

1. 서론

정수장에서 소독공정이라 함은 병원성 미생물제거에 일차적인 목적이 있다. 소독은 물속의 병원성 미생물류에 의한 질병을 일으키지 않는 정도까지 제거한다는 면에서 병원균을 완전히 사멸시키는 멸균과는 구별된다. 소독의 최종목적은 수인성 미생물을 불활성화시켜 안전한 물을 마실 수 있도록 하는데 있다.

정수처리공정에서 응집·침전 이전의 소독공정을 전 염소처리(Pre-chlorination)라 하며, 침전 후 여과지 유입전의 소독공정을 중간염소처리(Intermediate-chlorination), 여과수나 정수지유입부에서의 소독을 후 염소처리(Post-chlorination)라하며, 배급수 공급과정의 소독의 잔류효과 증진을 위한 소독을 재염소처리(Re-chlorination)라 한다.

소독제로는 액체염소, 차아염소산나트륨(갈륨), 이산화염소, 오존, UV 등이 있지만 대량생산으로 공급이 용이하고 가격이 저렴한 액체염소를 대부분의 정수장에 사용하고 있으며, 오존이나 UV를 채택하고 있는 공정에서

정수장에서의 소독능 개선사례

글 김재식 _ 서울특별시 암사정수사업소



도 소독의 잔류효과를 얻기 위하여 최종적으로 염소를 주입하여 공급하기도 한다.

염소 소독의 많은 장점에도 불구하고 1970년대는 염소 소독부산물에 대한 영향이 문제화되었으며 1980년대 이후에는 바이러스와 원생동물의 병원성미생물이 논란의 대상이 되었다.

특히 원생동물의 경우에는 두터운 각질(角質)로 인하여 염소 소독에 높은 내성이 있다는 보고와 미국을 비롯한 영국, 일본 등에서 집단감염이 발생됨에 따라 적절한 소독기준을 긴급히 요구하게 되었다.

이에 미국에서는 병원성미생물에 대한 오염을 제어하기 위하여 지표수처리법(Surface Water Treatment Rule, SWTR, 1989)을 제정하여 여과수 탁도기준과 수중의 병원성미생물에 의한 수인성질병으로부터 안전성을 확보하고, 건강을 보호하기 위하여 소독능에 대한 CT값 개념을 최초로 도입하여 크립토스포리디움을 비롯한 병원성미생물에 대한 소독규정을 정립하게 되었다.

국내에서는 1998년 수돗물에서의 바이러스 검출논쟁을 비롯하여 최근 10여 년 동안 크고 작은 병원성미생물에 대한 언론보도 등으로 국민적 관심이 고조된 바도 있지만, 2000년 이전까지 바이러스나 지아디아 등과 같은 병원성미생물에 대한 제거기준이 거의 없는 실정이었다. 이에 환경부에서는 정수처리에 관한 기준(2002년 7월 5일)을 제정하여 2002년 8월 1일부터 바이러스에 대한 정수처리기준을 시행하고, 2004년 7월 1일부터는 지아디아(Giardia)처리기준적용을 예고하고 있는 실정이다. 따라서 서울특별시 암사정수사업소에서는 2004년부터 시행되는 『정수처리에 관한기준(환경부고시 제2002-106호)』에 대비하여 이를 준수할 수 있도록 최악조건인 원수의 암모니아성질소 유입시의 잔류염소 제어 등 저수온, 고평H, 기타 균일하지 아니한 가동률 등의 열악한 상황에서도 충분한 소독능을 확보할 수 있도록 관련시설을 개량하고 운전효율을 높이는 등 염소의 내성이 강한 지아디아 포낭을 대상으로 소독능 관리현황과 시설진단을 통한 염소소독관련시설개량 및 최적운영 사례를 소개하고자 한다.

2. 시설운영 현황

(1) 소독능 평가조건과 기준

소독능의 평가방법은 수온이 낮을수록 소독능 요구값이 급격히 증가하는 동절기 최악의 수질조건인 최저수온, 최저잔류염소, 최저 정수지 운영수위, 최고pH, 최대통과유량 등에서 불활성화율의 만족여부를 평가하고 개선방향을 제시하여 연중 지아디아

포낭의 안정성을 확보하고자 하였다.

또한 서울시의 지아디아 포낭에 대한 기본방향이 정수지에서 불활성비를 1 이상 유지하고, 관로 및 배수지에서 추가 소독능 인증을 획득함으로써 2 이상을 유지하는 것을 목표로 하고 있다. 따라서 전 염소에 의한 CT값의 산정은 고려하지 않았으며, 정수지 이후 공급과정에서의 추가 소독능의 인증을 추진하고 있으나 본 내용은 정수지 시설을 주된 내용으로 논하였다.

그리고 암사정수장은 급속여과방식을 채택하고 있고, 여과수가 매일 4시간 간격으로 6회 실험한 결과 탁도의 95% 이상이 0.08NTU 이하의 매우 안정되고 양호한 탁도를 현재 유지하고 있다. 따라서 소독능의 평가기준은 표 1)에 나타낸 환경부의 지아디아 포낭의 정수처리기준인 99.9%(3Log)에서 여과공정에 의해 제거를 인정하는 99.68% (2.5Log) 을 빼고, 소독공정에서 요구하는 68.38%(0.5Log)를 불활성화 기준으로 설정하였다.

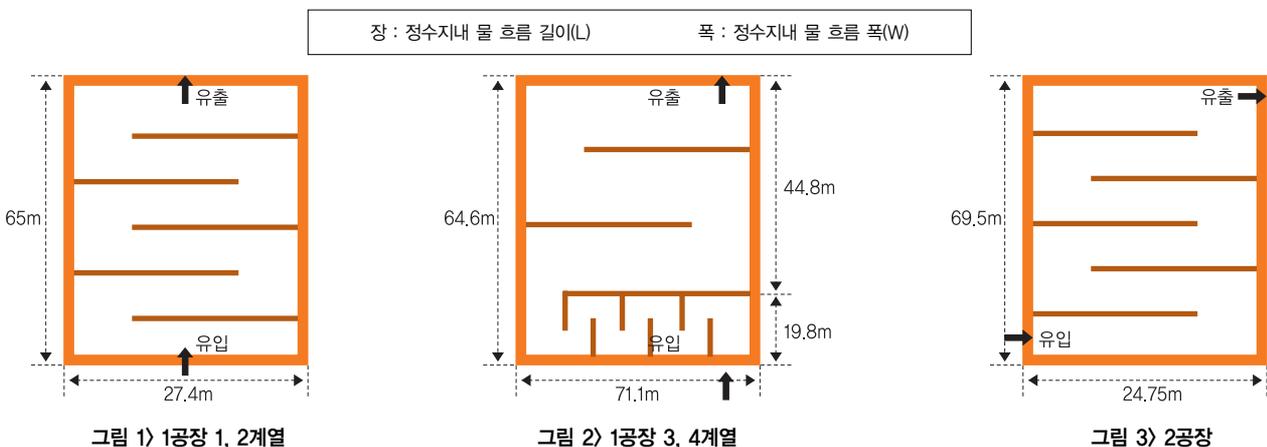
표 1)에서 지아디아 포낭만을 기준으로 목표를 설정한 것은 지아디아 포낭의 불활성화에 요구되는 CTreq값이 바이러스 불활성화에 요구되는 CTreq값보다 훨씬 클 뿐만 아니라, 전체공정에서 6Log 이상의 바이러스 불활성화율을 유지하고 있기 때문이다.

(2) 정수지 구조와 장폭비 현황

정수지의 물리적 구조특성에 따라 정수 내에서의 사수부(Dead Zone), 흐름유형(Plug-flow, Mixed-flow), 단락류(Short Circuiting) 등에 영향을 줌으로서 소독능에 많은 영향을 준다. 그 영향인자로는 장폭비, 도류벽형태, 유입·유출의 도류벽 조

여과방식	불활성화 기준	여과공정에 의한 제거율	소독에서 요구되는 불활성률
급속여과방식	99.9%(3Log)	99.68%(2.5Log)	68.38%(0.5Log)

표 1) 지아디아 포낭에 대한 불활성비 제거기준



건 등이 있다.

정수지 구조의 물리적 특성인 접촉시간의 환산계수인 장폭비의 현황을 살펴보면 앞 페이지의 그림 1~3)과 같다.

그림 1)의 1공장(1, 2 계열)정수지의 장폭비 환산계수

- 장 : $27.4\text{m} \times 6 = 164.4$
- 폭 : $65\text{m} \div 6 = 10.8$
- 장폭비 : $164.4 / 10.8 = 15.2$
- 환산계수 : 0.5

그림 2)의 1공장(3, 4 계열)정수지의 장폭비 환산계수

- 장폭비 : $19.8\text{m} \times 7 / (71.1\text{m} \div 7)$
 $+ (71.1 \times 3) / (44.8 \div 3) = 14.3 + 13.7 = 28.0$
- 환산계수 : 0.6

그림 3)의 2공장 정수지의 장폭비 환산계수

- 장 : $24.75\text{m} \times 6 = 148.5$
- 폭 : $69.5\text{m} \div 6 = 11.6$
- 장폭비 : $148.5 / 11.58 = 12.8$
- 환산계수 : 0.4

그리고 정수지 시설 및 동절기의 운영현황은 아래의 표 2)와 같다.

(3) 송수잔류염소 운영현황

원수의 암모니아성질소 농도 증가시 전처리 및 후염소처리의 어려움으로 2003년 3월 시설개선 전까지 송수잔류염소의 편차는 표 3)에 나타난 바와 같이 과대하게 발생되었다.

이러한 잔류염소 편차 발생의 주요원인은 첫째 염소주입시설용량이 충분하지 아니하여 농도 높은 암모니아성질소의 원수가 유입할 경우 전처리 염소의 파괴점 처리가 미흡하며, 둘째로 염소

공 장	내 용	시설용량 (m³/d)	원수유량 (m³/h)		정수지 체적(m³)	평균 체류시간(hr)	정수지염소 투입지점	도류벽설치 (개수/지)
			Max	Ave				
1 공 장	1, 2단계	130만m³/d	Max	20,855	65×55×5.9×2池 (42,185)	2.42		가로(5)
			Min	13,487				
			Ave	17,433				
	3, 4단계		Max	21,761	64.6×71×5.9×2池 (54,122)	2.94		가로(3) 세로(6)
			Min	14,771				
			Ave	18,419				
2공장	30만m³/d	Max	10,900	24.5×69.5×5.3×2池 (18,049)	1.83		가로(5~6)	
		Min	8,400					
		Ave	9,865					

표 2) 정수처리 시설 및 동절기 운영현황

구 분		암 사					
		1, 2단계	평 균	3, 4단계	평 균	2공장	평 균
2001 (1~12)	최대최소편차	0.66~1.11	0.89	0.57~1.25	0.87	0.61~1.10	0.89
	차이값	±0.23		±0.34		±0.24	
2002 (1~12)	최대최소편차	0.72~1.26	0.99	0.78~1.36	1.03	0.61~1.27	0.95
	차이값	±0.27		±0.29		±0.33	
2003 (1~3.31)	최대최소편차	0.73~1.29	1.02	0.68~1.57	1.10	0.63~1.41	0.99
	차이값	±0.28		±0.44		±0.39	

* 자료는 매월 첫째 주 수요일의 월간 최소·최대평균 편차값 임
 * 목표값 1,2단계 0.95±0.1, 3,4단계 및 2공장 0.90±0.1

표 3) 2001년~2003년 3월까지 잔류염소 편차현황 (단위 : mg/L)

주입시설 및 정수지에서의 염소혼화 불 균일 현상이 발생되며, 셋째로 염소주입지점은 정수지 유입관지이나 송수잔류염소 계측지점은 송수관로 계측에서 제어까지의 제어지체시간이 길고 유량과 잔류염소결과치에 의한 단순 Feed Back제어만 하고 있어 잔류편차, 진동, 시간수렴보상효율이 미흡하며, 넷째로 염소 혼화방식이 디퓨제에 의한 단순혼화방식으로 순간혼화효율이 미흡한 실정이었다.

기타 취송수량의 일일시간별 분균일, 여과수량의 계열별 통합분배 등 구조적인 유량의 불균일한 분배로 인한 순간적인 주입농도의 오차발생요인 등이 있는 시설로 운영되었다.

(4) 최악조건의 소독능 평가

정수처리기준 시행(2004년 7월 1일)에 대비하여 연중 안정적인 지아디아 포낭에 대한 기준 준수를 위하여 소독능 요구값 (CTreq)이 급격히 커지는 동절기의 영향인자에 대한 수질 운영 현황자료는 아래의 표 4)과 같다.

표 4)의 동절기 수질자료를 참고하여 바이러스와 지아디아의 최대, 평균조건(잔류염소, 수온, pH, 정수지 통과유량 및 수심)을 적용하여 소독능을 평가한 결과는 표 5)와 같고, 이 결과를 토대

로 문제점을 도출하여 정수지의 시설 및 운영개선방향을 모색하고자 하였다.

아래의 표 5)의 소독능 평가결과에서 바이러스의 불활성비는 매우 안전한 처리결과를 보이고 있으나, 지아디아의 경우 동절기 월간 수질 최악조건으로 운영할 경우 기준을 초과할 수도 있어 소독능 제고 대책마련이 시급한 것으로 나타났다.

이에 소독능에 영향을 미치는 수질인자 중의 수온, pH를 제외하고, 대책수립이 가능한 영향인자와 시설 및 운영인자들을 중심으로 정수처리기준 시행에 대비하여 시설보수 및 운영관리에 관한 개선대책을 마련하고자 하였다.

3. 소독능 개선내용

정수장의 시설여건을 고려한 소독능 개선대책으로 선택한 내용은 『잔류염소농도의 안정적 관리시스템 정비, 도류벽 추가설치, 정수지 가용수위조절 및 정수지 잔류염소 하한치 설정 등 정수장 운영방법 개선을 통한 소독능 확보방안』 등과 향후 추진과제로서 이론적인 접촉시간의 검증과 실제 체류시간의 산출을 위한 정수지 추적자(Tracer)실험을 계획하였다.

(기간 : 2002년1~2월, 2003년 1월)

영향인자 공장(계열)	잔류염소 (mg/L)			수 온 (°C)			pH			유 량 (m³/hr)			정수지 수심 (m)		
	Max	Min	Ave	Max	Min	Ave	Max	Min	Ave	Max	Min	Ave	Max	Min	Ave
1, 2계열	1.1	0.55	0.8	6.6	0.4	3.4	7.3	6.8	7.1	20,855 (가동률 77%)	13,487	17,433	4.6	3.9	4.1
3, 4계열	1.0	0.55	0.8	6.6	0.4	3.4	7.3	6.8	7.1	21,761 (가동률 80%)	14,771	18,419	4.6	3.9	4.1
2공장	1.1	0.55	0.8	6.6	0.4	3.4	7.3	6.9	7.1	10,900 (가동률 87.2%)	8,400	9,865	5.2	3.9	4.3

표 4) 동절기 수질현황

공장(계열)	평가	바이러스(Virus)		지아디아(Giardia)	
		불활성비(환경부 기준)		불활성비(환경부 기준)	
		Max	Ave	Max	Ave
1공장	1,2계열	13.4	4.9	2.0	0.72
	3,4계열	17.1	9.8	2.6	1.13
2공장		9.3	4.2	1.4	0.68

표 5) 동절기 수질 최악조건에서 소독능 평가결과

(1) 시설개선

① 염소투입능력 확장

제 1, 2공장의 전·중·후 염소처리 시설인 염소투입기 및 기화기 등 관련시설을 표 6)과 같이 대폭 확장설치 하였다.

② 염소주입 급속혼화시설 설치

기존의 디퓨저 방식에 의한 후 염소주입시설을 그림 4) ~ 그림 5)와 같이 순간급속혼화분사형주입시설로 교체하였다.

③ 염소접촉조 및 도류벽추가설치

정수지 유입부의 염소접촉조 및 정수지내 도류벽을 표 7)과 같

이 추가 설치하여 장폭비를 증대시켜 유효산정인수를 높인다.

④ PID형 잔류염소 제어시스템 설치

(a) 전처리염소

원수취수의 도수관로상 약 2분 및 10분 도달 지점에서 연속시료 채수 및 잔류염소 계측에 의한 PID형 제어시스템을 오른쪽 페이지의 그림 6)의 전처리 잔류염소제어 블록선도와 같이 제어프로그램을 개선 설치한다.



그림 4) 디퓨저형 주입시설



그림 5) 급속혼화분사형 주입시설

구 분	제1공장		제2공장		비 고
	개선 전	개선 후	개선 전	개선 후	
전처리	3.08	9~12	2.2	9~12	PPM
후처리	2.2	3.5	2.2	3.0	

표 6) 염소투입시설용량 현황

구 분	제1공장				제2공장			
	1, 2계열		3, 4계열		U1		U2	
	도류벽	환산계수	도류벽	환산계수	도류벽	환산계수	도류벽	환산계수
개선 전	5	0.5	3	0.6	6	0.4	5	0.4
개선 후	11	0.8	5	0.8	12	0.8	13	0.8

표 7) 정수지의 도류벽 추가설치 및 환산계수 내용

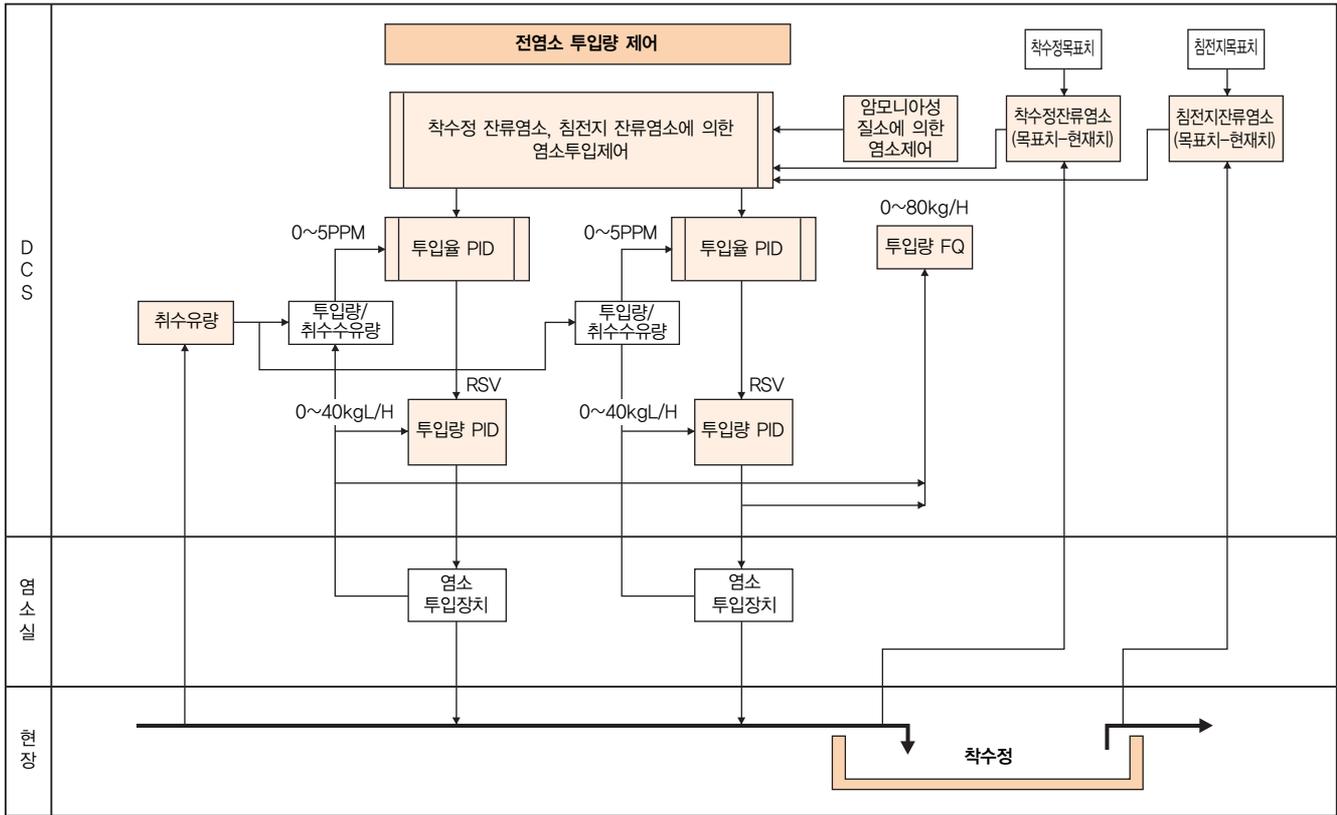


그림 6) 전염소처리 잔류염소 PID제어 블록선도

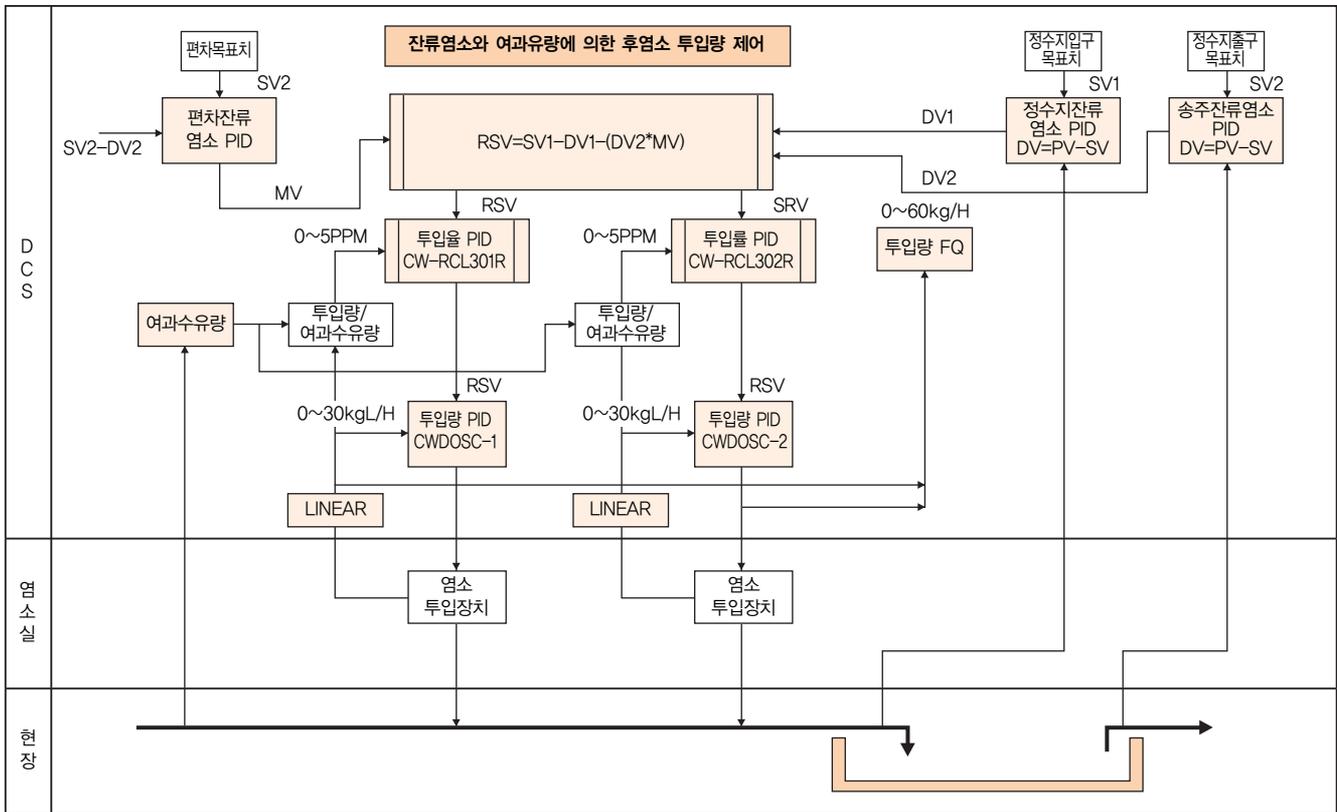


그림 7) 후 염소처리 잔류염소 PID제어 블록선도

(b) 후처리 염소

기존의 송수관로 시료채수 계측값과 유량비례에 의한 단순 Feed Back 제어방식에서 정수지 유입부의 시료채수 계측잔류 염소값과 송수잔류염소값에 의한 P형제어, I형제어, D형제어방식을 조합한 PID형 자동제어시스템을 앞 페이지의 그림 7)과 같이 후 염소처리 잔류염소 제어프로그램을 개선하여 설치하였다.

(2) 소독능 관련공정 최적운영

침전 및 여과공정의 수질관리목표를 침전상징수 1NTU 이하, 여

구 분	불 활 성 화 비		
	합 계	정수지	추가소독능
1, 2계열	3.02	1.22	1.8
3, 4계열	7.78	1.58	6.2
2공장	3.54	1.14	2.4

* 송수잔류염소의 목표값 설정운영 동절기 0.95±0.1의 최악조건인 0.85로 산출
* 수온 0.5℃, 정수지 최저수위 3.9미터

표 8) 총 불활성화비 현황

과수는 0.1NTU 이하 95% 이상 만족 및 입자수는 2 μ m 이상으로 100개/ml 이하 95% 이상만족토록 운영하여 전처리공정의 지아디아 소독능 목표 2.5Log를 안정적으로 달성하도록 하며, 나머지 0.5Log는 소독공정에서 제거 되도록 다음과 같이 불활성화비 목표를 설정 운영하였다.

서울시는 바이러스 및 원생동물 소독능의 안정적인 확보로 시민에게 안전하게 급수하기위하여 표 8)의 총 불활성화비 내용과 같이 운영할 수 있도록 하였다.

또한 바이러스 및 지아디아 소독능 자동연산프로그램을 설치하여 소독능 값을 Real Time으로 운영하여 상황에 따라 소독능의 불활성화비가 1 이하가 예상될 경우는 아래와 같은 운영의 모든 조건을 탄력적 대응운전하여 소독능의 불활성화비가 항상 1 이상 만족할 수 있도록 운영시스템을 구축한다.

- ① 필요시 잔류염소 상향조정(0.85~1.1mg/l)
- ② 정수지 수위 상향 운전(3.9m~5.0m)
- ③ 생산피크시간대 순간 가동률 감소조정 등 실시
- ④ 필요시 인근 정수장 생산량 증량에 의한 정수장간 연동운전 등 실시

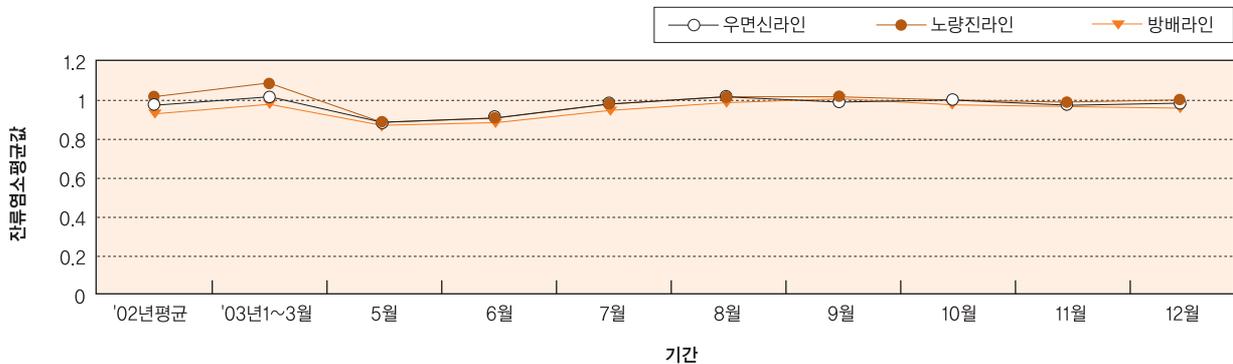


그림 8) 개선전·후 목표잔류염소변화

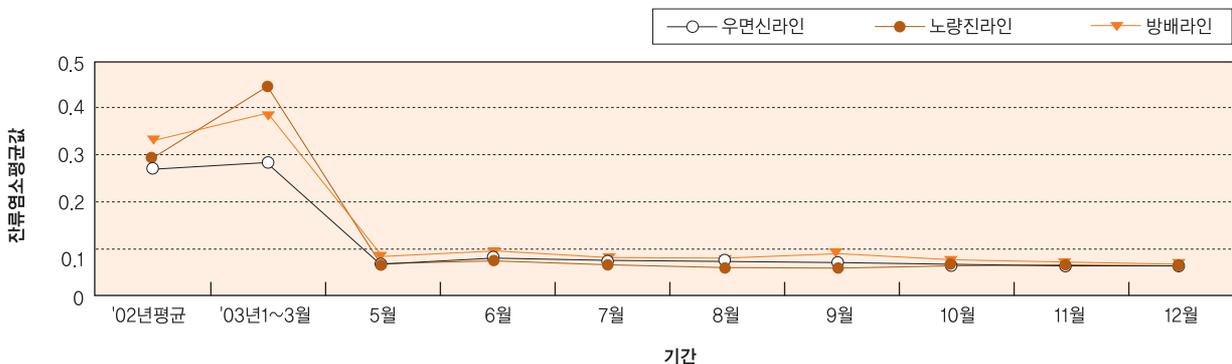


그림 9) 개선전·후 송수잔류염소편차변화

4. 개선결과

(1) 안정적 송수잔류염소 유지

① 목표잔류염소 변화분석

암사정수사업소의 목표잔류염소 운영값 내역은 '03년 1~3월은 1.0±0.1, '03년 5~6월은 0.9±0.1, '03년 7~10월은 1.0±0.1, '03년 11~12월은 0.95±0.1로 운영하고 있었으며, 염소관련시설 개선전의 목표잔류염소 평균값은 우면산라인은 1.02, 노량진라인은 0.91, 제2공장은 0.93으로 우면산과 노량진과의 편차는 0.11로 10%정도 차이가 나는 심한 기복현상을 나타냈으나 염소관련시설의 개선된 후의 '03년 5월~12월까지의 목표잔류염소 평균값은 그림 8)과 같이 우면산은 0.961, 노량진은 0.971, 2공장은 0.965로 송수라인별로 0.3%의 미미한 차이를 나타나는 아주 양호한 목표잔류염소값을 유지하여 송수할 수 있었다.

② 최대·최소 편차값 변화분석

염소관련시설 개선전인 2002년도의 잔류염소 최대·최소 편차는 제1공장의 우면산라인은 ±0.27, 노량진라인은 ±0.29, 제2공장(방배라인)은 ±0.33으로 나타나 이는 서울시의 목표잔류염소 편차값 허용범위인 ±0.1값에 비하여 송수잔류염소 편차가 상당히 심하게 나타났다.

특히, 동절기 '02년 12월부터 '03년 3월까지의 왕숙천의 수질의 영향을 집중적으로 받는 기간동안의 잔류염소 최대·최소 편차는 제1공장의 우면산라인은 ±0.28, 노량진라인은 ±0.44, 제2공장(방배라인)은 ±0.39로 나타나 목표잔류염소 편차값이 년 중 가장 높게 나타나 수질관리에 많은 고충이 있었으나, 염소관련시설이 개선된 후의 2003년 5월부터 12월까지의 잔류염소 최대·최소편차는 그림 9)와 같이 제1공장의 우면산라인은 ±0.067, 노량진라인은 ±0.063, 제2공장(방배라인)은 ±0.080으로 나타나 이는 목표잔류염소 편차값 허용범위인 ±0.1값보다 낮게 송수잔류염소 공급편차가 안정되어 정수장의 목표잔류염

소값을 99% 이상 만족하여 안정적으로 공급할 수 있는 시스템이 구축되었다.

(2) 도류벽 및 운영조건 개선

일반적으로 정수장에서 소독능 개선을 위해서 가장 기본적이고 효과적인 시설 개선방법으로 도류벽을 추가하여 장폭비(L/W)를 크게 함으로써 환산계수에 의한 접촉시간을 증가시키는 방법을 적용한다.

동절기 최악 운영조건(최대 정수지 통과유량)에서 도류벽의 추가설치 전·후에 기대되는 접촉시간의 증가효과를 평가하고자, 모든 정수지의 장폭비를 0.80로 목표값을 설정하여 개선 전·후의 효과를 비교해 보았으며, 그 결과는 표 9)와 같다.

표 9)를 토대로 도류벽 추가설치에 따른 실질적인 소독능을 비교 평가하기 위하여 최근 동절기 수질 최악조건(2003년 1월)자료인 표 10)을 이용하여 시설변경후의 소독능의 개선효과를 비교 하였으며, 결과는 표 11)와 같이 나타났다.

표 5)와 같이 개선전에는 잔류염소를 동절기 목표값(0.85±0.1 mg/L)으로 하고 월간 수질 최악조건으로 운영할 경우, 현재 정수지 시설로는 1공장(3,4단계)를 제외하고, 월간 수질 최악조건에서는 지아디아 포낭에 대한 정수처리기준에 대부분 부적합한 것으로 나타났다. 다만 정수처리기준이 일일 최악조건으로 매일 평가하기 때문에 부적합한 기간은 극히 한정된 기간일 것으로 판단된다.

그러나 도류벽을 추가하여 장폭비 환산계수를 0.80로 하고 목표잔류염소값(0.85±0.1) 수준으로 운영하면 월간 수질 최악조건에서도 정수처리기준을 만족시킬 수 있는 것으로 나타났다.

그리고 정수지의 목표잔류염소를 최대한 안정되게 유지하되 잔류염소의 하한치를 공장별 정수지 여건에 맞게 설정하여 운영해야 할 것으로 나타났다. 표 11)의 결과에서 도류벽 추가 후에 지아디아 포낭의 정수지에서의 불활성화비 목표값 1 이상을 준수

항 목		설 치 전			설 치 후		
		체류시간(min)	장폭비(L/W)	환산 체류시간	체류시간(min)	장폭비(L/W)	환산 체류시간
1공장	1, 2계열	80.2	0.5	40.1	80.2	0.80	64.2
	3, 4계열	98.6	0.6	59.2			98.6
2공장		73.1	0.4	29.2	73.1		58.5

표 9) 도류벽 추가설치에 따른 접촉시간의 개선효과 비교

하기 위한 공장별 잔류염소의 하한치는 「1공장(1, 2계열) 0.69mg/L 이상, 1공장(3, 4계열) 0.52mg/L 이상, 2공장 0.73mg/L 이상」으로 정수지 여건에 맞게 운영해야 하는 것으로 나타났다. 만약 돌발적인 상황으로 정수지의 소독능이 1 이하가 예상될 경우

는 소독관련공정의 최적인영내용과 같이 소독능값의 실상황 운전체제로 돌입하여 운영 제 조건을 탄력적으로 운전하면 안정적으로 정수처리기준에 적합하게 운영할 수 있을 것으로 판단된다.

영향인자		잔류염소(mg/L)	수 온(°C)		pH	유 량(m³/hr)	정수지수심(m)		정수지면 (m²)	적체류시간 (min)	장폭비 변경값
			Min	Max			Min	Max			
1 공장	1, 2계열	1.0±0.1	0.4	7.3	20,855(77.0% 가동률)	3.9 이상	7,150	80.2	9173.2	98.6	0.80
	3, 4계열		0.4	7.3							
2공장		0.85±0.1	0.4	7.3	10,900(87.2% 가동률)	3.9 이상	3405.5	73.1			

* 조건

1. 수온, pH는 2003.1월 6회/일 이상 측정된 "월간 최악 수질조건" 적용
2. 정수지 유량은 2003.1월 기준으로 "월간 운영 최대값"을 적용
3. 정수지 수심은 "월간 운영 최저값"을 적용
4. 변경 장폭비는 현재 시설변경 가능한 값으로써 변경값 이상은 투자비용에 비해 효과 상승이 미약할 수도 있다고 판단함
5. 잔류염소목표값은 추가 소독능을 인종받기 전까지는 소독능값 상황에 따라 가변적으로 운영예정임

표 10) 동절기 최악 수질조건 및 도류벽 설치후의 목표값

내 용		평 가 결 과						판 정(환경부)
		가상 잔류염소 농도 운영값(mg/L)	CT계산값		CT이론값	불활성비(CT계산값/CT이론값)		
			변경전	변경후		변경전	변경후	
1 공장	1, 2계열	1.05	38.8	62.0	42.25	0.92	1.47	적 합
		0.95	35.1	56.1	41.75	0.84	1.34	적 합
		0.85	31.4	50.2	41.25	0.76	1.22	적 합
		0.75	27.7	44.3	40.75	0.68	1.09	적 합
		0.69	25.5	40.8	40.25	0.63	1.01	적 합
		0.65	24.0	38.4	40.25	0.60	0.95	부적합
	3, 4계열	1.05	60.5	80.7	42.25	1.43	1.91	적 합
		0.95	54.7	73.0	41.75	1.31	1.75	적 합
		0.85	49.0	65.3	41.25	1.19	1.58	적 합
		0.75	43.2	57.6	40.75	1.06	1.41	적 합
		0.65	37.5	49.9	40.25	0.93	1.24	적 합
		0.52	30.0	39.9	40.0	0.75	1.00	적 합
2공장	1.05	36.4	58.2	42.25	0.86	1.38	적 합	
	0.95	32.9	52.7	41.75	0.79	1.26	적 합	
	0.85	29.5	47.1	41.25	0.72	1.14	적 합	
	0.75	26.0	41.6	40.75	0.64	1.02	적 합	
	0.73	20.4	40.9	40.75	0.50	1.0	적 합	

* 조건

1. CT계산값 = 정수지의 잔류염소농도(mg/L) × 이론 접촉시간(min)
2. 이론 접촉시간(min) = (정수지사용용량/시간당최대통과유량) × 환산계수
3. 정수지 수심은 "월간 운영 최저수심(3.9m)"을 적용
4. 수온은 2003. 1. 6회/일 이상 측정된 "월간 최저값"을 적용
5. 정수지 유량, pH는 2003. 1. 기준으로 운영한 "월간 최대값"을 적용

표 11) 도류벽 설치후 수질 및 운영 최악조건(0.5°C 이하)에서 소독능 평가결과

5. 결론

염소관련시설 및 잔류염소제어프로그램 및 시스템 개량에 따른 소독공정을 개선하여 운영한바 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

(1) 원수의 암모니아성질소 유입농도가 불균일한 경우 불안정한 송수잔류염소가 발생하는 현상을 개선하기 위하여 시설을 개량하여 운영한바 목표잔류염소값의 ± 0.1 이내로 99% 이상 안정되게 유지할 수 있었다.

- ① 염소주입시설능력을 최대 15ppm까지 주입할 수 있는 시설을 확보함으로써 전염소처리의 파괴점 처리가 가능하여 잔류염소 안정화에 기여하였다.
- ② 후염소주입시설을 기존의 디퓨저 방식에서 급속산화분사형 주입시설로 개량하여 염소의 순간산화효율을 높이어 혼화 후 1분 유하지점인 정수지 유입전에서 잔류염소계측에 의한 제어를 안정되게 할 수 있었다.
- ③ 원수취수의 도수관로상 약 2분 및 10분 도달지점에서 연속 시료채취 잔류염소 계측에 의한 전처리 PID제어시스템 실시로 잔류염소 제어를 보다 안정적으로 유지할 수 있었다.
- ④ 후염소처리 잔류염소 제어방식을 정수지 유입전 잔류염소값과 정수지에서의 잔여반응 및 자연 소모되는 변화값을 감안한 PID자동제어방식을 도입하여 송수잔류염소를 목표값 대비 ± 0.1 이내로 99% 이상 안정되게 운영할 수 있었다.

(2) 정수지에 도류벽을 추가 설치하여 전체 정수지의 장폭비에 의한 환산계수를 0.8로 시설을 보완하고 잔류염소 목표값으로 안정되게 운영한다면 동절기 최악의 조건에서도 정수처리기준에 적합하게 운영할 수 있을 것으로 판단된다.

(3) 동절기(0.5℃)의 지아디아 포낭에 대한 정수처리기준 준수를 위해서 도류벽 추가설치 이후에도 공장별 정수지의 잔류염소하한값을 1공장 1, 2계열(우면산라인) 0.69ppm, 3, 4계열(노량진라인)은 0.52ppm, 2공장(방배라인)은 0.73ppm 이상으로 운영하여야 할 것으로 나타났다.

(4) 소독전처리 공정의 수질관리 목표로 침전상징수 탁도를 1NTU 이하(장마기간 2NTU 이하) 여과수 탁도는 0.1NTU 이하 95% 이상 만족 및 입자수(2 μ m 이상) 100개/ml 이하 95% 이상 만족되어 지아디아 소독능 2.5Log가 안정적으로 달성할 수 있었다.

(5) 향후, 바이러스 및 지아디아의 소독능 자동연산프로그램을 서울 Water Now에 설치하여 소독능값을 Real Time으로 운영하여 상황에 따라 불활성화비가 1 이하로 예상될 경우 다음과 같은 제 영향인자를 탄력적으로 조정 운전하여 정수장에서의 불활성화비값이 항상 1 이상 만족할 수 있는 시스템을 구축하였다.

- ① 필요시 송수잔류염소 탄력적 조정운전 : 평상시 0.95ppm \pm 0.1, 탄력운전 0.85~1.1ppm)
- ② 정수지 수위 상향운전 : 동절기 평상시 최저수위 3.9미터 이상유지, 유사시 최대 5.0미터 까지 탄력적으로 운전
- ③ 동절기 생산피크 시간대 순간 가동률 감소조정 운전과 필요시 인근 정수장간 연동운전 등 실시

(6) 서울시 암사정수사업소는 정수지의 소독능값과 향후 배급수시설(송수관로와 1차배수지까지)의 추가 소독능을 인증 받으면 동절기 취약시기의 지아디아의 불활성화비는 우면산라인(1공장 1, 2계열) 3.02, 노량진라인(1공장 3, 4계열) 7.78, 방배라인(2공장)은 3.54로 나타나 미생물류로부터의 안정성을 확보할 수 있는 것으로 나타났다. ☺