

# 약품 투입설비 개선 사례

김문성 \_ 경기도 안산시 상하수도사업소 정수과

경기도 안산시의 안산정수장은 시설용량 143,000m<sup>3</sup>/일(공업용수 60,000m<sup>3</sup>/일, 생활용수 83,000m<sup>3</sup>/일)의 중소규모 정수시설로 지금까지 안산시 상수도 공급의 중추 역할을 담당해 왔다. 그러나 최근 유입원수의 수질 악화, 시설의 노후 등으로 정수처리 및 유지 관리에 문제점이 노출되고 있다.

따라서 본 사업은 현재 안산정수장의 노후 설비는 교체, 보수하여 제 기능을 회복시키고, 약품주입시설에 전자제어시스템을 구축하여 수량뿐만 아니라 수질 변동에 따라 적절한 약품이 주입될 수 있도록 하여 양질의 수돗물을 생산할 수 있도록 하는 것에 목적이 있다.

## 기존 약품 투입 설비

### 1. 염소 투입 시설

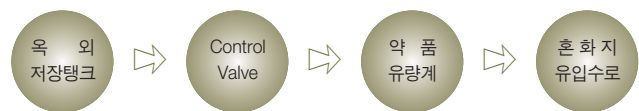
과거 안산정수장의 염소 투입 방식은 염소수를 만들어 투입하는 진공흡식 방식으로써, 인젝터에 고압의 가압수를 통과시킬 때 발생하는 진공력으로 염소 가스를 흡인하여 가압수와 희석한 다음, 공급 배관을 이용하여 염소 투입 지점으로 이송하는 방식을 취하고 있다.

이 방식은 염소수가 배관을 통하여 투입 지점으로 이송되므로 고압의 가압펌프가 설치되어야 하므로 동력비 손실과 값비싼 정수의 소비를 발생시키고 동절기 동결 문제 발생으로 염소 투입 중단 사태를 초래할 수 있다. 또 투입 지점으로 공급된 염소수는 충분한 분사 및 확산이 이루어지지 않으므로 막분리현상(Segregation)과 염소 가스 증발현상(Off-Gasing)이 발생하여 염소 소독 효율이 저하되고, 주변 설비를 부식시키는 등의 문제점이 발생하고 있으므로 이를 보완하기 위한 대책이 시급하다.

### 2. 응집제(PAC) 투입 시설

과거 안산정수장에서는 응집제(PAC, PAcSS)를 유량계와 Control Valve를 조합한 투입방식으로 혼화지 유입수로에 투입하였다.

### 가. 응집제 주입 개략 흐름도



나. Control Valve와 약품 유량계의 투입 장치에 수동으로 투입률을 설정하여 유량비례 제어 방식으로 투입하고 있어 상시 평균 주입 시에는 별다른 문제가 발생하지 않으나, 수질 악화 또는 우수기 최대 투입 시에는 기기에 장착된 용적식 시량계의 범위를 벗어나므로 실투입량 확인이 어려웠다.

### 3. 시설의 문제점

가. 안산정수장의 경우 3단계 착수정과 4단계 착수정이 각각 설치되어 있고, 이들 착수정에서 유출된 원수는 약품 투입실로 향하는 지하 도수 배관상에서 합류되어 약품 투입실의 유입 수로를 통과하는 과정에서 응집제 및 필요 정수 처리제가 투입된 다음, 혼화지로 유출되는 구조를 취하고 있다.

나. 전염소 응집제 및 소석회, 분말활성탄의 투입 방식은 착수정과 혼화지 사이에 위치한 약품 투입실 건물 내부의 유입수로

(B1.7 × L17.85 × H3.3m)에서 수행하도록 되어 있어 정수처리 간의 상호 연관 작용 및 시간차 등에 대한 고려가 없고, 유입 수로의 구조적 결함 때문에 수로 내부에서의 유속이 느리고 순환류(역순환)가 발생하는 등의 문제점으로 정수처리의 최대 효율을 기대하기 어렵다.

**세부적으로 도출된 문제점**

- 희석수와 접촉 후 수화 반응에 의한 염소 소독력 저하로 반응 효과 및 기존 개수로 내의 재순환류에 의한 재산화 및 단락류 발생으로 완전 혼합 반응 불가
- 미접촉 반응분의 염소가스로 인한 냄새 및 주변기기의 부식을 촉진하는 원인을 제공하고, 압력 강하에 의한 기타 현상으로 응집제 및 침전지에 냄새 발생 심화
- 침전지 후단에서 잔류 염소 불검출로 인한 여과지 내 조류 번식 및 악취 발생 가능

다. 안산정수장의 경우 최초 혼합지에 급속교반기를 설치하여 완전혼합방식(Backmixing)에 의한 혼화를 실시하였다. 그러나 시설 노후 등으로 혼화 기능이 떨어져 지금은 혼합지 유입수로에 배관을 통해 응집제를 투입하여 수류 자체의 에너지로 약품을 혼화시키고 있다. 이 방법은 개수로의 구조적 결함으로 재순환류가 발생하여 최적의 혼화가 일어나지 않으므로 혼화방법의 개선이 시급하다.

**약품 투입 설비 개선 개요**

**1. 선정 조건**

가. 혼화방법은 흡착 및 전하중화 반응( $10^{-4} \sim 1$ 초)에 근접한 방법으로, 접촉시간을 1초 이내로 하여 약품을 혼화함으로써 응집약품 절감, 응집효율 개선, 슬러지 발생량 감소 등의 효과를 얻을 수 있어야 한다.

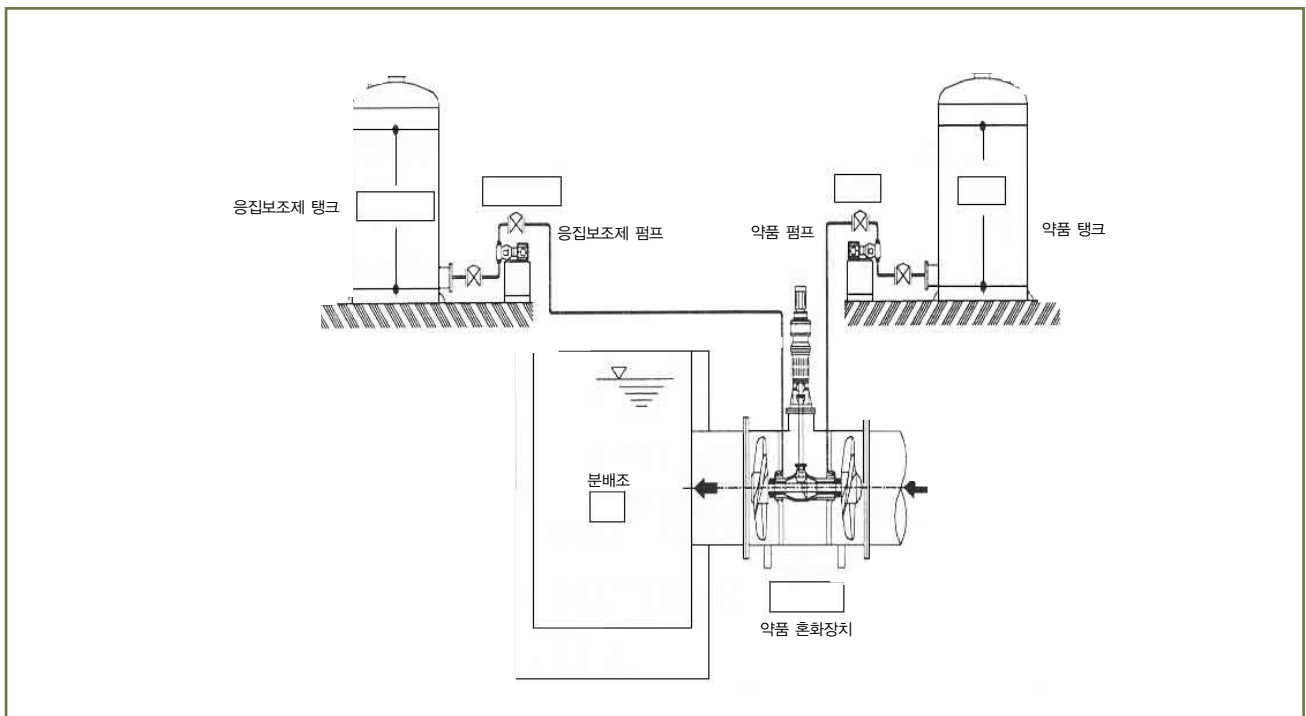
나. 홍수 시, 수질 악화 시 및 유량이 매우 적게 유입되어 교반 강도가 부족할 경우에도 교반 강도를 보충할 수 있어 어떠한 악조건에서도 원활한 혼화가 가능하여야 한다.

다. 유입수의 잉여 에너지를 이용함으로써 에너지 소비를 최소화해야 한다.

라. 유지관리가 용이하고 공사비가 적게 들어 경제적이어야 한다.

**2. 검토 기종**

본 사업에서는 상기의 선정조건들에 부합되고, 원수와 응집제 간의 혼화 효율이 높으며, 유지관리가 원활한 혼화방식들 중에서 안산정수장의 기존 시설에 대한 개량이 가능한 것으로 판단되는 방식들을 검토 기종으로 선정하여 비교, 검토한 후 안산정수장의 혼화방식을 선정하였다.



- ▷ 무동력 순간혼화 교반기
- ▷ In-Line 혼화장치
- ▷ 압력수 분사 확산 방식(Pump Injection Diffusion)
- ▷ 급속 순간혼화 교반기

▶ 무동력 순간혼화 교반기

- ① 본 설비는 도수 관로 내부에 원수 흐름 방향 및 역방향으로 수차 구동식 임펠러를 설치하여 원수의 통과 유속으로 임펠러를 회전시킴으로써 응집제를 혼화한다. 원수 유량이 줄어들어 도수 관내 유속이 규정치 이하로 떨어지거나 수질 악화 등의 요인으로 더 높은 교반 강도가 필요할 경우에는 모터를 가동하여 강제 회전시킴으로써 순간혼화를 수행하는 혼화 방식이다.
- ② 유입수의 유속을 이용하여 임펠러를 회전시키며, 각각의 임펠러에 부착된 노즐에 의해 외부로부터 공급된 응집제가 회전하면서 유입 도수 관로의 전 면적에 분사하는 형태를 취한다. 전·후 임펠러에서 각각 다른 종류의 응집제를 동시에 주입할 수 있다.

장 점

- ① 응집제의 투입 및 분사를 1초 이내에 종결할 수 있어 순간혼화에 의한 응집제 절감, 응집효율 개선, 슬러지 발생량 감소 등의 효과를 얻을 수 있다.

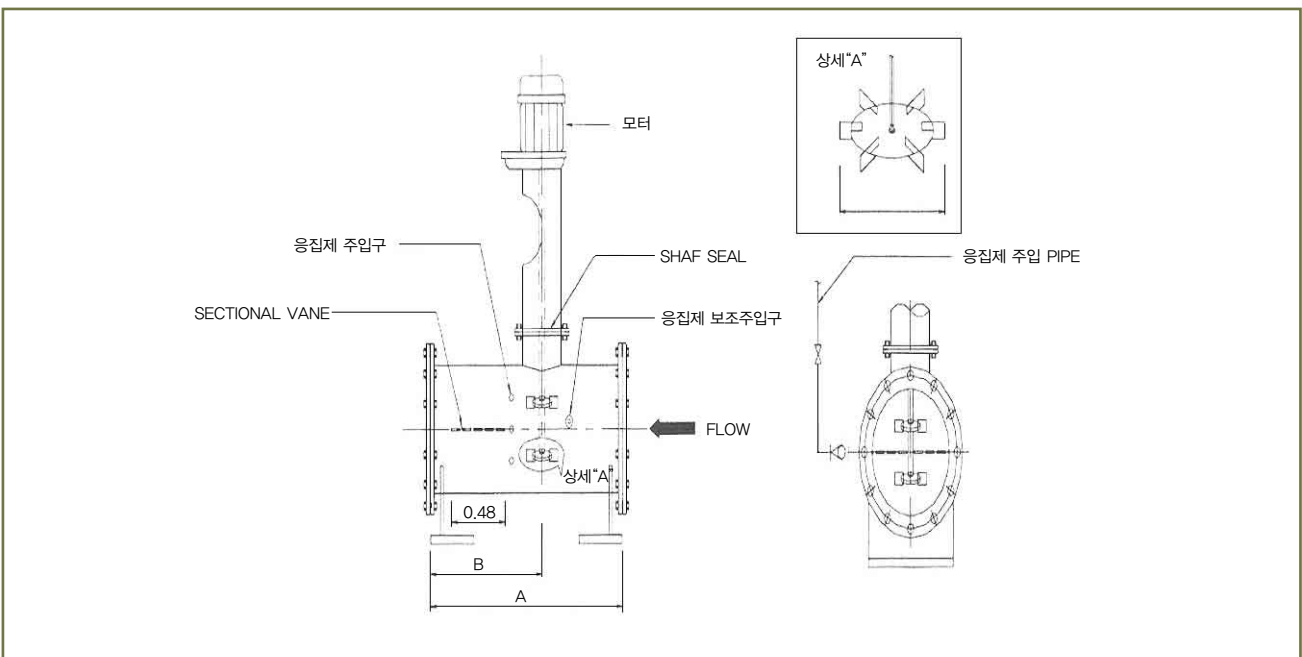
- ② 원수 유입량이 저하되어 유입 유속에 의한 임펠러의 회전이 불가능할 경우 모터를 가동하여 교반 강도를 조정할 수 있다.
- ③ 전·후 임펠러의 노즐에 각기 다른 약품을 투입하고 순차적으로 혼화시키면 두 가지의 약품이 상호 보완작용을 하여 약품의 소요량이 적고 응집효율을 향상시킨다. 1대의 혼화장치로 2단 혼화의 기능을 수행하는 것이다.
- ④ 도수 관로 내부에 설치하므로 설치 면적이 적고 기존 혼화지를 다른 용도로 활용할 수 있다.

단 점

- ① 유입 유속으로 임펠러를 회전시키므로 손실 수두가 많다.
- ② 도수 관로 내부에 설치하므로 기존 시설에 설치 시 단수작업이 불가피하고, 구동 모터를 설치하려면 맨홀을 신축해야 한다.
- ③ 유속 구동 방식에서 모터 구동 방식으로 전환시키기 위한 클러치 기어장치 등이 도수 관로 내부에 설치되므로 고장 위험이 크다. 고장이 나면 단수 및 도수 관로를 해체해야 하므로 유지관리가 매우 어렵다.
- ④ 아직 국내의 설치 사례가 없으며 성능 역시 검증된 바가 없다.

▶ In-Line 혼화장치

- ① 한국수자원공사에서 개발하여 국내 건설 신기술을 취득한 기술로써 기계식 혼화기를 관내에 설치한 순간혼화장치이다.



② 이 방식은 1단계 화학적 반응단계와 2단계는 기계적 혼합장치를 이용하여 입자 간 물리적 충돌을 유도하는 2단 혼합 방식이 매우 유리한 것으로 보고되고 있다. 일반적으로 2단 혼합의 조건은 다음과 같다.

구 분	1단계 혼합 (화학적 반응)	2단계 혼합 (물리적 반응)
교반강도 (G), $\text{sec}^{-1}$	750 ~ 1,500	200 ~ 400
체류시간 (t), sec	1 sec 이내	20 ~ 30
주요 금속 수화물	다가양이온 상태의 수화물	석출된 금속 수산화물

③ 2단 혼합 방식의 장점은 혼합 효율 증대에 따라 입자의 침전 제거 효율이 증대되므로 여과지에서의 탁질 부하가 감소하여 역세적으로 인한 소모수 비율을 감소시킬 수 있다. 응집제의 사용량이 절감되어 수처리 비용도 절감시킬 수 있다. 그러나 현재 2단 혼합을 적용한 사례는 많지 않으며 순간혼화만으로도 매우 높은 혼합 효율을 가지는 것으로 보고되고 있기 때문에 굳이 2단 혼합방식을 적용할 필요는 크지 않은 것으로 평가된다. 또한 이 장치는 모터 및 구동 부위가 많아 고장의 소지가 많으며, 관내에서 임펠러 회전에 의한 저항으로 손실 수도가 크다. 응집제 주입구가 1,200mm 관의 경우 8개나 되어 균등한 응집제 공급이 어렵다.

**장 점**

① 2단계 혼합 방식으로, 1초 이내의 순간혼화를 수행하여 응집 약품 절감, 응집효율 개선, 슬러지 발생량 감소 등의 효과가 발생한다.

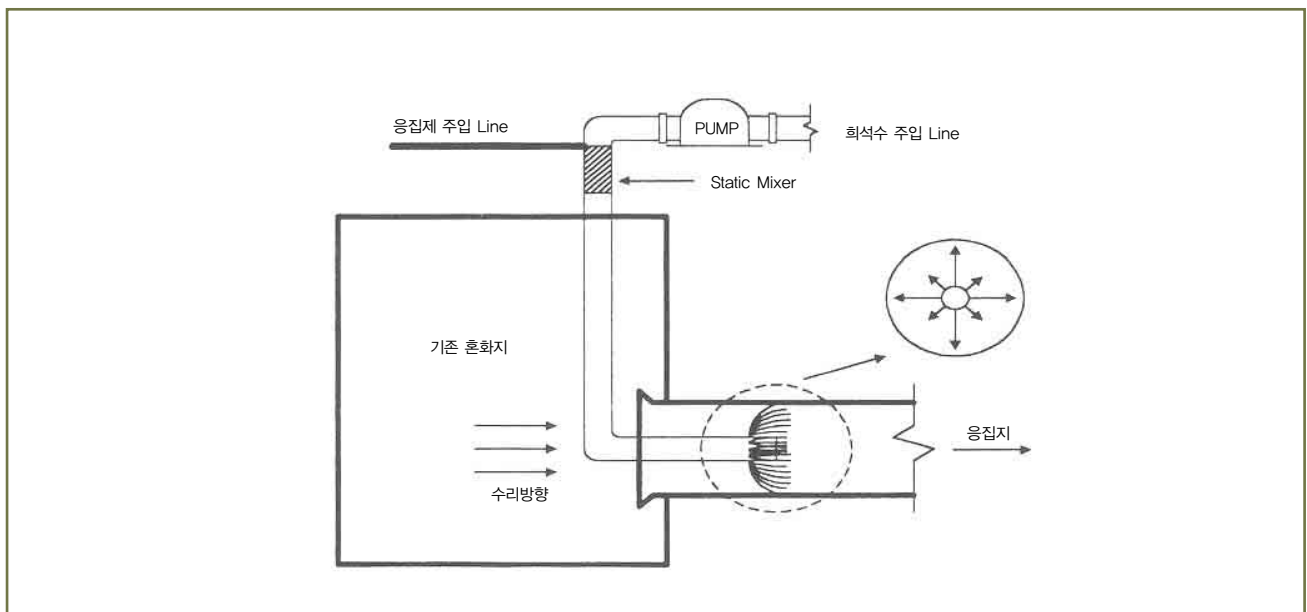
② 회전수 조절 장치에 의한 교반 강도 조절이 용이하여 최적 혼합 조건을 만들기가 쉽다.  
 ③ 응집제 원액을 처리 수중에 직접 분사하기 때문에 배관 및 프로펠러에서의 석출현상이 발생하지 않는다.

**단 점**

① 수두 손실이 많다.  
 ② 혼합장치가 도수 관로상에 설치되므로 유지관리가 어렵고 설치 조건이 까다롭다.  
 ③ 유지관리 및 보수 작업 시 단수 작업이 불가피하다.

**▶ 압력수 분사 확산 방식(Pump Injection Diffusion)**

① 압력수 분사 확산 혼합방식은 펌프 디퓨전(Pump Diffusion)이라고 불리는데 원수로부터 물을 펌핑하여 유입관에서 흐름의 정방향 또는 역방향으로 분사한다. 응집제는 일반적으로 분사 노즐 가까이에서 펌핑된 물에 주입한다. 일반적으로 이 방식은 교반 강도  $750 \sim 1000\text{sec}^{-1}$ , 접촉시간 1초 이내로 설계되어 순간혼화의 기본 조건을 충족시킨다. 펌프 디퓨전 혼합방식은 기계적 임펠러가 아닌 압력수 분사에 의해 관내 난류를 발생시키는 장치로써 고장의 소지가 없고, 가용 수두가 없거나 유량 변화가 큰 경우에도 혼합 효율이 우수하다. 반면 분사 노즐의 막힘현상은 가장 큰 문제다. 응집제와 원수가 혼합된 상태에서 분사되는데 응집제의 수화 반응이 매우 짧은 시간에 진행되어 노즐에 금속 수산화물의 석출이 진행되



며, 고탁도 원수의 경우 응집을 통해 노즐 막힘이 진행된다. 경우에 따라 여과수를 보충수로 사용할 수 있으나 이후 공정의 수리적 부하를 증가시켜 값비싼 정수를 다시 처리해야 하는 단점이 있다.

### 장 점

- ① 펌프의 압력수로 1초 이내의 순간혼화를 수행하므로 응집약품 절감, 응집효율 개선, 슬러지 발생량 감소 등의 효과가 있다.
- ② 기계 고장이 발생하지 않는다.
- ③ 수두 손실이 발생하지 않는다.

### 단 점

- ① 노즐에서 석출현상이 발생하여 막힘현상이 일어난다.
- ② 교반 강도를 조절하기 어렵다.

### ▶ 급속 순간혼화 교반기

- ① 상하수처리 공정에 사용되는 액체 및 기체 상태의 수처리제를 원액 상태로 처리수에 직접 분사하여 혼화할 수 있도록 고안된 장치이다. 투입된 약품과 처리수 간에 분자 접촉이 가능하고 강력한 교반 강도를 제공함으로써 약품의 사용량을 감소시키고, 기계적 혼화기를 대신하므로 동력 절감 및 유지관리 비용 절감 효과가 있다.
- ② 기존 정수 시설에 설치할 경우 도수관로, 개수로 등 설치 장소에 제한을 받지 않으며, 원수 흐름의 정방향 분사, 역방향 분사, 수직 방향 분사 등 다양한 분사 형태를 취할 수 있으므로

최적의 혼화 효율을 달성할 수 있다. 외부에서 간단한 회전수 조작으로 손쉽게 교반 강도를 조절함으로써 수질 악화 및 유량 변동 시에도 간편하고 신속하게 대처할 수 있다.

### 장 점

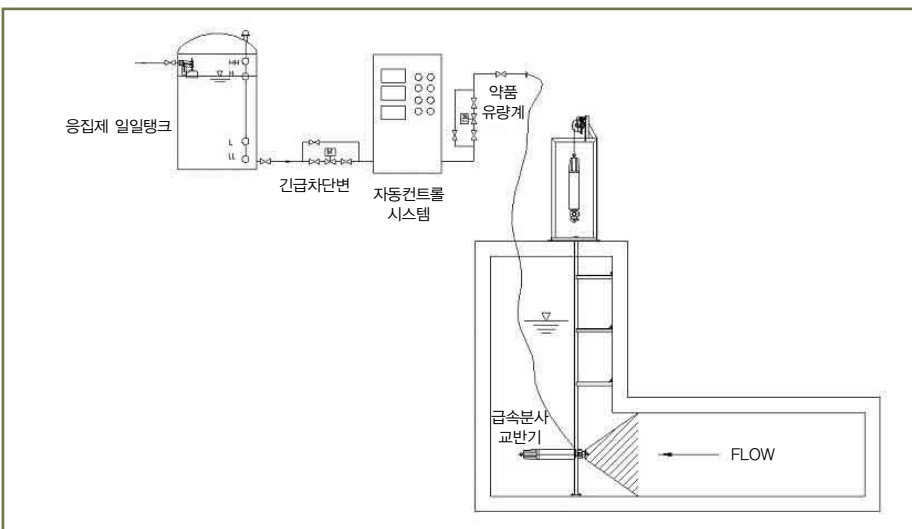
- ① 급속 순간혼화 교반기는 응집제 원액을 처리수에 18m/sec의 속도로 분사, 혼화함으로써 응집약품 절감, 응집효율 개선, 슬러지 발생량 감소 등의 효과를 얻을 수 있다.
- ② 토목 구조물 및 도수관로의 변경 없이 어느 곳이든 설치 가능하여 공사비 절감 효과가 발생하고 정수 시설이 간편화 된다.
- ③ 설치 및 유지관리를 위하여 단수 작업이 필요하지 않으므로 설비 운영의 유연성이 보장된다.
- ④ 수두 손실이 전혀 발생하지 않는다.
- ⑤ 회전수 조절장치에 의한 교반 강도 조절이 용이하여 최적의 혼화조건을 만들기가 용이하다.
- ⑥ 응집제 원액을 처리수 중에 직접 분사하기 때문에 배관 및 프로펠러에서의 석출현상이 발생하지 않는다.

### 단 점

급속 순간혼화 교반기는 수중 모터가 응집제 지점에 직접 설치되므로 수중 모터 보호 장치의 보안이 필요하다.

### 안산정수장 혼화방법 선정

안산정수장에서는 급속 순간혼화 교반기를 응집제 투입 및 전·후 염소투입장치로 선정하고, 약품 투입 지점인 개수로에는 역순환류를 방지하기 위하여 Weir plate를 설치하기로 했다. 급속 순간혼화 교반기는 기존 시설과의 개량이 쉽고, 관 또는 수로의 어느 곳이든 설치가 가능하고, 유지관리가 쉬우며, 자동화에 적합하고, 비용 면에서도 희석수 비용, 펌프, 혼합기 또는 분사기에 의한 동력비, 고장 수리를 위한 유지관리 비용 등이 절감될 수 있다.



## 1. 염소 투입시설 개선안

### 가. 염소 투입 방식

① 현재의 진공 흡식 방식은 고압의 인젝터 가압수가 필요하여 동력 소모와 값비싼 정수의 소비가 불가피하다. 투입 지점에서의 막분리현상(Segregation)과 염소가스 증발현상(Off-Gasing) 발생으로 염소 가스 투입량이 증가하여 결과적으로 소독 부산물의 증가와 함께 소독 경비의 상승을 초래한다. 또한 주변 설비를 부식시키고 설비가 복잡하며 누수, 동결 문제로 유지관리가 어렵다.

따라서 염소 가스를 처리수 중에서 직접 분사하는 급속 순간 혼합 교반기에 의한 염소 소독 방법이 가장 훌륭한 대안으로 다음과 같은 시설 개량 효과가 발생한다.

② 염소가스가 분자 간의 접촉을 수행하므로 염소수 분리현상과 증발현상이 전혀 발생하지 않으므로 염소 소독·효율 증가와 소독 경비 절감 효과가 발생한다.

③ 인젝터, 가압 펌프, 희석수 배관의 설치가 필요 없어 시설이 간편하고 유지관리가 간편하며 값비싼 정수의 소모가 없다.

④ 염소 투입 지점에서 염소 가스 냄새가 발생하지 않으므로 시설의 부식이 발생하지 않고 근무 환경 개선 효과가 발생한다.

⑤ 염소 가스 공급 배관은 진공 상태의 가스가 공급되므로 역압 문제가 온전히 해결되어 안정적인 염소 투입 공정이 이루어진다.

⑥ 기존 인젝터에서의 역류 문제가 완전히 해결되므로 역류에 의한 투입 정지, 염소 투입 설비의 파손을 예방할 수 있다.

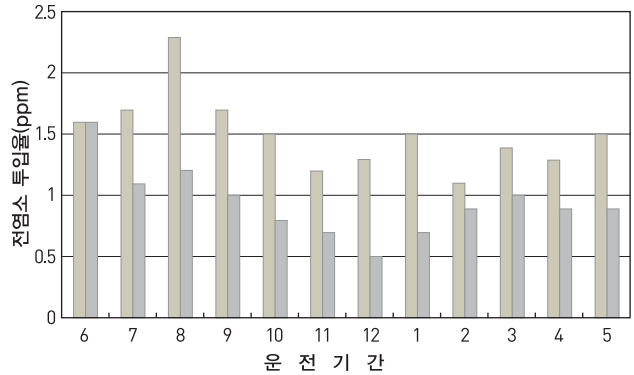
### 나. 전염소 투입 시설

전염소 투입 설비의 문제점을 개선하기 위해서는 자동 운전의 기본이 되는 유량 신호를 공급하여 유량비례제어 방식에 의한 자동 투입이 가능하도록 하고, 염소 투입 지점을 2개의 착수점에서 유입된 원수가 합류하는 지점인 약품 투입실 유입수로 1개소에서 시행하여 균일한 전염소 소독이 가능하도록 하였다.

전염소 투입 지점은 응집약품 투입점의 8m 전방에 설정하여 거리가 짧지 않을까 우려하였으나 Weir plate를 설치하여 유속 증대와 난류 발생의 시너지 효과로 pH 조절 능력이 증가하여 응집제 절감에도 도움이 되었으리라 생각된다.

## ▶ 전염소 투입률 비교 분석 [팔당댐 3, 4단계 원수 사용]

- 도내 A 정수장과의 전염소 투입률 데이터 비교



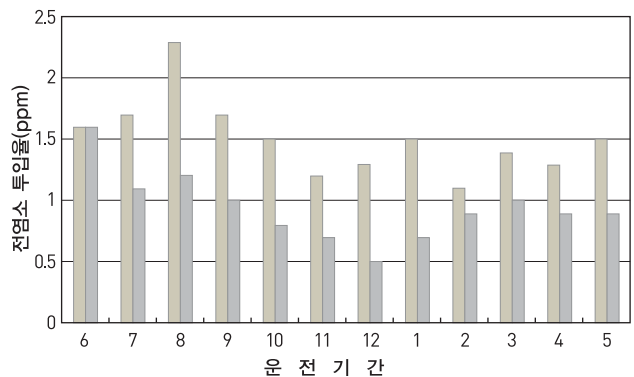
■ A정수장 전염소 (2002. 6.~2003. 5.) 1년간 최대 2,3ppm, 최소 1,1ppm, 평균 1,51ppm  
 ■ 안산정수장 전염소 (2002. 6.~2003. 5.) 1년간 최대 1,6ppm, 최소 0,5ppm, 평균 0,94ppm

### 다. 후염소 투입 시설

현재 후염소 투입기의 자동 투입용으로 활용되고 있는 정수 유량계는 여과지 유출거에 설치된 위어식 초음파 유량계로써 여과지에서 유출되는 정수 유량을 측정하고 있지만 부적절한 위어의 설치와 유출 수로에서의 난류 발생으로 정확한 유량 산정이 어렵다. 이곳에는 정류 Plate를 4곳에 설치하여 층류로 변화시켜 개선하였고, 그 결과 후염소 혼합에도 좋은 효과를 보였다.

## ▶ 후염소 투입률 비교 분석 [팔당댐 3, 4단계 동일 원수 사용]

- 도내 A 정수장과의 후염소 투입률 데이터 비교

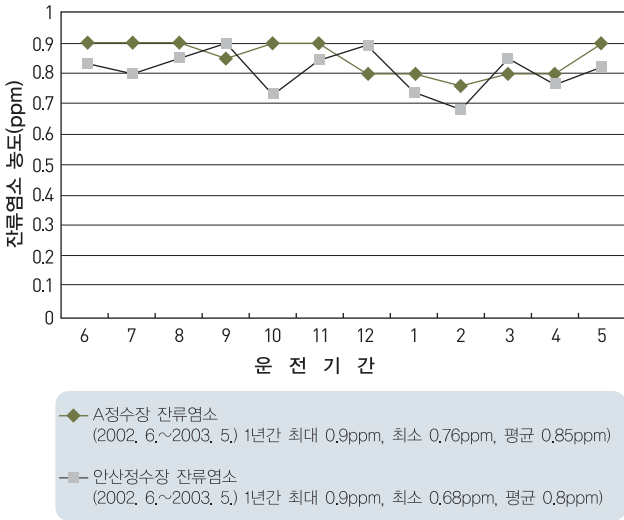


■ A정수장 전염소 (2002. 6.~2003. 5.) 1년간 최대 2,3ppm, 최소 1,1ppm, 평균 1,51ppm  
 ■ 안산정수장 전염소 (2002. 6.~2003. 5.) 1년간 최대 1,6ppm, 최소 0,5ppm, 평균 0,94ppm



▶ 정수지 잔류염소 비교 분석 [팔당댐 3, 4단계 동일 원수 사용]

- 도내 A 정수장과의 전염소 투입률 데이터 비교



2. 응집제 주입 시설 개선안

가. 응집제 투입률 결정 방법

응집제 투입률 결정은 일련의 정수처리 공정에서 가장 기초적이고 중요한 사항으로 신속하고 정확한 투입률 결정이 최적의 정수처리 공정을 달성하는 데 기본이 된다. 안산정수장은 아래의 투입률 결정방식 중 현지 여건 및 정수처리 여건에 부합하는 투입률 결정 방식을 선택한다.

나. 투입률 결정 방법의 종류

- ▷ Jar-Test에 의한 투입률 결정 방법
- ▷ Data Base 및 Micro Processor를 이용한 투입률 결정 방법
- ▷ Zeta Potential Meter 또는 SCD(Streaming Current Detector)에 의한 투입률 결정 방법

▶ Jar-Test에 의한 응집제 투입률 결정 방법

현재 모든 정수장에서 사용되고 있는 가장 보편적인 방식이다. 가장 확실하고 정확한 방식이지만 우수기 또는 급격한 수질 변화 시 대처 시간이 느리고, 응집제 투입 시설의 완벽한 자동화가 어려운 단점이 있다. 또한 응집제 투입 설비가 유량 비례 제어 방식으로 운전되고 있는 상태에서 수질이 변할 때마다 수시로 또는 1일 1회 이상 정기적으로 응집제 투입률을 투입 설비에 입력해 주어야 하는 번거로움이 있다.

하지만 이 방식은 응집제 투입 시설이 완전 자동화되어 있는 정수장에서도 적정 응집제 투입률을 확인하기 위하여 매일 실시하

고 있다. 안산정수장 역시 응집제 주입시설이 자동화되어 있지만 1일 1회 이상 Jar-Test를 해서 비교 검토 자료로 활용하여야 할 것으로 판단된다.

▶ Data Base 및 Micro Processor를 이용한 투입률 결정 방법

응집제 투입률 결정에 영향을 미치는 수질 인자, 즉 수온, 탁도, 알칼리도, pH 등의 수질 자료를 수질 측정기로부터 공급받고, 최근 1년 이상의 수질 자료를 데이터화하여 Micro Processor의 연산에 의해 최적 응집제 투입률을 결정한다 다음, 원수 유량계로부터 공급된 유량 신호와 최적 응집제 투입률을 재연산하여, 최종적으로 연산된 응집제 투입량을 전기적 신호로써 응집제 투입 장치로 전송하는 방식이다.

이 방식은 수질 변화가 심할 때에도 신속하게 응집제 투입률을 변화시켜 수질 사고를 예방하고, 응집 최적화를 달성하여 정수 효율을 향상시킬 수 있으며, 수질 자료의 분석 및 축적이 용이하다는 장점이 있다.

그러나 응집제 최적화 시스템이 고가이고, 응집제 투입률을 결정하는 주요 인자인 원수 유량계, 탁도계, 알칼리도계, pH측정기 등에서 데이터를 부정확하게 입력할 경우 응집제 투입량 오차를 발생시켜 혼화 효율을 저하시키는 역효과가 발생할 수 있다. 따라서 원수 수질 측정기와 원수 유량계의 적절한 운영이 보장되어야 한다.

▶ Zeta Potential Meter 또는 SCD(Streaming Current Detector)에 의한 투입률 결정 방법

SCD(Streaming Current Detector)란 시료 중 콜로이드 입자의 표면 전하를 연속적으로 on-line으로 측정하는 기기으로써 Zeta 전위 측정기와 같은 원리를 사용하고 있다. 이미 선진국에서는 SCD의 실용성 및 많은 장점에 관한 연구 결과가 발표되었고, 실제 정수장에서 성공적으로 사용되고 있는 최적 응집제 투입 장치이다. 이 장치는 원수에 응집제가 투입된 후 일정 시간이 경과한 지점에서 샘플을 취수하여 원수 내 콜로이드 입자의 표면 전하를 연속적으로 측정하여 현재의 응집 상태를 출력하고, 응집제 투입 설비는 이 전기적 출력 신호를 기준삼아 응집제 투입량을 보정하고 연속 조절하여 항상 최적 응집 조건에 맞는 응집제 투입량을 자동 조절한다.

별도의 응집제 투입률을 지시할 필요가 없으므로, 원수 수질 측정 시스템이 없는 정수장에 적합한 시스템이다. 특히 급격한 수질 변화가 많이 발생하는 정수장에서의 수질 사고 예방 등에 효과적인 것으로 평가되고 있다. 또한 SCD에 의한 응집제 투입률 결정 방식은 원수 유량계, 수질 측정기의 자료에 관계없이 독자

적으로 SCD와 응집제 투입 장치만으로 최적 응집 조건을 달성할 수 있으므로 초기 시설비가 적게 들고, 시설이 간편해지는 등의 장점이 있다. 반면 원수에서의 탁질 문제로 샘플링 펌프에서의 막힘현상에 의한 오차가 발생할 수 있고, 신속한 반응을 유도하기 위하여 샘플링 펌프에서 SCD까지의 Lag Time(지연시간)을 최소화하여야 하며, 특히 샘플수의 취수 지점 선정에 신중을 기해야 하는 등의 문제점이 있다.

**다. 응집제 투입을 결정방법의 선정**

상기 세 가지의 응집제 투입을 결정 방식 중에서 Jar-Test에 의한 투입을 결정 방식은 현재까지 사용되고 있는 가장 보편적이고 정확한 투입을 결정 방식이지만 자동화가 불가능하므로 적용 대상이 될 수 없다. 안산정수장의 약품 투입 설비와 연계하여 사용할 수 있는 투입을 결정 방식은 데이터베이스 및 마이크로 프로세서를 이용한 투입을 결정 방법과 SCD에 의한 투입을 결정

**▶ 약품 자동 투입을 공식**

약품 자동 투입을 공식 = (상수 × 탁도0.37 × 알카리도 0.04 × pH0.5) / 수온0.1

※ 상수 1.6 (탁도 12NTU 이하 시)

1.7 (탁도 12 ~ 25NTU)    1.8 (탁도 30NTU 이상 시)

탁도		알카리도		pH		온도	
NTU	계산값	mg/L	계산값	10	계산값	℃	계산값
4	1.67	20	1.127	6.5	2.55	2	1.07
8	2.16	22	1.13	6.7	2.59	4	1.15
11	2.43	24	1.136	7.0	2.65	6	1.20
15	2.72	26	1.139	7.3	2.70	8	1.23
20	3.03	28	1.143	7.5	2.74	10	1.26
25	3.29	30	1.146	7.8	2.79	12	1.28
30	3.52	32	1.149	8.0	2.83	14	1.30
35	3.73	34	1.151	8.2	2.86	16	1.32
40	3.92	36	1.154	8.5	2.92	18	1.34
45	4.09	38	1.157	8.7	2.95	20	1.65
50	4.25	40	1.159	9.0	3.0	22	1.36
55	4.40	42	1.161	9.2	3.03	24	1.37
60	4.44	44	1.163	9.5	3.08	26	1.38
65	4.69	46	1.165	9.7	3.11		
70	4.82	48	1.167	10	3.16		
75	4.95	50	1.169				
80	5.06	52	1.171				
85	5.18	54	1.173				
90	5.29	56	1.175				
95	5.39	58	1.177				
100	5.49	60	1.178				

※ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 17% 기준

방법 두 가지로 압축할 수 있는데 현재 안산정수장의 경우 원수 수질 측정 장치와 원수 유량계가 적절하게 운영되고 있고, 수질 자료 역시 충분하게 축적되어 있으므로 Jar-Test를 병행하여 사용하는 것이 최선의 방법이라 판단되었다.

응집제 투입을 공식에 의거, 현재 안산정수장에서는 자동 투입을 하고 있으며, 이때 침전수 유출 탁도는 침전지 유출 부하에 영향이 있지만 0.3 ~ 0.6NTU 정도 된다.

**▶ 약품 투입 조건표**

탁도	투입량
65-75 이하	20
55-65 이하	19
45-55 이하	18
35-45 이하	16
30-35 이하	15
25-30 이하	14
20-25 이하	13
15-20 이하	11
11-15 이하	10
7-10 이하	9
7 이하	8
4 이하	7

**3. 응집제(PAC) 투입 시설 개선안**

가. 응집제 투입 설비의 종류

응집제 투입 설비는 응집제 원액을 원수 유량 대비 또는 중앙 제어반에서의 투입량 지시치를 용적식 투입 장치에 의해 정량적으로 투입하기 위한 장치로써 다음의 종류가 있다.

- ▷ 약품 유량계를 이용한 Control Valve
- ▷ 정량 펌프(Metering Pump)
- ▷ Rotary Dip Feeder

**▶ 약품 유량계를 이용한 Control Valve**

약품 유량계를 이용한 응집제 자동 투입 방식은 현재 안산정수장에서 운영되고 있는 응집제 투입 방식이다. 약품 유량계를 통과하는 응집제량과 중앙제어반에서 지시한 약품 투입량이 일치하는지 여부를 판단하여 Control Valve를 연속 조절하는데 약품 유량계, Control Valve, Signal Controller로 구성된다.

이 방식은 약품 유량계를 사용하므로 매우 높은 투입 정밀도를 유지할 수 있고, 사용 범위가 넓으며, 시설이 간편하다는 장점이 있다. 하지만 토출 압력이 없어 투입 지점이 원거리



위치하거나 도수 관로 내부에 응집제를 투입할 경우에는 가압 장치가 별도로 부착되어야 하고, Control Valve의 고장 및 파손 시 응집제 다량 투입의 위험이 있다. 또한 약품 유량계 내부의 스케일 생성으로 인한 오차가 발생할 수 있으므로 수시로 유량계의 정밀도를 검사해야 하는 단점이 있다.

▶ 정량펌프(metering pump)

용적실린더 또는 다이어프램, 튜브 등의 용적이송 장치에 기계적 왕복운동 또는 회전운동을 가하여 응집제를 흡입/토출하는 방식으로 다이어프램 펌프, 튜블라 펌프, 기어 펌프, 호스 펌프, 플런저 펌프 등이 있다. 구동하는 모터의 회전수 또는 스트로크를 연속 조절하여 응집제 투입량을 조절하며, 필요에 따라 정량 펌프의 토출측에 약품 유량계를 설치하여 응집제 투입 정밀도를 향상시켜 사용하는 경우도 있다.

정량 펌프는 국내외에서 상수도가 시설된 이래 가장 많이 사용되고 보편화되어 있는 장치이다. 성능 역시 계속 업그레이드하여 약품 유량계 못지않은 정밀도를 나타낸다. 토출 압력이 높아 주입 지점이 원거리에 있거나 압력이 존재하는 도수 관로에 응집제를 투입하는 정수장의 적용에도 적합하지만, 약품 토출측에서의 맥동현상과 사이펀현상을 방지하기 위한 장치가 설치되어야 하므로 설비가 복잡하고 기계장치의 유지관리가 많이 요구되는 것이 단점이다.

▶ Rotary Dip Feeder

격자형의 주격이 탱크 내의 응집제를 퍼올려 투입 지점으로 배출하는 형식의 응집제 투입 장치로써 모터 구동부, 탱크, Dipper Wheel, Float Valve로 구성된다. 응집제 저장 탱크에서 공급된 응집제는 약품 탱크 내부로 유입된 다음 Float Valve에 의해 응집제 수위를 일정하게 조절하여 Dipper Wheel을 회전시킴으로써 정량 투입이 이루어진다.

Rotary Dip Feeder에 의한 응집제 투입 방식은 응집제의 투입 현황이 쉽게 파악되고 유지관리가 간편하고 고장이 발생하지 않는다는 장점 때문에 널리 사용되고 있지만, 자연 유하 방식으로 투입되므로 투입 지점이 원거리에 위치하거나 압력이 존재하는 도수 관로에 투입할 경우에는 사용할 수 없다. 특히 수중으로 응집제를 전송하는 급속 혼화기와의 연계 작동이 불가능한 단점을 가지고 있다.

나. 응집제 투입 장치의 선정

상기 세 가지의 응집제 투입 장치 중에서 우선적으로 고려되어야

할 사항은 약품 혼화 설비로 선정된 급속 순간혼화 교반기와의 연계 가능성 여부와 정밀도 및 유지관리에 중점을 두고 선정하여야 한다는 것이다. 순간혼화 장치로 선정된 급속 순간혼화 교반기는 수중에서 응집제를 흡입하기 위한 강력한 진공을 발생시키므로 응집제 투입배관 내 진공력이 존재하는 상태에서 사용할 수 있는 기종으로 선정하는 것이 중요하다.

Rotary Dip Feeder는 중력을 이용하여 응집제를 배출하므로 유지관리가 용이하고 투입 현황이 쉽게 파악되는 장점이 있는 반면, 급속 순간혼화 교반기와 연계하여 사용 시 다량의 공기 흡입 발생으로 후속 공정에서의 스크 발생 및 혼화 효율 저하를 초래할 수 있으므로 적용 대상이 될 수 없다.

따라서 정량 펌프의 토출측 배관에 역압 밸브를 설치하여 진공력의 영향을 차단하는 것이 가장 훌륭한 투입 방식이지만, 현재 안산정수장의 경우 기존 설비로써 약품 유량계를 이용한 Control Valve 투입 장치 1대를 설치 운영 중이다. 설비 운영자들이 오랜 사용 경험으로 이 설비에 대하여 숙련되었으므로 1대의 투입 장치만을 신설하고, 기존 투입 장치는 예비 기기로 사용함으로써 시설비의 절감 및 설비 운영의 유연성을 확보하는 효과가 발생한다. 다만, 약품 유량계에 의한 Control Valve 투입 방식은 급속 순간혼화 교반기에서 발생하는 강력한 진공력에 의해 Control Valve 고장 시 응집제의 다량 투입 우려가 발생하므로 약품 투입 배관 상에 압력 스위치와 긴급 차단변을 조합한 안전장치를 설치하여 사용해야 할 것으로 판단된다.

다. 응집제 투입 시설 설비개선 계획

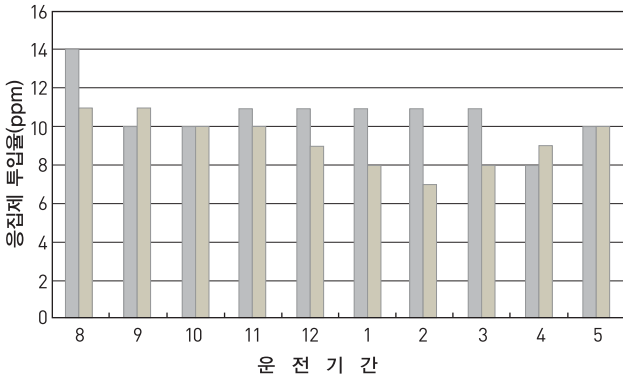
상기와 같이 응집제 투입 시설의 개선계획을 검토한 결과 필요한 설비 내용은 다음과 같다.

※ 응집제 투입 시설 개선 설비

공 종	규 격	수 량	개 선 범 위
급속 순간혼화 교반기	5HP	2대	응집제 순간혼화(Flash Mixing) 1대 가동, 1대 예비
응집제 투입장치	200ℓ /hr	1대	응집제 투입 설비 자동 운전/조작
응집제 투입설비 제어반	800×2150×600	1식	최적 응집제 투입량 산출
응집제 최적화 시스템		1식	응집제 투입 설비의 원격 감시 및 운전 제어
Monitoring System		1식	안정된 응집제 원액 공급
보조 탱크	2ton	1기	지원설비
배관 및 전기설비		1식	

▶ 응집제 투입률 비교 분석 (1)

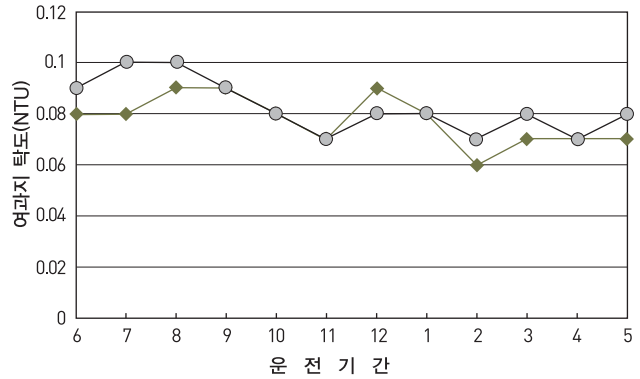
급속분사 교반설비 사용 전·후의 응집제 투입률 데이터 비교



■ 급속교반설비 설치전 (2001. 8. ~ 2002. 5.) 10개월간 최대 14ppm, 최소 8ppm, 평균 10.7ppm  
 ■ 급속교반설비 설치후 (2001. 8. ~ 2002. 5.) 10개월간 최대 11ppm, 최소 7ppm, 평균 9.3ppm

▶ 여과지 탁도 비교 [팔당댐 3, 4단계 동일 원수 사용]

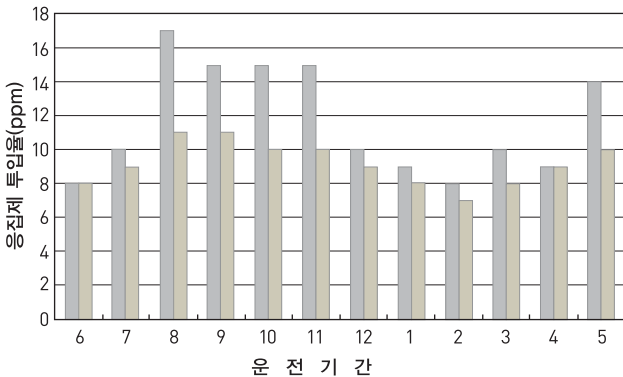
- 도내 A정수장과의 응집제 투입률 데이터 비교



○ A정수장 탁도 (2002. 6. ~ 2003. 5.) 1년간 최대 0.1NTU, 최소 0.07NTU, 평균 0.083NTU  
 ◆ 안산정수장 잔류염소 (2002. 6. ~ 2003. 5.) 1년간 최대 0.09NTU, 최소 0.06NTU, 평균 0.078NTU

▶ 응집제 투입률 비교 분석 (2)

급속분사 교반설비 사용 전·후의 응집제 투입률 데이터 비교



■ A정수장 응집제 (2002. 6. ~ 2003. 5.) 1년간 최대 17ppm, 최소 8ppm, 평균 11.7ppm  
 ■ 안산정수장 응집제 (2002. 6. ~ 2003. 5.) 1년간 최대 11ppm, 최소 7ppm, 평균 9.2ppm

결론

- ☞ 응집제 약품 투입률 약 20 ~ 25% 절감
- ☞ 염소 약품 투입률 약 20 ~ 50% 절감
- ☞ 동력비 절감액 (18,500천원/년)
- ☞ 유지관리 단순, 간편
- ☞ 자동투입률 공식에 의한 약품 자동화 운전 가능
- ☞ 급속혼화방식으로는 THMs, 유기물 제거율 변화는 기대한 만큼의 성과를 보이지 못함.
- ☞ 수질 개선 효과 (침전지 0.3 ~ 0.6NTU 유지)
- ☞ 전·후 염소 처리 시 취기가 없고, 95% 이상 완전 용해

▶ 급속 교반설비 운영 시 경제성 평가

- 안산정수장과 A정수장의 약품 투입률 비교 검토

투입약품	안산정수장	A정수장	비고 (A정수장 대비)
	2002. 6 ~ 2003. 5	2002. 6 ~ 2003. 5	
전염소 평균투입률	0.94ppm	1.51ppm	38% 절감
후염소 평균투입률	0.78ppm	0.83ppm	6% 절감
염소 평균투입률	1.72ppm	2.34ppm	26.5% 절감
정수 잔류염소 농도	0.8ppm	0.85ppm	
응집제 투입률	9.2ppm	11.7ppm	22% 절감
정수 탁도	0.078NTU	0.083NTU	0.1NTU 이하