

ORIGINAL ARTICLE

## 원·정수의 부식특성에 따른 상수관망에서의 부식성 수질 모니터링

배석문 · 김도환 · 손희종\* · 최동훈 · 김익성 · 김경아

부산광역시 상수도사업본부 수질연구소

### The Monitoring of Corrosive Water Quality in Water Distribution System by Corrosion Characteristics of Raw and Tap water

Seog-Moon Bae, Do-Hwan Kim, Hee-Jong Son\*, Dong-Hoon Choi, Ik-Sung Kim, Kyung-A Kim

Water Quality Institute, Water Authority, Busan 621-813, Korea

#### Abstract

The tap water is generally known to be corrosive in the pH range at 6.5 ~ 7.5. And the degree of corrosion varies depending on the types of raw water such as river surface water or lake water of the dam. Although several corrosion index represents the corrosivity of tap water, the typical corrosion indexes such as Langelier saturation index (LI) and calcium carbonate precipitation potential (CCPP) were calculated to monitoring the corrosive water quality about raw and tap water in water distribution system. To control the corrosive water quality, the correlation between corrosion index and water quality factors were examined. In this study, corrosion index (LI, CCPP) and the pH was found to be most highly correlated.

**Key words** : Corrosion index, LI, CCPP, Water distribution system, Tap water

#### 1. 서론

최근 국내의 정수처리 기술은 질적 및 양적으로 빠르게 발전하고 있으며, 일정 규모 이상의 정수장에서 생산되는 수도물의 수질은 매우 우수하며, 정수장의 시설적인 측면에서도 고도처리, 막여과 등 선진기술이 빠르게 적용되고 있다. 그러나 여전히 수도물 수질에 대한 불신이 팽배해 있으며, 이러한 현상의 가장 큰 이유로는 냄새와 녹물 발생 등으로 알려져 있다(Cheong 등, 2011). 수도물 공급과정 중 녹물 발생은 수도관 내부의 부식이 주요 원인이기 때문에 수도물의 부식성 저감에 대해 다양한 연구들이 진행되고 있다(Cheong 등, 2011; Kim 등,

2008; Kim 등, 2009; Kim과 Lee, 2014). 수도물의 부식성은 녹물 발생 또는 금속관 재질 성분의 용출과 밀접한 관계가 있으므로 정수장에서 생산된 고품질의 수도물이 공급과정에서 품질저하가 발생하지 않도록 관리해야 하는 중요한 수질항목이다.

금속 재질 수도관의 부식에 영향을 주는 인자로는 관의 종류 및 재질, 관내 유속, 수온 등의 물리적 인자들과 pH, 알칼리도, 총용존고형물(total dissolved solid, TDS), 경도, 용존산소, 잔류염소, 황산이온, 완충강도(buffer intensity) 등의 화학적 인자 및 생물막(biofilm), 미생물의 존재 등과 같은 생물학적 요소 등이 있다. 수질인자 중에서 pH, 알칼리도, 경도는 낮을수록, 용존산소, 잔류염

Received 24 February, 2015; Revised 22 April, 2015;

Accepted 6 May, 2015

\*Corresponding author: Hee-Jong Son, Water Quality Institute, Water Authority, Busan 621-813, Korea

Phone: +82-51-669-4788

E-mail: menuturk@hanmail.net

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

소, TDS, 염소이온, 황산이온은 높을수록 일반적으로 부식성이 증가하는 것으로 알려져 있으며, 수온은 부식의 반응속도를 증가시킨다(Kawamura, 2000; Mays, 2010; Sarin 등, 2001).

물의 부식성을 직접적으로 평가하는 지표는 현재까지 알려져 있지 않으며, 관의 시편실험 등을 통한 직접적인 평가 또는 간접적인 수질 평가 지표를 이용하는 방법이 있다. 수질 평가 지표로는 Langelier saturation index (LI), Ryznar index (RI), Larson's ratio (LR), Aggressive-ness index (AI), Calcium carbonate precipitation potential (CCPP) 및 Driving force index (DFI) 등으로 평가할 수 있다. 이러한 간접 지표는 대부분 탄산칼슘( $\text{CaCO}_3$ )의 침저원리 또는 염소이온(Cl<sup>-</sup>)이나 황산이온( $\text{SO}_4^{2-}$ )의 농도에 근거하고 있으며, 이 중 LI가 일반적으로 널리 사용된다(Kim과 Kim, 2011; Schock, 1999). 또한, CCPP란 수용액 내에서 탄산칼슘의 과포화 용해도 조건을 만들면 탄산칼슘의 포화용액 농도를 유지할 때까지 과포화된 탄산칼슘은 관내 표면에 얇은 피막을 형성하여 여러 가지 금속관 내의 표면과 흐르는 부식성 수돗물과의 접촉이 차단되어 부식이 방지된다(Ryznar, 1960). 물론 LI와 RI 역시 탄산칼슘의 침전 경향을 나타내지만 이들 지수는 pH의 변화를 주요 변수로 사용하기 때문에 단지 정성적인 의미만을 나타낸다. 그러나 CCPP는 pH, 수온, 알칼리도, 칼슘 및 총용존고형물(TDS) 등의 수질들을 이용하여 CCPP 농도를 계산하므로 물의 부식성 경향을 보다 민감하게 반영하고 수중의 탄산칼슘 과포화 정도에 대한 농도단위로 표현하기 때문에 정량적인 의미를 띠고 있다(Hedberg 등, 1995; Holm과 Schock, 1998; Kim 등, 2005).

일본과 미국 같은 선진국에서는 수돗물 공급과정에서의 부식성 관리를 위하여 부식성 관련 수질항목에 대하여 수질기준 또는 가이드라인을 적용하고 있으며, 일본은 국가 수질관리 목표항목에서 LI를 -1.0~0.0, pH를 7.5 정도로 유지할 것을 명시하고 있으며, 미국은 national secondary drinking water regulations에서 부식성의 기준을 non-corrosive로 규정하고 있다(Tokyo Water Works, 2014; US EPA, 2014). 국내의 경우는 먹는 물 수질기준에서 수돗물의 부식성에 큰 영향을 미치는 pH의 하한 값을 5.8로 규정하고 있어 선진국에 비해 낮은 편이며, 수돗물 부식성에 관한 별도의 수질기준은 없으나 2012년 7

월 1일부터 시설용량 50,000 m<sup>3</sup>/일의 정수장에 한하여 연 4회 LI를 수질 감시항목에 포함하여 모니터링하고 있는 정도이다(MOE, 2014).

본 연구에서는 B시의 상수원으로 이용되는 N강의 지표수와 H수원지의 호소수를 원수로 이용하여 정수처리하는 DS 정수장과 MJ 정수장의 원수, 최종 처리수 및 배·급수관망에서의 LI 값과 CCPP 농도의 변화를 1년간 조사하여 원수와 정수뿐만 아니라 상수관망의 급수과정에서 수돗물의 부식성 정도를 관찰하였으며, LI 및 CCPP 농도와 수질인자별 상관관계를 조사하여 원·정수의 부식특성과 수돗물의 부식성 수질조절을 위한 기초 자료로 활용하고자 하였다.

## 2. 실험재료 및 방법

### 2.1. 대상지역 및 수질조사 지점

본 연구의 대상지역은 N강 하류지역 원수를 정수처리하는 DS 정수장 및 H호(댐)의 호소수를 상수원수로 사용하는 MJ 정수장의 최종처리수와 그 급수계통들에서 몇몇 지점들을 부식성 수질평가 지점으로 선정하였다. 본 연구에 사용된 DS 정수장과 MJ 정수장의 배·급수과정의 관망도와 개략도를 Fig. 1과 Fig. 2에 각각 나타내었으며, DS 정수장 급수계통에서는 가압장(pump station)과 배수지(reservoir)에서 직접 채수하였으며, 배급수관에서 수용가의 급수전 두 곳을 모니터링 지점으로 선정하였다. 또한, MJ 정수장 급수계통에서는 정수장에서 가까운 수용가 급수전과 정수장에서 상대적으로 거리가 먼 급수전 한 곳을 선정하였고 중간에 가압장이 위치하고 있어 모니터링 지점으로 추가 선정하였다. DS 정수장과 MJ 정수장에서부터 각 급수과정의 관말지역에 해당하는 수질조사 지점들까지의 거리 및 급수계통을 나타낸 Fig. 2를 보면 DS 정수장 급수계통은 대상지역인 B시에서 상수관로의 연장 길이가 가장 길며, 본 연구에 사용된 급수계통의 길이는 정수장으로부터 총 30 km였으며, MJ 정수장의 급수계통은 상수관로의 연장 길이가 DS 정수장의 급수계통에 비해 비교적 짧은 7.0 km로 나타났다.

### 2.2. 부식지수 및 수질분석

국내·외적으로 수돗물의 부식성 정도를 나타내는 부식지수는 여러 가지가 있으며, 다양한 부식지수들을 이

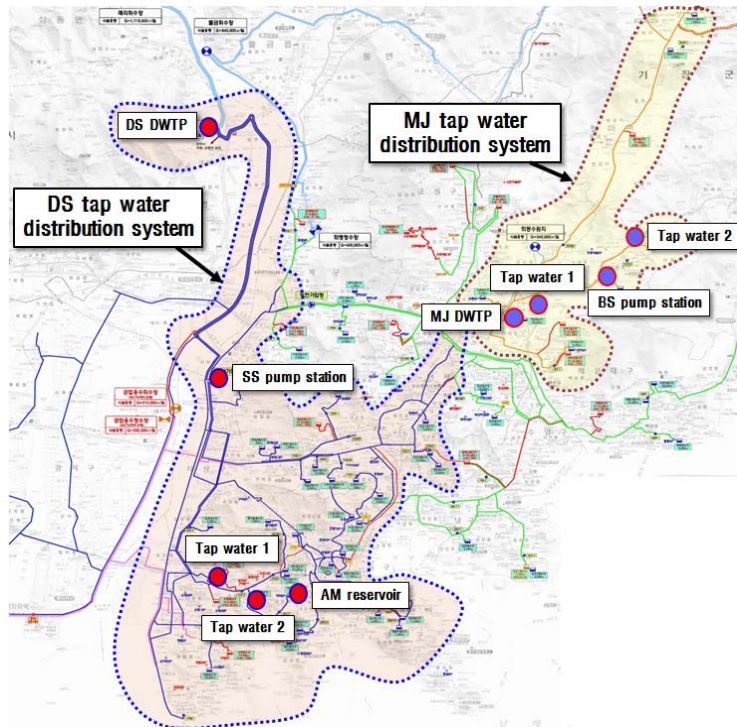
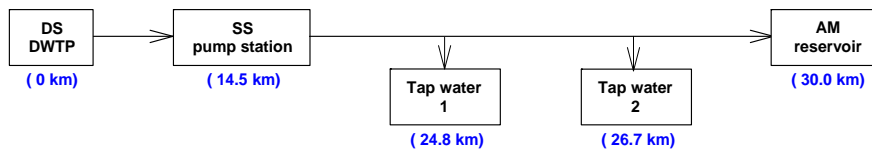


Fig. 1. Water pipe distribution map of each drinking water treatment plant in B city.

(a) DS distribution system



(b) MJ distribution system

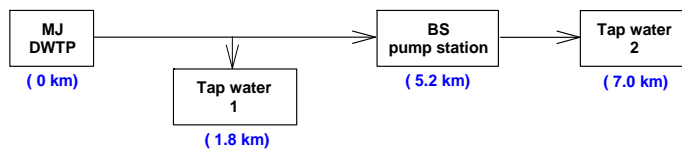


Fig. 2. Water quality monitoring and sampling points in drinking water distribution system.

용하여 부식성 수질조절에 대한 정보들을 얻을 수 있다. 부식지수의 변화 및 정도의 차이는 수중의 수질화학 인자들의 관계에 영향을 받으며, 원수 자체의 성상 및 정수처리 공정에서 사용하는 약품에 따라 달라질 수 있다. 본 연구에서는 DS 정수장과 MJ 정수장으로 유입되는 상수

원수와 정수장에서 최종 처리된 수돗물 및 배급수계통의 채수지점들에서 채수한 시료수의 pH, 수온, 알칼리도, 갑슁, 전기전도도 및 총용존고형물 (total dissolved solid) 농도를 측정하여 LI와 CCPP 농도를 1년간 모니터링하여 부식성을 평가하였다. Table 1에는 LI와

CCPP 농도에 따른 수질의 부식성 정도를 나타내었다 (Kawamura, 2000; Rossum과 Merrill, 1983).

탄산칼슘 포화지수 LI를 구하기 위한 수질인자인 입력변수는 pH, 수온, 알칼리도, 칼슘 및 전기전도도이며, 식 (1)과 같이 계산된다(AWWA, 2000).

$$LI = pH - pH_s \quad (식 1)$$

여기서, pH = 측정값

$pH_s$  = 칼슘이온과 중탄산이온 존재 하에 CaCO<sub>3</sub> 평형일 때 pH

$pH_s$ 는 식 (2)와 같이 계산한다.

$$pH_s = pK_2 - pK_s + p[Ca^{2+}] + p[HCO_3^-] + 5pf_m \quad (식 2)$$

식 (2)를 단순화하면 식 (3)과 같이 정리할 수 있다.

$$pH_s = pK_2 - pK_s + p[Ca_t] + p[Alk_t] + 5pf_m \quad (식 3)$$

여기서,

$K_2$  = 각 수온에서 탄산에 대한 두 번째 해리 상수

$K_s$  = 각 수온에서 CaCO<sub>3</sub>에 대한 용해 생성물 상수

$[Ca_t]$  = 칼슘이온 농도, g-moles/L

$[Alk_t]$  = 알칼리도, g-equivalents/L

$f_m$  = 특정 온도에서 1가 물질에 대한 활성계수

CCPP 농도는 탄산칼슘으로 포화되는 데 필요한 탄산 칼슘의 양을 정량적으로 계산해 줄 수 있다. CCPP는 이

론적으로 과포화된 물에서 침전되거나 불포화된 물에 용해될 수 있는 CaCO<sub>3</sub>의 양을 나타내는 것으로 계산과정은 Rossum과 Merrill (1983)에 의해 제시되었으며, 그 과정은 다음과 같이 요약된다.

$$[Ca^{2+}] \cdot [CO_3^{2-}] = K'_s = 8.7 \times 10^{-9} \quad (식 4)$$

$$Alk. = [HCO_3^-] + 2[CO_3^{2-}] + [OH^-] - [H^+] \quad (식 5)$$

$$\frac{[H^+] \cdot [CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]} = K'_2 = 10^{-10.16} \quad (식 6)$$

$(K'_2 : \text{평형상수})$

$$[CO_3^{2-}] = \left( Alk. + [H^+] - \frac{K'_w}{[H^+]} \right) \times \frac{K'_2}{(2K'_2 + [H^+])} \quad (식 7)$$

식 (4)와 (7)을 결합하면,

$$[Ca^{2+}]_{eq} = \frac{K'_s R_{eq}}{(Alk_{eq} + S_{eq})} \quad (식 8)$$

$$2[Ca^{2+}]_i - Alk_{i,i} = \frac{2K'_s R_{eq} P_{eq}}{U_{eq}(Aci_{i,i} - S_{eq})} - \frac{U_{eq}(Aci_{i,i} - S_{eq})}{P_{eq}} + S_{eq} \quad (식 9)$$

$[Ca^{2+}]_i$ 와  $Alk_{i,i}$ 는 측정값이고  $Aci_{i,i}$ 는 계산에 의하여 도출된다.  $R_{eq}$ ,  $U_{eq}$ ,  $P_{eq}$ ,  $S_{eq}$ 는  $[H^+]_{eq}$ 의 함수인데 식 (9)로서 시행착오(trial and error)법으로 계산된다.

**Table 1.** Corrosion characteristic vs. LI and CCPP

Classification	LI	CCPP
Medium to heavy scaling	+0.5 ~ +1.0	> 0
Slight scale formation	+0.2 ~ +0.3	
Equilibrium	0	0
Slightly corrosive	-0.2 ~ -0.3	< 0
Medium to heavy corrosion	-0.5 ~ -1.0	

$[H^+]_{eq}$ 가 계산되면 식 (9)로부터  $Alk_{eq}$ 를 구한 후 식 (10)으로서 CCPP 농도를 구할 수 있다.

$$CCPP = 50,000(Alk_i - Alk_{eq}) \quad (\text{식 } 10)$$

CCPP 농도를 이용할 경우 정수장 내의 정수처리 과정에서 소석회( $Ca(OH)_2$ ), 소다회( $Na_2CO_3$ ), 탄산가스( $CO_2$ ) 등 알칼리제를 정량적으로 주입하여 CCPP 조건을 유지함으로써 수질의 부식성을 감소시킬 수 있다 (Hwang과 Woo, 2009). CCPP 농도를 구하기 위해서 미국수도협회(American Water Works Association, AWWA)에서 고안한 RTW (Rothberg, Tamburini & Winsor) 모델(ver. 3.0)을 이용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 원 · 정수의 부식지수 비교

정수장에서 생산되어 소비자에게 공급되는 수돗물은 일반적으로 강이나 호수에서 원수를 취수하여 원수의 특성에 적합한 정수처리 공정을 채택하여 수돗물을 생산한다. 본 연구에서도 동일한 정수처리 공정을 운영중인 DS와 MJ 정수장에 대해 이들 정수장의 원수 성상의 차이에 따른 정수에서의 부식성 지수의 변화 특성을 평가하고자 하였다. DS 및 MJ 정수장은 각각 N강 및 H호(댐)의 원수를 사용하여 수돗물을 생산한다.

Fig. 3에는 2014년 1월부터 12월까지 DS 및 MJ 정수장의 원 정수에 대해 LI와 CCPP를 평가한 것을 나타내었다.

DS 및 MJ 정수장의 원 정수의 연간 LI 값의 변화를 나타낸 Fig. 3 (a)와 (c)을 보면 DS 정수장과 MJ 정수장의 원수 사이에는 채수시기별로 LI 값에 많은 차이를 나타내었다. MJ 및 DS 정수장의 원수들의 연간 LI 값의 변화폭은 각각 -3.03~0.25 및 -1.42~1.03로 나타나 호소수인 MJ 정수장의 원수가 더 낮은 것으로 나타났다. MJ 및 DS 정수장의 최종 처리수인 정수들의 연간 LI 값의 변화범위를 살펴보면 각각 -3.13~-1.58 및 -1.81~-1.07로 나타나 정수의 LI 값도 호소수를 원수로 사용하는 MJ 정수장의 경우가 더 낮게 나타났다.

또한, DS 및 MJ 정수장의 원 정수의 연간 CCPP 농도 변화를 나타낸 Fig. 3 (b)와 (d)를 보면 Fig. 3 (a), (c)와

유사한 경향을 나타내고 있으며, DS 및 MJ 정수장의 원 정수의 연간 CCPP 농도변화는 -25.2~6.1 mg/L와 -27.5~-17.1 mg/L 및 -23.0~-0.8 mg/L와 -50.1~-16.0 mg/L로 조사되어 MJ 정수장의 최종처리수가 DS 정수장의 최종처리수보다 불포화 정도가 높은 수질로 평가되었다. 따라서, 호소수를 원수로 이용하는 MJ 정수장이 하천수를 원수로 이용하는 DS 정수장보다 부식성이 높은 것으로 나타났으며, LI 값의 변화보다 CCPP의 농도변화가 훨씬 큰 것으로 나타났다. CCPP는 탄산칼슘 침전능을 표시하는 지표로 수질의 부식성 정도를 평가하는 부식지수 뿐만 아니라 불포화 상태 수질의 경우 포화 상태의 수질로 변화시키는데 필요한 탄산칼슘의 양을 정량적으로 산출할 수 있다(Kwak 등, 1999; Hwang과 Woo, 2009). MJ 정수장 원 · 정수의 부식성이 DS 정수장의 원 · 정수보다 높은 이유는 pH, 알칼리도, 및 칼슘 농도가 상대적으로 낮기 때문이며, 일반적으로 하천수는 알칼리도, 칼슘 및 마그네슘 등의 농도가 높은 반면에 호소수는 상대적으로 낮다(Hwang, 2007).

또한, DS 및 MJ 정수장 원 · 정수의 부식성을 살펴보면, 하절기에 비해 동절기의 부식지수가 비교적 높은 것으로 조사되어 수온이 증가할수록 부식성은 감소하는 것으로 조사되었다. Park과 Kong (2005)의 연구에서도 겨울철과 여름철 수온 상태에서 LI 값을 비교한 결과, 겨울철 수돗물이 여름철 수돗물보다 부식성이 더 강한 것으로 보고하고 있다. 일반적으로 동절기에 비해 수온이 상승하는 하절기에는 상수원수에 서식하는 조류(algae)의 번성으로 인해 원 정수의 pH를 상승시키는 요인으로 작용하며, 또한 수온 변화에 따른 수중의 탄산칼슘의 용해도의 변화에도 영향을 미쳐 동절기에 비해 하절기의 LI 값이 비교적 높은 것으로 나타난다.

또한, 각 정수장에서 원수보다 정수에서 부식성(LI와 CCPP)이 더 높은 것으로 나타나고 있다. 이는 정수처리 공정을 거치면서 수중의 pH, 알칼리도 및 경도 등의 농도가 감소하여 부식성 지수가 낮아지기 때문이며, 정수의 부식성을 감소시키기 위해서는 정수처리 공정의 후단에 부식성 수질제어 공정이 적용되어야 할 것으로 판단된다.

#### 3.2. 급수계통에서의 부식지수 변화

정수장에서 생산된 정수가 송배급수관망을 거쳐 수

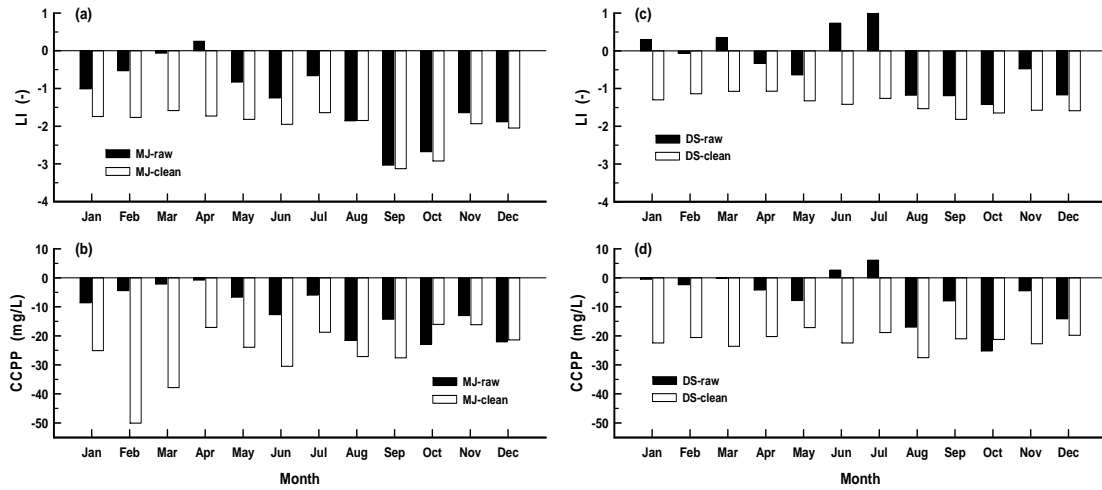


Fig. 3. Variations of LI values and CCPP concentrations of DS and MJ raw and clean water for a year.

요자에게 공급되는 과정에서의 부식성 지수 변화를 평가하기 위해 2014년 1월부터 12월까지 DS 및 MJ 정수장의 관망을 대상으로 거리변화에 따른 연평균 LI 값 및 CCPP 농도변화를 Fig. 4에 나타내었다. DS 정수장의 관로 길이가 MJ 정수장보다 길어서 관말지역까지는 30 km 이상으로 조사지점의 수가 많았으나 정수장에서부터 관말지역을 포함하는 조사지점까지 LI 값 및 CCPP 농도의 변화는 커지 않은 것으로 조사되었다.

Fig. 4 (a)에서 DS 및 MJ 정수장 급수과정 조사지점의 평균 LI 값의 범위는 각각 -1.41~-1.32 및 -1.78~-1.70 범위였으며, Fig. 4 (b)에서 DS 및 MJ 정수장 급수과정 조사지점의 평균 CCPP 농도 범위는 각각 -21.8~-18.5 mg/L 및 -25.9~-23.6 mg/L로 LI 값 및 CCPP 농도 모두 MJ 정수장 급수계통이 DS 정수장 급수계통보다 낮아서 부식성이 높은 것으로 조사되었다. 또한, Fig. 4 (a)와 (b)에서 볼 수 있듯이 각 정수장의 정수(0 km)가 관망을 통하여 각 가정으로 공급되면서 LI 값과 CCPP 농도는 일정한 범위 내에서 유지되는 것으로 나타나고 있다. 따라서 정수장에서 부식성 수질제어를 위해 정수처리 공정에 알칼리제를 주입하여 pH 등의 수질변화를 통해 LI 값 및 CCPP 농도를 증가시켜 공급할 경우, 정수장에서부터 관말지역 급수전까지 수질변화가 크지 않아 정수장에서 부식억제를 위해 조절된 정수의 부식지수가 관말까지 유지될 것으로 예상된다.

### 3.3. 수질인자와 부식지수와의 상관성 평가

본 연구에 사용된 부식성 지수들과 수질인자들과의 상관성( $r^2$ )을 평가한 것을 Fig. 5와 Table 2에 나타내었다. 각각의 부식성 지수들은 수중에서 pH, 알칼리도, 경도 및 이온성분들에 관한 함수이기 때문에 수중의 pH, 경도, 알칼리도, 염소이온( $Cl^-$ ), 황산이온( $SO_4^{2-}$ ) 및 중탄산이온( $HCO_3^-$ ) 등에 영향을 받아 부식성 지수가 달라진다. Rossum과 Merrill (1983)은 pH의 변화에 따른 부식지수의 상관관계가 높은 것으로 보고하였는데 pH와 탄산칼슘 포화지수와의 관계에서 LI 값은 pH의 증가에 따라 직선적으로 증가하지만 CCPP는 pH의 증가에 따라 pH 10 이하에서는 곡선의 형태로 증가하며, 그 이후는 pH 증가에 따라 감소하는 경향을 나타내는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서도 DS 및 MJ 정수장 처리수의 LI 값 및 CCPP 농도와 pH의 상관관계를 평가한 것을 Fig. 5에 나타내었다. 각 정수장 처리수 LI 값과 pH의 상관성(Fig. 5 (a))이 CCPP 농도와 pH의 상관성(Fig. 5 (b))이 더 높은 것으로 조사되었다. 따라서, 상수관로의 내부부식을 방지하고 억제하기 위해서는 수중의 pH 조절이 매우 중요한 것으로 판단되며, pH 제어를 위해서 수질변화에 따른 소석회( $Ca(OH)_2$ )나 가성소다( $NaOH$ )와 같은 알칼리제의 주입 범위를 결정하는 것이 매우 중요한 것으로 판단된다.

DS와 MJ 정수장 처리수(수돗물)에 대한 부식지수(LI

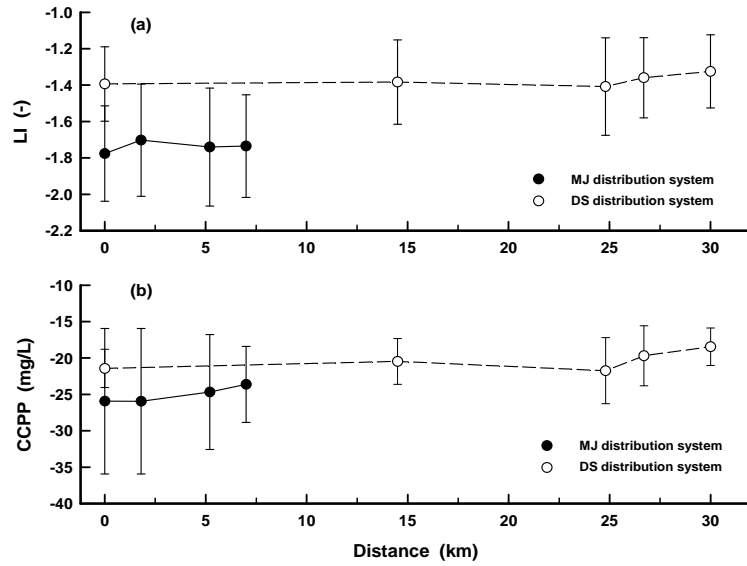


Fig. 4. Variations of corrosion index in water distribution system.

및 CCPP)와 pH의 상관성( $r^2$ ) 이외에 다른 수질인자들과의 상관관계를 Table 2에 정리하여 나타내었다. DS 정수장 처리수에서 각 수질인자들과 LI 값이 각 수질인자들과 상관성이 가장 높은 것으로 조사되었고 CCPP 농도는 각 수질인자들과 상관성이 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 전기전도도와 TDS를 비교할 경우, LI 값에서는 전기전도도와 상대적으로 상관성이 높았고, CCPP 농도에서는 TDS와 상대적으로 상관성이 높게 나타났다.

이는 부식성 지수의 계산에 이용되는 수질인자들의 항목이 달라서 발생하는 결과이다. 그리고 각 수질인자들 중에서 가장 상관성이 높은 수질인자는 pH인 것으로 나타났다. 따라서 배·급수관망에서의 부식성 조절을 위해서는 정수장에서 최종처리수의 pH를 조절하여 배·급수관망으로 공급하는 것이 배·급수관망의 부식을 억제할 수 있는 가장 쉬운 방법으로 나타났다. Kim과 Lee (2014)는 배·급수관망에서 수질에 의한 부식성을 낮추기 위해

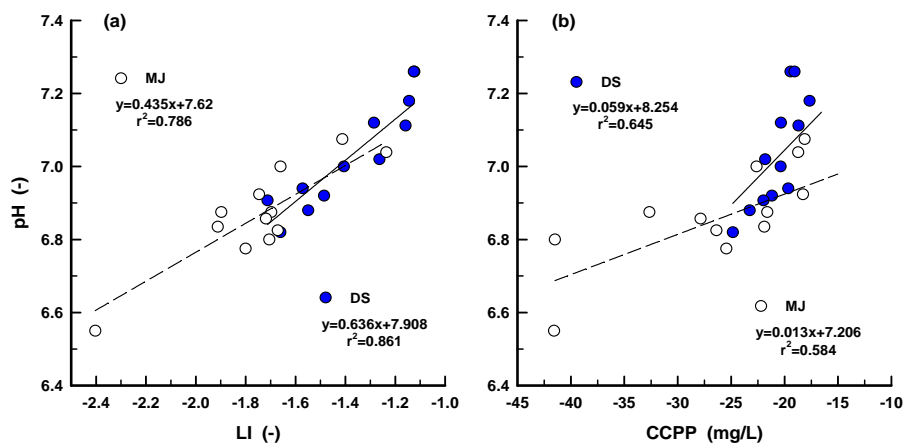


Fig. 5. Relationships of pH and corrosion index (LI, CCPP) in the DS and MJ DWTP.

**Table 2.** Relationship ( $r^2$ ) between water quality parameters and corrosivity

Parameters	LI		CCPP	
	DS DWTP	MJ DWTP	DS DWTP	MJ DWTP
pH	0.861	0.786	0.645	0.584
Alkalinity	0.773	0.461	0.043	0.229
Conductivity	0.336	0.072	0.162	0.132
TDS	0.228	0.013	0.208	0.243
Calcium	0.609	0.302	0.076	0.155

정수처리 공정의 후단에 수산화나트륨과 액상 소석회와 같은 알칼리제를 투입, pH를 높여서 배·급수관망으로 공급하는 것을 제안하고 있으며, 미국수도협회(AWWA)에서는 관의 부식억제를 위해서 수질을 조절할 경우에 가장 큰 영향을 미치는 인자로 pH 조절을 들고 있다 (AWWA, 1986).

#### 4. 결론

N강과 H호(댐)의 원수를 이용하여 수돗물을 생산하는 DS 정수장과 MJ 정수장의 원수와 수돗물을 대상으로 상수관망에서의 LI 값과 CCPP 농도의 변화를 1년간 조사하여 수돗물의 부식성 모니터링한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. DS 및 MJ 정수장 정수의 연간 LI 값 및 CCPP 농도는 -1.81~-1.07과 -3.13~-1.58 및 -27.5~-17.1 mg/L와 -50.1~-16.0 mg/L로 나타났으며, 호소수를 상수원수로 사용하는 MJ 정수장 정수의 부식성이 더 높은 것으로 조사되었다.

2. DS 및 MJ 정수장 정수가 상수관망을 통하여 각 가정으로 공급되면서 LI 값과 CCPP 농도는 큰 변화 없이 일정하게 유지되어 상수관망에서의 부식성 수질제어를 위해 정수장에서 부식 제어시에 관말까지 부식제어 효과가 유지될 수 있을 것으로 판단된다.

3. LI 값 및 CCPP 농도와 각 수질인자들 사이의 상관성( $r^2$ ) 평가에서 다른 수질인자들에 비해 pH가 가장 높은 상관성을 나타내어 상수관로의 내부부식을 억제하기 위해서는 수중의 pH 조절이 매우 중요한 것으로 나타났다.

#### REFERENCE

- AWWA, 1986, Corrosion Control for Operators.
- AWWA, 2000, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20<sup>th</sup>. 2-30, APHA, Washington, D.C.
- Cheong, W., Kim, J., Park, D., Kim, S., Jeong, S., 2011, A study on the corrosion control of tap water by lime and carbon dioxide, J. KSWW, 25(2), 193-199.
- Hedberg, T., Vik, E. A., Ferguson, J. F., 1995, Internal corrosion in water distribution system, in proceedings from an international workshop and seminar at Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, 59-66.
- Holm, T. R., Schock, M. R., 1998, Computing SI and CCPP using spreadsheet programs, J. AWWA, 90(7), 80-89.
- Hwang, B. G., 2007, Evaluation of calcium carbonate saturation indices in water, J. KAIS, 8(1), 130-135.
- Hwang, B. G., Woo, D. S., 2009, Development of corrosion evaluation index calculation program of raw water and evaluation on corrosivity of tap water using the calcium carbonate saturation index, J. KAIS, 10(1), 177-185.
- Kawamura, S., 2000, Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Kim, D. H., Cha, J. H., Hong, S. H., Kim, D. Y., Kim, C. W., 2009, Control of corrosive water in advanced water treatment plant by manipulating calcium carbonate precipitation potential, Korean J. Chem. Eng., 26(1), 90-101.
- Kim, D. H., Kim, D. Y., Hong, S. H., Kim, J. W., Kim, C. W., 2008, Development and implementation of a



- corrosion control algorithm based on calcium carbonate precipitation potential (CCPP) in a drinking water distribution system, *J. Water Suppl. Res. Technol.-Aqua*, 57(7), 531-539.
- Kim, J., Kim, Y. K., 2011, Characteristics and improvement of tap water corrosivity in Korea, *J. KSWW*, 25(5), 731-739.
- Kim, J., Lee, J., 2014, Improvement of tap water corrosivity by lime and carbon dioxide, *J. KSWW*, 28(6), 725-733.
- Kim, D. H., Lee, J. I., Lee, J. H., Han D. Y., Kim, D. Y., Hong, S. H., 2005, Corrosion characteristics by CCPP control in simulated distribution system, *J. KSEE*, 27(12), 1249-1256.
- Kwak, P. J., Kim, S. I., Woo, D. S., Nam, S. H., 1999, Effects of water aggressivity on the corrosion in water distribution systems, *J. KSWW*, 13(1), 134-139.
- Mays, L. W., 2000, *Water Distribution Handbook*, McGraw-Hill, New York.
- Ministry of Environment (MOE), 2014, <http://www.me.go.kr>.
- Park, Y. B., Kong, S. H., 2005, Control of the  $\text{CaCO}_3$  saturation index parameters for protecting the corrosion of waterworks pipe, *J. Korean Ind. Eng. Chem.*, 16(3), 372-378.
- Rossum, J. R., Merrill, D. T., 1983, An evaluation of the calcium carbonate saturation indexes, *J. AWWA*, 75(2), 95-100.
- Ryzner, J. W., 1960, A new index for determining amount of calcium carbonate scale formed by a water, *J. AWWA*, 52(10), 1263-1270.
- Sarin, P., Snoeyink, V. L., Bebee, J., Kriven, W. M., Clement, J. A., 2001, Physico-chemical characteristics of corrosion scales in old iron pipes, *Water Res.*, 35(12), 2961-2969.
- Schock, M. R., 1999, Internal corrosion and deposition control, In *Water Quality and Control*, 5<sup>th</sup> Ed, AWWA. Tokyo Water Works, 2014, <https://www.waterworks.metro.tokyo.jp>.
- US EPA, 2014, <http://water.epa.gov/drink/contaminants>.