침전법 용존공기부상법(DAF) 및 침전·용존 공기부상법(SEDAF)을 적용한 상수 처리효과 비교분석

(남양주시 화도정수장 실증자료를 중심으로)

연세대학교 보건대학원

환경관리학과

이 신 제

침전법과 용존공기부상법을 적용한 상수 처리효과 비교분석

(남양주시 화도정수장 실증자료를 중심으로)

지도 정　　용 교수

이 논문을 보건학석사학위 논문으로 제출함

2000년　6월　　일

연세대학교 보건대학원

환경관리학과

이　　신　　제

이신제의 보건학석사 학위 논문을 인준함

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

연세대학교 보건대학원

2000년 6월 일

감사의글

먼저 하나님께 감사 드리며, 오늘이 있기까지 학문의 길을 열어주시고 언제나 온화함과 부드러움으로 격려와 지도를 아끼지 않으신 정용 교수님과 바쁘신중에도 논문심사를 허락해주시고 힘이되주신 정재춘 교수님, 언제나 친근한 화술로 때론 친구처럼 지도해주신 최윤찬 박사님께 진심으로 감사드립니다.

그동안 대학원 생활을 알차게 해주신 신동천교수님, 이종태교수님, 임영욱 교수님, 최윤호박사님, 박성은박사님, 강형석선생님, 김준성선생님, 공해환경연구소 및 선후배 동료들 에게도 감사드립니다.

바쁘신 중에도 만학의 길을 추천해주시고 격려해주신 김영희 남양주시장님과 최영복 과장님, 직원동료 여러분께도 감사의 말씀을 드립니다.

논문자료를 기꺼이 제공해 주신 동신유압 나인수님, 광주군, 하남시, 수자원공사 관계자 여러분들과 지응수 김인우씨에게도 감사드리며, 논문작성에 많은 시간을 배려해주신 환경사업소장님 외 직원동료와 그간 도와주신 모든분들께 진심으로 감사드립니다.

직장생활과 대학원 생활을 병행하며 힘들고 지칠때마다 저의 정신적 지주로 버티게 해주신 부모님과 형동생들과 힘들어하는 남편을 위해 묵묵히 내조해준 아내와 주화 주운이와 이기쁨을 나누고자합니다.

2000년 6 월

이신제 사룀

목 차

그 림 목 차

약 어 정 리

D.A.F : Dissolved air flotation

SE DAF : Sedimentation dissolved air flotation

THM : Trihalomethane

TOC : Total organic carbon

NTU : Nephelometric turbidity unit

CGS : Covvenitional gravity settling

PAC : Poly aluminum chloride

국 문 요 약

최근 도시화로 인한 인구집중과 생활수준 향상으로 물수요량이 급증 함에 따라 상수도 시설개량 및 증설 계획의 필요성이 높아지고 있으나, 수원 으로의 하천은 점차 오염이 심화되고 수질 및 유량변동폭이커, 연중 고른 수질 및 수량 확보가 어려워 향후개발될 상수원 으로는 하천수보다는 호소수의 비율이 증가할 것이다. 그러나 호소수 에서는 특유의 냄새와 색깔을 나타내며, 특히 여과지(Sand filtartion)의 폐색등 정수기능에 장애를 일으키는 조류발생(algae bloom) 문제가 심각한 정도이나 조류가 기존 침전방식 으로는 제거가 잘되지 않으며 조류자체나 조류에의해 생성되는 유기물에의해 염소소독시 소독부산물(DBPs)을 발생시켜 음용수로서의 질을 떨어지게 하고 있다.

이런배경에서 우리나라에서도 선진외국에서 사용중인 DAF 정수system에 대한 연구가 진행되 왔으나 거의 대부분이 Pilot test 규모에 지나지않아 국내 실제 정수장 규모의DAF system을 토대로 검증된 연구 자료가 필요하였다. 마침 경기도 남양주시 화도정수장에 (연세대학교 정용 교수팀에의해)1일 6,000톤 규모의 원형DAF system과 1일 7,200톤 규모의 개량형 사각 DAF system이 건설되 현재 운영중으로서 그간의 운영결과를 토대로 DAF system의 상수처리 효과를 검증하였다.

1. DAF system의 원리 및 특징

DAF system은 공기주입, 압력펌프 ,가압조(saturator) 및 부상조(Flotation chamber)의 네가지 중요 요소로 되있으며 Henry의 법칙에 따라 1.7-4.9㎏/㎠의 고압공기를 과포화시켜 대기압상태로 방출시 발생하는 미세기포로 오염물을 부상 분리시키는 것으로 조류제거 및 고색도, 냄새, 저탁도 원수처리

에 우수한 성능을 가지고 있다.

2. DAF system 의 국내 적용예

1997년10월 경기도 남양주시 화도정수장에 1일 6,000톤 규모의 원형 DAF system과 98년7월 시설용량 7,200톤/일 규모의 사각 DAF system을 적용건설하여 성공적으로 운영중이다.

본 연구에서는 국내 최초의 DAF 정수 system인 남양주시 화도정수장 실증 Plant 운영 결과를 토대로 상수처리 효과를 평가하여 국내정수장에 적용가능성을 검증코자한다.

3. 원·정수 수질항목을 침전방식, 원형부상방식, 기존 침전지과 연계한 개량형 사각부상방식 별로 운영결과를 비교하고 세부 처리공정별로 상수처리 효과를 비교분석한 결과 chloropil-a, TOC, UV-254, 탁도, $KMnO_4$ 소비량, Fe, Mn, Cu, Zn, NO_3-N, 등의 항목 자료검사결과 DAF system이 기존 침전법에의한 처리효과 보다 좋은 효과를 얻었다.

4 .또한 DAF정수system 도입후 완속 여과사(slow sand filtra) 여과 지속시간이 4.5배 연장됨으로 삭취주기 연장으로 운영비용이 절감되, 1년뒤 부터는 설치비용 이상의 예산절감 효과를 얻을수 있었다.

5. 따라서, 국내 상수원의 계속되는 BOD 상승과 호소수 등에서 자주 야기되는 조류대발생(algae bloom)문제 또는 냄새, 저탁도 등 기존침전법 으로 처리가 곤란한 점을 보완하고, 조류자체나 조류에의해 생성되는 유기물에 의해 소독 부산물(DBPs)이 생성됨을 감안할때 국내 상수도 정수공법으로의 적용가능성은 상당히 크며 본 연구결과와 같이 기존 침전공법을 보완해주는 침전법과 연계가 가능한 C 처리 운영방식이 수질개선등 상수처리 효과는 물론 정수장 운영의 편의도모와 예산절감 효과가 있음이 입증되었다.

Ⅰ. 서 론

우리나라 수자원 이용 현황을 살펴보면 전체 290억톤/년 중 57%인 164억톤이 하천수이다(환경부,1997). 하천은 점점 오염이 심화되고 수질 변동폭이 커, 연중 고른 수질 및 수량 확보에 어려움을 겪고 있다. 따라서 향후 개발될 상수원으로는 하천수보다는 호소수의 비율이 증가할 것으로 전망되나, 호소수에서는 특유의 냄새와 색깔을 나타내며 특히 여과지의 폐색 등 정수기능에 장애를 일으키는 조류발생 문제가 심각한 정도이나 조류가 기존 침전 방식으로는 제거가 잘 되지 않으며 염소소독시 소독부산물을 발생시켜 음용수로서의 질을 떨어지게 하고있다(금희정,1998). 이에대한 대책으로 최근 DAF System의 여러 가지 장점과 특히 탁도, 색도 또는 부영양화에 의한 조류발생 원수처리에 우수한 성능을 가진 것으로 각계의 관심속에 연구되고 있으나 국내에서는 거의 PILOT test 정도에 지나지 않았고 실제 규모의 DAF 정수 system을 토대로한 검증된 연구 자료가 없었으나, 1997년 남양주시 화도정수장에 (연세대학교 정용 교수팀에 의해) 1일 6,000톤 규모의 원형 DAF 정수 system과 1일 7,200톤 규모의 개량형 SE DAF 정수 system이 건설되어 현재 운영중에 있어 이에대한 실증 plant 운영결과를 토대로 DAF 정수 system의 상수처리 효과를 검증하고자 한다.

Ⅱ. 연 구 배 경

서론에서 언급했듯이 최근 DAF System의 여러 가지 장점과 특히 탁도, 색도 또는 부영양화에 의한 조류발생 원수처리에 우수한 성능을 가진 것으로 최근 각계의 관심속에 연구되고 있으나 국내에서는 거의 PILOT test 정도에 지나지 않아 실제 규모의 DAF 정수 system을 토대로한 검증된 연구자료를 필요로 하고 있었다. 마침내 1997년 남양주시 화도 정수장에 (연세대학교 정용 교수팀에 의해) 1일 6,000톤 규모의 원형 DAF 정수 system과 1일 7,200톤 규모의 개량형 SE DAF 정수 system이 건설되어 현재 운영 중에 있어 DAF 정수 system의 원리를 살펴보고 국내 최초로 실제 정수장에 적용한 실증 plant 운영결과 상수처리 효과를 분석하여 DAF 정수 system이 국내에서 적용 효과 검증의 필요성이 제기되었다.

1. DAF system의 원리 및 특징

DAF 정수 system은 크게 공기주입, 압력펌프, 가압조(saturator) 및 부상조(Flotation chamber)의 네 가지 중요한 요소로 되어있다. Henry의 법칙에 따라 물 속에 녹아 있는 기체의 용해도는 압력이 증가함에 따라 증가한다(김종대,1980). system으로 유입된 처리수는 압력펌프에 의해 생성되는 1.7-4.9 ㎏/㎠의 높은 압력 하에서 가압조에서 0.5-3.0분 가량 머무르면서 과포화된다(정용,1995). 가압조로부터 대기압 상태의 부상조로 가압수를 유입

시키면 갑작스런 압력의 감소로 인해 평균입경 40㎛ 혹은 그 이하의 미세한 기포가 발생한다. 이 기포가 부상조 내부에서 부유하고 있거나 콜로이드 상태인 입자들과 결합하여 부상하게되며, 음용수 처리에서는 급속 여과의 전단계로서 침전을 가장 광범위하게 사용하고 있는데 많은 원수들이 조류 등과 같이 부상하려고 하는 경향이 있는 밀도가 낮은 입자들을 포함하고 있기 때문에 침전조에서 문제가 발생한다. 특히, 조류 대발생이 있었던 부영양 상태의 원수는 침전에 의해 처리가 어렵고 저탁도나 색도가 높은 물은 처리과정에서 매우 느리게 침전되는 가벼운 floc이 생성된다. 이러한 문제로 DAF가 침전공법의 대안으로 고려되면서 흥미를 끌고 있다 (권순범,1996). 가압부상법은 공기의 가압용해 및 원수 첨가방법에 따라서 전 원수 가압법(total flow pressurization), 원수분류 가압법(partial flow pressurization) 및 순환수 가압법(recycle flow pressurization) 등으로 분류되는데, 국내에서 운영중인 남양주시 화도 정수장의 가압부상 정수시설에는 순환수 가압법을 적용하였다.

2. DAF정수방법의 국내 적용 예

남양주시 화도 상수도는 90년 보통침전·완속여과 방식으로 설치되었고 최근 이 방식으로 정수처리시 처리공정의 과부하로 정수처리에 어려움을 겪게되어 약품침전 및 경사판침전 방식으로 개량 운영하였다(환경부,1998). 그러나 가벼운 fioc들은 침전지에서 제대로 제거되지 않아 완속 여과지가 고질적으로 폐색 되어 정수장운영에 적지 않은 부담으로 작용하였다(지방자치 경

영협회,1998). 오염된 하천수가 취수구로 혼입되는 것으로 추정되며, 하천수를 상수원으로 직접 취수하고 있는 남양주시 화도 상수도는 현취수지점에서 양질의 상수원 확보는 어려우며 이로 인해 정수처리에 적지 않게 역작용이 된 것으로 여겨진다. 이러한 자연환경 조건에 의해 보통침전·완속여과방식에 의한 정수처리가 실효를 거두기 어려웠으며, 이 또한 DAF 정수방법을 국내 최초로 정수장에 도입하게된 배경이다.

남양주시 화도 상수도는 H지역 3,830세대 1만2천270명에게 1일 4,800톤을 생산하여 공급하는 시설로서 89년 준공되어 운영 중이었다. 한편 한국토지공사에서는 H지구내 3,000여 세대분의 택지를 분양하고 97년말 입주를 앞두고 있었다.

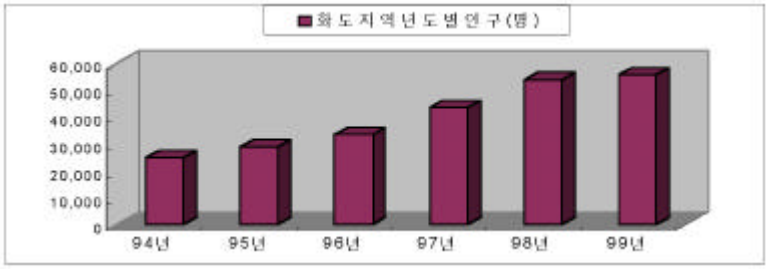


그림1. 화도지역 연도별 인구증가 추세(남양주시통계연보,94-99)

그러나 기존 상수도 물량으로는 동지역에 공급할 물량이 부족하여 시에서는 1일 55,000톤/ 일 규모의 시설확장사업을 97년3월 착공, 2000년 상반기 준공계획으로 공사를 추진하고 있었으므로 확장공사 준공 통수까지 약 2년 6개월간의 대체 상수도시설이 필요하였다.

기 분양된 아파트 입주시기가 연말이므로 대체시설을 할 수 있는 기간은 10개월 정도였다. 이기간에 약 6,000톤/ 일 규모의 상수도시설을 확충해야할 실정이었다. 기존 정수방식인 침전여과시설을 검토한 바, 시설부지 확보문제

와 공사기간 부족 등으로 그 기간내 해결이 불가능하다 판단하고, 짧은 공사기간, 기존부지내 설치 가능한 공법 등을 찾던 중 DAF를 검토하였고 모든 조건이 현 실정에 적합하다고 판단하고 DAF를 채택하기로 결정하고 설치하였다.(환경부,1999) 그후 기존처리장 완속 여과지의 잦은 폐색으로 정상적인 정수생산 공급이 어려워 조류제거 능력이 탁월하다는 DAF 정수 system을 침전지 후단에 연계처리 되도록 개량한 SEDAF system으로 기존 완속 여과지의 잦은 폐색의 문제를 해결코자 1일 7,200톤 규모로 추가설치 하였다(환경부,1998).

3. 연구의 목적

본 연구의 목적은 DAF 정수 system의 실제규모로 검증된 연구 자료가 국내에 없었으므로 국내최초의 원형 DAF 정수 system과 개량형 SEDAF 정수 system에 대한 실증 plant 운영결과를 토대로 상수처리 효과를 평가하는 것이 본 연구의 목적이며 세부적으로 분류하면 다음과 같다.

첫째, 남양주시 화도 정수장에 설치된 1일 6,000톤 규모의 원형 DAF 정수 system과 1일 7,200톤 규모로 개량 설치한 SEDAF 정수 system 운영결과와 기존침전방식 운영결과를 비교, 상수처리 효과를 분석한다.

둘째, 침전지 후단에 1일 7,200톤 규모로 개량 설치한 SEDAF 정수 system 운영이 여과지속 시간에 미친 영향과 이에 따른 정수장 운영 예산 절감 효과를 평가 분석하므로서 국내 정수장에 확대적용 가능여부 검토자료가 되게 한다.

Ⅲ. 연구내용 및 방법

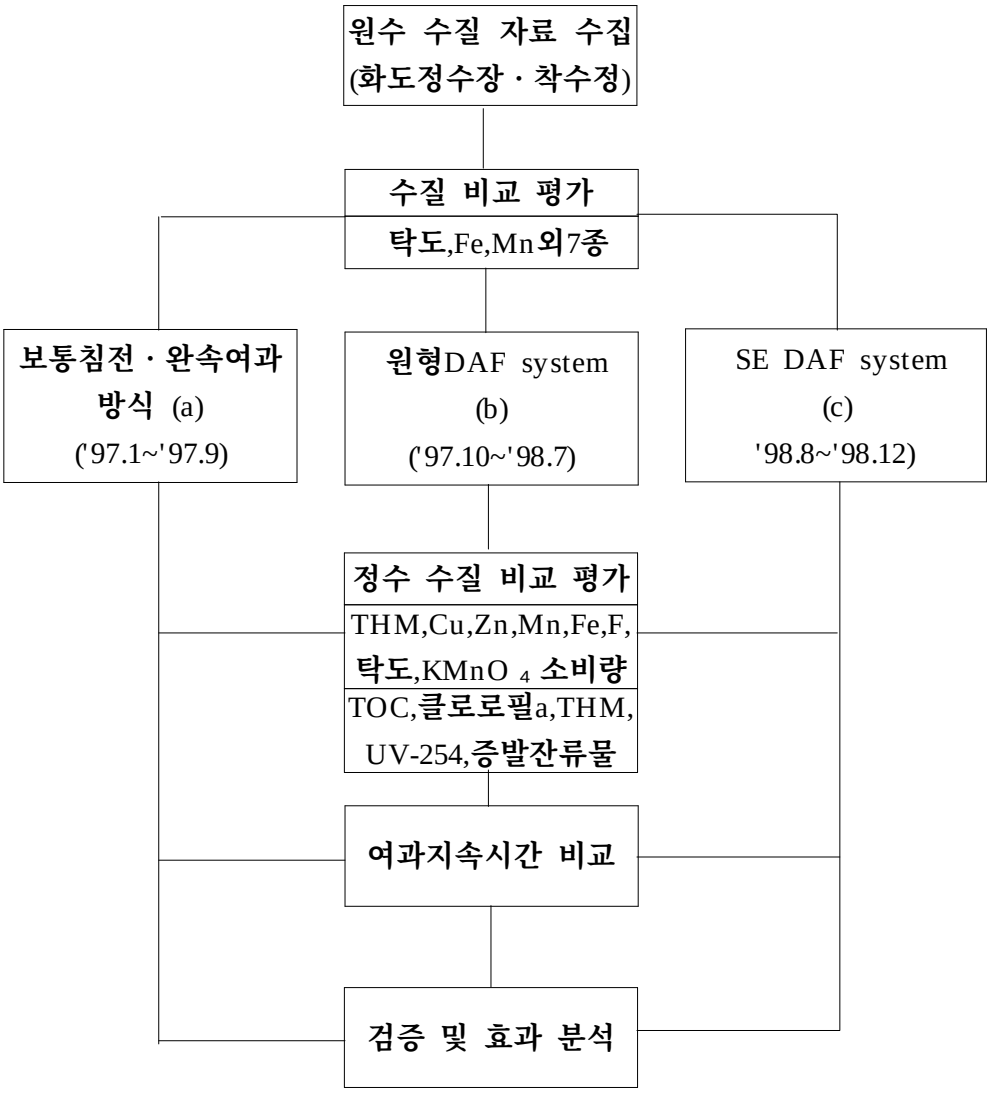
1. 연구내용

가. 연구내용

본 연구는 국내에서 현재까지 많이 연구하던 DAF 정수방법의 PILOT 규모가 아닌 실증 PLANT로서 국내 최초로 경기도 남양주시 화도 정수장에 적용 설치한 원형 및 SE DAF system 운영결과를 기존 침전법으로 정수처리한 수질검사 결과와 비교하여 DAF system의 상수처리 효과를 검증하고자 하였다.

남양주시 화도정수장은 1990년말 4,800톤/ 일을 보통침전 · 완속 여과방식으로 통수후 97년 1월 자동청소장치를 장착한 경사판침전방식 (7,200톤/ 일)으로 개량 운영 중 97년 10월 원형DAF system 6,000톤/ 일을, 98년 7월 기존 침전지 후단에 SE DAF system을 각각 준공, 운영중으로 실제 운영한 정수 수질검사 결과를 토대로 DAF system의 상수처리 효과를 검증하고자 하여 기존 처리방식으로 운영한 97년 1월부터 97년 9월까지 운영결과를 a, 원형 DAF정수방식 운영 후부터 SE DAF 정수시설 운영 전까지를 b, SEDAF 정수공정 운영 이후를 c라 한다.

나. 연구의 틀


원수 수질 자료 수집
(화도정수장 · 착수정)
수질 비교 평가
탁도,Fe,Mn외7종
보통침전 · 완속여과
방식 (a)
('97.1~'97.9)
원형DAF system
(b)
('97.10~'98.7)
SE DAF system
(c)
'98.8~'98.12)
정수 수질 비교 평가
THM,Cu,Zn,Mn,Fe,F,
탁도,KMnO 4 소비량
TOC,클로로필a,THM,
UV-254,증발잔류물
여과지속시간 비교
검증 및 효과 분석

2. 연구방법

본 연구는 PILOT실험이 아닌 경기도 남양주시 화도정수장의 실증 PLANT로서 운영한 정수장에서의 실제데이터로서 정수장 운영조건을 임의 조작이 불가능하므로 주어진 운전조건하에 기존 운영방식으로 운영한 97년 1월부터 97년 9월까지 운영결과를 a라고 하고, 원형 DAF system 준공 후 2계열로 병렬 운영한 97년 10월부터 98년 7월 SE 부상조 설치 전까지의 운영결과를 b라고 하며, 기존침전지 후단에 연계처리 되도록 개량형 SEDAF system을 삽입하여 설치한 이후 운영한 98년 8월부터 98년 12월까지 의 운영결과를 c라고 정하고 자료를 구분하여 정리하였다. 정수장 운영조건들을 정리 요약하면 다음과 같다.

첫째, 연구대상 기간은 97년 1월부터 98년 12월까지 실제 운영결과로 하였다.

둘째, 응집제는 PAC를 사용하였으며 현장 조건에 따라 10~50 PPM 범위 내에서 상황별로 정량 투입기로 투입하였다.

셋째, 부상조 내부 순환비는 설계당시 30%로 특별한 조작 없이 고정 운전하였다.

넷째, 가압조 압력은 3.5~4.5kg/㎠으로 설정 자동 운전하였고,

다섯째, 염소 소독은 후염소 처리로서 염소소독조에 습식으로 투입, 0.2-1.2 PPM 범위에서 운전하였다. 기타 세부적인 사항은 기존 운영방식에 준해 운영하였으며 운영 방식별(a,b,c) 처리 계통도는 다음과 같다.

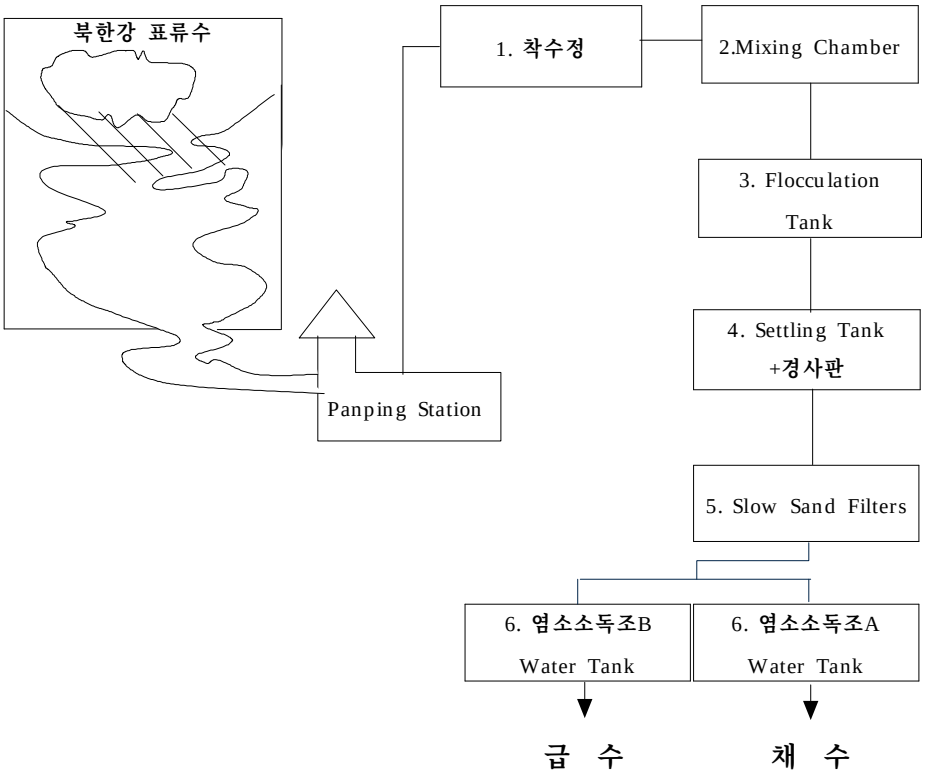


그림 2. a. (**기존침전여과 방식의 처리 공정도**)

각 공정의 규격

1. **용량** 35.8m ^{3} (**폭** 2m, **장** 6.4m, **유효수심** 2.8m)
2. 12.5m ^{3} (**폭** 2.5m, **장** 2.5m, **유효수심** 2m)
3. 50m ^{3} (**폭** 5m, **장** 5m, **유효수심** 2m, 2**지**)
4. 450m ^{3} (**폭** 5m, **장** 30m, **유효수심** 3m, 2**지**)
5. 995m ^{2} (15.8m, 21m, 3**지**)
6. 1600m ^{3} (**폭** 16.8m, **장** 16.8m, **유효수심** 3m, 2**지**)

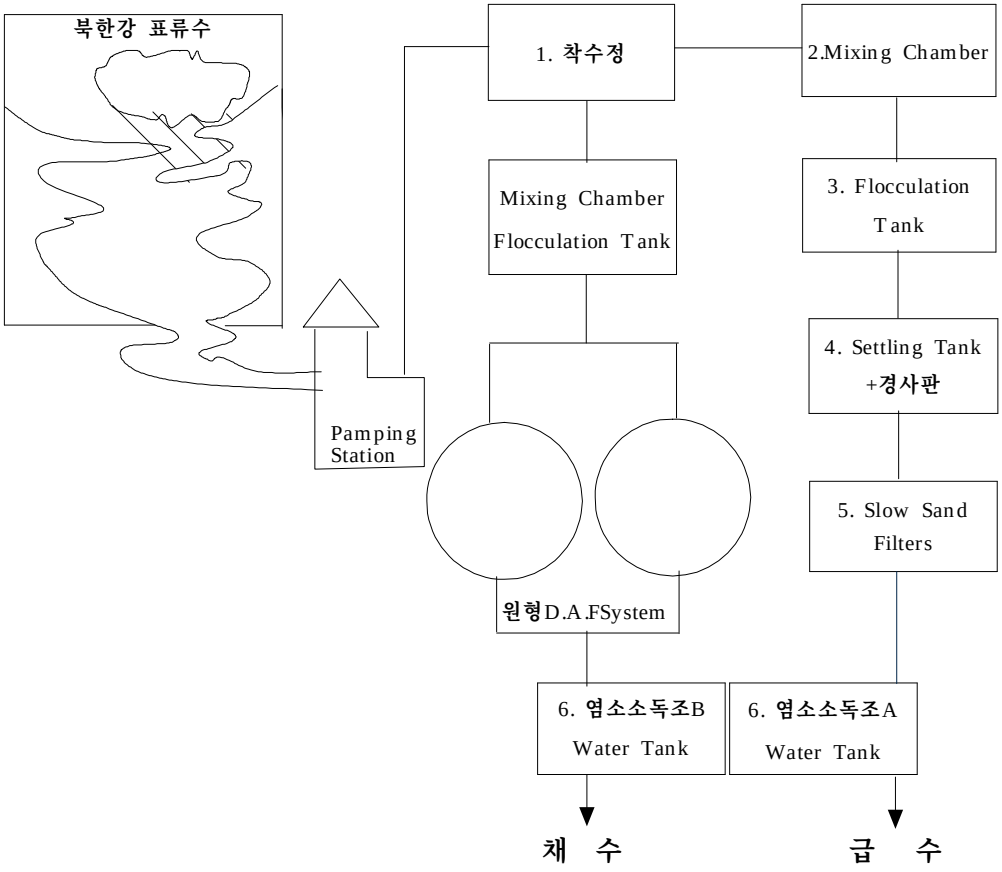


그림 3. b. **기존 처리공정과 원형**DAF system**의 병렬처리 공정**

원형 DAF SYSTEM 1**일** 6,000**톤 생산 규모를** 97**년** 10**월 준공 설치 후 기존 방식**(7,200**톤/ 일**)**과 병렬 운영한**('97.10~'98.7) **결과를** (b)**라 하고 처리 공정도는 위의 그림과 같다**.

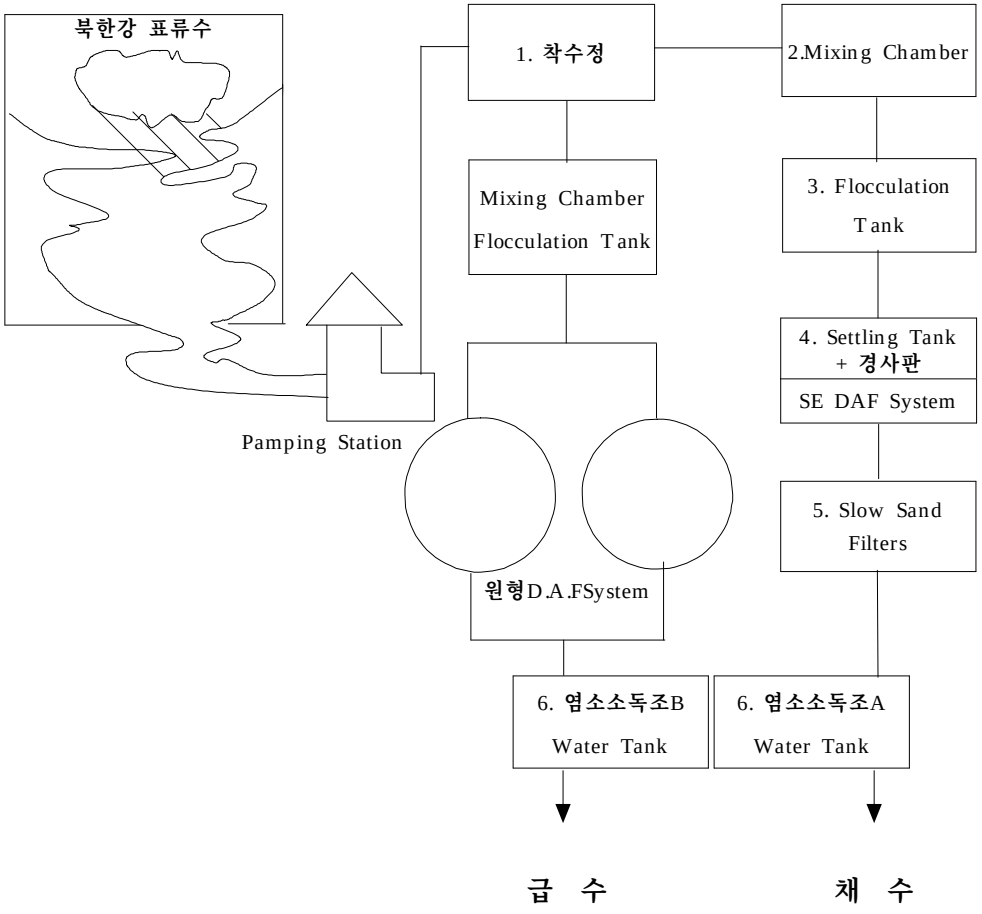


그림 4. c방식(원형 DAF system과 기존 침전지에 삽입한 SE DAF시설 처리공정도)

가. 원수 수질 자료 수집

(1) 원수 탁도 자료

탁도자료는 화도정수장 착수정에서 시료 채수요령에 의해 97년 1월부터 98년 12월까지 매일 오전 9시에 채취하여 HACH사의 DR-2000 분석기로 현장에서 측정한 자료를 사용하였다

(2) 기타 원수 수질 자료

기타 원수 수질 자료는 화도정수장 착수정에서 일정기간동안 월 1~3회 채취하여 탁도 등은 현장에서 측정하고 나머지는 연세대학교 환경공해연구소에서 분석하였다.

나. 정수 수질 평가

화도정수장 정수생산을 각 운영기간별로 a, b, c 방식으로 구분하고 그 기간중 매월 정기 수질검사 결과를 평균하여 비교하였다.

(c)운영 방식 전·후로 기존 완속 여과지 폐색에 의한 여과사 삭취주기 및 삭취 횟수 자료를 분석, 예산 절감 효과를 산출하였다.

(1) 공정별 제거율

침전 및 부상조의 각 항목별 제거율은 b Type(침전방식과 원형부상조로 병렬처리)으로 운영한 97년 10월부터 98년 5월까지 기간중 월 1~3회 수질검사결과의 평균치로서 원정수 수질을 세부공정별로 분석하였다.

원형DAF system 및 SE DAF system의 각 항목별 제거율은 c Type으로

운영한 '98. 7~12월까지 월 1~2회 수질검사결과의 평균치로서 원·정수 수질을 세부공정별로 분석하였다.

검사항목은 탁도, THM, 클로로필-a, UV-254, TOC, $KMnO_4$ 소비량, 증발잔류물, F, Fe, Mn, Cu, Zn등을 선정 비교하였으며, 정수장내 공정별로 채취한 시료수 수질검사는 연세대학교 환경공해연구소에서 분석하였다.

(2) 운영방식별 상수 처리 효과

기타 운영방식별 정수처리효과 측정을 위한 방법으로는 a, b, c 각 방식별로 운영한 결과 정수지에 합쳐진 정수를 월1회 검사 의뢰한 것으로 a, b, c 각 방식별 운영기간별로 수질검사 결과를 정리하였고, 수질검사항목은 먹는물 검사 43개 전항목을 실시하였으나 대부분의 항목이 ND이었으므로 총트리할로메탄, 과망간산칼륨 소비량, 동, 아연, 철, 망간, 불소, 증발잔류물 항목을 비교하였다. 분석기관은 먹는물 검사기관으로 지정된 한국 수자원공사 성남사무소 수질 검사소에 월1회 분석 의뢰하여 수질오염 공정시험법에 의한 검사방법으로 실시하였다.

그림 2. a type : 침전 여과 방식(7,200톤/ 일)으로 운영한 기간은 '97. 1부터 '97. 9까지 수질 검사결과 자료의 최대, 최소, 평균치이며

그림 3. b type : '97.10~'98.7까지 침전여과방식(7,200톤/ 일)과 원형DAF (6,000톤/ 일)방식으로 병렬운영한 기간중 원형DAF방식의(6,000톤/ 일) 수질검사 결과 자료로서 최대, 최소, 평균치이고

그림 3. c type : '98.8~'98.12까지 운영한 원형DAF(6,000톤/ 일)과 a type를 개량한 SE DAF(7,200톤/ 일)중 SEDAF system의 수질검사결과 자료의 최대, 최소, 평균치이다.

다. DAF 장치

원형 DAF 공정도는 다음 그림과 같이 응집조, 가압조, 부상조 등으로 구성되어 있다.

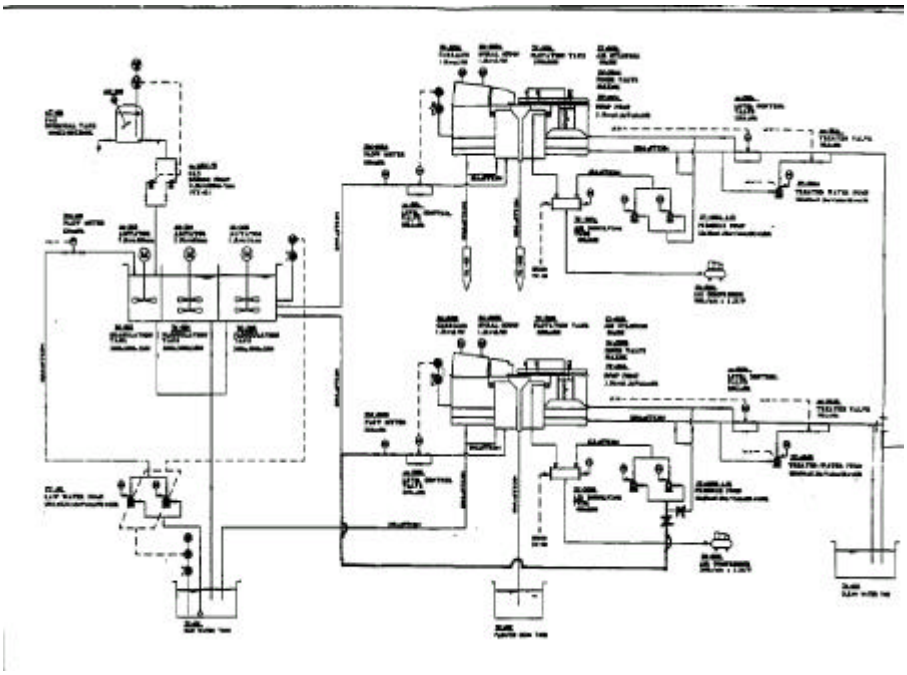


그림 5. 원형 DAF 처리 공정도

라. DAF system 설계 조건 및 사양

유량 (Q) : 125㎥/ hr (3,000㎥/ day, 1set **기준**)

농도 (SS) : 5 PPM

체류시간 (T) : 5~15 min

수면적부하 (S.L) : 6.6~9㎥/ ㎡· hr

유효수심 (H) : 0.9 m

가압 TUBE **설계 조건**

체류시간 (T) : 9~20 sec

농도 (SS) : 5 PPM

순환비 (Rr) : Qr/ Qo

순환수 비율 : 15~40%

(1) **원형** DAF **설계 적용 사양**

수면적 : **내통** 2.35㎡ + **외통** 21.13㎡ = 23.48㎡

부상조 직경 (D) : 5.5 m

유효용량 (V) : 21.4 ㎥

체류시간 (T) : T = V/ Q = 21.4/ (125+37.5)×1/ 60 = 7.90 min

수면적부하(순환수 고려) : SL = Q/ A = 125+37.5/ 21.13 = 7.69㎥/ ㎡· hr

가압 TUBE **설계 적용 사양**

순환수 용량 (Qr) : Qo×Rr = 125㎥/ hr×0.3 = 37.5㎥/ hr

SS **농도 및 수온 고려** Rr = 30% (**조절 가능**)

Bencl scale**에서** ADT **압력** 4.5kg/㎠**와 반송비**(Recyle Ratio) 30%**이었을 때 탁도 제거율** 97.7%**이었다**.

Total **설계 적용 사양**

부상조 : **내통** Ø 1.828m, **외통** Ø 5.5m **수심** 1m

가압탱크 : Ø 0.4m × 1.6m

응집반응조 : **혼화조** 2m × 3m × 3.5m = 21㎥

1**차 응집조** 3m × 3m × 3.5m = 31.5㎥

2**차 응집조** 3m × 3m × 3.5m = 31.5㎥

21 + 31.5 + 31.5 = 84㎥

(2) SE DAF system **설계 적용 사양** 1set **기준**

유량 (Q) : 150㎥/ hr (3,600㎥/ day, 1set **기준**)

농도 (SS) : 5 PPM

체류시간 (T) : V/ Q = 30㎥/ (150+45)×1/ 60 = 9.23 min

수면적부하 (S.L) : Q/ A = 150+45/ 30 = 6.5㎥/ ㎡·hr

유효수심 (H) : 3.0 m

수면적 (A) : 5m × 6m = 30㎡

유효용량 (V) : A × H = 30㎡ × 3m = 90 ㎥

가압 TUBE (Qr) : Qo×Rr = 150㎥/ hr×0.3 = 45㎥/ hr

SS 농도 및 수온 고려 Rr = 30% (조절가능)

가압 TUBE : Ø 0.4m × 1.92m

혼화응집조 : (기존 분사용)

혼화조 2m×3m×2m = 12㎥×1조 = 12㎥

응집조 5m×5m×2m = 50㎥×2조 = 100㎥

마. 기존 정수장 침전지 및 여과지등 사양

1. 취수원 : 북한강 표류수 (4,800톤/ 일)

위 치 : 남양주시 화도읍 금남리612번지

취수관 : 도복장강관 D= 700mm L= 40.0m

취수정 : 철근 콘크리트 원형조 D=3.0m H=10m 1기 L.W.L+17.78m,

바닥 E.L+16.1m

취수펌프 및 모타 : 횡형볼류트 편흡입다단 3대 대당Q=1.83m ^{3}

/ min, H= 130m,100HP

펌프실 : 철근 콘크리트 구형조 1기 (폭 6.6m, 장 9.6m 고 10m)

2. 원수관로

양수관 : 도복장강관 D= 350mm, L=7,130m

3. 정수설비

착수정 : 철근 콘크리트조 1식(폭2m,장6.4m,유효수심 2.0m)

용량 35.8m,

체류시간 :9.7분(기준 1.5분)

수위 : H.W.L 2.0m

급속혼화지 : 철근콘크리트조 1지 (폭2.5m,장2.5m, 유효 2.0m)

용량 12.5m ^{3}

혼화시간 3.,3분(기준 1~5분)

수위 : H.W.L +131.65m

혼화기 : 중직회전형, 2HP 1기

응집지 : 철근콘크리트조 2지 (폭 5m,장5m,유효수심5m)

용량 50m ^{3}

체류시간 : 27분 (기준20~40분)

수 위 : H.W.L +131.37m

응집기 : 수평회전식 3HP 4기

약품침전지 : 900m ^{3} (폭5m,장30m,유효수심3m, 2지)

체류시간 :4.1시간 (기준 3~5 시간)

장폭비 : 1:6 (기준 1:3 ~ 1:8)

경사판 :장1.73m, 폭 1m,250매 2지 경사각 60도(97년1월 설치)

여과시설 :(장 15.8m, 폭21m, 3지)

약품주입설비 : PAC투입기 50L/ hr

염소주입실 : 철근 콘크리트벽돌조 15m ^{3} 1동

염소투입기 : 7kg/ hr, 2대

배수지 (소독조) :폭16.8m, 장 16.8m, 유효수심 3m×2지

용량 800m ^{3} (총 1,600m ^{3})

수위 :H.W.L+ 126.76m, L.W.L+123.76m (남양주시, 1995)

Ⅳ. 결　　과

1. 정수처리 효과 분석

(a), 기존 침전여과방식 운영기간(97.1 - 97.9)

(b), 원형DAF설치후 병렬 운전기간(97.10 - 98.7)

(c), SEDAF설치후 병렬 운전기간(98.8 - 98.12)

(a), (b), (c), 방식으로 운영결과 각각 수질검사 성적을 단순 비교하면 아래와 같으며, 기존침전지를 개량한 SEDAF정수방식으로 운전한 (c)가 가장효과가 좋았고, (b)처리방식도 원형 DAF방식처리수가 (a)type침전여과 처리수보다 수처리 효과가 우수하였다.

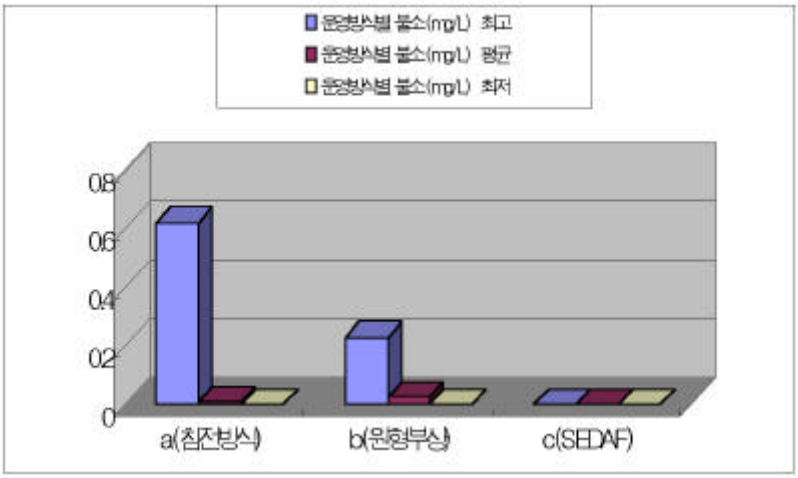


그림 6. 화도정수장 a,b,c 각운영 방식별 정수처리결과 불소 비교분석

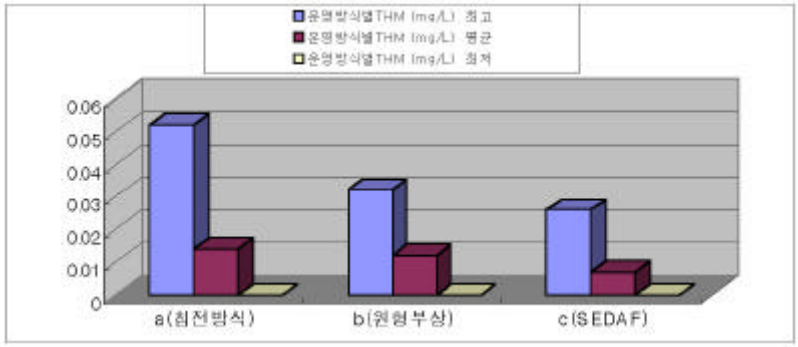


그림 7. 화도 정수장 a,b,c 각방식운영 결과 THM 잔류량 비교분석

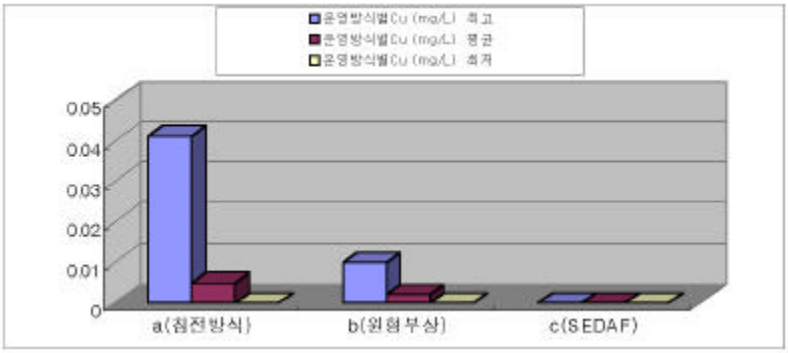


그림 8. 화도 정수장 a,b,c 각방식운영 결과 Cu 잔류량(mg/ l)

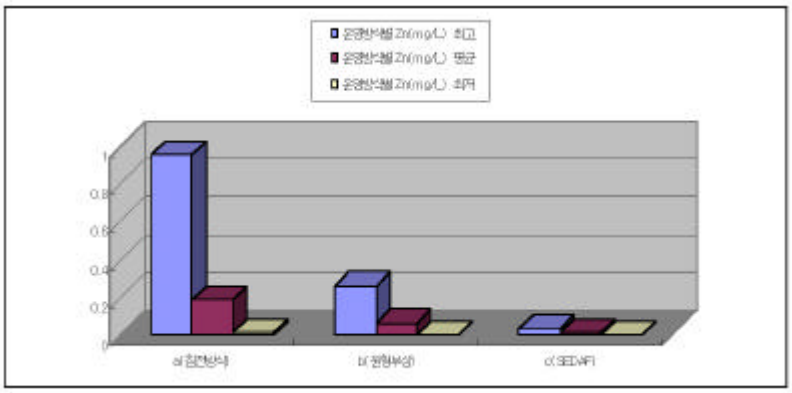


그림 9. 화도 정수장 a,b,c 각방식운영 결과 Zn 잔류량(mg/ l)

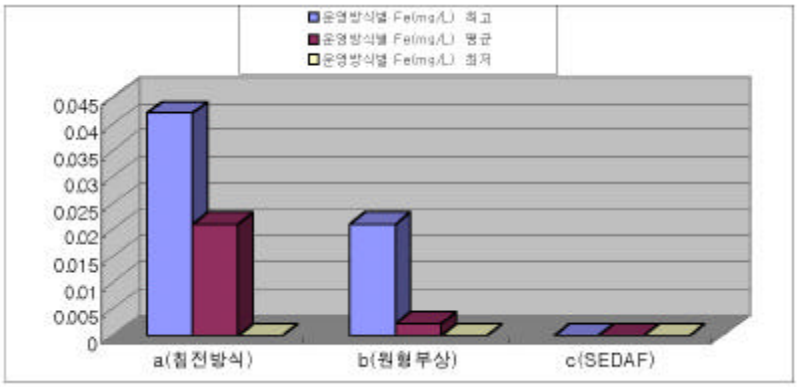


그림 10. 화도 정수장 a,b,c 각방식운영 결과 Fe 잔류량 (mg/l)

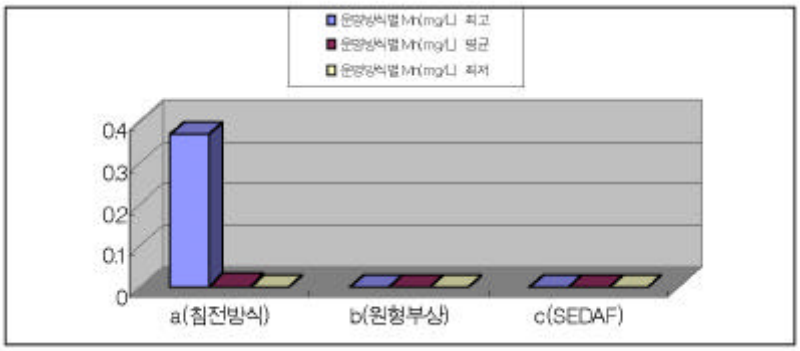


그림 11. 화도 정수장 a,b,c 각방식운영 결과 Mn 잔류량

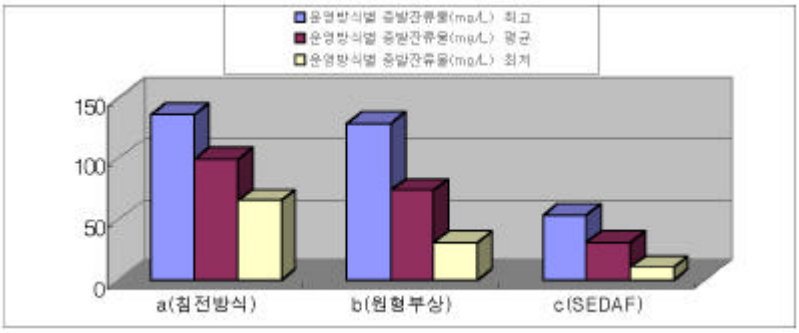


그림 12. 화도 정수장 a,b,c 각방식 운영 결과 증발잔류물

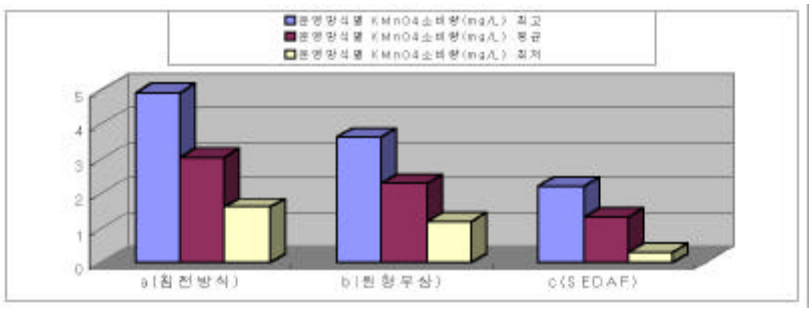


그림 13. 화도 정수장 a,b,c 각방식 운영 결과 $KMnO_4$ 소비량 (mg/l)

원형 및 사각 DAF system 가동 후 Fe, Mn, Cu, Zn, 증발잔류물 등 오염물 제거효과가 우수하게 나타났다. 발암물질인 총트리할로메탄 및 과망간산칼륨 소비량이 현저히 감소되었다.

2. 세부공정별 처리효과

a,b처리방식으로 병렬운영한 결과 각 공정별,항목별 제거효과 비교분석은 다음과 같다.

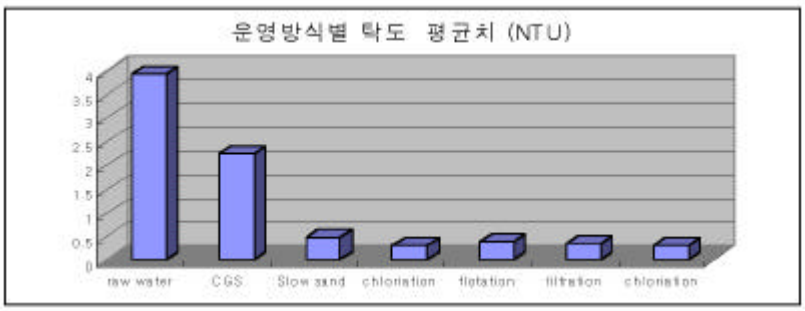


그림 14.화도정수장 a,b Type 세부공정별 운영결과 평균 탁도 (NTU)

분석결과 탁도제거율은 침전법에서 전체 88.3%중 침전공정에서 43% 완속여과공정에서 45.3%를 제거하는 것으로서 완속여과지에 의존하고 있으나, DAF 법에서는 부상공정에서 89%를 제거하므로 부상조 독립 처리가 가능한 것으로 나타났다.

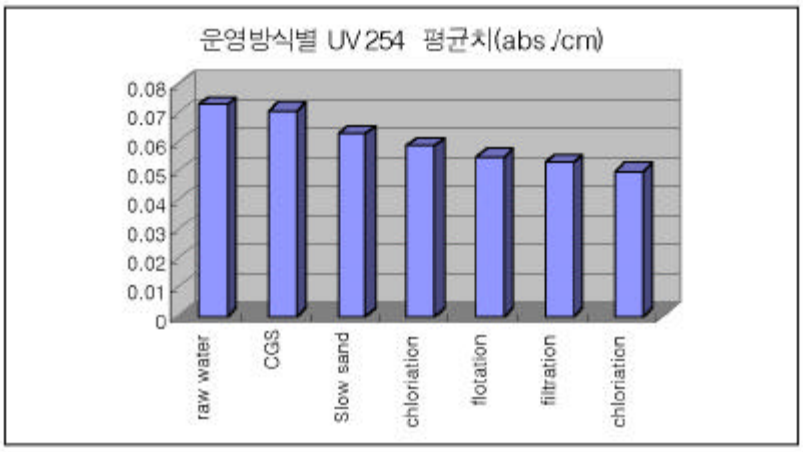


그림 15. **화도정수장** a,b Type **세부공정별** UV254 **평균** (abs./ cm)

UV-254**의 제거율은 전체적으로 부상법이 우수하게 나타나고 있다**.

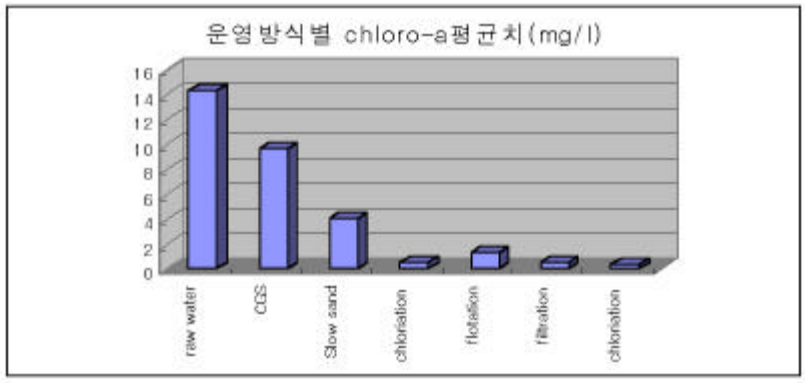


그림 16. **화도정수장** a,b Type **세부공정별 클로로필**-a **평균** (mg/ m^3)

클로로필-a **제거율은 침전공정에서** 32%**에 불과한 반면 부상조에서는** 91% **로 매우 높았으며, 침전법에서는 클로로필**-a **가 주로 여과지에서 제거되므로 완속여과지 폐색을 촉진시켰다**.

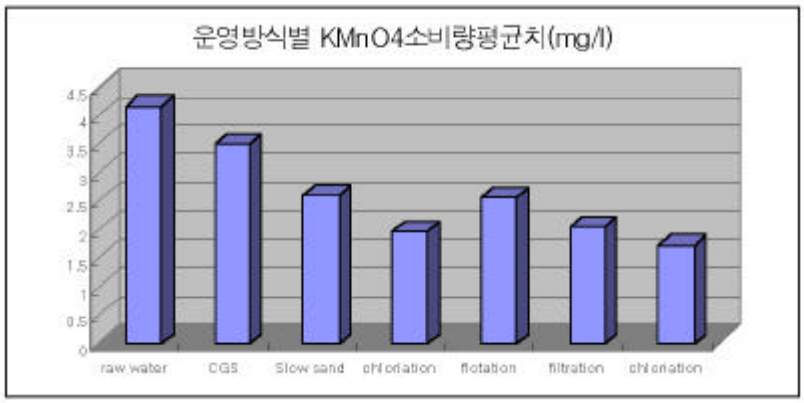


그림 17. 화도정수장 a,b Type 세부공정별 $KMnO_4$ 소비량 평균 비교분석

$KMnO_4$ **소비량 제거율은 침전공정에서** 16%, **부상조에서** 41%**로, 약** 2.5**배의 제거능력이 있는 것으로 나타났다.**

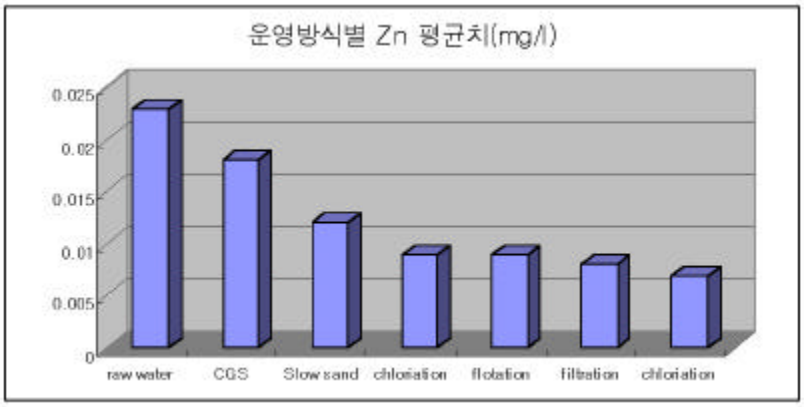


그림 18. 화도정수장 a,b Type 세부공정별 Zn 평균 비교분석

아연제거율은 침전공정에서 22%, **부상공정에서** 65%**로 나타나 약** 3**배의 처리능력을 나타나고 있다.**

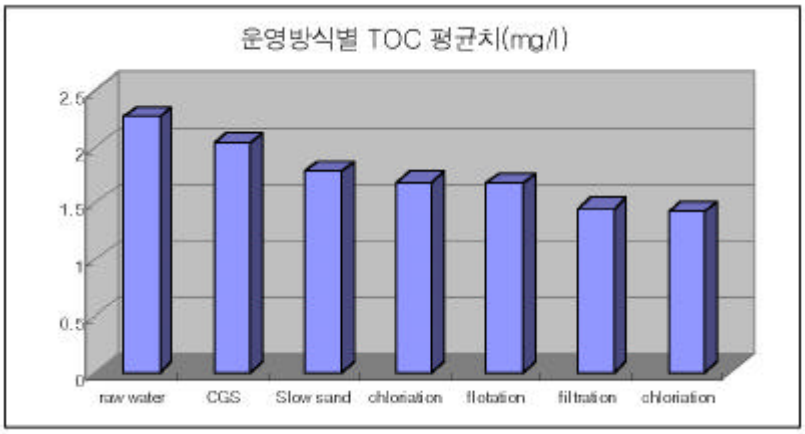


그림 19. 화도정수장 a,b Type 세부공정별 TOC 평균 비교분석

TOC **제거율은 침전공정에서** 17%, **부상공정에서** 33%**로 약** 2**배의 차이를 두고있다**.

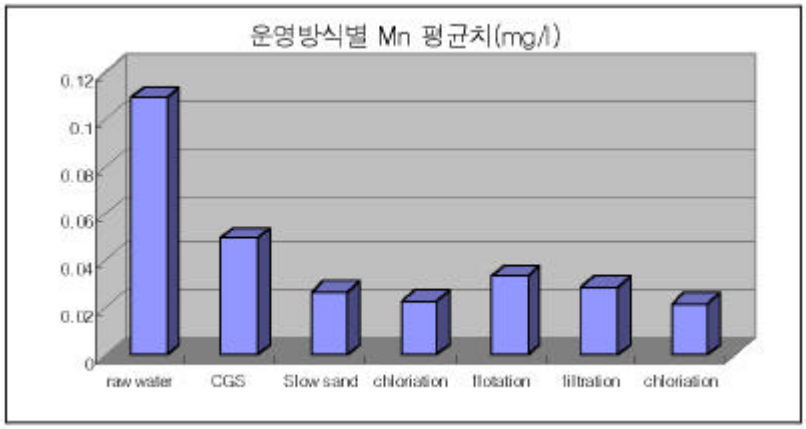


그림20. 화도정수장 a,b Type 세부공정별 Mn 평균 비교분석

망간 제거율은 침전공정에서 56%, **부상조에서** 67%**를 나타냈다**.

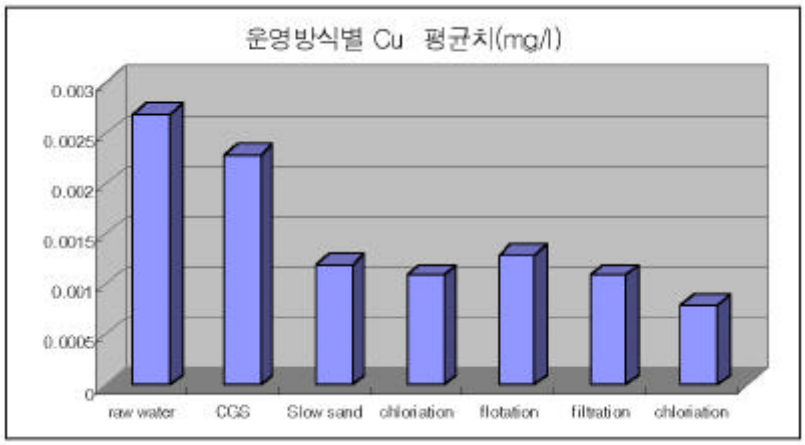


그림21. 화도정수장 a,b Type 세부공정별 Cu 평균 비교분석

구리 제거율은 침전공정이 15%, 부상공정에서 48%로 약 3배의 차이를 두고 있다.

b,c Type으로 병렬 운영한 결과 세부공정별 제거효과 비교 분석은 다음과 같다.

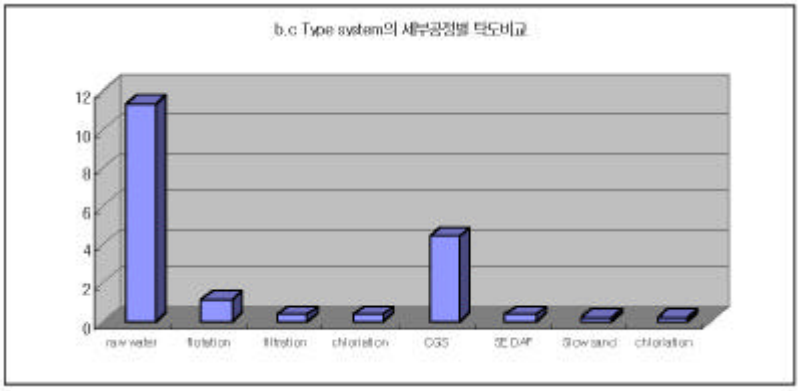


그림22. 화도정수장 b,c Type 세부공정별 평균탁도 비교분석

탁도제거율은 원형DAF(b)법이 97%, SEDAF(c)법이 99% 로서 나타났다.

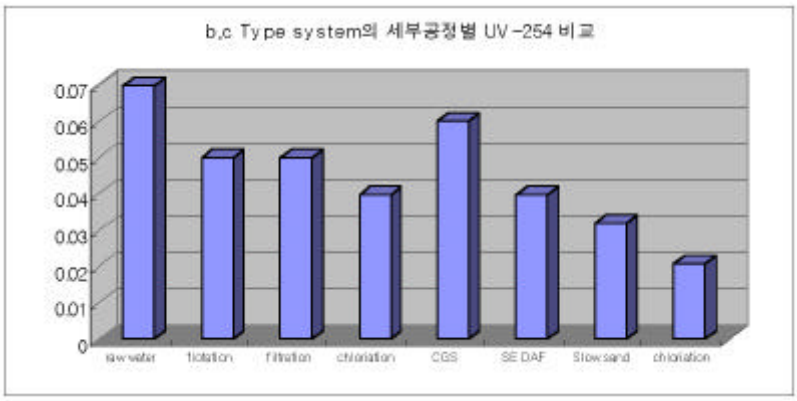


그림 23. 화도정수장 b,c Type 세부공정별 평균UV-254 비교분석

UV-254 제거율은 원형DAF(b)법이 43%, SEDAF(c)법이 70%로 우수하게 나타났다.

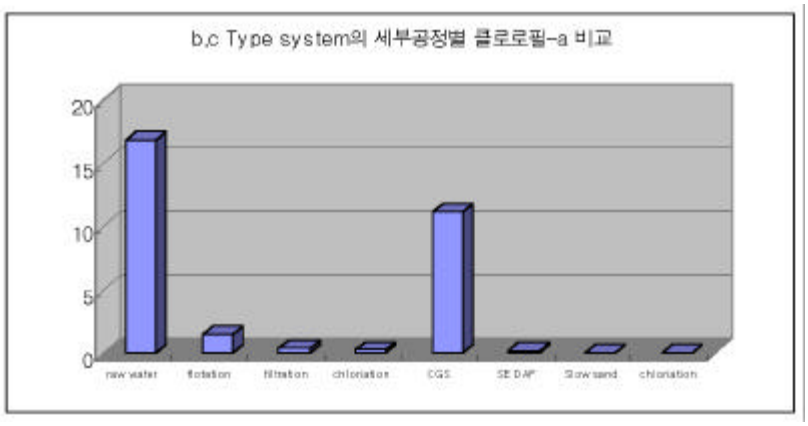


그림 24. 화도정수장 b,c Type 세부공정별 평균 클로로필a 비교분석

클로로필a 제거율은 원형DAF(b)법이 98.6%, SEDAF(c)법이 99.7%로 SEDAF 가 우수하게 나타났다.

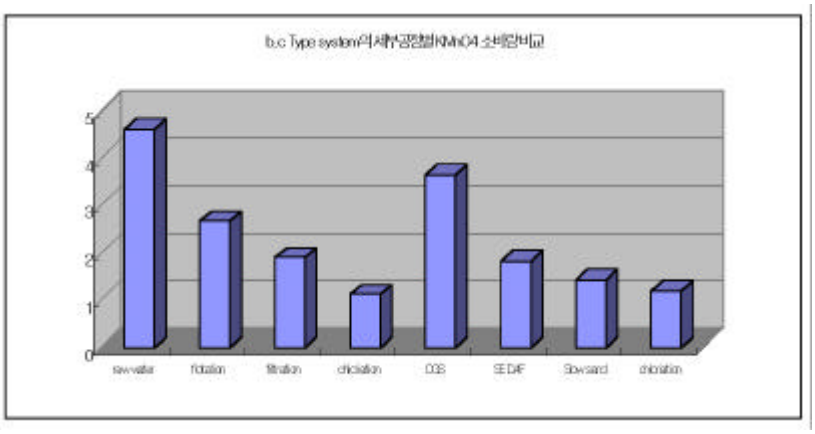


그림 25. 화도정수장 b,c Type 세부공정별 평균KMnO $_4$ 소비량 비교분석

KMnO $_4$ 소비량 제거율은 원형DAF(b)법이 60.5%, SEDAF(c)법이 74.5%로 SE DAF 가 우수하게 나타났다.

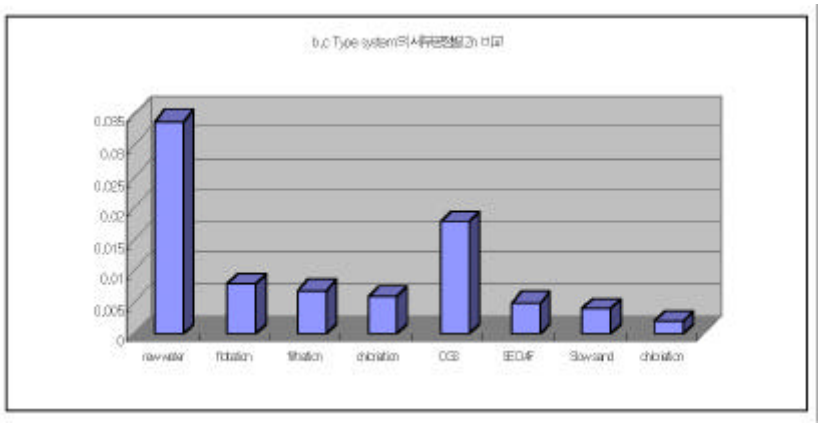


그림 26. 화도정수장 b,c Type 세부공정별 평균Zn 비교분석

Zn 제거율은 원형DAF(b)법이 76.5%, SEDAF(c)법이 94.1%로 나타났다.

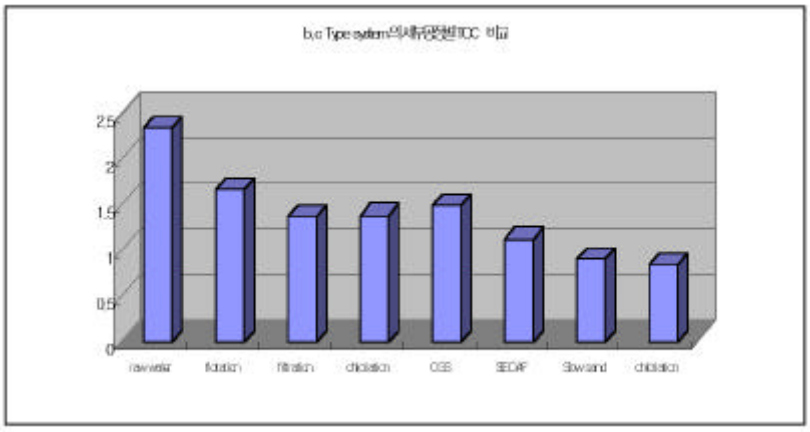


그림 27. 화도정수장 b,c Type 세부공정별 평균 TOC 비교분석

TOC **제거율은 원형**DAF(b)**법이** 40.7%, SEDAF(c)**법이** 63.9%**로 나타났다**.

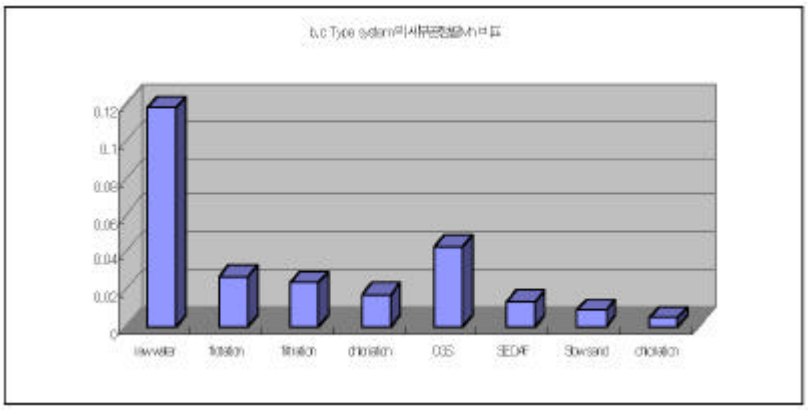


그림 28. 화도정수장 b,c Type 세부공정별 평균Mn 비교분석

Mn **제거율은 원형**DAF(b)**법이** 85.2%, SEDAF(c)**법이** 95.8%**로 우수하게 나타났다**.

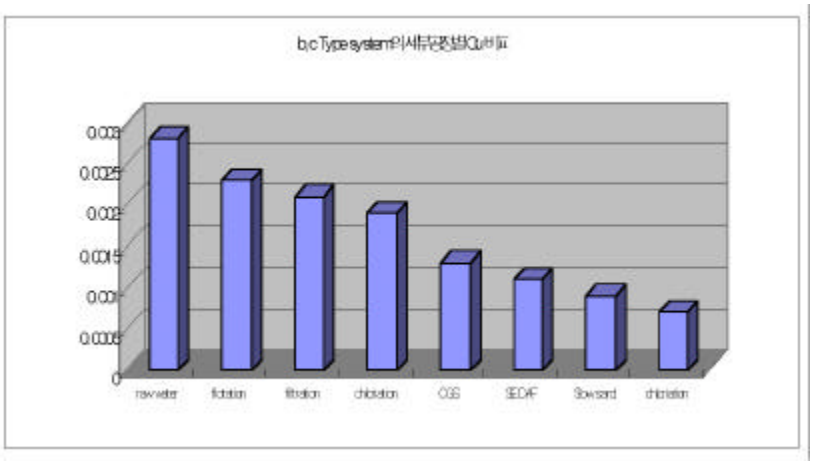


그림 29. 화도정수장 b,c Type 세부공정별 평균 Cu 비교분석

Cu 제거율은 원형DAF(b)법이 32.1%, SEDAF(c)법이 75%로 약 2배이상 우수하게 나타났다.

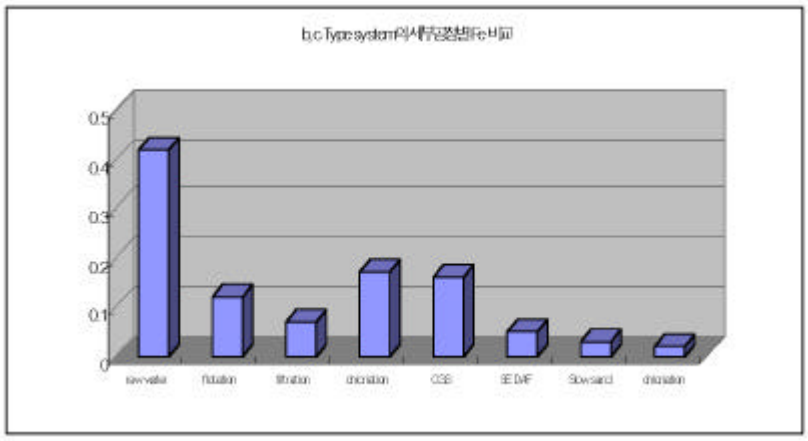


그림 30. 화도정수장 b,c Type 세부공정별 평균 Fe 비교분석

Fe 제거율은 원형DAF(b)법이 59.5%, SEDAF(c)법이 95.2%로 나타났다.

Ⅴ. 고　　찰

1. 원형 DAFsystem 과 침전여과의 부지면적 비교

○ 원형 DAF system의 주 공정인 부상조와 여과조 면적을 살펴보면

부상조면적 : 내통 2.35㎡ + 외통 21.13㎡ = 23.48㎡ × 2 = 46.96㎡

23.48㎡ × 2기 = 46.96㎡

수면적 부하율 : 6,000㎥/ 46.96㎡ = 128m

모래여과지면적 : 21.13㎡ × 2 = 42.26

단, 여과지면적은 부상조내의 바닥에 있으므로 총면적은 46.96㎡ 임

○ 기존침전·완속여과지의 면적을 살펴보면

침전지면적 : 5m × 30m × 2지 = 300㎡

완속여과지면적 : 15.8m × 21m × 3지 = 995.5㎡

기존 침전여과방식의 주 공정면적은 995.5㎡ + 300㎡ = 1295.5㎡

○ CGS/ DAF의 면적비

1295.5㎡/ 46.96㎡ =28

따라서 부상법이 침전법의 1/ 28의 좁은 면적으로 건설이 가능하다

기타 부대시설 : 침전법은 토목부대시설 필요한 반면, 부상법은 컴퓨터 무인 자동화시설로 기타부대시설 면적까지 감안하면 면적비율은 현재 28:1보다 더 큰 차이로 나타날것이다.

2. SE DAF system 설치 전·후 운영 효과분석

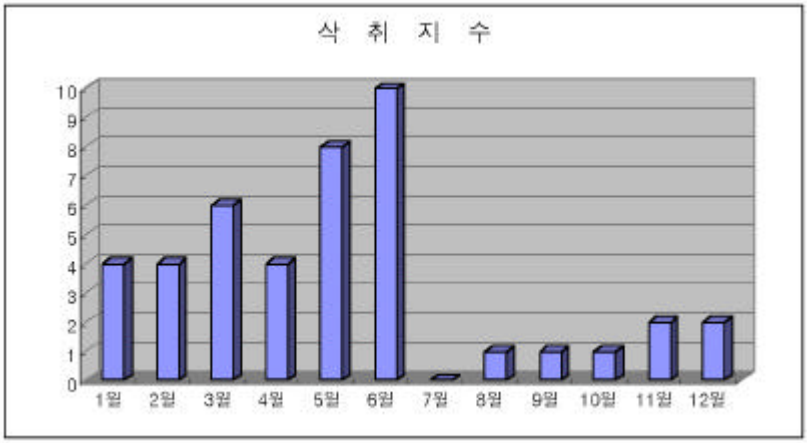


그림31. 화도정수장 98년 월별여과사삭취 지수 (98년7월8일준공)

SEDAF 설치전 6월까지 36회, 설치후 7회 삭취실시로 큰 대조를 보임

설치전 여과사 삭취 주기 최단 3일/ 1회

설치후 여과사 삭취 주기 21일~2개월/ 1회

여과사 삭취 작업 1회 **소요 비용**

15.8m × 21m × 0.08m × 2지 = 53㎥

53㎥ **삭취 공사비** 177만원

설치전 년소요 예상액

1,770,000원 × 72회/ 년 = 127,440,000원

설치후 1,770,000원 × 14회/ 년 = 24,780,000원

설치후 절감액 72회 - 14회 = 58회

58회×1,770,000 = 102,660,000원

SE DAF 정수 system 설치비 = 102,000,000원

따라서 설치후 1년뒤 부터가 손익 분기점임.

삭취횟수가 많으면 여과사 보충비용이 추가됨을 감안할 때 사각 DAF system의 설치가 필요적절했으며 운영효과가 예산절감으로 나타났다.

Ⅵ. 결　　론

본 연구에서 얻은 결론은 남양주시 화도 정수장 DAF system 및 SE DAF system 운영효과를 기존 침전방식과 불소, THM, Cu, Zn, Fe, Mn, 증발잔류물, $KMnO_4$ 소비량 등을 비교했을때 기존 침전법보다 원형 DAF system이 우수하였고 원형 DAF system보다는 SE DAF system이 미량까지 제거하는 능력을 보여주었다.

세부공정별로는 탁도의 경우 침전법에서 전체 88.3%중 침전공정이 43%, 완속여과공정에서 45.3%를 제거하는 것으로 완속여과 의존율이 높은 반면, 부상공정에서는 부상조에서 89%를 제거하므로 부상조 독립 처리가 가능했으며 SE DAF 에서는 96.8%를 여과전 단계인 부상공정까지에서 제거하여 최종 잔류탁도가 0.18NTU를 나타냈다.

UV-254의 경우 최종 잔류량으로 침전법은 0.05 abs./㎝, 원형부상 0.04 abs./㎝, SE DAF법은 0.021 abs./㎝로 나타났다.

Chlorophyll-a의 경우 침전법에서는 전공정 제거율 97.2%중 침전조에서의 제거율은 32%로 미미하고 여과 및 소독조에서 제거비율이 큰 반면, DAF법에서는 전공정제거율 98.4%중 부상조에서 제거율은 91%, SE DAF에서는 전공정제거율 99.7%중 부상조에서 제거율은 99.1%로 여과공정에 부하를 거의 주지 않을 정도로 제거율이 높았다.

$KMnO_4$ 소비량의 경우 침전법에서 침전공정까지의 제거율이 16%인 반면, 원형 DAF법에서 부상공정의 제거율이 41%로 높았고 SE DAF법에서 부상조까지의 제거율은 61%로 나타났다.

Zn의 경우 침전법에서 침전공정까지 제거율은 22%, 원형 DAF법에서 부상공정까지 제거율은 65%, SE DAF법에서 부상조까지 제거율은 85.3%를 나타냈다.

TOC의 경우 침전법에서 침전공정이 17%를, 부상법에서 부상공정이 33%를 제거하였으며 SE DAF법에서 부상까지 제거율이 52%를 나타냈다.

Mn의 경우 침전공정에서 56%, 부상조에서 67%, SE DAF에서 부상공정까지의 제거율이 89%를 나타냈다.

따라서 기존침전공정에서 제거율이 낮은 항목(클로로필-a,TOC,냄새,색도) 등 처리와 잔류탁도 제거능력을 고려하여 SE DAF system의 우수성이 실증 PLANT 운영 결과 입증되었다.

참 고 문 헌

정용, 권숙표, 김홍석, 최윤호, 권순범, 강형석, 전영주. DAF를 이용한 고도정수처리 단위 공정개발, 1995: 19-113

정용, 권숙표, 최윤호. 상수처리방법으로서 용존공기 부상법 (Application of Dissolved Air Flotation for water Treatment) 한국수처리기술연구회 제2권 3호, 1994: 81-95

정용, 최윤찬, 최윤호, 강형석. A Demonstration SCALING - up of The Disslved Air flotation, 1999

강형석. 정수처리에 있어서 ozoflotation을 이용한 DBPS(disinfection by products) 전구물질 제거에 관한 연구, 1997

연세대학교 환경공해연구소. 용존공기부상장치(DAF)를 이용한 정수처리공정, 1997: 33-45

연세대학교 환경공해연구소. 가압공기부상(DAF)공정의 실용화기술, 1996:1-27

권순범. 상수처리에 있어 가압공기부상법을 이용한 조류(Algae) 제거에 관한 연구, 연세대학교 보건대학원 석사학위논문, 1996: 15-48

황인호. 가압부상 정수 방법에 있어 공기 요구조건 (Air Requirement)에 관한 연구, 연세대학교 보건대학원 석사학위논문, 1994

전영주. 가압부상 정수방법에 적합한 응집에 관한 연구, 연세대학교 보건대학원석사학위논문, 1995

박연신. 상수의 염소소독시 생성되는 염소소독부산물중 Haloae tonitriles의 생성능에 관한 연구, 1996

금희정. Chlamydomonas pulsatilla (녹조류)에 의한 염소 소독 부산물의 생성 특성에 관한 연구, 연세대학교 보건대학원 석사학위논문, 1998

정연규. 수질관리기술사, 크라운출판사, 연세대학교 토목공학과 환경공학실, 1996: 69-138

정재춘,이태관,이상은,송준상 공저. 폐수처리미생물, 자유아카데미, 1995: 93-112

조우현. 상수처리공장에서의 중오존처리의 적용에 관한 연구, 서울시립대학교 산업대학원 석사학위논문, 1998: 28-60

서울특별시 수도기술연구소. 수돗물 수질개선 방안 연구, 1993

독고석. 용존공기 부상법에서 입자와 충돌기포의 충돌특성에 관한 연구, 서울대학교대학원 박사학위논문, 1998: 8-12

환경관리공단. 가압부상(미세기포)운영현황, 1999

곽동희. 정수장의 부상원인과 DAF 공정의 적용, 전북대학교대학원 박사학위논문, 1997, 27-111

이병호,김재훈. 용존공기부상법(D.A.F)을 이용한 정수처리 water Treatment using D.A.F (Dissolved Air Flotution), 대한상하수도학회지, 제10권 제2호, 1996: 80-87

한국수자원공사. 용존공기부상법(D.A.F)의 최적 운영조건에 관한 연구, 1999

국무총리실. 환경부. 건교부 .한강수질개선연찬회초록, 1997: 41-227

환경부. 환경관리공단. 경상남도. 환경신기술 보급 촉진을 위한기술전시회, 1999: 50-62

환경부. 한국수자원공사. '98 상수도 운영관리 기술강습회 발표집, 1998: 243-252

환경부. **상수도 시설기준**, 1997: 39-60

환경부. **한국수자원공사.소규모상수도 운영관리 요령**, 1994: 5-2 ~ 5-36

보건사회부. **음용수 수질관리 지침서**, 1990: 526-533

한국수자원공사. **수도시설 설계반 교재**, 1998: 27-107

한국수자원공사. **수도수질반 교재**, 1996: 389-400

이관수. **유체역학연습**, **원화**, 1988: 60-62

김종대. **완전화학**, **한서출판**, 1980: 54-58

노화준,정정길. **행정개량분석**, **한국방송통신대학**, 1995: 26-31

지방자치경영협회. **'98 상수도사업 경영진단평가보고서**, 1998: 138-140

제4회 남양주시통계연보, 1994~1999**년**

남양주시. **화도하수처리장증설공사**(2**차**)**기본계획서** 1995

남양주시. **남양주시 수도정비 기본계획보고서**, 1997

남양주시. **화도상수도 확장사업 실시 설계 보고서**, 1995

남양주시 수도과. **상수도원정수 수질 검사 성직서**, 1996-1999

(주)**동신유압**. **설계사양서**, 1997

subject Area: Water Treatment and operations Dissolved Air Flotation Caboratory and pilot plant lavestiqations

Treatment process selection for particle Removal AWWA Research Foundation international water suppty Association, 1998: 175-185

Graeme J. Jameson Hydrophbicity and floc beusity in induced - air flotation for water treatment, 1999: 269-281

부 록

부록1. 화도정수장 a Type 수질검사 결과

검사항목	기준	1997년								
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월
일반세균	100CFU/ 1㎖	1	0	1	13	6	3	0	0	0
대장균군	음성	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
납	0.05	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
불소	1.5	N·D	N·D	N·D	N·D	0.62	N·D	N·D	N·D	N·D
비소	0.05	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
세레늄	0.01	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
수은	불검출	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
시안	불검출	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
6가크롬	0.05	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
암모니아성질소	0.5	N·D	N·D	0.14	0.06	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
질산성질소	10	1.7	1.4	1.5	1.9	1.7	1.5	2.2	1.4	1.4
카드뮴	0.01	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
페놀	0.005	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
총트리할로메탄	0.1	0.052	N·D	N·D	0.052	N·D	N·D	N·D	N·D	0.02
카바릴	0.07	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
다이아지논	0.02	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
파라티온	0.06	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
말라티온	0.25	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
페니트로티온	0.04	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
사염화탄소	0.002	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
1.1.1트리클로로에탄	0.1	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
테트라클로로에틸렌	0.01	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
트리클로로에틸렌	0.03	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D

부록 2. 화도정수장 a Type 수질검사 결과

검사항목	기준	1997년								
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월
디클로로메탄	0.02	N·D	N·D	0.007	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
벤젠	0.01	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
톨루엔	0.7	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
에틸벤젠	0.3	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
크실렌	0.5	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
1.1디클로로에틸렌	0.03	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
과망간산칼륨소비량	10	2.3	3.0	4.1	3.2	2.4	3.1	2.7	4.9	1.6
경도	300	45	54	72	40	37	27	46.1	26.3	33
냄새	무취	무취	무취	무취	무취	무취	무취	무취	무취	무취
맛	무미	무미	무미	무미	무미	무미	무미	무미	무미	무미
동	1	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	0.041
색도	5	N·D	N·D	N·D	N·D	1	N·D	N·D	N·D	N·D
세제	0.5	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
PH	5.8~8.5	7.0	7.1	7.2	7.1	6.9	6.9	7.4	7.0	6.9
아연	1	0.209	0.145	0.01	0.132	0.114	0.019	0.021	0.951	0.092
염소이온	150	6.6	3.9	4.9	6	7	4.6	13	3.4	5
증발잔류물	500	105	97	99	88	80	136	106	118	65
철	0.3	0.42	0.37	0.017	N·D	N·D	N·D	N·D	0.13	0.018
망간	0.3	0.037	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
탁도	2	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
황산이온	200	6	5	6	7	8	6	15	5.6	6
알루미늄	0.2	N·D	N·D	0.02	N·D	N·D	0.041	N·D	0.02	N·D
검사일		1/ 30	2/ 11	3/ 5	4/ 9	5/ 8	6/ 9	7/ 3	8/ 7	9/ 4

부록3. 화도정수장 b Type 수질검사 결과

검사항목	기준	1997년			1998년						
		10월	11월	12월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월
일반세균	100CFU/ 1㎖	0	0	0	0	0	6	0	2	2	4
대장균군	음성	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
납	0.05	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
불소	1.5	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	0.23	N·D	N·D	N·D	N·D
비소	0.05	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
세레늄	0.01	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
수은	불검출	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
시안	불검출	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
6가크롬	0.05	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
암모니아성질소	0.5	N·D	N·D	N·D	0.01	0.05	0.02	0.12	N·D	N·D	N·D
질산성질소	10	1.2	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6	1.4	0.9	1.2	1.8
카드뮴	0.01	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
페놀	0.005	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
총트리할로메탄	0.1	N·D	0.021	0.012	0.015	N·D	0.032	N·D	N·D	0.004	0.031
카바릴	0.07	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
다이아지논	0.02	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
파라티온	0.06	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
말라티온	0.25	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
페니트로티온	0.04	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
사염화탄소	0.002	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
1.1.1트리클로로에탄	0.1	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
테트라클로로에틸렌	0.01	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
트리클로로에틸렌	0.03	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D

부록4. 화도정수장 b Type 수질검사 결과

검사항목	기준	1997년			1998년						
		10월	11월	12월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월
디클로로메탄	0.02	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	0.015
벤젠	0.01	N·D	N·D	0.001	0.001	N·D	0.001	N·D	N·D	N·D	0.001
톨루엔	0.7	N·D	0.001	0.002	0.02	N·D	0.02	0.001	N·D	N·D	0.056
에틸벤젠	0.3	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
크실렌	0.5	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
1.1디클로로에틸렌	0.03	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
과망간산칼륨소비량	10	2.5	1.1	1.8	2.2	2.8	3.6	3.0	1.2	2.7	1.9
경도	300	29	58	41	44	51	43	63	73	83	50
냄새	무취	무취	무취	무취	무취	무취	무취	무취	무취	무취	무취
맛	무미	무미	무미	무미	무미	무미	무미	무미	무미	무미	무미
동	1	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	0.006	N·D	0.010	N·D
색도	5	N·D	N·D	N·D	N·D	1	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
세제	0.5	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
PH	5.8~8.5	7.7	7.6	7.4	7.2	7.4	7.1	7.1	7.2	7.2	7.1
아연	1	0.12	N·D	0.061	N·D	0.045	N·D	0.067	0.01	0.264	0.089
염소이온	150	5	10	7	8	6	10	10	6	6	7
증발잔류물	500	123	75	72	58	41	77	68	63	31	129
철	0.3	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	0.21
망간	0.3	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
탁도	2	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
황산이온	200	7	8	6	6	6	6	6	4	6	6
알루미늄	0.2	N·D	N·D	0.056	0.052	0.058	N·D	0.03	N·D	0.04	0.07
검사일		10/ 2	11/ 5	12/ 5	1/ 5	2/ 9	3/ 6	4/ 3	5/ 8	6/ 10	7/ 6

부록5. 화도정수장 c Type 수질검사 결과

검사항목	기준	1998년				
		8월	9월	10월	11월	12월
일반세균	100CFU/ 1㎖	4	0	4	0	0
대장균군	음성	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
납	0.05	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
불소	1.5	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
비소	0.05	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
세레늄	0.01	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
수은	불검출	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
시안	불검출	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
6가크롬	0.05	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
암모니아성질소	0.5	N·D	N·D	N·D	0.01	N·D
질산성질소	10	1.2	1.4	1.6	1.4	1.6
카드뮴	0.01	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
페놀	0.005	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
총트리할로메탄	0.1	0.007	N·D	0.026	N·D	N·D
카바릴	0.07	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
다이아지논	0.02	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
파라티온	0.06	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
말라티온	0.25	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
페니트로티온	0.04	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
사염화탄소	0.002	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
1.1.1트리클로로에탄	0.1	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
테트라클로로에틸렌	0.01	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
트리클로로에틸렌	0.03	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D

부록6. 화도정수장 c Type 수질검사 결과

검사항목	기준	1998년 8월	9월	10월	11월	12월
디클로로메탄	0.02	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
벤젠	0.01	N·D	N·D	0.001	0.001	N·D
톨루엔	0.7	N·D	0.001	0.002	0.02	N·D
에틸벤젠	0.3	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
크실렌	0.5	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
1.1디클로로에틸렌	0.03	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
과망간산칼륨소비량	10	2.2	1.1	1.8	0.3	1.1
경도	300	63	58	84	103	98
냄새	무취	무취	무취	무취	무취	무취
맛	무미	무미	무미	무미	무미	무미
동	1	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
색도	5	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
세제	0.5	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
PH	5.8~8.5	6.9	7.2	7.1	7.3	7.0
아연	1	0.005	0.008	0.034	0.007	N·D
염소이온	150	4	10	10	8	11
증발잔류물	500	41	53	21	11	29
철	0.3	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
망간	0.3	N·D	N·D	N·D	N·D	N·D
탁도	2	적합	적합	적합	적합	적합
황산이온	200	6	8	6	6	6
알루미늄	0.2	N·D	N·D	0.03	N·D	0.07
검사일		8/12	9/8	10/16	11/10	12/2

부록7. a,b type 세부공정별 탁도비교

검사년월일	raw water	CGS	Slow sand	chloriation	flotation	filtration	chloriation
97-10-30	3.88	2.54	0.671	0.158	0.903	0.342	0.168
97--11-05	2.54	2.067	0.192	0.193	0.893	0.153	0.183
97-11-19	1.82	1.48	0.814	0.426	1.47	0.216	0.427
97-11-26	2.3	1.5	0.13	0.373	1.37	0.55	0.353
97-12-30	3.71	3.353	0.402	0.452	1.20	0.534	0.352
98-01-09	1.543	1.363	0.219	0.652	0.959	0.177	0.683
98-02-04	2.72	2.33	0.723	0.243	1.18	0.792	0.693
98-03-04	2.13	2.15	0.27	0.264	0.649	0.22	0.204
98-03-05	3.02	1.47	0.417	0.419	0.988	0.421	0.319
98-03-18	17.23	2.9	0.608	0.501	0.784	0.456	0.301
98-04-16	4.08	2.88	0.26	0.038	1.84	0.514	0.027
98-04-18	3.79	3.59	0.237	0.362	2.31	0.424	0.252
98-05-14	1.03	1.01	0.734	0.437	0.345	0.019	0.437
98-05-19	5.44	3.05	0.984	0.389	1.07	0.226	0.489
평균	3.945	2.263	0.475	0.350	1.140	0.360	0.349

부록8. a,b type 세부공정별 chloro-a비교

검사년월일	raw water	CGS	Slow sand	chloriation	flotation	filtration	chloriation
97-10-30	1.265	1.002	1.000	0.557	0.866	0.552	0.257
97-11-19	7.02	5.01	3.12	0.37	0.642	0.36	0.17
97-11-26	6.179	3.891	2.018	0.34	0.621	0.33	0.24
97-12-30	15.108	12.167	4.856	0.39	0.442	0.38	0.20
98-01-09	15.98	13.47	3.86	0.26	3.97	0.25	0.19
98-02-04	19.12	11.24	8.23	0.978	0.04	0.974	0.478
98-03-10	28.15	23.791	4.736	0.002	7.427	0.007	0.002
98-03-18	26.69	12.276	2.878	0.767	0.847	0.766	0.467
98-04-14	16.87	14.18	2.66	0.04	0.88	0.04	0.01
98-04-16	10.189	8.978	4.803	0.452	0.223	0.450	0.442
98-04-18	9.299	4.21	3.591	0.326	0.364	0.325	0.306
98-04-30	15.513	9.338	5.327	0.442	0.037	0.441	0.142
98-05-19	10.148	4.306	2.628	0.224	0.691	0.223	0.024
평 균	13.963	9.527	3.823	0.396	1.312	0.392	0.225

부록9. a,b type 세부공정별 Fe비교

검사년월일	raw water	CGS	Slow sand	chloriation	flotation	filtration	chloriation
97-10-30	0.335	0.21	0.071	0.077	0.083	0.079	0.077
97-11-19	0.249	0.22	0.018	0.103	0.175	0.026	0.103
97-11-26	0.151	0.078	0.019	0.056	0.151	0.026	0.056
97-12-30	0.315	0.229	0.04	0.087	0.092	0.04	0.087
98-01-09	0.195	0.074	0.016	0.874	0.057	0.033	0.874
98-02-04	0.324	0.099	0.134	0.17	0.132	0.097	0.17
98-03-10	0.5025	0.2197	0.1546	0.162	0.2249	0.1164	0.162
98-03-18	1.5803	0.2496	0.1327	0.179	0.1536	0.1949	0.179
98-04-14	0.3299	0.1252	0.0044	0.0033	0.0572	0.0023	0.0033
98-04-16	0.19386	0.1785	0.04358	0.031	0.11476	0.1001	0.031
98-04-18	0.3812	0.0675	0.0078	0.0056	0.0934	0.0027	0.0056
98-04-30	0.3517	0.0851	0.0092	0.598	0.13445	0.06988	0.598
98-05-19	0.3978	0.0293	0.0385	0.0391	0.028	0.0402	0.0391
평 균	0.4081	0.1434	0.0529	0.1834	0.1151	0.0636	0.1834

부록10. a,b type 세부공정별 Cu비교

검사년월일	raw water	CGS	Slow sand	chloriation	flotation	filtration	chloriation
97-10-30	0.017	0.007	0.005	0.01	0.005	0.013	0.01
97-11-19	0.0017	0.0010	0.0011	0.0012	0.0018	0.001	0.0012
97-11-26	0.0003	0.0002	0.001	0.0013	0.001	0.0005	0.0013
97-12-30	0.0008	0.0006	0.0004	0.0009	0.0007	0.0006	0.0009
98-01-09	0.0008	0.0007	0.0006	0.0008	0.0004	0.0008	0.0008
98-02-04	0.0013	0.0010	0.0005	0.0009	0.0005	0.0011	0.0009
98-03-10	0.0007	0.0004	0.0008	0.0001	0.0007	0.0007	0.0011
98-03-18	0.0016	0.0006	0.0008	0.0015	0.001	0.0013	0.0015
98-04-14	0.0012	0.0012	0.0008	0.0007	0.0008	0.0008	0.0007
98-04-16	0.00278	0.00078	0.00154	0.00009	0.00162	0.0012	0.00159
98-04-18	0.0016	0.0016	0.001	0.0005	0.0003	0.0007	0.0005
98-04-30	0.00278	0.0010	0.000811	0.0014	0.0018	0.00146	0.0014
98-05-19	0.0019	0.0019	0.0017	0.0006	0.0018	0.0015	0.0016
평 균	0.002651	0.00225	0.001235	0.001107	0.00134	0.001157	0.000707

부록11. a,b type 세부공정별 $KMnO_4$소비량 비교

검사년월일	raw water	CGS	Slow sand	chloriation	flotation	filtration	chloriation
97-10-30	2.2	2.5	2.3	0	2.2	1.6	0.2
97-11-05	1.896	3.16	2.896	0.632	2.889	1.316	0.630
97-11-19	2.528	3.16	2.244	0.632	2.239	1.632	0.622
97-11-26	2.84	2.21	1.26	1.26	1.24	1.06	1.16
98-12-30	5.372	2.844	2.108	3.792	2.102	2.076	1.902
98-01-09	3.792	4.424	4.128	1.58	4.10	3.264	1.47
98-02-04	2.1	2.3	2.15	1.1	2.149	1.6	1.91
98-03-04	7.09	6.75	5.02	3.63	5.01	4.23	3.93
98-03-05	7.78	4.67	4.52	3.321	4.49	3.94	3.821
98-03-18	7.44	5.19	3.69	2.08	3.65	2.9	2.08
98-04-16	7.34	5.43	3.99	2.723	3.96	2.89	2.723
98-04-18	3.79	3.82	0.297	0.369	0.28	0.124	0.369
98-04-30	1.9	0.95	0.8	0.851	0.796	0.4	0.851
98-05-14	1.59	1.91	1.08	2.879	1.06	0.78	0.79
98-05-19	4.63	2.93	0.96	0.96	0.89	0.56	0.96
평 균	4.152	3.483	2.496	1.720	2.470	1.891	1.561

부록12. a,b type 세부공정별 Zn 비교

검사년월일	raw water	CGS	Slow sand	chloriation	flotation	filtration	chloriation
97-10-30	0.053	0.035	0.032	0.033	0.022	0.012	0.004
97-11-05	0.01	0.0042	0.018	0.002	0.0036	0.0174	0.004
97-11-19	0.0017	0.0011	0.002	0.0029	0.0028	0.0018	0.0019
97-11-26	0.004	0.0055	0.0024	0.003	0.0058	0.0051	0.003
97-12-30	0.199	0.0033	0.016	0.019	0.0096	0.008	0.032
98-01-09	0.003	0.018	0.002	0.0038	0.003	0.002	0.0018
98-02-04	0.0074	0.0037	0.0045	0.0033	0.0032	0.0031	0.0023
98-03-10	0.0071	0.069	0.0029	0.0043	0.0040	0.0032	0.0043
98-03-18	0.006	0.0038	0.0037	0.004	0.0041	0.003	0.004
98-04-14	0.012	0.1028	0.0841	0.0371	0.0257	0.0240	0.0271
98-04-16	0.00954	0.00408	0.00323	0.0037	0.0199	0.01809	0.0037
98-04-18	0.0136	0.0047	0.0023	0.00242	0.0098	0.0093	0.00542
98-04-30	0.00668	0.00193	0.00446	0.00054	0.00282	0.00262	0.00254
98-05-19	0.0025	0.0015	0.0026	0.0017	0.0021	0.0014	0.0017
평 균	0.023	0.018	0.012	0.008	0.008	0.007	0.006

부록13. a,b type 세부공정별 TOC 비교

검사년월일	raw water	CGS	Slow sand	chloriation	flotation	filtration	chloriation
97-10-30	1.534	1.44	2.259	1.783	1.356	1.631	1.783
97-11-05	3.277	2.986	1.113	1.111	1.092	0.883	0.511
97-11-19	1.243	1.168	1.191	1.117	1.064	0.986	0.617
97-12-30	2.02	1.98	2.03	1.97	1.89	1.84	1.97
98-03-04	2.77	1.94	2.14	1.82	1.8	1.75	1.82
98-03-10	2.7	1.71	1.89	1.69	1.88	1.31	1.69
평 균	2.257	1.87	1.770	1.581	1.513	1.400	1.398

부록14. a,b type 세부공정별 UV254 비교

검사년월일	raw water	CGS	Slow sand	chloriation	flotation	filtration	chloriation
97-10-30	0.084	0.068	0.071	0.059	0.06	0.050	0.049
97-11-05	0.074	0.076	0.069	0.056	0.059	0.052	0.051
97-11-19	0.072	0.073	0.071	0.060	0.054	0.051	0.049
97-11-26	0.088	0.075	0.07	0.055	0.051	0.050	0.048
97-12-30	0.069	0.07	0.067	0.059	0.056	0.054	0.053
98-01-09	0.067	0.068	0.068	0.058	0.054	0.053	0.052
98-02-04	0.068	0.16	0.065	0.058	0.053	0.052	0.050
98-03-10	0.065	0.062	0.059	0.057	0.053	0.050	0.048
98-03-18	0.066	0.053	0.054	0.053	0.052	0.051	0.044
98-04-14	0.066	0.045	0.062	0.060	0.052	0.050	0.047
98-04-16	0.083	0.051	0.075	0.066	0.054	0.053	0.052
98-04-18	0.077	0.076	0.073	0.065	0.052	0.051	0.044
98-04-30	0.071	0.057	0.051	0.050	0.052	0.052	0.050
98-5-14	0.053	0.052	0.051	0.050	0.054	0.053	0.052
98-05-19	0.068	0.052	0.050	0.050	0.051	0.050	0.048
평 균	0.071	0.069	0.063	0.057	0.053	0.051	0.049

부록15. a,b type 세부공정별Mn비교

검사년월일	raw water	CGS	Slow sand	chloriation	flotation	filtration	chloriation
97-10-30	0.086	0.019	0.018	0.021	0.007	0.004	0.023
97-11-19	0.017	0.018	0.005	0.003	0.017	0.004	0.002
97-11-26	0.009	0.03	0.017	0.009	0.012	0.005	0.007
97-12-30	0.028	0.024	0.005	0.012	0.014	0.02	0.012
98-01-09	0.03	0.032	0.0152	0.024	0.019	0.023	0.024
98-02-04	0.083	0.081	0.0301	0.037	0.043	0.054	0.037
98-03-10	0.035	0.0341	0.0312	0.0291	0.0324	0.02	0.0291
98-03-18	0.6062	0.0074	0.0013	0.0165	0.0398	0.0499	0.0265
98-04-14	0.033	0.042	0.034	0.0268	0.031	0.02	0.0268
98-04-16	0.14234	0.104	0.01029	0.0285	0.0556	0.034	0.0085
98-04-18	0.06	0.054	0.04	0.0398	0.048	0.037	0.0198
98-04-30	0.10798	0.10544	0.1029	0.0065	0.0923	0.0504	0.0165
평 균	0.103	0.045	0.025	0.021	0.034	0.026	0.019

부록 16. b,c처리 system의 세부공정별 탁도비교

검사년월일	raw water	flotation	filtration	chloriation	CGS	SE DAF	Slow sand	chloriation
98-07-30	12.167	1.20	0.534	0.352	3.71	0.353	0.185	0.184
98-08-25	13.47	0.959	0.177	0.683	1.543	0.685	0.311	0.310
98-08-30	11.24	1.18	0.792	0.693	2.72	0.669	0.305	0.303
98-09-10	23.791	0.649	0.22	0.204	2.13	0.255	0.115	0.114
98-09-27	12.276	0.988	0.421	0.319	3.02	0.335	0.142	0.142
98-10-05	14.18	0.784	0.456	0.301	17.23	0.292	0.274	0.274
98-10-30	8.978	1.84	0.514	0.027	4.08	0.016	0.014	0.012
98-11-05	4.21	2.31	0.424	0.252	3.79	0.261	0.102	0.101
98-11-25	9.338	0.345	0.019	0.437	1.03	0.428	0.208	0.205
98-12-15	4.306	1.07	0.226	0.489	5.44	0.492	0.245	0.239
최저	4.21	0.649	0.019	0.027	1.03	0.016	0.014	0.012
평균	11.39	1.13	0.37	0.37	4.46	0.37	0.19	0.18
최고	23.791	2.31	0.792	0.683	17.23	0.685	0.311	0.310

부록 17. b,c처리 system의 세부공정별UV-254 비교

검사년월일	raw water	flotation	filtration	chloriation	CGS	SE DAF	Slow sand	chloriation
98-07-30	0.079	0.057	0.054	0.054	0.071	0.052	0.048	0.038
98-08-25	0.077	0.054	0.053	0.052	0.068	0.051	0.037	0.016
98-08-30	0.068	0.053	0.052	0.050	0.162	0.048	0.032	0.011
98-09-10	0.065	0.052	0.050	0.048	0.062	0.046	0.030	0.030
98-09-27	0.066	0.052	0.051	0.047	0.053	0.043	0.034	0.028
98-10-05	0.066	0.055	0.049	0.047	0.045	0.041	0.028	0.028
98-10-30	0.083	0.054	0.053	0.052	0.051	0.039	0.028	0.017
98-11-05	0.077	0.052	0.051	0.044	0.076	0.041	0.031	0.016
98-11-25	0.071	0.052	0.052	0.050	0.056	0.048	0.029	0.017
98-12-15	0.058	0.054	0.053	0.052	0.051	0.047	0.031	0.024
최저	0.058	0.052	0.049	0.044	0.045	0.039	0.028	0.011
평균	0.070	0.050	0.050	0.040	0.060	0.040	0.032	0.021
최고	0.083	0.057	0.054	0.054	0.162	0.052	0.048	0.038

부록 18. b,c처리 system의 세부공정별 클로로필a 비교

검사년월일	raw water	flotation	filtration	chloriation	CGS	SE DAF	Slow sand	chloriation
98-07-30	15.201	0.742	0.481	0.280	12.167	0.037	0.036	0.031
98-08-25	15.88	3.776	0.251	0.192	13.475	0.198	0.181	0.120
98-08-30	19.12	0.044	0.974	0.478	11.242	0.477	0.0451	0.031
98-09-10	27.15	7.227	0.007	0.002	23.791	0.001	0.001	0.001
98-09-27	26.69	0.847	0.766	0.467	11.276	0.411	0.039	0.035
98-10-05	16.87	0.884	0.043	0.014	14.184	0.012	0.010	0.001
98-10-30	11.189	0.223	0.450	0.442	8.878	0.038	0.031	0.030
98-11-05	9.299	0.364	0.325	0.306	4.111	0.211	0.190	0.182
98-11-25	16.513	0.037	0.441	0.142	9.338	0.131	0.012	0.112
98-12-15	11.148	0.691	0.223	0.024	3.306	0.021	0.011	0.011
최저	9.299	0.037	0.007	0.002	3.306	0.001	0.001	0.001
평균	16.90	1.48	0.39	0.23	11.17	0.15	0.05	0.05
최고	27.15	7.227	0.974	0.478	23.791	0.477	0.190	0.182

부록 19. b,c처리 system의 세부공정별 $KMnO_4$ 소비량비교

검사년월일	raw water	flotation	filtration	chloriation	CGS	SE DAF	Slow sand	chloriation
98-07-30	4.792	4.210	1.264	1.172	4.424	1.152	1.113	1.021
98-08-25	2.624	2.149	1.611	1.911	2.344	1.876	1.245	1.010
98-08-30	5.095	5.012	4.231	3.933	6.752	4.011	2.853	2.210
98-09-10	7.781	4.497	3.942	3.821	4.678	3.815	2.325	1.987
98-09-27	5.343	3.655	2.984	2.084	5.191	2.101	1.987	0.999
98-10-05	7.342	3.963	2.892	2.723	5.431	2.811	2.652	2.541
98-10-30	3.791	0.284	0.124	0.369	3.825	0.361	0.311	0.310
98-11-05	1.931	0.796	0.431	0.851	0.953	0.814	0.784	0.699
98-11-25	2.592	1.060	0.785	0.792	1.912	0.801	0.659	0.641
98-12-15	4.631	0.894	0.561	0.461	0.937	0.215	0.395	0.351
최저	1.931	0.284	0.124	0.369	0.937	0.215	0.311	0.310
평균	4.59	2.65	1.88	1.81	3.64	1.79	1.43	1.17
최고	7.781	5.012	4.231	3.933	6.752	4.011	2.853	2.541

부록 20. b,c처리 system의 세부공정별 Zn 비교

검사년월일	raw water	flotation	filtration	chloriation	CGS	SE DAF	Slow sand	chloriation
98-07-30	0.063	0.022	0.012	0.004	0.055	0.013	0.012	0.001
98-08-25	0.021	0.0036	0.017	0.004	0.005	0.015	0.014	0.011
98-08-30	0.003	0.0028	0.0018	0.0019	0.001	0.0014	0.0013	0.001
98-09-10	0.004	0.0058	0.0051	0.003	0.001	0.004	0.0039	0.0029
98-09-27	0.199	0.0096	0.008	0.032	0.003	0.007	0.0066	0.005
98-10-05	0.003	0.003	0.002	0.0018	0.018	0.002	0.001	0.001
98-10-30	0.007	0.0032	0.0031	0.0023	0.004	0.003	0.002	0.001
98-11-05	0.007	0.0040	0.0032	0.0043	0.069	0.0029	0.002	0.001
98-11-25	0.006	0.0041	0.003	0.004	0.0038	0.003	0.002	0.0012
98-12-15	0.031	0.007	0.024	0.027	0.028	0.0022	0.0019	0.0018
최저	0.003	0.0028	0.0018	0.0018	0.001	0.0014	0.001	0.001
평균	0.034	0.006	0.007	0.008	0.018	0.005	0.004	0.002
최고	0.199	0.022	0.024	0.032	0.069	0.015	0.014	0.011

부록 21. b,c처리 system의 세부공정별 TOC 비교

검사년월일	raw water	flotation	filtration	chloriation	CGS	SE DAF	Slow sand	chloriation
98-07-30	2.376	1.985	0.768	0.564	0.985	0.551	0.441	0.440
98-08-25	3.277	1.092	0.883	0.511	0.891	0.499	0.369	0.336
98-08-30	1.243	1.064	0.986	0.617	0.617	0.521	0.421	0.412
98-09-10	2.021	1.893	1.844	1.973	1.973	1.023	0.985	0.788
98-09-27	2.776	1.84	1.751	1.824	1.821	1.623	1.123	1.121
98-10-05	2.717	1.887	1.316	1.691	1.693	1.429	1.112	1.001
98-10-30	1.342	1.278	1.164	1.131	1.351	1.017	0.965	0.945
98-11-05	2.029	1.898	1.847	1.971	1.770	1.349	0.899	0.771
98-11-25	2.777	1.813	1.753	1.824	1.921	1.542	1.231	1.114
98-12-15	2.754	1.884	1.314	1.697	1.793	1.667	1.521	1.489
최저	1.243	1.064	0.768	0.511	0.617	0.499	0.369	0.336
평균	2.33	1.66	1.36	1.38	1.48	1.12	0.90	0.84
최고	3.277	1.985	1.847	1.973	1.973	1.667	1.521	1.489

부록 22. b,c처리 system의 세부공정별 Mn 비교

검사년월일	raw water	flotation	filtration	chloriation	CGS	SE DAF	Slow sand	chloriation
98-07-30	0.196	0.006	0.004	0.0023	0.059	0.0023	0.001	0.001
98-08-25	0.017	0.017	0.004	0.002	0.018	0.002	0.001	0.001
98-08-30	0.009	0.012	0.005	0.007	0.03	0.0056	0.0031	0.0021
98-09-10	0.028	0.014	0.02	0.012	0.024	0.011	0.001	0.001
98-09-27	0.03	0.019	0.023	0.024	0.032	0.020	0.011	0.001
98-10-05	0.083	0.043	0.054	0.037	0.081	0.021	0.015	0.009
98-10-30	0.035	0.0324	0.02	0.0291	0.0341	0.022	0.017	0.008
98-11-05	0.6062	0.0398	0.0499	0.0265	0.0074	0.019	0.016	0.011
98-11-25	0.033	0.031	0.02	0.0268	0.042	0.0254	0.0189	0.015
98-12-15	0.14234	0.0556	0.034	0.0085	0.104	0.0062	0.003	0.001
최저	0.009	0.006	0.004	0.002	0.0074	0.002	0.001	0.001
평균	0.1179	0.0269	0.0233	0.0175	0.0431	0.0134	0.0087	0.0050
최고	0.6062	0.0556	0.054	0.037	0.104	0.0254	0.0189	0.015

부록 23. b,c처리 system의 세부공정별 Cu 비교

검사년월일	raw water	flotation	filtration	chloriation	CGS	SE DAF	Slow sand	chloriation
98-07-30	0.017	0.005	0.013	0.01	0.017	0.006	0.001	0.001
98-08-25	0.0017	0.0008	0.001	0.0012	0.0010	0.001	0.001	0.0005
98-08-30	0.0003	0.001	0.0005	0.0013	0.0002	0.0003	0.0002	0.0001
98-09-10	0.0008	0.0007	0.0006	0.0009	0.0006	0.0006	0.0005	0.0004
98-09-27	0.0008	0.0004	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007	0.0007	0.0006
98-10-05	0.0013	0.0005	0.0011	0.0009	0.0010	0.0008	0.004	0.0034
98-10-30	0.0007	0.0007	0.0007	0.0011	0.0004	0.0001	0.0001	0.0001
98-11-05	0.0016	0.011	0.0013	0.0015	0.0006	0.0005	0.0009	0.0006
98-11-25	0.0012	0.0008	0.0008	0.0007	0.0012	0.0009	0.0007	0.0005
98-12-15	0.00278	0.00212	0.0012	0.00159	0.00078	0.0005	0.0006	0.0005
최저	0.0003	0.0004	0.0005	0.0007	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001
평균	0.0028	0.0023	0.0021	0.0019	0.0023	0.0011	0.0009	0.0007
최고	0.017	0.011	0.013	0.01	0.017	0.006	0.004	0.0034

부록 24. b,c처리 system의 세부공정별 Fe 비교

검사년월일	raw water	flotation	filtration	chloriation	CGS	SE DAF	Slow sand	chloriation
98-07-30	0.435	0.093	0.079	0.077	0.219	0.080	0.060	0.050
98-08-25	0.249	0.175	0.026	0.103	0.226	0.028	0.022	0.021
98-08-30	0.151	0.151	0.026	0.056	0.078	0.024	0.019	0.011
98-09-10	0.315	0.092	0.048	0.087	0.229	0.044	0.038	0.025
98-09-27	0.195	0.057	0.033	0.874	0.074	0.0023	0.0021	0.0018
98-10-05	0.324	0.132	0.097	0.179	0.099	0.089	0.077	0.069
98-10-30	0.525	0.249	0.116	0.162	0.219	0.091	0.041	0.021
98-11-05	1.583	0.156	0.194	0.179	0.249	0.099	0.060	0.046
98-11-25	0.329	0.052	0.002	0.003	0.125	0.002	0.001	0.0005
98-12-15	0.193	0.114	0.101	0.031	0.178	0.098	0.009	0.005
최저	0.151	0.052	0.002	0.003	0.074	0.002	0.001	0.0005
평균	0.42	0.12	0.07	0.17	0.16	0.05	0.03	0.02
최고	1.583	0.249	0.194	0.874	0.249	0.099	0.077	0.069

- **Abstract** -

A study on the water purification characteristics among the conventional sedimentation, circular-type dissolved air flotation and the combined process of sedimentation-flotation.

Shin Jee, Lee

Dept. of Environmental Science

Graduate School of Health

Yonsei University

(Directed by Professor Yong Chung, Ph.D)

Wha Do Water Treatment Plant in City of Nam-Yang Ju located at Kyung-Ki Do in Korea has provided conventional water treatment process for over 20 years. The main source of water comes from Northern Han River, which flows from the northeast inland to west seashore of the Korean peninsula. The water qualities have been varied season to season. Sometimes, it is prone to bring about algal blooms and flash turbidity spikes exceeding 100 NTU in heavy rainy seasons. Though the water qualities have changed with times and seasons, the water treatment

process has unchanged from the original design: coagulation, sedimentation, slow-speed sand filtration and chlorination.

Recently, it was proved that the conventional plant has a limitation in improving the performance, then the dissolved air flotation (DAF), having circular type DAF which contained sand filter (named as sand-DAF), was adapted as the best process for updating treated water quality and solving construction costs. And also the sedimentation basin was reconstructed with the series process of sedimentation-DAF (named as sedi-flotation process). Sedimentation works with a steady capacity of 6000 m^3/ day and sand-DAF with 6000 m^3/ day.

The sedi-DAF, 6000 m^3/ day, were designed and installed in the rear of the rectangular sedimentation basin. The sedimentation tank, 4,000 m^3/ day, had an inclined plate at the middle side moved to back and forth. The pre-treatment systems were coagulant dosing devices, rapid mixing tank, flocculator with baffled channel. The DAF systems consist of air dissolving tube, depressurizing nozzles, scum removal devices. Those DAF systems were the generalized-style of the DAF system except the air dissolving tube (ADT). Though the retention time in the ADT unit was so short as 19 seconds, we successfully made fine-bubbles at the flotation zone.

In this study, we mainly compared the removal efficiency for turbidity with the variations of raw water turbidity. And also measured the KMnO4 consumption, UV254 , TOC, Fe, Mn, chlorophyll-a reduction

for sand-DAF, sedi-flotation process.

In the long run, the conventional sedimentation and circular-DAF process seemed to treat the water within the Korean standards. But it was obtained that circular-DAF process showed a litter higher efficiencies in turbidity, TOC, UV254, Fe, Mn removal. We, therefore, conclude that circular-DAF system should have substantial advantages over conventional process in all matters.

During the study period, it was also clearly showed that sedi-DAF effluent have a higher removal efficiencies than those of the sedimentation in the TOC, UV254, chlorophyll-a. And the effluent concentrations of the sedi-DAF were 0.9 3.8mg/L in TOC, 0.058 0.08 abs./cm in UV254, 0.5 3.3 mg/m^3, each of them.

From the above results, we could be certified that the sedi-DAF had a good efficiency in TOC, UV254, and chlorophyll-a removal, so it was a successful trial that the combination of a sedimentation and DAF process.

After 6 months of operation period, it was found that the filter run time was prolonged from 5 days to 10 12 days in the sedi-DAF system. Especially, the times when chlorophyll-a concentration was very high, the effects of sedi-DAF were precisely revealed in the filter run time.