



시설개량계획

1.0 자료수집 및 평가

2.0 정수시설

3.0 배출수 처리시설

4.0 송·배수시설

5.0 유량계 등 설비 및 시스템개량계획

6.0 시설의 폐지 및 휴지계획

제 5 장 시설개량계획

1.0 자료수집 및 평가

안산시 기존 수도시설에 대해 시설자료, 운영시스템 자료를 수집하여 평가하였으며 이를 바탕으로 시설개량계획을 수립하였다.

1.1 수질자료 수집 및 평가

1.1.1 안산정수장

가. 원수 수질 변화

1) 월간현황

호소수(팔당댐)를 원수로 취수하고 있으며, 2006년~2008년 동안의 원수 수질분석결과를 검토한 결과, COD는 1.2~11.0mg/L(평균 2.8mg/L)로 189회 측정 중 9회에 걸쳐 생활환경기준 II급을 초과한 것으로 나타났다.

SS는 1.0~33.0mg/L(평균 5.8mg/L)로 강우기 고탁도시에 증가되는 경향을 나타내므로 탁도 관리에 주의가 필요하다.

원수의 경우 Geosmin 0.16~38.78ng/L, 2-MIB 1.01~10.92ng/L로, 알려진 최소감지농도 8ng/L, 5ng/L에 대해 초과하여 나타났다(2009년 7월 1일부터 먹는물 감시항목으로 Geosmin과 2-MIB 추가 지정).

수중의 총 탄소량을 의미하는 TOC 농도는 0.87~3.7mg/L(평균 2.26mg/L)로 조사되었다.

<표 5.1-1> 원수수질 월간 현황(2006.1~2008.12)

항목		호소수질기준	평균	최대	최소	검출횟수	비고
생활환경 II 등급	pH	6.5~8.5	7.7	8.9	7.1	114/114	생활환경 VI급
	COD(mg/L)	4 이하	2.8	11.0	1.2	189/189	생활환경 VI급
	SS(mg/L)	5 이하	5.8	33.0	1.0	36/36	생활환경 V급
	DO(mg/L)	5 이상	10.2	13.5	8.0	36/36	생활환경 Ia급
	총대장균군 (MPN/100mL)	1,000이하	58	280	9	25/36	생활환경 Ib급
BOD(mg/L)		-	0.94	1.6	0.3	24/24	-

항목	호소수질기준	평균	최대	최소	검출횟수	비고
불소(mg/L)	-	0.2	0.3	0.2	31/189	-
암모니아성질소(mg/L)	-	0.02	0.24	0.01	147/189	-
질산성질소(mg/L)	-	1.6	2.5	0.8	189/189	-
알루미늄(mg/L)	-	0.25	1.61	0.02	183/189	-
염소이온(mg/L)	-	8	14	3	189/189	-
황산이온(mg/L)	-	12	20	6	189/189	-
구리(mg/L)	-	0.012	0.038	0.002	11/189	-
망간(mg/L)	-	0.011	0.151	0.005	101/189	-
아연(mg/L)	-	0.006	0.030	0.002	86/189	-
철(mg/L)	-	0.14	0.60	0.05	25/36	-
TOC(mg/L)	-	2.55	12.7	0.87	36/36	-
보론(mg/L)	-	0.01	0.01	0.01	2/36	-
Geosmin(ng/L)	-	5.57	38.78	0.16	15/17	-
2-MIB(ng/L)	-	5.33	10.92	1.01	17/17	-

주 1) 호소수질기준 항목 중 표에 게재되지 않은 항목은 모두 불검출임.
 2) Geosmin, 2-MIB : 환경부 감시항목으로 추가 지정(2009년 7월 1일부터 시행).

2) 일간현황

최근 3년간 원수 일간 pH는 평균 7.9, 6.7~9.0의 범위를 나타내었다. 원수의 pH가 8.5 이상으로 유입되는 경우가 운영일수의 15.8%에 해당되므로, pH 조절제로 산제 도입 검토 필요하다(pH 8.0 이상 유입되는 경우는 운영일수의 40.8%에 해당됨).

현재 사용하고 있는 응집제 중 PAHCS는 SO₄²⁻등의 음이온이 포함되어 응집제 과량 주입시의 전하역전 현상을 억제하며, pH 강하 등에도 효과적인 것으로 알려져 있다. 또한, 다소 높은 pH에 대해서도 안정적인 것으로 평가되고 있으나, 최적 pH는 7 부근이므로, 응집의 고도화를 위해서는 pH 조절을 위하여 산제가 필요할 것으로 판단된다.

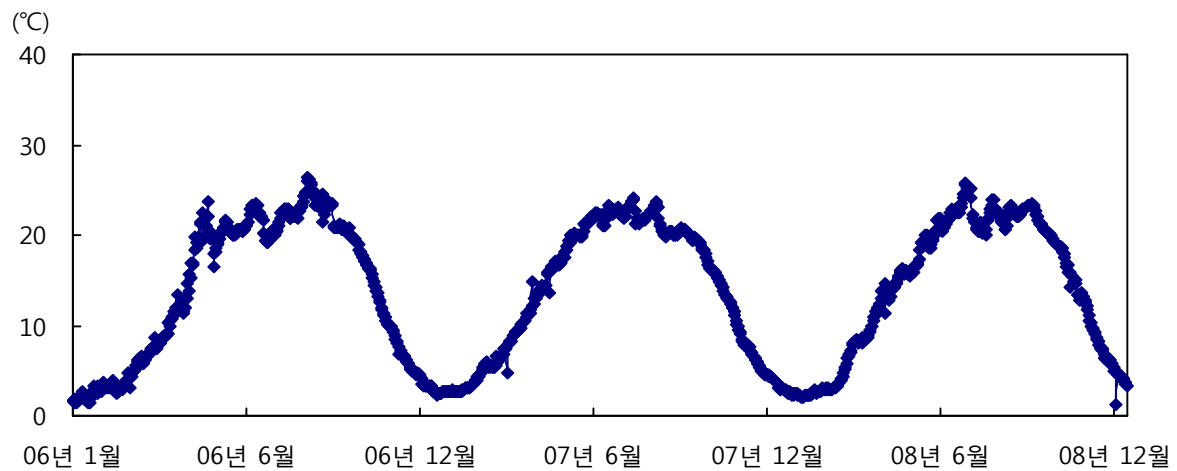
원수 일간탁도는 평균 11.29NTU(95% 누적탁도 33.00NTU), 최소 1.02NTU, 최대 421.00NTU의 범위를 나타내며, 여름철 강우기에 높은 탁도를 나타내었다.

<표 5.1-2>

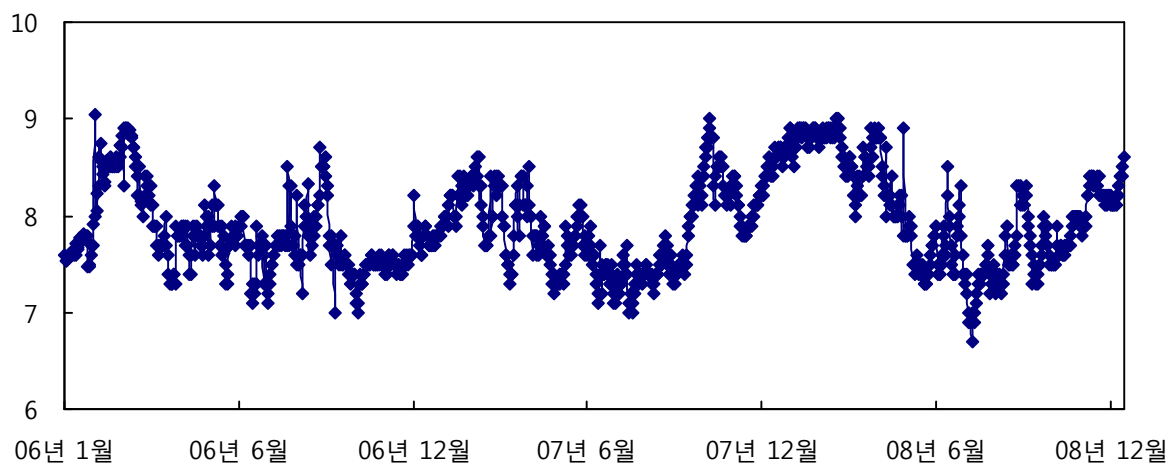
원수수질 일간 현황(2006.1~2008.12)

항 목	수온(℃)	pH	탁도(NTU)	알칼리도(mg/L)
평 균	13.7	7.9	11.29	43
최 대	26.4	9.0	421.00	83
최 소	1.3	6.7	1.02	17

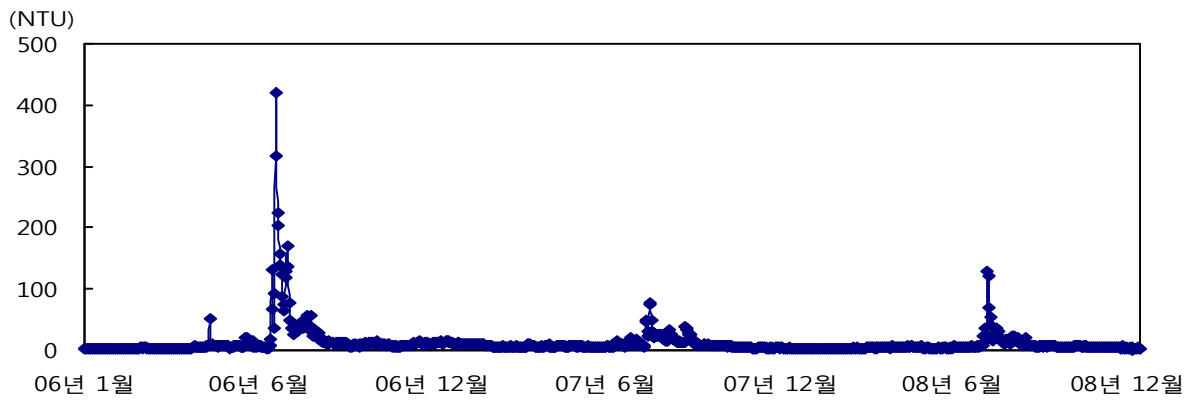
주) 95% 누적탁도 : 33.00NTU



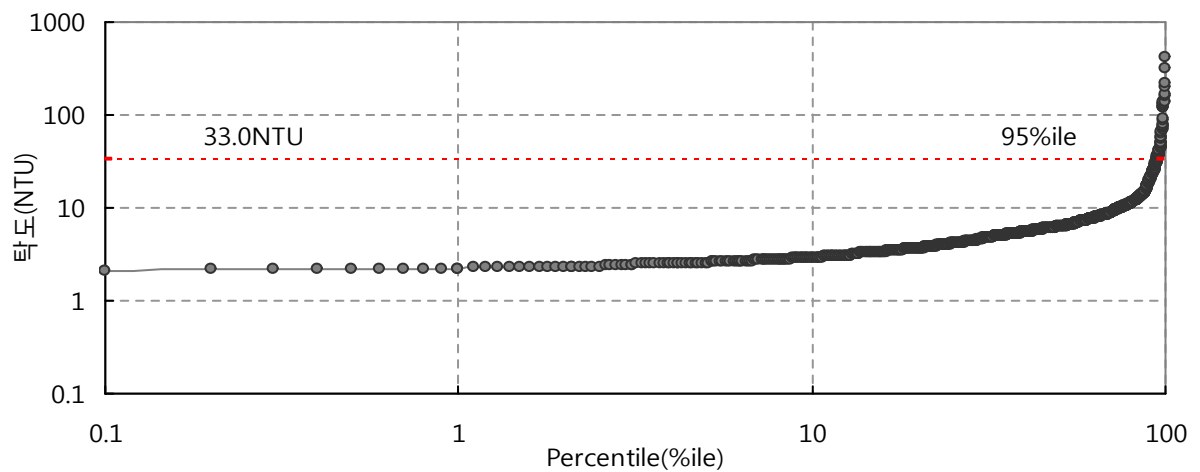
<그림 5.1-1> 원수 수온 일간 현황



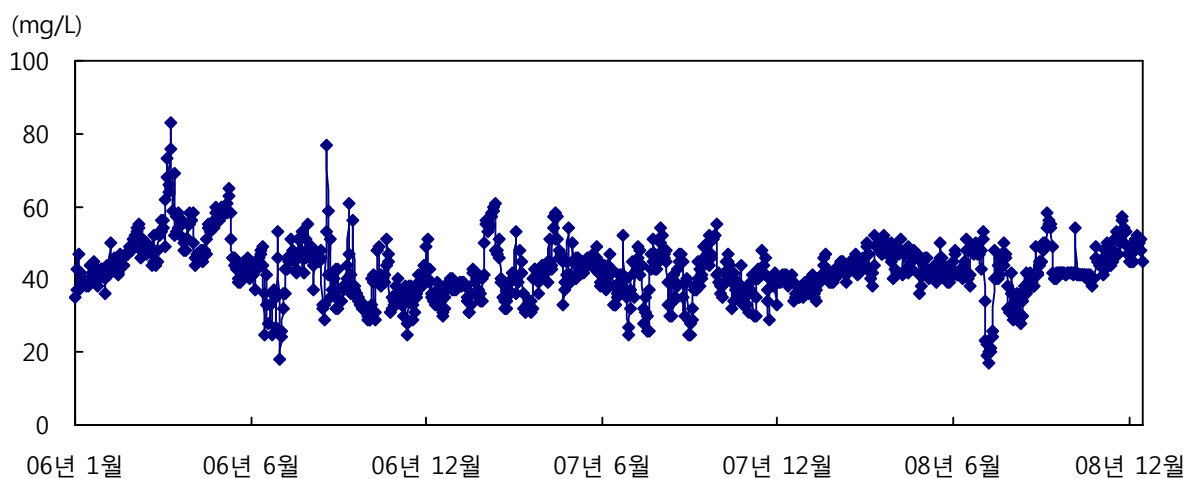
<그림 5.1-2> 원수 pH 일간 현황



<그림 5.1-3> 원수 탁도 일간 현황



<그림 5.1-4> 원수 탁도 누적분포(2006.1~2008.12)



<그림 5.1-5> 원수 알칼리도 일간 현황

다. 정수 수질변화

1) 월간현황

2006년~2008년 동안의 정수에 대한 월간분석 결과, 모든 항목에서 먹는물 수질기준을 모두 만족하는 것으로 나타났다.

2009년 7월 1일부터 환경부 감시항목으로 추가된 Geosmin과 2-MIB는 정수 처리 후에도 최소감지 농도로 알려진 8ng/L와 5ng/L에 대하여 초과하여 나타나므로 분말활성탄주입 적정화가 필요하며, 향후 고도처리도입 검토가 필요하다.

<표 5.1-3> 정수수질 월간 현황(2005.1~2008.12)

항 목	수질기준	평균	최대	최소	검출횟수	검토
불 소	1.5mg/L 이하	0.60	1.0	0.1	187/189	적합
암 모 니 아 성 질 소	0.5mg/L 이하	0.01	0.05	0.01	188/48	적합
질 산 성 질 소	10mg/L 이하	1.7	2.6	0.8	186/186	적합
보 론	0.3mg/L 이하	0.01	0.01	0.01	1/38	적합
총 트 리 할 로 메 탄	0.1 mg/L 이하	0.024	0.048	0.010	190/190	적합
클 로 로 포 림	0.08mg/L 이하	0.0175	0.0314	0.0069	37/37	적합
클로랄하이드레이트	0.03mg/L 이하	0.0079	0.0262	0.0009	35/36	적합
디브로모아세토니트릴	0.1mg/L 이하	0.0015	0.0085	0.0005	22/36	적합
디클로로아세토니트릴	0.09mg/L 이하	0.0032	0.0211	0.0007	34/36	적합
트리클로로아세토니트릴	0.004mg/L 이하	0.0013	0.0023	0.0005	13/36	적합
할로아세틱에시드	0.1mg/L 이하	0.0179	0.0427	0.0114	36/36	적합
경 도	300mg/L 이하	63	83	35	116/116	적합
과 망 간 산 칼 륨 소비량	10mg/L 이하	1.5	3.8	0.3	189/191	적합
구 리	1mg/L 이하	0.011	0.018	0.008	17/191	적합
p H	5.8~8.5	7.2	7.7	6.7	116/116	적합
아 연	1mg/L 이하	0.006	0.034	0.002	92/190	적합
염 소 이 온	250mg/L 이하	12	19	5	191/191	적합
증 발 잔 류 물	500mg/L 이하	100	185	37	189/189	적합
망 간	0.3mg/L 이하	0.009	0.015	0.005	4/191	적합
탁 도	0.5NTU 이하	0.08	0.18	0.01	116/116	적합
황 산 이 온	200mg/L 이하	12	20	5	191/191	적합
알 루 미 늬움	0.2mg/L 이하	0.06	0.17	0.02	176/191	적합
잔 류 염 소	4.0mg/L 이하	0.76	0.90	0.08	36/36	적합
G e o s m i n	최소감지농도 8ng/L	5.12	30.35	1.27	10/12	부적합
2 - M I B	최소감지농도 5ng/L	5.49	10.82	2.18	11/12	부적합

주 1) 먹는물수질기준 항목 중 표에 게재되지 않은 항목은 불검출임.

2) Geosmin, 2-MIB : 2008년 자료. 환경부 감시항목으로 추가됨(2009년 7월 1일부터 시행)

2) 일간현황

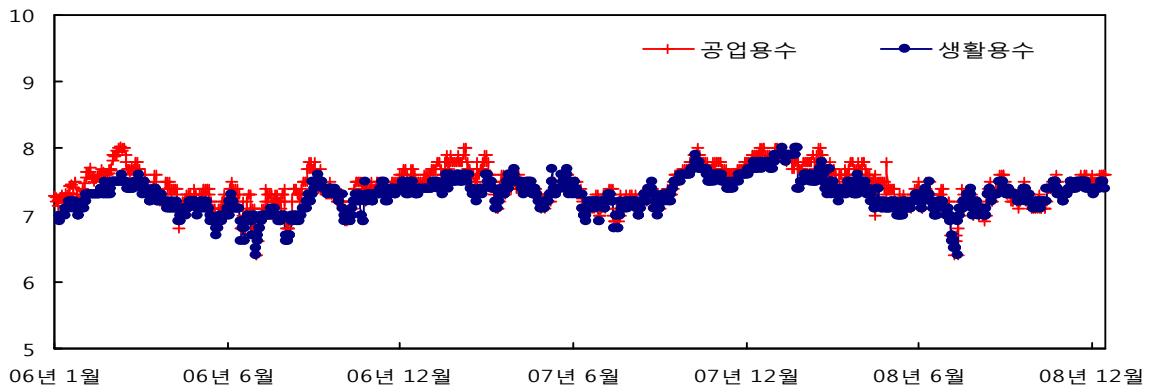
최근 3년간 정수 pH는 생활용수와 공업용수 모두 6.4~8.09의 범위를 나타내었다. 생활용수의 일간 정수탁도는 0.02~0.14NTU(95% 누적탁도 0.06NTU)로서 안정된 수질을 나타내었다. 잔류염소농도는 0.50~1.05mg/L(평균 0.73mg/L)로 나타났다.

공업용수의 일간 정수탁도는 0.34~2.00NTU(평균 0.67NTU)로서, 공업용수 탁도기준 5.0NTU 이하(수자원공사 자체기준, 공업용수 수질에 대한 국내 별도 기준 없음)를 만족하는 것으로 조사되었다.

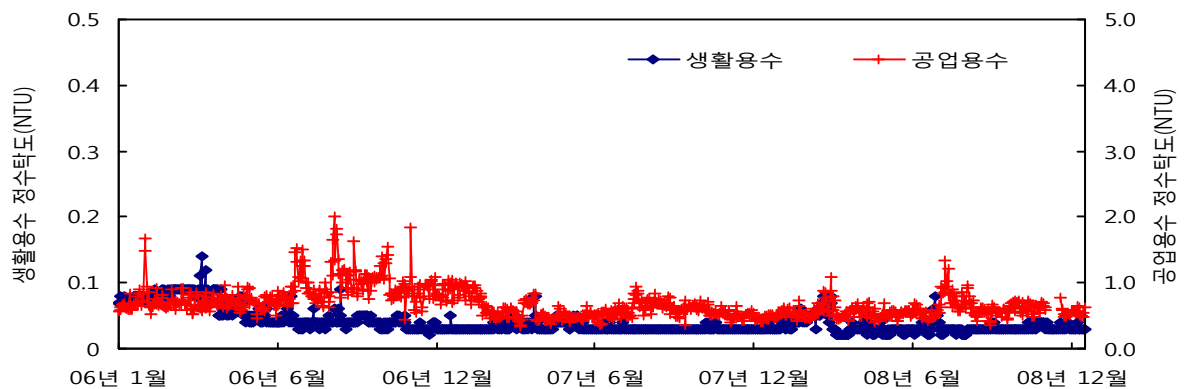
<표 5.1-4> 정수수질 일간 현황(2006.1~2008.12)

항 목	수온(℃)	pH		탁도(NTU)		잔류염소(mg/L)	
	생활용수	생활용수	공업용수	생활용수	공업용수	생활용수	공업용수
평 균	13.5	7.3	7.4	0.04	0.67	0.73	0.003
최 대	25.6	8.0	8.0	0.14	2.00	1.05	0.080
최 소	0.90	6.4	6.4	0.02	0.34	0.50	0.000

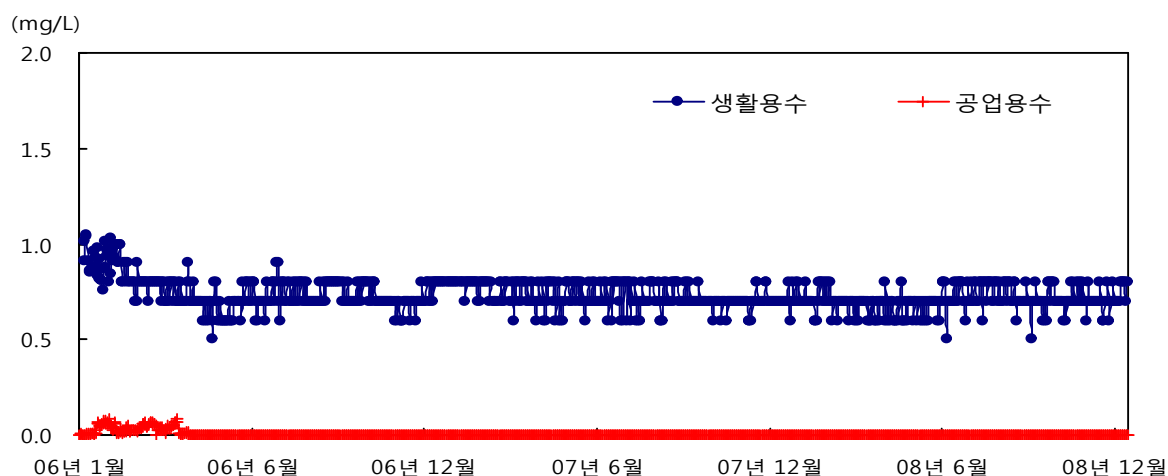
주) 95% 누적탁도 : 생활용수 0.08NTU, 공업용수 1.08NTU



<그림 5.1-6> 정수 pH 일간 현황



<그림 5.1-7> 정수 탁도 일간 현황



<그림 5.1-8> 정수 잔류염소 일간 현황

다. 공정수 수질 현황

침전수 탁도에 대한 국내 별도 기준은 없으나, 미국 EPA에서는 원수의 탁도가 10NTU 이하에서는 침전수 목표탁도를 1NTU로 제시하고 있으며, 원수의 탁도가 10NTU 초과시에는 침전수 목표탁도를 2NTU로 제시하고 있다.

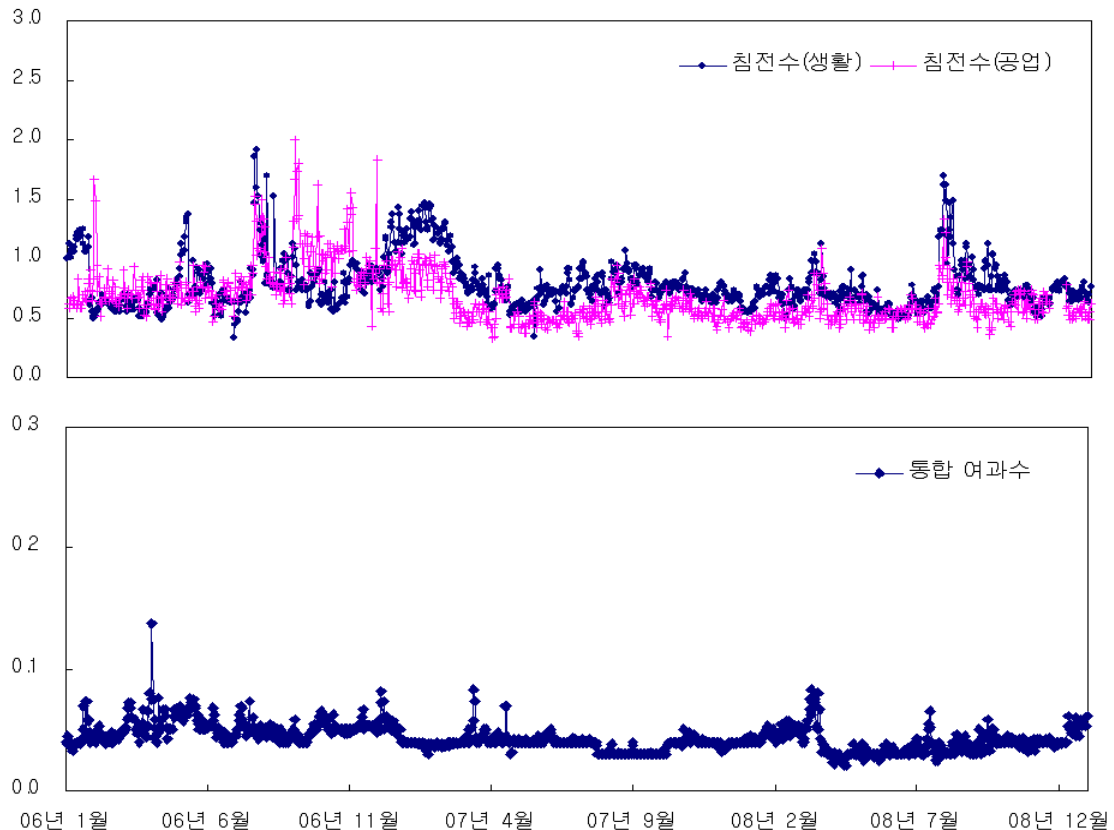
침전수 탁도는 원수의 탁도와 비슷한 변동양상을 나타내었으나, 생활용수계통은 0.34~1.92NTU(평균 0.79NTU), 공업용수계통은 0.34~2.00NTU(평균 0.67NTU)로, 원수 기준 평균탁도 제거율은 생활용수 86.8%, 공업용수 88.7%로 조사되었다. EPA에서 제시하는 침전수 목표탁도 내에서 안정적으로 처리되고 있는 것으로 평가되었다.

여과공정의 평균탁도 제거율은 94.2%로, 침전수 탁도가 증가하여도 안정적으로 처리되고 있으며, 지별 여과수 최대탁도는 0.16NTU로, 먹는물 수질기준 및 정수처리기준을 만족하는 것으로 나타났다. 또한, 미국 EPA의 LT2 ESWTR에서는 크립토스포리디움에 대해서 여과지에서 확보할 수 있는 제거율을 얻기 위해서는, 통합여과수에 대해 95% 누적탁도가 0.15NTU를 초과하지 않고, 개별 여과지에 대해 95% 누적탁도가 0.15NTU를, 최대 0.3NTU를 초과하지 않아야 한다는 기준에 대해서도 만족시키고 있는 것으로 나타났다.

<표 5.1-5> 공정수 탁도 일간 현황(2006.1~2008.12)

항 목		탁도(NTU)				제거율(%)		
		평균	최대	최소	95%누적탁도	평균	최대	최소
원수		11.29	421.00	1.02	33.00	-	-	-
침전수	생활	0.79	1.92	0.34	1.24	86.8%	99.8%	35.3%
	공업	0.67	2.00	0.34	1.08	88.7%	99.8%	25.1%
여과수 (생활)	통합수	0.04	0.14	0.02	0.06	94.2%	98.1%	81.1%
	#1지	0.04	0.13	0.01	0.07	94.4%	99.5%	81.6%
	#2지	0.04	0.12	0.01	0.06	95.1%	99.5%	82.5%
	#3지	0.04	0.10	0.01	0.07	94.0%	99.4%	84.4%
	#4지	0.04	0.14	0.01	0.07	95.1%	99.2%	81.8%
	#5지	0.04	0.16	0.01	0.07	95.2%	99.3%	84.9%
	#6지	0.03	0.16	0.00	0.05	95.5%	99.6%	77.8%
정수	생활	0.04	0.14	0.02	0.08	-	-	-
	공업	0.67	2.00	0.34	1.08	-	-	-

주 1) 침전지 탁도 제거율 : 원수 기준
2) 여과지 탁도 제거율 : 침전수 기준



<그림 5.1-9> 공정수 탁도 일간현황

라. 정수약품 주입율 변화

응집제는 원수의 성상에 따라 PACl(17%), PAHCS(12.5%), PACS(17%)를 선택하여 사용하는 것으로 조사되었다. Jar test를 실시하여 주입량 결정에 반영하고 있으며, 응집제는 유량비례 자동주입 설비에 의해 주입된다. 주입률은 PACl 6.43~24.17ppm, PAHCS 7.90~31.24ppm, PACS 9.00~27.62ppm으로 조사되었으며, 주입율 변동은 탁도의 거동과 유사하게 나타났다. 최근 3년간 응집제별 사용 비율은 PACl 22.5%, PAHCS 66.0%, PACS 11.5%에 해당되었다. 서울시에서 이루어진 연구에 따르면, 조류증식기에 pH가 상승하였을 때, PAHCS는 PACl에 비해 주입율이 커지는 경향이 있으므로, 이에 대한 고려가 필요하며, 조류침전제거시 PACl 대비 적정주입율이 1.8배 수준까지도 증가되는 것으로 보고하였다.

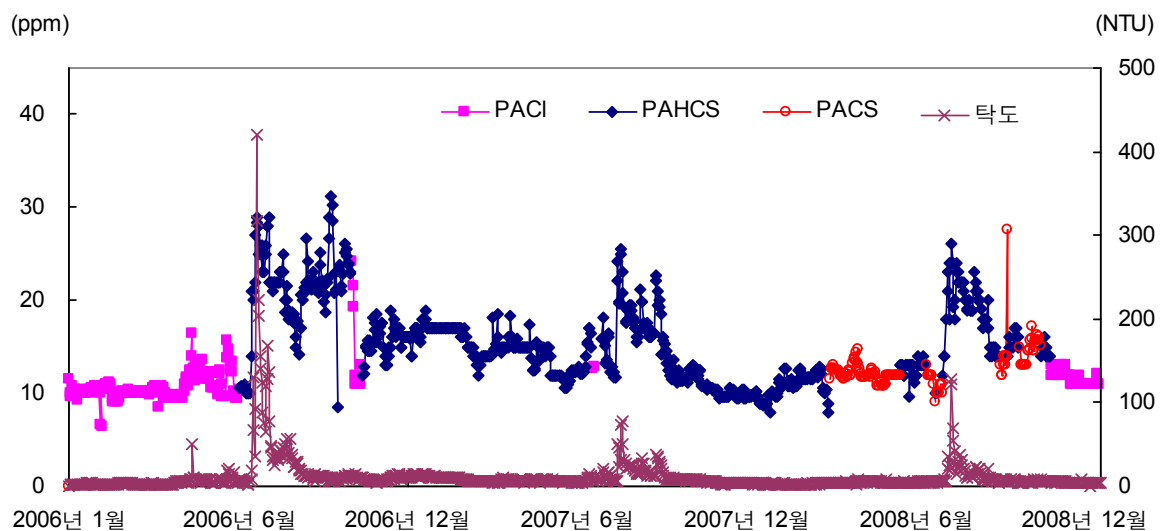
분말활성탄은 최근 3년간 주입 이력이 없는 것으로 조사되었으나, 원수의 경우 Geosmin 0.16~38.78ng/L, 2-MIB 1.01~10.92ng/L로 나타나, 알려진 최소감지농도 8ng/L, 5ng/L에 대해 초과하여 나타나므로 분말활성탄주입 등의 대책이 필요하다(2009년 7월 1일부터 먹는물 감시항목으로 Geosmin과 2-MIB 추가 지정).

pH 조절제 중 알칼리제로 소석회 주입시설이 설치되어 있으나, 최근 3년간 주입 이력이 없는 것으로 조사되었다. 최근 3년간 원수의 pH 범위는 6.7~9.0, 정수는 6.4~8.0 정도로 나타났다. 응집의 고도화를 위해서는 최적 응집 pH 범위로 알려져 있는 7.0 부근을 만족시킬 수 있도록 산제 도입 검토가 필요하다. 전차염, 중차염, 후차염이 주입되고 있으며, 전차염은 1.1~1.3ppm, 후차염은 0.8~1.2ppm 정도로 주입되고 있는 것으로 조사되었다. 차염주입펌프는 전차염용, 중차염용, 후차염용, 예비용으로 구성되어 있으나, 예비용이 사용되는 경우 사용된 용도가 운영일지에 표기되지 않고 있으므로, 용도별 차염주입률을 파악하기 위해서는 정확한 자료 이력관리가 필요하다.

불화규산은 여과지 유출수로에서 주입하고 있으며, 주입률은 0.42~5.59mg/L (평균 3.03mg/L) 범위로 나타났다.

<표 5.1-6> 정수약품주입율 일간 현황(2006.1~2008.12)

항 목		평균	최 소	5% 누적	25% 누적	50% 누적	75% 누적	95% 누적	최대	주입 일수
응 집 제 (ppm)	PACI	10.96	6.43	9.44	10.02	10.61	11.56	13.07	24.17	243
	PAHCS	15.49	7.90	9.65	12.00	15.00	17.85	23.91	31.24	712
	PACS	12.63	9.00	10.76	11.80	12.02	13.00	15.72	27.62	124
불 화 규 산(mg/L)		3.03	0.42	1.90	2.41	3.04	3.61	4.48	5.59	-



<그림 5.1-10> 응집제 주입율 일간 현황(2006.1~2008.12)

1.1.2 연성정수장

가. 원수 수질변화

1) 월간현황

호소수(팔당댐)를 원수로 취수하고 있으며, 2006년~2008년 동안의 원수 수질분석결과를 검토하였다.

COD는 1.1~7.8mg/L(평균 2.87mg/L)로서 2007년 4월에 7.8mg/L로 최대를 나타내었고, 생활환경 IV급에 해당하였다. 총 189회의 검출횟수중 수질기준인 4mg/L를 초과한 경우는 12회였다. SS는 1.0~29.0(평균 6.8)mg/L로 생활환경 V급에 해당하는 것으로 나타났다.

Geosmin은 1.02~26.19ng/L, 2-MIB는 0.96~19.91ng/L로, 최소감지 농도로 알려진 8ng/L와 5ng/L에 대하여 초과하여 나타나므로 분말활성탄주입 등의 대책이 필요하다(2009년 7월 1일부터 먹는물 감시항목으로 Geosmin과 2-MIB 추가 지정).

수중의 총 탄소량을 의미하는 TOC 농도는 1.02~4.0mg/L(평균 2.32mg/L)로 나타났다.

<표 5.1-7> 원수수질 월간 현황(2006.1~2008.12)

항목		호소수질기준	평균	최대	최소	검출횟수	비고
생활환경 II 등급	pH	6.5~8.5	7.7	8.8	7.0	76/76	생활환경 VI급
	COD	4 mg/L이하	2.87	7.80	1.10	189/189	생활환경 IV급
	SS	5 mg/L이하	6.8	29.0	1.0	36/36	생활환경 V급
	DO	5 mg/L이상	10.4	13.5	8.7	27/27	생활환경 I a급
	총대장균군(MPN/100mL)	1,000 이하	171	920	8	25/36	생활환경 II 급
BOD(mg/L)		-	2.0	9.0	0.3	33/33	-
불소(mg/L)		-	0.22	0.30	0.20	31/187	-
암모니아성 질소(mg/L)		-	0.03	0.16	0.01	163/188	-
질산성 질소(mg/L)		-	1.58	2.30	0.30	188/188	-
알루미늄(mg/L)		-	0.26	3.39	0.02	186/190	-
염소이온(mg/L)		-	7.2	14.0	2.0	189/189	-
황산이온(mg/L)		-	11.2	20.0	5.0	189/189	-
구리(mg/L)		-	0.019	0.064	0.009	13/189	-
망간(mg/L)		-	0.016	0.402	0.003	104/189	-
아연(mg/L)		-	0.010	0.252	0.002	89/189	-
철(mg/L)		-	0.14	0.63	0.05	25/37	-
총유기탄소(mg/L)		-	2.32	4.00	1.02	37/37	-
보론(mg/L)		-	0.01	0.01	0.01	5/37	-
Geosmin(ng/L)		-	5.9	26.2	1.0	20/23	-
2-MIB(ng/L)		-	8.61	19.91	0.96	22/23	-
클로로포름(mg/L)		-	0.002	0.004	0.001	5/9	-

주 1) 호소수질기준 항목 중 표에 게재되지 않은 항목은 모두 불검출임.
2) Geosmin, 2-MIB : 환경부 감시항목으로 추가 지정(2009년 7월 1일부터 시행)

2) 일간현황

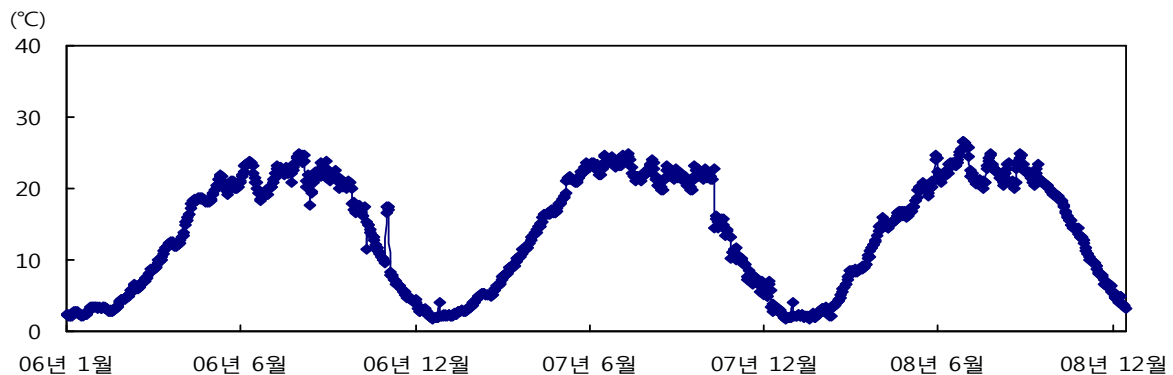
원수 일간탁도는 평균 12.89NTU로 0.11~600.0NTU의 범위를 나타내며, 여름철 강우기에 높은 탁도를 나타내며, 95% 누적탁도는 40.89NTU로 조사되었다.

원수 일간 pH는 평균 7.7로 6.3~9.3의 범위를 나타내었다. 원수의 pH가 8.5 이상으로 유입되는 경우가 운영일수의 5.2%(pH 8.0이상으로 유입되는 경우는 운영일수의 17.5%)에 해당되므로, pH 조절제로 산제 도입 검토가 필요하다. 또한 pH 7.0이하가 25일(2.28%), pH 6.5이하가 1일(0.09%)로서 2008년 7월에 최소인 pH 6.3을 나타내었고, 이때 알칼리도는 최소 알칼리도인 16mg/L로 조사되었다. 착수정 전단에 NaOH주입 설비가 있으므로 저pH시 NaOH 주입 필요를 검토하여 응집 pH를 최적화 하는 것이 바람직하다.

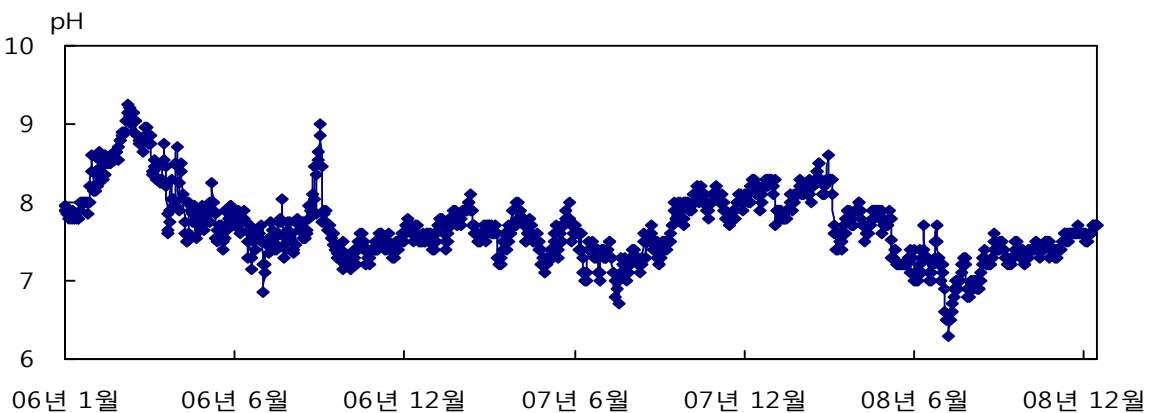
<표 5.1-8> 원수수질 일간 현황(2005.1~2007.12)

항 목	수온(℃)	pH	탁도(NTU)	알칼리도(mg/L)
평 균	14.0	7.7	12.89	43
최 대	26.6	9.3	600.00	70
최 소	1.7	6.3	0.95	16

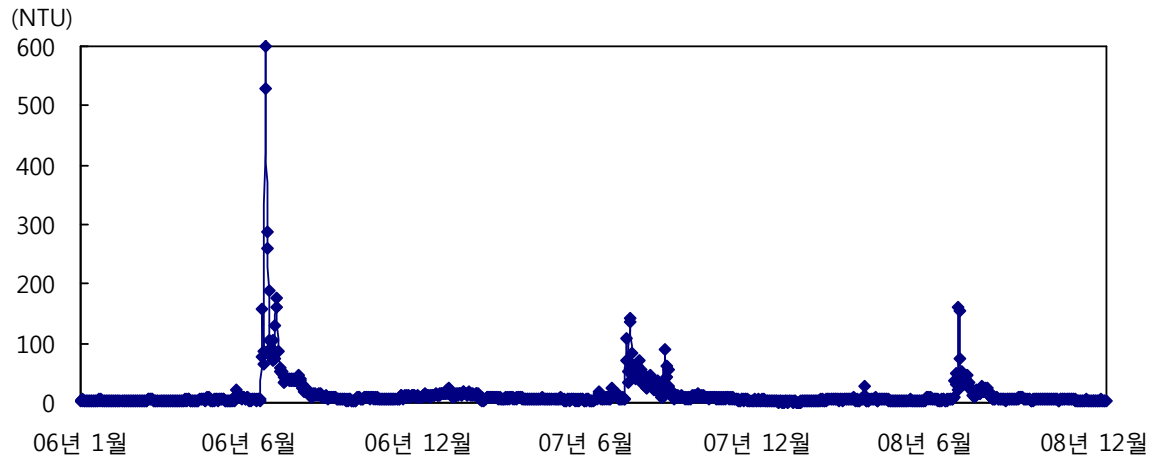
주) 95% 누적탁도 : 40.89NTU



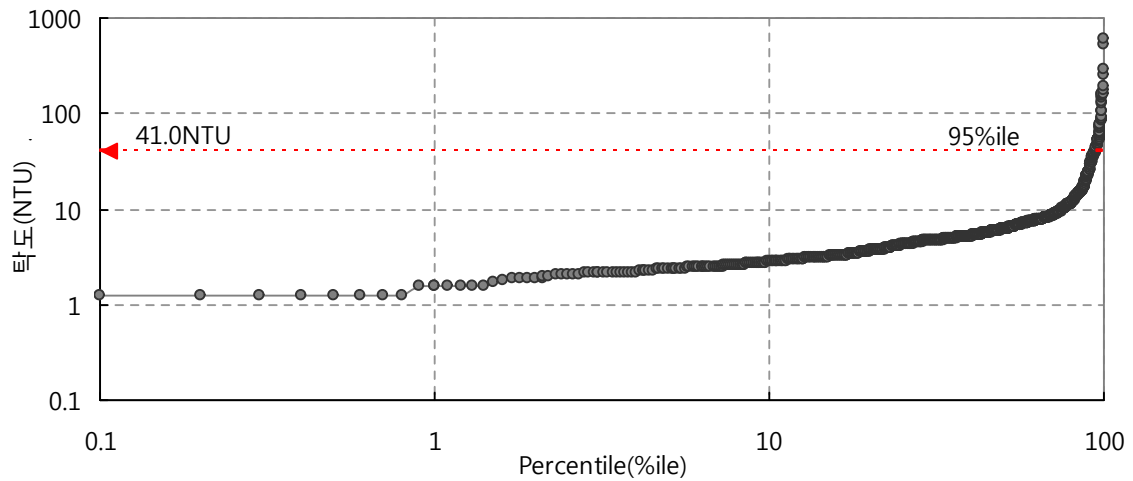
<그림 5.1-11> 원수 수온 일간 현황



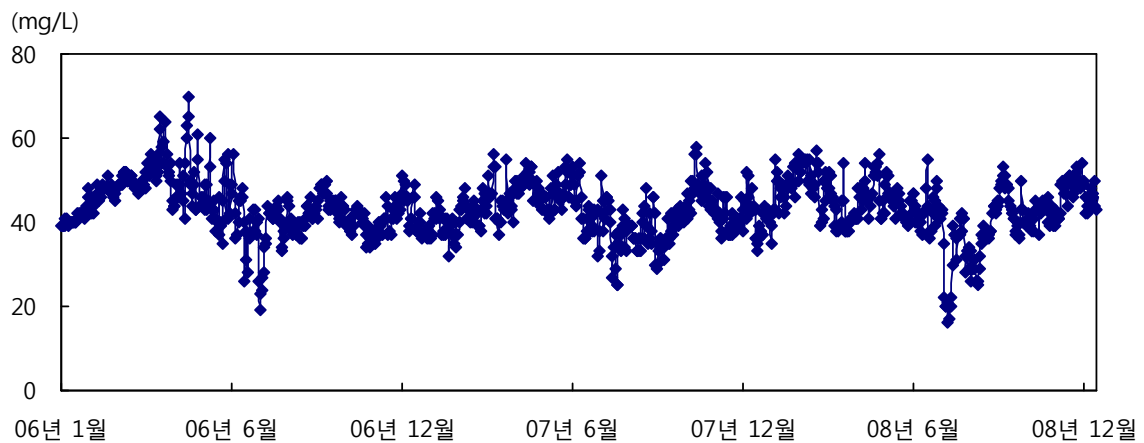
<그림 5.1-12> 원수 pH 일간 현황



<그림 5.1-13> 원수 탁도 일간 현황



<그림 5.1-14> 원수 탁도 누적분포(2006.1~2008.12)



<그림 5.1-15> 원수 알칼리도 일간 현황

나. 정수 수질변화

1) 월간현황

2006~2008년 동안의 정수에 대한 월간분석 결과, 모든 항목에서 먹는물 수질기준을 모두 만족하는 것으로 나타났다.

Geosmin과 2-MIB는 정수처리 후에도 최소감지 농도로 알려진 8ng/L와 5ng/L에 대하여 초과하여 나타나므로 분말활성탄주입 적정화가 필요하며, 향후 고도처리도입 검토가 필요하다(2009년 7월 1일부터 먹는물 감시항목으로 Geosmin과 2-MIB 추가 지정).

<표 5.1-9> 정수수질 월간 현황(2006.1~2008.12)

항 목	수질기준	평균	최대	최소	검출횟수	검 토
불 소	1.5mg/l 이하	0.78	1.20	0.40	188/188	적합
암 모 니 아 성 질 소	0.5mg/l 이하	0.01	0.04	0.01	113/188	적합
질 산 성 질 소	10mg/l 이하	1.60	2.30	0.80	184/184	적합
보 론	0.3mg/l 이하	0.01	0.01	0.01	12/36	적합
총 트 리 할 로 메 탄	0.1mg/l 이하	0.027	0.047	0.010	188/188	적합
클 로 로 포 림	0.08mg/l 이하	0.0208	0.0349	0.0065	36/36	적합
클 로 라 하 이 드 레 이 트	0.03mg/l 이하	0.009	0.024	0.001	35/36	적합
디 브 로 모 아 세 토 니 트 린	0.1mg/l 이하	0.002	0.012	0.001	30/36	적합
디 클 로 로 아 세 토 니 트 린	0.09mg/l 이하	0.003	0.005	0.001	35/37	적합
트 리 클 로 로 아 세 토 니 트 린	0.004mg/l 이하	0.0013	0.0025	0.0005	16/36	적합
할 로 아 세 틱 에 시 드	0.1mg/l 이하	0.019	0.032	0.010	36/36	적합
경 도	300mg/l 이하	63.56	88.00	29.00	80/80	적합
과 망 간 산 칼 륨 소 비 량	10mg/l 이하	1.62	3.50	0.60	188/188	적합
구 리	1mg/l 이하	0.01	0.02	0.01	81/188	적합
p H	5.8~8.5	7.26	7.60	6.60	80/80	적합
아 연	1mg/l 이하	0.008	0.252	0.002	184/188	적합
염 소 이 온	250mg/l 이하	10.84	17.00	4.00	187/188	적합
증 발 잔 류 물	500mg/l 이하	96.35	180.00	9.00	188/188	적합
철	0.3mg/l 이하	0.06	0.06	0.06	4/34	적합
탁 도	0.5NTU 이하	0.09	0.15	0.04	80/80	적합
황 산 이 온	200mg/l 이하	11.51	19.00	5.00	188/188	적합
알 루 미 늬	0.2mg/l 이하	0.06	0.16	0.02	170/188	적합
잔 류 염 소	0.2mg/l 이상	0.77	0.90	0.60	36/36	적합
색 도	5도 이하	1.00	1.00	1.00	14/36	적합
Geosmin (ng/L)	-	4.63	9.74	0.98	10/11	적합
2-MIB (ng/L)	-	10.70	21.56	2.85	11/11	부적합

주 1) 먹는물수질기준 항목 중 표에 개재되지 않은 항목은 불검출임.
 2) Geosmin, 2-MIB : 환경부 감시항목으로 추가 지정(2009년 7월 1일부터 시행)

2) 일간현황

정수 pH는 평균 7.3(6.1~8.1)이었으며, 잔류염소는 평균 0.74mg/L(0.49~1.04 mg/L)로 나타났다.

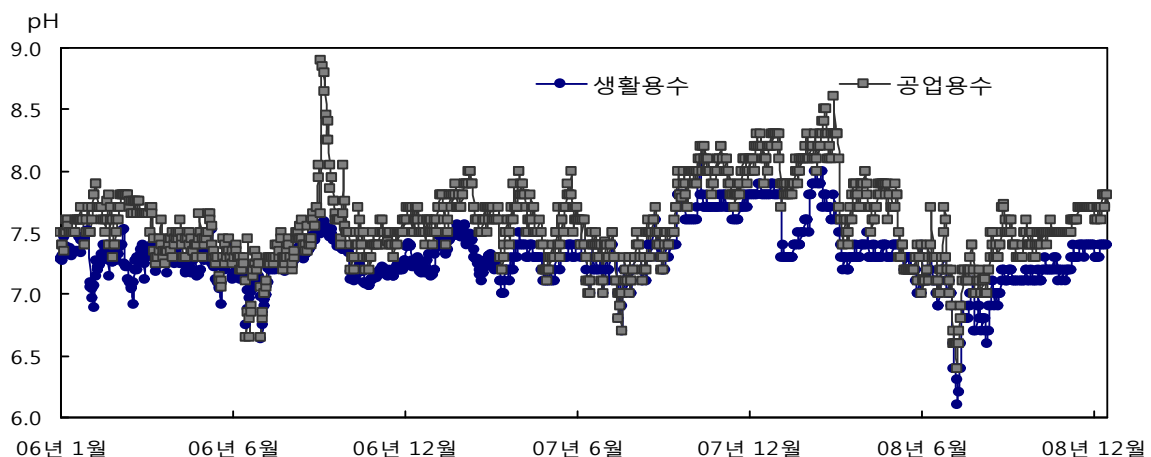
탁도 관리는 크립토스포리디움, *Giardia* 등 원생동물에 대한 안정성확보를 위하여 중요하다. 생활용수의 일간 정수탁도는 평균 0.08NTU(0.03~0.50NTU), 95% 누적탁도는 0.16NTU로 안정된 수질을 나타내며, 먹는물수질 기준(0.5NTU 이하) 및 정수처리기준의 0.3NTU 이하를 만족하지만 최대탁도가 0.5NTU로 먹는물 수질기준에 근접하므로, 응집약품 및 급속혼화, 여과지 운영 등을 통해 정수탁도 관리에 유의하여야 한다.

공업용수의 일간 정수탁도는 0.14~3.81NTU(평균 0.68NTU)로 공업용수 탁도 기준 5.0NTU 이하(수자원공사 자체기준, 공업용수 수질에 대한 국내 별도 기준 없음)를 만족하는 것으로 나타났다.

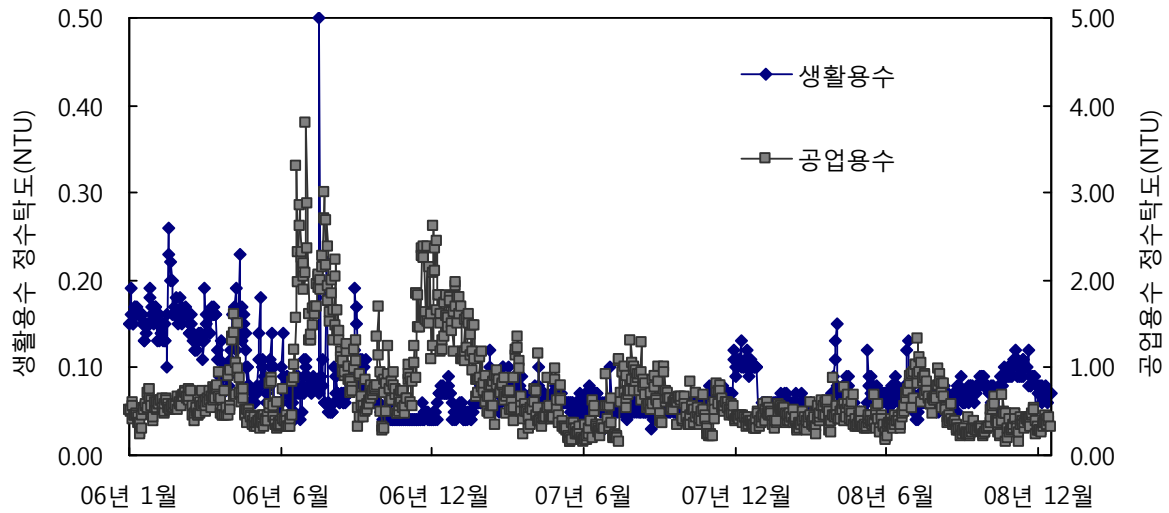
<표 5.1-10> 정수수질 일간 현황(2006.1~2008.12)

항 목	수온(℃)	pH		탁도(NTU)		잔류염소(mg/L)
	생활용수	생활용수	공업용수	생활용수	공업용수	생활용수
평 균	14.1	7.3	7.6	0.08	0.68	0.74
최 대	26.3	8.1	8.9	0.50	3.81	1.04
최 소	1.6	6.1	6.4	0.03	0.14	0.49

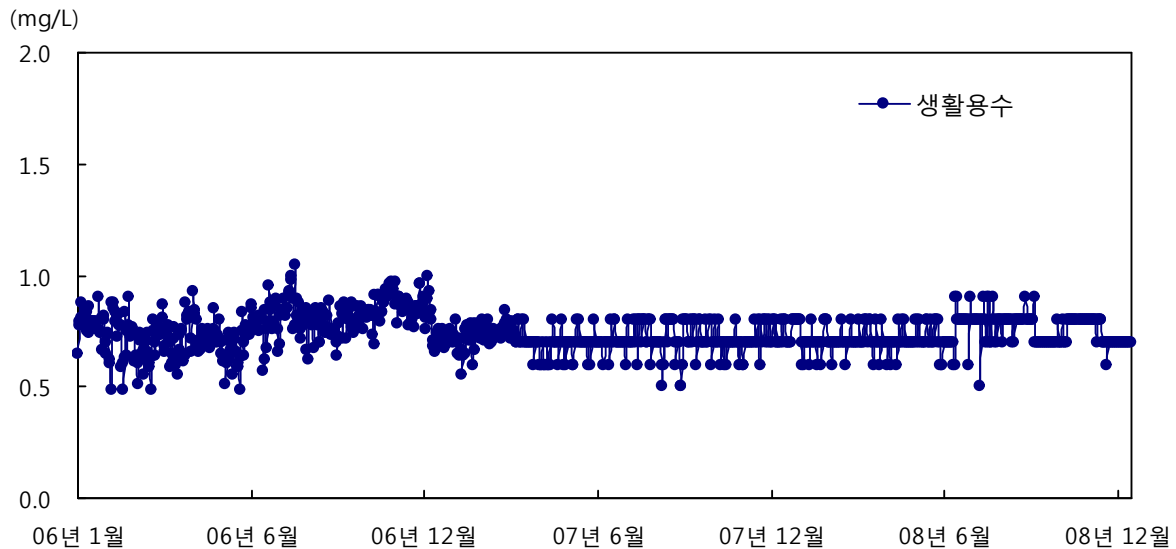
주) 95% 누적탁도 : 생활용수 0.16NTU, 공업용수 1.80NTU



<그림 5.1-16> 정수 pH 일간 현황



<그림 5.1-17> 정수 탁도 일간 현황



<그림 5.1-18> 정수 잔류염소 일간 현황

다. 공정수 수질변화

침전수 탁도에 대한 국내 별도 기준은 없으나, 미국 EPA에서는 원수의 탁도가 10NTU 이하에서는 침전수 목표탁도를 1NTU로 제시하고 있으며, 원수의 탁도가 10NTU 이상에서는 침전수 목표탁도를 2NTU로 제시하고 있다.

침전수 탁도는 생활용수계통은 0.11~1.45NTU(평균 0.47NTU), 공업용수계통은 0.14~3.81NTU(평균 0.68NTU)로 나타났으며, 원수 기준 평균탁도 제거율은 생

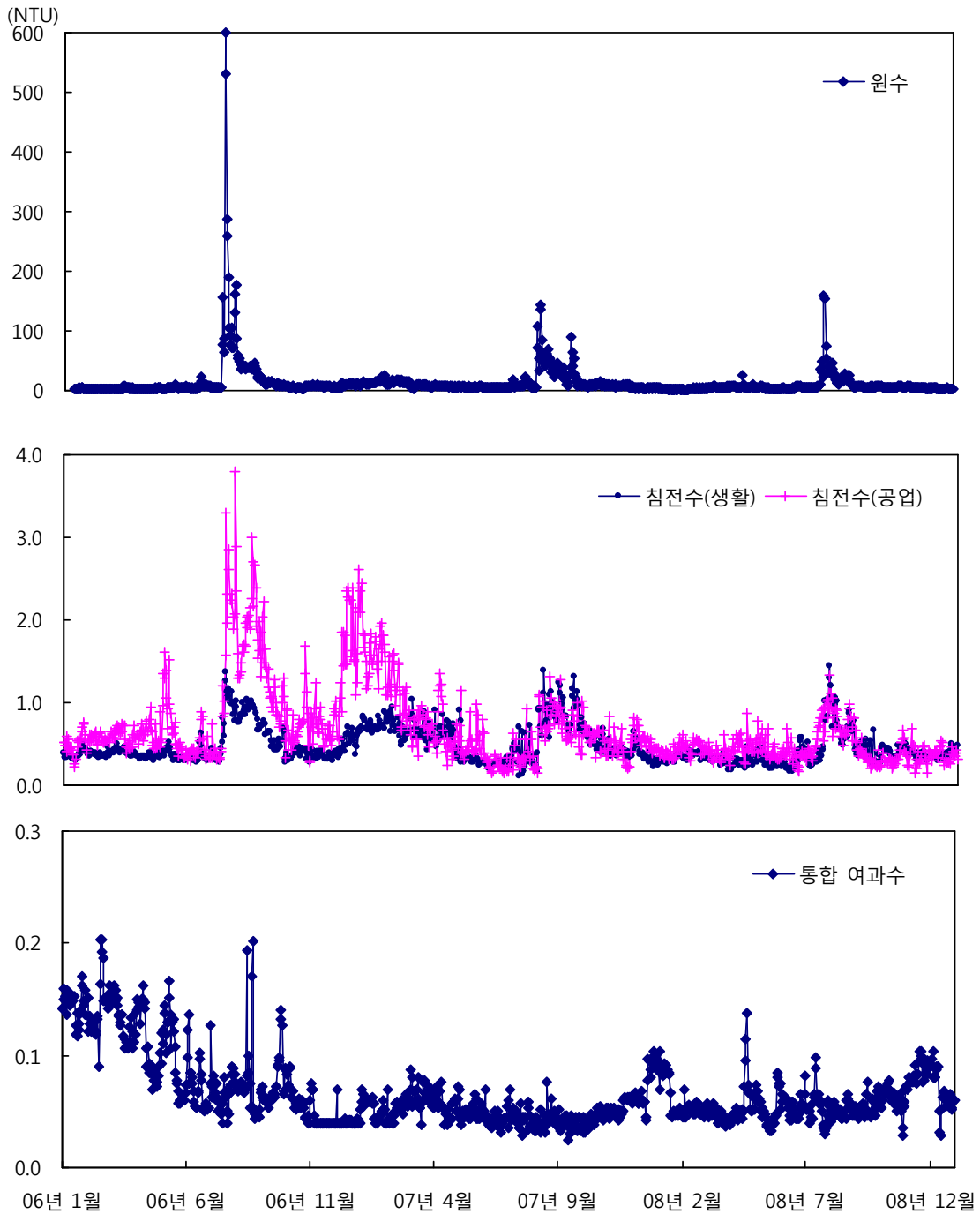
활용수 92.8%, 공업용수 89.8%로 조사되었다. 생활용수계통은 EPA에서 제시하는 침전수 목표탁도 내에서 안정적으로 처리되고 있는 것으로 평가되었다. 공업용수계통 침전수 탁도는 회수수에 별도의 약품주입 없이 공업용수계통 혼화지로 유입되고, 침투유량에서 위어하부상승유속이 기준을 초과하는 등 침전지 수리조건이 생활계통에 비해 불리하여 생활용수계통의 침전수에 비해 높은 것으로 조사되었다. 수자원공사 침전수 탁도 기준인 5NTU는 만족하지만, 회수수에 별도의 약품주입을 통한 공정의 최적화가 필요하다.

여과공정의 평균탁도 제거율은 83.1%였으며, 여과수 최대탁도는 0.20NTU로 먹는물 수질기준 및 정수처리기준을 만족하는 것으로 나타났다. 또한, 미국 EPA의 LT2 ESWTR에서는, 크립토스포리디움에 대해서 여과지에서 확보할 수 있는 제거율을 얻기 위한 통합여과수의 95% 누적탁도로 0.15NTU를 초과하지 않고, 개별 여과지에 대해 95% 누적탁도가 0.15NTU를 최대 0.3NTU를 초과하지 않아야 한다고 규정하고 있으며, 이에 대해서 여과수 95% 누적탁도가 0.15NTU로 만족하는 것으로 조사되었다.

<표 5.1-11> 공정수 탁도 일간 현황(2006.1~2008.12)

항 목		탁도(NTU)				제거율(%)		
		평균	최대	최소	95%누적	평균	최대	최소
원수		12.89	600.00	0.95	40.89	-	-	-
침전수	생활	0.47	1.45	0.11	0.95	92.8%	99.9%	63.2%
	공업	0.68	3.81	0.14	1.77	89.8%	99.8%	54.4%
여과수(생활)		0.07	0.20	0.03	0.15	83.1%	97.6%	41.9%
정수	생활	0.08	0.50	0.03	0.16	-	-	-
	공업	0.68	3.81	0.14	1.77	-	-	-

주 1) 침전지 탁도 제거율 : 원수기준
 2) 여과지 탁도 제거율 : 침전수 기준



<그림 5.1-19> 공정수 탁도 일간 현황(2006.1~2008.12)

라. 정수약품 주입율 변화

응집제는 PACI(17%), PAHCS(12.5%), PACS(17%)가 사용되었으며, PACS는 주입일수가 3년 중 6일 뿐이었고, PAHCS(723일)와 PACI(388일)이 주로 주입된

것으로 조사 되었다. 가장 많이 사용된 PAHCS의 주입율 변동은 탁도의 거동과 유사하며, 주입율은 1.16~50ppm(평균 14.12ppm)을 나타내고 있다. 약품은 원수수질인자에 따른 유량비례 자동주입 방식으로 주입되고 있다.

NaOH는 착수정 유입부에 주입설비가 있으나, 2006년부터 2008년까지의 주입되지 않은 것으로 조사되었다. 원수기준으로 pH 6.5이하가 1일(0.09%), pH 7.0이하가 25일(2.28%)이고, 정수기준(생활용수계통)으로 pH 6.5이하가 8일(0.73%), pH7.0이하가 57일(5.2%)로 나타났다. 착수정 전단에 NaOH주입 설비가 있으므로 저pH시 NaOH주입 필요를 검토하여 응집 pH를 최적화 하는 것이 바람직하다.

분말활성탄은 혼화지 유출부(생활용수계통만)에서 주입되고 있으나, 2006년~2007년에는 주입되지 않았고, 2008년에는 약 15일정도 주입된 것으로 조사되었다. 2-MIB와 Geosmin이 각각 10.70ng/L, 4.63ng/L 이므로 분말활성탄을 적정 주입하고, 향후 고도처리도입 검토가 필요하다.

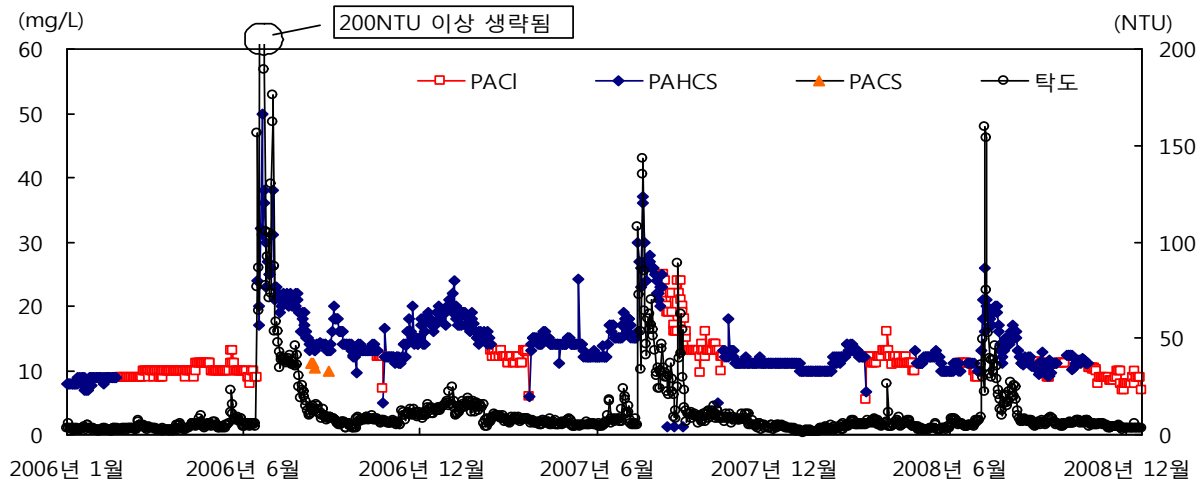
불화규산는 3년 중 1,042일간 주입되었고, 주입율은 0.94~5.75mg/L(평균 3.46 mg/L)로 주입되었다.

전염소와 후염소가 적용되고 있으며, 2007년에서 2008년의 2년간 자료를 분석하였다. 전염소는 0.70~2.60mg/L(평균 1.37mg/L), 후염소는 0.30~1.90mg/L(평균 0.85mg/L)로 주입된 것으로 나타났다.

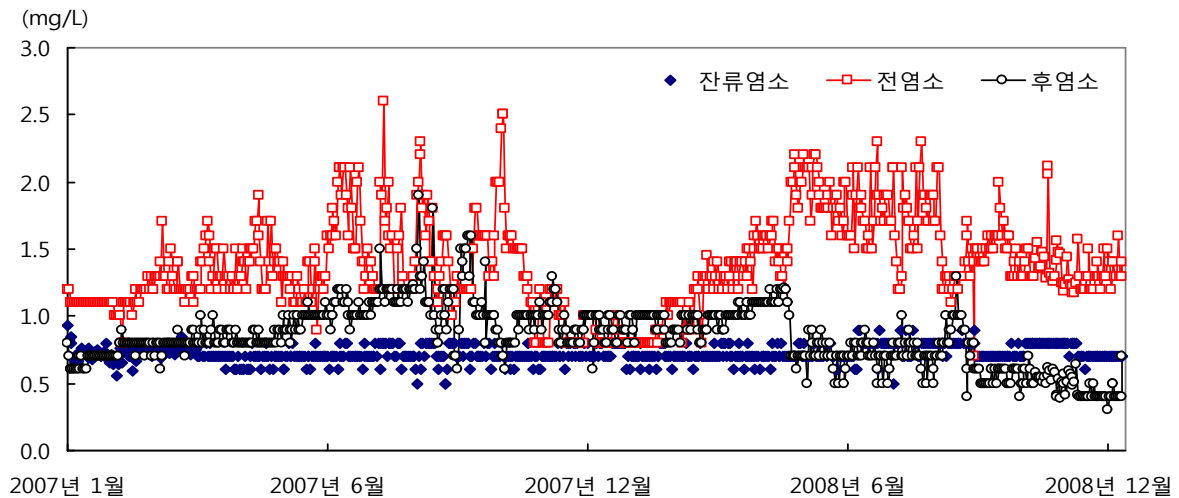
<표 5.1-12> 정수약품 일간 현황(2006.1~2008.12)

항 목	평균	최소	5%누적	25%누적	50%누적	75%누적	95%누적	최대	주입일수
PACl(ppm)	11.16	5.44	8.50	10.00	10.73	12.00	16.00	25.00	388
PAHCS(ppm)	14.12	1.16	9.00	11.00	13.00	16.00	23.00	50.00	723
PACS(ppm)	10.71	10.00	10.06	10.44	11.00	11.00	11.00	11.00	6
불화규산(mg/L)	3.46	0.94	2.81	3.21	3.28	3.75	4.60	5.75	1042
액화염소 ¹⁾ (mg/L)	전염소	1.37	0.70	0.80	1.20	1.30	1.60	2.08	731
	후염소	0.85	0.30	0.50	0.70	0.80	1.00	1.20	731

주 1) 액화염소 주입율은 2007년 1월부터 2008년 12월까지 자료임.



<그림 5.1-20> 응집제 주입율 일간 현황(2006.1~2008.12)



<그림 5.1-21> 전염소 및 후염소 주입율 일간 현황(2007.1~2008.12)

1.2 시설자료 수집 및 평가

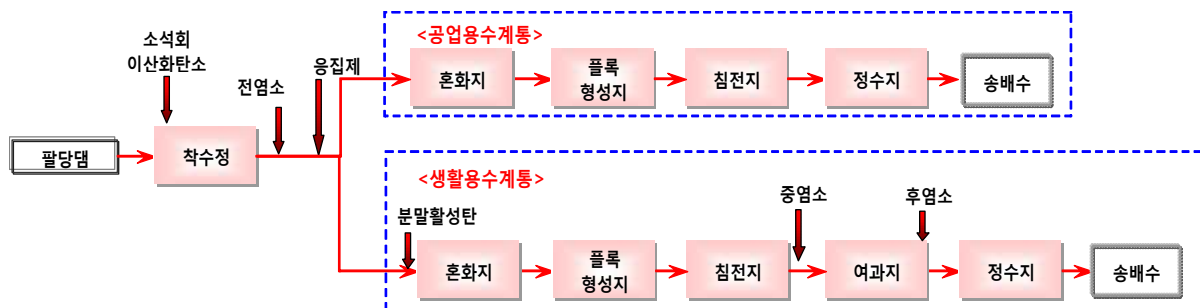
1.2.1 안산정수장 시설현황

팔당댐을 수원으로 하는 총 시설용량 143,000 m^3 /일의 정수시설로, 1989년 공업용수 처리시설 60,000 m^3 /일을 준공하였으며, 1992년 생활용수 처리시설 83,000 m^3 /일을 증설하여, 일반적인 정수처리공정(생활용수계통 : 혼화-응집-침전-여과, 공업용수계통 : 혼화-응집-침전)을 통하여 생활용수 및 공업용수를 생산·공급하고 있다.

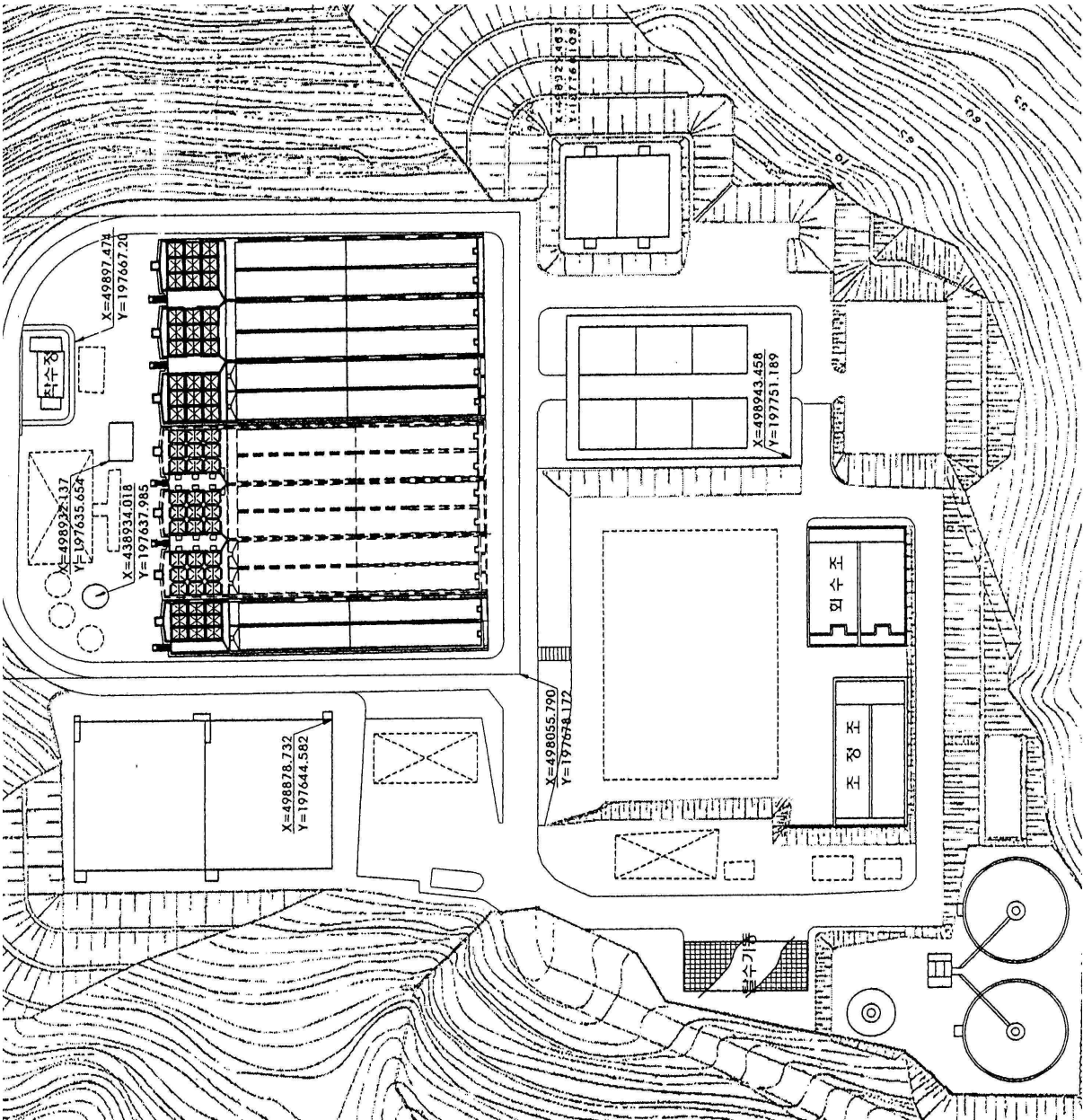
<표 5.1-13>

시설개요

구분	내 용	비 고
시설용량	-총 시설용량 : 143,000m ³ /일 (생활용수계통 : 83,000m ³ /일, 공업용수계통 : 60,000m ³ /일)	
설치년도	-1989년 : 수도권 광역상수도 3단계(공업용수, 60,000m ³ /일) -1992년 : 수도권 광역상수도 4단계(생활용수, 83,000m ³ /일)	
수원	-팔당댐 저수지수 · 3단계 : 한국수자원공사 안양가압장 · 4단계 : 한국수자원공사 와동가압장	
처리공정	-생활용수계통 : 착수정→혼화지→플록형성지→침전지→여과지→정수지 -공업용수계통 : 착수정→혼화지→플록형성지→침전지→정수지	
위치	-안산시 단원구 고잔동 산6번지(채송화길 52번지)	



<그림 5.1-22> 정수처리계통도



<그림 5.1-23> 평면도

<표 5.1-14>

정수시설 현황

항목		시 설 현 황	
		생활용수계통(4단계)	공업용수계통(3단계)
개요	시설용량	83,000m ³ /일	60,000m ³ /일
	정수방법	급속여과공정	응집침전공정
착수정	제원	-W4.5m×L8.0m×H4.5m×1지	-W4.5m×L7.7m×H4.5m×1지
	유효용량	-162.0m ³ × 1지 = 162.0m ³	-155.9m ³ × 1지 = 155.9m ³
	체류시간	-통합운영시 : 3.1분, 3단계(공업용수계열)만 운영시 1.5분, 4단계(생활용수계열)만 운영시 1.6분	
약품주입설비	응집제 주입설비	-응집제 : PACl, PAHCS, PACS (원수의 성상에 따라 선택 주입) -저장조(#1조~#4조) : #1~#3조 각각 31m ³ , #4조 41.5m ³ -공급탱크 : 2m ³ ×3조 -주입기 : 급속분사교반기(Water-Champ) -주입위치 : 착수정~혼화지 수로(전염소주입후 5.7m 지점)	
	소석회 주입설비	-주입기형식 : Screw Feeder -주입량 제어방식: Inverter 제어방식 -주입위치 : 착수정 유입부	
	이산화탄소 주입설비	-주입기형식 : 콘트롤밸브 + 약품유량계 -주입량 제어방식: 콘트롤밸브 개도율 조절 -용해장치 : 수중형 급속분사식 -규격 : 25HP(19kW)×1대, 380VAC, 3Ph, 60Hz -주입위치 : 착수정 유입부	
	분말활성탄 주입설비	-주입기형식 : Screw Feeder -주입량 제어방식: Inverter 제어방식 -주입위치 : 착수정 유입부 및 생활계통 혼화지 유입수로	
혼화지	제원	-W4.5m×L4.5m×H3.8m×1지	-W3.8m×L3.8m×H3.8m×2지
	유효용량	-76.95m ³ × 1지 = 76.95m ³	-54.87m ³ × 2지 = 109.74m ³
	체류시간	-1.27분	-2.51분
플록형성지	제원	-#5~#7 : W10.6m×L10.5m×H3.5m×3지	-#1 : W8.5m×L10.5m×H3.5m×1지 (생활용수계통으로 시설되었으나, 공업용수계통으로 운영) -#2~#4 : W9.6m×L10.5m×H3.5m×3지
	유효용량	-#5~#7 : 389.55m ³ × 3지 = 1,168.65m ³	-#1 : 312.40m ³ × 1지 = 312.40m ³ -#2~#4 : 352.80m ³ × 3지 = 1,058.40m ³
	체류시간	-#5~#7 : 19.3분	-#1 : 30.5분 -#2~#4 : 31.6분
	단구분격벽	-#5~#7 : 정류벽(정류공 D0.1, 372개)	-#1 : 정류벽(정류공 D0.1, 288개) -#2~#4 : 정류벽(정류공 D0.1, 264개, 수면위 정류공 24개 제외)



<표 5.1-14>

정수시설 현황 (계속)

항목		시 설 현 황	
		생활용수계통	공업용수계통
플록 형 성 지	플록큐레이터	-형식 : 수평패들형 -규격 : #5~#7 D3.0m×L3.0m -패들감속기 • 1단:1800rpm×3.7kW×3대, 감속비 187 • 2단:1800rpm×1.5kW×3대, 감속비 209 • 3단:1800rpm×0.75kW×3대, 감속비 319	-형식 : 수평패들형 -규격 : #1 D3.1m×L2.2m #2~#4 D3.0m×L2.9m -패들감속기 • 1단:1800rpm×3.7kW×4대, 감속비 187 • 2단:1800rpm×1.5kW×4대, 감속비 209 • 3단:1800rpm×0.75kW×4대, 감속비 319
	제원	-#5~#7 : W13.0m×L55.0m×H4.1m×3지	-#1 : W11.0m×L55.0m×H4.1m×1지 (생활용수계통으로 시설되었으나, 공업용수계통으로 운영) -#2~#4 : W12.0m×L55.0m×H4.1m×3지
약품 침 전 지	형식	-장방형	-장방형
	유효용량	-#5~#7 : 715.0m³ × 3지 = 2,145.0m³	-#1 : 605.0m³ × 1지 = 605.0m³ -#2~#4 : 660.0m³ × 3지 = 1,980.0m³
	체류시간	-#5~#7 : 2.40시간	-#1 : 4.04시간 -#2~#4 : 4.04시간
	슬러지수집기	-수중대차식	-수중대차식
	유입정류벽	-#5~#7 : 정류벽(정류공 D0.1, 456개)	-#1 : 정류벽(정류공 D0.1, 348개) -#2~#4 : 정류벽(정류공 D0.1, 308개, 수면위 정류공 39개 제외)
	유출트라프	-#5 : 격자형, 오리피스(D0.04, 1,032개) -#6 : 격자형, 오리피스(D0.03, 1,032개) -#7 : 격자형, 오리피스(D0.04, 1,016개)	-#1 : 격자형, 오리피스(D0.04, 860개) -#2~4 : 격자형, 오리피스(D0.04, 948개)
급 속 여 과 지	제원	-W10.6m×L10.6m×6지	-
	여과면적	-112.36m² × 6지 = 674.16m²	-
	여과속도	-129m/d	-
	여층구성	-모래 80cm (실측치 : 77~87cm)	-
	유량제어방식	-자연평형형	-
	하부집수장치	-휠러형	-
	세척방식	-표면세척(고정식)+물역세척	-
	역세척수조	-W11.0m×L17.0m×H2.5m×2지	-
	역세척설비	-표세펌프 16.85m³/min×26mH×150kW×6P×2대(양흡입) -역세펌프 4.5m³/min×12mH×15kW×2대(양흡입)	-

<표 5.1-14>

정수시설 현황 (계속)

항목		시 설 현 황	
		생활용수계통	공업용수계통
소독설비	소독제	-차아염소산나트륨	
	차염발생기	-#1~#3호기 : 150kg/d×DC32V(1300Amp)×32.4kW/AC	
	차염펌프	-전염소 : 0.75kW×1080L/h×3bar×1대 -예비펌프 : 0.75kW×1080L/h×3bar×1대 -중간염소 : 0.37kW×515L/h×5bar×1대 -후염소 : 0.37kW×515L/h×5bar×1대	-전염소 : 착수정 ~ 혼화지 수로에서 주입(생활용수와 공업용수로 분기전 주입) -중간염소, 후염소 : 생활용수 계통 에만 주입
	염수펌프	-#1~#3호기 : 0.2kW×90L/h×7bar	
	차염급수펌프	-#1~#2호기 : 2.2kW×2.4m³/h×40mh(4단)	
정·배수지	제원	-W26.6m×L31.1m×H5.5m×2지	-W26.6m×L35.0m×H4.5m×2지
	유효용량	-4,549.9m³ × 2지 = 9,099.9m³	-4,189.5m³ × 2지 = 8,379.0m³
	체류시간	-2.63시간	-3.35시간
	도류벽장폭비	-23.4(환산계수 0.60)	-도류벽 미설치

<표 5.3-15>

배출수 처리시설 현황

항목		시 설 현 황
배출수지 (회수조)	제원	-W10.0m×L20.0m×H3.8m×2지
	형식	-장방형 RC 구조
	유효용량	-760m³ × 2지 = 1,520m³
	슬러지 이송펌프	-11kW×3.1m³/min×8mH(125A×125A)×3대
배슬러지지 (조정조)	제원	-W7.8m×L25.2m×H3.85m×2지
	형식	-장방형 RC 구조
	유효용량	-756.75m³ × 2지 = 1,513.5m³
	슬러지수집기	-수중대차식, 0.2~0.8m/min×1.5kW
	슬러지 이송펌프	-11kW×3.5m³/min×6mH×2대
농축조	제원	D21.0×H3.5×2지
	형식	-원형 RC 구조
	유효용량	-1,212.3m³ × 2지 = 2,424.5m³
	슬러지수집기	-중심축 구동형, 주행속도 : 0.6m/sec
	슬러지 이송펌프	-7.5kW×1.5m³/min×10mH(150A×100A)×2대

<표 5.3-15>

배출수 처리시설 현황 (계속)

항목		시 설 현 황
슬러지 저류조	제원	-W6.0m×L11.0m×H3.5m×1지
	형식	-장방형 RC 구조
	유효용량	-231m ³ × 1지 = 231m ³
	교반기 수변속도	1.6~2.0m/sec
여포세척수조	제원	-W3.8m×L6.0m×H3.5m×1지
	형식	-장방형 RC 구조
	유효용량	-79.8m ³ × 1지 = 79.8m ³
	여포세정수 공급펌프	-0.42m ³ /min×60mH×11kW×3대, 한쪽흡입다단벌류트펌프
탈리액 처리조	제원	-D10.0m×H3.5m×1지
	형식	-원형 RC 구조
	유효용량	-275m ³ × 1지 = 275m ³
	슬러지수집기	-중심축 구동형, 주행속도 : 0.6m/sec
	슬러지 이송펌프	-7.5kW×1.42m ³ /min×9mH×1대 -7.5kW×1.5m ³ /min×9mH×1대
상징수 저류조	제원	-W7.0m×L12.0m×H3.5m×1지
	형식	-장방형 RC 구조
	유효용량	-294m ³ × 1지 = 294m ³
	상징수 이송펌프	-30HP×4m ³ /min×19mH×1대 -22kW×4m ³ /min×19mH(125A×125A)×2대
탈수시설	형식	-벨트프레스(3대 중 1호기는 고압탈수기)
	벨트 폭	-1~3호기 : 2.5m
	대수	-3대
	용량	-1호기 : 2.2kW×10~20m ³ /h, 고압탈수기 -2호기 : 1.5kW×6~15m ³ /h -3호기 : 1.5kW×6~15m ³ /h
	슬러지 공급펌프	-3.7kW×2.4m ³ /h×9mH×3대
	약품주입펌프	-0.75kW×2.4m ³ /h×9mH×3대
	약품희석수 공급펌프	-130L/min×30mH×2.0kW×2대
	여포세정수 공급펌프	-0.45m ³ /min×85mH×1.5kW×3대

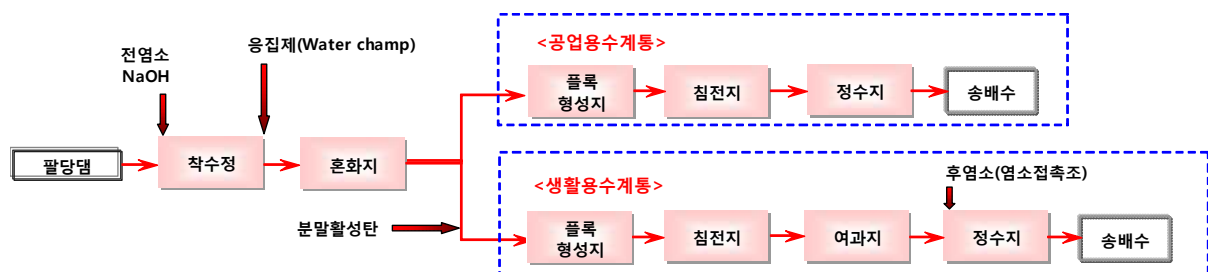
1.2.2 연성정수장 시설현황

연성정수장은 팔당댐을 수원으로 하는 시설용량 383,000㎥/일(생활용수계통 260,000㎥/일, 공업용수계통 123,000㎥/일)의 정수시설로, 1999년 5월에 5단계 209,000㎥/일, 2000년 4월에 6단계 174,000㎥/일을 준공 하였다. 급수구역은 안산시 1개구 8개동 및 시흥시 일부지역으로 생활용수와 공업용수를 공급하고 있다.

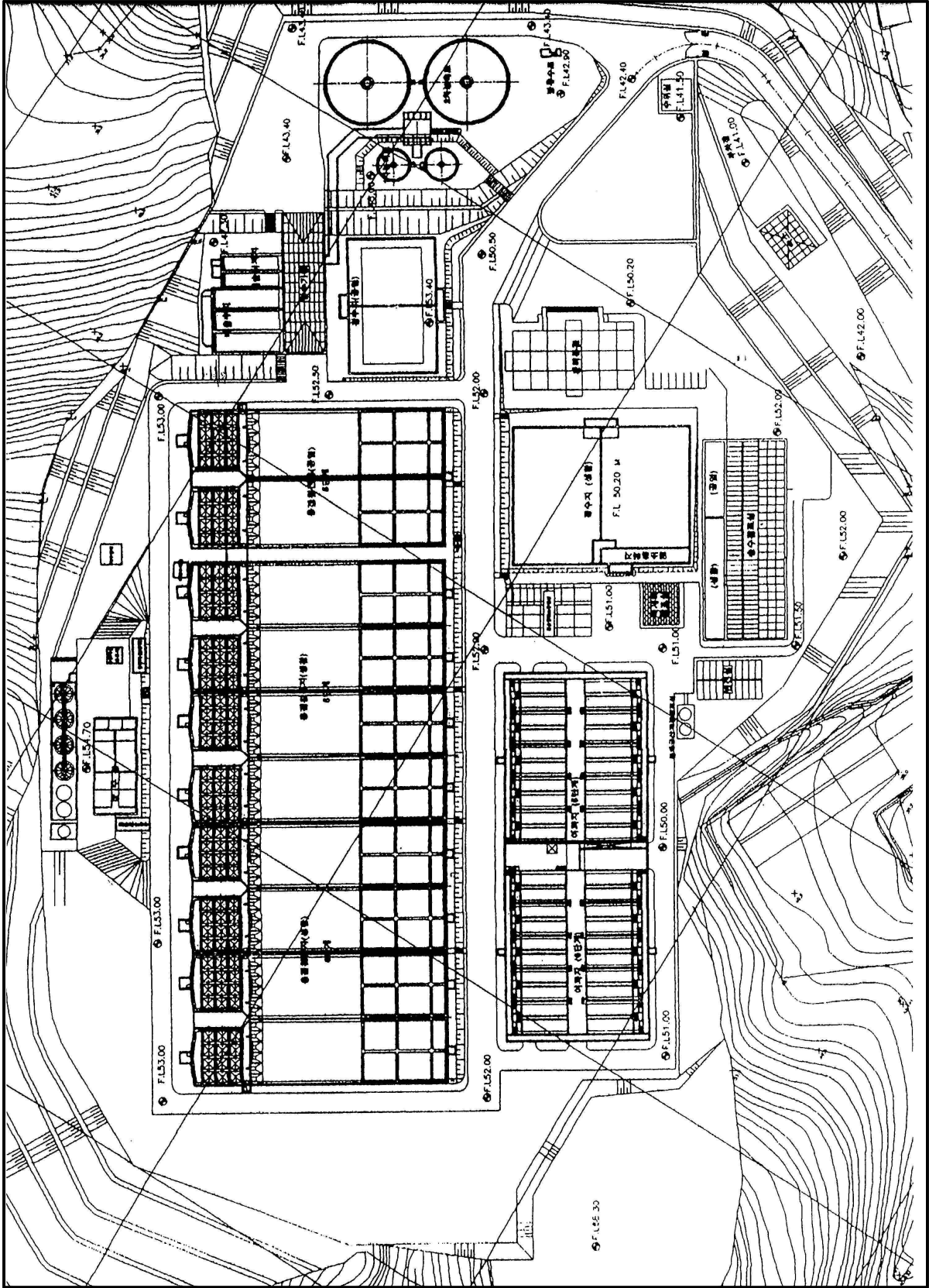
<표 5.1-16>

시설현황

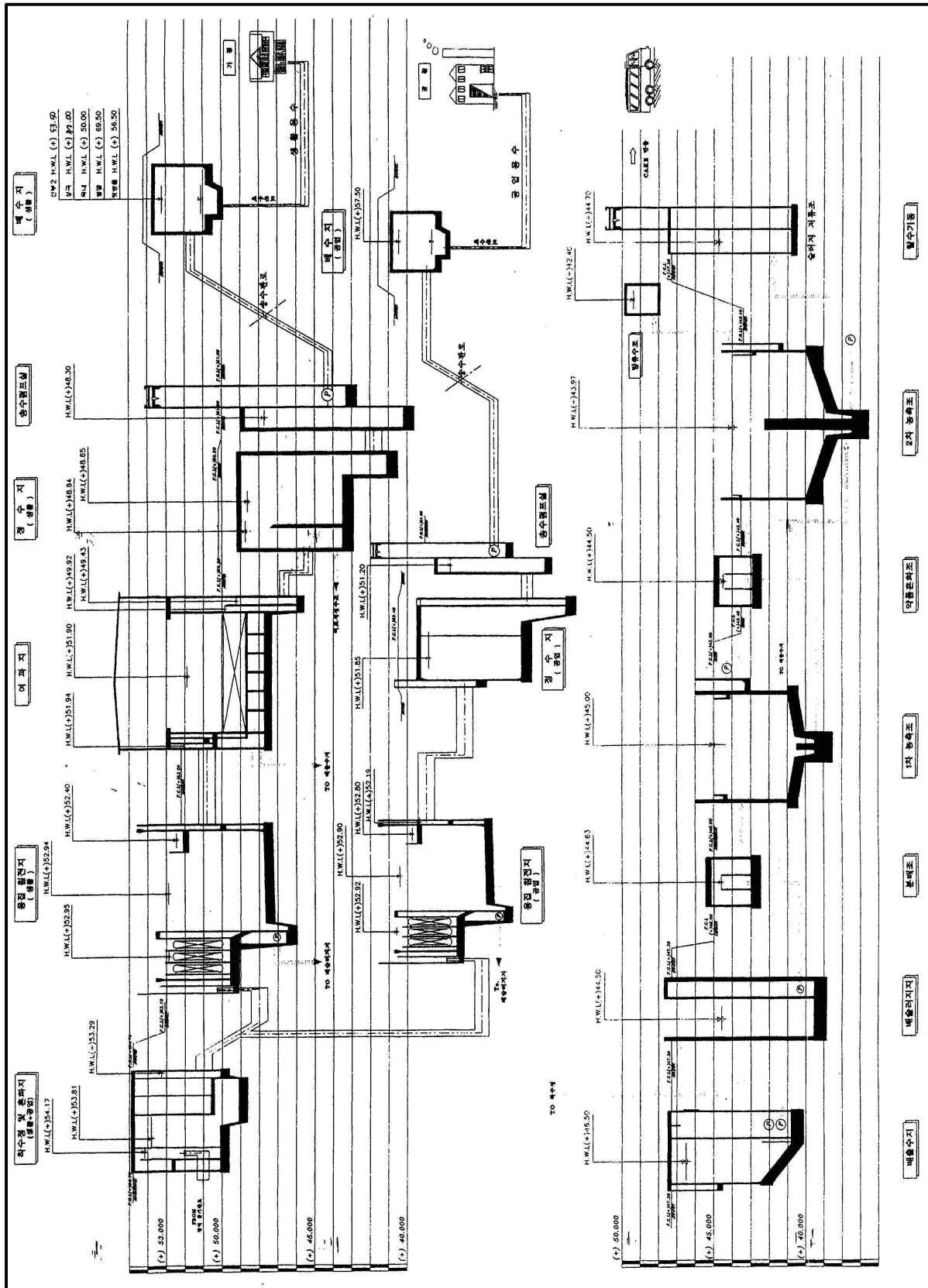
구분	내용	비고
시설용량	-총 시설용량 = 383,000㎥/일 (생활용수계통 : 260,000㎥/일, 공업용수계통 : 123,000㎥/일)	
설치년도	-1999년 준공 : 5단계 209,000㎥/일 (시흥예약물량 : 38,000㎥/일) (생활용수계통 : 111,000㎥/일, 공업용수계통 : 98,000㎥/일) -2000년 준공 : 6단계 174,000㎥/일 (시흥예약물량 : 44,000㎥/일) (생활용수계통 : 149,000㎥/일, 공업용수계통 : 25,000㎥/일)	
수원	-팔당댐 저수지수	
처리공정	-생활용수계통 : 착수정→혼화지→플록형성지→침전지→여과지→정수지 -공업용수계통 : 착수정→혼화지→플록형성지→침전지→정수지	



<그림 5.1-24> 정수처리공정도



<그림 5.1-25> 연성정수장 평면도



<그림 5.1-26> 연성정수장 수리계통도

<표 5.1-17>

정수시설 현황

항목		시 설 현 황	
		생활용수계통	공업용수계통
개요	시설용량	260,000m ³ /일	123,000m ³ /일
	정수방법	급속여과공정	응집침전공정
착수정	제원	-W6.0m×L12.2m×H3.71m×2지	
	유효용량	-271.572m ³ × 2지 = 543.144m ³	
	체류시간	-1.94분	
약품주입설비	응집제 주입설비	-응집제 : PACI 및 PAHCS -주저장탱크 : D4.8×H3.3×4기(FRP조) -주입기 : 디퍼형 펌프, 12L/min×0.2kW×3대(1대예비) -주입위치 : 착수정 후단(혼화지 유입)	
	NaOH 주입설비	-주입기 : 디퍼형 펌프, 12L/min×0.2kW×3대(1대예비)	
	분말활성탄 주입설비	-주입기 : 스크류 이송형, 200kg/hr×2.3kW×2대 -부대시설 : 전동호이스트	
혼화지	제원	-W5.0m×L5.0m×H3.0m×4지	
	유효용량	-75.0m ³ × 4지 = 300m ³	
	체류시간	-1.07분	
	혼화기 형식	-Water champ (기계식 혼화기 가동 중지)	
플록형성지	제원	-W16.6m×L11.4m×H3.5m×8지	-W17.6m×L11.4m×H3.5m×2지
	유효용량	-662.34m ³ × 8지 = 5,298.72m ³	-702.24m ³ × 2지 = 1,404.48m ³
	체류시간	-27.95분	-15.66분
	단구분격벽	-정류벽(정류공 D100mm, 417개)	-정류벽(정류공 D100mm, 444개)
	플록 큐레이터	-형식 : 수평패들형 (Inverter에 의한 속도제어) -규격 : D3.1m×L3.3m -1단 : 1.67rpm×2.2kW×8대 -2단 : 1.2rpm×1.5kW×8대 -3단 : 0.6rpm×1.5kW×8대	-형식 : 수평패들형 (Inverter에 의한 속도제어) -규격 : D3.1m×L3.55m -1단 : 1.67rpm×2.2kW×2대 -2단 : 1.2rpm×1.5kW×2대 -3단 : 0.6rpm×1.5kW×2대

<표 5.1-17>

정수시설 현황 (계속)

항목		시 설 현 황	
		생활용수계통	공업용수계통
약품 침 전 지	제원	-W19.0m×L60.0m×H4.6m×8지	-W20.0m×L60.0m×H5.3m×2지
	형식	-장방형	-장방형
	유효용량	-5,232.6m³ × 8지 = 41,860.8m³	-6,360.0m³ × 2지 = 12,720.0m³
	체류시간	-3.68hr	-2.36hr
	슬러지수집기	-수중대차식	-수중대차식
	유입정류벽	-정류벽(정류공 D100mm, 534개)	-정류벽(정류공 D100mm, 564개)
	유출트라프	-격자형, V-notch	-격자형, V-notch
급 속 여 과 지	제원	-W8.0m×L13.8m×20지	
	여과면적	-110.4m² × 20지 = 2,208.0m²	
	여과속도	-123.64m/d	
	여층구성	-모래 106.1cm, 자갈층 35cm	
	유량제어방식	-자연평형형	
	하부집수장치	-스트레이너형	
	세척방식	-공기+물역세척	
	역세척설비	-양흡입볼류트 : 13.5m³/min×9mH×37kW×3대(1대예비) -Roots Rotary Blower Type : 49m³/min×3,000mmAq×45kW×3대(1대예비)	
소 독 설 비	소독제	-액화염소	
	전염소주입기	-진공흡식자립형, 20kg/hr×3대(1대예비) -Water champ(착수정 유입부)	
	후염소주입기	-진공흡식자립형, 20kg/hr×3대(1대예비) -Water champ(정수지 유입부 염소접촉조)	
	용해수펌프	-다단볼류트 펌프 -전염소 0.75m³/min×60mH×19kW×2대(1대예비) -후염소 0.75m³/min×60mH×15kW×2대(1대예비)	
	중화설비	-2 Tower식, 1,000kg/hr	
정 수 지	제원	-W26.5m×L40.0m×H6.0m×2지	-W19.75m×L26.5m×H6.0m×2지
	유효용량	-6,360m³ × 2지 = 12,720m³	-3,140.25m³ × 2지 = 6,280.5m³
	체류시간	-1.17	-1.23
	도류벽장폭비	-12.1(환산계수 0.40)	-도류벽 미설치

<표 5.1-18>

배출수 처리시설 현황

항목		시 설 현 황
배출수지	제원	-W6.0m×L21.0m×H4.0m×3지
	형식	-장방형 RC 구조
	유효용량	-550m ³ × 3지 = 1,512m ³
	회수펌프	-편흡입볼류트 -7.14m ³ /min×15mH×37kW×4대(1대예비)
	슬러지펌프	-횡축 Non-Clogging 나선형 원심펌프 -3.78m ³ /min×6mH×11kW×2대(1대예비)
배슬러지지	제원	-W4.4m×L15.0m×H3.5m×2지
	형식	-장방형 RC 구조
	유효용량	-231m ³ × 2지 = 462m ³
	슬러지펌프	-횡축 Non-Clogging 나선형 원심펌프 -2.4m ³ /min×6mH×7.5kW×3대(1대예비)
1차 농축조	제원	-D10.0×H4.0×2지
	형식	-원형RC구조
	유효용량	-314m ³ × 2지 = 628m ³
	슬러지수집기	-중심구동형(현수식)
	슬러지펌프	-횡축 Non-Clogging 나선형 원심펌프 -2.9m ³ /min×6mH×7.5kW×2대(1대예비)
2차 농축조	제원	-D26.0×H4.0×2지
	형식	-원형RC구조
	유효용량	-530.5m ³ × 2지 = 1,061m ³
	슬러지수집기	-중심구동형(지주식)
	슬러지펌프	-횡축 Non-Clogging 나선형 원심펌프 -2.4m ³ /min×8mH×7.5kW×2대(1대예비)
탈수기	형식	-고압 Belt press 탈수기×4대(1대예비)
	슬러지 공급펌프	-Non-Clogging 나선형 원심펌프 -0.13~0.38m ³ /min×20mH×7.5kW×4대(1대예비)
	약품주입펌프	-약품혼화조 : 다이아후렘식 20L/min×3.0kg/cm ² ×1.5kW×2대(1대예비) -탈수기 : 다이아후렘식 20L/min×3.0kg/cm ² ×1.5kW×4대

2.0 정수시설

2.1 기본사항

2.1.1 안산정수장

가. 공정별 적정처리용량

평가에 사용된 계열별 유량은 착수정에서 여과지까지는 설계유량(시설용량에 5% 여유 가산, 생활용수계통 87,150^{m³}/일, 공업용수계통 63,000^{m³}/일)을, 정수지는 시설용량(생활용수계통 83,000^{m³}/일, 공업용수계통 60,000^{m³}/일)을 적용하여 계산하였다.

혼화지 전단에서 생활용수계통과 공업용수 계통으로 분기되며, 확장된 응집침전지 #1지는 당초에는 생활용수계통으로 설계되었으나, 평상시에는 공업용수계통으로 운영하는 것으로 조사되었다. 또한, 생활용수계통의 정·배수지 유효용량이 부족하여, 여름철 생활용수 사용량이 증가하여 시간최대배수량이 적정생산량을 초과하여 운영되면, 공업용수계열의 침전수를 여과지로 유입되도록 운영하고 있는 것으로 조사되었다. 이를 감안하여 시설현황과 운영현황 두 가지 경우로 구분하여 평가하였으며, 시설현황은 설계유량을 기준으로, 운영현황은 침투유량을 기준으로 평가하였다.

▶ 평가기준

- 플록형성지 : 체류시간 20~40min
- 약품침전지 : 표면부하율 (횡류식) 21.6~43.2^{m³}/m² · 일
- 여과지 : 여과속도 (모래 단층여과) 120~150m/일
- 소독능 : (소독공정) Giardia 0.5 log 제거

제5장 | 시설개량계획

1) 플록형성지 적정처리용량

평가기준인자			-체류시간(HDT ; Hydraulic Detention Time) : 상수도시설기준 20~40min
시설 현황	지의 규격		-생활용수계통 : $V = W \ 10.6\text{m} \times L \ 10.5\text{m} \times H \ 3.5\text{m} \times 3\text{지}$ $+ W \ 8.5\text{m} \times L \ 10.5\text{m} \times H \ 3.5\text{m} \times 1\text{지} = 1,481.0\text{m}^3$ -공업용수계통 : $V = W \ 9.6\text{m} \times L \ 10.5\text{m} \times H \ 3.5\text{m} \times 3\text{지} = 1,058.4\text{m}^3$
	분석 결과	설계유량 기준	-생활용수계통 : $HDT = V / Qd = 1,481.0\text{m}^3 \div 87,150\text{m}^3/\text{일} = 24.5\text{min}$ -공업용수계통 : $HDT = V / Qd = 1,058.4\text{m}^3 \div 63,000\text{m}^3/\text{일} = 24.2\text{min}$
		최대처리 용량	-생활용수계통 : $Q_{\text{max}} = V / HDTc = 1,481.0\text{m}^3 \div 20\text{min} = 106,634\text{m}^3/\text{일}$ -공업용수계통 : $Q_{\text{max}} = V / HDTc = 1,058.4\text{m}^3 \div 20\text{min} = 76,205\text{m}^3/\text{일}$
운영 현황	지의 규격		-생활용수계통 : $V = W \ 10.6\text{m} \times L \ 10.5\text{m} \times H \ 3.5\text{m} \times 3\text{지} = 1,168.65\text{m}^3$ -공업용수계통 : $V = W \ 9.6\text{m} \times L \ 10.5\text{m} \times H \ 3.5\text{m} \times 3\text{지}$ $+ W \ 8.5\text{m} \times L \ 10.5\text{m} \times H \ 3.5\text{m} \times 1\text{지} = 1,370.8\text{m}^3$
	분석 결과	첨두유량 기준	-생활용수계통 : $HDT = V / Qd = 1,168.65\text{m}^3 \div 68,200\text{m}^3/\text{일} = 24.7\text{min}$ -공업용수계통 : $HDT = V / Qd = 1,370.8\text{m}^3 \div 79,510\text{m}^3/\text{일} = 24.8\text{min}$
		최대처리 용량	-생활용수계통 : $Q_{\text{max}} = V / HDTc = 1,168.65\text{m}^3 \div 20\text{min} = 84,143\text{m}^3/\text{일}$ -공업용수계통 : $Q_{\text{max}} = V / HDTc = 1,370.8\text{m}^3 \div 20\text{min} = 98,696\text{m}^3/\text{일}$

2) 약품침전지 적정처리용량

평가기준인자			-표면부하율 (SOR ; Surface Overflow Rate) : : 상수도시설기준 (황류식 침전지) $21.6 \sim 43.2\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$
시설 현황	지의 규격		-생활용수계통 : $AS(\text{침강면적}) = W \ 13.0\text{m} \times L \ 55.0\text{m} \times 3\text{지}$ $+ W \ 11.0\text{m} \times L \ 55.0\text{m} \times 1\text{지} = 2,750\text{m}^2$ -공업용수계통 : $AS(\text{침강면적}) = W \ 12.0\text{m} \times L \ 55.0\text{m} \times 3\text{지} = 1,980\text{m}^2$
	분석 결과	설계유량 기준	-생활용수계통 : $SOR = Qd / As = 87,150\text{m}^3/\text{일} \div 2,750\text{m}^2 = 31.7\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ -공업용수계통 : $SOR = Qd / As = 63,000\text{m}^3/\text{일} \div 1,980\text{m}^2 = 31.8\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$
		최대처리 용량	-생활용수계통 : $Q_{\text{max}} = SORc \times As = 43.2\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d} \times 2,750\text{m}^2 = 118,800\text{m}^3/\text{일}$ -공업용수계통 : $Q_{\text{max}} = SORc \times As = 43.2\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d} \times 1,980\text{m}^2 = 85,536\text{m}^3/\text{일}$

운영 현황	지의 규격		-생활용수계통 : AS(침강면적) = W 13.0m × L 55.0m × 3지 = 2,145㎡ -공업용수계통 : AS(침강면적) = W 11.0m × L 55.0m × 1지 + W 12.0m × L 55.0m × 3지 = 2,585㎡
	분석 결과	첨두유량 기준	-생활용수계통 : SOR = Qd / As = 68,200㎥/일 ÷ 2,145㎡ = 31.8㎥/㎡·d -공업용수계통 : SOR = Qd / As = 79,510㎥/일 ÷ 2,585㎡ = 30.8㎥/㎡·d
		최대처리 용량	-생활용수계통 : Qmax = SORc × As = 43.2㎥/㎡·d × 2,145㎡ = 92,664㎥/일 -공업용수계통 : Qmax = SORc × As = 43.2㎥/㎡·d × 2,585㎡ = 111,672㎥/일

3) 급속여과지 적정처리용량

평가기준인자		-여과속도 (FV ; Filtration Velocity) : 상수도시설기준 120~150m/d
지의 규격		$Af(\text{여과면적}) = W \ 10.6 \times L \ 10.6\text{m} \times 6\text{지} = 674\text{m}^2$
분석 결과	설계유량 기준	$FV = Qd / Af = 87,150\text{m}^3/\text{일} \div 674\text{m}^2 = 129\text{m}/\text{d}$
	최대처리 용량	$Q_{\text{max}} = Af \times FV_c = 674\text{m}^2 \times 150\text{m}/\text{d} = 101,124\text{m}^3/\text{일}$

4) 소독공정 적정처리용량

소독능은 최근 3년간의 수질 및 운영 최악조건에서 분석하였다.

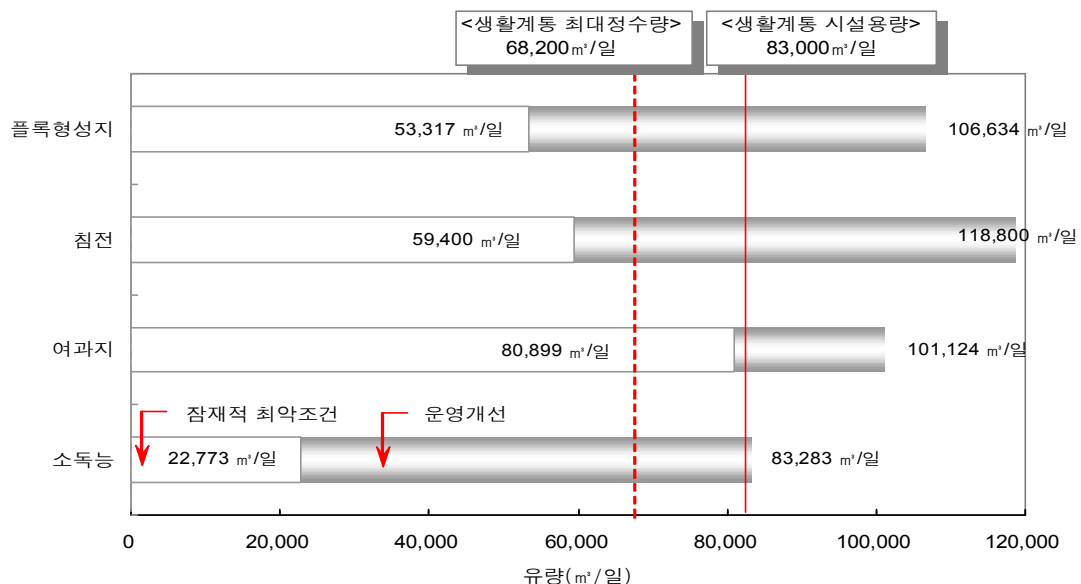
평가기준인자		Giardia 0.5 log 제거(소독공정), 정수처리기준에 관한 고시
지의 규격		V = W 26.6m × L 31.1m × He 5.5m × 2지 = 9,099.9m³ 장폭비 23.4 (장폭비 환산계수 0.60)
분석 결과	시설용량 기준	-최악조건(여과수 유출관로 + 정수지) : 불활성화비 = 0.274, 총 2.637 log 제거
		-운영개선(운영수위비 0.5이상, 잔류염소농도 0.83mg/L) : 불활성화비 = 1.003, 총 3.002 log 제거
		-운영개선 및 도류벽추가설치(운영수위비0.5이상, 잔류염소농도 0.72mg/L이상) : 불활성화비 = 1.003, 총 3.002 log 제거
		-운영개선 및 추가소독능 포함시(직접급수 분기전 송수관로(L=400m)까지) (운영수위비 0.5이상, 잔류염소농도 0.78mg/L이상) : 불활성화비 = 1.008, 총 3.004 log 제거
		-운영개선 및 도류벽추가설치 및 추가소독능 포함시 (운영수위비 0.5이상, 잔류염소농도 0.68mg/L이상) : 불활성화비 = 1.002, 총 3.001 log 제거

분석 결과	최대처리 용량	-최악조건(여과수 유출관로 + 정수지) : 22,773m ³ /일 -운영개선(운영수위비 0.5이상, 잔류염소농도 0.83mg/L) : 83,283m ³ /일 -운영개선 및 도류벽추가설치 : 83,264m ³ /일 (운영수위비0.5이상, 잔류염소농도 0.72mg/L이상) -운영개선 및 추가소독능 포함시(직접급수 분기전 송수관로(L=400m)까지) (운영수위비 0.5이상, 잔류염소농도 0.78mg/L이상) : 83,656m ³ /일 -운영개선 및 도류벽추가설치 및 추가소독능 포함시 (운영수위비 0.5이상, 잔류염소농도 0.68mg/L이상) : 83,143m ³ /일
----------	------------	---

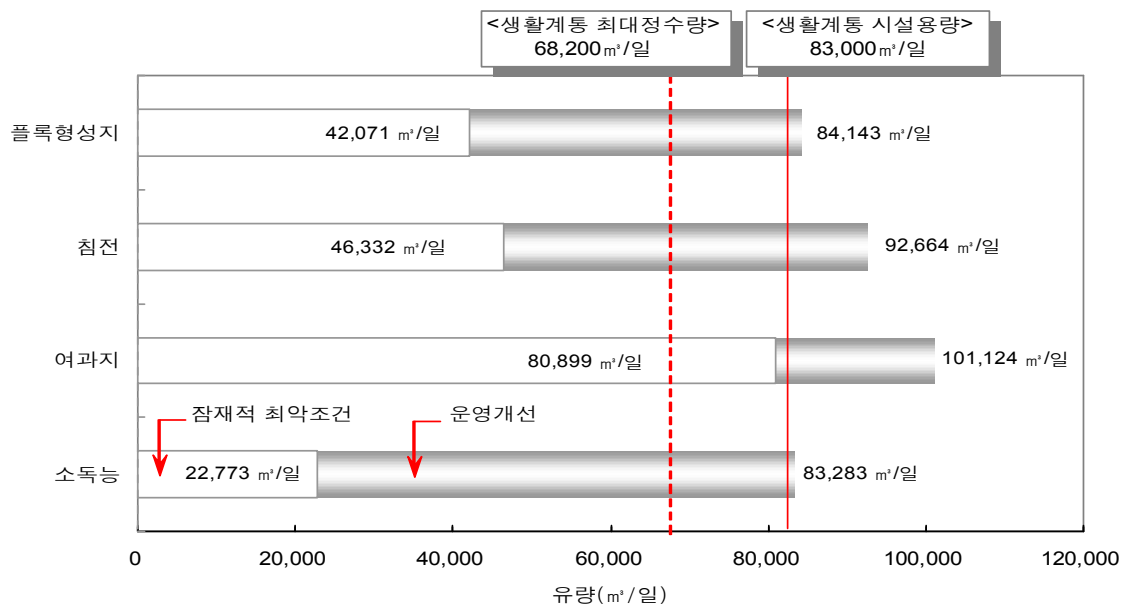
- 주 1) 2006~2008년 일간 운영자료를 적용함.
 2) 잠재적 최악조건 : 최소 수온 0.9℃, 최대 pH 8.0, 최소 잔류염소농도 0.50mg/L 적용. 유량은 시설용량을, 정수지 운영수위비는 0.15 적용(최소값은 0.1 이하이므로 특이값으로 제외하고 적용함).
 3) 운영개선조건 : 운영수위비를 0.5로 적용. 잔류염소농도는 각 사례별로 다름. 그 외 조건은 최악조건과 동일하게 적용함.

나. 종합성능평가

총 시설용량은 143,000m³/일이며, 생활용수계통은 83,000m³/일, 공업용수계통은 60,000m³/일로 시설되어 있다. 앞서 평가한 공정별 기준 범위에 대해 최대처리 가능용량을 산정하여 아래 잠재적 성능 그래프로 표현하였다. 확장된 응집침전지 #1지는 당초에는 생활용수계통으로 설계되었으나, 현재 공업용수계통으로 운영되고 있어 이를 감안하여 시설현황과 운영현황 두 가지 경우로 구분으로 표현하였다.

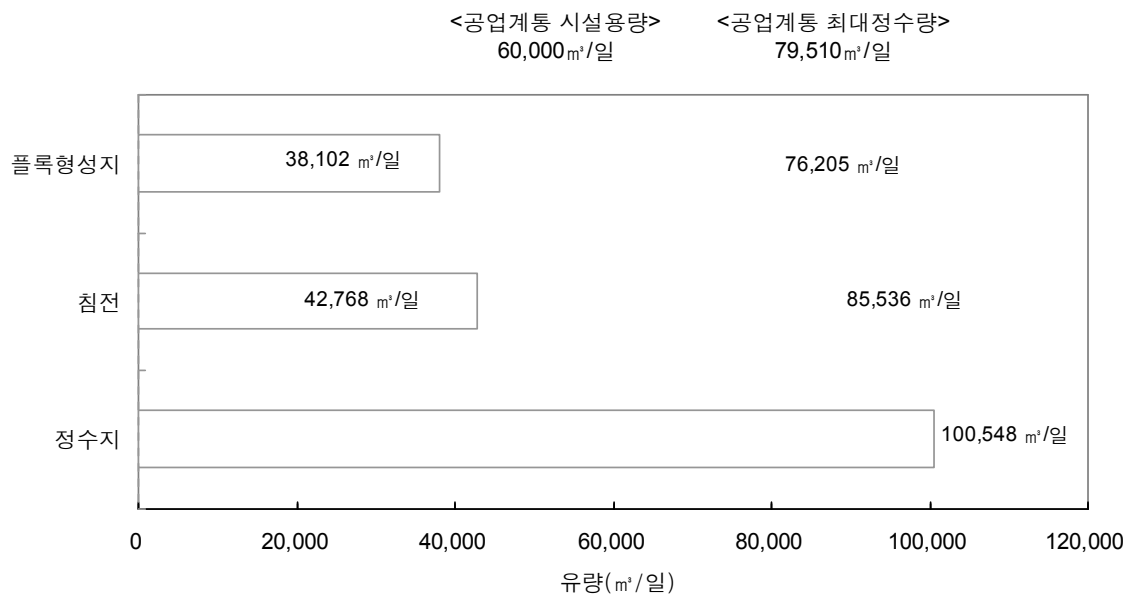


(a) 시설현황

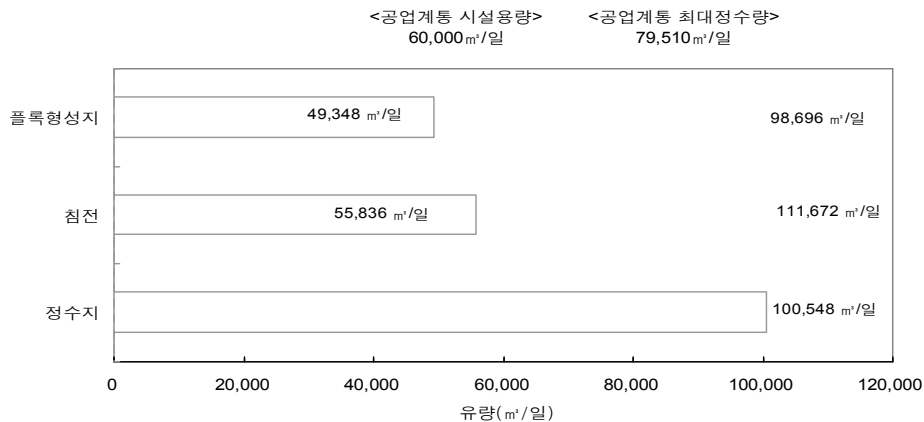


(b) 운영현황

<그림 5.2-1> 성능평가그래프 : 생활용수계통



(a) 시설현황



(b) 운영현황

<그림 5.2-2> 성능평가그래프 : 공업용수계통

잠재적 성능평가 결과, 생활용수계통은 침전공정과 여과공정은 시설용량을 충분히 만족하는 것으로 나타났다. 소독공정은 잠재적 최악조건에서 시설용량에 부족하나, 운영조건을 개선하고(정수지 유출부에서 최소 잔류염소농도 0.64mg/L 이상 유지, 운영수위비 0.65 이상 유지), 송수관로(직접급수 분기전까지 L=120m)에 대한 추가소독능 포함시 시설용량 생산이 가능한 것으로 조사되었다. 또한, 정수지 도류벽을 장폭비환산계수 0.85로 재설치(추가 설치)할 경우, 송수관로(직접급수 분기전까지 L=120m)에 대한 추가소독능을 포함하면, 정·배수지 유출부에서 최소 잔류염소농도 0.59mg/L 이상 유지, 정·배수지 운영수위비 0.50 이상 유지시 소독능을 만족하는 것으로 나타났다. 향후 생산량이 증가할 경우, 상시 운영개선조건을 수행하기에는 어려움이 따르므로 필요시 정수지 도류벽 재설치(추가 설치), 또는 정수지의 증설 등에 대해서도 검토하도록 한다.

공업용수계통은 최대정수량이 79,510m³/일로 설계유량(63,000m³/일)을 초과하여 운영되고 있으므로 안정적인 처리를 위하여, 현재와 같이 응집침전지 #1지를 공업용수계통으로 운영하는 것이 적정하다고 판단된다. 생활용수계통은 응집침전지 #5지~#7지만으로 운영하여도 설계유량 생산이 가능한 것으로 나타났다. 그러나, 생활용수계통의 정·배수지 체류시간이 2.6시간(시설용량 기준)으로,

유효용량이 부족하여 배수량의 시간변동에 대한 대응이 어려우므로 개량안이 필요하다(개량안은 ‘라. 정수처리공정 기술진단 및 개량방안’의 ‘2) 계통별 유량배분’ 부분 참조)

다. 안산정수장 기술진단 및 개선방안 종합

<표 5.2-1> 기술진단 및 개선방안

공정	기술진단 결과	개선방안
수질	-Geosmin과 2-MIB는 정수처리 후에도 최소감지 농도로 알려진 8ng/L와 5ng/L에 대하여 초과하여 나타남 -Geosmin, 2-MIB : 2009년 7월 1일부터 먹는물 감시항목으로 추가 지정	-분말활성탄주입 적정화가 필요하며, 향후 고도처리도입 검토 필요
계통별 유량 배분	-착수정 후단에서 생활용수계통과 공업용수계통으로 유량분기 -계통별 유입유량계 미설치 -수리조건에 의한 균등분배 불가 -현재 생활계통 유입밸브로 조절	-(개량안 1) 현장 여건상 생활용수계통의 혼화지 유입 관로에 유량계 설치 불가. 여과지 유출유량계를 참조하여 생활용수계통 혼화지 유입분배조절밸브 개도제어를 통한 계통별 유량배분에 유의 -(개량안 2) 응집침전지에 지별 유입유량계를 설치. 지별 유량계를 참조하여 유입밸브 개도제어를 통한 계통별 유량배분에 유의 -(개량안 3) 응집침전지 유입구조 변경(안)을 적용시, 생활용수계통 혼화지 후단에 유량계 개량설치 가능
	-계통별 유량배분이 가능하도록 개선이 이루어지더라도, 생활용수계통의 정·배수지 유효용량이 부족하므로(시설용량 기준 체류시간 2.6시간), 배수량의 시간변동에 대한 대응 필요 -여름철 생활용수 사용량이 증가하여 시간최대배수량이 증가하게 되면, 공업용수계열의 침전수를 여과지로 유입되도록 운영하고 있음 · 최근 3년간 시간최대유량의 최대값 : 4,690 m³/hr(2007년 8월 9일 발생), 4,500 m³/hr(2007년 4월 13일 발생) · 운영일수의 25%가 생활용수계통 적정생산량(약 3,500 m³/hr)을 초과하여 운영됨	-응집침전지 지별 유입유량계 설치(안) 적용시, #1지를 포함할 경우 생활용수계통 적정생산량 : 약 4,595 m³/hr -정·배수지 수위 관리에 주의 필요 -안정적인 운영을 위해서는 정수지 증설 또는 배수지 신설(휴지중인 와동배수지 재사용에 대해서도 검토) 필요

<표 5.2-1>

기술진단 및 개선방안(계속)

공정	기술진단 결과	개선방안
계통별 유량 배분	-현재 배출수지(회수조) 상징수와 배슬러지 지(조정조) 상징수가 상징수 저류조를 통해 공업용수 혼화지로 반송되고 있음. -공업용수로만 사용할 경우에는 문제가 되지 않으나, 회수수가 포함된 원수를 침전 후 생활용수계열로 전환하여 운영할 경우에는, 원생동물에 오염된 원수일 경우 침전과정에서 농축에 의해 발생이 가능하므로, 잠재적인 위험 내재 -상수도시설기준(2004)에서는 침전슬러지가 단시간에 유입되는 배슬러지에서는 고액분리가 어려울 뿐 아니라, 슬러지의 부패로 인한 맛·냄새문제의 발생, 크립토스포리디움 등 원생동물의 오염이 우려되므로, 배슬러지의 상징수를 정수공정으로는 절대로 반송하지 않도록 규정하고 있음	-공업용수 침전수를 생활용수 여과지로 유입해야 할 경우 •(개량안 1) 혼화지 2지 중 좌측지로 회수수가 유입되도록 위치 변경. 응집침전지 #2지와 #3지 사이의 배관에 밸브 설치. 필요시 침전지 #1지에서만 여과지로 유입되도록 함. 혼화지 유출위어에 가동위어 또는 각각 설치 •(개량안 2) 배출수지(회수조) 상징수만 회수하고, 배슬러지(조정조) 상징수는 회수하지 않는 것이 가장 이상적임. 배슬러지 유입슬러지는 모두 농축조로 이송되도록 운영하고, 농축조 상징수는 방류하도록 함. 배출수지 상징수 회수량은 원수유입량에 대한 비율이 10% 이내에서 운영되도록 주의 •(개량안 3) 생산성 측면에서 배슬러지(조정조) 상징수 회수를 지속할 경우에는, 회수수에 대해 원생동물에 대한 모니터링이 지속적으로 수행되어야 할 것으로 판단됨 -공업용수 침전수를 생활용수 여과지로 유입하지 않아도 될 경우 •(개량안 4) 안정적인 운영을 위해서는 정배수지 증설 또는 배수지 신설 필요(휴지 중인 와동배수지 재사용에 대해서도 검토). 배출수처리시설은 현재와 같이 운영 가능
플록 형성	-응집침전지 지별 유량배분 : 지별 규격이 상이하므로, 응집침전지 유입부 구조상 지별 유입유량 균등배분이 부적절한 구조이므로, 각 지별로 설치된 유입밸브의 개도율 조정 필요 -특히, 공업용수계통은 응집침전지 #1지와 #2지~#4지의 규격이 상이하고, 혼화지 2지 중 우측지로 회수수가 유입되고 있음. 또한, #1지의 침전지 트라프 높이가 다른 지에 비해 높아 유량배분의 문제가 있어, 지별 유입유량 균등배분이 매우 어려운 상황임. 각 지별 유입밸브 개도율 조정시에도 유량 균등분배가 이루어지지 않음	-(개량안 1) 응집침전지에 지별 유입유량계 설치 -(개량안 2) 응집침전지 유입구조 변경. 혼화지 위어를 가동위어로 변경하고, 유입부를 점감식 수로로 변경(#1지~#2지, #3지~#4지, #5지~#7지로 분할) -#1지의 유출위어 레벨 조정이 필요

<표 5.2-1>

기술진단 및 개선방안(계속)

공정	기술진단 결과	개선방안
플록 형성	-플록형성지 정류벽 개구비 과대	-Montgomery가 제시한 단락류 발생우려가 있는 10% 이상의 범위보다는 작으므로 운영에 유의하고, 목표수질, 장래 원수수질 및 처리유량의 증가 등 종합적 검토를 통해 개구비 조정 시기 결정
	-플록큐레이터 회전방향이 3단 모두 정방향으로 운영되고 있는 것으로 조사되었으며, 단구분 정류벽이 기준에 과대하게 평가되어 단락류 발생 우려	-응집효율 증대와 단락류 발생을 방지하기 위하여 플록큐레이터 회전방향을 (1단) 정방향 → (2단) 역방향 → (3단) 정방향으로 운영하는 바람직하다고 판단됨
	-지별 규격 및 플록큐레이터 규격이 상이하여, 동일 Gt값을 위한 회전수 상이 -검토 결과, 지별 Gt값은 평균유량기준에서 $3.4 \times 10^4 \sim 4.4 \times 10^4$ 로 나타나, Kawamura 권장기준인 $0.3 \times 10^5 \sim 2 \times 10^5$ 에 적정한 것으로 평가되었으나, 하한에 가깝게 운영되며, 지별로 다소 상이하게 나타남	-목표 Gt값 확보를 위한 지별 회전수 관리에 주의 -조사당시 평균유량기준에서는 Gt값이 적정한 것으로 평가되었으나, 원수의 수질특성(수온, 탁도 등)과 유입유량에 따라 플록의 성장 패턴이 달라지므로, 플록형성지의 교반조건을 연중 동일하게 유지하는 것은 바람직하지 않으며, 회전수 변경(G값 변경)과 처리효율과의 관계를 지속적으로 도출하여 최적의 교반강도로 운영하여야 함
	-G값의 경우 1단 23.9~31.6/sec, 2단 15.6~23.7/sec, 3단 4.1~6.4/sec로 권장기준인 50/sec~10/sec(점감식 운영)에 다소 낮은 범위로 운영됨. 또한 #2지는 점감 정도가 부적정하게 나타남.	-저탁도 유입시 교반강도 상향 조절 필요. 1단은 약 50/sec, 3단은 약 10/sec정도 수준이 되도록 단별 적정 rpm을 설정 -현장운영(수온, 탁도, 유량 등 고려)으로 적정 Gt 결정하는 것이 바람직함
침전	-위어하부상승유속이 시설기준을 초과함 · AWWA 설계기준 : $58.6 \sim 87.9 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ · 시설현황, 설계유량 기준 #1지 : $138.3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$, #2지~4지 : $136.7 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$, #5지~7지 : $117.8 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ · 운영현황, 설계유량 기준 #1지 : $106.4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$, #2지~4지 : $104.7 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$, #5지~7지 : $151.0 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$	-시설현황 및 운영현황, 설계유량 및 침투유량기준에서 시설기준을 모두 만족하기위한 최소 위어선단길이(트래프 말단 폐쇄구간 유지시) : #1지~#4지 22m 이상 설치 #5지~7지 28m 이상 설치 -밀도류 발생에 의해 유출부 벽면을 타고 부상하는 침전슬러지의 유입을 최소화하기위해 말단에서부터 약 2m를 폐쇄하여 운영하는 것이 바람직하므로 트래프 말단 2m 폐쇄 구간은 유지하여 운영하도록 함

<표 5.2-1>

기술진단 및 개선방안(계속)

공정	기술진단 결과	개선방안
여과	-여재 균등계수 및 최대경 부적합	-적정 입경의 여재로 교체
	-#5지 좌측의 경우 지내 여층깊이의 편차가 크게 나타남. #3지의 경우 좌측과 우측의 여층깊이 차가 크게 나타남. -#5지의 경우, 여과지 좌측과 우측의 역세척 시작 수위, 역세척 시작 직후 역세척수 유입속도, 역세척 배출수 탁도 등에 차이가 있음이 육안으로 관측됨	-자갈층 및 하부집수장치의 정밀검토 필요
	-균등계수가 부적정한 #5지의 경우, 기술진단 당시 여과사 팽창률 실측 결과, 여층 전체에 대해 약 12.5% 정도로 나타나(이론적 여층 팽창률 15.3%, 만약 #5지의 균등계수를 적정화할 경우 20.5%에 해당됨), 상수도시설기준 유지관리편에서 제시하는 적정 팽창률 20~30%에 부족. 향후 여과지 심층까지 여과가 진행되어 심층부에 오염이 발생되었을 때 팽창률이 부적절할 경우 문제 발생 우려	-역세척 효율을 적정화하기 위한 방안 (1안) 역세척방식을 역세척 펌프에 의한 공급 방식으로 변경 (2안) 균등계수 1.7 이하, 유효경 0.45mm 정도의 여재로 교체
소독	-유출부 유량조절장치 기능 저하 -지별 유량차 발생 및 지에 따라 감쇠여과 발생 -지별 유량관리 방안 필요	- (개량안 1) 유량제어형으로 변경. 유출 유량계가 설치되어 있으므로, 유량계를 이용한 유출유량제어방식으로 변경 - (개량안 2) 자연평형형으로 변경. 유출부 유량조절장치의 높이를 고정하고 수위변동과 관련없이 유량균등배분이 이루어질 수 있도록 여과지 유입부구조(나팔관 설치)를 변경
	-수질 및 운영 최악조건에서 소독능 부족 -직접급수 분기전 송수관로까지 추가소독능 포함시에도 최악조건에서 소독능 부족 -도류벽 추가 설치 및 추가소독능 인증 없이 운영개선을 통해 소독능을 만족하기 위해선 수위비 0.5이상, 최소잔류염소농도 0.83mg/L 이상 유지.	-운영수위비 및 잔류염소농도 최적화가 필요하며, 향후 생산량이 증가할 경우 상시 운영개선조건을 수행하기에는 어려움이 따르므로 필요시 정수지 도류벽 재설치(추가 설치), 추가소독능 인증 또는 정수지 증설에 대한 검토 필요 -수위비 0.5이상 유지시, 도류벽 추가설치의 경우 최소잔류염소농도 0.72mg/L 이상, 추가소독능 인증의 경우 최소잔류염소농도 0.78mg/L 이상, 도류벽추가 설치 및 추가소독능인증의 경우 최소잔류염소농도 0.68 mg/L 이상유지시 소독능 만족.

2.1.2 연성정수장

가. 공정별 적정처리용량

구성을 보면, 생활용수계통 260,000m³/일과 공업용수계통 123,000m³/일, 총 383,000m³/일의 시설용량을 가지고 있다. 생활용수계통과 공업용수계통에 대해 계열을 구분하여 플록형성지 부터 침전지까지는 시설용량에 5% 여유를 가산한 설계유량 생활 273,000m³/일, 공업 129,150m³/일에 대한 평가를 수행하였다. 정수지는 시설용량을 적용하여 계산하였다.

공업용수계통은 현재 시설용량을 만족하지 못하고 있으며, 생활용수계통에서 부족분을 총당하고 있으므로 플록형성지와 침전지는 생활용수계통과 공업용수계통을 통합하여 운영하였을 시에 대한 평가도 수행하였다.

▶ 평가기준

- 플록형성지 : 체류시간 20~40min
- 약품침전지 : 표면부하율 (횡류식) 21.6~43.2m³/m² · 일
- 여과지 : 여과속도 (모래 단층여과) 120~150m/일
- 소독능 : (소독공정) Giardia 0.5 log 제거

1) 플록형성지

평가기준인자		체류시간(HDT ; Hydraulic Detention Time) : 상수도시설기준 : 20~40min
지의 규격		- 생활용수계통 $V = W 16.6m \times L 11.4m \times H 3.5m \times 8지 = 5,298.7m^3$ - 공업용수계통 $V = W 17.6m \times L 11.4m \times H 3.5m \times 2지 = 1,404.5m^3$
분석 결과	설계유량기준	- 생활용수계통 $HDT = V / Qd = 5,298.7m^3 \div 273,000m^3/d = 28.0min$ - 공업용수계통 $HDT = V / Qd = 1,404.5m^3 \div 129,150m^3/d = 15.7min$ - 통합운영시 $HDT = V / Qd = 6,703.2m^3 \div 402,150m^3/d = 24.0min$
	최대처리용량	- 생활용수계통 $Qmax = V / HDTc = 5,298.7m^3 \div 20min = 381,508m^3/d$ - 공업용수계통 $Qmax = V / HDTc = 1,404.5m^3 \div 20min = 101,123m^3/d$ - 통합운영시 $Qmax = V / HDTc = 6,703.2m^3 \div 20min = 482,630m^3/d$

2) 약품침전지

평가기준인자		표면부하율 (SOR ; Surface Overflow Rate) : 상수도시설기준 (횡류식 침전지) : $21.6 \sim 43.2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$
지의 규격		- 생활용수계통 $AS(\text{침강면적}) = B \ 19.0\text{m} \times L \ 60.0\text{m} \times 8\text{지} = 9,120.0 \text{ m}^2$ - 공업용수계통 $AS(\text{침강면적}) = B \ 20.0\text{m} \times L \ 60.0\text{m} \times 2\text{지} = 2,400.0 \text{ m}^2$ - 통합운영시 $AS(\text{침강면적}) = 9,120.0 \text{ m}^2 + 2,400.0 \text{ m}^2 = 11,520.0 \text{ m}^2$
분석 결과	설계유량기준	- 생활용수계통 $SOR = Qd / As = 273,000 \text{ m}^3/\text{d} \div 9,120.0 \text{ m}^2 = 29.9 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ - 공업용수계통 $SOR = Qd / As = 129,150 \text{ m}^3/\text{d} \div 2,400.0 \text{ m}^2 = 53.8 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ - 통합운영시 $SOR = Qd / As = 402,150 \text{ m}^3/\text{d} \div 11,520.0 \text{ m}^2 = 34.9 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$
	최대처리용량	- 생활용수계통 $Q_{\text{max}} = SOR_c \times As = 43.2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d} \times 9,120.0 \text{ m}^2 = 393,984 \text{ m}^3/\text{d}$ - 공업용수계통 $Q_{\text{max}} = SOR_c \times As = 43.2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d} \times 2,400.0 \text{ m}^2 = 103,680 \text{ m}^3/\text{d}$ - 통합운영시 $Q_{\text{max}} = SOR_c \times As = 43.2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d} \times 11,520.0 \text{ m}^2 = 497,664 \text{ m}^3/\text{d}$

3) 급속여과지

평가기준인자		여과속도 (FV ; Filtration Velocity) : 상수도시설기준 : $120 \sim 150 \text{ m}/\text{d}$
지의 규격		$Af(\text{여과면적}) = B \ 8.0 \times L \ 13.8\text{m} \times 20\text{지} = 2,208 \text{ m}^2$
분석 결과	설계유량기준	$FV = Qd / Af = 273,000 \text{ m}^3/\text{d} \div 2,208 \text{ m}^2 = 123.6 \text{ m}/\text{d}$
	최대처리용량	$Q_{\text{max}} = Af \times FV_c = 2,208 \text{ m}^2 \times 150 \text{ m}/\text{d} = 331,200 \text{ m}^3/\text{d}$

4) 소독공정 적정처리용량

소독능은 최근 3년간의 수질 및 운영 최악조건에서 분석하였다.

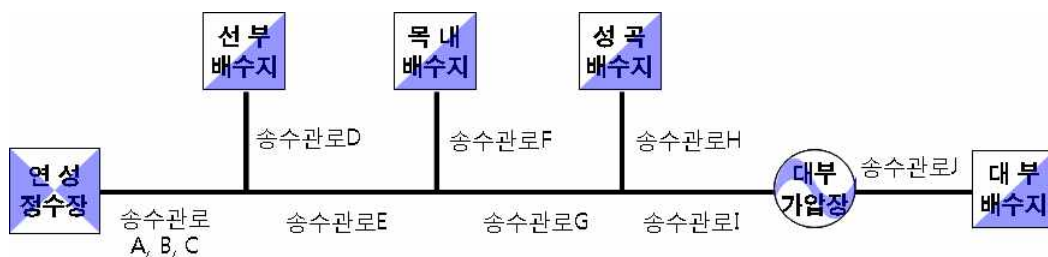
평가기준인자		<i>Giardia</i> 0.5 log 제거(소독공정), 정수처리기준에 관한 고시
지의 규격		$V = B \ 26.5m \times L \ 40.0m \times H \ 6.0m \times 2지 = 12,720.0m^3$ 장폭비 12.1 (장폭비 환산계수 0.40)
분석 결과	시설용량기준	- 최악조건(정수지) : 불활성화비 = 0.051, 총 2.52 log 제거 - 추가소독능 포함시 · 정수지+송수관로A, B, C, D+선부배수지 : 불활성화비 = 1.300, 총 3.15 log 제거 · 정수지+송수관로A, B, C, E, F+목내배수지 : 불활성화비 = 1.572, 총 3.29 log 제거 · 정수지+송수관로A, B, C, E, G, H+성곡배수지 : 불활성화비 = 1.811, 총 3.41 log 제거 · 정수지+송수관로A, B, C, E, G, I, J+대부배수지 : 불활성화비 = 16.457, 총 10.73 log 제거
	최대처리용량	- 최악조건(정수지) : 13,243m³/d - 추가소독능 포함시 · 정수지+송수관로A, B, C, D+선부배수지 : 76,724m³/d · 정수지+송수관로A, B, C, E, F+목내배수지 : 41,430m³/d (인증) · 정수지+송수관로A, B, C, E, G, H+성곡배수지 : 41,818m³/d · 정수지+송수관로A, B, C, E, G, I, J+대부배수지 : 125,852m³/d

주 1) 2006~2008년 일간 운영자료를 적용함.

2) 잠재적 최악조건 : 최소 수온0.5℃, 최대 pH 8.1, 최소 잔류염소농도 0.49mg/L 적용, 유량은 시설용량을, 정수지 최소 운영수위비는 0.16 적용(최소수위 0.13m는 특이값으로 제외하고 0.98m를 최소수위로 적용함).

3) 추가소독능 : 운영수위비는 각 배수지의 최소 운영수위비 선부(0.13), 목내(0.32), 성곡(0.23), 대부(0.14)를 적용함. 그 외 조건은 최악조건과 동일하게 적용함.

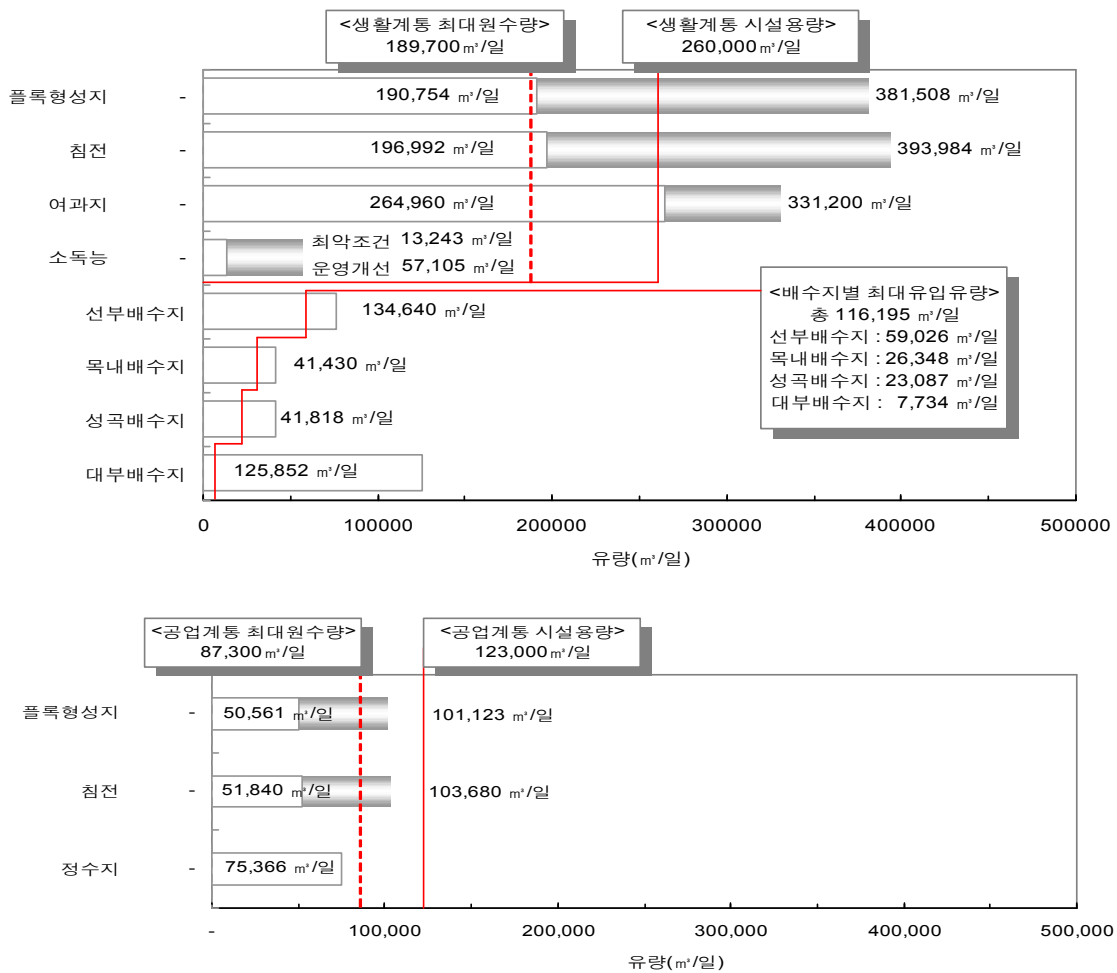
송수관로A : D 1.2 × L 3,751	송수관로B : D 1.1 × L 1,415	송수관로C : D 1.2 × L 561
송수관로D : D 1.0 × L 780	송수관로E : D 0.8 × L 2,060	송수관로F : D 0.6 × L 1,050
송수관로G : D 0.7 × L 1,850	송수관로H : D 0.7 × L 380	송수관로I : D 0.6 × L 20,652
송수관로J : D 0.5 × L 7,550		



나. 종합성능평가

연성정수장은 총 383,000m³/일의 시설용량으로, 생활용수계통 260,000m³/일, 공업용수계통 123,000m³/일의 규모이다.

앞서 평가한 공정별 기준 범위에 대해 최대처리가능용량을 산정하여 아래 잠재적 성능 그래프로 표현하였다.



<그림 5.2-3> 성능평가그래프

생활용수계통은 플록형성지, 침전지, 여과지는 시설용량을 만족하는 것으로 나타났다. 소독능은 배수지별 최대유입유량을 만족하므로, 실제 운영 소독능은 만족한 것으로 평가되었다.

공업용수계통은 최대원수량이 87,300m³/일로 최대처리용량 내에서 운영되었다. 그러나 플록형성지, 침전지, 정수지 모두 시설용량에 부족한 것으로 평가되었

고, 최대정수량은 128,500m³/일로 시설용량인 123,000m³/일을 초과한 것으로 나타났다. 연성정수장은 공업용수량 부족 시 생활용수계통에서 부족한 부분을 보충하여 사용하고 있다. 생활용수계통은 최대처리가능유량이 시설용량을 충분히 만족하고, 통합운영시 플록형성지의 최대처리용량이 482,630m³/일, 침전지의 최대처리용량이 497,664m³/일로 생활+공업에 대해 만족한다. 따라서 현재와 같이 생활용수계통에서 부족한 부분을 보충하여 운영하여도 무방하다고 판단된다.

다. 연성정수장 기술진단 및 개선방안 종합

<표 5.2-2>

기술진단 및 개선방안

공정	기술진단 결과	개선방안
혼화 및 약품 주입	-pH 조절을 위한 산제 도입 필요. 원수 일간 pH는 6.3~9.3(평균 7.7) 범위를 나타내며, pH가 8.5이상으로 유입되는 경우가 운영일수의 5.2%(pH 8.0이상으로 유입되는 경우는 운영일수의 17.5%)에 해당	-현재 원수유량계 설치지점에 이산화탄소 도입을 계획하고 있으며, 주입위치는 적정한 것으로 판단됨
	-정수기준(생활용수계통)으로 pH 7.0이하가 25일(2.28%), pH 6.5이하가 1일(0.09%)로서 2008년 7월에 최소인 pH 6.3을 나타내었고, 이때 알칼리도는 최소 알칼리도인 16mg/L로 조사됨	-착수정 전단에 NaOH주입 설비가 있으므로 저pH시 NaOH주입 필요를 검토하여 응집 pH를 최적화 하는 것이 바람직함.
플록 형성지	-공업용수계통 시설용량에 부족	-통합운영시 적정하므로 현재와 같이 생활용수계통 에서 부족한 양을 보충하여 운영하여도 무방함
	-G값 다소 낮음, #1지의 G값 점감범위 부적정	-지별 Gt값 균등화 필요 -저탁도를 대비한 Gt값 상승을 위한 rpm 적정화(<표5-42> 적정 rpm 참조)
침전	-공업용수계통 : 설계유량에서 표면부하율, 평균 유속, 위어하부상승유속 불만족	-공업용수계통 : 생활계통과 통합운영시 설계 유량에서도 위어하부상승유속과 Fr. No.와를 제외하고는 시설기준을 모두 만족하는 것으로 평가됨. 따라서 현재와 같이 생활용수계통에서 공업용수계통의 부족분을 보충하여 운영하여도 무방하다고 판단됨.
	-통합운영시 위어하부상승유속 불만족 (생활 : 93.8m ³ /m ² ·d, 공업 : 117.9m ³ /m ² ·d)	-생활용수계통 : 기준을 초과하나 그 정도가 크지 않고 현재 최대 생산량에 대해서는 기준을 충분히 만족하므로 향후 생산량 변동을 고려하여 위어길이 연장을 검토하여도 무방함. -공업용수계통 : 침두유량에서도 기준을 초과하므로 위어하부상승유속을 만족하기 위해 위어선단길이를 28.5m 이상으로 연결할 필요가 있음(폐쇄구간 미포함)



<표 5.2-2>

기술진단 및 개선방안 (계속)

공정	기술진단 결과	개선방안
여과	-단계별 여과지 유입관로에 밸브 및 유량계 미설치. 유량편중 발생 및 유지관리 불리	-유입관로에 밸브설치 및 유량계설치(유량계는 한 개만 설치해도 무방)
	-역세척시 심층 배출 불량, 머드볼 관측	-역세척 강도 및 역세척 시퀀스 변경
	-역세척시 일부 물이 솟구침	-스트레이너 점검
	-역세척 시작 수위가 높음(수위계 기준점)	-역세척 시작 수위 조정 (수위계 기준점 여과사면으로 조정)
정수지	-한국상하수도협회로부터 추가소독능을 인정받아 운영하고 있음	
배출수 처리시설	-탈수여액 및 세척수 2차 농축조로 유입	-조정기능을 하는 배슬러지지로 이송하여 처리는 것이 바람직함
	-배슬러지지 용량 부족	-1차 농축조의 농축기능을 통해 2차 농축조의 조정이 가능할 것으로 판단되고, 2차 농축조의 용량이 충분하므로 설계조건에서도 1차 및 2차 농축조의 유입 및 인발을 적정화하면 운영상 문제는 없을 것으로 판단됨
	-방류수 수질 SS 초과 운영	-농축보조제를 사용하는 등의 운영적정화를 통하여 방류수질을 개선

2.2 단위시설별 개량계획

2.2.1 안산정수장

가. 착수시설

1) 시설 및 운영현황

취수장에서 취수된 원수가 도수관로를 통하여 유입되는 시설인 착수정은 수위의 안정과 함께 후속공정으로의 분배기능을 비롯하여 유량측정, 수처리제 주입 등의 보조기능을 가진다.

착수정은 2지로, 광역상수도 3, 4단계 원수에 대한 구분이며, 생활용수와 공업용수를 통합하여 운영하고 있으며, 3, 4단계 중 한 지만 운영하기도 하는 것으로 조사되었다.

착수정 ~ 혼화지로의 유입수로에서 Water-Champ에 의해 전염소와 응집제가

주입된 후 혼화지부터 생활계통과 공업계통으로 분기되며, 생활계통 유입밸브를 조절하여 유량배분을 하고 있는 것으로 조사되었다.

<표 5.2-3>

착수정 시설현황

구 분	현 황	비 고
규 격	-3단계 : W4.5m × L7.7m × H4.5m × 1지 -4단계 : W4.5m × L8.0m × H4.5m × 1지	통합운영(생활+공업), 광역상수도 3, 4단계 원수에 대한 구분임
유효용량	-155.9m ³ /지 × 1지 + 162.0m ³ /지 × 1지 = 317.9m ³	
구조 및 부대시설	-장방형 RC조 -정류벽 설치 -유입관 : 3단계 D1,100mm, 4단계 D1,000mm -드레인 : 3단계 D300mm, 4단계 D500mm -월류관 : 3단계 D500mm, 4단계 D500mm -지별 By-pass관 설치 : 3단계 D1,100mm, 4단계 D1,000mm (지간 By-pass관 : 미설치) -유출관 : 3단계 D1,100mm, 4단계 D1,000mm -여유고 : 3단계 60cm, 4단계 60cm -유량측정 : 유입관에 초음파 유량계 설치	



3단계 착수정



4단계 착수정

<그림 5.2-4> 착수정

2) 기술진단 및 개선방안

① 수리적 설계인자 검토

설계유량 등 검토대상 유량을 기준으로 착수정의 체류시간을 검토한 결과, 통합운영시 체류시간은 3.05분, 3단계만 운영시 1.5분, 4단계만 운영시 1.6분으로 설계기준(1.5min 이상)에 모두 적정한 것으로 나타났다.

<표 5.2-4>

착수정 수리적 설계인자 검토결과

설계인자		설계유량 ¹⁾	평균유량	최대유량	기 준	평가 ²⁾
통합운영시	검토수량(m ³ /일)	150,150	99,947	139,700	-	적 정
	체류시간(min)	3.1	4.6	3.3	1.5 이상	
3단계만 운영시	검토수량(m ³ /일)	150,150	99,947	139,700	-	적 정
	체류시간(min)	1.5	2.3	1.6	1.5 이상	
4단계만 운영시	검토수량(m ³ /일)	150,150	99,947	139,700	-	적 정
	체류시간(min)	1.6	2.3	1.7	1.5 이상	

주 1) 설계유량은 시설용량 143,000m³/일(생활+공업)에 대해 5% 여유를 가산하여 산정

2) 평가는 설계유량에 대해 수행

② 기타 기술진단

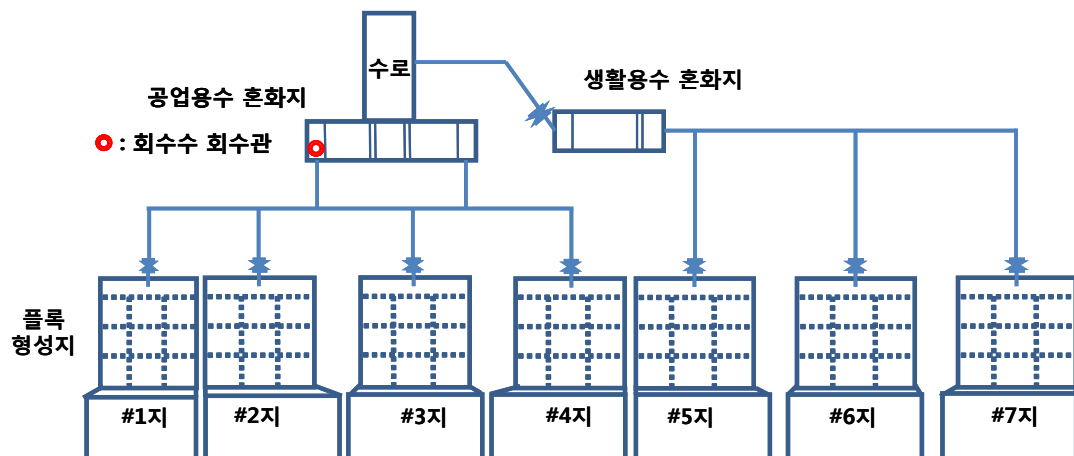
3단계와 4단계로 구분되어 각 1지로 구성되어 있으며, 각 지별 By-pass 관은 설치되어 있으나, 지간 By-pass관은 설치되어 있지 않는 것으로 조사되었다.

그러나, 착수정 2지가 지별로 운영이 가능하고, 지별 By-pass관이 설치되어 있으므로 운영상 문제는 없을 것으로 판단된다.

부대시설로서, 정류벽, 월류 시설, 유입제수밸브, 드레인 등이 설치되어 있으며, 유효수심은 4.5m로 기준 3~5m의 범위에 대해 적정하였다. 여유고는 3, 4단계 모두 60cm로 시설기준(60cm 이상)에 적정하므로, 구조적으로 문제가 없는 것으로 평가되었다.

나. 계통별 유량 배분

착수정 후단에서 생활용수계통과 공업용수계통으로 유량이 분기되고 있으나, 계통별 유입유량계는 설치되어 있지 않다. 수리조건에 의한 균등분배가 불가능한 구조이며, 현재 생활계통 유입밸브를 조절하여 운영하고 있는 것으로 조사되었다. 따라서, 계통별 유량배분을 위해, 다음과 같이 개선안을 제시하였다.



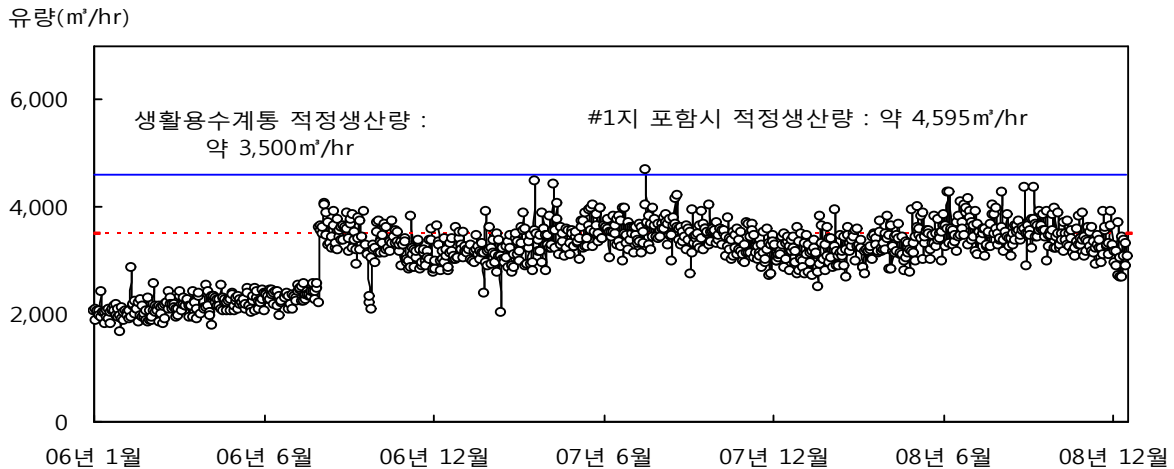
<그림 5.2-5> 통별 혼화지 유입구조 현황

<표 5.2-5> 계통별 유량배분을 위한 개선안

구분	1안	2안	3안
	운영개선안	응집침전지 지별 유입유량계 설치(안)	생활용수계통 혼화지 후단에 유량계 설치(안)
개요	-현장 여건상 생활용수계통의 혼화지 유입 관로에 유량계 설치 불가 -여과지 유출유량계를 참조하여 생활용수계통 혼화지 유입분배조절밸브 개도제어를 통한 계통별 유량배분에 유의	-응집침전지에 지별 유입유량계를 설치 -지별 유량계를 참조하여 유입밸브 개도제어를 통한 계통별 유량배분에 유의	-응집침전지 유입구조 변경(안)을 적용시 -생활용수계통 혼화지 후단에 유량계 설치 가능
검토내용	-여과지 유출유량계를 참조할 경우, 정확한 조절이 어려움	-전동밸브로 교체 필요 -유량계에 근거한 제어 가능	-공사시 단수 수반
선정	-응집침전지 개량안 선정에 따라 적용		

계통별 유량배분이 가능하도록 개선이 이루어지더라도, 생활용수계통의 정·배수지 유효용량이 부족하므로(시설용량 기준 체류시간 2.6시간), 배수량의 시간변동에 대한 대응이 필요한 것으로 조사되었다.

아래 그림에 최근 3년간 정수지의 시간최대배수량을 나타내었다. 운영일수의 25%가 생활용수계통 적정생산량(약 3,500m³/hr)을 초과하여 운영되고 있는 것으로 조사되었다.



<그림 5.2-6> 생활용수 정 · 배수지의 시간최대배수량

안산정수장은 여름철 생활용수 사용량이 증가하여 시간최대배수량이 증가하게 되면, 농업용수계열의 침전수를 여과지로 유입되도록 운영하고 있는 것으로 조사되었다.

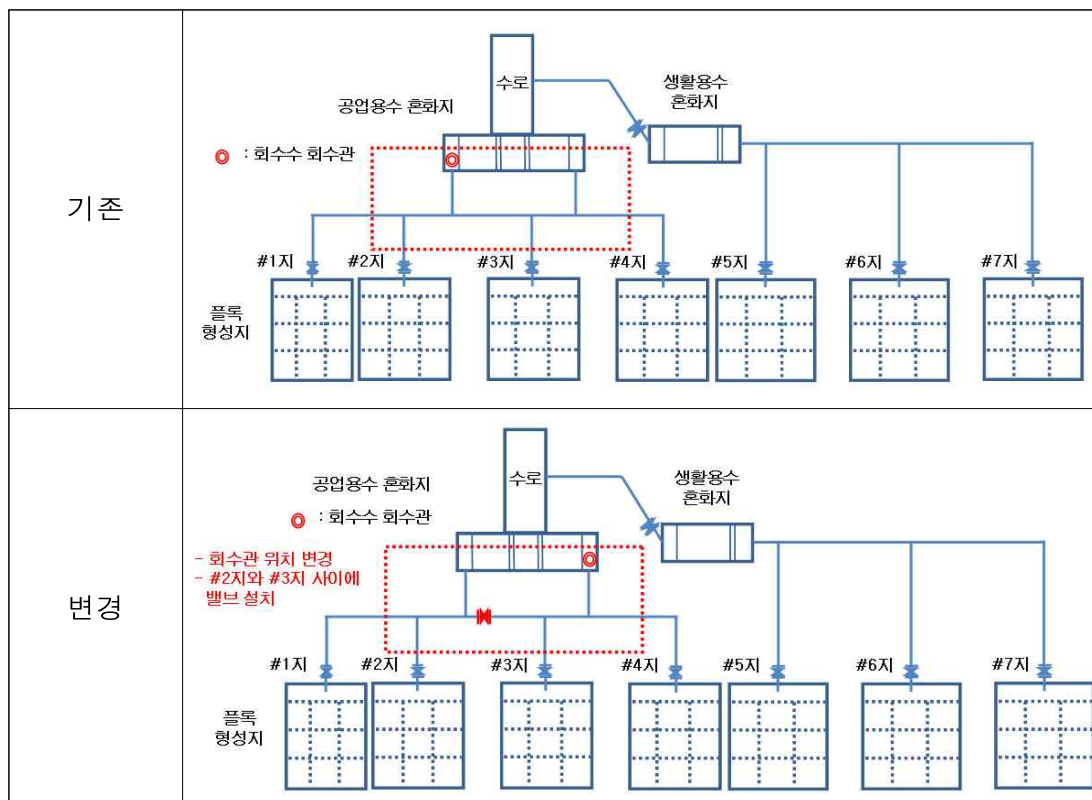
응집침전지 지별 유입유량계 설치(안) 적용시, #1지를 포함할 경우 생활용수계통 적정생산량은 약 $4,595\text{m}^3/\text{hr}$ 로 나타났다. 그러나, 최근 3년간 시간최대유량의 최대값은 $4,690\text{m}^3/\text{hr}$ (2007년 8월 9일 발생), $4,500\text{m}^3/\text{hr}$ (2007년 4월 13일 발생)로 조사되었으므로, 정 · 배수지 수위 관리에 주의가 필요하다.

따라서, 안정적인 운영을 위해서는 정수지 증설 또는 배수지 신설(휴지중인 와동배수지 재사용에 대해서도 검토)이 필요하다.

또한, 현재 배출수지(회수조) 상징수와 배슬러지지(조정조) 상징수가 상징수저류조를 통해 농업용수 혼합지로 반송되고 있어, 농업용수로만 사용할 경우에는 문제가 되지 않으나, 회수수가 포함된 원수를 침전 후 생활용수계열로 전환하여 운영할 경우에는, 원생동물에 오염된 원수일 경우 침전과정에서 농축에 의해 발생이 가능하므로, 잠재적인 위험을 회피하기 위해서 배슬러지지(조정조) 상징수를 회수하지 않고 방류하는 것이 가장 바람직하다. 그러나, 손실수량이 많아지게 되는 단점이 있게 된다. 따라서 다음과 같이 개선이 필요하다.

1안	2안	3안	4안
공업용수 침전수를 생활용수 여과지로 유입해야 할 경우			공업용수 침전수를 생활용수 여과지로 유입하지 않아도 될 경우
회수 위치 변경(안)	배출수 처리계통 운영개선(안)	회수수에 대해 원생동물 모니터링	정 · 배수지 증설 또는 배수지 신설
-혼화지 2지 중 좌측지로 회수수가 유입되도록 위치 변경 -응집침전지 #2지와 #3지 사이의 배관에 밸브 설치 -혼화지 유출위어에 가동위어, 또는 각락을 설치하여 유출 유량 조절 -필요시 침전지 #1지에서만 여과지로 유입되도록 함 -정수지 시간최대유량을 만족시키기 위해서 정수지 수위 관리에 주의 필요	-배출수지(회수조) 상징수만 회수하고, 배슬러지(조정조) 상징수는 회수하지 않는 것이 가장 이상적임 -배슬러지(조정조) 유입슬러지는 모두 농축조로 이송되도록 운영하고, 농축조 상징수는 방류하도록 함 -배출수지(회수조) 상징수 회수량은 원수유입량에 대한 비율이 10% 이내에서 운영되도록 주의	-생산성 측면에서 배슬러지(조정조) 상징수 회수를 지속할 경우에는, 회수수에 대해 원생동물에 대한 모니터링이 지속적으로 수행되어야 할 것으로 판단됨	-안정적인 운영을 위해서는 정 · 배수지 증설 또는 배수지 신설 필요 (휴지 중인 와동배수지 재사용에 대해서도 검토) -현재와 같이 운영 가능

주) 1안의 방식



다. 혼화 및 약품주입설비

1) 시설 및 운영현황

급속혼화기는 가동을 중지하여 사용하지 않고, 착수정 ~ 혼화지로의 유입수로 중간에서 Water-Champ에 의해 급속혼화 시키고 있다.

분말활성탄은 착수정 유입부와 생활계통 혼화지 유입부에 주입하고 있고 pH 조절제인 소석회와 이산화 탄소는 착수정 유입부에 주입하고 있다. 착수정 ~ 혼화지 수로에 전염소와 응집제가 급속혼화방식인 Water-Champ로 순차적으로 주입되고 있다.

응집제는 원수의 성상에 따라 PACl(17%), PAHCS(12.5%), PACS(17%)를 선택하여 사용하고 있다. Jar test를 실시하여 주입량 결정에 반영하고 있으며, 응집제는 유량비례 자동주입 설비에 의해 주입된다.

<표 5.2-6> 혼화 및 약품주입설비 시설현황

구 분	현 황
규 격	-생활용수계통 : W4.5m × L4.5m × H3.8m × 1지 -공업용수계통 : W3.8m × L3.8m × H3.8m × 2지
유효용량	-생활용수계통 : 76.95 m³/지 × 1지 = 76.95m³ -공업용수계통 : 54.87 m³/지 × 2지 = 109.74m³
구조 및 부대시설	-정방향 RC조 -응집제 : PACl, PAHCS, PACS (원수의 성상에 따라 선택 주입) -혼화방식 : Water-Champ, 수직터빈형 혼화기(운전중지) -약품주입위치 · 응집제 : 착수정 ~ 혼화지 수로 중간에서 주입(전염소주입 후 5.7m 지점, 주입률 제어방식 : 유량비례 자동주입) · pH 조절제 : 소석회-착수정 유입부에서 주입, 이산화탄소-착수정 유입부 · 전염소 : 착수정 ~ 혼화지 수로 전단에서 주입(주입률 제어방식 : 잔류염소 농도 설정 후 유량비례 주입) · 중염소 : 생활용수계통 혼화지 후단에서 주입(주입률 제어방식 : 잔류염소 농도 설정 후 유량비례 주입) · 분말활성탄 : 착수정 유입부 및 생활계통 혼화지 유입수로 -응집제 주입설비 · 저장조(#1조 ~ #4조) : #1 ~ #3조 각각 31m³, #4조 41.5m³ · 공급탱크 : 2m³×3조 -소석회 주입설비 -분말활성탄 주입설비



응집제 주입용 Water-champ



응집제 주입설비



전염소 주입용 Water-champ



고체약품 주입설비



생활용수계통 혼화지(1지) 전경



공업용수계통 혼화지(2지)
유입위어

<그림 5.2-7> 혼화지 및 약품주입설비

2) 기술진단 및 개선방안

① 수리적 설계인자 검토

혼화지는 정수처리 하고자 하는 원수와 응집제를 급속으로 교반하기 위한 시설로 가능한 빠르게 혼화될 수 있는 동력이 요구된다. 특히 알루미늄계 무기응집제는 물속에 투입되면 짧은 시간 내에 수화되어 응집효율이 낮은 비활성알루미늄 상태로 변하므로 가능한 빠른 시간 이내에 순간혼화 될 수 있는 혼화여건 조성이 중요하다.

일반적인 pH 범위내에서 $Al(OH)_2^+$ 나 $Al(H_2O)_6^{3+}$ 와 같은 가수분해생성물은 1초 이내의 매우 짧은 시간 내에 만들어지고 가수분해 생성물이 콜로이드상 입자에 아주 빠르게 흡착되기 때문에, Amirtharajah나 Kawamura 등은 이러한 특성을 고려하여 1초 이내의 순간혼화를 권장하고 있다. 우리나라와 같이 다소 긴 혼화시간은 micro floc과 응집제 floc을 생성시

켜, 흡착-불안정화에 의한 플록형성 및 침전을 목적으로 한다.

안산정수장은 착수정 ~ 혼화지 수로에서 급속분사교반기(Water-Champ)에 의한 급속혼화가 이루어지고 있다.

기계식 혼화기는 현재 가동중지 중이나, 급속분사교반기(Water-Champ)에 의한 급속혼화 후 각 계통별 혼화지로 이류되고 있어, 혼화지의 수리적인 체류시간을 평가하였다. 평균유량기준에서 체류시간이 생활용수 계통은 2.30분, 공업용수계통은 3.10분으로 나타났다.

응집제 주입 후 긴 체류시간은 플록 형성 및 형성된 플록의 파괴 우려가 있으므로, 계통별 혼화지를 철거하고, 배관을 통하여 계열별 플록형성지로 이류되도록 하는 것이 가장 이상적이나, 현장여건상 공사 수행시 단수가 불가피하므로 상시 운영에 유의하도록 한다.

<표 5.2-7> 혼화지 수리적 설계인자 검토결과

계통	설계인자	설계유량 ¹⁾	평균유량	첨두유량	기준	평가 ²⁾
생활용수	검토유량(m³/일)	87,150	48,237	68,200	-	-
계통	체류시간(min)	1.27	2.30	1.62	1분 내외	적정
공업용수	검토유량(m³/일)	63,000	51,020	79,510	-	-
계통	체류시간(min)	2.51	3.10	1.99	1분 내외	과대

주 1) 설계유량은 계열별 시설용량에 대해 5% 여유를 가산하여 산정

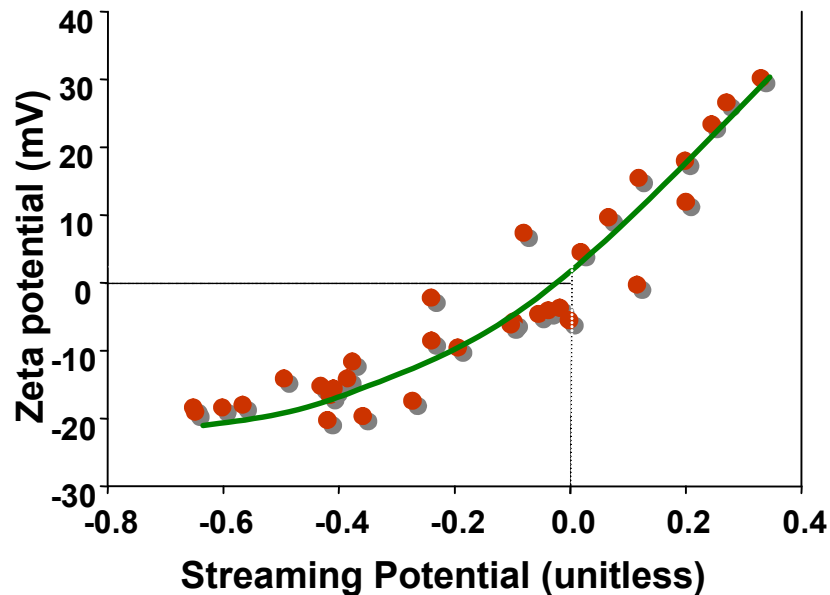
2) 설계유량기준에서 평가함

② 혼화효율 검토

혼화공정의 적정성을 평가하기 위하여 미국 Sentrol社의 SPD(Streaming Potential Detector)를 이용하여 원수와 응집제 주입 후 착수정 ~ 혼화지 수로에서의 흐름전위를 측정하였다.

흐름전위는 어떠한 유체에 압력을 가하면 Bulk fluid를 통해 관련된 물질이 모세관 이동이나 공극을 플러그 흐름으로 움직이면서 그 물체의 확산층에 있는 상대이온을 움직이게 하는 전위 또는 전류를 의미한다. 입자의 콜로이드 반대이온이 수력 전단되어 한 극성으로 전하 이동하여

전류가 발생되는데, 이러한 유동전류신호는 콜로이드 상의 전하를 의미하며, 이 전류는 유체의 고정부와 이동부 사이의 전단면에서의 전위인 제타전위(Zeta potential)에 수학적으로 관계된다. 다음 그림은 기존연구에서 보고된 흐름전위와 제타전위의 상관성을 나타낸 것이다.



<그림 5.2-8> 제타전위와 흐름전위의 상관성(수온 9~15℃)

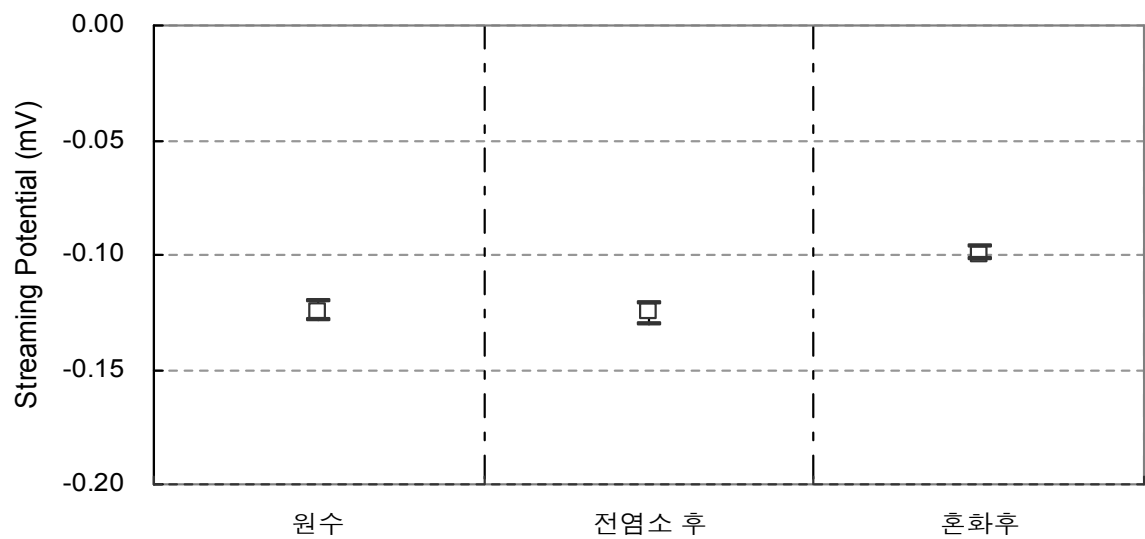
흐름전위 측정시 취수량은 약 4,700~4,800m³/hr 였으며, 원수탁도는 4.0NTU, 응집제(PACl) 주입률은 13.0ppm 이었고, 알칼리제는 주입되지 않는 조건이었다.

<표 5.2-8> 흐름전위 측정 조건

조사일시	pH	수온	알칼리도	원수탁도	응집제주입률	원수유량
2009. 2. 19	9.2	4.3℃	46.0mg/L	4.0NTU	13ppm	4,700~4,800m ³ /hr

아래의 표와 그림에 측정위치별 흐름전위값을 나타내었다. 흐름전위는 전염소 처리 후의 원수에서 -0.125mV(-0.121~-0.130mV)로, 일반적인 자연수에서 콜로이드입자가 갖는 (-) 하전을 나타내었다.

응집제 주입과 혼화에 의해 흐름전위는 $-0.100\text{mV}(-0.096\sim-0.102\text{mV})$ 로 보다 0mV 에 부근으로 하전이 감소되는 경향을 나타내었다.



구 분	원수	전염소 주입 후	혼화 후
흐름전위(mV)	-0.125(-0.120~-0.128)	-0.125(-0.121~-0.130)	-0.100(-0.096~-0.102)

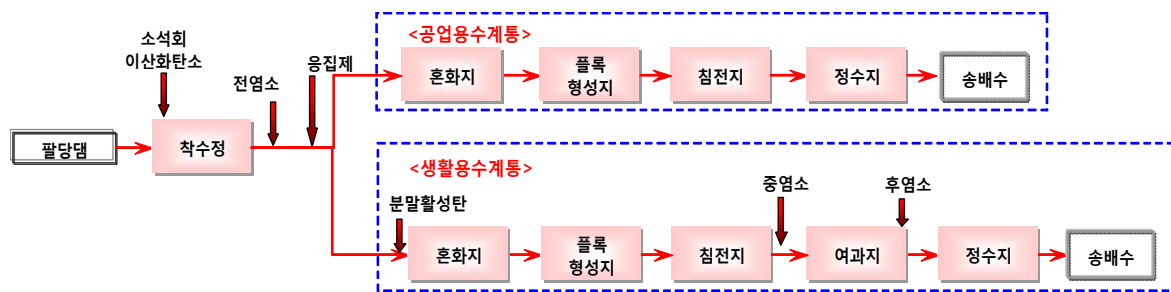
<그림 5.2-9> 흐름전위 측정값

③ 약품주입 위치

분말활성탄은 착수정유입부와 생활계통 혼화지 유입부에 주입하고 있다. 착수정 유입부로 분말활성탄 주입시 공업용수까지 분말활성탄 처리를 하게 되어 경제적이지 않으므로 생활용수계통 혼화지 유입부로만 분말활성탄이 주입하도록 한다.

pH조절제인 소석회와 이산화탄소는 착수정 유입부에 주입되고 있어 적정한 것으로 판단된다.

착수정 ~ 혼화지 수로에 전염소와 응집제가 급속혼화방식인 Water-Champ로 순차적으로 주입되고 있어 적정한 것으로 나타났다.



<그림 5.2-10> 약품주입위치 현황

④ 응집제 주입량 결정 및 제어

응집제는 원수의 성상에 따라 PACI(17%), PAHCS(12.5%), PACS(17%)를 선택하여 사용하고 있다. Jar test를 실시하여 응집제 주입율을 결정하고 있으며, 응집제는 유량비례 자동주입 설비에 의해 주입되고 있다. 또한, 현장에 SCD가 설치되어 있어 응집제 주입후 혼화효율을 모니터링하고 있으며, 현재의 주입율 결정방식이나 약품주입방식에 문제는 없는 것으로 판단된다.

⑤ 응집약품의 적정성

현재 사용되고 있는 응집약품 중 PAHCS는 과량주입시에도 전하역전현상이 관측되지 않고 잔류탁도가 낮아지므로, 탁도가 높고 알칼리도가 낮은 우기에 사용하면 수질 안전성 및 안정성을 제고할 수 있는 것으로 알려져 있다.

최근 3년간 원수 일간 pH가 6.7~9.0(평균 7.9)의 범위를 나타내고 있는 것으로 조사되었다.

일반적으로 알루미늄계통의 응집제는 pH 7 부근에서 최적응집이 이루어지며, PAHCS의 경우, 염기도가 높아서 알칼리도와 pH 강하율이 상대적으로 적고, pH 8~10 이상에서도 안정하다고 보고되고 있으나, 최적점은 중성부근에서 설정된다.

저 pH 및 알칼리도에 대응하여, 소석회 주입설비가 설치되어 있다. 유지관리 및 주입율 제어에 있어서는 NaOH에 비해 불리한 점이 있으나,

소석회는 알칼리도 증가뿐 아니라, Ca^{2+} , 즉 2가의 양이온을 수중에 공급함으로써 혼화 및 응집을 촉진하는데 기여한다는 장점이 있다.

알칼리제 주입시설은 설치되어 있으나, 고 pH에 대응하기 위한 시설이 설치되어 있지 않다. 일반적으로 알루미늄계 응집제는 주입에 따라 pH가 강하되나, 이를 통해 적정 pH 범위로 조정하는 것은 기대하기 어렵고, 별도의 산제를 사용하여, 최적 pH로 조정하는 것이 바람직하다.

원수의 pH가 8.5 이상으로 유입되는 경우가 운영일수의 15.8%에 해당되므로(pH 8.0 이상 유입되는 경우는 운영일수의 40.8%에 해당), 응집의 고도화를 위해서는 최적 응집 pH 범위로 알려져 있는 7.0 부근을 만족시킬 수 있도록 pH 조절제가 필요하다. 안산정수장은 현재 산제로 이산화탄소(CO_2) 주입설비가 도입되어 있으므로 적정한 것으로 나타났다.

⑥ 분말활성탄 주입

안산정수장은 최근 3년간 분말활성탄 주입 이력은 없는 것으로 조사되었으나, 원수에서 Geosmin 0.16~38.78ng/L, 2-MIB 1.01~10.92ng/L로 나타나, 알려진 최소감지농도 8ng/L, 5ng/L에 대해 초과하여 나타났으므로 이에 대한 대응이 필요할 것으로 판단된다. 분말활성탄 주입설비가 설치되어 있으므로, 주입율을 적정화하여 조류발생 및 맛·냄새 등에 대응할 수 있도록 해야 한다.

상수원수 중 맛·냄새 유발물질인 2-MIB와 Geosmin 제거효율은 일반적으로 분말활성탄주입률 10mg/L 이하에서는 급격한 제거양상을, 20mg/L 이상에서는 안정화 양상을 나타낸다고 보고되었다. 한계냄새강도 기준으로는 냄새가 약할 때(초기농도 50ng/L 수준)는 15mg/L, 냄새가 강할 때(초기농도 100ng/L 수준)는 30mg/L, 냄새가 매우 강할 때(초기농도 200ng/L 수준)는 30mg/L 이상이 적정하다고 보고되었다.

한강수계 중 팔당에서의 맛·냄새물질은 Geosmin이 평균 5.2ng/L (N.D~49.0ng/L, 95% 누적 17.4ng/L), 2-MIB 8.9ng/L(N.D~48.8ng/L, 95% 누적 28.6ng/L)로 검출되었다(2004~2006년).

따라서, 원수 및 팔당댐에서의 맛·냄새물질 발생특성을 고려하여, 15mg/L까지는 주입가능하도록 설정하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

또한, 전염소와 분말활성탄의 주입위치가 근접하여 분말활성탄의 효율을 저해할 수 있고, 공업용수까지 분말활성탄 처리를 하게 되어 경제적이 아니므로, 생활용수계통 혼화지 유입부로 분말활성탄 주입위치를 변경하여, 가능한 주입시차를 주고, 생활용수계통으로만 분말활성탄이 주입되도록 하는 것이 바람직하다.

라. 플록형성지

1) 시설 및 운영현황

플록형성지는 혼화공정에서 생성된 미세한 플록을 서로 결합시켜 침전이 용이한 큰 입자로 만드는 공정이다.

안산정수장 플록형성지는 침전지와 일체구조로 되어 있으며, 각 지는 3단 점감식 응집이 이루어진다. 배관에 의해 유입유량이 분배되나, 수리적 대칭이 확보되지 않아, 각 지별 유량배분을 위한 밸브개도율 조정이 필요하다.

유입부에는 전동버터플라이밸브가 설치되어 있고, 유입구조는 하향 나팔관 형식이다. 관로 유입 후 정류벽이 설치되어 있으며, 각 단의 격벽도 정류벽 구조로 되어 있다. 정류공 제원은 지별로는 상이하나, 지내 각 단별로는 모두 동일하다(#1지 $\Phi 100\text{mm}$, 288개, #2지~#4지 $\Phi 100\text{mm}$, 264개(수면위 정류공 24개는 제외), #5지~#7지 $\Phi 100\text{mm}$, 372개).

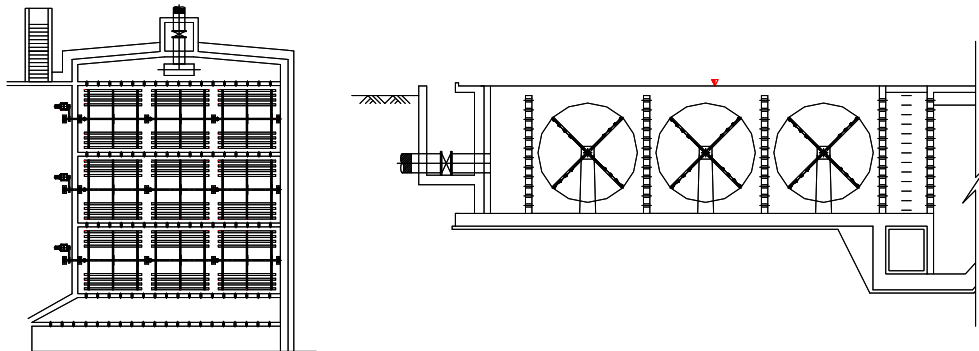
플록형성지 말단 정류벽과 침전지 유입정류벽은 1.3m의 완충지역을 두고 있다. 플록큐레이터는 수평 패들형이며, 인버터에 의한 회전수 조절이 가능한 것으로 조사되었다.

공업용수의 침투유량이 $79,510\text{m}^3/\text{일}$ 로, 설계유량($63,000\text{m}^3/\text{일}$)을 초과하여 운영되고 있어, 당초 생활용수계통으로 증설된 응집침전지 #1지를 공업용수계통으로 전환하여 운영하고 있는 것으로 조사되었다.

<표 5.2-9>

플록형성지 시설현황

구 분	현 황
규 격	-#1지(생활용수계통으로 증설되었으나 공업용수계통으로 운영하고 있음) : W 8.5m × L 10.5m × H 3.5m × 1지 -#2지~#4지(공업용수계통) : W 9.6m × L 10.5m × H 3.5m × 3지 -#5지~#7지(생활용수계통) : W 10.6m × L 10.5m × H 3.5m × 3지
유효용량	-#1지 : 312.40m ³ /지 × 1지 = 312.40m ³ -#2지~#4지 : 352.80m ³ /지 × 3지 = 1,058.40m ³ -#5지~#7지 : 389.55m ³ /지 × 3지 = 1,168.65m ³
구조 및 부대시설	-장방형 RC조 -3단 점감식 응집, 인버터에 의한 회전수 조절 가능 -단 구분 정류벽 설치 정류공 : #1지 D 100mm × 288개/지 #2지~#4지 D 100mm × 264개/지(수면위 정류공 24개는 제외함) #5지~#7지 D 100mm × 372개/지 -형식 : 수평 패들형(3열) 패들규격 : #1지 D 3,100mm × B 100mm × L 2,200mm #2~4지 D 3,000mm × B 100mm × L 2,900mm #5~7지 D 3,000mm × B 100mm × L 3,000mm



<그림 5.2-11> 플록형성지 평 · 단면도



<그림 5.2-12> 플록형성지

2) 기술진단 및 개선방안

① 수리적 설계인자 검토

확장된 응집침전지 #1지는 당초에는 생활용수계통으로 설계되었으나, 현재 공업용수계통으로 운영되고 있어 이를 감안하여 시설현황과 운영현황 두 가지 경우로 구분하여 평가하였으며, 시설현황은 설계유량기준에서, 운영현황은 침투유량기준에서 평가하였다.

설계유량 등 검토대상 유량을 기준으로 플록형성지의 수리적 체류시간 검토결과, 시설현황과 운영현황은 모두 시설기준을 만족하는 것으로 나타났다.

또한, 공업용수의 침투유량이 79,510m³/일로, 설계유량(63,000m³/일)을 초과하여 운영되고 있고, 생활용수와 공업용수의 처리계통이 혼화지 전단에서 분기되어 운영되고 있기 때문에, 응집침전지 #1지를 생활용수계통으로 사용할 경우, 회수수 재사용의 문제가 발생하므로 운영에 어려움이 있을 것으로 판단된다. 생활용수계통은 응집침전지 #5지~#7지만으로도 설계유량 생산이 가능하므로, 현재와 같이 응집침전지 #1지를 공업용수계통으로 운영하도록 한다.

<표 5.2-10> 플록형성지 수리적 설계인자 검토결과

구분	계통	설계인자	설계유량 ¹⁾	평균유량	침투유량	기준	평가 ²⁾
시설 현황	#1지	검토유량(m ³ /일)	19,173	10,612	15,004	-	-
		체류시간(min)	23.5	42.4	30.0	20~40	적정
	#2~#4지	검토유량(m ³ /일)	63,000	51,020	79,510	-	-
		체류시간(min)	24.2	29.9	19.2	20~40	적정 (침투유량 기준 다소 부족)
	#5~#7지	검토유량(m ³ /일)	67,977	37,625	53,196	-	-
		체류시간(min)	24.8	44.7	31.6	20~40	적정
운영 현황	#1지	검토유량(m ³ /일)	14,745	11,941	18,609	-	-
		체류시간(min)	30.5	37.7	24.2	20~40	적정
	#2~#4지	검토유량(m ³ /일)	48,255	39,079	60,901	-	-
		체류시간(min)	31.6	39.0	25.0	20~40	적정
	#5~#7지	검토유량(m ³ /일)	87,150	48,237	68,200	-	-
		체류시간(min)	19.3	34.9	24.7	20~40	적정 (설계유량 기준 다소 부족)

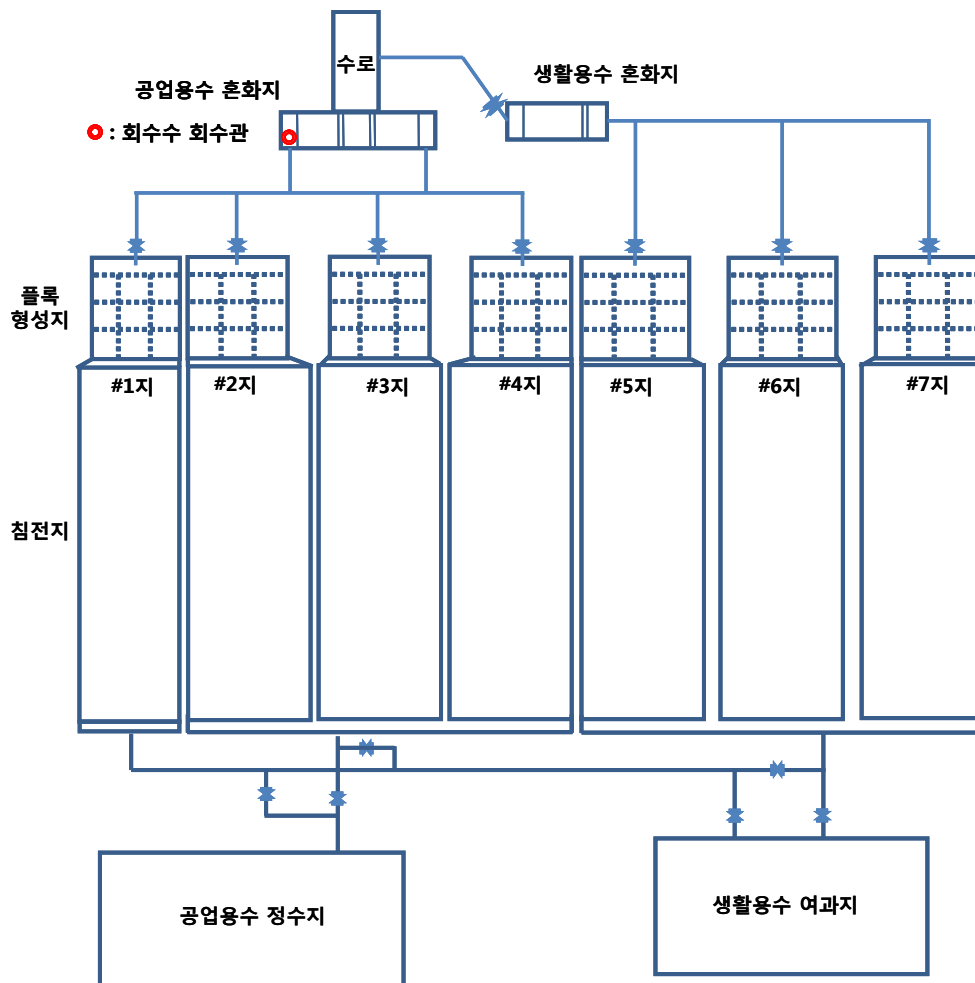
주 1) 설계유량은 계열별 시설용량에 대해 5% 여유를 가산하여 산정

2) 시설현황은 설계유량기준에서, 운영현황은 침투유량기준에서 평가함

② 응집침전지 지별 유량배분

아래 그림에 나타난 바와 같이, 지별 규격이 상이하며, 응집침전지 유입부 구조상 지별 유입유량 균등배분이 부적절한 구조이므로, 각 지별로 설치된 유입밸브의 개도율 조정이 필요하다.

특히, 농업용수계통은 응집침전지 #1지와 #2지~#4지의 규격이 상이하고, 혼화지 2지 중 우측지로 회수수가 유입되고 있다. 또한, #1지의 침전지 트라프 높이가 다른 지에 비해 높아 유량배분의 문제가 있어, 지별 유입유량 균등배분이 매우 어려운 상황이다(유입밸브 개도조절 시에도 유량균등 배분 되지 않음). 따라서 유출위어의 레벨 조정이 필요하다.

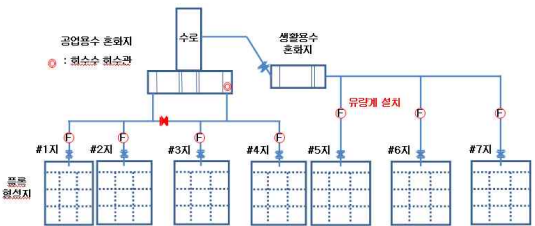
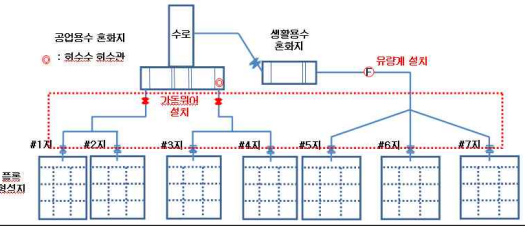


<그림 5.2-13> 플록형성지 유입구조 현황

따라서, 지별 유량배분을 위해 다음과 같이 개선안을 제시하였다.

<표 5.2-11>

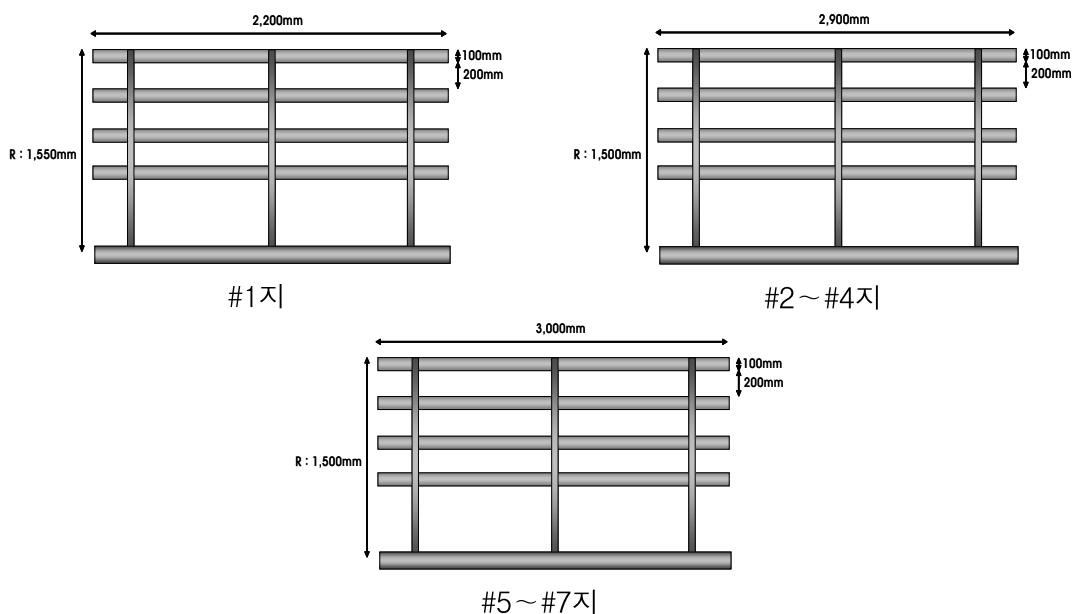
응집침전지 지별 유량배분을 위한 개선안

구분	1안	2안
	응집침전지 지별 유입유량계 설치(안)	응집침전지 유입구조 변경(안)
개요	-응집침전지에 지별 유입유량계 설치 	-혼화지 위어를 가동위어 또는 각락으로 변경하고, 유입부를 점감식 수로로 변경 (#1지~#2지, #3지~#4지, #5지~#7지로 분할) 
검토내용	-전 동밸브로 교체 필요 -유량계에 근거한 제어 가능	-수리조건에 의한 유량 배분이 가능한 구조이므로 유지관리 용이 -공사시 단수 수반
선정		◎

주) #1지 침전지 트라프 높이 조정 필요

③ 플록큐레이터 검토

플록큐레이터 구조 모식도 및 패들의 형상 및 규격을 아래 그림에 나타내었다. 응집침전지 지별 규격 및 플록큐레이터 규격이 상이하며, 동일 Gt값을 위한 회전수가 상이하므로, 목표 Gt값 확보를 위해 지별 회전수 관리에 주의가 필요하다.



<그림 5.2-14> 패들 형상 및 규격

날개 4개가 설치된 수평패들이 단별로 3열로 배치되어 있으며, #1지는 패들 길이 2.2m, 직경 3.1m, #2~#4지는 패들 길이 2.9m, 직경 3.0m, #5~#7지는 패들 길이 3.0m, 직경 3.0m로 플록형성지 규격 및 수평패들 플록크레이터 규격이 지별로 상이하다.

전체 패들면적은 단면적의 10~25%로 하여 별도의 회전운동이 발생하지 않도록 하는 것이 바람직하다. 패들면적비 검토 결과, #1지 17.7%, #2~#4지 18.8%, #5~#7지 21.4%로 나타나 적정한 것으로 평가되었다.

패들식 교반기에 의한 동력은 다음 식과 같이 구할 수 있다.

$$P=\frac{C_D A \rho v^3}{2} (or \frac{C_D A \gamma v^3}{2g})$$

여기서, P = 수체에 가해진 동력, W

C_D = 패들 날개 L/W비에 따른 저항 계수

A = 패들 면적, m²

v = 패들 상대속도, m/s

(물에 대한 상대속도는 계산된 주변속도의 약 75%)

상수도시설기준에서는 수평패들 타입에서 패들의 주변속도는 성장된 플록이 파괴되거나 침전되지 않도록 입구 부근에서는 80cm/sec 정도로 하고, 출구부근에서는 성장된 플록이 파괴되거나 침전되지 않도록 15cm/sec 정도가 적합한 것으로 제시하였으며, Kawamura는 패들주변속도는 0.15~1m/sec를 적정범위로 권장하였다.

아래 표에 현장조사 당시 실측된 rpm을 적용하여 이론적으로 계산된 응집교반강도 G값을 나타내었다.

조사 당시 패들 주변속도는 1단에서 24.88~29.04cm/sec, 2단 17.78~23.51 cm/sec, 3단 7.42~10.06cm/sec로 3단의 경우, 권장기준 15~80cm/sec에 비해 낮게 나타났다.

설계 G값은 수평패들의 경우 첫 번째 단에서 50/sec에서 마지막 단에서 10/sec이나 5/sec로 감소되는 점감식 교반을 수행하는 것을 권장하고 있다. 또한 Gt값은 일반적으로 3×10⁴~2×10⁵의 값이 적절한 것으로 보고하였다.

검토 결과, 아래 표에 나타낸 바와 같이 지별 Gt값은 평균유량기준에서 3.4×10⁴~4.4×10⁴로 나타나, Kawamura 권장기준인 0.3×10⁵~2×10⁵에 적정

한 것으로 평가되었으나, 하한에 가깝게 운영되며 지별로 다소 상이하게 나타났다.

G값의 경우 1단 23.9~31.6/sec, 2단 15.6~23.7/sec, 3단 4.1~6.4/sec로 권장기준인 50/sec~10/sec(점감식 운영)에 다소 낮은 범위로 운영되고 있었다. 또한 #2지는 점감 정도가 부적정하게 나타났다. 1단은 약 50/sec, 3단은 약 10/sec정도 수준이 되도록 단별 적정 rpm을 재설정할 필요가 있을 것으로 판단된다. 또한, 저탁도 유입시 교반강도 상황 조절이 필요하다.

조사당시 평균유량기준에서는 Gt값이 적정한 것으로 평가되었으나, 원수의 수질특성(수온, 탁도 등)과 유입유량에 따라 플록의 성장 패턴이 달라지므로, 플록형성지의 교반조건을 연중 동일하게 유지하는 것은 바람직하지 않으며, 회전수 변경(G값 변경)과 처리효율과의 관계를 지속적으로 도출하여 최적의 교반강도로 운영하여야 한다. 현장운영(수온, 탁도, 유량 등 고려)으로 적정 Gt 결정하는 것이 바람직하다.

<표 5.2-12> 응집교반강도(G, 계산값) : 플록큐레이터 rpm(실측값), 수온 5℃ 기준

구 분		기준 ¹⁾	단별	#1지	#2지	#3지	#4지	#5지	#6지	#7지
축 rpm	1~5		1단	1.63	1.74	1.64	1.74	1.91	1.91	1.78
			2단	1.27	1.55	1.17	1.21	1.39	1.37	1.28
			3단	0.58	0.54	0.53	0.55	0.58	0.66	0.49
날개: D/T ²⁾	0.50~0.75		1단	0.78	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
			2단							
			3단							
패들 주변속도 ³⁾ (cm/sec)	15~80		1단	25.68	26.35	24.88	26.42	29.04	28.96	26.96
			2단	19.92	23.51	17.78	18.43	21.18	20.80	19.39
			3단	9.12	8.20	8.00	8.28	8.77	10.06	7.42
날개면적 /플록형성지 단면적(%)	10~25%		1단	17.7	20.7	20.7	20.7	19.4	19.4	19.4
			2단							
			3단							
G (sec ⁻¹)	50~10까지 점감식		1단	23.9	28.2	25.8	28.3	31.6	31.4	28.2
			2단	16.3	23.7	15.6	16.5	19.7	19.1	17.2
			3단	5.1	4.9	4.7	5.0	5.2	6.4	4.1
평균 유량 기준	G×t ⁴⁾	단별 총합 : 3×104 ~ 20×104	1단	1.8×10 ⁴	2.2×10 ⁴	2.0×10 ⁴	2.2×10 ⁴	2.2×10 ⁴	2.2×10 ⁴	2.0×10 ⁴
			2단	1.2×10 ⁴	1.9×10 ⁴	1.2×10 ⁴	1.3×10 ⁴	1.4×10 ⁴	1.3×10 ⁴	1.2×10 ⁴
			3단	0.4×10 ⁴	0.4×10 ⁴	0.4×10 ⁴	0.4×10 ⁴	0.4×10 ⁴	0.5×10 ⁴	0.3×10 ⁴
			합계	3.4×10 ⁴	4.4×10 ⁴	3.6×10 ⁴	3.9×10 ⁴	3.9×10 ⁴	4.0×10 ⁴	3.5×10 ⁴
			평가	적정	적정	적정	적정	적정	적정	적정

주 1) S.Kawamura(정수시설의 종합설계와 유지관리) 권장기준, 패들주변속도는 상수도 시설기준

2) D : 교반날개의 직경, T : 플록형성지의 등가의 직경

3) 패들주변속도(m/s) = 패들주변속도(2 × π × rpm/60) × 날개 반지름(m)

4) G×t = 혼화강도(G, sec⁻¹) × 반응조내 체류시간(t, sec)

5) 플록큐레이터 rpm 측정일 : 2009년 2월 19일

④ 플록형성지 정류벽 검토

정류벽에 대한 수리적 설계에 대해서는 주로 개구비와 통과유속으로 평가하며, 상수도시설기준에서는 플록형성지 정류벽에 대해서는 별도의 기준이 없으며, 침전지의 경우, 약 6% 정도가 바람직하다고 권고하고 있다.

Kawamura는 플록형성지 정류공의 통과 유속은 55~35cm/sec의 범위로 플록형성의 진행에 따라 점차 감소되도록 하는 것이 바람직하다고 제시하고 있다.

Montgomery는 플록형성지 정류벽의 개구비가 10%를 넘으면 단락류가 발생하며 2~5%가 적절하다고 제시하였다. 또한 개구비가 2% 이하이면 플록파괴의 우려가 있으며 따라서 최대유량에서 정류공 통과유속을 0.3m/sec이하로 하는 것이 좋고, 플록형성지와 침전지가 일체로 되어 있는 구조에서는 최종 정류벽의 개구비를 5~7%로 하는 것이 좋다고 제시하였다.

또한, AWWA에서는 정류벽의 경우 정류공 통과유속으로 30~46cm/sec를 제시하였으며, 이러한 유속에서는 플록의 파괴현상은 거의 없는 것으로 보고한 바 있다.

검토 결과, 플록형성지 유입 및 단 구분벽으로 설치된 정류벽의 개구비가 국내외 기준에 대해 과대한 것으로 평가되었다. 그러나, Montgomery가 제시한 단락류 발생우려가 있는 10% 이상의 범위보다는 작으므로 운영에 유의하고, 목표수질, 장래 원수수질 및 처리유량의 증가 등 종합적 검토를 통해 개구비 조정 시기를 결정하도록 한다.

통과유속의 경우, 설계유량기준에서 시설현황은 0.10m/sec, 운영현황은 0.08m/sec로, AWWA 권장기준 및 S.Kawamura 권장기준보다는 작으나, Montgomery 기준을 만족하는 것으로 나타났다.

<표 5.2-13>

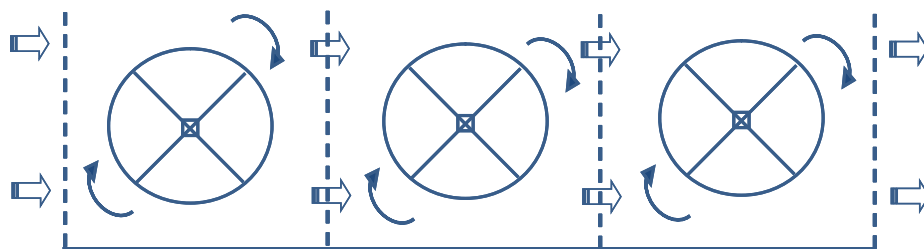
플록형성지 정류벽 검토결과

구 분		구분			검토기준	평 가 ¹⁾
		#1	#2~4	#5~7		
개구비(%)		7.6	4.9	7.9	○ Montgomery : 2~5% ○ 환경부 주관, '기존 정수장 효율향상기술(1999)' 최적 제탁 효율 - 정류공 형태 : 3% - 도류구 형태 : 5~8%	과대
총개구단면적(m ²)		2.26	2.42	2.92		
수단면적(m ²)		29.8	33.6	37.1		
통과 유속 (m/초)	시설 현황	0.10 (0.08)	0.12 (0.15)	0.09 (0.07)	○ AWWA : 0.30~0.46m/초 ○ S.Kawamura : 0.35~0.55m/초 ○ Montgomery : 0.3m/초 이하	AWWA, S.Kawamura 기준보다 작으나, Montgomery 기준만족
	운영 현황	0.08 (0.10)	0.09 (0.11)	0.12 (0.09)		

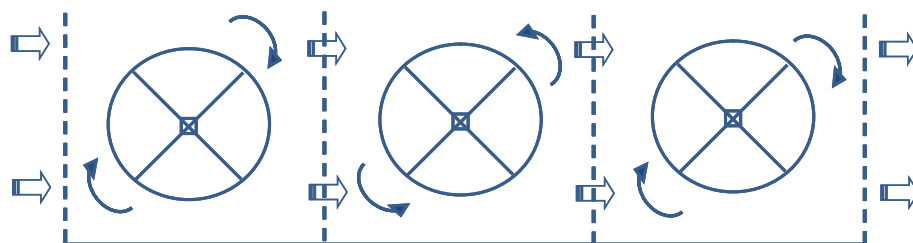
주 1) 시설현황은 설계유량기준에서, 운영현황은 첨두유량기준에서 평가함. 설계유량은 계절별 시설용량에 대해 5% 여유를 가산하여 산정.

2) () : 첨두유량기준에서 검토한 결과임.

또한, 현재 플록큐레이터 회전 방향은 3단 모두 정방향으로 운영되고 있는 것으로 조사되었으며, 응집효율 증대와 단락류 발생을 방지하기 위하여 플록큐레이터 회전방향을 (1단) 정방향 → (2단) 역방향 → (3단) 정방향으로 운영하는 바람직하다고 판단된다.



(a) 현황 : (1단) 정방향 → (2단) 정방향 → (3단) 정방향



(b) 개선안 : (1단) 정방향 → (2단) 역방향 → (3단) 정방향

<그림 5.2-15> 플록큐레이터 회전방향 개선안

마. 침전지

1) 시설 및 운영현황

침전지는 약품주입, 혼화 및 플록형성공정의 단계를 거쳐 크고 무겁게 성장된 플록의 대부분을 침전 분리작용에 의하여 제거함으로써 후속 공정인 여과지로의 부하를 경감시키기 위한 시설이며, 일반적으로 정수공정에서 제거 대상 물질의 90% 이상을 제거하는 공정이다.

횡류식 침전지로 유입정류벽과 중간도류벽이 설치되어 있으며, 플록형성지와 침전지 사이에 완충지역(1.3m)이 있다. 수중 대차식 슬러지 수집기가 설치되어 있다.

유출부는 수중 오리피스 형식으로 되어 있고, 밀도류 발생에 의해 유출부 벽면을 타고 부상하는 침전슬러지의 유입을 최소화하기 위해 말단에서부터 약 2m를 폐쇄하여 운영하고 있다.

<표 5.2-14> 침전지 시설현황

구분	현황																																								
규격	-#1지(생활용수계통으로 증설되었으나 공업용수계통으로 운영하고 있음) : W 11.0m × L 55.0m × H 4.1m × 1지 -#2지~#4지(공업용수계통) : W 12.0m × L 55.0m × H 4.1m × 3지 -#5지~#7지(생활용수계통) : W 13.0m × L 55.0m × H 4.1m × 3지																																								
유효용량	-#1지 : 2,480.5㎥/지 × 1지 = 2,480.5㎥ -#2지~#4지 : 2,706.0㎥/지 × 3지 = 8,118.0㎥ -#5지~#7지 : 2,931.5㎥/지 × 3지 = 8,794.5㎥																																								
침전면적	-#1지 : 605.0㎡/지 × 1지 = 605.0㎡ -#2지~#4지 : 660.0㎡/지 × 3지 = 1,980.0㎡ -#5지~#7지 : 715.0㎡/지 × 3지 = 2,145.0㎡																																								
구조 및 부대시설	-형식 : 횡류식 침전지 -장방형 RC조 -유입정류벽 설치 정류공 : #1지 D 100mm × 348개/지 #2지~#4지 D 100mm × 347개/지(수면위 정류공 39개는 제외함) #5지~#7지 D 100mm × 456개/지 -중간도류벽 설치 -슬러지 수집기 : 수중 대차식 -유출부 : 격자형, 오리피스																																								
	<table><tr><th rowspan="2">구분</th><th colspan="2">오리피스</th><th colspan="3">위어</th></tr><tr><th>직경 (cm)</th><th>개수 (개/지)</th><th>총길이 (m/지)</th><th>선단길이¹⁾ (m/지)</th><th>위어설치부 면적(㎡/지)</th></tr><tr><td>#1지</td><td>4</td><td>860</td><td>87.39</td><td>12.6</td><td>138.6</td></tr><tr><td>#2~#4지</td><td>4</td><td>948</td><td>92.19</td><td>12.8</td><td>153.6</td></tr><tr><td>#5지</td><td>4</td><td>1032</td><td>104.19</td><td>14.8</td><td>192.4</td></tr><tr><td>#6지</td><td>3</td><td>1032</td><td>104.19</td><td>14.8</td><td>192.4</td></tr><tr><td>#7지</td><td>4</td><td>1016</td><td>102.90</td><td>14.8</td><td>192.4</td></tr></table>	구분	오리피스		위어			직경 (cm)	개수 (개/지)	총길이 (m/지)	선단길이 ¹⁾ (m/지)	위어설치부 면적(㎡/지)	#1지	4	860	87.39	12.6	138.6	#2~#4지	4	948	92.19	12.8	153.6	#5지	4	1032	104.19	14.8	192.4	#6지	3	1032	104.19	14.8	192.4	#7지	4	1016	102.90	14.8
구분	오리피스		위어																																						
	직경 (cm)	개수 (개/지)	총길이 (m/지)	선단길이 ¹⁾ (m/지)	위어설치부 면적(㎡/지)																																				
#1지	4	860	87.39	12.6	138.6																																				
#2~#4지	4	948	92.19	12.8	153.6																																				
#5지	4	1032	104.19	14.8	192.4																																				
#6지	3	1032	104.19	14.8	192.4																																				
#7지	4	1016	102.90	14.8	192.4																																				

주 1) 트라프 말단에서부터 약 2m를 폐쇄하여 운영하고 있음

주 1) 트라프 말단에서부터 약 2m를 폐쇄하여 운영하고 있음



전경



유출부

<그림 5.2-17> 침전지

2) 기술진단 및 개선방안

① 수리적 설계인자 검토

확장된 응집침전지 #1지는 당초에는 생활용수계통으로 설계되었으나, 현재 공업용수계통으로 운영되고 있어 이를 감안하여 시설현황과 운영현황 두 가지 경우로 구분하여 평가하였다. 시설현황은 설계유량기준에서, 운영현황은 침투유량기준에서 평가하였다.

▶ 생활용수계통

시설 및 운영현황에서 생활용수계통의 침전지의 수리적 설계인자 검토 결과, 위어하부상승유속과 Fr. No.를 제외하고는 모두 시설기준을 만족하는 것으로 나타났다.

위어하부상승유속이 기준에 만족하기 위해서는 설계유량기준에서 각 침전지의 위어선단 설치길이가 시설현황에서는 최소 22m 이상, 운영현황에서는 최소 28m 이상이 필요한 것으로 나타났다(트라프 말단 폐쇄구간 유지시). 밀도류 발생에 의해 유출부 벽면을 타고 부상하는 침전슬러지의 유입을 최소화하기 위해 말단에서부터 약 2m를 폐쇄하여 운영하는 것이 바람직하므로 트라프 말단 2m 폐쇄 구간은 유지하여 운영하도록 한다.

Fr. No.는 지내 흐름의 안정성에 대한 평가지표로 사용되는데, 일반적으

로 지내 흐름의 안정성은 중간도류벽의 설치로 침전지의 장폭비를 더 길게 만들어서 개선시킬 수 있는 것으로 알려져 있으나, 현재 중간도류벽이 설치되어 있음에도 부적정한 것으로 나타났다. 그러나, 다른 수리적 인자들이 적정값을 나타내고 있으므로 처리효율의 큰 악영향은 없을 것으로 판단된다.

<표 5.2-15> 수리적 설계인자 검토결과(시설현황, 생활용수계통)

구분	설계인자	설계유량 ²⁾	평균유량	첨두유량	기준	평가 ¹⁾
#5지 ~ #7지	검토유량($\text{m}^3/\text{일}$) ³⁾	67,977	37,625	53,195	-	-
	평균 체류시간(hr)	3.1	5.6	4.0	1.5~3 ⁴⁾	적정
	평균 표면부하율($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)	31.7	17.5	24.8	21.6~43.2	적정
	평균 지내유속(m/min)	0.30	0.16	0.23	0.40 이하	적정
	위어월류부하율($\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{d}$)	217.5	120.4	170.2	350~400	적정
	위어하부상승유속($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)	117.8	65.2	92.2	58.6~87.9	부적정
	평균 Re. No.	8,823	4,884	6,905	20,000 이하	적정
	Fr. No.	1.4×10^{-6}	4.2×10^{-7}	8.3×10^{-7}	1.0×10^{-5} 이상	부적정
	오리피스 통과유속 (m/sec)	#5지	0.34	0.19	0.5~0.75	적정
		#6지	0.19	0.11		
		#7지	0.33	0.19		
	오리피스 손실수두 (mm)	#5지	4.26	1.30	38 이하	적정
		#6지	13.46	4.12		
		#7지	4.39	1.35		
	길이/폭	6.7			3:1~8:1	적정
	유효수심(m)	4.1			3~5.5	적정
#1지	검토유량($\text{m}^3/\text{일}$) ³⁾	19,173	10,612	15,004	-	-
	평균 체류시간(hr)	3.1	5.6	4.0	1.5~3 ⁴⁾	적정
	평균 표면부하율($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)	31.7	17.5	24.8	21.6~43.2	적정
	평균 지내유속(m/min)	0.30	0.16	0.23	0.40 이하	적정
	위어월류부하율($\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{d}$)	219.4	121.4	171.7	350~400	적정
	위어하부상승유속($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)	138.3	76.6	108.3	58.6~87.9	부적정
	평균 Re. No.	8,011	4,434	6,269	20,000 이하	적정
	Fr. No.	1.5×10^{-6}	4.6×10^{-7}	9.2×10^{-7}	1.0×10^{-5} 이상	부적정
	오리피스 통과유속(m/sec)	0.24	0.13	0.19	0.5~0.75	적정
	오리피스 손실수두(mm)	4.39	1.34	2.69	38 이하	적정
	길이/폭	6.7			3:1~8:1	적정
	유효수심(m)	4.1			3~5.5	적정

주 1) 평가는 설계유량에 대해 수행

2) 설계유량은 계열별 시설용량에 대해 5% 여유를 가산하여 산정

3) #1지와 #5지~#7지에 대한 검토유량은 유효 침전면적비로 배분함

4) S. Kawamura 설계기준

<표 5.2-16> 수리적 설계인자 검토결과(운영현황, 생활용수계통)

구분	설계인자	설계유량 ²⁾	평균유량	첨두유량	기준	평가1)
#5지 ~ #7지	검토유량($\text{m}^3/\text{일}$)	87,150	48,237	68,200	-	-
	평균 체류시간(hr)	2.4	4.4	3.1	1.5~33)	적정
	평균 표면부하율($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)	40.6	22.5	31.8	21.6~43.2	적정
	평균 지내유속(m/min)	0.38	0.21	0.30	0.40 이하	적정
	위어월류부하율($\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{d}$)	278.8	154.3	218.2	350~400	적정
	위어하부상승유속($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)	151.0	83.6	118.2	58.6~87.9	부적정
	평균 Re. No.	11,312	6,261	8,852	20,000 이하	적정
	Fr. No.	2.2×10^{-6}	6.9×10^{-7}	1.4×10^{-6}	1.0×10^{-5} 이상	부적정
	오리피스 통과유속 (m/sec)	#5지	0.44	0.24	0.5~0.75	적정
		#6지	0.25	0.14		
		#7지	0.43	0.24		
	오리피스 손실수두 (mm)	#5지	7.00	2.14	38 이하	적정
		#6지	22.12	6.78		
		#7지	7.22	2.21		

주 1) 평가는 첨두유량에 대해 수행

2) 설계유량은 계열별 시설용량에 대해 5% 여유를 가산하여 산정

3) S. Kawamura 설계기준

▶ 공업용수계통

시설 및 운영현황에 대하여, 공업용수계통의 침전지의 수리적 설계인자 검토결과, 설계유량기준에서 위어하부상승유속과 Fr. No.를 제외하고는 시설기준을 모두 만족하는 것으로 나타났다.

위어하부상승유속이 기준에 만족하기 위해서는 설계유량기준에서 각 침전지의 위어선단 설치길이가 시설현황에서는 최소 22m 이상, 운영현황에서는 최소 18m 이상이 필요한 것으로 나타났다(트라프 말단 폐쇄 구간 유지시). 밀도류 발생에 의해 유출부 벽면을 타고 부상하는 침전슬러지의 유입을 최소화하기 위해 말단에서부터 약 2m를 폐쇄하여 운영하는 것이 바람직하므로 트라프 말단 2m 폐쇄 구간은 유지하여 운영하도록 한다.

Fr. No.는 지내 흐름의 안정성에 대한 평가지표로 사용되는데, 일반적으로 지내 흐름의 안정성은 중간도류벽의 설치로 침전지의 장폭비를 더 길게 만들어서 개선시킬 수 있는 것으로 알려져 있으나, 현재 중간도류벽이 설치되어 있음에도 부적정한 것으로 나타났다. 그러나, 다른 수리적 인자들이 적정값을 나타내고 있으므로 처리효율의 큰 악영향은 없을 것으로 판단된다.

<표 5.2-17> 수리적 설계인자 검토결과(시설현황, 공업용수계통)

구분	설계인자	설계유량 ²⁾	평균유량	첨두유량	기준	평가1)
#2지 ~ #4지	검토유량($\text{m}^3/\text{일}$)	63,000	51,020	79,510	-	-
	평균 체류시간(hr)	3.1	3.8	2.5	1.5~33)	적정
	평균 표면부하율($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)	31.8	25.5	40.2	21.6~43.2	적정
	평균 지내유속(m/min)	0.30	0.24	0.37	0.40 이하	적정
	위어월류부하율($\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{d}$)	227.8	184.5	287.5	350~400	적정
	위어하부상승유속($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)	136.7	110.7	172.5	58.6~87.9	부적정
	평균 Re. No.	8,465	6,855	10,684	20,000 이하	적정
	Fr. No.	1.4×10^{-6}	9.4×10^{-7}	2.3×10^{-7}	1.0×10^{-5} 이상	부적정
	오리피스 통과유속(m/sec)	0.29	0.23	0.37	0.5~0.75	적정
	오리피스 손실수두(mm)	4.33	2.84	6.90	38 이하	적정
	길이/폭	6.7			3:1~8:1	적정
	유효수심(m)	4.1			3~5.5	적정

- 주 1) 평가는 설계유량에 대해 수행
 2) 설계유량은 계열별 시설용량에 대해 5% 여유를 가산하여 산정
 3) S. Kawamura 설계기준

<표 5.2-18> 수리적 설계인자 검토결과(운영현황, 공업용수계통)

구분	설계인자	설계유량 ²⁾	평균유량	첨두유량	기준	평가1)
#2지 ~ #4지	검토유량($\text{m}^3/\text{일}$) ³⁾	48,255	39,079	60,901	-	-
	평균 체류시간(hr)	4.04	4.99	3.20	1.5~3 4)	적정
	평균 표면부하율($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)	24.37	19.74	30.76	21.6~43.2	적정
	평균 지내유속(m/min)	0.23	0.18	0.29	0.40 이하	적정
	위어월류부하율($\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{d}$)	174.5	141.3	220.2	350~400	적정
	위어하부상승유속($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)	104.7	84.8	132.2	58.6~87.9	부적정
	평균 Re. No.	6,484	5,251	8,183	20,000 이하	적정
	Fr. No.	8.4×10^{-6}	5.5×10^{-7}	1.3×10^{-6}	1.0×10^{-5} 이상	부적정
	오리피스 통과유속(m/sec)	0.22	0.18	0.28	0.5~0.75	적정
	오리피스 손실수두(mm)	2.54	1.67	4.05	38 이하	적정

<표 5.2-18> 수리적 설계인자 검토결과(운영현황, 농업용수계통) (계속)

구분	설계인자	설계유량 ²⁾	평균유량	첨두유량	기준	평가 ¹⁾
#1지	검토유량($\text{m}^3/\text{일}$) ³⁾	14,745	11,941	11,609	-	-
	평균 체류시간(hr)	4.04	4.99	3.20	1.5~3 ⁴⁾	적정
	평균 표면부하율($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)	24.37	19.74	30.76	21.6~43.2	적정
	평균 지내유속(m/min)	0.23	0.18	0.29	0.40 이하	적정
	위어월류부하율($\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{d}$)	168.7	136.6	212.9	350~400	적정
	위어하부상승유속($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)	106.4	86.2	134.3	58.6~87.9	부적정
	평균 Re. No.	6,161	4,989	7,775	20,000 이하	적정
	Fr. No.	8.9×10^{-6}	5.8×10^{-7}	1.4×10^{-6}	1.0×10^{-5} 이상	부적정
	오리피스 통과유속(m/sec)	0.18	0.15	0.23	0.5~0.75	적정
	오리피스 손실수두(mm)	2.60	1.70	4.14	38 이하	적정

주 1) 평가는 첨두유량에 대해 수행

2) 설계유량은 계열별 시설용량에 대해 5% 여유를 가산하여 산정

3) #1지와 #5지~#7지에 대한 검토유량은 유효 침전면적비로 배분함

4) S. Kawamura 설계기준

② 정류벽 검토

정류벽에 대한 수리적 설계에 대해서는 주로 개구비와 통과유속으로 평가하며, 상수도시설기준에서는 정류공의 단면적은 수류전체의 횡단면적에 대하여 약 6% 정도가 바람직하다고 권고하고 있다.

완충지대에서 적용되는 정류벽에 대해 통과유속 20cm/sec가 적정한 것으로 알려져 있으며, Kawamura에 의하면 유입수가 플록의 파괴를 최소화하면서 침전지의 전횡단면에 걸쳐 균등하게 흐르도록 정류공을 통과할 때의 수두손실 약 0.3~0.9mm(플록파괴방지를 위한 정류공 수두손실 1cm 이하)가 되도록 설계하는 것이 적정하다고 하였다.

또한 AWWA에서는 정류벽의 경우 정류공 통과유속으로 21~30cm/sec를 제시하였으며, 이러한 유속에서는 플록의 파괴현상은 거의 없는 것으로 보고한 바 있다.

침전지 유입정류벽의 개구비는 #1지 6.1%, #2지~#4지 4.9%, #5지~7지

6.7%로 #2~#4지를 제외하고는 시설기준(약 6% 정도)에 적정하게 나타났다.

#2~#4지의 경우, 손실수두 및 통과유속이 설계기준에 적정하므로 운영 시 유의하고, 목표수질, 장래 원수수질 및 처리유량의 증가 등 종합적 검토를 통해 개구비 조정 시기 결정하도록 한다.

<표 5.2-19>

침전지 유입정류벽 검토

항 목	기 준	구 분				평 가 ⁴⁾
		현황	#1	#2~#4	#5~#7	
평균 개구비(%)	약 6 정도 ¹⁾	-	6.1	4.9	6.7	#1, #5~#7지 : 적정 #2~#4지 : 부적정
최대 통과유속 (m/sec)	0.25이하 ²⁾ 0.21~0.30 ³⁾	시설현황	0.10 (0.06)	0.12 (0.15)	0.07 (0.06)	적정
		운영현황	0.06 (0.08)	0.09 (0.11)	0.09 (0.07)	적정
손실수두 (mm)	0.3~0.9 (10 이하) ²⁾	시설현황	0.77 (0.32)	1.10 (1.74)	0.64 (0.26)	적정
		운영현황	0.31 (0.50)	0.64 (1.02)	0.70 (0.43)	적정

주 1) 상수도시설기준(환경부, 2004)

2) S. Kawamura 권장기준

3) AWWA 권장기준

4) 시설현황은 설계유량기준에서, 운영현황은 침투유량기준에서 평가함. 설계유량은 계절별 시설용량에 대해 5% 여유를 가산하여 산정.

5) () : 침투유량기준에서 검토한 결과임.

바. 급속여과지

1) 시설 및 운영현황

모래단층여재로 자연평형형 여과방식(유출수 제어방식)이며, 여과지는 지당 2Bed로 분리되어 있으며, 역세척은 표면세척과 물세척으로 수행하고 있다. 하부집수장치는 휠러형이며, 유입밸브, 퇴수밸브, 표세수 유입밸브, 역세척수 유입밸브, 여과수 유출밸브 등이 전동버터플라이밸브로 시설되어 있다.

<표 5.2-20>

여과지 시설현황

구 분	현 황
규 격	-W 10.6m × L 10.6m × 6지
여과면적	-112.36㎡/지 × 6지 = 674.16㎡
부대설비	-여과방식 : 자연평형형 -역세척방식 : 표면세척(고정식)+물역세척 -여층구성 : 모래 80cm -고정식 표면세척기 노즐위치 : 사면상 8~10cm -하부집수장치 : 휠러형 -지별 탁도계 설치 -지별 유출유량계 설치 -유입밸브 D600mm, 유출밸브 D400mm -역세척 본관 밸브 D700mm, 표면세척 본관 밸브 D600mm -시동방수 밸브 D600mm



전경



유량조절장치

<그림 5.2-18> 여과지

2) 기술진단 및 개선방안

① 수리적 설계인자 검토

여과속도 검토결과, 설계유량 기준에서 129m/d로 시설기준을 만족하는 것으로 나타났다.

<표 5.2-21> 여과지 수리적 설계인자 검토결과

설계인자		설계유량	평균유량	첨두유량	기 준	평가 ¹⁾
검토유량(m³/일)		87,150 ²⁾	48,237	68,200	-	-
여과속도(m/d)		129	72	101	120~150 ³⁾	적정
1지 제외시	여과속도(m/d) ⁵⁾	155	86	121		다소 과대
	여과속도 변동율(%) ⁶⁾	20.0			15~20 (35 미만) ⁴⁾	적정

주 1) 평가는 설계유량에 대해 수행
2) 설계유량은 생활용수계통 시설용량 83,000m³/일에 대해 5% 여유를 가산하여 산정
3) 상수도시설기준(환경부, 2004), 4) S. Kawamura 권장기준
5) 1지 제외시 여과속도 : 부하변동시 탁도 누출을 방지하기 위하여 1지를 제외하고 운영할 경우
6) 여과속도 변동율(%) = (1지 제외시 여과속도 - 여과속도) × 100 / 여과속도

② 여과지 구조 검토

여과지 구조 검토결과, 시설기준을 모두 만족하는 것으로 나타났다.

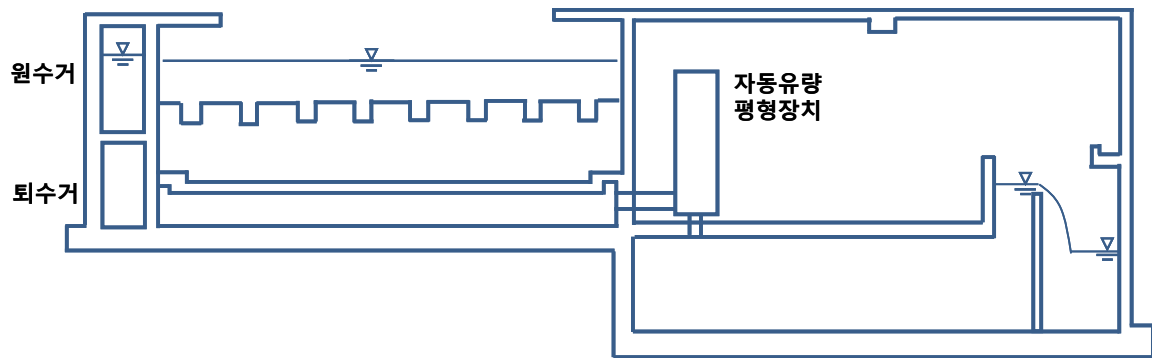
<표 5.2-22> 여과지 구조 검토

설계인자	기준	현황	평가
면적(m²)	150 이하	112.4	적정
장폭비	5 이하	2.0	적정
트라프높이	0.4~0.7m ¹⁾ 0.78 < H(m) < 1.2 ²⁾	0.68m	적정
트라프간격	1.0m 전후(1.5m 이하) ¹⁾ 1.0 < S(m) < 1.7 ³⁾	1.3m	적정
여유고(cm)	30 이상	70	적정

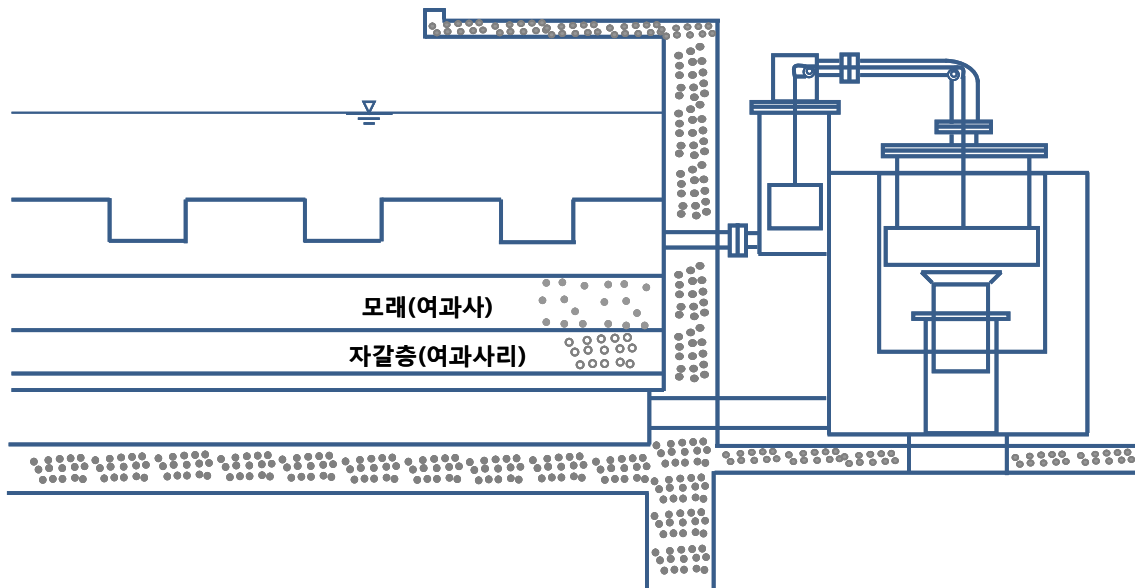
주 1) 상수도시설기준
2) S.Kawamura, 트라프높이 : (0.5L+D) < H < (L+D), 여기서 L : 여층두께, D : 트라프 깊이
3) S.Kawamura, 트라프간격 : 1.5H。 < S < 2.5H。 , 여기서 H。 : 트라프 상단에서 여층표면까지의 거리

③ 유량제어방법

여과지 유입수는 수로를 거쳐 유입관로를 통해 분배되며, 유출수 제어는 수두에 의해 유출부 높이가 가변되는 유량조절장치를 통해 이루어지고 있다.



(a) 여과지 구조 현황



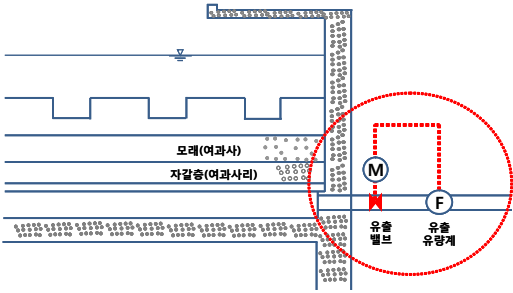
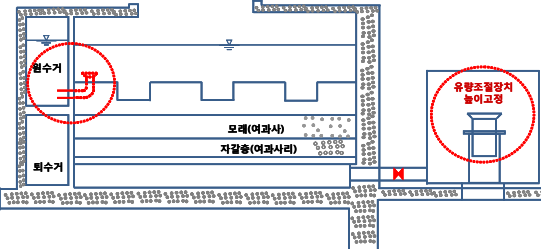
(b) 자동유량평형장치

<그림 5.2-19> 여과유량제어 현황

유량조절장치의 기능저하로 인하여 지별 유량차 발생 및 지에 따라 감
쇠여과가 발생하는 것으로 판단되므로, 지별 유량관리 방안이 필요하다.
유량제어방법 변경안으로 다음과 같이 2가지 변경(안)을 제시하였다.

<표 5.2-23>

유량제어방법 변경(안)

구분	1안	2안
	유량제어형으로 변경	자연평형형으로 변경
개요	-유출유량계가 설치되어 있으므로, 유량계를 이용한 유출유량제어방식으로 변경하는 방안 	-자연평형형으로 변경하되, 유출부 유량조절 장치의 높이를 고정하고 수위변동과 관련없이 유량균등배분이 이루어질 수 있도록 여과지 유입부구조(나팔관 설치)를 변경하는 방안 
특징	-유량계와 개도조절밸브로 여과유량을 일정하게 유지 -손실수두계로 역세척 신호	-유출부에 월류부를 두어 여층폐색에 따라 사면상 수심을 증가시켜 유량조절 -수위계로 역세척 신호
유량 조절	-지별 유량계 및 조절밸브	-자연평형형
주요 시설	-유량계 및 조절밸브 -조절 및 제어부 -손실수두계	-유출위어 -Level Switch
장점	-여과지 사면상 수심이 낮음 -여과유량 및 사층내 손실수두에 의한 정밀제어가 가능 -여과속도 임의 조절 가능	-장치 간단(On-Off V/V) -고장이 적고 유지관리 용이 -사면노출 우려 없음 -부압발생의 염려가 없음
단점	-장치가 복잡 -유량조절장치 고장시 사면노출 우려 및 감쇠여과로 운전 -부압발생 우려 -24시간 연속조절이므로 유지관리가 복잡	-여과지 사면상 수심이 높아 구조물이 깊어짐 -조절부가 없어 사층내 수두 변화에 의한 정밀한 제어 곤란 -여과속도 임의조절 불가 -낙차에 의한 소음 발생
선정	◎	

④ 여층 깊이

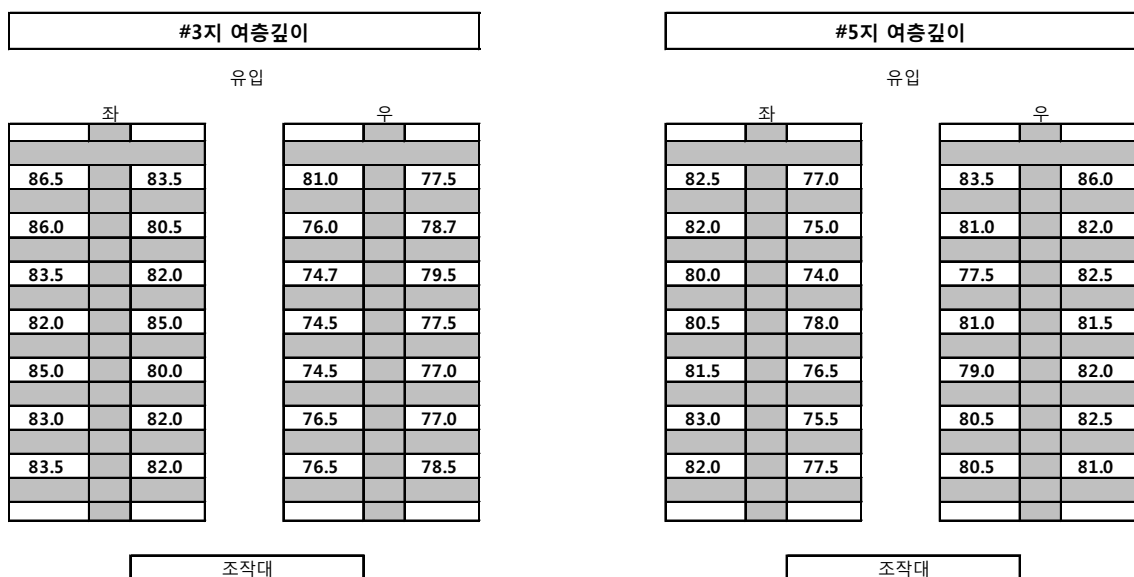
여층 깊이 분석을 위하여 여과지 #3지와 #5지를 방수한 후 여과지를 적정하게 분할하여 위치별 깊이를 측정하였다.

측정결과, #3지는 약 74.5~86.5cm(평균 80.1cm, 편차 (-)3.2cm~(+)3.9cm), #5지는 약 74.0~86.5cm(평균 80.8cm, 편차 (-)6.2cm~(+)6.3cm)로 나타났다. #5지 좌측의 경우 지내 여층깊이의 편차가 크게 나타나, 여층 깊이가 평면적으로 고르지 않아 여과속도의 평면적 불균형이 우려되며, #3지의 경우 좌측과 우측의 여층깊이 차가 크게 나타났다. 따라서, 자갈층 및 하부집수장치의 정밀검토 필요하다.

<표 5.2-24>

여층깊이 분석결과

여과지 #No.		평균(cm)	최소(cm)	최대(cm)	최대 편차(cm)	
					(-)	(+)
#3지	좌	83.2	80.0	86.5	3.2	3.3
	우	77.1	74.5	81.0	2.6	3.9
#5지	좌	80.2	74.0	86.5	6.2	6.3
	우	81.5	77.5	86.0	4.0	4.5



<그림 5.2-20> 여과지 여층깊이(단위 : cm)

⑤ 여과사 입도분석 결과

여과사의 유효경은 #3지 0.58mm, #5지 0.59mm이며, L/De비는 적정하게 나타났다. 그러나 균등계수가 #3지 1.65, #5지 2.08로 #5지의 경우 시설기준(1.7 이하)에 과대하게 나타났다. 또한, 입경 2.0mm 이상이 #3지 2.6%, #5지 4.1%로 시설기준(1.0% 이하)에 부적합하므로, 적정입경의 여재로 교체가 필요하다.

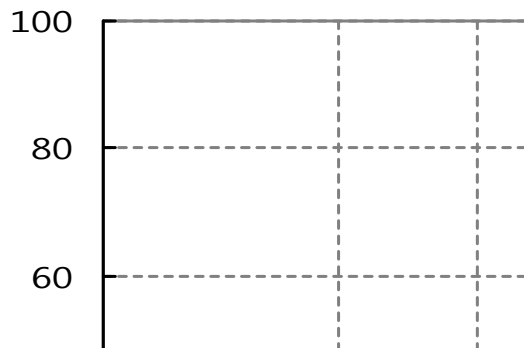
Kawamura는 여층상부의 유효경은 여층전체의 유효경의 90% 보다 작지 않아야 하며, 만약 80% 이하이면 합리적인 여과지속시간을 유지하기 위하여 상층을 긁어내야 한다고 권고하고 있다. #5지 여층상부의 유효경은 여층전체의 유효경의 84.7%에 해당하는 것으로 평가되었다.

<표 5.2-25> 여과사 입도분석 결과

구분	상수도 시설기준	유효경 (mm)	최소경 (mm)	최대경 (mm)	균등계 수	비중	L/de ²⁾
	모래	0.45~0.7	0.3 이상 ¹⁾	2.0 이하 ¹⁾	1.7 이하	2.55~2.65	1,000 이상
#3지 (전체)	분석결과	0.58	0.15	2.8	1.65	2.56	1,385
	검토	적합	적합 <0.3mm : 0.02%	부적합 >2.0mm : 2.6%	적합	적합	적합
#5지 (전체)	분석결과	0.59	0.355	2.8	2.08	2.56	1,369
	검토	적합	적합 <0.3mm : 0.0%	부적합 >2.0mm : 4.1%	부적합	적합	적합
#5지 (표층부) ³⁾	분석결과	0.50	0.15	2.0	1.26	2.56	-
	검토	적합	적합 <0.3mm : 0.09%	적합 >2.0mm : 0.01%	적합	적합	-

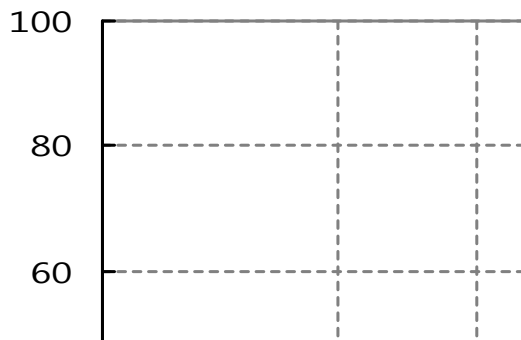
주 1) 최대경을 넘는 것 또는 최소경을 밑도는 것이 1% 이하일 것
2) L/de : 유효경(d10)에 대한 모래층 깊이의 비
3) S.Kawamura : 여층상부의 유효경은 여층전체의 유효경의 90% 보다 작지 않아야 하며, 만약 80% 이하이면 합리적인 여과지속시간을 유지하기 위하여 상층을 긁어내야함.

통과율(%)



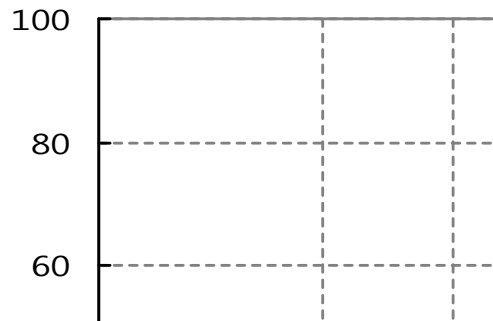
#3지 전체

통과율(%)



#5지 전체

통과율(%)



#5지 표층부

<그림 5.2-21> 여과사 입경분포



여층깊이 측정



여층 깊이별 여과사 샘플 채취

<그림 5.2-22> 여과지 현장조사

⑥ 역세척 평가

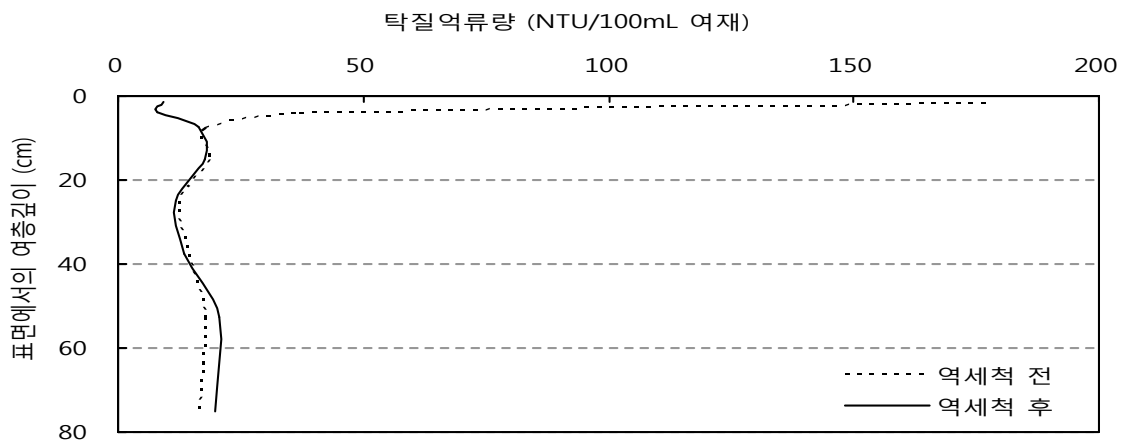
▶역세척 전 · 후의 여재 탁질 조사

여과지 #5지에 대하여 여층 깊이별로 역세척 전 · 후의 여과사를 채취하여 탁질억류량을 조사한 결과, 주로 표면여과가 이루어지고 있는 것으로 조사되었으며, 역세척 전에 여재상층부에 억류되어 있던 탁질이 역세척을 통해 제거되는 양상을 확인할 수 있었다.

Kawamura에 의하면, 여과지 역세척후 억류탁도가 30~60NTU이면 깨끗하고 숙성된 여층, 60~120NTU는 약간 오염된 여층(이상적이지는 않지만 염려할 필요는 없음), 120NTU 이상은 오염된 여층, 300NTU를 초과하는 경우 심각한 머드볼 문제가 있는 것으로 판단할 수 있다고 제안하였다.

<표 5.2-26> 역세척 전 · 후의 여과사 세척탁도

#5지 여층깊이(cm)	NTU/여재 100mL	
	역세척 전 탁도(NTU)	역세척 후 탁도(NTU)
0~2.5	176.8	9.1
2.5~5	36.0	8.0
5~10	17.9	16.4
10~20	18.6	17.7
20~30	12.2	11.8
30~45	14.4	13.4
45~60	17.6	20.8
60 이상	16.6	19.7



<그림 5.2-23> #5지의 역세척 전 · 후 여과사 세척탁도

현재 주로 표면여과가 이루어지고 있고, 여재 내부는 세척 전에도 30NTU 이하의 역류탁도를 나타내고 있으며, 역세척 전후의 차가 크지 않은 것으로 나타났다. 표층부는 표면세척기에 의해 충분한 세척 강도에 의해 적절한 세척이 이루어지고 있어, 역세척 후 여층은 양호한 상태로 유지되고 있는 것으로 나타났다.

▶역세척 강도 검토

표면세척 강도는 표면세척펌프의 사양으로 산출하였고, 물역세척 강도는 역세유량계가 설치되어 있지 않으므로, 역세척수조의 수위로 실측하였다.

#5지에 대한 역세척 강도 검토 결과, 표면세척강도는 $0.15\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2$ 으로 나타나, 상수도시설기준에서 제시하는 고정식 표면세척강도 $0.15 \sim 0.20\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2$ 범위에 적절한 것으로 평가되었다. 물역세척 강도는 $0.60\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2$ 으로 나타나 상수도시설기준에서 제시하는 적정 물역세척강도 $0.6 \sim 0.9\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2$ 범위에 포함되는 것으로 평가되었다.

<표 5.2-27> 여과지 역세척 속도 계산

구분		표면세척(고정식)	물역세척
펌프용량($\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{대}$)		16.85	4.5
대수		2	2
여과지 면적($\text{m}^2/\text{지}$)		112.4 m^2 (W 10.6m × L 10.6m)	
역세척 속도	시설기준	$0.15 \sim 0.20\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2$	$0.6 \sim 0.9\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2$
	운영현황	$0.15\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2$	$0.60\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2$

입경분포가 적절한 것으로 조사된 #3지의 경우, 기술진단 당시 물역세척강도 $0.604\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2$ (수온 10°C)에서 이론적 여층 팽창률이 21.8%로 나타나 기준에 적절한 것으로 평가되었으나, 수온이 30°C 일 경우에는 여층팽창률은 18.9%에 해당되는 것으로 나타났다.

균등계수가 부적정한 #5지의 경우, 기술진단 당시 여과사 팽창률 실측 결과, 여층 전체에 대해 약 12.5% 정도로 나타나(이론적 여층 팽창률 15.3%, 만약 #5지의 균등계수를 적정화할 경우 20.5%에 해당됨),

상수도시설기준 유지관리편에서 제시하는 적정 팽창률 20~30%에 다소 부족한 것으로 평가되었다. 앞의 그림(‘#5지의 역세척 전·후 여과사 세척탁도’)에 나타난 바와 같이, 표면여과가 이루어지고 있는 것으로 나타났으며, 표면세척으로 역류탁도가 양호한 것으로 조사되었으나, 향후 여과지 심층까지 여과가 진행되어 심층부에 오염이 발생되었을 때는 팽창률이 부적절할 경우 문제가 발생할 수 있으므로, 역세척 효율을 적정화하기 위해 다음과 같은 방안을 제시하고자 한다.

(1안) 역세척방식을 역세척 펌프에 의한 공급 방식으로 변경

(2안) 균등계수 1.7 이하, 유효경 0.45mm 정도의 여재로 교체

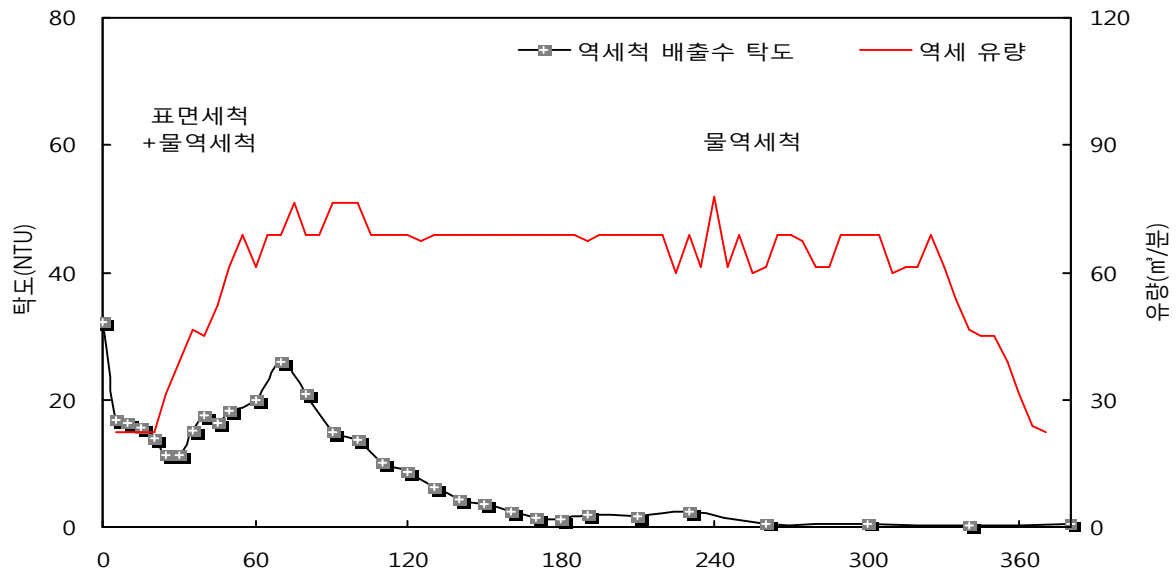
▶역세척 배출수 탁도 검토

역세척은 표면(고정식) 역세척 4분을 수행한 후에, 표면역세척과 물역세척을 동시에 2분간 수행하고, 물 단독 역세척 4분간 수행하고 있는 것으로 조사되었다.

역세척수가 트라프로 월류하기 시작한 후, 시간에 따라 트라프로 월류하는 역세척수 시료를 채취한 다음, 역세척 배출수의 탁도를 측정하였다.

#5지의 경우, 트라프로 역세척 배출수의 월류가 시작되면서 약 2분 후에 10NTU 이하로 감소되었으며, 약 6.3분 후에 약 0.4NTU로 역세척이 종료되었다.

여과지 좌측과 우측의 역세척 시작 수위, 역세척 시작 직후 역세척수 유입속도, 역세척 배출수 탁도 등에 차이가 있음이 육안으로 관측되었으므로, 자갈층 및 하부집수장치의 정밀검토 필요하다.



<그림 5.2-24> #5지의 역세척 배출수 탁도

⑦ 여과지 단위면적당 여과수량(UFRV : Unit Filter Run Volume)

UFRV는 여과지의 성능을 나타내는 하나의 지표이며, 여과속도(m/min)와 여과지속시간(min)으로 곱으로서 여과지면적 1㎡당 여과수량(㎥)으로 표시된다.

일반적으로 UFRV 값이 약 400㎥/㎡를 초과하면 여과지 성능이 양호하게 운영되는 것이며, 약 600㎥/㎡ 이상에서는 여과지 성능이 좋다고 평가된다. 반면에 약 200㎥/㎡ 이하에서는 여과지 지속시간이 너무 짧아 비효율적인 운영으로 평가된다.

2008년 8월의 일간 운영자료를 기준으로 여과지별 UFRV를 산출한 결과, 평균 455~1,616㎥/㎡로 나타났으며, #4지의 경우 다른 지와 차이가 매우 크게 나타났고, #2지와 #5지의 경우 동일 지내에서도 차이가 크게 나타났다. 역세척 주기는 평균 1.2일~3.5일로 조사되었다. #2지와 #5지의 경우 최소값은 200㎥/㎡ 이하를 나타내고 있으나, 평균적으로는 여과지 성능이 비교적 양호하게 운영되는 것으로 평가되었다.

역세수량비는 여과수량에 대한 세정수량의 비율로, 일반적인 상태에서

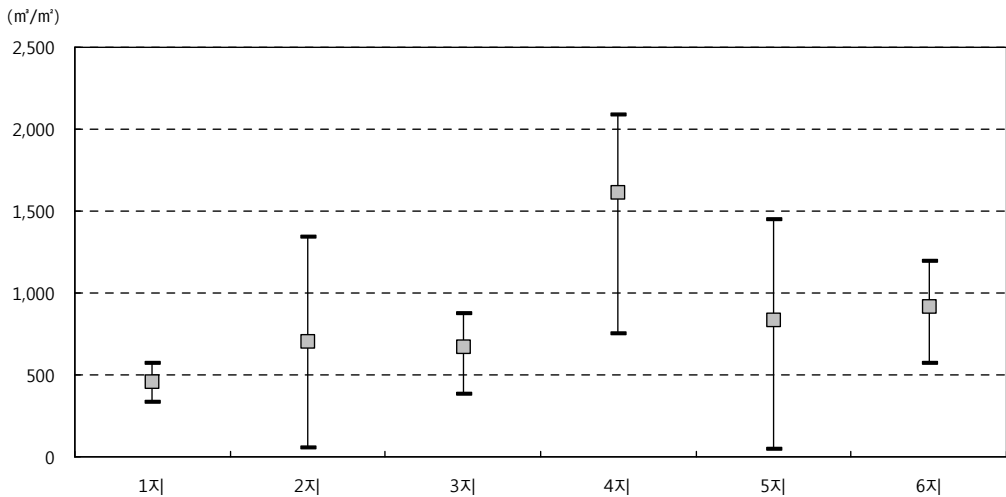
는 그 비율이 3% 이하이며, 2% 이하일 경우 대단히 양호하다고 간주된다. 또한, 5%를 초과하면 여과지의 상태는 좋지 않다고 판단된다. 적절하게 운전되고 있는 여과지의 세정수 비율은 겨울철에는 2.5~3.0% 정도이지만, 여름철에는 1.5~2.0%를 넘지 않도록 운영하는 것이 일반적이다.

안산정수장의 역세수량비는 평균 2.4%(최소 0.5%, 최대 9.1%) 정도로 나타나 적절한 것으로 평가되었다.

<표 5.2-28> 여과지 단위면적당 여과수량(UFRV) 검토

여과지 No.	여과량(㎥)			여과지속시간(일)			UFRV(㎥/㎡)		
	평균	최대	최소	평균	최대	최소	평균	최대	최소
#1지	42,931	48,572	36,971	1.2	1.3	0.9	455	576	335
#2지	30,648	44,935	8,432	2.2	3.4	0.7	705	1,346	59
#3지	29,051	33,672	21,563	2.6	3.0	2.0	674	876	388
#4지	72,485	133,076	40,584	3.5	6.4	2.1	1,616	2,093	750
#5지	33,460	48,103	7,658	2.3	3.4	0.7	837	1,451	49
#6지	36,798	42,744	30,203	2.8	3.1	2.1	916	1,195	575

- 주 1) 역세척 주기 및 지별 여과유량은 2008년 8월의 일간 운영자료를 기준으로 검토함
 2) 단위면적당 여과수량(UFRV, ㎥/㎡)=여과속도(㎥/㎡·분)×여과지속시간(분)
 3) 평가기준 : ① 600 ㎥/㎡ 이상 : 매우 양호, ② 400 ㎥/㎡ 초과 : 양호
 ③ 200 ㎥/㎡ 이하 : 불량(여과지속시간이 너무 짧음)
 4) 역세수량비 : 평균 2.4%, 최소 0.5%, 최대 9.1% (적정운전시 : 겨울 2.5~3%, 여름 1.5~2%)



<그림 5.2-25> 여과지 단위면적당 여과수량(UFRV, ㎥/㎡)

사. 소독공정

1) 시설 및 운영현황

생활용수계통 정수지는 2지로 총 유효용량은 9,099.9m³이다. 도류벽은 설치되어 있으며, 정수지에서 직접 급수가 이루어지고 있어, 정·배수지의 기능을 한다.

후염소는 여과지 유출수로에서 주입되고 있으며, 주입률 제어는 잔류염소농도 및 유량비례 복합제어방식이다.

<표 5.2-29>

정수지 시설현황

구 분		현 황	비 고
규 격		-생활용수계통 : W 26.6m × L 31.1m × H 5.5m × 2지 -공업용수계통 : W 26.6m × L 35.0m × H 4.5m × 2지	
용 량		-생활용수계통 : 4,549.9m³/지 × 2지 = 9,099.9m³ -공업용수계통 : 4,189.5m³/지 × 2지 = 8,379.0m³	
부대 설비	생활용수 계통	-도류벽 : 설치 -장폭비환산계수 : 0.60(장폭비 23.4) -소독제 : 차아염소산나트륨 -후염소 주입률 제어방식 : 잔류염소농도 및 유량비례 복합 제어 -후염소 주입방식 : Water-champ, 여과지 유출수로에서 주입	
	공업용수 계통	-도류벽 : 미설치 -소독제 : 미주입	



(a) 정수지 전경



(b) 후염소주입설비(Water-champ)

<그림 5.2-26> 정수지 및 후염소주입설비

2) 기술진단 및 개선방안

① 수리적 설계인자 검토

정수지의 유효용량은 설계유량 기준에서 생활용수계통 2.63시간, 공업용수계통 3.35시간으로, 시설기준에서 권고하는 2.0시간분을 만족하는 것으로 나타났다. 그러나, 정수지에서 직접급수를 하고 있어 정수지가 정·배수지의 기능을 해야 하므로, 생활용수계통의 정수지 유효용량이 부족한 것으로 나타났다.

안산정수장은 여름철 생활용수 사용량이 증가하여 시간최대배수량이 증가하게 되면, 공업용수계열의 침전수를 여과지로 유입되도록 운영하고 있으므로, 배수량의 시간변동에 대응하기 위한 개량안이 필요하다(개량안은 '라. 정수처리공정 기술진단 및 개량방안'의 '2) 계통별 유량배분' 부분 참조).

<표 5.2-30> 정·배수지 수리적 설계인자 검토결과

구분	설계인자	시설용량	평균유량	첨두유량	기 준	평 가 ¹⁾
생활용수계통	검토유량(m³/일)	83,000	48,237	68,200	-	-
	유효용량(hr)	2.63	4.53	3.20	12 이상	부 족
공업용수계통	검토유량(m³/일)	60,000	51,020	79,510	-	-
	유효용량(hr)	3.35	3.94	2.53	12 이상	부 족

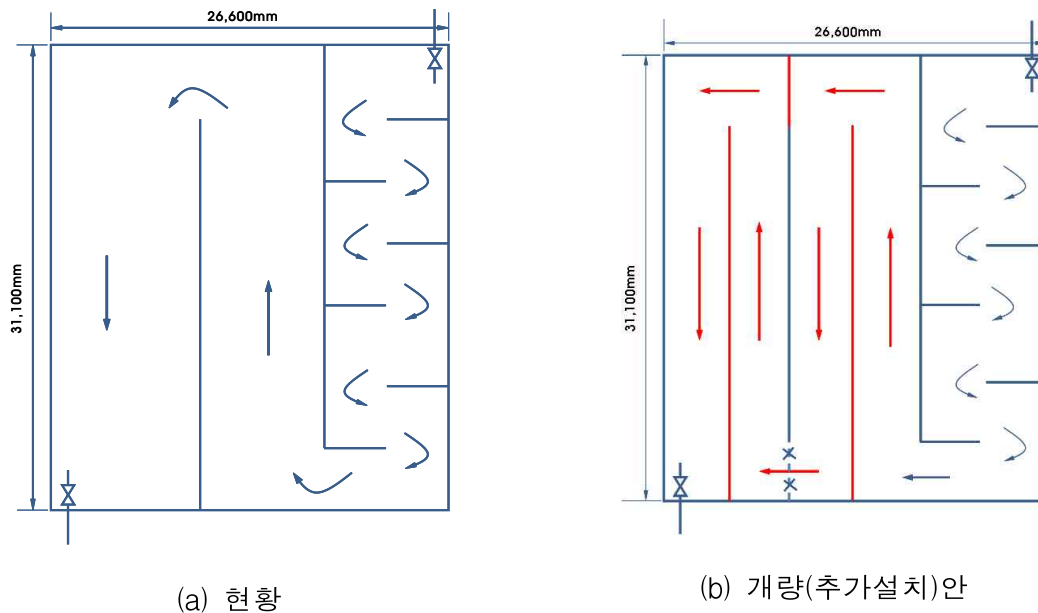
주 1) 평가는 시설용량에 대해 수행

② 소독능 평가

소독능 분석결과, 운영 평균 수위비 0.5와 운영 평균 잔류염소 0.73mg/L을 적용(최저수온 0.9, 최고pH 8.0적용)시 최대처리 가능유량 74,174m³/일로 2006~2008년 운영 최대 유량인 68,200m³/일을 만족하지만 시설용량에 부족하다. 수질 및 운영최악조건에서도 불활성화비는 0.274로 정수처리기준을 만족하지 못하는 것으로 나타났다. 직접급수 분기전까지 송수관로(D=800mm, L=400m)에 대한 추가소독능을 포함하여도 불활성화비는 0.302으로 시설용량에 매우 부족한 것으로 나타났다.

운영조건을 운영수위비를 0.5이상, 정·배수지 유출부에서 최소잔류염소

농도 0.83 mg/L 이상으로 유지할 경우 불활성화비 1.003으로 시설용량 생산이 가능한 것으로 나타났다. 운영수위비를 0.5이상으로 유지 할 경우, 도류벽만 추가 설치(장폭비환산계수 0.7)하면 최소잔류염소농도를 0.72mg/L이상유지 시 소독능을 만족하고, 직접급수 분기전까지 송수관로(D=800mm, L=400m)에 대한 추가소독능만 인증하면 최소잔류염소농도를 0.78mg/L이상유지, 도류벽 추가설치 및 추가소독능 인증시에는 최소 잔류염소농도를 0.68mg/L이상 유지하면 소독능을 만족하는 것으로 나타났다.



<그림 5.2-27> 생활용수 정 · 배수지 도류벽 현황 및 개량(추가설치)안

<표 5.2-31> 잠재적 최악조건시 소독능 분석(Giardia Cyst.)¹⁾

구분	소독요구 log 제거율	요구CT (mg/L · 분)	계산 CT (mg/L · 분)	불활성화비	전체 log 제거율	최대처리 가능유량 (m³/일)
최악조건 ²⁾	0.5	45.8	12.57	0.274	2.637	22,773
도류벽 설치 ²⁾	0.5	45.8	13.76	0.300	2.650	24,940
추가소독능 인증 ²⁾	0.5	47.3	14.28	0.302	2.651	25,066
도류벽+추가소독능 인증 ²⁾	0.5	45.8	15.48	0.338	2.669	28,046

주 1) 2006~2008년 일간 운영자료를 적용함. 여과지 유출관로의 소독능을 포함하여 산정함.

2) 잠재적 최악조건 : 최소 수온 0.9℃, 최대 pH 8.0, 최소 잔류염소농도 0.50mg/L 적용. 유량은 시설용량, 정수지 운영수위비는 0.15 적용(최소값이 0.1이하이므로 특이값으로 제외하고 적용함).

<표 5.2-32> 운영개전시 소독능 분석(Giardia Cyst.)¹⁾

구분	요구CT (mg/L · 분)	계산 CT (mg/L · 분)	불활성화비	전체 log 제거율	잔류염소 농도	최대처리 가능유량 (㎥/일)
운영개선 ²⁾	48.1	48.26	1.003	3.002	0.83	83,283
도류벽설치 ³⁾	47.4	47.55	1.003	3.002	0.72	83,264
추가소독능 ⁴⁾	47.7	48.08	1.008	3.004	0.78	83,656
도류벽설치+추가소독능	47.2	47.28	1.002	3.001	0.68	83,143

- 주 1) 2006~2008년 일간 운영자료를 적용함. 여과지 유출관로의 소독능을 포함하여 산정함.
 2) 운영개전시 최소수위비를 0.5로 적용, 잔류염소농도는 표에 기재, 그 외 최악조건과 동일하게 적용함.
 3) 도류벽 추가 설치(안) : 장폭비 42.29(환산계수 0.7)
 4) 추가소독능 : 직접급수 분기전까지 송수관로(D=800mm, L=400m)

③ 정수지 용량 평가

안산정수장은 지형적인 여건 등에 따라 배수지를 통과하지 않고 정수지에서 직접급수하는 지역이 많으며 정수지가 여과수량과 송수량의 불균형을 조절하는 본래의 기능 이외에 배수지의 역할을 담당하고 있다. 기존 배수지를 이용한 간접급수구역의 확대를 검토하였으나 기존의 배수지 수위가 낮아 급수구역 조정만으로는 안정적인 급수가 어렵다. 이에 따라 배수지의 신설을 검토하였으나 지형상 필요한 수압, 용량을 확보할 수 있는 부지를 확보할 수가 없는 상황이므로 정수지를 증설하도록 계획하였다. 정수지를 증설하여 체류시간을 증가시키면 급수구역내에 보다 안정적인 급수가 가능하며, 추가적으로 정수지 소독능을 증가시키는 효과를 얻을 수 있다.

그러나 안산정수장내에는 고도처리시설 여유부지 이외에 부지가 없으므로 정수지 확장 부지를 추가로 매입하여 증설하거나 향후 하수처리수 재이용 시설 등으로 인해 공업용수 계통을 축소하는 경우 기존 공업용수 정수지 및 침전지 등을 개량하여 정수지로 사용하는 방안 등에 대하여 검토하였다.

(1) 1안

- 기존 시설을 최대한 활용하여 운영

정수지를 증설하지 않고 기존 정수지에 앞서 검토한 바와 같이 도류
벽을 추가설치 한 후 운영 수위비를 0.5이상으로 운전하는 방안으로
서 평상시는 와동배수지를 최대한 활용하며 여름철 일최대 사용량 발
생시 또는 비상시는 반월정수장과 연성정수장 계통의 배수지 등의 급
수구역을 일정기간 동안 조정하여 원활한 급수가 가능하도록 한다.

(2) 2안

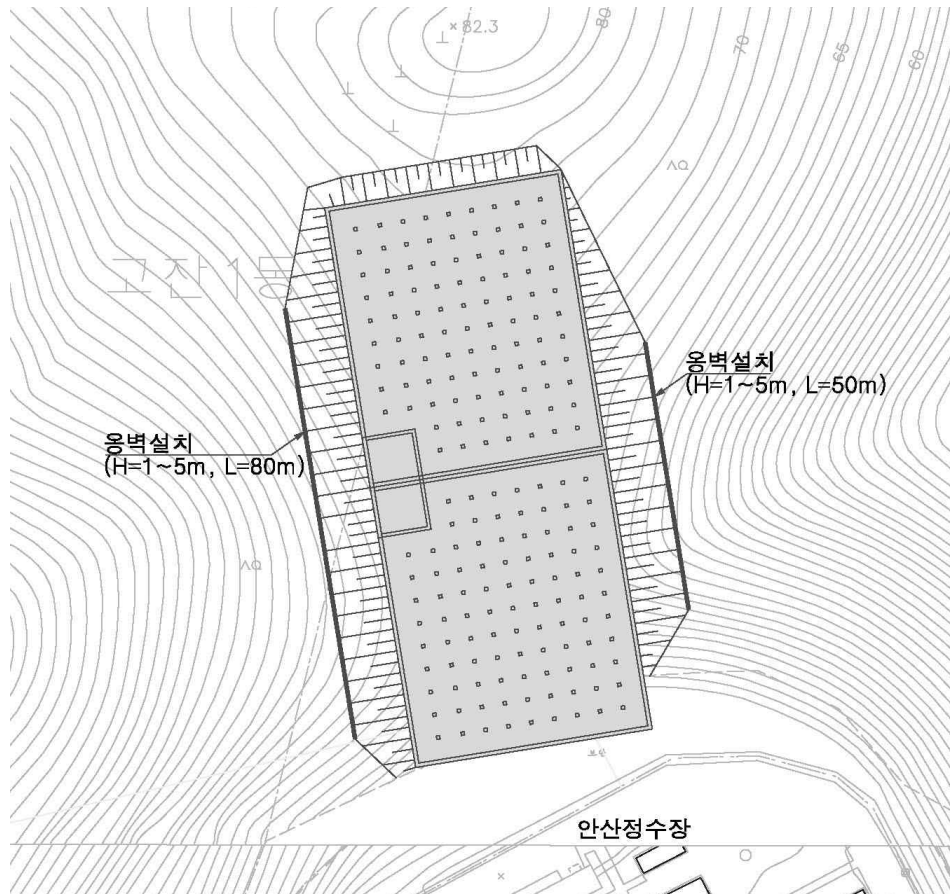
- 정수장 부지를 추가로 매입하여 정수지를 증설

안산정수장 부지가 협소하므로 정수지 증설을 위해서 정수장 인근부
지를 매입하여 정수지를 증설하는 방안이다. 당초 정수지를 통한 물
을 저장할 수 있는 배수지를 설치하는 방안을 검토하였으나 이 경우
배수지의 HWL은 정수지의 LWL 이하로 되어 원활한 급수를 위한 수
두확보가 어려우므로 여과지로부터 직접 연결되는 정수지를 계획하였
다. 여과지를 통과한 물이 바로 유입됨에 따라 개념상으로는 정수지
이나 배수지의 역할을 담당하고 있으므로 배수지의 유효용량을 기준
으로 검토하였다.

배수지의 유효용량은 ‘시간변동 조정용량’과 ‘비상대응용량’을 합하여
급수구역의 계획1일최대급수량의 12~36시간 분 중에서 상수도시설의
안정성 등을 고려하여 결정한다. 여기서 ‘시간변동 조정용량’은 6~12
시간 분으로 하며 비상시의 대응용량으로 24시간 분을 확보해야 하지
만 예비시설이 확보되어 있어서 사고시에도 1일 정도를 단수하지 않
고 급수할 수 있는 경우에는 예비시설들을 종합적으로 고려하여 ‘비상
대응용량’을 6시간 이상에서 적절하게 조정하여 결정한다. 현재 안산
정수장 급수구역은 반월정수장 계통에서 1일 이상 비상시 대응할 수
있으므로 사실상 비상대응용량은 확보하지 않아도 급수에 지장이 없
을 것으로 판단된다. 그러나 배수지를 신설하는 경우이므로 비상대응
용량을 최대한 확보하여 시설의 안정성을 높이기 위해 시간변동 조정
용량과 비상대응용량을 합하여 12시간 분을 저장하도록 검토하였다.

기존 정수장의 용량 및 가동률을 고려하여 정수장별 급수구역을 조정하고 와동배수지를 최대한 사용하도록 안산정수장내 급수구역을 조정한 결과 안산정수장 직접급수량은 약 60,000m³/일(일최대)로서 12시간 분량을 저장하기 위해서는 30,000m³의 용량이 필요하다. 기존 안산정수장 정수지는 9,100m³(W26.6m×L31.1m×H5.5m×2지) 규모로서 21,000m³용량의 정수지를 추가로 설치해야 한다.

정수장 인근에 가능한 부지 검토결과 안산정수장 북측에 7,000~8,000m²의 부지를 매입하면 21,000m³(W42.0m×L50.0m×H5.0m×2지) 용량으로 정수지를 설치할 수 있을 것으로 판단된다.



<그림 5.2-28> 생활용수 정수지 추가설치(안)

(3) 3안

- 공업용수 정수지를 활용하는 방안

안산시는 하수처리수 재이용 시설사업을 추진 중이며 현재까지 계획

중인 재이용시설의 용량은 100,000m³/일로서 이 사업이 완료되면 안산정수장의 공업용수 계통은 대폭 축소가 가능할 것으로 판단된다. 공업용수 정수지를 생활용수 정수지로 이용하면 정수지를 증설하지 않고도 8,380m³(W26.6m×L35.0m×H4.5m×2지)의 용량을 추가로 확보할 수 있으며 이 경우 전체 정수지 용량은 17,480m³로서 약 7시간 정도의 저장용량을 확보할 수 있다.

배수지를 신설하는 경우라면 비상대응용량을 고려하여 최대한 용량을 확보하여야 하나 증설 없이 기존 시설을 활용하는 경우이므로 시간변동 조정용량만 확보하는 정도를 감안할 때 6시간 분 이상 저장이 가능하다. 비상대응용량을 고려하지 않아 2안에 비해 시설의 안정성은 낮지만 평상시 안정적인 급수에는 지장이 없을 것으로 판단된다.

<표 5.2-33>

검토결과

구분	1안	2안	3안
개요	기존 정수지 운영을 최적화 하여 운영	정수장 인근부지를 매입하여 정수지를 증설	공업용수 정수지를 생활용수 정수지로 활용
시설개요	추가시설 없음	- 정수지 증설 -21,000m³ - 배관 개량 -D800, L=200m(정수관) -D900, L=300m(배수관)	배관 개량 -D800, L=30m(정수관) -D900, L=30m(배수관)
장점	별도의 시설공사가 없으므로 가장 경제적인	- 시간변동 조정용량 및 비상시 대응용량 확보로 안정적 급수가 가능 - 소독능 확보	- 시간변동 조정용량 확보 2안에 비해 시설공사가 적음 - 소독능 확보
단점	- 시간변동에 대응하여 정수지 운영이 어려움 - 소독능 확보를 위해 정수지 수위비를 0.5이상으로 유지필요	- 시설공사가 많음 - 공사비 및 유지관리비가 많음 - 유지관리 개소수 증가	- 하수처리수 재이용시설 도입에 따라 안산정수장 공업용수계통 시설 축소시 도입 가능 - 비상시 대응용량 확보를 위해 반월정수장 급수구역계통 조정 필요
선정		○	○

(4) 검토결과

하수처리수 재이용 시설사업은 수자원의 효율적 이용 등을 목표로 중앙
부처에서 관련규정정비 등을 통해 지속적으로 추진 중이다. 안산시는
현재 환경부에서 타당성조사 및 기본계획 수립 중이므로 재이용 사업이
거의 확실히 되고 있다. 이에 따라 하수처리수 재이용 시설이 도입되는
시점에 맞춰 3안으로 계획한다.

하수처리수 재이용 시설의 타당성, 비용 및 예산문제 등으로 인해 시설
도입사업이 취소되거나 사실상 백지화되는 경우 2안으로 계획하여 안정
적인 배수시설을 구축한다.

아. 소요사업비

구분	개량계획	개량시설	소요예산
플록형성지 유입부	• 응집침전지 지별 유입유 량을 균등화하기 위하여 유입부 배관개량	• 유입배관(D500~D700) -L=110m • 유량계 및 유량계실	• 51,000,000원 • 70,000,000원
정수지	• 정수지 CT값 증가를 위 한 도류벽 추가 설치	• 도류벽 설치 -B4.1m×H5.1m×6개소	• 35,000,000원
	• 정수지 증설을 통한 안 정적 급수확보	• 정수지 증설 V=20,000m³	• 13,111,000,000원 (설계, 공사, 감리비 포함)

2.2.2 연성정수장

가. 착수시설

1) 시설 및 운영현황

연성정수장은 장방형 RC조 2지의 착수정으로 구성되며, 유입부에 전염소 및 NaOH 주입 설비가 있고, 후단(혼화지 유입)에서 응집제를 주입하고 있다.

<표 5.2-34> 착수정 시설현황

구 분	현 황	비 고
규 격	-W6.0m × L12.2m × H3.71m × 2지	통합운영(생활+공업)
유효용량	-271.572m ³ /지 × 2지 = 543.144m ³	
구조 및 부대시설	-장방형 RC조 -유입정류벽 : D100mm, 176개(=16×11) -유입관 : D1,200mm, 드레인 : D400mm, -유출관 : 급속혼화지와 수로 연결, 월류위어 -유입관로(D1,800mm)에 초음파유량계 설치 -혼화지 유출관에 생활 및 공업계통 유량계 설치 -전염소, NaOH 주입	

2) 기술진단 및 개선방안

① 수리적 설계인자 검토

설계유량기준에서 착수정의 체류시간을 검토한 결과, 체류시간은 1.94min으로 상수도 시설기준(1.5min 이상)이상의 체류시간을 확보할 수 있어 적정 용량을 가지고 있는 것으로 평가되었다.

<표 5.2-35> 착수정 수리적 설계인자 검토결과

설계인자	설계유량	평균유량	최대유량	기 준	평가
검토수량(m ³ /일)	402,150	211,010	276,000	-	-
체류시간(min)	1.94	3.71	2.83	1.5 이상	적정

주) 설계유량은 시설용량 383,000m³/일(생활+공업)에 5% 여유를 가산하여 산정함



② 기타 기술진단

연성정수장 착수정은 2지로 구성되어 유지관리에 대응이 가능하다.

수심이 3.71m로 시설기준 3~5m의 범위에 대해 적정하고, 여유고는 79cm로 기준 60cm 이상을 확보하고 있어, 구조적으로 문제가 없는 것으로 평가되었다.

나. 혼화 및 약품주입설비

1) 시설 및 운영현황

연성정수장은 응집제로 PACS(17%) 와 PACI(17%) 그리고 PAHCS(12.5%)를 사용하고 있으며, PACS는 주입일수가 3년 중 6일 뿐이었고, 주로 PAHCS(723일)와 PACI(388일)이 주입된 것으로 조사되었다. 응집제 주입은 혼화방식은 수직터빈형 혼화기를 가동중지하고, 착수정 후단(혼화지유입)에 고속분사 혼화기인 Water-Champ로 순간혼화를 실시하고 있으며, 수질인자에 따른 연산식에 따라 유량에 비례 운전 가능하다.

전염소는 착수정 유입부에서 분말활성탄은 혼화지 유출부(생활용수계통만 주입)에서 주입되고 있어 주입위치는 적정한 것으로 판단되었다.

원수 일간 pH는 평균 7.7, 6.3~9.3의 범위를 나타내고 있으며, 원수의 pH가 8.5이상으로 유입되는 경우가 운영일수의 5.2%(pH 8.0이상으로 유입되는 경우는 운영일수의 17.5%)에 해당되므로, 최적응집 pH를 위해 산제 도입 필요하다. 현재 원수유량계 설치지점에 이산화탄소 도입을 계획하고 있으며, 주입위치는 적정한 것으로 판단된다.

또한, 정수기준(생활용수계통)으로 pH 7.0이하가 25일(2.28%), pH 6.5이하가 1일(0.09%)로서 2008년 7월에 최소인 pH 6.3을 나타내었고, 이때 알칼리도는 최소 알칼리도인 16mg/L로 조사되었다. 착수정 전단에 NaOH주입 설비가 있으므로 저pH시 NaOH주입 필요를 검토하여 응집 pH를 최적화 하는 것이 바람직하다.

<표 5.2-36>

혼화 및 약품주입설비 시설현황

구 분	현 황
규 격	-W5.0m × L5.0m × H3.0m × 4지
유효용량	-75 m³/지 × 4지 = 300m³
구조 및 부대시설	-정방형 RC조 -응집제 : PACl 및 PAHCS -혼화방식 : 수직터빈형 혼화기(운전중지), Water-Champ -응집제 : 착수정 후단에서 Water-Champ에 주입 -pH 조절제 : NaOH, 착수정 유입부에 주입 -전염소 : 착수정 유입부에 주입 -분말활성탄 : 혼화지유출부(생활계통 응집침전지로의 유입관로 전단)



약품탱크



혼화지 및 약품주입설비



Water champ

<그림 5.2-29> 혼화지 및 약품주입설비

2) 기술진단 및 운영개선사항

① 혼화효율검토

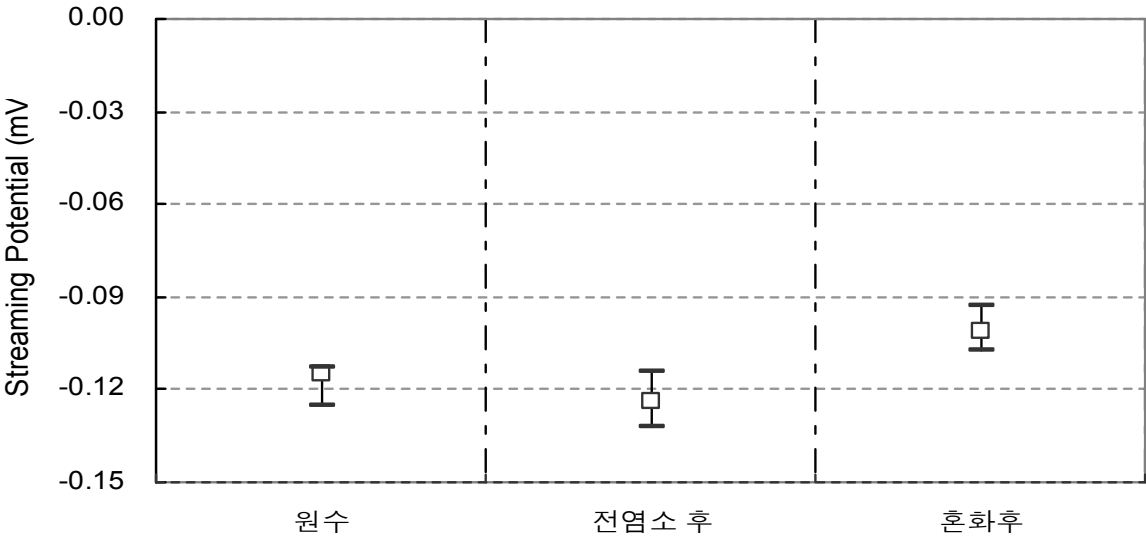
<표 5.2-37>

흐름전위 측정 조건

조사일시	pH	수온	알칼리도	원수탁도	응집제 주입율	원수유량
2009. 2. 18	8.63	3.93℃	52mg/L	4.44NTU	11mg/L	8,675m³/hr

아래의 표와 그림에 측정위치별 흐름전위값을 나타내었다. 흐름전위는 전염소 처리 후의 원수에서 -0.124mV(-0.132~-0.114mV)로, 일반적인 자연수에서 콜로이드입자가 갖는 (-) 하전을 나타내었다.

응집제 주입과 혼화에 의해 흐름전위는 -0.101mV(-0.107~-0.093mV)로 보다 0mV에 부근으로 하전이 감소되는 경향을 보였다.



구 분	원수	전염소 후	혼화 후
흐름전위(mV)	-0.115(-0.125~-0.113)	-0.124(-0.132~-0.114)	-0.101(-0.107~-0.093)

<그림 5.2-30> 흐름전위 측정값

② 응집제 주입 위치

혼화방식은 적정하며, 응집제는 혼화지 유입수로 입구측에서 급속혼화 방식인 Water-Champ로 주입되고 있다. 수로 폭은 2.462m이고 분사깊이는 1.2m이며 흐름에 수직으로 분사되고 있다.

③ 응집제 주입량 결정 및 제어

연성정수장에서는 Jar test를 통하여 응집제 주입율을 결정하고, 유량비에 방식으로 응집제를 주입하고 있다. 현재의 주입율 결정방식이나 주입방식에 문제는 없는 것으로 판단된다.

기타 시설보완이 이루어진 후, 장기적으로 제어를 보다 고도화하기 위하여 실시간으로 응집제 주입량을 감시, 제어할 수 있도록 응집제 주입 감시장치의 도입을 검토하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

④ 응집약품의 적정성

연성정수장에서 가장 많이 적용된 PAHCS(12.5%)는 과량주입시에도 전

하역전현상이 관측되지 않고 잔류탁도가 낮아지므로, 탁도가 높고 알칼리도가 낮은 우기에 사용하면 수질 안전성 및 안정성을 제고할 수 있는 것으로 알려져 있다.

연성정수장의 팔당원수 pH는 6.3~9.3이며, 일반적으로 알루미늄계통의 응집제는 pH 7 부근에서 최적응집이 이루어지며, 연성정수장에서 가장 많이 사용된 PAHCS의 경우, 염기도가 높아서 알칼리도와 pH 강하율이 상대적으로 적고, pH 8~10 이상에서도 안정하다고 보고되고 있으나, 최적점은 중성부근이므로, 산재를 도입하여 최적응집이 이루어지도록 하는 것이 바람직하다.

⑤ 분말활성탄 주입

㉠ 주입 조건

연성정수장은 최근 3년간 분말활성탄 주입 이력은 없는 것으로 조사되었으나, 원수중에서 Geosmin이 최대 26.2ng/L, 2-MIB는 19.1ng/L까지 검출되었고, 정수중에서도 Geosmin이 최대 9.74ng/L, 2-MIB는 21.56ng/L까지 검출된 이력이 있으므로 그에 대한 대응으로 분말활성탄 주입이 필요하다.

상수원수중 맛냄새 유발물질인 2-MIB와 Geosmin 제거효율은 일반적으로 분말활성탄주입률 10mg/L 이하에서는 급격한 제거양상을, 20mg/L 이상에서는 안정화 양상을 나타내고 있다. 한계냄새강도 기준으로는 냄새가 약할 때(초기농도 50ng/L 수준)는 15mg/L, 냄새가 강할 때(초기농도 100ng/L 수준)는 30mg/L 및 냄새가 매우 강할 때(초기농도 200ng/L 수준)는 30mg/L 이상이 적정하다. 한강수계 중 팔당에서의 맛·냄새물질은 Geosmin이 평균 5.2ng/L (N.D~49.0ng/L, 95% 누적 17.4ng/L), 2-MIB 8.9ng/L(N.D~48.8 ng/L, 95% 누적 28.6ng/L)로 검출되었다(2004~2006년).

따라서, 원수 및 팔당댐에서의 맛·냄새물질 발생특성을 고려하여, 15mg/L까지는 주입가능하도록 설정하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

㉠ 주입위치 및 기타 고려사항

현재 분말활성탄은 혼화지 유출부에서 생활용수계통에만 주입이 이루어지고 있다. 적절한 혼화가 이루어지고 있으며, 플록형성지까지 고려한다면, 침전제거까지 적절한 체류시간은 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

다. 플록형성지

1) 시설 및 운영현황

연성정수장의 플록형성지는 생활용수계통은 8지, 공업용수계통은 2지로 총 10지이며 침전지와 일체구조로 되어 있고, 각 지는 3단 점감식 응집이 이루어지고 있다. 배관에 의해 유입유량이 분배되므로 각 지별 유입유량배분을 위한 밸브의 개도율 조정이 필요하다.

관로 유입후 정류벽이 설치되어 있으며, 각 단의 격벽도 정류벽 구조로 되어 있으며, 정류공 제원은 생활용수계통은 $\Phi 100\text{mm}$, 417개, 공업용수계통은 $\Phi 100\text{mm}$, 444개로 조사되었다.

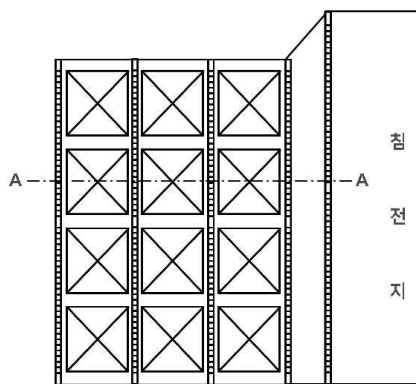
플록형성지와 침전지의 폭은 생활용수계통과 공업용수계통 모두 $\Delta 2.4\text{m}$ 차이가 있으며, 플록형성지 말단 정류벽과 침전지 유입정류벽은 2.0m의 완충지역을 두고 있다.

각 단에는 수평 패들형 플록큐레이터가 설치되어 있으며, 플록형성지 각 단 사이에는 정류벽이 설치되어 있다.

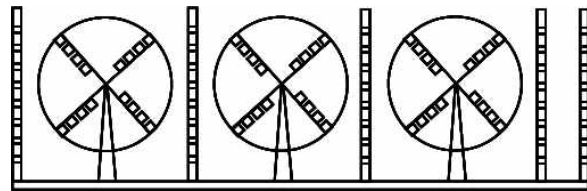
<표 5.2-38>

플록형성지 시설현황

구 분	현 황
규 격	-생활용수계통 : W16.6m × L11.4m × H3.5m × 8지 -공업용수계통 : W17.6m × L11.4m × H3.5m × 2지
유효용량	-생활용수계통 : 662.34m ³ /지 × 8지 = 5,298.72m ³ -공업용수계통 : 702.24m ³ /지 × 2지 = 1,404.48m ³
구조 및 부대시설	-장방형 RC조 -3단 점감식 응집, 인버터에 의한 회전수 조절 가능 -단 구분 정류벽 설치 정류공 : 생활용수계통 D100mm × 417개 공업용수계통 D100mm × 444개 -형식 : 수평 패들형(4열) 패들규격 : 생활용수계통 D3,100mm × B100mm × 3,300mm 공업용수계통 D3,100mm × B100mm × 3,550mm



평면도



A-A 단면도

<그림 5.2-31> 플록형성지 평 · 단면도



<그림 5.2-32> 플록형성지

2) 기술진단 및 운영개선사항

① 수리적 설계인자 검토

플록형성지의 수리적 체류시간이 설계유량기준에서 생활용수계통은 27.95분으로 시설기준을 만족하는 것으로 나타났다. 공업용수계통은 설계유량기준에서는 15.66분으로 시설기준에 부족하지만, 침투유량기준에서 23.17분으로 적정하다.

현재 침전지 유출관로를 통해 생활에서 공업계통으로 공급이 가능하므로, 침전지 표면부하율을 기준으로 유량을 배분하여 통합운영 하는 것으로 평가 하였을 경우 #1~10지 모두 설계유량기준에서 24.0분으로 적정한 것으로 조사되었다.

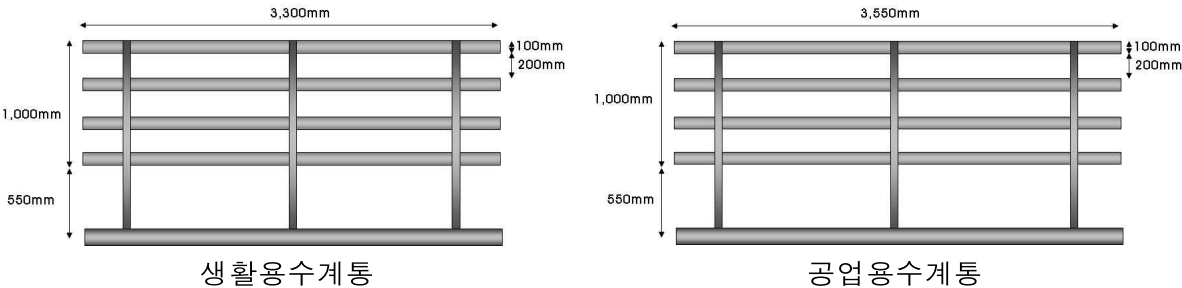
<표 5.2-39> 플록형성지 수리적 설계인자 검토결과

설계인자		설계유량	평균유량	침투유량	기 준	평 가 ¹⁾
생활용수계통	검토유량(㎥/일)	273,000 ²⁾	148,769	189,700	-	-
	체류시간(min)	27.95	51.29	40.22	20~40min	적정
공업용수계통	검토유량(㎥/일)	129,150 ²⁾	57,866	87,300	-	-
	체류시간(min)	15.66	34.95	23.17	20~40min	부족
통합운영 ³⁾	체류시간 #1~8지	25.25	-	-	20~40min	적정
	(min) #9~10지	20.22	-	-	20~40min	적정

주 1) 평가는 설계유량에 대해 수행
2) 설계유량은 계열별 시설용량에 5% 여유를 가산하여 산정함
3) 통합운영시 유량은 응집침전지 최대생산량을 감안하여 #1~8지 : 302,150㎥/d, #9~10지 : 100,000㎥/d로 설정

② 플록큐레이터 검토

연성정수장 플록큐레이터 구조 모식도 및 패들의 형상 및 규격을 아래 그림에 나타냈다.



<그림 5.2-33> 패들 형상 및 규격

연성정수장은 날개 4개가 설치된 수평패들이 단별로 4열로 배치되어 있으며, 생활용수계통은 패들 길이 3.3m, 직경 3.1m의 수평패들이, 공업용수계통은 패들 길이 3.55m, 직경 3.1m의 수평패들이 설치되어 있다.

전체 패들면적은 단면적의 10~25%로 하여 별도의 회전운동이 발생하지 않도록 하는 것이 바람직하며, 패들면적비는 생활용수계통이 18.2%, 공업용수계통이 18.4%로 적정한 것으로 평가되었다.

패들식 교반기에 의한 동력은 다음 식과 같이 구할 수 있다.

$$P = \frac{C_D A_D v^3}{2} \text{ (or } \frac{C_D A_V v^3}{2g} \text{)}$$

P = 수체에 가해진 동력, W

C_D = 패들 날개 L/W비에 따른 저항 계수

A = 패들 면적, m²

v = 패들 상대속도, m/s (물에 대한 상대속도는 계산된 주변 속도의 약 75%)

아래 표에 현장 조사 당시 실측된 rpm과 그로부터 이론적으로 계산된 G값을 나타내었다.

지별 Gt값은 평균유량에서 2.9×10⁴~4.2×10⁴로, 기준인 3.0×10⁴~2×10⁵에 만족하여 적정 범위에 있는 것으로 평가되었으나, 기준의 하안을 만족하는 수준이다. 또한, 지별 Gt값의 차이가 다소 크게 나타났다. 운영 개선을 통해 지별 Gt값이 일정 범위로 운전될 수 있도록 균등화가 필요할 것으로 판단된다.

G값의 경우 1단 17.8~30.6/sec, 2단 11.2~15.7/sec, 3단 3.7~10.2/sec로 G값이 다소 낮게 나타났다. 더욱이 저탁도의 원수가 유입될 경우에는 G값을 보다 크게 설정하여 침전이 양호한 플록을 형성하는 것이 바람직하다. 또한 #1지는 G값의 점감범위가 적정하지 않으므로, 적정화가 필요하다. 따라서, 적정 G값을 위한 축 rpm을 설정하여, 교반강도를 적정화 할 필요가 있을 것으로 판단된다.

원수의 수질특성과 유입유량에 따라 플록의 성장 패턴이 달라지므로, 플록형성지의 교반조건을 연중 동일하게 유지하는 것은 바람직하지 않으며, 회전수 변경(G값 변경)과 처리효율과의 관계를 지속적으로 도출하여 최적의 교반강도로 운영하여야 한다.

<표 5.2-40> 응집교반강도(G, 계산값) : 플록큐레이터 rpm(실측값), 수온 5℃ 기준

구 분		기 준 ¹⁾	단별	생활				
				#1지	#2지	#3지	#4지	#5지
축 rpm		1~5	1단	1.48	1.37	1.31	휴 지	1.73
			2단	0.96	0.97	1.00		1.18
			3단	0.90	0.46	0.46		0.55
날개: D/T ²⁾		0.50~0.75	1단	0.75				0.75
			2단					
			3단					
패들 주변속도 ³⁾		15~80	1단	23.24	21.50	20.59		27.10
			2단	15.07	15.24	15.73		18.51
			3단	14.21	7.17	7.21		8.69
날개면적/플록형성지 단면적(%)		10~25%	1단	18.2				18.2
			2단					
			3단					
G (sec-1)		50~10까지 점감식	1단	21.4	19.0	17.8		26.9
			2단	11.2	11.3	11.9		15.2
			3단	10.2	3.7	3.7		4.9
평균유량	G×t ⁴⁾	단별 총합 : 3×10 ⁴ ~ 2×10 ⁵	1단	1.9×10 ⁴	1.7×10 ⁴	1.5×10 ⁴		2.4×10 ⁴
			2단	1.0×10 ⁴	1.0×10 ⁴	1.0×10 ⁴		1.3×10 ⁴
			3단	0.9×10 ⁴	0.3×10 ⁴	0.3×10 ⁴		0.4×10 ⁴
			합계	3.8×10 ⁴	3.0×10 ⁴	2.9×10 ⁴		4.2×10 ⁴
축 rpm		1~5	1단	1.74	1.75	1.71	1.83	1.87
			2단	1.17	1.12	1.17	1.12	1.12
			3단	0.56	0.60	0.58	0.65	0.59
날개: D/T ²⁾		0.50~0.75	1단	0.75			0.75	
			2단					
			3단					
패들 주변속도 ³⁾		15~80	1단	27.35	27.42	27.81	28.68	29.38
			2단	18.39	17.58	18.34	18.79	17.67
			3단	8.86	9.37	9.06	10.15	9.23
날개면적/플록형성지 단면적(%)		10~25%	1단	18.2			18.4	
			2단					
			3단					
G (sec-1)		50~10까지 점감식	1단	27.3	27.4	26.6	29.5	30.6
			2단	15.0	14.1	15.0	15.7	14.3
			3단	5.0	5.5	5.2	6.2	5.4
평균유량	G×t ⁴⁾	단별 총합 : 3×10 ⁴ ~ 2×10 ⁵	1단	2.4×10 ⁴	2.4×10 ⁴	2.3×10 ⁴	2.0×10 ⁴	2.1×10 ⁴
			2단	1.3×10 ⁴	1.2×10 ⁴	1.3×10 ⁴	1.0×10 ⁴	0.9×10 ⁴
			3단	0.4×10 ⁴	0.4×10 ⁴	0.4×10 ⁴	0.4×10 ⁴	0.3×10 ⁴
			합계	4.2×10 ⁴	4.2×10 ⁴	4.2×10 ⁴	3.5×10 ⁴	3.5×10 ⁴

주 1) S.Kawamura(정수시설의 종합설계와 유지관리) 권장기준, 패들주변속도는 상수도 시설기준

2) D : 교반날개의 직경, T : 플록형성지의 등가의 직경

3) 패들주변속도(m/s) = 패들주변속도(2 × π × rpm/60) × 날개 반지름(m)

4) G×t = 혼화강도(G, sec-1) × 반응조내 체류시간(t, sec)

5) 플록큐레이터 rpm 측정일 : 2009년 2월 18일

<표 5.2-41>

적정G값을 위한 축 rpm

수온(℃)	단	생활용수계통			공업용수계통		
		RPM	G	GT	RPM	G	GT
0	1단	2.8	50	4.5×104	2.9	50	3.5×104
	2단	2.0	30	2.7×104	1.9	30	2.1×104
	3단	0.9	10	9.0×103	0.9	10	7.0×103
	합			8.1×104			6.3×104
5	1단	2.6	50	4.5×104	2.6	50	3.5×104
	2단	1.9	30	2.7×104	1.8	30	2.1×104
	3단	0.9	10	8.9×103	0.9	10	7.0×103
	합			8.1×104			6.3×104
10	1단	2.4	50	4.5×104	2.5	50	3.5×104
	2단	1.7	30	2.7×104	1.8	30	2.1×104
	3단	0.8	10	9.0×103	0.8	10	7.0×103
	합			8.1×104			6.3×104
15	1단	2.3	50	4.5×104	2.4	50	3.5×104
	2단	1.6	30	2.7×104	1.7	30	2.1×104
	3단	0.8	10	9.0×103	0.8	10	7.0×103
	합			8.1×104			6.3×104
20	1단	2.2	50	4.5×104	2.3	50	3.5×104
	2단	1.6	30	2.7×104	1.6	30	2.1×104
	3단	0.8	10	8.9×103	0.8	10	7.0×103
	합			8.1×104			6.3×104
25	1단	2.2	50	4.5×104	2.2	50	3.5×104
	2단	1.6	30	2.7×104	1.5	30	2.1×104
	3단	0.7	10	8.9×103	0.7	10	7.0×103
	합			8.1×104			6.3×104
30	1단	2.1	50	4.5×104	2.1	50	3.5×104
	2단	1.5	30	2.7×104	1.5	30	2.1×104
	3단	0.7	10	8.9×103	0.7	10	7.0×103
	합			8.1×104			6.3×104

주) 평균유량, 다른 조건은 동일

③ 플록형성지 정류벽 검토

플록형성지로 유입된 혼화수는 유입정류벽을 거쳐 플록형성지 1단으로 유입되며, 플록형성지 각 단에 설치된 정류벽을 통해 유출된 응집수는 침전지 유입정류벽을 통해 침전지로 유입되고 있다.

정류벽의 개구비는 다소 과대하고, 통과유속이 적은 것으로 평가되었



다. 정류벽 개구비가 다소 과대하나 단락류의 우려가 있는 것으로 알려진 10%에 비해 적으므로 운영에 유의하고, 목표수질, 장래 원수수질 및 처리유량의 증가 등 종합적 검토를 통해 개구비 조정 시기를 결정 하도록 한다.

플록큐레이터 회전 방향이 현재 정→정→정 방향으로 운전되고 있으며, 응집효율 향상과 단락류 발생을 최소화하기 위하여 플록큐레이터 의 회전 방향을 정→역→정 방향으로 운전하는 것이 바람직하다.

<표 5.2-42> 플록형성지 정류벽 검토결과

구 분	구분		검토기준	평 가 ¹⁾
	생활용수 계통	공업용수 계통		
개구비(%)	5.6	5.7	○ Montgomery : 2~5% ○ 환경부 주관, ‘기존 정수장 효율향상기술(1999)’ 최적 제탁 효율 - 정류공 형태 : 3% - 도류구 형태 : 5~8%	다소 과대
총개구단면적(m²)	3.28	3.49		
수단면적(m²)	58.1	61.6		
통과유속 (m/초)	0.12	0.21	○ AWWA : 0.30~0.46m/초 ○ S.Kawamura : 0.35~0.55m/초 ○ Montgomery : 0.3m/초 이하	AWWA, S.Kawamura 기준보다 작으나, Montgomery 기준만족

주) 평가는 설계유량에 대해 수행. 설계유량은 계열별 시설용량에 대해 5% 여유를 가산하여 산정

라. 침전지

1) 시설 및 운영현황

연성정수장은 장방형의 횡류식 침전지로이며, 플록형성지와 구조적으로 일체 화 되어 있다. 유입정류벽이 있으며, 유출부는 V-Notch 형식으로 되어 있고, 수중 대차식 슬러지 수집기가 설치되어 있는 것으로 조사되었다.

밀도류 발생에 의해 유출부 벽면을 타고 부상하는 침전슬러지의 유입을 최소화 하기 위해 말단에서부터 생활 3.6m, 공업 3.75m를 폐쇄하여 운영하고 있다.

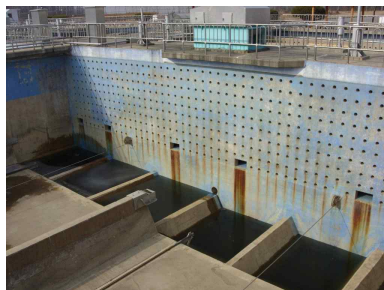
<표 5.2-43>

침전지 시설현황

구 분	현 황
규 격	-생활용수계통 : W 19.0m × L 60.0m × H 4.59m × 8지 -공업용수계통 : W 20.0m × L 60.0m × H 5.30m × 2지
유효용량	-생활용수계통 : 5,232.6m³/지 × 8지 = 41,860.8m³ -공업용수계통 : 6,360.0m³/지 × 2지 = 12,720.0m³
침전면적	-생활용수계통 : 1,140m²/지 × 8지 = 9,120m² -생활용수계통 : 1,200m²/지 × 2지 = 2,400m²
구조 및 부대시설	-형식 : 횡류식 침전지 -장방형 RC조 -유입정류벽 설치 -정류공 : 생활용수계통 D 100mm × 534개/지 공업용수계통 D 100mm × 564개/지 -슬러지 수집기 : 수중 대차식 -유출위어 : V-Notch 형 -총위어길이 : 생활용수계통 162.4m/지, 공업용수계통 167.4m/지 -위어선단길이 : 생활용수계통 26.4m/지(말단부 3.6m 폐쇄), 공업용수계통 25.75m/지(말단부 3.75m 폐쇄) -위어설치부 면적 : 생활용수계통 402.8m²/지, 공업용수계통 424.0m²/지



전경



유입부



유출부

<그림 5.2-34> 침전지

2) 기술진단 및 개선방안

① 수리적 설계인자 검토

침전지의 수리적 설계인자 검토결과, 생활용수계통은 설계유량기준에서 지내 흐름의 안정성에 대한 평가지표로 사용되는 Fr. No.를 제외하고는 시설기준을 모두 만족하는 것으로 평가되었다. 일반적으로 지내 흐름의 안정성은 중간도류벽의 설치로 침전지의 장폭비를 더 길게 만들어서 Fr. No.를 개선시킬 수 있으나, 연성정수장의 경우 도류벽 1개를 더 설치(6.8×10^{-7})하여도 기준(1.0×10^{-5} 이상)을 만족시키지 못하고, 현재의 다른 수리적 인자들이 적정값을 나타내고 있으므로 처리효율에 큰 영향은 없을 것으로 판단된다.

공업용수계통은 침투유량기준에서는 위어하부상승유속과 Fr. No.를 제외하고는 시설기준을 모두 만족하지만, 설계유량에서는 Re. No., 평균 지내 유속, 평균 표면부하율도 기준에 부족한 것으로 평가되었다. 현재, 공업용수량 부족시 생활용수계통에서 공업용수계통의 부족분을 보충하여 사용하고 있는 것으로 조사되었다.

응집침전지 #9~10지의 최대처리가능량인 $101,123\text{m}^3/\text{일}$ 을 감안하여, #9~10지의 처리유량을 $100,000\text{m}^3/\text{일}$ 로 수리적 설계인자를 검토한 결과 #1~10지 모두 위어하부상승유속과 Fr. No.를 제외하고는 시설기준을 모두 만족하는 것으로 평가되었다. 따라서 현재와 같이 생활용수계통에서 공업용수계통의 부족분을 보충하여 운영하여도 무방하다고 판단된다.

통합운전시 위어하부상승유속의 경우 생활용수계통은 설계유량에서 $93.8\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 로 기준을 초과하나 그 정도가 크지 않고 현재 최대 생산량에 대해서는 기준을 충분히 만족하므로 향후 생산량 변동을 고려하여 위어 길이 연장을 검토하여도 무방할 것으로 판단된다. 공업용수계통은 침투유량에서도 위어하부상승유속이 $102.9\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 로 기준을 초과하므로 위어하부상승유속을 만족하기 위해 위어선단길이를 28.5m 이상으로 연장하는 것이 바람직하다(폐쇄구간 미포함).

<표 5.2-44>

수리적 설계인자 검토결과

구분	설계인자	설계유량 ¹⁾	평균유량	첨두유량	기준	평가 ²⁾
생활 용수 계통	검토유량(m^3/d)	273,000	148,769	189,700	-	-
	평균 체류시간(hr)	3.68	6.75	5.30	1.5~3.3	적정
	평균 표면부하율($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)	29.93	16.31	20.8	21.6~43.2	적정
	평균 지내유속(m/min)	0.27	0.15	0.19	0.40 이하	적정
	위어월류부하율($\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{d}$)	210.1	114.5	146.0	350~400	적정
	위어하부상승유속($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)	84.7	46.2	58.9	58.6~87.9	적정
	Re. No.	13,863	7,555	9,633	20,000 이하	적정
	Fr. No.	6.8×10^{-7}	2.0×10^{-7}	3.3×10^{-7}	1.0×10^{-5} 이상	부적정
	길이/폭	3.2			3:1~8:1	적정
	유효수심(m)	4.6			3~5.5	적정
공업 용수 계통	검토유량(m^3/d)	129,150	57,866	87,300	-	-
	평균 체류시간(hr)	2.36	5.28	3.50	1.5~3.3	적정
	평균 표면부하율($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)	53.81	24.11	36.38	21.6~43.2	부적정
	평균 지내유속(m/min)	0.42	0.19	0.29	0.40 이하	부적정
	위어월류부하율($\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{d}$)	385.8	172.8	260.8	350~400	적정
	위어하부상승유속($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)	152.3	68.2	102.9	58.6~87.9	부적정
	Re. No.	24,159	10,824	16,330	20,000 이하	부적정
	Fr. No.	1.5×10^{-6}	2.9×10^{-7}	6.7×10^{-7}	1.0×10^{-5} 이상	부적정
	길이/폭	3.0			3:1~8:1	적정
	유효수심(m)	5.3			3~5.5	적정

주 1) 설계유량은 계열별 시설용량에 대해 5% 여유를 가산하여 산정

2) 평가는 설계유량에 대해 수행

3) S. Kawamura 설계기준

<표 5.2-45>

수리적 설계인자 검토결과(통합운영시)

구분	설계인자	#1~8지	평가	#9~10지	평가	기준
통합 운영시	검토유량(m^3/d)	302,150	-	100,000 ¹⁾	-	-
	평균 체류시간(hr)	3.33	적정	3.05	적정	1.5~3 ²⁾
	평균 표면부하율($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)	33.13	적정	41.67	적정	21.6~43.2
	평균 지내유속(m/min)	0.30	적정	0.33	적정	0.40 이하
	위어월류부하율($\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{d}$)	232.6	적정	298.7	적정	350~400
	위어하부상승유속($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)	93.8	부적정	117.9	부적정	58.6~87.9
	Re. No.	15,344	적정	18,706	적정	20,000 이하
	Fr. No.	8.3×10^{-7}	부적정	8.8×10^{-7}	부적정	1.0×10^{-5} 이상
	길이/폭	3.2	적정	3.0	적정	3:1~8:1
	유효수심(m)	4.6	적정	5.3	적정	3~5.5

주 1) 플록형성지 #9~10지의 최대생산량인 101,123 m^3/d 를 감안하여 100,00 m^3/d 로 설정

2) S. Kawamura 설계기준



② 정류벽 검토

침전지 유입정류벽의 개구비는 생활용수계통은 4.8%, 공업용수계통은 4.2%로 기준인 6%정도에 비해 부족하다. 그러나 손실수두 및 통과유속이 설계기준에 적정하므로 운영시 유의하고, 목표수질, 장래 원수수질 및 처리유량의 증가 등 종합적 검토를 통해 개구비 조정 시기를 결정하는 것이 바람직하다.

공업용수계통의 손실수두는 적정범위인 0.3~0.9mm를 초과하지만 S. Kawamura가 권장하는 플룩파괴방지를 위한 정류공 수두손실인 10mm이하이고, 공업용수로 사용되는 물이기 때문에 문제는 없을 것으로 평가되었다.

<표 5.2-46>

침전지 유입정류벽 검토

항 목	기 준	구 분		평 가 ⁴⁾
		생활용수계통	공업용수계통	
평균 개구비(%)	약 6 정도 ¹⁾	4.8	4.2	과소
최대 통과유속 (m/sec)	0.25이하 ²⁾ 0.21~0.30 ³⁾	0.09 (0.06)	0.17 (0.11)	적정
손실수두 (mm)	0.3~0.9 (10 이하) ²⁾	0.71 (0.31)	2.27 (1.04)	적정

주 1) 상수도시설기준(환경부, 2004), 2) S. Kawamura 권장기준, 3) AWWA 권장기준

4) 시설현황은 설계유량기준에서, 운영현황은 침투유량기준에서 평가함. 설계유량은 계절별 시설용량에 대해 5% 여유를 가산하여 산정.

5) () : 최대유량기준에서 검토한 결과임.

마. 급속여과지

1) 시설 및 운영현황

침전지 유출통합관로는 2개로 분기되어 5, 6단계 여과지로 유입되며, 여과지 유입관로에는 유량계 및 메인밸브가 설치되어 있지 않기 때문에 유량의 균등배분도 이루어지지 않고 있는 것으로 조사되었다. 유량균등배분과 유지관리성을 향상시키기 위하여, 밸브 및 유량계를 설치하는 것이 바람직하다.

모래단층여과재의 자연평형형 여과방식이며, 여과지는 지당 2Bed로 분리되어 있었으며, 하부집수장치는 스트레이너형이다. 역세척은 공기+물세척을 수행하고 있는 것으로 조사되었다.

각 계열 여과지 유입 및 유출에는 수직나팔관(월류)을 설치하여, 균등유입 및 자연평형형 유량제어가 이루어지도록 하고 있다.

<표 5.2-47>

여과지 시설현황

구 분	현 황
규 격	-W 8.0m × L 13.8m × 20지
여과면적	-110.4㎡/지 × 20지 = 2,208.0㎡
부대설비	-여과방식 : 자연평형형 -역세척방식 : 공기+물역세척 -여층구성 : 모래 106.1cm, 자갈층 35cm -하부집수장치 : 스트레이너형 -지별 탁도계 : 설치 -유입밸브, 유출밸브 설치



<그림 5.2-35> 여과지

2) 기술진단 및 개선방안

① 수리적 설계인자 검토

단층 모래여과지의 경우, 120~150m/일을 표준으로 하고 있다. 또한, S. Kawamura는 부하변동시 탁도 누출을 방지하기 위하여, 1지가 정지될 때 나머지 여과지가 추가 처리할 수 있는 수량을 35%를 초과하지 아니하고, 가능한 15~20% 이하로 하는 것을 권장하고 있다.

시설용량, 평균유량, 첨두유량을 검토대상 유량으로 여과속도를 검토한 결과, 시설용량 기준에서 123.6m/d로 시설기준을 만족하는 것으로 나타났다. 변동율은 5.3%로 조사되었다.

<표 5.2-48> 여과지 수리적 설계인자 검토결과

설계인자		시설용량	평균유량	첨두유량	기 준	평 가 ¹⁾
검 토 유량(m³/일)		273,000 ²⁾	148,769	189,700	-	-
여과속도(m/d)		123.64	67.38	85.91	120~150m/d ³⁾	적 정
1지 제외시	여과속도(m/d) ⁵⁾	130.15	70.92	90.44		
	여과속도 변동율(%) ⁶⁾	5.3			15~20 (35 미만) ⁴⁾	

주 1) 평가는 시설용량에 대해 수행
2) 설계유량은 시설용량 260,000m³/일(생활)에 5% 여유를 가산하여 산정함
3) 상수도시설기준(환경부, 2004), 4) S. Kawamura 권장기준
5) 1지 제외시 여과속도 : 부하변동시 탁도 누출을 방지하기 위하여 1지를 제외하고 운영할 경우
6) 여과속도 변동율(%) = (1지 제외시 여과속도 - 여과속도) × 100 / 여과속도

② 여과지 구조 검토

여과지 구조 검토결과, 면적, 장폭비, 여유고 모두 시설기준을 만족하는 것으로 나타났다.

<표 5.2-49> 여과지 구조 검토

설계인자	기준	현황	평가
면적(m²)	150 이하	110.4	적정
장폭비	5 이하	3.45	적정
여유고(cm)	30 이상	50	적정

③ 여층 깊이 및 입도 분석

여층 구성의 주요 인자는 유효경(de)으로 표시되는 여재의 입도와 여층의 깊이(L)인데, 상수도시설기준에서 일반적인 모래 단독 여과나 복층 여과의 경우 $L/de \geq 1,000$ 를 표준으로 한다. 단, 여과보조제로서 폴리머를 사용하지 않고, 여과수 탁도를 0.1NTU 이하로 유지해야하는 경우에는 L/de비는 15% 증가된 값을 사용하도록 하여야 한다.

세립자의 여재를 사용할수록 표면여과 경향이 강해져서 탁질억류량은 감소하며, Mud ball 생성이 되기 쉽고, 손실수두가 급속히 증가하여, 역세척

주기가 단축되는 단점이 있다. 반대로 조립질의 여재를 사용시에는 내부 여과의 경향이 강하므로, 여과층의 두께를 두껍게 하고 균등계수를 작게 한다면, 적은 손실수두로서 고속의 여과를 유지할 수 있다.

㉠ 여층 깊이

여층 깊이 분석을 위하여 여과지 #5-8지를 방수한 후 여과지를 적정하게 분할하여 위치별 깊이를 측정하였다.

측정결과, 약 103.0~110.5cm(평균 106.1cm, 편차 (-)3.6cm~(+3.9cm)로 나타났다.

<표 5.2-50> 여층깊이 분석결과

여과지 #No.		평균(cm)	최소(cm)	최대(cm)	최대 편차(cm)	
					(-)	(+)
#5-8지	좌	105.5	103.0	107.0	3.6	0.4
	우	106.6	104.0	110.5	2.6	3.9

유입
↓

좌		
105.0	105.0	106.5
106.0	105.5	105.0
106.0	104.5	105.0
106.0	103.0	105.0
105.0	106.0	107.0
105.5	104.0	106.0
105.5	106.0	107.0
106.0	106.5	106.5
105.0	104.5	106.0
105.5	104.5	106.0
105.0	105.5	106.5

유입
↓

우		
105.0	104.0	105.0
104.0	106.0	105.5
109.5	104.5	110.5
110.0	106.0	107.5
110.0	106.5	104.5
106.5	106.5	107.0
107.0	106.5	106.0
106.5	106.0	105.5
106.0	106.0	105.5
108.5	107.5	108.0
107.5	108.0	106.0

조작대

<그림 5.2-36> 여과지 여층깊이(#5-8지, 단위 : cm)

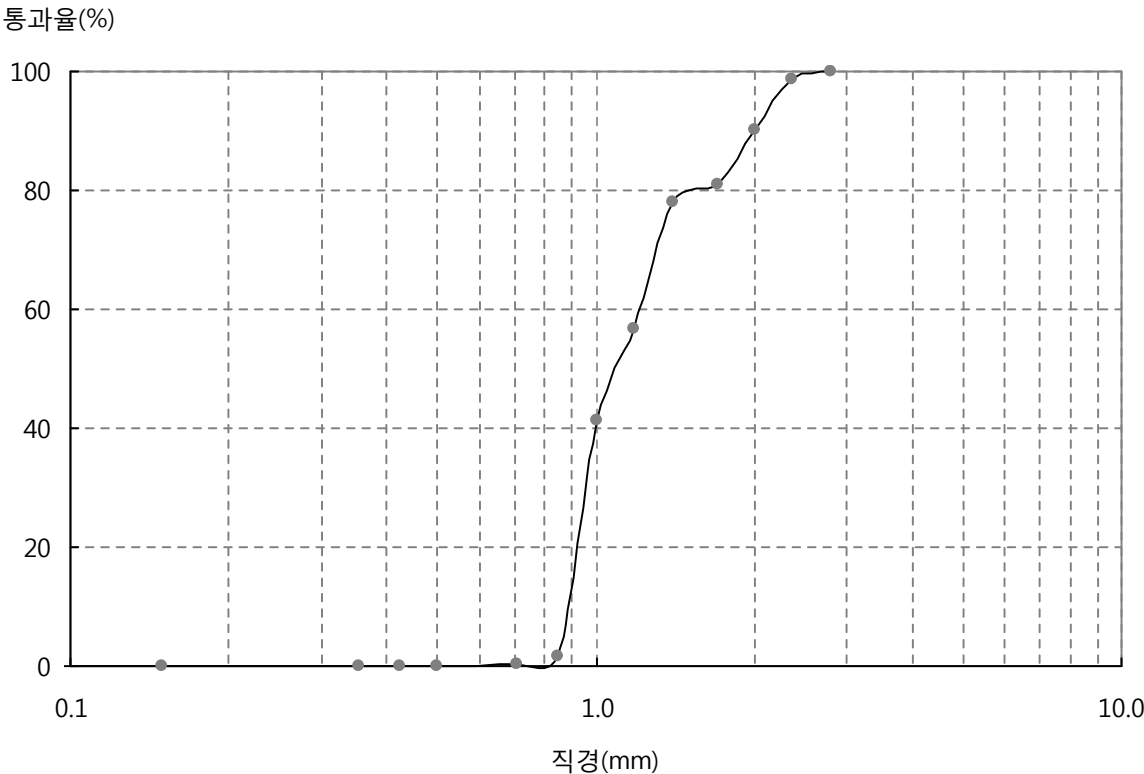
㉔ 여과사 입도 분석

균등계수, 비중, L/De비는 적정하고, 여과사의 유효경은 0.88mm으로 조사되었다. 입경 2.0mm 이상이 1.15%로 시설기준(1.0% 이하)에 다소 부적합하나 초과율이 미미하므로, 운영에 유의하고 향후 모래 교체시 적정 입도의 여재로 교체하는 것이 바람직하다.

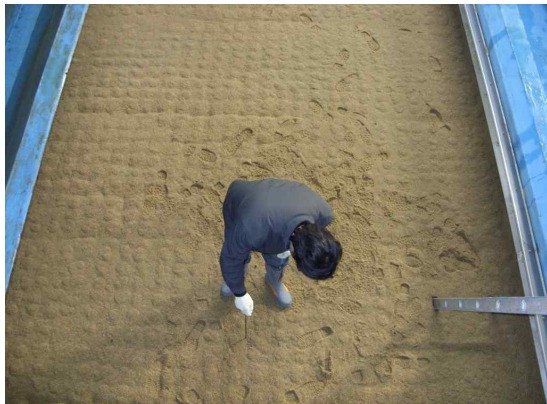
<표 5.2-51> 여과사 입도 분석결과

구분	상수도 시설기준	유효경 (mm)	최소경 (mm)	최대경 (mm)	균등계수	비중	L/de ²⁾
	모래	-	0.3 이상 ¹⁾	2.0 이하 ¹⁾	1.7 이하	2.55~2.65	1,000 이상
#5-8지 (전체)	분석결과	0.88	0.15	2.8	1.38	2.53	1,203
	검토	-	적합 <0.3mm : 0.02%	부적합 >2.0mm : 1.15%	적합	적합	적합

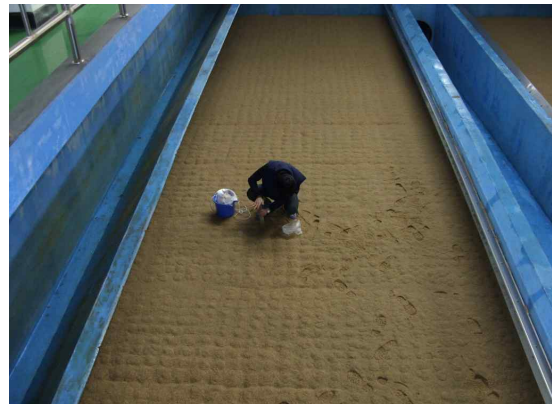
주 1) 최대경을 넘는 것 또는 최소경을 밑도는 것이 1% 이하일 것
2) L/de : 유효경(d10)에 대한 모래층 깊이의 비



<그림 5.2-37> 여과사 입경분포



여층깊이 측정



여층 깊이별 여과사 샘플 채취

<그림 5.2-38> 여과지 현장조사

④ 역세척 평가

적정하게 유지·관리되는 여과지는 Mud ball이 없이 깨끗하며, 적절한 양의 Floc 이나 응집제로 여과사가 덮여있는 숙성상태를 유지한다.

여과 공정을 최적화하기 위해서는 여과지의 상태를 규칙적으로 평가하여야 하며, 역세척 과정을 조절함으로써 최적의 여과지 상태를 유지할 수 있다.

역세척 과정의 효율성을 평가하기 위한 방법으로는 다음의 세가지가 있다.

첫째, 역세척 전후에 육안으로 여과지를 검사하는 방법, 둘째, 역세척 개시 후 시간에 따른 역세척수의 탁도를 측정하는 방법, 셋째, 역세척 전후에 여과사층의 각 깊이에서 사층을 채취하여 탁도를 측정하는 방법 등이다.

일반적으로 역세척 시기를 결정하는 것은 탁도, 수두손실, 여과지속시간이다. 여과지속시간은 유입수의 수질이 양호한 계절에는 길어지고, 유입수의 수질이 악화(특히 조류유입 등)에 의해 여과지의 폐색이 빨라지면 짧아지게 되는 특성을 보인다. 따라서 여과유입수의 수질과 관련하여 탁질 누출, 역세척 효율 등을 종합적으로 고려하여 여과지속시간 및 역세척시기를 결정하여야 한다.

그러나 여과지속시간이 너무 길어지면 여과지내 미생물의 성장이 우려되고 여과지 탁도 변화에도 여과속도의 변화에 따라 탁질누출 현상이 나타나므로 과도한 여과지속시간의 운영은 지양하여야 한다.

㉠ 역세척 전·후의 여재 탁질 조사

침전지에서 제거되지 못하고 유출된 탁도는, 여과지의 모래층을 통과하는 동안 모래입자에 의해 형성된 공극에 억류되어 제거된다. 이 때, 탁도의 여과지 침투깊이에 따라 표면여과와 내부여과로 구분되며, 표면여과는 여과지속시간을 짧게 하기 때문에 비경제적이므로 내부여과가 필요하다.

여과속도가 빠르고, 탁도에 의해 형성된 floc이 작을수록 탁도의 침투깊이가 깊어져서 내부여과가 되며, 내부여과가 되더라도 역세척 전 단계까지 탁질이 억류되지 못하고, 여층을 통과하는 breakthrough는 일어나지 않아야 하는 것이 필수적이다.

S. Kawamura에 의하면, 여과지 역세척 후 억류탁도가 30~60NTU이면 깨끗하고 숙성된 여층, 60~120NTU는 약간 오염된 여층(이상적이지는 않지만 염려할 필요는 없음), 120NTU 이상은 오염된 여층, 300NTU를 초과하는 경우 심각한 머드볼 문제가 있는 것으로 판단할 수 있다고 제안하였다. 심각한 오염이 이루어졌을 때는 여재를 교체하고 여재가 일정 정도 이상 오염되었다고 판단되면, 역세척 장치와 여과지 세척방법을 모두 재검토하여 변경하거나, 역세척 강도와 시간에 대해 조정하여 여과지가 최적상태에서 운영되도록 하여야 한다.

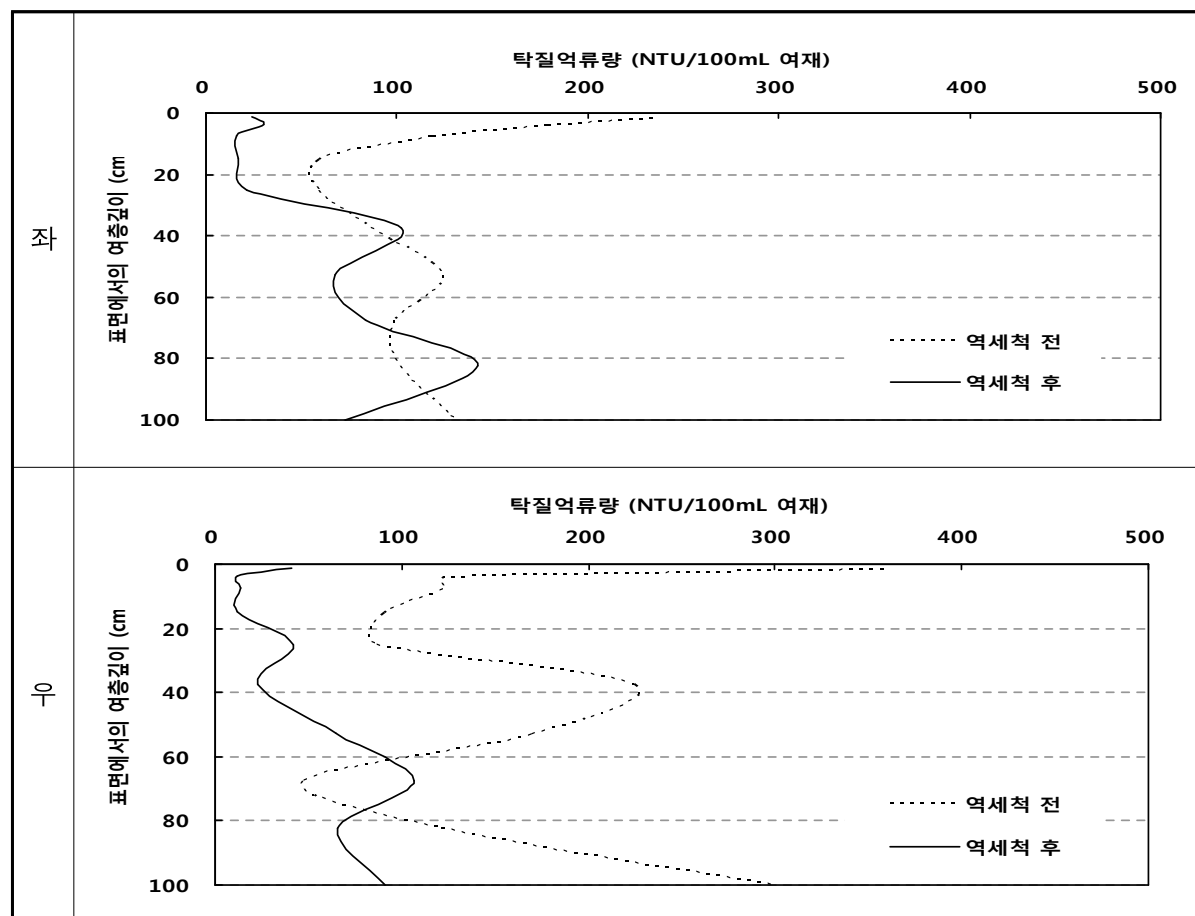
또한, 역세척 효율의 좋고 나쁨은 여과효과에 크게 영향을 미치므로, 여과층 전체가 균등하고 유효하게 세척될 수 있는 방식을 선정해야 한다. 균등하고 유효한 세척이란 여과층 전체표면과 여과층 전체깊이에 서 될수록 청정한 여재를 유지하는 것이다.

여과지 #5-8지에 대하여 여층 깊이별로 역세척 전·후의 여과사를 채취하여 탁질억류량을 조사한 결과, 주로 표면여과가 이루어지고 있는 것으로 조사되었으며, 역세척 전에 여재상층부에 억류되어 있던 탁질이 역세척을 통해 적정하게 제거되었다. 그러나 역세후에도 일부 여층은 100NTU 이상으로 '약간 오염된 여층'을 나타내고 있다.

<표 5.2-52>

역세척 전 · 후의 여과사 세척탁도

#5지 여층깊이 (cm)	NTU/여재 100mL			
	좌		우	
	역세척 전 탁도	역세척 후 탁도	역세척 전 탁도	역세척 후 탁도
0~2.5	234.0	24.0	358.0	41.4
2.5~5	178.6	30.4	123.4	11.5
5~10	118.4	15.8	122.0	13.3
10~20	58.8	16.7	90.4	11.7
20~30	59.0	21.2	86.4	42.2
30~45	86.0	102.2	224.0	22.8
45~60	123.6	67.4	169.0	64.8
60~75	97.6	83.6	46.8	107.0
75~90	101.2	142.6	121.4	65.6
90 이상	131.2	73.0	300.0	91.0



<그림 5.2-39> #5-8지의 역세척 전 · 후 여과사 세척탁도

㉠ 역세척 강도 검토

역세척 방식은 비팽창방식이며, 이론적으로 계산된 역세척 강도는 물 $0.24\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2$, 공기 $0.88\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2$ 으로 적정하다. 그러나 역세척 탁도 분석결과, 심층의 역류탁도배출이 불량하며 머드볼이 일부 관측되므로 역세강도 조정 및 역세척 시퀀스 변경(공기+물 역세척 시간, 물 역세척 시간 등)이 필요하다. 또한 역세척 시작 수위(월류벽에서 0.7m)가 과도하므로 시작수위를 사면 부근으로 조정하는 것이 바람직하다(월류벽으로 되어있는 수위계의 기준점을 여과사면으로 조정이 필요하다).

역세척시 일부 물이 솟구치는 현상이 관찰되었는데, 스트레이너에 대한 점검 및 보수가 필요할 것으로 판단된다.

<표 5.2-53>

여과지 역세척 속도 계산

구분		공기역세척	물역세척
펌프용량($\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{대}$)		49	13.5
대수		2	2
여과지 면적($\text{m}^2/\text{지}$)		110.4 m^2 (W 8.0m × L 13.8m)	
역세척 속도	시설기준	0.83~1.0 $\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2$ 1)	0.6~0.9 $\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2$
	운영현황	0.88 $\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2$	0.24 $\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2$

주 1) Degremont사의 Aquazur V Filters type 기준

㉡ 역세척 배출수 탁도 검토

역세척 배출수의 탁도를 측정함으로서 여층 내에 역류된 플록이 어느 정도 제거되는지의 효과여부를 평가할 수 있다.

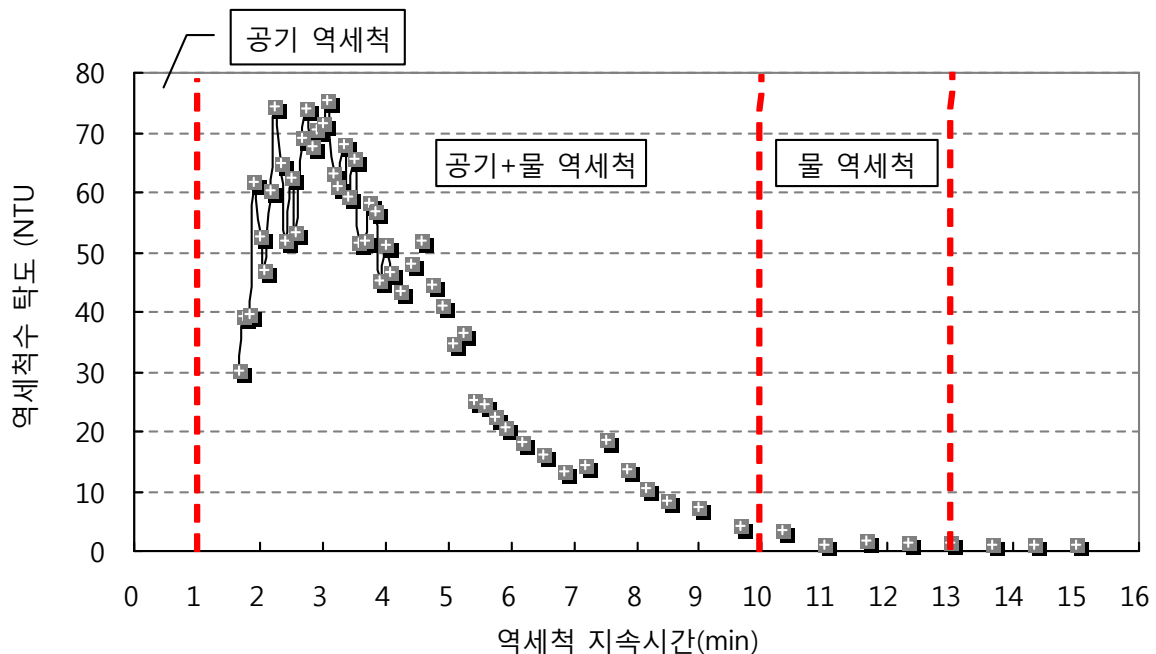
여과지의 세정효율과 최적 세정시간을 평가할 때 세정시간에 따라 작성되어진 세정배수탁도의 곡선이 중요한 평가방법으로 이용된다. 역세척수의 최고 탁도가 낮고 분포도 폭이 넓은 경우에는 역세척 효율이 낮고, 이와는 반대로 역세척수의 최고 탁도가 높고 분포도 폭이 좁은 경우에는 역세척효율이 높다.

병원성 미생물에 대한 대책으로 세척배출수의 최종탁도 관리가 대단히 중요하며, 일반적으로 역세척수의 탁도가 5~10NTU 이하가 되도록 하는 것이 바람직하다. 표면세척과 역세척이 적절하다면 여과지속시간이 짧아지거나 mud ball이 형성되는 현상을 최대한 방지할 수 있다.

역세척은 공기 역세척 1분을 수행한 후에, 공기와 물역세척을 동시에 9분간 수행하고, 물 단독 역세척 3분간 수행하고 있는 것으로 조사되었다. 역세척수가 트라프로 월류하기 시작한 후, 시간에 따라 월류벽으로 월류하는 역세척수 시료를 채취한 다음, 역세척 배출수의 탁도를 측정하였다.

월류벽으로 역세척 배출수의 월류가 시작되면서 약 3분 후에 75NTU로 최대값이 측정되었고, 약 8.5분후에 10NTU 이하로 감소되었으며, 약 15분 후에 약 1.08NTU로 역세척이 종료되었다.

기술진단 당시 역세척 시퀀스 검토결과, 공기+물 역세척 시간이 과도하므로, 공기+물 역세척 시간은 단축하고 물 단독 역세척 시간을 조정하여, 시퀀스 적정화할 필요가 있다.



<그림 5.2-40> #5-8지의 역세척 배출수 탁도

⑤ 여과지 단위면적당 여과수량(UFRV : Unit Filter Run Volume) 평가

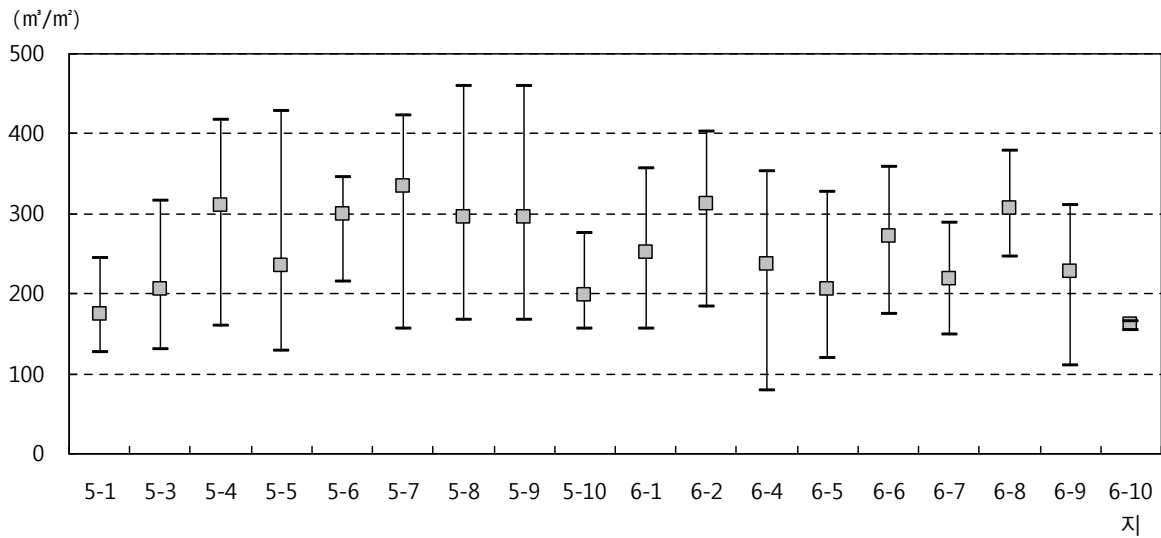
역세척 주기가 지별로 그리고 동일지내에서 차이가 크게 나타나고, 역세척 시기가 다소 이른 것으로 판단되므로 역세척주기를 적정화할 필요가 있다. 역세수량비는 여과수량에 대한 세정수량의 비율로, 일반적인 상태에서는 그 비율이 3% 이하이며, 2% 이하일 경우 대단히 양호하다고 간주된다. 또한, 5%를 초과하면 여과지의 상태는 좋지 않다고 판단된다. 적절하게 운전되고 있는 여과지의 세정수 비율은 겨울철에는 2.5~3.0% 정도이지만, 여름철에는 1.5~2.0%를 넘지 않도록 운영하는 것이 일반적이다. 연성정수장의 역세수량비는 평균 1.9%(최소 0.9%, 최대 5.1%) 정도로 나타나 적정한 것으로 평가되었다.

<표 5.2-54>

UFRV 검토 결과

구분	여과량(m³)			여과지속시간(일)			UFRV(m³/m²)		
	평균	최대	최소	평균	최대	최소	평균	최대	최소
5-1	19,219	26,916	13,951	2.5	3.6	1.9	174.1	243.8	126.4
5-2	휴지								
5-3	22,758	34,880	14,497	2.9	4.5	1.8	206.1	315.9	131.3
5-4	34,320	46,138	17,624	4.4	6.0	2.2	310.9	417.9	159.6
5-5	26,029	47,217	14,118	3.4	6.2	1.8	235.8	427.7	127.9
5-6	32,999	38,084	23,741	4.3	5.0	3.4	298.9	345.0	215.0
5-7	36,944	46,726	17,316	4.7	6.0	2.3	334.6	423.2	156.9
5-8	32,579	50,782	18,409	3.9	6.5	2.0	295.1	460.0	166.7
5-9	32,579	50,782	18,409	3.9	6.5	2.0	295.1	460.0	166.7
5-10	21,911	30,432	17,272	2.8	4.0	2.2	198.5	275.7	156.5
6-1	27,824	39,338	17,221	3.6	5.2	2.2	252.0	356.3	156.0
6-2	34,549	44,484	20,348	4.5	5.8	2.7	312.9	402.9	184.3
6-3	휴지								
6-4	26,204	39,058	8,820	3.3	4.7	1.2	237.4	353.8	79.9
6-5	22,642	36,058	13,117	2.9	4.6	1.7	205.1	326.6	118.8
6-6	30,059	39,615	19,326	3.9	5.1	2.5	272.3	358.8	175.1
6-7	24,241	31,764	16,395	3.1	4.1	2.4	219.6	287.7	148.5
6-8	33,814	41,885	27,235	3.9	5.4	1.0	306.3	379.4	246.7
6-9	25,116	34,301	12,137	3.2	4.4	1.5	227.5	310.7	109.9
6-10	17,800	18,228	17,018	3.4	5.1	2.2	161.2	165.1	154.1

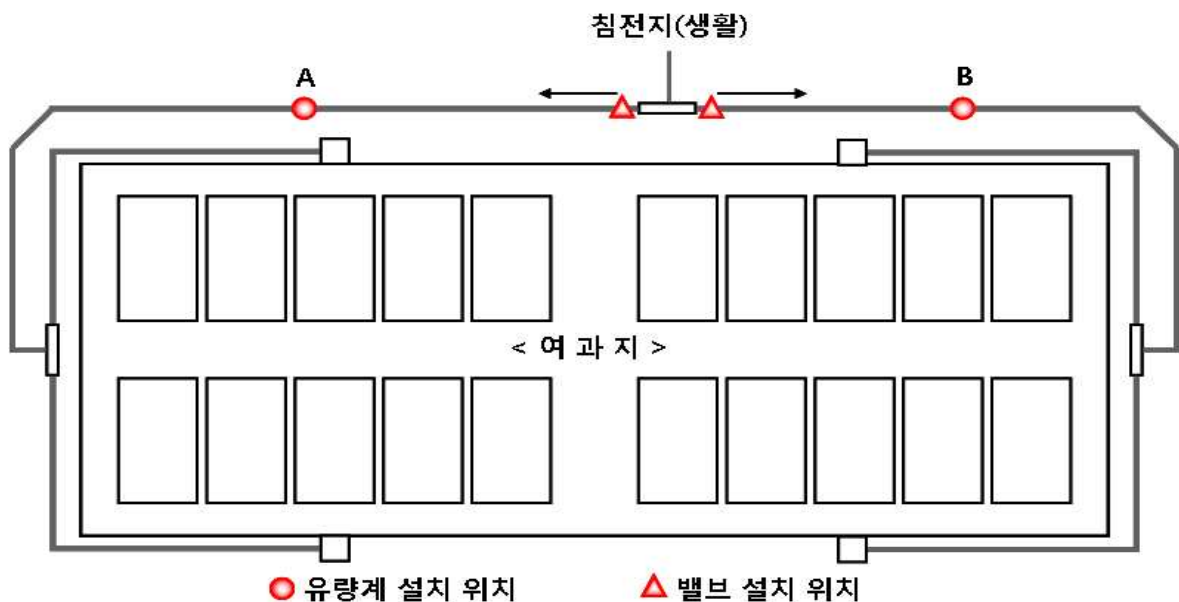
- 주 1) 역세척 주기 및 지별 여과유량은 2008년 8월의 일간 운영자료를 기준으로 검토함
 2) 단위면적당 여과수량(UFRV, m³/m²) = 여과속도(m³/m² · 분) × 여과지속시간(분)
 3) 평가기준 : ① 600m³/m² 이상 : 매우 양호, ② 400m³/m² 초과 : 양호
 ③ 200m³/m² 이하 : 불량(여과지속시간이 너무 짧음)
 4) 역세수량비 : 평균 2.4%, 최소 0.5%, 최대 9.1% (적정운전시 : 겨울 2.5~3%, 여름 1.5~2%)



<그림 5.2-41> 지별 UFRV

⑥ 기타 기술진단

단계별로 유량이 균등하게 분배되지 않는 것으로 조사되었다. 유량균등 배분과 유지관리성을 향상시키기 위하여, 밸브설치 위치에 밸브를 설치하고, 그림과 같이 A지점과 B지점 중 최소 한 곳에 유량계를 설치하는 것이 유량을 균등하게 배분하기 위해 바람직하다.



<그림 5.2-42> 유량계 및 밸브 설치 위치

바. 소독공정

1) 시설 및 운영현황

정수지는 정수량과 송수량의 변동을 조절 · 완화하고, 염소접촉지로서의 기능도 함께 가지고 있다. 상수도시설기준에 의하면, 정수지의 염소접촉조 부분은 *Giardia*를 불활성화하기 위하여 1mg/L의 유리잔류염소일 때 최소 30분의 순접촉시간을 가져야 하며, 용량은 침두수요대처용량 및 소독접촉시간용량을 고려하여 최소 2시간분 이상을 표준으로 하고 있다.

생활용수계통의 정수지는 2지로 총 유효용량은 12,720m³이며, 도류벽은 설치되어 있다. 공업용수계통의 정수지도 2지이며, 총 유효용량은 6,280m³이고, 도류벽은 설치되어있지 않은 것으로 조사되었다.

생활용수계통은 정수지 전단 염소접촉조에서 후염소를 주입하고 있으며, 공업용수계통은 후염소를 주입하고 있지 않다.

<표 5.2-55>

정수지 시설현황

구 분		현 황	비 고
규 격		-생활용수계통 : W26.5m × L40.0m × H6.0 × 2지 -공업용수계통 : W19.75m × L26.5m × H6.0 × 2지	
용 량		-생활용수계통 : 12,720.0m ³ -공업용수계통 : 6,280.5m ³	
부대설비	생활용수계통	-도류벽 : 있음. -장폭비환산계수 : 0.40(장폭비 12.1) -소독제 : 염소접촉지 주입, 액화염소(농도비례자동주입),	
	공업용수계통	-도류벽 : 미설치 -소독제 : 미주입	



정수지 전경



염소주입기



Water champ

<그림 5.2-43> 정수지 및 염소주입설비

2) 기술진단 및 개선방안

① 수리적 설계인자 검토

정수지의 유효용량은 시설용량 기준에서 생활용수계통 1.17hr, 공업용수계통 1.23hr로 시설기준에서 권고하는 2.0hr분을 만족하지 못하는 것으로 나타났다.

<표 5.2-56> 정수지 수리적 설계인자 검토결과

구분	설계인자	시설용량	평균유량	첨두유량	기 준	평 가 ¹⁾
생활용수계통	검토유량(m³/일)	260,000	134,287	179,444	-	-
	유효용량(hr)	1.17	2.27	1.7	2 hr 이상	부 족
공업용수계통	검토유량(m³/일)	123,000	80,554	128,500	-	-
	유효용량(hr)	1.23	1.87	1.17	2 hr 이상	부 족

주) 평가는 시설용량에 대해 수행

② 소독능 평가

소독능 분석결과, 정수지에서는 수질 및 운영최악조건에서 불활성화비는 0.051로 정수처리기준을 만족시키지 못하는 것으로 평가되었다. 따라서 목내배수지와 목내배수지까지의 송수관로에 대해 한국상하수도협회에서 추가소독능을 인증 받아 운영하고 있다. 연성정수장의 배수지는 선부 배수지, 목내 배수지, 성곡 배수지, 대부 배수지 등 총 4개소로 구성되어 있으며, 이를 포함하여 추가소독능을 평가할 경우 각 배수지 계통의 최대유입 유량에 대해 소독능 만족이 가능하므로 실제 운영 소독능은 만족한 것으로 평가되었다.

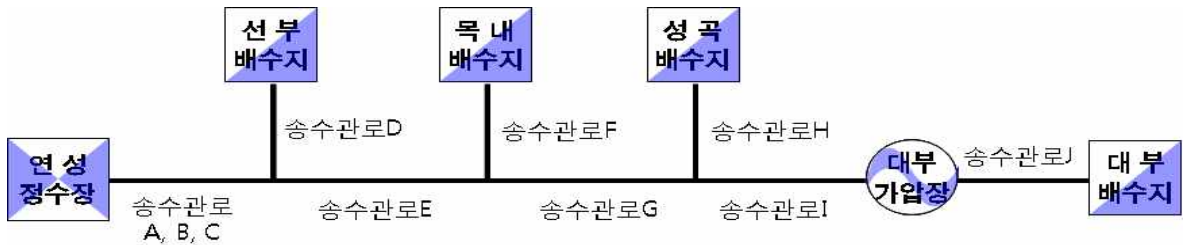
<표 5.2-57> 소독능 분석(*Giardia* Cyst.)

구분		소독요구 log 제거율	요구CT (mg/L · 분)	계산 CT (mg/L · 분)	불활성화 비	전체 log 제거율	최대처리 가능유량 (㎥/일)
최악조건 ¹⁾		0.5	45.3	2.31	0.051	2.52	13,243
추가 소독능 포함 ²⁾	선부	0.5	45.3	58.88	1.300	3.15	76,724
	목내(인중)	0.5	45.3	71.23	1.572	3.29	41,430
	성곡	0.5	45.3	82.05	1.811	3.41	41,818
	대부	0.5	45.3	745.48	16.457	10.73	125,852

주 1) 수질자료는 2006~2008년, 최소 수온 0.5℃, 최대 pH 8.1, 최소 잔류염소농도 0.49mg/L를 적용하였으며, 유량은 시설용량, 최소 운영수위비는 0.16을 적용함(최소수위 0.13m는 특이값으로 제외하고 0.98m를 최소수위로 적용함).

2) 추가소독능 : 운영수위비는 각 배수지의 최소 운영수위비 선부(0.13), 목내(0.32), 성곡(0.23), 대부(0.14)를 적용함. 그 외 조건은 최악조건과 동일하게 적용함.

송수관로A : D 1.2 × L 3,751	송수관로B : D 1.1 × L 1,415	송수관로C : D 1.2 × L 561
송수관로D : D 1.0 × L 780	송수관로E : D 0.8 × L 2,060	송수관로F : D 0.6 × L 1,050
송수관로G : D 0.7 × L 1,850	송수관로H : D 0.7 × L 380	송수관로I : D 0.6 × L 20,652
송수관로J : D 0.5 × L 7,550		



사. 소요사업비

구분	개량계획	개량시설	소요예산
여과지 유입배관	• 여과지지 지별 유입유량을 균등화하기 위하여 유량계 및 제어밸브설치	• 밸브 및 밸브실(2개소) • 유량계 및 유량계실(2개소)	• 80,000,000원 • 140,000,000원