

제11장 기술진단 계획

- 11.1 개 요
- 11.2 상수도시설 기술진단
- 11.3 관망 기술진단
- 11.4 기술진단 계획

제 11 장 기술진단 계획

11.1 개 요

수도정비 기본계획의 수립은 기술진단결과를 바탕으로 수립함을 원칙으로 하고 있으며 기술진단결과를 시설개량계획 수립 등 수도정비 기본계획 수립에 반영되도록 하여야 한다.

11.1.1 관련 법규

수도법 “제74조(수도시설에 관한 기술진단 등)”에 제시된 규정은 다음과 같다.

- 수도사업자는 수도시설의 관리 상태를 점검하기 위하여 5년마다 환경부령으로 정하는 바에 따라 정수장상수도관망 등 그 수도시설에 대한 기술진단을 실시하고, 그 결과를 반영한 시설개선계획을 수립하여 시행하여야 한다.
- 수도사업자는 제1항에 규정에 의한 기술진단에 관한 업무를 환경부령이 정하는 자로 하여금 대행하게 할 수 있다.
- 수도사업자는 제1항에 따른 기술진단 결과 및 시설개선계획의 수립·시행 결과를 인가 관청에 알려야 한다.

수도법 시행규칙 “제27조(수도시설에 대한 기술진단의 구분) 법 제74조제1항에 따른 수도시설에 대한 기술진단은 다음 각 호와 같이 구분한다.

- 정수장에 대한 기술진단 : 취수지점부터 정수장까지의 취수시설, 도수시설 및 정수시설과 그에 속하는 시설물을 대상으로 하는 기술진단
- 상수도관망에 대한 기술진단 : 정수장 이후의 송수시설, 배수시설 및 배수관에 속하는 관과 그에 속하는 시설물을 대상으로 하는 기술진단

제27조 제1호에 따른 정수장에 대한 기술진단은 정수장의 규모에 따라 다음 각 호와 같이 구분한다.

- 일반기술진단 : 시설용량이 1일 5천톤 이하인 수도시설에 대한 기술진단
- 전문기술진단 : 시설용량이 1일 5천톤 초과하는 수도시설에 대한 기술진단

제 1항의 규정에 의한 일반기술진단 및 전문기술진단의 내용은 다음 각 호와 같다.

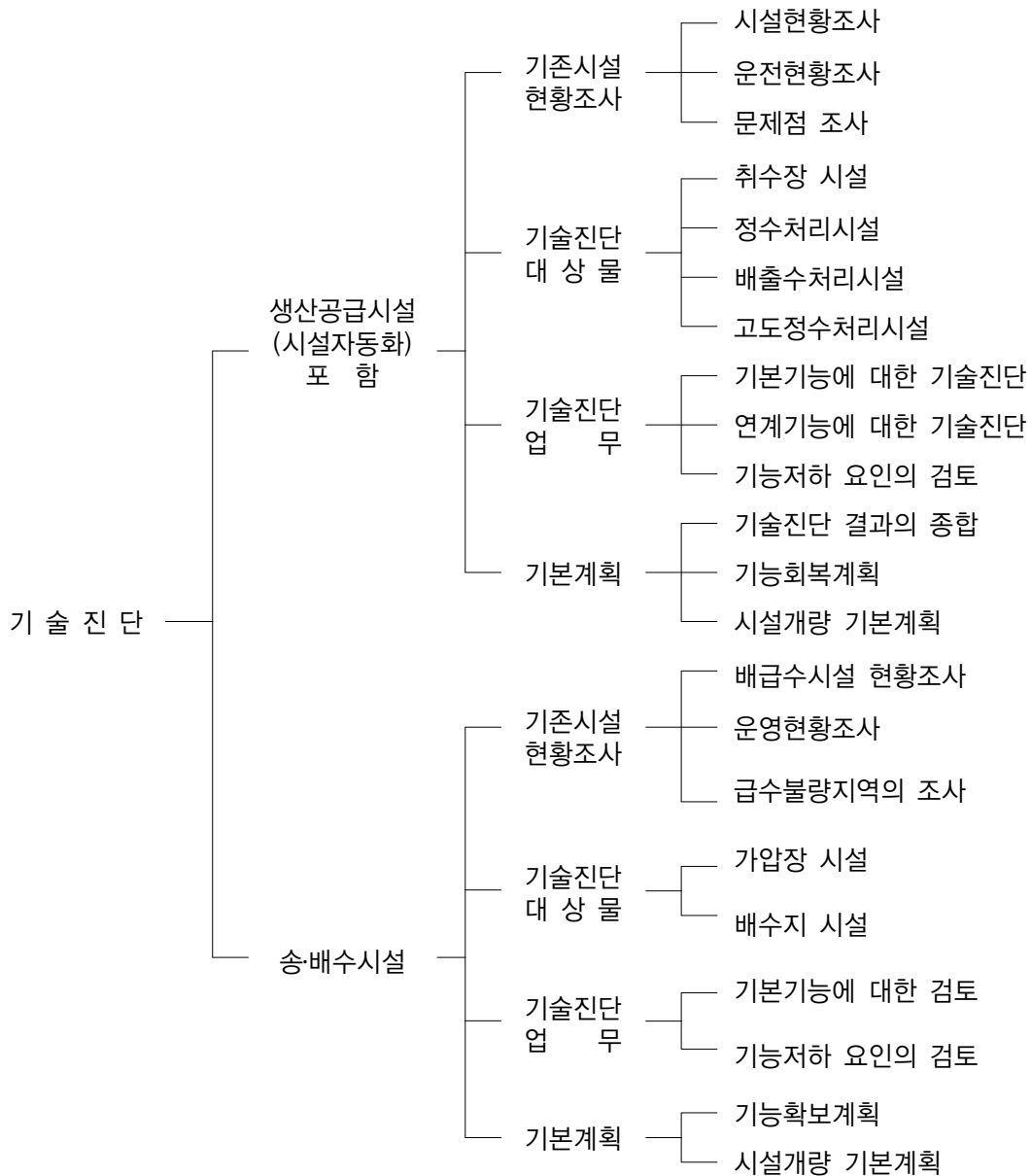
- 일반기술진단의 경우에는 다음 각목의 내용
 - 시설 및 운영관리의 현황조사
 - 공정별·시설별 기능진단 및 기능저하요인 분석
 - 각 공정 상호간의 기능검토
 - 진단결과에 따른 개선방안의 제시
- 전문기술진단의 경우에는 다음 각 목의 내용
 - 제1호 가목 내지 다목의 사항
 - 조직 및 경제성 분석을 통한 수도시설의 효율적인 운영관리방안의 제시
 - 장래 수요를 고려한 수량 및 수질관리의 개선계획 제시
 - 구체적인 시설개선계획의 제시(사업우선순위 및 소요사업비산출을 포함한다)

법 제74조제2항에서 “환경부령으로 정하는 자”란 다음 각 호에 해당하는 자로서 [별표 8]에 따른 장비와 기술인력을 갖춘 자를 말한다.

- 엔지니어링기술 진흥법 제4조에 따라 신고한 상하수도 분야 엔지니어링 활동주체
- 환경관리공단
- 한국수자원공사
- 법 제56조의 규정에 의한 한국수도협회
- 과학기술분야 정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률 제8조에 따라 설립된 한국건설기술연구원
- 재단법인 한국수도연구소
- 사단법인 대한토목학회
- 사단법인 대한상하수도학회
- 사단법인 한국건설안전기술협회
- 시설물의 안전관리에 관한 특별법 제25조의 규정에 의한 시설안전기술공단

가. 수도시설에 대한 기술진단

수도법 제4조의 의한 수도정비 기본계획 및 동법 제74조에 의한 “수도시설에 대한 기술진단”은 수도시설의 관리 상태를 점검하기 위하여 매5년마다 당해 수도시설에 대하여 실시하여야 하는 것으로서 기술진단의 주요 업무범위는 다음과 같다.

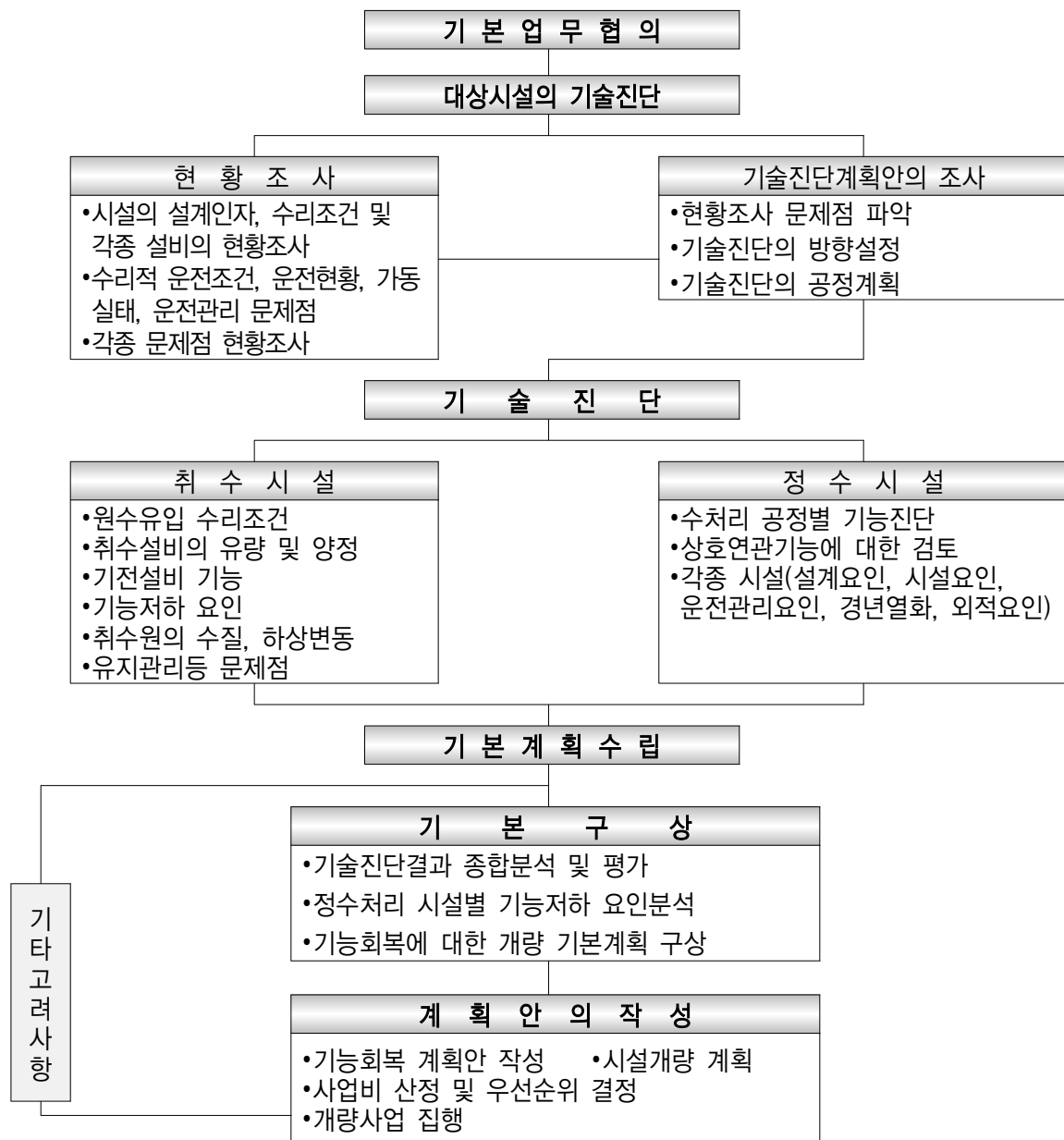


- 주) 1. 송·배수관로의 중요지점에 대한 유량 및 수압은 기존자료를 이용
 2. 구조물의 기술진단은 제외함
 3. 전가기계·제어설비 등의 기술진단은 기본 SYSTEM 단위의 진단을 원칙으로 함

11.1.2 과업수행방법 및 내용

가. 과업수행 절차

수도시설의 정비 및 확장계획은 기존시설에 대한 현황을 조사하고 기능저하요인을 분석하며 이에 따른 개량기본계획을 수립하는 것으로 2007년 공주시에서 수행한 공주시 상수도시설 기술진단(2007. 12, 공주시)에서 기수립한바 있으며 다음의 그림에서와 같은 절차에 의하여 실시하였다.



기술진단 업무수행 흐름도

나. 주요 과업내용

1) 대상시설

구 분	대 상 시 설	시 설 용 량	정 수 방 식	기 타
1	옥룡정수장	28,000 m ³ /d	급속, 고도시설	옥룡취수장 왕촌취수장
2	유구정수장	2,500 m ³ /d	완속	유구취수장

2) 과업기간 : 2007. 7. 2 ~ 12. 28 (180일간)

3) 과업의 범위 (전문기술진단)

- ① 시설 및 운영관리 현황 현장조사
- ② 공정별, 시설별 기능진단 및 기능저하요인 분석
- ③ 각 공정 상호간의 기능 검토
- ④ 진단결과에 따른 개선방안의 제시
- ⑤ 조직 및 경제성 분석을 통한 상수도 시설의 효율적인 운영관리방안 제시
- ⑥ 장래수요를 고려한 수량 및 수질관리의 개선계획 제시
- ⑦ 전체적인 시설개선 계획의 제시(사업 우선순위 및 소요사업비 산출을 포함)

4) 수행기준 : 수도법 제74조, 동법 시행규칙 제27조, 제28조

5) 기술진단 추진일정

본 기술진단은 2007년 7월 2일 착수하여 2007년 12월 28일까지 수행하였으며 기술진단 수행일정은 아래와 같다.

- 2007. 6. 28 : 기술진단용역 계약 (공주시 ↔ 수공)
- 2007. 7. 2 : 착수계 제출 (수공 → 공주시)
- 2007. 7. 2 ~ 12. 7 : 기초자료 조사, 현장 기술진단 실시
- 2007. 12. 14 : 기능저하요인 분석 및 시설개량 종합계획 수립완료
- 2007. 12. 18 : 보고서 초안 작성 제출 및 협의
- 2007. 12. 28 : 성과품 제출

6) 공정 진행표

공 종	공 정	제30일	제70일	제100일	제140일	제180일	비 고
1) 기초자료 수집, 시설 및 운영현황 조사	10일						
2) 시설별, 공정별 기능 진단	60일						
3) 시설별, 공정별 문제점 분석	40일						
4) 기능저하 요인 분석 및 기능회복 계획	40일						
5) 시설물 개량 종합계획 검토	40일						
6) 성과품 작성 및 납품	40일						

7) 기술진단 주요내용

① 현황조사

대상 정수장의 단위 공정별 설계인자와 각종 자료를 기초로 하여 다음과 같은 내용을 조사하였다.

조 사 항 목	조 사 내 용
기 초 자 료	○ 보고서 자료조사 - 설계서, 보고서, 계산서(수리 및 구조), 도면
	○ 운전 및 수질자료 조사 - 최근 3년 이상의 운전 및 수질자료 - 원·정수의 유량, 수질자료(월, 일별) - 기타자료
설 계 인 자	○ 설계인자에 따른 시공여부 현장조사
수 리 조 건	○ 수리계산서에 따른 수리계통도 작성
공정별 수처리 기능	○ 약품혼화 및 응집공정 - 혼화지 및 혼화기 형식, G값 등 - 응집지 및 응집기 형식, 정류벽, G값 등
	○ 침전공정 - 침전지구조, 유출트러프, 정류벽 구조, 슬러지 수집기 조사 등
	○ 여과공정 - 여과방식 및 현황, 여과사 상태, 역세척 방법 및 팽창률 조사 등
	○ 소독공정 - 정·배수지 형태, 도류벽 설치유무, 염소주입 방식 및 주입률
슬러지 처리기능	○ 슬러지 배출량 및 주기
운영·관리현황	○ 운영자와의 면담을 통해 문제점을 조사 ○ 유지관리 상태 및 현황, 수선기록, 운영비, 시설운영 현황조사
펌프시설 및 주위배관 보호시설	○ 펌프·모터의 운전상태 ○ 펌프효율 및 축정렬 상태
전 기 시 설	○ 수전설비 계통 조사
계 측 제 어	○ 시스템 기본 기능, 종합관리 운영 조사 ○ 시설별, 시스템별 문제점 요인 조사

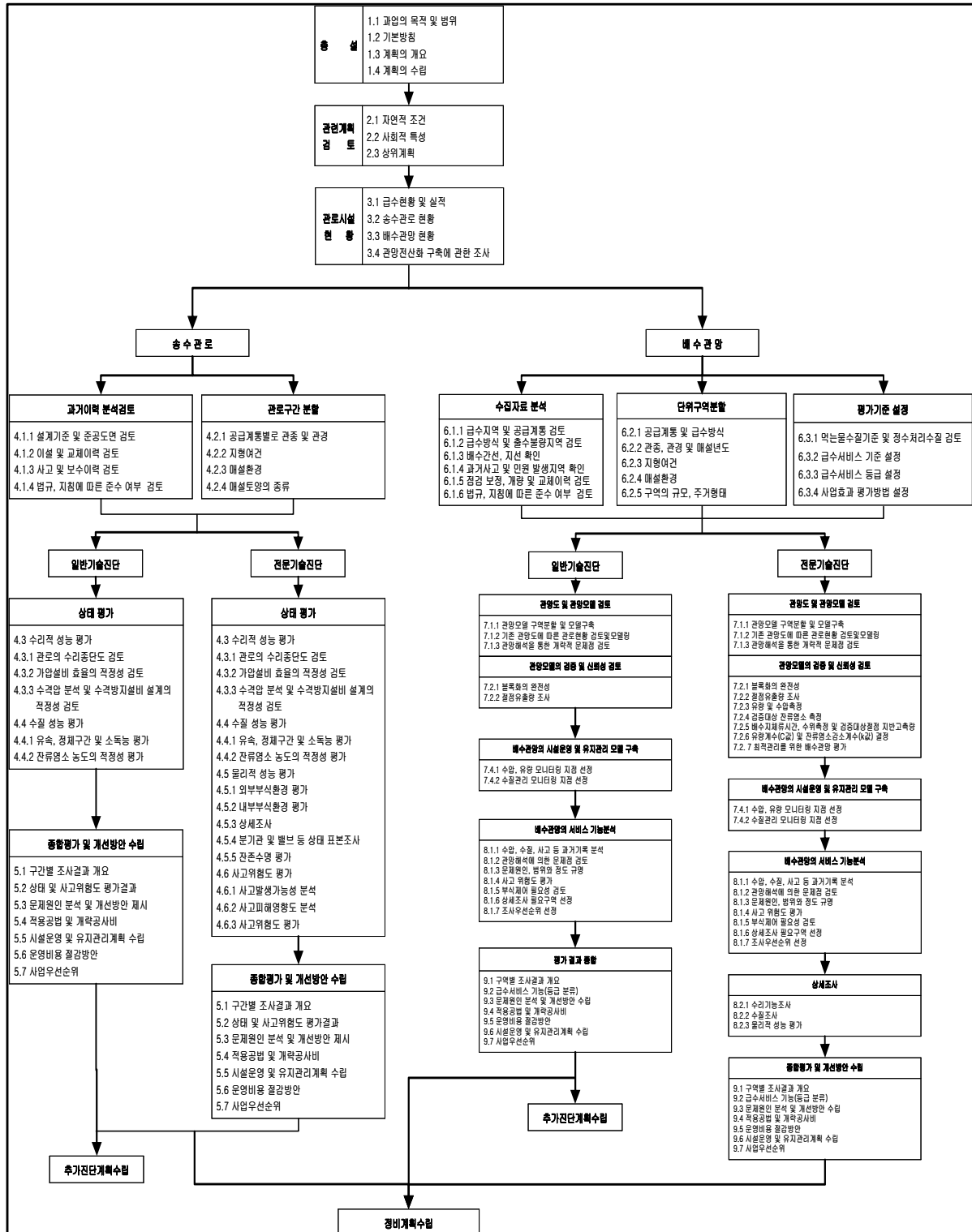
② 기술진단

현황조사 자료를 기초로 하여 단위 공정별 기술진단, 기능저하 요인 파악, 상호 연계기능에 대한 종합적인 기술진단을 다음 내용에 따라 검토하였다.

진단항목	진 단 내 용	진 단 방 법
수처리 기능진단	- 약품혼화공정 · 혼화방식 및 효율 진단 · 약품 주입시설 및 정량성 평가 · 약품주입지점 평가	· 잔류탁도, G값 측정 · 배관정비 사항 · 응집제, 알칼리제 등
	- 응집공정 · 응집지 구조 및 수리특성 평가 · 응집기 적정 응집능력평가	· 입자수 측정 · 응집기 회전수 측정
	- 침전공정 · 침전지의 수리학적 흐름특성 평가 · 트러프의 구조 및 수리특성 평가 · 침전지 슬러지 제거를 위한 구조	· 추적자, 탁도분석 · 침전지 측량 · 슬러지컬렉터 설치여부
	- 여과공정 · 여과방식 및 현황 진단 · 여층구성 진단 · 여재의 상태진단 · Air Binding, Sand Boiling 조사 · 역세척 방법 및 효율진단	· 여과지 운영현황 조사 · 여재 및 여과자갈 두께 · 층별 탁질 역류량 조사 · 육안관찰 · 역세방법, 역세속도, 역세척수 탁도, 팽창률 조사
	- 소독공정 · 소독능 평가	· 정수처리에 관한 기준 소독공정 진단 방법에 따라 CT값 평가
	- 슬러지 처리 공정 · 슬러지 처리시설 현황조사	· 공정 운영 평가
기 계 설 비	- 약품주입설비 - 염소주입설비 - 혼화기, 응집기, 역세설비, 송수설비 등	· 설비 운영상태 평가 · 펌프 가동상태의 진동 측정 · 펌프 효율 및 측정률 상태 측정
전 기 설 비	- 정수장, 수전설비 계통 - 전력계통 평가 및 분석	· 전력품질 분석 및 전력설비 운전상태 측정 · 펌프모터 기동특성 평가 · 에너지의 합리적 이용상태 평가
계 측 제 어	- 상수도시설 현대화 계획과의 연계성 - 중앙제어설비	· 계측제어설비별 구성의 적정성 평가

다. 상수도관망 기술진단 과업수행 절차

일반적인 상수도관망 기술진단 업무체계는 다음과 같다.



11.1.3 기술진단 검토기준 설정 및 검토사항

정수장 공정의 효율을 평가하고 시급하게 개선해야 할 사항들을 찾기 위해서는 정수장 진단을 통해 얻어진 현황자료들을 비교할 기준을 설정하여야 한다. 수도시설에 대한 기존시설 진단기준을 「상하수도 시설기준(2004, 한국상하수도협회)」, 「수도시설 설계지침 및 해설(1995, 일본)」, 「Water Treatment Plant Design, 1998, AWWA, ASCE」 및 「Integrated Design of Water Treatment Facilities, 1991, Kawamura」 등 관련 외국자료와 국내문헌을 수집하여 검토기준을 설정한다.

가. 시설 및 용량 검토기준

1) 취·도수시설

시설 및 용량검토 기준

시 설 명	설계기준항목	검 토 기 준	비 고
1. 취수시설	• 시설용량 • 집수매거 - 부설방향 - 매설길이 - 집수공 크기 - 집수공 개수 - 매거내 평균유속	• 계획 1일 최대급수량의 110% - 가능한 한 직각방향 - 5m 이상 - 10~20mm - 20~30개/m² - 1m/sec 이하	
2. 도수시설	• 시설용량 • 관내유속 • 관로매설깊이	• 계획 취수량 • 0.3~0.3m/sec - 도로부설시 : 관경 이상(노면하중 고려) - 도로 외 : 120cm 이상	

2) 정수시설

시설 및 용량검토 기준

시 설 명	설계기준항목	검 토 기 준	비 고
1. 착 수 정	• 체류시간 • 유효수심 • H.W.L~벽체상단 • 월류용량	• 1.5분 이상 • 3~5m • 60cm 이상 • 월류관 : 유입량의 1/5 이상	
2. 혼 화 지	• 혼화시간 • 혼화기 주변속도	• 1분 내외 • 1.5m/sec 이상	
3. 응 집 지	• 체류시간 • 혼화기 주변속도	• 20~40분 • 15~80cm/sec	
4. 약품침전지	• 체류시간 - 장방형(수평류) - 고속응집 • 유효수심 • 장 폭 비 • 표면부하율 - 장방형(수평류) - 고속응집 • weir 월류 부하율 - 장방형(수평류) • 상승유속 • 지내평균유속 • H.W.L~벽체상단 • 퇴적심도 • 정류벽개공비 • 정류벽 설치 • 배출수관 및 슬러지 배제관의 구경	- 한 국 : 3~5시간 - 일 본 : 1~2시간 • 3.0~5.5m • 3~8 : 1 - 한 국 : 22~43m³/일·m² - 미 국 : 15~49m³/일·m² - 한 국 : 2.4~3.6m/hr - 일 본 : 2~3m/hr - 한 국 : 500m³/일·m 이하 - 미 국 : 250m³/일·m 이하 • 미 국 : 57~86m³/일·m² • 한 국 : 0.4m/min 이하 • 미 국 : 0.5m/min 이하 • 여유고 30cm 정도 • 30cm 내외 • 총 면적의 6% 내외 • 유입부에서 1.5m 이상 • 150mm 이상	

<표 계속>

시 설 명	설계기준항목	검 토 기 준		비 고
－ 경사판 침전지	• 경사각 • 표면부하율 • weir 월류 부하율 • 지내평균유속 • 경사판 하단 ~ 침전지 바닥간격 • 장치하부 평균유속	• 60° • 4~9m/분 • 350m³/일·m 이하 • 0.6m/분 이하 • 1.5m 이상 • 70cm/분 이하		
5. 급속여과지	• 여과속도 • 여과면적 • 사면상수심 • 사층두께 • 여사유효경 • 균등계수 • 여사세척탁도 • 여사강열감량 • 여사비중 • 여사최대경 • 여사최소경 • 여과지 천단여유고	• 120~150m/일 • 150m²/지 이하 • 1.0m 이상 • 60~120cm • 0.45~1.0mm • 1.7 이하 • 30도 이하 • 0.7% 이내 • 2.55~2.65 • 2mm 이내 • 0.3mm 이상 • 30cm 이내		
－ 다 층 여과지	• 여과속도 • 여과면적 • 사층두께	• 240m/일 이하 • 150m²/지 이하 • 60~80cm		
	세척수량, 수압 및 시간의 표준			역세척 만의 경우
	세척방식 항 목	표면세척과 병용하는 경우		
		고 정 식	회 전 식	
	표면분사수압(m)	15~20	30~40	
	표면분사수량(m²)	0.15~0.20	0.05~0.10	
	표면분사시간(분)	4~6	4~6	
	역 세 척 수 압 (m)	1.6~3.0	1.6~3.0	1.6~3.0
	역 세 척 수 량 (m³)	0.6~0.9	0.6~0.9	0.6~0.9
	역 세 척 시 간 (분)	4~6	4~6	4~6

<표 계속>

시 설 명	설계기준항목	검 토 기 준	비 고
- 완 속 여과지	• 여과지 유입수 탁도 • 여과지 심도 • 주벽의 천단 • 여과 속도 • 모래층 두께 • 자갈층 두께 • 여과지 모래면상수심 • H.W.L~천단여유고	• 년 최고탁도 10도 이내 • 2.5~3.5m • 지반보다 15cm 이상 • 4~5m/일(최대 8m/일) • 70~90cm • 40~60cm • 90~120cm • 30cm 정도	
6. 정 수 지	• 유효 용량 • 유효 수심 • H.W.L~상부 슬래브 • L.W.L~바닥 슬래브	• 2시간분 이상 • 3~6m • 30cm 이상 • 15cm 이상	CT값 확보를 위하여 변경됨
7. 슬 러 지 처리시설 - 배슬러지지 - 배출수지 - 농 축 조	• 유효용량 • 지 수 • 유효수심 • 유효용량 • 지 수 • 유효수심 • 유효용량 • 고형물 부하율 • 유효수심 • 지 수	• 24시간의 평균 배슬러지량 또는 1회 배슬러지량 중 큰 값 • 2지 이상 • 2~4m • 1회 세척 배출수량 이상 • 2지 이상 • 2~4m • 24~48시간 • 10~20kg/m²·일 • 3.5~4.0m • 2지 이상	
8. 소독공정	• Virus 99.9% 제거 - CT 값 • Girdardia 99.9% 제거 - CT 값	- 6mg/L·min 이상 - 85mg/L·min 이상	잔류염소 :0.5mg/L 이상

나. 기계설비 검토기준

1) 개 요

상수도 생산시설에서 가장 중추적인 설비로서, 과학이 발달함에 따라 기계설비의 현대화가 가속화되고 있는 추세이므로, 기계설비의 진단은 현재 기능 및 능력발휘에 대한 진단을 실시하고, 설비의 현대화 가능성을 진단하고자 한다.

2) 검토기준

기계설비의 시설별 검토항목과 검토사항은 다음 표와 같다.

기계설비 주요 검토사항

공 종	항 목	검 토 사 항	비 고
1. 착수정 및 혼화지	• 유 량 계 • 월류설비 • 수 위 계 • 유입차단밸브 • 혼 화 지 • 혼 화 기 • 드레인설비 • 약품주입지점	• 유입부의 유량계 설치현황 • 정수장 비정상 가동시 유입원수에 의한 착수정 수물 방지 • 수위계의 가동상황 • 비상시 유입수 차단설비 설치 유무 • 혼화시간에 따른 G치 검토 • 혼화기 상태 점검 • 혼화지의 개별 청소 가능성 진단 • 약품주입 지점의 적정성 검토 (예 : pH제, 응집제 주입장소)	
2. 약품주입설비	• 주입방식 • 주입약품 • 저장시설 • 주 입 기 • 약품배관	• 약품 주입운전의 자동제어에 대한 검토 • 주입약품의 적정성 • 저장시설 용량, 상태, 운반 등 유지관리면 • 습식·건식 주입기의 상태, 주입량, 주입 압력, 희석수 배관상태 • 약품배관의 부식성, 배관계통 재질, Dry Tank 설치 유무, By-Pass 설비 등	

<표 계속>

공 종	항 목	검 토 사 항	비 고
3. 응 집 기	• 속도구배 • 회전속도배열 • 응집기 상태 • 월류설비	• 응집기의 G치 • 응집기의 회전속도, 배열 등 • 응집기 구동축의 마모상태, 구동부의 방수 상태, 응집기 날개 등 • 응집지 부유물질 제거기능	
4. 침 전 설 비	• 밸브상태 • 슬러지 수집기	• 유입, 유출 및 지별 차단밸브 성능, 슬러지 드레인 밸브상태 • 슬러지 수집기 설치 유무 • 설치시 : 기기의 적정성, 동절기, 이용가능성, 날개 재질, 수집기 구동축, 구동 레일 상태 등	
5. 여 과 설 비	• 자동운전화 검토 • 밸 브 류 • 여과지조작 • 원수유입밸브 • 정수유출밸브 • 역세척펌프 • 역세척펌프압력	• 여과지의 개별 자동운전 가능성 • 밸브류의 가동상황, 성능 • 조작순서의 적정성 • 유량제어 가능성, 균등배분 능력 • 유량제어 가능성, 균등배분 능력 • 펌프용량의 적정성, 기능, 효율 등 • 펌프압력의 적정성 유지, 균등유량 공급능력	
6. 소 독 설 비	• 배관상태 • 주입방식 • 주입시설 • 저장시설 • 저 율 • 중화설비	• 배관상태의 진단, 적정관경, 적정유속, 지별 운영조건, 가능성 등 • 자동주입 가능성(Cascade 주입방식 등) • 주입기 주입량 범위, 적정압력, 기능, 현재 상태, 주입배관, 주입지점의 혼화기능 • 저장시설 용량, Ton-Container 상태, 운반 조건, 채광상태, 배관상태, 밀폐 상태 • 저율의 운전상황 • 중화설비의 설치유무, 중화탑의 용량 검토, 중화탑의 상태, 중화제의 적정성 등	
7. 기 타	—	• 기타 기계와 관련되는 사항	

다. 전기설비 검토기준

전기설비의 세부적인 검토항목과 검토사항은 다음 표와 같다.

전기설비 주요 검토 사항

공 종	검 토 사 항	비 고
1. 전기시설의 운영·점검	• 전력소비량 추이에 따른 전기시설의 운영 점검에 대한 분석	
2. 에너지 절감방안 분석	• 정수장 전기설비 기기의 종류 및 운영상황 분석	
3. 전력계통 분석	• 수·변전 방식 및 전력케이블 적합성 검토 • 전력기기의 적합성 검토 • 전력계통의 보호협조 검토 • 비상계통 절체의 적합성 검토 • 고조파 발생 현황 및 영향 조사 • 전압변동 및 영향조사 • 접지설비 및 피뢰설비 적정성 검토	

라. 계측제어설비 기준

1) 개 요

계측제어설비는 상수도 현대화의 중추적인 기능을 담당하는 업무로서, 가장 중요한 설비이다.

그러나 과거에 시설된 수도시설은 거의 수동운전에 의존하도록 설비가 구성되어 자동화로 전환하기에는 한계가 있어, 가능한 한 기존시설과 조화를 이루면서 현대화가 되도록 기존 설비에 대한 진단을 실시하여야 한다.

2) 검토내용

본 계측제어설비에 대한 주요 검토항목과 검토사항은 다음 표와 같다.

계측제어설비 주요 검토사항

공 종	검 토 항 목	검 토 사 항	비 고
1. 감시기능	• 설치장소 • 기능진단	• 자동화 또는 현대화를 위하여, 필요한 지점에 감시설비의 설치 유무 • 기시설되어 있는 감시 설비에 대한 기능진단	
2. 계측설비	• 계측기의 설치상태 • 유량계시설 • 수위계시설 • 수질측정시설 • 기타 계기류	• 필요한 지점에 미설치되어 있는 계측기의 기종, 성능 장소에 대한 점검 • 유량계 시설의 성능 • 수위계 시설의 장소, 성능 • 수질 측정 장치의 종류, 추가 필요성 등 • 설치장소 및 성능	
3. 제어설비	• 자동화운전정도 • 약품주입시설 • 응집·침전설비 • 여과지조작반 • 소독설비 • 유량 및 수위제어시스템	• 과거에 설치된 시설에 대한 자동화 상태 점검 • 현 운영상태, 문제점 파악 • 응집기 및 슬러지 수집기의 자동운전 상태 및 문제점 • 여과 공정에 대한 일괄 자동 운전 상태 • 주입방식의 자동화 상태 • 유량조절의 연속성, 수위 조절의 연속운전성 등	

11.2 상수도시설 기술진단

11.2.1 개 요

가. 시설현황

1) 옥룡정수장

옥룡정수장의 시설용량은 $Q=28,000\text{m}^3/\text{일}$ 로서 시설물 개요는 다음과 같다.

옥룡정수장 시설개요

구 분	시 설 개 요	비 고
1) 분말활성탄접촉지		
•규 격	– B6.3m×L11.9m×H3.78m	
•형식 및 지수	– 장방형, 2지	
2) 착수정		
•규 격	– B2.0m×L5.3m×H3.0m	
•형식 및 지수	– 장방형, 1지	
3) 혼 화 지		
•규 격	– B2.2m×L2.2m×H2.7m	
•형식 및 지수	– 정방형, 2지	
•혼화기	– 수직터어빈형(D0.9m) × 2대	
4) 플록형성지		
•규 격	– B8.0m×L8.0m×H2.7m	
•형식 및 지수	– 정방형 4지	
•Flocculator	– 수평패들형 12개	
5) 약품침전지		
•규 격	– B8.0m×L35.0m×H4.0m	
•형식 및 지수	– 장방형, 4지, 경사판 설치(0.8m×1.0mm×1.2t)	
6) 고속응집침전여과기		
•규 격	– D13.6m×H6.9m	
•용 량	– $5,000\text{m}^3$ × 1기	

구 분	시 설 개 요	비 고
7) 급속여과지 •여과방식 •규 격 •형식 및 지수 •역세척방식 •하부집수장치 •역세척 펌프	- 감쇄 및 급속여과, 이중여재(모래, 안트라사이트) - B6.0m × L5.4m - 장방형, 6지 - 표면세척 + 물역세척방식 - STRAINER 블록 - 형 식 : 양흡입볼류트 펌프 - 대 수 : 2 - 용 량 : 3.0mm ³ /min - 양 정 : 20m - 출 력 : 25Hp	
8) 역세척수조 •규 격 •형식 및 지수	- B9.0m×L9.0m×H3.0m - 정방형, 1지	
9) 후오존접촉지 •규 격 •형식 및 지수	- B2.5m×L7.0m×H5.53m - 장방형, 2지	
10) 입상활성탄여과지 •규 격 •형식 및 지수	- B5.0m×L9.0m - 장방형, 4지	

기계설비 현황

구 분			용 량	대수	규 격	기 타	비 고
옥룡정수장	소독설비	전염소용해	7.5Hp	2			
		후염소용해	3Hp	2			
		비 상 용	1.45kW	1			
		가성소다공급펌프	7.5Hp	1		380V	
		송 풍 기	1Hp	2		220V/380V	
		전 열 기	20kW	2			

<표 계속>

구 분			용 량	대수	규 격	기 타	비 고
옥룡정수장	활 성 탄 접 촉 지	주입기(인버터)	1Hp	1		220V/380V	
		진동기	0.4kW	1		220V/380V	
		교반기	1Hp	1		220V/380V	
		급수펌프	2.2kW	2		220V/380V	
		집진 송풍기	2Hp	1		220V/380V	
		세정급수펌프	2Hp	1		220V/380V	
		1차 교반기	5Hp	2		380V	
		2차 교반기	5Hp	2		380V	
	약품주입 설 비	응집제 주입기	360mℓ/분	6		220V/380V	
		소석회 주입전동기		1		확인불가	
		소석회 진동기	0.2kW	1		220V/380V	
		소석회 교반기	0.4kW	1		220V/380V	
	혼 화 지	혼화기	5Hp	2		220V/380V	
	응 집 기	응집기	3Hp	12		220V/380V	
	고속침전 여 과 기	혼화기	2Hp	1		220V/380V	
		취수용펌프	30Hp	1		380V	
	급 속 여 과 지	역세수펌프	25Hp	2		380V	
		표세펌프	30Hp	2		380V	
		진공펌프	3Hp	1		380V	
		컴프레샤	3Hp	2		380V	
		정수공급펌프	15Hp	1		380V	
	후 오 존 접 촉 지	컴프레샤	100Hp	2		380V	
		오존발생기	2.5kg	3			
		배오존파괴기	8.5kW	2		380V	
	활 성 탄 여 과 지	역세척송풍기	75Hp	2		380V	
		역세척펌프	15Hp	3		380V	
		배수지이송펌프	15Hp	2		380V	
		컴프레샤	11kW	2		380V	

전기설비 현황

구 분		기기명	규 격	수 량	기 타
옥 룡 정수장	전 기 실	변압기	75kVA(유입, 몰드)	2	3.3kV/380V, 220V
		변압기	500kVA(몰드)	1	3.3kV/380V, 220V

계측제어설비 현황

구 분		기 기 명	규 격	수 량	기 타
옥 룡 정수장	유입설비	유량계	450(벤츄리식)	2	현재 사용 중
		수위계	플로트식	1	착수정
		탁도계		2	고장(원수, 정수)
		pH		1	고장
		잔류염소계		1	고장
	소독설비	주입설비		5	수동운전중
		중화설비		1	현재 고장 수동운전
	약 품 주입설비	분말활성탄투입기	인버터제어	2	수동운전
		PAC주입기	다이어플램식	6 (2대운휴)	수동운전
	급 속 여 과 지 (4지)	Graphic Boarb		1	일부 상태표시
		여과지밸브	버터프라이밸브	24	수동운전
		수위계	전극식	4	여과지 수위경보용
		수위계	초음파식	1	역세수조 수위
	오 존 접 촉 조	유입유량계	D600(전자식)	1	유입유량 감시용
		감시제어시스템	PLC(삼성)	1식	오존설비 자동제어용
		오존발생기	2.5kg	3대	
	활 성 탄 여 과 지 (4지)	수위계	초음파식	4대	활성탄 여과지 수위감지
		여과지밸브	전동식 버터프라이	20대	스캔스제어
		MCC	여과지 설비용	1식	
	배 수 지	수위계	플로트식	2	정수장내

2) 유구정수장

유구정수장의 시설용량은 $Q=2,500\text{m}^3/\text{일}$ 로서 시설물 개요는 다음과 같다.

유구정수장 시설개요

구 분	시 설 개 요	비 고
1) 착수정 •규 격 •형식 및 지수	- B2.0m × L5.3m × H3.0m - 장방형, 1지	
2) 보통침전지 •규 격 •형식 및 지수	- B5.0m × L30.0m × H3.0m - 장방형, 2지	
3) 완속여과지 •규 격 •형식 및 지수 •유입관 •유출관 •드레인 •월류관	- B10.7m × L16.2m - 장방형, 3지 - D 250mm - D 200mm → D 250mm - D 200mm (조절정간 연결) - D 150mm	

기계설비 현황

구 분			용 량	대 수	규 격	기 타
유 구 정수장	소독설비	전염소 주입기	1kg/hr	1	직결식	220V
		후염소 주입기	1kg/hr	1	직결식	220V
	유입밸브				수동식	
	침 전 지	유입밸브			수동식	
		살수펌프	801W	1		220V
	완속여과지 밸브					
	배수지밸브				수동식	

전기설비 현황

구 분		기기명	규 격	수 량	기 타
유구취수장 전기설비 1회선수전	수변전실 옥 외 형	ASS	25.8kV, 400A	1	
		PF	23kV, 200A	1식	
		MOF	13.2V/110V	1	
		유입변압기	200kVA	1	22.9kV/380,220V
		DTS	7.2kV, 600A	1	주,예비변압기절환
유구정수장	저압수전				

계측제어설비 현황

구 분		기기명	규 격	수 량	기 타
유구정수장		수위계	플로트식	2	고 장
		급수 유량계	전자식(250)	1	

3) 공주정수장

공주정수장의 시설용량은 $Q=30,000\text{m}^3/\text{일}$ 로 한국수자원공사 충남충부권 광역상수도 건설단이 건설하여 2009년 7월부터 용수공급을 시작한 신설정수장으로써 관리주체가 공주시가 아닌 한국수자원공사이므로 금회 공주시 수도정비 기본계획에서는 별도의 기술진단을 수행하지 않고 향후 한국수자원공사가 실시하는 광역 및 공업용수도 수도정비 기본계획 변경시 계획연도에 맞추어 실시하거나 별도의 기술진단을 통해 시설개량계획을 세우는 것이 바람직하다. 따라서 본 보고서에서는 현재 공주정수장의 시설개요만 수록하였으며, 공주정수장의 시설개요는 다음 표와 같다.

공주정수장 시설개요

구 분	시 설 명	시 설 개 요 및 규 격	단위	수량
정수시설	1) 토목구조물			
	① 분말활성탄접촉조	규격 : W6m×L17m×H2.5m	지	2
	② 혼화지	규격 : W2m×L2m×H1.5m	지	2
	③ 응집지	규격 : W9m×L7m×H3m	지	6

<표 계속>

구 분	시 설 명	시 설 개 요 및 규 격	단위	수량
정수시설	④ 정·배수지	규격 : W36m×L13.3m×H6m	지	2
		규격 : W36m×L22.5m×H6m	지	2
	⑤ 구내배관	규격 : DCIP D=80~900mm	m	1,176
	2) 건축구조물			
	① 관리동	건축면적 : 742m ² 연면적 : 1,286m ² 구조 : RC조	동	1
	② 막여과동	건축면적 : 1,916m ² 연면적 : 2,276m ² 구조 : 철골 철근 콘크리트조 규격 : W45m×L45m	동	1
	③ 배출수처리동	건축면적 : 665m ² 연면적 : 1,205m ² 구조 : RC조	동	1
		배출수 원수수조 : W7m×L7m×H4m	지	2
		상징수조 : W7m×L7m×H4m	지	1
		여과수조 : W7m×L7m×H4m	지	1
		슬러지 저류조 : W7m×L7m×H4m	지	2
	④ 약품투입동	건축면적 : 162m ² 연면적 : 289m ² 구조 : RC조	동	1
	⑤ 염소주입동	건축면적 : 167m ² 연면적 : 167m ² 구조 : RC조	동	1
	⑥ 변전소동	건축면적 : 280m ² 연면적 : 274m ² 구조 : RC조	동	1
	⑦ 배수지 검수구실	건축면적 : 16m ² 연면적 : 16m ² 구조 : RC조	동	1
	⑧ 수위실	건축면적 : 26m ² 연면적 : 25m ² 구조 : RC조	동	1
	⑨ 화장실	건축면적 : 25m ² 연면적 : 24m ² 구조 : RC조	동	1

<표 계속>

구 분	시 설 명	시 설 개 요 및 규 격	단위	수량
정수시설	3) 정수처리 설비			
	① 혼화설비	• 급속분사 혼화기 - 형식 : 개방익형프로펠러(Water champ) - 현장조작반 포함(STS304, 자립밀폐형)	대	2
	② 응집제 주입설비 (PAC, PACS)	• 콘트롤밸브+전자유량계 방식 - 콘트롤밸브 : $\phi 15\text{mm}$(CV 1.3) - 전자유량계 : $\phi 3\text{mm}$	대	2
	③ 분말활성탄 주입설비	• 용적형 스크류 이송식 - 호퍼 : 3m^3(STS304 하부원추형) 교반기 포함 - 스크류피더 : $0.313\sim 31.3\text{kg/hr}$ - 용해조 : 0.15m^3(STS304 각형) - 제트분사식세정식집진기 : 공기량 $10\text{m}^3/\text{분}$ - 용해수펌프 : 수중펌프 $16\text{m}^3/\text{hr} \times 40\text{mH}$	대	1
	④ 소석회 주입설비	• 용적형 스크류 이송식 - 호퍼 : 3m^3(STS304 하부원추형)교반기 포함 - 스크류피더 : $0.391\sim 39.1\text{kg/hr}$ - 용해조 : 0.15m^3(STS304 각형) - 제트분사식세정식집진기 : 공기량 $10\text{m}^3/\text{분}$ - 용해수펌프 : 수중펌프 $16\text{m}^3/\text{hr} \times 40\text{mH}$	대	1
	⑤ 응집기	• 수직 하이드로포일형(인버터) - $G=10\sim 100\text{sec}-1$, $\phi 1,700\text{mm}$ - 현장조작반 포함(STS304 자립밀폐형)	대	6
	⑥ 차염소산나트륨 발생기	• 소금전기분해발생형 • 용량 : $180\text{kg}/\text{일}$(유효염소 100%기준)	대	2
	⑦ 전자염투입기	• 튜브펌프 : $4.2\sim 5.73\text{l} / \text{min} \times 2\text{kg}/\text{cm}^2$ • 유량계 : 전자식 6mm	대	1
	⑧ 후차염투입기	• 튜브펌프 : $2.6\sim 5.21\text{l} / \text{min} \times 2\text{kg}/\text{cm}^2$ • 유량계 : 전자식 6mm	대	1
	⑨ Trimming 차염투입기	• 튜브펌프 : $1.3\sim 2.61\text{l} / \text{min} \times 2\text{kg}/\text{cm}^2$ • 유량계 : 전자식 3mm	대	1

<표 계속>

구 분	시 설 명	시 설 개 요 및 규 격	단위	수량
정수시설	⑩ 여과막	•케이싱수납형, 중공사막(MF) - Pore size : 0.05μm - 막면적 : 72m²/본 - 막투과유속 : 0.95m³/m² · 일(평상시) 1.27m³/m² · 일(비상시) - 480본 : 20본 × 6유닛 × 4계열	본	480
	⑪ 고효율 응집농축기	•일체형 고효율 응집농축기 •1,800m³/일(ϕ3.88m×H8.1m, SS400) (반응조, 중화조, 공압밸브, 교반기 포함)	대	2
	⑫ 섬유사여과기	•압력상향류식(수직원통형, STS304) •900m³/일(ϕ800mm×2,250mmH)	대	2
	⑬ 슬러지 탈수기	•필터프레스형(여포주행식) - 여과속도 : 1.5~2.7kg·DS/m²·hr - 규격 : B1.0m×L1.0m, 24chamber - 유압유닛, 공압밸브 등 포함	대	2
	4) 전기설비			
	① 수전반	•ALTS : 1600W×2550H×2500D •LBS-1, LBS-2, MOF-1, MOF-2, PF&PT-1, PF&PT-2, M.VCB-1, M.VCB-2 : 1400W×2550H×2500D	식	1
	② 변압기반	•M.TR-1, M.TR-2 : 2400W×2550H×2500D	식	1
	③ 배전반	•M.ACB-1, M.ACB-2 : 900W×2550H×2000D •ATS : 1000W×2550H×2000D •M.LV-1, M.LV-2, M.LV-3 : 800W×2550H×2000D	식	1
	④ 정류기반	•RECT./BATT. : 800W×2550H×2000D	식	1
	⑤ MCC반	•MCC-1,2,4,6,7 : 600W×2350H×600D •MCC-5 : 1200W×2350H×600D	식	1

<표 계속>

구 분	시 설 명	시 설 개 요 및 규 격	단위	수량
정수시설	⑥ 현장조작반	•LOP-504,815,817,LOP-101S,301S,501S,502S : 400W×500H×250D(1.1m) •LCP-F : 600W×2350H×600D •LOP-812 : 300W×500H×1100D •LCP : 400W×600H×250D	식	1
	⑦ 차단기반	•M,ACB MCC-3-1, MCC-3-2 : 800W×2350H×1500D	식	1
	⑧ MCC반(막여과)	•MCC-3-1,2 : 600W×2350H×600D	식	1
	⑨ 현장조작반 (막여과)	•LOP-9101, LOP-9201, LOP-9301, LOP-9401, LOP-9103, LOP-9107 LOP-9108, LOP-9105, LOP-9117 : 400W×500H×250D(1.1m)	식	1
	⑩ 비상발전기	•디젤발전기 - 비상:200kW, 1800rpm	대	1
	⑪ 제어반	•발전기제어반 - 800W×2000H×1300D	대	2
	5) 계측제어설비			
	① 중앙감시제어설비	•SCADA : Dual Core Intel Xeon 3GHz, 2048MByte •COS : Quad Core Intel Xeon 3GHz, 1024MByte	대	2
			대	2
	② 현장조작반	•LOS : PENTIUM4,3.6GHz	대	1
	③ 현장감시제어설비	•RCS#1 : 32Bit Microprocessor, 이중화PLC •LCP#2 :32Bit Microprocessor, 이중화PLC •SVP : 1200W,2050H,600D •RCS#3:32Bit Microprocessor, 이중화PLC •RCS#4:32Bit Microprocessor, 이중화PLC	대 대 대 대 대	1 4 5 1 1
	④ 원격감시제어설비	•분기점 : 32Bit Microprocessor(Slave)	대	2
	⑤ 영상감시설비	•영상감시반 : LCD 52형	대	1

<표 계속>

구 분	시 설 명	시 설 개 요 및 규 격	단위	수량
정수시설	⑥ 네트워크설비	•광허브 : 10/100Base-T(X): 5~10Port이상 •스위칭허브 : 10/100Base-T/T(X): 8, 24Port이상 •CSU : 56k-T1/E1 •Gateway : Ethernet 2, Serial 8 •Router	대	10
			대	5
			대	1
			대	1
			대	1
	⑦ 수질계측설비	•알카리도계: 중화적정법(0-50/100ppm) •탁도계:표면산란광방식,레이저방식 •입자계수기:고형레이저 다이오드,2-400um •PH계:Glass 비교전극법(1-14) •수온계:PT100(-200-600℃) •전기전도도계:Glass 비교전극법(1-14) •유동전류계:교류2전극법(0-1000us/m) •잔류염소계:폴라로그래프법(0-10mg/l) •SS계:산란광방식(0-2000mg/l) •COD계:전기화학법	대	1
			대	7
			대	4
			대	5
			대	3
			대	4
			대	1
			대	3
			대	1
			대	1
	⑧ 샘플링펌프	•자흡식(유량:3m³/h,최대양정35m)	대	11
	⑨ 수위계	•초음파수위계 •레벨스위치	대	16
			대	5
	⑩ 유량계	•D32~700	대	53
	⑪ 압력계	•다이하프램식,0-30kg/cm² •격막식(0-4kg/cm²) •마이크로스위치(1-10kg/cm²)	대	3
			대	18
			대	2
	⑫ CCTV	•옥외형 : 0.004Lux, 10-200mm •옥내형 : 0.5Lux, 8-80mm •DVR :산업용PC(Pentium-Ⅳ2.4GHz)	대	5
			대	4
			대	1

11.2.2 시설별 기술진단 내용

가. 옥룡상수도

1) 공정별 연계기능 저하요인 및 개선방안

① 수량관리 평가 결과

현 수질공정 관리 상태와 연계하여 수리구조의 설계 및 운전조건을 토대로 수량부문의 한계 처리능력을 검토한 결과, 시설용량 기준으로 정수지(배수지)의 용량이 다소 부족하며, 침투유량 기준으로 착수정, 여과공정 및 고도처리공정의 용량이 부족한 것으로 검토되었다. 따라서 옥룡정수장의 공정 처리수량 제한공정은 정수지(배수지)로 분석되었으며, 최대 처리가능수량은 16,970m³/d이다.

② 정수수질 평가

최근 3년간의 정수수질성적서 분석 결과 정수수질은 모두 먹는물수질기준을 만족하는 것으로 나타났지만, 소독부산물의 경우 다소 높게 검출되는 것으로 분석되었다. 소독부산물은 전구물질농도와 염소주입률에 비례하여 높게 검출되며, 옥룡정수장은 염소주입률이 높으므로 고도처리공정 운영에 보다 만전을 기울이도록 한다.

③ 전염소접촉조

㉠ 접촉조 내 주기적 점검 및 청소 실시

옥룡정수장의 전염소 접촉조는 원수가 제일 먼저 도달하는 공정이며, 전오존 주입시설로 병행 사용하기 위하여 내부 확인이 불가능한 폐쇄시설로 되어 있다. 옥룡정수장은 원수탁도가 높아 접촉조에 많은 슬러지가 누적될 가능성이 있으며, 이들 누적된 슬러지는 전염소를 보다 많이 소비하게 되는 원인이 될 수 있으므로, 슬러지의 퇴적여부를 주기적으로 점검하여 제거하도록 한다.

④ 분말활성탄 접촉조

원수중의 이취·미 및 NOM등 유기물 흡착 제거에 이용되는 설비이나 후속공정인 후오존과 입상활성탄(BAC)공정의 운전을 위하여 분말활성탄에 의한 탈염소를 주목적으로 운용이 되었던 설비이며, 현재 취수원 변경으로 운영하지 않고 있다.

⑤ 약품주입 공정

㉠ 약품주입설비 자동운전 방안

약품주입률 및 원수유입유량의 곱에 해당하는 값에 비례하여 약품이 자동으로 주입이 될 수 있도록 제어설비(패널, 콘트롤러 또는 PLC 제어회로)를 보완하여 약품주입 자동 운전이 가능하도록 한다.

㉡ 약품주입조건표 비치 운영

약품을 주입하고 데이터는 일지에 기록·보존하도록 하며, 아울러 장기간 축적된 자료를 토대로 원수 수질에 적합한 조건표를 작성·활용할 경우 보다 용이한 공정 운영이 가능하다.

원수탁도별 약품주입률(mg/L), 약품주입기의 주입량(L/h) 등을 표시한 약품주입조건표를 현장 또는 제어반에 비치하여 탁도 변화 시 약품을 주입하는데 신속히 대처할 수 있도록 한다.

⑥ 응집공정

㉠ 정류벽 추가 설치

응집지 2단과 3단 사이에 정류벽이 설치되지 않아 Back-flow 현상 발생 및 응집기 가동시 간섭현상에 의한 불필요한 난류 발생 등으로 인하여 응집된 floc이 파괴되어 침전공정에서의 침강성을 저해할 수 있으므로 정류벽을 추가로 설치하여 응집지 효율을 상승하도록 한다.

#1, #2 및 #3지의 경우 정류벽 설치공간이 확보되어 있으나, #4지는 설치공간이 확보되어 있지 않아 추가로 3단의 응집기를 절단해야 하는 상황이 발생할 수 있으므로 1단의 응집기를 2단으로 변경 가능한 경우에는 1단 및 2단의 응집기를 변경하여 가급적 응집기를 절단하지 않는 방향으로 실시할 것을 권장한다.

㉡ 응집지 교반강도 점감식 운영

응집지에서는 플록이 충분히 성장할 수 있도록 적절한 교반강도(G값)가 필요하며, 교반강도는 수온과 응집제 주입량의 변동에 따라 다르게 운영하여야 한다. 전단에서 생성된 플록이 후단으로 깨지지 않도록 후단은 전단보다 낮은 교반강도를 가져야 하므로 응집지는 점감식으로 운영하도록 한다.

따라서 효과적인 교반과 적당한 교반시간으로 플록을 성장 촉진시키기 위해서는 1, 2, 3

지의 패들 갯수가 2개인 2단 패들과 4지의 패들 갯수가 2개인 1단 패들의 경우, 패들 회전속도를 크게 하여 단계적으로 교반강도를 낮추어 갈 수 있도록 조정되어야 할 것이다.

㉔ 응집기 구동부에 체인장력 조절용 기초(bed) 설치

감속기축 스프로켓과 수중패들축 스프로켓 사이의 축간거리를 조절할 수 있도록 기초(bed)베드의 형상을 본문의 도면과 같이 제작 설치, 하이텐션볼트로써 축간거리를 조절, 체인장력을 적정하게 조절함으로써 늘어난 체인에 의해 발생하는 결함요소를 없애고 안정적으로 설비운동을 할 수 있도록 한다.

⑦ 침전공정

㉕ 침전지 유량분배

침전지 추적자 및 유출수 탁도 측정결과 침전지별 유입유량의 차이가 매우 많음을 알 수 있으며, 따라서 침전지별로 효율차이도 큰 것으로 나타났다.

침전지별 유입유량이 정확하게 같게 하기는 거의 불가능하지만, 침전지 유출 트러프의 수심으로 유량의 분배를 어느정도 확인할 수 있으므로 수심을 기준으로 유입밸브 개도를 조정하도록 한다.

⑧ 여과공정

㉖ 표면세척기 노즐 교체

표면세척기의 형식은 회전식이며, 노즐의 개수 및 각도는 적정하게 설치되어 있으나, 노즐의 내부가 모래에 의하여 막혀있어 표면세척이 적정하게 이루어지지 않는다. 따라서 표면세척기 노즐을 교체할 것을 권장하며, 교체 시에는 모래 유입방지 노즐로 교체하도록 한다. 2009년 5월부터 광역상수도 원수를 공급받으면서 원수수질이 개선됨에 따라 현재는 표면세척기 없이도 유출수질은 만족하나, 비상시에 대비하여 세척기의 내구연한 경과 후에는 표면세척기 전체를 바꾸는 것이 더 나은 방안으로 판단된다.

㉗ 여과지 조작밸브 수리

여과지 하부집수부의 물을 배수하기 위하여 사수밸브가 설치되어 있으며, 또한 자동화를 위하여 전동밸브가 설치되어 있으나, 실제 운영결과 작동되지 않고 있는 것으로 나타났다. 사수밸브는 시동방수를 위하여 필요하므로 현재 옥룡정수장 운영시 큰 문제는

없지만, 가급적 수리를 함으로써 여과지 점검시 활용하도록 한다.

진단당시 #3, #5지의 퇴수밸브가 소량 누수되었으며, #3지의 경우 유입밸브도 누수되는 등 누수밸브가 많으므로 점검하여 개선하도록 한다.

급속여과지의 밸브 운영은 여과수질을 안정적으로 운영하기 위하여 매우 중요하므로 전동밸브 조작기(액츄에이터)의 Full close limit setting(밸브 전개한계 세팅)을 재설치하여 사용하도록 하고, 재설치 이후에도 누수가 있는 경우에는 밸브노화와 중요도 등을 우선 감안하여 교체·정비하도록 하여야 한다.

㉔ 역세척시기 결정방법 변경

옥룡정수장 여과지 형식은 감쇄여과 형식이므로 여과지의 유입관이 서로 연결되어 있으므로 모든 여과지의 수위는 같으며, 유출수에 별도의 유량계가 설치되어 있지 않아 지별 여과속도(여과수량)를 확인할 수 없다.

감쇄여과방식은 여과수량이 감소하면 지내 수위는 어느 정도 자연히 상승하며, 일정시간 경과 후 전체 여과속도가 저하하여 수위가 일정 정도 이상으로 상승할 경우에는 여과지를 세척하여 전체 여과능력을 회복시켜 수위를 저하시키는 형식으로 운영한다.

그러나 옥룡정수장에서는 역세척시기 결정을 여과지의 사면상 수심으로 운영하고 있어 사면상 수심이 증가하기 전에는 일부 여과지의 여과속도가 과다하여 탁질이 누출될 가능성이 있다. 따라서 역세척시기의 결정은 여과지속시간을 기준으로 설정하도록 하며, 현재 여과지 유출부에 탁도계가 설치되어 있으므로, 여과지속시간을 변경하여 운영한 후 탁질이 누출되지 않는 범위 내에서 여과지속시간을 결정하도록 한다.

⑨ 역세펌프모터설비

㉑ 역세·표세펌프모터 운영방법 개선

역세·표세펌프를 장시간 안정적으로 가동하기 위해서는 베어링 그리스주입부에 그리스를 충분히 주입하도록 하며, 상시 가동하지 않는 역세·표세펌프 및 진공펌프 또한 정기점검을 실시하여 안정적으로 운영하도록 하는 것이 바람직하다.

⑩ 고속응집침전여과기

2009년 5월부터 광역상수도 원수를 공급받으면서 원수수질이 개선됨에 따라 현재는 운영하지 않고 있다.

⑪ 오존공정

오존공정은 산기관 점검 등을 하여 산기관을 교체하거나 산기관 개수를 줄이는 방법을 고려하여야 하지만 현재 운영하지 않고 있다.

㉠ 산기관 점검

오존 산기관의 교체 기록이 없고, 현재 산기 상태를 육안으로 확인할 수 없으므로 오존 접촉조의 청소 및 시설 보완을 통해 산기 상태를 확인하여야 한다. 만약 오존 가스의 주입에도 불구하고 오존의 산기 상태가 양호하지 않다면, 산기관을 교체하거나, 산기관 개수를 줄이는 방법을 고려하여야 한다.

㉡ 오존 공정 운영방안

옥룡 정수장의 오존 설비는 연속 가동이 아닌 계절별 일시 가동 형태로 운영하고 있으며, 현재는 운영하지 않고 있다. 이러한 일시 가동의 원인은 고비용의 오존 발생기 전력 값과 이에 상응하는 수질 개선 효과를 볼 수 없기 때문이다. 현재 오존 시설의 경우 오존 모니터부품 비교체로 인한 정확한 오존 발생 농도를 알 수 없고, 오존 발생기의 운전율 1대만 운전함으로써 최소 통기량에 못 미치는 오존이 생산 주입 되고 있으므로 효율적인 수처리 공정 운영이 되지 못하고 있다. 우선 설비의 수리, 보완 등을 통해 정확한 오존 농도의 주입이 가능하도록 운전하여 일정기간의 오존에 의한 수처리 효율을 평가하는 것이 필요하다. 또한 장기간 오존 공정의 운전으로 활성탄 공정이 생물 활성탄으로 유지, 운영될 경우 추가적인 수처리 효율 상승효과 및 활성탄 교체 주기 연장 등의 장점을 평가해 볼 필요가 있다. 이 밖에 오존 공정의 운영을 통해 현재 겨울 또는 급격한 정수장 유량 변동시 부족할 수 있는 정수지 CT값을 오존 공정에서 대신 만족시켜주므로 안정적인 정수장의 운영이 가능할 것이다.

⑫ 입상활성탄공정

㉠ 잔류염소의 유입 방지

옥룡정수장은 연중 암모니아성 질소가 유입되고, 이를 처리하기 위하여 전염소처리를 수행하고 있기 때문에 공정상 잔류염소가 발생하고 있다. 잔류염소는 입상활성탄여과지로 유입되는 경우 0.2mg/L의 농도는 입상활성탄여과지 상부층에만 국한되어 영향을 주고 심층부까지 큰 영향을 미치지 않으나, 옥룡정수장은 과다한 염소 주입으로 높은

잔류염소가 유입되는 것으로 추정된다. 따라서 입상활성탄여과지의 장기적인 운영을 위해서 정수처리 전체공정에서 잔류염소를 제어하는 방안이 강구되어야 한다.

㉠ 수질자료의 확보

오존과 입상활성탄 공정의 고도처리공정 운영평가는 일반 수질항목이 아닌 미량오염물질의 수질분석이 주기적으로 수행되어 분석결과를 통해 공정의 모니터링이 가능해야 한다. 그러나 옥룡정수장은 미량오염물질에 대한 수질분석 자료가 확보가 이루어지지 않고 있다. 따라서 처리대상물질에 대한 주기적인 수질분석과 함께 수질자료의 모니터링이 요구된다.

⑬ 정·배수지

㉡ 정수지 운영관리 철저

추적자 시험결과 #1지로는 정수가 거의 유입되지 않는 것으로 판단되며, 그로 인해 정수의 수질 저하 및 정수지 전체 사용면적의 감소로 인한 소독능 저하 등 여러 가지 문제점이 발생되므로, 정수지 청소 후에는 유입밸브의 개폐여부를 반드시 확인하도록 하며, #4지는 맨홀이 없어 수질을 확인할 수 없는 실정이므로 수질검사 및 내부 확인이 가능하도록 유출부에 점검 맨홀을 설치하도록 한다.

㉢ 정수지 유입·유출 배관 개선

옥룡정수장 진단 시 #1지로 정수가 유입되지 않는 등 운영상 미비한 점이 많아 실제로 다 환산계수가 낮게 평가되었을 것으로 판단된다. 정수지 환산계수가 높은 경우 소독제 접촉시간이 증가되어 잔류염소를 낮게 유지할 수 있으며, 따라서 환산계수가 정확히 평가되는 경우 염소주입량 절감 등 정수장 운영 원가 절감에도 많은 이점이 있다.

‘06년도 수도꼭지 잔류염소 자료 검토결과 대부분 잔류염소가 높게 나타났으며, ‘07년도 「수도시설 위생 및 관리에 관한 규칙」 개정에 의하여 수도꼭지 잔류염소 기준이 완화되었으므로 가급적 잔류염소를 낮게 유지하는 방안도 고려하도록 한다. 현재 정수지 #5지는 배수량 조절의 기능만을 수행하고 있어 소독능 계산 시 고려되지 않고 있는 실정이므로, 현 조건에서 환산계수를 상승시킬 수 있는 방안은 배관개선을 통해 정수지 전체를 사용하여 접촉시간을 증가시키는 방안이다. 배관을 개선하는 가장 좋은 방안은 #5지 유입배관과 기타지의 유입배관에 연결하는 방안이지만, 많은 공사비용이 소요되므로, #1, #2지의 유출수가 #5지를 이용하여 유출되도록 배관을 개선하도록 한다. 그러나 2009년 이후 정수생산량이 13,000m³/일~15,000m³/일로 생산량이 감소하면

서 체류시간이 증가되고 이에따라 불활성비가 높아진 상태여서 장래 생산량 추이를 지속적으로 체크하여 정수지 배관 개선을 고려하도록 한다.

⑭ 소독 공정

㉠ 염소주입설비 자동화

전염소접촉조 및 배수지 잔류염소 농도를 일정하게 유지하기 위하여 염소주입설비를 자동화할 것을 권장한다. 취수펌프 가동대수의 변경시 원수유입유량에 의해 주입량이 자동으로 조절될 수 있도록 제어회로의 보완 또는 제어용 컨트롤러의 설치를 검토하는 것이 바람직하다. 자동주입을 가능하게 하여 운영의 편리와 소독제 주입의 정확성을 기할 수 있다.

⑮ 전기설비

㉠ 전력요금 절감방안 검토 실시

산업용 고압 전력을 이용하는 경우 전력요금 제도에 관한 이해 및 활용, 배수지 등 저장 용량을 활용할 경우 전력 요금을 절감할 수 있으므로 아래 사항에 대해 중점적으로 검토하여 시행하도록 한다.

○ 피크전력 관리 : 하절기 피크전력 증가 억제

○ 사업장별 전력원단위(kWH/m³) 설정 관리 : 용수공급 목표량에 따른 전력원단위 목표 설정 및 관리

○ 배수지 등 저장 기능 활용 : 배수지의 운영 상한 및 하한 수위 설정 운영, 심야전력 이용

○ 하계부하관리지원제도 활용 : 자율절전 제도 실시

㉡ 저압 모터 과부하 보호계전기 설정치 변경

모터를 과부하로부터 보호하기 위해 3E계전기, 열동계전기 및 전자식모터보호계전기(EOCR, EMPR)가 설치되어 있으나 일부 부하는 용량에 적합하지 않게 설정되어 있다.

설비를 과부하로부터 안전하게 보호하기 위해서는 전류설정치(Load)를 기술진단에서 제시한 Load(A) 적정 설정치로 변경하여 사용할 것을 권장한다. 또한 용량이 과다하여 교체가 필요한 열동형 과부하계전기는 보다 전류 설정이 용이하고 확실한 보호가 가능하며 다양한 기능을 보유하고 있는 전자식 모터보호계전기로의 교체가 바람직하다.

⑩ 계측제어설비

㉠ 감시제어 항목 추가

옥룡정수장 중앙제어실에서 효율적으로 시설 운영 현황을 감시할 수 있도록 전력, 압력, 염소중량 등 설비 운영 데이터와 안정적인 설비 감시 제어에 필요하나 현재 누락되어 있는 설비의 제어모드, 고장 여부(보호계전기 동작 포함) 등 상태 데이터를 원격 감시제어시스템에 추가로 취득하고, 고도처리 설비의 PLC 데이터를 원격감시제어시스템에 인터페이스 하도록 한다.

⑪ 수질관리

㉡ 수질자동측정장비 관리 철저

옥룡정수장에는 많은 수질자동측정장비가 설치되어 있으며, 특히 정수처리기준과 관련하여 여과지별 탁도계가 설치되어 있다. 그러나 여과지 #5지의 탁도계는 측정자료가 저장되지 않고 있으며, #6지 탁도계는 8월 이후 계속 고장으로 방치되고 있는 실정이다. 여과수질 감시는 법적인 사항이므로 반드시 수행하여야 하며, 따라서 수질자동측정장비의 관리를 철저히 하도록 한다.

㉢ 수질별 특성에 따른 공정 관리 시행

취수원 수질검사 결과 하천수질환경기준 보통(Ⅲ)에 해당하며, 따라서 매우 양호한 수질은 아닌 것으로 판단된다. 옥룡정수장은 하절기 강우 시에는 고탁도가 유입되고, 동절기에는 암모니아성질소가 유입되는 특성이 있으므로 수질별 특성에 따라 공정관리에 만전을 기하도록 한다.

2) 시설 및 운영관리 개선사항

기술 진단 결과 개선이 필요한 사항은 시설 개선 부문과 운영관리 개선 부문으로 분류하고 시설 개선 사항은 용수 공급량, 수질, 수처리 공정 운영 및 유지관리의 효율성 등에 미치는 영향을 고려하여 다시 A, B, C의 3등급으로 분류하였으며 개선 추진의 용이성과 경제성을 감안하여 등급을 선정하였다.

등 급	성능 제한 영향
A	- 성능 제한에 장기간 반복적으로 중요하게 영향을 미치고 있으므로 단기적으로 개선이 필요한 사항
B	- 성능 제한에 일상적으로 미소한 영향을 주거나 일시적으로 중요한 영향을 미치고 있어 중기적으로 개선이 필요한 사항
C	- 성능 제한에 미소한 영향을 미치고 있어 장기적으로 개선이 필요한 사항

① 시설 개선사항

구 분	문 제 점	개선할 사항	우선 순위
약품 주입공정	약품주탱크 수위감시용 설비 없음	약품주탱크용 수위계 설치	B
응집지	단락류 발생 등 효율 저하	정류벽 추가설치	A
	응집기 체인 장력조절이 불가능	체인 장력 조절용 베드 설치	B
전기설비	윤휴중인 취수장으로부터 간접 수전	22.9kV 수·변전 설비 구성	B
계측제어	감시항목 누락	감시항목 추가 등록	B
설 비	자동운전 프로그램 미흡	자동운전프로그램 보완	B

② 운영관리 개선사항

구 분	문 제 점	개선할 사항	우선 순위
잔류염소검출조	접촉조내 슬러지 퇴적우려	주기적 점검 및 제거	C
약품 주입공정	약품주입량을 유량변화시 수동으로 조절하여 운전	약품주입설비 자동화 운전	B
급속여과지	급속여과지 밸브 누수 발생	밸브조작기 리미트 세팅실시 후 교체여부 결정	B
	표면세척기 노즐 막힘	노즐 교체	A
	밸브 누수	밸브 수리	B
	역세척시점 결정 미흡	여과지속시간 기준 역세척실시	A
역세펌프 모터설비	역세·표세펌프모터 편중 가동	주기적 교체운전 및 정기점검 실시	B
입상활성탄 공정	잔류염소 검출	잔류염소 유입방지	A
	수질자료 미비	수질자료 확보	B
배 수 지	유입유량 분배 불량	청소 후 재 사용시 유량 점검	A
소독공정	염소주입량을 유량변화시 수동으로 조절하여 운전	염소주입설비 자동화 운전	A
전기설비	모터보호계전기 설정치 부적합	설정치 변경	A
계측제어 설 비	MMI 알람기능설정 미흡	MMI 알람기능 보완	B
수질관리	탁도계관리 미흡	수질자동측정장비 관리 철저	A

3) 장래수요를 고려한 수질관리 개선계획

① 운영 근무자의 역량 강화

정수장 운영의 최우선적인 목표는 깨끗하고 안전한 물을 공급하는데 있으며 이를 위해서는 수도 종사자의 직무역량 강화가 필수적으로 요구된다. 최근 환경부에서는 정수시설 운영관리사(Operator) 제도를 도입하여 정수장 운영관리 인력의 전문화를 유도하고 있는 추세이다. 따라서 수질관리 직원 및 수질시험요원, 운영근무자들에 대한 주기적인 직무교육이 필요하며, 필수적인 교육과정에 대해서는 전문기관에서 수시로 교육이 가능하도록 적극 지원하는 것이 바람직하다.

② 수질목표 설정 운영

수질기준(Standard)은 반드시 지켜야 할 법적 기준인 반면에, 수질목표는 강제성을 지니지 않는 운영목표로서 시설 및 운영의 Pattern 개선을 체계적으로 달성하도록 방향을 설정하는 지표로 활용된다.

본 자료는 미국, 일본 및 수공의 수질목표 자료이므로 이를 참고하여 자체 수질목표를 설정하여 강화되는 수질기준에 대응하고 정수처리 공정을 최적화하도록 한다.

구 분		탁도(NTU)		소독부산물(μ g/L)			냄새	잔류염소 (mg/L)
		평 균	Peak	TTHM	HAA5	CH	TON	상한치
수 공	2002	0.10이하 70%이상	0.50이하	800이하	600이하	300이하	3TON 90%	1.5
	2006	월평균0.05이하 (0.10이하 95%이상)	0.30이하	800이하 (관말기준)	600이하 (관말기준)	300이하 (관말기준)	3TON 이하	1.0
국내기준		0.3NTU이하 95%이상(급속)	1.00이하	1000이하	1000이하	300이하	무취	4.00이하
미국기준		0.3NTU이하 95%이상	1.00이하	800이하 (평균)	600이하 (평균)	—	3TON	“
미국목표 (AWWA)		0.10이하 95% 이상	0.30이하	—	—	—	3TON	—
일본기준 (목표)		1.00이하 (0.50이하)	—	1000이하	3400이하	—	무취 (3TON)	1.0 (0.4)

③ 공정 및 수질 감시장비 추가

㉠ SCD를 통한 혼화효율 감시

혼화공정은 정수처리공정의 효율을 결정하는 가장 중요한 공정이며, SCD (Streaming Current Detector-유동전류계)는 혼화효율을 실시간으로 측정하는 장비로서, 약품의 적정 주입여부에 따라 SCV값이 변화함으로써 혼화공정의 효율 감시에 매우 유용한 장비이다.

최근 일부정수장에서는 SCD를 통하여 응집제 주입률을 자동으로 결정하는 방식을 도입하고 있으며, SCD는 응집제의 미주입이나 갑작스런 혼화효율 변화에 따른 처리공정 효율저하를 감시할 수 있는 장비이므로, SCD를 설치하여 혼화공정의 처리효율을 실시간으로 감시하도록 한다.

㉡ 입자계수기 설치를 통한 여과수 수질 감시

1993년 미국의 밀워키 시에서 크립토스포리디움(Cryptosporidium)에 의하여 약 40만 명이 감염되고 그 중 노약자 100여명이 목숨을 잃는 사고가 발생한 이후 미국의 정수장 개선계획의 초점은 기존의 지표수처리법에서 미생물의 오염으로부터 공중위생을 방어하기 위한 정수장 효율 최적화로 옮겨가게 되었다.

이로 인하여 원생동물, 바이러스 등의 미생물을 제어할 수 있는 여과 공정의 중요성이 더욱 대두되었으며 개별 여과지에 대한 관리기준이 강화되는 계기가 되었다. 국내에서도 여과수의 탁도와 미생물을 동시에 제어하기 위하여 “정수처리에 관한 기준”을 제정(’02. 7. 5)하여 시행하고 있으며, 옥룡정수장에서도 여과수 탁도계를 설치하여 운영 중이다.

그러나 탁도계는 미생물의 누출여부의 감시에 한계가 있어 일부 선진국에서는 탁도계와 입자계수기(particle counter)를 병행·사용하여 여과수의 수질을 관리하고 있는 실정이며, 미국에서 수처리 부분의 선두적인 Southern Nevada Water System은 개별 여과지에 on-line particle counter를 설치하여 particle counter 데이터에 근거하여 여과지를 운영하고 있으므로, 옥룡정수장에서도 장기적으로 여과수에 대한 수질감시를 보다 강화하기 위하여 입자계수기 (Particle Counter)의 도입 여부도 검토할 필요가 있다.

4) 건축시설물 점검 및 정비계획

① 관리동

철근콘크리트 구조 2층 건축물로 전반적 관리 상태가 양호하여 내·외부 구조적인 결함이나 내구성을 저하시키는 문제점은 발견되지 않음.

② 염소투입동

철근콘크리트 구조 2층 건축물로 전반적 관리 상태가 양호하여 내·외부 구조적인 결함이나 내구성을 저하시키는 문제점은 발견되지 않지만 노후화로 부분적인 보수가 필요함.

③ 활성탄투입동

철근콘크리트 구조 2층 건축물로 전반적 관리 상태가 양호하여 내·외부 구조적인 결함이나 내구성을 저하시키는 문제점은 발견되지 않았음.

활성탄 분말로 인해 내부 오염이 심하지만 활성탄 분말에 의한 오염은 불가피한 사항으로 내부 재도장과 같은 보수 계획은 무의미함.

④ 약품투입동

철근콘크리트 구조 2층 건축물로 내·외부 구조적인 결함이나 내구성을 저하시키는 문제점은 발견되지 않지만 노후화로 인해 부분적인 보수가 필요함.

⑤ 오존설비동

철근콘크리트 구조 2층 건축물로 내·외부 구조적인 결함이나 내구성을 저하시키는 문제점은 발견되지 않지만 내부에 부분적인 벽체 균열에 대한 보수 필요.

⑥ 여과지동

철근콘크리트 구조 1층 건축물로 내부 여과지에서 발생하는 수분으로 실내부 상대습도가 높아 포화된 수증기로 인해 벽면 및 바닥에 결로가 발생하여 구조 및 내장재 내구성 저하의 원인이 되고 있으며 부분적인 벽체 균열 발견됨.

⑦ 침전지 검수구실

철근콘크리트 구조 1층 건축물로 전반적 관리 상태가 양호하여 내·외부 구조적인 결함이나 내구성을 저하시키는 문제점은 발견되지 않음.

⑧ 정수지 검수구실

철근콘크리트 구조 1층 건축물로 전반적 관리 상태가 양호하여 내·외부 구조적 결함이나 내

구성을 저하시키는 문제점은 발견되지 않으나 외부 도장오염으로 인해 페인트 재도장 필요.

⑨ 배수지 검수구실

철근콘크리트 구조 1층 건축물로 내·외부 구조적인 결함이나 내구성을 저하시키는 문제점은 발견되지 않으나 노후화로 인한 외부 도장오염으로 페인트 재도장 필요.

⑩ 창고

철근콘크리트 구조 1층 건축물로 전반적 관리 상태가 양호하여 내·외부 구조적 결함이나 내구성을 저하시키는 문제점은 발견되지 않으나 내부 도장오염으로 인해 페인트 재도장 필요.

5) 종합평가

옥룡상수도는 금강중류의 복류수 및 표류수를 주수원으로 하고 왕촌천복류수를 보조수원으로 하여 1983년 1월 13,000m³/d의 시설용량으로 준공되었으며, 급수인구 증가에 따른 용수수요량의 증가로 2차에 걸쳐 28,000m³/d의 시설로 확장하였고, 현재는 약 30,000m³/d의 정수를 생산하여 공급하고 있다. 또한 취수원수의 수질악화로 1998년 설계용량이 29,400m³/d인 고도처리시설(오존 및 입상활성탄)을 도입하여 운영하고 있으며, 2009년 5월부터 대청댐 원수를 수수하고 있다.

2005년~2007년의 일평균 급수량은 시설용량 28,000m³/d를 초과한 30,202m³/d이고, 일최대 급수량은 37,279m³/d로 조사되었으며, 기초능력 평가 결과 현 운영조건에서 처리할 수 있는 최대처리가능수량은 Q=16,970m³/d(배수지 용량 기준)로 나타났고, 금강 복류수의 원수수질검사 분석 결과 유입원수의 수질은 「보통(Ⅲ)등급」으로 평가되었으나, 하절기 고탁도 유입 및 동절기 암모니아성질소 유입 등으로 인하여 연중 수질관리에 어려움이 있어왔다.

2009년 5월 대청댐 광역상수도 원수 공급 및 동년 7월 공주정수장(30,000m³/일)의 정수생산 이후 옥룡정수장의 일평균 정수생산량이 13,000m³/일~15,000m³/일로 감소하여 최대처리가능수량 이내로 정수처리가 되어 불활성비가 높아졌고 하절기 고탁도 유입 및 동절기 암모니아성질소 유입 등의 원수수질 문제가 해결되었다.

응집지내 일부 정류벽의 미설치로 인한 back-flow 현상 및 불필요한 난류 발생으로 효율이 저하되므로 정류벽을 추가 설치하여 효율을 개선하도록 한다.

침전지는 경사판침전지를 운영 중에 있으며, 여과지는 사면상 수심 기준 역세척 실시, 표면세척기 고장 및 일부 조작밸브 누수 등 운영과 설비상 문제점이 있으므로 여과지속시간을 기준으로 역세척을 실시하고 표면세척기 노즐 교체 등 설비를 개선하도록 한다.

오존주입공정 진단결과 모니터링 시스템 고장, 산소 발생기 순도 저하 및 산기관 미 교체 등이 도출되었으므로 문제점을 개선하도록 해야 하나, 광역상수도 원수 공급이후 현재는 가동하지 않는 상태이다.

입상활성탄여과지는 유입수의 잔류염소가 0.2mg/L 이하가 되도록 전염소 주입률을 조정하도록 한다.

정수지 추적자 시험결과, #1지로의 정수 미 유입, #2지와 #3지로의 과다 유량 유입 등 유량이 균등하게 배분되지 않아 소독능 환산계수(β 값)가 낮게 분석되어, 불활성비 만족을 위한 후염소 주입량 증가 및 일부 수도꼭지의 잔류염소 농도가 높게 검출되는 등의 문제가 있으므로 배수지의 유입·유출 배관을 개선하여 염소접촉시간을 증가하도록 하고, 후염소 주입률도 낮추어 운영하도록 해야 하나 2009년 7월 공주정수장(30,000m³/일)의 정수 공급 등으로 옥룡정수장의 정수생산량이 일평균 13,000m³/일~15,000m³/일로 감소하였기 때문에 현재는 불활성비가 높아 후염소 주입량 감소 및 배수지 기준으로 처리가능한 상태이다.

전력설비 진단 결과 전력요금 제도에 관한 이해 및 활용, 배수지 등 저장 용량을 활용할 경우 전력 요금을 절감할 수 있는 것으로 검토되었으며, 다만 취수장에서 수전을 받아 정수장으로 전원공급(3상 3.3kV)하고 있으므로 전원의 신뢰성, 유지관리의 편리성을 고려하여 옥룡정수장에서 한전과의 직접 수전이 가능하도록 22.9kV 수·변전설비를 구성하는 것이 바람직하다.

계측제어설비는 제어실에서 대부분의 공정을 감시할 수 있도록 잘 갖추어져 있으나, 일부 감시제어 항목의 누락, 유량비례에 의한 염소주입설비 자동화 미비 및 알람경보시스템 미비 등이 도출되었으므로 이에 대한 개선이 필요하다.

이상 상기에서 제시한 문제점에 대하여 시설을 개선하고 운영관리 한다면, 점차 강화되는 「먹는물수질기준」을 상시 만족시키고 보다 안전하며 깨끗한 수돗물을 생산하여 공급할 수 있으리라 판단된다.

나. 유구상수도

1) 공정별 연계기능 저하요인 및 개선방안

① 기초능력평가

㉠ 공정별 설계의 적정성

각 공정별 수리인자에 대한 평가 결과 배수지를 제외하고는 대부분의 공정에서의 수리인자가 시설기준의 권고치를 만족하고 있다. 배수지의 체류시간은 시설용량 기준으로 “상수도시설기준”에 약간 미달하나 현재 운영상에는 문제가 없는 것으로 판단된다. 그러나 시설용량을 초과하여 운영할 경우에는 여과속도와 배수지 체류시간이 부족하게 되므로, 안정적인 용수공급을 위해서는 장기적으로 용수 수요 증가를 고려하여 용수공급 방안을 수립해야 한다.

㉡ 최대 처리가능 유량

정수장의 설계 및 운전조건을 토대로 공정별 최대 처리 가능수량을 체류시간, 여과속도 등으로 수량적인 측면에서 평가한 결과, 정수지는 30,528m³/d, 보통침전지는 4,320m³/d, 완속여과지는 2,548m³/d, 배수지는 2,268m³/d로 분석되었다. 현재 급수량 약 2,500m³/d를 고려할 때 배수지는 최대 처리 가능수량이 다소 부족하나 그 외의 처리능력은 적정한 것으로 판단된다.

② 취수원

㉠ 하절기 상수원 관리강화

원수수질을 검토한 결과 유구상수도의 유입원수는 『좋은 (1b)』 등급에 해당하지만 하절기에는 대장균군수가 다소 높게 검출되므로 소독관리를 철저히 해야 할 것으로 판단된다.

③ 취수시설

㉠ 집수매거 상부 보수

평상시 원수유입탁도가 양호하여 집수매거 효율은 42 ~ 67%로 나타났으나, 하절기 집중강우시 접합정보다 수위가 상승할 경우 접합정으로 탁질성분이 유입될 가능성이 있으므로, 상부 맨홀 뚜껑을 견고히 하여 하절기 고탁도 유입을 방지해야 할 것으로 판단된다.

④ 취수펌프모터설비

㉠ 취수펌프모터 2호기의 교체를 통한 원가절감

전체적으로 취수펌프설비는 안정적으로 운영되고 큰 문제는 없는 것으로 나타났다. 그러나, 취수펌프 2호기의 효율이 1, 3호기에 비하여 상대적으로 낮게(14%) 측정되었으며, 일정 개도 이상(15%)에서는 캐비테이션이 발생하고 20년 이상 사용하였으므로 취수펌프 교체방안에 대하여 경제성이 있는지 구체적으로 검토한 결과 경제성이 있는 것으로 판단된다.

㉡ 취수펌프모터 운영방법 개선

취수펌프 가동 시 취수펌프 2호기 교체 후 취수물량 조절이 용이하고, 전력원단위가 낮은 2호기를 주로 가동하도록 하며, 향후 현재의 취수펌프 1, 3호기중 한 대를 추가로 교체하여 예비호기로 활용하도록 한다.

⑤ 착수정

㉠ 눈금자 및 눈금환산표 설치 운영

착수정 위어를 통한 유량계측은 정수장 근무자가 현장에서 손쉽게 유량을 파악할 수 있으며, 이를 통해 유량 계측설비의 고장대비 및 비교 측정시 매우 유용하다.

착수정에 삼각위어가 설치되어 있으나 위어를 월류하는 수심을 측정할 수 있는 눈금자가 설치되어 있지 않으므로 눈금자를 설치하고 월류 수심에 따른 유량환산표(삼각위어 θ 값 : 102.68°)를 작성 비치하여 활용하도록 한다.

눈금자는 위어설치 지점에서 상류방향으로 위어 월류수심의 5~10배정도 되는 상류지점의 수위가 안정되고 잘 보이는 부분에 설치하고, 눈금자의 0점은 위어 하단부와 동일 선상에 있도록 설치하여야 한다.

⑥ 보통침전지

㉠ 유출 트러프 설치

침전지 격자형 트러프 유출부에 위어식 또는 오리피스식 트러프를 설치하여 지내의 수류흐름을 흐트러뜨리지 않으면서 유출시킬 수 있도록 한다.

⑦ 완속여과지

㉠ 표준여과속도 운영 권고

유구상수도는 여과지 2지를 사용 중이며 표준여과속도 범위를 초과하여 운영되고 일최대유량시에는 여과지 한계속도(8m/d 이내)를 초과하는 것으로 조사되었다. 진단기간 동안 유입원수의 탁도가 1 NTU 이하로 양호한 수질의 원수가 유입되어 2지를 사용하는 경우에도 여과수 유출수 탁도는 0.2 NTU 이하로 먹는물 수질기준 이내로 생산되고 있어 한계속도 이내로 운영하더라도 큰 문제는 없는 것으로 조사되었다.

선진국에서는 원생동물(크립토스포리디움) 누출을 예방하기 위하여 여과속도를 대략 5 m/d 이내에 운전하도록 권장하고 있어 여과속도 상승폭은 1일당 표준처리 유량으로서 10 ~ 20 %로 하고 그 이상의 여과속도 상승은 여과기능을 저해할 수 있으므로 피해야 한다.

㉡ 적정 규격의 여과사 포설

여과지의 작업상 및 경제적인 관점에서 가장 중요한 인자인 유효경 및 최대경은 시설기준을 만족하고 있으나 여층별 최소경 및 균등계수는 시설기준에 다소 못 미치고 있다.

탁도 및 입자수 실험결과, 현재의 원수 및 여과수 수질을 고려하였을 때 여과사가 여과수 탁도에 미치는 영향은 크지 않을 것으로 예상된다.

다만, 최소경이 작고 균등계수가 클 경우에는 세립자와 조립자의 여재가 치밀한 여층을 구성하여 탁질 저지율은 향상되나 손실수두가 너무 커지는 단점이 있으므로 추후 여과사 교체 및 보충시에는 적정 규격의 여과사를 포설하도록 한다.

㉢ 여과사 보충시 포설방법 개선

여층의 탁질 분포형태가 표층부와 심층부에서 오염도가 높아지는 경향을 보이고 있다. 여재를 보충할 경우에는 새로운 여과사를 하층에 포설하고 기존에 사용하던 여과사를 상층에 포설하는 것이 바람직하며, 새로운 여과사는 포설 전에 반드시 여과사의 품질 시험 성적서를 납품받아야 한다.

㉣ 전체 여과지 조류차광막 설치

조류 성장으로 인하여 여과지 표층 청소를 주기적으로 실시해야 하므로 효율적인 여과지 운영을 위하여 조류성장을 억제할 수 있도록 전체 여과지에 대하여 차광설비를 설치하도록 한다.

㉠ 여과지 운영관리 개선

여과지를 양호하게 유지 관리하기 위해서는 여과지에 대한 상태조사가 정기적으로 이루어져야 한다. 조사항목은 지별 여과사 삭취주기(여과지속시간), 여과속도, 여층상태(여층 깊이 및 깊이별 여과사 세척탁도), 지별 여과수 수질(탁도), 구조물 상태(크랙, 누수), 부속설비 상태(밸브 및 개폐봉 작동시험, 부식) 등이다.

㉡ 역송설비 설치

완속여과지에서는 여과사 삭취작업 등으로 여과지 정지 후 재가동시에는 역송을 실시하여 여과사층 내부의 잔류공기를 제거하기 위하여 역송을 실시하여야 하나, 유구상수도의 경우 별도의 역송설비가 없으므로 여과지 말단에 드레인 밸브를 설치한 후 역송을 실시하도록 한다.

㉢ 여과지별 탁도계 설치

“정수처리에 관한 기준”에 의거하여, 시설용량 5,000 m³/d 미만의 정수장의 경우에도 ‘10. 7. 1 부로 여과지별 탁도계에 의한 감시가 요구되므로 여과지별로 탁도계를 설치하도록 한다.

⑧ 소독공정

㉣ 염소용기용 계량저울의 설치 및 감시

염소용기 내 염소 잔량을 파악할 수 있는 계량저울은 염소용기 교체시기를 결정하는데 필요하다. 호이스트 설치와 함께 원격감시용 계량저울을 설치하여 운영에 참고할 수 있도록 한다.

㉤ 염소중화설비 시험가동방법 및 중화용 덕트 설치 개선

염소중화설비는 하루에 몇 분씩 주기적으로 가동토록 하여 중화액인 가성소다의 석출을 방지하도록 한다. 염소주입실의 중화용 덕트는 염소주입기 및 염소주입배관까지 ㄷ자형으로 연장하여 염소가스 누출 시 배출 효과를 높이도록 한다.

㉥ 소독제 변경 검토

최근 소규모 정수장에서는 안전성 측면에서 유리하고 상대적으로 초기투자비 및 운영

비가 저렴하며, 염소에 비하여 주입량 조절이 용이한 차아염소산나트륨을 소독제로 많이 사용하고 있다.

기존 염소가스를 소독제로 사용할 경우 설비 보수, 액화염소저장량 변경신고(100kg→700kg 미만), 정기검사, 염소용기검사, 안전관리자의 선임, 보험 가입, 보안용구 보유 등의 문제가 있으므로 액화염소대신에 차아염소산나트륨 용액 주입방식으로 소독제를 변경할 것을 권장한다.

⑨ 배수지

㉠ 배수지 확장

시설용량을 초과하여 운영할 경우 배수지 체류시간이 시설기준보다 부족하게 되므로 장기적으로 용수수요 증가 추이를 고려하여 시설확장을 검토하도록 하는 것이 좋으나 2009년 기준 일평균 생산량이 1,500m³/일로 시설용량에 미치지 못하며, 장래 배수지 확장은 급수공급계획을 고려하여 결정하여야 한다.

㉡ 배수지 도류벽 설치

첨두유량(4,481 m³/d)을 기준으로 소독능을 평가한 결과, 2개의 도류벽이 적정한 것으로 조사되었고 현재 1개 배수지에 설치('07. 11월)되어 있으나 나머지 배수지에는 설치되어 있지 않다. 따라서 소독능 평가시 장폭비(β)를 0.1로 계산되어 소독능을 만족하지 못하므로 미설치된 배수지에 대하여 도류벽을 추가설치하여 적정 소독능 확보가 필요하다고 판단된다. 전체 배수지에 도류벽이 설치되었을 경우를 가정하여 지아디아에 관한 소독능을 평가한 결과, 소독능을 만족하는 것으로 나타났다.

⑩ 유량계측설비

㉠ 유량계 정확도를 위한 직관확보 및 축류익차식유량계 철거

유구정수장 배수유량계의 경우 유량계 전단에 직관부 확보(5D)상태를 알 수 없으며, 취수유량계는 후단에 축류익차식유량계가 설치되어 있어서 펌프 기동시 등에 왜곡(hunting) 등의 이유로 부정확한 값을 표시하므로 향후 재설치 시에는 유량계의 정확도를 위하여 배수유량계는 통상적인 최소 직관확보거리 상류 5D, 하류 2D를 확보하도록 하며, 취수유량계는 축류익차식유량계를 철거한 다음에 같은 구경의 단관을 설치하도록 한다.

⑪ 전기설비

㉠ 모터 과부하 보호계전기 설정치 변경

모터를 과부하로부터 보호하기 위해 전자식모터보호계전기(EOCR, EMPR)가 설치되어 있으나 일부 부하는 용량에 적합하지 않게 설정되어 있다. 설비를 과부하로부터 안전하게 보호하기 위해서는 취수펌프 및 진공펌프에 대하여 전류설정치(Load)를 기술진단에서 제시한 Load(A) 적정 설정치로 변경하여 사용할 것을 권장한다.

㉡ 접지 보완

유량계 제어반에는 접지선이 연결되어 있지 않다. 접지기 양호한 취수모터 기동반으로부터 접지선을 연결하도록 한다.

⑫ 계측제어설비

㉢ 감시제어 항목 추가

유구정수장 중앙제어실에서 효율적으로 시설 운영 현황을 감시할 수 있도록 전력, 압력, 염소중량 등 설비 운영 데이터와 안정적인 설비 감시 제어에 필요하나 현재 누락되어 있는 설비의 제어모드, 고장 여부 등 상태 데이터를 원격감시제어시스템에 추가로 취득하도록 한다.

㉣ 원격제어가 가능한 타입으로 CCTV 교체

각 사업장에 설치되어 있는 CCTV는 원격에서 감시만 가능하고 제어가 불가능하여 중앙제어실에서 효율적인 원격 화상 감시가 어렵다. 중앙제어실에서 설비 이상 유무 및 출입자의 효율적인 감시를 위하여 운영자가 감시하고자 하는 지역으로 화상을 변경할 수 있도록 P/T 및 ZOOM 기능을 수행할 수 있는 CCTV로 교체할 것을 권장한다.

㉤ MMI 알람 기능 보완

이벤트 포인트에 대해서는 각 포인트마다 알람 등급 등 경보 기능을 재설정하고, 아날로그 포인트에 대해서는 중요 포인트에 대해 High 및 Low 알람 설정값을 입력하여 데이터 이상시 알람이 발생토록 함으로서 중요 알람 발생시에는 운영자가 이를 반드시 확인하고 응급조치를 취할 수 있도록 시스템을 개선하여 사용할 것을 권장한다.

⑬ 수질관리

㉠ 공정별 수질측정을 위한 수질분석장비 보유

일일시험 및 주간시험은 옥룡정수장에서 실시하고 있으나 일일시험이 가능하도록 수질 분석장비를 보유하여, 하절기 집중강우 및 수질이상시 공정관리에 활용하도록 한다.

㉡ 수질자동측정장비 운영

보다 효율적인 공정관리를 위해서는 원수 및 공정수의 수질을 실시간으로 감시하고 수질 이상시 신속하게 대처할 수 있도록 수질자동측정장비를 활용하는 것이 바람직하다. 수질자동측정장비 도입 시에는 정수장 운영근무자가 측정기의 납품 또는 제조업체의 교육을 통해 운영관리요령을 습득한 후 세부 매뉴얼을 작성하여 비치할 것을 권장하며, 관리부서에서는 유지관리 비용을 연간 예산에 적극 반영하도록 한다.

㉢ “정수처리에 관한 기준” 준수

“정수처리에 관한 기준”에서 규정하고 있는 수질측정관련 사항으로 정수장 운영 시 이를 준수하도록 한다. 특히 유구상수도의 경우 시설용량이 5,000m³/d 미만의 정수장으로써, '10년 7월 1일부터 여과지 각 지별 유출수의 탁도를 연속측정장치에 의해 감시하도록 규정되어 있으므로, 불활성화비 계산을 위한 항목별 시료채취지점 및 주기에 관한 사항을 준수하도록 한다.

2) 시설 및 운영관리 개선방안

기술 진단 결과 개선이 필요한 사항은 시설 개선 부문과 운영관리 개선 부문으로 분류하고 시설 개선 사항은 용수 공급량, 수질, 수처리 공정 운영 및 유지관리의 효율성 등에 미치는 영향을 고려하여 다시 A, B, C의 3등급으로 분류하였으며 개선 추진의 용이성과 경제성을 감안하여 등급을 선정하였다.

등 급	성능 제한 영향
A	- 성능 제한에 장기간 반복적으로 중요하게 영향을 미치고 있으므로 단기적으로 개선이 필요한 사항
B	- 성능 제한에 일상적으로 미소한 영향을 주거나 일시적으로 중요한 영향을 미치고 있어 중기적으로 개선이 필요한 사항
C	- 성능 제한에 미소한 영향을 미치고 있어 장기적으로 개선이 필요한 사항

① 시설관리 개선사항

구 분	문 제 점	개선할 사항	우선 순위
취수시설	집중강우시 접합정 상부 탁수 유입	접합정 상부 개량	A
취수펌프 모터설비	취수펌프 2호기 효율저하	신품으로 교체	B
착 수 정	눈금자 및 유량환산표 미설치	눈금자 및 유량환산표 설치 운영	B
보통침전지	수류흐름의 안정성 미확보	유출트러프 설치(위어 또는 오리피스)	C
완속여과지	조류유입 차단 차광막 설치	조류차광막 설치	C
	역송설비 미비	드레인 밸브 설치	B
소독공정	염소잔량 파악 어려움	염소용기용 계량저울 및 호이스트설치	B
	중화용 덕트연장설치 필요	중화설비 주기적 가동 및 중화용 덕트길이 연장	B
	소독설비 보완 필요	차아염소산나트륨 주입설비 설치 검토	B
배 수 지	시설용량 이상 유입시 배수지 체류시간 과소	용수공급계획 후 배수지 확장 고려	C
	도류벽 미설치	미설치된 배수지 도류벽 설치	A
유량계측 설 비	향후 재설치 시 유량계 전후 직관확보	유량계 전후 직관확보 미흡	C

② 운영관리 개선사항

구 분	문 제 점	개선할 사항	우선 순위
취수펌프 모터설비	취수펌프 전력원단위 높게 운전	취수펌프 2호기 교체후 전력원단위 낮은 2호기 운영	A
수질관리	수질시험기기 미비	공정별 수질시험 장비 구비	A

3) 장래수요를 고려한 수질관리 개선계획

① 운영 근무자의 역량 강화

정수장 운영의 최우선적인 목표는 깨끗하고 안전한 물을 공급하는데 있으며 이를 위해서는 수도 종사자의 직무역량 강화가 필수적으로 요구된다. 최근 환경부에서는 정수시설 운영관리사(Operator) 제도를 도입하여 정수장 운영관리 인력의 전문화를 유도하고 있는 추세이다. 따라서 수질관리 직원 및 수질시험요원, 운영근무자들에 대한 주기적인 직무교육이 필요하며, 필수적인 교육과정에 대해서는 전문기관에서 수시로 교육이 가능하도록 적극 지원하는 것이 바람직하다.

② 수질목표 설정 운영

수질기준(Standard)은 반드시 지켜야 할 법적 기준인 반면에, 수질목표는 강제성을 지니지 않는 운영목표로서 시설 및 운영의 Pattern 개선을 체계적으로 달성하도록 방향을 설정하는 지표로 활용된다.

본 자료는 미국, 일본 및 수공의 수질목표 자료이므로 이를 참고하여 자체 수질목표를 설정하여 강화되는 수질기준에 대응하고 정수처리 공정을 최적화하도록 한다.

구 분		탁도(NTU)		소독부산물(μ g/L)			냄새	잔류염소 (mg/L)
		평 균	Peak	TTHM	HAA5	CH	TON	상한치
수 공	2002	0.10이하 70%이상	0.50이하	800이하	600이하	300이하	3TON 90%	1.5
	2006	월평균0.05이하 (0.10이하 95%이상)	0.30이하	800이하 (관말기준)	600이하 (관말기준)	300이하 (관말기준)	3TON 이하	1.0
국내기준		0.3NTU이하 95%이상(급속)	1.00이하	1000이하	1000이하	300이하	무취	4.00이하
미국기준		0.3NTU이하 95%이상	1.00이하	800이하 (평균)	600이하 (평균)	—	3TON	“
미국목표 (AWWA)		0.10이하 95% 이상	0.30이하	—	—	—	3TON	—
일본기준 (목표)		1.00이하 (0.50이하)	—	1000이하	3400이하	—	무취 (3TON)	1.0 (0.4)

㉠ 연속측정장치 설치를 통한 여과수 수질 감시

1993년 미국의 밀워키 시에서 크립토스포리디움(Cryptosporidium)에 의하여 약 40만 명이 감염되고 그 중 노약자 100여명이 목숨을 잃는 사고가 발생하였다. 이 사고 이후에 미국의 정수장 종합적 개선계획(CCP)의 초점은 기존의 지표수처리법(SWTR, US EPA, 1989)에서 미생물의 오염으로부터 공중위생을 방어하기 위한 정수장 효율 최적화로 옮겨가게 되었다.

이로 인하여 원생동물, 바이러스 등의 미생물을 제어할 수 있는 여과 공정의 중요성이 더욱 대두되었으며 개별 여과지에 대한 관리기준이 강화되는 계기가 되었다.

국내에서도 여과수의 탁도와 미생물을 동시에 제어하기 위하여 “정수처리에 관한 기준”을 제정(’02. 7. 5)하여 시행하고 있다.

“정수처리에 관한 기준”에 의거하여 5,000m³/d 미만의 유구상수도는 ‘10년 7월 1일부터 개별여과지에 대하여 연속측정장치를 사용하여 탁도를 감시하고 있다. 아울러 장기적으로 여과수에 대한 수질을 정량적에서 정성적으로 관찰하기 위해서는 Particle Counter의 도입 여부도 검토할 필요가 있다. 일부 선진국에서는 이미 탁도계와 particle counter를 병행·사용하여 여과수의 수질을 관리하고 있으며, 특히 미국에서 수처리 부분의 선두적인 Southern Nevada Water System은 개별 여과지에 on-line particle counter를 설치하여 particle counter 데이터에 근거하여 여과지를 운영하고 있다.

4) 건축시설물 점검 및 정비계획

① 관리동

철근콘크리트 및 경량철골조 2층 건축물로 전반적으로 건물은 노후되었으나 관리 상태가 양호하여 내·외부 구조적 결함이나 내구성을 저하시키는 문제점은 발견되지 않음.

기존 건물에 캐노피 및 계측기실을 증축한 형태로 관리사무실 및 관리사택 겸용으로 사용되고 있음.

② 염소투입동

철근콘크리트 1층 건축물로 전반적으로 건물은 노후되었으나 관리 상태가 양호하여 내·

외부 구조적 결함이나 내구성을 저하시키는 문제점은 발견되지 않음.

③ 여과지동 상옥

철골구조물로 기존 외부 환경에 노출됐던 여과지를 보호하기 위하여 증축한 시설물로 관리 상태가 양호하여 내·외부 구조적 결함이나 내구성을 저하시키는 문제점은 발견되지 않음.

④ 착수정 상옥

철골구조물로 기존 외부 환경에 노출됐던 착수정 보호하기 위하여 증축한 시설물과 기존 착수정 펌프실로 구성되고 관리 상태가 양호하여 내·외부 구조적 결함이나 내구성을 저하시키는 문제점은 발견되지 않음.

⑤ 취수장 취수펌프동

철근콘크리트 1층 건축물로 전반적으로 건물은 노후되었으나 관리 상태가 양호하여 내·외부 구조적 결함이나 내구성을 저하시키는 문제점은 발견되지 않음.

⑥ 창고

철골조 1층 건축물로 전반적으로 관리 상태가 양호하여 내·외부 구조적 결함이나 내구성을 저하시키는 문제점은 발견되지 않음.

5) 종합평가

유구상수도는 유구천 복류수를 취수원으로 하는 완속여과 시설로 1984년에 시설용량 2,500m³/d 용량으로 현재 사용량은 101%로 시설용량 전체를 사용하고 있다. 취수원의 수질은 연평균 BOD 기준 『좋은 (1b)』 등급에 해당하는 양호한 수질이며, 평상시 유입 원수의 탁도 또한 양호한 것으로 조사되었다.

완속여과지의 전처리 시설로 보통침전지가 적정하게 설치 운영되고 있으며 완속여과지는 비교적 잘 갖추어져 있고 평상시 2지를 사용하여 “상수도시설기준”의 여과속도에 근접하여 운영하고 있다. 수질이 양호할 경우에는 2지만을 사용해도 문제가 없으나 하절기 집중강우 또는 시설용량을 초과하여 운영할 경우에는 전체 여과지를 사용하여 안정적이고 양호한 수질을 유지하도록 한다. 또한 조류발생을 억제하기 위하여 전염소를 주입하고 있으며 현재 완속여과지의 조류성장을 억제하기 위하여 가장 효과적인 조류차광설비가 설치되어 운영되고 있다.

현재 소독능을 만족하지 못하므로 나머지 배수지에도 도류벽을 추가 설치하여 적정 소독능을 확보하도록 한다.

용수 생산 비용을 절감하기 위해서는 전력원단위가 낮은 취수펌프를 우선적으로 가동하고 No.2호기는 효율이 좋은 신규 펌프로 교체하도록 한다.

아울러 본문에서 제시한 운영 및 시설 개선방안에 대한 우선순위를 설정하고 중장기 개선계획을 수립하여 정수장 운영효율을 한층 향상시킨다면 시민들에게 보다 안전하고 깨끗한 수돗물을 생산, 공급할 수 있을 것으로 판단된다.

11.3 관망 기술진단

공주시의 경우 관망기술진단을 아직 실시하지 않았으나, 장래 맑은 물 공급 및 수도시설 정비 등 중장기 계획을 체계적으로 수립하기 위해서는 관망 블록화 선행 후 기술진단을 수행해야 할 것이다. 아래에는 관망기술진단에 대한 일반적인 내용을 기술하였다.

11.3.1 노후도 평가

가. 노후도 평가방법

노후도 평가는 관로 및 매설환경의 특성에 따라 분할된 각 구간에 대해 특성인자별로 점수를 평가하여 이를 합산함으로써 구간별로 평가를 시행하는 것으로 비교적 평가가 용이하다는 장점이 있다. 본 과업에서는 관망진단 업무매뉴얼(한국수자원공사)의 노후도평가 중에서 상수도관망 일반기술진단의 범위에 적합한 개략조사를 통한 노후도 평가를 수행하도록 한다.

간접평가인자의 조건값

번호	세부인자명	분류범위	조건값	번호	세부인자명	분류범위	조건값
1	관종	CIP, GSP PVC, PE SP, PC, PCC DCIP STS, PFP	0.00 0.25 0.50 0.75 1.00	6	토양종류	점토 모래+자갈, Loam 점토+자갈, Silt 모래질	0.00 0.25 0.50 1.00
2	관경	150mm이하 150 ~ 350mm 350 ~ 600mm 600 ~ 1000mm 1000 ~ 2000mm 2000mm초과	0.00 0.20 0.40 0.60 0.80 1.00	7	매설심도	1m이하 1~2m 2m초과	0.50 1.00 0.50
3	내면피복	없음 에폭시 쿨타르에나멜 아스팔트도복장 시멘트몰타르	0.00 0.50 0.75 0.75 1.00	8	주변도로	산업도로, 고속도로 4차선이상 도로 2차선 도로 이면도로 보도 및 노지	0.00 0.25 0.50 0.75 1.00
4	외면피복	없음 쿨타르에나멜 아스팔트도복장	0.00 0.75 1.00	9	누수, 파손, 밸브교체기록	5회/5년-50km 초 과 3~5회/5년-50km 1~3회/5년-50km 없음	0.00 0.25 0.50 1.00
5	매설년도	25년초과 20 ~ 25년 15 ~ 20년 10 ~ 15년 10년이하	0.00 0.25 0.50 0.75 1.00	10	수질, 수압등 민원발생	5회/5년초과 3~5회/5년 1~3회/5년 없음	0.00 0.25 0.50 1.00

※ 관망진단 업무매뉴얼, 한국수자원공사

간접평가인자에 대한 가중치 설정

세부인자명	가중치	세부인자명	가중치
(1) 관중	0.12	(6) 토양종류	0.06
(2) 관경	0.02	(7) 주변도로	0.02
(3) 내면피복	0.10	(8) 접속방식	0.04
(4) 외면피복	0.03	(9) 누수, 파손, 밸브교체	0.06
(5) 매설년도	0.30	(10) 수질, 수압등 민원	0.06

※ 관망진단 업무매뉴얼, 한국수자원공사

개략평가는 간접평가 인자만으로 평가하는 방법으로 간접평가인자별 조건값을 이용하여 인자별 평가점수를 계산하므로써, 가중치가 0.00이면 노후도에 미치는 영향은 없는 것으로 간주할 수 있으며, 각 인자별 가중치의 합계는 1.00이다. 이렇게 구해진 인자별 평가점수와 가중치를 다음 식에 의해 가중 평균함으로써 각 평가구간별 노후도 평가점수를 결정하도록 한다.

$$\text{노후도 평가점수} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i p_i}{\sum_{i=1}^n w_i} = \frac{w_1 p_1 + w_2 p_2 + \dots + w_n p_n}{w_1 + w_2 + \dots + w_n}$$

여기서, w = 간접평가인자별 가중치

p = 간접평가인자별 조건값

n = 항목수

나. 노후도 평가

노후도 추정결과를 바탕으로 간접평가인자의 노후도가 0.45이하일 때 해당 관로의 교체 및 갱생, 0.6이상일 경우 해당 관로 상태는 양호, 0.4~0.6일 때에는 해당 관로를 터파기 후 직접평가를 수행 후 현장 관리자 또는 전문가의 조언을 얻어 교체 및 갱생을 검토하게 된다.

그러나 본 모델을 적용하여 관체의 상태를 정확히 판단하기는 검증된 자료나 사례가 없으므로 아직까지는 어려우며, 향후에 정확한 자료의 축적이 이루어지고 또한 공주시 특성에 맞는 간접평가인자의 가중치를 재설정하여 보다 정확한 평가가 이루어지도록 노력하여야 한다.

또한 이와 같은 노후도 평가를 일회성이 아니라 주기적으로 수행하여, 사고위험을 사전에 방지하도록 해야 한다.

11.3.2 시설운영 및 유지관리계획 수립

시설의 최적운영을 위해서는 지속적인 자산관리가 필요하며, 송수관로의 경우 관로사고 및 수질사고시 그 피해영향인구가 배수관이나 급수관에 비해 높기 때문에, 구조적인 관점에서 유지·관리할 필요가 있다.

따라서 본 계획에서는 아래와 같은 운영 및 유지관리계획을 제안한다.

- 정기적인 누수탐사로 인한 사고예방체제 확립
- 통합감시제어시스템 구축으로 최적운영 도모
 - 각 배수지의 유량계의 정기적인 점검을 통한 보다 정확한 실시간 유량관리가 가능
 - 각 배수지에 실시간 수질자동측정장치를 설치하여 실시간 수질현황 파악 및 문제발생시 즉각적인 대처 가능
 - 중요구간에 수압계 설치 후 압력계에 의한 수압 정보를 수집, 감시 분석을 통한 최적의 수압관리 운영
- 배수지의 적정 체류시간 확보를 통하여 사고시 피해 최소화

11.3.3 배수관망의 평가 및 개선방안 수립

가. 관망해석에 의한 평가

각 배수지 및 급수분구에 대하여 배수관망해석을 실시하고, GIS자료, 기존 대장 및 상수도 담당자의 자문을 구하고, 급수시설 행정서류를 참조하여 배수관망을 구성한다.

나. 급수서비스지표에 의한 평가

1) 개요

상수도관망의 목적은 정수시설로부터 최적으로 처리된 물을 실소비자에게 안전한 수질, 안정적인 수량 및 적절한 수압으로 공급하는 것이다.

급수서비스에 대한 평가를 수행함으로써 고객들에게 더욱 향상된 급수서비스를 제공할 수 있다.

2) 급수서비스 기준 설정

상수도 급수의 목적은 따라서 급수서비스, 즉 배수관망의 기본적인 성능을 평가하기 위하여 적절하다고 판단되는 다음과 같은 6가지의 기준을 설정한다.

- | | | |
|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| ☐ 수압 | ☐ 수질 | ☐ 유수율 |
| ☐ 누수 | ☐ 민원 | ☐ 고객만족도 |

다. 개선방안 제시

11.3.4 시설운영 및 유지관리계획 수립

- | | | |
|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| ☐ 관망관리 | ☐ 급수전관리 | ☐ 유량 관리 |
| ☐ 수질관리 | ☐ 수압관리 | ☐ 누수관리 |

누수복구기록 작성양식(예)

누수복구처리기록	
담당자 : _____	
A. 누수발생 현황 1. 발생위치 : _____ 2. 관로형태 : 송수관□ / 배수관□ / 급수관□ 3. 관 경 : _____ 4. 관 종 : _____ 5. 발견방법 : 민 원□ / 탐 지□	
B. 누수처리 현황 1. 누수발견일시 : 년 월 일 시 분 2. 복구시작일시 : 년 월 일 시 분 3. 복구종료일시 : 년 월 일 시 분 4. 복구전 수압 : _____ kgf/cm² 5. 복구후 수압 : _____ kgf/cm²	
C. 누수정도 현황 1. 누수공크기 : _____ cm 2. 추정누수량 : _____ m³	
D. 기타 사항	

- 관망도 작성 및 보완

11.3.5 배수관망 사업우선순위 제시

11.3.6 유지관리 및 운영계획

상수도관망 시스템의 효율적인 유지관리를 위해서는 시설의 현대화가 이루어져야 하며, 지속적인 개선노력이 필요하다.

가. 상수도시설 현대화계획

- 배수지 시설 현대화
 - TM/TC 및 원격감시제어 체제 구축
- 배수관로 현대화
 - 유량계 및 압력계 설치 및 실시간 감시 체제 구축
- 지리정보시스템(GIS) 구축

나. 관망시설의 운영관리

- 누수탐사 장비의 구입 및 유지보수
- 누수탐사 장비 사용법 교육
- 장기 무수익수량 제어 및 감시계획 수립
- 관로 부속물, 계량기, 감압밸브 및 압력계 구입 설치
- 누수탐사에 의한 누수수리
- 기존 밸브 교체 및 신규 밸브 설치
- 지속적인 계량기 교체 및 본관 개조 프로그램
- 실시간 수질측정체제 구축 및 관 말단의 주기적인 수질검사 시행
- 고수압지역 및 저수압지역의 적정 수압 유지관리

11.4 기술진단 계획

11.4.1 상수도시설 기술진단 계획

공주시는 전체 정수장에 대한 기술진단을 기 실시(2007. 12)하였고, 금회 수도정비 기본계획 수립시 이를 반영하였으므로, 수도법상의 기준에 의하여 목표연도에 기술진단 및 재정비를 실시하는 것으로 계획하였다. 단, 유희 중인 옥룡취수장 및 왕촌취수장에 대한 기술진단은 실시하지 않는 것으로 계획하였다.

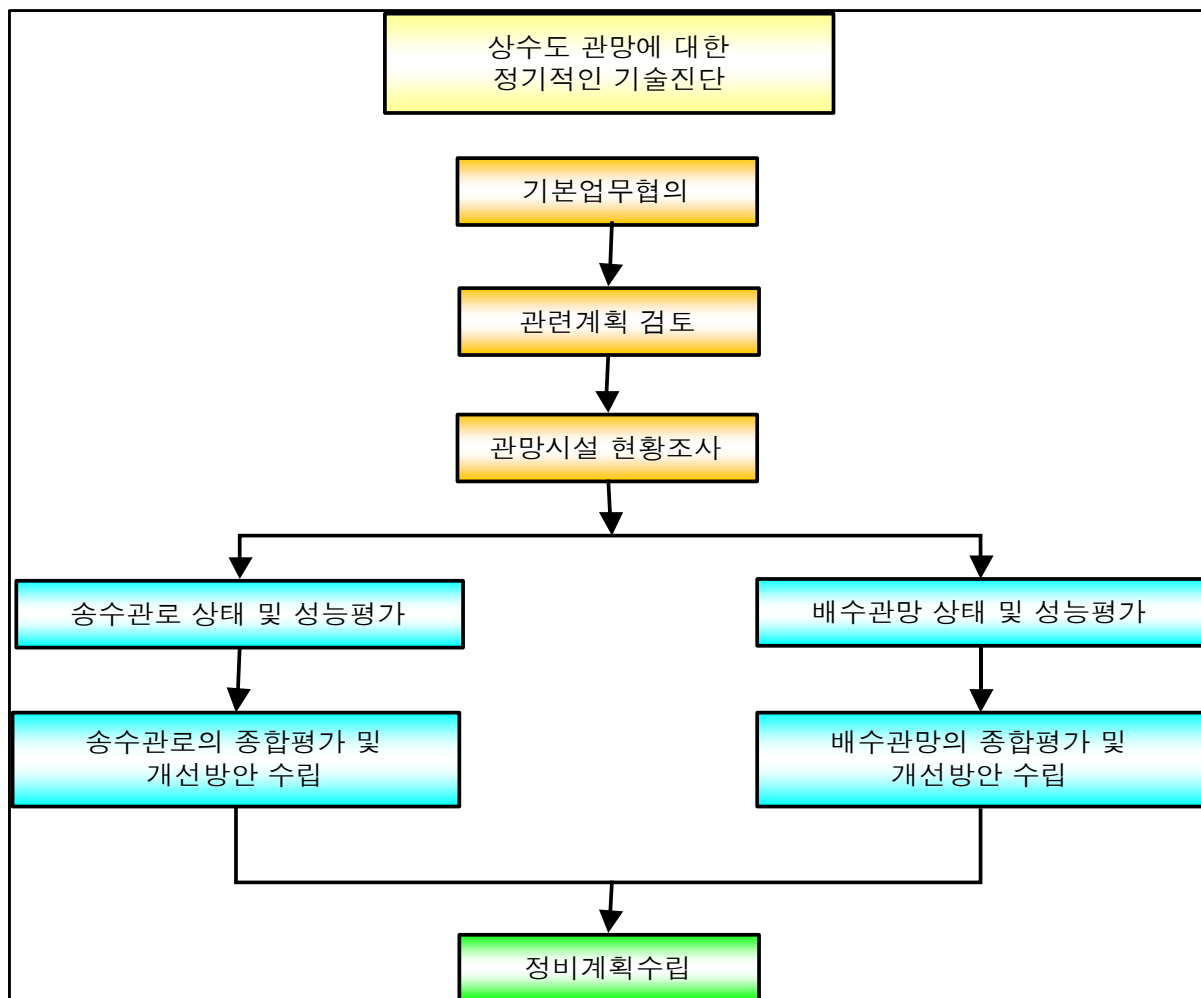
연차별 기술진단 계획(수도정비 포함)

구 분		2009년	2010년	2015년	2020년	2025년
취수시설	옥룡취수장					
	왕촌취수장					
	유구취수장					
정수시설	옥룡정수장					
	유구정수장					
	공주정수장					
송배수시설						

기 실시 계 획

11.4.2 상수도관망(송수관로, 배수관망) 기술진단 계획

상수도 관망에 대한 기술진단은 앞에서 언급한바와 같이 수도법 및 수도법 시행규칙에 근거하여 5년마다 실시하게 되어있으며, 공주시는 수도법 시행규칙 제29조 ①항(전문기술 진단 : 시 단위 이상의 급수구역에 공급되는 상수도관망에 대한 기술진단)에 의거하여 상수도 관망에 대한 기술진단을 수행하여야 하지만 아직 행하여 지지 않았다. 장래 맑은 물 공급 및 수요량의 증가에 능동적으로 대처하고 수도시설의 정비 및 중장기 계획을 과학적이며 체계적으로 수립하기 위해서는 관망의 블록화 선행 후 기술진단을 수행토록 해야 할 것이다.



상수도관망 기술진단 절차

1) 상수도관망 진단의 업무내용

가) 상수도관망 진단의 목적 및 기본개념

상수도관망의 진단은 생애주기 동안 관망성능의 지속적인 유지를 위하여 현재 운영 중인 관로 및 관련 부대시설의 현재 상태를 과학적으로 파악하고 사전에 필요한 개량계획의 수립을 위한 수단으로써 실시하는 것이다.

상수도관망 기술진단에서 정의하는 관망성능이란 관로 및 관련 부대시설이 평상시 및 비상시 등 광범위하고 다양한 운영조건하에서 운영자(수도사업자) 및 소비자가 의도하는 목적 또는 서비스를 안정적, 효율적, 경제적으로 충족시킬 수 있는 정도 및 수준을 나타낸다.

성능 및 서비스 수준의 평가에는 많은 인자와 다양한 관점이 있으며 간단하게 정의하기 곤란하나 일반적으로 다음과 같은 4가지 범주로 분류할 수 있다.

- 수리학적 측면에서 공급의 적절성 및 신뢰성
- 수질적 측면에서 공급의 적절성 및 신뢰성
- 상수도관망의 구조적 신뢰성 및 안정성
- 서비스 수준 및 소비자 반응

2) 관망진단의 기본방향

① 상수도관망 기술진단의 기본 방향

상수도관망 기술진단을 위한 기본적 평가기준은 다음과 같이 정의할 수 있다.

- ㉠ 수리학적 성능진단
- ㉡ 수질적 성능진단
- ㉢ 구조적 성능진단
- ㉣ 소비자 만족도 평가

상기와 같은 성능진단을 통해 문제점을 파악하고, 향후 상수도관망의 통수능 유지 및 공급능력의 안정성을 향상하고, 각종 수질 및 민원 문제를 해결하며 관로의 파손, 누수 등의 가능성을 예방할 수 있는 정비계획(개량계획, 운영 및 유지관리계획 등)을 공급자 측면 및 소비자 측면을 고려하여 수립하여야 한다. 또한, 가압시설 운영의 최적화, 소독능 유지의 최적화, 비상시 밸브운영의 최적화 등 시설운영 및 유지관리를 위한 최적화 방안을 수립하여야 한다.

② 수리학적 성능진단

수리학적 성능은 수요량의 충족, 송배수관의 수압(손실수두) 등의 적절성과 공급 장애, 문제발생시 파급 효과 및 제한적 공급 등 안정적인 공급을 저해하는 요인의 파악을 위한 지표이다. 상수도관망 기술진단을 위한 성능 분석의 출발은 수리학적 거동으로, 관측된 수압과 유량자료, 관망 수리모형에 의한 해석 등을 평가 수단으로 한다.

관망 수리모형에 의한 해석과 문제해결 방안의 제시는 수리학적 거동의 파악에 확실히 도움이 될 수 있으나 운영상의 각 상황을 설명하고 평가하는 데는 완전하지 않으며 한계가 있으므로 이를 보완할 수 있는 진단(유량 및 수압의 측정 등)이 필요할 수 있다.

③ 수질적 성능진단

수질적 성능진단은 먹는 물 수질기준 등 현재 및 장래의 각종 기준의 준수 여부를 평가하는 것이다.

정수 수질은 관망내 체류함에 따라 물리 및 화학적, 생물학적 변화가 발생하며 공급시스템의 모든 구역에서 법적 수질기준 또는 수도사업자가 자체 설정한 수질기준의 충족 여부를 평가하고 장애 요인의 규명 및 해결방안을 제시하여야 한다.

수질적 성능은 위생적 측면(소독능 확보, 잔류염소농도 유지, 탁도, 병원성미생물, 소독부산물 등 관리와 심미적 측면(맛·냄새, 적수·흑수 등 흐린물, 부식성 등)으로 검토 하여야 한다.

④ 구조적 성능 진단

구조적 성능진단은 관체정보 및 매설환경정보를 활용하여 외부하중 및 내부수압에 대한 구조적 안전율을 검토하고, 내부 및 외부 부식현황, 잔존두께 등의 직접조사(표본굴착 및 물성시험)에 의해 노후도, 내구성 등을 평가하여 관로개량(교체·갱생), 부식성 수질의 제어, 전기방식의 개량 등의 개선계획을 수립, 제시하여야 한다.

또한, 운영자의 경험, 사고 및 보수이력, 이설, 교체 등 유지관리 실적 등의 자료를 분석함으로써 직접조사의 범위를 축소하고, 조사 및 진단의 효율성을 극대화할 수 있다.

⑤ 소비자 만족도 평가

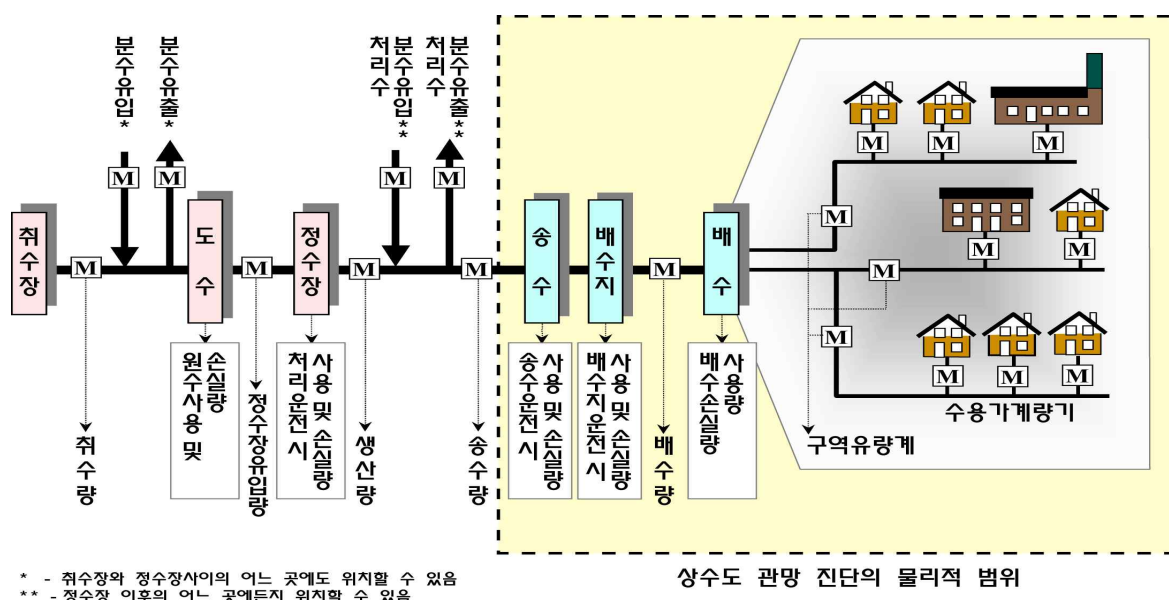
소비자 만족도는 관로사고에 의한 공급의 중단 또는 제한, 수압부족에 의한 출수불량, 적수, 흑수 발생, 맛, 냄새 발생 등 심미적 요인에 따른 민원 발생에 대해 조사하고 원인 분석 및 평가를 통하여 소비자 중심의 서비스 수준을 설정하고 이를 달성할 수 있는 종합적 대책을 수립, 제시하여야 한다. 소비자 만족도는 상수도관망의 수리학적, 수질적, 구조적 성능의 결과로써 나타나는 것으로 성능진단의 진단구간, 우선순위의 선정의 주요 고려사항이다.

3) 상수도관망 진단의 범위 및 업무체계

① 상수도관망 진단의 범위

상수도 관망 진단은 송수관로와 그 부속시설(정수장 유출부~배수지 유입부)에 대한 진단을 수행하는 송수관로 기술진단과 배수관망의 부속시설(배수지~급수분기점, 수용가 계량기)에 대한 기술진단을 수행하는 배수관망 진단으로 구분된다.

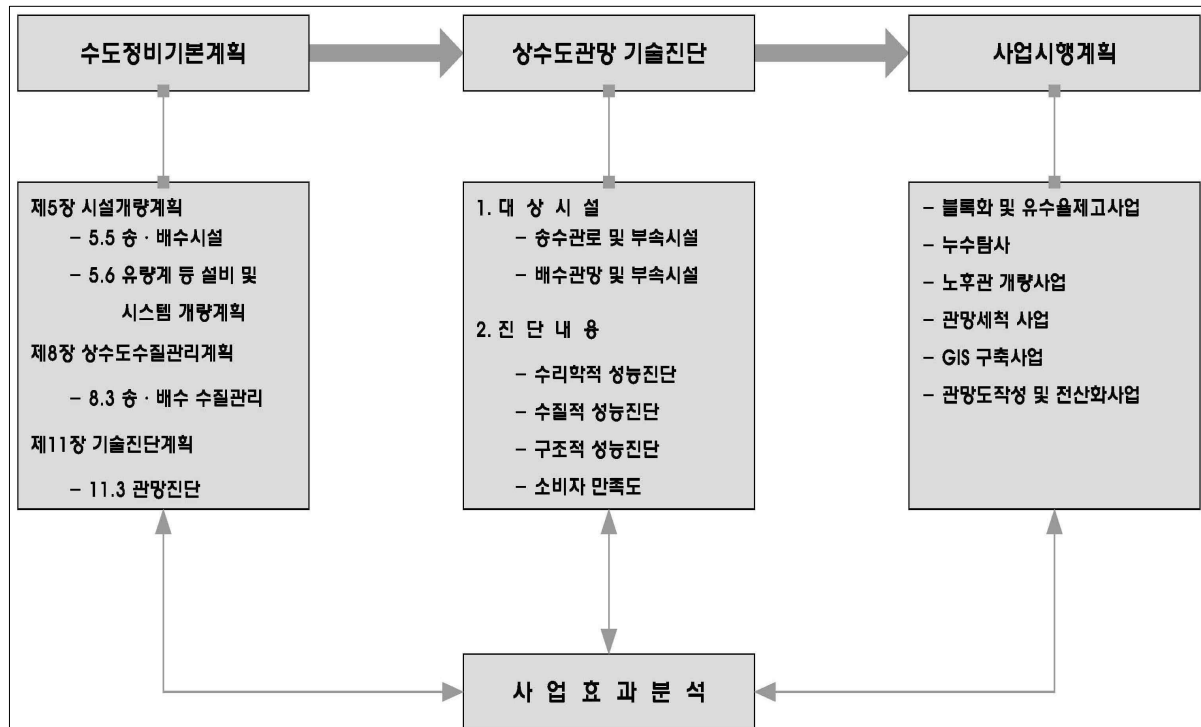
그러나 취수시설에서 정수장까지 원수를 공급하는 도수관로는 정수시설에 포함되므로 당해 관로진단 업무범위에는 포함되지 않는다. 상수도관망 진단에는 직접진단에 의한 조사 결과가 필요한 경우가 있으며, 이 경우 관로 굴착, 물성시험 등 직접경비가 소요되는 조사는 별도로 산출하여야 한다.



상수도관망의 업무범위

② 상수도관망 진단과 관련 계획의 업무 연관

상수도관망 진단의 업무에는 누수탐사, 유수율 제고 및 블록화사업, 관망도의 작성, GIS 구축 등 관련 사업의 기존 성과를 취합, 분석하여 종합적인 진단과 평가를 수행하며, 각각의 개별 사업은 당해 상수도 관망 진단업무에 포함되지 않고 별도로 시행함을 원칙으로 한다.



상수도관망의 업무연관도

나. 상수도관망 기술진단 계획

공주시에서는 장래 맑은 물 공급 및 수요량의 증가에 능동적으로 대처하고 수도시설의 정비 및 중장기 계획을 과학적이며 체계적으로 수립하기 위해 관망의 블록화 선행 후 기술진단을 수행토록 해야 할 것이다.