

共同研究

「バラスタタンクの腐食評価試験に関する研究開発」 成果の概要

2016年9月



一般社団法人 日本鉄鋼連盟
一般財団法人 日本海事協会

目的、目標

目的

鉄鋼メーカーでは、バラスタンクの塗装寿命延長、塗装簡易化、腐食予備厚低減、等を狙いとして、耐食鋼と塗装を組み合わせた技術を開発中である。しかし、これら耐食鋼を用いた新防食技術の効果を定量的に評価できる腐食評価試験法は確立されていない。

本研究では、耐食鋼を用いた新防食技術の効果を定量的に評価出来る試験法を開発することを目的とする。

目標

塗装鋼材の塗装劣化開始後の塗装劣化面積および鋼材の腐食損耗が評価出来る腐食評価試験法の開発

バラスタンク対象部位：非没水部（上甲板裏近傍）

腐食評価試験法の必要要件：

- ・実船の腐食機構と概ね合致していること
- ・実船における従来鋼に対する耐食鋼の効果を表現できること
- ・長期における塗装劣化面積、腐食損耗を推定できる促進倍率であること
- ・IMO等国际規格化に際し、諸外国に於いて実施可能な試験条件であること

期間、実施組織

期間

2013年11月～2016年6月(2年8か月)

実施組織

一般財団法人 日本海事協会

一般社団法人 日本鉄鋼連盟 造船用鋼材研究会
(JFEスチール株式会社、新日鐵住金株式会社、株式会社神戸製鋼所)

バラスタック耐食鋼の腐食抑制・塗装劣化抑制機構

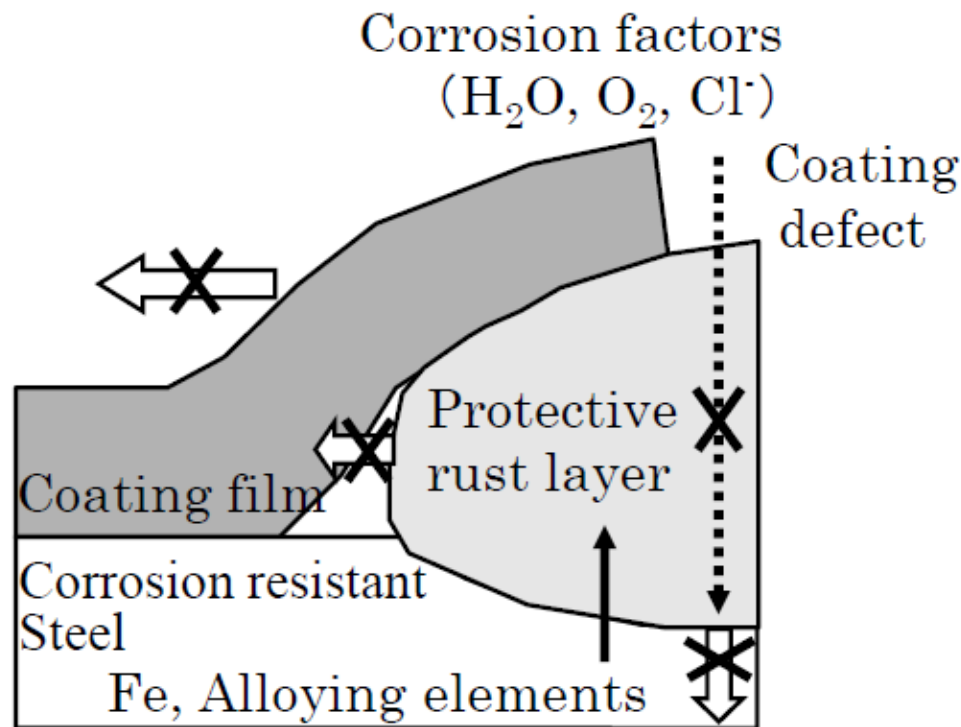


図 バラスタック耐食鋼の腐食抑制および塗装劣化抑制機構
(JFEスチール耐食鋼の例)

本耐食鋼は塗装欠陥部での鋼材の腐食を抑制することで、その後の塗装劣化を抑制する。

バラストタンク耐食鋼の期待効果

バラストタンク耐食鋼

- ・塗装劣化減少
- ・鋼材腐食減少

期待効果

① 塗装寿命延長

・Ex.:再塗装:15年→25年

② 鋼材切替寿命延長

・Ex.:鋼材切替:25年→35年

③ 腐食予備厚低減

・Ex.:予備厚4mm→3mm

④ 塗装簡易化

・Ex.:Iホ°キシ160 μ m×2回
→320 μ m×1回

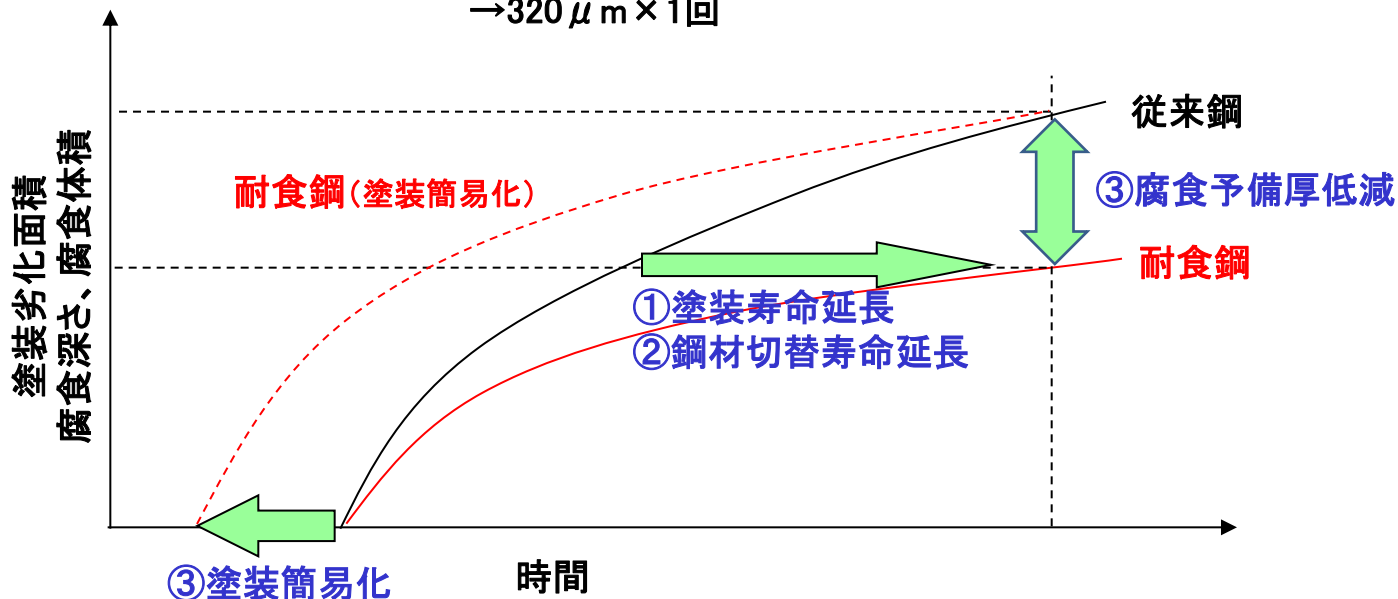
腐食試験における評価項目

→ 塗装劣化面積

→ 塗装劣化面積、腐食深さ
(腐食体積)

→ 塗装劣化面積、腐食深さ
(腐食体積)

→ 塗装劣化面積、腐食深さ
(腐食体積)



バラストタンク耐食鋼の実船環境耐食性能 (バラストタンク上甲板裏)

耐食鋼: JFEスチール製

- 塗装材(シヨップなしエポキシ材、2.9年): 耐食鋼は従来鋼の塗装劣化面積: 80%、腐食深さ: 70%、腐食体積: 60%に抑制
- 塗装材(シヨップありエポキシ材、2.5~5年): 耐食鋼は従来鋼の塗装劣化面積: 75%、腐食深さ: 50%、腐食体積: 40%に抑制

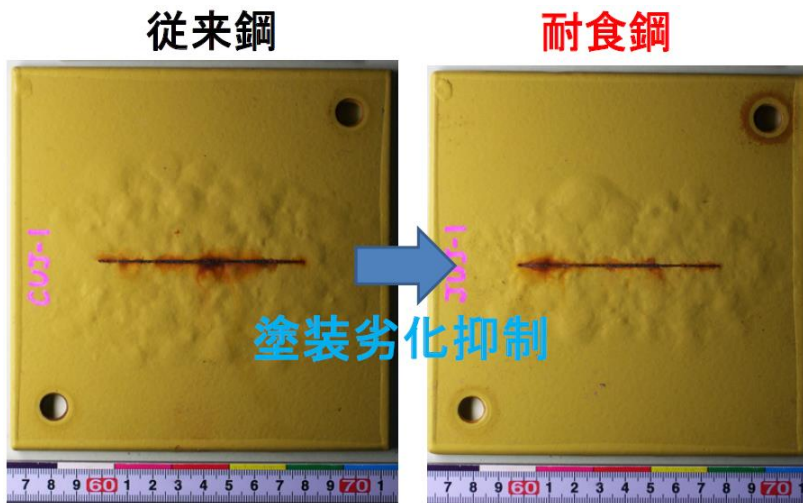


図 実船暴露材の外観例
(シヨップなしエポキシ材、2.9年)

腐食体積(腐食面積×平均腐食深さ)の抑制

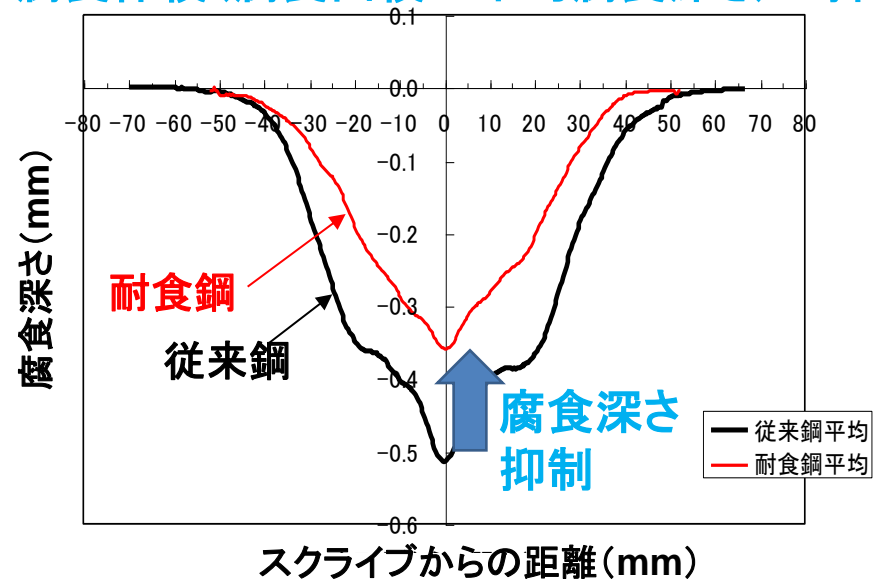


図 従来鋼と耐食鋼の除膜・除錆後の腐食深さプロファイル(シヨップなしエポキシ材、2.9年)

バラストタンク上甲板裏の腐食環境

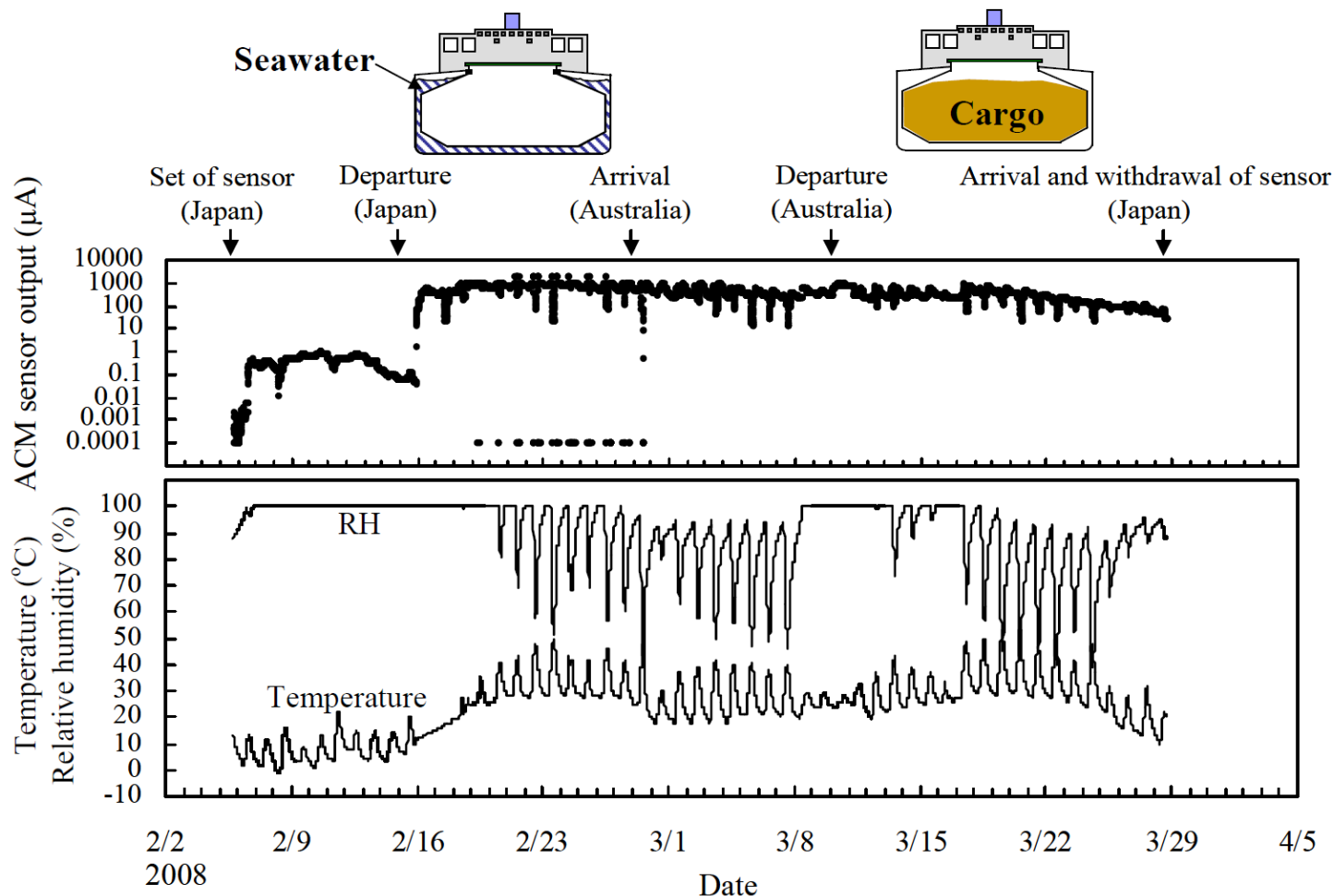


図 バラストタンク上甲板裏の温度、湿度、濡れ(ACM電流)計測結果

出展: Shiotani, K., et al.: Development of Corrosion Resistant Steel for Ballast Tank, Proc. Int. Conf. on Developments in Ship Design & Construction (ICSOT), (2012), pp. 27-33.

実船のバラストタンク上甲板裏は乾湿繰り返し環境

腐食評価試験(試験片)

●基本試験片形状:

- ・6.0t × 70 × 120(シヨップあり)
- ・6.0t × 100 × 120mm(シヨップなし)

●鋼材:従来鋼、耐食鋼

●塗装仕様:

- 1)シヨッププライマー + エポキシ160 μ m × 2回
- 2)エポキシ160 μ m × 2回

●スクライブ:

プラスチックカッター(Pカッター)

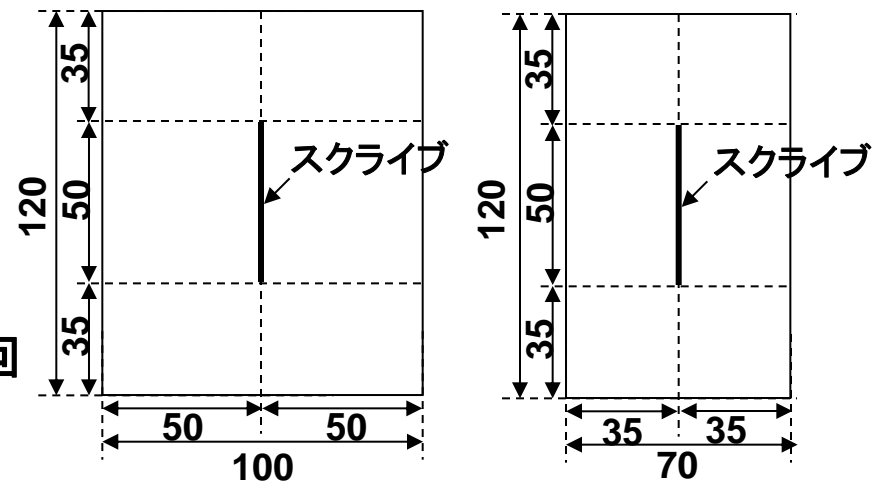


図 試験片形状とスクライブ付与位置

腐食評価試験(評価項目)

表 評価項目

表面処理	項目	内容
無塗装材 (参考)	片面平均板厚 減少量	腐食試験による鋼材重量減を評価面積(腐食試験前のマスキング部以外の面積)で割り、算出。
塗装材	塗装劣化面積	腐食試験後の外観写真から、図1の部分の塗装劣化面積を測定。
	腐食深さ	1) 除膜・除錆後、腐食箇所の腐食深さをレーザ粗さ計(0.3mmピッチ)で測定(図2)。スクライブ部の腐食深さを平均化。 2) 除膜・除錆後、スクライブ部の腐食深さをデプスゲージ(10mmピッチ)で測定。その結果を平均化。
	腐食体積	除膜・除錆後、腐食箇所(図3)の深さをレーザ粗さ計(0.3mmピッチ)で測定。その結果から腐食体積を算出。
	鋼材重量減	腐食試験による鋼材重量減を測定。

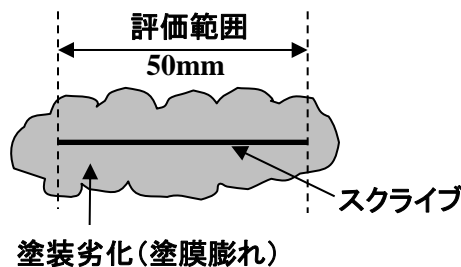


図1 塗装劣化面積

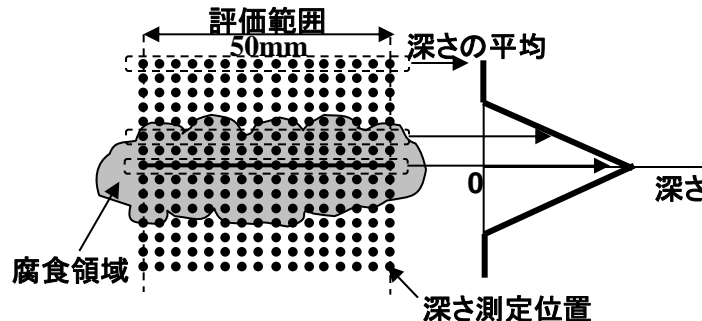


図2 腐食深さ

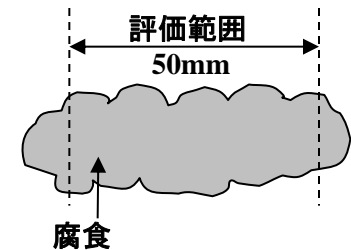


図3 腐食体積

腐食評価試験(腐食環境条件)

開発	条件	工程1(塩付着)	工程2(乾燥)	工程3(湿潤)	サイクル	狙い	
STEP1	条件1	35°C,5%NaCl噴霧, 2h	60°C,RH25%, 4h	50°C,RH>95%, 2h	工程1、2、3 の繰返し	ベース	
	STEP 2-1	条件2	35°C,人工海水噴霧, 2h	60°C,RH25%, 4h	50°C,RH>95%, 2h	工程1、2、3 の繰返し	NaClを人工海水に変更
	条件3	35°C,人工海水噴霧, 1h	60°C,RH25%, 2h	50°C,RH>95%, 1h	工程1、2、3 の繰返し	サイクル2倍	
STEP2-1 (予備試験1)	条件4	35°C,人工海水浸漬, 0.5h	60°C,RH25%, 4h	50°C,RH>95%, 3.5h	工程1、2、3 の繰返し	浸漬により塩付着均一化し、 バラつき低減	
	条件5	35°C,人工海水噴霧, 2h	60°C,RH25%, 4h	50°C,RH>95%, 6h	工程1、2、3 の繰返し	濡れ時間増加し、促進性 Up	
	条件6	35°C,人工海水噴霧	—	—		常時濡れの基礎実験	
STEP2-2 (予備 試験2)	STEP3	条件7	35°C,人工海水噴霧, 2h	60°C,RH50%, 4h	50°C,RH>95%, 2h	工程1、2、3 の繰返し	乾燥時の湿度増加し、促進 性Up
		条件8	35°C,人工海水噴霧, 2h	60°C,RH50%, 4h	50°C,RH>95%, 2h	上段サイク ル7日と下 段サイクル 7日の交番	乾燥時の湿度増加し、促進 性Up。実船と同様、交番
	35°C,RH>95%, 2h		60°C,RH50%, 4h	50°C,RH>95%, 2h			
	条件9	50°C,人工海水浸漬, 0.5h	60°C,RH50%, 4h	50°C,RH>95%, 3.5h	上段サイク ル7日と下 段サイクル 7日の交番	浸漬によりエレクトロコーティング 層減少、また、平均温度増 加させ促進性Up	
—		60°C,RH50%, 4h	50°C,RH>95%, 4h				

各腐食試験条件の実験結果

開発	条件	試験期間	狙い	無塗装材		塗装材										装置 汎用性
				耐食鋼 の優位性	腐食 形態	シヨップなし+エポキシ					シヨップあり+エポキシ					
						耐食鋼 の優位性		バラ つき	腐食 形態	促進性	耐食鋼 の優位性		バラ つき	腐食 形態	促進性	
						塗装劣化 面積	腐食 深さ				塗装劣化 面積	腐食 深さ				
STEP1	条件1	84日	ベース	/	/	-	-	×	/	○	-	○	○	/	○	○
	条件2	84日	NaClを人工加水に変更	○	/	-	-	×	/	○	-	-	-	/	×	○
	条件3	84日	サイクル2倍	/	/	-	-	×	/	○	-	-	-	/	×	○
STEP 2-1 (予備 試験1)	条件2	56日	STEP2-1ベース	/	/	/	/	△	○	○	/	/	/	/	/	○
	条件4	56日	浸漬により塩付着均一化し、バラつき低減	/	/	/	/	○	○	○	/	/	/	/	/	△
	条件5	56日	濡れ時間増加し、促進性Up	/	/	/	/	△	×	○	/	/	/	/	/	○
	条件6	56日	常時濡れの基礎実験	/	/	/	/	-	-	×	/	/	/	/	/	○
STEP 2-2 (予備 試験2)	条件7	28日	乾燥時の湿度増加し、促進性Up	○	/	○	/	/	/	○	○	/	/	/	○	○
	条件8	28日 56日	乾燥時の湿度増加し、促進性Up。実船と同様、交番	○	/	○	○	/	/	○	○	/	/	/	○	○
	条件9	28日	浸漬によりエレクトロコーティング層減少、また、平均温度増加させ促進性Up	○	/	×	/	/	/	○	○	/	/	/	○	△
STEP3	条件7	168日	試験法要件確認	×	×	○	○	×	○	○	○	-	△	-	×	○
	条件8	168日	試験法要件確認	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○

実船における耐食鋼の効果の再現、実船腐食機構(腐食形態)、バラつき、促進性、試験装置の汎用性の観点から条件8が最も有望

条件8: ショップなしエポキシ材の外観

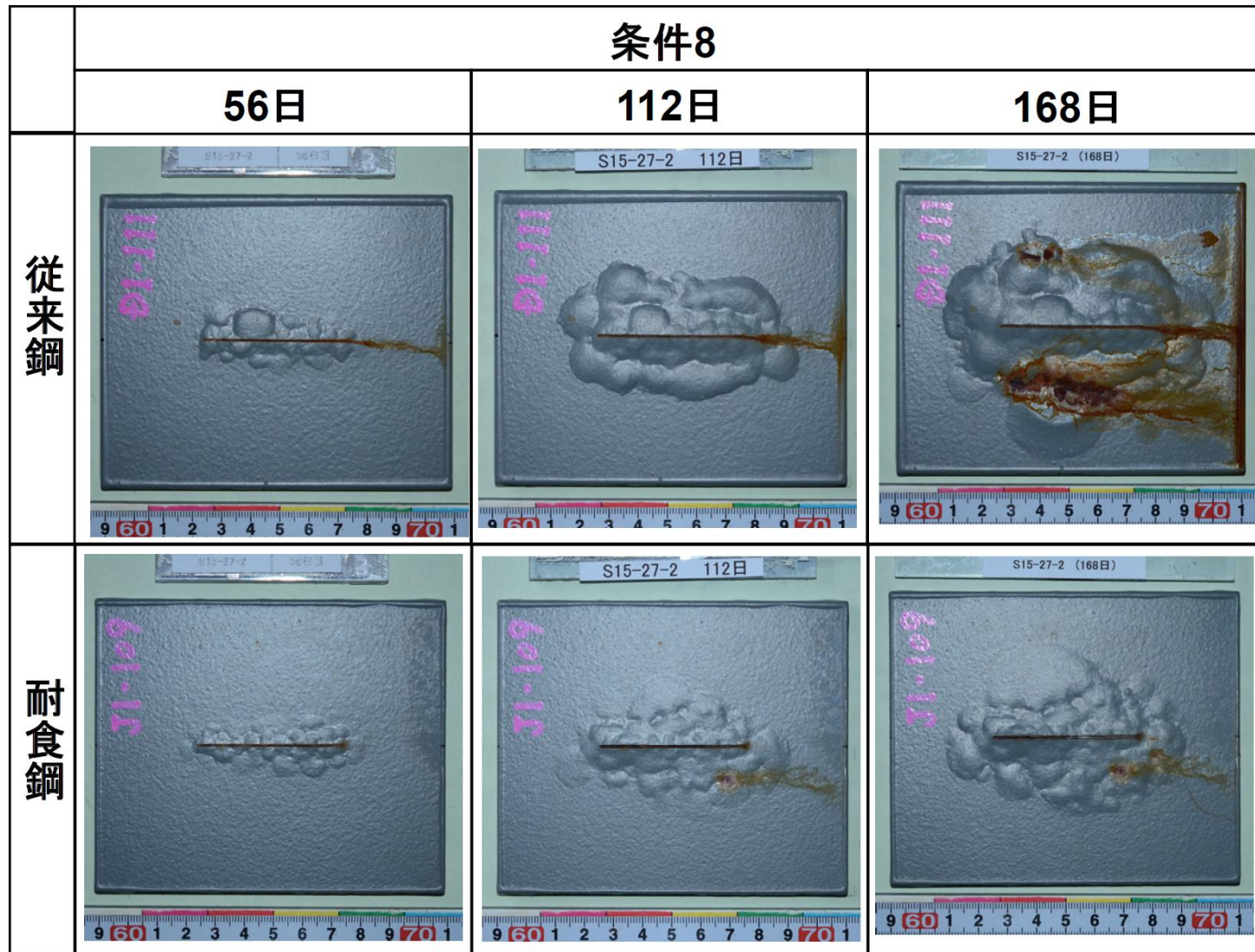
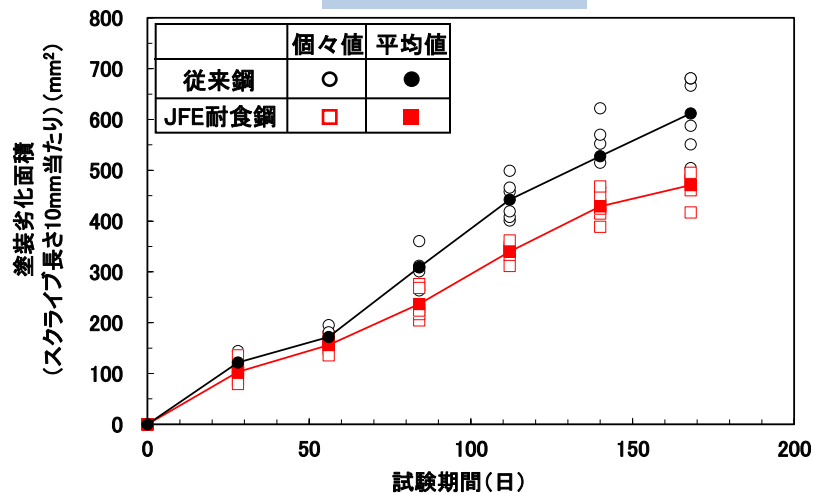


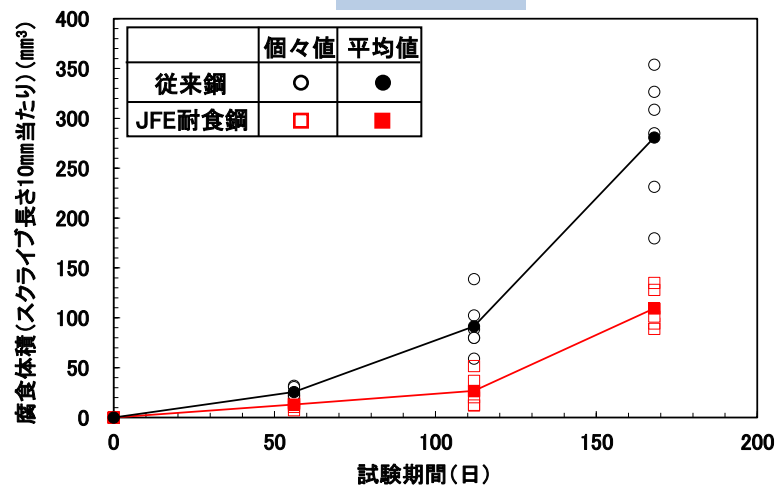
図 ショップなしエポキシ材の外観

条件8: ショップなしエポキシ材の各種特性 に及ぼす耐食鋼の効果

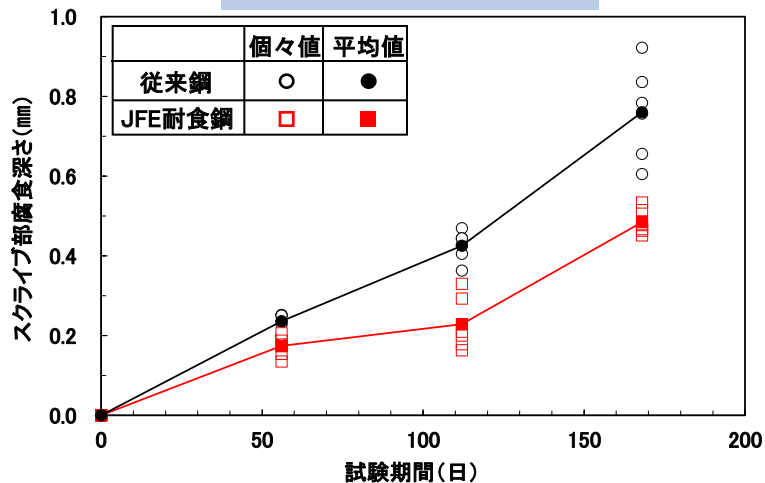
塗装劣化面積



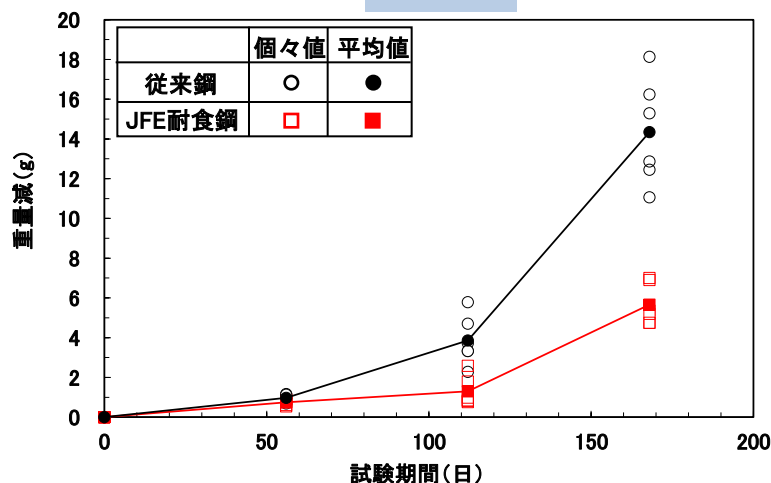
腐食体積



スクライプ部腐食深さ

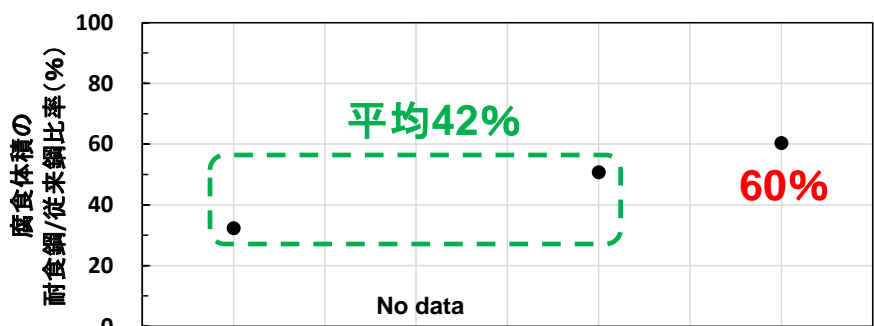
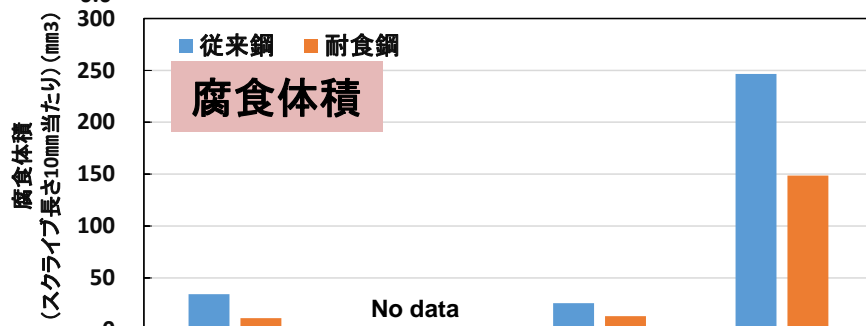
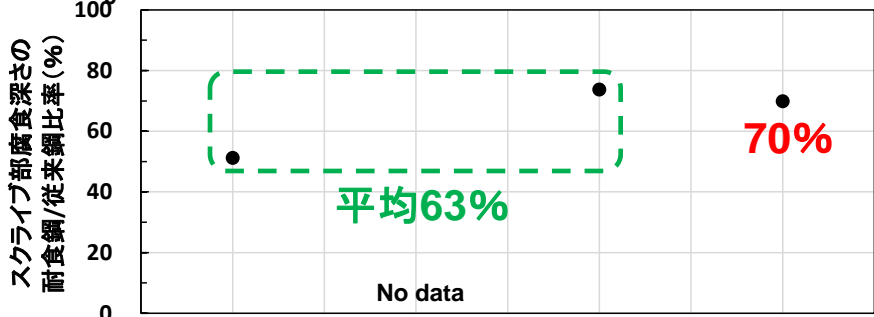
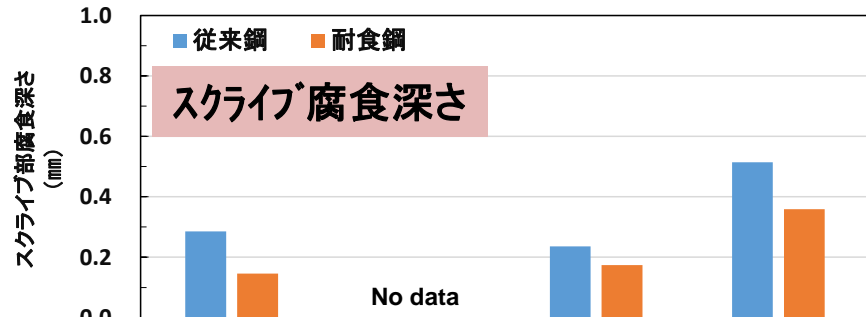
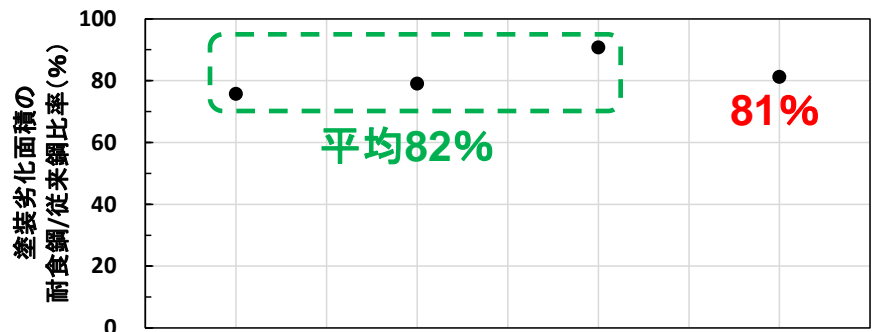
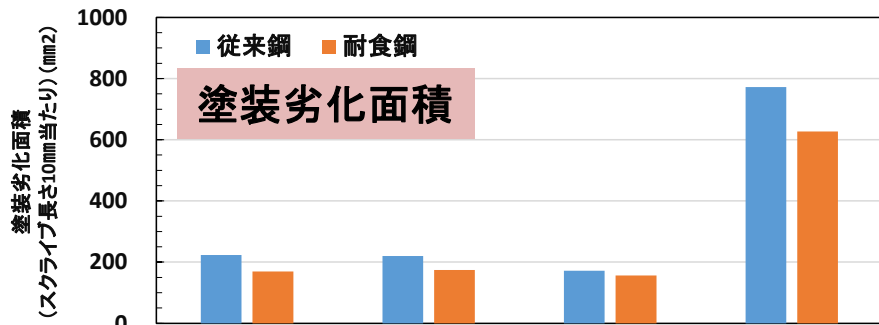


重量減



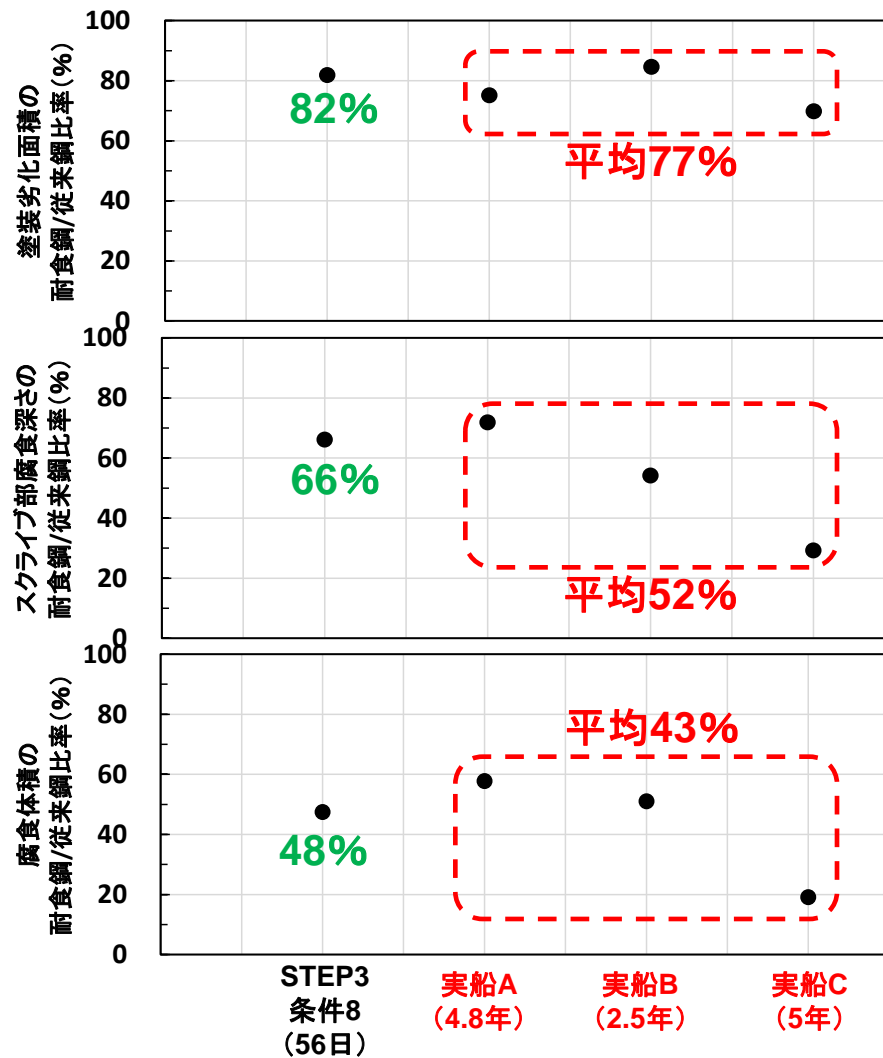
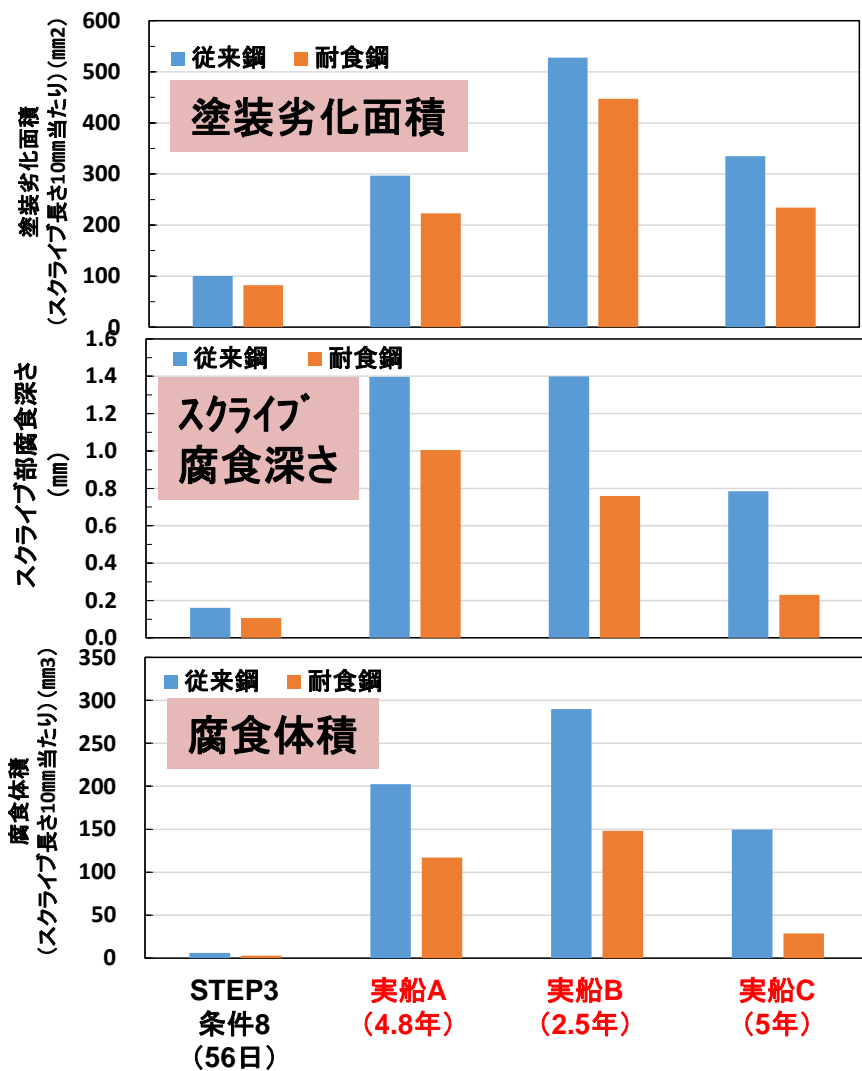
塗装劣化面積・腐食深さ・体積・重量減すべてにおいて、耐食鋼の効果を確認。

従来鋼に対する耐食鋼の特性比率 (シヨップなしエポキシ材)



CCT/条件8は、実船における塗装劣化面積の耐食鋼/従来鋼比率を再現。
腐食深さ、腐食体積のそれは、実船よりもやや小さくなる傾向だが、ほぼ再現。

従来鋼に対する耐食鋼の特性比率 (シヨップありエポキシ材)



CCT/条件8の塗装劣化面積、腐食深さ、腐食体積の耐食鋼/従来鋼比率は、実船よりもやや大きい傾向だが、ほぼ再現。

提案腐食評価試験法

仕 様		備 考	
鋼種と試験片数	従来鋼、耐食鋼を各6枚		
試験片形状	6t × 70 × 120 (mm) (図1)		
塗装	・エポキシ(160 μm × 2) ・シOPP+エポキシ(160 μm × 2)		
スクライブ形状	図1(プラスチックカッター使用)		
腐食試験条件	図2		
評価項目	塗装寿命延長	塗装劣化面積	<ul style="list-style-type: none"> ・腐食深さ: スクライブ部腐食深さ(デプスゲージでの評価可否検討要) あるいは 平均腐食深さ(重量減を全塗装劣化面積で除する)
	鋼材切替寿命延長	1) 塗装劣化面積および腐食深さ、2) 重量減のいずれか	
	腐食予備厚低減		
評価期間	1期間で評価(Ex.: 56日)	<ul style="list-style-type: none"> ・塗膜膨れが微小で評価出来ない場合などの対応の検討要。 	

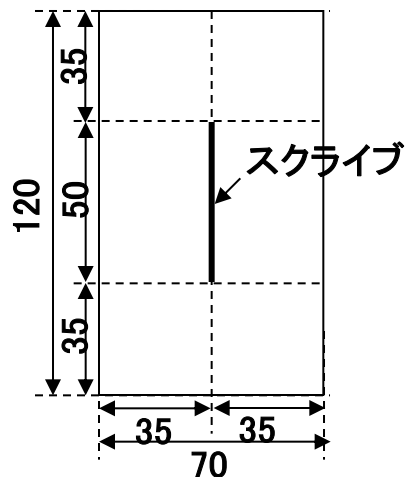


図1 試験片形状

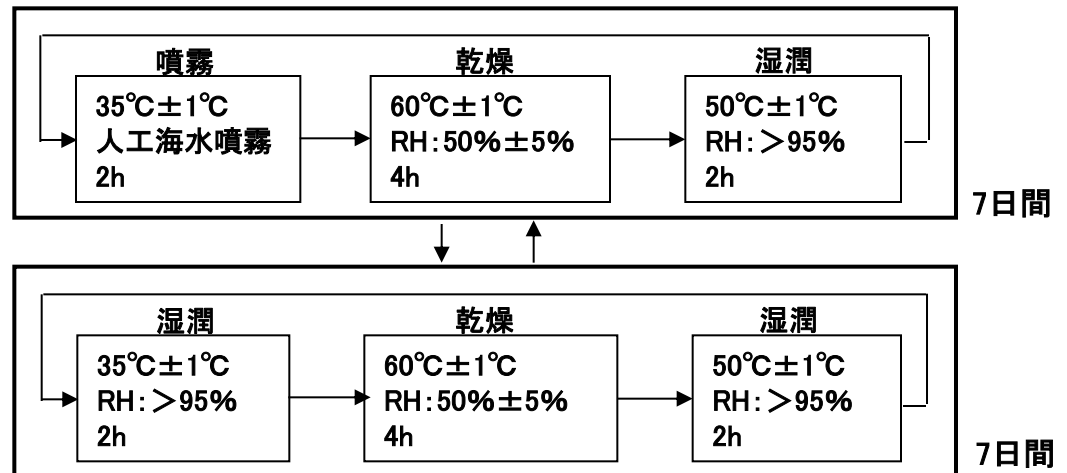


図2 腐食試験条件

まとめ

1) バラストタンクの内装部(上甲板裏近傍)における塗装鋼材の塗装劣化開始後の塗装劣化面積および鋼材の腐食損耗が評価出来る腐食評価試験法として、試験片仕様、腐食試験条件、評価項目を検討した。腐食試験条件では、実船における耐食鋼の効果の再現、実船腐食機構、バラつき、促進性、試験装置の汎用性の観点から、付与塩の種類、乾湿時間、乾湿頻度、塩水の噴霧/浸漬等の影響を検討した。

2) その結果、下記を腐食評価試験法として提案する。

- ・試験片仕様： 塗装後、プラスチックカッターにて50mm長さのスクライブを付与
- ・腐食試験条件：
(35°C、人工海水噴霧、2h→60°C、RH50%、4h→50°C、RH>95%、2h の繰り返し)
7日間 ⇔ (35°C、RH>95%、2h→60°C、RH50%、4h→50°C、RH>95%、2h の繰り返し)7日間の交番
- ・評価項目：
耐食鋼の期待効果に応じて、塗装劣化面積、腐食深さ、鋼材重量減を測定