

平成27年度

土木学会西部支部 技術発表会

～ 新技術・新工法・新材料などに関する発表会 ～

# 自己修復型防食塗料を用いた 防食塗装システムの性能評価

研究開発グループ：

ダイキ工業株式会社

エス・エルテック株式会社

九州工業大学

池田佳絵

下舞祥子

日比野誠

池田幹友

森山実加子

清水陽一

# 1.背景

- 国内の社会資本、プラント設備は整備補修の時代へ  
鋼構造物の耐久性を向上させるには、ブラスト処理を適用すべき

ブラスト処理が採用出来ない



従来の3種ケレンを採用



さび層が残る



- 耐久性が確保出来ない！
- 塗替を重ねるたびに劣化が早くなる！



**自己修復型防食塗料**

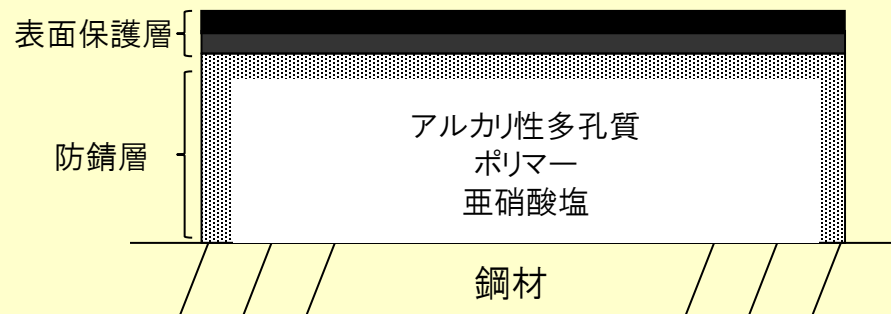


アルカリ雰囲気と亜硝酸を鋼面に保持させる方法の研究

## 2. 塗膜構成と模式図

表面保護層: 弱溶剤系プライマー及び  
有機溶剤系樹脂塗料

防錆層: 亜硝酸含有高炉スラグ混合  
セメントペースト



### ○構成材料

アルカリ粉体  
(高炉スラグ配合)



アルカリ雰囲気

機能とエコロジーの観点から、鉄鋼業の副産物である水砕スラグを利用した、高炉セメントを含有。塗膜中をアルカリ雰囲気にすることで、錆にくくする。

特殊防錆剤  
(亜硝酸塩)



亜硝酸Li → 亜硝酸Ca

自己修復機能

亜硝酸Liは鉄筋コンクリートの防錆剤として既に浸透している。当開発品は、価格の高騰が著しいLiから転換し、亜硝酸Caでの適応技術確立している。

特殊変性合成樹脂  
(エマルジョン)



付着強度

コーティング材としての物性を確保し、アルカリ粉体と防錆剤のバインダーとして採用。特に合成が難しい亜硝酸塩を混合させる技術を伴っている。

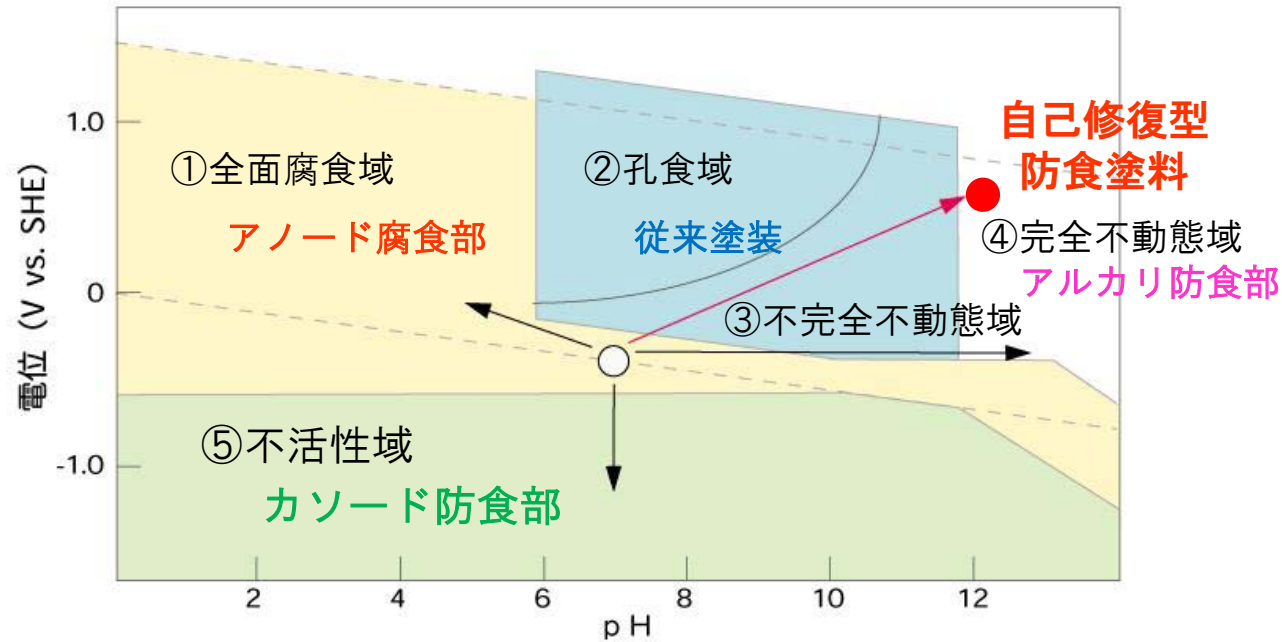
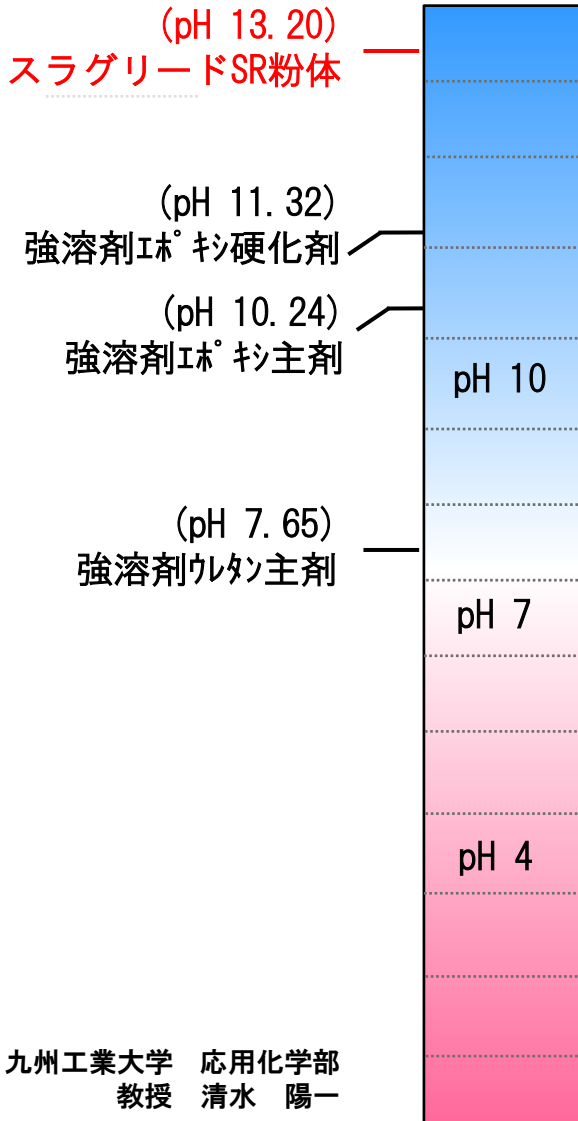
# 3. 本工法の特長

## 3.1 本工法の技術的戦略

※pHと電位（従来とは異なる電気防食概念に相当）



**スラグフリーSR  
混練後（ペースト状）**

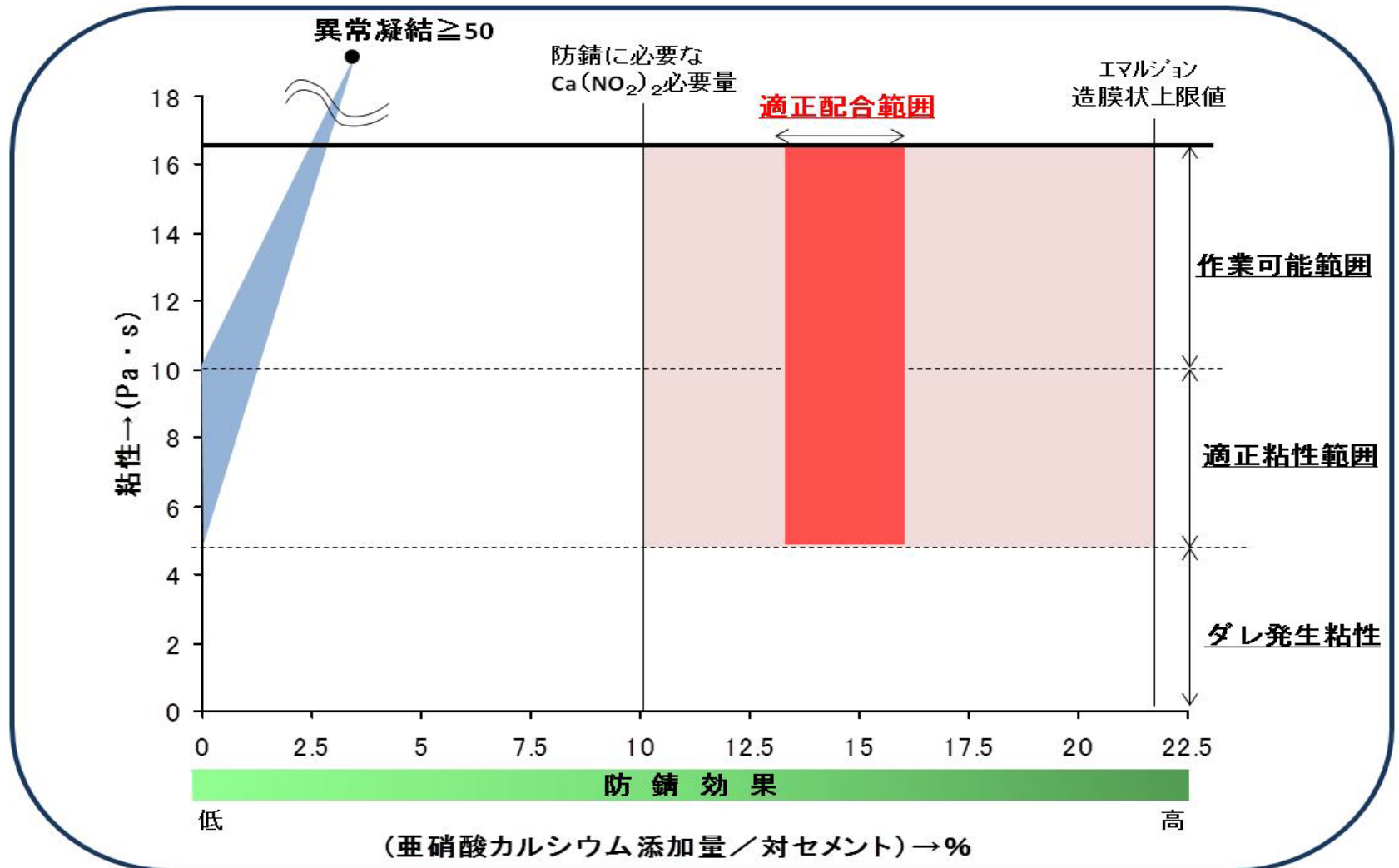


■NaCl水溶液（0.01モル濃度）での局部腐食発生状況  
コンクリート構造物に対する電気化学的応用 1998. 2.

# ● 粘性 と 亜硝酸カルシウムの添加量 の 関係

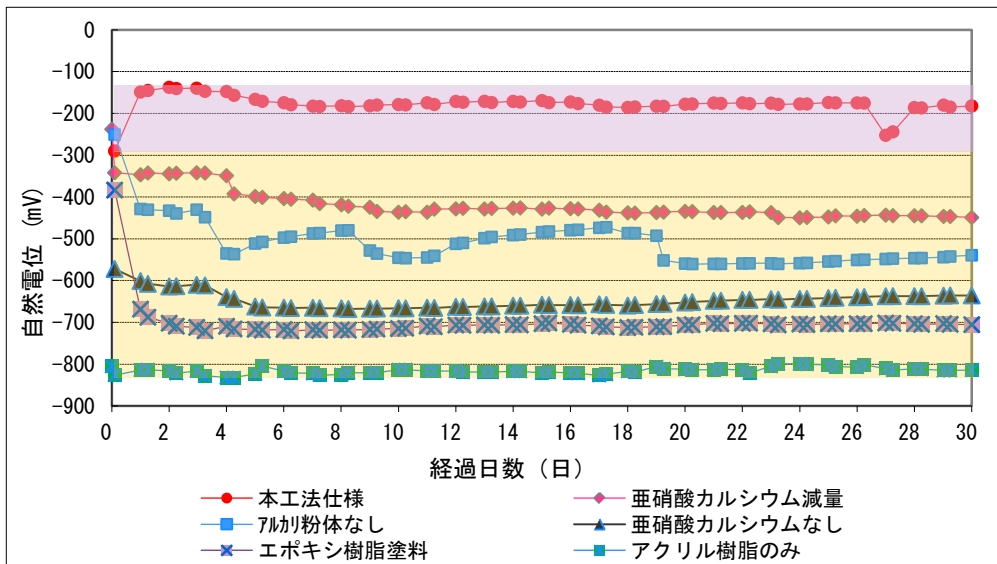
【従来技術】  
普通ポルトランドセメントと  
亜硝酸カルシウム

【自己修復型新規防食工法】  
高炉スラグセメントと  
亜硝酸カルシウム



## 3.2 本工法の防錆効果

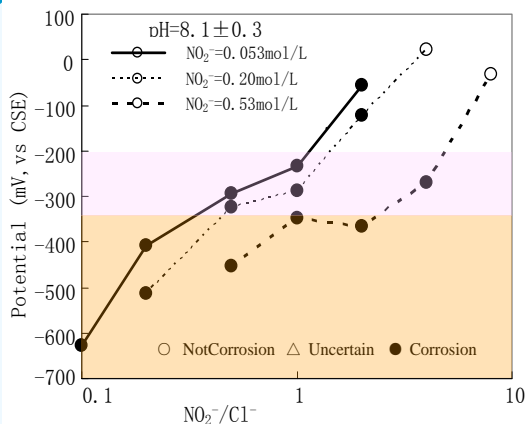
### 3.2.1 防錆効果を発揮する因子の基礎検討



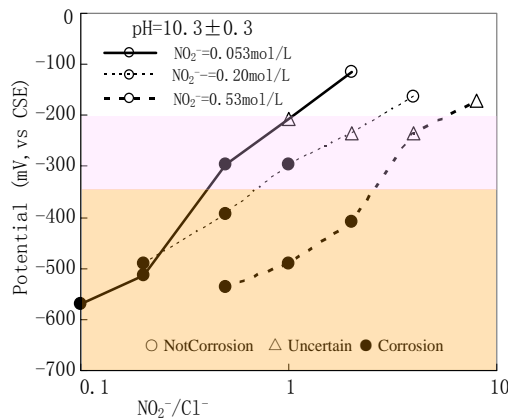
◆ASTM規格 (腐食評価基準)

腐食なし
-200~-350mV 腐食不確定領域
-350mV,以下腐食域

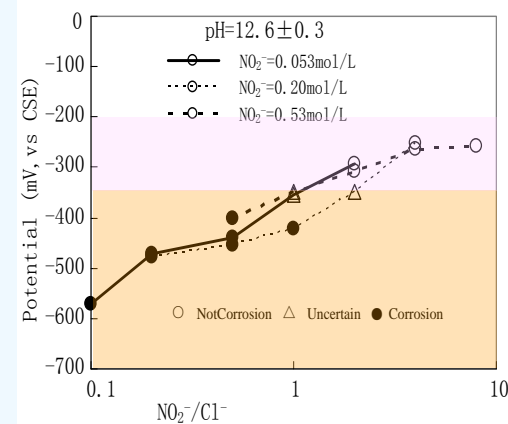
・自然電位測定により本工法の防錆効果の優位性を確認できた。



(a) pH8.1



(b) pH10.3



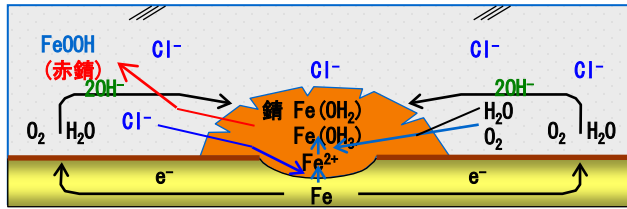
(c) pH12.6

特殊防錆剤の防錆効果は、**強アルカリ (pH≥10)** でかつ **NO<sub>2</sub><sup>-</sup>/Cl<sup>-</sup> ≥ 1** で、最も大きい。

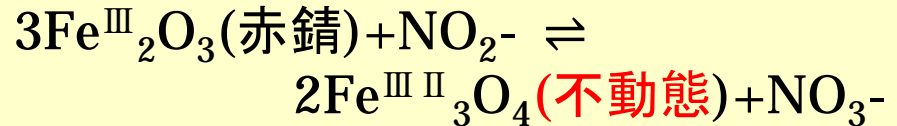
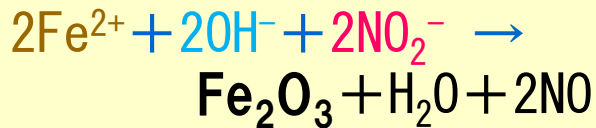
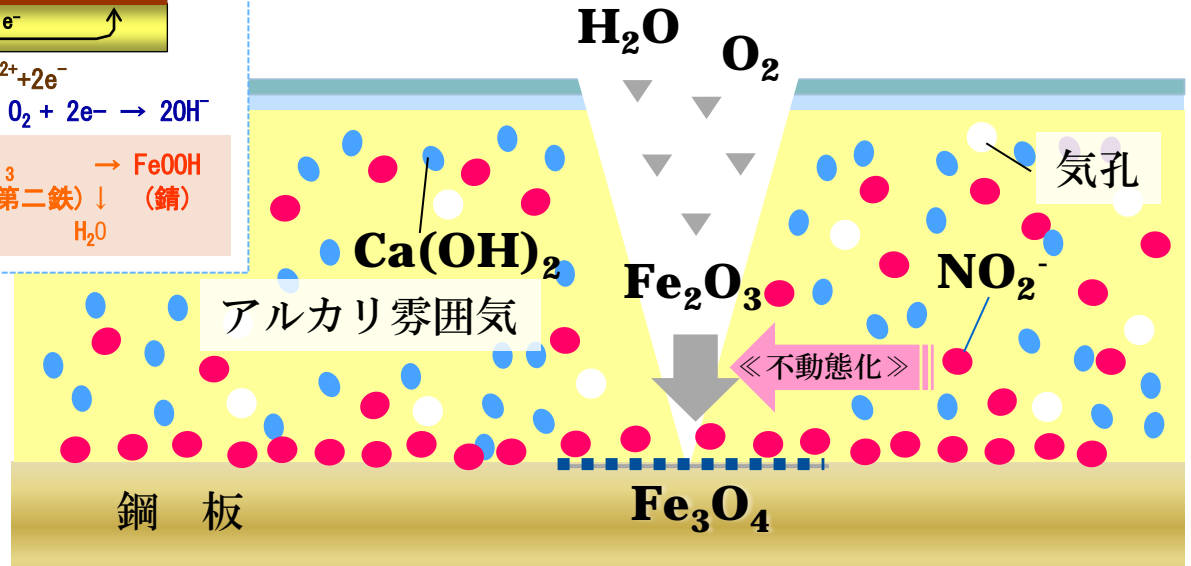
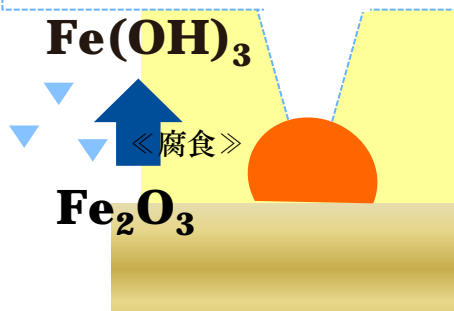
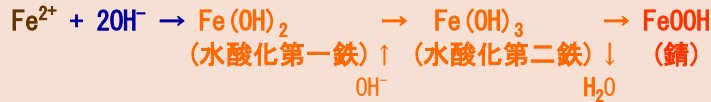
### 3.2.3 防錆効果のメカニズム

#### ○反応推定図

【腐食の原理】



- (1) アノード反応：腐食部  $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$   
 (2) カソード反応：防食部  $\text{H}_2\text{O} + 1/2 \text{O}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^-$



鉄の酸化物中の一部の鉄が亜硝酸によって還元され、安定な酸化物不動態になる。

塗膜に傷を受けても錆びない!!!

## 4. 本工法の性能比較評価試験

### 4.1.2 複合サイクル試験

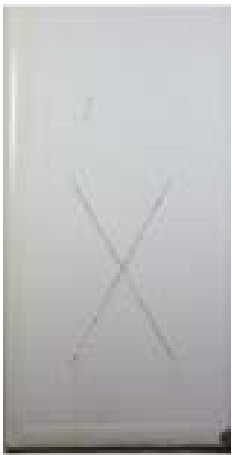


評価基準: JIS H8502「めっきの耐食性試験方法」

試験条件: 塩水噴霧(5°C NaCl、35°C 2h) → 乾燥(60°C 25%RH、4h) → 湿潤(50°C 98%RH、2h)

試験時間: 1600時間



	本工法	エポキシ樹脂塗料
錆発生率(%)	0	30~50
防錆評価	良	不良
施工評価	良	良
総合評価	優良	不良

	本工法		重防食塗装仕様	
複合サイクル試験後				

複合サイクル試験1600時間後、本工法は高い防錆効果を発揮









## 4.1.3 中性塩水噴霧試験

評価基準: JIS K5600-7-1 「耐中性塩水噴霧性」

試験条件: 塩水噴霧(5°C NaCl、30°C)

試験時間: 2000時間

下地	補修 錆鋼板 3,4種ケレン		新設 黒皮鋼板		サントラスト鋼板	
	本工法	重防食塗装仕様	本工法	重防食塗装仕様	本工法	重防食塗装仕様
塩水試験後						

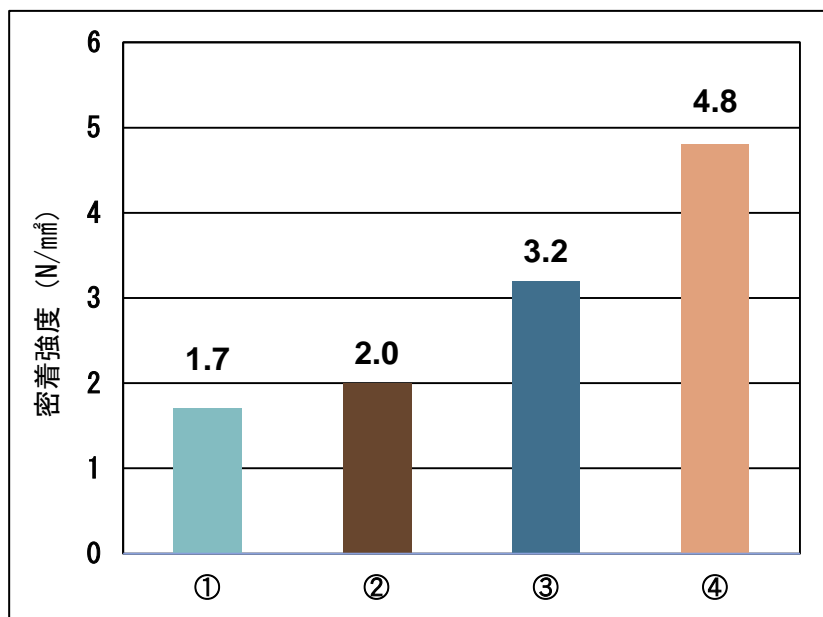
塩水噴霧試験でも、従来標準の重防食塗装仕様と比較して顕著な防錆効果確認

## 4.2 本工法の総合性能比較評価試験

### 4.2.1 本工法の密着強度評価試験

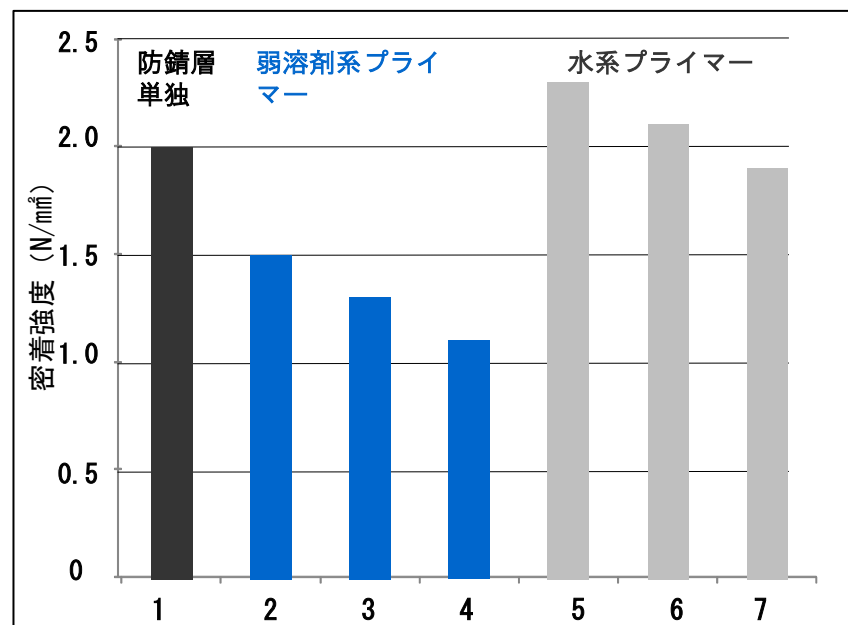
#### ●養生条件別 密着強度試験

養生条件	
①	初期値（上塗塗装後14日後）
②	85日後（塩水噴霧試験2000時間後）
③	180日後（恒温室23°C60%）
④	180日後（②より約3ヶ月後）



#### ●中間層/表面保護層別 密着強度試験

1	防錆層単独
2	防錆層+中間層
3	防錆層+中間層+表面保護層（ウレタン樹脂）
4	防錆層+中間層+表面保護層（フッ素樹脂）
5	防錆層+中間層
6	防錆層+中間層+表面保護層（ウレタン樹脂）
7	防錆層+中間層+表面保護層（フッ素樹脂）



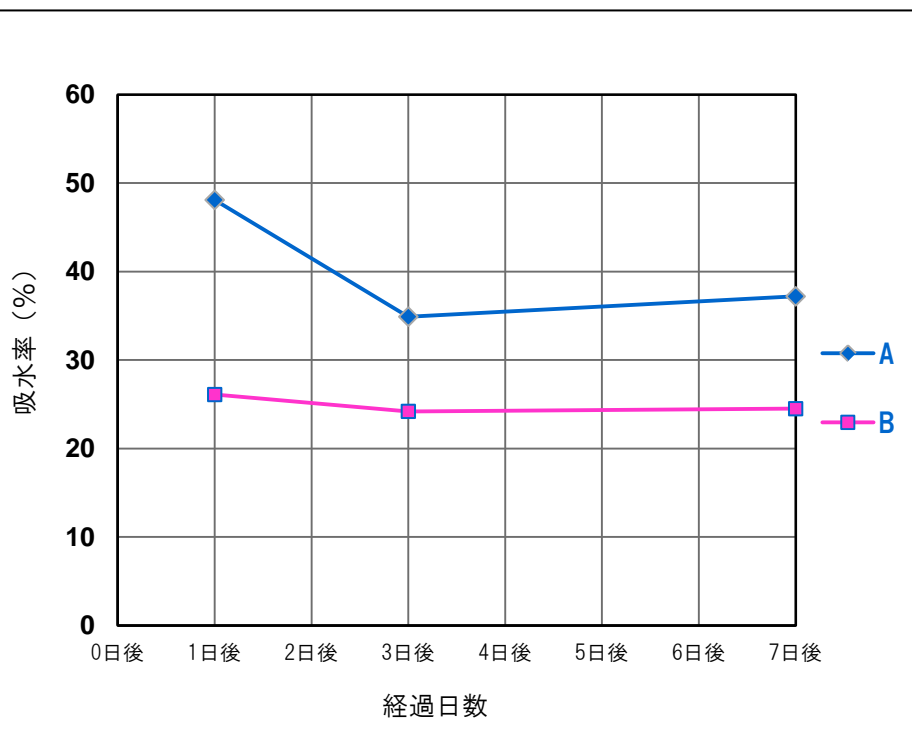
防錆層のセメントの水和反応が進行し密着強度が上昇 → 中間層の選別が重要!

## 4.2.2 本工法の吸水率

### ●防錆層単独(水系アクリル樹脂A,B)

試験条件: ダンベル状2号型を作成

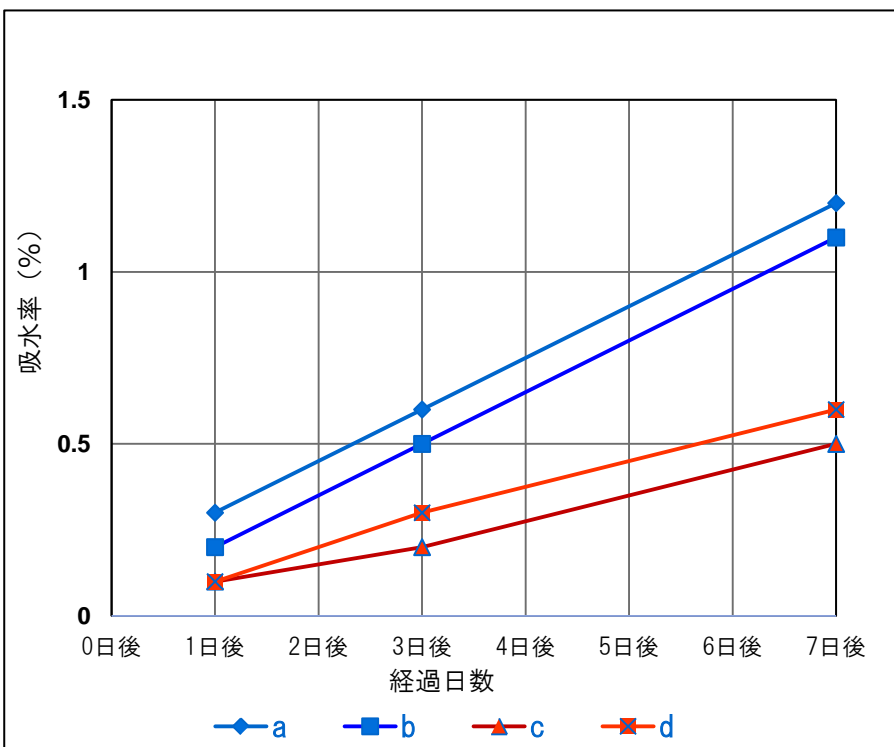
温水浸漬後、1日・3日・7日後の重量測定。



### ●防錆層+表面保護層(4種類)

試験条件: 試験片に防錆層+表面保護層を塗布

温水浸漬後、1日・3日・7日後の重量測定。

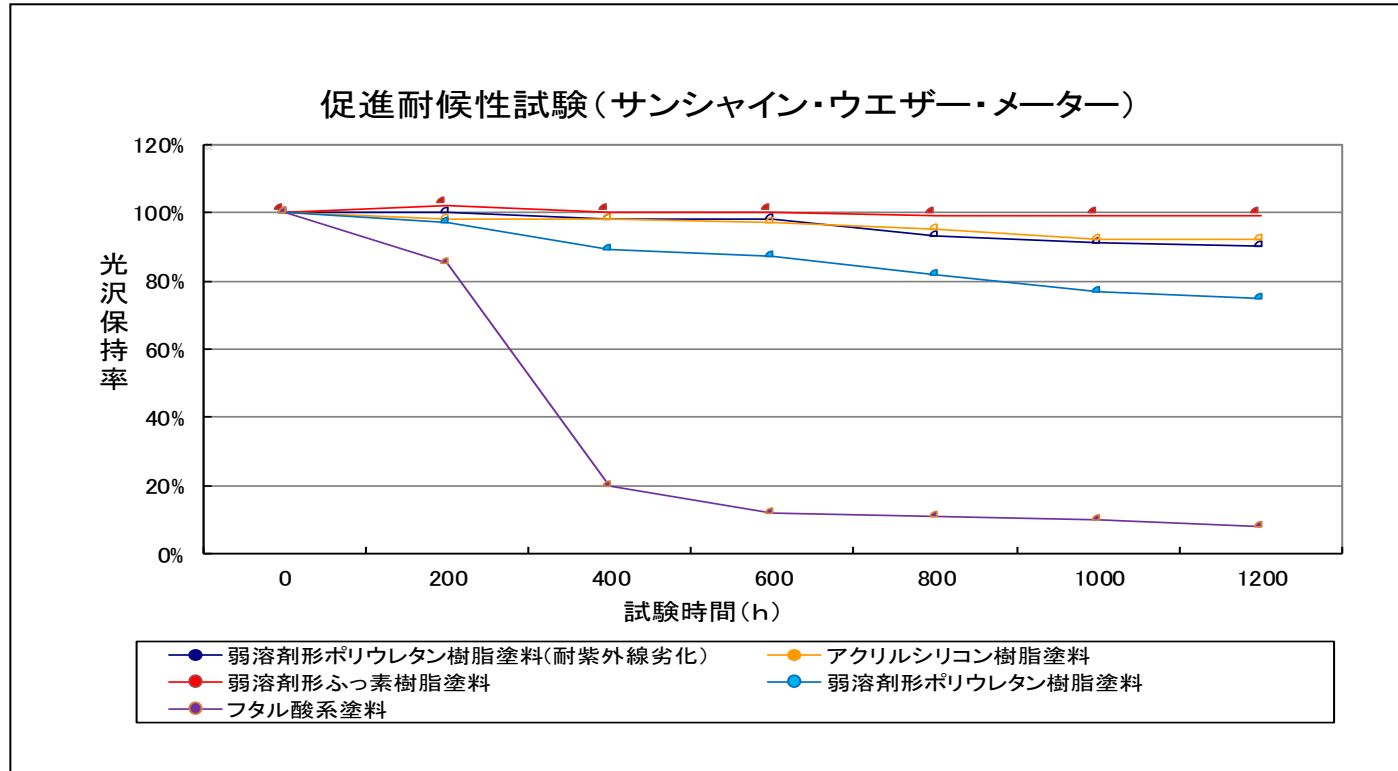


防錆層単独 : 25%~40%の吸水率



表面保護層塗布 : 0.5~1.5%の吸水率

## 4.2.3 本工法の塗膜寿命推定



塗膜の種類	ふっ素樹脂塗膜	ポリウレタン樹脂塗膜(耐紫外線劣化)	硬質ポリウレタン樹脂塗膜	軟質ポリウレタン樹脂塗膜	エポキシ樹脂塗膜
膜厚減少度/年あたり	0.33-0.43 $\mu\text{m}$ /年	1 $\mu\text{m}$ /年	2 $\mu\text{m}$ /年	4 $\mu\text{m}$ /年	10 $\mu\text{m}$ /年

# 実施工の様子

コンベア



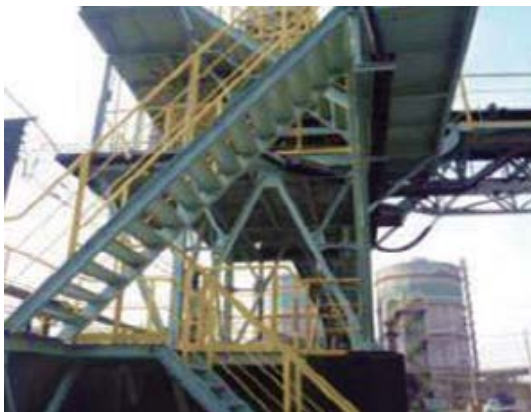
化学工場



工場内プラント設備



施工前



施工後

様々な陸上の鋼構造物へ実施工を行い、効果の実証・実績を重ね、健全な塗膜を保持している。

## まとめ

- ①塗替え時の既設構造物(特に鋼構造物)表面の素地調整時に、サンドブラスト処理が出来ない施工箇所への防錆効果が大い。
- ②防錆層の考え方において、顔料にセメントを使用することで、多孔質で高アルカリ雰囲気塗膜を作製し、亜硝酸カルシウムの防錆効果を併せ持つ自己修復防食塗料である。
- ③防錆層と表面保護層の中間に防錆層と上塗層の両面の特徴を活用する特殊プライマー層を設けることにより、防錆層中の亜硝酸カルシウムの上塗層への浸透による悪影響を防止し、亜硝酸カルシウムの蒸発を押さえる。また、上塗層の耐候性を用い、紫外線劣化による本工法の長寿命化を図っている。

**ご清聴ありがとうございました。**