

국내 수질에 맞는 응집제 개발 및 현장적용 (Development of Coagulants and Application in Field)

연구기관 : (주) 워테크 기술연구소, 참여기업 : (주) 워테크

곽종운, 김용태, 김봉준, 김철웅

기술개발요약

본 연구과제는 기존의 응집제에 비하여 우수한 신규 응집제를 개발하는 것으로 목표로 추진했다. 그간의 연구에서 기존의 응집제에 비하여 탁월한 응집성능을 발휘하는 고염기도(70%) 응집제인 Ca-PAX를 개발하였다. Ca-PAX는 탁도 제거에서 기존의 PAC에 비하여 70% 이하의 투입량으로도 동일한 처리결과를 보이며, 유기물 제거에서도 탁월한 성능을 보였다. 또한 적은 투입량으로도 우수한 처리성능을 보이기 때문에 슬러지 발생량을 크게 줄여 향후 슬러지 처리 비용 절감 등 추가적인 장점이 있을 것으로 예상된다. 따라서 향후 정수장 적용시 처리수질의 개선 및 운영비 절감 등의 효과를 거둘 것으로 기대된다.

1. 서론

우리나라는 수십년간 지속되어 온 산업화 및 도시화로 인하여 상수원이 지속적으로 악화되고 있는 상황이다.

이와는 반대로 국민들의 생활수준의 향상으로 먹는 물의 수질에 대한 관심이 날로 높아지고 있다. 정부에서는 원수 수질의 악화와 먹는 물 수질 기준의 강화에 대처하기 위하여 고도정수처리 기술의 도입 등 계획을 수립하여 추진하고 있으나, 단시간 내에 상수원의 수질을 개선하기에는 여러 가지 어려움이 따르고 있다. 따

라서, 먹는 물 생산의 최종적인 과정인 정수처리의 중요성이 더욱 커지고 있으며, 공정의 핵심적인 약품인 응집제의 개발에 대한 필요성이 높아지고 있다.

먹는 물 처리에 필수적으로 사용되는 약품인 응집제는 알루미늄을 주성분으로 한 화학약품이다. 국내에서는 PAC, Alum, PACS, PASS와 같은 제품들이 널리 보급되어 사용되고 있다. 이들 제품은 각각의 특성을 가진 제품이긴 하지만, 수용액상에서의 알루미늄 이온의 이온을 토대로 살펴보았을 때, 알루미늄 계열의 응집제가 발휘할 수 있는 최대의 성능을 가진 응집제라고 보

기는 어렵다. 이론적으로 보았을 때 응집제 중 고분자 알루미늄 이온의 함량이 높을수록 응집성능이 뛰어난 데, 이는 응집제의 염기도와 밀접한 관련이 있다. 즉, 염기도가 증가할수록 고분자 알루미늄 이온의 함량이 높아져 뛰어난 응집성능을 발휘하게 된다. 현재 국내에서 사용되고 있는 응집제 가운데 염기도가 가장 높은 것은 50%인 점을 감안할 때, 보다 우수한 성능을 가진 응집제 개발의 가능성이 충분히 남겨진 것이다.

응집제 개발의 방향을 설정하는 데 있어서 중요하게 고려해야 할 사항은 국내 원수의 수질이다. 원수의 수질은 계절, 수계, 기후 등에 따라서 크게 변동할 수 있기 때문에 이러한 다양한 수질에 맞는 응집제를 개별적으로 개발하는 것에는 어려움이 있다. 따라서, 당사에서는 특정 수질에 적합한 응집제를 개발하는 것보다는 넓은 범위의 수질에서 우수한 성능을 발휘하는 제품을 개발하기로 방향을 설정하였으며, 이에 부합하는 방법이 고염기도 응집제를 제조하는 것이다.

응집의 기본 원리가 colloid성 입자의 표면에 있는 (-) 전하를 중화하여 플럭의 성장을 촉진하는 것임을 고려할 때, 알루미늄 이온의 전하크기가 큰 응집제 즉, 고염기도 응집제를 개발하는 것이 대부분의 수질에서 뛰어난 응집성능을 발휘할 수 있는 가장 좋은 방법이며, 이는 국내외에서 실험실적으로 증명된 바 있다.

2. 연구방법

2.1 응집제 제조

고염기도 응집제를 제조하는 방법은 기존의 제품에 염기성 물질을 투입하여 반응시키는 것이다. 염기의 선택 및 투입방법, 반응조건의 확립이 제품의 응집성능을 결정하는 가장 중요한 요인이다. 본 연구과제에서는 칼슘 성분을 포함한 염기성 물질을 투입하여 염기도를 높이는 방법을 선택하였다. 기존의 제품으로는 (주) 위

테크에서 생산·공급하고 있는 Hi-PAX(고농도 폴리염화알루미늄, Al₂O₃ 17%)를 사용하였다. 개략적인 제조과정은 다음과 같다.

Hi-PAX+염기성 칼슘 화합물 → 고염기도 응집제(Al₂O₃ 10%, 염기도 70%)

2.2 응집실험

2.2.1 실험 응집제

본 연구과제에서 개발한 제품과 외형적인 성질이 유사한 PAC와 응집성능을 비교하였다. 두 응집제의 성질은 아래 표와 같다.

| | 알루미늄 함량 (Al ₂ O ₃ %) | 염기도 (%) | 비중(g/ml) | 비고 |
|--------|--|---------|----------|----------|
| Ca-PAX | 10 | 70 | 1.21 | CaO 4.5% |
| PAC | 10 | 45~60 | 1.21 | |

Ca-PAX는 기존의 제품인 PAC와 외형적인 성질은 비슷하나, 칼슘 화합물을 첨가하여 염기도를 70%로 높은 특징적인 차이점이 있다.

2.2.2 응집실험 조건

1liter 용기의 비이커에서 jar-test를 실시하였으며, 응집조건은 급속교반 400rpm 30초, 완속교반 50rpm 10분, 정치 10분이다. 정치 후 상등액의 수질을 분석하였다.

2.2.3 원수

응집실험에 사용한 원수는 한강 수계 정수장, 낙동강 수계 정수장 유입수를 대상으로 하였다.

3. 연구개발결과

3.1 처리수 탁도

응집처리 공정에서 일차적인 제거 항목인 탁도 제거에 대한 Ca-PAX와 PAC의 제거능력을 비교하였다.

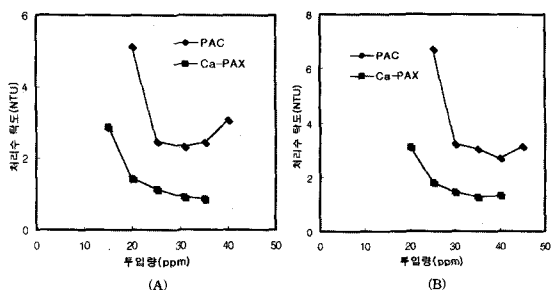


그림 1. Ca-PAX와 PAC의 탁도 제거 능력 비교

그림 1 (A)는 탁도 10.2NTU, pH 7.56, 알칼리도 53mg/l이고, (B)는 탁도 50NTU, pH 7.43, 알칼리도 47mg/l인 원수에 대하여 PAC와 Ca-PAX의 응집성능을 비교한 그림이다. Ca-PAX로 처리할 경우 초기 플럭 생성이 매우 빠르며, 플럭의 크기가 PAC로 처리하였을 때보다 월등히 크다. 대부분의 수질에 대해서 Ca-PAX는 PAC의 70% 이하의 투입량으로도 우수한 처리수질을 나타내었다. 또한 여름철 고탁도, 저알칼리도 원수는 물론, pH·알칼리도가 매우 높은 수질에서도 탁월한 응집성능을 나타내어 수질에 관계없이 사용할 수 있는 응집제이다.

3.2 제타전위

Ca-PAX의 탁월한 응집성능은 응집제를 구성하고 있

는 알루미늄 이온의 전하량이 PAC에 비하여 큰 것에서 기인하였다. 그림2는 탁도 10NTU, pH 7.64, 알칼리도 57mg/l인 물에 대하여 Ca-PAX와 PAC를 투입한 후에 제타전위를 측정하는 것이다. 제타전위는 급속교환 하에서 응집제를 투입하고 30초간 교반한 후 샘플을 채취하여 측정하였다.

두 응집제를 투입하였을 때 Ca-PAX는 약 11ppm에서, PAC는 약 18ppm에서 제타전위가 0이 되는 것으로 나타났다. 이론적으로 colloid 입자의 응집이 제타전위가 0 부근에서 가장 잘 일어나는 것을 고려하였을 때 Ca-PAX는 PAC의 70% 이하의 투입량으로도 우수한 처리결과를 얻을 수 있다는 것을 의미하며, 처리수의 탁도 제거결과와도 잘 일치하였다. Ca-PAX로 처리시 특징적인 현상은 약품이 적정 투입량 이상으로 과투입되어도 colloid 입자의 재안정화에 의한 응집저하 현상이 거의 나타나지 않는 점이다. 이 때문에 적정 투입량 범위가 타 응집제에 비하여 매우 넓은 특성을 가지고 있다

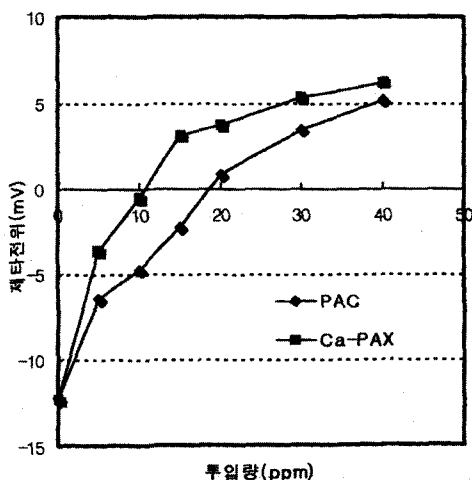


그림 2. Ca-PAX와 PAC 투입 후의 입자의 제타 전위

3.3 유기물 제거

그림 3은 탁도 12.5NTU, pH 7.85, 알칼리도 56 mg/l, CODMn 3.2mg/l인 원수에 Ca-PAX와 PAC를 투입하여 처리한 후 COD(과망간산칼륨법)를 분석하였다. 두 응집제 모두 투입량이 증가할수록 COD 제거량이 직선적으로 증가하고 있는 것으로 나타났다. 유기물 제거의 경우 탁도 제거와는 달리 두 응집제의 차이가 크게 나지 않고 있는데, 이는 용해성 유기물이 존재하기 때문이다.

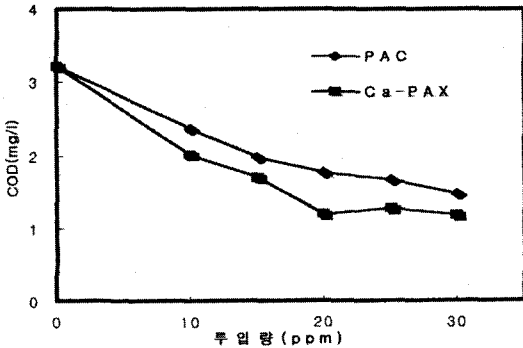


그림 3. Ca-PAX와 PAC의 유기물 제거 비교

3.4 잔류 알루미늄

잔류 알루미늄이 노인성 치매인 알츠하이머를 유발하는지에 대해서는 다소 논란이 있으나, 위해성을 줄이기 위해서는 처리수의 잔류 알루미늄이 낮아야 한다. 그림 4는 Ca-PAX와 PAC로 처리한 후 잔류 알루미늄을 측정하는 것이다. Ca-PAX로 처리한 경우 잔류 알루미늄이 약 0.6mg/l 정도 낮은 것으로 기존의 제품에 비해 위해성이 매우 낮음을 알 수 있다. Ca-PAX로 처리시 잔류 알루미늄이 낮게 존재하는 것은 제품 내의 알루미늄 성분이 플락을 형성하여 제거되었음을 의미한다. 단분자 알루미늄의 경우 미세한 수산화 알루미늄 침전으로 존재하여 처리수 내에 남아 있을 가능성이 높으나, 고

분자 알루미늄 이온의 경우 대부분 플락을 형성하게 되어 처리수 내에 남아 있을 가능성이 낮게 된다.

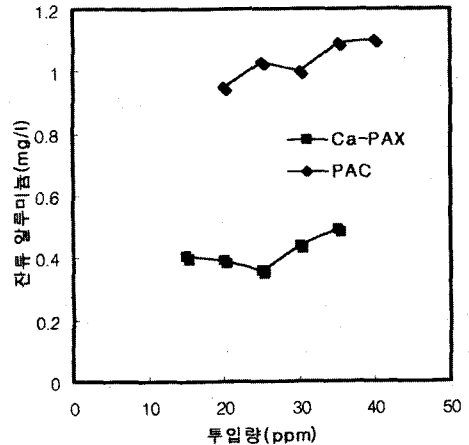


그림 4. Ca-PAX와 PAC로 처리시 잔류 알루미늄.

3.5 슬러지 발생량 및 부피

향후 슬러지 처분 규제 강화에 따라 슬러지 처리는 정수장 운영에 있어서 중요한 고려사항이 될 전망이다. 일차적으로 슬러지가 적게 발생하는 응집제를 사용할 경우 슬러지 처리 비용 절감 등의 효과를 거둘 수 있다. 알루미늄 계열 응집제를 사용하였을 때 발생하는 슬러지는 탁질 제거에 의한 슬러지, 응집제로부터 생성된 슬러지(수산화 알루미늄)의 합으로 볼 수 있다(Alum의 경우에는 CaSO₄ 슬러지를 고려하여야 한다). 이 가운데 응집제에 따른 슬러지 발생량의 차이는 응집제 사용량에 의하여 결정된다. Ca-PAX와 PAC로 처리할 때, 응집제로부터 생성되는 슬러지(Al(OH)₃)의 양은 $1.53 \times 10^{-4} \times dC$ 로 표시된다. 여기서, d는 응집제의 비중으로 g/l 단위이며, C는 응집제 투입량으로 μ/l 단위이다.

일반적으로 PAC의 투입량을 20~25ppm으로 보았을 때, Ca-PAX의 투입량은 14~17.5ppm으로 평균

적으로 약 7ppm의 투입량이 절감된다. 이를 수산화알루미늄 슬러지 발생량으로 환산하였을 때, 약 1.3 mg/l(Al(OH)₃)의 슬러지가 적게 발생한다.

그림 5는 Ca-PAX와 PAC 두 응집제를 투입하여 처리한 후 슬러지 부피를 Imhoff cone으로 측정(30분 동안 정치)한 것이다. 동일한 투입량에서는 두 응집제의 슬러지 부피가 비슷하게 나타나고 있으나, Ca-PAX의 경우 PAC의 70% 투입량에서 동일한 탁도 제거 효과가 나타나는 것을 감안하면, 상대적으로 슬러지 부피가 매우 적은 것을 알 수 있다. 이는 Ca-PAX로 처리한 경우 플럭이 치밀하게 생성되어 슬러지 부피가 적으며, 침강성이 우수한 것을 의미한다. 10 분 동안 침전시킨 플럭을 다시 교반하여 플럭을 파괴하고 난 후 다시 침전시켰을 때, Ca-PAX로 처리한 것이 플럭의 침강성이 여전히 우수하여 플럭이 PAC로 처리한 것보다 강하게 결합되어 있음을 알 수 있다.

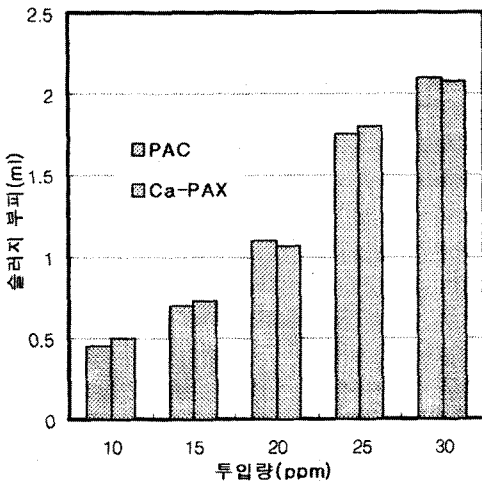


그림 5. Ca-PAX와 PAC로 처리시 슬러지 부피

4. 기술개발 효과 및 적용분야

4.1 기술개발효과

- 처리비용의 절감으로 인한 예산의 효과적 활용
- 소량 투입에 따른 물류비용 절감 및 슬러지 발생량 감소 등 2차 오염 감소
- 맑은 물 공급으로 국민의 건강 증진에 기여 → 경제적 이익 이상의 의미가 있음
- 수처리제의 고도화로 처리효율 및 처리수질 향상에 기여
- 신규 응집제 개발(제조 및 실용화) 기반 기술에 기여

4.2 적용분야

본 연구과제에서 개발한 신규 응집제인 Ca-PAX는 정수 처리용 응집제로 개발되었으나, 정수 처리 분야 이외에 폐수 처리와 같이 응집제를 사용하는 유사 공정에 적용이 가능하다. 특히 입자성 잔류물을 제거하는 데 있어서 탁월한 성능을 보일 것으로 예상된다. 경우에 따라서는 유기 고분자 응집제와 병용하여 처리효율을 크게 높여줄 것으로 기대된다.

5. 결론 및 향후 전망

본 연구과제에서 개발한 고염기도 응집제 Ca-PAX는 다음과 같이 응집성능 및 정수처리 공정에서의 적용성이 매우 우수한 것으로 나타났으며, 향후 정수장 적용시 경제성 및 처리수질에 있어 큰 기여를 할 것으로 전망된다.

5.1 기존의 제품에 비하여 우수한 처리수질을 얻을 수 있으며, 적은 투입량으로도 뛰어난 효과를 발휘할 수 있다.

5.2 Ca-PAX는 넓은 범위의 수질에 응집성능을 발휘하여 수질 변동이 심할 경우에도 우수한 처리수질을 얻을 수 있으며, 적정 투입량 범위가 넓어 투입

량 결정이 용이하다.

후 슬러지 처리 규제 강화에 따른 적합한 제품이다.

5.3 소량 투입으로 인해 슬러지 발생량이 적으므로 향

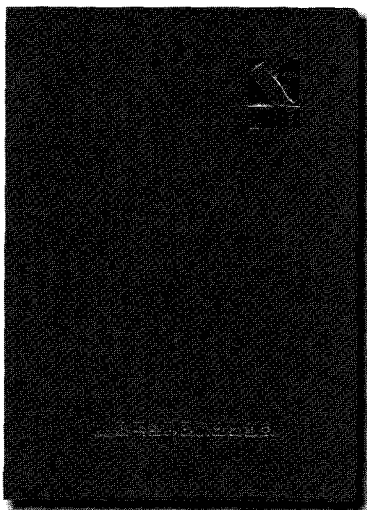
5.4 투입량 절감으로 인해 운영비를 절감할 수 있다.

참여기업소개

| | | | |
|---------------------------------|-------------------------|--------------------|-------------|
| 기업명 | (주)위테크 | 대표자 | 오덕춘 |
| 주소 | 경기도 부천시 소사구 옥길동 산 103번지 | 연락처 | 02)680-4510 |
| 설립년월일 | 1998년 6월 | 주된업종 | 수처리제 제조업 |
| 기술보유현황 | | 주요생산품목 | |
| PACS, PASS, PACC 특허 외 다수의 특허 보유 | | PACS, PASS, Hi-PAX | |
| 홈페이지 | | | |



2001년 다이어리 제작 · 배포



- 내용 : 정관 및 결의문, 연혁,
협의회 임원 및 회원 명단,
유관기관 전화번호,
환경설비업체 수록 등
- 판형 : 18절

(사) 전국환경관리인연합회