

제 5장 시설개량계획

- 5.1 자료수집 및 평가
- 5.2 취수시설
- 5.3 정수시설
- 5.4 배출수 처리시설
- 5.5 송·배수시설
- 5.6 유량계 등 설비 및 시스템개량 계획
- 5.7 시설의 폐지 또는 휴지
- 5.8 시설개량계획 사업비

제 5 장 시설개량계획

5.1 자료수집 및 평가

5.1.1 시설개요

가. 개 요

공주시 상수도시설은 1923년 3월 중학정수장 ($Q=450\text{m}^3/\text{일}$)건설로 급수를 개시한 이래 옥룡 취·정수장 건설 및 금학정수장 건설 등 신설 정수장과 기존 정수장의 확장공사가 시행되었으며 1996년 옥룡정수장 시설확장을 통해 현재의 옥룡정수장 시설용량($Q=28,000\text{m}^3/\text{일}$)을 갖추게 됨으로써 기존 중학정수장 및 옥룡정수장을 폐쇄하였다.

이후 1984년 12월 유구읍에 시설용량 $Q=2,500\text{m}^3/\text{일}$ 의 유구정수장이 가동을 시작하였고 2009년 7월 충남중부권 광역상수도시설인 공주정수장($Q=30,000\text{m}^3/\text{일}$)의 건설로 공주시는 3개의 정수시설을 보유함으로써 총 시설용량 $Q=60,500\text{m}^3/\text{일}$ 의 용수생산이 가능하게 되었다.

본 시설개량계획에서는 2007년 12월 공주시에서 시행한 『공주시 상수도시설 기술진단 보고서(옥룡, 유구)』를 참고로 현장답사를 통한 시설개량계획을 수립하였으며 2009년 7월에 준공 완료한 공주정수장의 시설개량계획은 본 계획에서 제외하는 것으로 하였다.

나. 상수도 연혁

공주시의 상수도 연혁은 다음과 같다.

공주시 상수도 연혁

연 월	주 요 내 용	비고
1920. 10	조선총독부 사업인가(800m ³ /일)	
1923. 3	중학정수장 건설로 급수개시(450m ³ /일)	
1961. 5	옥룡 취,정수장 건설(1,800m ³ /일)	
1973. 12	금학정수장 건설(1,000m ³ /일)	
1974. 12	옥룡정수장 일부 확장(2,000m ³ /일)	
1983. 3	중학정수장 시설확장(800m ³ /일)	
1983. 12	차관사업으로 옥룡 취,정수장 확장(13,000m ³ /일) 기존 옥룡정수장 폐쇄(2,000m ³ /일)	
1984. 12	유구정수장 준공(2,500m ³ /일)	
1986. 12	집수매거 시설로 복류수 취수(10,000m ³ /일), 신관배수지 신설(1,500m ³ /일)	
1991. 4	중학정수장 시설노후로 폐쇄(800m ³ /일)	
1992. 12	옥룡 취,정수장 확장 및 보수(22,000m ³ /일)	
1995. 12	왕촌천에 집수매거 설치로 복류수 취수(10,000m ³ /일)	
1996. 12	옥룡정수장 시설확장 (28,000m ³ /일)	
1998. 12	옥룡정수장 고도정수처리시설 건설(28,000m ³ /일)	
2003. 12	옥룡 취,정수장 자동화시설 준공	
2006. 12	금학수원지 · 정수장 폐쇄, 신관배수지 폐쇄	
2009. 5	옥룡정수장 광역 원수 대체 (취수장 가동 중지)	
2009. 7	공주정수장 가동(Q=30,000m ³ /일)	
2009. 11	공주정수장 준공	

다. 공주시 상수도 급수현황

공주시의 지난 10년간 지속적인 급수구역 확장사업의 추진 결과 1999년 47.6%의 보급률에서 2008년 현재 65.1%까지 보급률이 향상되었으며 시설용량도 기존 30,500㎥/일 외에 2009년 7월 1일 30,000㎥/일의 공주정수장을 한국수자원공사 충남중부권 수도건설단에서 건설하여 가동하고 있으며, 60,500㎥/일의 공급능력을 확보하고 있다.

그러나 공주시의 유수율 현황은 2000년 이후 점차 감소하다가 2005년 이후에 상당 부분 개선되고 있는 양상을 나타내고 있다.

공주시 전체 과거 10년간 상수도 급수현황은 다음과 같다.

공주시 상수도 급수현황

구 분	총인구 (인)	급수인구 (인)	급 수 보급률 (%)	급 수 가능량 (㎥/일)	1일 급수량 (㎥/일)	급수량 원단위 ℓ pcd	1일 사용량 (㎥/일)	유수율 (%)
1999년	137,104	65,205	47.6	31,500	20,362	312	16,129	79.2
2000년	135,931	66,437	48.9	31,500	21,304	321	17,124	80.4
2001년	134,383	67,463	50.2	31,500	27,810	412	17,904	64.4
2002년	133,012	71,483	53.7	31,500	27,367	383	16,506	60.3
2003년	131,769	79,176	60.1	30,500	27,318	345	17,996	65.9
2004년	131,140	79,471	60.6	30,500	29,063	366	18,665	64.2
2005년	130,595	81,550	62.4	30,500	30,671	376	19,318	63.0
2006년	129,862	81,907	63.1	30,500	30,980	378	20,548	66.3
2007년	128,573	82,759	64.4	30,500	30,238	365	20,973	69.4
2008년	127,391	82,888	65.1	30,500	29,205	352	20,473	70.1

자료) 1. 상수도통계(1999~2008, 환경부), 공주시 통계연보(2000~2008, 공주시)

2. 상기 자료 상이시 상수도통계 자료를 우선 적용

라. 상수원 현황

1) 상수원보호구역 지정현황

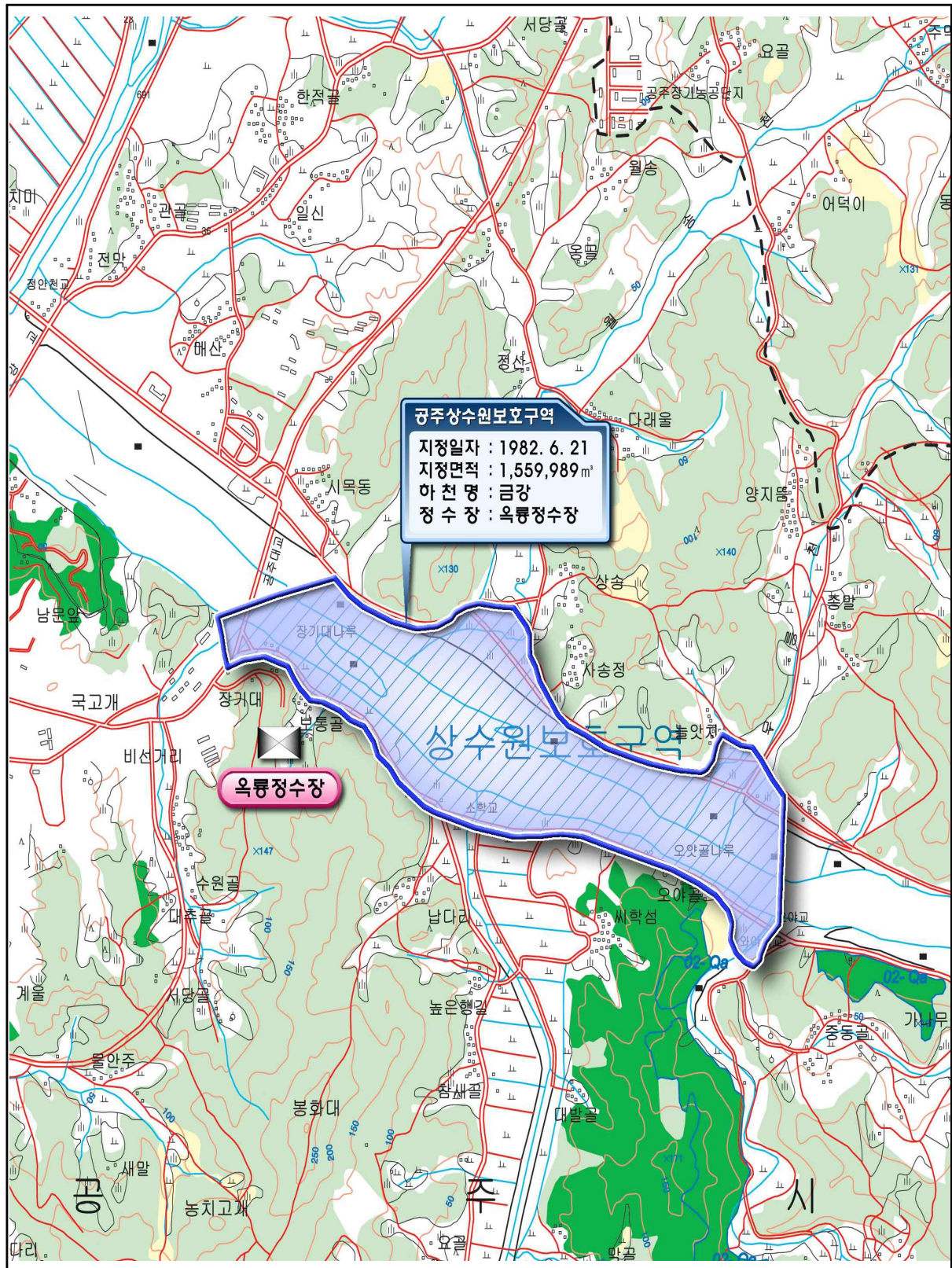
공주시의 상수원 보호구역은 2009년 현재 옥룡정수장 취수원인 「공주 상수원 보호구역」 과 유구읍의 유구정수장 취수원인 「유구 상수원 보호구역」 이 있으며 옥룡정수장의 경우 2009년 5월 1일부터 광역원수를 공급받음으로써 기존 취수장은 현재 가동을 중지한 상태이다.

공주시의 상수원 보호구역 총 면적은 2,074,508㎡이며 상수원 보호구역 지정 현황은 다음과 같다.

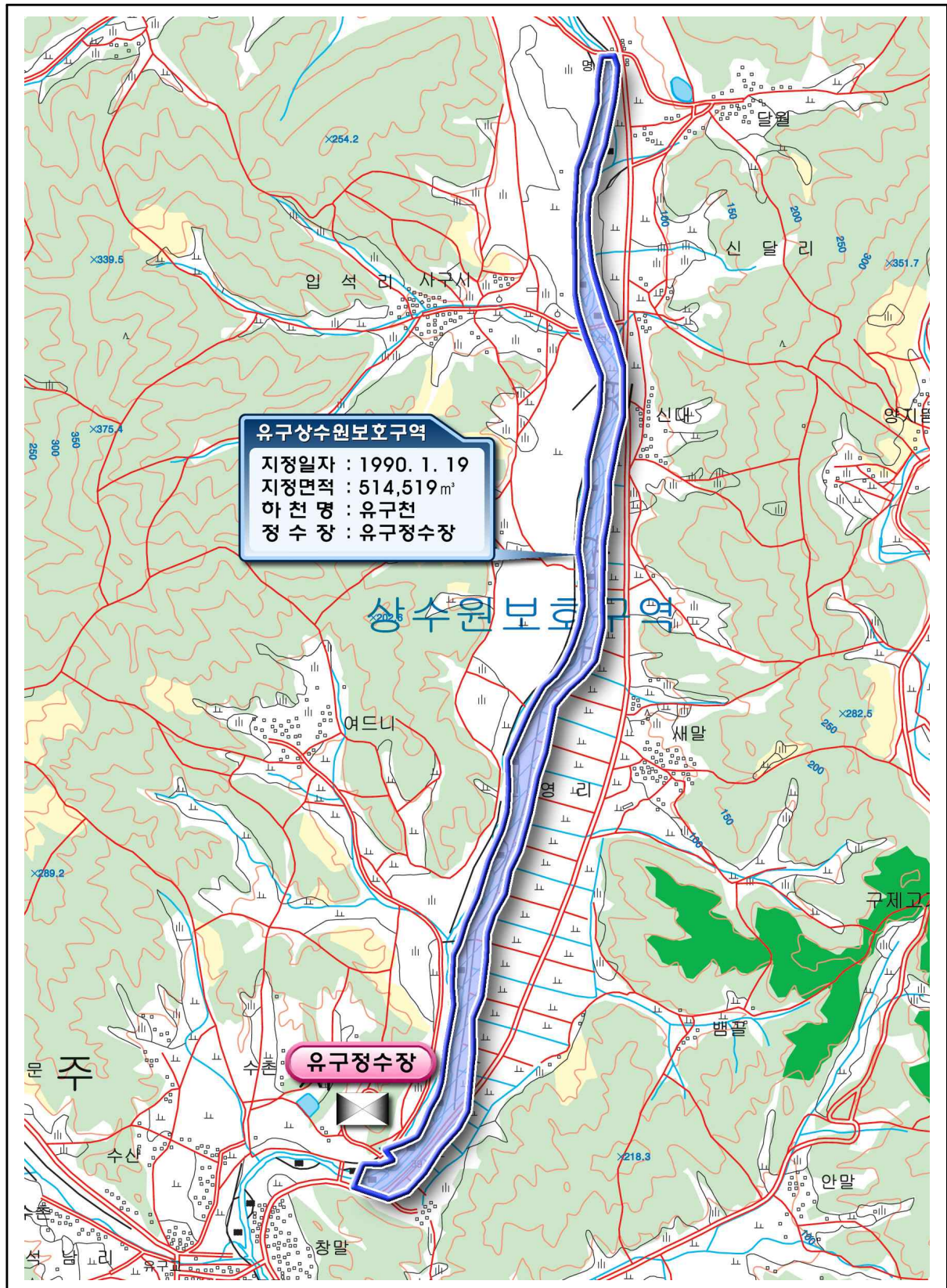
상수원 보호구역 지정 현황

구 분	지정일자	지정 면적 (㎡)	급수 지역	급수 인구 (명)	수 도 사업자	하천명	지 정 위 치		정수장	취수량 (톤/일)
							행정 구역	면적 (㎡)		
계		2,074,508		82,888				2,074,508		30,500
공 주 상수원 보 호 구 역	1982.6.21	1,559,989	공 주 시 내 일 원	74,201	공주 시장	금 강	옥룡동	69,938	옥 룽 정수장	28,000
							신관동	95,065		
							월송동	237,794		
							무릉동	248,132		
							소학동	805,231		
							상왕동	104,784		
유 구 상수원 보 호 구 역	1990.1.19	514,519	유구읍 일 원 신평면 일 원	8,687	공주 시장	유구천	신달리	94,570	유 구 정수장	2,500
							입석리	90,818		
							신영리	266,539		
							석남리	60,679		
							유구리	1,913		

주) 급수인구 : 2008년 말 기준(공주시 상하수도과)



공주 상수원 보호구역 위치도



유구 상수원 보호구역 위치도

5.1.2 상수도 시설현황

공주시의 정수시설은 현재 3개소로 2009년 7월에 가동을 시작한 공주정수장($Q=30,000\text{m}^3/\text{일}$) 및 옥룡정수장($Q=28,000\text{m}^3/\text{일}$), 유구정수장($Q=2,500\text{m}^3/\text{일}$)등이 있으며 광역상수도인 공주정수장 및 지방상수도인 옥룡정수장은 광역원수를 공급받아 운영중이며 유구정수장만이 자체 수원인 유구천에서 원수를 취수하여 운영하고 있다.

가. 취수시설

공주시 동지역중 강남지역 및 이인면 일부에 용수를 공급하는 옥룡정수장의 취수시설은 옥룡취수장과 왕촌취수장이 있었으나 2009년 5월 대청댐 광역원수를 공급받아 운영함으로써 현재는 옥룡취수장 및 왕촌취수장은 운영을 중지중이며, 이에 따라 본 계획에서 취수시설에 대한 시설폐지를 계획하고 있다.

유구읍 및 신평면 일부에 용수를 공급하는 유구정수장의 취수시설은 유구천에 위치하고 있는데, 유구천 복류수를 취수하고 있으며 옥룡취수시설과 같이 본 계획에서 시설폐지를 계획하고 있다. 충남중부권 광역상수도인 공주정수장의 취수시설은 대청댐에서 원수를 공급받고 있는 바 본 계획에서는 제외하는 것으로 하였다.

공주시 상수도 취수시설 현황

구 분	위 치	시설년도	용량($\text{m}^3/\text{일}$)	취수원	시설개요	비고
옥 룽 취수장	공주시 옥룡동	1982. 6	20,000	금 강	○취수펌프:9대 ○집수매거 D 1,800mm, L=160m	상수원보호구역 지정 (현재 유휴중)
왕 촌 취수장	공주시 옥룡동	1995. 12	10,000	금 강	○취수펌프:5대 ○집수매거 D 1,000mm, L=150m	상수원보호구역 미지정 (현재 유휴중)
유 구 취수장	공주시 유구읍	1984. 12	2,500	유구천	○취수펌프:3대 ○집수매거 D 700mm, L=120m	상수원보호구역 지정 (현재 가동중)

나. 정수시설

공주시의 정수시설은 총 3개소로 광역상수도 시설인 공주정수장을 제외하면 지방상수로 운영중인 정수장은 옥룡정수장과 유구정수장이 있으며 옥룡정수장은 시설용량이 28,000m³/일로 2009년 7월 준공한 공주정수장 건설 이전에는 공주시의 주정수장으로서 역할을 담당하였고 자체취수원인 금강에서 원수를 취수하여 운영하다가 2009년 5월부터 대청댐 광역원수를 공급받아 가동중이다.

정수방식은 급속여과방식과 고속응집침전여과 방식을 병행운영하고 있다.

유구정수장은 시설용량이 2,500m³/일로 1984년 12월에 준공하여 가동하고 있으며 자체 취수원인 유구천에서 원수를 취수하여 완속여과 방식으로 운영중이다.

유구정수장의 경우 시설의 노후화 및 취수원인 유구천의 이수안전도(68%)의 미달, 향후 수질악화 등 만일의 사태에 대비한 고도화시설의 도입으로 인한 시설비 부담 등의 문제로 본 계획에서 시설폐지를 계획하였으며 담당급수구역의 용수를 공주정수장에서 공급하도록 계획하였다.

1) 옥룡정수장

옥룡정수장 시설현황

구 분		현 황	비 고
전염소 접촉조	구 조	R-C조	
	규 격	·B3.0m×L6.0m×H6.0m×2지(H,W,L : 86.97 m)	
	용 량	216m ³ (108m ³ /지)	
	염 주 입 기	·전염소 : 20kg/h × 3대 (전염소접촉조) ·후염소 : 4 kg/h × 2대 (배수지) ·비상용 : 2 kg/h × 2대 (혼화지, 배수지)	
	기 화 기	100kg/h × 2대	
	중 화 설 비	1000kg/h × 1대 (2 TOWER)	
분말활성탄 접촉조	구 조	R-C조	
	규 격	·B3.0m×L18.0m×H3.3m×2지(H,W,L : 86.24 m)	
	용 량	356.4m ³ (178.2m ³ /지)	
	투 입 기	·50kg/h × 2대	
	교 반 기	·1차교반기 : 5Hp × 2대 ·2차교반기 : 5Hp × 2대	

<표 계속>

구 분		현 황	비 고
착 수 정	구 조	R-C조	
	규 격	·B2.0m×L6.8m×H3.0m×1지(H,W,L : 84.70 m) ·위 어 : 사각위어 ·정류벽 : 설치 ·수위계 : 0 ~ 5m	
	용 량	40.8 m³/지	
훈 화 지	구 조	R-C조	
	규 격	·B2.2m×L3.2m×H2.7m×2지(H,W,L : 84.00 m)	
	용 량	38m³/지(19m³/지)	
	훈 화 기	·형식 : 수직터빈형	
약품투입 시 설	규 격	·동력 : 3Hp x 2대(미사용)	
	사 용 약 품	PAC, 수산화나트륨(NaOH)	
	약품투입기	·착수정 투입용(PAC) , 최대 76.8L/h 2대 ·고속응집침전여과기 투입용 NaOH : 최대 1,020mL/min 2대 PAC : 튜브펌프 1대	
	기 타	·약품 주탱크 : 10 m³× 3기(FRP 원형) ·약품보조탱크 : 1 m³ x 1기(FRP 원형) ·주입지점 : 착수정, 고속응집침전여과기	
응 집 지	구 조	R-C조	
	규 격	·B 8.0m × L 8.0m × H 2.7m × 4지 ·정류벽 : 단별 미설치	
	용 량	691.2m³(172.8m³/지)	
	응 집 기	·형 식 : 수평패들형(3단/3열·지), D=2.4m ·동 력 : 3Hp × 12대 ·규 격: W 0.09m × L 2.0m ·1단 패들면적 : 3매/깃 × 4깃/열 × 3열/단 = 36개 ·패들익판 단면적 : 6.48m²	
약품침전지	구 조	R-C조	
	규 격	·B8.0m×L35.0m×H4.0m×4지(H,W,L : 84.00m)	
	용 량	4,480m³(1,120m³/지)	
	유 위 출 어	·위어형식 : Finger type ·위어 설치면적 : 120.0 m²/지 ·위어 설치길이 : 30.0 m/지	
	기 타	·경사판 설치 ·슬러지수집기 : 미설치	

<표 계속>

구 분		현 황	비 고
급 속 여 과 지	규 격	·B 6.0m × L 5.4m × 6지(H,W,L : 83.5 m) ·여과사 : 70 cm ·여과자갈 : 40 cm ·하부집수장치 : 스트레이너 블럭	
	여과면적	194.4m ² (32.4 m ² /지)	
	역세척설비	·표면세척기 : 회전식(4개/지) ·역세척수조 : B9.0m × L9.0m × H3.0m × 1지 ·역세척관 : 500mm ·표면세척펌프모터 : Q2.1m ³ /min×H42m×30Hp×2대 ·역세척수조 공급펌프모터 : Q3m ³ /min×H20m×19kW×2대	
	기 타	·사면 ↔ 트러프상단 : 80cm ·트러프간격 : 1.4m ·트러프폭 : 41cm ·트러프 깊이 : 38cm ·사면 ↔ 구조물상단 : 200cm	
고 속 응집침전 여 과 기	규 격	·D=13.6m × H 6.9m 1기	
	용량	5,000m ³ /d	
	기 타	·수중펌프모터 : Q=3.47m ³ /min, H=20m 30Hp × 1대	
후 오 존 접 촉 조	규 격	·B2.5m×L7.0m×H6.0×2지(H,W,L : 81.56 m)	
	용량	210m ³	
	체류시간	10분	
	기 타	·오존발생기 - 형 식 : 중주파식 - 용 량 : 2.5kg/h × 3대 ·순산소(PSA) 발생장치 - 1.44톤/일 × 2대 ·AIR COMPRESSOR : 10.2Nm ³ /min × 2대	
입 상 활 성 탄 여 과 지	규 격	·B5.0m × L9.0m × 4지(H,W,L : 80.85 m)	
	여과면적	180m ²	
	탄층두께	3.5m	
정 수 지 (배수지겸용)	구 조	R,C조	
	규 격	·B22.1m×L(9.0+14.6)m×H4.0m×1지 ·B17.6m×L23.6m×H4.0m×2지 ·B17.6m×L20.0m×H4.0m×1지 ·B13.0m×L40.0m×H4.0m×1지	
	용 량	·Total : 8,485m ³	

2) 유구정수장

유구정수장 시설현황

구 분	시 설 현 황	비 고
착 수 정	○ 규 격 : W2.0m× Le5.3m× He3.0m× 1지 ○ 용 량 : Ve=31.8m³	
보 통 침 전 지	○ 규 격 : W5.0m× Le30.0m× He3.0m× 2지 ○ 용 량 : Ve=900m³(450m³/지)	
완 속 여 과 지	○ 규격 : W10.7m× L16.2m× 3지 ○ 여과면적 : 509.5m²	
소 독 공 정	○ 소독제 : 액화염소 ○ 주입설비 : 자동염소주입기 4대(전후), 직결형 주입기 1대(후) ○ 주입지점 : 전염소-착수정 유출부, 후염소-배수지 유입부	
배 수 지	○ 규격 : W 10m× L 13.5m× He 4.2m× 2지 ○ 용 량 : Ve=1,134m³(567m³/지) ○ 도류벽 : 2개/지(1지), 미설치(2지)	

다. 배수지 시설현황

공주시는 총 7개소의 배수지를 운영 중에 있으며, 지방상수도 계통 배수지는 총 2개소로 옥룡정수장내 옥룡배수지, 유구정수장내 유구배수지가 운영 중이며 광역상수도 계통으로는 공주정수장내 공주배수지 및 월암, 갑사, 반포, 동학사 배수지가 운영 중에 있다.

배수지 시설현황

배수지명	위 치	배수지 규격(m)	시설현황		공급지역	비고
			용 량 (m³)	수 위 (m)		
공주배수지	월송동 산 42-4 (공주정수장내)	B36.0×L13.25×H4.0×2지 B36.0×L22.25×H6.0×2지	V=13,428	H.W.L : 100.9 L.W.L : 94.9	강북동지역, 의당면, 장기면	
옥룡배수지	옥룡동 6-1 (옥룡정수장내)	B22.1×L(9.6+14.6)×H4.0×1지 B17.6×L23.6×H4.0×2지 B17.6×L20.0×H4.0×1지 B13.0×L40.0×H4.0×1지	V=8,485	H.W.L : 78.0 L.W.L : 74.0	강남동지역, 이인면	
유구배수지	유구읍 석남리 (유구정수장내)	B10.0×L13.5×H4.2×2지	V=1,134	H.W.L : 101.5 L.W.L : 97.1	유구읍, 신평면	
월암배수지	계룡면 월암리 155-5	B14.0×L14.0×H4.5×2지	V=1,700	H.W.L : 118.5 L.W.L : 114.0	계룡면	
갑사배수지	계룡면 중장리 산 47-1	D7.1×H4.0	V=150	H.W.L : 144.0 L.W.L : 140.0	계룡면	
반포배수지	반포면 봉곡리 471-9	B9.0×L15.0×H4.0×2지	V=1,000	H.W.L : 144.0 L.W.L : 140.0	반포면	
동학사배수지	반포면 학봉리 산 7-47	B4.5×L9.0×H4.0×2지	V=320	H.W.L : 190.0 L.W.L : 186.0	반포면	
신관배수지	신관동 산 9-56	B18.3×L13.2×H3.7×2지	V=1,500	H.W.L : 55.0 L.W.L : 50.0	장기면	2006년 12월 폐지
장기배수지	반포면 상서리	B3.0×L12.0×H4.0×1지	V=320	H.W.L : 85.0 L.W.L : 80.0	장기면	2007년 9월 폐지

나. 가압장 시설현황

공주시는 총 5개소의 송수가압장을 운영 중에 있으며, 공주정수장 계통의 월암배수지로 용수를 공급하는 효포가압장, 갑사배수지로 용수를 공급하고 있는 하대가압장, 반포배수지로 용수를 공급하고 있는 반포1,2가압장, 동학사배수지로 용수를 공급하고 있는 공암가압장이 운영 중에 있다.

가압장 시설현황

배수지명	위 치	시설개요				공급지역 및 연계시설	비고
		동력(KW)	수량(대)	구경(mm)	용량(㎥/일)		
반포 제1가압장	반포면 마암리	37	3	250	2,950	반포배수지	
반포 제2가압장	반포면 마암리	37	3	250	2,950	반포배수지	
공암가압장	반포면 온천리	19	2	200	1,760	동학사배수지	
효포가압장	계룡면 화은리	30	3	300	4,210	계룡면 일원	
하대가압장	계룡면 하대리	7.5	2	150	400	계룡면 일원	
신관가압장	신관동	—	2	200	1,500	폐쇄('06.12.31) 운영효율화사업	
송선거압장	장기면 송선리	—	2	200	1,500	폐쇄('07.08.14) 운영효율화사업	
청룡가압장	의당면 청룡리	—	2	80	180	폐쇄('08.03.06) 유수율제고사업	
동학사가압장	반포면 학봉리	—	2	200	1,050	폐쇄('08.09.03) 유수율제고사업	

마. 관로시설 현황

1) 도·송수관로

2008년 말 기준 공주시 전체관로(374.856km) 중 도·송수관로는 1.8%인 6.608km로써 관종별로는 강관이 18.6%, 주철관이 81.4% 차지하고 있다. 이 중 매설 경과년 20년 이상인 관로가 34.6%(2.28km)를 차지하고 있어 노후화가 많이 진행되었을 것으로 예측되며, 10년 내 부설관로는 없는 것으로 나타났다.

도·송수관로 현황

(단위 : m)

구 분	계	도수관	송수관	비고
공주시	6,608	3,459	3,149	

자료 : 공주시 통계연보(2009)

도 · 송수관로 년도별 시설현황

(단위 : m)

구 분	계	20년이상	15~19년	10~14년	5~9년	5년미만	비고
합 계	6,608	2,286	644	3,678	-	-	
도수관	3,459	419	-	-	-	-	
강관	-	-	-	-	-	-	
주철관	3,459	419	-	3,040	-	-	
기타	-	-	-	-	-	-	
송수관	3,149	1,867	1,282	-	-	-	
강관	1,232	594	638	-	-	-	
주철관	1,917	1,273	644	-	-	-	
기타	-	-	-	-	-	-	

자료 : 2008년 상수도관현황(공주시 상하수도과)

공주시의 2008년 도수관로의 총 연장은 3,459m이고 매설한지 10~14년 경과된 관로연장은 3,040m이고 20년이상 경과된 관로는 419m이다. 송수관로의 경우 총 연장은 3,149m이고 이중 매설한지 15년 미만 관로는 없으며, 15~19년 경과된 관로연장은 1,282m, 20년 이상 경과된 관로연장은 1,867m이다.

공주시의 경우 매설된 도 · 송수관로가 대부분으로서 매설년수가 오래된 노후관으로 확인되었다. 다음에 도 · 송수관로의 연도별 부설현황을 나타내었다.

재질별, 연도별 부설현황

(단위 : m)

연도	합계	도수관		송수관			비고
		소계	주철관	소계	강관	주철관	
계	6,608	3,459	3,459	3,149	1,232	1,917	
1984이전	1,459	244	244	1,215	78	1,137	
1985	652	—	—	652	516	136	
1986	175	175	175	—	—	—	
1987	—	—	—	—	—	—	
1988	—	—	—	—	—	—	
1989	—	—	—	—	—	—	
1990	644	—	—	644		644	
1991	—	—	—	—	—	—	
1992	—	—	—	—	—	—	
1993	—	—	—	—	—	—	
1994	638	—	—	638	638	—	
1995	3,040	3,040	3,040	—	—	—	
1996	—	—	—	—	—	—	
1997	—	—	—	—	—	—	
1998	—	—	—	—	—	—	
1999	—	—	—	—	—	—	
2000	—	—	—	—	—	—	
2001	—	—	—	—	—	—	
2002	—	—	—	—	—	—	
2003	—	—	—	—	—	—	
2004	—	—	—	—	—	—	
2005	—	—	—	—	—	—	
2006	—	—	—	—	—	—	
2007	—	—	—	—	—	—	
2008	—	—	—	—	—	—	

자료 : 2008년 상수도관현황(공주시 상하수도과)

2) 급·배수관로

2008년말 기준 공주시 전체관로(374.856km) 중 급·배수관로는 98.2%인 368,248km로써 이 중 매설 경과년 20년 이상인 관로가 11.0%(40.42km)를 차지하고 있어 도·송수관보다는 노후화가 낮은 것으로 판단된다.

급·배수관로 현황

(단위 : m)

구 분	계	배수관	급수관	비고
공주시	368,248	245,011	123,237	

자료 : 공주시 통계연보(2009)

급·배수관로 연도별 시설현황

(단위 : m)

구 분	계	20년이상	15~19년	10~14년	5~9년	5년미만	비고
배수관	245,011	35,124	36,403	33,780	65,688	74,016	
강관	34,222	-	-	239	14,088	19,895	
주철관	88,732	34,612	27,041	7,607	516	18,956	
PVC	5,730	-	5,730	-	-	-	
PE관	19,833	-	-	-	-	19,833	
HI-3P	11,928	-	-	-	-	11,928	
기타	84,566	512	3,632	25,934	51,084	3,404	
급수관	123,237	5,295	25,882	17,921	22,730	51,409	
주철관	7,041	-	7,041	-	-	-	
스텐레스관	102,635	-	10,575	17,921	22,730	51,409	
합성수지관	13,561	5,295	8,266	-	-	-	

자료 : 2008년 상수도관현황(공주시 상하수도과)

배수관의 총 연장은 245,011m이고, 급수관의 총 연장은 123,237m이다. 매설년수를 살펴보면 그 중 매설된 지 5년 미만인 관로연장은 배수관이 74,016m, 급수관이 51,409m이고 매설된 지 5년~10년 미만 관로연장은 배수관이 65,688m, 급수관이 22,730m이다. 또한 20년 이상 경과된 배수관 연장은 35,124m, 급수관 연장은 5,295m이다.

배수관의 경우 5년 미만의 관 연장은 30.2%로 가장 높았으며, 급수관의 경우도 41.7%로 가장 높았다. 다음에 급·배수관로의 연도별 부설현황을 나타내었다.

재질별, 연도별 부설현황

(단위 : m)

연도	합계	배수관							급수관				비고
		소계	피복강관	주철관	PVC	PE관	HI-3P	기타	소계	주철관	스텐관	합성수지	
계	368,248	245,011	34,222	88,732	5,730	19,833	11,928	84,566	123,237	7,041	102,635	13,561	
1984이전	13,212	13,212	-	13,212	-	-	-	-	-	-	-	-	
1985	3,842	3,842	-	3,417	-	-	-	425	-	-	-	-	
1986	392	392	-	305	-	-	-	87	-	-	-	-	
1987	11,642	11,642	-	11,642	-	-	-	-	-	-	-	-	
1988	3,495	1,589	-	1,589	-	-	-	-	1,906	-	-	1,906	
1989	7,836	4,447	-	4,447	-	-	-	-	3,389	-	-	3,389	
1990	13,917	9,046	-	9,046	-	-	-	-	4,871	-	457	4,414	
1991	20,565	13,609	-	7,879	5,730	-	-	-	6,956	-	3,478	3,478	
1992	12,284	4,869	-	4,009	-	-	-	860	7,415	7,041	-	374	
1993	7,055	5,937	-	3,997	-	-	-	1,940	1,118	-	1,118	-	
1994	8,464	2,942	-	2,110	-	-	-	832	5,522	-	5,522	-	
1995	15,211	10,936	-	2,537	-	-	-	8,399	4,275	-	4,275	-	
1996	10,632	5,002	-	4,139	-	-	-	863	5,630	-	5,630	-	
1997	6,672	3,655	-	931	-	-	-	2,724	3,017	-	3,017	-	
1998	5,351	2,497	-	-	-	-	-	2,497	2,854	-	2,854	-	
1999	13,835	11,690	239	-	-	-	-	11,451	2,145	-	2,145	-	
2000	7,758	4,169	-	516	-	-	-	3,653	3,589	-	3,589	-	
2001	7,817	4,784	-	-	-	-	-	4,784	3,033	-	3,033	-	
2002	11,758	4,972	-	-	-	-	-	4,972	6,786	-	6,786	-	
2003	9,059	4,228	42	-	-	-	-	4,186	4,831	-	4,831	-	
2004	52,026	47,535	14,046	-	-	-	-	33,489	4,491	-	4,491	-	
2005	11,626	5,536	1,182	950	-	-	-	3,404	6,090	-	6,090	-	
2006	17,697	10,916	8,175	460	-	2,281	-	-	6,781	-	6,781	-	
2007	20,899	10,284	48	6,034	-	3,291	911	-	10,615	-	10,615	-	
2008	75,203	47,280	10,490	11,512	-	14,261	11,017	-	27,923	-	27,923	-	

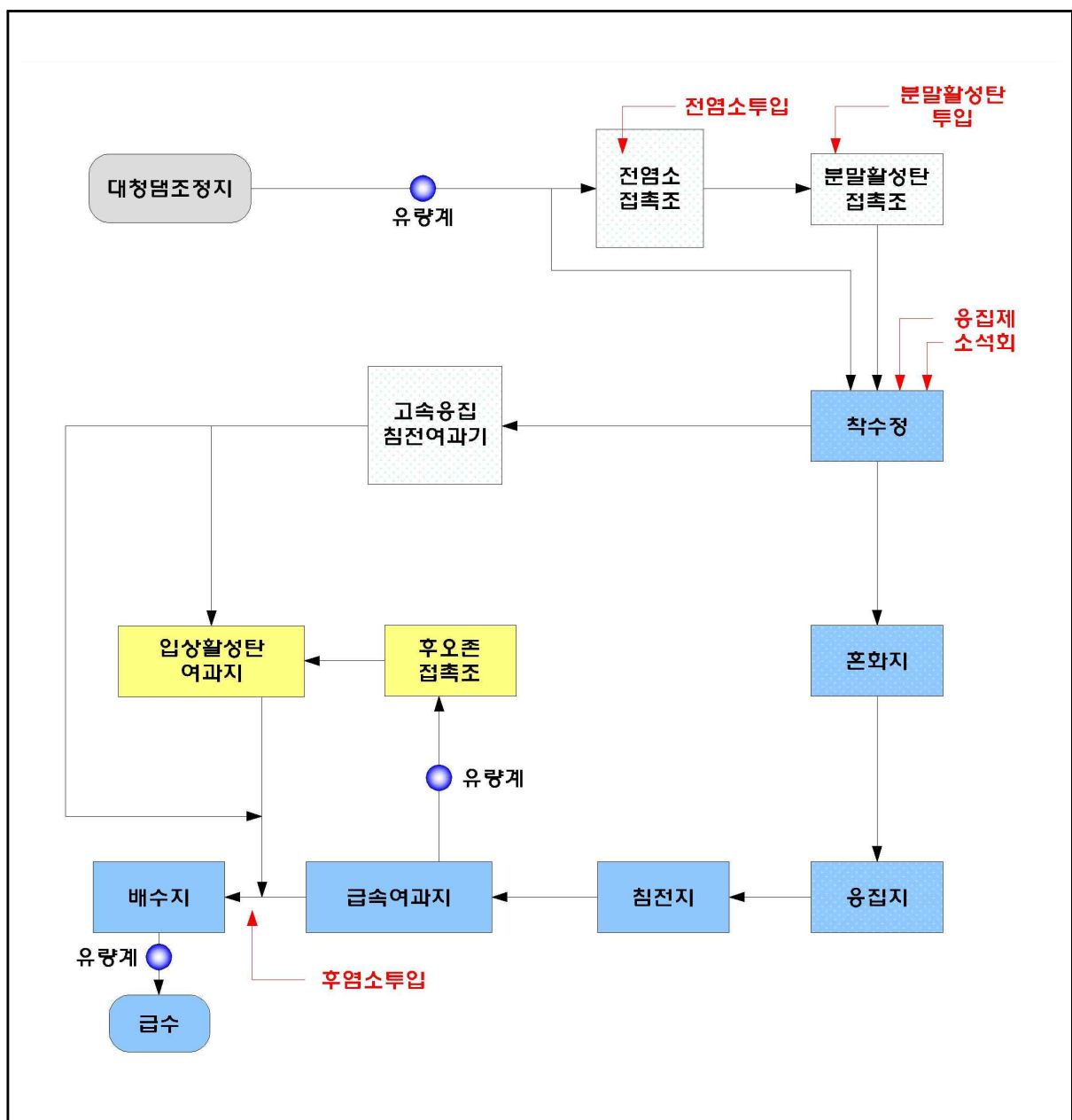
자료 : 2008년 상수도관현황(공주시 상하수도과)

5.1.3 정수시설 운영현황

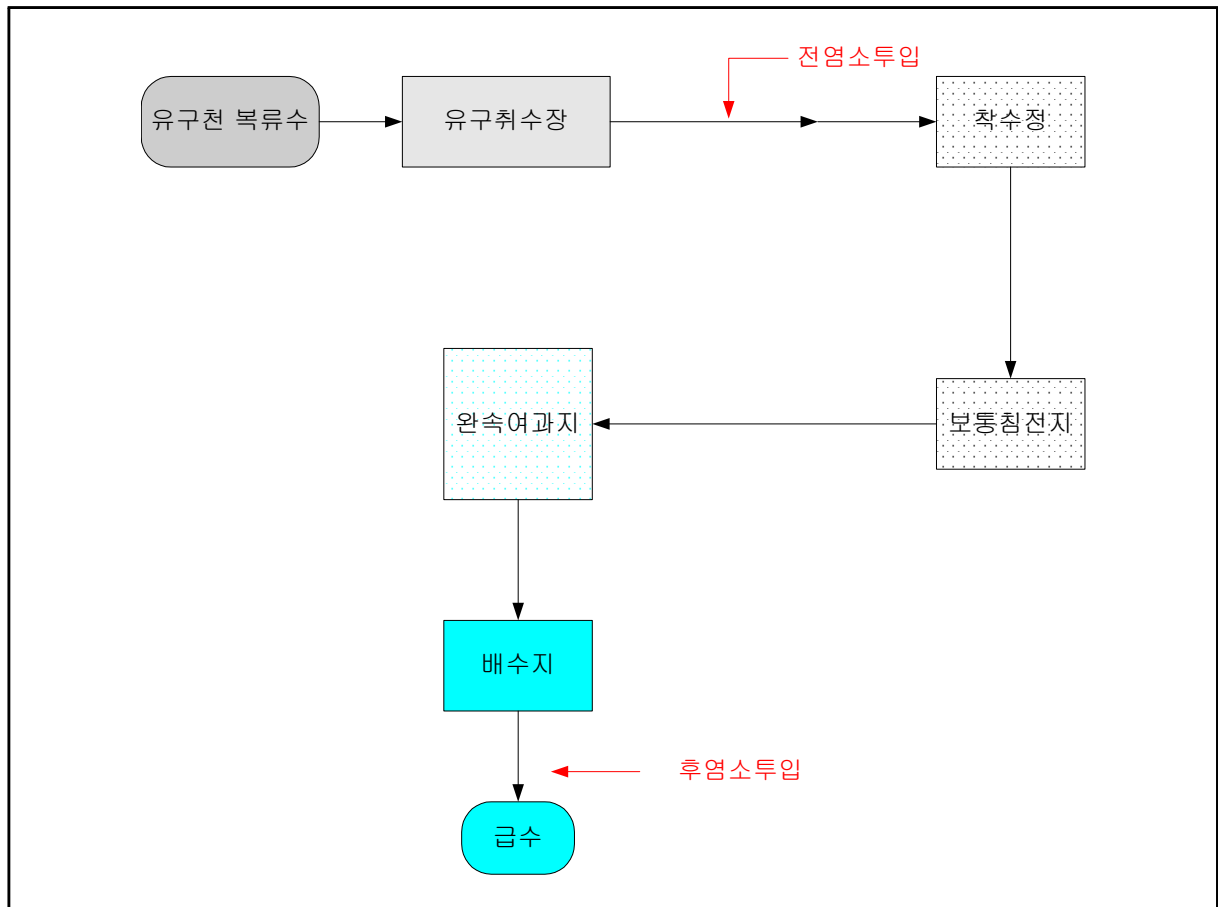
공주시에서 운영중인 정수시설은 총 3개소로 지방상수도인 옥룡정수장, 유구정수장과 광역정수장인 공주정수장으로 나누어져 있으며 운영현황을 정수장 별로 구분하여 수록하고 2009년 7월 가동한 공주정수장의 경우 가동시점 이후의 수질자료 등을 나타내었다.

가. 정수시설 공정

1) 옥룡정수장



2) 유구정수장



나. 정수시설 운영현황

1) 옥룡정수장

① 원수수질

원수(□취수구 ■착수정) 수질검사기록부 - 옥룡정수장 (2007년)

항 목	연평균	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	최대	최소
PH	7.41	7.60	7.00	7.30	7.30	7.20	8.40	7.00	7.80	7.50	7.30	7.40	7.10	8.40	7.00
DO	8.70	12.10	10.20	7.60	8.70	7.90	8.80	7.50	8.80	8.60	8.00	8.00	8.20	12.10	7.50
BOD	2.18	3.50	3.40	6.90	0.90	1.20	3.00	0.40	1.20	1.20	1.30	1.80	1.40	6.90	0.40
SS	9.48	1.40	3.00	48.00	3.40	4.00	3.20	2.20	3.50	14.00	5.00	4.80	21.20	48.00	1.40
총대장균군수	4,875	140	900	50,000	23	21	300	5000	500	1100	120	260	130	50,000	21
Cd	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
As	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
CN-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
Hg	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
Pb	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
Cr6+	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
유기인	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
PCB	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
ABS	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
불소	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
세레늄	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
암모니아성질소	0.172	-	-	0.44	-	-	0.03	-	-	0.00	-	-	0.22	0.440	0.000
질산성질소	1.92	-	-	2.00	-	-	1.11	-	-	2.56	-	-	2.00	2.56	1.11
카바릴	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
1,1,1-트리클로로에탄	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
테트라클로로에틸렌	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
트리클로로에틸렌	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
페놀	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
채수일시(날씨)		1.9 맑음	2.7 맑음	3.5 맑음	4.5 맑음	5.3 맑음	6.8 맑음	7.5 맑음	8.17 맑음	9.12 맑음	10.12 맑음	11.9 맑음	12.5 맑음		

원수(□취수구 ■착수정) 수질검사기록부 - 옥룡정수장 (2008년)

항 목	연평균	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	최대	최소
PH	7.38	7.60	7.20	7.20	7.40	7.50	7.20	7.10	7.30	7.70	7.50	7.40	7.40	7.70	7.10
DO	8.98	9.60	9.40	11.00	9.10	10.00	8.80	7.00	8.80	7.50	7.60	7.60	11.40	11.40	7.00
BOD	2.14	1.20	0.40	2.30	2.70	2.20	2.40	2.60	2.10	2.50	1.90	1.70	3.70	3.70	0.40
SS	10.67	8.40	2.80	4.00	13.60	3.20	9.20	26.80	11.20	12.00	20.00	10.00	6.80	26.80	2.80
총대장균군수	771	630	80	61	204	452	689	2,420	2,376	792	219	980	345	2,420	61
Cd	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
As	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
CN-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
Hg	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
Pb	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
Cr6+	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
유기인	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
PCB	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
ABS	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
불소	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	0.15	-	-	0.17	0.2	0.2
세레늄	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
암모니아성질소	0.280	-	-	0.85	-	-	0.01	-	-	0.01	-	-	0.26	0.845	0.008
질산성질소	2.30	-	-	2.73	-	-	1.38	-	-	1.55	-	-	3.54	3.54	1.38
카바릴	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
1,1,1-트리클로로에탄	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
테트라클로로에틸렌	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
트리클로로에틸렌	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
페놀	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
사염화탄소	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
1,2-디클로로에탄	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
클로로포름	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
벤젠	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
디클로로메탄	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0

원수(□취수구 ■착수정) 수질검사기록부 - 옥룡정수장 (2009년)

항 목	연평균	1월	2월	3월	4월	5월	최대	최소
PH	7.48	7.40	7.50	7.60	7.40	가동중지	7.60	7.40
DO	11.00	11.60	11.20	11.10	10.10		11.60	10.10
BOD	3.85	2.70	3.40	4.60	4.70		4.70	2.70
SS	18.20	3.60	14.00	24.80	30.40		30.40	3.60
총대장균군수	122	172	110	115	91		172	91
Cd	불검출	-	-	불검출	-		0.0	0.0
As	불검출	-	-	불검출	-		0.0	0.0
CN-	불검출	-	-	불검출	-		0.0	0.0
Hg	불검출	-	-	불검출	-		0.0	0.0
Pb	불검출	-	-	불검출	-		0.0	0.0
Cr6+	불검출	-	-	불검출	-		0.0	0.0
유기인	불검출	-	-	불검출	-		0.0	0.0
PCB	불검출	-	-	불검출	-		0.0	0.0
ABS	불검출	-	-	불검출	-		0.0	0.0
불소	0.167	-	-	0.18	-		0.2	0.2
세레늄	불검출	-	-	불검출	-		0.0	0.0
암모니아성질소	0.243	-	-	0.70	-		0.695	0.008
질산성질소	2.65	-	-	4.13	-		4.13	1.38
카바릴	불검출	-	-	불검출	-		0.0	0.0
1,1,1-트리클로로에탄	불검출	-	-	불검출	-		0.0	0.0
테트라클로로에틸렌	불검출	-	-	불검출	-		0.0	0.0
트리클로로에틸렌	불검출	-	-	불검출	-		0.0	0.0
페놀	불검출	-	-	불검출	-		0.0	0.0
사염화탄소	불검출	-	-	불검출	-		0.0	0.0
1,2-디클로로에탄	불검출	-	-	불검출	-		0.0	0.0
클로로포름	불검출	-	-	불검출	-		0.0	0.0
벤젠	불검출	-	-	불검출	-		0.0	0.0
디클로로메탄	불검출	-	-	불검출	-		0.0	0.0

② 정수수질

2007년 옥룡정수장 정수수질 현황

검사항목	기준	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1.일반세균	100CFU/ml이하	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.총대장균군	불검출/100ml	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
3.대장균	불검출/100ml	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
4.분원성대장균군	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
5.납	0.05mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6.불소	1.5mg/l 이하	불검출	0.20	불검출	불검출	0.20	불검출	0.20	0.20	불검출	불검출	불검출	불검출
7.비소	0.05mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
8.세레늄	0.01mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
9.수은	0.001mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
10.시안	0.01mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
11.6가크롬	0.05mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
12.암모니아성질소	0.5mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	0.030	불검출	불검출	0.020	불검출	불검출	불검출	불검출
13.질산성질소	10mg/l 이하	3.30	4.00	3.10	3.30	2.70	1.60	2.20	1.80	2.20	2.50	2.70	2.00
14.카드뮴	0.005mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
15.보론	1mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.11	불검출	0.06	0.04	0.09	0.12	0.17
16.페놀	0.005mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
17.다이아지논	0.02mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
18.파라티온	0.06mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
19.페니트로티온	0.04mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
20.카바릴	0.07mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
21.1,1-트리클로로에탄	0.1mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
22.테트라클로로에틸렌	0.01mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23.트리클로로에틸렌	0.03mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24.디클로로메탄	0.02mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
25.벤젠	0.01mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
26.톨루엔	0.7mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27.에틸벤젠	0.3mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
28.크실렌	0.5mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
29.1,1-디클로로에틸렌	0.03mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
30.사염화탄소	0.002mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
31.1,2-디브로모-3-클로로프로판	0.003mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.001	불검출	불검출	불검출	불검출
32.유리잔류염소	4.0mg/l 이하	1.00	1.00	1.10	1.00	1.00	1.00	1.35	1.50	1.24	1.33	1.36	1.42
33.총트리할로메탄	0.1mg/l 이하	0.022	0.016	0.013	0.039	0.030	0.030	0.036	0.081	0.050	0.026	0.021	0.013
34.클로로포름	0.08mg/l 이하	0.0082	0.0078	0.0064	0.0150	0.0142	0.0147	0.0210	0.0536	0.0315	0.0159	0.0142	0.0058
35.디브로모클로로메탄	0.1mg/l 이하	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
36.브로모디클로로메탄	0.03mg/l 이하	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37.클로랄하이드레이트	0.03mg/l 이하	-	-	0.0047	-	-	0.0026	-	0.0047	0.0019	-	0.0019	0.0011
38.디브로모아세토니트릴	0.1mg/l 이하	-	-	0.0000	-	-	0.0000	-	0.0007	0.0000	-	0.0000	0.000
39.디클로로아세토니트릴	0.09mg/l 이하	-	-	0.0022	-	-	0.0009	-	0.0027	0.0010	-	0.0010	0.000
40.트리클로로아세토니트릴	0.004mg/l 이하	-	-	0.0000	-	-	0.0000	-	0.0000	0.0000	-	0.0000	0.000
41.할로아세틱에시드	0.1mg/l 이하	-	-	0.0130	-	-	0.0078	-	-	0.0061	-	0.0061	0.006
42.경도	300mg/l 이하	118	106	76	86	97	68	65	66	57	65	76	83
43.과망간산칼륨소비량	10mg/l 이하	1.1	5.0	2.4	2.2	3.1	1.4	2.1	0.7	1.0	0.9	1.2	1.2
44.냄새	무취	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
45.맛	무미	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
46.동	1mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
47.색도	5도이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	4	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
48.세제(음이온계면활성제)	0.5mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
49.수소이온농도	5.8-8.5	6.62	6.80	6.60	6.80	6.80	6.75	6.62	6.30	6.70	6.39	6.53	6.97
50.아연	1mg/l 이하	0.023	0.007	0.004	0.033	0.002	0.006	0.041	0.004	0.003	0.004	0.003	0.003
51.염소이온	250mg/l 이하	47	65	46	40	43	29	19	21	18	27	33	51
52.중발잔류물	500mg/l 이하	238	262	180	176	176	116	120	173	118	94	170	160
53.철	0.3mg/l 이하	0.09	불검출	불검출	0.07	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
54.망간	0.3mg/l 이하	0.008	0.005	0.025	불검출	불검출	불검출	0.017	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
55.탁도	0.5NTU이하	0.11	0.13	0.15	0.10	0.09	0.05	0.10	0.26	0.04	0.05	0.07	0.04
56.황산이온	200mg/l 이하	43	54	30	30	42	26	14	15	14	22	28	34
57.알루미늄	0.2mg/l 이하	불검출	불검출	0.02	불검출	불검출	0.02	불검출	불검출	0.04	0.03	0.02	불검출

자료) 공주시 상하수도과

2008년 옥룡정수장 정수수질 현황

검사항목	기준	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1.일반세균	100CFU/100ml이하	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.총대장균군	불검출/100ml	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
3.대장균	불검출/100ml	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
4.보원성대장균군	불검출/100ml	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
5.납	0.05mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6.불소	1.5mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.2	0.18	0.2	불검출	0.2
7.비소	0.05mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
8.세레늄	0.01mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
9.수은	0.001mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
10.시아나	0.01mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
11.6가크롬	0.05mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
12.암모니아성질소	0.5mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
13.질산성질소	10mg/l 이하	3.7	2.4	3.2	2.1	1.3	1.5	1	1.3	1.8	1.7	2.7	3.2
14.카드뮴	0.005mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
15.보론	1mg/l 이하	0.27	0.235	0.322	0.143	0.08	0.2	0.19	0.08	0.14	0.07	0.156	0.21
16.페놀	0.005mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
17.다이아지논	0.02mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
18.파라티온	0.06mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
19.페니트로티온	0.04mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
20.카바릴	0.07mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
21.1,1,1-트리클로로에탄	0.1mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
22.테트라클로로에틸렌	0.01mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23.트리클로로에틸렌	0.03mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24.디클로로메탄	0.02mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
25.벤젠	0.01mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
26.톨루엔	0.7mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27.에틸벤젠	0.3mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
28.크실렌	0.5mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
29.1,1-디클로로에틸렌	0.03mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
30.사염화탄소	0.002mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
31.1,2-디브로모-3-클로로프로판	0.003mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
32.유리잔류염소	4.0mg/l 이하	1.11	1.12	1.02	1.07	1.1	1	1.2	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1
33.총트리할로메탄	0.1mg/l 이하	0.0136	0.0122	0.0163	0.0256	0.0388	0.0247	0.0705	0.0708	0.0459	0.0466	0.0336	0.0153
34.클로로포름	0.08mg/l 이하	0.0066	0.006	0.00077	0.00867	0.01952	0.01172	0.03417	0.0417	0.02389	0.01545	0.01286	0.00125
35.디브로모클로로메탄	0.1mg/l 이하	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
36.브로모디클로로메탄	0.03mg/l 이하	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37.클로랄하이드레이트	0.03mg/l 이하	-	-	0.00183	-	-	0.00213	-	-	불검출	-	-	0.00097
38.디브로모아세토니트릴	0.1mg/l 이하	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출
39.디클로로아세토니트릴	0.09mg/l 이하	-	-	0.00087	-	-	0.00061	-	-	불검출	-	-	0.00089
40.트리클로로아세토니트릴	0.004mg/l 이하	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출
41.할로아세틱에시드	0.1mg/l 이하	-	-	0.0115	-	-	0.0053	-	-	0.0032	-	-	0.0041
42.경도	300mg/l 이하	98.1	91.2	96.5	66.2	73.3	69.5	72.3	68.7	75.4	77.6	82.8	95
43.과망간산칼륨소비량	10mg/l 이하	1.2	1.55	1.49	1.7	1.5	2.06	1.63	1.5	1.55	1.99	1.67	3.19
44.냄새	무취	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
45.맛	무미	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
46.동	1mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
47.색도	5도이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	4	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
48.세제(음이온계면활성제)	0.5mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
49.수소이온농도	5.8-8.5	7.31	7.15	6.83	6.8	7	6.9	6.7	6.4	6.4	6.6	6.7	7
50.아연	1mg/l 이하	0.004	0.0046	0.0043	0.0048	0.0028	0.0039	0.0057	0.0036	0.0044	0.0035	0.006	0.0039
51.염소이온	250mg/l 이하	53	61	29	34	28	33	37	26	31	38	44	58
52.중발잔류물	500mg/l 이하	184	188	188	175	166	186	172	165	162	215	208	298
53.철	0.3mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.05	불검출	불검출
54.망간	0.3mg/l 이하	불검출	0.0067	0.0076	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.01	불검출	불검출
55.탁도	0.5NTU이하	0.07	0.073	0.082	0.083	0.086	0.064	0.151	0.134	0.105	0.073	0.059	0.061
56.황산이온	200mg/l 이하	37	42	43	29	28	29	30	21	26	29	32	40
57.알루미늄	0.2mg/l 이하	0.02	0.023	0.021	불검출	불검출	불검출	0.02	불검출	불검출	0.02	불검출	불검출

자료) 공주시 상하수도과

2009년 옥룡정수장 정수수질 현황

검사항목	기준	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1.일반세균	100CFU/ml이하	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2.총대장균군	불검출/100ml	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
3.대장균	불검출/100ml	불검출	-	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	-	-	-	
4.분원성대장균군	불검출	불검출	불검출	-	-	-	-	-	-	불검출	불검출	불검출	
5.납	0.05mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
6.불소	1.5mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.20	불검출	불검출	불검출	불검출	
7.비소	0.05mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
8.세레늄	0.01mg/l 이하	0.0079	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
9.수은	0.001mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
10.시안	0.01mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
11.6가크롬	0.05mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
12.암모니아성질소	0.5mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
13.질산성질소	10mg/l 이하	3.3	2.4	2.8	2.7	0.4	0.9	1.7	1.9	1.3	1.8	0.4	
14.카드뮴	0.005mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
15.보론	1mg/l 이하	0.16	0.12	0.26	0.12	불검출	0.01	불검출	불검출	0.01	불검출	불검출	
16.페놀	0.005mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
17.다이아지논	0.02mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
18.파라티온	0.06mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
19.페니트로티온	0.04mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
20.카바릴	0.07mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
21.1,1,1-트리클로로에탄	0.1mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
22.테트라클로로에틸렌	0.01mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
23.트리클로로에틸렌	0.03mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
24.디클로로메탄	0.02mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
25.벤젠	0.01mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
26.톨루엔	0.7mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
27.에틸벤젠	0.3mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
28.크실렌	0.5mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
29.1,1-디클로로에틸렌	0.03mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
30.사염화탄소	0.002mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
31.1,2-디브로모-3-클로로프로판	0.003mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
32.유리잔류염소	4.0mg/l 이하	0.9	0.8	0.9	1.2	1.2	1.2	1.4	1.2	1.3	1.2	1.1	
33.총트리할로메탄	0.1mg/l 이하	0.0435	0.041	0.015	0.0603	0.0388	0.0234	0.0232	0.028	0.0426	0.0303	0.0243	
34.클로로포름	0.08mg/l 이하	0.0132	0.01207	0.00546	0.02358	0.02123	0.01343	0.01458	0.01965	0.03127	0.02257	0.01767	
35.디브로모클로로메탄	0.1mg/l 이하	0.0115	0.0115	0.0033	0.0136	0.0056	0.0029	0.0025	0.0025	0.0031	0.0019	0.0014	
36.브로모디클로로메탄	0.03mg/l 이하	0.0167	0.0148	0.00527	0.02113	0.01198	0.00703	0.00624	0.00568	0.00827	0.00516	0.0048	
37.클로랄하이드레이트	0.03mg/l 이하	-	-	0.00339	-	-	0.00171	-	-	0.00102	-	-	
38.디브로모아세토니트릴	0.1mg/l 이하	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	
39.디클로로아세토니트릴	0.09mg/l 이하	-	-	0.00136	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	
40.트리클로로아세토니트릴	0.004mg/l 이하	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	
41.할로아세틱에시드	0.1mg/l 이하	-	-	0.0142	-	-	0.0083	-	-	0.0051	-	-	
42.경도	300mg/l 이하	86.3	78.8	86.1	93.5	53.5	53	50.7	43.1	39.7	46.6	48.2	
43.과광간산칼륨소비량	10mg/l 이하	2.14	1.64	2.19	3.69	1.26	1.11	3.13	2.09	1.63	2.53	1.36	
44.냄새	무취	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	
45.맛	무미	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	
46.동	1mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
47.색도	5도이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
48.세제(음이온계면활성제)	0.5mg/l 이하	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
49.수소이온농도	5.8-8.5	6.9	6.9	6.7	6.7	6.8	6.9	6.9	6.8	6.6	6.5	6.8	
50.아연	1mg/l 이하	0.0043	0.0044	0.0053	0	0	불검출	0.0161	0.0191	0.0046	0.0084	0.0055	
51.염소이온	250mg/l 이하	43	37	53	49	12	14	16	15	15	13	13	
52.중발잔류물	500mg/l 이하	222	185	242	321	180	108	124.4	95.7	90	31.4	116.5	
53.철	0.3mg/l 이하	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	불검출	0.00	0.00	
54.망간	0.3mg/l 이하	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	불검출	0.00	0.00	
55.탁도	0.5NTU이하	0.07	0.154	0.098	0.09	0.073	0.083	0.172	0.128	0.05	0.15	0.143	
56.황산이온	200mg/l 이하	30	26	40	40	12	13	12	12	11	14	11	
57.알루미늄	0.2mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	

자료) 공주시 상하수도과

2) 유구정수장

① 원수수질

원수(□취수구 ■착수정) 수질검사기록부 - 유구정수장 (2007년)

항 목	연평균	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	최대	최소
PH	7.11	7.60	7.40	6.90	7.30	6.70	7.10	7.40	7.20	7.20	6.70	7.00	6.80	7.60	6.70
DO	7.94	11.10	10.20	7.70	7.70	7.80	8.00	5.20	8.80	8.60	5.80	7.10	7.30	11.10	5.20
BOD	0.84	1.90	0.90	1.70	0.70	0.50	0.60	0.20	0.80	1.30	0.40	0.60	0.50	1.90	0.20
SS	1.18	0.60	1.00	0.60	0.80	0.40	0.60	0.60	0.50	3.00	1.60	4.00	0.40	4.00	0.40
총대장균군수	5	22	1	1	1	1	1	1	0	30	0	0	0	30	0
Cd	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
As	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
CN-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
Hg	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
Pb	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
Cr6+	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
유기인	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
PCB	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
ABS	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
불소	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
세레늄	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
암모니아성질소	0.02	-	-	0.01	-	-	0.04	-	-	0.00	-	-	0.02	0.036	0.000
질산성질소	1.36	-	-	1.40	-	-	0.64	-	-	2.09	-	-	1.30	2.09	0.64
카바릴	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
1,1,1-트리클로로에탄	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
테트라클로로에틸렌	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
트리클로로에틸렌	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
페놀	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
채수일시(날씨)		1.9 맑음	2.7 맑음	3.5 맑음	4.5 맑음	5.3 맑음	6.8 맑음	7.5 맑음	8.17 맑음	9.12 맑음	10.12 맑음	11.9 맑음	12.5 맑음		

원수(□취수구 ■착수정) 수질검사기록부 - 유구정수장 (2008년)

항 목	연평균	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	최대	최소
PH	6.99	7.10	6.90	7.20	7.30	7.40	6.90	6.50	6.80	6.90	6.90	7.00	7.00	7.40	6.50
DO	7.88	10.40	8.90	9.40	8.60	8.10	8.50	6.10	9.00	5.80	5.80	5.80	8.20	10.40	5.80
BOD	0.73	0.50	1.20	0.60	0.70	0.60	0.80	0.70	0.80	0.90	0.60	0.80	0.60	1.20	0.50
SS	1.47	0.40	0.40	0.40	2.40	1.60	7.60	0.40	0.40	1.20	0.80	1.60	0.40	7.60	0.40
총대장균군수	287	21	6	2	23	54	309	88	1932	691	179	135	4	1932	2
Cd	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
As	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
CN-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
Hg	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
Pb	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
Cr6+	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
유기인	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
PCB	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
ABS	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
불소	불검출	-	-	불검출	-	-	0.47	-	-	0.17	-	-	불검출	0.5	0.2
세레늄	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
암모니아성질소	0.00	-	-	0.00	-	-	0.00	-	-	0.00	-	-	0.01	0.008	0.000
질산성질소	1.28	-	-	1.45	-	-	1.06	-	-	1.57	-	-	1.04	1.57	1.04
카바릴	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
1,1,1-트리클로로에탄	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
테트라클로로에틸렌	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
트리클로로에틸렌	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
페놀	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
사염화탄소	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
1,2-디클로로에탄	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
클로로포름	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
벤젠	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0
디클로로메탄	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	0.0	0.0

원수(□취수구 ■착수정) 수질검사기록부 - 유구정수장 (2009년)

항 목	연평균	1월	2월	3월	4월	5월	최대	최소
PH	7.30	7.40	7.30	6.90	7.60		7.60	6.90
DO	9.03	8.90	9.60	8.20	9.40		9.60	8.20
BOD	0.65	0.90	0.60	0.60	0.50		0.90	0.50
SS	1.00	1.20	0.40	1.60	0.80		1.60	0.40
총대장균군수	11	10	19	2	14		19	2
Cd	불검출	-	-	불검출	-	-	0.0	0.0
As	불검출	-	-	불검출	-	-	0.0	0.0
CN-	불검출	-	-	불검출	-	-	0.0	0.0
Hg	불검출	-	-	불검출	-	-	0.0	0.0
Pb	불검출	-	-	불검출	-	-	0.0	0.0
Cr6+	불검출	-	-	불검출	-	-	0.0	0.0
유기인	불검출	-	-	불검출	-	-	0.0	0.0
PCB	불검출	-	-	불검출	-	-	0.0	0.0
ABS	불검출	-	-	불검출	-	-	0.0	0.0
불소	불검출	-	-	불검출	-	-	0.5	0.2
세레늄	불검출	-	-	불검출	-	-	0.0	0.0
암모니아성질소	0.00	-	-	0.01	-	-	0.008	0.002
질산성질소	1.24	-	-	1.28	-	-	1.57	1.04
카바릴	불검출	-	-	불검출	-	-	0.0	0.0
1,1,1-트리클로로에탄	불검출	-	-	불검출	-	-	0.0	0.0
테트라클로로에틸렌	불검출	-	-	불검출	-	-	0.0	0.0
트리클로로에틸렌	불검출	-	-	불검출	-	-	0.0	0.0
페놀	불검출	-	-	불검출	-	-	0.0	0.0
사염화탄소	불검출	-	-	불검출	-	-	0.0	0.0
1,2-디클로로에탄	불검출	-	-	불검출	-	-	0.0	0.0
클로로포름	불검출	-	-	불검출	-	-	0.0	0.0
벤젠	불검출	-	-	불검출	-	-	0.0	0.0
디클로로메탄	불검출	-	-	불검출	-	-	0.0	0.0

② 정수수질

2007년 유구정수장 정수수질 현황

검사항목	기준	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1.일반세균	100CFU/ml이하	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.총대장균군	불검출/100ml	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
3.대장균	불검출/100ml	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
4.분원성대장균군	불검출/100ml	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
5.납	0.05mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6.불소	1.5mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.3	불검출	불검출	불검출	불검출
7.비소	0.05mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
8.세레늄	0.01mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
9.수은	0.001mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
10.시안	0.01mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
11.6가크롬	0.05mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
12.암모니아성질소	0.5mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
13.질산성질소	10mg/l 이하	1.4	1.7	1.8	2.8	1.5	1.0	2.1	1.8	1.8	1.1	1.1	1.3
14.카드뮴	0.005mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
15.보론	1mg/l 이하	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.000	0.060	0.020	0.020	0.010	0.000
16.페놀	0.005mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
17.다이아지논	0.02mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
18.파라티온	0.06mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
19.페니트로티온	0.04mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
20.카바틸	0.07mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
21.1,1-트리클로로에탄	0.1mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
22.테트라클로로에틸렌	0.01mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23.트리클로로에틸렌	0.03mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24.디클로로메탄	0.02mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
25.벤젠	0.01mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
26.톨루엔	0.7mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27.에틸벤젠	0.3mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
28.크실렌	0.5mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
29.1,1-디클로로에틸렌	0.03mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
30.사염화탄소	0.002mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
31.1,2-디브로모-3-클로로프로판	0.003mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
32.유리잔류염소	4.0mg/l 이하	1.10	1.20	1.20	1.20	1.20	1.00	1.20	1.20	1.20	0.97	1.20	1.20
33.총트리할로메탄	0.1mg/l 이하	0.010	0.006	0.005	0.019	0.011	0.010	0.015	0.061	0.017	0.010	0.006	0.001
34.클로로포름	0.08mg/l 이하	0.0047	0.0014	0.0019	0.0084	0.0058	0.0037	0.0079	0.0398	0.0081	0.0047	0.0030	0.0003
35.디브로모클로로메탄	0.1mg/l 이하	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
36.브로모디클로로메탄	0.03mg/l 이하	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37.클로랄하이드레이트	0.03mg/l 이하	-	-	0.00270	-	-	0.00270	-	0.0033	0.00090	-	0.0009	0.00090
38.디브로모아세토니트릴	0.1mg/l 이하	-	-	0.0000	-	-	0.0007	-	0.0000	0.0000	-	0.0000	0.0000
39.디클로로아세토니트릴	0.09mg/l 이하	-	-	0.0011	-	-	0.0000	-	0.0018	0.0007	-	0.0007	0.0006
40.트리클로로아세토니트릴	0.004mg/l 이하	-	-	0.0000	-	-	0.0000	-	0.0000	0.0000	-	0.0000	0.0000
41.할로아세틱에시드	0.1mg/l 이하	-	-	0.0049	-	-	0.0075	-	-	0.0106	-	0.0106	0.0066
42.경도	300mg/l 이하	85	69	67	88	93	79	84	57	55	58	65	65
43.과망간산칼륨소비량	10mg/l 이하	0.3	0.6	1.0	0.4	0.6	1.1	2.0	4.3	0.7	1.1	1.4	1.3
44.냄새	무취	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
45.맛	무미	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
46.동	1mg/l 이하	0.000	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.010	0.000	0.000
47.색도	5도이하	불검출	1	불검출	불검출	불검출	불검출	4	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
48.세제(음이온계면활성제)	0.5mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
49.수소이온농도	5.8-8.5	6.94	7.00	7.10	7.10	7.00	7.00	7.00	6.80	7.00	6.77	6.80	6.80
50.아연	1mg/l 이하	0.045	0.021	0.005	0.076	0.003	0.045	0.072	0.004	0.006	0.009	0.006	0.007
51.염소이온	250mg/l 이하	15	15	14	15	13	17	12	21	7	9	9	14
52.중발잔류물	500mg/l 이하	134	100	106	125	210	126	152	114	108	114	144	106
53.철	0.3mg/l 이하	0.08	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
54.망간	0.3mg/l 이하	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.005	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
55.탁도	0.5NTU이하	0.13	0.26	0.25	0.12	0.18	0.08	0.19	0.09	0.04	0.04	0.05	0.07
56.황산이온	200mg/l 이하	12	14	12	13	13	16	12	15	10	10	11	13
57.알루미늄	0.2mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

자료) 공주시 상하수도과

2008년 유구정수장 정수수질 현황

검사항목	기준	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1.일반세균	100CFU/ml이하	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.총대장균군	불검출/100ml	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
3.대장균	불검출/100ml	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
4.보원성대장균군	불검출/100ml	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
5.납	0.05mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6.볼소	1.5mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.3	불검출	불검출	불검출	불검출
7.비소	0.05mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
8.세레늄	0.01mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
9.수은	0.001mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
10.시안	0.01mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
11.6가크롬	0.05mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
12.암모니아성질소	0.5mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
13.질산성질소	10mg/l 이하	1.7	1.9	1.7	1.4	0.8	1.1	0.5	1.5	1.2	1.1	0.3	1.1
14.카드뮴	0.005mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
15.보론	1mg/l 이하	0.010	0.000	0.000	0.143	0.000	0.020	0.020	0.020	0.020	0.030	0.000	0.020
16.페놀	0.005mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
17.다이아지논	0.02mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
18.파라티온	0.06mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
19.페니트로티온	0.04mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
20.카바릴	0.07mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
21.1,1,1-트리클로로에탄	0.1mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
22.테트라클로로에틸렌	0.01mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23.트리클로로에틸렌	0.03mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24.디클로로메탄	0.02mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
25.벤젠	0.01mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
26.톨루엔	0.7mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27.에틸벤젠	0.3mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
28.크실렌	0.5mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
29.1,1-디클로로에틸렌	0.03mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
30.사염화탄소	0.002mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
31.1,2-디브로모-3-클로로프로판	0.003mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
32.유리잔류염소	4.0mg/l 이하	1.20	1.20	1.20	1.08	1.20	1.20	0.81	0.95	1.20	1.39	1.20	1.34
33.총트리할로메탄	0.1mg/l 이하	0.0000	0.0000	0.0018	0.0115	0.0150	0.0110	0.0290	0.0280	0.0110	0.0270	0.0124	0.0050
34.클로로포름	0.08mg/l 이하	0.00000	0.00000	0.00077	0.00501	0.00600	0.00400	0.01400	0.01600	0.00400	0.00800	0.00638	0.00100
35.디브로모클로로메탄	0.1mg/l 이하	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
36.브로모디클로로메탄	0.03mg/l 이하	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37.클로랄하이드레이트	0.03mg/l 이하	-	-	0.00129	-	-	0.00214	-	-	0.00100	-	-	0.00099
38.디브로모아세토니트릴	0.1mg/l 이하	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출
39.디클로로아세토니트릴	0.09mg/l 이하	-	-	불검출	-	-	0.00086	-	-	불검출	-	-	0.00066
40.트리크로로아세토니트릴	0.004mg/l 이하	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출
41.할로아세틱에시드	0.1mg/l 이하	-	-	0.0031	-	-	0.0063	-	-	0.0049	-	-	0.0042
42.경도	300mg/l 이하	65.4	62.6	63.2	61.3	69.0	64.0	75.0	64.0	70.0	74.0	68.3	73.0
43.과망간산칼륨소비량	10mg/l 이하	1.27	1.27	1.17	0.44	0.80	1.10	0.70	0.90	1.40	1.50	2.68	1.10
44.냄새	무취	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
45.맛	무미	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
46.동	1mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.008	불검출	0.009	불검출	불검출	불검출
47.색도	5도이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
48.세제(음이온계면활성제)	0.5mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
49.수소이온농도	5.8-8.5	6.80	6.80	6.80	6.90	6.80	6.80	7.20	7.30	6.80	6.88	6.80	6.80
50.아연	1mg/l 이하	0.0060	0.0041	0.0052	0.0063	0.0030	0.0060	0.0090	0.0050	0.0090	0.0100	0.0171	0.0320
51.염소이온	250mg/l 이하	12	11	11	10	10	15	10	9	9	20	10	14
52.중발잔류물	500mg/l 이하	140	132	132	110	130	144	125	128	108	159	113	190
53.철	0.3mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
54.망간	0.3mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.01	불검출	0.04	0.01	0.0188	불검출
55.탁도	0.5NTU이하	0.050	0.075	0.063	0.103	0.160	0.200	0.120	0.190	0.090	0.190	0.232	0.070
56.황산이온	200mg/l 이하	13	12	12	11	14	16	12	10	11	17	10	13
57.알루미늄	0.2mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

자료) 공주시 상하수도과

2009년 유구정수장 정수수질 현황

검사항목	기준	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1.일반세균	100CFU/ml이하	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2.총대장균군	불검출/100ml	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
3.대장균	불검출/100ml	불검출	-	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	-	-	-	
4.보원성대장균군		-	불검출	-	-	-	-	-	-	불검출	불검출	불검출	
5.납	0.05mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
6.불소	1.5mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	0.40	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
7.비소	0.05mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
8.세레늄	0.01mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
9.수은	0.001mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
10.시안	0.01mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
11.6가크롬	0.05mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
12.암모니아성질소	0.5mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
13.질산성질소	10mg/l 이하	1.3	1.4	1.5	1.0	0.5	1.3	2.1	1.8	1.3	1.1	0.3	
14.카드뮴	0.005mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
15.보론	1mg/l 이하	0.01	0.01	0.01	불검출	불검출	0.02	불검출	불검출	0.03	불검출	불검출	
16.페놀	0.005mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
17.다이아지논	0.02mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
18.파라티온	0.06mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
19.페니트로티온	0.04mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
20.카바릴	0.07mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
21.1,1-트리클로로에탄	0.1mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
22.테트라클로로에틸렌	0.01mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
23.트리클로로에틸렌	0.03mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
24.디클로로메탄	0.02mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
25.벤젠	0.01mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
26.톨루엔	0.7mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
27.에틸벤젠	0.3mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
28.크실렌	0.5mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
29.1,1-디클로로에틸렌	0.03mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
30.사염화탄소	0.002mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
31.1,2-디브로모-3-클로로프로판	0.003mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
32.유리잔류염소	4.0mg/l 이하	1.20	1.27	1.20	1.20	1.20	1.20	1.59	1.20	1.20	1.20	1.40	
33.총트리할로메탄	0.1mg/l 이하	0.014	0.018	0.003	0.023	0.018	0.008	0.010	0.010	0.013	0.007	0.008	
34.클로로포름	0.08mg/l 이하	0.005	0.006	불검출	0.012	0.007	0.003	0.002	0.003	0.005	0.002	0.002	
35.디브로모클로로메탄	0.1mg/l 이하	0.003	0.005	0.002	0.004	0.005	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.000	
36.브로모디클로로메탄	0.03mg/l 이하	0.004	0.006	0.001	0.006	0.006	0.003	0.004	0.004	0.005	0.003	0.002	
37.클로랄하이드레이트	0.03mg/l 이하	-	-	불검출	-	-	0.00101	-	-	0.00113	-	-	
38.디브로모아세토니트릴	0.1mg/l 이하	-	-	불검출	-	-	0.001	-	-	불검출	-	-	
39.디클로로아세토니트릴	0.09mg/l 이하	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	
40.트리클로로아세토니트릴	0.004mg/l 이하	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	불검출	-	-	
41.할로아세틱에시드	0.1mg/l 이하	-	-	0.0022	-	-	0.0058	-	-	0.0054	-	-	
42.경도	300mg/l 이하	68	65	63	64	70	79	74	68	69	79	78	
43.과망간산칼륨소비량	10mg/l 이하	0.7	0.0	0.3	0.8	0.4	1.2	1.0	1.0	0.5	0.0	0.5	
44.냄새	무취	적	적	적	적	적	적	적	적	적	적	적	
45.맛	무미	적	적	적	적	적	적	적	적	적	적	적	
46.동	1mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
47.색도	5도이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
48.세제(음이온계면활성제)	0.5mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	
49.수소이온농도	5.8-8.5	6.8	7.0	6.8	6.8	6.8	6.8	7.6	6.8	6.8	6.8	6.8	
50.아연	1mg/l 이하	0.005	0.004	0.003	0.003	0.003	0.009	0.015	0.018	0.015	0.010	0.013	
51.염소이온	250mg/l 이하	12	13	14	12	11	18	14	12	12	15	16	
52.중발잔류물	500mg/l 이하	119	121	120	125	148	154	147	124	130	79	155	
53.철	0.3mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.00	0.00	불검출	0.00	0.00	
54.망간	0.3mg/l 이하	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	불검출	0.00	0.01	
55.탁도	0.5NTU이하	0.10	0.11	0.11	0.08	0.12	0.15	0.17	0.15	0.12	0.20	0.30	
56.황산이온	200mg/l 이하	11	14	13	12	15	21	17	14	14	15	14	
57.알루미늄	0.2mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	

자료) 공주시 상하수도과

5.1.4 수질기준

가. 원수 및 정수 수질기준

1) 원수 수질 기준

① 하천

㉠ 사람의 건강보호 기준

항 목	기준값(mg/L)
카드뮴(Cd)	0.005 이하
비소(As)	0.05 이하
시안(CN)	검출되어서는 안 됨(검출한계 0.01)
수은(Hg)	검출되어서는 안 됨(검출한계 0.001)
유기인	검출되어서는 안 됨(검출한계 0.0005)
폴리크로리네이티드비페닐(PCB)	검출되어서는 안 됨(검출한계 0.0005)
납(Pb)	0.05 이하
6가크롬(Cr ⁶⁺)	0.05 이하
음이온계면활성제(ABS)	0.5 이하
사염화탄소	0.004 이하
1,2-디클로로에탄	0.03 이하
테트라클로로에틸렌(PCE)	0.04 이하
디클로로메탄	0.02 이하
벤젠	0.01 이하
클로로포름	0.08 이하
디에틸헥실프탈레이트(DEHP)	0.008 이하
안티몬	0.02 이하

② 생활환경 기준

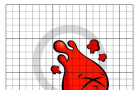
등급		상태 (캐릭터)	기준					
			수소이온 농도 (pH)	생물화학적 산소요구량 (BOD) (mg/L)	부유 물질량 (mg/L)	용존 산소량 (mg/L)	대장균군(군수/100mL)	
							총 대장균군	분원성 대장균군
매우 좋음	Ia		6.5~8.5	1 이하	25 이하	7.5 이상	50 이하	10 이하
좋음	Ib		6.5~8.5	2 이하	25 이하	5.0 이상	500 이하	100 이하
약간 좋음	II		6.5~8.5	3 이하	25 이하	5.0 이상	1,000 이하	200 이하
보통	III		6.5~8.5	5 이하	25 이하	5.0 이상	5,000 이하	1,000 이하
약간 나쁨	IV		6.0~8.5	8 이하	100 이하	2.0 이상	—	—
나쁨	V		6.0~8.5	10 이하	쓰레기 등이 떠있지 아니할 것	2.0 이상	—	—
매우 나쁨	VI		—	10 초과	—	2.0 미만	—	—

〈 비 고 〉

1. 등급별 수질 및 수생태계 상태

- 가. 매우 좋음 : 용존산소가 풍부하고 오염물질이 없는 청정상태의 생태계로 여과·살균 등 간단한 정수처리 후 생활용수로 사용할 수 있음.
- 나. 좋음 : 용존산소가 많은 편이고 오염물질이 거의 없는 청정상태에 근접한 생태계로 여과·침전·살균 등 일반적인 정수처리 후 생활용수로 사용할 수 있음.
- 다. 약간 좋음 : 약간의 오염물질은 있으나 용존산소가 많은 상태의 다소 좋은 생태계로 여과·침전·살균 등 일반적인 정수처리 후 생활용수 또는 수영용수로 사용할 수 있음.
- 라. 보통 : 보통의 오염물질로 인하여 용존산소가 소모되는 일반 생태계로 여과, 침전, 활성탄 투입, 살균 등 고도의 정수처리 후 생활용수로 이용하거나 일반적 정수처리 후 공업용수로 사용할 수 있음.
- 마. 약간 나쁨 : 상당량의 오염물질로 인하여 용존산소가 소모되는 생태계로 농업용수로 사용하거나, 여과, 침전, 활성탄 투입, 살균 등 고도의 정수처리 후 공업용수로 사용할 수 있음.
- 바. 나쁨 : 다량의 오염물질로 인하여 용존산소가 소모되는 생태계로 산책 등 국민의 일상생활에 불편함을 유발하지 아니하며, 활성탄 투입, 역삼투압 공법 등 특수한 정수처리 후 공업용수로 사용할 수 있음.
- 사. 매우 나쁨 : 용존산소가 거의 없는 오염된 물로 물고기가 살기 어려움.
- 아. 용수는 당해 등급보다 낮은 등급의 용도로 사용할 수 있음.
- 자. 수소이온농도(pH) 등 각 기준항목에 대한 오염도 현황, 용수처리방법 등을 종합적으로 검토하여 그에 맞는 처리 방법에 따라 용수를 처리하는 경우에는 당해 등급보다 높은 등급의 용도로도 사용할 수 있음.

2. 상태(캐릭터) 도안
가. 모형 및 도안 요령

등급	도안모형	도안요령	색상		
			원	물방울	입
매우 좋음	la			청색(cyan, C) 100~90%, 빨강색(magenta, M) 20~17%, 검정색(black, K) 5%	빨강색(magenta, M) 60%, 노랑색(yellow, Y) 100%
좋음	lb			청색(cyan, C) 85~80%, 노랑색(yellow, Y) 43~40%, 빨강색(magenta, M) 8%	빨강색(magenta, M) 60%, 노랑색(yellow, Y) 100%
약간 좋음	II			청색(cyan, C) 57~45%, 노랑색(yellow, Y) 96~85%, 검정색(black, K) 7%	-
보통	III			검정색 (black, K) 15%	-
약간 나쁨	IV				-
나쁨	V				-
매우 나쁨	VI			빨강색(magenta, M) 100~90%, 노랑색(yellow, Y) 100%, 검정색(black, K) 10%	-

나. 도안모형은 상하 또는 좌우로 형태를 왜곡하여 사용하여서는 아니 된다.

3. 수질 및 수생태계 상태별 생물학적 특성 이해표

생물등급	생물지표종		서식지 및 생물 특성
	저서(底棲)생물	어류	
매우 좋음 ~ 좋음	옆새우, 가재, 뿔하루살이, 민하루살이, 강도래, 물날도래, 광택날도래, 띠무늬우묵날도래, 바수염날도래	산천어, 금강모치, 열목어, 버들치 등 서식	-물이 매우 맑으며, 유속은 빠른 편임. -바닥은 주로 바위와 자갈로 구성됨. -부착조류가 매우 적음.
좋음 ~ 보통	다슬기, 넓적거머리, 강하루살이, 동양하루살이, 등줄하루살이, 등딱지하루살이, 물삿갓벌레, 큰줄날도래	쉬리, 갈겨니, 은어, 쏘가리 등 서식	-물이 맑으며, 유속은 약간 빠르거나 보통임. -바닥은 주로 자갈과 모래로 구성됨. -부착조류가 약간 있음.
보통 ~ 약간 나쁨	물달팽이, 턱거머리, 물벌레, 밀잠자리	피라미, 꼬리, 모래무지, 참붕어 등 서식	-물이 약간 혼탁하며, 유속은 약간 느린 편임. -바닥은 주로 잔자갈과 모래로 구성됨. -부착조류가 녹색을 띠며 많음.
약간 나쁨 ~ 매우 나쁨	원돌이물달팽이, 실지렁이, 붉은깔다구, 나방파리, 꽃등에	붕어, 잉어, 미꾸라지, 메기 등 서식	-물이 매우 혼탁하며, 유속은 느린 편임. -바닥은 주로 모래와 실트로 구성되며, 대체로 검은색을 띠며. -부착조류가 갈색 혹은 회색을 띠며 매우 많음.

② 호소

㉠ 사람의 건강보호 기준

①목 ㉠의 사람의 건강보호 기준과 같다.

㉡ 생활환경 기준

등급		상태 (캐릭터)	기준								
			수소 이온 농도 (pH)	화학적 산소 요구량 (COD) (mg/L)	부유 물질량 (SS) (mg/L)	용존 산소량 (DO) (mg/L)	총인 (T-P) (mg/L)	총질소 (T-N) (mg/L)	클로로필 -a (Chl-a) (mg/m³)	대장균군 (군수/100mL)	
										총대장균 군	분원성 대장균군
매우 좋음	Ia		6.5~8.5	2 이하	1 이하	7.5 이상	0.01 이하	0.2 이하	5 이하	50 이하	10 이하
좋음	Ib		6.5~8.5	3 이하	5 이하	5.0 이상	0.02 이하	0.3 이하	9 이하	500 이하	100 이하
약간 좋음	II		6.5~8.5	4 이하	5 이하	5.0 이상	0.03 이하	0.4 이하	14 이하	1,000 이하	200 이하
보통	III		6.5~8.5	5 이하	15 이하	5.0 이상	0.05 이하	0.6 이하	20 이하	5,000 이하	1,000 이하
약간 나쁨	IV		6.0~8.5	8 이하	15 이하	2.0 이상	0.10 이하	1.0 이하	35 이하	—	—
나쁨	V		6.0~8.5	10 이하	쓰레기 등이 떠있지 아니할 것	2.0 이상	0.15 이하	1.5 이하	70 이하	—	—
매우 나쁨	VI		—	10 초과	—	2.0 미만	0.15 초과	1.5 초과	70 초과		

(비 고)

- 총인, 총질소의 경우 총인에 대한 총질소의 농도비율이 7 미만일 경우에는 총인의 기준을 적용하지 아니하며, 그 비율이 16 이상일 경우에는 총질소의 기준을 적용하지 아니한다.
- 등급별 수질 및 수생태계 상태
 - 매우 좋음: 용존산소가 풍부하고 오염물질이 없는 청정상태의 생태계로 여과·살균 등 간단한 정수처리 후 생활용수로 사용할 수 있음.
 - 좋음: 용존산소가 많은 편이고 오염물질이 거의 없는 청정상태에 근접한 생태계로 여과·침전·살균 등 일반적인 정수처리 후 생활용수로 사용할 수 있음.
 - 약간 좋음: 약간의 오염물질은 있으나 용존산소가 많은 상태의 다소 좋은 생태계로 여과·침전·살균 등 일반적인 정수처리 후 생활용수 또는 수영용수로 사용할 수 있음.
 - 보통: 보통의 오염물질로 인하여 용존산소가 소모되는 일반 생태계로 여과, 침전, 활성탄 투입, 살균 등 고도의 정수처리 후 생활용수로 이용하거나 일반적 정수처리 후 공업용수로 사용할 수 있음.
 - 약간 나쁨: 상당량의 오염물질로 인하여 용존산소가 소모되는 생태계로 농업용수로 사용하거나, 여과, 침전, 활성탄 투입, 살균 등 고도의 정수처리 후 공업용수로 사용할 수 있음.
 - 나쁨: 다량의 오염물질로 인하여 용존산소가 소모되는 생태계로 산책 등 국민의 일상생활에 불편감을 유발하지 아니하며, 활성탄 투입, 역삼투압 공법 등 특수한 정수처리 후 공업용수로 사용할 수 있음.
 - 매우 나쁨: 용존산소가 거의 없는 오염된 물로 물고기가 살기 어려움.
 - 용수는 당해 등급보다 낮은 등급의 용도로 사용할 수 있음.

③ 지하수

지하수환경기준항목 및 수질기준은 「먹는물관리법」 제5조 및 「수도법」 제18조의 규정에 의하여 환경부령이 정하는 수질기준을 적용한다. 다만, 환경부장관이 고시하는 지역 및 항목은 적용하지 아니한다.

④ 해역

㉠ 생활환경

등급	기준						
	수소이온 농도 (pH)	화학적산소 요구량 (COD)(mg/L)	용존 산소량 (DO)(mg/L)	총대장균군 (총대장균군 수/100mL)	용매추출유분 (mg/L)	총질소 (mg/L)	총인 (mg/L)
I	7.8-8.3	1 이하	7.5 이상	1,000 이하	0.01 이하	0.3 이하	0.03 이하
II	6.5-8.5	2 이하	5 이상	1,000 이하	0.01 이하	0.6 이하	0.05 이하
III	6.5-8.5	4 이하	2 이상			1.0 이하	0.09 이하

㉡ 사람의 건강보호

등급	항목	기준(mg/L)
전 수 역	6가크롬(Cr ⁶⁺)	0.05
	비소(As)	0.05
	카드뮴(Cd)	0.01
	납(Pb)	0.05
	아연(Zn)	0.1
	구리(Cu)	0.02
	시안(CN)	0.01
	수은(Hg)	0.0005
	폴리로클리네이트비페닐(PCB)	0.0005
	다이아지논	0.02
	파라티온	0.06
	말라티온	0.25
	1,1,1-트리클로로에탄	0.1
	테트라클로로에틸렌	0.01
	트리클로로에틸렌	0.03
	디클로로메탄	0.02
	벤젠	0.01
	페놀	0.005
	음이온계면활성제(ABS)	0.5

〈비 고〉

1. 등급Ⅰ은 참돔·방어 및 미역 등 수산생물의 서식·양식 및 해수욕에 적합한 수질을 말한다.
2. 등급Ⅱ는 해양에서의 관광 및 여가선용과 송어 및 김 등 등급Ⅰ의 해역에서 서식·양식에 적합한 수산생물 외의 수산생물의 서식·양식에 적합한 수질을 말한다.
3. 등급Ⅲ은 공업용 냉각수, 선박의 정박 등 기타 용도로 이용되는 수질을 말한다.

2) 정수 수질 기준

우리나라의 음용수 수질기준은 「먹는물관리법」 제5조 및 제26조와 「수도법」 제18조·제19조·제20조 및 제38조의2제1항의 규정에 의한 수질기준 및 검사횟수와 관련종사자의 건강진단 등에 관한 사항을 규정함을 목적으로 한다. 〈개정 2006.6.29〉

수질기준은 「먹는물관리법」 제5조 및 「수도법」 제18조의 규정에 의한 먹는물(「먹는물관리법」 제3조 제1호의 규정에 의한 먹는물을 말하며, 수돗물·샘물·먹는샘물과 약수터·샘터·우물 등 먹는물공동시설의 물 등을 포함한다. 이하 같다)의 수질기준은 다음과 같으며 본 계획에서는 이를 생활용수 및 음용수 수질기준으로 채택하였다.

먹는물의 수질기준(제2조 제1항 관련)

1. 미생물에 관한 기준

- 가. 일반세균은 1㎖중 100CFU(Colony Forming Unit)를 넘지 아니할 것. 다만, 샘물의 경우 저온일반세균은 20CFU/㎖, 중온일반세균은 5CFU/㎖를 넘지 아니하여야 하며, 먹는샘물의 경우 병에 넣은 후 4℃를 유지한 상태에서 12시간 이내에 검사하여 저온일반세균은 100CFU/㎖, 중온일반세균은 20CFU/㎖를 넘지 아니할 것
- 나. 총대장균군은 100㎖(샘물 및 먹는샘물의 경우 250㎖)에서 검출되지 아니할 것. 다만, 제4조제1항제1호나목 및 다목의 규정에 의하여 매월 실시하는 총대장균군의 수질검사시료수가 20개 이상인 정수시설의 경우에는 검출된 시료수가 5퍼센트를 초과하지 아니할 것
- 다. 대장균·분원성대장균군은 100㎖에서 검출되지 아니할 것. 다만, 샘물 및 먹는샘물의 경우에는 그러하지 아니하다
- 라. 분원성연쇄상구균·녹농균·살모넬라 및 쉬겔라는 250㎖에서 검출되지 아니할 것(샘물 및 먹는샘물의 경우에 한한다)
- 마. 아황산환원혐기성포자형성균은 50㎖에서 검출되지 아니할 것(샘물 및 먹는 샘물의 경우에 한한다)
- 바. 여시니아균은 2ℓ 에서 검출되지 아니할 것(먹는물 공동시설의 경우에 한한다)

2. 건강상 유해영향 무기물질에 관한 기준

- 가. 납은 0.05mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 나. 불소는 1.5mg/ℓ (생물 및 먹는생물의 경우 2.0mg/ℓ)를 넘지 아니할 것
- 다. 비소는 0.05mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 라. 세레늄은 0.01mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 마. 수은은 0.001mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 바. 시안은 0.01mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 사. 6가크롬은 0.05mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 아. 암모니아성질소는 0.5mg/ℓ 를 넘지 아니할 것

3. 건강상 유해영향 유기물질에 관한 기준

- 가. 페놀은 0.005mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 나. 다이아지논은 0.02mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 다. 파라티온은 0.06mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 라. 페니트로티온은 0.04mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 마. 카바릴은 0.07mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 바. 1,1,1-트리클로로에탄은 0.1mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 사. 테트라클로로에틸렌은 0.01mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 아. 트리클로로에틸렌은 0.03mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 자. 디클로로메탄은 0.02mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 차. 벤젠은 0.01mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 카. 톨루엔은 0.7mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 타. 에틸벤젠은 0.3mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 파. 크실렌은 0.5mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 하. 1,1-디클로로에틸렌은 0.03mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 거. 사염화탄소는 0.002mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 너. 1,2-디브로모-3-클로로프로판은 0.003mg/ℓ 를 넘지 아니할 것

4. 소독제 및 소독부산물질에 관한 기준(샘물·먹는샘물 및 먹는물공동시설의 물의 경우에는 적용제외)

- 가. 잔류염소(유리잔류염소를 말한다)는 4.0mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 나. 총트리할로메탄 및 클로로포름은 각각 0.1mg/ℓ , 0.08mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 다. 클로랄하이드레이트는 0.03mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 라. 디브로모아세토니트릴은 0.1mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 마. 디클로로아세토니트릴은 0.09mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 바. 트리클로로아세토니트릴은 0.004mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 사. 할로아세틱에시드(디클로로아세틱에시드와 트리클로로아세틱에시드의 합으로 한다)는 0.1 mg/ℓ 를 넘지 아니할 것

5. 심미적 영향물질에 관한 기준

- 가. 경도는 300mg/ℓ (먹는샘물의 경우 500mg/ℓ)를 넘지 아니할 것. 다만, 샘물의 경우에는 그러하지 아니하다.
- 나. 과망간산칼륨소비량은 10mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 다. 냄새와 맛은 소독으로 인한 냄새와 맛 이외의 냄새와 맛이 있어서는 아니될 것
- 라. 동은 1mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 마. 색도는 5도를 넘지 아니할 것
- 바. 세제(음이온계면활성제)는 0.5mg/ℓ 를 넘지 아니할 것. 다만, 샘물 및 먹는샘물의 경우에는 검출되지 아니할 것
- 사. 수소이온농도는 pH 5.8 내지 8.5이어야 할 것
- 아. 아연은 1mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 자. 염소이온은 250mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 차. 증발잔류물은 500mg/ℓ 를 넘지 아니할 것. 다만, 샘물의 경우에는 그러하지 아니하며, 먹는샘물의 경우에는 미네랄 등 무해성분을 제외한 증발잔류물이 500mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 카. 철 및 망간은 각각 0.3mg/ℓ 를 넘지 아니할 것. 다만, 샘물의 경우에는 그러하지 아니하다.
- 타. 탁도는 1NTU(Nephelometric Turbidity Unit)를 넘지 아니할 것.
다만, 수돗물의 경우에는 0.5NTU를 넘지 아니할 것
- 파. 황산이온은 200mg/ℓ 를 넘지 아니할 것
- 하. 알루미늄은 0.2mg/ℓ 를 넘지 아니할 것

5.2 취수시설

5.2.1 옥룡취수장 및 왕촌취수장

가. 시설현황

옥룡취수장은 공주시의 관리시설이며 2009년 5월전까지 왕촌취수장과 함께 옥룡정수장에 원수를 공급하였으나 옥룡정수장의 취수원이 대청댐 원수로 대체됨에 따라 현재는 모두가동중지된 상태이다.

따라서 옥룡취수장 및 왕촌취수장의 경우 시설현황 및 공주시에서 2007년 12월 시행한 『공주시 상수도시설 기술진단보고서(2007. 12, 공주시)』상의 진단내용을 반영·수록하고 별도의 개선방안은 수립하지 않았다.

구 분	분 포 범 위	비 고
옥룡취수장	◦ 펌프흡수정 : B 3.6m × L 13.4m × H 8.0m ◦ 집수매거 : D 1,800mm, L 160m ◦ 접 합 정 : D 3.0m × H 8.3m × 3개소 ◦ 방사상 집수정 : D 3.4m × H 10.6m(방사상으로 유공관 매설)	
왕촌취수장	◦ 집수매거 : D 1,000mm, L 150m ◦ 접 합 정 : D 2.0m × H 2.0m 2개소 ◦ 방사상 집수정 : D 5.0m × H 10.3m - 유공관 : D 65mm, L 28m 20방향	

구 분	시 설 현 황	비 고
왕촌취수장 취수펌프 모터설비	◦ 수중펌프모터(기존) ◦ 펌프사양 : 75Hp, 380V × 3대 - 구경 D450mm ◦ 수중펌프모터(신설) - 펌프사양 : 30Hp, 380V × 2대	

구 분	시 설 현 황	비 고
옥룡취수장 취수펌프 및 부대설비	○ 취수펌프 × 4대 - 펌프사양 : Q 450m³/h × H 85m × 250Hp - 구경 D250mm × D200mm × 1,750rpm - 펌프형식 : HDR200-500B, 양흡입볼류트 펌프 - 제작 : 효성에바라(1,2), 효성중공업(3,4) - 제작년도 : '07. 1(1,2), ' 91. 8(3,4호기) ○ 취수모터 × 4대 - 모터사양 : 186kW, 3Ø 4P, 3300V, 1770rpm, 40A - B종, 과부하율 1.0(1,3,4), 1.15(2호기) - 모터형식 : HSDP, 삼상유도전동기 - 모터효율 : 91.5%(1,3,4), 93.0%(2호기) - 제작 : 효성중공업 - 제작년도 : '91. 8(1,4), ' 92. 9(3), '96.11(2호기)	
	○ 수중펌프모터 40Hp × 1대(380V 용), 방사상 집수매거 설치 ○ 수중펌프모터 30Hp × 2대(220V 용), 집수매거 설치 ○ 진공펌프모터 × 2대 - 펌프사양 : Q 13m³/min × 750mmHg × 5Hp - 구경 D50mm - 모터사양 : 3.7kW, 220/380V, 1750rpm, 8.7A 1.15(과부하율), 83%(효율) 03. 7, 정우진공 ○ 배수펌프모터 - 펌프사양 : Q 0.33m³/min × H 8m × 2Hp × 2대 ○ 유지보수용 천정 크레인 : 5Ton × 1대	

나. 기능 진단

1) 취수시설 용량 평가

옥룡취수장 및 왕촌취수장 집수매거의 경우 기 매설되어 운영 중에 있으므로 상세한 제원 등의 파악이 어려운 점을 감안 “상수도시설기준” 중 집수매거의 평균값을 적용하여 취수시설 용량을 평가하였다.

① 옥룡취수장 집수매거

○ 집수매거 제원 : D 1,800mm, L 160m

- 집수매거 유공관 면적(a)

$$a = 1.8m \times \pi \times 160m = 904.8m^2$$

- 1m²당 유공개수 : 25공/m² (상수도 시설기준 : 20 ~ 30공/m²)

- 유공 직경(d) : 15mm (상수도 시설기준 : 10 ~ 20mm)

- 유공 집수면적(A)

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} \times a \times 1m^2\text{당 유공개수} = \frac{\pi \times 0.015m^2}{4} \times 904.8m^2 \times 25\text{공}/m^2 \doteq 3.99m^2$$

- 유입속도(V) : 평시 2cm/sec (한계유입속도 3cm/sec)

- 집수매거 취수가능 용량(Q)

$$Q = A \times V = 3.99m^2 \times 0.02(0.03)m/sec \doteq 0.080(0.12)m^3/s \\ = 6,912(10,368)m^3/d$$

② 왕촌취수장 집수매거

- 집수매거 제원 : D 1,000mm, L 150m

- 집수매거 유공관 면적(a)

$$a = 1.0m \times \pi \times 150m = 471m^2$$

- 1m²당 유공개수 : 25공/m² (“상수도시설기준” : 20~30공/m²)

- 유공 직경(d) : 15mm (“상수도시설기준” : 10~20mm)

- 유공 집수면적

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} \times a \times 1m^2\text{당 유공개수} = \frac{\pi \times (0.015m)^2}{4} \times 471m^2 \times 25\text{공}/m^2 \doteq 2.08m^2$$

- 유입속도(V) : 평시 2cm/sec (한계유입속도 3cm/s)

- 집수매거 취수가능 용량(Q)

$$Q = 2.08m^2 \times 0.02(0.03)m/sec \doteq 0.042(0.062)m^3/s = 3,628(5,356)m^3/d$$

옥룡취수장 및 왕촌취수장 집수매거의 취수가능 용량은 평상시 10,540 ~ 15,724m³/d 정도이나, 옥룡취수장내 방사상 집수매거, 집수정과 왕촌취수장에 신설된 방사상 집수매거, 집수정으로 전체 시설용량의 부족량을 총당하고 있으므로 최근 3년간의 최대 peak 유량이 37,279m³/d 인점을 감안할 때 전체 시설용량의 취수에는 문제가 없는 것으로 판단되며, 대청댐 광역원수 공급이후에는 취수시설이 유휴중이므로 문제될 것이 없다.

2) 취수시설 안정성 검토

옥룡취수장내 취수정의 수위확보 등을 위하여 옥룡취수장 취수시설과 인접된 공주대교 사이에 암석 및 잡석 등을 이용하여 임시 취수언제(둑)를 설치하여 운영 중에 있으나, 강우로 인한 취수언제(둑) 유실과 재 축조를 반복적으로 시행하여 왔으며 이로 인한 예산 및 인력이 투자되고 있다. 또한, 옥룡취수장 집수매거 일부가 금강 하상바닥의 세굴로 인한 노출로 원수의 수질저하가 우려되는 등 취수시설의 원활한 유지관리가 어렵고, 또한 하천 수위변화로 인해 일정한 유량확보도 다소 어려운 상태이다.

그러나, 대청댐을 수원으로 하는 충남중부권광역상수도 건설공사가 완료되어 원수를 공급 받게 되면서 위 사항들은 해결되었다.



양촌취수장



옥룡취수장 유입밸브



옥룡취수펌프



바닥배수펌프



진공펌프



모노레일 호이스트

3) 취수펌프용량 평가

옥룡취수펌프장의 취수펌프 3대(총 4대, 1대 예비) 가동 시의 실제 취수유량(27,054 m^3/d)을 정수장 시설용량(28,000 m^3/d)과 비교 검토한 결과 정수장 시설용량의 96.6%로 취수펌프 용량은 불충분한 것으로 평가되었다.

정격용량으로는 취수펌프 3대 가동시 시설용량을 상회(36,000 m^3/d)하나, 실제 취수유량이 정격용량의 80% 정도에 해당되기 때문이다.

'05. 1월 이후 최대 취수량(37,279 m^3/d)은 시설용량대비 138% 이므로 안정적으로 취수펌프를 운영하기 위해서는 취수펌프 3, 4호기의 용량변경이 요구되나, 대청댐 광역원수를 공급받고 난 이후에는 취수시설이 가동중지 되었으므로 현재는 필요하지 않다.

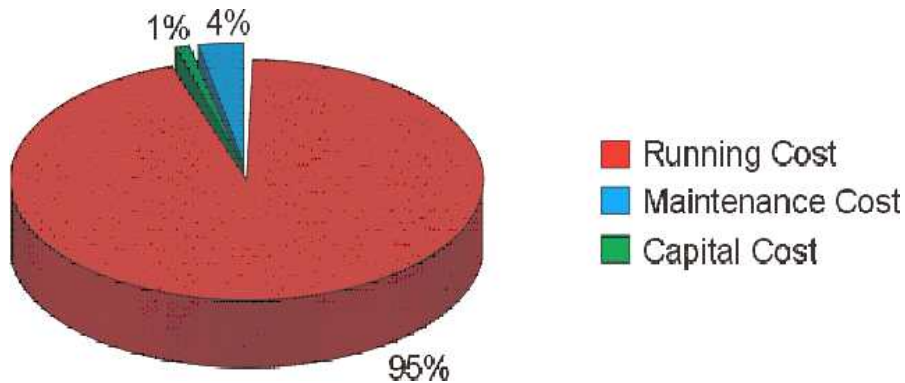
취수펌프 토출유량 대비 정수장용량 검토

정 수 장 시설용량(m^3/d)	취 수 펌 프 토출유량(m^3/d)	$\frac{\text{취수펌프용량}}{\text{정수장용량}}$ (%)
28,000	3대 가동 : 27,054	96.6

※ 계획취수량 : 계획1일 최대급수량의 105 ~ 110%

4) 취수펌프모터 효율 검토 및 평가

① 펌프효율 관리의 중요성



Water Pumps Life-cycle Running Costs

- 수도시설 중 펌프모터는 대동력 소모 설비로 펌프 운전에 따른 전력비는 물 생산원가에서 상당부분을 차지하고 있는 실정이다.
- 펌프의 생애주기비용 관점에서 초기투자비 및 유지관리비는 5% 미만이며 약 95%는 운전비용(에너지 비용)에 해당된다. 따라서 펌프의 고효율 운전은 동일사양에서 펌프 축동력의 감소에 의해 에너지 절감을 실현할 수 있는 방법이다.

② 취수펌프 효율 검토시 측정 조건

각 호기별 펌프 토출 측 밸브 개도 100% 운전조건에서 압력, 유량 및 전력 데이터를 측정하여 펌프 효율을 측정하였으며 모터효율은 모터 명판에 표시된 값을 적용하였다. 펌프장내에 진단용 유량계의 설치여건이 부적정하여 취수유량은 현장에 설치된 유량계의 적산값을 이용하였다. 취수펌프는 1, 2호기 중 단독호기 가동조건에서는 3, 4호기가 가동 중이었으며, 3, 4호기 중 단독호기 가동조건에서는 1, 2호기가 동시에 가동 중이었다.

취수펌프 효율 측정에 사용한 계측기기

측정항목	측정기기
전압, 전류 및 역률	전력품질분석기(HIOKI)
흡입압 및 토출압	디지털 압력전송기(KONICS, KT-301)
취수유량	현장취수유량계(초음파)

③ 취수펌프 효율 검토

펌프효율계산 프로그램을 이용하여 계산한 취수펌프의 효율 결과는 다음과 같으며, 이는
평상 시 운전 조건인 토출밸브 개도 100%에서의 측정 결과이다.

규정 토출량 기준 취수펌프 효율 비교

구 분	측정 유량 (m ³ /min)	측정 효율 (%)	KS B 6318 기준 효율(%)	펌프모터 운전상태평가
1호기	7.07	73.72	62.0	양 호
2호기	7.14	73.52	62.0	양 호
3호기	6.50	61.85	61.5	보 통
4호기	6.60	63.12	61.5	보 통

옥룡취수펌프 효율분석 결과

구 분	단위	1호기	2호기	3호기	4호기
흡입구경(Di)	m	0.25	0.25	0.25	0.25
토출구경(Dd)	m	0.20	0.20	0.20	0.20
흡입압력(P1)	kgf/cm ²	-0.44	-0.46	-0.48	-0.49
토출압력(P2)	kgf/cm ²	8.35	8.30	8.40	8.38
압력수두차(ΔH)	m	87.90	87.60	88.80	88.70
측정유량(Q)	m ³ /h	424.30	428.60	390.00	396.00
	m ³ /min	7.07	7.14	6.50	6.60
	m ³ /s	0.12	0.12	0.11	0.11
흡입유속(Vs)	m/s	2.40	2.43	2.21	2.24
토출유속(Vd)	m/s	3.75	3.79	3.45	3.50
속도수두차(ΔV)	m	0.42	0.43	0.36	0.37
압력계위차차(ΔZ)	m	0.04	0.05	0.05	0.05
모터효율(η m)	%	91.5	93.0	91.5	91.5
수동력(Lw)	kW	101.86	102.56	94.52	95.87
축동력(Ls)	kW	151.0	150.0	167.0	166.0
펌프효율(η p)	%	73.72	73.52	61.85	63.12
원단위전력량(Ps)	kWh/m ³	0.357	0.351	0.429	0.420
전양정(H)	m	88.36	88.08	89.21	89.12

KS B 6318 양쪽흡입볼류트펌프 효율

송출량 (m ³ /min)	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0
A효율(%)	67	70	71	72	73	74
B효율(%)	57	59	60	61	61.5	62.5

※ A효율 : 펌프효율 최고치는 펌프정격유량에서 A효율 이상이어야 한다.

B효율 : 규정보출량에서는 펌프효율이 B효율 이상이어야 한다.

KS B 6318 양쪽흡입볼류트펌프 효율

흡입구경(mm)	200	250	300	350	400
토출량(m ³ /min)	2.8~5.6	4.5~9.0	7.1~14.0	11.2~22.4	11.2~22.4

효율 측정 결과를 한국산업규격 [KS B 6318 양쪽흡입볼류트펌프 효율]과 비교해 보면, 취수펌프 4대 모두 한국산업규격에서 제시하고 있는 펌프효율(B효율) 이상이며 규정보출량의 범위에서 운전되고 있으나, 3, 4호기는 1, 2호기에 비하여 효율이 현저히 낮은 것(11%)으로 조사되었다.

취수펌프 3, 4호기의 효율이 대체로 낮은 주요 원인으로는 체크밸브와 급격한 곡관부가 있는 토출배관, 특히 도수관로에서의 손실수두 등이 주된 원인으로 작용하며, 그로 인하여 실제양정(평균 88.7m)은 정격양정(85m)보다 크게 나타나고, 실제 취수유량(평균 393 m³/h)이 정격유량(500m³/h)에 비해 적어 고양정 저유량 범위에서 운전되기 때문이다.



취수펌프 토출배관

특히 3호기의 효율이 상대적으로 낮은 이유는 펌프 내부 분해점검시 나타난 바와 같이 케이싱내부, 임펠러 흡입측의 손상 및 케이싱링의 제작불량 등이 그 원인이다.

5) 취수펌프 비속도 검토 및 평가

펌프의 형상(일반적인 원심펌프의 비속도 범위 : $N_s=100\sim600$) 및 성능효율 등을 결정 짓는 비속도(N_s)는 펌프 효율측정 조건에서의 유량(Q), 양정(H) 및 회전수(N)를 사용하여 계산하였다. 비속도는 펌프 고유특성값으로서 펌프임펠러의 적정 성상을 나타내는 수치이므로 권장범위에 있을 때에는 적정하게 운전되고 있다고 할 수 있다.

$$\text{○ 비속도}(N_s) = \frac{N\sqrt{Q}}{H^{3/4}} \quad (\text{양흡입시는 } Q/2, \text{ 다단인 경우 } H/n \text{ 적용, } n: \text{단수})$$

옥룡취수펌프의 비속도는 일반적인 원심펌프의 범위에 있어 적정한 것으로 판단된다.

100% 개도조건에서의 송수펌프 비속도(N_s)

호 기	1	2	3	4	적정 비속도 범위	적정 여부
비속도(N_s)	114	115	109	110	100 ~ 300	적 정

6) 취수펌프 캐비테이션(Cavitation) 검토

펌프의 흡입 양정이 높거나, 유속 급변 및 와류 발생, 유로에서 장애 등으로 압력이 국부적으로 포화증기압 이하로 내려가는 경우 기포가 생성되는데, 이러한 현상을 캐비테이션이라 한다. 캐비테이션이 발생하는 경우 펌프 임펠러 및 케이싱 표면을 침식시켜 펌프의 수명을 단축시키므로 캐비테이션 검토를 통해 발생을 예측하고 예방조치를 취하게 된다.

캐비테이션을 검토할 때에는 펌프 흡수정의 수위가 저수위일 때 유량과 흡입수두를 이용하는 것이 정확한 검토 방법이나, 흡수정 수위의 변동이 있는 것을 감안, 기술진단시 펌프 운전조건에서 검토하였으며, 그 측정 및 계산 결과는 다음과 같다.

취수펌프 캐비테이션 검토

구 분	단위	1호기	2호기	3호기	4호기
펌프센터와 진공계의 위치차	m	-0.07	-0.08	-0.07	-0.08
펌프회전수(N)	rpm	1750	1750	1750	1750
흡입속속도수두(m)	m	0.29	0.30	0.25	0.26
유효흡입수두(NPSHav)	m	5.92	5.71	5.47	5.37
필요흡입수두(NPSHre)	m	3.45	3.47	3.26	3.29
비속도(N_s)	rpm·m ³ / min·m	114	115	109	110
캐비테이션 발생검토	값 > 1.3	1.72	1.64	1.68	1.63
상황 판단	양호	O.K	O.K	O.K	O.K

캐비테이션 검토 결과 토출밸브 100%개도 조건에서 운전할 경우 취수펌프 전 호기 모두 캐비테이션에 대해서 안전한 것으로 검토되었으나, 취수펌프 분해시 취수펌프 임펠러 흡입측이 일부 손상된 것은 모래 등 이물질 유입에 의한 것과 과거 흡수정 수위가 현재보다 낮게 운전되었을 때 손상된 것으로 판단된다.

7) 취수펌프 측정렬 분석 및 평가

현재 측정렬 허용 오차에 대한 국제적으로 표준화된 규격이 없는 관계로 본 진단에서는 측정렬 기기 제작업체에서 권장하는 허용오차를 적용하여 취수펌프와 모터간의 측정렬 상태를 분석하여 정렬의 적정성을 판단하였다.

측정렬 측정장비

제 작 사	모 델 명	Sensor 분해능	특 징
PRUFTECHNIK (독일)	Optalign plus	1/1,000mm	갈륨알루미늄비소 반도체 레이저 이용

옥룡 취수펌프모터의 측정렬 상태

측정대상 펌프모터	오차항목	허용범위 (±mm)	측정값 (mm)	적정여부
1호기(250Hp) Q 500m ³ /h×H85m	vertical gap	0.11	-0.12	×
	offset	0.09	0.09	○
	horizontal gap	0.11	0.10	○
	offset	0.09	-0.22	×
2호기(250Hp) Q 500m ³ /h×H85m	vertical gap	0.11	-0.10	○
	offset	0.09	-0.18	×
	horizontal gap	0.11	-0.01	○
	offset	0.09	-0.18	×
3호기(250Hp) Q 500m ³ /h×H85m	vertical gap	0.18	0.01	○
	offset	0.09	-0.06	○
	horizontal gap	0.18	-0.04	○
	offset	0.09	0.08	○
4호기(250Hp) Q 500m ³ /h×H85m	vertical gap	0.18	0.02	○
	offset	0.09	0.04	○
	horizontal gap	0.18	-0.01	○
	offset	0.09	0.02	○

옥룡 취수펌프모터의 축정렬 교정 값

구 분		모터의 조정위치	조정값 α (mm)	교 정
1호기	수직	Left foot	-0.33	-
		Right foot	-0.79	Right foot에 라이너를 제거하여 모터축을 아래(↓)방향으로 0.79mm 만큼 낮춤
	수평	Left foot	-0.42	-
		Right foot	-0.80	모터축 Right foot를 우측으로 0.80mm 만큼 밀어줌
2호기	수직	Left foot	-0.02	-
		Right foot	-0.40	-
	수평	Left foot	0.16	-
		Right foot	0.11	-
2호기	수직	Left foot	-0.05	-
		Right foot	-0.02	-
	수평	Left foot	-0.03	-
		Right foot	0.06	-
2호기	수직	Left foot	-0.04	-
		Right foot	0.01	-
	수평	Left foot	-0.02	-
		Right foot	0.03	-

위 표와 같이 취수펌프모터의 축정렬 상태는 전호기(1~4호기) 모두 매우 양호하여 현 상태에서 축정렬은 다시 실시할 필요가 없다.

8) 취수펌프모터 진동분석 및 평가

진동측정분석기를 이용하여 취수펌프모터에 대한 진동을 측정한 결과와 같이 부위별 진동값(rms)이 측정되었으며, 진동상태에 대한 평가는 표의 ISO 10816-3 규정에 의하여 실시하였다.

진동분석(FFT Analyzer) 측정장비

제 작 사	모 델 명	Sensor	정 밀 도
(주)나다 S&V	VibLow CX II	ASI-100	100mV/gs

옥룡취수펌프모터의 진동 측정 결과를 ISO 10816-3의 기준에 의하여 판정한 결과, 펌프 분해점검후 1, 4호기는 「제한된 기간 동안 운전 허용」의 "C" 등급, 2호기는 「장시간 운전 허용」의 "B" 등급으로 평가되었으나, 3호기는 「허용불가」의 "D" 등급으로 평가되었다.

1, 3, 4호기는 펌프분해점검 전후의 진동값을 비교 측정하였으며, 진동측정값은 1, 4호기는 전후 비교하여 감소하였다. 특히 1호기는 그리드커플링의 그리드 재설치 후 진동값이 현저히 감소하였다.

옥룡 취수펌프모터 펌프분배 전후 총진동값 및 평가

구분	동력 (Hp)	총 진동값(mm/s rms)								상태 판정
		모 터 반부하측		모 터 부하측		펌 프 부하측		펌 프 반부하측		
		수직	수평	수직	수평	수직	수평	수직	수평	
1호기(전)	250	6.23	3.54	2.61	3.93	11.73	4.51	7.36	6.54	D
1호기(후)	250	1.89	2.99	1.93	2.60	4.67	3.36	4.87	3.83	C
2호기	250	0.89	0.89	1.53	0.96	3.58	2.03	3.44	2.26	B
3호기(전)	250	5.99	10.63	6.88	11.36	10.07	10.64	7.41	4.55	D
3호기(후)	250	4.77	9.00	6.00	7.96	8.37	11.93	6.22	4.32	D
4호기(전)	250	2.17	3.47	1.57	1.90	12.70	5.90	13.31	4.54	D
4호기(후)	250	2.02	2.74	1.57	2.22	6.29	5.47	5.79	6.14	C

“C” 및 “D”등급으로 평가된 취수펌프 1, 3, 4호기에 대한 진동분석 결과는 다음과 같다. D등급으로 측정된 취수펌프 3호기는 조치 전까지는 가급적 가동하지 않도록 하는 것이 필요하다.

전체적으로 총진동값이 크게 측정된 것은 펌프모터의 베이스에 그 근본적인 원인이 있다고 할 수 있다. 수평성분의 진동값보다는 수직성분의 진동값이 높게 측정되었고, 베이스, 구조물 및 토출배관에 큰 진동이 감지되는 것은 펌프모터 베이스에 큰 진동값의 원인이 있으며, 세부적인 내용은 다음과 같다.

베이스의 기초 작업 시 중형회전기계의 기초를 위해서는 I볼트를 사용하여야 하나, 일반적인 앵커볼트를 사용하였을 때 나타나는 현상이라고 할 수 있다. 이를 개선하기 위한 대책으로 현재의 기초에 케미컬앵커의 추가 설치 또는 I볼트로의 기초 작업을 실시하도록 하는 것이 있으며, 이를 통하여 펌프모터의 진동을 감소시켜 안정적으로 설비운동을 할 수 있다.



취수펌프모터 베이스



취수펌프모터 베이스

- 취수펌프 1, 4호기는 펌프내 임펠러의 불평형과 모터노화에 따른 진동도 부가적인 원인이라고 판단된다.
- 취수펌프 1호기는 분해시 그리드의 체결방향이 반대로 되어 있었으며 이는 불안정한 회전을 발생시키는 원인이었으며, 재조립 후 안정화되었다.



취수펌프 1호기 커플링

- 취수펌프 3호기의 진동값이 가장 큰 이유는 케이싱 및 임펠러의 손상, 케이싱링의 제작불량 등이 그 원인으로 판단된다.
- 취수펌프 3호기의 분해하였을 때 그림에서 보는 바와 같이 케이싱 및 임펠러 흡입측이 여러 군데 손상되어 정상적인 양수를 하기 어려운 것으로 보이며, 교체한 케이싱링이 크게 제작되어 안정되게 장착되지 못하고 움직이는 상태로 되어 슬리브의 손상 및 불안정한 운전을 초래할 수 있다. 미케니컬실(Mechanical Seal)의 스프링 간격도 최소간격(4mm) 이상을 확보하지 못하여 누수가 있을 수 있으며 수명을 다한 것으로 보인다. 전체적으로 불안정한 운전을 초래할 수 있다.



취수펌프 3호기 흡입측 손상



취수펌프 케이싱량 제작불량

- 취수펌프 4호기의 분해시 상태는 임펠러가 약간 침식되었으며 특별한 이상내용은 없었으나 펌프내부가 전체적으로 노후된 상태였다.
- 진동을 저감하기 위해서는 「장착 베드부 불량성분 제거 → 펌프 회전차(임펠러) 밸런싱 작업 수행 및 베어링 점검 → 모터 내부상태 및 베어링 점검 → 축정렬 실시」 등의 순서로 작업을 진행하여 진동원인을 제거하고 진동측정 재실시 후 안정된 것을 확인한 후 가동하도록 하는 것이 일반적이 방법이다. 이후로도 진동에 대한 경향(Trend) 분석 등 주기적인 관리를 하는 것이 매우 필요하다.

진동평가 기준 (ISO 10816-3)

지지 분류	영역 경계	진동변위 ($\mu\text{m}, \text{rms}$)				진동속도($\text{mm/s}, \text{rms}$)			
		그룹1	그룹2	그룹3	그룹4	그룹1	그룹2	그룹3	그룹4
강지지	A/B	29	22	18	11	2.3	1.4	2.3	1.4
	B/C	57	45	36	22	4.5	2.8	4.5	2.8
	C/D	90	71	57	36	7.1	4.5	7.1	4.5
유연지지	A/B	45	37	28	18	3.5	2.3	3.5	2.3
	B/C	90	71	57	36	7.1	4.5	7.1	4.5
	C/D	140	113	90	56	11.0	7.1	11.0	7.1

- 그룹 1 : 대형기계(300 kW~50 MW), 전기기계(축높이 H=315 mm이상)
- 그룹 2 : 중형기계(15~300 kW), 전기기계(160 ≤ H ≤ 315 mm)
- 그룹 3 : 원심, 혼류 또는 축류펌프 (15 kW이상, 분리된 구동장치)
- 그룹 4 : 원심, 혼류 또는 축류펌프 (15 kW이상, 연결된 구동장치)
- 강지지 : 계의 1차 고유진동수가 회전주파수보다 25% 이상 높은 경우
- 영역 A : 양호
- 영역 B : 장시간 운전 허용
- 영역 C : 제한된 기간 동안 운전허용 (보수조치 필요)
- 영역 D : 허용불가
- 경고(Alarm) : 영역 B의 1.25배 정도
- 비상정지(Trip) : 영역 C의 1.25배를 넘지 말 것

9) 종합평가

1, 2호기의 효율은 높지만 3, 4호기의 효율은 상대적으로 낮게 측정(11%)되었으며, 측정렬상태는 모두 양호하였다. 진동측정값은 전체적으로 높게 조사되었는데 펌프모터 베이스 설치 문제에 그 주요 원인이 있다고 판단된다.

모터(4대)의 사용년수는 11~16년, 3, 4호기 펌프의 사용년수는 16년으로 임펠러 등의 교체실적은 있으나 펌프모터가 노후된 상태이다.

또한 취수용량 확보와 안정적인 취수펌프 운영을 하기 위해서는 총 4대중 1대를 예비호기로서 활용하여야 하나 현재의 취수펌프 운영은 예비호가 없는 실정이므로 이를 보완하고, 1, 2호기에 비하여 효율이 11% 정도 낮아서 전력원단위가 높은 상태로 운전되고 있고 17년 이상 사용한 매우 노후한 펌프인 취수펌프 3, 4호기를 교체, 에너지를 절감하는 방안에 대하여 검토하여야 하나, 현재는 대청담광역원수공급과 함께 운휴중이다.

취수펌프 운전 현황

정수장 시설용량	취수펌프 3대 평균취수유량	최근 3년간 최대취수유량	취수펌프 4대 취수유량
28,000m³/d	27,054m³/d	37,279m³/d	34,452m³/d

그러나, 펌프진단시 측정된 손실수두가 이론값보다 상당히 증가된 상태이므로 관로시설에 대한 세부점검이 우선적으로 필요하다. 참고로 4호기 1대 가동시의 관로손실수두를 Williams-Hazen 공식을 적용하여 이론적으로 계산하면,

$$H_f = L \times 10.666 \times C^{-1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85}$$

C : 유속계수 (100 적용 : 도수관 20년 이상 사용, 강관)

D : 관경(450 mm), Q : 유량(m³/s), L : 도수관로 총길이(338m)

도수관로를 20년 이상 사용하였기 때문에 유속계수(C) 100을 적용한 이론상 관로손실수두는 0.59m로 계산된다. 계산 시 데이터는 다음과 같다.

4호기 측정자료

관길이	유속계수(C)	관 경	유 량
338m	100	0.45m	0.11m³/s (4호기 1대 유량 396m³/h)

취수펌프 4호기의 실측된 자료를 토대로 실제 손실수두를 계산하면

전양정 = 실양정 + 손실수두

89.12m = 75.71m + 손실수두

이므로 손실수두는 13.41m로 계산된다.

5.2.2 유구취수장

가. 시설현황

유구정수장의 취수원인 유구천의 취수장은 공주시의 관리시설이며 유구천 복류수를 수원으로 하고 있고 접합정은 총 3개소가 설치되어 있다.

운영근무자와의 인터뷰결과 취수원 상류에 갈대습지가 조성되어 하절기 집중강우시에도 탁질 성분이 적게 유입되는 것으로 조사되었다.

그러나 금회 본 계획에서 시행한 물수지분석 결과 이수안전도 68%로 이수안전도 조건 (90% 이상)을 불만족하는 것으로 나타났다.

집수매거 시설현황

구 분	시 설 현 황	비 고
취 수 원	○ 유공흡관 : D700mm, L120m ○ 접합정 : 철근콘크리트원형 - D300mm, H5m 2개소 - D300mm, H5.5m 1개소	



접합정, 집수매거 및 취수보

유구 취수펌프모터 세부 시설현황

구 분	시 설 현 황	비 고
취수펌프 모터설비	○ 제1, 2, 3호기 취수펌프 - 펌프사양 : Q 108m³/h × H 57m(3호기 75m) × 50Hp 구경 D125mm × D100mm - 펌프형식 : HTM 100/3, 다단터어빈펌프 - 제작 : 효성에바라, '07. 11(1), '83. 8(2), '06. 10(3) ○ 제1, 2, 3호기 취수모터 - 모터사양 : 50Hp, 3Ø 4P, 380V, 1771rpm, 75A, B종, 모터효율 93.0%(1), 90.5%(2, 3) - 모터형식 : TBTE, 삼상유도전동기 - 제작 : 효성중공업 ○ 진공펌프모터 - 펌프사양 : Q 1.0m³/min × 5Hp, 630mmHg 구경 D40mm, 형식 : VP-40, '83. 8 - 모터사양 : 5Hp, 220/380V, 1735rpm, 14.5/8.1A 과부하율 1.15, 효성중공업	
	○ 부대시설 - 보수용 천정 크레인 : 3Ton × 1대 - 도수관로 : 강관 D 200mm - 도수관로 급폐식 역지변 설치(D 200mm)	



취수펌프설비



진공펌프



취수펌프장



유지관리용 호이스트

유구취수원의 취수가능량에 대해 당초 『공주시 상수도시설 기술진단보고서』에서는 유구천 복류수 취수가능량을 평균 3,391m³/일으로 일평균 취수량보다 많은 것으로 나타나 문제가 없는 것으로 진단하였으나 금회 본 계획에서 물수지 분석을 시행한 결과 유구 취수지점의 취수가능량은 이수안전도 90% 이상을 불만족(이수안전도 68%)하는 것으로 나타났다.



유구취수장 취수원(유구천) 유역도

1) 강우분석

① 관측소 현황

계획취수지점 유역 내·외의 강우관측소는 다음 표와 같이 기상청 관할 2개소, 국토해양부 관할 3개소 등 총 5개소가 위치하고 있으며, 이중 관측기간 20개년(1988년~2007년)의 강수량을 산정하기 위하여 합리적인 점우량 분포를 고려하여 기상청 관할 1개소, 국토해양부 관할 3개소 등 4개소의 강우관측소를 선정하여 티센망을 구축하였다.

우량관측소 현황

관측소명	수계명	관측종별	위 치			관측개시일	해발고(EL.m)	관할기관
			지명	경도	위도			
천안	삽교천	자기	충남 천안 신방 654	127-07	36-47	1971-01-01	22.2	기상청
예산	삽교천	T/M	충남 예산 오가 국도유지	126-47-33	36-41-05	1933-09-01	50	국토해양부
청양	금강	T/M	충남 청양 청양읍 읍사무소	126-48-37	36-27-03	1929-09-01	100	국토해양부
정안	금강	T/M	충남 공주 정안 정안면사무소	127-07-20	36-36-20	1960-06-01	80	기상청
유구	금강	T/M	충남 공주 유구 유구초교	126-57-03	36-33-02	1993-05-01	70	국토해양부

자료) 한국수문조사연보(우량편)(2007, 건설교통부)

주) 1. 지리산 : 2007년 위치변경으로 2007년 결측

2. 차황 2 : 산청관측소와 중복

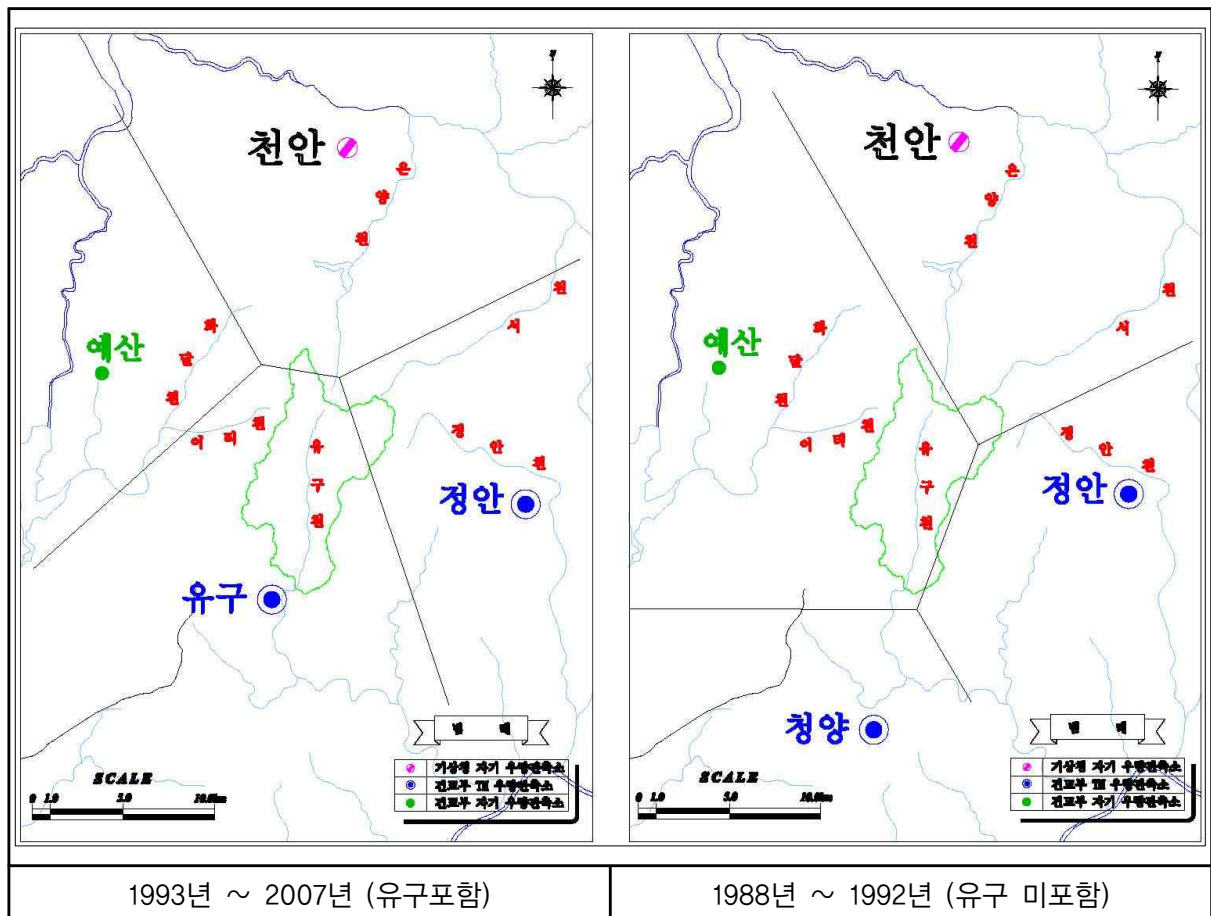
3. 남원 : 티센지배면적 없어 제외

② 티센망 구축

계획취수지점의 우량관측소 지배 면적비를 Thiessen망을 작성하여 산정하였으며, 다음 표 및 그림과 같다.

관측소 지배면적비

구 분	유역 면적 (km ²)	관측소 적용기간	예산		천안		정안		유구	
			면적 (km ²)	면적비 (%)	면적 (km ²)	면적비 (%)	면적 (km ²)	면적비 (%)	면적 (km ²)	면적비 (%)
유구취수장	52.21	1988년~ 1992년	45.89	87.90	4.09	7.83	2.23	4.27	0.00	0.00
		1993년~ 2007년	0.00	0.00	1.02	1.96	5.63	10.80	45.56	87.24



티센망도

③ 평균강우량

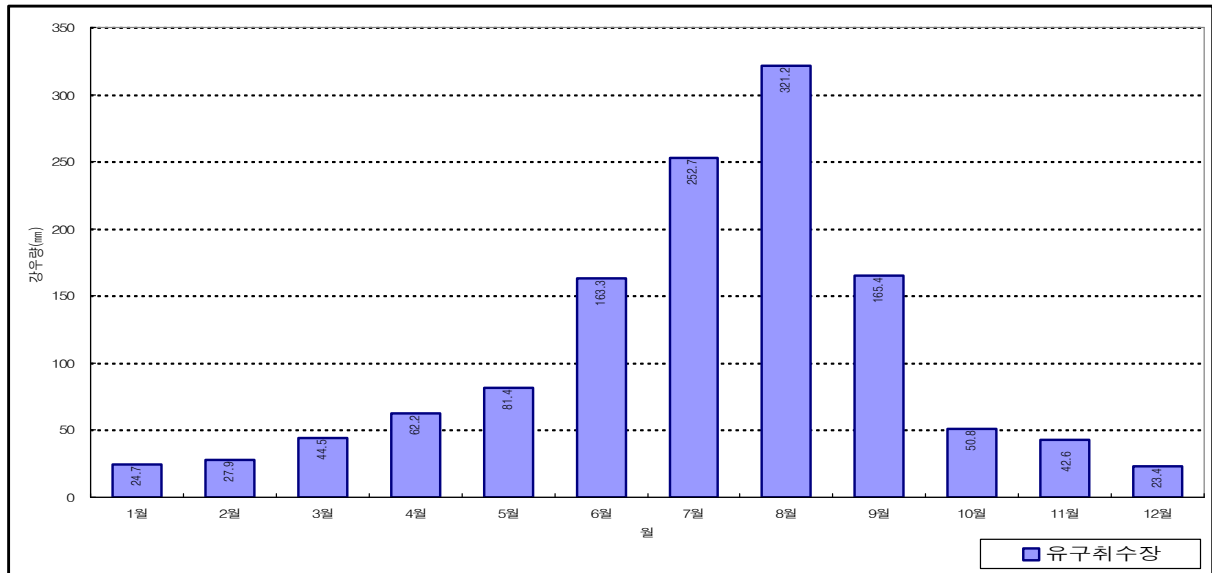
계획취수지점의 티센법에 의하여 산정한 평균강우량은 다음 표와 같으며, 20개년 연평균 강수량이 1,260.09mm로서 우리나라 연평균강수량인 1,245mm(제주도 포함시)보다 강수량이 많은 것으로 나타났다.

계획취수지점 평균강우량

(단위:mm)

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전 년
1988년	12.08	1.49	54.40	29.88	35.28	56.48	258.14	81.75	38.38	2.00	12.67	33.90	616.44
1989년	58.41	48.11	89.54	14.60	32.91	83.96	160.21	218.28	223.00	60.49	81.47	6.30	1,077.27
1990년	61.73	84.28	64.28	32.70	51.23	286.23	215.64	152.85	190.88	3.47	42.13	18.60	1,204.02
1991년	16.16	39.09	85.51	52.48	156.71	96.86	270.36	109.49	325.30	23.66	16.74	28.86	1,221.23
1992년	11.71	21.01	18.13	84.07	77.60	58.07	135.04	451.56	127.03	33.78	36.98	54.68	1,109.64
1993년	3.22	79.60	25.10	61.78	73.23	172.64	279.05	202.12	129.54	44.96	85.08	30.94	1,187.26
1994년	19.08	10.80	62.53	22.48	114.81	202.78	65.66	417.54	24.65	177.75	7.61	32.02	1,157.71
1995년	23.46	14.90	31.92	58.87	56.14	25.34	304.00	891.78	38.59	32.92	43.28	3.89	1,525.08
1996년	32.44	2.78	120.09	31.99	25.32	227.90	185.98	165.08	11.70	79.13	81.46	5.83	969.71
1997년	14.98	43.94	23.77	56.96	191.46	330.68	348.44	270.14	47.25	8.08	115.19	42.67	1,493.55
1998년	27.87	32.21	37.16	126.62	108.84	261.04	313.19	532.68	251.47	56.55	61.49	13.57	1,822.70
1999년	7.02	5.79	49.26	89.75	113.90	181.73	157.07	212.15	331.63	145.73	14.92	9.87	1,318.81
2000년	51.46	22.46	24.72	43.17	45.14	221.91	142.03	724.98	288.52	35.92	36.03	26.35	1,662.70
2001년	31.19	47.87	28.26	19.21	23.27	161.27	244.92	166.84	28.23	69.52	7.32	47.35	875.26
2002년	68.45	3.38	3.20	140.52	104.18	63.14	236.75	470.60	46.32	103.66	31.00	31.85	1,303.04
2003년	20.51	57.89	28.11	165.76	104.01	189.29	392.35	348.54	148.83	16.75	42.30	13.40	1,527.75
2004년	22.99	14.76	45.19	68.08	107.15	281.02	344.39	222.14	209.02	5.43	53.65	38.95	1,412.77
2005년	3.00	27.37	40.16	63.34	53.54	177.40	325.48	234.72	440.23	33.96	20.51	27.90	1,447.62
2006년	7.29	0.36	3.93	46.97	82.89	76.77	429.91	39.36	18.21	27.65	47.31	0.43	781.08
2007년	0.18	0.67	54.55	34.57	70.45	111.79	245.10	510.98	389.18	54.78	15.01	0.89	1,488.14
전년평균	24.66	27.94	44.49	62.19	81.40	163.31	252.69	321.18	165.40	50.81	42.61	23.41	1,260.09

주) 자료기간 : 1988~2007년(20개년)



계획취수지점 평균강우량

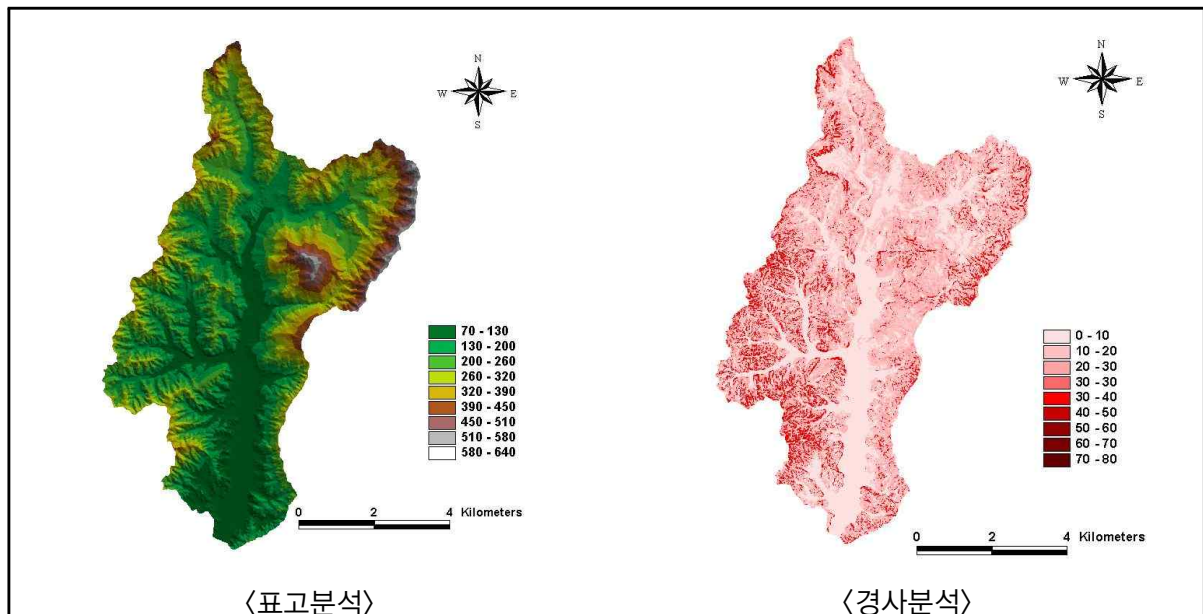
2) 유출분석

① 유역특성 분석

유구취수장은 유구천 상류에 위치하며, 해당유역의 유역특성은 다음 표 및 그림과 같이 유역면적 52.51km², 유로연장 14.15km, 유역평균표고 EL.228.58m, 유역평균경사는 20.23%이다.

유역특성

구 분	유역면적(km ²)	유로연장(km)	유역평균표고(EL.m)	유역평균경사(%)
유구천	52.51	14.15	228.58	20.23



유역특성 분석 결과

② 장기유출분석(PRMS모형)

㉠ 입력자료 구축

PRMS모형을 이용하여 장기유출량을 모의하기 위해서는 단위유역별로 시계열 및 지형자료가 구축되어야 한다. PRMS모형의 주요 입력자료는 일단위의 강우량 자료와 증발량 및 기온자료로 구성된다. PRMS모형에서 강우량을 적용하는 방법은 유역 인근에 위치한 관측소의 지점강우량을 이용하는 경우와 면적평균 강우량을 이용하는 경우가 있다. 첫 번째 방법은 관측소의 우량 자료를 별도의 가공을 거치지 않고 사용할 수 있으나 관측소의 자료기간이 상이한 경우 기간별로 모형을 실행시켜야 하는 어려움이 있으므로 본 계획에서는 면적평균 강우량을 이용하여 입력자료를 구축하였다.

PRMS모형에서 잠재증발산량을 추정하는 방법은 태양복사량 자료를 이용하는 경우와 증발접시 자료를 이용하는 경우 및 추정식을 이용하는 방법이 있다. 그러나 우리나라에는 태양복사량 자료가 없어 이를 이용하여 잠재증발산을 추정하는 방법은 불가능하다. 또한, 증발접시 자료를 이용할 경우 유역의 잠재증발산량과 차이가 있을 뿐만 아니라 가용자료도 부족한 상황으로 본 과업에서는 부득이 추정식을 이용하여 잠재증발산량을 추정하였다.

㉡ 매개변수 결정

○ PRMS모형의 최적 매개변수 결정방법

매개변수는 지형자료에서 직접 결정되는 추정용이 매개변수와 지형자료에서 결정하기 힘든 추정난해 매개변수로 구분된다. 추정용이 매개변수는 유출분석 대상유역의 DEM, 임상도, 토양도, 토지피복도 등을 통하여 직접 추출되므로 보정유역에서 매개변수를 보정·검증하여 유역으로 전이하는 과정을 거치지 않는다. 추정난해 매개변수는 보정유역을 통해 값을 보정·검정한 후, 매개변수 지역화 기법을 이용하여 각 유역별로 전이하여 적용된다.

- DEM, 임상도, 토양도, 토지피복도 등을 이용하여 추정용이 매개변수 추출
- 유역별 면적강우량을 이용하여 우량관련 추정난해 매개변수 확정
- 월별 증발산 관련 매개변수를 조절하여 물수지를 맞춤
- 민감도가 높은 추정난해 매개변수를 최적화 기법을 통하여 보정 및 검증

PRMS모형에는 수많은 추정난해 매개변수가 있으므로 모형에서 제공하는 제안 값을 사용하여 모형을 실행시킨 다음 모의 결과를 관측치와 비교·검토한 후 민감도가 높은 매개변수들을 Rosenbrock 방법을 사용하여 최적화하는 방법을 사용하였다. Rosenbrock 방법도 도함수의 계산이 필요 없는 직접탐색방법으로 모형 매개변수들의 상한값(HU)과 하한값(GU)을 제시하여야 한다. Rosenbrock 방법의 매개변수 결정은 단계별로 이루어진다.

첫 번째 단계에서 각 매개변수들이 각 방향에서 새로운 값으로 대체된다.

두 번째 단계는 이전의 단계동안 매개변수들이 이동한 경험을 기초로 새로운 매개변수 Set을 직교방향에 대해 찾는다. 이러한 과정을 시행횟수가 허용한계에 도달하거나 수렴할 때까지 반복하게 된다. 이 방법의 특징은 이전단계에서 경험된 매개변수의 이동이 반영되는 새로운 방향 축으로 탐색한다는 것으로 기본개념은 다음과 같다.

우선 각 축방향에 평행한 방향(단위)벡터 t_i 를 추정하고, 각 축방향의 이동폭(step size)을 s_i 로 한다. 출발점 X_0 로부터 t_i 방향으로 탐색을 하여 식(2.2-1)과 같이 새로운 점(X)에 있어서의 목적함수 $f(x)$ 를 계산한다. 이때, 만약 식(2.2-2)의 조건을 만족한다면 목적함수 $f(x)$ 의 값이 감소하는 방향으로 개선되므로, x 를 택하고 이동폭 s_i 를 식(2.2-3)와 같이 α 배하여 적용한다.

PRMS모형에서는 목적함수를 잔차절대합이나 잔차제곱합 둘 중 하나를 선택할 수 있다.

$$X \leftarrow X_0 + s_i \times t_i \quad (i = 1, \dots, n) \quad (2.2-1)$$

$$f(x) < f(x_0) \quad (2.2-2)$$

$$X_0 \leftarrow X, \quad s_i \leftarrow \alpha s_i \quad (\alpha > 1) \quad (2.2-3)$$

만일, 식(2.2-2)를 만족하지 않을 경우에는 X 값을 버리고, 이동폭(s_i)의 부호를 바꾼 다음 β 배하여 탐색을 계속한 후 모든 방향에서 식(3.4-58)이 성립하지 않을 때까지 또는 제한 횟수까지 반복한다.

$$X_0 \leftarrow X_0, \quad s_i \leftarrow -\beta s_i \quad (0 < \beta < 1) \quad (2.2-4)$$

그 다음, 방향벡터(t_i)를 Gram-Schmit의 직교화법으로 회전시킨 후 앞에서와 같은 방법으로 목적함수의 최소값이 허용치를 만족할 때까지 반복하여 최적값을 찾는다.

○ 추정용이 매개변수 결정

추정용이 매개변수는 기존 유역조사에서 구축된 DEM(Digital Elevation Model)과 토지피복도, 농업진흥청 농업기술연구소에서 제작한 토양도 및 산림청 국립산림과학원에서 제작한 임상도를 이용하여 추출하였다.

DEM을 이용하여 산정 가능한 매개변수는 다음 표와 같다. 이 중 HRU 평균고도는 기상관측소와 HRU의 표고차를 고려하여 일 최고 및 최저온도 자료보정에 사용되며, 태양복사량 단면은 태양복사량(Radiation)을 보정하기 위해 입력하는 자료로서 각 HRU별 경사, 경사향 및 위도 등을 고려하여 산정되며, 일태양복사량 보정에 사용된다.

DEM을 이용한 매개변수 산정

매개변수명	기 호	단 위
유역면적	basin_area	acres
HRU 면적	hru_area	acres
HRU 평균고도	hru_elev	feet
HRU 경사	hru_slope	decimal percent
태양복사량 단면의 경사향	radpl_aspect	degrees
태양복사량 단면의 경사	radpl_slope	decimal percent
태양복사량 단면의 위도	radpl_lat	degrees

토지피복도는 유역조사에서 구축된 자료를 이용하였으며, 8개의 피복분류 항목 중에서 시가화, 수역, 습지 등 3개 항목을 불투수지역으로 가정하여 이들 면적이 각 HRU에서 차지하는 면적비를 산정하였다. 불투수면적비는 산림이 대부분을 차지하는 유역에서는 중요한 변수가 아니지만 도심지역에서는 불투수면적 면적비가 크기 때문에 총 유출량을 추정하는 중요한 변수로 작용한다.

따라서 본 계획에서는 일반 산림유역에서는 지표면 저류량이 거의 없다고 고려하였으나, 도심유역의 유출해석의 경우 불투수면적에 대해 지표면 저류량을 고려하여 유출해석을 수행하였다.

토양도 및 임상도를 이용하여 산정 가능한 매개변수는 다음 표와 같다. 토양도 및

임상도는 기존 유역조사에서 구축된 자료를 이용하였으며, 토양도의 토질 및 유효 토심 항목과 임상도의 임상 항목을 이용하여 매개변수를 산정하였다.

유역의 토양특성은 유출해석시 중요한 변수로서 토양수분의 변화에 따라 유출량이 달라진다. 따라서 유역의 최대토양수분보유능은 유효토심(soil depth)과 근입깊이(root depth) 중 작은 값을 토양별 유효토양수분보유능에 곱하여 산정하였다.

함양대의 수분최대보유능은 토양대의 수분최대보유능과 18inch를 비교하여 작은 값을 함양대의 수분최대보유능으로 사용하였다. 계절별 식생피복밀도는 활엽수와 침엽수의 계절변화를 고려하여 강우차단량을 산정하기 위해 고려되는 변수이며, 강우 형태에 따른 식생차단량은 시기별 식생에 따른 눈과 강우의 차단량을 계산하는 변수이고, 겨울식생을 통과하는 단파복사에 대한 전달계수는 겨울철 식생피복밀도에 의해 계산하였다.

토양도 및 임상도를 이용한 매개변수 산정

매개변수명	기 호	단 위	사용프로그램
토 양 형	soil_type	none	Arc/Info
식 생 형	cov_type	none	Arc/Info
여름식생밀도	covden_sum	decimal percent	Arc/Info
겨울식생밀도	covden_win	decimal percent	Arc/Info
여름식생의 강우차단량	srain_intcp	inches	Arc/Info
겨울식생의 강설차단량	snow_intcp	degrees	Arc/Info
겨울식생의 강우차단량	wrain_intcp	decimal percent	Arc/Info
토양층의 토양수분최대보유능	soil_moist_max	inches	Arc/Info
함양대의 토양수분최대보유능	soil_rechr_max	inches	Arc/Info
겨울식생을 통과하는 단파복사량 전달계수	rad_trncf	none	Arc/Info

○ 추정난해 매개변수 결정

국내유역에서 자료를 구하기 힘든 기상관련 추정난해 매개변수는 다음 표와 같으

며, 이러한 매개변수들은 PRMS모형에서 제안하는 값을 사용하였다.

모형 제안값을 사용하는 기상관련 추정난해 변수

변 수 명	변 수 설 명	단 위
dday_intcp	최대기온(x)-도일(y)과의 관계식의 기울기	—
dday_slope	최대기온(x)-도일(y)과의 관계식의 y 절편	—
tmax_index	강수형태에 따른 태양복사량 계산을 위한 월별 온도지수	℃
tmax_allrain	모든 강수가 비로 변하는 기온	℃
adjmix_rain	월별 혼합강수 사상에서 비의 조절비율	—
cecn_coef	대류-응축(covection-condensation) 에너지 계수	cal/℃

월별 추정난해 변수의 모형 제안값

구 분	dday_intcp	dday_slope	tmax_index	tmax_allrain	adjmix_rain	cecn_coef
1월	-10.0	0.31	10.0	4.5	1.0	5.0
2월	-10.0	0.31	10.0	4.5	1.0	5.0
3월	-16.0	0.39	10.0	4.5	1.0	5.0
4월	-14.0	0.34	10.0	4.5	1.0	5.0
5월	-18.0	0.40	10.0	4.5	1.0	5.0
6월	-32.0	0.54	10.0	4.5	1.0	5.0
7월	-36.0	0.65	10.0	4.5	1.0	5.0
8월	-36.0	0.65	10.0	4.5	1.0	5.0
9월	-22.0	0.40	10.0	4.5	1.0	5.0
10월	-18.0	0.34	10.0	4.5	1.0	5.0
11월	-18.0	0.39	10.0	4.5	1.0	5.0
12월	-10.0	0.31	10.0	4.5	1.0	5.0

아래의 표는 모형 제안값을 국내 유역특성에 적합하게 적용한 HRU별 매개변수 값이다. 토양대와 함양대의 초기저류량(soil_moist_init, soil_rechr_init)과 지표하저수지 초기저류량(ssstor_init) 및 지하수저수지의 초기저류량(gwstor_init), 불투수층의 최대저류량(imperv_stor_max) 등은 제안값을 기초로 유역상황에 적합하게 사용하였다. 지표면 유출량을 추정하는 최대 유출기여면적비(carea_max)의 제안값은 0.6

이지만 지표유출량의 비중이 큰 우리나라의 유역 특성을 고려하여 0.7을 적용하였다.

모형제한값을 국내유역특성에 적합하게 적용한 HRU별 매개변수

변수명	변수 설명	적용값
soil_moist_init	토양이 보유하고 있는 초기 수분함량(in.)	2.0
soil_rechr_init	토양함양대에서 초기수분함량(in. $\leq$ soil_moist_init)	0.5
ssstor_init	지표하저수지의 초기 저류량(in.)	0.0
gwstor_init	지하수저수지의 초기 저류량(in.)	0.1
imperv_stor_max	불투수층의 최대보유 저류량(in.)	0.1
carea_max	지표유출에 대한 최대기여면적비	0.7
gwsink_coef	지하수저수지에서 SINK되는 흐름을 계산하기 위한 계수	0.0
tmax_lapse	고도에 따른 최고온도 보정계수	1.5
tmin_lapse	고도에 따른 최소온도 보정계수	1.5

최적화를 통해 보장되는 추정난해 매개변수

변수명	변수 설명	초기값
smidx_coef	토양함수량과 기여면적 관계식의 계수1	0.010
smidx_exp	토양함수량과 기여면적 관계식의 계수2	0.30
ssr2gw_exp	지표하저수지에서 지하수저수지로의 유입량 계산을 위한 계수1	1.00
ssr2gw_rate	지표하저수지에서 지하수저수지로의 유입량 계산을 위한 계수2	0.005
ssrcoef_lin	지표하저수지에서 하천으로의 유출량 계산을 위한 계수1	0.08
ssrcoef_sq	지표하저수지에서 하천으로의 유출량 계산을 위한 계수2	0.15
soil2gw_max	지하수저수지로 흐르는 토양수분 최대초과량	0.01
gwflow_coef	지하수저수지의 지하수유출을 계산하기 위한 계수	0.03
hamon_coef	잠재증발산을 계산하기 위한 hamon의 월별계수	0.0055

③ 유출분석 결과

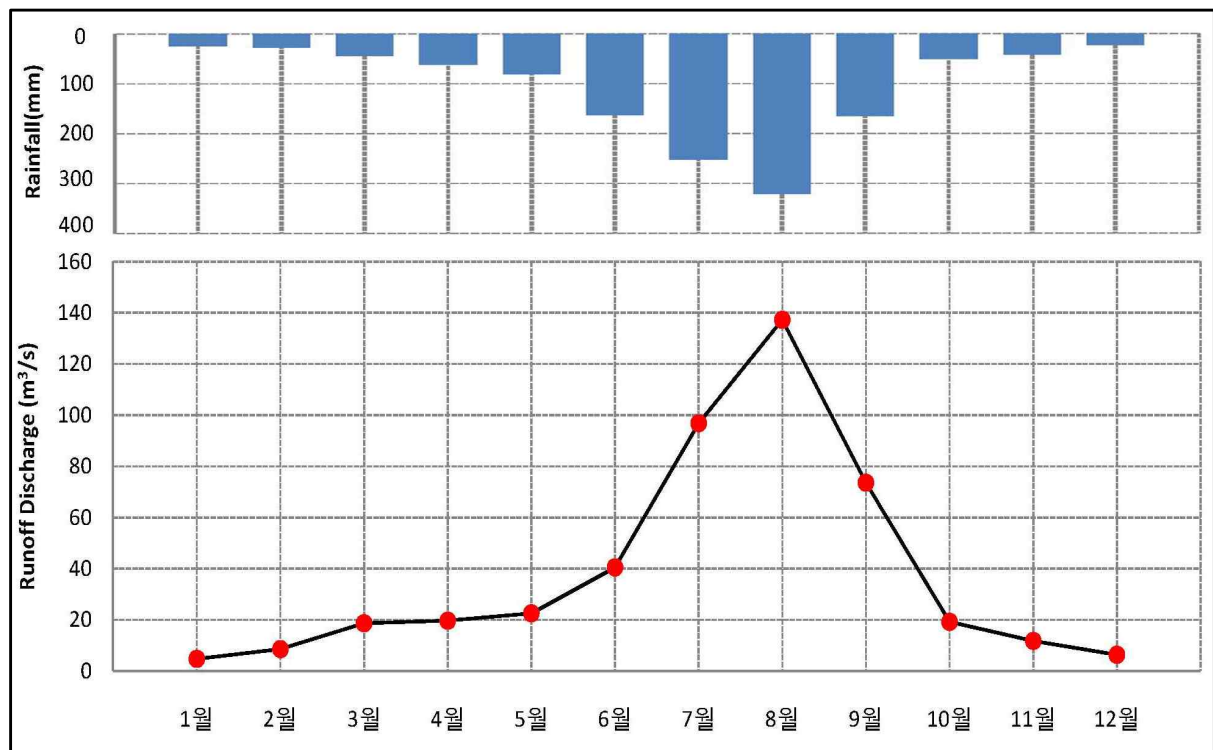
PRMS 모형을 이용하여 1988년에서 2007년까지 20년간의 장기유출분석 결과는 다음 표와 같으며, 유구 취수지점의 연평균 유출량은 38.31m³/s로 산정되었다.

계획취수지점 장기유출 결과

(단위:m³/s)

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
1988년	0.64	0.34	0.72	1.00	0.79	1.68	71.04	6.14	3.44	1.76	1.08	1.16	7.48
1989년	6.47	8.75	43.95	9.34	5.22	8.20	15.52	65.02	114.53	10.84	35.76	6.31	27.49
1990년	9.18	56.52	23.10	11.17	8.32	101.71	80.28	22.33	97.93	8.48	6.15	3.42	35.72
1991년	2.19	4.34	45.05	18.42	58.91	26.43	79.35	44.89	127.24	14.69	6.26	4.43	36.02
1992년	3.19	4.56	4.74	25.41	19.47	9.94	9.69	199.30	37.33	11.51	10.44	5.38	28.41
1993년	3.37	5.79	21.46	11.90	22.07	42.95	112.62	78.26	39.02	12.59	30.36	15.16	32.96
1994년	8.05	5.05	39.21	8.20	21.45	30.97	50.45	150.65	18.14	61.99	7.92	4.96	33.92
1995년	3.10	1.91	9.80	12.28	7.65	3.91	95.92	449.89	25.21	7.65	5.43	4.51	52.27
1996년	5.00	2.87	53.14	16.26	9.33	57.07	74.66	32.07	8.37	7.09	19.57	12.21	24.80
1997년	8.99	12.92	19.28	22.65	52.36	107.60	202.04	128.69	8.92	5.46	21.46	5.72	49.67
1998년	3.54	11.09	9.96	54.72	37.43	60.81	152.50	285.07	68.11	64.11	14.26	20.29	65.16
1999년	8.15	4.87	17.22	38.50	31.60	56.47	28.56	111.08	133.75	56.09	14.22	6.68	42.27
2000년	7.16	3.57	16.32	21.58	7.68	58.49	54.72	333.81	184.20	11.69	8.09	6.03	59.45
2001년	3.64	4.32	11.54	23.72	6.96	19.74	85.92	86.42	7.83	6.19	3.08	1.97	21.78
2002년	6.92	2.36	8.33	24.82	69.92	6.78	62.55	193.08	36.83	25.68	14.72	6.54	38.21
2003년	4.12	21.72	16.18	49.77	35.97	58.68	183.75	159.67	73.08	11.24	7.80	4.73	52.23
2004년	3.82	16.52	17.16	13.90	34.54	122.14	163.69	66.41	87.05	9.78	7.30	3.79	45.51
2005년	2.38	1.67	11.87	20.57	6.04	22.77	140.72	90.70	200.80	32.51	8.97	5.64	45.39
2006년	3.63	2.03	1.45	1.94	6.20	2.90	181.39	14.06	4.83	3.44	2.33	1.43	18.80
2007년	0.75	0.43	2.43	7.38	8.97	10.66	91.29	228.32	195.43	21.32	10.28	6.38	48.64
전년 평균	4.72	8.58	18.65	19.68	22.54	40.50	96.83	137.29	73.60	19.20	11.77	6.34	38.31

주) 자료기간 : 1988~2007년(20개년)



계획취수지점 월별 강우량 및 장기유출 결과

3) 용수수요 산정

① 생활 및 공업용수

계획취수지점 유역은 대부분 농업용수를 많이 이용하고 있으며, 읍·면의 부락단위로 생활용수를 이용하고 있다. 공업단지 등 대규모 공업용수 필요지역은 분포하지 않는 것으로 조사되었다.

따라서 생활용수, 농업용수 이용량은 계획취수지점 상류 취수장의 시설용량 전체를 이용하는 것으로 하였다.

계획취수지점 취수장 현황

취수장명	소재지	시설용량 (m³/일)	취수장 수원형태(m³/일)					취수원
			표류수	복류수	댐	저수지	지하수	
유구	유구읍 석남리	2,500	-	2,500	-	-	-	유구천

4) 농업용수

① 관개면적

경지면적은 “국가수자원관리종합정보시스템(WAMIS)(<http://www.wamis.go.kr>)”의 자료를 이용하여 해당 유역에 속하는 행정구역의 면적비와 관련자료 결과를 반영하여 사용하였다. 계획취수지점의 편입행정구역별 경지면적은 다음과 같다.

편입행정구역별 농경지면적 현황

구 분		행정구역면적(km ²)		경지면적(ha)		
		전 체	편 입	수리안전답	수리불안전답	관개전
공주시	유구읍	101.00	52.51	321.38	99.68	6.75

자료) 국가수자원관리종합정보시스템(WAMIS)(<http://www.wamis.go.kr>), 공주시 통계연보

② 단위용수량

계획취수지점인 공주시 유구읍은 용수·도시구역도 상의 301204(유구) 용수구역에 해당되며, 지배관측소는 천안, 예산, 정안, 유구 관측소이다.

이를 근거로 기상자료는 천안관측소가 1973년부터 관측이 개시되어 있어 각 관측소의 20개년(1988~2007년) 관측자료로서, 일평균온도, 강수량, 풍속, 상대습도, 일조시간 등의 자료가 이용되었으며, 특성자료인 TRAM, 침투량 및 관개효율 등은 한국농촌공사의 자료를 이용하였다. 상기와 같이 산정한 순별 조용수량을 월별로 정리하면, 다음과 같다.

용수구역별 월별 조용수량

(단위: mm)

구 분		월							계	지 배 관측소
		4	5	6	7	8	9	10		
301204 (유구)	수리안전답	13.06	1.21	3.81	2.89	3.72	1.26	0.00	25.95	천 안
	수리불안전답	9.98	0.93	2.91	2.21	2.85	0.97	0.00	19.85	
	관 개 전	5.64	0.89	1.05	0.79	0.78	0.80	0.48	10.43	

주) 자료기간 : 1988~2007년(20개년)

301204(유구) : 공주시 유구읍

③ 농업용수 이용량

유역 내 관개면적에 전항에서 구한 단위용수량을 곱하여 농업용수 이용량을 산정하였다.
계획취수지점의 농업용수 이용량은 다음 표와 같다.

계획취수지점 농업용수 이용량

(단위:천㎥)

구 분		월							계
		4	5	6	7	8	9	10	
301204 (유구)	수리안전답	4,197.36	389.22	1,224.74	927.76	1,196.98	406.41	0.00	8,342.47
	수리불안전답	994.53	92.22	290.19	219.83	283.61	96.30	0.00	1,976.68
	관 개 전	38.07	6.04	7.05	5.31	5.27	5.42	3.26	70.42

주) 자료기간 : 1988~2007년(20개년)

5) 하천유지용수

하천유지용수는 하천의 최소한의 기능을 유지할 수 있도록 흘러야 하는 유량으로서 갈 수시에도 흘러야 할 비소비성유량이다.

일반적으로 자연적인 요소인 평균갈수량과 인위적인 요소인 환경보전유량에서 큰 유량을 설정하며, 이는 하천의 정상적 기능 및 상태를 유지하기 위하여 수요와 공급의 두 가지 측면을 다 만족하는 유량을 말한다.

『유구천 하천정비기본계획(1988, 충청남도)』상에서는 유구천 기준갈수량을 유구취수장 유역면적으로 환산하여 0.146㎥/s로 이를 활용하여 계획취수지점의 하천유지용수를 산정하였다.

6) 취수능력 검토

① 산정방법

금회 생·공용수를 포함한 장래의 취수가능량 분석은 현재 상태의 유하량이 장래에도 그대로 재현된다고 가정하고 취수가능량을 감하여 유하량 부족년의 발생회수가 이수안전도를 만족하는 취수가능량을 산정하였다.

현재 상태의 순별 유하량은 전항에서 산정한 계획취수지점의 20년(1988년~2007년)간 순별 유출량에서 순물소모량(농업용수 이용량-회귀수량, 생·공용수 이용량-회귀수량) 및 하천유지용수를 차감하여 산정하였다. 여기서, 회귀수량은 생·공용수는 65%, 농업용수는 35%를 각각 적용하였다.

여기서, 계획취수지점의 이수안전도는 “상수도 시설기준(2004)” p.68의 “계획취수량을 확보하기 위하여 필요한 저수용량의 결정에 사용하는 계획기준년은 원칙적으로 10개년에 제1위 정도의 갈수를 표준으로 한다.”에 따라 10년 빈도의 이수안전도(90% 이상)으로 하였으며, 월별 물수지분석 결과임을 감안하여 전체 분석월수에서 물부족 발생월수가 이수안전도 90% 이상이 되는지에 대하여 검토하였다.

② 취수가능량 분석 결과

유구 취수장 취수가능량 분석 결과는 다음 표와 같고, 용수 취수시 전체 240개월 중 물 부족 발생월수는 77개월로서 이수안전도는 약 68%로 이수안전도(90% 이상) 조건을 불만족하는 것으로 나타났다.

취수가능량 분석 결과

(단위: 천^m³)

구 분		유출량	농업용수		하천유지 용수	유하량		비 고
			이용량	회귀수량		현재	2,500㎥/일 취수시	
1 9 8 8 년	1월	55.5	0.0	0.0	391.0	-335.5	-413.0	물 부족
	2월	29.5	0.0	0.0	365.8	-336.3	-408.8	물 부족
	3월	62.4	0.0	0.0	391.0	-328.7	-406.2	물 부족
	4월	86.3	69.4	24.3	378.4	-337.2	-412.2	물 부족
	5월	68.2	386.9	135.4	391.0	-574.4	-651.9	물 부족
	6월	145.1	1,760.6	616.2	378.4	-1,377.7	-1,452.7	물 부족
	7월	6,137.6	1,068.0	373.8	391.0	5,052.4	4,974.9	
	8월	530.4	2,125.2	743.8	391.0	-1,242.0	-1,319.5	물 부족
	9월	297.6	672.9	235.5	378.4	-518.2	-593.2	물 부족
	10월	152.1	4.9	1.7	391.0	-242.1	-319.6	물 부족
	11월	93.0	0.0	0.0	378.4	-285.5	-360.5	물 부족
	12월	100.4	0.0	0.0	391.0	-290.6	-368.1	물 부족
1 9 8 9 년	1월	559.2	0.0	0.0	391.0	168.2	90.7	
	2월	756.2	0.0	0.0	353.2	403.0	333.0	
	3월	3,796.9	0.0	0.0	391.0	3,405.9	3,328.4	
	4월	806.7	71.2	24.9	378.4	382.0	307.0	
	5월	451.0	578.5	202.5	391.0	-316.0	-393.5	물 부족
	6월	708.1	1,222.4	427.8	378.4	-464.9	-539.9	물 부족
	7월	1,341.3	1,354.3	474.0	391.0	69.9	-7.6	물 부족
	8월	5,617.8	1,703.7	596.3	391.0	4,119.3	4,041.8	
	9월	9,895.8	466.3	163.2	378.4	9,214.2	9,139.2	
	10월	936.2	0.7	0.2	391.0	544.7	467.2	
	11월	3,089.5	0.0	0.0	378.4	2,711.1	2,636.1	
	12월	545.6	0.0	0.0	391.0	154.5	77.0	

<표 계속>

(단위: 천^m³)

구 분	유출량	농업용수		하천유지 용수	유하량		비 고
		이용량	회귀수량		현재	2,500 ^m ³ /일 취수시	
1990년	1월	793.1	0.0	0.0	391.0	402.1	324.6
	2월	4,883.5	0.0	0.0	353.2	4,530.3	4,460.3
	3월	1,995.8	0.0	0.0	391.0	1,604.7	1,527.2
	4월	964.7	68.3	23.9	378.4	541.9	466.9
	5월	719.0	516.6	180.8	391.0	-7.8	-85.3
	6월	8,788.0	1,093.0	382.5	378.4	7,699.2	7,624.2
	7월	6,936.2	857.1	300.0	391.0	5,988.1	5,910.6
	8월	1,929.2	1,476.3	516.7	391.0	578.6	501.1
	9월	8,461.4	186.6	65.3	378.4	7,961.7	7,886.7
	10월	733.0	5.5	1.9	391.0	338.4	260.9
	11월	531.5	0.0	0.0	378.4	153.1	78.1
	12월	295.3	0.0	0.0	391.0	-95.7	-173.2
1991년	1월	189.0	0.0	0.0	391.0	-202.1	-279.6
	2월	374.7	0.0	0.0	353.2	21.5	-48.5
	3월	3,892.5	0.0	0.0	391.0	3,501.4	3,423.9
	4월	1591.1	68.2	23.9	378.4	1,168.4	1,093.4
	5월	5,089.8	142.7	49.9	391.0	4,606.0	4,528.5
	6월	2,283.7	1,659.3	580.7	378.4	826.7	751.7
	7월	6,855.7	1,031.8	361.1	391.0	5,794.0	5,716.5
	8월	3,878.8	1,944.6	680.6	391.0	2,223.7	2,146.2
	9월	10,993.2	162.0	56.7	378.4	10,509.5	10,434.5
	10월	1,268.8	1.9	0.7	391.0	876.5	799.0
	11월	541.1	0.0	0.0	378.4	162.7	87.7
	12월	382.7	0.0	0.0	391.0	-8.4	-85.9
1992년	1월	275.6	0.0	0.0	391.0	-115.4	-192.9
	2월	394.1	0.0	0.0	365.8	28.3	-44.2
	3월	409.8	0.0	0.0	391.0	18.8	-58.7
	4월	2,195.3	67.9	23.8	378.4	1,772.7	1,697.7
	5월	1,682.4	530.0	185.5	391.0	946.8	869.3
	6월	858.7	1,840.5	644.2	378.4	-716.1	-791.1
	7월	837.0	1,511.5	529.0	391.0	-536.5	-614.0
	8월	17,219.1	1,198.9	419.6	391.0	16,048.8	15,971.3
	9월	3,224.9	627.8	219.7	378.4	2,438.5	2,363.5
	10월	994.1	3.8	1.3	391.0	600.6	523.1
	11월	902.2	0.0	0.0	378.4	523.8	448.8
	12월	464.8	0.0	0.0	391.0	73.8	-3.7

<표 계속>

(단위: 천³)

구 분		유출량	농업용수		하천유지 용수	유하량		비 고
			이용량	회귀수량		현재	2,500㎥/일 취수시	
1993년	1월	291.0	0.0	0.0	391.0	-100.0	-177.5	물 부족
	2월	500.3	0.0	0.0	353.2	147.1	77.1	
	3월	1,853.9	0.0	0.0	391.0	1,462.9	1,385.4	
	4월	1,028.3	73.7	25.8	378.4	602.0	527.0	
	5월	1,906.5	585.5	204.9	391.0	1,134.9	1,057.4	
	6월	3711.1	1,395.5	488.4	378.4	2,425.6	2,350.6	
	7월	9,730.4	888.4	310.9	391.0	8,761.9	8,684.4	
	8월	6,761.4	1,642.2	574.8	391.0	5,302.8	5,225.3	
	9월	3,371.6	756.3	264.7	378.4	2,501.6	2,426.6	
	10월	1,087.4	4.7	1.6	391.0	693.3	615.8	
	11월	2,623.1	0.0	0.0	378.4	2,244.7	2,169.7	
	12월	1,309.4	0.0	0.0	391.0	918.4	840.9	
1994년	1월	695.3	0.0	0.0	391.0	304.3	226.8	
	2월	436.5	0.0	0.0	353.2	83.3	13.3	
	3월	3,388.0	0.0	0.0	391.0	2,997.0	2,919.5	
	4월	708.6	74.2	26.0	378.4	281.9	206.9	
	5월	1,853.0	379.7	132.9	391.0	1,215.2	1,137.7	
	6월	2,675.8	1,999.0	699.7	378.4	998.1	923.1	
	7월	4,359.3	1,703.2	596.1	391.0	2,861.2	2,783.7	
	8월	13,016.2	1,114.5	390.1	391.0	11,900.7	11,823.2	
	9월	1,566.9	507.1	177.5	378.4	858.9	783.9	
	10월	5,356.0	2.6	0.9	391.0	4,963.2	4,885.7	
	11월	684.2	0.0	0.0	378.4	305.8	230.8	
	12월	428.7	0.0	0.0	391.0	37.7	-39.8	물 부족
1995년	1월	268.0	0.0	0.0	391.0	-123.0	-200.5	물 부족
	2월	164.6	0.0	0.0	353.2	-188.6	-258.6	물 부족
	3월	846.7	0.0	0.0	391.0	455.7	378.2	
	4월	1,060.6	70.9	24.8	378.4	636.1	561.1	
	5월	661.3	582.6	203.9	391.0	-108.4	-185.9	물 부족
	6월	337.6	2,080.0	728.0	378.4	-1,392.9	-1,467.9	물 부족
	7월	8,287.2	1,033.9	361.9	391.0	7,224.1	7,146.6	
	8월	38,870.3	891.7	312.1	391.0	37,899.6	37,822.1	
	9월	2,178.4	401.3	140.5	378.4	1,539.1	1,464.1	
	10월	660.9	5.7	2.0	391.0	266.1	188.6	
	11월	469.5	0.0	0.0	378.4	91.0	16.0	
	12월	389.9	0.0	0.0	391.0	-1.2	-78.7	물 부족

<표 계속>

(단위: 천³m)

구 분		유출량	농업용수		하천유지 용수	유하량		비 고
			이용량	회귀수량		현재	2,500㎥/일 취수시	
1 9 9 6 년	1월	432.1	0.0	0.0	391.0	41.1	-36.4	물 부족
	2월	247.6	0.0	0.0	365.8	-118.2	-190.7	물 부족
	3월	4,591.1	0.0	0.0	391.0	4,200.1	4,122.6	
	4월	1,405.0	71.6	25.1	378.4	980.0	905.0	
	5월	805.7	580.3	203.1	391.0	37.5	-40.0	물 부족
	6월	4,930.8	1,138.7	398.5	378.4	3,812.3	3,737.3	
	7월	6,450.3	1,474.4	516.1	391.0	5,100.9	5,023.4	
	8월	2,770.8	1,871.7	655.1	391.0	1,163.2	1,085.7	
	9월	723.0	681.9	238.7	378.4	-98.6	-173.6	물 부족
	10월	612.7	0.4	0.1	391.0	221.4	143.9	
	11월	1,690.7	0.0	0.0	378.4	1,312.3	1,237.3	
	12월	1,054.9	0.0	0.0	391.0	663.9	586.4	
1 9 9 7 년	1월	777.1	0.0	0.0	391.0	386.1	308.6	
	2월	1,116.2	0.0	0.0	353.2	763.0	693.0	
	3월	1,665.7	0.0	0.0	391.0	1,274.7	1,197.2	
	4월	1,956.7	67.9	23.8	378.4	1,534.1	1,459.1	
	5월	4,524.1	321.1	112.4	391.0	3,924.4	3,846.9	
	6월	9,296.3	1,311.2	458.9	378.4	8,065.6	7,990.6	
	7월	17,456.4	1,022.1	357.7	391.0	16,400.9	16,323.4	
	8월	11,118.6	1,931.5	676.0	391.0	9,472.1	9,394.6	
	9월	770.9	731.9	256.2	378.4	-83.3	-158.3	물 부족
	10월	471.3	5.3	1.9	391.0	76.8	-0.7	물 부족
	11월	1,854.0	0.0	0.0	378.4	1,475.6	1,400.6	
	12월	493.9	0.0	0.0	391.0	102.9	25.4	
1 9 9 6 년	1월	432.1	0.0	0.0	391.0	41.1	-36.4	물 부족
	2월	247.6	0.0	0.0	365.8	-118.2	-190.7	물 부족
	3월	4,591.1	0.0	0.0	391.0	4,200.1	4,122.6	
	4월	1,405.0	71.6	25.1	378.4	980.0	905.0	
	5월	805.7	580.3	203.1	391.0	37.5	-40.0	물 부족
	6월	4,930.8	1,138.7	398.5	378.4	3,812.3	3,737.3	
	7월	6,450.3	1,474.4	516.1	391.0	5,100.9	5,023.4	
	8월	2,770.8	1,871.7	655.1	391.0	1,163.2	1,085.7	
	9월	723.0	681.9	238.7	378.4	-98.6	-173.6	물 부족
	10월	612.7	0.4	0.1	391.0	221.4	143.9	
	11월	1,690.7	0.0	0.0	378.4	1,312.3	1,237.3	
	12월	1,054.9	0.0	0.0	391.0	663.9	586.4	

<표 계속>

(단위: 천³)

구 분	유출량	농업용수		하천유지 용수	유하량		비 고
		이용량	회귀수량		현재	2,500m ³ /일 취수시	
1 9 9 년	1월	704.5	0.0	0.0	391.0	313.4	235.9
	2월	420.8	0.0	0.0	353.2	67.6	-2.4
	3월	1,487.6	0.0	0.0	391.0	1,096.6	1,019.1
	4월	3,326.1	68.6	24.0	378.4	2,903.1	2,828.1
	5월	2,730.4	476.0	166.6	391.0	2,030.0	1,952.5
	6월	4,879.2	1,233.0	431.6	378.4	3,699.3	3,624.3
	7월	2,467.2	1,557.1	545.0	391.0	1,064.0	986.5
	8월	9,597.3	1,484.2	519.5	391.0	8,241.5	8,164.0
	9월	11,555.6	418.4	146.4	378.4	10,905.2	10,830.2
	10월	4,846.5	0.0	0.0	391.0	4,455.5	4,378.0
	11월	1,228.7	0.0	0.0	378.4	850.3	775.3
	12월	577.4	0.0	0.0	391.0	186.3	108.8
2 0 0 년	1월	618.8	0.0	0.0	391.0	227.8	150.3
	2월	308.1	0.0	0.0	365.8	-57.7	-130.2
	3월	1,410.2	0.0	0.0	391.0	1,019.2	941.7
	4월	1,864.8	71.7	25.1	378.4	1,439.8	1,364.8
	5월	663.4	452.8	158.5	391.0	-22.0	-99.5
	6월	5,053.2	1,553.4	543.7	378.4	3,665.0	3,590.0
	7월	4,727.7	1,600.0	560.0	391.0	3,296.7	3,219.2
	8월	28,841.0	1,003.0	351.1	391.0	27,798.0	27,720.5
	9월	28,841.0	1,003.0	351.1	391.0	27,798.0	27,720.5
	10월	1,010.4	4.4	1.6	391.0	616.5	539.0
	11월	699.1	0.0	0.0	378.4	320.6	245.6
	12월	521.0	0.0	0.0	391.0	129.9	52.4
2 0 1 년	1월	314.6	0.0	0.0	391.0	-76.4	-153.9
	2월	373.4	0.0	0.0	353.2	20.2	-49.8
	3월	997.3	0.0	0.0	391.0	606.3	528.8
	4월	2,049.1	74.5	26.1	378.4	1,622.3	1,547.3
	5월	601.6	557.7	195.2	391.0	-152.0	-229.5
	6월	1,705.9	1,463.9	512.4	378.4	375.9	300.9
	7월	7,423.7	1,204.9	421.7	391.0	6,249.5	6,172.0
	8월	7,466.6	1,806.4	632.2	391.0	5,901.3	5,823.8
	9월	676.6	735.5	257.4	378.4	-179.9	-254.9
	10월	534.4	1.1	0.4	391.0	142.7	65.2
	11월	265.9	0.0	0.0	378.4	-112.5	-187.5
	12월	170.5	0.0	0.0	391.0	-220.6	-298.1

<표 계속>

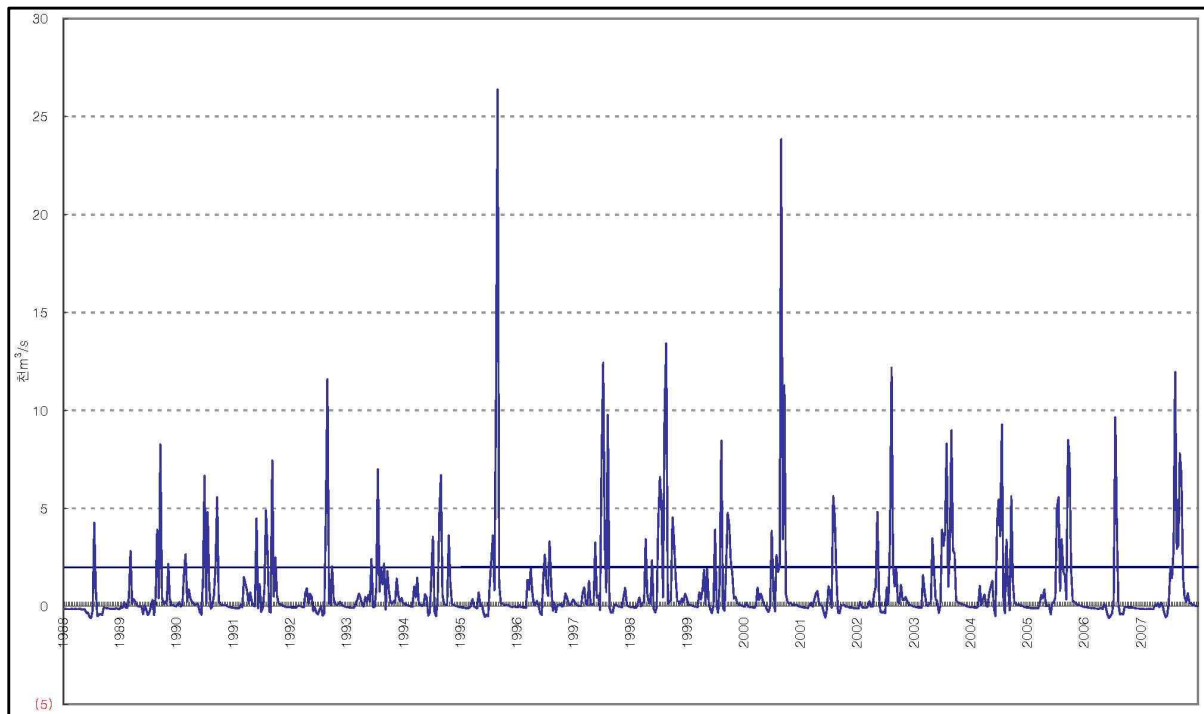
(단위: 천^m³)

구 분		유출량	농업용수		하천유지 용수	유하량		비 고
			이용량	회귀수량		현재	2,500㎢/일 취수시	
2002년	1월	598.0	0.0	0.0	391.0	207.0	129.5	물 부족
	2월	203.8	0.0	0.0	353.2	-149.4	-219.4	물 부족
	3월	719.3	0.0	0.0	391.0	328.2	250.7	
	4월	2,144.7	69.2	24.2	378.4	1,721.3	1,646.3	
	5월	6,040.8	566.9	198.4	391.0	5,281.2	5,203.7	
	6월	586.1	1,674.0	585.9	378.4	-880.4	-955.4	물 부족
	7월	5,404.2	679.4	237.8	391.0	4,571.5	4,494.0	물 부족
	8월	16,682.5	1,346.4	471.2	391.0	15,416.3	15,338.8	
	9월	3,181.8	620.5	217.2	378.4	2,400.0	2,325.0	
	10월	2,218.4	1.1	0.4	391.0	1,826.6	1,749.1	
	11월	1,271.5	0.0	0.0	378.4	893.1	818.1	
	12월	564.8	0.0	0.0	391.0	173.7	96.2	
2003년	1월	356.1	0.0	0.0	391.0	-35.0	-112.5	물 부족
	2월	1,876.4	0.0	0.0	353.2	1,523.2	1,453.2	
	3월	1,398.2	0.0	0.0	391.0	1,007.2	929.7	
	4월	4,300.1	67.4	23.6	378.4	3,877.9	3,802.9	
	5월	3,107.8	320.7	112.3	391.0	2,508.3	2,430.8	
	6월	5,069.9	1,525.2	533.8	378.4	3,700.0	3,625.0	
	7월	15,875.9	345.2	120.8	391.0	15,260.4	15,182.9	
	8월	13,795.5	706.3	247.2	391.0	12,945.4	12,867.9	
	9월	6,313.9	1.6	0.6	378.4	5,934.4	5,859.4	
	10월	971.3	4.9	1.7	391.0	577.1	499.6	
	11월	673.5	0.0	0.0	378.4	295.1	220.1	
	12월	408.7	0.0	0.0	391.0	17.7	-59.8	물 부족
2004년	1월	330.3	0.0	0.0	391.0	-60.7	-138.2	물 부족
	2월	1,427.0	0.0	0.0	365.8	1,061.2	988.7	
	3월	1,482.5	0.0	0.0	391.0	1,091.5	1,014.0	
	4월	1,200.6	72.4	25.4	378.4	775.0	700.0	
	5월	2,984.4	455.5	159.4	391.0	2,297.3	2,219.8	
	6월	10,553.1	1,368.6	479.0	378.4	9,285.1	9,210.1	
	7월	14,143.2	863.6	302.3	391.0	13,190.8	13,113.3	
	8월	5,737.4	1,769.9	619.5	391.0	4,195.9	4,118.4	
	9월	7,520.9	592.3	207.3	378.4	6,757.5	6,682.5	
	10월	845.1	6.1	2.2	391.0	450.1	372.6	
	11월	630.3	0.0	0.0	378.4	251.9	176.9	
	12월	327.2	0.0	0.0	391.0	-63.9	-141.4	물 부족

<표 계속>

(단위: 천³)

구 분		유출량	농업용수		하천유지 용수	유하량		비 고
			이용량	회귀수량		현재	2,500㎥/일 취수시	
2005년	1월	205.4	0.0	0.0	391.0	-185.7	-263.2	물 부족
	2월	144.4	0.0	0.0	353.2	-208.8	-278.8	물 부족
	3월	1,025.9	0.0	0.0	391.0	634.8	557.3	
	4월	1,776.9	69.9	24.5	378.4	1,353.1	1,278.1	
	5월	521.5	580.8	203.3	391.0	-247.1	-324.6	물 부족
	6월	1,967.3	1,081.5	378.5	378.4	885.9	810.9	물 부족
	7월	12,157.8	491.4	172.0	391.0	11,447.3	11,369.8	
	8월	7,836.5	894.0	312.9	391.0	6,864.4	6,786.9	
	9월	17,349.5	636.6	222.8	378.4	16,557.3	16,482.3	
	10월	2,808.8	0.8	0.3	391.0	2,417.2	2,339.7	
	11월	774.9	0.0	0.0	378.4	396.4	321.4	
	12월	487.0	0.0	0.0	391.0	96.0	18.5	
2006년	1월	313.9	0.0	0.0	391.0	-77.2	-154.7	물 부족
	2월	175.2	0.0	0.0	353.2	-178.0	-248.0	물 부족
	3월	125.0	0.0	0.0	391.0	-266.1	-343.6	물 부족
	4월	167.5	72.2	25.3	378.4	-257.9	-332.9	물 부족
	5월	535.3	574.2	201.0	391.0	-228.9	-306.4	물 부족
	6월	250.4	1,907.2	667.5	378.4	-1,367.7	-1,442.7	물 부족
	7월	15,672.4	1,848.8	647.1	391.0	14,079.7	14,002.2	
	8월	1,214.8	2,169.5	759.3	391.0	-586.4	-663.9	물 부족
	9월	417.0	662.0	231.7	378.4	-391.7	-466.7	물 부족
	10월	297.2	5.7	2.0	391.0	-97.6	-175.1	물 부족
	11월	201.5	0.0	0.0	378.4	-176.9	-251.9	물 부족
	12월	123.2	0.0	0.0	391.0	-267.8	-345.3	물 부족
2007년	1월	65.1	0.0	0.0	391.0	-325.9	-403.4	물 부족
	2월	37.6	0.0	0.0	353.2	-315.6	-385.6	물 부족
	3월	209.6	0.0	0.0	391.0	-181.4	-258.9	물 부족
	4월	637.7	72.2	25.3	378.4	212.3	137.3	
	5월	774.8	582.5	203.9	391.0	5.1	-72.4	물 부족
	6월	921.1	1,911.7	669.1	378.4	-700.0	-775.0	물 부족
	7월	7,887.3	1,741.2	609.4	391.0	6,364.5	6,287.0	
	8월	19,726.7	1,875.3	656.3	391.0	1,8116.7	18,039.2	
	9월	16,885.4	587.4	205.6	378.4	16,125.2	16,050.2	
	10월	1,841.7	5.6	1.9	391.0	1,447.0	1,369.5	
	11월	888.2	0.0	0.0	378.4	509.8	434.8	
	12월	551.4	0.0	0.0	391.0	160.3	82.8	



유구취수장 유하량-취수기준 곡선

금강 유황분석 결과

구 분	수 원	유역면적 (km ²)	하천갈수량 및 취수량(m ³ /일)			비고
			평균갈수량	취수량	비율	
옥룡취수장	금 강	7206.38	2,737,976	29,000	1.06%	

7) 검토 결론

- 1988년에서 2007년간 월별 물수지 분석 결과 유구 취수지점의 취수가능량은 이수안 전도 90% 이상을 불만족하는 것으로 나타났다.
- 『금강수계하천정비 기본계획(2002.12, 건설교통부)』에서 분석된 유황분석 결과를 토대로 옥룡취수장 취수가능성 검토 결과 금강 본류에 위치한 관계로 수량 측면에서는 문제가 없을 것으로 보인다.
- 결론적으로 유구취수장은 수량 확보 측면에서 장래 물부족이 발생될 것으로 예측되었다.

나. 현장조사

유구취수장 집수매거 시설의 관리상태에 대한 현장 조사결과, 접합정 상부 점검맨홀의 뚜껑이 고정되어 있지 않아 하절기 집중강우시 접합정보다 수위가 상승할 경우 탁질성분이 유입될 가능성이 있는 것으로 판단된다.



접합정

다. 집수매거 효율검토

현재 취수원으로 사용되고 있는 유구천 하천수 탁도를 측정하여 탁질제거율을 기준으로 집수매거의 효율을 평가한 결과, 평상시 탁질 제거율은 42~67%로 나타났다.

집수매거 효율 검토

구 분	탁도(NTU)		효율(%)
	유구천 하천수	원수(착수정)	
'07년 10월 4일	0.94	0.31	67
'07년 12월 4일	0.65	0.38	42

라. 집수매거 수질자료 관리

집수매거의 성능평가는 강우 직후의 평가가 매우 중요하나 조사자료 축적은 부족한 것으로 나타났다. 원수 수질은 수처리 공정 전반에 걸쳐 기본이 되는 항목이며, 집수매거의 효율에 따라 그 성능이 좌우되므로 현재의 착수정 유입원수 조사와 병행하여 하천 표류수 수질을 주기적으로 모니터링하여 장단기 수질관리계획의 기초자료로 활용하도록 한다.

마. 기능 진단

취수설비는 정기적인 점검 및 유지보수 등을 통하여 연중 계획 취수량을 확실하게 취수할 수 있도록 관리되어야 한다.

이에 따라 현재 운영 중인 취수펌프모터설비에 대한 상태 조사 및 성능 분석을 통하여 성능 저하요인 등을 파악, 취수설비의 안정적, 경제적 운영을 도모하기 위해 주요 설비에 대한 기능진단을 실시하였다.

1) 취수펌프 용량 평가

취수펌프 1대(총 3대, 1대 예비) 가동 시 취수량(3,240m³/d, 토출밸브개도 15%)을 정수장 시설용량(2,500m³/d)과 비교 검토한 결과 정수장 시설용량의 130%로서 “상수도시설 기준”에 적합하며, 취수펌프용량은 여유가 있는 것으로 조사되었다.

‘05. 1월 이후 최대취수량(4,481m³/d)은 시설용량을 훨씬 상회하고 있으나 취수펌프 2대 가동 시의 취수량(6,012m³/d)으로 검토하면 취수펌프 용량은 역시 여유가 있다.

취수펌프 토출유량 대비 정수장 시설용량 검토

정 수 장 시설용량(m ³ /d)	취 수 펌 프 토출유량(m ³ /d)	$\frac{\text{취수펌프용량}}{\text{정수장용량}}$ (%)
28,000	3대 가동 : 27,054	96.6

※ 계획취수량 : 계획1일 최대급수량의 105 ~ 110%

2) 취수펌프모터 효율 검토 및 평가

① 취수펌프 효율 검토 시 측정 조건

각 호기별 펌프 토출 측 밸브 개도에 따른 단독호기 운전조건에서 압력, 유량 및 전력 데이터를 측정하여 펌프 효율을 측정하였으며 모터효율은 모터 명판에 표시된 값을 적용하였다.

펌프장내에 진단용 유량계의 설치여건이 부적정하여 취수량은 현장에 설치된 유량계의 적산값을 이용하였다.

취수펌프 1호기는 설치('07. 11) 전 임펠러 외경을 가공한 바 있다.

취수펌프 효율 측정에 사용한 계측기기

측정항목	측정기기
전압, 전류 및 역률	전력품질분석기(HIOKI)
흡입압 및 토출압	디지털 압력전송기(KONICS, KT-301)
취수유량	현장취수유량계(초음파)

② 취수펌프 효율 검토

펌프효율계산 프로그램을 이용하여 계산한 취수펌프의 효율측정 결과는 다음 표와 같으며, 이는 평상 시 운전조건이 토출밸브 개도 15% 이하에서 펌프가 운전되므로 토출밸브 개도에 따라 효율을 측정한 결과이다.

규정 토출량 기준 취수펌프 효율 비교

구 분		측정 유량 (m ³ /min)	측정 효율 (%)	KS B 6318 기준 효율(%)	펌프모터 운전상태평가
1호기	8%	2.01	79.93	58.0	양 호
	13%	2.27	80.17	58.0	양 호
	100%	2.68	80.69	59.0	양 호
2호기	8%	1.87	70.76	58.0	양 호
	10%	2.06	67.09	58.0	보 통
	15%	2.24	64.59	58.0	보 통
	100%	2.34	64.74	59.0	보 통
3호기	8%	2.01	80.55	58.0	양 호
	13%	2.25	82.11	58.0	양 호
	100%	2.66	81.30	59.0	양 호

구취수펌프 효율분석 결과

구 분	단위	1호기			2호기(토출밸브 개도)				3호기		
		8%	13%	100%	8%	10%	15%	100%	8%	13%	100%
흡입구경(Di)	m	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125
토출구경(Dd)	m	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
흡입압력(P1)	kgf/cm ²	-0.57	-0.61	-0.72	-0.51	-0.55	-0.58	-0.61	-0.56	-0.62	-0.74
토출압력(P2)	kgf/cm ²	6.60	6.20	5.30	6.90	5.90	5.20	5.00	6.50	6.10	5.20
압력수두차(ΔH)	m	71.70	68.10	60.20	74.10	64.50	57.80	56.10	70.60	67.20	59.40
측정유량(Q)	m ³ /h	120.60	135.90	160.50	112.20	123.60	134.40	140.40	120.60	134.70	159.60
	m ³ /min	2.01	2.27	2.68	1.87	2.06	2.24	2.34	2.01	2.25	2.66
	m ³ /s	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04
흡입유속(Vs)	m/s	2.73	3.08	3.63	2.54	2.80	3.04	3.18	2.73	3.05	3.61
토출유속(Vd)	m/s	4.27	4.81	5.68	3.97	4.37	4.76	4.97	4.27	4.77	5.65
속도수두차(ΔV)	m	0.55	0.70	0.97	0.47	0.58	0.68	0.74	0.55	0.68	0.96
압력계위치차(ΔZ)	m	0.13	0.13	0.13	0.07	0.07	0.07	0.07	0.10	0.10	0.10
모터효율(η m)	%	93.0	93.0	93.0	90.5	90.5	90.5	90.5	90.5	90.5	90.5
수동력(Lw)	kW	23.71	25.45	26.73	22.75	21.87	21.38	21.71	23.34	24.88	26.21
축동력(Ls)	kW	31.90	34.13	35.62	35.53	36.03	36.57	37.05	32.02	33.48	35.63
펌프효율(η p)	%	79.93	80.17	80.69	70.76	67.09	64.59	64.74	80.55	82.11	81.30
원단위전력량(Ps)	kWh/m ³	0.265	0.252	0.222	0.317	0.292	0.273	0.264	0.266	0.249	0.224
전양정(H)	m	72.38	68.93	61.30	74.64	65.15	58.55	56.91	71.25	67.98	60.46

KS B 7505 소형다단 원심펌프 효율

송출량 (m ³ /min)	0.5	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0
A효율(%)	59	60.5	63.5	65.5	68.5	70.5	73	74	74.5
B효율(%)	48.5	49.5	52	53.5	56	58	60	60.5	61

※ A효율 : 펌프효율 최고치는 펌프정격유량에서 A효율 이상이어야 한다.

B효율 : 규정토출량에서는 펌프효율이 B효율 이상이어야 한다.

KS B 7505 소형다단원심펌프 규정 토출량

흡입구경(mm)	80	100	125	150	200
토출량(m ³ /min)	0.25~0.8	0.5~1.6	1.0~3.15	2.0~6.3	3.15~12.5

한국산업규격 [KS B 7505 소형다단 원심펌프 효율]과 그 결과를 비교해 보면, 1, 2, 3호기 모두 한국산업규격에서 제시하고 있는 펌프효율(B효율)을 상회한 수치로서 규정토출량의 범위에서 운전되고 있으나 2호기는 다소 효율이 낮아서 비효율적으로 운영되고 있는 것으로 조사되었다.

취수펌프 1, 3호기는 토출밸브개도에 따른 효율변동은 거의 없으나 밸브개도율이 증가할 수록 전력원단위는 낮아졌으므로 에너지절감을 위해서는 밸브를 완전개방한 후 펌프를 가동하는 것이 바람직하나, 캐비테이션 관계와 연관하여 밸브개도율을 정하는 것이 우선이다.

3) 취수펌프 비속도 검토 및 평가

펌프의 형상(일반적인 원심펌프의 비속도 범위 : $N_s=100\sim600$) 및 성능·효율 등을 결정짓는 비속도(N_s)는 펌프 효율측정 조건에서의 유량(Q), 양정(H) 및 회전수(N)를 사용하여 계산하였다. 비속도는 펌프고유특성값으로서 펌프임펠러의 적정 성상을 나타내는 수치이므로 권장범위에 있을 때에는 적정하게 운전되고 있다고 할 수 있다.

$$\textcircled{\text{O}} \text{ 비속도}(N_s) = \frac{N\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

(양흡입시는 $Q/2$, 다단인 경우 H/n 적용, n :단수)

유구취수펌프의 비속도는 일반적인 다단식 원심펌프의 범위에 있어 적정한 것으로 판단된다.

100% 개도조건에서의 취수펌프 비속도(N_s)

호 기	1	2	3	적정 비속도 범위	적정 여부
비속도(N_s)	298	294	300	100 ~ 300	적 정

4) 취수펌프 캐비테이션(Cavitation) 검토

캐비테이션 검토 시 펌프 흡수정의 수위가 저수위일 때 유량과 흡입수두를 이용하는 것이 정확한 검토 방법이나, 흡수정 수위의 변동이 있는 것을 감안, 기술진단시 펌프 운전조건에서 검토하였으며, 그 측정 및 계산 결과는 다음 표와 같다. 필요흡입수두($NPSH_{re}$)의 값은 계산에 의한 값보다는 특성곡선에서 제시하는 값이 큰 값으로 나타나므로 특성곡선상의 값을 적용하였다.

취수펌프 캐비테이션 검토

구 분	단위	1호기			2호기(토출밸브개도)				3호기		
		8%	13%	100%	8%	10%	15%	100%	8%	13%	100%
펌프센터와 진공계의 위치차	m	0.24	0.24	0.24	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
펌프회전수(N)	rpm	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750
흡입속도수두(m)	m	0.38	0.48	0.67	0.33	0.40	0.47	0.52	0.38	0.47	0.67
유효흡입수두 (NPSHav)	m	5.01	4.72	3.81	5.57	5.24	5.01	4.76	5.12	4.62	3.61
필요흡입수두 (NPSHe)	m	3.60	3.90	4.30	3.30	3.60	3.90	4.00	3.60	3.90	4.30
비속도(Ns)	rpm·m ³ /min·m	228	251	298	215	250	282	294	231	252	300
캐비테이션 발생검토	값 > 1.3	1.39	1.21	0.89	1.69	1.46	1.29	1.19	1.42	1.18	0.84
상황 판단	양호	O.K	N.G	N.G	O.K	O.K	N.G	N.G	O.K	N.G	N.G

캐비테이션 검토 결과 토출밸브 13~15% 개도(유량 135m³/h) 이상의 조건에서 운전할 경우 취수펌프 전 호기 모두 캐비테이션이 발생하는 것으로 검토되었으므로 캐비테이션에 의한 임펠러 등의 손상을 방지하기 위해서는 전력원단위가 다소 높더라도 일정 유량(135m³/h) 이하의 범위에서 가동하도록 하는 것이 바람직하다.

5) 취수펌프 측정별 분석 및 평가

현재 측정별 허용 오차에 대한 국제적으로 표준화된 규격이 없는 관계로 본 진단에서는 측정별 기기 제작업체에서 권장하는 허용오차를 적용하여 취수펌프와 모터간의 측정별 상태를 분석하여 정렬의 적정성을 판단하였다.

측정별 측정장비

제 작 사	모 델 명	Sensor 분해능	특 징
PRUFTECHNIK (독일)	Optalign plus	1/1,000mm	갈륨알루미늄비소 반도체 레이저 이용

유구 취수펌프모터의 측정렬 상태

측정대상 펌프모터	오차항목	허용범위 (±mm)	측정값 (mm)	적정여부
2호기(50Hp) Q 108m³/h×H 57m	vertical gap	0.08	-0.37	×
	offset	0.09	0.28	×
	horizontal gap	0.08	-0.23	×
	offset	0.09	-0.27	×
3호기(50Hp) Q 108m³/h×H 75m	vertical gap	0.12	0.07	○
	offset	0.09	-0.06	○
	horizontal gap	0.12	-0.01	○
	offset	0.09	-0.18	×

유구 취수펌프모터 측정렬 교정 값

구 분		모터의 조정위치	조정값 α (mm)	교 정
2호기	수 직	Left foot	-1.12	Left foot에 라이너를 제거하여 모터축을 아래(↓) 방향으로 1.12mm 만큼 낮춤
		Right foot	-1.95	Right foot에 라이너를 제거하여 모터축을 아래(↓) 방향으로 1.95mm 만큼 낮춤
	수 평	Left foot	-0.25	-
		Right foot	-0.77	모터축 Right foot를 우측으로 0.77mm 만큼 밀어줌
3호기	수 직	Left foot	0.17	-
		Right foot	0.30	-
	수 평	Left foot	0.16	-
		Right foot	0.14	-

위 표와 같이 취수펌프모터의 측정렬 상태를 측정·분석한 결과 3호기는 양호한 것으로 판단되나, 2호기는 측정렬에 대한 재조정이 필요하므로 펌프모터 Foot를 조정함으로써 펌프모터의 손상을 방지하도록 한다.

6) 취수펌프모터 진동분석 및 평가

진동측정분석기를 이용하여 취수펌프모터에 대한 진동을 측정한 결과 다음 표과 같이 부위별 진동값(rms)이 측정되었으며, 진동상태에 대한 평가는 표의 ISO 10816-3 규정에 의하여 실시하였다.

진동분석(FFT Analyzer) 측정장비

제 작 사	모 델 명	Sensor	정 밀 도
(주)나다 S&V	VibLow CX II	ASI-100	100mV/gs

유구취수펌프모터의 진동 측정 결과를 ISO 10816-3의 기준에 의하여 판정하면, 2호기가 "B(장시간 운전 허용)", 3호기가 "A(양호)" 등급으로 측정되어 취수펌프모터의 운전상태는 매우 양호한 것으로 판단된다. '07. 11월에 교체한 취수펌프 1호기의 진동측정은 실시하지 않았다.

유구 취수펌프모터 총진동값 및 평가

구분		동력 (Hp)	총 진동값(mm/s rms)								상태 판정
			모 터 반부하측		모 터 부하측		펌 프 부하측		펌 프 반부하측		
			수직	수평	수직	수평	수직	수평	수직	수평	
취 수 펌 프 모 터	2호기	50	1.69	1.04	0.82	0.93	2.33	2.26	2.60	2.62	B
	3호기	50	0.81	0.59	1.67	1.02	1.21	1.63	1.01	1.02	A

진동평가 기준 (ISO 10816-3)

지지 분류	영역 경계	진동변위 (μm , rms)				진동속도(mm/s, rms)			
		그룹1	그룹2	그룹3	그룹4	그룹1	그룹2	그룹3	그룹4
강지지	A/B	29	22	18	11	2.3	1.4	2.3	1.4
	B/C	57	45	36	22	4.5	2.8	4.5	2.8
	C/D	90	71	57	36	7.1	4.5	7.1	4.5
유연지지	A/B	45	37	28	18	3.5	2.3	3.5	2.3
	B/C	90	71	57	36	7.1	4.5	7.1	4.5
	C/D	140	113	90	56	11.0	7.1	11.0	7.1

- 그룹 1 : 대형기계(300 kW~50 MW), 전기기계(축높이 H=315 mm이상)
- 그룹 2 : 중형기계(15~300 kW), 전기기계(160 ≤ H ≤ 315 mm)
- 그룹 3 : 원심, 혼류 또는 축류펌프 (15 kW이상, 분리된 구동장치)
- 그룹 4 : 원심, 혼류 또는 축류펌프 (15 kW이상, 연결된 구동장치)
- 강지지 : 계의 1차 고유진동수가 회전주파수보다 25% 이상 높은 경우
- 영역 A : 양호
- 영역 B : 장시간 운전 허용
- 영역 C : 제한된 기간 동안 운전허용 (보수조치 필요)
- 영역 D : 허용불가
- 경고(Alarm) : 영역 B의 1.25배 정도
- 비상정지(Trip) :영역 C의 1.25배를 넘지 말 것

바. 개선방안

1) 집수매거 상부보수

평상시 원수유입탁도가 양호하여 집수매거 효율은 42~67%로 나타났으나 하절기 집중강우시 접합정보다 수위가 상승할 경우 탁질성분이 유입될 가능성이 있으므로 상부맨홀 뚜껑을 견고히 하여 하절기 고탁도 유입을 방지해야 할 것으로 판단되며 별도의 시설 개량은 필요 없을 것으로 판단된다.

2) 취수펌프

취수펌프 개량방안

항목	기술검토기준	시 설 현 황	개량계획
펌 프	○ 취수펌프 용량	○ 취수용량 충분	없 음
	○ 취수펌프 효율	○ 규정보출량 범위에서 운전	없 음
	○ 비 속 도	○ 원심펌프 비속도 범위를 만족	없 음
	○ 캐비테이션(Cavitation)	○ 일정유량 이하 범위에서 가동 권고	없 음
	○ 운전현황	○ 대체적으로 양호	없 음
밸 브	○ 부식 및 마모상태	○ 대체적으로 양호	없 음
배 관	○ 부식 및 마모상태	○ 대체적으로 양호	없 음

5.2.3 옥룡도수관로

가. 시설현황

옥룡정수장의 시설용량 증대에 따라 기 매설된 도수관과 동일한 관경으로 도수관로의 복선화를 시행하였으며 왕촌취수장에서 취수된 원수는 옥룡취수장내 펌프흡수정으로 유입되도록 별도 관로가 매설되어 있다.

그러나 옥룡정수장이 2009년 5월부터 광역원수를 공급받음으로써 기존 도수관로의 사용이 중지되어 본 계획에서는 2007년 12월 시행한 『공주시 상수도시설 기술진단』상의 진단내용을 참고로 수록하였으며 시설개량 사업비는 별도로 산정하지 않았다.

구 분	규 격	비 고
옥룡취수장 ~ 옥룡정수장	- 관 종 : 강관 - 관 경 : D 450mm × 2Line - 연 장 : L 338m	설계취수량 = 30,500 × 1.1 = 33,500m³/d
왕촌취수장 ~ 옥룡취수장	- 관 경 : D 450mm - 연 장 : L 3,000m	
취수펌프장 흡수정	L,W,L : 9.50m	펌프양정 : 85m
전염소접촉조 분말활성탄접촉조 착수정	- H,W,L : 87.21m - H,W,L : 86.24m - H,W,L : 84.70m	정수두 차이 : 77.71m

나. 기능 진단

1) 도수관로 시설에 대한 통수능력 검토

옥룡상수도 도수시설은 옥룡취수장의 금강 복류수를 취수펌프모터를 이용하여 옥룡정수장으로 공급하는 시설로서, 관로 용량과 관로상의 수두손실을 설계취수량과 Peak 취수량에 대하여 계산하였다.

① 설계취수량 공급시 Hazen-Williams식으로 계산한 동수두

$$Q = 16,750\text{m}^3/\text{d}(33,500\text{m}^3/\text{d} \times 1/2), C=100, D=0.45\text{m}, L=338\text{m}$$

$$I = \frac{h_\ell}{L} = 10.666 \times C^{-1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85}$$

$$\begin{aligned} h_\ell &= 338 \times 10.666 \times 1.995 \times 10^{-4} \times 48.85 \times 0.048 \\ &= 1.69\text{m} \end{aligned}$$

$$\triangleright \text{정수두} = 94.5\text{m} - 87.21\text{m} = 7.29\text{m}$$

$$\triangleright \text{여유수두} = \text{정수두} - \text{손실수두} = 7.29\text{m} - 1.69\text{m} = 5.60\text{m}$$

② '05~' 07년 일최대취수량 기준으로 계산한 동수두

$$Q = 18,640\text{m}^3/\text{d}(37,280\text{m}^3/\text{d} \times 1/2), C=100, D=0.45\text{m}, L=338\text{m}$$

$$I = \frac{h_\ell}{L} = 10.666 \times C^{-1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85}$$

$$\begin{aligned} h_\ell &= 338 \times 10.666 \times 1.995 \times 10^{-4} \times 48.85 \times 0.05858 \\ &= 2.06\text{m} \end{aligned}$$

$$\triangleright \text{정수두} = 94.5\text{m} - 87.21\text{m} = 7.29\text{m}$$

$$\triangleright \text{여유수두} = \text{정수두} - \text{손실수두} = 7.29\text{m} - 2.06\text{m} = 5.23\text{m}$$

유속계수 C값을 100으로 가정했을때 손실수두를 계산하여 적정여부를 검토해본 결과 계획취수량 $Q=33,500\text{m}^3/\text{d}$ ($30,500\text{m}^3/\text{d} \times 1.1$) 취수시에는 취수장 흡수정 L.W.L 9.5m, 펌프양정 85.0m로서 전염소접촉조(H.W.L 87.21m)로 공급하는데 여유수두가 5.60m로 산정되므로 기타손실을 감안하면 적정한 것으로 검토되고, 일최대취수량 $Q=37,280\text{m}^3/\text{d}$ 취수시에는 여유수두가 5.23m 산정되므로 기타손실을 감안하면 적정하다고 판단되나, 취수장 펌프진단시 토출압력이 8.8~8.9kgf/cm²로서 설계양정 85m보다 높게 나타나므로 관로상에 문제가 발생된 것으로 판단된다.

다. 개선방안

1) 관 및 밸브 세부점검

1차적으로는 도수관로상의 각종 밸브류의 세부적인 점검을 통하여 해결하는 것이 필요하고, 해결이 되지 않을 경우에는 관로의 외부부식, 내부의 스케일 상태 등을 세부적으로 평가하는 것이 요구된다.

관로상태평가는 관로 주위를 굴착하여 외면 부식상태, 내부는 관절단을 통하여 내부스케일 상태, 내면부식깊이, 내면 도막상태 등을 평가하고, 관절단 시편을 통하여는 인장강도, 성분분석 등이 필요하다.

5.2.4 유구도수관로

유구도수관로의 경우 관리담당자와의 인터뷰결과 운영상의 문제가 없고 2007년 12월 시행한 『공주시 상수도시설 기술진단보고서』상의 진단 분석에 따른 별도의 개선방안이 제시되지 않아 본 계획에서는 별도로 개선방안 제시 및 개량사업비를 산정하지 않았다.

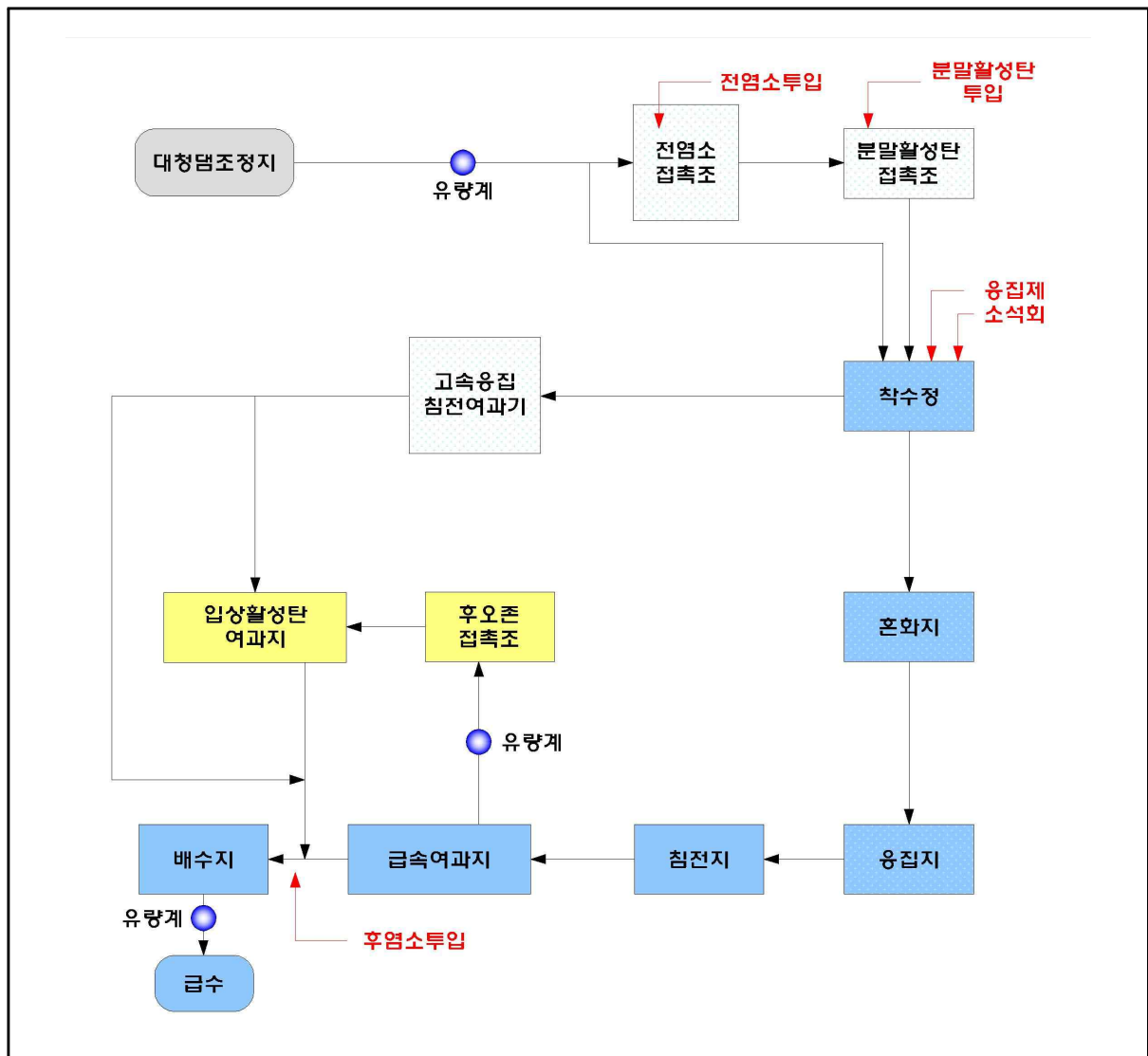
구 분	제 원	비고
유구도수관로	D= 약 200mm, L= 약 300m	도수관로 연장에 대한 제원은 자료미비로 정확한 수치 반영 곤란

5.3 정수시설

5.3.1 옥룡정수장

가. 일반현황

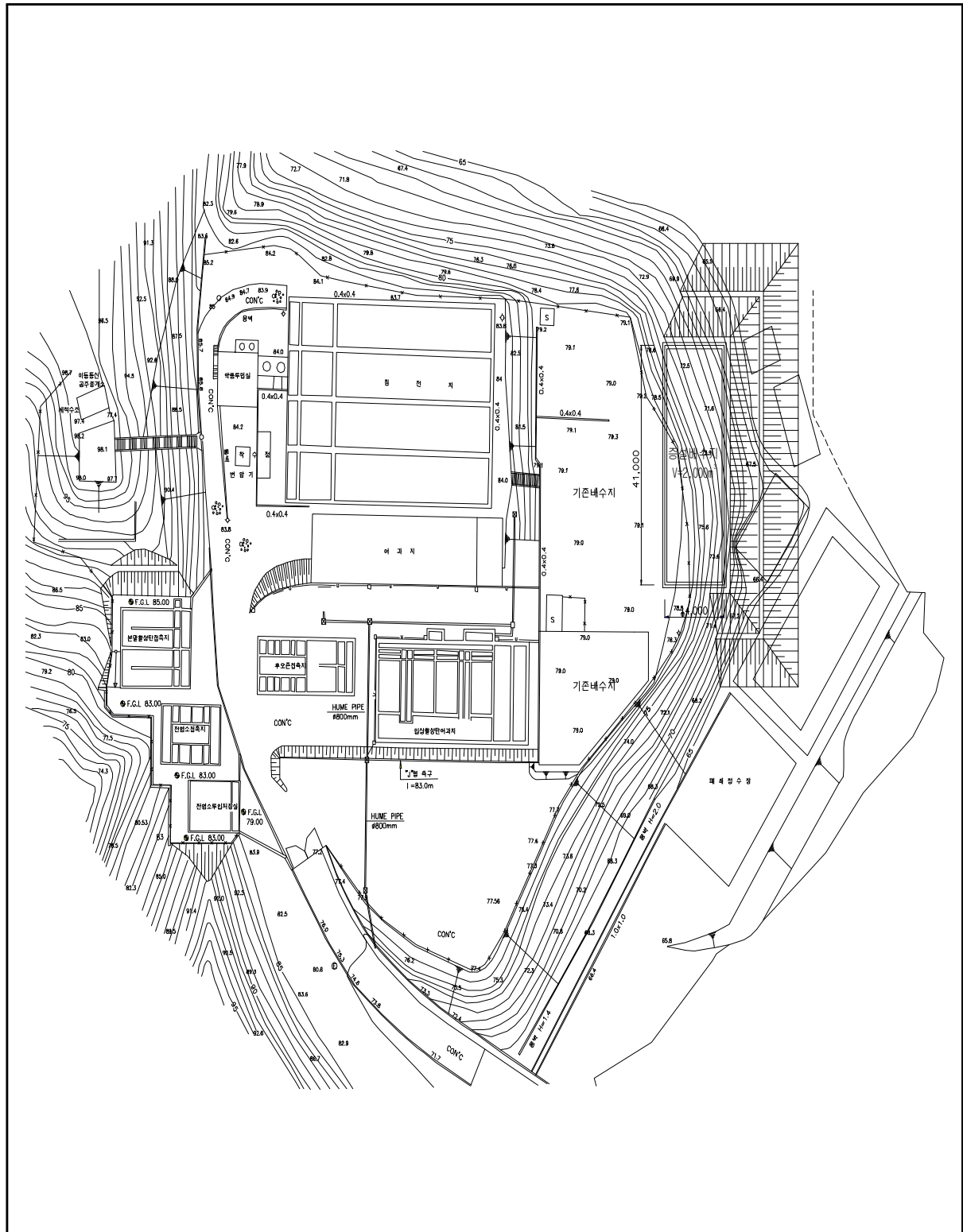
옥룡정수장의 경우 당초 옥룡취수원(금강)에서 원수를 공급받아 운영해오다 2009년 5월 부터 대청댐 광역원수를 공급받게 되면서 현재 분말활성탄 접촉조 및 고속응집침전여과기, 후오존 접촉조 등의 시설을 운영하지 않고 있으며 따라서 운휴중인 시설에 대해서는 기술 진단 당시 진단내용만 수록하고 별도의 개량계획은 수립하지 않았다.



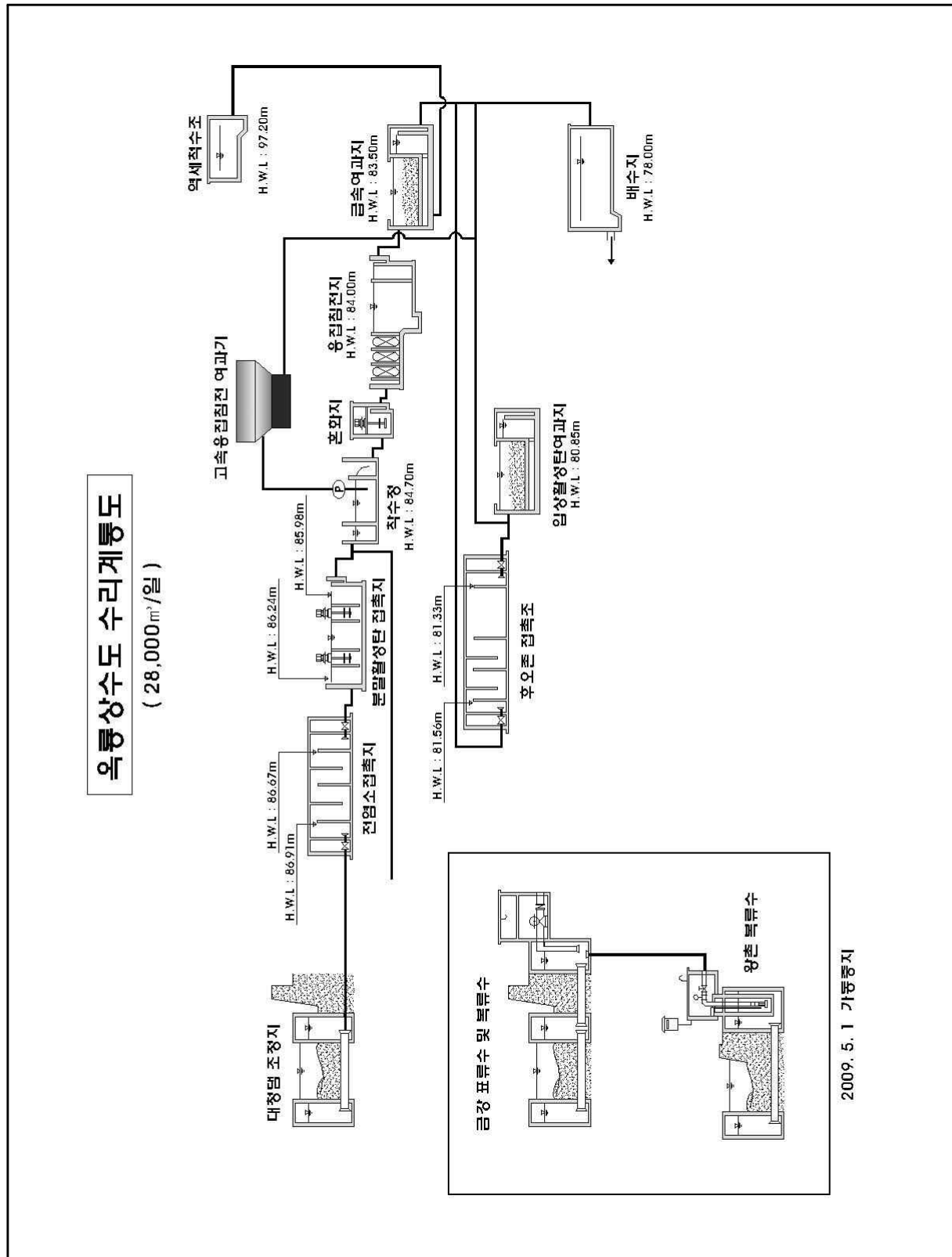
옥룡 정수장 수처리 공정도

정수시설 현황

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	- 5,000m³ × 1기	
7) 급속여과지		
•여과방식	- 감쇄 및 급속여과, 이중여재(모래, 안트라사이트)	
•규 격	- B6.0m × L5.4m	
•형식 및 지수	- 장방형, 6지	
•역세척방식	- 표면세척 + 물역세척방식	
•하부집수장치	- STRAINER 블록	
•역세척 펌프	- 형 식 : 양흡입볼류트 펌프	
	- 대 수 : 2	
	- 용 량 : 3.0mm³/min	
	- 양 정 : 20m	
	- 출 력 : 25Hp	
8) 역세척수조		
•규 격	- B9.0m×L9.0m×H3.0m	
•형식 및 지수	- 정방형, 1지	
9) 후오존접촉지		
•규 격	- B2.5m×L7.0m×H5.53m	
•형식 및 지수	- 장방형, 2지	
10) 입상활성탄여과지		
•규 격	- B5.0m×L9.0m	
•형식 및 지수	- 장방형, 4지	



옥룡정수장 평면도



옥룡상수도 수리계통도

기계설비 현황

구 분			용 량	대 수	규 격	기 타	비 고
왕 촌 취수장 설비	수중모타펌프		75Hp	3	D450	380V	
			20Hp	2		380V	
옥룡 취수장설비	취수펌프		250Hp	4	D250	3,300V	2009. 07.01 가동 중지
	수중펌프모터		30Hp	2	D 50	380V	
	수중펌프모터		30Hp	2	D 50	220V	
	진 공 펌 프		5Hp	1	D 50	380V	
	배 수 펌 프		2Hp	1			
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			
	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	

<표 계속>

구 분			용 량	대수	규 격	기 타	비 고
옥룡정수장	급 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	
신관 배수지	배 수 지	유입MOV		2		220V/380V	06.12.31 폐쇄
		유출게이트				수동	
장기 가압장	가 압 장	가압펌프	30Hp	3		380V	07.8.14 가동중지

전기설비 현황

구 분		기기명	규 격	수 량	기 타
옥 룡 취수장 (전기설비 2회선수전) 2009.07.01 가동 중지	수변전실	LBS	23kV, 400A	1	
		PF	23kV, 200A	1식	
		MOF	13.2V/110V	1	
		VCB	24kV, 630A	1	
		VCB	3.6kV, 630A	3	
		유입변압기	1,200kVA	2	22.9kV/3.3kV
		DTS	7.2kV, 600A	1	주, 예비변압기절환
왕 촌 취수장 2009.07.01 가동 중지	전 기 실	ASS	25.8kV, 200A	1	
		PF	23kV, 200A	1식	
		MOF	13.2V/110V	1	
		변압기	150kVA(유입)	1	22.9kV/380V, 220V
옥 룡 정수장	전 기 실	변압기	75kVA(유입, 몰드)	2	3.3kV/380V, 220V
		변압기	500kVA(몰드)	1	3.3kV/380V, 220V

주) 취수장에서 22.9kV로 수전하여 정수장으로 3.3kV로 인입

계측제어설비 현황

구 분		기 기 명	규 격	수 량	기 타
왕 촌 취수장 설 비	왕촌천	유량계	D450(벤츄리식)	1	
	금 강	유량계	D450(초음파식)	1	
		수위계	초음파식	1	
옥 룡 취수장 설 비	집수정	수위계	초음파식	1	2009.7.1 가동중지
	전기실	TM/TC	데이터 전송용	1	
	펌프실	TM/TC	영상 전송용	1	
	전기실	PLC 판넬	취수장 운전용	1	
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	스켄스제어
		MCC	여과지 설비용	1식	
	배 수 지	수위계	플로트식	2	정수장내

나. 공정별 설계의 적정성 평가

다음은 각 단위공정별 설계 처리능력과 주요 설계조건에 대한 적정성 여부 분석 결과이다.

본 분석에 사용된 주요 평가인자인 체류시간(Hydraulic Detention Time, HDT), 여과속도(Filtering Rate) 등은 실제 측정값이 아닌 설계 및 이론값으로서, 당초 설계 조건 하에서의 처리능력 적정성 판단을 위해 적용하였다.

○ 검토대상 수량

- 고도처리공정 : 29,400m³/d

$$Q_{dh} = 29,400\text{m}^3/\text{d} = 1,225\text{m}^3/\text{h} = 20.42\text{m}^3/\text{min}$$

- 재래식 기존공정 : 23,000m³/d

$$Q_{dc} = 23,000\text{m}^3/\text{d} = 958\text{m}^3/\text{h} = 15.97\text{m}^3/\text{min}$$

- 응집침전여과기 공정 : 5,000m³/d

$$Q_{ds} = 5,000\text{m}^3/\text{d} = 208\text{m}^3/\text{h} = 3.47\text{m}^3/\text{min}$$

- 일최대수량

$$Q_p = 37,279\text{m}^3/\text{d} = 1,553\text{m}^3/\text{h} = 25.9\text{m}^3/\text{min}$$

- 사용수량(일평균)

$$Q_c = 30,202\text{m}^3/\text{d} = 1,258\text{m}^3/\text{h} = 21.0\text{m}^3/\text{min}$$

1) 전염소접촉조

① 평가기준 인자

체류시간 (HDT : Hydraulic Detention Time)

② 지의 규격

$$V = B \ 3.0\text{m} \times L \ 9.6\text{m} \times H \ 5.9\text{m} \times 2\text{지} = 340\text{m}^3$$

③ 기준

HDT = 10분 이상

④ 분석결과

○ 설계 체류시간

$$\text{HDT} = V/Q_d = 340\text{m}^3 \div 28,000\text{m}^3/\text{d} = 17.5\text{분}(\text{※ 계획접촉시간 10분})$$

- 침투유량시 체류시간

$$HDT = V/Q_p = 340\text{m}^3 \div 37,279\text{m}^3/\text{d} = 13.1\text{분}$$

- 최대 처리수량 (Qr : Rated Capacity) at Tc=10분

$$Q_r = \frac{V}{T_c} = \frac{340\text{m}^3}{10\text{min}} \times \frac{1,440\text{min}}{d} = 48,960\text{m}^3/d$$

2) 분말활성탄 접촉조

- ① 평가기준 인자

체류시간 (HDT : Hydraulic Detention Time)

- ② 지의 규격

$$V = B \ 6.3\text{m} \times L \ 11.9\text{m} \times H \ 3.78\text{m} \times 2\text{지} = 566\text{m}^3$$

- ③ 기준

$$HDT = 20\text{분 이상}$$

- ④ 분석결과

- 설계 체류시간

$$HDT = V/Q_d = 340\text{m}^3 \div 28,000\text{m}^3/\text{d} = 17.5\text{분}(\text{※ 계획접촉시간 10분})$$

- 침투유량시 체류시간

$$HDT = V/Q_d = 566\text{m}^3 \div 28,000\text{m}^3/\text{d} = 29.1\text{분}(\text{※ 계획접촉시간 20분})$$

- 최대 처리수량 (Qr : Rated Capacity) at Tc=20분

$$Q_r = \frac{V}{T_c} = \frac{566\text{m}^3}{20\text{min}} \times \frac{1,440\text{min}}{d} = 40,750\text{m}^3/d$$

3) 착수정

- ① 평가기준 인자

체류시간 (HDT ; Hydraulic Detention Time)

- ② 지의 규격

$$V = B \ 2.0\text{m} \times L \ 5.3\text{m} \times H \ 3.0\text{m} \times 1\text{지} = 31.8\text{m}^3$$

- ③ 분석결과

- 설계 체류시간

$$HDT = V/Q_a = 31.8\text{m}^3 \div 28,000\text{m}^3/\text{d} = 1.64\text{분}(\text{※ 기 준 : 1.5분 이상})$$

- 침투유량시 체류시간

$$HDT = V/Q_p = 31.8\text{m}^3 \div 37,279\text{m}^3/\text{d} = 1.23\text{분}$$

- 최대 처리수량 (Q_{max} ; Rated Capacity) at $T_c=1.5\text{분}$

$$Q_{\text{max}} = V/T_c = 31.8\text{m}^3/\text{지} \div 1.5\text{분} = 30,528\text{m}^3/\text{d}$$

4) 혼 화 지

- ① 평가기준 인자

혼화시간 (MT ; Mixing Time)

- ② 지의 규격

$$V = B2.2\text{m} \times L2.2\text{m} \times H2.7\text{m} \times 2\text{지} = 26.0\text{m}^3$$

- ③ 분석결과

- 설계 혼화시간

$$MT = V/Q = 26.0\text{m}^3 \div 23,000\text{m}^3/\text{d} = 1.63\text{분}(\text{※ 기 준 : 1분 내외})$$

- 사용수량시 혼화시간

$$MT = V/Q = 26.0\text{m}^3 \div (30,202 - 5,000)\text{m}^3/\text{d} = 1.49\text{분}$$

- 최대 처리수량 (Q_{max} ; Rated Capacity) at $T_c=1\text{분}$

$$Q_{\text{max}} = V/T_c = 26.0\text{m}^3/\text{지} \div 1\text{분} = 37,440\text{m}^3/\text{d}$$

위의 분석은 당초 설계된 기계교반식 급속혼화지 운용을 가정하여 검토하였으며 설계 및 사용수량시 혼화시간은 1.63분과 1.49분으로, 응집제의 혼화시간을 1분 내외로 권장하고 있는 “상수도시설기준”을 고려해 볼 때 현 구조물의 처리 가능한 최대 수량은 37,440 m^3/d 로 평가된다.

5) 용 집 지

- ① 평가기준 인자

체류시간 (HDT ; Hydraulic Detention Time)

- ② 지의 규격

$$V = B8.0\text{m} \times L8.0\text{m} \times H2.7\text{m} \times 4\text{지} = 691.2\text{m}^3$$

③ 분석결과

○ 설계 체류시간

$$HDT = V/Q = 691.2\text{m}^3 \div 23,000\text{m}^3/\text{d} = 43.28\text{분} (\text{※ 기준 : } 20 \sim 40\text{분})$$

○ 사용수량시 체류시간

$$HDT = V/Q = 691.2\text{m}^3 \div (30,202 - 5,000)\text{m}^3/\text{d} = 39.49\text{분}$$

○ 침투유량시 체류시간

$$HDT = V/Q = 691.2\text{m}^3 \div (37,279 - 5,000)\text{m}^3/\text{d} = 30.84\text{분}$$

○ 최대 처리수량 (Qr ; Rated Capacity) at Tc=20분

$$Qr = V/Tc = 691.2\text{m}^3 \div 20\text{분} = 49,766\text{m}^3/\text{d}$$

응집지 체류시간에 대한 분석결과 설계수량 처리시의 체류시간이 43.3분, 사용수량시 39.5분, 침투유량시 30.8분으로 나타나 적정 체류시간 범위에서 운영 가능한 것으로 평가되며, 최대처리 가능수량은 49,766m³/d로 평가된다.

6) 약품침전지

① 평가기준 인자

표면부하율 (SOR : Surface Overflow Rate)

상승유속 (UV : Upflow Velocity)

② 지의 규격

$$V = B8.0\text{m} \times L35.0\text{m} \times H4.0\text{m} \times 4\text{지} = 4,480\text{m}^3$$

③ 분석결과

○ 설계수량기준

$$\text{표면부하율 : } SOR = Q/A = 23,000\text{m}^3/\text{d} \div 1,120\text{m}^2 = 20.54\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{일}$$

$$(\text{※ 기준 : } 21.6 \sim 43.2\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{일})$$

$$\text{상승유속 : } UV = Q/A = 23,000\text{m}^3/\text{d} \div 480\text{m}^2 = 47.9\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{일}$$

$$(A = 15\text{m} \times 8\text{m} \times 4 = 480\text{m}^2)$$

$$(\text{※ 권장기준 : } 57 \sim 86\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{일(AWWA)})$$

○ 사용수량 기준

$$\text{표면부하율 : } SOR = Q/A = 30,202\text{m}^3/\text{d} \div 1,120\text{m}^2 = 26.97\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{일}$$

$$\text{상승유속 : } UV = Q/A = 30,202\text{m}^3/\text{d} \div 672\text{m}^2 = 44.94\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{일}$$

○ 침투수량 기준

$$\text{표면부하율 : } SOR = Q/A = 37,279\text{m}^3/\text{d} \div 1,120\text{m}^2 = 33.28\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{일}$$

$$\text{상승유속 : } UV = Q/A = 37,279\text{m}^3/\text{d} \div 672\text{m}^2 = 55.47\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{일}$$

○ 최대 처리수량 (Qr ; Rated Capacity)

$$SORc=43.2\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{일} \text{ or } UVc=86\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{일}$$

$$- Qrs = SORc \times A = 43.2\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{일} \times 1,120\text{m}^2 = 48,384\text{m}^3/\text{d}$$

$$- Qru = UVc \times A = 86\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{일} \times 672\text{m}^2 = 57,792\text{m}^3/\text{d}$$

표면부하율 기준 48,384m³/d이며, 상승유속 기준 57,792m³/d이므로 최대처리가능수량은 48,384m³일로 나타났다.

7) 급속여과지

① 평가기준 인자

여과속도 (Filtration Rate)

② 지의 규격

$$A = B6.0\text{m} \times L5.4\text{m} \times 6\text{지} = 194.4\text{m}^2$$

③ 분석결과

○ 설계 여과속도

$$V = Q/A = (28,000-5,000)\text{m}^3/\text{d} \div 194.4\text{m}^2 = 118.3\text{m}/\text{d} (\text{※ 기 준 : } 120 \sim 150\text{m}/\text{d})$$

○ 사용수량시 여과속도

$$V = Q/A = (30,202-5,000)\text{m}^3/\text{d} \div 194.4\text{m}^2 = 129.6\text{m}/\text{d}$$

○ 침투유량시 여과속도

$$V = Q/A = (37,279-5,000)\text{m}^3/\text{d} \div 194.4\text{m}^2 = 166\text{m}/\text{d}$$

○ 최대처리수량 - 설계기준(Vc = 150m/d)

$$Q_{\text{max}} = A \times Vc = 194.4\text{m}^2 \times 150\text{m}/\text{d} = 29,160\text{m}^3/\text{d}$$

8) 고속용집침전여과기

① 평가기준 인자

표면부하율 (SOR : Surface Overflow Rate), 여과속도 (Filtration Rate)

② 지의 표면적

$$\text{침전지 표면적} : A_1 = \frac{\pi \times (D_1^2 - D_2^2)}{4} = \frac{\pi \times (13.6^2 - 6.8^2)}{4} = 109\text{m}^2$$

$$\text{여과지 표면적} : A_2 = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times 7.3^2}{4} = 41.8\text{m}^2$$

③ 기준

표면부하율(SOR) : 40~60mm/min (57.6~86.4m³/m² · d)

여과속도 : 120 ~ 150m/d

④ 분석결과

○ 최대 처리수량 (Qr : Rated Capacity) at SORc = 86.4m³/m² · d

$$Q_r = SORc \times A_1 = 86.4\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d} \times 109\text{m}^2 = 9,417\text{m}^3/\text{d}$$

○ 최대 처리수량 (Qr : Rated Capacity) at FR = 150m/d

$$Q_r = FR \times A_2 = 150\text{m}/\text{d} \times 41.8\text{m}^2 = 6,270\text{m}^3/\text{d}$$

표면부하율을 고려한 현 응집침전여과기 최대 처리수량은 9,417m³/d이며, 여과속도를 고려한 처리수량은 6,270m³/d 이다.

9) 후오존 접촉조

① 평가기준 인자

체류시간 (HDT ; Hydraulic Detention Time)

② 지의 규격

$$V = B2.5\text{m} \times L7.0\text{m} \times H5.53\text{m} \times 2\text{지} = 193.55\text{m}^3$$

③ 분석결과

○ 설계 접촉시간

$$HDT = V/Q_d = 193.55\text{m}^3 \div 29,400\text{m}^3/\text{d} = 9.48\text{분} (\text{※ 기준 : } 10 \sim 20\text{분})$$

○ 사용수량시 접촉시간

$$HDT = V/Q_c = 193.55\text{m}^3 \div 30,202\text{m}^3/\text{d} = 9.23\text{분}$$

○ 침투수량시 접촉시간

$$HDT = V/Q_c = 193.55\text{m}^3 \div 37,279\text{m}^3/\text{d} = 7.47\text{분}$$

○ 최대처리량((Qmax ; Rated Capacity) at Tc=10분(접촉시간)

$$Q_{\max} = V/T_c = 193.55\text{m}^3 \div 10\text{분} = 27,871\text{m}^3/\text{d}$$

후오존접촉조 체류시간에 대한 분석결과 설계수량 처리시의 체류시간이 9.48분, 사용수량시 9.23분이며 침투수량시에는 7.47분으로 나타나고 있어 최대처리수량은 27,871m³/d로 평가된다.

10) 입상활성탄 여과지

① 평가기준 인자

공상접촉시간 (EBCT ; Empty bed contact time)(※ 설계 EBCT 30분, 시설기준 5~15분)

선속도 (L.V ; Linear Velocity)(※ 설계 L.V 6.8m/h, 시설기준 10~15m/h)

② 지의 규격

$$A = B \times L = 5.0\text{m} \times 9.0\text{m} \times 4\text{지} = 180.0\text{m}^2$$

③ 활성탄의 총진량

$$V = A \times H(\text{탄층두께}) = 180.0\text{m}^2 \times 3.5\text{m} = 630\text{m}^3$$

④ 분석결과

○ 접촉시간

$$\text{설계수량시 EBCT} = V/Q_d = 630\text{m}^3 \div 29,400\text{m}^3/\text{d} = 30.9\text{분}$$

$$\text{침투유량시 EBCT} = V/Q_d = 630\text{m}^3 \div 37,279\text{m}^3/\text{d} = 24.3\text{분}$$

○ 선속도

$$\text{설계수량시 L.V} = Q_d/A = 29,400\text{m}^3/\text{d} \div 180\text{m}^2 = 6.8\text{m/h}$$

$$\text{침투수량시 L.V} = Q_d/A = 37,279\text{m}^3/\text{d} \div 180\text{m}^2 = 8.6\text{m/h}$$

○ 최대처리량((Qmax ; Rated Capacity)

at Tc=30분(EBCT), L.Vc=10m/h

$$Q_{\max} = V/T_c = 630\text{m}^3 \div 30\text{분} = 30,240\text{m}^3/\text{d}$$

$$Q_{\max} = L.V_c \times A = 10\text{m/h} \times 180\text{m}^2 = 1,800\text{m}^3/\text{h} = 43,200\text{m}^3/\text{d}$$

“상수도시설기준”에 의하면 일반적인 공상접촉시간(EBCT)은 통상 5~15분, 선속도(L.V)는 10~15m/h로 공상접촉시간은 접촉시간이 길수록 처리효과가 증가하므로 설계수량에 의한 최대처리용량은 30,240m³/d로 평가된다.

11) 정수지(배수지 검용)

① 평가기준 인자

소독능 만족여부, 체류시간(배수지)

② 지의 규격 (total = 8,485m³)

$$V = B22.1m \times L(9.0+14.6)m \times H4.0m \times 1지 = 1,674m^3$$

$$V = B17.6m \times L23.6m \times H4.0m \times 2지 = 3,323m^3$$

$$V = B17.6m \times L20.0m \times H4.0m \times 1지 = 1,408m^3$$

$$V = B13.0m \times L40.0m \times H4.0m \times 1지 = 2,080m^3$$

③ 기준

정수처리기준 소독능 만족 (불활성비 1.0 이상)

배수지 용량 (계획1일 최대급수량의 12시간분 이상)

④ 분석결과

○ 체류시간 기준

$$\text{처리가능수량} = 8,485m^3 \div 12h = 707.1m^3/h$$

$$707.1m^3/h \times 24h/\text{일} = 16,970m^3/d$$

○ 소독능

○ 최대 처리수량 (Qr : Rated Capacity) at HDT_r = 0.53h

$$Q_r = \frac{V_e}{HDT_r} = \frac{899m^3}{0.53h} = 1,696m^3/h = 40,709m^3/d$$

$$V_e = 0.53(\text{수위비율}) \times 0.20 (\beta) \times 8,485m^3 = 899m^3$$

※ V_e : 유효 체적(Effective Basin Volume)

– 수위비율 : 최저운영수위 2.1m

– Required log reduction of Giardia cysts :

$$\text{급속여과지} : (3-2.5)\log = 0.5 \log$$

CT요구값 (pH 7.2, 수온 3°C, 잔류염소 1.0mg/L)

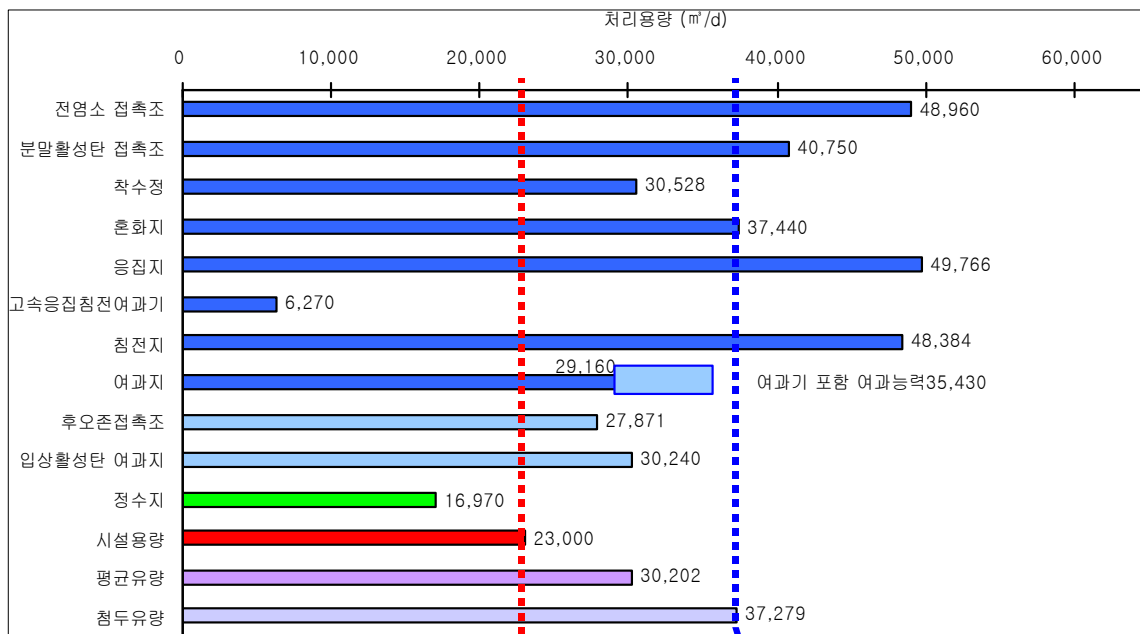
$$= (0.2828 \times (pH2.69) \times (\text{염소농도}0.15) \times (0.933(\text{수온}-5)))/2 = 31.8mg/L \cdot \text{분}$$

$$HDT_r : (31.8mg/L \cdot \text{분}) \div 1.0mg/L = 31.8\text{분} = 0.53h$$

옥룡정수장 정수지는 배수지의 기능을 수행하고 있으므로 배수지용량 기준 처리가능수량 평가결과 16,970m³/d이며, 소독능을 고려한 처리수량은 40,709m³/d로 분석된다. 따라서 정수지로써의 기능은 충족하지만, 배수지로써의 기능은 부족한 것으로 나타났다.

12) 수량관리 평가결과

현 수질공정 관리 상태와 연계하여 수리구조의 설계 및 운전조건을 토대로 수량부문의 한계 처리능력을 검토한 결과는 다음과 같다.



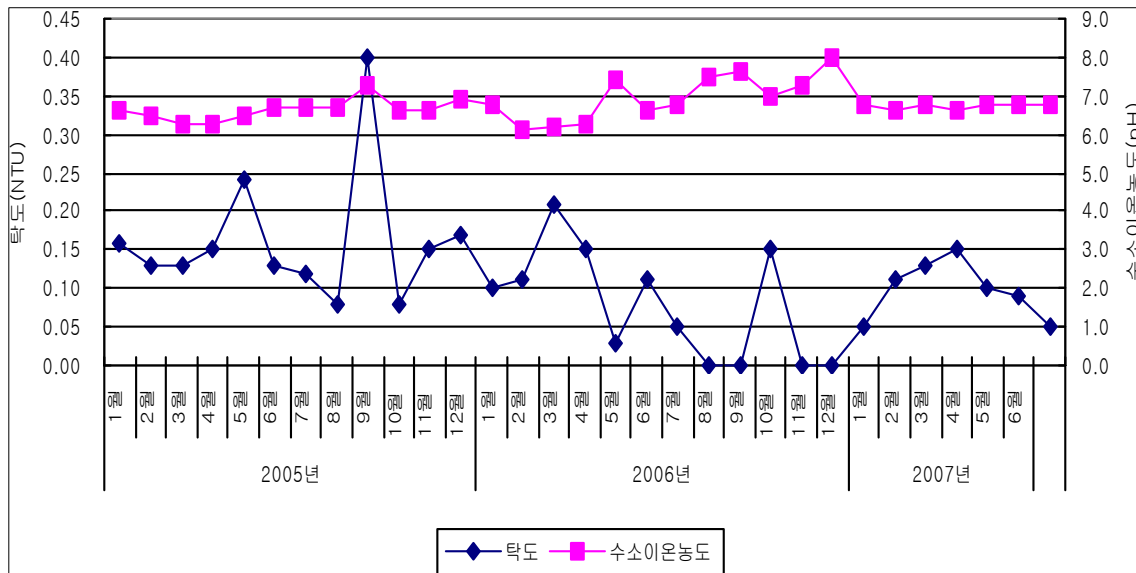
정수생산가능량

시설용량 기준으로는 정수지(배수지)의 용량이 다소 부족하며, 침두유량 기준으로는 착수정, 여과공정 및 고도처리공정의 용량이 부족한 것으로 검토되었다. 따라서 옥룡정수장의 공정 처리수량 제한공정은 정수지(배수지)로 분석되었으며, 최대 처리가능수량은 16,970m³/d이다.

다. 처리수(정수) 수질평가

정수처리 공정의 적정 운영여부 진단을 위하여 최근 3년간('05~ '07)의 월간 정수수질 검사성적서를 분석하였다.

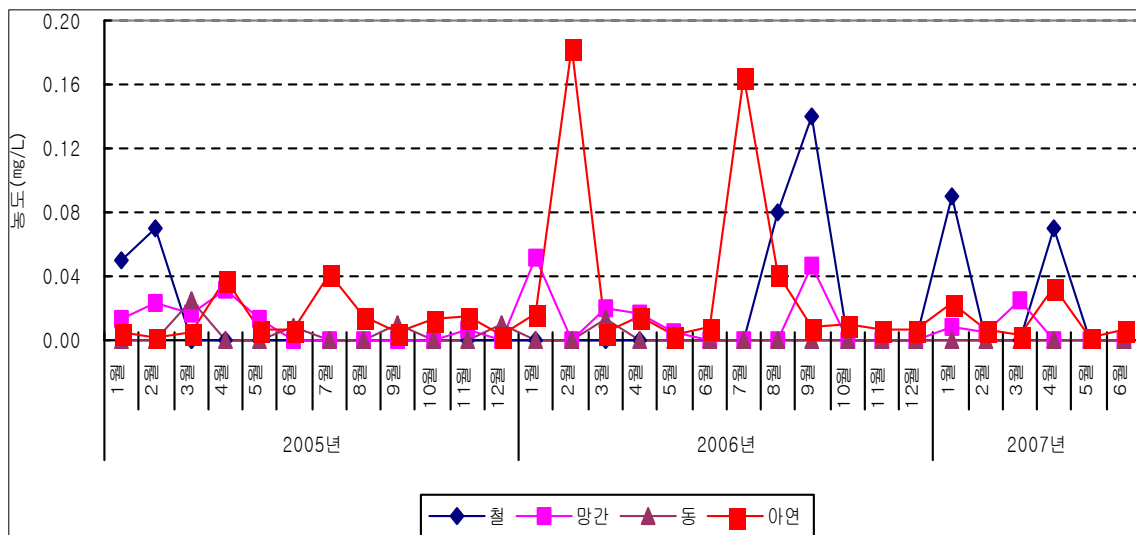
1) 탁도 및 수소이온농도(pH)



탁도 및 수소이온농도 변화추이

‘05년 9월 정수탁도가 0.4NTU에 근접한 경우가 있으나, 그 이후에는 0.2NTU이하를 나타내고 있으며, 수소이온농도는 평균 6.8 (6.1~8.0) 정도를 나타내고 있다.

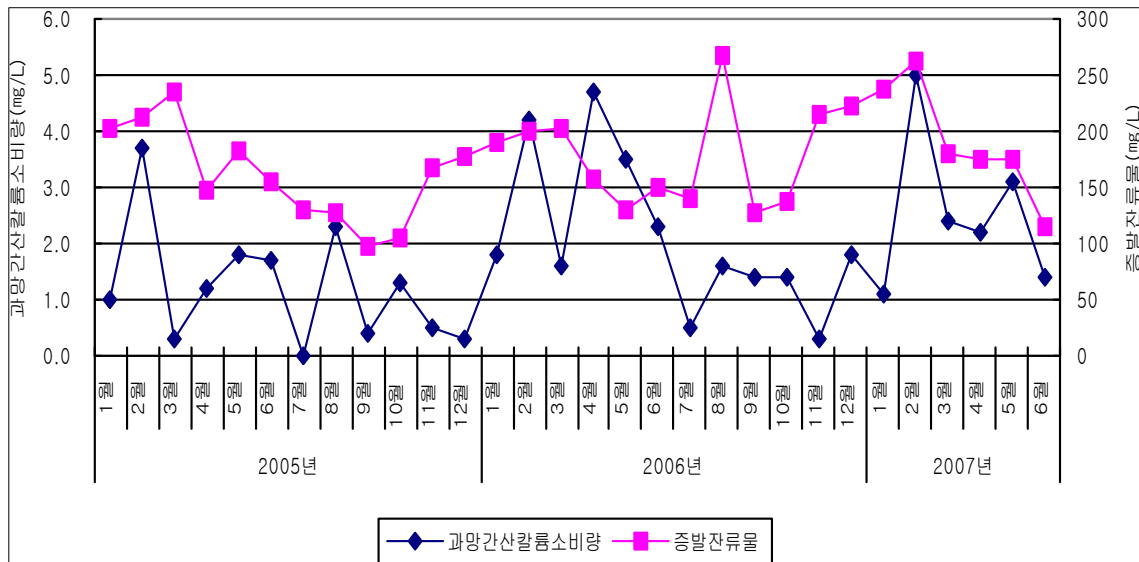
2) 중금속농도 분석



중금속항목 변화추이

중금속항목인 철, 망간, 구리 및 아연의 농도는 모두 기준치보다 매우 낮은 농도를 나타내고 있다.

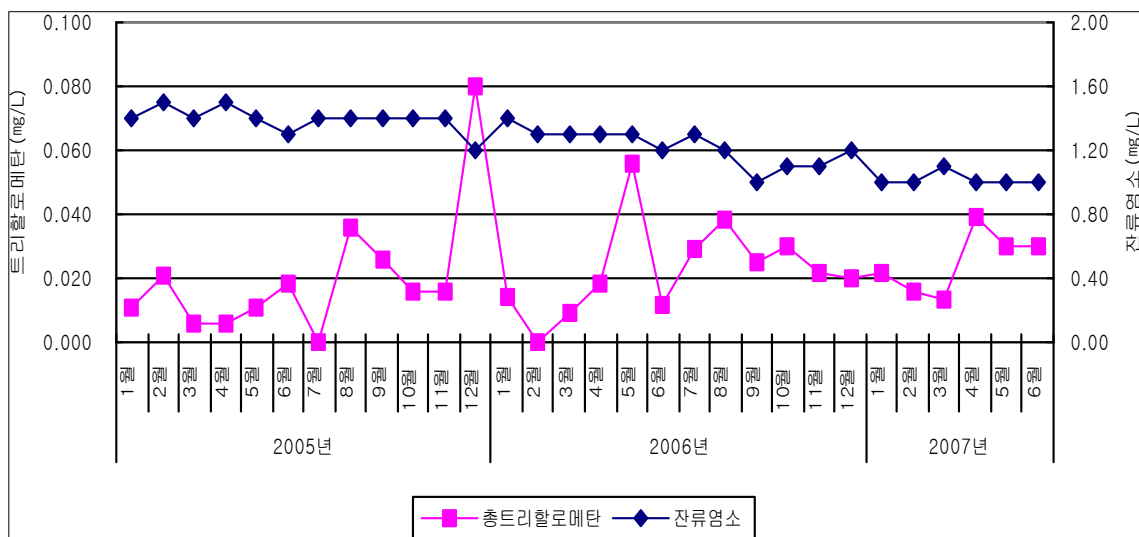
3) 과망간산칼륨소비량 및 증발잔류물



과망간산칼륨소비량 및 질산성질소

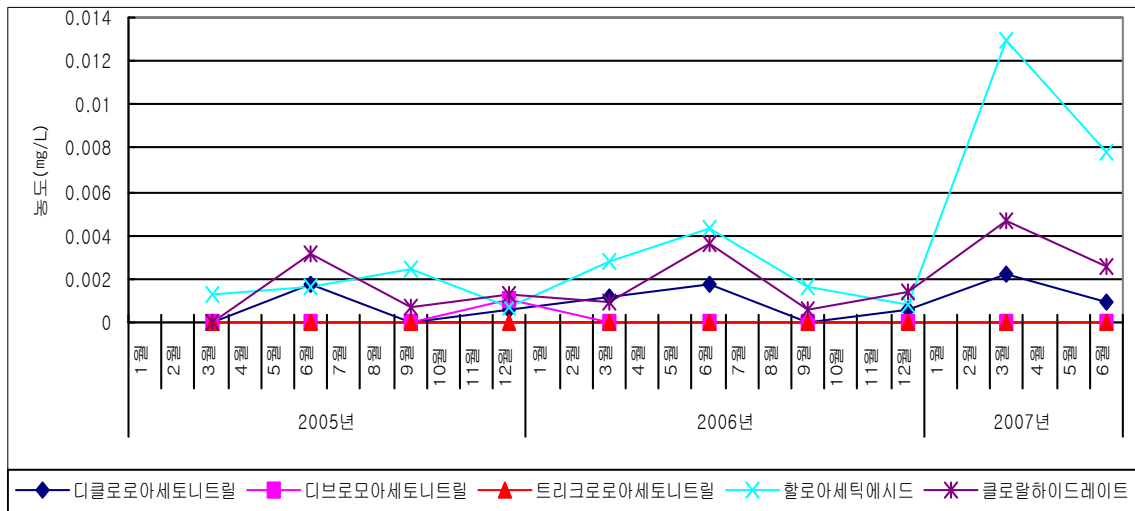
과망간산칼륨소비량^{주1)}은 평균 1.8mg/L(0.0~5.0)을 나타내었으며, 증발잔류물^{주2)}은 평균 175mg/L(98~267)를 나타내었다.

4) 잔류염소 및 소독부산물(THM) 분석



트리할로메탄 및 잔류염소농도 변화 추이

잔류염소는 평균 1.3mg/L(1.0~1.5)로 다소 높게 나타났으며, 대표적인 소독부산물인 트리할로메탄(THM)^{주3)}은 평균 0.022mg/L(0.000~0.080)이며, 최고값은 기준치(0.1mg/L)를 거의 근접한 것으로 나타나 소독부산물 농도가 높은 것으로 평가된다.



기타소독부산물 농도변화 추이

- 주 1) 과망간산칼륨(KMnO₄)소비량 : 먹는물수질기준: 10 mg/ℓ이하
 - 수중의 산화성 유기물과 무기물량을 나타내며 건강상 직접적인 영향은 없음
- 주 2) 증발잔류물 : 먹는물수질기준: 500 mg/ℓ이하
 - 물속에 함유되어 있는 용해성 물질 및 부유물질(현탁물질)의 총량을 말함.
 - 전(全)증발잔류물과 용해성 증발잔류물로 나뉨.
 - 증발잔류물의 존재는 수중에 여러 가지 불순물이 혼입되므로 물의 맛에 영향을 미칠 수 있다.
- 주 3) 총트리할로메탄(Total Trihalomethane)
 - 정수과정에서 원수중의 유기물질(단백질, 아미노산, 조류 등)과 소독제의 유리염소가 반응해서 생성됨.
 - 인체유해성 : 음용수중의 위해농도(RfD값을 음용수로 전환)는 0.7mg/ℓ임

5) 종합 검토

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

라. 공정별 세부진단

1) 전염소 접촉조

① 시설현황

구 분	제 원	비 고
규 격	B3.0m×L9.6m×He5.91m×2지	
유 효 용 량	340m³/지	
수 위	HWL 87.21m	
이 론 체 류 시 간	17.5min (시설용량 기준)	



전염소 접촉조



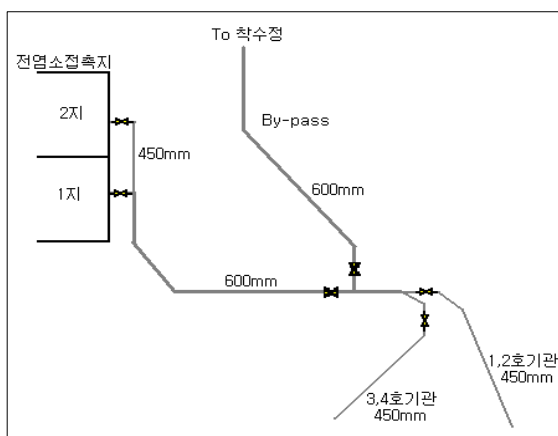
접촉조 상부

- 접촉조는 저수온기 고농도로 검출되는 암모니아성질소($\text{NH}_3\text{-N}$)의 제거를 주목적으로 한 설비이다.
- 내부구조는 후오존 접촉조와 동일한 구조로 시공하여 향후 전오존 투입시 전오존 접촉조로 전용할 수 있도록 계획되었다.

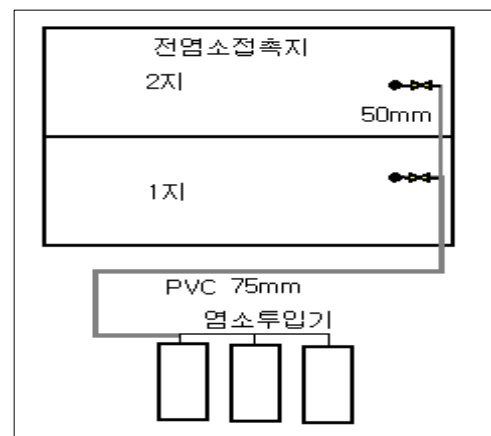
② 기능 진단

㉠ 지별 원수 유입구조

취수장에서의 도수관로는 450mm 2개의 관으로 정수장으로 도수되어 각각의 유량계에 의하여 계측되고 있으며 600mm관으로 합류 후 600mm By-pass관이 착수정으로 분기되고 있으며 전염소 접촉조 유입관로는 아래와 같이 600mm 관로에서 각지별로 450mm 관으로 분기되어 유입되고 있다.



옥룡상수도 도수관로 개략도



전염소 주입배관도

전염소 주입설비는 3대의 염소주입기가 70mm PVC 투입배관에 병렬 연결되어 있고 염소접촉조 유입부에서 50mm으로 분기하여 전염소 접촉조 유입측에 주입되고 있다.

㉔ 암모니아성질소 적정 처리 여부

진단당시 정수장으로 유입되는 암모니아성질소가 0.4mg/L 이었으나, 활성탄주입실 입구에서는 불검출로 나타나므로 처리효율은 양호한 것으로 판단된다.

암모니아성질소 농도

구 분	취수원		유입	착수정	침전지
	옥룡	왕촌			
암모니아성질소 (mg/L)	0.92	불검출	0.40	불검출	불검출

③ 개선방안

㉕ 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.

2) 분말활성탄 접촉조(운휴중)

① 시설현황

구 분	제 원	비 고
규 격	○ B6.3m×L11.9m×He3.78m×2지	
유 효 용 량	○ 566.6m ³ (283.3m ³ /지)	
수 위	○ 유입 : HWL 86.24m, 유출 : HWL 85.98m	
이 론 체 류 시 간	○ 29분	
분말활성탄 주입기	○ 용량 : 50kg/h × 2대 - 형식 : Turn Table 용적식 - 제어방식 : Inverter Control(Cycloid Reducer) - 기타 : 동공방지, 진동기, 하한레벨 검지기 - 구동기 : 1Hp, TE-80, 1690rpm, 220/380V, 3.7/2.1A 75%, 효성(주) - 진동기 : 0.4kW, 220/380V, 3800rpm, 화신기계 - 교반기 : 1Hp, TEFC, 380V, 2.0A, '98.5 효성(주) - 감속기 : csm-ag-st, 350rpm, '98.5 창신기계 ○ 활성탄투입기 급수펌프 × 2대 - 0.28m ³ /min × 2.2kW 흡상 : 8m, 압상 : 22m, '98. LG산전 ○ 집진설비 - 송풍기 : 2Hp × 20m ³ /min × 120mmAq 380V, 3.5A, 1710rpm - 세정급수펌프 : 1대 0.28m ³ /min × 2Hp × H 30.0m	
교 반 기	○ 1차교반기 × 2대 - 형식 : 수직터어빈형(터어빈직경 D 1,000mm) - 모터: 5Hp, TEFC, 380V, 8.3A, 1730rpm, 효성(주) - 감속기 : Cycloid Reducer, MMV-107, Ratio 43:1 '98.2 합동기계 ○ 2차교반기 × 2대 - 형식 : 수직패들형(패들직경 D 4,000mm) - 모터 : 5Hp, TEFC, 380V, 8.3A, '90.12, 효성(주) - 감속기 : Cycloid Reducer, mmv-284, Ratio 473:1 3.8rpm '98.2 합동기계	
부 대 시 설	- 천정 호이스트 : 2Ton × 1대 - Container Bag : 500kg	



분말활성탄 접촉조



분말활성탄주입기



집진설비



용해수펌프 및 분배조

- 원수중의 이취·미 및 NOM등 유기물 흡착 제거에 이용되는 설비이나 후속공정인 후 오존과 입상활성탄(BAC)공정의 운전을 위하여 분말활성탄에 의한 탈염소를 주목적으로 운용되었던 설비이며, 현재는 취수원 변경으로 운영하지 않고 있다.
- 접촉조는 2지로 구분되어 있고 50kg/h 용량의 투입기 2대, 1차교반기 및 2차교반기를 설치 운용하고 있다.
- 분말활성탄주입설비는 Turn Table 피더기로 이송된 활성탄이 용해수에 의해 희석되어 현장에서 설정된 주입량으로 주입하며, 분말활성탄 접촉조에서 교반기로 교반하여 운영을 하고 있다. 활성탄분말에 의해 저장실은 호퍼에 포대주입 등 운영상 어려움이 있다.

② 기능 진단

㉠ 분말활성탄 투입기 정량성 평가

분말활성탄 투입시 호퍼내의 잦은 가교현상으로 활성탄 투입의 중지 또는 투입량의 변화에 따라 정량투입이 되지 않는 상태이며 투입기 조작반의 투입량 표시 Indicator의 판독이 어려운 상태로 실 투입량관리가 어려운 실정이다.

㉠ 탈염소 효율 평가

탈염소의 목적으로 분말활성탄을 투입 운용하고 있으나 유입수의 잔류염소농도 변화가 심하고, 또한 고농도가 유입되고 있어 분말활성탄 접촉조의 염소 제거효율은 낮은 편이다. 다음은 유입수(접촉조 입구)와 착수정의 잔류염소 농도 분석 결과이며, 접촉조에서의 염소제거 효율은 약 40%정도이다.

잔류염소 농도

구분	유입	착수정	침전지	여과지	활성탄여과지	비고
잔류염소	1.02	0.62	0.38	0.10	ND	

㉡ 분말활성탄투입설비 상태 진단

분말활성탄투입설비는 주입량의 조절, 설비 노후화, 저장실 포대주입(분말 비산)의 어려움 등 여러 가지 원인으로 운영상 문제점이 있어서 설비 교체에 대한 검토가 필요하다.

③ 개선방안

㉢ 주입기 및 집진설비 관리 철저

분진 발생시 밀폐된 공간에서는 전기 아크가 점화원이 되어 폭발 및 화재발생등의 위험성이 존재하므로 MCC PANEL을 외부로 이설하거나 분진과 격리될 수 있는 구조물 안에 설치하는 것이 바람직하며, 분말활성탄 이송용 호이스트는 비방폭용 호이스트가 설치되어 동작 시 레일 부위에서 전기 아크의 발생으로 분진등에 전기 아크가 점화원이 되어 발화 및 폭발의 위험성이 있으므로 호이스트를 방폭형 설비로 교체하는 것이 바람직하다.

㉣ 분말활성탄주입설비 교체

분말활성탄의 적정 주입(주입량 조절)과 내구성 그리고 분진에 의한 운영상의 어려움을 해결하기 위해서 [부록 - Silo방식(중량계량식)의 분말활성탄주입설비 설계예시]를 참조하고 대청광역 원수의 수급시기 등을 고려하여 분말활성탄 주입설비를 교체하는 것이 좋으나, 현재 운영하지 않고 있으므로 향후 가동사항 등 추이를 지켜볼 필요가 있다.



분말활성탄 저장실



용해수펌프 및 분배조

3) 착수정

① 시설현황

시 설 현 황

구 분	시 설 현 황	비 고
구 조	◦ 장방형 콘크리트조	
규 격	◦ B2.0m × L5.3m × He3.0m × 1지 용량 : 31.8m³	
체류시간	◦ 시설용량기준 : 1.6min ◦ 침투유량기준 : 1.2min	기준 1.5분이상
Level	◦ HWL 107.8m ◦ 여유고 : 50cm, 바닥 E.L 108.3	
기 타	◦ 수중펌프(30Hp) × 1대	



착수정 전경



약품 분배조

착수정에서는 수중펌프를 이용하여 응집침전여과기로 일부를 이송하고 나머지는 기존의 재래식공정으로 분배하는 역할을 수행하고 있으며 재래식 공정으로 분배 시에는 착수정 유출부에서 약품주입을 실시하는 등 혼화공정의 목적으로 사용되고 있다.

정류벽 및 월류관이 설치되어 있으며, 착수정 유출부에는 사각 위어가 설치되어 있다.

② 기능 진단

㉠ 체류시간 검토

○ 시설용량 기준

$$\frac{31.8\text{m}^3}{28,000\text{m}^3/\text{일}} \times 1,440\text{분}/\text{일} = 1.6\text{분} > 1.5\text{분} \text{ ----- O.K}$$

○ 침투유량 기준

$$\frac{40.8\text{m}^3}{37,279\text{m}^3/\text{일}} \times 1,440\text{분}/\text{일} = 1.2\text{분} < 1.5\text{분} \text{ ----- 부족}$$

체류시간 검토결과 시설용량 기준으로 적정하지만 침투유량을 기준으로 하는 경우 다소 부족한 것으로 평가된다. 그러나 착수정 전단에 전염소 및 활성탄 접촉조가 있어 체류시간의 부족은 착수정 기능에 큰 영향을 주지 않을 것으로 판단된다.

㉡ 표면적 검토

$$A = B2.0\text{m} \times L5.3\text{m} = 10.6\text{m}^2 > 10\text{m}^2 \text{ ----- O.K}$$

㉢ 구조물 적정성 검토

○ 정류벽 및 월류관의 적정성 검토

정류벽의 설치높이가 낮아, 취수유량 증가 시 유입수가 정류벽을 월류하고 있어 정류의 효과가 저하되며, 월류관 또한 낮게 설치되어 있어 블록을 이용하여 임시로 폐쇄 운영 중에 있으므로 개선이 필요한 상태이다.



월류관 임시 폐쇄



사각위어 월류

○ 사각위어의 적정성

유출부에 설치된 사각 위어는 설치 높이가 낮아 취수유량이 증가하는 경우 위어구 조물에도 원수가 월류되는 현상이 발생하여 위어의 기능이 저하되어 있다.

③ 개선방안

㉠ 회수수 유입배관 연장 설치

배출수처리시설에서 유출되는 유량을 절감하고자 회수배관을 응집지 분배조에 설치하여 운영 중에 있으나, 이런 경우 회수 유량에 대해서는 응집제가 미 주입되고 혼화공정이 수행되지 않아 오히려 공정의 효율이 저하되므로 회수배관을 착수정으로 연장하여 설치하도록 한다.

㉡ 월류관 증고

월류관의 설치위치가 낮아 임의로 폐쇄하여 운영하고 있으므로 시설물의 보완이 필요하며, 월류관의 높이는 “상수도시설기준”에서 제시하듯이 H.W.L 수위(첨두유량 기준)보다 2~5cm 정도 높게 증고하도록 한 『공주시 상수도시설 기술진단(2007. 12, 공주시)』에 따라 현재 개선되었다.

㉢ 사각위어 구조물 증고

사각위어 설치 높이가 낮아 취수유량 변화에 따라 위어 상단의 구조물로도 원수가 월류되는 현상이 발생되고 있어 착수정에서 수위의 동요가 심한 상태이므로 구조물을 증고하여 수위동요를 방지하도록 한 『공주시 상수도시설 기술진단(2007. 12, 공주시)』에 따라 현재 개선되었다.

4) 혼화과정

① 현황

구 분		제 원
착수정 유출부	규 격	◦ B2.0m × L1.2m × H2.67m (6.4m³)
	체 류 시 간	◦ Td : 24 s ◦ Tpd : 15 s
	교 반 조 건	◦ 사각위어 B 1.0m, 위어부낙차 = 0.45m(실측)
혼화지	규 격	◦ B2.2m × L2.2m × H2.7m × 2지 (13.0m³/지)
	체 류 시 간	◦ 시설용량기준 : 1.64min
	혼 화 기 제 원	◦ 형식 : 수직터빈형 ◦ 동력 : 3Hp x 2대(미사용)



착수정 낙차부 약품주입



혼화기 전경

- 착수정 유출부의 낙차를 이용하여 혼화를 실시하고 있다.
- 응집제 분배조에 희석수를 주입하고 있으나, 분배조 내부에 일부 석출현상이 발생되고 있는 실정이다.
- 혼화지는 2지로 구성되어 있으며, 설치된 혼화기는 고장으로 인하여 가동하지 않고 있다.

② 기능 진단

㉠ SCD를 이용한 혼화효율 검토

혼화정도를 연속적으로 모니터링 할 수 있는 유동전류계 (Streaming Current Detector)를 이용하여 혼화공정을 진단하였다.

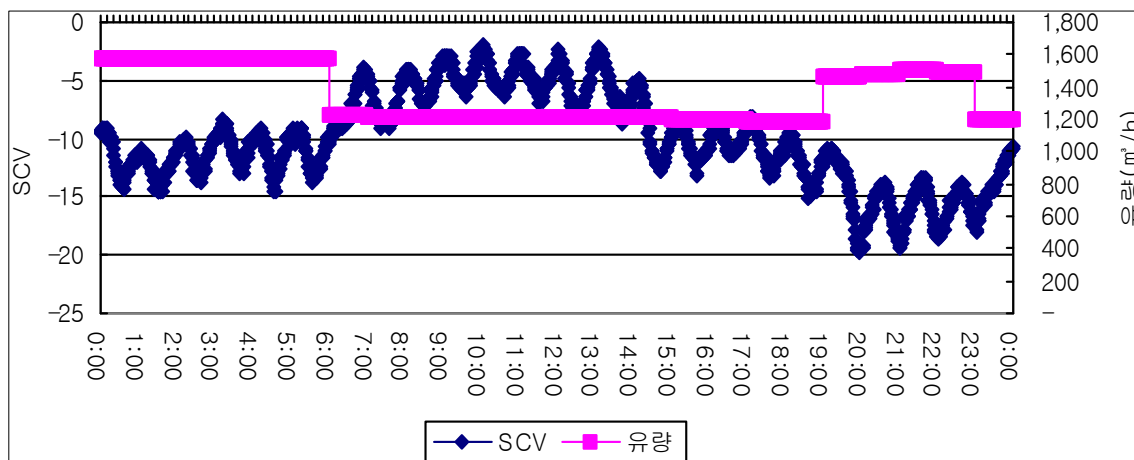


유동전류계 진단

일반적으로 SCV값이 0인 경우에 혼화효율이 가장 양호하지만 0값으로 운전되는 경우에는 약품이 과다로 주입되는 경향이 있어, SCV값은 0보다 낮은 값이 유지된다.

혼화지 유입부에 SCD를 설치하여 측정한 결과 SCV값은 0보다 낮은 값을 유지하므로 응집제가 과량 주입되지는 않지만 SCV값이 (-20)~(-2)의 범위에서 지속적인 헤팅 현상이 발생하는 것으로 보아 착수정 유출부의 낙차 혼화는 효율이 낮은 것으로 판단된다.

또한 일반적으로 원수유입량이 감소하는 경우 SCV값이 일시적으로 증가했다가 다시 낮은 값을 나타내는 경향이 있으나, 옥룡 정수장의 경우 원수유입량과 SCV값이 반비례하는 경향을 보이고 있다. 이러한 원인은 원수유입량에 따라 응집제주입량이 비례 주입되지 않고 유량이 감소하는 경우에는 상대적으로 주입량이 증가하기 때문인 것으로 판단된다.



SCV와 원수유입량 ('07년 8월 16일)

㉔ 착수정 낙차부 교반강도 검토

낙차부 부피 : $B2.0m \times L1.2m \times H1.67m = 6.4m^3$

낙차부 체류시간 (평균 생산량 기준)

$$HDT(t) = \frac{V}{Q_c} = \frac{6.4m^3}{30,200m^3/d} \times \frac{86,400s}{1d} = 18.3s$$

$$G = K \times \sqrt{\frac{h}{t}} = 2,500 \times \sqrt{\left\{ \frac{0.45}{18.3} \right\}} = 392s^{-1} \quad (4^\circ C \text{ 기준})$$

○ h : 자유낙차높이 (0.45m)

○ t : 체류시간 (18.3초)

온도에 따른 상수값

온도	점성계수 (μ , N·s/m ²)	상수(K)	비고
4 °C	1.568×10^{-3}	2,500	
5 °C	1.518×10^{-3}	2,540	
10 °C	1.309×10^{-3}	2,736	
15 °C	1.144×10^{-3}	2,927	
20 °C	1.008×10^{-3}	3,118	
25 °C	0.895×10^{-3}	3,309	
30 °C	0.800×10^{-3}	3,500	

㉔ 혼화기 교반강도 검토

○ 검토조건

- 전압/전류 : 382V/6.0A

- 모터/역률 : 83%/0.90

$$\text{소비전력}(P) = \sqrt{3} \times \text{전압}(V) \times \text{전류}(I) \times \text{모터효율}(\eta) \times \text{역률}(\cos\theta)$$

$$= \sqrt{3} \times 382V \times 6.0A \times 0.83 \times 0.90 = 2,965W$$

☞ 속도경사(G)

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu \times V}} = \sqrt{\frac{2,965}{1.568 \times 10^{-3} \times 13.0}} = 381 \text{ s}^{-1} < 700 \sim 1,000 \text{ --- N.G}$$

※ μ : 점성계수 (N·s/m²)V : 혼화지 체적 (m³)

권장 교반강도값

구 분	t(s)	G(s ⁻¹)	비고
AWWA	20~60	700~1,000	back-mix
Camp	60~120	700~1,000	back-mix
Janssens	0.1~1	1,000~5,000	in-line mix
Hudson	<1	3,000~5,000	in-line mix
Kawamura	0.5~1	700~1,000	injection

③ 개선방안

㉠ 위어 상단 응집제 분배관 개선

착수정 사각위어 상부에 설치된 응집제 분배관이 약품의 석출로 인한 막힘 현상이 자주 발생되어 아래 그림과 같이 응집제를 낙차부에 주입하지 않고 교반부에 주입하여 혼화효율이 저하되는 현상이 발생된다.

혼화공정은 급속혼화가 중요하며, 급속혼화를 위해서는 낙차부에 응집제를 주입하는 방법이 가장 효율적이므로 응집제 분배관을 이용하여 응집제를 주입하도록 한다.

현재의 응집제 분배관은 노즐의 구멍이 작고, 아래 그림과 같이 위어상단 구조물 부분 까지도 천공되어 있어 혼화효율이 저하될 수 있다.

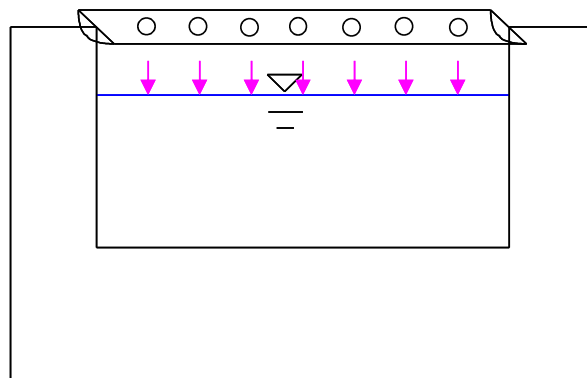


교반부 응집제 주입



분배관 천공 오류

따라서 아래 그림과 같이 상부가 노출된 반원형의 분배관을 설치하도록 하고, 분배관의 설치길이는 위어의 너비와 같게 하며 노즐 구멍은 약품이 전체에 주입될 수 있도록 희석수량을 고려하여 결정하도록 한다.



약품 분배관 개선방안

→ 이에 공주시는 상기와 같이 개선 완료하였다.

㉔ 고탁도 유입시 2단 혼화 실시

착수정 유출부 낙차를 이용한 혼화는 교반강도에 한계가 있어 저탁도 유입 시에는 큰 문제가 없지만 고탁도 유입 시에는 혼화효율이 저하되어 전체 공정효율 저하 원인이 된다. 개선방안으로 고탁도 유입 시에는 기존에 낙차에 의한 혼화와 혼화기를 가동한 기계식 혼화를 병행하는 2단 혼화를 실시하는 방안이 있으며, 따라서 현재 고장 상태인 혼화기를 수리하여 운영할 것을 권장한다.

5) 약품주입 공정

① 시설현황

원수 중의 현탁물질을 플록 형태로 응집시켜 침전 및 여과지에서 쉽게 포착하게 하기 위해 착수정 유출 위어의 월류 낙차부에 약품을 주입하고 있다. 응집제는 PAC를 사용중이다.

시 설 현 황

구 분	시 설 내 역	비 고
약품주입설비	○ 사용약품 : 응집제(PAC), 가성소다, 활성탄 ○ 응집제 주입시설 : 정량약품주입기 × 3 대 - 착수정 주입용 × 2대 • 형식 : 다이어프램 펌프 • 규격 : 최대 0~76.8ℓ /h, 10.0kgf/cm² 220V, 0.21kW, Alltech, '04.3 • 약품용유량계 × 2대, ABB(독), '04. - 고속응집침전여과기 주입용 × 1대 • 형식 : 튜브펌프 • 규격 : 용량표시 없음, WATSON MARLOW 520U(영) - 주입방식 및 지점 : 원액을 희석주입, 착수정 위어부 - 응집제 저장탱크(PE 탱크) • 약품주탱크(기존) : 10m³ × 2기 • 약품보조탱크 : 0.5m³ × 1, 수위계 설치 • 약품주탱크(신설) : 9m³ × 1기, 액위계 설치 ○ 알칼리제 주입시설 : 정량약품주입기 × 2 대 - 약품정량펌프 × 2대 • 형식 : 다이어프램 펌프 • 규격 : 최대 1,020ml/min, 10.0kgf/cm², 58spm 220V, 0.2kW, 0.75A, 천세 KEMPION, '01.6 - 알칼리제 저장탱크(PE 탱크) • 약품주탱크(기존) : 10m³ × 1기	

- 착수정에 유입된 원수는 착수정 후단 월류 위어 낙차부에 약품을 주입, 적정하게 혼합되어 응집지로 이송되고 있다.
- 약품주탱크에서 유입된 응집제는 약품보조탱크와 응집제주입설비를 거쳐서 착수정의 분배조를 통하여 약품이 주입되게 된다. 주입방식은 정량펌프인 다이어프램펌프와 약품용 유량계를 사용하고 제어실에서 약품주입량을 입력하여 피드백을 통하여 주입하고 있다.
- 액면계, 공기밸브, 드레인밸브 등이 잘 설치되어 있다.
- 고속응집침전기용 약품주입펌프 및 배관은 별도로 설치되어 있어서 고속응집침전기 사용시에만 사용을 하도록 되어 있다.
- 알칼리제주입설비는 다이어프램펌프의 현장 수동 스트로크 조작에 의해서 주입할 수 있도록 설비가 되어 있다.



응 집제주입설비



고속응집침전기용 주입펌프



알칼리제주입설비



튜브펌프

② 기능 진단

㉠ 약품 주입률 결정

착수정에 주입되는 약품주입량은 원수 유입 유량값에 비례하여 자동으로 약품이 주입되어야 하나 자동운전이 아닌 반자동운전을 실시하고 있으며, 수질과 유입량 변동에 대응한 약품주입량의 조절은 근무자가 직접 실시하고 있다.

㉡ 약품주입 위치

착수정 후단 월류위어 낙차부에 아래 그림과 같이 분배조를 설치하여 희석수와 약품을 분배조 유입부에 별도로 유입시켜 응집제를 희석하여 주입하고 있다.



착수정 낙차부 약품주입



낙차부 약품주입 배관



튜브펌프

㉢ 약품주입펌프 용량 평가

현재 설치된 약품주입펌프의 용량($0 \sim 76.8\text{L/h}$)에 대해 검토·평가하였다.

'05~'07 일평균 원수유입유량($30,187\text{m}^3/\text{d}$)과 약품주입률 40mg/L 주입 시에 대하여 아래와 같이 계산한 결과 적정 약품주입펌프의 용량은 50.3L/h 이므로 현재 설치된 약품주입펌프의 용량은 비교적 적정한 것으로 판단된다.

최대 약품주입량 계산

시설용량($Q\text{ m}^3/\text{d}$)	주입률(mg/L)	주입량(mL/min)
28,000	40	$[\frac{30,187\text{m}^3}{24\text{hr}} \times \frac{1\text{hr}}{60\text{min}}] \times [40(\frac{\text{mL}}{\text{m}^3})] \approx 839\text{mL/min}$

※ 주입량 계산식 $\Rightarrow X(\frac{\text{m}^3}{\text{min}}) \times Y(\frac{\text{mL}}{\text{m}^3}) = (X \times Y)\text{mL/min}$ X : 유량, Y : 주입률

㉔ 약품주입 부대설비 기능 평가

㉔ 약품주입 분배조의 사용

약품주입분배조의 기능은 약품주입량의 일정 분배와 약품주입감시 및 시량을 위해서 약품주입펌프 후단에 설치하여 사용하도록 하였는데 현재의 분배조는 유출 측 한 개의 배관을 통하여 착수정 위어부에 일정하게 약품을 주입하도록 되어 있다. 용해수와 응집제가 분배조 유입부에서 섞이기 때문에 자체로 반응하여 석출물이 발생하거나 평상시 특히 빗물유입 시 희석이 일정하게 되지 않을 수 있다. 또 분배조 토출배관 일부에서 역류하여 약품이 일부 분출되는 현상이 있었다.

㉔ 약품저장 기능 평가

약품주탱크로서 응집제용 3기, 알칼리제용 1기와 응집제 보조탱크 1기를 각각 사용하고 있으며, 약품보조탱크에는 리필밸브와 2대의 수위계를 사용하고 있는데 수위계 1대는 수위계 수위 제어용(리필밸브 개폐용), 1대는 수위감시용이다.

약품저장탱크 중 주탱크(2기)는 수위계가 설치되어 있지 않아 탱크내의 약품잔량을 확인하기가 어려우며, 약품저장주탱크에서 약품보조탱크 수위조절밸브를 거쳐서 약품보조탱크로 약품은 적정하게 유입되고 있다.



약품저장탱크



약품보조탱크

㉟ 응집제주입설비약품배관 기능 평가

약품주입실에는 응집제 주입설비 중 과거 사용한 펌프 및 배관이 있으며, 고속응집 침전기용 약품배관은 별도로 설치되어 있다. 약품 분배조를 실내에 설치할 경우 등을 고려하여 전체 약품주입 배관을 정비하는 것이 바람직하다.

㉠ 알칼리제주입설비 상태 진단

알칼리제 주입설비는 약품주탱크와 정량펌프인 다이어프램펌프만으로 구성되어 연속주입 또는 정량주입을 위한 설비로는 부적합하며, 향후 약품유량계와 패널 등을 갖추어 자동화하는 것이 대청용수 수수시 pH의 적절한 조절을 위해 필요하다. 설치위치 또한 흡입을 하는데 있어서는 높은 위치에 있으므로 설치위치를 낮추어서 운영상 편리하도록 약품주입실내에 설치하여야 한다.

㉡ 개선방안

㉡-1 약품주입 배관 정비 및 알칼리제주입설비 보완 설치

㉡-1-1 약품주입 배관은 전체적으로 단순하게 정비하여 배관이 막히는 것을 방지하도록 하며, 응급 시 신속한 대처를 위하여 약품배관과 급수배관 또는 기타배관에 식별표시를 할 것을 권장한다. 식별표시는 「흐름방향 화살표」 부착과 「급수배관」, 「약품(PAC, NaOH) 배관」, 「약품용해수 배관」 등으로 표시하도록 한다. 「약품용해수 배관」은 아래 ‘약품주입 이젝터 설치’의 검토 내용에 따라 이젝터 및 용해수배관의 추가 설치를 고려하여야 한다.

㉡-1-2 알칼리제주입설비도 응집제주입설비 재설치시 건물 내에 설치하고 응집제와 같이 원수유입유량에 비례하여 주입되도록 자동화설비를 갖추어 사용할 것을 권장한다. 대청광역 원수를 수수할 경우 우기시 pH저하에 대비하기 위해서는 알칼리제주입설비를 보완하는 것이 필요하고, 주입펌프 설치 시에는 펌프의 흡상높이를 낮추어 설치하도록 한다.

㉡-2 배관 유입부의 약품보조탱크 수위조절밸브(Refill-valve)는 전단에 석출물로 인하여 막힐 염려가 있으므로 주기적으로 청소를 할 것을 권장한다. Refill-valve는 초음파 수위계의 설정치에 따라 개폐됨으로써 보조탱크 수위를 조절하는 기능을 갖고 있는데 석출물의 부착 또는 오작동에 의해 오히려 수질사고의 위험이 있으므로 밸브를 철거하고 약품보조탱크내에 볼탭밸브를 사용할 수도 있다.

또한 보조탱크 월류(overflow) 및 배수(drain)배관은 예비탱크를 만들어서 직접 연결하는 것이 바람직하다.

㉠ 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 자동운전이 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. 약품주입 조건표 및 약품주입량 결정은 다음과 같이 작성하며, 약품주입 조건표에 의해 운영을 하게 되면 운영상 효율적이라고 판단된다.

옥룡정수장 약품주입량 산정 예시

원수탁도	주입률	약품주입량	비 고
2 NTU 이하	5 mg/L	104 mL/min	30,000m³/d 가정
2~5 NTU	10 mg/L	208 mL/min	"
5~10 NTU	15 mg/L	313 mL/min	"
10~20 NTU	20 mg/L	417 mL/min	"
20 NTU 이상	30 mg/L	625 mL/min	"

㉢ 약품주입 부대설비 개선

㉢-1 약품주입 이젝터 설치

약품혼화가 적절하게 이루어지도록 하기 위하여 현재와 같이 약품(응집제)과 용해수를 분배조에 별도로 주입하는 것보다 용해수에 섞인 상태의 약품이 분배조를 통하여 주입되는 것이 바람직하므로 이를 위하여 약품용 이젝터를 사용하도록 한다. 이젝터는 주입거리가 짧은 경우에는 설치하지 않아도 되나, 주입지점이 먼 경우 주입효과를 높이기 위하여 설치하는 것이 바람직하다.

이젝터는 액체약품이 진공압에 의해 강하게 흡입될 수 있는 적정용량 및 형식의 이젝터로 설치하고 분배조를 이용하여 약품을 주입할 수 있도록 하기 위해서는 분배조를약품실 내에 설치하고 후단에 이젝터를 설치한다.

이젝터를 설치할 때는 약품이 위에서 떨어지는 구조로 설치하는 것이 바람직하다. 이젝터 및 약품용해수용 급수펌프는 전문 제작사에 문의하여 규격을 선정하도록 한다. 이젝터의 규격 선정 시에는 유입 급수량, 급수압, 관구경에 따라 이젝터의 목경 및 규격을 산정하게 된다.

단 이젝터 급수압력은 이젝터 입구에서 통상적으로 $2 \sim 2.5 \text{ kgf/cm}^2$ 이상 유지될 수 있도록 하는 것이 바람직하므로 이젝터 급수펌프용(약품용해수용) 자동펌프의 토출양정을 손실수두를 감안하여 산정하여야 하므로 약품용해수펌프(급수펌프)는 일반 전기우물펌프(자동펌프, 최소압력 3 kgf/cm^2 이상)를 설치하도록 한다.

이젝터를 설치할 경우에는 아래 사진과 같이 설치하여 사용하도록 하며, 이젝터 후단의 배관 구경은 일정하게 하는 것이 역압 등의 좋지 않은 영향을 없애고 원활한 주입을 위하여 좋다.

→ 이에 공주시는 응집제 주입펌프(튜브식)를 교체하여 상기문제를 해결하였다.



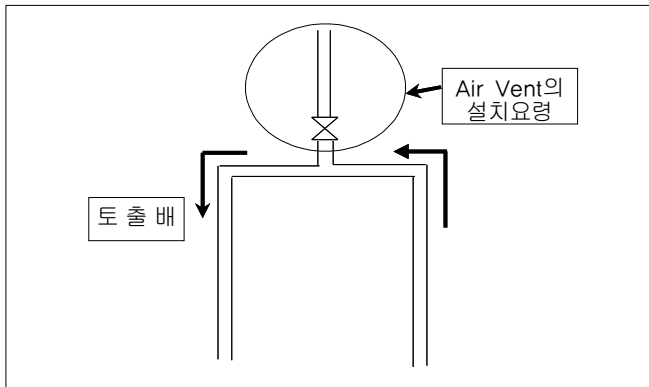
염소 이젝터



약품 이젝터

㉞ 약품배관용 에어벤트(Air Vent) 설치

다이어프램펌프는 긴 토출배관에 공기유입에 의한 주입상의 문제를 예방하기 위하여 에어벤트를 설치하는 것이 바람직하다.



Air Vent의 설치위치 및 설치요령

튜브펌프

→ 이에 공주시는 상기와 같이 응집제 주입펌프를 교체하여 상기문제를 해결하였다.

㉔ 약품주탱크용 수위계 설치

약품주탱크 수위의 원격감시용 수위계를 설치하여 운영상 참조하도록 한다.

㉕ 약품주입감시제어용 웹카메라 설치

응집제가 분배조를 통하여 주입될 때에는 관리본관과 약품주입실사이의 거리가 멀고 약품주입감시가 어려우므로 약품주입 중단으로 인한 수질사고를 예방하기 위하여 웹카메라를 설치하여 약품 주입 여부를 감시하도록 한다.

기존의 감시카메라(CCTV)로 구성 시에는 2~3천만원의 고비용이 소요되나, 부분 감시용 Web(웹) 카메라를 사용하면 약 3백만원의 저렴한 비용으로 설치가 가능하다.

아래 그림과 같이 설치하여 관리본관 화면상에서 감시하도록 구성한다.



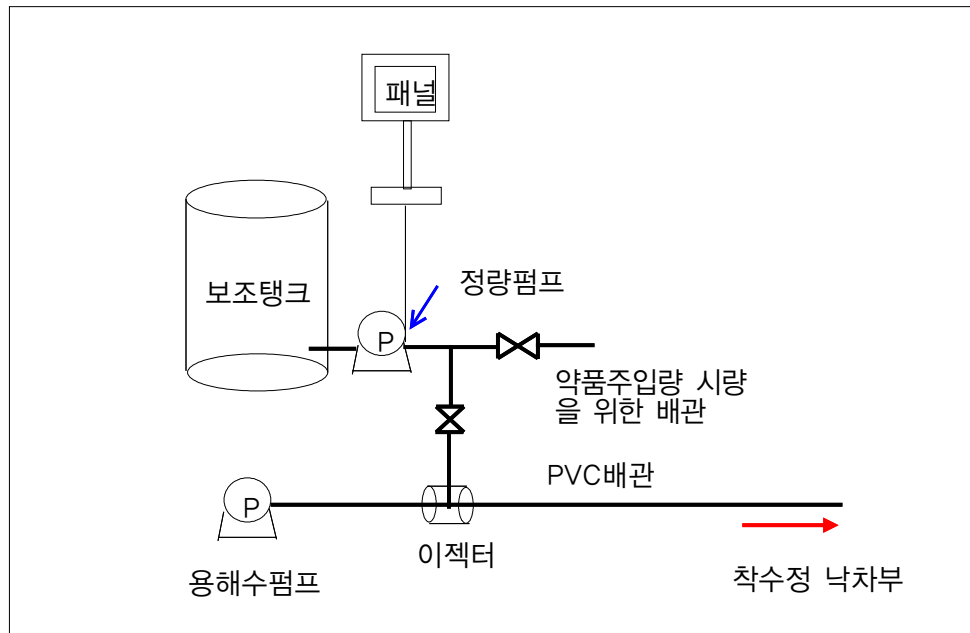
약품 분배조 감시용 웹카메라 설치 예

→ 이에 공주시는 웹카메라 대신 약품 주입을 체크할 수 있는 유량계를 설치하여 모니터링하고 있다.

㉔ 약품 실주입량 측정용 배관 설치

약품주입량 시량을 위한 배관을 약품주입펌프 토출측에 설치하고 약품주입량을 간헐적으로 측정하여 정량성을 확인할 수 있도록 약품 주입 배관에 분기 배관을 설치(T 분기)할 것을 권장한다.

→ 이에 공주시는 약품주입량 측정용 배관을 설치하여 위 사항을 개선하였다.



약품주입설비 배관 구성도

6) 용집공정

① 시설현황

시 설 현 황

구 분	시 설 현 황	비 고
구 조	○ 장방형 콘크리트조	
규 격	○ B8.0m × L8.0m × H2.7m × 4지 ○ 용량 V=691.2m³ (172.8m³/지)	3단
체 류 시 간	○ 시설용량 : 43.3min	20~40분
응 집 기	○ 수평패들형 × 12대 ○ 패들규격 : D=2.4m, L=2.0m (3열×3단) ○ 지별 패들 : 3깃(2깃)×4매×3단 (7.8m²)	

<표 계속>

구 분	시 설 현 황	비 고
정 류 공	○ 유공 $\Phi 100\text{mm} \times 155\text{EA/지}$ ○ 개구비 : 5.9%	3%
	○ 응집기 - 체인 구동형 - 패들규격 : D2.4m $\times$ L2.0m (3열$\times$ 3단$\times$ 4지) - 패들단면적 : 3매$\times$ 4지$\times$ B 0.1m$\times$ L 2.0m$\times$ 3열 $+ \text{B } 0.1\text{m} \times \text{L } 2.0\text{m} \times 3\text{열} = (7.8\text{m}^2/\text{단})$ °#1, #2 응집기 - 모 터 : 6대 3Hp(2.2kW), TEFC, 220/380V, 9.0/5.2A IP54, F, 1.0, '01. 12, 1725rpm, 효성(주) - 감속기 : 6대 1단 : CSM-MH2-865, Ratio 289:1, 6.23rpm '02.3, 창신기계 2단 : CSM-MH2-865, Ratio 391:1, 4.6rpm '02.3, 창신기계 3단 : CSM-MH2-865, Ratio 841:1, 2.14rpm °#3, #4 응집기 - 모 터 : 6대 3Hp(2.2kW), TEFC, 220/380V, 9.0/6.2A IP44, 1.0, '02. 3, 1720rpm, 효성(주) - 감속기 : 6대 1,2,3단 : MEDUSA DRIVE, MMH-106, Ratio 59:1, 1800rpm, '01.10, 창신기계	



응집기 설치 전경



스컴 제거 시설

- 응집지는 설계시 지별로 격벽(정류벽)이 설치되어 있지 않았으나, 현재 지별로 응집기 1단과 2단 사이에 정류벽을 1개씩 설치하였다.
- 정류벽 설치공간을 확보하기 위하여 응집기의 가장자리 패들을 절단하였으며, 4지는 1단의 패들을 절단하였고, 기타 지는 2단의 패들을 절단하였다.
- 응집지 말단 상부에는 응집지에서 발생된 스컴을 제거하기 위하여 분사 노즐을 설치하여 운영 중이다.

② 기능 진단

㉠ 응집지 유공비 평가

정류벽의 유공비가 작은 경우 플록의 파괴현상이 발생할 수 있으며, 큰 경우에는 back-flow 현상 및 단회로 현상이 발생할 수 있다.

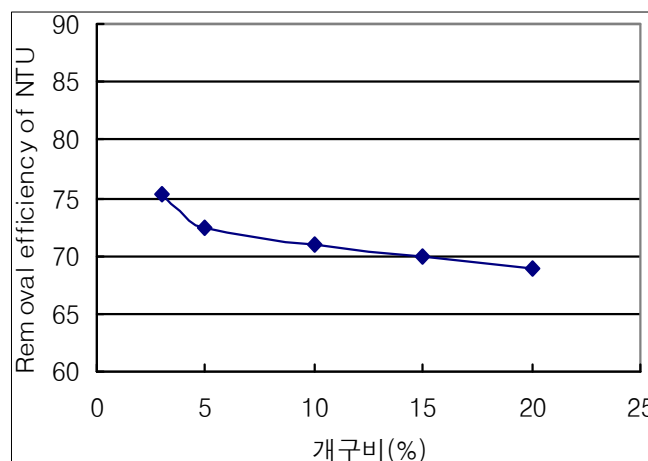
응집지내 정류벽은 1단과 2단 사이에만 설치되어 있으며, 정류벽의 유공비는 5.9%로 평가되었다. 문헌[한국수자원공사 수자원연구원]상 정류공은 유공비가 3%일 때 탁질제거율이 최고이므로 현재의 정류공 유공비는 다소 큰 것으로 평가된다.

$$\frac{1.27\text{m}^2}{21.6\text{m}^2} = 5.9\%$$

- 설치 정류공 : $\phi 100\text{mm} \times 155\text{ea}$

$$\text{정류공 면적} = \frac{\pi \times 0.1^2}{4} \times 155 = 1.27\text{m}^2$$

- 정류벽 면적 : $B8\text{m} \times H2.7\text{m} = 21.6\text{m}^2$

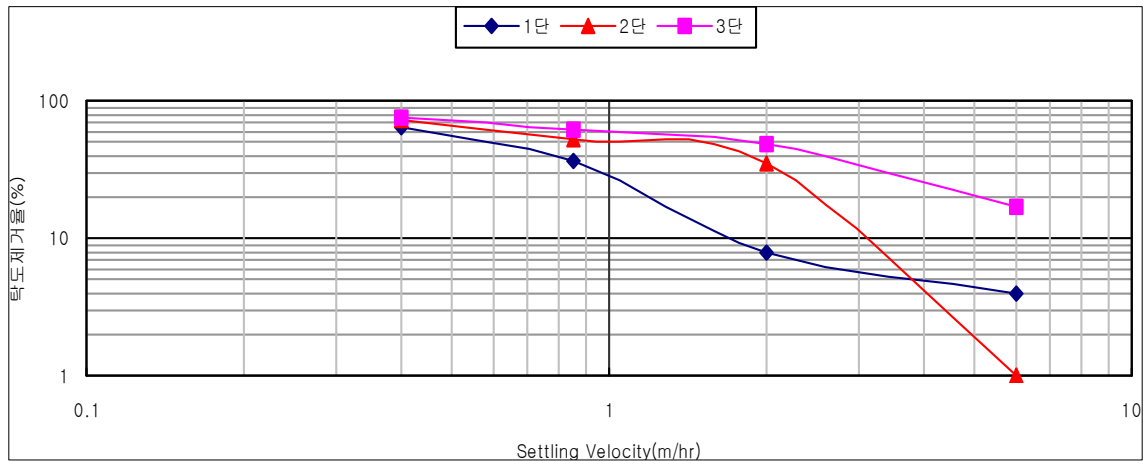


유공비에 따른 탁질제거율 [한국수자원공사]

㉔ 응집지 침강시험

응집과정 진단당시 착수정 유출위어 상부 응집제 분배관의 막힘 현상으로 인하여 응집제를 교반부에 주입하고 있어 혼화·응집효율이 저하되는 것으로 판단되어, 분배관 사용 전·후에 대하여 응집지에서의 입자 침강실험을 실시하였다.

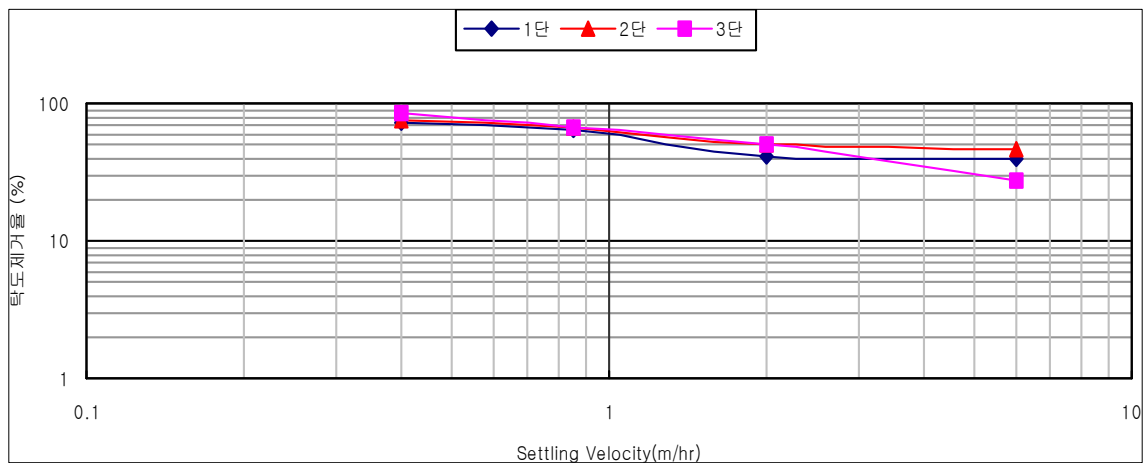
㉕ 교반부 주입 (분배관 막힘)



응집제 교반부 주입시 침강실험

응집지 후단으로 갈수록 탁질의 제거율이 상승되었으며, 침강속도가 0.67cm/min 이 상인 탁질의 경우 응집지 3단을 기준으로 최종제거율은 76%로 나타났다.

㉖ 분배관을 이용한 응집제 주입



분배관 이용 응집제 주입시 침강실험

응집지 후단으로 갈수록 탁질의 제거율이 상승되었으며, 침강속도가 0.67cm/min 이 상인 탁질의 경우 응집지 3단을 기준으로 최종제거율은 85%로 나타났다.

㉟ 침강시험 결과

침강시험은 침전지 표면부하율과 관계가 있으며, 입자의 침강속도가 클수록 입자의 제거율이 상승하여 침전지의 제거효율이 증가한다. 경사판 미 고려시 침투유량 기준

$$\text{표면부하율은 } SOR = \frac{Q_d}{A} = \frac{23,000\text{m}^3/d}{1,120\text{m}^2} = 20.54\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot d \text{ 즉 } 0.86\text{m/h} \text{이므로 위}$$

의 그래프를 기준으로 교반부 주입에서는 61%, 분배관 이용 주입에서는 68%정도의 효율이 나타나는 것으로 평가되었다.

위 실험 결과 분배관을 이용하여 응집제를 주입할 경우 혼화·응집 효율이 보다 상승하는 것으로 평가되었으므로, 혼화공정에서 제시한 바와 같이 응집제 분배관을 개선하여 운영하도록 한다.

㉠ 교반강도(G값) 검토

응집지는 혼화지에서 생성된 플록이 침전지에서 충분히 침전될 수 있도록 플록의 밀도와 입경을 증가시키는 공정이다.

옥룡정수장의 응집지는 총 4지(3단, 3열, 2깃 또는 3깃)로 1,2,3지의 경우, 2단의 패들 깃이 2깃으로 잘려져 있고 4지의 경우, 1단의 패들 깃이 2깃으로 잘려져 있는 상태로 조사되었다. 각 지의 단별로 패들의 회전속도를 측정한 결과, 현재 응집지 패들의 회전속도(rpm)는 1단부터 3단까지 단순히 순차적으로 점감되도록 설정되어 있어 패들 깃수가 일정하지 않은 본 응집지의 경우, 교반강도(G값)가 점감식으로 되지 못 하는 것으로 평가되었다.

실측 rpm

구 분	패들 1회 회전시간 실측 data					
	1단		2단		3단	
	시간(s)	rpm	시간(s)	rpm	시간(s)	rpm
1지	67	0.896	99	0.606	127	0.472
2지	59	1.017	99	0.606	120	0.500
3지	49	1.224	61	0.984	140	0.429
4지	52	1.154	76	0.789	125	0.480

회전수에 의한 교반강도

구 분		패들 회전수 실측치에 따른 G값					
지	단	0℃	5℃	10℃	15℃	20℃	25℃
1	1	6.56	7.13	7.68	8.21	8.74	9.27
	2	1.73	1.88	2.02	2.16	2.30	2.44
	3	2.56	2.78	2.99	3.20	3.40	3.61
2	1	7.92	8.60	9.26	9.90	10.54	11.19
	2	1.73	1.88	2.02	2.16	2.30	2.44
	3	2.72	2.95	3.18	3.40	3.62	3.84
3	1	10.36	11.25	12.11	12.95	13.79	14.64
	2	3.61	3.92	4.22	4.51	4.80	5.10
	3	2.09	2.27	2.45	2.62	2.79	2.96
4	1	4.64	5.04	5.43	5.81	6.18	6.56
	2	5.50	5.97	6.43	6.88	7.32	7.77
	3	2.56	2.78	2.99	3.20	3.40	3.61

평상시 응집제 주입률 30ppm을 기준으로 계산된 교반강도는 다음과 같이 상황에 맞는 회전속도로 조정하는 것이 바람직하다. 1, 2, 3지는 2단의 패들 날개길이 4지는 1단의 날개길이 잘려져 있어 필요한 G값을 얻기 위해서는 다른단의 rpm값과 차이가 발생될 수밖에 없다. 자세한 내용은 [부록 - 응집지 교반강도 계산]을 참고하도록 한다.

G값에 따른 수온별 rpm - 1,2,3지

구 분		수온					
주입률	G값	0℃	5℃	10℃	15℃	20℃	25℃
1단	21.9	2.01	1.90	1.81	1.73	1.66	1.60
2단	19.1	2.97	2.81	2.68	2.56	2.46	2.36
3단	16.2	1.64	1.56	1.48	1.42	1.36	1.31

G값에 따른 수온별 rpm - 4지

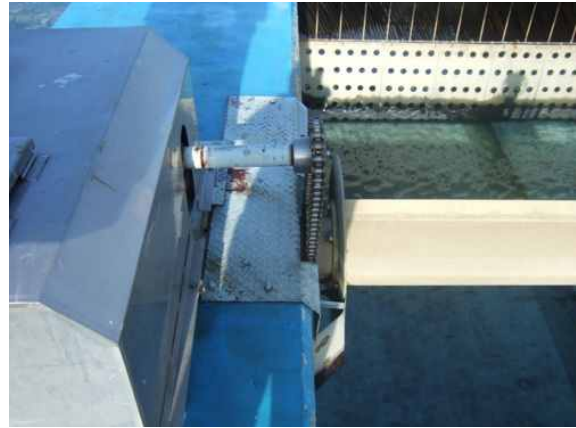
구 분		수온					
주입률	G값	0℃	5℃	10℃	15℃	20℃	25℃
1단	21.9	3.26	3.09	2.94	2.81	2.70	2.59
2단	19.1	1.83	1.73	1.65	1.58	1.51	1.45
3단	16.2	1.64	1.56	1.48	1.42	1.36	1.31

㉔ 응집기 운영상태 진단

응집기는 구동부(감속기)와 종동부(응집기 패들축)가 체인으로 연결되어 있는데 체인의 장력이 응집기별로 달라서 체인의 긴장·이완상태가 서로 다른 것을 알 수 있다. 체인의 긴장상태가 유지되지 않으면 스프로킷 마모나 체인의 이탈되는 문제가 발생할 수 있으므로 주기적으로 장력을 조절하여 줄 필요가 있다.



응집기



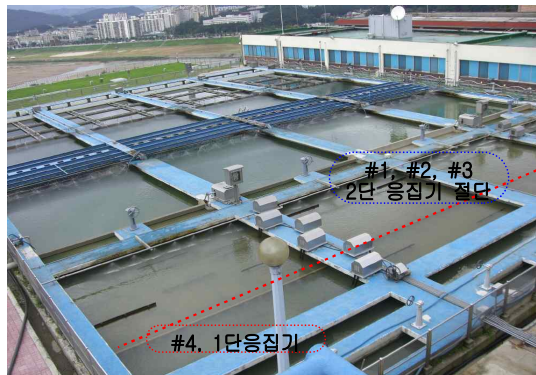
응집기 구동부 체인

③ 개선방안

㉑ 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.



응집기 절단 현황

㉠ 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 1,2,3지의 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.

㉡ 응집기 구동부에 체인장력 조절용 기초(bed) 설치

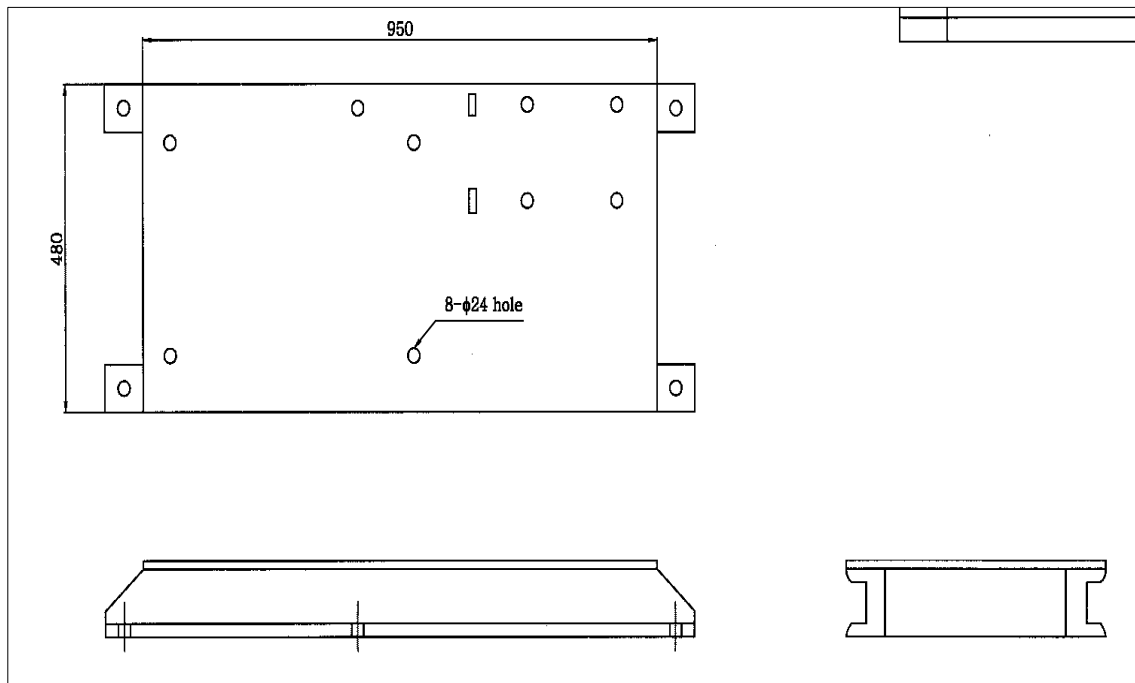
감속기축 스프로켓과 수중패들축 스프로켓 사이의 축간거리를 조절할 수 있도록 기초(bed)베드의 형상을 그림의 도면과 같이 제작 설치, 하이텐션볼트로써 축간거리를 조절, 체인장력을 적정하게 조절함으로써 늘어난 체인에 의해 발생하는 결함요소를 없애고 안정적으로 설비운동을 할 수 있도록 한다.



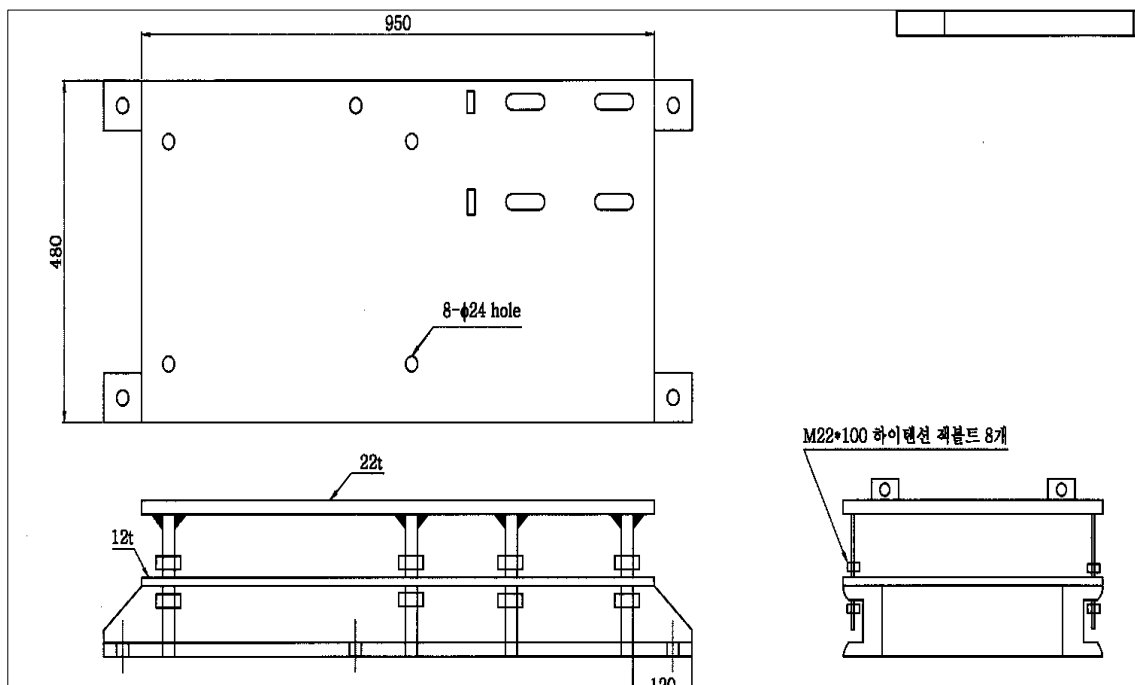
응집기 베드 개선전 예시



응집기 베드 개선후 예시



용집기 베드 개선전 도면



용집기 베드 개선후 도면

7) 침전공정

① 현황조사

시 설 현 황

구 분	시 설 현 황	비 고
구 조	◦ R.C 장방형	
규 격	◦ B8.0m × L35m × H4.0m × 4지 ◦ 유입부 : 정류벽설치	
용 량	◦ $V_e=4,480\text{m}^3(1,120\text{m}^3/\text{지})$	
유 출 트 러 프 및 오 리 피 스	◦ 유출형식 : 수중 Orifice ◦ orifice 총 길이 : 30m/지 ◦ 오리피스 규격 : 40mm × 356개/지	
경 사 판	◦ B0.8m × L1.0m × 1.2t × 3단 5열	
기 타	◦ 슬러지수집기 : 미 설치 ◦ 슬러지 인출관 $\phi 300\text{mm}$, 1기/지 ◦ 스크제거설비 : 1기/지	



침전지 전경



침전지 경사판

- 침전지에는 슬러지 수집기가 설치되어 있지 않아, 1지당 3개월에 1회 인력으로 청소를 실시하고 있다.
- 경사판 하부에는 밀도류를 방지하기 위하여 정류공이 설치되어 있다.
- 침전지 유출부는 수중 오리피스로 되어 있다.



경사판 및 하부 정류벽



침전지 유출부 오리피스

② 기능 진단

㉠ 기초자료 평가

기능 진단에는 표면부하율, 평균유속, 상승유속, 월류위어부하율, 수류흐름특성 및 트러프 손실수두 등을 검토하였으며, 검토는 평균유량(30,000m³/d)을 기준으로 분석하였다.

㉡ 표면부하율 (기준: 21.6~43.2m³/m² · d)

$$\bigcirc \text{ 침전면적}(A_1) = B \ 8\text{m} \times L \ 35\text{m} \times 4\text{지} = 1,120\text{m}^2$$

$$\bigcirc \text{ } SOR = \frac{Q_d}{A} = \frac{30,000\text{m}^3/\text{d}}{1,120\text{m}^2} = 26.8\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d} \text{ ----- OK}$$

경사판을 고려하지 않고도 표면부하율은 기준에 적합한 것으로 평가된다.

㉢ 평균유속 검토 (기준 : 0.4m/min 이하)

$$\text{수류단면적}(A_2) = B \ 8\text{m} \times H \ 4\text{m} \times 4\text{지} = 128\text{m}^2$$

$$\bigcirc \text{ } V_d = \frac{Q_d}{A_2} = \frac{30,000\text{m}^3/\text{d}}{128\text{m}^2} \times \frac{1\text{d}}{1440\text{min}} = 0.16\text{m}/\text{min} \text{ ----- OK}$$

㉣ 상승유속 (AWWA 기준 : 58.6~87.9m³/m²·d)

$$A_3 = B \ 8.0\text{m} \times L \ 15\text{m} \times 4\text{지} = 640\text{m}^2$$

$$\bigcirc \text{ } UV = \frac{Q_d}{A_3} = \frac{30,000\text{m}^3/\text{d}}{480\text{m}^2} = 62.5\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d} \text{ ----- OK}$$

- ㉔ 월류위어 부하율 (기준 : 350m³/m·d 이하)

$$L = L \ 30m \times 4지 = 120m$$

○ $OWR = \frac{Q_d}{L} = \frac{30,000m^3/d}{120m} = 250m^3/m \cdot d$ ----- 적정

- ㉕ 침전지 흐름특성 평가

침전지에서 수류자체의 흔들림은 레이놀드수(Re)수로 결정 되며 수류의 안정성은 후르드수(Fr)로 결정된다. Re수는 작을수록 난류도가 감소하며, Fr수가 클수록 밀도류에 대한 안정성이 좋아져서 이상적인 침전효율에 가까워진다.

- Re 평가

$$Reynolds \ No. = \frac{\text{관성력}}{\text{점성력}} = \frac{vR}{\nu}$$

- v : 수평유속 ($2.7 \times 10^{-3}m/s$)
- R : 경심 (2)
- ν : 동점성 계수 ($1.79 \times 10^{-6}m^2/s$) $-0^{\circ}C$ 기준

$$Re = \frac{2.7 \times 10^{-3} \times 2}{1.79 \times 10^{-6}} = 3,017$$

- Fr 평가

$$Froude \ No. = \frac{\text{관성력}}{\text{중력}} = \frac{v^2}{gR}$$

- v : 수평유속
- R : 경심
- g : 중력가속도

$$Fr = \frac{(2.7 \times 10^{-3})^2}{9.8 \times 2.0} = 1.38 \times 10^{-7}$$

Re수는 3,017로서 2,000이상이므로 난류영역에 속하며, Fr수는 2.86×10^{-7} 으로 10-5보다 작으므로 밀도류에 대한 안정성이 미흡하다. 전반적으로 외부로부터의 영향이나 수류자체의 흔들림이 많은 것으로 평가된다.(Re, Fr - “상수도시설기준” 참고)

① 유출트러프 오리피스 손실수두 검토

유출트러프(라운더)에는 V-notch위어형과 수중오리피스의 2가지 형태가 많이 사용된다. 위어형과는 달리 수중오리피스는 떠있는 스킴이 라운더로 유입되는 것을 방지할 수 있고 또한 설치할 때에 정확도가 약간 떨어져도 큰 문제가 없는 것이 장점이다. 오리피스를 통과할 때의 수두손실이 약 38mm정도가 되도록 하고 통과유속은 0.5 ~ 0.75m/s범위로 해야 한다.

$$\bigcirc \text{ 손실수두 산정식 } h = \frac{1}{2g} \left[\frac{Q}{Ca} \right]^2$$

h = 오리피스 통과손실(m)

Q = 유량(m^3/s)

a = 오리피스 단면적(m^2)

– 오리피스 직경 : 40mm

– 총 개수 : 1,424개 (356개/지)

$$\text{– 오리피스 면적} = \frac{\pi \times 0.04^2}{4} \times 1,424 = 1.79\text{m}^2$$

C = 유량계수 (0.65~0.80), Kawamura (0.60~0.64)(선택 $C=0.64$)

$$\bigcirc \text{ 시설용량기준 } h = \frac{1}{2 \times 9.8} \left[\frac{0.347}{0.64 \times 1.79} \right]^2 = 0.005\text{m} = 5\text{mm}$$

$$\bigcirc \text{ 통과유속 } = V = \frac{Q_d}{A_o} = \frac{30,000\text{m}^3/d}{1.79\text{m}^2} = 0.19\text{m/s}$$

오리피스의 통과 수두손실은 평균생산량 기준 0.005m(5mm), 통과유속은 0.19m/s로 권장값보다 다소 낮아 트러프의 낙차에 의하여 플록이 파괴될 가능성이 있다.

⑨ 검토결과

표면부하율, 평균유속, 상승유속, 월류위어부하율은 모두 적정하지만 수류흐름특성 및 트러프 손실수두 등은 다소 기준에 적합하지 않은 것으로 검토되었다. 그러나 흐름특성 및 손실수두를 개선하기 위해서는 도류벽 설치 등 많은 비용이 수반되어야 하며, 실제 저탁도에서는 큰 영향을 주지 않으므로, 침전지의 기초처리능력은 충분한 것으로 판단된다.

㉔ 수심 측정을 통한 침전지 유량분배 진단

침전지의 유량분배는 지별 부하에 영향을 주므로 유입 유량을 같지 않을 경우 지 별 침전 효율이 매우 달라질 수 있다. 침전지별 유입유량이 동일하도록 유지하기는 어려우나, 유출 트러프의 수심을 측정한 후 유입밸브 개도를 조정함으로써 어느 정도 달성할 수 있다.

진단당시('07. 8. 17) 4지는 청소를 실시하고 있었으며, 사용 중인 3개의 측정결과는 다음과 같다.

지별 트러프 수심 및 탁도 측정 결과 1차 ('07년 8월 17일)

구 분	1지	2지	3지
높 이	18cm	25cm	20cm
유출수탁도	1.43	2.22	1.74



1지 트러프 수심



2지 트러프 수심

12월 6일 4지 모두 사용 시 측정결과는 다음과 같다.

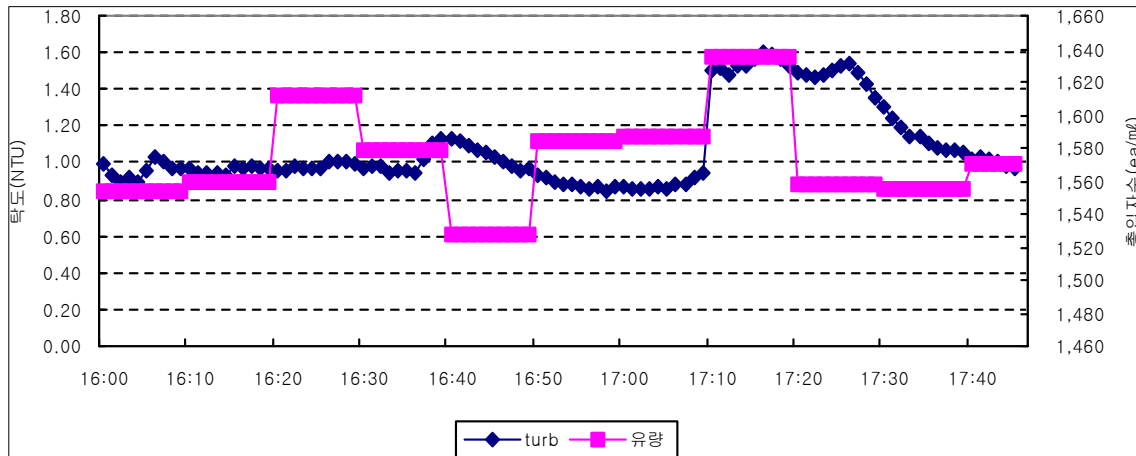
지별 트러프 수심 및 탁도 측정 결과('07년 12월 6일)

구 분	1지	2지	3지	4지
높 이	16.5cm	16.0cm	16.0cm	14.3cm
유출수탁도	1.00	0.71	0.70	0.71

위의 표에서와 같이 유출 트러프 수심에 따라 유출수의 수질에 많은 차이가 있음을 알 수 있으며, 따라서 유출트러프의 수심을 확인한 후 유입밸브 개도를 조정하여 침전지 별로 동일한 유량이 유입되도록 한다.

㉔ 침전수질 분석

침전수 수질에 대하여 탁도를 연속분석한 결과 1.0~1.6NTU 정도로 나타났으며, 유입 유량이 증가하는 경우 갑작스럽게 상승하며, 유입유량이 감소하는 경우에는 일정시간 이 경과 후 감소하는 경향을 나타내고 있다. 따라서 침전지의 완충능력이 다소 낮은 것으로 판단된다.

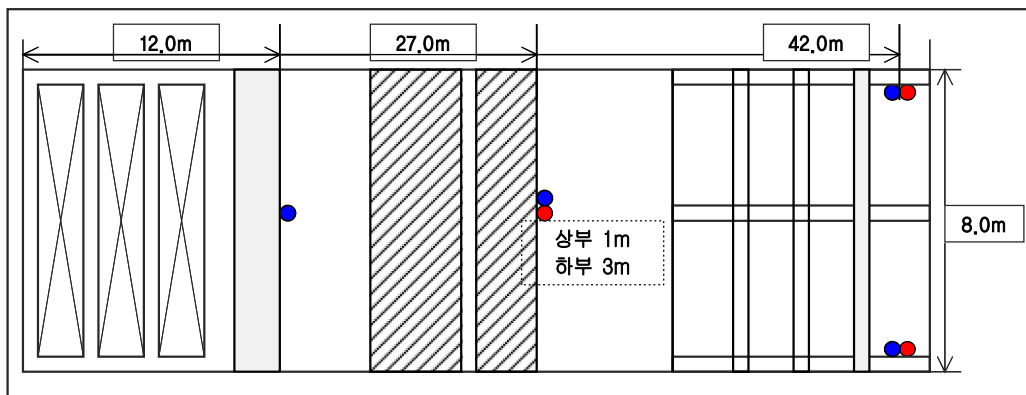


탁도와 유입유량 변화 추이

㉕ 추적자 시험

㉔ 불소 주입량 및 주입지점

추적자는 불소를 이용하였으며, 주입지점은 혼화지 유출부이다. 추적자 시험은 1차 및 2차로 실시되었으며, 1차는 응집지별 유량분배, 2차는 침전지 #1지의 흐름분석을 위하여 실시하였다. 추적자 검출지점은 응집지 입구, 침전지 입구, 경사판 후단 상·하, 침전지 말단 상·하 총 8지점이며, 시험당시의 평균 유량은 1,131m³/h 이었다.



추적자 검출지점



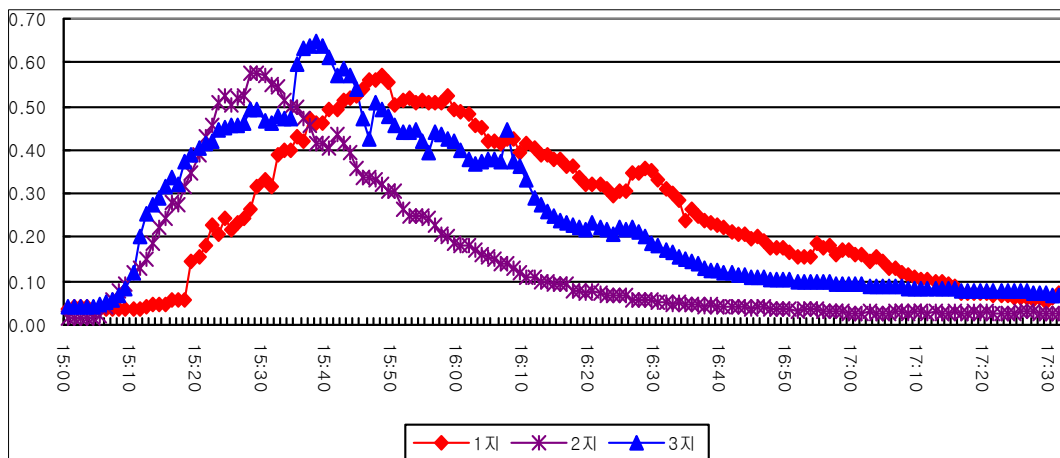
추적자 시험



추적자 시험 장치

⑥ 추적자 시험 결과

○ 침전지 입구 추적자

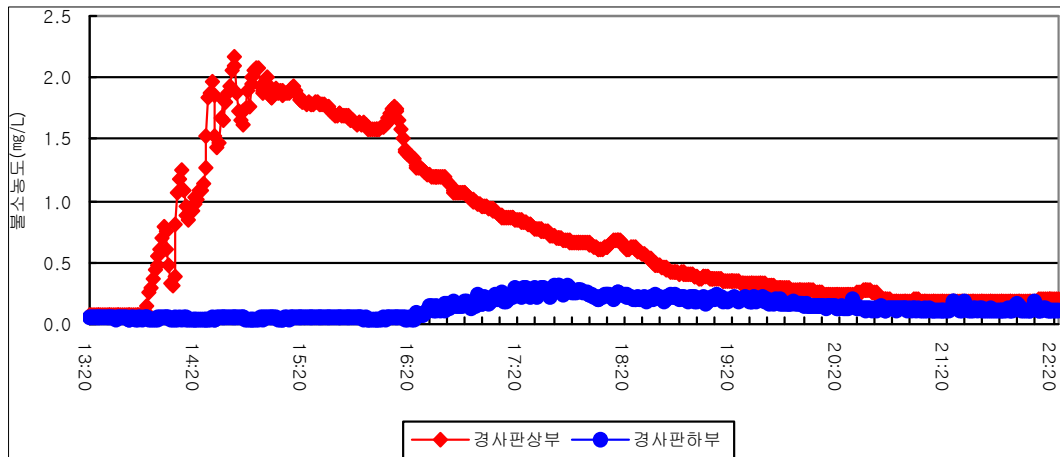


용집지 추적자 시험결과

침전지 입구에서 추적자 농도를 검출한 결과 검출시간은 2지>3지>1지의 순서로 나타났다.

이 결과는 위의 유량분배와 같으며, 따라서 2지로 가장 많은 물량이 유입되며, 1지로는 가장 적은 물량이 유입됨을 알 수 있다.

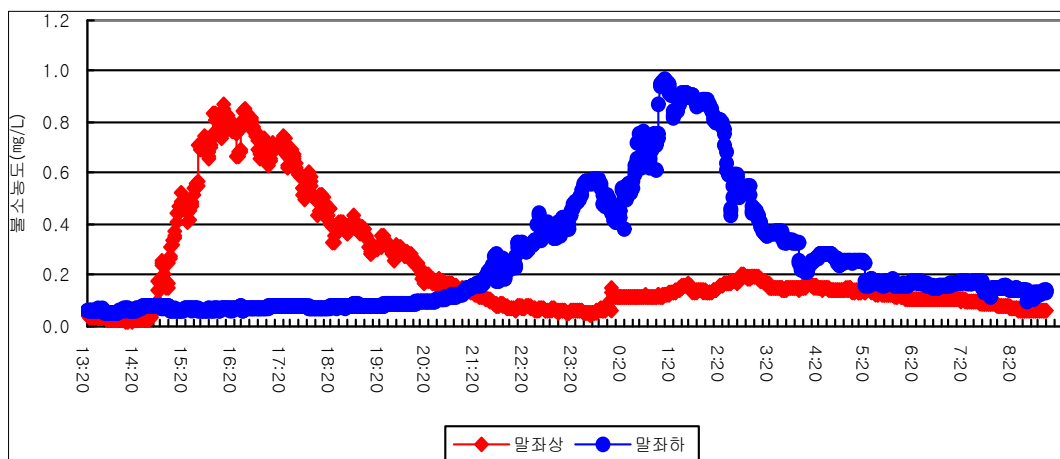
○ 경사판 후단 상하부



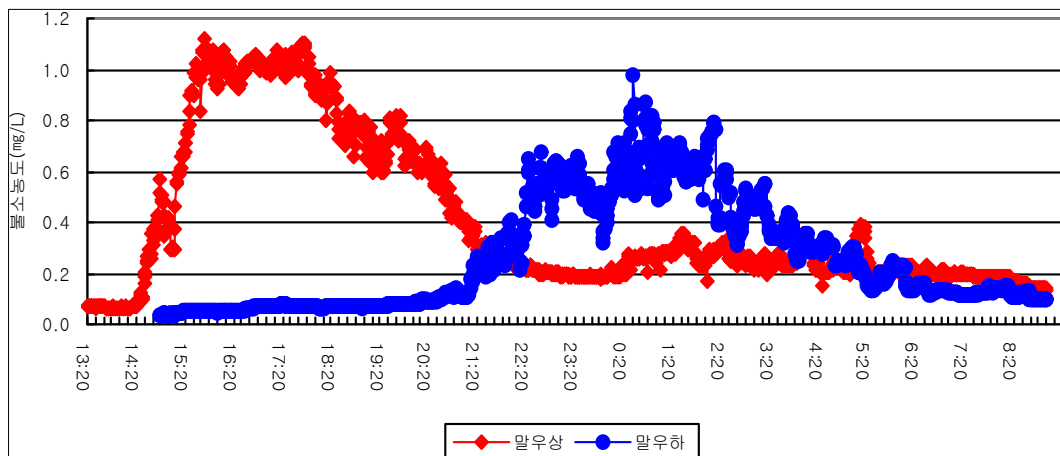
침전지 경사판 후단

경사판 후단의 추적자 분석결과 중간 상부는 80분후 최고값을 나타내었지만, 하부의 경우에는 4~5시간이 경과한 후에 불소가 미량 검출되었다. 경사판 상부의 주요 흐름이 생긴 원인은 침전지의 슬러지 누적에 의해서 발생한 것으로 판단되며, 측정결과 침전지 슬러지가 입구에 약 2m 정도 누적되어 있음을 확인할 수 있었다.

○ 침전지 말단 흐름



침전지 후단 좌측



침전지 후단 우측

침전지 말단의 흐름 분석결과 좌측과 우측의 흐름차이는 크게 없지만, 상부와 하부에는 많은 흐름의 차이가 발생하고 있었다. 그 원인은 침전지 말단에서는 유출 트러프로 상등수가 유출되며, 침전지 하부는 경사판 후단의 흐름의 영향을 받아 늦게 도달하기 때문인 것으로 판단된다.

○ 추적자를 통한 침전지 흐름분석 결과

일반적으로 침전지는 밀도류의 유입으로 인하여 상부보다 하부의 흐름이 강하지만 옥룡정수장의 경우 밀도류의 형성은 보이지 않았다.

침전지 유입부 분석결과 지별로 유량차이가 있음이 확인되었으며, 침전지 정류벽 후단은 침전슬러지로 인하여 경사판 상부로 흐름이 많은 것으로 나타났다.

③ 개선방안

㉠ 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. 특히 옥룡정수장은 슬러지 수집기가 설치되어 있지 않아 슬러지 청소를 위해 침전지 사용지수를 많이 변경하므로 침전지의 청소 및 재 가동시에는 유량분배에 유의하여 운영하도록 한다.

㉔ 침전슬러지 수집기 설치 또는 연계처리

경사판 미 고려시에도 침전지의 표면부하율은 기준에 적합한 것으로 나타났지만, 일반적으로 경사판 설치 시 경사판 파손 등 운영관리의 문제점은 있지만 침전수 수질은 보다 양호한 것으로 나타난다. 그러나, 추적자 분석결과 침전지에 누적된 슬러지에 의하여 상부로의 과도한 흐름이 많이 형성되어 경사판의 효율을 반감시키고 있는 것으로 나타났다. 현재 지당 3개월에 1회 실시하는 슬러지 제거는 탁도가 다소 높은 원수 특성상 부족한 것으로 평가되므로 보다 자주 슬러지를 제거해야 하나, 실제 정수장 여건상 현재보다 주기를 앞당기는 것은 매우 어려울 것으로 판단된다.

따라서 슬러지수집기 설치를 권장하며, 슬러지 수집기를 설치할 경우 침전지 슬러지 인출구의 호퍼 등 하부구조물의 개선이 필요하고, 개선 작업 후 누수 등 구조물 안전성을 고려하여 슬러지 수집기 형태 등을 선정하여야 하며, 현장 여건상 침전지 구조물의 변경이 약간 필요하나, 유지보수가 용이한 수중대차식 슬러지 제거 설비의 설치를 권장한다.

또는 인근 처리장으로 연계처리가 가능하다면 슬러지 수집기 설치 대신 연계처리를 통하여 해결 가능한데, 공주시는 현재 연계처리를 통하여 슬러지를 수집, 처리하고 있다.

8) 여과지

① 시설현황

시 설 현 황

구 분	시 설 현 황	비 고
규 격	○ B 6.0m× L 5.4m × 6지	
지 당 여 과 면 적	○ 32.4m ² /지(총 194.4m ²)	
여 과 속 도	○ Vd : 118.3m/d	
여 과 구 성	○ 모 래 : 60cm ○ 자 갈 : 40cm ○ 하부집수장치 : 스트레이너 블록	
세 척 방 식	○ 세척방식 : 표면세척 + 역세척 ○ 세척방식 : 수조에 의한 세척	
여 과 지 밸 브 (전 동 밸 브)	○ 정수(500mm), 배수(800mm), 원수(600mm), ○ 역세(500mm), 드레인(200mm), 표세(150mm)	

<표 계속>

구 분	시 설 현 황	비 고
역 체 척 수 조	○ 구조 : 장방형 RC조 ○ 규격 : B9.0m × L9.0m × H3.0m× 1지 ○ 수위 : H.W.L(97.20m),L.W.L(95.20m) ○ 용량 : 243m³	
기 티	○ air compressor × 2대 - 사용압력 : 10kg/cm², 회전수 : 700rpm - 토출공기압 : 433ℓ /min, 2.2kW - 형식 : sws-3012, 세원기계공업 - 경원 air compressor ○ 공기저장탱크 × 1대 - D 1.0m × H 1.3m - 공기저장탱크 정수공급펌프모터 × 1대 - 펌프 : 다단터어빈펌프, 0.31m³/min× 15Hp - 모터 : 15Hp, 3Ø 4P, 380V, 1750rpm, 22.1A 1.0, B, 효성(주), '91	



여과지동 외부



여과지 전경

○ 여과지는 총 6지로 구성되어 있으며, 여과지의 형식은 유출부 여과수조에 위어가 설치된 감쇄여과 형식이다.

○ 여과지 4지 후단에는 역세수조로 여과수를 급수하는 펌프가 설치되어 있으며, 이 수조의 수위에 따라, 다른지의 여과수가 역세수조로 역류하는 현상이 발생한다.



여과수조



4지 여과수조 역류

- 지별로 초음파 수위계가 설치되어 있으며, 수위계는 역세척수 퇴수로 위에 설치되어 있다.
- 표면세척장치는 회전식이며, 표면세척기 노즐 막힘, 베어링 소손 등으로 인하여 최근 2년간 표면세척을 실시하지 않았다.
- 사수밸브가 전동화 되어 있으나, 실제 가동되지 않고 있으며, 사수밸브 배관에는 메인 밸브가 설치되어 있다.
- 여과지의 역세척시기 결정은 사면상수심이 2.1m 정도인 경우를 기준으로 시행하고 있다.

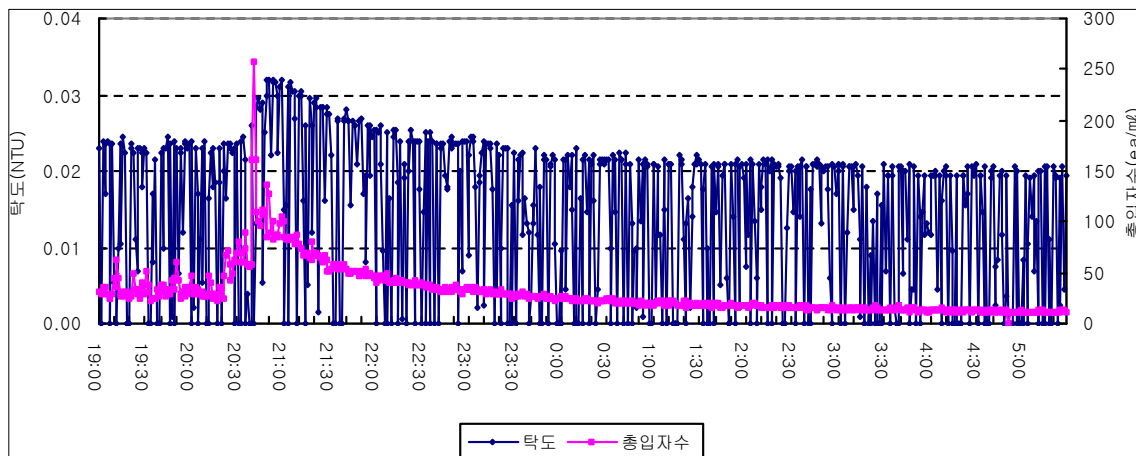
② 기능 진단

㉠ 여과지 수질 분석

여과수조에는 샘플링을 실시하였으며, 탁도 및 총입자수를 연속적으로 측정하였다. 수질분석에 사용된 탁도계는 1720D(HACH)이고, 입자계수기는 2200PCX (HACH)이다.

㉡ 여과수수질 연속 측정

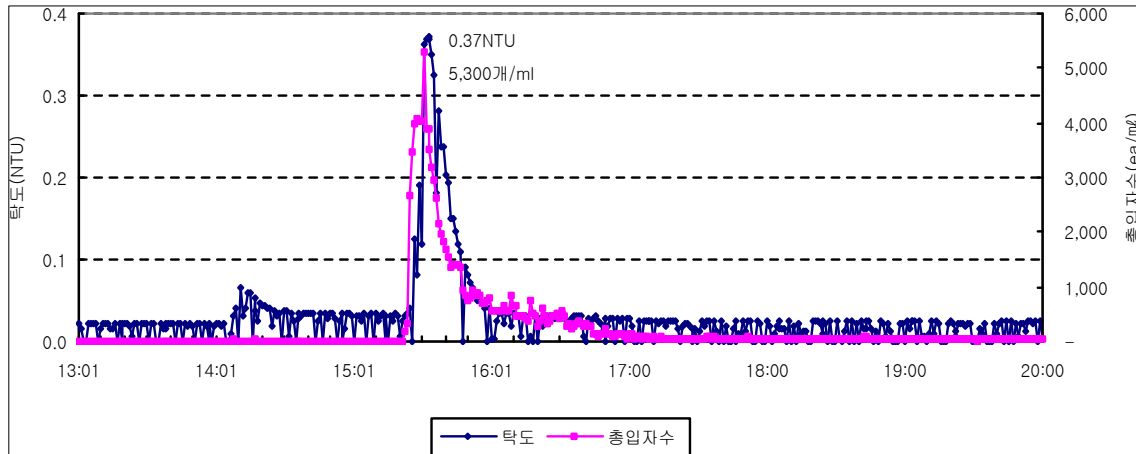
여과지 5지에 대하여 탁도 및 입자수를 연속 측정한 결과 탁도는 0.04NTU이하, 총 입자수는 갑작스런 상승시기를 제외하고는 50개/㎖ 로 매우 양호하게 나타나므로 수질은 양호한 것으로 판단된다.



탁도 및 총입자수 연속 측정 결과 (10월 26일)

㉞ 여과초기 탁질누출 평가

옥룡정수장 여과지의 여과형식은 감쇄여과형식이다. 감쇄여과는 정속여과의 변법으로써 여과초기 여과속도를 저감시켜 여과하는 방법이며, 옥룡정수장의 여과초기 여속을 제어하는 방법은 여과수조에 설치된 위어에 의한 속도저감 방안이다.



여과초기 탁질 누출 (10월 25일)

여과 개시 후 최고 탁도는 0.37NTU, 최고 입자수는 5,300개/ml로 나타났으며, 여과를 개시한 후 30분이 경과한 후에 탁도가 0.1NTU 이하로 저하되었다. 위의 결과로 볼 때는 여과초기 탁질 누출이 크게 발생하지 않는 것으로 나타났다.

㉔ 역세척 배수탁도 및 팽창률 분석

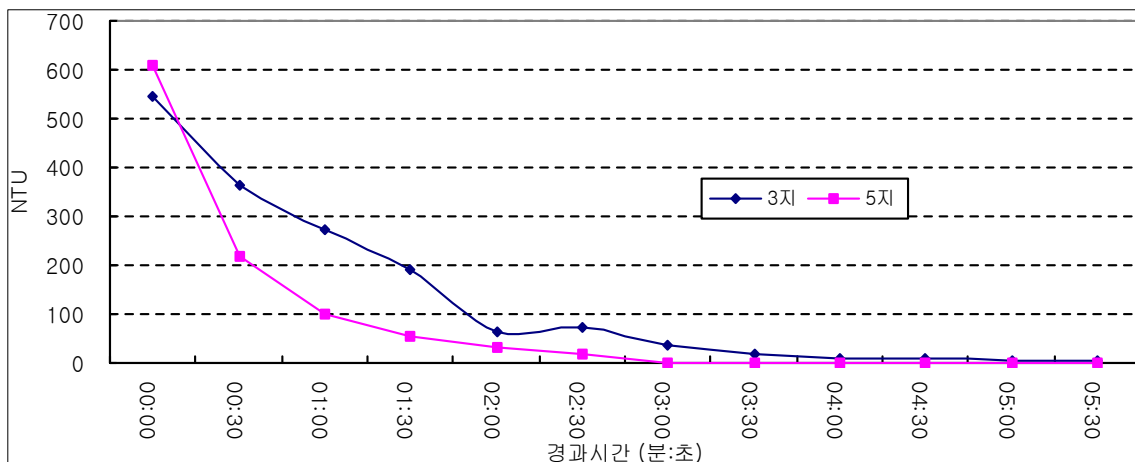
옥룡정수장은 표면세척설비의 고장으로 인하여 역세척만 실시하고 있으며, 역세척방식은 역세척수조에 의한 방식이고, 진단 결과 총 역세척시간은 6분으로 나타났다.



역세척 수조



팽창률 측정 결과



역세척 배수탁도 변화 추이

일반적으로 역세척 배수의 최고 탁도가 높고 분포곡선의 폭이 좁은 경우에는 역세척 효율이 높고 이와 반대의 경우에는 역세척 효율이 낮음을 의미한다.

위 그래프의 경우 여과지 점검을 실시한 이후이므로 역세척 시 초기에 최고탁도가 나타났다으며, 시간이 경과 후 지속적으로 감소하여 #5지는 3분 경과 후, #3지는 4분 30초 경과 후 배출탁도가 10NTU 이하로 저하되었다.

역세척시간 검토결과 #3지 기준으로는 적정하지만 #5지 기준으로는 시간이 다소 과다한 것으로 평가된다. 팽창률 측정시 총 팽창된 높이는 12cm로 측정되었으므로 팽창률은 20%(12cm/60cm)이므로 역세속도는 적정한 것으로 평가된다.

㉔ 여층 두께

각 여과지에 대하여 여과사 포설 두께를 조사한 결과는 [표 3-30]과 같다.

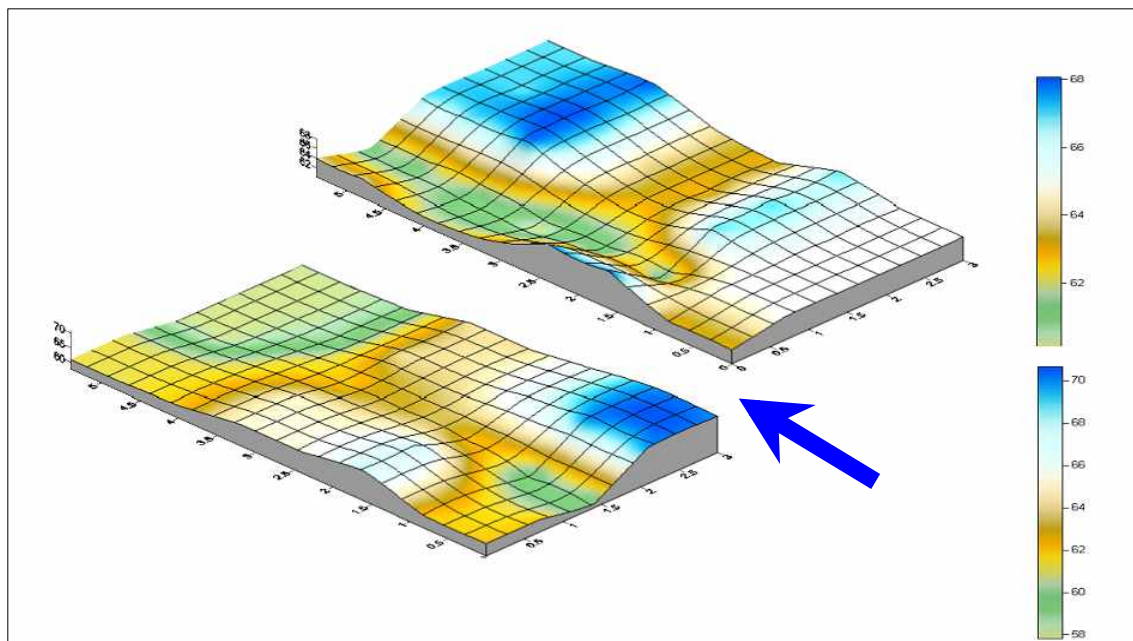
사층 두께 측정결과 요약

(단위 : cm)

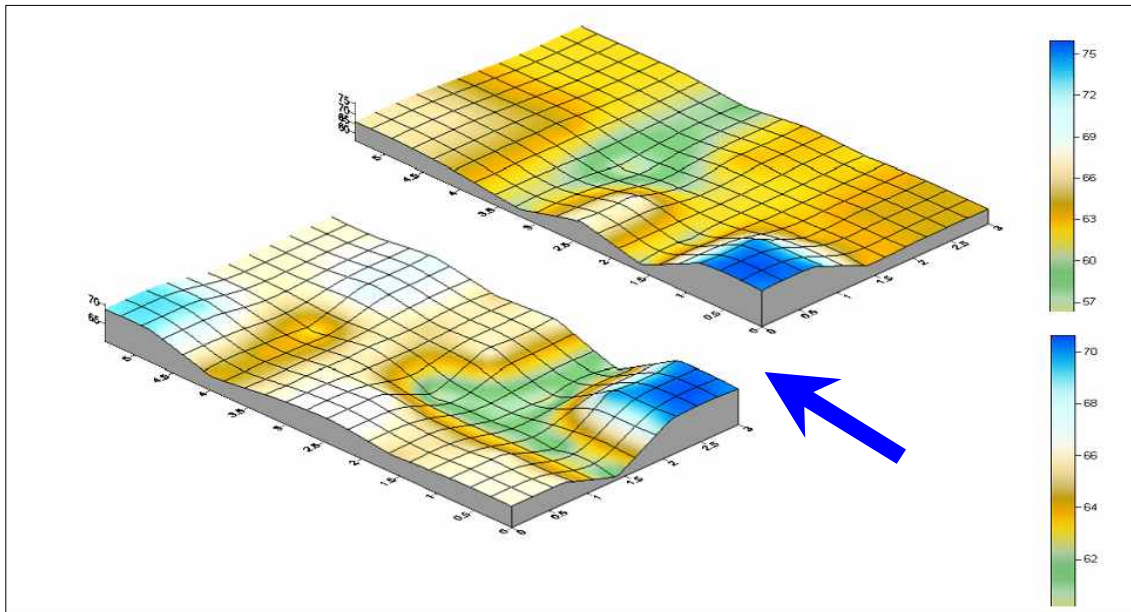
구 분	3지	5지
조사지점	36개	36개
최 대	70	75
최 소	58	56
평 균	64	65

급속여과지에서는 여과지속시간과 여과효과를 고려한 경제적인 면과 여과 모래층으로 탁질 침입의 정도로 보아 일반적으로 60~70cm의 여과 모래층 두께가 바람직하다.

급속여과지 #3지와 #5지의 여과사 두께를 3차원으로 모식한 결과 조금씩은 상이하나 원수 유입 유출 지점에 비해 중간지점의 여과사의 두께가 얇은 것으로 나타났다. 여층 두께는 #3지 최소 58cm 최대 70cm이고, #5지 최소 56cm 최대 75cm로서 “상수도시설 기준” 에서 권장하는 여과 모래층 두께인 60~70cm에 만족하는 것으로 조사되었다.



급속여과지 3지 모식도



급속여과지 5지 모식도

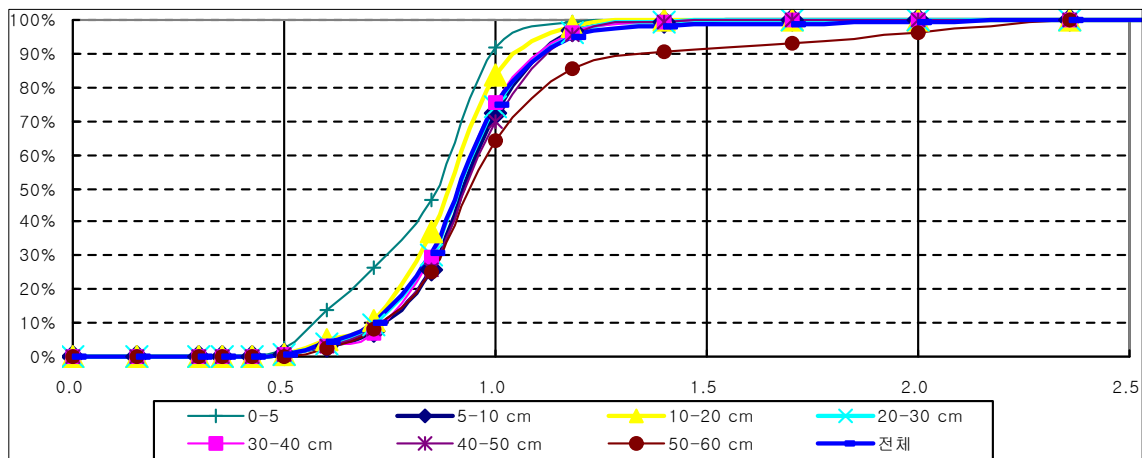
② 여과사 입도분포 조사

여과사 입도분포조사는 여과지 #3지 및 #5지에 대하여 표층(0~10cm)는 5cm간격, 하부여과사는 10cm 간격으로 시료를 채취하여 분석하였다.

㉠ #3지 입도분포 조사 결과

#3지 입도분석 결과표

구 분	최대경 (mm)	최소경 (mm)	유효경(d_{10}) (mm)	60%통과경 (mm)	균등계수 (C_u)
0~5cm	1.17	0.44	0.57	0.89	1.58
5~10cm	1.37	0.52	0.73	0.96	1.32
10~20cm	1.27	0.51	0.69	0.92	1.33
20~30cm	1.39	0.51	0.71	0.95	1.33
30~40cm	1.39	0.52	0.73	0.95	1.30
40~50cm	1.40	0.52	0.72	0.97	1.33
50~60cm	2.26	0.53	0.72	0.98	1.36
총괄	1.78	0.51	0.71	0.95	1.34
권장기준	2mm이하	0.3mm이상	0.45~1.0mm	—	1.70이하



여과사 통과율

○ 여층깊이와 유효경 비

$$L/de = 640\text{mm} \div 0.71\text{mm} = 901 \quad (\text{권장기준 } \geq 1000)$$

여기서 L : 여층두께(mm), de : 여재의 유효경

여과사 입도분포를 검토한 결과 유효경 및 균등계수가 권장기준에 적합한 것으로 평가되었지만, L/de 고려시 여과사의 포설두께가 다소 부족한 것으로 평가된다. 여층 구성시 여재의 입경이 크면 과다한 역세척 압력과 속도에 의하여 하부집수장치 손상과 여층 교란의 원인이 될 수 있으므로 여재포설시 효율적인 여과 및 안정된 여과수 확보를 위하여 여층 두께와 여재입도 조합의 적정여부를 고려하여야 한다.

여층의 깊이는 여재 입경의 함수로서 일반적으로 [표 3-32]와 같은 관계가 있다. 단, 목표 탁도가 0.1 NTU 이하인 경우에는 아래의 값에 15 %를 더하여야 한다고 제시하고 있다. (“상수도 시설기준” p365)

여과층두께와 유효경

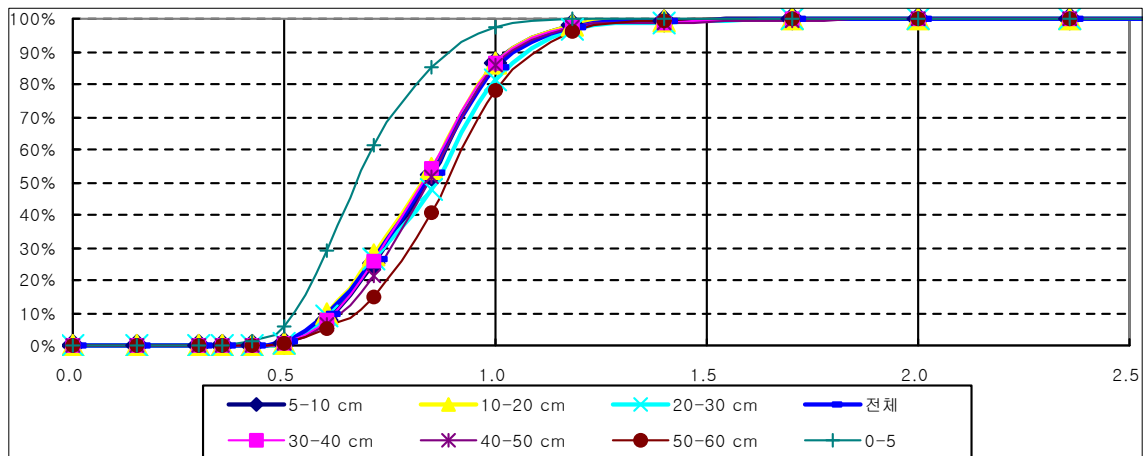
L/de ≥	평 가	적 용
	1,000	보통 모래 단독이나 2층 여과인 경우
	1,250	3층 (안트라사이트, 모래, 가넷)
	1,250~1,500	심층 조립단일 여재인 경우 ($1.2 \text{ mm} \leq de \leq 1.4 \text{ mm}$)
	1,500~2,000	입경이 매우 큰 심층조립단일여재인 경우 ($1.5 \text{ mm} \leq de \leq 2.1 \text{ mm}$)

여기서, de : 유효경, L : 여층두께 (mm)

⑥ #5지 입도분포 조사 결과

#5지 입도분석 결과표

구 분	최대경 (mm)	최소경 (mm)	유효경(d_{10}) (mm)	60%통과경 (mm)	균등계수 (C_u)
0~5cm	1.11	0.40	0.52	0.71	1.36
5~10cm	1.33	0.50	0.61	0.88	1.44
10~20cm	1.38	0.50	0.60	0.88	1.45
20~30cm	1.45	0.50	0.61	0.91	1.49
30~40cm	1.49	0.50	0.61	0.88	1.43
40~50cm	1.40	0.50	0.63	0.89	1.42
50~60cm	1.39	0.51	0.66	0.93	1.41
총괄	1.39	0.49	0.60	0.88	1.46
권장기준	2mm이하	0.3mm이상	0.45~1.0mm	—	1.70이하



여과사 통과율

○ 여층깊이와 유효경 비

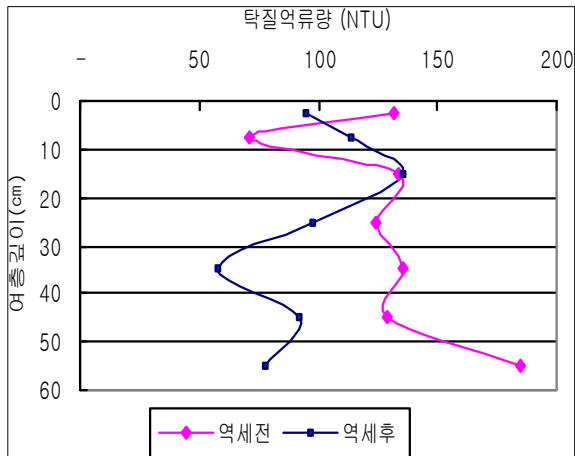
$$L/d_e = 650\text{mm} \div 0.60\text{mm} = 1,083 \quad (\text{권장기준 } \geq 1000)$$

여기서 L : 여층두께(mm), d_e : 여재의 유효경

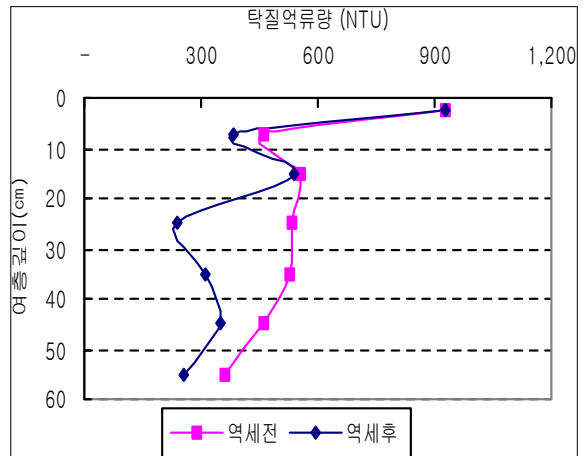
여과사 입도분포를 검토한 결과 유효경 및 균등계수 모두 권장기준에 적합한 것으로 평가되었으며, L/d_e 또한 적절한 것으로 나타났다.

㉠ 탁질억류량 조사

여과지 #3지 및 #5지에 대하여 탁질억류량을 조사한 결과, #3지의 경우에는 역세척 전·후 모두 200NTU이하로 낮게 나타났으나, #5지의 경우에는 역세척 전·후 모두 표층 세척탁도는 모두 900NTU로 높게 나타났으며, 하층에서도 대부분 300NTU 이상을 나타내었다.



여과지 #3지 탁질억류량 조사



여과지 #5지 탁질억류량 조사

다음 표는 [정수시설의 종합설계와 유지관리-Kawamura]가 제시한 급속여과지 역세척 후 세척탁도의 기준이며, #5지의 경우 머드볼이 있는 불결한 여층으로 판단되지만, 아직은 교체할 시점은 아닌 것으로 판단된다.

세척탁도에 따른 여층 상태 (Kawamura)

탁도(NTU)	여 층 상 태	비 고
10~30	숙성되지 않은 청결한 여층	
30~65	일부 숙성된 청결한 여층	
65~120	적당하게 숙성된 청결한 여층	
120~300	잘 숙성된 불결한 여층	역세장치 및 역세방법 재검토
300~625	잘 숙성되고 머드볼이 있는 불결한 여층	300NTU초과시 심각한 머드볼 문제 발생
625~1,250	머드볼이 많은 불결한 여층	
1,250~3,000	사층을 교체해야 하는 극히 불결한 여층	
625초과	역세척과 함께 효과적인 보조교반 도입필요	

③ 개선방안

㉠ 표면세척기 노즐 교체 또는 표면세척기 내구연한 고려한 기기 교체

표면세척기의 형식은 회전식이며, 노즐의 개수 및 각도는 적정하게 설치되어 있으나, 노즐의 내부가 아래 그림과 같이 모래에 의하여 막혀있어 표면세척이 적정하게 이루어지지 않는다. 따라서 표면세척기 노즐을 교체할 것을 권장하며, 교체 시에는 모래 유입 방지 노즐로 교체하도록 한다.



표면세척기 점검



세척기 노즐 막힘

2009년 5월 광역상수도 원수공급으로 원수수질이 개선됨에 따라 현재는 표면세척기 없이도 유출수질은 만족되지만, 비상시를 대비하여 내용년수 경과 후 교체하는 것도 고려할 만 하다.

㉡ 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 수리하여 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 재설정하여 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

① 시설현황

시 설 현 황

구 분	시 설 현 황	비 고
역세펌프 모터설비	○ 역세척펌프모터 × 2대 - 펌프 : HDR150-250A, 양흡입볼류트 펌프, 200m³/h × H20m × 26Hp, 효성에바라, '02. 4 - 모터 : 18.5kW, 3Ø 4P, 380V, 1771rpm, 38.7A 효율 89%, 효성중공업(주) ○ 역세펌프용 진공펌프모터 × 2대 - 펌프 : 최대배기량 1.3m³/min, 최대진공도 720mmHg 제작사 : 대영파워펌프 - 모터 : 5Hp(3.7kW), 3Ø 4P, 380V, 7.8A, 효율 84% TBTE-F, OTIS-LG, '04.11	

<표 계속>

구 분	시 설 현 황	비 고
역세펌프 모터설비	○ 표면세척펌프모터 × 2대 - 펌프 : 편흡입볼류트 펌프, 금성사(주) 2.1m³/min × H42m × 30Hp - 모터 : 22kW, 3Ø 4P, 380V, 1780rpm, 44A 효성(주), '91 ○ 표세펌프용 진공펌프모터 × 2대 - 펌프 : 최대배기량 1.3m³/min, 최대진공도 720mmHg 제작사 : 대아기계펌프 - 모터 : 5Hp(3.7kW), 3Ø 4P, 380V, 효율 83% TBTE-F, 효성(주), '05.2	

역세척펌프로써 역세척수조에 물을 채운후 역세수조의 물을 이용하여 역세척을 실시한다.

역세척, 표면세척펌프 모두 펌프실 지하의 여과 정수거의 물을 이용하며, 진공펌프가 각각 연결되어 있다. 역세펌프실은 현장 수동 및 원격으로 자동운전 및 감시제어를 할 수 있도록 구성되어 있다.

역세척·표면세척펌프와 각 진공펌프설비는 각각 2대중 1대를 주기적으로 절체하여 가동할 수 있도록 되어 있다.



역세척펌프



표면세척펌프

② 기능 진단

현재 운영 중인 역세척펌프모터설비에 대한 상태 조사를 통하여 성능 저하요인 등을 파악, 펌프설비의 안정적, 경제적 운영을 도모하기 위해 주요 설비에 대한 기능 진단을 실시하였다.

㉠ 역세척펌프모터 진동분석 및 평가

진동측정분석기를 이용하여 역세·표세펌프모터에 대한 진동을 측정한 결과 부위별 진동값(rms)이 측정되었으며, 진동상태에 대한 평가는 ISO 10816-3 규정에 의하여 실시하였다.

진동분석(FFT Analyzer) 측정장비

제 작 사	모 델 명	Sensor	정 밀 도
(주)나다 S&V	VibLow CX II	ASI-100	100mV/gs

역세·표세펌프모터의 진동 측정 결과를 ISO 10816-3의 기준에 의하여 판정하면, 모두 “A(양호)” 또는 ” B(장시간 운전 허용)”등급 이상으로 측정되어 펌프모터의 운전상태는 양호한 것으로 판단된다.

역세·표세펌프의 진동 등 펌프 상태는 양호하게 나타났으나, 각 1호기의 진동값보다 2호기의 진동값이 높게 측정되었으며, 이 현상은 한 호기만 계속 가동하였을 경우나 정기적인 분해점검을 실시하지 않은 경우 나타날 수 있다.

역세·표세펌프모터 총진동값 및 평가

구분		동력 (Hp)	총 진동값(mm/s rms)								상태 판정
			모 터 반부하측		모 터 부하측		펌 프 부하측		펌 프 반부하측		
			수직	수평	수직	수평	수직	수평	수직	수평	
역 세 펌 프 모 터	1호기	26	1.10	3.43	0.73	2.84	1.30	1.56	2.07	1.69	B
	2호기	26	3.08	4.50	1.89	1.83	1.66	1.93	2.09	2.72	B
표 세 펌 프 모 터	1호기	30	0.72	1.37	1.00	1.24	1.20	1.22	—	—	A
	2호기	30	1.28	3.03	0.76	3.06	1.39	2.36	—	—	B

진동평가 기준 (ISO 10816-3)

지지 분류	영역 경계	진동변위 (μm , rms)				진동속도(mm/s, rms)			
		그룹1	그룹2	그룹3	그룹4	그룹1	그룹2	그룹3	그룹4
강지지	A/B	29	22	18	11	2.3	1.4	2.3	1.4
	B/C	57	45	36	22	4.5	2.8	4.5	2.8
	C/D	90	71	57	36	7.1	4.5	7.1	4.5
유연지지	A/B	45	37	28	18	3.5	2.3	3.5	2.3
	B/C	90	71	57	36	7.1	4.5	7.1	4.5
	C/D	140	113	90	56	11.0	7.1	11.0	7.1

- 그룹 1 : 대형기계(300 kW~50 MW), 전기기계(축높이 H=315 mm이상)
- 그룹 2 : 중형기계(15~300 kW), 전기기계($160 \leq H \leq 315$ mm)
- 그룹 3 : 원심, 혼류 또는 축류펌프 (15 kW이상, 분리된 구동장치)
- 그룹 4 : 원심, 혼류 또는 축류펌프 (15 kW이상, 연결된 구동장치)
- 강지지 : 계의 1차 고유진동수가 회전주파수보다 25% 이상 높은 경우
- 영역 A : 양호
- 영역 B : 장시간 운전 허용
- 영역 C : 제한된 기간 동안 운전허용 (보수조치 필요)
- 영역 D : 허용불가
- 경고(Alarm) : 영역 B의 1.25배 정도
- 비상정지(Trip) :영역 C의 1.25배를 넘지 말 것

③ 개선방안

㉠ 역세·표세펌프모터 유지관리방법 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) 고속 응집침전여과기(운휴중)

착수정에 설치된 수중펌프에 의해 원수가 이송되며, 여과실은 2개로 이루어져 있다. 2009년 5월부터 대청댐 광역 원수공급 후 원수수질이 개선됨에 따라 현재는 운영하지 않는다.

① 시설현황

시 설 현 황

구 분	시 설 현 황	비 고
크 기	○ D 13.6m× H 6.9m	
혼 화 부 규 격	○ 혼화부 규격 : D 1.3m× H 3.3m - 혼화부 체적 : 4.4m ³ - 혼화기 : 2Hp × 1대 - 터빈직경 : 0.4m - 회전수 : 60rpm	
침 전 부 규 격	○ 침전부 규격 : D 13.6m× H 3.3m 위어 : - 형태 : 방사형오리피스(D 30mm) - 개수 : 29개/면×2면/열×8열 - 위어길이 : 43.7m - 위어부면적 : 102.3m	
여 과 부 규 격	○ 여과부 규격 : D 7.4m × H 3.0m - 여과면적 : 41.8m ²	

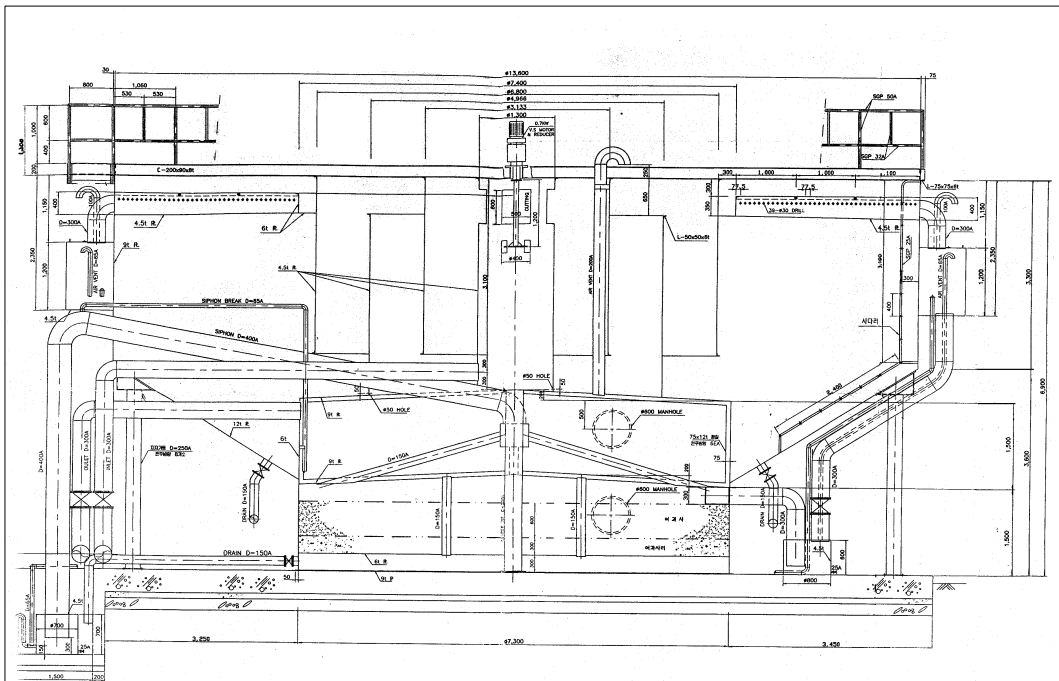


응집침전여과기 전경



유입관 및 유출관

- 고속응집침전여과기의 설계용량은 5,000m³/d이며, 착수정에 설치된 수중펌프에 의하여 원수가 이송되며, 여과실은 2개로 이루어져 있다.
- 여과기 후단에 유량계가 설치되어 있으며, 진단당시 여과기의 유출량은 약 140m³/h 이었다.



고속응집침전여과기 구조

② 기능 진단

⑦ 구조 검토

④ 化學部

- 규격 : D=1.3m, H=3.3m
- 혼화부체적 : $\frac{\pi}{4} \times D^2 \times H = \frac{\pi}{4} \times 1.3^2 \times 3.3 = 4.4\text{m}^3$
- 혼화기 : 1Hp × 1대
- 터빈직경 : 0.4m
- 실측전류 : 380V/2.0A

급속혼화를 위해서는 최단시간에 응집약품을 균등하게 혼합 할 수 있도록 적정 속도 경사(G)값이 요구된다. 현장조사시 모터의 측정전류 값은 2.0A로서 정격전류 2.0A 에 동일하나 속도경사값은 설계치 $700s^{-1}$ 보다 작은 것으로 조사 되었다.

○ 전류값이 2.0A 일 때 혼화기의 속도경사(G) 검토

☞ 소비전력 : $\sqrt{3} \times \text{전압} \times \text{전류} \times \text{감속기효율} \times \text{역률}$ 이므로

$$\sqrt{3} \times 380V \times 2.0A \times 0.85 \times 0.9 = 1,007W$$

☞ 속도경사(G)

$$G = \sqrt{\frac{1,007}{1.568 \times 10^{-3} \times 4.4}} = 382s^{-1} < 700 s^{-1}$$

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu \times V}} \text{ -----Camp \& Stein 식}$$

여기서 P : 소비전력 (w=N.m/s)

μ : 점성계수 (N.s/m²)

{ 4°C = 1.568×10^{-3} }

V : 혼화지 체적 (m³)

⑤ 응집부

○ 형 식 : 무동력 교반 및 상하우류식(3단)

○ 응집부체적 :

$$\left(\frac{\pi}{4} \times D^2 \times H\right) - 4.4 = \left(\frac{\pi}{4} \times 6.8^2 \times 3.3\right) - 4.4 = 115.4m^3$$

○ 응집부 체류시간

$$\begin{aligned} \text{-- 시설용량기준} &= \frac{115.4m^3}{5,000m^3/\text{일}} \times 1,440\text{분/일} \\ &= 33.2\text{분} > 20 \sim 40\text{분} \text{ ----- O.K} \end{aligned}$$

⑥ 침전부

유출위어 : 수중오리피스, 2열×8개소×오리피스(30공)/열

직경 : 30mm, 위어길이 : 45.2m

○ 위어설치부(침전부)면적 : $\frac{\pi}{4} (13.6^2 - 6.8^2) = 108.9\text{m}^2$

○ 용 량 :

- 전체체적(머리잘린 원뿔부)

$$\frac{1}{3}\pi h(R^2 + Rr + r^2) = \frac{1}{3}\pi \times 4.8 \times (6.8^2 + 6.8 \times 3.65 + 3.65^2) = 423.9\text{m}^3$$

- 침전부 실제적

$$423.9 - \left[\frac{\pi}{4} (6.8^2 \times 3.3 + 7.3^2 \times 1.5) \right] = 241.4\text{m}^3$$

○ 침전부 체류시간

$$\begin{aligned} \text{- 시설용량 기준} &= \frac{241.4\text{m}^3}{5,000\text{m}^3/\text{일}} \times 24\text{시간}/\text{일} \\ &= 1.2\text{시간} < 1.5 \sim 2.0\text{시간} \text{ ----- N.G} \end{aligned}$$

○ 상승유속

- 시설용량(4,000m³/d)기준

$$\begin{aligned} \frac{Q}{A} &= \frac{5,000\text{m}^3/\text{일}}{108.9\text{m}^2} \div 1,440\text{분}/\text{일} \\ &= 0.032\text{m}/\text{분} = 32\text{mm}/\text{분} < 40 \sim 50\text{mm}/\text{분} \text{ ---- O.K} \end{aligned}$$

○ 위어부하율

$$\begin{aligned} \text{- 시설용량 기준} : \frac{Q}{L} &= \frac{5,000\text{m}^3/\text{일}}{45.1\text{m}} \\ &= 110.6\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{일} < 350 \sim 400 \text{ O.K} \end{aligned}$$

㉔ 여과부

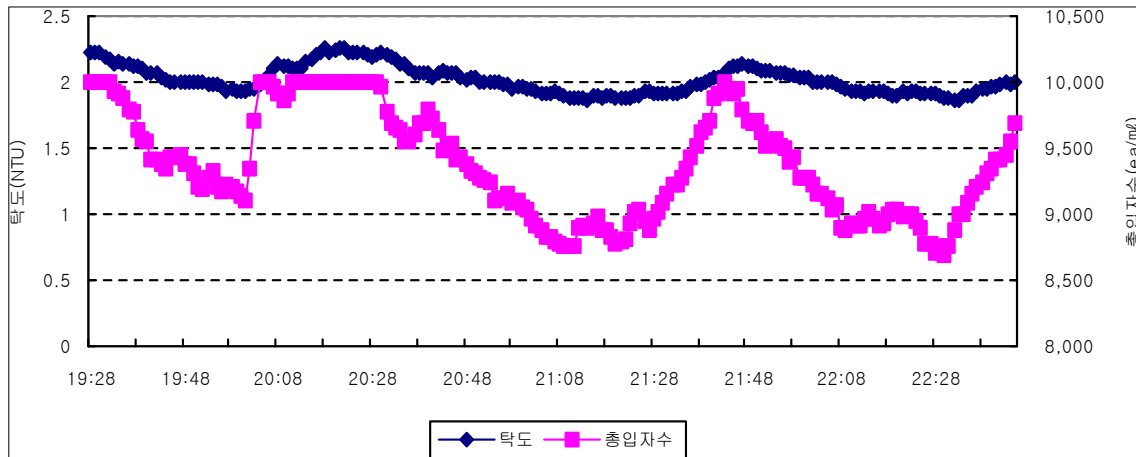
○ 여과면적 : 41.8m²

$$\text{- 여과부 여과속도} : \frac{\text{정수처리수량}}{\text{여과면적}}$$

$$\text{- 시설용량기준} : \frac{Q}{A} = \frac{5,000\text{m}^3/\text{일}}{41.8\text{m}^2}$$

$$= 119.6\text{m}/\text{d} < 120 \sim 150\text{m}/\text{d} \text{ ----- O.K}$$

㉠ 침전수 수질 측정

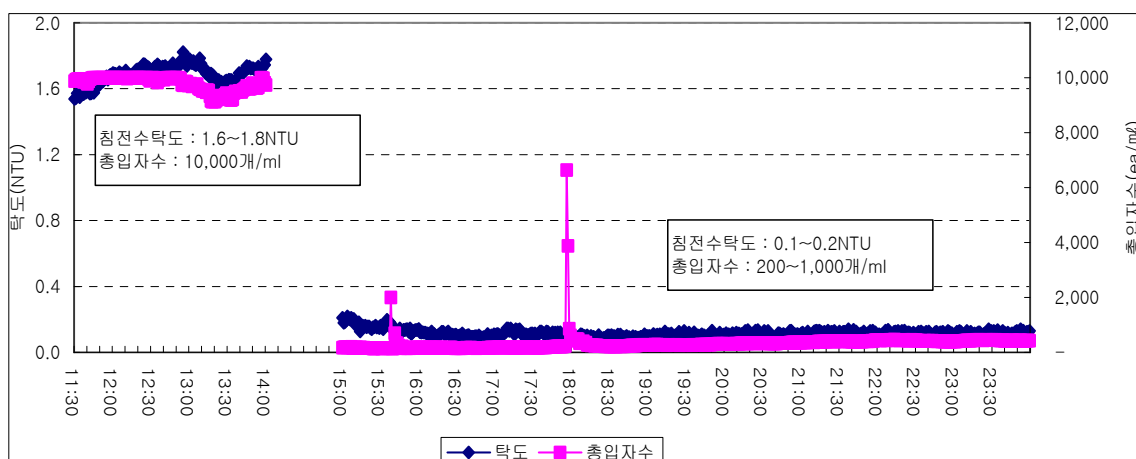


탁도 및 총입자수 변화추이

침전수 탁도는 2~2.3NTU정도로 매우 높으며, 따라서 같은 기간 재래식 침전수의 탁도(1~1.4NTU)보다 수질이 불량하므로 침전공정의 기능이 저하된 것으로 판단된다. 이러한 이유는 혼화 및 응집공정이 재래식보다 효율이 낮으며, 침전공정 또한 체류시간이 낮고, 표면부하율이 높기 때문이다.

㉡ 여과수 수질 측정

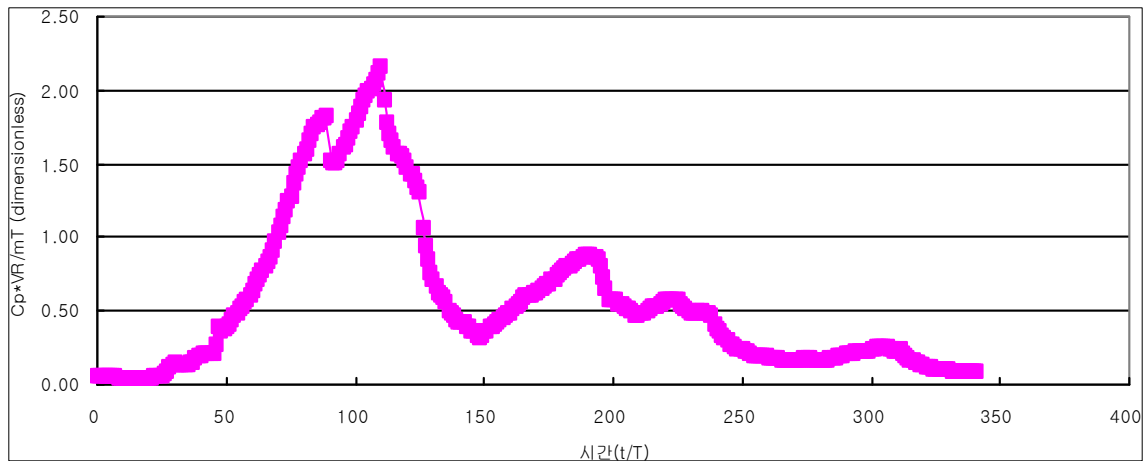
여과기에 대하여 탁도 및 입자수를 연속 측정한 결과 탁도는 0.1~0.2NTU, 총입자수는 200~1,000개/ml로 나타났다. 이러한 수질은 침전수 수질에 비하면 다소 양호한 편이지만 총입자수의 경우 일반적으로 수질이 양호한 경우에는 50개/ml로 검출되는 것으로 볼 때 여과기의 탁질제거 기능은 다소 부족한 것으로 판단된다.



여과기의 탁도 및 총입자수 연속 측정 결과 (8월 16일)

㉔ 추적자 분석

고속응집침전여과기의 실제 체류시간을 분석하기 위하여 추적자 시험을 실시하였으며, 유입물량은 $140\text{m}^3/\text{d}$ 로 가정하였다.



추적자 농도 변화 추이

혼화, 응집, 침전 및 여과공정 모두를 고려한 부피는 602m^3 이며, 유입물량은 $140\text{m}^3/\text{h}$ 이므로 이론적인 체류시간은 258분(4.3시간)이지만 실험결과 평균 체류시간은 138분으로 나타났다. 따라서 침전지에 머무르는 시간은 보다 적기 때문에 침전의 효율이 저하될 수 있다.

㉕ 여과기 내부 점검

내부점검 결과 여과사의 두께는 65cm로 적정하지만, 여과사 상부와 원수유입거 상부의 간격이 30cm도 되지 않는 것으로 나타났다. 따라서 역세척이 원활히 수행되지 않을 것으로 판단되며, 실제로 표층에서 다량의 머드볼이 발견되었다.



여과기 개방후



여과기 내부



여과사 두께(62cm)



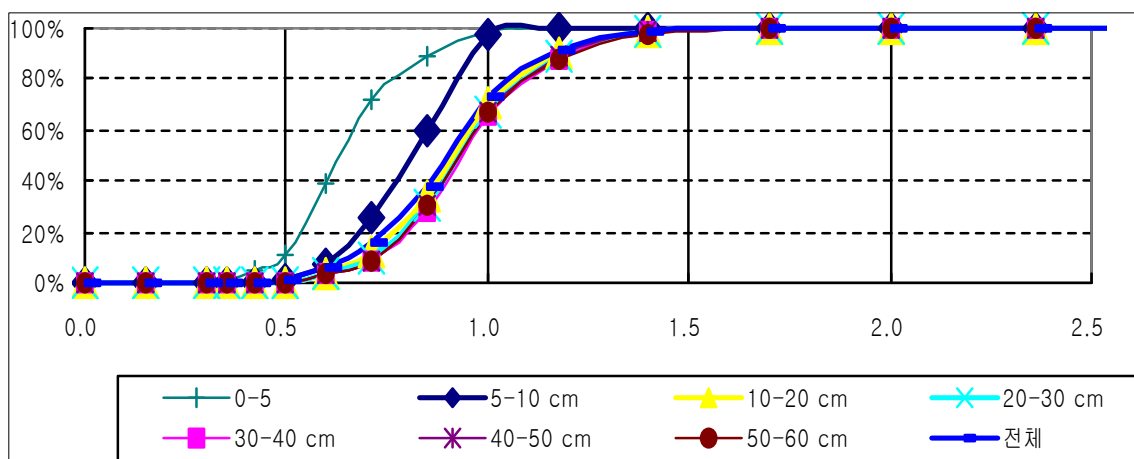
여재 채취

㉠ 여과사 입도분포 조사

여과사 입도분포조사는 표층(0~10cm)는 5cm간격, 하부여과사는 10cm 간격으로 시료를 채취하여 분석하였다.

여과사 입도분석 결과표

구 분	최대경 (mm)	최소경 (mm)	유효경(d_{10}) (mm)	60%통과경 (mm)	균등계수 (Cu)
0~5cm	1.00	0.35	0.48	0.67	1.39
5~10cm	1.09	0.50	0.62	0.85	1.37
10~20cm	1.51	0.52	0.68	0.96	1.40
20~30cm	1.53	0.52	0.72	0.97	1.36
30~40cm	1.53	0.52	0.72	0.98	1.36
40~50cm	1.53	0.52	0.72	0.97	1.35
50~60cm	1.61	0.52	0.72	0.97	1.36
총괄	1.51	0.47	0.64	0.95	1.48
권장기준	2mm이하	0.3mm이상	0.45~1.0mm	—	1.70이하



여과사 통과율

○ 여층깊이와 유효경 비

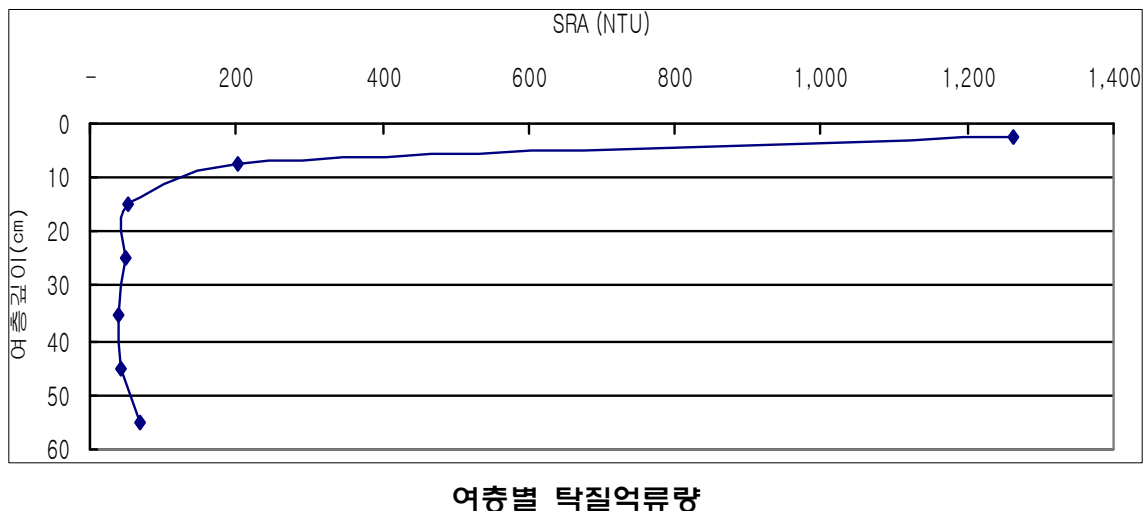
$$L/de = 640\text{mm} \div 0.64\text{mm} = 1,000 \text{ (권장기준 } \geq 1000 \text{)}$$

여기서 L : 여층두께(mm), de : 여재의 유효경

여과사 입도분포를 검토한 결과 유효경 및 균등계수가 권장기준에 적합한 것으로 평가되었으며, L/de 또한 적절한 것으로 나타났다. L/de 비에 대한 자세한 내용은 급속여과공정을 참고하도록 한다.

㉠ 여층 깊이별 탁질억류량 조사

여과사 층별 탁질억류량을 조사한 결과, 하층의 세척탁도는 양호하지만 표층 세척탁도가 1,264NTU로 매우 높게 나타났다. 그 이유는 위의 사진과 같이 여과사 상부와 원수 유입거 상부의 간격이 너무 적어, 여과사의 팽창을 방해하고 역세척수의 배출이 방해되어, 역세척 효율이 저하되기 때문인 것으로 판단된다.



여층별 탁질억류량

③ 개선방안

㉡ 혼화시설 추가설치

고속응집침전기 상부에 설치된 혼화기는 교반강도와 효율이 낮아 혼화공정이 적정하게 수행되지 않으며, 따라서 수질측정 결과, 재래식 공정보다 침전수 수질이 매우 저하되는 것으로 나타났다. 혼화공정은 수처리공정의 가장 중요한 공정이며, 혼화공정이 적정하게 수행되지 않을 경우, 침전뿐만 아니라 여과지의 기능까지 저하된다. 따라서 관내 혼화장치 등으로 혼화공정을 개선하도록 하며, 기존의 혼화기는 속도를 낮추어 응집기로 활용하도록 한다.

㉠ 여과기 수동역세척 실시

여과기 운영시 가급적 수동으로 역세척을 실시하도록 하며 역세척 주기는 원수의 수질 상태가 좋으면 3일에 1회 이상, 고탁도 유입시 등 수질상태가 나쁘면 1일에 1회 이상 실시하여야 수질기준에 적합한 정수생산과 여과사 오염을 방지할 수 있다.

옥룡정수장 여과기는 여과지가 2지로 구분되어 있어 탁질 억류에 의한 자동역세척을 실시할 경우 사이펀관의 수위가 낮은 한쪽 지만 역세척이 수행될 수 있으므로, 반드시 수동역세척을 실시하도록 한다.

역세척 수행은 여과수 유출밸브를 폐쇄(close)하고 역세척을 실시하고자 하는 지의 사이펀관 밸브를 개방(open)하여 수행하도록 한다. 역세척시 효율적인 역세척이 되기 위해서는 침전지에서 여과지로 공급되는 관로에 부착된 유입밸브를 잠근 상태에서 정수실의 여과수만으로 역세척을 실시하도록 하여야 하므로 사이펀 생성 후에는 원수(침전수) 유입밸브를 차단하도록 한다.

㉡ 여과기 표층 머드볼 삭취

여과기 내부 점검 및 탁질 억류량 조사결과 여과사 표층이 매우 오염되어 있으며, [정수시설의 종합설계와 유지관리-Kawamura]에 의하면 즉시 교체해야 할 여층으로 평가된다. 표층의 머드볼을 제거하지 않을 경우 여과가 진행됨에 따라 머드볼이 점점 하층으로 침투하여 여층전체를 오염시킬 수 있다. 따라서 여재 표층의 머드볼을 제거하도록 하며, 특히 동절기에는 여과기를 가동하지 않으므로 점검구를 개방하여 내부를 점검하도록 한다.

11) 오존공정(운휴중)

① 시설현황

시 설 현 황

구 분	시 설 현 황	비 고
구 조	○ 장방형 R,C조	후오존
규 격	○ B2.5m × L7.0m × H5.53m × 2지 ○ 용량 V=193.55m ³ (963775m ³ /지)	
체 류 시 간	○ 10 분	시설용량기준
오 존 주 입 방 식	○ 산기관 주입방식	
산 소 준 비 장 치	○ 공기 압축기× 2대(오일 주입방식) ○ 공기 저장 탱크 × 2대 ○ 공기 필터 : 40μm× 2대, 5μm× 2대, 1μm× 4대 0.01μm× 2대 ○ 산소 발생장치(PSA) : 산소 순도 90-93%	
오 존 발 생 장 치	○ 무성방전 방식(고주파) ○ 2.5kg-O ₃ /h × 3대(1대 예비)	
부 대 설 비	○ 배오존 파괴기(열분해 방식 × 2대) ○ 고농도 오존 모니터× 2대 ○ 용존 오존 모니터× 2대 ○ 배오존 모니터× 2대	

○ 오존 발생기는 총 3대로 2대는 항시 운영하며 1대는 예비로 사용하도록 설계 되어 있으나, 1대만 간헐적으로 운영하고 있다.

○ 오존 공정의 제어 방식은 잔류 오존 제어방식에 의해 오존 주입량을 결정하나 현재는 광역상수도 원수를 공급받아 원수수질이 개선됨에 따라 오존공정이 없어도 방류수질을 만족하므로 운영하지 않고 있다.

② 기능 진단

㉠ 오존 발생기 성능 평가 결과

오존 발생기는 산소를 원료로 전기 방전에 의해 오존 가스를 발생 시킨다. 따라서 오존 발생기에서 오존을 발생하는 효율은 전력 소비량과 밀접한 관계가 있다. 즉 특정 오존 발생농도를 생산하기 위해서는 일정한 전력량이 필요하다.

본 정수장에 설치되어 있는 Fuji사의 오존 발생기 역시 설치 초기에 오존 발생 농도별 전력 소비량을 측정하여 제품의 성능을 평가하였다.

하지만 운전 시간이 경과함에 따라 설비의 노후화 특히 방전관의 오염, 노후화 등의 요인, 투입되는 산소의 순도, 산소 가스 내 수분의 증가에 따라 발생 효율이 감소하게 된다.

따라서 본 정수장의 오존 발생기에 대해 현재 오존 발생을 위한 전력량을 측정하여 효율 평가를 수행하였다.

본 평가는 현재 가동 중인 2호기만을 대상으로 수행하였다.



오존 발생기 성능 평가 실험

다음에는 기술진단에서 수행한 오존 발생기 성능 평가 결과를 정리하여 나타내었다.

오존 발생기 2호기 전력 소비량 평가 실험 결과('07)

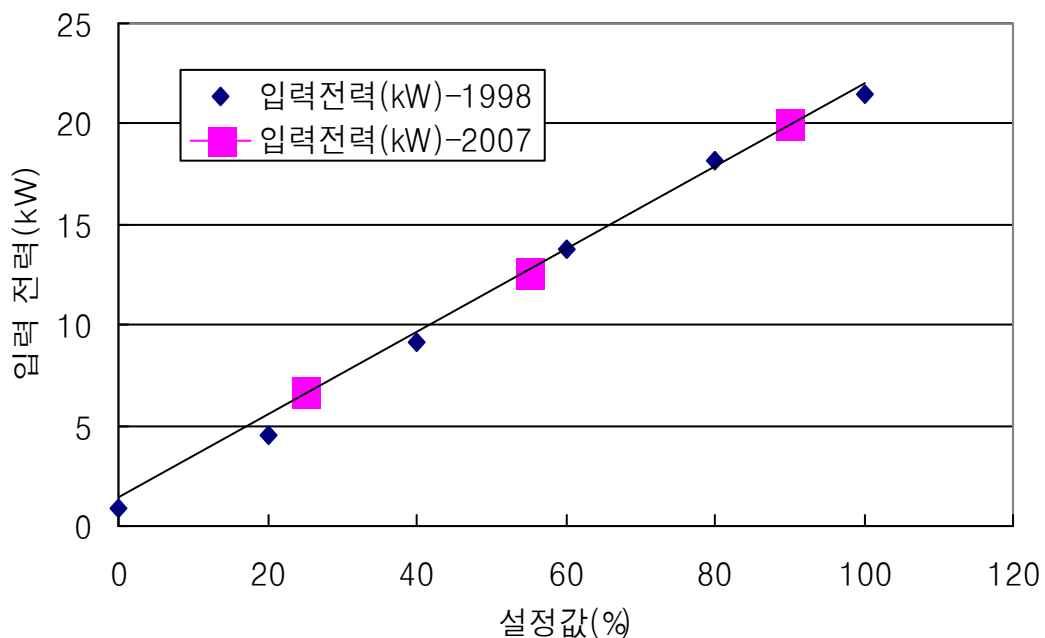
설정값(%)	입력 전력(kW)	오존 가스량 (Nm ³ /h)	오존농도 (g/Nm ³)	오존 생산량 (kg/h)
25	6.67	14	85	1.19
55	12.67	16.8	98.9	1.66
90	20.0	17	105.5	1.79

다음은 초기 오존 발생기 납품상태와 비교하기 위하여 1998년 가동 초기 당시에 측정한 실험 결과 값을 나타내었다.

오존 발생기 2호기 전력 소비량 평가 실험 결과(1998)

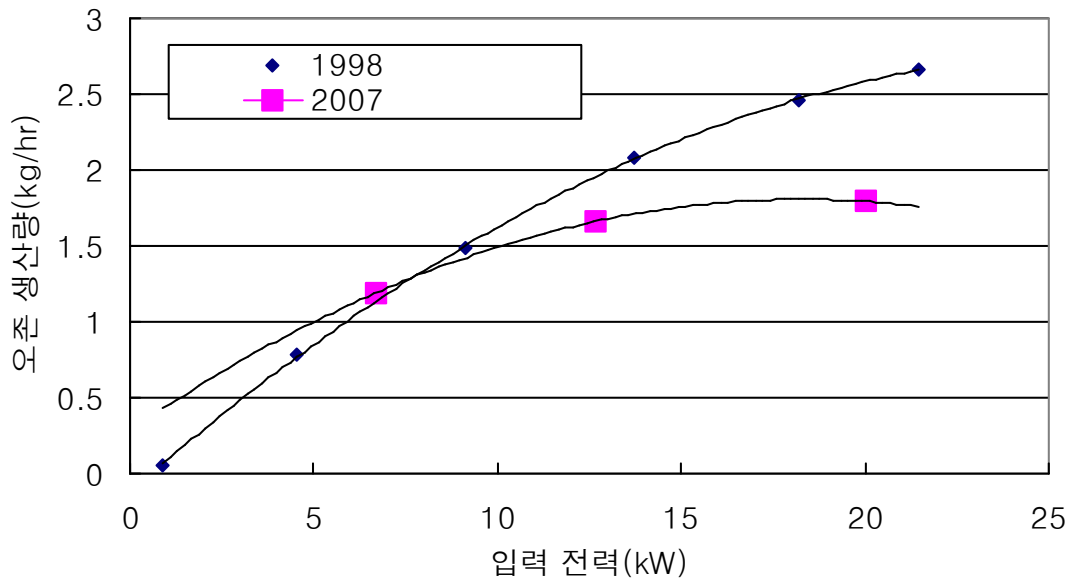
설정값(%)	입력 전력(kW)	오존 가스량(Nm ³ /h)	오존농도(g/Nm ³)	오존 생산량(kg/h)
0	0.9	18	3.2	0.058
20	4.55	18	43.7	0.787
40	9.11	18	82.9	1.492
60	13.73	18	115.4	2.077
80	18.2	17.6	139.6	2.457
100	21.45	17.6	151.3	2.663

다음에서는 가동 초기와 현재의 설정값 대비 입력 전력의 차이를 나타내었다. 결과에 나타난바와 같이 설정값에 따른 입력 전력의 차이는 1998년과 현재 상태가 큰 차이 없이 동일하게 운영되는 것으로 확인되었다. 따라서 오존 발생장치의 전력 계통에는 큰 문제가 없는 것으로 판단 된다.



옥룡정수장 오존 발생기 입력 전력값 비교(1998년과 '07년)

다음에서는 반응기의 생산 효율을 나타내는 특정 입력 전력에서 발생하는 오존 발생농도를 1998년과 비교하여 나타내었다.



옥룡정수장 오존 발생기 입력전력대비 오존 생산량 비교('98년과 '07년)

결과에서 나타난 바와 같이 오존의 발생농도대비 전력 소비량은 초기 설치에 비해 다소 높게 나타 나는것을 알 수 있다. 즉 높은 오존 생산량을 유지하기 위해서는 설치 초기에 비해 전력 소비량 더 필요하다. 이러한 원인은 다양하게 있을 수 있다. 본 정수장의 상황에서 발생할 수 있는 가능성은 방전관의 상태의 노후화 보다는 원료 가스인 산소 농도가 설계치 보다 낮게 생산되기 때문으로 판단된다.

또한 본 평가를 위해 현장에 설치되어 있는 오존 발생기 농도가 정확하게 나타나야 하지만 현장 오존 농도 모니터가 소모품의 미교체(UV램프)로 정확한 농도를 알기 어려운 점이 있었다.

따라서 정확한 오존 발생기의 성능을 평가하기 위해서는 우선적으로 오존 농도 계측기의 보수가 필요하며, 추후 지속적으로 오존 발생기 성능을 모니터링하여 발생기 효율을 저하시키는 문제점들을 해결하는것이 필요하다. 이러한 문제 해결을 통한 운전시 오존 발생기 전력비용의 절감이 예상된다.

㉠ 공기 압축기

본 정수장에 설치되어 있는 공기 압축기는 Oil injection 타입으로 설치되어 있다. 압축기의 운전에는 큰 문제가 없는 것으로 판단되며, 다만 다음 사항에 대한 점검이 필요하다. 압축기의 오일류는 일정 운전 시간마다 교체가 필요하며, 교체의 지연 정도에 따라 압축기의 효율 저하가 일어날 수 있다.

현장에서의 교체 기록을 알 수 없으므로 오일 교체 후 주기적으로 오일 교환 시기를 체크 하는 것이 필요하다. 오일을 사용하는 압축기의 경우 오일이 공기와 함께 다음 공정으로 유출될 가능성이 있으므로 항시 이에 대한 문제 발생가능성을 모니터링 할 필요가 있다.

또한 압축기 가동 시간으로 보아 After cooler의 관 세척일 필요하므로 이에 대한 점검이 필요하다.

㉡ 공기필터

공기 필터의 목적은 압축기에서 발생된 공기의 미세 먼지나 오일을 제거하기 위한 것으로 현재 설치되어 있는 에어 필터는 40 micron(2 set), 5micron(2set), 1 micron(4 set) 0.01 micron(2set)로 구성되어 있다.

현재 먼지를 제거 할 수 있는 필터는 구성되어 있지만 앞서 언급된 압축기에서 넘어오는 오일을 제거 할 수 있는 Vapor oil제거용 필터가 설치되어 있지 않아 설치가 필요하다.

㉢ 냉동식 드라이어

정수장에 가동되어 있는 냉동식 드라이어의 처리 용량은 10.52Nm³/h(명판에 기록됨)로 운영 중이다.

하지만 공기 압축기의 용량 12.3Nm³/h보다 작으므로 압축기에서 과량의 공기가 넘어와 드라이어 자체에 차압이 발생하고, 열이 발생하여 냉매, 즉 드라이어의 부하가 커지게 된다.

현재까지 운영상의 큰 문제는 없는 것으로 판단되나 향후 설비의 개선이 필요하다.



공기 건조기 운전 현황

㉠ 산소 발생기

산소 발생기의 설계 발생 산소 농도는 90~95%로 되어 있다. 하지만 현장에서 생산되는 실제 산소를 산소 농도계로 측정한 결과 본 발생기에서 생산되는 산소의 농도는 약 60%정도 수준인 것을 알 수 있었다.

이렇게 낮은 산소 농도의 공기가 오존 발생기로 유입되면 오존 발생기의 전력량이 상승하게 된다. 또는 전력량이 상승함에도 불구하고 오존 발생량의 증가가 낮아질 수 있다.

교대 흡착 압력의 경우 2기가 연속으로 운전되고 있는데, 이중 2호기의 압력은 약 82psi로 상당히 높은 압력을 유지하고 있다. 이러한 원인은 다양하지만, 본 현장에서 발생될 수 있는 가능성은 공기 압축기의 오일이 넘어와서 산소발생기 내에 충전된 충전제에 흡착되어 있을 수 있다.

내부 충전제에 대한 점검은 가시적으로 불가능하지만 높은 압력을 나타내는 것으로 보아 오일의 Cake화 또는 낮은 농도의 산소 발생으로 볼 때 충전제의 분쇄의 가능성이 있는 것으로 판단된다.

산소 발생기의 각종 배관들은 밸브 등이 설치되어 있으며, 이 밸브들 및 가스켓에서 공기의 누기를 확인 하였다. 따라서 산소 발생기의 점검 문제는 시급하며, 발생기 전체적인 유지 보수가 필요하다.



산소 발생장치(PSA)운전 현황

㉠ 배오존 파괴기

배오존 파괴기의 운영 목적은 오존 접촉조에서 배출되는 배오존을 산소로 완전히 파괴하는 것을 목적으로 한다. 본 정수장에 설치되어 있는 배오존 파괴기는 열분해 방식으로 배오존 파괴기의 온도는 약 350도 정도로 유지되어야 한다. 현장에서 실제 확인한 배오존 파괴기의 온도는 300도를 넘지 못하는 것으로 나타났다. 따라서 배오존의 완전한 처리가 어려울 것으로 예상된다. 또한 배오존 파괴기 전단에 설치되어 있는 데미스터의 드레인 배관이 U자형태로 되어 있지 않아 오존 가스 드레인 배관으로 데미스터 배출수의 일부가 넘어 갈 수 있는 상황이므로 이에 대한 시설 보완이 필요하다.

㉡ 분석 기기(오존 모니터)

현재 옥룡 정수장에 설치되어 있는 오존 모니터는 고농도 오존 발생기 모니터 2대, 배오존 오존 농도 발생기 2대, 용존 오존 농도 모니터 1대로 구성되어 있다.

오존 모니터 5대 모두 소모성 부품인 UV램프의 교체 경고가 표시되고 있고 실제 UV램프의 강도가 낮으므로 UV램프의 교체가 필요하다. 고농도 모니터의 경우 램프의 교체 이외의 내부 셀박스의 청소가 필요하다. 현재 오존 발생기에서 발생하는 오존 농도는 고농도 오존 모니터에서 농도를 측정하고, 오존 발생기 후단에서 배출되는 오존 가스를 측정하여 처리에 필요한 순간 유량을 기준으로 주입 농도를 다음과 같이 결정할 수 있다.

$$\text{오존 주입농도}(\text{mg/L}) = \frac{\text{오존 발생기 발생 오존농도}(\text{g/m}^3) \times \text{오존 발생기 발생 가스량}(\text{m}^3/\text{hr})}{\text{오존 접촉조 유입 유량}(\text{m}^3/\text{h})}$$

하지만 현재 모니터의 정확한 농도 측정이 어려우므로 오존 발생기 오존 농도(g/m^3)을 알 수 없어 오존 접촉조에 주입되는 오존 주입 농도를 알 수 없는 상황이다.

지하 오존 접촉조에 설치되어있는 잔류 오존 모니터는 접촉조 수중에 녹아 있는 오존 농도를 측정하기 위한 모니터로 현재 지하 접촉조의 누수로 물이 바닥에 항상 차 있는 상태이다. 배수펌프가 설치되어 있지 않아 배수 할 수 있는 방법이 없고, 차있는 물에 의한 항시 높은 습도로 인해 용존 오존 모니터 설비의 파손의 가능성이 있다.

◎ 기타 부대 설비

오존 접촉조는 2조로 구분되어 있고 각 접촉조는 3단으로 구성되어 있다. 이중 1,2단은 오존 주입을 위한 산기관이 설치되어있다. 각 1,2단으로 주입되는 오존 가스는 항시 모니터링 되어야하고, 만약 일부분의 산기관이 파손되거나 막힐 경우 오존 가스가 한 쪽 단으로 편중되어 주입된다. 이 경우 한쪽으로 과량의 오존 가스가 유입되어 오존 전달 효율이 떨어 질 수 있다. 이러한 문제를 방지하기 위하여 각 단별로 유입되는 오존 가스를 측정하는 유량계가 설치되어 있으나, 실제 몇몇 유량계는 작동하지 않고 있음을 알 수 있다. 산기관은 2-3년 주기로 교체 하여야한다. 현재 접촉조 내부의 산기 상태를 전혀 볼 수 없어 판단이 불가능하나, 교체 주기가 2-3년이 경과하였다며, 반드시 산기관의 교체가 필요하다. 산기관의 교체 없이 운영할 경우 오존 주입에도 불구하고 높은 수처리 효율을 나타낼 수 없다. 현재 정수장의 설계서 상의 산기관 개수는 30개(통기량 $1.2\sim6.0 \text{ Nm}^3/\text{h}$)로 나타나 있다. 실제 산기관을 관찰할 수 없어 정확한 판단이 불가능 하나, 설계서와 같이 설치되었다면, 산기관 한 개당 평균 통기량이 $4.2\text{Nm}^3/\text{h}$ 이므로 접촉조에 산기가 될려면 총 $126\text{Nm}^3/\text{h}$ 의 가스량이 필요하다.

최소 통기량 $1.2\text{Nm}^3/\text{h}$ 로 계산하여도 30개의 산기관인 경우 $36\text{Nm}^3/\text{h}$ 의 오존 가스량이 필요하다. 따라서 현재 발생기 1대로 오존을 발생할 경우 최소 통기 가스량에 못 미친다. 따라서 오존 발생기 3대중 2대를 가동하여야 정상적인 산기관 역할을 하여 수처리 효율이 나타날 것으로 보인다. 따라서 반드시 최소 2대의 오존 발생기를 동시에 운전하여야 한다.

③ 개선방안

㉠ 잔류오존모니터 및 산소발생기 수리

현재 설치되어 있는 모니터링 시스템으로는 정확한 오존 주입 농도를 알 수 없으므로 오존 주입 농도 모니터, 잔류 오존 모니터를 수리하도록 하며, 산소 발생기의 발생 산소 순도는 설계치보다 훨씬 낮은 농도로 생산되므로 산소 발생기의 여재를 교체하고 배관의 누기 현상을 수리하여야 하나, 2009년 5월 대청댐 광역 원수 공급 후 원수수질이 개선됨에 따라 오존공정이 윤휴중이므로 당장 수리가 필요한 것은 아니며 향후 재가동 여부에 따라 판단하여야 할 것이다.

㉡ 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

현재 옥룡 정수장의 오존 설비는 연속 가동이 아닌 계절별 일시 가동 형태로 운영하고 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 운전을 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 생물활성탄으로 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 만족 시켜 주므로 안정적인 정수장의 운영이 가능할 것이다.

12) 입상활성탄공정

① 시설현황

시 설 현 황

구 분		사 양	비 고
기 본	시 설 용 량	29,400 m ³ /d (고속응집침전여과기 미 가동시 24,400m ³ /d)	
	여 과 방 식	정속여과 (자연평형형)	
시 설	지 수	4지	
	규 격	5.0mB×9mℓ	
	면 적	45m ² /지	
	용 량	157.5m ³ /지	
	여 과 속 도	163 m/d	
	트 러 프 높 이	여재로부터 1m	
	수 위	80.85m	
여 재 및 구 성	여재 및 두께	GAC(3.5m)+자갈층(0.20m)	
	E B C T	31분	
	하부집수장치	스트레이너	
역세척	역 세 척 방 식	공기+물	
	Air Scour	0.9m/분(공기), 3분	
	R i n s e	0.2m/분, 23분	
	역 세 펌 프	Q=270m ³ /h×2대, 1대 예비	
	역 세 송 풍 기	41.9m ³ /min×5,000mmAq	

- 입상활성탄 흡착지는 혼화/응집/침전/여과/후오존 계열과 고속응집침전 계열의 2계열로 운영되고 있다. 따라서 총 처리유량은 29,400m³/d이며, 고속응집침전여과를 운영하지 않는 경우에는 24,400m³/d을 처리하고 있다.
- 총 처리유량을 기준으로 하였을 경우, 입상활성탄 흡착지 4지를 통해 EBCT 31분에서 운영되고 있다.



밸브류



활성탄 여과지



역세충기



역세펌프

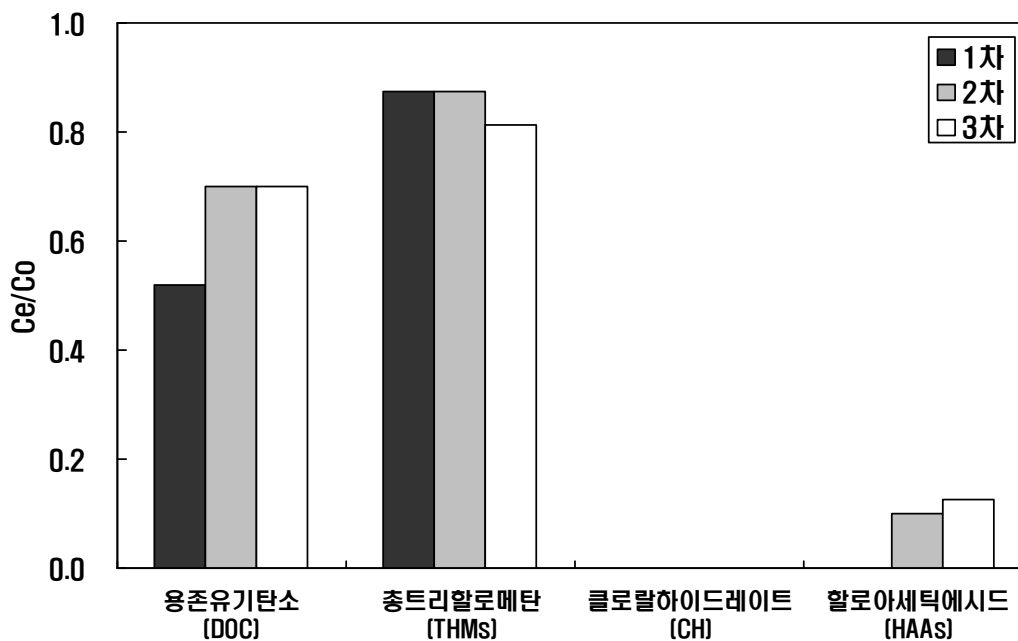
② 기능 진단

입상활성탄공정은 전처리공정으로서 후오존공정이 설치되어 있으나, 현재는 겨울철 일정 기간동안 간헐적으로 운영되고 있어 후오존공정이 입상활성탄공정에 미치는 영향은 없을 것으로 판단되며, 따라서 본 진단에서는 입상활성탄 흡착지 단독공정의 운영에 대해 평가하였다. 공주시 옥룡정수장은 금강 중·하류 하천수를 수원으로 하고 있으며, 수원의 특성 상 용존유기물질의 농도가 높아 소독부산물의 발생이 우려되고, 시기별로 암모니아성 질소 및 맛·냄새물질의 발생과 기타 미량오염물질의 발생이 예측된다.

남아있는 흡착능을 평가하기 위하여 입상활성탄 흡착지 1지를 선택한 후, 상부로부터 2m 아래의 활성탄을 채취하여 활성탄 흡착능평가(등온흡착실험)와 비표면적 및 물성치 평가를 실시하였다. 그리고 파과되기까지의 운영가능시간을 예측하기 위하여 소규모컬럼실험(RSSCT; Rapid Small Scale Column Test)을 수행하였다.

㉦ 처리효율 평가

㉠ 입상활성탄 흡착지 유입 전·후의 처리효율



입상활성탄 흡착지에서 처리대상물질별 제거효율

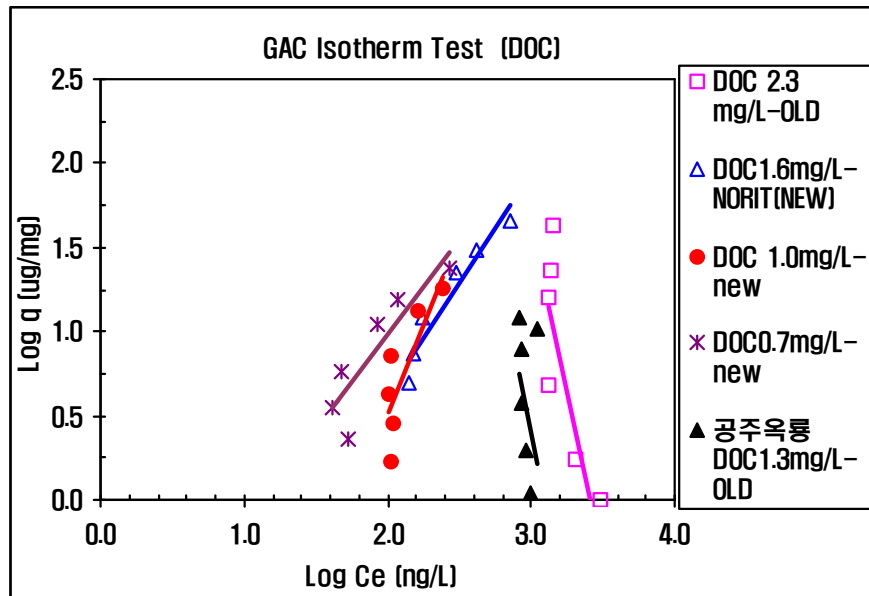
본 고에서는 주요 대상물질인 염소소독부산물과 소독부산물 및 맛·냄새를 유발할 수 있는 전구체물질로서 용존유기물질에 대해 입상활성탄 흡착지 유입 전·후로 처리효율을 평가하여 입상활성탄 흡착지의 처리능 잔존 여부를 진단하였다.

진단기간동안 ('07.9~12) 측정된 수질결과에 따르면, 입상활성탄 흡착지로 유입되는 DOC는 1.3~2.2mg/L, 소독부산물인 THM은 16~55ug/L, HAA는 18~21ug/L였다.

아래 그림에 나타낸 바와 같이 DOC는 현재 유입농도 대비 평균 63% 파과된 상태로 DOC에 대한 제거능이 아직 30~40%정도 남아있는 상태다.

활성탄의 흡착능에 의존하는 THM 제거는 약 90% 파과상태에 있고, 흡착능과 생물학적 제거능에 의존하는 HAA제거는 80%이상의 제거능을 유지하고 있었다.

⑥ 입상활성탄 등온흡착실험 결과 (GAC; 상층부로부터 2m 아래에서 채취)



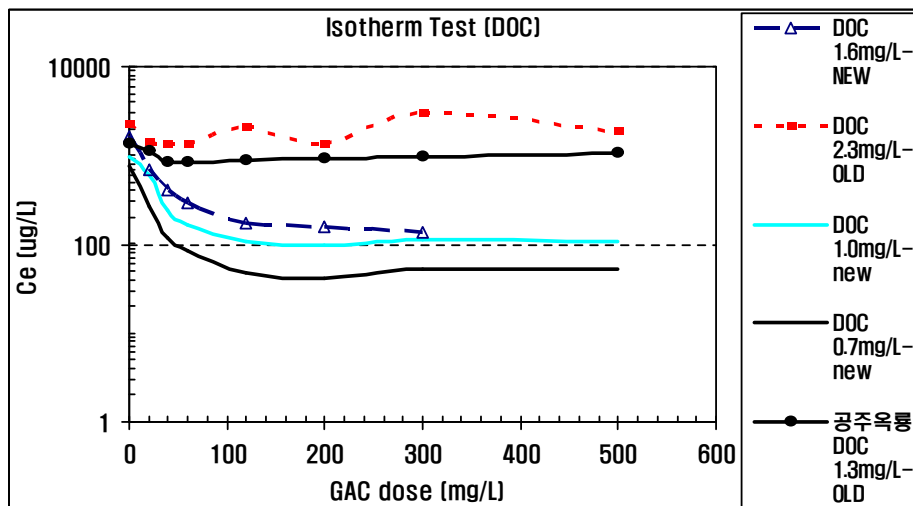
사용 중인 활성탄을 사용한 DOC 등온흡착실험 결과 |

다음은 옥룡정수장에서 운영 중인 입상활성탄의 등온흡착실험(Isotherm Test)결과를 DOC 농도별, 신규 및 사용 중인 활성탄과 비교한 그래프이다.

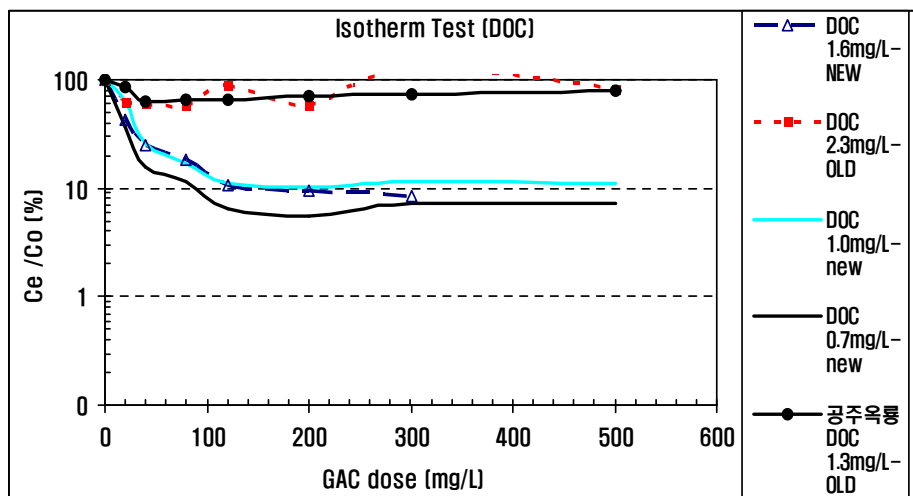
신규 활성탄을 사용하여 DOC 1.0mg/L와 1.6mg/L에서 수행한 등온흡착실험결과와 DOC 1.3mg/L에서 실시된 옥룡정수장에서 사용 중인 활성탄으로 수행한 결과를 비교했을 때, DOC 흡착능은 상당히 감소되었음을 알 수 있다.

이를 제거효율로 살펴보면, 신탄에서 약 90%의 제거율에 비해 옥룡정수장 사용 중인 활성탄에서는 약 30~40%의 제거율로 감소되었다.

이는 다음에서 나타낸 실험용 흡착지에서의 DOC 제거율과 유사한 값으로 등온흡착 실험을 통해 잔류 흡착능 예측이 타당하였음을 알 수 있다.



사용 중인 활성탄을 사용한 DOC 등온흡착실험 결과 II



사용 중인 활성탄을 사용한 DOC 등온흡착실험 결과 III

㉠ 입상활성탄 성능 평가

입상활성탄지 상층부로부터 2m 아래에서 채취한 활성탄의 비표면적, 요오드가, 메틸렌 흡착능을 측정하여 사용 중인 활성탄의 성능저하 정도를 파악하였다. 다음은 사용 중인 활성탄의 성능저하가 어느 정도인지를 알아보기 위하여 신탄(Calgon F400)의 비표면적과 비교하였다. 신탄에 비해 비표면적은 17% 감소하였으나, 실제로 활용 가능한 비표면적은 $600\text{m}^2/\text{g}$ 정도이므로 활용 가능한 비표면적을 기준으로 44%정도 비표면적 이용률이 감소되었다고 할 수 있다. 따라서 현재까지 입상활성탄지 중간층에서 채취한 활성탄을 기준으로 볼 때, 활성탄의 흡착능은 남아있다고 판단된다.

요오드가와 메틸렌블루탈색력은 요오드와 메틸렌 블루를 이용한 흡착능 평가 지표로서 활용된다. 다음의 입상활성탄 물성치 평가 결과는 환경부 수처리제 품질기준과 비교했을 때, 약 40%정도의 감소를 보였다. 요오드가의 경우 활성탄 업체에서 600~650mg/g범위에서 활성탄의 재생시점을 권장하고 있는 점을 감안하면 상당히 낮은 값을 유지하고 있는 상황이다.

입상활성탄의 비표면적 측정 결과 (GAC; 상층부로부터 2m 아래에서 채취)

구 분	specific surface area (m ² /g)	total pore volume (cm ³ /g)	average pore diameter (Å)
신탄 (외산 Calgon F400)	966.9	0.5316	21.99
공주옥룡	805.5	0.5156	25.6

입상활성탄의 물성치 평가 결과(GAC; 상층부로부터 2m 아래에서 채취)

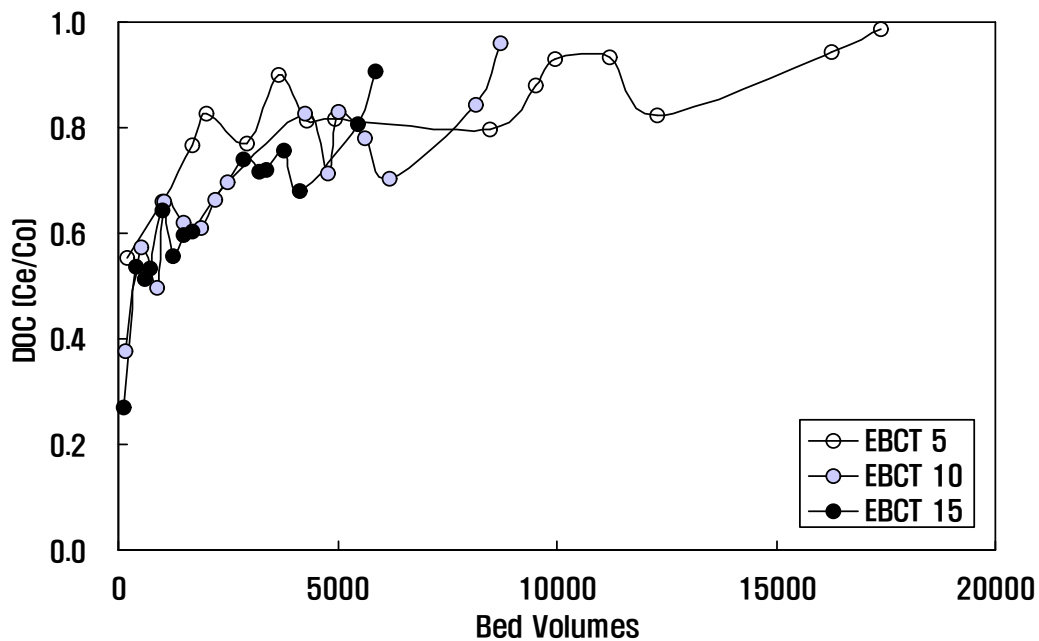
구 분	요오드가 (Iodine Number, mg/g)	메틸렌블루 탈색력 (Methylene Blue Adsorption Capacity, mL/g)
공주옥룡	569	100
환경부 수처리제기준 (신탄)	950	150

㉔ 입상활성탄 운영주기 예측

현재 운영되고 있는 입상활성탄 흡착지가 남아있는 흡착능으로 얼마정도 계속적으로 운영할 수 있는지를 진단하기 위하여 흡착지 중간층에서 채취한 활성탄으로 급속소규모 컬럼실험(RSSCT; Rapid Small Scale Column Test)을 수행하였다. 다음에는 실험을 통해 얻어진 DOC의 파과곡선을 도시하였다. 입상활성탄 흡착지 1지당 Bed Volume (활성탄 흡착지 단위용량 당 처리수량의 비)은 186.7로서 DOC 파과곡선의 경향으로 볼 때, 80~90% 파과되는 시점을 기준으로 하면 1~2개월 정도 계속적으로 운영이 가능할 것으로 판단된다.

○ 입상활성탄 흡착지 1지당 Bed Volumes (BV) = 186.7

○ 1개월 운전 = 약 5,000BV



사용 중인 활성탄을 이용한 DOC 파과곡선

㉔ 활성탄 흡착기능 평가

현재 사용 중인 입상활성탄 흡착지는 이상의 흡착능평가 및 품질평가 결과, 일부 흡착능이 남아있음을 확인하였다. 처리대상물질별로 살펴보면, DOC을 대상으로 하였을 때 1~2개월 정도 지속적인 운영이 가능한 것으로 진단되었고, 소독부산물 중 THM은 거의 파과되었으나, HAA는 높은 제거율을 유지하여 지속적인 운영이 가능하였다. 다만, THM은 활성탄의 흡착능에만 의존하고 빠른 파과를 나타내는 물질의 특성 상, 활성탄 흡착지에서의 제거 대신에 정수처리 전체 공정에서 염소주입과 용존유기물의 제거에 연계되어 제어되어야 할 것이다. 따라서 현 시점에서 입상활성탄은 교체하지 않고 운영이 가능할 것으로 판단된다.

㉕ 후오존공정과 연계운영

후오존공정은 간헐적으로 운영되고 있어 입상활성탄공정에 미치는 영향은 진단 시 판단이 불가능하였다. 운영자에 따르면 후오존공정은 원수수질이 나쁜 겨울철 4개월 정도 운영하고 있다. 겨울철동안 원수수질을 악화시키는 요인은 대부분 용존유기물질일 가능성이 높기 때문에 용존유기물질의 저감을 위하여 후오존공정의 가동은 큰 영향을 미치지 못할 것으로 판단된다.

통상 용존유기물질의 저감을 위한 후오존공정의 운전은 활성탄 흡착지에서 생물학적 기능을 활성화하여 생물학적 제거능을 얻고자 함인데, 동절기 수온의 저하로 생물학적 기능이 거의 역할을 못하는 시기이므로 오존공정의 역할도 미미할 것이다. 또한 후오존공정은 입상활성탄에서의 부하율을 감소시키는 역할을 수행하기는 하나, 옥룡정 수장의 경우 그 대상물질이 불분명하여 입상활성탄의 운영주기 연장 등을 평가하기가 어렵다. 따라서 입상활성탄지 운영과 연계하여 고려했을 때, 후오존공정은 운영을 할 경우에는 연속적으로 연중 운영하여야 하며, 일시적인 운영은 입상활성탄지 운영에 영향을 주지 못할 것으로 판단된다.

③ 개선방안

㉠ 잔류염소의 유입 방지

옥룡정수장은 연중 암모니아성 질소가 유입되고, 이를 처리하기 위하여 전염소 처리를 수행하고 있기 때문에 공정 상 잔류염소가 발생하고 있다. 잔류염소는 입상활성탄지로 유입되는 경우 0.2mg/L의 농도는 입상활성탄지 상부층에만 국한되어 영향을 주고 심층 부까지 큰 영향을 미치지 않으나, 옥룡정수장은 과다한 염소 주입으로 높은 잔류염소가 유입되는 것으로 추정된다. 따라서 입상활성탄지의 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.

㉢ 활성탄 여과지 덮개 개선

오존 접촉조에서 넘어오는 오존 가스 및 용존 오존의 탈기에 의해 높은 농도의 오존 가스가 활성탄 여과지동에 존재하고 있어, 작업자의 건강 문제뿐만 아니라 여과지동 내부의 시설들의 부식 문제가 발생할 수 있다. 따라서 활성탄 여과지의 상부는 누기가 되지 않는 덮개 형식으로 설치하고, 여과지 상태를 관찰 할 수 있는 최소한의 감시창을 설치하는 것이 바람직하나 현재 오존 접촉공정을 운영하지 않으므로 여과지동 내부의 시설부식 문제가 없다고 판단, 현재는 여과지 덮개를 철폐하여 운영중이다.

13) 정수지(배수지 겸용)

① 시설현황

시 설 현 황

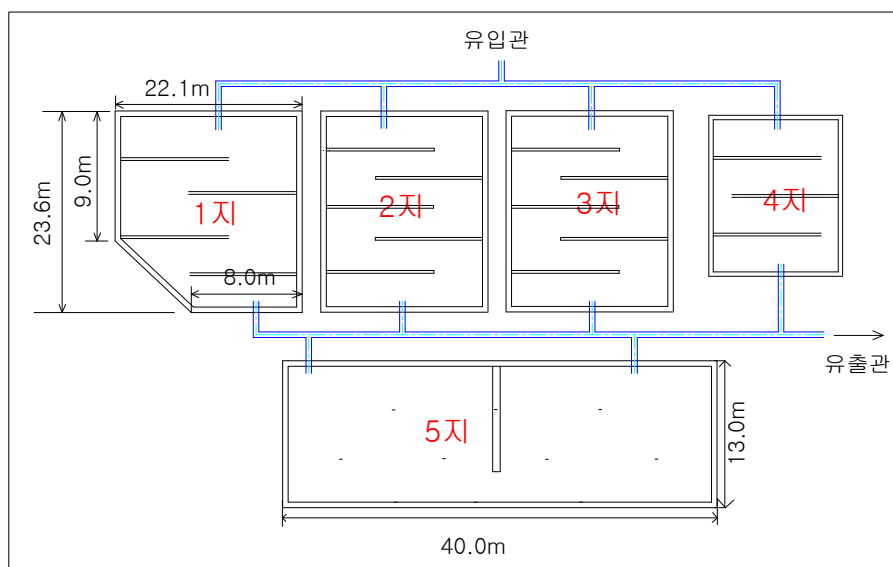
구 분	시 설 현 황	비 고
구 조	○ 장방형 콘크리트조	
규 격	○ B22.1m×L(9.0+14.6)m×H4.0m×1지	1,674m³
	○ B17.6m×L23.6m×H4.0m×2지	3,323m³
	○ B17.6m×L20.0m×H4.0m×1지	1,408m³
	○ B13.0m×L40.0m×H4.0m×1지	2,080m³
용량	○ 8,485m³	
Level	○ H.W.L 78.0, L.W.L 74.0	



정수지 전경 1



정수지 전경 2



배수지 배치도 및 도류벽 모식도

- 정·배수지는 건설 초기에는 2지였으나, 지속적인 확장을 실시하여 현재는 총 5지로 구성되어 있다.
- 가장 최근에 신설된 배수지(5지)는 기존 배수지의 유출관에 연결되어 있다.
- 1~4지는 도류벽이 설치되어 있으나, 관련도면이 확보되지 않아 정확한 도류벽의 설치 길이 및 형태를 확인할 수 없는 실정이다.

② 기능 진단 및 평가

㉠ 수리학적 설계인자 검토

○ 이론적 체류시간

- 일평균생산량 : $\frac{8,485\text{m}^3}{30,202\text{m}^3/d} \times \frac{24h}{1d} = 6.7h$
- 침투유량 기준 : $\frac{8,485\text{m}^3}{37,279\text{m}^3/d} \times \frac{24h}{1d} = 5.5h$

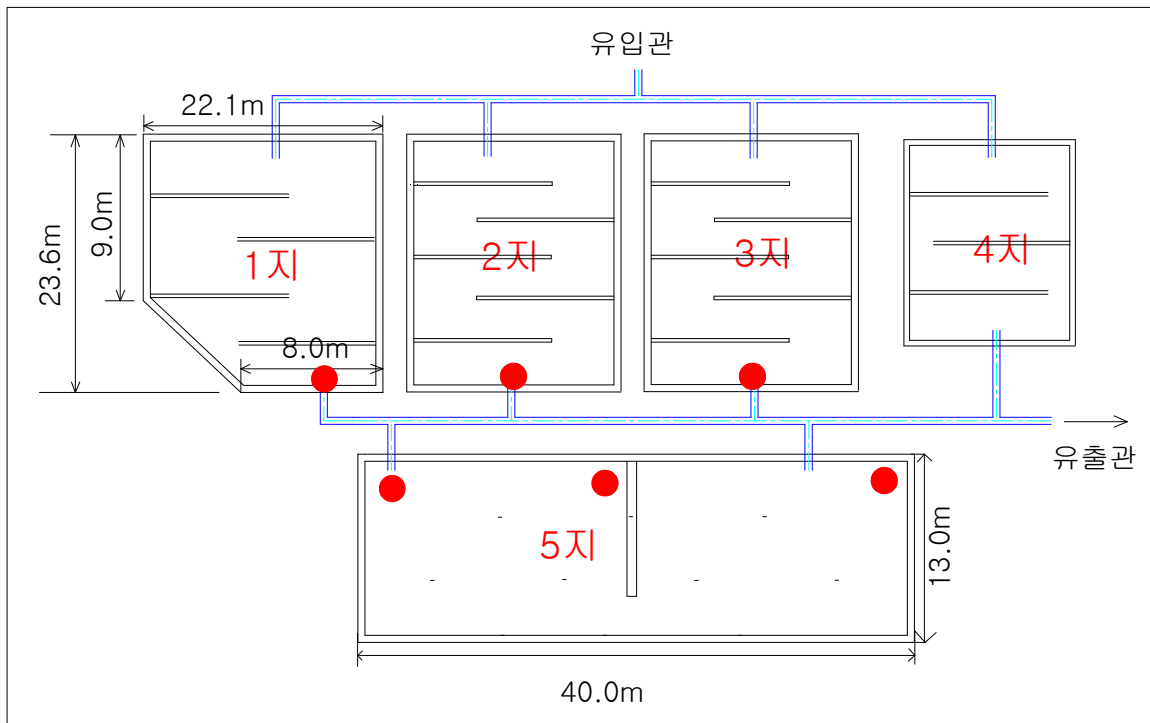
“상수도시설기준”에 의하면 정수지 용량은 침투수요 대처용량과 소독 접촉시간 용량을 고려하여 최소 2시간분 이상을 표준으로 하고, 배수지 용량은 비상대처용량 6~24시간분과 시간변동조정용량 6~12시간을 종합하여 계획일최대급수량의 12시간분을 표준으로 한다.

옥룡정수장의 정수지는 배수지의 기능을 겸해야 하므로 12시간 이상 체류할 수 있는 용량을 확보해야 하며, 평균생산량 및 침투유량 기준으로 각각 6.7h, 5.5h 이므로 다소 부족한 것으로 평가된다.

㉡ 추적자 시험

배수지의 소독능 환산계수(β 값)를 구하기 위하여 추적자 시험을 실시하였으며, 배수지 4지는 유출부에서 샘플링이 불가능하여 추적자실험을 실시할 수 없었다.

- 추적자 : 불소
- 주입지점 : 입상활성탄 여과지 집수구 위어부
- 주입량 : 25L
- 검출지점 : 1,2,3지 출구, 확장배수지 입구, 중간 및 출구 총 6개 지점

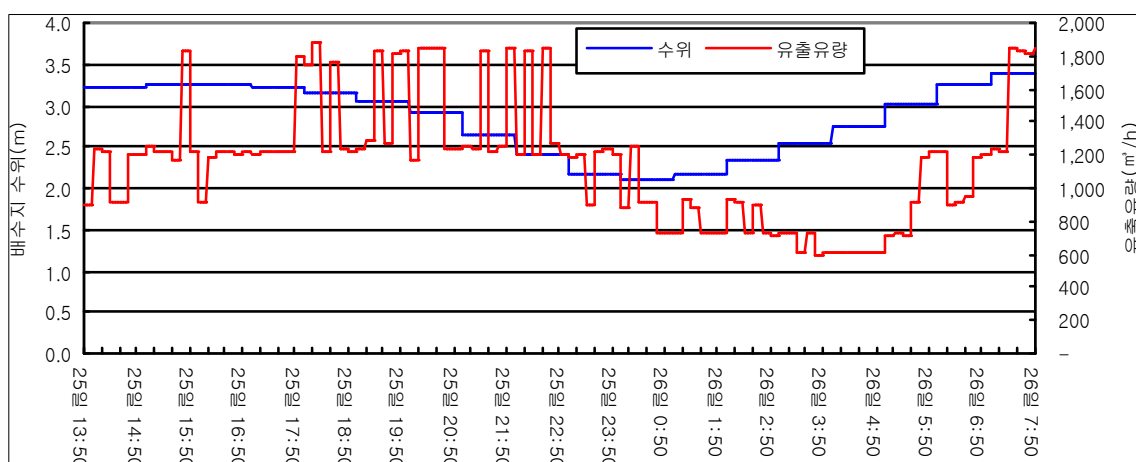


추적자 샘플링 지점

③ 추적자 시험결과

○ 유량 및 수위변화

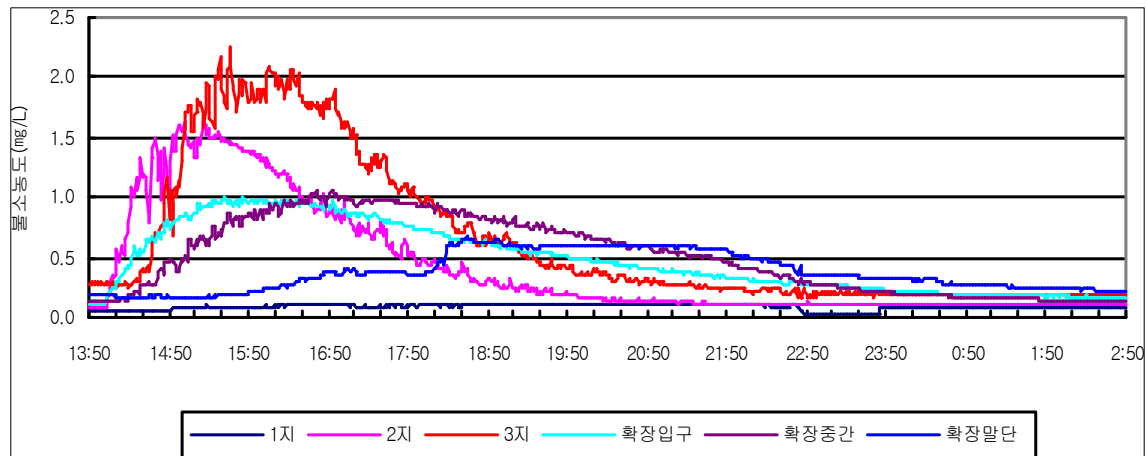
추적자 시험 당시(10/26~27) 배수지의 평균유출량은 $1,153\text{m}^3/\text{h}$ 이었으며, 평균 수위는 2.8m였다.



배수지 유출유량과 배수지 수위(10/26~27)

○ 추적자 결과

배수지 1지에서는 추적자가 거의 검출되지 않았으므로 1지로는 정수가 유입되지 않는 것으로 판단되며, 기타 다른지의 추적자 농도 변화 추이는 다음 그림과 같다.



추적자농도 변화 추이

추적자 시험 결과표

구 분	2지	3지	5지(확장지)		
			입구	중간	말단
이론체류시간	312분				
평균체류시간	158분	203분	281분	286분	430분
T10	50분	80분	79분	112분	220분
환산계수(β 값)	0.16	0.26	0.25	0.36	0.71

실험당시 유입물량 및 수위를 고려한 배수지의 이론 체류시간은 312분(5.2h)이지만, 지별 평균 체류시간은 2지와 3지 각각 158분, 203분으로 다소 짧게 나타났다. 그 원인은 체류시간은 5지의 부피까지 고려하여 계산하였지만, 5지는 유입관과 연결되어 있지 않고, 다른지의 유출관에 연결되어 있어 실제로는 체류시간에 포함되지 않기 때문이다.

또한 5지의 경우 말단에서 평균체류시간이 매우 길게(430분) 나타났는데, 그 이유는 샘플링 지점이 적정하지 않아, 점검구에서 샘플링을 실시할 수 밖에 없었으며, 그 결과 물의 흐름이 정체되는 사수부에서 샘플링 되었기 때문으로 판단된다.

○ 환산계수(β 값) 산정

실제 각 배수지로 유입되는 유량을 정확하게 판단할 수 없지만, 실험당시 1지로는 정수가 유입되지 않았으며, 4지로 유입되는 물량은 확인이 불가능 하였고, 실험결과에서는 2지 및 3지로 정수가 많이 유입되는 것으로 나타났다. 정수지의 소독능 계산 시 최악조건을 기준으로 해야 하므로 환산계수가 가장 작은 2지의 환산계수를 적용해야 한다. 그러나 진단당시 1지로 정수가 유입되지 않는 등 물량 배분이 정확하지 않으므로, 2지의 β 값을 적용하는 것은 오차가 발생할 수 있으므로, 현재 옥룡정수장에서 적용하고 있는 도류벽 환산계수인 0.2값을 적용하여 소독능을 계산하였다.

㉔ 소독능 평가

㉔ 소독능 평가방법

평가방법은 '06. 9. 15일부로 규정된 “정수처리에 관한 기준”에 의해 Giardia 3 Log(99.9%) 제거능을 달성하는 것을 목표로 하였다. 옥룡정수장의 경우 급속여과지이므로 여과에 의한 2.5Log 지아디아 포낭 제거율을 제외한 0.5Log 제거율에 대한 소독능 평가를 실시하였다.

㉔ 소독능 평가조건

배수지 사용용량은 운영 최저수위(2.1m)를 기준으로 하며, 시간당 최대 통과유량은 최대유량(1,886m³/h)을 기준으로 평가하였다.

㉔ 소독능 평가

○ 측정자료 (수질자료 : '06.1.1 ~ ' 07. 7.31)

항 목	입 력 값
탁 도	만족
잔류소독제 농도	1.0mg/L (평균농도)
수 온	3℃ (최저수온)
수소이온농도(pH)	7.2 (최고 pH)

○ 배수지 특성값

항 목	값	계산식/산정방법
시설사용용량	4,455m ³	너비×길이×높이×사용지수 (운영최저수위 : 2.1m)
시간당통과유량	1,586m ³ /h	최대유량
장폭비 환산계수	0.2	현재 적용중인 β 값
체류시간	169 min	시설사용용량(m ³) ÷ 시간당통과유량 (m ³ /h) × 60(min)
소독능 계산값 (CT계산값)	33.7mg·min/L	체류시간(min) × 잔류소독제 농도 (mg/L) × 장폭비 환산계수

소독능계산 프로그램

시설 운영 조건

여과 방식 급속여과

소독제종류 액체염소

수질 조건

최고 pH 7.2

최저 수온 3℃

소독제 농도

정수지 1.0 mg/L

관로 0.4 mg/L

배수지 0.4 mg/L

충분활성화비

Virus 6.89

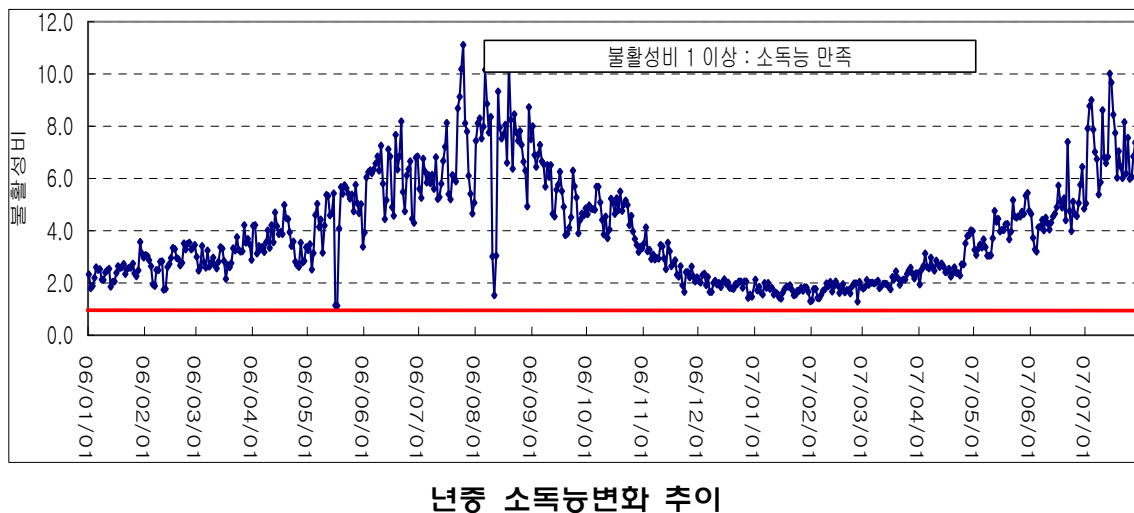
Giardia 1.06

구분	정수장	정수지	관로	배수지
설비 현황	폭	21.21 m		
	길이	20.0 m		
	최저운영수위	2.1 m	-	
	지수	5 지	-	
	용량	4,455m ³	0.0m ³	0m ³
	도류벽수	3.0 개/지	-	
	장폭비	17.0	-	0.0
최대처리량	배타값	0.20	0.0	0.00
	적용유량	1,586m ³ /hr	0.0m ³ /시간	0.0m ³ /시간
	일평균생산량		m ³ /일	
	시설용량		m ³ /일	
소독능력	첨두유량		m ³ /일	
	체류시간	168.5분	0.0분	0.0분
	접촉시간	33.7분	0.0분	0.0분
C·T	잔류염소농도	1.0mg/L	0.0mg/L	0.0mg/L
	계산값	33.7 mg·min/L	0.0 mg·min/L	0.0 mg·min/L
	요구값	4.9 mg·min/L	0.0 mg·min/L	0.0 mg·min/L
Virus	불활성화비	6.89	0.00	0.00
	요구값	31.8 mg·min/L	0.0 mg·min/L	0.0 mg·min/L
Giardia	불활성화비	1.06	0.00	0.00
	요구값			

소독능 계산 결과

㉠ 소독능 평가결과

‘06년 및 ’07년 수질 및 유량자료를 기준으로 소독능을 모두 만족하고 있으며, 수질 및 운영상의 최악조건을 기준으로 평가한 결과도 모두 소독능을 만족하는 것으로 나타났으며, 소독능을 상시 만족할 수 있는 잔류염소 최저 농도는 1.0mg/L로 계산되었다.



③ 개선방안

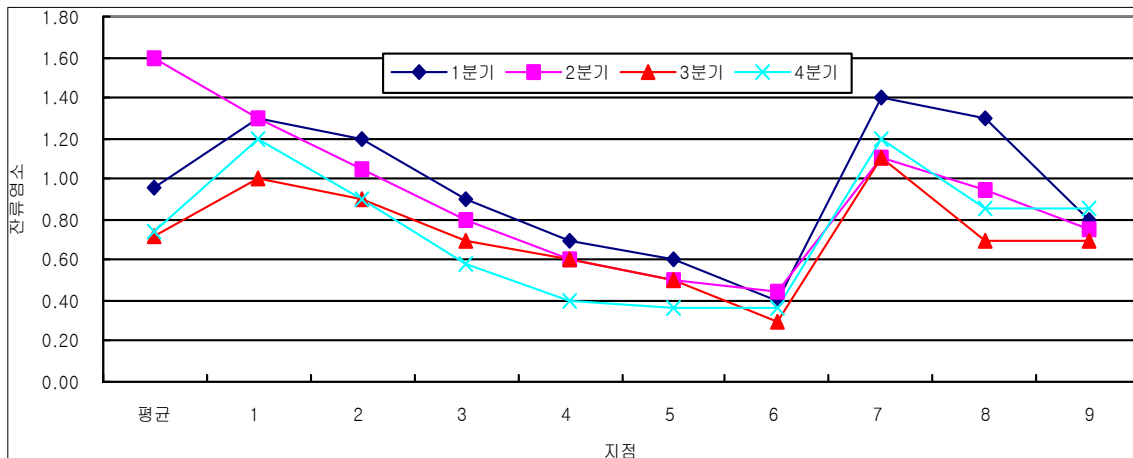
㉠ 정수지 운영관리 철저

추적자 시험결과 #1지로는 정수가 거의 유입되지 않는 것으로 판단되며, 그로 인해 정수의 수질 저하 및 정수지 전체 사용 면적의 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

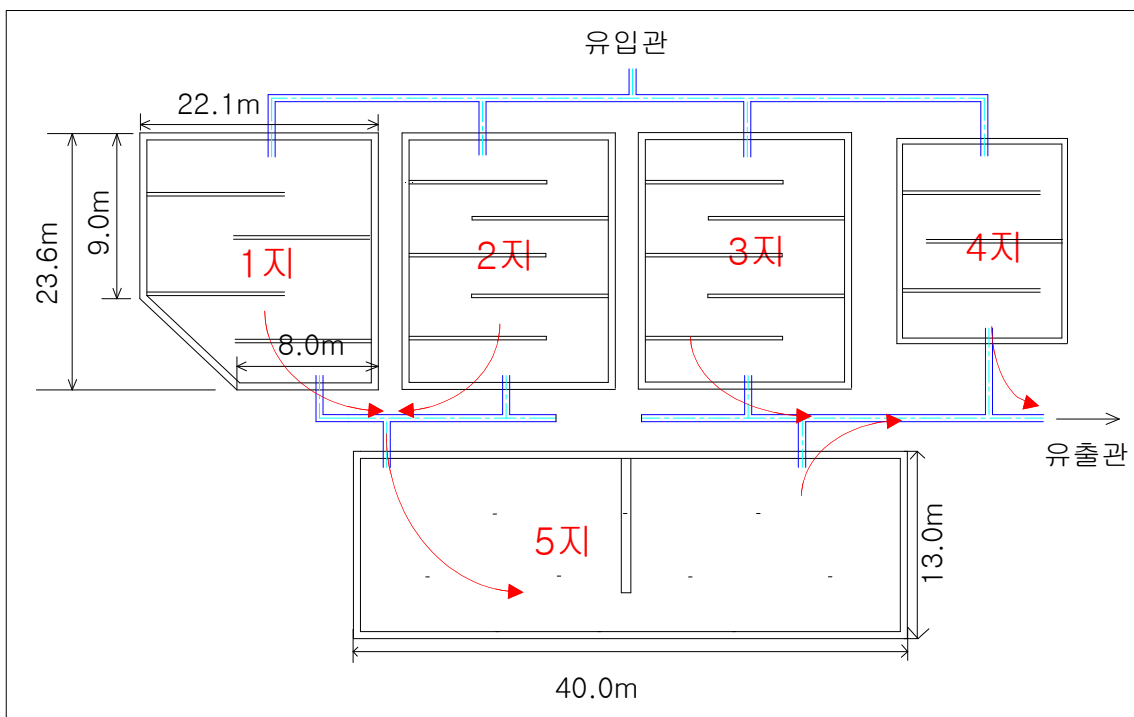
옥룡정수장 진단 시 #1지로 정수가 유입되지 않는 등 운영상 미비한 점이 많아 실제로 다 환산계수가 낮게 평가되었을 것으로 판단된다.

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.



수도꼭지 잔류염소 측정 결과 ('06년도)

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, 다음과 같이 #1, #2지의 유출수가 #5지를 이용하여 유출되도록 배관을 개선하도록 한다.



배수지 배관 개선방안

그러나 2009년 7월부터 공주정수장이 가동되기 시작하면서, 옥룡정수장 생산량 중 일평균 12,000~14,000m³/일을 공주정수장이 부담하게 됨에 따라 옥룡정수장 생산량이 일평균 13,000m³/일~14,000m³/일로 줄어들게 되었고, 이는 곧 정수지 및 배수지에서의 체류시간이 증가로 이어져 현재는 불활성비가 높아진 상태이다.

따라서 높아진 불활성비로 인해 소독제 접촉시간이 증가되는 결과를 가져오게 되므로 정수지 배관 개선없이도 현재 급수공급체계에서는 문제될 것이 없다고 판단된다.

14) 소독 공정

① 시설현황

옥룡정수장은 정수내 병원성 미생물에 의한 수질사고를 방지하기 위한 소독제로 액화염소를 사용하고 있으며, 세부시설 및 운영현황은 아래와 같다.

시 설 현 황

구 분	시 설 현 황	비 고
전 염 소 접 촉 조	○구 조 : 장방형 R.C조 ○규 격 : B 3.0m × L 9.6m × He 5.91m × 2지 ○수 위 : H.W.L 87.21m ○용 량 : 340.4m ³ (170.2m ³ /지)	
소 독 설 비	○전, 후염소 주입장치 - 전염소 : 진공자립형(Capital 1450) • 용량 : 20kg/h × 3대 • 투입지점 : 전염소 접촉조 • 용해수펌프 : 7.5Hp × 2대 - 후염소 : 진공자립형(Capital 1450) • 용량 : 4kg/h × 2대 • 투입지점 : 여과지 유출배관 • 용해수펌프 : 3Hp × 2대 ○기화기 : 120kg × 1대 ○염소계량기 : Load Cell형(5Ton) - 계량범위 : 10,000kg/h × 2대 - 지시계 : FS-1200 Digital Indicator × 2대 ○염소가스누출경보기 : 멀티포인트 4점식 × 2대 ○염소가스 검지센서 : 반도체 확산식	

<표 계속>

구 분	시 설 현 황	비 고
소 독 설 비	○중화설비 - 중화탑 : 2 Tower - 가성소다 공급펌프(1대) : 5Hp, '05.8, 효성 모터 : 3.7kW, 8.7A, 1730rpm, '97.12 - Blower : 7.5Hp, × Q 50m ³ /min × H 190mmAq, 효성 - 가성소다 저장조 : 12m ³ ○모노레일 호이스트 - 용 량 : 2.8Ton × L 8.0m ○안전장비 - 격리식 전면형 방독면 × 2개 GM-156K, 삼공물산 - 안전장화 : 1개 - 안전고무장갑 : 1개	

- 염소용 자동 염소주입기(20kg/h) 3대와 후염소용 자동 염소주입기(4kg/h) 2대(후염소)를 사용하여 각각 전·후염소를 주입하고 있다. 진단 시 전염소는 2대가 각각 3.5 kg/h (밸브개도 18.5~18.9%), 후염소는 1대가 1.7 kg/h(밸브개도 47.7%)을 주입하고 있었다.
- 염소저장실에는 1ton 염소용기(저장능력 10톤)와 염소용 저울, 긴급차단밸브 등이 양호하게 설치되어 있다.
- 옥룡정수장의 전염소와 후염소의 주입은 취수펌프의 가동·정지 시 취수유량과 염소주입률을 곱한 값을 제어실에서 수동으로 입력하여 조절·사용하고 있으며, 잔류염소계 측기의 계측값을 참조하여 운영하고 있다.
- 염소주입지점은 전염소의 경우 전염소접촉조 유입부 두 지점에, 후염소의 주입지점은 여과지유출배관에 설치된 배관에 주입하고 있다.
- 염소주입실에는 기화기, 진공조절기, 긴급차단밸브, 안전밸브, 압력계, 염소용 이젝터의 설치, 배관식별표시 등 전체적으로 염소주입설비는 잘 갖추어져 있다.
- 염소중화설비는 최근 정비를 실시하였으며, 흡입덕트 및 가스누출검지기 등도 적절하게 설치되어 있다.



염소주입설비



염소중화설비

② 기능 진단

소독설비는 염소의 살균효과를 이용하여 원수 또는 정수 내의 병원성 미생물에 의한 수질사고를 방지하기 위한 설비로 정기적인 점검 및 보수 등을 통하여 연중 안정적으로 공급될 수 있도록 관리되어야 한다.

현 소독설비에 대한 상태 조사 및 성능 저하요인 등을 파악하여 소독설비의 안정적, 효율적 운영을 도모하기 위해 주요 설비에 대한 기능 진단을 실시하였다.

㉠ 염소주입설비 상태

염소주입기 예비호기가 설치되어 있으므로 염소주입설비의 고장 및 수리 시 대체가 가능하며, 염소주입실 및 저장실의 설비 설치·운영상태가 매우 양호하다.

㉡ 염소 주입지점

전염소접촉조 및 여과지 유출부 배관에 전염소와 후염소를 주입하고 있는데 주입지점은 적정하다고 할 수 있다.

㉢ 염소주입량 제어

염소주입량의 제어는 근무자가 제어실에서 전·후염소 주입량을 입력하여 조절하고 있으며, 취수유량에 따라 자동으로 주입량이 변경될 수 있는 시스템으로는 운영하고 있지 않다.

③ 개선방안

㉠ 염소주입설비 자동화 방안

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. 자동 주입을 가능하게 하여 운영의 편리와 소독제 주입의 정확성을 기할 수 있다.



전염소투입기



후염소투입기



비상용투입기



기화기 및 중화설비

15) 유 럽 계

① 시설현황

시 설 현 황

구 분		시 설 현 황	비 고
옥 룡	원수유입 유량계1	○ 형 식 : 초음파식, 600A ○ 설치위치 : 정수장 도수관로	
	원수유입 유량계2	○ 형 식 : 초음파식, 600A ○ 설치위치 : 정수장 도수관로	
	고속응집 침전여과기 유입유량계	○ 형 식 : 초음파식, 300A ○ 설치위치 : 고속응집침전여과기 유입관	
	오존동 유입유량계	○ 형 식 : 초음파식, 600A ○ 설치위치 : 오존동 유입관로	
	배수유량계	○ 형 식 : 초음파식, 400A ○ 설치위치 : 배수지 유출부	
왕 촌	취수유량계1 (국가천+지방천)	○ 형 식 : 초음파식, 450A ○ 설치위치 : 왕촌 도수관로	2009.5.1 사용중지
	취수유량계2 (국가천)	○ 형 식 : 초음파식, 300A ○ 설치위치 : 왕촌 도수관로	



옥룡 원수유입유량계1



옥룡 원수유입유량계2



옥룡정수장 유출부 배수유량계



오존동 유입유량계

- 각 유량계는 옥룡정수장의 제어실에서 유량을 원격 감시할 수 있도록 구성되어 있다.
- 유량계의 형식은 부착형 초음파유량계이며, 왕촌유량계1은 2009년 5월 1일 광역상수도 원수 공급으로 사용이 중지되었다.
- 옥룡 원수유입유량계는 밸브가 설치된 곳이 없고 유량계 전후 직관거리가 확보되어 있다.
- 옥룡 배수유량계는 전단에 현재 사용중인 초음파유량계, 신축관, 과거 사용했던 벤츄리식 초음파유량계의 순서로 배관이 설치되어 있다.

② 기능 진단 및 개선방안

㉠ 유량계 정확도를 위한 직관확보

“상수도시설기준”에 의하면 유량계를 설치할 경우 배관의 곡관부나 밸브 등에 의하여 생기는 편류는 계측에 오차를 생기게 하므로 흐름을 균일하게 하기 위하여 검출기의 설치 전후에 필요한 직관부를 확보하도록 되어 있다.

옥룡정수장 배수유량계의 경우 유량계 전단에 직관부 확보(5D)상태를 알 수 없으며, 이후 신축관에서의 관경변화와 벤츄리식유량계에 의한 왜곡(hunting) 등의 이유로 부정확한 값을 표시할 수 있으므로 향후 재설치 시에는 유량계의 정확도를 위하여 통상적인 최소 직관확보거리 상류 5D, 하류 2D를 확보하도록 하며, 벤츄리식유량계를 철거한 후 같은 구경의 단관을 설치하고 그 이후에 신축관을 설치하도록 한다.

16) 수질관리

① 시설현황

- 일일시험용 수질시험장비를 보유하고 있으며, 수질감시 및 공정관리를 위한 수질자동 측정장비가 적정하게 설치되어 운영되고 있다.
- 일일 및 주간실험은 자체적으로 실시하고 있으며 상수원수 및 월간 수질시험은 도보 건환경연구원에 의뢰하여 시행하고 있다.
- 계측기 보유 현황

수질자동측정장비 보유현황

구 분		모델명	제조사	수량
취수장	p H 미 터	Ecosys		1
	수 온 계	Ecosys		1
	탁 도 계	Surface Scatter 6	HACH	1
	N H ₃ - N	Ecosys		1
원 수	p H 미 터	Ecosys		1
	수 온 계	Ecosys		1
	탁 도 계	Surface Scatter 6	HACH	1
	알카리도계	Ecosys		1
정 수	p H 미 터	Ecosys		1
	탁 도 계	1720D	HACH	1
	잔류염소계	Ecosys		1

② 기능 진단

㉠ 현장 수질검사

현장 수질분석 결과 중금속항목 중 망간 및 구리가 미량 검출되었고, 암모니아성질소는 0.92mg/L으로 검출되었으나 전염소처리 및 분말활성탄 주입을 통하여 착수정에서는 불검출로 나타났다.

현장수질분석 결과 ('07.12.07 10:0 채수)

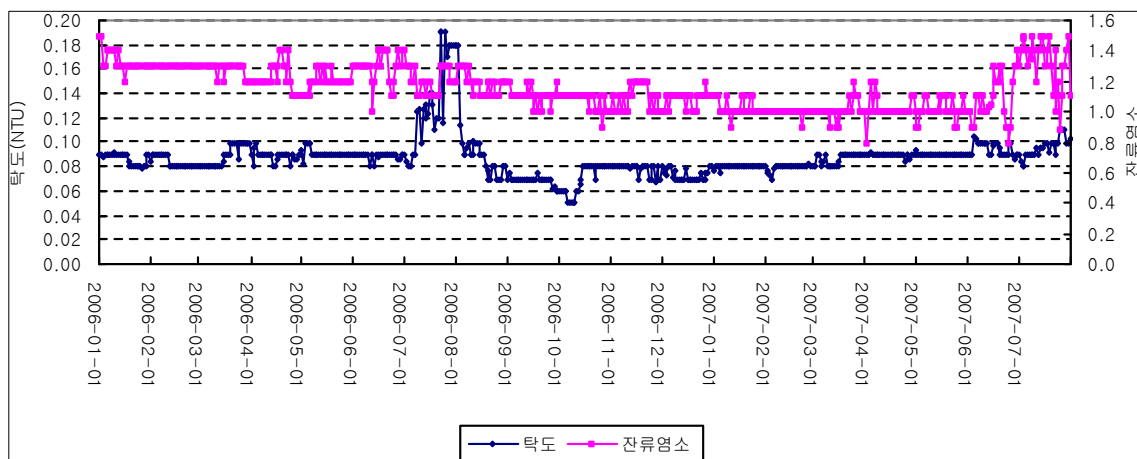
구 분		취수원		유입	착수정	침전지	여과지	활성탄 여과지	비 고
		옥룡	왕촌						
pH		7.03	6.75	6.96	6.83	6.72	6.71	6.67	
수온	℃	6.2	5.2	7.4	7.4	7.4	7.4	7.5	
잔류염소	(mg/L)	—	—	1.02	0.62	0.38	0.10	불검출	
철	(mg/L)	0.08	불검출	0.06	0.09	불검출	불검출	불검출	
망간	(mg/L)	0.073	0.006	0.060	0.059	0.028	0.019	0.007	
구리	(mg/L)	0.12	0.06	0.11	0.12	0.18	0.07	0.22	
암모니아성질소	(mg/L)	0.92	불검출	0.40	불검출	불검출	불검출	불검출	
질산성질소	(mg/L)	3.9	3.6	4.4	3.2	4.3	5.1	4.5	
황산이온	(mg/L)	36	8	30	28	28	28	28	
경도	(mg/L)	100	60	90	—	—	—	—	
알카리도	(mg/L)	60	35	48	—	—	—	—	

㉔ 일일 수질 자료 분석

‘06년 1월에서 ’ 07년 7월까지의 일일수질시험자료(소독능)를 검토하였다.

㉕ 정수 탁도 및 잔류염소농도 현황

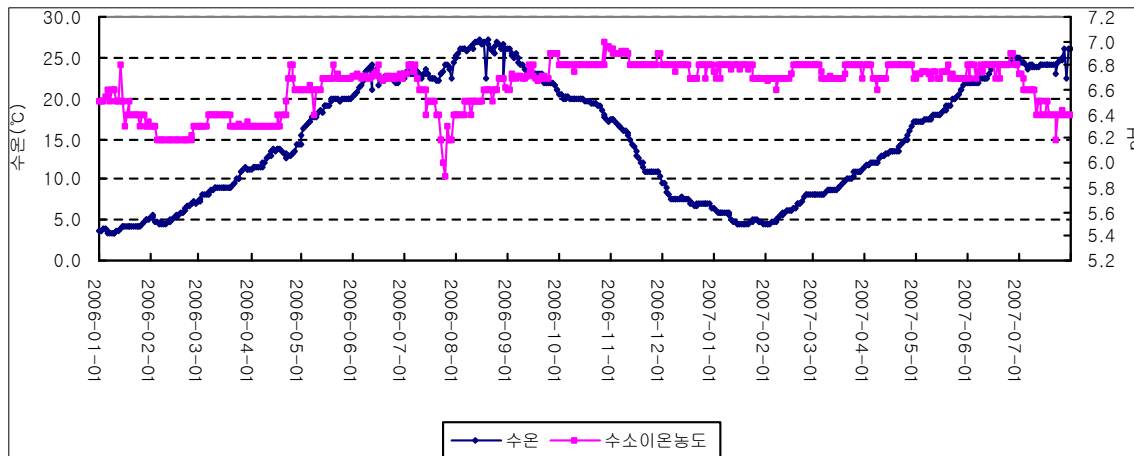
정수탁도는 평상시에는 0.1NTU정도로 관리되고 있으나 하절기에 다소 상승하며, 잔류염소 농도는 0.8~1.5mg/L로 다소 높게 관리하고 있다.



탁도 및 잔류염소 변화 추이

② 수온 및 pH 변화 추이

정수 pH는 5.9~7.0범위로 다소 낮으며, 하절기 강우시에 특히 낮게 나타났으며, 수온은 3~27°C 범위를 나타내고 있다.



수온 및 수소이온농도잔류염소 변화 추이

③ 개선방안

㉠ 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 하천수질기준 보통(Ⅲ)에 해당하며, 따라서 매우 양호한 수질은 아닌 것으로 판단된다. 옥룡정수장은 하절기 강우시에는 고탁도가 유입되고, 동절기에는 암모니아성질소가 유입되는 특성이 있으므로 수질별 특성에 따라 공정관리에 만전을 기하도록 한다.

17) 시설개량 사업비

이상과 같은 시설진단 내용을 바탕으로 기 개량 완료되었거나 운휴중인 공정 및 공정 변경 등으로 필요하지 않은 개량 등을 제외하게 되었을 때 시설개량 사업비는 다음 표와 같다.

공정별(토목 및 기계분야) 시설개량 사업비

구 분	개선방안	사 유	금 액(천원)	시행단계	비 고
응집지	정류벽 설치	응집 효율 개선	23,000	1단계	
	체인 장력 조절용 베드 설치	응집기 체인 장력조절이 불가능	6,000	2단계	
약품주입 공정	약품주탱크용 수위계 설치	수위감시용 설비 없음	3,000	2단계	
	약품주입 감시용 웹카메라 설치	약품 주입 감시 어려움	3,000	3단계	
급속여과지	표면세척기 교체	표면세척용 노즐 막힘 및 노후화	40,000	3단계	
계			75,000		

마. 건축물 및 건축설비

1) 조사방법 및 항목

① 조사방법

- 외관조사 : 육안조사, 측량 및 검측 등
- 설문조사 : 운영실태, 문제점, 개선사항 등

② 조사항목

- 건축물 현황 : 건축인허가사항, 건축물관리대장, 등기부등본 등
- 구조적 안전성 : 균열, 처짐, 파손, 침하, 노후화 등
- 마감상태 : 박리, 박락, 누수, 백화, 들뜸, 변색, 결로, 재료분리 등
- 건축설비 : 위생기구, 냉난방설비, 약취, 환기 등

2) 시설현황

시 설 현 황

NO	동명	동수	연면적(m ²)	구조	층수	비고
1	관리동	1	660m ²	철근콘크리트	0/2	
2	염소투입실	1	195m ²	철근콘크리트	0/2	
3	활성탄 투입동	1	160m ²	철근콘크리트	0/2	
4	약품투입동	1	150m ²	철근콘크리트	0/2	
5	오존 설비동	1	420m ²	철근콘크리트	0/2	
6	여과지동-1	1	530m ²	철근콘크리트	0/2	
7	여과지동-2	1	730m ²	철근콘크리트	0/1	
8	침전지 검수구실	1	5m ²	철근콘크리트	0/1	
9	정수지 검수구실	1	10m ²	철근콘크리트	0/1	
10	배수지 검수구실	1	25m ²	철근콘크리트	0/1	
11	창고	1	25m ²	철근콘크리트	0/1	

* 건축물 연면적은 개략 산정한 면적임



옥룡 정수장 전경

3) 기술검토

① 관리동

㉠ 시설현황



구 분		내 용
연면적		660㎡
층수		0/2
구조		철근콘크리트 구조
외부 마감	외벽	치장벽돌 쌓기, 수성페인트 칠
	지붕	무근 콘크리트
내부 마감	바닥	디럭스 타일, 화강석 물갈기
	벽	에멀전 페인트
	천장	에멀전 페인트, 흡음텍스

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

② 염소 투입동

㉠ 시설현황



구 분		내 용
연면적		195m ²
층수		0/2
구조		철근콘크리트 구조
외부 마감	외벽	치장벽돌 쌓기, 수성페인트 칠
	지붕	무근 콘크리트, 아스팔트 싱글
내부 마감	바닥	에폭시 코팅
	벽	에멀전 페인트
	천장	에멀전 페인트

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

㉡ 시설점검 및 검토

NO.	검토위치	검 토 내 용	원 인 분 석	사진NO.
1	내 부	물탈 균열	열화 및 수축에 따른 균열로 추정	1
2	지 붕	아스팔트 싱글재 파손	외부 환경적 요인에 의한 부착력 저하	2

㉢ 현장사진

1	물탈 균열	2	아스팔트 싱글 파손
			

③ 활성탄 투입동

㉠ 시설현황



구 분		내 용
연면적		160m ²
층수		0/2
구조		철근콘크리트 구조
외부 마감	외벽	치장벽돌 쌓기, 수성페인트 칠
	지붕	무근 콘크리트, 아스팔트 싱글
내부 마감	바닥	에폭시 코팅
	벽	에멀전 페인트
	천장	에멀전 페인트

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

활성탄 분말로 인해 내부 오염이 심하지만 활성탄 분말에 의한 오염은 불가피한 사항으로 내부 재도장과 같은 보수계획은 무의미함

㉡ 시설점검 및 검토

NO.	검토위치	검 토 내 용	원 인 분 석	사진NO.
1	내 부	내부 오염	활성탄 분말에 의한 오염	1,2

㉢ 현장사진

1	내부 오염	2	내부 오염

④ 약품투입동

㉠ 시설현황



구 분		내 용
연면적		150㎡
층수		0/2
구조		철근콘크리트 구조
외부 마감	외벽	치장벽돌 쌓기, 수성페인트 칠
	지붕	무근 콘크리트
내부 마감	바닥	테라조 타일
	벽	에멀전 페인트
	천장	에멀전 페인트

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

㉡ 시설점검 및 검토

NO.	검토위치	검 토 내 용	원 인 분 석	사진NO.
1	1층 바닥	바닥 오염	노후화 및 투입 약품에의한 오염	1
2	1층 내벽	도장 박리	노후화에 따른 부착력 저하	2
3	2층 천정	도장 박리	노후화에 따른 부착력 저하	3

㉢ 현장사진

1	바닥 오염	2	내벽 오염
			

3	천정 오염		
			

⑤ 오존 설비동

㉑ 시설현황



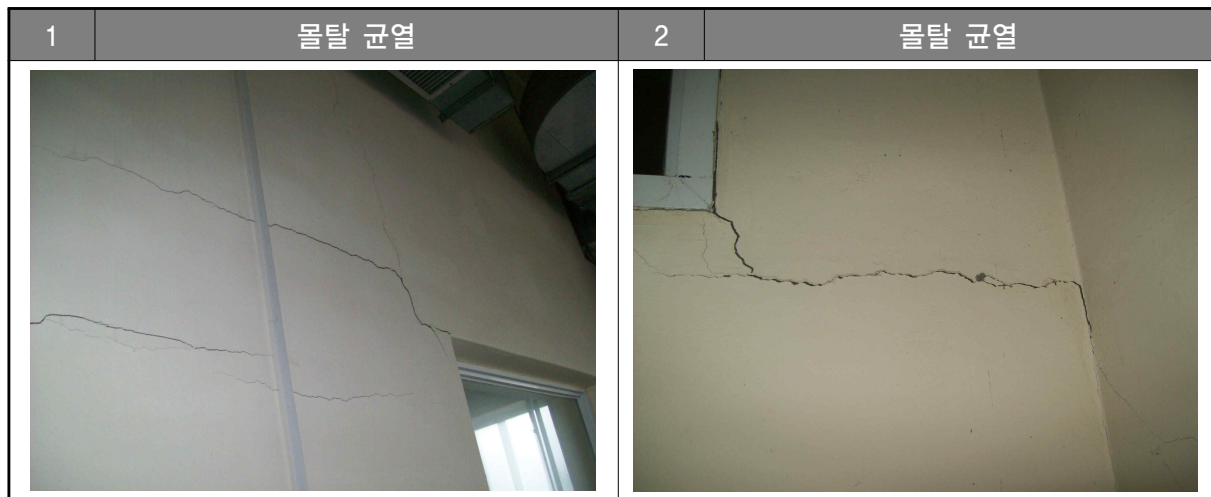
구 분		내 용
연면적		420㎡
층수		0/2
구조		철근콘크리트 구조
외부 마감	외벽	치장벽돌 쌓기, 수성페인트 칠
	지붕	무근 콘크리트
내부 마감	바닥	에폭시 코팅
	벽	에멀전 페인트
	천장	에멀전 페인트

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

㉒ 시설점검 및 검토

NO.	검토위치	검 토 내 용	원 인 분 석	사진NO.
1	2층 벽체	몰탈 균열	열화 및 수축에 따른 균열로 추정	1,2

㉔ 현장사진



㉕ 여과지동-1

㉖ 시설현황

A photograph of a two-story building with a light beige upper section and a dark brown brick lower section. A prominent external staircase with a metal railing leads to a second-floor entrance. The building is situated on a slight incline with patches of snow on the ground. A paved road runs alongside the building, and a street lamp is visible in the foreground.

구 분		내 용
연면적		530㎡
층수		0/2
구조		철근콘크리트 구조
외부 마감	외벽	치장벽돌 쌓기, 수성페인트 칠
	지붕	무근 콘크리트
내부 마감	바닥	테라조 타일
	벽	에멀전 페인트
	천장	에멀전 페인트, 알미늄 천정재

철근콘크리트 구조 2층 건축물로 내부 여과지에서 발생하는 수분으로 실내부 상대습도가 높아 포화된 수증기로인해 벽면 및 천정재에 결로가 발생하여 구조 및 내장재 내구성 저하의 원인이 되고 있음.

㉗ 시설점검 및 검토

NO.	검토위치	검 토 내 용	원 인 분 석	사진NO.
1	내 부	포화 수증기로 인한 결로	내부 환기시설이 없어 공기 순환이 안됨	1,2

㉔ 현장사진



㉕ 여과지동-2

㉖ 시설현황



구 분		내 용
연면적		730㎡
층수		0/1
구조		철근콘크리트 구조
외부 마감	외벽	치장벽돌 쌓기, 수성페인트 칠
	지붕	무근 콘크리트
내부 마감	바닥	테라조 타일
	벽	에멀전 페인트
	천장	에멀전 페인트, 알미늄 천정재

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 있음, 부분적인 벽체 균열 발견됨

㉗ 시설점검 및 검토

NO.	검토위치	검 토 내 용	원 인 분 석	사진NO.
1	내 부	포화 수증기로 인한 결로	내부 환기시설이 없어 공기 순환이 안됨	1
2	내부벽체	몰탈 균열	열화 및 수축에 따른 균열로 추정	2

㉔ 현장사진



⑧ 침전지 검수구실

㉕ 시설현황



구 분		내 용
연면적		5m ²
층수		0/1
구조		철근콘크리트 구조
외부	외벽	수성페인트 칠
	지붕	무근 콘크리트
내부	바닥	콘크리트 면처리
	벽	에멀전 페인트
마감	천장	에멀전 페인트

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

⑨ 정수지 검수구실

㉕ 시설현황



구 분		내 용
연면적		10m ²
층수		0/1
구조		철근콘크리트 구조
외부	외벽	수성페인트 칠
	지붕	무근 콘크리트
내부	바닥	콘크리트 면처리
	벽	에멀전 페인트
마감	천장	에멀전 페인트

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

⑩ 배수지 검수구실

㉠ 시설현황



구 분		내 용
연면적		25m ²
층수		0/1
구조		철근콘크리트 구조
외부 마감	외벽	수성페인트 칠
	지붕	무근 콘크리트
내부 마감	바닥	콘크리트 면처리
	벽	에멀전 페인트
	천장	에멀전 페인트

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

⑪ 창고

㉠ 시설현황



구 분		내 용
연면적		5m ²
층수		0/1
구조		철근콘크리트 구조
외부 마감	외벽	수성페인트 칠
	지붕	무근 콘크리트
내부 마감	바닥	콘크리트 면처리
	벽	에멀전 페인트
	천장	에멀전 페인트

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

㉡ 시설점검 및 검토

NO.	검토위치	검 토 내 용	원 인 분 석	사진NO.
1	내 부	도장 오염 및 박리	노후화로 인한 부착력 저하	1,2

㉔ 현장사진



4) 시설개량 사업비

- 가설, 재경비, 부가세, 현장정리, 폐기물처리비 포함
- 공사에 필요한 가설(기존구조물 보호, 조립말비게 등)을 고려하여 십만단위 이하 절상 조정.

시설개량 사업비

손상부위	손상내용	물량	보 수 계 획	단가(원)	금액(천원)	시행단계
1. 염소투입동						
내 부	물탈 크랙	10m	에폭시 수지 주입	80,000	800	2단계
지붕	지붕재 손상	5m ²	아스팔트 싱글 지붕재 교체	60,000	300	2단계
2. 약품투입동						
1층 바닥	바닥 오염	80m ²	면처리 후 재도장	20,000	1,600	2단계
1층 내벽	도장 박리	20m ²	면처리 후 재도장	35,000	700	2단계
2층 천정	도장 박리	80m ²	면처리 후 재도장	35,000	2,800	2단계
3. 오존 설비동						
2층 벽체	물탈 균열	25m	면세척 후 재도장	80,000	2,000	2단계
4. 여과지동-1						
내부	결로 발생	26EA	벽부형 환기설비 계획	400,000	10,400	2단계
5. 여과지동-2						
내부	결로 발생	36EA	벽부형 환기설비 계획	400,000	14,400	2단계
6. 정수지 검수구실						
외벽	도장오염	50m ²	외부 재도장	40,000	2,000	2단계
7. 배수지 검수구실						
외벽	도장 오염	100 m ²	외부 재도장	40,000	4,000	2단계
8. 창고						
내부	도장 박리	20 m ²	내부 재도장	35,000	700	2단계
총 계					39,700	

바. 전기설비

1) 옥룡 취·정수장

① 시설개요

- ㉠ 위 치 : 공주시 옥룡동 17-1(취수장), 옥룡동 산6-1(정수장)
- ㉡ 준 공 : 1998년(시설확장)
- ㉢ 처리용량 : 28,000m³/일
- ㉣ 수전용량 : 1,200kVA

② 전기시설 현황

㉦ 전력인입설비

한국 전력공사(KEPCO) 22.9kV 배전선로에서 분기하여 3상 4선식 2회선(상용 : 경천 D/L, 예비 : 금성 D/L)을 인입하여 사용하고 있으며, 옥외 변전소에 설치되어 있는 삼상변압기를 통해 고압(3.3kV)으로 변환하여 취수장 및 정수장에 전력을 공급하고 있다. 또한 소내변압기(75kVA×2대)를 통해 고압을 저압(380-220V, 220V)으로 변환하여 저압 동력 및 전등 설비에 전원을 공급하고 있다.

인입전주 및 배전선로

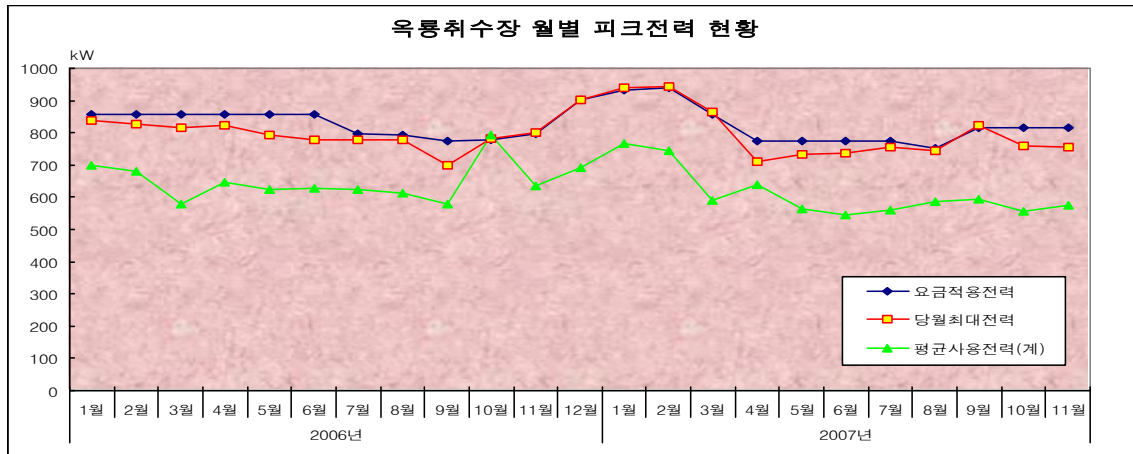
			
인입전주(상용)	인입전주(예비)	배전선로(상용)	배전선로(예비)

수전 전압 및 계약전력

사업장	수전전압 및 수전방식	계약전력	전력구분(고객번호)	비 고
옥룡취수장 (옥룡정수장)	22.9KV 3상4선 60Hz	1,200 (kW)	산업용 을 고압전력 (06-2206-3568)	

㉧ 최근 년도 전력 Peak 현황

피크 전력이 계약전력을 초과하지 않은 범위내에서 비교적 안정적으로 운영되어지고 있다.



옥룡 정수장(취수장) 월별 피크전력 현황

㉔ 수·변전설비

특고압 수변전설비는 옥외 전주와 옥외변전소의 폐쇄형 큐비클 내에, 고압 동력 및 변전 설비는 전기실의 폐쇄형 큐비클 내에 설치되어 있으며 각 패널별 명칭 및 사용 용도는 다음과 같다.

㉕ 수·변전설비 외형도

취수장				
	옥외 수전 설비반	ALTS	22.9kV 주 차단기반	변압기
정수장				
	주 차단기반	활성탄여과지동 수전반	약품동 수전반 / 변압기1	변압기2

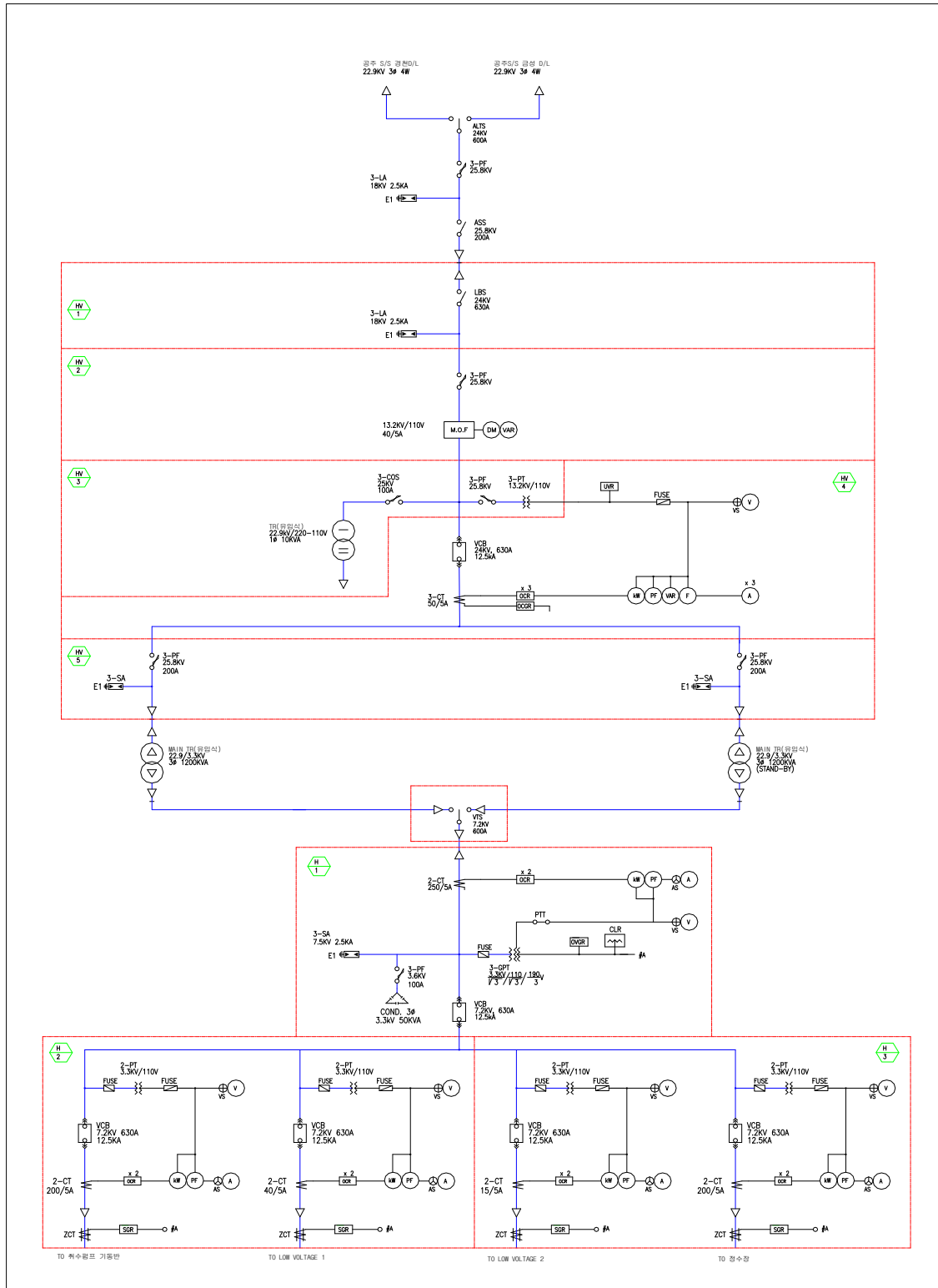
⑥ 수변전설비 구성기기 현황

수·변전설비 구성기기 현황

판넬명칭	주요사양	사용용도	비고
〈 취수장 수변전 설비 〉			
옥외전주	- ALTS (25.8kV, 600A) - PFx3 (25.8kV 200A) - ASS (25.8kV, 200A) - LAX3 (24kV, 630A)	- 주선로 예비선로 자동절환 - 사업장 선로(단락)보호 - 전원인입 개폐 - 이상전압방지	- ASS 경동중전기 - PF 중원전기
HV-1	- LBS (25.8kV 630A) - LA/DISx3 (24kV, 630A)	- 전원인입 개폐 - 이상전압방지	
HV-2	MOF (13.2kV/110V 40/5)	한전사용전력 측정	MOF 영화전기
HV-3	- PFx3 (25.8kV 12.5kA) - PTx3, (25.8kV 100A) - OIL TR, (22.9kV/220-110V 1상10kVA)	- 계기용 전압변성 - 계기용 전원공급	PT 영화전기 (2006)
HV-4	- VCB (24kV 630A 12.5kA 112회) - CT(50/5), kW, PF, A, V Meter	주전원차단(계통보호)	VCB LG(2002.11)
HV-5	PFx3 (25.8kV 12.5kA 200A) 2SET	주전원공급(계통보호)	PF 중원전기
HV-6	- VCB (7.2kV 630A 12.5kA 103회) - CT(250/5), kW, PF, A, V Meter - 전력용콘덴서(SC) 3상 3.3kV 50kVA	- 주전원차단(계통보호) - 변압기역률보상	VCB LG (2002.11)
HV-7~9	- VCB (7.2kV 630A 12.5kA 106회, 282회, 128회) - CT(250/5), kW, PF, A, V Meter	전원공급 (FEEDER)	VCB LG
TR-1, 2	22.9kV/380~220V 3φ OIL TR 1,200kVA x2대 (1대예비)	취수장 및 정수장 전원공급	TR 2000.7 삼진변압기
VTS반	7.2kV VTS 600A 31.5kA	선로 절체	VTS (2002.11) 비츠로테크
H-1~3	- VCB (7.2kV 630A 12.5kA) - CT(250/5), kW, PF, A, V Meter		VCB (2002.01) LG

판넬명칭	주 요 사 양	사 용 용 도	비 고
〈 정수장 수변전 설비 〉			
HV-1	- DS (25.8kV,600A) - VCB (7.2kV 630A 12.5kA 69회)	- 전원인입 개폐 - 사업장 선로(단락)보호	- VCB LG(2008)
HV-2	- PFx3 (25.8kV 12.5kA 200A) 2SET	- 주전원공급(계통보호)	- PF 중원전기(2008)
EH-1	- 3.3kV/380~220V 3φ MOLL TR 75kVA x 1SET	- 정수장 전원공급 (약품,여과지,침전지)	- MOLD TR(1992) 효성
EH-2	- 3.3kV/380~220V 3φ OIL TR 75kVA x 1SET	- 정수장 전원공급 (여과지 및 예비전원)	- OIL TR (1994) 삼진변압기
HV-1	- MCCB - CT(300/5), kW, PF, A, V Meter	- 고장전류 차단 - 보호계전기 동작	
MV-M	- VCB (7.2kV 630A 12.5kA 240회) - CT(100/5), kW, PF, A, V Meter	- 전원공급 (FEEDER)	- VCB (1998.4) LG
MV-TR	- 3.3kV/380~220V 3φ MOLD TR 500kVA x 1SET	- 정수장 전원공급 (활성탄,오존,관리동외)	- OIL TR (1994.8) 삼진변압기
LV-M	- ACBx1대(4P 660V 1000AF 42kA) - CT(750/5), kW, PF, A, V Meter - MCCB, ZCT, ELD, SC	- 부하보호 - 고장전류 차단 - 보호계전기 동작	- ACB (1998.4).LG

㉔ 전력설비계통도 현황(단선결선도)



옥룡 취·정수장 옥외 수변전설비 단선결선도

㉑ 동력제어설비

㉑ 옥룡 정수장

옥외변전소 H-3 PANEL로부터 3.3kV 3상 3선식 1회선 인입하여, 약품투입동과 침전지 및 기존 여과지동은 착수정 부근 TR반의 삼상변압기(75kVA×2대)를 통해 고압을 저압(380-220V)으로 변환하여 의 동력 및 전등 전열설비에 전원을 공급하고 있으며, 오존 처리동, 활성탄여과지동, 염소투입동, 활성탄 접촉조동 및 관리동은 활성탄여과지동에 설치되어 있는 삼상변압기(500kVA×1대)를 통하여 고압을 저압(380-220V)으로 변환하여 동력 및 전등 전열설비에 전원을 공급하고 있다.

㉒ 옥룡 취수장

옥내 폐쇄형배전반(MCSG)으로 구성되어 있으며, 주 부하인 취수펌프모터는 고압모터기동반, 저압 부하는 MCC반을 통해 전원을 공급 및 설비를 제어할 수 있도록 구성되어있다.

동력 제어설비

판넬명칭	주요사양	사용용도	비고
〈 취수장 동력설비 〉			
취수펌프기동반	- DS(3.6kV 400A) - PF & VCS(3.3kV 450A) - VC (3.3kV 450A 6.3kA) - SC(100kVA) - ZCT, CT(50/5), kW, PF, A, V Meter	- 고압전동기 기동반 (취수펌프)	- 취수장 전기실
LV-1,2	- COS(3.6kV) - Oil TR(3.3kV/380-220V) 3상 75kVA - CT(200/5), SC, kW, PF, A, V Meter	- 저압펌프 전원공급 (수중, 진공, 배수펌프)	- 취수장 전기실
〈 정수장 동력설비 〉			
전동기 기동반	- MCCB외 동력별 기동전원반 - CT, kW, PF, A, V Meter	- 활성탄여과지, 약품설비, 오존설비 전원공급	- 각동 위치
전원분전함, 현장조작반	- MCCB, ELB - 현장조작전원반(LOP)	- 각동 전등분전함 / 현장운전	

			
취수장 전동기반	활성탄투입기제어반	응집기 제어반	현장조작반
			
MCC-1	MCC-2	오존설비제어반	역세펌프제어반

③ 전기설비 기술검토 및 개량방안 (옥룡지구)

정수장의 운영이 광역상수도 원수 이용에 따라 현재 취수장은 운휴중이다. 취수장에서 수전을 받아 정수장으로 전원공급(3상 3.3kV)하고 있으므로 전원의 신뢰성, 유지관리의 편리성을 고려하여 정수장에서 한전과의 직접 수전이 가능하도록 22.9kV 수변전설비를 구성 하는것이 바람직하다.

㉠ 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 : 경제적인 설비운영을 위하여 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

㉔ 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 위하여 설정값을 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.

㉕ 설정치 변경

– 옥룡정수장 : 표세펌프, 역세진공펌프, 표세진공펌프, NaOH 펌프, Blower

㉖ 교체

– 옥룡취수장 : 진공펌프, 배수펌프

④ 시설개량 사업비

구 분	주요 내용	수 량	공사비 (천원)	시행단계
수변전설비	– 22.9kV 수변전설비 구성 (기자재공사, 철거 및 2회선 수전계획)	1식	500,000	1단계
합 계			500,000	

2) 왕촌 취수장

① 시설개요

㉑ 위 치 : 공주시 상왕동 824-1번지

㉒ 준 공 : 1994년

㉓ 수전용량 : 150kVA

② 전기시설현황

㉔ 전력인입설비

한국 전력공사(KEPCO) 22.9kV 가공 배전선로에서 3상 4선식 1회선을 인입하여 사용하고 있으며, 옥외 변전소에 설치되어 있는 삼상변압기를 통해 저압(380-220V, 220V)으로 변환하여 저압 동력 및 전등 설비에 전원을 공급하고 있다.

인입전주 및 배전선로

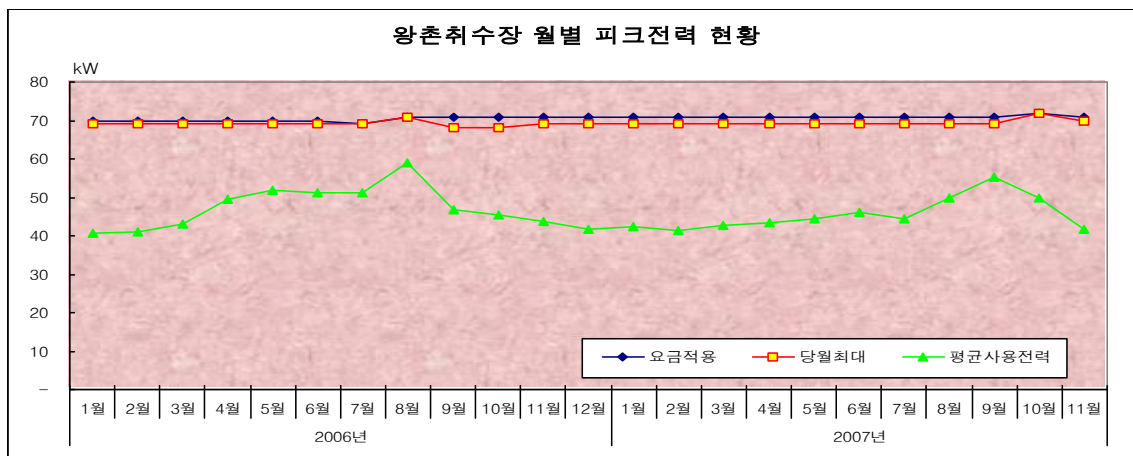
		
왕촌취수장 전경	한전 인입전주	배전선로

수전 전압 및 계약전력

사업장	수전전압 및 수전방식	계약전력	전력구분(고객번호)	비 고
왕촌취수장	22.9KV 3상4선 60Hz	150 (kW)	산업용 을 고압A전력 (06-2206-3915)	

㉠ 최근 년도 전력 Peak 현황

피크 전력이 계약전력을 초과하지 않은 범위내에서 비교적 안정적으로 운영되고 있다.



왕촌취수장 월별 피크전력 현황

㉔ 수·변전설비

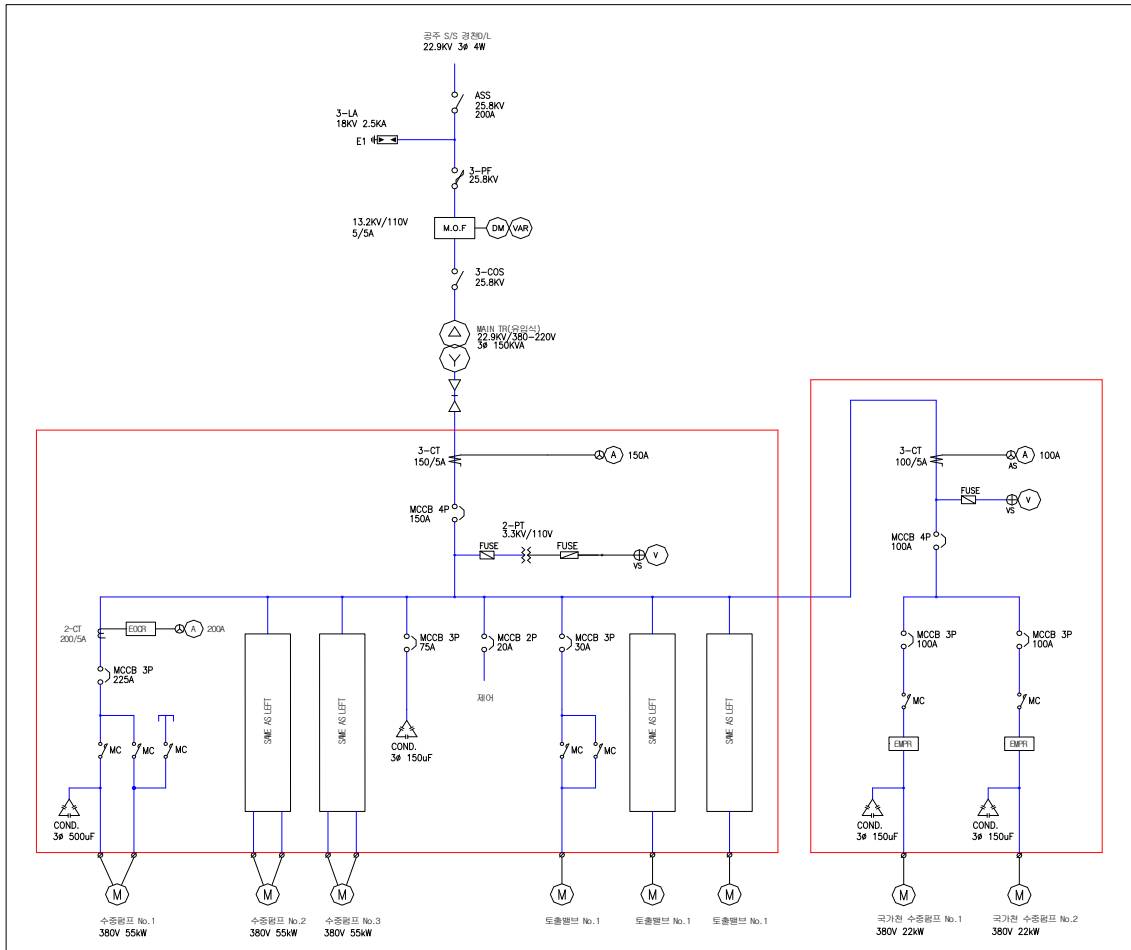
수·변전설비는 옥외 H형 변대를 사용하여 약식 수전하고 있으며 설비 현황은 아래 표와 같다.

수·변전설비 구성기기 현황

판 넬 명 칭	주 요 사 양	사 용 용 도	비 고
ASS (옥외 H변대형)	- ASS (25.8kV, 200A, 15kA) - LA/DIS×3EA(18kV 2.5kA)	- 전원 인입개폐 - 이상전압방지	
MOF & PF (옥외 H변대형)	- PF×3EA (22.9kV, 200A, 20kA) - MOF (13.2kV/110V 5/5A)	- 전원 인입개폐 - 한전의 사용전력 측정용	
TR (옥외 H변대형)	- COS×3EA (22.9kV, 100A 10kA) - OIL TR1 22.9kV/0.38-0.22kV 3φ 150kVA x1대	- 전원 인입개폐 - 정수장 전원공급	

			
22.9kV 특고압 수전설비	MOF	옥외 유입변압기	

㉔ 전력설비계통도 현황(단선결선도)



왕촌 취수장 전력설비 단선결선도

㉕ 동력제어설비

옥외 23kV 변전소의 변압기(22.9/380~220V) 3φ 150KVA에서 저압으로 강압하여 저압펌프 기동반 및 저압 부하설비에 전원을 공급하고 있다.

동력 제어설비

판넬 명칭	주요 사양	사용 용도	비고
저압펌프 기동반	- MCCB - 부하 기동제어 회로구성	- 취수펌프 전원공급 - 토출밸브 전원공급	- 펌프동
전원 분전함	- MCCB	- 취수장 저압전원공급	- 펌프동

			
수중펌프제어반 외	배수펌프 제어반	취수펌프기동반1	

③ 전기설비 기술검토 및 개량방안

본 취수장은 현재 대청댐 광역상수도 원수를 공급받고 있어 운휴중이다.

전기설비는 정기적인 안전진단에 의한 효율적인 유지관리로 사업장 운영에 문제가 없는 것으로 판단되며, 향후 사업장을 재운전시에는 반드시 전기적인 안전점검을 실시하여 통전할 수 있도록 하여야 하며, 전기설비 개량사업은 고려하지 않는다.

사. 계측제어설비

1) 계측제어설비 검토기준

① 개 요

최근 상수도 생산시설 계획에서 자동화운전 및 현대화가 가속화되고 있는 추세로서 계측제어설비에 대한 기능 및 성능을 기술진단하여 자동운전 및 현대화(자동화) 계획수립이 원활히 이루어지도록 하며 수운용 관리 통합 시스템에 대한 기본계획을 수립 계획하고자 한다.

검 토 기 준

공 종	검 토 항 목	세 부 검 토 사 항	비 고
감시제어 기 능	현 장 조 사	○ 시설현황, 기능 및 시스템에 대한 진단 ○ 시스템별 확장, 개량 및 신설여부 진단 ○ 자동화 정도 및 개선여부 진단	
	기본 기능 검토	○ 운전개요 및 방안 정립	
	기 술 진 단	○ 기능저하요인 분석 ○ 기능회복방안 대책 강구	

<표 계속>

공 종	검 토 항 목	세 부 검 토 사 항	비 고
계측기능	현 장 조 사	○ 유량계, 수위계, 압력계 등	
	기본 기능 검토	○ 계측의 목적 및 적용성 검토 ○ 경제성, 정밀도, 설치조건 및 주위환경 검토	
	기 술 진 단	○ 기능저하요인 분석 ○ 기능회복방안 대책 강구	
현대화 및 자동화	통 합 관 리	○ 기본적인 자동운전 및 DATA 통합적 관리 ○ 효율적인 수운용 관리체계 정립	

2) 옥룡상수도(상수도 통합운영실)

① 개 요

현재 옥룡 정수장의 통합운영실은 현대화 설비를 갖추어, 공주시 전체 상수도 시설에 관한 통합감시를 실시하고 있다. 또한 다음과 같은 기능을 수행하고 있다.

㉠ 각 단위 상수도 시설별 자동화

- 무인화 운영실시
- 시설운영에 따른 업무의 전산화 (수질, 유량, 수위 등)
- 공주시 수도시설의 통합감시제어를 위한 Database Server 구축

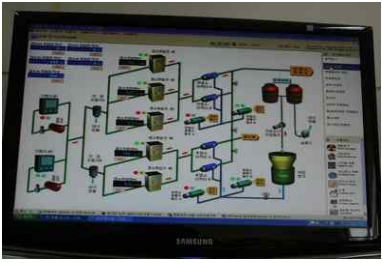
㉡ 각 단위 상수도 시설 무인운영 실시

현재 공주시의 상수도 시설은 무인운영이 많이 진행된 상태에 있다. 따라서 본 수도정비사업에서는 운영방안을 다음과 같이 제시하였다.

- 수도행정 전산화 추진
- GIS 구축에 의한 시설물 관리의 전산화 수립
- 수요량 예측 시스템 구축에 의한 운전 자동화
- 수질관리 및 유지관리 전용 시스템 구축에 의한 안정적인 용수공급 실현 등

㉢ 광역상수도 → 옥룡 정수장 → 배수지, 급수

② 시설 현황

		
통합제어실 - 공주시 전체상수도 시설감시 - 운영자 상주근무	Operator Station - MMI 시스템 구축 - 설치 대수 : 2 Set	CCTV DVR - 시설 현황 및 보안 감시 - 출입문 감시
		
정수장 FEP, DB Server - 각 시설의 Database 저장 - 위치 : 통합제어실	정수장 RTU - RTU#1~5 - TYPE : GM4 시리즈	정수장 수질계측장비 - 원수 및 정수 수질계측장비 - 잔류염소, TB, pH, 온도, 알카리도
		
정수장 수위계 - 초음파식 - 제조사 : MOBREY MUC 900	정수장 유량계 - 유량 Data 감시 - 제조사 : 자인테크놀러지	왕촌취수장 계측제어설비 - RTU, 유량계 - TYPE : GM4 시리즈
		
옥룡취수장 계측제어설비 - 현황 감시 설비 (50")	옥룡취수장 RTU설비 - RTU - TYPE : GM4 시리즈	옥룡취수장 흡수정 수위계 - 초음파식 - 제조사 : Sondar

- 옥룡정수장의 중앙제어실에는 '03년 환경부에서 시행한 『수도시설 운영정보화 시범 사업』에 의해 옥룡상수도의 취수장과 정수장 및 유구상수도의 시설을 감시제어하기 위한 원격감시제어시스템이 구축되어 있으며 주요시설 감시를 위한 원격화상감시설비가 설치되어 있다.
- 원격감시제어시스템은 LG산전의 GLOFA 시리즈 PLC와 PC를 이용한 SCADA 시스템으로서 감시제어소프트웨어로는 감시제어 소프트웨어로는 PANGAEA21을 사용하고 있다.
- 옥룡취수장과 왕촌취수장의 설비 운영 및 상태 감시 데이터는 현장에 설치되어 있는 PLC를 통해 수집되어 전용회선을 통해 옥룡정수장 중앙제어실에 설치되어 있는 FEP로 전송된다. 유구정수장 FEP의 데이터 또한 전용회선을 통해 옥룡정수장 중앙제어실에 설치되어 있는 FEP로 전송된다. 정수장의 설비 운영 및 상태 감시 데이터는 각동에 설치되어 있는 PLC를 통해 수집되어 광케이블 Data 및 무선으로 중앙제어실의 FEP로 전송된다. FEP는 각 PLC로부터 수집한 데이터를 처리하여 MMI를 통해 데이터를 표시하며 DB 서버에 데이터를 저장한다, 정수장에는 WEB 서버가 있어 각 사무실의 PC를 통해서도 설비 운영 및 상태를 감시할 수 있다. 옥룡취수장에서는 인터넷을 이용하여 정수장의 감시제어시스템에서 처리한 데이터를 감시만 할 수 있다.
- 계측제어설비의 전원은 옥룡취수장을 제외하고는 모두 각 시설의 RTU에 설치된 UPS를 통해 공급하고 있으며, 각 계측 설비의 전원 및 신호단에는 대부분 서지보호기가 설치되어 있다.

옥룡취수장 계측제어 설비 목록

구 분	현 황	비 고
취 수 장 RTU	○ PLC : LG산전 GLOFA GM4 ○ 모뎀 : 한국통신 DSU-D 1대 ○ Client : 삼성 Magic Station DM-V60 1대 - OS : 한글 Windows XP - MMI Software : PANGAEA21 ○ ADSL 모뎀 : 한국통신 Neobit 1012VA 1대	1 면
레 벨 게	○ Intelligent Sensor Technologies Sondar 1000 - 집합정 1대 - 서지보호기 · 전원 : 진화전기통신 GSS-I 205A 1대 · 신호 : 진화전기통신 GSS-1SS 1대	1 면
화상감시	○ Digital Hard Disk Recorder : UNIMO UDR-204 1대 ○ CCTV 카메라 : 4대(펌프실내 2, 건물 옥상, 관사옥상)	

왕촌취수장 계측제어 설비 목록

구 분	현 황	비 고
취 수 장 RTU	○ PLC : LG산전 GLOFA GM4 ○ 모뎀 : LG DSU-ALL-LG, LGD-64LCC 1대 ○ UPS : 유피에스뱅크코리아 UBK 1000AP 1KVA 1대	1 면
화상감시	○ Digital Hard Disk Recorder : UNIMO UDR-204 1대 ○ CCTV 카메라 : 2대(외곽, 건물 옥상)	
레 벨 계	○ 기존 집합정 : Solartron MOBREY MCU 900 1EA ○ 국가천 집합정 : Miltronics MiniRanger Plus 1EA	
유 량 계	○ 국가천 : KROHNE UFC 600T 1EA ○ 이송 : 차압식 1대	

옥룡정수장 계측제어 설비 목록

구 분	현 황	비 고
중앙제어실 감시제어설비	○ FEP : 뉴텍전자 1대 - CPU : 인텔 펜티엄Ⅳ 1.8GHz - OS : 한글 Windows XP ○ MMI Software : PANGAEA21 ○ DB Server : Fujitsu Primergy tx 200 1대 - CPU : 인텔 Xone III 2.4GHz - OS : 한글 Windows XP ○ WEB Server : Fujitsu Primergy tx 200 1대 - CPU : 인텔 Xone III 2.4GHz - OS : 한글 Windows XP ○ MMI 서버 : 삼성 Magic Station MV25 2대 - OS : 한글 Windows XP - MMI Software : PANGAEA21 ○ UPS : Fine System MX-2000 5KVA 1대 ○ Hub : 3COM Baseline 10/100 Switch 24 1대 ○ 모뎀 : GARNET GDSU-5645N 3대	1식
화상감시설비	○ Digital Hard Disk Recorder : UNIMO UDR-208 1대 ○ 모뎀 : KT VDSL 모뎀 HVQM-50 1대 ○ CCTV 카메라 : 5EA(출입문, 진입로, 배수지, 침전지, 급속여과지동내)	

<표 계속>

구 분	현 황	비 고
염소투입동 RTU 05	○ PLC : LG산전 GLOFA 시리즈 GM4 ○ UPS : 유피에스뱅크코리아 UBK 1000AP 1KVA 1대 ○ 무선변환기 및 안테나 각 1대 - Lucent Technologies, Ethernet Converter - High Gain Antenna Co, WLL YAGI ANTENNA HG-WIY-13.5	
활성탄접촉조동 RTU 04	○ PLC : LG산전 GLOFA 시리즈 GM4 ○ UPS : 유피에스뱅크코리아 UBK 1000AP 1KVA 1대 ○ 무선변환기 : AVAYA, Ethernet Converter1대 ○ 안테나 2대 - High Gain Antenna Co, WLL YAGI ANTENNA HG-WIY-13.5	
약품주입동 RTU 01	○ PLC : LG산전 GLOFA 시리즈 GM4 ○ UPS : 유피에스뱅크코리아 UBK 1000AP 1KVA 1대 ○ 무선변환기 및 안테나 각 1대 - Lucent Technologies, Ethernet Converter - High Gain Antenna Co, WLL YAGI ANTENNA HG-WIY-13.5	1 면
여과지동 RTU 02	○ PLC : LG산전 GLOFA 시리즈 GM4 ○ UPS : 한강기전(주) COMATCH ESI 302H 3KVA 1대 ○ 무선변환기 및 안테나 각 1대 - Lucent Technologies, Ethernet Converter - High Gain Antenna Co, WLL YAGI ANTENNA HG-WIY-13.5	1 면
활성탄여과지동 RTU 03	○ PLC : LG산전 GLOFA 시리즈 GM4 ○ UPS : 유피에스뱅크코리아 UBK 1000AP 1KVA 1대 ○ 무선변환기 및 안테나 각 1대 - Lucent Technologies, Ethernet Converter - High Gain Antenna Co, WLL YAGI ANTENNA HG-WIY-13.5	1 면
유량계	○ 원수유입 : 자인테크놀러지 System 1010 2EA ○ 배수 : 자인테크놀러지 System 1010 1EA	
수위계	○ 정수지 : Solartron MOBREY MCU 900 2EA ○ Float식 : (주)고려산업 0~5m 2EA	
레 벨 계	○ 초음파식 : Solartron MOBREY MCU 900 - 약품탱크 1대, 여과지 6대, 활성탄여과지 4대, 정수지 2대, ○ Float식 : (주)고려산업 0~5m - 정수지 2대 - 역세척 수조 1대 ○ 역세척수조 : 첨단레벨 LT-200 1대	

수질자동측정장비 보유현황

구 분		모 델 명	제 조 사	수 량
취수장	p H 미 터	Ecosys		1
	수 온 계	Ecosys		1
	탁 도 계	Surface Scatter 6	HACH	1
	N H ₃ - N	Ecosys		1
원 수	p H 미 터	Ecosys		1
	수 온 계	Ecosys		1
	탁 도 계	Surface Scatter 6	HACH	1
	알 카 리 도 계	Ecosys		1
정 수	p H 미 터	Ecosys		1
	탁 도 계	1720D	HACH	1
	잔 류 염 소 계	Ecosys		1

③ 통합운영 시스템 및 종합정보 시스템

㉠ 개 요

통합운영시스템의 구성은 각 단위 정수장별로 그룹화하고 이를 다시 통합운영센터와 연결함으로써 주요 Data(유량, 압력, 수위 및 수질 등)를 운영센터의 Database Server에 기록, 공유하도록 하여 상수도 업무의 각 업무를 결합시켜 신속 정확한 정보 전달로 효율적인 운영과 업무의 효율화가 가능하도록 하는 것이 본 통합운영시스템 구축의 궁극적인 목표이다.

종합정보시스템은 감시제어시스템에서 수집된 운영정보를 DB화하여 승인된 전문기관에 가공, 전송하여 전문가로 하여금 원격진단이 가능하도록 하여 각 시설로부터 데이터를 전송 받아 이를 DB에 저장하고, 인터넷을 통해 전문기관에 필요한 정보를 제공한다. 또한 데이터는 분석에 용이하도록 그래프, 다중 항목 검색, Spread Sheet 파일로의 변환 등 다양한 분석 지원 기능을 제공함으로써 사용자에게 편의를 제공하도록 한다.

㉠ 통합운영 시스템 기능

○ 실시간 통합 감시 및 원격제어 기능

구, 동 단위 상수도 시설을 통합운영 센터에서 원격 감시 및 제어가 가능

○ 광역무선정보 서비스 기능

각 취수장, 정수장, 가압장 및 배수지에서 발생된 알람 경보들이 관련 근무자(또는 유지관리 요원)의 소재지와 관계없이 신속히 전달될 수 있는 광역 무선정보 시스템 (핸드폰, 무선 호출기의 문자서비스 등)

○ Database 기능

각종 과거 Data를 신속히 검색 및 열람할 수 있는 압축보관 관리 시스템

○ 원격 접속기능

관리자가 원격지에서도 통합운영센터에 접속하여 정수장, 취수장 및 가압장 등의 운영현황을 파악할 수 있는 원격 접속시스템

㉡ 종합정보시스템 구성 방향

종합정보시스템은 사용자가 편리한 시스템 구축이 우선적으로 고려되어야 하며 제공된 데이터를 활용하여 정수장 및 상하수도과 관할 시설물들의 운영현황 및 문제점 파악을 통해 향후 개선방향이 도출되어야 하고 또한 공공시설물에 대한 정보가 이동함에 따라 시스템 보안체계가 엄격하게 유지되어야 하며 다음과 같은 사항들이 고려되어야 한다.

○ 데이터 분석의 효율성 도모

- Graphic User Interface 통한 쉬운 사용
- 다양한 Graph와 도표 제공으로 직관적인 자료의 이해
- 시각적 효과에 의한 효율적 정보 전달
- 정렬, 필터링 등 부가적 분석 지원 기능 제공

○ 편리한 데이터 제공

- 검색 화면에서 DB의 모든 데이터 저장 및 선택적 조회 가능
- 조회된 데이터는 화면에 보이는 그대로 Spread Sheet 파일로 변환, 저장
- 자료의 성격에 따라 시간 단위 또는 일 단위로 HMI로부터 DB에 저장

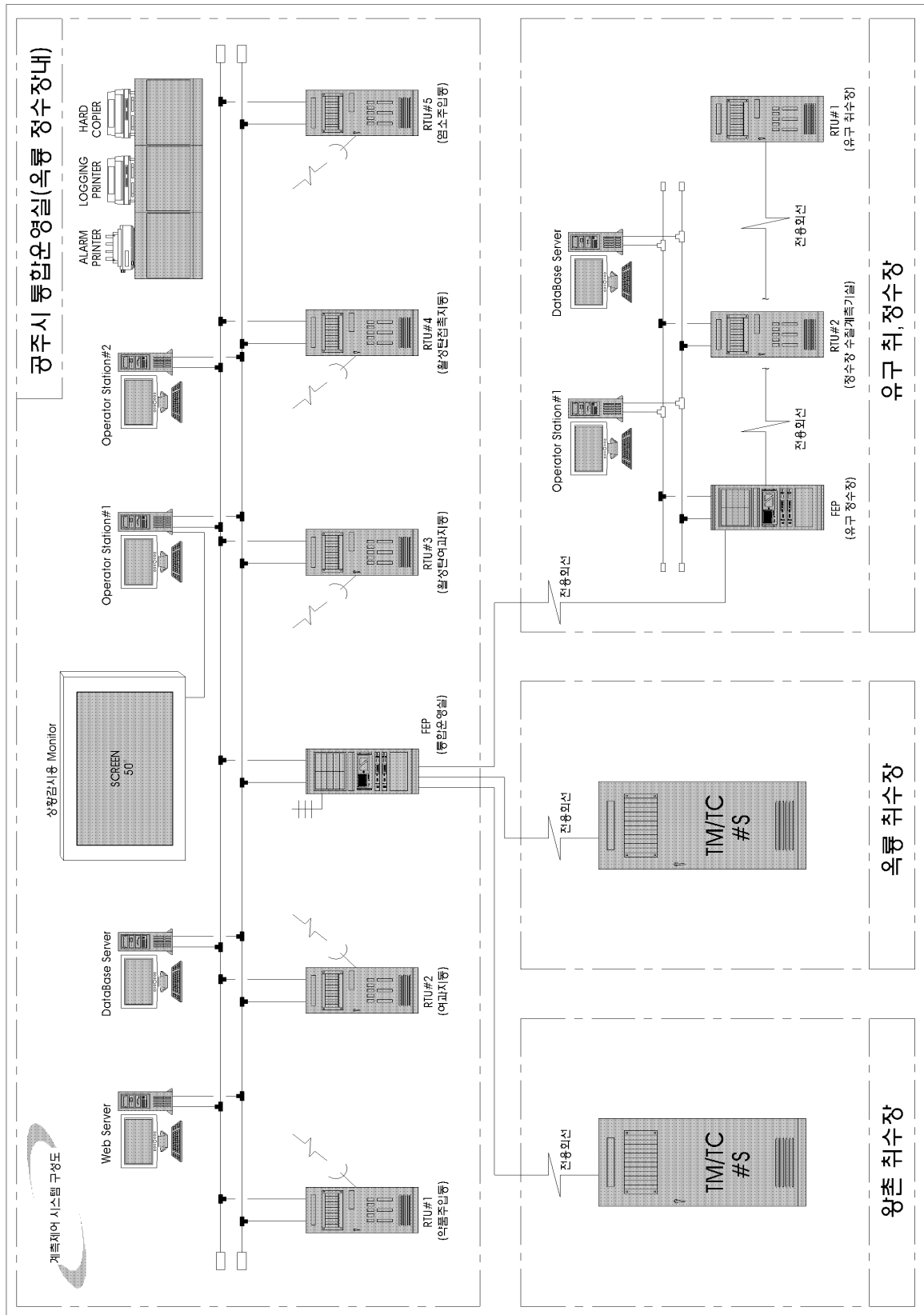
○ 자료의 신뢰성 및 안정성 도모

- HMI 장비와 DB의 이중화된 데이터관리에서 발생할 수 있는 자료의 정합성과 신뢰성
- 데이터 처리 및 이동 과정의 안전성
- 데이터량이나 네트워크 환경을 고려한 적절한 이동 및 처리 방식 선정

○ 시스템 보안체계 구축

- 사용자의 로그인 등을 통해 허가된 기관과 사용자만이 접근 가능
- 사용자 및 사용자 그룹에 따른 선별적 메뉴 제공

④ 전체 구성도



⑤ 문제점 및 개선사항

㉠ 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, 설비의 PLC 데이터를 원격감시제어시스템에 인터페이스 하도록 한다.

㉡ 계측기기 설비

계측기기 유지관리가 양호하여 특별히 보완하여야 할 사항이 없다.

⑥ 시설개량 사업비

시설개량 사업비

(단위 : 천원)

구 분	주요 내용	수 량	단 위	단 가	합 계	시행단계
시스템	자동운전 프로그램 보완	1	식	20,000	20,000	2단계
소 계					20,000	

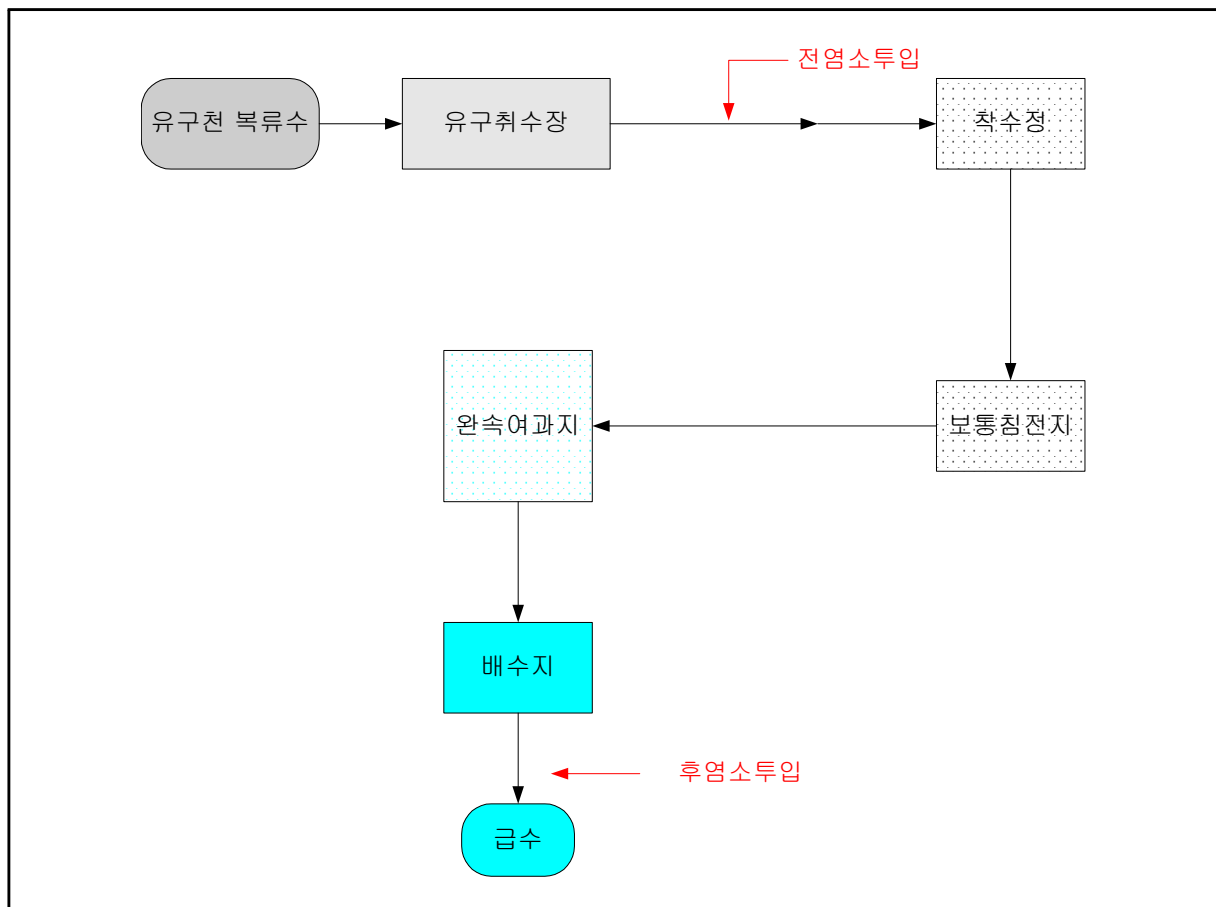
5.3.2 유구정수장

가. 일반현황

공주시 유구읍 석남리에 위치한 유구정수장은 1984년 12월 생산능력 2,500㎥/일로 가동을 시작했으며 현재 시설경과년수가 약 25년 정도로 시설이 매우 노후화되었고 정수처리과정 또한 완속여과방식으로 운영중으로 현재까지는 수질의 문제 없이 운영이 되고 있으나 향후 수질저하에 따른 대처가 곤란한 정수처리 방식이다.

따라서 본 계획에서는 향후 취수원의 수량 및 수질적 문제에 대해 대응하기 위한 방안으로 원수확보 및 고도화 도입에 따른 예산조달의 부담 등을 상쇄시키기 위해 본 계획에서는 3단계부터 유구 취·정수시설을 폐쇄하고 공주정수장으로부터 정수를 공급받는 것으로 계획하였다.

따라서 본 유구정수장의 시설개량계획은 본계획 1, 2단계 목표연도까지 시설개량이 시급한 시설에 한해서 반영하는 것으로 계획하였다.

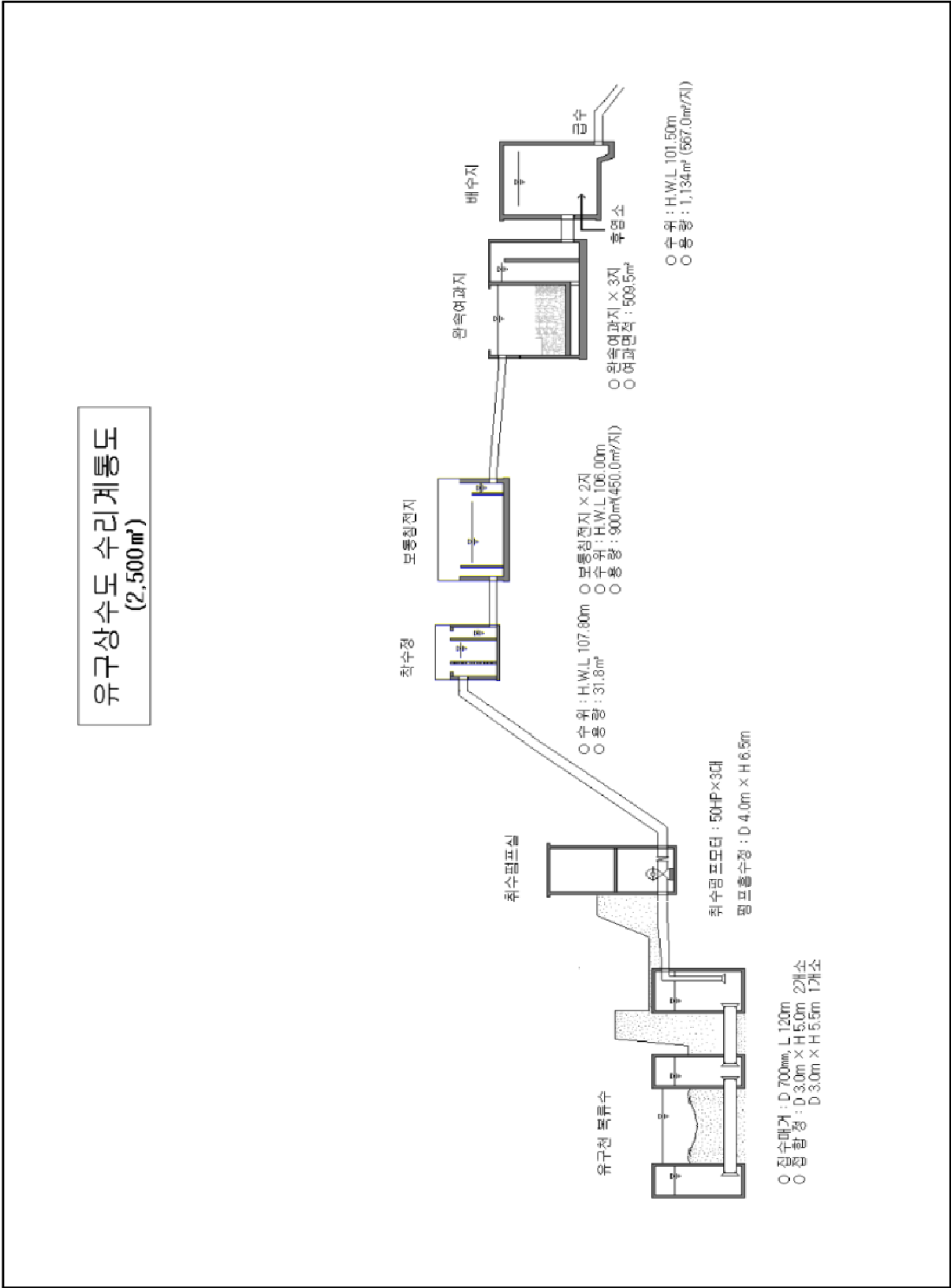




유구정수장 수처리 공정도

정수시설 시설현황

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



유구상수도 수리계통도

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	
	급수 유량계	전자식(250)	1	

관리시설 및 실험기기 현황

실 험 기 기	비 고
pH meter, 탁도계, 잔류염소비색계	

나. 공정별 설계의 적정성 평가

각 단위공정별 설계 처리능력과 주요 설계조건에 대한 적정성 여부를 분석한 결과는 다음과 같다. 본 분석에 사용된 주요 평가인자인 체류시간(Hydraulic Detention Time, HDT), 표면부하율 및 여과속도(Filtering Rate)는 실제 측정값이 아닌 설계 및 이론값으로서, 당초 설계조건 하에서의 처리능력의 적정성 판단을 위해 적용하였고 현재 시설 가동의 적정성을 평가하기 위해 설계수량, 일최대수량에 대하여 검토하였다.

○ 검토대상 수량

- 설계수량(Qd) : 2,500m³/d(운영 중인 시설용량)
- 일최대수량(Qp) : 4,481m³/d('05년 1월~ '07년 10월 유량자료)
- 일평균수량(Qc) : 2,781m³/d('05년 1월~ '07년 10월 유량자료)

○ 공정별 수리학적 설계인자 검토결과

구 분	수리조건 계산 값			시설기준	비 고
	시설용량	일최대유량	일평균유량		
착 수 정	18.3분	10.2분	16.5분	1.5분 이상	체류시간
보통침전지	8.33m/d	14.94m/d	9.27m/d	7.2~14.4m/d	표면부하율
완속여과지	5.44m/d	9.75m/d	6.05m/d	4~5m/d(최대8)	여과속도
배 수 지	10.9시간	6.1시간	9.8시간	12시간 이상	체류시간

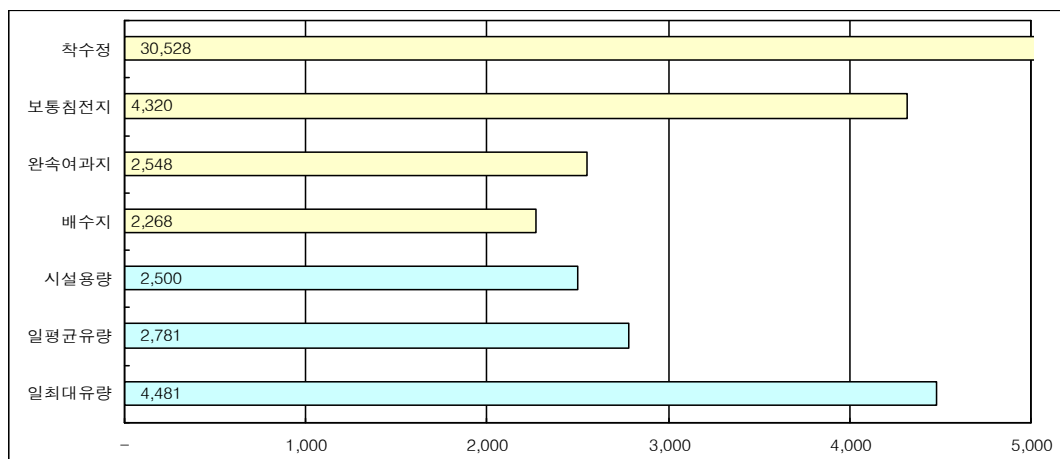
각 공정별 수리인자에 대한 평가 결과 배수지를 제외하고는 대부분의 공정에서의 수리인자가 시설기준의 권고치를 만족하고 있다. 배수지의 체류시간은 시설용량 기준으로 상수도시설기준에 약간 미달하나 현재 운영상에는 문제가 없는 것으로 판단된다. 그러나 시설용량을 초과하여 운영할 경우에는 여과속도와 배수지 체류시간이 부족하게 되므로, 안정적인 용수공급을 위해서는 장기적으로 용수 수요 증가를 고려하여 시설확장을 검토하도록 한다.

다. 최대 처리가능 유량평가

“상수도시설기준” 에서 제시하고 있는 Guide line을 적용하여 각 공정별 최대 처리가능 유량을 검토하였다.

공정별 최대 처리 가능수량

구 분	최대처리가능수량 (m ³ /d)	산 출 식	시설기준	비 고
착 수 정	30,528	$Q = V/T_c$	1.5분 이상	체류시간
보통침전지	4,320	$Q = SOR \times A$	7.2~14.4m/d	표면부하율
완속여과지	2,548	$Q = V \times A$	5m/d	여과속도
배 수 지	2,268	$Q = V/T_c$	12시간 이상	체류시간



유구상수도 최대처리가능수량

정수장의 설계 및 운전조건을 토대로 공정별 최대 처리 가능수량을 체류시간, 여과속도 등으로 수량적인 측면에서 평가한 결과, 착수정은 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.

라. 공정별 세부진단

1) 착수정

① 시설현황

도시시설에서 유입되는 상수원수의 수위안정, 유량측정 및 후속공정으로의 분배기능을 갖고 있는 착수정은 RC조 1지로 구성되어 있다.

착수정 세부시설현황

구 분		현 황	비 고
착 수 정	구 조	○ RC조	
	규 격	○ W2.0m× Le5.3m× He3.0m× 1지	
	용 량	○ 31.8m³	
	기 타	○ 정류벽 : 정류공, ○ 위어 : 삼각 위어(눈금자 미설치) ○ By-pass관 설치	



착수정



원수유입밸브

- 취수장에서 취수한 원수는 D 200 mm 도수관을 통하여 착수정으로 유입되고 있으며, 원수유량계는 취수장에 설치되어 있다.
- 착수정 유출부는 삼각위어 구조로 설치되어 있으나, 원수유량을 개략적으로 측정할 수 있는 눈금자는 설치되어 있지 않다.

② 기능 진단

본 공정의 성능을 평가하기 위하여 수리학적 설계인자 검토와 착수정의 기능평가를 실시하였다.

㉠ 수리학적 설계인자 검토

설계수량과 일최대 유량을 기준으로 착수정의 체류시간을 검토한 결과 시설기준을 만족하고 있다.

착수정 체류시간 검토

구 분		수리조건 계산 값			비 고
		시설용량	일최대유량	일평균유량	
검토수량(m³/d)		2,500	2,781	4,481	용량 31.8 m³
체류시간(분)	착 수 정	18.3	16.5	10.2	1.5분 이상

㉡ 착수정 기능 평가

지내 수위를 안정시키고 유량의 급격한 변화에 대처하기 위한 정류벽 등이 적정하게 시설되어 있으며, 월류관 등 “상수도시설기준” 에서 제시하는 부대 시설이 비교적 적절히 구비되어 있다.

㉢ 삼각위어를 통한 유량계측

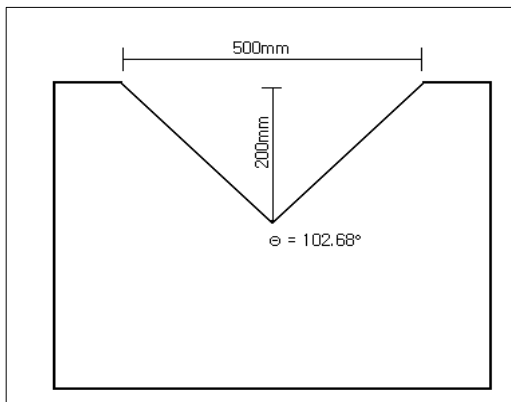
유량 계측설비인 삼각위어가 설치되어 있으나, 눈금자가 설치되어 있지 않아 유량을 측정하기 어려우며 또한 실측 결과 삼각위어의 θ 값은 102.68° 로 평가되어, 일반적으로 사용하는 90° 삼각위어 유량값을 적용할 수 없다.

$$b = 2h \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) \text{에서}$$

$b = 500\text{mm}$, $h = 200\text{mm}$ 를 적용하면

$$\theta / 2 = 51.34^\circ$$

$$\therefore \theta = 102.68^\circ$$



삼각위어 개략도



착수정 삼각위어

○ 삼각위어를 활용한 원수 유입량 산정

Stickland 공식 적용

$$Q = \frac{8}{15} C \sqrt{2g} h^{5/2}$$

h : 월류수심(m)

삼각위어(102.68°) 수심-유량 조건표

위어수심 (mm)	유량 (m³/d)	위어수심 (mm)	유량 (m³/d)
150	1,333	185	2,252
155	1,447	190	2,408
160	1,567	195	2,569
165	1,692	200	2,727
170	1,823	205	2,911
175	1,960	210	3,092
180	2,103	215	3,279
185	2,252	205	2,911

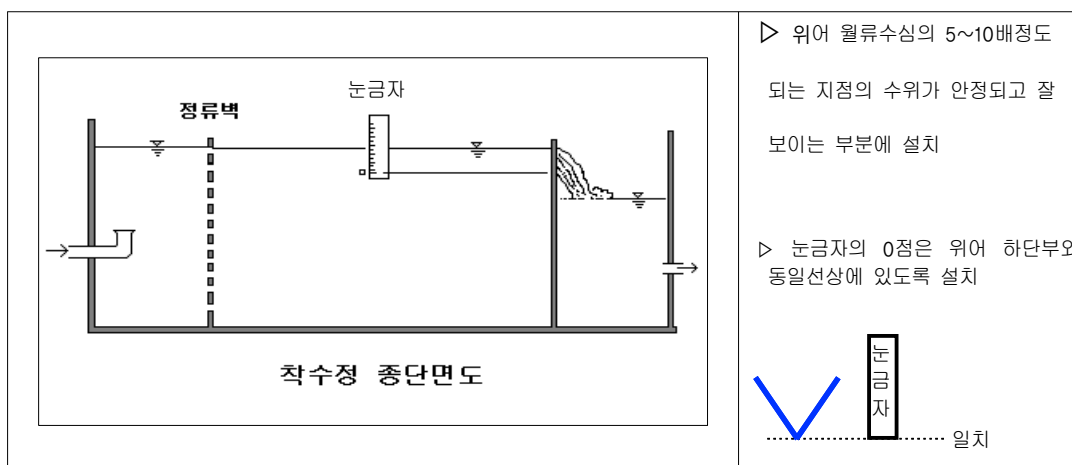
③ 개선방안

㉠ 눈금자 및 유량환산표 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.



착수정 눈금자 설치요령

2) 보통침전지

① 시설현황

보통침전지는 완속여과지의 전처리로서 응집제를 주입하지 않은 원수 및 혼화응집공정을 거치지 않는 원수를 자유침강에 의하여 현탁물질을 분리하고 완속여과지에 걸리는 부하를 경감하기 위하여 설치하는 것이 목적이다.

보통침전지 시설현황

구 분		현 황	비 고
착 수 정	구 조	○ RC조	
	규 격	○ B 5.0 m × L 30.0 m × H 3.0 m × 2지	
	용 량	○ 900 m ³ (450.0 m ³ /지)	
	기 타	○ 유입부 분산벽 : 정류공(전면설치) - 정류공 : 13× 9 = 117개(D100 mm) ○ 중간 정류벽 : 정류공(전면설치) - 정류공 : 13× 10 = 130개(D100 mm) ○ 유출위어 : 트러프 ○ 위어 길이 : 16.4 m (8.2 m/지) ○ 위어부면적 : 8 m× 1.1 m = 8.8 m ² /지	
		○ 살수설비 : 살수펌프모터 × 1대 40 ℓ /min, 220 V, 801 W, 흡상 : 8 m, 압상 : 29 m 한일우물펌프, '01. 2	



보통침전지



침전지 유입부



침전지 전경

- 침전지는 횡류식 장방형 침전지 2지로 구성되어 있으며 하절기는 월 1회, 동절기는 2개월에 1회 침전지 전체를 비우고 청소를 실시하고 있다.
- 침전지 상단에는 자흡식원심 펌프와 PVC 관을 결합시켜 살수설비로 사용하고 있다.
- 유입부 및 중간부에 전단면 유공정류벽이, 유출부에는 격자형 트러프가 설치되어 있다.

② 기능 진단

㉠ 수리학적 검토

표면부하율, 체류시간 및 평균유속 등 대부분의 수리학적 설계인자 항목이 설계 및 사용수량 조건에서 시설기준의 권고치를 만족하고 있는 것으로 나타났으며, 운영관리상 특별한 문제점은 없는 것으로 조사되었다.

보통침전지 수리 검토

구 분	검 토 수 량			시설기준
	설계수량	평균유량	일최대유량	
검토수량(m^3/d)	2,500	2,781	4,481	
체류시간(h)	8.6	7.8	4.8	8시간
표면부하율(mm/min)	5.78	6.44	10.38	5 ~ 10 mm/min
평균유속(cm/min)	6	6	10	30 cm/min 이하
월류부하율($\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{d}$)	152.4	169.6	273.2	350 ~ 400 $\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{d}$

㉡ 유출 트러프 구조

침전지 유출 트러프는 격자형 트러프로 구성되어 있으나 위어식 또는 오리피스식을 설치하여 지내의 수류흐름을 흐트러뜨리지 않으면서 유출시킬 수 있도록 해야 한다. 그러나 유구상수도 시설의 경우 위어식 또는 오리피스식의 트러프가 설치되어 있지 않아 지내수류에 영향을 줄 수 있을 것으로 판단된다.



격자형 트러프

㉔ 침전효율 평가

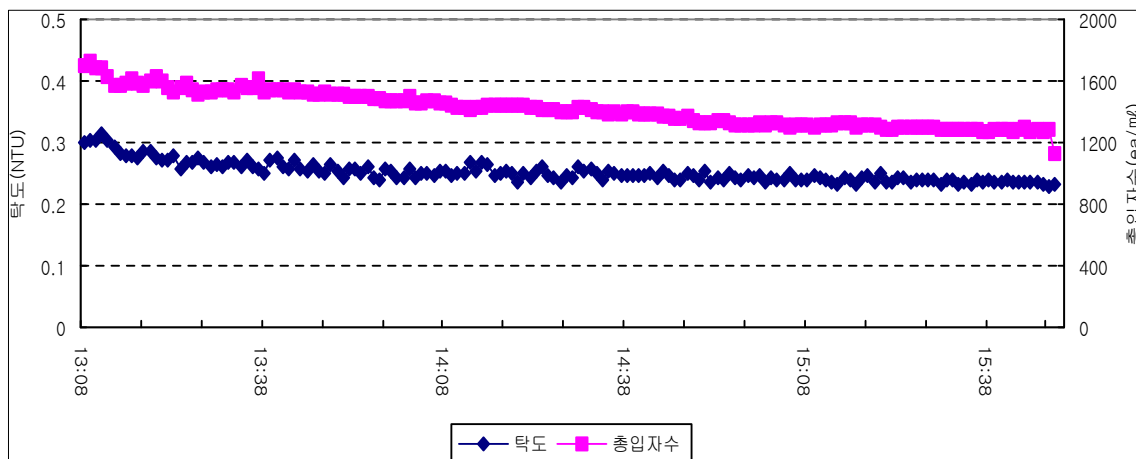
기술진단시 유입원수의 탁도는 0.31 ~ 0.38NTU의 범위로 양호한 수질의 원수가 유입되었으며 이때 침전지 유출수의 탁도는 0.3 ~ 0.4NTU 범위로 원수 유입 탁도와 비슷한 경향을 보였다

원수 대비 침전수 탁질제거율(%)

구 분	탁 도(NTU)		시설기준
	원 수	침전수	
'07.10.04	0.31	0.30	
'07.12.04	0.38	0.40	

㉕ 침전지 유출수 탁도 및 입자수

침전지 유출수 탁도에 대하여 분석(07. 12. 05 13:00 ~ 16:00)한 결과는 다음과 같다. 탁도는 0.23 ~ 0.31NTU 범위로 평균 0.25NTU로 나타났으며, 입자수는 1,130 ~ 1,730ea/ml의 범위로 평균 1,420ea/ml를 나타내고 있다.



침전수 탁도 및 입자수 변화

③ 개선방안

㉑ 유출 트러프 설치

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



위어식 및 오리피스식 트러프 설치 예 (우측 : 옥룡정수장)

3) 완속여과지

① 현황조사

완속여과지는 비교적 세립자의 모래층에 4~5m/d의 여과속도로 원수를 통과시켜 모래층과 모래층 표면에 증식한 미생물군에 의해 수중의 불순물을 포착하여 산화분해하는 공정으로서 완속여과지의 주된 정화 Mechanism은 “생물여과막”에 의한 것으로 스크린 작용, 흡착 작용, 생물화학적 작용을 포함하고 있다.

유구상수도의 완속여과지는 장방형 RC조 3지로 구성되어 있으며, 세부시설 현황은 다음과 같다.

완속여과지 세부현황

구 분	현 황	비 고
규 격	○ D 10.7 m × H 16.2 m × 3지(a) - 유입부(b) : B1.44m × L1.1m × 3지 (유입구조물) - 배수구(c) : B1.6m × L1.2m × 3지	
총여과면적	○ 509.5 m ² (a-b-c)	

○ 완속여과지는 총 3지중 2지를 운영하고 있으며, 여과지 유입부에는 세굴방지용 블록이 설치되어 있고, 여과상 수위는 1.0 ~ 1.1m의 범위로 운영하고 있다.

○ 여름에는 15일~20일, 겨울에는 1개월에 1회씩 여과사 삭취 (표층에서 약 0.5 ~ 1cm 정도)를 실시하고 있으며, 조류 성장을 억제하기 위하여 '07년 11월에 여과지 1지에 조류차광막 설비를 설치하였다.

- 여과지 청소 등 여과 정지 후에는 재 가동시에 역송을 실시하여 여과사층 내부의 잔류공기를 제거하여야 하나 역송설비가 없어 역송은 실시하지 못하고, 여과사층내 잔류공기를 최소화하기 위하여 원수 유입 시 유입속도를 줄여 운영하고 있다.



완속여과지



완속여과지 내부



완속여과지 내부

② 기능 진단

본 공정의 성능을 평가하기 위하여 수리학적 설계인자(여과속도) 검토와 온라인 탁도계를 이용 실시간 탁도 측정에 의한 여과지 성능평가, 여과지 구조평가, 여층 구성 및 상태 평가를 실시하였으며 그 결과는 다음과 같다

㉠ 여과속도 검토

완속여과지는 여과속도가 너무 빠르면 여과층 전체가 빨리 악화되어 탁질이 누출되고 높은 손실수두가 발생하여 여과지속일수가 단축되며, 여과속도가 낮을수록 여과기능이 우수하게 발휘된다. 이러한 이유와 경제성을 포함하여 “상수도시설기준”에서는 일반 표류수에 대해 4~5m/d, 원수수질이 양호한 경우 빠르게 할 수 있으나 한계속도를 8m/d 이하로 권고하고 있다.

유구상수도의 경우 2지를 사용하는 경우에는 표준여과속도 범위를 초과하고 있으며 일 최대유량시에는 여과지 한계속도를 초과하는 것으로 조사되었다. 그러나 하절기를 제외하고는 원수 유입탁도가 2NTU 이하로 양호한 원수가 유입되고 있어 평상시 탁도에 는 2지를 사용하고 하절기 집중강우 후 탁도가 높은 원수가 유입될 경우 여과지 3지 전체를 사용할 것을 권장한다.

여과속도 검토

구 분		검 토 결 과			비 고
		설계유량	평균유량	일최대유량	
검토수량(㎥/d)		2,500	2,781	4,481	시설기준 4~5m/d
여과속도 (m/d)	3지 운영	4.9	5.5	8.8	
	2지 운영	7.4	8.2	13.2	
	1지 운영	14.7	16.4	26.4	

㉠ 여과지 구조 평가

본 절에서는 여과지의 여과수량을 설정하고 여과속도를 조절하는 기능을 수행하는 조절정에 대한 구조, 여과지 부수두 발생 요인인 여층과 조절정 위어간의 레벨조사 실시와 각 지별 여과지 여층조성에 대한 평가를 실시하였다.

㉡ 여과조절정

조절정은 각기 다른 여과조건 하에서 독립적으로 여과지를 운영할 수 있도록 설치되며 여과수량을 조절하고 여과속도를 항상 일정하게 유지하기 위하여 유량조절 장치와 밸브류 및 관류 등을 설치한다.

조절정 내 위어 및 여과수 유입·유출밸브, 드레인 밸브 등 부대설비가 설치되어 있으나 여과지 역송을 위한 밸브는 설치되어 있지 않다.



여과 조절정

⑥ 조절정 위어 및 여과지 월류관

“상수도시설기준”에서는 여과수의 수위(유출수위)를 모래층의 표면 이상으로 유지시킬 것을 권고하고 있다. 이는 모래층 내에 부(-)수두가 발생하여 수중의 공기가 유리되는 현상(Air Binding)을 방지하기 위한 것이다. 여층 내 공기가 유리되면 공기층으로 인한 여과장애 발생 및 이로 인한 여과지속시간의 단축 등의 문제를 야기한다. 여과지 #2, #3지의 드레인 구조물 상단을 기준으로 조절정 위어와의 레벨차이를 측정한 결과, 월류 위어가 유출부보다 각각 48cm, 39cm 상단에 위치하여 모래층 내 부(-)수두 발생우려가 없는 것으로 조사되었다.

아울러 “상수도시설기준”에서는 완속여과지의 월류관 높이를 여과지 구조물 상단에서 30 cm 정도를 권고하고 있다.

현재 드레인부 구조물 상단에서 월류관까지의 높이가 약 166 ~ 171 cm이며, 월류관 상단에서 구조물 상단까지가 약 58 ~ 60 cm 정도로 나타나 충분한 여유고를 두고 있어 구조상 양호한 것으로 조사되었다.

조절정 월류위어 및 월류관 레벨

(단위 : cm)

구 분	월류위어와 유출부의 차이	여유고
# 2지	48	58
# 3지	39	60

㉔ 역송

오사 삭취작업을 완료한 다음 지 내에 원수를 유입시키기 전에 다른 여과지의 여과수를 조절정을 경유하여 역송시킨다. 이것은 모래층 하부에 형성된 공기를 서서히 배제하여 여과장애가 발생하지 않도록 하기 위한 방법이다. 역송시킨 물이 모래면상 10 cm 정도가 충전되었을 때 역송을 중지하고 원수밸브를 열어서 원수를 서서히 유입시킨다. 조절정 내 각종 부대설비는 적정하게 설치되어 있지만 인접한 여과지의 여과수를 이용하여 역송장치를 이용하여야 하나 인접한 여과지와 배관이 연결되어 있지 않아 역송이 어렵다.

㉕ 여층 상태 평가

㉕ 여층 두께

각 여과지에 대하여 여과사 포설 두께를 조사한 결과는 다음과 같다.

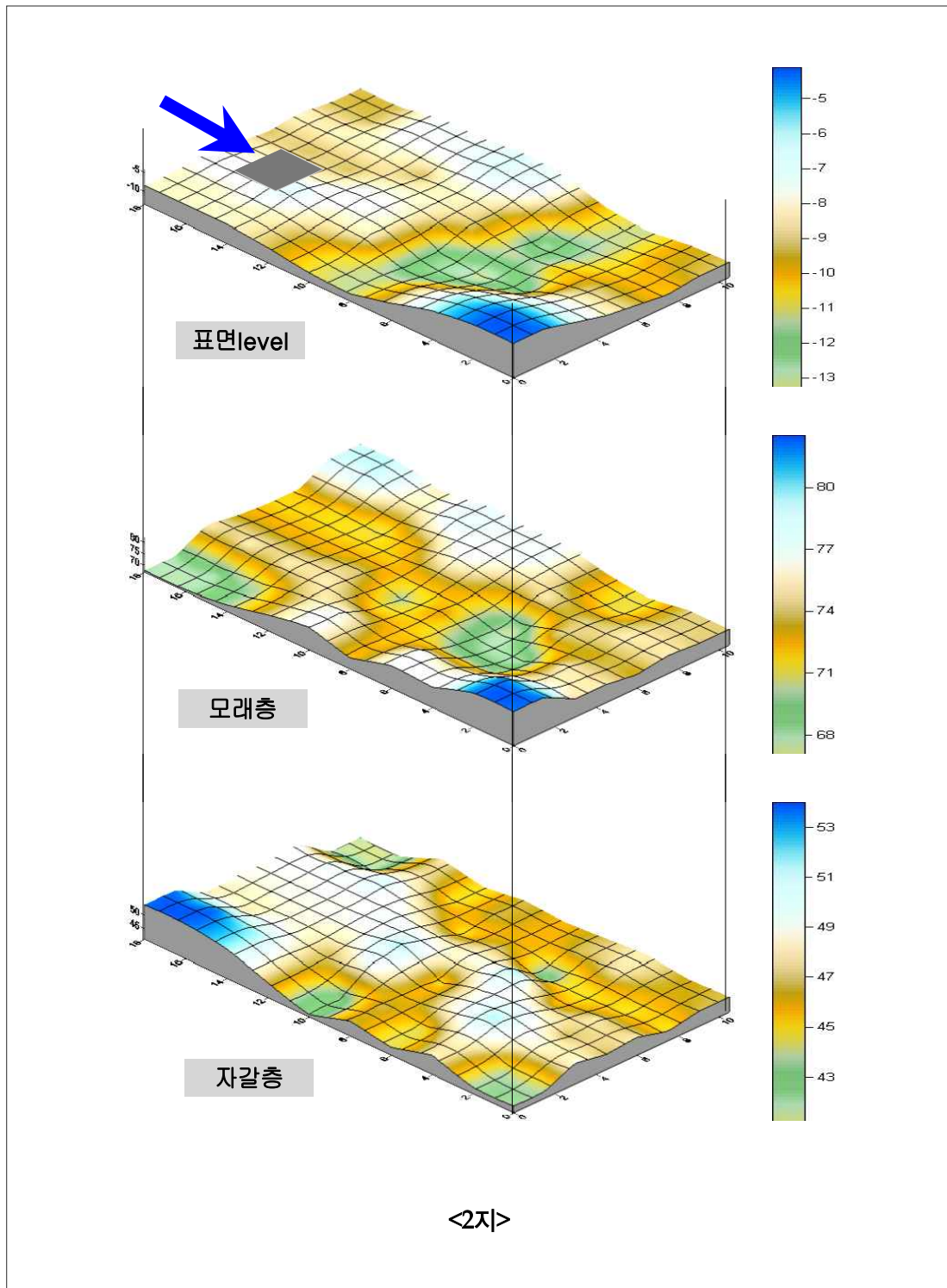
여과지별 사층 두께 측정결과 요약

(단위 : cm)

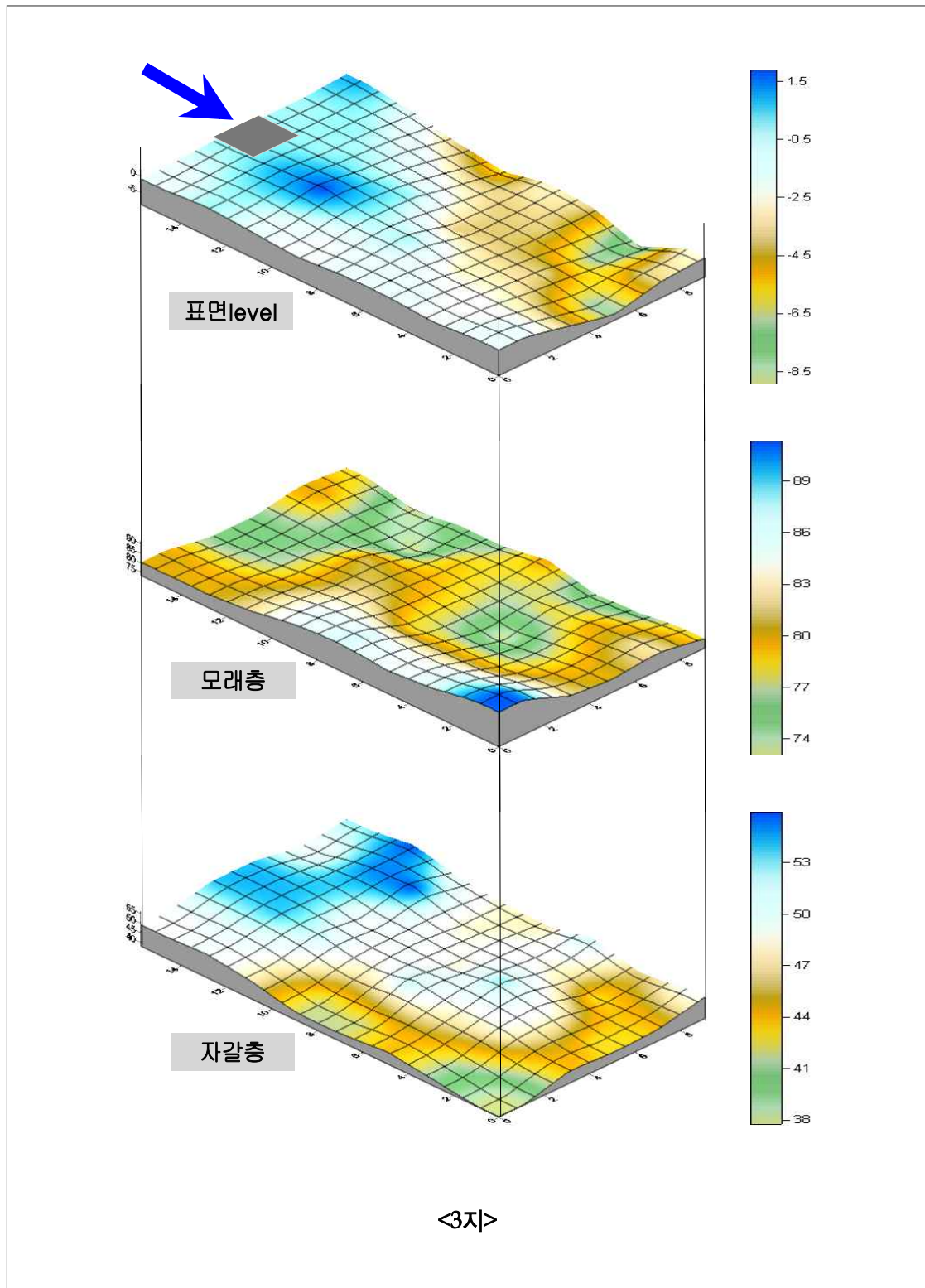
구 분	2지	3지
조사지점	48개	40개
최 대	82	91
최 소	67	73
평 균	74	80

완속여과는 탁질제거 측면에서 표면여과이나 여층 내부에서 용해성물질을 제거하는 기능을 가지고 있고, 또한 여과수 수질의 안전성을 확보하기 위해 일정두께 이상의 여층 확보가 필요하다. “상수도시설기준”에서는 그 한계를 40cm로 제시하고 있으며, 일반적으로 70~90cm를 유지하고 있다.

각 여과지별 표면 상태와 여과사의 두께 및 자갈층의 두께를 3차원으로 모식한 결과, #2지와 #3지는 각 지별로 조금씩은 상이하나 원수 유입 유출 지점에 비해 중간 지점의 여과사의 두께가 얇은 것으로 나타났다. 여층 두께는 전체 여과지가 전반적으로 시설기준이 제시하는 70 ~ 90 cm를 유지하고 있다. 하지만, 추후 여재 교체 또는 삭취 후에는 균등포설에 주의를 기울일 필요가 있다.



#2지 여과지 여층상태 모식도



#3지 여과지 여층상태 모식도

⑥ 여재 입도분포

여과사의 입도분석을 위하여 각 여과지 층별로 여재 시료를 채취하여 여과사 입도를 분석하였다.



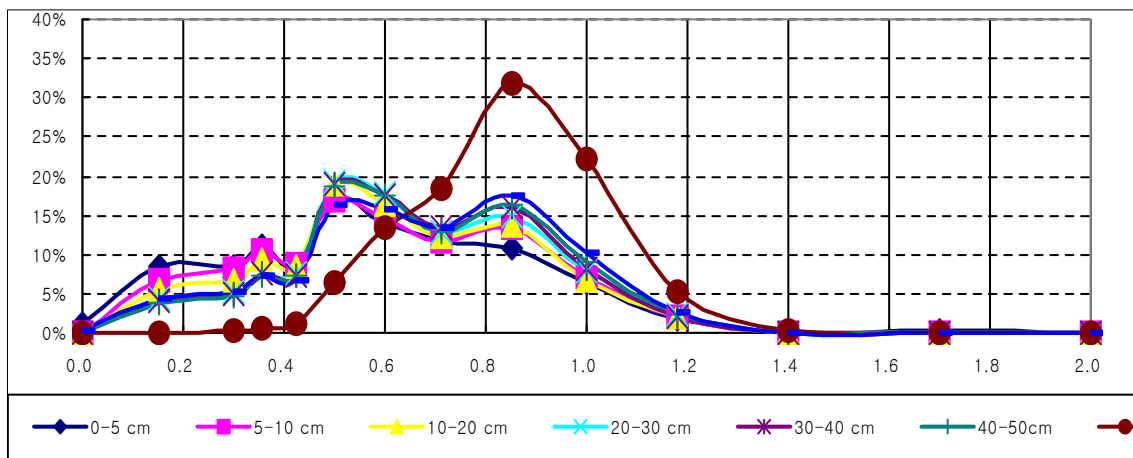
여과사 채취

여재 입도 분포

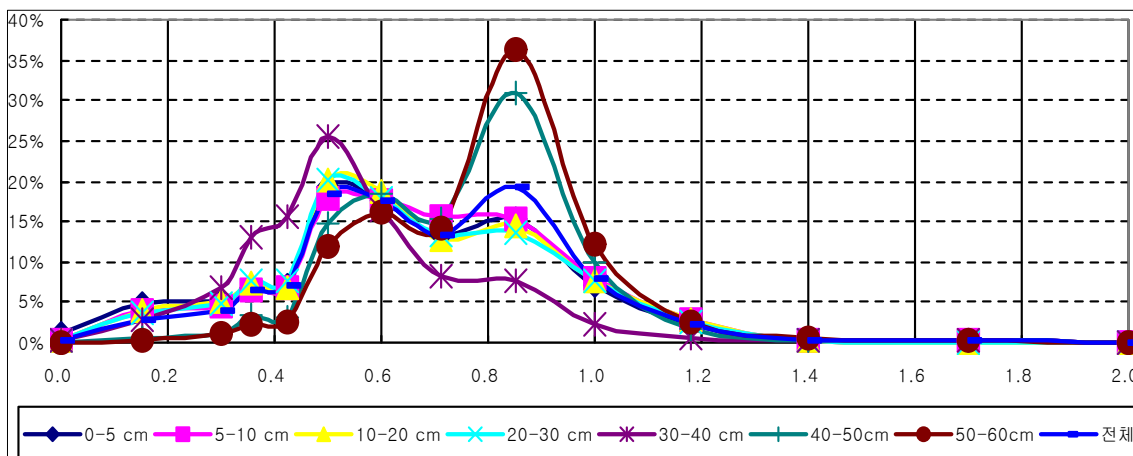
구 분		최대경	최소경	유효경(d10)	60% 통과경	균등계수
2지	0-5	1.34	0.15	0.30	0.64	2.11
	5-10	1.30	0.17	0.32	0.67	2.06
	10-20	1.31	0.18	0.34	0.67	1.99
	20-30	1.32	0.18	0.36	0.70	1.94
	30-40	1.31	0.18	0.36	0.71	1.98
	40-50	1.33	0.19	0.37	0.72	1.95
	50-60	1.37	0.41	0.61	0.94	1.55
	전 체	1.34	0.18	0.36	0.75	2.10
3지	0-5	1.34	0.14	0.35	0.70	2.02
	5-10	1.36	0.17	0.37	0.73	1.99
	10-20	1.34	0.18	0.36	0.70	1.93
	20-30	1.34	0.18	0.36	0.69	1.91
	30-40	1.22	0.18	0.36	0.58	1.62
	40-50	1.33	0.32	0.51	0.86	1.69
	50-60	1.37	0.34	0.53	0.90	1.68
	전체	1.35	0.18	0.38	0.74	1.94
시 설 기 준		2mm이하	0.18mm이상	0.3 ~ 0.45mm	-	2.00이하

여과사에 대한 입도분석 결과, 대부분의 여과지에서 최소경은 표층부에는 기준치인 0.18 mm보다 적은 입경의 여과사가 일부 존재하나 전체적으로 만족하는 것으로 나타났다. 여재의 유효경은 저층부에서 기준치인 0.30 ~ 0.45 mm보다 굵은 입경의 여과사가 존재하나 전체적으로 만족하는 것으로 나타났다. 균등계수는 기준치인 2.0이하에 거의 근접하나 여층 깊이에 따라 다소 차이가 있는 것으로 나타났다.

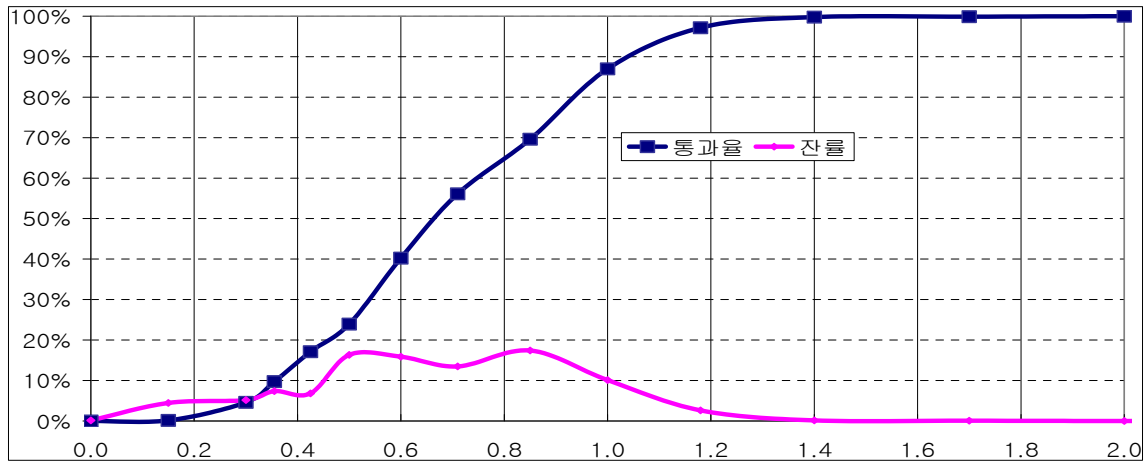
특히 #2지의 경우, 저층부 (50cm 이하)에서는 다음과 같이 50cm 이상의 여과층과 50cm 이하의 여재층이 층분리가 일어나 있는 것을 알 수 있다. 근무자와의 인터뷰 결과, 과거 건설당시 급속여과지 여과사를 포설하여 전체 여과지 중 상층부에서 50 cm 정도는 삭취 후 적정 여과사를 포설하였고 약 50cm 이후 여과사층은 그대로 사용하여 층분리가 일어난 것으로 추정된다.



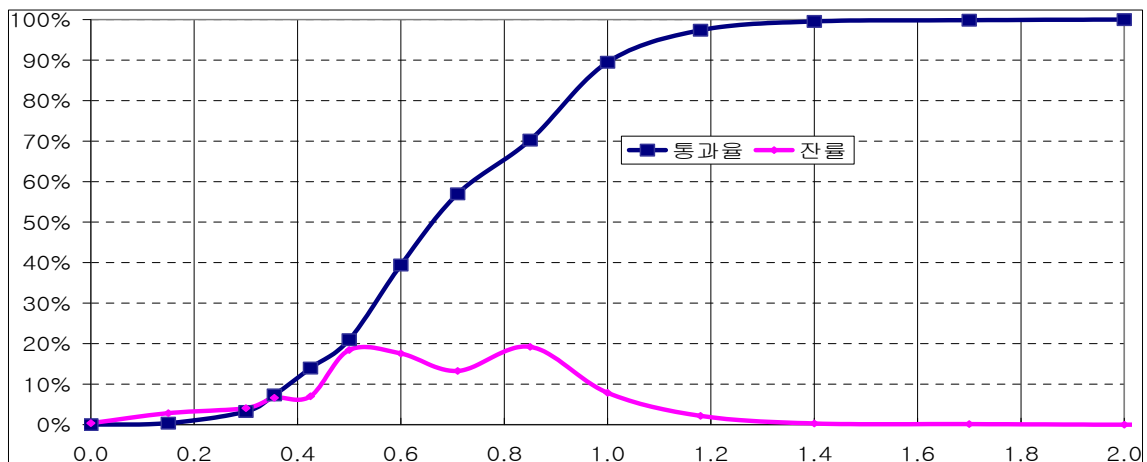
여과사층별 통과율 (#2지)



여과사층별 통과율 (#3지)



#2지 전체 여과사 통과율 및 잔률

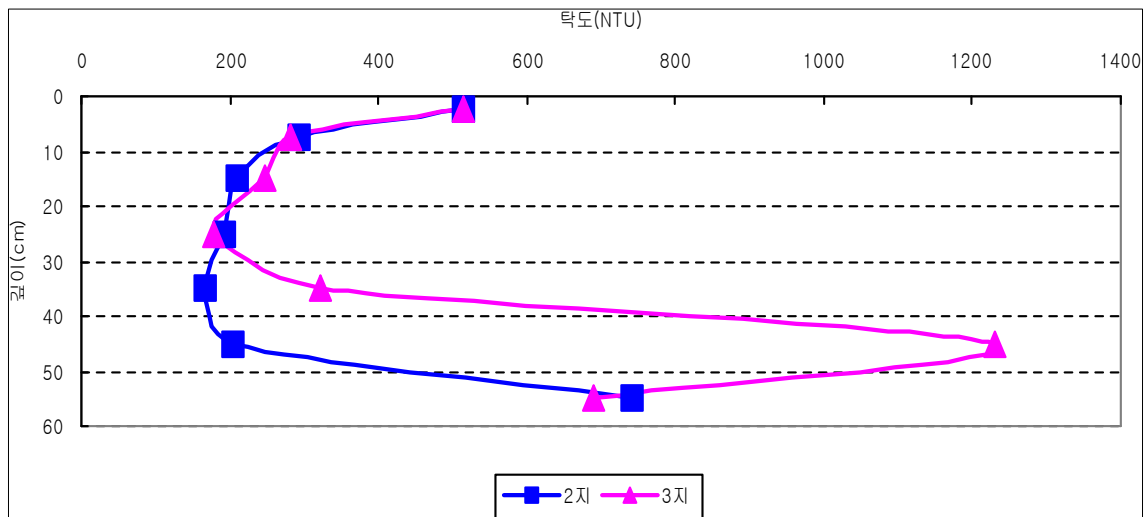


#3지 전체 여과사 통과율 및 잔률

© 탁질억류량

여층 깊이별 세척탁도 조사를 통해 층별 탁질 분포를 조사한 결과는 다음과 같다. #2지는 표층으로부터 10 cm까지는 오염이 진행된 것으로 판단되며 10 ~ 50 cm까지는 200 NTU 이내로 양호하나 50 cm 이하부터는 743 NTU로 저층부의 오염이 심각한 것으로 조사되었다.

#3지도 #2지와 비슷한 탁질억류량 분포를 갖고 있으며 특히 30cm 이하부터는 탁질 억류량이 최대 1230 NTU로 나타나 저층부까지 탁질이 침투하여 상당히 오염된 것을 알 수 있다.



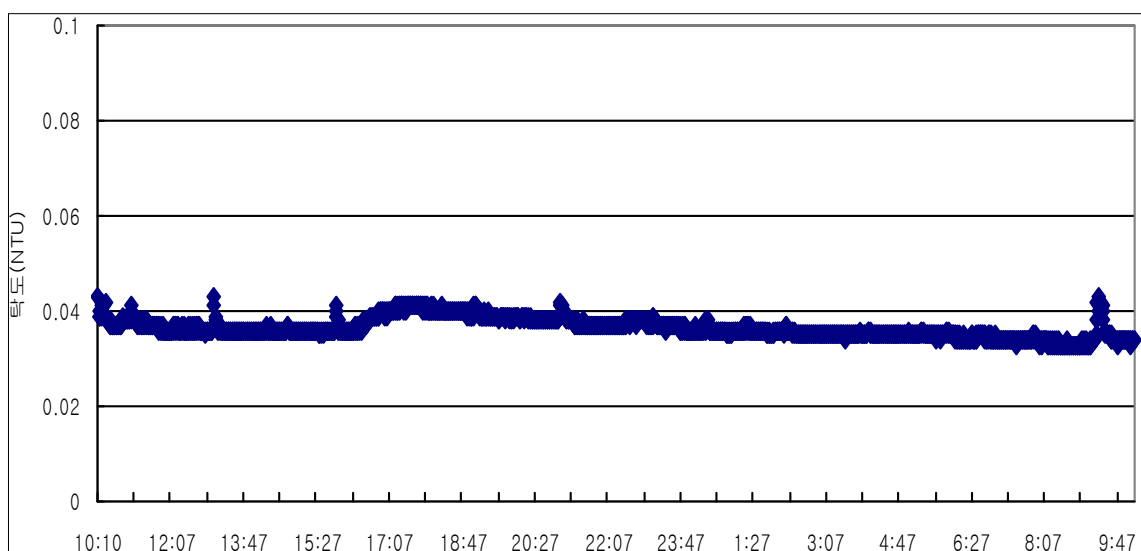
여과사 탁질량 분포

㉔ 사면상 수심

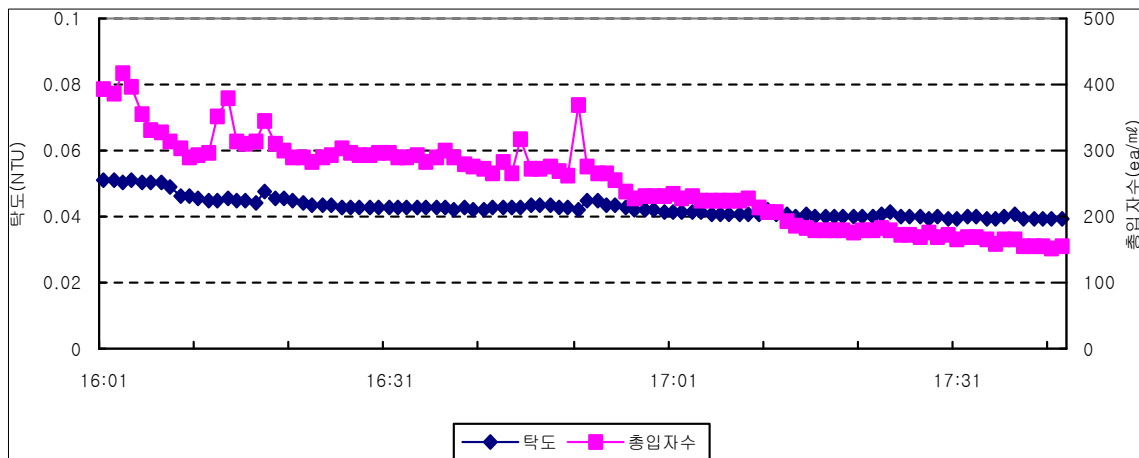
사면상 수심은 특정한 설정치가 없이 운영하고 있으나 기술진단시 약 1.0 ~1.1 m를 유지하고 있어 일반적인 권장기준 (90~120 cm)에 적정하게 운영되고 있다.

㉕ 여과수 탁도 및 입자수 분석을 통한 성능평가

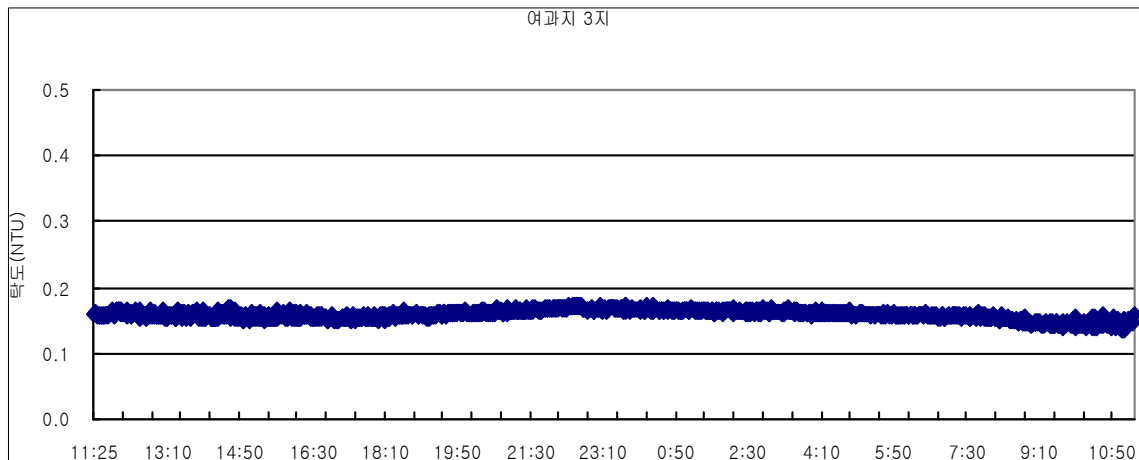
완속여과지 #2, #3지에서 생산된 여과수의 탁도를 측정해 본 결과 0.1 NTU 이하로 양호하며, 여과사 삭취 후 #3지의 여과를 재개하였을 때 여과수 탁도는 0.2 NTU 이하로 양호한 수질을 나타내었다.



#2지 여과지 탁도 수질분석 결과('07.10.09~10.10)



#3지 여과지 탁도 및 입자수 수질 분석 결과('07.12.05)



여과사 삭취 후 초기 여과수(#3지) 탁도 측정('07.10.04~10.05)

㉠ 여과지내 조류성장

현재 여과지내 조류성장으로 여과지 운영에 지장을 초래하고 있어 전염소를 상시 주입 (여과지 유출수 잔류염소농도 : 0.4 mg/L 유지)하고 있는 실정이다. 여과지내에서 조류가 성장할 경우 미관을 해치고 정수장 방문자에게 수돗물에 대한 불신의 원인을 제공할 수 있어 여과지 표층부의 조류를 제거하기 위하여 운영근무자가 직접 표층부를 삭취하여 운영하고 있다.

운휴 및 운영 중인 여과지의 표층부를 조사한 결과, 운휴중인 여과지는 조류발생으로 여층 표면이 청태가 발생되어 여과지 표층부에 얇은 막 형태로 존재하고 있다. 운영

중인 여과지는 역송설비의 미비로 여과사층 내부에서 공기가 올라와 여과사층 내에 부착된 생물막이 공기와 함께 이동하여 수표면에 부유상태로 운영되고 있다.



운휴 중인 여과지 표층부



운영 중인 여과지 표층부

③ 개선방안

① 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 시설 기준을 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. 여과사 보충시 업무 순서는 [부록 - 완속여과지 운영 관리 요령]편을 참조하도록 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 설치하여 개선 완료하였다.



조류차광막 설치 전경



외부 전경



내부 전경

㉠ 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 설치하여 역송을 실시하도록 한다.

㉢ 여과지별 탁도계 설치

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

4) 소독 공정

① 시설현황

유구정수장은 정수내 병원성 미생물에 의한 수질사고를 방지하기 위한 소독제로 액화염소를 사용하고 있으며, 세부시설 및 운영현황은 아래와 같다.

시 설 현 황

구 분	시 설 내 역	비 고
소독설비	○ 전, 후염소 주입장치 – 전·후염소 : 자동 염소주입기 • 용량 : 500g/h × 2대(전), 200g/h × 2대(후) • 주입지점 : 착수정 전단부(전), 배수지 전단(후) • 제작사 : 남경인더스트리, '03. 12 • 용해수펌프(2대) : 40ℓ /min, 220V, 850W, 흡상 : 8m, 압상 : 29m 한일자동펌프, '06. 11 – 후염소 : 직결형 염소투입기 • 용량 : 1,000g/h × 1대, 현대 ○ 염소계량기 : 미설치 ○ 긴급차단밸브 설치 ○ 염소가스 검지센서 : 반도체 확산식 × 2개 ○ 중화설비 – 중화탑 : One Tower – 가성소다 공급펌프모터 : 1.5kW, 3.5A, '91.10 – 중화팬 : 용량확인 불가 – 가성소다 저장조 : 2.2m³	

- 전염소용 자동염소주입기(0.5kg/h) 2대, 후염소용 자동염소주입기(0.2kg/h) 2대, 직결형 수동염소주입기(1kg/h) 1대가 설치되어 있다. 진단 당시 전염소는 자동염소주입기를 사용하여 0.16kg/h을, 후염소는 직결형 염소주입기를 사용하여 0.1kg/h를 주입하고 있었다.
- 전염소는 착수정에, 후염소는 배수지 유입부에 주입하고 있다. 정수지 잔류염소 농도를 확인하여 후염소주입량을 수동으로 조절하고 있다.
- 염소저장실에는 100kg 염소용기(저장능력 100kg)를 사용하고 있으며, 100kg 용기용 저울이 설치되어 있지 않다.
- 염소용해수용 자동펌프, 이젝터, 진공조절기, 긴급차단밸브 등이 양호하게 설치되어 있다.



염소주입기



용해수공급펌프



진공장치



염소탱크



염소탱크



중화설비

② 기능 진단

소독설비는 염소의 살균효과를 이용하여 원수 또는 정수 내의 병원성 미생물에 의한 수질사고를 방지하기 위한 설비로 정기적인 점검 및 보수 등을 통하여 연중 안정적으로 공급될 수 있도록 관리되어야 한다.

현 소독설비에 대한 상태 조사 및 성능 저하요인 등을 파악하여 소독설비의 안정적, 효율적 운영을 도모하기 위해 주요 설비에 대한 기능진단을 실시하였다.

㉠ 염소주입설비 및 중화설비 상태

염소주입기 예비호기가 설치되어 있으며, 염소주입설비 및 염소중화설비의 설치 및 운영상태는 양호한 것으로 나타났다.

㉡ 염소 주입지점

착수정에 전염소를, 배수지 유입부에 후염소를 주입하고 있어 주입지점은 적정하다고 할 수 있다.

㉢ 염소주입량 제어

잔류염소 농도를 확인하고 근무자가 전염소는 현장 또는 제어실에서 수동으로 후염소는 직접 현장에서 수동으로 주입량을 조절하고 있다.

③ 개선방안

㉠ 염소용기용 계량저울의 설치 및 감시

염소용기 내 염소 잔량을 파악할 수 있는 계량저울은 염소용기 교체시기를 결정하는데 필요하다. 호이스트 설치와 함께 원격감시용 디지털 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 운영비가 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.

5) 배 수 지

① 시설현황

시 설 현 황

구 분		시 설 현 황	비 고
배 수 지	구 조	R.C 장방형	
	규 격	B 10.0 m × L 13.5 m × H 4.2 m × 2지	
	용 량	1,134 m ³ (567.0 m ³ /지)	
	도류벽	○ #1지 : 설치 (2개) ○ #2지 : 미설치	



배수지 전경



수질자동측정장비

- 배수지는 6개월에 1회 정도 청소를 실시하여 청결상태를 유지하고 있다.
- 도류벽이 설치되어 있지 않았으나 잔단 기간인 '07년 10월 #1지에 도류벽을 설치하였다.
- 배수지에는 정수수질을 모니터링할 수 있는 수질자동측정장비가 설치되어 운영되고 있다.

②기능 진단

㉠ 수리학적 검토

배수지 체류시간은 설계수량 기준시 약간 부족하나, 시설기준에 근접하여 운영관리에 특별한 문제는 없는 것으로 판단된다. 그러나 설계수량을 초과하여 운영될 경우 시설기준에 부족한 것으로 평가되어 시설확장이 필요하다.

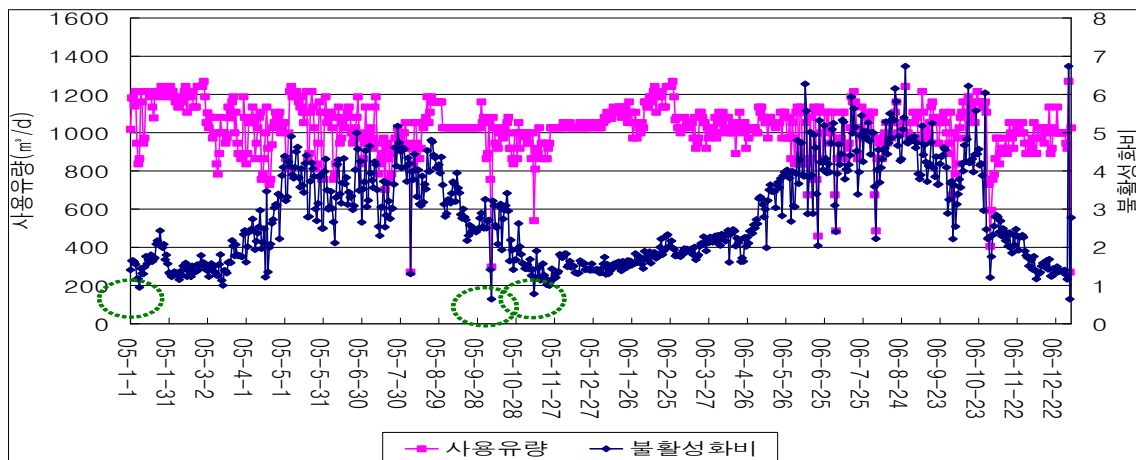
배수지 수리 검토

구 분	검 토 수 량			시설기준
	설계수량	평균유량	일최대유량	
검토수량(m^3/d)	2,500	2,781	4,481	12시간
체류시간(h)	10.9	9.8	6.1	

㉔ 배수지 소독능 평가

㉕ 소독능 운영 결과

'05년 ~ '06년 “정수처리에 관한 기준” 운영결과는 다음과 같다. 지아디아 불활성화비인 1미만으로 운영된 실적이 총 3회 정도 있는 것으로 조사되었다.



지아디아 불활성비('05년 ~ '06년)

㉖ 소독능 평가 방법

여과수 탁도가 먹는물수질기준을 만족할 경우 소독에 의해 요구되는 지아디아 포낭의 불활성화율은 다음 표와 같이 결정되며, 소독능 평가를 통해 요구되는 불성화율과 실공정에서의 소독능을 비교함으로써 소독공정이 적정하게 설계 및 운영되고 있는지 판별하게 된다.

평가방법은 “정수처리에 관한 기준”에 의해 소독공정에서 달성하여야 하는 소독능은 지아디아 불성화율 기준 1Log (90%)를 목표로 하였다.

소독에 의해 요구되는 지아디아 포낭의 불활성화율

구 분	최소제거 및 불활성화기준	여과공정에 의한 제거율	소독공정에서 요구되는 불활성화율
완속여과방식	99.9% (3 log)	99% (2 log)	90% (1 log)

소독능 평가는 계열별 배수지를 대상으로 각각 평가하였으며, 다음의 조건을 달성하는 것을 전제로 실시하였다.

- 여과수 탁도는 상시 정수처리기준에서 제시한 조건을 만족하는 것으로 한다.
- 소독능은 겨울철 최악조건 하에서 만족할 수 있는 것을 전제로 한다.
- 각 배수지에서의 실 체류시간은 정수처리기준에서 제시한 이론적 산출방법을 따른다.
- 배수지 유출측 잔류염소 농도는 현장에서 적용하고 있는 기준 농도인 0.6 mg/L로 상시 유지되는 것으로 한다.
- 배수지의 최저수위는 3.0 m 이상으로 상시 유지되는 것으로 적용하였다.

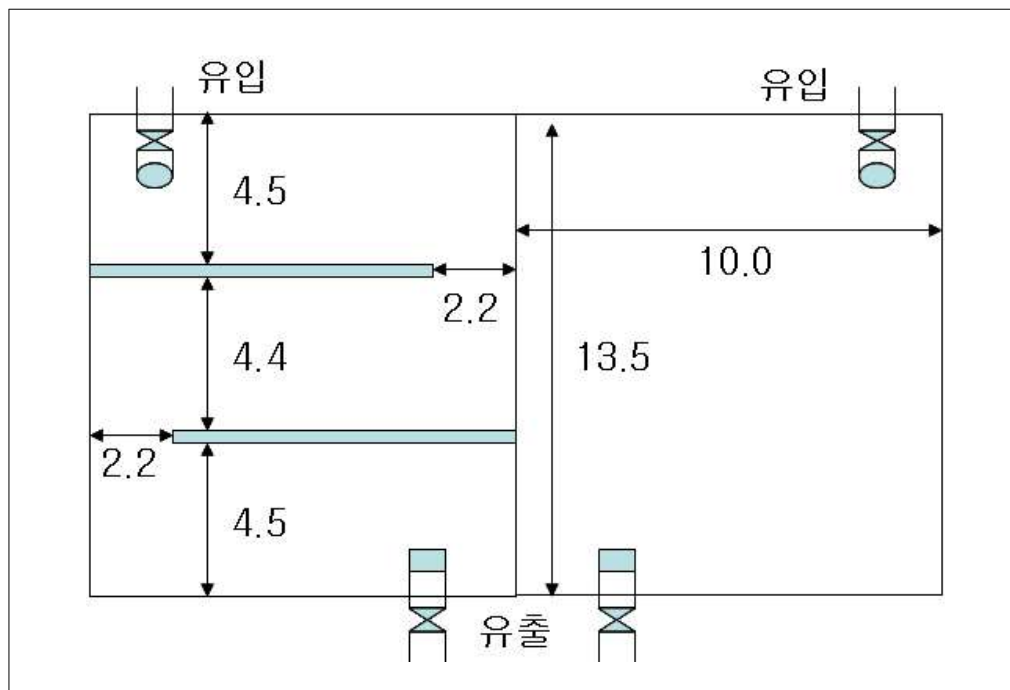
배수지 운영 및 수질조건

구 분		배 수 지	비 고
적용수량 (m³/d)	설 계	2,500	-
	일최대	4,481	'05.01~'07.10
최저 수위		3 m	운영 수위
잔류 소독제 농도		1.0 mg/L	목표 설정치
수온		3 °C	'05~'06년 동절기 최저수온 기준
pH		7.3	'05~'06년 동절기 최대치

상기의 조건으로 지아디아에 관한 소독능을 평가한 결과 소독능을 만족하지 못하는 것으로 나타났다.

소독능 평가결과(지아디아에 관한 불활성화비)

구 분	지아디아 불활성화비			비 고
	설계수량	평균유량	일최대유량	
유량(m³/d)	2,500	2,781	4,481	
불활성화비	0.60	0.54	0.34	



배수지 평면도

소독능계산 프로그램

시설 운영 조건

여과 방식

완속여과

소독제종류

백제염소

수질 조건

최고 pH

7.3

최저 수온

3℃

소독제 농도

정수지

1.0 mg/L

관로

1.0 mg/L

배수지

1.0 mg/L

총 불활성화비

Virus

4.55

Giardia

0.34

유구 정수장

정수지

관로

배수지

설비

폭

10.00 m

길이

13.5 m

최저운영수위

3.0 m

지수

2 지

용량

810.0m³

0.0m³

0m³

도류벽수

0.0 개/지

-

장 폭 비

1.4

-

0.0

배타값

0.10

0.0

0.00

최대유량

적용유량

218.4m³/시간

0.0m³/시간

0.0m³/시간

일평균생산량

2,781m³/일

m³/일

시설용량

2,500m³/일

m³/일

첨두유량

4481m³/일

m³/일

소독능력

체류시간

222.5분

0.0분

0.0분

접촉시간

22.2분

0.0분

0.0분

잔류염소농도

1.0mg/L

0.0mg/L

0.0mg/L

C·T

계산값

22.2 mg·min/ L

0.0 mg·min/ L

0.0 mg·min/ L

Virus

요구값

4.9 mg·min/ L

0.0 mg·min/ L

0.0 mg·min/ L

불활성화비

4.55

0.00

0.00

Giardia

요구값

66.0 mg·min/ L

0.0 mg·min/ L

0.0 mg·min/ L

불활성화비

0.34

0.00

0.00

소독능 평가 결과

㉔ 추적자 시험 결과

추적자 시험은 배수지를 대상으로 실시하였으며, #1지(도류벽 설치지)와 #2지(도류벽 미 설치지)에 대하여 실험하였다 배수지 출구 맨홀에서 샘플링을 실시하였으며 주입지 점은 여과지 유출측 조절정에 주입하였고 주입량은 4.5L이다. 추적자 시험은 유입량을 일정하게 하고 배수지 수심을 일정하여 유지하여 실험을 실시해야 하나, 정수장 운영 상 불가능하므로 평상시 정수장 운영여건으로 실험을 실시하였다.

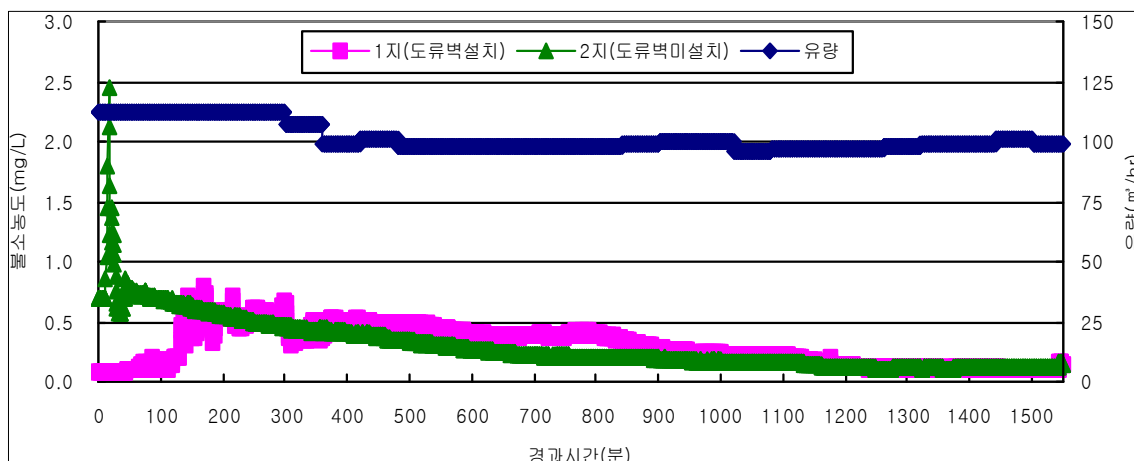


불소 주입위치 및 추적자 시험장치

○ 도류벽 설치지 이론적인 β 값 : 0.3

○ 추적자 시험을 통한 β 값

일반적으로 이론체류시간보다 3~4배정도 긴 시간동안 실험을 수행해야 하나 정수장 여건상 짧은 시간에 실시되었으며 실험결과 물량을 고려한 이론체류시간은 642분이며, 누적유출량이 전체추적자의 10%가 되는 시간 T10은 192분으로 나타났다. 따라서 β 값 (T_{10}/T)는 0.31로 분석되어 이론적인 값보다는 다소 높게 나타났다.



배수지 불소농도 및 유출유량

③ 개선방안

㉠ 배수지 확장

시설용량을 초과하여 운영할 경우 배수지 체류시간이 시설기준보다 부족하게 되므로 장기적으로 용수수요 증가 추이를 고려하여 시설확장을 검토하도록 한다.

㉡ 배수지 도류벽 설치

첨두유량(4,481 m³/d)을 기준으로 적용하여 소독능 평가를 실시한 결과, 2개의 도류벽이 적정한 것으로 조사되었고 현재 1개 배수지에 설치되어 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, 다음과 같이 소독능을 만족하는 것으로 나타났다.

소독능 평가결과(지아디아에 관한 불활성화비)

구 분	지아디아 불활성화비			비 고
	설계수량	평균유량	일최대유량	
유량(m ³ /d)	2,500	2,781	4,481	
불활성화비	1.81	1.63	1.01	

6) 유량계측설비

① 현황조사

시 설 현 황

구 분	시 설 현 황	비 고
취수유량계	○ 형 식 : 초음파식, 200A ○ 설치위치 : 취수장 도수관로	
배수유량계	○ 형 식 : 초음파식, 250A ○ 설치위치 : 배수관로	



취수유량계



배수유량계

- 취수유량계 및 배수유량계는 정수장의 관리사육에서 유량을 원격 감시할 수 있도록 구성되어 있다.
- 유량계의 형식은 부착형 초음파유량계이며, '07. 11월 검교정 실적이 있다.
- 유량계 전후 밸브 등이 설치된 곳은 없으나 전후 직관거리가 확보되어 있지 않다.

② 기능 진단 및 개선방안

㉠ 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 후 같은 구경의 단관을 설치하도록 한다.

7) 수질관리

① 현황 및 기능 진단

- 수질감시 및 공정관리를 위한 수질자동측정장비가 적정하게 설치되어 운영되고 있다.
- 유구정수장에는 별도의 수질실험실이 구비되어 있지 않아 옥룡정수장에서 일일 및 주간실험을 실시하고 있으며 상수원수 및 월간 수질시험은 도보건환경연구원에 의뢰하여 시행하고 있다.

㉠ 계측기 보유 현황

수질자동측정장비 보유현황

구 분		모델명	제조사	수량
원 수	p H 미 터	Ecosys		1
	수 온 계	Ecosys		1
	탁 도 계	Surface Scatter 6	HACH	1
	알 카 리 도 계	Ecosys		1
정 수	p H 미 터	Ecosys		1
	탁 도 계	1720D	HACH	1
	잔 류 염 소 계	Ecosys		1



수질자동측정장비

㉡ 현장 수질검사

다음은 기술진단 시 실시한 수질검사 결과로써 공정별로 수질검사를 실시하였다.

현장수질분석 결과('07.10.04 13:30 채수)

구 분		취수원	착수정 유출	침전지 유출수	정수
pH		6.49	6.54	6.57	6.60
탁도	(NTU)	0.94	0.31	0.30	0.21
전기전도도	$\mu\text{S}/\text{cm}$	126	130	131	132
수온	$^{\circ}\text{C}$	21.8	20.4	20.6	20.9
잔류염소	(mg/L)	—	0.74	0.45	1.34
철	(mg/L)	0.08	0.05	0.04	0.06
망간	(mg/L)	0.025	0.069	0.057	0.016
구리	(mg/L)	0.07	0.10	0.08	0.08
암모니아성질소	(mg/L)	0.07	불검출	불검출	불검출
질산성질소	(mg/L)	6.8	4.2	5.1	5.8
염소이온	(mg/L)	6.6	6.5	6.6	7.7
황산이온	(mg/L)	13	13	13	13
불소이온	(mg/L)	불검출	불검출	불검출	불검출

현장수질분석 결과('07.12.04 14:00 채수)

구 분		취수원	착수정 유출	침전지 유출수	정수
pH		6.8	6.7	6.77	6.83
탁도	(NTU)	0.65	0.38	0.40	0.11
전기전도도	$\mu\text{S}/\text{cm}$	152	154	154	154
수온	$^{\circ}\text{C}$	8.2	8.4	8.2	8.7
잔류염소	(mg/L)	—	0.67	0.52	1.7
철	(mg/L)	불검출	0.05	불검출	불검출
망간	(mg/L)	0.016	0.018	0.031	0.013
암모니아성질소	(mg/L)	0.03	불검출	불검출	불검출
질산성질소	(mg/L)	7.2	5.8	4.2	4.8

'07년 10월, 12월 2회 공정수에 대하여 수질분석 결과, 중금속항목 중 망간 및 구리가 미량 검출 검출되었다. 유기물오염의 지표를 나타내는 암모니아성질소는 미량 검출되어 상류 오염원은 적은 것으로 판단된다.

㉔ 월간 원수 수질시험

'05년 1월부터 '06년 12월까지 실시한 상수 원수의 월간수질 실험결과를 토대로 상수 원수(취수구) 수질을 평가하였다.

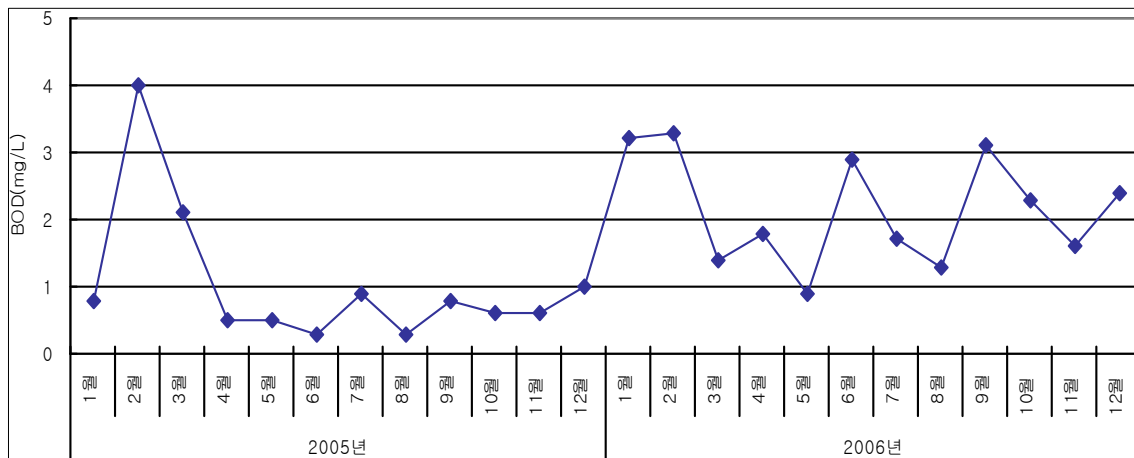
상수원수 수질측정결과

	전체(2005~2006년)			2005년			2006년		
	최대	최소	평균	최대	최소	평균	최대	최소	평균
수소이온 농도(pH)	8.6	6.9	7.3	8.0	6.9	7.4	8.6	6.9	7.2
부유물질 (SS)	6.8	0.4	2.5	6.8	0.7	2.4	6.8	0.4	2.6
대장균군수 (MPN)	2400	0	386	2400	0	700	210	4	72
생물화학적산소 요구량(BOD)	4.0	0.3	1.6	4.0	0.3	1.0	3.3	0.9	2.2
암모니아성질소 ($\text{NH}_3\text{-N}$)	0.1	불검출	0.04	0.02	불검출	0.01	0.1	0.01	0.05
질산성질소 ($\text{NO}_3\text{-N}$)	4.8	0.2	1.5	4.8	1.1	2.3	1.2	0.2	0.65

부유물질(SS) 및 BOD 기준으로 하천수 생활환경기준 『좋은 (1b)』 등급에 해당하는 양호한 수질이지만 대장균군수는 최고 2,400 MPN /100mℓ로 검출되어 하천수 생활환경기준 『보통(Ⅲ)』 등급에 해당된다. 또한 대장균군수는 기타 병원성세균을 측정하는 간접지표이므로 소독공정을 보다 철저히 관리해야 할 것으로 판단된다.

㉠ 생화학적산소요구량(BOD) 농도 변화추이

수중 유기물에 의한 오염을 표현하는 간접 지표인 BOD 농도가 높을 경우 이들의 분해 과정에서 수중 용존산소의 농도가 저하되어 수서생태계를 교란하게 되며, 정수처리공정에 있어서는 유기물 농도의 증가로 인해 THM 농도 증가, 염소요구량 증가 등의 원인을 제공할 수 있다.

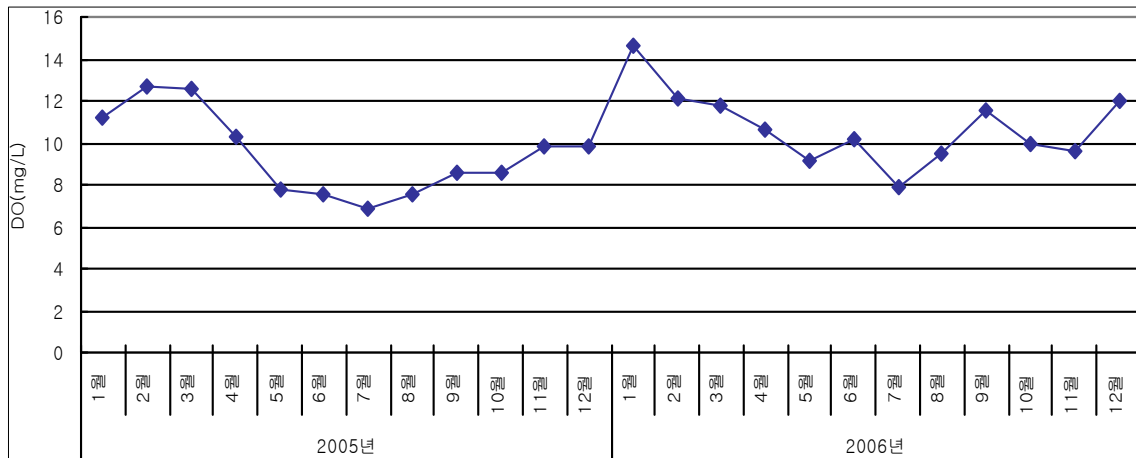


상수원수 BOD농도 월간수질변화 추이

유구상수도 유입 원수의 생화학적산소요구량 (BOD)은 0.3 ~ 4.0 mg/L로 평균 1.6 mg/L로 하천수 생활환경 기준 『좋은 (1b)』 등급에 해당하며 주로 동절기 갈수기에 BOD 농도가 높은 값을 나타내는 것으로 조사되었다.

㉢ 용존산소량(DO) 농도 변화 추이

용존산소가 고갈되는 경우 수체(水體)내 혐기화가 진행되어 암모니아(NH₃) 또는 황화수소(H₂S) 등의 환원성 물질이 생성될 가능성이 있다.

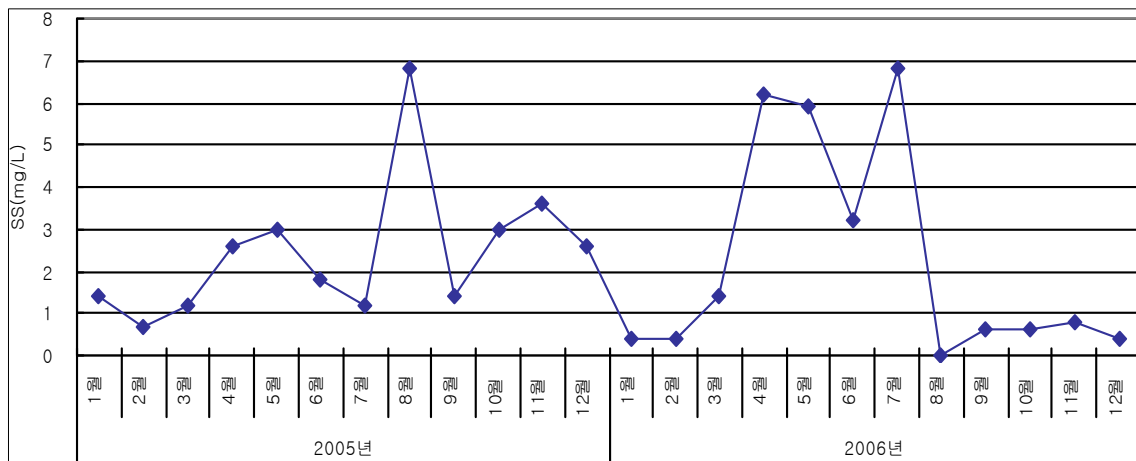


상수원수 DO농도 월간수질변화 추이

용존산소 농도는 6.9 ~ 14.6 mg/L으로 평균 10.1 mg/L이며, 하천수 생활환경기준 『매우 좋음 (1a)』 등급에 해당된다.

③ 부유물질량(SS) 농도 변화추이

SS 농도는 탁도와 함께 움직이는 경향을 보이므로 SS 농도 검토를 통해 계절적인 탁도의 변화 추이를 추정할 수 있다.

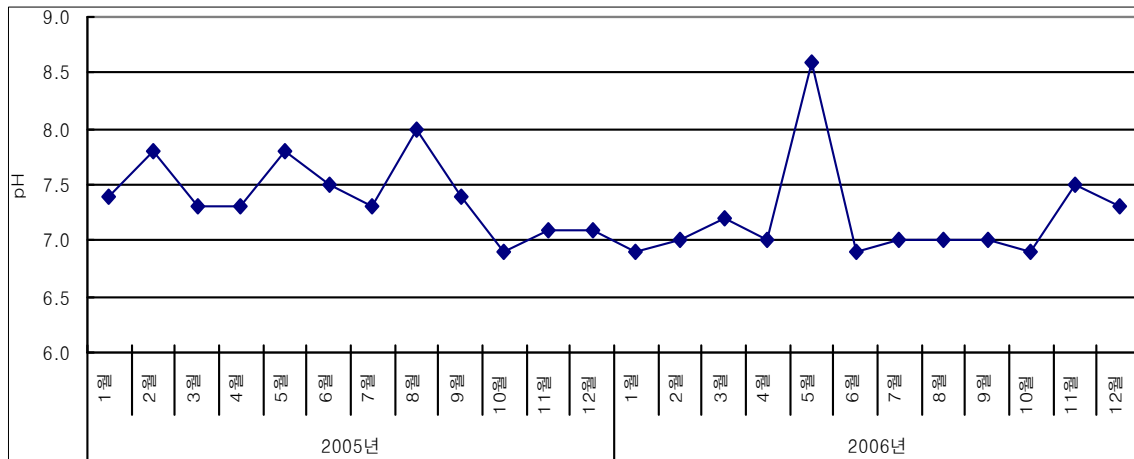


상수원수 SS농도 월간수질변화 추이

부유물질 농도는 하절기 강우시 높게 나타내는 것으로 조사되었으며 특히 '05년 8월과 '06년 7월 최고 6.8 mg/L으로 높은 농도를 나타내었다. 탁도에 대한 수질자료가 없어 탁도와와의 상관관계는 확인할 수 없지만 부유물질 농도가 매우 높은 것으로 보아 탁도 또한 매우 높게 유입됐을 것으로 판단된다.

㉔ 수소이온농도(pH) 변화추이

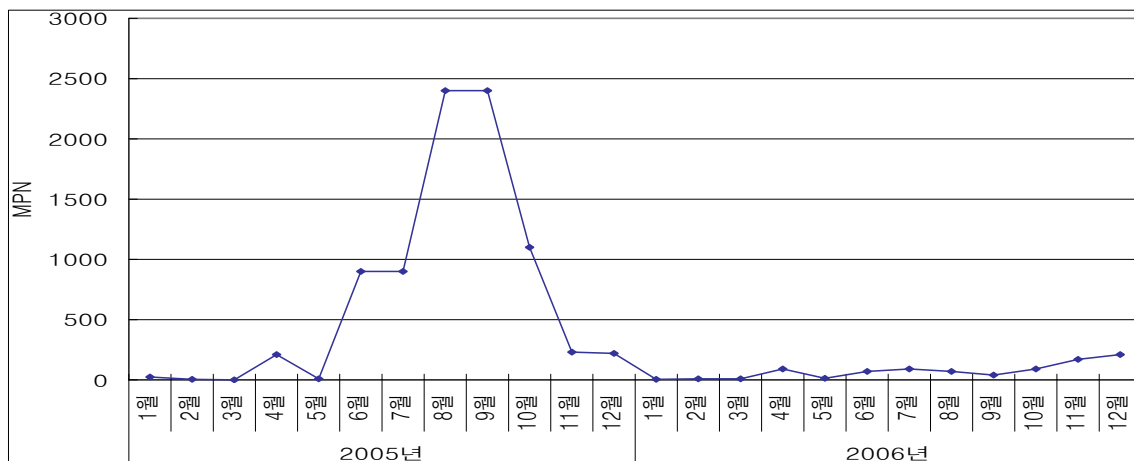
pH 검토결과 다음과 같이 하천수 생활환경기준 범위(pH 6.5 ~ 8.5) 내에 있으나 '06년 5월 8.6으로 기록되었다. 하천수를 원수로 복류수를 취수하고 있어, 월별로 수질이 많이 변화하는 것으로 분석되었다.



[상수원수 pH 월간수질변화 추이]

㉕ 대장균군수 변화 추이

대장균군은 분변성 오염의 간접지표로서 오염되지 않은 자연 중에도 존재하나, 상류 지역에 오염원(축산폐수 또는 하수)이 있을 경우 그 수가 급격히 증가하게 되며 이러한 오염이 발생할 경우 특히 지아디아 또는 크립토스포리디움 등의 원생동물에 의한 위해성이 증가될 수 있다.



상수원수 대장균군수 월간수질변화 추이

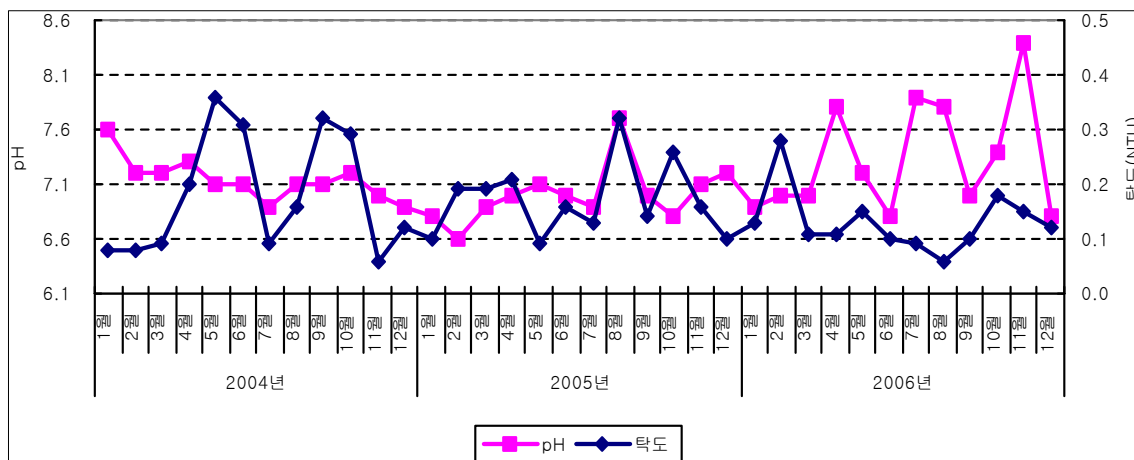
대장균군수는 '05년 8월 ~ 10월까지 1,000MPN./mℓ 이상 지속적으로 검출되었다.

대장균군수 기준으로 하천수 수질기준을 산정할 경우 『보통(Ⅲ)』의 수질을 나타내고 있으므로 소독공정에 유의해야 한다.

㉔ 월간 정수 수질시험

㉔ pH 및 탁도 변화

pH는 6.6 ~ 8.4의 범위로 평균 7.2로 나타났고, 탁도는 0.06 ~ 0.36 NTU의 범위로 평균 0.16 NTU를 나타내고 있다. 또한 탁도는 하절기에 다소 높게 나타내는 경향이 있어 수질관리에 만전을 기해야 할 것으로 판단된다.



pH 및 탁도 변화

㉔ 잔류염소 변화

잔류염소는 0.8 ~ 2.2 mg/L의 범위로 평균 1.3 mg/L로 다소 높게 유지하고 있으며 수용가에서 염소냄새와 관련한 민원이 제기될 수 있으므로 하향 조정하여 운영할 것을 권장한다.

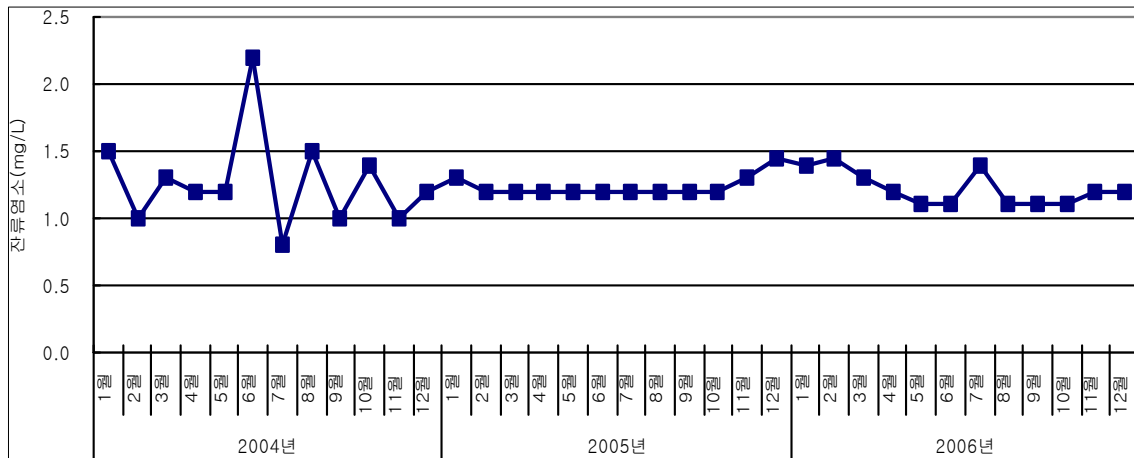
☞ 수자원공사 정수지 유출수 잔류염소 농도

12월 ~ 2월(동절기) 0.8 mg/L 이하, 3월 ~ 11월 : 1.0 mg/L 이하

☞ 환경부

관말 수도꼭지 잔류염소 농도 : 0.1 mg/L 유지

단, 병원미생물의 오염우려가 있는 경우 : 0.4mg/L 이상 유지



잔류염소농도 변화

② 개선방안

① 공정별 수질측정을 위한 수질분석장비 보유

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

수질시험장비 목록

구 분	측정 항목	대 수
pH 미터	pH	1
휴대용 잔류염소 측정기	잔류염소	1
휴대용 탁도계	탁도	1
전기전도도계	전기전도도	1

㉠ 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.

㉔ “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 주기 등에 관한 사항을 준수하도록 한다.

8) 시설개량 사업비

이상과 같은 공정별 진단 내용을 바탕으로 했을 때 시설개량 사업비는 다음 표와 같다.

공정별(토목 및 기계분야) 시설개량 사업비

구 분	개선방안	사 유	금 액(천원)	시행단계	비 고
취수시설	집수매거 상부 보수	집중강우시 접합정 상부 탁수 유입	3,000	1단계	
착수정	눈금자 및 유량환산표 설치	눈금자 및 유량환산표 미설치	1,000	1단계	
보통침전지	유출트러프 설치(위어 또는 오리피스)	수류흐름의 안정성 미확보	10,000	2단계	
완속여과지	드레인 밸브 설치	역송설비 미비	3,000	2단계	
소독공정	염소용기용 계량저울 및 호이스트설치	염소잔량 파악 어려움	4,500	2단계	
	중화설비 주기적 가동 및 중화용 덕트 길이 연장	중화용 덕트연장설치 필요	500	2단계	
	차아염소산나트륨 주입 설비 설치 검토	소독설비 보완 필요	18,200	2단계	
배수지	도류벽 설치	도류벽 미설치	15,000	1단계	
유량계측설비	향후 재설치 시 유량계 전후 직관확보	취·배수유량계 전후 직관확 보 미흡으로 부정확 우려	4,000	2단계	
수질관리	공정별 수질시험 장비 구매	수질시험기기 미비	5,000	1단계	
총괄			64,200		

마. 건축 및 건축설비

1) 조사방법 및 항목

① 조사방법

- 외관조사 : 육안조사, 측량 및 검측 등
- 설문조사 : 운영실태, 문제점, 개선사항 등

② 조사항목

- 건축물 현황 : 건축인허가사항, 건축물관리대장, 등기부등본 등
- 구조적 안전성 : 균열, 처짐, 파손, 침하, 노후화 등
- 마감상태 : 박리, 박락, 누수, 백화, 들뜸, 변색, 결로, 재료분리 등
- 건축설비 : 위생기구, 냉난방설비, 악취, 환기 등

2) 시설현황

시 설 현 황

NO	동명	동수	연면적(m ²)	구조	층수	비고
1	관리동	1	150m ²	철근콘크리트	0/1	
2	염소투입실	1	20m ²	철근콘크리트	0/1	
3	여과지 상옥-1	1	530m ²	철근콘크리트	0/1	
4	여과지 상옥-2	1	280m ²	철근콘크리트	0/1	
5	착수정 상옥	1	30m ²	철근콘크리트	0/1	

* 건축물 연면적은 개략 산정한 면적임



유구 정수장 전경

3) 기술 검토

① 관리동

㉠ 시설현황



구 분		내 용
연면적		150m ²
층수		0/2
구조		철근콘크리트, 경량철골조
외부 마감	외벽	수성페인트 칠
	지붕	무근 콘크리트, 샌드위치 지붕판넬
내부 마감	바닥	디럭스 타일, 장판지
	벽	에멀전 페인트 장판지
	천장	에멀전 페인트, 흡음텍스

철근콘크리트 및 경량철골조 2층 건축물로 전반적으로 건물은 노후되었으나 관리 상태가 양호하여 내·외부 구조적인 결함이나 내구성을 저하시키는 문제점은 발견되지 않음.
기존 건물에 캐노피 및 계측기실을 증축한 형태로 관리사무실 및 관리사택 겸용으로 사용되고 있음.

㉡ 시설점검 및 검토

NO.	검토위치	검 토 내 용	원 인 분 석	사진NO.
1	외 벽	벽체 마감 필요	보이지 않는 부분이라 증축시 외벽 마감재 미시공	1

㉢ 현장사진



② 염소 투입동

㉠ 시설현황



구 분		내 용
연면적		20m ²
층수		0/1
구조		철근콘크리트 구조
외부 마감	외벽	수성페인트 칠
	지붕	무근 콘크리트
내부 마감	바닥	에폭시 코팅
	벽	에멀전 페인트
	천장	에멀전 페인트

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

③ 여과지동 상옥-1

㉠ 시설현황



구 분		내 용
연면적		530m ²
층수		0/1
구조		철골구조
외부 마감	외벽	샌드위치 패널
	지붕	샌드위치 지붕패널
내부 마감	바닥	-
	벽	-
	천장	-

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

④ 여과지동 상옥-2

㉠ 시설현황



구 분		내 용
연면적		280㎡
층수		0/1
구조		철골구조
외부 마감	외벽	샌드위치 패널
	지붕	샌드위치 지붕패널
내부 마감	바닥	-
	벽	-
	천장	-

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

⑤ 착수정 상옥

㉠ 시설현황



구 분		내 용
연면적		30㎡
층수		0/1
구조		철골구조, 조적조
외부 마감	외벽	샌드위치 패널, 에멀전 페인트
	지붕	샌드위치 지붕패널 슬레이트 지붕
내부 마감	바닥	-
	벽	에멀전 페인트
	천장	에멀전 페인트

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

⑥ 취수펌프동

㉠ 시설현황



구 분		내 용
연면적		120m ²
층수		0/1
구조		철근콘크리트
외부 마감	외벽	수성페인트 칠
	지붕	무근 콘크리트,
내부 마감	바닥	테라조 타일, 에폭시 코팅 장판지
	벽	에멀전 페인트, 벽지
	천장	에멀전 페인트, 천정지

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

⑦ 유구취수장 창고

㉠ 시설현황



구 분		내 용
연면적		50m ²
층수		0/1
구조		철골조
외부 마감	외벽	샌드위치 패널
	지붕	샌드위치 지붕판넬
내부 마감	바닥	콘크리트 먼처리
	벽	-
	천장	-

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

4) 시설개량 사업비

- 가설, 재경비, 부가세, 현장정리, 폐기물처리비 포함
- 공사에 필요한 가설(기존구조물 보호, 조립말비계 등)을 고려하여 십만단위 이하 절상 조정.

시설 개량 사업비

손상부위	손상내용	물량	보수계획	단가(원)	금액(천원)	시행단계
1. 관 리 동						
내 부	외부 마감 미시공	30 m ²	몰탈위 도장재 시공	80,000	2,400	2단계
계					2,400	

바. 전기설비

1) 유구 정수장

① 시설개요

- ㉠ 위 치 : 공주시 유구읍 석남리 산8-3번지
- ㉡ 준 공 : 1984년
- ㉢ 처리용량 : 2,500m³/일

② 전기시설현황

㉠ 전력인입설비

한국전력공사로부터 저압 3상4선식(380-220V)으로 전원을 공급받아 운전되고 있으며, 사업장의 경제적인 운영관리를 위하여 야간에는 난방부하용 심야전력을 수전받아 운영하고 있다.

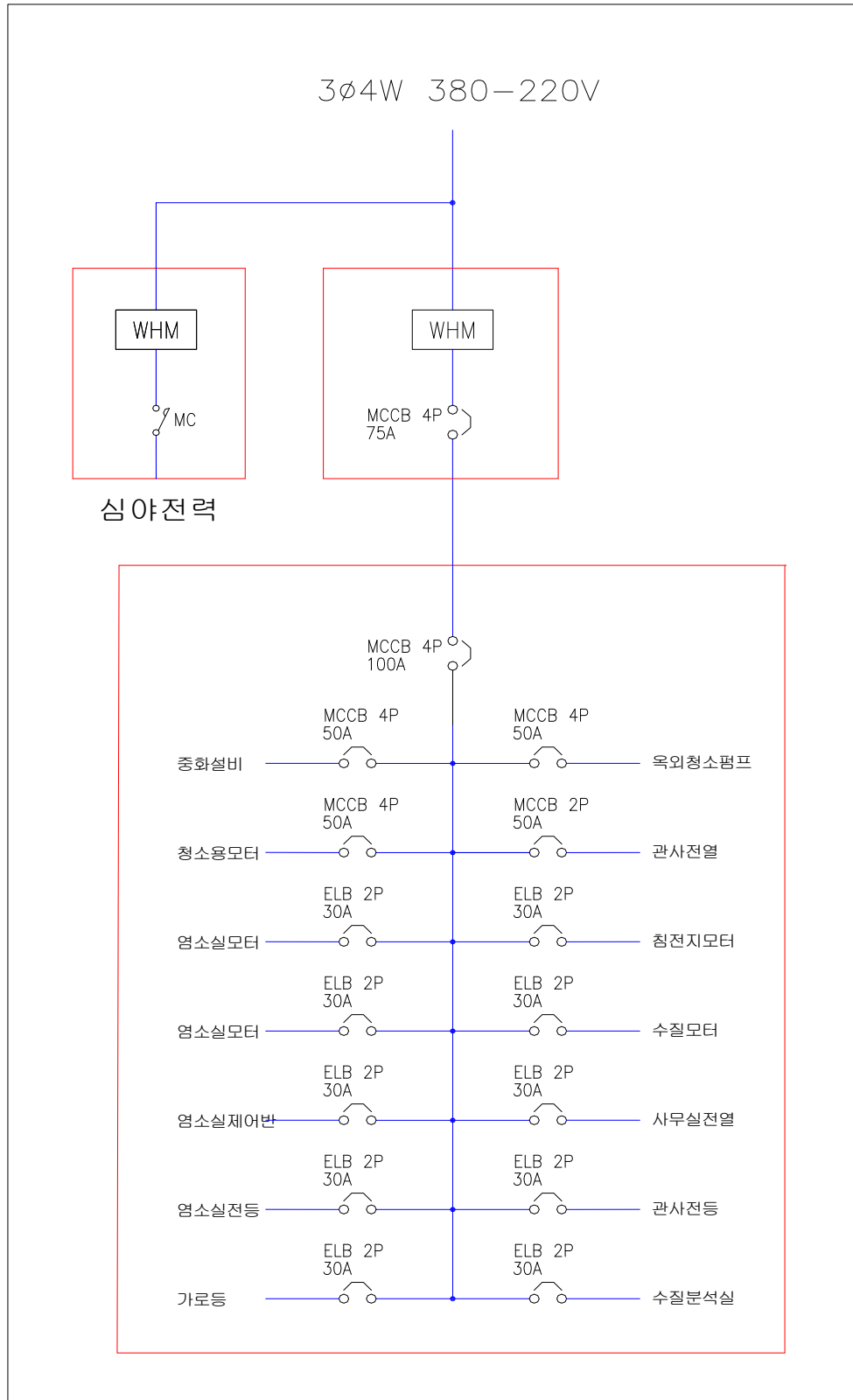
수전 전압 및 계약전력(일반)

사업장	수전전압 및 수전방식	사업장 전경	한전검침(전력계)
유구 정수장1	저압 3상4선 60Hz (380-220V)		
계약전력	전력구분		
30(kW)	산업용(갑)저압 (06-3069-5996)		

수전 전압 및 계약전력(심야)

사업장	수전전압 및 수전방식	사업장 전경	한전검침(전력계)
유구 정수장2	저압 3상4선 60Hz (380-220V)		
계약전력	전력구분		
34(kW)	심야전력 갑 (05-3069-5978)		

㉔ 전력설비계통도 현황(단선결선도)



유구정수장 전력설비 단선결선도

㉔ 동력제어설비

옥내 인출형 전동기제어반(MCC)에서 취수펌프, 취수탑 밸브전원 및 계측제어설비에 전원을 공급하여 운영중이다.

			
전원 분전함	염소설비 제어반	외등제어반	

③ 전기설비 기술검토 및 개량방안

본 정수장은 전기설비의 정기적인 안전진단에 의한 효율적인 유지관리로 저압배전반(전원분전함)의 설비상태는 비교적 양호하여 전기설비 개량설비는 고려하지 않는다.

2) 유구 취수장

① 시설개요

- ㉠ 위 치 : 공주시 유구읍 석남리 25-2번지
- ㉡ 준 공 : 1984년
- ㉢ 수전용량 : 200m³/일

② 전기시설현황

㉠ 전력인입설비

한국전력공사(KEPCO) 22.9kV 가공 배전선로에서 3상 4선식 1회선을 인입하여 사용하고 있으며, 옥외변전소에서 삼상변압기(200kVA×2대)를 통하여 저압(380-220V)으로 변환하여 동력 및 전등·전열 설비에 전력을 공급하고 있다.

인입전주 및 배전선로

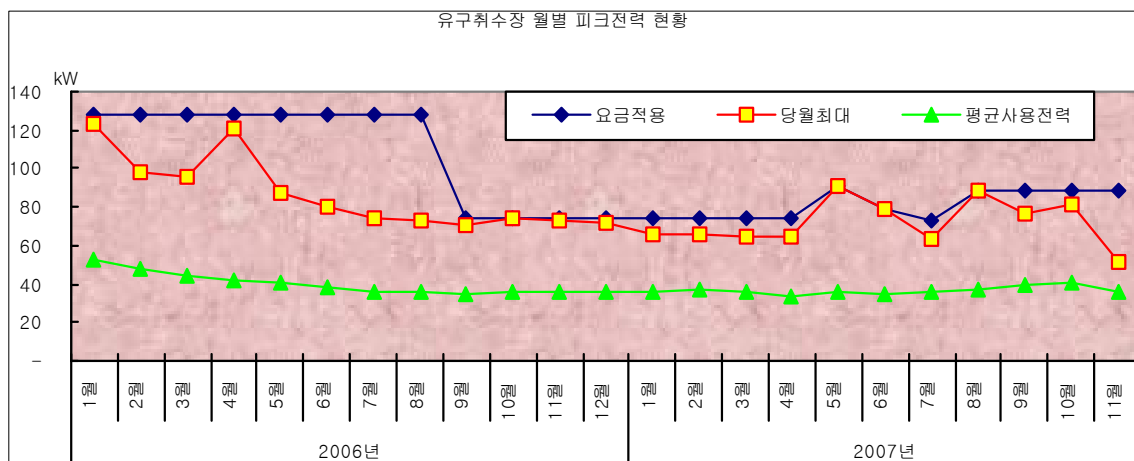
			
취수장 전경	한전 인입전주	배전선로	심야전력 적산계

수전 전압 및 계약전력

사업장	수전전압 및 수전방식	계약전력	전력구분(고객번호)	비 고
유구취수장(1)	22.9KV 3상4선 60Hz	200(kW)	산업용 을 고압A전력 (06-2206-4460)	
유구취수장(2)	380-220V 3상4선 60Hz	58(kW)	심야전력 갑 (06-2206-4479)	

㉔ 최근 년도 전력 Peak 현황

피크 전력이 계약전력을 초과하지 않은 범위내에서 비교적 안정적으로 운영되어지고 있다.



유구 취수장 월별 피크전력 현황

㉔ 수·변전설비

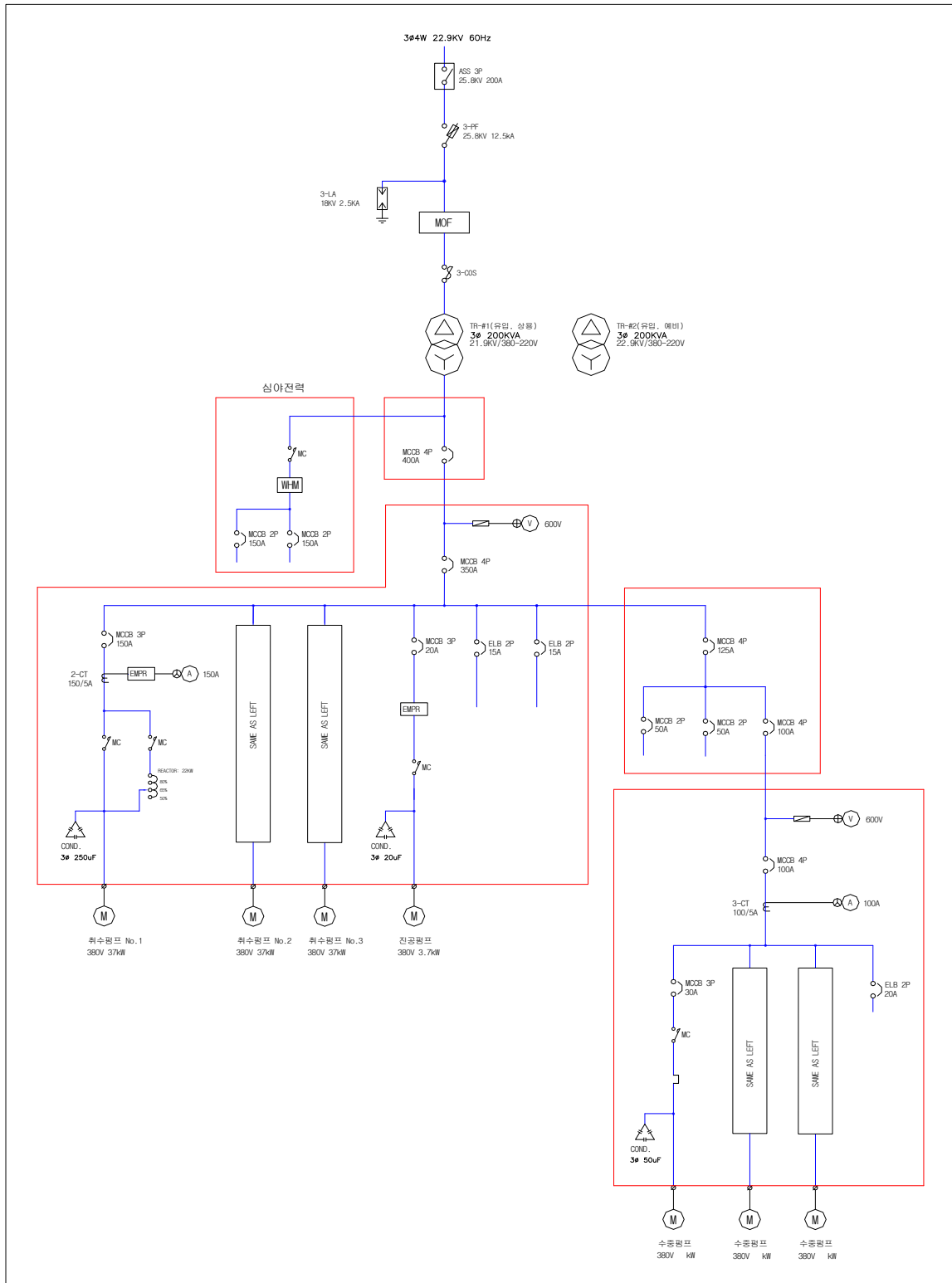
수·변전설비는 옥외 H형 변대를 사용하여 약식 수전하고 있으며 설비 현황은 아래 표와 같다.

수·변전설비 구성기기 현황

판넬 명칭	주요 사양	사용 용도	비고
ASS (옥외 H변대형)	- ASS (25.8kV, 200A, 15kA) - LA/DIS×3EA(18kV 2.5kA)	- 전원 인입개폐 - 이상전압방지	
MOF & PF (옥외 H변대형)	- PF×3EA (22.9kV, 200A, 20kA) - MOF (13.2kV/110V 5/5A)	- 전원 인입개폐 - 한전의 사용전력 측정용	
TR (옥외 H변대형)	- COS×3EA (22.9kV, 100A 10kA) - OIL TR1 22.9kV/0.38~0.22kV 3φ 200kVA x2대(운휴1대)	- 전원 인입개폐 - 정수장 전원공급	

			
22.9kV 특고압 수전설비	변압기	MOF & COS	

㉔ 전력설비계통도 현황(단선결선도)



유구 취수장 전력설비 단선결선도

㉠ 동력제어설비

옥외 23kV 변전소의 변압기(22.9/380~220V) 3 ϕ 200KVA에서 저압으로 강압하여 저압펌프 기동반 및 저압 부하설비에 전원을 공급하고있다..

동력 제어설비

판 널 명 칭	주 요 사 양	사 용 용 도	비 고
MCC-1	- MCCB - 부하 기동제어 회로구성	- 취수펌프 전원공급 - 여과지설비 전원공급	- 펌프실
LP / LOP	- MCCB, PBL	- 전등분전함 /현장운전	- 펌프실

			
MCC-1(취수펌프)	진공펌프제어반	전등 분전반	LOP(현장조작반)

③ 전기설비 기술검토 및 개량방안

- ㉠ 유구취수장의 모터를 과부하로부터 보호 보호하기 위해 전자식모터보호계전기(EOCR, EMPR)가 설치되어 있으나 일부 부하는 용량에 적합하지 않게 설정되어 있다.

설비를 과부하로부터 안전하게 보호하기 위해서는 다음 부하에 대하여 전류설정치 (Load)를 적정 설정치로 정정하거나 설정값을 변경하여 사용할 것을 권장한다.

- 유구취수장 : 취수펌프, 진공펌프

㉡ 접지 및 피뢰설비 보완

정수장 FEP 패널과 수질계측기 패널, 취수장 유량계 제어반에는 접지선이 연결되어 있지 않다. 접지가 양호한 취수모터 기동반으로부터 접지선을 연결하도록 한다. 정수장의 관리사육과 취수장의 건물은 외부 피뢰보호를 위해 KSC IEC 61024의 보호각법을 적용하여 적정수량의 피뢰설비를 설치하여야 하며 내부 피뢰보호를 위해 저압 Main 분전반에 전원용 서지보호기를 설치하도록 한다.

④ 시설개량 사업비

구 분	주요 내용	수 량	공사비 (천원)	시행단계
동력설비	접지선연결 및 피뢰설비 보완	1식	6,000	1단계
합 계			6,000	

사. 계측제어설비

1) 계측제어설비 검토기준

① 개 요

최근 상수도 생산시설 계획에서 자동화운전 및 현대화가 가속화되고 있는 추세로서 계측 제어설비에 대한 기능 및 성능을 기술진단하여 자동운전 및 현대화(자동화) 계획수립이 원활히 이루어지도록 하며 수운용 관리 통합 시스템에 대한 기본계획을 수립 계획코자 한다.

검 토 기 준

공 종	검 토 항 목	세 부 검 토 사 항	비 고
감시제어 기 능	현 장 조 사	○ 시설현황, 기능 및 시스템에 대한 진단 ○ 시스템별 확장, 개량 및 신설여부 진단 ○ 자동화 정도 및 개선여부 진단	
	기본 기능 검토	○ 운전개요 및 방안 정립	
	기 술 진 단	○ 기능저하요인 분석 ○ 기능회복방안 대책 강구	
계측기능	현 장 조 사	○ 유량계, 수위계, 압력계 등	
	기본 기능 검토	○ 계측의 목적 및 적용성 검토 ○ 경제성, 정밀도, 설치조건 및 주위환경 검토	
	기 술 진 단	○ 기능저하요인 분석 ○ 기능회복방안 대책 강구	
현대화 및 자동화	통 합 관 리	○ 기본적인 자동운전 및 DATA 통합적 관리 ○ 효율적인 수운용 관리체계 정립	

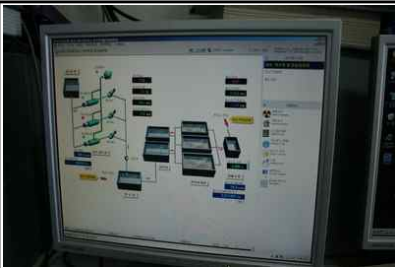
2) 유구 취·정수장

① 개 요

유구정수장의 사무실에는 '03년 환경부에서 시행한 『수도시설 운영정보화 시범사업』에 의해 유구 상수도의 취수장과 정수장의 시설을 감시제어하기 위한 원격감시제어시스템이 구축되어 있으며 주요시설 감시를 위한 원격화상감시설비가 설치되어 있다.

○ 유구 취수장 → 유구 정수장 → 급수

② 시설 현황

		
통합제어실 - 감시제어 시설감시 - 운영자 상주근무	Operator Station - MMI 시스템 구축 - 설치 대수 : 1 Set	정수장 FEP, DB Server - 각 시설의 Database 저장 - 위치 : 정수장 수질계측기실
		
정수장 수질계측장비 - 원수 및 정수 수질계측장비 - 잔류염소, TB, pH, 온도, 알카리도	정수장 RTU - RTU#02 - TYPE : GM4 시리즈	취수장 RTU - RTU#01 - TYPE : GM4 시리즈

○ 원격감시제어시스템은 LG산전의 GLOFA 시리즈 PLC와 PC를 이용한 SCADA 시스템으로서 감시제어 소프트웨어로는 PANGAEA21을 사용하고 있다.

○ 취수장의 설비 운영 및 상태 감시 데이터는 현장에 설치되어 있는 PLC를 통해 수집되어 전용회선을 통해 유구정수장 수질계측기실에 설치되어 있는 FEP로 전송된다. 정수장의 설비 운영 및 상태 감시 데이터 또한 수질계측기실에 설치되어 있는 PLC를 통해 수집되어 FEP로 전송된다. FEP는 각 PLC로부터 수집한 데이터를 처리하여 MMI를 통해 데이터를 표시하며 DB 서버에 데이터를 저장한다, 사무실의 감시제어 서버는 FEP에서 처리된 데이터를 MMI를 통해 표시하고 있다.

- 계측제어설비의 전원은 각 시설에 설치된 UPS를 통해 공급하고 있으며 주요 계측 제어 설비 내역은 다음 표와 같다.

취수장 계측제어 설비 목록

구 분	현 황	비 고
취 수 장 RTU 01	○ PLC : LG산전 GLOFA GM4 ○ 모뎀 : GARNET GDSU-5645N 1EA ○ UPS : 유피에스뱅크코리아 UBK 1000AP 1KVA 1EA	1 면
유 량 계	○ 자인테크놀러지 System 1010 1EA ○ UPS : 삼풍 KSP 1KVA 1EA ○ 유량전송시스템 : 현대기계 1EA	1 면
화상감시	○ Digital Hard Disk Recorder : UNIMO UDR-204 1대 ○ ADSL 모뎀 : 아이티케어(주) ITCN-500E 1대 ○ CCTV 카메라 : 2대(펌프실내, 건물 옥상)	

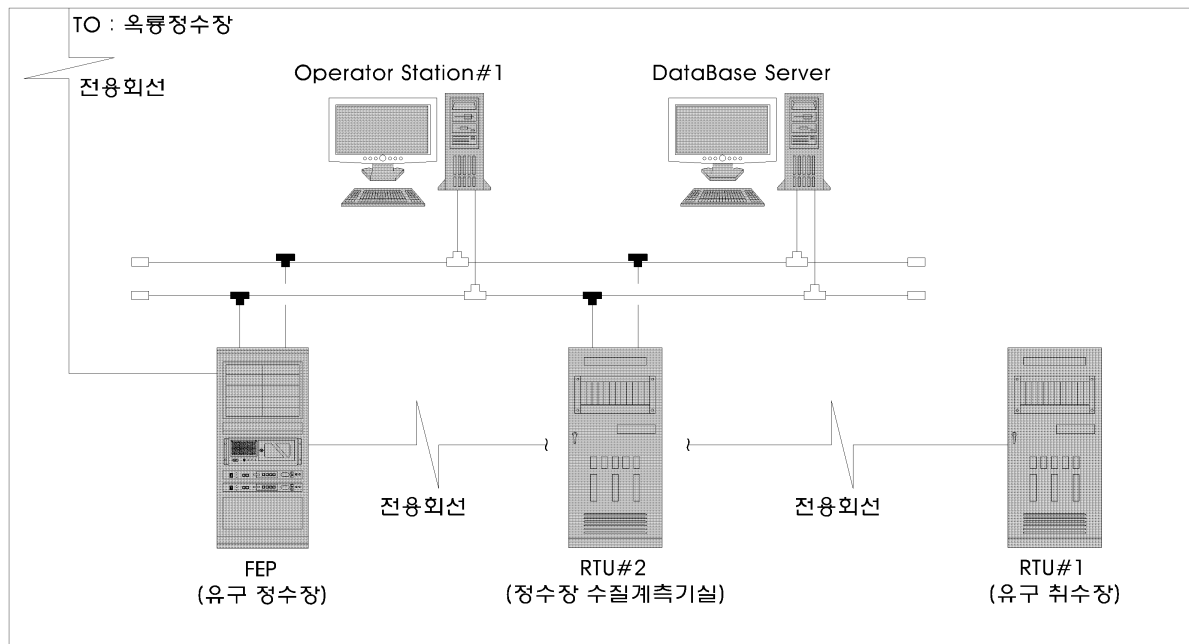
정수장 계측제어 설비 목록

구 분	현 황	비 고
수질계측기실 RTU 02	○ PLC : LG산전 GLOFA 시리즈 GM4 ○ UPS : 유피에스뱅크코리아 UBK 1000AP 1KVA 1EA	1 면
수질계측기실 감시제어설비	○ FEP : 뉴텍전자 1대 - CPU : 인텔 펜티엄Ⅳ 1.8GHz - OS : 한글 Windows XP ○ MMI Software : PANGAEA21 ○ DB Server : Fujitsu Primergy tx 200 1대 - CPU : 인텔 Xone III 2.4GHz - OS : 한글 Windows XP ○ UPS : 유피에스뱅크코리아 UBK 1000 3KVA 1EA ○ Hub : Baseline 10/100 Switch 24 1대 ○ 모뎀 : GARNET GDSU-5645N 2EA	1식
사무실 감시제어설비	○ 서버 : 삼성 Magic Station MV25 1대 ○ MMI Software : PANGAEA21	1식
화상감시설비	○ 서버 : 조립용 PC 1대 ○ Digital Hard Disk Recorder : UNIMO UDR-204 1대 ○ 모뎀 : KT VDSL 모뎀 HVQM-50 1대 ○ Router : Internet Builder INB3040SR 1대 ○ CCTV 카메라 : 2EA(염소주입실 옥상, 관리사옥 옥상)	
배수유량계	○ TOKIMEC INC. UFL-20S 1EA ○ 모뎀 : KT DSU-D 1대 ○ Control Microsystems SCADA Pack LP 1EA	
배수지수위계	○ Solartron MOBREY MCU 900 1EA ○ HI-TECH Level CG-300(0~5m) 1EA	

수질자동측정장비 보유현황

구 분		모델명	제조사	수량
원 수	p H 미 터	Ecosys		1
	수 온 계	Ecosys		1
	탁 도 계	Surface Scatter 6	HACH	1
	알카리도계	Ecosys		1
정 수	p H 미 터	Ecosys		1
	탁 도 계	1720D	HACH	1
	잔류염소계	Ecosys		1

③ 전체구성도



④ 문제점 및 개선 방안

㉠ 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.

㉔ 원격제어가 가능한 타입으로 CCTV 교체

각 시설에 설치되어 있는 CCTV는 원격에서 감시만 가능하고 제어가 불가능하여 중앙 제어실에서 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.

⑤ 시설개량 사업비

시설개량 사업비

(단위 : 천원)

구 분	주요 내용	수 량	단 위	단 가	합 계	시행단계
시스템	자동운전 프로그램 보완	1	식	10,000	10,000	2단계
CCTV 설비	CCTV 교체	1	식	7,000	7,000	2단계
소 계					17,000	

5.3.3 시설별 기술진단 내용 요약

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 안전을 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.

㉢ 착수정 위어부 스크 발생 등 해결방안(검토의견 조치사항)

응집제 주입에 따른 급속혼화시 착수정 유출 위어의 낙차수두에 의한 자연혼화방식을 채택하고 있어 낙차시 발생하는 거품으로 인하여 스크가 발생하고 있으나, 운영시 응집제 주입지점을 낙차지점에 가장 가까운 위치로 조절하고 일시에 끌고루 섞이도록 여러 개의 노즐로 분산 투입, 혼화효율을 증대시켜 스크 발생을 최소화하도록 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, 교

반강도는 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 1,2,3지의 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

㉕ 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 만족 시켜 주므로 안정적인 정수장의 운영이 가능할 것이다.

㉢ 조류 발생, 수질 오염 물질 유입 등 비상시 오존설비 운영방안 (검토의견 조치사항)

－ 오존설비 가동시 망간제거가 가능하므로 이를 고려한 오존처리설비 운영방안)

대청댐 광역원수 취수 이후 조류나 망간에 의한 정수처리 장애는 아직까지는 발생되지

않았으며 현재 법정 기준인 0.3mg/L를 초과하지 않고 2011년 강화될 수질기준인 0.05mg/L 역시 만족하고 있으므로 현시점에서의 오존처리설비 운전은 필요치 않으며 향후 조류와 망간유입에 따른 정수처리장애 정도를 지속적으로 확인하여 필요시 오존 처리설비의 운전 방안을 검토하여야 할 것이다.

⑫ 입상활성탄공정

㉠ 잔류염소의 유입 방지

옥룡정수장은 연중 암모니아성 질소가 유입되고, 이를 처리하기 위하여 전염소처리를 수행하고 있기 때문에 공정 상 잔류염소가 발생하고 있다.

잔류염소는 입상활성탄여과지로 유입되는 경우 0.2mg/L의 농도는 입상활성탄여과지 상 부층에만 국한되어 영향을 주고 심층부까지 큰 영향을 미치지 않으나, 옥룡정수장은 과다한 염소 주입으로 높은 잔류염소가 유입되는 것으로 추정된다. 따라서 입상활성탄 여과지의 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 사용 면적의 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 소독

제 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 감소하면서 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

㉔ 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
약품주입공정	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	유훈중인 취수장으로부터 간접 수전	22.9kV 수·변전 설비 구성	B
계측제어설비	감시항목 누락	감시항목 추가 등록	B
	자동운전 프로그램 미흡	자동운전프로그램 보완	B

② 운영관리 개선사항

구 분	문 제 점	개선할 사항	우선 순위
전염소접촉조	접촉조내 슬러지 퇴적우려	주기적 점검 및 제거	C
약품주입공정	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
역세펌프모터설비	역세·표세펌프모터 편중 가동	주기적 교체운전 및 정기점검 실시	B
입상활성탄공정	잔류염소 검출	잔류염소 유입방지	A
	수질자료 미비	수질자료 확보	B
배수지	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
계측제어설비	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 채도장과 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 내구성을 저하시키는 문제점은 발견되지 않으나 외부 도장오염으로 인해 페인트 채도장 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/d을 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 여과지속

시간을 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 적절한 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 설치하과 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.

㉞ 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.

㉟ 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.

㊱ 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.

㊲ 여과지 내 여재층에서 공기방출 대응방안(검토의견 조치사항)

완속여과지 재가동시 유입밸브를 초기 20% 개도하여 유입속도를 줄임으로써 유입밸브 근처와 여과지의 가장 낮은 부분부터 천천히 물이 유입되도록 하여 여과지 내부의 공기를 완전히 제거할 수 있도록 운영방식을 개선하도록 한다.

⑧ 소독공정

㊳ 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.

㊴ 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.

㊵ 소독제 변경 검토

최근 소규모 정수장에서는 안전성 측면에서 유리하고 상대적으로 초기투자비 및 운영비가 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, 취수유

량은 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 시설에 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 주기 등에 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.

5.4 배출수 처리시설

5.4.1 기본현황

현재 옥룡정수장에는 별도의 배출수 처리시설이 존재하지 않고, 과거에 폐지된 정수장의 침전지를 통하여 배출수를 모으고 있으며, 이를 통해 역세척수를 모아 일부는 회수수 배관을 응집지 분배조에 설치하여 운영하였으나, 현재는 배출수 전량에 대해 별도의 하수관거를 통하여 공주공공하수처리시설로 연계처리하고 있으므로 별도의 배출수 처리시설 개량계획은 수립하지 않았다.

배출수시설 현황

구 분	시 설 개 요	비 고
1) 배출수지 •규 격 •시설용량 •형식 및 지수 •여재깊이	(폐지된 정수장의 침전지) - B14.7m × L19.7m × H2.8m - V = 810m ³ - 장방형, 1지 - 0.5m	공주 공공하수 처리시설 연계처리