

동북 아시아 지역에서의 대기중 재료부식 시험에 관한 연구

김 선 태 · 임 봉 빈 · 辻野 喜 夫 · 前 田 泰 昭**

대전대학교 환경공학과 · 日本大阪府 公害監視센터

**日本大阪府立大學 機能物質科學科

(1998년 1월 9일 접수)

The Study on the Atmospheric Corrosion Tests of Materials in Northeast Asia

Sun-Tae Kim, Bong-Been Yim, T. Tsujino¹, and Y. Maeda^{**}

Dept. of Environmental Engineering, Taejon University

¹Osaka Prefecture Environmental Pollution Control Center, Japan

^{**}Dept. of Applied Material Science, Osaka Prefecture Univ., Japan

(Manuscript received 9 January 1998)

The structure such as building and cultural properties was composed of various materials like wood, metal and stone that have been utilized and exposed to air, wind and rain for a long time. However, because of their special characteristics as structure, collecting of samples that may involve their destruction cannot be permitted, ever for material analysis.

Therefore, in order to study the influence of atmospheric pollution on structure, atmospheric corrosion tests were achieved by making use of materials(bronze, ancient copper, copper, steel and marble) in field exposure tests. Atmospheric exposure sites are selected from places which are characterized by urban, rural, industrial and marine environments in Northeast Asia.

According to the results of atmospheric corrosion tests;

The corrosion rates of industrial sites in china were more serious than other sampling sites. In the correlation of meteorological factors, wet hours was defined as integrated hours under that atmospheric temperature is above 0°C and relative humidity in above 80% that has a great influence on corrosion tests of materials in case of a short time. The relative humidity was above about 75% that resulted in great increase of corrosion rates. In the estimation of corrosion rates between materials, corrosion rates of steel was about thirty times and decuple larger than that of other materials excluding marble in unshelterd exposure and in sheltered exposure.

Key words : Air pollution, Atmospheric corrosion, Acid deposition, Cultural properties, Risk assessment.

1. 서 론

최근 동북아시아 지역에서는 중국의 급속한 산업화로 인하여 에너지의 소비가 빠르게 증가하고 있는 실정이다. 특히 중국은 공업화정책을 추진하는 과정에서 고유황을 포함한 연료를 대량 사용하고 있으며, 그에 따른 도시화와 이동오염원의 증가로 아황산가스(SO₂)와 질소산화물(NO_x)의 배출이 증가하는 추세에 있다(Jia, 1991). 따라서 중국에서 배출된 산성 오염물질의 일부가 편서풍을 타고 한국과 일본 서부지역으로 이동하여 동북아시아 지역에서 국가간의 환경문제를 야기시킬 수 있는 가능성을 지니고 있다.

대기오염물질이 생태계와 각종 구조물에 미치는 영향

을 파악하는데 있어서 산성침착물의 양과 산성도를 평가하는 것은 중요하다. 특히 구조물과 식물피해의 영향 파악에 있어서는 물질표면에서의 직접적인 영향평가가 중요하다고 할 수 있다. 그러나 우리나라를 비롯한 일본, 중국 등 동북아시아 국가들은 많은 종류와 수의 문화재를 보유하고 있지만 대기오염에 노출된 문화재의 위해성 평가 및 보존에 관한 연구는 거의 이루어져 있지 않다. 유럽의 경우 최근예 산성오염물질에 의한 빌딩의 손해비용을 평가하기 위한 연구(David와 Helen, 1996)와 문화재의 대부분을 차지하고 있는 석회질(calcareous)의 재료(stones)를 가스상 HNO₃에 노출시켜 영향을 평가(Philip과 Denis, 1996)하는 등의 연구

Table 1. Sampling sites in China, Japan and Korea

Nation	City		Sampling sites
China	Chongqing	Heavy polluted	Chongqing Institute of Environmental Sciences
	Quiyang	Heavy polluted	The Acid Rain Control Center of Quiyang Environmental Protection Bureau
	Taiyuan	Heavy polluted	Environmental Protection Bureau of Taiyuan Municipality
	Beijing	Urban	Beijing Environmental Monitoring Center
	Shanghai	Urban	East China University of Science and Engineering
Japan	Wuhan	Urban	China University of Geosciences
	Tokyo	Urban	Tokyo Prefectural Institute of Public Health and Pollution
	Osaka 1	Urban	Environmental Pollution Control Center
	Osaka 2	Urban	Osaka City Institute of Public Health and Environmental Science
	Chiba	Rural	Chiba Prefectural Institute of Environmental Science
	Kyoto	Rural	Kyoto Prefectural Institute of Public Health and Pollution
	Nara	Rural	Nara Prefectural Institute for Public Health
	Ibaraki	Rural	The Environmental Pollution Research Center of Ibaraki Prefecture
	Ishikawa	Coast	Public Health and Environmental Center
	Toyama	Coast	Toyama Prefectural Institute of Environmental Science
Korea	Fukuoka	Coast	Fukuoka Institute of health and Environmental Science
	Taegu	Urban	Kyungpook National University
	Taejon	Rural	Taejon University

가, 북미에서는 금속재료를 이용한 침착물에 관한 연구 (Migon, 1997)가 이루어 졌으며, 동남아시아(필리핀, 태국)에서는 대기 채료부식 시험이 실시된 적이 있다 (Kodama, 1993).

산성 오염물질의 피해를 받고 있는 문화재, 건축물 등의 경우 형태를 그대로 보존해야한다는 특별한 상황 때문에 파괴에 의한 시료채취 및 물질분석이 용이하지 않다. 이러한 이유로 재료를 이용한 부식시험은 대기환경 하에서 문화재, 건축물 등의 동일한 조성을 가진 금속판과 석재를 이용하여 부식을 평가한다면 실제로 문화재나 건축물 등에 대기오염이 미치는 영향의 평가방법으로서 이상적일 것이다(Tsujino et al., 1997).

본 연구에서는 각종 구조물과 문화재를 구성하고 있는 재료(bronze, ancient copper, copper, steel, marble)를 이용하여 산성 오염물질에 의한 재료의 부식정도를 평가하기 위하여 1993년 6월부터 1996년 8월까지 중국, 일본, 한국에서 공업지역, 도심지역, 비도심지역 및 해안지역별로 재료를 설치하여 표면 부식 시험을 실시하였다.

2. 실험 및 분석방법

2.1 재료 설치장소 및 폭로기간

부식 시험에 사용된 재료를 설치한 장소는 Table 1. 및 Fig. 1.과 같이 중국(6개 지점), 일본(10개 지점), 한국(2개 지점) 등 총 18개 지점에 설치하였으며, 이 지점 중 공업지역은 중국의 Chongqing, Quiyang, Taiyuan 이고, 도심지역은 중국의 Beijing, Shanghai, Wuhan

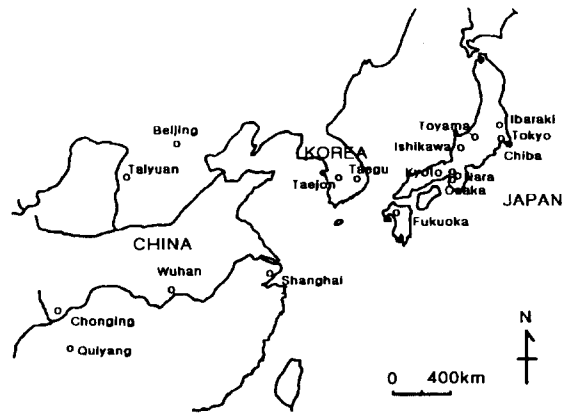


Fig. 1. The location of sampling sites.

과 일본의 Tokyo, Osaka 1, Osaka 2, Chiba 및 한국의 Taegu이고, 비도심지역은 일본의 Kyoto, Nara, Ibaraki와 한국의 Taejon이며, 해안지역은 일본의 Ishikawa, Toyama, Fukuoka 등이다. 폭로기간은 1993년 6월부터 1996년 8월까지 3년간으로 3개월마다 재료를 교환하였다.

2.2 실험재료

부식 시험에 사용한 재료는 각종 구조물 및 문화재의 구성물질 중 하나인 Bronze, Ancient copper, Copper, Steel, Marble 등을 사용하였으며, 이 재료의 구성과 크기 등 재료특성에 관하여는 Table 2.에 나타내었다.

Table 2. The characteristics of test pieces

		p c f c g v y	Compon n
B on	2.0×30×40 mm	8.9 g/cm ³	JI H 511 BC6 Cu 85%, n 5%, Pb 5%, Zn 5%
Anc n copp	0.8×30×40 mm	8.9 g/cm ³	Cu 99.28%, Pb 0.58%, As 0.02%, Zn 0.002%, F 0.001%
Copp	0.4×30×40 mm	8.9 g/cm ³	JI H 3100 C1201P Cu > 99.9%
	1.2×30×40 mm	7.9 g/cm ³	JI G 3141 PPC
b	5.0×20×20 mm	2.7 g/cm ³	-

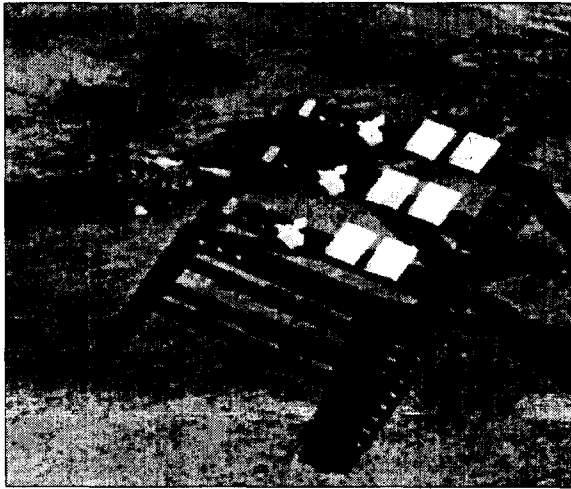


Fig. 2. Photograph of unsheltered exposure test instrument.



Fig. 3. Photograph of sheltered exposure test instrument.

금속성분의 재료들은 표면에 존재하여 부식에 영향을 미칠 수 있는 기름성분(fat)의 제거와 오염물질의 세척을 위해 아세톤을 이용하여 몇 분간 초음파세척을 실시한 후 50℃에서 건조시켰다. marble의 경우는 증류수를 이용하여 10분간 초음파세척을 실시한 후 실리카겔 데시케이터(silicagel desiccator)에서 24시간 동안 보관하여 수분을 제거하였다. 그 후 저울(chemical balance)을 이용하여 정확한 무게(< 0.1 mg)를 측정하고 데시케이터에 다시 보관하였다.

재료의 폭로는 Fig. 2., Fig. 3.과 같이 실외의 경우 재료가 대기와 강수 및 햇빛에 노출되도록 하였으며, 재료는 지상과 약 45°를 이루게 하여 남쪽을 향하도록 고정시켰다. 실내의 경우는 강수와 햇빛과의 접촉을 피하였다.

2.3 분석방법

각 지점에서 폭로시킨 재료는 3개월마다 회수하여 plastic bag에 넣고 공기가 통하지 않도록 밀봉한 후 데시케이터에 보관하였다. 폭로 후의 무게와 녹을 제거한 후의 무게를 정량하기 위해 저울(chemical balance)을 이용하여 정확한 무게(< 0.1 mg)를 측정하였으며, 식(1)에 의해 부식층의 두께를 구하였다.

Eroded layer (μm) =

$$\frac{10 \times \text{Corrosion weight loss (mg)}}{\text{Surface area (cm}^2\text{)} \times \text{Specific gravity (g/cm}^3\text{)}} \quad (1)$$

부식에 의해 생긴 녹은 재료를 대기 중에 폭로시키기 전·후의 무게 손실이라고 할 수 있다. 따라서 무게손실을 정확히 측정하기 위해서는 재료에 생긴 녹을 완전히 제거할 필요가 있다. 녹을 제거하는 과정은 bronze와 copper의 경우 실온에서 10% ammonium-thioglycolic acid 용액에 10분간 담근 후, 증류수로 세척하고 아세톤으로 수분을 제거하여 50℃에서 건조하였다. Steel은 약 100℃에서 10% di-ammonium-hydrogen-citrate 용액에 반복해서 담근 후 남아 있는 녹을 제거하기 위해 솔(brush)을 이용하여 녹을 긁어냈다. 그리고 증류수로 세척하고 아세톤으로 수분을 제거한 후 50℃에서 건조하였다. Marble의 경우는 24시간 동안 실리카겔 데시케이터에서 수분을 제거하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 재료의 부식율(corrosion rates)

동북아시아 지역에 위치한 3개국에서 대기 중에 폭로시킨 재료의 부식시험 결과는 Table 3.과 Fig. 4. 및 Fig. 5.와 같다. 재료의 부식율 산정은 폭로 전·후의 무게차에 의해 계산되는 재료 두께 감소에 기초를 두고 평가하였다.

지역특성에 따라 다소 차이가 있지만 전체적으로 부식율의 경향을 보면, 실외(unsheltered exposure) 부식시험은 steel > marble > ancient copper > bronze >

Table 3. Results of corrosion rates by atmospheric corrosion tests in Northeast Asia.

Sampling site	Period	Corrosion rate ($\mu\text{m}/\text{year}$)										
		Bronze		Ancient copper		Copper		Steel		Marble		
		out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	
Japan	Tokyo	93. 6. 2-94. 6. 6	1.98	0.65	1.76	0.45	1.46	0.46	50.6	19.2	-	-
		94. 6. 6-95. 6. 9	1.83	0.75	1.49	0.41	1.39	0.52	38.6	21.1	-	-
		95. 6. 1-96. 9. 5	2.39	0.82	1.84	0.48	1.86	0.55	40.6	-	-	-
	Kyoto	93. 6. 1-94. 6. 1	0.84	0.27	1.44	0.19	1.1	0.19	24.6	8.7	7.4	0.4
		95. 6. 1-96. 6. 1	1.02	0.17	1.27	0.13	1.66	0.25	23.3	5.9	-	-
	Nara	93. 6. 1-94. 6. 1	1.47	0.58	1.17	0.47	1.12	0.33	26.3	11.7	6.9	0.7
		95. 6. 1-96. 6. 1	1.5	0.6	1.17	0.39	1.32	0.49	22.8	10.7	-	-
	Osaka 1	93. 6. 1-94. 6. 1	1.27	0.68	1.05	0.45	0.94	0.33	27.4	18.4	6.6	3.4
		94. 6. 1-95. 6. 8	1.06	0.67	0.96	0.4	1.01	0.39	22.6	15.5	-	-
		95. 6. 8-96. 6. 3	1.44	0.49	1.1	0.37	1.14	0.52	20	13.1	-	-
	Osaka 2	94. 6. 1-95. 6. 1	1.32	0.94	0.94	0.85	0.86	0.71	23.4	25.4	-	-
		95. 6. 1-96. 6. 24	2.29	0.93	1.71	0.66	1.62	0.71	30.4	17.3	-	-
		93. 6. 1-94. 6. 1	2.78	0.64	-	0.42	1.8	0.52	45.6	17.6	-	-
	Chiba	94. 6. 1-95. 6. 2	3.02	0.59	1.63	0.37	1.72	0.47	44.7	15.5	-	-
		95. 6. 2-96. 6. 1	2.72	0.58	1.06	0.4	1.86	-	40.2	15.6	-	-
94. 6. 1-95. 6. 1		0.51	-	1.07	-	1.08	0.21	26.5	6.8	-	-	
Ibaraki	95. 6. 1-96. 6. 1	1.31	0.2	1.11	0.3	1.22	0.39	26.1	6.8	-	-	
	93. 6. 1-94. 6. 1	1.99	1.18	1.92	0.51	1.74	0.6	31.8	12.8	14.2	2.8	
Ishikawa	95. 6. 1-96. 6. 1	2.09	0.78	1.71	0.56	1.74	0.58	28.3	12	-	-	
	95. 9. 1-96. 6. 1	1.64	1.18	1.09	1.11	1.13	1.02	-	24.5	-	-	
Fukuoka	95. 9. 1-96. 6. 3	1.29	0.79	1.44	0.6	1.55	0.94	34.3	15.8	-	-	
China	Beijing	93. 6. 1-94. 6. 1	-	-	0.92	-	1.0	-	25.7	-	-	-
		94. 6. 1-95. 6. 1	-	-	0.94	-	1.11	-	26.6	-	-	-
	Chongqing	93. 6. 4-94. 6. 4	6.81	3.04	6.84	2.54	5.26	2.37	147	37.5	27.2	5.9
		95. 6. 4-96. 6. 5	6.5	3.0	5.53	2.42	-	2.35	167	30.1	-	-
	Shanghai	93. 6. 1-94. 6. 1	2.24	1.54	2.78	0.95	2.24	0.84	78.8	53.2	13.6	5.4
		95. 6. 1-96. 6. 1	1.96	0.81	1.58	0.61	-	0.69	48	26.5	-	-
	Quiyang	94. 7.15-95. 6. 1	5.57	2.33	7.03	1.9	6.68	1.77	231	19.2	-	-
	Taiyuan	95. 6. 7-96. 5.30	1.63	0.18	1.48	0.19	-	0.37	45.9	5.7	-	-
	Wuhan	95. 6. 1-96. 6. 1	1.29	0.29	1.18	0.25	-	0.4	32.4	10.1	-	-
	Korea	Taegu	93. 8. 5-94. 8.22	1.75	-	2	-	1.69	-	47.9	-	10.8
94. 8.22-95. 8. 1			1.06	-	1.6	-	1.39	-	41.8	-	-	-
Taejon		95. 7.30-96. 7.30	1.02	0.44	1.08	0.38	-	0.43	30.7	9	-	-

* out: unsheltered exposure

** in: sheltered exposure

copper의 순이었으며, 실내(sheltered exposure) 부식 시험은 steel > marble > bronze > copper > ancient copper 로 나타났다. 특히 copper류의 금속 중에 ancient copper와 bronze 같은 impure copper가 pure copper보다 상대적으로 부식율이 크게 나타났다. 그러나 실외 부식시험 결과 중 중국 공업지역은 반대로 pure copper가 impure copper보다 부식이 심한 것으로 나타나 대기오염물질의 배출량이 많은 지역에 있어서 다른 경향을 보이고 있다. 또한 실내 부식시험 결과 중 steel의 부식율은 실외의 결과와는 달리 중국 공업지역보다 도심지역에서 부식율이 크게 나타나 강우와 햇빛에 노출시키지 않은 실내시험의 경우 습도와 온도 등의 영향이 작용한 것으로 추정된다.

지역별 부식율 크기를 보면, 실외 부식시험은 중국 공

업지역 > 중국 도심지역 > 한국 도심지역 > 일본 도심지역 > 일본 해안지역 > 한국 비도심지역 > 일본 비도심지역 순이었으며, 실내 부식시험은 중국 공업지역 > 일본 해안지역 > 중국 도심지역 > 일본 도심지역 > 한국 도심지역 > 일본 비도심지역의 순으로 나타나 전체적으로 중국지역에서의 부식율이 크게 나타났다. 그리고 실외 부식시험의 경우는 중국 공업지역을 제외한 다른 지역은 재료 부식율의 차이가 거의 없는 것으로 나타나고 있으나, 실내 부식시험의 경우는 지역특성의 차이가 나타나고 있다. 즉, 해안지역에서의 재료 부식율이 도심, 비도심지역보다 크게 나타났으며, 도심지역이 비도심지역보다 크게 나타나고 있다. 따라서 3개월 정도의 장기 폭로에 의한 재료 부식시험의 경우 오염물질을 포함하고 있는 강우와 햇빛의 영향이 배제되고 가스상 오염물질

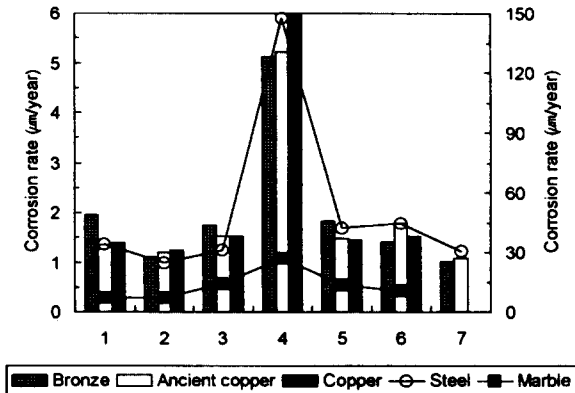


Fig. 4. Corrosion rates on test pieces exposed by unsheltered exposure in Northeast Asia. 1:Urban sites in Japan 2:Rural sites in Japan 3:Coast sites in Japan 4:Heavy polluted sites in China 5:Urban sites in China 6:Urban sites in Korea 7:Rural sites in Korea

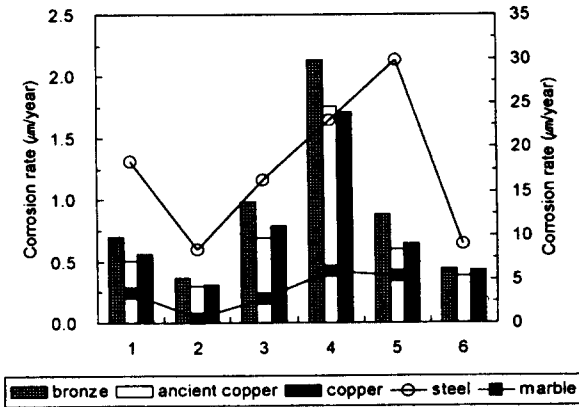


Fig. 5. Corrosion rates on test pieces exposed by sheltered exposure in Northeast Asia. 1:Urban sites in Japan 2:Rural sites in Japan 3:Coast sites in Japan 4:Heavy polluted sites in China 5:Urban sites in China 6:Urban sites in Korea 7:Rural sites in Korea

과의 접촉, 온도 및 습도 등의 영향에 좌우되는 실내 부식시험이 지역별 특성을 나타내는데 적당한 것으로 생각된다.

실외와 실내 부식시험에 의한 부식율을 비교해 보면 중국의 공업지역에서 폭로시킨 steel과 marble의 경우는 6배 정도의 차이가 나지만, 다른 재료의 경우는 2~3배 정도의 차이가 나는 것으로 나타나고 있다. 따라서 강수 중에 포함된 대기오염물질의 영향이 steel과 marble에 미치는 영향이 다른 재료보다도 큰 것으로 생각되어 steel과 marble로 구성된 건축구조물이나 문화재의 보호가 우선적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다.

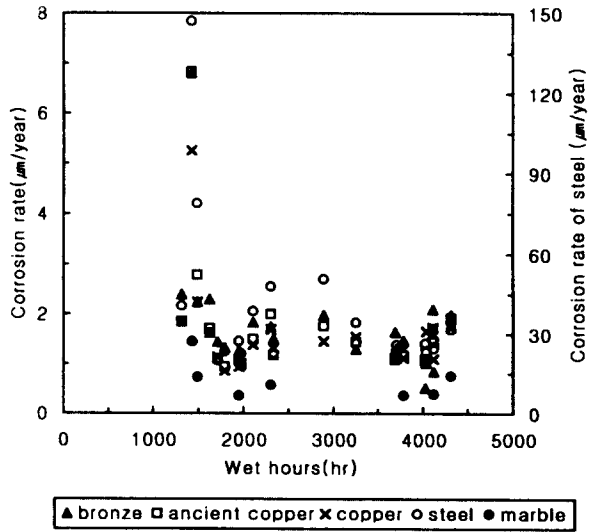


Fig. 6. Corrosion rates of test pieces exposed vs wet hours(unsheltered exposure).

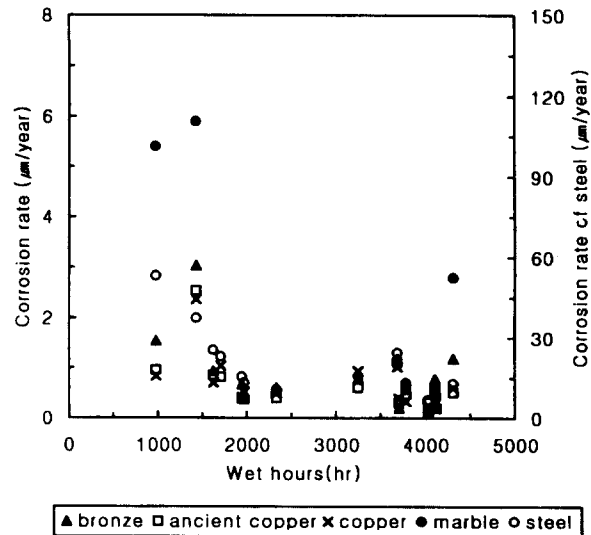


Fig. 7. Corrosion rates of test pieces exposed vs wet hours(sheltered exposure).

3.2 재료의 부식율과 기상요소와의 관계

인간활동에 의해 인위적으로 배출된 대기오염물질이 각종 건축물과 금속구조물에 끼치는 피해는 부식 등에 의한 재산상의 피해와 시각적인 측면에서 도시미관의 악화 등이 있다. 그러나 부식작용을 진행시키는 원인은 대기오염물질 이외에 습기, 온도 등 기상요소와도 밀접한 관계를 가지고 있다(Philip과 Denis, 1995; 1996).

본 연구에서도 재료의 부식율과 기상요소 중 상대습도 및 wet hours와의 관계를 조사하였다. 여기서 wet hours는 대기 중 온도가 0℃ 이상이고, 상대습도가 80% 이상으로 유지된 시간의 축적값으로 재료와 다습

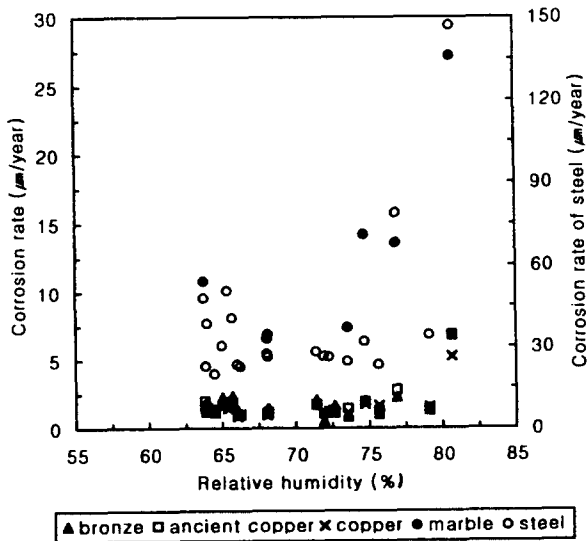


Fig. 8. Corrosion rates of test pieces exposed vs relative humidity(unsheltered exposure).

한 기상조건(0℃ 이상)과의 관계를 알아보는데 적당하다

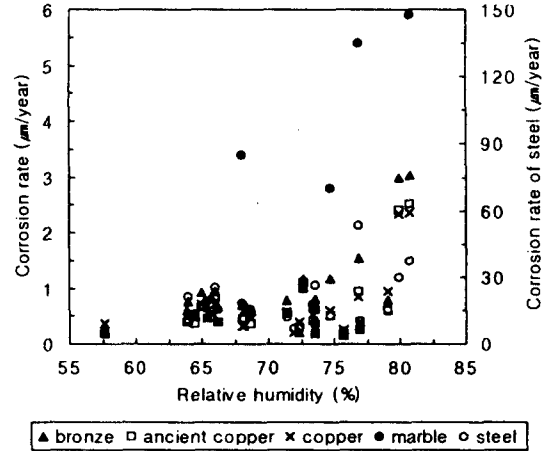


Fig. 9. Corrosion rates of test pieces exposed vs relative humidity(sheltered exposure).

고 생각된다.

Fig. 6.과 Fig. 7.를 보면, 실외와 실내 부식시험에서 재료의 부식율과 wet hours와의 관계를 나타낸 것으로 전반적으로 wet hours가 짧을 때 부식율이 높고 시간에

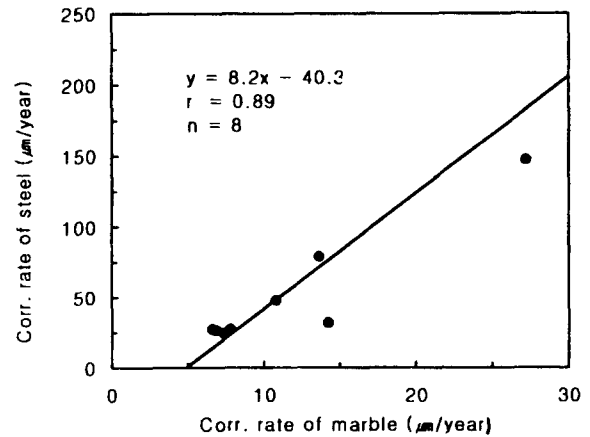
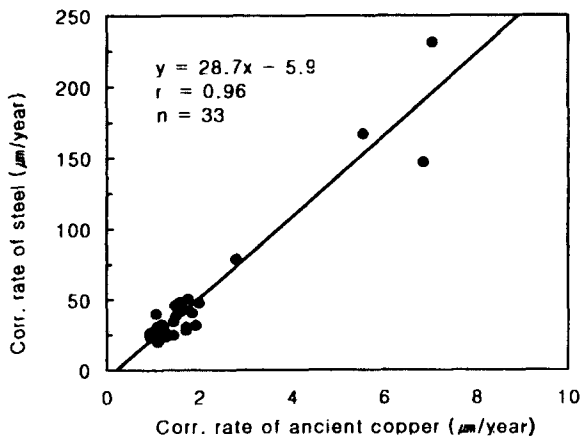
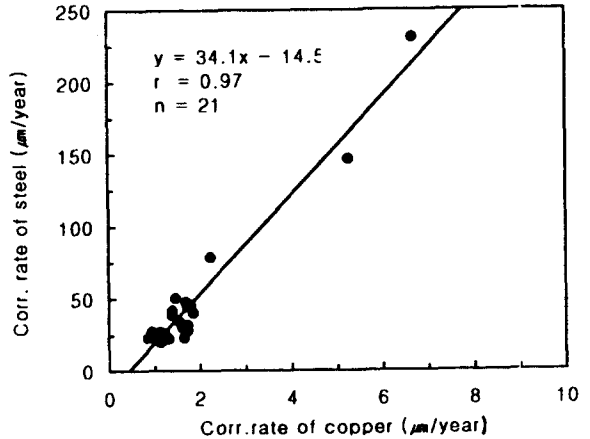
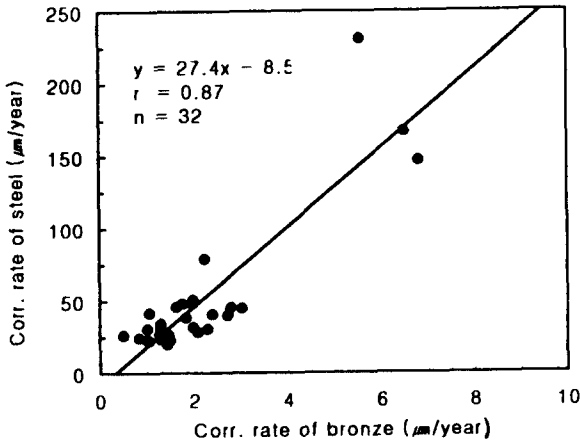


Fig. 10. Correlation between test pieces exposed by unsheltered exposure.

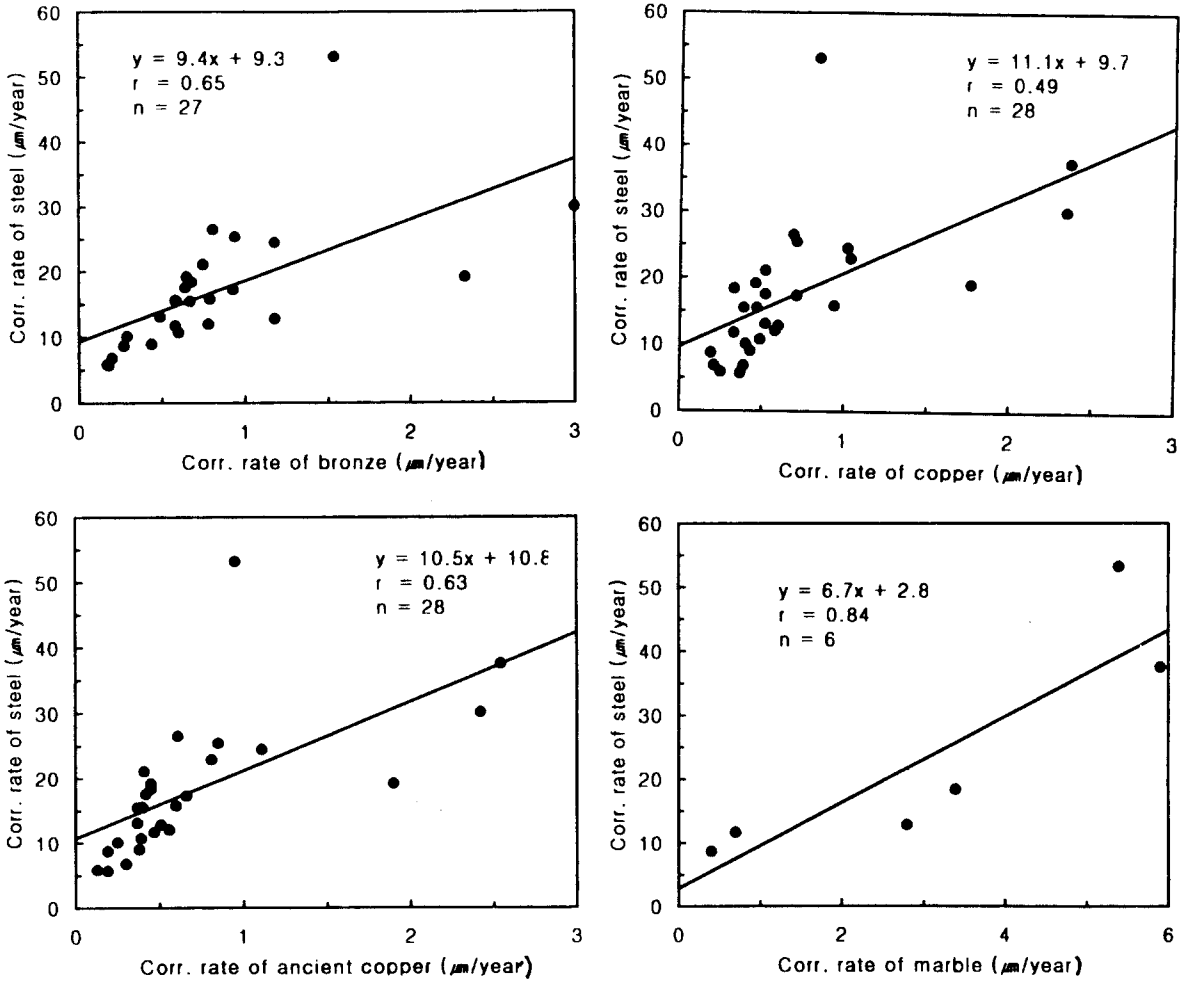


Fig. 11. Correlation between test pecies exposed by sheltered exposure.

따라 부식율이 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 경향은 실외에서보다 실내에서 두드러지게 나타나고 있다. 특히 steel과 marble이 부식율의 감소가 많았는데, 재료의 부식은 다습한 조건에서 처음에 급격히 이루어지다가 시간이 지남에 따라 상대적으로 부식속도가 점차 감소하기 때문이라고 생각된다(Shimohara et al., 1993).

Fig. 8.과 Fig. 9.를 보면, 재료의 부식율과 상대습도와의 관계를 나타낸 것으로 실외, 실내의 부식시험 결과 재료에 따라 차이는 있지만, 재료의 부식율은 어느 정도의 습도까지는 일정한 경향을 나타내다가 75% 이상의 습도에서는 점차적으로 부식율이 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 습도가 높은 지역에서 가스상 대기오염물질와 습기와와의 반응에 의해 황산이나 질산 등 산성의 습성강하물질이 생성된다면 구조물과 생태계에 미치는 영향은 더욱더 커질 것으로 생각된다(Phillip과 Denis, 1995).

3.3 재료사이의 부식율 상관관계

실외 부식시험에 사용된 재료인 steel과 bronze, an-

cient copper, copper 및 marble과의 부식율 상관관계를 살펴보면, Fig. 10.과 같이 0.87, 0.96, 0.97 및 0.89로 대체로 상관성이 높은 것으로 나타나고 있어 지역에 따라 재료가 부식되는 정도는 서로 다를지라도 재료사이의 부식율에 있어서는 일정한 경향을 나타내고 있는 것으로 보인다.

실외 부식시험의 경우 steel과 다른 재료와의 관계를 보면, bronze, ancient copper 그리고 copper에 비해 30배 정도 높은 부식율을 보이고 있으며, marble보다는 6배 정도 높은 부식율을 나타내고 있다. Bronze와 mable과의 비교에서 다소 상관성이 떨어지는 것은 측정지점이 중국 공업지역이기 때문에 다른 측정지점과 달리 공업지역 특성상 대기오염물질의 배출이 많아 bronze보다 상대적으로 부식율이 높은 steel에 미치는 영향이 큰 것으로 보이고, 해안지역의 특성상 해양으로부터 이동한 해염과 높은 습도 등 지역적인 특성으로 다른 재료에 비해 marble에 미치는 영향이 가중된 것으로 보인다.

Fig. 11.과 같이 실내 부식시험에 있어서 steel과

bronze, ancient copper, copper 및 marble과의 상관관계는 0.65, 0.63, 0.49 및 0.84로 나타나 상관성은 실외에서의 경우보다 다소 떨어지는 것으로 나타났다. 상관성이 다소 떨어지는 지역을 보면, 중국의 공업지역과 도심지역으로 Fig. 5와 같이 공업지역의 경우는 다른 지역보다 steel의 부식율에 비해 bronze, ancient copper 및 copper의 부식율이 크게 나타나고, 도심지역의 경우는 다른 재료에 비해 steel의 부식율이 크게 나타나는 반대의 경향을 보이고 있다.

부식율에 있어서 steel은 bronze, ancient copper 및 copper에 비해 약 10배 정도 높은 값을 나타내고 있으며, mable보다는 약 7배 정도 높은 값을 나타내었다. 실내 부식시험에 있어서 Steel은 다른 재료와의 부식율 관계가 실외 부식시험에 비해 1/3 정도이고, marble과의 부식율 관계에 있어서는 실내·외의 차이가 없는 것으로 나타났다.

4. 결 론

기존에 완성된 건축물과 문화재 등의 구조물에 대기 오염물질이 미치는 영향을 파악하는데는 특성상 어려운 점이 많다. 이러한 점을 극복하기 위해 동일한 구성물질을 이용한 대기 중에서의 재료부식 시험은 그 의의가 크다고 할 수 있다. 중국, 일본, 한국 등 동아시아 18개 지역에서 실시된 재료 부식시험에 의해 지역에 따른 재료별 부식율의 차이와 재료간의 부식율 관계 그리고 기상 요소와의 관계를 살펴본 결과는 다음과 같다.

1) 재료 부식율의 경우 steel과 marble이 크게 나타났으며, 지점별로 부식율이 큰 순서를 보면, 실외 부식시험은 중국 공업지역 > 중국 도심지역 > 한국 도심지역 등의 순서로 나타났고 실내 부식시험은 중국 공업지역 > 일본 해안지역 > 중국 도심지역 등의 순서로 나타났다. 실외의 부식시험과 실내 부식시험과의 부식율 차이는 실외에서가 steel과 marble이 6배, 다른 재료는 2~3배 정도 크게 나타났다.

2) 재료의 부식율과 wet hours의 관계를 보면, wet hours가 짧을 때에 부식율이 큰 것으로 나타났고, 이러한 경향은 실외보다 실내에서 두드러지게 나타났다. 상대습도와와의 관계를 보면, 재료에 따라 차이는 있지만 어느 정도의 습도까지는 일정한 경향을 보이다가 습도가 75% 이상이 될 때부터 부식율이 증가하였다.

3) 재료사이의 부식율 관계는 실외에서는 steel이 다른 재료보다 30배(marble보다 6배)정도 부식율이 큰 것으로 나타났고, 실내에서는 steel이 다른 재료보다 10배(marble보다 7배)정도 부식율이 큰 것으로 나타났다.

4) 동아시아지역에서의 재료 부식시험은 장거리 오염물질의 동태와 산성침착물의 정성적인 영향을 평가하는데 좋은 대안이 될 수 있으며, 문화재 및 건축물 등 구조물에 대한 피해 영향을 파악하는데도 이상적인 평가 방

법이 될 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- David, C. and Helen, A., 1996, Estimating the Cost of Damage to Buildings by Acidifying Atmospheric Pollution in Europe, Atmospheric Environment, 30(17), 2959-2968.
- Jia, Zi-Zhu, 1991, Improving Acid Precipitation Monitoring, Emerging Issues in Asia, Proceedings of the 2nd IUAPPA Regional Conference on Air Pollution, Seoul, Korea, 2, 65-69.
- Kodama, T., 1993, Atmospheric Corrosion Tests in South East Asia under Japan-ASEAN Cooperation in Science and Technology, NRIM Research Activity.
- Migon, C., Tournel, B. and Nicolas, E., 1997, Measurement of Trace Metal Wet, Dry and Total Atmospheric Fluxes over the Ligurian Sea, Atmospheric Environment, 31(6), 889-896.
- Philip, K. and Denis, S., 1995, Deterioration of Pentelic marble, Portland limestone and Baumberger sandstone in laboratory exposures to gaseous nitric acid, Atmospheric Environment, 30(6), 77-86.
- Philip, K. and Denis, S., 1996, Deterioration of Pentelic marble, Portland limestone and Baumberger sandstone in Laboratory Exposures to NO₂: a comparison with exposures to gaseous HNO₃, Atmospheric Environment, 30(6), 941-950.
- Shimohara, T., Okihiro OISHI, Yuzuru MIGITA and Shu-ichi HORAI, 1993, Concentration and Deposition of Acidic Components Suspended in the Atmo-sphere(1) -Evaluation of Deposited Volcanic Components using Thin Films-, J. Japan Society Air Pollut., 28(5), 295-307.
- Thad Godish, 1991, Air Quality, Lewis publishers, Inc., 103-108.
- Tsujino, Y., Yukihiro Sato, Hao Zhen, Young-Eok Yoo, Tsuguo Mizoguchi and Yasuaki Maeda, 1997, Impact of Acid Deposition on Materials of Cultural Properties in East Asia, Proceedings of International Conference on The Effects of Acid Deposition on Cultural Properties and Materials in East Asia, China-Japan Friendship Environmental Protection Center Beijing, China, 29-36.