恒温恒湿試験機による促進腐食試験と大気暴露試験の腐食性状に関する実験的検証

長岡工業高等専門学校　廣井　理沙
長岡工業高等専門学校　学生会員　○五十嵐　遥香
長岡工業高等専門学校　正会員　宮嵜　靖大
大阪大学大学院　正会員　奈良　敬

1. はじめに

土木鋼構造物の維持管計画の策定を行うには，各部材の耐食性を知る必要がある．一般的に，部材の耐食性を実験により算出する方法には，大気暴露試験がある．しかし，この試験は多大な時間を必要とする．そこで本研究は，恒温恒湿試験機を用いた促進腐食試験を実施し，大気暴露試験結果との相関性を検証することを目的とする．促進腐食試験結果は，JIS Z 2381 に準拠して行われた直接暴露試験結果と比較をする．

2. 恒温恒湿試験機を用いた促進腐食試験方法

表 1　供試体形状および試験前後の供試体計測結果

供試体番号	試験方法	$L\times W\times t$(mm)	質量(試験前)(g)	質量(試験後)(g)	板厚減少量(μm)	腐食量(g/m^2)
6-0.50-1	温湿一定	99.84×100.08×5.75	446.69	445.73	12.35	96.1
6-0.50-2	温湿変化	100.14×100.13×5.76	449.10	447.93	15.01	116.7
45-0.50-2	温湿一定	99.94×100.27×5.97	443.00	440.39	35.14	260.5
45-3.75-1	温湿一定	99.90×100.29×5.80	442.08	438.09	52.37	398.2
45-3.75-2	温湿一定	99.86×100.24×5.71	441.24	435.51	74.12	572.4
45-10.7-1	温湿一定	99.83×100.25×5.76	441.69	435.35	82.71	633.5
45-10.7-2	温湿一定	99.76×100.07×5.85	442.34	436.48	77.50	587.0

本研究で行う促進腐食試験は，恒温恒湿試験機(ESPEC 社製 PL-3S)を用いる．また，供試体は，長さ L 100 mm×幅 W 100 mm×板厚 t 6mm の無塗装炭素鋼板を用いる．**表 1** は，供試体形状および試験前後の供試体質量の計測結果およびこれにより算出した板厚減少量および腐食量を示す．ここで表中の供試体番号は，「サイクル数-NaCl 水溶液の質量パーセント濃度-番号」を意味する．促進腐食試験は，温湿一定[1)]および温湿変化[2)]の 2 種類の条件を用いる．**表 2** は，これらの試験条件について，1 サイクルを 24 時間とした方法をまとめている．まず，温湿一定条件は，常時温度 30℃および湿度 60%RH とし，12 時間毎に塩分の継時的な累積を防ぐため，50mL の純水をかけ流して洗浄した後，0.50，3.75 または 10.7mass%NaCl 水溶液を 0.4L/m^2 滴下する．つぎに，温湿変化条件は，0.50mass% NaCl 水溶液を 0.4L/m^2 滴下した後，12 時間毎に同表の①，②に示す温度と湿度に変化させる．そして，試験後は，希塩酸を用いた酸洗により供試体の腐食生成物を除去し，供試体の質量を計測する．

表 2　試験条件（1 サイクル=24h）

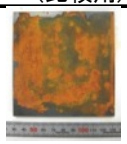
	温湿一定	温湿変化
温度(℃)	30	①　25-12h, ②40-12h
湿度(%RH)	60	①　90-12h, ②40-12h
NaCl 水溶液濃度(mass%)	0.50, 3.75, 10.7	0.50

3. 促進腐食試験後の供試体表面性状

表 3 は，促進腐食試験前後の供試体表面を撮影した写真および冷延鋼板を用いた 1 年間大気暴露試験結果[3)]を示す．なお，同表中に示す 5 供試体を除いた結果は，紙面の都合上割愛する．まず，温湿変化条件では，NaCl 水溶液を滴下した箇所でのみ赤褐色の腐食が生じている．これは，最初に滴下した箇所でのみ NaCl が濃縮され，結晶化したことにより，局所的な腐食が表れるためである．この結果は，同じ 6 サイクルの試験後を示す結果と明らかに異なる．つぎに，同表の 45 サイクル後の試験結果は，淡い赤褐色の均一なさび層が生じている．また，3.75 および 10.7mass%NaCl 水溶液試験結果は，凹凸のある赤褐色のさび層が発生している．さらに，割愛したその他の供試体についても同様の結果が得られたため，これらの腐食形態の違いは，NaCl 水溶液の濃度の違いによるものであると判断できる．以上の結果より，恒温恒湿試験機を用いた温湿一定試験は，同表に示す JIS Z 2381 に準拠して行われた直接暴露試験結果と同様の全面腐食を生じるため，大気環境下での腐食形態を模擬しているといえる．

キーワード　恒温恒湿試験機，促進腐食試験，炭素鋼版，温湿一定，温湿変化
連絡先　〒940-8532　新潟県長岡市西片貝 888 番地　長岡工業高等専門学校　ＴＥＬ0258-34-9439

表 3　試験前後の供試体および 1 年間大気暴露試験の供試体 [3)]

	サイクル数	本研究の試験結果	1年間大気暴露試験結果
試験前	0	（比較用）	
試験後	6	 （0.50mass%） （温湿変化試験0,50mass%酸洗い後）	（直江津） （銚子）
	45	（0.50mass%） （3.75mass%） （10.7mass%）	

4. 試験結果に基づく腐食量に着目した場合の促進腐食倍率の推計

図 1 は，および本研究で得られた温湿一定条件かつ 0.50，3.75，10.7mass%NaCl 水溶液を用いた促進腐食試験および炭素鋼の 10 年間大気暴露試験 [4)] により得られた腐食量と期間の関係を示す．また，**表 4** は，同図に基づき，大気暴露試験結果に対する結果の促進腐食倍率を示している．これらの図表に含まれる大気暴露試験地の最短離岸距離は，16km（マイアミ），4km（銚子），2.4km（西原），2km（宮古島および直江津）である．以上の結果より，0.50 mass%NaCl 水溶液の促進腐食倍率を基準とした場合，3.75 mass%および 10.7 mass%NaCl 水溶液を用いたときの促進腐食倍率は，それぞれ約 3.60 倍および 5.35 倍となる．また，各大気暴露試験地に対する本研究で実施した促進腐食倍率は，最短離岸距離が大きいほど大きくなり，最も厳しい腐食環境である宮古島に対して約 1.95 倍となる．

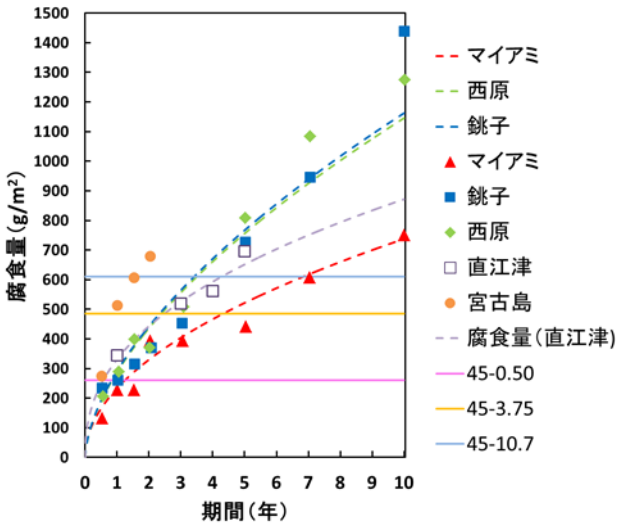


図 1　大気暴露および実験結果の腐食近似式

表 4　図 1 による実験値の促進腐食倍率

	マイアミ	西原	銚子	直江津	宮古島
45-0.5	10.06	6.89	6.81	4.46	1.95
45-3.75	34.07	19.47	18.66	20.12	8.52
45-10.7	51.18	26.77	26.36	33.26	12.57

5. おわりに

本研究で得られた内容は，次の通りである．(1)恒温恒湿試験機を用いた温湿変化条件の促進腐食試験法は，NaCl 水溶液を滴下した箇所にて局所的な腐食が発現する．(2)恒温恒湿試験機を用いた温湿一定試験は，JIS Z 2381 に準拠して行われた直接暴露試験結果の腐食形態を模擬できる．(3)温湿一定条件での NaCl 水溶液濃度の変化による腐食形態は，概観上 0.50mass%の場合全面的に均一なさび層が発生し，3.75 および 10.7mass%は，凹凸のあるさび層になる．(4) 45 サイクル後の温湿一定条件での 3.75 mass%および 10.7 mass%NaCl 水溶液を用いたときの促進腐食倍率は，0.50 mass%NaCl 水溶液を用いた場合に比べて約 3.60 倍および約 5.35 倍となることを明らかにした．

参考文献

1)銭谷哲，西村俊弥，早川直哉，平岡和雄：低変態温度溶接材料を用いた高張力鋼溶接継手の大気腐食挙動，溶接学会論文集，第 24 巻，第 4 号，pp. 291-298，2006. 2) JFE スチール株式会社:鋼材の大気環境促進腐食試験方法，公開特許公報(A)，JP2010-122085，2010. 3)日本ウエザリングテストセンター：促進暴露試験ハンドブック，日本ウエザリングテストセンター，2009. 4) 日本ウエザリングテストセンター：材料の耐候性データ集，日本ウエザリングテストセンター，2007.