

정수의 pH 및 알칼리도 동시 조절이 상수도관의
내부부식 제어 및 수질에 미치는 영향

이현동 · 정해룡 · 광필재 · 정원식

한국건설기술연구원 수자원환경연구부

(1999년 9월 6일 접수, 2000년 1월 14일 채택)

The Effects of pH and Alkalinity
Adjustment on Internal Corrosion Control and
Water Quality in Drinking Water Pipelines

Hyun-Dong Lee · Hae-Ryong Jung · Phill-Jae Kwak · Won-Sik Chung

Water Resources & Environmental Engineering Division, Korea Institute of Construction Technology

ABSTRACT

This research was carried out to evaluate effect of metallic release and change of water corrosive indices by the pH and alkalinity adjustment using the SDLS (Simulated Distribution Loop System) which consist of six types of pipe loop with DCIP, PVC, PE, STS304, CP, GSP, respectively, and its effects on water quality changes which were microbes quality(SPC), residual chlorine, THMs and other parameters. And it was to propose optimal criteria of water quality control for the field application.

According to the results, water control system by pH and alkalinity adjustment showed the changing of corrosive water and reducing of metallic release rate and it was not affects of THMs formation, microbes regrowth and variation of other parameters. Water quality stability and corrosion control were due to calcium carbonate precipitation film formation of pipe inner by water quality control.

Therefore, corrosive water control system by pH and alkalinity adjustment can be attributed to effective water quality management in water distribution system according to water quality stability of pH and TIC(Total Inorganic Carbonate concentration) that affect the precipitation and dissolution of solids.

Key Words : Corrosion Control, Corrosive Water, pH and Alkalinity Adjustments,
Water Quality Changes, Calcium Carbonate Precipitation Film

요 약 문

본 연구는 6개 관중으로 구성된 모의순환관로시스템에서 정수의 부식성을 조절하여 관로내의 부식을 저감시킬 목적으로 pH 및 알칼리도 조절 수질제어시스템을 운전하여 관로의 금속용출 저감 및 부식성 지수의 변화를 파악하고, 수질제어에 따른 다른 수질인자들 즉, 미생물, 잔류염 소농도, 그리고 소독부산물(THMs) 및 이온류 등의 농도 변화를 평가하고자 하였다. 실험결과, pH 및 알칼리도 조절을 통한 수질제어시스템은 부식성 지수의 변화와 함께 금속의 용출율이 감소하였으며, 소독부산물(THMs)의 형성 및 미생물의 재성장에도 별다른 영향을 미치지 않는 것으로 나타나 수질제어에 따라 관 표면에 형성된 탄산칼슘 피막은 부식저감과 함께 관로내 수질의 안정화를 가져오는 것으로 판단된다. 따라서 pH 및 알칼리도 동시 조절을 통한 부식성 수질제어시스템은 고형물의 침전 및 용출에 가장 큰 영향을 미치는 pH 및 TIC 등 수질인자들을 안정화시켜 전체적인 수도물의 수질관리에 매우 효과적인 것으로 사료된다.

주제어 : 부식제어, 부식성 수질, pH 및 알칼리도 조절, 수질변화, 탄산칼슘 피막

1. 서 론

정수장에서 처리된 양질의 수도물은 정수지로부터 가정수도전에 이르는 동안 배수관망내에서 계속적으로 생물학적(미생물, 질산화 등), 심미적(맛과 냄새, 색도, 탁도) 그리고 물리화학적(유기물, 납, THM 등) 수질변화가 일어나며, 이러한 수질변화는 악화되는 방향으로 진행되는데 주요인은 관내벽과 수질자체의 변화이며, 여러 가지 원인이 복합적으로 작용하고 있다.^{1,2)} 특히 수도물에 대한 소비자의 요구가 양에서 질로 변화함에 따라 수질악화의 원인 및 제어에 대한 관심이 증가하고 있으며, 소비자의 불만과 민원을 야기하는 수질악화의 주된 원인은 상수도관로의 내부부식이라고 알려져 있다.^{3,4)} 상수도관로부식의 원인은 수질, 온도, 수리학적 영향 등 여러 가지가 있으며, 부식생성물의 축적은 펌핑비용 증가에 따른 경제적 비용 증가와 함께 세균, 효모 등 미생물의 보호막을 제공하게 되어 미생물의 재생장에 기인하여 맛, 냄새, 슬라임 등의 수질문제를 일으킬 수 있으며, 이런 미생물들은 또한 부식 자체를 촉진시키기도 한다.⁵⁾ 따라서 상수도관로의 내부부식을 제어하는 것은 수도물의 양과 질을 동시에 만족시키기 위한 가장 중요한 문제 중의 하나임에 틀림 없다.

상수도관로의 내부부식을 제어하는 방법으로는

pH 조절에 따른 수질제어 방법, 부식억제제 투입 방법, 전기화학적 방법 그리고 관내면 라이닝 등의 개생 방법 등이 있으며,⁶⁾ 선진외국에 비해 질적 측면의 관심이 부족했던 국내의 경우 내부부식 제어를 위한 현황조사나 연구는 거의 없는 실정이다. 최근 들어 배수시스템 내의 금속용출이나 수질변화에 대한 현황조사에 관한 보고가 있으나 체계적이고 종합적인 내부부식 제어를 위한 연구는 초보적인 단계에 있다.⁷⁾ 이 등은 현장조사를 통하여 국내 정수수질 특성이 매우 높은 부식성을 보이고 있으며, 수도물의 2차오염에 가장 중요한 요인임을 제시한 바 있으며,⁸⁾ 미국에서도 부식성이 높은 수도물을 공급받는 도시에서의 심장혈관 질환에 의한 사망율이 부식성 없는 안정한 수도물을 공급받는 도시보다 16% 더 높게 나타난 것으로 보고되고 있다.⁹⁾

이와 같이 수도물의 안전성을 위협하는 것은 물론 경제적인 손실이 높은 내부부식을 제어하기 위한 가장 효과적 방법은 부식억제제를 사용하는 방법과 pH를 조절하는 방법이다.⁶⁾ 그러나 우리나라와 같이 원수 및 정수 수질의 부식성이 높은 시스템에서는 pH 및 알칼리도를 동시에 조절하는 수질 안정화 방법을 이용한다면 pH 및 총 무기탄산농도(Total Inorganic Carbonate Concentration) 등 수질의 안정성을 가져와 내부부식 제어는 물론 전체적인 수질의 안정성을 도모할 수 있다.¹⁰⁾ 또한 pH 및 알칼

리도 동시 조절방법은 기존 정수장에 적용하기 쉽고 우리나라 배수관의 80% 이상을 점하고 있는 시멘트 모르터 라이닝 닥타일주철관의 보호에도 효과적이다.¹¹⁾

그러므로 본 연구에서는 파일럿 규모의 모의순환관로시스템(SDLS)을 이용하여 pH 및 알칼리도 동시 조절 수질제어를 통한 금속용출 저감, 부식성 지수의 변화 특성 및 수질제어에 따른 다른 수질인자들 즉, 미생물, 잔류염소농도 그리고 소독부산물(THMs)의 농도 변화를 평가하고, 현장에 적용할 수 있는 최적 수질제어기준을 설정하고자 하였다.

2. 실험방법

2.1. 재료 및 장치

본 연구에 사용된 실험장치는 서울시 Y정수사업소내에 설치되어 있는 pilot plant인 SDLS (Simulated Distribution Loop System)를 이용하여

실시하였으며, 시스템의 구성은 Table 1에 나타내었다. SDLS는 닥타일주철관, PVC, PE관종으로 이루어진 Frame I과 CP, STS304, GSP의 금속관종으로 이루어진 Frame II로 이루어져 있으며, 각 loop는 가동 및 정지 그리고 시간조절이 가능한 타이머(timer)가 부착된 순환펌프가 설치되어 있으며, 유량측정을 위한 유량계 1대, 온도 및 잔류염소농도 조절을 위한 수질제어반응조 1조, 체류시간 조절 및 시료채취를 위한 유량조절기가 부착된 수도꼭지 1개, 내부공기를 배출시키기 위한 air vent 1개로 구성되어 있다.

또한 plant의 유입수는 Y정수사업소의 정수지에서 가정으로 송수되는 송수본관에서 분기되는 관에서 정수를 유입시켜 이용하였으며, 유입수의 계절별 수질특성은 Table 2와 같고, 실험 기간 동안 수질은 봄철의 유입수 특성에서 실험하였다.

2.2. 실험방법

본 실험은 pH 및 알칼리도를 동시 조절하여 정수

Table 1. Loop status of SDLS

Contents*	Diameter (mm)	Length (m)	Flow vel. (m/sec)	Flow rate (m ³ /min)	Loop No.	Pump cap. (L/hr)	Water meter (m ³ /hr)	Control Reactor (L×W×H)
DCIP, PVC, PE	80	15	1.12	0.34	3	19,000	4~120	40×50×80
CP, GSP, STS304	50	13.6	2.12	0.25	3	16,000	2~50	30×40×70

Reservoir : Influent water tank → FRP 0.6m³ × 2EA, Mixing reactor : Acryl 0.064m³ × 1EA, chemical injection pump

* 1) DCIP: Cement mortar lined ductile cast iron pipe

2) PVC: Polyvinyl chloride pipe

3) PE: Polyethylene pipe

4) CP: Copper pipe

5) GSP: Galvanized steel pipe

6) STS304: Stainless steel pipe(304)

Table 2. Characteristics of influent water quality

Season	Temp. (°C)	pH	Cond. (µs/cm)	Alk. (mg/L)	Hardness (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	Fe (mg/L)	TOC (mg/L)	Consumed KMnO ₄ (mg/L)
Winter	2.5	6.8	198	38	66	16.2	21.3	0.06	1.82	2.98
Spring	16.8	7.1	165	34	61	15.7	18.2	0.028	1.45	-
Summer	25.4	6.9	124.3	36	58	12.7	16.8	0.026	1.38	-

의 부식성을 제어하는 것으로 pH 및 알칼리도의 조절은 소석회($\text{Ca}(\text{OH})_2$)와 이산화탄소 가스(CO_2)를 이용하여 혼합반응조(Mixing Reactor)에 동시에 주입하였다. 정수의 부식성 조절을 위한 수질제어기준은 pH와 부식성 지수를 이용하였으며, 실험은 수질을 제어하지 않은 경우(Non-control), 수질제어-I(WQC-I), 수질제어-II(WQC-II), 수질제어-III(WQC-III)의 운전조건으로 연속적으로 실험하였으며, 수질제어시 운전조건은 Table 3에 나타내었다.

각 loop내의 체류시간은 잔류염소농도를 균일하게 유지하기 위해 2시간으로 유지하였으며, loop내의 유속은 약 0.3m/sec로 조절하였다. 그리고 loop내에 설치되어 있는 순환펌프의 운전은 수온변화를 감안하여 30분 간격으로 운전 및 정지시켰으며, 운전기간 동안의 수온은 18~23°C를 유지하였다. 그리고 잔류염소농도의 조절은 수질제어반응조에서 실시하였다. 소독부산물의 평가는 유입농도와 각 운전조건에서의 THMs의 농도 변화를 비교하여 분석하였으며, 미생물의 평가는 일반세균(SPC), 총대장균군(TC), 손상대장균군(IC)에 대하여 WQC-I과 WQC-II의 조건에서는 자연적인 재성장애 따른 변화특성을 그리고 WQC-III의 조건에서는 인위적인 방법으로 고농도로 주입하여 농도 변화를 분석하였다.

분석항목은 잔류염소농도, 수온, pH, 미생물(SPC, TC, IC), THMs, 염소이온, 황산이온, 칼슘, 마그네슘, 경도 등이며, AWWA standard methods 및 먹는물시험방법에 준하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 부식성 지수의 변화 특성

정수의 부식성 조절의 기준으로 사용되는 부식성 지수는 LI(Langelier saturation index)로 이 값은 관내면의 탄산칼슘 침전가능성을 나타내는 것이며, 0 이상일 경우 탄산칼슘이 과포화되어 관내면에 내식성 탄산칼슘 피막이 형성되는 것이다. 그러나 우리나라의 수질특성과 같이 부식성이 약 -2.0 정도로 매우 높은 경우 탄산칼슘포화지수를 0 이상으로 유지하려면 약품이 과다하게 주입되고 이에 따라 탁도 문제가 야기되며, 동시에 잔류염소농도 유지가 어렵고 미생물 재성장과 같은 또 다른 수질문제를 유발할 우려가 매우 높다. 따라서 정수의 부식성을 조절하기 위해서는 LI와 함께 pH 및 알칼리도를 동시에 조절하여 pH 증가에 의한 급속용출의 용해도를 감소시키는 방법이 적절할 것이다.

pH 7.5 이상의 높은 pH에서도 배·급수관에서 부식발생으로 인한 민원이 발생하는데, 이는 높은 pH에서 국부부식이 발생하기 때문이다. 국부부식은 정수의 낮은 BI(Buffer intensity)와 부식에 영향을 미치는 염소이온 및 황산이온 등의 이온성 물질의 높은 농도에 기인한다. 따라서 중탄산이온에 대한 황산이온 및 염소이온의 비율을 나타내는 LR(Larson's ratio)를 동시에 제어하여야 한다.

그러므로 본 연구에서는 수질제어기준으로 LI, BI, LR을 동시에 고려하여 실험하였으며, 수질조건을 3단계로 조절한 실험결과 각 수질제어 조건에 따른 부식성 지수값의 변화를 Table 4에 나타내었다.

Table 3. Water quality conditions divided by control strategy

Conditions	Run time	pH	Alkalinity	Residual chlorine conc.	Microbes(SPC) added
Non-control	8 days	7.0	37 mg/L as CaCO_3	0.2~0.5 mg/L	-
WQC - I	10 days	7.5	60 mg/L as CaCO_3	0.2~0.5 mg/L	-
WQC - II	12 days	8.0	70 mg/L as CaCO_3	0.2~0.5 mg/L	-
WQC - III	10 days	7.7~7.8	68 mg/L as CaCO_3	0.2mg/L	3.8×10^6 CFU/mL (500mL dilution)
				0.4mg/L	2.3×10^6 CFU/mL (500mL dilution)

Table 4. Variations of corrosion indices by WQCs

Pipe loop	Corrosion indices								
	LI			LR			BI		
	WQC-I	WQC-II	WQC-III	WQC-I	WQC-II	WQC-III	WQC-I	WQC-II	WQC-III
DCIP	-0.83	-0.33	-0.49	0.96	0.87	0.90	0.36	0.41	0.37
PVC	-1.08	-0.24	-0.47	0.92	0.91	0.91	0.33	0.39	0.36
PE	-1.07	-0.22	-0.52	0.97	0.83	0.94	0.38	0.38	0.37
STS	-0.99	-0.21	-0.50	1.01	0.89	0.90	0.32	0.38	0.38
CP	-0.95	-0.21	-0.46	0.94	0.88	0.90	0.37	0.38	0.37
GSP	-0.93	-0.22	-0.52	0.96	0.87	0.89	0.38	0.38	0.38

수질을 제어하지 않았을 때 정수의 탄산칼슘포화 지수값은 -2.5 내외를 나타내었으나, pH 및 알칼리도를 동시에 조절한 WQC-I에서는 약 -1.0, WQC-II에서는 -0.25 내외, WQC-III에서는 약 -0.5로 나타나 LI 값은 WQC-II와 WQC-III에서 개선효과가 높게 나타났다. 따라서 pH는 7.5 이상으로 조절하는 것이 적절한 것으로 판단된다.

3.2. pH 및 알칼리도 동시 조절에 의한 금속 용출 특성

수질제어 기준으로 부식성 지수값을 고려한 pH 및 알칼리도를 설정하여 정수의 부식성을 조절한 실험결과, 각 수질조건에 따른 Fe, Zn, Cu의 금속용출 특성은 초기 수질을 제어하지 않은 상태보다 수질을 제어한 후부터는 전체적으로 용출농도가 급격히 줄어드는 것을 관찰할 수 있었다. 수질조건에 따른 Fe의 용출특성을 Fig. 1에 나타내었으며, 수질

을 제어하지 않았을 때에 비해 DCIP Ø80mm loop에서 WQC-I은 약 26%, WQC-II 38%, WQC-III 71%가 감소되었다. WQC-III에서는 WQC-II조건일 때에 비해 pH 및 부식성 지수값이 낮음에도 불구하고 용출량의 감소율이 증가하였으며, 안정적인 효과를 보이고 있다.

GSP Ø50mm loop에서 수질조건에 따른 Zn의 용출특성 변화를 Fig. 2에 나타내었으며, 용출량은 Non-control에 비해 각각 WQC-I 63%, WQC-II 93%, WQC-III 92% 감소효과가 나타나 다른 금속에 비해 아연의 용출량 감소효과가 가장 큰 것으로 나타났으며, Fe 용출특성과는 달리 WQC-II와 WQC-III의 용출량의 감소가 비슷한 경향을 나타내었다.

Fig. 3은 CP Ø50mm loop에서 수질조건에 따른 Cu의 용출특성 변화를 나타낸 것이며, 수질조건에 따른 용출량의 감소율은 각각 WQC-I 47%, WQC-II 52%, WQC-III 48%로 나타나, 수질제어 효과를

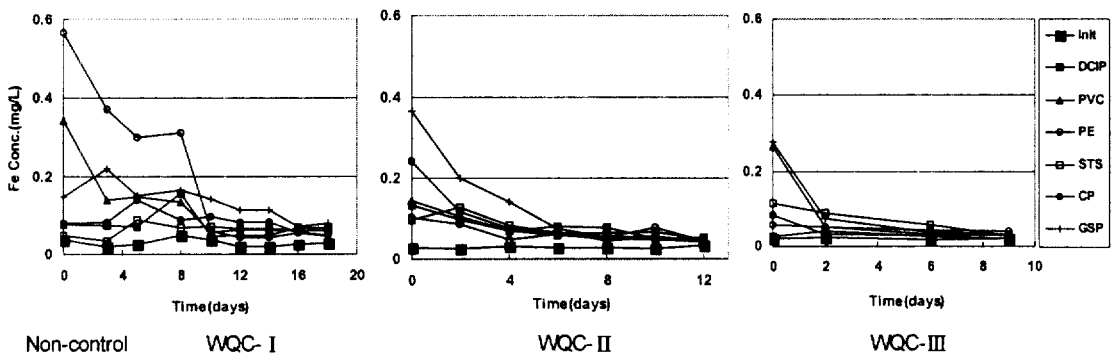


Fig. 1. Effects of the WQCs on Fe release.

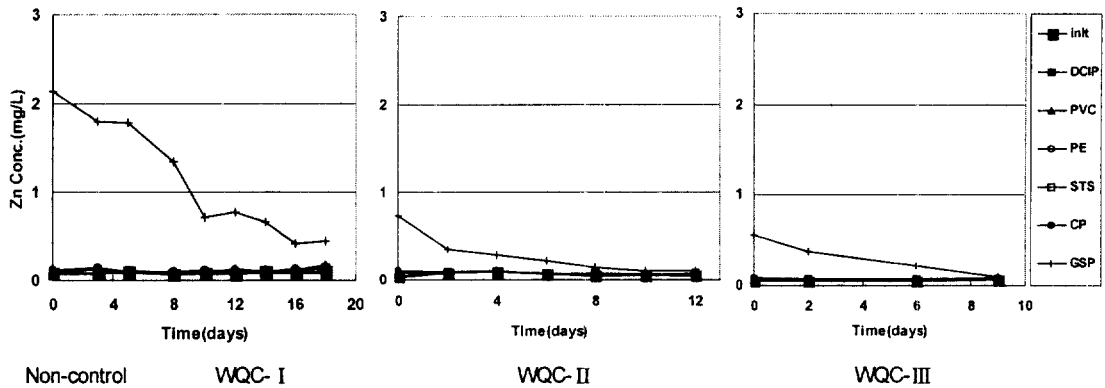


Fig. 2. Effects of the WQCs on Zn release.

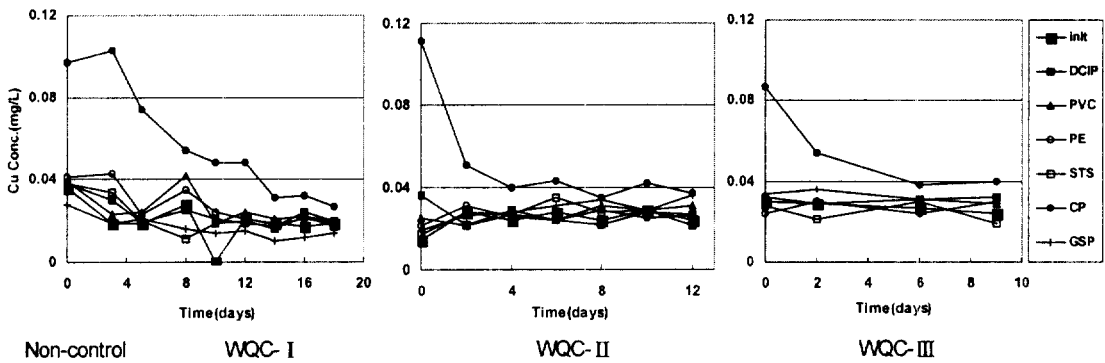


Fig. 3. Effects of the WQCs on Cu release.

Table 5. Characteristics of metal releasing by WQC

Pipe loop	Non-Control (LI:-2.4)	WQC- I (Reducing rate)	WQC- II (Reducing rate)	WQC- III (Reducing rate)
Fe(DCIP Ø80)	0.108	0.091 mg/L (26%)	0.067 mg/L (38%)	0.031 mg/L (71%)
Cu(CP Ø50)	0.078	0.041 mg/L (63%)	0.037 mg/L (93%)	0.041 mg/L (92%)
Zn(GSP Ø50)	1.32	0.48 mg/L (47%)	0.089 mg/L (52%)	0.092 mg/L (48%)

보이지 않았으며, 전체적인 감소율에서는 다른 관종들에 비해 가장 낮은 값을 나타내었다. 이상의 결과로 볼 때 pH와 알칼리도, 경도를 동시에 제어한 부식성 수질제어에 의해 금속용출 속도를 제어할 수 있다는 것을 알 수 있었으며, WQC-II와 WQC-III에서의 탄산칼슘포화지수값은 약 -0.25에서 -0.5로 두배의 차이가 있지만 금속용출특성은 이에 비례하지 않았다. 그리고 각 관종에 따라 용출량의 감소율

이 최소가 되는 수질조건이 조금씩 다르지만 WQC-II, WQC-III에서 최적의 감소율을 나타내었다. 따라서 우리나라의 경우에는 원수나 정수의 부식성이 너무 강하므로 pH는 7.7 이상(LI -0.5)으로 조절하는 것이 적절한 것으로 판단된다. 하지만 원수특성에 따라 다르겠지만 일본의 경우에는 THMs의 생성을 우려하여 7.5 이하로 조절하려는 움직임도 있다.

Table 5에 각 수질조건에 따른 금속용출 특성 실

험결과를 요약하여 나타내었다.

3.3. 미생물학적 수질변화 특성

pH 및 알칼리도 동시 조절을 통한 부식성 수질 제어 실험에서 미생물의 변화 특성을 분석하기 위한 실험은 관내의 자연적인 미생물 재성장 특성실험(WQC-I 과 WQC-II) 및 고농도 주입시 미생물 농도변화(WQC-III)를 관찰하였다. 실험 WQC-I 및 WQC-II 모두 10일 경과 후 시료를 채수하였으며, 일반세균(SPC), 총대장균군(TC), 손상대장균군(IC)의 분석결과를 Fig. 4에 나타내었다.

WQC-I 에서 SPC 농도는 DCIP loop를 제외한 모든 loop에서 40 CFU/mL 이하로 나타났으며, DCIP loop에서는 150 CFU/mL로 높은 농도를 나

타내었다. WQC-II에서는 pH를 8.0으로 증가시켰으나 미생물 농도 변화는 크게 나타나지 않고 있으며, SPC 농도는 WQC-I의 실험결과와 유사하게 모든 loop에서 40 CFU/mL 이하로 나타났다. TC 및 IC는 각 수질조건과 유입수 및 모든 loop에서 검출되지 않았으며, SPC 농도는 일반적인 배수시스템에서의 미생물학적 농도 및 본 실험의 이전 SDLS 운전결과와 유사한 결과를 나타내었다. 이는 유입수 내 잔류염소농도가 0.4~0.6 mg/L로 유지되었고, loop내 잔류염소농도가 균일하지는 않았으나 최소 0.2 mg/L에서 최대 0.5 mg/L로 유지되었기 때문에 판단된다. WQC-I에서 DCIP loop의 높은 SPC 농도는 시료 채수시 샘플링 수도꼭지의 개폐에 문제가 발생하여 수도꼭지 입구의 소독이 원활히 이루어지지 않았기 때문인 것으로 사료된다. 따라서 부식성 수질제어를 위한 pH 및 알칼리도의 동시 조절이 미생물학적 수질 즉 미생물의 재성장에도 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

실험 WQC-I 및 WQC-II에서는 부식성 수질제어에 따른 Loop내 미생물 재성장에 따른 농도 변화를 관찰하였으며, WQC-III 실험에서는 잔류염소 0.2 mg/L, 0.4 mg/L로 균일하게 조절된 상태에서 인위적인 방법으로 loop내에 미생물(SPC)을 고농도로 주입하였을 경우에 상수도관내에서 발생할 수 있는 미생물 변화 특성을 관찰하였다.

미생물 고농도 주입 실험결과를 Fig. 5에 나타내었으며, 잔류염소농도 0.2 mg/L 실험에서 미생물 주입 직후의 미생물농도와 실험경과 4일 후의 미생물 농도는 큰 변화가 관찰되지 않았으며, DCIP와 PVC loop에서 높게 나타났다. 이는 이들 loop에서 수온이 다른 관중에 비해 약 5 °C 정도 높았기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 상수도관내 미생물 재성장에도 가장 큰 영향자인 잔류염소농도와 수온의 미세한 변화에 의해서도 미생물 성장조건에 커다란 변화를 발생시킬 수 있을 것으로 사료된다. 잔류염소농도를 0.4 mg/L로 조절하였을 때에도 잔류염소 0.2 mg/L 일 때와 유사하게 미생물 주입 직후와 실험 3일 경과후의 미생물 농도변화에 큰 차이를 나타내지 않았다. 이와 같이 실험초기에 Loop내에 유입된 미생물이 시간의 경과에 따라 큰 변화없이 계속적으로 유지되는 것은 본 실험조건에서 수온이 비교적 높은 여름철의 수온상태를 나타내고 있기 때문

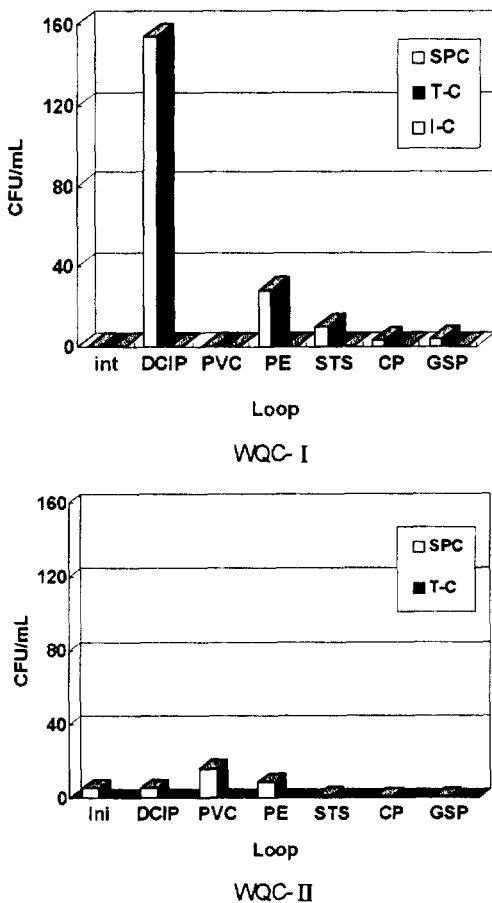


Fig. 4. Effects of the WQCs on microorganism in SDLS.

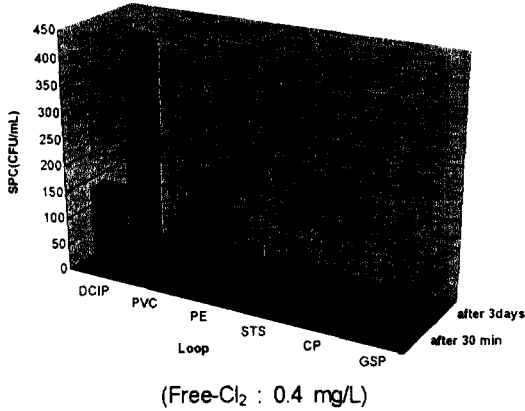
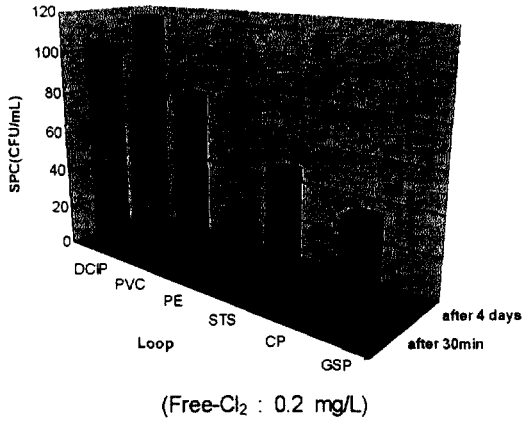


Fig. 5. Variations of SPC at the WQC-III.

인 것으로 판단된다. 즉, 이 결과는 현장조사시 여름철 관말에서의 분석결과와 유사하게 나타나고 있다. 그리고 잔류염소농도에 따른 미생물 변화 경향이 뚜렷이 나타나지 않은 것은 초기에 10⁶ CFU/mL 이상의 고농도로 미생물을 주입하였기 때문에 전체적으로 제거율에서는 99.9% 이상을 나타내고 있으나 정확한 효율을 파악하기는 어렵다고 판단된다.

3.4. THMs 변화 특성

THMs의 변화 특성 분석은 WQC-III에서 실시하였으며, THMs의 시료채수는 실험 직후, 3일 경과 후 그리고 7일 경과 후에 각각 1회씩 총 3회 실시하였다. 3일 경과시의 수질조건은 잔류염소 0.2 mg/L이었으며, 7일 경과시의 수질조건은 잔류염소 0.4 mg/L이었다. 실험결과는 Fig. 6에 나타내었으며, THMs 농도는 유입수 및 전 loop에서 잔류염소농도

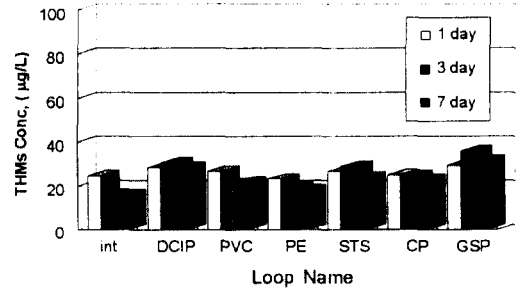


Fig. 6. Variations of THMs with time at the WQC-III.

및 수질조건에 관계없이 40 µg/L 이하로 나타났으며, 7일 후의 잔류염소농도가 높아진 상태에서도 전체적으로 낮은 농도를 보이는 것으로 나타나 부식성 수질제어시스템이 수질변화에 안정적이라는 것을 알 수 있었다.

4. 결론

상수도관의 내부부식을 제어하기 위하여 실시한 부식성 수질제어 실험으로부터 도출된 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 정수의 부식성 평가

부식성 지수를 이용하여 평가한 정수의 부식성 제어효과는 수질을 제어하지 않았을 때 정수의 탄산칼슘포화지수값은 약 -2.5, WQC-I -1.0, WQC-II -0.25, WQC-III 약 -0.5로 나타났다.

2) 금속용출 변화 특성

수질조건에 따른 중금속 용출특성은 초기 수질을 제어하지 않은 상태보다 수질을 제어한 직후부터는 전체적으로 용출농도가 급격히 감소하였다. DCIP loop에서 Fe의 용출 감소율은 WQC-I, WQC-II, WQC-III에서 각각 약 26%, 33%, 71%를 보였으며, GSP loop에서 Zn의 용출 감소율은 수질조건에 따라 각각 63%, 93%, 92%를 나타내었다. CP loop에서 Cu의 용출 감소율은 수질조건에 따라 각각 47%, 52%, 48%로 나타났다.

3) 미생물 변화 특성

WQC-I 및 WQC-II에서 SPC 농도는 DCIP loop를 제외하면 모든 loop에서 40 CFU/mL 이하로 나타났으며, TC 및 IC는 유입수 및 모든 loop에

서 검출되지 않았다. 인위적으로 미생물 농도 및 잔류염소농도를 조절한 WQC-III에서 제거효율은 전체적으로 99.9% 이상을 나타내었으며, loop내에서는 일정한 농도를 유지하였다.

4) THMs 및 기타 항목의 변화

Loop내의 잔류염소농도를 0.2 mg/L, 0.4 mg/L로 조절한 loop내 THMs 농도변화는 유입수 및 모든 loop에서 잔류염소농도 및 수질조건에 관계없이 40 µg/L 이하로 나타났다. Loop내 경도변화는 유입수에 비해 조금씩 감소하였으며, 경도와 함께 반응하여 관내 침전물을 형성하는 알칼리도는 loop내에서 명확한 농도변화를 나타내지 않았다. 그 외 부식 유발 물질인 염소이온은 수질제어에 따라 큰 변화를 보이지 않았으며, 황산이온은 수질을 제어함에 따라 농도가 감소하는 것으로 나타났다.

이상의 연구결과 소석회 및 이산화탄소를 이용한 부식성 수질제어시스템은 상수도관로의 내부부식 저감 효과가 높으며, 미생물 및 잔류염소농도 감소 그리고 기타 수질인자에 특별한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며, 본 연구에 사용된 한강수계의 정수수질에서 최적 수질제어기준으로는 pH 7.7~7.8, LI -0.5이었다.

사 사

이 연구는 1997년도 선도기술개발사업(G-7프로젝트) 연구개발비의 지원에 의해 이루어졌으며, 감사의 뜻을 표합니다.

참 고 문 헌

1. Levi Y. and Mallevalle J., "Global strategy and new tools for maintaining water quality in distribution systems," *IWSA-Asia Pacific Region Specialized Conference on "Safety of water supply in transmission and distribution system."* Shanghai, P. R. China, pp. 100~108(1996).
2. Zhang G., "The analysis for the pollution of water quality in the network of pipes and its solutions," *IWSA-Asia Pacific Region Specialized Conference on "Safety of water supply in transmission and distribution system."* Shanghai, P. R. China, pp. 109~116(1996).
3. Stinson, K. B., "Ensuring Water Quality in a Distribution System," *Journal of Environmental Engineering*, **109**(2), 289~304(1983).
4. JPRC, "管路内水質變化と防止對策に関する文献調査," (財)水道管路技術センター, 1~20(1995. 6).
5. Zbigniew Lewandowski, Wayne Dickinson and Whonchee Lee, "Electrochemical Interactions of Biofilms with Metal Surfaces," *Wat. Sci. Tech.*, **36**(1), 295~302 (1997).
6. AWWA Research Foundation, *Internal Corrosion of Water Distribution Systems*, pp. 617~656(1996).
7. 이광호, "급·배수관망에서 부식 및 녹물발생의 영향인자에 관한 연구(I)," *대한환경공학회지*, **19**(7), 949~958(1997).
8. 이현동, 서규태, 정해룡, 정원식, 지재성, "배수시스템내 부식영향 수질인자의 변화 특성," *대한환경공학회지*, **20**(8), 1151~1160(1998).
9. Hudson Jr, H. E. and Gilcreas, F. W., "Health and Economic Aspects of Water Hardness and Corrosiveness," *J.AWWA*, **68**(4), 201~203(1976).
10. Michael R. S. and Susan C. S., "Effect of Container Type on pH and Alkalinity Stability," *Wat. Res.*, **16**, 1455~1464(1982).
11. 환경부, G-7 프로젝트, "수돗물의 2차오염 방지기술," pp. 194~199(1998).