠 것이다. 암모니아와 같이 물에 대한 용해도가 큰 기체는 기체막을 통과할 때 가장 큰 저항을 받게 되고 산소, 질소, 이산화탄소와 같이 용해도가 낮은 기체는 액체막을 통과할 때 가장 큰 저항을 받게 된다. 기체의 전달 속도는 액체 속의 기체의 기존 농도와 평형 농도와의 차이에 비례하는 것이 일반적이며 이를 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$r_m = k_g A (C - C_s)$$

r_m : 질량 속도

k_g : 기체의 확산 계수

A : 기체가 확산되어 나가는 면적

C : 용액 중의 기체의 농도

C_s : 용액 중의 기체의 포화 농도

(3) 실험방법 및 재료

탈기설비는 2003년 3월부터 약 2개월간의 착안, 문헌조사, 설계 및 시공을 거쳐 2003년 5월 14일 설치완료 되었다. 설치 위치는 소독부산물 생성 등을 고려하여 약품처리단계로 들어가기 전인 착수정으로 하되, 이후의 최적설계조건 도출분석을 할 수 있도록 전후 2단에 매 단별 3개의 산기판으로 구성하였다.

그리고 설치이후 10월 현재까지 약 6개월간 지속적으로 조건을 달리하며 시험을 진행 중에 있다. 탈기효과분석 대상은 VOC 등 이취미물질과 소독부산물의 전구물질들에 대해 탈기 전·후, 착수정, 침전지, 여과지 각 공정별로 시차를 두고 시료를 채취 낙동강 남부권 수질검사소에서 GC-mass 등을 이용, 분석하였으며 관능법인 TON시험은 우리소 인력으로 직접 측정하였다.

2. 본론

(1) 탈기시스템 설치개요

① 주요 구성품

연초정수장의 탈기설비는 약품실에 설치된 공기공급장치인 부로와, 착수정까지 공기를 인도하는 배관, 착수정내의 수체에 공기를 산기하는 산기판으로 대별할 수 있다. 상세사항은 표 1~3, 그림 2~3과 같다.

• 루츠부로와	3Hp 27기
- 토출압	1대 0.3Kgf 2대 0.38Kgf
• 산기판	50~500ℓ /분(φ240 ×100) 6기
• 배관	주관경 50A, 지관경 40A
- 배관재질	백관

표 1) 탈기설비 구성내역

(2) 효과분석항목 및 결과

① 효과분석항목

탈기개념은 대부분 반응조인 충전탑으로 구성되어 있으며 피처리물질인 이취미는 상향류이고 처리물질은 하향류로 구성

규격	∅240×100H
통기량(Q/분)	50~500
분산면적(cm ²)	616
분산형태	단면원전체
기포크기(mm)	2~5
압력손실(mmAq)	100~150

표 2) 산기관 사양

내용	항목	분석 방법	비고
1	기초자료(4)	pH, 수온, 탁도, 유입량	자체
2	소독부산물(7)	DOC, TOC, UV ₂₅₄ ,	의뢰
		KMnO ₄ , TTHM, HAA ₅ , CH	
3	맛·냄새(3)	2-MIB, Geosmin	의뢰
		TON	자체

표 3) 수질개선평과 분석항목

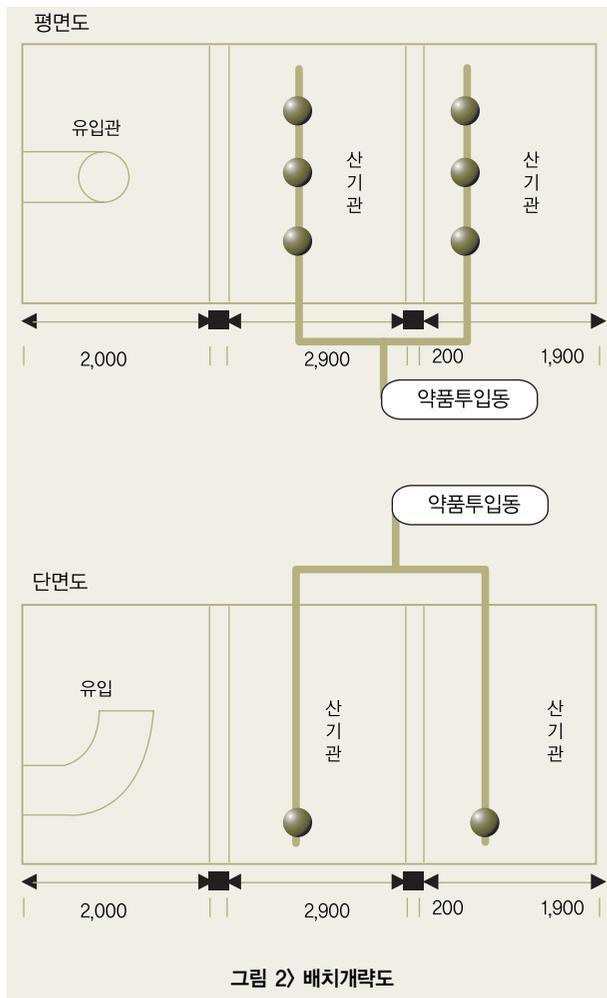


그림 2) 배치개략도



그림 3) 산기관 실물도



그림 4) 착수정 탈기장면

되는 것이 일반적이나 연초(정) 탈기시스템은 피처리물질은 횡 흐름이고 처리 물질인 공기는 횡류의 직각방향으로 흐름으로써 매우 새로운 방안으로 설계되었다.

② 결과

a. 맛·냄새(TON) 제거율

탈기에 의한 맛·냄새 저감은 표 4)와 같이 원수에서 5~7TON에서 탈기 후 침전지 유출수 TON은 없는 것으로 조사되었다.

b. 유기물(UV₂₅₄) 제거율

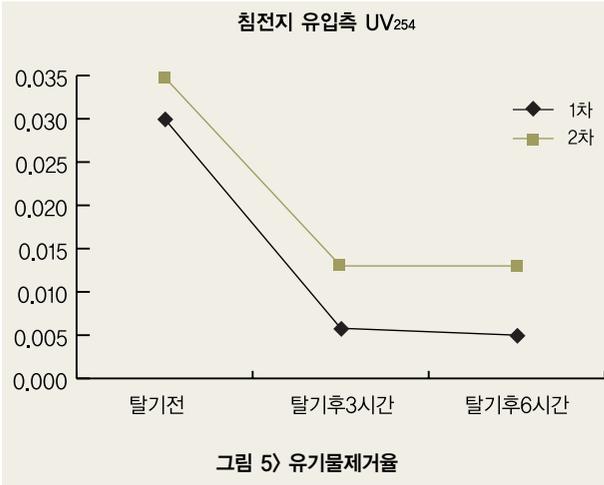
탈기에 의한 유기물 제거효과를 판단하기 위해 침전지 유출측에서 조사한 결과 그림 5)와 같이 약 70% 정도의 제거율로 나타났다.

유기물 제거에 따른 소독부산물 생성량 저감율은 표 5)에 보 인바와 같이 탈기 전에 비해 HAA₅는 약 68%, CH 43%로 나타났다.

c. 탁도제거율

탈기로 인해 부수적인 효과로 탁도제거율이 현저히 향상되어 탈기설비 가동 전·후 침전 유출수의 탁도가 표 6)과 같이 약 45%정도 향상시킨 것으로 나타났다.

정수탁도의 경우도 표 7)에 나타난 바와 같이 탈기 전 평균 0.052NTU에서 탈기 후 0.038NTU로 약 30% 개선되었으며 탁도변화 편차율도 0.011NTU로 탈기전의 0.043NTU에 비해



시기	공정수	원수	침전수		
			탈기 전	탈기 후	탈기 후 6시간
1차(6. 12)		7	6	1	1
2차(6. 18)		5	5	1	1

표 4) 맛·냄새(TON) 제거율

시기	부산물	HAA ₅ ($\mu\text{g/L}$)	CH ($\mu\text{g/L}$)
탈기 전 (03년 3~5월)		33.7	10.9
탈기 후 (03년 6월)		10.8	6.2

표 5) 소독부산물 발생억제율

시기	공정수	원수	침전수		
			탈기 전	탈기 후	탈기 후 6시간
1차(6. 12)		7.11	1.12	0.65	0.64
2차(6. 18)		13.74	1.25	0.71	0.68

표 6) 침전지유출수 탁질(NTU) 제거율

탁도	시기	탈기 전 (03. 1~5. 14)	탈기 전 (03. 1~5. 14)
평균		0.052	0.038
최대		0.074	0.041
최소		0.031	0.030

표 7) 탈기 전·후 정수탁도(NTU)

74% 정도 줄어들어 탁도가 매우 안정적으로 관리되고 있음을 보여주고 있다.

3. 결론 및 고찰

위 탈기시스템 투입에 따른 이취미 효과분석 결과를 토대로 아래와 같은 결론을 얻었다.

- (1) 냄새물질인 2-MIB, Geosmin은 조사기간 중 원수시료에서 나타나지 않아 효율을 판단할 수 없었으며 관능법에 의한 TON결과 원수에서 약 5~7TON의 약한 취기가 발생하였으나 탈기 후 완전 제거되는 것으로 나타났다.
- (2) 유기물인 UV₂₅₄ 제거율은 탈기 후 약 70%를 제거한 것으로 조사되었으며 염소소독에 의한 소독부산물 생성률이 43~68% 정도 크게 저감된 것으로 조사되었다.
- (3) 탁도제거율은 탈기전인 전년도에 비해 침전지 유출탁도가 약 45% 이상 향상되었고 정수탁도의 경우는 30% 정도 저감되었으며, 특히 탁도치의 변화폭이 크게 줄어 매우 안정적으로 수처리가 되고 있음을 보여주고 있다.

본 논문은 고질적으로 매년 되풀이되던 연초정수장의 이취미 등 수질문제에 대응하여, 간단하면서도 비용이 저렴한 새로운 기법의 수처리공정의 개발에 관한 것이다. 2003년 10월 현재 까지 약 6개월간의 현장 적용결과 아직까지 냄새로 인한 분말 활성탄의 투입 또는 민원발생 등의 수질문제가 발생치 않고 있어 다소간의 수질개선효과가 확인되고 있다.

그러나 본 탈기시스템은 우리공사에서 처음 적용된 수처리설비로서 운영 결과에 대한 보다 장기적이고 치밀한 계획이 필요하다.

특히 주대상 물질이 냄새 등 극미량의 휘발성 또는 분해성을 띤 물질로 구성되어 있어 수질분석에 GC-mass 등 고가의 고정밀기가 필요한 실정으로 상황에 따라 즉시 분석할 수 있는 여건이 요구된다. 따라서 본 사례는 향후에 시료의 변질과 분석 등을 고려하여 보다 치밀한 계획 하에 실시간으로 측정이 가능한 체제의 구축이 반드시 필요하다.

또한 응집제 조정, 염소처리와의 관계, 응집침전효과의 개선, 소독부산물 저감효과 등 다양한 이후 공정과의 상관관계분석에 대한 지속적인 연구평가가 필요하다. 아울러 이를 통한 설비용량과 위치 등 연초정수장과 유사한 조건에 있는 정수장들의 확대적용에 필요한 표준화 작업이 지속되어야 할 것으로 판단된다. ☺