

# バッチ式溶融亜鉛めっきと

## CGL 系溶融亜鉛アルミ合金めっきの耐食性比較

一般社団法人 日本溶融亜鉛鍍金協会  
技術・標準化委員会 耐食性グループ

### 1. はじめに

溶融亜鉛めっきは鉄鋼材料の防錆手段として長い歴史を持ち、広く普及している技術である。その適用方法は、バッチ式と連続式があり、前者は比較的板厚の厚い鋼材を成形加工後にめっきするもの、後者は比較的薄い鋼板を連続的にめっきし、それを素材として成形加工する方法である。近年溶融亜鉛めっきにアルミニウム、マグネシウム等の合金元素を添加して耐食性を向上させる技術が普及し、特に連続式合金めっき鋼板は、その耐食性がバッチ式に比べて格段に優れているとして、バッチ式溶融亜鉛めっき市場にも進出しつつある。当協会技術・標準化委員会耐食性グループでは、これらのめっき技術の耐食性能を比較し、かつその耐用年数を推定すべく試験を実施しているため、途中経過を報告する。

### 2. 試験対象材

耐食性試験としては、サイクル腐食試験と大気暴露試験を実施しているが、いずれの試験にも表 1 に示す試験片（200 mm×100 mm×t3.2 mm）を使用した。

表 1 試験片仕様

記号	めっき種類	めっき方式	皮膜成分(化成処理なし)	付着量 (g/m <sup>2</sup> ・片面)	端面養生
A1	合金めっき鋼板	CGL	Zn-6%Al-3%Mg	125	なし
A2	同上	同上	同上	125	あり
B1	合金めっき鋼板	CGL	Zn-11% Al-3%Mg-0.2%Si	175	なし
B2	同上	同上	同上	175	あり
ZAd	溶融合金めっき(A社)	バッチ式	Zn-5%Al-1%Mg	350	-
ZAe	溶融合金めっき(B社)	バッチ式	Zn-5%Al-1%Mg	350	-
HGd	溶融亜鉛めっき(A社)	バッチ式	Zn>99.995%	550	-
HGe	溶融亜鉛めっき(B社)	バッチ式	Zn>99.995%	550	-
PW	溶融亜鉛めっき(A社)	バッチ式	Zn>98.5%	550	-

端面養生：フッ素樹脂塗料用プライマー1回塗り後フッ素樹脂塗料2回塗り

### 3. サイクル腐食試験

JIS H 8502「めっき耐食性試験方法」に準拠したサイクル腐食試験を実施した。試験条件を表2に示す。

表2 サイクル腐食試験条件

項 目		条 件
試験片保持角度		垂直に対して 15~30°
塩水噴霧	温度	35±1 °C
	塩化ナトリウム濃度	50±5 g/l
乾燥	温度	60±1 °C
	相対湿度	20~30%RH
湿潤	温度	50±1 °C
	相対湿度	95 以上 %RH
1 サイクルの内訳 (それぞれの移行時間を含む)		1 サイクル 8 時間
		塩水噴霧 2 時間
		乾燥 4 時間
		湿潤 2 時間
移行時間：各項目の条件（温度、相対湿度）に達するまでの時間		噴霧から乾燥 30 分以内
		乾燥から湿潤 15 分以内
		湿潤から噴霧 30 分以内

試験時間は1サイクルを塩水噴霧2時間、乾燥4時間、湿潤2時間、計8時間とした。また、30サイクルを1ユニットとし、1ユニットごとに外観観察並びに腐食減量データを採取した。ユニットごとの外観観察結果を表3に示す。数値は試験片表面の防錆面積比率を表し、100%は赤錆なし、50%は赤錆発生面積が評価面積の半分、0%は全面に赤錆発生を表す。

表3 外観観察結果 サイクル経過時の防錆面積比率

試験片	防錆面積比率 (%)					
	30 サイクル	60 サイクル	90 サイクル	120 サイクル	150 サイクル	180 サイクル
A1	100	100	95	70	30	5
A2	100	99	97	88	80	70
B1	100	100	99	96	93	88
B2	100	100	100	97	94	88
ZAd	100	100	100	100	98	95
ZAe	100	100	100	98	96	92
HGd	100	100	88	38	8	0
HGe	100	100	95	70	15	0
PW	100	100	70	0	-	-

またサイクルごとの腐食減量測定結果を図1に示す。

一般的な溶融亜鉛めっき HGd, HGe, PW では赤錆発生が進行し、何れも 180 サイクル終了時点では全面的に赤錆に覆われた。また、腐食減量も HGd, HGe, PW では他の試験片に比べて、大きな数値となっている。ただし、この種の加速試験は必ずしも実環境を反映しているとは言えないこと、またこれらの結果から耐用年数を推定することは出来ないため、後述の大気暴露試験を継続し、その結果と併せて吟味することとする。

#### 4. 大気暴露試験

表1に示した試験片を、田園地域（栃木県小山市）、都市工業地域（大阪市）、海岸地域（愛知県伊良湖岬の海岸線より約100m）にて大気暴露試験を実施した。試験はJIS Z 2381「大気暴露試験方法通則」に準じて、日照、雨、風などが直接影響する直接試験方法を採用し、暴露角度は45度とした。

##### 4-1 腐食減量

1年及び4年経過後の腐食減量測定結果を図2（田園地域）、図3（都市工業地域）及び図4（海岸地域）に示す。田園地域における腐食減量はいずれの試験片も小さく、実質的な有意差は生じていない。都市工業地域においては、いずれの試験片の腐食減量も、田園地域に比較して多くなっており、平均的にはバッチ式の腐食減量の方が少ない結果となっている。ただし、腐食減量の絶対値は小さく、試験片間の差も少ないため、試験を継続して状況を観察する必要がある。海岸地域においては、現時点ではバッチ式の一般溶融亜鉛めっき（HGd, HGe, PW）の腐食減量が他に比べて大きく、腐食が進行していることがわかる。Al, Mgを添加したCGL系（A1, A2, B1, B2）、バッチ式合金めっき（ZAd, ZAE）で腐食の抑制効果が確認された。なお、CGL系の鋼板では、カットエッジにふっ素樹脂塗料を塗布して養生することにより、腐食減量は小さくなっている。また、同様な成分系の試験片、ZAdとZAE、HGdとHGeの差については、今後試験を継続する中で解析する予定である。

##### 4-2 耐用年数の推定

前述結果を基に、平均年間腐食減量を計算し、表1中の初期付着量を前提にそれぞれの耐用年数を推定した。耐用年数の計算は、従来から一般溶融亜鉛めっきに適用している下記式を使用した。

耐用年数=初期付着量÷年間平均腐食減量×0.9

結果を図5（田園地域）、図6（都市工業地域）及び図7（海岸地域）に示す。

田園地域では何れの試験片も耐用年数がほぼ100年若しくはそれ以上となり、実質的には有意差が生じていない。都市工業地域においては、バッチ式の合金めっき（ZAd, ZAE）一般溶融亜鉛めっき（HGd, He, PW）が100年を超える一方、CGL系はA2が70年、それ以外は16～28年の結果であった。海岸地域においては、腐食減量ではCGL系（A1, A2, B1, B2）バッチ式合金めっき（ZAd, ZAE）が優位であったが、初期付着量の差から、耐用年数については、ZAEが100年以上と突出している以外は20～50年と大きな差は出ていない。

## 5. 結言

暴露期間が4年であり、本試験は10年以上継続の計画をしており、結論を出すには時間を要するが、現時点での結果のみから耐用年数をベースに判断すると、田園地域、都市工業地域等の比較的軽度の腐食環境下では、一般溶融亜鉛めっき、溶融亜鉛アルミニウム合金めっき、海岸地域のような重度の腐食環境下では、溶融亜鉛アルミニウム合金めっきが優位である。これは、初期付着量を大きくとれることに起因している。防食性能を、加速試験、大気暴露試験等の外観観察、腐食減量比較のみにより評価している例が見受けられるが、防食技術に求められるのは鋼構造物の長寿命化であり、単純な腐食速度ではなく、耐用年数で比較評価すべきである。

本報告では、耐用年数を従来から一般溶融亜鉛めっきに適用してきた簡易計算法により算出したが、今後試験を継続することにより、耐用年数の予測精度も向上させることができると期待している。

図1 サイクル腐食試験後の腐食減量

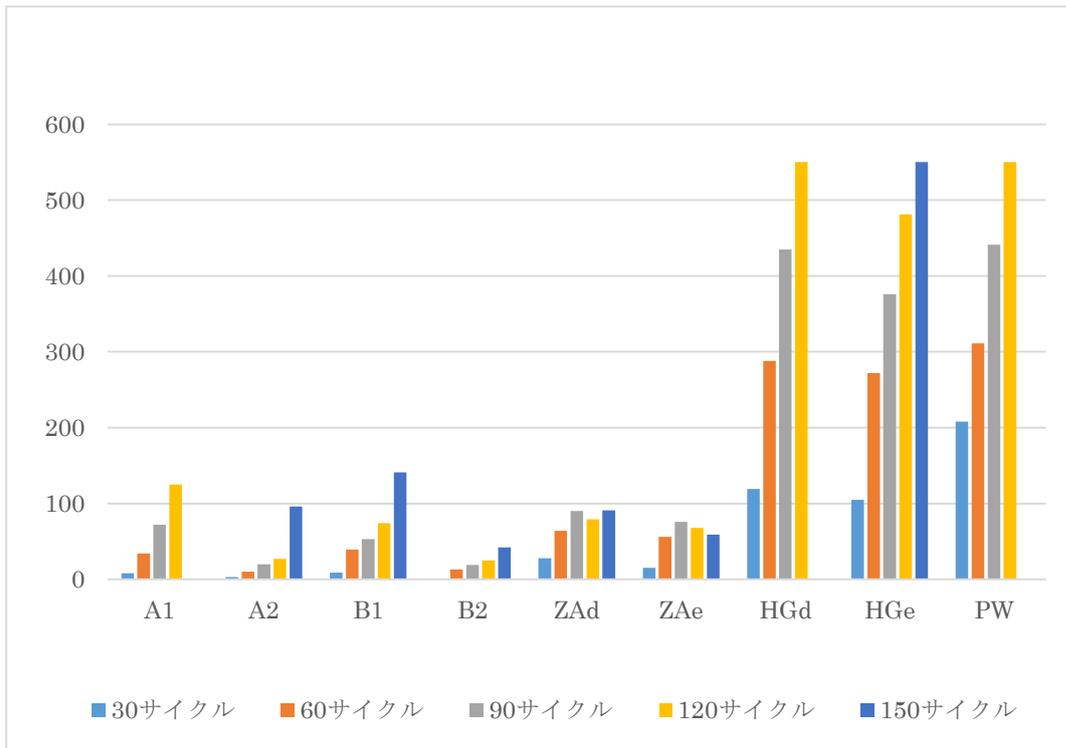


図2 大気暴露試験結果(腐食減量)  
田園地域—栃木県小山市

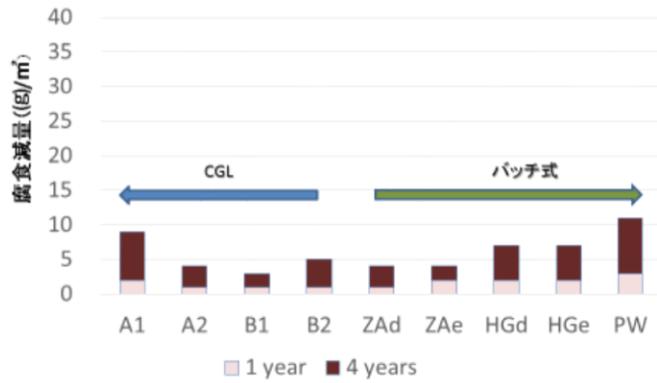


図3 大気暴露試験結果(腐食減量)  
都市工業地域—大阪市内

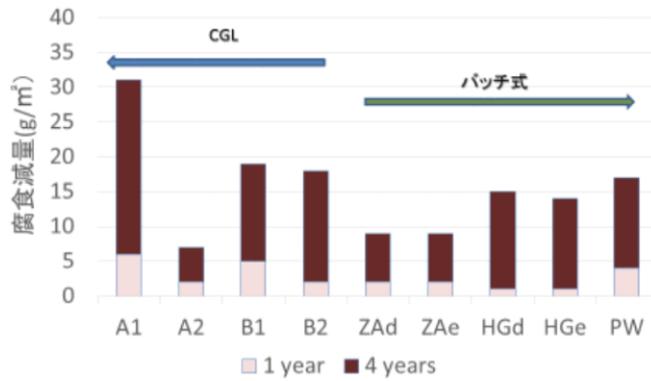


図4 大気暴露試験結果(腐食減量)  
海岸地域—愛知県伊良湖岬の海岸より100mの地点

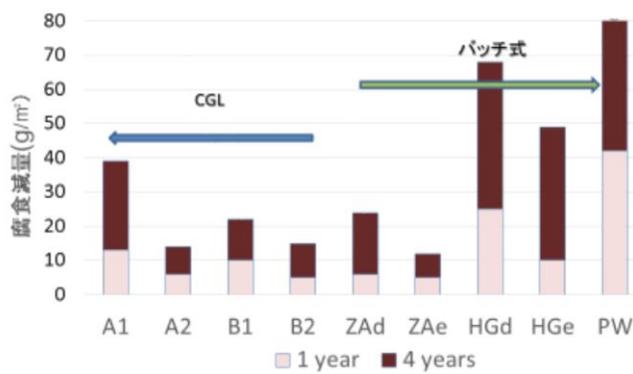


図5 耐用年数試算(口園地域)

$$\text{耐用年数} = (\text{初期付着量} \div \text{平均年間腐食減量}) \times 0.9$$

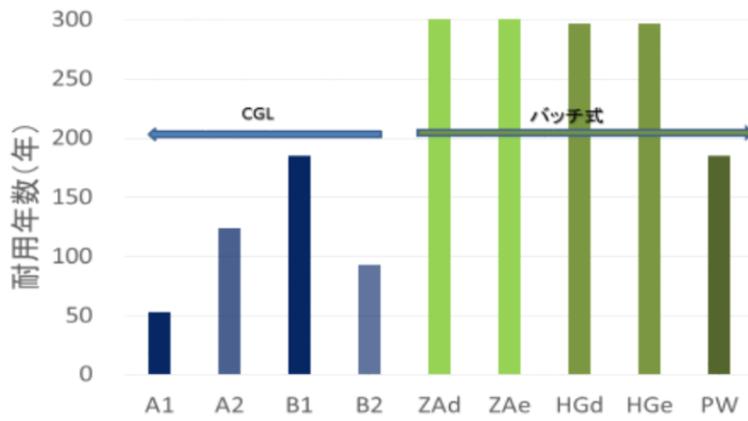


図6 耐用年数試算(都市工業地域)

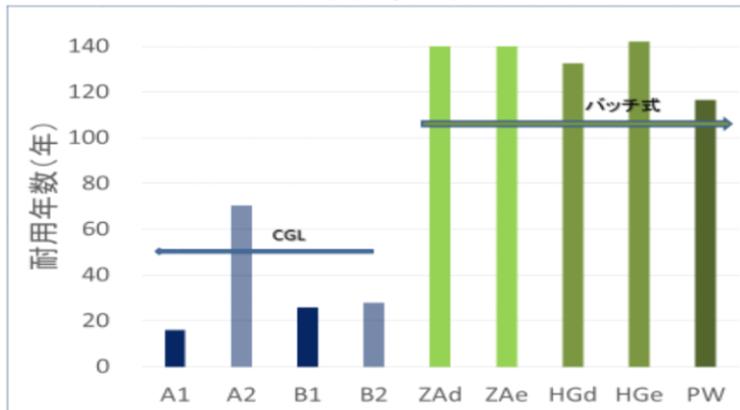


図7 耐用年数試算(海岸地域)

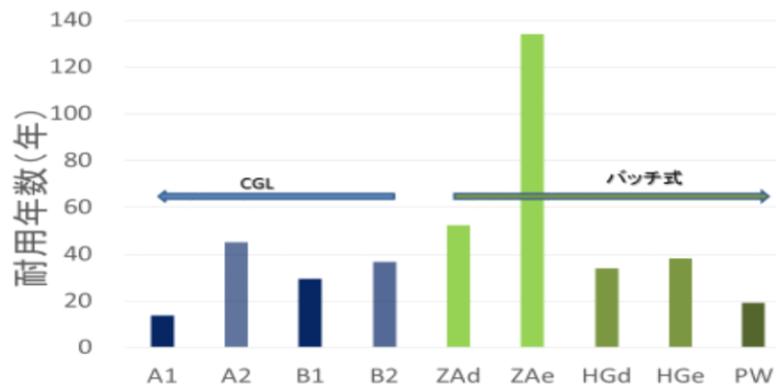


写真1 試験片の大気暴露状況（海岸地域）



写真2 試験片の大気暴露状況（田園地域）



3 試験片の大気暴露状況（都市工業地域）

