

## 論 文

## 상수도관로의 부식 방지를 위한 수돗물의 침식성 평가

## Evaluation on the Aggressivity of Drinking Water for Corrosion Control in Water Distribution System

곽필재\* · 이현동\*\* · 남상호\*\*\*

Phill-Jae Kwak\* · Hyun-Dong Lee\*\* · Sang-Ho Nam\*\*\*

## Abstract

The corrosion problems in water distribution system are reduced by decreasing the aggressivity of drinking water which is evaluated by marble test and saturation indices(LSI or CCPP etc.). Marble test is a reliable method to determine the actual saturation condition of treated water. This study was done to determined the aggressivity of tap water and the effectiveness of  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  and  $\text{NaOH}$  dosage for corrosion control.

The drinking water in Seoul were evaluated by marble test and Langelier Index(LSI) and Calcium Carbonate Precipitation Potential(CCPP). The results indicated that the drinking water in Seoul were undersaturated as Calcium Carbonate( $\text{CaCO}_3$ ).

The LSI and CCPP of the water treated with  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  were higher than that of water treated with  $\text{NaOH}$ . Therefore, to increase the Alkalinity and Calcium Hardness for corrosion control in water distribution system,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  is more effective than  $\text{NaOH}$ .

## 1. 서 론

최근 수돗물을 이용하는 시민들이 심미적으로 접하는 문제는 적수, 이상한 맛, 냄새 등이며 이러한 원인들은 주로 배·급수관망의 부식에 기인하는 수가 많다. 부식은 수질이나 배

급수관망의 재질 등 여러 가지 환경적인 요인에 의해 발생된다. 1), 2) 상수도관로의 부식은 수질 특성을 바꾸고, 배·급수관을 내식성이 강한 재질로 사용하거나, 일반적으로 이용되고 있는 배·급수관에 방식성 물질을 도장(Lining and Coating)함으로써 해결할 수 있다. 3), 4), 5) 정수처리시 부식 제어를 위한 방법으로는 물의 침식성을 저감시키기 위한 pH 및 알칼리도의 조절과 칼슘농도의 첨가 등이 있다. 수질을 탄산산염의 포화상태로 만들어 주면 탄산염이 추가되는 방식막이 형성되어 산소의 전달이 억제

\* 건국대학교 환경공학과 박사과정

\*\* 한국건설기술연구원 선임연구원

\*\*\* 건국대학교 환경공학과 교수

되고 결과적으로 부식속도가 감소된다. 6). 7). 8). 9). 14) 국내의 정수처리과정에서는 부식제어를 위한 어떠한 체계적인 조치도 취하고 있지 않으므로 침식성이 강한 연수가 배·급수관망에 공급되고 있어 관망의 부식이 점점 가속화되고 있으며, 물의 침식성에 대한 평가도 실시되고 있지 않은 실정이다. 미국 및 영국에서는 상수도관로의 부식조절을 위해 pH를 조절하도록 권장하고 있으며 세계보건기구(WHO)는 음용수 수질을 위한 지침(Guidelines for drinking water quality)<sup>11)</sup>에 부식방지 및 조절을 위한 방법을 제시하고 있다.

탄산칼슘의 침식성 평가방법은 크게 실험법, 도표법, 계산법으로 나눌 수 있다. 8). 9). 12). 13). 14). 15) 이러한 방법들로 물 속에서의 탄산칼슘의 침전가능 여부 및 용해 정도를 알아볼 수 있다. 이를 기초로 하여 정수장에서 부식방지를 위한 기본적인 자료를 얻을 수 있으나, 이것만으로는 부식의 원인을 분석할 수 없다. 따라서 관부식의 원인을 파악하기 위해서는 부식에 직접 영향을 미칠 수 있는 수질인자와 배·급수관 재질의 특성분석이 행해져야 한다.

Langelier<sup>12)</sup>가 처음 물의 침식성 평가방법을 제안한 이후 수 많은 연구가 진행되었으며, 각 인자에 대한 수정식들이 발표되었다. 이 식들은 측정된 수질항목을 이용하여 계산이 가능하며, 탄산칼슘의 포화상태를 평가할 수 있고, 탄산칼슘의 침전 또는 용해 여부를 예측할 수 있다. 실제로 탄산칼슘의 포화상태를 측정할 수 있는 방법으로는 Marble test<sup>9). 10). 13). 16)</sup>가 있다.

본 연구는 탄산칼슘의 포화도 실험인 Marble test를 행하여 물 속의 탄산칼슘의 침식성을 평가하였으며, 서울시 9개 정수장의 인근 지역 수돗물에 대하여 Marble test를 행하고 탄산칼슘 포화지수를 적용하여 서울시 수돗물의 탄산칼슘 침식성을 평가하였다. 상수도관로의 부식방지대책의 일환으로 Ca(OH)<sub>2</sub>와 NaOH 주입량을 변화시켜 pH를 조절함으로써 수질변화와 탄산칼슘 포화지수를 계산하여 부식제어 방법

을 고찰하였다.

## 2. 실험 방법

본 연구는 전국대학교 환경공학과 위생공학 연구실의 수돗물을 대상으로 물의 침식성에 대한 특성분석을 행한 후, 탄산칼슘의 포화도 실험을 수온 및 탄산칼슘의 종류와 주입량에 따라 비교하였으며, 서울시 9개 정수장 인근 지역의 수돗물에 대한 침식성을 평가하였다. 수돗물의 pH를 조절하기 위하여 Ca(OH)<sub>2</sub>와 NaOH를 주입한 후 탄산칼슘 포화지수를 계산하여 그 결과를 비교하였다.

### 2.1 탄산칼슘 포화실험

#### 1. 종류별 탄산칼슘 특성

본 연구에 적용된 Marble test는 CaCO<sub>3</sub>, Marble Granular, Marble Powder를 BOD병에 각각 2 ± 0.05g씩 넣고 수돗물을 300ml 주입하여 마개를 하고 수분간 흔들어 교반시킨 다음, 25°C의 항온조에서 24시간 방치 후 상정액을 유리섬유여과시(GF/C)로 여과하여 pH, 알칼리도, 칼슘경도, 전기전도도를 측정하는 것이다.

본 연구는 이러한 분석자료를 근거로 종류별 탄산칼슘의 포화지수를 계산하였으며, 이 때 사용된 종류별 탄산칼슘의 특성은 표 1에 나타난 바와 같다.

#### 2. 수온, 종류별 탄산칼슘의 사용량, 시간 변화에 따른 탄산칼슘의 포화도

상기 1.의 실험방법에서 수온을 20°C, 25°C, 30°C, 40°C로 변화시키고, 시간에 따른 영향을 검토하기 위하여 25°C에서 1시간 간격으로 48시간까지 변화시켰으며, 종류별 탄산칼슘의 사용량을 0.1g씩 2.0g까지 증가시켜 24시간 후에 pH, 알칼리도, 칼슘경도, 전기전도도를 측정하였다. 측정값을 바탕으로 탄산칼슘 포화지수를 계산하였다.

### 2.2 수돗물의 침식성 평가

서울시 9개 정수장 인근지역 임의의 장소에

표 1. 종류별 탄산칼슘 특성

Items \ Reagents	CaCO <sub>3</sub>	Marble Granular	Marble Powder
Company	Yakuri	Merck(5988)	Merck(5977)
Type	Powder	Granular	Powder
Constituents	CaCO <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> : bellow 0.05% Cl <sup>-</sup> : bellow 0.02% SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> : bellow 0.04% Pb: bellow 0.003% Fe: bellow 0.005% Ba: bellow 0.05% Mg: bellow 0.4%	CaCO <sub>3</sub> * * * * * * *	CaCO <sub>3</sub> * * * * * * *
Purity	above 98.0%	100%	100%

서 수돗물을 채수하여 현장에서 수온, pH를 측정하였고 실험실에서 전기전도도, 알칼리도, 칼슘경도, 총경도를 분석하였다. 이러한 자료를 바탕으로 탄산칼슘 포화지수를 계산하고 Marble test을 실시하였다.

### 2.3 Ca(OH)<sub>2</sub>와 NaOH 주입량에 따른 탄산칼슘 포화 특성

Ca(OH)<sub>2</sub>와 NaOH의 주입량을 1~10mg as CaCO<sub>3</sub>로 변화시키고 각 주입량에 따른 pH, 전기전도도, 알칼리도, 칼슘경도, 전기전도도를 측정하여 탄산칼슘 포화지수를 계산하였다.

## 3. 실험 결과 및 고찰

### 3.1 대상원수의 수질특성

본 연구에 사용된 수돗물은 건국대학교 환경공학과 위생공학연구실의 수돗물을 30분간 유출시킨 후 안정된 수질을 채수하였으며, 이를 분석한 수질특성과 탄산칼슘 포화지수를 표 2에 나타내었다.

### 3.2 탄산칼슘포화실험

#### 1. 종류별 탄산칼슘의 특성

Marble test 후 측정된 종류별 탄산칼슘 포화

상태의 pH와 탄산칼슘 포화지수는 그림 1, 표 3과 같다. Marble test 전·후의 pH, 알칼리도, 칼슘경도 변화량은 CaCO<sub>3</sub>을 주입한 것이 Marble Granular나 Marble Powder를 주입한 것보다 컸다.

그림 1에 나타난 바와 같이 계산에 의한 탄산칼슘 포화상태의 pH와 Marble test 후 실측한 pH의 차이는 CaCO<sub>3</sub>을 사용한 것이 0.074(SD(표준편차): 0.049), Marble Granular 및 Marble Powder를 사용한 것이 -0.157(SD: 0.049), -0.105(SD: 0.043)로써 CaCO<sub>3</sub>을 주입한 것이 계산치와 실측치가 가장 근접하였다.

그러나 CaCO<sub>3</sub>를 사용했을 때가 Marble Granular, Marble Powder를 사용했을 때보다 알칼리도, 칼슘경도, 전기전도도가 높았기 때문에 LSI, CCPP도 다소 높았다.

Marble test에 의한 침식성 평가시 test 후에 pH, 알칼리도, 칼슘경도가 증가하면 침식성이라 할 수 있다. 이러한 기준을 적용하면 CaCO<sub>3</sub>, Marble Granular, Marble Powder를 모두 사용할 수 있지만 탄산칼슘이 포화된 상태에서 pH, 알칼리도, 칼슘경도 등의 변화를 보다 정확하게 파악하기 위해서는 표 3에서와 같이 CCPP의 값이 0(탄산칼슘이 침식이나 침

표 2. 각 실험에 사용한 수돗물의 수질특성과 탄산칼슘 포화지수

Tested water Items and Saturation Indices	CaCO <sub>3</sub> Products	water temperature				usage	reaction time (25°C)	Ca(OH) <sub>2</sub> dosage (25°C)	NaOH dosage (25°C)
		20°C	25°C	30°C	40°C				
pH	7.25	7.32	7.21	7.26	7.02	7.24	7.34	7.23	7.21
Alkalinity(mg/l as CaCO <sub>3</sub> )	27.2	28.4	27.2	27.5	27.6	41.6	43.6	27.8	30.0
Calcium Hardness (mg/l as CaCO <sub>3</sub> )	32.4	36.5	32.4	34.7	34.5	40.6	47.5	31.5	34.5
Conductivity(mhos/cm)	142.5	139.2	142.5	146.2	136.5	154.1	153.1	133.6	140.4
pHs	8.72	8.72	8.72	8.61	8.44	8.44	8.36	8.72	8.65
LSI	-1.47	-1.40	-1.51	-1.35	-1.42	-1.20	-1.02	-1.49	-1.44
RI	10.18	10.12	10.22	9.97	9.86	9.64	9.37	10.20	10.08
AI	10.20	10.34	10.16	10.24	10.04	10.47	10.65	10.17	10.22
DFI	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.050	0.07	0.02	0.03
ME	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
CCPP	-7.91	-7.43	8.09	-7.27	-11.88	-10.68	-8.34	-8.38	-9.15

LSI:Langelier Saturation Index, RI:Ryznar Index, DFI:Driving Force Index, ME:Momentary Excess, AI:Aggressiveness Index, CCPP : Calcium Carbonate Precipitation Potential

\* Undersaturated States : [LSI < 0], [RI > 7], [DFI < 1], [AI < 10], [ME < 0], [CCPP < 0]

\* LSI -2.0 : very aggressive water , -2.0 LSI -0.1 moderate aggressive water

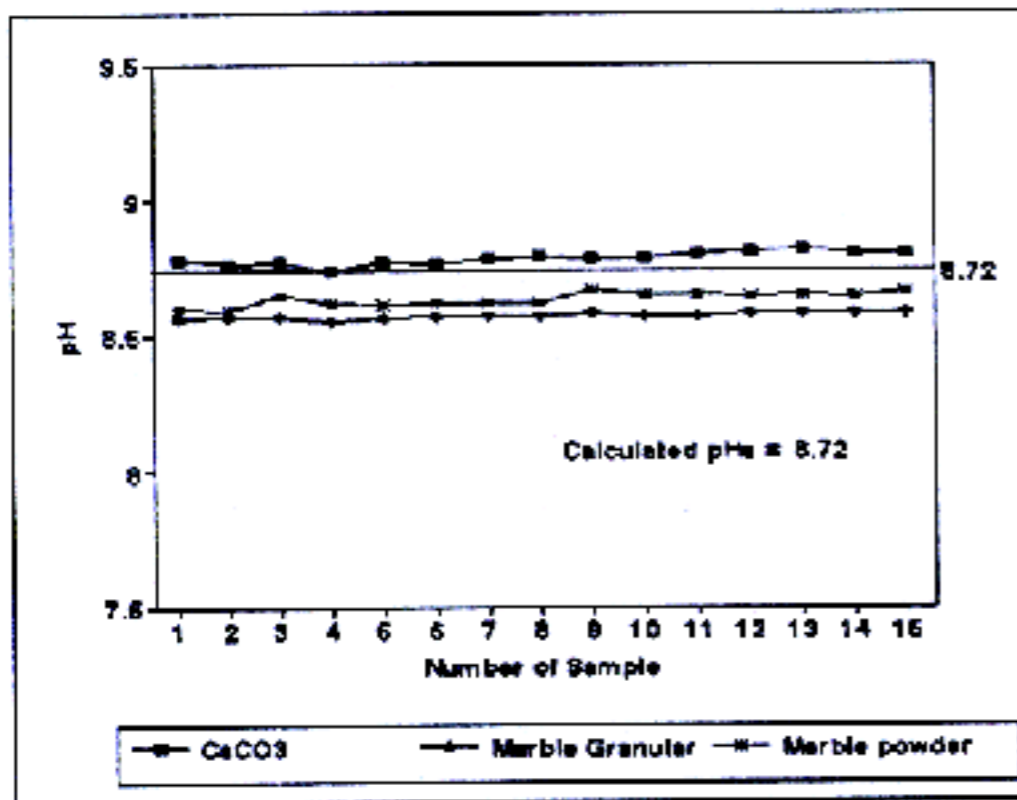


그림 1. Marble test 후 종류별 탄산칼슘 포화상태에서의 pH

선이 되지 않는 상태)에 가까운 Marble Granular나 Marble Powder를 사용하는 것이 보다 바람직하다고 판단된다.

2. 수온, 종류별 탄산칼슘의 사용량, 시간 변화에 따른 탄산칼슘의 포화도

수온이 상승함에 따라 Marble test 후의 pH

는 그림 2에서와 같이 탄산칼슘의 종류에 관계 없이 감소 하였다. CaCO<sub>3</sub>를 주입했을 때의 pH가 Marble Granular나 Marble Powder를 사용했을 때 보다 다소 높았으며 계산에 의한 pH(8.72(20°C), 8.72(25°C), 8.61(30°C), 8.44(40°C))에 보다 근접하였다.

수온에 따른 Marble test 후 탄산칼슘 종류별 알칼리도와 칼슘경도의 변화량은 그림 3, 그림 4와 같다. CaCO<sub>3</sub>를 사용했을 때가 Marble Powder와 Marble Granular에 비해서 알칼리도와 칼슘경도가 훨씬 증가하였다.

종류별 탄산칼슘 사용량에 따른 탄산칼슘 포화지수의 변화는 그림 5, 그림 6과 같다. LSI와 CCPP는 CaCO<sub>3</sub>와 Marble Powder를 0.1g 이상 주입하였을 때 과포화 상태가 되었으나, Marble Granular의 경우 0.2g 주입해야 과포화 상태가 되었다.

시간에 따른 탄산칼슘 포화지수의 변화는 그림 7, 그림 8과 같다. CaCO<sub>3</sub>과 Marble Powder를 사용했을 때는 1시간 이내에 pH, 알칼리도, 칼슘경도, 전기전도도가 급격히 증

표 3. Marble test 후 종류별 탄산칼슘 포화지수

Reagent	CaCO <sub>3</sub>		Marble Granular		Marble Powder	
	Before	After	Before	After	Before	After
LSI	-1.47	0.43	-1.47	0.12	-1.47	0.19
RI	10.18	7.93	10.18	8.33	10.18	8.26
AI	10.20	12.10	10.20	11.79	0.03	11.85
DFI	0.03	1.86	0.03	0.93	0.03	1.08
ME	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
CCPP	-7.91	2.85	-7.91	1.04	-7.91	1.35

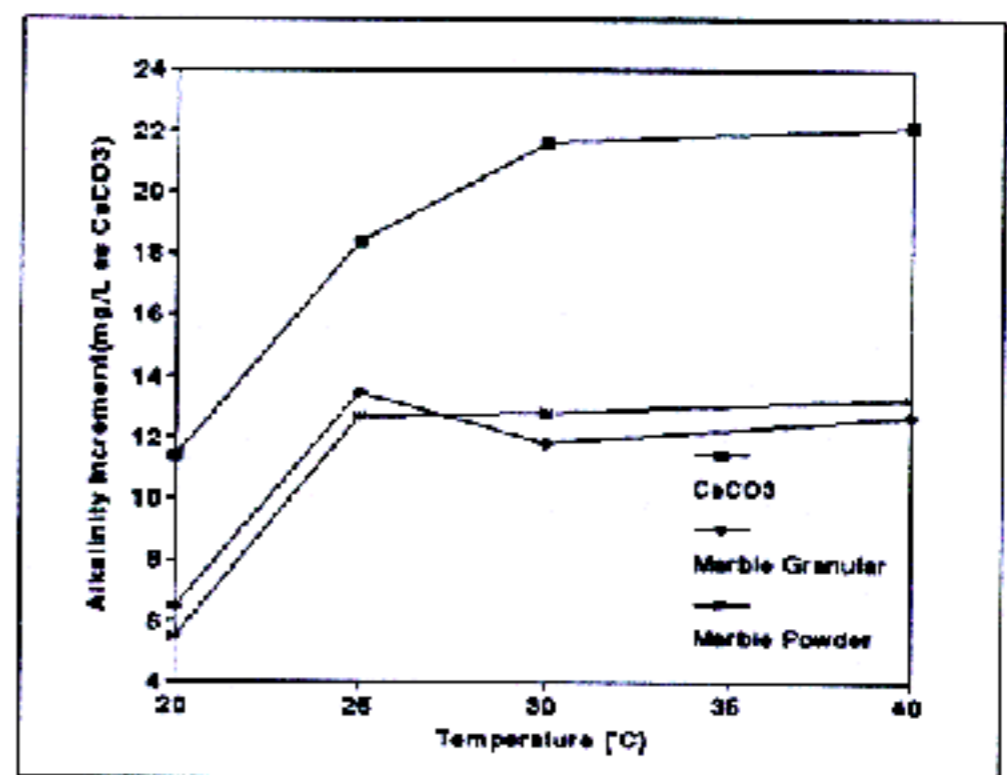
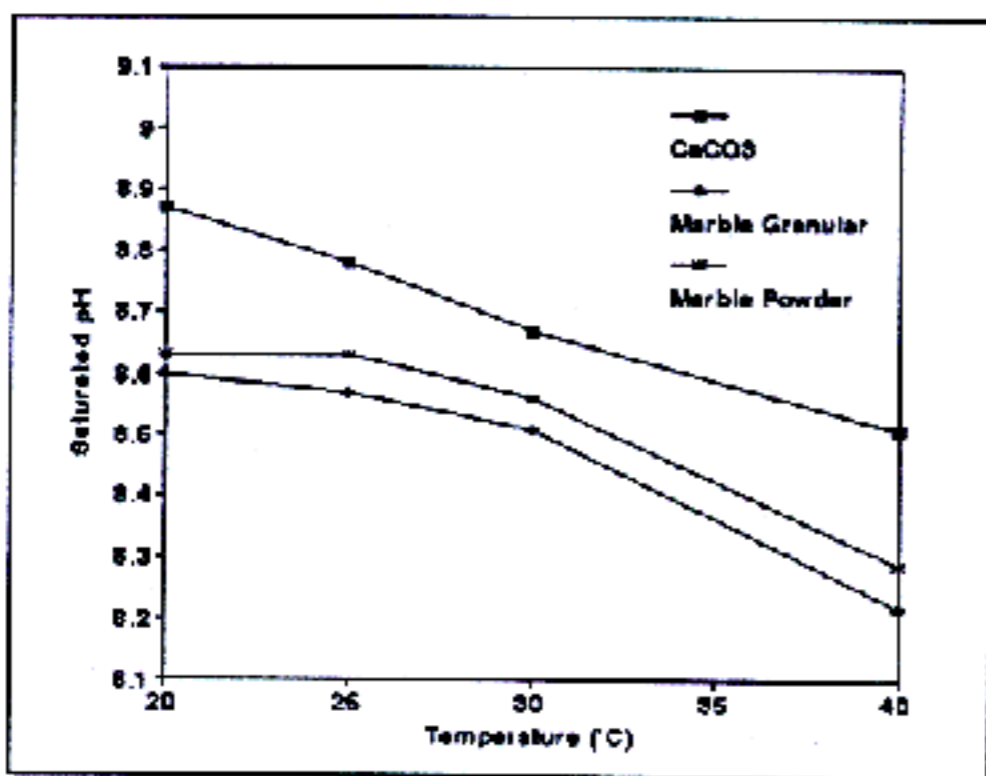


그림 2. 수온에 따른 Marble test 후 탄산칼슘 포화 상태의 pH 변화

그림 3 수온에 따른 Marble test 후 알칼리도 변화

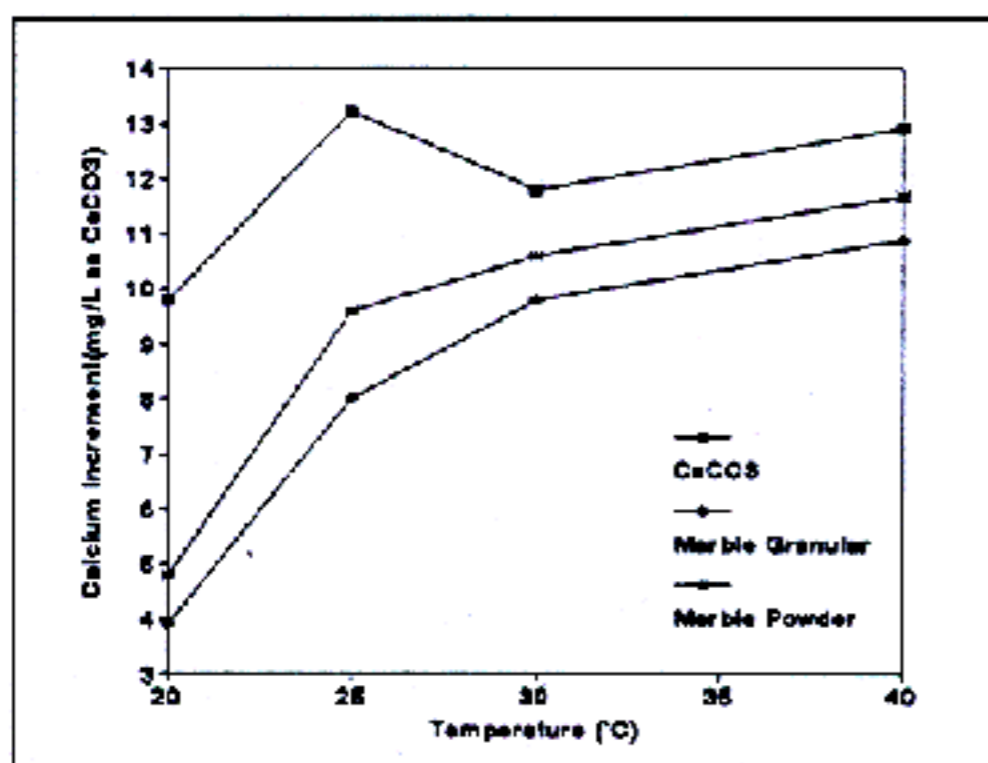


그림 4. 수온에 따른 Marble test 후 칼슘경도의 변화

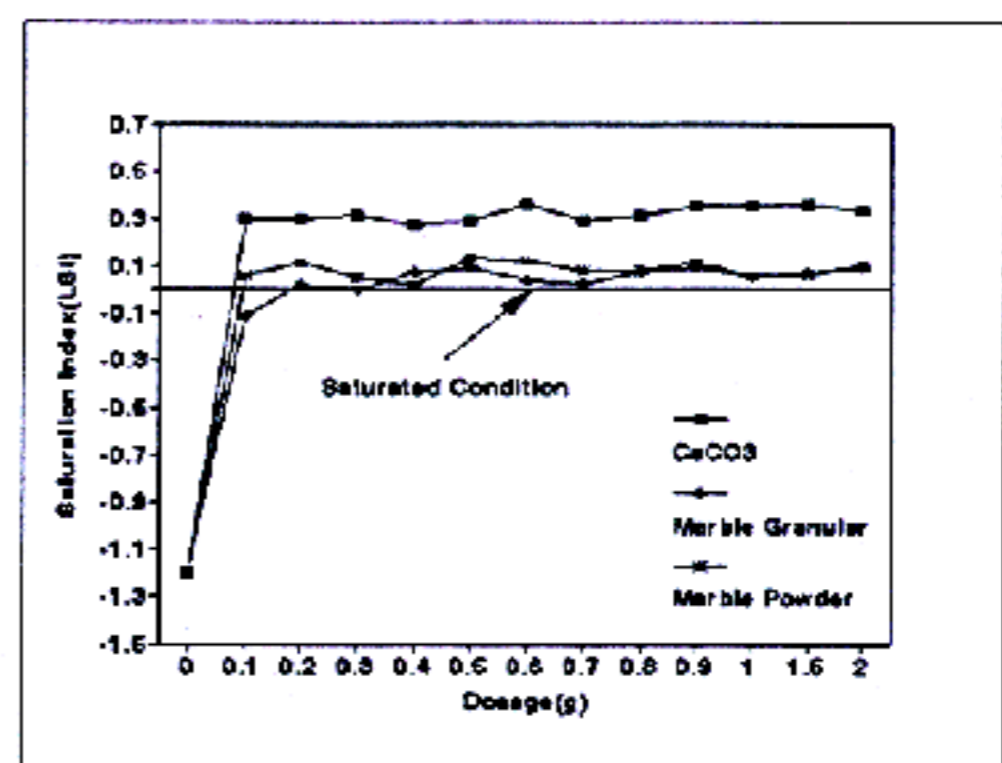


그림 5. 종류별 탄산칼슘 사용량에 따른 LSI의 변화

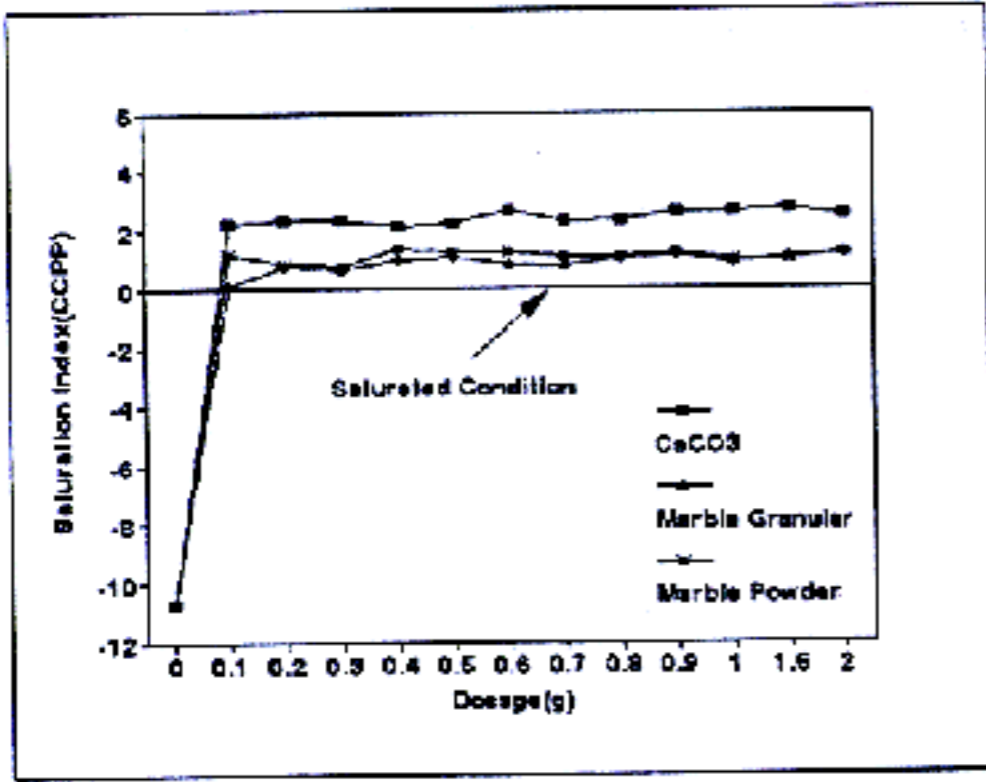


그림 6. 종류별 탄산칼슘 사용량에 따른 CCPP의 변화

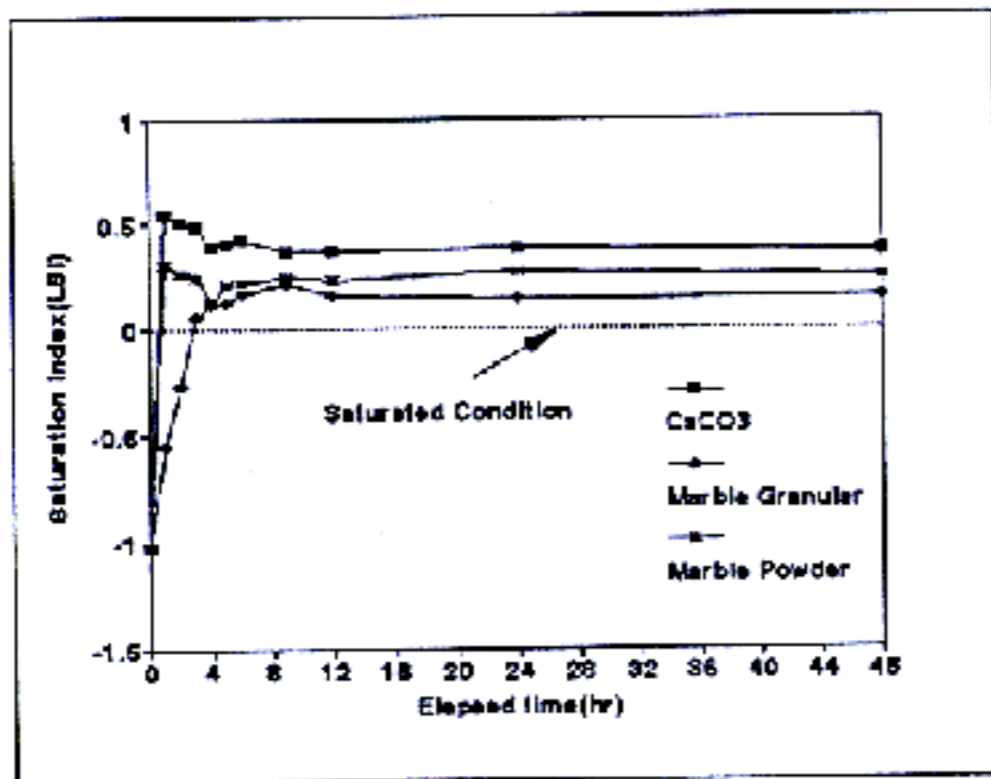


그림 7 Marble test 시간에 따른 LSI의 변화

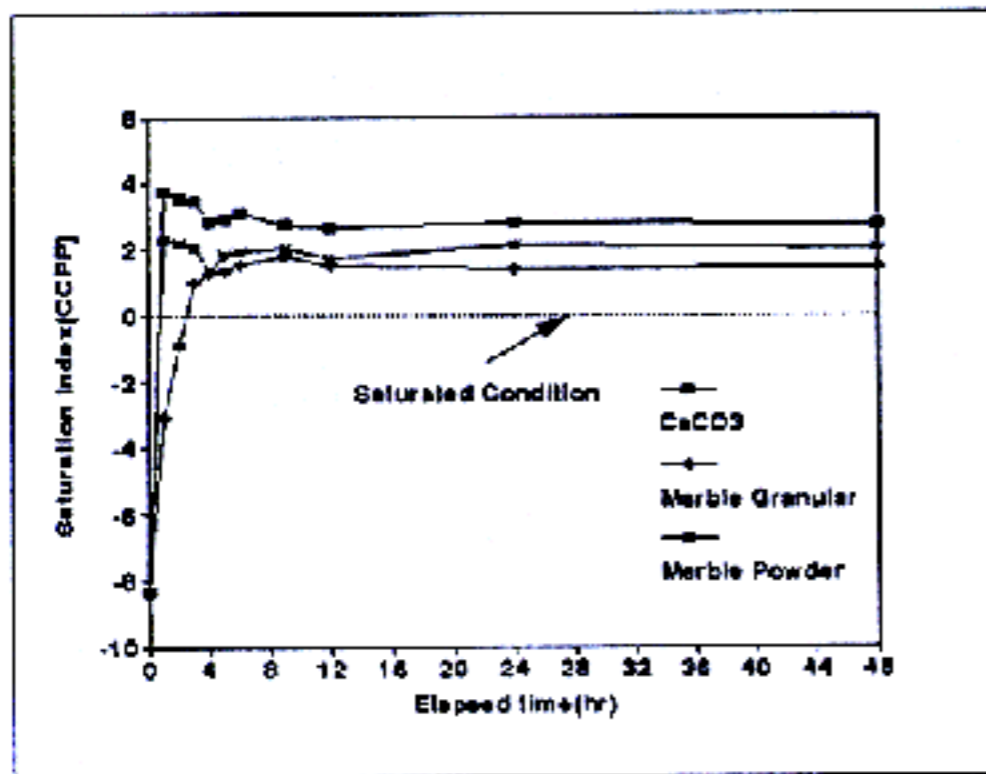


그림 8 Marble test 시간에 따른 CCPP의 변화

가하였으나 12시간 이후에는 큰 변화가 없었다. 이는 주입 초기에 탄산칼슘과 물의 반응이 모두 끝나고 평형 상태에 도달되었기 때문으로 생각된다. Marble Granular의 경우 초기 3시간까지는 pH, 알칼리도, 칼슘경도, 전기전도도가 서서히 증가하다가 일정한 값에 도달하였다.

LSI와 CCPP는 CaCO<sub>3</sub>과 Marble Powder를 사용했을 경우 1시간 이후, Marble Granular를 사용했을 경우 3시간 이후에 과포화가 되었으며 이후 서서히 감소하였으나 12시간 이후에는 거의 변화가 없는 안정된 상태가 되었다.

### 3.3 수돗물의 침식성 평가

#### 1. 탄산칼슘 포화지수에 의한 침식성 평가

서울시 9개 정수장에서 공급되는 물을 정수장 인근 지역에서 1994년 4월부터 8월까지 1개월 간격으로 채수하여 수온, pH, 전기전도도, 알칼리도, 총경도, 칼슘경도를 분석하였다. 지역별 평균 수질은 표 4에서와 같이 큰 차이를 보이지 않았다.

물의 침식성에 큰 영향을 미치는 pH는 7.07~7.16이었으며 알칼리도, 칼슘경도 및 총경도는 평균 43mg/l as CaCO<sub>3</sub>, 41mg/l as CaCO<sub>3</sub>, 61mg/l as CaCO<sub>3</sub>이었다.

서울시 수돗물의 알칼리도와 칼슘경도는 그리 낮지 않으므로 pH조절만으로도 충분히 방식성이 있는물이 될 수 있다고 판단된다. 특히 Ca(OH)<sub>2</sub> 등의 알칼리제를 이용하면 pH조절 뿐만 아니라 알칼리도와 칼슘경도도 증가시켜 줄 수 있을 것으로 생각된다.

지역별 탄산칼슘 포화지수는 표 5와 같은데, 탄산칼슘 포화지수를 계산한 결과 표 5에 나타난 바와 같이 LSI와 CCPP가 0 이하이면 불포화 상태를 나타내므로 모든 지역의 수돗물이 침식성으로 나타났다. 약간의 변화를 보인 CCPP의 경우를 제외한 다른 지수들은 지역에 따라 큰 차이가 없었다.

CCPP는 이론적으로 물이 탄산칼슘을 용해시키거나 침전시키는 양을 나타내므로 서울시의 수돗물이 탄산칼슘으로 포화되기 위해서는

표 4. 서울시 9개 정수장 인근 지역별 평균 수질

Parameter Areas	Temp.(°C)	pH	Alkalinity	Calcium Hardness	Total Hardness	Conductivity ( $\mu$ mhos/cm)
Gumi	18.1	7.16	42.8	39.4	60.0	154.0
Ddukdo	17.9	7.15	43.1	38.3	58.8	152.2
Amsa	18.1	7.10	42.1	39.8	60.3	155.9
Kwangam	18.1	7.12	42.5	38.6	59.2	148.1
Bokwang	18.1	7.14	41.4	40.2	60.7	148.8
Sunyu	18.1	7.11	41.4	39.9	60.4	150.5
Youngdeungpo	18.0	7.07	42.8	39.8	60.3	154.2
Noryangjin	18.0	7.14	42.9	38.4	58.9	148.0
Sinwol	18.1	7.11	43.0	40.8	61.3	144.0

\*Alkalinity, Calcium Hardness, Total Hardness ; mg/l as CaCO<sub>3</sub>

15.01~18.33mg/l의 탄산칼슘이 필요하다는 것을 알 수 있다. 따라서 현재의 서울시 수돗물이 별다른 대책없이 배·급수관망으로 보내어지는 경우 탄산칼슘을 용해시켜 관의 부식을 촉진시키는 결과가 나타날 수 있을 것으로 생각된다.

2. Marble test에 의한 침식성 평가

표 6은 서울시의 9개 정수장 인근 지역 수돗물을 25°C에서 Marble Powder를 사용하여 Marble test을 행한 후의 수질 특성을 나타낸 것이다.

pH는 Marble test 전의 평균값인 7.12에서 실험후의 평균값 8.52로 1.40 증가하였다. 알

칼리도는 실험전 평균 43mg/l as CaCO<sub>3</sub>에서 실험 후 61mg/l as CaCO<sub>3</sub>로 약 18mg/l 증가하였다. 칼슘경도와 총경도는 실험 전 평균 40mg/l as CaCO<sub>3</sub>, 61mg/l as CaCO<sub>3</sub>에서 실험 후 62mg/l as CaCO<sub>3</sub>, 75mg/l as CaCO<sub>3</sub>로 각각 22mg/l, 14mg/l 증가하였다. 이는 수돗물이 탄산칼슘으로 불포화되어 있기 때문에 첨가한 Marble Powder가 탄산칼슘으로 포화될 때까지 용해되어 나타난 결과이다. Marble test 후의 탄산칼슘 포화지수의 값은 표 7과 같이 모두 탄산칼슘으로 과포화상태를 나타내었다.

표 8은 포화지수에 의해 계산된 pH와 Marble test 후 실측한 pH를 비교한 것으로 두

표 5. 서울시 9개 정수장 인근 지역별 탄산칼슘 포화지수

Indexes Areas	LSI	RI	AI	DFI	ME	CCPP
Gumi	-1.38	9.92	10.39	0.03	-0.00	-15.01
Ddukdo	-1.41	9.96	10.37	0.03	-0.00	-15.64
Amsa	-1.45	9.99	10.32	0.03	-0.00	-17.28
Kwangam	-1.43	9.98	10.34	0.03	-0.00	-16.49
Bokwakng	-1.40	9.95	10.37	0.03	-0.00	-15.45
Sunyu	-1.44	9.99	10.33	0.03	-0.00	-16.13
Youngdeungpo	-1.47	10.03	10.30	0.02	-0.00	-18.33
Noryangjin	-1.41	9.96	10.36	0.03	-0.00	-15.63
Sinwol	-1.41	9.92	10.36	0.03	-0.00	-16.74

표 6. Marble test 후 수질 (25°C)

Areas	Indexes	pH	Alkalinity	Calcium Hardness	Total Hardness	Conductivity ( $\mu\text{mhos/cm}$ )
Guui		8.50	62.4	64.8	83.0	180.7
Dduckdo		8.56	55.2	55.6	72.4	166.6
Amsa		8.57	59.6	55.8	77.1	167.7
Kwangam		8.58	52.3	56.1	72.0	163.1
Bokwang		8.53	60.5	54.9	74.5	167.5
Sunyu		8.57	60.1	63.8	79.1	171.2
Youngdeungpo		8.50	63.3	63.9	80.5	170.9
Noryangjin		8.50	61.2	59.0	72.6	166.7
Sinwol		8.44	61.1	61.5	75.0	169.0

\*Alkalinity, Calcium Hardness, Total Hardness; mg/l as CaCO<sub>3</sub>

표 7. Marble test 후 탄산칼슘 포화지수

Areas	Indexes	LSI	RI	AI	DFI	ME	CCPP
Guui		0.33	7.74	12.01	1.53	0.00	2.96
Dduckdo		0.18	8.01	11.85	1.08	0.00	1.69
Amsa		0.22	7.93	11.89	1.19	0.00	2.07
Kwangam		0.18	8.03	11.85	1.08	0.00	1.60
Bokwang		0.18	7.97	11.85	1.09	0.00	1.88
Sunyu		0.28	7.81	11.95	1.37	0.00	2.15
Youngdeungpo		0.23	7.83	11.97	1.23	0.00	2.42
Noryangjin		0.19	7.93	11.86	1.11	0.00	2.00
Sinwol		0.14	7.95	11.81	1.00	0.00	1.7

표 8. 계산에 의한 탄산칼슘 포화상태의 pH와 Marble test 후 실측한 pH의 비교

Areas	Calculated pH	Measured pH
Guui	8.54	8.60
Dduckdo	8.56	8.56
Amsa	8.55	8.57
Kwangam	8.55	8.58
Bokwang	8.54	8.53
Sunyu	8.55	8.57
Youngdeungpo	8.54	8.50
Noryangjin	8.55	8.50
Sinwol	8.52	8.44

값이 큰 차이를 나타내지 않았다. 이러한 결과로 계산에 의한 탄산칼슘의 포화도 측정 방법도 수돗물의 침식성을 평가하는데 유용한 방법임을 알 수 있었다.

### 3.4 Ca(OH)<sub>2</sub>와 NaOH 주입량에 따른 탄산칼슘 포화 특성

#### 1. Ca(OH)<sub>2</sub> 및 NaOH 첨가후 수질 및 탄산칼슘 포화지수의 변화

본 실험은 Ca(OH)<sub>2</sub>와 NaOH첨가 후 수질 및 탄산칼슘 포화지수의 변화를 살펴보기 위하여 수돗물에 Ca(OH)<sub>2</sub> 1~10mg/l as CaCO<sub>3</sub>와 NaOH 1~10mg/l as CaCO<sub>3</sub>를 넣고 수분간 교환한 후, pH, 알칼리도, 칼슘경도, 전기전도도를 측정하여 탄산칼슘 포화지수를 계산하였다.



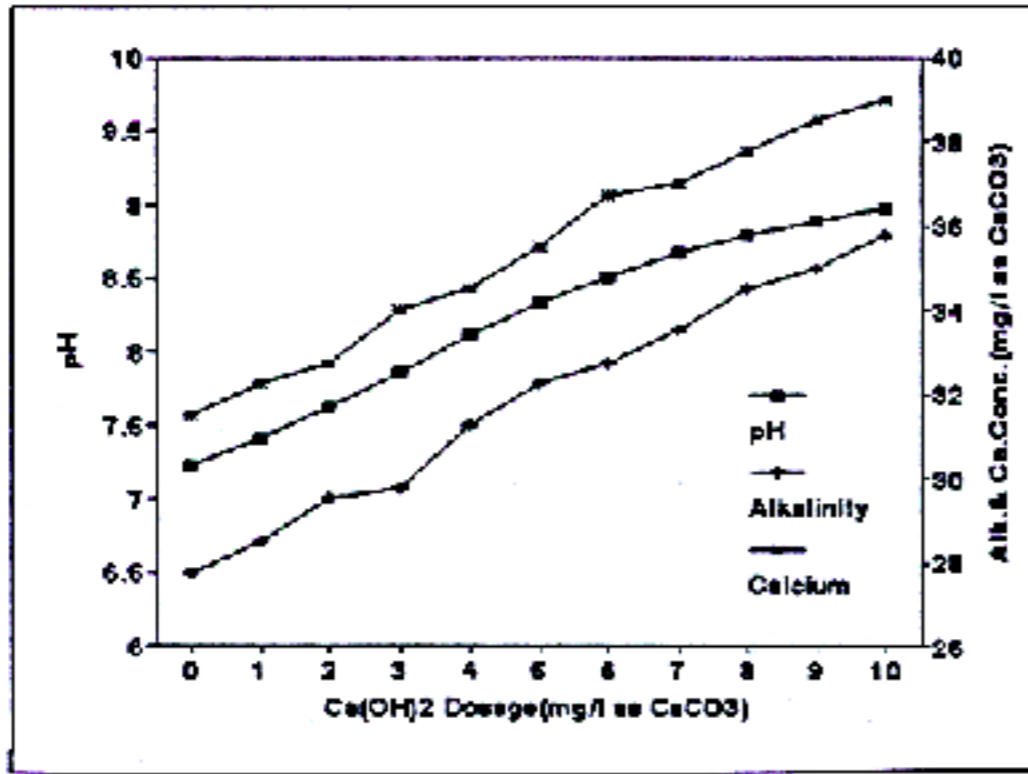


그림 9. Ca(OH)<sub>2</sub> 주입량에 따른 수질변화

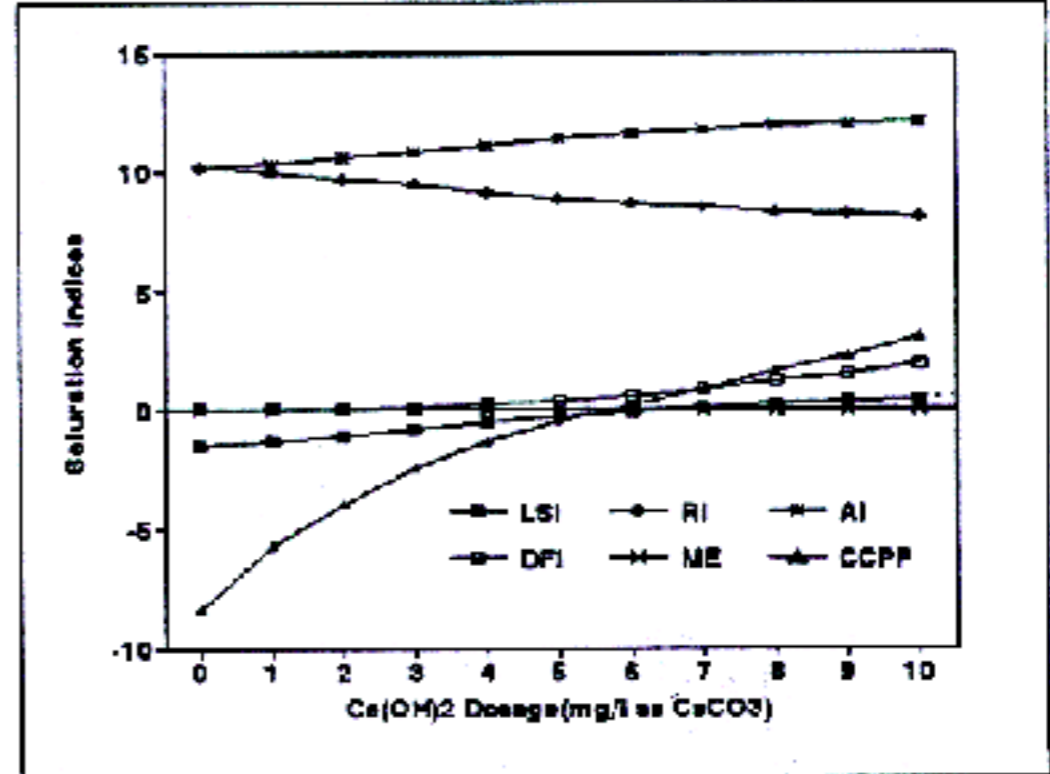


그림 10. Ca(OH)<sub>2</sub> 주입량에 따른 탄산칼슘 포화지수의 변화

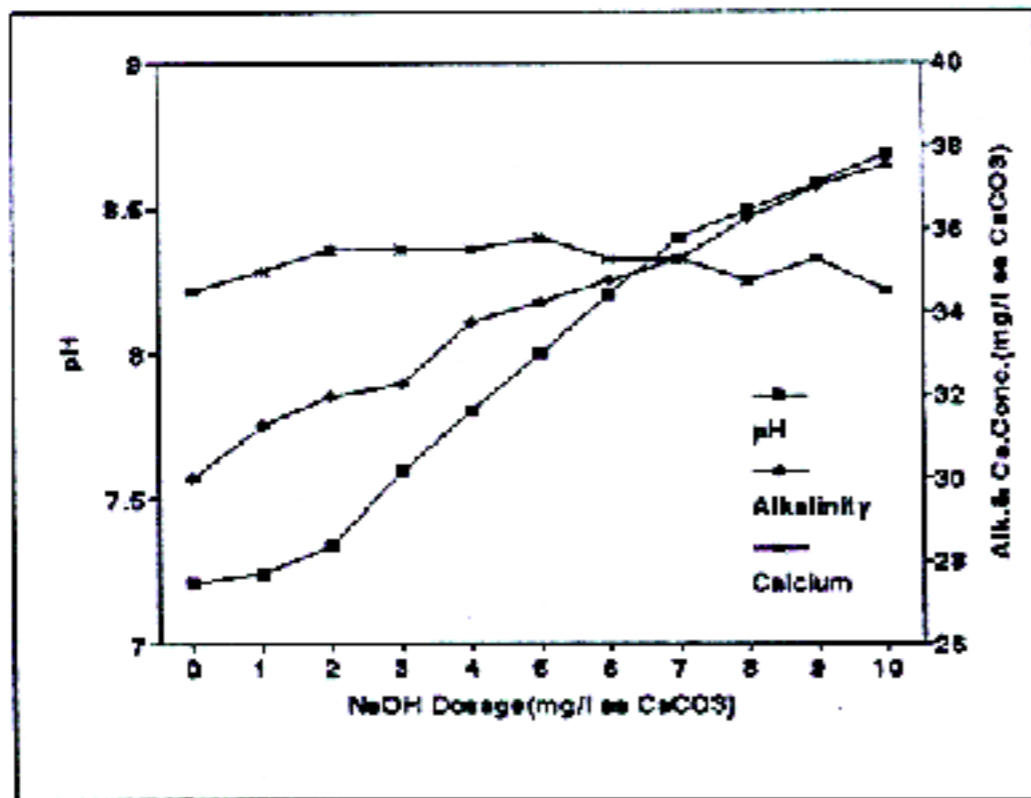


그림 11. NaOH 주입량에 따른 수질변화

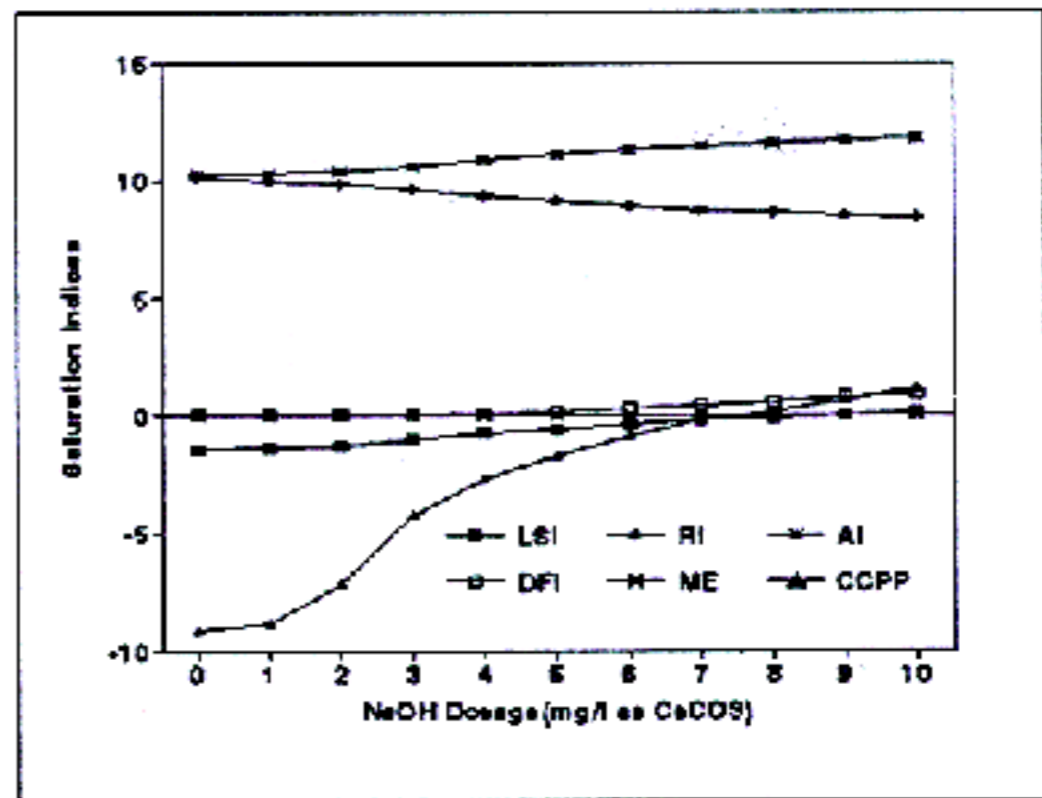


그림 12. NaOH 주입량에 따른 탄산칼슘 포화지수의 변화

그림 9와 그림 10은 Ca(OH)<sub>2</sub>를 주입한 후의 수질과 탄산칼슘 포화지수의 변화를 나타낸 것이다. Ca(OH)<sub>2</sub>를 4~5mg/l as CaCO<sub>3</sub>를 주입하였을 때는 LSI = -0.52~-0.26, CCPP = -1.34~-0.45로 탄산칼슘으로 약간 불포화 되었지만 pH는 8.11~8.33로 먹는물 수질기준을 벗어나지 않았다.

Ca(OH)<sub>2</sub>를 6mg/l as CaCO<sub>3</sub> 주입하였을 때 LSI = -0.07, CCPP = 0.19, pH = 8.51로 탄산칼슘의 평형 상태에 가깝게 되었고, 7mg/l as CaCO<sub>3</sub> 주입하였을 때 pH = 8.67, LSI = 0.10, CCPP = 0.90으로 약간의 과포화 상태를 나타내었다.

그림 11과 그림 12는 NaOH를 주입한 후의 수질과 탄산칼슘 포화지수의 변화를 나타낸 것

이다. NaOH를 8mg/l as CaCO<sub>3</sub> 주입하였을 때 LSI = -0.07, CCPP = 0.20, pH = 8.49이었고, 9mg/l 주입하였을 때 LSI = 0.03, CCPP = 0.64, pH = 8.58로 약간 과포화 상태를 나타내었다.

### 2. Ca(OH)<sub>2</sub>와 NaOH 주입에 의한 부식방지 효과의 비교

pH조절에 알칼리제로서는 Ca(OH)<sub>2</sub>, CaO, NaOH 등이 많이 보급되고 있으며 이들을 적절히 사용하면 물을 탄산칼슘의 포화상태로 변화시킬 수 있다.<sup>5),7),13)</sup> 일본의 오오사카(大阪)시의 연구<sup>5)</sup>는 pH 6.4에서 pH 7.5로 조정했을 때 부식속도가 감소한다고 했으며 조<sup>6)</sup>는 pH조절에 의하여 금속의 부식을 완화시킬 수

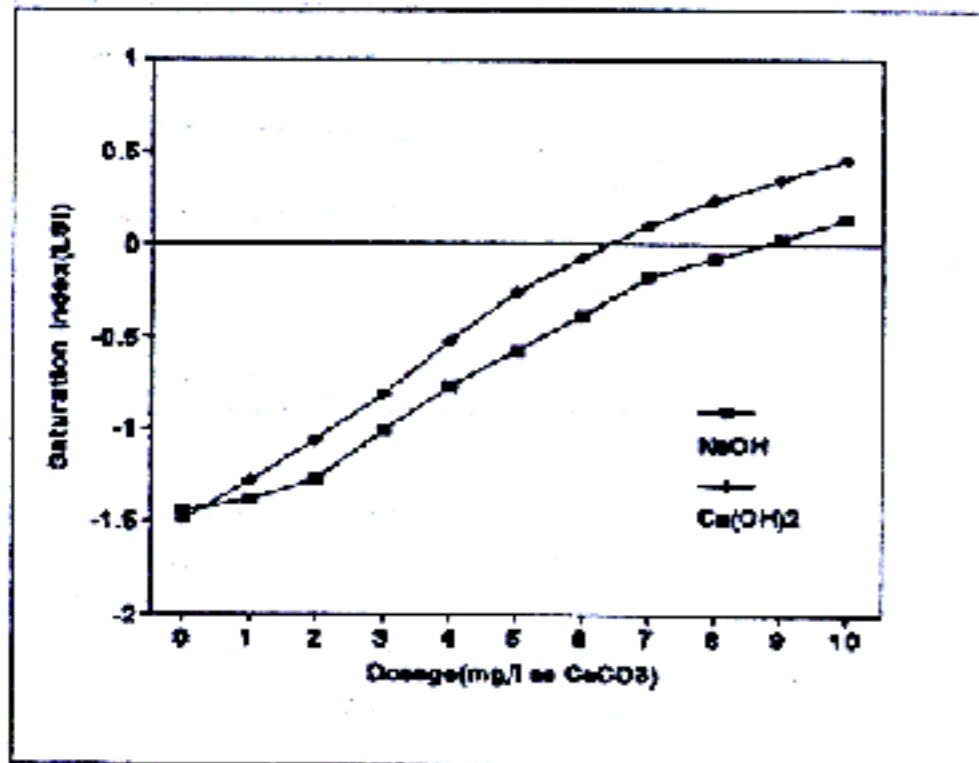


그림 13. Ca(OH)<sub>2</sub>와 NaOH주입량에 따른 LSI의 변화

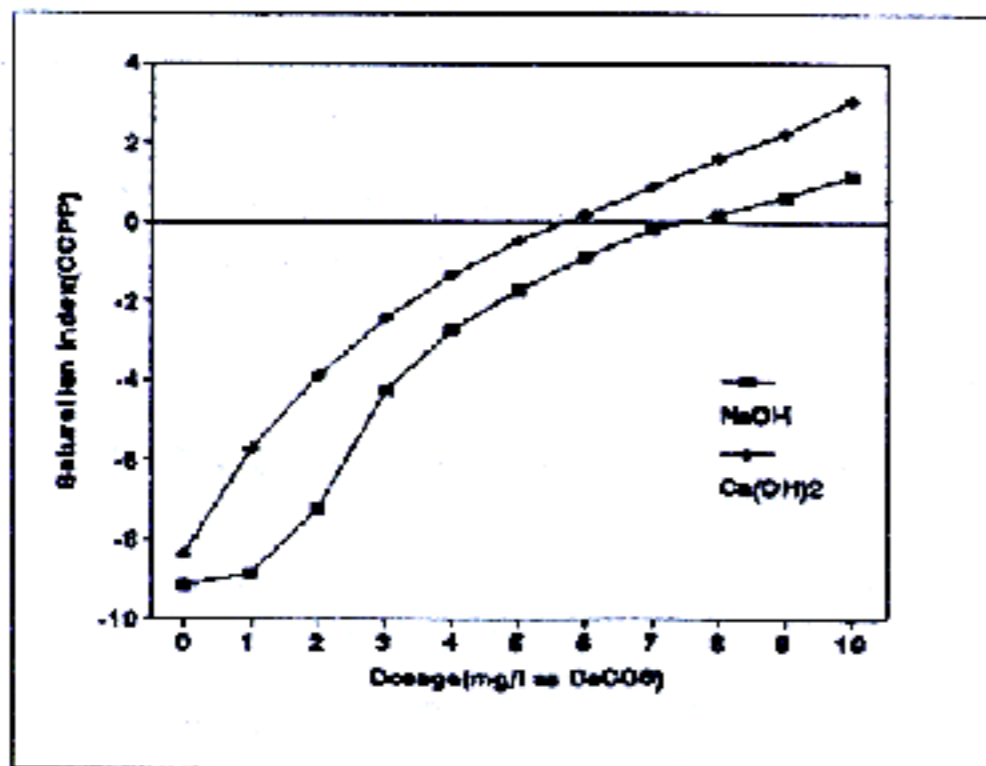


그림 14. Ca(OH)<sub>2</sub>와 NaOH주입량에 따른 CCPP의 변화

있다고 보고한바 있다.

Ca(OH)<sub>2</sub>를 주입하는 것이 NaOH를 주입하는 경우보다 알칼리도와 칼슘이 모두 증가해서 LSI와 CCPP가 높기 때문에 탄산칼슘의 포화상태를 만드는데 보다 효과적임을 알 수 있었다. 그림 13과 그림 14는 Ca(OH)<sub>2</sub>와 NaOH를 사용했을 경우 LSI와 CCPP의 변화이다. NaOH는 적량 주입에 용이하지만 칼슘경도가 보충되지 않으므로 pH를 조절한다고 한지라도 탄산칼슘의 침전에 의한 방식 효과가 적어진다. 따라서 Ca(OH)<sub>2</sub>를 알칼리제로 사용함으로써 상수도관로의 부식방지 효과를 거둘 수 있을 것으로 사료된다.

#### 4. 결 론

수돗물의 탄산칼슘의 침식성을 평가하기 위해서 Marble test의 특성을 비교하였고, 서울시 9개 정수장 인근 지역의 수돗물에 대하여 Marble test를 한 후, 탄산칼슘 포화지수를 계산하여 얻은 결론은 다음과 같다.

1. Marble test의 결과 CaCO<sub>3</sub>, Marble Granular, Marble Powder가 모두 실험에 적합하였으며, 이중에서 Marble Powder를 사용하는 것이 가장 효과적이었다.

2. Marble test 후에 실측한 포화 pH와 탄산칼슘 포화지수로 계산한 pH값은 큰 차이가 없었다.

3. Marble test에 의해 탄산칼슘이 과포화되는데 소요되는 시간은 CaCO<sub>3</sub>, Marble Powder가 1시간, Marble Granular가 3시간 이상이었으며 안정화되기까지는 12시간이 필요하였다.

4. 서울시 9개 정수장 인근 지역의 수돗물은 모두 탄산칼슘이 불포화 상태로 침식성을 나타내었다.

5. 수돗물에 Ca(OH)<sub>2</sub>와 NaOH를 주입하여 pH를 조정한 결과 Ca(OH)<sub>2</sub>는 pH, 알칼리도만을 증가시키는 NaOH에 비해 칼슘경도를 함께 증가시켜 줄 수 있기 때문에 탄산칼슘의 포화지수가 상대적으로 NaOH보다 커져 부식조절(Corrosion Control)에 보다 효과적 방법임을 알 수 있었다.

#### 참고문헌

1. G.J.Kirmeyer et al., Principle of Internal Corrosion and Corrosion Monitoring, J. AWWA, Vol. 75, No. 2, 78-83 (1983).
2. 남상호, 상수도 배 급수관에서의 수질 변화와 그 대책, 한국수도협회, 제25회 수도심포지엄논문집, 57-64 (1993).
3. 전국대학교 산업기술연구소, 목포시 산정하이츠 아파트의 상수도 적수원인 분석 및 대책에 관한 연구, (1994).
4. 남상호, 식수 과연 안전한가?, 서울 YMCA 한강

- 물 되살리기 시민운동 제 5회 심포지엄, 6-36 (1993).
5. 이현동, 상수도 부식방지기술 연구, 한국건설기술연구원, (1990).
  6. 조순행, 급수관의 부식에 미치는 pH 및 Carbonate농도의 영향에 관한 연구, 대한상하수도학회지, 제2호, 545-64 (1987).
  7. M.G. Fontana, Introduction in Corrosion Engineering, McGraw-Hill, 1-2 (1978).
  8. Merrill D.T., Chemical Conditioning for Water Softening and Corrosion Control in Water Treatment Plant Design, Ann Arbor Science Publ., 497-565 (1976).
  9. Degremont, Basic Physical-Chemical Process in Water Treatment, Water Treatment Handbook Sixth Ed., Degremont, 261-275 (1991).
  10. M. R. Schock, Internal Corrosion and Deposition Control in Water Quality and Treatment, AWWA, 997-1111 (1990).
  11. W.H.O, Guidelines for Drinking-Water Quality 2nd Ed., 138-143 (1993).
  12. W.F. Langelier, The Analytical Controlled Anti-Corrosion Water Treatment, J. AWWA, Vol. 28, No. 10, 1500 (1936).
  13. APHA, AWWA, APCF Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater, 18th ed., Washington, (1992).
  14. AWWA, Corrosion Control by Deposition of CaCO<sub>3</sub> Films, A Handbook of Practical Application and Instruction, 20-26 (1978).
  15. Rodolfo A. et al., Experimental Determination of the Calcium Carbonate Saturation States of Water Systems, J. AWWA, Vol. 77, No. 10, 92-94 (1985).
  16. Mark J., Marble Test Solves Corrosion Mystery, Proceedings AWWA Water Quality Technology Conference. AWWA, Denver, Co, 1687-1693 (1995).