

정수처리공정 개선방안 연구

(시설개선과 운영개선을 위한 현장실험 중심)

연구 총괄	강북아리수정수센터소장	서대훈
연구 책임자	정수과장	김형섭
책임연구원	공업연구원	조완선
연구원	공업연구원	이종관
	기계운영주사보	박종성
	시설관리주사보	김승태
	기계주사	정인영
	환경주사	심미숙
	전문경력관	김용식

요 약 문

I. 연구제목

정수처리공정 개선방안 연구(시설개선과 운영개선을 위한 현장실험 중심)

II. 연구기간

2017. 1. ~ 2018. 11.

III. 연구목적

정수처리공정의 노후화와 고도화 등으로 인해 유지관리소요와 개선요구사항이 증가하고 있으며 고도정수처리공정과 새로 도입된 고도산화·켄칭공정의 경우도 개선 및 최적화가 요구되는 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 기존 정수처리공정의 문제점 개선을 위해 추진했던 연구사업과 고도공정 최적화를 위해 진행한 현장실험의 결과를 정리해보고 성과를 분석하고자 하였다.

IV. 연구내용

1. 정수처리공정 샘플링 라인 개선

- 배출수 회수 효과를 반영하기 위한 원수채수라인 개선
- 오존처리수 상시모니터링 라인 개설
- 간헐적으로 채수 불능이었던 통합여과수 배관 개선

2. 활성탄흡착공정 최적화

- 팽창률 측정 실험
- 활성탄흡착공정 자체진단결과
- 활성탄흡착지 오존충격요법, 중염소 유입 실험결과

3. 냄새유발물질 제어를 위한 고도산화공정 운영

- 오존+AOP 운영에 의한 냄새유발물질 제거효과 분석

4. 배출수처리공정 수질 제어를 위한 현장실험

- 폭기량에 따른 클로로포름 제거효과 분석
- 침전지 청소에 의한 망간 부하량 산정

V. 연구결과

정수처리공정의 운영상 문제점을 해결하기 위해 추진했던 개선사업과 고도정수처리공정 최적화와 배출수공정 개선을 위해 진행했던 현장실험 결과는 아래와 같다.

1. 정수처리공정 샘플링 라인 개선

- 원수 샘플링라인 추가설치에 의해 배출수처리공정으로부터의 회수수 영향과 pH조정에 의한 영향을 포함한 원수 채수로 보다 정확하고 신속한 응집제 주입을 자동결정이 가능하게 되었다.
- 오존처리수 샘플링 배관을 추가하여 고도정수처리 단위공정의 상시모니터링이 가능하게 되었으며 각 개별공정의 효율분석과 필요시 채수 용이성 등 유지관리 측면에서도 편리성이 증대되었다.
- 통합여과수 샘플링 배관 개선을 통해 간헐적 샘플링 불능문제를 해결하였으며 보다 유연한 고도정수처리공정 흡수정 수위조절이 가능하게 되었다.

2. 활성탄흡착공정 최적화

- 활성탄흡착공정 역세척 팽창률은 역세척 유량에 따라 선형적인 증가를 보였으며 수온이 낮아질수록 동일유량에서 팽창률이 증가하는 경향을 보였다. 현장실험을 통해 적절한 팽창률을 얻기 위한 특정온도에서의 역세척 유량 산출식을 도출하여 활성탄흡착공정 운영에 활용할 계획이며 더 나아가서는 역세척공정 자동화의 기본자료로 활용할 계획이다.
- 역세척 배출수의 탁도측정과 시동방수의 수질분석을 통해 활성탄흡착공정 운영을 분기별로 최적화하였다. 2019년부터는 자체진단내용을 오존공정으로 확대하여 고도정수처리공정에 대한 자체진단을 분기별로 진행할 계획이다.
- 여름철 활성탄흡착지의 미생물적 환경개선을 위해서는 오존충격요법이 효과적인 것을 확인하였다. 대안으로 중염소 유입 실험을 진행하였지만 0.6mg/L의 정수수준의 잔류염소로는 환경개선 효과가 크지 않았으며 이것으로 볼 때 역세척수를 정수로 사용하는 것도 효과는 제한적일 것으로 판단된다.

3. 냄새유발물질 제어를 위한 고도산화공정 운영

- 고도산화공정 운영을 통해 2018년 2-MIB가 20 ng/L 이상으로 발생하는 냄새유발물질 발생시기에 최소 92 % 이상의 제거로 정수 냄새유발물질 농도를 최대 4 ng/L이하로 제어하였다. AOP 운영효과 분석결과 15% 이상의 2-MIB 추가제거율을 얻을 수 있는 것으로 나타났으나 세부적인 운영 효과분석은 2019년에 진행할 계획이다.

4. 배출수처리공정 수질 제어를 위한 현장실험

- 폭기에 의한 클로로포름 제거는 폭기시간 경과에 따라 선형적으로 증가하다 완만해지는 경향을 보였으며 선형적 제거율이 나타나는 구간은 폭기유량에 따라 30~60분 이내였다. 폭기유량 증가에 따라 제거율은 급격하게 증가하여 16L/min의 유량공급의 경우 약 30분의 폭기시간에서 70% 이상의 제거율을 보였으며 초기농도는 제거율과의 상관관계가 크지 않은 것으로 분석되었다.
- 침전지 슬러지 잔류 지역별 망간농도분석결과 침전지 하부 잔류슬러지의 용해성망간 농도는 대차사각지역, 슬러지 수집지역, 대차운행지역 순으로 높은 것으로 분석되었다. 잔류 지역 용량을 고려한 용해성 망간 부하량 산정결과 대차운행지역, 슬러지 수집지역, 대차사각지역 순으로 높은 부하량을 보였다. 침전지 청소시 용해성망간의 최고 부하량을 322.7 g이었으며 농도로는 0.26 mg/L였다.

VI. 향후 계획 및 활용방안

고도정수처리공정의 자체진단과 고도산화공정의 운영효과 분석은 정수센터가 생산하는 아리수의 최종 수질이 결정되는 고도정수처리공정의 운영효율을 향상시키기 위한 노력으로 진행되었다. 올해 활성탄흡착공정 위주로 진행된 자체진단의 경우 2019년에는 오존공정과 AOP공정을 추가하여 진단을 실시하여 보다 효율적인 고도정수처리공정 운영이 가능하도록 할 계획이며 AOP, 켄칭공정 현장실험을 진행하여 최적 운영지침을 제시하고자 한다.

또한, 배출수처리공정 현장실험은 방류수 수질개선을 위한 기초실험으로 운영방법 개선과 시설개선의 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 판단된다. 2019년에는 연구원과 공동연구를 추진하여 보다 효과적인 수질개선방법을 모색하고 개선상황의 현장적용을 진행해 나갈 계획이다.

목 차

1. 서 론	1
1.1. 연구목적	1
1.2. 연구내용 및 범위	2
2. 연구내용/결과	3
2.1. 정수처리공정 샘플링 라인 개선	3
2.2. 활성탄흡착공정 최적화	9
2.3. 냄새유발물질 제어를 위한 고도산화공정 운영	16
2.4. 배출수처리공정 수질 제어를 위한 현장실험	19
3. 결 론	24
참고문헌	25

표 목 차

표 1 . 배출수처리공정 회수조 청소시 수질변화	4
표 2. 고도정수처리공정 상시모니터링 항목	5
표 3. 역세척과 시동방수 자체운영기준	12
표 4. 팽창률 측정결과	13
표 5. 고도정수처리공정 잔류염소 변화(단위: mg/L)	16
표 6. AOP, 켈칭공정 세부 규격	16
표 7. AOP, 켈칭공정 설치 사진	17
표 8. 연도별 2-MIB 발생현황	18
표 9. 12개 침전지 지역별 용해성망간 농도측정결과(단위: mg/L)	22
표 10. 침전지 지역별 용해성망간 부하량 산정결과	23

그 립 목 차

그림 1. 착수정원수 샘플링 위치	3
그림 2. 원수 샘플링라인 추가개념도	4
그림 3. C라인 배관 설치사진	5
그림 4. 오존처리수 샘플링라인 신설	6
그림 5. 오존처리수 샘플링라인 사진	6
그림 6. 제어프로그램 명칭변경	7
그림 7. 통합여과수 샘플링 지점 단면도	8
그림 8. 통합여과수 샘플링 지점 수위비교	8
그림 9. 통합여과수 샘플링라인 개선결과 단면도	9
그림 10. 활성탄흡착지 단면도와 역세척공정 제원	9
그림 11. 활성탄흡착공정 역세척 시퀀스	10
그림 12. 수온과 역세척유량에 따른 팽창률 변화	11
그림 13. 역세척 배출수 탁도측정결과	12
그림 14. 시동방수 수질변화(왼쪽: 1-21지, 오른쪽: 2-17지)	13
그림 15. 중염소 주입률 및 잔류염소 농도 변화	15
그림 16. 공정별 2-MIB 농도	17
그림 17. 원수부터 오존처리공정까지의 제거율 변화	18
그림 18. 폭기실험장치 사진	19
그림 19. 폭기 유량에 따른 클로로포름 제거효과	20
그림 20. 초기농도에 따른 클로로포름 제거율 변화	20
그림 21. 폭기유량, 초기농도에 따른 클로로포름 제거율 상관관계	21
그림 22. 용해성망간 부하산정을 위한 침전지 지역구분도	22

1. 서론

1.1. 연구목적

강북아리수정수센터는 1998년 표준정수처리공정 운영을 시작으로 100만톤/일의 생산용량을 가지고 수돗물을 생산하여 왔다. 타 정수센터에 비해 현대화된 시설과 안정된 원수 수질상황, 공정이 계열화 되어 위급상황에 유연하게 대처할 수 있는 처리공정 등으로 인해 그간 서울시 수돗물 생산의 큰 비율을 차지하는 대형 정수장으로서의 역할을 안정적으로 수행하여 왔다.

안정적인 표준정수처리공정 운영에도 불구하고 냄새유발물질인 2-MIB, 지오스민 등의 제어는 수돗물 신뢰에 큰 제한사항으로 작용하였다. 냄새유발물질 발생시기에는 분말활성탄 주입으로 대응해왔지만 제어에 한계가 있었고 계절적으로 수돗물에서의 냄새발생 민원은 계속 반복되어 왔다. 2007년경 정수센터에 GC-MS가 도입되면서 보다 체계적인 냄새유발물질 관리가 시작되었지만 분말활성탄 주입의 한계와 제거효율이 높지 않은 상황에서 문제는 해결되지 못하고 지속되었다.

2014년 고도정수처리공정 도입은 정수처리의 큰 변곡점이 되어 비로서 정수센터가 냄새유발물질을 제어할 수 있는 수단을 확보하게 되었다. 원인물질을 분석할 수 있는 장비와 제어수단을 확보하게 된 정수센터는 냄새유발물질을 제어하게 되면서 민원발생건수가 현저히 감소하였다.

오존산화공정과 활성탄흡착공정으로 이루어진 고도정수처리시설을 통해 유기물 저감, 냄새유발물질의 제거, 특정유해물질의 제거, 공급과정에서의 염소소모량 저감 등 일반적인 정수처리과정에서 한계성을 가지고 있는 수질을 획기적으로 개선하였다. 또한, 2017년 도입된 고도산화·켄칭공정은 오존공정운영의 냄새유발물질 제거 효율증대와 활성탄지내 대기오존농도증가의 문제를 해결하는 수단으로 활용되고 있다.

하지만, 기존 정수처리공정의 노후화와 정수처리공정의 고도화 등으로 인해 유지관리소요와 개선요구사항이 증가하고 있으며 고도정수처리공정과 새로 도입된 고도산화·켄칭공정의 경우도 개선 및 최적화가 요구되는 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 기존 정수처리공정의 문제점 개선을 위해 추진했던 연구사업과 고도공정 최적화를 위해 진행한 현장실험의 결과를 정리해보고 성과를 분석하고자 하였다.

1.2. 연구내용 및 범위

정수처리공정의 운영상 문제점을 해결하기 위해 추진했던 개선사업과 고도정수처리공정 최적화와 배출수공정 개선을 위해 진행했던 현장실험 결과를 포함하고 있다.

1.2.1. 정수처리공정 샘플링 라인 개선

- 배출수 회수 효과를 반영하기 위한 원수채수라인 개선
- 오존처리수 상시모니터링 라인 개설
- 간헐적으로 채수 불능이었던 통합여과수 배관 개선

1.2.2. 활성탄흡착공정 최적화

- 팽창률 측정 실험
- 활성탄흡착공정 자체진단결과
- 활성탄흡착지 오존충격요법, 중염소 유입 실험결과

1.2.3. 냄새유발물질 제어를 위한 고도산화공정 운영

- 오존+AOP 운영에 의한 냄새유발물질 제거효과 분석

1.2.4. 배출수처리공정 수질 제어를 위한 현장실험

- 폭기량별 클로로포름 제거효과 분석
- 침전지 청소에 의한 망간 부하량 산정

2. 연구내용/결과

2.1. 정수처리과정 샘플링 라인 개선

2.1.1. 원수 샘플링 라인 다중화

원수 샘플링라인은 정수센터에 도착한 원수의 수질확인을 위해 설치된 채수라인으로 수질자동측정기실과 관리본관으로 시료수를 이송한다. 수질자동측정기실에서 측정된 착수정 원수 수질을 바탕으로 DAS(Data Acquisition System:응집제주입률 자동결정프로그램) 프로그램에 의해 응집제 주입률이 결정되며 관리본관으로 이송된 시료수는 수분석과 자테스트용으로 사용되고 있다.

강북아리수정수센터 샘플링라인은 그림 1과 같이 2개 라인이 설치되어 있으며 A라인을 주로 사용중이었다. A라인은 도수관로에서 착수정 각 계열로 분기되기 이전 원수를 샘플링 할 수 있으며 B라인의 경우 각 계열로 분기된 후 3계열 혼화지로 이송되는 1800 mm관에서 샘플링 할 수 있도록 구성되어 있다.

그러나, A라인의 경우 배출수처리공정으로부터 회수되는 회수수가 혼합되기 이전에 샘플링되어 회수수의 혼합효과가 반영되지 않는 단점을 가지고 있었다. 회수조 청소 등에 의해 회수수 수질이 악화되었을때 혼합효과가 반영되지 않은 약품주입률로 침전수 수질이 나빠지는 경우도 발생하였다(표 1). 이와 같은 문제점으로 인해 2016년 실시한 본부 진단에서는 회수수의 수질을 모니터링 할 수 있는 탁도계 설치를 권고하였다.

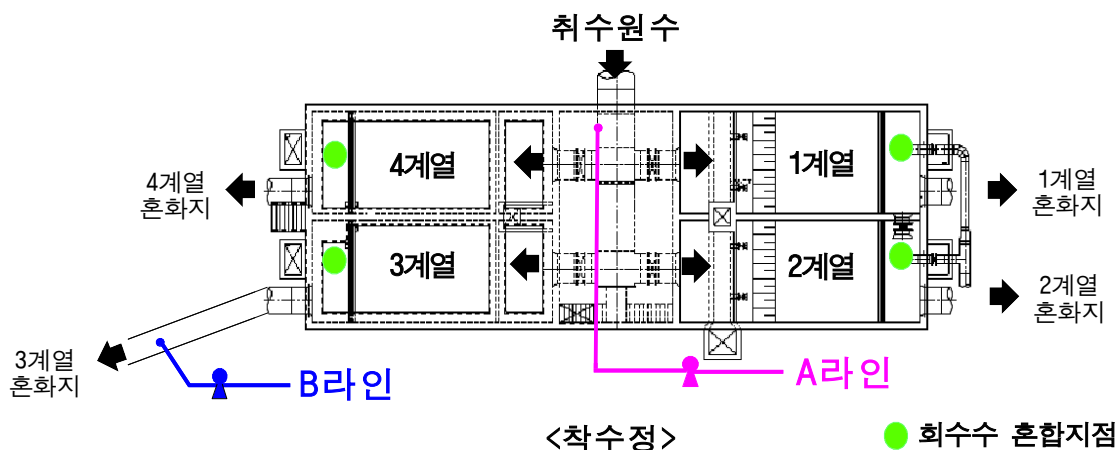


그림 1. 착수정원수 샘플링 위치

표 1 . 배출수처리공정 회수조 청소시 수질변화

※ 송수입자수 증가발생(21시경, 50개→170개)
 - 해당일 낮시간 수질상황 1. 침전수 탁도상승(12시 30분경, 0.3→0.6NTU)
 2. 활성탄처리수 수질저하(17시경, 입자수 30개→100개)
 - 원인분석결과: 회수조 청소를 위해 회수조 바닥까지 전량 회수 실시(07시경)
 고탁도 회수수가 착수정으로 이송되어 수질에 영향 발생

B라인의 경우 회수수의 혼합효과는 확인할수 있지만 B라인 후단에서 pH 조절을 위한 가성소다가 주입되기 때문에 수질이 급변하는 고탁도 및 저알카리도 시기에 pH 조정효과를 반영한 신속한 약품주입변화가 제한될 수 있다.

2.1.2. 원수샘플링라인 개선결과

A, B라인의 제한사항을 해결하기 위해 회수수의 혼합과 pH조정이 완료되어 응집제를 주입하기 직전의 원수를 채수할 수 있는 C라인을 신설하였다. C라인의 경우는 단독적으로 배관을 구성하지 않고 B라인과 연결하여 경우에 따라서 교대로 사용할 수 있도록 배관라인을 구성하였다. C라인 구성에 따라 DAS 응집제 주입률 결정 프로그램에 필요한 최종원수(pH조정, 응집제 주입 전 최종탁도)의 수질을 모니터링하게 되어 보다 정확하고 신속하게 응집제 주입률을 결정 반영할 수 있게 되었다. 또한, 배출수처리공정으로부터의 회수수 수질을 확인하기 위해 탁도계를 별도로 설치할 필요가 없어 예산절감과 운영 소요를 감소시킬 수 있게 되었다.

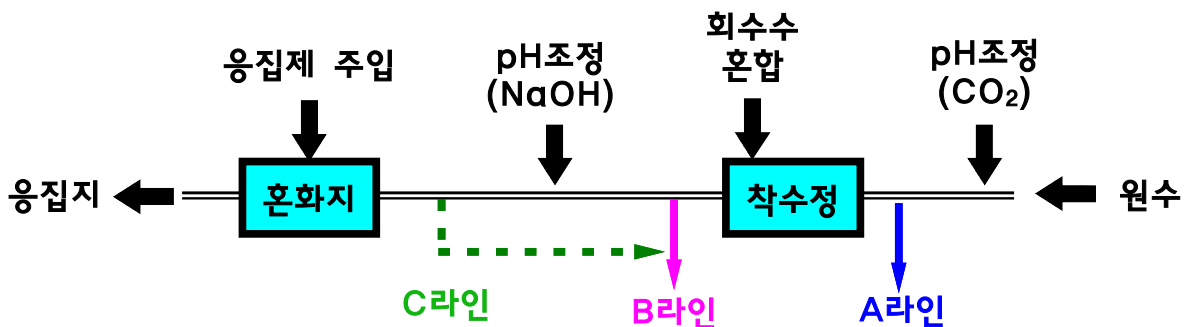


그림 2. 원수 샘플링라인 추가개념도

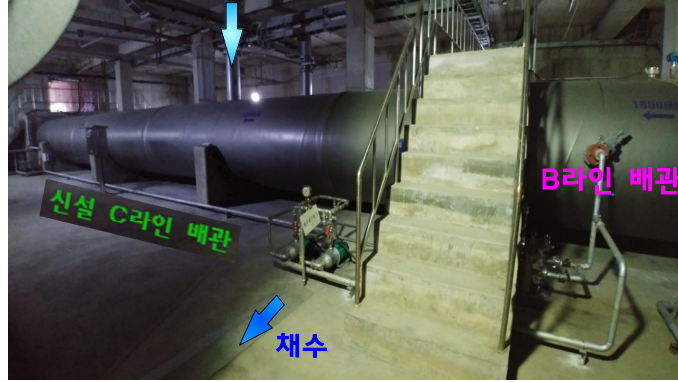


그림 3. C라인 배관 설치사진

2.1.3. 고도정수처리과정 샘플링지점 증설

원수 냄새유발물질과 유기물 제어를 위해 가동되고 있는 고도정수처리공정은 효율분석을 위해 탁도, pH, TOC, 입자수와 잔류오존을 상시모니터링 할 수 있는 자동 분석장비가 설치되어 있다. 자동분석기에서 측정된 수질데이터는 제어실에서 실시간 모니터링이 가능하며 시간대별로 저장되어 처리효율 분석 등 공정운영 자료로 활용되고 있다. 냄새유발물질의 경우 평상시에는 주 1회 샘플링에 의한 실험실분석을 진행하여 제거효율을 확인하고 있다(표 3). 하지만 고도공정 운영효율을 분석하는 수질인자가 잔류오존농도를 제외하면 활성탄 처리수에 편중되어 고도운영에 의한 전체적인 효율만 확인이 가능하여 오존공정의 처리효율과 활성탄 공정의 처리효율을 구분하여 모니터링 하는 것이 제한되었다.

표 2. 고도정수처리과정 상시모니터링 항목

공정	측정대상	잔류오존	탁도	pH	TOC	입자수
오존	1계열	○				
	2계열					
	3계열					
	4계열					
	2,3단계 유출수	○				
활성탄	1계열 유출수		○	○	○	○
	1-8지 유출수		○	○	○	○
	2계열 유출수		○	○	○	○

2.1.4. 고도정수처리과정 샘플링지점 증설 결과

오존처리공정의 수질 모니터링이 가능한 샘플링배관과 펌프를 신설하였다(그림 4, 5). 샘플링배관은 오존접촉조를 거쳐 활성탄흡착지에 유입되는 처리수로에 설치하

였으며 기존 파일럿실험을 위해 활성탄흡착지 1계열 8지에 설치된 탁도, pH, TOC, 입자계수기에 연결하여 평소에는 오존처리수를 모니터링하고 필요에 따라 1계열 8지의 수질실험이 가능하도록 전환밸브를 설치하였다.

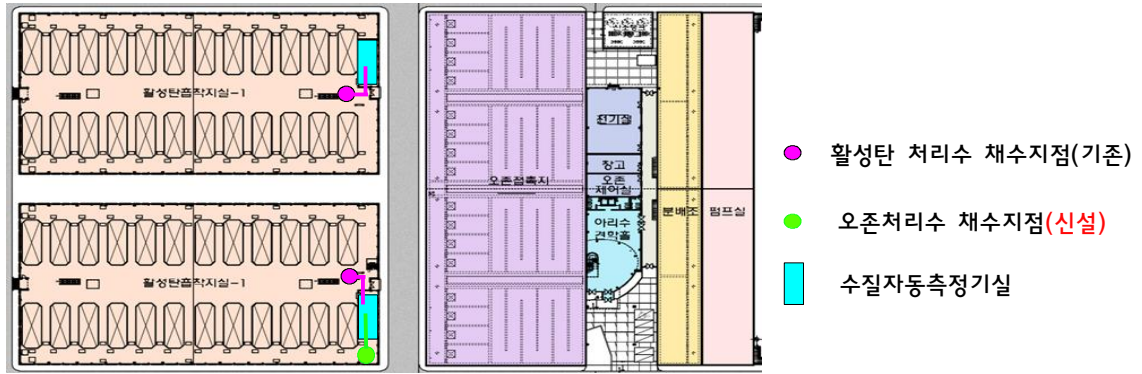


그림 4. 오존처리수 샘플링라인 신설

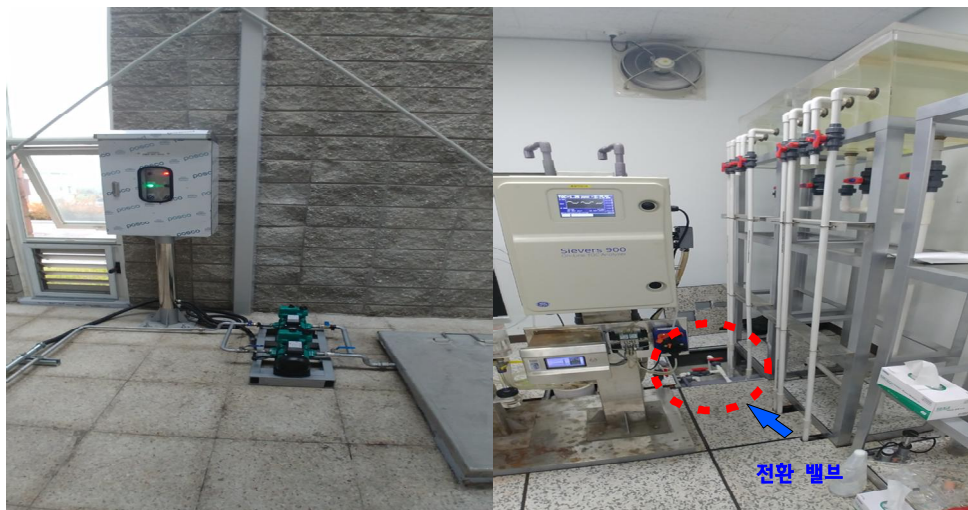


그림 5. 오존처리수 샘플링라인 사진

수질을 상시모니터링하는 제어시스템과 워터나우의 검사항목도 변경하여 상시 오존처리수의 수질을 확인할 수 있도록 변경하였다(그림 6). 오존처리수에 대한 샘플링라인을 신설함에 따라 고도정수처리공정 중 단위공정의 상시 수질모니터링이 가능하게 되었으며 필요시 진행하는 샘플링에서도 지하관량으로 들어가지 않고 수질 자동측정기실에서 공정별 채수가 가능하게 되어 유지관리에도 도움이 될 수 있을 것으로 기대한다.



그림 6. 제어프로그램 명칭변경

2.1.5. 통합여과수 샘플링배관 개선

통합여과수 샘플링배관은 법정사항인 통합여과수의 탁도관리를 위해 설치되었다. 각 계열별로 1개씩 4개라인이 운영중이며 샘플링된 통합여과수는 수질자동측정기실에서 탁도가 연속적으로 측정되고 있다. 샘플링 배관은 여과지 통합수로에서 정수지 방향으로 유출되기 전에 설치되어있으며 수로 바닥에서 약 2m 높이에서 채수되도록 구성되어 있다. 문제는 3, 4계열의 경우 그림 7에서처럼 유출위어가 설치되어 샘플링지점의 수위가 일정하게 유지되지만 1, 2계열은 유출위어가 설치되지 않아 후단공정의 운영상황에 따라 수위가 낮아져 샘플링이 간헐적으로 중단되는 문제가 발생하였다. 후단공정인 고도 중계펌프 흡수정 수위가 4m이하로 낮아지면 1, 2계열 채수펌프 양수에 문제가 발생하여 통합여과수 탁도가 흔들리는 현상이 간헐적으로 발생 되었다. 따라서, 고도 흡수정 수위를 4m 이상으로 항상 유지해야 하는 문제가 있어 수위의 탄력적 운영에 제한이 있었다.

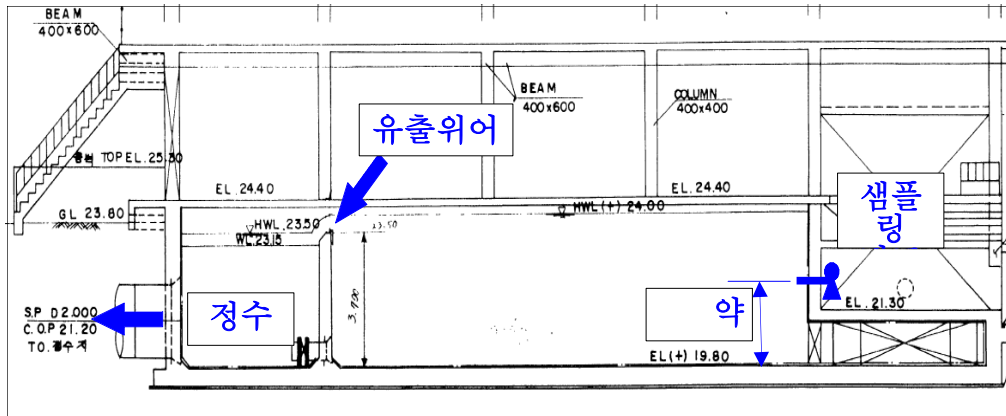


그림 7. 통합여과수 샘플링 지점 단면도

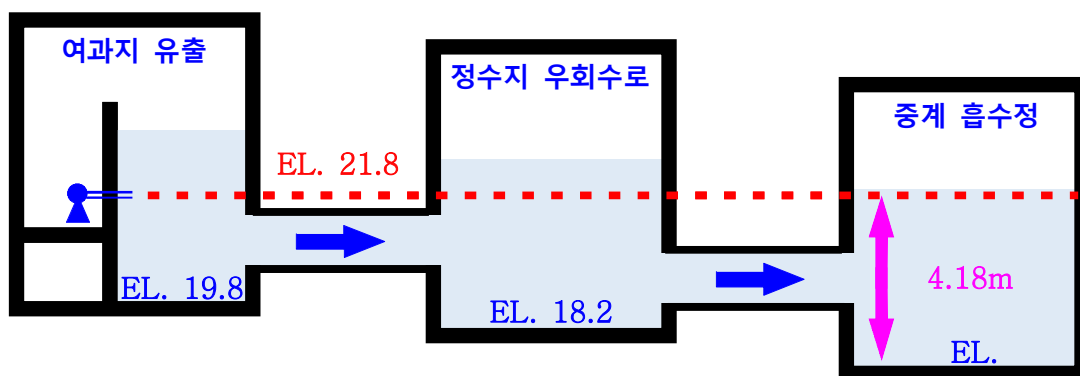


그림 8. 통합여과수 샘플링 지점 수위비교

2.1.6. 통합여과수 샘플링배관 개선결과

통합여과수의 간헐적 샘플링 불능현상을 개선하기 위해 유출위어 설치, 샘플링 위치변경 등 다양한 개선방법을 고려하였다. 상기와 같은 모든 방법들에 의해 문제를 해결할 수 있을 것으로 판단되었으나 보다 현실적이고 경제적인 방법으로 유입배관의 깊이를 변경하는 것으로 개선방법을 결정하였다. 기존 유입배관의 높이는 수로 바닥에서 2m정도 상단부분에서 채수되었는데 깊이를 증가시켜 바닥과의 거리를 50cm 정도로 낮추는 방법을 고려하였다. 더 깊은 깊이의 경우 혹시 모를 침전물의 영향을 배제하기 위해 50cm 간격으로 깊이를 결정하였다. 유입배관 깊이 조정은 타 시설공사 단수작업 기간을 이용하여 통합여과수로의 수위를 30cm이하로 낮춘 후 작업자가 투입되어 유입배관을 새로 설치하였다. 유입배관을 변경한 후 통합여과수 펌프의 간헐적 불능문제는 해결되었으며 통합여과수 샘플링 문제는 더 이상 흡수정 수위결정에 고려사항이 되지 않도록 조치하였다.

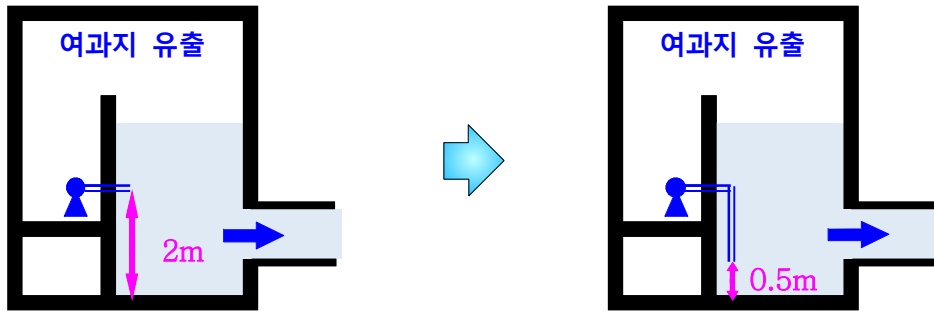
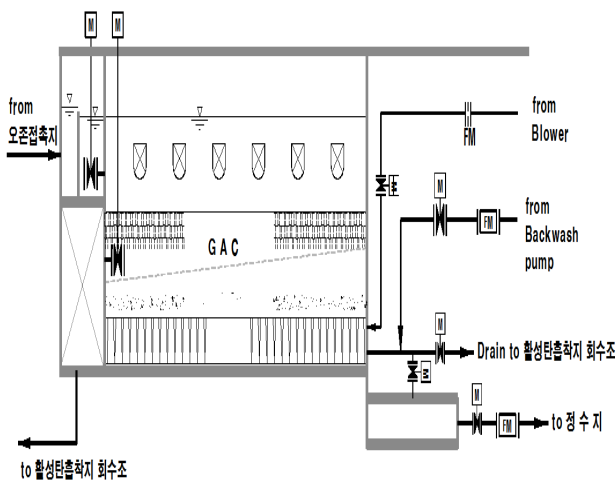


그림 9. 통합여과수 샘플링라인 개선결과 단면도

2.2. 활성탄흡착공정 최적화

2.2.1. 수온 및 유량에 따른 팽창률 측정

활성탄흡착지의 역세척은 여과시간동안 활성탄에 물리적으로 흡착된 오염물질을 제거하여 손실수두를 회복하고 흡착효율을 유지 또는 향상시키는 과정이다. 역세척은 보통 12일마다 진행하며 역세척 방법은 공기+물 역세방식을 사용하고 있다(그림 10). 그간 운영결과 물역세 공정만으로는 역세이전으로의 손실수두 회복이 어렵기 때문에 공기역세에 의한 오염물의 탈착과 역세수에 의한 오염물의 배출을 병용하여 역세공정을 운영하여 왔다.



역세척방식	·물 + 공기
역세속도 (설계)	·공기 1.0m/분 ·Slow backwash 0.3m/분 ·Rinse 0.69m/분(@30°C)
역세시간(설계)	·공기 3분(최대), 물 12분(최대)
역세펌프	·형 식 : 양흡입원심펌프(VVVF) (상용 2대 + 예비 1대) ·용 량 : 25.9m ³ /분 × 13mH
역세송풍기	·상용 1대 + 예비 1대 ·용 량 : 75m ³ /분 × 7,500mmAq

그림 10. 활성탄흡착지 단면도와 역세척공정 제원

물 역세는 오염물 배출의 중요한 과정으로 역세펌프 1대 운전과 이후 역세펌프 2대 운전으로 활성탄의 팽창을 유도하여 오염물을 배출하는 방법을 사용하였다. 그

림 11에 역세과정에서의 역세척 시퀀스와 시간을 나타내었다. 상수도시설기준(2010)에 따르면 역세척에 의한 활성탄의 팽창률은 일반적으로 20~40 %(평균 25 %)가 되도록 권장하고 있다. 여기에 맞추어 우리정수센터는 평상시의 경우 25~30 %, 하절기 오염물이 증가하거나 거품 발생 등 엄격한 수질관리가 요구될 때에는 팽창률을 40 %까지 증가시켜 운영하고 있다. 팽창률에 영향을 주는 주요인자는 물 역세량과 수온이다. 물 역세량이 증가할수록 부력의 증가로 인해 팽창률은 증가하며 물의 점도에 영향을 주는 수온은 같은 유량에서도 수온이 낮을수록 활성탄의 팽창률을 더 크게 한다. 그러므로 제어를 위해 팽창률을 변화시킬 경우 사전에 수온과 유량에 의한 팽창률을 조사하여 놓는 것이 필수적이다. 따라서, 본 연구에서는 수온과 유량에 대한 관계식을 도출하고자 하였다.

연구방법은 계절별 수온변화에 따라 현장 팽창률 실험을 진행하였다. 수온은 5, 15, 25 ℃에서 역세척 유량을 증가시켜가며 팽창률 측정기를 이용하여 활성탄의 팽창률을 측정하였다. 역세척 유량조정은 펌프 인버터를 조정하여 유량을 변화시켰다.



그림 11. 활성탄흡착공정 역세척 시퀀스

2.2.2. 수온 및 유량에 따른 팽창률 측정결과

동일수온에서 팽창률은 역세척 유량에 따라 선형적인 증가추세를 보였다(그림 12). 수온이 낮아질수록 동일유량에서의 팽창률은 증가하는 경향을 보였다. 동일 팽창률을 위한 역세척 유량은 수온상승에 따라 증가하였으며 평상시 25~30 %의 팽창률을 위해서는 1,700 ~ 3,000 m³/hr, 비상시 40 %의 팽창률을 위해서는 2,400 ~ 3,500 m³/hr의 유량이 필요한 것으로 나타나서 수온에 따라 최대 60 %이상의 유량차이가

발생하는 것으로 분석되었다.

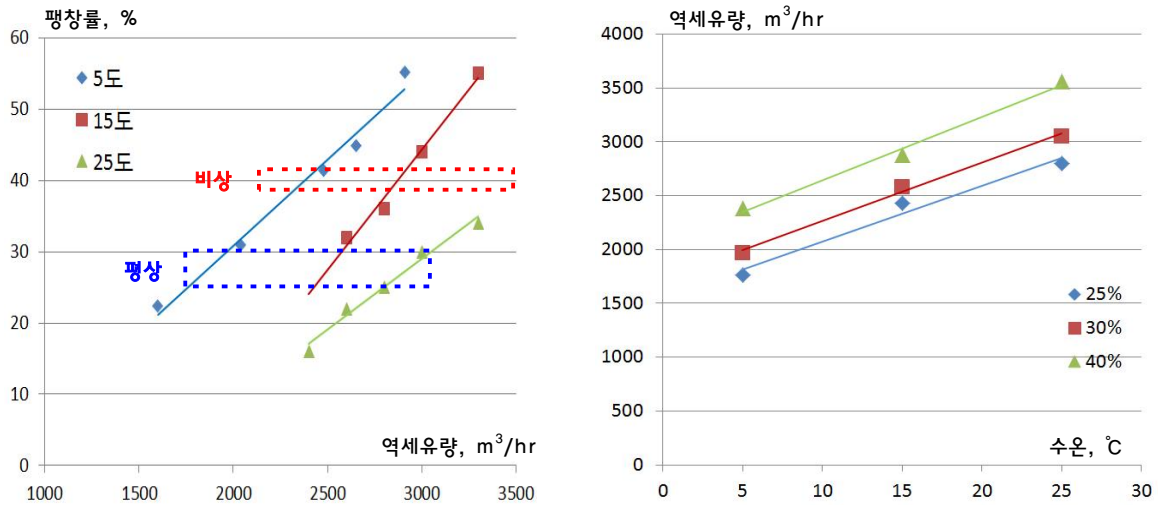


그림 12. 수온과 역세척유량에 따른 팽창률 변화

향후 역세척 공정 자동화를 위해 수온에 따른 역세척 유량 수식을 도출하면 다음과 같다. 역세척 유량은 수온센서와 연동되어 수식에 의해 결정되며 제어프로그램은 인버터 펌프의 수치를 조절하여 유량을 제어하는 방법으로 자동화가 가능할 것으로 판단된다.

- 팽창률 25%인 경우: 역세척유량 = $51.95 \times \text{수온} + 1,551$
- 팽창률 30%인 경우: 역세척유량 = $54.25 \times \text{수온} + 1,719$
- 팽창률 40%인 경우: 역세척유량 = $58.75 \times \text{수온} + 2,057$

2.2.3. 역세척 공정 진단

역세척 공정이 적절하게 수행되고 있는지 확인하기 위해 분기 1회 자체진단을 실시하고 있다. 진단방법은 역세척 시간과 역세척 강도 확인을 위해 트러프로 유출되는 역세척수의 탁도와 입자수를 모니터링 하여 지속시간을 조정하고 있으며 팽창률을 측정하여 적절한 수준을 유지하도록 펌프의 인버터 수치를 변화시키고 있다. 또한 역세척 후 초기 수질의 안정성 확인을 위해 시동방수의 수질을 모니터링하여 시동방수 시간을 변화시키고 있다. 활성탄흡착지의 경우 지별 상시 수질모니터링 장비가 없기 때문에 이동식 탁도계와 입자계수기를 측정지에 설치하여 탁도, 입자수를 측정하여 결과를 분석하였다. 역세척수 수질은 역세척수가 트러프를 넘는 순간부터 1분단위로 채수를 진행하여 탁도를 측정하였다. 또한, 반기 1회 활성탄흡착지

의 충고를 조사하여 충고변화를 모니터링 하였다.

2.2.4. 역세척 공정 진단결과

역세척 배출수 수질과 시동방수 수질을 바탕으로 표 3과 같은 자체운영기준을 설정하여 역세척과 시동방수 조건을 변경하고 있다. 3/4분기 활성탄흡착공정 1, 2계열의 대표지인 1-21지와 2-17지의 역세척 배출수 탁도측정결과를 그림 13에 나타내었다.

표 3. 역세척과 시동방수 자체운영기준

역세척 배출수 3NTU 이하, 시동방수 0.1NTU or 입자수 100개 이하 활성탄 팽창률 평상시 25~30%, 수질악화시 40%
--

세척탁도는 최초 약 20NTU 후반에서 시간경과에 따라 낮아져 1 NTU부근에서 안정화 되는 것으로 나타났으며 2/4분기(1NTU 부근 안정화)와 유사한 세척 탁도 배출 경향을 보였다. 세척기준 3 NTU를 만족하기 위해 약 10분의 물 역세척 시간이 필요한 것으로 나타났으나 하절기 수질 안전성을 고려하여 역세척 시간을 기존 20분에서 15분으로 조정하였다.

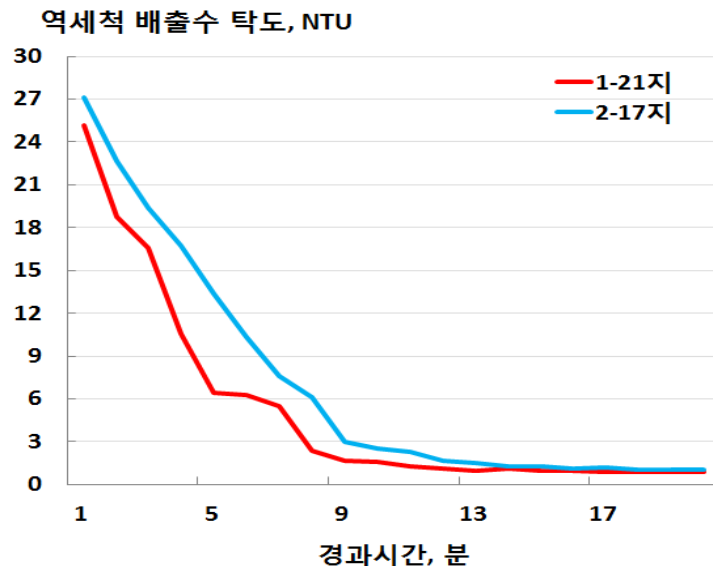


그림 13. 역세척 배출수 탁도측정결과

역세척 과정중 팽창률 측정기를 설치하여 활성탄지의 팽창률을 측정한 결과를 표

4에 나타내었다. 역세과정중에 물 역세척 유량은 2,601 ~ 2,855 m³/hr(수온, 흡수정수위, 인버터Hz에 따라 유량차이 발생)이었으며 팽창률은 26~29%로서 평상시 운영범위(25~30%) 안에 있어 세척에 적절한 팽창률을 유지하고 있는 것으로 판단하였다.

표 4. 팽창률 측정결과

구 분	1-21지	2-18지	조건
팽창률(%)	25.7	28.8	50Hz, 수온: 23.5℃

시동방수 수질은 90분의 방수시간에 따라 탁도는 최대 0.10 NTU, 입자수는 90개/mL 까지 증가 후 안정화 되는 것으로 나타났으며 안정화까지의 소요시간 약 1.5시간이었다. 자체 목표수질인 0.1NTU 이하, 입자수 100개 이하를 위해서는 짧은 시동방수 시간이 요구되나 하절기 수질악화 대비 단계적 감소 시행을 위하여 우선 90분의 시동방수시간을 60분으로 조정 후 수질변화를 지속 확인하며 추가 변경을 시행하도록 조치하였다. 층고조사는 반기 1회 실시하는데 이전분기와 오차율은 ±2.0% 이내로 측정되었다. 활성탄지의 층고변화가 크지 않은 이유는 활성탄흡착지의 탄층 표면에서 트러프까지의 높이가 3.3m로 20~40%의 팽창률로는 유실이 될 수 없는 구조이기 때문인 것으로 판단된다.

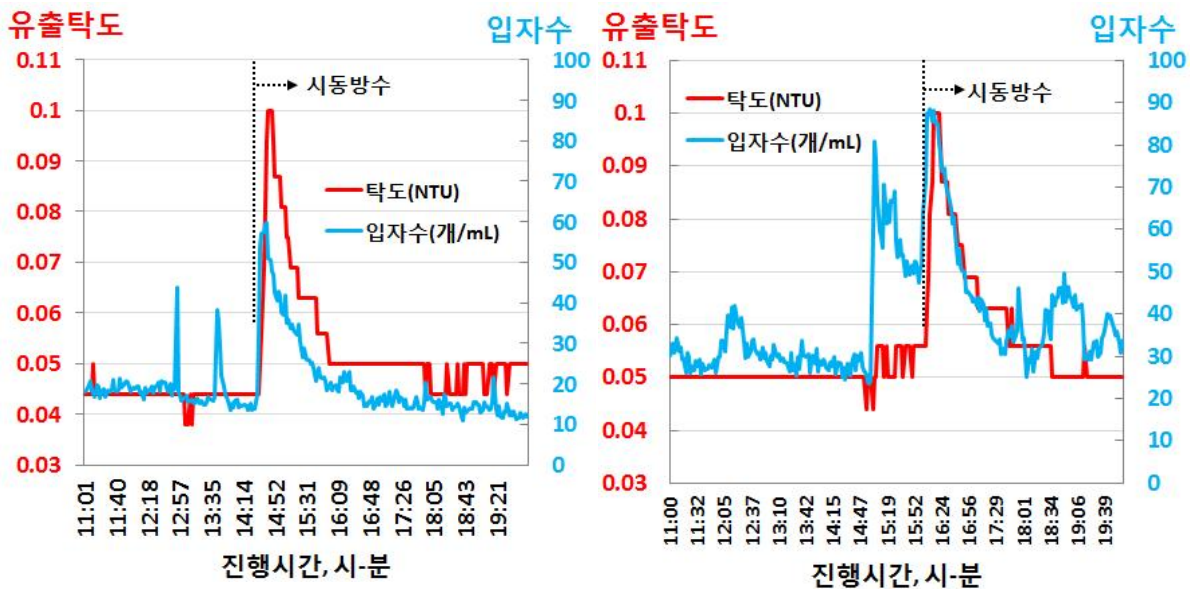


그림 14. 시동방수 수질변화(왼쪽: 1-21지, 오른쪽: 2-17지)

활성탄흡착공정의 역세척 및 시동방수 조건 진단은 분기 1회 실시하여 최적의 조건을 적용하고 있다. 2019년부터는 오존과 AOP 공정도 자체진단에 포함하여 주입에 따른 냄새유발물질, TOC제거효율과 활성탄지의 대기오존농도 저감효과 등을 분석하여 최적 주입률 결정에 반영할 예정이다.

2.2.5. 활성탄흡착지 오존충격요법, 중염소 유입 실험

활성탄흡착공정의 경우 하절기에는 수온상승과 비교적 높은 유기물 농도로 인해 활성탄표면에 부착된 미생물이 활성화되어 냄새유발물질과 TOC 제거에 중요한 역할을 수행하게 된다. 하지만, 미생물의 과다 증식으로 인해 냄새발생이나 다른 불필요한 미소동물의 성장을 초래하여 활성탄지의 위생적인 관리에 영향을 주게 된다. 따라서, 하절기 활성탄흡착지의 위생적 유지관리 방안으로 오존을 고농도로 주입하는 오존충격요법과 중염소를 증가시켜 활성탄지까지 염소가 포함되어 있는 여과수를 도입하여 과도한 미생물 증식을 제어하는 방안을 확인하는 현장실험을 진행하였다. 오존충격요법은 오존주입률을 1.5 mg/L까지 증가시켜 14시간동안 운영하여 오존수가 활성탄흡착지로의 유입을 유도하는 방법이며 중염소 유입은 여과지 전단에 설치되어 있는 중염소 주입시설을 가동하여 활성탄지 유입수의 잔류염소 농도가 정수지 잔류염소농도와 비슷한 0.6 mg/L까지 증가시키는 방법이다. 잔류염소농도를 0.6 mg/L로 증가시킨 이유는 정수에 의한 역세척으로 미생물 제어가 가능한지 확인하기 위하여 정수 잔류염소 농도와 비슷한 농도를 유지하였다. 중염소주입 현장실험에서 주입률은 1.0 mg/L(5.5시간)에서 1.5 mg/L(24시간), 다시 2.0 mg/L(24시간)으로 단계적으로 상승시켰다. 미생물 제어효과 확인은 오존충격요법 및 중염소 유입 실험을 진행한 후 활성탄지 역세척을 진행하여 역세척 배출수에 포함되어 있는 미생물을 현미경 관찰을 통해 확인하였다.

2.2.6. 활성탄흡착지 오존충격요법, 중염소 유입 실험 결과

오존충격요법을 사용한 후 다음날 활성탄흡착지의 역세척을 진행하고 역세척수를 현미경 관찰한 결과 미생물의 농도가 현저히 감소된 것을 확인하였다. 오존의 강력한 산화력에 의해 세포벽 파괴가 진행되었으며 생존개체수가 거의 존재하지 않는 것을 현미경 관찰을 통해 확인하였다.

중염소 주입 현장실험 결과 중염소를 1.0, 1.5, 2 mg/L 주입시 여과지 유입잔류염소는 각각 약 0.4, 0.9, 1.5 mg/L로 염소 주입과정에서 초기 잔류염소가 0.5 ~ 0.6 mg/L이 소모되는 경향을 보였다. 여과지 유출 잔류염소는 최초 중염소 주입 후 약

12시간 경과부터 서서히 증가하는 경향을 보였으며 이는 여과지에 억류된 유기물과의 반응에 의해 소모된 것으로 판단된다. 여과지에서 잔류염소가 파괴되기 까지 약 12시간이 소요되었다. 여과지 유입 잔류염소 0.9 mg/L에서는 약 0.3 mg/L, 1.5 mg/L에서는 약 0.8 mg/L의 유출 잔류염소 농도를 보여 모래여과층에서 0.6 ~ 0.7 mg/L의 잔류염소가 소모된 것으로 분석되었다. 2~3일의 단기 중염소 운전시에 고도공정 유입잔류염소를 0.6 mg/L 이상 유지하기 위해서는 1.8 mg/L 이상의 주입률이 필요한 것으로 분석되었다.

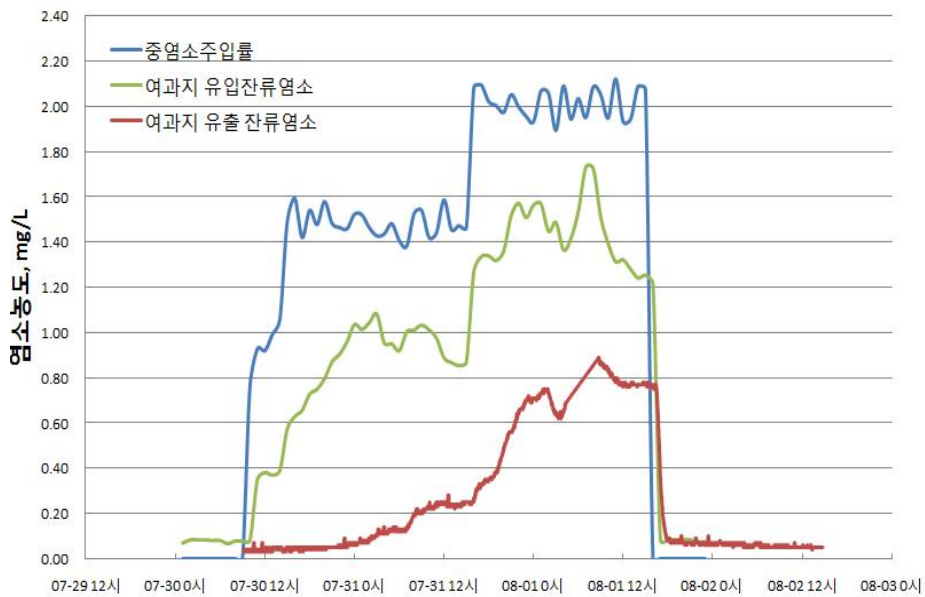


그림 15. 중염소 주입률 및 잔류염소 농도 변화

중염소 주입과정에서 오존주입에 따른 간섭을 확인하기 위해 오존주입을 0.3 mg/L에서 비주입으로 변화시켜 보았다. 고도공정 유입잔류염소는 오존과의 반응으로 약 0.1 ~ 0.2 mg/L가 소모되는 것으로 나타났으며 잔류오존농도는 일부 증가하는 경향을 보였다. 실험전에는 오존과 잔류염소의 간섭반응에 의해 잔류오존 농도가 감소할 것으로 예상했으나 잔류염소 농도가 감소하는 경향을 보이는 것으로 나타나서 이에 따른 추가적인 확인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

최종적으로 활성탄흡착지에 유입된 잔류염소는 0.6 mg/L 이상으로 유지된 상태에서 약 8시간의 지속시간을 유지하였다. 이후 활성탄흡착지 역세척을 실시하고 미생물의 거동을 현미경 관찰한 결과 미생물의 생존 개체수에는 큰 변화가 발생하지 않았다. 따라서, 활성탄 흡착지의 미생물 제어를 위해서는 보다 높은 농도의 잔류염소 유입이 필요한 것으로 판단되며 효과가 확인된 오존충격요법이 미생물 제어에 효과

적일 것으로 생각되어 향후 하절기 활성탄흡착지의 미생물 환경개선을 위해서 간헐적인 오존충격요법을 시행할 계획이다.

표 5. 고도정수처리공정 잔류염소 변화(단위: mg/L)

구 분	7월31일 11시	7월31일 15시	8월1일 10시	8월1일 15시*
고도유입	0.22	0.24	0.78	0.70*
오존처리수	0.12	0.10	0.53	0.65*
활성탄처리수	0.0	0.0	0.0	0.0*

* 8월1일 15시 값은 오존주입을 중단한 후 측정한 결과임

2.3. 냄새유발물질 제어를 위한 고도산화공정 운영





2.3.1. 고도산화공정 개요

냄새유발물질 제거효율 향상과 활성탄지 대기오존농도 제어를 위해 AOP(고도산화공정, Advanced Oxidation Process)와 퀘칭공정이 2017년 12월 준공되었다. 시설용량은 AOP의 경우 과산화수소를 최대 2.5 mg/L, 퀘칭공정은 5 mg/L까지 주입할 수 있다. 과산화수소 저장탱크는 용해주관별로 2개가 설치되어 9.8m³을 저장 주입할 수 있도록 설치되었다. 각 오존접촉조 유출부에는 과산화수소 농도계가 설치되었다.

표 6. AOP, 퀘칭공정 세부 규격

구 분	규 격	비 고
정량펌프	총12대(AOP:4(60L/hr), 퀘칭:4(120L/hr), 예비:4(120L/hr))	과산화수소
가압수펌프	AOP: 4대(41m ³ /hr×80mH, 18.5kW) 퀘칭: 4대(80m ³ /hr×60mH, 22kW) 예비: 4대(80m ³ /hr×60mH, 22kW)	
저장탱크	총8탱크(지별2(4.9m ³ ×2))	AOP 최대주입시 8.3일분
주입률	AOP: 최대 2.5mg/L, 퀘칭: 최대 5.0mg/L	
주입지점	AOP: 용해주관(오존주입전단) 퀘칭: 오존접촉조 출구	
과산화수소	농도 34%	
과산화수소 농도계	4대(Membrane cell type, 0~200ppm)	

표 7. AOP, 퀘칭공정 설치사진

			
정량펌프 및 저장탱크	가압펌프, 인젝터	AOP주입(용해주관)	퀘칭주입 (오존접촉조 유출)

2.3.2. 고도산화공정 운영결과

2017년 12월 고도산화공정이 준공된 후 2018년 4월까지 화학물질관리법 통과심사로 인해 주입실험이 진행되지 않았으며 직원교육과 약품구매등으로 6월에 시운전을 시작하였다. 운영중 잦은 미비점 발생과 저장탱크의 하자발생 조치 등으로 인해 주입이 지연되어 냄새유발물질이 20 ppt이상 발생하는 11월 중순부터 주입을 시작하였다.

2018년 냄새유발물질 발생은 2-MIB가 11월 12일부터 급격히 증가하기 시작하여 원수에서 최고 150 ppt가 검출되었고 2017년에 비해 일주일 정도 빠른 발생경향을 보였다. 2016, 2017년보다 고농도로 발생하여 20 ppt이상 발생기간 동안의 평균농도는 69 ppt로 예년에 비해 두배 이상의 발생농도를 보였다.

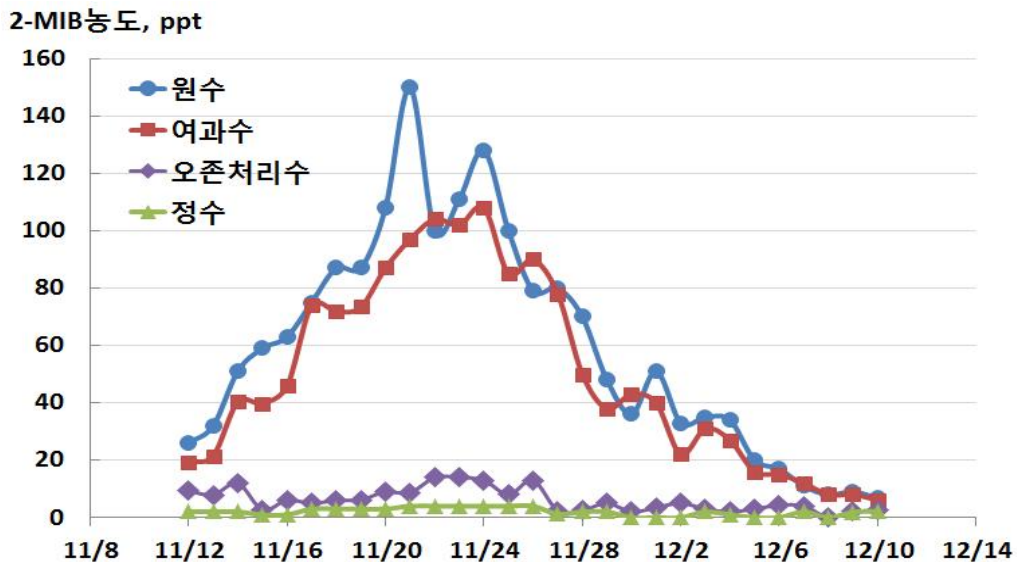


그림 16. 공정별 2-MIB 농도

표 8. 연도별 2-MIB 발생현황

구분	2016	2017	2018년
발생기간 (지속일)	12/8~12/31 (24)	11/20~12/15 (26)	11/12~12/5 (24)
최고농도 (ppt)	36	53	150
평균농도 (ppt)	26	32	69

냄새유발물질 발생기간중 오존주입률은 최대 1.1 mg/L였고 과산화수소는 최대 0.3 mg/L를 주입하였다. 고도정수처리를 거친 정수에서의 2-MIB농도는 4 ppt 이하였으며 최소 92% 이상의 제거율을 보였다. AOP 운영에 따른 냄새유발물질 제거효과는 운영기간이 짧고 오존주입시설의 문제 등으로 인해 세부적인 분석이 어렵지만 과산화수소를 AOP로 주입했을 때 오존처리공정까지의 평균제거율은 90 %로 AOP를 사용하지 않았을때와 비교하여 15% 이상 제거율이 증가하는 것을 확인하였다. 2017년 냄새유발물질 발생시기와 비교하였을 경우에도 평균제거율이 25 % 이상 증가하는 결과를 보였다. 하지만, 상기 결과는 단기간의 AOP 운영결과에 의한 분석으로 보다 정확한 운영분석과 주입률 지침 결정을 위해서는 다양한 주입률 변경효과 분석이 필요하기 때문에 2019년에 이에 대한 추가적인 연구를 수행할 예정이다.

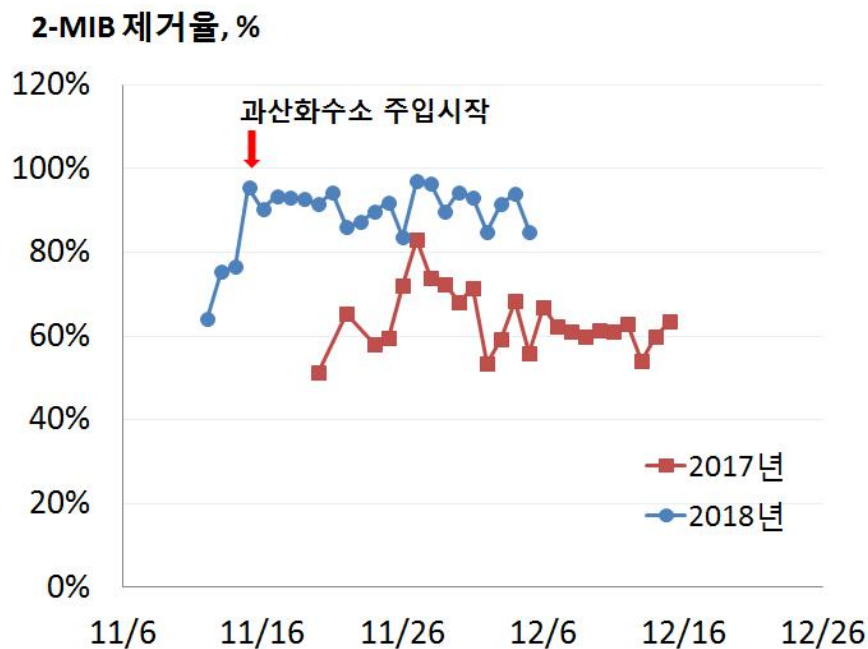


그림 17. 원수부터 오존처리공정까지의 제거율 변화

2.4. 배출수처리공정 수질 제어를 위한 현장실험

2.4.1. 폭기량별 클로로포름 제거효과 분석

배출수처리공정에 포함되어 있는 클로로포름 제어를 위한 수단으로 폭기공정 도입에 대한 기초실험을 진행하였다. 대상원수는 방류수, 배슬러지지수, 2차농축조 상등수를 사용하였으며 측정된 클로로포름 농도는 45 ~ 65 ppb였다. 실험을 위해 110 L 원형통을 준비하였고 원형통 하단에 폭기를 위한 산기석을 8개 설치하여 외부에 설치된 블로워에 의해 공기를 주입하였다. 원형통은 2개를 준비하여 폭기조건과 비폭기 조건을 대조군으로 실험을 진행하였다. 공기량 확인 및 제어를 위해 공기유량계를 설치하여 주입되는 공기량을 제어하였으며 폭기를 진행하며 일정시간 간격으로 시료를 채취하여 클로로포름 농도를 분석하였다.



그림 18. 폭기실험장치 사진

2.4.2. 폭기량별 클로로포름 제거효과 분석결과

폭기유량에 따라 클로로포름 제거율은 증가하는 것으로 나타났으며 대조군인 비폭기의 경우 시간이 지속되어도 10% 이하의 제거율을 보였다. 폭기효과로 인해 클로로포름은 1시간 이내 급격한 제거가 이루어지며 이후 폭기 지속에 따라 비교적 완만한 제거가 진행되는 것으로 나타났다. 최대유량이었던 16 L/min의 유량공급에서 약 30분이며 70% 이상의 제거율을 보였다.

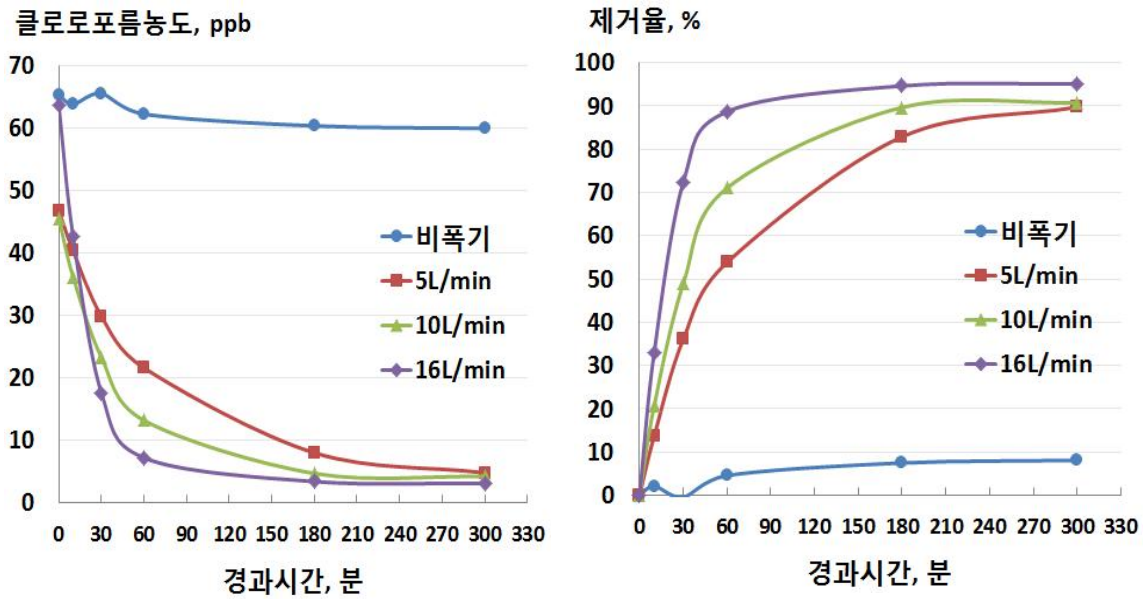


그림 19. 폭기 유량에 따른 클로로포름 제거효과

16 L/min의 폭기 유량조건에서 초기농도가 다른 경우에 대한 실험결과를 그림 20에 나타내었다. 실험범위 내에서 초기농도가 클로로포름 제거율에 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 상관관계 분석에서도 동일 폭기유량, 폭기시간에서 클로로포름 제거율은 폭기유량에 따라 선형적으로 증가하였지만 초기농도의 경우는 상관관계가 높지 않은 것으로 분석되었다.

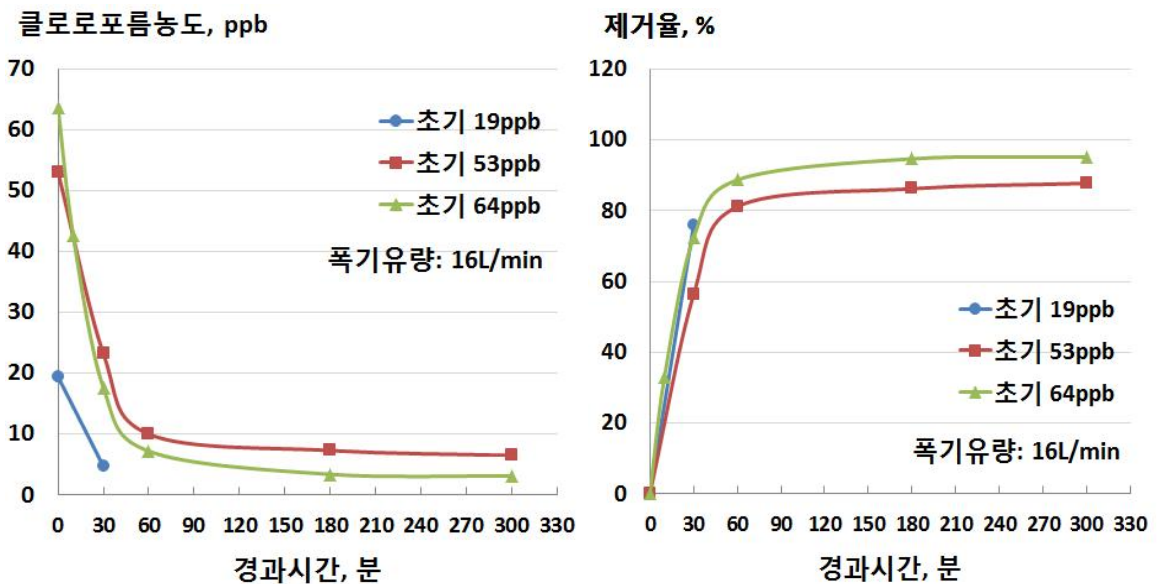


그림 20. 초기농도에 따른 클로로포름 제거율 변화

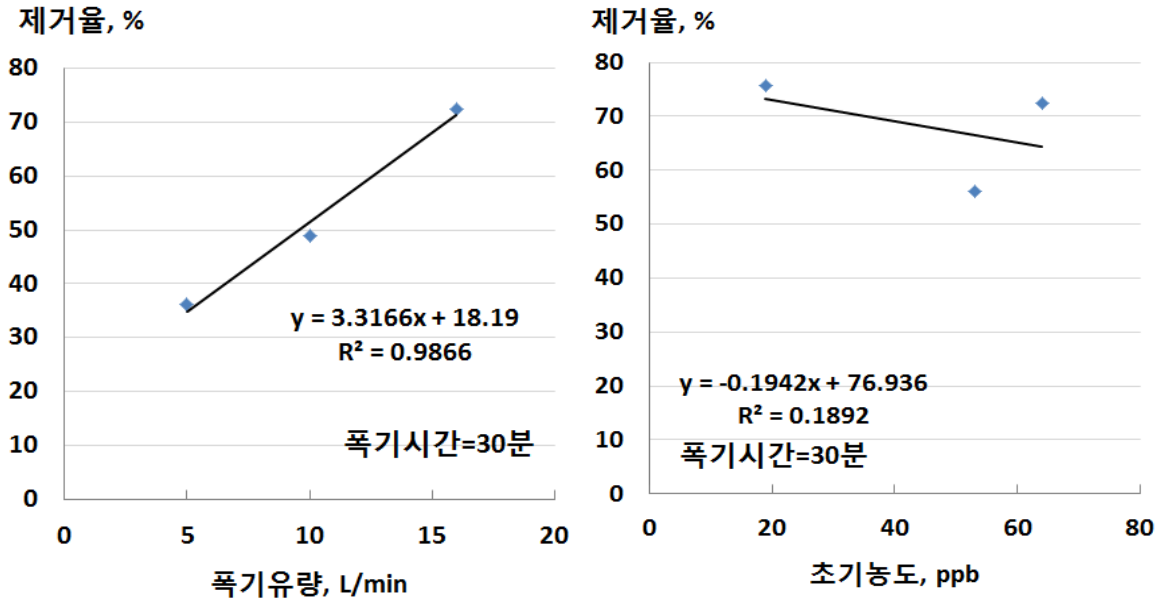


그림 21. 폭기유량, 초기농도에 따른 클로로포름 제거율 상관관계

2.4.3. 침전지 청소에 의한 망간 부하량 산정

배출수처리공정에서의 용해성망간 농도는 계절적 수질변동과 다양한 운영인자에 의해 변화하지만 침전지, 농축조 등 슬러지 배출공정의 청소시에도 용해성망간 농도가 증가하는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 침전지 청소가 배출수처리공정의 용해성 망간농도 증가에 미치는 영향을 확인하기 위해 용해성 망간부하를 산정해 보고자 하였다. 대상은 2018년 침전지 청소를 진행한 12지에 대하여 분석을 진행하였다. 침전지 청소방법은 침전지 유입밸브를 차단하고 침전지 상등수를 인접지로 넘기는 퇴수작업을 진행하여 물높이를 1m로 낮춘 후 슬러지 퇴수밸브를 열어 슬러지가 섞인 물을 배출수처리공정으로 보내게 된다. 물빠짐이 완료되면 퇴수밸브를 열어둔 상태에서 청소인부에 의해 고압살수기를 사용하여 벽면과 바닥청소를 실시하고 청소가 완료되면 유입밸브를 열어 물채움 작업을 진행하여 통수하게 된다. 용해성망간농도 측정은 수위를 1m로 낮춘 상태일 때 슬러지 계면계를 사용하여 침전지 하부에 축적된 슬러지를 채취하여 분석하였다.

2.4.4. 침전지 청소에 의한 망간 부하량 산정결과

12지의 침전지에 대한 침전슬러지 육안관찰 결과 슬러지 수집대차에 의해 제거되지 못하고 침전지 청소시까지 남아있는 슬러지는 거의 비슷한 침전형태를 보였다.

슬러지 대차가 운행하지 않는 대차사각지역이 있었으며 슬러지 대차운행지역의 경우에는 대차가 수집하지 못하는 하단 5~10cm의 슬러지가 항상 침전되어 있었다. 슬러지 호퍼구간은 유출밸브를 열었을 때 슬러지가 빠져나가는 구간을 제외한 사각지역에 슬러지가 침전되어 제거되지 않는 경향을 보였다. 따라서, 먼저 침전지 하단 슬러지 침전영역을 대차사각지역, 대차운행지역, 슬러지수집지역으로 나누어 3개 구간에 퇴적되어 있는 슬러지를 채수하여 용해성망간농도를 측정하였다.

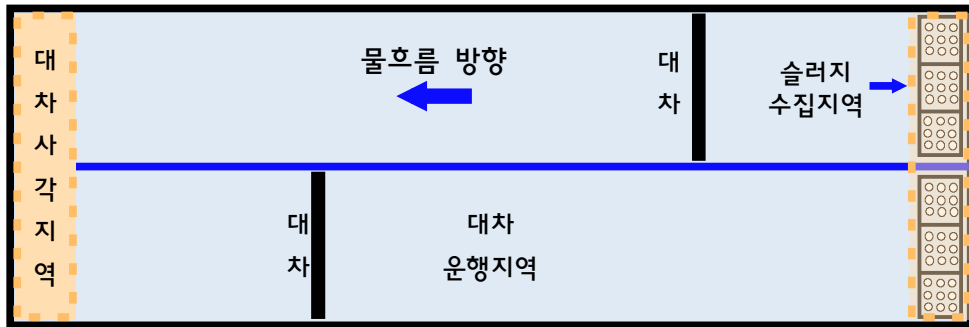


그림 22. 용해성망간 부하산정을 위한 침전지 지역구분도

표 7은 청소대상인 12개 침전지의 하부 침전슬러지에서 측정된 용해성망간 농도의 최소, 최대, 평균값을 나타낸 것이다. 3개 지역중 대차사각지역과 슬러지 수집지역의 용해성 망간 농도가 높은 것으로 나타났으며 대차운행지역은 비교적 낮은 농도를 나타내었다.

표 9. 12개 침전지 구역별 용해성망간 농도측정결과(단위: mg/L)

구분	대차사각지역	대차 운행지역	슬러지 수집지역
최소	1.2	0.2	0.6
최대	12.6	2.3	5.9
평균	3.8	1.0	3.2

용해성망간 부하량 산정은 각 지역별 용해성망간 측정농도중 최고농도와 슬러지 침전 지역별 부피산정을 통해 계산하였다. 용해성 망간 부하량 산정결과 대차운행 지역의 용해성망간 부하량이 132.7 g으로 다른지역보다 높은 것으로 나타났으며 슬러지수집지역, 대차사각지역 순으로 부하량이 높은 것으로 분석되었다. 대차운행지역은 슬러지침전량은 적지만 전체면적이 넓기 때문에 다른 지역보다 부하량이 큰 것으로 판단된다. 부하량 산정으로 계산된 침전지 청소시 배출수처리공정으로 퇴수

되는 물에서의 용해성망간 최대부하량은 322.7 g이었으며 최대농도는 0.26 mg/L이었다. 하지만, 이 농도는 바닥까지 퇴수 후 별도로 고압살수기에 사용된 물이 고려되지 않았으며 퇴수중에도 농도구배가 생길수 있기 때문에 침전지 청소에 따른 용해성망간농도의 상승 경향을 확인하는 정도 수준에서 활용해야 할 것으로 판단된다. 보다 자세한 경향 확인을 위해서는 배슬러지지의 주기적인 용해성망간 농도측정이 필요할 것으로 생각된다.

표 10. 침전지 지역별 용해성망간 부하량 산정결과

구분	총용량	물용량	대차사각지역	대차운행지역	슬러지수집지역
용량산출 근거	19.6m×62.4 m×1m	총용량-슬 러지용량	19.6m×1.5m ×0.2m	58.9m×19.6m ×0.05m	19.6m×2.0m ×0.5m
용량(m ³)	1,223	1,139.8	5.9	57.7	19.6
측정농도 (mg/L)	0.26(계산값)	0	12.6	2.3	5.9
부하량(g)	322.7	0	74.3	132.7	115.6

3. 결 론

정수처리공정의 운영상 문제점을 해결하기 위해 추진했던 개선사업과 고도정수처리공정 최적화와 배출수공정 개선을 위해 진행했던 현장실험 결과는 아래와 같다.

1. 정수처리공정 샘플링 라인 개선

- 원수 샘플링라인 추가설치에 의해 배출수처리공정으로부터의 회수수 영향과 pH조정에 의한 영향을 포함한 원수 채수로 보다 정확하고 신속한 응집제 투입을 자동결정이 가능하게 되었다.
- 오존처리수 샘플링 배관을 추가하여 고도정수처리 단위공정의 상시모니터링이 가능하게 되었으며 각 개별공정의 효율분석과 필요시 채수 용이성 등 유지관리 측면에서도 편리성이 증대되었다.
- 통합여과수 샘플링 배관 개선을 통해 간헐적 샘플링 불능문제를 해결하였으며 보다 유연한 고도정수처리공정 흡수정 수위조절이 가능하게 되었다.

2. 활성탄흡착공정 최적화

- 활성탄흡착공정 역세척 팽창률은 역세척 유량에 따라 선형적인 증가를 보였으며 수온이 낮아질수록 동일유량에서 팽창률이 증가하는 경향을 보였다. 현장실험을 통해 적절한 팽창률을 얻기 위한 특정온도에서의 역세척 유량 산출식을 도출하여 활성탄흡착공정 운영에 활용할 계획이며 더 나아가서는 역세척공정 자동화의 기본자료로 활용할 계획이다.
- 역세척 배출수의 탁도측정과 시동방수의 수질분석을 통해 활성탄흡착공정 운영을 분기별로 최적화하였다. 2019년부터는 자체진단내용을 오존공정으로 확대하여 고도정수처리공정에 대한 자체진단을 분기별로 진행할 계획이다.
- 여름철 활성탄흡착지의 미생물적 환경개선을 위해서는 오존충격요법이 효과적인 것을 확인하였다. 대안으로 증염소 유입 실험을 진행하였지만 0.6mg/L의 정수수준의 잔류염소로는 환경개선 효과가 크지 않았으며 이것으로 볼 때 역세척수를 정수로 사용하는 것도 효과는 제한적일 것으로 판단된다.

3. 냄새유발물질 제어를 위한 고도산화공정 운영

- 고도산화공정 운영을 통해 2018년 2-MIB가 20 ng/L 이상으로 발생하는 냄새유발물질 발생시기에 최소 92 % 이상의 제거로 정수 냄새유발물질 농도를 최대 4 ng/L이하로 제어하였다. AOP 운영효과 분석결과 15% 이상의 2-MIB 추가제거율

을 얻을 수 있는 것으로 나타났으나 세부적인 운영 효과분석은 2019년에 진행할 계획이다.

4. 배출수처리공정 수질 제어를 위한 현장실험

- 폭기에 의한 클로로포름 제거는 폭기시간 경과에 따라 선형적으로 증가하다 완만해지는 경향을 보였으며 선형적 제거율이 나타나는 구간은 폭기유량에 따라 30~60분 이내였다. 폭기유량 증가에 따라 제거율은 급격하게 증가하여 16L/min의 유량공급의 경우 약 30분의 폭기시간에서 70% 이상의 제거율을 보였으며 초기농도는 제거율과의 상관관계가 크지 않은 것으로 분석되었다.
- 침전지 슬러지 잔류 지역별 망간농도분석결과 침전지 하부 잔류슬러지의 용해성망간 농도는 대차사각지역, 슬러지 수집지역, 대차운행지역 순으로 높은 것으로 분석되었다. 잔류 지역 용량을 고려한 용해성 망간 부하량 산정결과 대차운행지역, 슬러지 수집지역, 대차사각지역 순으로 높은 부하량을 보였다. 침전지 청소시 용해성망간의 최고 부하량을 322.7 g이었으며 농도로는 0.26 mg/L였다.

참고문헌

1. 상수도시설기준, 한국상하수도협회, 2010
2. 서울시 고도정수처리운영매뉴얼(Ⅱ), 서울물연구원, 2016
3. 수도시설 기술진단보고서, 서울특별시상수도사업본부, 2011