

## 人工海水を用いた腐食環境下における Zn-30mass%Al 溶射皮膜の腐食性評価

宮崎大学 学生会員 ○白井 敬大  
宮崎大学 正会員 森田 千尋

宮崎大学 非会員 中野 敦  
琉球大学 正会員 押川 渡  
株式会社ダイヘン 非会員 米沢 昇

## 1. 目的

表面改質技術のひとつである防錆溶射は、用途に応じた高度な機能や性能の付与を目的とし、大規模な橋梁や風力発電タワーなどから柱状変圧器ケースのような複雑形状のものまで、効果的な防錆手段として幅広く使用されている。自然環境における溶射皮膜の長期耐食性を評価する方法としては大気暴露試験が有効であり、国内外の研究において長期にわたる実地試験が各地で実施され、その優位性が確認されているが、具体的な寿命は提示されていないのが現状である<sup>1)~3)</sup>。そこで本研究では、溶射皮膜の寿命評価に関する基礎的研究として、人工海水を用いた大気暴露試験による Zn-30mass%Al 溶射皮膜の大気腐食性について、表面解析、皮膜厚さ測定および断面皮膜解析を用いて一般的な大気暴露試験と比較して評価を行った。

## 2. 方法

供試材料の溶射鋼はブラスト処理により粗面形成させた 150×70×2.3mm の鋼板上に、圧縮空気によるアーク溶射法によって溶射した。溶射皮膜の組成は Zn-30mass%Al で皮膜厚さは約 150 $\mu$ m、90 $\mu$ m 程度であり、皮膜の封孔処理は施していない。また、比較材として膜厚約 100 $\mu$ m の溶融亜鉛めっき鋼板を用いた。いずれの試験片においても裏・端面部には防錆塗料による保護塗装をしており、暴露面積は 115×59mm となっている。また、溶射およびめっき皮膜表面の下部中央にはカッターを用いてライン状のカット疵を付与した。ラインカットは、表面から深さ 150 $\mu$ m 以上で鋼板の素地にまで達しており、そのカット幅は約 300 $\mu$ m 程度である。

大気暴露試験は琉球大学工学部暴露試験場において、暴露面を南向きに水平角度 35°に設置した暴露架台で行った。暴露期間は 10 年間である。人工海水には ASTM D1141 に準拠した金属腐食試験用液を用い、1 サイクルを 24h として 1 サイクル毎に各皮膜表面にはけ塗りで塗布した。人工海水の塗布量は、1 試験片あたり 2.3×10<sup>-3</sup>L である。また、一般的な大気暴露試験についても同時期に実施した。

皮膜断面解析用試験片は 20×20mm に切断し、エポキシ樹脂に縦に樹脂埋めして鏡面研磨した。この樹脂埋め試験片にデジタルマイクロスコップを用いて 1mm 等間隔で合計 20 点測定し、その平均値を平均膜厚とした。また、溶射皮膜の断面構造および構成元素を調べるために、EPMA により SEM 観察および元素分布について解析した。

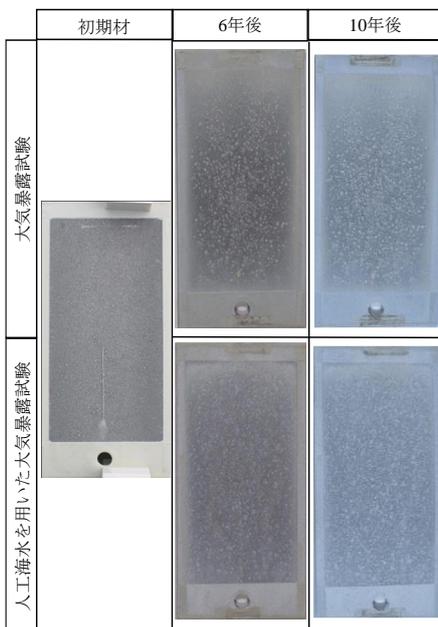


図-1 Zn-Al 溶射鋼 (150 $\mu$ m) の表面状態

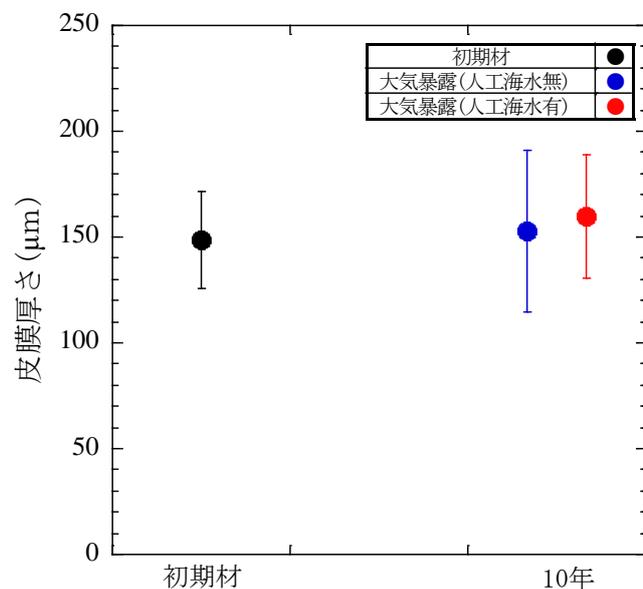


図-2 Zn-Al 溶射鋼 (150 $\mu$ m) の溶射皮膜厚さ

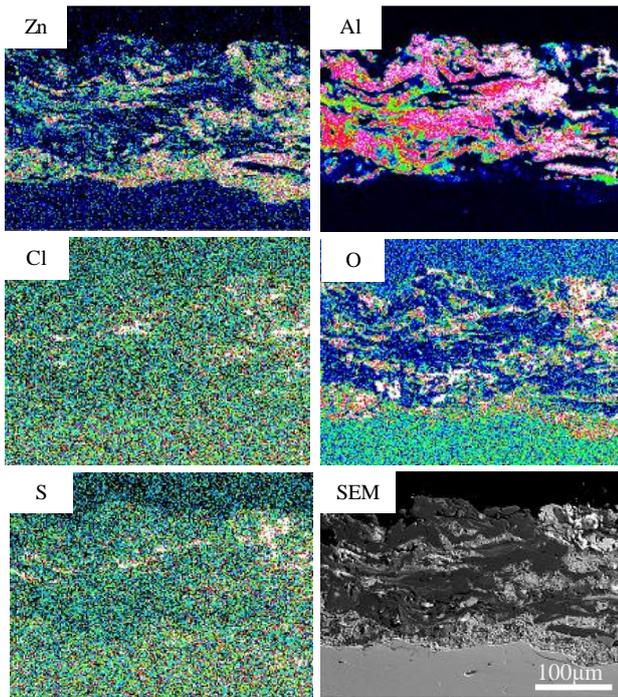


図-3 人工海水を用いた大気暴露試験による溶射皮膜 (150 $\mu$ m) のEPMA分析

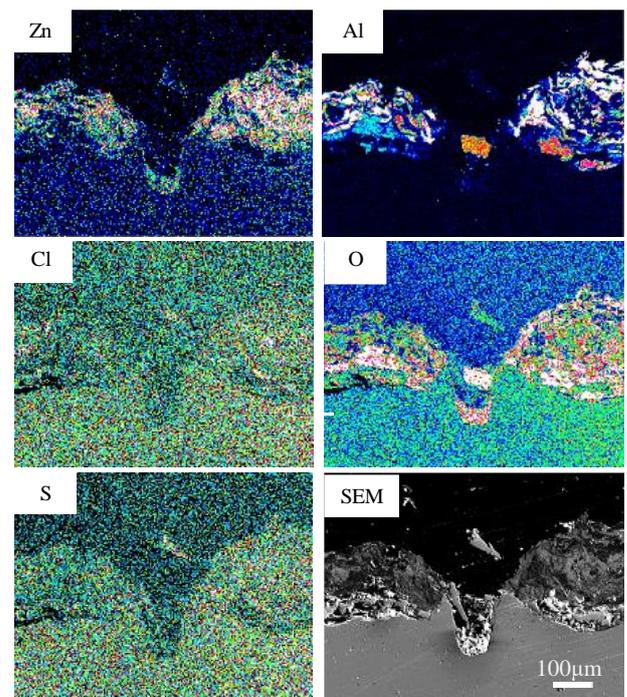


図-4 人工海水を用いた大気暴露試験による溶射皮膜 (150 $\mu$ m) 疵部のEPMA分析

### 3. 結果と考察

10年間の大気暴露試験における溶射皮膜表面の外観写真を図-1に示す。大気暴露試験によるZn-Al溶射皮膜は、暴露期間6年目には表面全体が白色に変化し、粒状の腐食生成物が確認できる。人工海水を用いた大気暴露試験による暴露期間6年目では、白色粒状の腐食生成物はさらに増加しているが、表面全体が白色に変化したため目立たなくなっている。いずれの溶射皮膜においても暴露期間10年目は大きな変化はみられなかった。また、カット部を起点とした腐食の進行はみられなかった。

10年間の大気暴露試験後の膜厚の変化を図-2に示す。溶射皮膜厚150 $\mu$ mの場合、10年間の大気暴露試験および人工海水を用いた大気暴露試験のいずれにおいても大きな差異はみられない。

9年間の人工海水を用いた大気暴露試験における溶射皮膜厚150 $\mu$ mの溶射皮膜の断面SEM観察および元素分布結果を図-3に示す。皮膜最外層付近にZn, AlおよびOの酸化物層が形成されており、皮膜内部の酸化物層は一般的な大気暴露試験よりも増加している。また、皮膜内部において検出されたOは鋼材と皮膜の境界部および皮膜内の気孔部に多く検出されている。これは溶射過程においてZnおよびAl微粒子表面に形成された酸化物によるものと考えられる。また、人工海水を塗布することでClやSが皮膜内部に侵入している箇所がみられた。SEM像を見ると人工海水を塗布したことによる皮膜厚さの減少は認められない。

9年間の人工海水を用いた大気暴露試験における溶射皮膜厚150 $\mu$ mについて、ラインカット部の断面SEM観察および元素分布結果を図-4に示す。Znはカット部表面に沿ってAlよりも優先的に溶出し、酸化物を形成しており、Znによる犠牲防食作用が認められた。また、カット部付近における皮膜内部へのClやSの侵入は認められない。

### 4. 結論

- 1) 10年間の大気暴露試験において、Zn-Al溶射鋼はいずれの試験においても良好な耐食性を示した。
- 2) EPMA分析により、溶射皮膜は塩基性炭酸AlZnで構成される腐食生成物による保護皮膜が確認された。
- 3) ラインカット部において、Znの犠牲防食作用が確認された。

#### 参考文献

- 1) 片山英樹, 黒田聖治: 海浜地域に33年間暴露されたZn, Zn-30wt%Al及びAl溶射皮膜の長期大気腐食挙動, 防錆管理, Vol.54, No.4, pp.127-133, 2010.4.
- 2) 高谷泰之: 高硬度溶射皮膜とその耐腐食性, 表面技術誌, Vol.59, No.8, pp.520-525, 2008.8.
- 3) 辻野文三: 大型鉄鋼構造物の長期防錆法の指針-アーク溶射によるアルミニウム溶射皮膜-, 高温学会誌, Vol.28, pp.247-252, 2002.11.