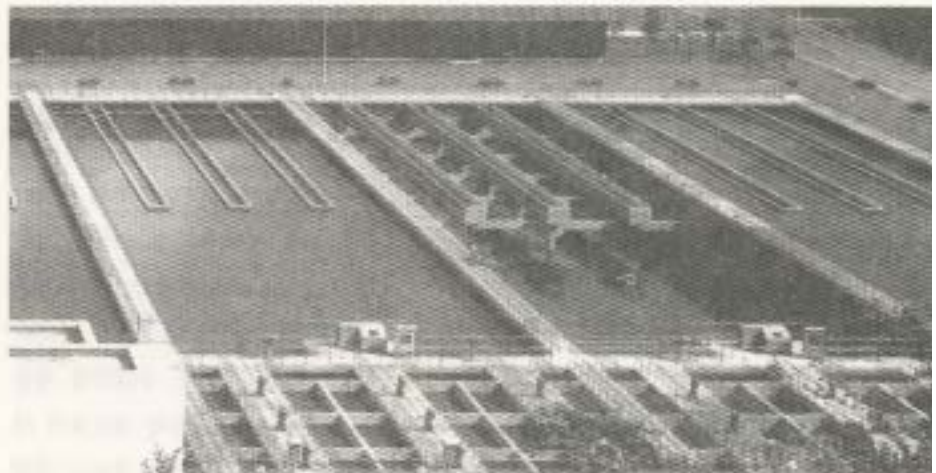


저수시설에서 수질악화 방지

EPA 120억개 수도꼭지에 대한 수질조사 실시

최근의 AWWAF(미국수도협회 연구 기금)에서는 저수시설에서 발생할 수 있는 수질문제를 예방하기 위한 저수시설의 유지 관리 방안에 대한 연구가 수행되었다. 이번 연구는 현장사례조사, 문헌조사 및 수도공급자들에 대한 조사들을 바탕으로 이루어졌으며, 다음의 내용은 AWWAF 연구결과 중 중요한 내용만을 요약한 것이다.



배수 및 저수시스템은 수도물 사용자의 건강보호를 위한 여러 단계 중 중요한 단계라 할 수 있다. 예전의 수도공급자와 수도 관리 기관들은 주로 여과와 소독 부분에 많은 관심을 두어 왔으나, 배수 및 저수시스템이 다른 부분만큼 중요하다는 인식이 점차 확대되고 있는 실정이다.

이러한 변화는 지난 80년 동안 미국내 수인성 질병발생의 40% 이상이 배수시스템 계통의 결함으로 인해 발생되었다는 연구결과들로부터 기인했다 할 수 있다. (Kramer et al, 1996; Moore et al, 1994; Herwaldt et al, 1992; Lippy & Waltrip, 1984; Craun & McCabe, 1973)

물 공급 과정은 소비자에게 물을 공급하는 과정에서 발생할 수 있는 수질악화를 방지하기 위해 첨가되는 염소 처리 과정과 송·배수 과정 등으로 태변될 수 있다. 또한 물 공급과정에서 중요한 사항은 공급되는 물이 송·배수시설내에서 잔류성을 유지하고, 소독부산물 생성되지 않도록 하는 것이다.

물 공급 과정에서 저수시설내의 체류시간은 여러 가지 문제들을 야기시킬 수 있다. 저수시설의 내부 피복 상태나 저수 시설의 수위 등은 위생 및 심미적 측면에서 수질에 영향을 줄 수 있는 매우 중요한 사항이며, 더 중요한 사실은 미생물 성장을 억제하는 잔류 소독제의 소독능은 저수기간이

길어질수록 감소된다는 것이다.

현재 미국에는 대략 400,000개의 저수시설이 운영중이며, AWWA의 관련 기관 연구 결과에 의하면 미국내 저수 시설중 대략 63%가 철 재질이며, 15%가 콘크리트, 19%가 지하 저수지로 나타났다. 이 저수시설의 약 98%가 밀폐시설로 되어 있는 것으로 조사되었다.

최근 미국 EPA(환경보호청)는 향후 20년간 음용수 수질 기준을 맞추기 위한 저수시설의 관리·유지측면에서의 개선 방안을 찾기 위해 120억개의 수도꼭지에 대한 수질 조사를 실시하였고, 그 결과 미국내 저수시설의 상태에 대해 의문이라는 내용을 의회에 보고하였다.

수질 개선을 위한 단계별 방안

수도공급자는 저수시설에서의 수질문제를 방지하고 해결하기 위해 다음의 다섯 단계를 고려하여야 한다.

1단계. 수도공급 시설에 대한 이해

첫 번째 단계는 저수시설의 전체적인 관리 이력을 작성하는 것으로부터 시작된다. 이 시설에 대한 이력관리는 준공기록, 소독 및 유지관리 기록, 수질 자료, 침전물 채취 자료, 운영 자료, 서비스지역 고객들의 불만 사항 등을 포함하게 된다. 이러한 시설 이력 관리시에 저수시설에 대한 사건과 비디오테이프들도 유용한 자료로 사용될 수 있다. 일회성의 시설물 조사 기록으로는 시설물에 대한 전반적 평가가 불가능하므로, 일정한 주기로 시행되는 정밀 조사를 실시함으로써 시설 운영자는 시설의 부식율, 침전물 축적 상태, 피복 불량과 같은 시설의 상태를 알아볼 수 있다.

수도공급자에게 있어 저수시설의 상태, 운영·유지관리 등의 자료는 시설에서 발생할 수 있는 문제에 대한 해결과 유지관리 계획, 사업 예산 배정시 중요한 자료가 될 수 있다.

2단계. 수질문제에 대한 정의

두번째 단계는 수질에 대한 모니터링, 침전물과 생물막 생성 유무와 여러 가지 조사를 통해 이루어진다. 저수시설에 대한 포괄적인 수질 모니터링은 저수 시설내 혼합지역 및 사지역(dead zone)을 평가하는데 유용한 자료를 제공하며, 배수관망 모니터링, 고객 불만 평가, 수리학적 체류 시간 추정 등도 유용한 자료로써 사용된다. 수질 모니터링 자료는 경향 평가에 사용된다.

미연방 응용 수질 규제들은 수도공급자에게 저수시설의 수질상태를 지속적으로 측정하도록 규정하고 있지는 않다. 게다가 대부분의 주에서도 저수시설 모니터링을 특별히 요구하

고 있지 않다. 그러나 영국은 매주 저수시설에서의 박테리아에 대한 모니터링을 요구하고 있어 미국과 대조적이라 할 수 있다. 표 1은 저수시설에 대해 언급하고 있는 주요 응용 수질 규제들을 보여 주고 있다.

모니터링 프로그램이 개발되었을 때, 수도공급자들은 잔류염소농도측정, 중속영양계 평판집계 박테리아군과 대장균군 등과 같은 것들에만 관심을 가졌으며 또한 각 요소들을 모든 시설에서 매년 측정할 필요가 없다고 생각했다. 표 2는 저수시설의 수질 모니터링을 위해 적용될 수 있는 검사 항목들에 대해 기술하고 있다.

저수시설은 오랜 체류시간으로 인해 질산화 반응이 발생되면 염소와 암모니아성 질소와의 반응으로 인해 결합 잔류 염소가 생성되고, 결과적으로 저수 시설내에서 질산성 질소와 아질산성 질소의 농도를 증가시키게 된다. 이러한 질산화를 방지하기 위해서는 특별한 모니터링이 요구된다.

표 1. 저수 시설에 대한 수질평가인자들과 관련 규제(미국의 경우)

인자	샘플링 위치	규제치	관련 지도
소독 잔류물	배수시스템의 모든 지점	연속 조사시 0.2mg/L	USSWR
소독 잔류물 또는 HPC 박테리아	배수시스템 전지역 저수 시설	두달 연속적으로 채취된 샘플의 95%에서 510cfu/mL 이하의 HPC 박테리아 또는 소독 잔류물이 감지 될 피발견	USSWR United Kingdom
TTHMS	배수시스템 전지역	샘플의 1/4에서 연 평균 0.0ug/L, 3개월 평균 0.0ug/L	DOSFR, Stapf United Kingdom
할로아세틱 산	배수시스템 전지역	샘플의 1/4에서 연 평균 0.0ug/L	DOSFR, Stapf
총 또는 분변성 대장균 박테리아	배수시스템 전지역 저수 시설	5%의 샘플이 총 대장균 박테리아를 포함/ 채 실험을 통해 분변성 대장균으로 판별	USTotal Coliform Rule United Kingdom

USWR - 저수수 처리 규정
HPC - 총수질생물량 측정
TTHMS - 총트리아할로메탄
DOSFR - 소독제 소독부산물 규정

그러나 수질 모니터링 프로그램이 모든 문제들을 지적할 수는 없다. 즉 38,500,000L, 저수시설에서 1L의 샘플을 가지고 시설내 전체 수질을 대표할 수 있다고 말 할수는 없다.

하지만 이러한 모니터링을 통하여 저수 시설내 수질에 대한 경향성을 파악할 수 있다는 점에서 유용한 자료라 할 수 있다.

침전물에 대한 모니터링으로부터 수질 문제를 평가할 수 있다

저수시설내의 침전물은 수체(水體)와는 분리되어 생각될 수 있으나 수질에 미치는 영향만은 무시할 수 없다. 질, 망간, 탁도, 부유 물질, 경도 유발 물질 등은 유속이 약해질 경우 저수시설에 침전되지만, 유속 변

동으로 인해 재부유 되어 염소소비량을 증가시키므로써 수질을 악화시키게 된다. 수도공급자에게 있어 침전물에 대한 샘플링 결과는 맛, 냄새와 박테리아의 재증식 등과 같은 수질문제를 알려줄 수 있기 때문에 유익한 자료중의 하나이다. 또한 저수시설내의 침전물 축적율은 저수시설의 청소 주기를 결정하는데 사용되기도 한다. 표 3은 수도공급자들이 침전물 샘플링 및 분석시에 알아두어야 할 몇 가지 사항을 기술하고 있다.

침전물에 대한 최적의 샘플링 시기는 배수 직후 또는 청소 직전이다. 침전물 샘플링시 사용될 수 있는 방법 중 하나는 침전물 게이지를 이용하는 것이다. 우수 게이지의 원리를 이용한 침전물 게이지는 저수시설의 바닥면에 눈금이 매겨진 실린더를 설치하

여 간단하게 사용할 수 있다.

이렇게 설치된 침전물 게이지로부터 샘플링 면적(실린더 면적), 대표성 있는 시료, 침전층 깊이, 저수지내의 수류이동으로부터 흐트러지지 않은 침전물 표본등을 얻을 수 있게 된다.

이때 사용되는 실린더의 최소 직경은 300mm(12in), 길이는 100mm(4in)이여야 한다. 또한 하나의 저수 시설내에 여러개의 게이지를 설치하게 된다 면 좀더 포괄적인 샘플링 결과를 얻을 수 있게된다.

생물막도수질문제의 원인이 될 수 있다

저수시설 벽면의 생물막은 맛과 냄새문제, 잔류 소독제 손실, 박테리아

표 2 최종 처리수저장 시설에서의 검사항목(미국경우)

항목	목적	적용되는 샘플링 환경
알칼리도	가능한 변동성 평가 지표	실시간 이온 전극법, 원의 시료 채취 후 실험실 분석
알루미늄	응집제과다 투입 관련 지표	실시간 이온 전극법, 원의 시료 채취 후 실험실 분석
암모니아(총/유리)	질산화 가능성 지표	실시간 이온 전극법, 원의 시료 채취 후 실험실 분석
잔류 염소 농도 (총/유리)	수질 악화와 박테리아 재증식 방지를 위한 지표/ 모니터링은 출구와 입구측에서 실시	실시간 색도 분석법과 원의 시료 채취 후 실험실 분석
대장균(총/유리)	지표 박테리아의 존재 유무	원의 시료 채취 후 실험실 분석
전도도	총 용존 고형물(알칼리도)와의 상대적인 변화 지표	실시간 이온 전극법, 원의 시료 채취 후 실험실 분석
DPB	DPB 생성과 관련된 화학변동에 대한 지표	원의 시료 채취 후 실험실 분석
총 용액 박테리아	수질 악화에 대한 조기 경고 제공	원의 시료 채취 후 실험실 분석
철	가능한 부식 반응 지표	실시간 이온 전극법, 원의 시료 채취 후 실험실 분석
불산성 질소	질산화 지표	실시간 이온 전극법, 원의 시료 채취 후 실험실 분석
아질산성 질소	질산화 지표	실시간 이온 전극법, 원의 시료 채취 후 실험실 분석
ORP	수질의 수질 변화 지표 (공크리트 재질과 비교할 시물의 부식)	실시간 이온 전극법, 원의 시료 채취 후 실험실 분석
맛/냄새	수질 문제의 평가	원의 시료 채취 후 실험실 분석
수온	저수 시설내부에서의 수온 차이는 수역의 경계와 성층을 의미할 미생물 재증식의 가능성 지표	실시간 수온 측정
탁도	수질 악화 지표	실시간 탁도계 분석

2005년 2월 15일

표 3. 저수시설내 침전물 모니터링시의 고려 인자

인자	내용
산화질	순-배수 시스템 부식
수산화 알루미늄	응집 과정후 과다한 알루미늄 존재
탄산 칼슘	과다한 마네랄이 포함된 경우
망간	원수의 수질 문제
중속 영양 환경 박테리아	맛냄새 원인 물질이며, 박테리아의 저증식 가능성
침전물 깊이	속도를, 침전물의 채부 상태에 의한 소독 잔류물의 분해
최대 대변물 실온	시설의 부적합한 결합, 스크린 시설의 불량 및 고장

재증식의 잠재적인 원인이 될 수 있으나, 침전물과 같이 생물막에 대한 모니터링도 법적으로 규정된 필수 검사 항목은 아니다. 생물막은 저수 시설 바닥의 침전물층 위에서 최대 수위선까지 발생한다. 운전 내내 물에 잠긴 표면, 운전중 수위가 변동하는 부분, 물의 정체가 지속되는 지역은 생물막 생성의 가능성이 높으므로 모니터링시에 고려되어야 한다. 생물막 샘플링은 배수 직후나 청소직전에 침전물 수거와 함께 이루어질 수 있다. 생물막 샘플링 방법으로 시편법이 가장 많이 사용되며 이 방법은 일정 크기의 시편을 탱크내부의 벽 내면에 부착하였다가, 다음에 저수 시설을 청소하는 기간에 시편을 수거하여 화학·미생물학적으로 분석을 실시한다.

정밀검사를 통해 운영자가 잠재적 수질문제에 대비할수있다

일상(Routine)검사, 정기(periodic) 검사, 종합 검사(comprehensive)는 수질문제를 막기 위한 중요한 방법이 된다. 미국내의 저수시설에 대한 조사과정에서 확인된 가장 일반적인 문

제는 스크린 손상 혹은 분실, 작동하지 않는 음극 보호 시스템, 안전하지 않은 수문, 내벽의 케인트, NSF에 의해 검증되지 않은 피복등이다. 손상된 스크린이나 제 기능을 하지 못하는 저수 시설의 출입구를 통한 오염물질의 출입은 최악의 경우 수인성 전염병의 발생과 같은 많은 문제점을 초래할 수 있다. 그 예로써 미국 미주리주에서는 살모넬라균을 함유한 조류의 배설물이 저수탱크로 유입되어 7명의 인명 피해를 내기도 하였다(1996년).

일상 검사는 매일 또는 매주에 실시하며, 정기 검사는 1~4개월에 한번씩 실시해야 한다. 일상의 검사의 목적은 저수시설로와 외부인 침입, 시설과외, 피복 손상, 운영상의 준비사항 등을 점검하기 위해 실시되며, 정기 검사는 지상으로부터 쉽게 출입할 수 없는 저수시설 지역을 정밀검사하기 위해 수행된다.

종합 검사는 구조적 상태에 따라 3년에서 5년 주기로 하되 목표수질을 유지하기 위해 가능한 한 자주 시행하는 것이 바람직 하지만, 실제 조사 횟수는 수질 모니터링과 시설 상태를 감안하여 결정되어야 한다.

종합 검사로부터 최소한 내외 피복 상태, 콘크리트 기초, 토목기초 상태, 구조적 요소, 출입시설, 배출구 및 안전장비, 음극보호설비, 유출관, 웨어 상자, 스크린, 내부 침전물 퇴적 깊이 등에 대한 상세한 결과를 얻을 수 있다.

3단계. 수질문제 해결을 위해 여러 대안들로부터 최상의 해결책을 찾자

3단계에서는 수질문제의 예방과 해결을 위해서 1, 2단계의 정보를 이용하여 가장 좋은 방법을 개발, 평가하고 선택하여야 한다. 이때 대안은 유지관리, 운영, 공학설계인자들을 포함하여 하나의 해결책으로 통합되어야 한다.

유지관리대안은 세척, 도색 그리고 시설물 보수

대부분의 수질문제는 유지관리부분으로부터 해법을 찾을 수 있다. 예를 들어, 저수시설내의 물에서 맛과 냄새문제가 발생된다면 이러한 문제를 해결하기 위해 침전물 제거, 제 피복, 수질 회복을 위한 체류시간의 증가, 외부 오염원으로부터 오염물질 유입차단 등의 활동을 실시하여야 한다. 표 4는 몇 가지 수질문제와 그에 따라 수행 가능한 관리 방안을 요약하였다. 미국내의 저수시설에 대한 조사 연구 결과로부터 저수 시설이 밀폐(지붕이 있는)되어 있는 경우 최소한 매 3년에서 5년마다 혹은 수질

표 4. 저수시설에서의 수질문제를 해결하기 위한 유지 관리 방안

수질문제	점검 항목	유지 관리방안
맛 과남새	침전물 생성 유무 점검 저수 시설 내벽의 코팅 상태 점검 반약 채로 코팅했다면 휘발성 및 중성 유기 화합물질 점검 외부로부터의 오염 유입 점검	침전물 제거 코팅 상태 개선 추가적인 치료 스크린과 뚜껑을 개선
수색 잔류물의 감소	침전물 생성 유무 점검 저수 시설 내벽의 코팅 상태 점검 스크린과 부속 시설물 점검 외부로부터의 오염 유입 점검	침전물 제거 코팅 상태 개선 추가적인 치료 스크린과 뚜껑을 개선
적수 및 부식	물속 병자 시스템 점검 코팅 상태 점검 내부 강구조 점검 침전물 생성 유무 점검	모수, 보정 및 가압 보수, 코팅 가압 제거 및 재코팅 배려 후 침전물 제거

모니터링을 기초로 하여 필요하다면 그 이상 배수시설에 대한 세척을 실시하여야 하며, 밀폐 시설이 없는(지붕이 없는) 저수시설은 일년에 한번이나 두 번씩 세척해 주어야만 수질에 문제가 없는 것으로 나타났다.

여러 운영방안을 적용하여 저수시설 내 체류시간을 감소시킬 수 있다

저수시설내 과도한 체류시간은 적은 물사용량과 저수시설내 단격류의 발생에 의해 생길 수 있다. 수도시설 운영자들은 다음과 같은 방법을 적용

함으로써 체류시간을 감소시킬 수 있다. 물 공급 주기에 변화를 주거나, 저수시설내 가용 수위 폭을 넓게 하여 운전하는 방안으로 이러한 운영 방식은 기존의 운영방식에 변화를 주는 시도이지만, 많은 수도공급자들은 저수시설의 수질증진을 위해 사용하고 있다. 예를 들어 오레곤주의 수도공급자들은 저수 시설내의 잔류 염소 농도를 증가시키고, 저수시설의 물이 고수위 일때 체류시간을 줄이기 위해 기존의 펌프 운영 계획을 변경하였다. 그 내용은 그림 1에 나타나 있는 것처럼 기존에 더 높은 지역에 있는 저수 시설로 물을 공급할 경우 단계 단계별로 평평을 하여 배수지로 공급하였지만, 새로운 운영방식을 적용하여 필요에 따라 배수지간 품공급을 직접함에 따라 저수 시설에서의

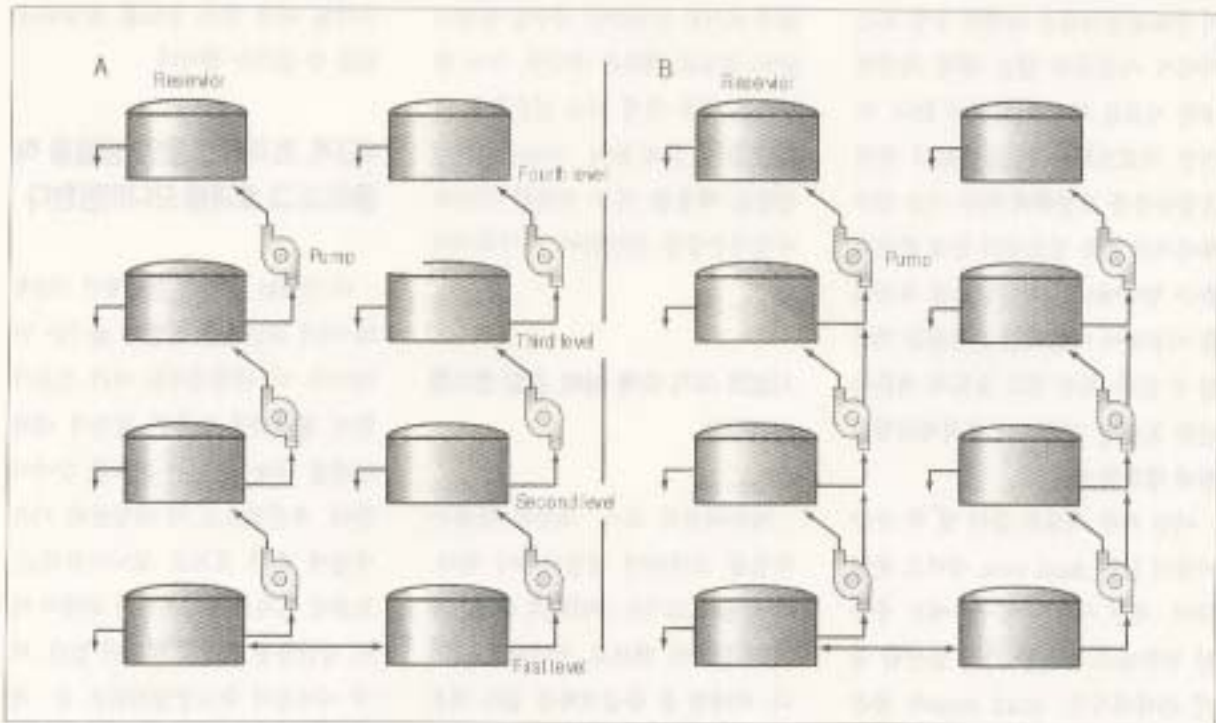


그림 1. Old(A) and new (B) pumping schemes at the Eugene(Ore) Water and Electric Board

체류시간을 줄일 수 있었다.

독일의 경우에는 저수시설의 계절이 시뮬트인 저수조에서 최대체류시간을 5일에서 7일까지로 제안하고 있으며(Baur & Eisenbart, 1988), 스위스의 경우에는 자국내 잔류염소 농도에 대한 기준치가 낮은 이유로 최대체류시간을 1일에서 3일로 제안하고 한다. (Houtmann, 1992)

대부분의 경우 저수 시설에서의 체류시간은 흐름을 Plug-flow로 가정하여 계산된 값이므로 만일 저수 시설내에 단격류가 발생된다면 실제 저수시설내의 체류시간은 상당히 달라질 수 있어 몇 분에서 몇 주 혹은 몇 달까지 차이가 날 수 있다. 저수시설내 체류시간과 수체내 전환율(Turnover rate)을 결정하기 위해 수도공급자는 수질 특징과 저수 시설의 구조적 특성을 고려해야 한다. 특히 수도공급자들은 다양한 수질 조건 하에서 시설내의 염소 분해 특성에 대한 자료를 가지고 있어야 한다. 이러한 자료로부터 Plug-flow나 완전 혼합반응을 가정하여 저수 시설 입구 쪽에서의 잔류 염소량의 분해 특성과 출구 방향에서의 잔류염소량 목표치를 이용하여 이론적인 전환율을 계산할 수 있다. 또한 염소 농도와 체류시간은 모델링 기법이나 추적자실험을 통해 결정할 수 있다.

어떤 저수 시설은 물이 몇 주 동안 머물러 있는 dead zone 상태로 운영되어, 저수 시설의 입구쪽에는 충분한 잔류염소 농도를 가진 신선한 물이 존재하지만, dead zone의 물은 잔류염소를 전혀 가지고 있지 않을

수도 있게 된다. 이러한 경우 수도공급자는 혼합장치를 설치하거나 물 자체에 의한 혼합이 이루어질 수 있도록 저수 시설의 입구 배열과 저수시설의 구조를 개선할 필요가 있다.

또한 저수 시설내 잔류 염소 농도의 감소를 감안하여 재염소처리의 실시 유무도 결정해야 할 사항이다.

이론적인 전환율을 결정하는데 있어(반약 전환율이 3일, 5일, 7일 이라면) 수도공급자는 저수 시설의 운영시에 연속적인 운전을 실시하여 많은 양의 물을 배출함으로써 저수 시설내의 수위 변동을 크게 주어 전환율을 조절할 수 있다. 이러한 방법은 급수탑과 같이 같은 위치에 입구와 출구가 설치된 저수시설에서 특히 효과를 얻을 수 있다. 즉 급수탑 용량의 10~20% 사이에서 물의 출입이 발생할 경우 많은 혼합이 이루어지지 않게 되지만 일일동안 급수탑 용량의 60% 정도의 변화를 준다면, 수위 변동폭은 매우 크게 되어 전환율에 변화를 줄 수 있게 된다. 그러나 이러한 방법을 적용할 경우 적절한 수압과 비상저수량을 감안하여 실시되어야 한다.

시설의 크기, 피복 상태, 혼합 정도를 고려하자

저수시설의 크기, 갯수와 종류는 수질을 고려하여 결정되어야 한다. 즉 시설의 크기는 수리학적 설계인자에 적합해야 하므로 지나치게 작거나, 과도한 물 공급계획을 잡는 것은 결과적으로 수질을 악화시키게 된다.

이러한 문제를 해결하는 방법은 두 개의 작은 저수 시설을 운영함으로써 장래의 유지관리를 좀더 수월하게 하는 것이다. 수질의 관점에서 가장 중요한 부분은 저수시설을 dead zone이 안 생기도록 혼합시키는 구조로 만들 것인지 아니면 plug-flow로 운전할 것인지를 결정하는 것이다. 이것은 잔류염소량을 유지하는데 있어 아주 중요한 사항으로써 대부분의 저수시설에서는 완전혼합 방식을 선택하는 것이 plug-flow보다 더 효과적이다. 수체의 자체 회전력을 이용한 혼합법은 분산형 관, 유·출구의 분리 설치등을 이용하여 목표속도를 얻게 함으로써 가능하다. 또한 좀더 효과적인 혼합법은 파이프, 산기장치, 펌프로 구성되는 수리학적 순환 시스템을 이용하는 것으로 이러한 수리학적 순환 시스템의 또 다른 이점은 저수시설 내에 염소 농도를 균등하게 만들 수 있다는 것이다.

4단계. 효과적인 운영 방법을 적용하고 그 효과를 모니터링한다

이 단계는 앞에서 언급했던 3단계의 여러 대안들을 실행해 옮기는 단계이다. 이 단계에서는 여러 전문가들이 참여하여 도출된 결과에 대해 의견을 나눌 수 있는 기회를 갖아야 한다. 우선적으로 각 대안들과 기존 방법에 대한 효과를 모니터링하고, 도출된 결과를 향상시키기 위해서 여러 방안들을 조절할 필요가 있다. 미국 시애틀의 수도공급자들은 송·배수 시스템에서의 고질적인 대장균 문

제를 해결하기 위해 수도 시설의 운전 전략을 바꾸고, 저수 시설을 개량하였다. 그 결과 수도공급자들은 저수 시설에서의 물의 정체현상을 개선하고 수질을 향상시킬 수 있었다.

이러한 개선 사례는 캘리포니아 수도공급자들의 경우에서도 찾아볼 수 있다. 이 회사의 경우 공급하는 물에서 색도, 맛, 냄새의 문제가 있었으나, 저수시설 세척, 저수 시설 개량과 결합일소방식의 소독을 적용함으로써 해결될 수 있었다. 이러한 문제들에 대한 해결은 우선적으로 물 사용자들의 불만 사항을 제곱토라고 저수시설내 수질과 침전물에 대한 조사를 통해 접근하는 것이다.

5단계. 표준 운전 공정의 개발

수도 관련 전문가들에 의하면 수도 시설에서 발생하는 대부분의 수질적 문제들은 수도 공급자들이 수질과 수도 시설 운영을 별개로 보기 때문에 비롯된다고 말하고 있다.

송·배수 시스템과 저수 시설의 운전은 다음과 같은 3부분으로 분류될 수 있다. 즉 수도 시설 운전자와 관리자를 포함하는 수도시설 운영 부분,

수도 시설의 경영 부분, 그리고 수질을 담당하는 수질 부분이다. 이렇게 수도 시설은 여러 부분으로 구분되기 때문에 이러한 주체들간의 원활한 의사 소통이 선행되어야만 수도시설에서의 최적의 수질이 보장될 수 있다.

이러한 수도시설을 구성하는 주체들간의 원활한 의사 소통을 위해서는 표준 운전 공정을 개발하는 것이 필요하다. 특히 이런 표준 운전 공정을 문서화 시켜 기록한다면 비상시에 좀 더 효율적으로 대처 할 수 있으며, 상호간의 의사를 오해하는 경우도 적어질 수 있다. 일반적으로 표준 운전 공정은 시설도, 시설에 대한 설명서, 수질 목표, 모니터링 계획, 시설 운전 방법 설명서, 각 단계별 책임자 명단과 비상시 연락 책임자에 대한 것을 포함한다.

단계적인 접근방식이 해결책을 제시한다

앞에서 기술한것과 같이 수질 개선을 위한 단계적인 접근방식은 수도공급자가 문제 해결을 위해 사용하는 일반적 방법이다. 우선적으로 첫번째 단계에서는 과거에 발생했던 사고 이

력과 해결책에 대한 자료들을 추적하는 것이다. 두번째 단계에서는 좀더 많은 조사 연구를 통해 해당 자료들을 갱신하는 것이다. 이 과정에서 수질 모니터링, 침전물과 생물막 모니터링 및 조사 등이 이용된다.

세번째 단계에서는 수도 시설의 운전, 유지, 설계 등에 대한 해결책을 개발해 나가는 것이다. 수도시설의 유지는 시설을 깨끗하고 청결하게 하는 것이며, 수도시설의 운전은 저수 시설내 저수된 물의 전환율을 조절하고, 수위등을 관리하는 것으로 많은 저수 시설에서는 시설내 혼합 장치설치 하거나, 재염소 처리 시설을 설치함으로써 수질을 향상시키게 된다. 수도시설에 있어 설계 부분은 적절하게 저수 시설 규모를 결정하여 저수 시설 기준들을 만족시키는 것이다.

네번째 단계는 수도 시설에 대한 포괄적인 모니터링을 통해 최적으로 시설을 유지하는 것이며, 마지막 다섯번째 단계에서는 표준 운전 공정을 개발하여 시설을 늘 안정적으로 운전·관리하는 것이다.

STORY BOX

고령 출산 성인병 원인

생활이 풍족해지고 삶의 질이 높아질수록 결혼의 청년기가 높아지고, 결혼을 해서도 아이를 갖지 않거나 늦은 나이에 늦둥이를 낳아 새로운 삶의 낙으로 여기는 사람들이 늘어나고 있다. 최근의 연구에 따르면 35세 이후에 아이를 갖는 여성은 50세에 이르러 당뇨병·고혈압·심장병에 걸릴 위험이 커진다. 나이가 여성들이 임신성 당뇨

병에 잘 걸린다는 사실은 이미 알려져 있으며 나중에 재발하는 경우도 많다. 그러나 다른 질병과의 연관성은 입증되지 않고 있었다. 다른 외부적 요인을 생각할 수도 있지만 피임자들은 모두 건강한 생활습관을 유지하고 있었다. 게다가 인종·소득수준·자녀수 같은 통상적 요인들은 문제가 되지 않는 듯하다. 그러나 위험성이 증가하는 생물학적 이유는 밝혀지지 않았다. 두크대의 출산의료학자 마이미 미사는 아직은 출산을 앞당기라고 권하지 않을 것이라고 말했다.