

## FA1) 대기오염과 재료 부식과의 관계에 대한 동북아 공동연구 The international cooperative study of the relationship between air pollution and material corrosion in Northeast Asia

김선태, 유영익, 前田泰昭

대전대학교 환경공학과, 대구대학교 환경교육학과, 日本大阪附立大學

### 1. 서 론

대기오염이 인체나 생태계에 대한 피해뿐만 아니라 재료나 구조물에 대한 부식을 통하여 재산상의 피해를 초래한다는 것은 명백한 사실이다. 인체나 생태계에 대한 피해가 오랜 기간에 걸쳐 발생하며 여러 인자가 복잡하게 관여하는 관계로 이 분야에 대한 많은 연구 결과를 접하기가 어려운 실정이다. 결국, 이는 대기오염에 대한 사회적 무관심 속에 환경분야 내에서도 행·재정적 우선순위에서 뒷전으로 밀려나고 있는 실정이다.

시험재료를 대기 중에 폭로한 뒤 그 부식 등의 피해를 관찰하는 방법은 대기오염 피해를 가시화하고 비교하는 지표로서의 의미가 있다. 특히 동북아 지역은 오랜 역사를 가진 국가들로, 대기오염에 의한 재료 부식 연구는 문화재 보존이라는 측면에서도 중요한 의미를 가지게 된다. 이러한 연구의 일환으로 1993년부터 현재까지 한·중·일 3개국의 국제공동연구로 이루어진 대기오염에 의한 재료부식시험의 결과에 대해 보고하고자 한다.

### 2. 실험재료 및 방법

동북아 18개 지점(한국 2개 지점, 중국 8개 지점, 일본 10개 지점)에 청동, 고동, 순동, 철, 대리석 등의 시료를 동시에 대기 중에 일정기간 폭로한 뒤 회수하여 분석하였다. 금속시료는 아세톤용액에서 대리석은 증류수에서 몇 분간 초음파 세척을 하고, 24시간 건조한 뒤 0.1mg까지 칭량하였다. 대기오염물질에 대해서는 아황산가스와 질소산화물의 농도를 Passive sampler를 이용하여 1달 평균농도로 측정하였고, 온도, 풍속, 풍향, 습도 등의 기상자료는 각 지역의 AWS 자료를 활용하였다. 습성침착물의 성분은 1달 간의 강우를 전량 포집하여 pH, 전기전도도의 측정과  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $Cl^-$  등의 이온성분에 대한 Ion Chromatography 분석을 하였다. 모든 재료는 강우를 차단한 경우와 습성침착의 영향을 그대로 받는 실외로 나누어 2 sets를 설치하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 1) 기상 및 대기질 측정 자료

표 1에 시험기간 동안의 평균 기상자료와 대기질 측정자료를 정리하였다. 해양성기후의 영향으로 일본의 측정지점의 기온이 전반적으로 높고 중국의 太原지역이 가장 낮은 평균 기온을 보이고 있다. 상대습도의 경우에도 일본의 측정지점이 전반적으로 높게 나타나고 있으나, 중국의 重慶은 가장 높은 상대습도를 그리고 한국의 대구와 중국의 太原이 가장 낮은 상대습도를 보이고 있다. 중국의 重慶 지역은 높은 상대습도와 더불어 가장 낮은 풍속을 나타내고 있어 대기오염 확산이 어려운 기상 조건을 가지고 있는 것으로 볼 수 있다.

실제로 중국의 重慶, 貴陽, 太原 지역은 월평균 100ppb 이상의 아황산가스 농도를 보이고 있으며, 황산이온의 농도도 다른 지역에 비해 매우 높은 농도를 보이고 있다. 한편, 이산화질소의 경우 자동차의 통행량이 많은 일본의 도심지역의 농도가 가장 높게 나타나고 있다.

#### 2) 측정지점별 재료의 부식율과 대기오염도와의 관계

그림 1에 측정지점을 7개 지역으로 구분하여 재료의 평균 부식율과 아황산가스 농도를 동시에 표현하였다. 재료 부식율은 폭로기간 동안의 중량 손실율을 기준으로 계산하였다. 가장 부식율이 높은 물질은

Table 1. The average meteorological and air quality data of the sampling sites.

Sites		Period	Temp. °C	R.H. %	W.V. m/s	SO <sub>2</sub> ppb	NO <sub>2</sub> ppb	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> μg/ℓ	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> μg/ℓ	Cl <sup>-</sup> μg/ℓ
Japan	Tokyo	93.06 ~ 99.12	17.3	67.4	2.6	14.9	34.0	2.4	1.9	2.1
	Kyoto	93.06 ~ 99.11	16.1	77.4	1.4	4.1	18.6	1.4	1.0	0.6
	Nara	93.06 ~ 99.12	15.8	67.7	1.8	4.5	21.3	7.1	1.7	1.3
	Osaka 1	93.06 ~ 99.12	17.7	65.9	2.2	6.1	32.3	6.9	2.0	1.2
	Osaka 2	94.06 ~ 97.03	17.3	66.5	2.5	7.5	36.8	9.5	2.5	1.9
	Chiba	93.06 ~ 99.11	16.8	72.3	3.5	8.4	23.0	3.6	2.0	3.0
	Ibaraki	94.06 ~ 99.11	14.7	74.1	2.3	3.5	11.9	2.6	1.9	1.3
	Ishikawa	93.06 ~ 98.12	15.4	74.1	2.2	4.6	11.0	4.5	1.4	5.7
	Fukuoka	95.09 ~ 99.12	15.5	78.9	1.3	4.5	11.4	3.9	1.2	1.7
China	Beijing	93.06 ~ 96.06	-	-	-	75.2	21.5	84.2	25.6	7.1
	Chongqing	93.06 ~ 99.03	18.5	80.9	1.4	102.0	24.0	46.7	4.5	3.2
	Shanghai	93.06 ~ 99.11	17.4	75.1	2.8	28.7	25.6	29.1	4.3	3.6
	Quiyang	94.07 ~ 95.06	-	-	-	167.5	11.0	45.9	2.4	0.6
	Taiyuan	94.07 ~ 95.05	10.5	57.6	2.2	133.0	11.8	84.4	12.2	7.4
	Wuhan	94.10 ~ 96.03	15.4	74.4	3.3	14.6	12.1	23.8	4.8	1.6
Korea	Daegu	93.08 ~ 93.12	15.0	61.8	2.8	12.9	19.4	12.9	2.4	1.0
	Daejeon	95.07 ~ 99.11	13.7	70.3	1.9	7.7	17.2	11.6	2.7	2.4

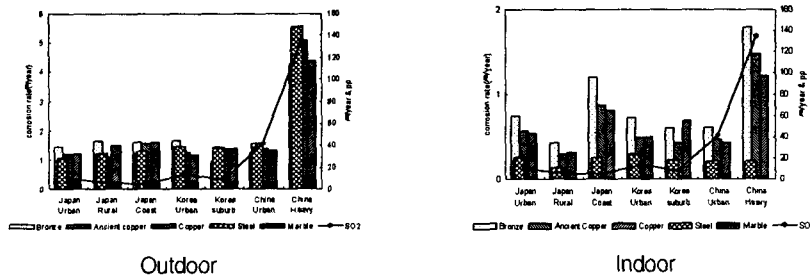


Fig. 1. The corrosion rates of test pieces with the sampling sites in Northeast Asia.

철로 청동이나 구리의 부식율에 비해 20배정도 높게 나타나고 있었다. 모든 지역에서의 약 6년간의 습성, 건성의 모든 영향을 고려한 재료의 평균 부식율은 청동과 구리가 1.9 $\mu\text{m}/\text{year}$ , 철의 경우가 53.4 $\mu\text{m}/\text{year}$ , 대리석이 6.92 $\mu\text{m}/\text{year}$ 로 나타나고 있다. 강우의 영향을 직접적으로 받은 실외의 경우가 강우를 차단한 경우보다 구리와 철의 경우 약 3배정도, 대리석의 경우 약 6배 정도의 부식율을 보여 대리석이 산성비의 영향에 약할 것이라는 평가를 반증하고 있다. 지역별로는 예상대로 아황산가스 농도가 가장 높은 重慶, 貴陽 등의 중국의 극심한 오염지역에서의 부식율이 다른 지역에 비해 4~5배정도 높게 나타나고 있었다. 한국의 경우 대구의 부식율이 대전에 비해 약간 높게 나타나고 있는데, 이는 강우의 영향을 직접적으로 받은 실외의 경우보다 실내의 경우가 보다 심한 것으로 나타났다. 이는 대구와 대전의 시료 설치지점의 기상, 지형적인 영향과 관련이 있는 것으로, 대전의 시료채취지점이 상대습도가 높아 습성침착의 영향이 상대적으로 많은 반면, 대구의 경우 아황산가스에 의한 건성침착의 영향이 다소 높은 데 기인하는 것으로 판단되었다. 아황산가스와 금속재료와의 부식율이나 금속재료간의 부식율의 상관성이 매우 높게 나타나 대기오염에 의한 재료 부식 피해의 관련성을 잘 반영하고 있었다.

본 연구에서 사용한 대기 중의 재료 부식 실험은 대기오염의 피해를 가시화하는 의미를 가지고 있으며, 결국 대기오염에 의한 경제적인 손실과 더불어 건강 피해의 지표로도 이용될 수 있을 것이다. 본 연구의 결과가 대기오염에 대한 우리의 인식과 노력을 새롭게 하는 계기가 되기를 바란다.

### 참고 문헌

- SunTae Kim et al.(2001), 「The regional characteristics of the effects of air pollution on the material damage in East Asia」, 12th World Clean Air & Environment Congress and Exhibition.
- Y. Maeda et al, Material Damage by Acidic Air Pollution in East Asia, Acid rain 2000, 6th International Conference on Acidic Deposition, 2000, p 259.