

技術資料

淀川製鋼

## CONTENTS / 目次

I	ガルバリウム鋼板の概要	…… 2
II	ガルバリウム鋼板の製造工程	…… 4
	用途例	…… 5
III	製品特性	
	1. 耐食性	…… 6
	2. 耐熱性	…… 12
	3. 熱反射性	…… 20
	4. 加工性	…… 25
	5. 溶接性	…… 29
	6. 塗装性	…… 32
	7. 耐薬品性	…… 35
	8. 異種材料との相性	…… 37
IV	規格、製造範囲	…… 38

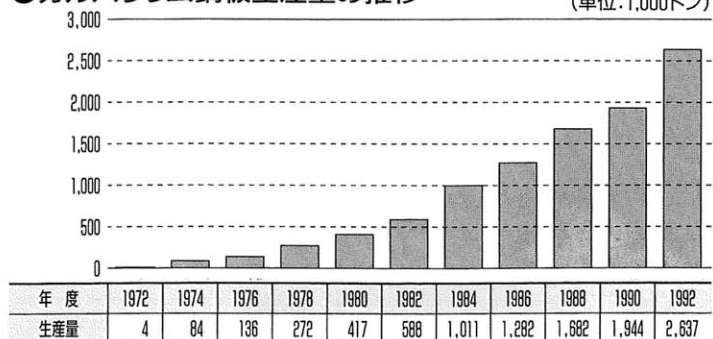
# I. ガルバリウム鋼板の概要

## (1) ガルバリウム鋼板の沿革

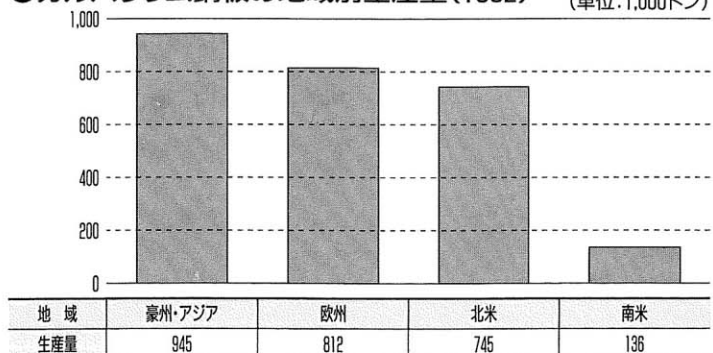
ヨドコウのガルバリウム鋼板は、1967年に成立した米国ベスレーム・スチール社の特許技術を基本にした、アルミ-亜鉛合金めっき鋼板です。この技術は昭和46年に日本でも特許権が成立し、淀川製鋼所は昭和60年にこの特許及びこれを強化する数件の特許の実施権を取得して生産を始めました。

ガルバリウムはその優れた性能が認められて急速に需要が伸び、1992年現在、世界16か国、20社によって年間約260万トンが生産されています。地域別の生産量は、北米74万5千トン、豪州・アジア94万5千トン、欧州81万2千トン、南米13万6千トンで、日本はこれから急速に普及期をむかえる地域として期待されています。

●ガルバリウム鋼板生産量の推移 (単位:1,000トン)



●ガルバリウム鋼板の地域別生産量(1992) (単位:1,000トン)



## (2) ガルバリウム鋼板のめっき組成

ガルバリウム鋼板は、冷間圧延鋼板あるいは熱間圧延鋼板に、アルミニウム-亜鉛-シリコンの合金をめっきした表面処理鋼板です。めっき層は、アルミニウムと亜鉛の特性を備え、耐食性、耐熱性、熱反射性などに優れた特性を発揮します。

めっき層の組成は下表のとおりです。

[表-1] ガルバリウム鋼板の合金めっき層の組成

組成	重量比(%)	容積比(%)
アルミニウム	55.0	80
亜鉛	43.4	19
シリコン	1.6	1

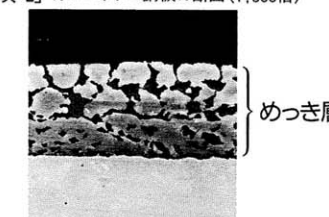
## (3) ガルバリウム鋼板のめっき層の特徴

ガルバリウム鋼板のめっき層には、デンドライトと称する樹枝状の結晶が発達しています。その平面および断面の拡大写真は次のとおりですが、どちらも白い部分がアルミリッチ相、黒い部分が亜鉛リッチ相です。

[写真-1] ガルバリウム鋼板表面のデンドライト(100倍)

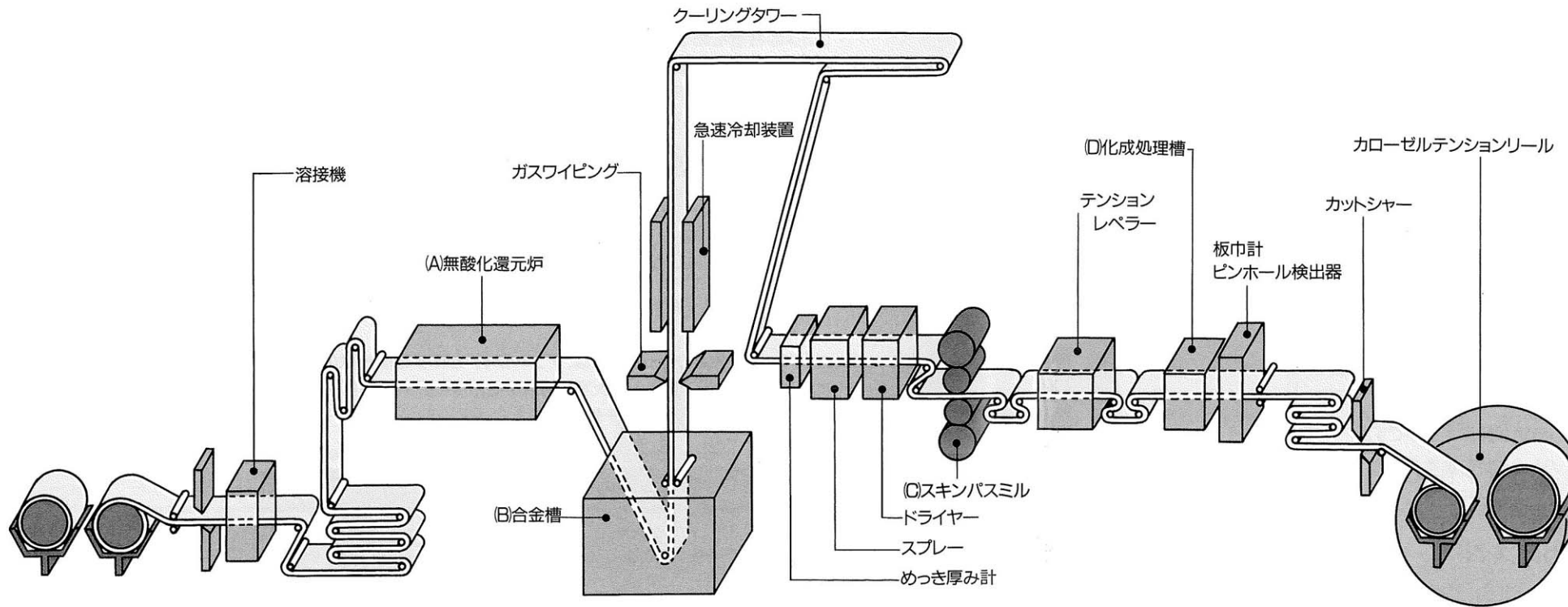


[写真-2] ガルバリウム鋼板の断面(1,000倍)



亜鉛めっきは、耐食性の項で述べる亜鉛の犠牲防食作用により優れた耐食性を発揮しますが、その弱点は亜鉛が酸に弱いことです。雨水が酸性をおびるような環境下では、亜鉛自身が白い粉末状の酸化物(白錆)となって徐々に流れ去ってしまいます。ガルバリウムめっきでは、弱酸に強いアルミニウムが主体となったアルミリッチ相が樹枝状に発達し、これが亜鉛を保持するので最後まで亜鉛の防食作用が働き、長期にわたって耐食性を発揮するのです。

## II. ガルバリウム鋼板の製造工程



### (A)焼鈍工程

無酸化炉内で表面の圧延油を除去された冷延鋼板は、加工に適当な再結晶温度まで加熱されます。

### (B)めっき工程

表面が清浄になった冷延鋼板は、アルミ・亜鉛・シリコン溶融槽に浸漬され合金めっきが施されます。めっきの付着量は、ガスワイピング法で調整され、均一で美しい合金めっき表面が得られます。

### (C)矯正工程

高性能スキンバスマルやテンションレベラーにより、必要に応じて調質と形状矯正が加えられ、平滑で美しい製品に仕上がります。

### (D)化成処理工程

めっきした鋼板に、すぐれた耐食性を与えるために化成処理が行われ、十分に乾燥された後、シートやコイルとして仕上げられます。

## ガルバリウム鋼板の用途例

建築用：屋根材、側壁材

シャッター  
フリーアクセスフローアー  
ダクト、樋受金具

仮設建築物用：仮設ハウス

足場用パイプ、足場板

農業・牧畜用：農ビハウス用パイプ

農ビハウス用部材

豚舎、鶏舎

温室用谷樋

農業用乾燥機

電気用：照明器具

電子レンジ

電気炊飯器

オーブトースター

ホームベーカリー

コタツ反射板

掃除機

ランドリー乾燥機

ショーケース

配電盤

ガス・石油機器用：ボイラー

石油ファンヒーター

石油ストーブ

厨房機器用：ガスレンジ、コンロ、流し台

その他：洗車機、熱交換器

遮熱板、防音パネル

床暖房パネル

配管用保温カバー

ケーブルラック

立体駐車場、家庭用物置

特装车扉・床板

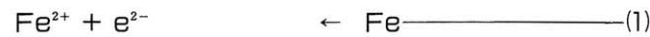
ガルバリウム鋼板は、従来の亜鉛めっき鋼板の3~6倍の耐食性が期待できる優れた性能をもっています。その防食のメカニズムと各種耐食性試験の結果を以下に詳述します。

(イ) 鋼板腐食のメカニズム

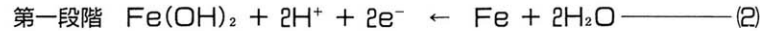
鉄が錆びるという現象には、酸素と水(液状もしくは水蒸気)という二つの因子が関係しています。例えば氷点以下の温度、あるいは暖房された室内のように、相対湿度60%以下の乾燥空気中では、ふつう鉄が錆びるということはないのです。したがって実用上は、液体の水を遮断することにより錆を防ぐことができます。

鉄と水が反応すると、最初に黄色みを帯びた水酸化第一鉄Fe(OH)<sub>2</sub>が、さらに反応が進むと赤茶色の水酸化第二鉄Fe(OH)<sub>3</sub>が生じます。錆はこの水酸化第二鉄(赤錆)が主体で、多少の水酸化第一鉄を含んでいます。

この反応は、電気化学的には「酸化還元系(略称レドックス系)」で説明することができます。つまり、鉄が酸化するときには、次のような電気化学反応が起こっていると考えられます。



水が存在するとき、この反応が次のような形で進行し赤錆が発生するのです。



(ロ) 鋼板防食のメカニズム

ガルバリウム鋼板のめっき層が、どのようなメカニズムで鉄の腐食を防止するかを述べる前に、ここではまず、鉄の錆を防ぐ基本的な二つの方法について説明します。

(a) 被覆防食のメカニズム

前項でも述べたとおり、鉄を腐食させるのは水または水を含んだ環境ですから、その腐食環境と鉄とを遮断すれば鉄は錆びにくくなります。つまり、鉄を不透水性の物質で被覆すれば、防食の目的を達することができます。

例えば、鉄(鋼板)にアルミニウムをめっきした場合、アルミはすぐに不動態の酸化皮膜を作って、まずアルミニウム自身が腐食環境から遮断されます。当然その下地となっている鉄は、アルミニウムの酸化皮膜とアルミニウム自身によって、二重に腐食環境から守られることになり、この方法は非常に有効な防食方法ということができます。

しかし、この方法で完全な防食を図るには、欠陥のない皮膜で鉄を完全に被覆することが前提となりますが、そのようなことは技術的に非常に困難なことから、鉄素地に達するピンホール、引っ掻き疵、あるいは露出した切断面などについては、これを補完する防食方法が必要になります。

その目的のための大変効果的な方法が、次に述べる犠牲防食のメカニズムを利用した防食法です。

(b) 犠牲防食のメカニズム

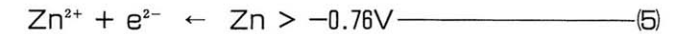
「鉄が錆びる」ということは、前掲の式(1)より、鉄(Fe)が電子(e<sup>2-</sup>)を放出して鉄イオン(Fe<sup>2+</sup>)に変化することです。従って、逆に鉄イオンに電子を受け取らせれば、化学反応式の上では鉄イオンは鉄に戻り、錆は消滅します。

このことは前項の式(1)の矢印が逆になり、反応が右に進むことを意味します—式(4)。この反応が起こるとき鉄は錆びないのです。

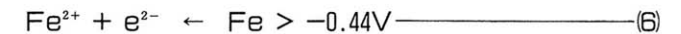


したがって、鉄の錆を防ぐためには、何らかの方法で電子を供給すればよいことがわかります。そのひとつの方法として、護岸用のシートパイルに微弱な電流を流し続ける方法などは、建築関係者には周知の手段ですが、別の極めて有効な手段が、鉄に亜鉛をめっきする方法です。

亜鉛の電極反応の標準電位は-0.76V(ボルト)です。この意味は、-0.76V以上のとき、亜鉛は電子を放出するという事です。式にして表すと次のようになります。



同様に、鉄の標準電位は-0.44Vですから、鉄は-0.44V以上のとき電子を放出します。



鉄(鋼板)に亜鉛をめっきすると、両者はその電位の差を縮めようとする結果、式(5)の系は-0.76V以上になろうとして電子を放出し、式(6)の系は-0.44V以下になろうとして、電子を受け取ります。—式(7)



式(7)の状態が継続すると、亜鉛は常に電子を与え続けながらZn<sup>2+</sup>に変化(腐食)し、鉄は電子を受け取り続けて錆から守られます。また被覆による防食と違って、この効果は、作用の性質上、鉄-亜鉛の接触部の周辺にも及ぶので、ピンホールや切断面に対しても、極めて効果的な防食効果を発揮するのです。この変化は、見かけ上亜鉛が自らを犠牲にして腐食し、鉄を守るように見えるので犠牲防食作用と呼ばれています。

## (八) ガルバリウム鋼板の防食メカニズム

ガルバリウム鋼板のめっき層は、アルミリッチ相の樹枝状晶組織の間を、亜鉛リッチ相が緻密に埋めた形態です。したがって、ガルバリウム鋼板の防食メカニズムは、アルミリッチ相の特徴と亜鉛リッチ相の特徴とが組み合わされたものとなります。

結論から言うと、アルミリッチ相の防食メカニズムの特徴は、アルミの不動態化と不動態化以後の被覆防食作用にあり、亜鉛リッチ相のそれは、亜鉛の犠牲防食作用にあります。

### (a) 平面部の防食

平面部の腐食と、それに対する防食効果は次のように説明することができます。

- ①めっき層の最表層が酸化され、アルミリッチ相は不動態化し、亜鉛リッチ相は複合生成物に変化する。このときめっき層の欠陥部(鉄素地に達するピンホールや引っ掻き疵等)には赤錆が発生するところであるが、亜鉛の犠牲防食作用が働いて、これが阻止されている。
- ②水分(酸素)が内部に浸透することにより、めっき層内部の酸化(腐食)が始まる。
- ③不動態化したアルミの樹枝状晶組織が、複合生成物化した亜鉛を保持するので被覆防食作用が維持され、かつ亜鉛の犠牲防食作用が働いて長期にわたり防錆効果を維持する。

(注) 溶融亜鉛めっき鋼板との相違点

溶融亜鉛めっき鋼板の場合は、腐食した亜鉛が外気や水(雨)のためになくなってゆきます。しかし、ガルバリウム鋼板の場合は、亜鉛リッチ相が犠牲防食作用を発揮して「亜鉛の複合生成物」に変化しながらも、不動態化したアルミリッチ相の隙間に存在し続けるので、いつまでも、被覆防食効果と犠牲防食効果が働くのです。

### (b) 切断端面の防食

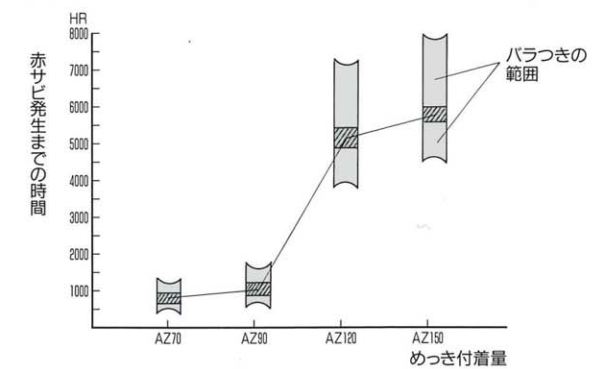
切断端面についても、基本的には平面部のめっき層の欠陥部と同じことが言えます。ただ、切断端面は鉄素地の露出面積が大きいのでそこに赤錆が発生しますが、それがめっき鋼板の内部に向かって進行することはありません。めっき鋼板の厚みは通常、亜鉛の犠牲防食作用がおよぶ範囲内にあるからです。したがって、切断端面においても、端部のめっき層がなくなるまで、鉄素地の腐食が進行することはありません。

## (二) 塩水噴霧試験の成績

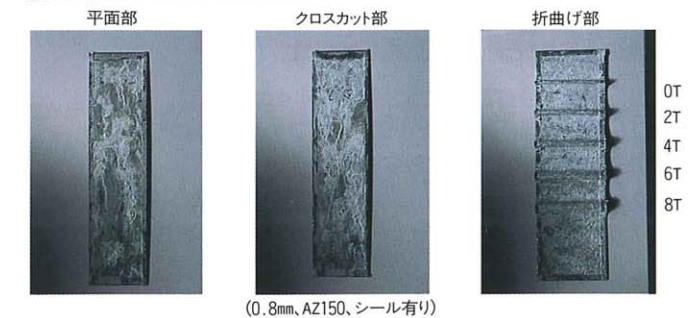
塩水噴霧試験の結果は、供試材の板厚、めっき付着量、化成処理の種類、試験片の形態、切断端面被覆の有無、試験時間等により異なりますが、平面部の試験結果の概略は図1のとおりです。

### (a) 平面部

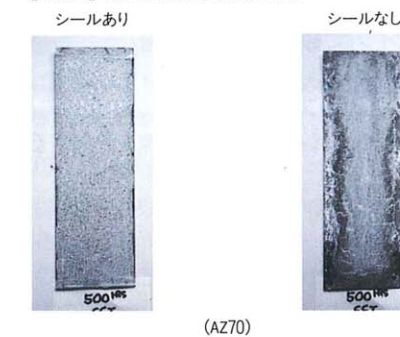
【図-1】 ガルバリウム鋼板平面部の塩水噴霧試験結果概略



【写真-3】 6,000時間塩水噴霧試験結果



【写真-4】 500時間塩水噴霧試験結果



## (b) パイプ

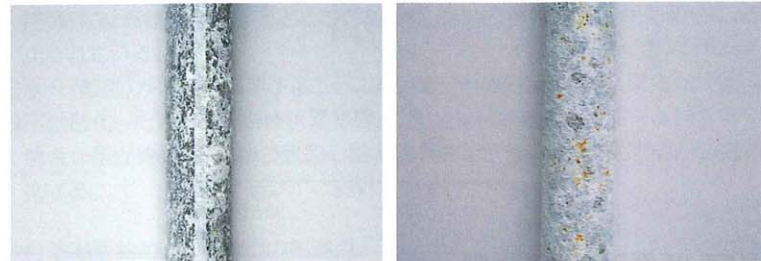
めっき付着量が700g/m<sup>2</sup>以上のどぶ漬け垂鉛めっきパイプと比較した、AZ150のガルバリウム鋼板製のパイプの塩水噴霧試験結果は以下のとおりです。

【表-2】ガルバリウムパイプとどぶ漬けパイプの塩水噴霧試験結果(写真5参照)

		塩水噴霧時間(時間)							
		100	200	300	400	500	600	700	1000
ガルバリウムパイプ	溶射部	4-A	2-A	1-A	1-A	1-A	1-A	1-B	1-C
	造管部	5-A	3-A	3-A	2-A	2-A	2-A	1-B	1-B
	端面	A	A	A	A	A	A	A	A
どぶ漬けパイプ	溶射部	4-A	2-A	1-A	1-A	1-A	1-A	1-B	1-C
	造管部	4-A	2-A	1-A	1-A	1-A	1-A	1-B	1-C

評価点：5-白錆発生率20%以内  
 4-白錆発生率40%以内  
 3-白錆発生率60%以内  
 2-白錆発生率80%以内  
 1-白錆発生率80%~100%  
 A-赤錆の発生認められず  
 B-点状の赤錆発生  
 C-赤錆発生率20%以内

【写真-5】1,000時間パイプの塩水噴霧試験結果



ガルバリウムパイプ

どぶ漬けパイプ

試験結果は次のようにまとめることができます。

- ①両パイプの溶接部と溶射部の耐食性を比較すると、ガルバリウムパイプの溶射部≒どぶ漬けパイプの溶接部である。
- ②両パイプの造管部の耐食性を比較するとガルバリウムパイプの造管部>どぶ漬けパイプの造管部である。1000時間の塩水噴霧では、どぶ漬けパイプ造管部のほうが明らかに赤錆が目立つ。
- ③塩水噴霧700時間でガルバリウムの端面(鉄素地部)をのぞいた部位に点状の赤錆発生が見られる。

### \*データに関する考察

ガルバリウム鋼板製のパイプは、めっき付着量700g/m<sup>2</sup>以上のどぶ漬け垂鉛めっきパイプと同等以上の耐食性を示しています。

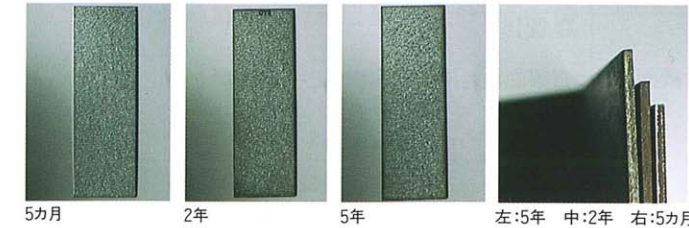
これにより、例えば、ビニールハウスの柱や、建築現場の足場を組み立てるためのパイプとして、ガルバリウム鋼板製のパイプが優れた性能を発揮することが理解できます。

## (ホ) 屋外曝露試験の成績

屋外曝露試験におけるガルバリウム鋼板の腐食挙動は、特に次の2点において、塩水噴霧試験のそれと大きく異なります。

- ①屋外曝露試験では、白錆がほとんど発生しない。
- ②\*塩水噴霧試験では、切断端面の鉄素地露出部に長時間にわたって赤錆が発生しない。これに対し屋外曝露試験では、比較的短期間のうちに切断端面に赤錆が発生する。しかし、この赤錆の平面部への侵食は遅々として進まず、むしろ切断端面の赤錆の色が薄れてくる現象が見られる。以下はそれを実証する写真です。  
 \* 塩水中のCl<sup>-</sup>イオンがアルミニウムの不動態化を阻止するので、アルミニウムも犠牲防食作用を発揮するため。

【写真-6】屋外曝露試験結果



試験片の厚みが1.6mmと厚いため、切断端面の鉄素地露出部の面積が広く、5か月間で顕著な赤錆が発生しています。しかし、5年を経過しても、その赤錆が平面部を侵食することはありません。

## (ヘ) 土中の耐食性

ガルバリウム鋼板が土壌と接触する場合、あるいは土中に埋設される場合を想定した試験結果を示します。

【写真-7】土中の耐食性(左:溶融亜鉛めっき鋼板、右:ガルバリウム鋼板)



写真-7はガルバリウム鋼板(AZ150)と溶融亜鉛めっき鋼板(Z27)を、約5年間、土壌と接触あるいは土中に埋設した試験片です。

写真-7より次のことがわかります。

- ①溶融亜鉛めっき鋼板は、土中にあったその全面が変色しているが、ガルバリウム鋼板は局所的な変色である。
- ②溶融亜鉛めっき鋼板の、エッジ近傍の一部には赤錆が発生しているが、ガルバリウム鋼板には赤錆発生が認められない。

## 2.耐熱性

ガルバリウム鋼板のめっき層には、多量のアルミニウム(80%・容積比)が存在します。したがって、ガルバリウム鋼板はアルミめっき鋼板に近い耐熱性を示し、300~350℃程度の高温に対しても長時間の使用が可能です。

耐熱性は通常重量変化・光沢変化・黒変度によって評価されますので、以下にそのデータと加熱後の耐食性に関するデータを記載します。

### (イ) 加熱による重量変化

重量変化は次の式により算出しました。

$$\frac{(\text{加熱後の重量測定値}) - (\text{加熱前の重量測定値})}{0.021^*} : \text{単位}(g/m^2)$$

\* 試験片両面のめっき層面積=70mm×150mm×2=0.021m<sup>2</sup>

[表-3] 300℃における連続加熱の場合

品 種	連続加熱時間(時間)		
	500	1000	2000
ガルバリウム鋼板 AZ150 R処理材	-4.61	-4.27	-4.12
ガルバリウム鋼板 AZ50 C処理材	-0.69	-0.54	-0.61

[表-4] 320℃における連続加熱の場合

品 種	連続加熱時間(時間)		
	500	1000	2000
ガルバリウム鋼板 AZ150 C処理材	—	-0.17	-0.15

[表-5] 330℃における連続加熱の場合

品 種	連続加熱時間(時間)			
	500	1000	2000	3000
ガルバリウム鋼板 AZ150 C処理材	0.003	-0.09	-0.07	0.04

[表-6] 350℃における連続加熱の場合

品 種	連続加熱時間(時間)		
	500	1000	2000
ガルバリウム鋼板 AZ150 R処理材	-4.36	-3.94	-4.00
ガルバリウム鋼板 AZ50 C処理材	-0.89	-0.51	-0.46

\*データに関する考察

- ①ガルバリウム鋼板のC処理材(クロメート処理材)の重量変化は、数値および数値の変化に物理的な意味は無いものと考えられる。秤量差(表3~6の数値に0.021を乗じた数値)はたかだか0.02gであるので、秤量誤差と見なしてよいと考えられる。なおクロム付着量は、両面で計0.04g/m<sup>2</sup>(加熱前)程度であるが、後に述べる塩水噴霧試験の結果を勘案すると、加熱後もクロムは残存していると考えられる。
- ②ガルバリウム鋼板のR処理材の数値には、物理的な意味がある。R処理とは、水系アクリル樹脂にクロム酸アンモニウムを混合した処理液を、ロールコート法によって鋼板に塗布する化成処理であるが、両面で計4~5g/m<sup>2</sup>(加熱前)程度が塗布されている。重量変化が加熱前の塗布量にほぼ等しいということは、この処理液が樹脂であるため、高温連続加熱によって飛散したのと考えられる。したがって、500時間以内に飛散してしまうので、数値の経時変化には物理的な意味は無く、秤量誤差と見なすべきと考える。

(ロ) 連続加熱による光沢の変化

光沢値は60°鏡面反射率を測定した。光沢変化は各光沢値を初期光沢値で除し、光沢保持率で表わした。

\*データ 連続加熱による試験片の光沢の変化

[表-7] 300℃における連続加熱の場合

品 種	項 目	連続加熱時間(時間)		
		500	1000	2000
ガルバリウム鋼板 AZ150 R処理材 初期光沢18.5	光沢値	22.9	24.0	23.3
	光沢保持率	124	130	126
ガルバリウム鋼板 AZ50 C処理材 初期光沢72.2	光沢値	61.8	64.0	54.7
	光沢保持率	85.6	88.6	75.8

[表-8] 320℃における連続加熱の場合

品 種	項 目	連続加熱時間(時間)		
		500	1000	2000
ガルバリウム鋼板 AZ150 C処理材 初期光沢74.3	光沢値	—	53.7	54.8
	光沢保持率	—	70.9	73.8

[表-9] 330℃における連続加熱の場合

品 種	項 目	連続加熱時間(時間)			
		500	1000	2000	3000
ガルバリウム鋼板 AZ150 C処理材 初期光沢74.3	光沢値	61.4	58.3	55.2	56.1
	光沢保持率	82.6	78.5	74.3	75.5

[表-10] 350℃における連続加熱の場合

品 種	項 目	連続加熱時間(時間)		
		500	1000	2000
ガルバリウム鋼板 AZ150 R処理材 初期光沢18.5	光沢値	20.9	21.4	20.4
	光沢保持率	113	116	110
ガルバリウム鋼板 AZ50 C処理材 初期光沢72.2	光沢値	60.5	57.9	64.0
	光沢保持率	83.3	80.2	88.6

\*データに関する考察

①ガルバリウム鋼板のC処理材の光沢は加熱により減少している。これは、加熱によりめっき層の表層が酸化したために\*白濁したものと考えられる。なお、白濁は目視判定の結果であるが次に述べるΔL値と合致する。

②ガルバリウム鋼板のR処理材の初期光沢が低いのは、先述の樹脂を塗布しているためであり、加熱後光沢が増しているのは、加熱により樹脂が飛散することによるものと説明できる。しかし、クロメート処理材程度の光沢値まで上がらないのは、樹脂が飛散する一方で、めっき層の表層が酸化され白濁したためと考えられる。白濁感にはクロメート処理材同様ΔL値と合致する。

\*白濁一目視判定で若干白っぽく見えること、光沢が下がったこと。次に述べるように、ΔL値が上がったことから便宜上“白濁”と表現したが、白錆の発生を意味するものではない。



### (八) 連続加熱による黒変度

黒変度は $\Delta L$  値を尺度とした。プラスの数値は白色度が増したことを、マイナスの数値は黒変したことを示す。基準片としては、加熱前のサンプルを2枚使用し、酸化を防ぐためにポリエチレンフィルムで包んで保管した。

\*データ 連続加熱による試験片の黒変度： $\Delta L$  値

[表-11] 300℃における連続加熱の場合

品 種	連続加熱時間(時間)		
	500	1000	2000
ガルバリウム鋼板 AZ150 R処理材	4.4	4.4	4.6
ガルバリウム鋼板 AZ50 C処理材	6.8	8.4	10.1

[表-12] 320℃における連続加熱の場合

品 種	連続加熱時間(時間)		
	500	1000	2000
ガルバリウム鋼板 AZ150 C処理材	—	9.2	8.7

[表-13] 330℃における連続加熱の場合

品 種	連続加熱時間(時間)			
	500	1000	2000	3000
ガルバリウム鋼板 AZ150 C処理材	8.4	8.7	7.9	8.2

[表-14] 350℃における連続加熱の場合

品 種	連続加熱時間(時間)		
	500	1000	2000
ガルバリウム鋼板 AZ150 R処理材	5.4	4.4	4.4
ガルバリウム鋼板 AZ50 C処理材	8.3	7.6	7.1

\*データに関する考察

いずれの結果も白色度が増している。これは、前項の光沢変化で考察したのと同様、めっき層の表面が酸化されたため白濁した結果と考えられる。

## (二) 連続加熱後の耐食性

高温長時間連続加熱後の平板試験片を塩水噴霧試験に供し、白錆・赤錆の発生状況を調査した。

白錆及び赤錆の発生率は以下の方法で算出した。

1) 5mm方眼を付した透明ビニールシートを試験片に当て、錆が透けて見えるマス目を数えた。

2) マス目内に1点でも錆があれば、そのマス目は錆ありとした。

3) 使用した試験片は70mm×150mmであるので、試験片1枚あたりのマス目の数は420個である。

錆が透けて見えるマス目が17個あった場合の錆の発生率は、次の式により算出した。

$$\frac{\text{錆が透けて見えるマス目}}{\text{全マス目}} \times 100 = \frac{17}{420} \times 100 \approx 4.0\%$$

なお、赤錆が発生した後は、赤錆のみを調査の対象とした。また、試験片の切断端面はシールしていない。

\*データに関する考察

この試験の結果では耐食性の劣化は認められない。

このことは、ガルバリウム鋼板のめっき層が、犠牲防食のみならず、被覆防食作用においても、優れた性能を持っていることを示唆していると考えられる。

## (ホ) ガルバリウム鋼板の耐熱性に関する総合所見

1) 連続加熱による重量変化は微小であり、秤量誤差の範囲内と考える。

2) 連続加熱による光沢変化は500時間以内に生じ、光沢は20～30%程度低下する。

3) 連続加熱による黒変はなく、むしろ白っぽくなる。この変化も500時間以内に生じる。

4) 連続加熱による著しい外観変化はない。

5) 連続加熱試験後の促進耐食性能は劣化していない。

以上より、ガルバリウム鋼板のめっき層は350℃以下の熱を受けても、めっき層の著しい酸化、剝離、脱落を生じることなく(重量変化が微小)、また、その外観にもほとんど変化がなく(光沢変化・黒変度が小さい)、かつ熱を受けた後も、その耐食性能は劣化しないことがわかります。

【表-15】 連続加熱試験後の促進耐食性能(塩水噴霧試験評価)

(単位：%)

供試材	塩水噴霧時間(時間)						
	100	200	500	750	1000	1500	2000
加熱前	白錆 7.2	白錆 10.4	白錆 90.4	白錆 100	白錆 100	赤錆 3.0	赤錆 70.0
320℃ 1000時間加熱	白錆 5.8	白錆 7.8	白錆 100	白錆 100	白錆 100	赤錆 10.5	赤錆 75.6
320℃ 2000時間加熱	白錆 4.2	白錆 12.8	白錆 100	白錆 100	白錆 100	赤錆 4.2	赤錆 50.3
330℃ 500時間加熱	白錆 10.3	白錆 14.5	白錆 100	白錆 100	白錆 100	赤錆 2.7	赤錆 63.8
330℃ 1000時間加熱	白錆 8.2	白錆 15.8	白錆 100	白錆 100	白錆 100	赤錆 11.8	赤錆 72.0
330℃ 2000時間加熱	白錆 5.4	白錆 20.8	白錆 95.3	白錆 100	白錆 100	赤錆 9.8	赤錆 79.0
330℃ 3000時間加熱	白錆 6.8	白錆 21.6	白錆 100	白錆 100	白錆 100	赤錆 12.6	赤錆 86.5

### 3.熱反射性

溶融亜鉛めっき鋼板・カラー鋼板・瓦・スレートはもちろん、アルミめっき鋼板と比較しても、ガルバリウム鋼板は優れた熱反射性をもっています。したがって、省エネルギー効果を期待する屋根材、オープンやトースターの熱反射板等の用途に、最適の材料といえることができます。

#### (イ) 熱反射板として使用した場合

ガルバリウム鋼板を使用した場合、その熱反射率が高いことを示すデータと、熱反射率が高いために室内の温度が低いことを示すデータを掲げます。

オープントースター熱反射板の材料別熱特性比較試験

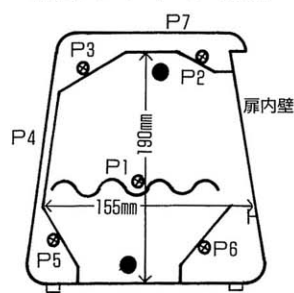
供試商品

市販 オープントースター800W

※熱反射板材料

- ①ガルバリウム鋼板 AZ150
- ②アルミめっき鋼板
- ③ステンレス鋼板 SUS304
- ④溶融亜鉛めっき鋼板 Z12

[図-2] オープントースター断面図



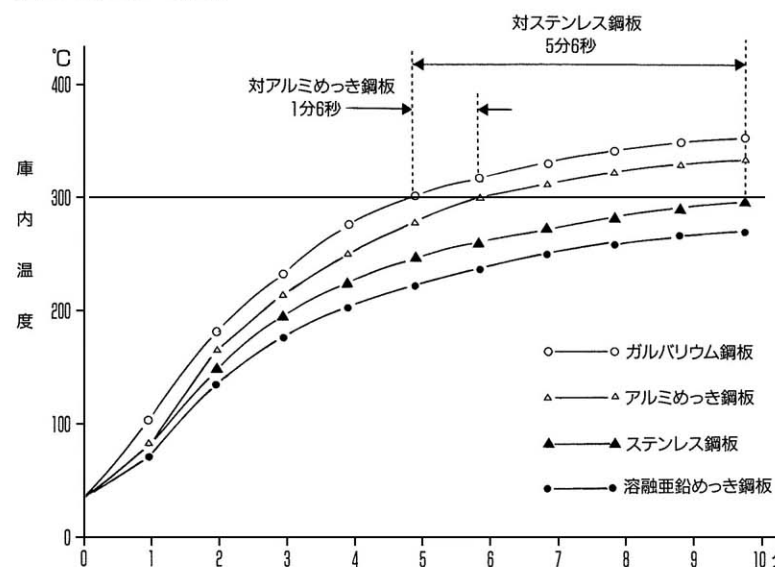
—線：熱反射板  
 ⊗印：測定点(サーモカップル溶接位置)  
 ●印：石英管ヒーター  
 測定雰囲気条件：RT 25℃

[表-16] 連続加熱15分後の熱特性比較 (単位:℃)

測定点	ガルバリウム鋼板	アルミめっき鋼板	ステンレス鋼板	溶融亜鉛めっき鋼板
P1	378	357(-21)	313(-65)	285(-93)
P2	338	354(+16)	301(-37)	305(-33)
P3	270	285(+15)	246(-24)	245(-25)
P4	174	192(+18)	196(+22)	213(+39)
P5	144	197(+53)	158(+14)	181(+27)
P6	141	204(+63)	186(+45)	177(+36)
P7	140	141(+1)	157(+17)	149(+9)

( )内は、対ガルバリウム鋼板温度差

[図-3] 内部温度の上昇曲線



上表の内部温度の上昇曲線は、熱反射板材料の違いによって測定点(P1)の300℃到達時間に差が現れることを示しています。即ち、ガルバリウム鋼板は熱効率が高いので他材料より到達時間が短く、結果として省エネルギーとなります。

### (ロ) 屋根材・壁材として使用した場合

ガルバリウム鋼板を含む3種類の鋼板を対象に、屋根材としての熱特性を実験した結果は下表のとおりです。ガルバリウム鋼板は熱反射率が高く、熱吸収率が低いことが分かります。

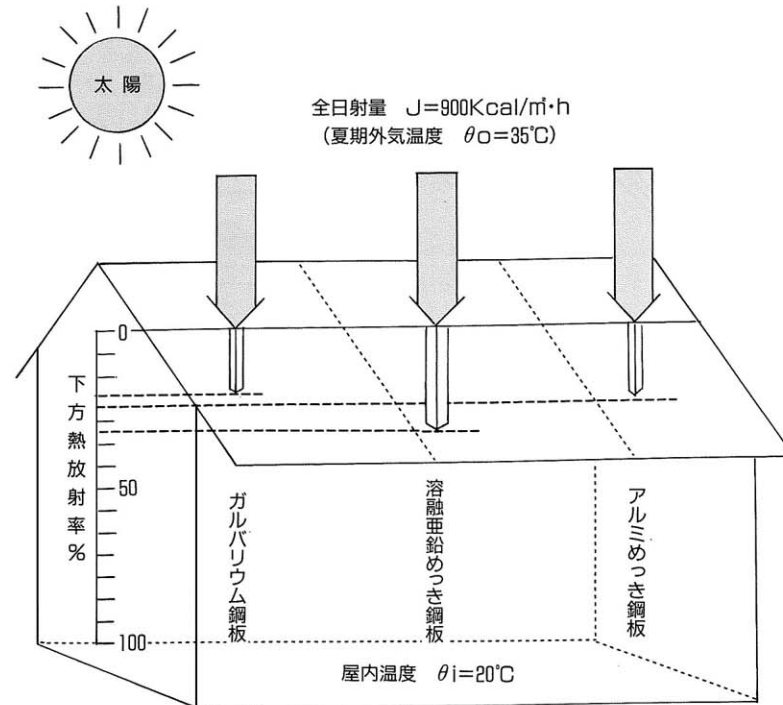
[表-17] 熱特性比較

	熱反射率	熱吸収率	夏期屋根材表面温度	下方への熱放射率 (対全日射量)
ガルバリウム鋼板	65~75% (70.0%)	30%	48.5°C	21.0%
溶融亜鉛めっき鋼板	30~40% (35.0%)	65%	64.3°C	32.8%
アルミめっき鋼板	60~65% (62.5%)	37.5%	51.9°C	23.7%

「夏期屋根材表面温度」及び「下方への熱放射率」は計算値です。

※参考 上表-17データの図による説明及び算出過程を以下に述べます。

[図-4] 屋内への熱放射率



(計算)

熱貫流抵抗値

$$R=(1/r_o)+(L/\lambda)+(1/r_i) \quad (1/r_o)+(1/r_i)=1/20+1/10=0.150\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C}/\text{Kcal}$$

熱貫流係数

$$K=1/R=1/0.150=6.67\text{Kcal/m}^2\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C}$$

夏期屋根材表面温度

$$\theta_e(\text{GL})=\theta_o+(HAGL \times J/r_o)=35+(0.300 \times 900/20)=48.5^\circ\text{C}$$

$$\theta_e(\text{CG})=35+(0.650 \times 900/20)=64.3^\circ\text{C}$$

$$\theta_e(\text{AL})=35+(0.375 \times 900/20)=51.9^\circ\text{C}$$

各材料にて100㎡の屋根(A=100㎡)を葺いた場合の下方への単位時間当たりの熱放射エネルギーをQとすると

$$Q(\text{GL})=K \cdot A (\theta_e(\text{GL})-\theta_i)$$

$$=6.67 \times 100 (48.5-20)=1.90 \times 10^4 (\text{Kcal/h})$$

$$Q(\text{CG})=6.67 \times 100 (64.3-20)=2.95 \times 10^4 (\text{Kcal/h})$$

$$Q(\text{AL})=6.67 \times 100 (51.9-20)=2.13 \times 10^4 (\text{Kcal/h})$$

また、全日射量に対する下方への熱放射率をDeとすると

$$De(\text{GL})=1.90/9=21.0\%$$

$$De(\text{CG})=2.95/9=32.8\%$$

$$De(\text{AL})=2.13/9=23.7\%$$

[表-18] 前記計算に使用した諸元

記号		
HAGL	ガルバリウム鋼板の熱吸収率	30.0%
HACG	溶融亜鉛めっき鋼板の熱吸収率	65.0%
HAAI	アルミめっき鋼板の熱吸収率	37.5%
J	全日射量	900Kcal/m²·h
$\lambda_{\text{GL}}$	ガルバリウム鋼板の熱伝導率	38Kcal/m²·h·°C
$\lambda_{\text{CG}}$	溶融亜鉛めっき鋼板の熱伝導率	
$\lambda_{\text{AL}}$	アルミめっき鋼板の熱伝導率	
$r_o$	屋外側空気表面熱伝導率	20Kcal/m²·h·°C
$r_i$	屋内側空気表面熱伝導率	10Kcal/m²·h·°C
L	厚さ(L <sub>GL</sub> =L <sub>CG</sub> =L <sub>AL</sub> =0.3mm)	0.0003m
R	熱貫流抵抗値	(m²·h·°C/Kcal)
R <sub>si</sub>	屋内側空気表面熱伝導抵抗値	0.10m²·h·°C/Kcal
K	熱貫流係数	(Kcal/m²·h·°C)
$\theta_o$	夏期外気温度	35°C設定
$\theta_i$	屋内温度	20°C設定
$\theta_e$	夏期屋根材表面温度	°C

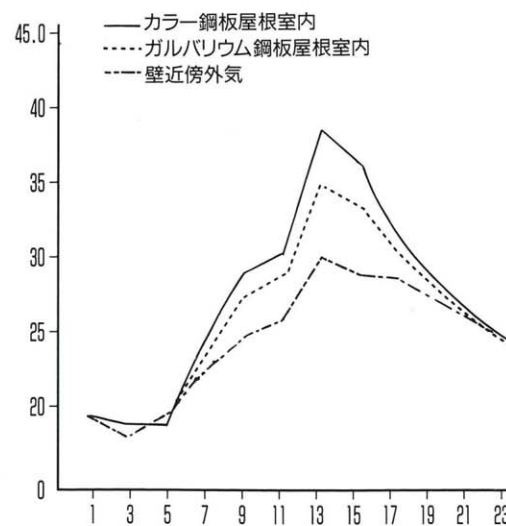
## 4.加工性

次に、熱反射率が高いために室内の温度が上がりにくいことを示すデータを採用するために、それぞれガルバリウム鋼板とシルバー色のカラー鋼板とを、屋根、壁に用いたプレハブ・ハウスを作り、その屋根近傍および壁近傍の室温を、夏期の晴天日に測定した結果を下表に示します。

[表-19] プレハブハウスにおける屋根材料の比較試験結果 平成2年7月14日 天候：晴れ

測定時/場所	カラー鋼板屋根材			ガルバリウム鋼板屋根材			壁近傍外気
	梁	壁	室内	梁	壁	室内	
1:00	19.5	19.3	19.4	19.0	19.3	19.3	19.3
3:00	18.8	18.5	18.8	18.4	18.7	18.8	17.9
5:00	18.8	18.5	18.8	18.2	18.5	18.7	19.4
7:00	25.2	26.3	24.3	23.1	23.1	23.4	22.1
9:00	30.5	30.7	28.8	27.7	27.7	27.1	24.5
11:00	31.6	32.0	30.1	29.0	29.2	28.6	25.8
13:00	42.6	44.3	38.1	36.3	36.5	34.5	30.0
15:00	38.7	38.8	36.0	34.4	34.7	33.3	28.8
17:00	32.1	31.6	31.5	30.5	30.9	30.2	28.5
19:00	28.4	27.9	28.1	27.7	28.0	27.6	26.9
21:00	26.0	25.6	25.8	25.6	25.8	25.7	25.3
23:00	24.3	24.0	24.3	24.0	24.1	24.2	24.1

[図-5] 上表のグラフ



ガルバリウム鋼板は、溶融亜鉛めっき鋼板と同等の加工性をもっています。ガルバリウム鋼板のめっき層には、重量比で1.6%のシリコンが含まれておりますが、シリコンは鋼板とめっき層との界面に生成する合金層の発達を抑制し、加工性を維持することに貢献しています。アルミニウムと鉄との反応はとくに速く、硬質でかつ脆性な合金層を形成しますが、シリコンを添加することにより、この反応(相互拡散)を抑制することができるのです。

### (イ) プレス成形性について

プレス成形品の外観を含めて考える場合、ガルバリウム鋼板はプレス成形のクリアランスに非常に敏感です。従ってヨドコウでは、原板の板厚管理、めっき付着量の管理を厳格に行なっていますので、適正板厚については、弊社担当者と打ち合わせをお願いいたします。

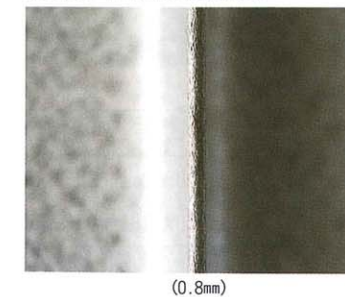
### (ロ) 曲げ加工性について

ガルバリウム鋼板のめっき層は、0T曲げ(密着曲げ)を施しても、めっき層の剝離や素地鋼板の割れは生じませんが、他のめっき鋼板同様めっき層にクラック(亀裂)が発生します。

しかし、塩水噴霧試験の成績の項(P9写真-3)で示したように、塩水噴霧試験では0T曲げ部の耐食性は正常部と同等です。

曲げ加工を施される場合、目視でノークラックとなるためには、内Rで2.0程度必要です。0T曲げ部を写真-8に示します。

[写真-8] 0T曲げ部(目視近似)



### (ハ) ロール成形時のアブレーションについて

ヨドコウのガルバリウム鋼板には、ロール成形時(あるいは、その他各種の成形加工時及び取り扱い時)の“疵付き”防止を主目的として、水系アクリル樹脂にクロム酸アンモニウムを混合した処理液を、両面の最表層に塗装する R処理 をほどこしています。このR処理により、ロール成形時等において、通常はガルバリウム鋼板に疵が生じることはありませんが、例えば成形機のロール・クリアランスが狭かった場合、また、ロールの圧下が強すぎた場合、あるいは、ロールの表面に疵がある場合(荒れている場合)等にお

いて、めっき層最表層が数 $\mu\text{m}$ 摩滅する“アブレーション”が発生します。このアブレーション部は、黒色を呈します。

以下に

①アブレーション部の成分分析結果

②アブレーション部の形態観察結果

を示し、①、②に基づく考察、及びアブレーション部の屋外曝露結果から、アブレーション部の耐食性は正常部と変わらないことを説明します。

### (a) 供試材

ここで、分析に用いたサンプルを写真8に示します。これは、弊社製ヨドルーフ166ハゼ（ガルバリウム鋼板使用、板厚0.80mm）の『シーマー曲げ部』に発生したアブレーション（写真内縦方向の筋状の黒色部）です。

【写真-9】ヨドルーフ166ハゼの『シーマー曲げ部』に発生したアブレーション  
（注：写真右半分の黒色部は、“背景”でアブレーションとは無関係です）



### (b) アブレーション部の成分分析結果

ガルバリウム鋼板表面の正常部と比較した、アブレーション部の成分分析結果を表20に示します。

①EPMA（電子線マイクロアナライザー）による半定量分析結果

【表-20】アブレーション部の成分分析結果

検出元素	O	Al	Zn	Si	Fe	S,K,Ca,Cd
アブレーション部	10%以上	10%以上	10%以上	0.1%未満	0.1~0.9%	0.1%未満
正常部	検出せず	10%以上	10%以上	0.1%未満	0.1~0.9%	0.1%未満

②X線回折による“化合物”の同定（アブレーション部の黒色物はどのような化合物かの分析）

分析結果：化合物は検出されず。

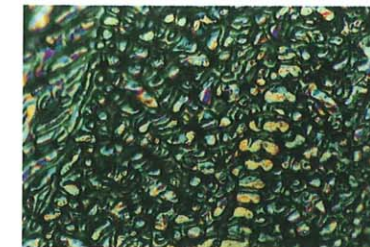
以上の結果より、写真9に示すアブレーション部は酸化反応が生じた部分と考えられますが、その黒色物はX線回折で同定される明瞭な化合物としては存在していないことがわかります。

なお、酸素(O)以外の検出元素、及びその量は正常部と同じであることから、アブレーション部の耐食性は正常部と同等と推定されます。

### (c) アブレーション部の形態観察結果

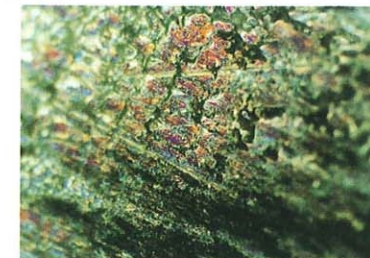
写真10~13は、アブレーション部と正常部の光学顕微鏡写真です。コントラストを明瞭にするため微分干渉法を用いたので、表面の凹凸が色の变化になって表れています。

【写真-10】ガルバリウム表面の正常部（倍率：×400）



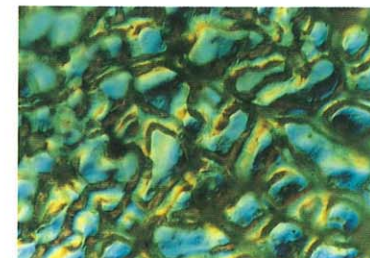
黄色く見えるところが“アルミリッチ”相で、“アルミリッチ”相の隙間の黒い部分が“亜鉛リッチ”相です。

【写真-11】ガルバリウム表面のアブレーション部（倍率：×400）



中央上部の赤く見える部分が“アルミリッチ”相です。微分干渉法で赤色を選択したため赤く発色していますが、赤錆ではありません。中央やや上部と画面の右から下にかけてマクロな疵があり、また“アルミリッチ”相の表面にも微細な疵が生じていることが観察できます。

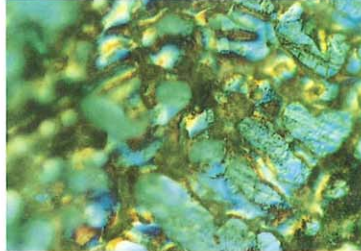
【写真-12】ガルバリウム表面の正常部（倍率：×1000）



青みがかって見える部分が“アルミリッチ”相で、“アルミリッチ”相の隙間の黄色みがかった部分が“亜鉛リッチ”相です。

## 5.溶接性

[写真-13] ガルバリウム表面のアブレーション部(倍率:×1000)



青みがかって見える部分が“アルミリッチ”相で、“アルミリッチ”相の隙間の黄色みがかかった部分が“亜鉛リッチ”相です。“アルミリッチ”相の表面に微細な疵が多数生じていることが観察できます。

写真10～13から、アブレーション部には加工に伴って生じた疵があるものの、正常部と同様“アルミリッチ”相と“亜鉛リッチ”相が存在することが分かります。従って、成分分析結果同様、アブレーション部の耐食性は正常部と同等と推定できます。

なお、アブレーション部が『何故、黒く見えるのか?』については、写真10～13の形態観察結果より、アブレーション部には非常に微細な凹凸が生じているために、光を吸収して黒く見えるのではないかと推定しています。

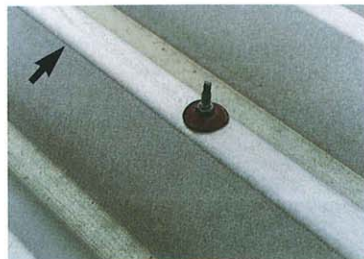
### (d) アブレーション部の耐食性について

これまでの結果から、アブレーション部の耐食性は正常部と同等であることが推定できますが、写真14～15にアブレーション部の屋外曝露試験結果(5年間曝露)を示します。

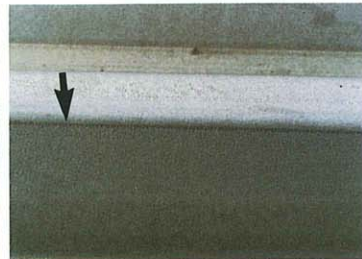
(曝露地：弊社市川工場敷地内)

写真14～15から、先述の考察どおり、アブレーション部の耐食性は正常部と同等であると見なすことができます。

[写真-14] アブレーション部(矢印部)の5年間屋外曝露試験結果



[写真-15] アブレーション部(矢印部)の5年間屋外曝露試験結果



鋼板の溶接性を左右する材料側の特性として、その成分、融点、硬さ、厚み等があげられます。めっき鋼板は一般に、溶接性において冷延鋼板、熱延鋼板に劣ります。

その理由は、

①めっき層と鋼板の融点に差があり、材料厚みの方向に熱伝播が一律でないこと。

②めっき層は一般に鋼板より軟質で、しかもめっきがある程度の厚みを持っていること。等によりますが、これらの問題は、溶接条件を選択することにより、補うことのできる欠点です。

ガルバリウム鋼板も、めっき鋼板一般の例にもれず、溶接条件を選択する必要があります。

### (イ) スポット溶接

ガルバリウム鋼板はスポット溶接が可能です。

#### (a) 溶接条件

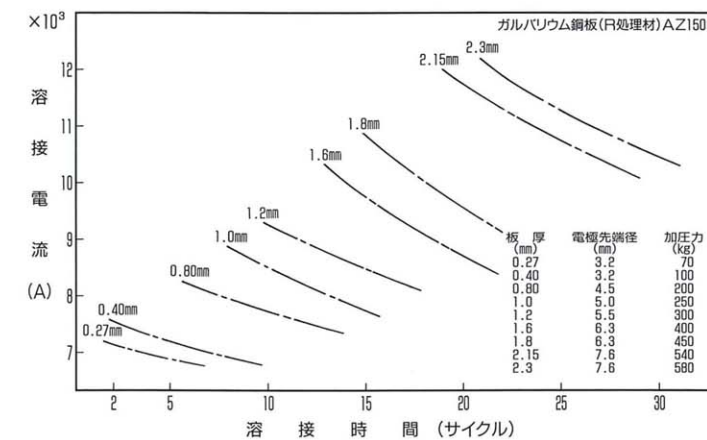
ガルバリウム鋼板のスポット溶接は、若干多い溶接電流が必要です。

適正な溶接強度を得るために、溶接条件の調整をお願いします。

[表-21] 溶接条件の一例(200V、50Hz)

板厚 (mm)	溶接電流(A)		加圧力 (kg)	溶接時間 (リサイクル)	電極先端面径 (mm)
	(標準)	電流範囲			
R処理材					
0.27	7,000	±400	70	5	3.2
0.40	7,200	±400	100	6	3.2
0.80	7,800	±400	200	10	4.5
1.00	8,200	±400	250	12	5.0
1.20	8,500	±400	300	14	5.5
1.60	9,200	±400	400	18	6.3
1.80	9,400	±400	450	20	6.3
2.15	11,200	±600	540	23	7.6
2.30	11,600	±600	580	25	7.6
Q処理材					
0.27	6,800	±600	70	5	3.2
0.40	7,000	±400	100	6	3.2
0.80	7,600	±400	200	10	4.5

[図-6] 板厚-溶接電流-溶接時間との関係

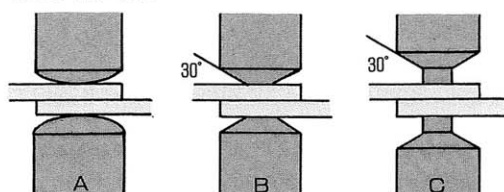


## (b) 電極の形状と溶接性

### ・電極の形状

電極は先端形状がBタイプのもの(図-7)を推奨します。

[図-7] 電極の形状



### ・電極の材質

電極の材質は下記のを推奨します。

ガルバリウム鋼板 R処理材：銅/クロム/ジルコニウム合金 (JIS Z3234)

※クロム銅でも可。但し、電極の寿命が30%減少します。

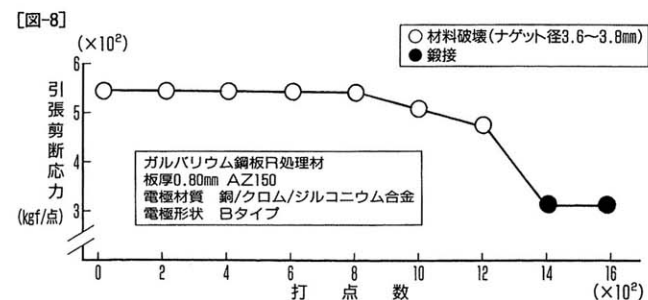
C処理材：クロム銅合金 (JIS Z3234)

無処理材：クロム銅合金 (JIS Z3234)

※但し、C処理材・無処理材共、連続打点数は300回が限度です。

### ・電極の寿命

電極の先端形状および電極の材質により、連続溶接回数が著しく異なりますが、Bタイプの先端形状にすることにより、溶接回数が非常に増大します。



※電極の寿命は、50打点ごとにドレッシングを行った試験結果です。

## (ロ) スポット溶接における連続打点性について

連続打点性とは、「電極先端をドレッシングすることなしに連続何打点まで溶接可能か」を意味するものです。また、可否の判断は、

・引張剪断応力 ・溶接部外観 ・電極先端外観の3点で行っています。

### ●連続打点性

ガルバリウム鋼板R処理材、C処理材ともに、「電極先端をドレッシングしない場合」その連続打点性は、およそ50打点です。

### ●連続打点性を向上させる方法

「電極先端をドレッシングしない場合」の連続打点性は、主に次の3要素に左右されます。(注：電極の寿命は下記に加え、電極材質が大きな要素となります。)

- ①電極先端形状
- ②電極先端面径
- ③溶接時の加圧力

## (ハ) アーク溶接

### (a) アーク溶接棒

次のアーク溶接棒を推奨します。

JIS Z3211 D4303 相当の溶接棒

ex. 神戸製鋼所製 TB-24

### (b) アーク溶接条件例

上記の溶接棒 TB-24(棒径2.0mm)を用いて、弊社でアーク溶接テストを実施した溶接条件は以下のとおりです。

- ・被溶接物：\*ガルバリウム鋼板(R処理材)
- ・姿勢：下向き
- ・アーク溶接機仕様

名称及び形式	交流アーク溶接機 大阪電気株製
定格入力電圧	単相 200V
定格入力	24.5KVA、13kW
定格周波数	50Hz
定格負荷電圧	AC35V
定格出力電流	AC300A
最高無負荷電圧	AC80V
定格使用率	40%

\* 同板厚のガルバリウム鋼板とガルバリウム鋼板の突合わせ継手

- ・溶接電流：ガルバリウム鋼板 板厚1.60mmの場合—50A  
ガルバリウム鋼板 板厚2.15mmの場合—60A



## 6. 塗装性

ガルバリウム鋼板は、その意匠性、耐食性、耐熱性、熱反射性などが優れているので、塗装なしで利用しても、大変特色のある優秀な性能をもっています。塗装する必要がある場合は、R処理のガルバリウム鋼板への塗装は可能です。しかし、各塗料との相性があり、実使用に際しては予備チェックをする必要があります。施工後、あるいは組み立て後、部分的、または全体の塗装の必要がある場合には、以下を参考にしてください。

なお、当初より塗装用の原板としてご利用いただく場合も、ここに記載する内容を参考にしてください。

また、お客さまの塗装条件やご使用になる塗料に適した前処理(化成処理)を別途に選択することも可能ですのでご相談ください。

### (イ) 常乾型塗料

塗装面の状態及び使用塗装系

- ・ R処理皮膜が充分残存している場合

塗装前の調整として表面の埃等を除去後、表-22の塗装系を採用されることを推奨します。

[表-22]

塗装面調整	上 塗	コート数	基準目テープ	塩水噴霧500Hrs
ウエス等で表面の埃を除去	アクリル系	1コート	100/100	10
	アルキッド系	1コート	100/100	10
	ポリエステル系	1コート	100/100	10
	ウレタン2液	1コート or 2コート	100/100	10

- ・ R処理皮膜が劣化チョーキングしている場合

塗装面調整としてサンディングを行い、表-23の塗装系を採用されることを推奨します。

[表-23]

塗装面調整	下 塗	中塗	上 塗	基準目テープ	塩水噴霧500Hrs
ウエス等で表面の埃を除去	エッチングプライマー	—	アルキッド系	100/100	10
	エッチングプライマー	—	ウレタン系2液	100/100	10
	エッチングプライマー	エポキシ系	ウレタン系2液	100/100	10

### (ロ) 焼付型塗料

塗装前の調整として表面の埃等を除去後、表-24の塗装系を採用されることを推奨します。

[表-24]

塗装面調整	上 塗	コート数	基準目テープ		塩水噴霧500Hrs
			常 温	沸水1時間	
ウエス等で表面の埃を除去	メラミンアルキッド系	1コート	100/100	100/100	10
	アクリル系	1コート	100/100	100/100	10
	ポリエステル系	1コート	100/100	100/100	10

### (ハ) 推奨塗料

推奨塗料の一覧表です。使用に際しては、用途等考慮し下表より選択して下さい。

[表-25]

塗 装 系			塗 料		
樹脂系及びコート数	タイプ	1液 2液	商 品 名	メーカ-	
エッチングプライマー下塗	常乾型	2液	ウオッシュプライマー	日本油脂	
エポキシ系プライマー下塗及び中塗	常乾型	2液	エピコマリンプライマーレット	日本油脂	
			エピコマリン中塗ホワイト	日本油脂	
			ハイボン30マスタックプライマー	日本ペイント	
アクリル系(1コート)上塗	常乾型	1液	アクライト No.500	日本油脂	
			Nタイルラックエマ	日本ペイント	
アクリッド系(1コート)上塗	常乾型	1液	メラミ No.51	日本油脂	
ポリエステル系(1コート)上塗	常乾型	1液	プレカラー No.30	日本油脂	
ウレタン系上塗	(1コート)	常乾型	2液	ハイウレタン No.2800	日本油脂
	(1コート)	常乾型	2液	ハイウレタン No.5000	日本油脂
	(2コート)	常乾型	2液	ハイボン50上塗用	日本ペイント
メラミンアルキッド系(1コート)上塗	焼付型	—	メラミ No.1 焼付(130°C×20分)	日本油脂	
アクリル系(1コート)上塗	焼付型	—	ベルコート No.1100 焼付(150°C×20分)	日本油脂	
			スーパーラック F50 焼付(160°C×20分)	日本ペイント	
ポリエステル系(1コート)上塗	焼付型	—	ポリオン No.1000 焼付(130°C×20分)	日本油脂	

### (ニ) 塗装前処理に関して

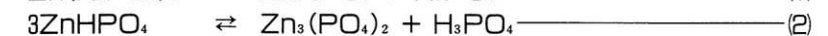
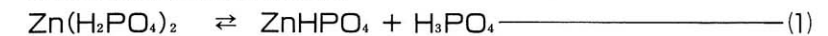
ガルバリウム鋼板に、リン酸亜鉛処理を施すことは困難です。

#### (a) リン酸亜鉛皮膜生成反応とは

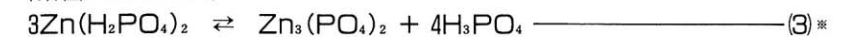
化成処理液中のリン酸二水素亜鉛( $Zn(H_2PO_4)_2$ )によって、熔融亜鉛めっき鋼板上にリン酸亜鉛皮膜( $Zn_3(PO_4)_2$ )を生成させる反応です。

- ・ 反応機構

基本的には次の二段階反応です。

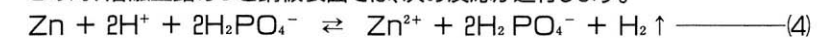


(1)、(2)をまとめると、



\* 第1リン酸亜鉛( $Zn(H_2PO_4)_2$ )の加水分解反応

この時、熔融亜鉛めっき鋼板表面では、次の反応が進行します。



## 7.耐薬品性

### (b) 溶融亜鉛めっき鋼板とリン酸亜鉛処理

亜鉛表面のエッチング反応

処理液中の遊離のリン酸によって亜鉛が溶解する過程で次のような現象が起こる。

- 1) 水素ガス発生により、亜鉛表面近傍のpHが上昇する。
  - 2) 亜鉛表面と処理浴との界面でリン酸が減少する。
- 上記の2を補うために(3)式は右への反応が起こる。

しかし、第3リン酸亜鉛( $Zn_3(PO_4)_2$ )は低pH領域でしか処理浴に溶解できず、pH上昇により、不溶性の第3リン酸亜鉛として溶融亜鉛めっき鋼板表面に析出する。

(3)(4)の連続的な繰り返しが、溶融亜鉛めっき鋼板上へのリン酸亜鉛皮膜生成機構である。

### (c) Al-Zn系めっき鋼板へのリン酸亜鉛処理の適用

AlはZnよりもイオン化傾向が高く、従って

$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$  : (4)式におけるアノード反応が抑制される。

$Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$  : 処理浴へのAlの溶出が起こる。

(4)式におけるアノード反応が抑制されることから、\*(3)(4)式の連続的な繰り返しが抑制され、Al-Zn系めっき鋼板上へのリン酸亜鉛皮膜形成は抑制<sup>\*2</sup>される。

\*1 従って、カソード反応  $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$ も抑制される。

\*2 Al-Zn系亜鉛めっきへ実際にリン酸亜鉛処理を施す場合は、Alの影響を排除するためにフッ化物イオンを処理液に配合し、 $Al^{3+}$ を錯塩化することで対応する。  
なお、ここで言う抑制とは、換言すれば反応速度が遅くなることである。

### (d) ガルバリウム鋼板へリン酸亜鉛処理適用の可否

ガルバリウム鋼板のめっき層にはAlが55%存在するため、処理浴へAlが溶出することから、リン酸亜鉛皮膜生成機構が抑制され、リン酸亜鉛皮膜を形成させることは困難である。

なお、適正な前処理に関しては弊社にご相談下さい。

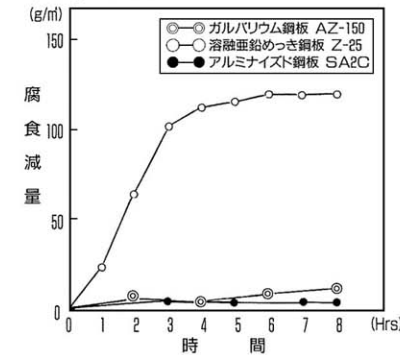
耐薬品性とは、薬品に対するめっき層の溶けにくさを意味します。

ガルバリウム鋼板は酸(pH7以下)に強く、アルカリ(pH7以上)に弱いという基本的な性質があります。

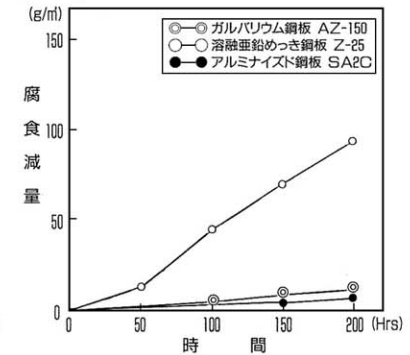
### (イ) 耐酸・耐アルカリ性

試験室内で、各種濃度の酸・アルカリ溶液に浸漬した結果は以下の通りです

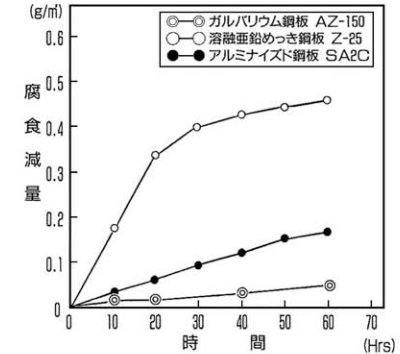
[図-9] 1.0%硫酸溶液



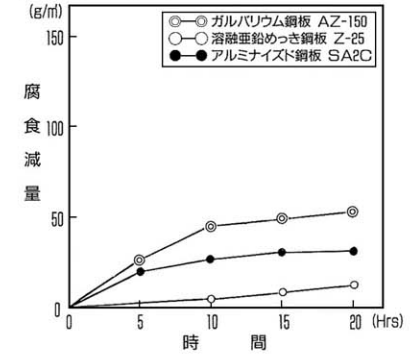
[図-10] 1.0%酢酸溶液



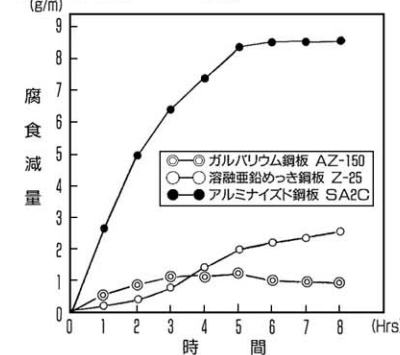
[図-11] 80%酢酸溶液



[図-12] 1.0%水酸化ナトリウム溶液



[図-13] 1.0%アンモニア溶液



## 8.異種材料との相性

### (ロ) 耐農薬

耐薬品性の具体例として、各種農薬に浸漬した試験の結果は以下の通りです。

[表-26] 各種農薬含水溶液による浸漬試験 鉄鋼週報 昭和63年2月15日号より

試験材 試験農薬	性状主要素	メーカー・ 発売元	試験結果		
			ガルバリウム 鋼板 AZ150	溶融亜鉛 めっき鋼板 180g/m <sup>2</sup>	どぶ漬け亜鉛 めっき鋼板 510g/m <sup>2</sup>
1 サイアノックス	有機りん系・水和剤40	三共	○	△	×
2 アフリシッド	バイナバイソル・水和剤50	〃	△	×	×
3 サニバー	有機硫黄・デュボン328	〃	○	×	×
4 スミチオン	有機りん剤・水和剤	〃	○	××	××
5 トモオキシラン	有機銅・キャプタン・水和剤	トモノ農業	△	×	×
6 トモテクト	有機銅・チアベンダゾール・水和剤	〃	△	×	×
7 トモノオーソサンド	キャプタン・水和剤	〃	○	△	△
8 オキシンドー	有機銅・水和剤	〃	△	×	×
9 トモオロン	PCP剤	〃	△	△	×
10 ミカノール	エデオンマシン油・乳剤	〃	○	△	△
11 日農テナボン	NAC・水和剤50	日本農業	○	×	××
12 ポリオキシン	有機銅・ポリオキシン・水和剤	〃	△	×	×
13 日農ポリオキシンAL	ポリオキシン・水和剤	〃	○	○	△
14 日農ダイホルタン	タイホルタン・水和剤	〃	○	△	△
15 スプラサイド	DMTP・水和剤	〃	○	×	×
16 スミチオン乳剤	MFP・乳剤	〃	○	×	×
17 デュボンベンレート	デュボンベンレート・水和剤	〃	○	△	△
18 日産ミクロテナボン	NAC・水和剤	日産化学	×	××	××
19 キルバール液剤	バミドチオン液剤	〃	○	△	△
20 ジマンダイセン	マンゼフ・水和剤	東京有機化学工業	○	×	×
21 ビスダイセン	ポリカーバメート・水和剤	〃	△	×	×
22 ブリクトラン	水酸トリクロヘキシルス・水和剤	山本農業	○	×	△
23 バダン水溶液	カルタップ水溶液	武田薬品	△	×	×
24 ディブテレックス	DEP水溶液	日本特殊農業製造	△	×	×
25 トラサイド乳剤	MEO・EDB乳剤	サンケイ化学	×	××	××

(判定) ◎ 異常ない △ 著しい白錆 ×× 著しい赤錆 ○ わずかな白錆 × わずかな赤錆

ガルバリウム鋼板に異種金属を接触させた場合に、ガルバリウム鋼板の腐食が進む組合せと、ガルバリウム鋼板が防食される組合せとがあります。

表27に主な異種金属とガルバリウム鋼板との相性を示します。

[表-27] 塩水噴霧試験

	接触金属	ガルバリウム鋼板の腐食
ガルバリウム鋼板	SUS304	◎
	アルミニウム	◎
	亜鉛めっき鋼板	◎
	(ガルバリウム鋼板)	○
	銅	×
	軟鋼(鉄)	×
	SUS430(13Cr)	×

(評価)

①ガルバリウム鋼板にガルバリウム鋼板を接触させた場合を○(良好)とする。

◎は○(良好)よりも若干良い(ガルバリウム鋼板の腐食が遅くなる)組合せ。

◎×は○(良好)に劣る(ガルバリウム鋼板の腐食が早くなる)組合せ。

## IV. 規格、製造範囲

### 1. 品種と受注規格

#### (イ) 品種および機械的性質

##### (a) 熱延原板を用いた場合

品 種	記 号	降伏点 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	伸 び (%)	
				表 示 厚 さ (mm)	1.60以上2.30以下
一 般 用	GLH-C	(205以上)	(270以上)	—	
構 造 用	GLH-S400	295以上	400以上	18以上	
構 造 用	GLH-S440	335以上	440以上	18以上	
構 造 用	GLH-S490	365以上	490以上	16以上	

( )内参考値

##### (b) 冷延原板を用いた場合

品 種	記 号	降伏点 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	伸 び (%)				
				表 示 厚 さ (mm)				
				0.25以上 0.40未満	0.40以上 0.60未満	0.60以上 1.00未満	1.00以上 1.60未満	1.60以上 2.30以下
一 般 用	GL-C	(205以上)	(270以上)	—	—	—	—	—
深 絞 り 用	GL-D2	—	270以上	—	36以上	38以上	39以上	40以上
構 造 用	GL-S400	295以上	400以上	(18以上)	18以上	18以上	18以上	18以上
構 造 用	GL-S440	335以上	440以上	(18以上)	18以上	18以上	18以上	18以上
構 造 用	GL-S490	365以上	490以上	(16以上)	16以上	16以上	16以上	16以上
構 造 用	GL-S570	560以上	570以上	—	—	—	—	—

( )内参考値

#### (ロ) 化成処理

処理方法	種類と記号
無 処 理	M
クロメート処理	一般タイプC 強化タイプCC
特殊クロメート処理	R
潤 滑 処 理	YJ-1
オイリング	O

### 2. 規格と許容差

#### (イ) 厚さの許容差

##### (a) 熱延原板を用いた場合

厚さ	幅	
	1000未満	1000以上1219以下
1.60以上2.00未満	+0.17	+0.18
2.00以上2.30以下	±0.17	±0.18

単位(mm)

##### (b) 冷延原板を用いた場合

厚さ	幅		
	630未満	630以上1000未満	1000以上1219以下
0.27以上0.40未満	+0.05	+0.05	+0.05
0.40以上0.60未満	±0.06	±0.06	±0.06
0.60以上0.80未満	±0.07	±0.07	±0.07
0.80以上1.00未満	±0.08	±0.08	±0.09
1.00以上1.25未満	±0.09	±0.09	±0.10
1.25以上1.60未満	±0.10	±0.11	±0.12
1.60以上2.00未満	±0.11	±0.12	±0.13
2.00以上2.30以下	±0.13	±0.14	±0.15

単位(mm)

#### (ロ) 板幅の許容差

使用原板	単位(mm)	
	熱延原板	冷延原板
許 容 差	+15,-0	+15,-0

#### (ハ) 長さの許容差

使用原板	熱延原板		冷延原板
	A	B	
許 容 差	+25,-0	+10,-0	+7,-0

#### (ニ) 平坦度の一例

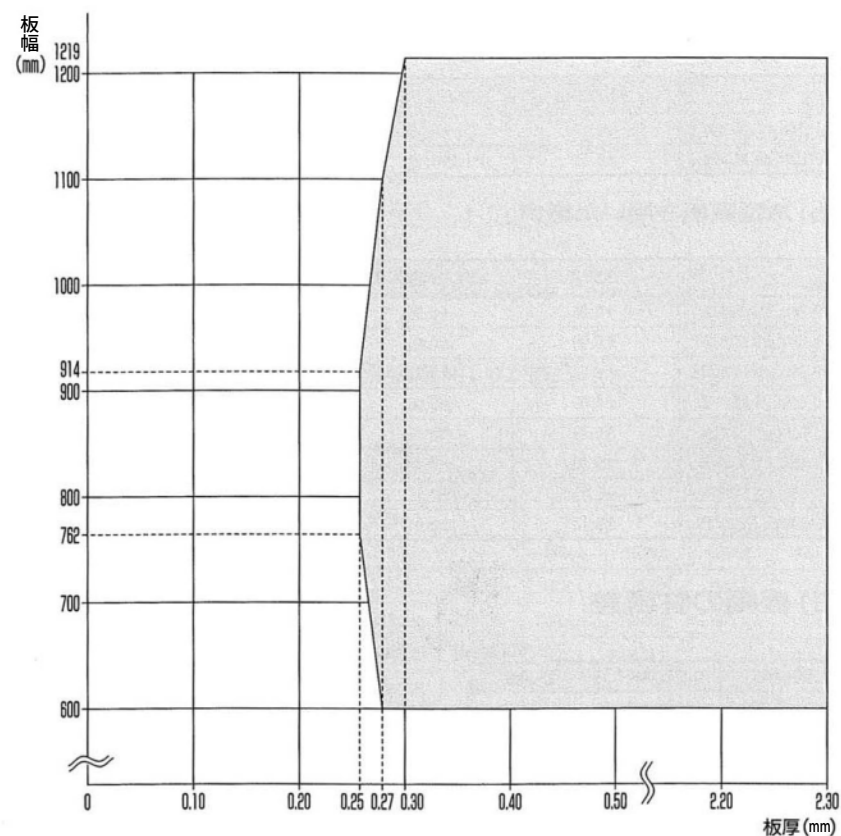
##### (冷延原板を用いた平板)

	耳 の び		中 の び	
	高さ(mm)	急峻度(%)	高さ(mm)	急峻度(%)
一 般 用	4.0	1.2	4.0	1.2
パネル用	3.0	1.2	3.0	1.2

#### (ホ) 相当めっき厚さ

めっきの付着量記号	AZ70	AZ90	AZ120	AZ150	AZ170
め っ き 量 定 数	95	120	160	200	230
相当めっき厚さ(両面mm)	0.026	0.033	0.043	0.054	0.062

### 3.製造可能範囲



#### むすび

冒頭「ガルバリウム鋼板の概要」でご説明したとおり、ガルバリウムは亜鉛めっきの耐食性をさらに向上させるために開発された、アルミ・亜鉛合金めっきの表面処理鋼板です。

このアルミ・亜鉛合金めっきにおいては、アルミと亜鉛の配合比が、耐食性能上大変重要な意味をもっております。そして、今日までの研究結果ではAl55%-Zn43.4% (残はシリコン)の配合と、Al5%-Zn94.9% (残はミッシュメタル)の配合が、特に優れた耐食性を示すことが知られています。

前者が本資料でご説明したガルバリウムで、後者はILZRO (国際鉛・亜鉛研究開発機構)が開発したガルファンです。そして両者の間には、ガルバリウムはどちらかと言えば耐食性を重視した配合、ガルファンはどちらかと言えば加工性を重視した配合という、微妙な違いがあります。

淀鋼はガルファンについてもその製造・販売に関する実施権を取得し、ヨドガルファンとして商品化していますから、この二つを用途に合わせて上手に使い分けていただくと、現在の技術で期待できる最善の結果を手にしていただくことができるでしょう。