

CO₂ 주입에 의한 pH 조절이 정수장 응집효율 및 알루미늄 용출에 미치는 영향 Effect of pH Adjustment by CO₂ on Coagulation and Aluminum Elution in Water Treatment

이길성 · 김민채 · 권재국 · 서규태*[†]
Gil-Seong Lee · Min-Chai Kim · Jae-Kook Kwon · Gyu-Tae Seo*[†]

한국수자원공사 경남지역본부 · *창원대학교 환경공학과
Kwater Gyeongnam Water Supply Regional Headquarters

*Department of Environmental Engineering, Changwon National University

(2012년 8월 16일 접수, 2012년 12월 26일 채택)

Abstract : In this study, a pH control method by carbon dioxide (CO₂) was applied to coagulation process in water treatment plant (WTP) to investigate the coagulation efficiency and residual dissolved aluminum when high pH raw water is flowing into the plant during algal blooming. Existing coagulant dose (1 mg/L in raw water) resulted in the pH reduction of 0.0384 by LAS, 0.0254 by PAC, 0.0201 by A-PAC, and 0.0135 by PACS₂, respectively. And then the concentration of dissolved aluminum was 0.02 mg/L at pH 7.44, 0.07 mg/L at pH 7.96, 0.12 mg/L at pH 8.16, 0.39 mg/L at pH 8.38 showing the concentration increase with pH in the coagulation process. It was noteworthy that rapid increase was observed at pH above 8.0 next the rapid mixing. Therefore it is necessarily required to control pH below 7.8 in the coagulation process in order to meet drinking water quality standard of aluminum for high pH raw water into WTP, CO₂ injection could control pH successfully at about 7.3 even for the raw water of high pH above 8.0. In addition it was found that the pH control by CO₂ injection was significantly effective for coagulation in terms of turbidity removal, coagulant dosage, and residual dissolved aluminum concentration.

Key Words : Carbon Dioxide (CO₂), Coagulant, Dissolved Aluminum, Optimized Coagulation, pH Control

요약 : 본 연구는 조류 개체 수 증가로 pH가 급격하게 상승한 원수가 정수장으로 유입될 때 pH 조절을 위해 사용하는 이산화탄소(CO₂) 주입이 응집효율 및 용존 알루미늄 농도변화에 미치는 영향을 고찰하였다. 응집제 1 mg/L에 주입에 따른 pH 감소는 LAS -0.0384, PAC -0.0254, A-PAC -0.0201, PACS₂ -0.0135로 나타났다. 용존 알루미늄 농도는 pH 7.44에서 0.02 mg/L, pH 7.96에서 0.07 mg/L, pH 8.16에서 0.12 mg/L, pH 8.38에서 0.39 mg/L로 응집공정의 pH 증가에 따라 용존 알루미늄 농도가 증가하는 것으로 나타났다. 여기서 주목할 점은 급속 교반 후 pH 8.0을 초과할 때부터 용존 알루미늄 농도는 급격하게 증가하는 것이다. 그러므로 높은 pH의 원수가 유입되는 정수장에서 알루미늄 농도가 먹는 물 수질 기준 만족하기 위해서는 응집공정의 pH가 7.8 이하로 유지되도록 공정관리가 필요하며, 원수 pH가 8.0 이상 유입되는 경우 이산화탄소(CO₂) 주입으로 pH를 7.3 내외로 일정하게 유지할 수 있었다. 또한 이산화탄소(CO₂) 주입으로 응집공정에서 pH를 조정함으로써 탁도 및 응집제 절감, 용존 알루미늄 농도 감소 효과를 확인할 수 있었다.

주제어 : 이산화탄소, 응집제, 용존 알루미늄, 최적응집, pH 조절

1. 서론

부산, 경남 지역의 주요 상수원인 낙동강은 갈수기 중상류 지역에서 유입되는 영양염류로 규조강의 *Stephanodiscus* 속이 우점 하여 개체 수가 급격히 증가하는 특성이 있으며,¹⁾ 조류 개체 수의 증가는 조류의 광합성으로 수중의 이산화탄소(CO₂)를 소모하여 원수 pH의 상승 원인이 되기도 한다.^{2,3)}

pH는 정수처리공정에서 응집반응을 지배하는 중요한 인자이며, 우리나라 대부분의 정수장에서 사용하는 Alum계 응집제는 사용 시 pH가 8.0 이상일 경우 수산화알루미늄의 용해도 증가로 정수의 탁도 및 알루미늄 농도 상승 등 응집장애를 일으키고 있다.⁴⁾

높은 pH 원수에 대처하기 위해 기존의 응집공정에서 응집제 종류 및 주입량을 증가시켜 pH 조절 및 유기물 제거효율을 증가시키는 방법 등이 사용되고 있다.⁵⁻⁷⁾

그러나 이 경우 pH 하강을 위해서는 과량의 응집제 주입이 필요하며, 특히 최근에 많이 보급된 고염기도 응집제는 단위 응집제당 pH 하강률이 낮아⁸⁾ 더 많은 응집제 사용이 필요하며, 다량의 응집제 사용으로 슬러지 발생량 증가가 우려될 수 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 산제인 황산(H₂SO₄)이나 이산화탄소(CO₂) 주입을 통해 원수의 높은 pH를 적정 응집범위로 조정 후 응집을 시행하는 Optimized Coagulation의 개념이 제시되고 있으며, pH 조정제로 이산화탄소(CO₂)와 황산(H₂SO₄)을 이용한 응집효율 평가와 약품의 취급 및 최종 처리수의 부식성 수질제어 측면에서 황산(H₂SO₄)보다는 이산화탄소(CO₂)가 유리하다고 보고되고 있다.^{9,10)}

한강 수계를 중심으로 실 공정에서 원수 pH 기준으로 원수 pH가 8.0을 초과하는 경우 이산화탄소(CO₂)를 주입하여 pH를 조정하는 것을 제안하고 있다.^{11,12)}

[†] Corresponding author E-mail: gts@changwon.ac.kr Tel: 055-213-3746 Fax: 055-281-3011

낙동강 중하류를 취수원으로 하는 B정수장의 경우, 연중 원수 pH가 8.0 이상으로 유입되는 경우가 120일 정도 되었으며, 겨울철 갈수기에는 pH가 9.0 이상 상승되어 적정 응집범위를 벗어나고 있어, 원수 pH 상승으로 정수장 운영관리에 상당한 어려움을 겪고 있는 실정으로 이에 대한 근본적인 해결방안을 찾고자 하였다.

따라서 본 연구에서는 높은 pH의 원수가 유입되어 응집제 사용량 증가와 잔류알루미늄 농도 증가와 같은 문제에 대처하기 위해 pH에 따른 용존 알루미늄 농도 변화를 고찰하고, pH 조정제로 이산화탄소(CO₂) 실 공정 도입에 따른 수처리 변화를 Jar-Test와 병행하여 고찰하여 정수장 운영 조건 및 이산화탄소(CO₂) 주입 기준 제시 등을 위하여 본 연구를 수행하였다.

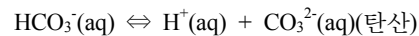
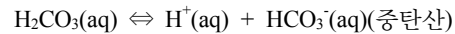
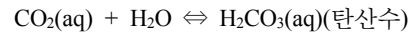
2. 연구 방법

B정수장은 낙동강 중하류에 있는 취수장으로부터 12만 m³/일의 원수를 공급받아 정수처리 후 생활·공업용수를 공급하는 시설로서 정수처리방법은 혼화 응집 및 침전, 입상활성탄 흡착여과지(GAC F/A) 공정을 사용하고 있으며, 응집제로는 PACS₂를 사용하고 있다.

2.1. 이산화탄소(CO₂) 주입설비

pH 조정을 위한 이산화탄소(CO₂) 주입설비는 2012년 2월

B정수장에 설치하였으며 설비개요는 Fig. 1과 같이 구성되어 있다. 주입설비는 탄산용해수 주입방식으로 액체 이산화탄소가 기화기에 유입되어 기체로 기화되고, 기화된 이산화탄소(CO₂)는 용해수와 접촉·용해된 후 원수 유입관에 주입되어 혼합된다. 혼합수 중의 탄산은 아래식과 같이 물속에서 수소이온을 해리시켜 중탄산염 및 탄산염을 생성하고 이때 해리된 수소이온의 농도 상승으로 pH가 하강된다.



2.2. 분석 방법

본 연구는 Jar test를 통해 응집제에 의한 pH 감소 영향, pH가 용존 알루미늄 농도에 미치는 영향을 분석하였으며, 이산화탄소(CO₂) 주입 유·무에 따른 pH, 탁도, 용존 알루미늄, UV₂₅₄, DOC, 소독부산물(DBPs) 생성능을 비교 분석하였다.

탁도는 HACH Model 2100A, pH는 Mettler Toledo S220, DOC는 TOC-V cpH, UV₂₅₄ 흡광도는 UV-Visible Spectrophotometer를 이용하여 파장 254 nm에서 측정하였다.

용존 알루미늄은 시료를 0.45 μm pore size Membrane Filter로 여과한 후 ICP-OES를 이용하여 측정하였다.

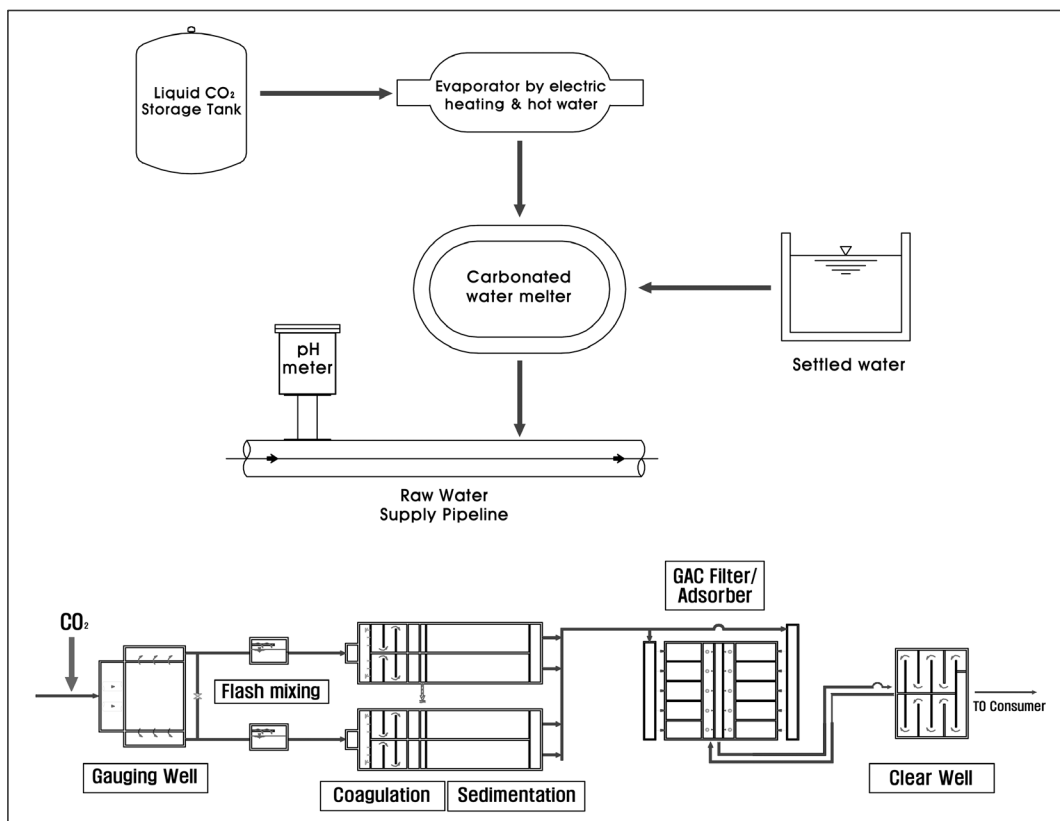


Fig. 1. Schematic diagram of CO₂ injection facilities.

염소소독부산물의 생성 정도를 파악하기 위한 THM FP, HAA FP, CH FP는 시료에 잔류염소량이 10 ppm이 되도록 10% 차아염소산나트륨(NaOCl)을 첨가하여 25°C 배양기에서 5일간 배양 후 각각의 염소소독부산물 시험 전처리방법에 따라 전처리 후 GC-FID, GC-ECD를 이용하여 측정하였다.

또한, 실 공정에서는 B정수장의 원수인 낙동강 원수의 pH가 8.0 이상일 때, B정수장 원수에 이산화탄소(CO₂)를 주입하여 pH를 조정하고 pH 조정 전·후 실 공정수의 수질을 비교 분석하였다.

이산화탄소(CO₂) 주입기간 동안 원수 수질조건은 pH 9.7~8.2(평균 9.4), 탁도 4.2~37.3(평균 17.4) NTU, 수온 2.6~10.2(평균 6.6)°C이었다. 분석항목으로는 수질 자동측정장치의 실시간 자료를 이용하여 공정수의 pH, 탁도 등을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. Jar-Test 결과

3.1.1. 응집제에 대한 단위 pH 증감

B정수장 원수를 이용하여 4종류의 응집제를 사용하여 주입량을 20 mg/L씩 증가시켜, pH가 7.0 이하가 될 때까지 주입하여 응집제에 의한 pH 감소를 측정하였다.

비교 대상 응집제로는 LAS (Al₂O₃ 함량: 8.3%, 염기도 23%), PAC (Al₂O₃ 함량: 11.1%, 염기도 48%), A-PAC (Al₂O₃ 함량: 10.5%, 염기도 62%), PACS₂ (Al₂O₃ 함량: 10.5%, 염기도 72%)를 이용하였다.

원수조건은 수온 2.9°C, 탁도 19.6 NTU, pH 9.5이었다.

실험결과 B정수장 원수에 대한 응집제별 pH 증감은 산업기적정 곡선(2차 방정식)이었으며, 직선구간을 선택하여 Fig. 2와 같이 1차 방정식의 직선으로 표현할 수 있었다.

pH가 높은 낙동강 원수에 대한 응집제별 pH 감소는 LAS > PAC > A-PAC > PACS₂ 순으로 나타났다.

원수에 대한 응집제 1 mg/L에 대한 pH 감소는 LAS가

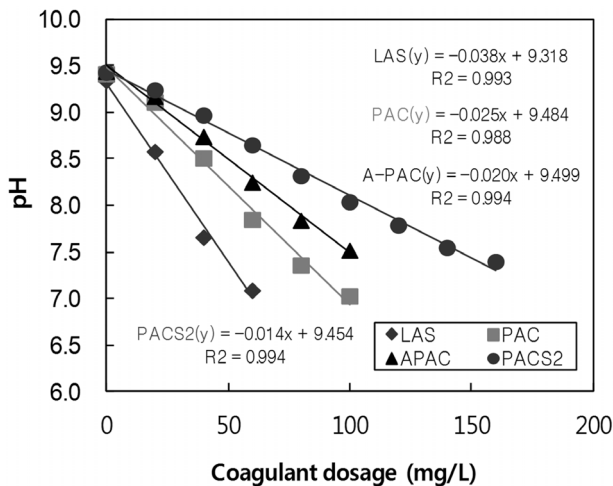


Fig. 2. The relationship between pH decrease and coagulant dose.

-0.0384, PAC가 -0.0254, A-PAC가 -0.0201, PACS₂ -0.0135 이었다. 응집제를 주입하여 pH가 8.0 이하가 되는 응집제 주입량은 LAS가 34 mg/L, PAC가 58 mg/L, A-PAC가 75 mg/L, PACS₂가 108 mg/L로 나타나 고염기도 응집제를 사용하는 정수장은 pH 저감을 위해 상당량의 응집제 주입이 필요하였으며, 다량의 응집제 사용으로 슬러지 발생량이 증가 우려될 수 있다.

3.1.2. pH가 용존 알루미늄 농도에 미치는 영향

미리 0.0067 mol HCl과 0.0067 mol NaOH를 이용하여 pH를 조정하고 실공정에서 사용하는 응집제 PACS₂ (Al₂O₃ 함량: 10.5%, 염기도 72%)를 40 mg/L을 주입하여 다양한 pH에서 처리수의 용존 알루미늄의 특성을 구하였다.

처리수의 pH 조절은 먼저 pH가 높은 B정수장의 원수를 대상으로 산 염기에 대한 단위 pH 증감률과 응집제에 의한 단위 pH 증감률을 구한 후, 응집제 주입 후 pH 감소를 고려하여 최종 처리수의 pH가 7.0, 7.5, 8.0, 8.5, 9.0이 되도록 적당량의 0.0067 mol HCl과 0.0067 mol NaOH를 원수에 주입하고 실공정의 응집제 주입량을 주입하였다.

시험 조건은 급속 교반이 135 rpm으로 10 sec, 완속 교반은 40 rpm, 30 rpm을 각각 10분이었고 30분 정치 후 상징수를 채수하였다. 대상원수의 수질은 수온 8.2°C, pH 9.4, 탁도 14.4 NTU이었다. 실험 결과 Fig. 3과 같이 PACS₂ 40 mg/L 주입 후 pH에 따른 용존 알루미늄 농도는 pH가 증가할수록 용존 알루미늄의 농도가 증가하였다. pH 7.44에서 용존 알루미늄 농도는 검량한계 기준인 0.02 mg/L이었으며, pH 7.96에서 0.07 mg/L, pH 8.16에서 0.12 mg/L, pH 8.38에서 0.39 mg/L로, 처리수의 pH가 8.0을 초과할 때부터 용존 알루미늄의 농도는 급격하게 상승하였다.

김^{13,14)} 등의 연구결과와 같이 용존성 알루미늄의 농도는 응집 pH에 의해서 결정되었으며, pH가 높은 원수를 수처리하여 정수를 생산하는 정수장은 정수의 탁도 관리, 안전성 등을 고려하여 응집공정 후 혼화수의 pH가 7.8 이하가 되도록 공정관리를 할 필요가 있다.

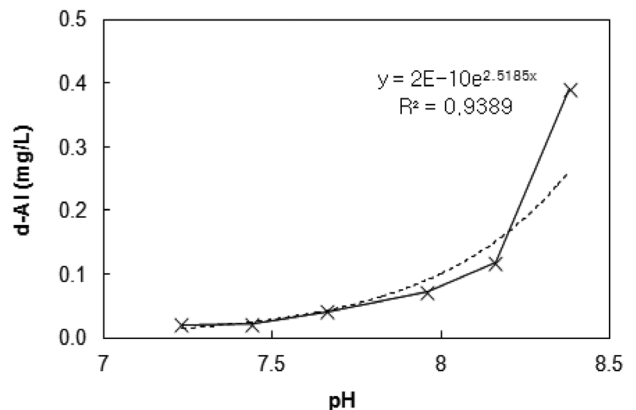


Fig. 3. The characteristic of residual dissolved aluminium concentration with the variation of pH.

3.1.3. 이산화탄소(CO₂) 주입에 의한 수 처리 효율

이산화탄소(CO₂) 주입에 의한 수 처리 효율분석을 위하여, 이산화탄소(CO₂) 주입 유·무, 전염소 주입 유·무의 4가지 경우로 구분하였으며, 전염소는 실험실의 염소실에서 포집한 염소수를 사용하여 응집제 주입 전에 미리 3 mg/L을 주입한 원수를 이용하여 자 시험을 각각 시행하였다.

시험 조건은 급속 교반이 135 rpm으로 10 sec, 완속 교반은 40 rpm, 30 rpm을 각각 10분이었고 30분 정지 후 상정수를 채수하였다. 대상원수의 수질은 수온 9.4~25.6°C, 탁도는 18.5~19.6 NTU이었으며, pH는 전염소 미주입은 pH를 9.1에서 CO₂ 주입으로 7.8까지 조절을 하였으며, 전염소 주입은 pH를 8.3에서 CO₂ 주입으로 7.6까지 조절을 하였으며, 응집제로는 PACS₂ (Al₂O₃ 함량: 10.5%, 염기도 72%)를 사용하였다.

실험결과 용존 알루미늄은 Fig. 4와 같이 CO₂ 미주입은 모든 응집제 주입률에서 용존 알루미늄의 농도가 0.3 mg/L 이상으로 높게 유지되었으며, 이때 pH는 8.4 이상을 나타내었으며, CO₂ 주입은 용존 알루미늄의 농도가 0.05 mg/L 이하로 낮게 유지되었으며, 이때 pH는 7.8 이하를 나타내어 pH 조절을 통하여 용존 알루미늄 저감 효과를 확인할 수 있었다.

탁도의 경우 Fig. 5와 같이 전염소 및 CO₂를 주입하지 않은 pH 9.1의 원수는 실험실 응집제 주입농도 40 mg/L에서 응집처리 전 19.6 NTU에서 6.3 NTU로 67.9%의 탁도 제거

율을 보였으며, 이때 pH는 8.4 이상을 나타내었다.

전염소 및 CO₂를 주입하여 pH를 7.6으로 조정된 경우 응집제 주입농도 40 mg/L에서 18.5 NTU에서 3.1 NTU로 83.2% 제거효율을 보여 pH 조절을 통하여 15%의 개선 효과를 확인할 수 있었다.

유기물 및 소독부산물 생성능의 제거효율은 pH를 원수 pH 8.3에서 전염소를 주입하여 pH 7.9로, CO₂를 주입하여 pH를 7.6으로 조정하였다.

DOC 농도는 CO₂ 주입 시 원수 7.08 mg/L이었으며, 모든 응집제 주입률(25~50 mg/L)에서 평균 4.13 mg/L로 제거율은 41.7%이었으며, CO₂ 미주입시 평균 4.14 mg/L(제거율 41.5%)와 비슷한 제거율을 보였다. UV₂₅₄는 원수 0.0654 cm⁻¹에서 CO₂ 주입 시 평균 0.041 cm⁻¹(제거율 37.0%), CO₂ 미주입 시 평균 0.045 cm⁻¹(제거율 31.7%)로 CO₂를 주입하는 경우의 제거율이 5.3% 증가하였으나 차이는 크지 않았다.

THM FP 제거율은 원수 349.12 ug/L에서 CO₂ 주입 시 모든 응집제 주입률(25~50 mg/L)에서 평균 237.93 ug/L(제거율 31.8%), CO₂ 미주입 시 평균 249.66 ug/L(제거율 28.5%)이었으며, CH FP 제거율은 원수 54.61 ug/L에서 CO₂ 주입 시 평균 31.86 ug/L(제거율 41.7%), CO₂ 미주입 시 34.31 ug/L(제거율 37.2%)로 나타났다. 반면에 HAA FP 제거율은 원수 405.84 ug/L에서 CO₂ 주입 시 평균 264.09 ug/L(제거율 34.9%), CO₂ 미주입 시 평균 228.18 ug/L(제거율 43.8%)로 CO₂ 주입의 경우가 8.9% 감소하였다.

실험결과 CO₂ 주입에 의한 유기물 및 소독부산물(DBPs) 생성능 제거율의 차이는 크게 나타나지 않았다.

3.2. 실험 공정 운영결과

3.2.1. 동절기 B정수장 운영현황

B정수장의 수원인 낙동강은 2011년 11월부터 pH 8.0을 초과하여 12월에는 원수의 pH가 9.0 이상을 유지하였다. 원수의 평균 탁도는 2011년 11월 평균 17.6 NTU에서 12월 11.7 NTU로 점차 하강 추세를 보였으나, 원수 탁도 감소에도 응집제 주입률은 25 ppm에서 32 ppm으로 증가하여, pH 증가가 응집제 주입률 증가의 원인으로 보인다.

또한, Fig. 6과 같이 원수 pH가 9.0 이상일 때 침전수 탁도는 평균 0.46 NTU로 상승하여 pH 증가와 함께 침전수탁도도 상승 추세를 보였다.

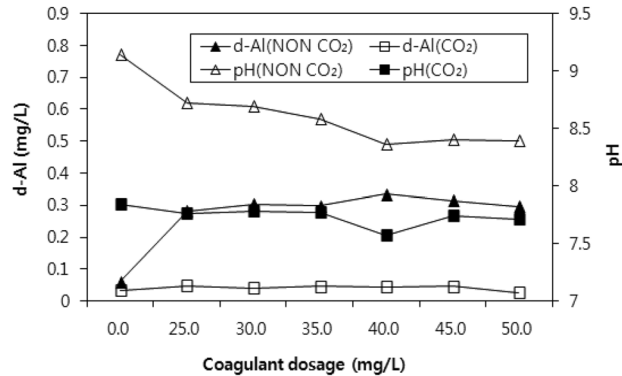


Fig. 4. Dissolved aluminium concentration with/without pH control using carbon dioxide at different coagulant dose.

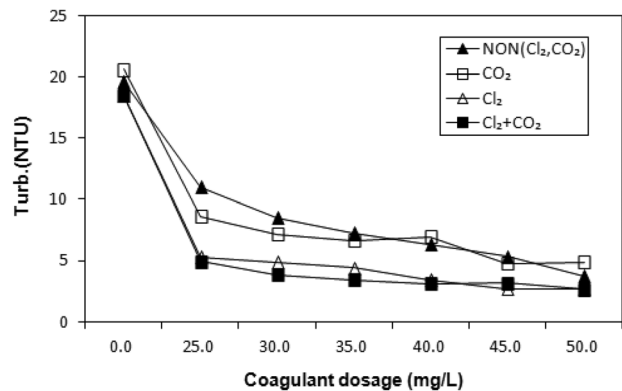


Fig. 5. Turbidity removal trend with/without pH control using carbon dioxide at different coagulant dose.

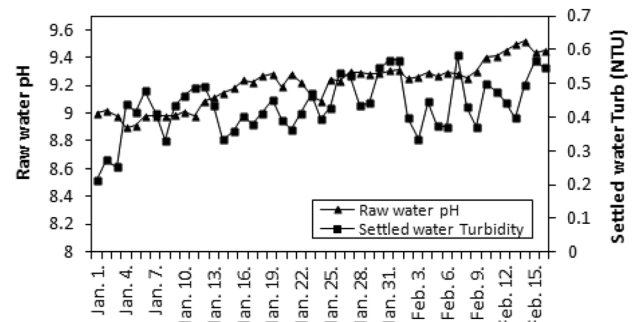


Fig. 6. The trend of raw water pH and settled water turbidity in B-WTP during winter season.

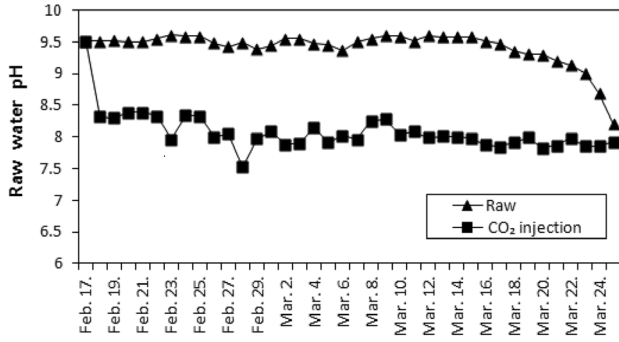


Fig. 7. The result of pH control using carbon dioxide in B-WTP.

Table 1. CO₂ dose in accordance with pH value

| pH of raw water (average) | More than 9.0 (9.5) | 8.5~9.0 (8.8) | 8.0~8.5 (8.3) |
|-----------------------------|---------------------|---------------|---------------|
| Target pH | | 8.0 | |
| CO ₂ Dose (mg/L) | 8.2 | 3.4 | 2.1 |

3.2.2. pH 조절 전 · 후 실 공정에 미친 영향

2012년 2월 17일부터 낙동강 원수에 CO₂를 주입하였다. 정수장 유입 원수 pH는 Fig. 7과 같이 평균 9.4에서 CO₂ 주입하여 pH를 8.0 내외로 유지하였다. 3월 25일 유입 원수의 pH가 8.0 이하로 하강하여 CO₂ 주입을 중단하였다.

이산화탄소(CO₂) 주입률은 원수 pH와 이산화탄소(CO₂) 주입 후 목표 pH 설정 값을 기준으로 Table 1과 같이 산정하였으며, 용해율은 현장 실측 및 분석을 통해 확보한 TDS, 수온, pH, 알칼리도 등의 자료를 RTW Model을 이용하여 계산하였으며, 총 9회에 걸쳐 CO₂ 용해율 산정결과 원수 평균 pH 9.7에서 평균용해율 85.0%로 나타났다.

공정별 pH 분석결과 침전수의 경우 2월 1일부터 CO₂ 주입 직전인 2월 16일까지 원수 pH 상승에 따라 상승하여 평균 pH가 8.3 이상으로 상승하였으나, 2월 17일부터 CO₂를 주입으로 침전수 pH는 평균 7.3을 유지하였다. Fig. 8과 같이 CO₂를 주입 기간 침전수 pH는 원수 pH 변화에도 평균 7.3 이하로 일정하게 유지되었으며, 정수 pH 변화는 CO₂ 주입 전 평균 7.8에서 CO₂ 주입 기간 평균 7.4로 감소하였다.

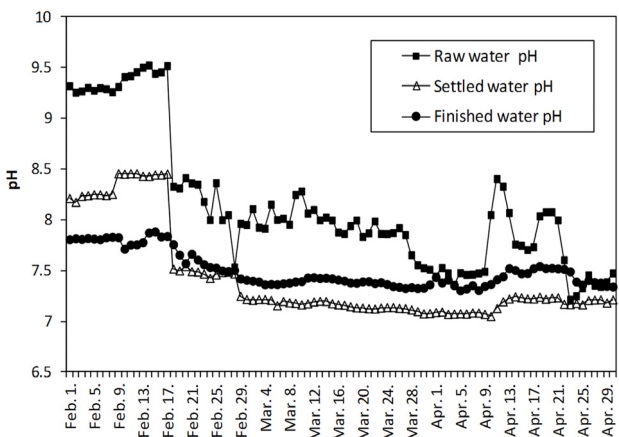


Fig. 8. The trend of pH in B-WTP.

Table 2. The result of turbidity removal efficiency with pH control using carbon dioxide in B-WTP

| Item | 2.1~2.16 | 2.17~3.25 ^{a)} | 3.26~3.31 |
|---|----------|-------------------------|-----------|
| pH of Raw water (average) | 9.35 | 8.04 | 7.67 |
| Turbidity of Raw water (average, NTU) | 13.46 | 17.50 | 17.39 |
| Effluent turbidity of settling basin (average, NTU) | 0.46 | 0.41 | 0.39 |

^{a)} CO₂ injection

원수 pH 조절에 의한 응집효율은 Table 2와 같이 CO₂ 주입 전보다 CO₂ 주입 기간 원수 탁도가 상승하였음에도 불구하고 침전수 탁도는 약 10% 이상 개선되는 것으로 나타났다. 또한, CO₂ 주입 전 원수 pH가 9.0 이상일 때 침전수 탁도는 평균 0.46 NTU이었으며, pH가 9.5로 상승할 때에는 침전수 탁도도 0.5 NTU 이상으로 상승하였다. CO₂ 주입으로 pH를 조절된 기간의 침전수 탁도는 0.41 NTU로 개선되었다.

여과지에서는 이산화탄소(CO₂) 주입 기간 여과지속시간의 감소 현상이 나타났다. B정수장의 여과지는 GAC Filter/Adsorber로 여과지속시간은 평균 160시간이었으며, CO₂ 주입 기간에 여과지속시간은 평균 124.5시간으로 CO₂ 주입 전보다 약 35시간 줄어들었다. CO₂ 주입 중단 이후 여과지속시간은 평균 150시간으로 회복되었다.

여과지 폐쇄를 일으키는 원인으로 조류는 들 수 있으며, 주로 규조강의 조류들이 여과지 폐쇄를 많이 일으키며, 여과지에 유입되는 *Synedra* 속의 개체 수가 1,500 cells/mL일 때 여과지 폐쇄를 유발한다고 알려졌다.¹⁵⁾

CO₂ 주입기간인 3월 22일 B정수장 원수의 조류 현황은 총 개체 수 7,550 cells/mL, 우점종은 *Stephanodiscus* sp.(5,270 cells/mL)이었으며, 여과지 폐쇄의 원인이 되는 *Synedra* 속의 개체 수는 137 cells/mL로 조류에 의한 여과지속시간 감소의 가능성은 낮았다.

CO₂가 물에 녹으면 탄산(H₂CO₃)과 평형을 이루며, 이산화탄소(CO₂)의 대부분은 탄산(H₂CO₃)으로 전환되지 않고 분자상태의 이산화탄소(CO₂)로 존재한다. 따라서 이번 여과지속 시간에 영향을 미친 인자로는 용존 상태의 CO₂가 고액 계면이 증가한 여과지의 여재 표면에 기포상태로 부착되어 여과지 내에서 Air Binding 현상이 발생했을 개연성이 크므로, 향후 이산화탄소 설비 재가동 시 CO₂ 주입에 따른 여과지속시간의 관찰 등 지속적인 조사가 필요한 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구는 높은 pH 원수 유입 시 기존 정수장의 응집효율 향상을 위하여 낙동강 중하류 상수원수를 대상으로 Jar-Test와 병행하여 이산화탄소(CO₂)를 사용하여 pH 조절하고, 이에 따른 처리수의 수처리 효율 및 잔류 용존 알루미늄 농도 특성을 고찰하였다.

낙동강 원수에 대한 응집제 1 mg/L에 대한 pH 감소는 LAS가 -0.0384, PAC가 -0.0254, A-PAC가 -0.0201, PACS₂ -0.0135로 원수의 pH가 급격하게 상승하는 경우 고염기도 응집제만으로 pH를 조정하는 정수장은 상당량의 응집제 투입이 필요하였다.

잔류 용존 알루미늄 농도는 pH 변화에 민감하여, 처리수의 pH 7.44에서 용존 알루미늄 농도는 0.02 mg/L, pH 7.96에서 0.07 mg/L, pH 8.16에서 0.12 mg/L, pH 8.38에서 0.39 mg/L로 처리수의 pH가 8.0을 초과할 때부터 용존 알루미늄의 농도는 급격하게 상승하였다.

이산화탄소(CO₂) 주입으로 응집과정에서 pH를 적정 응집 범위로 조정함으로써 탁도 개선, 용존 알루미늄 농도 감소 효과를 확인할 수 있었으며, 이산화탄소(CO₂) 주입 운영기준을 당초 원수 pH 기준에서 응집제와 전염소에 의한 pH 감소, 탁도 제거율, 용존 알루미늄 등의 정수수질 등을 고려하여 혼화수 기준으로 설정하고, 혼화수 pH가 7.8 이하가 되도록 원수 pH 조정이 필요하였다.

이산화탄소(CO₂) 주입 기간 용존 상태의 CO₂가 고액 계면이 증가한 여과지의 여재 표면에 기포상태로 부착되어 여과지 내에서 Air Binding 현상이 발생했을 개연성이 크므로, 이에 대한 지속적인 조사가 필요하다.

사사

이 논문은 2011~2012년도 창원대학교 연구비에 의하여 연구되었음.

KSEE

참고문헌

1. Song, M. K., Park, C. K., Lee, S. M., Baek, K. H., Shin, S. K. and Song, K. O., "Causes of water pollution in BOD and algal bloom in Winter season at Mulgum of the Nakdong River," *J. of KSWQ*, **16**(3), 305~314(2000).
2. Kim, J. K., Lee, S. H., Bang, H. H. and Hwang, S. O., "Characteristics of Algae Occurrence in Lake Paldang," *J. Kor. Soc. Environ. Eng.*, **31**(5), 325~331(2009).
3. Ryu, D. C., Bae, E. Y., Kim, S. G., Son, H. J., Song, M. J. and Kim, Y. J., "Application of Sulfuric Acid for Improving Coagulation Efficiency on the Down Stream of Nakdong River," *J. Kor. Soc. Environ. Eng.*, **22**(5), 2059~2065(2000).
4. Peter E. O., Joël M. and Mark, R. W., "Water Treatment Membrane Processes," McGraw-Hill, pp. 16.5~16.6(1996).
5. Lim, J. C. and Kim, J. K., "Improvement of Water Treatment Efficiency by Poly Aluminum Chloride Overdosing in High pH Raw Water," *J. of KSWW*, **23**(1), 39~46(2009).
6. Jeong, Y. M., Kweon, J. H. and Lee, S. H., "Characteristics of Natural Organic Matter (NOM) on Han River and Criterion of Enhanced Coagulation," *J. of KSWW*, **21**(6), 653~661(2007).
7. Kim, J. H., "Evaluating the Application of Enhanced Coagulation in Water Treatment Plants," *J. of KTSWT*, **7**(4), 31~41(1999).
8. Park, N. B., Lee, B., Tian, D. J., Lee, Y. J. and Jun, H. B., "The Effects of pH and Dosages According to Qualities of Raw Waters and Basicity of Coagulants," *J. of KSWW*, **24**(5), 581~593(2010).
9. Kang, B. S., Kim, J. S., Kim, J. H. and Yoo, J. H., "Study of optimized coagulation by controlling pH," Proceeding of the 2004 autumn joint conference of KSWW and KSWQ, Daejeon, pp. B6~B12(2004).
10. Lee, H., Lee, S. H., Jeong, C. G. and Lee, S. H., "Method to Improve the Drinking Water Quality by Controlling pH of Raw Water in Public Water System," Proceedings of KSEE, KAIST, pp. 320~327(2003).
11. Lee, Y. G., Lee, T. Y., Kim, D. S., Kim, Y. H., Yoo, Y. I., You, B. C. and Han, C. H., "Drinking Water Quality Improvement by Raw Water pH Adjustment Using Liquid Carbon Dioxide," Proceeding of the 2006 autumn joint conference of KSWW and KSWQ, Daegu, pp. D177~D185(2006).
12. Jeong, G. J., Lee, K. W., Kim, H. H., Jeong, E. S., Park, H. and Han, S. H., "Improvement of Quality in Treated Water by the pH Adjustment of Raw Water," *J. Kor. Soc. Environ. Eng.*, **32**(5), 469~476(2010).
13. Kim, S. H. and Kim, Y. K., "Reducing Residual Al Concentration in Treated Water Using Polymers," *J. of KTSWT*, **5**(3), 39~44(1997).
14. Kim, S. H. and Cheon, C. H., "Variation in Aluminum Concentration During Water Treatment and Its Causes," *J. Kor. Soc. Environ. Eng.*, **17**(12), 1289~1297(1995).
15. Lim, Y. S., Song, W. S., Cho, J. S., Lee, H. J. and Heo, J. S., "The Effect of Algae on Coagulation and Filtration of Water Treatment Process," *Korean J. Environ. Agric.*, **19**(1), 13~19(2000).