

수처리 공정과 설비 기능향상 방안

오석영*

1. 서론

1.1. 개요

수처리의 목적은 지표수, 지하수, 호소수 등 다양한 특성의 원수에서 부유물질, 중금속, 미량유기물질, 병원균 등의 유해물질을 제거하여 건강상 안전하고 미관상 깨끗한 물을 생산하는데 있다. 이와 같은 수처리를 하기 위해서는 여러 개의 공정이 요구되며 이들을 저우처리공정이라고 한다. 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.

일례로 원수의 수질변화에 따라서 Jar-Test를 실시하여 최적 약품주입율을 결정하는데 이때 약품주입기의 정밀도가 낮아 운영자가 의도한 양을 정확하게 조절할 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 동 분야에 대한 실험이나 연구가 활발히 이루어져 왔다.

따라서 본 연구에서는 현재 이루어지고 있는 외국의

경우에 있어서 통합자동화와 연계한 시스템의 안정성을 살펴보고자 한다.

1.2. 국내외 연구동향

우리나라 정수장에서는 응집지내 응집기가 가변속모타로 설치되어 있어서 중앙제어실에서 혹은 현장의 판넬에서 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 함수로 한 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 이송구간

* 한국수자원공사 수도권지역본부
E-mail : Ohs@kwater.or.kr

을 조정운행(단속적인 운전)함으로써 에너지절감과 동시에 슬러지제거를 효율적으로 행하는 경우도 있다.

2. 수처리공정

2.1. 일반수처리공정

원수중의 부유성물질에는 현탁물질, 콜로이드입자가 있다. 콜로이드물질은 직경이 $1\mu\text{m}\sim 0.001\mu\text{m}$ 사이의 미소입자를 의미한다. 미세한 점토, 색도유발물질, 바이러스 등이 콜로이드입자에 속한다. 부유물질은 1800년대에는 주로 원수를 모래층에 매우 느린 속도로 통과시키는 완속여과로 제거하였다. 완속여과에서는 모래층의 표면에 미생물이 성장하여 수중의 현탁물질과 용존되어 있는 유기물질 일부를 제거하면 되지만 미생물에 의하여 분해되어 수중에 유입되는 휴믹산, 휴민질 등의 부식물질들은 제거되지 않는 단점이 있다. 표준정수처리 시설에는 착수정, 약품저장 및 투입시설, 약품혼화지, 응집지, 침전지, 여과지, 소독설비 및 배출수처리설비로 구성되어 있으며, 공정배열과 각 시설들의 기능은 Fig. 1에 나타내었다.

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

- 착수정 : 취수장에서 펌프에 의하여 취수된 원수가 정수장에 유입되는 지점으로 후속공정의 수위를 안정시키는 역할을 한다. 착수정에 웨어를 설치하면 유량측정이 가능하다

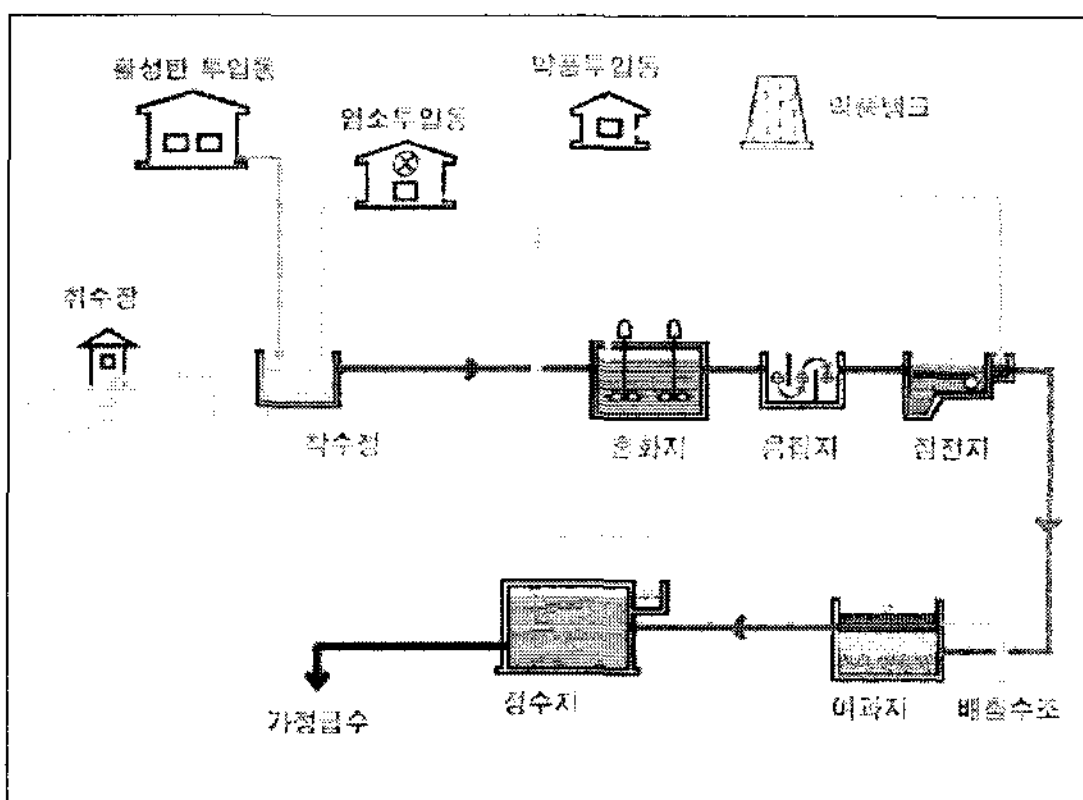


Fig. 1 일반수처리공정의 개요

- 혼화지 : 응집제를 원수에 혼합하는 공정으로 화학적반응이 매우 신속하게 종료되므로 작은 용량의 혼화지내에서 강력하게 혼합될 수 있도록 설계한다.

- 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 침전시켜 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 시설물로서, 모래 또는 안트라사이트의 여과층과 여과층을 지지하기 위한 자갈층, 하부집수장치와 역세척 펌프 및 관련배관들로 이루어져 있다.

- 소독시설 : 병원성 미생물을 불활성화시켜 위생적으로 안전한 수돗물을 공급하는 공정으로 염소소독이 많이 적용되어 왔으며 최근에는 트리할로메탄을 비롯한 소독부산물의 생성으로 인하여 대체소독방법이 강구되고 있다.

- 배출수처리시설 : 침전지 배출수와 여과지 역세척수를 고액분리하여 고형물을 최종처분하며, 탈수시설에 의하여 함수율을 최소화하는 것이 최종목표이다.

- 정수지 : 정수지는 정수처리 운전관리상 발생하는 여과수량과 송수량 사이의 불균형을 완화하는 것과 동시에 사고, 고장에 대응하고, 수원, 수질변동에 대응하며, 시설의 점검, 안전작업 등에 대비하여 정수를 정류하는 곳으로 정수시설로는 최종단계의 시설이다.

2.2. 고도정수처리공정

국내에서는 고도정수처리에 대해 명확하게 정의되어 있지 않으나 고도정수처리방법이란 재래식 정수처리법으로는 대상오염물질의 제거가 곤란하여 목표수질의 달성을 위해 기존의 수처리법에 추가 적용하는 수처리법으로 1988년 일본에서는 일본수도협회에 설치된 「고도정수시설 가이드라인작성 전문위원회」에서 고도정수시설도입을 위한 가이드라인을 작성하였는데 이

에 따르면 「고도정수시설은 통상의 정수처리방법으로는 충분히 대응할 수 없는 이취미물질, 트리할로메탄 전구물질, 색도, 암모니아성 질소, 음이온계면활성제 등의 처리를 목적으로 도입하는 활성탄처리시설, 오존처리시설 및 생물처리시설 등을 지칭한다」라고 정의하고 있으며 유럽등지에서도 고도정수 처리법으로 오존산화공정, 입상활성탄공정, 생물처리공정 등을 주로 적용하고 있으며 최근에는 대규모정수장에서 막분리공정을 도입하고 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 적은 규모의 인력, 적은자본금을 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 상하수도 관련의 연구가 서서히 진행되어 온 일본과 비유해보면, 약 100년 정도 늦게 상수도기술에 관심을 갖기 시작하였다.

그러나 수자원공사 등과 같은 물관리 전문기관이 지속적으로 추구하고 있는 통합운영체계구축 등에 힘입어 꾸준한 노력의 결과로 인하여 국내 수처리 설비 업체들의 자동화 수준도 한 단계 높아진 것은 현실적으로 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 수처리 시스템을 직접 구축하기에는 많은 경험과 더불어 기술적인 뒷받침 등이 선행되어야 한다. 이와 같은 업체에서 지니고 있는 문제점 이외에도 단일 목적의 설비에 각 사업장마다 설비특성의 상이성으로 인하여 다양한 설비가 설치되므로 이들 설비의 유지관리가 어렵다는 점이다.

이와 같은 원인에 의하여 각 품목별로 통일화된 규격으로 동시에 기술발전을 이룩하기 위한 표준화가 어

려울 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 자체실험 실시 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 연속 측정하여 그 결과로부터 주입율을 자동으로 결정하는 방법도 13%정도가 되고 있다(강미아, 1996).

정수장내 수처리 공정 중에서 응결은 입자결합의 전반적인 공정으로 불안정화와 응집을 포함하는 것이며 수질, 기계·화학적인 조건에 의해 영향을 받는다.

이와 같은 응결에 의한 수처리를 위해서는 응집제에 기초를 둔 처리시스템으로 응집제라는 화학약품을 액체약품투입기를 사용해서 투입시키지만, 수질이나 수량변동이 극심한 소규모 정수장에서는 한외 여과막을 이용한 응결공정 없이 물리적으로 제거하는 방법이 미국의 Pardee Recreation Area정수장 등에서 실시되고 있다(Andrew, 1996). 국내에서 사용되고 있는 수평패들식의 응집기는 100%정도가 물속에서 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 서보모터 혹은 스텝모터 등의 회전운동 혹은 단속적인 회전력을 전달받은 피구동부가 콘트롤밸브 내의 디스크의 스트로크를 일정한 각도로만 제한 운동시킴으로서 최소의 구동에너지를 소기의 목적을 달성하는 등의 특징이 있다.

4. 문제점파악 및 분석

4.1. 액체약품투입설비

물속의 미세 부유물질인 콜로이드를 제거하기 위하여 약품인 응집제를 투입하며, 이들 약품을 투입하는 설비에는 다이어프램 펌프, 로토디퍼, 전자유량계 + 제어밸브, 튜브연동식 펌프 등이 있으며 이들은 각각의 특징을 지니고 있다.

지방자치단체의 경우에는 로토디퍼, 다이어프램 펌프 등이 많이 사용되고 있으며, 수공의 경우에는 전자유량계 + 제어밸브, 튜브연동식 펌프, 다이어프램 펌프가 많이 사용되고 있다. 이들 약품투입기는 각각의 특징을 지니고 있으며, 로토디퍼는 재질이 PVC로 구조가 간단하고 내산성이 뛰어나나 기계부품인 기어 및 체인마모 또는 체인이탈로 인하여 응집제가 정량투입이 안되는 경우가 발생할 우려가 있으며, 디퍼를 가동시키는 모타가 정상적으로 가동되고 있더라도 체인 등의 불량으로 정량투입이 되지 않고 있는 경우에도 정수장의 중앙제어실에서는 모타의 회전수를 지령하는 전기적인 신호 값을 받으므로 "정상투입"으로 지시되어 수질사고의 위험을 항시 안고 있다.

다이어프램 정량펌프의 경우 응집제의 석출이나 이물질 등으로 인해 다이어프램의 흡입 및 토출측에 설치되어 있는 미세한 직경을 지닌 Check Ball 부분이 막힘에 따라 응집제의 투입량이 시간이 지남에 따라 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 + 제어밸브에 의한 약품투입 방식은 제어밸브와 유량계가 조합되어서 PID제어를 실현함으로써 정량성 확보와 실투입 상태를 실시간으로 감시할 수 있어 약품 미투입에 따른 사고를 방지할 수 있으며, 시스템 구성이 간단하고 저장용기의 위치압력을 이용하므로 동력이 필요치 않아 경제적이다. 특히, 최근에는 몇 개의 정수장을 통합적으로 관리하고 있는 통합운영체계에서는 약품투입상태를 실시간으로 확인하기 위한 CCTV와 같은 화상감시설비를 이용하여 약품이 공정에 실제로 투입되는 상태를 육안으로 확인할 수 있도록 구축함으로써 약품미투입에 따른 수질사고를

미연에 방지할 수 있도록 시스템을 구축하여 운영 중에 있다.

4.2. 고체약품투입설비

pH조절을 위하여 투입시키는 소석회와 맛냄새를 제거하기 위한 활성탄과 같은 고체약품투입시에 어려운 점은 인력에 의해서 20kg의 개대기를 인력에 의해서 운반한 후, 포대를 칼로 절개하여 투입시킨다는 점과 소석회등은 친수성이 강하여 대기 중에 노출 시 약품이 수분을 흡수 후에 철판 등으로 고착되는 현상이다.

이들 현상에 의해서 소석회용 호퍼나 공급조작과정에서 발생하는 가교(Bridging)현상이나 Flushing현상의 발생여부에 크게 좌우되고, 소석회의 특성상 물에 의한 용해도가 낮은 특성으로 인하여 슬러리상태로 주입됨에 따라서 용해조 및 주입배관 내에서 퇴적되어 유로를 막아서 운전의 장애를 주는 경우도 있다. 이와 같은 문제점으로 인하여 많은 량의 오차가 발생되고 있는 경우가 많다(김인학, 송태준, 1997). 특히, 습식투입을 행하는 설비에서는 용해탱크내의 교반기의 회전에 의하여 탱크 내에 볼텍스운동에 의한 속도수두에 상당하는 축부분과 탱크의 외주부분과의 수위차이가 발생되며, 이로 인하여 탱크내의 교반에너지가 균일하게 작용하지 못하고 외주에서는 속도 벡타값이 크고 축부분에서는 속도 벡타값이 작아서 상대적으로 에너지가 적게 나타나는 축 부분에서 소석회의 슬러리가 가라앉아 침적되는 현상이 발생되기도 하며(AWWA and ASCE, 1997), 소석회와 물이 혼합된 희석수를 원심펌프를 이용하여 이송시킴으로서 분말상의 소석회에 의해서 펌프의 회전부와 고정부인 스파이럴 케이싱 간에 마찰을 유도시켜 시일링부에서 희석수가 분사되어 약품투입실이 하얀색으로 퍼지는 현상도 발생한다.

이에 반하여 건식투입기의 경우에는 친수성이 강한 소석회의 특성으로 인하여 테이블피더나 로타리피더, 스크류피더 등의 소석회 이송을 위한 회전체부에 소석회가 고착되어 투입장애등을 일으킴으로서 투입량의 오차발생의 원인은 물론 투입기의 구동 시에 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. 이와 같은 원인은 염소투입기의 경우에는 설비 수준과 경제성이 상대적으로 낮은 국내업체에서는 위험성이 수반되는 염소투입설비의 신뢰성을 확보하기 위한 실험 등을 실시하여 기술축적이 어렵기 때문으로 분석되고 있다. 특히, 염소 양을 제어하는 클로머틱밸브가 밸브의 스펙과 인접되어 있는 원인으로 인해 패킹부위 등에서 염소가스의 미량누출 등으로 클로머틱밸브를 동작시키는 축부분의 녹 등으로 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, 재염소 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 슬러지컬렉터의 레일 이탈이나 한쪽 부분의 탈성에 따른 휘일부분이 엉켜서 다른 쪽까지 레일을 탈선하는 경우가 많이 발생된다. 또한, 주행방향을 절환시키는 리미트스위치의 오동작으로 인하여 컬렉터가 넘어가 스프로킷부위가 망가지는 경우도 있다.

영국 등 선진국에서의 비철금속으로 제작된 체인플라이트식 슬러지컬렉터는 체인폭이 6m이하에만 적용되고 있으며, 외국의 비철금속의 체인플라이트식 슬러지컬렉터를 모방하여 국내에서도 시도한 적이 있으나, 이 경우에는 축-슬리브가 회전에 의해서 링크와 연속적으로 접촉됨으로서 열마찰을 지속적으로 받게 되어 열소손으로 파손되면서 체인이 뒤틀려서 파손되는 경

우도 있다. 이와 같은 원인은 국산재질이 외산 재질에 비하여 내마모성이 적어서 연속운전에 의한 마찰 소손으로 추정된다.

침전지 슬러지 배출에 있어서는 슬러지 인발밸브가 위치한 호퍼부에 水道(Rathole)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 평형이 맞지 않게 설치되어 장기간 사용 시 축의 비틀림 모우먼트를 견디지 못해서 축이 전단 파손되는 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 낮은 알카리와 낮은 pH의 경우에는 유동전류검출기가 부적합하며, Jar-Test의 최적주입량에 따라서 유동전류검출기의 영점(Zero Point)을 설정해야 하므로 급격한 수질 변동 시에는 영점을 재설정해야 하는 등의 문제점과 유동전류검출기의 채수라인 막힘 현상을 방지하기 위하여 주기적인 세척과 유동전류검출기의 검출부에 흡착 혹은 침전됨에 따라서 입자의 전하 값에 오

차를 발생할 수도 있는 점들에 대한 확실한 대비가 선행되어야만 가능할 것이다.

다이아프램정량펌프와 로토 디퍼형의 경우에는 토출 배관에 유량계 등을 구비하여 실투입량을 중앙제어실에서 확인할 수 있도록 해야 한다. 정수장의 처리용량이 아주 작은 정수장(1일 처리용량 10000 톤 미만)에서는 테프론 다이아프램 펌프를 사용하거나, 혹은 튜브 연동식 펌프를 사용하여 응집제를 주입하는 것도 좋은 방안으로 판단된다. 특히, 이단 혼화시 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, 건식투입 시 구조적인 결함으로 인하여 발생하는 5-25% 정도의 오차율을 거의 제거할 수 있을 것으로 판단된다.

또한, 용해탱크에서 발생하는 볼텍스 운동에 따른 용해탱크의 중심부분과 외주부분의 속도수차이만큼의 속도백타 차이로 인하여 소석회슬러지가 용해탱크로 가라앉는 침적되는 현상을 방지하기 위하여 용해탱크 내에 90° 혹은 180°간격으로 배플을 설치하여 좌우의 속도백타의 균형을 유지시켜줌으로서 용해탱크 중심부분에서 소석회가 침전되는 현상을 방지한다.

소석회와 물이 혼합된 상태로 펌프에 의하여 가압시켜서 소석회에 의한 펌프의 임펠러와 시일링부에서 누

수가 발생되지 않도록 펌프에 의해서 물에 에너지를 부여하고 이 압력으로 소석회가 혼합된 혼화액을 흡인시킬 수 있도록 이젝터 등을 사용하는 방법이 바람직할 것이다. 또한, 용해탱크를 사용하여 습식 투입하는 경우에서 소석회는 물보다 무겁기 때문에 용해탱크내의 교반기의 날개가 혼화액을 위방향으로 속도백타를 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 혼화되도록 용해탱크내의 교반날개의 형상을 혼화액에 아래방향으로 속도백타를 줄 수 있는 구조로 구성해야 한다. 이 경우에는 소석회와는 반대로 용해탱크의 하단부에서 혼화액이 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 송풍기 등의 설비를 부가토록 한다. 또한, 습식투입기를 사용하지 않고 건식투입기를 사용할 경우에는 용해조와 투입기의 중간에 용해조에서 수분이 올라오지 못하도록 熱線 혹은 아크릴 판에 의한 밀폐형으로 구성하는 것이 바람직하다.

5.3. 염소투입설비

염소투입설비는 국내에서는 제작되고 있지 않은 유일한 수처리 설비이다. 이 설비는 염소투입실에는 미량이긴 하지만 염소가스가 누기되어 염소냄새가 심하게 나기도 하기 때문이다. 이와 같은 이유로 염소투입기는 강한 산성에 견딜 수 있는 내산성 재질을 사용하여 구성해야만 한다.

염소투입기내에 부착되어 있는 클로머틱 밸브와 같이 작은 크기의 구동부를 지닌 경우에는 점부식 등에 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 용소용기의 염소잔량의 차이만큼을 투입된 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 현 시점에서는 실시간으로 투입상태를 중앙제어실에서 확인하는 것이 가능하다.

또한, 염소용기가 반입될 경우에 크레인 등을 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.

염소설비 중에서 염소가스가 누기되었을 경우에 동작하는 염소중화설비 중에서 가장 문제가 되는 가성소다 이송용 펌프의 고장이다. 그 원인은 가성소다저장용탱크의 하단부는 석출 등에 의하여 고체덩어리가 있으며, 이송용 펌프는 가성소다 저장용 탱크의 하단부와 연결되어 있는 경우가 많기 때문에 간헐적으로 동작되는 이송용 펌프가 기동 시에 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 운전 시에 발생하는 과부하를 방지할 수 있다. 최근에는 염소가스가 실제로 공정에 투입되고 있는지를 상시 감지할 수 있도록 CCTV를 염소투입기의 시량계 부근에 설치하여 염소 가스 투입 시 투입압력으로 인하여 상승 상태를 유지하고 있는 시량계를 직접육안으로 확인하여 염소가스의 실제 투입여부를 즉각 인식할 수 있도록 시스템을 구축하여 운영하고 있다.

5.4. 응집침전설비

침전설비의 고장건수로는 침전지의 슬러지컬렉터의 레일이탈이나 한쪽부분의 탈성에 따른 휘일부분이 영켜서 다른 쪽까지 레일을 탈선하는 경우가 많이 발생된다. 또한 주행방향을 절환시키는 리미트스위치의 오동작으로 인하여 컬렉터가 넘어가 스프로킷 부위가 손상되는 경우도 있다. 이 경우에는 운전 중에는 수중대

차식 슬러지컬렉터의 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 파손 등의 경우가 많이 발생되며 시스템이 불안한 경우가 많이 발생되므로, FRP를 이용한 국내 제작에 의한 체인플라이트(Chain Flight) 등을 선정할 경우에는 플라이트의 재질의 강도를 충분하게 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 조정 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, 배출수 처리설비 등과 연계운전시키는 방안이 검토되고 있는 외국의 사례와 견주어 응집지의 실시간 입자크기 측정기를 고려한 방안도 고려할 필요가 있다. 이는 응집기의 최적제어를 통하여 배출수 설비에서 슬러지 탈수비용을 절감하고 함수율을 극소화시켜 슬러지 처분비를 최소화시키는 방안의 일환으로 볼 수 있다.

6. 요약 및 결론

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

1) 정수장별로 상이한 설비를 각 품목별로 목표하는 수처리 공정에 적합한 시스템과 자동화수준과 연계한 마스터플랜으로 단계별 정수장 시스템 관리체계가 필요하며,

3) 시대적인 요구에 따라 상수도시설의 현대화가 요구되고 있는 시기이므로 시설현대화와 더불어서 시설 운영을 위한 통합적인 체계가 요구된다.

3) 국내 수처리설비 과학화를 위하여 각 현장에서 운영되고 있는 다양한 설비의 운영실적과 유지보수자료를 관리하여 체계화하는 방안이 요구된다.

참고문헌

(1) 김인학, 송태준, “응집제 정량투입 감시장치 개발을 통한 약품적량투입 감시 강화 방안,” 수도, 제 24권 제1호 1997.

(2) 이현동, “상수도시설에서 잔류염소농도의 관리방안과 향후과제,” 수도지, 제24권 제4호, 1997. 8.

(3) 한국수자원공사(’96 전국 상수도 종사자 기술강습회), “일본정수장의 운영관리에 관한 조사,” 대구지방 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, pp. 169~222.

(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.