

新潟県における金属腐食調査

丸山 隆雄・大泉 毅・福崎 紀夫

Metal Corrosion Tests Caused by Acid Deposition in Niigata Prefecture

Takao Maruyama, Tsuyoshi Ohizumi and Norio Fukuzaki

Metal plates (carbon steel, copper) were exposed from 1988 to 1998 every six months under outdoor and indoor conditions at three sites in Niigata prefecture. The outdoor carbon steel plates showed greater penetrations of corrosion (μm) than those of indoor plates. The amount of corrosion product ($\text{mg}/200\text{cm}^2$) and penetration of corrosion varied seasonally, especially in cold season (from October to March) in indoor exposure test, they remarkably increased in Niigata city. The outdoor carbon steel penetrations of corrosion correlated with SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} ions. The penetrations in Niigata prefecture were greater than those in the area along the Pacific Ocean. Copper mass loss in weight was much smaller than that of steel.

Keyword : Metal corrosion ; Exposure test ; Penetration ; Acid deposition.

1 はじめに

酸性雨による影響については、森林、土壌等自然生態系への影響のほか、コンクリート¹⁾、金属^{2, 3)}等の人工構造物や文化財⁴⁾に対する影響が報告されている。また、近年大気汚染物質排出量の急増している中国との金属腐食共同調査の報告⁵⁾もある。金属腐食と大気汚染との関係に関しては、鉄骨構造物の防食対策、屋内にある保存文化財への大気汚染の影響に関する調査が1950年代から報告⁶⁾されており、影響が感覚的に分かりやすく、調査法も比較的簡便であることから近年は各地で調査^{7)~10)}が行われている。新潟県においても、新潟市内における調査(1973~1978)¹¹⁾や、県内15地点における共同調査(1987~1988)¹²⁾等が報告されている。

しかしながら、これらの調査は比較的短期間のものが多く、長期的な暴露影響を調査した事例は少ない。新潟県では、長期影響評価の観点から県内3箇所(炭素鋼、銅)による屋内・外での金属板暴露調査を1988年度から継続している。今回、これまでに得られた調査結果のとりまとめと解析及び他県との比較を試みたのでここに報告する。

2 方 法

2.1 調査地点及び調査方法

県内の3地点(①海岸部：新潟市曾和314-1 新潟県保健環境科学研究所、以下、新潟という。②平野部：長岡市川崎町2711-1 新潟県長岡保健所、以下、長岡という。③内陸部：南魚沼郡六日町大字六日町620-2 (1992年10月までは大字六日町21-20) 新潟県六日町保健所、以下、六日町という。)において、屋外(炭素鋼及び銅)及び屋内(炭素鋼のみ)の2つの暴露方法により6か月単位の金属腐食調査を行った。

2.2 調査期間

1988年10月から1998年4月まで。ただし、長岡及び六日町については1989年4月から、また、炭素鋼の屋内暴露については1991年5月から調査を開始した。

2.3 使用した金属板

炭素鋼 100mm×100mm×1.2mm 両面#400HL仕上
JIS G3141 SPCC-SB (日本テストパネル工業)
銅 100mm×100mm×1.2mm 両面鏡面羽布仕上
JIS H3100 C1100P (日本テストパネル工業)

2.4 金属板の暴露方法および暴露後の処理方法

金属板はあらかじめ秤量を行い、屋外暴露試料については、調査地点に設置した暴露用架台(高さ約1.5m)の上

部南面に地上面と45°の角度で取り付けた。また、屋内暴露試料については、百葉箱内の板に垂直に取り付けた。試料数は屋外、屋内とも3枚ずつとし、6か月単位（4月～9月：以下、暖候期という。10月～3月：以下、寒候期という）で交換した。暴露後の試料は、室温で乾燥し、秤量して増量を求めた。次に、炭素鋼について、10%クエン酸二水素アンモニウム水溶液中で表面の酸化膜を除去したのち再度秤量を行って減量を求め、次式により侵食度を計算した¹⁴⁾。

$$\text{侵食度} (\mu\text{m}) = \frac{\text{減量} (\text{g}) \times 10^4}{d \times S}$$

ここで d：炭素鋼の密度 786 (g/cm³)

S：表面積 200 (cm²)

3 結果と考察

3.1 重量変動

3.1.1 炭素鋼

炭素鋼による調査結果（3枚の平均値及び標準偏差）を表-1、2に示した。炭素鋼については、6か月の暴露期間内に屋外暴露では0.8～1.6g/200cm²程度の増量、14～35

μm程度の侵食度が、また、屋内暴露では0.4～1.8g/200cm²程度の増量、4～28μm程度の侵食度が認められた。平均値と比較すると、増量、侵食度とも屋外が屋内より大きい傾向にある。屋外における増量では3枚の試料間の相対標準偏差はおおむね5%以内であったが、屋内では10%を超えることが多く、屋外よりもばらつく傾向が見られた。侵食度についても屋外に比べ屋内暴露で相対標準偏差が全体的に大きい値を示した。この原因は、屋内暴露では、屋外暴露に比べ、百葉箱の容量、通風等の影響により暴露条件が不均一になりやすいためではないかと考えられる。こうしたことから、調査の精度を保つため、試料数は3枚1組とした方がよいと思われる。

3.1.2 銅

銅による調査結果（3枚の平均値及び標準偏差）を表-3に示した。銅については、新潟では1989、1991年度の寒候期を除いて10数mgから30mg/200cm²程度の増量が認められたが、長岡及び六日町では寒候期に減量となることが多く、炭素鋼とは明らかに異なる傾向を示した。銅の重量変化は、3地点とも炭素鋼に比べ数10分の1から100分の1程度と小さい値であった。他の調査結果でも、銅板では降水による銅の溶出が多く¹⁵⁾、生成した錆成分が外部へ剥離

表1 炭素鋼の増量

単位：mg/200cm²

暴露期間	屋 外						屋 内					
	新 潟		長 岡		六日町		新 潟		長 岡		六日町	
	AVG	σ	AVG	σ	AVG	σ	AVG	σ	AVG	σ	AVG	σ
'89.04.11-89.10.13	1390	26.3	1420	26.9	1330	36.6	—	—	—	—	—	—
'89.10.13-90.04.13	1430	59.1	1580	55.0	1520	60.5	—	—	—	—	—	—
'90.04.13-90.10.01	1400	20.3	1300	37.6	1400	31.1	—	—	—	—	—	—
'90.10.01-91.05.10	1560	2.4	1570	43.0	1450	17.6	—	—	—	—	—	—
'91.05.10-91.10.01	1540	21.9	1400	19.3	1350	4.6	600	72.2	820	45.7	730	39.9
'91.10.01-92.04.08	1390	19.4	1400	29.6	1550	19.6	1430	152.6	620	69.1	460	26.8
'92.04.08-92.10.08	1270	10.2	840	21.4	1260	15.0	1000	74.4	980	66.3	890	26.4
'92.10.08-93.04.09	1280	32.5	1170	33.0	910	64.3	1730	205.3	490	254.2	550	41.1
'93.04.09-93.10.05	1450	23.8	1600	59.9	1100	77.8	730	32.4	870	48.3	820	84.8
'93.10.05-94.04.08	1560	22.9	1040	16.5	1280	22.1	1770	226.0	1080	631.3	590	36.9
'94.04.08-94.10.07	1420	5.7	1040	202.2	1030	5.4	970	45.9	890	53.7	830	127.5
'94.10.07-95.04.14	1600	13.8	1160	58.1	1040	20.2	1710	222.9	580	65.7	470	20.5
'95.04.14-95.10.02	1320	12.8	1040	15.5	1260	6.0	1040	90.3	880	61.8	900	38.8
'95.10.02-96.04.15	1500	32.2	1130	10.0	1180	16.9	1810	162.1	810	96.9	430	21.6
'96.04.15-96.10.07	1490	22.2	1180	20.7	1060	18.5	1090	119.2	890	64.8	780	36.4
'96.10.07-97.04.14	1560	15.5	1300	19.0	1280	74.5	1710	160.3	600	45.3	530	34.2
'97.04.14-97.10.06	1280	11.0	950	30.4	930	10.5	1040	116.3	850	61.7	670	31.0
'97.10.06-98.04.06	1460	3.4	1100	25.7	980	6.3	1420	213.0	490	50.9	370	19.0
最大値	1600		1600		1550		1810		1080		900	
最小値	1270		840		910		600		490		370	
平均値	暖候期	1396		1197		1191		924		883		803
	寒候期	1482		1272		1243		1654		667		486
	年間	1439		1234		1217		1289		775		644

表2 炭素鋼の侵食度

単位： $\mu\text{m}/6\text{月}$

暴露期間	屋 外						屋 内					
	新 潟		長 岡		六日町		新 潟		長 岡		六日町	
	AVG	σ	AVG	σ	AVG	σ	AVG	σ	AVG	σ	AVG	σ
'88.10.07-89.04.11	33.1	3.59	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
'89.04.11-89.10.13	26.5	0.70	26.0	0.96	22.8	0.95	—	—	—	—	—	—
'89.10.13-90.04.13	30.9	3.45	28.3	0.32	24.0	0.42	—	—	—	—	—	—
'90.04.13-90.10.01	22.0	0.38	22.2	0.99	21.9	0.32	—	—	—	—	—	—
'90.10.01-91.05.10	23.1	0.32	29.8	1.35	24.9	0.87	—	—	—	—	—	—
'91.05.10-91.10.01	23.1	0.26	22.5	0.61	20.2	0.26	13.0	1.23	12.6	0.75	9.8	0.44
'91.10.01-92.04.08	20.5	3.06	22.4	2.97	21.3	2.86	19.1	2.46	8.6	0.77	6.6	0.38
'92.04.08-92.10.08*	18.8	5.05	17.3	4.62	20.2	4.47	17.2	1.83	15.5	0.64	15.2	1.69
'92.10.08-93.04.09	22.8	0.31	23.9	0.25	13.7	0.45	22.6	3.11	10.2	1.16	9.1	0.26
'93.04.09-93.10.05*	22.1	0.71	25.1	0.28	15.8	0.50	18.1	1.60	13.4	0.55	12.2	0.90
'93.10.05-94.04.08	24.6	0.57	26.3	1.16	22.9	0.95	27.2	2.93	12.8	1.08	12.0	0.36
'94.04.08-94.10.07	29.7	0.55	28.3	3.15	26.5	0.96	23.6	1.95	23.7	0.80	22.6	0.61
'94.10.07-95.04.14	28.8	0.36	24.6	0.31	23.0	0.40	27.5	2.48	11.9	1.10	11.8	0.44
'95.04.14-95.10.02	23.6	0.62	21.0	1.35	22.4	0.15	19.9	1.35	15.8	1.10	16.0	0.53
'95.10.02-96.04.15	23.3	0.76	30.0	3.15	25.4	0.80	23.9	1.61	11.8	1.33	25.3	3.55
'96.04.15-96.10.07	22.2	0.25	19.7	0.64	15.3	0.62	17.5	2.07	13.9	1.31	10.4	0.55
'96.10.07-97.04.14	35.4	4.36	32.0	0.97	27.9	0.12	28.1	3.35	11.5	1.07	10.8	1.21
'97.04.14-97.10.06	22.4	0.57	17.2	0.40	17.2	0.38	18.2	1.93	13.9	0.81	12.6	0.42
'97.10.06-98.04.06	20.3	0.46	19.7	0.62	14.5	0.15	18.1	2.35	6.1	0.63	4.3	0.22
最大値	35.4		32.0		27.9		28.1		23.7		25.3	
最小値	18.8		17.2		13.7		13.0		6.1		4.3	
暖候期	23.4		22.1		20.3		18.2		15.5		14.1	
寒候期	26.3		23.7		19.8		23.8		10.4		11.4	
年間	24.9		23.0		20.0		21.0		13.0		12.8	

* n = 2 (屋外暴露のみ)

表3 銅の増量

単位： $\text{mg}/200\text{cm}^2$

暴露期間	屋 外 暴 露					
	新 潟		長 岡		六日町	
	AVG	σ	AVG	σ	AVG	σ
'89.04.11-89.10.13	29.9	9.38	10.8	3.00	5.5	2.76
'89.10.13-90.04.13	-9.5	5.30	-39.3	7.27	-35.5	11.00
'90.04.13-90.10.01	22.0	2.93	10.8	1.25	-12.0	1.34
'90.10.01-91.05.10	20.3	3.64	22.2	3.75	-4.9	3.46
'91.05.10-91.10.01	23.0	1.88	8.6	2.10	-1.4	4.67
'91.10.01-92.04.08	0.4	5.32	-16.5	3.92	-3.2	1.61
'92.04.08-92.10.08	24.9	1.33	0.1	0.85	1.2	2.50
'92.10.08-93.04.09	21.2	0.38	-0.3	0.87	-1.8	0.47
'93.04.09-93.10.05	15.7	0.29	8.0	0.35	1.5	0.95
'93.10.05-94.04.08	24.2	0.90	4.2	0.62	-2.8	0.26
'94.04.08-94.10.07	31.3	0.74	16.4	1.20	8.4	0.31
'94.10.07-95.04.14	23.1	0.26	-3.8	0.87	-6.8	0.90
'95.04.14-95.10.02*	16.1	2.66	3.3	1.51	1.9	1.28
'95.10.02-96.04.15	29.3	0.44	3.3	1.45	-4.7	1.36
'96.04.15-96.10.07	19.5	0.60	5.0	0.67	-0.5	0.21
'96.10.07-97.04.14	15.9	1.15	-3.0	3.82	-4.2	1.87
'97.04.14-97.10.06	13.1	0.30	-11.0	9.32	-1.4	0.20
'97.10.06-98.04.06	17.1	0.70	-8.8	11.32	-2.4	0.67
平均値	18.8		0.6		-3.5	
最大値	31.3		22.2		8.4	
最小値	-9.5		-39.3		-35.5	

* 95.04.14-95.10.02のみ表面積 50cm^2 を 200cm^2 に換算

または流出していると推測されており¹⁰⁾、新潟県においても暖候期には生成した銅化合物の一部は溶出し、降水量の多い寒候期にはさらに溶出量が増加するため、長岡、六日町では年度により減量にまで至っているものと推定される。

3.2 屋内・屋外暴露の比較

屋内・屋外暴露の差は降水による影響が大きいと思われる。炭素鋼による屋内/屋外暴露の比を表-4及び図-1に示す。侵食度、増量とも新潟では80%以上を屋内暴露が占め、長岡、六日町においても年間平均で50%以上の値となっている。屋内暴露では主として乾性沈着の、屋外暴露では乾性と湿性沈着の両方の影響を受けていると考えられることから、新潟では侵食度、増量に対する乾性沈着の寄与が大きく、長岡、六日町でも半分以上を乾性沈着が占めているものと推定される。季節的には、新潟では寒候期に屋内暴露による侵食が屋外とほぼ同レベルまで増加するのに対し、長岡、六日町では95年度の六日町を除き、屋内/屋外比が暖候期に比べ寒候期に減少した。

3.3 季節変動及び経年推移

炭素鋼の増量及び侵食度について、季節変動及び経年推移を図-1及び図-2に示した。

3.3.1 増 量

屋外暴露による炭素鋼の増量の季節変動は、六日町では明瞭でないが、新潟及び長岡では寒候期に増加し、暖候期に減少する傾向にある。

屋内暴露による増量では、屋外に比べ季節変動がより顕著である。暖候期には3地点とも増量はほぼ同程度の値を示すが、新潟では寒候期に屋外暴露値以上に増加し、長岡

及び六日町では逆に寒候期に減少するパターンを示した。これは、海岸に近い新潟では冬季間の強い季節風により海塩粒子が多量に飛来し、屋外暴露のように降水によって洗い流されることがないため、屋内暴露の方が酸化物の生成量が多くなるためと考えられる。これに対し、長岡及び六日町の季節変動の原因は明らかではないが、海塩粒子の影響が小さいこと¹¹⁾及び浮遊粒子状物質濃度は寒候期に減少する¹²⁾こと等が原因として考えられる。

経年的には屋外、屋内とも増量はほぼ横ばいの状態で推移している。

3.3.2 侵 食 度

炭素鋼の屋外暴露による侵食度は、季節的には、1991年度から1994年度までの期間は暖候期、寒候期間にあまり差が見られないが、それ以外の年度では暖候期に比べ寒候期に上昇する傾向が見られた。屋内暴露では増量と同様に新潟では寒候期に増加、暖候期に減少するのに対し、長岡及び六日町では、暖候期に比べ寒候期は減少する逆の傾向が見られた。

侵食度について時系列分析(トレンド)により傾向直線の傾きを求めると、屋外では新潟、長岡及び六日町の3地点とも-0.117、-0.082、-0.046と負の値を示したが絶対値は小さく経年的にはほぼ横ばいと考えられ、屋内では0.468、0.135、0.410と新潟及び六日町でやや上昇の傾向が見られた。

3.4 地点間の差

3地点間における炭素鋼の侵食度に差があるか検討するため、屋外・屋内別に、対応するデータの平均値の差の検

表4 炭素鋼の侵食度・増量における屋内/屋外暴露比

暴露期間	侵 食 度			増 量			
	新 潟	長 岡	六日町	新 潟	長 岡	六日町	
'91.05.10-91.10.01	0.563	0.560	0.485	0.390	0.586	0.541	
'91.10.01-92.04.08	0.932	0.384	0.310	1.029	0.443	0.297	
'92.04.08-92.10.08	0.915	0.896	0.752	0.787	1.167	0.706	
'92.10.08-93.04.09	0.991	0.427	0.664	1.352	0.419	0.604	
'93.04.09-93.10.05	0.819	0.534	0.772	0.503	0.544	0.745	
'93.10.05-94.04.08	1.106	0.487	0.524	1.135	1.038	0.461	
'94.04.08-94.10.07	0.795	0.837	0.853	0.683	0.856	0.806	
'94.10.07-95.04.14	0.955	0.484	0.513	1.069	0.500	0.452	
'95.04.14-95.10.02	0.843	0.752	0.714	0.788	0.846	0.714	
'95.10.02-96.04.15	1.026	0.393	0.996	1.207	0.717	0.364	
'96.04.15-96.10.07	0.788	0.706	0.680	0.732	0.754	0.736	
'96.10.07-97.04.14	0.794	0.359	0.387	1.096	0.462	0.414	
'97.04.14-97.10.06	0.813	0.808	0.733	0.813	0.895	0.720	
'97.10.06-98.04.06	0.892	0.310	0.298	0.973	0.445	0.378	
最大値	1.106	0.896	0.996	1.352	1.167	0.806	
最小値	0.563	0.310	0.298	0.390	0.419	0.297	
平均値	暖候期	0.791	0.728	0.713	0.671	0.807	0.710
	寒候期	0.957	0.406	0.527	1.123	0.575	0.424
	年 間	0.874	0.567	0.620	0.897	0.691	0.567

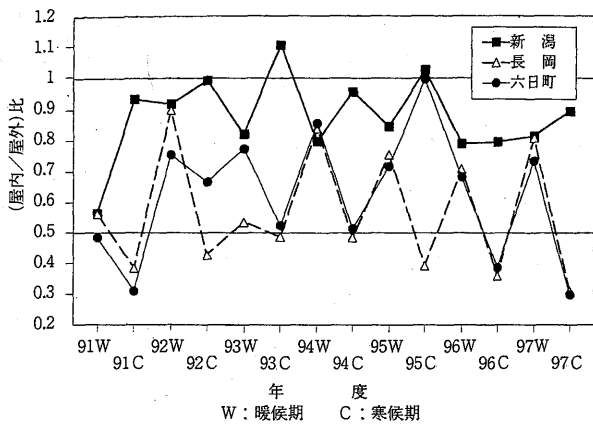


図1 炭素鋼の侵食度における屋内/屋外比

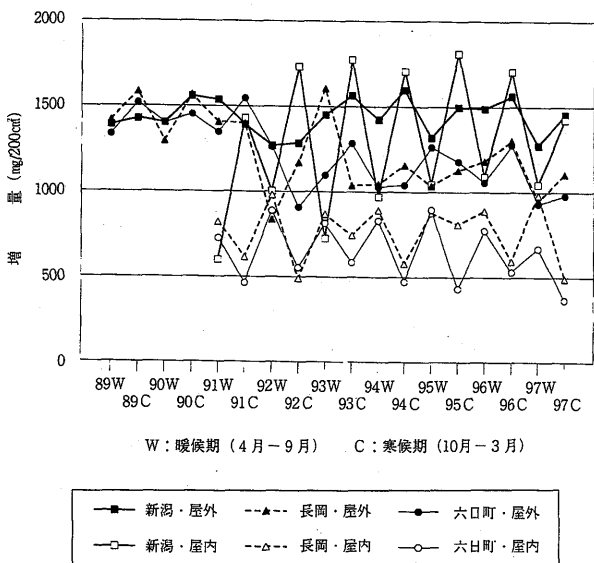


図2 増量の経年推移 (炭素鋼)

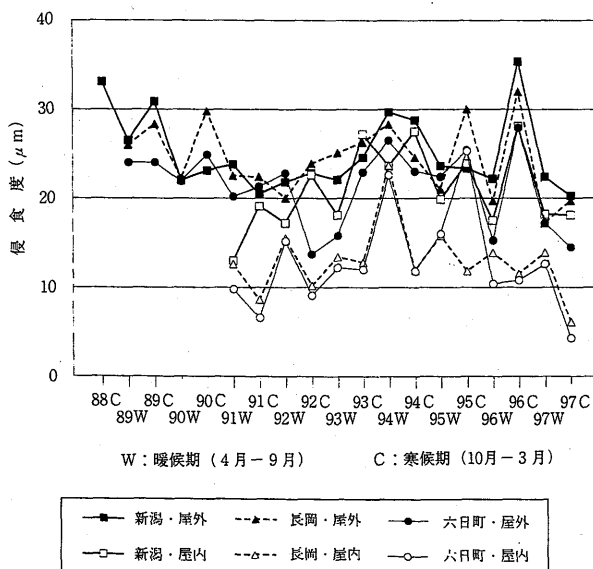


図3 侵食度の経年推移 (炭素鋼)

定を行った結果を表-5に示す。屋外暴露においては、新潟-長岡間では差は認められなかったが、新潟-六日町及び長岡-六日町間では差が認められた。また、屋内暴露では、長岡-六日町間では差は認められなかったが、新潟-長岡及び新潟-六日町間では差が認められた。このことは、六日町では湿性沈着による侵食度において新潟、長岡と差があること、また、新潟では主として乾性沈着による侵食度において長岡、六日町と差があることを示している。

3.5 侵食度と降水量、イオン成分降下量等との相関

炭素鋼の屋外暴露による侵食度と降水量、イオン成分降下量等との相関係数を表-6に示す。降水量及びイオン成分降下量は、各調査地点において過式(4~11月)又は融雪過式(12~3月)採取装置を用いて行った半月単位、通年の酸性雨調査結果から算定した値を用いた。

屋外暴露に侵食度は、年間で見ると SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} の各イオン成分と相関を示した。これらは主として海塩粒子由来と考えられる成分である。季節別にみると、暖候期と寒候期では侵食度と相関を示すイオン成分が異なり、季節により侵食度に寄与する成分が異なると考えられる。侵食度と降水量とに相関がみられなかった理由は、暴露期間をより短くした調査では相関関係が得られており¹³⁾、暴露開始後短期間で金属表面が酸化物に覆われ、それ以上侵食が進みにくくなるため^{12, 14)}と推定される。なお、屋内暴露の侵食度は増量と相関が見られた($r=0.7432$, $p<0.01$)。

3.6 他の調査結果との比較

炭素鋼を用いた屋外暴露による金属腐食調査結果の例を表-7に示す。新潟、長岡及び六日町の侵食度は、太平洋側の各地や京阪神地域と比べると、同程度の地点もあるが、全般的に大きな値を示した。太平洋側の屋外暴露では、新潟県と対照的に暖候期に侵食度が大きく、寒候期には低下する傾向を示すことが報告されており⁷⁾、新潟県と太平洋側とは季節変動が明らかに異なる。これは季節風によってもたらされる海塩粒子や降水量の増加によるところが大きいと考えられる。また、経年的にも横浜を除いて太平洋側では屋外暴露による侵食度は低下傾向のトレンドを示すことが報告されている⁸⁾のに対し、新潟県では横ばい傾向と地域による相違が見られた。

表5 炭素鋼・侵食度の地点間差 (t-値)

	屋 外	屋 内
新潟-長岡	0.270	5.083**
新潟-六日町	4.000**	4.944**
長岡-六日町	4.027**	0.196
n	18	14

** $p<0.01$

表6 侵食度とイオン成分降下量等との相関係数(炭素鋼・屋外暴露)

	降水量	H ⁺	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺
暖候期 n=27	-0.4549*	-0.2767	-0.4462*	-0.5136**	-0.0610	-0.0133	-0.2677
寒候期 n=28	-0.0939	-0.1785	0.3301	0.0130	0.4210*	0.4048*	0.4694*
年間 n=55	0.0069	0.1187	0.3635**	-0.0218	0.4390**	0.4351**	0.4300**

* p < 0.05, ** p < 0.01

	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	全イオン	nssSO ₄ ²⁻	ssSO ₄ ²⁻	増量
暖候期 n=27	0.1173	-0.0438	-0.4825*	-0.4731*	-0.3919*	-0.0132	0.4944**
寒候期 n=28	0.4040*	0.4116*	-0.0258	0.3909*	0.1866	0.4289*	0.0275
年間 n=55	0.4403**	0.4407**	-0.1344	0.4088**	0.2603	0.4351**	0.1393

* p < 0.05, ** p < 0.01

表7 金属板腐食調査の報告例
(炭素鋼による屋外暴露)

調査地点	侵食度 (μm/6月)			調査期間	文献	
	min	max	avg			
新潟県	新潟	19	35	25	88.10-98.04	本報告
	長岡	17	32	24		
	六日町	14	28	21		
新潟県 (35地点)	新潟市	15	51	73.01-73.07	72.07-78.07	12)
	(35地点)	25	49*			
新潟県 (15地点)		17	42	24	87.10-88.09	13)
郡山	7	23	14	88.10-97.04	7), 8)	
宇都宮	10	22	15	88.10-95.10		
浦和	8	26	17	88.10-97.04		
東京・千代田	10	37	19	88.10-97.04		
横浜・磯子	10	37	21	88.10-97.04		
長野	7	19	11	88.10-97.04		
甲府	7	16	12	88.10-93.04		
大月	9	23	17	89.04-93.04		
静岡	6	21	12	89.04-97.04		
奈良県 (11地点)	5	26**	14*	91.04-92.07		
石川・鳥越			10**			
名古屋・緑			15**			
京都・舞鶴			17**			
京都・水尾			10**			
京都・伏見			10**	95.07-96.07	10)	
奈良・奈良			18**			
大阪・此花			18**			
大阪・平野			16**			
神戸・須磨			13**			
東京・籠谷		43				
東京・舟渡		38	72.05-72.10		11)	
東京・高尾		23				

*腐食度 (μm/monthの年平均値) を6か月暴露に換算

**腐食量 (mg/100m²/30days) を6か月暴露に換算

4 ま と め

県内の3地点において1988年度から6か月単位の金属腐食調査を行った結果、次のことがわかった。

- (1) 炭素鋼による増量は、屋外暴露の方が屋内より大きい傾向を示した。屋外暴露では、新潟及び長岡は寒候期に増加し暖候期に減少する傾向が見られた。屋内暴露では、長岡及び六日町は暖候期に比べ寒候期に減少するのに対し、新潟では逆に暖候期に比べ寒候期に増量が増加する顕著な季節変動が見られた。
- (2) 炭素鋼による侵食度は、屋外暴露の方が屋内より大きい値を示した。屋外暴露では3地点とも暖候期に比べ寒候期に増加する傾向が見られたが、屋内暴露においては、新潟では長岡・六日町とは逆に寒候期に増加する季節変動が見られた。屋外暴露では六日町が、また、屋内暴露では新潟が、それぞれ他の2地点との間で侵食度に差が認められた。特に新潟の寒候期においては海塩粒子による影響が顕著であった。
- (3) 炭素鋼の屋外暴露による侵食度は、SO₄²⁻、Cl⁻、Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺の各イオン成分降下量と相関が見られた。
- (4) 新潟県における屋外暴露による炭素鋼の侵食度は、太平洋側や京阪神地域の各地に比べ大きく、特に寒候期に顕著な差が見られる。また、経年的にも太平洋側では減少傾向のトレンドを示しているのに対し、新潟県では横ばいであり、地域差が認められた。
- (5) 銅による腐食調査では炭素鋼に比べ重量変化は数10分の1から100分の1程度と小さかった。

5 お わ り に

この調査は、関東地方等との酸性雨共同調査として実施されたものである。調査の実施にあたり、金属板の暴露について協力をいただいた長岡保健所及び六日町保健所の各位に感謝します。

文 献

- 1) 古明地哲人, 鎌滝 裕輝, 朝来野国彦: 東京都環境科学研究所年報, **1993**, 261 (1993).
- 2) 大阪府公害監視センター: 酸性雨によるコンクリート構造物への影響調査, p. 3 (1994).
- 3) 門井 守夫: 資源環境対策, **28**, 1359 (1992).
- 4) 古明地哲人: 大気汚染学会誌, **28**, A 103 (1993).
- 5) 辻野 喜夫他: 全国公害研会誌, **20**, 11 (1995).
- 6) 溝口 次夫編著: 酸性雨の科学と対策, p. 271, 日本環境測定分析協会 (1994).
- 7) 関東地方公害対策推進本部大気汚染部会: 平成8年度酸性雨調査報告書, p. 91 (1997).
- 8) 関東地方公害対策推進本部大気汚染部会: 酸性雨共同調査結果報告書—関東及びその周辺地域における酸性雨の状況 (1983—1996), 印刷中 (1998).
- 9) 松本 光弘他: 全国公害研会誌, **17**, 170 (1992).
- 10) 全国公害研協議会東海・近畿・北陸支部共同調査研究会: 酸性雨共同調査研究報告書 (平成7年度), p. 91 (1996).
- 11) 古明地哲人, 大平 俊男, 門井 守夫: 大気汚染研究, **9**, 577 (1975).
- 12) 安川 三郎, 加藤 皓一, 安田 守宏, 今泉 洋: 防食技術, **29**, 609 (1980).
- 13) 新潟県理化学技術職員協議会: 新潟理化学, **15**, 69 (1989).
- 14) 環境庁大気保全局大気規制課: 大気汚染による金属材料の腐食測定法指針 (1988).
- 15) 加藤 善徳, 矢本てるみ: 横浜市環境科学研究所報, **21**, 31 (1997).
- 16) 久米 一成他: 静岡県環境衛生科学研究所報告, **31**, 13 (1997).
- 17) 大泉 毅, 福崎 紀夫: 新潟県保健環境科学研究所年報, **13**, 投稿中 (1998).