NIPPON STEEL

www.nipponsteel.com

日本製鉄株式会社
〒100-8071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
Tel: 03-6867-4111　Fax: 03-6867-5607

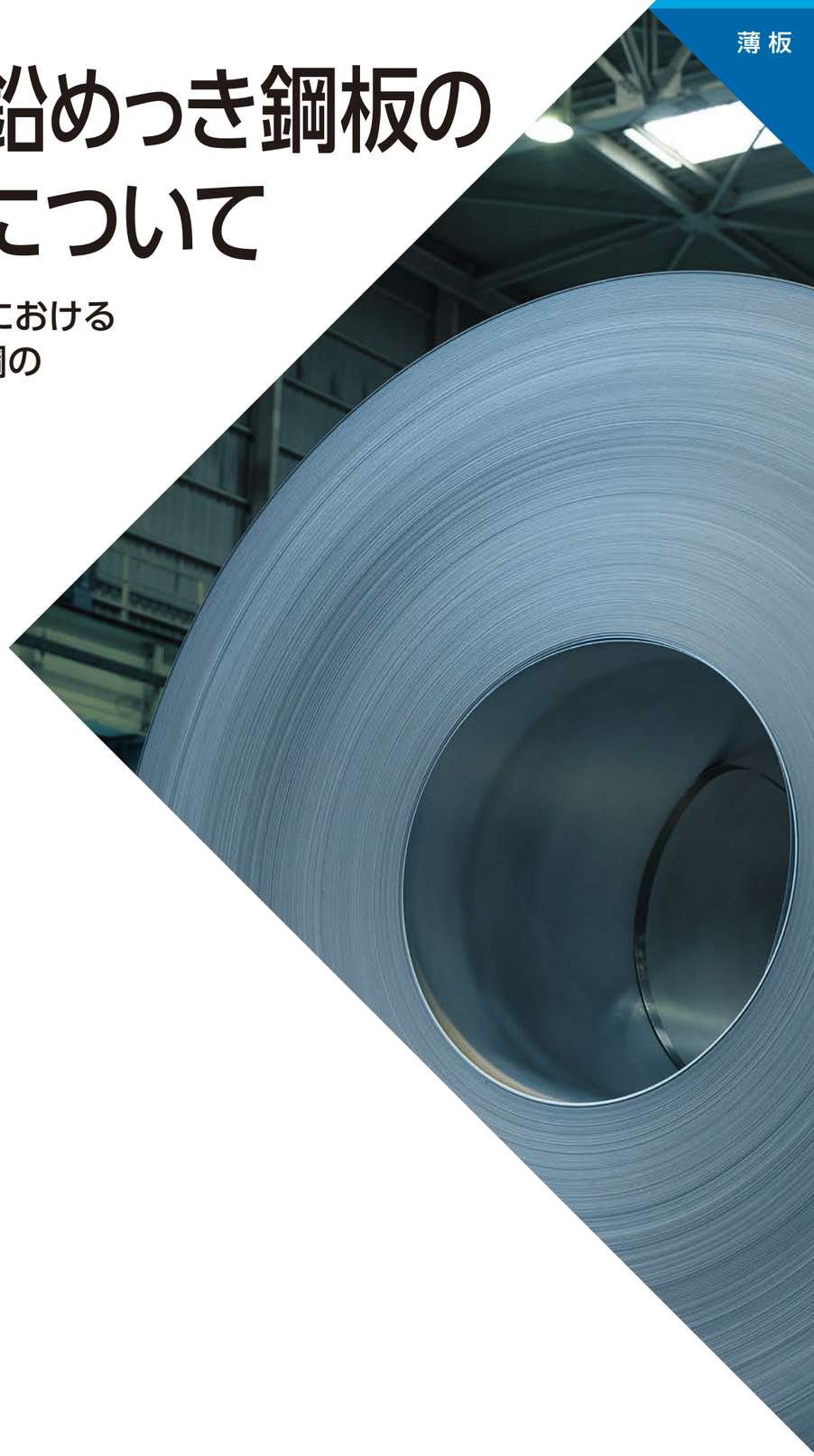
溶融亜鉛めっき鋼板の耐食性について
U021_01_201904f
© 2019 NIPPON STEEL CORPORATION 無断複写転載禁止

NIPPON STEEL

薄 板

溶融亜鉛めっき鋼板の耐食性について

各種腐食環境下における溶融亜鉛めっき鋼の耐食性データ集



日本製鉄株式会社

はじめに

溶融亜鉛めっき鋼板とは、薄鋼板の上に鋼板を保護する亜鉛を被覆した耐食性鋼板です。

溶融亜鉛めっき鋼板の歴史は非常に古く、明治14～15年頃、わが国に輸入されましたが、明治39（1906）年のこと官営八幡製鉄所において、初めて国産されてから、すでに100年の歴史をもっています。

近年、溶融亜鉛めっき鋼板製造技術面における進歩はめざましく、連続めっき設備の出現によって代表される品質の向上、特に耐食性、加工性および剛性などの増大は、古くから俗称されてきたトタン板に対する観念を根本的に改めさせるものがあります。したがって、今や溶融亜鉛めっき鋼板は屋根、雨樋など旧来からの用途はもとより、空調設備、シャッター・サッシ・デッキプレート、コルゲートパイプ・ガードレールなど建築、土木分野をはじめ、家庭電気機器、自動車などの諸部品あるいは容器、什器など各種加工製品など、あらゆる分野において用いられるようになり、その生産量・消費量は増大の一途をたどっています。

以下、溶融亜鉛めっき鋼板について、その製法、耐食特性などを中心にご説明します。

目　次

溶融亜鉛めっき鋼板の特長および製造設備 …… 1
溶融亜鉛めっき鋼板の種類 …… 2
溶融亜鉛めっき鋼板の耐食性について …… 4
1. 亜鉛皮膜の防食機能 …… 4
2. 大気中の耐食性 …… 5
3. 水中での耐食性 …… 7
4. 土壌中での耐食性 …… 11
5. コンクリート中での耐食性 …… 15
6. 亜鉛皮膜中の不純物が耐食性に及ぼす影響 …… 17
7. 各種腐食促進環境下における耐食性調査例 …… 18
8. 切断端面の耐食性調査例 …… 20
9. 塗装後の耐食性調査例 …… 23

ご注意とお願い

本資料に記載された技術情報は、製品の代表的な特性や性能を説明するものであり、「規格」の規定事項として明記したもの以外は、保証を意味するものではありません。

本資料に記載されている情報の誤った使用または不適切な使用等によって生じた損害につきましては責任を負いかねますので、ご了承ください。また、これらの情報は、今後予告なしに変更される場合がありますので、最新の情報については、担当部署にお問い合せください。

本資料に記載された内容の無断転載や複写はご遠慮ください。

本資料に記載された製品または役務の名称は、当社および当社の関連会社の商標または登録商標、或いは、当社および当社の関連会社が使用を許諾された第三者の商標または登録商標です。その他の製品または役務の名称は、それぞれ保有者の商標または登録商標です。

溶融亜鉛めっき鋼板の特長および製造設備

特長

耐食性がたいへん優れています

電気亜鉛めっき鋼板に比べて亜鉛付着量が多いので、長期にわたり地鉄を保護します。（耐赤錆性）
また、亜鉛の表面に、特殊な表面処理を施していますので、耐食性が優れています。（耐白錆性）

外観が極めてきれいです

亜鉛めっき直後に、特殊な処理を施した、ゼロスパングル製品（花模様のないもの）は外観がたいへんきれいです。
なお、スパングル（花模様）製品も製造できます。

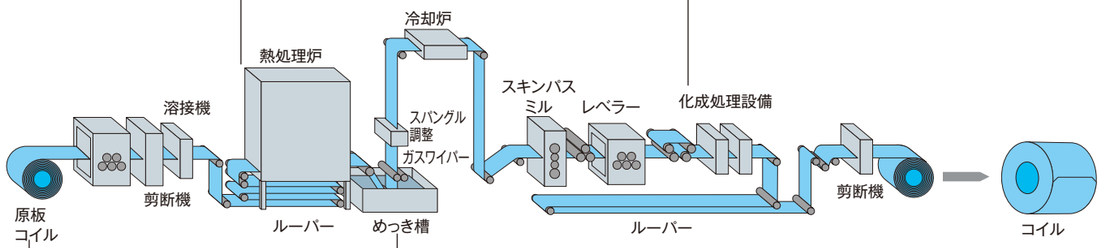
亜鉛の密着性に優れ、過酷な加工条件に対応できます

ゼンジミア式の連続溶融亜鉛めっき設備で製造していますので、合金層が少なく、亜鉛の密着性はたいへん優れています。
また、用途や加工条件に合わせて、豊富な種類（規格）の中から選択ができます。

溶融亜鉛めっき鋼板の製造設備

焼鈍
原板コイルは焼鈍炉内にてまず圧延油等の付着物が除去され、酸化物を除く等、表面の清浄化を施されると同時に十分過熱されて、再結晶等の材質調整が行われます。

表面処理
亜鉛めっきされた鋼板は、化成処理設備内で表面保護のための、クロメート処理等が行われます。



原板
溶融めっき用の原板には、その規格に応じた熱延鋼板または冷延鋼板が用いられます。一般規格のほか深絞り用規格、高強度規格等の特殊規格に対しそれぞれ工夫された原板が用いられます。

溶融めっき工程
表面の清浄な鋼板は、亜鉛を溶融しためっき槽に浸漬され亜鉛めっきが施されます。めっき付着量は、めっき槽直後にガスワイピング法によって行われます。この方法により、表裏の差厚めっき管理も可能です。

溶融亜鉛めっき鋼板の種類

JIS規格

冷延原板

種類		規格記号	表示厚さ t mm	めっきの種類			
				Z06 ～ Z27	Z35、Z37	Z45	Z60
一般用		SGCC	0.25≦t≦3.2	○	○	○	○
絞り用	1種	SGCD1	0.40≦t≦2.3	○	—	—	—
	2種	SGCD2	0.40≦t≦2.3	○	—	—	—
	3種	SGCD3	0.60≦t≦2.3	○	—	—	—
	4種(非時効性)	SGCD4	0.60≦t≦2.3	○	—	—	—
構造用	340N級	SGC340	0.25≦t≦3.2	○	○	○	○
	400N級	SGC400	0.25≦t≦3.2	○	○	○	○
	440N級	SGC440	0.25≦t≦3.2	○	○	○	○
	490N級	SGC490	0.25≦t≦3.2	○	○	○	○
	570N級	SGC570	0.25≦t≦2.0	○	○	○	○
一般硬質用		SGCH	0.11≦t≦1.0	○	○	○	○

備 考：① 上表以外の表示厚さを受渡当事者間で協定することができます。
② 屋根用および建築外板用に用いる場合は、上表の規格記号の末尾に屋根用はR、建築外板用はAを付けます。この場合の表示厚さおよびめっき付着量は表aによります。なお、Z35、Z37、Z45およびZ60は受渡当事者間で協定することができます。
③ JIS G 3316によって波板に加工した場合は、上表の規格記号にさらにWおよび波板の形状記号を付けます。この場合の表示厚さおよびめっき付着量は表bによります。なお、Z35、Z37、Z45およびZ60は受渡当事者間で協定することができます。
④ 波板用には上表の種類のうち、一般用を使用します。
⑤ SGC570、SGCHについては、ご注文に先立って当社にご相談ください。

表a

用　途	表示厚さ t（mm）	めっきの付着量表示記号
屋根用	0.35≦t≦1.0	Z25, Z27
	1.0<t	Z27
建築外板用	0.27≦t≦0.50	Z18, Z22, Z25, Z27
	0.50<t≦1.0	Z22, Z25, Z27
	1.0<t	Z27

表b

表示厚さ t（mm）	めっきの付着量表示記号	備　考
0.11≦t<0.16	Z12	特定用途
0.16≦t<0.27		
0.27≦t<0.30		特定用途
0.30≦t≦0.50	Z18, Z22, Z25, Z27	
0.50<t≦1.0	Z22, Z25, Z27	

熱延原板

種　類		規格記号	表示厚さ mm	めっきの種類		
				Z06 ～ Z37	Z45	Z60
一般用		SGHC	1.6≦t≦6.0	○	○	○
構造用	340N級	SGH340	1.6≦t≦6.0	○	○	○
	400N級	SGH400	1.6≦t≦6.0	○	○	○
	440N級	SGH440	1.6≦t≦6.0	○	○	○
	490N級	SGH490	1.6≦t≦6.0	○	○	○
	540N級	SGH540	1.6≦t≦6.0	○	○	○

備 考：表示厚さ1.6mm以上3.2mm以下に対して、特に熱延原板の指定がない場合には、熱延原板の仕様を満たす冷延原板を使用する場合があります。

日本製鉄規格

冷延原板

種類		規格記号	表示厚さ t（mm）
一般用		NSGCC	0.25≦t≦3.2
絞り用	1種	NSGC270C	0.40≦t≦2.3
	2種	NSGC270D	0.40≦t≦2.3
	3種	NSGC270E	0.60≦t≦2.3
	4種	NSGC270F	0.60≦t≦2.3
	5種	NSGC270G	0.60≦t≦2.3
構造用	340N級	NSGC340	0.25≦t≦3.2
	400N級	NSGC400	0.25≦t≦3.2
	440N級	NSGC440	0.25≦t≦3.2
	490N級	NSGC490	0.25≦t≦3.2
	570N級	NSGC570	0.25≦t≦2.0
絞り加工用高強度	340N級	NSGC340R	0.40≦t≦3.2
	370N級	NSGC370R	0.40≦t≦3.2
	390N級	NSGC390R	0.40≦t≦3.2
	440N級	NSGC440R	0.40≦t≦3.2
焼付硬化型絞り加工用高強度		NSGC340BH	0.40≦t≦3.2
深絞り加工用高強度	340N級	NSGC340E	0.40≦t≦3.2
	370N級	NSGC370E	0.40≦t≦3.2
	390N級	NSGC390E	0.40≦t≦3.2
	440N級	NSGC440E	0.40≦t≦3.2

備 考：① NSGC270E、NSGC270FおよびNSGC270Gの板およびコイルは非時効性を指定する場合、それぞれNSGC270EN、NSGC270FNおよびNSGC270GNとします。
② 上表以外の表示厚さを受渡当事者間で協定することができます。
③ 屋根用および建築外板用に用いる場合は、NSGCCのみ適用し末尾に屋根用はR、建築外板用はAを付けます。この場合の表示厚さおよびめっき付着量は表aによります。
④ NSGC570については、ご注文に先立って当社にご相談ください。

表a

用途	表示厚さ t（mm）	めっきの付着量表示記号
屋根用	0.35≦t≦1.0	Z25, Z27
	1.0<t	Z27
建築外板用	0.27≦t≦0.50	Z18, Z22, Z25, Z27
	0.50<t≦1.0	Z22, Z25, Z27
	1.0<t	Z27

溶融亜鉛めっき鋼板の耐食性について

1. 亜鉛皮膜の防食機能

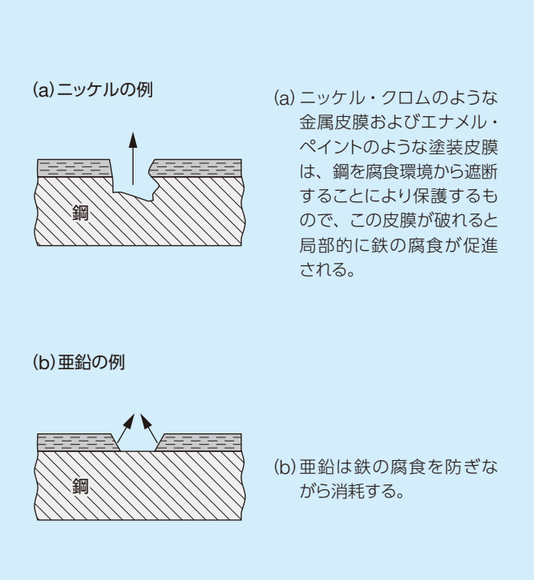
1. 電気化学的な保護作用

亜鉛をめっきすることにより、鉄が錆びなくなる理由は、鉄より先に亜鉛が錆び（溶け）て鉄を保護するからです。（第1図、第2図参照）

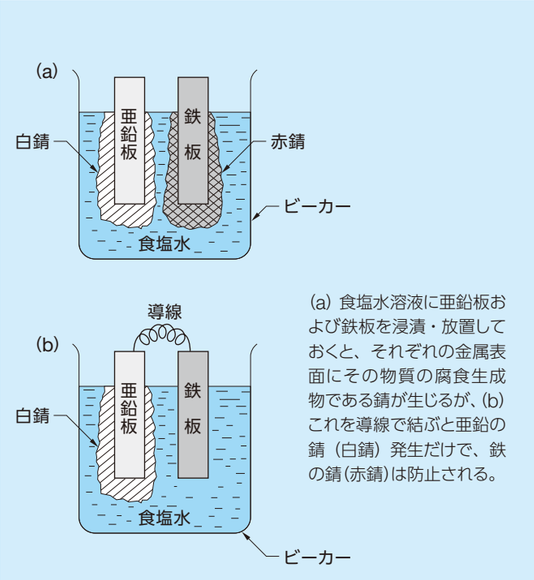
2. 物理的な保護作用

適当な条件下で生成される亜鉛の酸化物は、亜鉛鉄板表面に密着性の良い連続した皮膜となり、外部の腐食環境から錆を遮断する一種の防食皮膜となります。

■第1図　亜鉛と他の金属または非金属の防食機構の相違



■第2図　亜鉛の電気化学的な防食機能の実験室的観察例



2. 大気中の耐食性

1. 一般的考察

大気中の亜鉛の耐食性は、その表面の防食皮膜に依存します。この表面皮膜は、通常緻密な酸化亜鉛または、塩基性炭酸亜鉛からなり、高耐食性を発揮しますが、硫黄化合物の存在する空気中では、多孔性皮膜となるため、腐食速度が速くなります。

したがって、ある特定地点での耐用年数を知るには、厳密にいいますとその地点での実測結果を待たなければなりません。

日本では、まだ溶融亜鉛めっきの大気中の耐食性についての資料は多くありませんが、亜鉛めっき皮膜の大気暴露試験結果を総合して、環境別にその耐用年数を推定すると第1表のようになります。

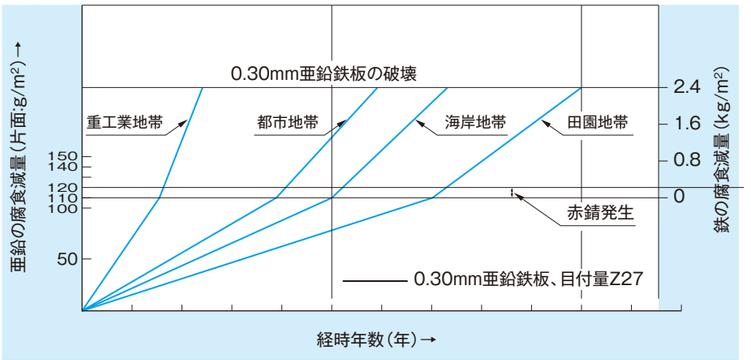
現在まで、世界各地で行われてきた大気暴露試験の結果から、亜鉛皮膜の耐用年数は、皮膜が均一であれば、その付着量にほぼ比例することが認められています。

■第1表　各種環境下における亜鉛の推定寿命（亜鉛目付量Z27：両面275g/m^2 min.）

使用環境	田　園	海　岸	都　市	工　業
耐用年数	10～12	6～10	7～9	3～4

2. 大気暴露試験結果について

■第3図



■第2表　日本における暴露試験結果例

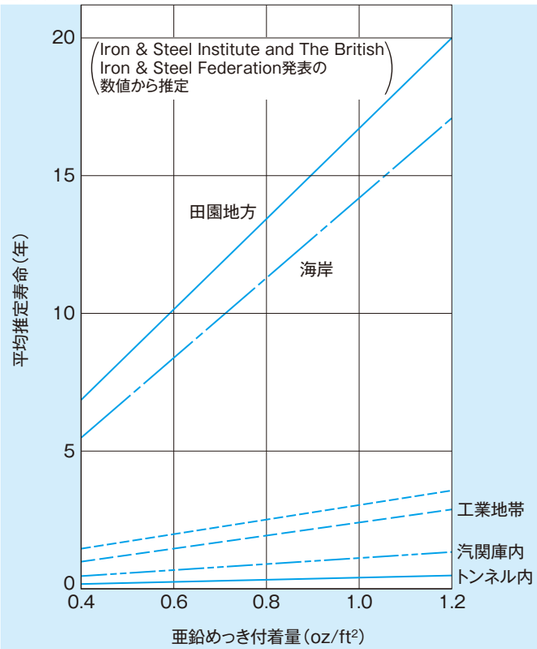
暴露期間*	暴露地	環境	腐食量 (g/m^2/年)〈片面〉	Z27（両面275g/m^2 min.）の推定耐用年数(年)**
3年	川崎***	重　工　業	103.7	1
	東京***	工　　業	63.7	2
5年	高山	内　　陸	8.4	14
	御前崎	太平洋側海岸	21.0	6
	枕崎	亜　熱　帯	16.8	7
	輪島	日本海側高湿度	17.2	7
	帯広	内 陸 寒 冷	13.2	9
10年	桑名	田　　園	12.8	10
	宇多津	海　　岸	12.8	10
	広島	都 市 軽 工 業	13.7	9
	大阪	重　工　業	29.7	4

*：3年および5年の数値は、陸上鉄骨構造物防食研究会（S.35.4～S.40.4）、10年の数値は田中亜鉛鍍金（株）大気暴露試験10ヵ年経過報告（S.41.7～S.51.7）による。

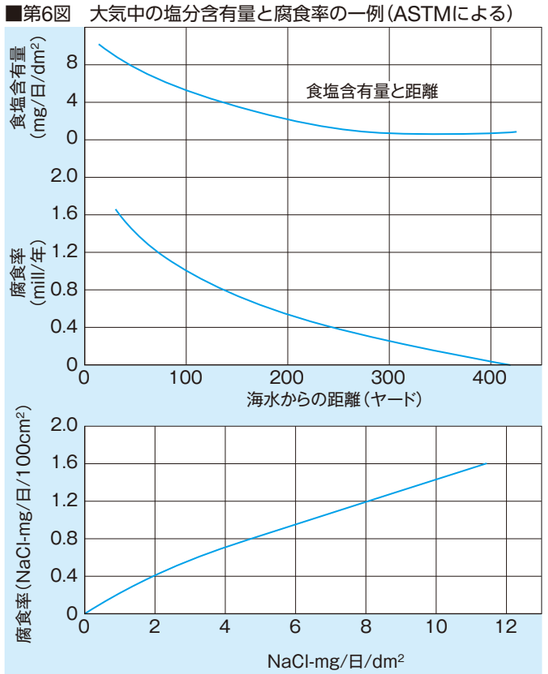
**：耐用年数は、最初の亜鉛皮膜の10%が残っているという仮定に基づいて算出。

***：重工業地帯のイオウ酸化物濃度が昭和43年から公害規制により年々減少してきており現在では都市部と同等以下となっている。これに伴い腐食量についても約1/3程度に減少していると推察される。（溶融亜鉛めっきの耐食性/亜鉛めっき鋼構造物研究会編集より）

■第4図　英国での暴露試験結果からの推定寿命の一例



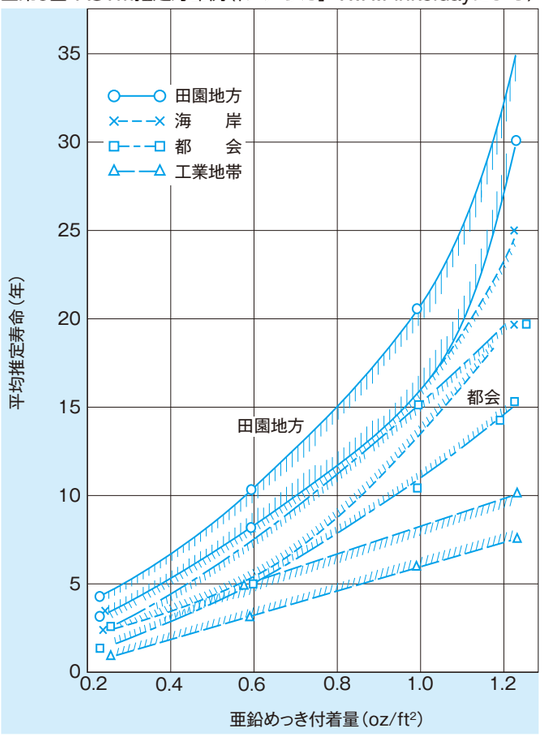
■第6図　大気中の塩分含有量と腐食率の一例（ASTMによる）



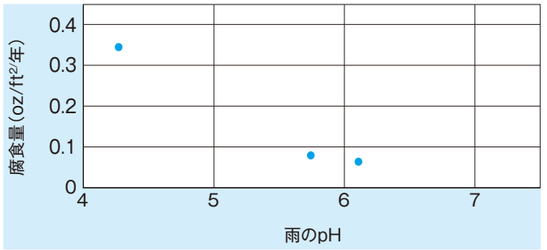
■第3表　イギリスにおける大気中の亜鉛の年別腐食速度および亜硫酸ガスの年別含有量例（Hudson 1959年）

試験地	試験年	PbO_2ベルに吸収されたSO_2（g/m²/日）	亜鉛の腐食速度	
			（g/m²/日）	（ミクロン/年）
Brixham（海岸地帯の大気）	1953	0.022	0.020	1.1
	1954	0.022	0.014	0.69
	1955	0.022	0.022	1.1
	1956	0.021	0.014	0.74
Derby（工業地帯の大気）	1953	0.11	0.19	9.9
	1954	0.11	0.16	8.4
	1955	0.16	0.17	8.6
	1956	0.24	0.16	8.1
Sheffield Attercliffe（工業地帯の大気）	1953	0.31	0.26	13.5
	1954	0.39	0.24	12.2
	1955	0.38	0.24	12.4
	1956	0.38	0.25	12.7

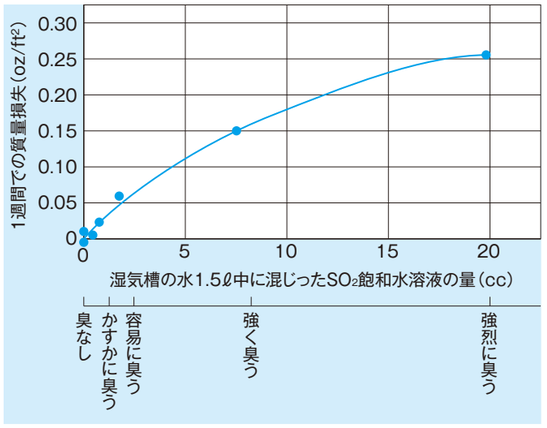
■第5図 ASTM推定寿命例（「アメリカ」W.H.Finkeldayによる）



■第7図　雨中の酸の影響例（J.C.Hudsonによる）



■第8図　So₂の白錆への影響例（P.T. Gilbert et al.）



3. 水中での耐食性

1.一般的考察

水中での腐食速度はpH6～12で最小を示し、酸・アルカリには溶解します。pH6～12の範囲では、亜鉛表面に水酸化亜鉛の皮膜を生成するため、腐食速度はもっぱら、拡散によりこの膜を通ってくる溶存酸素の作用と皮膜の溶解度で決定されます。

すなわち、

■pHによる影響：亜鉛や亜鉛の腐食生成物は中性に近い水には安定であるが、酸にもアルカリにも弱い。

■不純物の影響：水中の不純物としてカルシウム、マグネシウム塩等は、腐食防止に有効な保護皮膜を形成させるため軟水より硬水の方が、また食塩水よりも海水の方が防食寿命は長くなる。

■水温の影響：水温は大きく影響し60～80℃での腐食速度が大きい。

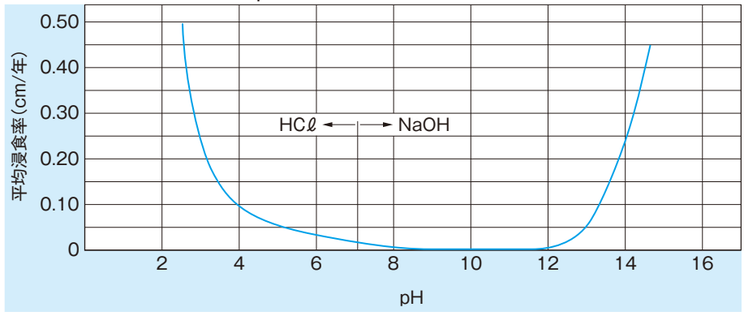
■溶存酸素の影響：水中の溶存酸素量が大きいほど、亜鉛の腐食量は大となる。

■流速の影響：水の動きが、亜鉛表面皮膜の防食効果に影響を及ぼす。一般に流水中の方が、静止水中より亜鉛の損耗が大である。

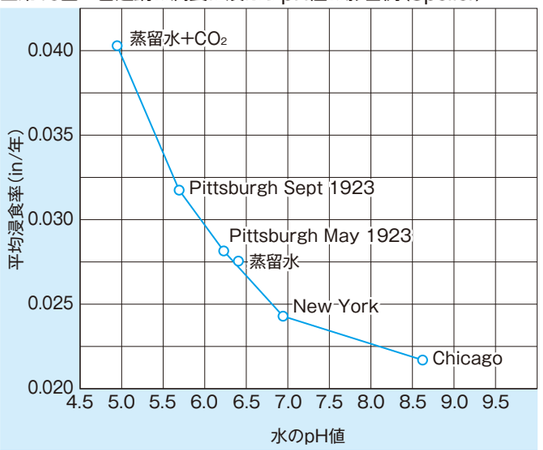
などの要因により、亜鉛の耐食寿命が変化します。

2.各種試験結果

■第9図　亜鉛の腐食に及ぼすpHの影響例



■第10図　普通鋼の腐食に及ぼすpH値の影響例(Speller)

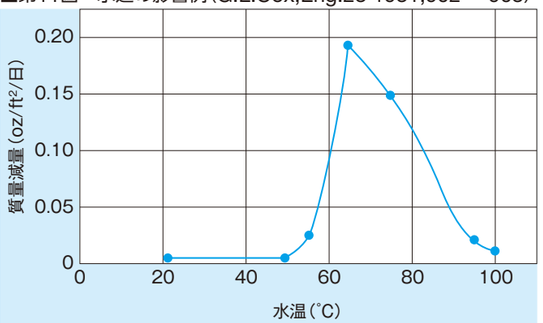


■第4表　亜鉛皮膜の腐食と水温の関係例
(金属表面処理技術便覧583)

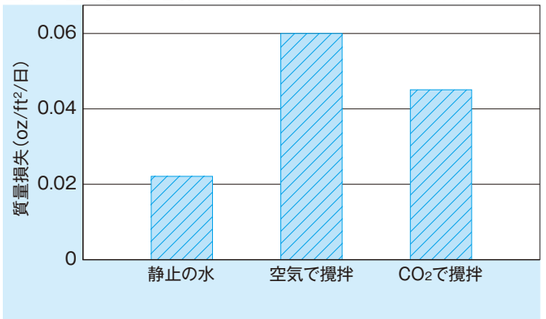
温度(℃)	腐食物生産率(mg/dm²/day)	腐食生成物の性状
20	3.9	ゼラチン状の非常に密着性の良い層。
50	13.9	ゼラチン状で密着性のやや劣る層。
55	76.2	粒状に近くなり密着性は悪い。
65	577	粒状になり、ウロコ状になりかかっている。緻密、非密着性。
75	460	粒状になり、ウロコ状になりかかっている。緻密、非密着性。
95	58.7	緻密で厚いウロコ状、密着性。
100	23.5	灰色から黒色に変わる。非常に厚くエナメル状。非常に密着性が良い。

(注)：腐食物の生成量は、表面に保護皮膜が形成された後は急激に減少する。これから寿命の算定はできない。

■第11図　水道の影響例(G.L.Cox,Eng.23 1931,902～903)



■第12図　水中に溶解した酸素の影響例(J.C.Hudson)



溶存酸素の影響

腐食速度は水中の溶存酸素の濃度に応じて増減します。

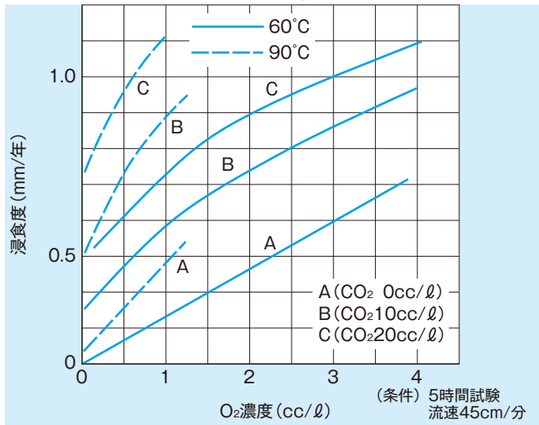
水中の軟鋼(C 0.15%)の浸食度と溶存酸素量との関係の一例を第13図に示します。

また、淡水および海水中の酸素飽和溶解量を第14図に示します。

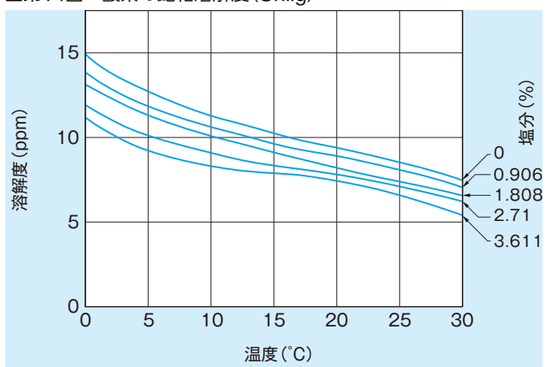
水中で酸素濃度の著しい不均一があると一種の濃淡電池を作り、酸素の不足する表面が陽極となって腐食します。

[参考] 工業用水関係の分野では金属防食対策の一つとして溶存酸素を固定する脱酸素法が採用され、除去限度を冷水系統で溶存酸素を0.3ppm（0.2cc/ℓ)程度、70℃の熱水系統で0.1ppm、18気圧までの低圧ボイラーでは0.03ppm以下にすれば腐食はほとんど防止されるといわれています。

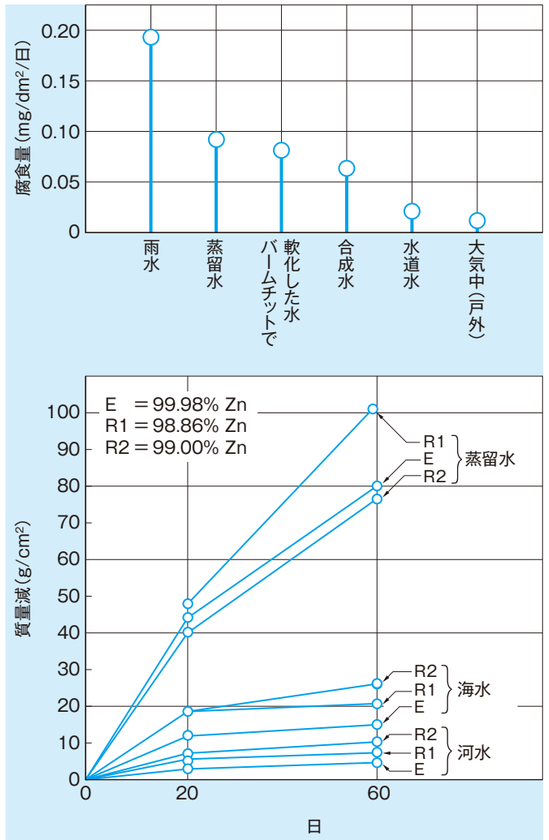
■第13図　軟鋼の腐食に及ぼす溶存酸素の影響例
(Shaperdas and Uhlig)



■第14図　酸素の飽和溶解度(Uhlig)



■第15、第16図　種々の水による亜鉛の腐食速さの一例
(Bauer and Schikorr)



水質と亜鉛の腐食（勝山、溶融亜鉛めっき、理工図書）

■第5表　試験片の化学的成分（%）

材　　料	T.C	G.C	Si	Mn	P	S	Cu	Zn	Sn	Pb
亜鉛めっき								（注）		
銅							99.93			
真　　鍮							60.38	39.48	tr	0.07
鋳　　鉄	3.69	2.50	1.28	0.51	0.236	0.002	0.15			
キルド鋼	0.09		0.14	0.33	0.040	0.019	0.12			

（注）：亜鉛の付着量530g/m^2

■第6表　用水の性質

用　　水	水温（℃）	pH	硬度（dH）	SiO_2（mg/ℓ）	CaO（mg/ℓ）	MgO（mg/ℓ）	Cl^-（mg/ℓ）	SO_4^{--}（mg/ℓ）	O_2（mg/ℓ）	$KMnO_4$（mg/ℓ）	流速（mg/sec）
上　　水	10	6.9	2.4	23	17	5	9	13	9	2	2
井　　水	—	6.8	5.3	42	30	16	30	2	4	16	3
工業用水	10	7.2	2.8	25	18	7	11	10	8	5	3
処理下水	10	7.0	16.2	18	57	75	615	98	3	26	300
海　　水	—	7.0	319.8	9	495	1,696	16	2,201	0	—	300

■第7表　静水中における腐食量例（g/m^2/日）

材料	上水	井水	工業用水	処理下水	海水
亜鉛めっき	0.05	0.06	0.07	0.08	0.11
銅	0.03	0.06	0.08	0.09	1.28
真鍮	0.09	0.16	0.26	0.17	0.32
鋳鉄	1.57	1.38	1.65	1.03	1.60
キルド鋼	1.75	1.66	1.67	1.46	1.45

■第8表　静水中における腐食厚み例（mm/年）

材料	上水	井水	工業用水	処理下水	海水
亜鉛めっき	0.002	0.003	0.003	0.004	0.006
銅	0.001	0.002	0.003	0.004	0.052
真鍮	0.001	0.007	0.011	0.007	0.014
鋳鉄	0.079	0.069	0.083	0.051	0.080
キルド鋼	0.072	0.076	0.077	0.067	0.067

■第9表　流水中における腐食量例（g/m^2/日）

材料	上水	井水	工業用水	処理下水	海水
亜鉛めっき	0.64	0.51	0.54	0.59	1.04
銅	0.41	0.03	0.21	0.15	1.04
真鍮	0.57	0.10	0.55	0.59	1.65
鋳鉄	0.54	0.86	2.56	0.75	2.79
キルド鋼	0.56	0.98	2.52	1.27	2.91

■第10表　流水中における腐食厚み例（mm/年）

材料	上水	井水	工業用水	処理下水	海水
亜鉛めっき	0.033	0.026	0.027	0.030	0.052
銅	0.017	0.001	0.009	0.006	0.043
真鍮	0.025	0.004	0.024	0.025	0.071
鋳鉄	0.127	0.043	0.128	0.037	0.139
キルド鋼	0.118	0.045	0.116	0.058	0.134

海水中における腐食性例

■第11表　（ASTMの試験結果による）

浸漬期間（年）	腐食速度（mils/年）	腐食速度（oz/ft^2/年）
0.5	1.9	1.13
1.0	0.9	0.53
3.5	0.6	0.35
5.0	0.5	0.30

（注）：海水に浸漬された亜鉛鉄板は、浸漬期間が長くなると腐食生成物が保護皮膜となり、幾分腐食速度を減ずる傾向にあるが、各種の実験の結果、大体その腐食量は年間約0.3～0.5oz/ft^2であるとされている。
また、3mil（=0.075mm、Zn:1.75oz/ft^2、Aℓ:0.75oz/ft^2）相当の厚みにめっきしたアルミニウム、カドミウム、鉛、錫、亜鉛のうち、2年以上の耐久力のあったものは亜鉛のみであったとの報告がある。
（金属表面技術、久松敬広、Vol.9 No.21958、P.74）

■第12表　（防食技術9、2、1958、63～67）

低流速海水浸漬	0.55oz/ft^2/日　（Kure）
海水浸漬	0.50oz/ft^2/日　（Hudson）

4. 土壌中での耐食性

1. 一般的考察

土壌腐食は固体（土壌）、液体（水、海水…）、気体（空気）の3相より成立する腐食系で、非常に複雑な現象となります。

土壌は複雑な珪酸塩および残留鉱物から成っており、その粒子の大きさは膠質状の粘土から砂、あるいは砂利にまでわたっています。また、これには遊離した形、あるいは吸着した形の塩類、酸および有機物質の混合物が含まれています。土壌の構造は、水分や空気を通し得るもので、降雨の後には、水が土壌中の水溶性の成分を溶かし、ある速度で通過していきます。

土壌中には地上の空気よりも酸素の少ない、しかし二酸化炭素を多く含む空気が存在し、また、硫化水素、有機酸の蒸気、メタンおよび様々の有機物の分解生成物なども存在することがあります。さらに土壌中には、微生物や菌類が必ず存在し、周囲の土壌の酸性度あるいは還元力に影響を与えることがあります。

土壌の粒子と金属の物理的接触は、時として空気酸化の差による腐食電池を作り、陽極となるところには腐食が集中しますので凹凸状の腐食になることもあります。

亜鉛皮膜は、一般的に、“多くの土壌中において鉄に対して優れた防食性”を示します。

ただし、例外として、還元性で酸性の有機質土壌があり、この土壌中では溶融亜鉛めっき鋼の腐食程度は、裸の鋼の場合と同じ程度になります。

また、土壌中での腐食は、大気・海水・淡水中でのそれに比べ、

①土中の水溶液への空気の供給は、単なる水溶液の場合より完全でない。

②金属体は土壌の小粒子で包まれているので腐食によって生ずる水溶性の金属化合物が拡散しにくく金属体の腐食を抑制する。

などの理由で小さくなるといえます。

■第13表　亜鉛および亜鉛皮膜の土壌中における腐食試験に用いられた土壌の種類

土壌番号	土壌のタイプ	地域	平均温度（°F）	年間降雨量（インチ）	試験地域の排水性	相対温度（%）	pH	全酸価（mg-等価/土壌100g）	電気抵抗（60°F）（ohm-cm）	抽出水中の含有成分（mg-等価/土壌100g）						
										Na+K（Naとして）	Ca	Mg	CO_2	HCO_3	Cℓ	SO_4
1	Allis　泥滓ローム	Ohio	49.2	33.8	P	28.6	7.0	11.4	1,215	0.72	0.25	0.43	0.00	0.09	0.09	0.83
3	Cecil　粘土質ローム	Ga.	61.2	48.3	G	29.1	5.2	11.5	30,000	—	—	—	—	—	—	—
8	Fargo　粘土質ローム	N.Dak.	39.0	21.0	P	37.0	7.6	A	350	1.42	1.72	2.55	0.00	0.71	0.01	4.43
11	Hagerstown　ローム	Md.	55.4	42.6	G	32.0	5.3	10.8	11,000	—	—	—	—	—	—	—
13	Hanford　微細砂ローム	Calif.	64.6	5.6	F	21.7	9.5	A	290	6.23	0.09	0.13	0.00	1.12	1.64	3.76
14	Hempstead　泥滓ローム	Minn.	44.2	27.2	F	17.2	6.2	5.6	3,520	—	—	—	—	—	—	—
16	Kalmia　細砂ローム	Ala.	67.3	61.6	F	22.2	4.4	11.8	8,290	—	—	—	—	—	—	—
18	Knox　泥滓ローム	Nebr.	50.6	27.8	G	28.4	7.3	1.4	1,410	0.27	0.63	0.20	0.00	0.94	0.00	0.25
19	Lindley　泥滓ローム	Iowa	49.5	32.0	G	28.4	4.6	10.9	1,970	0.38	0.32	0.41	0.00	0.16	0.03	0.46
20	Mahoning　泥滓ローム	Ohio	49.2	33.8	P	22.4	7.5	1.5	2,870	0.25	0.48	0.20	0.00	0.51	0.00	0.15
22	Memphis　泥滓ローム	Tenn.	61.6	47.7	G	28.4	4.9	9.7	5,150	—	—	—	—	—	—	—
23	Merced　泥滓ローム	Calif.	65.0	6.0	P	24.7	9.4	A	278	8.38	0.38	0.22	0.02	1.87	1.12	5.57
28	Monte-zuma　アドービ粘土	Calif.	61.0	10.3	P	24.6	6.8	C	408	1.50	0.06	0.18	0.00	0.12	0.99	0.89
29	腐植土	La.	69.3	57.4	VP	34.5	4.2	28.1	1,270	1.15	1.92	1.55	0.00	0.00	1.69	2.30
32	Ootamo　ローム	N.Y.	47.6	32.8	G	17.8	7.3	0.5	5,700	0.23	0.70	0.12	0.00	0.73	0.01	0.42
33	泥炭	Wis.	46.1	30.1	VP	72.8	6.8	36.0	800	1.52	7.30	4.06	0.00	C	2.27	2.13
37	St.John　細砂	Fla.	69.3	47.4	P	7.0	3.8	15.3	11,200	—	—	—	—	—	—	—
39	Sassafras　泥滓ローム	Del.	54.0	40.0	P	24.2	5.6	6.6	7,440	—	—	—	—	—	—	—
40	Sharkey　粘土	La.	69.3	57.4	P	33.0	6.0	9.4	970	0.56	0.58	0.44	0.00	0.93	0.07	0.28
42	Susquehamna　粘土	Miss.	64.0	53.0	P	34.8	4.7	28.2	13,700	—	—	—	—	—	—	—
43	水の干満のある湿地土壌	N.Y.	52.0	43.0	VP	55.4	3.1	36.8	60	45.10	5.17	9.45	0.00	0.00	43.30	37.00
45	アルカリ性土壌	Wyo.	47.2	15.3	P	14.8	7.4	A	263	8.15	3.70	0.70	0.00	0.24	0.18	11.98
46	砂質ローム	Colo.	50.0	14.1	G	7.6	7.0	C	1,500	—	—	—	—	—	—	—

（注）：A=アルカリ性、C=定着せず、G=良好、mg－等価=ミリグラム等価、F=やや良好、P=不良、VP=極めて不良

2. 各種試験結果

■種々な腐食環境における腐食状況

(Corrosion of Galvanized Steel in Soils:A. Denison:J.Res. National Bureau of Standards. 49. No.5 299～314（1952）Nov. Research paper 2366)

■第14表 約10年間土壌中に埋められた金属の質量減と腐食孔の最大深さの一例

材　料	土壌13		土壌29		土壌42		土壌43		土壌45	
	質量減	孔の深さ	質量減	孔の深さ	質量減	孔の深さ	質量減	孔の深さ	質量減	孔の深さ
亜鉛板（99.5%）	0.35	4.0	0.46	3.9	0.085	1.7	0.23	3.3	f	f
亜鉛鋳物（99.5%）	0.34	7.0	0.53	5.5	0.078	1.8	0.22	6.8	0.94	9.8
亜鉛板（標準）	0.19	5.2	0.38	f	0.11	2.0	0.45	3.7	f	f
銅（含銅）	f	6.+	0.69	6.+	0.54	5.9	f	6.+	f	6.+
溶融亜鉛※めっき鋼板	0.14	0.8	0.42	2.8	0.07	2.3	0.06	R	0.17	1.5

※　：2.15oz/ft^{2}の亜鉛皮膜を持つ6×12インチの16ゲージ含銅鋼板　R=錆びてはいるが孔はほとんど見られない。

(注)：質量減は1年当たりのoz/ft^{2}で表わされ、孔の最大深さは1年当たりのmilで表わされている。f は一つまたはそれ以上の孔が鋼板を貫通したことを示す。鋼板試料の寸法は6×2×0.06インチで、亜鉛鋳物の寸法は6×2×0.25インチである。
「標準」と表わした材料の成分は分かっていないが、おそらく成分の分かっている他の試片よりも純度の低いものと思われる。

次に各地の腐食試験から、亜鉛皮膜の寿命を推定すると第15表のごとくなります。

■第15表　亜鉛皮膜の平均寿命（推定）

土壌の侵食性	1oz/ft^{2}の亜鉛皮膜の寿命
強い	1～2年
中程度	4～6年
弱い	18～25年

■第16表　土壌中に10年間埋められた溶融亜鉛めっき鋼管および16ゲージ鋼板の腐食例

土壌番号	質量減少の速度（oz/ft^2/年）				腐食孔の状態または最大深さ（mils/年）ℓ			
	A	A_3	B	Y_3	A	A_3	B	Y_3
1	0.274	0.433	0.449	0.418	Rf	2.6	2.6	2.8
29	0.593	0.515	0.444	0.421	R	3.2	2.6	2.8
20	0.114	0.197	0.225	0.146	R	1.6	2.0	1.2
45	0.174	0.096	0.160	0.170	R	1.8	0.5	1.5
3	0.041	0.048	0.071	0.061	Z	R	1.0	R
19	0.065	0.078	0.110	0.099	Z	2.6	1.9	2.1

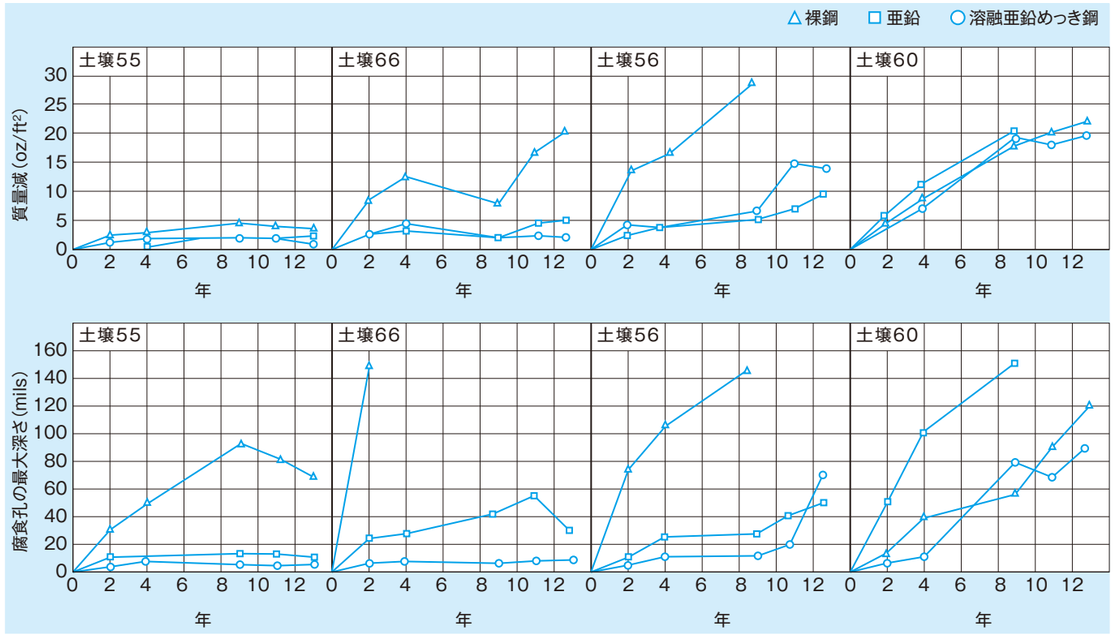
(注)：1. A=純平炉鋼管、亜鉛付着量2.82oz/ft^2
2. A_3=純平炉鋼板、亜鉛付着量0.99oz/ft^2
3. B=ベッセマー鋼板、亜鉛付着量0.81oz/ft^2
4. Y_3=銅0.02%を含有する平炉鋼板、亜鉛付着量1.07oz/ft^2
5. 試片の両面の最も深い腐食孔の深さの平均で表わした孔の最大深さ。
6. 記号：R=発錆または鋼の露出
Z=試片の全面に亜鉛が残存

■第17表 試験地域における土壌の性質例

環境と土壌のタイプ	土壌番号	場所	通気	相対温度（%）	見掛比重	電気抵抗（60°F）（ohm-cm）	pH	全酸価（mg-等価/土壌100g）	抽出水中の含有成分（mg-等価/土壌100g）						
									Na+K（Naとして）	Ca	Mg	CO_2	HCO_3	Cℓ	SO_4
無機の酸化性－酸性土壌															
Cecil　粘土質ローム	53	Ga.	良　好	33.7	1.60	18,800	4.8	5.1							
Hagerstown　ローム	55	Md.	良　好	32.0	1.49	5,210	5.8	10.9							
Susquehanna　ローム	62	Miss.	やや良好	31.6	1.79	6,920	4.5	12.0							
無機の酸化性－アルカリ性土壌															
Chino　泥滓ローム	65	Calif.	良　好	26.4	1.41	148	8.0	A	7.65	12.40	2.20	0.00	1.30	60.5	16.90
Mohave　細砂利ローム	66	Ariz.	やや良好	16.5	1.79	232	8.0	A	6.55	0.51	0.18	0.00	0.73	2.77	2.97
無機の還元性－酸性土壌															
Acadia　粘土	51	Tex.	不　良	47.1	2.07	190	6.2	13.2	10.27	15.55	5.03	0.00	0.56	5.75	22.00
Sharkey　粘土	61	La.	不　良	30.8	1.78	943	6.8	4.9	0.73	0.68	0.33	0.00	0.71	0.10	0.91
無機の還元性－アルカリ性土壌															
Docas　粘土	64	Calif.	やや良好	41.1	1.88	62	7.5	A	28.10	2.29	0.76	0.00	0.89	28.80	0.26
Lake Charles　粘土	56	Tex.	ごく不良	28.7	2.03	406	7.1	5.1	3.12	0.69	0.47	0.00	0.80	1.59	3.04
Merced　泥滓ローム	70	Calif.	やや良好	24.7	1.69	278	9.4	A	8.38	0.38	0.22	0.02	1.87	1.12	5.57
有機の還元性－酸性土壌															
Carlise　腐植土	59	Mich.	ごく不良	43.6	－	1,660	5.6	12.6	1.03	3.08	2.70	0.00	0.00	3.47	1.04
腐植土	58	La.	不　良	57.8	1.43	712	4.8	15.0	2.03	2.23	1.29	0.00	0.00	0.47	2.54
Rifle　泥炭	60	Ohio	不　良	43.4	1.28	218	2.6	297.4	2.91	10.95	2.86	0.00	0.00	0.00	56.70
土壌	63	S.C.	ごく不良	46.7	1.47	84	6.9	14.6	33.60	6.85	4.00	0.00	0.00	12.70	36.60
火山灰															
火山灰	67	Wisc.	ごく不良	—	—	455	7.6	A*	0.77	3.03	0.53	0.00	0.55	0.08	2.89

＊A=アルカリ反応

■第17図　3 oz/ft^{2}の亜鉛付着量を持った溶融亜鉛めっき鋼の土壌中（第17表）における腐食例



■第18表　1924年と1937年の2回の埋設試験においてめっき量3oz/ft²の亜鉛めっき試験片を同一土壌状態で埋設した比較例

試験場番号		亜鉛めっき鋼				裸鋼質量減	
		質量減		最大浸食量			
1924	1937	1924 (oz/ft²)	1937 (oz/ft²)	1924 (mils)	1937 (mils)	1924 (oz/ft²)	1937 (oz/ft²)
3	53	0.4	0.8	<6	<6	4.0	4.0
11	55	9.0	10.0	<6	9	1.8	4.0
23	70	9.6	1.5	68	7	25.7	18.5
29	58	6.0	8.5	<6	63	14.8	16.8
40	61	0.9	1.5	<6	<6	7.5	5.5
42	62	0.7	1.0	<6	<6	10.6	5.5
43	63	1.4	2.5	<6	8	12.7	11.5

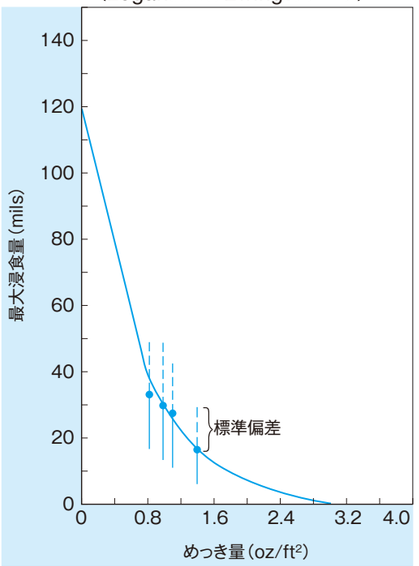
(注)：試験場43は63と地質的に同一ではないが、土壌環境が塩分を含む沼沢であることが共通している。

■第19表　亜鉛被覆パイプの土中腐食例(Logan and Ewing)

土 壌 の 型	mdd※	被覆状態	備　考
Allis silt loam	2.3	R	Z：Znおよび鋼表面全体に連続的に被覆 A：表面の一部に青色または黒色の鋼面が現われている。 R：錆びた鋼管、または裸の鋼管 M：わずかながら鋼面がZnに浸されている。ピットは10mils以上のものにはない。
Bell clay	0.29	Z	
Cecil clay loam	0.34	Z	
Chester loam	1.5	R	
Doblin clay adobe	1.5	R	
Ereretgravelly sandy loam	0.10	Z	
Maddax silt loam	2.1	R	
Fargo clay loam	0.61	Z	
Genesee silt loam	0.96	A	
Gloucester sandy loam	1.0	R	
Hager stown loam	0.71	A	
Hamford fine sandy loam	—	—	
Hanford very fine sandy loam	0.72	R	
Hempstead silt loam	0.20	Z	
Houston black clay	0.29	Z	
Kalmia fine sandy loam	0.83	M	
Key port loam	2.9	R	
Lindley silt loam	0.54	Z	
Mahoning silt loam	0.95	R	
Memphis silt loam	1.0	R	
Merced silt loam	7.9	6.7mils/年	
Merrimac gravelly, sandy loam	0.20	Z	
Miami clay loam	0.28	Z	
Miami silt loam	0.57	A	
Miller clay	0.76	A	
Montezuma clayadobe	1.7	R	
Much	5.0	R	
Muscatine silt loam	0.38	A	
Norfolk fine sand	0.13	Z	
Ontario loam	0.47	R	
Peat	1.4	R	
Ramone loam	0.25	A	

※：mdd(mg/dm²/day)　(注)：平均被覆量(2.8 oz Zn/ft²)、試験期間(10年)

■第18図　10年間6種の土壌中に埋設した亜鉛めっき管および鋼板の最大浸食量とめっき量の関係例
(LoganおよびEwingのデータ)



■第20表　腐食の実測例（日本鉄塔が昭和11年8月に直方市(福岡県)において送電線用鉄塔を撤去するにあたって亜鉛めっきアングルを土中に埋め込んで耐食性を調査したデータ)

試験片 No.	土質 およびpH	残存亜鉛量 (g/m²)	亜鉛めっき寿命 (推定)(年)
1	ポタ混入 6.10	477	67 ～ 176
2	ポタ混入 6.22	340	47 ～ 71
3	ポタ混入 6.22	454	62 ～ 153
4	ポタ混入 6.22	582	99
5	粘土質 6.82	275	41 ～ 54
6	ポタ混入 8.42	495	71 ～ 277

(注)：埋設期間(昭和38年11月まで27年間)、亜鉛めっき量(550 ～ 800g/m²をドブ漬けめっきしたもの)。

5. コンクリート中での耐食性

1. 一般的考察

亜鉛めっきされた鉄鋼製品のコンクリートの中での腐食状況については、種々な報告がなされておりますが、その腐食量は、コンクリートの種類、コンクリートに隣接する環境(大気・土中・海水・淡水…)および異種金属との接触、または迷走電流の有無などによって大きな差異が生じます。

したがって、その腐食環境条件を十分把握したうえでなければ、亜鉛めっき製品の耐食寿命を推定することは困難ですが、過去の諸実例から判断すると、亜鉛めっき鋼の耐食性は、コンクリート中においても通常の腐食環境と同様確実な効果を発揮するとともに、さらにクラックの発生に対しても有利となるものと考えられます。

2. コンクリート中での鉄筋の腐食状態

三井金属鉱業では、建設以来50年を経過した三池精錬所水平蒸留工場建屋の“コンクリート中の鉄筋”の腐食状態について調査した結果「腐食防止には溶融亜鉛めっき鉄筋が最適だ」との結論に達したと報告しております。

同調査によりますと、コンクリート中の鉄筋といえども、コンクリートの施工条件ならびに腐食環境によっては、コンクリートが脱落するまで腐食が進行し、年間平均腐食率が70μに達していたとのことです。(重工業都市や海洋雰囲気では130μといわれています)

■鉄筋の損傷状況

コンクリートが脱落して鉄筋の露出している部分は腐食が甚だしく、鉄筋が切断しているものや、断面が半分以下になっているものがある。また、コンクリートの表面の正常な所でも中性化が進んだ部分は鉄筋の発錆が認められ、中性化がいまだ鉄筋まで進んでいない部分は、鉄筋に異常がない。

建屋上部の梁に使用されている鉄骨アングルは長年の操業により亜鉛および酸化亜鉛が表面全体に蓄積し、鉄の発錆は殆どみられない。この事実から、亜鉛による鉄鋼の防食が十分に効果的であったことを立証している。

■鋼材腐食の原因

① 濡れたポルトランド・セメントのpHは約12.4で鉄と接触したとき、それを不動態化させる条件になる。もし十分な塩素イオンが存在すれば不動態皮膜が破れてコンクリートは適度な保護能力を失い、コンクリートに錆、しみや亀裂の発生する危険が生ずる。

② 補強されたコンクリート構造物に沿って酸素濃度に差異があると、電位差0.5ボルトの腐食電池の形成が起り得る。もし、この局部電池回路の電気抵抗が十分高くない場合は、この腐食電池だけによる破壊的な腐食も起り得る。

③ 塩素イオンによる孔食促進作用。

④ 銅と活性を持つ鋼を接続した場合のように、ガルバーニ電池の形成も、コンクリート中の鋼材に電位差を生ずる一因となる。

この種の接続部で発生する電位差は腐食原因となり、電気抵抗の低い場合に腐食が促進される。

⑤ 電気的接地あるいは、付近で陰極防食が行われていて、保護される構造物と鋼材の接続が不良な場合に迷走電流が発生し、影響を受ける。

⑥ 化学的侵食作用(硫酸、硫化水素などによる腐食)

⑦ 鋼とコンクリートの境界面でpHが下る場合

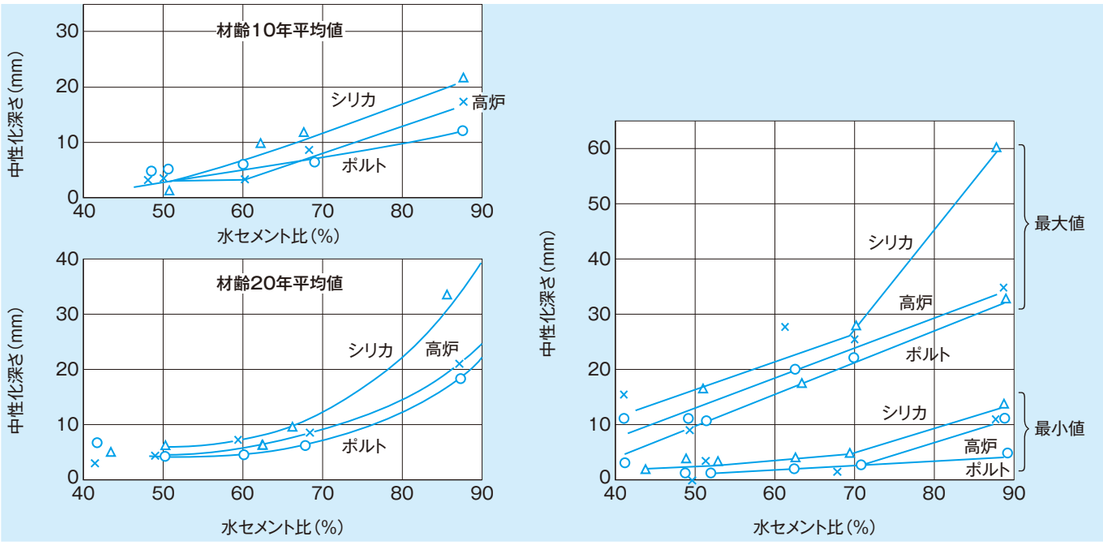
■鋼材露出の原因

①コンクリートの構造的クラックにより、空気・雨水・ガスなどが進入して鋼材が錆を生じ、酸化鉄の体積膨張によりコンクリートが脱落する。

②コンクリートの打継ぎ部、コンクリートの巣などにより、鋼材が錆びて脱落する。

③コンクリートのかぶり厚さが部分的に不足し、コンクリートの中性化により鉄筋が錆びて脱落する。

■第19図　各種セメントの中性化深さ例（ポルト、高炉、シリカ）



3.コンクリート中における溶融亜鉛めっき鋼

カリフォルニア大学における実験によれば、溶融亜鉛めっき鋼を用いて補強したコンクリートの方が、黒皮の鋼材によって補強したコンクリートよりも、浸食性の環境下で一層良く、長期間耐用できることが明らかにされました。（I.Cornet and B. Bresler, Corrosion of Steel and Galvanized Steel in Concrete, Materials Protection, 5. 69-72 (1966) April）

この試験では、溶融亜鉛めっきを用いた場合の方が、亀裂の発生とその成長が一層緩慢であり、コンクリートの破壊も遅れて発生。また腐食性陽極電流の存在下で同等の電流密度を用いた場合、あるいは繰り返し塩水浸漬試験を行った場合、溶融亜鉛めっき鋼を用いた方がいずれも補強鋼材の損傷が少なかったとあります。

この過程の発生機構について完全な説明はできませんが、

① かなり高い塩素イオン濃度に耐え

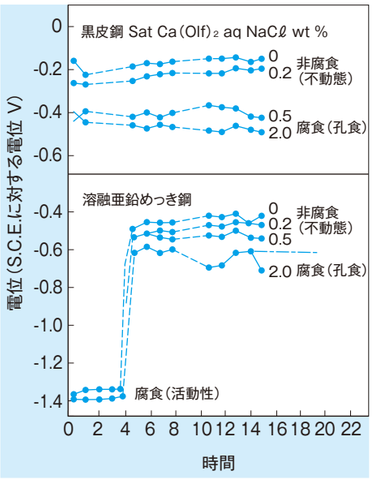
② 皮膜の破壊や不動態性の喪失が起こっていない。

③ いったん不動態性が失われた後は亜鉛が優先的に腐食して鋼を陰極防食する。

④ 亜鉛の可溶性腐食生成物は鋼のそれより、アルカリ質コンクリート中の拡散速度が大と考えられる。（鋼とコンクリートの境界面に腐食生成物が累積して、コンクリートに破壊的な引張り応力を加えるため、割れの原因となるのに対して有利。）

などが、溶融亜鉛めっき鋼の持つ優れた防食力の理由の一つであるかもしれません。

■第20図　高濃度の塩素イオンに耐える溶融亜鉛めっき鋼の能力例



6. 亜鉛皮膜中の不純物が耐食性に及ぼす影響

1. 一般的考察

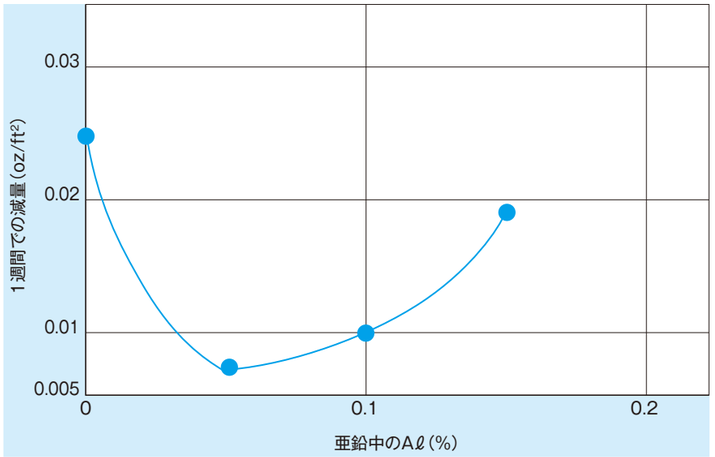
亜鉛めっき層中の不純物の如何によって、大気中での耐食性が如何になるかということは、種々研究されていますが、研究した人によってまちまちな結果を出している場合が多く、一概にはいえませんが、銅（Cu）、アンチモン（Sb）などは耐食性を害するようで、カドミウム（Cd）、鉄（Fe）、鉛（Pb）などについてはまちまちであって、Cdは多少悪く、Pbは耐食性を良くする傾向があるようです。Feについては少量のときには耐食性を多少悪くするようですが、多量に入ると合金ができて耐食性が良くなります。

アルミニウム（Aℓ）については0.05%付近が最も良いようです。

また、水中では亜鉛めっき層中の不純物によって大きい影響があり、Cu、Fe、Sbなどが1%程度あると極度に悪く、錫（Sn）、ひ素（As）、Cdなどでは多少悪くなり、Aℓ、Pb、水銀（Hg）などの場合は良くなるといわれています。

「"Galvanizing, (Hot-Dip)" 3rd Ed. H. Bablik, translated by C. A. Bentley, John Wiley and Sons Inc., New York, 1949, P310-365」

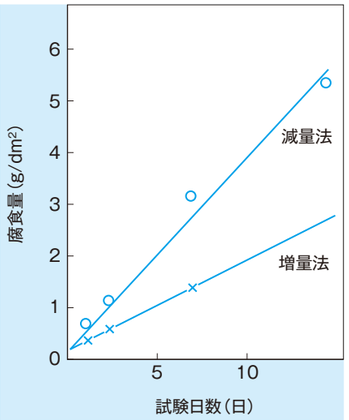
■第21図 亜鉛中のアルミニウムの影響例
（P.T. Gilbert and S.E. Hadden, J of Metals, Vol.78 1950-51, P47-70）



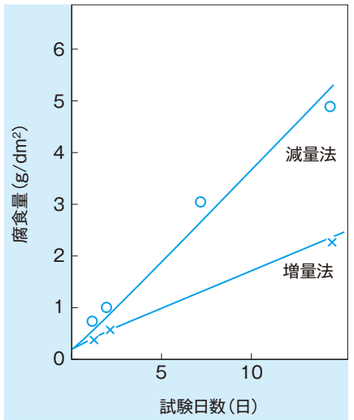
7. 各種腐食促進環境下における耐食性調査例（当社・研究所調査）

1. 塩水噴霧試験例（JIS Z 2371に準ずる。食塩濃度5%、噴霧圧0.8kg/mm^2、室温35±2℃）

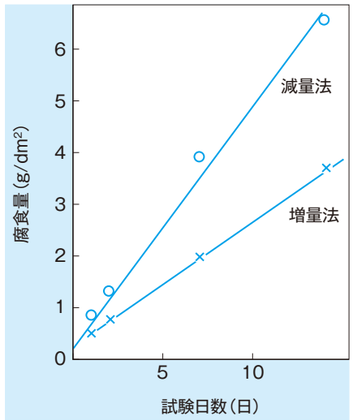
■第22図　熱延鋼板（SPHC）



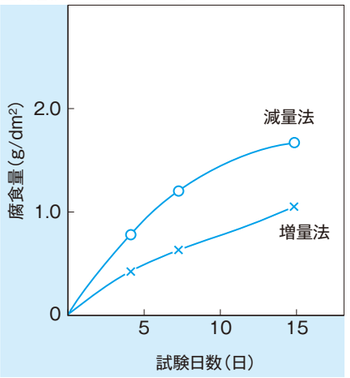
■第23図　冷延鋼板（SPCC）



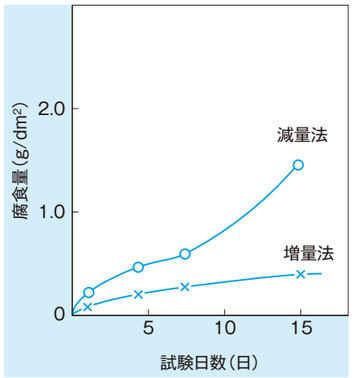
■第24図　含銅鋼



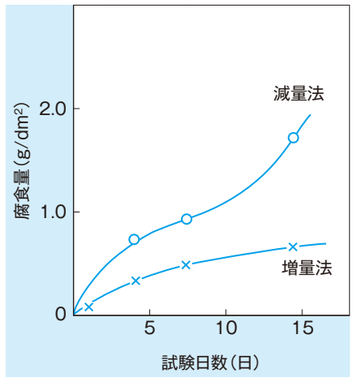
■第25図　亜鉛めっき鋼板



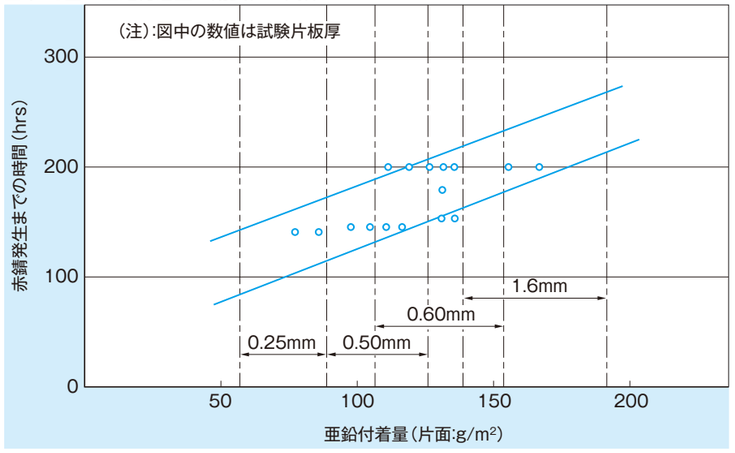
■第26図　亜鉛めっき鋼板（特殊クロム酸処理）



■第27図　亜鉛めっき鋼板（クロム酸処理）

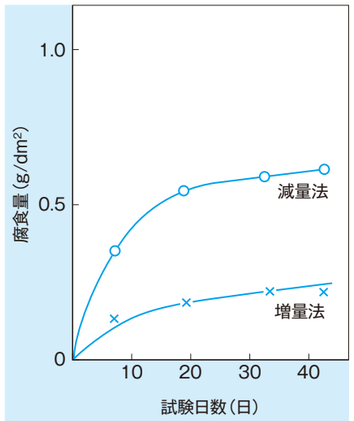


■第28図　亜鉛付着量と耐食性の関係

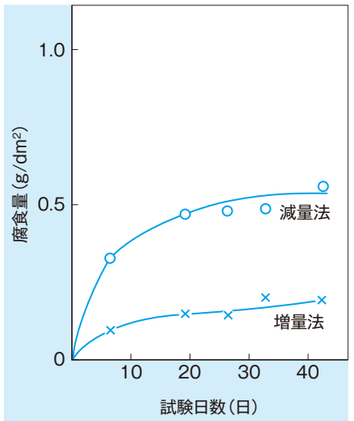


2. 湿気槽試験例（JIS Z 0228に準ずる。槽内温度49±1℃槽内の水面下に空気を14,15ℓ/min送入し、湿度95%以上とする。）

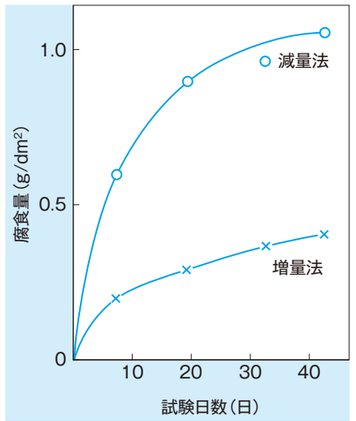
■第29図　熱延鋼板（SPHC）



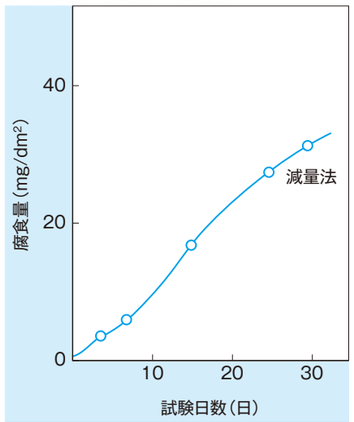
■第30図　冷延鋼板（SPCC）



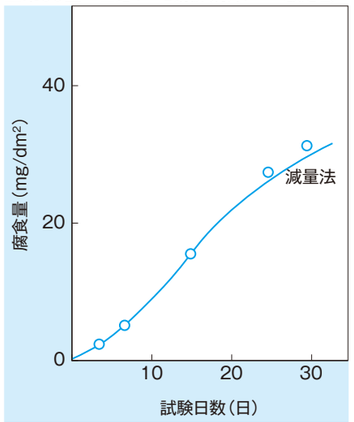
■第31図　含銅鋼



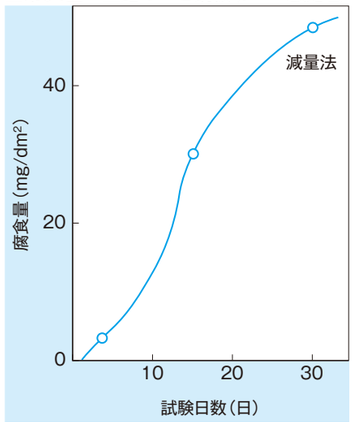
■第32図　亜鉛めっき鋼板



■第33図　亜鉛めっき鋼板（特殊クロム酸処理）



■第34図　亜鉛めっき鋼板（クロム酸処理）



8. 切断端面の耐食性調査例 (当社・研究所調査)

亜鉛鉄板切断面の耐食性を第21～26表および第35～37図に示します。

屋内保存中での錆化は、うっすらとではありますが、数日で発生し、その後の赤錆の進行は大きくありません。

1. 屋内暴露試験例

■第21表　単板(ぶらさげ)

板　厚	7日	20日	45日	3ヵ月	1年2ヵ月
0.25mm	RRなし	RRなし	RRなし	RRなし	鉄部に薄いRR
0.60mm	RRなし	うすく 鉄部RR	うすく 全鉄部RR	うすく鉄部 全点RR	鉄部に薄いRR
1.6mm	鉄部点 RR少し	うすく 鉄部RR	うすく 全鉄部RR	うすく鉄部 全点RR	鉄部に薄いRR
2.3mm	鉄部点 RR少し	うすく 鉄部RR	うすく 全鉄部RR	うすく鉄部 全点RR	鉄部に薄いRR

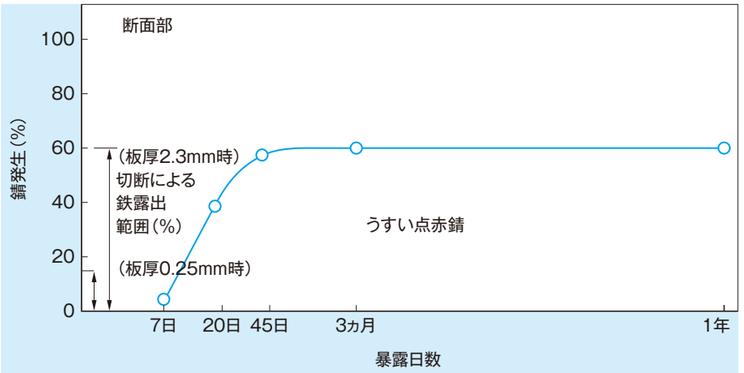
(注)：RR（赤錆）

■第22表　積み重ね

板　厚	7日	20日	45日	3ヵ月	1年2ヵ月
0.25mm	RRなし	RRなし	RRなし	RRなし	RRなし
0.60mm	RRなし	鉄部部分的 に点RR少し	うすく鉄部 に赤錆	鉄部に点 赤錆うすく	鉄部に薄いRR
1.6mm	鉄部 点錆少し	鉄部 点錆少し	部分的に点 赤錆	鉄部に点 赤錆うすく	鉄部に薄いRR
2.3mm	鉄部 点錆少し	鉄部 点錆少し	鉄部赤錆 （黒っぽい）	鉄部に点 赤錆うすく	鉄部に薄いRR

(注)：RR（赤錆）

■第35図　屋内暴露試験



2.屋外暴露試験例

屋外暴露では、数日で鉄露出断面の赤錆が発生します。ただ日数を経るにつれて赤錆化より白錆化の方が進行が早く、徐々に鉄赤錆が目立たなくなります。

■第23表　単板

板　厚	1日	4日	15日	30日	3ヵ月	7ヵ月	1年2ヵ月後
0.25mm	0	0	0	鉄全断面 赤錆化	鉄全断面部が白錆 でおおわれてくる	鉄部のみ RR	鉄部にのみRR ［平面部へのRRの まわり込みはなく 断面からの影響 まったく見られず］
0.60mm	鉄部に点 RR	鉄部にRR 10～40%	鉄部にRR	鉄全断面 赤錆化	鉄全断面部が白錆 でおおわれてくる	鉄部のみ RR	
1.6mm	鉄部全 RR	鉄部のみ 全RR	鉄部にRR	鉄全断面 赤錆化	鉄全断面部が白錆 でおおわれてくる	鉄部のみ RR	
2.3mm	鉄部全 RR	鉄部のみ 全RR	鉄部にRR	鉄全断面 赤錆化	鉄全断面部が白錆 でおおわれてくる	鉄部のみ RR	

(注)：RR（赤錆）

3.塩水噴霧試験結果例

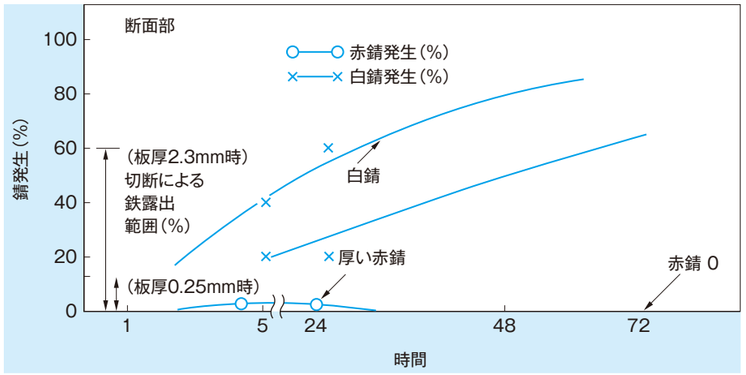
塩水噴霧試験は、試料が殆ど濡れた状態での苛酷な腐食条件ですが、亜鉛の鉄に対する防食作用が完全に行われ、72時間を経ても上端、下端ともにまったく赤錆は見られません。

■第24表　単板

板　厚	1 時間			5 時間			24 時間			72 時間
	T（上）	S（横）	B（上）	T	S	B	T	S	B	
0.25mm	RRなし	RRなし	RRなし	RRなし	RRなし	RRなし	RRなし WR発生	RRなし	RRなし WR発生	RRなし
0.60mm	RRなし	RRなし	RRなし	RRなし WR発生	鉄部に 点RR少し	RRなし	RRなし WR発生	鉄部に 点RR	RRなし WR発生	TB、RRなし Sに点RR
1.6mm	RRなし	RRなし	RRなし	RRなし WR発生	鉄部に 点RR少し	RRなし	RRなし WR発生	鉄部に 点RR	RRなし WR発生	TB、RRなし Sに点RR
2.3mm	RRなし	RRなし	RRなし	鉄部に 点RR少し	鉄部に 点RR少し	RRなし	RRなし WR発生	鉄部に 点RR	RRなし WR発生	TB、RRなし Sに点RR

(注)：RR（赤錆）、WR（白錆）

■第36図　塩水噴霧試験



4. 湿気槽試験例

湿気槽試験はぶらさげ、積み重ねともに錆化は、各々局部的に進行するので、鉄面に点錆状となって見えます。錆の発生は1時間～5時間の試験で、既に相当出てきますが、それ以上の進行は余りなく、72時間後でも変わりません。

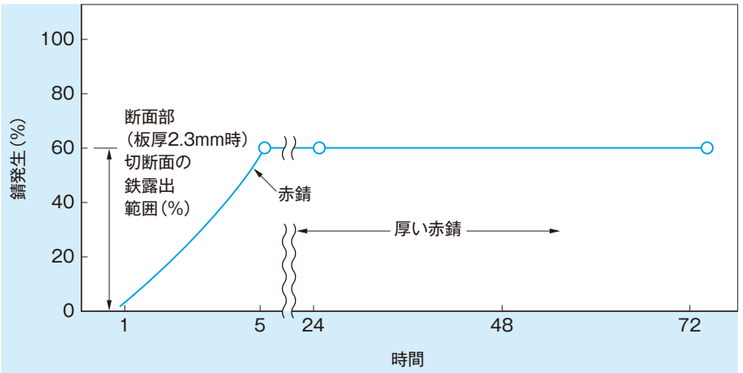
樹脂に埋め込んだものでは、鉄露出分が大きい割には水濡れの関係か、錆化面積はむしろ少なくなっています。

■第25表　単板

板　厚	1時間			5 時間			24 時間			72 時間
	T	S	B	T	S	B	T	S	B	
0.25mm	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	T、Sに点RR、Bになし
0.60mm	なし	なし	なし	鉄部点RR	鉄部点RR	鉄部点RR	鉄部点RR	鉄部点RR	鉄部点RR	鉄部のみ（TBS）RR
1.6mm	少し鉄部点RR	少し鉄部点RR	少し鉄部点RR	かなり鉄部点RR	かなり鉄部点RR	かなり鉄部点RR	鉄部RR 100%	鉄部RR 100%	鉄部RR 100%	鉄部のみ（TBS）RR
2.3mm	少し鉄部点RR	少し点RR（鉄）	鉄部少しRR	鉄部少しRR	鉄部少しRR	鉄部少しRR	鉄部RR 100%	鉄部RR 100%	鉄部RR 100%	鉄部のみ（TBS）RR

(注)：RR（赤錆）、WR（白錆）、鉄部（鉄露出部）

■第37図　湿気槽試験例



5. 樹脂埋込みサンドペーパー磨きの切断面の腐食例

■第26表　切断面の腐食試験結果例

板　厚	1 日	4 日	15 日	1年2ヵ月
0.25mm	RRなし	100%RR	100%RR	100%（ターン、Aℓめっきに比べ薄い錆である。）
2.3mm	点RR発生	80%RR 白錆少し	100%RR	100%（ターン、Aℓめっきに比べ薄い錆である。）

(注)：RR（赤錆）

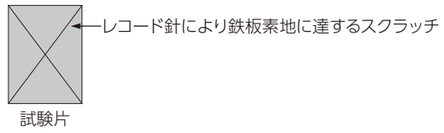
9.塗装後の耐食性調査例（当社・研究所調査）

各種塗装亜鉛めっき鋼板の耐食性を第27 ～ 28表に示します。

■第27表　総合判定結果

			アルキッド系	スチレン変性アルキッド系	塩ビ酢ビ系	ラッカー	メラミンアルキッド系
塗装条件	スプレー塗装後乾燥条件	下　塗	120℃ 20分	自然乾燥	120℃ 5分	自然	120℃ 20分
		上　塗	120℃ 40分	120℃ 20分	120℃ 5分	自然	120℃ 20分
	膜厚（mg/dm^2）	下　塗	250 ～ 350	350 ～ 450	450 ～ 550	150 ～ 200	200 ～ 250
		上　塗	350 ～ 450	250 ～ 350	400 ～ 450	500 ～ 600	450 ～ 550
屋外暴露（剥離による腐食も含む）一年	冷延鋼板	下	△～○	×	×	×	△～×
		下＋上	△～○	△	△～×	△～○	○～×
		上	×	×	△～○	—	△～×
	亜鉛めっき＋燐酸亜鉛 6g/m^2	下	△～○	△～×	△～×	○	△
		下＋上	○	△	△～○	△～○	△～○
		上	△	△～○	○	—	△
	亜鉛めっき 40g/m^2	下	◎	△	◎	◎	◎
		下＋上	×	△～○	△～○	△～×	△
		上	○	△～○	○～◎	—	△～○
	亜鉛めっき（クロム酸処理）240g/m^2	下	◎	◎	◎	◎	◎
		下＋上	×	◎	◎	△～×	△～○
		上	◎	◎	◎	—	◎
	亜鉛めっき＋燐酸亜鉛 305g/m^2	下	◎	◎	◎	◎	◎
		下＋上	◎	◎	◎	○	◎
		上	◎	◎	◎	—	◎
塩水噴霧テスト200hr（上塗は72hr）	冷延鋼板	下	×	×	×	×	×
		下＋上	×	×	×	×	×
		上	×	×	×	—	×
	亜鉛めっき＋燐酸亜鉛 6g/m^2	下	×	△～◎	○～◎	×	△
		下＋上	△～○	◎	◎	△	○～◎
		上	○	◎	○	—	△～○
	亜鉛めっき 40g/m^2	下	○	◎	◎	△	○
		下＋上	△～○	◎	◎	△～○	◎
		上	◎	◎	○	—	○～◎
	亜鉛めっき（クロム酸処理）240g/m^2	下	×	△～○	△～○	×	×
		下＋上	△	○～◎	△～○	×	○～◎
		上	△	△～○	△～×	—	△
	亜鉛めっき＋燐酸亜鉛 305g/m^2	下	×	○～◎	○	×	△～×
		下＋上	△	◎	○	×	△～×
		上	○	◎	○	—	○～◎

(注)：◎ スクラッチ部からの塗膜のふくれ　(0 ～ 1mm以下)
○ スクラッチ部からの塗膜のふくれ　(2mm以下)
△ スクラッチ部からの塗膜のふくれ　(4mm以下)
× スクラッチ部からの塗膜のふくれ　(4mm以上)



■第28表　下塗のみおよび上下塗塗料塗装板

	塗装	塩水噴霧			屋外暴露		
		24 時間	72 時間	144 時間	4 ヵ月	1 ヵ年	3 ヵ年
冷延鋼板	上下塗	N.CC	1mm RR	1 ～ 2mm RR	0 ～ 1 RR 2 フ	0 ～ 4 フ RR	ハジ2 ～ 3、フ ×印 0 ～ 3 フ
	下　塗	2 ～ 3mm フ	5mm フ 2mm RR	10mm フ 2mm RR	0 ～ 1 RR 2 フ	1 ～ 2 RR	60% RR
亜鉛めっき ＋燐酸亜鉛 6g/m^2	上下塗	N.C	N.C	3 ～ 4mm フ	ハジ フ	0 ～ 3 フ RR	ハ4 ～ 5RR、フ ×印 0 ～ 2 フ
	下　塗	2mm フ	3 ～ 4mm フ	4 ～ 5mm フ	0 ～ 1 RR 3mm フ	2 ～ 3 RR 劣化	40% RR
亜鉛めっき 40g/m^2	上下塗	N.C	N.C	N.C	1 ～ 2 ハ	1 ～ 2 ハ	3 ～ 4RR、フ ×印 0 ～ 2 フ
	下　塗	N.C	1 ～ 2mm フ	1 ～ 2mm フ	N.C	N.C	ハジ5 RR ×印 ほぼN.C
亜鉛めっき （クロム酸処理） 240g/m^2	上下塗	N.C	0 ～ 3mm フ	0 ～ 3mm フ	0 ～ 1 ハ	0 ～ 1 ハ	0 ～ 1 ハ
	下　塗	N.C	全体に フ	全体に　フ	N.C	N.C	N.C
亜鉛めっき ＋燐酸亜鉛 305g/m^2	上下塗	N.C	N.C	3 ～ 4mm フ	N.C	N.C	N.C
	下　塗	2mm フ	3 ～ 4mm フ	4 ～ 5mm フ	N.C	N.C	N.C

(注)：フ　…… フクレ幅(mm)
RR …… 赤錆発生幅(mm)
ハ　…… ハクリ
N.C …… 変化なし