

제주도 대기환경의 부식성 평가

김귀식* · 양경조** · 허철구*** · 송정화****

*제주대학교 기계에너지생산공학부

**제주대학교 기계공학과 대학원

***제주대학교 해양과학부 토목환경공학전공

****제주대학교 환경공학과 대학원

Assessment of Atmospheric Corrosivity at Jeju Island

GUI-SHIK KIM*, KYEONG-CHO YANG**, CHUL-GOO HU*** AND JEONG-HWA SONG****

*Faculty of Mechanical, Energy and Production Eng, Cheju Nat'l Univ., Jeju, Korea

**Department of Mechanical Eng, Graduate School, Cheju Nat'l Univ., Jeju, Korea

***Department of Civil and Environmental Eng, Cheju Nat'l Univ., Jeju, Korea

****Department of Environmental Eng, Graduate School, Cheju Nat'l Univ Jeju, Korea

Key Words: Atmospheric Corrosion 대기부식, Time of Wetness TOW, Airborne Chloride Cl⁻, Sulfur dioxide(SO₂)

ABSTRACT: This study has been conducted to investigate corrosivity of carbon steel, Cu, Zn and Al for one year from Sept. 2003 to Aug. 2004. A model of ISO 9223-ISO 9226 that represents the relation between metal corrosions and environmental parameters was used for atmospheric corrosion evaluations. Environmental parameters for these evaluations are time of wetness(TOW), SO₂ and Chloride. Corrosion rates for four metals which are exposed indoors and outdoors were measured on five locations in Jeju Island; Gosan, Seogwipo, Seongsan, Chuna hill and Jeju city. The environmental factor of atmospheric corrosion of Jeju Island for SO₂ class is P0, a clean area. TOW as T3 and T4 indicates that Jeju has the characteristics of a tropical area. Chlorides class within 3 km from the coast show the features of costal area as S2 and S3 classes. Chuna hill show the features of woodland as a S1 class. In Corrosion classes of each site which was measured outdoors is higher than indoors. Gosan is the highest class as the rank of C5, and indicated that they're ranked as C3 or C4.

1. 서 론

제주도는 자연환경과 전통문화가 잘 보전된 청정지역이며, 지리적으로는 사면이 바다로 둘러 싸여 있어 독특한 동·식물군의 서식지로서 대기오염 등의 외부 충격에 약한 특성이 있다. 최근 경제개발 위주 정책과 급속한 도시화, 관광개발의 촉진 등으로 대기정화 자원의 감소와 환경오염물질의 배출이 증가되고 있다. 또한 제주도의 도시는 주로 해안지대에 형성되어 있으므로 해염입자가 주성분인 대기 중 염화물(Airborne Chloride)에 항상 노출되어 있고, 상대습도와 대기온도 등이 타 도시에 비해 크므로 부식성이 큰 도시이다. 따라서 청정지역을 유지하는 국제자유화도시로서 산업발전의 측면에서 대기오염물질과 해염의 영향을 고려하면, 대기부식에 관한 조사 연구가 필요하다.

본 연구는 제주지역의 대기환경이 금속부식에 미치는 영향을 조사하기 위하여 2003년 9월부터 2004년 8월까지 1년간에 걸쳐 대기환경인자들과 주요 금속재료의 옥내 및 옥외 폭로에 의한 부식속도(부식량)를 측정하여 대기부식을 평가하였다. 이렇게 평가한 자료를 바탕으로 대기부식의 국제표준등급을 분

류하고, 대기환경인자에 의한 금속부식의 예측모델을 제시하고자 한다.

2. 대기부식 평가방법

대기부식의 평가방법은 국제표준인 ISO 9223-9226에 명시되어 있다. 이 평가는 대기환경인자들과 표준 금속재료의 부식량을 1년간 측정하여 이 자료를 기본단위로 하여 행한다. 평가에 이용되는 대기환경인자는 년중 0°C 이상의 온도에서 상대습도 80% 이상이 되는 습윤시간(Time of Wetness; TOW)과 대기오염원인 아황산가스(SO₂)와 대기중 염화물(Cl⁻)이다. 또한 평가에 사용하는 표준금속은 탄소강, 동, 아연, 알루미늄의 4종이며, 이들 금속을 1년간 대기 중에 노출하여 실제의 부식량을 측정하는 것이다(한국가스공사 연구개발원, 2000).

ISO 국제표준에서 제시하는 대기부식의 평가기준을 Table 1-4에 나타낸다. Table 1은 습윤시간(TOW)의 등급을, Table 2는 아황산가스(SO₂)와 대기 중 염화물(Cl⁻)의 등급을, Table 3은 대기환경 등급에 의한 각 금속재료의 부식등급을, Table 4는 표준금속의 1년간 대기 중에 노출시 부식속도 혹은 부식량에 따른 부식등급을 나타낸다(ISO 9223-9226, 1992).

제1저자 김귀식 연락처: 제주시 제주대학로 66

064-754-3622 kimgusi@cheju.ac.kr

Table 1 Wetness classification based on the time of wetness

Wetness Class	Time of Wetness		Examples of occurrence
	hour/year	%	
T1	<10	<0.1	Indoor
T2	10-250	0.1-3	Indoor, unheated
T3	250-2600	3-30	Outdoor, dry, cold climate
T4	2600-5200	30-60	Outdoor temperate climate
T5	> 5200	> 60	Tropical outdoor or surf

Table 2 Sulfur dioxide and chloride classes

SO ₂ (sulfation plate measurement)			Chloride (chloride candle measurement)	
Sulfur dioxide Class	Deposition Rate mg/m ² /day	Concentration mg/m ³	Chloride Class	Deposition Rate mg/m ² /day
P0	<10	<12	S0	<3
P1	10-35	12-40	S1	3-60
P2	36-80	41-90	S2	61-300
P3	81-200	91-250	S3	> 300

Table 3 The corrosion class with the atmosphere environment class

(1) Carbon Steels

	T2			T3			T4			T5		
	S0-S1	S2	S3	S0-S1	S2	S3	S0-S1	S2	S3	S0-S1	S2	S3
P0	C1	C2	C3	C2	C3	C4	C3	C4	C5	C4	C5	C5
-P1	C1	C2	C3	C3	C4	C5	C4	C5	C5	C5	C5	C5
P2	C1	C2	C3	C3	C4	C5	C4	C5	C5	C5	C5	C5
P3	C2	C3	C4	C4	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5

(2) Zinc & Copper

	T2			T3			T4			T5		
	S0-S1	S2	S3	S0-S1	S2	S3	S0-S1	S2	S3	S0-S1	S2	S3
P0	C1	C2	C3	C3	C4	C5	C3	C4	C5	C4	C5	C5
-P1	C1	C2	C3	C3	C4	C5	C4	C5	C5	C5	C5	C5
P2	C1	C2	C3	C3	C4	C5	C4	C5	C5	C5	C5	C5
P3	C2	C3	C4	C4	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5

(3) Aluminum

	T2			T3			T4			T5		
	S0-S1	S2	S3	S0-S1	S2	S3	S0-S1	S2	S3	S0-S1	S2	S3
P0	C1	C2	C3	C3	C4	C5	C3	C4	C5	C4	C5	C5
-P1	C1	C2	C3	C3	C4	C5	C4	C5	C5	C5	C5	C5
P2	C1	C2	C3	C3	C4	C5	C4	C5	C5	C5	C5	C5
P3	C2	C3	C4	C4	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5

Table 4 Corrosivity categories from one year exposure data

Class	Corrosion rate(E_{corr}) of metals					
	unit	Carbon steel	Zinc	Copper	Aluminium	Corrosivity
C1	g/(m ² .yr)	0-10	0-0.7	0-0.9	negligible	Very low
	$\mu\text{m}/\text{yr}$	0-1.3	0-0.1	0-0.1		
C2	g/(m ² .yr)	10-200	0.7-5	0.9-5	0-0.6	Low
	$\mu\text{m}/\text{yr}$	1.3-25	0.1-0.7	0.1-0.6		
C3	g/(m ² .yr)	200-400	5-15	5-12	0.6-2	Medium
	$\mu\text{m}/\text{yr}$	25-50	0.7-2.1	0.6-1.3		
C4	g/(m ² .yr)	400-650	15-30	12-25	2-5	High
	$\mu\text{m}/\text{yr}$	50-80	2.1-4.2	1.3-2.8		
C5	g/(m ² .yr)	650-1500	0-60	25-50	5-10	Very High
	$\mu\text{m}/\text{yr}$	80-200	4.2-8.4	2.8-5.6		

3. 실험 및 방법

3.1 측정지점

측정지점은 제주도의 동서남북과 중앙부에 위치하고 기상대 와 대기오염측정망의 시설이 있는 성산포 기상대, 고산 기상 대, 서귀포 기상대, 제주시청 대기오염측정망 및 한라산의 어 승생 천아오름의 대기오염 측정망이다. 이들 측정지점의 위치 와 지역적 특색을 Fig. 1 및 Table 5에 각각 나타낸다.

3.2 대기부식의 환경인자

일반적으로 대기부식의 환경인자는 습윤시간(TOW), 아황산가 스(SO₂), 대기중 염화물,(Airborne Chloride), 강우(rain fall), 일 조량, 풍속, 풍향 등이다. 여기서는 이들 중 ISO표준에 설정되 어있는 TOW, SO₂, Airborne Chloride에 대하여 조사했다. 대 기부식 환경인자 중 습윤시간과 아황산가스는 대기오염 측정 망과 기상대의 매일 매시간 측정자료를 이용하고, 대기 중 염 화물은 면적 10cm×10cm의 건식 가제를 백엽상 내에 2개를 설 치하여, 가제에 포집된 염화물의 농도를 측정하였다, 이들 건 식 가제는 월별로 수거하고, 이온크로마토그래피로서 염화물을 측정하였다. (Oh et al. 1999).

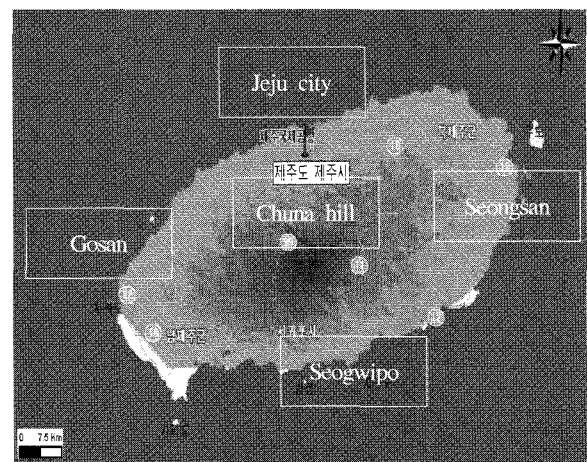


Fig. 1 Test sites of atmospheric corrosivity at Jeju Island

Table 5 The characteristics of test sites

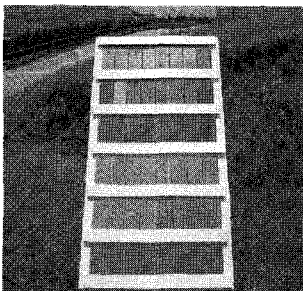
	Shore distance (km)	height(m)	Area characteristic
Gosan	0.1	71.21	coastal
Seogwipo	1.5	50.47	urban-coastal
Seongsan	1	18.62	coastal-rural
Chuna hill	11	700	forest
Jeju city	3	50	urban

3.3 표준금속의 부식시험

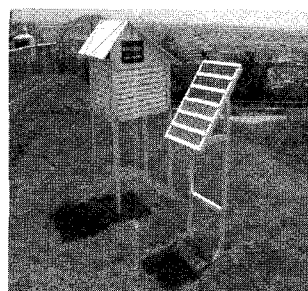
시험재료는 탄소강판(KS D3528), 동판(KS D5201 - C1220), 아연판(KS D3520), 알루미늄판(KS D6711) 4종류이며, 시험편의 치수는 가로 50mm, 세로 100mm, 두께 1mm로 하였다. 시험편의 전 처리로서 시험편 양면을 경면 연마하고, 아세톤에 의한 초음파 세척 후 데시케이터에 보관하였다.

측정지점에 시험편들을 설치하기 위하여 시험편 설치판을 제작하였다. 이 설치판은 탄소강, 동, 아연, 알루미늄 4종류가 각각 12개씩 48개를 함께 설치할 수 있도록 제작하였다. 시험편 설치판은 Fig. 2에 나타난 바와 같이 측정지점들의 옥내와 옥외의 폭로대에 각각 설치된다. 옥내 폭로대는 가로 700mm, 세로 500mm, 높이 1200mm의 백엽상이며, 시험편 설치판은 백엽상내에 평면상으로 설치하도록 하였다. 그리고 옥외 폭로대는 가로 700mm, 세로 500mm, 높이 1200mm의 크기로 제작하고, 시험편 설치판을 45° 경사지게 설치하였다.

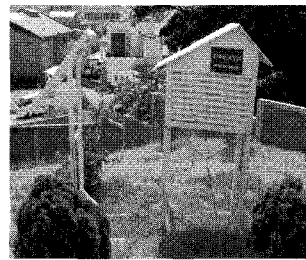
부식량 측정에 있어서 폭로전의 시험편의 무게를 전자저울(오차범위 1/10,000g)로서 측정한 후에 각SITE에 설치한다. 일정기간 노출시험 후 수거한 시험편들은 초음파 세척후 24시간 데시케이터에 보관하고 나서 중량을 측정하고, 부식생성물을 제거하였다. 부식생성물의 제거는 KS D0006과 D9502에 의한 화학적 부식 생성물 제거방법에 따라 행하였다. 부식생성물의 제거 후에 수세하고 건조한 후 부식에 의한 무게 감소량을 측정하였다.



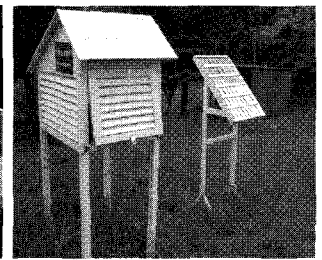
(a) Speciman test bed



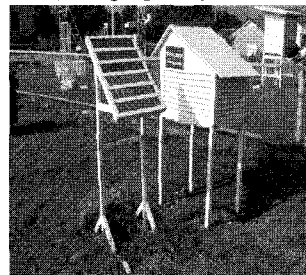
(b) Gosan site



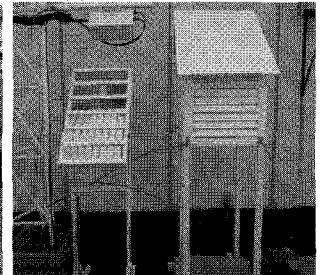
(c) Seogwipo city site



(d) Chuna hill site



(e) Seongsan site



(f) Jeju city site

Fig. 2 The test sites for indoor and outdoor

4. 결과 및 고찰

4.1 대기 환경인자에 의한 부식등급

측정지점별 이황산가스(SO₂), 대기중염화물(Cl⁻) 및 습윤시간(TOW)의 측정자료를 Fig. 3-5에 나타낸다.

Fig. 3에 나타난 SO₂의 농도는 측정지점 모두 극 미량으로 제주도의 대기는 공해에 오염되지 않았음을 나타낸다. 지역별 비교에서 도심지인 제주시청이 가장 크고, 겨울철이 다른 계절에 비해 높게 나타난다.

Fig. 4의 Cl⁻농도는 해안에 인접한 고산이 다른 지역에 비해 매우 높게 나타나며, 해안에서의 근접한 거리 순서로 성산, 서귀포, 제주, 천아오름의 순으로 작게 나타난다. Fig. 5의 TOW는 지역별로 고산과 성산이 크며, 여름철이 크고 겨울철이 작다.

Table 6은 1년간 측정된 대기 환경인자들에 대한 Table 1과 Table 2에서 제시한 환경등급을 지역별로 도시한 것이다. 이 표에서 TOW등급은 고산과 성산이 T4로 그 외의 지역은 T3로 나타난다. 제주도 전지역의 습윤시간이 큼을 알 수있다. SO₂의 등급은 제주도의 전지역이 P0로서 대기가 오염되지 않았음을 나타낸다. 한편, Cl⁻등급은 해안에 근접한 고산과 성산이 S3, 산간지역인 천아오름이 S1으로 해염입자의 영향을 거의 받지 않는 것으로 나타났다.

Table 7은 환경등급에 의한 금속재료별 부식등급을 나타낸 것이다. Table 7에서 고산과 성산포는 모든 금속에서 부식의 최상등급인 C5로 나타나며, 서귀포와 제주시는 C3혹은 C4, 천아오름은 C2혹은 C3로 나타난다. 제주도의 대기부식은 해안에서 가까울수록, 습윤시간이 클수록 그 영향이 큼을 알 수 있다. (Dean, 1987).

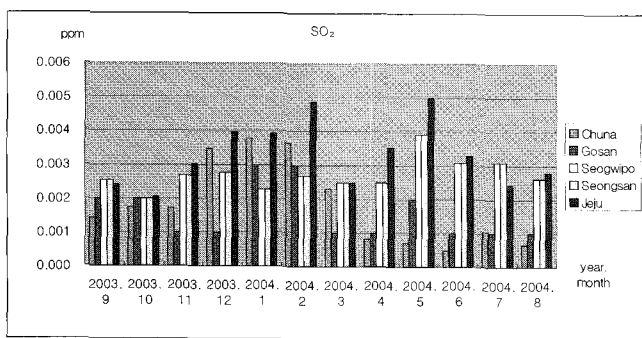


Fig. 3 Sulfur dioxide

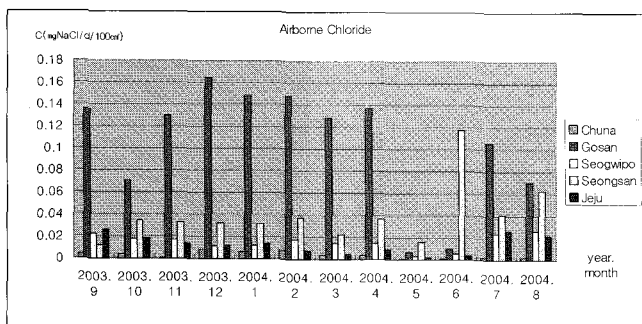


Fig. 4 Airborne Chloride

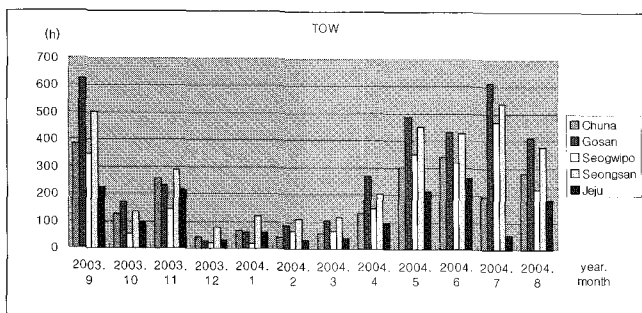


Fig. 5 Time of Wetness

Table 6 Classes of TOW, sulfur dioxide and chloride

	TOW		SO ₂		Cl ⁻	
	hour/year	Class	mg/m ² /day	Class	mg/m ² /day	Class
Gosan	3526	T4	0.2	P0	1046	S3
Seogwipo	2231	T3	0.3	P0	154	S2
Seongsan	3356	T4	0.3	P0	398	S3
Chuna hill	2228	T3	0.2	P0	37.21	S1
Jeju	1509	T3	0.3	P0	132.98	S2

Table 7 Corrosion classes of atmospheric environmental factors

	Steel	Cu	Zn	Al
Gosan (T4,P0,S3)	C5	C5	C5	C5
Seogwipo (T2,P0,S2)	C3C4	C3	C3	C3C4
Seongsan (T4,P0,S3)	C5	C5	C5	C5
Chuna hill (T3,P0,S1)	C2C3	C3	C3	C3
Jeju (T3,P0,S2)	C3C4	C3	C3	C3C4

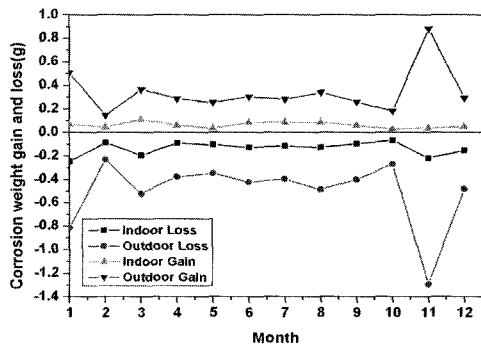
4.2 금속재료의 부식등급

옥내와 옥외에 폭로한 4종류의 금속시험편에 대하여 측정 장소별, 월별, 부식량(무게감소량과 무게증가량)의 측정자료를 Fig. 6에 나타낸다. 그림에서 부의 중량치는 무게감소량이고, 정의 중량치는 무게증가량을 나타낸다. 각 금속들의 무게감소량은 무게증가량보다 크게 나타나며, 약간의 상관관계를 보인다. 이하에서는 무게감소량을 부식량으로 나타낸다.

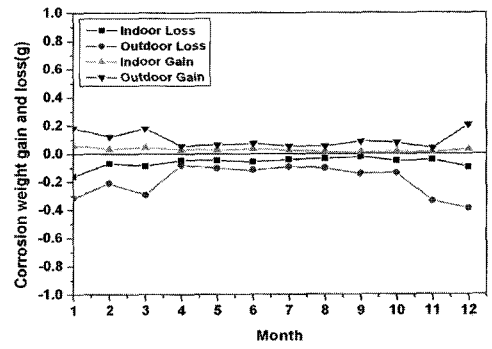
지역별로 부식량을 살펴보면 고산지역의 부식량이 다른 지역보다 크며, 해안가에 근접한 성산포 지역과 서귀포 지역, 제주시청과 천아오름 순으로 작아짐을 알 수 있다. 고산지역과 성산포지역은 앞에서 서술한 염화물(Cl⁻)과 습윤시간이 다른 지역에 비하여 크다. 그 외의 지역에서도 금속부식량은 이들 대기환경인자들과 큰 상관관계를 보인다.

계절별로 부식량을 살펴보면 여름철이 다른 계절에 비하여 부식량이 크고, 봄과 가을은 비슷하며, 겨울철이 가장 적다. 계절별 부식량과 습윤시간을 비교하면 습윤시간이 큰 편이 부식량도 많은 것으로 나타나며, 겨울철의 부식량이 작은 것은 겨울철의 습윤시간이 다른 계절에 비해 상대적으로 작기 때문으로 생각된다. 따라서 습윤시간이 금속의 부식에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 각 재료별 부식량은 탄소강이 다른 재료들에 비해서 크고, 구리, 아연, 알루미늄의 순으로 작은 부식량을 나타낸다.

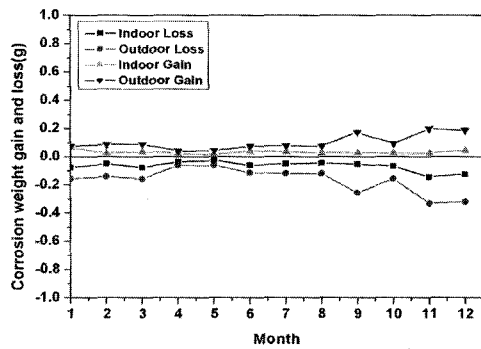
Table 7은 1년간 측정된 월별 부식량에 대하여 Table 4의 부식량에 의한 부식등급을 적용하여 각 지역별로 옥내와 옥외의 부식등급을 나타낸다. 각 지역별 부식등급은 옥내보다 옥외의 경우가 크다. 옥외의 부식등급은 고산이 대부분 최상등급인 C5로 가장 부식등급이 크며 그 외의 지역은 C3와 C4로 나타난다.



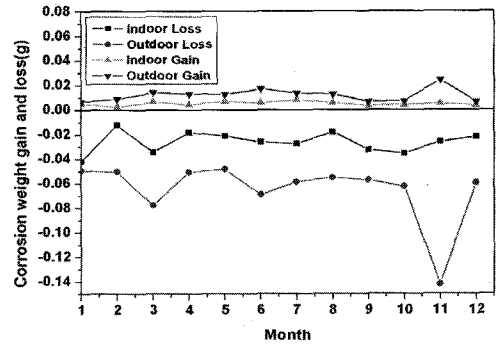
(a-1) Carbon steel (Gosan)



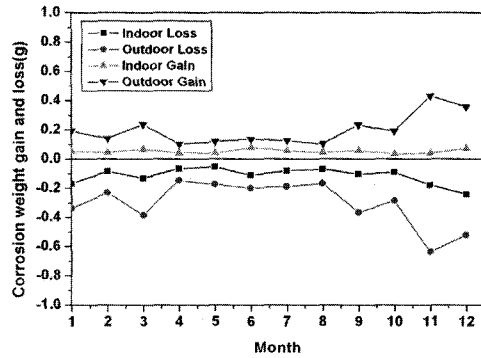
(a-5) Carbon steel (Jeju city)



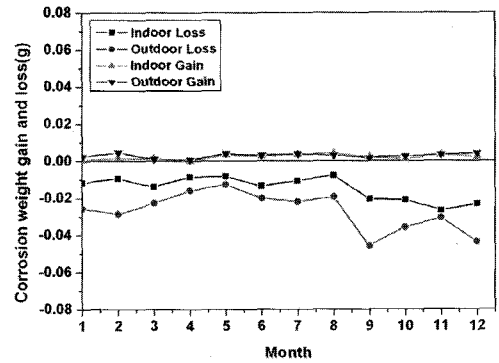
(a-2) Carbon steel (Seogwipo city)



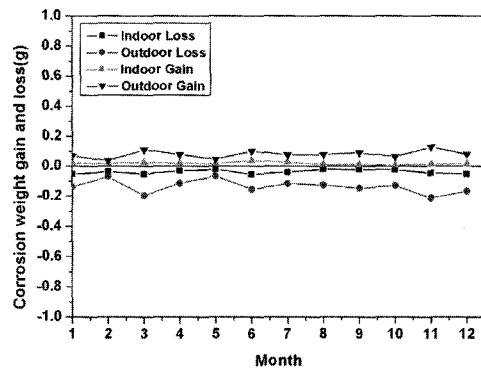
(b-1) copper (Gosan)



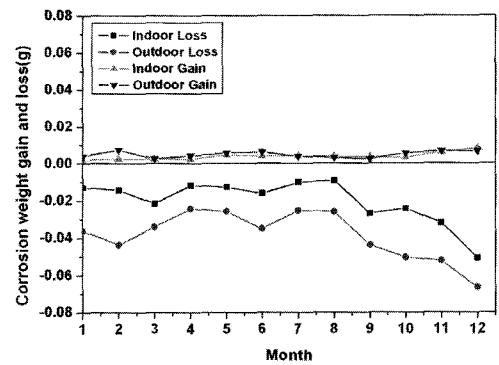
(a-3) Carbon steel (Seongsan)



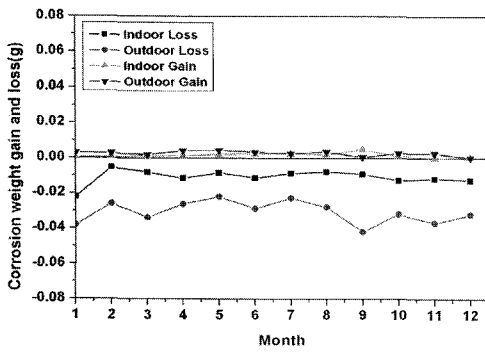
(b-2) copper (Seogwipo city)



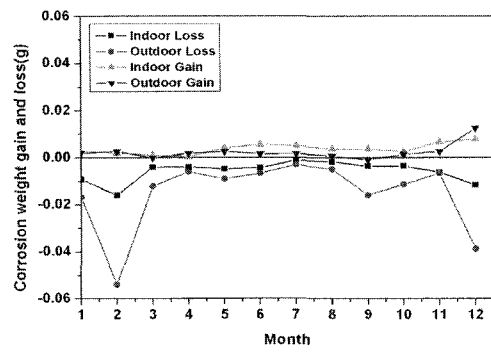
(a-4) Carbon steel (Chuna hill)



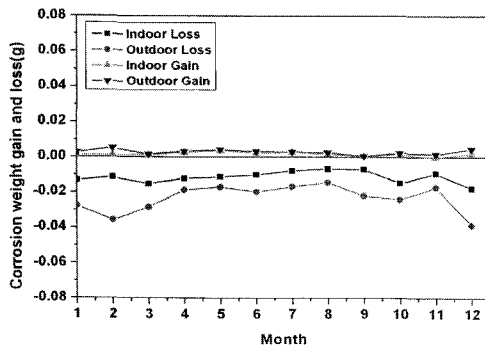
(b-3) copper (Seongsan)



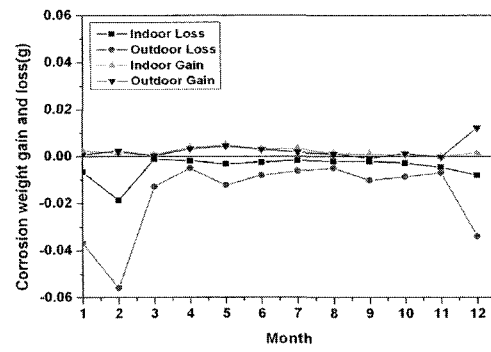
(b-4) copper (Chuna hill)



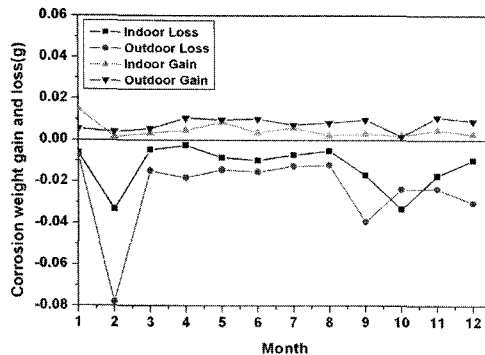
(c-3) zinc (Seongsan)



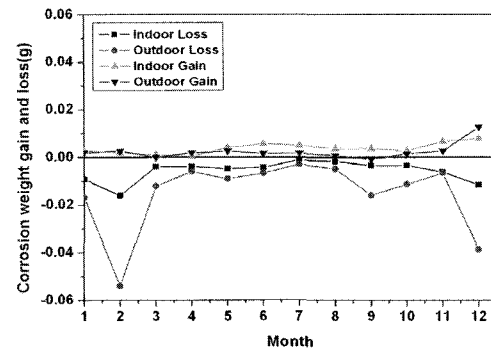
(b-5) copper (Jeju city)



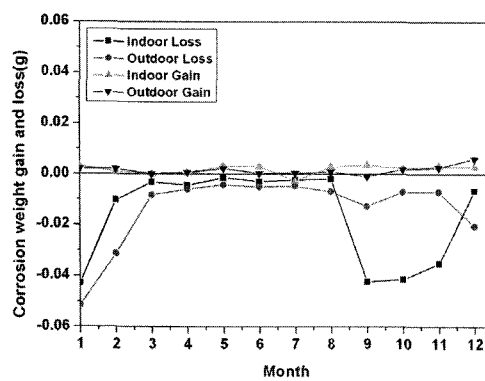
(c-4) zinc (Chuna hill)



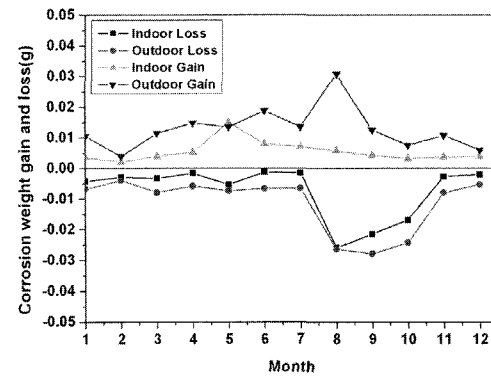
(c-1) zinc (Gosan)



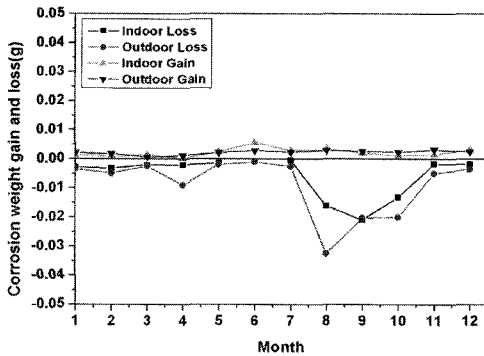
(c-5) zinc (Jeju city)



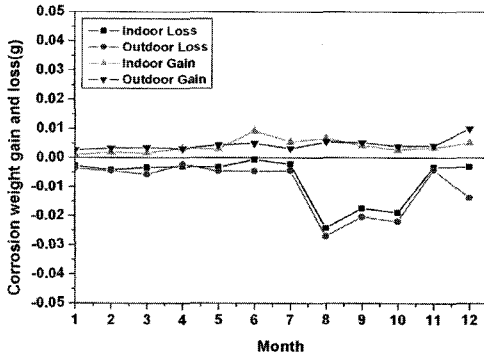
(c-2) zinc (Seogwipo city)



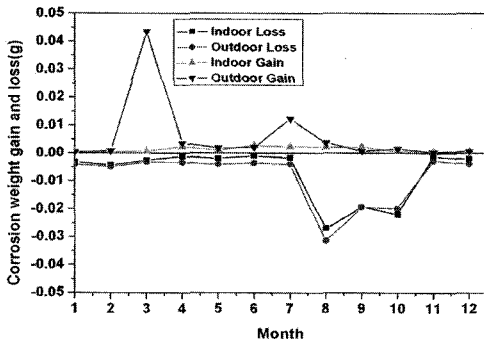
(d-1) aluminium (Gosan)



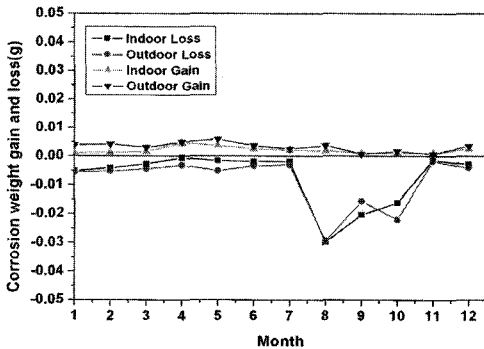
(d-2) aluminium (Seogwipo city)



(d-3) aluminium (Seongsan)



(d-4) aluminium (Chuna hill)



(d-5) aluminium (Jeju city)

Fig. 6 The corrosion weight gain and loss of various metal specimens in indoor and outdoor test for one year: (a)Carbon steel (b)Copper (c)Zinc (d)Aluminium

Table 8 Corrosivity categories from one year exposure data

	Steel				Cu			
	indoor		outdoor		indoor		outdoor	
	(g/year /m ²)	Class	(g/year /m ²)	Class	(g/year /m ²)	Class	(g/year /m ²)	Class
Gosan	391.56	C3	1080.2	C5	42.66	C5	50.4	C5
Seogwipo	171.04	C3	451.66	C4	17.88	C4	28.52	C5
Seongsan	235.68	C3	546.76	C4	36.7	C5	33.58	C5
Chuna hill	117.02	C2	314.98	C3	13.7	C4	27.5	C5
Jeju	125.52	C2	382.86	C3	11.18	C3	22.36	C4

	Zn				Al			
	indoor		outdoor		indoor		outdoor	
	(g/year /m ²)	Class	(g/year /m ²)	Class	(g/year /m ²)	Class	(g/year /m ²)	Class
Gosan	20.9	C4	26.84	C4	5.86	C5	8.8	C5
Seogwipo	5.22	C3	17.62	C4	2.34	C4	1.58	C3
Seongsan	7.94	C3	22.02	C4	2.84	C4	3.5	C4
Chuna hill	5.84	C3	22.4	C4	2.34	C3	1.38	C3
Jeju	5.02	C3	19.84	C4	1.92	C4	1.88	C4

4.3 대기환경인자의 부식등급과 금속 부식량의 부식등급

대기환경인자에 의해 평가된 부식등급과 제주 각지역에서 측정된 부식량에 의한 부식등급을 Table 9에 나타낸다. Table 9에서 대기환경인자에 의한 등급은 A.C로, 부식량에 의한 부식등급은 실외(indoor), 실외(outdoor)로 구분하여 M.C로 나타낸다. 각 지역에서의 부식등급을 비교해 보면, 해안에서의 거리가 가장 근접한 고산지역이 옥외의 부식량에 의한 부식등급과 대기환경인자의 부식등급이 가장 양호한 일치를 보이며, 그 외의 다른 지역에서도 옥내의 경우보다 옥외의 경우가 유사함을 나타낸다. 따라서 대기환경인자의 측정에 의해 금속재료의 부식량을 개략적으로 예측할 수 있음을 알 수 있다.

Table 9 Categories of corrosivity

	Steel			Cu			Zn			Al		
	A.C	M.C		A.C	M.C		A.C	M.C		A.C	M.C	
		in door	out door		in door	out door		in door	out door		in door	out door
Gosan	C5	C3	C5	C5	C5	C5	C5	C4	C4	C5	C5	C5
Seogwipo	C3 C4	C3	C4	C3	C4	C5	C3	C3	C4	C3 C4	C4	C4
Seongsan	C5	C3	C4	C5	C5	C5	C5	C3	C4	C5	C4	C4
Chuna hill	C2 C3	C2	C3	C3	C4	C5	C3	C3	C4	C3	C3	C3
Jeju	C3 C4	C2	C3	C3	C3	C4	C3	C3	C4	C3 C4	C4	C4

5. 결 론

ISO 표준방법에 의한 제주도의 대기부식을 평가를 위하여 2003년 9월부터 2004년 8월까지 1년간 제주도의 고산, 서귀포, 성산포, 제주시청, 천아오름에서 습윤시간(TOW), 아황산가스(SO₂), 염화물(Cl⁻)의 대기환경인자와 탄소강, 구리, 아연, 알루미늄의 표준금속의 부식량을 측정하여 대기부식의 등급평가를 검토 한 결과는 다음과 같다.

- (1) 대기환경인자의 등급에서, 아황산가스의 등급은 전 지역에서 소량의 등급인 P0로서 제주도가 청정지역임을 나타내며, 습윤시간은 T3와 T4로 아열대지역의 특색을 나타내 주었다. 또한, 염화물등급은 고산과 성산포지역은 S3, 서귀포와 제주시는 S2, 한라산 천아오름은 S1 등급으로 지리적 특색을 나타내었다.
- (2) 제주도 각 지역에서 금속의 대기부식에 영향을 미치는 대기환경인자는 습윤시간과 염화물이었다. 또한, 이들이 큰 고산과 성산포 지역이 제주시, 서귀포 및 천아오름 보다 부식량이 크고, 계절별로는 여름철의 부식량이 가장 컸다. 표준금속의 부식량은 탄소강이 가장 크고 동, 아연, 알루미늄 순으로 작았다.

(3) 대기환경인자에 의해 평가된 부식등급은 표준금속의 옥외의 부식량에 의한 부식등급과 재료별, 지역별로 양호한 일치를 보였다. 즉, 이상의 실험을 통해서 대기환경인자의측정에 의해 금속 대기부식량의 예측이 가능할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

한국가스공사 연구개발원 (2000). "강구조물의 부식감시 및 방지기술 개발", 과학기술부 연구보고서, III-1 ~ III-107.

Dean, S.W. (1987). "Atmospheric Corrosion after 80 Year of Study", Materials Performance, Vol 26, No 7, pp 9-11.

ISO 9223, 1992, Corrosion of Metals and Alloys- Classification of corrosivity of atmospheres.

ISO 9224, 1992, Corrosion of Metals and Alloys- Atmospheric corrosion. Guiding values for the corrosivity categories of atmospheres.

ISO 9225, 1992, Corrosion of Metals and Alloys- Atmospheric corrosion. Aggressivity of atmospheres- methods of measurement of pollution data.

ISO 9226, 1992, Corrosion of Metals and Alloys- Atmospheric corrosion. Corrosivity of atmospheres- methods of determination of corrosion rate of standard specimens for the evaluation of corrosivity.

Oh, S.J, Cook, D.C. and Townsend, H.E.(1999). "Atmospheric corrosion of different steels in marine, rural and industrial environments", Corrosion Science, Vol 41, pp 1687-1702.

Qu,Q. et al. (2002). "Effects of NaCl and SO₂ on the initial atmospheric corrosion of zinc", Corrosion Science, Vol 44, pp 2789-2803.

Vera, R, Rosales.B.M and Tapia.C, (2003), "Effect of the exposure angle in the corrosion rate of plain carbon steel in a marine atmosphere", Corrosion Science, Vo l45, pp 321-337.

Vilche, J.R. et.al, (1997). "A survey of Argentinean atmospheric corrosion: 2-Copper samples", Corrosion Science, Vol 39, No 4, pp 655-679.

2005년 7월 7일 원고 접수
2005년 10월 18일 최종 수정본 채택