

腐食試験結果概要

塗膜の耐久性試験および無塗装鋼板の腐食試験

J F Eエンジニアリング株式会社

1. 試験条件

GESAMP-BWWG の型式賦与条件として示された追加腐食試験の実施要求は、腐食試験中の TRO 濃度を 15mg/L 以上になるように制御して実施することであったが、これは陸上試験における 20mg/L で処理した 5 日後の TRO 濃度のデータが 15mg/L であったことが根拠となっている。この高い TRO 濃度は陸上試験時の水温が 5°C 前後であったことが主要因であり、常温においてはこのような高い TRO 濃度が 5 日後に残留することは無い。

従って、試験を実施する環境温度を陸上試験に合わせて 5°C として塗膜の耐久性試験および無塗装鋼板の腐食試験を実施した。なお参考のために 40°C で TRO を 15mg/L 以上に保持し実施した場合の試験を 9 サイクル実施して、そのデータも参考に示した。

1.1 試験温度

- ・ 浸漬時：5°C（開放型低温恒温水循環装置により制御）
- ・ 乾燥時：5°C（冷蔵庫にて保持）
- ・ 5°C と同様の試験方法で、温度を 40°C に保ち 9 サイクルの試験を別途実施した結果も図中に合わせて示した。

1.2 試験溶液

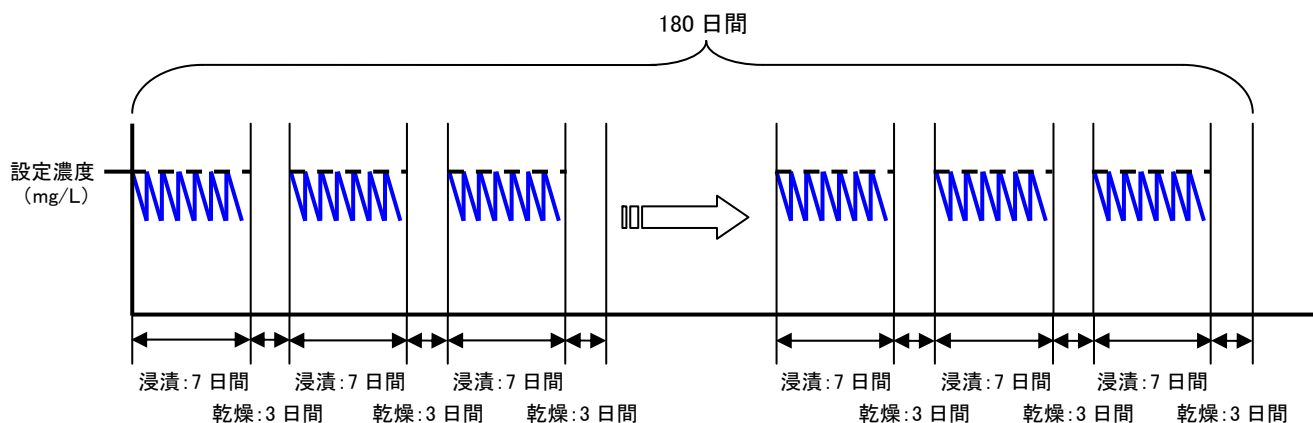
- a. 自然海水（東京湾内ユニバーサル造船所岸壁より採取）
- b. 自然海水+20 mg/L 次亜塩素酸ナトリウム（(株) TG コーポレーション製 TG バラストクリーナー）

1.3 試験期間

浸漬期間 7 日間、乾燥期間 3 日間を 1 サイクルとし、これらサイクルを 18 回（累積期間：180 日間）繰り返し実施した。

次亜塩素酸ナトリウムの時間経過に伴う濃度変化に対し、初期注入有効塩素濃度を 20mg/L とし、TRO 濃度が常に 15mg/L 以上になるように管理することとし、このための操作を 1 回/日行った。

（GESAMP-BWWG in MEPC60/2/12 ANNEX 5, p.36 の recommendation により再試験を実施した。）



2. 試験結果

2.1 無塗装試験片

2.1.1 外観観察

- ・ 自然海水の場合 茶色さび、全面腐食
- ・ 自然海水+20mg/L NaClO の場合 茶色さび、全面腐食
- ・ 試験溶液環境の違いによる差異は認められない

重量測定

試験片を除錆後、重量を測定して、年平均の腐食速度を求めた。これを表1および図1に示す。図1中には40℃ 9サイクル目の場合の腐食速度も合わせて示した。

表1 重量測定結果 (試験温度: 5℃)

平均腐食速度 (mm/year)			
自然海水		自然海水+20mg/L NaClO	
9 サイクル	18 サイクル	9 サイクル	18 サイクル
0.062	0.065	0.080	0.076

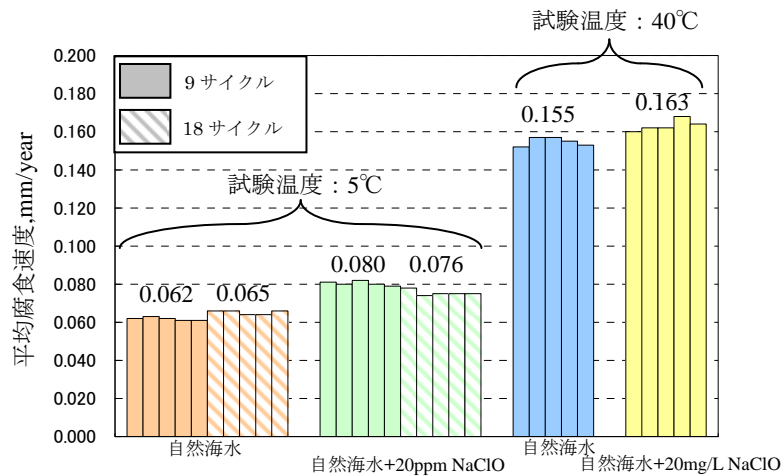


図1 試験環境と腐食速度の関係

2.2 塗装試験片

2.2.1 外観観察

タールエポキシ塗料、変性エポキシ塗料共に脱色や膨れ等の欠陥発生は認められなかった。

2.2.2 膜厚測定

試験温度 5℃の自然海中環境および 20mg/L 次亜塩素酸ナトリウムを含む自然海水環境下において、2種類の塗装試験片共に膜厚が減少する傾向が認められた。

この試験結果を図2に示す。

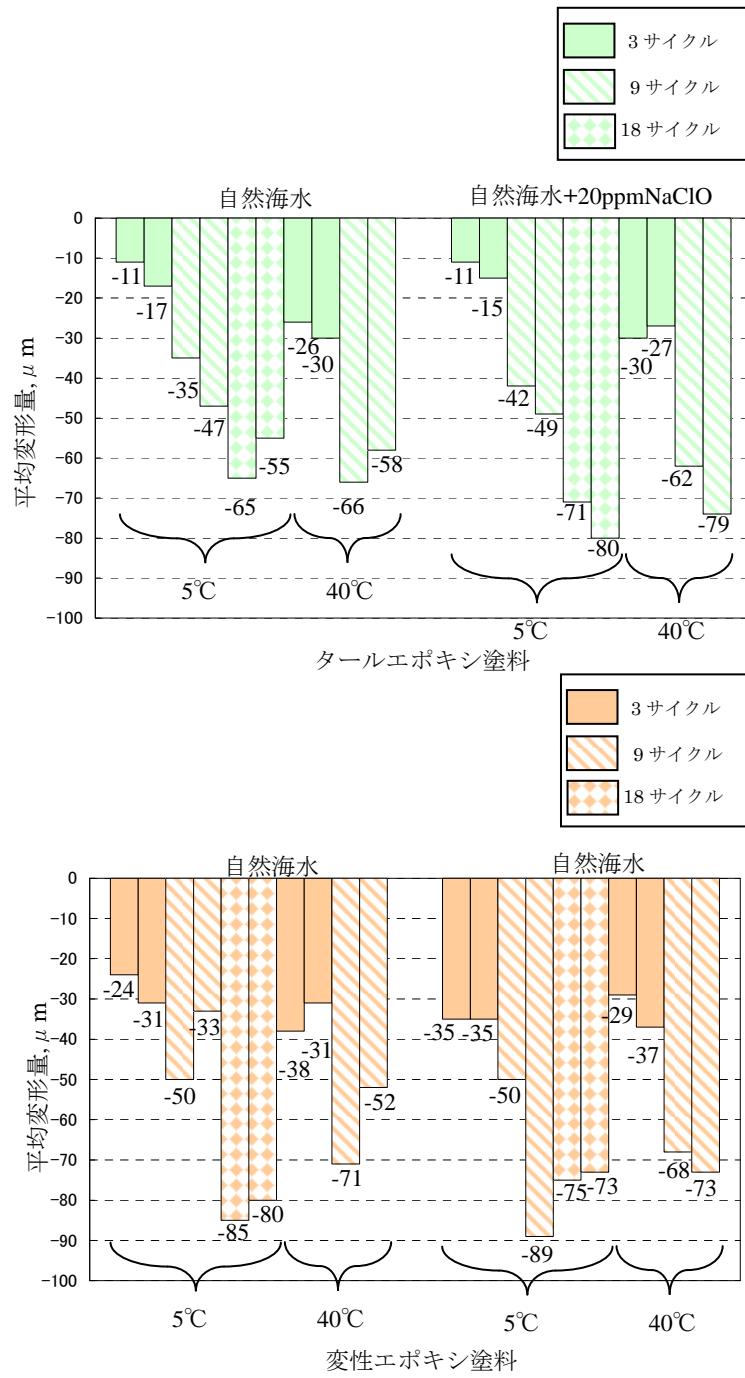


図2 各塗装試験片における試験環境と膜厚の平均変化量の関係

2.2.3 クロスカット部の付着力試験

タールエポキシ塗料については、試験温度 5°C の自然海中環境および 20mg/L 次亜塩素酸ナトリウムを含む自然海水環境下において、X カット部にわずかにはがれが認められた。(評価点数は下表を参照)

評価点数	X カット部の状態	現象
10	はがれが全くない。	
8	交点にはがれがなく、X カット部にわずかにはがれがある。	
6	X カット部の交点からいずれかの方向に、1.5 mm 以内のはがれがある。	
4	X カット部の交点からいずれかの方向に、3.0 mm 以内のはがれがある。	
2	テープをはった X カット部の大部分に、はがれがある。	
0	X カット部よりも大きくはがれる。	

表 2 クロスカット部の付着力試験結果

試験片種類	試験溶液	温度	サイクル	評価点数
タールエポキシ	自然海水	5°C	18	6、6
	自然海水+20mg/L NaClO	5°C	18	6、4
変性エポキシ	自然海水	5°C	18	10、4
	自然海水+20mg/L NaClO	5°C	18	10、10

2.2.4 鉛筆硬度試験

タールエポキシ塗料については、自然海水および 20mg/L 次亜塩素酸ナトリウムを含む自然海水環境下での試験片共に硬度の低下が認められた。一方、変性エポキシ塗料については、自然海水および 20mg/L 次亜塩素酸ナトリウムを含む自然海水環境下での試験片共に、塗膜の硬度の低下は認められなかった。

表 3 鉛筆硬度試験結果

試験片種類	試験溶液	温度	鉛筆硬度	
			未試験	18 サイクル
タールエポキシ	未試験	—	3B	—
	自然海水	5°C	—	7B
	自然海水 20mg/L NaClO	5°C	—	7B
変性エポキシ	未試験	—	3H	—
	自然海水	5°C	—	3H
	自然海水 20mg/L NaClO	5°C	—	3H

※) 鉛筆硬度：9H>8H>7H>6H>5H>4H>3H>2H>H>F>HB>B>2B>3B…
 ← 硬い → 軟い

2.2.5 付着力試験

未試験材と各試験条件における試験片とを比較すると、タールエポキシ塗料、変性エポキシ塗料ともに、概ね付着力は低下していた。なお、試験溶液環境の違いによる差異は認められなかった。

タールエポキシ塗料については、試験温度 5°C の自然海水および 20mg/L 次亜塩素酸ナトリウムを含む自然海水環境下共に素地と第一層との間で破壊を示していた。一方、変性エポキシ塗料については、試験温度 5°C の自然海水および 20mg/L 次亜塩素酸ナトリウムを含む自然海水環境下共に塗膜層内および素地/第一層界面で破壊しており、層内破壊の面積は 50% 以上であった。

付着力試験結果を表 4 および図 3 に示す。また付着力試験時の塗膜破断面の写真を写真 1 に示す。

表 4 付着力試験結果

試験片種類	試験溶液	試験温度	サイクル数	平均付着力 (N/mm ²)	
タールエポキシ	未試験	—	—	1.6	
	自然海水	5°C	3	1.7	
			9	1.2	
			18	0.6	
	自然海水 20mg/L NaClO	5°C	3	1.9	
			9	0.6	
			18	0.9	
	変性エポキシ	未試験	—	—	4.2
		自然海水	5°C	3	4.1
9				1.6	
18				3.3	
自然海水 20mg/L NaClO		5°C	3	3.3	
			9	2.5	
			18	3.6	

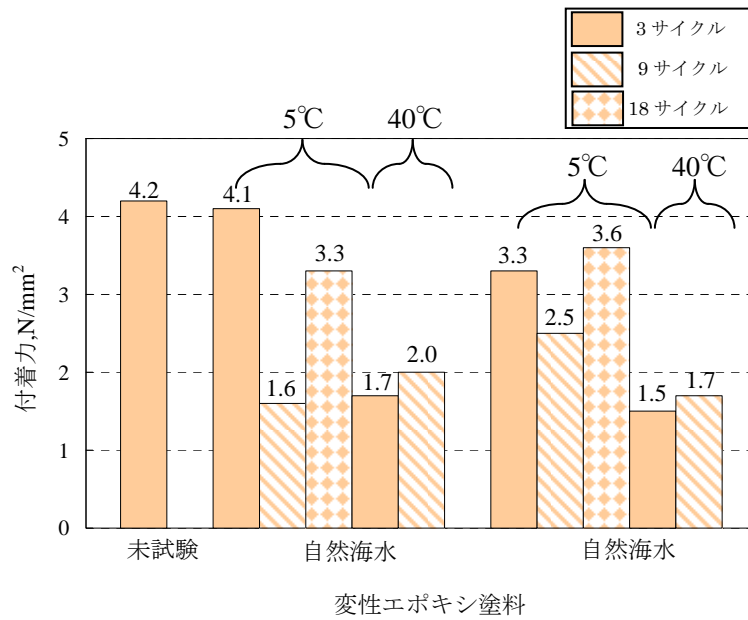
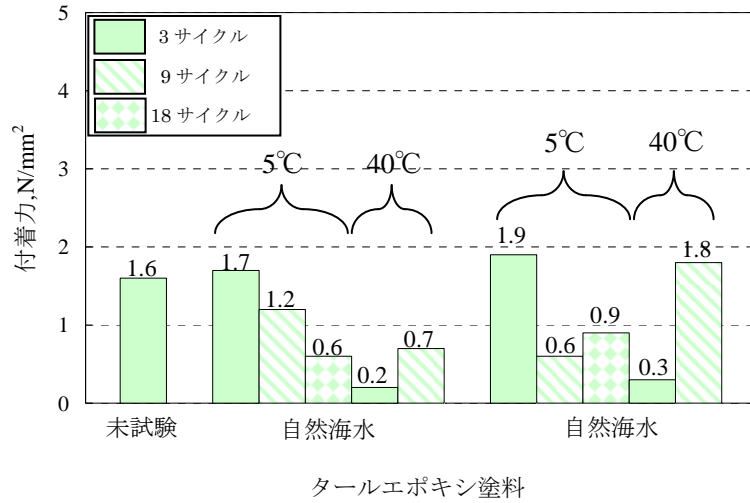

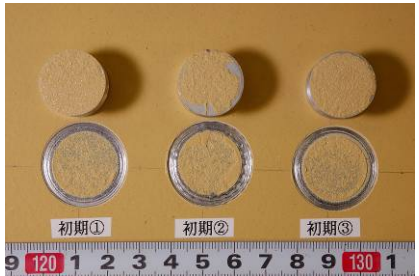
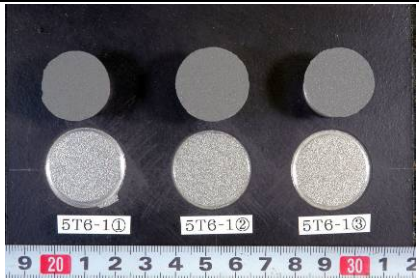

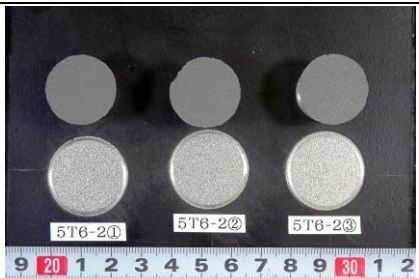
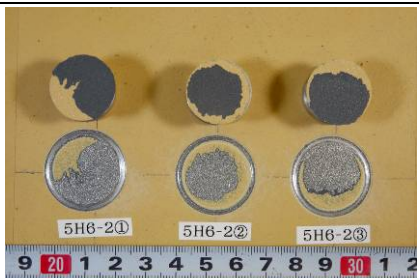
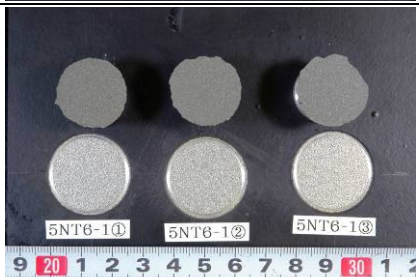
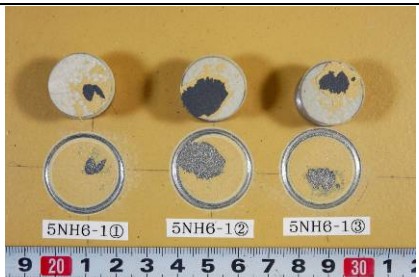
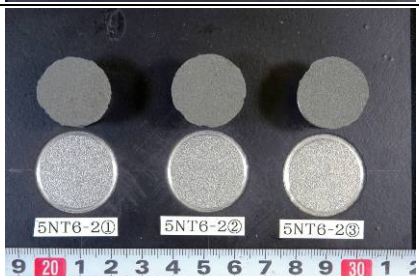



図3 各塗装試験片における試験溶液と付着力の関係

写真1 付着力試験後の外観一覧【試験温度：5℃、サイクル数：18】

試験溶液	試験片 No.	タールエポキシ塗料	試験片 No.	変性エポキシ塗料
未試験	—		—	
自然海水	5T6-1		5H6-1	
	5T6-2		5H6-2	
自然海水 20mg/L NaClO	5NT6-1		5NH6-1	
	5NT6-2		5NH6-2	

3. まとめ

次亜塩素酸ナトリウムに対する塗装の耐久性および無塗装への腐食性について浸漬試験により評価を行った。得られた結果から明らかになったことを以下にまとめる。

(1) 無塗装試験片

- ・試験温度 5℃の自然海水および次亜塩素酸ナトリウム 20mg/L (asCL₂) を含む自然海水条件下共に全面に茶色さびで覆われていた。また、除錆後はいずれも全面腐食の腐食形態を呈していた。なお、試験溶液環境の違いによる表面状態の差異は認められなかった。また水温 40℃における結果は、9 サイクルの値ではあるが 5℃の場合とほぼ同様で表面状態の差異は認められなかった。
- ・試験温度 5℃において、自然海水中では平均腐食速度は 0.065mm/year、20mg/L 次亜塩素酸ナトリウムを含む自然海水中では 0.076mm/year であった。また水温 40℃における結果は、9 サイクルの値ではあるが平均腐食速度は 0.155mm/year、20mg/L 次亜塩素酸ナトリウムを含む自然海水中では 0.163mm/year であり次亜塩素酸ナトリウムの影響は 5℃の場合に比べて大幅に小さくなった。

(2) 塗装試験片

- ・試験温度 5℃の自然海中環境および 20mg/L 次亜塩素酸ナトリウムを含む自然海水環境下において、タールエポキシ塗料、変性エポキシ塗料共に割れ、剥離および膨れ等の欠陥発生は認められなかった。また水温 40℃における結果は、9 サイクルの値ではあるが 5℃の場合と同様に割れ、剥離および膨れ等の欠陥発生は認められなかった。
- ・試験温度 5℃の自然海中環境および 20mg/L 次亜塩素酸ナトリウムを含む自然海水環境下において、タールエポキシ塗料、変性エポキシ塗料共に膜厚が減少する傾向が認められた。また水温 40℃における結果は、9 サイクルの値ではあるが 5℃の場合と同様であった。
- ・タールエポキシ塗料、変性エポキシ塗料共に、初期投入塩素濃度 20mg/L で 15mg/L 以上を保持した場合の、次亜塩素酸ナトリウムを含む自然海水と自然海水のみの場合の試験結果との間に塗膜耐久性能上の差は認められなかった。