

Improvement of tap water corrosivity by lime and carbon dioxide

액상소석회와 이산화탄소를 이용한 수도물 부식성 개선

Jinkeun Kim* · Junghoon Lee

김진근* · 이정훈

제주대학교 환경공학과

Dept. of Environmental Engineering, Jeju National University

Abstract : 16 water treatment plants(WTPs) in Jeju province were investigated to evaluate the corrosivity of tap water. In addition, the impacts of lime and carbon dioxide on LI changes at ES WTP were analyzed. The average of LI in Jeju tap was -1.78 which was similar to that of in-land multi-regional WTPs. The recommended process to improve LI of ES WTP which has high corrosivity(i.e., LI = -2.61) was to combine lime and carbon dioxide with the dosages of 20 mg/L and 5 mg/L respectively to meet LI of -1.0 ~ 0. pH was confirmed to be a major water quality parameter that determined LI based on the correlation results among LI and water quality parameters. Precaution on turbidity increase by lime addition should given to minimize particle breakthrough in the distribution system. Turbidity increase can be controlled by the addition of lime prior to filters.

Key words : Langelier index(LI), corrosivity, internal corrosion control, water treatment, water quality monitoring

주제어 : 랑겔리아 지수, 부식성, 내부부식 제어, 정수처리, 수질모니터링

1. 서론

수도물의 부식성은 공급과정에서의 녹물 발생 또는 금속관 재질 성분의 용출과 밀접한 관계가 있으므로 정수장에서 생산된 고품질의 수도물이 공급과정에서 품질저하가 발생하지 않도록 하기 위하여 관리해야 하는 중요한 수질 항목이다.

금속 재질 수도관의 부식에 영향을 주는 인자로는 관의 종류 및 재질, 관내 유속, 수온 등의 물리적 인자들과 pH, 알칼리도, 총용존고형물(TDS, Total Dissolved Solids), 경도, 용존산소, 잔류염소, 황산이온, 완충강도(buffer intensity) 등의 화학적 인자 및 biofilm, 미생물의 존재 등과

같은 생물학적 요소 등이 있다. 수질인자 중에서 pH, 알칼리도, 경도는 낮을수록, 용존산소, 잔류염소, TDS, 염소이온, 황산이온은 높을수록 일반적으로 부식성이 증가하는 것으로 알려져 있으며, 수온은 부식의 반응속도를 증가시킨다(Mays, 2010; Sarin et al., 2001; Kawamura, 2000; AWWA, 1986).

물의 부식성을 직접적으로 평가하는 지표는 현재까지 알려져 있지 않으며, 시편 실험 등을 통해 직접적으로 평가하거나, 간접적인 수질 평가 지표인 Langelier Saturation Index(LSI 또는 LI), Ryznar Index(RI), LR(Larson's Ratio), Aggressiveness Index(AI), Calcium Carbonate Precipitation Potential(CCPP) DFI(Driving Force Index), KWI(Korea Water Index) 등으

* Received 15 April 2014, revised 31 July 2014, accepted 01 August 2014.

* Corresponding author: Tel : 82-64-754-3448 Fax : +82-64-725-2483 E-mail : kjinkeun@jejuu.ac.kr

로 평가할 수 있다. 이러한 간접 지표는 대부분 CaCO₃의 침전원리 또는 염소이온이나 황산이온의 농도에 근거하고 있으며, 이 중 LI가 일반적으로 널리 사용된다(Kim and Kim, 2011; Schock, 1999; AWWA, 1986).

LI는 수중 탄산칼슘의 침전가능성을 표현하며, 식 (1)로 정의된다. LI가 0 보다 클 경우에는 탄산칼슘의 침전이, LI가 0 보다 작을 경우에는 탄산칼슘의 용해가 발생한다. 따라서 실제 LI와 수도관의 부식 간에는 일정한 상관관계는 있지만, 연수의 경우에는 상관성이 낮을 수도 있다(KWWA, 2010; Kawamura, 2000; AWWARF, 1996; AWWA, 1986). 한편 Kawamura(2000)는 LI와 수도물 부식성간의 상관관계를 Table 1과 같이 표현하였다.

$$LI = pH - pHs \quad (1)$$

$$pHs = A + B - \log[Ca] - \log[\text{알칼리도}]$$

Table 1. Corrosion characteristics vs. LI(Kawamura, 2000)

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

여기서, pH는 실측된 pH 값이며, pHs는 탄산칼슘이 포화되었을 때의 pH 값이다. A, B는 각각 수온, TDS 관련 상수, 칼슘과 알칼리도는 CaCO₃ 환산농도(mg/L)이다.

선진국에서는 수도물 공급과정에서의 부식성 관리를 위하여 부식성 관련 수질항목에 대하여 수질기준 또는 가이드라인을 적용하고 있는데, 일본은 국가 수질관리 목표항목에서 LI를 -1 ~ 0, pH를 7.5 정도 유지할 것을 명시하고 있으며, 미국은 National Secondary Drinking Water Contaminant Regulations에서 부식성(corrosivity)의 기준을 noncorrosive로 규정하고 있다. 실제 동경도에 수도물을 공급하는 아사카(朝霞) 정수장의 2012년 LI는 -0.7 ~ -1.0, pH는 7.5 정도로 관리되고 있다(TMG, 2014; EPA, 2014). Table 2는 수도물 부식성 관련 주요국의 수질기준 및 가이드라인을 나타내고 있다(Kim and Kim, 2011; K-water, 2010).

Table 2에 나타난 바와 같이 국내 먹는 물 수질기준에서 수도물 부식성에 가장 큰 영향을 주는 pH의 하한 값은 5.8로 선진국에 비해 낮은 편이며, 국내에서 상수원으로 사용하는 대부분의 지표수는 알칼리도 및 pH가 낮아 수도물의 부

Table 2. Standards or guidelines of water quality parameters related with corrosivity(Kim and Kim, 2011)

	Korea	WHO	U.S.	Japan	Canada	U.K.	Germany	France
pH	5.8 ~ 8.5	-	6.5-8.5	5.8-8.6	6.5 ~ 8.5	6.5~8.5	6.5~9.5	6.5~9.0
Corrosivity	-	-	noncorrosive	LI : -1.0~0	-	-	-	-
Total hardness	300	-	-	300	-	-	-	-
Aluminum	0.2	-	0.05~0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2
Cadmium	0.005	0.003	0.005	0.01	0.005	0.002	0.005	0.005
Chromium	0.05	0.05	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Chloride	250	-	250	200	250	250	250	250
Copper	1	2	1.3	1	1.0	2, 1	2	2, 1
Iron	0.3	-	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
Manganese	0.05	0.4	0.05	0.05	0.05	0.5, 0.1	0.05	0.05
Lead	0.01	0.01	0.015	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Sulfate	200	-	250	-	500	500	240	250
Zinc	3	-	5	1	5	3	-	-

(* pH, corrosivity를 제외한 항목의 단위는 mg/L임)

식성이 상대적으로 높은 편이다(Kim and Kim, 2011). 일본의 경우에도 먹는물에서의 pH 수질 기준 하한 값은 5.8로 한국과 동일하나 부식성 제어 위하여 수질관리 목표를 7.5 정도로 규정하고 있어 한국과는 차이가 있다(MHLW, 2014).

국내에는 수돗물 부식성에 관한 별도의 수질 기준 또는 가이드라인은 없으나 2012.7.1일부터 시설용량 50,000 m³/일의 정수장에 한하여 년 4회 LI를 수질감시 항목에 포함하여 모니터링하고 있다(MOE, 2014). 한편, 제주도에는 모두 16개의 정수장이 있으나 시설용량은 모두 50,000 m³/일 미만으로 수돗물 부식성 관리와 관련하여 LI에 대한 모니터링은 실시되지 않고 있다.

본 논문에서는 제주도 지역을 대상으로 제주도 수돗물의 부식성을 평가하고, 액상소석회와 이산화탄소를 이용한 제주도 수돗물의 부식성 개선 가능성에 대하여 연구하였다. 이를 통해 제주지역의 부식성 개선을 위한 정수처리 공정 구성안 및 개선방안을 제시하고자 하였다.

2. 실험대상 및 방법

제주도 수돗물의 부식성 조사를 위해 제주도 내 16개 모든 정수장을 대상으로 LI에 영향을 미치는 수질항목에 대한 분석을 실시하고 LI를 산정하였다. 조사대상 정수장의 현황은 Table 3에 나타내었으며, 본 연구에서는 정수장에서 생산되는 정수(정수지 기준)를 대상으로 LI 현황,

액상소석회와 이산화탄소 주입에 따른 LI 변화 및 개별 수질인자와 수돗물 LI와의 상관관계 등을 분석하였다.

LI 계산을 위한 수질분석을 위하여 정수장에서 시료를 채취하여 현장 및 실험실 분석을 실시하였다. 수질분석 항목은 식 (1)과 관련된 수온, pH, TDS, 칼슘경도, 알칼리도이며, 소석회 주입에 따른 탁도 증감 현상의 파악을 위하여 탁도도 분석하였다. 모든 수질분석은 Standard Methods와 먹는물수질공정시험기준에 근거하여 실시하였으며, 16개 정수장의 LI를 2013.10-11월 동안 총 5회에 걸쳐 분석하였다.

액상소석회는 수처리제로 승인된 20% 액상소석회 용액을 이용하였으며, 이산화탄소 주입 실험은 액화 이산화탄소를 증류수에 용해하여 pH를 3.91로 조정 후 실험에 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 제주도 수돗물의 LI 특성

제주도 수돗물은 육지부와 비교하여 경도 및 알칼리도가 상대적으로 낮고 pH는 대부분 알칼리성을 나타내었다. 수돗물 부식성 지수인 LI에 영향을 주는 5개 수질요소 중 pH가 가장 큰 영향을 주는 것으로 알려져 있는데 제주도 상수원의 경우 대부분 알칼리성을 나타내고 있고, 수원도 대부분 지하수여서 여름철 장마 시에도 pH 및 알칼리도의 저감 정도가 상대적으로 낮다.

Table 3. Water treatment plants in Jeju province(Jeju province, 2014)

WTP	Capacity (m ³ /d)	Process*	WTP	Capacity (m ³ /d)	Process
GJ	25,000	Rapid filtration	AW	23,000	Chlorination only
KJ	19,000	Chlorination only	ES	15,000	Slow filtration
KA	7,500	Chlorination only	OR	15,000	Rapid filtration
NW	37,000	Chlorination only	WS	24,000	Slow filtration
DR	20,000	Slow filtration	YA	32,000	Chlorination only
BD	35,000	Slow filtration	JC	37,000	Chlorination only
HS	16,000	Chlorination only	TP	19,000	Chlorination only
SK	32,500	Chlorination only	HR	20,000	Slow filtration

*Rapid and slow filtration process are followed by chlorination.

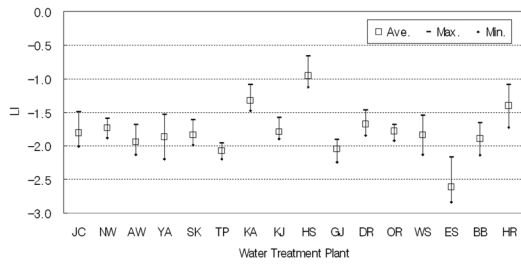


Fig. 1. LI of Jeju tap water(max., ave., min.).

Fig. 1은 제주도내 16개 정수장의 LI 값을 표시하며, 평균, 최대, 최소는 각각 -1.78, -0.66, -2.84로 나타났다. 국내 육지부의 광역상수도를 대상으로 부식성을 측정된 Kim and Kim(2011)에 의하면 광역상수도 원수와 정수의 평균 LI는 각각 -1.59, -1.73으로 나타났다. 따라서 제주도내 정수의 LI 평균값은 육지부와 유사한 수준으로 판단된다. 그러나, 광역상수도 정수장은 대부분 소독과정에서 주입후 수돗물의 pH가 저감되는 액화염소를 사용하는데 반해 제주도는 주입후 수돗물의 pH가 상승하는 차아염소산나트륨 또는 차아염소산칼슘을 사용한다 (Jeju province, 2014; Kim and Kim, 2011). 따라서 수돗물의 경우 제주도는 육지부와 유사한 부식성을 갖고 있으나, 원수의 경우에는 육지부 보다 부식성이 더 높을 것으로 판단된다. 제주도는 지질 특성상 퇴적토의 발달이 미약하고, 대부분 화산토로 구성되어 있으며, 석회석의 발달이 미약하여 칼슘의 농도가 매우 낮은 것으로 추정된다.

한편, 제주도에서 수돗물의 부식성이 가장 높은 곳은 ES 정수장으로 조사되었는데 ES 정수장의 경우 용천수를 저수하여 사용하는 상수원의 특성상 지하수 보다는 지표수의 수질특성을 보이고 있다. ES 정수장 유입수의 경우 지질 특성상 알칼리도와 칼슘 정도가 다른 정수장에 비해서 낮고 연평균 pH도 7.55 수준으로 평가되었다. ES 정수장 정수의 평균 LI는 -2.61로서 육지부와 비교해서도 부식성이 높은 수준인 것으로 평가된다.

3.2 액상소석회를 이용한 부식성 개선

정수 처리과정에서 수돗물의 부식성을 개선하는 가장 일반적인 방법은 pH 조정이다 (Kawamura, 2000). 국내 정수장에서 주로 사용하는 알칼리제는 수산화나트륨과 소석회이다. 과거에는 소석회가 대부분 고체 형태이어서 액상으로 주입이 용이한 수산화나트륨도 알칼리제로 많이 사용하였으나, 최근에는 소석회가 고장에서 액상으로 생산 형태가 대부분 전환됨에 따라 경제성을 고려하여 액상소석회의 사용이 증가하고 있는 추세이다. 액상소석회를 주입할 경우에는 pH 증가와 함께 알칼리도와 칼슘경도를 동시에 증가시킬 수 있는 장점도 있다.

Fig. 2(A)는 ES 정수장의 여과수를 대상으로 소석회 주입률에 따른 LI, 탁도(Tur.), pH의 변화를 도시하였다. pH의 증감과 LI의 증감 간에는 매우 높은 상관성이 있으며(Kim and Kim, 2011), 이는 Fig. 2(A)에도 잘 나타나 있다.

액상소석회 주입률이 5 mg/L일 경우 LI는 -3.01에서 -1.11로 개선되었으며, 액상소석회 주입률이 10 mg/L일 경우에는 LI가 양의 값인 0.05를 나타내었다. LI가 양의 값을 가질 경우 수돗물의 부식성이 거의 없으므로 LI 관리 측면에서는 액상소석회 주입률을 10 mg/L 수준으로 하는 것이 좋으나, 처리수 pH의 먹는물 수질기준이 8.5 이하여야 하므로, 현 상태에서는 실질적인 주입률은 4 mg/L 이하여야 한다.

여과수에 액상소석회를 주입하였을 때 야기될 수 있는 문제점 중의 하나는 탁도 상승이다. 여과수의 탁도 기준이 0.3 NTU 이하인 점을 고려할 경우 ES 정수장을 대상으로 액상소석회를 이용한 부식성 개선을 할 경우 탁도를 고려한다면 액상소석회 주입률은 Fig. 2(A)에 나타난 바와 같이 2 mg/L 이상으로 주입하기 어렵다. 이 경우에는 LI가 -2.22로서 일본의 LI 수질관리 목표인 -1.0~0의 유지에는 부족한 실정이다.

따라서 제주도 ES 정수장을 대상으로 수돗물 부식성 개선을 하기 위해서는 액상소석회 주입

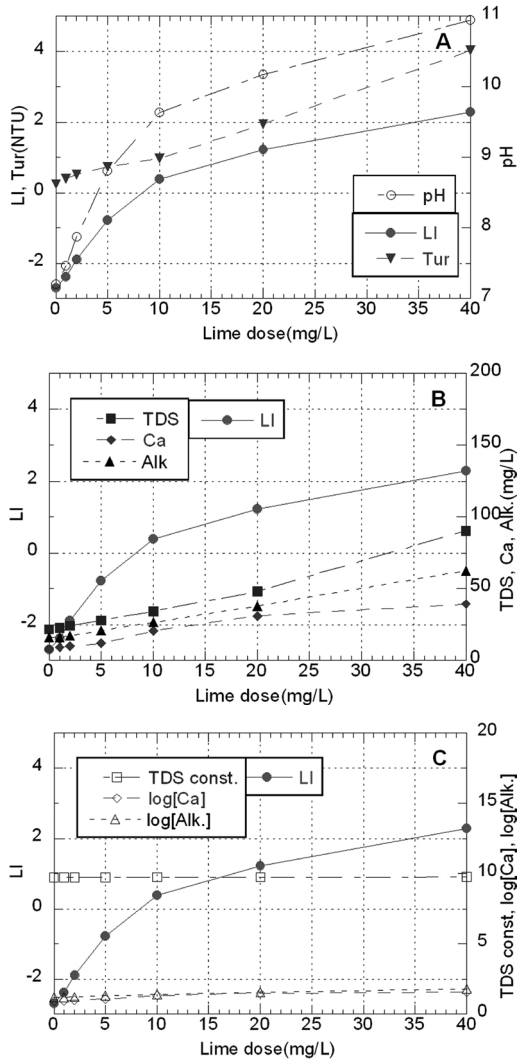


Fig. 2. Impact of lime addition on LI.

를 증가시키되, pH와 탁도에 관한 먹는물 수질기준에 적합해야 하므로, 과도하게 상승한 pH는 수처리제인 액화 이산화탄소를 이용하여 저감시키고, 탁도 상승의 경우 액상소석회 주입 지점을 여과지 후단이 아닌 여과지 전단에 위치시킴으로서 개선가능 할 것으로 판단된다.

Fig. 2(B)는 액상소석회 주입에 따른 TDS, 칼슘경도, 알칼리도의 변화를 나타내고 있다. 3항목 모두 액상소석회 주입률에 따라 직선성에 가까운 증가를 나타내었다. 그러나 LI 계산에 있어서는 Fig. 2(C)에 나타난 바와 같이 칼슘경도와

알칼리도는 log 값으로 입력되게 되어 실질적으로 LI에 미치는 영향은 미미하다. TDS 경우 농도가 0에서 100 mg/L으로 상승하였을 경우 LI에 미치는 영향은 0.07로서 미미하다. 한편 수온은 모두 12.5℃ 정도로 일정하게 유지되었다.

3.3 액상소석회와 이산화탄소를 이용한 부식성 개선

예비 실험을 통해 ES 정수장에 적용할 수 있는 수돗물 부식성 개선 방안은 액상소석회를 이용하여 처리수의 pH, 알칼리도, 칼슘경도를 상승시키고, 과도하게 증가한 pH는 액화 이산화탄소를 이용하여 저감하는 방법으로 판단되었다.

Fig. 3은 액상소석회와 이산화탄소 주입률 변동하에서의 LI 변화를 나타내고 있다. 액상소석회 주입률은 4, 8, 12, 20 mg/L로 변화시켰으며, 이산화탄소는 실험 직전에 액화 이산화탄소를 증류수에 포화시켜 pH를 3.91로 제조한 용액을 희석하여 사용하였다. Fig. 3에서 CO₂의 주입률은 pH 3.91로 조정된 용액의 주입률을 의미한다.

소석회 주입률이 4 mg/L일 경우에는 Fig. 3(A)에서도 나타난 바와 같이 LI를 -1.0 이상으로 향상시키기 어렵다. 물론 이는 원수의 pH 변화에 따라 영향을 받으나, 실험 당시 시료수의 pH가 7.2인 상황에서는 소석회의 주입률이 4 mg/L일 경우 LI는 최대 -1.54로서 LI의 목표를 일본 수준인 -1.0으로 할 경우에는 채택하기 어려운 조합으로 평가된다. 이산화탄소의 주입률을 증가시킴에 따라 시료수의 pH가 저감하고 이에 따라 LI의 절대값은 증가하는 것으로 나타났다. TDS 상수, log[Ca], log[Alk.]의 변화 정도는 상대적으로 미미한 것으로 평가되었다.

액상소석회 주입률 8 mg/L에서는 LI 목표를 -1.0으로 설정할 경우 이산화탄소 주입률 0, 1 mg/L에서 목표에 달성할 수 있었는데, 이때는 처리수의 pH가 9.02, 8.71로서 pH 기준을 초과하였으며, pH 기준을 달성하기 위해서 이산

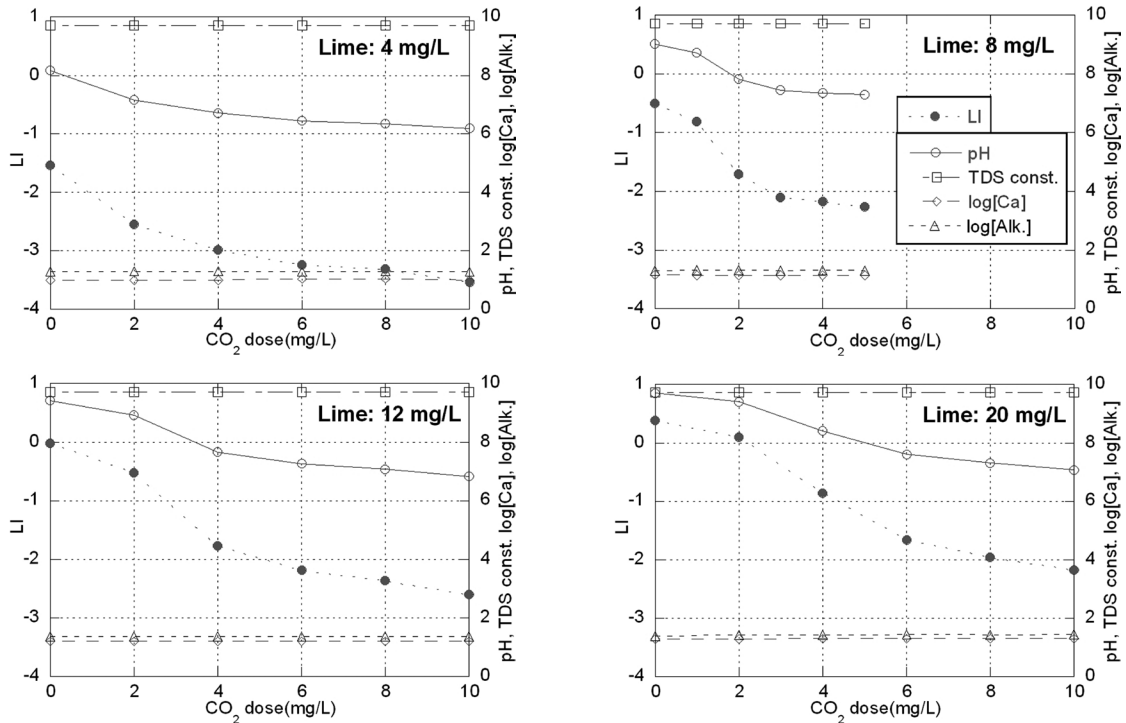


Fig. 3. Impact of lime and carbon dioxide addition on LI.

화탄소 주입률을 2.0 mg/L로 증가시키면 pH는 7.82로서 적정하나, LI는 -1.71로 나타나서 전체적으로 LI 관리차원에서는 부적절한 조합으로 판단되었다.

다음으로 액상소석회 주입률을 12 mg/L로 할 경우에는 LI 측면에서는 이산화탄소 주입률을 2 mg/L 유지할 경우에는 LI는 -0.53로 적정하나, pH는 8.91로 나타나 적용하기가 곤란한 조합이다. 한편 이산화탄소 주입률을 4 mg/L로 할 경우에는 LI는 -1.78, pH는 7.66으로 나타나 LI 측면에서 부적절한 것으로 조사되었다.

마지막 실험 조합인 액상소석회 20 mg/L을 주입할 경우에는 LI가 0을 상회하는 경우도 발생하였다. LI는 -1.0 ~ 0, pH는 7.5 ~ 8.0 부근의 조합은 액상소석회 20 mg/L, 이산화탄소 주입률 5.0 mg/L 정도로 추정된다.

한편 액상소석회 주입시 예상되는 문제점 중의 하나는 탁도 상승이다. Fig. 2(A)에 도시한 바와 같이 액상소석회 주입률 향상에 따라 탁도

도 일정하게 상승하였다. 실험실 조건에는 소석회 주입률 2 mg/L 이상일 경우 탁도가 여과수 수질기준인 0.3 NTU를 초과하게 되므로 액상소석회 주입 지점을 여과지 전단으로 하여야 한다. Fig. 3에 표시된 실험조건에서 탁도 저감 특성 파악을 위하여 소석회 주입후 0.45 μm 여과지로 여과한 후 여과 전후의 LI를 비교한 결과 LI는 큰 변화가 없었으며, 탁도는 소석회 최대 주입률인 20 mg/L 에서도 0.27 NTU이하로 관리되었다. 또한, 수돗물 부식성 제어를 위하여 알칼리제를 과량 주입할 경우 소석회 미립자 농도 및 처리수의 pH가 증가됨에 따라 공급과정 중에 탁도 및 알루미늄 등의 농도가 증가할 수 있으므로 지속적인 모니터링이 필요하다.

3.4 수질인자가 수돗물의 LI에 미치는 영향

Fig. 4는 ES 정수장에서 채수한 여과수를 대상으로 액상소석회와 이산화탄소를 주입하여 pH, TDS, 칼슘경도, 알칼리도 등을 변화시키면

서 실시한 24회의 lab test 결과를 바탕으로 pH 변화에 따른 LI, TDS 상수, log[Ca], log[Alk.] 상호간의 관련성을 도시하고 있다. 그림에 표시된 바와 같이 pH 변화에 따라 LI는 거의 직선성의 상관관계를 나타냈으며, 다른 수질인자의 경우 pH 변동에 따른 변화폭이 미미하였다. Fig. 4에서 액상소석회의 주입률은 4 ~ 20 mg/L, 이산화탄소 주입률은 0 ~ 10 mg/L의 변화율을 보였으나, TDS 상수, log[Ca], log[Alk.]에 미치는 영향은 상대적으로 적은 것으로 판단된다.

Table 4는 LI와 관련된 수질인자간의 상관관계를 나타낸다. LI에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 pH이며 상관계수는 0.99로 나타났다. 국내 광역상수도를 대상으로 분석한 결과와 마찬가지로

가지로(Kim and Kim, 2011), pH가 LI를 결정하는 가장 중요한 인자로 평가된다. 다음으로 알칼리도, 칼슘경도의 영향이 큰 것으로 나타났다. 실험기간 동안의 수온은 12.5℃로 일정하여, 수온이 LI변화에 미치는 영향을 평가할 수는 없었으나, ES 정수장의 수온변화 정도는 2012년 실측자료의 경우 5.4℃ ~ 15.5℃ 로서 수온의 변화폭은 약 10℃이며, 이를 LI 계산식에서 반영하면 최대 변화폭은 0.275로 환산된다.

특히 ES 정수장의 경우 칼슘경도와 알칼리도가 매우 낮아서 액상소석회 주입률을 50 mg/L 이상으로 높이지 않은 한 알칼리도와 칼슘경도의 증가에 따른 LI 증가 정도는 제한적일 것으로 예상된다.

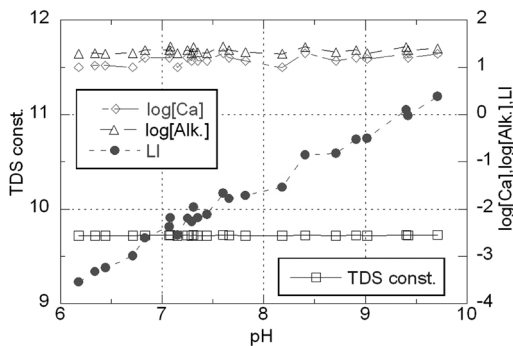


Fig. 4. Relationship among water quality parameters and LI.

Table 4. Correlation results among water quality parameters

	pH	TDS	log[Ca]	log[Alk.]	LI
pH	1.00				
TDS	0.43	1.00			
log[Ca]	0.47	0.97	1.00		
log[Alk.]	0.34	0.95	0.91	1.00	
LI	0.99	0.54	0.58	0.45	1.00

Table 5. Recommended processes for LI improvement

	pH < 7.0			pH ≥ 7.0		
	alkalinity(mg/L)					
	< 20	10 ~ 20	20 ≤	< 10	10 ~ 20	20 <
LI < -2.5	Lime+CO ₂					
-2.5 ≤ LI < -2.0	Lime+CO ₂	Lime+CO ₂	Lime,NaOH	Lime+CO ₂	Lime+(CO ₂)	Lime, NaOH
-2.0 ≤ LI < -1.0	Lime+(CO ₂),NaOH					

3.5 수돗물 부식성 개선을 위한 정수처리 공정 개선방안

정수장에서 수돗물의 부식성 개선을 위한 정수처리공정 개선방안으로는 부식억제제 주입과 수산화나트륨, 소석회, 소석회+이산화탄소 주입 등을 통한 수질조정으로 구분할 수 있다. 원수 수질, 관 중 등에 따라 다양한 내부부식 제어 방법이 있으나, 수질조정에서 가장 중요한 것은 pH 조정이다(AWWA, 1996).

Table 5는 수돗물의 부식성 개선을 위해 LI 관리 목표를 -1.0 ~ 0으로 할 때 정수장에서 적용할 수 있는 공정개선안을 정수의 LI, pH, 알칼리도로 구분하여 제시하고 있다(Kim and Kim, 2011; K-water, 2010). 정수장 여건에 따라 여과공정 전후에서 Table 5에 제시한 공정을 선택적으로 적용할 수 있으며, 이후 소독공정에서의

pH 변화도 고려하여 한다.

Cheong 등(2011)은 J 정수장을 대상으로 액상소석회와 이산화탄소를 여과지 후단에 주입하여 수돗물의 부식성 개선을 시도하였다. 수돗물 부식성 제어설비의 목표 pH를 7.8, 소석회 주입률을 5 ~ 10 mg/L로 운영할 경우 LI를 약 29% 개선할 수 있었으며, 이 경우 실제 공급시스템에 설치한 시편실험을 통해 1년간 모니터링 결과, 부식도가 24% 지연되었다고 제시하여 수돗물 부식성 제어가 수도관 부식도 제어에 유용한 방안을 보고하였다.

최근, 호소수를 이용하는 대규모 정수장에서는 조류 발생으로 인한 원수 pH 상승에 대비하여 많은 정수장에서 액화 이산화탄소 주입설비를 갖추고 있으므로 이를 부식성 제어에도 동시에 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 원수의 pH가 낮아 부식성이 높은 정수장에서는 염소소독방법을 pH 저하가 많은 액화염소에서 주입 후 pH가 증가되는 차아염소산나트륨으로 전환하는 방안도 적극적으로 검토할 필요가 있다.

4. 결론

제주도 16개 정수장의 수돗물 부식성을 평가하고 지표수를 수원으로 하는 ES 정수장을 대상으로 액상소석회와 이산화탄소를 이용한 LI 변화 등을 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 제주도 수돗물의 부식성을 LI를 이용하여 평가한 결과 평균 -1.78로 조사되어 육지부의 광역상수도 수돗물의 LI와 비슷한 수준으로 평가된다. 그러나 원수의 경우에는 광역상수도에 비하여 부식성이 높은 것으로 예상된다.
2. ES 정수장의 여과수를 대상으로 LI를 일 본의 목표 수준인 -1.0 ~ 0으로 유지하기 위해서는 액상소석회는 20 mg/L, 이산화탄소는 5 mg/L 정도를 주입하여야 할 것으로 판단된다.

3. LI와 다른 수질인자간의 상관관계를 분석한 결과 pH와 LI간의 상관성이 가장 높게 나타나 LI 개선을 위해서는 pH를 상승시키는 것이 가장 효과적인 방법으로 판단된다.

4. 액상소석회를 주입할 경우 탁도 상승이 발생하므로 주입률이 높을 경우에는 여과지 전단에 주입하여 여과공정에서 소석회 미립자의 제거율을 향상시켜 탁도를 관리하여 한다.

사 사

이 논문은 2014년도 제주대학교 학술연구지원 사업에 의하여 연구되었음

References

AWWA (1986) Corrosion control for operators.
 AWWARF and VGW-TZW (1996) Internal corrosion of water distribution systems, AWWARF.
 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. of KSWW 25(2) 193-199.
 Jeju special self-governing province, Division of water supply (2014) www.jeuwater.go.kr.
 Kawamura, S. (2000) Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities, John Wiley & Sons, Inc., New York.
 Kim, J. Kim, Y. (2011) Characteristics and improvement of tap water corrosivity in Korea. J. of Korean Society of water and wastewater(KSWW), 25(5) 731-739.
 Korea Water Works Association(KWWA) (2010) Standards for water supply facilities.
 K-water (2010) Internal report.
 Mays, L.W (2000) Water Distribution Handbook, Mc-Graw Hill, New York.
 Ministry of Environment(MOE) (2014) www.me.go.kr.
 Ministry of Health, Labor and Welfare(MHLW) in Japan (2014) www.mhlw.go.jp.
 Sarin, P. Snoeyink, V.L., Bebee, J., Kriven,

- W.M., and Clement, J.A. (2001) Physico-chemical characteristics of corrosion scales in old iron pipes, *Wat. Res.* 35(12) pp. 2961–2969.
- Schock, M. R. (1999) Internal corrosion and deposition control in *Water Quality and Control* 5th Ed. Mc-Graw Hill, New York.
- Tokyo metropolitan government(TMG), Bureau of waterworks(2014) www.waterworks.metro.tokyo.jp.
- USEPA (2014) water.epa.gov.