

## 액상소석회를 이용한 SWRO 생산수의 부식제어 연구

김민철<sup>1</sup>, 황규원<sup>1</sup>, 우달식<sup>1\*</sup>, 윤석민<sup>2</sup>, 광명화<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>(재)한국계면공학연구소, <sup>2</sup>(재)포항산업과학연구원

### Research of Corrosion Control Technology for the Product Water of SWRO(Seawater Reverse Osmosis) by using liquid lime

Min Chul Kim<sup>1</sup>, Kyu Won Hwang<sup>1</sup>, Dal Sik Woo<sup>1\*</sup>,  
Seok Min Yoon<sup>2</sup> and Myung Hwa Kwak<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Korea Interfacial Science and Engineering Institute  
<sup>2</sup>Research Institute of Industrial Science & Technology

**요약** 본 연구는 수돗물과 SWRO 생산수의 수질 특성을 분석하여 SWRO 생산수가 지닌 강한 부식성을 확인하였으며, 이를 근거로 해수담수화 시설의 유지관리 및 부식제어를 목표로 진행되었다. 연구 초기 과정에서는 철 시편(mild steel coupon)에 대한 회분식 실험(Batch test)과 전기화학 실험을 통해 수돗물과 SWRO 생산수의 부식성을 비교하였다. SWRO 생산수의 부식성 제어를 위한 수단으로써 액상소석회(liquid lime, Ca(OH)<sub>2</sub>)와 이산화탄소(Carbon Dioxide, CO<sub>2</sub>)를 주입하는 방법과 액상소석회와 인산염계 부식억제제(Phosphate Corrosion Inhibitor, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)의 조합에 이산화탄소를 주입하는 두 가지 방법을 비교하였다.

실험을 통한 각 수질의 평가는 부식성 평가 지수인 LSI(Langelier Saturation Index)를 통해 비교하였고 그 결과를 통해 액상소석회와 인산염계 부식억제제의 최적 주입량을 선정하여 모의배관 실험(Loop system test)에 적용하였다. 모의배관 운전 평가 후 장착된 금속배관(steel pipe)은 내부의 스케일에 대한 기기분석(SEM, EDX, XRD) 평가를 수행하여 형성물의 조성분과 산화상 및 원소 함유량을 비교 할 수 있었다.

실험 결과, SWRO 생산수에 부식제어기술을 적용하지 않은 대조군과 비교하여 적정량의 단일 액상소석회를 주입한 경우 평균 97.4%의 높은 부식억제 효과를 나타내었고, 액상소석회 와 부식억제제 조합이 주입된 경우 평균 90.9%의 부식억제 효과를 나타냈다. 모의배관 실험 과정 중 금속배관 내부에 형성된 스케일은 대조군의 경우 주로 철 산화물인 반면, 실험군의 경우 탄산칼슘(CaCO<sub>3</sub>) 피막이 형성되어 부식방지에 효과적임을 확인하였다.

**Abstract** In this study, we confirmed that the SWRO(Sea Water Reverse Osmosis) production water has more hard corrosiveness than the tap water by fundamental experiment. According to the result, the target of this study was aimed at developing maintenance and anti-corrosion method. In the early stages of the research, batch tests using mild steel coupons and electrochemical experiments were applied to compare the corrosiveness between SWRO production water and the tap water. After then, two corrosion control methods for SWRO production water were applied. Liquid lime(Ca(OH)<sub>2</sub>) and Carbon Dioxide(CO<sub>2</sub>) were inserted and compared with the combination of liquid lime with phosphate corrosion inhibitor and carbon dioxide.

The water qualities were evaluated through LSI(Langelier Saturation Index) and proper injection ratio was deduced by the result. Since then, simulated loop system test were performed to evaluate anti-corrosion effect depending on corrosion inhibitors. Subsequently, carbon steel pipes equipped at the loop system were detached for SEM, EDX and XRD analysis to acquire quantitative and qualitative data of the major corrosion products inside the pipes.

In conclusion, the controled groups with anti-corrosion techniques applied were effective by appearing 97.4% and 90.9% of improvements in both case of liquid lime and the liquid lime with a phosphate corrosion Inhibitor. furthermore, major components of scale were iron oxides, on the other hand, protective effect of film formation by calcium carbonate(CaCO<sub>3</sub>) could be confirmed.

key words : Anti-Corrosion, Calcium Hydroxide, Desalination, Phosphate Corrosion Inhibitor, SWRO

본 연구는 국토해양부 플랜트기술고도화사업의 연구비지원(과제번호 07해수담수B01-04-04)에 의해 수행되었습니다.

\*교신저자 : 우달식(dswoo7337@kisei.re.kr)

접수일 10년 12월 02일

수정일 11년 01월 12일

게재확정일 11년 01월 13일

## 1. 서론

해수담수화 기술은 지구상에 무한정 존재하는 해수를 담수화하여 물 부족에 대처할 수 있는 방법이기 때문에 절대적인 담수자원이 부족한 지역에서는 유일한 대안으로서 그 필요성이 대두되고 있는 실정이다. 이에 따라 해수담수화 생산수에 대한 부식방지기술은 그 중요성이 점차 부각되고 있으며, 개발 시장의 꾸준한 성장이 예측되고 있다[1,2].

일반적으로 SWRO(Sea Water Reverse Osmosis) 생산수는 pH가 낮고 미네랄 성분이 상대적으로 적어 부식성이 매우 강하기 때문에 공업용수 및 음용수로 사용 시 설비 및 배관계통에 심각한 부식문제를 유발할 수 있다[3-7]. 따라서 생산수를 자연수와 유사한 이온조성이 되도록 만들어 주는 것과 동시에 적절한 부식방지기술이 요구된다.

이와 관련된 국내외 현황을 살펴보면, 미국의 경우 전체 수처리제 수요의 30% 이상을 차지하고 그 수요가 매년 증가하는 제품군으로써 부식억제제를 꼽고 있지만, SWRO 생산수와 관련된 연구는 상대적으로 뒤쳐진 상태이다. 가까운 일본의 경우 SWRO 생산수에 대한 부식방지기술 보다는 해수로부터 유용 자원의 회수와 관련된 연구를 추축으로 수행하고 있는 실정이며, 국내의 경우 부식방지기술의 정립은 미비하지만 기존의 수질안정화기법(pH, 알칼리도, 경도 조절)과 함께 부식억제제에 의한 상수관로의 부식방지기술에 대한 연구가 진행되고 있다[8]. 이러한 상황에서 대규모 해수담수화 분야의 축적된 선진 운영기술을 기반으로 SWRO 생산수에 대한 부식방지기술을 개발한다면 국내의 해수담수화 시장에서 경쟁력의 우위를 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구는 최종 수요처의 공업용수 수질기준인 100µS/cm 이하를 생산하기 위해 두 번의 SWRO 과정을 거친 생산수의 모사수를 제조하여 사용하였다. 또한, pH 조절과 부식억제제 및 CO<sub>2</sub> 주입을 통해 목표 수질을 pH 6.5~7.5, LSI ≥ 0 으로 설정하고 이에 적합한 부식방지기술을 평가하고자 한다.

## 2. 실험 방법

### 2.1 실험 재료

본 연구에 사용된 모든 시편은 실험 전에 부드러운 솔로 표면을 닦았으며, 금속용출을 방해하는 유기물 제거를 위해 아세톤으로 세척하고 80°C drying oven에서 2 시간

동안 건조한 후 테시케이터에 넣어 보관하여 사용하였다. 사용된 탄소시편은 직사각형으로 가공하여 1.27 cm × 7.6 cm × 0.16 cm (표면적 22.15 cm<sup>2</sup>)의 크기로 만든 후 고정을 위해 상부에 구멍을 낸 것을 사용하였다.

### 2.2 실험 방법

본 연구에서는 탄소강관 시편을 이용하여 회분식 실험(Batch test)을 통해서 해수담수화 공정의 생산수와 수도물의 부식성을 평가하였고, 동일한 조건에서 전기화학 실험을 실시하여 회분식 실험과 비교하였다. 이후 모의배관 실험(Loop system test)을 통해 해수담수화 공정의 생산수를 대상으로 최적의 부식제어 방법 도출을 위한 연구를 진행하였다.

회분식 실험은 SWRO 생산수와 수도물을 1 L의 비이커에 채워놓고, 탄소강관 시편과 실험수의 접촉을 위해 표준상태(25°C, 1 atm)에서 150rpm으로 교반하여 3일 동안 운전하였다. 부식도(Corrosion rate)는 ASTM G1에 제시된 방법으로 3일 경과 후 시편표면의 스케일과 같은 부식생성물을 제거 한 후 건조된 무게를 측정하는 무게 감량법에 의해 아래 식 (1)과 같이 산정하였다.

$$\begin{aligned} \text{부식도}[MDD, mg(dm^2 \cdot day)] = & \\ \frac{[\text{실험전 시편의 무게}(mg) - \text{실험후 시편의 무게}(mg)]}{[\text{시편의 표면적}(dm^2) \times \text{실험일수}(day)]} & \\ \times 1000 & \\ MDD: 1dm^2에서 1일간 발생하는 부식의 양(mg) & \quad (1) \end{aligned}$$

모의배관 실험은 그림 1과 같은 실험 장치를 제작하여 실시하였다. 두 가지 조건으로 실험을 실시하였는데, 첫 번째 실험에서 대조군인 SWRO 생산수와 실험군인 SWRO 생산수에 액상소석회(liquid lime)를 첨가한 후 비교하였고, 두 번째 실험에서 대조군인 SWRO 생산수와 실험군인 SWRO 생산수에 액상소석회와 부식억제제(인산염계 부식억제제를 사용)를 첨가하였다.

부식특성을 평가 실험을 위해서 가로 40 cm × 세로 40 cm × 높이 50 cm × 두께 1.5 cm인 2개의 아크릴 수조 안에 40L의 실험수(① SWRO 생산수와 SWRO 생산수+액상소석회, ② SWRO 생산수와 SWRO 생산수+액상소석회+부식억제제)를 주입하여 0.5m/s의 유속으로 순환시키며 운전하였다. 각각의 모의배관의 총길이는 10 m이고 배관이 꺾이는 부분에 탄소시편을 설치할 수 있도록 시편 꽃이를 제작하였다. 또한 각 모의배관별로 탄소강관을 8개씩 설치하여 실험하였다.

모의배관 실험에 앞서 최적 액상소석회와 부식억제제 농도를 결정하기 위한 실험에서는 액상소석회 및 부식억제제를 SWRO 생산수에 첨가하여 그 총량이 1L, LSI ≥ 0, pH 6.5~7.5, 전기전도도 100 $\mu$ s/cm 이상인 조건을 찾아 실험하였다.



[그림 1] 실험 장치

본 모의배관 실험은 상기 조건에서 3일간 운전 후 다시 새로운 실험수로 교체하는 반연속식 운전 방법으로 진행되었으며, 21일간 실험하였다.

### 2.3 분석방법

pH 및 수온의 분석은 Metrohm 827 pH meter (Metrohm, Swiss)를 이용하였고 칼슘경도, 알칼리도는 수질오염공정시험법에 의거하여 분석하였다. 전기전도도 (conductivity)는 EC meter(Orion 5-Star Multi-meter, USA)를, 철(Fe), 구리(Cu), 염소이온(Cl<sup>-</sup>), 황산이온(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)의 농도는 DR2500 (Hach, USA)을 이용하여 분석하였다.

시편의 표면 분석은 SEM(Scanning Electrode Microscopy)과 EDX(Energy Dispersive X-ray microanalysis)를 통해서 모의배관에 장착한 금속 관 내부의 부식생성물의 정도를 파악하였고, 원소 함유량 비교를 통한 액상소석회 및 부식억제제 유무에 따른 피막형성 정도를 비교하였다. XRD(X-ray Diffraction) 분석으로는 철의 산화상태를 파악하였다.

전기화학 실험은 실제 현장에서 사용되는 급수용 배관의 규격인 KSD 3507(탄소강관)과 KSD 5301(동관)을 이용하여 실험에 적합하도록 20(W)×20 (T)×10(L)mm로 냉각 절단하였다. 모든 시편은 epoxy 마운팅 후 공기 중에서의 24시간 건조를 거쳐 #600까지 균일하게 연마하였다. epoxy resin과 시편과의 사이에 틈부식 방지를 위해서 Amercoat 90 epoxy로 페인팅 처리를 하였으며 모든 시편의 노출 면적은 1cm<sup>2</sup>로 일정하게 하였다.

시편에 대한 침지 실험 및 전기화학 실험은 RO 생산

수와 수돗물 환경에서 이루어졌으며, 온도는 25℃를 유지하였다. 또한, 부식 특성을 비교하기 위하여 전기화학 장비를 이용한 Tafel 외삽법 실험을 수행하였다.

본 연구에서는 Tafel외삽법을 위해 동전위분극시험 (potentiodynamic polarization test)을 수행하였다. 이를 이용한 부식속도 분석에는 PGStat30 AutoLab potentiostat (ECO CHEMI, Netherland) 이 사용되었으며, 상대전극으로 고순도 탄소봉이, 기준전극으로는 포화감홍전극(SCE ;saturated calomel electrode)이 사용되었다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 실험수의 수질 특성

본 실험에서는 경기도 안양에서 식수로 사용되는 수돗물과 J시 C담수정수장의 RO 생산수를 사용하였다. RO 처리수는 표 1과 같이 칼슘 경도와 알칼리도가 수돗물에 비해 매우 낮아 부식성이 매우 강한 것으로 확인하였다. 또한, pH도 약 6.7로 약산성을 띄었으며, 부식촉진인자인 염소이온이 매우 높아 전형적인 강부식성 특징을 보여 주었다.

### 3.2 최적 주입 농도 결정

#### 3.2.1 조건별 최적 주입 농도

모의 배관에 의한 부식제어 평가에 앞서 사전 연구로서 SWRO 생산수에 첨가될 CO<sub>2</sub> 액상소석회, 부식억제제의 최적 주입량을 결정하였다.

[표 1] SWRO 생산수(C담수정수장)와 수돗물의 수질특성.

Contents	Results	
	SWRO	Tap water
Temperature(℃)	25 ± 0.5	25 ± 0.5
pH	6.7 ± 0.1	7.8 ± 0.1
Calcium hardness (mg/L as CaCO <sub>3</sub> )	12 ± 2	47 ± 2
Alkalinity (mg/L as CaCO <sub>3</sub> )	10 ± 2	60 ± 2
Conductivity (μS/cm)	730 ± 10	125 ± 2
Cl <sup>-</sup> (mg/L)	130 ± 5	10 ± 2
Turbidity(NTU)	0.1 ± 0.05	0.2 ± 0.05

첫째, SWRO 생산수의 특성을 고려한 액상소석회와 CO<sub>2</sub>의 최적 주입농도를 확인하기 위해 SWRO 생산수 1000ml(1L)를 기준으로 하여 아래의 표 2와 같이

0.01~0.06% 까지 액상소석회의 주입량을 6단계로 하였다. 이후 SWRO 생산수에 CO<sub>2</sub>를 주입해 pH를 6.5~7.5 범위로 낮춘다.

[표 2] 액상소석회의 최적 주입량 비교 실험

SWRO water(mℓ)	Ca(OH) <sub>2</sub> (%)	Total amounts(mL)
999.9	0.01	1000
999.8	0.02	
999.7	0.03	
999.6	0.04	
999.5	0.05	
999.4	0.06	

둘째, 상기 조건에서 찾은 최적의 조건에 0.004, 0.005, 0.015, 0.033%의 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(인산염계 부식억제제)를 각각 주입하여 LSI ≥ 0 인 조건을 확인하였다.

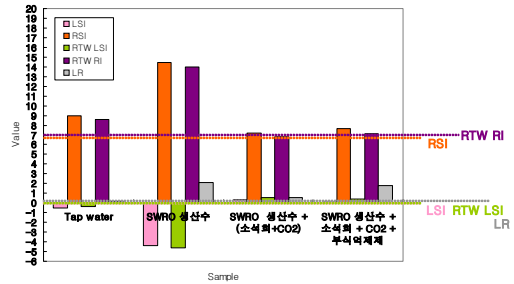
각각의 제조수 온도, pH, TDS, 칼슘경도, 총알칼리도, 전기전도도, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>를 분석하여 부식지수를 평가한 결과 첫 번째 실험에서 소석회가 0.06% 주입된 경우에 LSI 지수가 0 이상을 나타내어 부식성이 없는 조건을 나타내었고, 두 번째 실험에서는 첫 번째 조건에 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>가 0.0045% 주입된 경우에서 LSI 지수가 0 이상을 나타내었다.

이후 모의배관 실험은 본 기초실험결과의 최적치를 기준으로 실험을 실시하였다.

### 3.2.2 부식지수 평가

본 연구는 상기 실험의 데이터를 이용하여 LSI(Langelier Saturation Index), RSI(Ryznar Stability Index), RTW model에 의한 LSI 및 RI, LR(Larson Ratio) 부식지수별 실험수의 부식성을 평가하였다[9-11]. 실험수별로 LSI를 살펴보면 그림 3과 같이 수돗물은 -0.54, SWRO 생산수는 -4.37, SWRO 생산수 에 액상소석회, CO<sub>2</sub>를 주입한 경우에는 0.32, SWRO 생산수에 액상소석회, CO<sub>2</sub> 그리고 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>를 첨가한 경우는 0.12로 부식억제제의 주입 유무에 따라 부식성의 차이를 보였다.

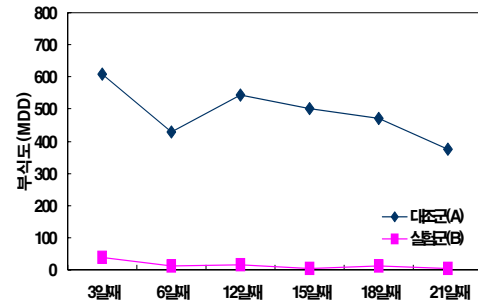
그 외의 부식지수로 계산되는 항목에 따라 부식성의 유무에 대한 차이는 있었지만 실험수별로 나타나는 부식지수치의 경향은 LSI와 같이 SWRO 생산수에 소석회, CO<sub>2</sub>를 주입한 경우 가장 부식성이 낮았고, SWRO 생산수가 가장 부식성이 높은 것으로 나타났다.



[그림 2] 실험 조건별 부식도의 변화.

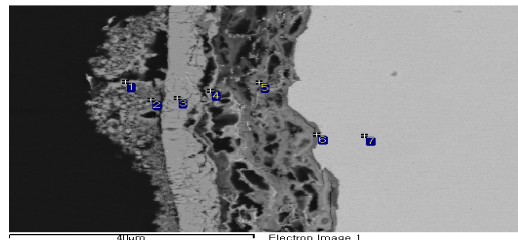
### 3.2.3 수질안정화제 주입 유무에 따른 부식도 평가

그림 3은 대조군으로써 SWRO 생산수(A)와 SWRO에 Ca(OH)<sub>2</sub>와 CO<sub>2</sub>를 주입한 경우를 실험군(B)으로 하여 21일간 반연속식으로 모의배관을 운전하며 탄소강의 부식도 변화를 측정된 결과이다. 대조군의 부식도는 376~607 MDD(mg/dm<sup>2</sup>·day)로 매우 부식성이 높은 것으로 나타난 반면, 실험군의 부식도는 2.8~37.4 MDD를 나타내어 탄소강관에서 대조군에 대한 실험군의 부식제어 효과는 93.8~99.4%로 매우 높은 것을 확인할 수 있었다.



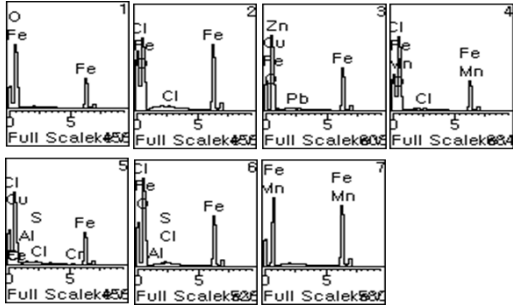
[그림 3] 대조군과 실험군에서 탄소강관의 부식도(MDD)

그림 4와 그림 5는 각각 실험에 이용된 탄소강관의 측면에 대한 SEM 분석결과와 탄소강관 측면의 층별 EDX 분석결과를 나타낸 것이다.



[그림 4] SWRO 생산수 조건에서 탄소강관 측면의 SEM 분석결과

그림 4는 대조군의 경우 부식의 정도가 심하여 측면에서 본 표면이 깊게 깎여 나간 것을 보여주는 결과이며, 그림 5의 7번은 모재이고 숫자가 낮아질수록 시편 표면의 스케일 층에 대한 성분을 분석한 결과이다.

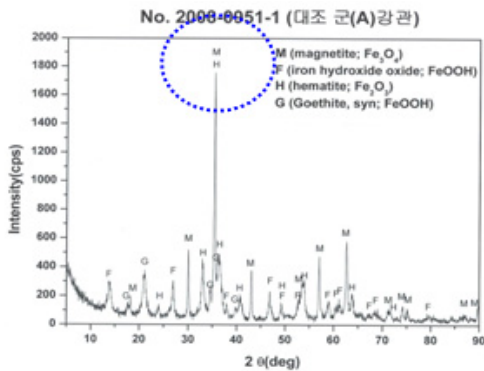


[그림 5] SWRO 생산수에서의 탄소강 EDX 측정치.

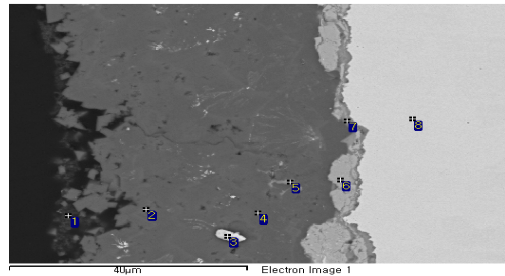
이러한 EDX 분석결과를 통해 탄소강관의 내부 표면에 주로 Fe 성분으로 이루어진 스케일을 형성하며 부식이 진행되는 것을 확인할 수 있었다.

주로 검출된 표면 스케일에 대하여 구체적인 성상을 파악하기 위해 XRD 분석을 실시한 결과는 그림 6과 같다. 주로 Magnetite( $Fe_2O_4$ ), Lepidocrocite ( $FeOOH$ ), Hematite( $Fe_2O_3$ ), Goethite와 같은 철 산화물로 밝혀졌으며, 정량분석을 통한 중량비는 각각 23.3, 26.0, 21.3, 29.4%로 확인되었다.

이는 D. J. Lee., et al.(2008)의 연구를 통해 밝혀진 부식생성물의 성분 및 구조와 상당히 유사한 결과를 보여 준다[12].

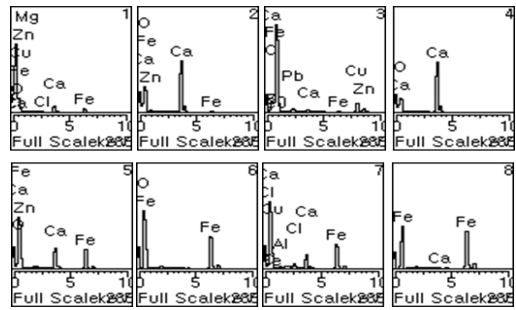


[그림 6] SWRO 생산수 조건에서 탄소 강관 내부 스케일에 대한 XRD 결과.

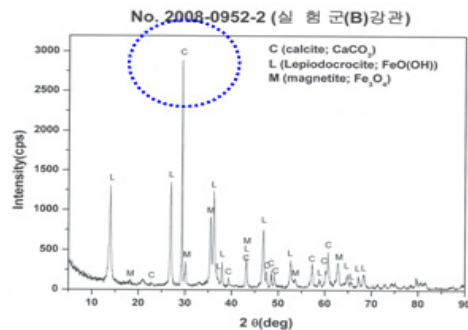


[그림 7] SWRO+Ca(OH)<sub>2</sub>+CO<sub>2</sub> 조건에서 탄소 강관 측면의 SEM 분석결과

그림 7은 SWRO 생산수에 액상소석회와 CO<sub>2</sub>를 주입한 조건에서 탄소강관의 측면에 형성된 스케일에 대한 SEM 분석 결과이다. 그림 8의 EDX 측정결과를 통해 실험군의 탄소강관 모재 위에 2~5번 층이 형성되어 있으며, 표면을 형성하는 주요 원소인 Ca의 확인을 통해 탄산칼슘( $CaCO_3$ ) 방식 피막이 형성을 예측할 수 있었다.



[그림 8] SWRO+Ca(OH)<sub>2</sub>+CO<sub>2</sub> 조건에서 탄소강과 내부 스케일에 대한 EDX 분석결과.



[그림 9] SWRO+Ca(OH)<sub>2</sub>+CO<sub>2</sub> 조건에서 탄소강관 내부 스케일에 대한 XRD 결과.

그림 9는 SWRO 생산수에서 실험군의 탄소강관 표면 부착물의 주성분을 분석한 XRD 결과이다. 주로



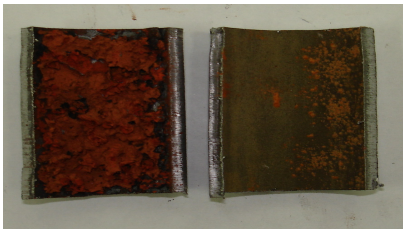
Calcite( $\text{CaCO}_3$ ), Iron hydroxide oxide ( $\text{Fe OOH}$ ), Magnetite( $\text{Fe}_2\text{O}_4$ )가 주결정상이었으며, 중량비를 알아본 결과 52.9, 16.0, 31.1%로 탄산칼슘이 가장 많이 형성된 것을 확인할 수 있었다. 이는 탄소강 표면에 탄산칼슘 보호피막이 형성되었다는 것을 의미하며, SWRO 생산수의 부식제어에 효과적으로 적용될 수 있음을 보여주는 결과이다.

그림 10은 대조군과 실험군의 탄소강관 내부를 촬영한 사진이다. 사진 왼쪽의 대조군에 비해 오른쪽의 실험군의 부식정도가 매우 낮은 것을 알 수 있다. 이는 소석회의 주입으로 인한 관내부에 탄산칼슘 방식피막이 형성된 것이 그 원인으로 판단된다.

그림 11은 탄소강관을 절단하여 관 내부를 촬영한 것이다.



[그림 10] SWRO와  $\text{SWRO}+\text{Ca}(\text{OH})_2+\text{CO}_2$ 의 조건에서 서의 탄소강관의 내부사진(절단 전).



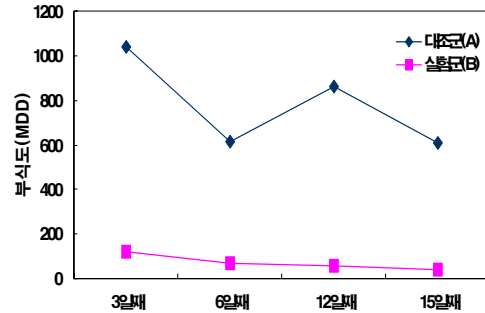
[그림 11] SWRO와  $\text{SWRO}+\text{Ca}(\text{OH})_2+\text{CO}_2$ 의 조건에서 서의 탄소강관의 내 부사진(절단 후).

### 3.3 수질안정화제와 부식억제제 주입에 따른 부식도 평가

그림 12는 SWRO 생산수와 SWRO 생산수에  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CO}_2$  그리고  $\text{P}_2\text{O}_5$ 를 주입한 수질에서 탄소강관의 부식도를 비교한 결과이다.

SWRO 생산수를 대조군(A)으로 하고, SWRO 생산수에  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CO}_2$  그리고 부식억제제를 주입한 것을 실험군(B)으로 하여 15일간 반연속식으로 모의배관을 운전한 결과 대조군의 부식도는 606~1,038 MDD로 매우 높은 반면, 실험군의 부식도는 42.75~122.4 MDD를 나타냈다. 실험결과를 통해 탄소강에서 대조군에 대한 실험군의

부식제어 효과는 88.2~93.4%로 높은 것으로 확인하였으나, 단일 액상소석회를 주입한 경우와 비교하여 다소 낮은 것으로 나타났다.



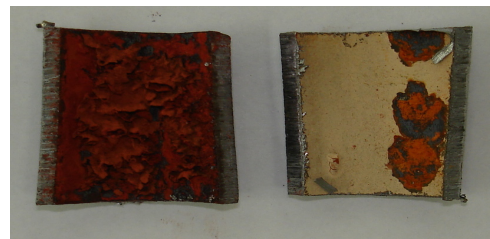
[그림 12] SWRO와  $\text{SWRO}+\text{Ca}(\text{OH})_2+\text{CO}_2$ +부식억제제에서의 조건에서 탄소강관의 부식도(MDD).

그림 13은 SWRO 생산수와 SWRO 생산수 +  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 +$  인산염계 부식억제제의 실험 조건에서 탄소강관의 관 내부를 촬영한 사진이다.



[그림 13] SWRO와  $\text{SWRO}+\text{Ca}(\text{OH})_2+\text{CO}_2$ +부식억제제에서의 조건에서 탄소강관의 내부 사진(절단 전).

육안으로 실험군에서 탄산칼슘 피막이 형성된 것을 볼 수 있었다. 그림 14는 탄소강관을 절단하여 관의 내부를 촬영한 사진이다.



[그림 14] SWRO와  $\text{SWRO}+\text{Ca}(\text{OH})_2+\text{CO}_2$ +부식억제제의 조건에서 탄소강관의 내부 사진 (절단 후).

#### 4. 결론

본 연구는 부식성이 매우 높은 SWRO 생산수에 액상 소석회를 주입하여 최적의 부식제어 효과를 얻기 위한 실험을 진행하였다. 액상소석회, CO<sub>2</sub>, 인산염계 부식억제제 등의 주입 조건에 따른 최적 부식제어 방법을 연구한 결과, 다음과 같은 결과를 도출하였다.

액상소석회만을 주입하였을 경우, 최적 주입농도는 0.06%이었고 액상소석회와 인산염계 부식억제제를 혼합하였을 경우 부식억제제가 0.0045%(전체 용액 중) 주입된 조건에서 LSI ≥ 0 으로 나타났다. 이러한 조건을 모의배관 실험에 적용한 결과, SWRO 생산수에 액상소석회만을 주입하였을 경우 평균 97.4%의 높은 부식제어 효과를 나타내었고, 액상소석회와 인산염계 부식억제제를 동시에 주입한 경우 평균 90.9%의 부식제어를 나타내었다. 동관의 경우, SWRO 생산수에 액상소석회(Ca(OH)<sub>2</sub>)를 주입한 조건에서 평균 55.1%의 부식제어 효과를 나타내었다.

결론적으로 SWRO 생산수에 대한 부식제어 방법으로써 액상소석회의 주입을 통해 Ca<sup>2+</sup>, 알칼리도를 증가시키고 이산화탄소 주입을 통해 pH를 조절하는 방법이 매우 유용한 것을 확인하였다.

#### 참고문헌

[1] K. Burashid, and A. R. Hussain., "Seawater RO plant operation and maintenance experience: addur desalination plant operation assessment", Desalination, 165, pp.11~22, 2004.

[2] M. A. Darwish and N. Al-najem, "The water problem in kuwait", Desalination, 177(1~3), pp.167~177, 2005.

[3] 강중수, 김충환, "해수의 담수화 시스템 및 생산수의 수질 특성", 영남대학교 환경문제연구소, 환경연구, 18(2), pp.235~252, 1999.

[4] (재)한국계면공학연구소, "상수관로의 부식방지를 위한 수질안정화기법을 통한 통합부식제어시스템 개발", 차세대핵심환경기술개발사업, 환경부, pp.1~2, 2006.

[5] American Water Works Association Research Foundation, "Internal Corrosion of Water Distribution Systems(second edition)", pp.30~36, 1996.

[6] American Water Works Association Research Foundation, "Internal Corrosion of Water Distribution Systems(second edition)", pp.554~557, 1996.

[7] American Water Works Association Research

Foundation and DVGW-Technologiezentrum Wasser, "Internal corrosion of water distribution systems", 1996.

[8] (재)한국계면공학연구소, "SWRO 생산수에 대한 부식 방지기술 개발 1단계 최종보고서", 해수담수화플랜트 사업단, 국토해양부, pp.9~17, 2008.

[9] J. W. Ryznar., "A New Index for Determining Amount of Calcium Carbonate Scale Formed by a water", Journal of AWWA, 36, pp.472~486, 1944.

[10] W. F. Langelier., "The Analytical Control of Anti-corrosion Water Treatment", Journal of AWWA, 28(10), pp.1500~1521, 1936.

[11] W. F. Langelier., "Mechanism and Control of Scale Formation in Sea Water Distillation", Journal of AWWA, 46(5), pp.461~469, 1954.

[12] D. J. Lee, Y. I. Kim, Y. I. Song, and H. A. Park., "The water problem in Kuwait.", Journal of Korean Society of Water and wastewater, 22(3), pp.379~383, 2008.

#### 우 달 식(Dal-Sik Woo)

[정회원]



- 1998년 2월 : 건국대학교 환경공학과 (박사)
- 1998년 3월 ~ 2010년 12월 : (재)한국계면공학연구소 물환경연구실 실장
- 2011년 1월 ~현재 : (재)한국계면공학연구소 대표

<관심분야>  
상수도(관부식 모델링)

#### 김 민 철(Min -Chul Kim)

[정회원]



- 2007년 2월 : 세종대학교 자연과학대학 화학과
- 2009년 2월 : 세종대학교 일반대학원 화학과 (이학석사)
- 2009년 8월 ~ 2011년 1월 : (재)한국계면공학연구소 연구원

<관심분야>  
해수담수화, Corrosion, Remineralization

**황 규 원(Kyu-Won Hwang)**

[정회원]



- 2004년 2월 : 연세대학교 자연과  
학대학 환경공학과
- 2006년 2월 : 연세대학교 일반대  
학원 환경공학과 (공학석사)
- 2006년 10월 ~ 2011년 1월 :  
(재)한국계면공학연구소 연구원

<관심분야>

해수담수화, Corrosion, 고도처리

---

**윤 석 민(Seok-Min Yoon)**

[정회원]



- 1989년 2월 : KAIST 생물공학  
과 석사 졸업
- 1994년 8월 : KAIST 생물공학  
과 박사 졸업
- 1994년 11월 ~ 2011년 1월 :  
(재) 포항산업과학연구원 그린환  
경연구본부 근무

<관심분야>

해수담수, Membrane, 생태위해성, 부식

---

**곽 명 화(Myung-Hwa Kwak)**

[정회원]



- 1998년 2월 : 동아대학교 일반대  
학원 환경공학과(공학석사)
- 2007년 2월 : 동아대학교 일반대  
학원 환경공학과(공학박사)
- 2007년 10월 ~ 2011년 1월 :  
(재) 포항산업과학연구원 그린환  
경연구본부 근무

<관심분야>

해수담수, Membrane, 고도처리, 폐수재이용