

2018 한국상하수도협회기술지 Vol.12

Water Tech &

1 Hot issue

공공하수처리시설 방류수 기준항목 COD_{Mn}의
TOC 전환 배경과 의미

2 Research & Technology

2018년 WATER KOREA 상·하수도 업무개선 발표회 우수사례

3 Info. Report

2018년 상·하수도 기술지원 결과/협회수행 연구 결과 요약

4 Tech Report

2018년 대한민국 물산업 기술대전 우수기술

5 Information

2018년 해외 저널 번역 목록
2018년 상·하수도 분야 신기술 목록
2019년 상·하수도 관련 주요행사 일정

Hot issue

공공하수처리시설 방류수 기준항목 COD _{Mn} 의 TOC 전환 배경과 의미	004
---	-----

Research & Technology

2018년 WATER KOREA 상·하수도 업무개선 발표회 우수사례

상수도

· 급수공사비 고지서 발급 개선에 따른 민원 불편 최소화	014
· 보령댐 도수로 취수시설 발생 폐수의 최적 처리 방안	017
· 지방상수도 노후관 비굴착 교체기술 개발	026

하수도

· 혐기성 소화조 운영방법 개선방안	035
· 하수 찌꺼기 육상처리시설 열원 변경을 통한 예산 절감	043
· 창원시 덕동 물재생센터 소화조 운영 업무 개선	049

Info. Report

2018년 상·하수도 기술지원 결과	056
---------------------	-----

협회수행 연구결과 요약

상수도 연구결과

· 관로 기초조사 매뉴얼 및 노후관 갱생공법 가이드라인 작성 연구	071
· 정수장 배출수 처리시설 배출허용기준 준수를 위한 수처리제 관리기준 설정 연구	079
· 급수설비 관리 체계화 및 전문화 방안 연구	084

하수도 연구결과

· 대도시 공공하수처리시설 악취저감을 위한 관리방안 연구	089
· 스마트 하수도 시스템 도입 방안 연구	113
· 기존 상·하수도 시설 내진보강 계획 수립 지침	132

Tech Report

2018년 대한민국 물산업 기술대전 우수기술

· 방류용 SS계 국산화 개발	144
· 휴대용 열역학 펌프효율장치	146
· 스테인리스 폴리에틸렌 복합파이프	148
· 소규모 급수 구역 최적 유량 및 수압 감시 시스템	150
· 디지털 필터 전자식 유량계	152

Information

· 2018년 해외 저널 번역 목록	156
· 2018년 상·하수도 분야 신기술 목록	160
· 2019년 상·하수도 관련 주요행사 일정	162



한국상하수도협회장
권영진
(대구광역시장)

해를 거듭할수록 가속화되는 기상이변으로 인해 전 세계적으로 환경 문제가 큰 화두로 지목되고 있습니다. 우리나라도 지금, 빈번하게 발생하는 미세먼지, 가뭄, 폭염 등 기후 변화와 지진 발생, 보호무역주의 강화로 인한 경제 저성장 등 모든 분야에서 심각한 우려의 목소리가 높아지고 있습니다.

이러한 위기 속에서 생명과 미래성장의 필수 요소인 물을 확보하고 안전하게 관리하는 일은 인류 모두가 함께 고민하고 해결해야 할 공통 현안이며, 세계 각국은 이미 물 관련 산업 육성을 위해 자국 시장 보호를 위한 장벽을 굳건히 세우고 기술 개발과 기업 육성에 매진하고 있습니다.

우리 정부도 ‘지속 가능한 발전’을 국민 삶 개선의 전제 조건으로 보고 국가 지속 가능성 재고를 위한 기반 마련에 주력하고 있습니다. 국민이 체감하는 환경 질 개선을 위하여 유역 기반 수량·수질 통합 관리 체계 구축 등 물 문제를 해결하고, 하수처리장을 활용한 주민 참여 사업 모델을 발굴·자연친화적인 청색기술 개발 등 환경 산업을 육성하고 있습니다.

한국상하수도협회는 물 산업 분야의 리더로서 이러한 시대적 흐름에 적극 동참하여 역량을 발휘해 나가도록 전력을 다하고 있습니다. 물 산업 발전을 위한 정책 연구, 물 기업 육성, 기술기준 수립 및 기술정보 보급, 물 기업의 해외 진출 지원을 위한 각국 유관기관과의 상·하수도 협력체계 구축 등 물 산업을 발전시키고 우리나라가 물 분야 강국으로 도약할 수 있는 토대를 일구어왔습니다.

올해로 열두 번째 발간되는 『2018 Water & Tech』에는 2018년 핫 이슈, 상·하수도 업무 개선 사례, 각종 상·하수도 신기술 인증 현황 및 물 산업 우수 기술, 연구 성과 등 유용한 정보를 담았습니다. 부디 회원 여러분과 상·하수도 종사자분들께 큰 도움이 되길 바랍니다.

한국상하수도협회 역시 앞으로도 물 산업 관계자들의 가교 역할을 하면서 우리나라 물 산업이 나아갈 방향을 제시하고, 나아가 세계 물 산업을 선도하는데 큰 역할을 하도록 최선을 다하겠습니다. 회원 여러분의 무궁한 발전을 기원드립니다. 감사합니다.

Hot Issue



공공하수처리시설 방류수 기준항목 COD_{Mn}의
TOC 전환 배경과 의미

공공하수처리시설 방류수 기준 항목 COD_{Mn}의 TOC 전환 배경과 의미

박규홍

중앙대학교 건설환경플랜트공학과 교수

최근 환경부는 공공하수처리시설의 방류수 수질기준 항목이던 COD_{Mn} 대신 TOC를 사용하도록 결정하였다. 향후 하수도법 시행규칙에 포함된 공공하수처리시설의 방류수 수질기준이 변경되면, 정해진 일정에 따라 COD_{Mn}과 TOC를 병행 사용하다가, 추후 TOC로 완전 대체되는 시기가 도래할 것이다.

본 지면에서는 이러한 변화에 따라 TOC의 정의, 방류수 수질기준 항목으로 TOC를 사용하게 되는 근거와 배경, 방류수 수질기준으로 적용될 TOC값과 그 의미, TOC의 측정 방법, 공공하수도 관리청 관점에서의 대응 및 관리 방안 등을 살펴보고자 한다.

1. TOC란 무엇인가?

TOC는 'Total Organic Carbon'의 약자로 총유기탄소라고 한다. 수중에는 총유기탄소와 총무기탄소(TIC 또는 IC, 'Total Inorganic Carbon'으로 표기하며, 탄산염, 중탄산염, 용존 이산화탄소의 합)가 공존한다. 이때 총유기탄소와 총무기탄소의 합을 총탄소(TC)라고 한다. DOC는 'Dissolved Organic Carbon'의 약자로 용존성 유기탄소라고 하며, 총 유기탄소 중 공극 0.45μm의 여과지를 통과하는 유기탄소를 말한다.

기준에 주로 사용하던 유기물질의 지표는 BOD₅, COD_{Mn}으로, 유기물질의 분해 과정에서 필요로 하는 산소 소비량을 나타내는 것이다. 하지만 난분해성 유기물질과 같이 분해가 어렵거나 오래 걸리는 경우 BOD₅, COD_{Mn}로 정확한 유기물질 평가가 곤란하다는 단점이 지적되어 왔다. 특히, COD 망간법은 산화력 부족으로 난분해성 유기물질을 포함한 전체 유기물질 측정이 곤란하다. 반면 TOC는 수중에 존재하는 유기물질의 약 90% 이상, 실시간 또는 30분 이내 신속한 측정이 가능하다는 것이 장점이다. 일반적으로 전체 유기물질 중 BOD₅

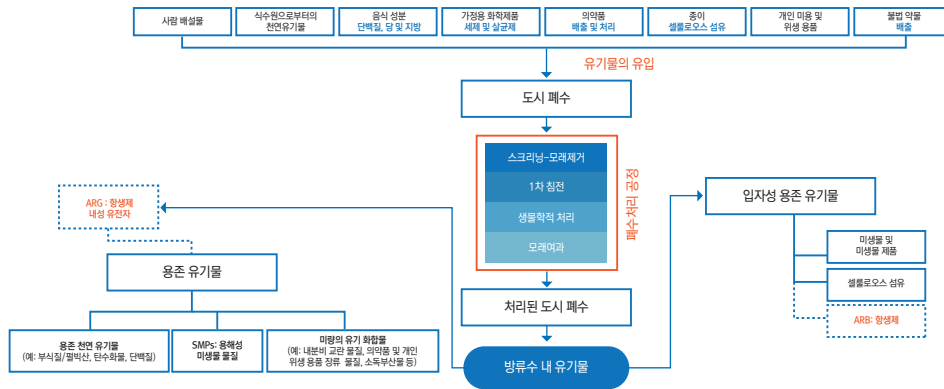
20~40%(측정에 5일 소요), COD_{Mn} 30~60%(측정에 1시간 소요), COD_{Cr} 90%(3시간 소요) 정도가 측정 가능한 것으로 알려져 있다.

이렇게 여러 유기물질 지표의 장단점이 알려져 있던 바, 기후 변화, 정체수역 증가, 조류 등으로 인한 난분해성 물질 증가로 미래지향적 유기물질 관리정책, 유기물 총량관리의 필요성이 증대되었다. 이에 따라 환경정책기본법에 제시된 하천·호소의 생활환경 기준에 '13.1월부터 TOC 항목을 신규 도입하였으며, '16.1월부터는 COD_{Mn}을 TOC로 전환하여 운영하고 있다.

공공수역의 체류시간 증가에 따라 내부에 누적된 난분해성 유기물질이 분해성 유기물질로 변경되어 조류 성장 등에 영향을 주기 때문에 이러한 현상을 정확하게 나타낼 수 있는 지표로 전환시킬 필요성도 지속적으로 지적되어 왔다. 하수 중의 난분해성 유기물질 관리와 신규 환경기준 달성을 위해 공공하수처리시설의 방류수 수질기준의 COD_{Mn}을 TOC 항목으로 전환하여 공공수역의 유기물질 관리를 위한 정책의 통일성을 유지할 필요가 있다.

구 분		BOD	COD _{Mn}	COD _{Cr}	TOC
측정원리		유기물 산화 시 미생물 호흡으로 소비된 산소량 측정	유기물 산화 시 소비된 산화제량 (산소량) 측정		유기물 내 탄소량 직접 측정 ※ C를 CO ₂ 로 전환하여 측정
분석	산화제 (분석시간)	호기성 미생물 (20℃, 5일간 배양)	과망간산칼륨 (95℃가열, 1시간)	중크롬산칼륨 (140℃가열, 3시간)	고온연소 (550℃ 이상, 실시간~30분)
	사용장비	실험기구(적정분석)			TOC 분석장비
	측정물질	산소량(O ₂ mg/L)			탄소량(C mg/L)
측정	대상	저분자* 유기물 * 포도당, 지방 등	저분자 및 고분자* 유기물 * 합성수지, 천연고무, 섬유소 등 분자량이 1만 이상으로 용해가 잘 안되고 결합이 강한 물질		
	범위 (경험적)	20~40%	30~60%	90% 이상	90% 이상
		예) 전분(C ₆ H ₁₂ O ₆)에 대한 분석 결과 (일본 논문) * BOD 460mg/L, COD _{Mn} 653mg/L, COD _{Cr} 930mg/L, 이론적 산소 요구량(ThOD) 1,070mg/L			
	방해 물질	고분자 유기물 등	염소 이온(Cl ⁻) 등	염소 이온(Cl ⁻), 아질산성 이온(NO ²⁻) 등	무기물 등
장단점	COD _{Cr}			TOC	
	(장점) - 고농도에서 재현성 우수 - 처리시설 설계효율 검토에 효율적			(장점) - 저농도 재현성 우수 - 짧은 분석시간 및 자동화 용이 - 다수의 시료 동시 분석 가능	
	(단점) - 저농도에서 재현성 부족 - COD _{Mn} 법보다 측정 장시간 소요 - 수은·크롬 함유 유해성 실험폐액 발생			(단점) - 기존 자료(망간법)와 연계성 부족 - 생물학적 분해 가능한 유기물의 장량화 곤란	

[표 1]
유기물질 관리지표의 비교



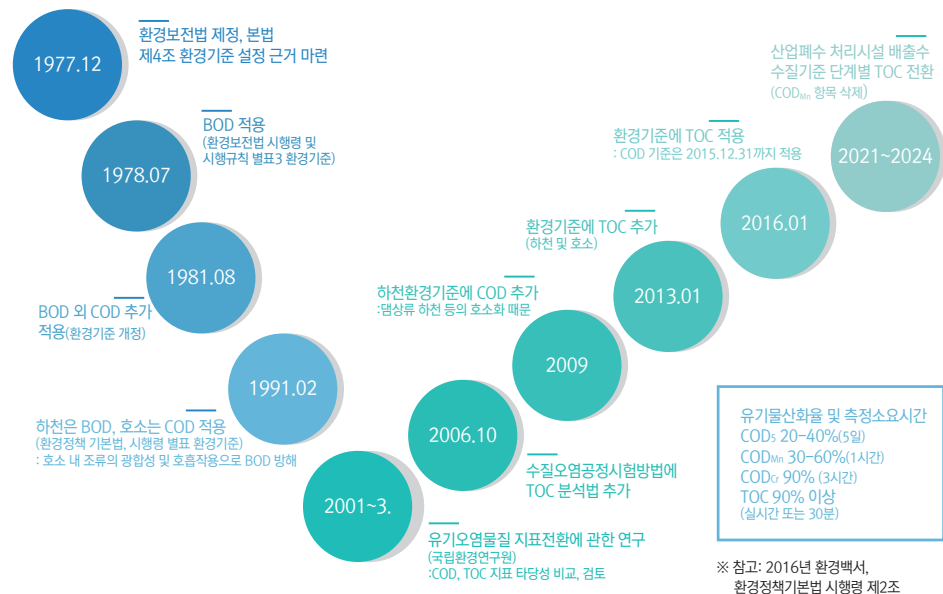
[그림 1]
생물학적으로 처리된 하수
방류수 내 용존성 유기물질의 기원

2. 방류수 수질기준으로 TOC 지표를 사용하게 된 배경

우리나라에서 처음 유기물질 관리를 시작한 1970년대에 COD_{Mn} 을 사용하면서, 초기단계부터 COD_{Cr} 으로 지표 전환이 필요하다는 전문가들의 의견이 제기되었다. 이를 고려해 이러한 지표 전환 정책을 고려하였고 여러 건의 연구도 진행된 바 있다. 금번 TOC로 지표 전환하는 정책과 전혀 연관성이 없지는 않은 듯하다.

COD 측정법에는 중크롬산칼륨법(이하 크롬법)과 과망간산칼륨법(이하 망간법)이 있는데, 둘 다 수중의 유기물을 산화시켜 소모되는 산소량을 측정하는 방법이다. 크롬법의 경우 일반적으로 90% 이상의 산화력을 가지나, 망간법은 30~60%로 산화력이 약하기 때문에 BOD 값보다 낮게 나타나는 경우도 있다. 외국에서 사용하는 대부분 COD 값은 COD_{Cr} 값을 의미한다.

국내 수질오염공정시험기준에서 망간법을 사용하게 된 이유는 크롬법을 사용할 경우, 시약이 비싸고, 환경오염정도가 심하고(수은·크롬 사용), 실험 후 폐액 처리가 곤란하며(위탁처리 필요), 측정시간이 3~4배 더 길고(3시간), 시약 조제와 인자 산출이 더 까다롭기 때문으로 추정된다. 또한 최초 유기물질 기준 도입 시기에는 표준 분석방법 중에 하나가 망간법이었는데, 분석의 정확도는 떨어지나 분석이 쉽고 비용이 적게 들었다. 망간법의 단점 때문에 크롬법을 사용하자는 전문가들의 문제 제기와 많은 논의가 있었으나, 지표전환으로 인한 혼선이 크고 편익은 적어 지표 전환이 이루어지지지는 않았다. 금번 COD_{Mn} 의 TOC 지표 전환 정책은 과거부터 논의되어 온 망간법의 문제를 해결함과 동시에 방류수와 수계 간의 관계를 고려한 유기물질 관리방안의 일관성을 유지하려는 맥락에서 추진되고 있다.



[그림 2]
기물질 지표관련 제도 연혁

앞서 언급한 바와 같이 하천·호소 환경기준에서 '13.1월부터 TOC 항목을 도입하여 '16.1월부터 COD_{Mn}을 TOC로 유기물질 지표 전환이 이루어진 것은 기후 변화, 정체수역 증가, 조류 등으로 인한 난분해성 유기물질 증가로 미래지향적 유기물질 관리정책, 유기물 총량관리 필요성이 증대되었기 때문이다. 또한 하·폐수처리시설의 미생물 처리공법 확충 등으로 공공수역의 BOD₅ 오염도는 감소한 반면, 난분해성 유기물을 포함한 COD_{Mn}, TOC 오염도는 정체 상태이며, 공공수역 체류시간이 증가하여 내부 분해에 따른 유기물질 증가 현상이 발생하므로 난분해성 유기물질 오염도에 대응하는 정책을 펴기 위함이다.

하지만, 하천, 호소의 COD 또는 난분해성 유기물질의 증가 경향을 공공하수처리시설의 방류수 TOC 규제로 해결할 수 있다고 단언할 수는 없다. 전국의 수계에 COD_{Mn} 오염도가 정체 하거나 증가하는 원인은 하·폐수처리시설의 방류수 내 유기물질뿐 아니라, 비점오염원 증가를 포함한 외부 COD_{Mn} 유입 증가와 내부생성 유기물질의 증가에 기인할 수 있기 때문이다.

비점오염원에 대한 기여율의 경우에는 오염원 규명 및 기작이 명확하지 않고 관련 자료도 부족해 명확한 상관성 분석이나 비교가 어려웠다. 그러나 기존의 자료 중 일부에 대한 분석 결과, 강우 시에 수계의 COD_{Mn}/BOD₅ 비율이 비강우 시 측정값보다 2배 정도 더 높아지는 것으로 조사되어 비점오염원이 COD_{Mn} 증가에 영향을 미치는 것으로 파악되었다. 이는 총량 측정망 자료를 토대로 7월보다 8월에 COD_{Mn} 부하량이 4배로 증가하는 것으로 조사되어 외부적인 유입의 영향이 큰 것으로 확인된 것이다. 팔당수계에 대한 다른 선행 연구에 의하면, 계곡, 퇴적물, 논토양, 밭토양에서 TOC 중 난분해성 물질이 80% 이상을 차지하며, 축산, 갈대, 잡초, 조류, 부착조류에서는 20% 이하의 낮은 비율을 차지한 것으로 보고된 바 있다. 더욱 심도 있고 지속적인 모니터링과 연구를 통해 추후 비점오염원 관리를 통한 유기물질 관리방안도 수립되어야 할 것이다.

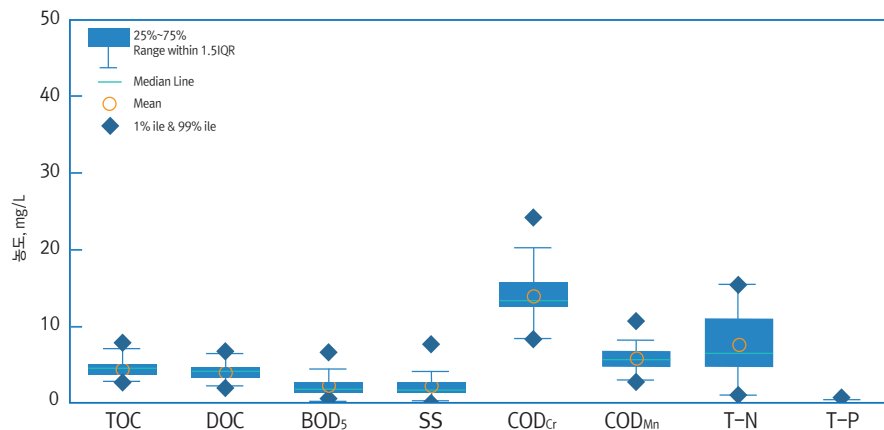
3. 공공하수처리시설 방류수 수질기준으로 적용할 TOC 기준(안)

방류수의 TOC 기준은 3가지 방법을 고려하여 산정하였고, 이를 비교하여 적절한 기준값을 최종적으로 제안하였다. 먼저, 국내 다수의 공공하수처리시설 방류수의 실측 수질 데이터를 이용하여 COD_{Mn}/TOC 비율(1.2~1.35)을 구하고, 현행 COD_{Mn} 기준($20 \cdot 40mg/L$)을 COD_{Mn}/TOC 비율로 나누어 TOC 기준값의 범위를 산출(16.0~33.3mg/L)하는 방법이다.

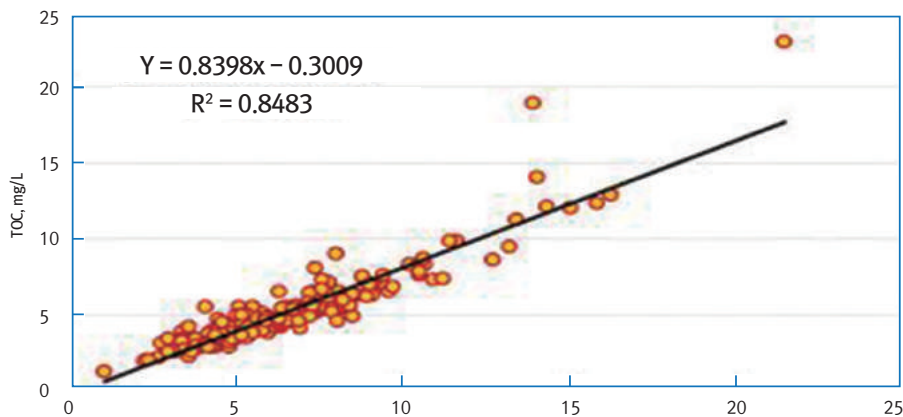
둘째, 최적처리기술에 근거한 미국 하·폐수처리시설의 배출 허용기준 설정 방법에 따라, 방류수 수질의 변동성을 고려하여 장기간 달성 가능한 수준의 기준범위를 산출(7.8~18.2mg/L)하였다.

셋째, 방류수 TOC 수질 규제를 위해 미국 하·폐수처리시설의 일 최대 배출 허용기준 설정 방법(US EPA, 2010, NPDES(국가오염물질배출규제제도) permit writers' manual 참조)에 따라, 99번째 백분위수를 적용하여 TOC의 일 분석 데이터에서 기준범위(9.5~27.0mg/L)를 산출하였다.

상기 세 가지 방법을 고려하여 결정한 방류수 TOC 기준(안)은 표 2와 같다. 표에 나타난 바와 같이 공공하수처리시설 TOC 기준(안), 예상 준수율 등을 고려하여 공공하수처리시설 방류수의 TOC 기준(안)이 마련되어 그동안 사용해 온 COD와 비교해 당장 큰 변화를 초래하지는 않을 것이다.

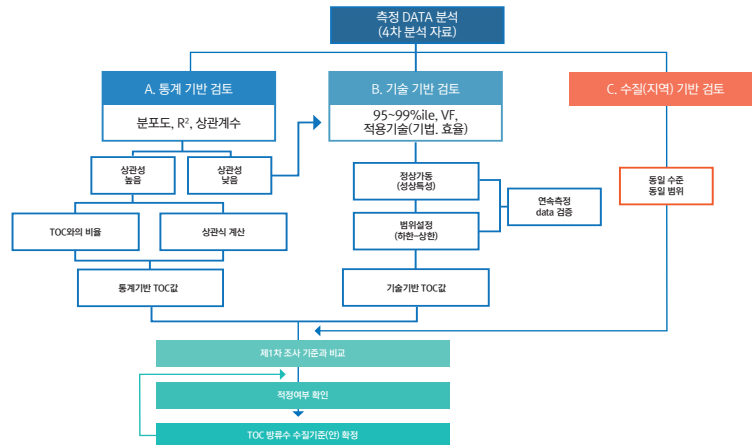


[그림 3]
분류식 지역의 500m³/일 이상
공공하수처리시설에서 방류수
수질 분포



[그림 4]
500m³/일 이상 공공하수처리
시설의 COD_{Mn} 과 TOC 상관관계(R^2)

[그림 5]
방류수 TOC 설정을 위한 방법론



구 분		공공하수 처리시설 방류수 수질기준		공공폐수 처리시설 방류수 수질기준
		COD _{Mn} (mg/L) (준수율)	TOC(안) (mg/L) (예상 준수율)	TOC(안) (mg/L) (예상 준수율)
500m³/일 이상 공공 하수처리시설	I 지역	20 (100)	15 (100)	15 (98.5)
	II 지역	20 (100)	15 (97.7)	15 (94.4)
	III 지역	40 (100)	25 (98.4)	25 (100)
	IV 지역	40 (100)	25 (97.7)	25 (97.3)
500m³/일 ~ 50m³/일 공공하수처리시설		40 (100)	25 (97.3)	
50m³/일 미만 공공하수처리시설		40 (100)	25 (98.0)	
분뇨처리시설		50 (100)	30 (97.9)	

[표 2]
공공하수처리시설
방류수의 TOC기준(안)

4. TOC 측정법

TOC의 분석방법은 수질오염공정시험기준 ES 04311.1c 총유기탄소-고온연소산화법과 ES 04311.2b 총유기탄소-과황산 UV 및 과황산 열 산화법이 제정되어있다. 고온연소산화법(ES 04311.1c 방법)은 물속에 존재하는 총유기탄소를 측정하기 위하여 시료 적당량을 산화성 촉매로 충전된 고온의 연소기에 넣은 후에 연소를 통해서 수중의 유기탄소를 이산화탄소(CO₂)로 산화시켜 정량하는 방법이다. 반면 습식산화법(유기탄소-과황산 UV 및 과황산 열 산화법, ES 04311.2b 방법)은 시료에 과황산염을 넣어 자외선이나 가열로 수중의 유기탄소를 이산화탄소로 산화하여 정량하는 방법이다.

TOC 정량방법으로 가감방법과 비정화성유기탄소 측정방법이 있다. 가감방법(TC-IC)은 총탄소(TC) 측정값과 무기탄소(IC)의 차이값으로 TOC를 나타내는 방법이며, 비정화성유기탄소(NPOC) 측정법은 무기탄소(IC)를 제거하기 위해 자동으로 시료에 산(acid)을 주입하여 완전히 제거하고 남아 있는 유기탄소(TOC)를 측정하는 방법이다. 지하수 유입 등에 따른 무기탄소 문제가 발생하는 곳은 가감방법을 사용하지 않도록 권고한다.

부유물질을 함유한 시료는 초음파 장치 등 균질화 장치를 이용하여 균질화시킨 후 300 μ m 이하로 하여 분석하며, 자동시료주입기를 사용하는 경우 측정 중에 부유물질이 침전되지 않도록 연속적으로 교반해야 한다. 정확한 전처리 준수를 통해 분석 결과에 오차가 없도록 주의할 기울여야 한다.

분석 시료의 보존기간은 최대 28일이며, 권장 보존기간은 7일이다. TOC 분석을 위한 시료 용기는 Polyethylene 재질과 Glass 재질을 사용하며, 즉시 분석하거나 염산이나 인산, 황산을 가하여 pH2 이하로 하여 4℃ 냉장소에서 보관한다. 비정화성 유기탄소를 측정하기 전에 산성 상태에서 무기탄소의 제거를 위해 사용한다. TOC 분석기기의 검출기 종류로는 비분산 적외선분광분석법(NDIR, non-dispersive infrared), 전기량 적정법(coulometric titration method) 또는 이와 동등한 검출 방법을 사용한다.

부유물질 정도관리용 표준용액을 사용하여 부유물질을 함유한 시료에 대한 분석 시 침전에 의한 불균질성 및 산화에 의한 회수율을 확인하기 위한 실험을 년 1회 진행하여야 한다.

5. 대응 및 관리 방안

국립환경과학원에서는 2013년부터 공공하수처리시설 방류수 TOC 기준설정을 위한 연구를 수행해왔다. 2013년부터 2년 간 국내 공공하수처리시설 117개소를 대상으로 방류수 TOC의 계절별 변화를 조사한 결과, 방류수 TOC 평균농도는 6.7mg/L이고, TOC 평균 처리효율은 82.7%로 나타났다. 이를 바탕으로 앞서 제시한 방류수 수질기준(안)과 유사한 제안이 이루어졌다. 이를 확인하는 조사연구가 재차 수행되고 있는데, 2017년 5월부터 전국의 공공하수처리시설 300개소를 대상으로 하고 있다.

이때 얻어진 방류수 TOC 평균수질은 5.7mg/L이고, 평균처리효율은 81.9%이었다. 2013-2015년의 조사 결과와 비교할 때, 방류수 TOC는 조금 낮아졌고, 처리효율은 조금 감소하였지만 큰 변화를 보이지는 않았다. COD_{Mn}, COD_{Cr} 등 기존 유기물질 지표는 전반적으로 최소·최대값 편차가 큰 반면에, TOC는 이들 지표보다 편차가 적게 나타나서, 운영자들이 안정적으로 이용할 수 있는 지표가 될 것으로 예상된다. 방류수 TOC 농도를 기준으로 타 지표 농도와의 평균 농도비는 “TOC 1 : COD_{Mn} 1.27”, “TOC 1 : COD_{Cr} 3.19”, “TOC 1 : BOD 0.65” 등으로 도출되었다.

공공하수도관리청의 입장에서는 COD_{Mn} 항목을 TOC로 대체하려면 단기적으로 기기 구입, 운영기술 습득 등 투자 및 적응기간이 소요되나 장기적으로 볼 때 COD_{Mn}보다 안정적이고 정확한 유기물질 관리가 가능해질 것으로 판단된다. 환경부는 TOC 처리효율이 낮은 시설을 대상으로 정밀진단을 실시하거나, 해당 시설에 대한 처리기술서, 현장 기술지원 등을 제공할 계획이다. 또한 시설 개선이 필요한 경우에는 우선순위를 정하여 사업비의 국고지원이 가능하도록 투자계획을 수립할 것으로 판단된다.

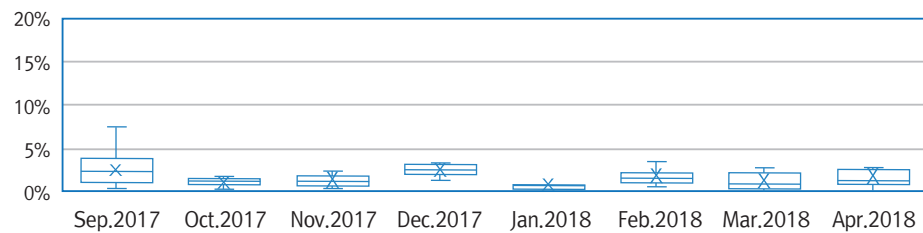
공공하수도관리청은 TOC TMS의 법적 도입시기를 고려하여 TOC 연속자동측정기기의 구매 시기를 결정해야 할 것이다. 공공하수처리시설에 이미 사용 중인 COD_{Mn} 분석장치의 내용연수와 자산가치 및 측정 효율성을 고려하여 합리적으로 폐기 시기를 추정함으로써, TOC 측정기기의 구매연도를 적정히 결정할 수 있을 것이다.

TOC 연속자동측정기기는 2007년도부터 현재까지 25개 제품이 형식승인을 취득하였으

며, 국내산이 12개, 외국산이 13개로 조사되었다. 국산 TOC 분석기 제품이 시장에서 활성화될 수 있도록 다양한 지원 정책과 제도를 통한 지원이 필요하다.

하수처리시설의 방류수에 있는 입자를 포함한 시료에서 TOC를 측정하므로 500 μ m 이상의 시료관(Tube)을 사용하고 있으며, 수질 TMS 설치 시 시료 채수 탱크는 부유물질의 영향을 최소화하기 위해 100 μ m 이상의 여과시설(TOC 시험기준에는 300 μ m 여과자를 사용하도록 하고 있음)을 부착할 수 있어 분석장치의 막힘 현상이나 안정성에 영향이 적은 것으로 확인되었다.

[그림 6]
A 공공하수처리시설
TOC연속자동분석기를
이용한 24시간 채수
분석 결과의 상대 정확도



TOC 분석 시 알려진 방해물질은 없으나 염소 농도가 0.05% 이상이면 고온연소산화법의 경우 연소관 사용 시간 단축을 고려하고, 습식산화법의 경우 과황산 용액의 주입량을 늘려야 할 필요가 있다. 이런 경우가 아니면, TOC 측정시 방해물질이 없어 바로 운영이 가능하며, 측정기기에 따라 설치 후 약 3~6시간 정도가 지나면 정상적인 운영이 가능하다.

TOC 측정기기는 대부분 압축공기를 사용하므로 별도의 가스실은 필요하지 않지만, 일부 제품의 경우 질소나 산소를 사용할 수 있다. 이 경우 별도의 가스실을 설치하여 TMS실과 구분하여 관리해야 한다. TOC 측정기기에 사용되는 시약은 고온연소산화의 경우 1종의 산 용액, 습식산화의 경우 2종으로 산화제와 산 용액이며, 최소 1주일에서 1개월 정도 사용이 가능한 것으로 확인되었다.

6. 결론

최근의 연구조사 결과, 500m³/일 이상 공공하수처리시설에서는 선행연구에서 제시된 TOC 방류수 수질 기준(안)을 당장 적용해도 TOC 규제에 인한 영향은 크지 않을 것으로 판단된다. 500m³/일 미만 시설과 분뇨처리시설에서도 공공하수처리시설 방류수 수질기준을 준수하는 시설은 TOC 방류수 수질기준(안)도 만족한다는 결과를 도출하였다.

그러나 저농도 하수 유입이 의심되는 시설에서는 방류수 수질의 변동 폭이 크고 수질오염 방류기준을 준수하지 못하는 일부 항목이 관측되기도 하였다. 결국은 TOC 외 다른 운영상의 문제점이 관찰되어 TOC 방류수 수질기준(안)을 맞출 수 없는 경우가 있다는 것이다. 이들 시설은 단위공정 개선뿐 아니라 하수처리 시스템 영역에서 새로운 운전 방법론 개선 및 적용을 위한 경제성 연구가 필요한 것으로 판단된다. 공공하수처리시설 방류수 TOC 기준 도입을 위한 법 개정을 통해서 방류수 TOC 기준이 도입되는 동안 문제가 도출된 500m³/일 미만 공공하수처리시설은 방류수 TOC 기준 준수를 위한 시설 개선 및 운영관리 최적화 방안을 마련할 필요가 있다고 판단된다.

Research & Technology



| 2018년 WATER KOREA 상·하수도 업무개선 발표회 우수사례

| 상수도 급수공사비 고지서 발급 개선에 따른 민원 불편 최소화
보령댐 도수로 취수시설 발생 폐수의 최적 처리 방안
지방상수도 노후관 비굴착 교체기술 개발

| 하수도 혐기성 소화조 운영방법 개선 방안
하수 찌꺼기 육상처리시설 열원 변경을 통한 예산 절감
창원시 덕동 물재생센터 소화조 운영 업무 개선

| 상수도 |

급수공사비 고지서 발급 개선에 따른 민원 불편 최소화

Minimization inconvenience by improving Tax notice
of Feed water construction fee

김혜영 · 이변규

Heyoung Kim · Bumgu Lee

경기도 용인시 상수도사업소 수도시설과

1. 추진 배경

고령화 시대 노년층 삶의 기반이 전원으로 이동하면서 상수도(급수) 공사의 민원 증가로 효율적이고 능률적인 수도 시설 행정 업무가 필요한 시대다. 그러나 전국의 수도 시설 관련 부서의 급수 공사비 고지서 발급이 비효율적으로 운영되고 정보화 시대에 맞지 않은 구식 시스템 납부 방식으로 인해 민원인의 불편을 초래하고 있어 개선이 절실히 필요한 실정이었다. 그동안 급수공사비 고지서 개선을 위해 많은 직원이 의견을 제시하였음에도 불구하고 시행되지 못하였기에 이번 급수 공사비 고지서 개선은 그 어떤 것보다 값지고 성과있는 사례로, 지속적인 제안과 도전, 민원 불편 사항 전달을 통해 상위 부서의 시스템 연동 수용이 채택되는 놀라운 성과를 갖게 되었다.

2. 추진 내용

2.1 기존 고지서 발급 방식(양식)

- 수도급수조례 시행규칙 제2조(급수 공사비 신청) 및 제 6조(공사비 납부)에 의하여 민원 신청은 새울민원 프로그램에 접수 등록을 필히 완료해야 하는 사항이다. 전국적으로 새울민원 접수 등록은 공무원들이 익히 하고 있으나 고지서 관련 세외수입 프로그램은 별도의 시스템이라 따로 처음부터 입력해야 하는 불편함이 있어서 전국 3개 도시를 제외하고는 안하고 있는 실정이다.

▶ 민원인 급수 신청

▶ 공무원 ①새울 민원 접수 등록 ▶ ②납부서 부과(새울민원 프로그램)

- 납부서 발급 시 다양한 불편 사항 발생
 - 상수도(급수) 공사 승인 신청 민원의 행정기관 및 금융기관 방문 등 소요시간 증가
 - 직접 금융기관을 방문 납부해야 하는 민원 발생
 - 스마트뱅킹, 인터넷뱅킹, 무통장 입금, 위택스 등 이용 불가능
 - 공사비 납부 후 영수증을 다시 제출해야 하는 번거로움
 - 실시간 납부 확인 불가로 직접 방문 영수증 제출 또는 팩스 이용
 - 납부 영수증의 해당 업무과 도착이 7일 정도 소요되므로 상수도 공사도 7일 이후에나 공사 승인 후 착공(급수공사 지연)
 - 업무담당자 세외수입 프로그램 사용 시 자료 재작성으로 행정 능률 저해

2.2 개선 고지서 발급 방식(양식)

▶ 민원인 급수 신청 ▶ 공무원 ①새울 민원 접수 등록 ▶ ②부과
▶ ③세외수입 프로그램으로 연동 ▶ ④부과내용 확인 및 가상계좌 시스템으로
자료 전송 ▶ ⑤가상계좌 시스템에서 번호 부여 후 세외수입으로 자료 전송 ▶ ⑥세외
수입 프로그램에서 고지서 발부

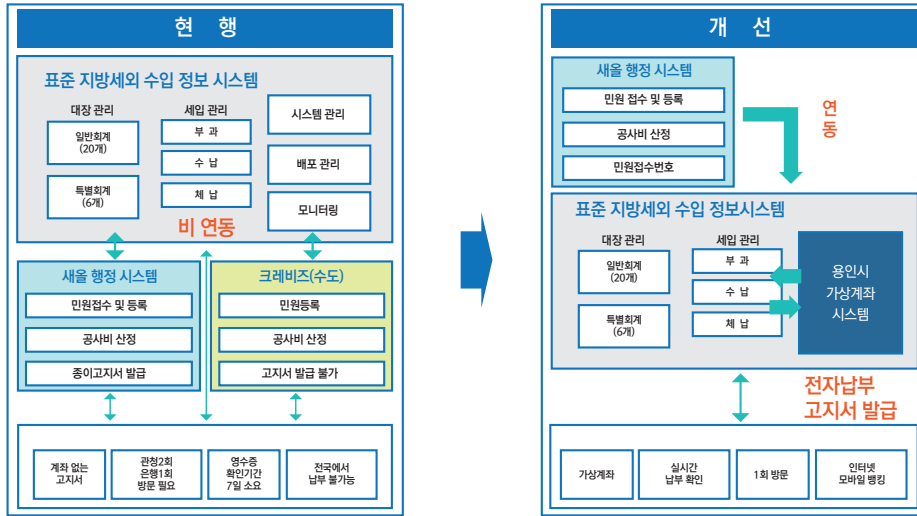
- 납부서 발급에 따른 불편사항 해소
 - 상수도(급수) 공사 승인 신청 민원의 행정기관 및 금융기관 방문 등 소요시간 단축
 - 스마트뱅킹, 인터넷뱅킹, 무통장 입금, 위택스 등 이용
 - 공사비 납부 후 실시간 납부확인에 따른 재방문 방지
 - 급수 공사 납부 확인 실시간으로 확인되어 공사 조기 착공 가능

3. 그간의 추진 사항

- 2017. 8. 21일: 용인시▶한국지역정보개발원에 시스템 연계 의뢰 요청 공문 발송
- 2017. 8. 29일: 용인시▶행정안전부 국민신문고 제안
- 2017. 9. 4일: 한국지역정보개발원 자체 검토 및 회의
- 2017. 9. 8일: 용인시▶한국지역정보개발원 방문 및 민원 불편사항 전달
- 2017. 9. 14 ~ 16일: 한국지역정보개발원 3개 사업단 자체 협의
- 2017. 9. 22일: 한국지역정보개발원 ▶ 행정안전부에 답변 전달(2017.12월 말까지 연계구축 예정)
- 2017. 9. 26일: 행정안전부▶ 용인시 제안채택 및 추진일정 통보 ▶ 행정안전부는 제안에 따른 2017년도 말까지 구축할 예정임을 답변 완료

4. 추진 계획

- 추진 기간: 2017. 12. 31일까지 시스템 연동 구축 예정(2018년부터 시행)
- 추진 대상: 전국 상수도 급수 공사 신청 민원에 따른 정보 시스템 연동
 - ▶ 전국의 상수도 관련 부서 급수 공사비 납부서 해당
- 주관 부서: 한국지역정보개발원에서 구축 ▶ 행정안전부의 관리 및 감독 예정
- 소요 예산: 한국지역정보개발원의 자체예산으로 구축
- 추진 방법



5. 기대 효과

- 민원 편의 증진 및 직원 업무 처리 시간 감축 등 행정 능률 향상으로 공사 조기 착공 기대되며 행정 신뢰성이 재고될 것이다.
- 전국 상수도 급수공사비 고지서 개선에 따른 용인시의 선두적 수도행정 추진으로 선진 행정 역할 및 위상이 확대될 것이다.
- 현 시대에 맞는 시스템 고지서로 인하여 그동안의 민원 불편을 잠식하고 가상계좌, 스마트뱅킹 등 민원 편의 제공에 앞장설 것이다.

| 상수도 |

보령댐 도수로 취수시설 발생 폐수의 최적 처리 방안

Optimal treatment plan of wastewater from
Boryeong Dam aqueduct intake plant

이연미¹⁾ · 오금선¹⁾ · 전제철²⁾ · 신지호³⁾

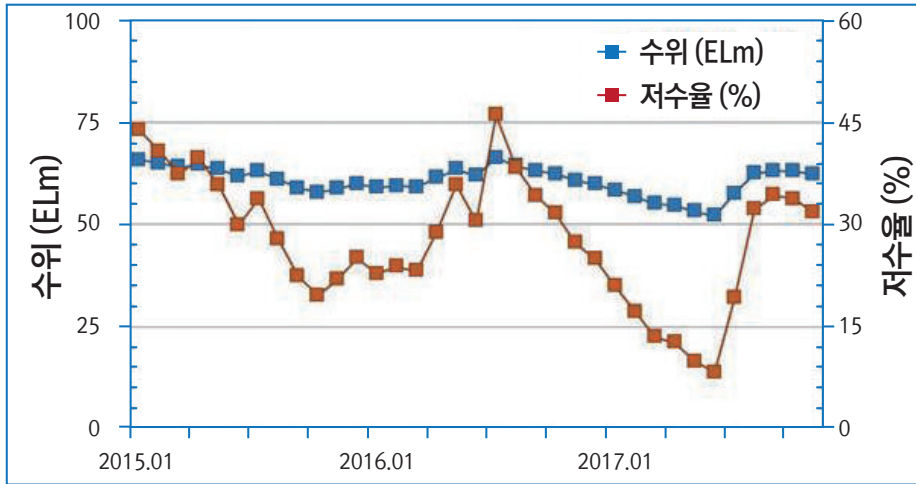
Younmi Lee · Geumseon Oh · Jeicheol Jeon · Jeeho Shin

1) K-water 충남충부권지사, 2) K-water 인재경영처, 3) K-water 사업기획처

1. 서론

2015년 충남 서부권 지역(보령댐 유역)의 극심한 가뭄이 발생해 급수 조정 등 국가적 재난 상황이 발생하였다. 2015년 8월 5일 가뭄 주의단계에 도달하여 하천유지용수를 감량하였고, 2015년 8월 15일 경계단계, 8월 18일 심각단계까지 도달함에 따라 정부에서는 국가정책조정회의를 통해 장기적인 가뭄 피해를 예방하기 위해 금강물을 활용하여 보령댐으로 용수를 공급할 수 있는 도수로를 긴급 설치하기로 결정하였다. 2015년 10월에 도수로 건설을 시작하여 2016년 2월부터 비상용수를 공급하였고, 가뭄 해갈 시까지 약 1개월 동안 운영하였다. 그런데 2017년 다시 보령댐 유역에 역대 최악의 가뭄이 발생하여 2017년 3월 25일부터 현재까지 보령댐 도수로 취수시설을 계속 가동하여 금강 하천수를 보령댐 상류로 공급하고 있다. 그럼에도 불구하고 2017년 6월 말 보령댐 저수율은 역대 최저인 8.3%를 기록하였다.

보령댐 도수로는 금강 백제보 하류에서 보령댐 상류(반교천)로 일일 115,000m³의 원수를 수처리 공정을 거쳐 공급하는 시설로, 취수장 1개, 가압장 2개, 농업용 분기구 6개, 도수관로 20.5km(D 1,100mm)로 구성되어 있다. 보령댐 도수로 취수장은 디스크필터 형식의 수처리 시설이 설치되어 있는 폐수배출시설이며, 별도의 수질오염방지시설(DAF)에서 발생된 폐수를 처리한다. 이때 발생된 폐수는 도수로 관리부서인 보령권지사가 아니라, 탱크로리 차량을 이용하여 인근 광역시설인 충남충부권지사 석성정수장으로 반입시켜 배출수 처리시설에서 연계 처리하고 있다.

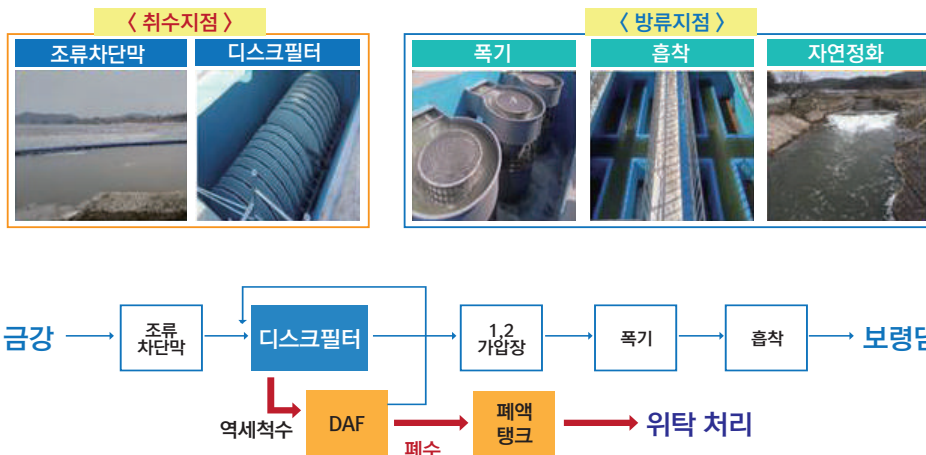


[그림 1.1]
보령댐 저수율 및 수위 현황
(2017년 6월 역대 최저)

2. 연구 방법

2.1 발상의 전환을 통한 연계 처리 계획

수처리 공정인 디스크필터는 주기적으로 역세척이 필요한데, 역세척 시 발생한 역세척수는 별도의 처리공정인 DAF(용존공기 부상분리) 처리 후에 원수로 재이용하며, DAF 처리 시 폐수(스컴)가 발생한다. 이 폐수를 당초 전량 위탁 처리하였으나, 처리단가가 톤당 85,500원으로 상당히 높아, 도수로를 계속 가동해야 하는 상황에서 보다 효율적인 처리 방안 마련이 필요하였다.



[그림 2.1]
보령댐 도수로 취수시설 현황
(당초)

그래서 폐수가 발생하는 취수장에서 가장 가까운 인근 사업장으로 폐수를 연계 처리할 수 있는 방안을 강구하였다. 법적으로 사업장에서 발생한 폐수는 타 사업장으로 이송하여 처리할 수 없다. 그러나 폐기물관리법상 고형물 함량이 15% 미만인 액체 상태의 폐기물은 수질 오염방지시설에 직접 유입하여 처리가 가능하며, 그 배출 시설의 설치허가권자가 인정하는 경우에만 제한적으로 허용된다는 점에 착안하였다. 포항시 갈평정수장 슬러지를 포항시 공단정수장 수질오염 방지시설에 이송하여 연계 처리한 사례와, 양평군 양서정수장 슬러지를

양서하수처리장으로 이송하여 연계 처리한 사례를 통해, 보령댐 도수로 취수시설에서 발생한 폐수를 액상폐기물로 변경하여 인근 사업장에서 연계 처리하는 방법을 검토하였다.



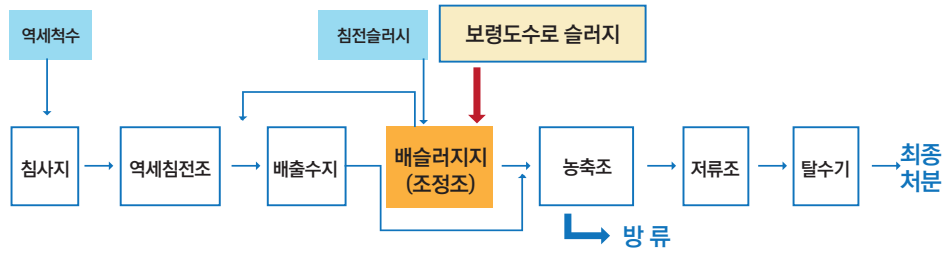
[그림 2.2]
보령댐 도수로 취수시설 및
인근 광역정수장 위치도

연계 처리 시 도수로 시설을 관할하는 보령권지사의 배출수 처리시설, 취수시설 사업장이 위치한 인근 부여군 하수처리장, 사업장에서 가까운 충남중부권지사 석성정수장 배출수 처리시설로 연계 처리하는 세 가지 방안을 검토하였다. 보령권지사는 도수로 취수시설에서 30km 정도 떨어져 있어 운반단가 및 업무 효율면에서 불리하고, 인근 지자체인 부여군 하수처리장에서는 도수로 액상폐기물 반입을 거부하였다. 따라서 보령댐 도수로 취수시설에서 9km 거리에 위치한 석성정수장으로 연계 처리하여 국가자원 및 재원의 효율적 활용을 도모하고자 하였다.



[그림 2.3]
보령댐 도수로 취수시설 현황
(연계처리 개선)

석성정수장은 제1종 폐수배출시설로 허가량은 $3,752\text{m}^3/\text{일}$ 이며, 최근 3년간 연평균 방류량은 $1,664\text{m}^3/\text{일}$ 로 운영중이기 때문에 보령도수로 슬러지(액상폐기물) $25\text{m}^3/\text{일}$ 을 연계 처리해도 충분할 만큼 여유용량을 보유하고 있었다. 보령도수로 슬러지는 석성정수장 배슬러지지로 유입시켜 석성정수장 배출수와 함께 처리하는 방안을 강구하였다. 그림 2.4와 표 2.1은 석성정수장 배출수 처리시설 현황이다.



[그림 2.4]
석성정수장 배출수 처리시설 현황
(당초)

침 사 지	규 격 : 폭3.6m × 길이17m × 높이4m × 2조, 244.8m³/조
역세수침전조	규 격 : ø15m × 높이3.7m × 1조, 654m³/조
배슬러지지(조정조)	규 격 : ø20m × 높이5m × 2조, 1,571m³/조
농 축 조	규 격 : ø31m × 높이4.5m × 2조, 3396.5m³/조
슬러지저류조	규 격 : 폭5m × 길이5m × 높이3.5m × 1조, 80m³/조
탈 수 기	형 식 : 벨트프레스(SPHA-3000) × 1대, 용 량 : 130kg/h·DS/mh
	형 식 : 수평 형원심분리식 × 3대, 용 량 : 20m³/hr, 400DS/hr

[표 2.1]
석성정수장 배출수 처리시설 용량

2.2 석성 연계처리 인허가를 위한 노력

보령댐 도수로 취수시설은 당초 부여군에 폐수배출시설로 신고가 되어, 농축슬러지는 전량 폐수로 위탁 처리 중이었다. 이를 액상폐기물로 인정받아 인근 K-water 시설인 석성정수장과 연계 처리할 수 있도록 노력하였다.

첫 번째로, 신고수리권자인 관할 지자체(부여군)에 충분한 자료 제출과 설명을 통해 폐수를 액상폐기물로 인정받았다. 도수로 취수시설에서 발생된 농축슬러지는 폐기물 공인 분석 결과 함수율이 92.3%로 폐기물관리법에 따른 액상폐기물로 분류될 수 있어, 고형물 함량이 15% 이하인 폐기물로 변경받았다. 가뭄 해갈을 위한 긴급 공사 추진 중에 수질오염방지시설(DAF)에서 처리된 액상폐기물을 방지시설이 면제되는 폐수로 신고하여 전량 위탁 처리했던 것으로, 보령도수로 취수시설을 폐수 무방류 시설로 변경(전량 제이용) 후 발생하는 농축슬러지(액상폐기물)는 폐기물로 처리하기로 하였다.

두 번째로 보령댐 도수로 취수시설 농축슬러지를 인근 K-water 사업장인 석성정수장에서 연계 처리 가능 여부를 환경부에 질의한 결과, '액체 상태의 폐기물을 수질오염 방지시설에 직접 유입하여 처리하는 경우 배출시설의 설치허가 또는 신고권자가 인정하는 경우에는 폐기물처리시설 외의 장소에서 처리가 가능하다'라는 유권해석을 받았다.

세 번째로 환경부의 유권해석을 근거로 석성정수장 수질오염 방지시설 허가권자인 충청남도에서 보령댐 도수로 취수시설 액상폐기물(농축슬러지)을 석성 배출수 처리시설에 연계 처리할 수 있도록 요구하고, 보령댐 도수로 취수시설 발생 슬러지를 석성정수장에 유입하여 처리하여도 배출수 처리시설 운영에 부담을 주지 않는다는 기초 자료를 제출하여 충청남도의 변경 허가를 받을 수 있었다.

〈 폐기물관리법 관련 조항 〉

【시행규칙】 제10조(폐기물처리시설 외의 장소에서의 폐기물 처리)

영 제7조제1항제5호 단서에서 “환경부령으로 정하는 바에 따라 폐기물을 생활환경 보전 상 지장이 없는 방법으로 적정하게 처리하는 경우”란 다음 각 호의 경우를 말한다.

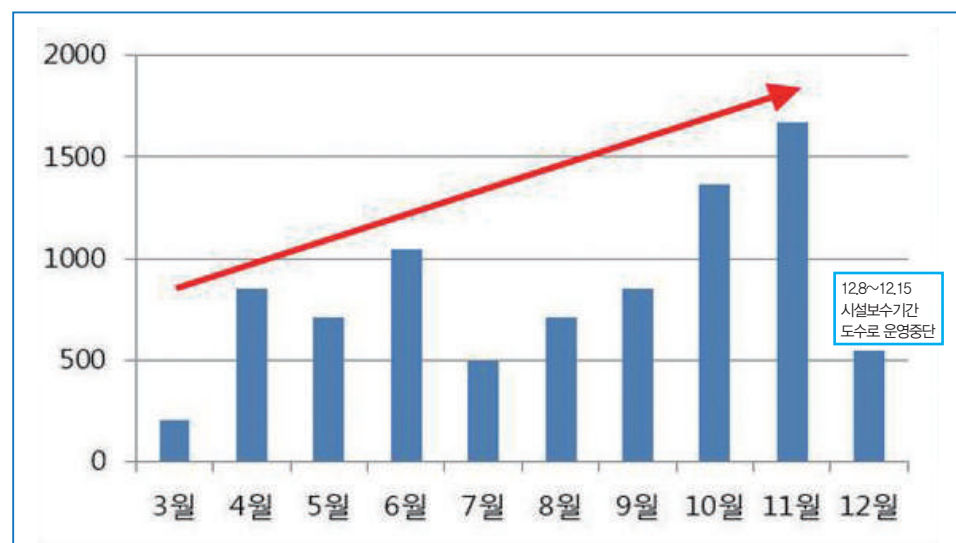
1. 폐산·폐알칼리 등 수분함량이 85% 초과하거나 고형물함량이 15% 미만인 액체상태의 폐기물을 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 제 2조제12호에 따른 수질오염방지 시설에 직접 유입하여 처리하는 경우로써 그 배출시설의 설치허가권자 또는 신고수리 권자가 그 처리를 인정하는 경우

2.3 연계 처리 시 발생된 문제점 해결을 위한 공정 개선

보령댐 도수로 슬러지를 배슬러지지(조정조)로 유입시켜 석성정수장에서 발생하는 침전슬러지와 같이 농축, 탈수하여 최종 처분하는데, 연계 처리 시 가장 어려운 점은 도수로 DAF 공정에서 처리된 액상 슬러지가 연계 처리했을 경우 재부상한다는 것이었다. 재부상한 슬러지는 응집제(폴리머)를 투입해도 잘 가라앉지 않고 결국 방류수(농축조 상등수)의 SS를 상승시켰다.

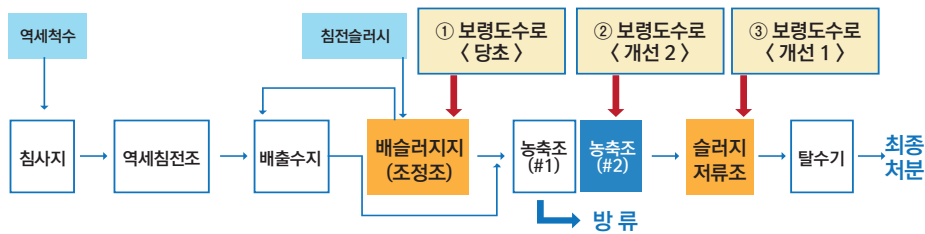
또한 운반량과 운반 시간이 불규칙적이어서 주말이나 휴일에도 주야로 지속 반입되었고, 많을 때는 하루에 135,6m³(탱크로리 5대 분량)까지 반입되었다. 2017년 3월부터 12월까지 총 슬러지 반입량은 8,450톤으로 탱크로리 320대 분량이며, 탈수케이크로 환산했을 때, 약 1,400톤으로 석성정수장 총 탈수케이크 처분량의 80% 수준이다.

한편 석성정수장은 공업용수 공급을 위한 시설물 개량공사기간으로 배출수 처리시설 정상 가동이 불가능했다. 개량공사 기간에 배슬러지지 및 농축조의 슬러지 수집기 교체, 탈수기 교체, 교체 탈수기 성능 평가가 있었다. 이런 여러 어려움을 해결하기 위해 공정 개선 방안을 모색하였고, 도수로 슬러지 투입 지점 변경을 검토하였다.

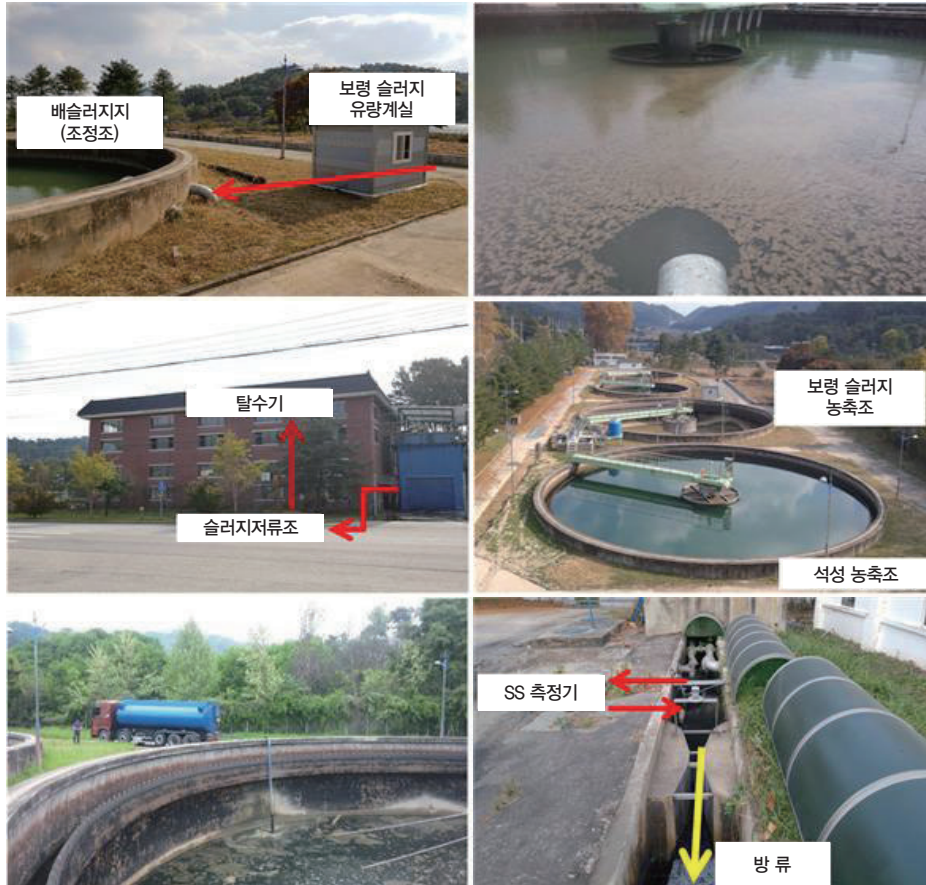


첫 번째 개선사항으로 배슬러지(조정조)로 도수로 슬러지를 투입했을 때 슬러지가 부상(스킵)하여 방류수 SS 상승 문제가 발생함에 따라 탈수기에서 바로 케이크화할 수 있도록 슬러지 저류조로 투입 지점을 변경하였다. 이 방식으로 스킵 발생은 해결이 되었으나 저류조 용량이 80m^3 으로 탱크로리 2대분 정도에 불과해 다량의 슬러지는 처리가 불가능했고, 지속적으로 도수로 슬러지를 반입하여 처리하기 위해서는 탈수기를 계속 가동해야만 했다. 또한 저류조에서 심한 악취가 발생하여 인근 사무공간의 근무 환경이 열악해졌다.

두 번째 개선사항으로 농축조로 투입 지점을 변경했다. 2지로 사용되는 농축조를, 1지는 석성, 1지는 보령도수로 슬러지 전용으로 분리하여 운영했다. 보령도수로는 슬러지 반입량 및 반입 시기의 조절이 필요없이 상시 반입이 가능하고, 탈수기 가동 등 석성 배출수 처리 공정도 아주 용이하고 방류수 SS도 안정적으로 운영되었다



[그림 2.6]
석성정수장 배출수 처리시설 공정 개선

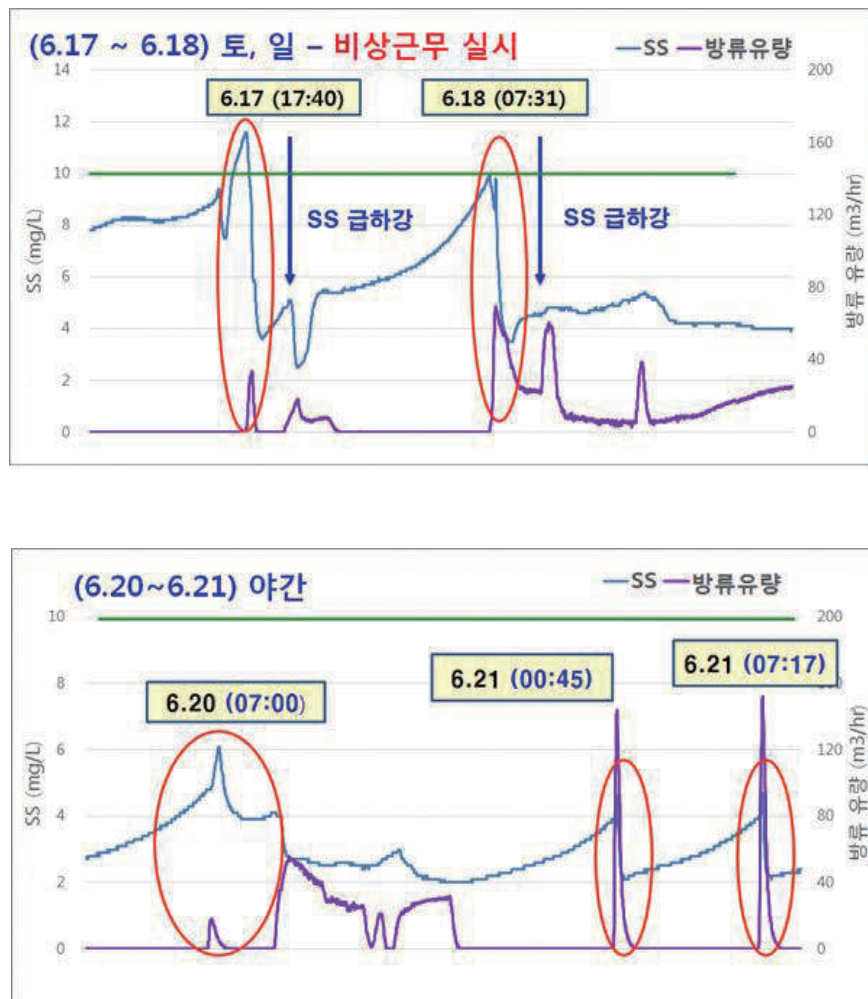


[그림 2.7]
석성정수장 배출수 처리시설
공정 개선 사진

2.4 SS 상승 문제 해결을 위한 정수처리 공정과의 연계 운영

또 다른 문제는 방류수 SS측정기가 도수로 슬러지의 색도 등을 SS로 인식하는 것이었다. 망간이 높거나 도수로 슬러지 부패로 인해 탈리여액이 색도를 띠는데 이것을 SS로 인식하는 경우가 있었다. 또한 석성정수장 방류구에는 SS 자동측정기가 설치되어 있는데, 미방류 시에도 방류구 내에서 지속적으로 샘플링수가 순환됨에 따라, 방류구에서 생긴 이끼류의 이물질이 다시 측정기로 순환 유입되어 SS가 높아지는 문제도 발생하였다. 이를 해결하기 위해 정수장 여과지 역세척 시간과 방류유량을 조절하여 방류수로에 지속적으로 방류수가 흐르도록 정수장과 배출수 처리공정을 연계 운영하였다. 또한, 방류수로 청소 횟수도 주 1회에서 주 2회로 증가시켜 이끼류가 생성되는 것을 방지하였다.

그림 2.8을 보면 6월 17일(토) SS가 갑자기 상승하여 방류수 수질기준을 순간 초과했을 때 방류수로에 방류수가 흐르도록 방류량을 발생시키자 SS가 급격히 하강하였고, 이튿날인 일요일에도 SS가 수질기준에 근접하다가 방류량이 발생하자 급하강한 후 안정되는 모습이 나타난다. 이 결과를 토대로 새벽이나 야간에 SS가 상승추세일 때 방류수로에 방류물량을 증가시켜서 운영하였다.



[그림 2.8]
석성정수장 방류수 SS 및 방류 유량

3. 결과

보령도수로 슬러지와 연계 처리 운영결과 가장 눈에 띄는 장점은 슬러지 케이크 함수율이 향상된 것이다. 석성정수장 슬러지는 평균 81.4%, 보령도수로 슬러지는 68.4%, 석성 슬러지와 보령 슬러지를 1대 1로 혼합했을 때 평균 75%의 함수율을 보여 연계 처리 시 함수율이 개선된 것을 확인하였다. 이는 금강 하천수를 원수로 사용하는 보령도수로 슬러지가 대청댐 호소수를 사용하는 석성정수장 슬러지보다 무기물질을 더 많이 함유하고 있기 때문인 것으로 판단된다.

석 성	보 령	석 성 : 보 령 = 1 : 1
81.4% (80~83)	68.4 (65~70)	75% (74~78)

[표 3.1]
슬러지 케이크 함수율

이는 슬러지 케이크의 강열감량으로도 확인할 수 있는데, 석성 슬러지 케이크는 35.6%, 보령도수로 슬러지와 연계 처리 시 슬러지 케이크는 20%로 나타났다. 연계 처리 시 강열감량이 많이 줄어들었다는 것은 유기물질(열에 의해 감소되는 비율)이 감소하고 무기물질이 늘어났다고 해석할 수 있어 함수율의 개선 효과와 일맥상통함을 알 수 있었다.

또한 배출수 처리공정을 정수처리공정과 연계하여 운영함은 물론, 슬러지 체류 시간을 최소화하기 위해 배출수 처리시설 운영기준을 변경하였다. 당초 배슬러지(조정조)에 투입하여 처리하였을 때 슬러지가 농축조를 거쳐 탈수되기까지 체류시간은 약 120~168hr이었으나, 농축조를 분리하여 1지를 보령도수로 슬러지 전용으로 운영하였을 때 체류시간은 12~24hr로 감소하여 배출수 처리시설 운영 시 권장하는 배슬러지(24hr) 및 농축조(24~48hr) 체류시간을 준수할 수 있었다. 또한 2지 운영중이던 배슬러지지도 1지를 운영하여, 당일 발생된 배출수를 곧바로 처리하여 방류수의 SS를 보다 안정적으로 유지할 수 있었다.

당초(배슬러지 반입 처리)	개선(농축조 1지 별도 운영)	권고 기준
120~168hr	12~24hr	72hr

[표 3.2]
슬러지 체류 시간

4. 결론

재무 성과로 보령댐 도수로 취수시설 발생 슬러지를 인근 석성정수장 배출수 처리시설에 연계 처리하여 절감한 비용은 연간 약 6.8억원이다. 절감액 산출 근거를 표4.1에 나타내었다. 현재와 같은 가뭄 상황이 계속되어 보령댐 도수로 취수 시설을 연중 계속 가동해야 하는 상황이라면 절감액은 더 증가할 것이다.

[표 4.1] 슬러지 위탁 처리 비용 절감액 산출 근거	외부 위탁 처분	석성 연계 처분	절감 금액
	7.2억(9개월) · 발생량 : 8,450톤 · 위탁단가 : 85,500원/톤	2.1억(9개월) · 운반단가 : 17,424원/톤 · 케이크 발생량 : 1,400톤 · 케이크 처리비 : 47,050원/톤	5.1억(9개월) 6.8억(12개월)

비재무적 성과로는 성상이 다른 보령댐 도수로 슬러지 유입 시 석성정수장 배출수 처리시설의 효율적 운영방안을 마련한 것과 최악의 가뭄 시 인근 사업 장간 협업을 통한 업무 효율을 향상시켰다는 것이다.

이번 개선 사례는 K-water 최초의 슬러지 연계 처리 사례로 본 논문에서 제시한 연계 처리 방안이 향후 소규모 정수장이나 하수처리장의 슬러지 처리에 확대 적용될 경우 효과를 극대화 할 수 있을 것으로 판단된다.

| 상수도 |

지방상수도 노후관 비굴착 교체기술 개발

Development of trenchless replacement method of the local water supply system

박재환¹⁾ · 전주호¹⁾ · 박상봉²⁾ · 이경섭²⁾

Jaehwan Park¹⁾ · Juho Jeon¹⁾ · Sangbong Park²⁾ · Kyoungsub Lee²⁾

1. K-water, 봉화수도관리단
2. (주)특수건설

1. 서론

환경부는 지난 2017년부터 K-water, 한국환경공단과 함께 홍성, 홍성 등 44개 지자체('17년 22개, '18년 22개)을 대상으로 관로, 정수장 등의 상수도 시설을 개량하는 지방 상수도 현대화 사업을 추진하고 있다.

2010년부터 시행한 지방 상수도 현대화 사업은 상수도관망 최적관리시스템 구축사업에 이어 시행되는 국고지원 사업으로 재정이 열악한 시군지역을 대상으로 총사업비 3.1조(국고 1.8조)을 투자해 단수사고, 누수피해, 싱크홀과 같이 국민생활안전을 위협하는 요소를 제거하며 누수량을 저감하여 이로 인한 재정 손실을 절감하기 위한 것이다. 블록 구축, 누수탐사, 운영시스템 구축, 노후관 교체 등의 개선활동을 통해 상수도 시설을 체계적으로 관리 가능한 수준으로 정비하고 시스템화하는 것을 주요 목적으로 하고 있다. 이 사업을 통하여 예산부족에 따른 수도 시설물의 개량 지연, 이에 따른 노후화 가속으로 인한 누수량 증가, 생산비용의 증가에 의한 예산 부족의 악순환 고리를 끊는 계기가 될 것으로 기대하고 있다. 이 사업은 자체 예산 투입으로 누수를 감소시키고 있는 특광역시에는 배제하며 재정이 넉넉하지 않은 군단위 지자체를 대상으로 시행되고 있다.

누수로 인한 재정 손실을 저감하기 위하여 노후관 등의 불량관종을 교체하는데 특히 많은 투자가 이루어지게 되는데, 이는 블록별 유수율 분석 및 누수 조사, 관상태 분석 등을 통한 우선순위를 선정하여 교체를 시행하게 된다. 이에 따라 적절한 위치의 관로를 적기에 체계적으로 교체하는 것이 이 사업의 성공에 있어 가장 중요한 요소라고 볼 수 있다.

2. 지방 상수도 소구경 노후관 교체의 문제점

2.1 굴착공사를 통한 노후관 교체가 불가한 경우 다수

서론에서 언급한 바와 같이 누수를 저감하기 위해서는 적절한 위치의 관로를 적기에 교체해야 하나 오래된 시군의 경우 매설 환경의 특성으로 인해 노후관 교체 공사 자체가 불가하거나 지장물 이설에 과도한 비용 소요가 예상되어 교체를 포기하는 경우가 다수 발생하는 실정이다.

이는 지방 상수도 소구경 관로 교체를 위해서는 지반을 터파기하여 신관을 매설하고 기존관을 제거하는 방식의 굴착공사(open-cut) 외에 적용가능한 공법이 없다는 것에 그 원인이 있다.

체계적으로 조성되는 신도시와는 달리, 과거에 자생적으로 형성된 오래된 도시의 경우 건물, 도로, 구조물 등이 도시 내에 무질서하게 구성된 경우가 많다. 이에 따라, 관로 특히 배수관에서부터 가정의 수도계량기까지 수도물을 공급하는 소구경 급수관은 굴착 장비의 진입이 어려운 좁은 골목길에 매설된 경우가 많으며 하수관로, 우수관로 등 지하 지장물에 인접하거나, 심지어 담장이나 계단 하단에 매설된 경우도 다수 존재하는 실정이다.

[그림 2.1]
굴착공사가 어려운 지방상수도
관로 매설 환경



이런 경우, 보편적으로 적용하는 굴착공사(open-cut)로는 지장되는 구조물을 철거하지 않고는 노후관 교체 자체가 불가한 경우가 발생한다.

또한, 공사 시행이 가능한 경우라 해도 협소한 공간에서 작업이 이루어짐에 따라 인력에 의한 시공이 불가피하여 시공성, 경제성, 안전성 측면에 많은 문제가 발생한다.

2.2 복잡하고 불확실한 수도관 매설 환경

이렇듯 무질서한 수도 시설의 보급은 관로의 매설 형상과 종류에도 많은 영향을 미친다. 과거 단순히 수도물 공급만을 목적으로 관로가 분기되어 설치됨에 따라 곡선 형태로 매설된 경우가 많고 심지어 90도의 곡률로 매설되어 있기도 하다. 관의 종류도 매우 다양하여 유지 관리에 적합한 자재보다는 공사 당시 확보가 용이한 자재가 주로 사용되었으며 동일 지역에 다양한 관종이 혼용되는 경우가 많다. 심지어 10미터 정도의 단구간에 3~4개의 관종이 서로 연결되어 있기도 하다. 뿐만 아니라, 과거 매설된 관로는 유지 관리를 위한 도면이 없거나, 도면이 있더라도 과거 공사 담당자의 주관적인 기억에 의존하거나 주변 환경을 감안한 추정에 따라 작성되어 실제 매설된 관로와 일치하지 않는 경우도 많다.

3. 국내외 기술 조사

앞서 언급된 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 지반을 굴착하지 않고 노후관을 교체하는 상용화된 기술이 있는지 국내외 사례를 조사하였다. 그 결과, 국내에는 지표면을 굴착하지 않고 기존관을 복구하여 재사용하는 기술이 다수 존재하였으나, 대부분 관 내부에 신관을 삽입하거나 내부피복을 제거하고 재도장하는 등 D80mm 이상 중대구경 관로에 적용가능한 기술로 지방상수도 소구경 관로에는 적용이 불가능했다.

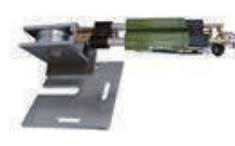
국외에는 기존관을 파쇄하면서 신관을 삽입하는 기술이 개발되어 있으나, 미국, 영국 등 매설 환경이 양호한(평지, 양질의 토사) 환경에 직선으로 매설된 관에 적합한 형태여서 곡관과 돌이 많은 국내 환경에는 적용이 불가능한 것으로 판명되었고, 국내에는 별도 개발 또는 연구된 실적이 없는 것을 확인하였다.



〈 R2 PIPE BURSTING (미국) 〉



〈 Modular Pipe Puller (영국) 〉



〈 X20 System (미국) 〉

[그림 3.1]
국외 노후관 교체 장비

4. 국내 환경에 최적화된 기술 개발 추진

4.1 기술 개발의 방향 설정

이에 따라, 국내 매설 환경에 적합한 형태의 지방 상수도 소구경 노후관 교체공법을 직접 개발하기로 하고 개발을 위한 방안을 모색하였다. 기술개발의 기본 방향은 우선 매설 위치가 불확실한 수도관의 지점을 파악한 이후 기존관 매설부의 전후단부를 굴착하여 노출시킨 후 기존관 내부에 와이어를 넣고 견인하여 기존 관을 파쇄하면서 신관을 삽입하는 방안이다.

특히, 우리나라의 관로 매설 환경과 적합하게 90도 곡선부까지 적용이 가능하도록 하고 PE관, PVC관, XL관, STS관 등 다양한 종류의 기존 수도관 파쇄가 가능하도록 개발 계획을 수립하였다.



[그림 4.1]
기술 개발 기본 방향

개발 기술이 개념 정립에만 그치지 않고 상용 가능한 수준까지 개발하도록 계획하여 시제품(prototype)을 제작하였다. 그리고 현장 적용성 개선을 위해 터파기가 가능한 위치에 매설된 교체 예정 노후관을 대상으로 수십 차례 반복 적용하였다. 이러한 현장 적용을 통해 장

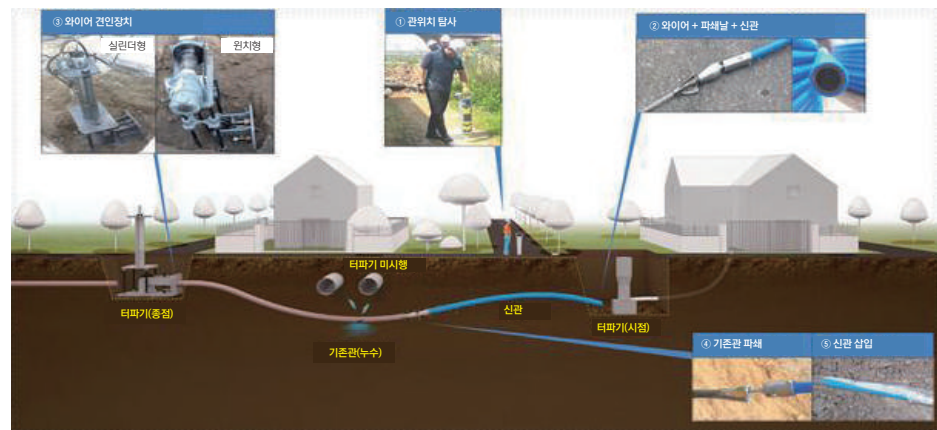
비, 공정상 발굴된 문제점은 개선하고 재적용을 통해 다시 발굴된 문제는 추가로 개선하는 등 적용-개선 절차를 반복, 지속적으로 시행, 약 2년간의 연구개발 끝에 현재의 기술을 개발하기에 이르렀다.

5. 기술 개발 내용

5.1 기술 개요

본 기술은 교체 대상인 기존 상수관로 위치를 정확히 탐사하고 탐사 결과에 따라 위치가 확인된 관로의 전후단부를 터파기하여 원뿔 모양의 파쇄 헤드를 기존 수도관에 삽입, 기계적인 견인력을 이용해 기존관을 파쇄하고 동시에 파쇄 헤드의 후단에 연결된 신관을 기존관의 경로를 따라 삽입하는 기술이다.

이 기술은 하나의 장치가 아닌 여러 가지 장치가 조합되어 종합적으로 구현되는 기술로 관 위치 탐사 장치, 파쇄 헤드, 폴리에틸렌다중복합관 및 견인장치로 구성되어 있다.



[그림 5.1]
개발 기술 개요도

5.2 관위치 탐사 장치

관위치 탐사 장치는 교체를 시행해야 할 관로의 위치, 특히 터파기를 해야 할 지점이 불확실한 경우 이 지점을 정확히 찾아내는 장치다. 기존관 내부에 주파수 발신 케이블을 삽입, 범용으로 사용할 수 있는 33KHz의 극저주파를 케이블에 송출, 케이블이 삽입된 지점을 탐사용 장치를 통해 찾아내어 관로의 위치를 확인한다. 이 기술은 금속관, 비금속관에 관계없이 케이블만 삽입되면 위치를 정확히 확인할 수 있는 장점이 있으며 국내외 다양한 범용 장치 중 영국의 Radiodetection社의 C.A.T4M와 Genny4를 도입하여 적용하였다.

이 장치를 적용하면 기존관의 위치를 찾기 위하여 필요했던 다수의 굴착 작업을 시행하지 않아도 되며, 터파기로 인해 유발될 수 있는 주변 구조물의 파손 가능성도 감소될 수 있다.

주파수 발신 케이블은 매설 위치가 가장 확실한 유량계(수도미터) 주변을 굴착하여 노출된 수도관을 절단한 후 삽입하게 되는데, 이 과정에서 절단된 관로에 연결된 인근 수용가 전체에 단수가 발생되기도 한다.

따라서 수도물 공급 중단을 방지하기 위한 장치를 고안하고 개발하였다. 수도관 절단면에 고무 패킹이 설치된 하우징을 설치하여 절단면의 누수를 막고, 고무 패킹에 천공된 미세한

구멍을 통하여 주파수 발신 케이블을 삽입할 수 있게 제작하였다.

이 장치를 사용하면 수돗물 공급 중단 없이 지표면 하단 6m까지 매설된 관로를 최대 150m까지 탐지 가능하다.



[그림 5.2]
극저주파를 이용한 관 위치 탐사

5.3 파쇄 헤드

파쇄 헤드는 원뿔 모양의 형상에 3축 파쇄 날이 붙은 구조로, 와이어가 견인됨과 동시에 기존관을 파쇄하며 기존관 노선을 따라 삽입된다. 삽입 시 기존관 노선을 따라 정렬을 유지하며 균일한 파쇄를 보장하기 위해 선단은 기존 수도관보다 직경을 작게 하였으며 후단은 신관과 연결되어 원활하게 삽입될 수 있도록 크게 제작되었다.

파쇄 헤드는 두가지 종류로 일반적인 매설 환경에 적용 가능한 일단 파쇄 헤드와, 90도 곡관까지 적용 가능한 다단 파쇄 헤드로 구분하여 개발하였다.



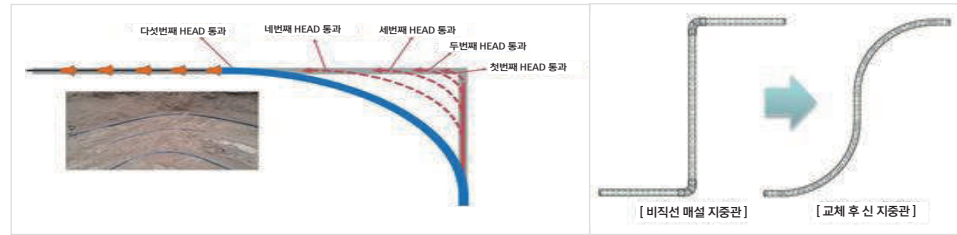
[그림 5.3]
파쇄 헤드 형상

일단 파쇄 헤드는 30도 이하의 곡률의 매설된 수도관에 적용 가능한 형태로 기존관의 노선을 따라 신관 매설이 가능한 경우, 즉 일반적인 매설 환경에서 적용하기에 가장 적합하다.

그러나 PVC관과 같이 45도까지의 곡률로 매설되어 있는 수도관에는 일단 파쇄 헤드를 적용하여 교체 시 후단에 연결되어 있는 신관이 삽입되지 않을 가능성이 있다.

다단 파쇄 헤드는 이런 경우에 적용하는 형태로 최선단의 헤드가 기존관을 파쇄하고 후단에 연결된 여러개의 헤드가 반복적으로 지중 토사를 교란해 후미의 신관이 원활하게 삽입 되도록 곡률을 형성하며 안정적인 형태로 관로를 매설한다.

[그림 5.4]
다단 파쇄 헤드를 이용한
곡관부 파쇄 모식도



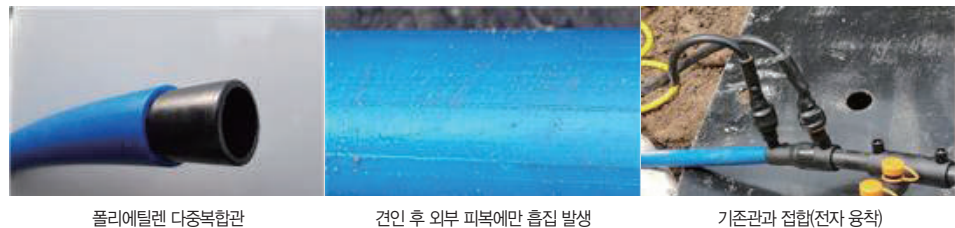
5.4 다중복합관

파쇄 헤드 후단에 연결되어 견인되는 신관은 파쇄된 기존관의 노선을 통해 삽입됨에 따라 일반적으로 사용되는 수도용 폴리에틸렌관을 사용할 경우 관체 손상(흡집 등)이 발생할 수 있다.

따라서 이 기술에서는 관체 손상을 방지할 수 있는 폴리에틸렌 다중복합관을 사용하였다. 폴리에틸렌 다중복합관은 기존의 폴리에틸렌 원관 외부에 폴리에틸렌 또는 폴리프로필렌 피복을 입힌 관으로 견인 시 외부 피복만 흡집이 발생할 뿐 내부 원관의 손상은 방지할 수 있다.

또한, 견인 이후 외부의 피복을 제거하면 수도용 폴리에틸렌관과 동일하게 전자용착 등의 일반적인 접합 방식으로 기존관과 접합이 가능하다.

[그림 5.5]
폴리에틸렌 다중복합관



5.5 견인 장치

견인 장치는 파쇄 헤드와 연결된 와이어를 신관 투입부 반대쪽 후단 터파기부에서 강한 견인력으로 잡아당기는 역할을 하는 장치로 기존관을 파쇄하며 신관으로 교체하는 동력을 제공한다. 오직 견인 장치의 동력으로만 기존관을 파쇄하기 때문에 최소 2톤 이상의 강한 힘을 발휘해야 하며 복잡한 도심지 내에 최소한으로 터파기된 협소한 공간에 장치가 설치되어야 함에 따라 일반적인 전기 모터가 아닌 유압 펌프를 사용하여 장비를 제작하였다.

견인 장치는 원치형과 실린더형의 두가지 종류이며, 원치형은 회전하는 원통형의 드럼에 와이어를 감아 견인하는 형태로 최대 5톤의 견인력을 구현하며 연속 견인이 가능하다.

실린더형은 와이어를 잡고 당기는 반복적인 피스톤 운동을 반복해 견인하는 형태로 원치형보다 작업 속도는 느리나 훨씬 강력한 25톤까지의 견인력을 발휘할 수 있다. 따라서 기존관 절단에 보다 강한 힘이 필요하거나 기존관을 인발하여 제거하는 경우 등에 적용 가능하다.

구분	원치형	실린더형
적용 가능 와이어	Ø7mm, Ø9.5mm	Ø7mm, Ø9.5mm, Ø12.5mm
견인력	최대 5톤	최대 25톤
형상		

[그림 5.6]
견인 장치

5.6 개발 기술을 활용한 노후관 교체 공사 절차

이번에 개발된 기술을 K-water에서 관리 중인 봉화군 지방 상수도 재산, 물야, 석포 지역 D20~40mm 관로 924m에 적용하여 노후관 교체를 시행하였으며 현재 터파기 공법으로 교체한 관로와 동일한 기능을 유지하고 있다.

실제 현장에 이 기술의 적용 시 시행된 절차는 다음과 같다.



[그림 5.7]
개발 기술을 활용한
노후관 교체 공사 절차

6. 경제성 및 시장성 분석

6.1 경제성

앞서 언급한 바와 같이 현재 지방 상수도 노후관 교체 공사에서 보편적으로 시행하는 굴착 공사(open-cut)는 전체 구간의 지반 터파기가 필수적으로 수반된다. 일반적인 포장면 하단의 D20mm의 노후관로를 교체하는 것으로 단가를 산정하면 굴착공사(open-cut) 시 m당 약 160,000원의 비용이 소요된다. 이 비용의 대부분은 직접적인 신관 매설 비용이 아닌 굴착, 되메우기 및 포장 등의 부대비용이 차지한다. 이번에 개발된 지방 상수도 노후관 비굴착 교체 기술을 적용하면 교체 대상 관로의 전후단부만 굴착하기 때문에 굴착 면적의 대규모 축소로 소요 비용이 현저하게 감소한다. 기술 개발에 따라 수반되는 신관 매설 비용 상승을 고려하더라도 기존의 굴착공사(open-cut) 비용의 대폭적인 절감이 가능하므로 훨씬 경제적인 것으로 기대된다.

이 기술의 공사 비용을 굴착공사(open-cut)의 80% 정도로 가정할 경우 m당 약 32,000원 절감이 가능하며, 지방 상수도 현대화 사업 첫해에 시행중인 지자체 노후관 교체에 10%만 적용하더라도 약 24억 원의 예산 절감을 기대할 수 있다.

$$* 745\text{km}(\text{지방상수도 현대화 사업 사업 물량, '17년 시행 기준}) \times 10\% \times 32,000\text{원}/\text{m} = 24\text{억 원}$$

현장에 따라 철거 및 재설치가 필요한 구조물이 있는 경우 절감 비용은 더 커질 수 있다.

6.2 시장성

우리나라는 상수도 보급율의 확대, 정부의 물산업 육성 정책에 따라 상수도 관련 시장이 지속적으로 확장되고 있다. 이 기술은 높은 경제성으로 인해 관련 시장에서 경쟁력 우위를 확보할 것으로 예상되며 더구나 기술 개발이나 타 기술의 적용 사례가 없어 본 기술의 즉각적인 시장 진입과 선점이 가능하다.

단기적으로는 K-water와 지자체, 기업 등에서 관리하고 있는 소구경 상수도 시설에 적용 가능할 것으로 기대되며 장치 및 자재 일부를 개량하여 가스관, 하수관 등 유사 시설로 확대 적용하면 시장 규모는 더욱 커질 것으로 예상된다.

또한 위에 언급한 바와 같이 국내 상수도 관로 노후화가 빠르게 진행되고 있어 관련 국내 시장 수요 역시 지속적으로 확장될 것으로 보이며 국내뿐 아니라 국내 상수도 매설 환경과 비슷한 국외까지도 보급이 가능하므로 높은 시장성을 확보할 수 있을 것이다.

6.3 기타 효과

예산 절감 효과 외에도 본 기술을 적용하면 터파기 및 되메우기 공정의 대폭 축소가 가능하므로 공사 기간을 현저히 단축할 수 있고 지반 굴착으로 인한 소음, 진동, 먼지, 교통 통제 등을 최소화시켜 주민 불편 및 민원 발생도 줄어들게 된다. 또한, 굴착 시 발생하는 건설폐기물의 발생도 최소화하여 친환경적 기술이라고 할 수 있다.

7. 향후 계획

이번에 개발된 지방 상수도 노후관 비굴착 교체 기술의 적정한 시공단가는 현재 정확히 산정되어 있지 않다. 이에 따라 한국상하수도협회 등 공인된 기관을 통하여 객관적이며 표준화된 시공단가를 구성할 예정으로 있다. 아울러 지방시, 품셈 기준 등 표준화된 시공 기준을 병행 수립하여 기술의 본격적인 시장 진입에도 대비 중이다.

또한, 이 기술을 국내는 물론 해외시장까지 지방 상수도 노후관 교체 분야의 핵심 브랜드 기술로 확보하기 위해 국내 및 해외 특허(PCT) 취득을 위한 절차를 추진 중에 있으며 앞으로 기술 적용 과정에서 추가적으로 확인되는 문제점에 대해서도 지속적으로 개선하여 기술의 고도화를 위해 노력할 예정이다.

참고 문헌

1. 권기원, 「지방 상수도 현대화 사업」, 2016, 환경부, 한국환경산업기술원
2. 환경부 물환경정책국 수도정책과, 「지방상수도 현대화 사업 본격화, 지자체 20곳 연간 501억 원 예산절감 효과 기대」, 2017, 환경부 보도자료

| 하수도 |

혐기성 소화조 운영 방법 개선방안

Improvement of anaerobic digester operation method

신태균

Taekgyun Shin

경기도 성남시

1. 서론

성남시 하수처리장에서 발생하는 슬러지는 탈수처리과정을 거쳐 소각, 매립 등의 방법으로 처분하고 있다. 성남시에서 발생하는 탈수슬러지는 2016년 말 기준 성남수질복원센터 시설용량(460,000톤/일)에서 96,165톤, 판교수질복원센터 시설용량(47,000톤/일)에서 17,486톤 발생하였다. 탈수슬러지 발생량 113,651톤 중 54%인 60,824톤은 소각하고 나머지 52,827톤은 수도권매립지와 사설매립지에 매립하여 처리하였다.

성남시의 경우 하수처리를 위해 성남수질복원센터와 판교수질복원센터 두 곳에 하수처리장을 설치 운영하고 있으며, 소규모 하수처리장인 판교수질복원센터는 소화조가 설치되어 있지 않고 성남수질복원센터 내 제1처리장에 4개, 제2처리장에 3개의 중온 혐기성 소화조를 운영하고 있다.

그러나 성남수질복원센터 소화조는 노후화 및 운영 미숙에 따라 소화 효율이 저하되어 가스 발생량이 적어 슬러지 감량 효과가 떨어지는 문제점이 있다.

또한, 성남시는 위례신도시 입주 및 택지개발 확대에 따라 하수 유입량은 2016년에 비해 2017년 1,395,000톤이 증가하였으며, 분뇨 반입량은 1,825톤 증가하는 등 향후 지속적으로 슬러지 발생량이 증가할 것으로 예상되고 있다.

이에 본 연구는 성남시의 소화조 운영 실태와 문제점을 파악하고 운영방법을 개선하여 효율을 극대화하여 발생하는 슬러지를 줄여 예산을 절감하는데 목적이 있다.

2. 소화의 원리 및 소화조 현황

2.1 혐기성 소화의 원리

혐기성 소화란 용존산소가 존재하지 않는 환경에서 유기물이 미생물에 의해 분해되는 과정으로 슬러지 중의 유기물은 혐기성균의 활동에 의해 분해된다.

혐기성 소화에 의한 슬러지의 분해과정은 크게 가수분해단계, 산생성단계, 그리고 메탄생성단계의 세단계로 나눌 수 있다. 각 단계의 반응은 발효균 아세트산 및 수소생성균, 그리고 메탄생성균 등 서로 다른 미생물에 의하여 이루어지며 이들의 활동은 서로 유기적으로 연결되어 있고, 메탄화 과정에서는 앞 단계에서 생성된 수소 및 아세트산이 메탄으로 변화하는 과정에서 유기물의 COD가 가스 상태의 메탄으로 변화하여 실질적인 유기물의 제거가 이루어지게 된다.

혐기성 소화의 단점은 높은 온도(35℃ 혹은 55℃)를 요구한다는 것인데, 이는 발생하는 메탄 가스를 열원으로 이용하면 해결할 수 있다.

2.2 성남수질복원센터 소화조 현황

구분	제1처리장	제2처리장	비고
하수처리 용량	245,000m ³ /일	215,000m ³ /일	
소화조 용량	23,712m ³	16,153m ³	
가온 방식	직접 가온	직접 가온	
교반 방식	가스 교반	가스 교반	
소화가스 활용	소화조 가온용	소화조 가온용	
특이 사항	분뇨처리수 투입	잉여슬러지 일부 투입	

[표 2.1]
기본 현황

3. 성남수질복원센터 소화조 운영 문제점 및 개선

3.1 교반 및 준설

혐기성 소화의 교반 목적은 미생물에 기질을 전달하는 것, pH와 온도를 유지하는 것, 방해 물질을 희석하는 것, 성층화 현상과 단락현상을 방지하는 것 등 4가지로 알려져 있다.

소화조 내의 슬러지 교반 시간은 1~3시간 정도로 매일 3~6회 혼합시켜도 충분하다. 최근 연구 결과에 의하면 소화조 내의 슬러지를 재순환펌프 등을 사용하여 30분에 한번씩 양수시키는 것으로 충분하다. (환경부 하수도시설기준, 2011)

선행 연구에 따르면 일일 총 교반 시간은 120분으로 동일하게 하고 교반 방식을 각각 5분/1시간, 10분/2시간, 15분/3시간, 20분/4시간으로 실험한 결과, 바이오가스 생산량이 5

분/1시간일 때 244.7mL/gVS이고 유기물 제거율은 34.2%, TCOD 제거율은 31.1%로 가장 높았으며, 총 교반 시간이 동일할 때에는 교반 횟수가 증가할수록 바이오가스 생산량과 제거율은 증가한다. (김기웅, 「혐기 소화 성능 향상을 위한 유기물 공급 및 교반 간격에 관한 연구」, 2014)

성남수질복원센터 제1처리장 및 제2처리장의 교반 방식은 소화조에서 생성된 소화가스를 가스 컴프레서로 압축하여 소화조의 바닥 중앙에 설치된 산기관으로 뽑아 주어 혼합하는 가스교반기가 설치되어 있다.

그러나 성남수질복원센터의 경우 설비 가동 후 준설 이력이 없어 소화조 하부의 토사 퇴적에 따라 가스교반 배관의 토출부를 막아 정상적인 교반이 이루어지지 않고 있다. 토출배관 막힘으로 인한 토출압 증가는 가스 컴프레서의 잦은 고장의 원인이 되고 퇴적물에 의한 유효용적이 감소되어 적정 체류일수가 확보되지 않아 소화효율을 감소시키고 있다.

이와 같이 소화조 준설의 필요성이 대두되고 있으나 소화조 준설 시 소화조의 가동 불가 및 작업에 따른 악취 민원 발생 등의 이유로 현실적으로 준설 작업이 쉽지 않은 것으로 나타났다.

이를 해결하기 위해 2단계소화조의 슬러지를 1단계소화조로 반송하는 슬러지펌프를 이용하고자 평상시 닫혀 있던(close) 1단계소화조 슬러지 배관을 개방된(open) 2단계슬러지 배관을 닫아(close) 약 1주일간 소화조 반송슬러지 펌프를 24시간 운영하며 1단계소화조에서 인발되는 슬러지를 관찰하였다.

그 결과 슬러지 배관 계통을 변경 후 초기에는 펌프가 일부 막히거나 인발된 슬러지의 형상이 고체 덩어리로 나왔다. 이는 1단계소화조의 하부에 오랫동안 침전된 슬러지 때문으로 판단되었다.

이후 일일 2회 오전 오후로 나눠 소화조 상부의 가스교반 배관이 막혔을 때 뚫을 수 있도록 설치된 물 배관을 이용하여 소화조 하부의 퇴적물 상태를 유추하였다. 그 결과 약 3일 후 가스교반 배관이 뚫리는 것을 확인하였고 소화조 하부 퇴적물의 파쇄를 위해 약 4일을 추가로 운영한 결과 인발되는 슬러지 또한 정상적인 상태로 환원된 것을 육안 확인하였다.

위와 같이 침전 퇴적물 배출 및 파쇄 작업 후 효율적인 교반을 위해 기존의 가스교반방식을 반송슬러지 펌프를 이용한 펌프순환방식으로 변경하였다. 그리고 선행 연구 결과와 같이 운전 시간은 매시간당 5분 가동하고 기존 가스 컴프레서는 소화조 상부 스킵 파쇄 전용으로 변경하였다.

3.2 소화조 가온

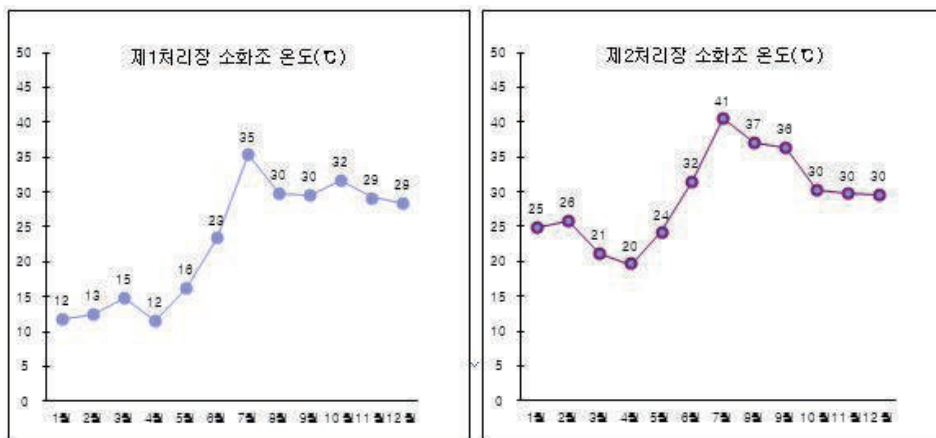
소화조의 운영에 있어서 온도는 매우 중요하다. 온도가 15℃ 이하이면 지방 성분이 분해되지 못하고 온도가 높거나 SRT가 긴 경우에는 소화조 운영의 안정성이 커지게 된다. (환경부 하수도시설기준, 2011)

성남수질복원센터 제1처리장 및 제2처리장의 가온 방식은 소화조에서 생성된 소화가스를 연료로 사용하여 보일러로 고온의 수증기를 직접 소화조에 주입하는 것이다. 가온용 보일러는 제1처리장 및 제2처리장에 각각 2대가 설치되어 1대를 상시 운전하고 1대는 예비로 교대 운전하고 있다.

열교환기를 사용하여 가온 효과가 좋은 간접가온방식과 달리, 성남수질복원센터는 직접가온방식에 따라 제1처리장의 경우 적정온도 35℃에 미치지 못하고 있다. 소화조 내 낮은 온

도로 인해 소화효율이 저하되어 소화가스 발생량이 적게 발생하는 등 악순환이 계속되고 있다. 이에 소화조 교반방식 변경 후 가스 발생이 증가하자 가운데 보일러를 기존 1대에서 2대 가동으로 변경하였다.

또한, 성남수질복원센터는 스팀 생산을 위해 보일러에 공급하는 물을 상수로 공급하여 연간 약 5,000만 원/년의 비용이 소요되고 있다. 상수 비용을 절약하기 위해 2016년 10월 하수처리장 유지 관리를 위해 설치되어 있는 재이용수 배관을 변경하여 하수처리 방류수를 보일러에 공급할 수 있게 개선하였다. 그 결과 아래 그림과 같이 중온소화조의 적정온도에 근접하고 있다.



[그림 3.1]
제1처리장 소화조 온도

[그림 3.2]
제2처리장 소화조 온도

3.3 분뇨처리수

혐기성 소화에서 대표적인 저해 인자인 암모니아는 기질에 포함된 암모니아와 기질의 분해에 따른 단백질의 분해과정에서 탈 아미노기반응에 의해 생성되는 암모니아로 메탄 생성균 활성에 저해를 준다.

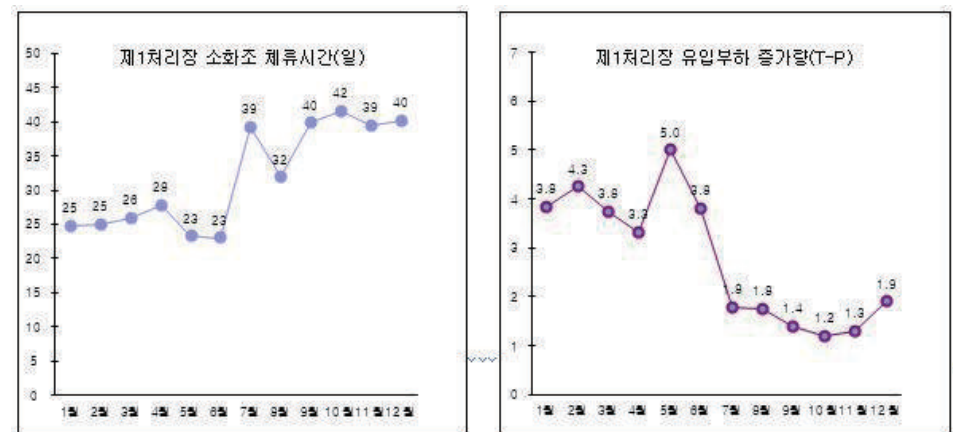
그런데 암모니아를 다량 포함하고 있는 분뇨를 처리하는 성남시 분뇨처리장은 성남수질복원센터 내에 있으며, 반입된 분뇨를 1차 처리 후 약 454m³의 분뇨처리수를 별도 농축공정 없이 제1처리장 소화조로 투입하여, TS가 낮고 체류일수를 줄여 소화조 효율을 저해시키고 있다.

이에 분뇨처리수의 하수처리장 연계 처리 여부를 검토하였다. <표 2>에서와 같이 제1처리장 연계부하율은 T-N 3.1%, T-P 3.7%이고, 제2처리장 연계부하율은 T-N 2.0%, T-P 2.3%로 「공공하수도시설 운영·관리 업무지침」에서 제시한 T-N과 T-P가 각각 10% 이내로 연계 처리가 가능한 것으로 나타났다.

구 분		유입량 (m ³ /일)	농도(mg/L)		부하량(kg/일)	
			T-N	T-P	T-N	T-P
하수	제1처리장	185,007	35.826	3.776	6,628.1	698.7
	제2처리장	172,302	59.621	6.390	10,272.8	1,101.0
최근 1년간 연계수		453.3	450.421	56.826	204.6	25.8
부하율 (%)	제1처리장	0.2	—	—	3.1	3.7
	제2처리장	0.3	—	—	2.0	2.3

[표 3.1]
분뇨처리수 연계부하

검토 결과 분뇨처리수를 제2처리장 유입부로 이송하여 하수처리장에서 연계 처리하도록 변경하였다. 이에따라 그 결과 소화조 내 체류 시간이 증가하고 하수처리 유입수 농도와 반류수가 합류되었을 때 농도의 차인 반류수에 의한 유입부하가 감소하였다.



[그림 3.1]
제1처리장 소화조 체류 시간

[그림 3.2]
제1처리장 유입부하 증가량

3.4 제2처리장 잉여슬러지

성남수질복원센터 제2처리장 소화조에는 중력식 농축조를 거친 일차침전지의 생슬러지와 기계식 농축기를 거친 이차침전지의 잉여슬러지 일부를 소화조로 이송하여 처리하고 있다.

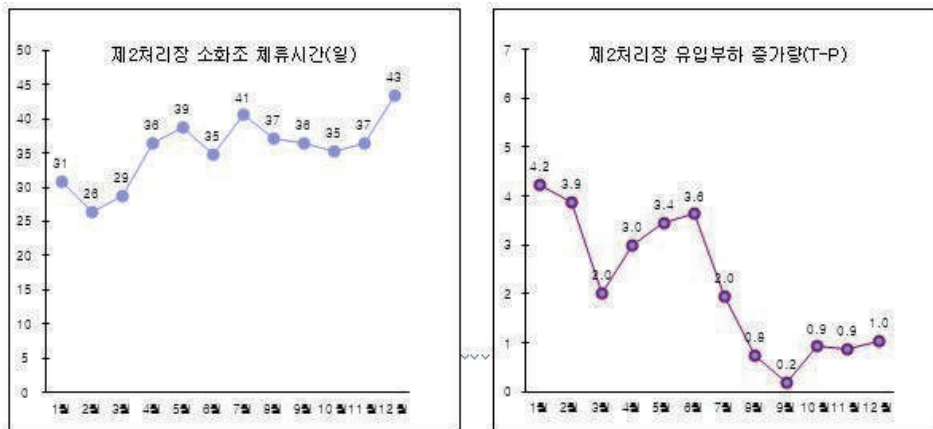
잉여슬러지는 미생물이 하수처리공정의 생물반응조 혐기조에서 인을 방출하고 호기조에서 인을 과잉 섭취하여 인을 제거 후 침전된 슬러지로 혐기성 소화조에서는 인을 방출한다.

선행 연구에 따르면 생물학적 인 공정의 잉여슬러지를 단독 소화 시 소화 후에는 세포 내의 유기성 인이 50.1%에서 22.2%로 감소하고 용존성 인의 비율은 16.4%에서 38.3%로 증가하며, 잉여슬러지와 생슬러지를 혼합시켜 소화시킨 경우에는 용존성 인의 비율이 23.6%에서 42.4%로 증가한다. (한국과학재단, 「인 함유 잉여슬러지의 혐기성 소화시 인 재용출과 Struvite 형성기작에 관한 연구」, 1994)

또한, 일반적으로 VS부하율(kgVS/m³·일)에 따른 가스발생량을 보면 1kgVS/m³·일에서 생슬러지는 약 0.55m³gas/kg(VS유입), 잉여슬러지는 약 0.25m³gas/kg(VS유입)으로 생슬러지의

소화 제거 효율이 잉여슬러지에 비해 2.2배 이상 높게 나타난다. 따라서 생슬러지를 우선 소화조에 투입하고 잉여슬러지는 적절한 소화조 체류 시간이 유지되는 한도 내에서 투입한다. (양한희, 「국내 하수처리시설 혐기성 소화조 운영현황 및 개선방안에 관한 연구」, 2009)

위와 같이 검토한 결과 제2처리장 잉여슬러지는 농축 후 탈수하여 처리하고 소화조에는 생슬러지만 투입하도록 변경하였다. 그 결과 소화조 내 체류 시간이 증가하고 하수처리 유입 농도와 반류수가 합류되었을 때 농도의 차인 반류수에 의한 유입부하가 감소하였다.



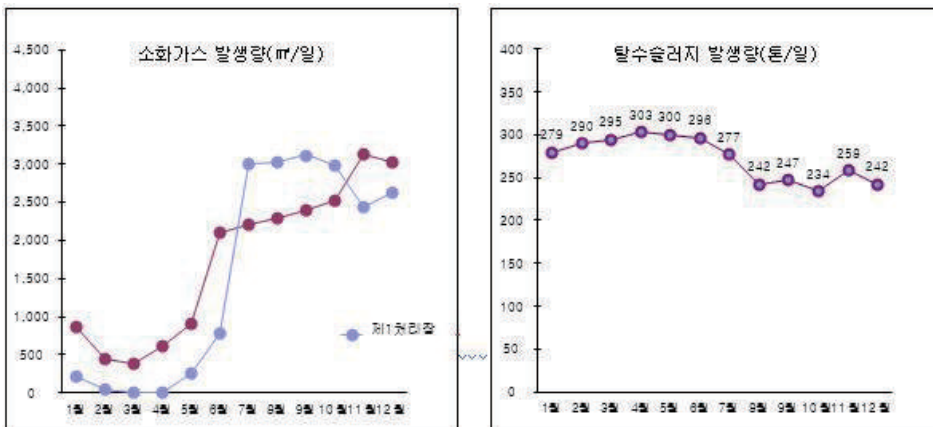
[그림 3.3]
제2처리장 소화조 체류 시간

[그림 3.4]
제2처리장 유입부하 증가량

4. 성남수질복원센터 소화조 개선 효과

4.1 소화가스 및 탈수슬러지

운영방법을 개선한 결과 혐기성 소화조의 주요 운전인자인 온도와 체류 시간을 확보하여 유기물 분해효율이 증가하여 소화가스의 발생량이 증가하고, 소화효율 증가에 따라 탈수슬러지 발생량 또한 개선 전 294톤/일에서 개선 후 244톤/일로 일평균 50톤이 감소하였다.



[그림 4.1]
소화가스 발생량

[그림 4.2]
탈수슬러지 발생량

4.2 하수처리 전력사용량

성남수질복원센터의 소화조 운영방법을 개선한 결과, 반류수로 인한 유입부하 증가량이 감소한 것을 확인할 수 있었다. 하수처리공정은 연속적인 연계공정으로 하수처리효율은 복합적으로 나타난다. 그 중 유입부하 감소에 따른 하수처리공정의 처리효율 증가를 보여주는 하수처리에 소요되는 톤당 전력소모량(전력사용량 ÷ 하수처리량)이 소화조 운전 방법 변경 후 약 17% 감소되었다.

[표 4.1]
성남수질복원센터
하수처리 전력소모량

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월
전력 소모량 (Wh/톤)	440	442	443	426	428	412	340	331	357	371	382

4.3 예산 절감 효과

보일러 1대 가동할 때 소요되는 상수도 요금은 약 5,000만 원으로 현재 2대 상시 운전하고 있는 것을 감안하면 상수도를 하수처리 재이용수로 변경한 결과 연간 약 1억 원/년의 상수도요금 절감 효과가 있다. 또한, 2017년 탈수슬러지 처리비용은 톤당 104,400원으로 발생량이 일평균 약 50톤 감소되어 연간 약 17억 원이 절감되는 효과가 있었다. 성남시의 경우 위례신도시 입주 및 택지개발에 따라 하수유입량 및 분뇨반입량이 증가하고 있는 상황에서 소화효율 증가에 따라 슬러지 발생량이 감소하였고, 2018년 슬러지 처리비용이 톤당 122,045원으로 처리단가가 상승하고 있음을 감안하면 실질적인 예산 절감 효과는 커진다. 그리고 반류수에 의한 유입부하가 감소하여 하수처리전력 소모량이 약 17% 감소되었으며 전력비는 계절별, 시간대별로 요금이 달라 정확하게 산출하는 것이 불가능하나 2017년 성남시 전력비 예산 56억 원을 기준으로 하면 연간 5억원 이상의 예산 절감 효과가 있다. 이 외에 약품비, 수선비 등을 종합하면 매년 30억 원 이상의 예산 절감 효과가 있는 것으로 추정된다.

5. 결론

성남수질복원센터 내에 설치된 중온 혐기성 소화조는 소화조 내 준설토 퇴적, 온도저하, 분뇨처리수 직접 투입, 잉여슬러지 투입 등에 따라 효율이 저하되어 가스발생량도 감소하였다. 또한, 고농도의 반류수로 인해 하수처리공정에도 악영향을 미쳐 전력비, 약품비 등 유지관리비용도 과다 발생하고 있다. 이 문제의 해결을 위해 운영 방법을 변경한 결과는 다음과 같다.

- 1) 가온용 보일러를 1대에서 2대로 운전한 결과 적정온도인 35℃에 근접하고 있으며, 보일러에 사용되는 상수를 하수처리 재이용수로 변경해 연간 약 1억 원의 상수도 사용료 절감 효과가 나타나고 있다.
- 2) 소화조 내 퇴적물은 준설하는 것이 가장 효과적이거나 준설 시 소화조 가동이 불가하고 악취가 발생해 현실적으로 준설 작업이 어려웠다. 가동 중지된 소화조 순환펌프를 정상화하고 밸

브를 조작한 결과 일부 효과가 있었다.

- 3) 기존 분뇨처리수를 소화조에 직접 투입하던 것을 하수처리장 연계 처리로 변경하였다. 그리고 생슬러지 및 잉여슬러지를 혼합하여 투입하던 것을 생슬러지만 투입하는 것으로 변경한 결과 체류 시간이 증가하고 소화가스 발생량이 증가하여 탈수슬러지의 발생이 저감되는 효과가 있었다.

또한, 소화조의 고농도의 반류수로 인해 유입부하를 가중시키는 오염물질 증가량이 감소하여 전력사용량 감소 등 하수처리공정 전체 효율이 증가한 것으로 나타났다.

이와 같이 대규모의 예산과 시간이 소요되는 소화조 효율 개선사업 같은 시설 변화 없이도 소화조 운영 방법 변경을 통해 혐기성 소화조의 운영 효율이 크게 향상되는 결과를 얻었다. 향후 안정적으로 운영을 지속하면 슬러지 저감 및 하수처리 운영비용 절감 등의 개선효과를 기대할 수 있다.

참고문헌

- 국립환경인력개발원, 「공공하수·분뇨처리시설 운영요원과정 교재」, 2008
- 김기웅, 「혐기 소화 성능향상을 위한 유기물 공급 및 교반간격에 관한 연구」, 2014
- 김남천, 「혐기성 소화공정에 의한 바이오가스화의 기술 원리 및 응용」, 2003
- 김래영, 「고온효과를 이용한 효율적인 혐기성 소화조 운영」, 2008
- 김성진, 「질소부하율 변화가 음폐수 혐기성 소화조의 효율에 미치는 영향」, 2013
- 김양지, 「혐기성 소화에서 암모니아의 영향」, 2001
- 김홍석, 「혐기성 소화조 소화효율 향상을 위한 전처리 방법에 관한 연구」, 2012
- 양한희, 「국내 하수처리시설 혐기성 소화조 운영현황 및 개선방안에 관한 연구」, 2009
- 성남시, 「성남시 하수슬러지 자원화 시설 설치사업 타당성조사 보고서」, 2012
- 이용대, 「하수슬러지의 혐기성 소화 효율 향상과 소화가스 정제에 관한 연구」, 2013
- 조상선, 「생물화학적 인 제거 시 발생한 약품 잉여슬러지의 혐기성 소화 특성에 관한 연구」, 2010
- 한국과학재단, 「인 함유 잉여슬러지의 혐기성 소화 시 인 재용출과 Struvite 형성기작에 관한 연구」, 1994
- 환경부, 「하수도 시설기준」, 2011

| 하수도 |

하수 찌꺼기 육상처리시설 열원 변경을 통한 예산 절감

Reducing budget by changing the heat source of
sewage sludge land treatment facility

한정국, 조종현

Jeongkook Han, jonghyun Jo

부산광역시

1. 검토 배경

- 부산시는 하수 찌꺼기 해양 투기가 금지됨에 따라 시역 내 발생하는 하수 찌꺼기를 위생적이고 경제적, 효율적으로 처리하고 주변의 환경오염을 최소화하여 환경보전은 물론 쾌적한 생활 환경을 조성하고, 하수 찌꺼기 건조과정에서 발생하는 부산물의 발전소 및 시멘트 연료화를 통하여 폐자원의 재이용과 연료로 판매할 수 있고 수익도 기대할 수 있는 하수 찌꺼기 육상처리시설을 건조할 계획을 수립하여 2013년 준공하였다.
- 처리장 준공 이후, '14~'15년까지 가동 결과 전체 운영비(123억 원) 중 연료비(75억 원)가 56.7%를 차지하고 있으며, 연료비 중 1차 건조기 연료비(59억 원)가 79%로 운영비 절감이 핵심 사항이라는 것을 파악하게 되었다.
- 건설 당시부터 검토되어 온 인근 생활폐기물 연료화 시설의 증기를 이용하기 위한 협의, '13년부터 시작하였으나, 기술상 문제 및 소각 처리량 부족 등으로 증기 공급의 어려움이 있었다.
- 이에 대한 대안으로 부산신항배후발전소 열원으로 변경 검토 중 생활쓰레기 연료화 시설에서도 증기 공급이 가능하다는 의견이 제시됨에 따라 비교 검토 결과 증기공급관(2.2km)을 신설하는 것보다, 응축수 라인 일부 보완만으로도 증기 공급이 가능한 생활쓰레기 연료화 시설의 증기로 열원변경을 검토하게 되었다.
- 부산 하수 찌꺼기 육상처리시설 1차 건조기 열원을 도시가스 LNG에서 생활폐기물 연료화 시설의 증기를 이용함으로써 폐자원 에너지 이용을 극대화하는 등 직접적인 기대 효과로 33억 원 예산 절감과 보일러 미가동 등에 따른 대기질 개선 등 온실가스 감축을 통하여 친환경적 시설 운영이 가능할 것으로 판단되어 빠른 시일 내 열원을 변경하기로 하였다.

- '18년에도 9억 원의 예산을 반영하여 추가적으로 2차 건조기 열원도 인근 음식물 처리 시설의 소화기로 변경, 신재생에너지로 완전히 전환할 계획이다.

2. 시설 현황

2.1 하수 찌꺼기 육상처리시설 시설 현황

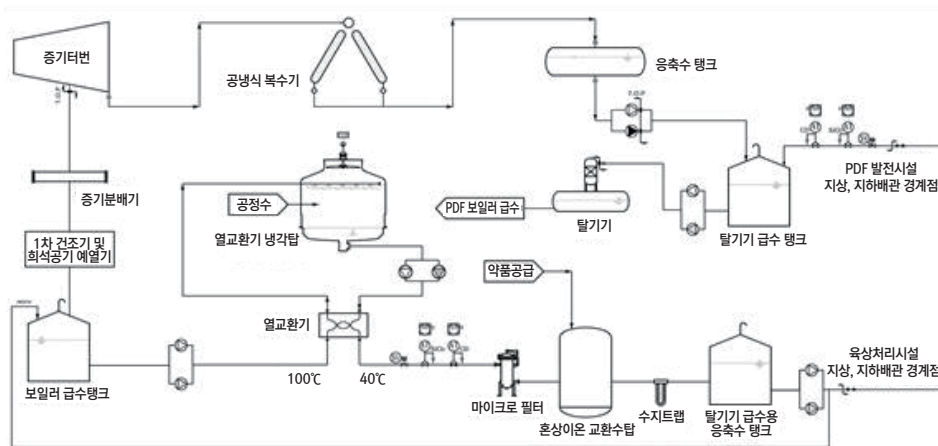
- 시설 용량 : 550톤/일(183톤/일×3계열, 2단 건조방식), 사업비 750억 원
- 처리 방식 : 완전건조방식(하수슬러지 함수율 10% 이하), 부산물 처리 : 한국남동발전
- 사업 기간 : '10.08.13~'13.02.28 (준공일 2013.05.01)
- 운영 기간 : 3년 8월(2013.05.01 ~ 2016.12.30), 2017.01.01, 부산환경공단 인수
- 시 공 사 : (주)대우건설 ⇒ (주)엔바이오컨스 위탁운영
- 운영 인력 : 25명(소장1, 팀장2, 주간 10, 교대12)
- 운전 조건 : 8,000시간/년 이상(333일), 유지 보수 32일/년 이하

2.1.1 하수 찌꺼기 육상처리시설 운전 현황

- 찌꺼기 처리량 : 138,169톤/년('14~'16년, 3년 평균), 433톤/일
 - 건조부산물 처리량 : 29,146톤/일
- 도시가스 사용량 : 9,226천㎥/년('14~'16년, 3년 평균)

2.2 생활 쓰레기 연료화 시설 운영 현황

- 연료화 시설 : 폐기물 처리 900톤/일(16시간 운전), 261일/년(234,900톤/년)
- 증기공급 시설 : SFR 처리 500톤/일(24시간 운전), 보일러 형식 : 외부순환형 유동층 보일러
 - 전력 및 증기생산 : 추기복수기 터빈(25MW) + 공랭식 복수기 70톤/h 증기생산
- 폐기물 처리 현황 : 16개 구·군 중 8개구 생활폐기물 반입, 시 전체 폐목재 처리
- 총투자비 : 2,456억 원(민간자본 431억 원, 타인자본 649억 원, 정부재정 1,376억 원)



[그림 2.1]
생각 쓰레기 연료화 시설 처리 계통도

3. 열원 변경 검토

3.1 증기 공급 조건

- 하수 찌꺼기 육상건조시설에 공급되는 증기 공급 조건은 사전에 검토한 결과 다음 기준을 만족하는 조건으로 설계 반영
 - 증기 공급 조건 : 압력 8.5bar, 온도 187℃
 - 인입 지점 : 증기 공급 및 응축수 회수 지점은 부지 경계선
 - 응축수 회수 조건 : 회수율 90% 이상, 압력 4bar, 온도 40℃ 이하

3.2 증기 공급을 위한 시설 검토

3.2.1 하수 찌꺼기 육상처리시설

- 하수 찌꺼기 육상처리시설 건설 당시(2011) 슬러지 건조에 필요한 열원공급설비는 보일러에 생산된 증기를 공급하는 것으로 계획하면서, 추가적으로 인근 생활폐기물 연료화 시설의 증기 공급이 가능하도록 공급배관 및 응축수회수설비를 사전에 구성하였다.
 - 응축수 탱크 : 최대증발량 기준 30분 이상 저장용량 확보
 - 공급 배관 설치(기설치)
 - － 증기 공급 배관 : 이중보온관 내경 250A(외관 450A) × 440m, 보온재 75t
 - － 응축수 회수 배관 : 이중보온관 내경 65A(외관 140A) × 450m

3.2.2 생활 폐기물 연료화 시설(부산E&E)

- 생활 폐기물 연료 시설에서 발생되는 증기 활용을 위하여 설비 계획 단계에서부터 터빈 추기노즐을 추가로 설치하였으며, 증기 공급에 따른 이용 효율 증대를 위하여 응축수 회수라인을 기존 40℃에서 100℃로 변경만으로도 증기 공급이 가능하다
 - 증기 공급 가능량 : 56톤/h(총 발생량 70톤/h) – 2011.12 기설치
 - 응축수 회수라인 증설(3역) : 응축수 탱크 → 탈기기동까지 연장

3.3 추가 필요 시설 검토

- 생활 폐기물 연료화 시설(부산E&E)에서 증기 공급을 위한 필요 시설을 검토한 결과, 순수인입시설을 추가할 경우 별도의 시설비 없이 인입 가능해 바로 열원 공급 변경 협의 완료 시 즉시 공급이 가능함
 - 순수인입시설 추가 : 40A × 450m, 이중보온관, 60m³/일

3.4 증기 공급 관련 추진 협의

- 하수 찌꺼기 육상처리시설 준공(2013.4.30) 이후 연료비 절감을 위하여 생활 폐기물 연료화 시설 운영사인 부산E&E와 1차로 2013년 11월 증기 공급 관련 협의를 시작하였으나, 기술적인 문제로 공급이 어렵다는 의견 제시로 증기공급이 불가하여 고가인 LNG를 계속 사용하여 하수 찌꺼기 처리 비용이 증가되었다.
- 이후 2014년 3월 2차를 시작으로 2016년 2월까지 5차에 걸쳐 지속적으로 협의하였으나, 생곡폐기물 연료화 시설 운영 업체인 부산E&E로부터 쓰레기 반입량 절대 부족과 발열량 문제로 공급 불가 통보를 받았다.

- 이에 따라 운영비 절감을 위하여 부산신항배후 연료전지 발전소로부터 스팀 공급이 가능하다는 제안을 받아 변경 검토 중 생활폐기물 연료화 시설에서 공급이 가능하다는 의견 제시로 2개 업체의 증기 공급 제안을 받아 비교 검토하였다.
- 검토 결과 생활폐기물 연료화 시설은 응축수라인만 보완하면 즉시 공급이 가능하나, 부산신항배후 연료전지 발전시설은 증기공급관(2.2km) 설치와, 17년 이후 단계적 공급이 가능하여 생활 쓰레기 연료화 시설의 증기를 사용하기로 결정하였다.

3.5 열원 변경 내용

3.5.1 하수 찌꺼기 육상처리시설 운영비

- 도시가스가 운영비에 차지하는 비율 검토
 - 하수 찌꺼기 건조 시설의 연간 운영비는 처리량에 따라 다소 차이가 있으나 일평균 433톤을 처리하고 있으며, 이중 전체 운영비 중 건조 시설 연료비가 61.5%이며, 연료비 중 1차건조기에 사용되는 연료비가 79.0%로 운영비 절감이 핵심 사항을 알 수 있다.

구 분		'14년	'15년	'16년	평균
하수 찌꺼기 처리량	245,000m³/일	128,016 (421톤/일)	141,375 (442톤/일)	145,117 (436톤/일)	138,169 (433톤/일)
운영비 집행액 (백만 원)	23,712m³	13,991	13,075	12,398	12,366
L N G 사용금액 (백만 원)	합계	8,755	7,289	6,337	7,460
	1차건조기	6,717	5,875	4,959	5,896
	2차건조기	1,677	1,237	1,137	1,350
	RTD	231	176	241	216
운영비 대비 연료비 비율		62.6%	55.7%	51.1%	56.7%

[표 3.1]
연도별 운영비 검토

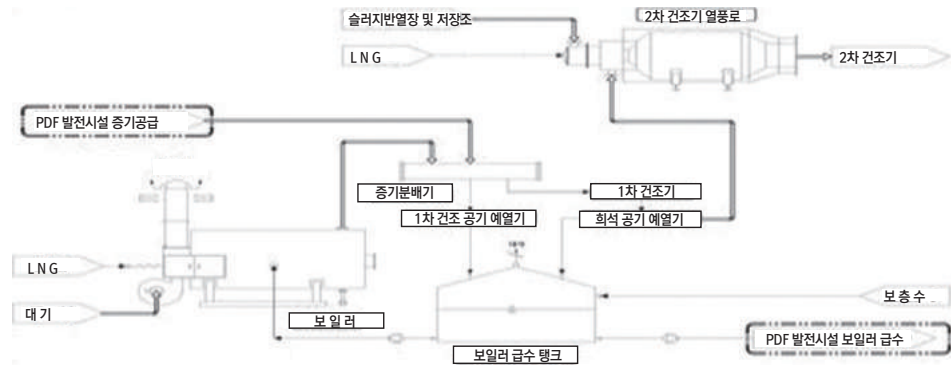
3.5.2 열원별 단가 비교

구분	개선 전(도시가스)	개선 후(SRF 증기)
단 가	707.7원/Nm³ ('17.1~11월 도시가스 평균값)	53,000원/Gcal (협약단가)

[표 3.2]
연도별 단가 비교

3.5.3 열 공급 계통도 변경 내용

- 기존(하수 찌꺼기 육상처리시설 자체 보일러)
 - 도시가스 → 보일러 → 증기분배기 → 1차 건조설비 → 응축수탱크 → 보일러급수펌프
- 변경(생활폐기물 연료화 시설 스팀 공급)
 - 연료화시설 소각로 → 폐열보일러 → 발전기 → 육상처리시설 증기분배기 → 1차 건조설비 → 응축수탱크 → 열교환기 → 순수처리시설 → 연료화시설 응축수탱크



[그림 2.2]
하수 찌꺼기 육상처리시설 계통도

4. 열원 변경 시 기대 효과

4.1 예산 절감 내용 : 3,291백만 원/년

- 하수 찌꺼기 육상처리시설 열원을 도시가스에서 생활 폐기물 연료화 시설 증기로 변환할 경우 유효적인 효과만으로도 한해 3,291백만 원의 예산 절감을 기대할 수 있다.
 - 도시가스절감(1,614) + 판매수익분담금(1,290) + 온실가스감축비용(301) + 보일러가동전력비(88)

4.1.1 : 도시가스 절감 비용

- 처리 기간 : 2017. 1.19 ~ 2017.12.31(347일간)
- 처리량 : 135,520톤/년(391톤/일) ● 증기공급량 : 60,885Gcal(174Gcal/일)
- 절감 금액 : 2,904백만 원(가스사용량 절감분 1,614 + 증기판매 수익금 1,290)

구 분	개선 전 (도시가스) ①	개선 후 (SRF 증기) ②	절감액③	생활폐기물 연료화시설 수익금 배분	
연료 사용량	6,838,339Nm³	60,885 Gcal		부산E&E④	부산시⑤
단 가	707.7원/Nm³ (‘17.1~11월 평균)	53,000원/Gcal (협약 단가)		60% 31,800원	40% 21,200원
금액(백만 원)	4,839	3,225	1,614	1,935	1,290
부산시 수익		③ 1,614 + ⑤ 1,290 = 2,904백만 원			

[표 4.1]
도시가스 절감 비용

※ 도시가스 환산량 : 처리량 × LNG톤당 사용량 = 135,520 × 50.46Nm³ = 6,838,339Nm³

4.1.2 : 온실가스 감축

- 온실가스 감축량 산출
 - 절감금액 : 절감CO₂(15,044tco₂) × 단가(20,000원/tco₂) = 301백만 원
 - CO₂ 절감량 : 도시가스 사용량(6,838,339Nm³) × 환산계수(0.0022tco₂) = 15,044tco₂

4.1.3 : 보일러 미가동에 따른 전력비 절감

- 보일러 미가동에 따른 주변기기 에너지 절감
 - 절감액 : 86백만 원

- 산출 근거 : 보일러 용량 (121kW) × 가동 시간(24h) × 가동일 수(347일) × 부하율(80%)
× 전력단가(100원/kW)

4.2 무형적 효과

- 도시가스를 생활 폐기물 연료화 시설의 증기로 변환 시 보일러 가동에 따른 대기오염 예방 등으로 인한 대기질을 개선할 수 있으며, 보일러 부속 설비인 연수기, 열교환기, 약품비 등 유지 관리비 절감과 유지 관리 대상시설의 축소로 근무환경 개선 등을 통한 근무 의욕을 고취할 수 있다.
- 폐자원인 생활 쓰레기 소각열을 이용함으로써 자원 재순환과 신재생에너지 활용 확대 등으로 친환경적인 도시 이미지 재고와 국가정책방향에 기여할 수 있다.

| 하수도 |

창원시 덕동 물재생센터 소화조 운영 업무 개선

Changwon City Dukdong Water Rehabilitation Center Improved operation of digester

장병철

Byungchul Jang

경상남도 창원시

1. 요약

현재 우리나라는 천연가스 에너지 자원을 99% 이상 해외에서 수입 의존해 사용하고 있으므로 국가적으로 에너지 절약 및 대체 에너지 개발이 시급하고 탄소 배출을 줄여 나가야 하는 현실에 직면하고 있다.

◎ 덕동 물재생 센터 소화조에서는 발생된 바이오가스에서 황화수소와 이물질 정제 후(대기배출 기준 10PPM이하 정제 처리) 소화조 가온용 보일러, 경남에너지 판매(버스충전소 공급), 슬러지 소각장에 공급하고 있다.

2017년 바이오가스 4,000,000m³ 생산하여 경남에너지 2,690,000m³, 슬러지 소각장에 50,000m³, 소화조 가온용 보일러에 1,000,000m³ 공급하고 기타 260,000m³ 공정순환용(정제 설비 정비로 인한 소각, 유량계 오차값, 경남에너지 공정 순환)으로 사용하였다.

창원시는 경남에너지와 덕동하수처리장 연료화 사업 실시협약서를 체결했다. 경남에너지에서 60억 원을 투자하여 운영중에 있으나 전년 일평균 7300m³를 공급하였다.

경남에너지, 슬러지 소각장, 소화조 가온용 보일러에 사용함으로 60억을 투자한 경남에너지는 일평균 10,000m³ 가스를 인입하여 완전(CH₄, 99.99%)정제 및 도시가스화하여야 경제성을 가진다.

또한 슬러지 소각장은 연간 최소 필요량이 200,000m³이 되어야 함으로 이를 개선하고자 시행하였다.

－ 소각장에서 발생하는 재증발 벤트스팀을(폐열 대기방출) 소화조 가온용으로 사용하고

자 열교환기, 스팀배관, 온수저장탱크, 부대설비 공사를 시행 완료하였다.

- 소화조 가온용 1.7톤 온수보일러 효율이 약 84%(배기가스 배출온도 최대220℃) 보일러에 절탄기를 설치하여 92% 향상시키는(배출온도를 120℃로 낮추는) 공사를 시행 완료했다.
- 소화조 소화가스는 계절에 따라 발생량이 변동하는데 동계(10월~5월)에는 일평균 15,000m³, 하계(6월~9월)에는 일평균 10,000m³(최대부하 시간당 800m³) 발생하고, 탈황설비 설계용량 일평균 12,500m³(시간당 520m³, 황화수소농도 7000PPM~5000PPM) 발생되고 있어 이를 개선하고자 탈황설비 증설공사를 시행하였다.
- 습식탈황설비는 가성소다에 물을 희석하여 강산성인 황화수소를 처리하는 설비이며 연간 약 3000톤의 공정수로 시상수도를 사용중에 있다. 이를 대해 최종 회수된 페스팀 소화조 가온 후 열교환기에서 발생하는 응축수를 활용하고자 응축수 탱크, 부대설비 공사를 시행하였다.

설비명	용량 규격 형식	비고
폐열회수 스팀배관	65A*180m*6T, 압력배관용탄소강관	
열교환기	20만kcal/hr 1대, 46만kcal/hr 1대	
폐열회수 부대설비	온수저장탱크 5톤 1대, 온도조절밸브, 스팀가압밸브, 가스유량계 전자식온도계, 전자식압력계.	
응축수 탱크	2.5톤 1대	
절탄기	100만kcal/hr 1대	
습식탈황설비	600/hr, 3000PPM → 500PPM 습식 이온스크러버교환방식	

[표 1.1]
주요 개선 설비 현황표

2. 개선 개요

2.1 최초 소각장에서 발생한 페스팀을 대기방출하여 외부 민원이 발생(백연으로 오인)함에 따라 복수기를 추가 설치하려 하였으나 장소와 비용 문제로 인하여 설비 투자 효율성이 적합하지 않았다. 따라서 소화조 가온용 보일러 가스 사용량을 절감하여 유치 기업의 고충을 해결하고 고용을(경남에너지 가스 정제, 판매설비 고용인원 5명) 안정시키고자 시행하였다.

- 소각장에서 대기로 배출되는 재증발 스팀(압력0.9kg, 발생량800kg)을 65A 약180m 배관을 통하여 소화조 가온용 보일러실로 이송, 열교환기 20만kcal/hr 1대, 46만kcal/hr 1대에 공급하여 사용함으로 연간 소화조 가온용 보일러 사용량을 약 40% 절약하였다.
- 여기서 발생한 응축수를 습식탈황설비 공정수로 사용함으로써 시상수도 사용량을 80% 이상 절약하였다.

2.2 소화조를 가온하기 위하여 노통연관식 온수보일러(용량 100만kcal/hr) 2대를 가동 중에 있으나 보일러 효율이 약 84%, 배기가스 온도 220℃가 되어 이를 개선하고자 절탄기를 설치 시행하였다.

- 절탄기 설치 후 배기가스 온도가 220℃에서 120℃로 낮아지고 보일러 효율은 92%로 향상되었다.

2.3 소화조 소화가스 탈황설비는 1차 염화철 투입, 2차 습식탈황설비, 3차 건식탈황설비(수산화철)로 구성되어 있으나 계절적 요인과 지역적 요인으로(하수에 염분성 불명수 다량유

입) 1차 침전지에서 발생한 생슬러지를 전량 소화조 설비로 투입·황화수소 처리·가스 판매·슬러지소각장 공급에 어려움이 발생하여 습식탈황설비 공사를 시행하였다.

- 1단 습식탈황설비에서 5000PPM → 3000PPM으로 처리한 뒤, 증설 공사한 2단 습식탈황설비로 이송하고 3000PPM → 500PPM 처리하여 다시 3단 건식탈황설비(수산화철)로 이송하여 10PPM 이하로 처리 후 가스홀드 저장 및 각 사용처로 공급함으로써 건식탈황설비 여제 교체 기간을 설계 기준 3개월에서 5개월 이상 연장 사용함으로 연간 교체 횟수를 4회에서 2회로 절감 운영하였다.

3. 개선 비용

[표 3.1]
설비별 투자 비용

설비명	투자 비용	비고
폐열회수 설비	18,000만 원(기계, 전기, 통신, 부대설비)	
응축수 탱크	1,000만 원(응축수 탱크, 부대설비)	
절탄기	1,800만 원(절탄기, 부대설비)	
습식탈황설비	12,000만 원(습식탈황설비, 약품설비, 부대설비)	
총 투자 금액	32,800만 원	

4. 개선 관련 사진



〈 폐열회수 설비공사 배관자재 〉



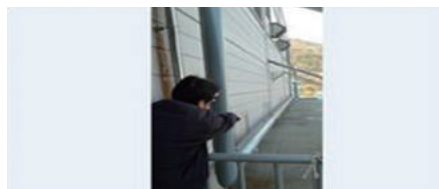
〈 폐열회수용 열교환기 20만 kcal/h 〉



〈 폐열회수용 열교환기 46만kcal/h 〉



〈 슬러지 소각장 배출대기 벤트스팀 사진 〉



〈 폐열회수용 스팀 이송배관 〉



〈 폐열회수용 스팀 이송확인 사진 〉



〈 폐열회수용 스팀유량계 유량값 〉



〈 온수공급 저장탱크 〉

[그림 4.1]
폐열회수 설비



〈폐열회수로 발생한 응축수 배출 사진〉



〈응축수 탱크〉

[그림 4.2]
응축수설비



〈보일러 배기가스 열회수 설비 전(절탄기)〉



〈보일러 배기가스 열회수 설비 후(절탄기)〉

[그림 4.3]
보일러 배기가스
열회수 설비(절탄기)



〈2차 증설용 습식탈황설비 기초설치〉



〈2차 증설용 습식탈황설비〉

[그림 4.4]
2차 습식탈황설비

5. 경제적 성과

5.1 경제적 환산

개선 설비명	투자 금액	연간 절감 예상금액	투자비 회수 기간	경제적 환산 금액
폐열회수설비 (절탄기 포함)	19,800만 원	5,000만 원	4년	20,000만 원
응축수 탱크	1,000만 원	450만 원	2.5년	900만 원
습식탈황설비	12,000만 원	10,000만 원	1.5년	13,000만 원
총 계	32,800만 원	15,450만 원	2년	33,900만 원

[표 5.1]
개선 소비에 따른 경제적 환산금액

5.2 환산 자료

– 세외수입 증가 최소 예상 금액: 1,050만 원

2017년 보일러 사용량: (100만 $\text{m}^3 \times$ 가스 예산 절감량 42%, 42만 $\text{m}^3 \times$ 25원=1,050만 원)

2017년 보일러 사용량	연간 가스 예산 절감량	도시가스 판매단가	합 계
100만 m^3	42만 m^3	25원	1,050만 원

도시가스 환산 경제적 가치 예상 금액 : 16,888만 원(420,000 $\text{m}^3 \times$ 0.67 $\times$ 650원)

2017년 보일러 사용량	연간 가스 예산 절감량	도시가스 판매단가	합 계
100만 m^3	42만 m^3 (절탄기 포함)	650원	16,888만 원

응축수 재이용으로 상수도 이용요금 연간 최소 450만 원 절감 예상

2018년 시수 사용량 예산량	연간 시수도 예산 절감량	단가	합 계
탈황설비 2대 $\times$ 일 8톤	2,304톤	톤당 2,000원	450만 원

– 응축수 발생량(년 4,680톤)=시간당 0.65톤 $\times$ 24시간 $\times$ 300일

슬러지 소각장 사용량 증가에 따른 경제적 가치 예상 금액

– 6,000만 원(100,000 $\text{m}^3 \times$ 0.67 $\times$ 0.8 $\times$ 1150원=6,164만 원)

슬러지소각장 보조연료	연간 예산 사용량	경유 판매단가	합계
100만 m^3	10만 m^3	1,150원	6,000만 원

2차 습식탈황설비 증설 예산 절감액 : 10,000만 원

– 건식탈황설비 황화수소 정제용 여제 교체(설계 기준 연 4회 $\rightarrow$ 연 2회로 연장 사용)

– 설계생산량 기준 12,500 m^3 /일 $\rightarrow$ 14,000 m^3 /일 증가

여제 교체 주기	여제 비용	연 교체 비용	예산 절감액
연4회	1회당 5,000만 원	20,000만 원	10,000만 원

6. 결론

지속적인 바이오가스 생산 증가·품질 향상 및 운영 설비를 개선하여 국가적 에너지 수입 사용량을 줄이며 지역경제 활성화·유치기업 경영 및 고용안정을 이루는 계기를 마련하였다.

Info. Report



| 2018년 상·하수도 기술지원 결과

| 협회수행 연구 결과요약

- | 상수도
 - 관로 기초조사 매뉴얼 및 노후관 갱생공법 가이드라인 작성 연구
 - 정수장 배출수 처리시설 배출허용기준 준수를 위한 수처리제 관리기준 설정 연구
 - 급수설비 관리 체계화 및 전문화 방안 연구
- | 하수도
 - 대도시 공공하수처리시설 악취저감을 위한 관리방안 연구
 - 스마트 하수도 시스템 도입 방안 연구
 - 기존 상·하수도 시설 내진보강 계획 수립 지침

2018년 상·하수도 기술지원 결과 협회수행 연구결과 요약

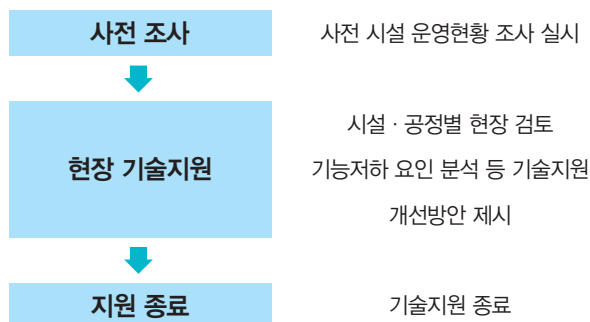
1. 배경 및 목적

- '02년부터 협회 사업자 회원에 대한 서비스 및 운영관리 효율 향상을 목적으로 기술지원 사업 추진
- 시설 노후화, 인력의 전문성 저하로 운영관리에 어려움을 겪고 있는 시설에 대하여 개선방안 제시 등 맞춤형 기술지원 운영

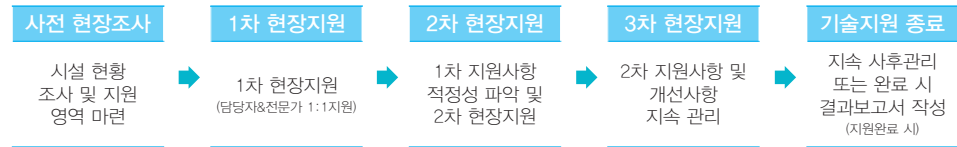
2. 사업 개요 및 운영 방식

〈상수도〉

- 지원대상 : 지자체 수도사업자(시·군)
- 지원분야 : 정수시설 기술지원, 유수율 재고 컨설팅, 기타 지원
- 업무 수행 절차
 - 포인트 솔루션 (처리 공정에 대한 One-point 기술지원)

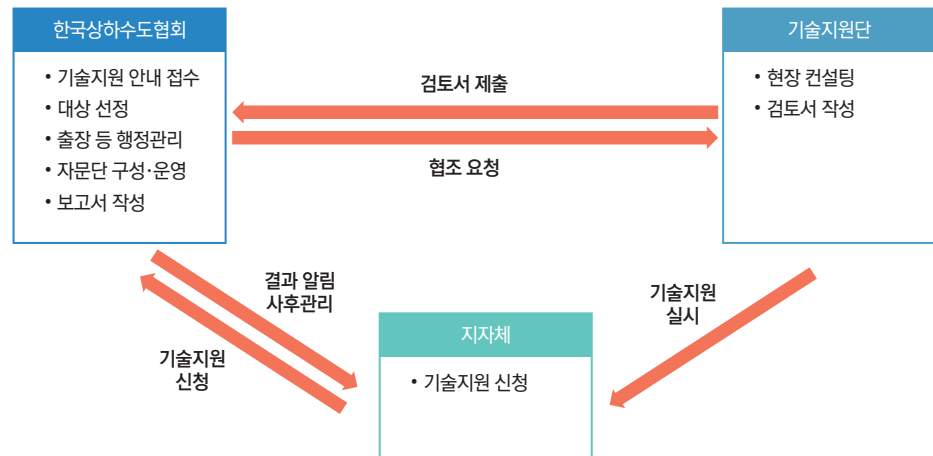


- 토털솔루션(지원대상 시설에 대한 종합적 기술지원)



〈하수도〉

- 대상 : 협회에서 공공하수도 관리대행 성과평가를 대행한 지방자치단체
- 지원분야 : 공공 하수도 시설



〈기술지원 신청〉

구분	담당부서	연락처
상수도	회원지원처 회원지원팀	02-3156-7761
하수도	하수도전략사업단 성과평가1팀	02-3156-783

3. 기술지원 내용

〈상수도〉

■ 기술지원 시설현황 : 포인트 솔루션 17건(정수시설 15건, 유수율 컨설팅 2건), 토털솔루션 2건

연번	지자체	지원분야	시설용량 (㎡/일)	처리방법	처리시설 준공시기	기술지원내용
1	경기도 00시	정수시설	10,000	급속여과	1969년	운휴시설침전제 활용방안
2	강원도 00시	정수시설	100,000	급속여과	1994년	냄새 유발물질 처리시설 개선방안
3	강원도 00군	정수시설	2,000	완속여과	2003년	소독부산물 발생 및 제어방안
4	강원도 00군	마을상수도	—	소독만의 방식	—	질산성질소 기준 초과 해소방안
5	강원도 00군	취수시설(1차)	—	—	1980년 (개량 : 2006년)	펌프시설 운영 개선방안
6	강원도 00군	취수시설(2차)	—	—	1980년 (개량 : 2006년)	취수펌프의 효율적 운영방안
7	전라남도 00군	정수시설	700	완속여과	2011년	정수 후 탁도 증가 원인 규명 및 개선방안
8	전라남도 00군	정수시설	4,900	급속여과	1968년 (개량 : 1987년)	수돗물 악취 및 탁도 이상 발생 원인규명
9	경상북도 00시	정수시설	35,000	급속여과	1978년 (개량 : 1994년)	송수관로 스케일 부착 및 유출방지
10	경상북도 00시	정수시설	73,000	급속여과	1996년	적정 응집제 투입 및 여과지 관리방안
11	경상북도 00군	정수시설	2,000	완속여과	1983년	도수관 곡관 이탈 에 따른 누수 개선 및 취수량 저하 개선
12	경상남도 00시	정수시설	114,000	고도처리	1967년	침전지 스크저감 및 고도처리 최적운영방안
13	경상남도 00시	정수시설	4,000	급속여과	1988년	정수시설 처리용량 증대 방안
14	경상남도 00군	정수시설	10,000	완속여과	1986년 (개량 : 2004년)	침전지와 여과 지간 연결관로 환경 적정성 검토
15	경상남도 00군	정수시설	800	막여과	2013년	급수관로의 혹수 발생 예방 및 적정 세척공법 검토
16	강원도 00군	유수율 컨설팅	—	—	—	관망 효율적 운영 관리 및 유수율 개선방안
17	경상북도 00시	유수율 컨설팅	—	—	—	유수율 개선방안
18	강원도 00시	토털 솔루션	50,000	무동력 침전 여과기	2004년	시설 운영상의 문 제점 해소를 위한 개선방안
19	전라북도 00군	토털 솔루션	90	급속여과	2011년	시설 운영상의 문 제점 해소를 위한 개선방안

【표 3.1】
지자체별 상수도 기술지원 현황

① 정수시설

〈사례 1〉

■ 기술지원 요청 내용

- 시설폐지로 사용하지 않은 ○○정수장의 침전지 등을 활용해 배수지로 활용이 가능한지 기술 검토

■ 운영현황 및 문제점 분석

- 수질 자동 측정장치(pH, 수온, 잔류염소, 탁도 등) 조속한 수리 필요
 - 광역상수도 수급 시 잔류 염소 유지하기 위해서는 자동 측정장치를 통하여 실시간으로 수돗물 분석·확인 필요
 - 배·급수 구역의 관말 잔류염소를 피드백하여(TM/TC) 배수지에서 재(후)염소 투입을 설정값에 비례하여 조정해야 함
- 수지상 관망을 망목상(격자식) 관로로 관망 블록화 필요
 - 망목상 관로를 통한 배급수 계통에 균등 수압 유지 및 침투 수요 대처 용량 확보가 용이하게 하기 위해 관망 블록화 필요

■ 개선방안 제시

- 침전지 개선을 통한 배수지 활용방안 검토
 - 침전지 2지 배수지로 개량 시 신규 예산의 1/2 이하 소요
 - 도류벽, 유입/유출 밸브, 월류관 및 배수 설비, 유량계, 수위계, 수질자동 측정장치 등 설치
 - 배수지 청소나 비상시 대비를 위해 우회관 및 제수밸브 설치

〈사례 2〉

■ 기술지원 요청 내용

- 침전지 상부 스크م 저감방안 및 고도정수처리시설 효율 저하로 최적 운영방안에 대한 지원 요청

■ 운영현황 및 문제점 분석

- 환절기 응집침전지에 다량의 스크 발생
 - 봄, 가을철 조류 발생 시 침전지에 다량의 슬러지가 부상되어 미관 저해, 살수로 스크 제거 시 침전수 유출탁도 증가
 - 체류시간이 길어 조류 등 유입 시 슬러지가 쌓여 인발이 어려움
- 고도처리시설 운영 사항
 - 오존처리시설의 경우 적정 오존 투입 여부 및 접촉 효율이 저하됨
 - 야자계 입상활성탄을 교체(3년 주기) 중이나 명확한 운영절차서가 없음

- 전염소 투입 방식
 - 염소 투입을 취수장 유출측, 전염소 및 중염소를 선택적으로 투입할 수 있는 설비가 있으나, 효율적인 운영절차 확립 필요
- 액체염소 사용에 따른 안전 우려
 - 화학물질관리법 강화로 염소 누출 시 사고피해를 감소시키기 위하여 차아염소산나트륨 투입 설비 교체 검토
- 개선방안 제시
 - 침전지 슬러지 부상 해결방안
 - 플록 밀도가 높은 응집제(PAC 또는 PACS) 선정하고 Jar-Test를 통해 플록 부상이 가장 적은 응집제 선정
 - 약품 투입을 혼화지 후단 수직배관 낙차로 혼화하면 교반강도가 높아 응집이 잘 될 수 있으나, 기포가 형성될 수 있음
 - 수위를 높여 낙차가 없는 상태에서 약품 투입 · 혼화로 슬러지 부상 관찰 필요
 - 고도정수처리시설 효율적 운영 방안
 - 오존 접촉지에 오존 기포가 보이지 않는 것으로 보아, 오존 누출 설비 검토 필요 및 산기관(디퓨저) 교체 방식 추천
 - 후오존에 설치된 잔류 오존 측정기의 고장으로 오존 투입 및 접촉효율을 파악하기 위해 즉시 수리 및 교체를 권장함
 - 전염소 투입 방식
 - 전염소는 원수 내 피산화물질을 산화물질로 산화시켜 응집효율을 향상시키거나, 도수관 보호를 위해 취수장 투입이 적절함
 - 취수장에 투입하는 경우 THMs 발생 증가하나, 착수정 또는 중염소 투입 시 여과지 미생물에 영향을 줄 수 있으므로 수질 자료에 근거하여 운전 조건 선정
 - 대체 염소 투입 방안 검토
 - 최근 화학물질관리법 강화로 액체염소 누출사고 방지를 위해 차아염소산나트륨 용액으로 교체하고 있는 실정
 - 최근 10만 톤 이상 정수장은 차아염소산을 주로 많이 사용하고 있어 이에 대한 검토가 필요함

〈사례 3〉

- 기술지원 요청 내용
 - 급수관로에 망간성분 침착으로 보수를 위한 압력 변화 시 폭수가 발생하여 적합한 관로세척 공법 기술자문
- 운영현황 및 문제점 분석
 - 제수밸브 조작에 따른 폭수 발생으로 공사 불가 초래

- 제수밸브를 급속히 개폐하거나 감압, 가압에 의한 압력 변화로 관로 내면에 망간 성분의 부착물이 급수전에서 출수
- 망간 성분 제거를 위한 물세척(flushing) 필요
 - 상수관로 내 침전, 부착물질을 제거하기 위해서 물세척(flushing) 및 관 세관(cleaning) 방안 적용 필요
- 관 세관 방법이 짧은 기간에 수질개선 효과가 있으나, 급수전 유출지점이 불분명하고 추적이 어려울 뿐만 아니라, 관 내면에 손상을 줄 수 있어 유지 관리에 또 다른 문제 발생
 - 따라서, 흑색 부착물 제거를 위해 유속에 의한 물세척 방법 적용 필요
- 개선방안 제시
- 제수밸브 개폐의 중요 인지도 재고
 - 관로보수시 모든 게이트밸브(GV)를 조작할 때 서서히 닫고 서서히 열어주는 완속조작 필요
- 배수본관 기능 확대를 위한 시설물 설치
 - OO지역은 배수관망이 수지상관식으로 형성되어 있고 총 16개의 시설물(제수밸브 3, 공기밸브 12, 이토밸브 1)이 설치되어 있음
 - 배수본관에 주 제수밸브 및 이토밸브가 적정지점에 미설치되어 관말 보수 시 단수 및 수질 영향이 확대됨
 - 수지상관식 관로의 물세척 효과를 증대하기 위해서 배수본관에 주 제수밸브 및 이토밸브, 소화전 설치 후 구간별 순차적 세척
 - 각 마을의 배수지관의 관말지점에 이토밸브 및 소화전 설치 후 배수지관을 마을별로 세척
- 물세척(flushing) 계획을 구체화하여 지속 실시
 - 물세척은 상수관 내 자체수압에 의한 유속으로 이토밸브 또는 소화전을 통해 물을 배수시키는 방법으로 매년 3~4월 정기적으로 실시하여 이토밸브 소화전을 무작위로 조작하는 재래식 방법 지양하고 일방향식방법과 연속되수방법 혼용 필요

〈사례 4〉

- 기술지원 요청 내용
 - 냄새 유발물질(2-MIB, 지오스민) 제거를 위한 정수처리공정 관리 및 시설 개선 검토
- 운영현황 및 문제점 분석
 - 이상고온 현상, 적은 강수량으로 조류발생 농도 및 발생기간 증가
 - 수온상승(20℃) 및 일사량이 증가하는 늦봄부터 남조류가 발생하고 여름에 대량증식하여 녹조현상 발생
 - 조류(남조류)에 의한 맛·냄새 문제 심화
 - 조류 발생, 증식과정에서 분비되는 지오스민, 2-MIB에 의해 곰팡이 냄새, 흙냄새 등 불쾌한 냄새 유발

- 조류 발생에 따른 정수처리 장애
 - 조류 발생 시 정수장 여과지 막힘, 정수처리 장애 및 지오스민, 2-MIB로 인한 맛·냄새 유발

■ 개선방안 제시

- 분말활성탄 주입으로 맛·냄새 발생 최대 억제

(취수장)

- 취수장 맛·냄새 모니터링 강화
 - Geosmin, 2-MIB 검사주기 : 1회/주 ~ 3회/주 실시
- 취수시설 주변 조류 차단막 및 수증정화시설 설치 방안 검토

(침사지·착수정·혼화지)

- 남조류에 의한 흙·곰팡이 냄새 발생 시
 - 기존 정수처리공정에 긴급 분말활성탄 주입(투입지점 ⇒ 혼화, 접촉이 충분히 이루어지는 침사지 전단)
 - 활성탄 적정 주입률 결정을 위한 Jar-test 실시
 - 분말활성탄 주입 시 전염소 주입 중지 및 중간염소 주입 전환
 - 분말활성탄 여과지 유출 방지를 위한 투입량 조정 및 응집공정 강화
 - 응집제는 분말활성탄과 가급적 시차를 두어 주입

(응집지·침전지)

- 분말활성탄 누출 최소화를 위한 응집공정 강화, 침전슬러지 회수주기 단축
- 원수 pH 상승 시 침전수 pH 모니터링 실시

(여과지)

- 여과수 중 분말활성탄 누출 유무 점검
 - 급속여과지 역세척 주기 적정 운영
- 응집제 과량 주입 시 잔류 알루미늄 농도 측정

(정수지)

- 적정 소독능 유지를 위한 정수지 고수위 유지
- 전염소 주입 중단 시 후염소 관리강화
- 수질감시항목(Geosmin, 2-MIB) 기준 초과 시 주민 공지 실시

- 분말활성탄 주입 시설 조기 설치
 - 응급상황 발생 및 단기간 사용 시 분말활성탄 투입설비 필요
 - 고도정수처리공정 중 입상활성탄 여과와 오존 산화공정 및 고급 산화공정(AOP)을 향후 비교·검토 추진

- 활성탄 투입설비 설치 시 맛·냄새 빈도 발생, 상수원 수질 및 수돗물 생산량, 시설운영비 및 유지관리비 등 고려

- 분말활성탄 투입 시 맛·냄새물질 제거효율

② 유수율 제고 컨설팅

구 분		분말활성탄(mg/L)	제거효율(%)	비 고
맛·냄새 유발물질	Geosmin	10	84	
	Geosmin	15	92	
	2-MIB	8	61	

〈사례 1〉

■ 운영현황 및 문제점 분석

- 노후시설 개량 등 지속적인 유지 관리 필요
 - 성과보증 이후 유수율의 급격한 저하로 누수탐사, 복구 및 노후시설 개량 필요
- DCIP관 및 PE관 누수탐사 어려움
 - 도·송수관로는 대부분 주철관, 배·급수관로는 PE관으로 매설
 - 두 관종은 누수탐사가 어렵고, 이음부에 누수 발생으로 복구에 애로
- PE관의 접합 방법 및 시공불량
 - 과거 PE관 접합은 용착기의 문제로 누수가 발생하였으나, 최근 성능 향상으로 인위적인 조작이 불가능하고 품질 확보 가능

■ 개선방안 제시

- 관망 재정비 및 블록별 야간 최소 유량 관리 필요
 - 노후관 교체, 신설 관망도 정비 및 경력 담당자 지정 필요
 - 야간 최고 유량 점검으로 기준 사용량 지속 확인
 - 수압이 높은 구간은 감압변 설치 필요
 - 야간 최소 유량이 높은 구간부터 집중 관리
- 효율적인 관망 관리 계획 수립
 - 블록 관망도 재정비(신설, 교체 등 구간) 및 분석 전문관 지정 필요
 - 유량계 설치기준 준수 및 원격관리 시스템 도입 필요

- 유수율 향상 방안
 - 노후 계량기 교체 및 신설 자료 입력 관리 지속 확인
 - 수용가 사용량에 적합한 구경 계량기 설치 검토
 - 누수가 잦은 노후관일 경우 교체 검토

③ 토털솔루션

〈사례 1〉

* 관련 내용은 현재 진행 중이며, 단계별 개선 이행 중에 있음.

■ 운영현황 및 문제점 분석

- 취수원
 - 최근 취수원 수질 자료 부재
 - 취수지점 선정 문제
 - 취수설비 운영 문제
- 정수설비
 - 현재 휴지 상태인 무동력 침전여과기의 운전 재가동의 가능 여부 및 문제점과 개선사항 파악이 불가한 현황
 - 공법회사의 협조 하에 전반적인 시설 점검과 시운전 시도가 필요함
 - 관련 정수장이 주된 정수공급시설로써 안정적인 정수 생산을 위해 제한적이지만 지속적인 검토는 필요
 - 무인 정수장으로써의 ITC설비 보완
- 정수설비 가동 시 수질자료 검토 결과 및 주요 착안점
 - 가동 당시 정수 탁도(0.1NTU 이상 유지)와 잔류염소 농도가 높아 소독부산물 농도도 대체로 높았음
 - 무동력 침전여과기 전단에 응집제를 투입으로 인한 부하 발생으로 자동 역세척이 일어나 생산량이 적어지고 사수량이 높음
 - 이전 수질조사결과를 검토한 결과, 운영상 문제로 정수 수질이 좋지 않은 것으로 판단되며, 현 시설 점검 후 보완하여 시험 가동하면서 처리 효율 및 도출되는 문제점을 검토할 필요가 있음
 - 약품 투입(응집제, 차아염소산나트륨)설비 및 정수수질계측기(잔류염소계, 탁도계)는 장기간 사용 중지와 강한 산, 염기에 의한 부식으로 거의 사용이 불가한 상태로 전반적인 시설 점검과 일부 시설에 대한 보수 및 교체가 필요할 것으로 사료됨

■ 개선방안 제시

- 취수원 수질결과 분석으로 적정 취수지점 및 방법 제안
- 무동력 침전여과기 시운전 참여 및 결과 해석을 통해 적정 보완설비 제안
- 미래 지향적인 무인 운전 시스템 구축 지원

■ 단계별 개선 이행 사항

- 1단계 | 무동력 침전여과기 시운전 실시
- 2단계 | 취수원 수질을 확인하기 위한 수질검사 실시
- 3단계 | 시운전 결과에 따른 개선, 수질검사 지속 검토

〈사례 2〉

* 관련 내용은 현재 진행 중이며, 단계별 개선 이행 중에 있음.

■ 운영현황 및 문제점 분석

- 착수정
 - 기계 시설물 노후화
- 혼화 및 응집
 - 혼화기 교반강도 재검토 필요 및 혼화지 체류 시간이 기준보다 증가
 - 응집약품 분배, 희석, 혼화지 원수유량 분배 등의 문제로 처리 효율 감소 및약품 균등 혼화가 어려움
 - 응집설비 교체 및 응집기 교반 강도 조절 필요
 - 원수에 유입된 망간 제거를 위한 가성소다 투입시설 정상화 및 전염소 투입 필요
- 침전지
 - 슬러지 수집기 고장 및 슬러지 인발 밸브 변경 필요
 - 침전지 슬러지 수집기와 탈수기 연동 운전 보완
- 여과지
 - 역세척 송풍기 교체, 여과지 폐색 및 수심 유지 대책 필요
- 불활성화비 개선
 - 지아디아 기준을 만족하지 못하고 있는 상태
- 배출수처리시설
 - 농축조 배슬러지지 설비 및 배슬러지 처리시설 운영 개선 필요
- 개선방안 제시
 - 침전수 목표 탁도 0.9NTU 이하
 - 기계식 혼화기(수직터빈형, 2.2kW×1기) 최대속도(300sec-1이상)로 가동
 - 정·배수지 수위를 심야 시간에 높게 유지하여 저수량을 늘리고 장기적으로 배수지 용량을 배수지별 사용량 기준(12시간)보다 크게 하여 낮 시간대보다 심야 시간대에 생산하여 배수지에 저장·사용하는 방법으로 운영
 - 분배수조(v-notch)에서 분배되는 2개의 배관에서 분배량을 20초 단위로 10회 이상 측정 후 투입량을 비교하고 투입량이 상이할 경우 분배수조의 수평을 조정하고 재측정·조정하여 균등화 실현

- Jar-Test를 통한 응집약품 투입량 결정
- 가성소다 투입시설 정상화를 통한 망간의 산화 촉진 및 응집·침전 제거 추진
- 교반강도를 수온에 따라 10~50s-1으로 회전속도를 조정하여 운영
- 침전지 탁도 개선이 어려울 경우 관내혼화방식 등으로 변경 권고

• 전염소 투입

- 전염소를 투입하여 유기물 등의 분해성을 향상하여 제거하고 유기물 제거에 따른 응집·침전, 여과 효율향상 추진
- 침전지 잔류염소 검토 (침전지 말단 잔류염소 0.1~0.2ppm정도 유지)
- 전염소 및 중염소 투입을 포함한 정수지에서의 소독 능력 계산
- 전염소 투입에 따른 슬러지 발생량의 증가량을 검토하여 슬러지 처리량이 처리시설의 용량을 초과하는지 파악

• 여과지 여과지속시간 48시간에서 72시간 연장

- 현재 급속여과지(총 6지 중 3지)에 하부집수장치, 여과지 포설, 기전설비 등 추가적으로 설치·운영 권고

• 배출수 망간 농도 저감

- 공정에서 발생하는 슬러지가 침전지, 농축조, 배슬러리지, 예비 배출수지에 체류되지 않도록 탈수기 가동시간 연장 운영하여 탈수기 운영 강화
- 배출된 슬러지를 순차적으로 탈수 배출하는 방식으로 개선 권고
- 침전슬러지 인발 밸브를 전동 나이프게이트 밸브에서 볼 밸브로 변경 또는 공압식 나이프 게이트 밸브 변경 검토 권고

• 슬러지 수집기 고장 방지

- 슬러지가 침전지 등에 체류하지 않도록 탈수 배출
- 침전슬러지 인발 밸브 시설 변경으로 침전지 슬러지 배출량 증가 유도 권고
- 슬러지 수집기 운영주기 단축

• 정수 불활성화비 만족

- 불활성비 만족하기 위해서는 수위비를 0.7(정수지 수위 2.8m이상), 잔류염소 0.5mg/l 이상으로 운영되도록 염소 주입
- 일반적으로 불활성비를 만족하지 못할 경우 여과 공정에 문제가 있는 것으로 판단되므로 여과·소독 공정의 유기적인 검토 필요

• 고도정수처리 도입 검토

- 유기물에 의한 소독 부산물 등의 문제가 발생할 경우를 고려하여 장기적인 고도정수 처리공정

• 슬러지 적정 체류시간 유지를 위한 탈수기와 연동운전 보완

- 침전지는 슬러지 수집기와 슬러지 인발 밸브, 탈수기를 연동시킨 24시간 연속 운전을 원칙으로 하고 있으며, 슬러지 체류시간 안에 인발할 수 있도록 요건 보완 검토

■ 단계별 개선 이행 사항

- 1단계 | 현장조사 실시 및 전문가가 제시한 사항 개선 실시
- 2단계 | 공정별 개선 후 1차 개선 방안 적정성 등 현장 검토 실시
- 3단계 | 2차 개선방안 적정 여부 및 최종 점검 실시

〈하수도〉

■ 기술지원 시설 현황

사례	지자체	기술지원 시설	시설용량 (m ³ /일)	처리공법	처리시설 준공시기	기술지원 내용
1	경기도 00시	00공공하수 처리시설	43,000	DNR	1993년	동절기 처리효율 개선
2	강원도 00시	00공공하수 처리시설	100	PSBR	2012년	유량 증가에 따른 처리장 운영 개선
		00공공하수 처리시설	70	PSBR	2012년	
3	충청남도 00시	00공공하수 처리시설	27,000	DeNipho	1995년	유입농도 · 유량 증가, 유량계 설치 개선, 총인 시설 운영 등

[표 3.2]
지자체별 하수도 기술지원 현황

〈사례 1〉

■ 기술지원 요청 내용

- 동절기 수온 하강 및 인구 증가에 따른 유입수 농도 증가로 방류수 수질기준 중 BOD, T-N 항목의 준수가 어려움
- 이에 동절기 수질기준 준수를 위한 장 · 단기 개선방안 제시

■ 운영현황 및 문제점 분석

- 방류수질 농도 상승
 - 00공공하수처리시설의 방류수 수질기준은 현재 BOD 5.0mg /L로 설정되어 있어서 기준을 만족하고 있으나, 향후 강화되는 오염총량관리계획에 따라 3.0mg/L를 준수해야 해서 동절기 BOD 수질기준의 준수가 곤란할 것으로 판단됨
 - 또한 방류수 수질기준 중 T-N 역시 현재 방류수수질기준(20mg/L)을 만족하고 있으나, 점차 방류수 T-N이 상승하는 추세로 동절기에 방류수의 T-N 농도가 상승하고 있음
 - 특히, 방류수의 BOD와 SS를 대비하면 SS는 수온 변화에 따른 영향이 적은 것으로 나타나고 있어 방류수중 BOD는 SS의 영향보다는 동절기 BOD 처리효율 저하와 불완전질산화에 따른 NH₄⁺-N 산화에 따라 나타나는 NBOD 영향으로 판단되고 있음

• 동절기 유입수질 상승

- ○○공공하수처리시설의 준공시기에는 T-N, T-P 동절기 예외규정이 있었으나, 2012년 방류수질 강화(동절기 예외규정 폐지)에 따라 현재는 동절기에도 방류수 수질기준을 준수하여야 하므로 생물 반응조 용량이 부족
- 일부 하수가 다른 공공하수처리시설로 이송됨에 따라 2018년 유입하수량이 2016~2017년 대비 약 83%로 감소되었으나, 유입하수 농도가 증가함에 따라 부하량은 전년도와 유사한 수준으로 개선되지 않음
- 주중과 주말 수질은 2016년에는 유사하였으나 2017년 이후로 주말에 수질이 늘어 2018년에는 주말 수질이 주중 대비 유기물 10%, 영양염류 20% 수준으로 증가하여 주말에 처리능력이 가장 저하될 수 있는 것으로 평가됨

■ 개선방안 제시

- ○○공공하수처리시설에서 동절기 방류수 수질기준 항목 중 문제가 되는 BOD와 T-N은 불완전질산화에 의한 NBOD 문제이며, T-N 역시 불완전질산화로 인해 탈질 성능이 저하되기 때문에 판단되므로 질산화 성능이 개선되면 BOD와 T-N 모두 수질이 개선될 수 있을 것임
- 처리 성능 악화의 원인으로 유입수질 상승과 주말 유입 오염부하량의 급증에 대한 모니터링을 실시하여 하수도정비기본계획에 유입오염부하량에 대한 재산정이 필요하며, 이에 따라 장기적으로 총인처리시설을 포함한 시설 현대화가 수행되는 것이 합당할 것으로 판단됨
- 현재 시설 조건에서는 향후 동절기 방류수수질기준을 충족하기 곤란할 것으로 판단되기 때문에 처리 성능 개선을 위한 단기적 시설 개선 역시 필요할 것임
 - 단기적 방안
 - 필요한 호기조 체류시간을 충족하기 위해서는 기존의 DNR 구성에서 무산소조를 호기조로 변환한 A2O 형태로의 개선이 적절할 것으로 판단되며, 이 경우 혐기조를 제외한 무산소조와 호기조는 필요 체류시간 확보가 가능한 것으로 평가됨
 - 유기물 제거와 질산화를 위한 생물반응조의 호기조 HRT를 늘리는 방안을 우선 시행토록하며 특히 질산화·탈질 반응은 질소 제거는 물론 BOD 유출농도와도 관련이 되는 부분이므로 이에 대한 단기적인 대책도 필요함. 질산화 반응에 기여하는 질산화 미생물들은 독립영양계 미생물이어서 근본적으로 반응의 활성화도, 에너지 생성 및 세포 합성 등 많은 어려움 때문에 현 조건에서 미생물 활성을 높일 대안을 강구해야함
 - 장기적 방안
 - 현재 유입수질이 증가되고 있음을 고려하여 하수도정비기본계획의 유입오염부하에 대한 전반적인 재산정을 통해 장래 필요 하수처리시설용량이 재산정되어야 함
 - 전체적인 유입오염부하량 증가와 동절기 수온 저하로 인한 효율 저하에 대한 개선은 SRT를 늘리고 반응조 내 미생물량을 늘리는 운전인자 조절로는 한계가 있어서 근본적으로 시설 용량을 포함한 현대화 시설로 해결해야 할 것으로 판단됨

〈사례 2〉

■ 기술지원 요청 내용

- 주말이나 계절에 따른 유량 증가에 따른 대처 방법 필요
- 이에 대한 대처 방안으로 반응조 2지 동시 가동 논의 필요

■ 운영현황 및 문제점 분석

- 유입수질은 설계기준 대비 적정한 수준이나, 주말이나 계절에 따라 유입유량이 과부하가 발생하고 있음
- 설계기준에 비해 고농도의 BOD(약 1,000mg/L)와 유분이 유입되고 있어 방류수질기준을 준수하는데 어려움이 있음

■ 개선방안 제시

- 해당 시설은 무인 시설로 유입유량계와 수질계측기가 설치되어 있지 않아 유량 및 수질의 과부하 정도를 정확히 파악할 수 없음. 따라서 우선 계절별, 요일별, 시간대별 유량과 수질에 대한 상세한 측정 자료를 파악할 필요가 있음
- 현재까지의 운영 자료에 의하면 우기에 유량이 증가하는 것으로 나타나 하수관거에 우수가 다량 유입되는 것으로 판단되므로 관거 파손 및 가옥 하수 유입구의 빗물 유입 여부 등 처리구역 내 하수관거 전반에 대한 조사·점검이 필요함
- 현재 2계열의 SBR 중 1계열만 운영하고 있는 바, 유량이 과다 유입되는 경우 나머지 1계열의 SBR을 사용하면 유량 부하 변동에 쉽게 대응할 수 있을 것임. 추가 활용될 SBR에 필요한 슬러지는 기존의 SBR에서 1~2일 전부터 잉여 슬러지를 인출하여 활용하면 될 것임. SBR의 자세한 운영 알고리즘은 유입유량, 수질자료를 근거로 PLC에서 제어 루프를 통해 구성이 가능함
- 마을 하수도의 경우, 설계 당시에 비해 관광지 개발 등으로 지역 여건이 급격히 변화되는 경우가 많으므로 처리구역의 인구, 산업, 하수 발생량 및 수질에 대한 변동 상황을 5년 주기로 조사·비교하여, 이를 바탕으로 마을 하수도의 시설이나 운영·관리 방법을 개선할 필요가 있음

〈사례 3〉

■ 기술지원 요청 내용

- 기존설계 대비 유입 농도 및 부하량 증가에 따른 운영 문제
- 유입유량계 설치 위치의 부적합에 따른 유량의 신뢰성 문제
- 유입하수의 시간대별 유량 편차에 따른 유입수문 조절 문제
- 총인처리시설의 수동 약품 조절에 따른 약품 사용량 효율성 문제

■ 운영현황 및 문제점 분석

- 유입되는 하수 중 BOD, SS, T-N, T-P 항목이 설계유입수질을 13.1 ~ 49.4% 초과하여 유입됨에 따라 운영에 어려움이 발생
- 유입유량계실이 상시 침수되어 유입유량계 센서 내부에 수분이 침투하여 고장을 야기시키며, 유입배관 본관 및 밸브는 부식되어 정상적인 사용이 불가능한 상태임. 이로 인해 By-pass관에 유입유량계 대용으로 초음파유량계를 설치하여 운영하고 있으나, 교정을 위한 충분한 직관부가 확보되지 않아 측정된 유량 값의 신뢰성이 떨어짐.
- 운영자료에 따르면 유입하수의 시간대별 유량 편차(최소 300m³/시간, 최대 900m³/시간)가 발생하여 균등한 하수 유입을 위해 제어판이 설치되어 있는 현장에서 유입수문을 제어함
- 시설용량 27,000m³/일(1,125m³/시간)로 설계되어 유량조정조 신설이 어려움.

■ 개선방안 제시

- 전체 단위 공정별(침전조, 반응조, 총인시설 등) 유입 및 유출수에 대한 수질분석(BOD, SS, T-N, T-P) 및 이온분석(NH₄-N, NO₃-N, PO₄-P 등)을 주기적으로 실시하여 유입하수 성상에 따른 공정별 Data base 구축이 필요함. 또한, 해당 자료를 바탕으로 운영조건(포기량, SRT, 반송량 등)을 유입성상에 따라 조정하고, 운영조건 변경으로 해결이 불가능할 경우 유입하수 성상에 맞는 설비 개선, 공법의 변경 등의 조치가 필요할 것으로 보임.
- 유입배관 본관 및 밸브의 정상 사용을 위해 내식성 재질로 교체하고, By-pass 관로에 비해 직관부가 확보된 유입배관 본관에 전자식 또는 초음파 유량계를 설치할 필요가 있음.
- 침수로 인한 유입배관 본관 및 밸브의 부식 또는 유입유량계 센서 고장을 방지하기 위해 자동 배수 시스템 설치 등의 방안 마련이 필요함.
- 현재 미사용 중인 생물반응조 1계열(처리용량: 4,500m³/일) 및 2차침전지 1조를 정상 가동한다면, 시간 최대 1,125m³까지 처리가 가능하도록 설치되어 있으므로 유량편차에 대응하여서 안정적으로 하수처리장을 운영할 수 있을 것으로 판단됨.
- 안정적인 운영을 위해 현재 운영 상황을 고려하여 Mass Balance 등 세부적인 운영 인자를 재설정할 필요가 있으며, 전체 하수 프로세스에 대한 전문가의 정밀한 검토가 필요할 것으로 판단됨
- 총인처리 약품을 적정량 투입할 수 있도록 약품유량계, 인버터 형식의 펌프 설치 및 MMI program을 통한 중앙제어 시스템의 도입이 필요함. 추가적으로 총인처리시설 전단에 PO₄-P 측정기를 설치한 후 TMS와 연동하여 유입유량, 유입수질, 방류수질에 따라 약품을 투입할 수 있는 자동제어 시스템 도입의 검토가 필요함

| 상수도 |

관로 기초조사 매뉴얼 및 노후관 갱생공법 가이드라인 작성 연구

사업의 개요

사업구분 : 2016 상수도공동연구과제

연구기간 : 2016.04 ~ 2018.04

수행기관 : 한국건설기술연구원

책임연구원 : 한국건설기술연구원 이현동 선임연구위원

관련자료(출처) : 「한국상하수도협회 홈페이지(<http://www.kwwa.or.kr>) 회원서비스 - 상·하수도연구 - 상수도공동연구 - 2016년 연구과제」에서 자료 다운 가능

1. 연구배경

상수도관로의 중요도가 갈수록 증가함에 따라 시설물 노후화로 인한 위험도 역시 지속적으로 증가하는 추세다. 또한 상수도관로의 기능과 관리 시스템이 복잡해지고, 국민 생활에 미치는 영향도 갈수록 증대되고 있다.

상수도관로의 노후 상태를 확인하기 위해서는 관로 기초 조사를 통해 명확한 판단이 가능한 정보를 취득할 수 있어야 하지만, 조사 방법이 정리되어 있지 않아 효율적인 관로 조사가 어렵다. 또한 조사 결과로 수집되는 데이터를 바탕으로 한 노후도 평가 기준이 명확하게 제시되어 있지 않아 다양한 상수도관로의 문제점을 정확히 파악하여 대응방안을 마련하기 힘들다.

따라서 상수도관로의 기초 조사를 통한 체계적인 데이터베이스를 구축하고 시설물의 정확한 상태(노후도)를 평가하여 이를 바탕으로 효율적인 개량 방안을 제시함으로써 상수도관로 관리비용 감소 및 품질 향상을 도모할 수 있는 체계를 마련해야 한다.

2. 관로 기초조사 현황 및 문제점

가. 국내 법률 및 기준

수도법 제4조(수도정비기본계획의 수립)에서는 10년마다 수도정비기본계획을 수립하도록 되어 있으며, 환경부 수도정비기본계획의 수립 지침에서는 제2장 기초 조사에서 취·정수 시설 현황과 송·배수시설 현황 등을 비롯하여 GIS 구축에 관한 조사 내용을 포함하도록 명시하고 있다. 또한 수도정비기본계획지침의 제5장 시설개량계획에서는 시설개량계획은 수도법에 따른 수도시설 기술진단 결과에 따라 단계별 개량 계획을 수립(정수장 및 관망 기술진단 보

고서를 별편으로 제출) 하도록 명시되어 있다. 이에 수도정비기본계획의 수립 기초자료는 취·정수시설 및 송·배수시설 현황과 정수장 및 관망 기술진단보고서가 선행되어야 한다. 하지만 현실적으로 법률 및 지침에 따르는 수도정비기본계획이 수립되고 있지 않아 기본정보 및 관로 기초조사 실측 데이터와 상이한 문제점들이 발생하므로 정확한 자료 축적이나 정보 관리가 어려운 실정이다.

나. 국외 법률 및 기준

일본의 경우 관로 기초조사 시(관제조사 등) 향후 상수도관로 노후도 평가 등에 필요한 항목을 데이터베이스 구축하고 있다. 특히 관종별로 측정항목을 명확하게 구분하고 이에 맞춰 조사를 진행함으로써 관리 주체에 관계없이 통일성 있는 자료 확보가 가능한 시스템을 구축하고 있다.

미국의 경우 기록 분석(간접조사)과 직접 조사 이후, 이를 바탕으로 한 예측 모델을 활용하여 상수도관로의 향후 변화를 사전에 파악하고 있다. 모델의 경우 기존 관 파손 데이터 등을 바탕으로 작성된 회귀분석모델과 관리자의 편의성이 높은 점수 평가법을 함께 도입하여 상호보완성을 갖추고 있다.

다. 관로 기초조사 적용사례

서울시에서 발간한 상수도사업본부 용역보고서의 경우, 상수도 관망 진단 매뉴얼의 실제 적용 사례로 매뉴얼의 현장 적용 시 발생 가능한 문제점을 확인할 수 있다는 측면에서 가치가 충분하며, 보고서 결과를 바탕으로 간접 및 직접 평가 인자와 평가 방법의 문제점을 검토하였다. 보고서 검토 결과 서울시에서 직접 관로 기초조사(직접조사)를 수행하였으나 환경부 관망진단 매뉴얼(2007)에서 제시하는 간접평가(10개항), 직접평가(16개 항) 방법으로는 서울시 내용연수 경과관에 대한 관종별 특성과 조사항목 간 중요도를 반영하지 못하는 것으로 나타났다. 또한 직접조사를 통한 결과 GIS자료와 위치가 상이하거나 재질(관종) 및 관경, 관로 미발견 등 보유 자료와 실제 현황이 다른 점이 많았다.

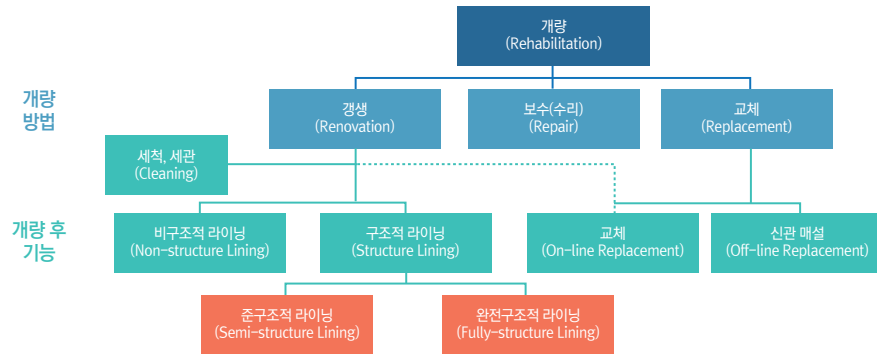
한국환경공단에서 수행한 ‘지방상수도시설 노후도 실태 평가 및 정비사업 타당성 조사’ 과업의 경우, 재정 여건이 좋지 않은 군단위의 지자체까지 상수도 시설 전반에 대한 노후도 실태평가가 진행된 것을 확인할 수 있다. 다만, 상수도관망의 기술진단을 위한 현황자료(DB)가 일부 빠져 있고, 지자체의 관리 부실로 인하여 자료의 신뢰성이 부족한 측면이 있다. 따라서 부족한 DB를 활용한 노후도 평가 결과의 신뢰성 또한 보장하기 어렵다.

3. 노후관 갱생공법 현황 및 문제점

가. 상수도관로 개량 기술

지하에 매설된 상수도관로는 사용 과정에서 다양한 원인(외부충격, 부식, 박리 등)에 의해 필연적으로 노후화가 진행되며, 이로 인하여 관 파손(누수 포함), 통수단면적 감소, 적수 발생 등의 문제점이 나타나게 된다. 관리자는 문제점이 확인된 상수도관로에 대해 관로의 기능을 복원하기 위한 작업을 수행하며 이를 ‘개량’이라고 한다.

상수도관로를 개량할 때에는 관의 특성과 주변 여건 등을 고려하여 관의 기능을 원하는 수준으로 향상시킬 수 있고 주변 환경에 미치는 영향을 최소화하며 경제적으로 부담되지 않는 기술(장비, 재료, 공법 등)을 적용해야 한다.



[그림 3.1]
상수도관로 개량기술 분류

나. 갱생공법 구분 및 공법별 특징

갱생공법이란 관을 교체하지 않고 기존에 매설되어 있는 관의 구조상 기능을 활용하여 약화된 관로의 기능을 개선하는 것이다.

갱생공법은 관의 상태에 따라 구조적인 보강이 가능한지 여부를 체크해 크게 구조적 갱생공법과 비구조적 갱생공법으로 구분된다. 구조적 갱생공법, 일명 내력 갱생공법은 삽입형 갱생공법과 동일하게 분류될 수 있으며 구조적으로 문제가 있는 기존관의 구조적인 보강이 가능한 특징을 지닌다. 구조적 보완수준에 따라 완전구조적 갱생공법과 준구조적 갱생공법으로 구분하기도 한다.

비구조적 갱생공법, 일명 비내력 갱생공법은 분사형 갱생공법과 동일하게 분류될 수 있으며, 구조적으로 문제가 있는 관의 갱생에는 사용되지 않는다. 비구조적 갱생공법은 관의 구조에는 문제가 없으나, 관 내면 스케일, 슬라임 등으로 인해 표면조도가 감소된 경우 기존관보다 표면조도 향상이 목적인 갱생공사 등에 적용된다.

다. 국내 갱생공법 개발현황

현재 국내에서 상용화되어 활용 중이거나 도입 준비 중인 분사형 라이닝 공법(비구조적 공법) 10가지이며, 몇몇 공법의 경우 적용 실적이 우수하고, 환경신기술 또는 특허 등을 획득한 공법이므로 적용성이 높다고 평가할 수 있다.

삽입형 라이닝 공법(구조적 공법)은 11가지이며, 현재 일부 대형관 위주의 일부 공법은 국내 회사에서 특허 및 신기술 인정을 받아 많이 활용 중이며, 효과 또한 뛰어난 것으로 알려져 현장 적용성이 우수한 것으로 평가된다.

라. 상수도관로 갱생공법 국내·외 적용 사례 조사

국내 상수도관로 갱생공법은 1990년대 서울특별시를 비롯하여 다양하게 수행되었으나, 도로 라이닝 기술은 도로 부차 문제로 인하여 곡관부에 탈착된 라이닝 도로 부산물이 관로 막힘 현상 등을 일으키는 문제들을 야기하였다. 또한 부차 및 밀착 라이닝 공법에서도 라이닝이 떨어져 물의 흐름을 방해하거나 관로 부식 문제 등이 발생하여 이후 지자체의 상수도관로 갱생공법에 대한 불신이 확산된 것으로 판단된다. 이에 일부 특광역시를 중심으로만 갱생공법이 간헐적으로 적용되고 있다.

미국, 영국 등 선진국의 경우 상수도관로 개량 시 갱생공법을 선택하여 적용한 사례는 많다. 특히 미국의 경우 ‘Rehabilitation of Water Mains(AWWA, 2014)’와 ‘The Assess-and-Fix Approach: Using Non-Destructive Evaluations to Help Select Pipe Renewal Methods(WRF, 2015)’ 등 갱생공법 분류 및 적용에 대한 별도의 기준을 마련하여 구조적 보완성을 중심으로 체계적으로 공법을 적용하고 있다.

4. 상수도관로 기초조사 매뉴얼 작성

상수도관로의 객관적인 성능에 영향을 미치는 요인(관종, 내구연수, 관의 부식, 균열 여부, 도장재의 박리 등)과 간접적으로 영향을 미칠 수 있는 요인(민원 건수, 이력정보 구축 여부, 관 매설 주변 시설물 현황 등)을 조사·분석하고 데이터베이스를 구축하는 일련의 과정이 필요하다. 이를 토대로 상수도관로를 평가하고 평가 결과에 따라 맞춤형으로 유지 관리함으로써 경제적인 관리 체계를 구축하기 위하여 상수도관로 관리자들이 활용할 수 있는 상수도관로 기초조사에 대한 매뉴얼을 작성하였다.

가. 조사구역 및 조사방법 설정(1단계)

평상시와 사고시로 구분하여 상수도관로 기초조사 대상구역을 설정하고 기본적인 정보를 수집한 후 조사방법을 설정해야 한다.

- 세부단계1- 사고발생여부 확인 및 복구 : 사고발생여부를 확인하고, 사고가 발생한 경우에는 긴급히 사고 복구를 진행
- 세부단계2- 조사구역 설정 : 관로 기초조사를 진행하기 위한 구역을 설정
- 세부단계3- 기본정보 수집 : 조사단위 및 조사 세부단계(Level)를 설정하기 위하여 관리주체 및 상수도관로에 대한 기본정보를 수집하고 기존에 진행된 기초조사의 주기를 확인
- 세부단계4- 관망도 작성 : 기존에 작성된 관망도와 기초자료를 바탕으로 관망도를 작성
- 세부단계5- 조사단위 설정 : 조사대상을 명확하게 하기 위하여 관로 시설물(밸브 등) 및 관로 기본정보를 바탕으로 조사단위를 설정
- 세부단계6- 기초조사 세부단계(Level) 설정 : 관로 기본정보와 조사주기를 감안하여 조사 세부단계(Level)를 선택

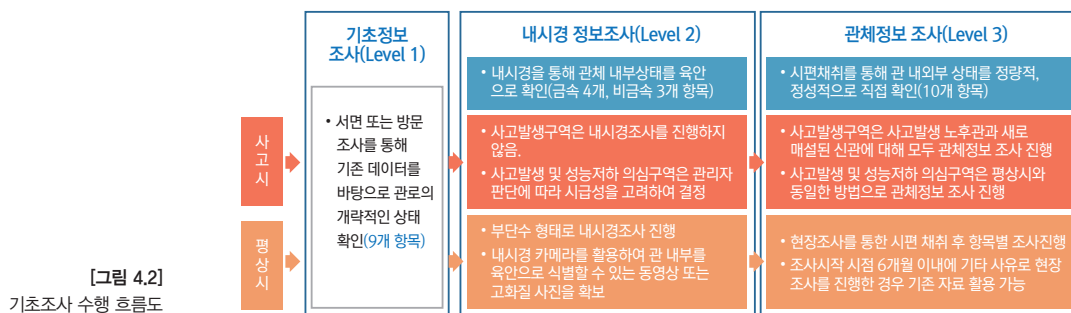


[그림 4.1]
조사구역 및 조사방법 흐름도

나. 기초조사 수행(2단계)

1단계에서 설정된 조사 구역 및 조사 방법을 바탕으로 기초 정보, 내시경 정보, 관체 정보 등 상수도관로 관련 정보를 수집하는 방법을 제시하였다.

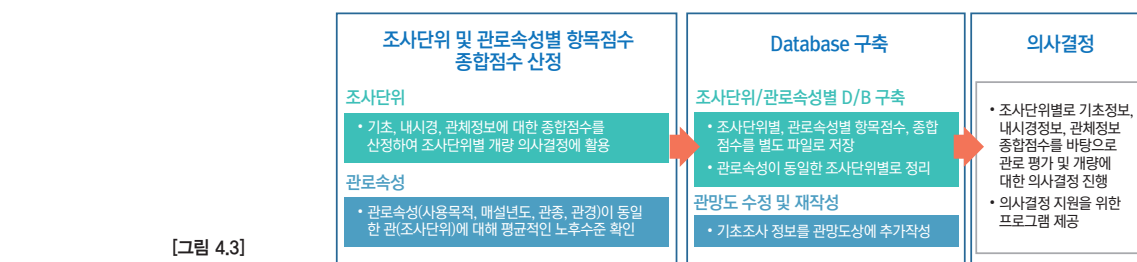
- 세부단계1- 기초 정보 조사(Level 1) : 기존에 축적된 데이터를 바탕으로 관의 노후도에 대한 개략적인 상태를 조사
- 세부단계2- 내시경 정보 조사(Level 2) : 내시경을 통해 관체 내부에 발생한 문제점을 육안으로 직접 확인
- 세부단계3- 관체 정보 조사(Level 3) : 관의 내·외부 상태를 육안 또는 물리·화학적 방법을 통해 정량적·정성적으로 확인



다. 조사결과 분석 및 의사결정(3단계)

조사 단위별로 수집된 정보를 정리하여 관의 노후도 평가 및 개량에 대한 의사결정을 위한 데이터베이스 구축 방안을 제시하였다.

- 세부단계1- 조사 단위 및 관로 속성별 항목점수, 종합점수 산정 : 2단계인 '기초조사 수행'을 통해 산출된 항목점수를 바탕으로 각 조사 단위별로 기초 정보, 내시경 정보, 관체 정보 조사의 종합점수를 산정함
- 세부단계2- 조사 단위 및 관로 속성별 데이터베이스 구축 : 조사 단위별, 관로 속성별로 기초 정보, 내시경 정보, 관체 정보 조사결과를 정리하여 데이터베이스 구축
- 세부단계3- 상수도관로 개량 의사결정 : 구축된 데이터베이스를 바탕으로 조사 단위별로 상수도관로 평가 및 개량에 대한 의사결정 진행
- 세부단계4- 상수도관로 관리시스템간 연계 : 기존에 관리 주체별로 운영 중인 물 운용 시스템이나 GIS시스템과 연동이 가능하도록 기초 정보, 내시경 정보, 관체 정보 조사결과, 관망도 수정 사항 등 데이터베이스를 공유



5. 노후관 갱생(개량)공법 적용 가이드라인

상수도관로 기초조사 매뉴얼에서 제시한 방법으로 수집된 정보들은 각 항목별로 설정된 조건값과 가중치를 바탕으로 항목점수와 각 세부단계(Level 1,2,3)별 종합점수로 수치화하여 표현이 가능하다. 다만 항목별, 단계별로 수치화한 점수만으로는 조사대상 구역 내 관로 조사 단위별로 노후 수준을 확인하는 정도만 가능하다. 궁극적인 목표인 노후 상수도관로의 기능 회복을 위해서 정확한 노후관의 문제점 검토와 개량공법별(갱생공법, 교체공법 등) 특징, 공법적용에 따른 품질기준 등을 바탕으로 상황별 공법 적용에 대한 가이드라인을 작성하였다.

가. 상수도관로 갱생(개량)공법별 특징 및 분류

현재 개발되어 사용중인 주요 갱생(개량)공법 신기술의 특징을 분석하여 구조적 보완성을 중심으로 비구조적, 준구조적, 완전구조적 갱생공법 및 교체공법으로 분류하였다.

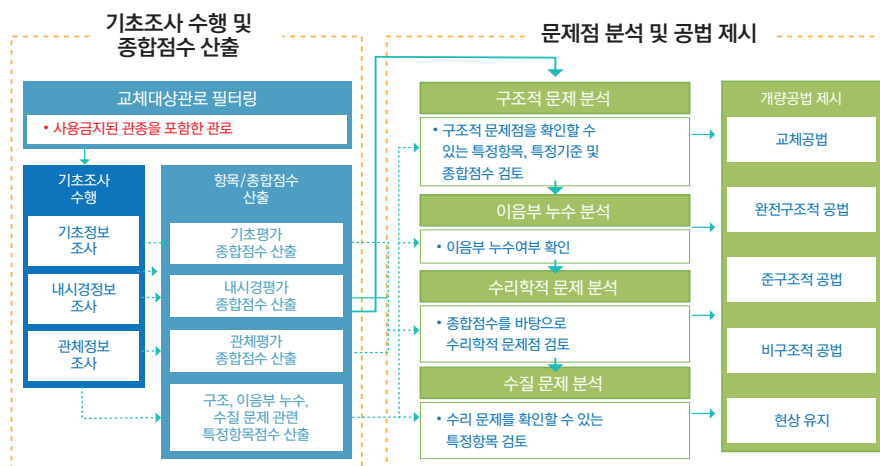
비구조적 갱생공법은 관 내면이 부식되어 수질적인 측면에 문제가 생길 경우 적용 가능하며, 관 외면의 부식을 방지하거나 기존 부식 부위에 대한 구조적 보완은 불가능하다.

준구조적 갱생공법은 일부 구조적인 문제점(균열, 구멍 등)에 대하여 조치가 가능한 수준의 성능향상을 도모할 수 있는 공법으로 라이닝의 강도가 약하여 라이닝만으로 누수를 완벽하게 차단할 수 없다면 기존관과 완벽하게 접합되어야 한다.

완전구조적 갱생공법은 교체공법과 동일한 구조적 보강성(강도 등)을 지니며 기존관과 독립적으로 강도를 측정하여 기존관의 운용조건 중 최대허용압력을 견딜 수 있어야 한다. 또한 관 내부 압력의 변동 등 기존관의 파손을 유발하는 동적 부하나 그밖의 단기 영향도 견딜 수 있는 능력을 갖춰야 한다.

나. 상수도관로 문제점 분석 및 노후도 평가

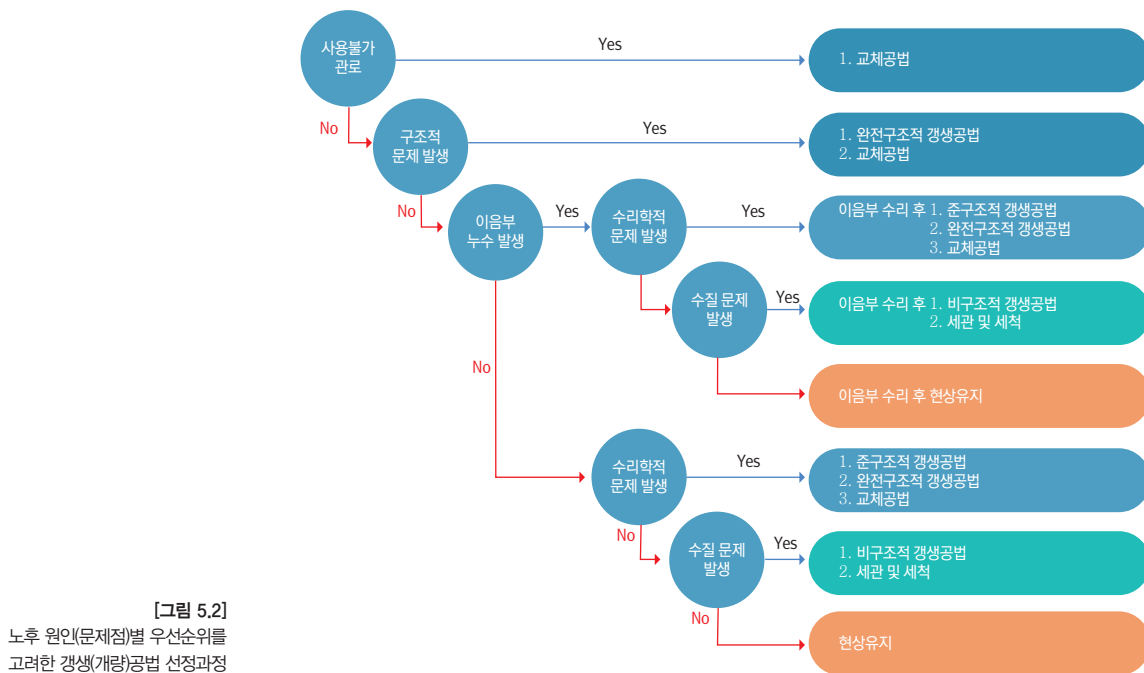
상수도관로 기초조사 매뉴얼과 연계하여 기초조사를 통해 수집된 정보를 바탕으로 상수도관로의 조사 단위별 문제점(구조적, 이음부 누수, 수량, 수압, 수질)을 분석하여 정확한 상태를 평가할 수 있다.



[그림 5.1]
상수도관로 문제점 분석 및
노후도 평가 흐름도

다. 노후관 갱생(개량)공법 선정 의사결정

노후관의 문제점과 기타 공법 적용에 영향을 미치는 요소를 검토하여 적용 가능한 비구조적, 준구조적, 완전구조적 갱생공법 또는 교체공법을 제시하였다. 구조적 문제, 이음부 누수, 수리학적 문제, 수질 문제 각각에 대하여 구조적 보완성을 최우선으로 하여 공법 선정 프로세스를 아래와 같이 설정하였다.



라. 노후관 갱생공법 시공절차 및 적용 후 품질기준

노후관 갱생공법 적용 시 시공절차는 ‘상수도공사 표준시방서’를 중심으로 설명하였으며, 갱생공법 적용 후 품질기준은 한국건설기술연구원의 국가건설기준센터에서 제시한 ‘상수도공사 표준시방서’와 라이닝 재료 및 공법별로 규정된 KS규격에 따른다. 또한 세부적인 사항은 해당 공사시방에 따른다.

6. 제도개선 방안 및 정책방향 제시

가. 상수도관로 기초조사 활성화 방안

상수도관로에 대한 명확한 상태 진단을 위해서는 지자체 관리자에 대한 사전 교육을 통해 기초조사의 필요성과 중요성을 인식시키고, 관리자가 손쉽게 관로 기초조사를 진행할 수 있도록 도와야 한다. 상수도관로 기초조사 방법 및 기초조사항목 등에 대한 교육은 한국상하수도협회에서 담당하며, 교육 내용은 아래와 같다.

- 관로 기초조사 대상구간 및 조사단위 선정방법
- 기초 정보 조사방법 및 조사항목
- 내시경 정보 조사방법 및 조사항목
- 관체 정보 조사방법 및 조사항목
- 기초조사 결과에 대한 DB구축 방안

나. 노후관 갱생공법 전문성 확보 방안

상수도관로 노후관 갱생공법은 경제성, 공사기간 단축, 시민불편의 최소화 등 장점이 많으나, 공법 선정의 불합리성, 품질관리의 어려움 등으로 적용을 기피하고 있다. 따라서 상수도관로의 효율적인 유지관리 방법인 갱생기술에 대하여 현실적인 정보를 발주자, 감리자, 시공사 등 공사 관계자에게 제공하기 위한 사전 교육이 필요하다. 노후 상수도관로 갱생공법의 적용 등에 대한 교육은 한국상하수도협회에서 담당하며 교육 내용은 아래와 같다.

- 갱생공법 적용 대상 구간 선정 방법
- 갱생공법 선정 방법
- 갱생공법 적용 시 품질관리 및 안전관리 요령
- 갱생공법 적용 후 상수도관로 유지관리 방법
- 갱생공법의 품질 확보 및 사업화 확대 방안

다. 상수도관로 효율적 유지관리를 위한 제도개선 방안

국가건설기준센터에서 제시하고 있는 국가건설기준 표준시방서에 상수도관로의 유지관리를 위한 세척 및 갱생공사의 일반적인 사항과 갱생공사 적용에 관한 내용이 포함되어 있다. 다만 노후 상수도관로의 갱생공법 적용과정에 따라 표준시방서의 내용을 수정할 필요성이 있다. 본 연구에서 검토 후 수정안을 제시한 표준시방서 내용은 다음과 같다.

- 상수도 기존관의 세척 및 갱생공사 일반사항(KCS 57 60 05)
 - 갱생공사의 목적으로 구조적 개선 내용을 포함
 - 갱생공법의 분류 시 구조적 개선 수준을 고려한 분류방법을 적시
 - 용어 정리를 위해 ‘갱생공사’는 ‘갱생공법’으로 수정
 - 비구조적, 구조적 갱생공법에 사용되는 소재 뿐만 아니라 공법의 정의와 특징을 추가적으로 기술해서 정리
- 상수도 기존관의 세척 및 갱생공사 일반사항(KCS 57 60 05)
 - 기존 매설관의 구조적 성능이 심하게 훼손된 경우에도 완전구조적 갱생공법으로 보완할 수 있으므로 용어 정의에 관련내용을 명기
 - 구조적 관 갱생 공법 내용을 준구조적/완전구조적 갱생공법으로 분류
 - 기존관 내 삽입 공법은 준구조적 갱생공법과 완전구조적 갱생공법에 모두 해당함. 다만 삽입시키는 소재의 종류와 삽입 후 기존관과 삽입된 신관의 부착 수준에 따라 구조적 보완성이 다르므로 이를 명기
- 상수도공사 시험 및 검사(KCS 57 60 20)
 - 기존관을 완전히 대체하는 공법(기존관 내 삽입, 기존관 파쇄 추진)의 경우 각 관종별 KS규격 및 기준에 따라 시험항목을 설정

| 상수도 |

정수장 배출수 처리시설 배출허용기준 준수를 위한 수처리제 관리기준 설정 연구

사업의 개요

사업구분 : 2017 상수도공동연구과제

연구기간 : 2017.03 ~ 2018.03

수행기관 : 성균관대 산학협력단 · (주)엔솔파트너스 · 연세대 산학협력단

책임연구원 : 성균관대학교 염익태 교수

관련자료(출처) : 「한국상하수도협회 홈페이지(<http://www.kwwa.or.kr>) 회원서비스 - 상·하수도연구 - 상수도공동연구 - 2017년 연구과제」에서 자료 다운 가능

1. 개요

정수공정에서 발생하는 배출수(슬러지)의 양과 특성은 정수공정과 밀접한 관계가 있다. 배출수를 어떻게 처리하느냐에 따라 정수의 수질과 생산단가 등이 달라지기 때문에 배출수 처리는 정수공정에서 중요한 부분을 차지한다. 「물환경보전법」에서는 용수의 정수를 목적으로 설치한 '수도사업시설', '먹는샘물 제조시설', '산업시설의 정수시설'을 폐수배출시설로 규정하고, 정수공정에서 발생된 배출수(슬러지)를 수질오염 방지시설인 '배출수 처리시설'로 이송하여 수처리 후 방류하도록 하고 있다.

배출수 처리시설의 역할은 정수처리과정의 응집침전 시 발생하는 슬러지와 여과지에서 발생하는 역세척수 등을 농축·탈수 공정 등을 통해 처리하여 슬러지케이크와 처리수로 분리하는 것이다. 슬러지와 분리된 처리수는 공공수역 또는 종말처리시설로 유입되거나, 일부는 회수되어 정수공정으로 재이용하고 있다.

이러한 배출수 처리시설은 부유물질, 유기물질처리위주의 단순한 공정으로 설계되어 있어 수질오염물질 및 특정수질유해물질을 처리하기에는 한계가 있다. 최근 환경부에서 실시한 폐수배출시설들에 대한 특정수질유해물질 배출실태 조사 결과, 일부 시설에서 허가받지 않은 특정수질유해물질이 검출되었으며, 배출허용기준을 초과한 시설도 존재하였다.

이에, 기존의 수질오염물질(특정수질유해물질 포함) 중 정수장 폐수로의 배출이 확인된 물질과 신설된 수질오염물질의 배출 여부를 조사하고, 정수장의 폐수배출공정 및 처리공정의 실태에 따라 관리에 주의를 요하는 항목을 검토할 필요가 있다. 특히, 정수장 배출수처리시설로의 항목 유입의 원인이 응집제 등의 수처리제로부터 기인할 경우, 정수 처리과정 또는 배출수 처리과정 중에 사용되는 수처리제의 성분 및 불순물에 대한 용출 및 배출 특성을 조사하며, 배출수의 배출허용기준을 준수하기 위한 수처리제의 관리기준 및 관리방안을 마련한다.

2. 국내 · 외 수처리제 관련 법규 및 관리기준 조사

1) 국내 수처리제 관련 법규

국내에서 규정하고 있는 수처리제의 법적 정의는 「먹는물관리법」 제3조 5항에 「수처리제(水處理劑)란 자연 상태의 물을 정수(淨水) 또는 소독하거나 먹는물 공급시설의 산화방지 등을 위하여 첨가하는 제제를 말한다.」라고 명시되어 있다. 이 외에도 수처리제에 대한 영업(영업의 허가, 영업허가 등의 제한, 수입신고, 품질관리인, 품질관리교육), 기준과 표시(기준과 규격, 표시기준, 수표용 제품의 기준, 규격, 표시기준, 거짓 또는 과대표시·광고의 금지), 검사(자가 품질 검사의 의무, 검사기관의 지정), 영업자에 대한 지도·감독(폐기처분), 보칙(수수료, 벌칙) 등을 법률로 규정하고 있다.

2) 미국 수처리제 관련 법규

미국 ASDWA(Association of State Drinking Water Administrators)에서 조사한 결과에 따르면 50개 주 중 수처리제와 수도용 자재에 대한 NSF/ANSI60 Drinking water treatment chemicals—health effects) 규격을 만족하도록 법제화한 주는 48개 주로 알려져 있으며, 45개 주에서는 모든 적용 제품에 대하여 ANSI 인증을 요구하고 있다. NSF(National Sanitation Foundation) 먹는물 수처리제 프로그램은 1979년 미국 EPA(Environmental Protection Agency)가 모든 주가 정수용 수처리제에 대한 독성 자료, 시험방법, 평가기준을 검토하도록 지시함에 따라 시행되었으며, 정수, 저장, 송배급수 과정에 먹는물과 접촉하거나 먹는물에 투입되는 모든 제품이 검토 대상이다.

3) 영국 수처리제 관련 법규

영국은 1991년 수자원법(Water Industry Act 1991)을 통해 환경부 장관과 웨일즈주 장관에게 공공급수과정에서 사용하는 재료, 제품, 공정을 통제하는 규정 제정의 권한을 부여하였다. 이 법규의 규정 31에서는 급수를 생산 및 공급할 때 급수 공급자가 음용수의 안전성 또는 품질에 해로운 영향을 미치지 않는 제품 및 물질만을 사용하도록 하고, 급수의 수질 및 안전을 침해하지 않는 제품 및 자재에 대한 승인방법을 제시하고 있다.

우리나라의 환경부에 해당하는 DEFRA(Department of Environment, Food & Rural Affairs)의 장관이 제품을 승인할 때 자문을 얻기 위한 기구로 CPP(Committee on Products and Processes for Use in Public Water Supply)가 설치되어 있다. 이 자문위원은 독성 전문가와 정수처리, 토목공학, 화학적 및 미생물학 분석의 QA(Quality Assurance), 재료과학 분야의 전문가들이다. CPP를 행정적, 기술적으로 지원하기 위해 행정적인 기구로써 DWI(Drinking Water Inspectorate)가 운영되고 있다. DWI는 CPP를 지원할 뿐만 아니라 법 집행 권한도 있다. 또한 수도사업자에 대한 기술적인 감사와 조사 업무를 실시한다. 여기에는 급수과정에서 접촉하는 재료, 제품이 규정 31에 적합한지를 평가하는 것을 포함한다.

4) 일본 수처리제 관련 법규

일본은 수도법 제5조 제4항의 규정에 따라 2004년 3월 후생노동성 건강국 수도과에서 ‘수도용 약품의 평가를 위한 시험방법 가이드라인’을 만들었다. 수도 시설의 기술적 기준을 정

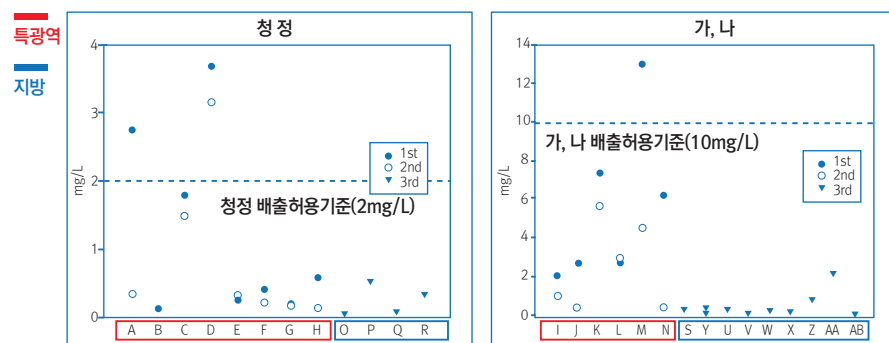
하는 성령(해세이 12년 후생 성령 제15호) 제1조 제16호에 “정수 또는 정수 처리과정에서 물에 주입되는 물질 등에 의한 불순물은 수질 기준에 적합하여야 한다”고 규정하고 있고, 이를 확인하기 위한 방법에 대해서는 이 가이드라인에 따른다고 명시되어 있다. 「수도 시설의 기술적 기준을 정하는 성령」 제15호의 주요 항목에는 정수 혹은 정수 처리과정에서 물의 응집제, 응집보조제, 수소이온농도 조정제, 분말활성탄, 기타 약품 또는 소독제를 주입하는 경우에는 해당 약품 등의 특성에 따라 필요량을 주입할 수 있는 설비(약품주입설비)를 설치하고, 설비의 재질은 해당 약품 등의 사용 조건에 따라 필요한 내식성을 갖추어야 하며, 정수 혹은 정수처리 과정에서 물에 주입된 약품 중 불순물은 먹는물 수질 기준의 1/10 수준이어야 한다고 명시되어 있다.

3. 대상 물질 모니터링 및 배출 특성 조사

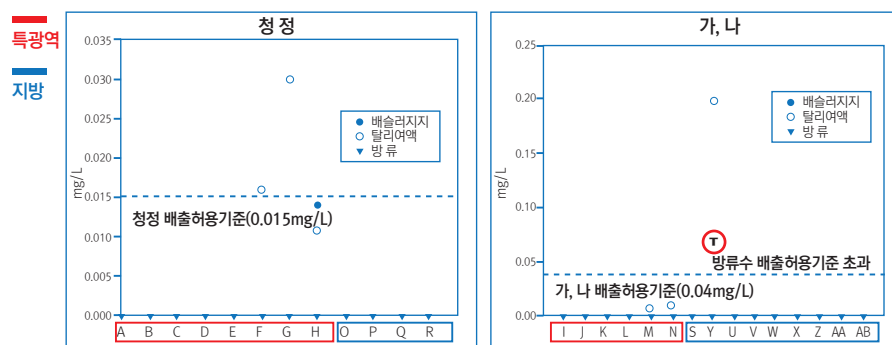
1) 정수 시설 실태 조사

정수장 배출수 처리시설의 총망간, 용해성망간 및 에피클로로히드린, 신규 오염물질 5종(아크릴아미드, 스티렌, 비스(2-에틸헥실 아디페이트), 안티몬, 퍼클로레이트) 8종에 대한 배출실태 조사를 위해 총 3회에 걸쳐 현장조사를 수행하였다. 시료의 채수 지점은 취수 원수, 응집침전지 유출수, 여과지 역세수, 조정조(분배조), 탈리여액, 최종 방류수 등으로 구분하였다. 조사 결과 스티렌, DEHA, 안티몬, 퍼클로레이트, 에피클로로히드린은 모든 조사대상 배출수 처리시설에서 검출되지 않았다. 용해성망간은 조사대상 28개소 배출수 처리시설 모두에서 검출되었으며, 일부 시설에서는 배출허용기준을 초과하는 지점이 존재하였다. 아크릴아미드는 대부분의 시설에서 검출되지 않았으나, 일부 시설은 주로 탈리여액 지점에서 아크릴아미드가 검출되었다.

[그림 3.1]
용해성망간 배출허용기준
초과여부(1~3차), 방류수 측정 결과



[그림 3.2]
아크릴아미드 배출허용기준
초과여부(1~3차)



4. 수처리제 용출 특성 조사

1) 배출수 처리시설 내 망간 검출 원인 규명

배출수 내에서 배출허용기준을 초과하는 망간 검출의 원인으로 무기 응집제 내 망간의 용출, 원수 내 용해성망간의 응집 및 농축, 그리고 원수 내 부유물이 함유한 망간의 용출을 생각해 볼 수 있다. 현재 정수장에서 가장 널리 사용되는 무기 응집제들의 성분 분석 결과, 무기 응집제의 망간 함유량은 0.002 ~ 0.066 mg/L 수준이었다. 무기 응집제의 투입량이 보통 수십 mg/L 임을 고려할 때 무기 응집제 내 망간이 배출수 내에서 검출되는 망간의 원인이 될 가능성은 없다고 사료되었다. 정수장의 원수 분석 결과, 용해성망간의 농도는 0.001 ~ 10 mg/L 이었으며, 응집제 사용으로 인한 용출은 무시할 만큼 낮았다. 취수장으로 유입되는 원수의 부유물 분석 결과, 원수 1리터당 부유물은 1.7 ~ 4.5 mg이었고, 부유물에 함유된 망간의 농도는 kg당 300~600mg 이었으며, 탈리여액을 사용하여 부유물 내 망간의 용출 여부를 검사한 결과 상등액 내 망간의 농도가 0.4 mg/L에 이르렀다. 따라서 정수장 배출수에서 검출되는 망간은, 원수 내 부유물이 함유한 망간의 용출에서 기인하는 것으로 판단된다.

2) 배출수 처리시설 내 아크릴아미드 검출 원인 규명

정수장 배출수 처리시설에서는 탈수기(벨트프레스, 원심탈수기)의 효율증대를 위해 고상(분말, powder type) 및 액상(emulsion type)의 아크릴아미드 응집제를 탈수기 전단에 투입하고 있다. 배출수 처리시설의 아크릴아미드 검출 원인 규명을 위해 용출실험을 수행하였으며, 아래와 같은 결과를 도출하였다.

- 아크릴아미드계 응집제는 저온(0 ~ 20℃)에서 가수분해되며, 온도가 낮을수록 용출량이 증가함.
- pH는 아크릴아미드계 응집제 용출에 유의한 영향을 미치지 않음.
- 아크릴아미드 모노머의 슬러지 흡착율은 약 80%이며, 슬러지 농도가 높을수록 아크릴아미드 모노머 용출량 저감(슬러지 흡착 효과)
- 고상(분말, powder type) 아크릴아미드 응집제는 액상(emulsion type) 아크릴아미드 응집제에 비해 용출량이 적음
- 액상(emulsion type) 아크릴아미드 응집제는 투여량에 비례하여 용출량도 증가함. 반면 고상(분말, powder type) 아크릴아미드 응집제는 용출량이 일정함
- 슬러지 탈수 효율 측면에서 고상(분말, powder type) 아크릴아미드 응집제는 액상(emulsion type) 아크릴아미드 응집제에 비해 우수한 탈수 효율을 보임

5. 배출수 처리시설 배출허용기준 준수를 위한 수처리제 관리방안

현재 먹는물 관리법에는 수처리제란 '자연상태의 물을 정수 또는 소독하거나 먹는물 공급시설의 산화 방지 등을 위하여 첨가하는 제제를 말한다'라고 명시되어 있고, 이에 대한 기준과 성분의 규격이 존재하다. 그러나 배출수 처리시설에서 사용되는 수처리제가 아닌 정수처리 목적으로 사용되는 수처리제에 대해서만 규정하고 있어 규제의 한계점을 보이고 있다. 수도사업시설의 폐수배출시설에 해당되는 배출수 처리시설의 배출허용기준의 준수를 위한 제도개선 방안을 제시하였다.

1) 수처리제의 기준과 규격 및 표시기준 개정(안)

먹는물 관리법 제36조(기준과 규격)의 규정에 따라 환경부에서는 고시(제2017-190호)를 통해 ‘수처리제의 기준과 규격 및 표시기준’에 의거하여 28종에 대한 기준과 성분에 관한 규격을 정하고 있다. 아크릴아미드의 배출허용기준 준수를 위해 벨트프레스, 원심탈수기를 사용하는 정수장 배출수 처리시설의 탈수 효율 증대를 위해 사용되는 아크릴아미드 단량체(아크릴아미드계 응집제)를 수처리제 중 기타 제제로 신규 지정하도록 제안한다.

2) 분말 타입 아크릴아미드 응집제 사용 권고

‘제5장 수처리제 용출특성 조사 결과’에서는 고상(분말, powder type) 응집제가 액상(emulsion type) 응집제에 비해 수온변화에 따른 용출량이 적으며, 응집제 투입에 따른 용출량 역시 고상(분말, powder type)의 응집제가 낮은 용출량을 보이는 것으로 확인하였다. 슬러지 탈수 효율 또한 고상(분말, powder type) 응집제가 액상(emulsion type) 응집제에 비해 우수했다. 실제 배출수 처리시설의 현장조사 결과에서도 분말 타입 응집제를 사용하고 있는 시설은 방류수에서 아크릴아미드가 검출되지 않은 반면, 액상(emulsion type) 응집제를 사용하고 있는 시설은 일부 탈리여액 및 방류수에서 아크릴아미드가 검출되었다. 이에 벨트프레스 및 원심탈수기를 사용하는 배출수 처리시설 중 아크릴아미드 응집제를 사용하는 시설은 액상(emulsion type)이 아닌 분말 타입을 사용하는 것이 아크릴아미드의 배출 위험을 감소시킬 수 있다.

3) 상수도 시설기준 및 배출수 처리시설 운영관리 매뉴얼 개정(안)

아크릴아미드의 배출허용기준 준수를 위해 상수도 시설기준 및 배출수 처리시설 운영관리 매뉴얼에 대한 개정(안)을 마련하였다. 상수도 시설기준에서는 배출수 처리시설 내 농축조 시설에 대한 시설기준을 추가하였다. 주요 내용으로는 ‘농축조의 용량이 적은 경우나 농축성이 나쁜 슬러지가 유입될 경우에도 신속히 농축시키기 위하여 고분자 응집 보조제를 주입할 수 있는 시설을 설치한다’ 라고 명시되어 있는데, 이때 고분자 응집제로 고체(분말) 응집제를 사용하도록 권고하는 내용을 추가 제안하였다. 상수도 시설기준 중 탈수기 부분에서도 ‘원심탈수기와 조립탈수기에는 고분자 응집 보조제 주입장치를 설치한다’ 라고 명시되어 있는데 이때 고분자 응집 보조제로 고체(분말) 응집제를 사용하도록 권고하는 내용을 추가 제안하였다. 또한 『정수장 배출수 처리시설 운영관리 매뉴얼』(한국상하수도협회, 2016)에 농축조와 탈수기에 대하여 고분자 응집 보조제 사용 시 고체(분말) 응집제 사용을 권고하는 내용의 추가 개정(안)을 제안하였다.

| 상수도 |

급수설비 관리 체계화 및 전문화 방안 연구

사업의 개요

사업구분 : 환경부 연구용역 과제

연구기간 : 2017.03 ~ 2017.11

수행기관 : 한국상하수도협회

책임연구원 : 단국대학교 김두일 교수

1. 과업의 개요

1) 연구 배경 및 목적

본 연구는 국내 급수설비 관리 현황, 해외 선진 사례 분석 등을 토대로 급수설비를 위생적이고 체계적으로 관리할 수 있는 제도 개선 마련을 목적으로 한다.

2) 과업의 주요 내용 및 방법

- 국내 급수설비 현황 및 실태 등 기초조사
 - 국내 급수설비 관리 현황 조사
 - 급수설비 관련 각종 법령 및 제도, 기준 등의 급수설비 관련 사항 분석
- 해외 급수설비 관리제도 조사 및 선진사례 조사
 - 해외(미국, 일본 등) 급수설비 설치 및 관리 현황 조사
 - 선진사례 조사 및 국내 도입에 적합한 사례 제시
- 옥내급수관, 저수조 등 급수설비 관리제도 개선방안 마련
 - 먹는 물 관리 관점에서 급수설비 관리 주체, 관리 방법 등에 대한 적정성 검토 및 개선방안 마련
 - 급수설비 관리업 도입 필요성 검토
- 도출된 개선방안의 제도화를 위한 관련법령 개정(안) 제시

2. 국내 급수설비 관련 제도 및 관리현황 기초조사

1) 급수설비 관리제도 조사

급수설비는 계량기 이후의 설비를 말한다. 수도법상의 급수설비 관리 및 검사 관련 법체계는 수도법 제21조, 33조, 수도법 시행령 제32조, 50조, 51조, 수도법 시행규칙 제11조, 22조, 23조에서 규정하고 있다. 또한 건축법 제2조, 제87조, 건축법 시행령 제87조, 건축법 시행규칙 제26조에서도 규정하고 있다.

2) 급수설비 검사 방법

「먹는물 관리법 시행규칙」 제35조에 따라 대형건축물 등의 소유자는 매년 마지막 검사일부터 1년 이내에 1회 이상 수돗물의 안전한 위생관리를 위하여 지정된 먹는물 수질검사기관에 수질검사를 의뢰하여야 한다. 시료는 저수조나 해당 저수조로부터 가장 가까운 수도꼭지에서 채수한다. 수질검사항목은 '탁도, 수소이온농도, 잔류염소, 일반세균, 총대장균군, 분원성대장균군 또는 대장균'이다.

급수관의 상태검사 및 조치 등을 위해 건축물 또는 시설의 소유자는 건축물 또는 시설의 준공검사(급수관의 갱생·교체 등의 조치를 한 경우를 포함한다) 후 5년이 지난날부터 2년 주기로 급수관의 상태에 대하여 일반검사를 하여야 한다. 소유자 등은 제1항에 따라 일반검사를 실시한 결과 검사항목 중 탁도, 수소이온 농도, 색도 또는 철에 대한 검사기준을 초과하는 경우에는 급수관을 세척하여야 한다. 다만, 급수관이 아연도강관인 경우, 검사기준을 초과하는 항목이 한 개 이상 있으면 반드시 이를 갱생하거나 교체하여야 한다.

소유자 등은 제1항에 따른 일반검사 결과가 일반검사의 검사항목에 대한 검사기준을 2회 연속 초과하거나 일반검사의 검사항목 중 납, 구리 또는 아연에 대한 검사기준을 초과하는 경우는 전문 검사를 하고, 급수관을 갱생하여야 한다. 전문 검사 결과, 갱생만으로는 내구성을 유지하기 어려운 정도로 급수관이 노후되었다면 새 급수관으로 교체하여야 한다. 세척·갱생·교체 등의 조치를 하였다면 그 결과를 일반수도사업자에게 보고하고, 관련 자료를 3년 이상 보존하여야 한다.

3) 급수관 개량 방법

급수관을 개량하기 위해 세척·갱생·교체 등의 조치를 하여야 한다. '세척'이란 급수관 내부에 생긴 이물질, 미생물막 등을 물이나 공기를 주입해 제거하는 방법이다. 세척을 시행하는 전제조건은 일반검사를 실시한 결과 검사항목 중 탁도, 수소이온 농도, 색도 또는 철에 대한 검사기준을 초과하는 경우이다. 세척하는 방법은 관에 손상을 주지 않으면서 물이나 공기를 주입해 급수관 내부의 이물질이나 미생물막 등을 제거하도록 해야 한다.

'갱생'은 관 내부에 있는 녹이나 이물질을 제거한 후 코팅 등의 방법으로 통수(通水) 기능을 회복하는 것을 뜻한다. 탁도, 수소이온 농도, 색도 또는 철에 대한 검사기준을 초과하는 아연도 강관의 경우 반드시 갱생 혹은 교체를 하도록 하고 있다.

3. 해외 급수설비 관리제도 및 현황조사

1) 일본

일본은 수도사업용으로 공급받은 물을 수원으로 하는 경우 저수조 수도로 분류하고, 저수조의 유효 용량이 10m³를 넘을 경우 설치자의 책임 하에 법상 관리기준에 따라서 유지관리

하고 정기적인 검사를 받을 의무를 부여한다.

일본의 『수도유지관리지침』(일본수도협회, 1998)에서는 송배수 및 급수과정의 수질 감시에 대해서 언급하고 있다. 급수과정에서 잔류염소를 필요량으로 유지하고 관말 등 물이 정체하기 쉬운 장소에서도 수질을 양호하게 유지하도록 하고 있다.

일본 수도법 제16조 및 시행령 제5조에서는 급수장치의 구조 및 재질에 관한 기준을 규정하고, 후생노동성령에서 기술적 세부사항을 정하고 있다. 일본수도협회는 1935년부터 수도용 자재 및 제품의 품질검사 업무를 진행하며 품질인증센터를 운영하여 후생노동성 기준에 따라 급수기구와 수도용 기자재, 수도용 약품에 대한 검사를 대행한다. 급수기구의 경우 침수 성능 및 물리성능을 시험하며 재질에 관한 시험 기준도 있어서 각각의 검사 결과에 따라 합격 여부를 하면 검사 인증마크를 부여한다.

일본은 민간 영역에서 급수설비와 관련하여 준공부터 유지관리까지 다양한 업무를 담당하고 있다. 급수설비 공사(급수장치의 신설, 개조, 수선, 철거) 시, 수도법 제16조의 2에 근거하여, 수도물을 공급받는 자의 급수장치가 구조 및 재질 면에서 적합한지를 확인하기 위해, 수도사업자의 급수구역에서 급수장치 설치공사를 적정히 시행할 수 있는 자를 지정하여 관리하는 「지정급수 장치공사 사업자제도」를 운영하고 있다. 본 제도 도입 이전에는 부적당한 급수공사로 누수사고 및 수질이상의 문제가 빈번히 발생하였으며 이를 방지하기 위해 각 수도사업자가 조례 등 독자적 기준에 근거하여 급수장치 공사업자를 각각 지정하였으나 이를 개선하기 위해 1996년에 수도법 개정으로 「지정급수 장치공사 사업자 제도」를 도입하였다.

2) 미국

미국은 국가가 수질기준에 대해 직접 관여하며, 주에서는 수질기준 및 수도시설의 기준 등을 규정하고 있다. 중요한 연방법인 음용수안전법(SDWA, Safe Drinking Water Act, USEPA)에 급수설비에 대한 명확한 수질기준이 정해져 있다.

미국의 상수도에 관한 법령체계에서는 수도사업자와 수도이용자와의 관리 경계를 계량기로 구분하고 있다. 계량기의 설치까지는 수도사업자가 관리하고, 계량기 이후부터 수도꼭지까지를 급수설비로 규정하고 있으며, 급수설비는 배관코드 등에 근거해 자격을 갖추고 있는 사람이 시행한다. 이와 관련하여 캘리포니아주 로스앤젤레스, 샌프란시스코와 콜로라도주 덴버에서는 수도사업자와 이용자의 책임 분기점을 계량기로 정하고 있는데, 배수관 분기에서 계량기까지 수도사업자의 책임 영역이며, 계량기 이후에서 수도꼭지까지는 이용자의 책임으로 정하고 계량기에서 수도꼭지까지의 정기점검은 의무사항이 아니다.

3) 영국

영국 웨일즈에서는 공공상수도공급시스템으로부터 공급되는 모든 음용수는 물 공급규정(Water Supply (Water Fittings) Regulations)의 규제를 받게 된다. 영국은 물 공급 사업자(민간 수도사업자)에게 모든 채수와 검사 등을 일임하고 있으며 개인주택, 상업건물, 대형건물 등의 급수설비에 대한 관리 및 검사를 의무화하고 있지는 않다. 다만 음용수기준이나 배관기준에 대한 엄중한 규정을 정하여 이를 어길 시에는 단수조치 등으로 엄격히 규제하고 있다. 다만 개인시설물에 대해 음용수 기준에 대한 의문이 제기될 시에는 지방자치단체나 정부가 지정한 기관에서 채수된 물을 검사해 주고 있으며 옥내급수관의 관리는 건물이나 주택 소유주의 책임으로 간주한다.

4. 급수설비 관리방안

1) 급수설비 관리방안 개선

저수조 관리의 경우 대상확대나 기준변경을 검토하여야 하며 현재 용도 및 건축물의 연면적에 따른 관리대상을 저수조의 용량 기준으로 변경하고, 관리가 취약할 경우 영향을 많이 받는 시설(어린이집, 학교 등)은 별도로 관리하는 방안을 고려하여야 한다.

또한 저수조 청소업의 관리 강화가 필요한데 저수조 청소 결과에 대한 검사, 청소 방법과 사용 약품의 관리 등을 통해 해소한다. 현재 저수조청소업 종사자에 대한 자격요건 및 교육 강화가 필요하며 저수조관리방법 및 수질검사에 대한 명확화가 필요하다. 저수조 수질검사 관리를 위해 소독필증을 검사필증으로 대체하고, 주민에 대한 공지를 의무화하여야 한다.

옥내급수관의 경우도 현재의 연면적 기준을 강화할 필요가 있고, 소규모 시설 어린이집, 학교 등은 관리필요시설에 포함하여 관리대상으로 포함하는 것을 검토해야 한다. 내식성관과 비내식성관의 검사 항목을 차별화할 필요가 있다. 6시간 정체수는 비내식성관에 한하여 적용하는 규정 변경이 필요하다.

옥내급수관 세척·개량 업체의 전문성 부족 문제를 해결하기 위해 반드시 옥내급수설비관리업을 도입해야 하며 이를 통해 급수설비 관리의 실효성을 강화할 수 있다.

옥내급수관의 경우도 저수조 관리와 같이 주민에게 관리정보를 공개하고 관리시스템을 구축하여 이 관리시스템을 통해 점검필증을 교부하는 방안을 도입할 필요가 있다.

2) 옥내급수설비관리업 도입

급수관의 상태검사에 대한 관리체계를 강화하고 검사계획수립에서 검사결과 보고, 조치 및 사후관리를 위해서 옥내급수설비관리업을 신설하여 관리하는 방안을 고려하여야 한다. 옥내급수설비관리업의 업무 범위는 아래와 같다.

- 급수관 상태검사 대상시설에 대한 검사계획 수립
- 측정, 검사, 점검 등을 통한 급수설비 상태 파악
- 급수설비 환경 특성파악을 통해 유지관리상 문제 유무 확인
- 검사결과에 대해 필요에 따라 개선계획 수립 및 조치(세척/갱생/교체)
- 검사/조치 결과에 대해 소유자 및 관리자, 수도사업자에게 보고

옥내급수설비관리업을 전문업으로 관리하면 급수관 상태검사에 대한 체계적 관리가 가능하고, 세척/갱생/교체 등의 급수관 관리시장의 활성화에도 일조할 수 있을 것이다. 옥내급수설비관리업을 위해서는 필요한 인력, 시설 및 장비 기준 마련이 필요하며 전문자격제도로 옥내급수설비관리사 제도를 신설하는 방안을 제안하고자 한다. 옥내급수설비관리사는 일정 자격을 소유한 자로, 국가자격증 소유 또는 해당 업무의 경험이 있는 자를 대상으로 일정 이상의 교육 수료를 통해 양성할 수 있다.

옥내급수설비관리업에 대한 시설 및 장비는 관세척장비, 관갱생장비, 컴프레서, 압력분배기, 갱생연마기, 갱생도장기 등이 옥내급수설비관리업은 해당업의 전문성을 위해 등록제로 운영하고, 등록하고자 하는 자는 옥내급수설비관리사를 1인 이상 보유하도록 한다. 기존의 옥내급수설비공사는 「건설산업기본법」 제8조 제2항에 따라 기계설비공사업으로 등록된 업체만이 가능하였으나, 상수도의 전문성 등을 고려하여 기존 기계설비공사업 또는 옥내급수

설비관리업이 담당할 수 있도록 제도를 개선한다.

5. 도출된 개선방안의 제도화 및 홍보방안

1) 도출된 개선방안의 제도화를 위한 관련법령 개정안

(1) 관리 대상 확대

연면적 기준으로 관리 대상을 선정함에 따라 소규모 시설 중 관리가 취약한 경우 영향을 많이 받는 시설(예: 어린이집, 학교)이 현행 관리 필요 시설상에서 제외되어 있으므로 이에 대한 재검토가 필요하다. 공동주택은 상시 주민거주시설로 관리 중요도가 높는데, 현재는 연면적 6만 m^2 이상 대규모 아파트 단지에 한해 관리대상으로 분류되어 있으므로 '94년도 이전 건설되어 노후화되고 아연도강관의 사용 가능성이 높은 5층 아파트도 관리대상에 포함시켜야 한다. 따라서 중장기적으로 저수조 관리대상기준(연면적 5,000 m^2 이상 시설)과 급수관 관리대상기준을 동일하게 관리하는 방안을 검토한다.

(2) 수질검사항목 확대 및 급수관 세척 활성화

옥내 급수관 일반검사항목에 잔류염소 등을 추가하도록 재검토하며 대상 시설에 대한 검사개소 수도 조정해야 한다. 현재는 같은 준공년도에 지어진 건물은 동일 자재를 사용하여도 동별 모두 검사하도록 되어 있어 민원제기가 많으므로 개선한다.

(3) 점검필증 교부 시스템 구축 및 급수관 상태정보 공개

옥내급수시설 위생상태 점검필증 교부 시스템을 도입하여 전문 검사기관에서 검사 및 필요 조치를 취하게 하고 작업 완료 시 수용가에게 검사필증을 교부한다. 건물 소유·관리자가 급수관 상태 검사결과(수질, 내시경검사 결과 등)를 실 거주자가 의무적으로 공개(게시판, SMS, 우편 등)하도록 수도법을 개정한다.

2) 급수설비 관련업 활성화

옥내급수설비 조사 및 세척 강화 등 급수관 관리규제로 발생하는 신규 시장에 대응할 수 있는 전문업 신설이 필요하다. 급수설비관리업을 도입해 건축물의 급수설비 관리계획 수립, 관리업무 감독, 위생 및 상태검사에 대한 검토 및 조치계획 마련은 물론이고 이를 수도사업자에 보고하고 도면 등을 관리하며 저수조 청소 및 급수관 상태검사 등의 기존 업무를 수행하도록 한다.

3) 대국민 홍보 강화

옥내급수설비 체계화의 목적, 필요성, 절차 등을 홍보하여 국민에게 제도 도입의 목적을 충분히 이해시켜 초기 제도 도입에 혼선이 없도록 하여야 한다.

| 하수도 |

대도시 공공하수처리시설 악취저감을 위한 관리방안 연구

사업의 개요

사업구분 : 2017 하수도공동연구과제

연구기간 : 2017.07 ~ 2018.07

수행기관 : 성균관대학교 산학협력단

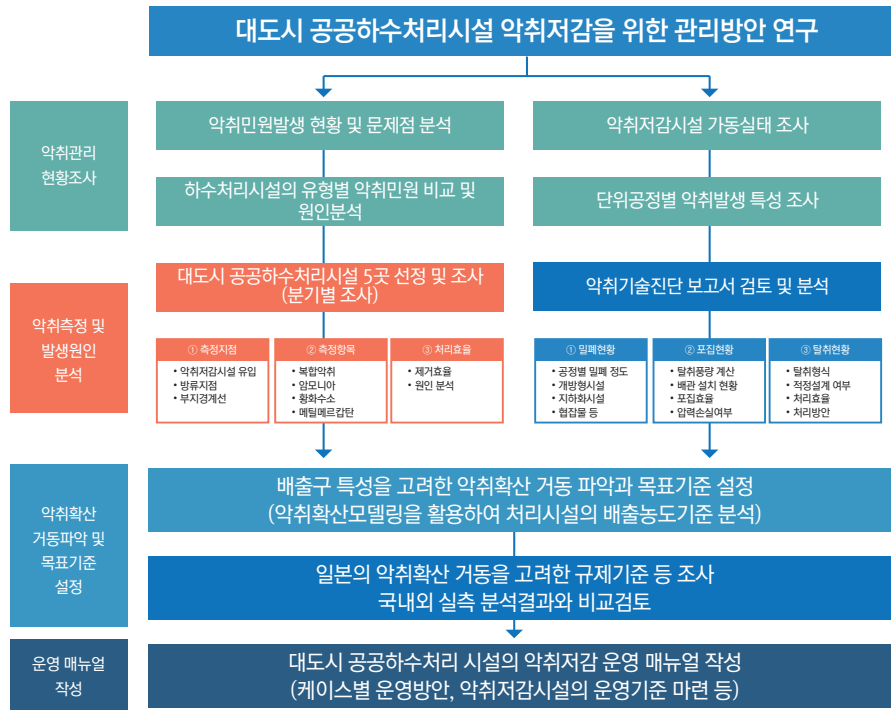
책임연구원 : 성균관대학교 장현섭 교수

관련자료(출처) : 「한국상하수도협회 홈페이지(<http://www.kwwa.or.kr>) 회원서비스 - 상·하수도연구 - 하수도 공동연구 - 2017년 연구과제」에서 자료 다운 가능

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 필요성

- ① 국내 대도시에 설치된 공공하수처리시설의 대부분은 악취저감시설을 운영 중이지만 온도상승기에 악취가 주변으로 확산되어 고질적인 민원이 발생되고 있다.
- ② 악취 민원은 공공하수처리시설을 운영하는데 걸림돌로 작용하며 행정력 낭비로 이어지고 있어 공공하수처리시설의 악취저감방안 마련이 시급한 실정이다.
- ③ 본 연구에서는 대도시 공공하수처리시설에 설치된 악취저감시설의 운영 현황을 조사하고 악취 발생 특성을 파악하여 악취 민원 해결을 위한 관리 방안을 마련하고자 한다.



[그림 1.1]
본 연구 개요

1.2 연구 목표 및 주요 연구 내용

1.2.1 연구 목표 및 추진 전략

가. 연구 목표



[그림 1.2]
본 연구 목표

나. 추진 전략

- ① 본 연구를 원활하게 추진하기 위해서 발주처와 연구수행기관의 긴밀한 협의와 해당 사업장의 정보 제공, 업무 협조가 필요하다.
- ② 본 수행 팀은 산·학·연의 다양한 분야의 악취 전문가로 구성된 자문 그룹을 구성하고 공공하수처리시설 등과 긴밀한 협력 관계를 유지하여 관련 정보를 구하고자 한다.

1.2.2 주요 연구 내용

가. 연구 범위 (과업범위)

- ① 국내 대도시 하수처리시설의 악취 민원 발생 현황 조사
- ② 하수처리시설 악취저감시설 가동실태 조사 및 운영상의 문제점 분석
- ③ 기상조건, 계절 등에 따른 하수처리시설의 악취 현상 분석, 악취 유형별 분석, 배출원 특성을 고려한 악취 확산 거동 파악
- ④ 국외 하수처리시설에서의 악취저감기술 검토 및 국내에 도입 가능 여부 검토
- ⑤ 연구 결과를 바탕으로 공공하수처리시설 악취저감을 위한 운영 매뉴얼 작성
- ⑥ 악취저감시설 설치 관련 기준 검토 및 개정안 제시

나. 주요 내용

- ① 국내 대도시 하수처리시설의 악취 현황 조사 및 분석
 - ㉠ 특·광역시 하수처리시설을 중심으로 악취 민원 발생 현황 조사
 - ㉡ 특·광역시 공공하수처리시설의 악취 민원 발생 현황과 악취저감시설 운영상의 문제점 분석
 - ㉢ 하수처리시설의 유형(개방형, 지하화 등)에 따른 악취 민원 발생 비교 분석
 - ㉣ 악취저감시설 가동 실태 조사
 - ㉤ 악취 민원이 빈번하게 발생하는 현장 5곳을 선정하여 악취저감시설의 처리 효율 조사, 처리 효율이 낮은 시설의 구조·운영상 원인 분석
 - ㉥ 현장조사 대상시설에 대하여 기상조건에 따른 악취 성상, 농도 등을 측정·분석
 - ㉦ 분기별로 악취저감시설의 유입, 방류 지점 및 부지 경계선에서 복합악취 및 지정악취(3종)* 측정

* 하수처리시설에서 발생하는 지정 악취 : 암모니아, 황화수소, 메틸메르캅탄
 - ㉧ 악취기술 진단보고서 내용 검토 및 분석
 - ㉨ 현장조사 대상 시설의 악취기술 진단보고서를 검토하여 악취 발생의 원인 분석
- ② 악취저감시설의 배출원 특성을 고려한 악취 확산 거동 파악, 착지지점 목표기준 설정
 - ㉠ 현황조사 대상 시설의 배출구 높이, 모양, 직경 등을 고려하여 발생원에서의 악취 확산 거동을 파악하고 착지지점 목표기준 설정

* 악취 착지지점 목표기준은 주민들이 냄새에 의한 불쾌감을 가질 수 없는 농도로 설정

 - ㉡ 악취 확산 예측 모델링을 활용하여 악취 착지지점 목표기준 설정, 목표기준 만족을 위한 처리 시설 배출 악취 농도 기준 분석
- ③ 국외 하수처리시설에서의 악취저감기술 적용 사례를 조사하여 국내 적용성 검토
 - ㉠ 유럽·일본의 오픈형 하수처리시설의 악취 저감기술 및 처리시설 운영 방법 등 조사
 - ㉡ 일본의 악취 확산 거동을 고려한 규제 기준 등 자료 조사
 - ㉢ 국외 사례의 국내 적용성 검토 및 최적 도입 방안 제시

- ④ 악취저감시설 설치·운영 및 공공하수처리시설 악취저감을 위한 운영 매뉴얼 작성
 - ㉠ 악취 모델링 결과를 분석하여 하수처리시설 운영방안 제시
 - ㉡ 악취 착지지점 목표기준 만족을 위한 배출 악취 농도 기준 등을 제시하여 기상 조건, 악취 성상에 따른 저감 방안 제시
 - ㉢ 악취농도 및 발생원별 적정 처리공법 제시
 - ㉣ 하수처리시설에 대한 전반적인 악취방지대책 방안 제시
 - ㉤ 분석한 5개소 시설의 사례별 악취저감을 위한 운영 방안 제시
 - ㉥ 공공하수처리시설에 공통적으로 적용 가능한 악취방지대책 방안 제시
 - ㉦ 악취저감시설 도입 시 검토사항 및 절차 제시
 - ㉧ 악취저감시설 종류별 설계 및 운영 기준(적정 포집량, 체류 시간, 처리 효율, 관리 인자 등) 마련
 - ㉨ 악취저감시설 적정 관리 인원 및 세부 관리 사항 제시

2. 국내 대도시 하수처리시설의 악취 현황 조사 및 분석

2.1 국내 공공하수처리시설의 일반 현황

2.1.1 공공하수처리시설의 운영 현황

- ① 전국 공공하수처리시설은 3,963개소(2016년 기준)이고 이 중 처리용량 500톤/일 이상은 649개로, 전체 처리 유량(25,408천톤/일)의 약 99%를 차지한다.
- ② 공공하수처리시설의 고도처리 적용시설은 560개소로 94% 이상(하수처리용량 500톤/일 이상 기준)이며, 시설 용량 10만 톤/일 이상의 시설은 53개소로 인구 밀집 도시를 중심으로 설치되어 있다.

2.1.2 공공하수처리시설의 악취 현황 및 문제점

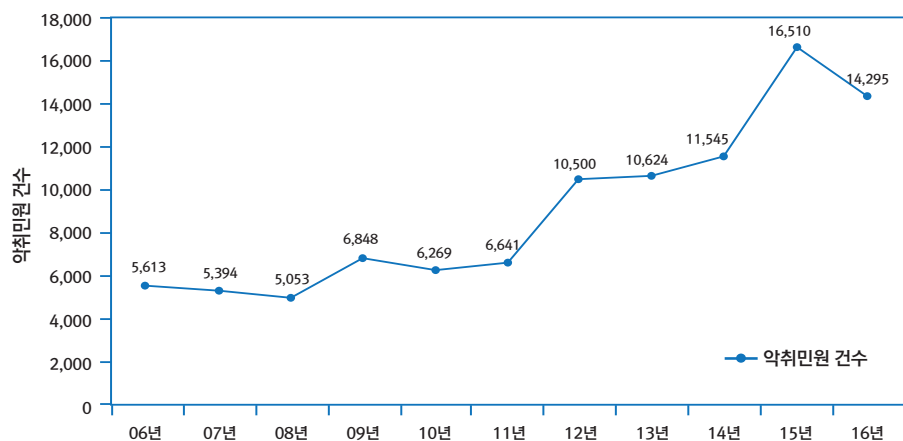
가. 주요 악취 발생공정

- ① 하수처리과정에서 악취는 하수의 유입, 처리, 그리고 최종 처분에 이르는 모든 공정에서 발생한다.
- ② 일반적으로 호기성 하수처리 과정에서 발생하는 악취는 인돌, 스카톨, 유기산, 에스테르, 알코올 및 알데하이드류 같은 물질을 포함하며 악취 강도가 높지 않으나 슬러지 및 하수처리부산물의 이송 및 처분 과정에서는 고농도 악취가 발생한다.
- ③ 산소가 고갈되고 혐기성 조건으로 전환되면 하수처리시설 대표 악취 물질인 황화합물이 발생하는데 대부분 악취의 주요 물질이다.
- ④ 악취는 주로 하수처리시설로 유입되는 하수관로와 하수처리시설의 혐기성 공정, 일차침전지, 슬러지 농축조, 슬러지 저류조와 같은 공정 시설에 집중되어 발생한다.
- ⑤ 그러나 공정별 악취 성상에 대해서 조사 연구가 부족하고 대부분의 조사도 지정 악취 22종에 한하여 진행되고 있어 공정별로 주요 물질이 왜곡되는 문제가 있다.

나. 악취 민원 현황

- ① 전국적인 악취 민원은 2016년 기준으로 24,748건으로 조사되었으며 매년 19% 정도 증가하고 있다.
- ② 최근에는 도시 개발이 활성화되면서 하수처리시설과 주거지의 이격거리가 짧아져 하수처리시설 관련 민원이 증가하고 있다.
- ③ 2016년 하수도 및 공공하수처리시설에서 발생한 악취 민원은 14,295건으로 해마다 증가하고 있다. 주로 특·광역시에 집중되어 있는데 00시 00구 일대의 경우 157건이고 00시 00구 일대는 256건, 00시 00구, 00구의 경우 347건, 00시 00구 일대는 220건, 00시 일대 350건의 민원이 접수된 바 있다.
- ④ 최근 하수처리시설이 지하화되고 상부에 공원 설치해, 주민편의시설로 이용하고 있으며 이로 인해 기존보다 안정적이고 엄격한 악취 관리가 요구된다.
- ⑤ 최근 하수관로가 분류식 관로로 정비되고 하수 슬러지의 해양 투기가 금지되면서 고농도 악취가 발생하는 공정이 많아지고 있으며 기존에 설치된 방지 시설의 성능을 초과하는 경우에는 악취방지법상 규제 기준을 만족시키지 못하고 있는 실정이다.
- ⑥ 이러한 상황에서 국내의 경우 하수처리시설의 악취 배출량을 산정할 수 있는 배출 계수 및 발생원단위에 대한 연구는 물론이고, 하수처리시설의 밀폐-포집-탈취 시설에 대한 설계 근거가 매우 부족한 상황이다.

[그림 2.1]
하수도 및 하수처리시설
관련 악취 민원
(출처 : 환경부, 2017)



2.2 국내 악취방지기술 적용사례

2.2.1 악취방지기술 개요 및 종류

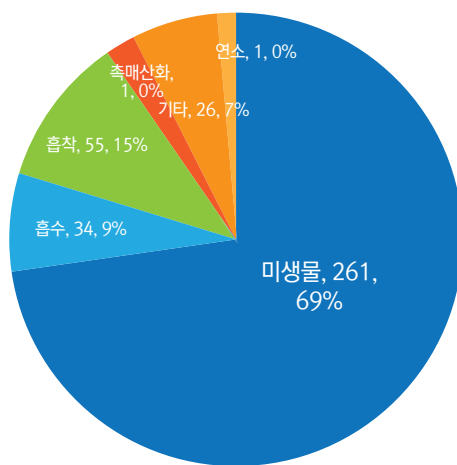
가. 악취방지기술 종류

- ① 국내에 이미 알려져 적용 중인 악취방지시설은 크게 세정법, 흡착법, 오존법, 생물 탈취법, 연소법, 소취제분무법으로 구분된다.

2.2.2 악취방지시설 적용 현황

가. 공공하수처리시설의 악취저감시설 설치 현황

- ① 악취기술진단을 실시한 357개 공공하수처리시설을 대상으로 악취방지설비를 분석한 결과, 총 452개의 방지시설이 설치·운영되고 있으며 주요 방지시설은 바이오필터 > 흡착 > 세정 > 촉매산화 순으로 조사되었다.
- ② 최근 공공하수처리시설의 악취부하 증가에 따라 세정식(수세정 or 약액세정)의 비율이 증가하고 있으며, 기술 적용에 있어서는 단일 공법보다는 복합 처리 공법이 선호되는 상황이다.



[그림 2.2]
공공하수처리시설
악취방지시설 공법 분류
(출처 : 환경부통계연감, 2016)

- ③ 공공하수처리시설에 악취방지시설의 용량은 100m³/min이 306개(66.2%)였으며, 500m³/min은 32개(6.9%)로 중소규모 방지시설이 대부분이다.
- ④ 악취방지시설은 처리시설당 약 1.3개가 설치되어 있으며 설치율은 92%로 대부분의 하수처리시설에 악취방지시설이 설치·운영되고 있는 것으로 조사되었다.

처리 시설	처리 용량 (톤/일)	탈취 대상	탈취량 (m ³ /min)	탈취 방식
00시 00수지하수처리시설	110,000	슬러지계통	260	바이오 필터
00시 제2하수처리시설	120,000	슬러지계통	270	바이오 필터
00시 하수처리시설	24,000	수처리 및 슬러지계통	200	활성탄 흡착법
00시 수처리시설	200,000	악취 발생원 전체	1,010	HBR 바이오 필터
00시 00하수처리시설	615,000	악취 발생원 전체	1,000	바이오 필터
00시 00하수처리시설	1,100,000	악취발생원 전체	800	바이오 필터
			2,000	
00시 00하수처리시설	32,000	슬러지계통	200	바이오 필터
00시 제1단계하수처리시설	385,000	수처리 및 슬러지계통	405	바이오 필터
			1,000	
00시 하수처리시설	150,000	악취 발생원 전체	160	바이오 필터
00시 제2단계하수처리시설	149,000	수처리 및 슬러지계통	580	바이오 필터
00시 하수처리시설	150,000	슬러지계통	100	바이오 필터
00시 00하수처리시설	100,000	수처리 및 슬러지계통	500	바이오 필터
			180	
00시 00하수처리시설	275,000	악취 발생원 전체	290	바이오 필터
			580	
00시 하수처리시설	460,000	악취 발생원 전체	920	바이오 필터
			950	
00시 하수처리시설	279,000	유입펌프동, 농축조	200	악액세정탑 바이오 필터
			240	
00시 하수처리시설	200,000	수처리 및 슬러지계통	160	바이오 필터
			330	
00시하수처리시설	150,000	수처리 및 슬러지계통	240	바이오 필터
00군 하수처리시설	6,300	수처리 및 슬러지계통	250	바이오 필터
00시 하수처리시설	26,000	수처리 및 슬러지계통	300	바이오 필터
00시 00하수처리시설	46,000	수처리 및 슬러지계통	265	바이오 필터

[표 2.1]
국내 하수처리시설의
탈취 시설 현황

2.3 특 · 광역시 공공하수처리시설의 악취 현황 조사

2.3.1 조사대상 시설 및 조사 방법

가. 조사대상 시설 개요

- ① 조사대상 시설은 특 · 광역시 공공하수처리시설(100,000m³/일) 중 악취 민원이 발생하거나 악취 개선 계획이 있는 처리시설을 선정하였다.
- ② 악취 조사는 분기별로 진행하였으며 부지경계에서 복합악취와 지정악취 22종, 방
지시설의 배출구에서 복합악취와 황화수소, 메틸메르캅탄, 암모니아 등을 측정 분
석하였다.

대상 하수처리시설	지역	시설 용량 (m³/일)	민원 발생 건 ('16 기준)	비고
00물재생센터	A시 00구	1,630,000	157	개방형
00시 00하수종말처리시설	B시 00구	350,000	256	개방형
00하수처리시설	C시 00구	900,000	347	개방형
00시 00수질개선사업소	D시 00구	250,000	220	개방형
00시 하수처리시설	E시	130,000	350	개방형

[표 2.2]
 특·광역시 조사대상
 공공하수처리시설 현황

2.4 서울 서남물재생센터 조사 결과

- 가. 시설 현황
- ① 00물재생센터는 1,2처리시설로 구분되며 1처리시설에서 바이오 필터 방식 7개소와 포기 산화 방식 1개소, 2처리시설 바이오 필터 방식 3개소 및 포기 산화 방식 1개소로 총 12개소의 악취방지시설로 운영되고 있다.
- ② 악취기술 진단 자료를 토대로 정상 가동 중인 악취방지시설을 조사하였다.
- 나. 공정별 악취 조사 및 측정 결과
- ① 00물재생센터의 기상 측정 결과 온도는 21℃~27℃이며 풍향은 서풍계열이 우세하였다(남서풍, 북서풍).
- ② 00물재생센터의 복합악취는 배출허용기준상 부지경계 기준 15배수를 모두 만족하는 것으로 나타났다.
- ③ 1처리시설 반류수처리시설(바이오 필터)은 복합악취 측정 결과 1,442배수~6,694배수로 4회 모두 배출허용기준을 초과하였으며, 1처리시설 침사지(바이오 필터)는 1차 분석에서만 초과(669배수)하였다.
- ④ 2처리시설 소화조(바이오 필터)는 복합악취 측정 결과 300배수~1,000배수로 4회 측정 중 3회가 배출허용기준을 초과하였다.
- ⑤ 2처리시설 부상농축조(바이오 필터)는 복합악취가 1,000배수~6,694배수로 4회 모두 초과하였다.

[그림 2.3]
OO물재생센터의
복합악취 조사 결과



2.4.1 OO시 OO하수처리시설

가. 시설 현황

- ① OO하수처리시설의 시설용량은 350,000m³/일이며, 1처리시설은 바이오필터 방식 2개소와 약액세정방식 1개소, 2처리시설은 활성탄흡착+약액세정방식(2단계 처리) 1개소로 악취방지시설이 운영되고 있다.

나. 공정별 악취 조사 및 측정 결과

- ① OO하수처리시설의 기상측정 결과, 온도는 8℃~28℃이며 풍향은 서풍계열이 우세하였다(서풍, 북서풍).
- ② OO하수처리시설의 부지경계에서 복합 악취 측정 결과 배출허용기준(15배수)을 모두 만족하였으나 지정악취 물질 중 황화수소는 배출허용기준을 1회 초과하였다.
- ③ 1처리시설 유입동(바이오 필터)은 모두 배출허용기준을 만족하였고 1처리시설 유입분배조의 경우 4회 중 1회(4차 4,481배수), 1처리시설 생슬러지저류조(바이오 필터)의 경우는 4회 모두 배출허용기준을 초과하였다.
- ④ 2처리시설 탈수기동(약액세정탑+흡착탑)은 복합악취가 4회 모두 배출허용기준 500배수를 만족하여 2단계 처리와 흡착탑의 효과가 큰 것으로 판단된다.



[그림 2.4]
OO하수처리시설의
복합악취 조사 결과

2.4.2 OO하수처리시설

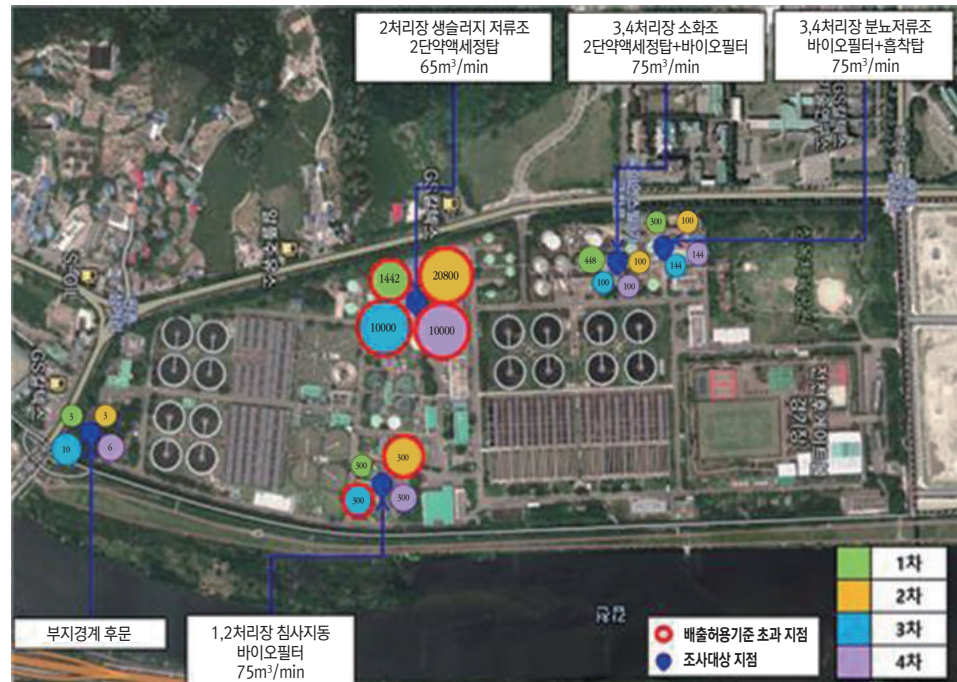
가. 시설 현황

- ① OO하수처리시설의 시설용량은 900,000m³/일이며, 1,2처리시설 바이오 필터방식 1개소, 2처리시설 약액세정방식(2단) 1개소, 3,4처리시설은 바이오 필터+흡착방식(2단 처리)와 약액세정(2단)+바이오필터(2단 처리)로 악취방지시설이 운영되고 있다.

나. 공정별 악취 조사 및 측정 결과

- ① OO하수처리시설의 복합악취는 배출허용기준상 부지경계 15배수를 모두 만족하였으나 1,2처리시설 침사지동(바이오필터)은 4회 측정 시 2차(1,442배수), 3차(1,000배수)에서 배출허용기준을 초과하였다.
- ② 2차 처리시설 생슬리지저류조(2단 약액세정탑)는 4회(1,442배수~20,800배수)로 모두 배출허용기준인 500배수를 초과하였다.
- ③ 한편 3,4처리시설의 고농도 악취가 유입되는 시설인 소화조와 분뇨저류조는 단일 처리 방식의 악취방지시설이 아닌 타깃 악취 물질을 선정하여 방지시설은 증설한 좋은 사례라고 할 수 있는데, 2개소 모두 4회 복합악취 측정 시 배출허용기준 500배수를 만족하였다.

[그림 2.5]
OO하수처리시설의
복합악취 조사 결과



2.4.3 OO시 OO수질개선사업소

가. 시설 개요

- ① OO시 OO수질개선사업소의 시설 용량은 250,000m³/일이며, 생물리지, 탈수동 등에서 발생하는 악취 저감을 위해 수세정+악액세정+미생물탈취방식의 복합형 악취방지시설을 운영하고 있다.

나. 공정별 악취 조사 및 측정 결과

- ① OO수질개선사업소의 부지경계선의 복합악취를 4회 측정한 결과, 2차와 3차에서 우 30배수로 배출허용기준을 초과하여 밀폐 및 포집이 불량한 것으로 예상된다.
- ② 하수처리시설 탈수기동 악취방지시설은 3차 측정 시 669배수로 배출허용기준 500배 수를 초과하였다.
- ③ 해당 악취방지시설(수세정+악액세정+미생물탈취)은 경계 지점인 도로 지역과 근접하게 설치·운영되고 있어 각별한 관리가 필요하다.



[그림 2.6]
OO수질개선사업소의
복합악취 조사 결과

2.4.4 OO시 하수처리시설

가. 시설 현황

- ① OO시 하수처리시설의 시설 용량은 130,000m³/일이며, 신설된 시설을 포함하여 총 7개소의 악취방지시설이 운영되고 있다.

나. 공정별 악취 조사 및 측정 결과

- ① OO시 하수처리시설의 기상 측정 결과, 온도는 15℃~30℃이며 풍향은 동풍, 북동풍과 남풍 등으로 조사되었다.
- ② OO시 하수처리시설의 부지 경계에서는 배출허용기준을 모두 만족하는 수준이다.
- ③ 잉여슬러지(약액세정탑)의 복합악취 측정 결과는 4회 측정 중 1회 배출허용기준을 초과하였으며, 탈수기동 기존 방지 시설(과거 미생물 탈취 방식에 약액세정방식으로 사용 중)과 신규 2단 약액세정탑의 4회 측정 결과 모두 배출허용기준을 초과하였다.
- ④ 1차침전지반응조는 2단 약액세정탑(신규 설치)+바이오 필터로 운영하고 있는데 증설했음에도 불구하고 복합악취 4회 측정 결과 모두 배출허용기준을 초과하였다.



[그림 2.7]
OO하수처리시설의
복합악취의 배출허용기준 초과 여부

2.4.5 악취 현황 조사 결과 요약

- ① 밀폐 시설 진단 결과, 일부 밀폐 시설은 파손되거나 휘어져 교체해야하며 유지 관리 및 운영 측면에서 주기적인 청소가 필요하다.
- ② 포집시설 진단 결과, 설계 대비 80% 이하 수준(최소 30%)으로 포집되는 시설이 존재하므로 주기적인 T.A.B.(Testing Adjusting & Balancing)이 필요하다.
- ③ 부지 경계 및 악취방지시설의 배출구에서 대부분 배출허용기준을 초과하였다.
- ④ 악취 저감시설의 악취 조사 결과, 일부 시설은 세밀한 유지 관리가 필요하며 메틸메르캅탄의 처리 효율이 매우 낮게 나타나 이에 대한 대안이 요구된다.
- ⑤ 고농도 악취 발생 시설은 2단계 이상의 악취 저감시설 설치가 필요하며 메틸메르캅탄의 처리와 보다 엄격한 악취 관리를 위해서는 최종 단계에 흡착에 의한 시설 설치가 필요하다.

3. 악취 확산 거동 파악 및 착지지점 목표기준 설정

3.1. 배출원 특성을 고려한 악취 확산 거동 파악

3.1.1 분산계수를 이용한 처리시설별 최대 착지농도 산출

가. 악취 배출량 산정

- ① 악취 배출량은 악취 방지시설 배출구에서의 풍량과 복합악취 농도를 곱하여 산정하고 배출구 풍량은 배출구 단면적과 유속을 이용하여 구할 수 있다.

$$\text{악취 배출량(OU/min)} = \text{배출구 풍량 (m}^3/\text{mn)} \times \text{복합악취 농도(OU/m}^3\text{)}$$

- ㉠ OO시 OO재생센터의 악취 배출량은 각 공정별 최대 악취 농도로 산정하였으며, 조사 대상 공정 중 2처리시설 부상농축조 탈취기의 악취 배출량이 가장 많았다.

- ㉔ OO시 OO하수처리시설은 조사 대상 공정 중에는 1처리시설 생슬러지 저류조 탈취기에서 가장 많은 악취를 배출하는 것으로 나타났다.
- ㉕ OO시 OO하수처리시설의 각 공정별로 설치된 악취방지시설 최종 배출구에서의 악취 풍량과 복합악취 농도를 이용하여 악취 배출량을 산정한 결과, 2처리시설 생슬러지 저류조에서 2,131,784 OU/min으로 가장 많은 악취를 배출하는 것으로 나타났다.
- ㉖ OO시 OO수질개선사업소의 탈수기동에 설치된 악취방지시설에서 악취 배출량을 산정한 결과 203,680 OU/min으로 나타났다.
- ㉗ OO하수처리시설의 악취방지시설 최종 배출구에서 악취 배출량을 산정한 결과, 1차 침전지 반응조에서 가장 많은 악취를 배출하는 것으로 조사됐다.

	시설명	관경 (mm)	단면적 (m ²)	유속 (m/s)	풍량 (m ³ /min)	복합악취 결과(배수)	악취 배출량 (OU/min)
A시	1처리시설 침사지	2,200	3.799	9.4	2,142.9	669	1,433,574
	1처리시설 반류수처리	400	0.126	9.1	68.6	6,694	459,059
	2처리시설 소화조	700	0.385	9.5	219.3	1,000	219,251
	2처리시설 부상농축조	600	0.283	14.1	239.1	6,694	1,600,399
B시	1처리시설 유입동	500	0.196	5.6	65.8	300	19,757
	1처리시설 유입분배조	700	0.385	2.7	62.3	4,481	279,226
	1처리시설 생슬러지저류조	400	0.126	7.9	59.5	30,000	1,786,032
	2처리시설 탈수기동	750	0.442	4.3	113.9	448	51,038
C시	1,2처리시설 침사지동	450	0.159	5.8	81.1	1,442	116,904
	3,4처리시설 분뇨저류조	400	0.126	5.7	42.9	300	12,887
	2처리시설 생슬러지저류조	400	0.126	13.6	102.5	20,800	2,131,784
	3,4처리시설 소화조	400	0.126	4.8	36.2	448	16,205
D시	탈수기동	800	0.502	10.1	304.5	669	203,680

[표 3.1]
각 처리시설별
악취 배출량 산점 결과

E시	잉여슬러지	800	0.502	9.7	292.4	3,000	877,190
	탈수기동(기준)	600	0.283	2.9	49.2	10,000	491,724
	탈수기동(신규)	700	0.385	12.7	293.1	10,000	2,931,033
	1차침전지 반응조	10,00	0.785	6.8	320.3	14,422	4,619,078
	비상저류조	500	0.196	9.5	111.9	669	74,836

나. 분산계수에 의한 악취착지농도 산정

- ① 본 과업에서는 H1 Screen 모델의 분산계수를 이용하여 각 처리시설의 최대 악취 착지농도를 산정하였다.

	시설명	배출구 높이 (m)	복합악취 농도 (배수)	악취 배출량 (OU/min)	분산계수 (OU/m ³ /10 ⁶ OU/s)	최대착지농도 (OU)
A시	1처리시설 침사지	3	669	1,433,574	4521	108.0
	1처리시설 반류수처리	7	6,694	459,059	762	5.8
	2처리시설 소화조	5.5	1,000	219,251	1314	4.8
	2처리시설 부상농축조	8	6,694	1,600,399	598	16.0
B시	1처리시설 유입동	6	300	19,757	933	0.3
	1처리시설 유입분배조	5.5	4,481	279,226	1314	6.1
	1처리시설 생슬러지저류조	6	30,000	1,786,032	933	27.8
	2처리시설 탈수기동	7	448	51,038	762	0.6
C시	1.2처리시설 침사지동	6	1,442	116,904	933	1.8
	3.4처리시설 분뇨저류조	6	300	12,887	933	0.2
	2처리시설 생슬러지저류조	6	20,800	2,131,784	933	33.1
	3.4처리시설 소화조	7	448	16,205	762	0.2
D시	탈수기동	7	669	203,680	762	2.6
E시	잉여슬러지	9	3,000	877,190	486	7.1
	탈수기동(기준)	7	10,000	491,724	762	6.2
	탈수기동(신규)	8	10,000	2,931,033	598	29.2
	1차침전지 반응조	7	14,422	4,619,078	762	58.7
	비상저류조	7	669	74,836	762	1.0

[표 3.2]

각 처리시설별 악취방지시설의 최대 착지농도 예측 결과

3.1.2 악취확산모델을 이용한 배출구 영향 검토

AERMOD 모델을 이용하여 악취 배출구 높이와 모양 등을 고려하여 발생원에서의 악취 거동에 대한 사례 5가지를 대상으로 검토하였다.

① 배출구 높이에 따른 영향 평가

㉠ 높이 3~11m 조건의 배출구에서 50m 떨어진 지점에서 농도 변화가 1~11OU로 다르게 나타났으며 배출구 높이가 11m 이상인 경우 급격한 농도 변화는 없었다.

② 5m 미만 배출구 영향 평가

㉠ 배출구 높이가 각각 0, 2, 4m일 때 5m 높이 조건보다 먼 거리에서 높은 농도가 형성되었으며 부지 경계선 50m 거리 부근에서 5m이하 배출구에 의한 악취가 부지경계선 농도를 높이는데 영향을 주는 것으로 나타났다.

③ 배출구 유속에 따른 영향 평가

㉠ 배출구 유속이 낮은 경우(배출 속도 0.5m/s 이하) 배출구 인접 지역에서 최대 농도가 발생하였으며 ASHRAE의 배출 속도 기준인 5m/s와 10m/s일 때는 농도 차이가 크지 않았다.

④ 배출구 위치에 따른 영향 평가

㉠ 건물 높이(6m), 배출 속도, 배출구 높이를 고정하고 건물과 배출구 사이의 거리 변화에 따른 농도 변화를 살펴보기 위하여 배출구 X 좌표를 달리하여 검토하였다.

⑤ 주변 건물 높이에 따른 영향 평가

㉠ 배출구 주변 건물 높이가 높을수록 인접 지역에 높은 농도를 유발하였으며 배출구 높이가 건물 높이의 3.3배(Hb=3, Hs=10)인 경우 건물의 영향이 없는 것으로 나타났다.

3.2 악취 착지지점 목표기준 설정

3.2.1 악취 관리 목표기준

- ① 영국은 악취 목표기준(Benchmark Levels)을 악취 강도에 따라 3등급으로 적용하는데, 강한 취기일 경우 1.5odour units, 보통 취기는 3odour units, 약한 취기는 6odour units로 구분하여 관리한다.
- ② 하수처리시설은 보통 취기인 3odour units이 기준이며 분산계수를 이용하여 각 배출구의 영향을 3OU의 10% 이내 기여도 수준에서 관리한다.
- ③ 최대착지농도가 0.3OU 이하로 관리되는데, 0.3OU는 사람의 후각으로 감지할 수 없는 수준의 농도다.
- ④ 독일은 악취 빈도로 규제하는데 후각 측정법에 의한 현장 측정과 확산모델(AUSTAL 2000)을 이용하여 예측하는 방법을 사용한다.
- ⑤ 도심 지역의 악취빈도는 0.1(10%)이며 상업지구와 마을지역은 0.15(15%)로 관리하는데, 악취 민원이 악취농도보다는 빈도에 의해 발생하기 때문에 빈도 중심의 악취 목표관리 기준을 세운 것으로 악취배출량과 지역조건 등을 고려한 방법이다.
- ⑥ 일본은 악취 관리 목표기준을 1호 규제인 악취지수 10(부지경계)으로 설정하고 있으며 이를 시뮬레이터와 조건표 등으로 계산하여 1호 규제를 만족하는 배출구 농도를 산출한다.

- ⑦ 미국 일부 주(State)에서는 현장에서 악취를 직접 측정하는 방법을 사용하며 악취 기준을 3OU ~ 7OU로 규정하고 있다.
- ⑧ 확산모델에 의한 예측 농도는 기본적으로 악취를 정량화한 OU의 개념으로 설명할 수 있다. 악취 관리 기준은 기본적으로 주민의 대다수가 악취를 느끼지 못하는 수준인 1OU로 설정하는 것이 타당하며, 농도 위주가 아닌 빈도 중심의 관리가 필요하다.

국가	감지 시간	Peak-to-Mean factor	악취 기준	비고
독일	1초	4	1 OU / 10%	GOAA, 2008
오스트리아	5초	안정도에 따른 계수 적용	1 OU / 8% or 5 OU / 3%	Austrian Academy of Sciences, 1994
벨기에	1시간	1	6 OU / 2%, 10 OU / 2%	Nicolas et al., 2008
덴마크	1분	7.8	5~10 OU / 1%(주거지역), 10~30 OU / 1%(공업지역)	Olesen et al., 2005, Mahin, 2001
헝가리	1시간	1	0.6~1.2 OU / 2%	Cseh et al., 2010
미국, 펜실베이니아주	2분	2	4 OU / 0.57%(도로지역)	Ministry of Environment, 2003
	1시간	1	20 OU / 1.1%(주거지역)	
미국, 캘리포니아주	1시간	1	4 OU / 1.1%(공업지역)	
	5분	2.29	4 OU / 0.5%(경계지역)	
캐나다	1시간	1	20 OU / 1.1%	

[표 3.3]
외국의 악취 규제 기준

3.2.2 목표기준 만족을 위한 처리 시설 배출 악취 농도 기준 분석

- ① 하수처리시설 주변에 거주하는 주민이 악취로 인한 불편함을 호소하지 않고 민원이 발생하지 않을 정도의 악취 농도 기준을 3OU로 산정하였으며, 이를 만족하기 위해 각 시설별 악취 농도를 역산하여 제시하였다.
- ② 배출구마다 배출량과 높이가 다르므로 목표악취 농도도 달라진다.

	시설명	배출구 높이(m)	복합악취 농도(배수)	배출 악취 농도 기준	비고
A시	1처리시설 침사지	3	669	6	
	1처리시설 반류수처리	7	6,694	1,148	
	2처리시설 소화조	5.5	1,000	208	
	2처리시설 부상농축조	8	6,694	420	
B시	1처리시설 유입동	6	300	976	
	1처리시설 유입분배조	5.5	4,481	733	
	1처리시설 생물리저류조	6	30,000	1,080	
	2처리시설 탈수기동	7	448	691	
C시	1,2처리시설 침사지동	6	1,442	793	
	3,4처리시설 분뇨저류조	6	300	1,497	
	2처리시설 생물리저류조	6	20,800	627	
	3,4처리시설 소화조	7	448	2,177	
D시	탈수기동	7	669	259	
E시	잉여슬러지	9	3,000	422	
	탈수기동(기존)	7	10,000	1,601	
	탈수기동(신규)	8	10,000	342	
	1차침전지 반응조	7	14,422	246	
	비상저류조	7	669	704	

[표 3.4]
목표기준(10U) 만족을
위한 배출구 악취 농도

4. 국외 하수처리시설 적용 사례 및 국내 적용성 검토

4.1 유럽·일본의 악취저감기술 및 처리시설 운영방법

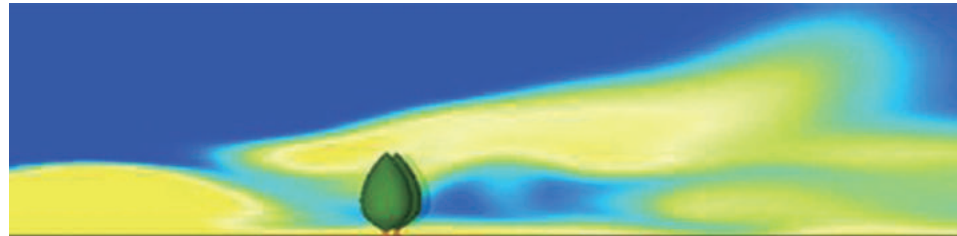
4.1.1 유럽의 악취저감 사례

가. 독일 쾰른 하수처리시설

- ① 본 처리시설은 1990년도 악취 관련 민원이 계속 발행하여 1999년 바이오 필터 설치 및 2002년 스크리버를 설치, 이후 악취 관련 민원 발생이 상당히 감소하였다.
- ② 특히 악취가 많이 발생할 수 있는 하절기에도 월 1차례 미만의 민원 발생하였다.
- ③ 침사지, 폭기조(지하매설) 등과 같은 하수처리시설 주요 공정들이 대부분 밀폐 및 덮개 시설이 잘 되어 있으며, 특히 폭기조는 1980년 지하로 매설하여 악취 발생량을 최소화하고 있다.
- ④ 침사지 등과 같이 고농도 악취 발생이 가능한 공정은 약액세정탑에 의한 1차 처리뿐 아니라 바이오 필터에 의한 2차 처리를 병행하여 악취 발생을 저감하고 있다.
- ⑤ 바이오 필터의 공탐 체류 시간은 20sec 이상으로 설계하여 운영하고 있다.

나. 독일 에바스서버밴드 하수처리시설

악취 민원을 방지하기 위해 민원 발생지와 이격거리를 최대한 떨어뜨리며 중간에 방풍림을 조성하는 방법을 선호한다.



[그림 4.1]
방풍림 조성에 따른
악취거동 변화 시뮬레이션

다. 호주 메리맥 하수처리시설

- ① 악취방지시설의 처리 용량은 $52,000\text{m}^3/\text{hr}$ 이며 악취 발생원은 하수유입부(스크린, 침사지 등), 혐기조, 슬러지저장탱크 등이다.
- ② 악취방지시설의 적용 공법은 세정식미생물탈취기(4식)와 고효율활성탄흡착탑(4식)을 2단으로 연결하고 활성탄은 침착 및 비침착 활성탄을 모두 사용한다.
- ③ 활성탄의 수분 영향을 최소화한 시스템으로 카본 필터 전단에 에어 히터가 설치되어 있으며 5년 만에 활성탄흡착탑 4기 중 2기의 활성탄을 교체하였다.
- ④ 미생물탈취기와 활성탄흡착탑의 체류 시간은 각각 8sec와 7sec로 설계하였다.
- ⑤ 배출구의 복합악취 평균 농도는 46배로 처리 효율이 매우 우수하다.

4.1.2 일본의 악취저감기술

가. 동경 오퍼아이(落合) 하수처리시설

악취방지시설은 약액세정 혹은 바이오 필터에 흡착탑을 2단으로 연결한 방식이며 대부분의 하수처리시설을 지하화하거나 완전 밀폐하였다.



[그림 4.2]
오퍼아이 하수처리시설의
완전 밀폐식 맨홀 및 덮개 방식

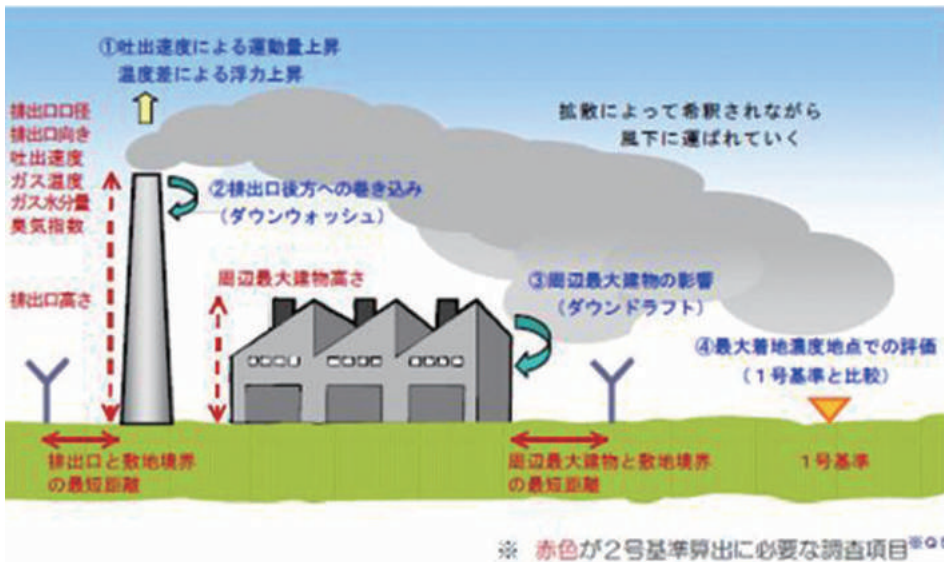
나. 동경 아리아께(有明) 하수처리시설

- ① 악취방지시설은 바이오 필터와 흡착에 의한 시설을 연계하여 설치하고 시설을 지하화하거나 완전 밀폐하여 운영하고 있다.

- ② 바이오 필터 체류 시간이 15sec 이상이며 운영 인원 31인 중 악취 담당 전문 인력을 배치하여 악취를 관리하고 있다.

4.2 일본의 악취 확산 거동을 고려한 규제기준 적용

- ① 일본은 굴뚝이나 배출구에서 배출되는 악취를 포함한 가스(이후 배출 가스)는 점점 확산 및 희석되어 지표면에 도달한다.
- ② 2호 기준은 배출구에서 발생한 악취가 부지경계 외의 지면에 도달했을 때의 농도가 1호 기준을 만족하기 위해 배출구에 적용하여 만족할 수 있는 악취 배출 기준을 정한 것이다.
- ③ 일본의 악취확산 모델은 배출구 규정을 적용하기 위하여 실제 현장에서 자주 발생 되는 영향인자를 고려한 것이다.



[그림 4.3]
일본의 악취 관리를
위한 주요 영향 인자

- ① 배출구 배출 속도에 따른 운동량의 상승, 온도차에 따른 부력 상승
- ② 배출구 후방으로의 연루(다운워시 ; down wash)
- ③ 주변 최대 건물의 영향 (다운드래프트, 하강기류)
- ④ 최대지면농도지점의 평가(1번 기준과 비교)

4.3 국외 사례의 국내 적용성 검토 및 최적 도입 방안

국외의 하수처리시설 악취저감에 관한 기술 적용 사례를 조사하여 다음과 같은 국내 적용성 검토 및 최적 도입 방안을 제시한다.

- ① 공정별 악취 발생량 예측 방안 필요 : 악취배출계수 등을 이용하여 악취 발생량 예측
- ② 스크린, 저류조 등 각 처리시설에 적합한 덮개 등 완전 밀폐 시설 도입
- ③ 고농도 악취 제거를 위해 2가지 이상의 악취저감기술을 접목하여 적용
- ④ 악취방지시설(바이오 필터)의 충분한 용량 설계(단독 적용 시 체류 시간 15sec 이상)
- ⑤ 악취 민원 저감을 위해 흡착에 의한 시설을 최종 단계에 악취저감기술로 적용
- ⑥ 악취방지시설을 관리하는 전담 인력 배치 운용

설계 인자	적정 조건
바이오 필터 층 높이	1~1.5m
바이오 필터 면적	1~3,000m ²
배출 가스 공기량	50~300,000 m ³ h ⁻¹
바이오 필터 표면 하중	5~500 m ³ m ⁻² h ⁻¹
바이오 필터 체적 부하	5~500 m ³ m ⁻³ h ⁻¹
바이오 필터 공극 부피	50%
바이오 필터 체류시간	15~60초
바이오 필터 1미터 당 압력강하	0.2~10cm 수위계 (최대 10cm)
유입 오염 물질 및 농도	0.01~5g m ⁻³ , 500~50,000 OU m ⁻³
운전 온도	15~40℃
유입 가스 상태 습도	> 98%
수분조건	60 percent by mass
pH 조건	pH 6~8
유입 가스 산소 함량	5~15%
일반적인 제거 효율	60~100%

[표 4.1]
일반적인 바이오필터 설계 인자

5. 악취저감시설 설치 · 운영 매뉴얼

본 장에서는 악취저감시설 설치 · 운영 매뉴얼에 대한 개략적인 내용을 제시하였으며 자세한 내용은 별책의 매뉴얼로 제작하였다.

6. 결론

6.1 요약 결론

본 연구는 대도시 공공하수처리시설에 설치된 악취저감시설의 운영 현황을 조사하고 악취 발생 특성을 파악하여 악취 민원 해결을 위한 관리 방안을 마련하고자 진행하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

가. 국내 대도시 하수처리시설의 악취 현황 조사 및 분석

- ① 특·광역시 하수처리시설을 중심으로 악취 민원 현황을 조사한 결과 대부분의 하수처리시설 주변에서 악취배출허용기준 이하로 운영하여도 악취 민원이 발생하며 민원은 지속적으로 증가하고 있는 추세이다.
- ② 현장 5곳을 선정하여 악취저감시설 가동 실태 조사를 실시한 결과, 포집효율은 대부분 양호하였으나 일부 시설의 포집효율이 0.3으로 매우 저조하였고 탈취 팬의 노후화가 원인으로 판단된다.
- ③ 현장 조사 대상 시설에 대하여 악취 성상, 농도 등을 측정·분석한 결과, 대부분의 하수처리시설에서 악취배출허용기준을 초과하였다.
- ④ 악취배출허용기준 초과 원인은 악취방지시설(바이오 필터 등)을 단일 처리 시설로 설치하였고 공탑 체류 시간이 10sec 이하로 매우 짧으며 미생물 관리가 부실하기 때문으로 조사되었다.
- ⑤ 특히 메틸메르캡탄에 대한 처리효율이 매우 낮게 조사되어 고농도 악취가 유입되는 공정에는 2단계로 악취저감시설을 구성하고 민원에 대응하기 위해서는 최종적으로 흡착에 의한 시설을 적용할 필요가 있음.
 - ㉠ 서울 서남물재생센터 : 배출구 4곳 12회 초과
 - ㉡ 인천 가좌하수처리시설 : 부지 경계 1회 초과, 배출구 2곳 5회 초과
 - ㉢ 대전하수처리시설 : 배출구 2곳 6회 초과
 - ㉣ 울산 용연수질개선사업소 : 부지 경계 2회 초과, 배출구 1곳 2회 초과
 - ㉤ 제주하수처리시설 : 배출구 5곳 14회 초과
- ⑥ 악취기술 진단보고서 내용 검토 및 분석
 - ㉠ 악취기술 진단보고서를 검토한 결과, 현장 조사 결과와 대동소이하였으며 악취 방지시설의 부적절한 적용과 운영이 문제점으로 파악된다.

나. 악취저감시설의 배출원 특성을 고려한 악취 확산 거동 파악, 착지지점 목표기준 설정

- ① 현황조사 대상시설의 배출구 높이, 모양, 직경 등을 고려하여 발생원에서의 악취 확산 거동을 파악하고 착지지점 목표기준 설정
 - ㉠ 국외의 악취관리기준 등을 참고하여 악취 착지지점 목표기준은 희석배수 30U 이하로 설정하였으며 이는 국내 악취공정시험기준에서 제시하는 최소 측정한계 값에 해당한다.
 - ㉡ 악취배출량과 배출구 높이 등을 고려한 스크린 모델의 악취분산계수를 사용하여 착지지점에서의 최대농도를 예측할 수 있었으며 목표기준보다 높을 경우 악취 배출량 저감 및 배출구 높이 상향 등을 고려할 수 있다.

다. 국외 하수처리시설에서의 악취저감기술 적용 사례를 조사하여 국내 적용성 검토

- ① 유럽·일본의 악취저감기술 및 처리 시설 운영 방법 등을 조사하였으며 충분한 악취 저감 용량 설계와 2개 이상의 악취저감시설 접목 및 악취 전담 요원을 배치하는 방안 등을 도출하였다.

- ② 일본의 악취 확산 거동을 고려한 규제기준 등 자료 조사하여 악취 배출구의 구경과 높이 등을 고려한 악취 배출 농도를 예측하였다.

라. 악취저감시설 설치·운영 및 공공하수처리시설 악취저감을 위한 운영 매뉴얼 작성

- ① 악취 모델링 결과를 분석하여 하수처리시설 운영 방안 제시
 - ㉠ 분산계수를 이용한 스크린 모델을 이용하여 5개 하수처리시설의 악취 착지지점 목표기준 만족을 위한 배출 악취 농도 기준 등을 제시하였다.
- ② 하수처리시설에 대한 전반적인 악취방지대책 방안 제시
 - ㉠ 공정 관리, 밀폐/포집, 탈취 방안에 대해 전반적으로 제시하였다.
- ③ 악취저감시설 도입 시 검토 사항 및 절차 제시
 - ㉠ 악취저감시설은 주요 악취 성분의 용해도에 따라 선정하며 악취 발생량을 근거로 적정 체류 시간을 산정한다.
 - ㉡ 악취저감시설의 관리를 위해서는 24시간 모니터링이 가능해야하며 민원이 주로 발생하는 온도 상승기에는 3교대가 가능한 인원이 필요할 것으로 예상된다.

6.2 정책 제언

가. 국내 공공하수처리시설의 신고 대상 시설 지정 의무화

- ① 현재 악취방지법상의 신고 대상 시설은 악취관리지역 내에 위치한 악취배출시설과 별도의 신고 대상 시설로 지정된 경우에 악취방지계획을 제출하게 되어 있다.
- ② 대부분의 공공하수처리시설은 악취관리지역 이외의 지역에 위치해 있어 별도의 신고대상시설을 지정하지 않으면 악취방지 의무가 없게 됨.
- ③ 이는 신고 대상 시설이 아닌 공공하수처리시설에 대해 악취기술진단을 의무화하고 있는 실정에 비춰보면 법적인 절충이 필요하며 공공성을 고려하여 500m³/min 이상 규모의 공공하수처리시설은 의무적으로 신고 대상 시설로 지정하는 방안이 필요함.

나. 공공하수처리시설의 악취방지시설 설계 지침 제작 필요

- ① 공공하수처리시설의 설계에 필요한 일반적인 자료는 하수도설계기준에 제시되어 있으나 악취방지시설은 개요 정도만 제시되어 있다.
- ② 현재 하수처리시설의 악취방지시설 설계는 별도 지침이 없어, 풍량만 제시하여 설계하거나 공법사 등에서 근거가 부족한 비공학적인 방법으로 설계하고 있다.
- ③ 공공하수처리시설의 악취저감을 위해 참고할 수 있는 설계 지침 등이 필요하며, 이를 하수도설계기준과 연계할 필요가 있다.

다. 공공하수처리시설의 악취방지시설 관리를 위한 전문 인력 배치

- ① 공공하수처리시설의 악취방지시설 운영 관리는 전문적인 영역임에도 별도의 악취 전문 인력이 배치된 사례는 매우 적다.
- ② 국외의 경우 하수처리시설의 악취방지시설을 전담하는 전문 인력이 배치되어 있다.

- ③ 국내에도 악취방지시설 운영관리 및 민원 대응을 위한 악취 전문 인력의 배치를 확대할 필요성이 있다.
- ④ 이를 위해 악취 관련 기술 위탁교육 및 악취 관련 기술자 양성 전문기관 도입을 검토할 필요가 있다.

라. 공공하수처리시설 주변 이격거리 제한 지침 신설

- ① 공공하수처리시설에 설치된 악취방지시설의 배출구에서 악취배출허용기준을 만족하여도 악취 민원이 발생하는 문제점이 있다.
- ② 악취 민원으로 인하여 하수처리시설의 악취방지시설 성능 보증 조건을 엄격한 배출 허용 기준인 300배보다 더 엄격하게 요구하고 있는 것이 현실이다.
- ③ 기존 하수처리시설 주변에 신규 주거 단지가 개발될 경우에는 집단 민원이 발생하고 악취방지시설 개선을 위한 막대한 비용이 소모되고 있다.
- ④ 유럽의 경우 이격거리 제한지침을 제정하여 악취배출시설과 주거 지역에 일정한 완충지대를 확보하고 있다.
- ⑤ 국내의 경우 각 지자체에서 축산 시설과 주거 지역간의 이격거리를 설정하여 축산 시설의 신축 및 증축을 제한하고 있다.
- ⑥ 공공하수처리시설도 이격거리 제한지침 등을 신설하여 무분별한 도시 개발로 인한 사회적 갈등을 사전에 방지하는 것이 필요하다.

| 하수도 |

스마트 하수도 시스템 도입 방안 연구

사업의 개요

사업구분 : 2017 하수도공동연구과제

연구기간 : 2017.07 ~ 2018.07

수행기관 : (사)대한상하수도학회

책임연구원 : 중앙대학교 오재일 교수

관련자료(출처) : 「한국상하수도협회 홈페이지(<http://www.kwwa.or.kr>) 회원서비스 - 상·하수도연구 - 하수도 공동연구 - 2017년 연구과제」에서 자료 다운 가능

제1장 과업 개요

1.1 과업 배경 및 목적

1.1.1 과업 배경

1.1.1.1 강우 시 하수도 시스템 문제점 증대

1) 기후변화에 따른 극한 강우로 인한 도시 침수 증대

최근 기후변화에 따라 극한 강우 발생 빈도가 높아지고 있으며, 이로 인해 도시 내 배수 시스템 용량을 초과하는 강우 발생으로 인한 도시 침수가 빈번히 발생하고 있다. 도시 침수는 가옥 침수, 교통 시설 마비 등 전통적인 방재적·사회적·경제적 측면의 문제 및 심리적인 불안정성 등 다양한 문제를 유발한다. 극한 강우에 빈번한 도시침수, 하수도 배수 시스템의 변화와 도시화로 인한 불투수지역의 확대 등으로 도시 배수 능력이 떨어짐에 따라 기존의 도시 배수 시스템의 수리적 기능을 모니터링하고 평가할 수 있는 능동적이고 새로운 기술 기반의 해결책 도입이 필요한 상황이다.

2) 강우 시 월류수(CSO/SSO)로 인한 하천오염 증대

도시침수 뿐 아니라, 강우 시 미처리 월류수(CSO/SSO)로 인한 하천 오염 증대도 사회적인 문제로 대두되고 있다. 합류식 하수도 시스템에서 발생하는 합류식 하수관로 월류수(CSOs)는 강우로 인한 초기 유출과 함께 지표면의 비점오염원을 이송시키며, 생활오수 등과 혼합되어 하천으로 방류됨에 따라 하천수를 오염시키는 원인으로 작

용한다. 강우 시 월류수에 의한 하천 오염의 예방을 위해서는 하수도 시스템을 명확히 조사하고 평가할 수 있는 체계적인 관리 계획과 이를 기반으로 하수관로, 우수토실, 하수처리장 등 전반적인 하수도시설에 관한 과학적인 모니터링 수행, 강우 시 하천 오염 예방을 위한 적절한 대응시설 설치 및 이를 효과적으로 사용할 수 있는 운영 관리 기술 도입이 필요하다.

3) 강우 시 오폐수 무단방류 및 수질사고 증대

폐수배출업소 방지시설의 비정상 작동으로 인한 유출은 처리장 및 하천에 대한 지속적인 비점 오염원으로 작용하여 이를 빠르게 파악하고 해결하기 위한 대책이 시급한 실정이다. 이러한 오폐수 무단 방류 및 수질 사고 시, 육안으로 판별하기 힘든 극소량의 중금속 및 화학 약품 유출 대응책이 전무하며, 무허가 배출 시설 이용, 미신고 배출, 별도의 배출구 사용 및 수질연속 자동측정기기를 조작하는 등 다양한 배출 유형에 대한 추적 방안이 필요하다. 따라서 폐수 유출원에 대한 지속적인 모니터링과 이를 관리감독할 수 있는 지능화된 통합 관리 시스템 도입이 필요하다.

1.1.1.2 새로운 기술 기반의 스마트 하수도 시스템 도입 필요성 증대

1) 미래기술 트렌드

최근 IoT(사물인터넷) 및 ICT(정보통신기술)의 등장에 따라 앞으로 미래 산업에서는 이를 이용한 다양한 기술과 서비스가 등장할 것으로 예측된다. 정부는 과학기술 관련 중장기 기본계획 또는 R&D 전략 수립 시 중점 투자 분야를 선정하여 전략적으로 유망 기술에 대한 R&D 활성화를 유도하고 있으며, 3차 과학기술 기본계획에서도 국가 전략기술 120개를 선정하고, 국가중점 과학기술 전략 로드맵을 수립하였다.

2) 스마트시티 등장

정부에서는 스마트시티를 국가전략으로 수립하고 이를 기반으로 기존 도시문제를 해결하고자 한다. 스마트시티란, 다양한 유형의 전자 데이터 수집 센서를 사용하여 도시자산과 자원을 효율적으로 관리하는데 필요한 기반 시설이 인간의 신경망처럼 도시 구성구석까지 연결되어 있는 도시를 말한다. 스마트시티 기술로 지역 사회 및 도시 인프라와 직접 상호 작용하고 도시에서 일어나는 일과 도시가 어떻게 진화하는지 모니터링할 수 있다.

3) 스마트 하수도 시스템 도입

스마트시티 개념에서 스마트 하수도 시스템은 IoT 및 ICT 기술을 바탕으로 기존 하수도 시스템에서 발행하는 다양한 문제(도시 침수, 월류수, 무단 방류, 수질사고 등)를 실시간 모니터링 및 제어 등을 통해 해결하도록 구성된다. 하수도 시스템에서의 실시간 모니터링 및 제어는 다양한 계측기술을 이용하여 하수도 시설물의 상태를 모니터링하고 정보를 수집하여 저장·보관하고, 이를 분석하여 안정적인 하수도 시스템 운영을 위한 의사 결정을 내린다. 이러한 과정을 통하여 과거의 하수도 시스템의 문제를 스마트 하수도 기술을 통하여 해결할 수 있다. 스마트 하수도 시스템에 대한 개념적 접근과 시도는 국내외에서 다양한 방식과 수준으로 진행되고 있다.

1.1.2 과업 목적

본 연구에서는 최근 등장한 IoT(사물인터넷) 및 ICT(정보통신기술) 등의 기술을 응용한 스마트 하수도 시스템의 도입을 통해 기존 하수도 시스템에서 발생하는 다양한 문제점을 해결하기 위하여, 종합적인 스마트 하수도 시스템 구축을 위한 현행 기술의 발전 정도와 적용 가능성을 검토하고자 한다. 또한, 이를 통하여 하수도 및 관련분야 정책연계 방안을 도출하고 지자체에서 관련 스마트 하수도 시스템 도입 시 활용할 수 있는 매뉴얼(가이드라인)을 작성, 국내 스마트 하수도 시스템 도입을 위한 방향을 제시하고자 한다.

1.2 과업 주요 내용

본 과업에서는 하수도 및 관련 분야 정책 연계 방안을 도출하고 지자체에서 관련 스마트 하수도 시스템 도입 시 활용할 수 있는 매뉴얼(가이드라인)을 작성하고 국내 스마트 하수도 시스템 도입 방안을 도출하기 위하여 다음에 관한 연구를 진행하였다.

① 국내외 스마트 하수도 시스템 현황 조사

- 국내외 스마트 하수도 시스템 기술 발전 및 적용 현황 조사
 - 하수관로 및 하수처리시설에 적용된 스마트 하수도 시스템 기술 현황 조사
 - 스마트 하수도 시스템 효과 및 비용, 문제점 등 분석
 - 특·광역시 실무자를 대상으로 스마트 하수도 기술 수요 설문 조사
- 스마트 워터그리드 연구사업, 스마트 상수관망 연구 사업에서 개발된 기술의 하수도 적용 가능성 검토
 - 모니터링 및 시설 관리를 위한 고기능 센서·스마트 다기능 계측기의 적용성 검토
 - IoT센서를 활용한 설비의 노후도 평가 기술 개발 현황 등

② 스마트 하수도 시스템의 효과 분석

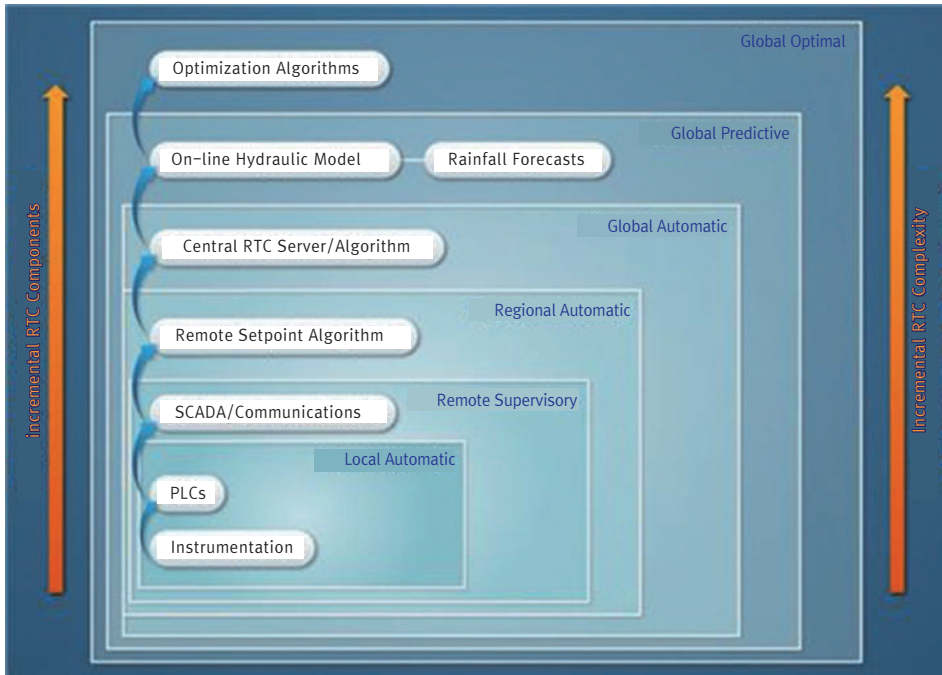
- 스마트 하수도 시스템이 구축되어 있는 하수관로 및 하수처리시설 각 3개소를 선정하여 시스템 구축 전·후의 효과 분석
 - 효과 분석은 지자체 보유 자료와 실측 자료를 바탕으로 오염부하 저감량을 정량화하여 평가
 - 조사대상 및 위치 선정은 특·광역시를 우선적으로 고려하고 필요 시 시·군으로 확대
- 통합관리시스템(하수관로, 하수처리시설) 구축 시 경제·환경성 분석

③ 스마트 하수도 시스템과 수질 오염 총량 관리와 연계

- 수질오염 총량관리제도에서 오염 물질 삭감량을 인정받기 위한 제도 방안 제시
 - 스마트 하수도 시스템 설치로 저감된 오염 물질 삭감량 산정 방법 등
 - 「수질오염 총량관리 기술지침」(2014, 국립환경과학원) 개정(안) 제시

④ 스마트 하수도 시스템 설치, 운영, 관리 매뉴얼 작성

- 스마트 하수도 시스템(하수관로, 하수도처리시설) 통합 관리 방안
- 스마트 하수도 시스템 설치 절차, 경제성 평가, 운영 관리 고려 사항 등
- 현행 관련 지침, 설계 기준 등을 고려한 매뉴얼 작성



[그림 1.1]
스마트 하수도 시스템 단계별 수준

제2장 스마트 하수도 시스템 현황

2.1 스마트 하수도 시스템 정의

전통적으로 하수도 시스템은 강수량, 수위 및 유량 데이터와 같은 반복적인 패턴에 기반한 시스템 모델링 및 장기 목표를 기반으로 '수동적'으로 운영된다(Brown et al., 2015). 하지만 스마트 하수도 시스템은 실시간 모니터링(RTM)을 통해 실측된 실시간 데이터 기반의 하수도 시스템 모델링 및 선제적 대응(실시간 제어, RTC)을 통하여 수계로 배출되는 오염 부하량을 최소화하는 '데이터 기반의 자동화'방식으로 운영된다는 점에서 전통적 하수도 시스템과 차이가 있다.

이러한 스마트 하수도 시스템은 기술의 수준 및 적용 방식에 따라 다양한 형태로 구성이 가능하다. 다음 그림과 같이 스마트 하수도 시스템은 단순 모니터링부터 예측 제어 및 최적 제어까지 과거 기술로는 극복하기 힘든 기술적 한계를 넘어선 새로운 방식의 하수도 시스템 운영 관리가 가능하도록 해준다.

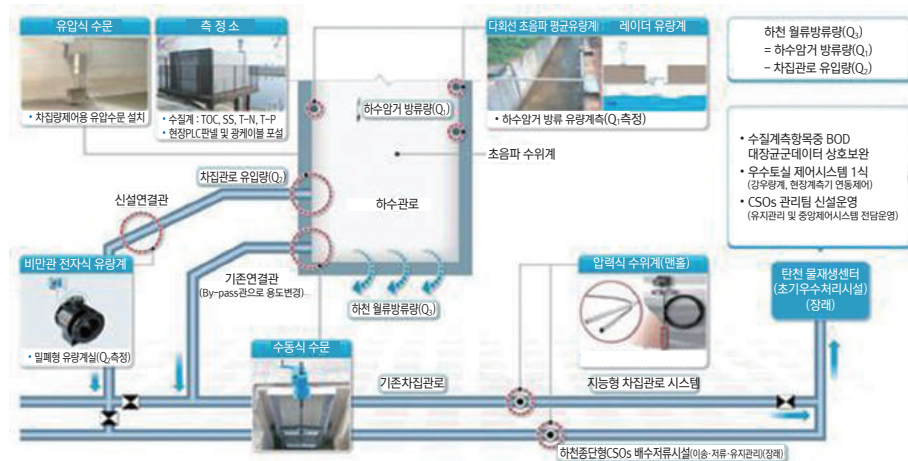
2.2 스마트 하수도 시스템 관련 기술 및 적용 사례

2.2.1 국내 적용 사례

1) S시 우수토실 부하제어 시스템

강우 시 하천으로 배출되는 오염된 빗물에 관한 처리가 매우 미흡하며, 하천으로 유

입되는 오염 물질의 60% 이상이 강우 시 유입되는 실정으로 S시에서는 강우 시 합류식하수도월류수(CSOs) 오염 부하량을 효율적으로 삭감하기 위한 ‘우수토실 부하제어 시스템’ 구축 시범 사업을 실시하였다.



[그림 2.1]
우수토실 계측제어시스템 개요도

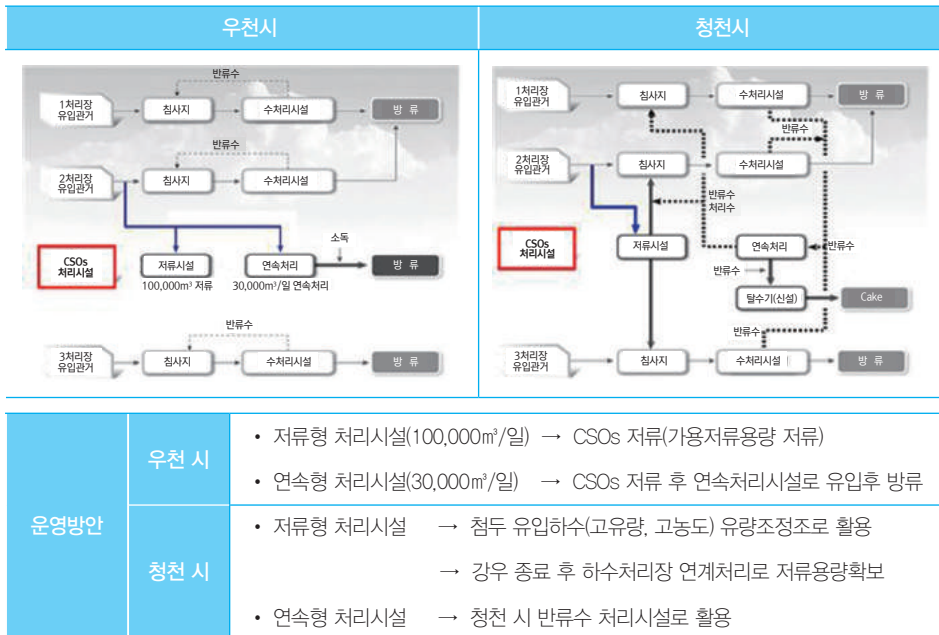
2) B시 우수토실 차집제어 시스템

B시 대부분의 처리 구역이 불완전분류식으로 관리되고 있어 하천이나 해역 말단부에 차집 시설이 설치되어 있으나 시설 및 기능의 노후화로 우천 시 유량제어가 되지 않아 불명수가 과다 유입되며, 하류 지역의 차집 시설에서 고농도의 오수가 하천으로 유출되어 방류수역 오염 등 환경 사고가 발생되고 있다. 이로 인해 하수처리시설의 처리 기능이 저하됨에 따라 하수처리시설 기능 개선을 위하여 하수관로 최적 관리를 위한 통합 관리 시스템 구축사업이 도입되었다.

총 1,245개소의 제어 장비(차집시설 원격제어 시스템 156개소, 스크린 장치 480개소, 부표연동식 조절 장치 32개소, 오리피스 551개소, 오리피스 조절장치 10개소, 토사유입 방지장치 16개소)를 제작·설치하였으며, 계측 장비는 46개소(강우설량계 및 하수관로 유량계 5개소, 수질계 41개소) 공급·설치하였고 통합 관리 시스템을 구축하였다. 통합 관리 시스템의 구성은 차집 시설 모니터링 시스템, 하수관로 모니터링 시스템, 하수관망 관리 시스템, 펌프장 관리 시스템으로 이루어진다.

3) J시 CSOs 및 초기우수처리시설

J시는 차집관로 최종 합류지점 통합 맨홀 자연 월류, 일부 구간(차집+폐수+음식물 배출수)의 압력 및 수위 증가로 역류 및 월류, 우수토실 및 맨홀 월류(CSOs) 등의 문제가 발생함에 따라 저류형+연속형 처리 방식의 RTB, 합류식하수도월류수(CSOs) 및 초기우수 등을 적정 저류 처리하기 위한 CSOs 및 초기우수처리시설을 설치하였다.



[표 2.1]
J시 CSOs 및 초기
우수처리시설 운영방안

4) Y시 우수관 무단방류 차질제어

일반적으로 빗물이나 계곡수 등을 하천으로 이송하기 위해 우수관로 말단에 토구를 설치하지만 본 대상 지점에서는 배수 설비 오작, 무단방류 등으로 원인불명의 오수가 유입되어 하천 오염 및 악취로 인한 민원이 장기간 발생함에 따라 하천으로 방류되는 방류수를 하수처리장으로 이송·처리하기 위하여 오수간선관로까지 별도의 연결관로와 유입량을 조절하기 위한 수문을 설치하였다.

우수관로 제어수문은 청천 시에는 일정 수위 미만으로 유입되는 오수를 전량 오수간선관로로 차집하여 하천으로 방류되지 않도록 하고, 강우 시에는 초음파 수위계를 이용하여 일정 수위 미만은 전량 차집하고 일정 수위 이상을 초과할 경우에는 수문을 닫아 전량 하천으로 방류하여 저농도의 빗물이 오수간선관로로 유입되지 않도록 하였다.

2.2.2 국외 적용 사례

1) 독일 슈투트가르트-울름의 배수터널 건설: 인터넷 기반의 실시간 감시

스와비아 울름 지역의 복잡한 지하수 상태는 지하수의 수리학적 특성과 수질 및 시추과정에 대한 시/공간적 모니터링이 필요하다. 따라서 2012년 인터넷 기반의 실시간 모니터링, 정보 및 조기 경보 시스템을 구축하였다.

연속적하여 측정된 지하수 데이터는 지질 및 기술 프로파일 섹션에 온라인으로 실시간 전송되어 터널 굴착 시 안전한 건설 진행과 배수에 필요한 정보를 제공한다. 이를 통해, 터널 굴착의 현재 상태가 프로파일 섹션에 실시간으로 표시되며 건설 관리자 및 고객은 현장에서 항상 업데이트 된 최신 정보를 볼 수 있다.

2) 덴마크 오르후스 항구의 물 비전 2100'

덴마크 오르후스 항구의 '물 비전 2100' 사례는 현재부터 2100년까지 단계적으로 정보 시스템을 구축하여 실시간 제어 및 조기경보 시스템을 제공하고 결과적으로 지하수, 공급수, 폐수 처리, 수자원 관리 분야에서의 깨끗한 수질을 확보하기 위한 마스터 플랜이다.

실시간 제어 및 조기경보 시스템을 위한 자동화된 운영체제는 데이터의 획득, 처리, 검증은 물론, 모델 설계, 최적화 전략 개발, 제어 명령 전송과 인프라 요소의 제어, 운영 정보 작동, 대충을 위한 경보 작업으로 구성된다. '물 비전 2100'의 가장 중요한 목표는 높은 인구성장률에 맞는 인프라 구조물을 조정하고, 수질 오염을 막기 위해 합류식 하수관로 월류수의 저장용량을 실시간 제어 가능하도록 구축하며, 수질 기준에 맞게 여가 지역을 높은 수질로 만들어, 기후 변화에 적응시키는 것이다.

3) 오스트리아 비엔나의 실시간 하수도 시스템 설계 및 구현

오스트리아 비엔나의 실시간 하수도 시스템 제어 설계 및 구현 사례는 하수도 시스템 내에 실시간 모니터링을 실시하여 계속적으로 측정된 데이터와 시뮬레이션 모델로 예측한 배수/수위 데이터를 함께 사용하여 목표 기준치를 초과하지 않도록 제어 장치를 운영시킨 것이다.

통합 하수도 제어 시스템은 온라인 강우 예측과 실시간 시뮬레이션을 통해 저장 능력 및 월류 하수관로의 최적화된 관리를 위해 설계되고 구현된다. 통합 제어 시스템은 하수도 시스템으로부터 수역으로의 강우 방류량을 최소화하고, 하수도 시스템의 방류 간 상관관계를 최적화시킨다.

통합 제어 시스템 구축을 위해 세 개의 모델이 적용되었는데, 첫 번째는 레이더 데이터를 기반으로 한 강우 분포의 시공간적 단기 예측 모델이고, 두 번째는 측정된 값을 사용한 모델의 실시간 보정을 포함한 강우 배수의 수력학적 실시간 시뮬레이션 모델, 세 번째는 전체 시스템에서의 제어 장치를 위한 최적화 모델이다. 결과적으로 적용된 통합 제어 시스템은 합류식 하수관로 월류수를 50% 넘게 감소시켰다.

2.2.3 소결론

현재 국내에 적용된 스마트 하수도 시스템은 강우 시 초과 유입되는 하수나 하천으로 미처리 방류되는 월류수 제어를 목적으로 하며, 대부분의 시스템이 모니터링을 통한 단순 차집량 제어(게이트, 밸브 등)로 구성되어 있다. 현재 국내 스마트 하수도 시스템은 실시간 모니터링을 통한 실시간 제어를 위한 시스템 해석 툴 부재로 전역적 능동적 대응이 어렵고, 기존 하수도 시설물(차집관로 등) 용량 증설 없이 제어 시설만 도입하여 스마트 하수도 시스템의 효과를 극대화하는데 한계가 있다.

따라서 스마트 하수도 시스템의 전국적 확산과 효과 확보를 위해서는 단순 모니터링에 기반한 시설물 제어를 넘어 시스템을 명확히 분석/평가하고, 모니터링 데이터를 기반으로 과거의 이력 자료와 상황을 예측·대비할 수 있는 분석 툴의 개발이 우선적으로 필요하다. 일반적으로 하수도 시스템 해석에 사용하는 범용 분석 프로그램(EPA SWMM, GPS-X 등)은 실시간 데이터 분석에 적합하지 않기 때문에 별도의 하수도 시스

템 해석 솔루션 개발이 필요하다. 이러한 틀을 기반으로 실시간 데이터와 과거 축적된 데이터로 하수도 시스템의 수리적 거동을 예측하여 다양한 문제에 대한 대응책을 수립하고 최적의 운영제어 의사결정을 바탕으로 보다 안전하고 효율적인 하수도 시스템 운영이 가능하도록 해야 한다.

2.3 스마트 하수도 시스템 기술수요 조사

국내 스마트 하수도 시스템의 도입 현황 및 도입의 필요성에 대한 인식 조사를 위하여 전국 지자체에 있는 하수도 시설물 운영관리 실무자들을 대상으로 스마트 하수도 시스템에 대한 실무자들의 인지도와 스마트 하수도 시스템 적용 수준 및 활용도, 도입을 위한 필요 사항 등에 대하여 설문 조사를 수행하였다. 설문 조사는 2018년 2월부터 3월까지 실시하였으며, 총 대상자 30명 중 25명(응답률 83.3%)이 응답하였다.

공공하수도 운영관리 담당자에게 실시한 설문조사 결과, 스마트 하수도 시스템의 필요성에 대한 인식은 있으나 기존 시설물 관리 시스템과 구분할 수 있는 정확한 개념을 가지고 있지 않은 관리자들도 있는 것으로 나타났다. 스마트 하수도 시스템 개념과 활용방안, 기존 시스템과의 호환 등에 대한 이해도를 높일 수 있는 관련 교육이 필요할 것으로 판단된다.

현재 운영·관리되고 있는 공공하수도의 스마트 시스템 도입 현황을 파악하기 위해 실시한 설문조사에서 일부 시설물에 대한 모니터링 및 운영제어 시스템이 일부 혹은 전체에 상당 부분 진행되어 있고, 수동과 자동 등이 혼용인 부분도 있으나 대부분의 하수도 시스템에서 낮은 수준의 스마트 하수도 시스템을 구축하고 있는 것으로 나타났다. 고도화된 수준의 스마트 하수도 시스템(실시간 모니터링 연동 전역 제어 수준)을 도입한 곳은 없었다.

하지만 스마트 하수도 시스템 구축에 대한 만족도나 기대감은 매우 높은 것으로 나타났다. 향후 예산 문제 및 전문 인력 확보 등의 현실적 문제가 해결된다면 보다 고도화된 스마트 하수도 시스템이 도입될 수 있을 것이다. 이를 위해 스마트 하수도 시스템 구축 시 기존 시스템과의 연계성·호환성뿐 아니라, 운영 인력 시스템에 대한 인식도·활용도 교육이 선행되어야 할 것이다. 또한, 스마트 하수도 시스템 활용을 위한 전문 인력 관리, 예산 확보 등과 같은 계획을 수립한다면 스마트 하수도 시스템 도입이 더욱 용이할 것으로 판단된다.

4.2 소결론

현재 국내에 적용된 스마트 하수도 시스템은 실시간 모니터링과 실시간 제어를 위한 시스템 해석 툴 부재로 전역적 능동적 대응이 어렵고, 기존 하수도 시설물(차집관로 등) 용량 증설 없이 제어 시설만 도입하여 효과를 극대화하기 어려운 한계점을 갖는다. 앞으로 스마트 하수도 시스템의 전국적 확산과 효과 확보를 위해서는 단순 모니터링에 기반한 시설물 제어에서 시스템을 명확히 분석/평가하고, 모니터링 데이터를 기반으로 과거의 이력 자료와 앞으로의 상황을 예측·대비할 수 있는 분석 툴의 개발이 우선적으로 필요하다. 이러한 틀을 기반으로 실시간 데이터와 과거 축적된 데이터를 바탕으로 하수도 시스템의 수리적 거동을 예측하여 다양한 문제에 대한 대응책을 수립하고 최적의 운영제어 의사 결정을 바탕으로 보다 안전하고 효율적인 하수도 시스템 운영이 가능하도록 해야 한다.

또한, IoT, ICT 기술의 발전과 함께 하수도 시스템에 대한 모니터링 장비와 통신, 분석 방

법이 점차 고도화되고 있으며, 이를 활용한 하수도 시스템에 특화된 전문 장비 및 툴 개발이 필요하다. 앞서 설명한 하수도 시스템 분석 툴도 과거의 하수관로 및 처리장의 수리적/물리·화학적 거동 특성을 단순 수학적식으로 모사하여 분석하는 방식을 넘어 메타-휴리스틱 방법, 자가학습, 인공지능 등 새롭게 등장한 다양한 모델을 통하여 분석할 수 있어야 한다. 특히, 하수도 시스템에 대한 빅데이터 구축이 가능한 상황에서 과거 대비 수만 배의 데이터를 기반으로 분석해 최상의 선택을 결정하기 위해서는 과거 기술만으로는 불가능하다. 즉, 새로운 분석 방법과 기술을 접목한 하수도 시스템 분석 툴 개발이 무엇보다 중요하다.

그 외 센서의 내구성 향상, 저전력 설계, 무선통신 기반의 센서 네트워크 구축, 클라우드 기반 정보 시스템 구축, 빅데이터 분석 및 관리 소프트웨어 등 스마트 하수도 시스템 관련 분야에 새로운 기술을 접목해 보다 다양하고 새로운 성능의 장비와 시스템이 도입될 것으로 예측된다. 따라서 하수도 분야 종사자는 이를 활용할 수 있는 토대를 우선적으로 마련하고, 능동적으로 기술을 받아들여 스마트 하수도 시스템 구축에 앞장서야 한다. 또한, 타분야 사례(에너지, 통신, 상수도 등)를 벤치마킹하여 하수도 시스템에 접목할 수 있는 새로운 시스템과 기술에 대한 탐구를 꾸준히 진행할 필요가 있다.

제3장 관련 정책 연계방안 및 개정(안)

3.1 정책 연계 및 개정 방향

수질오염 총량관리에서는 2014년 하수도법 개정에 따른 간이공공하수처리 내용을 반영하여 강우 시 환경기초시설로 유입되는 하수를 방류하던 것을 공공처리로 전환함에 따라 배출 경로 및 오염 부하량 산정 방법 개정에 관한 내용을 추가하여 모니터링하도록 개정하였다. 하지만 다양한 형태의 간이공공처리시설(저류조, 초기우수처리시설 등)에 대한 면밀한 검토와 반영은 이루어지지 않았으며, 단순 처리장 내 설치된 간이공공하수처리시설에 대한 오염 부하 삭감량만을 관리하는 수준으로 반영되어 개정이 필요한 상황이다. 이에 본 연구에서는 수질오염 총량관리 기술 지침에 향후 스마트 하수도 시스템 도입을 통해 구현 가능한 정밀하고 다양한 유량-수질 모니터링 시스템을 고려하여 다양한 하수도 배출원에 대한 모니터링과 오염 부하 삭감량에 대한 모니터링과 평가를 면밀히 수행할 수 있도록 관련 규정과 지침에 대한 개정(안)을 도출하였다.

또한, 하수도 시스템(하수관로, 처리장 등)의 상태 및 사업 효과 검증을 위해 우선적으로 필요한 것은 모니터링 시스템 도입이다. 모니터링을 통해 하수도 시스템의 상태를 명확히 파악하고, 사업 전/후의 효과를 정량적으로 평가할 수 있다. 현재 하수도 설계기준(환경부, 2017)에는 하수처리장에 대한 모니터링 시스템을 도입하도록 규정하고 있지만, 하수관로에 대해서는 모니터링 시스템을 도입하기 위한 규정이 마련되어 있지 않은 실정이다. 해외에서는 하수관로에 관한 모니터링 시스템을 도입하여 사업 효과(CSO 저감 효과, I/I 저감효과 등)를 검증하고 있으며, 지자체 중심의 모니터링 시스템에 기반한 하수도 자산에 대한 체계적인 관리 시스템을 구축하여 운영관리에 효율적으로 활용하고 있다.

이에 본 연구에서는 스마트 하수도 시스템의 첫 번째 단계인 모니터링 시스템 도입을 통해 하수관로의 상태(수리적/환경적) 및 사업 효과 검증이 가능하도록 하수도설계기준(KDS 61 00 00)에 하수관로 모니터링 시스템 도입에 관한 설계 기준을 추가하는 개정(안)을 도출하였다.

3.2 관련 정책 연계방안 및 개정(안)

스마트 하수도 시스템의 도입을 통해 강우 시 생활계(도시) 및 토지계(비도시) 오염원 삭감부하량을 실측(RTM)에 기반한 과학적인 방법으로 산정하기 위한 수질오염 총량관리 기술 지침 개정 방안과 하수관로에 대한 모니터링 시스템을 도입하는 하수도 설계기준 개정 방안을 제시하였다.

- 간이공공하수처리시설(하수저류조 포함), CSOs 저류시설, 초기우수처리시설 등
- 비점오염처리시설, LID 등
- 하수관로 모니터링 시스템 설계 기준 등

주요 개정안은 다음과 같다.

- 생활계 오염원 배출량 모니터링을 위한 방법 추가
 - 오염원 및 발생량 조사는 기본적으로 실측을 기반으로 수행하도록 함
 - ☞ 실시간 유량/수질 모니터링(RTM) 등 계측시설 설치를 통한 자료 수집 권고
- 소규모 분산형 비점오염원 처리시설의 삭감부하량 산정 신설
 - 처리 효율 및 처리 용량 자료를 기반으로 삭감량을 추정하도록 관련 정보 수집 권고
- 강우 시, 간이공공하수처리시설 및 CSOs 저류시설, 초기우수처리시설의 RTM 시스템 설치 추가
 - 강우 시, 간이공공하수처리시설 및 CSOs 저류시설, 초기우수처리시설의 유입/유출 부하량 측정을 위한 TMS 도입 → 삭감 부하량 산정
- 강우 시, 월류부하량 측정용 RTM 시스템 설치 추가
 - 강우 시, 우수토실 월류수의 부하량 측정을 위한 TMS 도입 → 월류부하량 산정
- 하수관로 유량 및 수질 모니터링 시스템 도입
 - 하수관로 및 우수토실 등 하수관로 시설물에 유량 및 수질 모니터링 시스템을 설치하는 설계기준(안) 제시
 - 하수관로의 수리적/환경적 상태 평가 및 관련 사업 효과 검증을 위한 기초 자료로 활용
기타 : 강우 시 추가 처리시설 삭감 부하량 및 월류수 부하량 조사표 표준 양식 제시

제4장 스마트 하수도 정보 시스템 설치 및 운영 관리 가이드라인

4.1 스마트 하수도 정보 시스템의 설치

4.1.1 하수도 정보 시스템 도입의 이점

1) 기관의 지식 보전

정보 시스템은 기관 내 여러 업무에 대한 기록을 남기고 자료를 축적하여 기관이 유용한 지식을 여러 세대에 걸쳐 보유할 수 있도록 하는 자산이다.

2) 규제 요건 준수

정보 시스템은 규제와 관련된 문서를 하수도시설 관련 법령 및 규정에 의거하여 자동으로 생성하여 하수도 시스템 관리과정에서 규제 요건을 준수하기 위해 필요한 정보가 누락되지 않도록 돕는다.

3) 신속하고 일관된 정보 검색

하수도 시스템을 운영하는 과정에서 직원은 자신의 과업에 필요한 정보뿐 아니라 대외적으로 요청받는 정보를 신속하게 검색해 낼 수 있어야 한다. 종이 기록을 뒤져 내용을 파악하는 것은 효율적이지 못하다.

4) 검수 및 유지 보수 일정

정보 시스템을 활용하여 장기간에 걸친 계약을 관리하면 업무의 신뢰성과 연속성을 증진시키고 서류의 분실 또는 일정 누락 등으로 인하여 발생하는 문제점을 해결할 수 있다.

5) 작업 절차 및 보수의 우선순위 결정

정보시스템은 실시간으로 운영되므로 상황 변화에 따라 우선순위 변동될 경우, 실시간으로 그 내용을 보고받을 수 있다. 이는 특히 비상 상황에서 관리자가 전반적인 상황과 세부적인 상태를 파악해야 할 때 매우 중요하다.

6) 운영 예산 정당화

정보 시스템이 없는 경우 하수도 시스템의 관리자가 과거의 경험이나 직관을 기반으로 예산을 세울 수밖에 없다. 이 경우 운영 예산 금액의 타당성에 대해 명확히 입증하기 어렵다. 정보 시스템은 축적된 자료를 통해 필요한 자원을 파악하고 필요한 경우 개략적인 예산을 계산해 줄 수 있다.

7) 개량 및 교체 계획

자산관리를 위한 개량 및 교체 계획은 복잡한 별도의 우선순위 체계를 결정해야 한다. 구조적 재질, 성능, 개·보수 이력, 하수의 예상 흐름, 자금 조달 역량 등 자산관리를 복잡하게 만드는 요인들이 존재하기 때문이다. 이러한 정보를 획득하는 것은 정보 시스템을 통해서만 가능하다.

4.1.2 하수도 정보 시스템의 분류

1) 컴퓨터 기반 설계 및 제도(Computer-Aided Design and Drafting, CADD)

컴퓨터 기반 설계 및 제도(CADD) 소프트웨어는 대상을 설계 및 제도하여 엔지니어링 설계 도면을 제작하는 데 사용된다. 배수 지역, 토지 사용 현황, 토양 정보, 비투과성 포장 등의 데이터도 공간 데이터 세트를 계층화시켜 쉽게 나타낼 수 있다.

2) 시설 관리 시스템(Facility Management System)

시설 관리 시스템은 시설의 시스템 데이터를 관리하는 컴퓨터 기반 설계 및 제도(CADD)기술이다. 이는 자산 목록, 검사, 유지 관리 작업에 활용된다. 시설 관리 시스템은 시설의 운영사가 소유하고 유지하는 시설의 기록을 보유하고 정기적인 유지 관리를 시행하기 위하여 활용된다.

3) 전산 유지 관리 시스템(Computerized Maintenance Management System)

전산 유지 관리 시스템은 하수도 시스템의 유지 관리에 관한 데이터를 표 형태의 데이터 세트에 제공함으로써 데이터를 저장, 통합, 분석하기 위한 기능을 제공하는 관계형 데이터베이스 관리 시스템(Relational Database Management System, RDBMS)이다.

4) 지리 정보 시스템(Geographic Information System, GIS)

지리 정보 시스템(GIS)은 간단히 말해 지리와 정보 시스템의 결합이다. 즉 지리적으로 연계된 데이터를 다루기 위한 정보 시스템이다. 지리 정보 시스템을 활용하면 스프레드시트의 표 형태에서 불가능한 방식으로 데이터를 이해하고 해석하고 시각화할 수 있다.

5) 고객 정보 시스템(Customer Information Systems)

고객 정보 시스템(CIS)은 서비스, 서비스를 제공하는 자산, 서비스와 관련된 고객에 관한 정보를 관리한다. 자산이 관로라면 관로의 관경, 재료, 설치 시점 등에 대한 정보와 해당 관로로부터 하수를 공급 받는 가구에 대한 정보 등을 취급한다.

4.1.3 하수도 정보 시스템의 구축

하수도 정보 시스템을 구축하기 위해서는 부서 간 협력이 필요하다. 하수도 정보 시스템은 하수도 시스템과 관련된 여러 이해관계자와 부서에서 동시에 상이한 수준으로 활용하게 되는데 각 이해관계자와 부서의 요구사항이 상이하기 때문이다. 또한 각 부서에서 생산하는 자료를 취합하고 적절한 주기에 따라 갱신해 주어야만 정보 시스템이 지속가능하므로 부서 간 협력이 요구된다.

4.1.3.1 하수도 시스템 정보의 유형

하수도 시스템에 대한 정보 시스템을 구축하는 것은 하수도 시스템에서 발생하는 정보의 유형을 이해하는 것에서 시작한다. 하수도 시스템의 운영을 위해 필요한 정보 관리를 위해서 관리자는 하수도 시스템의 정보 유형에 익숙해져야만 한다.

1) 시스템 자료(System Data)

시스템 자료는 하수도 시스템 정보의 핵심이고 다른 모든 자료는 시스템 자료에 의존한다. 시스템의 속성은 자산 목록, 유지 보수, 수리, 검사 및 상태 평가로 구성된다. 고객 서비스 기록 및 불만 사항(민원) 및 불만 사항(민원) 해결 이력도 시스템 자료를 구성하는 요소이다.

2) 공간 자료(Spatial Data)

공간 자료는 일반적으로 측량 좌표와 같은 정보를 의미한다. 공간 자료는 하수도 시스템의 구조와 위치를 설명하며 대체로 인공위성을 활용한 글로벌 포지셔닝 시스템(GPS) 자료에서 파생된다.

3) 동적 자료(Dynamic Data)

동적 자료는 하수도 시스템이 작동하는 방식을 설명하는 실시간 보고 자료이다. 국제적으로 동적 자료의 대표적 사례는 감시 제어 및 데이터 수집(SCADA) 시스템에서 보고하는 펌프장의 활동 및 정보 자료, 유량 측정 결과, 강우 게이지 판독 값 등이다.

4) 모델링 입력 자료(Modeling Input Data)

모델링 입력 자료(부하량 및 펌프 곡선)와 출력 자료(깊이, 유속, 월류수 발생 지점)는 하수도 시스템의 현재와 미래 통수능을 결정하는데 활용된다. 모델링 입력 자료는 관경, 경사, 유량 모니터링, 강우 자료 등의 자료를 기록한 지리 정보 시스템(GIS), 컴퓨터 기반 설계 및 제도(CADD), 전산 유지 관리 시스템(CMMS) 프로그램에서 얻는다.

5) 자산 가치 자료(Asset Value Data)

자산 가치 자료는 하수도 시스템의 화폐 가치 계산과 재생 및 교체 비용, 자본 개선을 지원하기 위한 필요 수익(또는 예산) 등을 의미한다. 하수도 시스템의 유지 관리와 기대 수명 사이에는 매우 밀접한 관계가 존재한다.

4.1.3.2 하수도 시스템 자료의 유형

정보 시스템 구축을 위해 정보 시스템에서 제공할 기초 데이터를 수집하는 것은 핵심적인 활동이다. 하수도 시스템의 데이터는 크게 공간 자료와 속성 자료 등 두 가지 유형으로 분류할 수 있다. 공간 자료는 하수도 시스템 구성 요소의 지리적 정보에 관한 것이고 속성 자료는 하수도 시스템의 자산들의 물리적 속성, 상태, 이력 정보, 운영 정보, 불만사항(민원) 등에 대한 것이다.

하수도 시스템 데이터 유형	일반적인 예시	데이터 갱신 빈도	데이터 기록 시스템
수평 이송 자산의 물리적 속성	관로 재료, 길이, 맨홀 상단 표고, 매설 깊이 등	매우 잦음	지리 정보 시스템(GIS)
수직 이송 자산의 물리적 속성	펌프 용량, 펌프 종류, 모터 출력 등	잦지 않음	전산 유지 관리 시스템(CMMS)
상태 자료	상태 평가 결과	검사 빈도에 따라 다름	전산 유지 관리 시스템(CMMS)의 CCTV 관련 소프트웨어
운영 관리 자료	작업 이력	잦음	전산 유지 관리 시스템(CMMS)
고객 서비스 자료	불만 사항/민원 이력	잦음	고객 정보 시스템(CIS) 전산 유지 관리 시스템(CMMS)

[표 4.1]
하수도 시스템의
일반적인 속성 자료 유형

4.1.4 하수도 시설 공공 측량과 지리 정보 시스템(GIS) 구축

하수도 관련 여러 정보 시스템 중 지리 정보 시스템(GIS)은 스마트 하수도 정보 시스템 구축의 핵심이다. 하수도 시설은 해당 하수도 시스템이 위치한 지역 내에 하수관로, 하수처리장, 중계펌프장 등을 배치하여 하수를 효율적으로 이송 및 처리하는 시스템이기 때문에 각 시설물의 위치, 고도, 경사와 같은 지리 정보가 매우 중요하다.

1) 하수도 지리 정보 시스템(GIS)의 구축 및 운영

하수도 지리 정보 시스템(GIS)의 구축과 운영은 일반적으로 지리 정보 시스템(GIS) 구축 및 운영을 전문으로 하는 컨소시엄 또는 용역사가 전담하여 수행한다.

2) 하수도 지리 정보 시스템(GIS)의 구축 및 운영 사례

서울시는 1998년 하수도 관리 전산 시스템 구축 기본 계획에 의거하여 도면의 데이터화 및 일부 지역에 대한 측량을 시작으로 그동안 여러 관련 사업을 거쳐 2017년 기준 DB 구축 전문 업체에서 세계측지계 기반의 절대측량 성과를 공간정보산업협회(구 대한측량협회)의 성과 심사를 통해 시스템에 로딩하는 체계를 구축하고 운영하고 있다.

서울시는 하수도 지리 정보 시스템(GIS) DB를 2004년부터 2009년까지 자체적인 DB 갱신 작업으로 수행한 후, 변경된 도로법의 적용 및 시설물 정확도 향상을 위해 공사 관거에 대한 절대 측량을 시행했다. 2012년부터는 공사 관거, 현장과 불일치하는 관거, 비관리청 공사에 대한 DB 구축 절차를 마련 및 시행하여 데이터 정확도를 향상시키고 있다. 다음 그림은 하수도 시설물에 대한 지리 정보 데이터베이스 구축 절차를 보여준다. 하수도 시설물의 위치는 GPS 및 토털스테이션을 이용한 절대 측량 방법으로 취득한다.

[표 4.2]
하수도시설물
지리 정보 데이터베이스 구축 절차



구축된 하수도 시설물 지리 정보 데이터베이스는 구축된 이후 하수도 지리 정보 시스템(GIS)을 운영하는 동안에는 계속적인 유지 관리 및 갱신 작업이 필요하다. 이때 중요한 것은 가용 예산과 지리 정보 정확도를 고려하여 적절한 갱신 주기를 확정하고 유지 관리 절차를 확립하는 것이다.

4.1.5 하수도 정보 시스템의 감리

정보 시스템의 감리는 전자정부법에 따라 ‘정보 시스템에 대한 제 3자의 종합적인 점검’으로 정의되어 있으나, 현재 실무적으로는 감사, 감독, 품질보증, 자문을 포괄하는 복합적 개념으로 이해되고 있다. 감리를 통해 스마트 하수도 정보 시스템 개발과 함께 시스템이 활용될 수 있도록 사업 과정이 시스템에 반영하여 개발 초기부터 운영 관리 측면을 고려하는 것이 중요하다. 감리 점검 프레임워크는 정보 시스템이 무의미하고 형식적인 시스템이 아니라 실질적으로 활용성 높은 시스템이 되기 위해 밝아 나가야 할 시스템 구축 단계와 각 단계별 감리의 수행 내용이다.

4.2 스마트 하수도 정보 시스템의 운영 관리

4.2.1 데이터 품질 보증(QA) 및 품질 관리(QC)

품질 관리(Quality Control, 또는 유효성 검사)는 프로젝트의 생산 단계가 완료된 후 발생한 오류를 식별하기 위해 고안된 조치다. 구체적으로 말하면 지리 정보 검사, 속성검사, 설계 검토 보고서, 수동 기능 확인과 같은 항목을 의미한다.

데이터의 품질 보증(QA)은 정확성이 높은 고품질 데이터를 얻기 위한 절차와 표준 및 기준이고 데이터의 품질 관리(QC)는 획득된 데이터가 실제로 유효한 데이터인지 검토하고 판별해 내는 작업과 품질 기준을 충족하지 못한 경우 이를 검 · 보정하여 유효 데이터에 합당한 품질로 시정하고 시정한 데이터가 적절한 품질을 갖추었는지 다시 분석하는 작업까지를 의미한다.

품질 보증(QA)/품질 관리(QC)와 관련된 일반적 원칙은 다음과 같다. 품질 보증(QA)/품

질 관리(QC)에 관한 기준, 절차, 표준, 사양, 검정 방법론, 시정조치 등을 수립할 때 이 원칙들을 적용할 수 있다.

- 품질은 세심한 계획의 결과다.
- 최종 데이터 수용을 위한 구체적인 기준과 데이터 품질 측정 사양을 정의한다.
- 품질 기준 충족 절차 정의 절차는 가능한 표준화 한다. 검증 프로세스는 문서화 한다.
- 오류는 가능한 한 빨리 검출한다. 실수 발견이 늦을수록 시정 비용이 더 많이 든다.
- 모든 오류는 기록한다.
- 직원들이 오류를 보고 하도록 권장해야 하며, 특히 오류를 예방하기 위한 개선된 절차를 권장한다. 절차 변경 사항은 유효성이 입증될 때까지 표준 절차를 외부에서 테스트한다.
- 품질 기준은 달성 가능하고 현실적이어야 한다. 많은 품질 기준들은 해석의 대상이 된다. 데이터 사용 방법에 따라 기준을 정의한다.
- 모든 오류가 허용 한계 이내에 있더라도 이상적인 품질을 목표로 수정한다.
- 검증 시험 수행, 불일치 조사 및 실수 시정에 대한 책임을 부여한다.

4.2.2 데이터 및 정보 시스템 보안

4.2.2.1 데이터 보안

정보 시스템은 정보 시스템의 기초가 되는 데이터 없이는 활용할 수 없다. 따라서 데이터를 안전하게 저장하는 것이 매우 중요하다. 데이터의 보안은 인·허가를 받지 않은 사람이 데이터를 반출하는 것뿐만 아니라 데이터가 유실, 파손, 변형되지 않도록 안전하게 보관하는 행위까지 포함한다. 데이터 관리를 포함한 정보 시스템의 유지 관리는 공급업체와 계약조건에 따라 상이하지만 일반적으로 정보 시스템 공급업체가 해결해야 한다. 그러나 하수도 정보 시스템의 데이터 보안에는 하수도 시설 관리자만이 대비할 수 있는 부분도 존재한다. 따라서 문제에 대비하여 하수도 시설 관리자의 권한으로 기초 데이터를 현장이 아닌 곳에 백업한다.

4.2.2.2 정보 시스템 보안

정보 시스템의 보안은 해당 정보 시스템을 활용하여 업무를 수행하는 기관이 준수해야 하는 법적/제도적 기준 및 자체적인 보안 목표, 업무 환경 및 중요도에 따라서 다양한 형태로 구축이 가능하다. 또한 정보 시스템의 보안에 대한 기술적 진입 장벽도 높기 때문에 구축 용역사와의 긴밀한 협조를 통해 스마트 하수도 정보 시스템을 활용하는 실무자의 보안 요구를 적절하게 설계에 투영해야 한다.

4.2.3 데이터 유지 관리

하수도 시스템 관리 기관은 데이터 유지 관리에 있어 두 가지 중 하나를 선택해야 한다. 하나는 기초 데이터와 정보 시스템에서 활용하기 위해 변환된 데이터를 모두 보유하는 것이다. 다른 하나는 현장에서 기초 데이터를 활용하여 데이터를 정보 시스

템에 즉각적으로 업데이트하는 것이다. 국제적으로 여러 기관이 현장에서 데이터를 즉시 업데이트하고 있고, 이는 다음과 같은 이점이 있다.

- 하수도 시스템 관리 환경에서 데이터 업데이트 및 유지 보수 도구를 완벽하게 테스트한다.
- 직원은 데이터 업데이트 프로세스와 도구에 대해 완벽한 교육을 받을 수 있다.
- 내부 직원이 변환된 데이터에 대해 품질 보증(QA)/품질 관리(QC)를 수행하는 것이 더 쉽다.
- 변환을 위해 데이터를 다시 운영 사무소로 보내는 것보다 시간 효율적인 접근 방식인 경우가 많다.

4.2.4 정보 시스템 운영 성과 측정

정보 시스템은 설치 이후 기술의 발전에 따라 지속적으로 증가하고 노후화한다. 운영·유지 보수 비용과 같은 고정 비용은 지속하여 증가하지만 대내외적인 정책 및 기술 변화에는 효율적으로 대응하지 못한다. 따라서 현재 운영 중인 정보 시스템의 운영 성과를 측정하여 정보 시스템의 폐기, 통폐합 또는 구조 개선을 추진함으로써 불필요하거나 과도한 비용 투입을 방지할 수 있다.

4.3 스마트 하수도 정보 시스템의 활용 방안

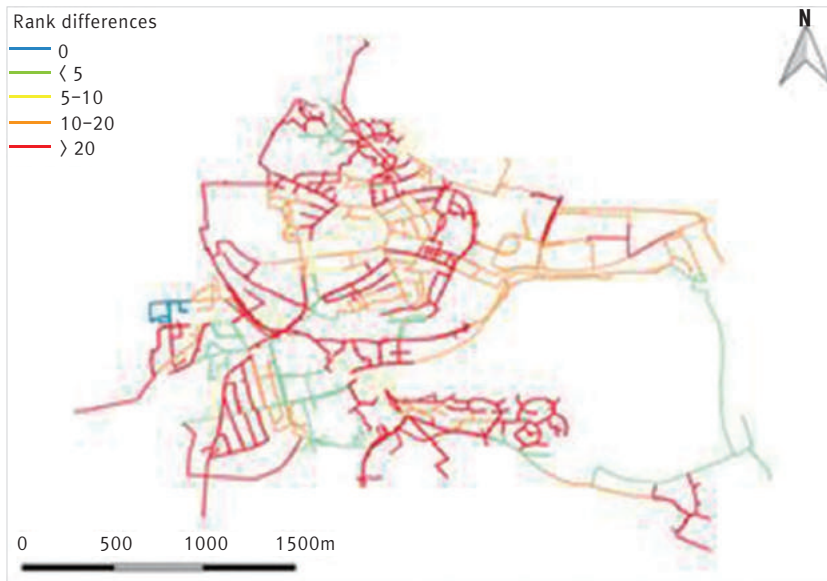
4.3.1 하수도 시스템 유지관리 및 자산 관리

4.3.1.1 하수도 시스템 자산 목록 및 현황 파악

스마트 하수도 정보 시스템을 활용하여 하수관로에 예방과 제어를 위한 유지 관리(자산관리) 작업을 수행할 수 있다. 고객과 시설 관리자에게 공공자산의 지속 가능성을 보장하는 전략 하에서 경제적인 생애주기비용(LCA)으로 적절한 수준의 하수도 서비스를 제공하는 것이다. 또한 스마트 하수도 정보 시스템으로 하수도 시스템의 자산 정보를 구축할 수 있다. 하수관로의 준설 이력, 경사(Slope), 주변 지반의 침하 가능성에 대한 자산 정보의 축적은 하수도 시스템의 구조적 상태를 알기 위해 활용되어 하수관로 내에 협잡물 및 퇴적물이 쌓이는 것을 방지하고 효율적인 하수도 시스템 운영을 가능하게 한다.

4.3.2 하수관로 통수능 평가

스마트 하수도 정보 시스템을 이용하여 하수도 시스템 내의 다양한 정보를 통합 관리할 수 있다. 정보 시스템에는 각 관로의 길이, 매설 깊이, 경과년도와 실시간 모니터링을 통해 얻은 강우 데이터 및 월류수의 발생 이력 등의 데이터가 효과적으로 축적되어 모든 요소를 종합적으로 고려한 하수관로 통수능 평가가 가능하다. 정보 시스템을 활용한 하수관로 통수능 평가는 파손된 관거 복구 또는 유량 부하 제어를 위한 우선순위를 결정할 수 있게 한다. 특히 굴착 및 재건에 대한 비용 등의 여러 정보를 동시에 고려하여 경제적인 의사 결정을 할 수 있다.



[그림 4.3]

정보 시스템을 활용한 하수관망 평가
시각화 자료 구축 예시

- 하수도 정보 시스템과 지리 정보 시스템을 활용하여 하수관로에 대해 통수능 평가를 실시한 후, 유량 부하에 따라 재건 필요성에 우선순위를 매겨 색상 지도(Color map) 형태로 가시화한 예시
- 통수능이 현저히 낮아 재건이 필요한 관로는 빨간색, 통수능이 좋은 관로는 초록색과 파란색으로 표시하여 구분함

4.3.3 월류수 발생 보고 · 이력 관리 및 준법 감시

하수도 시스템에서 발생하는 월류수를 보고 및 이력 관리하며 규정된 오염부하농도에 따라 준법 감시를 실시하는 것은 크게 두 가지 목적을 가진다. 하나는 성능지표(Performance index, PI)를 매겨 효율적인 하수도 시스템 운용을 가능하게 하기 위함이다. 성능지표를 통해 하수관로의 통수능을 평가하고 월류수 제어능력을 알 수 있다. 또 다른 목표 조기 정보와 같은 대국민 서비스를 제공하여 월류수 또는 악취로 인한 국민의 피해를 최소화하는 것이다.

4.3.3.1 월류수 발생 보고 · 이력 관리

하수도 시스템에서 발생하는 월류수를 저감시키기 위해서는 상시적으로 유량 정보를 수집 및 분석하고 모델을 구축하여 효과적으로 유지 관리하는 것이 중요하다. 따라서 월류수가 발생할 때마다 보고서 제출을 하고 이력 관리 시스템을 통한 월류수 현황 분석을 반드시 실행한다.

지역사회는 월류수의 발생 보고를 축적하여 이력 관리를 수행하고 이를 활용한 매핑, 검사, 모니터링 및 모델링 작업을 통해 효과적인 월류수 제어 계획을 세울 수 있다.



4.3.3.2 법정 기준 준수 여부 모니터링(Compliance monitoring)

방류수의 수질 기준을 비롯한 여러 규제 조건을 맞추기 위하여, 각 지방자치단체는 하수도 시스템 시설 목록과 상태에 대한 대량의 정보를 수집해야 한다. 스마트 하수도 정보 시스템을 구축함으로써 법정기준 준수에 대한 일목요연하면서도 총괄적인 파악이 가능하다.

| 하수도 |

기존 상·하수도 시설 내진보강 계획 수립 지침

사업의 개요

사업구분 : 환경부 연구용역 과제

연구기간 : 2017.11 ~ 2018.05

수행기관 : 한국상하수도협회

책임연구원 : 경남대학교 하익수 교수

제1장. 총 칙

1) 목 적

- 본 지침은 지자체에서 기존 상·하수도 시설의 내진성 확보를 위한 계획 수립 시 참고할 수 있도록 계획 수립 절차와 방법 등을 제시하여 내진보강사업이 체계적으로 추진되도록 지원하는데 그 목적이 있다.
- ※ 본 지침은 「내진보강 기본계획», 「내진보강 상세계획」 수립 시 지자체 담당자의 원활한 업무 수행을 위한 참고자료로, 본 지침보다 상세하고 강화된 지자체 자체 기준 등이 있을 경우 해당 기준을 따를 수 있다.

2) 적용 범위

- 계획 수립 주체
 - 「수도법」에 의한 수도사업자, 「하수도법」에 의한 공공하수도관리청
- 계획 기간
 - 내진보강 기본·상세계획 수립기간을 포함하여 소관 상·하수도 시설에 대한 내진보강 완료에 소요되는 기간은 5년 이내로 한다.
 - ※ 내진보강 기본계획 수립 후 상세계획은 1년 이내에 수립 완료
- 대상 시설
 - 「지진·화산재해대책법」 제14조 및 같은 법 시행령 제10조에 따른 다음의 공공 시설물 중 내진성능평가 및 보강이 필요한 시설

－「수도법」 제3조제17호에 따른 수도시설 (급수설비 제외)

※ 대상시설 : 취수시설, 도수 및 송배수시설, 정수 및 배출수 처리시설, 기계 및 전기설비, 기타 취수시설 내지 정수·배출수 처리시설의 기능상 필요한 부속 구조물 등

[표 1.1]
수도시설 세부 현황

구분	세부 시설
취수시설	취수댐, 취수탑, 취수구, 취수관거, 집수관거, 침사지,
도수·송배수시설	관로, 가압장, 배수지, 배수탑, 조절지, 수관교, 수로터널, 수로터널 입·출구부
정수·배출수 처리시설	착수정, 응집지, 침전지, 여과지, 정수지, 고도정수처리시설, 설비수용 건축물 등

－「하수도법」 제2조제9호에 따른 공공하수처리시설

· 상기에 해당하는 시설 중 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」에 의한 정밀 안전점검 및 정밀안전진단 등을 통해 내진성능평가를 시행한 경우는 그 결과를 토대로 내진보강 상세계획에 반영하여야 한다.

■ 내진보강 기본·상세계획 수립 시 반영할 주요 내용

- 관할 시설의 시설별 내진실태 현황
- 보강사업 대상시설 목록 및 기본 현황
- 시설별 내진성능평가 및 내진보강 우선순위 설정
- 시설별 내진성능평가 및 내진보강 연도별 추진계획
- 내진성능평가 및 내진보강 재원조달 방안

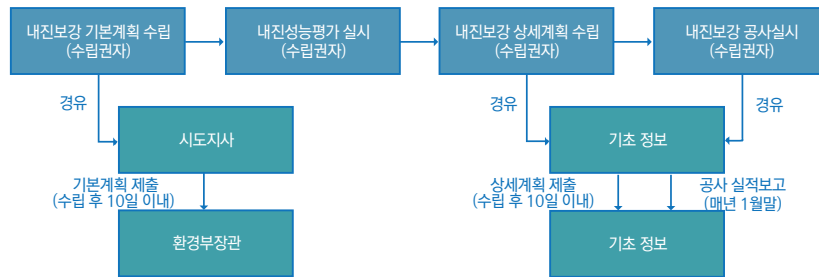
■ 내진보강 기본계획과 상세계획의 관계

- 내진보강 기본계획은 별도의 내진성능평가 없이 기존의 내진실태 조사결과를 활용하여 개략적으로 수립한 내진보강계획을 말한다.
 - － 관할시설 전반에 대한 내진현황 파악과 보강사업 대상시설의 우선순위를 예상하고, 개략적인 내진성능평가 대상시설 및 예산 계획을 작성
- 내진보강 상세계획은 내진성능평가를 시행한 후 평가 결과를 이용하여 수립한 내진보강 계획을 말하며, 기본계획에 따라 사업 착수와 예산 반영이 일정 부분 정해진 이후 수립한다.
 - － 보강 필요 시설물에 대해 보강 우선순위·예산 및 보강사업을 시행하기 위한 일련의 계획을 작성

■ 기존 공공시설물 내진보강 기본계획과의 관계

- 기존 상·하수도시설 내진보강계획을 수립한 경우 「지진·화산재해대책법」 제15조 및 시행령 제11조에 따른 기존 공공시설물 내진보강 기본계획(2단계, 2016~2020년)에 반영하여야 한다.

3) 내진보강 실시 절차



[그림 1]
상·하수도시설 내진보강 실시 절차

■ 기존 상·하수도시설에 대한 내진보강은 다음의 절차를 따른다.

- 수도사업자 또는 공공하수도관리청(이하 “수립권자”라 한다)은 관할 수도시설(또는 공공하수도)에 대해서 내진보강 기본계획을 수립한 후 10일 이내에 시·도지사를 경유하여 환경부장관에게 제출하여야 한다.
- 기본계획 수립권자는 기본계획 수립 후 12개월 이내에 내진보강 상세계획을 수립하여야 한다.
- 수립권자가 내진보강 상세계획을 수립한 경우에는 10일 이내에 시·도지사를 경유하여 환경부장관에게 제출하여야 한다.
- 수립권자가 내진보강공사를 실시한 경우에는 매년 1월말까지 전년도 공사실적을 시·도지사를 경유하여 환경부장관에게 보고하여야 한다.

4) 관련 규정

■ 이 지침과 관련된 사항은 다음 관련법령 및 기준 등에 따라 수행한다

- 「지진·화산재해대책법」
- 「지진·화산재해대책법」 제14조에 따른 상·하수도 내진설계기준
- 「상수도설계기준」(환경부, 2017)
- 「하수도설계기준」(환경부, 2017)
- 「기존 상수도의 내진성능 평가요령」(건설교통부, 2004)
- 그밖에 본 지침에서 제시하고 있지 않은 사항에 대한 참고 설계기준
 - － 「콘크리트구조 설계기준」(한국콘크리트학회), 「도로교설계기준」(한국도로교통협회), 「공동구 설계지침」(일본도로협회), 「댐설계기준」(한국수자원학회), 「터널설계기준」(한국터널공학회), 「구조물기초설계기준」(한국지반공학회)

5) 용어 정의

- 내진등급(Seismic classification) : 시설물 중요도에 따라 내진설계수준을 분류한 범주로서 내진 II등급, 내진 I등급, 내진 특등급으로 구분
- 내진율(Rate of earthquake resistance) : 내진 대상 전체 시설물에 대하여, 내진설계가 된 시설, 내진설계가 되지 않는 시설, 내진성능 평가결과 성능이 만족된 시설, 내진설계가 되지 않았고 내진성능 평가결과 성능이 만족되지도 못했지만 내진보강이 된 시설의 총

합의 백분률

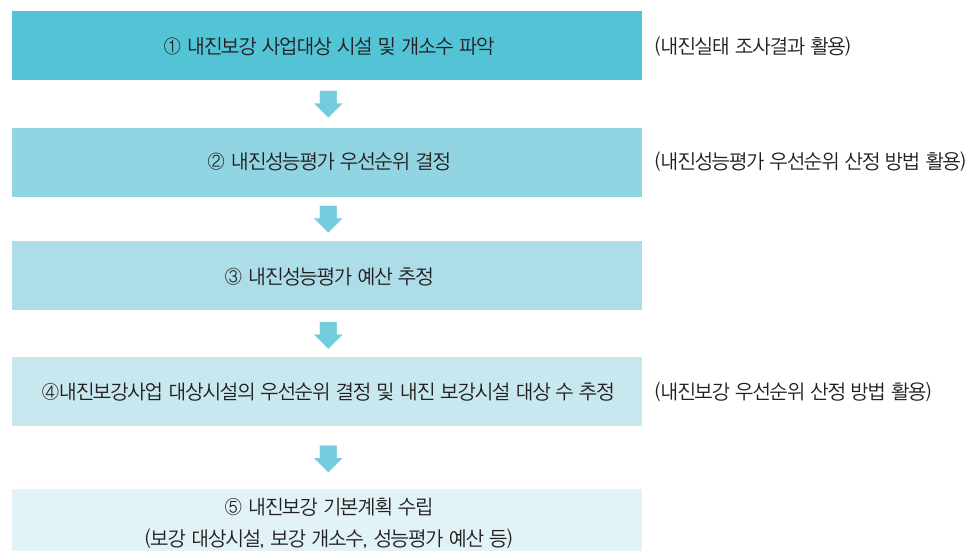
- 내진설계(Seismic design) : 설계지진에 의해 입력된 에너지를 충분히 견디거나, 소산시키거나, 저감시키도록 하여 시설물에 요구되는 내진성능 수준을 유지하도록 구조요소의 제원 및 상세를 결정하는 작업
- 내진성능목표(Seismic performance objectives) : 설계지반운동에 대해 내진성능 수준을 만족하도록 요구하는 내진 설계의 목표
- 내진성능수준 : 설계지진에 대해 시설물에 요구되는 최소 성능 수준
- 붕괴방지수준 : 설계지진 하중 작용 시 구조물이나 시설물에 매우 큰 손상이 발생할 수는 있지만 구조물이나 시설물 붕괴로 인한 대규모 피해를 방지하고, 인명 피해를 최소화하는 성능 수준을 말함

제2장. 내진보강 기본계획 수립

1) 목적

- 내진보강 기본계획은 별도의 내진성능평가 없이 기존의 내진실태 조사결과를 활용하여 개략적으로 수립한 내진보강 계획을 말한다. 관할 시설 전반에 대한 내진 현황 파악과 보강사업 대상 시설의 우선순위를 예상하고, 개략적인 성능평가 대상시설 및 예산 계획을 작성한다.

2) 수립절차



[그림 2]
상·하수도시설 내진보강
기본계획 수립 절차

- ① 기존의 내진실태 조사 결과를 활용하여 관할시설 내 내진보강 대상 시설물의 총 개소수를 파악한다.
- ② 시설의 내진성능평가(예비평가와 상세평가) 우선순위를 결정한다.
- ③ 내진성능평가 시설 개소수를 산정하여 내진성능평가 예산을 추정한다.
- ④ 내진보강 대상 시설물의 우선순위를 결정하고, 내진보강 시설 대상 수를 추정한다.
- ⑤ 내진보강 대상 시설 수와 연간 가능한 내진 정비량을 토대로 연도별 내진보강 기본계획(보강 대상시설, 보강 개소수, 내진성능평가 예산 등)을 수립한다.

3) 세부 내용 및 작성 방법

(1) 시설별 내진성능 현황 작성

- 환경부가 실시한 「상·하수도시설 내진 실태 전수조사 결과(17. 10월)」를 참조하고 지자체 시설 현황을 재검토하여 상·하수도시설의 내진성능보유 현황을 작성한다.

환경부의 「상·하수도시설 내진 실태 전수조사」 사업 개요

- 과업명: 상·하수도 주요 시설물의 내진 적용 현황 기초조사 연구
- 과업기간: 2016.12.20.~2017.10.16.
- 내진 실태 조사 결과
 - 전국 지자체 상수도시설물(건축/토목) 및 관로의 내진 실태 현황(내진성 확보 여부)
 - 상수도시설물 내진 반영 현황: 건축 및 토목시설물 37%, 관로는 12%
 - 전국 공공하수처리장 시설물(건축/토목) 및 관로 내진 실태 현황(내진성 확보 여부)
 - 하수도시설물 내진 반영 현황: 건축 및 토목시설물 60%, 관로는 11%

- 지자체 상·하수도시설의 시설별 내진성능 보유현황을 상수도시설은 시설물 단위(정수장, 배수지, 취수장, 가압장)로, 하수도시설은 공공하수처리장 단위로 작성한다.

(2) 시설별 사업 우선순위 결정

- ※ 내진성능평가 및 내진보강은 시설물의 영향도(시설 용량 등), 노후도(준공연도 또는 상태평가 등급), 내진율 등을 고려 우선순위 산정.

가. 상수도시설

- 시설을 정수장, 배수지, 취수장, 가압장 시설군으로 구분하여 각 시설군별로 우선순위를 산정한다.
- 시설군 내에서 노후도와 시설 용량에 따라 시설물별로 등급을 매긴 후, 등급 평균값으로 우선순위를 산정한다.
 - 노후도는 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」 제11조에 따른 안전점검 또는 제12조에 따른 정밀안전진단의 상태평가 등급이나 「수도법」 제74조에 따른 기술진단을 우선적용하고 하나의 시설이라도 이에 대한 정보가 없으면, 준공연도를 기준으로 우선순위를 평가할 수 있다.
 - 정수장은 일최대공급량, 취수장은 계획취수량, 가압장은 펌프용량, 배수지는 배수지용량에 따라 시설용량 등급을 산정한다.
 - 등급 평균값이 같은 경우는 시설용량 등급으로 우선순위를 산정한다.
- ※ 예) B정수장이 3개 시설 중 준공연도가 1994년으로 2위이고, 시설용량(일최대공급량)이 7만 톤으로 대상 시설 중 1위이면, 등급평균은 $(2+1)/2=1.5$ 로 판정. C정수장이 3개 시설 중 준공연도가 1980년으로 1위이고, 시설용량이 3만톤으로 2위이면 $(1+2)/2=1.5$ 로 판정되어 두 시설의 등급 평균값은 1.5로 같으나, 시설용량 등급이 B정수장(7만톤)이 C정수장(3만톤)보다 높으므로, 전체 우선순위는 B정수장이 높은 것으로 산정

[표 2.1]
상수도시설 우선순위 결정예시

구분	세부 시설	준공년도	시설 용량 (㎥/일)	노후도 순위(a)	시설 용량 순위(b)	등위평균 (a+b)/2	우선순위 결정
정수장	정수시설 A정수장	2000	20,000	3	3	3	3
	정수시설 B정수장	1994	70,000	2	1	1.5	1
	정수시설 C정수장	1980	30,000	1	2	1.5	2

- 시설군별 우선순위는 지진피해 시 응급 급수를 고려하여 정수장, 배수지, 취수장, 가압장 순으로 산정하는 것이 원칙이나, 지진피해 시 영향을 고려하여 같은 수돗물 공급계통에 대하여 우선순위를 산정할 수 있다.

※ 예) A정수장 계통(A취수장→A정수장→A배수지→B가압장), B정수장 계통(B취수장→B정수장→B배수지→B가압장) 중 A정수장 계통의 수돗물을 공급받는 급수 인구가 B정수장 계통보다 많다면 A정수장 계통의 취수장부터 가압장까지가 더 중요하므로 우선순위에서 높게 산정할 수 있음.

나. 하수도시설

- 하수도시설을 하수처리장 단위로 구분하여 우선순위를 산정한다.
- 하수처리장은 내진율과 시설용량(일최대처리용량)에 따라 등위를 매긴 후, 등위 평균값으로 전체 우선순위를 산정한다.
 - － 내진율은 처리장 전체 시설에 대한 내진성이 확보된 시설의 백분율을 의미하며 환경부의 내진 실태조사 결과에 각 하수처리장별로 제시되어 있는 값을 사용한다.
 - － 등위 평균값이 같은 경우는 시설용량 등위로 우선순위를 재산정한다.
- ※ 예) A처리장이 시설용량 3만 톤으로 대상시설 3개 중 2위이고, 처리장 내 시설물 중 내진성이 확보된 시설물이 50%로 내진율이 3위이면, $(2+3)/2=2.5$ 위로 판정. B처리장이 시설용량이 5천 톤으로 대상시설 3개중 3위이고, 처리장 내 시설물 중 내진성이 확보된 시설물이 75%로 내진율이 2위이면, 등위 평균값은 A처리장과 동일하게 2.5위이나, 시설용량 등위가 A처리장이 B처리장보다 높으므로, 전체 우선순위는 A처리장이 높은 것으로 산정.

[표 3.1]
하수도시설 우선순위 결정 예시

구분	세부 시설	내진율 (%)	시설 용량 (㎥/일)	내진율 순위(a)	시설 용량 순위(b)	등위평균 (a+b)/2	우선순위 결정
하수 처리장	A처리장	50	30,000	3	2	2.5	2
	B처리장	75	5,000	2	3	2.5	3
	C처리장	80	40,000	1	1	1	1

(3) 사업비 추정 및 재원 확보 계획 수립

가. 사업비 추정

- ※ 본 지침의 사업비 추정은 참고 자료임.
- ※ 본 지침의 개략적인 사업비 추정 기준은 서울시에서 정수장 4개, 취수장 2개, 배수지 88개, 가압장 60개, 관로 등에 대해 실시한('08~'09) 내진성능평가 및 보강계획 수립 용역 결과를 참조하여 작성하였음.
- ※ 본 지침에서 제시되는 추정 사업비는 2009년 소요 사업비에 연도별 물가상승률을 적용하여 2017년 기준으로 보정한 것으로, 이후 사업 추진 시에는 추가적인 물가상승률을 반영하여 산정.

구분	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
소비자물가상승률	2.9%	4.0%	2.2%	1.3%	1.3%	0.7%	1.0%	1.9%

[표 4.1]
연도별 소비자 물가상승

■ 내진성능평가 사업예산 추정

· 내진성능 예비평가 예산 산정

－ 시설물(건축, 토목시설)은 1,400천 원/개소, 송배수관로는 13천 원/km을 적용하되 지자체 여건, 업체의 예비견적을 통해 가감할 수 있다.

※ 2008년 00시 내진성능 예비평가 시 배수지 88개, 가압장 60개에 대한 예비평가 영역비 산정 사례를 참조하여 시설물 개소당 예산 추정. 동일 영역 시 송배수관로 2,711km에 대한 소요 비용을 참조하여 관로 km당 소요 예산을 추정

· 내진성능 상세평가 예산 산정

－ 시설물(건축, 토목시설)은 5,100천 원/개소를 적용하되 지자체 여건, 업체의 예비견적을 통해 가감할 수 있으며, 전체 예비평가 대상시설에 대한 상세평가율 95%를 가 정하여 산정한다.

※ 시설물 개소당 내진성능 상세평가 예산산정 기준은 00시 “상수도시설물 내진성능 상세 평가용역(2009)” 시 4개 정수장, 2개 취수장이 보유한 총 97개 시설에 대해 산정된 성 능평가 예산을 참조하였고, 상세평가율은 예비평가 시설인 취· 정수장 97개 시설, 85개 배수지, 60개 가압장 총 242개 시설 중 233개 시설이 내진성능 상세평가 대상 시설로 선정(95% 선정을)된 것을 참조하여 작성

※ 예) 예비평가 대상 시설물 개소가 100개인 경우, 상세평가 예산은 $100(\text{개소}) \times 0.95(\text{상 세평가율}) \times 5,100\text{천 원/개소} = 484,500\text{천 원}$ 으로 산정

－ 관로시설은 사례분석 결과 내진성능 상세평가율이 현저히 낮아 기본계획 수립을 위한 예산 산정에서는 생략이 가능하나, 지자체 여건에 따라서는 최소한의 예산을 반영할 수 있다.

※ 00시 사례에서 관로에 대한 상세평가율은 0.5% 이하로 매우 낮았으며, △△시의 경우 송 배수관로 83.6km인 경우 예비평가 예산은 $83.6\text{km} \times 13\text{천 원/km} = 1,086\text{천 원}$ 으로 산 정되고, 상세평가비용을 예비평가비용의 10배로 가정한다고 하더라도, 상세평가율 0.5% 적용 시 상세평가 예산은 54천 원으로 산정됨

나. 자원 확보 계획

· 시설별로 내진성능평가(예비평가+상세평가) 비용은 1년 이내에 수행하는 것으 로 일괄 계산하여 작성하고, 자체 자원(지방비)으로 확보하는 것을 원칙으로 한다.

(4) 향후 추진 계획 수립

■ 발주 계획, 예산확보 계획, 연도별 추진 계획 등을 고려하여 시설별 추진 일정을 작성한다.

· (내진성능 평가계획) 연도별 추진 계획의 최초 1차년도에 실시한다.

－ 「내진성능 예비평가」는 단독으로 발주하거나 「내진성능 상세평가」와 통합하여 발주 가

능하다.

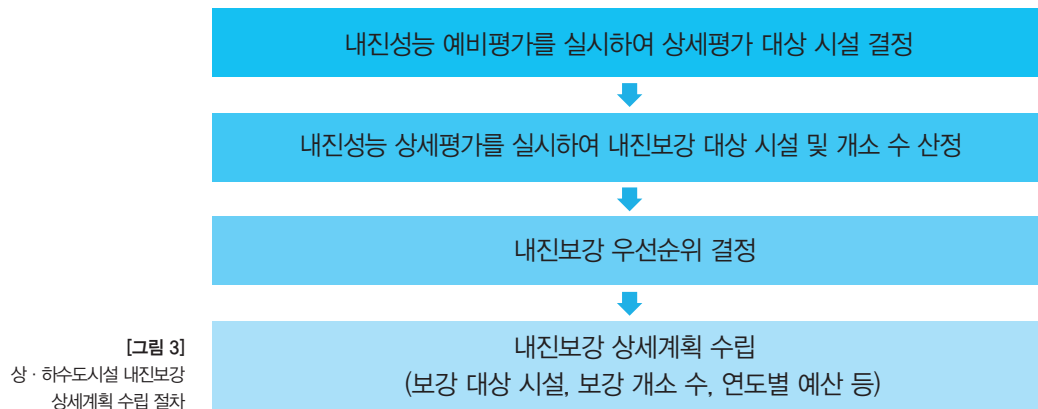
－「내진성능 예비평가」를 발주하는 경우 관리시설 전체를 대상으로 한다.

제3장. 내진보강 상세계획 수립

1) 목적

- 내진보강 상세계획은 내진성능평가를 시행한 후 평가 결과를 이용하여 수립한 내진보강 계획이며, 기본계획에 따라 사업 착수와 예산 반영이 일정 부분 정해진 이후 수립한다. 보강 필요 시설물에 대한 보강 우선순위, 예산, 보강사업을 시행하기 위한 일련의 계획을 작성한다.

2) 수립 절차



- ① 내진성능 예비평가를 실시하여 대상 시설물이 내진성능 상세평가 대상인지를 판단한다.
※ 예비평가 후 관련 기술자의 판단에 따라 구조적 문제 등이 예상되는 경우 상세평가로의 진행을 결정하고 상세평가 대상 시설 및 우선순위 결정
- ② 내진성능 상세평가를 실시하여 최종적으로 내진보강 대상 시설 및 개소 수를 산정한다.
- ③ 내진보강 대상 시설물의 우선순위를 결정하고 내진보강 대상 시설 수를 산정한다.
- ④ 내진보강 대상 시설 수와 연간 가능 내진정비량(시설 수)을 토대로 연도별 내진보강 상세계획(보강 대상 시설, 보강 개소 수, 연도별 예산 등)을 수립한다.

3) 세부내용 및 작성방법

(1) 시설별 내진성능 상세 현황 작성

- 지자체 상·하수도시설의 시설별 내진성능보유 현황을 상수도시설은 시설물 단위(정수장, 배수지, 취수장, 가압장)로, 하수도시설은 공공하수처리장 단위로 <붙임 1>의 내진보강 상세계획을 작성한다.
- － 상세계획 작성 시 상·하수도시설에 대해 「가. 내진성능 현황」은 내진성능 예비·상세 평가 결과를 반영하여 작성한다.
※ 예비평가만 실시한 경우에는 예비평가 결과 기재

(2) 시설별 사업 우선순위 결정

- 내진성능 예비평가 결과를 반영하여 내진성능 상세평가의 우선순위를 시설군별(하수도 의 경우, 처리장별)로 결정한다.
- 내진성능 상세평가 결과를 바탕으로 내진보강 필요 대상 시설물과 내진 보강방법 및 우선순위를 결정한다.
 - 상세평가 결과에 따라 보강 대상 시설이 정해지면, 이 대상 시설에 대해서는 예비평가 결과를 바탕으로 내진보강 우선순위를 결정한다. 다만, 보강범위나 투입예산 및 전문가 의견을 반영하여 보강 우선순위를 조정할 수 있다.

가. 상수도시설

- 내진보강 우선순위는 내진성능 상세평가 우선순위를 따르되, 시설군별로 구분하는 것이 효율적이며, 지진 시 상수도시설의 피해규모, 경제성 등 정책적 판단을 고려하여 내진보강 우선순위를 조정할 수 있다.
- 동일한 시설군 내(정수장, 배수지, 취수장, 가압장) 보수보강은 일괄 시행하는 것을 원칙으로 하나, 예산상 우선순위를 정해야 하는 경우는 내진등급이 높은 시설, 노후도가 큰 시설 순으로 결정한다.

나. 하수도시설

- 내진보강 우선순위는 내진성능 상세평가 우선순위를 따르되, 처리장별로 구분하는 것이 효율적이며, 지진 시 하수도시설의 피해규모, 경제성 등 정책적 판단을 고려하여 내진보강 우선순위를 조정할 수 있다.
- 동일한 하수처리장 내 보수보강은 모든 시설에 대해 일괄 시행하는 것을 원칙으로 하나, 예산상 우선순위를 정해야 하는 경우는 중요도가 높은 시설, 노후도가 큰 시설 순으로 결정한다.

(3) 내진보강 사업비 산정 및 재원확보 계획 수립

가. 사업비 산정

- 내진보강 사업비는 내진성능 상세평가 결과보고서에 제시된 내진보강 대상 시설물, 내진보강 방법을 참고하고, 내진보강 설계 및 보강시공 업체의 예비견적을 활용하여 내진보강 예산을 산정한다.
- 내진성능 상세평가 결과보고서에 내진보강 대상 시설물만 제시된 경우, 내진보강 예산은 기존 관련부처(행정안전부)의 약식 산정기준을 참고하여 산정할 수 있다.

나. 재원확보계획

- 시설별로 내진성능평가비용(예비평가+상세평가) 및 내진 보수·보강비용으로 구분하여 작성하고, 자체 재원(지방비)으로 확보하는 것을 원칙으로 한다.
- 내진성능평가비용은 일괄 계상하고, 내진 보수·보강비용은 연도별 예산 수요를 고려하여 단계별로 편성한다.

(4) 시설별 보강 등 추진 일정

■ 연도별 추진계획, 예산확보 등을 고려하여 시설별 추진 일정을 작성

- 시설별 내진보강은 2차 년도의 이후 시설별 우선순위에 따른 연도별 추진 일정을 작성한다.
 - 내진성능평가 결과를 반영하여 내진 보수·보강 공법의 난이도, 재원 확보 등을 고려하여 사업기간을 산정한다.

제4장. 행정 사항

- 지방자치단체는 본 지침에 따라 소관 기존 상·하수도시설물의 내진보강계획을 수립하여 추진하며, 환경부와 긴밀하게 협조하여야 한다.
- 지방자치단체의 장은 「지진·화산재해대책법」 제16조 규정에 따라 소관 시설물에 대한 내진보강대책을 추진해야 한다.
 - 지방자치단체는 본 지침에 따라 소관시설에 대한 내진보강대책을 수립하여 환경부로 제출하여야 한다.
 - 내진보강대책에는 내진보강의 목적 및 대상시설물 현황, 내진성능 평가 및 내진보강 추진계획, 내진보강 대상 시설물별 내진보강 방법, 연도별 시행계획(재정투자계획 포함)을 포함해야 한다.
 - 내진보강대책 수립 시에는 본 지침에서 제시하는 방법 및 절차에 따라 분야별 세부대책을 작성해야 한다.
- 지방자치단체의 장은 행정환경 변화 등으로 인해 내진보강대책의 변경 필요성이 발생할 경우 본 지침을 토대로 수정·변경하여야 한다. 이 경우 수정·변경된 계획은 즉시 환경부에 제출하여야 한다.
- 지방자치단체의 장은 본 지침에 따라 수립된 계획의 추진에 필요한 소요예산을 적기에 확보해야 한다.

Tech Report



| 2018년 대한민국 물산업 기술대전 우수기술 |

| 2018년 대한민국 물산업 기술대전 우수 기술 |

방류용 SS계 국산화 개발



1. 기술 개발 배경 및 필요성

가. 개발 배경

- 산업 발전과 인구 증가로 인한 환경 문제가 큰 이슈로, 특히 배출되는 하·폐수의 특성이 다양해지고 처리에 어려움을 겪는 실정이다.
- 미처리된 오염 물질이 하천이나 호소를 비롯한 기타 수원에 유입됨에 따라 환경오염 발생과 이를 방지하기 위한 효율적 수질관리의 필요성이 강조되고 있다.
- 정부는 환경산업을 5대 미래유망산업의 하나로 선정, 국내의 환경과 환경산업을 보호하고 해외 우수 환경업체에 대응하기 위해 심혈을 기울이고 있다.

나. 필요성

- 환경오염 정도의 정확한 측정은 환경오염의 방지와 효율적인 수질관리의 기본사항으로 오염 실태파악과 장래 예측 및 규제 기준 등 환경 정책의 입안에 중요한 지표로 작용한다.
- 환경오염의 정확한 측정을 위해 측정방법의 표준화와 측정 장비의 전문화가 필수 사항이다.
- 현재 국내의 적용된 수질오염 측정 장비의 90% 이상은 외국산 제품으로 가격이 비쌀 뿐 아니라 국내 실정에 맞지 않는 부분이 있어 시험 및 분석에 많은 시간이 소요된다.
- 현장 설치형인 제품의 경우 전체가 수입 제품을 사용하는 실정이다.
- 잠재적인 시장성과 응용 분야 및 관련 산업의 발전 가능성을 고려할 때 측정 장비의 국산화가 반드시 필요하며 시급한 실정이다.



[그림 1]
SS계 측정장비

2. 기술 사양 및 우수성

한국수자원공사(K-water)와 대운계기산업(주)은 공동개발을 통해 정수장에 필요한 방류용 SS계 측정장비를 국산화하여 개발하고 현장적용 및 성능검증을 진행하였다.

가. 방류용 SS계(부유물질) 측정장비 사양

- SS계 측정장비 ‘Suspended Solid’의 약자로 물에 용해되지 않으며 입자 지름이 2mm 이하인 부유물질을 뜻한다. 부유물질이 높을 경우 탁도가 높아 물이 더러워 보이게 만들며 용존산소를 감소시키는 등 수질오염의 원인으로 작용한다.
- 측정방식 : 적외선 광산란법(IR LED 880nm)



〈 특허증 〉

〈 수자원공사
엠블럼 〉

〈 측정기기 형식승인서 〉

[그림 2]
특허 및 형식승인[그림 3]
"현장 적용에 따른 측정"
Trend DATA 비교

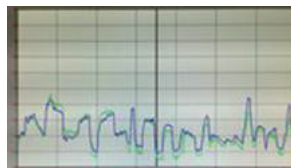
- 발광부에서 조사된 빛이 부유물질에 반사되어 수광부로 전달되며 부유물질의 농도가 커질수록 전달되는 빛의 양이 증가한다.
- 센서 케이스를 STS316, PPS, ACETAL의 재질로 구성하여 외부충격 및 부식성에 충분한 내구성을 갖추도록 하였다.
- 측정 센서부에 Wiper 자동세정기능을 적용하여 신뢰성 있는 측정이 가능하도록 하였다.
- 환경에 따라 0 ~ 100, 0mg/L ~ 200mg/L 측정범위에 맞는 센서 유저 선택이 가능하다.
- 국제규격(DIN144)에 맞춘 케이스 제작과 실시간 측정 DATA 표시 및 한글 메시지를 통한 상태 표시 기능으로 현장 운영의 편리성을 제공한다.

나. 방류용 SS계(부유물질) 측정장비의 우수성

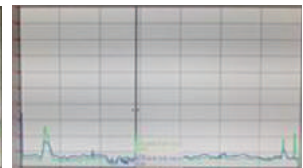
- 한국수자원공사(K-water)와 협력연구 및 현장적용을 통하여 개발된 국산화 제품으로 현장적용시험과 수입제품(Y사 제품/일본)과의 비교 테스트를 통하여 성능의 우수성을 검증하고 특허 및 형식승인을 획득하였다.
- 한국수자원공사 덕소정수장에 '17년 6월~11월 현장 적용을 통한 성능 검증과 수입 제품과의 비교 테스트를 통하여 성능 우수성을 검증하였다.



〈 현장 적용 및 성능 검증 전경 〉



〈 현장 설치된 외산장비와의 측정 Trend DATA 비교 〉



- 현장 적용에 따른 측정 Trend DATA 비교를 통하여 현장적용 가능성과 국산화 개발 제품의 우수성을 확인하였다.

3. 활용 방안(적용 분야, 기대 효과)

가. 적용 분야

- 한국수자원공사, 화력/원자력발전소, 하/폐수처리공정, 화학 프로세스, 펄프 및 제지 산업, 반도체 라인, 일반산업 공정 등 수질오염 처리공정에 적용 가능하다.
- 방류용 SS계 국산화 개발을 통하여 시장 판로 확보 및 수입 대체품으로 교체 적용이 가능하다.

나. 기대 효과

- 수입에 의존하던 수질 측정 환경산업에 국산화 개발 제품으로 수입 대체 및 외화 절약
- 개발된 광학기술을 타산업 분야로 적용하여 파생되는 기술 적용 및 신제품 개발이 가능할 것으로 판단된다.
- 외국산 제품과의 경쟁을 통해 국산 제품의 우수성을 알리는 계기가 되었으며 국내 제품의 인식 변화와 확대 적용의 가능성을 기대할 수 있다.

| 2018년 대한민국 물산업 기술대전 우수 기술 |

휴대용 열역학 펌프효율장치

HISCO

1. 기술 개발의 배경 및 필요성

● 개발 배경

- 1) 고정밀 센서(온도 센서)를 이용한 열역학 측정 방식의 펌프 운전 성능 평가 방법은 현재 국내기술 전무한 상태다.
- 2) 기존 펌프 효율 측정 방식은 오리피스, 노즐, 피토관 등을 이용하여 유량을 측정하고 압력 상승량과 펌프의 축 토크 및 회전수를 측정하여 구하는 전통적인 수력학적 방법으로 펌프장 내 설치 이후 펌프 효율 측정은 불가능한 상태다.
- 3) 관련 기술에 대한 이론적인 해석은 여러 논문 및 실험한 내용으로 접근이 가능하지만 고정밀 온도센서 제조 및 측정 기술의 미비로 제조 단계에서 진행되지 못하였다.

● 필요성

- 1) 기존 운영관리방식(수력학적 방법: 오리피스, 노즐, 피토관 등을 이용하여 유량 측정)의 획기적 개선을 통한 펌프(수도 사업 및 대용량 펌프) 에너지 절감 및 고효율·저비용 운영체계가 필요하다.
- 2) 산업현장에서 펌프 성능을 평가하는 경우 계측기기, 특히 유량계를 규정에 맞게 설치하는 것은 어려운 경우가 많으며 여러 대의 펌프가 병렬 또는 직렬 운전될 때 각각의 운전상태를 평가하기 위해서 각 펌프마다 유량계를 설치하는 것은 저효율·고비용으로 비경제적이다.
- 3) 본 기술은 단순히 실시간으로 펌프 효율을 측정하는 것이 아니라 실시간 취득 데이터의 자동분석을 통해 최적의 Pump Scheduling을 실현하여 설비 교체 없이도 운영 최적화를 통해 에너지를 절감할 수 있는 첨단 기술 적용이 가능하다.

구분	A	B
제품		

[그림 1]
제품 구성

2. 기술 사양 및 우수성

- 흡입구/토출구의 온도 센서의 온도차를 1mK(1/1000℃) 이내로 측정
- 흡입구/토출구 온도 센서의 온도 특성을 1mK(1/1000℃) 이내의 측정도로 높이는 정밀 교정 시스템
- 펌프의 양정을 측정하는 흡입/토출구 압력센서의 정밀도 F,S $\pm 0.1\%$ 센서 개발 및 교정 시스템
- 펌프의 흡입/토출구의 온도와 압력만을 측정하여 펌프 효율 측정 기술
- 펌프 흡입/토출구 유체의 엔탈피 변화량에 의한 효율평가와, 온도, 압력, 소비전력을 이용한 유량 산출
- 사고예방, 정비시점의 예측 및 불필요한 정비 배제
- 펌프 설비의 운전 상태를 측정하기 위한 펌프별 유량계 설치는 저효율 비경제적
(각 제품마다 편차로 데이터 일관성 검토 필요)
하지만 PEMS 시스템 도입으로 1mK 이내의 고정밀도 센서 및 정밀교정 시스템으로
실시간 펌프 효율 측정 및 운영 데이터로 활용 가능(최소화 운영 및 정밀진단 실현)
- 기술 검증
 - ☞ 온도 센서 : 0~40 ℃ 영역에서 ± 1 mK 이내(KS C 1603) / 한국산업기술시험원
 - ☞ 압력 센서 : 2 MPa이내 $\pm 0.1\%$ FS(KS B 5305) / 한국산업기술시험원
 - ☞ 펌프 효율 : 정확도 1% 이내 / 한국수자원공사 연구원

3. 활용 방안(적용 분야, 기대 효과)

● 적용분야

- 발전소(수력, 화력, 기타)의 대용량 펌프의 확대 적용.
- 국내 액체 또는 기체 등 유체의 온도 측정 기술에 활용 가능.
- 대용량 펌프 시스템 적용 중인 국내 정유사(SK, 현대정유, S-오일 등)에 적용.
- 외국산 의존도가 높은 원자력, 반도체, 발전소 등 고정밀 계측센서 적용 확대.
- 유량이 대규모인 농업용의 양수 및 배수, 상수도 및 하수도에 주로 활용.

● 기대 효과

- 기존 고가의 외산 장비의 국산화 제품으로 비용 절감 효과(외산 대비 약 40%).
- 외산 장비 도입 시 시스템 특성상 선진 업체에 운영관리(교정 및 A/S)를 의존하여 관리비용이 상승하나 시스템 운영 관리 국산화로 비용 절감.
- 펌프(대)당 약 3% 이상의 에너지 비용 절감 효과 가능.
- 교정기법 국산화로 교정 비용 절감 효과.
- 국내 교정으로 기존 3개월 소요의 교정 기간을 1주 이내로 단축 가능.
- 국내 기술 의존도가 높은 동남아 시장의 관련 기술 접근 가능.
(중국 및 동남아 지역 지사 대리점 다수 보유)

| 2018년 대한민국 물산업 기술대전 우수 기술 |

스테인리스 폴리에틸렌 복합파이프

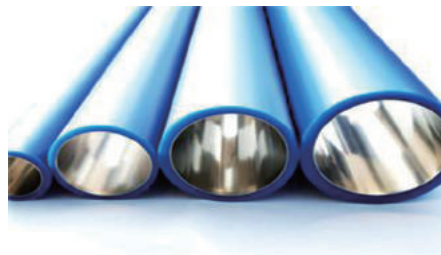


1. 기술 개발의 배경 및 필요성

스폴파이프는 내관은 스테인리스로 제작하고, 외관은 PE로 피복한 후, 직관 및 물관 형태로 제작되는 복합관이다. 기존 강관 또는 피복강관은 내부 슬러지와 토양 부식에 의한 녹이 발생하여 수질 저하 및 누수의 우려가 있다. 또한 직관 형태로 시공하기 때문에 4~6m 간격 또는 곡선 부위에 이음부속을 체결해야 해서 시공 비용과 시간이 많이 들고 시공업체 및 인근 주민의 불편함도 크다. 특히, 연약 지반에서는 관 중량으로 인해 관 이탈과 누수 현상이 발생하며, 누수로 인해 연약 지반이 더 악화되는 악순환이 반복되기도 한다.

또한, 수지계 파이프에 비해 경년 열화로 인한 내구성 저하 및 크랙 발생 가능성이 있고 소재 특성상 수축으로 인한 관 이탈 문제가 있을 수 있다.

이와 같이 기존 급수관은 소재의 특성상, 녹과 슬러지 발생, 크랙 및 파손으로 누수 및 수질저하가 우려되고, 시공 시간과 비용이 증가하므로 이를 개선할 수 있는 새로운 급수관의 개발이 필요하였다. 스폴파이프는 이러한 문제를 극복해 보고자 각고의 연구 개발 끝에 완성된 신개념 파이프이다



[그림 1]
SP파이프 내외부



[그림 2]
SP파이프 롤파이프 전경

2. 기술 사양 및 우수성



[그림 3]
직관화 전경



[그림 4]
직관화 완료 전경

신청 제품은 배급수용 파이프로서

- ① 내관(원관)은 스테인리스이고, 외부는 PE로 압출피복되었으며, 내관과 외부는 프라이머로 강력하게 접합되어 있다
- ② 6m 이상의 직관 또는 50m 이상의 롤관으로 제작 납품되며, 롤관은 시공 현장에서 시공자가 직접 물을 풀거나(30A 이하) 직관기를 이용(40A 이상)하여 편리하고 신속하게 직관화하여 시공할 수 있다
- ③ 롤관 시공 시 최대 80% 이상 이음구간이 줄어 시공 시간과 비용을 절감할 수 있다.
- ④ 최대 200A까지 생산되며, 수압은 6MPa 이상, 파괴수압은 11MPa 이상, 접착 강도는 KS 기준의 2배가 넘는 70N/10mm 이상으로, 누수나 박리 등의 문제가 없다. 또한 압축 강도나 내구성은 기존 강관과 비교해 유사하거나 동등한 수준이며, 수지계보다 우수하다
- ⑤ 이음구간이 적어 연약지반에 사용 시 관 이탈 문제를 최소화할 수 있으며, 부식으로 인한 누수 등의 문제가 없어 장기적으로 노후관 교체 비용을 최소화할 수 있다
- ⑥ 압착식 SR 부속, 용착식 EF 부속, 나사조임식 HP 부속 등 다양한 타 관종 부속을 사용하며, 타관종과의 연결도 가능하다.
- ⑦ NEP 인증, 우수 조달 지정 제품, 환경 표지와 K마크 성능 인증은 물론이고, 스포파이프 개발 및 상용화로 대통령 표창을 수여받았다.

[표 1]
성능별 품질기준

성능	품질기준
수압	6 MPa 10 h 이상 없음
내수압	4 MPa 1000 h 이상 없음
파괴수압	>11 MPa 이상 없음
당김강도	70 N/10mm 이상
편평성	누수 없음

3. 활용 방안(적용 분야, 기대 효과)

원관의 종류에 따라 일반 급송배수용(STS304)과 오수용 및 고내식성용 급송배수용(STS316)으로 활용할 수 있다. 특히 STS316으로 제작 시 바닷가나 오수용 배관으로도 활용 가능한데 기존 강관은 부식으로 인해, 기존 수지계 배관은 약한 내구성으로 인해 사용상 어려움이 있으나 스포파이프는 이러한 문제점을 개선하여 사용 시 제약이 덜하다

그리고 연약지반에 기존 강관이나 직관을 시공할 경우, 지반 침하 발생 시 관 처짐 현상으로 인해 부속이 빠지는 문제가 있으나, 스포파이프는 50m 이상 무이음 시공으로 이러한 문제를 최소화할 수 있다. 이외에 교량이나 지상 천정부 등에 관 매달기도 가능하다.

무엇보다 이음부가 적어 시공 시간과 비용을 줄이고 누수를 최소화할 수 있어 지역 및 국가 예산 절감에 도움이 된다.

| 2018년 대한민국 물산업 기술대전 우수 기술 |

소규모 급수 구역 최적 유량 및 수압 감시 시스템



1. 기술 개발의 배경 및 필요성

소규모 급수 구역 최적 감시 시스템은 상수도 배관 관경(15~300mm)에 설치된 디지털 계량기 및 압력 센서와 연동하여 최소 30초 단위로 측량한 유량 및 수압 데이터를 컨트롤 박스에 저장하고 LTE 센서(통신 단말기)로 이동통신망에 전송(1시간 주기)한다. 관리자의 프로그램에서 시간당 유량, 적산량, 일, 월, 연별 유량, 수압 데이터, 야간 최소 유량(00:00~ 07:00, 이동 평균법 산출), 기기 정보 등을 전자 지도와 함께 제공받아 유량, 누수 감시 및 수압 분석에 편의를 제공한다. 현장 시스템(디지털 유량계, 압력 센서, 컨트롤 박스, LTE통신 단말기)은 모두 배터리로 작동한다.



[그림 1]
소규모 급수 구역 최적 유량 및
수압 감시 시스템 구성도

소규모 급수 구역은 기존 블록 시스템 시설을 도입(약 3천만 원/개소) 하여 운영하기에는 비용 면에서 볼 때 무리가 있고, 수지 상식 관망인 격오지, 중소 도시 외곽지역, 해저관로 등에서는 누수 인지 시간 및 누수 구간 파악에 시간이 많이 소요되어 신속한 대처가 어렵다. 구간별 단계 시험을 수행하여 누수량을 파악하고 있으나 단계 시험은 고객에게 단수 공지, 야간 다수 인원 투입 등 어려움이 많이 있다.

소규모 급수 구역 최적 유량 및 수압 감시 시스템은 각 지점 주입구에서 얻은 유량, 수압 데이터를 관리자 프로그램으로 원격 전송하여 매시간 자동 업데이트하여 모니터링 할 수 있도록 개발한 것으로 K-water 지방상수도, 광역, 지자체 상수도 사업소에 경제적인 가격으로 공급되고 있다.

2. 기술 사양 및 우수성

현장 시스템은 디지털 계량기, 컨트롤 박스, 압력 센서, LTE 통신 단말기, 합체로 구성되며, 모든 기기는 배터리로 동작하고 배터리 수명은 약 3.5 ~ 7년이다. 현장에 설치된 컨트롤 박스 내부 메모리에 30초마다 취득된 유량 및 수압 데이터를 반영구 저장하며, 매 시간 LTE 무선 통신망으로 서버에 데이터를 전송하고, 데이터는 이중화하여 손실을 최소화하고 있다. 관리자는 제공되는 PC 프로그램(웹 클라이언트 방식)으로 쉽게 데이터를 분석, 활용할 수 있다.



[그림 2]
소규모 급수 구역 최적 유량 및
수압 감시 현장 시스템

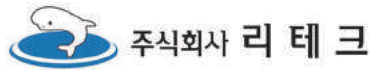
비용 면에서 소규모 급수 구역 유량 및 수압 감시 시스템은 상수관망 모니터링을 위한 최소 기기로 구성(통신 단말기, 컨트롤 박스, 압력 센서)되어 기존 블록 시스템 도입 비용 대비 약 1/5, 운영비의 경우 1/9 이하로 경제적인 상수관망의 운영 관리가 가능하다.

3. 활용 방안(적용 분야, 기대 효과)

소규모 급수 구역의 기초적인 유량 및 수압 데이터를 짧은 단위로 취득할 수 있어 관망 관리(수지상식/격자식) 및 대수용가(아파트 등)의 유량 및 수압 패턴을 쉽게 파악할 수 있으며, 수압을 활용한 수위 모니터링도 가능하다. 제공되는 PC 프로그램으로 인터넷이 연결된 모든 곳에서 유량 및 수압 데이터 모니터링 가능하며, 인터넷 지도 기반으로 구성되어 관망 자료와 함께 시스템 위치가 표시되고 30초 단위로 데이터를 취득하여 Chart 자동 작성 후 구현하는 것은 물론 야간 최소 유량 자동 산출(00:00시~07:00 1분 단위 이동 평균법), 기간별, 일별, 월별 공급량 표기 및 엑셀 변환 및 야간 최소 유량에 따른 알람 기능 등을 또한 제공(블록별 설정 가능)하고 있다.

| 2018년 대한민국 물산업 기술대전 우수 기술 |

디지털 필터 전자식 유량계

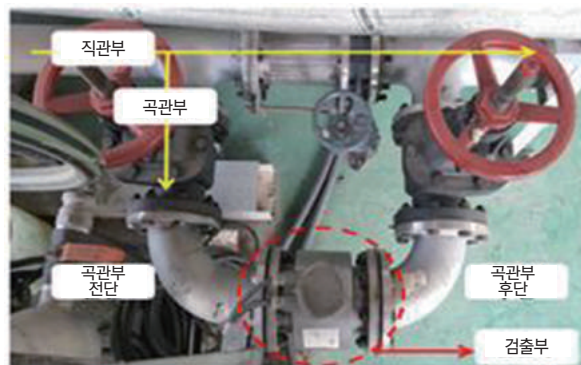


1. 개발 배경

- 국내 거의 모든 광역 및 지방 상·하수 처리장은 국산 전자식 유량계의 측정 정확도에 대한 신뢰성 부족으로 인하여 대부분 고가의 수입 제품(ABB, Siemens, Endress + Hauser 등)으로 설치되어 운영하고 있다. 설치된 수입 제품은 고장 및 소모품 교체 시 많은 시간 및 예산이 지출되어 유지 관리에 큰 애로사항을 가지고 있다.
- 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 기존 수입제품들과 동등 이상의 측정 정확도를 확보하고, 곡관부 설치 후 전단 직관부 확보(5D)로 인한 제약을 줄여 부대비용을 절감할 수 있으며, 긴급한 상황 시 빠른 A/S를 통하여 문제점을 해결하고자 한다.

2. 제품 특성

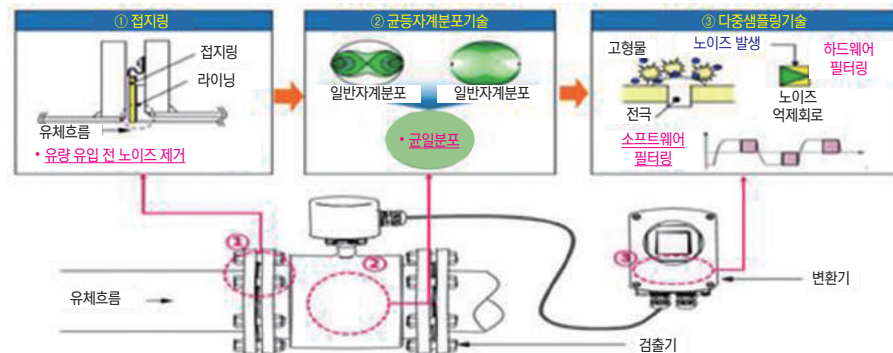
- 제품 개요
 - 전자식 유량계에 디지털 필터를 적용하고 유량에 혼입된 노이즈를 유량 측정 전에 제거함으로써 전자식 유량계의 측정 정확도 향상
- 제품 특징
 - 짧은 직관부 구간(전단 2D, 후단 0D)의 유량 측정 시 높은 정확도 확보(오차 $\pm 0.5\%$ 이내)
 - 디지털 필터 방식을 이용하여 노이즈 제거 및 측정 정확도 향상



[그림 1]
구미권 관리단 탈수동

- 접지링 장착으로 노이즈 제거 및 유체에 의한 라이닝 마모 최소화
- 변환기, 검출기 내부회로 보호를 위한 IP68(방진방수 최고등급) 적용으로 내구성 강화

● 제품 기술 및 구성도



[그림 2]
제품 구성

3. 기대 효과

- 직관부가 짧은 설치 장소, 불순물이 많은 유체 특성에서도 설치 및 안정적인 운영 가능
- 접지링, 서지보호회로 적용을 통한 고장 발생 최소화 및 유지 관리 비용 절감
- 신속한 A/S로 인한 유지 관리 용이

4. 적용 분야

- 광역, 지방 상·하수도 관로상 유량계

5. 특허/인증

구분	등록번호	등록일	등록 명칭
특허	제10-1573678호	2015.11.26.	디지털 필터를 이용한 균등자계분포 방식의 전자유량계
특허	제10-1573679호	2015.11.26.	접지링 구조를 갖는 전자유량계
특허	제10-1573680호	2015.11.26.	디지털 필터를 이용한 다중 샘플링 방식의 전자유량계
위생안전	KCW-2015-0083	2015.07.16.	전자식 유량계
적합인증	KWWA-CP-2015-037	2015.11.25.	전자식 유량계
형식승인	제KTC-I-16-79호	2016.12.20.	전자식 유량계 50A (수도미터)
형식승인	제KTC-I-16-78호	2016.12.20.	전자식 유량계 65A (수도미터)
형식승인	제KTC-I-16-76호	2016.12.20.	전자식 유량계 80A (수도미터)
형식승인	제KTC-I-16-74호	2016.12.20.	전자식 유량계 100A (수도미터)
형식승인	제KTC-I-16-77호	2016.12.20.	전자식 유량계 125A (수도미터)
형식승인	제KTC-I-16-69호	2016.12.07.	전자식 유량계 150A (수도미터)
형식승인	제KTC-I-16-68호	2016.12.06.	전자식 유량계 200A (수도미터)
형식승인	제KTC-I-16-70호	2016.12.09.	전자식 유량계 250A (수도미터)
형식승인	제KTC-I-16-71호	2016.12.09.	전자식 유량계 300A (수도미터)
형식승인	제KTC-I-16-72호	2016.12.09.	전자식 유량계 350A (수도미터)
Q마크	O4-2017-019	2017.02.03.	냉수용 수도미터

[표 1]
특허 및 인증

Information



| 2018년 해외 저널 번역 목록 |

| 2018년 상·하수도 분야 신기술 목록 |

| 2019년 상·하수도 관련 행사 일정 |

2018년 해외 저널 번역 목록

해외 저널의 전문은 한국상하수도협회 홈페이지 www.kwwa.or.kr

(상·하수도 정보제공-회원자료실-국외)에서 열람 가능합니다.(회원만 열람 가능)

I 미국수도협회(AWWA) : 14편

- 비소 제거용 철 바탕 흡착여재의 재생, 1 부_ 재생공정(201705)
- 비소 제거용 철 바탕 흡착여재의 재생, 2 부_ 성능과 비용(201705)
- 수정한 GIS 기반 방법을 사용한 대수층의 취약성 평가(201705)
- 수 처리 및 담수화 산업에서 스테인리스강 사용을 위한 가이드라인(201705)
- 중요한 인프라로써의 가뭄 대책형 취수펌프장(201706)
- 커스터마이징(Customize)된 물 사용 정보 제공을 통한 도시의 절수 촉진(201706)
- 메탄올 연료 전지 도입에 따른 전원 안정공급의 검증(201706)
- 수도용 고밀도 폴리에틸렌(HDPE)관의 음료수에 벤젠 침투 모델(201706)
- 시험지와 스마트폰을 활용한 수질 감시 맵핑 툴(201706)
- 심하게 오염된 수원의 오존 BAC를 이용한 니트로소아민류, THM, HAA의 저감(201706)
- 음용수 속의 유기클로라민의 생성, 안정성, 반응성 및 위험성의 평가(201706)
- 생물학적 여과에 의한 특정 NDMA 전구물질의 처리(201706)
- 식수 처리 설비에서 N-니트로소디메틸아민 형성 가능성의 제거(201706)
- 수도 본관 복구를 위한 트랜치리스 방법의 비교(201707)

I 일본하수도협회(JSWA) : 60편

- 국토교통성의 침수 대책에 관련한 인재 육성의 대응 ~아랫지의 활용~(201706)
- 더욱 빛나는「내수(内水) 침수 대책의 7개의 별」(201706)
- 도쿄(東京)도의 호우대책(201706)
- 시민과 사업자와 협동으로 침수 대책에 대응하기 위한 조례 제정(201706)
- 침수 대책에 적용 가능한 하수도 관거 내부 등에서의 수위관측(201706)
- 하수도기술의 계승 제16회 관거의 유지관리(201706)
- 나고야시(名古屋市)의 고도 처리수의 다목적 이용(201707)
- 하수도 관로 시설 관리 업무의 포괄적 민간 위탁 도입 사례집에 대해서(201707)

- 하수도사업을 지원하는 인증제도의 이용 확대를 위하여(201707)
- 하수도사업의 에너지 절약화_지구온난화에 대한 대처(201707)
- JS에 의한 특정 하수도공사에 대하여(201708)
- 도도부현구상「생활배수 베스트 플랜」의 개정에 대해(201708)
- 미국에서의 재생수 이용에 대하여(201708)
- 인구감소시대의 하수도사업과 사업비 부담의 현황(1)(201708)
- 지자체간 연계에 있어서 유지관리의 공동화(201708)
- 최종침전지에서의 방조 대책(201708)
- [하수도시설의 지진대책]발생응력저감에 의해 시공이 곤란한 장소에서의 내진성능의 확보(201709)
- [하수도 검토·아이디어 사례집]비상용 발전설비의 배연 악취 대책(201709)
- [하수도시설의 지진 대책]구마모토(熊本) 지진에서의 지원활동과 재해 시 지원 매뉴얼에 대해(201709)
- [하수도기술의 계승]하수도기술의 계승(201709)
- [하수도시설의 지진 대책]하수도시설 복구의 구체적 사례(201709)
- [냄새억제대책 및 방식의 대처]오사카(大阪)시 하수도시설의 황화수소 대책에 대해(201710)
- 인구 감소 시대의 하수도사업과 사업비 부담의 현황(201710)
- [냄새억제 대책 및 방식의 대처]일본 하수도사업단에 있어 방식 대책의 시도(201710)
- [냄새억제 대책 및 방식의 대처]하수도 관로시설 스톡 매니지먼트 매뉴얼(201710)
- [냄새억제 대책 및 방식의 대처]하수 슬러지로부터 황화수소 발생 억제제를 위한 소취제 주입량의 최적화에 관한 연구(201710)
- [냄새억제 대책 및 방식의 대처]활성탄 교환 시기 검토에 대해(201710)
- AMCV 2016에 의한 프로세스 벤치마킹에 대해서(201711)
- [대규모 하수도시설의 건설]오사카부(大阪府)의 관로 건설 사례(201711)
- [대규모 하수도시설의 건설]도쿄도(東京都)의 하수도 관로 건설 사례(201711)
- [대규모 하수도시설의 건설]히가시니혼(東日本) 대지진의 재해 복구 공사 센다이시(仙台市) 미나미가모(南蒲生) 정화센터(201711)
- [대규모 하수도시설의 건설]파손되고 있는 대구경관 스펜(Span)의 갱생 공사(201711)
- 2018년도 하수도 예산 개산 요구의 상세 해설(201711)
- [대규모 하수도시설의 건설]요코하마시 북부 제2물재생센터 제3펌프시설 건설공사 사례(201711)
- 하수도 원장 시스템을 활용한 효율적인 관로유지관리 업무에 관해(201712)
- 우선도 평가를 토대로 한 효과적인 관로시설의 조사계획에 관해서(201712)
- 관거유지관리 현장에서 분류식 하수도의 불명수 조사와 대책 사례(201712)
- 독일의 하수관거(201801)
- 공사감독원 서포트 데이터베이스에 의한 공사감독지원에 관해(201801)

- 사망사고 다발 비상사태 선언 중! -하수도 공사, 유지관리의 철저한 안전관리 요청-(201801)
- 요코하마시의 기계직·전기직 인재육성에 관해(201801)
- 「미야기(みやぎ)형 관리운영방식에 의한 상공하수 일체관리 운영사업」에 관해(201802)
- 하수도 분야의 관민제휴에 관해(201802)
- 민간위탁에 의한 상·하수도시설의 일체적 관리에 관하여(201802)
- 관로시설의 포괄적 민간위탁과 인재육성에 관해(201802)
- 하수도 사용료에 대한 설문조사 결과의 개요(201803)
- 하수도시설의 유지관리 작업 안전 대책 향상을 위한 대책(201803)
- 대규모 건설공사의 안전 대책 마련에 관하여(201803)
- 일본 하수도 사업단의 사고 사례와 안전 관리 대처(201803)

Ⅰ 일본수도협회[JWWA] : 36편

- 미세한 진동 데이터에 의한 수도관 누수의 모델화와 위치 특정(201711)
- 수도계량기 측정치의 불확실성에 대한 분석(201711)
- 아라가와(荒川)수계 원충류 조사에 의한 크립토스포리듐 오염원의 특정 및 오염 리스크의 평가(201711)
- 정수처리 과정에서의 결합염소 생성의 원인 물질과 거동(201711)
- 중요한 인프라로서의 가뭄 대책형 취수펌프장(201711)
- 커스터마이징(Customize)된 물 사용 정보 제공을 통한 도시의 절수 촉진(201711)
- 메탄올연료 전지 도입에 따른 전원 안정공급의 검증(201712)
- 수도용 고밀도 폴리에틸렌(HDPE)관의 음료수에 벤젠 침투 모델(201712)
- 시험지와 스마트폰을 활용한 수질 감시 맵핑 툴(201712)
- 심하게 오염된 수원의 오존 BAC를 이용한 니트로소아민류, THM, HAA의 저감(201712)
- 음용수 속의 유기클로라민의 생성, 안정성, 반응성 및 위험성의 평가(201712)
- 재해시의 단수 피해 경감을 위한 물 수요 매니지먼트의 개념화(201712)
- 물 사용효율과 절수행동을 개선하기 위한 데이터 활용(201801)
- 보수점검의 지연 및 노후시설로 인한 수도의 지속가능성 및 신뢰성에 대한 위협(201801)
- 상·하수도 시도개혁의 영향에 대한 고찰(영국)(201801)
- 수 처리 및 담수화 분리에 있어서 스테인리스 망의 사용 가이드라인(201801)
- 사이타마(さいたま)시 수도시설 재구축을 위한 배수간선 검토(201802)
- 하이브리드 막여과 시스템 적용을 위한 연구 - 활성탄흡착 + 생물산화처리 + MF막 여과(PTFE막 및 세라믹(ceramic)막) 시스템 -(201802)
- 생활용수에 관한 새로운 물(水) 사용 조사(201802)
- 생물활성탄 흡착지에 있어 식물계 활성탄·재생탄의 활용 -친환경 전략 및 향후 전망-(201803)

- 개량형 PCR 전처리법의 적용에 따른 표류수(表流水) 중의 노로 바이러스(Norovirus) 및 A형 간염 바이러스의 검출 개선(201803)
- 정수 처리에 있어 용존유기물의 농도와 조성이 퍼플루오로알킬 화합물(PFAS)의 제거 효율에 미치는 영향(201803)
- 직접 SPME를 이용한 PVC 관의 유기용매 침투성 측정(201803)
- 산화(酸化) 및 생물여과처리의 천연유기물질 제거성(201803)
- 암모니아 제거와 소독부산물 저감화에 있어 자외선/염소 처리와 염소 단독 처리의 유효성 비교(201804)
- 분말활성탄(PAC)을 사용한 지오스민 제거의 NOM 및 석회연화의 영향(201804)
- 전국 규모의 누수 데이터를 활용한 급수관의 내용 연수 분석(미국)(201804)
- 가뭄 시 수도요금 제도의 실시: 왜 수도사업체는 강우량 부족에 대해 대비해야 하는가(201808)
- 도시 급수 서비스의 비용 회수의 개선(인도)(201808)
- 누수를 예상한 유속 변화에 따른 수질의 변화와 철 방출과의 관계(201808)
- 향후 물 수요에 대응하여 지속가능한 대책으로 물 이용 효율과 생산성의 개선(201806)
- 수도용 저수지의 Fe 및 Mn의 축적을 예방하기 위한 심층수 산소 공급의 유효성(201806)
- 원수 탁도의 변동에 대응하기 위한 안내서 작성과 정수 처리 워크숍의 실시(201806)
- 두 수계 집단 감염 사례에서 벌어진 지하 수자원 시스템의 잔존 노로 바이러스 오염 세우라 히사시 이바(201808)
- IWA통계 경제 전문가 그룹 워크숍 - 수도 요금 결정(201808)
- 세계의 물 사정-지속 가능한 수도 실현을 위해(201809)

Ⅰ 일본수도기술저널[JWRC] : 5편

- 누수방지 계획 수립에 관하여(201801)
- 관로의 누수 사고 대응에 대해(201804)
- 배수관의 돌발 파열 사고 시의 긴급 대응에 대해(201804)
- 배수관 공사(소구경)에서 빈발하는 사고와 대책에 대해(201804)
- 수도요금 시스템 업무에 대해(201804)

2018년 상·하수도 분야 신기술 목록

2018년 신기술은 환경부 홈페이지 <http://www.me.go.kr/>
(환경부-알림/홍보-공지·공고-신기술)에서 열람 가능합니다.

번호	기술명	업체명	공 고	인증번호
1	조류량에 따른 염기 역세정과 분말활성탄 주입의 선택적 자동제어형 막여과 정수시스템	지에스건설(주), 대구광역시상수도 사업본부	환경부 공고 제 2017-708호	제533호
2	응집제 자동제어 및 배출수 순환 플러싱에 의한 가압식 막여과 정수 처리 기술	효성굿스프링스(주), (주)효성	환경부 공고 제 2017-709호	제534호
3	막여과 역세척수의 망간제거를 통한 막오염 저감 기술	금호산업(주)	환경부 공고 제 2017-780호	제535호
4	조류/고탁질 원수와 막여과 배출수를 동시 처리하는 침전기능 결합 용존공기부상 막여과 정수 처리 시스템	두산건설(주), (주)에코니티, 한국수자원공사, (주)동신이엔텍	환경부 공고 제 2018-17호	제536호
5	벨트형 필터로 호기성 그래놀 슬러지 농도를 유지하는 연속 회분식 하수고도 처리기술	(주)태영건설, 주식회사 블루뱅크, 롯데건설(주)	환경부 공고 제 2018-18호	제537호
6	경사판 침전 전처리와 막여과조 내에 흡입식 슬러지 수집기가 적용된 2단 침지식 막여과 정수 처리 시스템	한국수자원공사, (주)효성, 동양수기산업(주)	환경부 공고 제 2018-55호	제538호

7	컨버전스 피그형 프로브를 이용한 상수관로 위치 탐사 및 내면영상 수집 기술	수자원기술주식회사	환경부 공고 제2018-76호	제539호
8	FBE 정전코팅 파형강판을 이용한 노후 하수관로 비굴착 부분 및 전체 보수·보강 공법(OR공법)	웰텍(주)	환경부 공고 제2018-263호	제540호
9	구형 유전발열체(SC)의 진동선별 및 순환과 마이크로파 조사에 의한 복합 가열방식의 건설오니 건조 기술	대길에코서비스(주), (주)대우건설, 더블유아이 케이환경(주)	환경부 공고 제2018-264호	제541호
10	속도 조절형 로터의 회전충격과 밀폐식 다단형 풍압처리에 의한 순환잔골재 품질개선 및 순환토사의 유기이물질 제거 기술	(자)금강개발, 한국건설기술연구원, 하나환경산업(주), 동성환경산업(주)	환경부 공고 제2018-316호	제542호
11	평면식 샤프트형 선별 스크린과 토사내 이물질 분리장치를 이용한 폐기물 선별·분리 기술	(주)동양환경	환경부 공고 제 2018-569호	제543호
12	4롤 3회 파쇄형 롤크러셔가 적용된 순환 잔골재 생산기술	대희알앤디주식회사, 세정건업주식회사	환경부 공고 제 2018-570호	제544호
13	압력 유지 하우징 장치와 증기, 온수의 순차적 경화 시스템을 이용한 하수관로 비굴착 전체 보수 기술	(주)라텍이엔지, 우리환경산업(주)	환경부 공고 제 2018-687호	제545호
14	건조 슬러지를 축열매체로 활용한 직접·부상 건조기술	(주)한미엔텍, (주)화인테크위터	환경부 공고 제 2018-711호	제546호

2019년 상·하수도 관련 주요행사 일정

I 국내 일정

행사명	기간	장소	주최
2019년 상반기 물종합 기술연찬회 '우수기자재 전시회'	02.14~02.15	강릉 옥계면 호텔 탑스텐(Tops10) 그랜드볼룸	워터저널
세계 물의 날	03.22	대구 엑스코	환경부, 국토해양부
2019 국제물산업박람회 (WATER KOREA)	03.20~03.22	대구 엑스코	한국상하수도협회, 대구광역시
2019년 공동학술발표회	03.20~03.22	대구 엑스코	한국물환경학회 대한상하수도학회
대한민국 물산업기술대전	03.20	대구 엑스코	한국상하수도협회, 한국수자원공사
제41회 국제환경산업 기술&그린에너지전 (ENVEX)	05.15~05.17	코엑스	한국환경산업기술원 한국환경공단, 수도권매립지관리공사 환경보전협회, 한국환경산업협회
2019 대한민국 국제 물주간 (KIWW2019)	9월 중	대구	국토교통부, 환경부, 대구, 수자원공사
2019 대한민국 친환경대전	10.23~10.26	코엑스	환경부
2019 공동추계포럼	10월~11월 중	미정	대한상하수도학회 한국물환경학회
2019년 기업회원 워크숍	11월(예정)	미정	한국상하수도협회
2019 하수도연찬회	12월	미정	환경부

I 국외 일정

행사명	기간	장소	주최
동경 국제 수질관리 박람회 (INTER AQUA 2019)	01.30-02.01	일본(동경)	주최 : 일본에너지절약센터 (The Energy Conversation Center, Japan) 출처 : https://www.interaqua.jp/
에센 국제 에너지 및 수처리 박람회 (E-World energy & Water 2019)	02.05-02.07	독일(에센)	주최 : conenergy 출처 : https://www.e-world-essen.com/en/
요코하마 지진 재해 대책 기술전 (Technology Against Earthquake Expo 2019)	02.07-02.08	일본(요코하마)	주최 : 지진 재해 대책 기술전 사무국/에그지비션 테크놀로지 주식회사 출처 : https://www.shinsaieexpo.com/
모스크바 국제 아쿠아 박람회 (Aqua-Therm Moscow 2019)	02.12-02.15	러시아(모스크바)	주최 : Reed Exhibitions 출처 : http://www.aquatherm-moscow.ru/en/home/
동경 국제 지구 환경, 스마트 에너지 박람회 (Smart Energy Japan 2019)	02.27-03.01	일본(동경)	주최 : Reed Exhibitions Japan 출처 : https://www.wsew.jp/en-gb.html
캐나다 국제 환경 기술 박람회 (AMERICANA 2019)	03.26-03.28	캐나다(몬트리올)	주최 : Reseau Environment 출처 : https://americana.org/home
상해 국제 환경, 수처리 박람회 (IE EXPO 2019)	04.15-04.17	중국(상해)	주최 : IFAT 출처 : http://www.ie-expo.com/
라스베이거스 환경 에너지 산업박람회 (Waste Expo 2019)	05.06-05.09	미국(라스베이거스)	주최 : 미국 폐기물재활용 협회 (National Water&Recycling Association) 출처 : https://www.wasteexpo.com/en/home.html
상하이 국제 수처리 전시회 (Aquatech China 2019)	06.03-06.05	중국(상해)	주최 : raIAMSTERDAM, RCEF, 중국멘브레인공업협회 출처 : https://www.aquatechtrade.com/china/
미국수도협회 수도전 (ACE 2019)	06.09-06.11	미국(덴버)	주최 : 미국수도협회(AWWA) 출처 : https://events.awwa.org/
중국 광주 환경산업 박람회 (CEPEE expo 2019)	06.25-06.27	중국(광주)	주최 : 중국환경과학학회, 광둥성 도시쓰레기처리협회, 광둥성수처리기술협회, 광둥성재생자원협회, 광저우 환경보호산업협회, 광저우 도시광산협회, 광둥박람회 람유한공사 출처 : http://www.huanbaozhan.com.cn/
일본하수도협회 하수도전 (SEWAGE WORKS 2019)	08.06-08.09	일본(요코하마)	주최 : 일본하수도협회 (JSWA) 출처 : https://www.gesuidouten.jp/top/index/
멕시코 국제 수처리 전시회 (Aquatech Mexico 2019)	09.03-09.05	멕시코(멕시코시티)	주최 : raIAMSTERDAM, Tarsus 출처 : https://www.aquatechtrade.com/en/mexico
시카고 수질환경 기술박람회 (WEFTEC 2019)	09.23-09.25	미국(시카고)	주최 : WEF 출처 : https://www.weftec.org/about/about-weftec/what-is-weftec/
인도 뭄바이 국제환경 전시회 (IFAT INDIA 2019)	10.16-10.18	인도(뭄바이)	주최 : 메세뮌헨인디아(Messe Muenchen India Pvt. Ltd.), 메세뮌헨 주식회사(Messe Muenchen GmbH) 출처 : http://www.ifat-india.com/
IWA-ASPIRE 2019	10.31-11.2	홍콩	주최 : 세계물협회 (IWA) 출처 : http://www.iwaaspire2019.org/
암스테르담 국제 수처리 전시회 (AQUA TECH 2019)	11.05-11.08	네덜란드(암스테르담)	주최 : raIAMSTERDAM, IWA 출처 : https://www.aquatechtrade.com/amsterdam/about-the-exhibition/
일본수도협회 수도전 (JWWA 2019)	11.06-11.08	일본(하코다테)	주최 : 일본수도협회 출처 : http://www.jwwa.or.jp/



WATER KOREA

2019 WATER KOREA

국내 최대 물산업 전시 및 컨퍼런스,
WATER KOREA가 대구광역시에서 개최됩니다

2019. 3. 20(수) ~ 22(금)

대구광역시 EXCO (1~3홀)

* 주요행사

전국 상·하수도 관리담당자 정기회의(특광역시, 도 등)/
물산업 전시회 / 해외바이어 수출상담회/ 드론특별관/
대한민국 물산업기술대전/ 상하수도인 한마음체육대회/
대한상하수도학회·한국물환경학회 공동 춘계학술발표회 등

전시부스 참가신청 : www.waterkorea.kr(온라인접수)
문의 : 02-3156-7741, waterkroea@kwwa.or.kr

찾아가는 맞춤형 회원지원

WATER 119

우리 협회는 지방자치단체(사업자) 및 기업 등 회원이 필요 시 찾아가는 현장 맞춤형 지원 사업을 운영하고 있습니다. 문제가 발생해 기술적인 지원이 필요하시다면 언제든지 한국상하수도협회를 찾아주세요!



한국상하수도협회 WATER 119 사업

· 현장 기술지원사업

수도시설 운영상 어려움을 겪고 있는 시설의 개선방안 마련 및 운영관리 담당자의 업무 효율성 향상을 위하여 협회와 전문가가 함께 현장 기술지원 실시

- 지원분야 : 정수시설 기술지원, 유수율 재고 컨설팅, 기타 지원

- 지원방식

· 포인트 솔루션(Point Solution) : 문제가 발생한 공정에 대하여 현장 기술지원 및 개선대책 마련

· 토털 솔루션(Total Solution) : 정수시설의 전반적인 공정에 대하여 기술진단 및 현장지원 제공



현장 맞춤형 교육

· 수도시설 운영 담당자들의 전문성 향상을 위하여 최신 정책 및 운영기술에 대한 맞춤형 교육 운영·지원

- 정부 정책 방향, 최신 이슈 등 주요 현안사항에 대한 찾아가는 맞춤형 교육 운영

- 대상별 테마 교육 (급배수관망 기능공 보수 교육, 상수도 공사 담당자 교육 등) 운영



시니어 전문가 플랫폼

· 상·하수도 분야에 대한 풍부한 경험과 지식을 보유한 시니어 전문가의 다양한 사회 활동 지원 및 자신의 지식을 도움이 필요한 사람들에게 환원하는 사회공헌사업

- 현장 코칭(WATER 119), 상·하수도 관련 교육 강사, 자문 및 평가 등 전문가 활동 지원

- 필요 시 회원과 전문가를 연계하여 신속한 자문, 지원 가능한 플랫폼 구축·운영

* 시니어 전문가 등록 및 연계 관련 문의는 협회 홈페이지 또는 회원지원팀 담당자(02-3156-7761)에게 문의

현장 기술지원 신청 및 시니어 전문가 연계 신청은 협회 홈페이지(www.kwwa.or.kr)

「회원서비스-회원혜택-Water119」를 통해 상시 확인·신청하실 수 있습니다.

▶ 담당부서 | 회원지원처 회원지원팀

▶ 관련문의 | 02-3156-7761, BSJ@kwwa.or.kr

하수도 전문가의 도움이 필요할 땐,
**공공하수도
기술지원 서비스**

우리 협회는 지방자치단체 사업자 회원을 위해 공공하수처리시설에 대한
맞춤형 현장 기술지원을 시행하고 있습니다.

www.kwwa.or.kr

지자체 및 운영사에 대한 공공하수도 시설 개선 및 운영관리능력 재고를 위해, 우리 협회에 성과평가를 대행 신청한 지자체의 공공하수처리시설에 한하여, 엔지니어링 업체 및 하수도 Senior 전문가 등 유관기관 전문가로 구성된 기술지원 전문인력이 회원 여러분의 애로사항을 해결해 드리고 있습니다.

여러분이 해결하기 어려운 기술적 문제에 언제나 도움을 드리는 든든한 동반자가 되겠습니다.

▶ 담당부서 | 하수도전략사업단 성과평가1팀

▶ 관련문의 | 02-3156-7836, hwangkak@kwwa.or.kr



한국상하수도협회 온라인 서비스 안내

On-line services

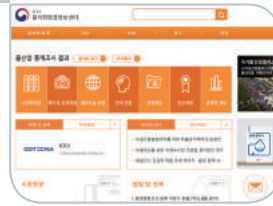


협회와 회원 간 소통의 장으로써 협회의
주요사업 및 회원 교류·소통 활동과 기
술지원, 정보지원, 상·하수도 최신정보
및 뉴스, 상·하수도 매뉴얼 등 전문자료,
인증정보와 입찰정보 등의 제공으로 회
원에게 필요한 정보를 제공합니다.

* 신규개설: 회원과의 소통, 워터24, 용어사전 등

- 담당 : 회원지원팀
- 전화 : 02-3156-7734

협회 홈페이지
(www.kwwa.or.kr)



뉴스레터 구독 신청을 통해 물시장종합
정보센터(www.wabis.or.kr)에서 제
공하는 물산업 관련 주요 뉴스를 전자
메일로 받아볼 수 있는 전문 콘텐츠입
니다. 국내외 물산업 동향, 행사 정보,
특히, 국내외 입찰정보, 인증 및 규격
등 유용한 물산업 분야 정보와 서비스
를 잘 빠르게 제공합니다.

- 담당 : 물산업팀
- 전화 : 02-3156-7851

물시장종합정보센터
(www.wabis.or.kr)



대한민국 최대 물산업 전시 및 컨퍼런
스, 「WATER KOREA」의 전시회 정보제
공 및 참가신청 접수 서비스 등을 제공
합니다.

- 담당 : 대외협력팀
- 전화 : 02-3156-7741

WATER KOREA 홈페이지
(www.waterkorea.kr)



상·하수도분야 종사자들의 직무능
력 향상과 핵심인력 양성을 통한 국민에
게 깨끗하고 풍부한 물을 공급하고자
'사이버교육센터'를 운영하고 있습니다.
'누구나, 언제나, 어디서나' 학습이 가능
하고, 저비용으로 교육효과를 극대화
할 수 있도록 유익한 교육정보 등을
제공합니다.

- 담당 : 물산업교육팀
- 전화 : 02-3156-7874

사이버교육 홈페이지
(edu.kwwa.or.kr)

<Water&Tech>는 독자 여러분의 관심과 참여로 만들어집니다.

이름:

소속:

연락처:

e-mail:

1. 귀하의 직업은 다음 중 어디에 해당됩니까?

☐ 공무원 ☐ 물산업 종사자 ☐ 일반 직장인 ☐ 학생 ☐ 기타()

2. 이번 호 <Water&Tech>에 대해 얼마나 만족하십니까?

☐ 매우 만족한다 ☐ 만족한다 ☐ 보통이다 ☐ 미흡하다 ☐ 매우 미흡하다

3. 이번 호에서 가장 좋았던 섹션은 무엇입니까? [특히 추천하고 싶은 내용과 그 이유]

4. 이번 호에서 가장 아쉬웠던 섹션은 무엇입니까? [특히 개선했으면 하는 내용과 그 이유]

5. 앞으로 더 보강하거나 새로 다루었으면 하는 내용은 무엇입니까?

☐ 기술논문 ☐ 전문가 기고문 ☐ 국내 업계 동향 및 이슈 ☐ 시설 및 운영관리 기술 ☐ 최근 정책동향 ☐ 기타()

6. <Water&Tech>을 읽고 느낀 점이나 바라는 점을 적어주세요.

개인정보 수집 및 이용 동의

독자 설문지를 통해 보내 주신 의견 및 개인정보(성명, 주소, 전화)는 협회 기술지 발간 및 선물 발송을 위해 이용 또는 제3자에게 제공될 수 있으며, 상기 목적 외 다른 용도로는 사용되지 않습니다. 이에 동의하실 경우 다음 박스에 체크(V)해 주세요. (동의하지 않을 경우 선물 추천 대상에서 제외됩니다)

본인은 상기 목적의 개인정보 수집 및 이용에 동의합니다. ☐

발송방법 | 이메일(lee7895@kwwa.or.kr) 송부 또는 팩스(02-3156-7779) 전송

세계 최초 소형 경량 게이트 밸브 / 특허, 성능인증 !!

dh (주)동해
DONGHAE Co., Ltd.

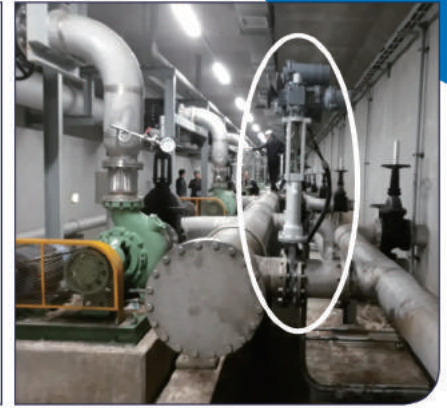
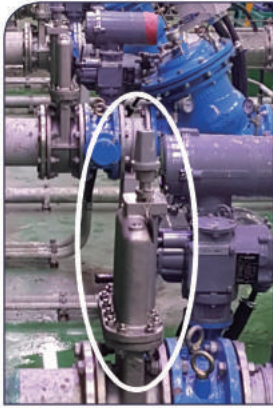
Soft Seat Gate Valve

소프트 시트 게이트 밸브

상하수도, 오일, 가스 플랜트 적용

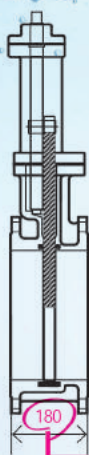
Donghae Leading Technology,
Quality & Customer Trust!

* 생산 사이즈 10K/150LB 40A~1500A/1 1/2"~60"
20K/300LB 40A~900A/1 1/2"~36"

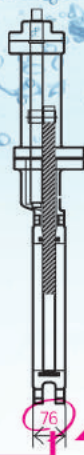


소프트 시트
게이트 밸브

300A



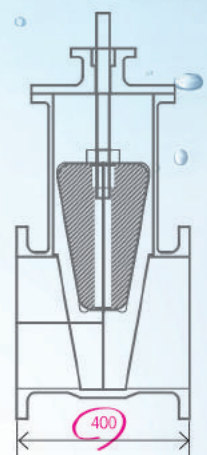
F to F (L2)



F to F (L1)

게이트 밸브

300A



▶ 판재 개폐판 사용,
소형 경량화

* 이중씨링 구조로 누설 없음 * 이물질 적체 없음



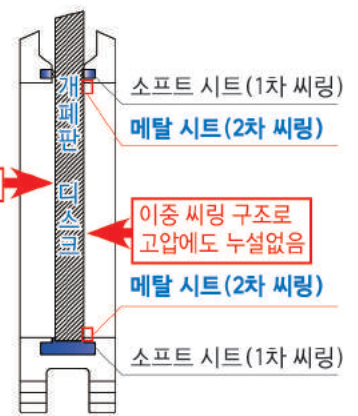
밸브 본체 내부 개폐판
이 승하강하는 위치에
형성된 홈에 **소프트
시트**를 삽입하여 밸브
의 기밀성을 향상시킴

소프트시트(1st)

메탈시트(2nd)



OPEN



CLOSE



42905 대구광역시 달성군 하빈면 하빈남로 350-11

Tel. 053-585-6992/4 Fax. 053-585-6993

E-mail. dhv@dh-valve.co.kr Website. www.dh-valve.co.kr

대한민국 정부가 인정한 내진성능으로
국민의 안전을 지키는 상하수도관

World Best AB-6P+



대한민국 신기술대상
대통령표창



대한민국 안전기술대상
국무총리상 수상

※ 핵심기술

- 편수부 이중 구조로 완벽한 내진 성능 구현
- 4가지 소재 / 6중벽 배열로 충격강도 강화
- 직관과 완전밀착하여 결합력 향상
- 스케일 발생 억제로 내부 수충압 발생 방지
- 최고의 경제성을 구현하는 상하수도관



gobee.info@gmail.com



www.gobee.co.kr



제품문의
02-585-9190



본사 / 공장
충청남도 예산군 고덕면 예덕로 1033-55



주식회사 고비
GoBee
Company Limited