ガイドブック

溶融亜鉛めっき

日本産業規格表示認証工場(認証番号 TC0107109)

札幌電鉄工業株式会社

営業・総務・工場　〒063-0833 札幌市西区発寒13条13丁目1番10号

☎(011)662-1133(代表)

URL https://s-dentetsu.co.jp

発効日：2023年1月15日

Certification for Japanese Industrial Standards

日本産業規格適合性認証書

札幌電鉄工業株式会社　殿

産業標準化法第３１条第１項に基づき、下記のとおり
当該日本産業規格への適合を認証いたします。

記

認　証　番　号：TC0107109

認証取得者の氏名及び名称：札幌電鉄工業株式会社
住　　所：北海道札幌市西区発寒13条13丁目1番10号

鉱工業品の名称：溶融亜鉛めっき

認証に係るJIS番号：JIS H 8641

認　証　の　区　分：溶融亜鉛めっき

工場及び事業所の名称：札幌電鉄工業株式会社
所　在　地：北海道札幌市西区発寒13条13丁目1番10号

「認証の範囲」、「認証マーク等の表示」、「付記事項の表示」及び「表示の方法」については
日本産業規格適合性認証書附属書による。

認　証　契　約　日：2008年1月15日
有　効　期　限：2026年1月14日

一般財団法人　建材試験センター
Japan Testing Center for Construction Materials
東京都中央区日本橋堀留町1丁目10番15号

理事長　渡辺　宏

Annex to Certification for Japanese Industrial Standards

日本産業規格適合性認証書附属書

(認証番号:TC0107109)

認証の範囲(種類又は等級):

種類の記号	HDZT 49, HDZT 56, HDZT 63, HDZT 70, HDZT 77

認証マーク等の表示 :

1) 認証マークは、単色とし直径 18mm 以上の大きさで表示する。
2) 認証マーク近傍に、一般財団法人 建材試験センターの略称として、「JTCCM」を表示する。
3) 日本産業規格の番号、種類又は記号を表示する。

付記事項の表示 : 鉱工業品等には次の事項を表示する。

適合する JIS で定める表示事項

- 認証取得者(加工業者)の名称又は略号
- 加工年月日又は略号
- 認証番号(TC0107109)

表示の方法 :

1) 認証マーク等は、受注ロットごと、又は 1 梱包ごとの荷札に印刷する。
2) 容易に消えない方法による。

一般財団法人 建材試験センター
上級経営管理者
丸山 慶一郎

はじめに

戦後のわが国の鉄鋼産業の躍進とともに、鉄鋼製品の防食の重要性が強く叫ばれるようになり、溶融亜鉛めっきはこの面で非常にすぐれた特性をもっていることが、広く認められるようになりました。

製鉄製鋼の生産技術の進歩とあいまって、溶融亜鉛めっき製品の用途も年とともに拡がり、製品の形状、材質などさまざまなものがふえつつあります。

このガイドブックは溶融亜鉛めっきの特長をまとめ、鉄鋼構造物などの材質及び形状がめっき製品の仕上りに影響を及ぼすいくつかの例について説明を加えました。

ユーザー各位におかれましては、製品設計の面でご利用下さいましたら幸いと存じます。

目次

溶融亜鉛めっきの特長……2
溶融亜鉛めっき加工作業工程……3
溶融亜鉛めっき皮膜の組織……4
溶融亜鉛めっきの耐食性の特長……5
溶融亜鉛めっきの環境別耐用年数……6
溶融亜鉛めっきの経済性……8
溶融亜鉛めっきにおける歪の防止……11
溶融亜鉛めっきに適さない素材……12
溶融亜鉛めっきに対する化学成分の影響……13
鉄鋼製品の形状と溶融亜鉛めっきの品質との関係……14
密閉構造単材の場合……15
密閉構造フランジ付の場合……16
密閉構造加工品の場合……17
正しい孔あけ位置……18
スカラップの取り方……19
コーナー部のスカラップ……20
コーナー部以外のスカラップ……21
タンク構造の場合……22
内面にカエリがある場合……23
はり合わせの場合……24
ボルト・ナットのクリアランス……25
溶接法と歪の発生例……26
熱交換器などの外面めっきの場合……27

溶融亜鉛めっきの特長

1．溶融亜鉛めっきは、耐食性が非常にすぐれています。

溶融亜鉛めっきは、その表面に形成される薄い緻密な保護皮膜と亜鉛特有の電気化学的防食作用によって大気中、淡水中、海水中、土壌中など各種の使用環境のもとで防食性が非常にすぐれています。
例えば、田園山間地帯では50～70年、亜硫酸ガスの多い重工業地帯でも30年以上は十分効果を発揮します。このため、世界各地で鋼管、大型構造物、電力通信関係、土木建築関係、農業畜産関係、鉄道運輸関係、船舶関係、冷凍暖房関係など広範囲に利用されています。

2．溶融亜鉛めっきは、経済的に最も有利な防錆方法です。

溶融亜鉛めっきは、長期間にわたって防錆効果があり、他の防錆法と比較してイニシャルコストも低く、メンテナンスフリーでありますので最も経済的に長期防錆ができます。

3．溶融亜鉛めっきは、密着性がすぐれています。

溶融亜鉛めっきは、鉄と亜鉛の合金反応によって強固に密着しており、衝撃や摩擦によって剥離することがありません。

4．溶融亜鉛めっきでは、隅から隅まで均一にめっきができます。

溶融亜鉛めっきでは、中空体の内面などの目に見えない部分や手の届かない部分でも均一にめっきができます。

溶融亜鉛めっき加工作業工程

作業方法は、下記のフローチャートにそって行なわれます。

工程		目的	作業方法
前処理工程	受入検査	外観上の異常の有無を確認します。	目視によりさび、油脂、塗料、変形、破損、構造等について確認します。
	脱脂	付着している油脂類の除去。	加温した8%～15%のアルカリ水溶液に浸漬します。
	水洗		
	中間検査	脱脂状態のチェック。	水洗した時に水を著しくハジク場合は再脱脂を行ないます。
	酸洗	さびの除去。	8%～15%の常温の塩酸水溶液に浸漬します。
	水洗		
	中間検査	酸洗状態のチェック。	除錆不十分な場合は再び酸洗を行ないます。
めっき工程	フラックス処理	被めっき面を清浄にし、めっきまでのさびの発生を防ぎます。	加温した飽和状態に近い塩化亜鉛アンモニウム水溶液に浸漬します。
	中間検査	前処理状態全般のチェック。	
	めっき準備	良好なめっきが行なえるよう所定の治具にセットします。	
	めっき	溶融亜鉛と鋼との反応による合金層と純亜鉛層よりめっき皮膜を形成します。	435～465℃の範囲の中でその製品に適した温度の溶融亜鉛浴に浸漬し所定時間経過後引上げます。
	冷却	合金反応を止め安定しためっき皮膜をつくります。	通常温水に浸漬しますが、歪の発生の恐れのある製品の場合には空冷することもあります。
	検別	めっき外観のチェック。	目視又は手触りで行ないます。
仕上工程	抜取り外観検査	めっき外観の抜き取り検査及び膜厚試験	膜厚試験はJIS H 0401に基づいて行います。
	外観検査	外観検査を行います。	外観検査は、めっき面を目視又は限度見本にて行います。
	仕上	余剰付着亜鉛および付着酸化物等を除去します。	
	出荷	所定の荷姿に結束し、出荷票（JIS表示）を添付し出荷します。	

溶融亜鉛めっき皮膜の組織

溶融亜鉛めっき皮膜の断面を顕微鏡でみると、鉄と亜鉛の反応で形成された金属間化合物の合金層と合金層の上に付着する亜鉛層の二つの層から成っています。

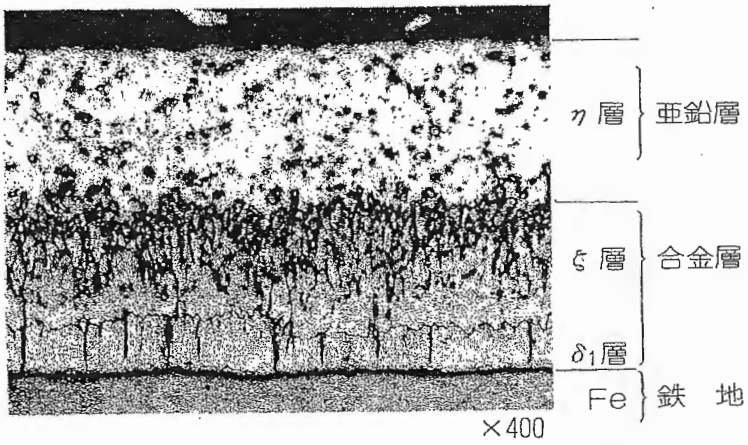


写真1. 溶融亜鉛めっき皮膜断面顕微鏡組織

通常のめっき条件で見られる溶融亜鉛めっき組織は、鉄地に近い方からδ_1(デルタワン)合金層、次にζ(ツェータ)合金層とその上に浴組成と同じη(イータ)亜鉛層の三層から成っております。

δ_1(デルタワン)層：通常鉄地に接して存在する層で緻密な組織を示し、複雑な六方晶系の構造で、靭性、延性に富んでいるのが特長です。$FeZn_7$という化合物と考えられ、鉄含有量は7～11%であります。

ζ（ツェータ）層：最も顕著なもので単斜晶系に属し柱状組織を示します。
$FeZn_{13}$という化合物と考えられ、鉄含有量は6%程であります。

η（イータ）層：最上部の亜鉛層で稠密六方晶系に属し、軟かく展延性に富み変形加工を受けても破れることはありません。亜鉛純度98.5%以上であります。
この他、鉄地に接近した部分でΓ(ガンマ)層が生成されることもありますが、非常に薄い層なので通常認められません。

溶融亜鉛めっきの耐食性の特長

溶融亜鉛めっきは大気中、水中、および土壌中で耐食性がすぐれているということから鉄鋼の防食手段として広く利用されています。

溶融亜鉛めっきがすぐれた耐食性を示すのは、主に次の二つの大きな特長があるからです。

(1) 緻密な保護皮膜作用

亜鉛めっき表面に緻密なさびの薄膜が形成され、この緻密なさびの薄膜が強力な保護皮膜となって、その後の腐食の進行を防ぎます。

この現象を鉄素地の場合と比較すると図1のようになります。

一般に腐食速度は使用環境、使用期間によって異なりますが、亜鉛は鉄の10～25倍の耐食性をもっています。

たとえば、条件の厳しい海岸地帯での亜鉛と鉄の腐食速度を比較すると図2のようになります。

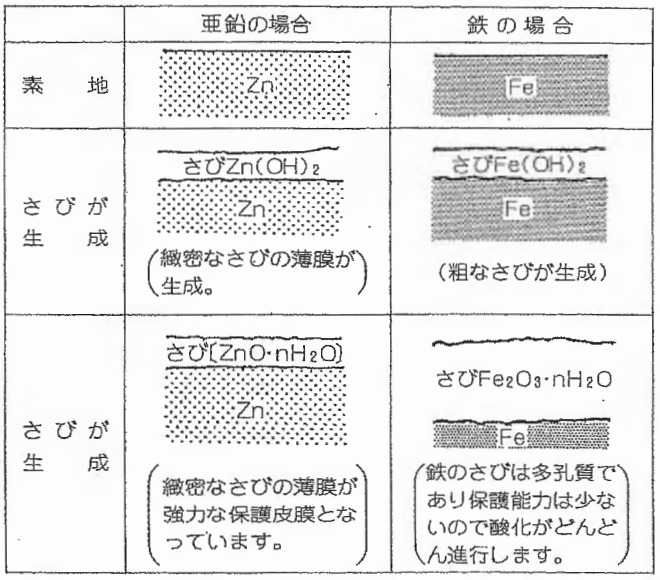


図1. 亜鉛と鉄のさびの相違

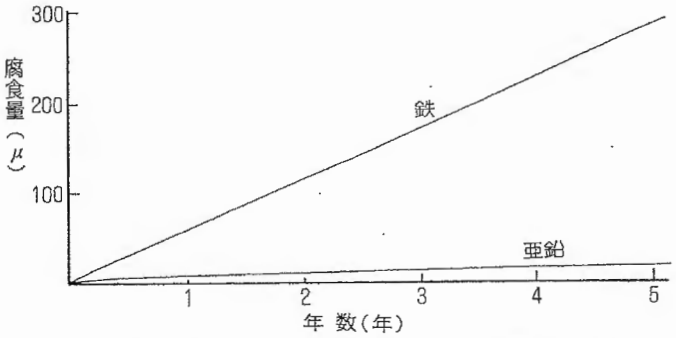


図2. 海岸地帯における亜鉛と鉄の腐食速度

(2) 犠牲的防食作用

亜鉛めっき皮膜になんらかの理由でキズが生じた場合、周囲の亜鉛が陽イオンとなって電気化学的に保護する犠牲的防食作用により、鉄の腐食を抑制します。

この鉄に対する犠牲的防食作用は、亜鉛特有のものであります。

この現象を塗装で赤さびが発生する場合と比較すると図3のようになります。

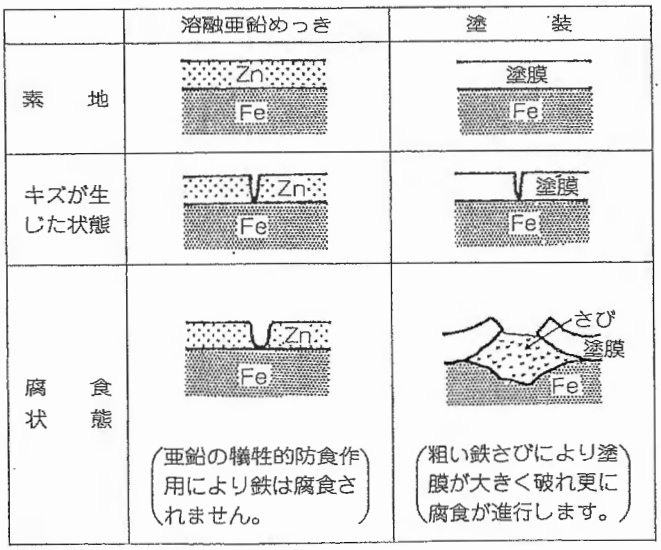


図3. キズが生じた場合の亜鉛めっき皮膜と塗装皮膜の腐食状態

溶融亜鉛めっきの環境別耐用年数

溶融亜鉛めっきの腐食速度は使用環境条件によって異なり、同一使用環境における耐用年数は亜鉛付着量に比例します。

(1) 大　気　中

大気中の耐用年数を予測する場合、使用環境によるめっきの腐食速度と亜鉛付着量から次式のように計算できます。

$$耐用年数=\frac{亜鉛付着量(g/m^2)}{腐食速度(g/m^2/年)}\times 0.9\ ※$$

※この係数は、亜鉛皮膜の10%が残っている時点で鉄素地からさびが発生すると仮定した値です。
（JIS H8641　溶融亜鉛めっき解説）
日本における使用環境別の溶融亜鉛めっきの腐食速度についての各種試験報告書をまとめると表1のようになります。

表1. 使用環境別溶融亜鉛めっきの腐食速度

暴露環境	腐食速度 (g/m²/年)	平　均 (g/m²/年)	耐用年数(注) 平　均
重工業地帯	28～40	34	16
都市地帯	12～18	15	36
海岸地帯	11～14	13	42
田園地帯	5～12	9	60
山間地帯	3～8	6	90
乾燥地帯	2～5	4	135

（注）耐用年数は亜鉛めっき付着量600 g/m²として計算した値です。

表1は図4のように表わすことができます。
たとえば、亜鉛付着量600g/m²で都市環境の場合は耐用年数＝$\frac{600}{15}\times 0.9=36$(年)となります。
橋梁などの大型構造物は、部材の厚みが9～30mmと厚く亜鉛付着量も800～2,000 g/m²程度が見込まれ、その耐用年数は半永久的なものとなります。
また屋内では、同じ地域の屋外に比べると5倍以上の耐用年数が期待できます。

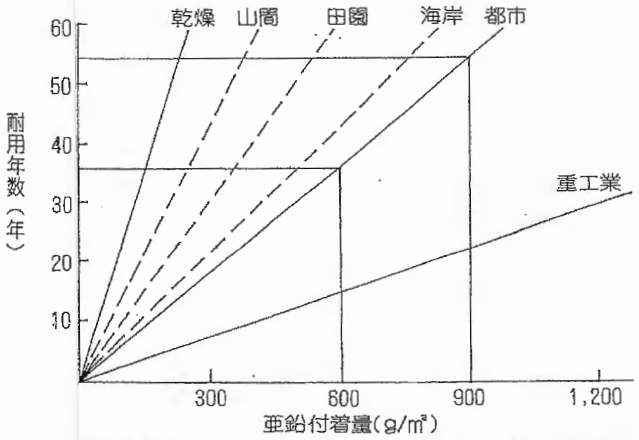


図4. 溶融亜鉛めっきの付着量と耐用年数の関係

(2) 水　中

溶融亜鉛めっきは、水中でもめっき表面に保護皮膜が形成され、すぐれた耐食性を示します。

水中の耐食性はpHと温度が主な影響を与えます。図5に示すように、亜鉛めっきが有効な耐食性を示すのはpH 6～12であります。水温は50℃以下であります。50℃を越えると腐食速度はかなり増大する傾向にあります。

含有塩類も多少の影響があります。軟水中よりもカルシウム塩類を含有する硬水中の方が耐食性は良好です。その他水中に溶存している O_2 および CO_2 の影響などもあります。

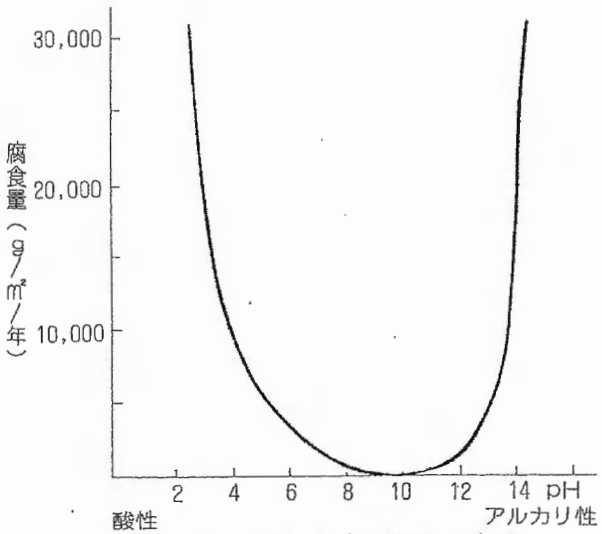


図5. 水溶液pHと亜鉛の腐食

(3) 海水中

海水中への浸漬試験では表2.に示すように浸漬期間が長くなるにつれて腐食速度は小さくなります。これは海水中のマグネシウム塩、カルシウム塩が保護作用をするからです。

表2. 海水中の耐食性（ASTMによる試験結果）

皮膜の種類	浸漬期間（年）	腐食速度	
		mm/年	g/㎡/年
溶融亜鉛めっき（1,129g/㎡）	0.5	0.048	345
〃（1,159g/㎡）	1	0.023	162
〃（1,312g/㎡）	3.5	0.015	107
〃（1,373g/㎡）	5	0.013	92

注）表中の数値は、305g/㎡＝1 oz/ft²
1mm/年＝39.37 mpyとして換算した値であります。

(4) 土壌中

土壌中で腐食速度を支配する主な要因は、通気性、含水量、溶存物質の種類と量、電気伝導度、pHなどです。

土壌中の腐食速度は土壌の性質により広い範囲でバラツキますが、一例として表3.のようなものがあります。

表3. 米国の各種土壌中の高純亜鉛の腐食
（12.7年埋設試験による腐食速度）

土壌の種類		g/㎡/年
無機質酸化性酸性土壌	粘土ローム	52
	ローム	29
	粘土	39
無機質酸化性アルカリ性土壌	沈泥ローム	43
	砂利質ローム	130
無機質還元性酸性土壌	粘土	46
無機質還元性アルカリ性土壌	粘土	46
	粘土	210
有機質還元性酸性土壌	堆肥	110
	沼池	96
	堆肥	180

溶融亜鉛めっきの経済性

鋼構造物をさびから守るために用いられる防錆法のなかで、溶融亜鉛めつきは最も経済的であるといわれております。そこで防錆法のなかで広く使われている塗装と溶融亜鉛めっきについて、その経済性を比較してみました。

一般に防錆の経済性について考える場合、次の二つの要素をあわせて考える必要があります。

(1) 初期費用……初めにどれくらいの費用がかかるか。

(2) 維持費用……保守にどれくらいの費用がかかるか。

初期費用

溶融亜鉛めっきは、保守にはほとんど費用がかからないが初期費用が高いというのが一般の通念になっておりました。しかし人件費の急上昇で塗装費が高騰しているのに比べて、溶融亜鉛めっきは工場で加工されるため、人件費の占める割合が少なく、費用の上昇は緩やかです。従って、最近では初期費用が塗装と同じ程度か、製品の厚さが比較的薄い場合には、むしろ溶融亜鉛めっきの方が安価になる実績も出ております。

維持費用

維持費に関しては、塗装は通常数年の周期で塗替えが必要であるのに比べて、溶融亜鉛めっきはほとんど補修が必要でないため、塗装の方が高いことはいうまでもありません。

全 費 用

溶融亜鉛めっき加工費と塗装費について、初期費用の一例を表４のように算出し、これを基にして、20年間における合計費用の推移を次のページの図６に示しました。この図をみると、初期費用が高い溶融亜鉛めっき（製品の厚さ20㎜）の場合でも、５年後には塗装よりも経済的となり、更に20年後の合計費用では、溶融亜鉛めっきの費用は塗装の約半分であることがわかります。ただし、この表の値は単に溶融亜鉛めっき加工費と塗装費とを比較したものですが、溶融亜鉛めっきの場合はめっきするための運搬費が加算されるのに対して、塗装の場合は足場費・養生費などが加算されます。これらを考えると、全費用としては、溶融亜鉛めっきの方がはるかに有利であるといえます。

表4. 溶融亜鉛めっき加工費と塗装費との比較(例)

	溶融亜鉛めっき				塗　装		
	厚さ5㎜	厚さ7㎜	厚さ12㎜	厚さ20㎜	例１	例２	例３
初期費用(円/㎡)	1,260	1,700	2,790	3,810	3,170	4,140	6,920
塗替費用(円/㎡)	0	0	0	0	1,560	2,520	0
20年間の塗替回数　(回)	0	0	0	0	3	2	0
20年間の塗替費用(円/㎡)	0	0	0	0	4,680	5,040	0
20年間の合計費用(円/㎡)	1,260	1,700	2,790	3,810	7,850	9,180	6,920
トン当り表面積(㎡/ｔ)	51.59	36.37	21.54	13.11			
トン当り単価(円/ｔ)	65,000	62,000	60,000	50,000			
塗装仕様	（例１） ケレン２種 鉛系さび止め塗装　１層 フタル酸樹脂塗装　２層 塗り替え時ケレン3種C		（例２） ケレン２種 鉛系さび止め塗装　２層 フェノール系M10塗装　１層 塩化ゴム系塗装　２層 塗り替え時ケレン3種B		（例３） ケレン１種 ジンクリッチプライマー　１層 エポキシ樹脂塗装　２層 ウレタン樹脂塗装　２層		

塗装費用は、(社)日本塗装工業会発行の塗装ハンドブック（昭和54年度版）より、
溶融亜鉛めっき費用は、現行の標準加工費より積算。

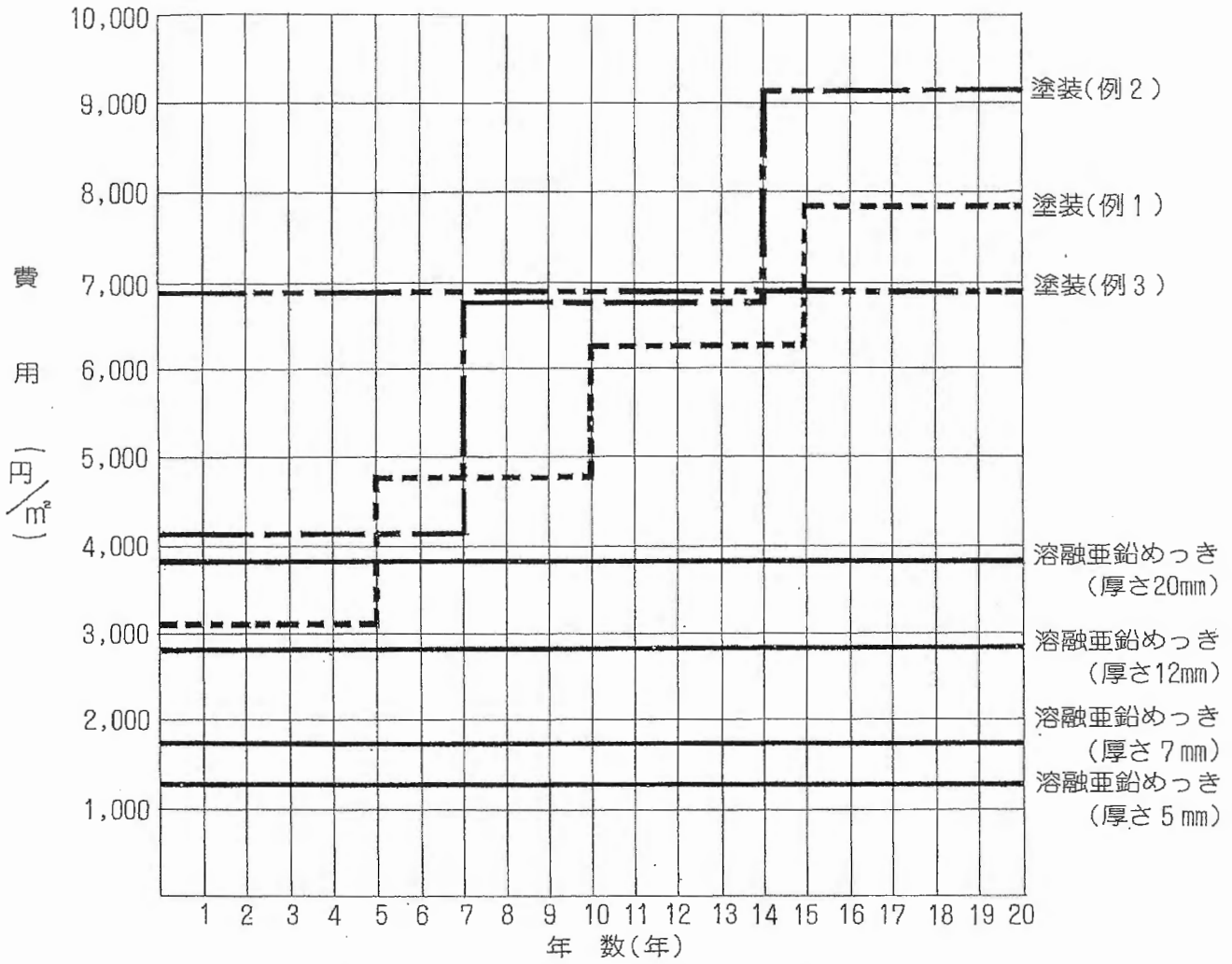


図6. 20年間における溶融亜鉛めっきと塗装の合計費用の比較

工事施工上の利点

さらに、溶融亜鉛めっきには工事施工の面で大きな利点があります。すなわち、溶融亜鉛めっき製品は風雨などに関係なくめっき加工され、天候不順の時にも工事計画に狂いを生じません。

優れた経済性

このように、溶融亜鉛めっきは直接的にも間接的にも経済性に優れた防錆法であることが御理解いただけたと思います。

（亜鉛めっき鋼構造物研究会パンフレットNo.4より。）

溶融亜鉛めっきにおける歪の防止

溶融亜鉛めっきすることによって鉄鋼製品に歪が発生することがあります。その歪量が実用上無視できるか、許容限度内か、歪矯正を必要とするか等は製品により異なります。歪の発生の仕方、大きさに関与する要因は、製品の肉厚、形状、構造、寸法、溶接方法、めっき条件等数多くのものがあります。従って、事前にしかも定量的に歪量を予測することは困難であります。

しかし、一般的な歪発生の傾向として次のようなことがいえます。

(1) 同一形状の場合、鋼材の肉厚の薄いもの、長さの長いもの程歪は大きくなります。

(2) 同一肉厚、長さの場合、H形鋼より溝形鋼、山形鋼、平鋼板の順に歪は大きくなります。

(3) 管状物の場合、径が大きくなると管長に対する歪は小さくなりますが、真円度が悪くなります。

歪発生の原因と防止対策

溶融亜鉛めっき鉄鋼製品の歪は、めっき時通常440～460℃の亜鉛浴へ浸漬し、引続いて水冷される過程で受ける急激な熱変化のために生ずるものでありますが、その原因は、製品の製作過程における素材の残留応力に影響されることが多いのです。歪発生原因と防止対策例を表5 に示しました。

表5. 歪発生原因と防止対策例

歪 発 生 原 因	防 止 対 策
めっき浸漬、引上げおよび冷却時の部分的な温度差	めっき方法および条件の改善
被めっき製品の自重によるたわみ	めっきセット方法の改善・補強材の利用
冷間加工による鋼材の残留応力	補強材の利用・焼鈍
溶接による引張りおよび圧縮応力	溶接方法の改善・焼鈍
肉厚の著しく異なる部材の組み立て品	部材別にめっき
空気抜きの困難な構造	孔あけ・構造の変更

溶融亜鉛めっきに適さない素材

表６の項目にあてはまる素材および構造物の場合は、完全な溶融亜鉛めっきを施すことは困難であります。従ってこのような場合は、事前にその処置方法についてご相談させて頂く必要があります。

表6. めっきに適さない素材

分　類	現　象
表　面	1. 2枚板、深いロールきずなどの材料きず、なし肌状、甚だしい腐食があるもの。 2. 前処理工程の脱脂、酸化物の除去処理を行なっても除去できないさび、汚れ、付着物などがあるもの。 3. 極端な赤さび、異常酸化層などによって地肌が平滑でないもの。 4. レーザー切断等によって、平滑であるが異常酸化層の激しいもの。 5. 鋳物の砂かみ、巣、溶接部のピットなどのあるもの。
構　造	1. 作業中破損もしくは変形のおそれのあるもの。 2. 空気を密閉した中空体の構造。 3. 亜鉛が容易に流入、流出できない構造。 4. 亜鉛浴中に浸漬しても空気の一部が逃げない構造。
材　料	1. 素材の厚みに極端な差のある組み合せ。 2. 異種金属の組み合せ（アルミ、銅、真鍮、ステンレス、ろう付等）。 3. 軟鋼（ＳＳ材）、高張力鋼、鋳鋼等の組み合せは望ましくない。

溶融亜鉛めっきに対する鋼材の化学成分の影響

鋼中に含まれる化学成分C、Si、Mn等いずれもその含有量が増加するとFe-Zn合金反応を促進し、亜鉛付着量が増大するとともに著しい場合は、「やけ」(グレイコーティング)という現象を生じます。「やけ」とはFe-Zn合金層が異常に発達し、めっき層表面にまで達していることをいいます。このような現象に最も大きな影響を及ぼすのはSi量であります。「やけ」および亜鉛付着量に及ぼすSi量の影響を図7および図8に示しました。

(1) 鋼中のSi量の増加と共に、めっきやけおよび亜鉛付着量は増大し、0.07%Si付近で最大となります。

(2) 更に増加し、0.16から0.23%Si範囲では、Fe-Znの相互拡散は抑制され、めっきやけの程度および亜鉛付着量は減少します。

(3) 0.23%Si量以上になると再びめっきやけの程度および亜鉛付着量は増大する傾向にあります。

(4) Si量の高い鋼材のめっきやけ防止対策としてはめっき温度を低く抑えると共に、めっき引上げ速度を速くし、空冷時間を短縮することが最良のめっき方法です。
しかし、需要家よりご要望の品質を満足し得るめっき温度は、一般に440℃から460℃までの範囲であります。この範囲のめっき温度でめっきやけを生じない鋼中のSi量はおよそ0.02%以下であります。

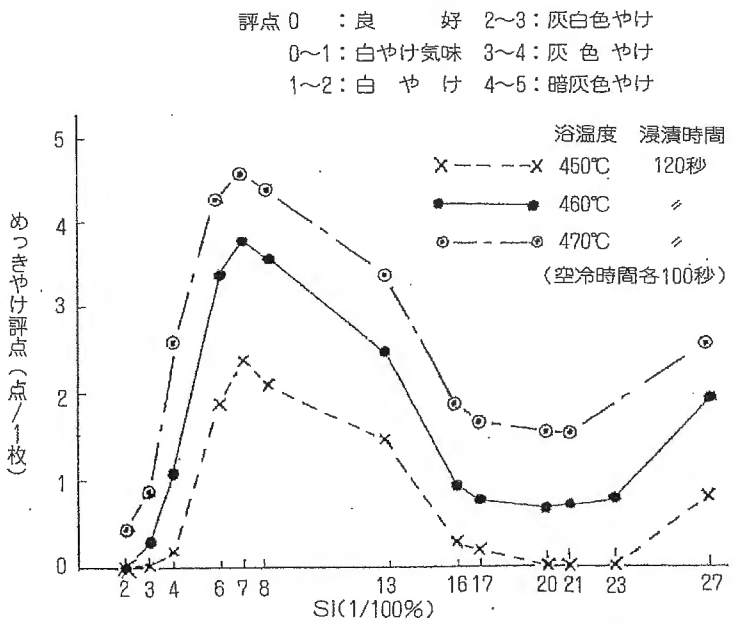


図7. めっきやけ評点とSi量の関係

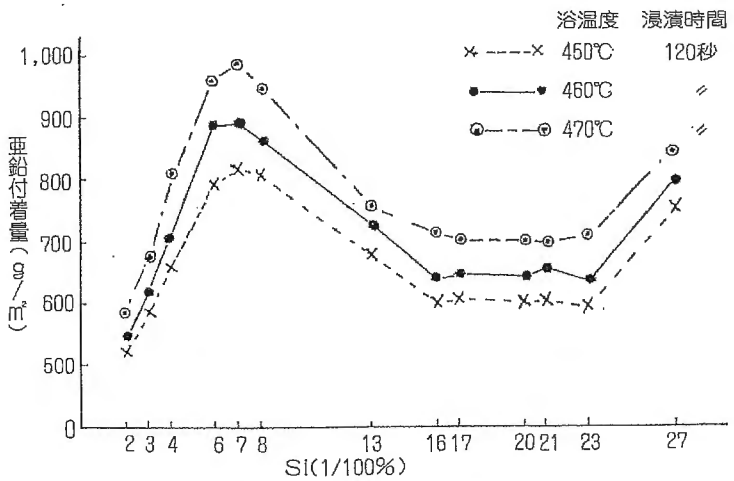
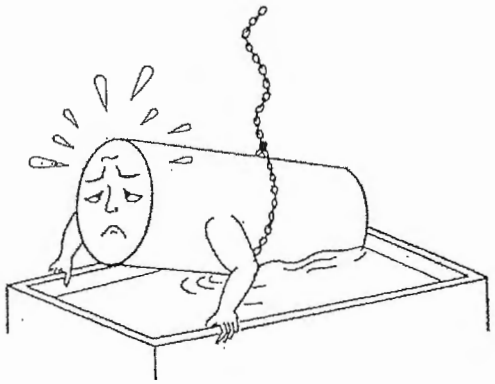


図8. 亜鉛付着量とSi量の関係

鉄鋼製品の形状と溶融亜鉛めっきの品質との関係

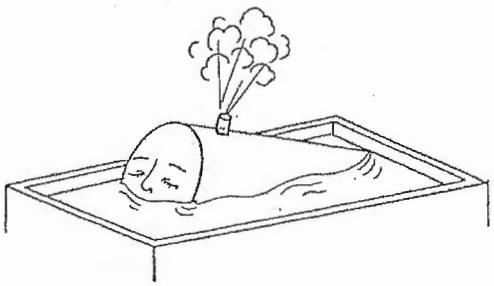
めっきされる鉄鋼製品は形状によって、めっき外観、加工コスト等に大きく影響することがあります。密閉構造の製品では、作業の安全上の問題で溶融亜鉛めっきができないという問題もあります。よく似た形状の鉄鋼製品でも溶融亜鉛が流れやすいかどうかによって、めっき外観に著しい差が生じます。

ここでは良い品質の溶融亜鉛めっきを施すために、代表的な形状を例にあげて次頁以下で説明します。設計および製作の段階において御参考にしていただければ幸いと存じます。



密閉構造では浸漬できません。

溶融亜鉛の比重は約 6.6であるため、密閉構造のものや内部に空気のたまる部分があると浮力が働いて亜鉛浴に浸漬することが困難となります。

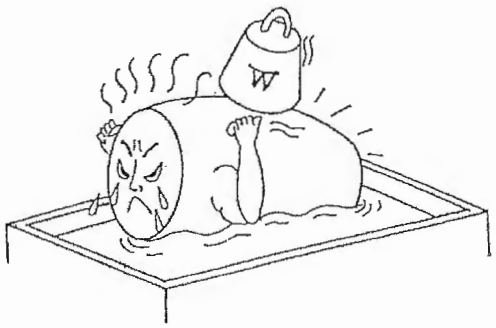


浸漬には開口部が必要です。

適切な位置に、空気がでるため、亜鉛が流入するため、そして亜鉛が流出するための、孔や開口部がいります。

爆発する恐れがあります。

密閉構造のものや、密閉部分のあるものを無理に亜鉛浴中に浸漬すると、万一溶接不良などで内面にめっきの前処理液など水分が浸入していた場合には爆発をおこす危険性があります。



密閉構造単材の場合

（注）図中のマークは ◎良、△多少問題あり、×不可を表わします。

パイプ径と孔の径の標準

パイプ径	15A	20A	25A	32A	40A	50A	65A	80A	90A	100A
標準孔径	12mm	14mm	16mm	18mm	20mm	25mm	35mm	50mm	75mm	90mm

図１のような密閉構造の状態では浮力のために亜鉛浴中への浸漬ができません。図２のように空気孔も両端部にあけてください。この孔は亜鉛の流入、流出口をかねることになります。

丸パイプ

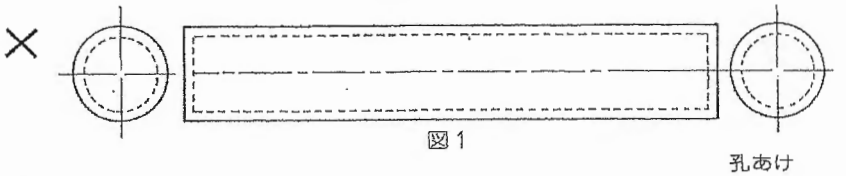


図１

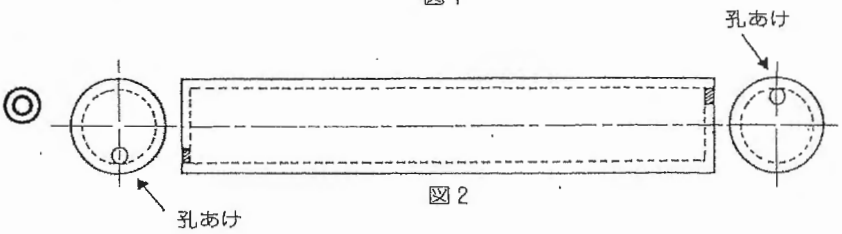


図２

図３、図５のように、中心部に開口部分がある場合は、浸漬や亜鉛の流入、流出はできますが、どうしても空気だまりや、亜鉛だまりが発生しますので図４、図６のような位置に孔をあけてください。

丸パイプ

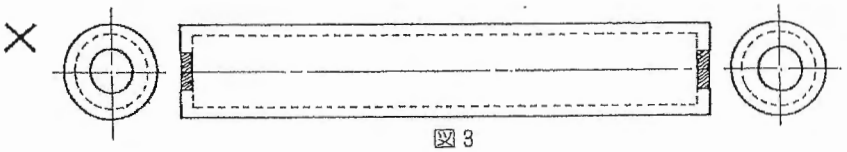


図３

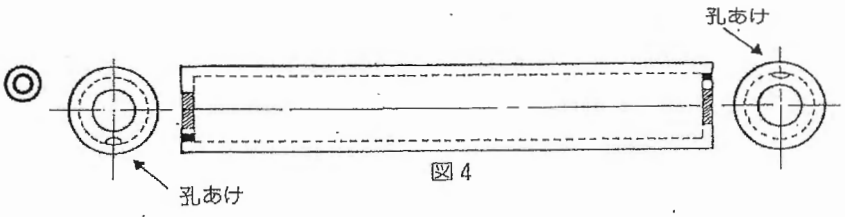


図４

孔は各図にあるように対角線上の位置にあけてください。
孔あけ径は管の径が基準となります。
上の表を参考にしてください。

角パイプ

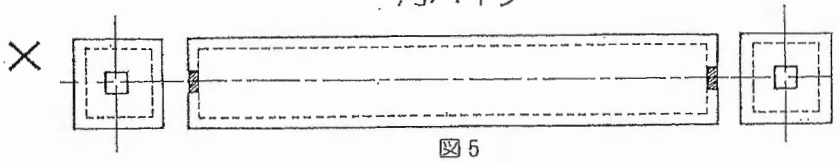


図５

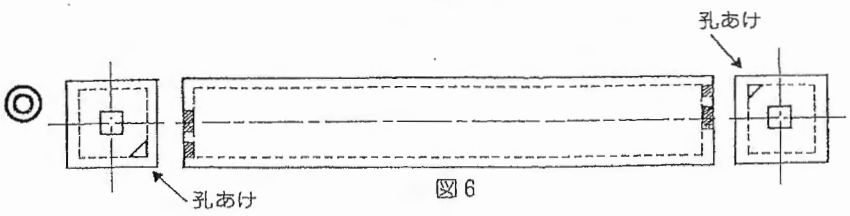


図６

密閉構造フランジ付の場合

フランジ付の場合でも、前項と同様です。図１、図４のように密閉のままでは、めっきが困難です。
図２、図５のような位置に品物の内径にみあうような、孔またはスカラップが必要です。

それでも空気だまりができたり、残留亜鉛の流出が不十分になったりしますので、図３、図６のように全面をオープンにするのが最もよい方法です。

これらの図はメクラフランジの場合を示していますが、中心に開口部がある場合も同様です。フランジがカエリになって空気が亜鉛の流通を阻害しますので、図２、図５と同じように加工してください。

丸パイプ

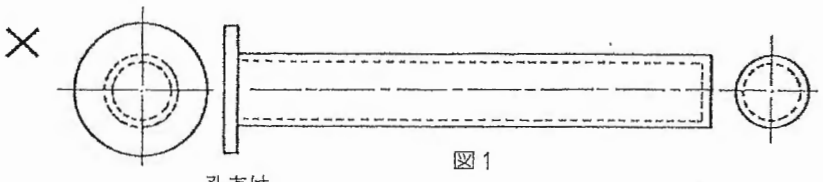


図１

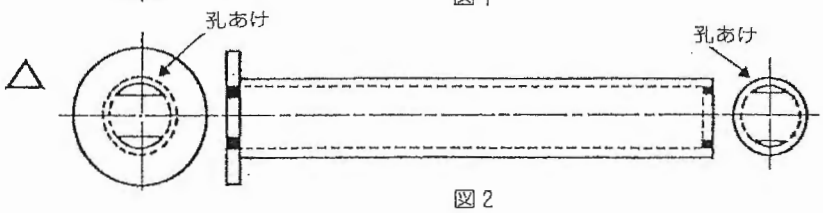


図２

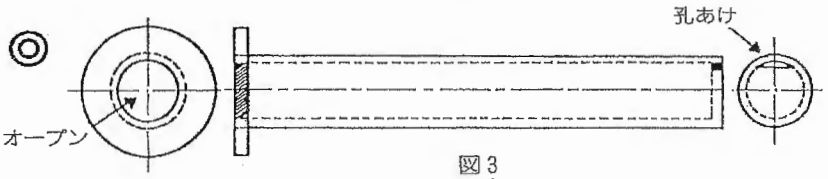


図３

角パイプ

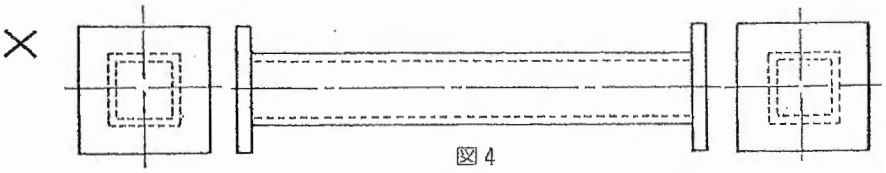


図４

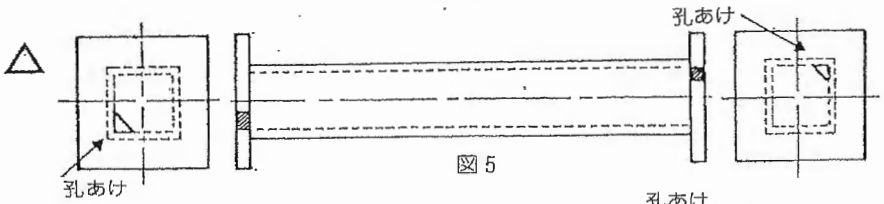


図５

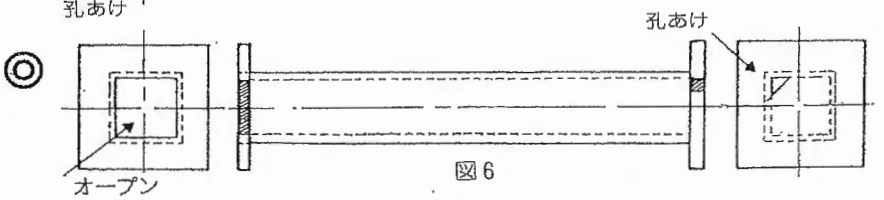
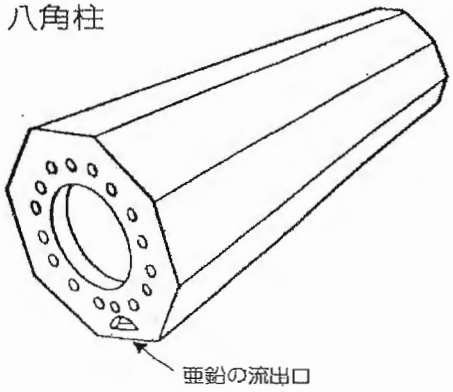


図６

八角柱



大部分の亜鉛は、開口部から流出しますが、残留亜鉛は、図のような位置に孔あけをした方が、きれいに流出します。

密閉構造加工品の場合

パイプ手すりのような加工品の場合は孔あけも複雑になります。
図１、図３、図５のような孔のないものは、亜鉛浴に浸漬できません。

図２、図４、図６のような位置に空気と亜鉛の共通の流通口をあけてください。

横桟部の両端
コーナー部の内側
立桟部の上下の対角線上の端
などが孔あけの必要な場所となります。特に脚部底面や、下部両端に孔をあけるか、オープンにするかを忘れないようにしてください。

パイプ手摺

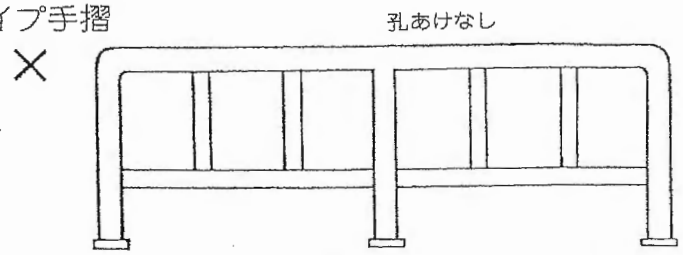


図１

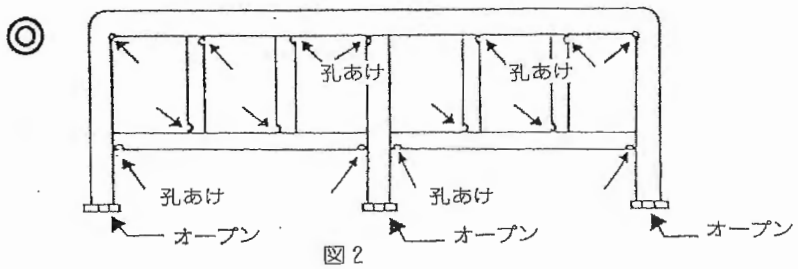


図２

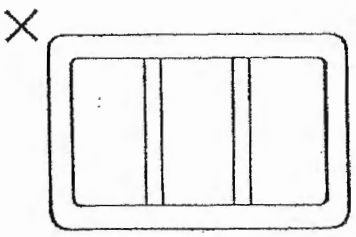


図３

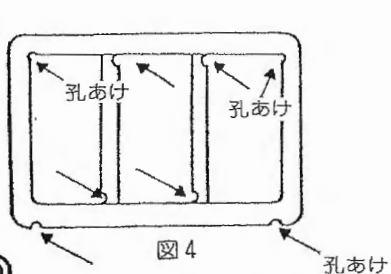


図４

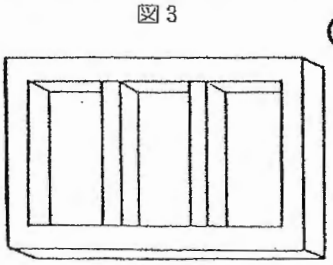


図５

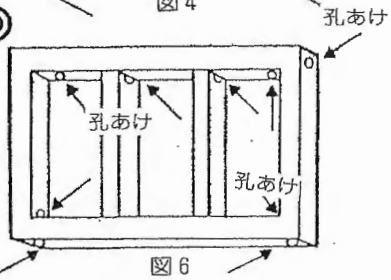


図６

パイプ手摺

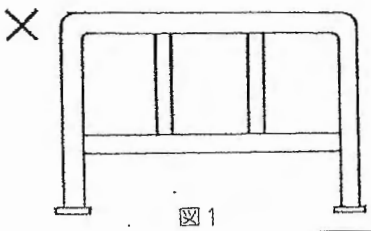


図１

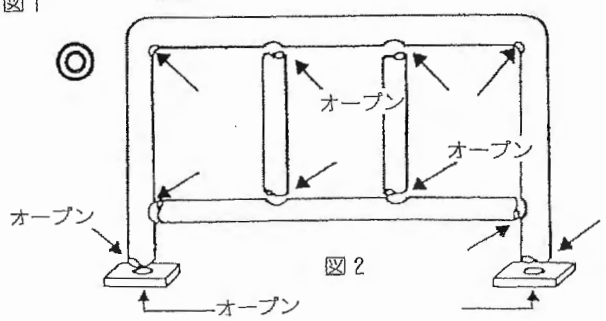
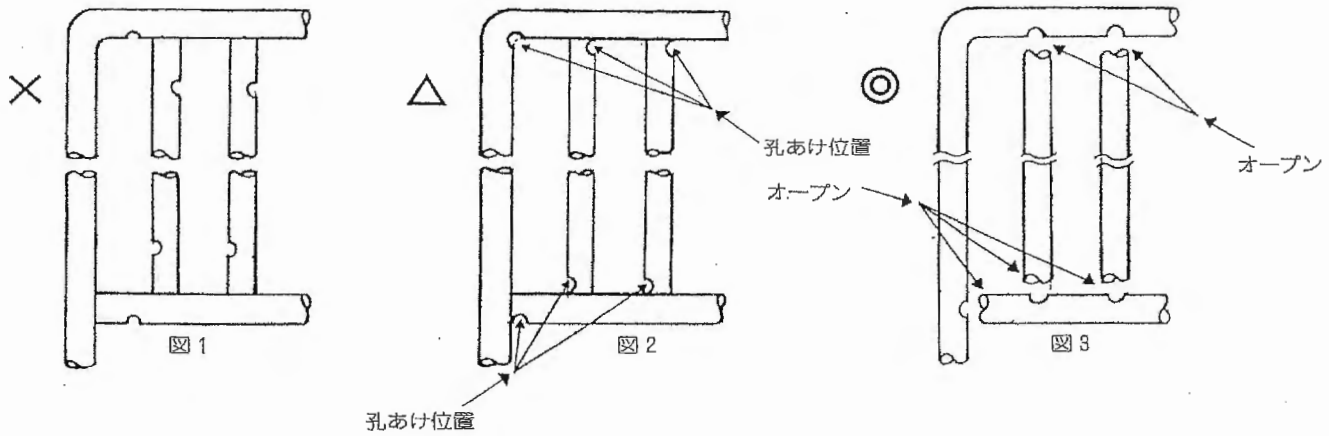


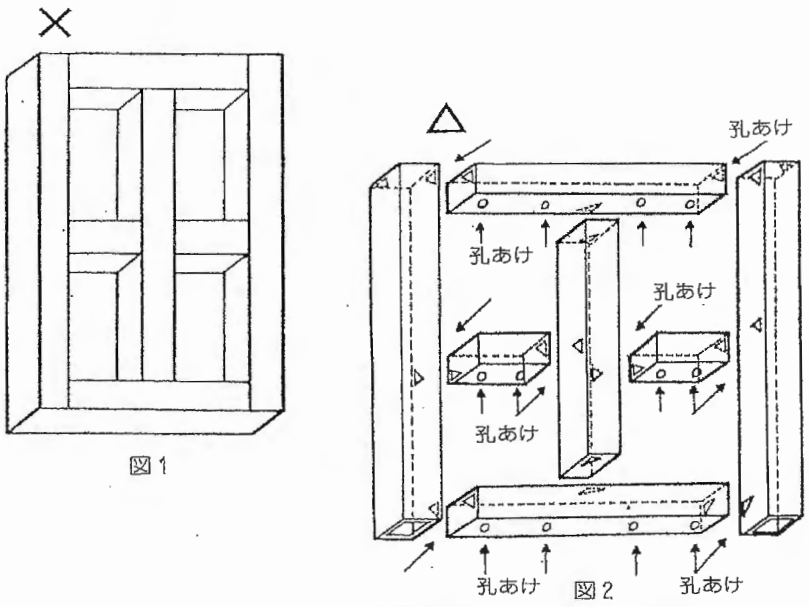
図２

外観上、外部から孔をあけると都合のわるい場合などには、左図のように各接合部をオープンにしてください。
ただしこの内部孔は組立後は確認できませんので、加工時に十分チェックすることが必要です。

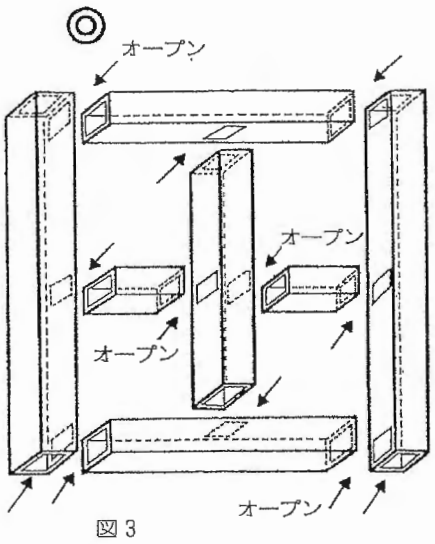
正しい孔あけ位置

図1のような位置に孔をあけてしまうと、亜鉛だまりが発生します。図2のように各端末部やコーナー部に正しくあけるか、図3のようにオープンにしてください。

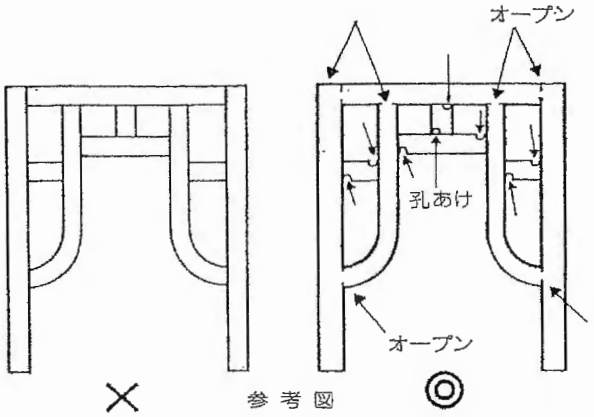




左図は角パイプ加工の例ですが、図2のような孔あけでもめっきは可能ですが孔の位置や大きさによっては空気だまりが生じたり、亜鉛の流出が不完全になる恐れがあります。
図3のように各接合部をオープンにした方が望ましいことになります。
いずれの場合でも、上下対角の位置に、空気や亜鉛の流通に充分な孔をあけてください。

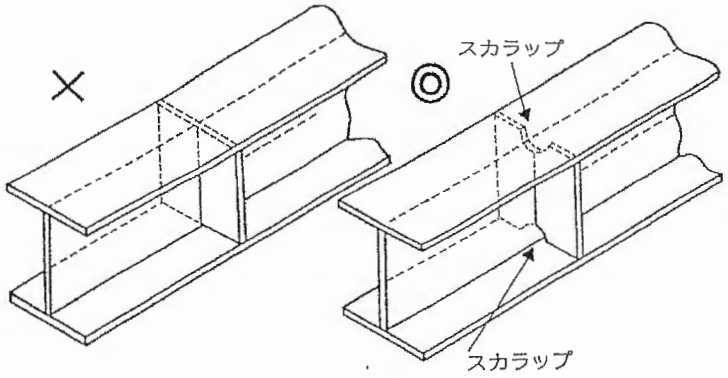


外部孔あけと内部孔あけ（オープン）の併用の場合

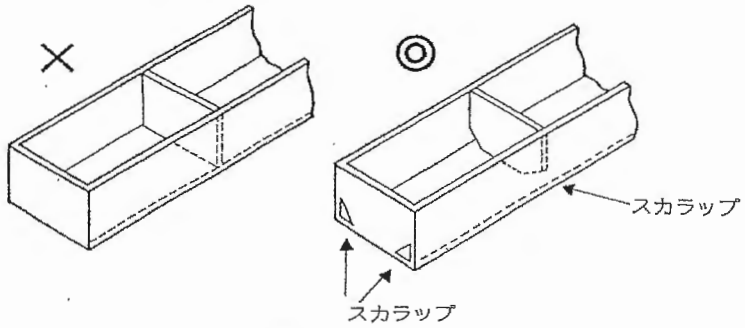


スカラップの取り方

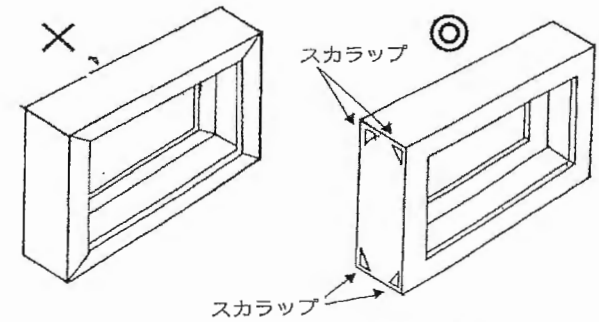
形鋼による加工品の場合などにはその組み合わせや、補強材の位置等の関係で部分的に袋状になったり箱状になったりする箇所が生じます。

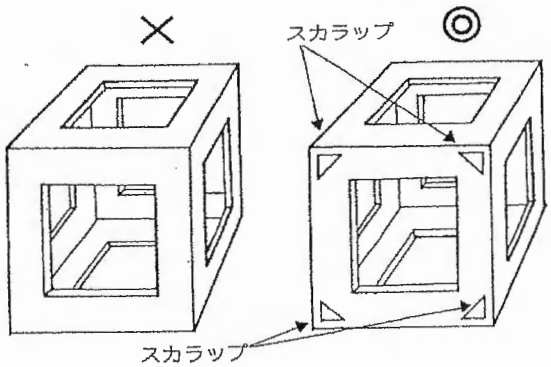


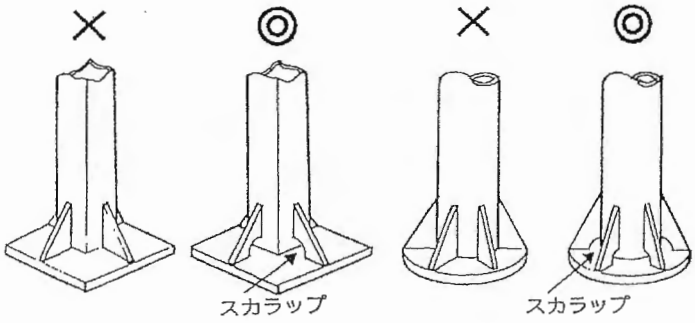
そのままでは、空気だまりを生じて不めっきになったり、また亜鉛の出口がないため亜鉛だまりが生じたりします。



このようなことを防ぎ、良好なめっき外観を得るためには、右図にあるような位置にスカラップや、適当なすき間をとることが必要です。







コーナー部のスカラップ

右図１は板枠構造の例を示したものです。
このような場合は、部分的に箱状の部屋を形ずくっているため、空気だまりや、亜鉛だまりを生じて良好なめっきをすることは困難になります。

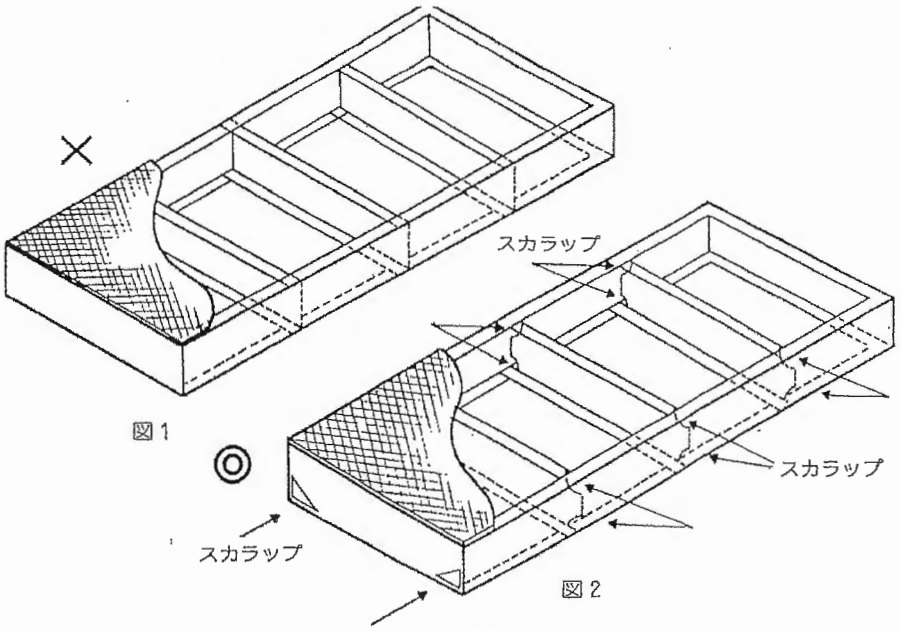


図１

図２

このままでは、めっき工程だけでなく、その前処理の各工程でも不都合を生じることになります。

これを防ぐためには図２のような位置に、スカラップをとって各部屋が共通になるような、構造にすることが必要です。

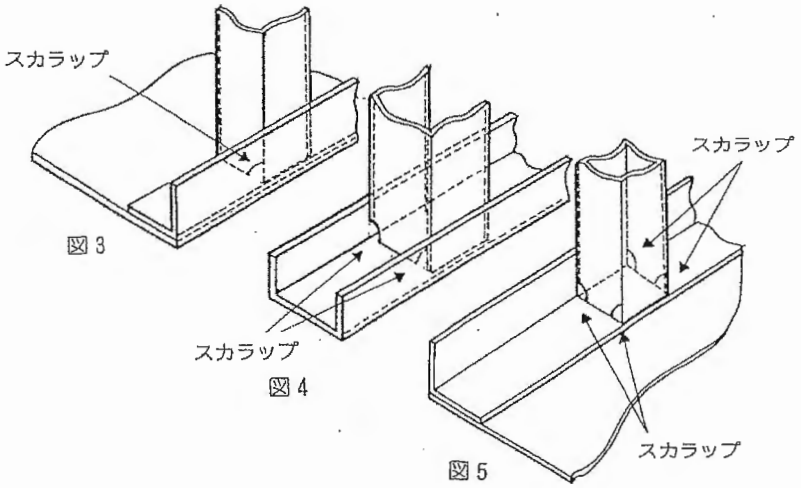


図３

図４

図５

図３～図７は、それぞれ接合部や、袋状部についてのスカラップのとり方の例を表わしたものです。

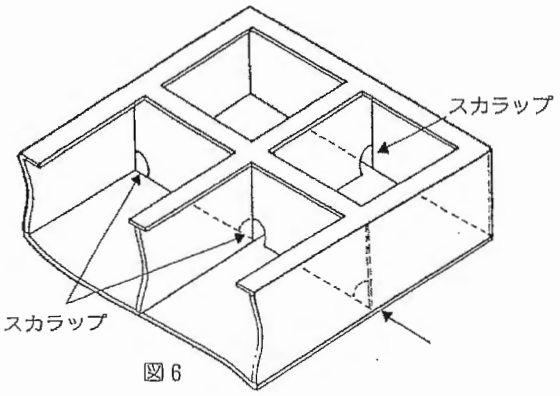


図６

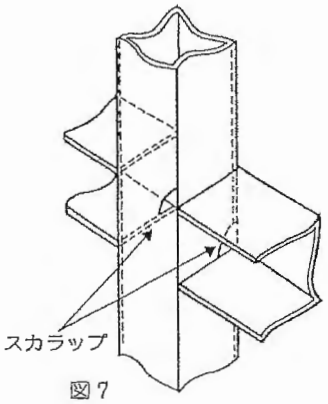
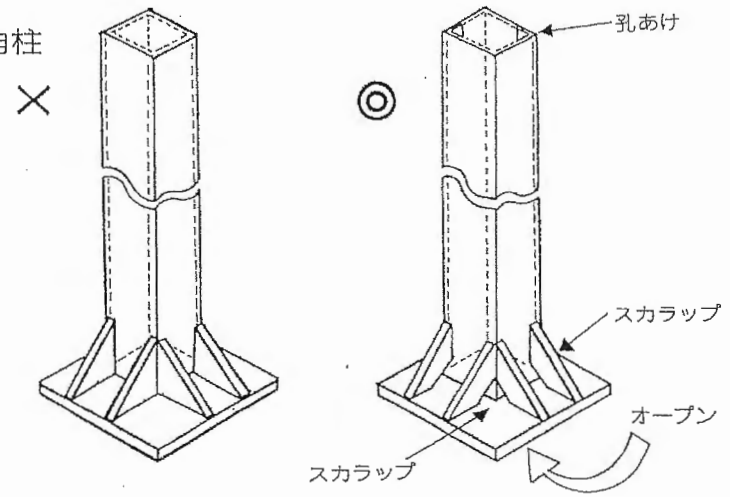


図７

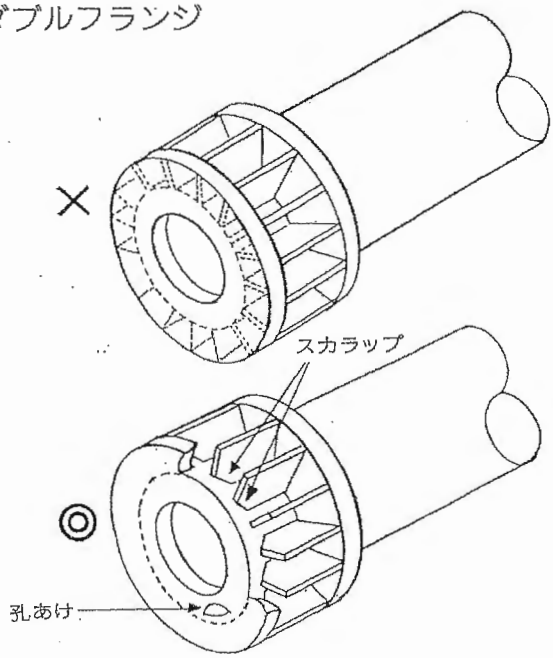
コーナー部以外のスカラップ

右図は角柱の例を表わしていますが、このような場合はスカラップをとるのはもとより、孔あけ、オープンなど総合的な配慮をすることが必要となります。

角柱

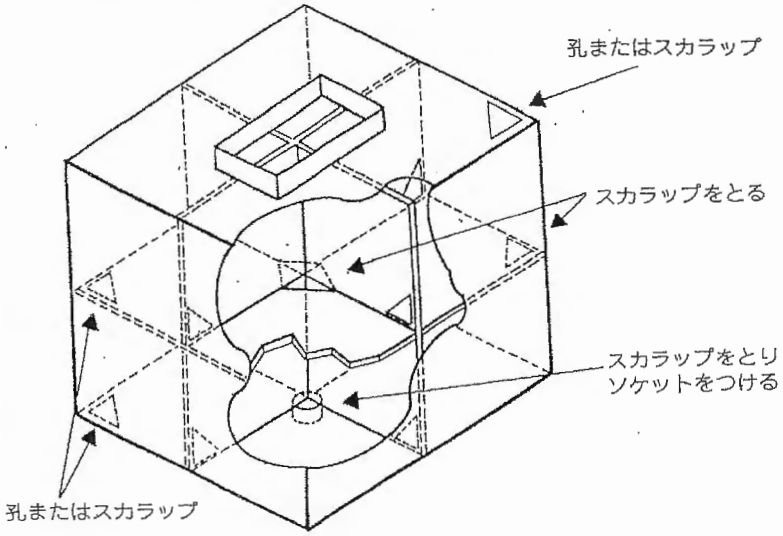


ダブルフランジ

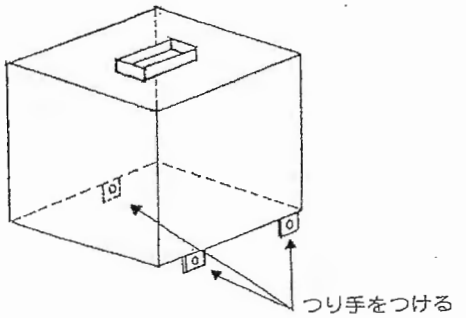


左図は一般的なダブルフランジ構造の例ですが、スカラップのほかに底部フランジが管内面に対して、カエリとなり亜鉛の流出を妨げ、亜鉛の残留が生じますので、図の位置に孔あけが必要となります。

内部が区切られている場合

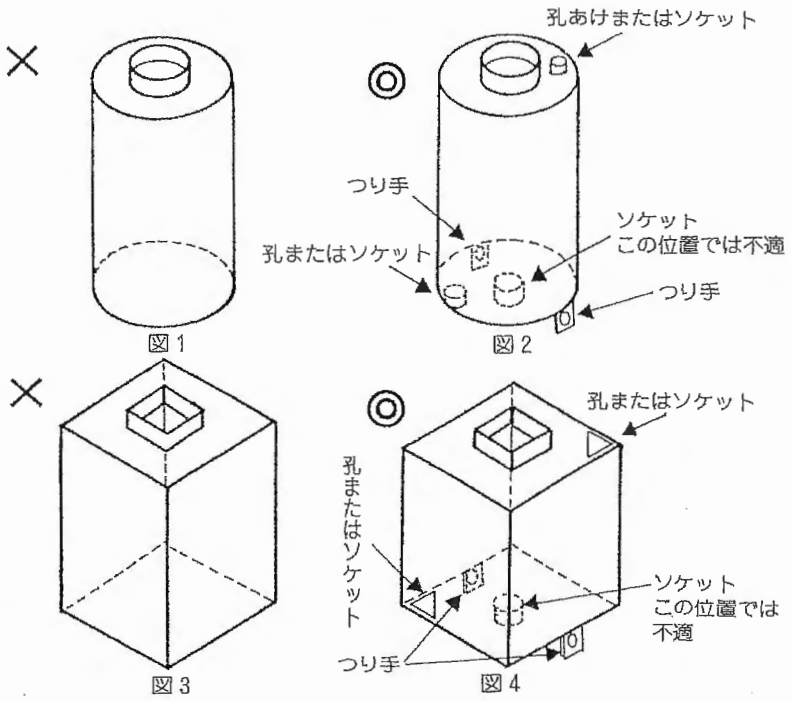


このように補剛などのために、内部が区切られた構造の場合には各室を独立した状態にしたままでは、各接合面や交差部あるいはコーナー部に空気だまりや亜鉛だまりができて、めっきが困難となりますので、図のように孔あけや、スカラップをとることが必要です。
また場合によって、斜めにしたり反転したりしますので、つり手が必要となります。



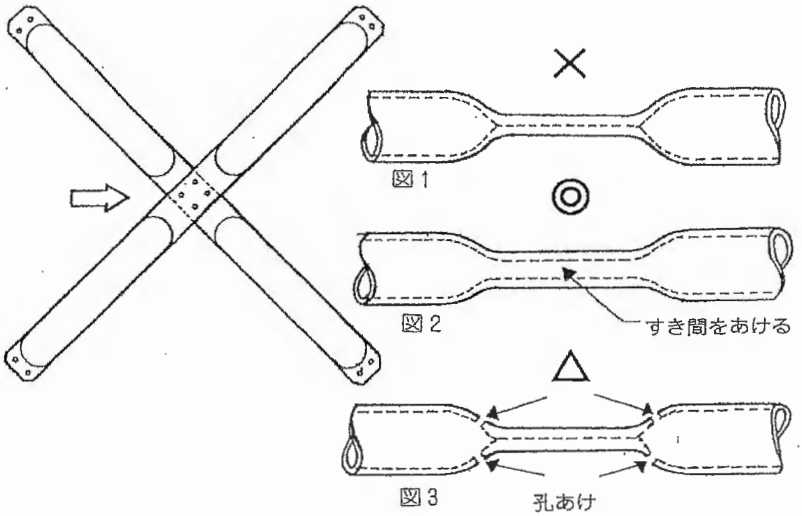
タンク構造の場合

丸タンクや角タンクの例を表わしていますが、図１、図３のように底部に全く開口部がない場合はめっきは困難となります。
またあっても、その位置が不適当なときには空気や亜鉛の流出が阻害されて、めっき不良や亜鉛の残留ができることになります。
図２、図４で表わしているように対角線方向のコーナー部に開口部をもうけるようにしてください。
また、斜めにしたり、反転したりしますのでつり手が必要です。

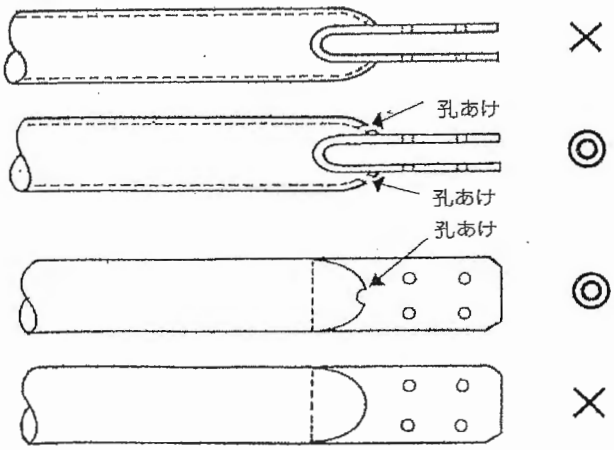


パイプ加工のブレースなどにみられるように、管材を圧着して接合部としている構造のものがありますが、このような場合右の図１のように内面が密着した状態のままでは、めっきが困難です。
図２のようにすき間をあけるようにしてください。すき間は素材の管の径によりますが、10㎜程度以上の間隔は必要です。
やむを得ない場合は、図３のように孔あけをしてください。

ブレースの例



管端末の処理



左図は、同じブレースについての端末の部分を示します。
丸印の位置に孔をあけることが必要です。

内面にカエリがある場合

図１のような角タンクの場合には開口部内側に、カエリ部分があるため空気や亜鉛の流出が不完全となります。

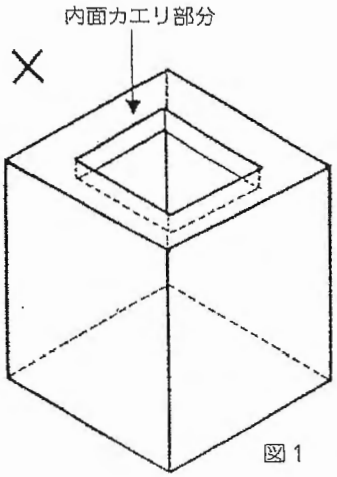


図１

図２のような位置に孔あけが必要となります。

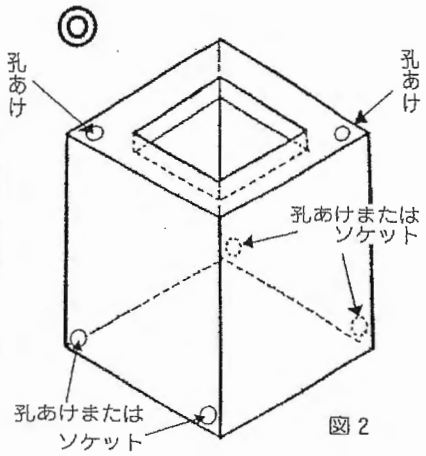


図２

図３のように内部にカエリがあると亜鉛が抜けないばかりでなく、浮力のため亜鉛浴に浸漬ができません。

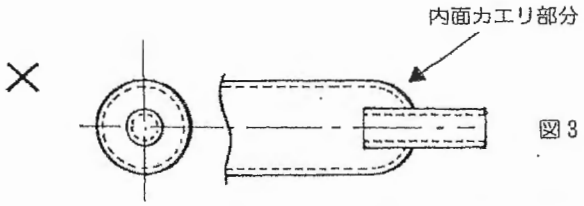


図３

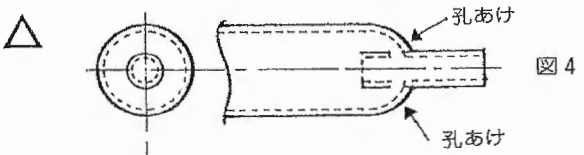


図４

図４のように孔をあけるか、できるだけ図５のように、カエリ部分をなくすような構造にしてください。

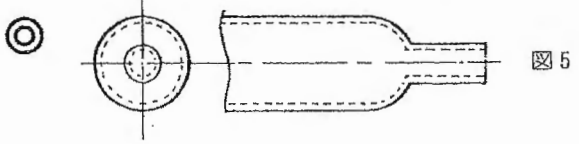


図５

図１のように、丸タンク等にソケットを取付けた場合に、内部にカエリ部分があると、空気や亜鉛が残るため、めっき不良や、亜鉛だまりが生じます。
図２のような孔をあけるか、図３のようなカエリのない構造にしてください。

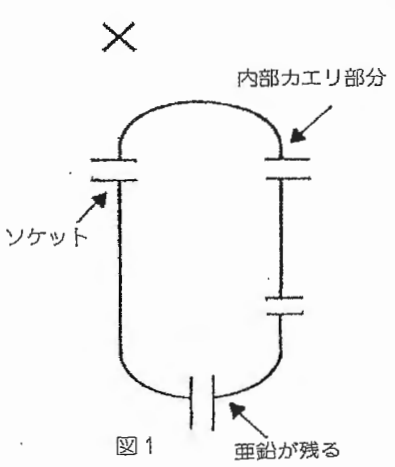


図１

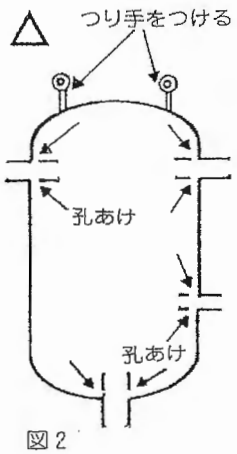


図２

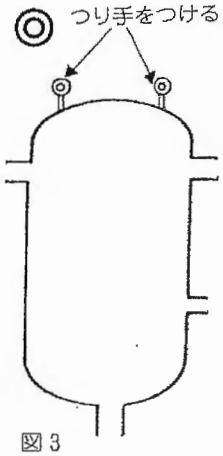


図３

はり合わせの場合

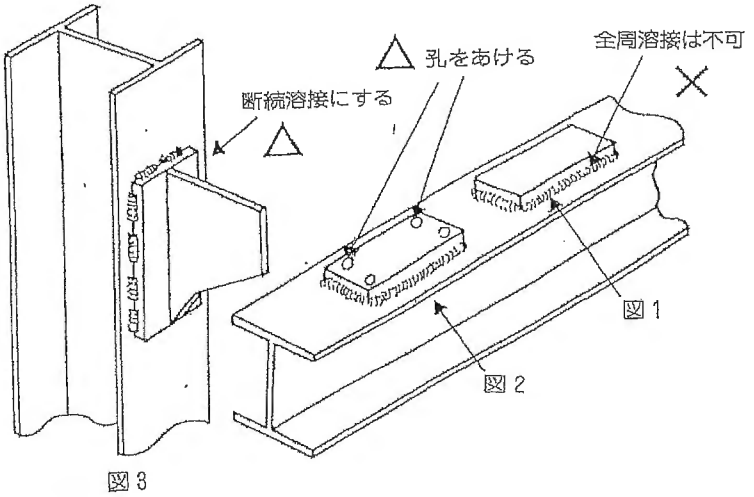
材料を、はり合わせた状態で図１のように全周溶接をすると、内側が密閉状となり、これをめっき浴中に浸漬した場合その熱によって、内部の空気や水分の体積が膨張するため、亀裂やふくれが発生し、はなはだしい場合には爆発をおこす危険があります。

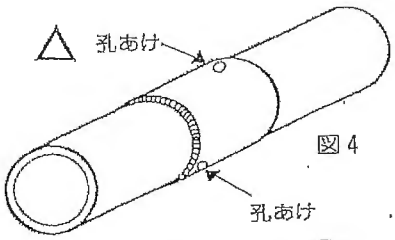
図２のように乳をあけるか、図３のように断続溶接にするのが、これをさける方法のひとつですが、この場合は、めっきの前処理工程での処理液の浸入のために、部分的に不めっきを生じたり、錆のしみ出し（通常酸吹きと呼ばれる）を生じたりする恐れがあります。

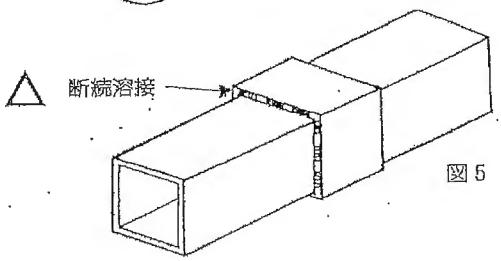
溶接部にピンホールやクラックのある場合も、同じことで特に全周溶接の場合溶接部にこのような欠陥があると非常に危険です。

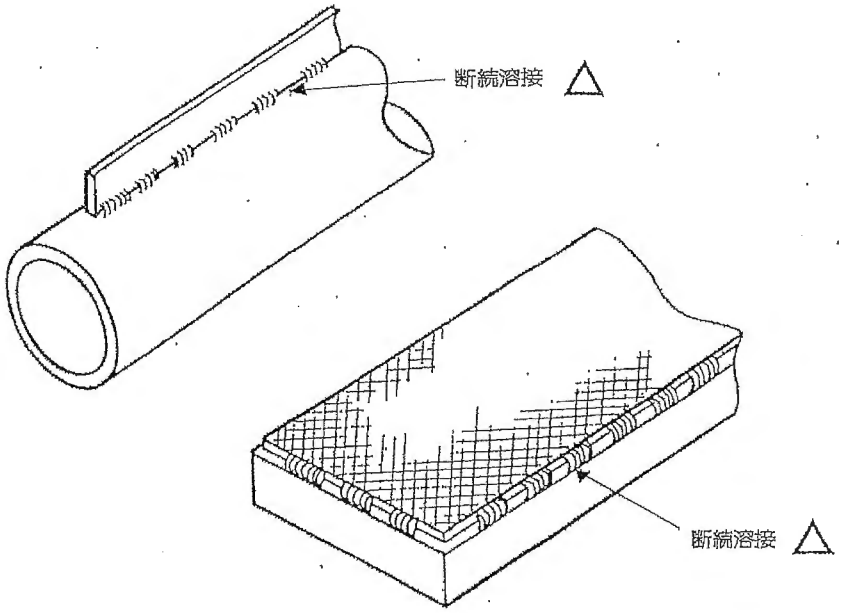
図４、図５のような重ねた材料の溶接の場合も同じことになります。
乳をあけるか、断続溶接をするかしてめっきに支障のないようにしてください。

あまり肉厚の異なる材料をはり合わせて加工すると、めっき時の熱によって、ひずみや、まがりが発生することがよくみられます。
なるべくこのようなことは、避けてください。
やむを得ないときは、溶接方法についてよく考慮してください。

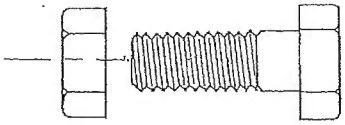








ボルト・ナットのクリアランス



鉄塔用ボルト、ナット

現在M８以上､付着量HDZT49の場合は､ナットを下の表のようにオーバータップした後、めっきします。

ボルト	標準寸法
ナット	0.8㎜オーバータップ（めっき前）

ただし、付着量HDZT77の場合は、めっき後ナットを0.4㎜タッピングします。

参考（日本電機工業会）

表の寸法によってオーバータップした後､めっきします。

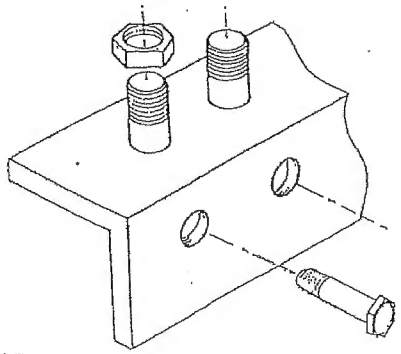
	A	B
ボルト	標準寸法	0.3㎜・縮少
ナット	0.6㎜オーバータップ	0.3㎜オーバータップ

（注）めっき用ボルト､ナットのクリアランスは､用途によって多少異なります。

日本橋梁建設協会の標準クリアランス

溶融亜鉛めっき鋼板桁橋梁設計示方書（案）では、締付特性、ナット引張強さ、ねじ精度の管理面より、めっき後、ナットを0.4㎜タッピングするよう規定しています。

ボルト	標準寸法
ナット	0.4㎜タッピング（めっき後）



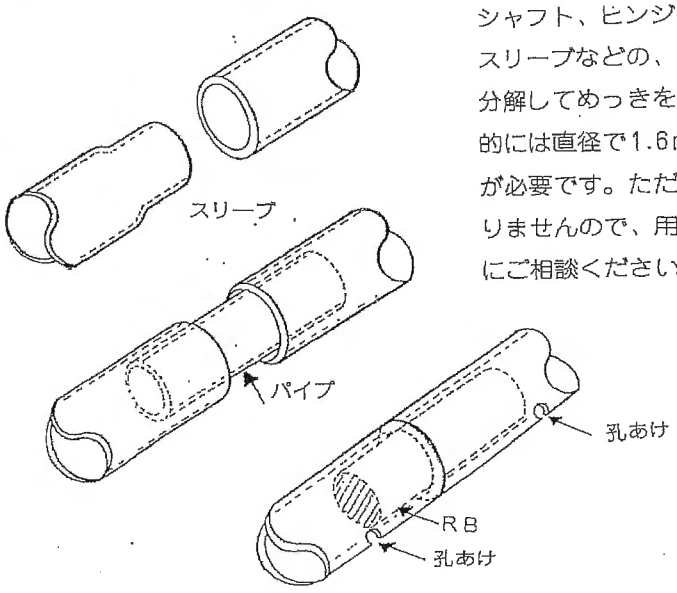
ボルト孔径のクリアランス

通常、黒素材のボルト穴のクリアランスは建設省告示によって、M20以下の場合、＋1.0㎜、M20以上で＋1.5㎜のクリアランスが定められています。しかし、溶融亜鉛めっきの場合これでは不十分であるため、標準寸法より0.4～0.6㎜拡大する必要があります。

d≦20	r≦d＋1.4～1.6（㎜）
d>20	r≦d＋1.9～2.1（㎜）

d：ボルト径（㎜） r：ボルト穴径（㎜）

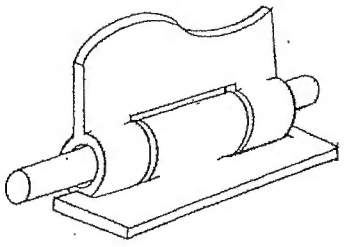
適正なジョイント部

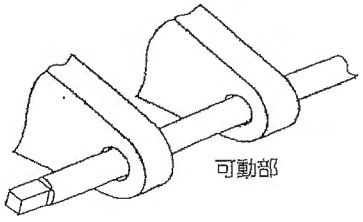


可動部、かん合部のクリアランス

シャフト、ヒンジ等の可動部のあるもの、スリーブなどの、かん合部のある素材は分解してめっきをすることになり、一般的には直径で1.6㎜以上のクリアランスが必要です。ただし、一定のものではありませんので、用途、精度により、事前にご相談ください。

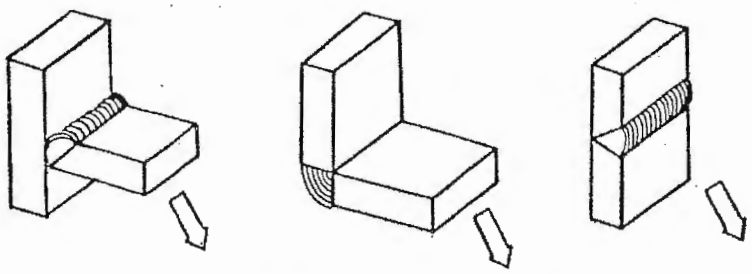
ヒンジ部



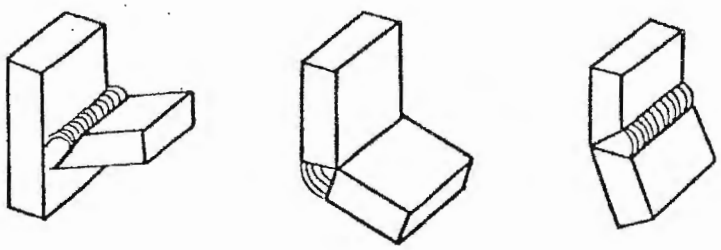


溶接法と歪の発生例

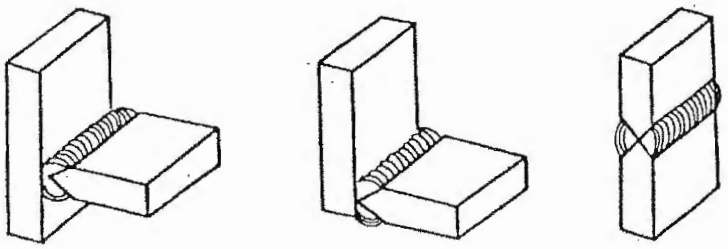
ひずみの発生しやすい溶接(めっき前)



ひずみの発生方向(めっき後)

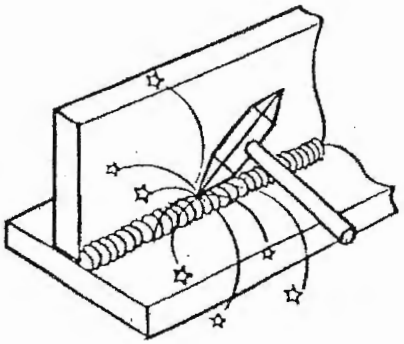


ひずみの発生しにくい溶接(めっき前)



溶接スラグの除去

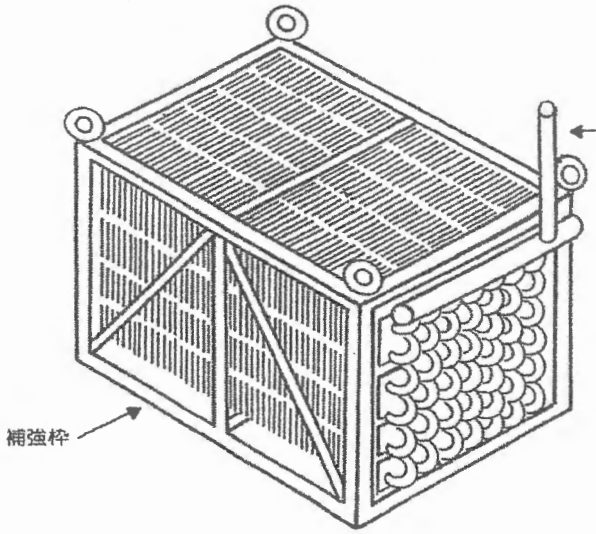
溶接スラグは、めっきに支障をきたします。裸溶接棒を使用するか、被覆溶接棒をつかった場合のスラグはめっき工場に搬入される前に、除去しておいてください。



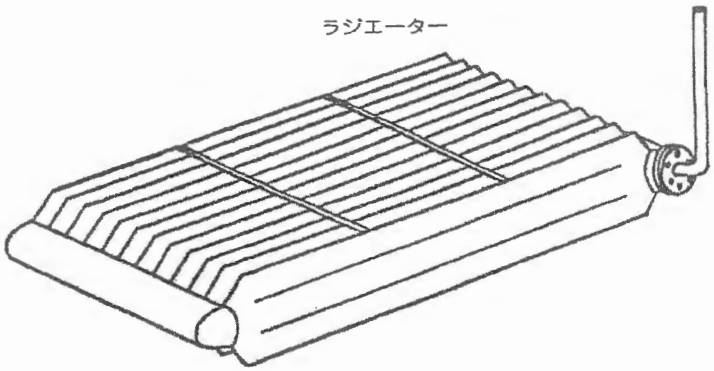
熱交換器などの外面めっきの場合

図で示すような、フィンクーラー、コイル、ラジエーターなどの熱交換器類の場合は通常外面のみを、めっきします。したがって必ず空気抜きのための立ち上り管が必要です。
また浮力が大きすぎて自重では沈まないために荷重をかけますので、本体を保護するための補強枠が必要となるものもあります。
立ち上がり管の長さは1000mm程度が適当です。

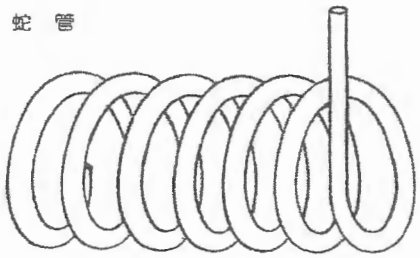
フィンクーラー



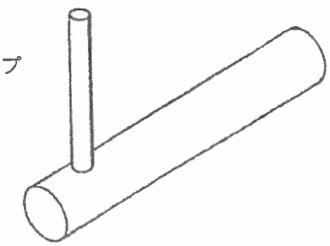
ラジエーター



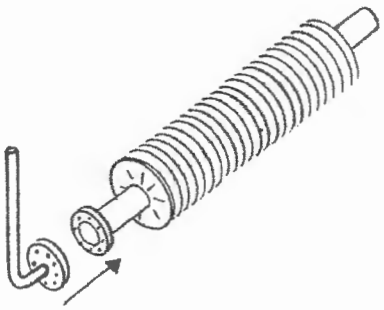
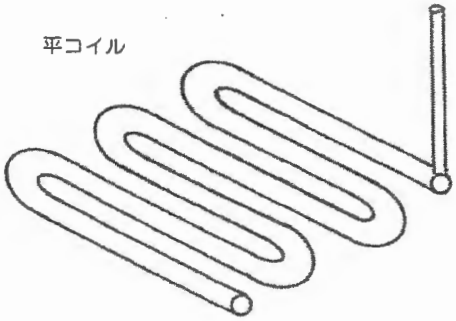
蛇　管



パイプ



フィンチューブ



平コイル