

수도관 내부부식방지를 위한 CCPP 조절시 정수공정내에서의 수질변화

이재인[†] · 김도환 · 이지형 · 김동윤 · 홍순현* · 신판세**

(주)삼영건설기술공사 · *국립밀양대학교 토목공학과 · **부산광역시 상수도사업본부 수질연구소

(2004년 8월 2일 접수, 2005년 3월 22일 채택)

Water Quality Variation on the Unit Operation of Water Treatment Process When CCPP Index was Controlled for Internal Corrosion of Water Pipes

Jae-In Lee[†] · Do-Hwan Kim · Ji-Hyung Lee · Dong-Youn Kim · Soon-Heon Hong* · Pan-Sae Shin**

Samyoung Engineering Consultants Co., LTD., · *Department of Civil Engineering, Miryang National University

**Water Quality Research Institute, Waterworks Headquarter, Busan

ABSTRACT : The pH, alkalinity and calcium hardness could be adjusted by CO₂, Ca(OH)₂, and Na₂CO₃ addition in the water treatment process for corrosion protection of the water pipes. This research was performed to investigate the effect on the variation of water quality on the unit process by addition CO₂, Ca(OH)₂, and Na₂CO₃ in water treatment process. Carbon dioxide and lime were added before the coagulation basin and soda ash was added after the BAC process. pH and alkalinity were increased at coagulation basin then after the water qualities had sustained similarly to BAC process. There was no effect on turbidity and DOC removal efficiency during experimental period by addition CO₂ and Ca(OH)₂. Na₂CO₃ solution was added into clear well, the last process for optimum control of CCPP and is used mainly to control pH and alkalinity. In this research, average pH, alkalinity, and calcium hardness in treated water were 8.39, 61.4 mg/L as CaCO₃, 59.4 mg/L as CaCO₃, respectively and CCPP of treated water was higher than 29.5 mg/L to BAC process water, so adjusted water was expected to prevent internal corrosion of water pipe.

Key Words : Water pipe, Internal corrosion, CCPP(Calcium Carbonate Precipitation Potential), Water quality adjustment, Alkalinity, Calcium hardness, Carbon dioxide(CO₂), Lime(Ca(OH)₂), Soda ash(Na₂CO₃)

요약 : 본 연구에서는 수도관부식방지를 위해 정수공정에 탄산가스와 소석회, 소다회를 주입함으로 pH, 알칼리도, 칼슘경도와 같이 부식에 영향을 미치는 수질을 조절하여 운전하였다. 탄산가스와 소석회는 정수공정 중 응집제주입 이전에, 소다회는 정수공정의 마지막 단계인 BAC 처리 후에 주입하여 정수공정 내의 수질변화에 미치는 영향을 고찰하였다. pH와 알칼리도는 응집조에서 감소한 후 침전이후 BAC 공정까지 일정하게 되었으며, 칼슘경도는 응집조에서 증가한 후 BAC 공정까지 큰 변화 없이 일정하였다. 연구기간동안 탄산가스와 소석회주입으로 탁도 발생과 DOC 제거율에 미치는 영향은 거의 없었다. 최종처리수의 평균수질은 pH 8.39, 알칼리도 61.4 mg/L as CaCO₃, 칼슘경도 59.4 mg/L as CaCO₃였고, CCPP 지수는 BAC 처리수보다 평균 29.5 mg/L 상승시켜 CCPP ≥ 0으로 조절하여 수도관내 부식방지효과를 기대할 수 있었다.

주제어 : 수도관, 부식방지, 탄산칼슘침전능, 수질조절, 알칼리도, 칼슘경도, 탄산가스, 소석회

1. 서론

상수도 관망의 내부부식은 상수관의 파손, 수압의 저하, 미생물 재성장, 적수현상, 냄새 및 인체에 해로운 중금속 용출 등 여러 가지 문제점들을 야기하고 있다.^{1~6)} 관망에서의 부식은 금속관 표면과 물의 접촉에 의한 전기화학적 반응에 의해 이루어지며, 관내를 흐르는 물의 부식성은 pH, 알칼리도, 용존산소(Dissolved Oxygen)와 같은 화학적 인자, 수온, 유속과 같은 물리적 인자들에 의해 좌우된다.⁷⁾ 따라서 관내부식을 방지하기 위해서는 무엇보다 수질의 부

식성을 감소시키는 것이 근본적인 해결 방법이라 할 수 있다. 국내의 경우 상수원수의 경도와 알칼리도가 년중 낮게 유지되고, 취수 및 정수시 과량의 염소와 응집제 처리 등으로 인해 수질의 부식성이 크게 증가되고 있어 정수처리시 pH, 알칼리도, 경도 등을 조절하여 물의 부식성을 감소시키는 기술의 도입이 필요한 실정이다.^{8~10)}

이와 같이 물의 부식성을 조절하기 위한 방법은 부식성 지수를 이용할 수 있는데, 이러한 지수를 이용하여 평가하는 방법은 부식의 발생여부를 예측하고 부식성 수질조절에 대한 정보를 제공하는데 이용이 된다. 대표적인 부식성 지수는 탄산칼슘 침전원리에 근거한 지수들로서 Langelier Saturation Index(LSI), Larson Index(LI), Ryznar Index(RI) 및 Calcium Carbonate Precipitation Potential(CCPP) 등이 있

[†] Corresponding author

E-mail: 1012mj@hanmail.net

Tel: 051-505-3030

Fax: 051-505-3116

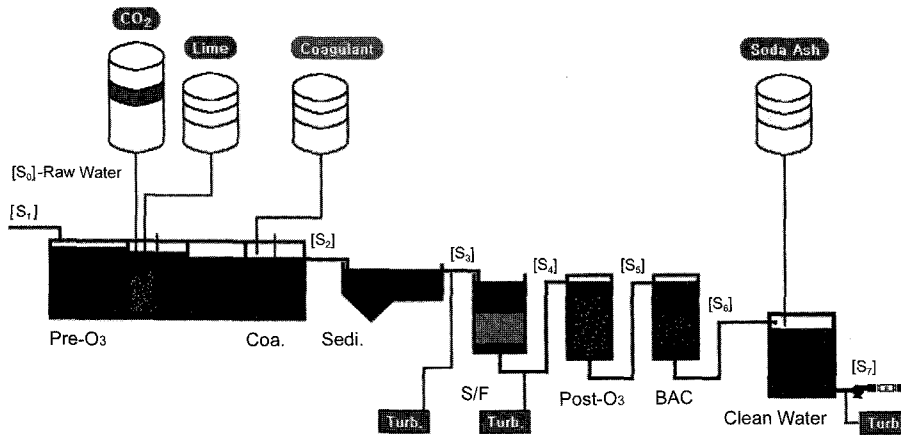


Fig. 1. Pilot plant of advanced water treatment.

다.⁸⁾ 이중 CCPP 지수를 이용할 경우 정수장내의 정수처리 과정에서 소석회(Ca(OH)₂), 소다회(Na₂CO₃), 탄산가스(CO₂) 등을 정량적으로 주입하여 CCPP 조건을 유지함으로써 수질의 부식성을 감소시킬 수 있다. 이렇게 조절된 최종정수는 관망으로 유입되어 포화도 이상으로 생성된 탄산칼슘(CaCO₃)의 확산에 의해 관 내벽에 얇은 피막을 형성하게 되고, 이 피막은 물과의 접촉을 차단시켜 관의 부식을 억제하게 된다.¹ ^{1~16)} 이와 같이 수질조절에 의한 부식방지법은 원수의 경도 및 알칼리도 성분이 낮은 나라에서 많이 사용되는 방법이며, 타 방법에 비해 가장 경제적인 방법이라 할 수 있다.

P시 상수 원수로 쓰이는 N강의 지표수는 계절에 따른 수질변화가 큰 특성을 지니고 있다. 겨울철의 경우 칼슘경도와 알칼리도, pH가 적정 CCPP 조건을 만족할 만큼 비교적 높지만, 최적 응집조건을 유지하기 위해 pH를 낮춰야 하고, 겨울철의 경우 우기에 의한 영향으로 칼슘경도, 알칼리도, pH가 낮아 정수처리시 Ca(OH)₂를 주입하여 칼슘경도를 조절하고, 또한 Na₂CO₃ 및 CO₂를 주입하여 알칼리도와 pH를 높여야 한다.

내부부식방지를 위한 부식성 수질조절의 경우 Ca(OH)₂만을 주입하여 pH를 상승시키거나 Ca(OH)₂와 CO₂로 조절된 물을 이용한 순환식 모의관로에 관한 연구^{15,16)} 등은 국내에서 진행되었으나 정수처리 과정 중에 Ca(OH)₂, Na₂CO₃, CO₂를 주입하여 부식성 수질을 조절하고 이로 인해 다른 정수공정에 미치는 영향을 고찰한 연구는 전무한 상태이다. 이에 본 연구에서는 부식성 수질개선에 의한 상수도 관망의 내부부식방지를 위한 목적으로 부식성 수질조절을 정수처리공정 내에 적용하였을 때 각 공정별로 나타나는 수질변화와 최종정수의 부식성 변화를 분석하였고, 약품사용에 따른 공정별 영향을 검토하였다.

2. 실험장치 및 실험방법

본 연구를 수행하기 위해 먼저 Ca(OH)₂ 주입시 CO₂ 접촉에 따른 탁도와 알칼리도, pH에 미치는 영향과 CO₂ 접촉시 최적응집을 위한 pH 결정 등을 실험실 규모로 수행

하였고, 이후 pilot plant 규모의 정수처리공정에 적용하여 수질변화를 고찰하였다.

2.1. CO₂ 주입에 의한 Ca(OH)₂의 용해도 변화

Ca(OH)₂ 주입시 CO₂의 접촉유무에 따른 수질변화를 분석하기 위해 수돗물 1 L에 Ca(OH)₂ 30 mg/L를 주입하고, CO₂를 주입한 경우와 그렇지 않은 경우의 수질변화를 분석하였다. 대상 수돗물의 수질은 pH 7.51, 알칼리도 40 mg/L as CaCO₃, 탁도 0.145 NTU였다.

2.2. CO₂ 주입에 의한 최적응집 pH 결정

응집공정 이전 단계에 Ca(OH)₂ 주입시 CO₂ 주입에 의한 응집조건 최적 pH를 결정하기 위해 낙동강 원수 1 L에 Ca(OH)₂ 14.8 mg/L를 주입하고 CO₂ 주입량을 달리하여 pH를 8.5~9.5 범위로 조절하였고, 응집제(PSO-M) 30~60 mg/L 범위에서 Jar Test를 실시하였다. 운전조건은 급속교반(200 rpm) 2분, 완속교반(60 rpm) 15분 이후 20분간 정지시켜 상등수의 수질을 분석하였다.

2.3. 부식성 수질조절에 따른 정수공정별 수질변화

본 연구에서 사용된 pilot plant는 맥동식 침전조로 운전되고 있는 고도정수시설로서 운전유량(Q_{ave})이 하루 80 m³이다. Fig. 1에서 볼 수 있듯이 CO₂와 Ca(OH)₂는 응집공정 이전에, Na₂CO₃는 최종정수지에 주입되었으며 수질변화를 관찰하기 위하여 원수(S₀), 전오존(S₁), 응집조(S₂), 침전(S₃), 사여과(S₄), 후오존(S₅), BAC(S₆), 정수지(S₇)에서 정기적으로 채수하였다.

최종정수의 CCPP 지수를 조절하기 위해 칼슘경도는 Ca(OH)₂를 사용하여 조절하였으며, 탁도 유발문제를 고려하여 응집공정 이전에 주입하였고, 알칼리도와 pH는 최종정수지에서 Na₂CO₃를 사용하여 조절하였다.

최종정수의 목표수질은 pH 8.0~8.3, 알칼리도 및 칼슘경도 60 mg/L as CaCO₃ 정도가 유지되도록 약품량을 조절하였다. 이때 사용된 CO₂는 공업용 액화탄산가스(99.9%)를 이용하여 유량계로 일정하게 조절하였으며, Ca(OH)₂와 Na₂CO₃는 각각

1~5%, 6~8% 수용액으로 제조하여 침전이 일어나지 않도록 교반하면서 미량정량펌프로 주입하였다. 약품주입량은 원수성상에 따라 Deffeyes Diagram을 이용하여 산정하였다.¹⁷⁾ 연구기간은 2002년 12월부터 2003년 11월까지 약 1년간 운전되었으며, 각 정수공정의 pH, 수온, 알칼리도, 칼슘경도, 총용존고형물(Total Dissolved Solid, TDS) 등의 수질변화를 주 2회 측정하였다. pH와 수온은 휴대용 pH meter (ORION model 240A⁺), TDS는 TDS meter(ORION model 32)로 측정하였고, 알칼리도와 칼슘경도는 Standard methods¹⁸⁾에 준하여 분석하였다. 탁도와 DOC는 Turbidity meter (HACH)와 SHIMADZU TOC 5000을 이용하여 각각 분석하였고, 물의 부식성은 CCPP 지수를 사용하여 평가하였다.

3. 실험결과

3.1. Ca(OH)₂ 주입시 CO₂ 접촉유무에 따른 수질특성

용해도가 낮은 Ca(OH)₂를 수중에 주입시 CO₂의 접촉유무에 따른 수질변화를 분석하였다. Ca(OH)₂만을 주입한 경우와 Ca(OH)₂ 주입시 CO₂를 함께 주입한 경우의 탁도변화를 Fig. 2에 나타내었다. Ca(OH)₂만을 주입한 경우 초기 탁도가 16.5 NTU에서 접촉 30분, 60분 이후 각각 31.7, 33.9 NTU로 시간이 경과할수록 점점 증가하였고, 반면 CO₂와 함께 주입한 경우 초기 탁도 7.9NTU가 접촉 60분까지 지속되어 Ca(OH)₂ 단독 사용시 보다 52.1%에서 76.7%의 탁도 차이가 있었다. Table 1에 나타낸 알칼리도와 pH 변화에서도 마찬가지로 Ca(OH)₂만을 주입한 경우 초기 알칼리도 80 mg/L as CaCO₃가 접촉 60분 이후에는 48 mg/L as CaCO₃까지 감소하여 대부분이 CO₃²⁻였고, pH는 약 10 정도로 유지되었다. 반면 CO₂와 함께 주입한 경우는 초기 알칼리도 82 mg/L as CaCO₃가 접촉시간 60분까지 지속되어 대부분이 HCO₃⁻였으며, pH는 약 8.5 정도 유지되었다. 용해도가 낮은 Ca(OH)₂를 단독으로 사용하기 보다는 CO₂와 함께 주입하면 약품의 용해도를 증가시켜 탁도 저감은 물론 주입농도 대비 원하는 농도를 얻을 수 있었다.

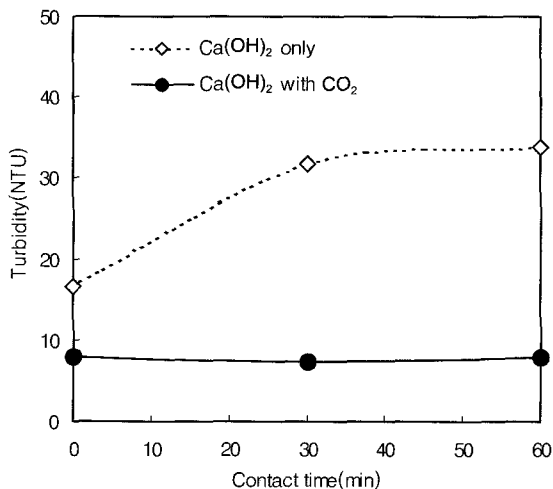


Fig. 2. Turbidity variation for CO₂ addition.

Table 1. Water quality variation for CO₂ addition

Contact Time(min)	Ca(OH) ₂ only				Ca(OH) ₂ with CO ₂			
	Alkalinity	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	pH	Alkalinity	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	pH
0	80	24	56	10.35	82	78	4	8.51
30	58	2	56	10.18	80	76	4	8.61
60	48	0	48	10.04	80	76	4	8.63

낙동강 원수에 Ca(OH)₂와 CO₂를 주입하여 pH를 달리한 합성수의 Jar Test 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 응집제농도 30~60 mg/L 범위에서 평균 탁도는 pH 8.48로 조절되었을 때 0.63 NTU으로 가장 낮았으며, pH 8.94로 조절된 경우 1.30 NTU, pH 9.47로 조절된 경우 4.70 NTU, pH 7.06(약품이 주입되지 않은 원수)의 경우는 1.91 NTU였다. 따라서 pH 8.48로 조절된 경우 pH 7.06으로 조절된 경우와 비교하여 66.9%의 탁도 저감효과가 있었다. 따라서 CO₂ 주입에 의해 최적 pH를 조절함으로써 응집효과가 개선되었다.

3.2. 정수공정내 단위공정별 수질변화

Fig. 4는 연구기간동안 N강 원수의 pH, 알칼리도, 칼슘변화를 나타낸 것으로 계절에 따른 변동을 잘 알 수 있다. 추·동절기('02.12~'03.4, '03.10~11)는 pH, 알칼리도, 칼슘경도가 매우 높게 유지되는 계절로 pH 6.87~9.58(평균 8.27), 알칼리도 26.7~66.0 mg CaCO₃/L(평균 56.7), 칼슘경도 31.8~76.1 mg CaCO₃/L(평균 61.1)를 나타내었으며, 춘·하절기는 잦은 강우로 수질의 변화가 심하고 대체로 낮아져 pH 6.75~7.58(평균 7.27), 알칼리도 25.8~48.0 mg/L as CaCO₃(평균 35.7), 칼슘 26.2~46.7 mg/L as CaCO₃(평균 37.2)로서 부식성 수질을 나타내었다. 그 외 수질은 Table 2에 나타내었다.

연구기간 동안 부식성 수질을 저감하기 위해 원수수질의 변화에 따라 주입된 약품농도는 Ca(OH)₂ 0~12.7 mg/L(평균 9.0), CO₂ 0~17.2 mg/L(평균 3.9), Na₂CO₃ 11.8~41.6 mg/L(평균 27.7)의 범위를 나타내었다.

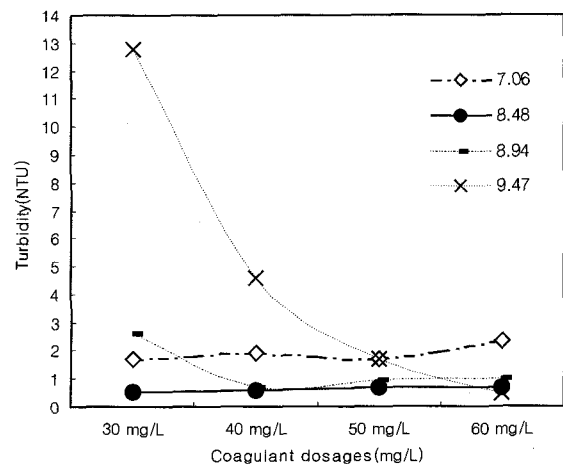


Fig. 3. Determining optimum pH prior to coagulation basin.

Table 2. Water quality variation of unit operations

	Raw(S ₀) (ave)	PreO ₃ (S ₁) (ave)	Coa.(S ₂) (ave)	Sedi.(S ₃) (ave)	S/F(S ₄) (ave)	PostO ₃ (S ₅) (ave)	BAC(S ₆) (ave)	Clean(S ₇) (ave)
Temp.(°C)	1.6~27.5	1.8~27.4	1.3~27.4	1.2~27.3	1.5~27.2	1.9~27.3	2.1~27.4	1.8~27.8
pH	6.72~9.78 (7.86)	6.75~9.58 (7.91)	5.57~8.82 (6.84)	5.45~8.50 (6.75)	5.61~8.65 (6.84)	5.85~8.56 (7.01)	5.80~7.79 (6.83)	7.21~9.34 (8.39)
Alkalinity (mg CaCO ₃ /L)	26.4~65.0 (47.5)	25.8~66.0 (49.2)	16.0~67.0 (41.5)	9.8~63.0 (39.0)	9.6~65.8 (39.2)	10.9~65.0 (38.5)	14.3~61.0 (37.6)	39.8~82.5 (61.4)
Calcium (mg CaCO ₃ /L)	24.8~75.9 (50.2)	26.2~76.1 (52.6)	30.4~94.9 (63.3)	31.6~107.1 (62.4)	30.8~90.3 (61.2)	31.2~95.7 (61.2)	32.8~90.9 (60.1)	33.6~92.9 (59.4)
Turbidity (NTU)	-	-	-	0.364~3.210 (1.484)	0.023~0.805 (0.128)	-	0.024~0.311 (0.041)	-
TDS (mg/L)	55~200 (118)	46~210 (131)	58~220 (144)	67~220 (144)	61~220 (144)	64~220 (145)	66~220 (144)	90~240 (164)
Cl- (mg/L)	3.2~44.2 (19.4)	-	-	-	-	-	-	4.1~43.2 (20.2)
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	8.8~74.6 (35.4)	-	-	-	-	-	-	14~96.9 (55.8)
CCPP (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-116.5~-4.1 (-29.0)	-12.2~-9.8 (0.5)

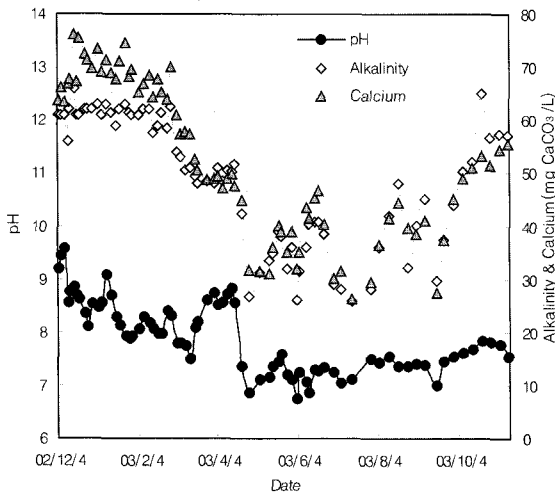


Fig. 4. pH, alkalinity and calcium variation of raw water.

Fig. 5는 부식성 수질조절에 따른 각 공정별 pH 변화를 나타낸 것으로 전오존수의 pH가 6.75~9.58 범위(평균 7.91)인 것이 Ca(OH)₂ 및 CO₂ 주입이후 응집공정을 거치면서 5.57~8.82 범위(평균 6.84)로 감소가 있었고, 그 이후 공정에서는 침전 5.45~8.50(평균 6.75), 여과 5.61~8.65(평균 6.84), 후오존 5.85~8.56(평균 7.01), BAC 5.80~7.79 범위(평균 6.83)로서 큰 차이 없이 비슷한 pH 거동을 보여 주었다. BAC 공정이후 pH를 목표수질로 조절하기 위해 Na₂CO₃를 주입한 결과 정수지의 pH는 7.21~9.34 범위(평균 8.39)로 조절되었다.

Fig. 6은 각 공정별 알칼리도의 변화를 나타낸 것이다. 전오존수의 알칼리도는 25.8~66.0 mg/L as CaCO₃ 범위(평균 49.2 mg/L as CaCO₃)에서 Ca(OH)₂와 CO₂ 주입이후 응집공정을 거치면서 16.0~67.0 mg/L as CaCO₃ 범위(평균 41.5 mg/L as CaCO₃)로 평균 7.7 mg/L as CaCO₃가 소

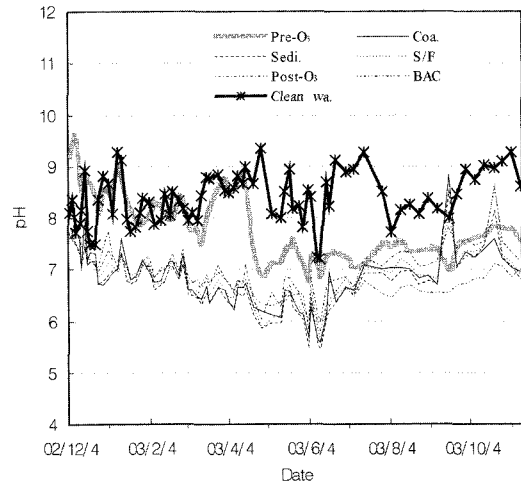


Fig. 5. pH variation at unit operations.

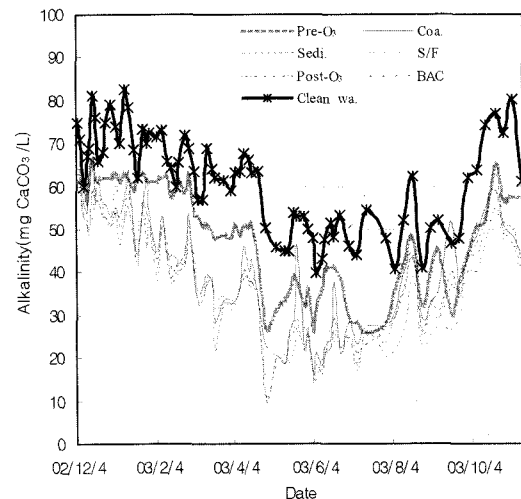


Fig. 6. Alkalinity variation at unit operations.

모되었고, 침전 9.8~63.0 mg/L as CaCO₃(평균 39.0 mg/L as CaCO₃), 여과 9.6~65.8 mg/L as CaCO₃(평균 39.2 mg/L as CaCO₃), 후오존 10.9~65.0 mg/L as CaCO₃(평균 38.5 mg/L as CaCO₃), BAC 14.3~61.0 mg/L as CaCO₃ 범위(평균 37.6 mg/L as CaCO₃)로서 침전공정 이후 약간의 감소는 있으나 큰 차이 없이 일정한 거동을 보였다. BAC 공정 이후 Na₂CO₃ 주입에 의해 정수지의 알칼리도는 39.8~82.5 mg/L as CaCO₃ 범위로 평균 61.4 mg/L as CaCO₃를 나타내어 BAC 공정에 비해 23.8 mg/L as CaCO₃ 정도 상승되었다.

Ca(OH)₂ 주입이후 칼슘경도의 각 공정별 변화를 Fig. 7에 나타내었다. 전오존수의 칼슘경도는 26.2~76.1 mg/L as CaCO₃ 범위로서 평균 52.6 mg/L as CaCO₃였고, Ca(OH)₂ 주입이후 응집공정에서 30.4~94.9 mg/L as CaCO₃로 평균 63.3 mg/L as CaCO₃를 나타내어 10.7 mg/L as CaCO₃ 정도가 상승되었다. 이후 공정에서는 침전 31.6~107.1 mg/L as CaCO₃(평균 62.4 mg/L as CaCO₃), 여과 30.8~90.3 mg/L as CaCO₃(평균 61.2 mg/L as CaCO₃), 후오존 31.2~95.7 mg/L as CaCO₃(평균 61.2 mg/L as CaCO₃), BAC 32.8~90.9 mg/L as CaCO₃(평균 60.1 mg/L as CaCO₃), 정수지 33.6~92.9 mg/L as CaCO₃(평균 59.4 mg/L as CaCO₃) 범위로 비슷한 거동을 보였으며, 응집이후 최종정수지까지 일정농도를 유지하였다.

부식성 수질조절에 따른 BAC 및 최종정수지의 CCPP 지수 변화를 Fig. 8에 나타내었다. 칼슘경도 조절 이후 BAC 처리수의 CCPP는 -116.5~-4.1 mg/L, 평균 -29.0 mg/L였고, Na₂CO₃ 주입에 의해 최종 pH와 알칼리도가 조절된 최종정수지에서는 -12.2~9.8 mg/L 범위, 평균 0.5 mg/L를 보여 부식성 수질이 개선된 것을 알 수 있다. 또한 내부부식방지를 위한 CCPP ≥ 0 조건을 만족함으로 수도관내 CaCO₃ 피막형성을 통하여 부식이 저감될 것으로 기대된다.

Ca(OH)₂와 Na₂CO₃ 약품주입에 의해 단위공정에 미치는 영향을 조사하였다. Fig. 9는 약품주입 이후 후속공정인 침

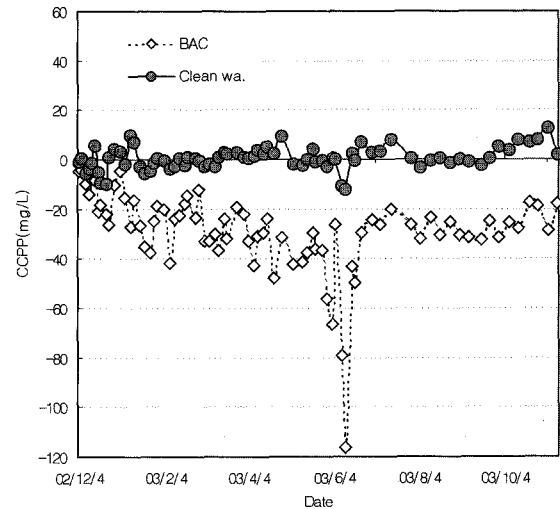


Fig. 8. CCPP variation of BAC and Clean water.

전과 여과공정, 최종정수지에서의 탁도변화이다. 침전공정의 경우 0.364~3.210 NTU(평균 1.484 NTU), 여과공정 0.023~0.805 NTU(평균 0.128 NTU), 최종정수지 0.024~0.311 NTU(평균 0.041 NTU)로서 매우 안정적인 범위를 나타내었고, 여과공정 및 최종정수지의 평균 탁도는 0.5 NTU 이하로 유지되었다. 따라서 Ca(OH)₂와 Na₂CO₃ 주입이 탁도 증가에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 나타났다.

Ca(OH)₂ 약품을 정수공정에 주입함에 따라 칼슘계 침전물에 의한 활성탄의 흡착능에 미치는 영향을 조사하였다. Fig. 10은 BAC의 용존유기탄소(Dissolved Organic Carbon, DOC) 제거율을 나타내고 있다. 정수공정에 Ca(OH)₂ 약품을 주입하기 이전의 약 3개월간 평균 제거율은 51.3%(약 2년간 운전된 활성탄)였고, 정수공정에 주입 이후 약 1년간의 제거율은 평균 45.1%였다. 주입 이전과 이후의 제거율 차이는 약 6%로서 이는 운전기간의 경과에 의한 흡착능의 저하에 기인한 것으로 Ca(OH)₂ 주입으로 인해 활성탄의 흡착능에 미친 영향은 미미한 것으로 판단된다.

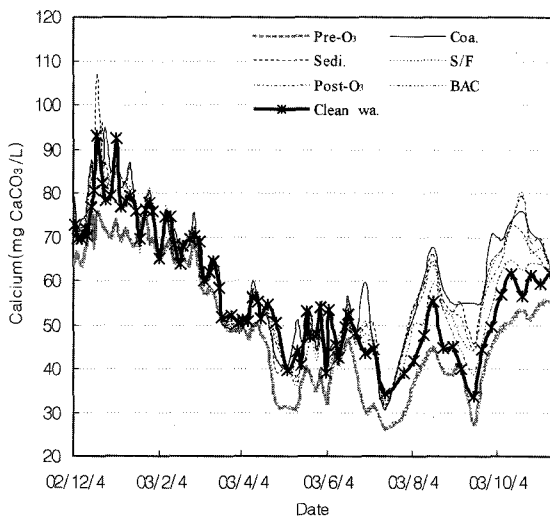


Fig. 7. Calcium variation at unit operations.

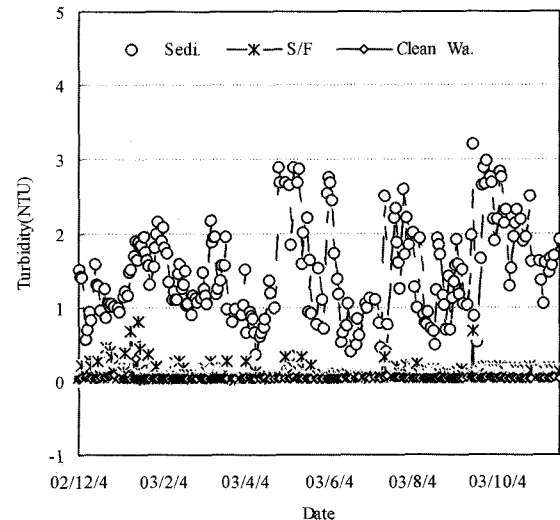


Fig. 9. Turbidity variation at Sedi., S/F and Clean water.

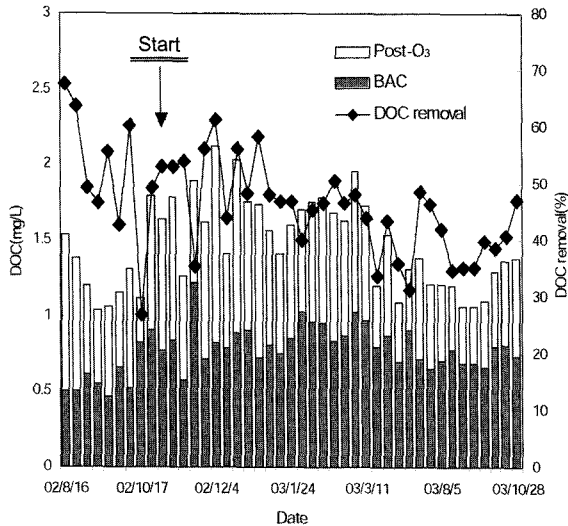


Fig. 10. Variation of DOC removal efficiency at BAC.

4. 결론

1) 용해도가 낮은 Ca(OH)₂ 약품 주입시 CO₂를 함께 주입한 결과 Ca(OH)₂의 용해가 증가됨으로서 탁도가 저감되었고, 응집전 pH를 최적으로 조절함으로써 응집효과를 개선할 수 있었다.

2) 유입되는 원수수질이 계절별로 변동이 심하고, 특히 춘·하절기에는 pH, 알칼리도, 칼슘경도가 낮아 부식성이 강하게 나타나 부식방지를 위한 수질조절이 필요하였다.

3) 정수공정에 CO₂와 Ca(OH)₂를 주입하였을 때 각 공정별 pH와 알칼리도 변화는 응집공정에서 감소가 있는 후 침전, 여과, 후오존, BAC 공정까지는 거의 일정하게 유지되었고, 최종정수지에서 Na₂CO₃ 주입으로 최종수질은 약 pH 8.3, 알칼리도 60 mg/L as CaCO₃를 유지하였다. 응집 공정 이전에 CO₂와 Ca(OH)₂를 주입하였을 때 각 공정별 칼슘경도 변화는 응집공정에서 증가한 이후 침전, 여과, 후오존, BAC 등의 후속공정 동안 거의 일정하게 유지되어 응집공정 이전에서 추가해도 정수공정 중 큰 감소 없이 목표수질을 유지할 수 있었다.

4) BAC 처리수에서 CCPP 범위가 -116.5~ -4.1 mg/L인 것을 pH와 알칼리도를 상승시켜 CCPP가 -12.2~9.8 mg/L 범위로 상승되어 수질의 부식성이 감소되었고, CaCO₃ 피막형성에 의한 수도관내의 부식이 완화될 것으로 기대된다.

5) 응집공정 이전에 CO₂와 Ca(OH)₂를 주입하였을 때 침전, 여과, 정수에서 평균 탁도는 각각 1.484 NTU, 0.128 NTU, 0.041 NTU로 매우 양호하게 유지되어 Ca(OH)₂ 사용이 탁도 발생에 미치는 영향은 거의 없었다.

6) BAC 공정 DOC 제거율 변화로 살펴본 결과 약품주입 이전의 제거율은 평균 51.3%, 약품주입 이후 평균 제거율은 45.1%로 1년 정도의 운전기간 동안 6.16% 감소되어 CaCO₃ 등에 의한 활성탄 흡착능에 미치는 영향이 미미하였다.

사 사

본 연구는 환경부에서 시행한 차세대핵심환경기술 개발사업의 지원에 의해 이루어졌으며 이에 감사의 뜻을 표합니다.

참고문헌

- Sander, A., Berghult, B., Elfström, B. A., Lind, J. E., and Hedberg, T., "Iron corrosion in drinking water distribution systems-The effect of pH, calcium and hydrogen carbonate," *Corros. Sci.*, **38**(3), 443~455(1996).
- Sander, A., Berghult, B., Ahlberg, E., Elfström, B. A., Lind, J. E. and Hedberg, T., "Iron corrosion in drinking water distribution systems-Surface complexation aspects," *Corros. Sci.*, **39**(1), 77~93(1997).
- Sathasivan, A., Ohgaki, S., Yamamoto, K., and Kamiko, K., "Role of inorganic phosphorus in controlling re-growth in water distribution system," *Water Sci. Technol.*, **35**(8), 37~44(1997).
- Lewandowski, Z., Dickinson, W., and Lee, W., "Electrochemical interactions of biofilms with metal surfaces," *Water Sci. Technol.*, **36**(1), 295~302(1997).
- Elfström, B. A., Berghult, B., and Hedberg, T., "Drinking water distribution -improvements of the surface complexation model for iron corrosion," *Water Sci. Technol., Water Supply*, **1**(3), 11~18(2001).
- Critchley, M. M., Cromar, N. J., McClure, N., and Fallowfield, H. J., "The effect of distribution system bio-film bacteria on copper concentrations in drinking water," *Water Sci. Technol., Water Supply*, **2**(1), 319~324(2002).
- Schock, M. R., "Internal corrosion and deposition control in water quality and treatment," *J. AWWA*, **82**(11), 997~111(1990).
- AWWARF, "Internal corrosion of water distribution system," AWWARF-DVGW-TZW cooperative research report, Denver, CO, 586(1996).
- Rooklidge, S. J. and Ketchum, Jr. L. H., "Corrosion control enhancement from a dolomite-amended slow sand filter," *Water Res.*, **36**, 2689~2694(2002).
- Volk, C., Dundore, E., Schiermann, J., and Lechevallier, M., "Practical evaluation of iron corrosion control in a drinking water distribution system," *Water Res.*, **34**(6), 1967~1974(2000).
- Langelier, W. F., "The analytical control of anticorrosion water treatment," *J. AWWA*, **28**(10), 1500~1521(1936).
- Merrill, D. T. and Sanks, R. L., "Corrosion control by deposition of CaCO₃ films," *J. AWWA*, **69**(11), 592; **69**(12), 634; **70**(1), 12(1977-8).

13. Merrill, D. T., Lane, R. W., Pisigan, R. A., Richards, G. G., Rossum, J. R., Scanlan, L. P., Singley, J. E., and Whitney, G. R., "Suggested methods for calculating and interpreting calcium carbonate saturation indexes," *J. AWWA*, 71~77(1990).
14. AWWA, Internal corrosion of water distribution systems, 2nd ed., 398~421(1996).
15. 이재인, "상수도 관망에서 부식성 인자조절에 따른 부식속도 및 생성물의 고찰," 부산대학교 석사논문(1999).
16. 임진경, "CCPP조절에 의한 수도관의 부식제어," 부산대학교 석사논문(1999).
17. Deffeyes, K. S., "Carbonate Equilibria : A Graphic and Algebraic Approach," *Limnol. Oceanogr.*, **10**, 412(1965).
18. APHA, AWWA and WPCF, Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th ed., Washington, D.C., USA(1998).