

목 차



I. 노로바이러스(Norovirus)	1
1. 특징	1
2. 환경 저항성	2
3. 노로바이러스 감염	2
II. 지하수의 노로바이러스 오염	3
1. 지하수 오염 경로	3
2. 노로바이러스 감염 경로	4
III. 지하수의 노로바이러스 안전관리	5
1. 지하수 관리	5
1.1. 음용수	5
1.2. 비음용수	6
2. 오염예방 및 사전대비	7
3. 노로바이러스로 인한 식중독 예방	8
IV. 지하수에서의 노로바이러스 처리	9
1. 노로바이러스 처리방법 종류	9
2. 노로바이러스 처리방법별 효율 평가	9
3. 처리방법별 소독능 유지 및 관리 편의성 평가	10
4. 처리방법별 경제성 평가	11
5. 처리방법별 경제성 및 효율성 종합 평가	11

V. 지하수 중 노로바이러스 관리매뉴얼	13
1. 노로바이러스 제거 방법	13
1.1. 염소 소독	13
1.1.1. 개요	13
1.1.2. 염소 소독 원리	15
1.1.3. 염소 소독 방법	17
1.1.4. 염소 소독 장치	27
1.1.5. 염소 소독 체계도	29
1.1.6. 유지관리 방법	30
1.2. 오존 소독	31
1.2.1. 개요	31
1.2.2. 오존 소독 원리	32
1.2.3. 오존 소독 방법	33
1.2.4. 오존 발생 장치	38
1.2.5. 오존 소독 체계도	39
1.2.6. 유지관리 방법	40
1.3. 자외선 소독	41
1.3.1. 개요	41
1.3.2. 자외선 소독 원리	42
1.3.3. 자외선 소독 방법	44
1.3.4. 자외선 소독 체계도	50
1.3.5. 유지관리 방법	51
1.4. 양전하 필터 여과	52
1.4.1. 개요	52
1.4.2. 양전하 필터 여과 원리	54

1.4.3. 양전하 필터 여과 분석 및 장치	55
1.4.4. 양전하 필터 여과 사용 체계도	58
1.4.5. 유지관리 방법	59
2. 노로바이러스 제거효율 향상을 위한 복합처리시스템	60
2.1. 복합처리시스템 선정	60
2.2. 복합처리시스템 구성	61
2.2.1. 지하수 수질이 양호한 경우	61
2.2.2. 지하수 수질 오염이 낮은 경우	62
2.2.3. 지하수 수질 오염이 높은 경우	63
부 록	65
1. 노로바이러스 표준분석 방법	67
1.1. 농축·탈리	67
1.2. 유전자 분석	71
1.3. 감염성 분석	76
2. 노로바이러스 실험 결과	82
2.1. 염소 소독	82
2.2. 오존 소독	84
2.3. 자외선 소독	85
2.4. 양전하 필터 여과	87
3. 노로바이러스 조사기관	89
용어 해설	91
참고문헌	109

표 목 차



표 1. 처리방법별 노로바이러스 제거율	10
표 2. 처리방법별 효율성 및 관리 편의성 비교	11
표 3. 처리방법별 경제성 비교	12
표 4. 염소 소독의 장·단점	13
표 5. 염소 소독을 통한 미생물의 C·T ₉₉ 값	14
표 6. 염소가스 반응식	15
표 7. 차아염소산나트륨 반응식	16
표 8. 차아염소산칼슘 반응식	16
표 9. 차아염소산나트륨 설계기준	18
표 10. 주입기 방식 종류(예시)	22
표 11. 염소교반장치	23
표 12. 확산방식 종류(예시)	25
표 13. 자동염소투입기 종류(예시)	27
표 14. 잔류염소측정기 종류(예시)	28
표 15. 오존 소독의 장·단점	31
표 16. 오존 소독을 통한 미생물의 C·T ₉₉ 값	32
표 17. 물속에서 오존의 분해 반응식	33
표 18. 원수 특성에 따른 오존 주입지점 선정(정수장의 경우) ...	34
표 19. 오존 산기관 종류(예시)	36
표 20. 오존발생장치 종류(예시)	38
표 21. 자외선 소독의 장·단점	42
표 22. 불활성화를 위한 자외선 조사량	44
표 23. 자외선 강도 측정 장치(예시)	45

표 24. 램프의 종류별 특성 비교 46

표 25. 자외선 소독공정에서 입자성 물질의 영향인자 및 특성 48

표 26. 자외선 설계시 고려할 사항 49

표 27. 양전하필터 여과의 장·단점 53

표 28. 양전하 필터의 종류 및 특성(예시) 56

표 29. 양전하 필터 및 하우스징 장치(예시) 57

그림목차



그림 1. 노로바이러스 전자현미경 사진	1
그림 2. 지하수 오염 경로	3
그림 3. 노로바이러스 감염 경로	4
그림 4. 염소 소독 체계도	29
그림 5. 오존 소독 체계도	39
그림 6. 자외선 영역 및 미생물의 불활성 메카니즘	43
그림 7. 살균에 영향을 미치는 자외선 조사 범위	43
그림 8. 자외선 소독 체계도	50
그림 9. 양전하 필터 전자현미경 사진	53
그림 10. 양전하 필터 스펙트럼	54
그림 11. 양전하 필터 여과 중 virus가 흡착, 분리되는 원리	55
그림 12. 양전하 필터 여과 사용 체계도	58
그림 13. 복합제어시스템의 구성	61

I. 노로바이러스(Norovirus)

1. 특징

- 유아에서 성인까지 다양한 연령층에 감염성 위장염을 일으킬 수 있음
 - 주로 겨울철에 발생하는 선진국형 질환임
 - 최근 5년간 매년 증가추세에 있으며, 가을철 이후 급증함
- 형태학적으로는 직경이 약 27 ~ 40nm의 구형 바이러스
 - 일반적으로 노로바이러스에 대한 항체는 인체에서 흔히 발견됨
 - 노로바이러스에 대한 면역학적 저항성은 나타나지 않는 것으로 알려져 있음
- 250 여종의 다양한 유전자형을 가지고 있으며, 일반적으로 알려져 있는 유전자형(Genogroup)은 G I -GV로 분류됨
 - 주로 G I 과 G II, GIV가 사람에게 감염을 일으킴
- 현재까지 노로바이러스에 대한 항바이러스제가 없는 상태이며, 일반적인 대증요법으로 치료하고 있음

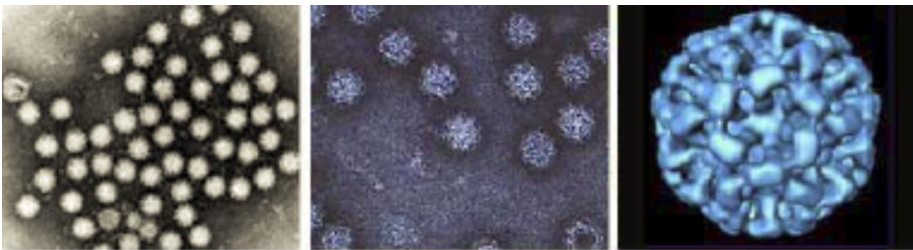


그림 1. 노로바이러스 전자현미경 사진

2. 환경 저항성

- 크기가 작고 100개 미만의 적은 입자수로도 감염이 가능 함
- 일반적으로 40일 정도 생존하는 것으로 알려져 있으며, 60℃의 단시간 가열 시에도 생존 가능
 - 냉동·냉장 온도에서도 수개월에서 수년까지 그 감염력이 유지되는 특성을 가지고 있음
 - 노로바이러스는 실온에서 pH 2.7에 3시간 동안 노출시키거나, 20%의 에테르로 4℃에서 18시간 처리 후에도 그 감염력이 유지 됨
- 낮은 pH 3 ~ 4에서도 생존력을 유지하는 등 환경에 대한 저항성이 매우 큼

3. 노로바이러스 감염

- 분변-구강경로를 통하는 수인성 바이러스로 주로 오염된 물이나 음식에 의해 감염 됨
 - 전염력이 매우 강해 사람-사람간의 접촉에 의해 쉽게 전파 됨
- 사람의 장에 감염되어 설사나 구토 등의 증상을 나타내며 일반적으로 경미한 증상을 보이나 간혹 병원치료가 필요할 정도로 심한경우도 발생 함
 - 잠복기 : 24 ~ 48시간
 - 발병 1 ~ 3일 이내 자연 치유가 됨
 - 주요 증상 : 오심, 구토, 설사, 복통, 두통, 발열, 근육통
- 감염자의 40 ~ 70 %가 발병하며, 식중독 세균보다 감염과 전염 속도가 빠름
- 증상이 나타나면 보건소 등 의료기관에 신고하고 환자와의 접촉을 피해야 사람과 사람간의 2차 감염을 예방할 수 있음

II. 지하수의 노로바이러스 오염

1. 지하수 오염 경로

- 감염된 환자의 분변 및 구토물에 포함된 노로바이러스가 다시 환경으로 배출되어 하천 및 지하수가 오염되는 경우
- 비가 올 때 땅 위의 오염물질이 지하수 배관 등을 타고 스며드는 경우
- 주변 정화조나 간이화장실에 균열이 생겨 오염물질이 새어나온 경우
- 주변의 하수관이나 오수관이 파손되어 오염물질이 지하로 스며드는 경우
- 지하수 깊이가 너무 낮아 지상의 오염물질에 쉽게 노출될 경우



그림 2. 지하수 오염 경로

※ 자료참고 : http://www.gims.go.kr/gims/gwedu/groundwater_duty.aspx

2. 노로바이러스 감염 경로

- 독감바이러스와 달리 주로 오염된 물에 의해 전염되는 경우
 - 오염된 지하수를 마셨을 경우
 - 오염된 지하수로 식기 세척이나 씻은 야채를 먹었을 경우
 - 감염 후 무증상 상태에서도 2주까지 분변을 통해 바이러스가 배출되어 2차 감염의 우려가 높을 경우
- ※ 분변 1그람에 약 수백만 ~ 수억마리 존재

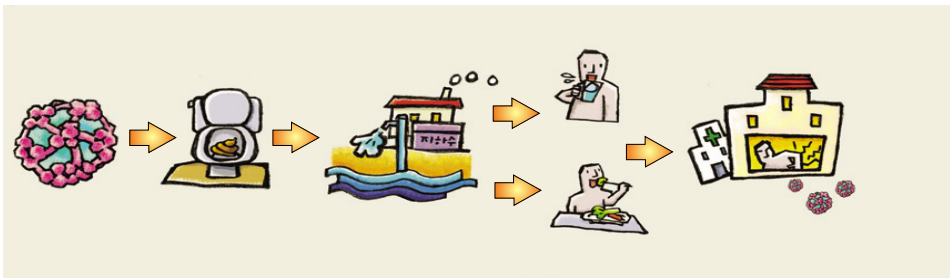


그림 3. 노로바이러스 감염 경로

Ⅲ. 지하수의 노로바이러스 안전관리

1. 지하수 관리

1.1. 음용수

- 지하수 관정 소유주에게 노로바이러스 검출 사실 안내
- 지하수 원수 및 수도꼭지수 직접사용 금지(재검사 판정 전까지)
 - 끓여 마시기, 식재료 세척 금지 등 제한적 사용 가능
 - ※ 단, 질산성질소에 오염된 물을 끓일 경우 오히려 질소 농도가 높아
지므로 주의 필요(질산성질소는 이온교환수지, 역삼투압법 등으로 정수
가능)
 - 가능한 한 가열 조리된 식품 섭취
 - 기타 용도는 ‘비음용수 관리절차’에 따라 처리 함
 - ※ 별도의 정수시설을 갖춘 경우에도 노로바이러스의 사멸 또는 제거
여부를 단정할 수는 없으므로 제한적으로 사용할 것을 권고
- 직접사용 금지에 따른 임시조치
 - 음용 : 수돗물이나 끓인 물 사용
 - 식재료 세척 등 : 끓인 물, 염소소독제 200배 희석한 물 또는 물
탱크에서 충분히 염소소독(2 mg/L 정도)한 물
사용
 - ※ 유효염소량에 따른 염소소독제 투여량 계산방법(2mg/L기준)
 - 염소 투여량(g) = $A(L) \times \frac{2mg}{L} \times \frac{100}{B(\%)} \times \frac{1g}{1000mg}$
 - A: 소독할 물의 량 (L)
 - B: 사용하는 소독제의 유효염소(%)

- 지하수 관정 및 물탱크 등 관련 시설 청소·소독 실시
 - 「지하수법」 시행규칙 별표3에 따라 지하수 이용시설 사후관리
 - 물탱크 일시 염소 소독(2 mg/L 정도)
 - ※ 잔류염소의 먹는물 수질기준 : 4 mg/L
- 미생물 항목에 대한 먹는물 수질검사 및 노로바이러스 재검사 실시
 - 수질검사 불합격시
 - 「지하수법」 제10조 등에 따라 허가 취소
 - 노로바이러스 등 재검출시 조치사항
 - 정화조 등 주변 오염원 점검 및 차단방안 강구
 - 관정 관리부실, 파손에 따른 오염의 경우, 시설개선 및 청소 실시
 - 계속 사용이 불가한 경우, 관정 폐쇄, 타 지하수 수원(암반수) 개발, 상수도 보급 등 검토
 - 염소소독 및 정수처리 시스템 구축
 - 음용수 염소소독 및 정수처리 요령 등

1.2. 비음용수

- 지하수 관정 소유주에게 노로바이러스 검출 사실 안내
- 음용 및 식재료 세척 등 음용에 준하는 용도로의 사용 금지
 - 기타 용도로 사용시에도 가능한 한 염소 등으로 소독한 물 사용
- 지하수 관정 및 물탱크 등 관련 시설 청소·소독 실시
- 미생물 항목에 대한 생활용수 수질검사 및 노로바이러스 재검사 실시
 - 수질검사 불합격시

- 「지하수법」 제10조 등에 따라 행정조치
- 노로바이러스 등 재검출시 조치사항
 - 염소 소독제를 200배 희석하거나, 물탱크를 염소소독(2 mg/L 정도)하여 사용하며, 음용 및 식재료 세척 등으로 사용금지

2. 오염예방 및 사전대비

- 정기적으로 수질을 검사하여 오염여부를 확인 함
- 정화조 등 주변 오염원 및 지하수 관정 관리 철저
- 주변 정화조나 하수관의 균열을 살펴서 교체 함
- 지하수 펌프를 잘 덮어 비가 들어가지 않도록 관리 함
- 물탱크를 정기적으로 청소 함
- 노로바이러스 오염에 대비한 비상급수체계 마련
 - 급수차, 탱크로리, 수돗물 병입수 수급계획 수립 등
- 오염이 의심될 때 노로바이러스 및 미생물 검사 실시
 - 노로바이러스 검사기관 및 먹는물 검사기관에 의뢰하여 검사가능
 - ※ 검사기관은 국립환경과학원 홈페이지(www.nier.go.kr)에서 검색가능
- 염소소독 및 정수처리 시스템 구축

3. 노로바이러스로 인한 식중독 예방

- 지하수 오염이 의심되면 수도물을 사용하고, 수도물이 없는 경우 끓여 마심
- 식자재 세척시에 소독된 물을 사용함
- 음식을 충분히 익히고 맨손으로 만지지 않음
- 조리 기구를 충분히 세척하고 소독 함
- 화장실 출입 후, 식사 전, 외출 후에는 반드시 손을 씻음

IV. 지하수에서의 노로바이러스 처리

1. 노로바이러스 처리방법 종류

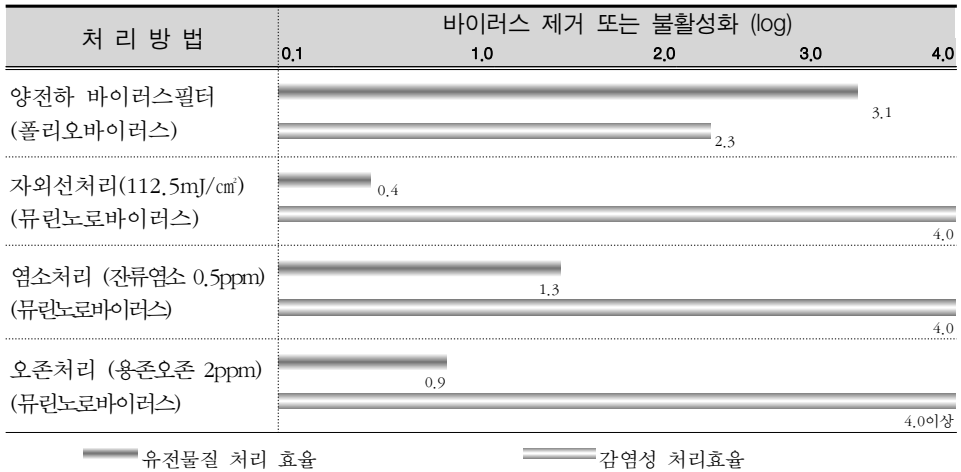
- 지하수 중 노로바이러스를 처리하기 위해서는 바이러스를 불활성화시키는 소독 방법과 막여과 등 물리적인 방법으로 제거하는 방법이 있음
- 일반적인 소독 방법으로 염소, 오존, 자외선 처리방법이 있음
 - 소독 방법 : 염소 소독, 오존 소독, 자외선 처리
- 물리적인 제거방법으로 양전하필터를 이용하여 음전하를 띤 바이러스를 흡착·제거하는 방법이 있음
 - 여과 방법 : 양전하필터(positive charged filter) 여과 처리

2. 노로바이러스 처리방법별 효율 평가

- 노로바이러스의 처리효율을 평가하기 위해서는 처리 전·후에 검출된 바이러스 유전자 양이나 감염성 정도를 분석하여 판단함
 - 유전자 분석방법 : 바이러스 내 세포 중 특정 유전정보를 가진 RNA를 검출하는 방법으로 RT-PCR 및 Real-time PCR분석법이 있음
 - 감염성 분석방법은 바이러스를 세포에 감염시켜 병변을 일으키는 바이러스를 관찰하는 방법으로 TCID₅₀, Plaque assay, MPN법이 있음
- 최근 연구결과, 유전자 분석법에 의한 처리 효율은 양전하필터여과에서, 감염성 분석법에 의한 처리효율은 오존처리 시 가장 높았음[표 1]

- 유전물질 처리효율 : 양전하 필터여과(3.1 log) > 염소처리(1.3 log) > 오존처리(0.9 log) > 자외선 처리(0.4 log)
- 감염성 처리효율 : 오존 처리(4 log 이상) > 염소 및 자외선처리(4.0 log) > 양전하 필터여과(2.3 log)

표 1. 처리방법별 노로바이러스 제거율



※ 국립환경과학원 연구(2009) 결과 참고

3. 처리방법별 소독능 유지 및 관리 편의성 평가

- 일반적으로 염소처리는 소독성이 있는 염소화합물의 잔류 때문에 일정기간 소독능이 유지됨.
 - 단, 오존처리는 매우 짧은 시간 동안 소독능이 유지되고 자외선처리나 양전하필터처리 방법은 처리후 소독능이 거의 유지되지 않음
- 시설의 유지, 운영 및 안전성 등 관리에 따른 편의성은 처리방법의 선택 요인 중에 하나로서 장치의 사용이 편리한 오존처리나 양전하 필터 여과의 관리하기 쉽고, 자외선 처리의 경우 램프의 세척 등 문제, 염소처리는 수동적인 염소 주입 등으로 편의성이 떨어짐
 - 관리 편의성 : 양전하필터여과·오존처리 > 자외선 처리 > 염소처리

4. 처리방법별 경제성 평가

- 각 처리방법을 현장에 설치할 경우 초기 설비, 유지관리 방법에 따라 소요되는 비용이 다름. 초기 소요비용은 오존, 양전하필터, 자외선, 염소 순으로 높게 나타남[표 3]
- 초기 투자비용 : 오존처리 > 양전하필터처리 > 자외선처리 > 염소처리
- 각 처리방법별로 유지관리비용(30톤/일, 1개월 기준)을 비교하면 양전하필터, 오존, 자외선, 염소 순으로 높게 나타남
- 유지비용 : 양전하필터처리 > 오존처리 > 자외선처리 > 염소처리

5. 처리방법별 경제성 및 효율성 종합 평가

- 처리효율성, 초기 투자비용, 유지관리 편의성 및 소독능 유지 등을 종합적으로 평가할 때 처리방법의 선택은 상황에 따라 다소 차이를 줄 수 있으나 일반적으로 염소, 자외선, 양전하필터, 오존 순이 유리할 것임
- 염소처리 > 자외선처리 > 양전하필터여과 > 오존처리

표 2. 처리방법별 효율성 및 관리 편의성 비교

구 분		염소처리	오존처리	자외선처리	양전하필터
처리 효율	유전물질	○	○	○	◎
	감염성	◎	◎	◎	○
소요 비용	초기투자비용	◎	△	○	△
	유지비용	◎	△	○	△
소독능 잔류효과		◎	○	△	△
관리 편의성		△	◎	○	◎

◎우수 ○보통 △나쁨

※ 국립환경과학원 연구(2009)결과 참고

표 3. 처리방법별 경제성 비교

구 분	염소처리	오존처리	자외선처리	양전하필터
종류	염소자동주입기(액체)	LAB-020	HS-391HA (유수형)	Nanoceram filter(2.5'×20')
초기 설비비용	3,000,000원	8,000,000원	1,300,000원	2,510,000원
1 ton 처리 소요비용	유효 염소:12% 작용 mg/L:0.2mg/L 25 L구입가격: 9000-13,000원 주입량 : 1.67cc	오존발생량 : 20g/h 용해도 :0.57g/h(20℃) 발생시간 : 5분33초 소비전력 : 21.3w 표준가격 : 56.7원/kw	자외선 강도::30mj/cm ² 처리용량: 2.5t/h 소비전력:15.6w 표준가격 : 56.7원/kw	filter 특성: 양전하 최대 유속:42L/min 처리용량:6000ton 탁도:0.5NTU 기준 구입비용:168,000원/ea 필요필터:8개
30t/day 1개월 처리비용	1.667cc×30t×30일=1.5L 총비용: 540.7원 ~ 781원	1.21원×30t×30일=1,089원 기본급:17,400원 총비용:18,489원	0.885원×30t×30일=796.5원 기본급:17,400원 총비용:18,197원	224.4원×30t×30일=201,960원 총비용:201,960원
1회 교환	14,970ton/25L 염소통교환	-	9,000시간 차외선등	750ton 막여과

※ 국립환경과학원 연구(2009)결과 참고

V. 지하수 중 노로바이러스 관리매뉴얼

1. 노로바이러스 제거 방법

1.1. 염소 소독

1.1.1. 개요

- 병원성 미생물을 경제적이고 간편하게 처리 할 수 있는 소독 방법 중 하나
- 소독효과가 우수하고, 대량의 물에도 소독이 가능 함
- 소독의 잔류효과가 뛰어나
- 접촉 시간과 염소 농도에 따라 노로바이러스의 불활성화가 달라짐

표 4. 염소 소독의 장·단점

구 분	장 점	단 점
염소	<ul style="list-style-type: none"> ○ 소독능력 강함 ○ 소독 잔류 효과가 큼 ○ 용존 유기물질, 철 망간 및 조류 등 제거 ○ 수중 병원성 미생물 소독으로 수인성질병 예방 ○ 저렴한 유지관리 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 불쾌한 맛과 냄새를 유발 ○ 인체에 유해 가능성 ○ 발암물질을 유발 ○ 초기 투자비 높음 ○ 긴 접촉시간(15 ~ 30분) ○ pH 변화에 대한 살균력 저하

표 5. 염소 소독을 통한 미생물의 C · T₉₉ 값

소독 종류	미생물	99 % 제거를 위한 C · T 값
유리염소	박테리아	<ul style="list-style-type: none"> • pH 7 : 0.08 mg · min/L, 1 ~ 2 ℃ • pH 8.5 : 3.3 mg · min/L, 1 ~ 2 ℃
	바이러스	<ul style="list-style-type: none"> • pH 7 ~ 7.5 : - 0 ~ 5 ℃ : 12 mg · min/L - 10 ℃ : 8 mg · min/L
	지아디아	<ul style="list-style-type: none"> • pH 7 ~ 7.5 : - 0.5 ℃ : 230 mg · min/L - 10 ℃ : 100 mg · min/L - 25 ℃ : 230 mg · min/L
	크립토스포리디움	Not killed
모노클로라민	박테리아	<ul style="list-style-type: none"> • pH 7 : 94 mg · min/L, 1 ~ 2 ℃ • pH 8.5 : 278 mg · min/L, 1 ~ 2 ℃
	바이러스	<ul style="list-style-type: none"> • pH 6 ~ 9 : - 1 ℃ : 1,240 mg · min/L - 15 ℃ : 430 mg · min/L
	지아디아	<ul style="list-style-type: none"> • pH 6 ~ 9 : - 1 ℃ : 2,550 mg · min/L - 15 ℃ : 1,000 mg · min/L
	크립토스포리디움	Not inactivated
이산화염소	박테리아	<ul style="list-style-type: none"> • pH 7 : 0.13 mg · min/L, 1 ~ 2 ℃ • pH 8.5 : 0.19 mg · min/L, 1 ~ 2 ℃
	바이러스	<ul style="list-style-type: none"> • pH 6 ~ 9 : - 1 ℃ : 8.4 mg · min/L - 15 ℃ : 2.8 mg · min/L
	지아디아	<ul style="list-style-type: none"> • pH 6 ~ 9 : - 1 ℃ : 42 mg · min/L - 10 ℃ : 15 mg · min/L - 25 ℃ : 7.3 mg · min/L
	크립토스포리디움	• pH 8 : 40 mg · min/L, 22 ℃

※ 참고: WHO Guidelines for drinking water quality, 2008

1.1.2. 염소 소독 원리

【 염소가스(Cl₂) 】

1) 반응 원리

- 유효염소기준이 99.5 %의 액화가스로 차아염소산나트륨과 동일한 염소제임
- 염소가스가 수중에 주입되어 차아염소산과 염산이 생성 됨

표 6. 염소가스 반응식

반 응 식	● Cl ₂ + H ₂ O → HOCl + HCl (수중반응)			
반응 몰수	1몰	1몰	1몰	1몰
분 자 량	71 g	18 g	52.5 g	36.5 g

- 2) 염소가스는 폭발성이 있는 맹독성 가스로 운반, 저장, 취급시 주의가 필요하며 유출시 대형사고(인명 살상 및 환경 파괴)의 우려가 있어 안전관리가 필요함

【 차아염소산나트륨(NaOCl) 】

1) 반응 원리

- 현장에서 소금물을 전기분해하여 저농도(0.8 %)의 안전한 차아염소산나트륨 용액을 생성시켜 별도의 재해설비가 불필요함
- 차아염소산나트륨이 수중에 주입되면 차아염소산과 가성소다가 생성 됨

표 7. 차아염소산나트륨 반응식

반응식	<ul style="list-style-type: none"> • $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + 2e \rightarrow \text{NaOCl}(\text{차아염소산나트륨}) + \text{H}_2$ • $\text{NaOCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HOCl} + \text{NaOH}$ (수중반응) 			
반응 몰수	1몰	1몰	1몰	1몰
분자량	74.5 g	18 g	52.5 g	40 g

2) 염소에 비하여 안전하고 염소 사용 시 생성되는 부산물이 적기 때문에 최근 재염소시설이나 소규모 무인 정수장 등에서 염소를 차아염소산염으로 전환하고 있음

【 차아염소산칼슘(클로로칼키, $\text{Ca}(\text{OCl})_2$) 】

1) 반응 원리

- 차아염소산칼슘이 수중에 주입되어 차아염소산과 수산화칼슘이 생성 됨

표 8. 차아염소산칼슘 반응식

반응식	<ul style="list-style-type: none"> • $\text{Ca}(\text{OCl})_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HOCl} + \text{Ca}(\text{OH})_2$ (수중반응) 			
반응 몰수	1몰	1몰	2몰	1몰
분자량	142.98 g	18 g	105 g	74.09 g

1.1.3. 염소 소독 방법

1) 액체염소를 이용한 염소 소독법

- 시중에 유통되고 있는 액체염소(차아염소산 나트륨, NaOCl) 사용
 - 5%-20L와 12%-20L 두 종류가 있으며, 화학약품판매상에서 구매 가능
 - ※ 5%-20L : 약 9천원, 12%-20L : 약 2만원
- 차아염소산나트륨은 일반적으로 12.5 % (1L에 120g의 유효염소 함유) 농도가 좋으며, 용액의 온도는 10℃ 보다 낮아야 함
 - ※ 용액의 농도가 높을수록, 온도가 높을수록 품질 저하율 증가
- 액체염소는 사람에 의한 수동 투입은 불가능하기 때문에 자동염소 투입기를 설치
 - ※ 10 ~ 100 ton 용량 물탱크의 액체염소 반자동투입기 약 200 ~ 500만원, 완전자동투입기 : 500만원 이상(인터넷 시장 조사결과)
- 물탱크 내 잔류염소가 0.4 mg/L 이상이 되도록 액체염소 투입량을 정하여 자동투입 조절기 설정
 - ※ 단, 원수 수질(유기물 농도 등) 및 염소요구량 등에 따라 잔류염소 농도 조정 필요
- 노로바이러스 검출시 또는 주변에 식중독 발생시에는 노로바이러스를 재검사하여 검출되지 않거나 주변에 식중독이 소멸될 때까지 기준염소 농도를 1.5 mg/L까지 높여서 처리
 - ※ 잔류염소가 0.5 mg/L을 넘으면 물에서 냄새가 날 수 있으며, 1 mg/L 이상의 경우 물탱크 주변에서 심한 냄새가 날 수 있으므로 환기 후 출입토록 함

표 9. 차아염소산나트륨 설계기준

주입량	1 ~ 5 mg/L(평균 1.5 mg/L)
주입기 수	최소 2개(1개는 예비)
주입기형식	자연유하식, 다이어프램 펌프, peristatic 펌프, 전동기 회전속도가 100:1로 조절 되는 계량펌프, 펌프회전수에 따라 유량을 조절할 수 있는 needle 밸브를 구비한 전자유량계 이용. 주입장치는 가능한 주입점에 가까운 장소의 실내에 설치 함
밸브 형식	다이어프램 밸브 사용, 만약 볼 밸브를 사용한 경우 산소축적으로 인한 압력을 방출하기 위해 밸브 사이에 배기구를 설치 함
배관	Schedule80 PVC가 가장 일반적으로 사용 됨. 가스 압력을 방출시키기 위하여 중요한 지점에 배기구(산소)를 두어야 함
확산기	일반적으로 다공관이나 수로를 구비함. 처리수의 경도(100 mg/L)가 높으면 각 오리피스체 스케일이 형성될 수 있으므로 스케일 제거방법을 마련 함
저장탱크	유지관리를 위하여 필요(최소 2개)

【주입기】

- 염소주입기는 용기 또는 염소기화기로부터 연속적으로 공급되는 염소가스를 안전하고 정확하게 계량하여 주입하는 장치
- 주입기는 보수점검이 용이하도록 주위의 벽이나 인접한 장치로부터 필요한 만큼 이격하여 설치하는 것이 바람직함

● 염소주입량 결정

- 조사된 수질자료를 기초로 물의 염소소비량, 염소요구량, 관로 등에 의한 소비량을 고려하여 계통관말 배수지에서 기준치 이상의 잔류 염소농도 기준에 적합하도록 결정 함
- 유리잔류염소를 기준으로 할 경우, 염소주입량은 평상시 0.2 mg/L, 하절기 또는 전염병이 우려될 경우 0.4 mg/L 이 되도록 주입
- 결합잔류염소를 기준으로 할 경우, 평상시 1.5 mg/L, 하절기 또는 전염병이 우려될 경우 1.8 mg/L 주입
- 전체주입율이 5.0 mg/L 이하인 경우, 전염소는 최대 3.0 mg/L, 평균 1.5 mg/L 주입 함. 후염소는 최대 2.0 mg/L, 평균 1.0 mg/L 주입

● 주입방식 선정

- 염소제의 선정, 처리수량의 대소 등을 고려하여 습식과 건식, 정량 주입과 유량비례주입, 제어 등 사용조건에 적합한 것을 선택 함

● 주입기 용량 선정

- 수질 및 수량의 적정 배분계획에 따라 최소주입량, 상시주입량 (평균) 및 최대주입량을 산출하여 어떤 조건에서도 적정량을 주입 할 수 있도록 선정

● 대수 선정

- 염소 주입기는 예비기를 고려하여 최소 2대 이상으로 구성함
- 예비주입기는 주입율이 서로 상이함을 고려하여 주입 장소별로 별도 설치 함

【주입기형식】

● 자연유하 방식

- 저장조 또는 분배조를 주입점 부근에 설치함
- 주입지점이 다수인 경우에는 각 주입점에 분배조를 설치하고 저장실의 저장조로부터 이송펌프로 각 주입점의 분배조에 이송함
- 분배조는 자연유하로 주입기(전자유량계와 유량조절밸브)에 보내서 계량, 조절, 주입함
- 주입점 부근에 주입기를 설치하면 원액을 주입하기 때문에 주입량 변경에 대한 응답성이 좋으며 주입시간이 지체되지 않음
- 또한 주입관 내에 기포장애가 적으며 안정적으로 주입할 수 있음
- 구조가 단순하기 때문에 주입량의 변동이 적은 소규모 시설에 적합 함

● 이젝터 방식

- 이젝터로 압력수를 공급하여 차아염소산나트륨과 희석·혼합 시킨 후 주입지점에 송액하는 방식으로 주입지점에서 혼합효과가 좋음
- 이젝터에 공급하는 압력수는 희석혼합에 의한 스케일 생성을 피하기 위하여 가능한 한 경도가 낮은 물을 사용함
- 차아염소산나트륨용액과 압력수의 희석배율은 100배 이상으로 함
- 함유된 유리알칼리가 0.2 ~ 0.3 % 정도로 가능한 한 낮은 차아염소산나트륨용액을 사용하는 것이 스케일이 부착되지 않음

● 펌프 방식

- 계량펌프(다이어프램식, 일축편심나사식, 기어식 등)로 주입점에 송액하는 방식

- 주입량의 제어범위가 넓으나, 펌프 흡입부에서 기포가 발생할 수 있으므로 주의해야 함

【확산기】

● 분수식 폭기장치

- 노즐은 분무된 물과 공기가 잘 접촉되게 설치 함
- 노즐은 처리하고자 하는 물을 균등하게 분출되도록 배치 함
- 폭기실은 물방울의 비산을 방지하는 구조로 하고 2실 이상 설치 함

● 충전탑식 폭기장치

- 충전탑의 구조는 수직원통형으로 하고 내식성 자재를 사용 함
- 충전재는 공극율이 크고 공기저항이 적으며 내식성으로 기계적 강도가 높아야 됨
- 충전탑의 직경은 공기의 유속을 감안하고 충전층의 높이는 용량 계수 등을 고려하여 결정 함
- 기액비(기체와 액체의 비)는 원칙적으로 실험에 의하여 결정 함
- 송풍기는 충전탑의 공기유입부 쪽에 설치하고 소요동력은 풍량과 충전재 등에 의한 압력 손실을 고려하여 결정 함

표 10. 주입기 방식 종류(예시)

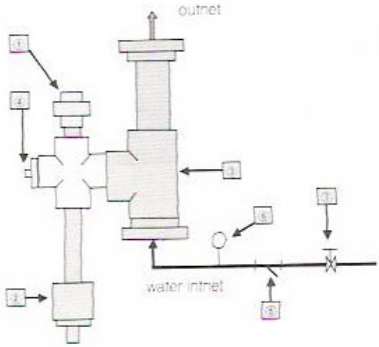
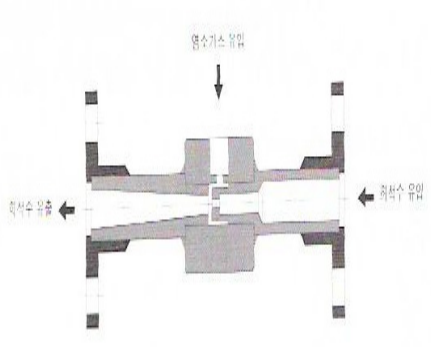
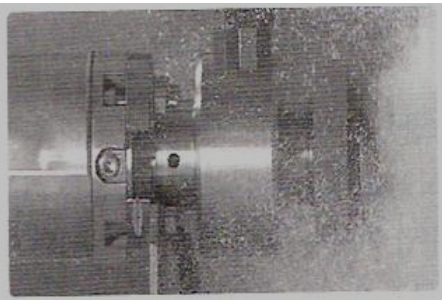
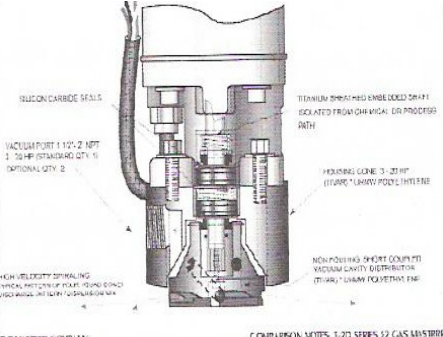
○ 이젝터	
	
○ 급속분사교반기	
	
<p>(수중에 진공생성에 의한 약품 흡입 및 분사 장면)</p>	

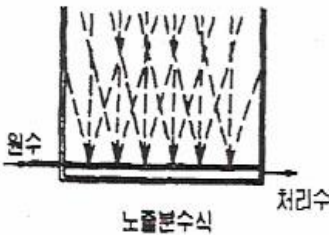

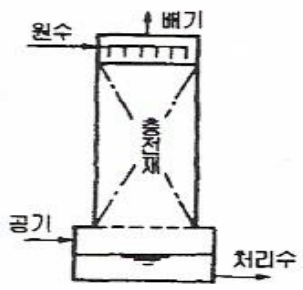
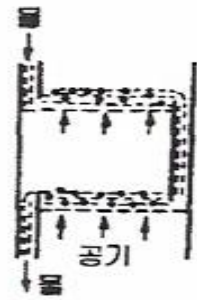
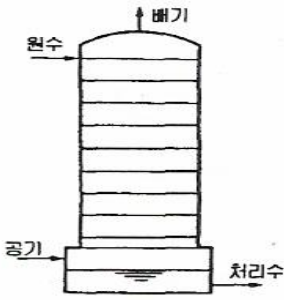
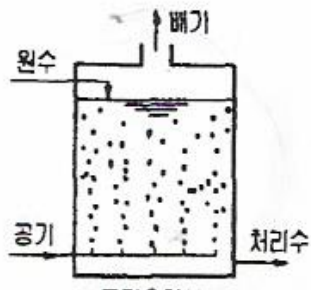
표 11. 염소교반장치 비교

비교 항목	이젝터	급속분사교반기
염소투입 안정성	염소수 배관은 미처 용해되지 않은 배가스가 배관 내부에서 에어 패딩 현상을 발생시키고, 정전 또는 역압 발생시 인젝터에서의 역류에 의한 주입 중단 현상이 발생함	Water Champ에서의 진공 발생도가 일정하고, 공급 배관 내부에는 염소 가스가 흐르므로 압력 손실이 발생하지 않아 안정된 투입이 유지됨
안전성	염소 회석수 배관 파손시 고농도 염소수가 누출 되므로 위험함	염소가스 배관의 내부에는 진공 상태의 염소 가스가 흐르게 되므로 배관 파손시 외부의 공기가 배관 내부로 빨려 들어가게 되므로 염소가스의 누출이 발생하지 않음
막분리 현상 (Segregation)	디퓨저에 의한 분사로 막분리 현상에 의한 효율이 저하 됨 ※ 막분리현상: 처리 수중에 투입된 염소수와 처리 수간의 밀도차이 및 온도 차이에 의해 고농도의 염소수가 뭉쳐서 떠다니는 현상으로 냄새유발 및 잔류 염소 편차 발생의 원인이 됨	1000/sec 이상의 강력한 혼화 분사력을 제공함으로 막분리 현상의 발생이 없음
염소 소비량	디퓨저는 염소용해수를 공정수에 순간적으로 균등하게 혼합시키지 못하고 그에 따른 혼합의 불균 등으로 인해 적절한 잔류염소량을 유지하기 위해 과량의 염소를 주입하여야 하므로 초과염소주입량 및 배가스에 의한 염소량이 추가적으로 더 소요 됨	Water Champ 플로펠러의 고속회전으로 인하여 염소분자가 물 분자의 격자속으로 균등하게 분산되고 완전 혼화되므로 배가스의 발생 억제효과 및 혼화 효율 향상에 따른 염소 절감 효과가 발생함

비교 항목	이젝터	급속분사교반기
설치 공사 (단수 여부)	수중에 설치되는 디퓨저를 설치하기 위해서는 반드시 단수 작업이 병행되어야 하므로 정수 생산에 차질이 발생함	Water Champ를 설치하기 위하여 단수 작업이 필요하지 않기 때문에 설치가 용이하고 정수 생산에 차질이 발생하지 않음
유지관리	설치되는 기기의 수가 많아 유지 관리량이 많으며 수중에 설치된 디퓨저 등의 유지 관리를 위해서는 반드시 단수작업이 병행되어야 함	유지관리를 수행하여야 할 기기가 Water Champ 한 대로서 유지관리 수량이 적고 기기의 접거 시에도 단수 작업이 필요하지 않아 신속한 부품 교체가 가능함
초기 설치비	초기 시설비가 급속 교반기에 비해 저렴함	고도의 내식성이 요구되는 티타늄 재질로 제작되어 가격이 고가이며 초기 시설비가 많이 소요됨
부대 시설	이젝터에서의 진공 형성을 위한 가압수 펌프, 오토 스트레이너, 인젝터, 가압수 및 회석수 배관과 염소수를 처리 수중에 주입하기 위한 디퓨저가 필수적으로 설치되어야 하기 때문에 부대시설이 복잡함	Water Champ 한 대만으로 염소 주입에 필요한 진공 발생, 분사, 혼합 공정을 모두 수행하므로 시설이 간편함

※ 참고자료 : 수자원공사, 정수설비핸드북, 2009

표 12. 확산방식 종류(예시)

<p>○ 노즐 분수식</p>	<p>○ 폭포식</p>
 <p style="text-align: center;">노즐분수식</p>	 <p style="text-align: center;">폭포식</p>
<p>○ 충전탑식</p>	<p>○ 다공판탐</p>
 <p style="text-align: center;">충전탑식</p>	 <p style="text-align: center;">다공판탐</p>
<p>○ 단탑식</p>	<p>○ 공기흡입식</p>
 <p style="text-align: center;">단탑식</p>	 <p style="text-align: center;">공기흡입식</p>

2) 고체염소를 이용한 염소소독법

- 시중에 유통되고 있는 차아염소산칼슘(클로로칼키, Calcium Hypochlorite) 사용

- 1알에 15 ~ 20 g으로 박스단위로 포장되어 있으며, 화학약품판매 상에서 구매가능

※ 시가 30,000 ~ 40,000원/5kg 정도

- 물탱크 내 잔류염소가 0.5 mg/L 이상이 되도록 기준염소량을 정하고 계산된 클로로칼키 사용량을 물탱크에 투입

$$\text{사용량(kg)}^1 = \frac{\text{방류수량(톤)}^2 \times \text{기준염소량(mg/L)}^3 \times 100}{70(\text{유효염소량}(\%))^4 \times 1000}$$

1) 사용량(kg) : 사용해야 되는 염소알약의 무게

2) 방류수량(ton) : 1일 물 사용량(톤으로 환산)

3) 기준염소량(mg/L) : 원하는 잔류염소 농도

4) 유효염소량(%) : 염소알약에 표시된 염소함량(보통 70%)

※ 단, 원수 수질(유기물 농도 등) 및 염소요구량 등에 따라 잔류염소 농도 조정이 필요

- 고체염소의 투입은 자동염소투입기를 사용할 수 있으나, 알약이 투입구에 막히는 등 고장이 잦아 상시 점검이 필요


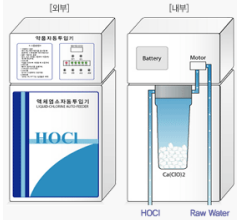


- 노로바이러스 검출시 또는 주변에 식중독 발생시에는 노로바이러스를 재검사하여 검출되지 않게 하거나 주변에 식중독이 소멸될 때까지 기준염소 농도를 1 ~ 2 mg/L까지 높여서 처리

※ 잔류염소가 0.5 mg/L을 넘으면 물에서 냄새가 날 수 있으며, 1 mg/L 이상의 경우 물탱크 주변에서 심한 냄새가 날 수 있으므로 환기 후 출입토록 함

1.1.4. 염소 소독 장치

1) 자동염소투입기 종류

표 13. 자동염소투입기 종류(예시)

자동염소투입기	특 성
<p>□ 무동력자동염소투입기</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 액상 차아염소산나트륨(NaClO) 사용 - 전기를 사용하지 않아 설치 장소에 제한이 없음 - 수력을 이용하여 친환경적이며 수명이 김 - 물의 유량에 비례하여 일정 농도의 액상 소독약을 투입 가능 - 석회분 등의 잔류물이 없어 배수지가 청결함 - 경제적이고 제품 설치가 간단 함
<p>□ 중소기업청성능인정 제 27-066호, SPA II</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 저수조 내 물에 용출된 고체염소(Ca(ClO)₂)를 사용 - 적용분야 : 100 ton/day 이하 : 물탱크용, 저장용 마을상수도 및 소규모급수 시설 - 유지관리가 용이 - 용액투입으로 부식방지 - 설치가 간단하고 적은공간이 필요함 - 부식 및 자외선에 강한 플라스틱 신소재 사용 - 일정시간 또는 수위량, 잔류량, 염소농도, 일정 잔류염소 농도 유지 가능
<p>□ 조달청(2006031)-SCL-P</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 마을상수도, 민방위 급수시설 등 지하수를 식수로 사용하는 곳에 설치 - 적용분야: 관정장용, 맨홀설치용에 이용 - 유입되는 물의 유량에 비례하여 자동으로 염소 투입하여 소독과 일정 잔류염소 농도 유지 - 규격:100 ton/day, 고체/액체 약품, 액체염소용 (10 ~ 200 ton/day)
<p>□ 유량연동염소투입기</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 전기가 없는 산간 계곡수나 배수지용 소독장치 - 일정한 유량평균 산출 후 저장조의 차아염소산나트륨을 튜브펌프를 이용하여 투입하는 장치 - 적용분야: 마을(간이)상수도 살균 및 잔류염소 유지 - 태양열을 이용한 자체전원 이용 - 고장이 없고 관리가 편리 - 농도조절이 편리하고 투입량이 매우 정확

2) 잔류염소 측정 장치

- 염소액과 바이러스의 반응 전과 후, 잔류염소측정기로 측정
- 탁도, 수온, pH 등 조절

표 14. 잔류염소측정기 종류(예시)

잔류염소측정기	특 성
<p>□ HACH, 46700-00, USA</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 200 g 미만의 초경량으로 밧데리로 작동 되는 단일 항목 측정 비색계 - 작동이 간편함 - 충격에 강하고 휴대용으로 안전함 - 가격이 저렴하고 정밀한 결과치를 얻을 수 있음 - 측정범위 : 유리잔류염소 - 0 ~ 2 ppm 총잔류염소 - 0 ~ 5 ppm - 정밀도 : ± 0.02 ppm(25℃에서 측정)
<p>□ DC-1200-CL, USA</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 측정시간이 짧음 - Auto - Zero 방습기능이 있음 - Low Battery 경고표시가 됨 - 음용수, 먹는샘물수질측정. 지하수 및 지표수 수질 측정 - 측정범위 : 0 ~ 4.0 ppm - 측정정도 : ± 2 % - 측정방식 : single wavelength
<p>□ Pocket Omlorimeter II, HACH, 58700-00, 유럽 CE Mark</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 정확성과 재현성이 높음 - 230 g의 무게로 가볍고 휴대가 간편함 - Blank와 반응된 시료를 이용하여 간결하게 측정 함 - 측정범위 : 0.02 ~ 2.00 ppm / 0.1 ~ 8.00 ppm - 운영조건 : 0 ~ 56℃ / 0 ~ 90 % 상대습도 - 시료 cell : 1 cm, 22 mm

※ 제품별 유효측정 범위나 오차범위가 다르므로 목적에 맞는 선별 필요

1.1.5. 염소 소독 체계도

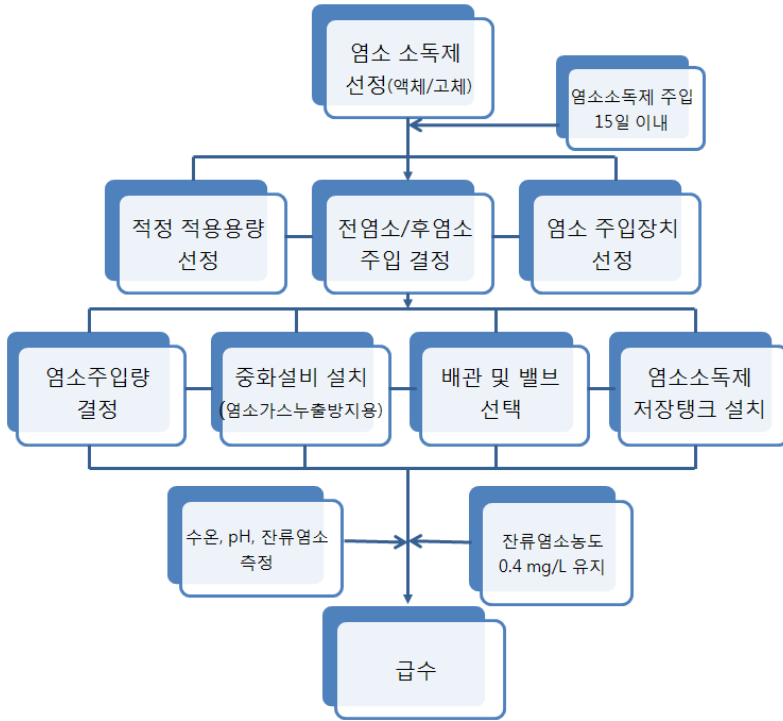


그림 4. 염소 소독 체계도

1.1.6. 유지관리 방법

- [수도법]에 의한 「수도시설의 청소 및 위생관리 등에 관한규칙」규정을 준수함
- 위급시를 고려하여 일정량의 염소 소독제를 보유하고 있어야 함
- 소독 시설은 항상 청결히 하여 먹는물의 오염을 방지 함
- 시설 주변에는 울타리를 설치하고, 자물쇠 장치를 하는 등 사람이나 가축이 함부로 시설에 접근하지 못하도록 함
- 수도꼭지의 먹는물 유리잔류염소가 항상 0.1 mg/L(결합 잔류염소는 0.4 mg/L) 이상이 되도록 함
- 다만, 노로바이러스에 의하여 오염되었거나 오염될 우려가 있는 경우에는 유리잔류염소가 0.4 mg/L(결합잔류염소는 1.8 mg/L) 이상이 되도록 함
- 수질과 지하수 사용량에 따라 염소 주입농도가 달라지므로 정기적인 수질검사를 실시(pH, 탁도, 잔류염소, 일반세균, 총대장균군, 분원성대장균군 등 분석)함
- 필요에 따라 환기장치 또는 냉방장치를 설치 함

1.2. 오존 소독

1.2.1. 개요

- 염소 소독으로 인한 THMs 등의 전구물질을 저감시킴
- 물에서 염소와 같은 이취미가 발생하지 않으며 염소보다 강한 산화력을 가짐
- 소독의 잔류효과가 없음
- 맛, 냄새물질 및 색도 제거 효과가 우수함
- 그러나 유기물과 반응하여 소독부산물을 생성 함

표 15. 오존 소독의 장·단점

구 분	장 점	단 점
오존	<ul style="list-style-type: none"> ○ HCl보다 더 강력한 산화제 ○ 저장 시스템의 파괴로 인한 사고발생의 위험이 없음 ○ 난분해성 유기물을 분해하여 생물학적으로 분해가능한 물질로 전환 가능 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 저장할 수 없으므로 반드시 현장에서 오존 생산설비를 갖추어야 함 ○ 초기 투자비 및 부속 설비 고가임 ○ 소독 잔류효과 낮음 ○ 장비가격이 고가임

표 16. 오존 소독을 통한 미생물의 C·T₉₉ 값

소독 종류	미생물	99 % 제거를 위한 C·T 값
오존 (Ozone)	박테리아	• pH 6 ~ 7: 0.02 mg·min/L, 5 ℃
	바이러스	• 1 ℃ : 0.9 mg·min/L • 15 ℃ : 0.3 mg·min/L
	지아디아	• pH 6 ~ 9 : - 1 ℃ : 1.9 mg·min/L - 15 ℃ : 0.63 mg·min/L
	크립토스포리디움	• 1 ℃ : 40 mg·min/L • 22 ℃ : 4.4 mg·min/L

※ 참고자료: WHO Guidelines for drinking water quality, 2008

1.2.2. 오존 소독 원리

1) 반응 원리

- 오존은 물 속에서 산성인 경우는 몇 분간 안정하지만 탁도가 상승하거나 pH가 높으면 급속히 분해 됨
- 반응속도는 복잡하며, 가수분해에 의해 Hydroperoxy 라디칼(HO₂·)을 생성하여 연쇄반응에 의해 분해 됨

표 17. 물속에서 오존의 분해 반응식

반응식	• $O_3 + H_2O \xrightarrow{k_1} HO_3^+ + OH^-$
	• $HO_3^+ + OH^- \xrightleftharpoons[k_{2'}]{k_2} 2HO_2$
	• $O_3 + HO_2 \xrightarrow{k_3} HO \cdot + 2O_2$
	• $O_3 + HO \cdot \rightarrow HO_2 \cdot + O_2$
	• $HO_2 \cdot + HO_2 \cdot \rightarrow H_2O_2 + O_2$
	• $HO \cdot + HO_2 \cdot \xrightarrow{k_4} H_2O_2 + O_2$
	• $HO \cdot + HO \cdot \rightarrow H_2O_2$

1.2.3. 오존 소독 방법

1) 오존 주입 지점 선정

- 원수의 수질 및 제거 목적에 따라 다르나 일반적으로 원수의 탁도와 오존 요구량에 따라 구분 함
- 침전 또는 여과 후에 주입하는 것이 가장 경제적이고 좋음

표 18. 원수 특성에 따른 오존 주입지점 선정(정수장의 경우)

원수 수질	오존주입 지점	고려사항
탁도 < 10 NTU 오존요구량 < 1 mg/L	원수 또는 침전 후	낮은 산소요구량 낮은 살균부산물 형성 낮은 생분해 유기물질
탁도 > 10 NTU 오존요구량 < 1 mg/L	침전 후	낮은 오존요구량 고탁도 물질 낮은 생분해 유기물질
탁도 < 10 NTU 오존요구량 > 1 mg/L	원수 또는 침전 후 원수와 침전 후	높은 오존요구량 높은 살균부산물 형성 높은 생분해 유기물질
탁도 > 10 NTU 오존요구량 > 1 mg/L	침전 후 또는 여과 후 원수와 침전 또는 여과 후	높은 오존요구량 높은 살균부산물 형성 높은 생분해 유기물질

※ 지하수의 탁도는 1 NTU 이하이나 하절기의 경우 일시적으로 탁도가 높아질 우려가 있으므로 원수의 탁도를 주기적으로 점검하여 오존 주입지점을 선정하는 것이 필요함

2) 오존 주입 방법 선정

【공기 발생기】

- Compressor, refrigerant dryer, desiccant dryer 단계를 거쳐 공기 중의 습기를 제거 해줌
- 오존 함유율은 최대 5 ~ 6 %
- 공기 전처리 과정에서 많은 면적이 요구됨
- 유지관리가 어려움

【액체 산소 발생기】

- 오존 농도 2 % 이상 필요할 경우 이용
- 오존발생장치의 용량을 축소시키고 전체공정의 단순화가 필요할 경우 이용
- 산소에 1 ~ 2 mg/L 정도의 질소를 첨가하여 오존 발생
 - ※ 오존 농도 2 mg/L, 오존 소요용량 100 kg/day 이상, 운전비, 초기 시설비용 등을 고려하여 오존발생장치 선정

3) 오존 접촉조 방식 선정

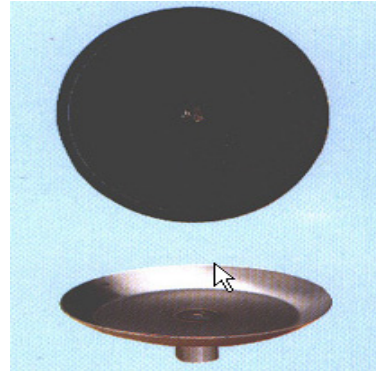
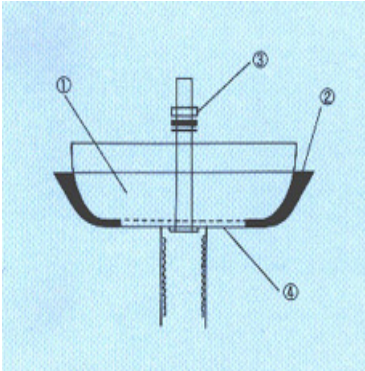
- 역방향 접촉조가 가장 효율적이나 면적을 많이 차지함
- 접촉조 유출수에 상당히 높은 오존이 잔류하여 탈기될 경우 인체에 해로우므로 관리 주의
- 최종 유출수의 오존 잔류농도가 0.04 mg/L을 넘지 않도록 조절하면 오존의 탈기에 문제가 발생하지 않음

【산기관 이용】

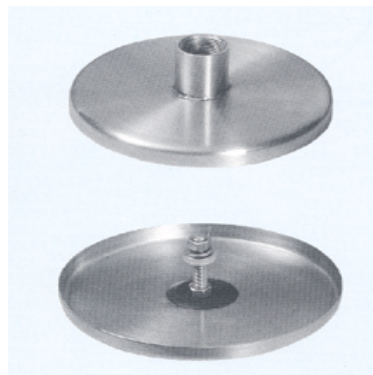
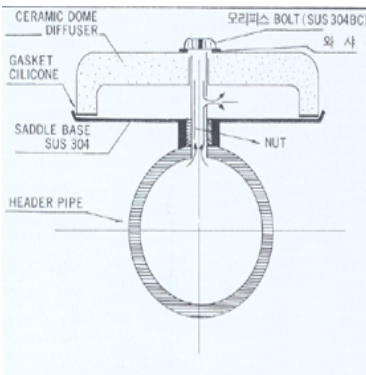
- 원형 세라믹 돔식과 원통형 봉식 사용
- 최근에는 효율이 좋고 단락류 현상을 최소화 할 수 있는 원형 세라믹 돔 식 이용
 - ※ 세라믹과 바닥접합부위에 Flurocarbon(Viton Gasket) 사용
 - 오존의 강한 산화력으로 1 ~ 2년에 교체 필요

표 19. 오존 산기관 종류(예시)

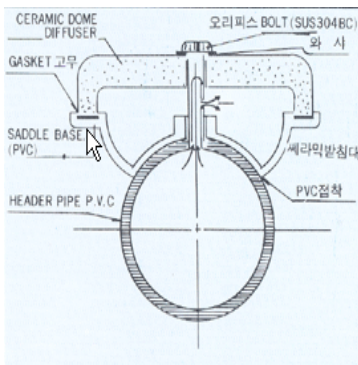
- 오존용 산기관(153ℓ-47H)



- 세라믹 돔 형식(스텐레스)



- 세라믹 돔 형식(P.V.C)



【직접 또는 간접 주입】

- 인젝터에서 진공압을 이용하여 오존가스 주입
- 관로에서 일정량을 분기하여 펌프로 가압 후 인젝터로 공급하여 고농도의 오존수를 만들어 나머지 물과 혼합하는 방식인 Side stream Ozone Injection System 임
 - ※ 원료가스는 산소를 사용하는 것이 가장 바람직함

4) 오존 주입 농도 및 접촉시간 선정

- 접촉시간 : 10 ~ 20분 내외로 권장
- 주입오존농도 : 0.5 ~ 2 mg/L
- 병원성 미생물을 제거하기 위해서 접촉시간 20분 이상, 2 mg/L 이상의 오존 주입이 필요

1.2.4. 오존 발생 장치

1) 오존 발생 장치

표 20. 오존발생장치 종류(예시)

오존발생장치	특 성
<p>□ 저농도</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 오존발생량 : 10 g/h - 소비전력 : 540 w/h(공기공급장치 포함) - 최대 농도 : 4 g/m³ - 공기공급장치용량 : 2100 LPM - 냉각방식 : 공랭식 전용 - 처리용량 : 30 m³/day ~ 70 m³/day
<p>□ 고농도</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 오존발생량 : 20 g/h - 소비전력 : 750 w/h(공기공급장치 포함) - 최대 농도 : 84 g/m³ - 공기공급장치용량 : 2100 LPM - 냉각방식 : 공랭식 전용 - 산소발생기용량 : 5 LPM - 유량조절 : 0 ~ 5 LPM - 용도 : 오수고도처리, 먹는샘물, 수영장 등 - 처리용량 : 40 m³/day ~ 140 m³/day

1.2.5. 오존 소독 체계도

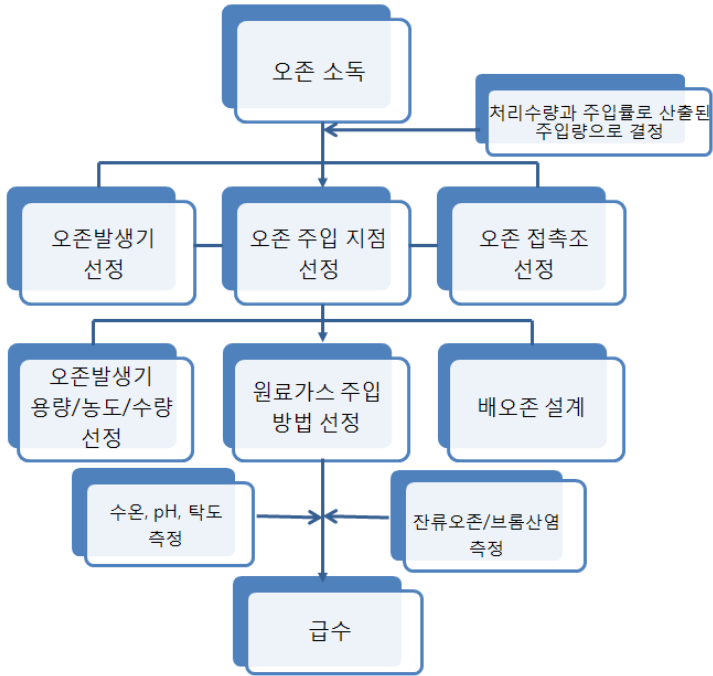


그림 5. 오존 소독 체계도

1.2.6. 유지관리 방법

- [수도법]에 의한 「수도시설의 청소 및 위생관리 등에 관한 규칙」 규정을 준수함
- 소독 시설은 항상 청결히 하여 먹는물의 오염을 방지 함
- 시설 주변에는 울타리를 설치하고, 자물쇠 장치를 하는 등 사람이나 가축이 함부로 시설에 접근하지 못하도록 함
- 주입오존농도는 0.5 ~ 2 mg/L이 적당하며 최종 유출수의 오존 잔류농도가 0.04 mg/L을 넘지 않도록 조절함
- 노로바이러스 등 병원성 미생물을 제거하기 위해서는 접촉시간 20분 이상, 2 mg/L 이상의 오존 주입이 필요 함
- 오존 접촉조 유출수에 상당히 높은 오존이 잔류하여 탈기될 경우 인체에 해로우므로 관리 주의
- 지하수 원수 수질과 지하수 사용량에 따라 오존 주입농도가 달라 지므로 정기적인 수질검사를 실시(pH, 탁도, 잔류염소, 일반세균, 총대장균군, 분원성대장균군 등 분석)
- 브로마이드가 함유된 원수를 오존으로 처리할 경우 발암물질인 브로메이트(BrO_3^-)가 형성될 수 있으므로 pH를 6.5 ~ 7 미만으로 조절하는 것이 중요함

1.3. 자외선 소독

1.3.1. 개요

- 살균력이 강하고 유량과 수질변동에 대한 적응력이 강한 소독 방법
- 화학적인 부작용이 없고 염소나 오존 소독에 의하여 발생하는 인체에 유해한 소독부산물(DBPs) 없이 미생물의 불활성화 가능
- 수질 변동과 유량에 대한 적응력이 강함
- 탁도가 높거나 유기물 부하가 높을 경우 소독 효과가 저하 됨
- 소독의 잔류 효과가 없어 부차적인 소독제 투입을 고려해야 함
- 자외선 램프에서 조사되는 조사량(자외선 강도와 접촉시간의 곱)으로 표현하며 단위는 $mW \cdot s/cm^2$ 사용
- 자외선 소독 효과는 노로바이러스의 감염성에 대한 평가가 중요
- 바이러스 : $60 mW \cdot s/cm^2$, 4 log 불활성화

표 21. 자외선 소독의 장·단점

구 분	장 점	단 점
자외선	○ 살균력이 강함	○ 소독 잔류 효과가 없음
	○ 유량과 수질의 변동에 강함	○ 물의 탁도가 높거나 유기물 부하가 높을 경우 소독 효과 저하
	○ 소독에 따른 부산물이 발생하지 않음	○ 장비에 의한 수도손실이 큼
	○ 발암성 염화 유기물을 생산하지 않음	
	○ 물의 화학적 성질을 전혀 변화시키지 않음	
	○ 장비조작이 쉬움	
	○ 자동모니터링 가능	
	○ 설치 및 유지관리가 용이	

1.3.2. 자외선 소독 원리

- 파장이 253.7 nm인 자외선이 박테리아나 바이러스의 핵산에 흡수되어 핵산의 화학변화(유전자의 특성 변화)를 일으켜 핵산의 회복 기능을 상실시킴
- 253.7 nm의 자외선을 발생시켜 수중에 함유되어 있는 미생물에 직접 조사하여 유전자 특성에 변형을 초래하여 번식을 막거나 미생물의 세포막을 투과하여 DNA를 손상시켜 살균하는 방법

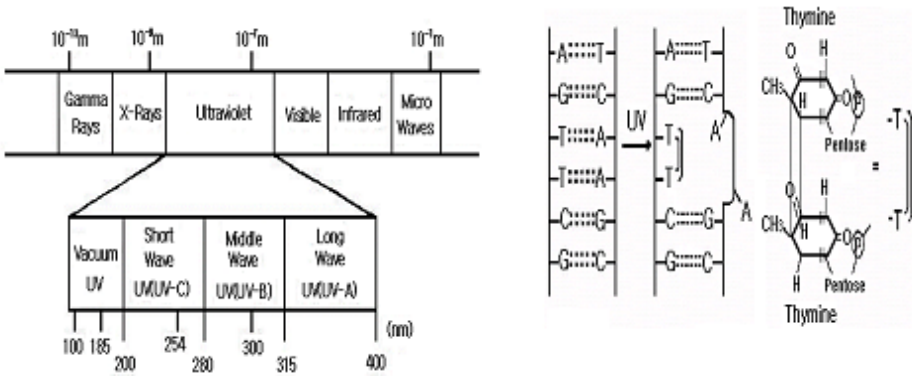


그림 6. 자외선 영역 및 미생물의 불활성 메커니즘

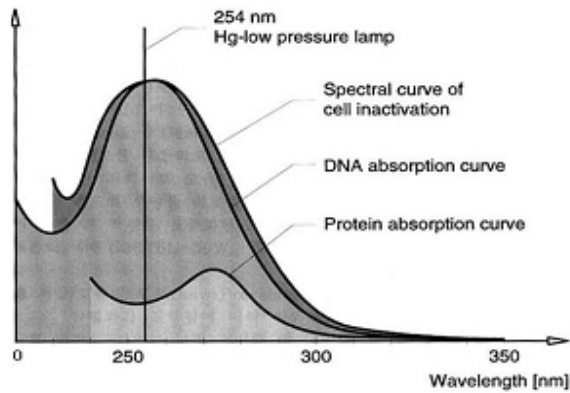


그림 7. 살균에 영향을 미치는 자외선 조사 범위

※ 참고자료 : 정수설비핸드북, 한국수자원공사, 2009

표 22. 불활성화를 위한 자외선 조사량

총 조사량 (mW · s/cm ²)	log 불활성		
	박테리아	바이러스	크립토스포리디움
30	6	2	4.3
50	>9	3	4.8
100	>9	5.6	5.6

1.3.3. 자외선 소독 방법

1) 자외선 강도 측정 장치 선정

- 자외선 강도 측정 장치 설치 필요
- 자외선 강도를 측정하는 센서기 장착이 요구 됨
- 시스템내의 자외선 강도, 램프 수명 상태, 석영관에 축적된 부유 물질 정도 및 자외선 조사량을 정기적으로 모니터링 함
- 소독 효과가 가장 큰 254 nm 전후에서 측정

표 23. 자외선 강도 측정 장치(예시)

자외선 강도 측정 장치	특 성
	<ul style="list-style-type: none"> - 높은 값과 낮은 값 측정 가능 - 단위는 mW/cm^2 또는 $\mu W/cm^2$ 으로 표시 - 측정 범위 : 1 ~ 40 $\mu W/cm^2$ - 검출시간 : 0.3초
	<ul style="list-style-type: none"> - 자외선중 UV-C만 측정, 측정범위 : 0 ~ 19.99 mW/cm^2. - 최대치, 최소치 소환 기능

※ 주위: 수중에서도 측정 가능한 자외선 측정 센서 사용

2) 고성능 자외선 램프 선정

- 처리방식에 따라 자외선 램프의 종류와 파장이 다름
- 자외선 램프 종류에는 저압/저출력 램프(Low Pressure/Low Intensity), 저압/고출력 램프(Low Pressure/High Intensity), 중압/고출력 램프 (Medium Pressure/High Intensity)가 있음
- 5 ~ 60℃의 온도범위에서 고강도 자외선을 안정적으로 방사시킬 수 있는 저압램프(UV-C 영역)를 많이 사용함
- 저압램프는 254 nm 부근의 파장을 방사하며 미생물의 유전자를 변형시키거나 파괴시킴

표 24. 램프의 종류별 특성 비교

램프 형식	저압/저출력	저압/고출력	중압/고출력
스펙트럼	254 nm	254 nm	> 200 nm
Discharge Length	150 cm	150 cm	50 cm (MAX, 200 cm)
동력소모	0.5 W/cm	2.1 W/cm	50 ~ 100 W/cm
에너지효율	40 %	41 %	15 %
램프 표면 온도	40 ℃	110 ℃	600 ~ 900 ℃
램프 수명(시간)	약 8,000 ~ 12,000	약 8,000 ~ 10,000	8,000
특성	<ul style="list-style-type: none"> •규격의 표준화 (G36T6L-39W, G64T5L-65W) •가정용, 개인용, 실험실용으로 가장 많이 사용 함 	<ul style="list-style-type: none"> •하수처리장이나 정수장에서 사용 (약 100 ton/hr 이상) •초기투자비와 유지비가 저압/저출력 램프보다 저렴 	<ul style="list-style-type: none"> •반응시간이 짧고 에너지 손실이 큼 •협소한 장소에 적합

3) 자외선 강도 및 조사량 계산

- 자외선의 강도는 수질에 따라 다르나 선량-반응곡선의 상호관계 법칙(Law of Reciprocity)을 따름
- 조사량은 자외선강도와 조사시간의 곱으로 계산 함

$$\text{Dose (mW-sec/cm}^2\text{, mJ/cm}^2\text{)} = I \text{ (mW/cm}^2\text{)} \times T \text{ (sec)}$$

- 자외선 램프의 출력(P, Watt), 투과율(% T), 램프배열과 수량, 유량(Q, m³/s), 수로 크기(w, h)를 고려하여 자외선 강도(I)와 조사량(D) 계산

4) 자외선 요구량

- 물의 단위 깊이(수심)는 자외선 흡광도와 관련이 있음

- 흡광계수(A) = $\log \frac{I_0}{I_t}$

I_0 = 자외선 초기강도

I_t = 자외선 세기

- 투과율(%T) = $\frac{I_t}{I_0} \times 100$

- 흡광도(A)와 자외선 투과율(%T)사이의 관계식

$$\%T = 100 \times 10^{-A}$$

$$A = \log \frac{1}{T}$$

5) 자외선 소독의 영향인자

- 미생물의 민감도, 조사량과 관련된 투과도, 조도, 노출시간 등
- 투과도 : 입자성 물질, 각종 유기물, 무기물의 존재여부, 경도 등에 영향을 받음
- 조도 : 램프의 종류, 반응조의 배열 등 자외선 시설설비 특성과 관련이 있음
- 노출시간 : 접촉시간, 접촉장치, 반응조 구조 등과 관련 있음

표 25. 자외선 소독공정에서 입자성 물질의 영향인자 및 특성

구 분	내 용
산 란	입자에 부딪혀 표면에서 흩어지는 것으로 산란된 빛이 재조사 되기도 하며, 산란지점에서 에너지를 소실하기도 함
가리움	입자에 의해 자외선이 가려지는 것으로 독립적으로 부유하거나, 입자표면 또는 내부에 결합된 병원성 미생물 모두가 영향을 미침
불안전 통과	자외선이 입자의 경도, 크기 등에 의해 입자를 통과하지 못하고 흡수되어 에너지를 잃고 일부분만 통과 함

6) 자외선 소독시 고려할 사항

【자외선 흡수】

- 현탁물질의 증가에 따라 자외선 흡수가 증가하기 때문에 바이러스 시료에 투사되는 자외선 강도를 적정하게 조절을 해야 함
- 호수나 저수조에 비하여 하천이나 저수조에 심하게 나타나며 계절에 따라 변함
- 자외선 흡수를 감소하기 위해 시료에 존재하는 휴믹산, 펄빅산 그리고 다른 방향족 유기물, 금속, 음이온성을 제거하는 것이 필요함
- 효과적으로 자외선 조사량을 유지하는 방법은 조사시간의 증가와 조사 깊이에 따른 조사거리 및 자외선 등 개수의 조절이 필요함

【온도】

- 바이러스의 핵산 형태나 배열, 회복 효소의 활동에 영향을 미침
- 온도의 영향은 미생물의 종류에 따라 다르나 20 ~ 25 ℃ 범위에서 영향이 적음

【pH】

- 바이러스 핵산에 자외선이 효과적으로 흡수되도록 하며, 핵산의 회복 효소의 활동을 저하시킴
- 자외선 소독시 노로바이러스는 pH 6 ~ 9 범위가 좋음

표 26. 자외선 설계시 고려할 사항

항 목	고려 사항
수질적 특성	조사량 및 관리방법 결정
반응조 형태	조 형상, 램프 수, 배열, 재질 등
수리적 특성	접촉시간, 손실수두
공정위치 선정	여과공정 이후
부대설비	밸브, 배관, 펌프, 모니터링장치, 세척장비 등
유지관리방안	램프, 석영자켓, 모니터링장치 센서 등

1.3.4. 자외선 소독 체계도

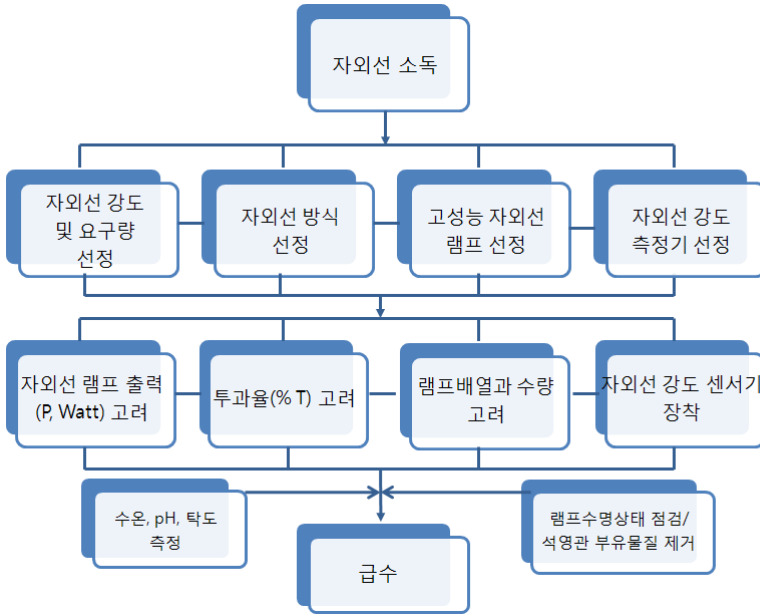


그림 8. 자외선 소독 체계도

1.3.5. 유지관리 방법

- [수도법]에 의한 「수도시설의 청소 및 위생관리 등에 관한 규칙」 규정을 준수함
- 소독 시설은 항상 청결히 하여 먹는물의 오염을 방지 함
- 시설 주변에는 울타리를 설치하고, 자물쇠 장치를 하는 등 사람이나 가축이 함부로 시설에 접근하지 못하도록 함
- 자외선 소독 전 시료에 존재하는 휴믹산, 펠빅산 그리고 다른 방향족 유기물, 금속, 음이온성 등을 제거하는 것이 필요함
- 자외선 강도, 유속, 램프 상태를 주기적으로 점검 함
- 적정한 램프수명에 맞게 사용하고 교체해 줌
- 자외선 반응기의 유입과 유출부의 배관과 채널 구조를 확인 함
- 지하수 원수의 수질과 지하수 사용량에 따라 처리효율이 달라지므로 정기적인 수질검사를 실시(pH, 탁도, 잔류염소, 일반세균, 총대장균군, 분원성대장균군 등 분석)
- 지하수에서 자외선 조사량에 의해 HAAs 등이 형성될 수 있으므로 (염소 소독을 실시한 경우) 주의하며, 사전에 지하수를 여과 한 후에 도입하는 것이 가장 효과적임

1.4. 양전하 필터 여과

1.4.1. 개요

- NanoCeram filter는 강한 양전하를 띠는 부직포 형태의 depth filter로 폭 2 nm의 Nano Alumina fiber가 주된 성분
- NanoCeram filter는 바이러스 회수용으로 이용되고 있으며 MDS filter보다 회수율이 좋은 것으로 보고되고 있음
- 크기가 6.67×12.38 cm로 최대 50,000 L 여과가 가능
- 여과유속이 기존 필터보다 10 ~ 100배 더 빨라 고유속에서 입자를 제거할 수 있는 성능과 긴 수명을 확보할 수 있음
- 입자 제거능력은 0.2 μ m pore size의 Membrane Filter와 같은 성능을 가지면서도 Membrane filter에 비해 최대 400배의 포집능력을 가짐
- 일반 탁도 외에 실리카, 물속에서의 유기물질, 일부 중금속, 박테리아, 바이러스 및 DNA 등을 제거할 수 있음
- 물속에 미량으로 존재하는 중금속(Fe, Al, Cr, Sn, Pb, Cu 등) 도 제거가능
- 수처리 설비의 RO막 전처리 필터, 제균필터로 사용 가능. 또한 음용수필터로 사용이 가능하여 마을 간이 상수도 설비와 가정용 정수기용 필터로 사용 가능
- 1MDS filter 역시 양전하 필터로 사용하고 있음

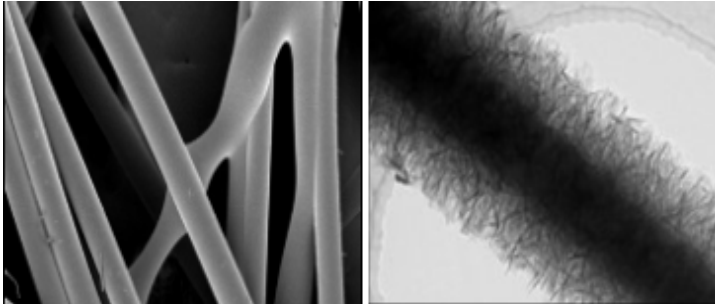


그림 9. 양전하 필터 전자현미경 사진

표 27. 양전하필터 여과의 장·단점

구 분	장 점	단 점
양전하 필터 여과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 여과 용량이 큼 ○ 바이러스 외에 유기물, 금속성 물질, 박테리아 등을 효율적으로 여과하고 농축 ○ 여과 유속이 빠름 ○ 필터 수명이 김 ○ 유지관리가 용이 ○ 작은 입자에 대한 막힘 현상이 적음 ○ pH와 온도의 영향이 적음 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 색, 냄새, 맛 등을 제거하기 어려움 ○ 막 오염 방지를 위한 전처리가 필요함 ○ 압력 조절이 필요함 ○ 관리 비용이 많이 듦

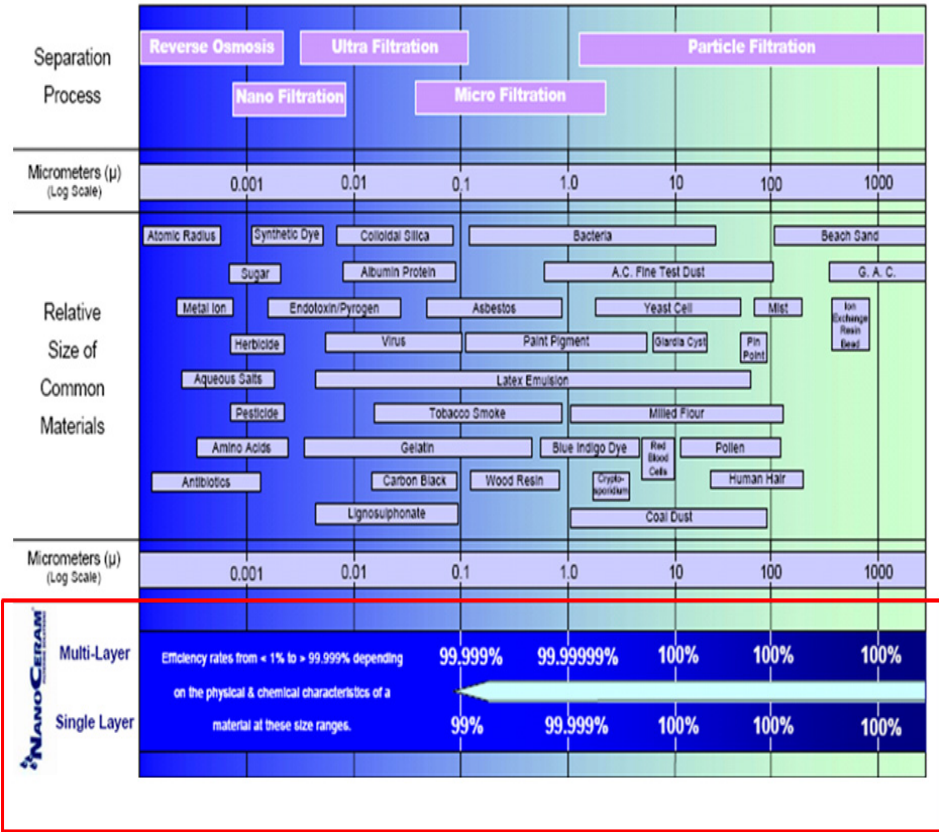


그림 10. 양전하 필터 스펙트럼

1.4.2. 양전하 필터 여과 원리

- 양정전기적 작용과 전하작용으로 음이온성 바이러스가 강한 양전하를 띠는 양이온성 필터에 흡착되는 원리를 이용
- Beef Extract를 이용하여 필터에 흡착된 바이러스를 떼어내고 강한 음이온성 물질들(아미노산, BSA 등)이 양전하 필터에 대신 흡착되는 원리

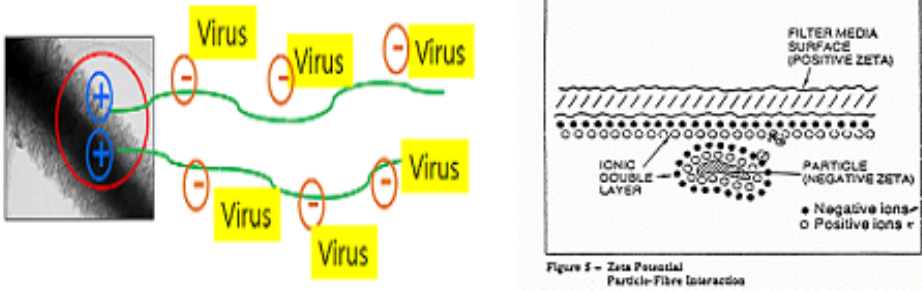


그림 11. 양전하 필터 여과 중 virus가 흡착, 분리되는 원리

1.4.3. 양전하 필터 여과 분석 및 장치

1) 분석방법

- 「'08년 지하수 중 노로바이러스 분석지침」에 따라 분석

※ 부록 참조

2) 양전하 필터 및 하우스징 장치

【양전하 필터 종류】

표 28. 양전하 필터의 종류 및 특성(예시)

양전하 필터 종류	특 성
<p>□ NanoCeram</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 강한 양전하를 가지고 있어 기존 MF에 비해 Virus 제거 능력, 중금속 제거 능력이 뛰어남 - 고 유속에서 입자를 제거할 수 있고 수명이 김
<p>□ NanoCeram PAC</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - NanoCeram Filter에 Powdered active carbon을 도입한 제품 - NanoCeram의 기존 성능과 더불어 요오드, 염소제거, TOC 제거 효과가 좋음 - 담수와 바닷물의 RO 막 보호를 위해 전필터로 사용가능 - 수처리 설비의 RO막 Pre Filter, 세균 필터, 음용수필터로 사용 됨
<p>□ 1MDS filter</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 흡착된 바이러스는 300시간 이상 생존 가능함 - USEPA에 의해 음용수에서 바이러스 검출을 위해 고안 - USEPA, 국립환경과학원, 식약청 등의 기관에서 노로바이러스 검사용 필터로 등재

【양전하 필터 및 하우스징 장치】

표 29. 양전하 필터 및 하우스징 장치(예시)

용 도	양전하 필터 및 하우스징 장치
<p>□ 소형 개별 정수 시스템</p>	
<p>□ 중대형 공동 정수 시스템</p>	
<p>□ 마을 상수도 설치</p>	

1.4.4. 양전하 필터 여과 사용 체계도

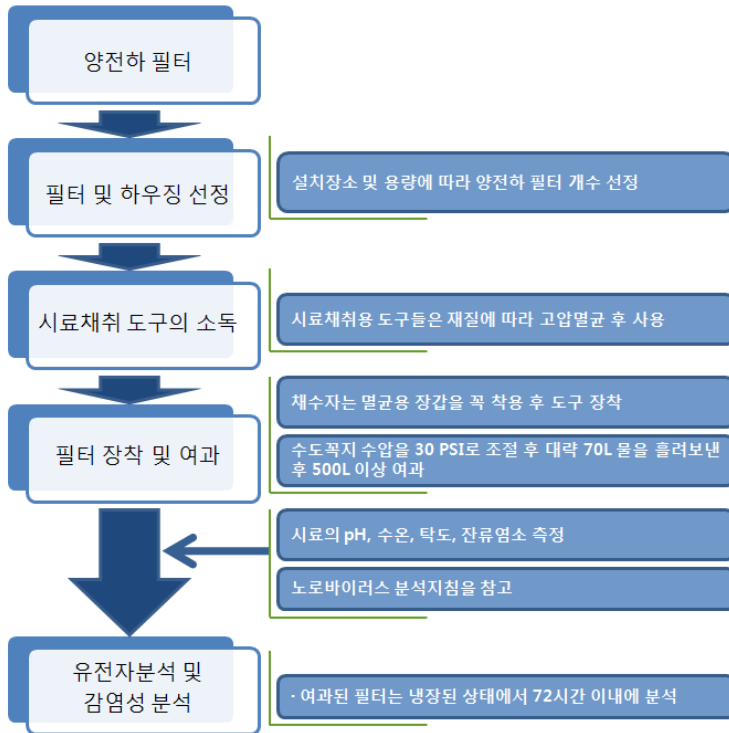


그림 12. 양전하 필터 여과 사용 체계도

1.4.5. 유지관리 방법

- [수도법]에 의한 「수도시설의 청소 및 위생관리 등에 관한 규칙」 규정을 준수함
- 시설 주변에는 울타리를 설치하고, 자물쇠 장치를 하는 등 사람이나 가축이 함부로 시설에 접근하지 못하도록 함
- 탁도가 높을 경우 막이 쉽게 막힐 수 있으므로 막의 상태를 주기적으로 점검함
- 최적의 여과 성능을 유지하기 위해 막 필터를 주기적으로 교체해줌
※ 설치 후 대략 700 ton 이상 여과시 교체 필요
- 지하수 원수의 수질과 지하수 사용량에 따라 막 여과에 영향을 미치므로 정기적인 수질검사를 실시 함(pH, 탁도, 잔류염소, 일반세균, 총대장균군, 분원성대장균군 등)
- 주변 시설은 항상 청결히 하여 먹는물의 오염을 방지함

2. 노로바이러스 제거효율 향상을 위한 복합처리시스템

2.1. 복합처리시스템 선정

- 지역별 지하수의 수질특성을 고려한 노로바이러스 처리방법 선정이 중요함
 - 지하수 처리에 영향을 주는 수질 요인
 - 탁도 : 수중에 존재하는 입자성 물질로 흡착 및 간섭에 의하여 소독제의 효율을 감소시킴
 - pH : 염소, 오존, 양전하 필터, UV 등 물속에서 소독제의 분포 형태를 변화시켜 소독능에 영향을 줌
 - 수온 : 수온이 낮아질수록 염소와 오존에 의한 소독 효과가 감소됨
 - 경도 : 경도가 100 mg/L을 초과할 경우 배관에 스케일이 형성됨
- 처리시설 유지관리를 위한 지하수 관정의 입지여건도 처리시설 선정에 중요한 제한 요건으로 충분히 고려해야 함
 - 지하수 관정 입지여건
 - 전원 : 정전에 대비한 비상발전 또는 태양열 등 안정적인 가동 시스템 확보
 - 거리 : 지속적이고 주기적인 관리를 위해 접근이 용이한 위치에 선정
 - 공간 : 처리시설의 증설 및 개선을 위한 공간 확보
 - 환경 : 관정 및 물탱크 접근방지시설과 분변오염 유입이 없는 장소 선정
- 경제성, 관리적 편의성, 처리효율성을 고려한 시스템 선정

● 선정된 시설의 안정성 검토 및 확인

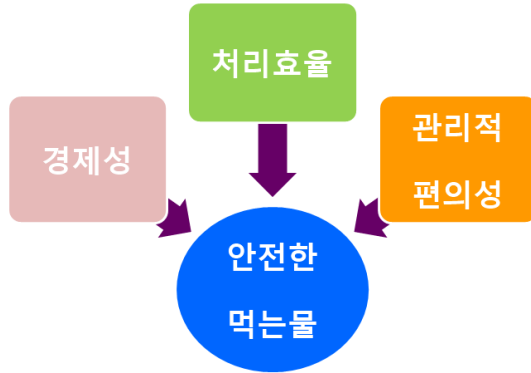


그림 13. 복합제어시스템의 구성

2.2. 복합처리시스템 구성

2.2.1. 지하수 수질이 양호한 경우

① 전처리필터 + 양전하 필터



※ 전처리필터로 탁도 물질을 제거하여 양전하필터의 수명을 연장하고 안전하게 노로바이러스를 제거하는 방법

2.2.2. 지하수 수질 오염이 낮은 경우

① 전처리필터 + 염소 소독



※ 전처리필터로 탁도 물질을 제거하여 염소의 소독 효율을 높여 노로바이러스를 제거하는 방법

② 활성탄 + 염소 소독



※ 지하수내에 맛, 냄새, 휘발성유기오염물질, 농약 등을 제거한 후 노로바이러스 제거를 위한 염소의 소독 효율을 높이기 위한 방법

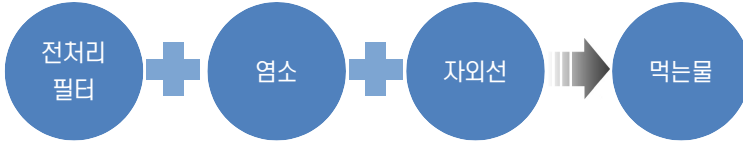
③ 양전하 필터 + 염소 소독



※ 지하수내 유기오염물질과 노로바이러스를 제거하고, 잔류염소를 유지하여 기타 미생물을 추가적으로 제거하는 방법

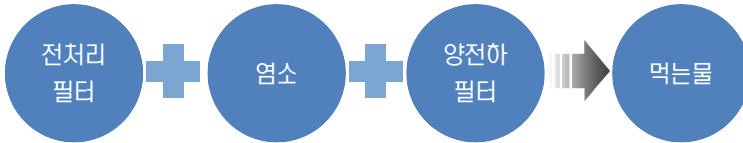
2.2.3. 지하수 수질 오염이 높은 경우

① 전처리필터 + 염소 소독 + 자외선 소독



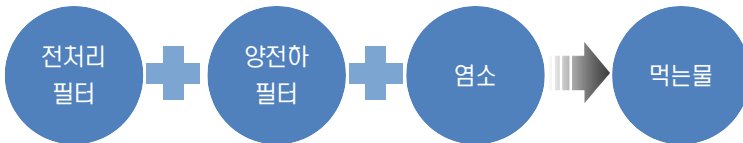
※ 지하수내 탁도물질을 우선 제거하고 염소소독 후 염소에 내성이 강한 노로바이러스 및 병원성 미생물을 자외선 소독을 이용하여 추가적으로 제거하는 방법

② 전처리필터 + 염소 소독 + 양전하 필터 여과



※ 지하수내 탁도물질을 우선 제거하여 불필요한 염소량 소비를 줄이고 양전하 필터를 통해 소독에 의한 소독 부산물 제거 및 소독에 내성이 강한 노로바이러스 등 병원성 미생물을 제거하는 방법

③ 전처리필터 + 양전하 필터 + 염소 소독



※ 전처리 필터와 양전하 필터가 효과적으로 지하수내의 탁도물질과 노로바이러스를 제거함. 또한 염소량을 줄여 염소에 의한 소독부산물의 생성을 줄이고 양전하 필터에서 제거되지 못한 노로바이러스와 기타 병원성 미생물을 안전하게 제거하는 방법



부 록



1. 노로바이러스 표준분석 방법

- 국립환경과학원장 공고 제2009-222호 「지하수 중 노로바이러스 조사기관 운영지침」과 국립환경과학원장 고시 제2009-45호 「먹는 물수질검사기관 바이러스분야 지정 등에 관한규정, [별표1]바이러스 표준시험방법」 참고

1.1. 농축 · 탈리

1.1.1. 탈리 과정

- 1) 냉장된 상태로 도착한 필터는 시료채취 시작시간으로부터 72시간 이내에 탈리 과정을 시작해야 한다.
- 2) 필터가 들어 있는 필터하우징의 유입구와 배출구를 튜브로 연결하고 유입구는 공기나 질소압력원에, 배출구는 멸균된 유리 비이커 순으로 각각 연결한다.

오일필터가 장착된 튜브 ⇒ 압력원(양압)-멸균된 압력용기 ⇒ 튜브
⇒ 필터하우징-튜브 ⇒ 2 L 용량 비이커



그림 1. 바이러스 탈리 모습

- 3) 0.01%(v/v)tween80 1 mL이 포함된 1.5% beef extract 완충액 (pH 9.5) 를 압력용기에 넣고 뚜껑을 닫은 후 압력조절밸브를 닫는다.
- 4) 필터하우징의 감압단추(vent button)를 누른 상태로 압력용기의 압력조절밸브를 서서히 열어 beef extract 완충액이 필터하우징 내에 완전히 차도록 한 다음 감압 단추를 통해 용액이 넘쳐 흘러 나오기 시작하면 감압 단추에서 손을 떼고 압력조절밸브를 닫은 후 1 ~ 5분간 방치하여 필터에 흡착된 바이러스를 탈리시킨다. 거품 발생을 방지하기 위해 압력조절밸브를 천천히 열어 멸균된 비이커에 탈리액을 수집한다.
 - ※ 감압 단추(vent button)에서 넘쳐 나온 완충액은 수술용 장갑을 착용한 후 염소계 소독액을 사용하여 소독한다.
- 5) 비이커에 수집된 beef extract 완충액을 압력용기로 다시 옮겨 담고 1, 2 단계의 과정을 3회 반복한다.
- 6) 1 M 염산 용액으로 최종 탈리용액의 pH를 7.0 ~ 7.5 사이로 조절하고 최종 탈리량을 기록한다.
 - ※ 향후 재 실험 등을 위해 필요에 따라 최종 탈리 시료 중 10% 이내에서 보관할 수 있다.

1.1.2. 유기응집 농축과정

- 1) 탈리액이 담긴 비이커에 교반막대를 넣고 교반기로 잘 섞으면서 1 M 염산 용액으로 서서히 pH를 3.5 ± 0.1 로 맞춘 다음 30분 이상 천천히 섞는다.



그림 2. 탈리액의 유기용집

- 2) 침전물이 생기면 beef extract 탈리액을 원심분리용 용기에 옮겨 담아 원심분리한다($2,500 \times g$, 15분, 4°C).
- 3) 원심분리 후, 상층액을 버리고 바닥의 침전물을 0.15 M 인산1수 소나트륨용액 20 ~ 30 mL(pH 9.0 ~ 9.5)로 녹여 완전히 재부유시킨다.
- 4) 재부유된 용액을 다시 원심분리한다($4,000 \sim 10,000 \times g$, 10분, 4°C).
- 5) 침전물은 버리고 상층액을 모아 pH를 7.0 ~ 7.5로 맞춘다.
- 6) 미생물오염을 방지하기 위해 50 mL 주사기를 이용하여 상층액을 멸균용 필터로 여과한다. 사전에 10 ~ 20 mL의 1.5% beef extract 완충액(pH 7.0 ~ 7.5)를 멸균용 필터에 통과시켜 시료 중의 바이러스가 필터에 흡착되는 것을 방지한다.



그림 3. 최종 농축액의 멸균필터 여과장면

- 7) 최종 농축 시료량(FCSV=final concentrated sample volume)을 기록하고 시료를 24시간 이내에 분석할 경우는 4 ℃에 보관하고 나머지는 분석 전까지 -70 ℃에 보관한다.

1.2. 유전자 분석

1.2.1. RNA 분리 : Viral RNA Mini kits (QIAGEN) 또는 동등한 기능을 갖는 제품을 사용

※ RNA 분리용 kit에 포함된 방법 등 적절한 실험법에 따라서 노로바이러스 RNA를 추출한다.

- 1) Buffer AVL (carrier RNA포함) 560 μ l을 1.5 mL tube에 넣는다.
- 2) 시료 140 μ l을 넣고 15초 동안 혼합 (pulse-vortex)한다.
- 3) 실온에서 10분 동안 정치한 후 가볍게 spin-down한다.
- 4) Ethanol (96-100%) 560 μ l을 넣고 15초 동안 혼합한 후 spin-down한다.
- 5) 혼합된 시료 630 μ l을 QIAamp Mini spin column(2 mL tube 포함)에 넣는다.
- 6) 6,000 \times g에서 1분 동안 원심분리 한다. - RNA 흡착단계
※ 7.1.5 ~ 7.1.6의 과정을 2회 반복한다.
- 7) 필터된 액과 tube는 버린다.
- 8) QIAamp spin column을 새로운 2 mL tube에 옮긴다.
- 9) Buffer AW1 500 μ l을 QIAamp spin column에 넣는다.
- 10) 6,000 \times g에서 1분 동안 원심분리한다(1번째 wash단계).
- 11) QIAamp spin column을 새로운 2 mL tube에 옮긴다.

- 12) Buffer AW2 500 μ 을 QIAamp spin column에 넣는다.
- 13) 20,000 \times g에서 3분 동안 원심분리 한다(2번째 wash 단계).
- 14) QIAamp spin column을 최대속도로 1분간 원심분리 한다.
- 15) 1.5 ml tube에 QIAamp spin column을 장착한다.
- 16) Buffer AVE 약 60 μ 을 column에 주입하고 1분 동안 정치한다.
- 17) 6,000 \times g에서 1분 동안 원심·분리한다.
- 18) 즉시 사용하지 않을 시 -70 $^{\circ}$ C에 보관하여 사용한다.

1.2.2. 역전사 중합효소 연쇄반응 (RT-PCR, Reverse transcription - PCR)

▶ 1차 PCR (one step RT-PCR)

- 1) Norovirus GI 검출/ viral RNA 5 μ 과 RT-PCR pre-mix 20 μ (GI-F1M, GI-R1M primer set 20 pmol) 혼합한다.
- 2) Norovirus GII 검출/ viral RNA 5 μ 과 RT-PCR pre-mix 20 μ (GII-F1M, GII-R1M primer set 20 pmol) 혼합한다.
- 3) 양성대조군으로 노로바이러스 양성시료(가검물 등) 또는 유전자를 사용하고, 음성대조군으로 멸균된 증류수를 사용한다.

표 1. 1차 PCR (one step RT-PCR) 반응조건

반응 종류	조 건	반응 반복수
역전사 반응	45℃ 30min	1 cycle
	94℃ 5min	1 cycle
	94℃ 30sec	
1차 PCR	55℃ 30sec	35 cycles
	72℃ 1min 30sec	
	72℃ 7min	1 cycle

▶ 2차 PCR (neste PCR)

- 1) Norovirus GI 검출/ 1차 PCR product 2 μ l과 2차 PCR Mix (GI-F2, GI-R1M primer set 20 pmol) 48 μ l 혼합
- 2) Norovirus GII 검출/ 1차 PCR product 2 μ l과 2차 PCR Mix (GII-F3M, GII-R1M primer set 20 pmol) 48 μ l 혼합

표 2. 2차 PCR (nested PCR) 반응조건

반응 종류	조 건	반응 반복수
2차 PCR	94℃ 5min	1 cycle
	94℃ 30sec	
	55℃ 30sec	25 cycles
	72℃ 1min 30sec	
	72℃ 7min	1 cycle

▶ 노로바이러스 primer

표 3. 노로바이러스 Genogroup I, II 검출을 위한 primer*

Virus	Primer	Sequences (5'→3')	polarity	size(bp)
Norovirus Genogroup-I	GI-F1M	CTG CCC GAA TTY GTA AAT GAT GAT	sense	313
	GI-F2	ATG ATG ATG GCG TCT AAG GAC GC	sense	
	GI-R1M	CCA ACC CAR CCA TTR TAC ATY TG	antisense	
Norovirus Genogroup-II	GII-F3M	TTG TGA ATG AAG ATG GCG TCG ART	sense	310
	GII-F1M	GGG AGG GCG ATC GCA ATC T	sense	
	GII-R1M	CCR CCI GCA TRI CCR TTR TAC AT	antisense	

* 질병관리본부 간염폴리오팀(Y=C/T, R=A/G, I=C/G/A/T)

1.2.3. Real-time RT-PCR

1) 전처리

- 1.2. 유전자 분석에서 1.2.1. RNA 분리 과정과 동일 함
- High Capacity RNA-to-cDNA Kit(Applied Biosystems, USA) 사용

2) 증폭과정

- PowerSYBR Green PCR Master Mix(Applied Biosystems, USA) 이용
- 총 20 μl의 혼합액(2× master mix 10 μl, 20 pmol primer 각 1 μl, cDNA 시료 1 μl, 멸균 증류수 7 μl) 준비

3) 증폭반응 조건

- 7500 Real-time PCR System을 사용

표 4. 노로바이러스(NV)의 Real-time RT-PCR 증폭 반응 조건

과정	조건
초기 변성(Initial denaturalization)	95℃ 15분
노로바이러스	94℃ 10초
증폭(Amplification, 40회 반복)	56℃ 1분

※ 바이러스별로 적정 Master Mix, primer, probe, 반응조건 등 조절 가능

표 5. 노로바이러스(NV)의 primer와 probe

바이러스	primer 및 probe	방향	염기서열 (5'→3')
NV	NV F	+	TTGTGAATGAAGATGGCGTTCGART
	NV R	-	CCRCCIGCATRICCRTRTACAT

※ NV : 질병관리본부 감염폴리오바이러스과

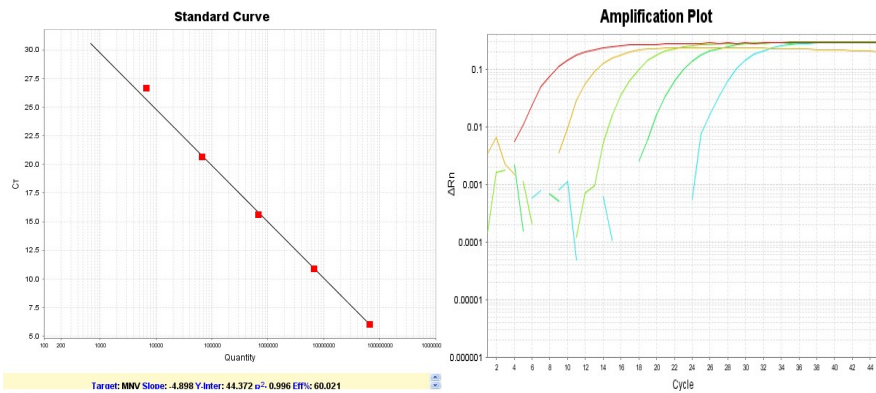


그림 4. Real-time RT-PCR을 이용한 노로바이러스 표준곡선 및 증폭 곡선

1.3. 감염성 분석

1.3.1. TCID₅₀

▶ 개요

- TCID₅₀은 50 %의 배양 well에 세포병변효과가 나타나는 바이러스 희석배수를 의미함
- 바이러스의 세포병변효과(CPE)의 측정지표로 이용
- 일정계열의 바이러스단계 희석액을 같은 조건하에서 배양한 세포에 접종 후 세포병변효과가 나타난 배양 well을 선택

▶ 분석방법

- 1) 37 °C의 CO₂ 배양기에서 3 ~ 4일 배양한 BGMK(Buffalo green monkey kidney) 세포를 꺼내어 T₇₅ flask의 배지를 버림
- 2) 3 ~ 5 mL의 HBSS (Hank's Balanced Salt Solution)을 넣어 2 ~ 3번 앞뒤로 흔들어 세척한 후 버림
- 3) Trypsin-EDTA(1X, SIGMA, USA) 1 mL을 넣고 고루 퍼지도록 흔들어준 후, 37 °C에서 4분간 배양
- 4) 현미경으로 관찰하여 세포가 flask 바닥에서 떨어지는 것 확인함
- 5) 세포가 떨어지면 바로 5 % MEM 배지 20 mL을 넣어 Trypsin(1X)을 중화
- 6) 배양액을 50 mL tube에 옮긴 후 원심분리 (1500 rpm, 5 분)하여 상층액을 버림
- 7) 가라앉은 세포에 5 % MEM 배지 10 mL을 넣어서 혼합시킨 후 세포수를 셈
- 8) 한 well 당 1×10^4 이 되도록 96 well plate에 200 μ 씩 분주함

- 9) 현미경 관찰을 통해 잘 분주 됐는지 확인 한 후 37 °C CO₂ 배양기에서 배양함
- 10) 24시간 간격으로 세포가 자라는 정도를 보고 세포가 plate 바닥 거의 다 덮을 때쯤 바이러스를 접종함
- 11) 분석할 시료(바이러스)를 96 well에 접종하기 전 시료를 희석함
- 12) 1 ~ 10번 tube에 2 % MEM 배지 2.7 mL을 넣고 시료원액을 1번 tube에 300 uL를 넣고 vortexing하여 잘 섞어줌
- 13) tip을 바꾸어 1번 tube의 희석액 300 μ l를 2번 tube로 옮기고 이 방법을 반복하여 10⁻¹에서 10⁻¹⁰까지 단계 희석을 함(그림 2)
- 14) 37 °C CO₂ 배양기에서 배양한 96 well plate (BGM 세포)를 꺼내 자란 상태를 현미경 관찰 후 96 well plate에 있는 배지를 모두 버림
- 15) 다음 그림과 같이 지정된 well에 바이러스 희석액 200 μ l를 넣어 현미경으로 세포 모양을 관찰한 후, 37 °C CO₂ 배양기에 배양
- 16) 2일 간격으로 10일 동안 96 well plate의 세포를 현미경으로 관찰하여, CPE 양상을 조사함(감염된 well 수를 표시)

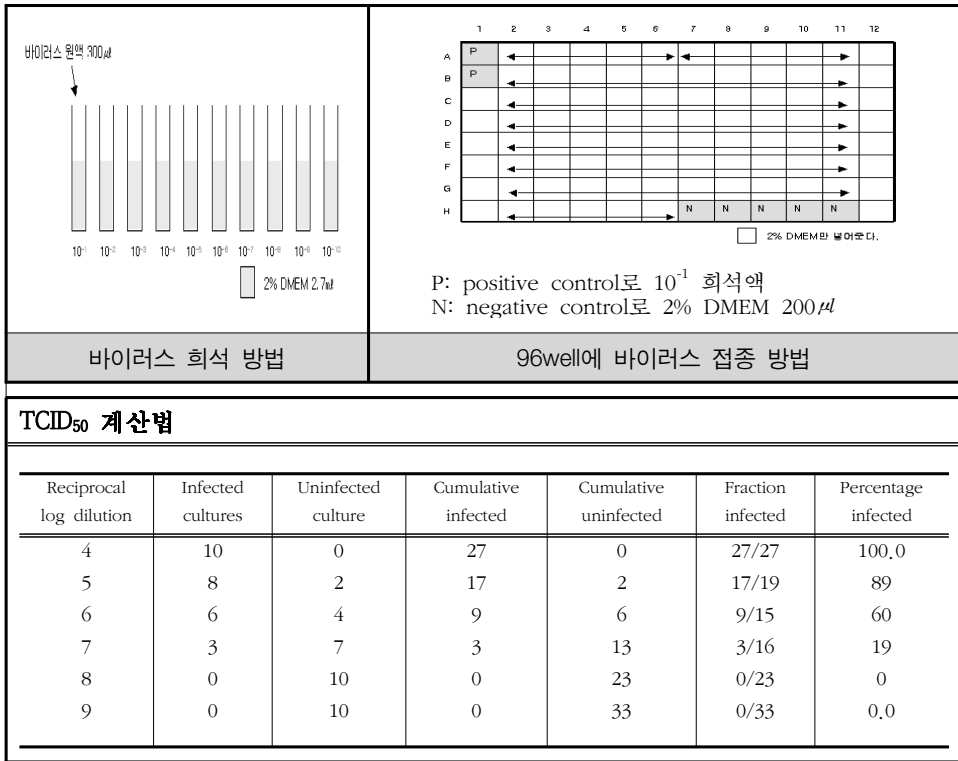


그림 5. TCID₅₀ 분석법 및 계산법

1.3.2. Plaque assay

▶ 개요

- 바이러스를 BGM 세포에 감염시켜 세포의 lysis에 의해 형성된 Clear Zone을 관찰함
- TCID₅₀보다 정확한 바이러스 감염성을 측정함

▶ 분석방법

- 1) 37 °C의 CO₂ 배양기에서 3 ~ 4일 배양한 BGMK(Buffalo green monkey kidney) 세포를 꺼내어 T₇₅ flask의 배지를 버림

- 2) 3 ~ 5 mL의 HBSS (Hank's Balanced Salt Solution)을 넣어 2 ~ 3번 앞뒤로 흔들어 세척한 후 버림
- 3) Trypsin-EDTA(1X, SIGMA, USA) 1 mL을 넣고 고루 퍼지도록 흔들어준 후, 37 °C에서 4분간 배양
- 4) 현미경으로 관찰하여 세포가 flask 바닥에서 떨어지는 것 확인함
- 5) 세포가 떨어지면 바로 5 % MEM 배지 20 mL을 넣어 Trypsin(1X)을 중화 함
- 6) 배양액을 50 mL tube에 옮긴 후 원심분리 (1500 rpm, 5 분)하여 상층액을 버림
- 7) 가라앉은 세포에 5 % MEM 배지 10 mL을 넣어서 혼합시킨 후 세포수를 셈
- 8) 24 well plate를 꺼내 배양세포의 상층액을 버리고 HBSS 배지를 이용하여 2회 씻어줌
- 9) 희석된 시료를 각 well에 0.1 mL씩 접종 한 후 50분간 36.5 ± 1 °C, 5 % CO₂ 배양기에 배양
- 10) Gum tragacanth (2X)와 5 % MEM 배지(2X)를 혼합시켜 Overlay Medium (1X)을 만들어 well당 2 mL씩 첨가 함
- 11) 3 ~ 4 일간 36.5 ± 1 °C, 5 % CO₂ 배양기에 배양시킴
- 12) 매일 관찰하여 50 ~ 90 %의 CPE가 나타나면 Overlay Medium을 제거함
- 13) Crystal Violet Dye Fixer Solution을 1 mL씩 첨가한 후 실온에서 15분간 방치하여 세포를 고정시킴
- 14) 24 well plate를 수돗물로 5 ~ 6회 세척한 후 잘 건조시켜 plaque를 계수함 즉,
 ※ 10^{-6} well plate에서 평균 4.5 개의 Plaque가 형성되면 역가를 4.5×10^7 PFU/mL로 계산

1.3.3. MPN 법

▶ 개요

- TCID₅₀과 같이 세포배양에 의한 바이러스 감염성을 측정하는 방법
- 관찰된 CPE의 수를 MPN 프로그램 (ICR Most Probable Number Calculator version, 1.0)에 넣어 MPN 값으로 환산하여 감염력 판단

▶ 분석방법

- 1) 37 °C의 CO₂ 배양기에서 3 ~ 4일 배양한 BGMK(Buffalo green monkey kidney) 세포를 꺼내어 T₇₅ flask의 배지를 버림
- 2) 3 ~ 5 mL의 HBSS (Hank's Balanced Salt Solution)을 넣어 2 ~ 3번 앞뒤로 흔들어 세척한 후 버림
- 3) Trypsin-EDTA(1X, SIGMA, USA) 1 mL을 넣고 고루 퍼지도록 흔들어준 후, 37 °C에서 4분간 배양
- 4) 현미경으로 관찰하여 세포가 flask 바닥에서 떨어지는 것 확인함
- 5) 세포가 떨어지면 바로 5 % MEM 배지 20 mL을 넣어 Trypsin(1X)을 중화
- 6) 배양액을 50 mL tube에 옮긴 후 원심분리 (1500 rpm, 5 분)하여 상층액을 버림
- 7) 가라앉은 세포에 5 % MEM 배지 10 mL을 넣어서 혼합시킨 후 세포수를 셈
- 8) T₂₅ flask를 꺼내 배양세포의 상층액을 버리고 HBSS 배지를 이용하여 2회 씻어줌
- 9) 16 mL의 HBSS에 시료 4 mL을 넣어 5배 희석하여 준비함

- 10) 5배 희석법(1:5, 1:25, 1:125, ...)으로 희석 한 후 각각의 희석 배율 당 여러 개의 T₂₅ flask에 접종 함
- 11) 50분간 36.5±1 °C, 5 % CO₂ 배양기에 방치시키고 2 % MEM 배지를 넣고 다시 36.5±1 °C, 5 % CO₂ 배양기에서 배양시킴
- 12) 관찰된 CPE 수를 MPN 프로그램(ICR Most Probable Number Calculator version, 1.0)에 넣어 MPN/mL 값을 산출함

2. 노로바이러스 실험 결과

2.1. 염소 소독

2.1.1. 시료량 1 ~ 2 L를 이용한 염소 소독

- 폴리오바이러스를 염소로 처리할 경우, 잔류염소가 1 ~ 5 ppm, 3 ~ 4분 동안 반응시키면 99.94 ~ 99.99 %(3 ~ 4 log) 이상의 제거율 확보
- 뮤린 노로바이러스를 염소로 처리할 경우, 잔류염소가 2.0 ~ 2.1 ppm, 1 ~ 5분 동안 반응시키면 접촉시간에 따라 유전물질의 제거율(1 log)이 높아짐(감염성은 모두 불활성화 됨)
- 사람 노로바이러스를 염소로 처리할 경우, 잔류염소 0.48 ~ 1.93 ppm, 1 ~ 3분 동안 반응시키면 최대 28.41 %의 유전자 제거율을 얻음

2.1.2. 농도와 접촉시간에 따른 바이러스별 실험 필요

- 뮤린 노로바이러스가 폴리오바이러스 보다 소독에 강한 저항성을 가지고 있음

표 6. 바이러스 종류에 따른 염소처리 결과

구 분	바이러스 종류	잔류염소농도 (ppm)	유전물질 제거(log)			불활성화 log 값
			최대	최소	평균	
실험결과	폴리오바이러스 3	0.3 ~ 4.4	4.00	3.15	3.40	-
	뮤린 노로바이러스	0.1 ~ 3.4	4.00	0.20	1.04	4.00
	사람 노로바이러스	0.5 ~ 1.9	0.49	0.001	0.19	-
참고문헌1) [*]	폴리오바이러스	1.0 ~ 5.0	2.0log	0.5log	-	4.00
	사람 노로바이러스		2.3log	1.0log	-	-
참고문헌2) [*]	고양이 칼리시바이러스 ^a	0.17	-	-	-	4.00
	아데노바이러스 40 ^b	0.17	-	-	-	4.00
	폴리오바이러스 1	0.5	-	-	-	4.00

1)^{*} Shin 등(2008)2)^{*} Thurston-Enriquez 등(2003)

a. FCV, Feline Calicivirus

b. AD40, Adenovirus type 40

-, not determine

2.2. 오존 소독

2.2.1. 뮤린 노로바이러스 제거

- 오존발생장치(오존엔지니어링사, LAB-020)에 의해 발생된 오존 가스를 산기 장치로 폭기시켜 용존 오존 생성
 - 용존오존은 휴대용 용존오존 모니터(ATI사, 모델 PQ45H) 이용
 - 실시간으로 용존오존량에 따른 바이러스 및 수온, pH 측정
- 오존수가 2 ppm일 때 61.82 ~ 100.00 % 제거됨
 - 감염성 결과 4 log 이상의 불활성화를 보임

표 7. 오존처리에 의한 뮤린 노로바이러스의 제거

오존수량 (mL)	접촉시간 (s)	용존오존 농도 (ppm)	유전물질 분석 제거율 (%)	감염성 분석 제거율 (%)	불활성화 log 값
25	60	0.5	9.59%	67.45%	0.49
30	60	1.0	38.89%		
25	60	1.0	23.23%	90.70%	1.03
30	60	1.5	56.65%		
25	60	1.5	49.05%	90.03%	1.00
30	60	2.0	61.82%		
50	60	2.0	100.00%	100.00%	4이상
50	60	2.0	100.00%		
50	300	2.0	100.00%	100.00%	4이상
50	300	2.0	100.00%		

2.3. 자외선 소독

2.3.1. 폴리오바이러스의 불활성화

- 자외선량이 18.8 mJ/cm² 일 때 폴리오바이러스 3 log 불활성화, 37.5 mJ/cm² 일 때 4 log 불활성화
- TCID₅₀ 분석 결과, 30초와 60초일 때 모두 불검출

2.3.2. 무린 노로바이러스의 불활성화

- 자외선량이 18.8 mJ/cm²일 경우 감염성(세포배양법(TCVA법))은 3.97 log의 불활성화를 보임.
- Real-time PCR 결과 30.71 %와 9.56 %의 유전물질 제거율
- RT-PCR로 분석한 결과 모두 양성으로 검출
- 자외선량이 37.5 mJ/cm²일 경우 감염성은 100 % 이상 불활성화를 보임
- Real-time PCR 결과 30 ~ 84.27 % 제거율, RT-PCR에서는 모두 양성

표 8. 폴리오바이러스의 실험결과

접촉시간(초)	자외선량 (mJ/cm ²)	감염성 분석		유전물질 분석
		TCID ₅₀ /mL	불활성화 log 값	RT-PCR
0 ^a	-	3.06×10 ⁵	-	검출
2	7.5	8.71×10 ³	1.5	검출
5	18.8	6.32×10 ¹	3.7	검출
0 ^b	-	3.40×10 ⁶	-	검출
30	112.5	0.00×10 ⁰	6.5	검출
60	225.0	0.00×10 ⁰	6.5	검출

a. 2초와 5초의 대조군

b. 30초와 60초의 대조군

표 9. 무린 노로바이러스의 실험결과

접촉 시간 (s)	자외선량 (mJ/cm ²)	유전물질 분석(1)		유전물질 분석(2)		감염성 분석			RT-PCR 결과
		대조군 (copy/uL)	제거율 (%)	대조군 (copy/uL)	제거율 (%)	대조군 (PFU/mL)	제거율 (%)	불활 성화 log값	
0		1.86×10 ⁵		2.40×10 ⁶		4.70×10 ⁴			
2	7.5	-	-	2.19×10 ⁶	8.69	7.00×10 ²	98.51	1.83	양성
5	18.8	1.29×10 ⁵	30.71	2.17×10 ⁶	9.56	5.00×10 ⁰	99.99	3.97	양성
10	37.5	1.09×10 ⁵	41.59	1.68×10 ⁶	30.04	0.00×10 ⁰	100.00	4.00	양성
30	112.5	5.81×10 ⁴	68.82	1.06×10 ⁶	55.71	0.00×10 ⁰	100.00	4.00	양성
60	225.0	2.93×10 ⁴	84.27	6.82×10 ⁵	71.54	0.00×10 ⁰	100.00	4.00	양성

2.4. 양전하 필터 여과

2.4.1. 폴리오바이러스 및 무린 노로바이러스 회수율

- Real-time PCR과 TCID₅₀으로 유전자 분석 및 감염성 분석
- 시료량 50 L 여과
- 폴리오바이러스는 평균 55.95 %, 무린 노로바이러스 평균 36.4 %의 회수율을 보임

2.4.2. 폴리오바이러스 및 대장균 제거율

- 시료 50 L에 폴리오바이러스와 대장균을 Spiking 했을 경우,
 - 유전자 물질 제거
 - 폴리오바이러스 제거율 : 최고 99.93 %(3.16 log)
 - 대장균 제거율 : 99.95 %(3.28 log)
 - 감염성 제거
 - 폴리오바이러스 제거율 : 2.34 log

표 10. 폴리오바이러스 회수

구 분	유전 물질 분석	감염성 분석
	copy/uL	TCID ₅₀ /mL
대조량 ^a	2.68×10 ⁶	2.59×10 ⁷
회수량 ^b	1.32×10 ⁶ ~ 1.84×10 ⁶	2.11×10 ⁷
평균 회수율(%)	55.95	81.47

a. 50 L의 증류수에 주입한 량

b. Nanoceram filter로 회수한 량

표 11. 무린 노로바이러스 회수

구분	유전 물질 분석	감염성 분석
	copy/uL	TCID ₅₀ /mL
대조량 ^a	4.390×10 ⁶ ~ 7.901×10 ⁶	-
회수량 ^b	1.839×10 ⁶ ~ 2.442×10 ⁶	-
평균 회수율(%)	36.4	-

a. 50 L의 증류수에 주입한 량

b. NanoCeram filter로 회수한 량

표 12. NanoCeram filter의 폴리오바이러스와 대장균 제거

	대조량 ^a	회수량 ^b	제거율(%)	제거log값
폴리오바이러스 (copy/uL)	1.84×10 ⁶	1.23×10 ³	99.93	3.16
	1.63×10 ⁶	1.28×10 ³	99.92	3.10
	1.46×10 ⁶	1.15×10 ³	99.92	3.10
대장균 (MPN/100ml)	1.99×10 ⁹	1.05×10 ⁶	99.95	3.28

a. NanoCeram filter를 통과하지 않음

b. NanoCeram filter를 통과함

3. 노로바이러스 조사기관

● 전국 지하수 및 식품관련 노로바이러스 조사기관 및 연락처

대상	조 사 기 관	연락처
지하수	환경부	02-2110-6769
	국립환경과학원	032-560-7545
	서울시상수도연구원	02-3416-1789
	한국수자원공사	042-629-2034
	부산시수질연구소	055-323-4718
	대구시수질연구소	053-654-3453
	경기도 보건환경연구원	031-250-2641
	서울시 보건환경연구원	02-570-3426
	경희대 지구환경연구소	02-762-0271
	건국대 수의과학연구소	02-3437-1940
	부산대 미생물자원연구소	051-510-2178
	(주) 아워홈	031-778-2990
식품관련	식품의약품안전청	02-380-1635



용어 해설



용어 해설

- **가압펌프(Booster pump)**

송수관로도중에 수압을 증가시킬 목적으로 설치하는 펌프.

- **가정용수(Domestic use)**

음료, 요리, 세탁, 수세식 변소, 목욕 등 일반가정에서 쓰는 물.

- **결합잔류염소(Combined chlorine residual)**

물 속에 암모니아가 존재하면 염소와 작용하여 클로라민(chloramine)을 형성하며 생성된 클로라민을 결합잔류염소라 함.

- **경도(Total Hardness)**

물 속에 용해되어 있는 Ca^{2+} , Mg^{2+} 이온의 총량을 나타내는 것으로서 이들 이온의 당량에 대응하는 CaCO_3 의 농도로 mg/L 또는 ppm 단위로 표기한 값. 영구경도와 일시경도가 있음.

- **관로(Pipe line)**

관으로 된 수로.

- **관수로(Water pipe line)**

물이 충만해서 흐르며, 자유수면을 가지지 않는 수로.

- **노로바이러스(Norovirus)**

사람의 장에서만 서식하는 장관계 바이러스(Enteric virus)의 한 종류로 총 250여 종이 알려져 있음. 감염이 되었을 경우 설사, 구토, 복통, 근육통, 권태나 간헐적인 두통, 미열 등 동반하며 사람에서 사람으로 쉽게 전염이 됨.

- **노즐(Nozzle)**

액체 또는 기체를 고속으로 자유공간에 분출시키기 위해 유로(流路) 끝에 다는 가는 관.

- **누수(Leakage)**

수도관에서 새는 물.

- **대장균군(Coliform group)**

사람과 동물의 장내에서 기생하는 대장균 및 대장균과 유사한 성질을 가진 균의 총칭.

- **도류벽(Guide wall)**

물을 정체시키지 않고 흐르도록 하기 위하여 배수지 등의 내부에 설치하는 벽.

- **디퓨저(diffuser)**

유체(기체, 액체)가 지닌 운동 에너지를 압력 에너지로 바꾸기 위해 단면적을 점차 넓게 한 유로. 노즐과는 반대 작용을 하는 것.

- **바이러스(Viruses)**

수인성 전염을 통해 질병을 야기할 수 있는 분원성 바이러스로 세균보다 작아서 세균여과기로도 분리할 수 없고, 전자현미경을 사용하지 않으면 볼 수 없는 작은 입자.

- **박테리아(Bacteria)**

땅, 물, 공기, 생물체 따위의 속에 살거나 다른 생물체에 기생하여, 발효나 부패를 일으키고 병원체가 되기도 하는 아주 작은 단세포 생물.

- **배관(Piping)**

도수, 송수, 배수, 급수 등을 위해 관을 부설하는 것을 말함.

- **배수(Drainage)**

지표수 또는 지하수를 배출시키는 것.

- **배수관(Distribution pipe)**

배수지 또는 배수펌프(pump)를 기점으로 하여 급수장치까지의 배수를 목적으로 부설한 관.

- **병원성 미생물(Pathogenic Microorganism)**

식중독이나 각종 수인성 질병을 유발하는 병원성을 띤 미생물을 가리킴.

- **병원성 바이러스(Pathogenic virus)**

유전물질인 핵산(DNA, RNA)과 이를 보호하는 외피로 구성되어 있는 아주 단순한 구조를 가지고 있는 병원체로 20 ~ 85 nm 정도로 크기가 작아 일반 광학 현미경으로 관찰되지 않는 최소 단위의 생물체.

- **분원성대장균군(Fecal Coliforms)**

온혈동물의 배설물에서 발견되는 그람음성·무아포성의 간균으로 44.5℃에서 유당을 분해하여 가스 또는 산을 발생하는 모든 호기성 또는 통기성 혐기성균을 말함.

- **불활성화(Inactivation)**

미생물의 활동성을 평가하는 것으로 병원성 미생물이 소독에 의하여 사멸된 상태를 말함. 소독제 농도 및 소독제와 물과의 접촉시간 등을 측정하여 평가함.

- **산기식(Diffused aeration, air blower system)**

포기조의 저부에 산기관 혹은 산기관을 설치하는 포기방식.

- **산기장치(Air diffuser)**

미세한 기포를 수중에 분출시키는 장치.

- **색도(Color)**

물속에 함유된 불순물에 의하여 착색의 정도를 수치로 나타낸 것으로 용해성 물질, 콜로이드형 물질에 의하여 나타나는 유황색 내지 황갈색의

정도로서 백금 1 mg을 함유하는 색도 표준액을 물 1 L 중에 녹였을 때 나타나는 색상을 1도라고도 함.

- **소독(Disinfection)**

화학적 산화제 또는 이와 동등한 효능을 지닌 물질을 사용하여 물에서의 병원성미생물을 일정한 농도 이하로 불활성화 시키는 처리공정을 말함.

- **소독부산물(Disinfection by-products)**

물속에 함유된 유기물이 정수처리를 할 때에 소독제로 투입된 염소와 반응하여 생성되는 물질. DBPs라고도 하며, 가장 중요한 소독부산물은 트리할로메탄(THMs) 임.

- **소독시설(Disinfection facility)**

원수 중에서 콜로이드성 입자들을 제거하고 난 후에도 수인성 미생물을 사멸시켜 위생적으로 안전한 음용수를 생산하는 과정으로 주로 염소 소독이 시행되고 있음.

- **수두손실(Head loss)**

유동하는 유체가 마찰 충격에 의해서 생긴 손실 에너지를 수주의 높이로 나타낸 것.

- **수소이온농도(Hydrogen ion concentration)**

수소화합물의 수소가 수중에서 이온화하고 있는 비율

- **스케일(Scale)**

관의 내면에 유기물 또는 무기물에 의해 발생한 부착물을 말함.

- **알칼리(Alkali)**

보통 수산화물 MOH의 형식을 취하며 산을 중화시키는 화합물로서 물에 녹는 물질.

- **알칼리도(Alkalinity)**

산을 중화시키는 척도로 표시됨. 수중의 HCO_3^- , CO_3^{2-} , OH^- 의 농도를 탄산칼슘(CaCO_3)으로 환산하여 mg/L로 표시한 것.

- **양전하 필터(Positive charged filter)**

강한 양전하를 띤 부직포 형태의 depth filter로 폭 2 nm 직경의 Nano Alumina fiber가 주된 성분이며, 바이러스 회수용으로 이용되고 있음.

- **여과속도(Filtration rate)**

원수가 1일 또는 단위시간에 여과지의 사면을 통과하는 길이 또는 원수가 단위시간 내에 단위면적을 통과하는 양.

- **여과수도(Filtration head)**

여과지 수면과 여과수 유출수면과의 수위 차.

- 역세척(Back wash)

압력정수(또는 정수와 공기)를 여과 흐름방향과 반대방향으로 압송하여 여과층을 씻어내는 것.

- 염소(Chlorine, Cl₂)

정수처리를 할 때에 소독제로서 수중에 용해되면 차아염소산과 차아염소산이온의 형태로 존재(유리염소)하며, 정수처리를 할 때에 원수(전염소)와 여과지와 정수지(후염소) 사이에 투입하고, 주입 지점에 따라 가장 일반적인 소독제 임.

- 염소요구량(Chlorine demand)

물에 염소제를 가해서 일정시간 접촉 후 유리잔류염소를 유지하는데 필요한 염소량을 말함.

- 염소소비량(Chlorine consumption)

최초로 잔류염소를 확인하는데 필요한 염소량으로 수중의 유기성물질의 환원성 무기물질 등이 소비하는 염소량을 말함. 일반적으로 1시간 접촉 중에 소비되는 염소량을 말하며 염소요구량이라고도 함.

- 오염부하량(Pollution load)

상수원 관리에 있어서 하루 동안 발생하는 오염물질의 양을 무게로 환산한 것을 말함.

- **오존(Ozone)**

[냄새가 난다]는 뜻의 그리스어에서 비롯된 것으로 산소원자 3개로 구성된 오존은 특이하고 강한 냄새를 지닌 푸른빛의 기체 임. 제3의 산소원자를 다른 물질들에게 쉽게 내주는 산화력이 강한 활성기체로 이런 특성 때문에 표백살균 및 공기청정장치 등에 흔히 이용되기도 함.

- **오존발생기(Ozone generator)**

처리수 중에 존재하는 색도 및 맛·냄새(이취미) 유발성 유기물질 등을 제거하기 위해 정수처리공정에서 불안정한 가스 O_3 를 현장에서 직접 발생하게 하는 장비를 말함.

- **오존처리(Ozone treatment)**

오존을 이용하여 처리수 중에 존재하는 색도 및 맛·냄새(이취미) 유발성 유기물질 등을 제거하기 위해 산소 또는 공기를 사용하여 처리하는 방법을 말함.

- **유기화합물(Organic compounds)**

흡원소물질인 탄소, 산화탄소, 금속의 탄산염, 시안화무탄화물 등을 제외한 탄소화합물의 총칭.

- **유리잔류염소(Free residual chlorine)**

물에 염소를 넣을 때 일정시간 후 소멸되지 않고 남아 있는 유리 염소를 말함. 물에 투입된 염소는 물과 반응하여 유리잔류염소인 차아 염소산($HOCl$ -)과 염산을 생성함.

- **유리염소(Free chlorine)**

수중에서 차아염소산(HOCl) 또는 차아염소산이온(OCl^-)의 형태로 존재하는 유효염소를 말함.

- **유효염소(Effective chlorine)**

수중에서 살균, 산화능력을 가진 유리형 및 결합형의 염소를 말함.

- **월류관(Overflow pipe)**

여분의 물을 넘어가게 하는 관을 말하는 것으로 즉 저수조, 물탱크 등의 수위(물높이)가 일정수준 이상을 넘지 못하도록 하기 위하여 설치해 놓은 것을 말함.

- **월류웨어(Overflow weir)**

여분의 물 혹은 유출수를 유출시키기 위하여 설치한 웨어를 말함.

- **이젝터(Ejector)**

압력이 있는 증기·공기·물을 노즐로부터 분사시켜 주위의 증기나 물을 배출하거나 응축시키는 장치. 분류 펌프의 하나로 추기(抽氣)나 양수(揚水)에 사용 함. 복수기에 혼입된 공기를 배출하기 위해 증기를 구동유체로 사용하는 증기 이젝터가 널리 사용되고 있음.

- **이온교환수지(Ion exchange resins)**

정전기력으로 고체의 표면에 함유하고 있는 이온을 폐수 중에 존재하는 반대이온과 서로 교환하여 처리하는 방식으로 정수처리나 폐수의 고도처리에 이용됨.

- **인젝터(Injector)**

고압의 기체속에 액체를 주입하는 것. 노즐로부터 증기를 분출시켜 그 힘으로 물을 고압부로 보내는 장치. 증기의 분류(噴流)를 이용하여 급수하는 펌프의 일종. 보통 보일러의 급수용으로 사용 함. 펌프로서의 효율이 좋지 않으나, 압축과 급수의 예열을 동시에 할 수 있는 이점이 있음.

- **일반세균(Total Colony Counts)**

물 속에 서식하는 세균으로 보통 한천 배지에서는 집락을 형성할 수 있는 생균으로 물의 오염지표로 중용함. 먹는물 수질기준은 1 mL 중 100 이하로 일반세균이 함유되어야 하고, 미생물로 구분하며, 먹는 물로 적합하기 위해서는 1 mL 당 100 CFU 이하로 일반세균이 함유 되어야 함.

- **자외선(Ultra Violet Ray)**

자외선, 태양관선 중 가시광선과 X-ray 사이의 파장을 갖는 자외선 으로서 파장(100 ~ 400 nm)이 짧아 투과력은 약하지만 강력한 에너지를 갖고 있어 화학반응을 촉진하여 유기물을 산화시키며 미생물에 대한 살균작용을 일으킴.

- **전구물질(Precursor)**

다른 물질을 형성하기 전의 물질.

- **전염소처리(Pre-chlorination)**

여과에 앞서 소독의 목표 이외에 철, 망간, 냄새, 맛, 생물의 제거 또는 사멸시키기 위하여 염소를 주입시키는 것.

- **전처리(Pre-treatment)**

여과를 하기 전에 소독의 목적 및 철, 망간, 생물의 제거를 위하여 염소를 주입하는 것으로 약품주입 포기, 침전 등의 방법에 의해 수질을 조정하기 위하여 행하는 예비처리.

- **접촉시간(Contact time)**

염소제 등의 약품류, 공기 등이 물과 접촉하는 시간을 말함.

- **정수시설(Water treatment facility)**

수질기준에 적합하고 안전하며, 쾌적하게 이용할 수 있는 수돗물을 생산하기 위한 모든 시설을 말함.

- **정수처리기준(Water treatment criteria)**

경제적·기술적으로 농도기준을 정하고 정기적으로 수질검사를 실시하는 것이 어려운 바이러스·지아디아 등 병원성미생물이 수돗물 중에 함유되지 않도록 하기 위하여 필요한 정수장의 운영·관리 등에 관한 기준을 말함.

- **조도(Illumination)**

유수에 접하는 면의 거치른 정도.

- **조류벽(Tidal wall)**

물의 흐름 속도를 감소 또는 방향을 바꾸기 위하여 설치한 벽

- **지아디아(*Giardia*)**

미생물에 속하는 것으로 설사병을 일으키는 기생성 원생동물로 자연 환경에서는 시스트(cyst 크기는 8 ~ 12 μm , 계란형)라고 하는 포낭 형태로 존재하며, 시스트도 환경저항성, 소독저항성(대장균의 2,350배)이 강하고, 기생성 원생동물로 분변에서 발견되기도 하며, 건강상의 영향으로는 설사, 불쾌감, 탈수, 식욕부진을 불러오기도 함.

- **지표세균(Index bacteria)**

병원균은 아니지만, 병원균과 배출원(분변 등)이 동일해서 병원균 오염 가능성을 직·간접적으로 알려주는 세균을 말함.

- **지하수(Groundwater)**

땅속의 지층이나 암석 사이의 빈틈을 채우고 있거나 흐르는 물로서 복류수, 심층수, 용천수, 복류수로 분류되고, 강수나 지표수의 일부가 지하로 침투해서 생기는 물.

- **질산성 질소(Nitrate Nitrogen, $\text{NO}_3\text{-N}$)**

토양, 물 등 자연 상태에 널리 존재하는 이온으로 식물의 성장에 필요한 질소원, 단백질과 같이 복잡한 질소화합물이 부패, 발표, 산화 등의 과정에서 생성되는 암모니아성 질소로부터 만들어 짐.

- **차아염소산(Hypochlorous acid, HOCl)**

염소제가 주입 분해되어 생기는 산화력이 강한 산을 말함.

- 차아염소산나트륨(Sodium Hypochlorite, NaOCl)

저수조 소독제로써 염소와 수산화나트륨을 반응시켜, 제조한 것으로 유리용기나 폴리에틸렌 용기에 넣어 포장되어 시판되고 있는 것을 말함.

- 차아염소산칼슘(Calcium Hypochlorite , Ca(OCl)₂)

저수조 소독제로서 일명 [클로로칼키라 불리기도 하며, 평균직경 6.5 mm 정도의 백색입제 또는 정제로 시판되고 있으며, 제품에 따라 30 ~ 70 %의 유효염소를 함유하고 있어 운반, 보관, 사용 등이 편리하여 저수조 소독제로 많이 사용되고 있음.

- 총대장균군(Total Coliforms)

그람음성·무아포성의 간균으로서 유당을 분해하여 가스 또는 산을 발생하는 모든 호기성(세균 따위가 산소를 좋아하여 공기 중에서 잘 자라는 성질) 또는 통성 혐기성균(산소를 싫어하여 공기 속에서는 잘 자라지 않는 성질의 균)을 말함.

- 충전탑(Packed column)

기체와 액체, 액체와 액체 등 이상(異相) 사이의 물질이동을 능률적으로 하기 위하여 내부에 충전물을 채운 탑. 이상 사이의 접촉면적을 크게 하고 각 상(相)의 흐름에 충분한 교란을 주어, 흡수·증류·흡착·추출 등의 물질이동을 효과적으로 행하게 하는 장치.

- 충전재(Packing)

충전탑의 기·액 접촉면적을 증대시킬 수 있는 돌조각이나 도자기 파편류.

- **콜로이드(Colloid)**

물질이 분자 또는 이온상태로 액체 중에 고르게 분산해 있는 것을 용액이라고 하는데 보통의 분자나 이온보다 크고 지름이 1 μm ~ 1 nm 정도의 미립자(입경 0.001 μ ~ 0.1 μ 인 입자)가 기체 또는 액체 중에 응집하거나 침전하지 않고 분산된 상태.

- **크립토스포리디움(*Cryptosporidium*)**

수인성 전염을 통해 질병을 야기할 수 있는 병원성 원생동물. 사람과 동물, 소, 돼지 등의 가축과 각종 야생동물의 장내에 기생하는 기생성 원충의 일종으로 경구로 섭취할 때 설사병을 일으킴. 크기가 작고 (직경 4 ~ 5 μm) 염소 소독에 매우 강하여 세계적으로 많은 수질사고의 원인이 되고 있음.

- **탁도(Turbidity)**

물의 맑고 흐린 정도 즉 물의 투명도를 표시하는 것으로 토양 기타 부유물질의 혼입, 용존물질의 화학적인 변화 등에 의해 나타남. 탁도의 단위는 NTU(Nephelometric Turbidity Units)을 사용함.

- **활성탄(Active carbon)**

흡착성이 강하고, 대부분의 구성물질이 탄소질로 된 물질로, 흡착제로 기체나 습기를 흡수시키거나 탈색제로 사용 됨. 목재나 갈탄 등을 연화아연 등으로 약품으로 처리, 건조시켜 제조함. 일반적으로 활성탄은 가루상태나 이자상태로 제조 되는데, 가루인 것은 입자상태로 만들어 사용하기도 함. 용도는 주로 흡착제로서 기체나 습기를 흡수시키는 데 사용되며, 그 밖에 용제의 회수제와 가스의 정제용 또는 탈색제로 쓰이는 등 용도가 다양 함.

- **후염소처리(Post-chlorination)**

정수 처리된 물을 소독의 목적으로 투입하는 것을 말하며, 일반적으로 여과시설 후에 실시하는 염소처리로서 병원균을 사멸시키기 위한 처리를 말함.

- **흡착(Adsorption)**

액체와 고체, 기체와 고체의 경계층에서 흡착질이 흡착제로 이동되어 농축되는 현상으로서 활성탄과 같은 다공성 흡착제에 냄새 등이 제거 되는 현상을 말함.



참고문헌

참고문헌

WHO, Guidelines for drinking water quality, 2008

EPA, Manual fo Small Public Water Supply Systems, 1991

환경부 상하수도국, 지하수 중 노로바이러스 관리대책(안), 2007

국립환경과학원, 지하수 중 노로바이러스 조사기관 운영지침, 제 2009-222호, 2009

국립환경과학원, 먹는물수질검사기관 바이러스분야 지정 등에 관한 규정 제 2009-45호, 2009

국립환경과학원, 바이러스 및 원생동물 검사 관련 규정집, 2008

국립환경과학원, 지하수등 비소독수의 노로바이러스 오염제어 방안 연구(I), 2009

수자원공사, 정수설비핸드북, 홍릉과학출판사, 2009

김동윤, 상수도공학-일반 및 고도 정수처리-, 동화기술, 2007

상수도수질용어 해설집, 부산광역시 상수도사업본부 수질연구소, 2008

상수도 용어 백과, 서울특별시 상수도 연구원, 2007

http://www.gims.go.kr/gims/gwedu/groundwater_duty.aspx

지하수중 노로바이러스 관리 매뉴얼

발 행 국립환경과학원장 윤승준

발행일 2010년 5월 24일

제 작 정원화, 김윤희

편 집 임성재, 박상정, 이동숙, 장석재,
박지연, 오정환, 최희진, 김근수,
김지혜, 박주현, 이준배, 김현구

감 수 김태승, 정동일, 정은해

본 책자는 지하수 관리자의 이해를 돕기 위해 제작되었습니다.
소유권은 환경부 토양지하수과 및 국립환경과학원 먹는물연구과에
있으며, 무단복제 및 배포를 금합니다.