

## 繰り返し浸漬法による鋼材の腐食について (第2報)

柴田俊明\*・内藤正一\*・翁長一彦\*\*

### Corrosion of Steel by a Alternate Immersion Method (2nd Report)

By

Toshiaki SHIBATA, Shouiti NAITO and Kazuhiko OHNAGA

#### Abstract

Accelerated corrosion tests of the steel and welded steel plates were carried out by using alternating immersion method in sea water.

Series of experiments were performed to investigate the effects of various parameters on the corrosion rate. Experimental parameters were surface blast treatments of steel, thermal treatment of steel including welding and heating, temperature difference of the air and the water (air temperature was higher than water temperature)

From the results of the test, the following conclusions were obtained.

- 1) Corrosion rate increased as the air temperature at dry condition increased.
- 2) Corrosion rate of steel blasted by steel grit was greater than that by steel shot.
- 3) General corrosion occurred in the case of heating treatment before the blast, and the localized corrosion occurred in the case of heating treatment after the blast.
- 4) Corrosion rate of welded steel from the one side welding is greater than that of both side welding.

---

\* 装備部

\*\* システム技術部

原稿受付：昭和62年3月2日

## 目次

1. はじめに	2
2. 実験	2
2.1 実験装置	2
2.2 試験片	3
2.3 実験条件	3
3. 実験結果と考察	4
3.1 空槽時の温度影響について	4
3.2 表面加工と腐食量の関係	5
3.2.1 除錆材と除錆度による腐食量の相違	5
3.2.2 試験時間による腐食量の変化	6
3.2.3 加熱処理による影響	6
3.3 溶接時の熱影響	7
3.4 表面加工と腐食電位	7
4. まとめ	8
5. おわりに	9
参考文献	

## 1. はじめに

著者らは前報<sup>1)</sup>で、船舶のバラスタククの異常腐食の実験的再現と、腐食因子の影響の定量的把握を目的に、海水温度・応力・浸漬比等の環境因子をパラメータとして取り上げ、鋼材の腐食促進試験を行った。

しかし、腐食現象は使用された材料を取り巻く環境だけで支配されるのではなく、材料自身が持つ（又は受けた）因子によっても左右される。すなわち、材料の受けた熱処理、表面処理あるいは溶接等の表面加工により腐食の状態や腐食量そのものが変化することは十分に考えられる。このことは実際のバラスタクク内の異常腐食には直接結び付くことではないが、その

発生状態からこれら因子の影響があることが推定される。

本報では材料が受けた表面加工の影響について取り上げ、その因子として、除錆時の除錆材の種類及び除錆度について、また溶接等における熱影響をパラメータとして取り上げて実験を行った。また、前報<sup>1)</sup>で検討を予定していた、空槽時の温度影響についても試験を行ったので、合わせて報告する。

## 2. 実験

## 2.1 実験装置

本報では前報<sup>1)</sup>の試験機ではなく、新しく装置を製作して試験を行った。装置の仕様及び機構をTable 1とFig. 1に示す。装置は試験液槽、給水ポンプ及び制御盤を取り付けた架台と、恒温恒湿槽（以下恒温槽）内に設置したアクリル樹脂製の腐食槽から構成されている。腐食槽はビニル管により、試験液槽（塩ビ製）・給水ポンプと連絡している。試験液はポンプにより腐食槽に送られ、腐食槽からのオーバーフローによって再び試験液槽に戻る循環式となっている。繰り返し浸漬はタイムスイッチでの給水ポンプのON—OFFによる注水・排水によって行う。

腐食槽を恒温槽内に設置したのは、排水時の空気温度及び試験片表面の乾湿の制御が出来るようにしたためである。前報<sup>1)</sup>とは異なり、応力は対象因子に入っていないので、そのための負荷装置は設けていない。

試験片は腐食槽のアクリル樹脂製ホルダーにより、垂直に取り付けられるようになっている。これは、各試験片を装置から電氣的に絶縁することと、空槽時の試験片表面に水が溜ることを防止するのを目的としている。試験液は前報<sup>1)</sup>と同じく人工海水を使用した。

Table 1 Principal specification of test apparatus

Tank Capacity	
Sea Water Tank	45 l
Corrosion Tank	18 l
Temperature of Sea Water	Room temp. ~70°C
Type of Alternate Immersion	Circulation by Chemical Pump
Time of Immersion(Tw)	1 / 4 ~24h
Time of Dry Condition(Td)	1 / 4 ~24h
Chamber	
Temperature	-40~80°C
Humidity	20~95%RH

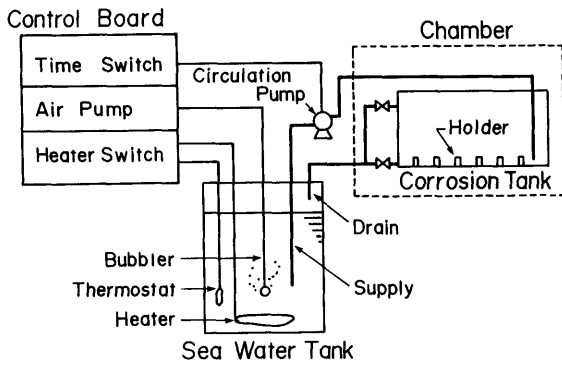


Fig.1 Mechanical diagram of test apparatus

## 2.2 試験片

試験片の材料として、板厚 4.5 mm のミルスケール付き一般構造用圧延鋼 SS 41 を用い、試験の目的に合わせ次の二種類を作製した。

### (1) A type (Standard)

主に表面加工の影響を試験するための試験片で、形状・寸法を Fig. 2 に示す。試験片下部の突起は、腐食槽のホルダーに取り付けるためのもので、端部と同様にタールエポキシ樹脂塗料（略称 T/E）で被覆した。

### (2) W type (Welded)

溶接時の熱影響を調べる試験片。溶接は母材の両端を拘束した状態で炭酸ガス・アーク溶接を行い、そのまま冷却後、Fig. 3 示す形状に切り出した。両面溶接のものを W-1 type (Fig. 3 (a))、片面溶接のものを W-2 type (Fig. 3 (b)) と呼ぶ。ビード部は機械切削し、端部及びホルダー取り付け用の突起は T/E で被覆した。Table 2 に溶接棒の成分を示す。溶接時の入熱量は求めている。

Table 2 Chemical composition of welding rod (%)

C	Si	Mn	P	S
0.10	0.54	1.07	0.015	0.009

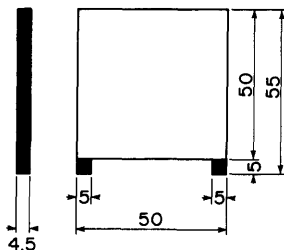


Fig.2 (A type) Specimen: surface processing and thermal treatment

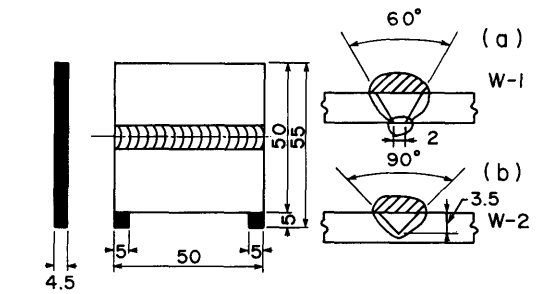


Fig.3 (W type) specimen: (a) both side welding (it called W-1), (b) one side welding (it called W-2)

A type 試験片に対し、次に示す表面加工と加熱処理を与えた。

- (1) 表面の加工方法の影響を調べるため、ショットブラスト（ショット径 1.2 mm）及び、エメリー紙研磨（# 320 まで仕上げ）により除錆（ミルスケールの除去）を行う。
- (2) プラスト材の影響を調べるため、スチールショット及びスチールグリットを用いる。
- (3) 表面の加工度（除錆度）の影響を調べるため、ショット及びグリットの投射量を変える。
- (4) 試験片に加熱→急冷の熱履歴（焼き入れ）を与える。加熱にはプロパンガス・バーナーの酸化炎を用い、所定時間加熱後水で急冷する。加熱時の温度は熱電対により計測した。加熱開始後 5 分で定常となり、試験片裏面（炎の当たっていない面）の最終到達温度は 510°C で、火炎の温度は 1,230°C であった。

各々の試験片に対して、以上の条件を単独であるいは組み合わせで与えた。その組み合わせを Table 3 に示す。P 及び S は表面の加工方法を表しており、以後の図表中で P とあるのは A type 試験片に研磨したもの、又 S とあるのは同じく A type 試験片にショットブラストしたものを示す。同一条件の試験に供する試験片の数は 6 枚ないし 12 枚とした。

試験終了後の試験片は竹ブラシで軟質の腐食生成物を除去した後、沸騰 20% クエン酸 2 アンモニウム水溶液中で除錆後良く水洗し、沸騰蒸留水で再洗した後エチルアルコール浴を行い、熱風で乾燥した。

腐食量は、試験前後の試験片の重量変化を単位面積当たりの重量変化 ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ) に換算して整理した。

### 2.3 実験条件

浸漬条件を Table 4 に示す。繰り返し浸漬の周期は 180 min. とし、浸漬比 (Tw/T) は前報<sup>1)</sup>から腐食量が最大となる 0.5 のみとした。試験液と恒温槽内の温度

Table 3 Conditions of thermal treatment and surface processing of specimens

P	Polishing
P <sub>0</sub>	Heating (5 min.) after Polishig
S	Shot blasting
S <sub>0</sub>	Heating (5 min.) after shot blasting
S <sub>5</sub>	Heating (5 min.) before Shot blasting
S <sub>10</sub>	Heating (10 min.) before Shot blasting
S <sub>15</sub>	Heating (15 min.) before Shot blasting
S <sub>20</sub>	Heating (20 min.) before Shot blasting
S <sub>25</sub>	Heating (25 min.) before Shot blasting

Table 4 Conditions of alternate immersion test

Immersion Ratio (Tw/T)		0.5 (Tw=90 min.)	
Temperature of Water		50°C (35°C, 45°C)	
Chamber	Temperature	50°C constant	
	Humidity	95%RH constant	

は50°C一定としたが、繰り返し浸漬時の液温と気温に差を設ける場合は、試験液の温度を35°C及び42°Cと低く設定した。恒温槽の湿度は、全試験を通じ95%RH一定とした。

### 3. 実験結果と考察

#### 3.1 空槽時の温度影響について

前報<sup>1)</sup>では、空槽時に腐食槽内の気温が低下したため、繰り返し浸漬の周期で温度変動が生じた。この影響を除くため、空槽時の気温と試験液の温度を等しくした実験を行った。さらに、空槽時気温を液温よりも高くした場合の実験も行い、温度差による影響を検討した。

ショットブラスト (SS 120) を5 kg投射 (投射密度150 kg/cm<sup>2</sup>) したA type試験片により、200時間の繰り返し浸漬試験を行った結果をFig. 4に示す。横軸は空気と海水の温度差 $t$ を、縦軸は腐食量 (mg/cm<sup>2</sup>) を表す。

本装置の場合、恒温槽の湿度を95%RHと高くしてあるので、試験片表面 (鋼材と腐食生成物との界面) の乾きはほぼ無いとみて良い。

(4)

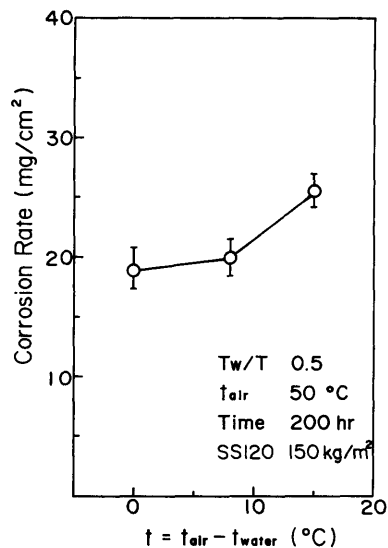


Fig.4 Effect of air temperature at dry condition on corrosion rate

温度差 $t$ の影響は明確に表れており、 $t=15^{\circ}\text{C}$ では $t=0^{\circ}\text{C}$ に比し30%以上の腐食量の増加が認められる。

腐食が酸素の拡散速度により支配されている場合、一定の酸素濃度における腐食速度は、温度が $30^{\circ}\text{C}$ 上がる毎に約2倍になることが Skaperdas<sup>2)</sup>らによって報告されている。空槽時に試験片表面の乾きは特に認められなかったが、槽内気温が海水温度より高い場合、試験片表面に付着した海水は、空槽時毎に空気との温度差の分だけ熱せられ、その結果試験片は繰り返し温度の上昇を受けることになる。その結果腐食量は増加することになり、空槽時の空気温度が腐食量に影響を与えることがわかる。表面の乾きが無いと言っても、腐食生成物を含む水分量には当然差があり、供給される酸素の量も異なる。しかしこれらは二次的な影響といえる。

### 3.2 表面加工と腐食量の関係

#### 3.2.1 除錆材と除錆度による腐食量の相違

A type試験片に対し除錆材としてスチールショット(SS120)及びスチールグリット(SG100)を使用してブラスト加工した試験片により、繰り返し浸漬試験を行った時の、除錆度と腐食量との関係をFig.5に示す。横軸は試験片に投射したショット及びグリットの投射密度で、除錆度を表す。

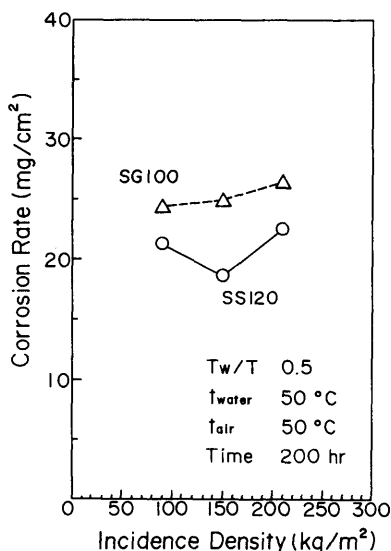


Fig.5 Relations between corrosion rate and blasting material, corrosion rate and incidence volume

Fig.5ではショットによる除錆の場合、投射密度 $150\text{ kg/m}^2$ で腐食量が少なくなっているように見えるが、Fig.4に照らすとむしろ $90\text{ kg/m}^2$ の場合の腐食量が多いと見るべきで、全体としてはショット、グリット共に投射密度の増加に従い腐食量も増加する傾向を示すといえる。また、ショットに比べグリットによる除錆の方が腐食量が多い。 $90\text{ kg/m}^2$ の腐食量については後述する。

除錆材投射後の表面は、ショットの場合鈍い金属光沢を呈しているのに対し、グリットのそれは明るくキラキラした印象を与えていた。Fig.6は両試験片の表面粗さ曲線を比較したもので、ショットの場合、粗さの凹凸は比較的規則性を持って現れているが、グリットでは曲線上に微細な粗さが含まれており、曲線そのものも鋭角的な感じを与える。この相違は除錆材の形状によるもので、ショットが球形に近い形状であるのに対し、グリットは鋭い角を持っている。そのため、ショットが投射時の衝撃力によって除錆するのにに対し、グリットは削り取るようにして除錆する。グリット投射後の試験片の表面がキラキラしていたり、表面粗さ曲線が鋭角的な感じを与えるのはそのためである。さらに、表面の形状の差だけでなく、形状から表面の加工度が異なることが推定される。

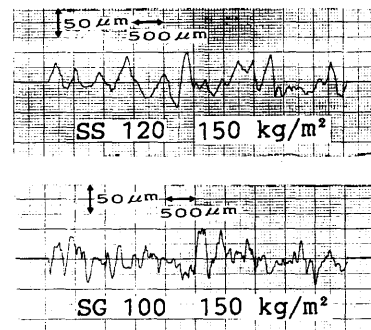


Fig.6 Surface roughness curve of specimen blasted by steel shot (SS120) and steel grit (SG100)

除錆方法の違いによる腐食量の差は主に表面の加工度と次に述べる活性度に起因すると思われる。

水溶液中の腐食は電気化学的反応であり、表面に生じたアノード部とカソード部による、局部電池作用によって発生し進行する。アノード部とカソード部の形成については、表面の不均一性<sup>3)</sup>や金属組織学的な表面の欠陥部<sup>4)</sup>などが上げられている。アノード部は金

属がイオンとして溶解する活性点であり、加工面、新生面ほど活性が高い。表面の活性を腐食傾向に置き換えると、活性が高いほど腐食傾向が強いと見える。

スチールショットとスチールグリットの加工面を比較すると、グリット加工面は切削面であり、ショット加工面は打撃面となる。ショット加工面はまたピーニング効果<sup>5)6)</sup>も受けていることが予想されるがこれについては全面腐食で溶出すると効果を失う<sup>5)</sup>。つまり両者には表面の活性において相違がみられる。著者の一人の実験でも、切削面の方がショット加工面より、また加工度が高いほど活性が高いことが確認されている<sup>7)</sup>。ショットとグリットの腐食量の差はこの加工面での活性の差つまり腐食傾向の差にあると推定される。また、ショット及びグリット共にその投射密度の増加に従って腐食量が増加するのもこの理由による。

ショットの投射密度  $90 \text{ kg/m}^2$  で腐食量が多いのは除錆が十分でなかったために残存していたミルスケールがカソードとなって短時間のうちに大きな腐食量を生じたためと思われる。

### 3.2.2 試験時間による腐食量の変化

スチールショット試験片により繰り返し浸漬試験を行った時の、試験時間に対する腐食量の変化をFig. 7に示す。図には除錆度の違いによる関係も示してあり、ショットの投射密度を図中の記号で区別してある。

200時間の繰り返し浸漬における腐食量はFig. 5と同じデータを使用している。

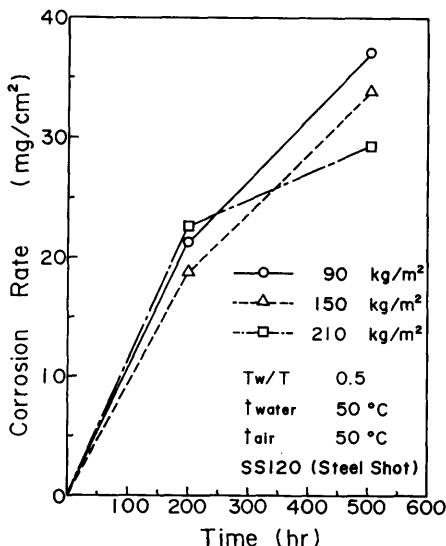


Fig. 7 Effect of alternate immersion time on corrosion rate

試験時間が増すにつれて当然腐食量も増加し、200時間の試験では除錆度が高い程腐食量も大きい。しかし、試験時間が503時間と長くなるとそれが逆転し、除錆度が高いほど腐食量が小さくなる傾向が見られる。

この理由について腐食と表面の活性度の関係から若干の考察を加えてみる。腐食の形態は全面腐食と局部腐食に大別できるが、全面腐食は金属がイオンとして溶解するアノード部とカソード部とが位置的に明確に分かれていて、アノード部が表面を移動することによって生じる。その結果腐食による侵食は均一に起こる<sup>6)</sup>。前にも述べたようにアノード部は活性点であり、試験片表面の活性が高いということはそれだけ活性点が多くあるということになる。腐食の初期ではアノードが活発に移動することにより、加工度の高いすなわち活性点の多いものほど腐食量が多くなる結果となる。そしてまた、アノードが表面を活発に移動することにより、腐食生成物が表面を早く連続的に覆うことになる。逆に活性が低い場合はアノードの移動が少ないことにより、初期の腐食量は少ないがその分局所的な腐食量が多くなる。

一般に腐食の初期速度は速く、時間の経過につれて腐食速度は減少し定常状態へとなるが、表面活性の著しい場合程この時間が早いと考えられる。これは表面に生じた被膜(酸化鉄)が酸素の拡散障壁<sup>5)</sup>となることによる。つまり試験時間が長くなると、表面の活性が高く初期腐食速度が高いものほど被膜が早く形成されることにより腐食速度が早く減少し、逆に活性の低いものは腐食速度の減少の程度が遅いため腐食量が逆転することになる。

### 3.2.3 加熱処理による影響

Table 3に示す加熱処理を行い、200時間の繰り返し浸漬試験を行った時の試験片の加熱条件と腐食量との関係をFig. 8に示す。図中のPとSは前者が研磨試験片を、後者がスチールショット試験片を表す。添付した数字は加熱した時間で、 $P_0$ 及び $S_0$ は除錆後に5分間加熱した後急冷したもので、 $S_5 \sim S_{25}$ は5~25分間加熱後急冷した後にスチールショットを投射したものである。P及びSは加熱せずに研磨及びスチールショットを投射しただけのものである。図中の○印は平均値であり、線分は標準偏差を表す。

各々の試験片の腐食量を比較してみると、研磨及びショット試験片共に加熱処理すると腐食量が少なくなることがわかる。特に除錆後に加熱した場合( $P_0$ と $S_0$ )が顕著で、その腐食量は加熱無し(PとS)に比べ40~50%も少なくなっている。これは除錆後に加熱し

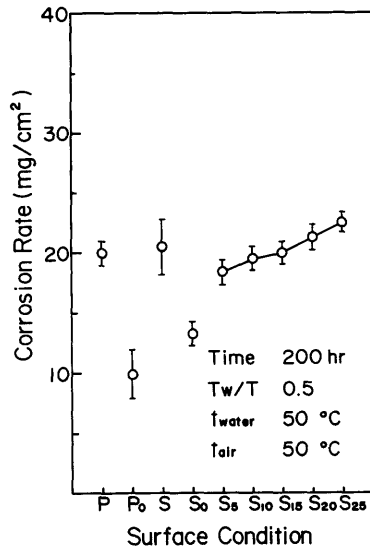


Fig. 8 Relations between corrosion rate and thermal treatment, corrosion rate and surface processing

たために、加熱により表面に生じた酸化物層(酸化膜)が残存し、腐食に対して保護的な働き<sup>9)</sup>をしたことと、後でも述べるように腐食が局部的であったことによる。

加熱試験片でも、加熱を除錆前と後に行った場合腐食量に相違がでる。加熱時間が同じで除錆前に加熱を行ったS<sub>5</sub>と、除錆後に加熱を行ったS<sub>0</sub>とを比較すると、S<sub>0</sub>の方が30%以上も腐食量が少ない。大きな相違はその腐食形態で、S<sub>5</sub>ではほぼ全面が腐食していたのに対し、S<sub>0</sub>では加熱時にバーナーの酸化炎が直接触れた部分は腐食しておらず、その周辺部のみが腐食していたことで、前者が全面腐食、後者が局部腐食となっていることである。S<sub>5</sub>が全面腐食となるのは、加熱により生じた酸化物の保護被膜が除錆によって失われたことによる。S<sub>0</sub>については残存する被膜の膜厚の不均一性のほか、急冷による熱応力や変態応力<sup>9)</sup>、及び焼き入れによる異相の一部析出<sup>10)</sup>などが考えられるがいずれも特定はできない。

### 3.3 溶接時の熱影響

溶接試験片と他の試験片との腐食量の比較をFig. 9に示す。繰り返し浸漬時間は200時間であるが、腐食量は重量減から年間腐食量 (mm/year) に換算してある。溶接試験片に研磨及びショットブラスト処理を施した場合の腐食量は、溶接のない試験片に比べ研磨試験片では5%程、ショットブラスト試験片では15%程小さくなっている。

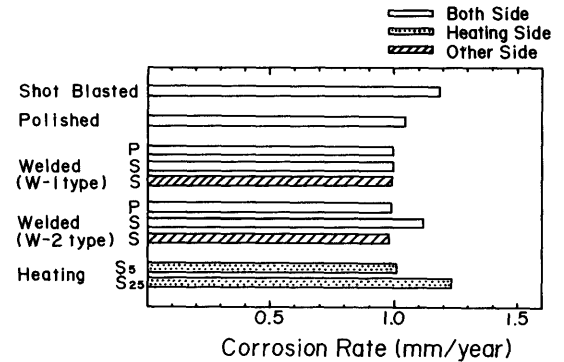


Fig. 9 Comparison of corrosion rate of welded specimen with other specimen (S type)

溶接方法による違いでは、試験片の両面を露出した場合、研磨試験片では特に差は認められなかったが、ショット試験片では、片面溶接(W-2)が両面溶接(W-1)に比べ10%ほど腐食量が大きかった。そこで溶接面(Fig. 3の開先の開いた面)をT/Eで被覆して試験を行ったところ、W-1とW-2の間に腐食量の差は認められなかった。両者の相違は溶接の方法(Fig. 3(a), (b)参照)で、共に突き合わせ溶接を想定してはいるが、W-2(Fig. 3(b))は試験中の隙間腐食を防ぐ目的もあってV溝にビード盛りをした形となっている。つまり片面溶接であっても十分な溶け込みが無いことになる。その結果試験片表面に溶接部と溶接時の熱影響だけの部分、そして溶接線の数が2本(W-1)と1本(W-2)という、加工条件の異なる面が存在することになる。

溶接金属と母材とでは組成がやや異なるのは普通であり、溶接部の腐食ではまず第一に、この組成の違いからくる異種金属接触による腐食が原因として取り上げられる。しかし、溶接金属が母材より貴であって、カソードとなる部分が小さければ<sup>6)</sup>問題とならない。試験に用いた片面溶接試験片(W-2)の場合溶接線の数が1本であることから、アノード部(溶接部)に対してカソード部が大きくなり、溶接線の数が2本の両面溶接試験片(W-1)より腐食が多くなったと考えることができる。

### 3.4 表面加工と腐食電位

表面の加工によって腐食量に相違があることは既に述べた。そこでこのことを説明する意味で、加工条件の異なる試験片を組み合わせた時の電位差の変化を測定した。結果をFig. 10及びFig. 11に示す。電位差は電圧計のプラス極に接続した試験片の腐食電位をV<sub>1</sub>、マ

イナス極に接続した試験片の腐食電位を $V_0$ とし、測定時のみ電圧計に接続して測定した。

Fig.10 は浸漬期間中の電位差の変化で、組み合わせた試験片は $S_5$  ( $V_1$ ) と $S_0$  ( $V_0$ ) である。電位差は1浸漬期間では時間と共に大きくなり、浸漬期間内で定常値となっている。これは非没水から没水に移ったところで電位差が安定するまでに時間を要したことによる。各浸漬期間における電位差の定常値は浸漬回数が進むにつれて小さくなっている。

各浸漬期間における電位差の定常値と浸漬回数との関係をFig.11に示す。Fig.10と同様電位差の定常値は浸漬回数が増すにつれ減少し、徐々に安定する傾向を示している。

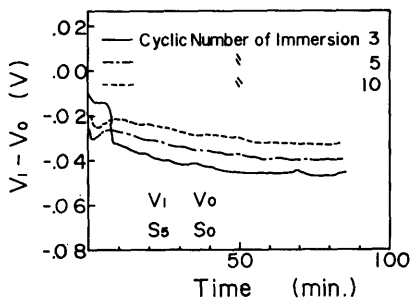


Fig.10 Change in the difference of corrosion potential of specimen coupled the different surface condition in a period of immersion

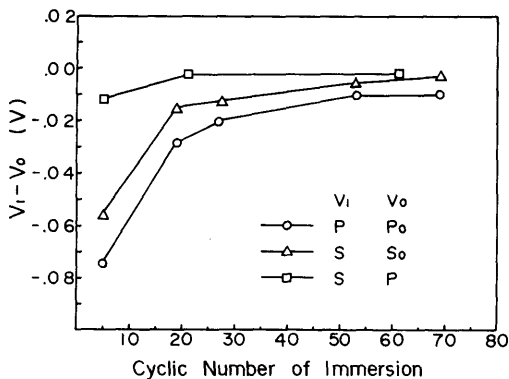


Fig.11 Change in the difference of corrosion potential at alternate immersion

測定された電位差は、いわゆる半電池同士を組み合わせた時の電池の起電力に相当する。Fig.10及びFig.11において、電圧計のプラス極 ( $V_1$ ) に接続した試験片はマイナス極 ( $V_0$ ) に接続した試験片より腐食量が

大きいものである。電池を構成する金属をいま仮に $M_1$ ,  $M_2$ とし電圧計のプラス側に $M_1$ , マイナス側に $M_2$ を接続した時の電池の起電力は

$$E = E_{M_1} - E_{M_2}$$

となる。ここで $E > 0$ のとき $M_1$ はカソードに、 $M_2$ はアノードに、また $E < 0$ のときは $M_1$ がアノードに、 $M_2$ がカソードとして働く。正電流は $E > 0$ では $M_2$ から $M_1$ に、 $E < 0$ では $M_1$ から $M_2$ に流れる。測定値が負であることから、組み合わせた電池では $V_1$ がアノードに、 $V_0$ がカソードとして働いたことになる。浸漬試験初期においては、接続された試験片の腐食量は $V_1$ の方が大きいため、両者を短絡すると符号は負となり電位差は大きな値となる。試験時間が進むにつれ電位差が小さくなるのは、 $V_0$ に接続した試験片の腐食が進行したことで、 $V_1$ の試験片の腐食が腐食生成物の被膜により抑制されたためと考えられる。

このように表面の加工条件が異なるというように、表面に不均一が存在すると、その表面が腐食環境に晒された場合、腐食し易い部分が先に腐食し、さらに未腐食部分がカソード部となってアノード部である腐食部の腐食を助長し、その結果局部的な異常腐食という現象を生じることになる。

#### 4. まとめ

本報では主に鋼材が受けた表面加工が腐食に及ぼす影響について実験を行い検討をした。その結果次の知見を得ることができた。

- (1) 繰り返し浸漬の空槽時における槽内の空気温度の影響は大きく、空気の温度が海水より高い程腐食量も大きくなる。
- (2) 除錆材としてスチールショットとスチールグリットを使用した場合、200時間の繰り返し浸漬試験では腐食量はスチールグリットによる除錆の方が大きい。これは除錆後の試験片表面の活性の差による。また除錆度すなわち投射密度の増加に伴い腐食量が増加するのもこの理由による。
- (3) 繰り返し浸漬の試験時間を503時間と長くすると、200時間では除錆度が高いほど腐食量が大きかったのが、逆に除錆度が低いほど腐食量が大きい結果となった。これは除錆度が高いほど腐食生成物による保護被膜が早く形成されるため、初期の腐食速度は大きい試験時間が長くなると腐食速度が減少することによる。
- (4) 加熱急冷処理では、除錆前に加熱すると全面腐食となり、除錆後では局部腐食となる。これは加熱時に



試験片表面に生じた酸化物被膜の有無による。

(5) 溶接方法の違いにより腐食量に差があり、実験の範囲では、表面積が同等の場合溶接線の数で2本より1本のほうが腐食量が多い結果を示した。

(6) 表面加工の異なる試験片を腐食させ腐食量の大きいものをプラスに、腐食量の小さいものをマイナスに電圧計に接続して電位差を測定すると、電位の符号は負となることから、腐食量の大きいものはアノードとして、また腐食量の小さいものはカソードとして働く。従って腐食しやすい部分は一層腐食速度が加速される。

### 5. おわりに

バラスタククの異常腐食の二大要因として、船体に加えられる繰り返し応力と、バラスタクク用海水を含めたタンク内温度を取り上げ、これを中心として各種パラメータを設定し、前報及び本報で実験を行い検討をした。その結果、応力の影響については実験の範囲では明確には認められなかった<sup>1)</sup>。これは温度の影響が応力よりも極めて大きかったことによる<sup>1)</sup>。すなわち、バラスタククの異常腐食の実験的再現では、海水の温度が最も大きく腐食量に影響を及ぼすという結果が得られた。さらに、海水を含めたタンク内温度の影響として、タンク内の気温とバラスタクク海水の温度が異なる場合、浸漬比0.5(Tw/T)での繰り返し浸漬試験では、気温のほうが海水の温度より高くその差が大きいほど、腐食量が増すことがわかった。

本報では主に材料の受けた表面加工が腐食に及ぼす影響について検討を行った。その結果は、加工により表面に与えられる表面活性の不均一さが腐食に及ぼす影響として理解できることがわかった。

バラスタクク内部は排水時にあっても高温高湿状

態となることや、夜間においては冷却により結露を生じるなど厳しい腐食環境にある。さらに造船時における溶接や歪取りによる熱影響や繰り返し注排水による電気防食の効果の不良等がある。また、応力の問題も当然考えられる。本研究ではこれらを要因としてバラスタクク内の異常腐食を実験的に再現し、検討を行った訳であるが、実際にはこれらの要因が相乗的に複雑に効果して発生したものと考えられる。従ってバラスタククの異常腐食を十分に再現したとはいえないが、個々の要因(例えば温度の問題)についてはそれなりに明確にすることが出来たといえよう。ただ応力の問題については実船における負荷状態が複雑であることから、本研究で採用したような実験方法では自ずと限度があり、試験片の寸法・形状及び応力の負荷方法について考え直す必要がある。

### 参考文献

- 1) 翁長他：船舶技術研究所報告，第13巻2号，p.67 (1957)
- 2) G.Skaperdas: H.H. Uhlig; Ind.Eng.Chem.34, 748 (1942)
- 3) 小若正倫：金属の腐食損傷と防食技術
- 4) 大谷南海男：金属の塑性と腐食反応
- 5) H.H. Uhlig : Corrosion and Corrosion Control
- 6) G.Wrangler : An Introduction to Corrosion and Protection of Metals 金属の腐食防食序論
- 7) 昭和50年度船舶技術研究所研究成果報告書p.251
- 8) 麻田宏，小原嗣朗：金属材料表面工学，標準金属工学講座
- 9) A.H.Cottrell : コットレルの金属学
- 10) 伊藤伍朗：腐食科学と防食技術，標準金属学講座