

# 溶融亜鉛めっき製品の外観について 【白さび】

## 1. 溶融亜鉛めっきとは

溶融亜鉛めっきの歴史は古く、1742年フランスのP.J.Malouinによって発明され、日本では1906年に官営八幡製鉄所で鉄鋼板への溶融亜鉛めっきが始まり、100年以上の実績を持つ防錆方法です。

この処理は、前処理した鉄鋼素材を、溶融した液体金属亜鉛（約450°C）のめっき浴へ一定時間浸漬し、その後引き上げ、素材表面で液体金属を凝固させて金属被覆するめっき方法です。図1にめっき工程の概略を示します。

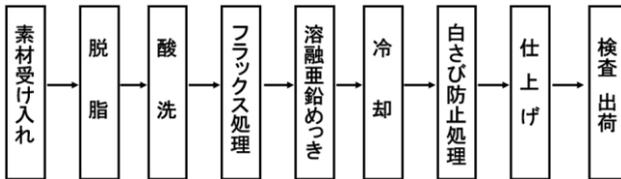


図1 めっき工程の概略

亜鉛めっき浴に鉄鋼素材が浸漬されると、鉄鋼素材とめっき浴（液体金属亜鉛）との界面で合金反応（素材中の鉄成分と液体亜鉛の拡散反応）が進み、鉄-亜鉛合金層が形成され、素材と密着力が高い、また比較的厚いめっき層の形成が可能となります。図2に光学顕微鏡で観察された溶融亜鉛めっきの組織を示します。

溶融亜鉛めっきの組織は、鉄鋼素材との界面から順に、 $\delta 1$ （デルタ-ワン、 $FeZn_{10}$ ）、 $\zeta$ （ツェータ、 $FeZn_{13}$ ）および主に亜鉛（めっき浴）が凝固した $\eta$ （イータ）層から構成されています。即ち、合金層とは $\delta 1$ および $\zeta$ を指し、その合金層（膜厚）の発達は、めっき浴温度およびめっき浴への浸漬時間に比例して増減し、かつ鉄鋼素材中の成分（SiやP）等の影響により活発になる場合があります。

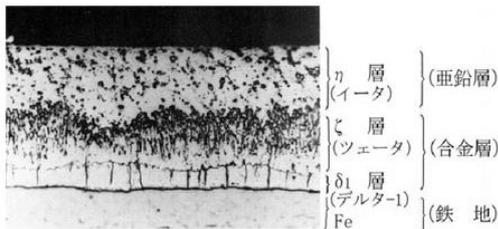


図2 溶融亜鉛めっき層の組織断面

## 2. 白さびとは

白さびとは、亜鉛めっき加工した製品の保管中に、雨水や結露等の水分の付着によって発生する亜鉛の酸化物です。通常はチョークの粉のような白色の粉末が発生しますが、程度によって黒っぽい外観となる場合があります。また、白さびの主成分は、酸化亜鉛( $ZnO$ )や塩基性炭酸亜鉛( $2ZnCO_3 \cdot 3Zn(OH)_2 \cdot H_2O$ )と考えられています。



写真1 白さびの外観①



写真2 白さびの外観②



写真3 白さびの外観③

## 2-1 白さびの発生原因

白さびの発生には必ず水分と酸素が必要です。水分は雨水や海水飛沫のこともあり、結露の場合も多く見られます。ただし、水中に長い間浸せきされた状態では白さびは発生しません。

白さびは、めっき面の一部が乾燥し一部が濡れている状態で、その境界線が長時間移動しないときに、境界線に隣接し濡れている側のめっき表面上に発生する場合に多くみられます。更に、乾湿の境界線が長時間かけて移動する場合、白さびの発生部は大きな面積をもつようになります。

この反応は、**図 3** のように、水に濡れている箇所の中央付近と境界付近の酸素濃度の差によって形成される酸素濃淡電池によって起こります。具体的には、水滴の中央付近に接する亜鉛表面は、水滴外周の境界線に接する亜鉛表面より低電位になります。このため、中央付近の亜鉛がイオン化され、水中の炭酸イオン等と反応し、白さびとなります。

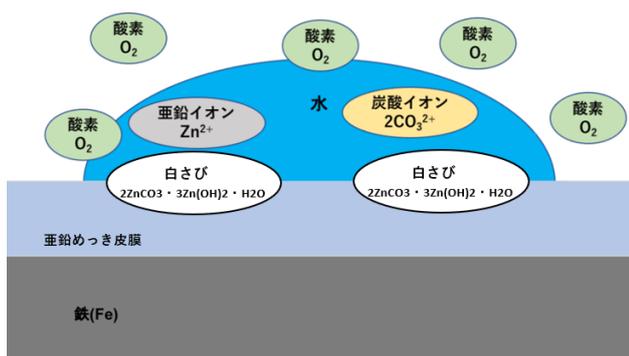


図 3 白さび発生メカニズム

通常、めっき工程では、白さびを防止する目的で冷却後に白さび防止処理を施しますが、その皮膜は数  $\mu\text{m}$  程度であり、効果は一時的です。

## 2-2 白さび発生箇所の耐食性、経時変化等

白さびは、特徴的な外観ではありますが、亜鉛の減量は極わずかで、めっき膜厚にして  $1\mu\text{m}$  以下ですので、そのまま使用しても耐用年数に問題を生じることはありません。

また、白さびは、時間の経過とともに次第に脱落し、その後は緻密で安定な保護皮膜<sup>1)</sup>が形成され、通常部との外観上の差が目立たなくなります。

注<sup>1)</sup> 溶融亜鉛めっきは大気中の酸素、二酸化炭素、水分等と反応し、表面に腐食生成物が形成されます。この腐食生成物はやがて薄く緻密な保護皮膜となり、亜鉛めっきの減耗をさらに低下させます。



図 4 白さびの経時変化

JIS H 8641 : 2021 には、「めっきの目的は、耐食性の付与にあり、装飾の目的で施されるものではないため、外観の規定は、美観的要求事項を満足させるものではない。」との記載があります。また、白さびについては、「防食性能には悪影響を及ぼさないため、補修などは不要である。」とも記載されています。

## 3. 白さびに関するまとめ

白さびは、溶融亜鉛めっきの外観の特徴であり、めっきの本来の目的である耐食性への影響もありませんので、このまま使用されることをお勧めします。

実際に施工された道路の標識柱等の溶融亜鉛めっき製品を見ると製品全体が一様に灰色になっているように、本来のめっき色(保護皮膜の灰色)に徐々に変化していきますので、色の違いは殆ど目立たなくなります。銀色の塗料等を用いて色合わせ補修を行った場合、経時変化によってめっき部分は灰色になり、色合わせを行った部分のみ塗料色が残り(写真 4)、目立つことがありますので、補修せずに使用されることをお勧めします。



写真 4 経時変化後の外観