

## 수처리기계의 신뢰성 향상 방안

오석영\*

### 1. 서 론

#### 1.1 개요

갈수록 악화되어가고 있는 취수원의 수질오염으로 맑은 물을 생산하기 위한 정수처리기능의 중요성은 더욱 증대되고 있다. 정수처리공정은 원수수질과 처리목적에 따라서 다양하여 각기 다른 특성을 갖는 여러 단위공정으로 이루어지고, 각 공정에는 기능별로 수많은 기기를 갖추게 되는데 이 모든 것이 원활하게 조화를 이루며 연계 운영되어야 정수처리효율은 향상될 수가 있다.

일 예로 원수의 수질변화에 따라서 Jar-Test를 실시하여 최적 약품주입율을 결정하는데 이때 약품주입기의 정밀도가 낮아 운영자가 의도한 양을 정확하게 조절 할 수 없다면 처리효율의 향상은 기대할 수 없게 된다. 정수처리공정이 다양한 여러 단위공정으로 구성되므로 각 공정에 설치되는 기기의 종류도 다양한데 특히, 산성, 알칼리성이 강한 약품을 취급하여 부식 등으로 인한 고장발생빈도가 높고, 근래에는 수처리공정에 도입되는 자동화설비와의 연계로 기기의 시스템구성은 더욱 복잡해지고 있다. 한편 이러한 정수처리기기의 신뢰도 향상을 목적으로 동분야에 대한 실험이나 연구가 세계각국에서는 활발히 이루어져 왔으나 아쉽게도 국내적으로는 수처리공정분야에 처리공정별로 많은 연구가 진행되고 있음에도 이들을 근간으로 한 수처리기계의 개발 및 연구는 상당히 미흡한 단계로 타 분야에 비해 낙후되어 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 현재 이루어지고 있는 외국의 경우에 있어서 자동화와 연계한 시스템의 연구방향과 국내의 수처리기계의 기술동향 등을 중점 분석함으로써 국내의 수처리 설비연구의 기초자료로 활용하고자 한다.

#### 1.2 국내외 연구동향

우리나라 정수장에서는 응집지내 응집기가 가변속 모터로 설치되어 있어서 중앙제어실에서 혹은 현장 Local Panel에서 속도를 조정할 수 있도록 구성되어 있으나, 실제로는 응집지내의 응집기를 열별로 고정시킨 상태에서 고정운전을 실시함으로써 응집지로 유입되는 수질에 대응하여 적절한 수처리는 못하고 있는 실정으로, 정수장내 응집공정의 자동화는 이루어지지 못하고 있다. 지금까지 개선된 경우에 있어서도 온도만의 함수로한 G값 제어에 의해서 가변 제어하는 정도에 지나고 있는 실정이다.

그러나 외국에서는 온-라인 입자크기측정기 (On Line Partical Size Instrument)의 개발을 통하여 응집기를 최적 제어함으로써 개선된 응집제어를 통하여 응집공정 이후에서 투입되는 화학약품의 요구량을 감소시키고 슬러지 탈수비용과 슬러지 처분비용을 절감시키고자 하는 연구가 완료되었다.

이와 같은 연구는 미국 (캘리포니아대학 Jay Farrell & Anders Wistrom)을 비롯한 선진국에서는 Particle Size 분포제어공정을 위한 동적 모델로서 입자수 농도, 응집제 양, 혼화동력 등과 연계한 공정모델을 이용한 응집기 최적제어에 관심을 지니고 있다.

슬러지콜렉타의 경우에 있어서는 진공흡인 방법을 이용하여 수두차이에 상당하는 흡인력을 이용하여 슬러지를 고액분리시키고 있으며, 국내에서의 슬러지콜렉타가 침전지의 가로방향을 일정한 속도로 끝에서 끝까지 완전이송만을 실시하고 있으나, 미국 등에서는 침전지 바닥에 쌓인 슬러지의 형상에 따라서 이송구간을 조정운행 (단속적인 운전)함으로써 에너지절감과 동시에 슬러지제거를 효율적으로 행하는 경우도 있다.

염소처리시스템에서 후염소의 주입은 잔류염소농도에 의해서 정수장 및 송·배수과정에서 제어하는 2가지를 병행하는 방법이 국내에서 연구되고 있으며, 이는 일본 등에서 정수장, 배수지, 펌프장 등 관로계통에

\* 한국수자원공사  
E-mail : Ohs@kowaco.or.kr

자동수질계측기를 이용한 종합적인 수질관리를 하고 있는 일본을 뒤따르는 연구로 생각된다.

## 2. 수처리공정

수처리는 다수의 혼화공정, 응집공정, 침전공정, 여과공정, 소독공정으로 크게 5개의 공정으로 구성되어 있다. 이들 공정은 상수도와 하수도에서 약간의 차이는 있으나, 결국 미세한 입자를 크게 성장시켜서 중력이나 공기방울을 이용하여 슬러지 (Sludge)를 분리시켜 제거하는 공정에는 차이가 없다. 이와 같은 수처리 중에서 정수처리공정을 Fig. 1에 나타내었다.

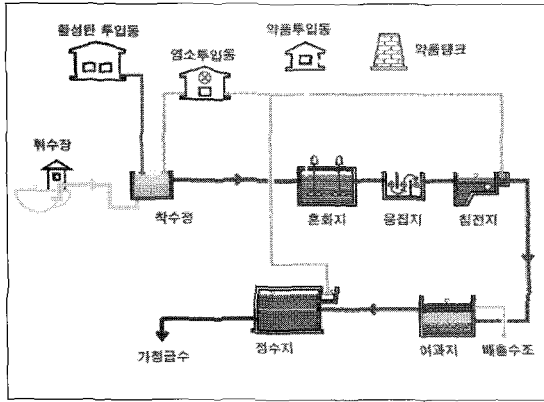


Fig. 1 정수처리공정의 개요

Fig. 1에 나타낸 공정들의 각각의 역할을 요약하여 정리하면 다음과 같다.

- 착수정 : 취수펌프로 양수된 원수를 받아 후속공정의 수위를 안정시키는 역할을 한다. 착수정에 웨어를 설치하면 유량측정이 가능하다
- 혼화지 : 정수를 위하여 필요한 약품을 원수에 혼합하는 장소로서 정수약품의 화학적 반응이 매우 신속하게 종료되므로 약품이 가능한 한 작은 용량의 혼화지 내에서 강력한 힘으로 혼합될 수 있도록 한다.
- 응집지 : 약품혼화지에서 불안정화된 콜로이드 입자들을 서로 뭉쳐 침전이 가능한 입자들로 성장시키는 시설이다. 응집지에서는 교반에 의하여 미세 플록 (Floc)들이 서로 충돌하여 성장할 수 있어야 하나 반면에 성장한 플록들이 파괴되지 아니하도록 교반의 강도가 조절되어야 한다.
- 침전지 : 응집되어 침전이 가능해진 입자들을 침전

시켜 원수로부터 분리해 내는 장소이다. 침전지에서는 가능한 한 작은 입자들까지 제거될 수 있도록 물의 흐름이 층류가 유지되어야 하며 단락류나 밀도류가 발생되지 않도록 물의 흐름이 층류가 유지되어야 하며 특히, 유입 및 유출부의 구조가 중요하다.

- 여과지 : 침전지에서 침전되지 않은 미세 플록을 제거하기 위한 시설로서, 모래 또는 안트라사이트의 여과층과 여과층을 지지하기 위한 자갈층, 하부집수 장치와 역세척 펌프 및 관련배관들로 이루어져 있다.

## 3. 수처리 설비특성 및 기술분석

### 3.1 국내업체의 기술동향

대부분의 국내 수처리업체는 80년 이후에 설립된 업체가 대부분으로 약 20년 정도의 짧은 기간 동안에 축적된 기술력과 소인력, 소자본금을 지니고 있는 수처리업체의 열악한 환경으로 인하여 기술투자 및 기술개발 등은 현실적으로 상당히 어려움을 지니고 있는 실정이다. 따라서 거의 대부분이 중소기업체들에 의존하여 설치되는 수처리기계의 제작기술은 빈약하며, 특히 1887년부터 상수도 관련 연구가 서서히 진행되어 온 일본과 비유해보면, 약 100년정도 늦게 상수도 기술에 관심을 갖기 시작하였다.

이와 같은 뒤떨어진 기술력과 국내 제작진의 열악한 환경에 비하여 우리나라 및 지자체에서 추구하는 자동화 수준은 높은 편이지만 자동화의 Level에 맞는 신뢰성 있는 설비를 구축하기에는 어려움이 있는 것이 현실이라고 생각된다.

선진국 보다 뒤떨어진 기술력과 국내 금속산업의 낙후에 따른 재질의 불안정성 등은 기기의 오동작의 근본적인 원인이 되기도 한다. 그러나, 최근에는 중소기업에서도 기술축적을 위한 관심과 노력이 점차 높아지고 있는 것은 다행스러운 일이다.

국내 수처리 전문업체인 중소기업에서 안고 있는 가장 어려운 사안중의 하나가 외국 문헌 등에서 수처리 연구에 관한 사항들의 대다수가 프로세스 및 자동화에 관한 연구에 편중되어 있으므로 수처리시스템을 직접 구축하기에는 많은 경험과 더불어 기술적인 뒷받침 등이 선행되어야 하지만 특별히 참고할 만한 시스템관련 서적 등의 접근이 쉽지 않은 점과 국내를 대상으로 한 내수가 적은 것도 기술축적에 장애물이 되고 있는 것으로 보인다. 이와같은 업체에서 지니고 있는

문제점 이외에도 단일 목적의 설비에 각 사무소마다 제품별 상이성으로 인하여 설비가 다양하고 유지관리가 어려운 점이다.

이와 같은 원인에 의하여 각 품목별로 통일화된 규격으로 동시에 기술발진을 이룩하기 위한 표준화가 어려울 뿐만 아니라, 상수도공사를 담당하는 단일회사에서 단종 업체로 재하청을 받는 현실로 인하여 가격하락에 따른 시스템의 불안정도 있을 것으로 사료된다.

### 3.2 외국 수처리설비의 특징

일본의 경우에 있어서 응집제 주입율의 결정 및 주입방법은 담당자가 Jar-Test를 한 후 결정한다. 경험적으로 자료가 축적되면 주입율표를 작성하거나 주입율식을 이용하여 통계적인 방법으로 원수탁질, 색도 등의 처리수의 상태를 관찰하여 보정하는 방법이 87% 정도를 차지하고 있으며, 원수의 수질을 계측기기로 연속측정하여 그 결과로부터 주입율을 자동으로 결정하는 방법도 13%정도가 되고 있다 (강미아, 1996).

염소주입율의 결정은 정수지의 잔류염소농도가 연속으로 측정되며, 그 결과로부터 자동적으로 주입율이 보정되는 시스템이 전체의 약 50%로서 가장 많고, 전·후염소를 겸하는 경우가 45%를 차지하고 있으며, 또한 원수의 수질상태에 따라서 염소주입율이 자동으로 결정되는 정수장도 약 8%를 차지하고 있다. 이 경우에는 염소발생기를 이용하여 기계적인 방법으로 염소주입율을 결정하고 난 후에, heater나 자외선을 투사하여 염소를 날려버리는 방법 혹은 차아염소산나트륨을 이용하여 간이식으로 발색상태를 이용하여 염소주입율을 결정하는 방법 등이다 (沼田盛, 1987) (上.田敏夫, 1987).

정수장내 수처리공정중에서 응결 (coagulation)은 입자결합의 전반적인 공정으로 불안정화 (destablization)와 응집 (flocculation)을 포함하는 것이며 수질, 기계·화학적 조건에 의해 영향을 받는다.

이와 같은 응결에 의한 수처리를 위해서는 응집제에 기초를 둔 처리시스템으로 응집제라는 화학약품을 액체약품투입기를 사용해서 투입시키지만, 수질이나 수량변동이 극심한 소규모 정수장에서는 환외 여과막 (ultrafiltration)을 이용한 응결공정 없이 물리적으로 제거하는 방법이 미국의 Pardee Recreation Area정수장 등에서 실시되고 있다 (andrew, 1996). 국내에서 사용되고 있는 수평패들식의 응집기는 100%정도가 물속

에서 360°로 회전하지만 일부선진국에서는 좌우로 요동시키는 정도의 각도로 좌우 왕복운동만을 행하도록 구성된 설비가 사용되고 있다. 이 시스템의 특징은 회전에 의한 연속적인 모타 및 감속기의 회전력에 의존하기 보다는 모타의 회전운동을 캠에 의한 좌우운동으로 전환하는 특징을 지니고 있다.

외국설비의 가장 큰 특징중의 하나는 전동버터플라이밸브, 액츄에이터 등에서의 모타의 회전과 함께 그에 종속되어 회전되는 피 전달체의 동작이 아주 원활하여 시스템이 안정되어 있으며, 전동 액츄에이터의 경우에 있어서도 마찬가지로 Servo Motor 혹은 Step Motor등의 회전운동 혹은 단순적인 회전력을 전달받은 피구동부가 콘트롤밸브내의 디스크의 스트로크를 일정한 각도로만 제한 운동시킴으로서 최소의 구동에너지로 소기의 목적을 달성하는 등의 특징이 있다.

## 4. 문제점 파악 및 분석

### 4.1 액체약품투입설비

정수장에서는 물속의 미세 입자인 콜로이드를 제거하기 위하여 약품인 응집제를 투입하며, 응집제를 투입하고 있는 액체약품투입설비에는 diaphragm pump, rotto dipper type, 전자유량계 + control valve, 인공지능 자동투입기 등의 종류가 있으며, 이들은 각각의 특징을 지니고 있다.

지방자치단체의 경우에는 rotto dipper, diaphragm pump 등이 많이 사용되고 있으며, 수공의 경우에는 전자유량계 + control valve, 인공지능 자동투입장치, diaphragm pump가 많이 사용되고 있다. 이들 약품투입기는 각각의 특징을 지니고 있으며, rotto dipper type은 재질이 PVC로 구조가 간단하고 내산성이 뛰어나나 기계부품인 기어 및 체인마모 또는 체인이탈로 인하여 응집제가 정량투입이 안되는 경우가 발생될 우려가 있으며, dipper를 가동시키는 모타가 정상적으로 가동되고 있더라도 체인 등의 불량으로 정량투입이 안되고 있는 경우에도 정수장의 중앙제어실에서는 모타의 회전수를 지령하는 전기적인 신호 값을 받으므로 "정상투입"으로 지시되어 수질사고의 위험을 향시 안고 있다.

다이하프램 정량펌프의 경우 응집제의 석출이나 이물질 등으로 인해 다이하프램의 흡입 및 토출측에 설치되어 있는 미세한 직경을 지닌 check ball 부분이 막

힘에 따라 응집제의 투입량이 시간이 지남에 따라서 감소될 소지가 많으며, 옥내탱크 및 약품투입 펌프의 위치가 투입지점의 위치보다 높은 경우 싸이펀현상 방지를 위해 역압 방지밸브를 설치하여야 하며, 펌프의 맥동현상으로 인해 정확한 실투입량의 계측이 어렵다.

전자유량계 + control valve에 의한 약품투입 방식은 control valve와 유량계가 조합되어서 PID제어를 실현함으로써 정량성 확보와 실투입 상태를 실시간으로 감시할 수 있어 약품 미투입에 따른 사고를 방지할 수 있으며, 시스템 구성이 간단하고 저장용기의 위치 압력을 이용하므로 동력이 필요치 않아 경제적이다.

## 4.2 고체약품투입설비

소석회와 활성탄과 같은 고체약품투입시에 가장 큰 문제점은 인력에 의해서 20 kg의 개대기를 인력에 의해서 운반한 후, 포대를 칼로 절개하여 투입시킨다는 점과 소석회등은 친수성이 강하여 대기중에 노출시에는 수분을 흡수한 후에 철관등에 고착되는 현상이다.

이와 같은 현상에 의해서 소석회용 호퍼나 공급조 작과정에서 발생하는 가교(bridging)현상이나 flushing 현상의 발생여부에 크게 좌우되고, 소석회의 특성상 물에 의한 용해도가 낮은 특성으로 인하여 슬러리상태로 주입됨에 따라서 용해조 및 주입배관내에서 퇴적되어 유로를 막아서 운전애 장애를 주는 경우도 있다(한국수자원공사, 박찬길, 오석영, 1992). 이와 같은 문제점으로 인하여 많은 량의 오차가 발생되고 있는 경우가 많다(김인학, 송태준, 1997). 특히, 습식투입을 행하는 설비에서는 용해탱크내의 교반기(agitator)의 회전에 의하여 탱크내에 볼텍스(vortex)운동에 의한 속도수두에 상당하는 축부분과 탱크의 외주부분과의 수위차이가 발생되며, 이로 인하여 탱크내의 교반에너지가 균일하게 작용하지 못하고 외주에서는 속도백터값이 크고 축부분에서는 속도백터값이 작아서 상대적으로 에너지가 적게 나타나는 축부분에서 소석회의 슬러리가 가라앉아 침적되는 현상이 발생되기도 하며(AWWA and ASCE, 1997), 소석회와 물이 혼합된 회석수를 원심펌프를 이용하여 이송시킴으로서 분말상의 소석회에 의해서 펌프의 회전부와 고정부인 스파이럴 케이싱(spiral casing)간에 마찰을 유도시켜 시일링부에서 회석수가 분사되어 약품투입실이 하얀색으로 퍼지는 현상도 발생한다.

이에 반하여 건식투입기의 경우에는 친수성이 강한

소석회의 특성으로 인하여 table feeder나 rotary feeder, screw feeder 등의 소석회 이송을 위한 회전제부에 소석회가 고착되어 투입장애등을 일으킴으로서 투입량의 오차발생의 원인은 물론 투입기의 구동시에 과부하 등의 원인이 되기도 한다.

## 4.3 염소투입설비

염소설비에서의 투입시스템은 대체적으로 우리보다 기술수준이 우위에 있는 선진국에서 직접 투입기를 구매하여 설치 사용하는 경우가 거의 대다수를 차지하고 있다. 이와같은 원인은 염소투입기의 경우에는 설비수준과 경제성이 상대적으로 낮은 국내업체에서는 위험성이 수반되는 염소투입설비의 신뢰성을 확보하기 위한 실험등을 실시하여 기술축적이 어렵기 때문으로 분석되고 있다. 특히, 염소양을 제어하는 클로머틱밸브가 밸브의 스톱과 인접되어 있는 원인으로 인해 패킹부위 등에서 염소가스의 미량누출등으로 클로머틱밸브를 동작시키는 축부분의 녹등으로 동작이 원활하게 되지 못함에 따른 오차가 많은 실정이다. 이러한 근본적인 문제 이외에도 후염소투입의 경우 후염소를 제어하는 PID Controller기능이 약품투입기내에 있어서 사용하지 않는 경우도 있다. 이러한 경우는 염소를 주입한 후 상당시간 후에 관말에 처리수가 도달되기 때문으로 분석된다.

적정 잔류염소 유지는 수돗물의 안전성 확보 측면에서 매우 중요하나 지나치게 잔류염소 농도가 높을 경우 염소냄새에 의한 민원 및 소독부산물 발생량 증가 등의 문제가 발생되므로, 관말의 일정 잔류염소 유지를 위해 후염소, 제염소 주입설비 및 제어방법을 개선할 필요가 있으며, 염소주입설비와 잔류염소측정장치를 조합하여 일정 잔류염소가 될 수 있게 비율 설정 신호에 보정을 행하는 방법이 바람직하다.

## 4.4 응집·침전설비

침전설비의 고장건수로는 침전지 슬러지콜렉터의 레일 이탈이나 한쪽 부분의 탈선에 따른 휘일부분이 엉켜서 다른 쪽까지 레일을 탈선하는 경우가 많이 발생된다. 또한, 주행방향을 전환시키는 리미트스위치의 오동작으로 인하여 컬렉터가 넘어가 스프로킷부위가 망가지는 경우도 있다.

영국 등 선진국에서의 비철금속으로 제작된 체인플

라이트식 슬러지콜렉터는 체인폭이 6 m 이하에만 적용되고 있으며, 외국의 비철금속의 체인플라이트식 슬러지콜렉터를 모방하여 국내에서도 시도한 적이 있으나, 이 경우에는 축-슬리브 (shaft sleeve) 부분이 회전에 의해서 링크와 연속적으로 접촉됨으로서 열마찰을 지속적으로 받게 되어 열소손으로 파손되면서 체인이 뒤뜰려서 파손되는 경우도 있다. 이와 같은 원인은 국산재질이 외산 재질에 비하여 내마모성이 적어서 연속 운전에 의한 마찰 소손으로 추정된다.

침전지 슬러지 배출에 있어서는 슬러지 인발밸브가 위치한 호퍼부에 水道 (rabbit hole)이 형성되어 슬러지는 배출되지 않고 물만 배출되어 침전수의 낭비를 초래하고 침전슬러지의 부패로 스크럼화 되는 등 침전수질의 저하 현상이 발생한다. 또한, 침전지 끝단의 슬러지는 전면 부착형 슬러지수집기의 구조상 슬러지를 제거할 수 없는 사공간이 발생하게 되어 슬러지가 쌓이고 부패되어 부상의 직접적인 원인이 되기도 한다.

응집기의 경우, 수질에 따라서 응집기의 회전수를 현장에서 인력에 의해서 회전수 조정레버를 이용하여 수동으로 조정하는 경우가 많다. 이때 회전수의 조정레버와 지시치와의 속도차가 큰 경우가 많아 인력에 의해서 조정하여도 신뢰성 떨어지고 있다. 또한, 수평패들식 응집기의 경우에는 축의 평행이 맞지 않게 설치되어 장기간 사용시 축의 비틀림 모멘트를 견디지 못해서 축이 전단파손되는 사례가 발생되기도 한다. 또한, 옥외에 설치되어 있는 수직형 응집기의 경우 태양열에 의한 감속기 오일의 열화현상으로 오일 누유 및 감속기 고장의 원인이 되고 있다.

## 5. 수처리설비의 개선방안 검토

### 5.1 액체약품투입설비

유동전류검출기 (SCD)는 zeta potential에 비하여 실시간 측정이 가능하며, 응집제 투입후의 수질상태를 알 수 있으므로 인공지능 약품투입기를 통한 응집제 투입량을 feed forward제어를 통하여 투입시키고 투입된 응집제에 의해서 처리된 처리수의 수질상태를 유동전류검출기를 이용하여 feed back제어시키면 최적의 응집제 제어가 가능할 것으로 판단된다. 그러나, 낮은알카리나 낮은 pH의 경우에는 유동전류검출기가 부적합하며, Jar-Test의 최적주입량에 따라서 유동전류검출기의 영점 (zero point)를 설정해야 하므로 급격한 수질 변동시

에는 영점을 재 설정해야 하는 등의 문제점과 유동전류검출기 (stream current detector)의 샘플링라인의 막힘 현상을 방지하기 위하여 주기적인 세척과 유동전류검출기의 검출 (sensor)부에 흡착 혹은 침전됨에 따라서 입자의 전하 값에 오차를 발생할 수도 있는 점들에 대한 확실한 대비가 선행되어야만 가능할 것이다.

다이하프램정량펌프 (diaphragm metering pump)와 로토 디퍼형 (rotto dipper type)의 경우에는 토출배관에 유량계 등을 구비하여 실투입량을 중앙제어실에서 확인할 수 있도록 해야 한다. 정수장의 처리용량이 아주 작은 정수장 (1일 처리용량 10000톤미만)에서는 테프론 다이하프램 펌프 (teflon diaphragm pump)를 사용하거나, 혹은 튜브연동식 펌프를 사용하여 응집제를 주입하는 것도 좋은 방안으로 판단된다. 특히, 이단혼화시 1단혼화에 주입되는 응집제는 강한 압력으로 주관로에 분사해야 하므로 약품투입기의 후단부에 응집제를 가압시킬 수 있도록 펌프와 이젝터를 조합한 방식을 적용하는 것이 바람직하다.

### 5.2 고체약품투입설비

소석회는 용해도가 10~20 % 정도이고 반응성이 낮으며 저장 및 취급에 문제가 있으나 가격이 저렴하므로 취급성을 개선하면 사용이 유리하다. 특히, 모노레일-호이스트를 이용하여 500~600 kg 정도의 컨테이너 백 (container bag)를 이용하여 습식으로 투입하면 취급성을 해결할 수 있고, 탱크내의 교반기 축부분에서 발생하는 저속으로 인한 침적현상은 배플 (baffle)을 이용하여 볼텍스운동을 최소화시키면 제거할 수 있을 것으로 판단된다. 특히, 이와 같은 습식 방법으로 투입하면 일정한 무게의 백 (bag)에 있는 물량과 탱크내의 수위를 나타내는 수위계를 적용함으로써 일정한 용해도를 유지할 수 있음은 물론 탱크 후단부의 배관에 유량계와 제어용밸브를 병행 설치하여 PID제어를 실시하면 정밀도 높은 투입이 가능함으로써, 건식투입시 구조적인 결함으로 인하여 발생하는 5~25% 정도의 오차를 거의 제거할 수 있을 것으로 판단된다.

또한, 용해탱크에서 발생하는 볼텍스운동에 따른 용해탱크의 중심부분과 외주부분의 속도수두차이만큼의 속도벡타차이로 인하여 소석회슬러지가 용해탱크로 가라앉는 침적되는 현상을 방지하기 위하여 용해탱크내에 90° 혹은 180°간격으로 배플 (baffle)을 설치하여 좌우의 속도벡타의 균형을 유지시켜줌으로서 용해탱크

중심부분에서 소석회 침전되는 현상을 방지한다.

소석회와 물이 혼합된 상태로 펌프에 의하여 가압시켜서 소석회에 의한 펌프의 임펠라부와 시일링부에서 누수가 발생되지 않도록 펌프에 의해서 물에 에너지를 부여하고 이 압력으로 소석회가 혼합된 혼합액을 흡인시킬 수 있도록 이젝터(ejector)등을 사용하는 방법이 바람직 할 것이다. 또한, 용해탱크를 사용하여 습식투입하는 경우에서 소석회는 물보다 무겁기 때문에 용해탱크내의 교반기의 날개가 혼합액을 위방향으로 속도벡터를 부여할 수 있는 형식의 교반날개를 적용하고 용해탱크의 윗부분에서 토출되도록 배관을 구성해야 하며, 활성탄의 경우에는 활성탄이 물보다 가볍기 때문에 물위에 뜨는 현상이 있으므로 이들 활성탄이 물과 잘 혼합되도록 용해탱크내의 교반날개의 형상을 혼합액에 아래방향으로 속도벡터를 줄 수 있는 구조로 구성해야 한다. 이 경우에는 소석회와는 반대로 용해탱크의 하단부에서 혼합액이 토출되도록 배관을 구성하는 것이 바람직하다. 특히, 습식투입기의 경우에는 물을 넣은 후에 500 kg 혹은 600 kg의 소석회 혹은 활성탄을 동시에 투입시킴에 따른 용해탱크내의 압력을 완화시킬 수 있도록 용해탱크의 압력을 배출시킬 수 있는 송풍기등의 설비를 부가토록 한다. 또한, 습식투입기를 사용하지 않고 건식투입기를 사용할 경우에는 용해조와 투입기의 중간에 용해조에서 수분이 올라오지 못하도록 熱線(heater) 혹은 아크릴 판에 의한 밀폐형으로 구성하는 것이 바람직하다.

### 5.3 염소투입설비

염소투입설비는 국내에서는 제작되고 있지 않은 유일한 수처리설비이다. 이 설비는 염소투입실에는 미량 이긴 하지만 염소가스가 누기되어 염소냄새가 심하게 나기도 하기 때문이다. 이와 같은 이유로 염소투입기는 강한 산성에 견딜수 있는 내산성 재질을 사용하여 구성해야만 한다.

염소투입기내에 부착되어 있는 클로머틱 밸브와 같이 작은 크기의 구동부를 지닌 경우에는 점부식등에 의하여 부식이 발생되어도 동작이 원활치 못하게 되는 경우가 있다. 특히, 시스템의 특성상 액체상의 염소용기로 반입하여 기체상으로 투입하므로 실제 투입되는 양을 확인하기에도 어려움이 있다. 외국설비로 구성되어 있는 염소투입기의 안정성을 제고하고 목표로 하는 정량성을 확보하기 위한 방안으로 염소가 실제로 투입되고 남아 있는 염소용기의 염소잔량의 차이만큼을 투

입된 양으로 간주하는 것은 염소투입을 실시한 후에 확인하는 좋은 방법이라고 볼 수 있다. 특히, 현장에서 직접 육안으로 투입상태를 확인하기 위하여 설치 운용되고 있는 시량계를 통하여 실투입을 확인하는 정도이므로 새로운 형식의 유량계가 많이 개발되고 있는 현실점에서는 실시간으로 투입상태를 중앙제어실에서 확인하는 것이 가능하다.

또한, 염소용기가 반입될 경우에 크레인등을 이용하여 염소용기를 지하층으로 이송시킬 때 협소한 공간에서 염소용기를 이동시킬 때 발생하는 벽체와 염소용기와의 부딪힘 현상을 방지하기 위해서 고무타이어 등을 벽체에 설치하는 방법도 염소용기의 운반을 용이하게 할 수 있다.

염소설비중에서 염소가스가 누기되었을 경우에 동작하는 염소중화설비 중에서 가장 문제가 되는 가성소다 이송용 펌프의 고장이다. 그 원인은 가성소다저장용탱크의 하단부는 석출등에 의하여 고체덩어리가 있으며, 이송용 펌프는 가성소다 저장용 탱크의 하단부와 연결되어 있는 경우가 많기 때문에 간헐적으로 동작되는 이송용 펌프가 기동시에 고체덩어리가 펌프쪽으로 이송되면서 과부하 등이 발생되기 때문이다. 이와 같은 경우에는 이송용 펌프를 가성소다 저장용 탱크의 상단부에 설치시켜서 가성소다 저장용 탱크의 석출되어 가라앉은 부분을 제외한 탱크 상단부에 있는 액체만을 이송할 수 있도록 배관을 구성함에 따라 펌프 운전시에 발생하는 과부하를 방지할 수 있다.

### 5.4 응집침전설비

침전설비의 고장건수로는 침전지의 슬러지콜렉터의 레일이탈이나 한쪽부분의 탈성에 따른 휘일부분이 영커서 다른 쪽까지 레일을 탈선하는 경우가 많이 발생된다. 또한, 주행방향을 전환시키는 리미트스위치의 오동작으로 인하여 컬렉터가 넘어가 스포CKET 부위가 망가지는 경우도 있다. 이 경우에는 운전중에는 수중대차식 슬러지콜렉터의 방향이 어느 쪽으로 되어 있는지를 파악치 못하므로 방향을 표시할 수 있도록 대차상부에 지시계 등을 부착하여 외부에서 확인할 수 있도록 하는 방안이 좋을 것이다. 또한, 외국을 모방하여 최소의 동력비를 이용한 침전지내 슬러지를 처리하고자 비철금속으로 제작하는 국내 업체가 있으나, 현장에서 운영된 실적에 의하면 파손등의 경우가 많이 발생되며 시스템이 불안한 경우가 많이 발생되므로, FRP

를 이용한 국내 제작에 의한 체인플라이트 (chain flight) 등을 선정할 경우에는 플라이트의 재질의 강도를 충분히 실험을 해야만 한다. 재질이 내마모성이 작을 경우에는 플라이트 (flight)가 열소손에 의해서 파손되면 상대편과의 불평형으로 체인이 자동적으로 이탈되기 때문이다. 이 경우에는 적용된 재질의 열소손될 가능성과 마모성 등의 기계적인 성질을 집중적으로 테스트를 해야만 한다.

응집기의 경우에는 수질에 따라서 응집기의 회전수를 현장에서 인력에 의해서 회전수 조정레버를 이용하여 수동으로 조정하는 경우가 많다. 이때 회전수의 조정레버와 지시치의 속도차가 큰 경우가 많아서 인력에 의해서 조정하여도 신뢰성은 떨어지고 있다. 따라서 회전수의 조정레버에 지시된 값과 실제의 회전수를 tachometer등으로 측정하여 보정작업을 해야만 한다. 특히, 가변속으로 되어 있는 V-cone의 벨트에 의한 속도조정용 응집기는 가급적 적용하지 않는 것이 좋다. 이 경우에는 V-cone belt의 상하의 불균형으로 벨트가 절손되는 경우가 많이 발생되기 때문이다.

응집기용 모터는 가변속모터를 설치하여 중앙제어실에서 속도 조절이 가능하도록 구성을 해야 할 것이다. 이것은 장기적인 안목에서 볼 때 혼화기의 동력, 응집제의 투입량 등과 연계한 응집기의 자동운전 가능성이 있기 때문이기도 하다.

응집공정의 응집기의 응집강도를 수질상태에 따라서 자동적으로 변화시키고 후처리공정인 침전지, 배출수처리설비 등과 연계운전시키는 방안이 검토되고 있는 외국의 사례와 견주어 응집지의 실시간 입자크기 측정기 (on line particle size instrument)를 고려한 연구도 진행되어야 할 것이다. 이는 응집기의 최적제어를 통하여 배출수 설비에서 슬러지 탈수비용을 절감하고 함수율을 극소화시켜 슬러지 처분비를 최소화시키는 방안의 일환으로 볼 수 있다.

## 6. 결론

본 연구에서는 우리나라와 외국설비를 분석하고 우리설비의 안정성을 제고할 수 있는 방안에 대해서 살펴보았다. 연구결과와 향후 연구될 내용을 살펴보면 다음과 같다.

1) 정수장별로 상이한 설비를 각 품목별로 목표하는 수처리공정에 적합한 시스템과 자동화레벨을 연계한 마스터플랜으로 스텝별 정수장시스템관리체계가

필요하다.

- 2) 범국가적인 차원에서의 중소기업의 기술지원을 통한 업체 기술축적을 유도함으로써 양질의 설비를 공급받을 수 있도록 한다.
- 3) 국내에서는 수처리설비에 관한 전문서적이 없어 설비를 구축하는데 참고자료가 없으므로 각 현장에서 운영실적과 유지보수자료를 관리하여 데이터베이스화하는 방안이 요구된다.
- 4) 본 연구에서 제시된 프로세스별 설비의 기본방향은 정수장의 수처리 효율을 극대화할 수 있는 방향으로 발전되어야 하며, 본 연구에서는 다소 미흡한 점이 있으므로 지속적으로 이 분야에 대해서 집중 분석할 예정이다.

## 참고문헌

1. 김인학, 송태준, "응집제 정량투입 감시장치 개발을 통한 약품적량투입 감시 강화 방안", 수도, 제24권 제1호 1997.
2. 이현동, "상수도시설에서 잔류염소농도의 관리방안과 향후과제", 수도지, 제24권 제4호, 1997.8
3. 한국수자원공사 ('96 전국 상수도 종사자 기술강습회), "일본정수장의 운영관리에 관한 조사", 대구 지방 환경관리청 (강미아), 1996
4. 한국수자원공사, "정수처리 공정용 기기의 효율적 선정에 관한 연구", 수자원연구소 보고서, 1992
5. 한국수자원공사, "수도시설 자동화 기본설계", 수자원연구소 보고서, 1997.12
6. 한국수자원공사, "펌프장설비 신뢰성 향상 방안 연구", 수자원연구소 보고서, 1994.12
7. 환경부연차보고서, "기존정수장 효율향상 기술(제2단계 1차년도 연차보고서)", 1997.1, pp169~222.
8. 上田 敏夫, "鹽素要求量計を用いる前鹽素自動注入制", 第40回全國水道研究發表會, 1987.5
9. 沼田盛, "簡易連續鹽素要求量計による前鹽素注入制御", 第38回水道研究發表會, 1987. 5.
10. Anders Wistrom, "Flocculation control: System Identification- Experimental Results", 1997.9, IAWQ.
11. Andrew K.Enos, Jr, "Coagulation Control in Small Water Treatment Plants", Proceedings of AWWA Annual Conference, pp.279-286, 1996.
12. AWWA and ASCE, "Water Treatment Plant Design", McGraw-Hill, 1997.