

“船舶の構造性能に関する基礎的研究”

第115研究部会

大口径荷油管の腐蝕対策に
関する研究

報告書

昭和45年3月

社団法人

日本造船研究協会

は し が き

本報告書は日本船舶振興会の昭和44年度補助事業「船舶の構造・性能に関する基礎的研究」の一部として日本造船研究協会が第115研究部会においてとりまとめたものである。

第115研究部会委員名簿

(敬称略 順不同)

部会長	瀬尾 正雄 (船舶技術研究所)		
幹事	泉 武志 (住友重機械工業)	植田 昭二 (三菱重工業)	
	岡本 淳二郎 (八幡製鉄)	柏木 隆 (日本鋼管)	
	菊池 佑幸 (川崎重工業)	古賀 正博 (佐世保重工業)	
	佐武 二郎 (住友金属工業)	下川 寛人 (日立造船)	
	菅原 武司 (日本鋼管)	関口 政敏 (石川島播磨重工業)	
	藤井 政夫 (三井造船)	藤掛 勝正 (新和海運)	
	堀内 勝彦 (三菱重工業)	牧園 正孝 (山下新日本汽船)	
	渡辺 精三 (日立造船)		
	委員	岡 純義 (大阪造船所)	宇田川 貞夫 (運輸省)
		木村 朝夫 (中川防蝕)	佐々田 喜正 (大阪商船三井船舶)
花田 政明 (日本防蝕)		林 森男 (函館ドック)	
村松 省吾 (三保造船所)		森川 卓 (日本船主協会)	

目 次

1. 管腐食の実態調査	1
1.1 アンケートによる実態調査	1
1.1.1 航路、荷油の種類	1
1.1.2 管の材質	1
1.1.3 船系統による比較	1
1.1.4 船種別による比較	2
1.1.5 カーボイルタンク内の加熱管の影響	3
1.1.6 船の腐食対策	3
1.1.7 その他	3
1.2 実船使用中荷油管の陸揚げによる管腐食の調査研究	4
1.2.1 調査の目的	4
1.2.2 調査内容	4
1.2.3 調査結果	4
1.3 実船使用中の荷油管の腐食状況の調査	6
1.3.1 調査の目的	6
1.3.2 調査内容	6
1.3.3 調査結果	6
1.4 換装された管の腐食状態の調査研究	7
1.4.1 調査船の概要	7
1.4.2 調査の結果	8
1.4.3 考 察	8
1.4.4 ま と め	8
付表 1. 大口徑荷油管の腐食調査アンケート表	9
付表 2. アンケート結果一覧表	20
付表 3. 管の腐食状態調査表	25
付表 4. J 船の管の腐食状態調査表	29
付表 5. J 船の荷油管腐食写真集	42
付表 6. E 船の管腐食状態調査表	51
付表 7. 換装された管の腐食状態の調査結果	56
付表 8. 年間平均腐食量	58
付図 1. 経過年月と腐食量	59
2. 腐食試験による研究	60
2.1 静海水浸漬試験	60
2.1.1 供 試 材	60
2.1.2 試験装置	61
2.1.3 試験方法	61
2.1.4 試験結果	61
2.1.5 試験結果の考察	61

2.2	海水・スラッジ混合液浸漬試験	69
2.2.1	試験方法	69
2.2.2	試験結果	72
2.2.3	まとめ	74
2.3	低 pH 海水浸漬試験	84
2.3.1	試験方法	84
2.3.2	試験結果	84
2.3.3	考察	85
2.3.4	まとめ	85
2.3.5	文献	85
2.4	乾湿交互試験	97
2.4.1	試験方法	97
2.4.2	試験結果	98
2.4.3	考察	99
附 録	塗装試験片結果	105

1. 管腐食の実態調査

1.1 アンケートによる実態調査

大型タンカの荷油管腐食はあまり表面にはでてきていないが、最近問題となつている事柄の一つである。そこでまず研究の端緒として就航船の実態を把握する必要のあることが叫ばれ、調査結果の整理のしやすさ、調査のしやすさ、データ数ができるだけ多く人手しやすいこと等を勘案し、調査対象船としては1961～1965年の間に建造されたタンカのうち、国内船でかつD.W.が35,000トン以上の大型船に絞ることとした。

調査はアンケート方式とし、付表1(章末に収録)のとおり「大口径荷油管の腐食調査アンケート表」を作成してタンカ運航会社21社延べ62隻に配布した。

その結果、32隻から回答があり(付表2参照)(回答率 32/62=51.6%)、回収した32隻の調査表にもとづき、管材質、管系統、配置場所等による比較検討を以下のとおり行なつた。

1.1.1 就航航路、荷油の種類

航路はすべて中近東、荷油は全て原油である。

1.1.2 管の材質

(1) 使用状況

(i) すべてSCを使用している。	1隻
(ii) SCとSSまたはSMとを併用している。	3 "
(iii) すべてFCを使用している	2 "
(iv) FCとSMを併用している。	1 "
(v) 上記以外(SS, SM, STPまたはSGP)を使用している。	25 "

なお、特殊な材質として遠心鋳鋼を使用しているもの1隻あるが、メッキ等の特殊処理を施したものは無い。

(2) 管の材質による腐食状況の比較

管材質の如何をとわず、ほとんどの船(29隻)が2～6年目に腐食を発見し、何らかの補修を行なつている。(未発見の3隻の船齢はともに4年である。)

SC、FCについては、使用例が少ないので、確言はできないが、2、3年目に腐食が発見されている例もあり、本アンケート結果からは、他材質にくらべて顕著なる差は認められない。

SS、SM、STP、SGPはともに腐食が発見されているが各材質相互間の差はないようである。

1.1.3 管系統による比較

(1) カーゴラインとバラストラインとの比較

カーゴライン(ストリッパラインを含む)は、ほとんどの船(29隻)に腐食が発生しているが、バラストライン(クリーンバラストタンク内)には、ほとんど(20隻中 16隻)発生していない。また腐食が発生した4隻についても、4年目の定検までに、一部切替または新替した船はない。

以上により、カーゴラインの方が明らかに腐食が早い傾向にある。

※1 32隻のうち、12隻は、「特にバラストラインなし」又は「クリーンバラストタンクなし」と回答

(2) カーゴメインラインとストリッパラインとの比較

(i) 腐食発生隻数

カーゴメインラインのどこかに腐食が発生した船	25隻
ストリッパライン " " "	28 "

上記のように両者に顕著な差はないが、ともに80%前後の船が腐食を発見したことになる。

(ii) 腐食発見年

カーゴメインラインは、3～7年目で、特に4年目が多いのに対し、ストリップラインは2～6年目であり、ストリップラインの方が腐食が早い傾向となつている。

(iii) 補修方法、新替年度

いずれのラインも、腐食発見年に何らかの補修を行なつている。

カーゴメインラインの補修方法としては、肉盛、当金、時に当金が多く、一部切替、新替するにしても腐食発見年にこれらを行なつた例はない。

一方、ストリップラインは、21隻が一部切替または新替を行ない、しかも21隻中20隻が腐食発見年にこれを行なつている。

上記各ラインの差については、管厚、腐食程度、発生場所、入渠時期等の諸原因が考えられるが、本アンケート結果からは原因をつきとめられない。

1.1.4 管配置場所による比較

(1) カーゴメインライン

腐食発生隻数からみると、

(i) ボンプルーム内に発生したもの	20隻
(ii) 上甲板上	10 "
(iii) カーゴオイルタンク内に発生したもの	18 "

上記のうち、(i)、(ii)、(iii)いずれの場所にも腐食が発生した船が7隻あるが、そのうち5隻は、上甲板上は他に比べて1～3年発見がおそい。

一方(i)、(iii)ともに腐食が発生した船は、15隻あるが、発見年数、補修方法等に差はないようである。次に一部切替と新替を行なつた件数からみると、4年目の定検までにこれを行なつた船はほとんどないが、8年目の定検については、上甲板上では、1隻、その件数も1～5件なのに対し、ボンプルーム内およびカーゴオイルタンク内は、ともに10隻、その件数も6～20件と、上甲板上に比べて多いのが目立っている。

以上の結果から、ボンプルーム内およびカーゴオイルタンク内は、上甲板上より腐食が早いといえる。

(i) ボンプルーム内

管状態により、腐食発生隻数をみると、

(a) 曲管部に発生したもの	19隻
(b) 水平管部に発生したもの	15 "
(c) 垂直管部に発生したもの	12 "

発生年数は大体3～7年目であるが、4年目が多い。

腐食発生隻数において、曲管部が多い傾向にあるが、補修方法、切替または新替年数には、ほとんど差がない。

(ii) カーゴオイルタンク内

荷油のみ搭載するタンクと荷油とバラストとを交互に搭載するタンクとを比較した場合、腐食発生隻数は前者12隻、後者15隻であるが、アンケートの回答からだけでは、設問に該当するタンクの有無が不明の船もあり、一概に比較はできない。

ただ、ともに腐食を発見した船についてみれば、発生年数、補修方法、新替件数等、ほとんど差がない様である。

(2) ストリッパーライン

ストリッパーラインは、メインラインより腐食発生、一部切替、新替するものが多い傾向にあることは、1.1.3(2)で述べたが、詳細にみると

(i) ポンプルーム内

腐食が発生した船が27隻あり、内訳は、

2年目に発生	3隻
3年目 "	6 "
4年目 "	11 "
5年目	7 "

腐食未発見の船は5隻あるが、その船齢をみると、5年目に入つたばかりのものが4隻、6年目のものが1隻(80使用)である。

このことから腐食は大体3～5年目に発生しているようである。

次に補修についてはほとんどの船(27隻中、25隻)が、腐食発見年に補修を行なっている。方法は、一部切替(他との併用を含む)が16隻、新替が3隻、合計19隻が切替または新替を行なっている。また4年目の定検までに20隻が平均4～6件の一部切替または新替を行なっている。

(ii) カーゴオイルタンク内

腐食が発生した船が^{※2}28隻中17隻ある。

1年目および3年目に発生	1隻
3年目に発生	3 "
4年目に発生	8 "
5年目に発生	2 "
6年目に発生	3 " (2隻はF0使用)

腐食は大体3～6年目に発生している。

補修は、17隻中16隻が腐食発見年に行ない、12隻が一部切替(1隻は新替も併用)を行なっている。

以上により、ポンプルーム内と、カーゴオイルタンク内とを比較した場合、ポンプルーム内の方が腐食が発生しやすいようである。

※2 32隻中4隻はメインラインと共用している。

無記入の船については、タンク内ストリッパーラインの有無は不明である。

1.1.5 カーゴオイルタンク内の加熱管の影響

加熱管を使用する船が少なく(3隻)しかも使用回数も少ないため影響は不明である。

1.1.6 船の腐食対策

ほとんどの船(30隻)が、管の回転を行なっている。そして不定期回転が多い。

メインパイプの不定期回転	26隻
ストリッパーパイプの不定期回転	19隻

なお、定期回転の場合は5年が多い。

1.1.7 その他

1.1.1～1.1.6において、大体の比較結果を述べたが、詳細に分析するには、腐食程度、発見方法等も知る必要があると思われる

腐食程度は補修方法から推定はできるが、発見方法については全く不明である。

1.2 実船使用中荷油管の陸上げによる管腐食の調査研究

1.2.1 調査の目的

1.1のアンケートによる、広範囲な調査の裏付けとして4隻の船を採り上げ、修繕ドック時に、配管の一部を陸上げし詳細に腐食の内容を調査したものである。

1.2.2 調査内容

調査する項目は付表3『管の腐食状態調査票』に詳述してあるが、主として次の項目を調査した。

- イ 管の装填場所と使用期間
- ロ 管材質
- ハ タンク内防食の有無
- ニ 管の米歴
- ホ 積載油の種類 期間と管の使用状況
- ヘ タンクヒーティングの有無
- ト タンククリーニング状況
- チ 管内外面の腐食状況
- リ 寸法変化、腐食量
- ス スラッジ成分分析
- ル 錆の分析
- オ 管周囲部の腐食状況

1.2.3 調査結果

今回調査した4隻の全資料の掲載は紙数の関係から省略し、ここでは主要共通事項のみの記述と代表例の掲載にとどめた。

(1) 調査船

調査船の概要は次のとおりである。

調査船要目票

船名	D. W.	経過年月	調査タンク	管材質	管径および用途
I	73,000	4年1ヶ月	荷油専用 荷油バラスト兼用	STPY41 STPG35	300φ main line 200φ stripp line
J	71,000	7年	荷油バラスト兼用	STPY41 STP 30	400φ main line 200φ stripp line
H-3	100,000	4年	荷油専用 荷油バラスト兼用	STPY41	600φ main line
K	45,000	8年11ヶ月	荷油バラスト兼用	STPY41 STPG38	340φ main line 160φ stripp line

(2) 管の使用状況

今回調査した4隻を大別すると4年後と8年後の2つに分けられる。一般に荷油管の腐食による備曳が始まり取替えを考える時期は4年目といわれており4年目の船を調査できたことは幸いであつた。

一方、積油の種類は必ずしも同一種類のものを選んでおらず、油の種類による腐食の差を見出すことは困難であつた。

pipe の turn over の有無については、今回の4隻の pipe はすべて turn over を行なつておらず、K, Jの一部には pipe を貫通した腐食孔を手当てして使用したものがあつたが、8年間使用に耐えてきた pipe があつたことも事実である。

Kのパイプ換装記録を見ると8年経過した現在90%がパイプの取替、当て金補修、turn overを行なっており昔のままのパイプは約10%程度となつている。

(3) タンクヒーティングの有無

タンクヒーティングの有無による腐食差を見出すことはできなかつた。

(4) 管外面の腐食状況

(i) 上 面

上面は一般にバタワース洗滌水によく洗われており、スラッジの付着はなく薄茶色の錆で凹凸状を呈している。7年～8年経過したものは深さ1～3mm 大きさ30mm ϕ の孔食を点在させている。

(ii) 側 面

上面同様の薄茶色の錆が見られるが、下面に近づくにつれ黒色のスラッジが付着してくる。錆は凹凸状を呈するが、上面より深い凹凸ではない。

(iii) 下 面

1～2mmの黒色スラッジが固着しており、上面ほどの凹凸のはげしさはない。

(5) 管内面の腐食状況

(i) 上 面

全面黒色のスラッジに薄く覆われており、処々薄茶色の錆が出ている。孔食はない。またpipeによつては5mm ϕ ×5mm高さの滴状スラッジが点在している。

(ii) 側 面

上面同様うすい黒色スラッジに覆われ、残留スラッジによる凹凸が処々ある。

(iii) 下 面

1～3mm厚さの黒色スラッジが付着しているが、中央底部は、30～80mmにわたり餅状の茶色のさびが露出し、この餅底に4年経過の船で、3～5mm深さの孔食が点在し、7年経過の船で6mm以上の大きな孔食と外面まで貫通した腐食箇所がある。

一般にこの内面の下部の腐食が最もはげしく、この部分の腐食による管の取替えが最も多い。

また、Iの荷油タンク内のプラスチック管の内面腐食状態は油の原油、海水の交互浸漬の場合と異り、内面底部は餅状というよりも割に巾広い帯状部分に多数の孔食が点在している。

(6) タンク内防食の有無

今回調査の4隻からではタンク内防食の有無による腐食の差を見出すことはできなかつた。

(7) 寸法変化と腐食量

今回調査した4隻の管腐食量は次のとおりである。

船名	パイプの装備タンク	経過年月	上部平均	側部平均	下部平均
I	荷油プラスチック兼用	4年1ヶ月	-0.937 mm	-0.855 mm	-0.801 mm
	"	"	-0.469	-0.102	-0.290
	"	"	-1.471	-0.483	-2.093
	荷油タンク 荷油プラスチック兼用	"	-0.930	-0.829	-1.327
H-3	荷油タンク	4年	-0.05	-0.05	-0.05 注1
	"	"	-0.1	-0.1	-2.0
	荷油プラスチック兼用	"	-0.1	-0.1	-2.0
J	荷油タンク	7年	-0.94	-0.81	-0.89
	"	"	-1.22	-1.05	-1.46
	"	"	+0.07 注2	+0.06	-5.9
K	荷油プラスチック兼用	8年11ヶ月	±0	-0.58	-8.88
	"	"	-0.67	-0.55	-3.0
	"	"	-0.37	-0.25	-4.32

注 添1. Direct filling line (垂直管 deck直下) のもの。

添2. 200φ、JIS 称肉厚 3 mm とした場合結果的に + となつた。

この結果

- (i) 下部における腐食が著しい。
- (ii) 次に上部の腐食が大である。
- (iii) 側部は下部に較べると腐食量は極めて少ない。

ことが判るが、これは次のように考えられる。

- (i) 下部の腐食は主として残留原油と海水による溝状の腐食であり、その腐食量は他の部分よりも極めて大である。
- (ii) 上部の腐食は主としてバタウォースによる温海水 (70℃) の噴射水により表面が洗われ、錆が発生し、また次のバタウォース時に錆が落され新しい錆が発生する。これがくり返されて肉厚が減耗してゆくものと考えられる。
- (iii) 側部については、バタウォースのえいきようは少なくかつ管内についても残留原油、海水のえいきようがなく、したがって腐食は他部にくらべて少ない。

(8) スラッジ成分分析

分光分析の結果 Fe, Ca, Si, Mg, その他 (Al, Mn, Cu 微量) が検出された。

(9) 管周囲部の腐食状況

(i) ガーダ、トランスバース、ロンジ等の上面

一般に 4 年程度の船では管の上面と同様荒れてはいるが孔食は認められない。

しかし 7~8 年経過の船では上面に 50~80 mmφ 程度、深さ 5~7 mm の孔食が点在している。

(ii) 弁

材質が FC であるためか腐食は認められない。表面は割になめらかである。

(10) 調査結果の一例

調査の全部を掲載できないので一つの例として J の調査結果を付表 4 に示す。

1.3 実船使用中荷油管の腐食状況の調査

1.3.1 調査の目的

1.2 同様、5 隻の船をとり上げ修繕ドック時に荷油管の腐食状況を詳細に調査したものである。

1.3.2 調査内容

調査した項目は 1.2.2 同様であるが、管を陸上げできなかつたものについては内面の腐食状況、寸法変化、腐食量は測定していない。(調査表は 1.2 のもの参照のこと)

1.3.3 調査結果

今回調査した 5 隻の全資料の掲載は省略し、ここでは腐食状況の概略と代表例の掲載にとどめた。

(1) 調査船

調査船の概要は次のとおりである。

調査船費目表

船名	D.W.	経過年月	調査タンク	管材質	管径および用途
L	33,500	10年10ヶ月	荷油バラスト兼用	STP38	250φ main line
B-3	77,000	5年1ヶ月	荷油タンク	STPY41	500φ main line 500φ ballast main
M	48,500	7年10ヶ月	荷油バラスト兼用	STPG38	150φ stripper line
N	103,500	2年10ヶ月	荷油専用 荷油バラスト兼用	STPY41	500φ main line
H-1	66,000	3年11ヶ月	荷油バラスト兼用	STPY41	400φ, 350φ main line 250φ stripper line

(2) 管の腐食状況

1.2の調査結果において述べたことと全く同様である。

すなわち、上面はパタウオースにて洗浄されるため全般に赤い薄い腐の赤さびがついており、処々小さいもので1cm、大きいもので30cmの孔食が点在している。

側面は赤さびが主で下に近い処に黒いスラッジが付着しており孔食は見られない。

下面は黒色のスラッジが全面に付着しており、上面ほどの凹凸は見られない。

比較的新しい船では、スラッジの付着は少ないが赤さびは全面に発生している。

また、タールエポキシを塗装したパイプ(NのNo.4 Centre tankのmain pipe)は上部にはスラッジは付着してなく、処々塗装がはげて赤さびが出た処があると報告されている。

(3) タンク内の管以外の腐食状況

1.2項にて述べたことと同様であり、FCの弁はやはり腐食してなく耐食性がよいようである。

(4) 一例としてLの調査結果を付表6に示す。

1.4 換装された管の腐食状態の調査研究

本研究実施中に管取換工事を行なった修繕船4隻の10本の管について、管の装備個所、使用期間、管材質、積載油の種類、防食の有無、タンククリーニングの状況、タンクヒーティングの状況、堆積スラッジ等の腐食条件並びに管内外面の腐食状況、寸法変化等を調査した。

1.4.1 調査船の概要

調査の対象となつた船の概要は下記のとおりである。

船名	L	O	P	H-2
DWT	33,478.5	52,200	41,150	119,250
建造年月日	昭和33年11月29日	昭和34年2月4日	昭和36年12月11日	昭和40年10月6日
調査年月日	昭和44年9月8日	昭和44年9月17日	昭和44年7月5日	昭和44年7月10日
経過年月	10年10月	10年7月	7年7月	3年9月
航海数	94	69	69	34

ただし上記の内Oは荷油・磁石兼用船である。

1.4.2 調査の結果

10本の管について調査を行なった結果を付表7に、またこれを腐食量について取まとめたものを付図1および付表8に示す。

管の腐食量については装備時の実際の肉厚が不明確であるため称呼寸法に対するものを使用した。また下部内面の腐食状態の一例を付表8に写真で示す。

1.4.3 考 察

調査を行なった管の数が少ないため、管の種類、腐食環境、経年等と腐食の状態との相関関係を明確に調むことは困難であり、さらに管装備時の実際の肉厚が不明であるため腐食量も正確なものではないが、荷油専用管または荷油泵バラスト管を対象にした場合、銅管においては全般的に概々下記のことを考察される。

- (1) 腐食による減厚量は立上り管より水平管が大きく、さらに水平管においては下部が最も大きく、ついで上部、側部の順で少なくなっており、調査した4隻については例えば称呼肉厚に対し下部は年間平均0.24mm、最大0.6mm程度、上部は平均0.11mm、最大0.4mm程度の減厚量を示している。
- (2) 局所の孔食は下部内面が最も激しく、その最大の深さは調査した4隻においては称呼肉厚に対し年間平均約0.5mm、深いものは約0.9mmに及ぶものもある。しかし上部および側部にはほとんど顕著な孔食はない。
- (3) 局部腐食には単一孔食および群状腐食がみられるが、これは管内における荷油やバラスト等の残留状態と関連があるように見られる。すなわち水平管底部など一様に荷油またはバラストが残留するような場所は群状腐食または連続した孔食となり、曲り部や立上り部などにおいては単一孔食が発生すると考えられる。
- (4) 原油の積載率が高いほど、またスマトラなどの低硫黄原油に比し中近東の原油の積載率が高いほど腐食速度が大きいように見られ、必ずしもバラスト浸水期間が長いほど腐食が早いとは限らない。
- (5) 材質の差、タンククリーニングの状況、タンクヒーティングの状況、タンク内防食の有無による腐食量への影響は本調査の範囲では不明確である。
- (6) 錆の種類は内外面共大部分 Fe_3O_4 であり、 $\alpha-Fe_2O_3$ 、 $\alpha-FeOOH$ が小量みとめられる。なおMg, Ca, Al, Zn, Si, Cu, Snなどが検出されたがこれは海水またはアノードの成分の一部であると考えられる。

1.4.4 ま と め

荷油管の腐食に寄与すると考えられる条件は非常に多く、実際の腐食量を支配する要因、また局所的な腐食の機構を解明するには本調査程度のサンプル量では十分とはいえないと考えられるので今後数多い調査を加えるべきであるが、本調査によつても巨視的には前項のごとく考察することができよう。

これにより、現在使用中の銅管の寿命も一応推定することができ、また、従来から行なわれている管の反転保守は 180° 反転よりも 90° 回転の方が効果的であるなど保守に対する示唆も得られたと考えられる。

大口径荷油管の腐食調査アンケート表

記入方法

- 欄のあるものについてはその枠内にご記入下さい。
- (イ) (ロ) (ハ) . . . とあるものについては、該当するものに○をつけて下さい。
- 単位を必ずご記入下さい。
- 「その他」とあるものについては、具体的に記入して下さい。

- | | |
|--------------------|--|
| 1) 船名 | |
| 2) 船主名 | |
| 3) 建造造船所名 | |
| 4) 建造年月 | |
| 5) 船の大きさ、載荷重量 | |
| LpD×B×D×d | |
| 6) カーゴポンプの容量×台数 | |
| 7) ストリッパーポンプの容量×台数 | |
| 8) カーゴメインラインの径 | |
| タンク内 | |
| 上甲板上 | |
| 9) ストリッパーラインの径 | |
| 10) 本船の主要な就航航路は | |

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)
中 近 東	東南アジア	ソ 連	アフリカ	そ の 他

11) 本船の主たる荷油の種類

(イ)	(ロ)	(ハ)
原 油	ナ フ サ	そ の 他

12) 本船のカーゴメインラインの材質は

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)
圧延銅材 SS	圧延銅材 SM	鋳 銅 SC	鋳 鉄 FC	圧力配管用 STP	ガ ス 管 SGP	そ の 他

13) 本船のストリッパーラインの材質は

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)
SS	SM	SC	FC	STP	SGP	そ の 他

14) 本船のバラストラインの材質は

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)
SS	SM	SC	FC	STP	SGP	その他

15) 本船の荷油管に特殊な材質を一部使用してあれば

材 質	
使用箇所	

16) 本船の荷油管にメッキおよび塗装がしてあれば

メッキおよび塗装	
使用箇所	

腐食及び補修の実情調査

A) メインラインについて

a) ポンプルーム内曲管部

17) 腐食を最初に発見したのは建造後

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)	(チ)
1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目

18) その腐食箇所の補修をしたのは建造後

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)	(チ)
1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目

19) その補修方法は

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)
肉盛	当金	一部切替	新替	管の回転	その他

20) 腐食箇所を最初に一部切替あるいは新替したのは建造後

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)	(チ)
1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目

21) 建造後4年目の定検までに本船のポンプルーム内メインライン曲管部の一部切替と新替した合計件数は

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)
無	1～3件	4～6件	7～9件	10～20件	21件以上

22) 建造後8年目の定検までに本船のポンプルーム内メインライン曲管部の一部切替と新替した合計件数は

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)
無	1～5件	6～10件	11～20件	21～30件	31件以上

b) ポンプルーム内水平管部

23) 腐食を最初に発見したのは建造後

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)	(チ)
1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目

24) その腐食箇所の補修をしたのは建造後

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)	(チ)
1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目

25) その補修方法は

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)
肉盛	当金	一部切替	新替	管の回転	その他

26) 腐食箇所を最初に一部切替あるいは新替したのは建造後

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)	(チ)
1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目

27) 建造後4年目の定検までに本船のポンプルーム内メインライン水平部の一部切替と新替した合計件数は

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)
無	1~3件	4~6件	7~9件	10~20件	21件以上

28) 建造後8年目の定検までに本船のポンプルーム内メインライン水平管部の一部切替と新替した合計件数は

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)
無	1~5件	6~10件	11~20件	21~30件	31件以上

c) ポンプルーム内垂直管部

29) 腐食を最初に発見したのは建造後

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)	(チ)
1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目

30) その腐食箇所の補修をしたのは建造後

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)	(チ)
1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目

31) その補修方法は

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)
肉盛	当金	一部切替	新替	管の回転	その他

32) 腐食箇所を最初に一部切替あるいは新替したのは建造後

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)	(チ)
1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目

33) 建造後4年目の定検までに本船のポンプルーム内メインライン垂直管部の一部切替と新替した合計
件数

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)
無	1～3件	4～6件	7～9件	10～20件	21件以上

34) 建造後8年目の定検までに本船のポンプルーム内メインライン垂直管部の一部切替と新替した合計
件数

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)
無	1～5件	6～10件	11～20件	21～30件	31件以上

d) メインライン上甲板

35) 腐食を最初に発見したのは建造後

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)	(チ)
1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目

36) その腐食箇所の補修をしたのは建造後

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)	(チ)
1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目

37) その補修方法は

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)
肉盛	当金	一部切替	新替	管の回転	その他

38) 腐食箇所を最初に一部切替あるいは新替したのは建造後

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)	(チ)
1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目

39) 建造後4年目の定検までに本船の上甲板上メインラインを一部切替と新替した合計件数は

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)
無	1~3件	4~6件	7~9件	10~20件	21件以上

40) 建造後8年目の点検までに本船の上甲板上メインラインを一部切替と新替した合計件数は

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)
無	1~5件	6~10件	11~20件	21~30件	31件以上

9) 荷油のみ搭載するカーゴタンク内のメインライン

41) 腐食を最初に発見したのは建造後

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)	(チ)
1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目

42) その腐食箇所の補修をしたのは建造後

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)	(チ)
1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目

43) その補修方法は

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)
肉盛	当金	一部切替	新替	管の回転	その他

44) 腐食箇所を最初に一部切替あるいは新替したのは建造後

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)	(チ)
1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目

45) 建造後4年目の定検までに本船の荷油のみ搭載するカーゴタンク内のメインラインを一部切替と新替した合計件数は

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)
無	1～3件	4～6件	7～9件	10～20件	21件以上

46) 建造後8年目の定検までに本船の荷油のみ搭載するカーゴタンク内のメインラインを一部切替と新替した合計件数は

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)
無	1～5件	6～10件	11～20件	21～30件	31件以上

エ) 荷油とバラストとを交互に搭載するタンク内のメインライン

47) 腐食を最初に発見したのは建造後

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)	(チ)
1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目

48) その腐食箇所の補修をしたのは建造後

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)	(チ)
1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目

49) その補修方法は

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)
肉盛	当金	一部切替	新替	管の回転	その他

50) 腐食箇所を最初に一部切替したのは建造後

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)	(チ)
1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目

51) 建造後4年目の定検までに本船の荷油とバラストとを交互に搭載するタンク内のメインラインを一部切替と新替した合計件数は

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)
無	1～3件	4～6件	7～9件	10～20件	21件以上

52) 建造後8年目の定検までに本船の荷油とバラストとを交互に搭載するタンク内のメインラインを一部切替と新替した合計件数は

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)
無	1～5件	6～10件	11～20件	21～30件	31件以上

B) ストリッパーラインについて

a) ポンプルーム内ストリッパーライン

53) 腐食を最初に発見したのは建造後

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)	(チ)
1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目

54) その腐食箇所の補修をしたのは建造後

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)	(チ)
1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目

55) その補修方法は

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)
内 装	当 金	一部切替	新 替	管の回転	その他

56) 腐食箇所を最初に一部切替あるいは新替したのは建造後

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)	(チ)
1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目

57) 建造後4年目の定検までに本船のポンプルーム内ストリッパーラインを一部切替と新替した合計件数は

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)
無	1～3件	4～6件	7～9件	10～20件	21件以上

58) 建造後8年目の定検までに本船のポンプルーム内ストリッパラインを一部切替と新替した合計件数

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)
無	1～5件	6～10件	11～20件	21～30件	31件以上

b) カーゴタンク内ストリッパライン

59) 腐食を最初に発見したのは建造後

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)	(チ)
1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目

60) その腐食箇所の補修をしたのは建造後

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)	(チ)
1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目

61) その補修方法は

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)
肉盛	当金	一部切替	新替	管の回転	その他

62) 腐食箇所を最初に一部切替あるいは新替したのは建造後

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)	(チ)
1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目

63) 建造後4年目の定検までに本船のカーゴタンク内ストリッパラインを一部切替と新替した合計件数

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)
無	1～3件	4～6件	7～9件	10～20件	21件以上

64) 建造後3年目の定検までに本船のカーゴタンク内ストリッパラインを一部切替と新替した合計件数は

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)
無	1～5件	6～10件	11～20件	21～30件	31件以上

c) バラストラインについて

クリーンバラストタンク内バラストライン

65) 腐食を最初に発見したのは建造後

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)	(チ)
1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目

66) その腐食箇所の補修をしたのは建造後

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)	(チ)
1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目

67) その補修方法は

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)
肉盛	当金	一部切替	新替	管の回転	その他

68) 腐食箇所を最初に一部切替あるいは新替したのは建造後

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)	(チ)
1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目

69) 建造後4年目の定検までに本船のクリーンバラストタンク内バラストラインを一部切替と新替した合計件数は

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)
無	1~3件	4~6件	7~9件	10~20件	21件以上

70) 建造後8年目の定検までに本船のカーゴタンク内ストリッパーラインを一部切替と新替した合計件数は

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)
無	1~5件	6~10件	11~20件	21~30件	31件以上

71) 本船にはカーゴタンク内にヒーティングコイルがありますか

(イ)	(ロ)	(ハ)
無	一部有	全部有

72) ヒーティングコイルの使用回数は1年間に対して

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)
使用しない	1～2ヶ月	3～5ヶ月	6～9ヶ月	10～12ヶ月

73) 本船は腐食対策としてメインラインを定期的に戻転されますか

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)
回転しない	2年おきに回転する	3年おきに回転する	4年おきに回転する	5年おきに回転する	不定期に回転する

74) 本船は腐食対策としてストリップラインを定期的に戻転されますか

(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)
回転しない	2年おきに回転する	3年おきに回転する	4年おきに回転する	5年おきに回転する	不定期に回転する

以 上

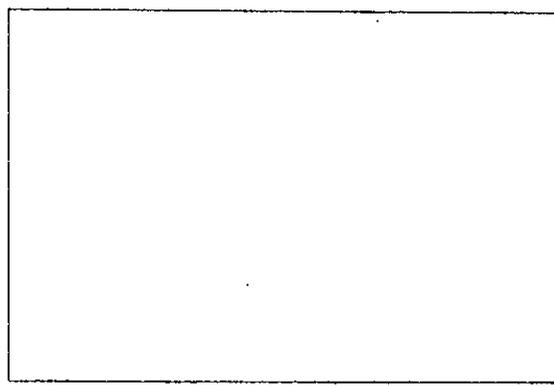
特殊な材質 の使用状況	塗装およびメンテ の施行状況	メ イ ン ラ イ ン K っ											
		ボンブルーム内曲管部					ボンブルーム内水平管部						
		腐食劣見 年 度	補 修		一 部 切 替, 新 設			腐食劣見 年 度	補 修		一 部 切 替, 新 設		
			年 度	方 法	年 度	4年定検 件 数	8年定検 件 数		年 度	年 度	方 法	年 度	4年定検 件 数
		4年目	4年目	□	5年目	なし	6~10 ^件	4年目	4年目	□	5年目	なし	6~10 ^件
		4 "	4 "	□	5 "	なし	1~5 ^件	4 "	4 "	□	5 "	なし	6~10 ^件
		4 "	4 "	□	5 "	なし	11~20 ^件	4 "	4 "	□	5 "	なし	6~10 ^件
		4 "	4 "	□	5 "	なし	11~20 ^件	4 "	4 "	□	5 "	なし	6~10 ^件
		4 "	4 "	□	5 "	なし	11~20 ^件	4 "	4 "	□	5 "	なし	6~10 ^件
なし	なし	4 "	補修不要			なし		4 "	補修不要			なし	
		4 "	4年目	□		なし						なし	
						なし						なし	
						なし						なし	
		4年目	4年目	□		なし						なし	
						なし						なし	
		3年目	3年目	□		なし						なし	
						なし						なし	
なし	なし	4年目	4年目	1.ロ.ハ	4年目	なし	1~5 ^件	4年目	4年目	1.ロ	4年目	なし	1~5 ^件
なし	なし					なし						なし	
						なし						なし	
なし	なし					なし						なし	
なし	なし					なし						なし	
なし	なし	4年目	4年目	ロ.ハ	4年目	4~6 ^件	6~10 ^件	7年目	7年目	1.ロ ハ.ニ	7年目	なし	6~10 ^件
久保田 遠心銅鋼 (タンク内K2O管管は除く)	なし	3 "	3 "	1.ロ				2 "	2 "	イ			
なし	なし	3 "	3 "	□	6年目	なし	6~10 ^件	3 "	3 "	ロ.ホ	6年目	なし	
						なし						なし	
なし	なし												
なし	なし	7年目	7年目	□		なし	なし	3年目	3年目	1.ロ ハ.ニ	3年目	7~9 ^件	11~20 ^件
なし	なし	4 "	4 "	1.ロ		なし	なし	4 "	4 "	1.ロ		なし	
		4 "	4 "	1.ロ		なし		4 "	4 "	イ			
		4 "	4 "	1.ロ				4 "	4 "	1.ロ		なし	
		5 "	5 "	□		なし							
		7 "	7 "	1.ロ	8年目	なし	1~5 ^件	8年目	8年目	1.ロ.ハ	8年目	なし	6~10 ^件
なし	なし												

い て														
ポンプルーム内垂直管部						上 甲 坂 上 荷油のみ搭載するカー								
腐食発見 年 度	補 修		一部切替, 新替			腐食発見 年 度	補 修		一部切替, 新替			腐食発見 年 度	補 修	
	年 度	方 法	年 度	4年定検 件 数	8年定検 件 数		年 度	方 法	年 度	4年定検 件 数	8年定検 件 数		年 度	方 法
4年目	4年目	□	5年目	なし	なし					なし	なし	4年目	4年目	□
4 "	4 "	□	5 "	なし	なし					なし	なし	4 "	4 "	□
4 "	4 "	□	5 "	なし	なし	7年目	7年目	ハ	7年目	なし	なし	4 "	4 "	□
4 "	4 "	□	5 "	なし	なし	7 "	7 "	ハ	7 "	なし	なし	4 "	4 "	□
4 "	4 "	□	5 "	なし	なし	7 "	7 "	ハ	7 "	なし	1~5件	4 "	4 "	□
				なし	なし					なし	なし			
				なし		3年目	3年目	□			なし			
				なし						なし				
				なし						なし		3年目	3年目	イ
5年目	5年目	□		なし		5年目	5年目	□		なし				
				なし						なし				
				なし						なし				
				なし						なし				
6年目	6年目	□		なし						なし		該当タンクなし		
				なし						なし				
				なし						なし				
				なし						なし				
				なし		5年目	5年目	□		なし				
3年目	3年目	□	4年目	4~6件	6~10件					なし		5年目	5年目	イ,ロ ハ,ニ
4 "	5 "	イ				2年目	3年目	イ				該当タンクなし		
3 "	3 "	□	6年目	なし	1~5件	4 "				なし	なし	な し		
				なし		5 "	5年目	□		なし		6年目	6年目	イ
5年目	6年目	□				4 "	4年目	□				3	4年目	ロ,ハ
3 "	3 "	イ,ロ ハ,ニ	3年目	1~3件	6~10件					なし	なし	専用ラインなし		
				なし								4年目	4年目	イ,ロ
										なし				
				なし	なし							8年目	8年目	イ
												5 "	5 "	□

									ストリップパーラインについて					
ゴタンク内			何油とバラストとを交互に搭載するタンク内						ポンプルーム内					
一部切替, 新材			腐食発見 年 度	補 修		一部切替, 新材			腐食発見 年 度	補 修		一部切替, 新材		
年 度	4年定検 件 数	8年定検 件 数		年 度	方 法	年 度	4年定検 件 数	8年定検 件 数		年 度	方 法	年 度	4年定検 件 数	8年定検 件 数
5年目	なし	6~10 ^件	4年目	4年目	ロ	5年目	なし	1~5	4年目	4年目	ハ	4年目	4~6件	6~10
5 "	なし	6~10 ^件	4 "	4 "	ロ	5 "	なし	1~5	4 "	4 "	ハ	4 "	4~6件	6~10
5 "	なし	11~20 ^件	4 "	4 "	ロ	5 "	なし	11~20	4 "	4 "	ハ	4 "	4~6件	11~20
5 "	なし	11~20 ^件	4 "	4 "	ロ	5 "	なし	11~20	4 "	4 "	ハ	4 "	4~6件	11~20
5 "	なし	11~20 ^件	4 "	4 "	ロ	5 "	なし	11~20	4 "	4 "	ハ	4 "	4~6件	11~20
	なし	なし					なし	なし	5 "	5 "	ロ		なし	なし
	なし						なし		5 "	5 "	ロ,ハ	5年目	なし	
	なし						なし		5 "	5 "	ロ,ハ	5 "	なし	
	なし						なし						なし	
			3年目	3年目	ロ,ハ,ホ	3年目	1~3件		4年目	4年目	ハ	4年目	1~3件	
			4 "	4 "	イ		なし		3 "	3 "	ハ	3 "	10~20 ^件	
	なし						なし						なし	
	なし						なし		3年目	3年目	ハ		1~3件	1~5件
			4年目	4年目	ハ,ホ	4年目	7~9件	31件以上	4 "	4 "	ハ	4年目	1~3件	6年目まで 1~5件
	なし						なし		4 "	4 "	ハ	4 "	1~3件	
	なし						なし						なし	
	なし						なし	なし					なし	
なし		なし	なし	なし	なし	なし			5年目	5年目	イ,ロ		なし	
	なし						なし		4 "	4 "	イ		なし	
5年目	なし	1~5件	5年目	5年目	イ,ロ,ハ	5年目	なし	1~5件	5 "	5 "	=	4年目	1~3件	
			2 "	3 "	イ,ロ				2 "	2 "	ロ	4 "	1~3件	
			3 "	3 "	イ,ロ,ホ	6年目	なし	1~5件	2 "	3 "	ロ	3 "	1~3件	
	なし		6 "	6 "	イ		なし		5 "	5 "	=	5 "	1~3件	
6年目		1~5件							5 "	4 "	ロ,ハ	4 "	7~9件	11~20件
			3年目	3年目	イ,ロ,ハ,ホ	3年目	21件以上	31件以上	2 "	2 "	=	2 "	4~6件	11~20件
	なし								3 "	3 "	イ,ロ,ハ	4 "	1~3件	
									3 "	3 "	イ,ロ,ハ	5 "	1~3件	
	なし								4 "	4 "	イ,ロ		なし	
									5 "	5 "	ロ,ハ	5年目	10~20件	
			8年目	8年目	イ				4 "	4 "	イ,ロ	3 "	なし	11~20件
			5 "	5 "	ロ				3 "	3 "	ロ	4 "	4~6件	11~20件

カーゴタンク内						バラストラインについて						取替管		管の回転	
腐食発見 年 度	補 修		一部切替, 新替			腐食発見 年 度	補 修		一部切替, 新替			有 無	1年間の 使用回数	メイン ライン	ストリンパー ライン
	年 産	方 法	年 産	4年定検 件 数	8年定検 件 数		年 産	年 産	方 法	年 産	4年定検 件 数				
												全部有	使用しない	不定期	不定期
4年目	4年目	ハ	4年目	なし	1~5件					なし	なし	"	"	"	"
4"	4"	ハ	4"	なし	6~10"					なし	なし	"	"	"	"
4"	4"	ハ	4"	4~6件	11~20"					なし	11~20"	"	"	"	"
4"	4"	ハ	4"	4~6"	11~20"					なし	6~10"	"	"	"	"
4"	4"	ハ	4"	4~6"	11~20"					なし	11~20"	"	"	"	"
5"				なし						なし	なし	なし		未実施	未実施
				なし						なし		全部有	使用しない	不定期	不定期
				なし						なし		"	"	"	"
3年目	3年目	イ		なし						なし		"	"	"	"
3"	3"	ロ、ハ、ホ	3年目	4~6件								"	"	"	"
4"	4"	ハ	4"	7~9"								"	"	"	"
				なし						なし		"	"	"	"
4年目	4年目	ロ		1~3件								"		不定期	不定期
4"	4"	ハ	4年目	4~6件	6年目まで 21~30件							全部有	使用しない	"	"
		ストリップ	ライン	なし								"	"	5年おき	(ポンプ室のみ)しない
				なし						なし		"	3~5ヶ月	不定期	不定期
				なし								なし		5年おき	4年おき
				なし									使用しない	(ポンプ室のみ)不定期	4"
4年目	4年目	ホ		なし								なし		5年おき	4"
6年目	7年目	イ、ロ、ハ	7年目	なし	6~10件							全部有	使用しない	不定期	不定期
		ストリップ	ライン	なし								なし		3~8年	(ポンプ室のみ)しない
1年目	1年目	ハ		1~3件								"		不定期	不定期
5年目	5年目	イ、ホ	6年目	6~10件								"		不定期	不定期
				なし								全部有	使用しない	しない	しない
												"	"	不定期	"
3年目	3年目	イ、ロ、ハ、ニ、ホ	3年目	21件以上	31件以上							一部有	1~2ヶ月	"	不定期
				なし								なし		"	5年おき
												"	"	"	5"
												"	"	"	5"
5年目	5年目	ロ、ハ	5年目	なし	6~10件							"	"	"	5"
6"		イ		なし	なし							全部有	1~2ヶ月	"	不定期
6"	6年目	ロ、ハ	6年目	なし	1~5件							"	使用しない	"	"

管の腐食状態調査表

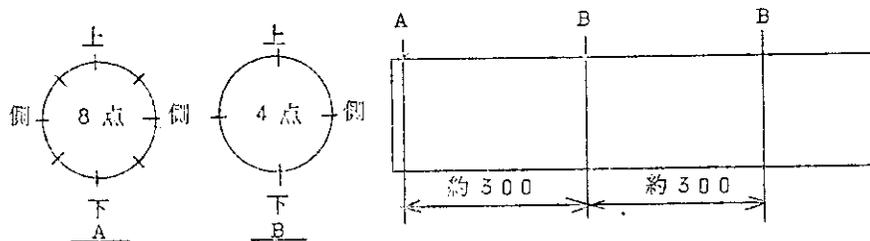
船名	DW	建造年月日	調査年月日	航海数	調査場所
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">管の装備位置</div> <div style="flex-grow: 1;"> <p>〔タンクの位置〕</p>  <p style="text-align: center;">タンク名称</p> <p>荷油専用タンク, 荷油バラスト兼用タンク, バラストタンク, スロツブタンクとして使用</p> <p>〔管の位置〕</p> <p style="text-align: center;">略 図</p>  </div> </div>					
荷油管, バラスト管		主管, 支管		水平管, 垂直管	
<p>パタワース洗滌水がよくあたる。パタワース洗滌水が少しあたる。パタワース洗滌水を直接受けない。</p>					
管の防食	材 質	外 径	肉 厚	溶接の方向	コーティング等
	防食材料	メーカー名	型番	平均電流密度	バラスト率
管の来歴	管の反転, 修理, 新替				
	建造時よりの経過年月				

管の使用状況	建造時より換装までの使用状況			換装時期より調査時までの使用状況		
	積荷の種類	航海数	没漬期間	積荷の種類	航海数	没漬期間
	クリーンバラスト, ダーティバラスト			クリーンバラスト, ダーティバラスト		
	空槽			空槽		
調査直前に積んだ油の種類						
ヒータインク	油の種類	加熱温度	航海数	全使用時間	管の材質	
リニク	洗滌水温度	洗滌圧力	1回の洗滌時間	使用洗剤	回数	
管内外面の腐食状況	スラジ、錆およびコーティング等の付着状況(酸洗い前)					
	〔スラジの種類、厚さ、付着状況および錆の色、分布等の全般的観察〕					
	(1) 外面上部					
	(2) 外面側部					
	(3) 外面下部					
	(4) 内面上部					
(5) 内面側部						
(6) 内面下部						
〔写真撮影〕						
全体写真, 外面(上部 下部), 内面(上部 下部) 計5枚						
ただし内外面は約300×300の大きさを撮影する。側部も刊るように撮影する。						

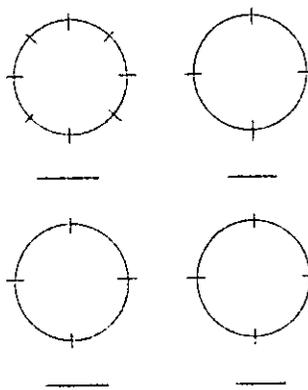
腐食の状況 (酸洗後)

〔全面腐食〕

任意の断面において周囲8点を1個所以上、約300mm毎に周囲4点を2個所以上計測



略図

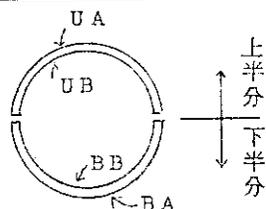


(続)
管内外面の腐食状況

位置	上部平均	側部平均	下部平均	全面平均
称呼肉厚よりの腐食位				

〔局部腐食〕

管を水平に半割りとし内外面上下部の腐食の形状と分布図を作成する。
腐食のはげしい部分の断面図を作成する。



- U A
- U B
- B A
- B B

<p>(続)</p> <p>管内外面の腐食状況</p>	<p>〔写真撮影〕</p> <p>全体写真、内面および外面の腐食の最もはげしい部分(約300×300大)</p> <p>計 3枚</p> <hr/> <p>〔錆の種類〕</p> <p>錆の元素および分子構造等の分析結果を記入</p> <p>(1) 分析の方法</p> <p>(2) 分析結果</p>
<p>堆積スラッジの分析</p>	<p>スラッジ中に混入した腐食生成物、原油中の無機物の存在を分析する。</p> <p>(1) 分析の方法</p> <p>(2) 分析結果</p> <p>外面付着物</p> <p>内面付着物</p>
<p>管周囲部の腐食状況</p>	<p>〔管の近くの構造物、付着物につき管と比較しての腐食の状況〕</p> <p>(1) ガード、トランスバース、ロンジ等の上面</p> <p>(2) 弁</p> <p>(3) 管バンド、フランジ等</p> <p>〔写真撮影〕</p> <p>任意</p>
<p>その他</p>	<p>以上に記述できない腐食の特徴</p>

J 船の管の腐食状態調査表

船名	DW	建造年月日	調査年月日	航海数	調査場所
J	71,061	昭和37年11月	昭和44年11月	61	
管の装備位置	〔タンクの位置〕				
	タンク名称				
	荷油専用タンク, 荷油バラスト兼用タンク, バラストタンク, スロップタンクとして使用				
管の位置	〔管の位置〕				
	試験ピース COP-2 No.2 CENTERT _K (AFT) COP-4 No.4 CENTERT _K (FORE) STR-2 No.2 CENTERT _K (AFT)				
	略図				
荷油管, バラスト管		主 管 , 支 管		水 平 管 , 垂 直 管	
バタワース洗滌水がよくあたる。 ①③ バタワース洗滌水が少しあたる。 ② バタワース洗滌水を直接受けない。					
管材	材 質	呼 径	肉 厚	熔接の方向	コーティング等
	SS41 STP30	COP2.4..400φ STR2..200φ	11.0 $\frac{mm}{mm}$ 8.0 $\frac{mm}{mm}$		
のタンク内防食	防食材料	メーカー名	型 番	平均電流密度	バラスト率
	Zn, Al	NO.2.4CENTSR	T _K なし	$\frac{mA}{m^2}$	
管の米歴	管の反転, 修理, 新替	な し			
	建造時よりの経過年月	7 年			

COP-2	建造時より調査時までの使用状況			換装時期より調査時までの使用状況		
	積荷の種類	航海数	浸漬期間	積荷の種類	航海数	浸漬期間
管の使用状況	EG (RASTANURA KHAFJI AMAYA KHARG)	61	day 1185			
	クリーンパラスト, ダーティパラスト		day 365	クリーンパラスト, ダーティパラスト		
	空 槽			空 槽		
調査直前に積んだ油の種類						
ヒタン本船なし	油の種類	加熱温度	航海数	全使用時間	管の材質	
クレーニング	洗滌水温度	洗滌圧力	1回の洗滌時間	使用洗剤	回数	
	80℃	8 kg/cm ²	3 H	使用せず	61	
管内外面の腐食状況	スラジ, 錆およびコーティング等の付着状況(酸洗い前)					
	<p>(スラジの種類, 厚さ, 付着状況および錆の色, 分布等の全般的観察)</p> <p>(1) 外面上部 全体に赤茶色の錆(厚さ2~3 mm)が固着しており, 表面に凹凸が見られる。</p> <p>(2) 外面側部 上部と同様の錆が見られ, また同じような凹凸が見られる。また衝撃等により容易にはがれる。</p> <p>(3) 外面下部 全体黒褐色の錆(厚さ1 mm程度)固着, 小さな凹凸が見られるが上部ほどはげしくない。</p> <p>(4) 内面上部 うす茶色の錆の中に斑点状に黒いスラジが見られた。</p> <p>(5) 内面側部 } 黒色のスラジ(厚さ2~3 mm)が固着しており, 側面には部分的に線状の孔食が見られ, また, 大きな錆こぶ(径20 mm程度)も存在していた。</p> <p>(6) 内面下部 }</p>					
COP-2	<p>(写真撮影)</p> <p>全体写真, 外面(上部 下部), 内面(上部 下部) 計5枚</p> <p>ただし内外面は約300×300の大きさを撮影する。側面も判るよう撮影する。</p>					

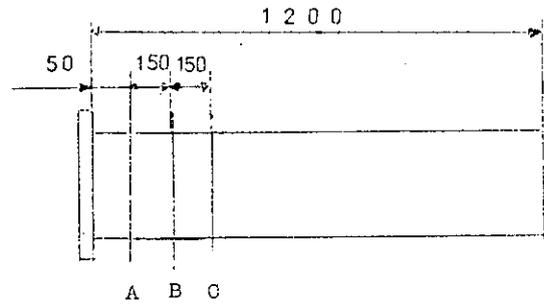
建造時より換装までの使用状況			換装時期より調査時までの使用状況			
STR-2 管の使用状況	積荷の種類	航海数	没積期間	積荷の種類	航海数	没積期間
	P.G	61	day 1185			
	クリーンバラスト、ダーテイバラスト		day 365	クリーンバラスト、ダーテイバラスト		
	空槽			空槽		
	調査直前に積んだ油の種類					
ヒータンク	油の種類	加熱温度	航海数	全使用時間	管の材質	
クリーニング	洗滌水温度	洗滌圧力	1回の洗滌時間	使用洗剤	回数	
	80℃	8 kg/cm ²	3 H	使用せず	61	
STR-2 管内外面の腐食状況	スラッジ、錆およびコーティング等の付着状況（酸洗い前）					
	〔スラッジの種類、厚さ、付着状況および錆の色、分布等の全般的観察〕					
	(1) 外面上部	全体に赤茶色の錆（厚さ2～3mm）が固着しており、所々はげている。また黒色のスラッジも認められる。				
	(2) 外面側部	上部と同じであるが、黒色のスラッジが多く認められる。				
	(3) 外面下部	大きな孔食（長さ100mm程度）で穴があいており、その周囲は黒色のスラッジが固着している。ほかの部分全体赤褐色の錆（1～2mm）。				
	(4) 内面上部	全体に黒褐色のスラッジ（厚さ2～3mm）が固着しており、そのスラッジのはげた部分に茶色の錆が見える。				
	(5) 内面側部	上部と同じくスラッジが固着しているが、多くの凹凸が見られ大きなコブ状のかたまり（径10mm程度）が認められる。				
(6) 内面下部	最下部に帯状の大きな孔食があり長さ100mm程度で外面にまで穴をあけている。また、かなり厚い（2～3mm）黒色のスラッジが全体に固着している。					
〔写真撮影〕						
全体写真、外面（上部、下部）、内面（上部、下部） 計 5枚						
ただし内外面は約300×300の大きさを撮影する。側部も判るように撮影する。						

COP-4	建造時より換装までの使用状況			換装時期より調査時までの使用状況		
	積荷の種類	航海数	浸漬期間 day	積荷の種類	航海数	浸漬期間 day
管の使用状況	P.G	61	1153			
	クリーンバラスト, ダーティバラスト		71	クリーンバラスト, ダーティバラスト		
	空槽			空槽		
	調査直前に積んだ油の種類					
ヒータンク	油の種類	加熱温度	航海数	全使用時間	管の材質	
クリータンク	洗滌水温度	洗滌圧力	1回の洗滌時間	使用洗剤	回数	
	81℃	8 kg/cm ²	3 H	使用せず	61回	
管内外面の腐食状況	スラジ, 錆およびコーティング等の付着状況 (酸洗前)					
	〔スラジの種類, 厚さ, 付着状況および錆の色, 分布等の全般的観察〕					
	(1) 外面上部	全体に茶色の錆が見られ凹凸もかなりはげしい。またこの錆は容易にはげる。				
	(2) 外面側部	上部と同じく全体茶色であるが, 上部より錆はうすい, また小さな凹凸が見られる。				
	(3) 外面下部	全体黒褐色のスラジ状のものが固着しているが大体なめらかである。				
	(4) 内面上部	全面黒色のスラジに薄く覆われており, 多数の小さな錆こぶ (径3~8mm) が散在している。				
	(5) 内面側部	かなり厚い黒色のスラジ (厚さ2~3mm) が固着しており, 所々にスラジのハゲた所に茶色の錆が見られる。				
(6) 内面下部	最下部に大きな帯状の孔食が見られる。スラジは側面ほど多くない。					
COP-4	〔写真撮影〕					
	全体写真, 外面 (上部, 下部), 内面 (上部, 下部) 計 5枚					
	ただし, 内外面は約300×300の大きさを撮影する。側部も刊るよう撮影する。					

腐食の状況 (酸洗後)

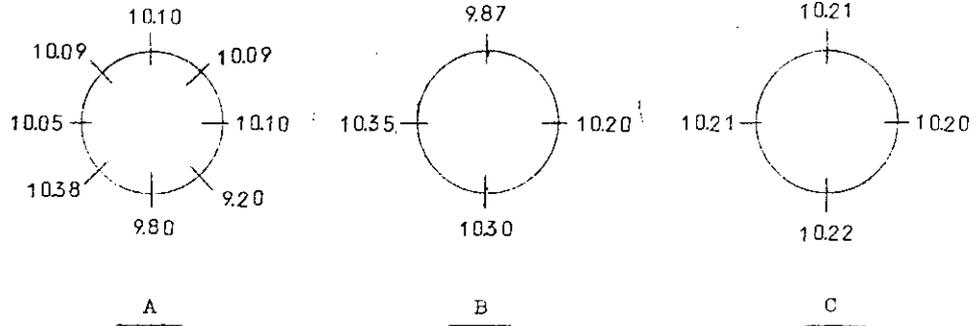
〔全面腐食量〕

称呼肉厚 = 1.0 mm



COP-2

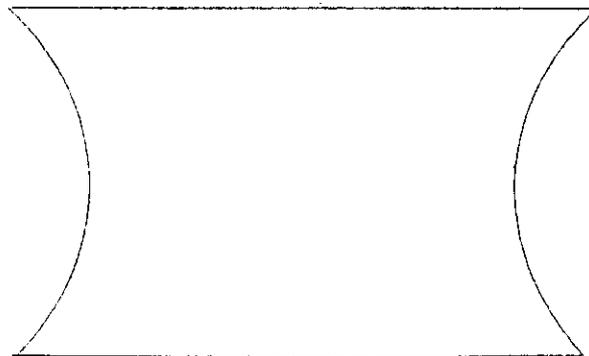
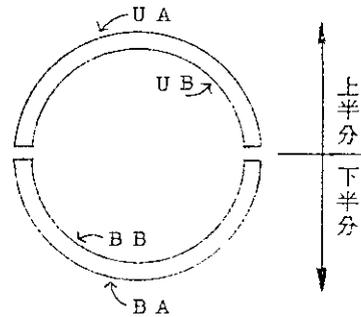
管内外面の腐食状況



位置	上部平均	側部平均	下部平均	全面平均
称呼肉厚よりの腐食量	-0.94 (10.06)	-0.81 (10.19)	-0.89 (10.11)	-0.88 (10.12)

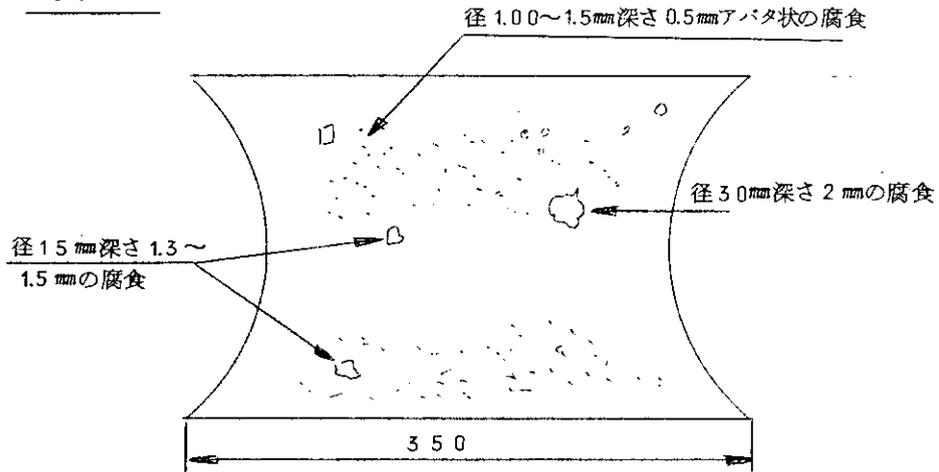
〔局部腐食〕

U A

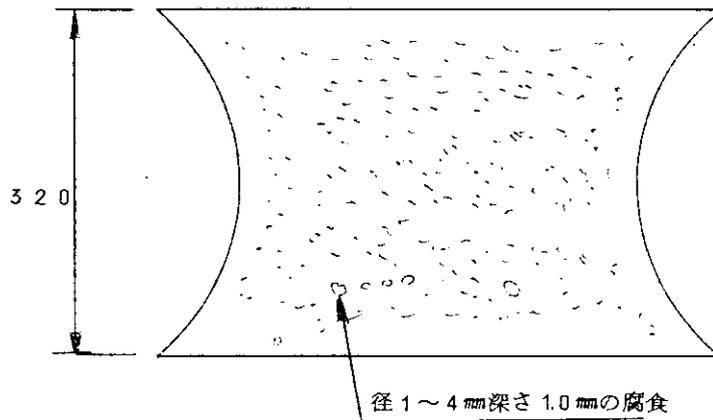


(続)
COP-2
管内外面の腐食状況

UB

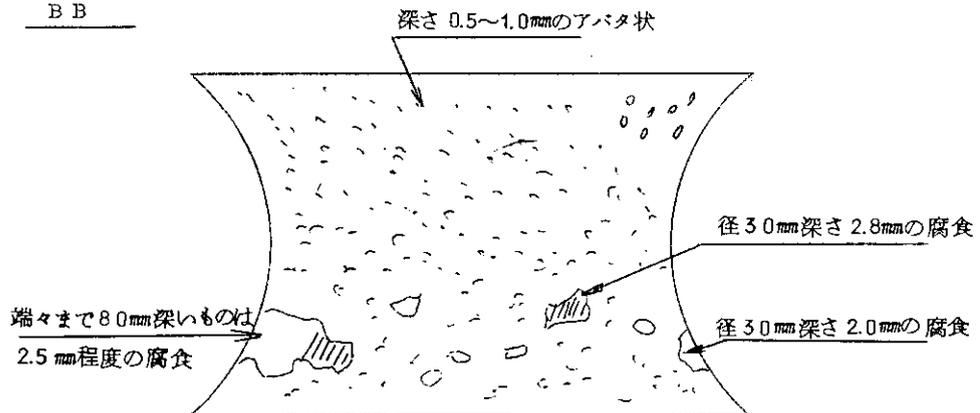


BA



全体なめらかである。

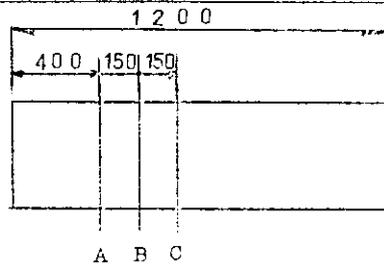
BB



腐食の状況(酸洗後)

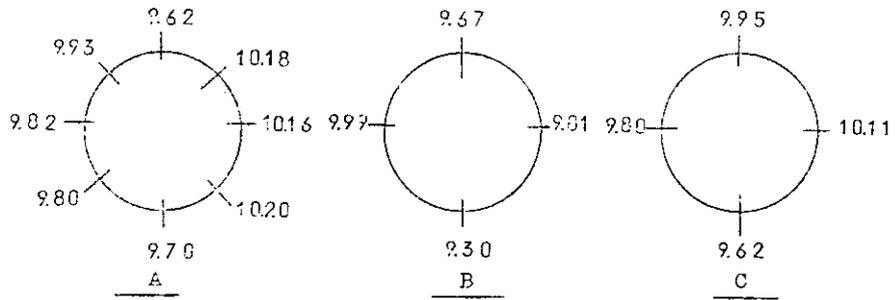
(全面腐食量)

称呼肉厚 = 1.1.0 mm



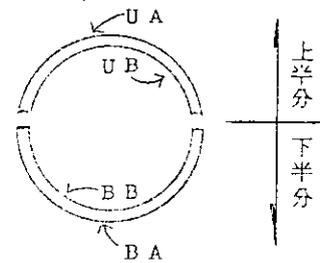
COP-4

管内外面の腐食状況

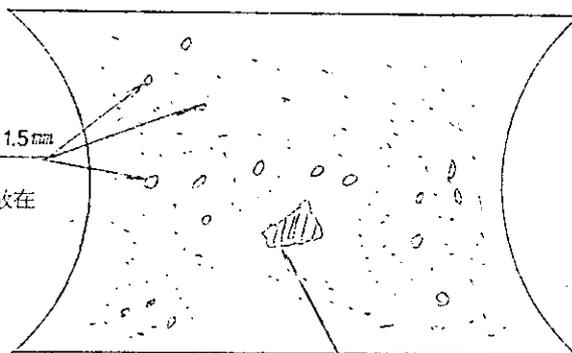


位置	上部平均	側部平均	下部平均	全面平均
称呼肉厚よりの腐食量	-1.22 (9.78)	-1.05 (9.95)	-1.46 (9.54)	-1.24 (9.76)

(局部腐食)



径2mm深さ1~1.5mm
の腐食
頂上に沿って散在



径2.5mm深さ1.9mmの腐食

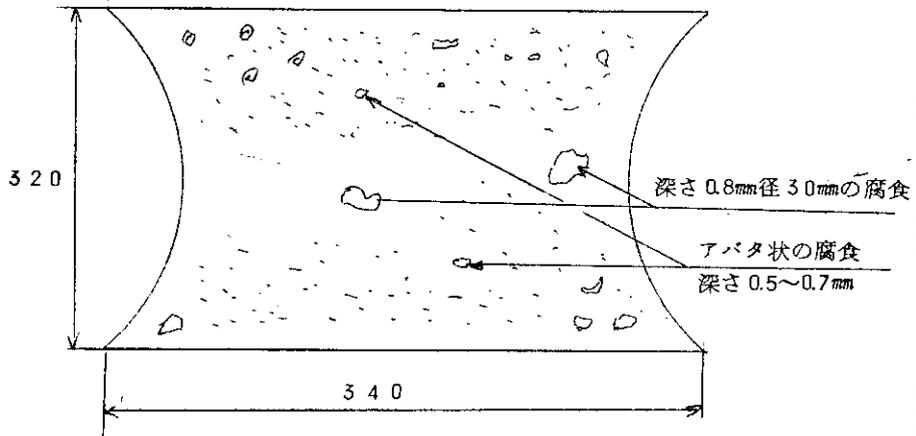
(続)

COP-4

管内外面の腐食状況

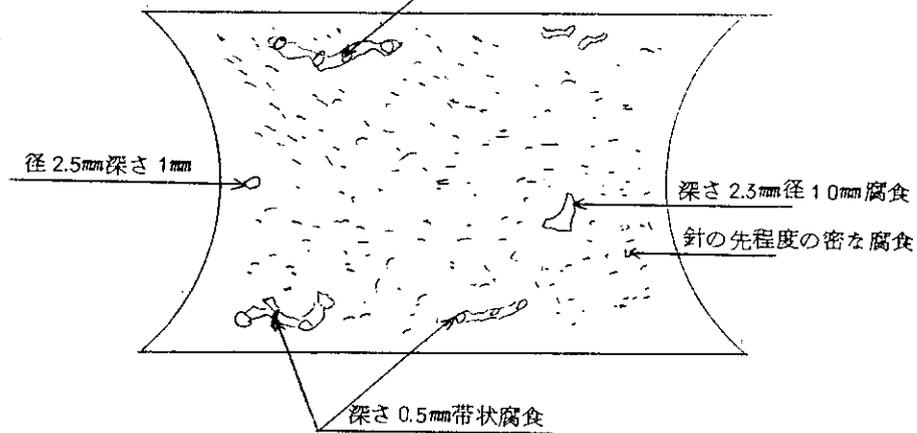
U B

深さ 0.8~1.0mm 点状腐食



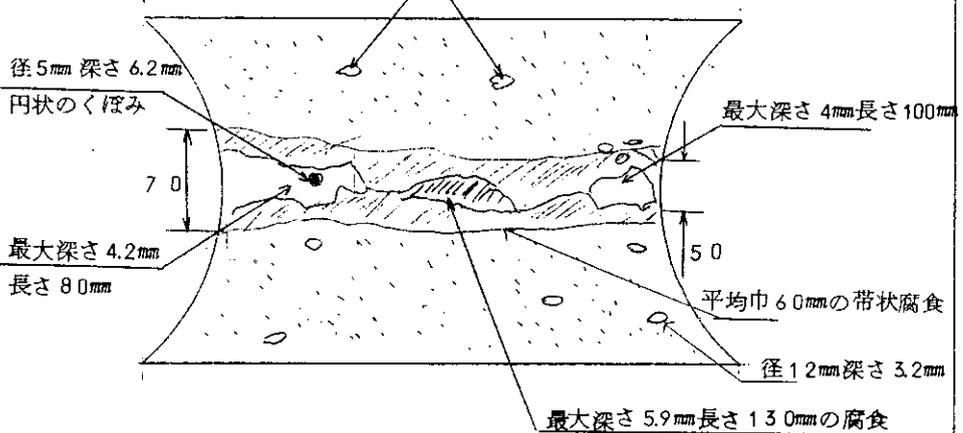
B A

深さ 0.5mm 带状腐食



B B

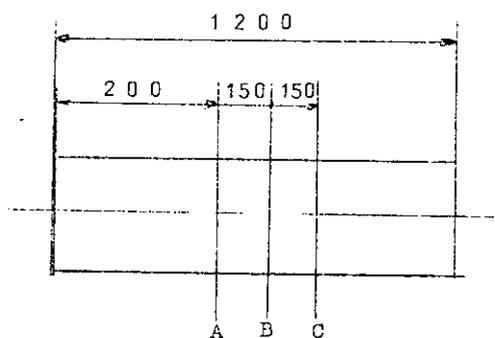
径 8~10mm 深さ 2.0~2.9mm



腐食の状況 (酸洗い後)

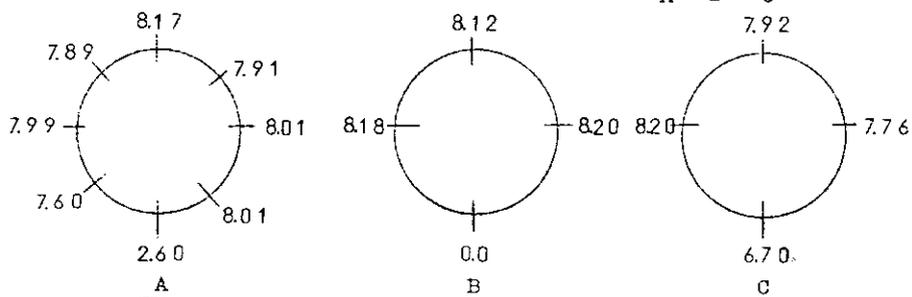
(全面腐食量)

称呼肉厚 = 8.0 mm



SIR-2

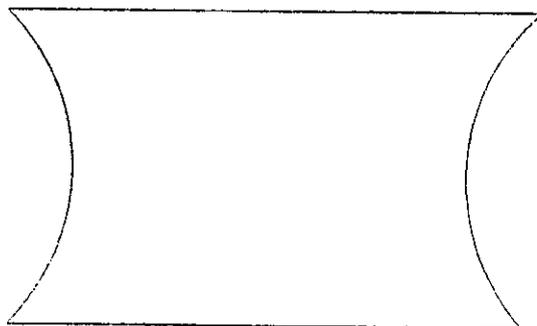
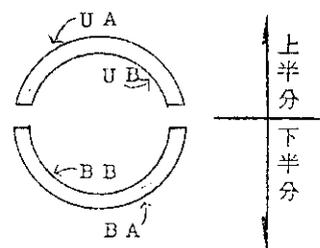
管内外面の腐食状況



位置	上部平均	側部平均	下部平均	全面平均
称呼肉厚よりの腐食量	+3.07 (8.07)	+0.06 (8.06)	-5.90 (3.10)	-1.59 (6.41)

(局部腐食量)

U A

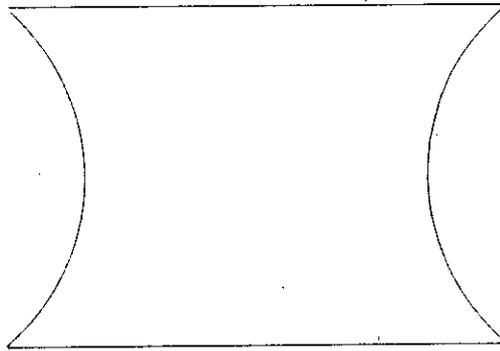


(続)

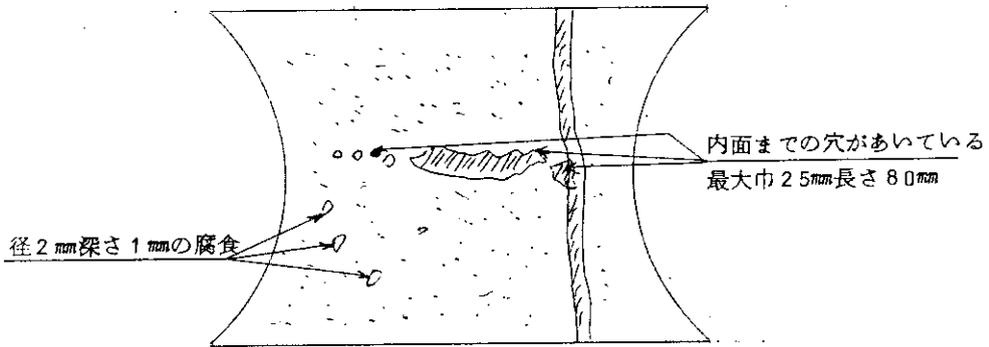
STR-2

管内外面の腐食状況

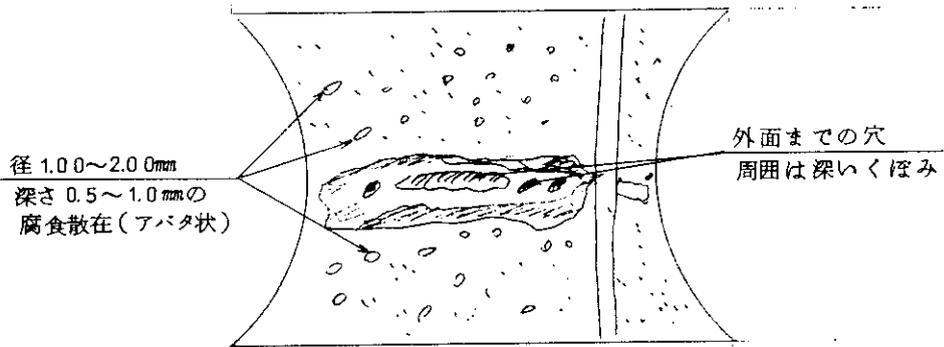
U B



B A



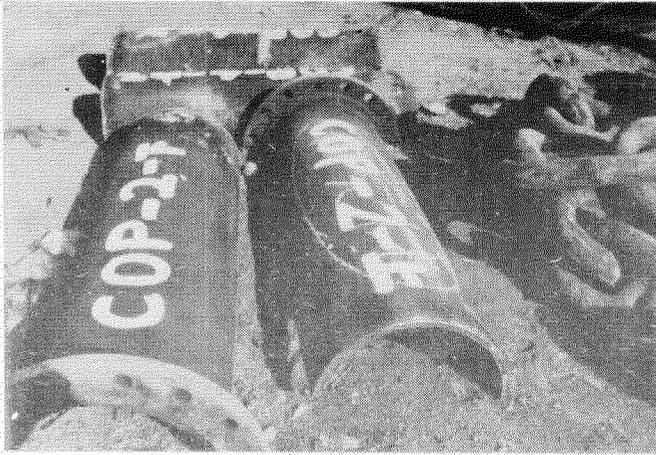
B B



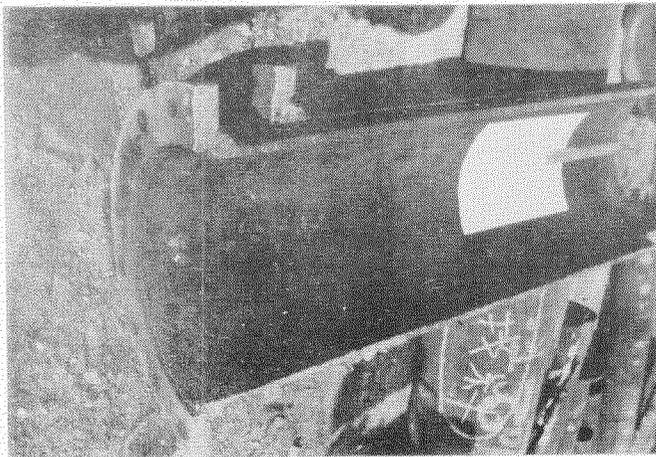
<p>(続) COR-4 管内外面の腐食状況</p>	<p>(写真撮影) 全体写真、内面および外面の腐食の最もはげしい部分(約300×300大) 計 3枚</p> <hr/> <p>(錆の種類) 錆の元素および分子構造等の分析結果を記入</p> <table border="1" data-bbox="310 546 1146 709"> <tr> <td data-bbox="310 546 746 621">(1) 分析の方法 X線回折</td> <td data-bbox="746 546 1146 621">分光分析</td> </tr> <tr> <td data-bbox="310 621 746 709">(2) 分析結果 内面 Fe₂O₄ Fe₂O₃·H₂O</td> <td data-bbox="746 621 1146 709">内面 Fe Mg Ca Al Si</td> </tr> </table>	(1) 分析の方法 X線回折	分光分析	(2) 分析結果 内面 Fe ₂ O ₄ Fe ₂ O ₃ ·H ₂ O	内面 Fe Mg Ca Al Si
(1) 分析の方法 X線回折	分光分析				
(2) 分析結果 内面 Fe ₂ O ₄ Fe ₂ O ₃ ·H ₂ O	内面 Fe Mg Ca Al Si				
<p>堆積スラッジの分析</p>	<p>スラッジ中に混入した腐食生成物、原油中の無機物の存在を分析する。</p> <p>(1) 分析の方法</p> <p>(2) 分析結果 外面付着物 内面付着物</p>				
<p>管周囲部の腐食状況</p>	<p>(管の近くの構造物、付着物につき管と比較しての腐食の状況)</p> <p>(1) ガーダ、トランスバース、ロンジ等の上面 うす茶の錆が見られる所もあるが、ほとんどなめらかである。</p> <p>(2) 弁 うすい茶色の錆が付着している。</p> <p>(3) 管バンド、フランジ等 腐食は見られない。</p> <p>(写真撮影) 任意</p>				
<p>その他</p>	<p>以上に記述できない腐食の特徴</p>				

付表5 J船の荷油管腐食写真集

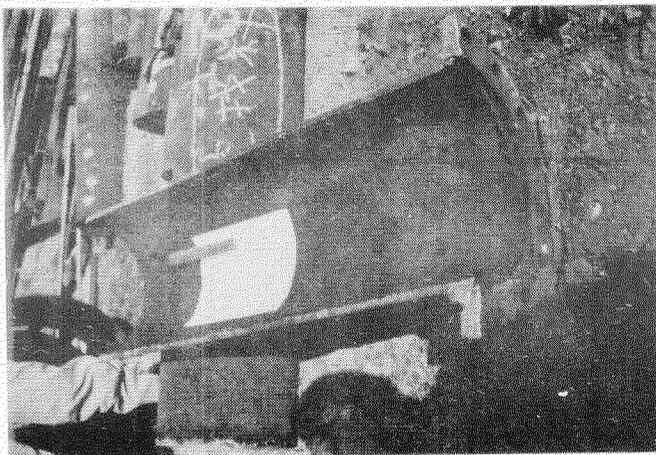
1. 酸洗い前



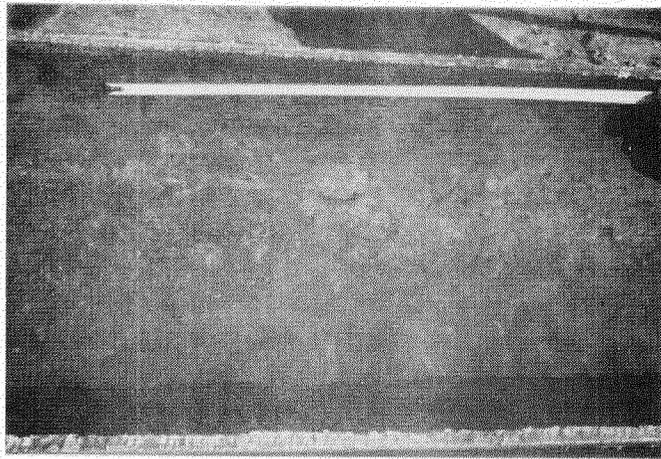
COP-2 上下外面



COP-2 内上面



COP-2 下内面



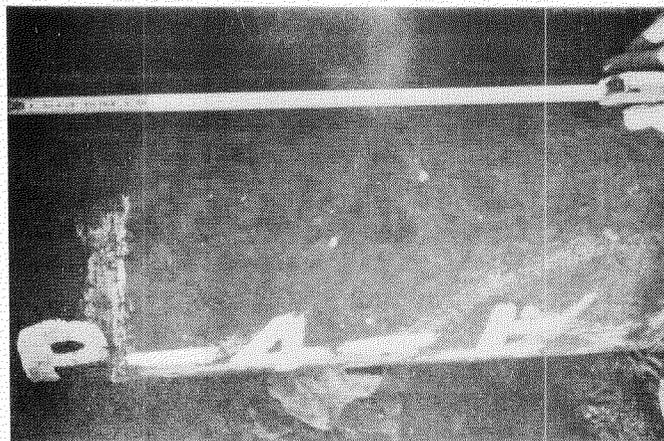
COP-2 下内面



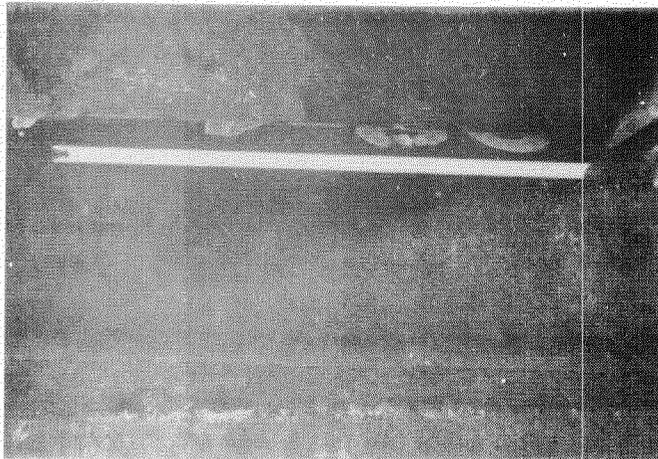
COP-4 下外面

COP-4 上外面

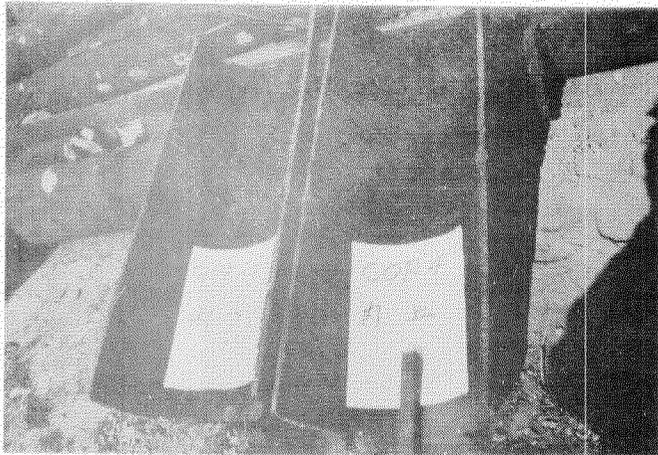
注：手前の穴は腐食による
ものではありません。



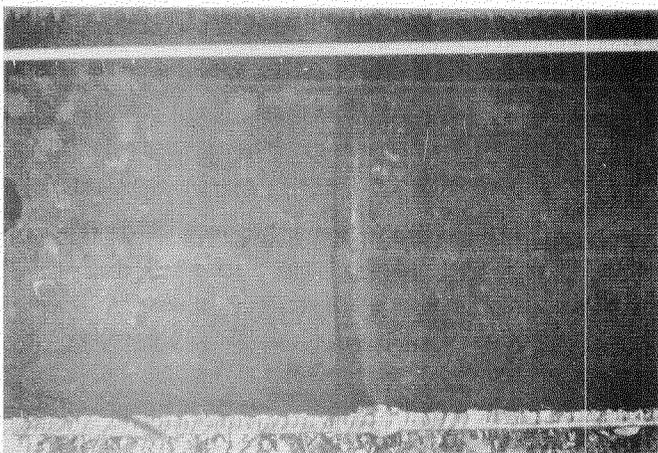
COP-4 上外面



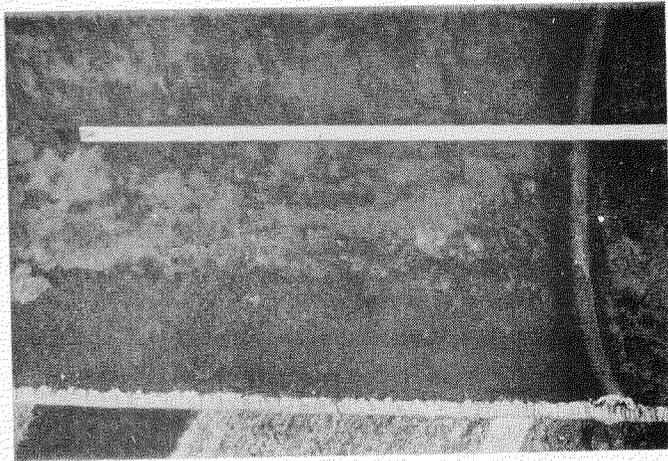
00P-4 下内面



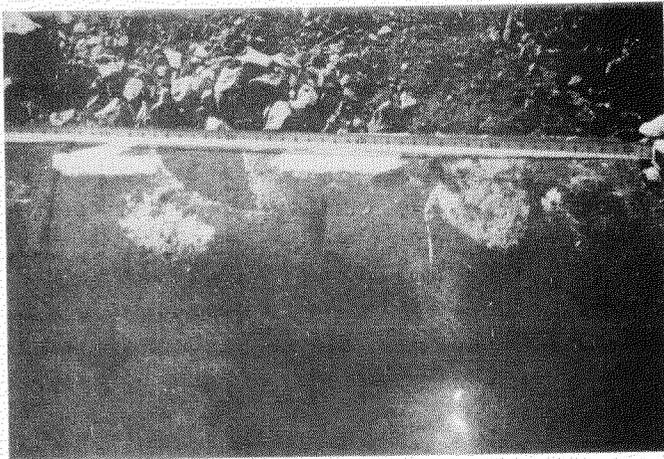
00P-4 上下内面



00P-4 上内面



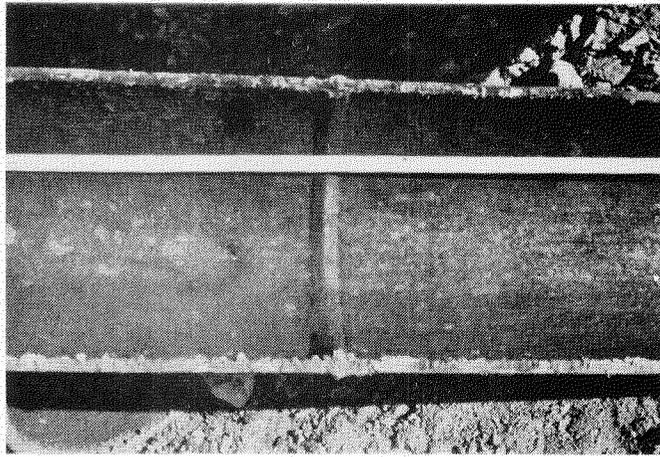
00P-4 下内面



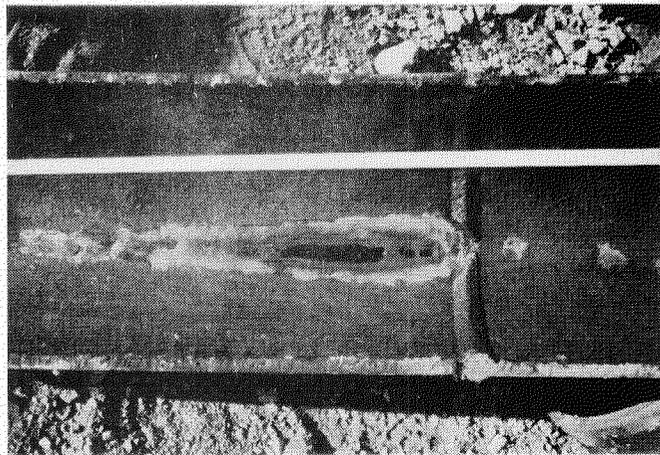
STR-2 上外面



STR-2 下外面

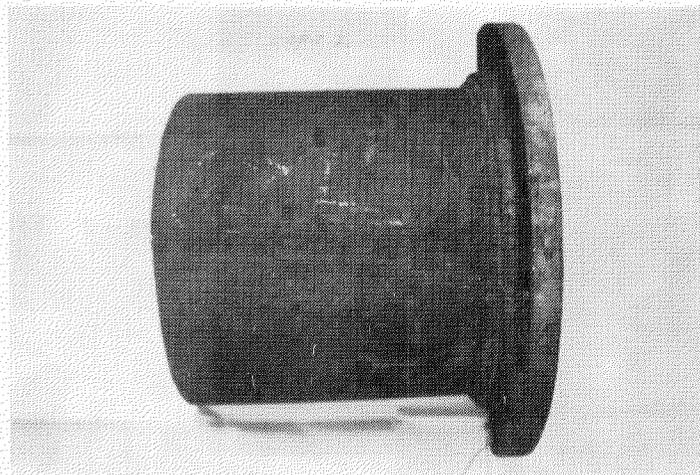


STR-2 上内面

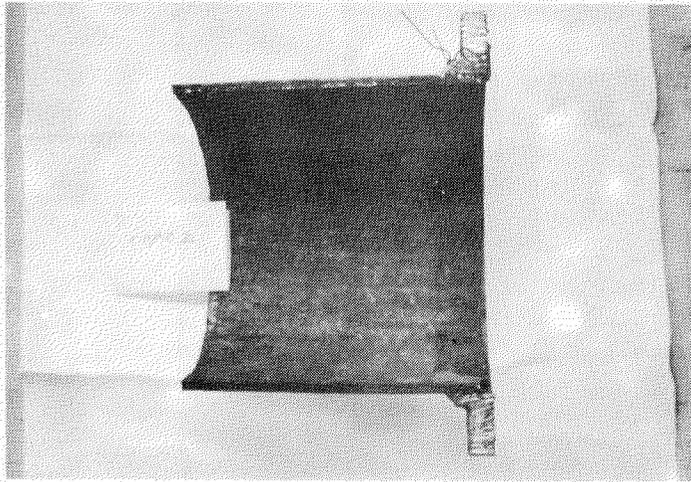


STR-2 下内面

2. 酸洗い後



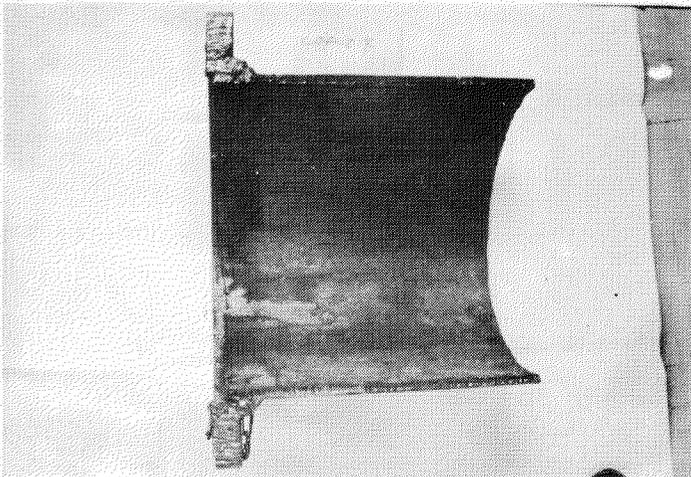
COP-2 上外面



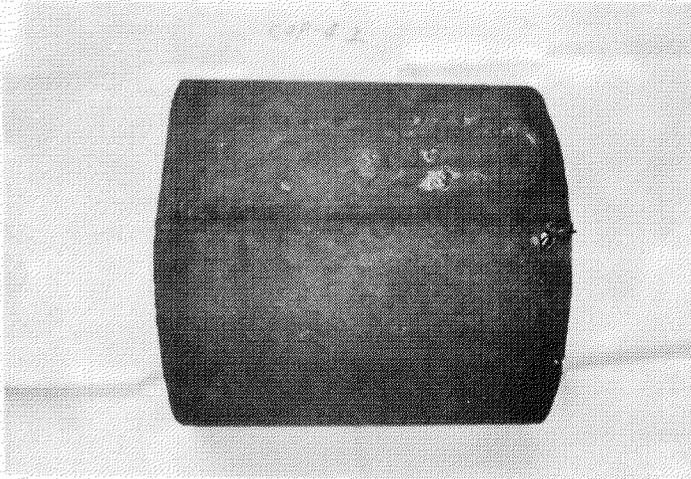
COP-2 上内面



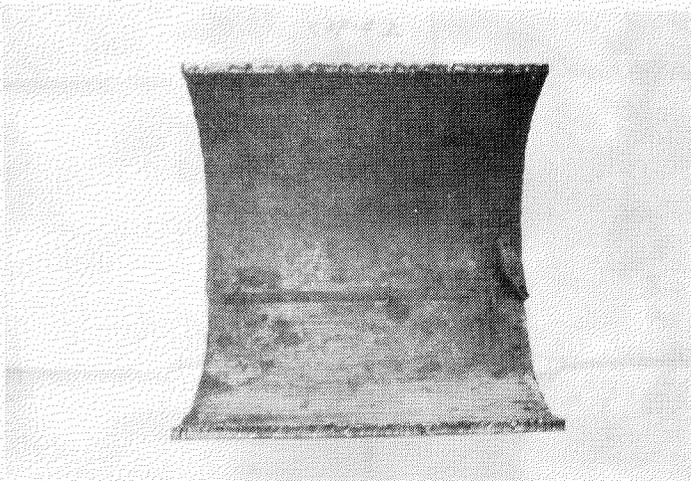
COP-2 下外面



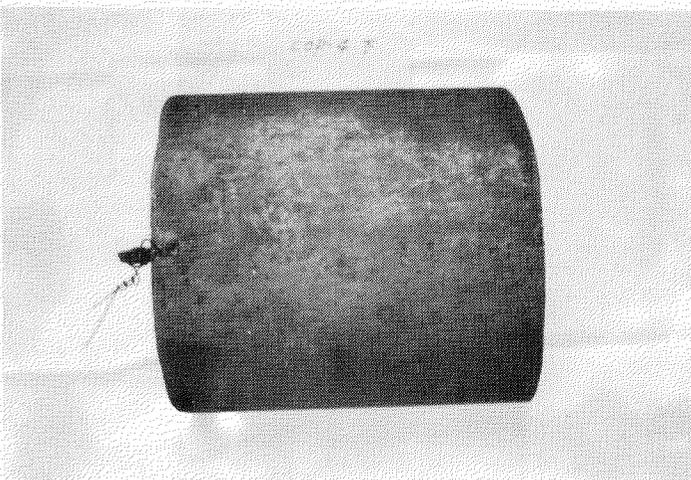
COP-2 下内面



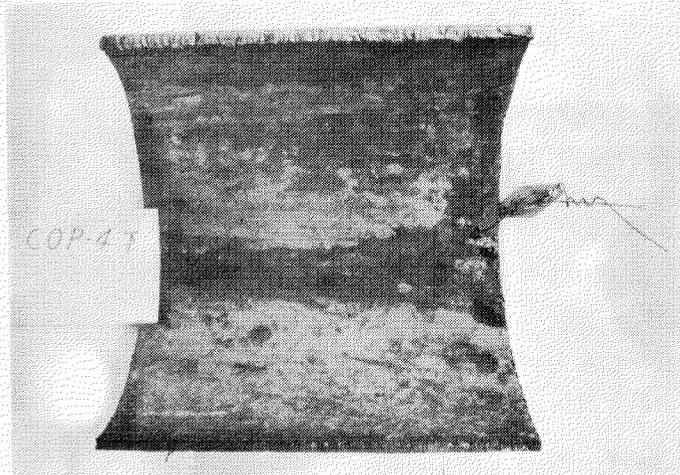
COP-4 上外面



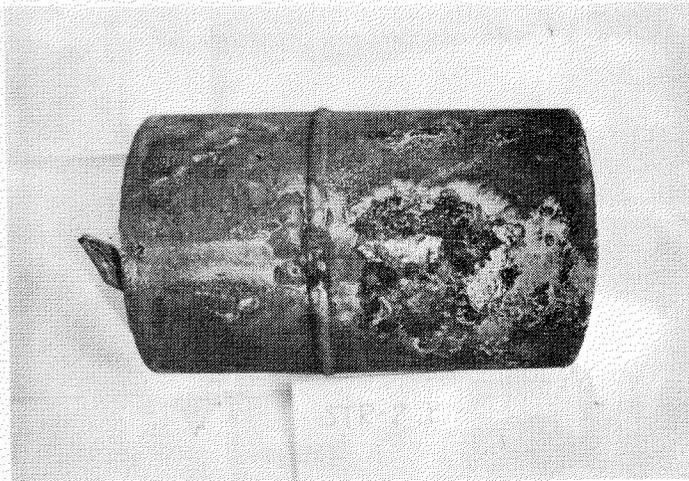
COP-4 上内面



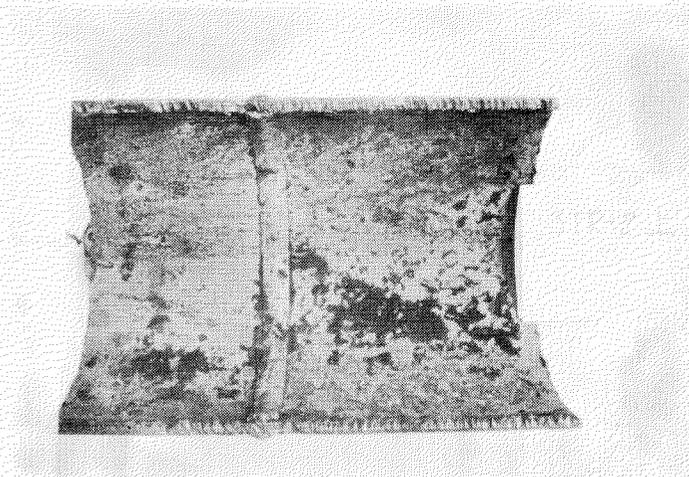
COP-4 下外面



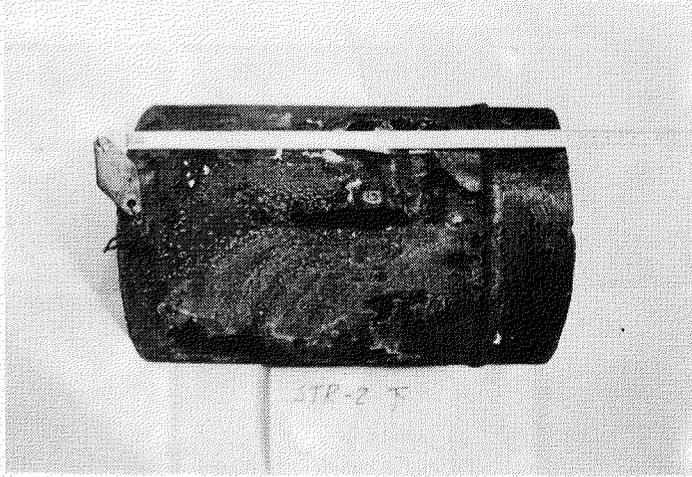
COP-4 下内面



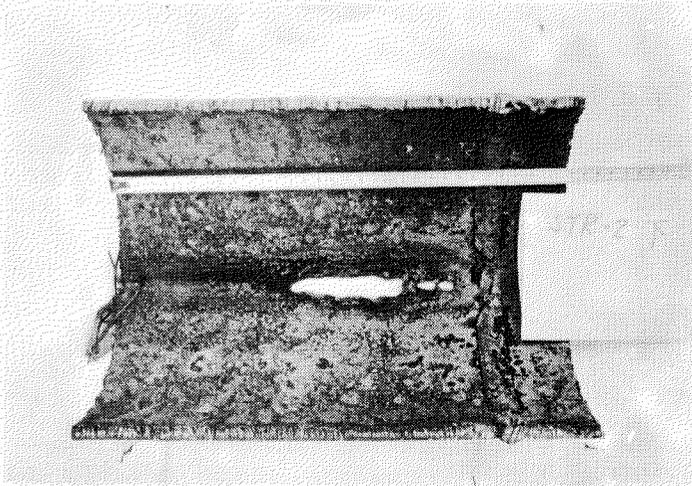
STR-2 上外面



STR-2 上内面



STR-2 下外面



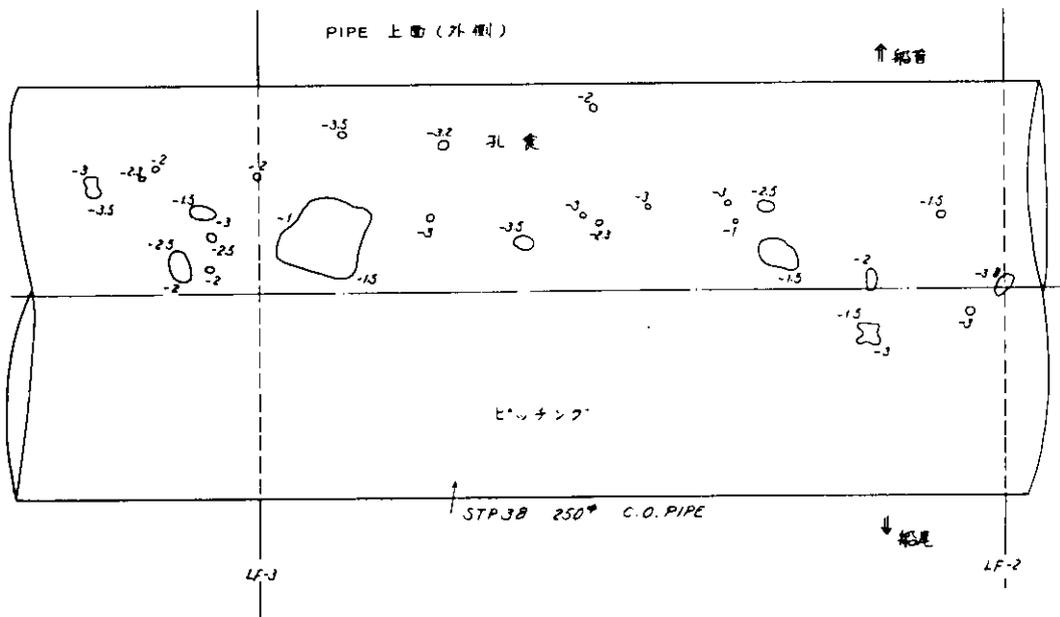
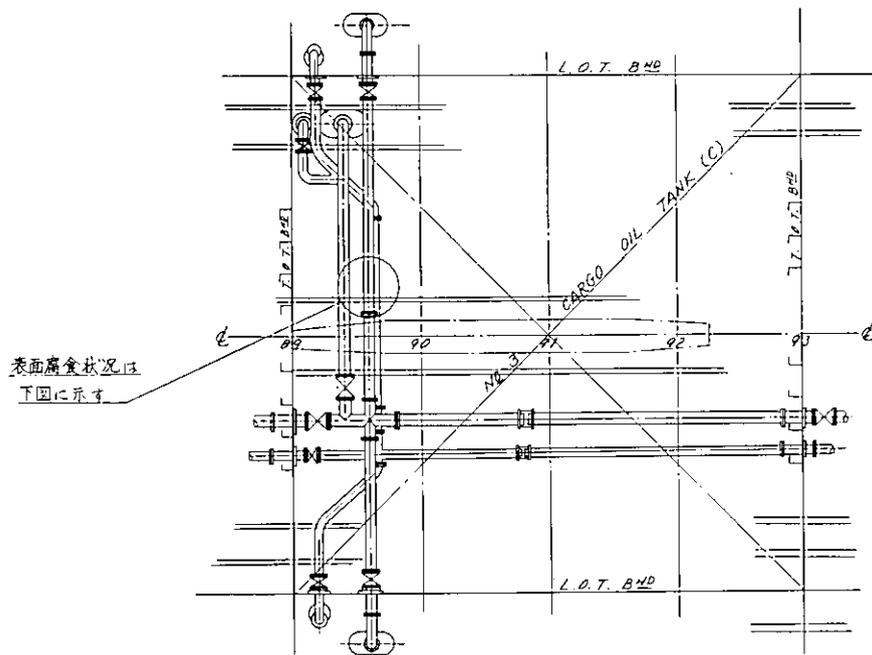
STR-2 下内面

付表 6

L 船の管の腐食状態調査表

船名	D W	建造年月日	調査年月日	航海数	調査場所
L	3 3,4 7 8.5	3 3-1 1-2 9	4 4-9-8 ~7	9 4	
管の 装 備 位 置	〔タンクの位置〕				
	<p style="text-align: center;">タンク名称 №3 (C)</p> <p>Ballast に関しては全 Tank を 2 分し、2 年間 Ballast Tank として使用し、 後 2 年間は空艙とする。</p>				
	荷油専用タンク、 <u>荷油バラスト兼用タンク</u> 、バラストタンク、スロップタンクとして使用				
	〔管の位置〕 略 図				
<u>荷油管</u> 、バラスト管		主管、 <u>支管</u>		<u>水平管</u> 、垂直管	
バタワース洗滌水がよくあたる。 <u>バタワース洗滌水が少しあたる。</u> バタワース洗滌水を直接受けない。					
管 材	材 質	外 径	肉 厚	溶接の方向	コーティング等
	STP38	267.4	9.3		
の タ ン ク 内 防 食	防食材料	メーカー名	型 番	平均電流密度	バラスト率
	Zn Al	日本防蝕工業 K K	SQ-2 型 3 6 本 SD-2 型 4 2 本	3 0 $\frac{mA}{m^2}$	77%
管 の 米 歴	管の反転、修理、新替	な し			
	建造時よりの経過年月	1 0 年 1 0 ヶ月			

管 の 使 用 状 況	建造時より換装までの使用状況			換装時期より調査時までの使用状況		
	積荷の種類	航海数	浸漬期間	積荷の種類	航海数	浸漬期間
	SUMATRA LIGHT CRUDE OIL KUWAIT CRUDE K HARGE CRUDE IRANTAN HEAVY CRUDE NEUTRAL ZONE BLEND BUNKER FUEL GACH SARAN	94	abt 2100日 (但しOil中のみ) なお60航海前 は記録がないの で60~94よ りわりでした。			
	クリーンバラスト, ダーティバラスト			クリーンバラスト ダーティバラスト		
空 槽			空 槽			
調査直前に積んだ油の種類 パラフィン系Oil SUMATRA LIGHT CRUDE OIL						
ヒ ー タ ン ク テ イ ン グ	油の種類	加熱温度	航海数	全使用時間	管の材質	
	SUMATRA LIGHT CRUDE OIL	45℃	不明	不明	FC	
ク リ ー ニ ン グ	洗滌水温度	洗滌圧力	1回の洗滌時間	使用洗剤	回数	
	約80℃	約11 kg/cm ²				
管 内 外 面 の 腐 食 状 況	スラッジ、錆およびコーティング等の付着状況（酸洗前）					
	〔スラッジの種類、厚さ、付着状況および錆の色、分布等の全般的観察〕					
	(1) 外面上部	全般に薄い層の赤さび、スラッジなし、所々1 cm ² 深さ1 mm程度の層があつた黒色の錆とOilの付着物があり、これは鉛筆の先で少しこする程度でポロポロ落ちる。落ちた後は0.1 mm程度のCONCAVEになつている。				
	(2) 外面側部	全般的に赤さび、スラッジなし。				
	(3) 外面下部	全般に薄くスラッジがついている。（黒色の錆+Oilと思われる付着）全体的に腐蝕し、指でさわつてみるとゆるやかなCURVEでへこんでいる。スラッジがない所は厚さ1 mm程度の層のあつた錆が発生。一ヶ所点蝕とみられる穴（10×6 mm ² の楕円）があつている。				
	(4) 内面上部	スラッジがまだらにこびりついている（0.2 mm程度）。ところどころ層のあつた錆がつき、(1)と同様なCONCAVEになつている。				
(5) 内面側部	(4)と同じ					
(6) 内面下部	CONCAVEに0.2 mm程度のスラッジが付着し、腐蝕の一番はげしいところで完全に穴があき、徐々にあつみをましている。CONCAVEの平均厚さは1~2 mm程度、内側からの点蝕とみられる小さな穴（2 mm ^φ ）がみられ、その他赤色の細かいさびが全面にみられる。					
〔写真撮影〕						
全体写真、外面（上部、下部）、内面（上部、下部） 計 5枚						
ただし内外面は約300×300の大きさを撮影する。側部も判るように撮影する。						



今回の定期検査はPIPE 外面より観察する程度の簡単なものであつてBEND部一ヶ所をのぞいてPIPEを取りはずしたり、換装したりしなかつたため、内面側の調査は不可能であつた。

外面観察によるとPIPE上面にて2 ϕ ~5 ϕ 程度、深さ1~3mmの孔食と思われる穴がかなり多く見あつた。しかしSIDEおよびBOTTOM側では全く性質が異なり、全面PITTINGしており孔食および特別なさび等は、みられなかつた。

PITTINGの高さも1~2mm程度で軽くこすつた程度でははがれることもなかつた。

TRANS & LONGI WEB等も同様なPITTINGをしており、所々層の厚い赤さびが見られた。

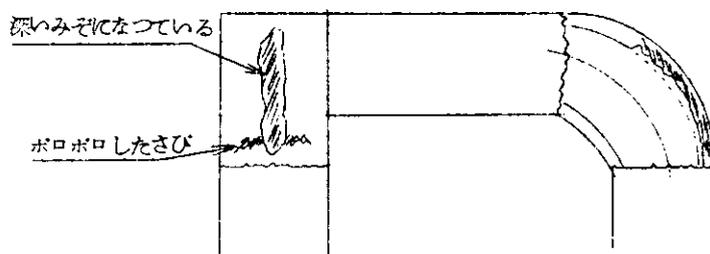
なお、DECKより下方TANK深さの $\frac{1}{3}$ ほどの所にあるハンゴとGIRDERとの取り付け部(溶接部より4~5cm はなれたところ)が一ヶ所さびでボロボロになつており、ハンゴがブラブラしている状態にあつた(材質 SS)、このさびは層の厚い赤さびでボロボロとかたまつてはがれた。

PIPEも穴のあいた所は、多くは換装せず "パチ当て" などのカバーですませている。

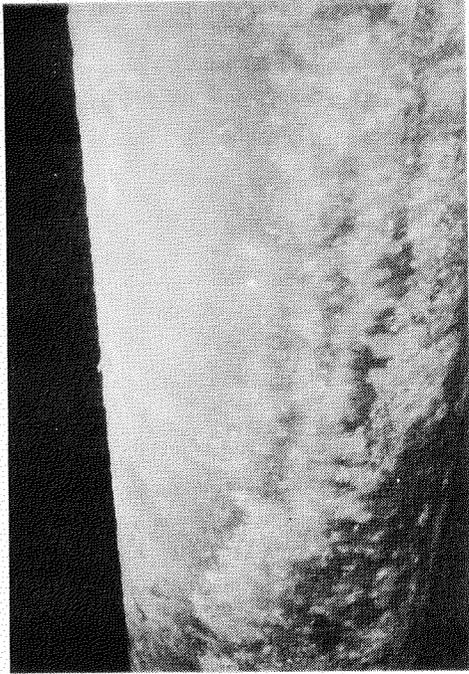
これらカバーはPIPE BEND、溶接の多い箇所に見受けられた。

PIPE BENDに対しては外側からの腐食と思われる変化が見られなかつたので、カバーをつけるためにとりだした唯一のPIECEをのぞいてみると、下図のような形状をしていた。

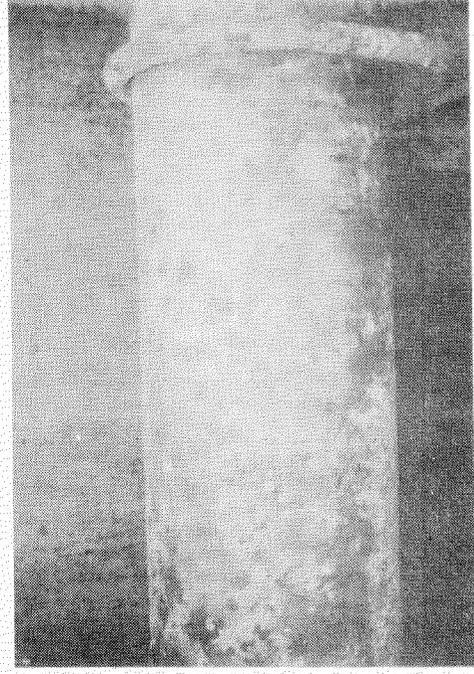
これより他も同様に内面からの腐食であるかと推察される。



FOR D 側面



A F T 側面

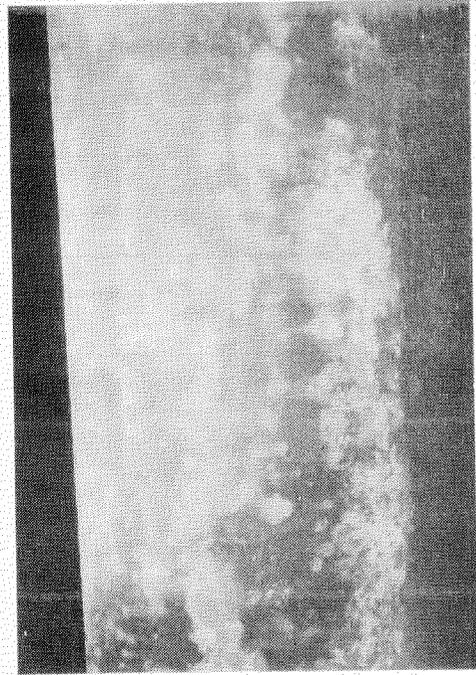


附近の P I P E 状況

上面



下面



付表 7 換装された管の腐食状態の調査結果

管	船名	L				C					
	管番号	1				2		3		4	
	種類	荷油兼プラスチック管				荷油兼プラスチック管					
	材質	STP 38				STP					
	寸法(OD×E×L(mm))	267.4×9.3×65		355.6×11.1 ×9.0	355.6×12.7 ×5.50曲	355.6×11.1 ×5.70	355.6×11.1 ×6.60曲	318.5×9.5 ×9.50	318.5×9.5 ×6.50曲		
	位置	荷油プラスチック兼用タンク 水平管		荷油プラスチック兼用タンク 立上り管		全左 水平管		全左 立上り管			
腐	積荷の種類	PQ スマトラ FC等約2,100d (53.2%) クリーンプラスチック 約925d (23.4%) 空槽 約925d (23.4%)		PG 約600d, スマトラ 約300d (26.2%) プラスチック 約1724d (50.0%) 空槽 約816d (23.8%)							
	タンクヒーティング	45℃ (スマトラ)		135°F×300d (スマトラ), 90°F×140d (P.G.)							
	タンククリーニング	約80℃ 1.5~2h/回 パタワース少しあたる		180°F×10.5h パタワースよくあたる							
境	タンク内の防食	ZnおよびAl 30mm ² /m ² S 4.2年以降		Zn		Zn		なし			
	スラジ等の付着	外面	スラジ少ない、全般にうすい赤さびあり、黒色錆1mm FeSO ₄ , αFeOOH, Fe ₂ O ₃ ·H ₂ O		黒褐色スケール1~4mm 孔食なし		黒褐色スケール1~3mm 孔食なし		黒褐色スケール2~6mm 孔食なし		
		内面	スラジ約0.2mm敷在 上部約1mm黒色錆 下部孔食による孔あり スラジ成分外面と同じ		黒色スラジ約2mm 唇部黄褐色錆 10~20mm径鋼コブあり		黒色スラジ 1~3mm 下部中央黄褐色錆 下部孔食あり		黒色スラジ 約1mm 下部褐色斑点15~20mm バンド下部鋼孔食あり		
腐	腐食による減厚 (mm)	上側	-4.54	-0.49	-0.20	-1.12	-0.59	-0.71	-0.43		
	下側	-3.73	-0.47	-0.56	-1.32	-0.84	-0.89	-0.78			
	平均	-4.20	-0.70	-0.91	-1.86	-2.28	-1.11	-0.86			
腐	局所腐食 (mm)	上外	1ヶ×16×10 (-0.8)	-		-		-			
	上内	2ヶ (-0.3)	-		-		-				
	下外	1ヶ×3.5φ (-0.2)	500×630角	1~5φアバタ (-1.37)	7ヶ×5φ (-1.19)	8ヶ×3~10φ (-1.35)	3φアバタ (-0.37)	1~1.5φアバタ(-0.50)			
腐	腐食の種類	外	FeSO ₄ (大), Fe ₂ O ₃ FeO(小)	FeSO ₄ , αFeSO ₄ ·H ₂ O		FeSO ₄ , αFe ₂ O ₃ ·H ₂ O		FeSO ₄ , αFe ₂ O ₃ ·H ₂ O CaCO ₃			
	内	FeSO ₄ (大), αFeOOH Fe ₂ O ₃ (小)	内 Mg, Ca 外 Mg, Ca, Al	内 Mg, Ca 外 Mg, Ca, Al, Cu		内 Mg, Ca, Al, Zn 外 Mg, Ca, Al, Zn					
腐	その他	ホリゾンタル, ロンジ, トランス等に3~5mmの孔食がある。									

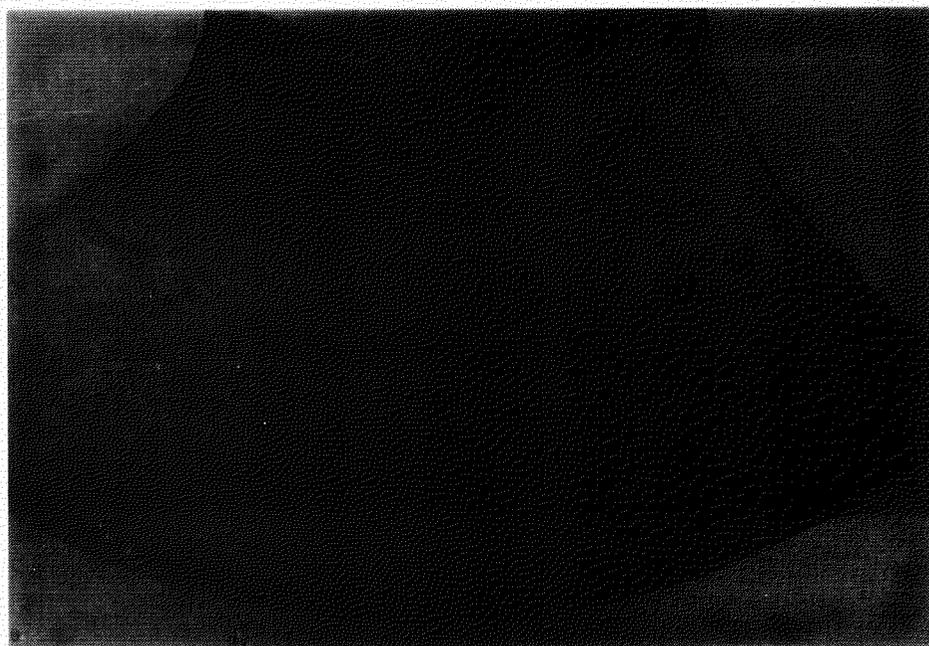
注 錆の種類のうちFeOはガス切断時に生じたものと推定される。

				P	H-2
5	6	7	8	9	10
				荷油兼バラスト管	荷油管
				STP 30A	STPY-41
318.6×95×2.160	318.6×95×1.940	355.6×12.7×650 曲	355.6×95×1.120	165.2×7.0×1.800	406.4×12.7 曲
全左 水平管	全左 水平管	全左 立上り管	全左 水平管	荷油バラスト兼用タンク 水平管	荷油専用タンク 曲りの立上り管
				PG1269d 黒垢143d スマトラ29d(520%) クリーンバラスト 408d (14.8%) 空槽 919d (33.2%)	PG 54航(約50%) — 空槽 34航 (約50%)
				55℃×29d(スマトラ)	
				80℃×9.4h パタワース少しあたる	90℃×4h/回 パタワースよくあたる
なし	なし	Zn	Zn	A4 100mm ² /m ²	なし
黒褐色スケール約2mm 孔食なし	黒褐色スケール約3mm 孔食なし	茶褐色 1~4mm 孔食なし	黒色スケール約3mm 孔食なし	黒色スラジ1~5mm 茶錆斑点5.0mm ² 径 Fe ₂ O ₄ αFeOOH CaCO ₃ Mg, Ca	黒色スラジ0~3mm
黒色スケールあばた状 下部スケール3~9mm 下部褐色薄状腐食あり	黒色スラジ約1mm 下部黄褐色錆巾約2.0mm 孔食なし	黒色スケール約1mm バンド下部黄褐色錆巾1.0 ~2.0mm, 5~1.0径錆コ ブあり	黒褐色スケール約2mm 1.0~2.0径赤錆点在 下部巾50~70mm褐色薄状 腐食あり	黒色スラジ1~5mm 下部スラジは上り線状にキ レツあり スラジ成分外面と同じ	上部 白色錆 下部黒色スラジ2mm
- 0.34 + 0.09 - 0.50 - 0.25	- 0.90 - 0.76 - 0.80 - 0.82	- 0.28 - 0.53 - 0.77 - 0.53	- 0.78 - 0.08 - 2.56 - 1.14	- 0.17 - 0.12 - 2.45 - 0.37	- 1.2 - 0.5 - 1.7 - 0.94
— — 460×470角 3~10φアバタ (-1.35)50% 1~15φアバタ (-0.15)50% 8φ×3×5~12×30 (-3.01) アバタ (-2.5) 1φ×90×200 (-1.0)	— — 440×490角 14φ×6~8φ (-1.62) 3φアバタ (-1.36) 4φ×10×7~19.5×1.3 (-1.35)	— — 530×760角 5φ×2~3φ (-0.81) 1~1.5φアバタ (-0.5) 1φ×5×600 (-1.0) アバタ (-0.5)	— — 550×460角 20φ×6~8φ (-0.77) 0.5φアバタ (-0.65) 2φ×125×60~180×90 (-3.51) アバタ (-0.55)	1φ×20φ (-0.5) 孔食なし 孔食なし 巾25~50φ (-3) 2.6φ×5φ~8φ×6 (-5)	20×240角 2φ×3~10φ (-0.4) 3φ×3~4φ (-0.3) 3φ×4~10φ (-0.3) 5φ×3~8φ (-0.7)
Fe ₂ O ₄ αFeOOH Mg, Ca, Zn Fe ₂ O ₄ αFeOOH-H ₂ O CaCO ₃ Mg, Ca, Al	Fe ₂ O ₄ αFeOOH-H ₂ O Mg, Ca, Zn FeO Fe ₂ O ₃ Mg Ca Zn Al Si O ₂	αFe ₂ O ₃ -H ₂ O Fe ₂ O ₄ Cu Fe ₂ O ₄ αFeOOH-H ₂ O FeO(OH)	Fe ₂ O ₄ αFeOOH-H ₂ O 内 Mg, Ca, Zn, Cu, Sn 外 Mg, Ca, Si	Fe ₂ O ₄ , FeOOH, CaCO ₃ Ca, Mg, Al	
				ガーダー、トランス、ロン ジ等に著しい孔食はない。 弁は腐食少ない。	ガーダー、トランス等は 管と同じ 弁は腐食少ない。

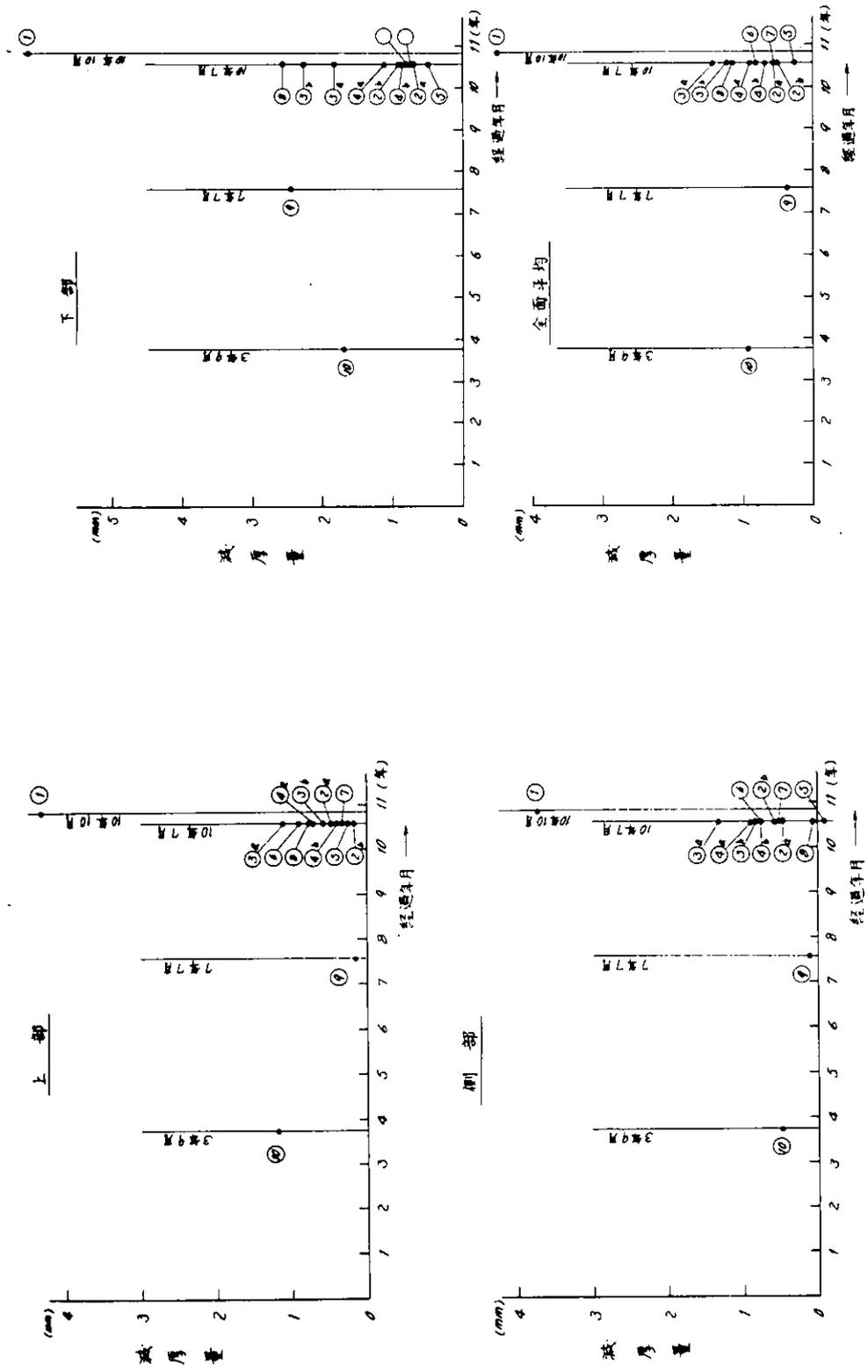
付表 8 年間平均腐食量

管 番 号	腐食による減厚 (mm/year)				局部腐食の最 大深さ (mm/year)	管の位置
	上 部	側 部	下 部	全面平均		
1	0.400	0.342	0.571	0.415	0.857	水 平
2a	0.022	0.045	0.066	0.052	} 0.189	} 立上り
2b	0.019	0.053	0.086	0.050		
3a	0.106	0.125	0.176	0.135	} 0.539	} 水 平
3b	0.056	0.080	0.216	0.117		
4a	0.067	0.084	0.105	0.085	} 0.128	} 立上り
4b	0.041	0.074	0.082	0.065		
5	0.032	+0.009	0.047	0.024	0.285	水 平
6	0.085	0.072	0.076	0.078	0.153	水 平
7	0.027	0.050	0.073	0.052	0.095	立上り
8	0.074	0.008	0.242	0.108	0.313	水 平
9	0.022	0.016	0.324	0.047	0.660	水 平
10	0.320	0.133	0.453	0.250	0.187	立上り
水平管 平 均	0.111	0.091	0.236	0.132	0.468	

水平管下部内面の腐食状態の一例



付図1. 経過年月と腐食量 (称呼肉厚に対する減厚量を示す)



2. 腐食試験による研究

2.1 静海水浸漬試験

本研究では静水中における耐食性に優れた鋼を選出するために普通鋼、普通鋳鉄、普通鋳鋼、球状黒鉛鋳鉄と16種類の低合金鋼の試験片を海水中に浸漬して腐食試験を行なった。

2.1.1 供試材

実験に用いた試料の種類と成分系を表2.1.1に示す。

表2.1.1 供試材の種類と成分系

符 号	成 分 系
SS	普通鋼
PC	普通鋳鉄
SC	普通鋳鋼
DC	球状黒鉛鋳鉄
YA	2Cr-1Ni-0.8Si
YB	2Cr-0.3Ti-0.8Si
YC	2Cr-0.3Mo-0.8Si
YD	2Cr-0.2Sb-0.5Ni
YE	2Cr-0.8Si
YF	3Cr-0.8Si
YG	0.5Mo
YH	5Cr-0.3Ti
SA	Cu-0.5Cr-0.3Ni
SB	1.25Cr-1Mn-0.3Si
SC	1Cr-0.7Si-0.2Sn
SD	2Cr-0.7Si-0.5Mo
NA	0.1P-Cu-0.5Cr
NB	Cu-2Cr-0.5Al
NC	2.25Cr-Mo-0.8Al
ND	2.25Cr-1Mo

2.1.2 試験装置

図2.1.1に試験装置の略図を示す。試験槽は500×1000×950mm寸法のSUS32製で、試験温度はパイプヒーターで加熱され自動温度調節器でコントロールされる。空気吹込みは、3.4Wのエアープンプからビニール管(3φ)で導かれた2か所の散気口から通気されるようになっている。

2.1.3 試験方法

試験片は、90×70×3.5mmの形状寸法で、表面をエンドレス研磨ベルト#400で研磨しアセトンで脱脂後試験に使用した。試験条件は35℃の温度で、海水に空気を吹込みながら120日間浸漬した。海水は因島沖で採取したもので、その組成を表2.1.2に示す。浸漬試験中海水の更新を1回行なった。

表2.1.2 海水の組成 (PPm)

	P.H.	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻
試験開始時の海水	7.70	18463	422	1273	2619
更新した海水	7.15	18892	256	1339	2912

浸漬方法は、図2.1.2に示すようにガラスフックを用いて試験片を棚段に吊下げ液深の中位に保持した。試験片の配置は図2.1.3に示すとおりである。

浸漬試験後の腐食生成物の除去は5% HCl+0.5% イピット1L酸洗液で行なった。

耐食性の評価は、重量減から腐食速度 (mm/yr) を求めるとともに局部腐食に対して電磁型融針式アラサ計を用いて最大孔食深さを測定して行なった。

2.1.4 試験結果

120日間浸漬試験後の試験片の発錆状況を図2.1.4～図2.1.8に腐食生成物除去後の表面状況を図2.1.9～図2.1.13に示す。

腐食速度および孔食深さ測定結果を表2.1.3に示す。

この試験結果から、鋼種間の耐食性を比較検討するために成分系と普通鋼の腐食速度を1としたときの腐食比および孔食深さとの関係図をまとめて図2.1.14に示す。

2.1.5 試験結果の考察

以上、120日間の静海水浸漬試験(35℃)を行ない鋼種間の耐食性について比較した、その結果を要約すると次のようになる。

- (1) 普通鋼の腐食速度は0.156mm/yrで、普通鋼鉄の腐食速度と差異は認められなかった。
- (2) クロム含有量の増加にしたがって腐食速度は減少する傾向が認められた。
- (3) しかしクロムを3%以上含有する鋼種は局部腐食による孔食深さが大になる傾向を示した。
- (4) クロムを約2%含有する鋼種のうち、Cu-2Cr-0.5Al系、2.25Cr-Mo-0.8Al系のようにアルミニウムを含有すると、腐食速度を低下させる効果が大いだが、孔食深さが大きくなる傾向が認められた。
- (5) 普通鋼に対して2倍以上の耐食性を示しかつ孔食深さも比較的少ない鋼種は、2Cr-0.3Mo-0.8Si系、2Cr-0.7Si-0.5Mo系、Cr-Ni-0.8Si系、2.25Cr-1Mo系および2Cr-0.8Si系である。

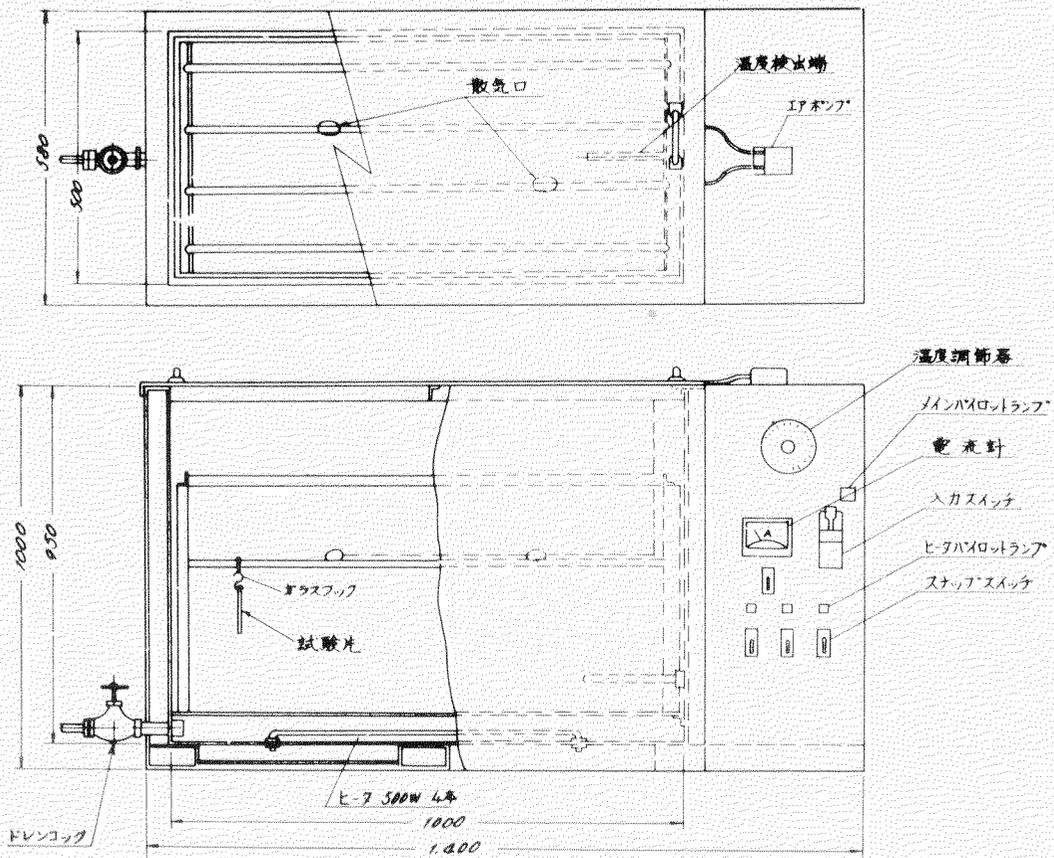


図 2.1.1 試験装置

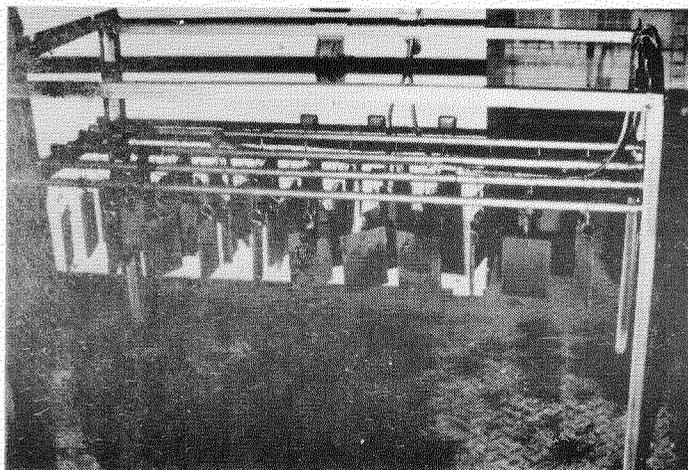


図 2.1.2 試験片の保持方法

DC14	SC12	FC12	DC13	SC11	FC11						SS2
SD2	SC2	SB2	SA2	SS1	SD1	SC1	SB1	SA1	ND2	NC2	
NB2	NA2	ND1	NC1	NB1	NA1	YH6	YG6	YF6	YE6	YD6	
YC6	YB6	YA6	YH5	YG5	YF5	YE5	YD5	YC5	YB5	YA5	

図 2.1.3 試験片の配置

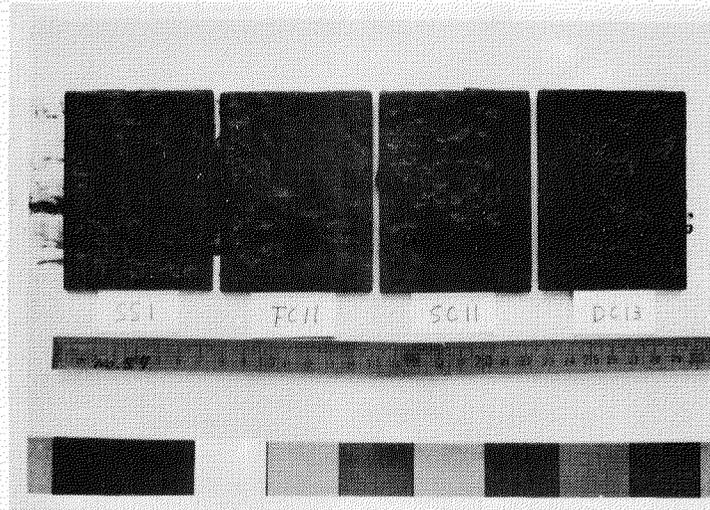


図 2.1.4 発錆状況 (SS~DC)

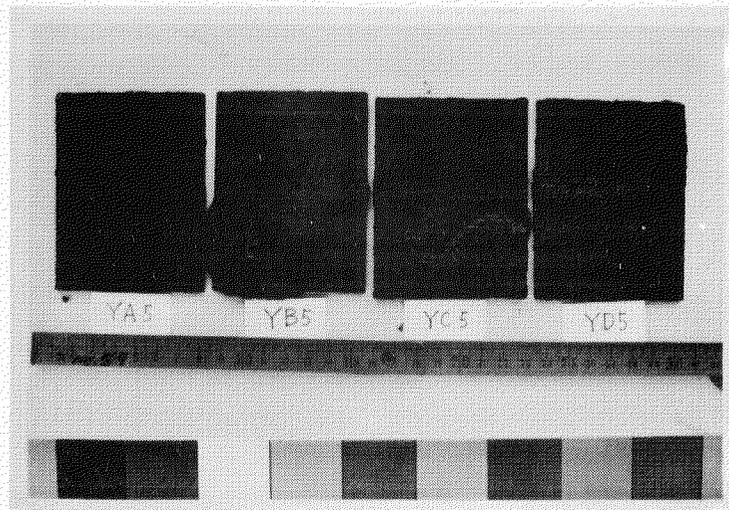


図 2.1.5 発錆状況 (YA~YD)

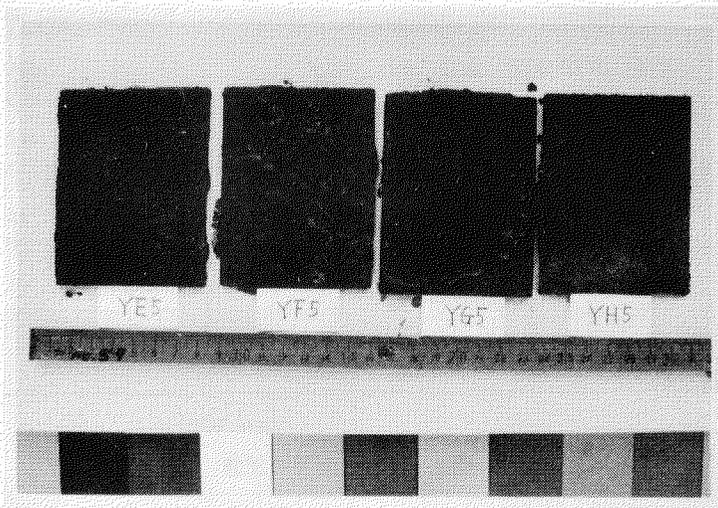


図2.1.6 発錆状況 (Y E~Y H)

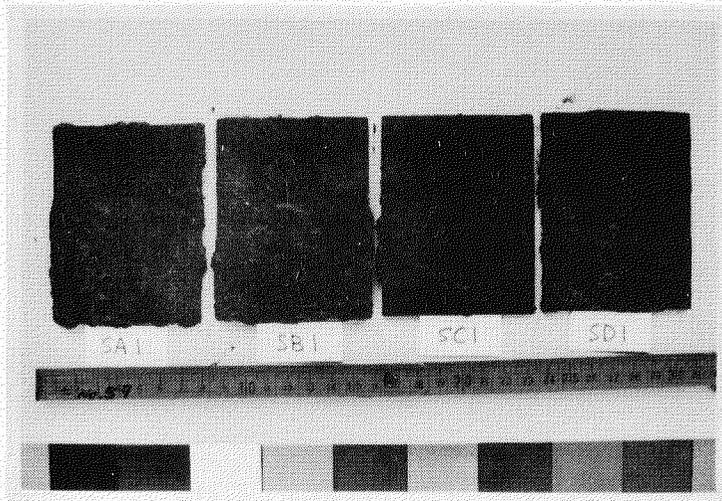


図2.1.7 発錆状況 (S A~S D)

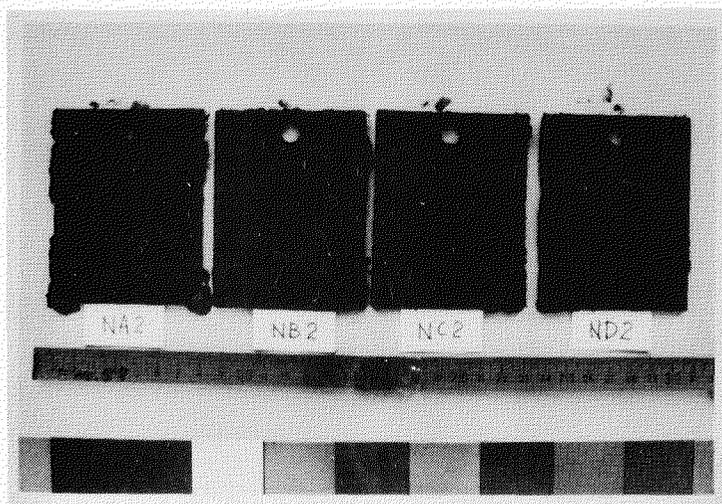


図2.1.8 発錆状況 (N A~N D)

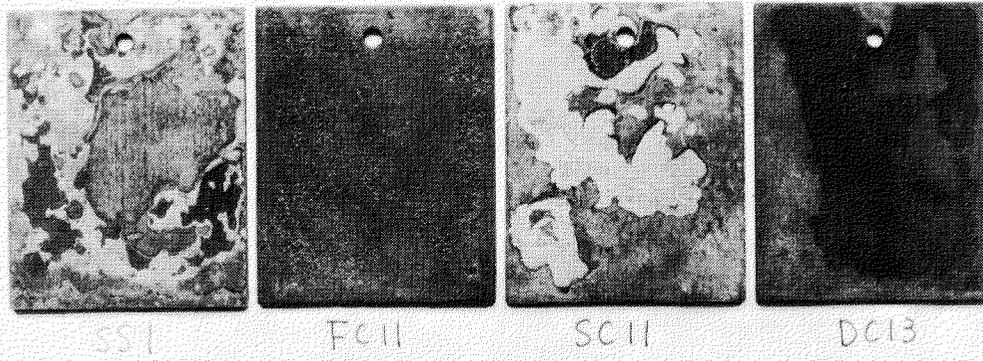


図2.1.9 酸洗い後の表面状況 (SS~DC)

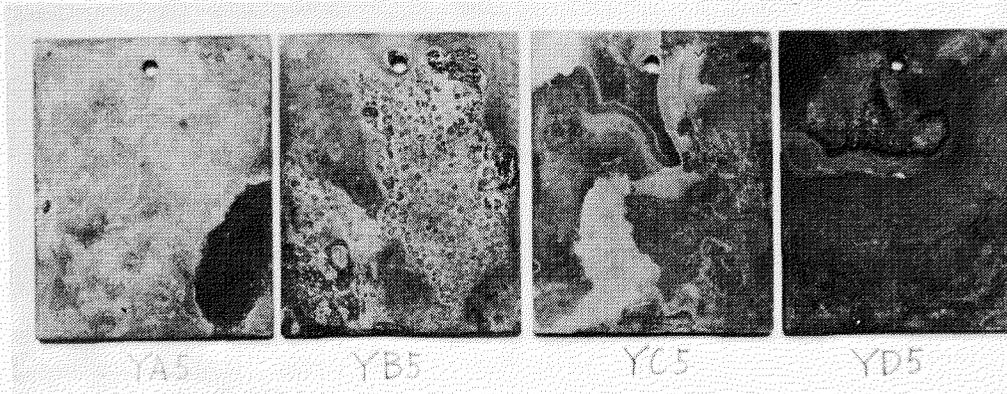


図2.1.10 酸洗い後の表面状況 (YA~YD)

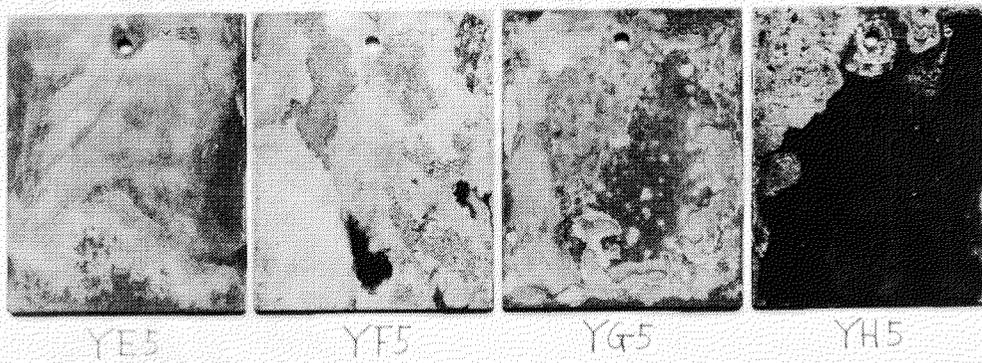


図2.1.11 酸洗い後の表面状況 (YE~YH)

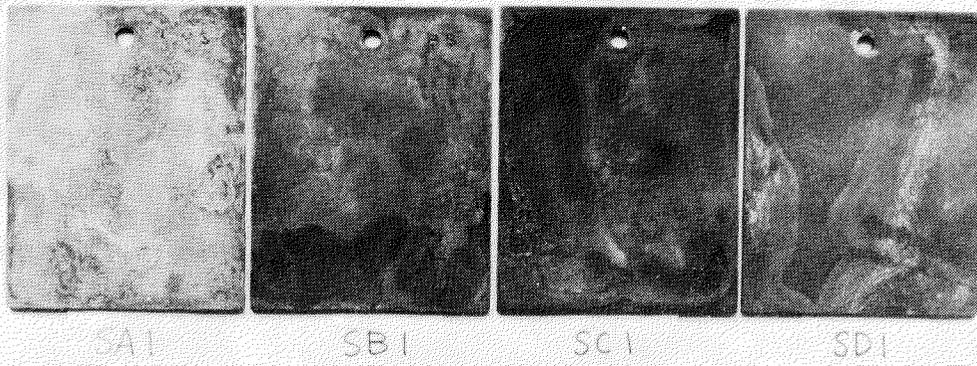


図2.1.1.2 酸洗い後の表面状況 (SA~SD)

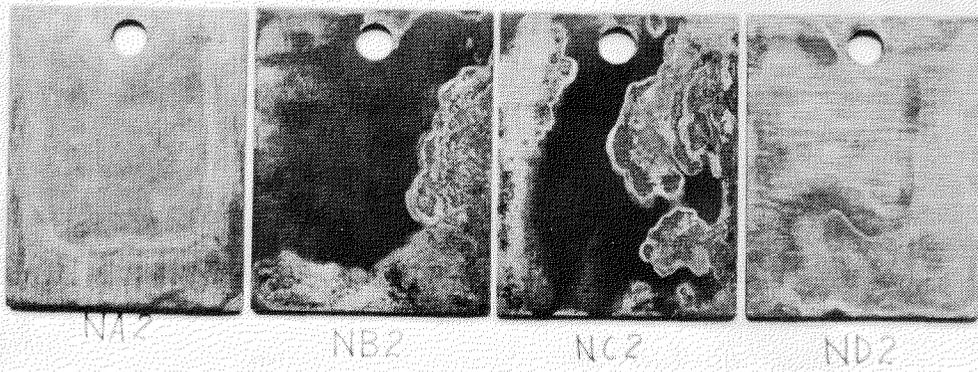


図2.1.1.3 酸洗い後の表面状況 (NA~ND)

表2.1.3 静海水浸漬試験結果(35℃ 120日浸漬)

符号	成分系	試験 料号	120日間の重量減量 g/cm ²	孔食深さ mm/yr	腐食速度* mm/yr
SS	普通鋼	1	4.028	0.273	0.156
		2	4.054		
FC	普通炭鉄	11	4.063	0.500	0.156
		12	3.499		
SC	普通炭鋼	11	3.963	0.583	0.143
		12	3.443		
DC	球状黒鉛炭鉄	13	3.819	0.584	0.153
		14	3.607		
YA	2Cr-1Ni-0.8Si	5	1.813	0.165	0.068
		6	1.717		
YB	2Cr-0.3Ti-0.8Si	5	1.780	0.500	0.069
		6	1.757		
YC	2Cr-0.3Mo-0.8Si	5	1.548	0.126	0.062
		6	1.637		
YD	2Cr-0.2Sb-0.5Ni	5	2.078	0.155	0.081
		6	2.116		
YE	2Cr-0.8Si	5	1.947	0.116	0.073
		6	1.855		
YF	3Cr-0.8Si	5	1.166	0.262	0.047
		6	1.236		
YG	0.5Mo	5	4.535	0.761	0.173
		6	4.421		
YH	5Cr-0.3Ti	5	1.122	0.890	0.042
		6	1.069		
SA	Cu-0.5Cr-0.3Ni	1	2.913	0.761	0.117
		2	3.177		
SB	1.25Cr-1Mn-0.3Si	1	2.303	0.188	0.086
		2	2.163		
SC	1Cr-0.7Si-0.2Sn	1	2.643	0.545	0.093
		2	2.194		
SD	2Cr-0.7Si-0.5Mo	1	1.727	0.157	0.065
		2	1.662		
NA	0.1P-Cu-0.5Cr	1	2.675	0.274	0.102
		2	2.619		
HB	Cu-2Cr-0.5Al	1	1.342	0.497	0.051
		2	1.284		
HC	2.25Cr-Mo-0.8Al	1	1.217	0.490	0.047
		2	1.225		
HD	2.25Cr-1Mo	1	1.910	0.116	0.072
		2	1.828		

注* 比重; FC、DCは7.3、他の鋼種は7.8とした。

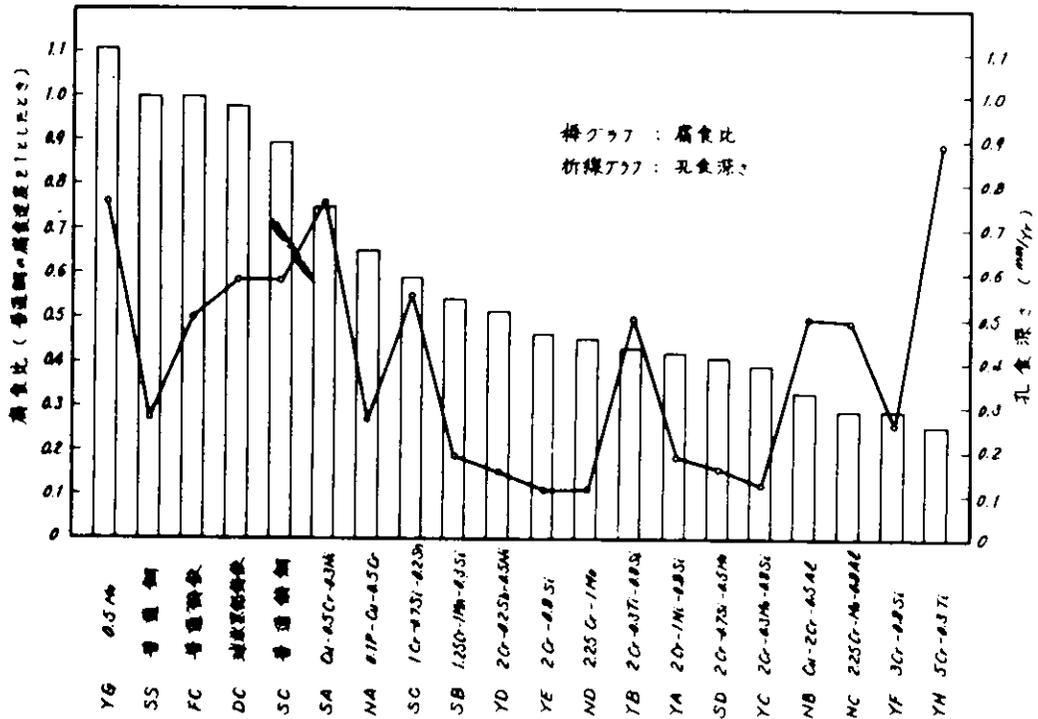


図 2.1.1.4 供試材の耐食性の比較
(35℃静海水浸漬の120日)

2.2 海水スラッジ混合液浸漬試験

2.2.1 試験方法

(1) 試験片

各社より提供された供試材40枚を表2.2.1に示す。

表2.2.1 供試材と成分系

符 号	試料番号	成 分 系	符 号	試料番号	成 分 系
Y A	3	2Cr-1Ni-0.6Si	S C	1	1Cr-0.7Si-0.2Sn
	4			2	
Y B	3	2Cr-0.3Ti-0.8Si	S D	1	2Cr-0.7Si-0.5Mo
	4			2	
Y C	3	2Cr-0.3Mo-0.8Si	S S	1	SS41
	4			2	
Y D	3	2Cr-0.2Sb-0.5Ni	N A	3	0.1P-Cu-0.5Cr
	4			4	
Y E	3	2Cr-0.8Si	N B	3	Cu-2Cr-0.5Al
	4			4	
Y F	3	3Cr-0.8Si	N C	3	2.25Cr-Mo-0.8Al
	4			4	
Y G	3	0.5Mo	N D	3	2.25Cr-1Mo
	4			4	
Y H	3	5Cr-0.3Ti	D C	11	球状黒鉛鑄鉄
	4			12	
S A	1	Cu-0.5Cr-0.3Ni	F C	9	普通鑄鉄
	2			10	
S B	1	1.25Cr-1Mn-0.5Si	S C	9	鋅 鋼
	2			10	

(2) 試験片寸法

供試材 90×70×3.5 mm をエメリー紙#400まで研摩し、水洗後アルコールとエーテルで脱脂後、乾燥重量測定を行なった。

(3) 腐食環境

玉野造船所沖の自然海水を使用した。海水の分析結果を表2.2.2に示す。

表2.2.2 海水成分

PH	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	俗存酸素
8.1	18240	2379	1009	696	7.12

腐食試験に使用するスラッジの分析結果を表2.2.3に示す。

表2.2.3 スラッジ成分

スラッジの性状	
比重 1.6	引火点 32℃以下
	水分 15.6 $\frac{V}{W}\%$
	石油エーテル抽出分(油分) 19.2 $\frac{W}{W}\%$
石油エーテル抽出残分の分光定性及び陰イオン定性	
Fe ⁺⁺⁺ Ca ⁺⁺⁺ Al ⁺⁺⁺ Si ⁺⁺ Mg ⁺⁺ Zn ⁺⁺ Mn ⁺ Cu ⁺	
Pb [±] Na [±] Ni [±] Cr [±] Cl ⁻ (少量)	
石油エーテル抽出残分の定量分析	
Ig Loss(温度800℃)	22.06 $\frac{W}{W}\%$
Fe ₂ O ₃	48.39
Fe O	10.78
Si O ₂	2.08
Ca O	4.32
Al ₂ O ₃	5.43
Mg O	1.85
Mn O	0.26

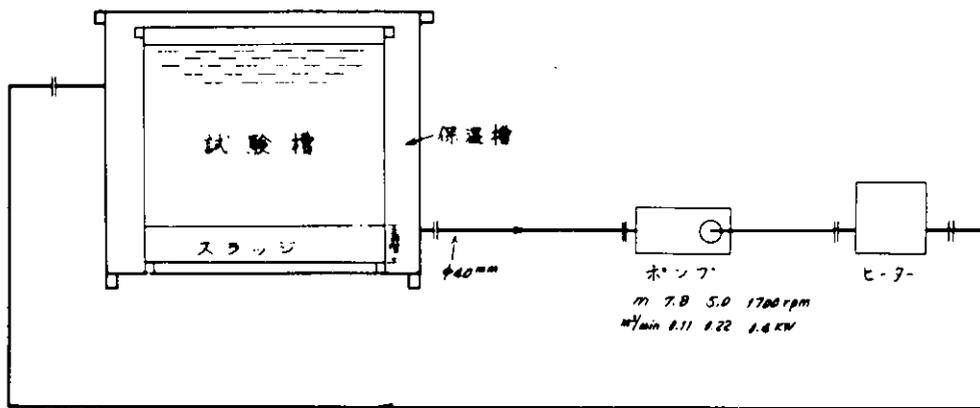
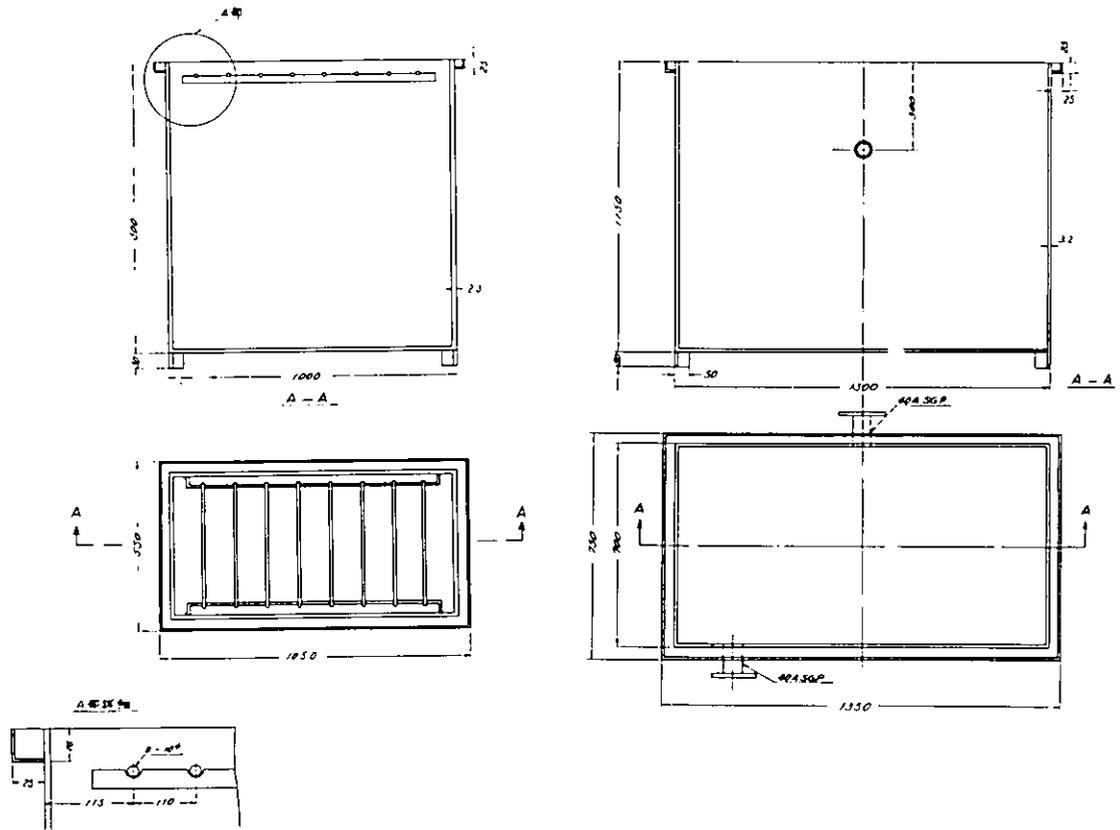


図 2.2.1 腐食試験水槽

(4) 腐食試験槽

腐食試験槽を図2.2.1に示す。

材質SS41

タンク塗装 $\frac{S}{P}$ ジンクリッチペイント80%TYPE

エポキシ型 20 μ ×1

$\frac{A}{C}$ タールエポキシHB TYPE, 60 μ ×2

スラッジは試験槽底より200 mm とし、試験片の中央部が海水溶液とスラッジの境界になるように配置した。

試験温度は35 $^{\circ}\text{C}$ に保持した。浸漬2.5ヶ月後に試験片を取出し表面観察を行なった。観察後は試験槽内を清掃し、新しい海水溶液とスラッジ中に半浸漬し、液温35 $^{\circ}\text{C}$ に保持した。

2.2.2 試験結果

浸漬122日後の腐食度を表2.2.4に示す。

表2.2.4 各試料の腐食度

符号	成分系	試料 番号	122日間 重量減量 g/dm^2	孔食深さ mm/yr	腐食速度 mm/yr
YA	2Cr-1Ni-0.8Si	3	0.831	0.033	0.0318
		4	0.525	0.036	0.0201
YB	2Cr-0.3Ti-0.8Si	3	0.897	0.072	0.0343
		4	0.663	0.072	0.0256
YC	2Cr-0.3Mo-0.8Si	3	0.969	0.040	0.0372
		4	0.860	0.033	0.0332
YD	2Cr-0.2Sb-0.5Ni	3	0.722	0.021	0.0272
		4	0.860	0.033	0.0332
YE	2Cr-0.8Si	3	0.875	0.027	0.0336
		4	0.897	0.021	0.0343
YF	3Cr-0.8Si	3	0.685	0.021	0.0263
		4	0.554	0.033	0.0212
YG	0.5Mo	3	0.860	0.021	0.0332
		4	0.991	0.021	0.0383
YH	5Cr-0.3Ti	3	0.270	0.135	0.0102
		4	0.248	0.203	0.0095
SA	Cu-0.5Cr-0.3Ni	1	1.429	0.045	0.0551
		2	1.057	0.100	0.0405
SB	1.25Cr-1Mn-0.5Si	1	0.838	0.030	0.0321
		2	0.962	0.021	0.0369
SC	1Cr-0.7Si-0.2Sn	1	0.838	0.054	0.0321
		2	0.729	0.015	0.0281
SD	2Cr-0.7Si-0.5Mo	1	1.130	0.021	0.0434
		2	0.809	0.024	0.0310
SS	SS41	1	1.101	0.054	0.0423
		2	0.955	0.027	0.0365
NA	0.1P-Cu-0.5Cr	3	0.707	0.060	0.0274
		4	1.057	0.051	0.0405
NB	Cu-2Cr-0.5Al	3	0.700	0.054	0.0270
		4	0.620	0.060	0.0237

N C	2.25Cr—Mo—0.8Al	3	0.153	0.048	0.0058
		4	0.554	0.066	0.0212
N D	2.25Cr—1Mo	3	0.831	0.069	0.0318
		4	0.758	0.027	0.0299
D C	球状黒鉛鋳鉄	11	0.969	0.111	0.0398
		12	0.969	0.057	0.0398
F C	普通鋳鉄	9	1.195	0.063	0.0489
		10	1.246	0.162	0.0511
S C	鋳鋼	9	0.722	0.024	0.0281
		10	1.071	0.069	0.0412

図2.2.2にクロム量と腐食速度の関係を示す。

試験終了後の試料に付着したスラッジ処理は、パークロールエチレンとアルコールおよびアセトンで脱脂した。

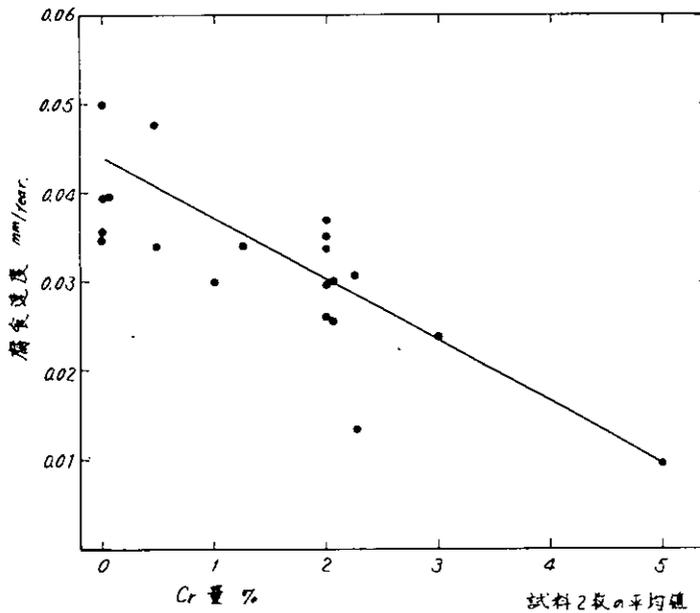
腐食生成物の除去には5%塩酸に酸抑制剤イビット0.5%/Lを使用し温度25℃1時間浸漬後、アルコールおよびアセトンで脱脂後乾燥し秤量した。

各試料の孔食深さは、三登製作所KKの表面アラサ検査機A B—2 (SALEBROMETER) 倍率0~20000を使用した。

写真2.2.1~2.2.5に各試料の浸漬122日後の表面状態を示す。

写真2.2.4~2.2.6にスラッジを除去した表面状態を示す。

写真2.2.7~2.2.9に酸洗後の表面状態を示す。



2.2.3 ま と め

各試料共に海水溶液側は全面腐食でスラッジ側では局部腐食の傾向を示し、溶液—スラッジの境界部付近は腐食が多くなっている。

添加元素 Cr の含有量が多くなると腐食量は減少する。しかし局部腐食は逆に増加の傾向にある。

腐食量の少い試料は YH, NC で、多い試料は SS41, FC, DC, SA である。

DC (球状黒鉛鋳鉄) よりも FC (普通鋳鉄) の腐食量が多くなっている。両試料共に黒鉛片の周囲が腐食を生じている。特に FC はこの傾向が著しくスラッジ側は局部腐食を起している。

局部腐食の大なる試験は YH, FC, DC, SA である。

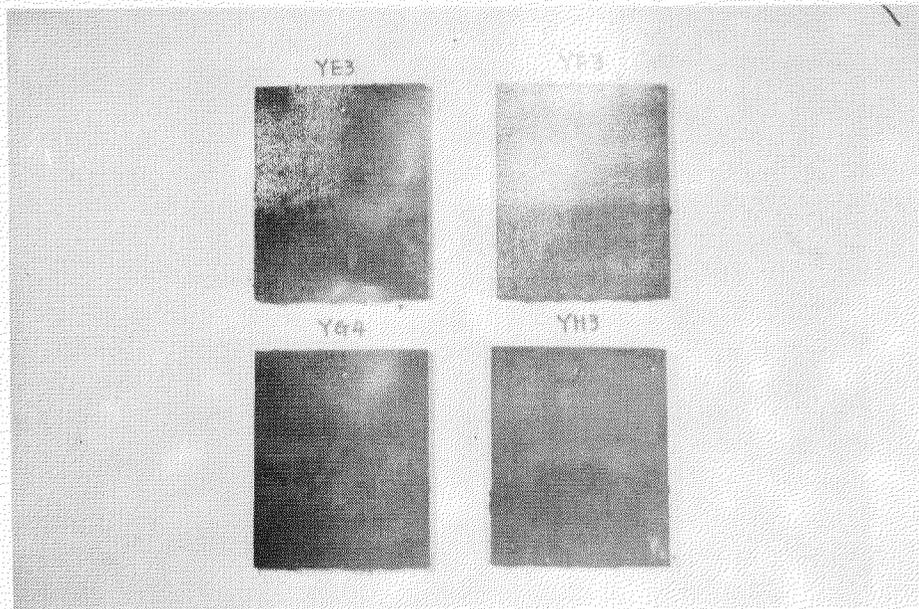
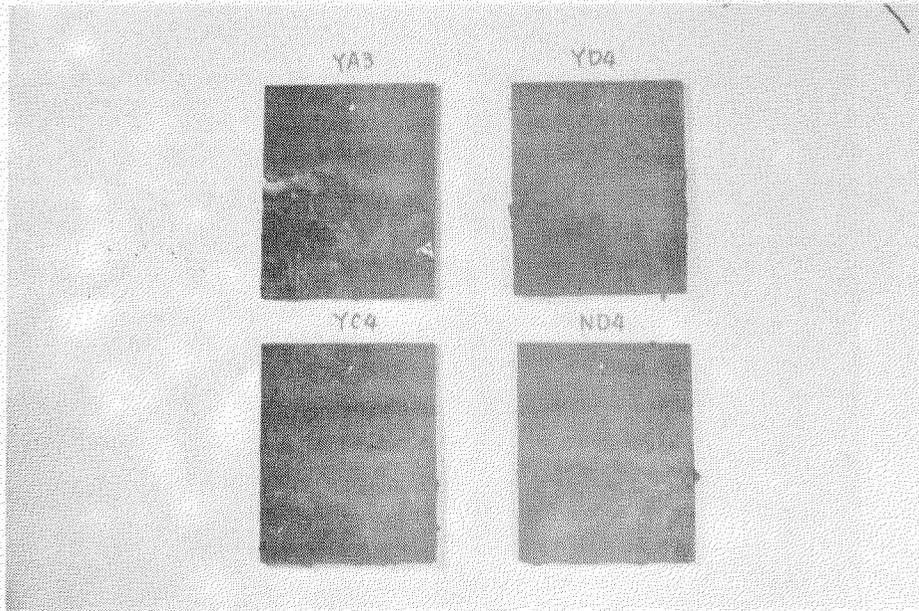


写真2.2.1

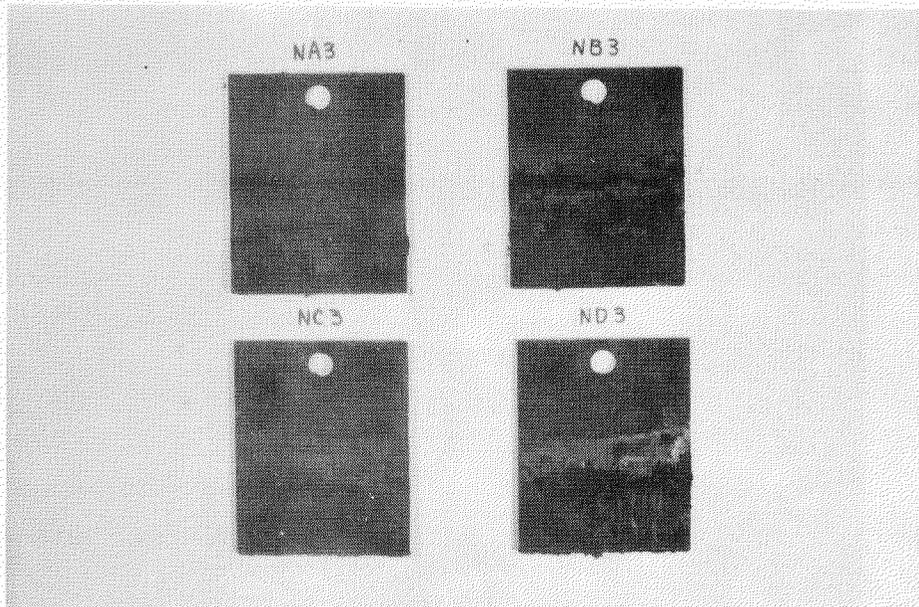
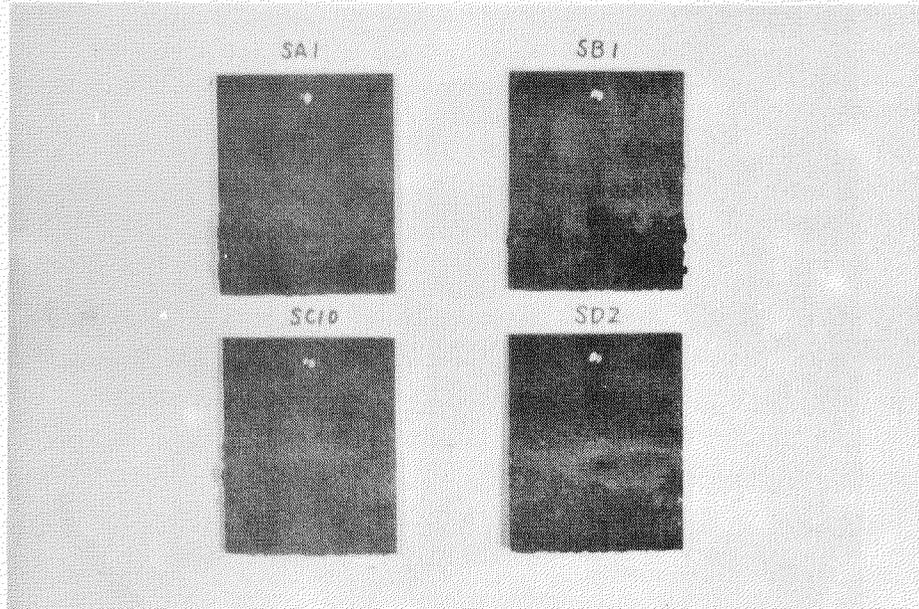


写真 2.2.2

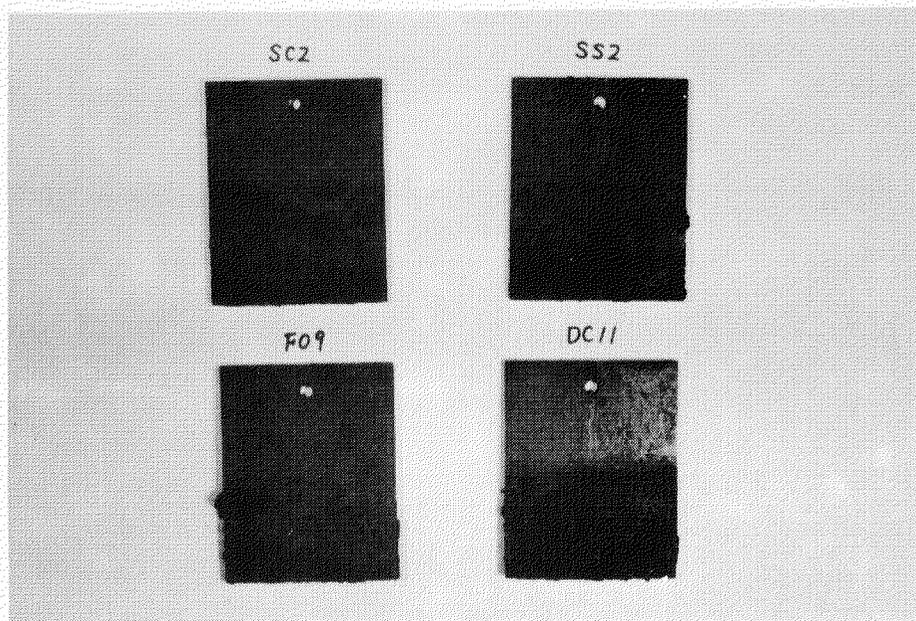


写真 2.2.3

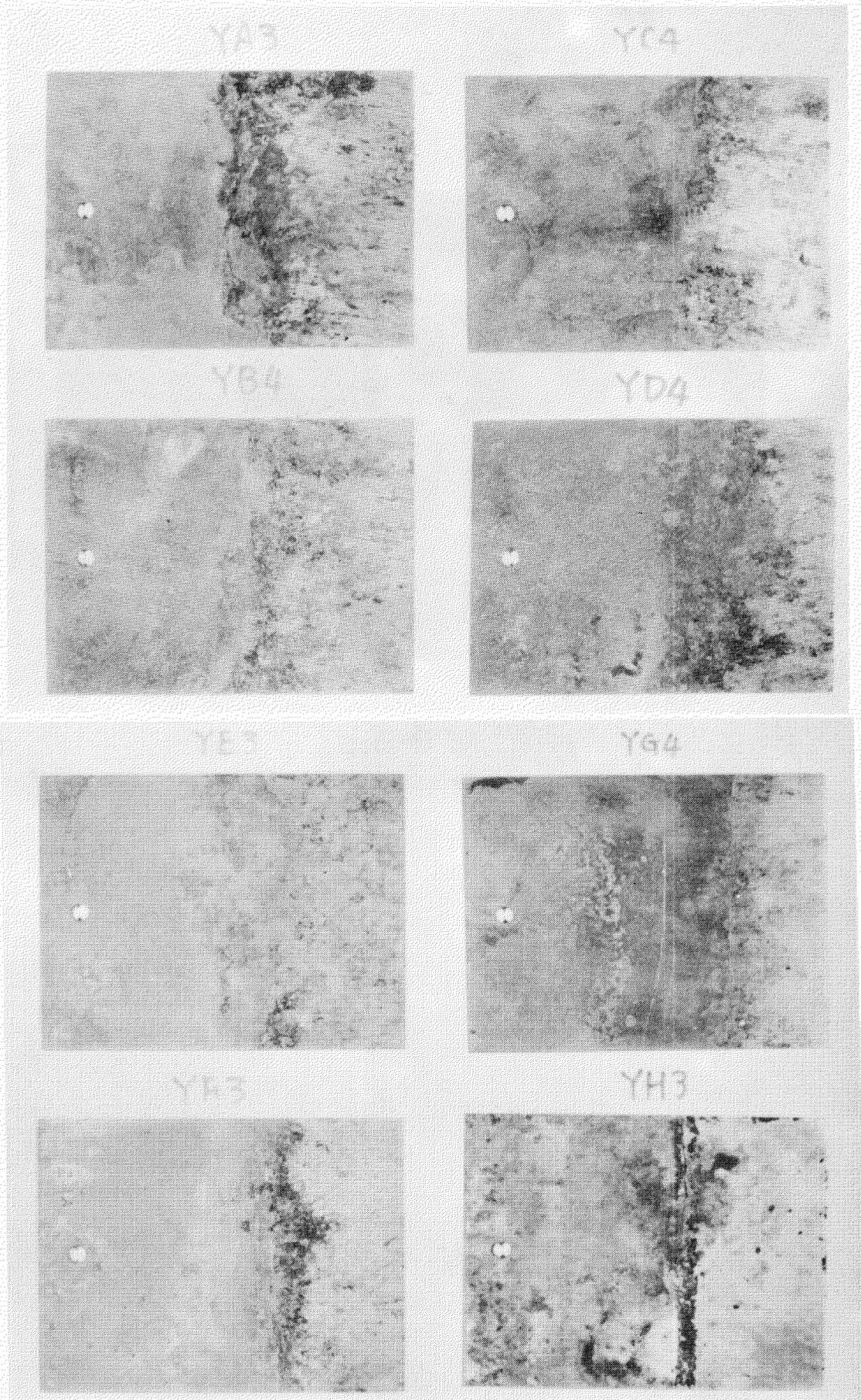


写真2.2.4

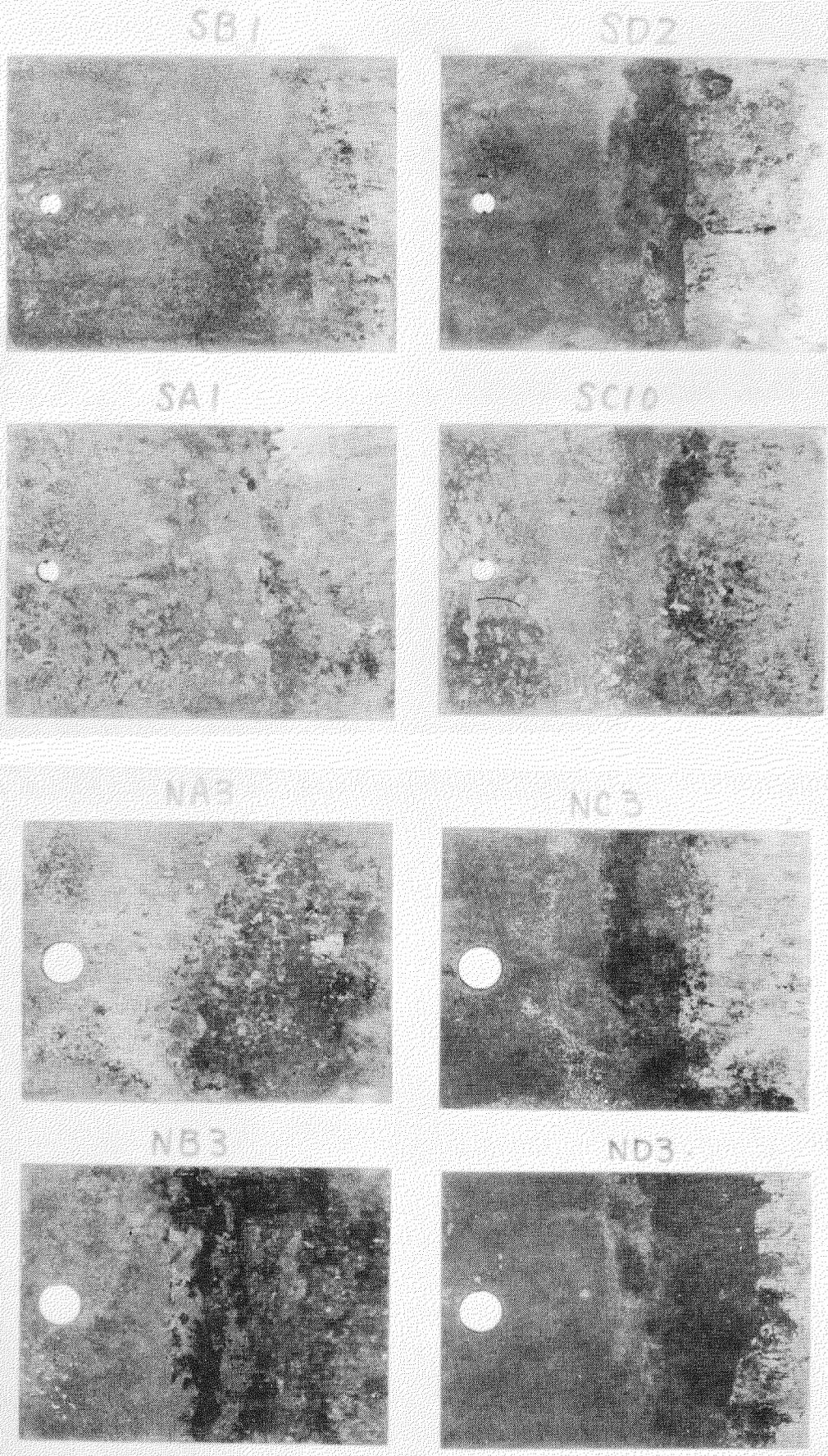


写真2.2.5

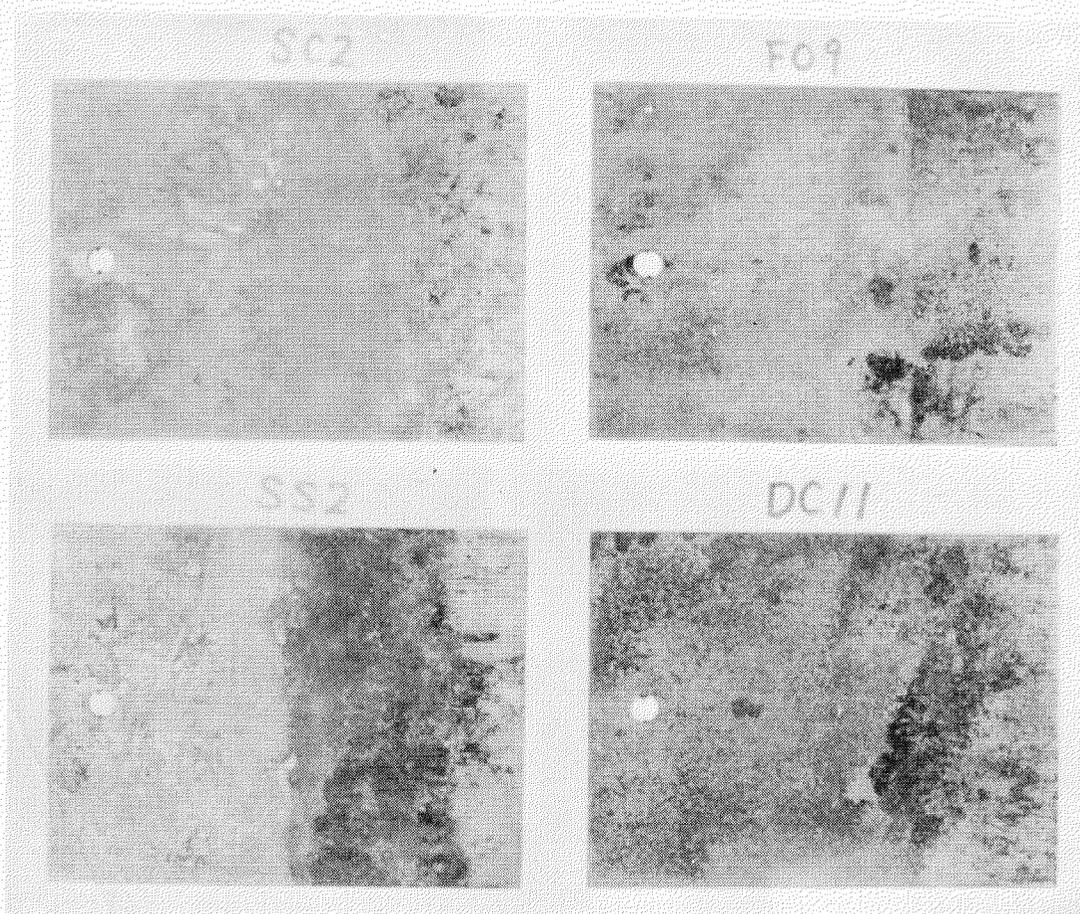


写真2.2.6

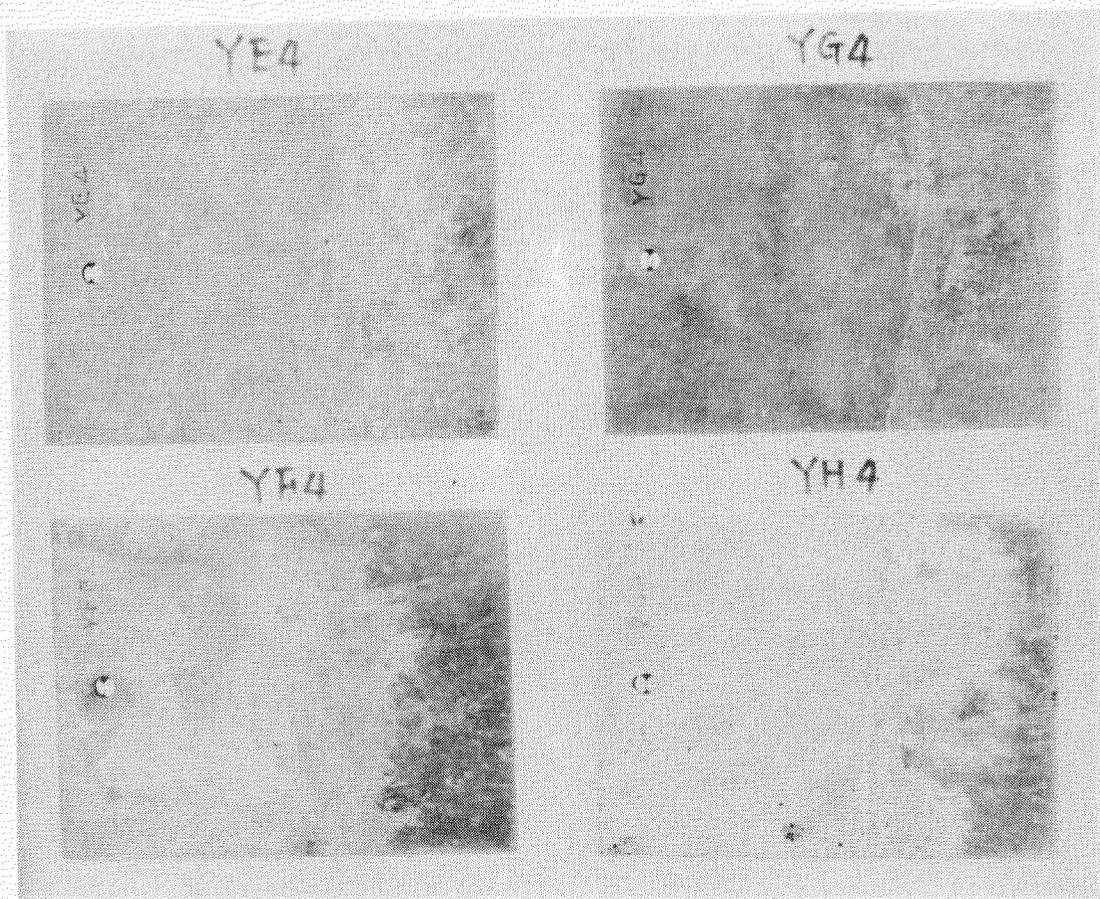
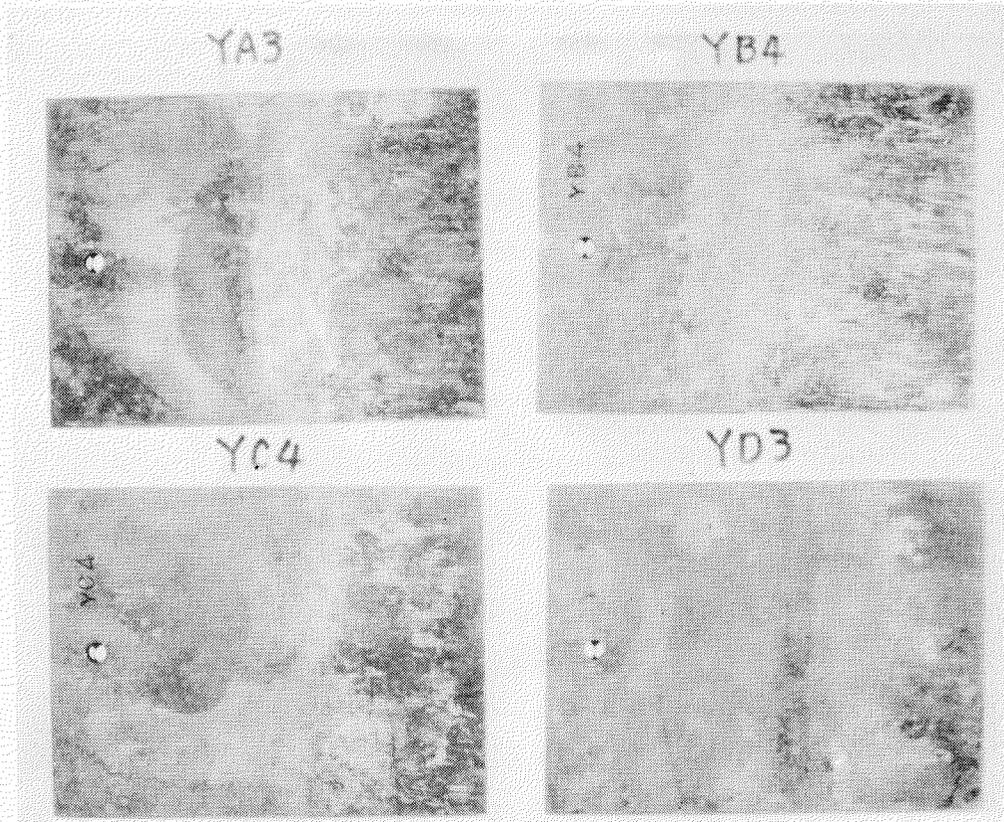


写真2.2.7

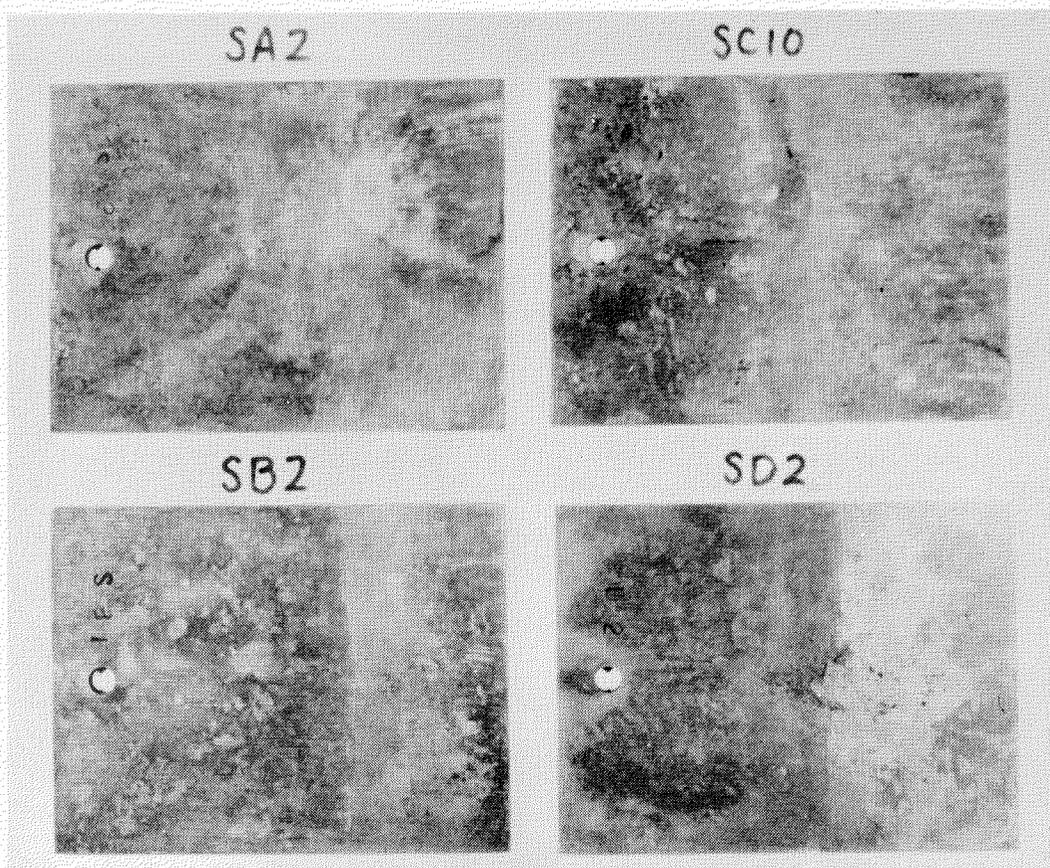
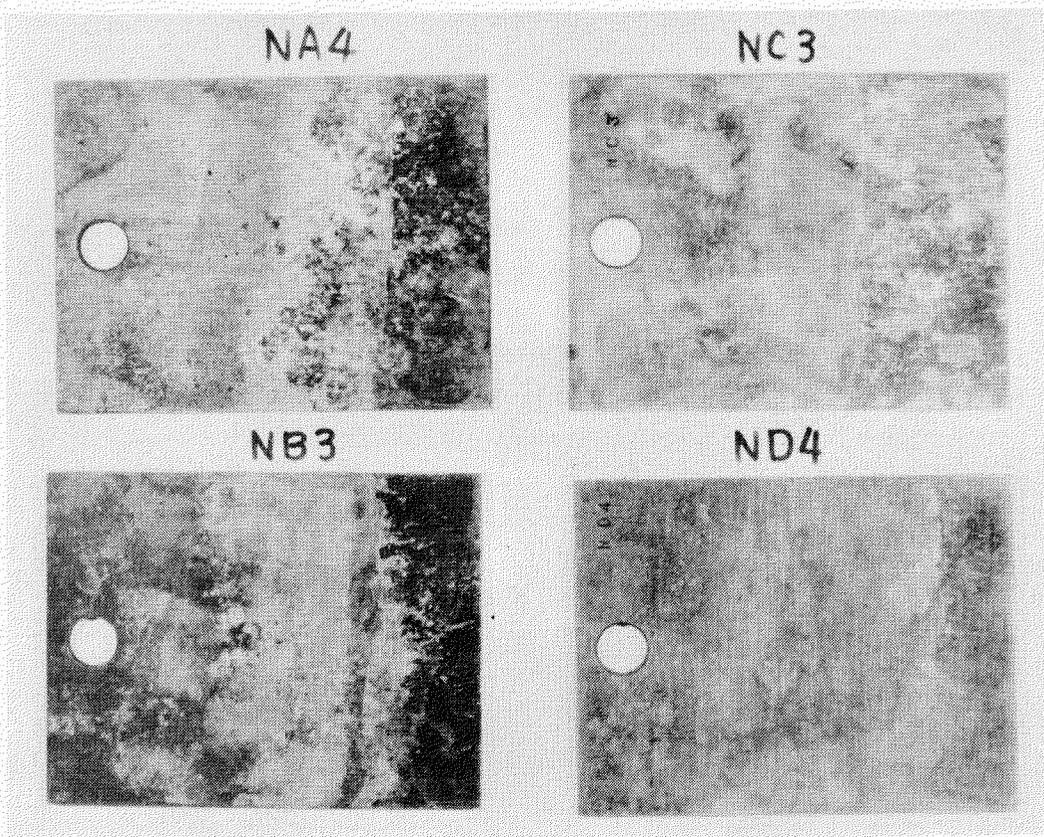


写真 2.2.8

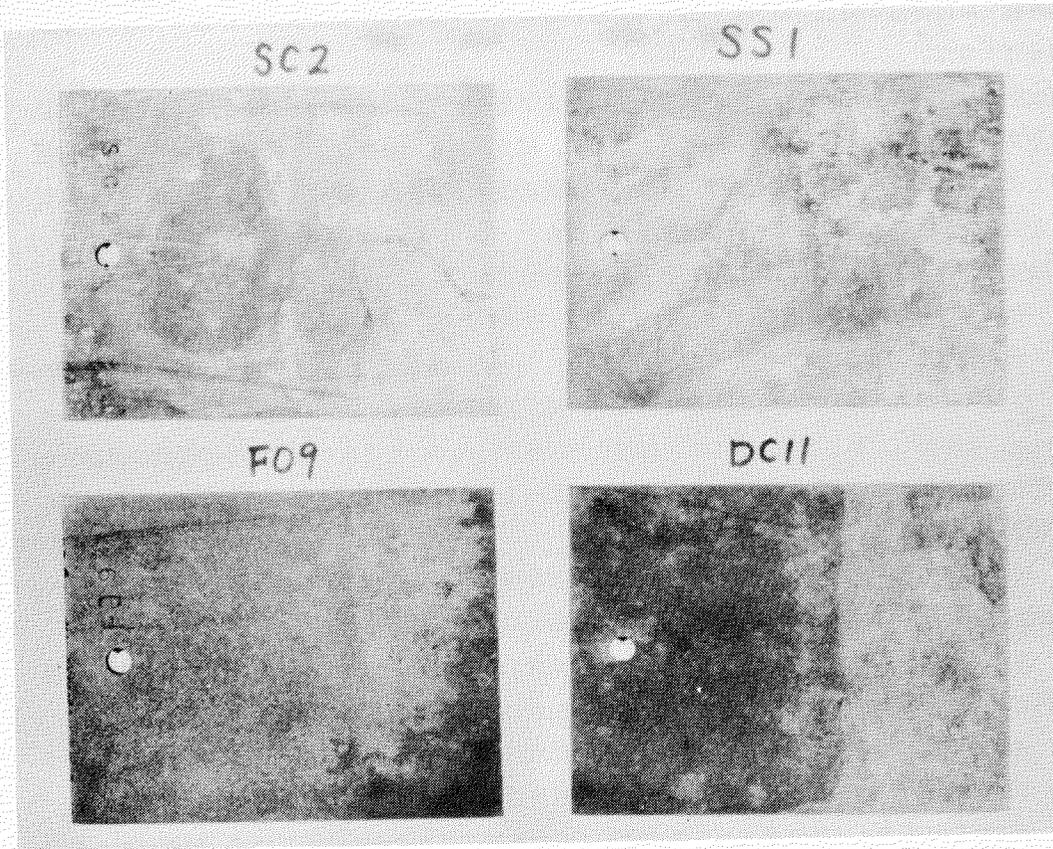


写真2.2.9

2.3 低PH海水中浸漬試験

本研究では荷油管の腐食の原因の一つと考えられる海水のPHの低下をとりあげ、低PH海水中浸漬試験を行なった。

常海水浸漬試験、海水・スラッジ混合液浸漬試験および乾湿交互浸漬試験と同じように、20鋼種の試験片をPH3に調整した海水中に約4ヶ月浸漬して、腐食試験を行なった。また海水のPHの腐食速度におよぼす影響について調べるために、普通鋼、普通鋳鉄および普通鋳鋼の試験片をPH8.2からPH2まで変えた海水中に浸漬して、腐食試験を行なった。

本報告はこれら二つの腐食試験結果をまとめたものである。

2.3.1 試験方法

(1) 低PH海水中(PH3)浸漬試験

供試材は静海水浸漬試験等と同様であるが、試験片製作時手違いがあつて、DCIのみ異なつてゐる。すなわち、20鋼種のうち19鋼種までは各鋼種について2枚のほぼ同一の形状の試験片を使用した。DCIの試験片の中1枚(符号DCI-29)は90mm×40mm×4mmの小型の試験片を使用した。

図2.3.1に示す保温槽中に図2.3.2の塩ビ製腐食液槽を入れ腐食液の温度が35℃になるように、保温槽中の水の温度をサーモジェット(攪拌器付ヒーター)で調節した。

海水は長崎港外の自然海水(PH約8.2)を使用し、調整によつてPHを3に約10日間隔で調整した。なお海水には図2.3.2に示すように約100mmの深さから空気を吹き込んだ。

試験片の配列状況を図2.3.3に示す。試験片は水面より約300mmの深さに4φのガラス棒でつりさげ、試験片同志の接触および塩ビ製腐食液槽との接触を避けた。

浸漬期間は昭和44年9月10日より昭和45年1月9日までの121日間で、海水は12月10日新しいものと取換えた。

浸漬試験終了後表面状況をカラー写真撮影を行なった。腐食生成物の除去は5% HCl + 0.5% イピット1L酸洗い液で約5時間行なった。酸洗い液の温度は約10℃であつた。酸洗い後中和洗浄、アルコールおよびエーテルによる脱脂を行ない40℃の乾燥器中で乾燥した。

乾燥後重量測定および写真撮影を行なった。また小坂式粗さ計SE-4型により孔食深さを測定した。

(2) PHを種々変えた海水中浸漬試験

供試材は普通鋼、普通鋳鉄および普通鋳鋼の3種で、普通鋼および普通鋳鉄は各1枚、普通鋼は各2枚の試験片を使用した。PHは8.2, 6, 5, 4, 3, 2の6種を調整した。試験片配列状況を図2.3.3に示す。

他の試験方法等は前項と同様である。

2.3.2 試験結果

(1) 低PH海水中(PH3)浸漬試験

酸洗い後の浸漬試験片の表面状況を写真2.3.1~写真2.3.5に示す。

重量減測定結果および孔食深さの測定結果を表2.3.1に示す。表2.3.1をまとめて成分系と腐食速度の関係をまとめたものが図2.3.4である。

クロム成分と腐食速度との関係図を図2.3.5に示す。

(2) PHを種々変えた海水中浸漬試験

酸洗い後の表面状況を写真2.3.6~写真2.3.11に示す。PHが低下するにつれて表面状況も変化し、PHが3程度になると表面の凹凸が非常に激しくなつてゐる。

重量減測定結果を表2.3.2に示す。この結果をまとめたものが図2.3.6である。これらの結果が

ら明らかなようにPHが低下するにつれて腐食速度は増加する。PH 8.2の時の腐食速度を1.00としたとき、各鋼種の腐食速度はPHによつて表2.3.3のように変化している。

2.3.3 考 察

タンク底部の海水のPHが低いことがすでに報告され、タンク残水のPHが2.4まで低下した例も報告されている。¹⁾ PHが低下すれば腐食速度が増加することは当然予想されるが、水の場合はPHが9.5から4程度変化しても余り腐食速度は影響を受けないといわれている。²⁾ これに対してタンク残水中に浸漬して腐食試験を行なった場合は、腐食速度はPHの低下につれてほぼ直線的に上昇し、PHが8から3になつた場合、腐食速度はほぼ2倍になつている。¹⁾ 他方本研究の場合表2.3.3から明らかなようにPH 3までは大体直線的に腐食速度は上昇しPHが3以下に低下すると著しく腐食速度は増加している。

荷油管の腐食が問題になるのは、主として水の溜りやすい内面底部の点状腐食らしい。³⁾ この点状腐食が低PH海水のみによるとは言えないにしても、一つの要因として考えられるであろう。

海水のPHの低下の原因は種々考えられるが、原油中の硫酸分が大きな影響をもつていると考えられる。

本試験の場合PHの調整は前記で行なつた。腐食が進行すればPHが上昇するため、約10日間隔でPHを調整したが、液の攪拌が充分行なえなかつたので、厳密にはPHを一定には調整ができなかつた。また10日間経過すればPHは上昇するため、目標値よりほとんどの場合高い側にあつたと考えられる。このようにために、比較材として試験したSS 41、FC 20およびSC 42の腐食速度が同じ目標値のPH 3でも1)の試験と2)の試験で異なつたものと考えられる。いずれにしても腐食によつてPHは上昇するので、PHを一定に保持するためには腐食液を攪拌し、自動PH調節器を使用しなければならぬ。

試験結果から明らかなように平均腐食速度を減少させるためにはクロムが有効な元素のようである。しかしクロム含有量を増加させると図2.3.5から明らかなように孔食深さを増大させる傾向にある。また、荷油管材としてみた場合多量にクロムを添加することは、他の船殻部材との局部電池の発生だけでなく、溶接が困難になるという問題を生じるおそれもある。またアルミニウムの添加は平均腐食速度を減少させるようであるが、図2.3.5のNB、NCからわかるように、孔食深さを増大せしめるようである。したがつてこれらの結果から判断すればアルミニウムを添加しない2~3Cr系鋼が耐低PH海水腐食性においてすぐれているようである。

2.3.4 ま と め

低PH海水中浸漬試験(PH 3)およびPHを種々変えた海水中浸漬試験(PH 8.2~PH 2)を行なつた結果つぎのことが明らかになつた。

- (1) 海水のPHが低下するにつれて腐食速度は増加し、PHが3以下になると急激に腐食速度は増加する。
- (2) クロム含有量を増加させると平均腐食速度は減少するが、孔食深さが増大する。総合的に判断すればアルミニウムを添加しない2~3Cr系鋼が耐低PH海水腐食性においてすぐれているようである。

2.3.5 文 献

- (1) 瀬 尾 ; 「船殻の電気防食」(1963)P90 船舶技術協会・東京
- (2) H.H. Uhlig ; Corrosion Handbook (1948)P.129 John Wiley & Sons
- (3) SR115 幹事会資料(幹29)

表2.3.1 低PH海水浸漬試験結果

符号	成分系	試料番号	腐食減量 (12.1日間) (g)	腐食速度 (mm/yr)	孔食深さ (mm/yr)
YA	2Cr-1Ni-0.8Si	1	6.2651	0.175	0.065
		2	6.1662		
YB	2Cr-0.3Ti-0.8Si	1	5.8959	0.160	0.092
		2	5.4774		
YC	2Cr-0.3Mo-0.8Si	1	5.9681	0.167	0.056
		2	5.8934		
YD	2Cr-0.2Sb-0.5Ni	1	6.0782	0.167	0.041
		2	5.7579		
YE	2Cr-0.8Si	1	6.1005	0.167	0.054
		2	6.7082		
YF	3Cr-0.8Si	1	4.5769	0.127	0.053
		2	4.4123		
YG	0.5Mo	1	8.0994	0.239	0.048
		2	8.8809		
YH	5Cr-0.3Ti	1	3.6412	0.091	0.551
		2	3.4635		
SA	Cu-0.5Cr-0.3Ni	1	7.5139	0.215	0.019
		2	7.7315		
SB	1.25Cr-1Mn-0.5Si	1	7.3435	0.206	0.090
		2	7.2950		
SC	1Cr-0.7Si-0.2Sn	1	7.0733	0.204	0.075
		2	7.4243		
SD	2Cr-0.7Si-0.5Mo	1	6.0916	0.171	0.083
		2	5.9902		
NA	0.1P-Cu-0.5Cr	5	7.6778	0.210	0.040
		6	7.1863		
NB	Cu-2Cr-0.5Al	5	4.5995	0.127	0.228
		6	4.3499		
NC	2.25Cr-Mo-0.8Al	5	5.0547	0.145	0.224
		6	5.1809		
ND	2.25Cr-1Mo	5	5.9508	0.173	0.060
		6	6.2684		
DCI	DCI-55	6	7.2693	0.244	0.269
		29	5.3776		
SC	SC-42	1	8.6860	0.249	0.111
		2	8.9680		
FC	FC-20	1	9.5742	0.282	0.244
		2	9.1439		
SS	SS-41	1	8.4324	0.221	0.023
		2	7.2708		

表2.3.2 海水のPHの腐食速度におよぼす影響

項目 符号	PH	腐食前重量 (g)	腐食後重量 (g)	重量減 (g)	表面積 (dm ²)	腐食速度		平均値 mm/year
						mg/cm ² /day	mm/year	
SC-3	8.2	175.0974	171.4874	3.6100	1.3736	21.721	0.102) 0.127
FC-3		147.6443	142.8457	4.7986	1.3736	28.872	0.144	
SS-3		172.4855	168.1541	4.3314	1.3736	26.061	0.122	
SS-4		171.7550	167.0761	4.6789	1.3736	28.152	0.132	
SC-4	6	174.7141	170.4953	4.2188	1.3736	25.384	0.119) 0.148
FC-4		160.5352	154.9707	5.5645	1.3736	33.480	0.167	
SS-5		171.0016	166.0897	4.9119	1.3736	29.554	0.138	
SS-6		171.5500	165.9560	5.5940	1.3736	33.658	0.158	
SC-5	5	175.6037	168.8564	6.7523	1.3736	40.627	0.190) 0.184
FC-5		151.0637	144.2117	6.8520	1.3736	41.227	0.206	
SS-7		171.7779	164.5965	7.1814	1.3736	43.209	0.202	
SS-8		171.2103	165.3161	5.8942	1.3736	35.464	0.166	
SC-6	4	176.3557	166.5691	9.7866	1.3736	58.884	0.276) 0.216
FC-6		145.0524	136.2279	8.8245	1.3736	53.095	0.266	
SS-9		170.7687	163.1269	7.6418	1.3736	45.979	0.215	
SS-10		171.4131	163.7293	7.6838	1.3736	46.232	0.216	
SC-7	3	170.0784	156.5947	11.4837	1.3736	69.095	0.323) 0.260
FC-7		139.3847	124.1687	15.2160	1.3736	91.551	0.458	
SS-11		170.7040	161.5901	9.1139	1.3736	54.836	0.257	
SS-12		171.7860	162.4469	9.3391	1.3736	56.191	0.263	
SC-8	2	174.2587	127.1496	47.1091	1.3736	283.445	1.326) 0.795
FC-8		148.9825	80.2932	68.6893	1.3736	413.288	2.066	
SS-13		172.4938	144.1509	28.3369	1.3736	170.497	0.798	
SS-14		171.2058	143.0758	28.1300	1.3736	169.252	0.792	

表2.3.3 PHによる腐食速度の比較

PH	SC-42	FC-20	SS-41
8.2	1.00	1.00	1.00
6	1.17	1.13	1.17
5	1.86	1.43	1.45
4	2.71	1.85	1.70
3	3.17	3.18	2.05
2	13.00	14.35	6.26

(PH 8.2 のときの腐食速度を 1.00 とした。)

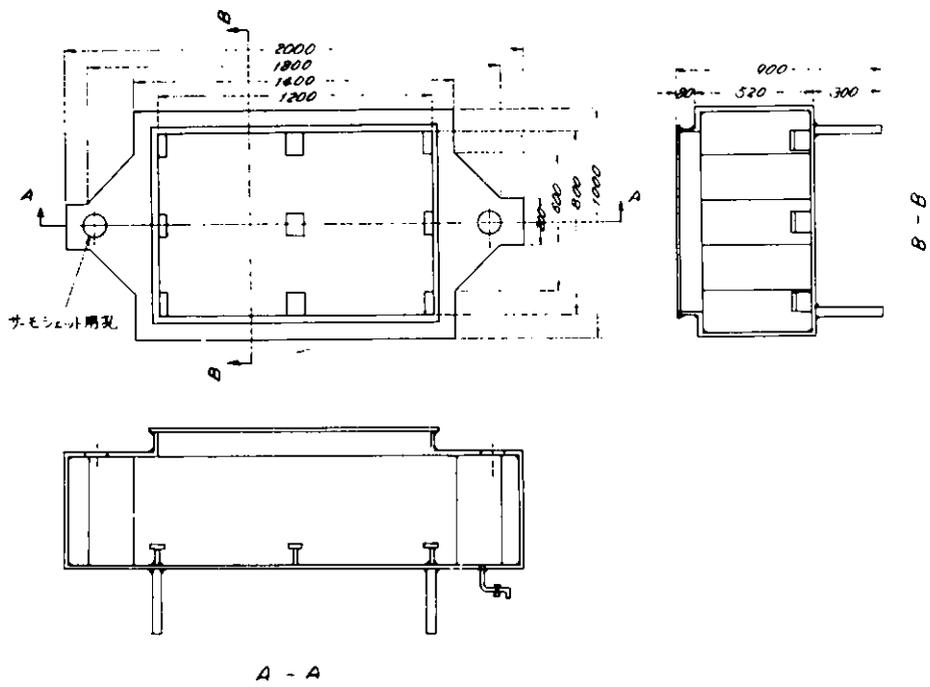


図 2.3.1 保温槽の構造

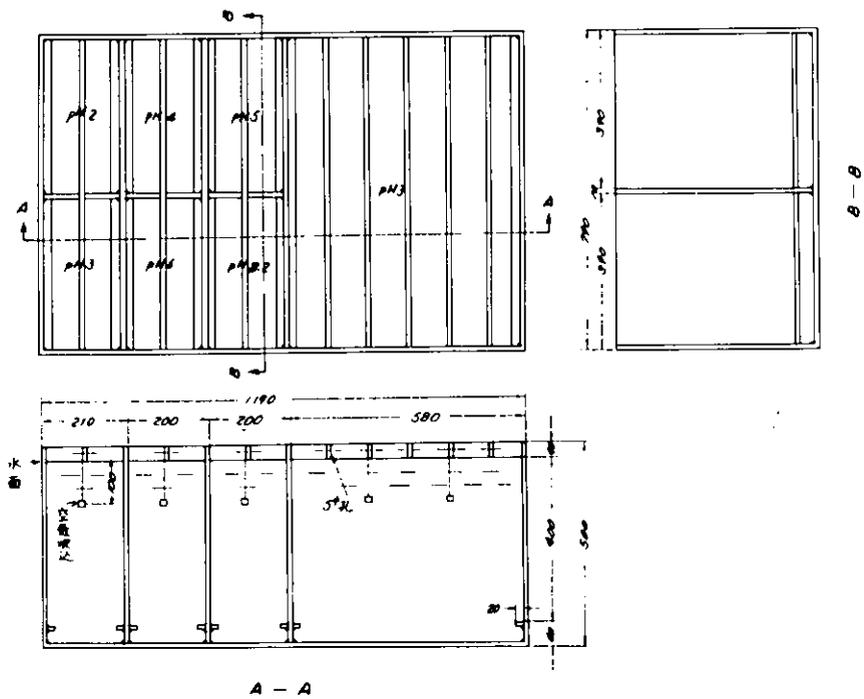


図 2.3.2 腐食液槽

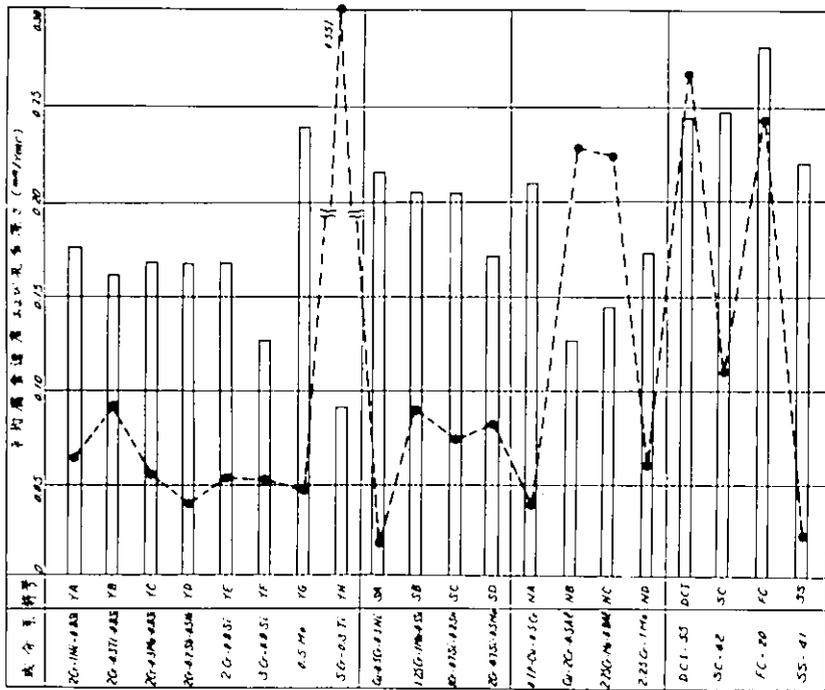


図 2.3.4 成分系と腐食速度の関係
 PH 3.0 海水 (空気吹込み)
 温度 35°C
 棒グラフは平均腐食速度 (mm/yr)
 ●印は孔食深さ (mm/yr)

YA-1 ○	YB-1 ○	YC-1 ○	YD-1 ○	YE-1 ○	YF-1 ○	YG-1 ○	YH-1 ○	YA-1 ○
JB-1 ○	SC-1 ○	SD-1 ○	NA-5 ○	空食 ○	NB-5 ○	NC-5 ○	ND-5 ○	DCI-6 ○
SC-1 ○	FC-1 ○	SS-1 ○	YA-2 ○	YB-2 ○	YC-2 ○	YD-2 ○	YE-2 ○	YF-2 ○
YG-2 ○	YH-2 ○	SA-2 ○	SB-2 ○	空食 ○	SC-2 ○	SD-2 ○	NA-6 ○	NB-6 ○
NC-6 ○	ND-6 ○	DCI-29 ○	SC-2 ○	FC-2 ○	SS-2 ○	PH3		
SC-5 ○	FC-5 ○	SS-7 ○	SS-8 ○	空食 ○	SC-3 ○	FC-3 ○	SS-3 ○	SS-4 ○
SC-6 ○	FC-6 ○	SS-9 ○	SS-10 ○	空食 ○	SS-4 ○	FC-4 ○	SS-5 ○	SS-6 ○
SC-8 ○	FC-8 ○	SS-13 ○	SS-14 ○	空食 ○	SC-7 ○	FC-7 ○	SS-11 ○	SS-12 ○
			PH2				PH3	

図 2.3.3 試験片種別状況

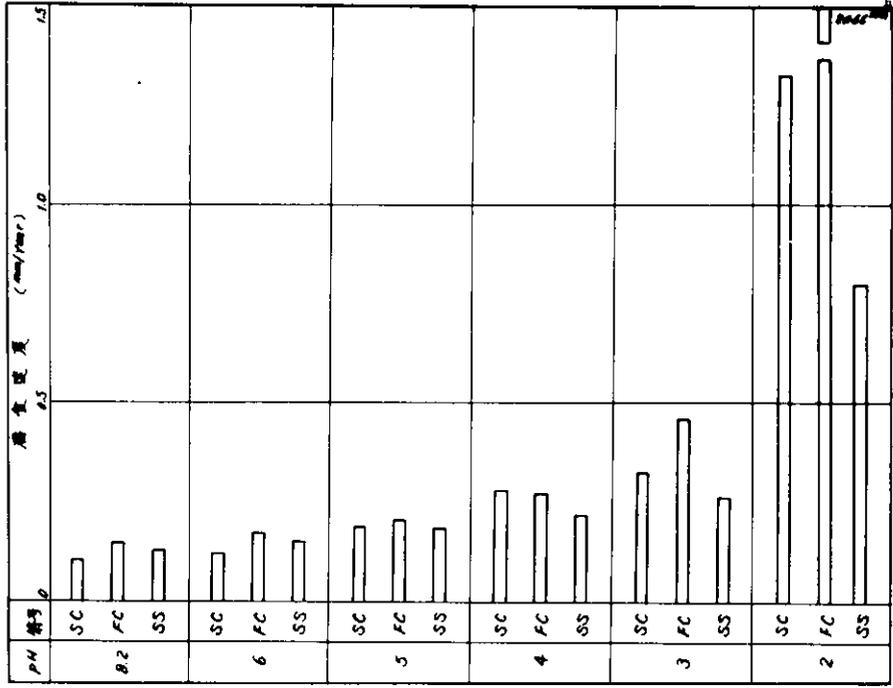


図 2.3.6 海水の PH の腐食速度の影響

PH : 硫酸調整

温度 : 35°C

海水 : 長崎港外自然海水 (空気吹込)

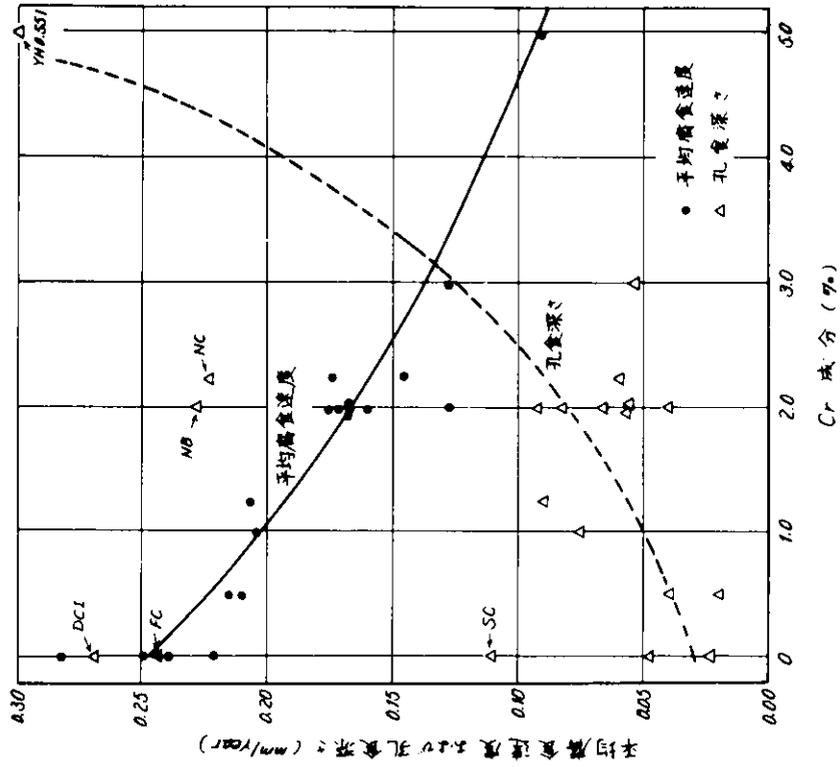


図 2.3.5 クロム量と平均腐食速度および孔食深さとの関係

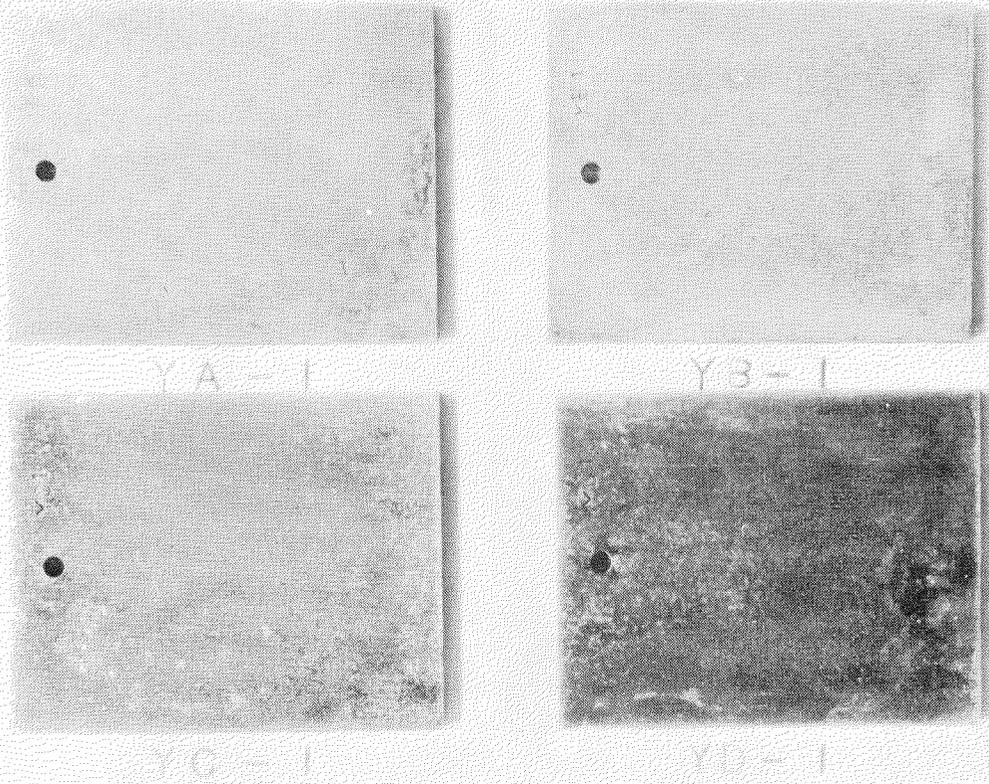


写真2.3.1 酸洗い後の表面状況 (YA-1~YD-2)

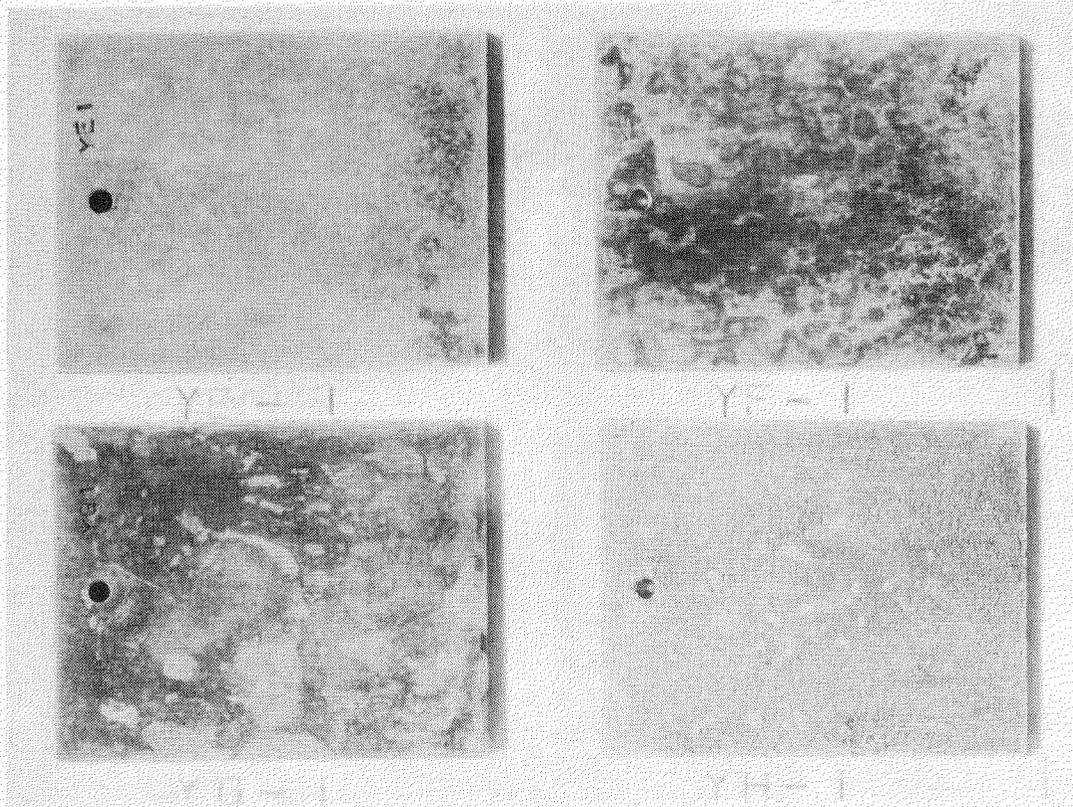


写真2.3.2 酸洗い後の表面状況 (YE-1~YH-1)

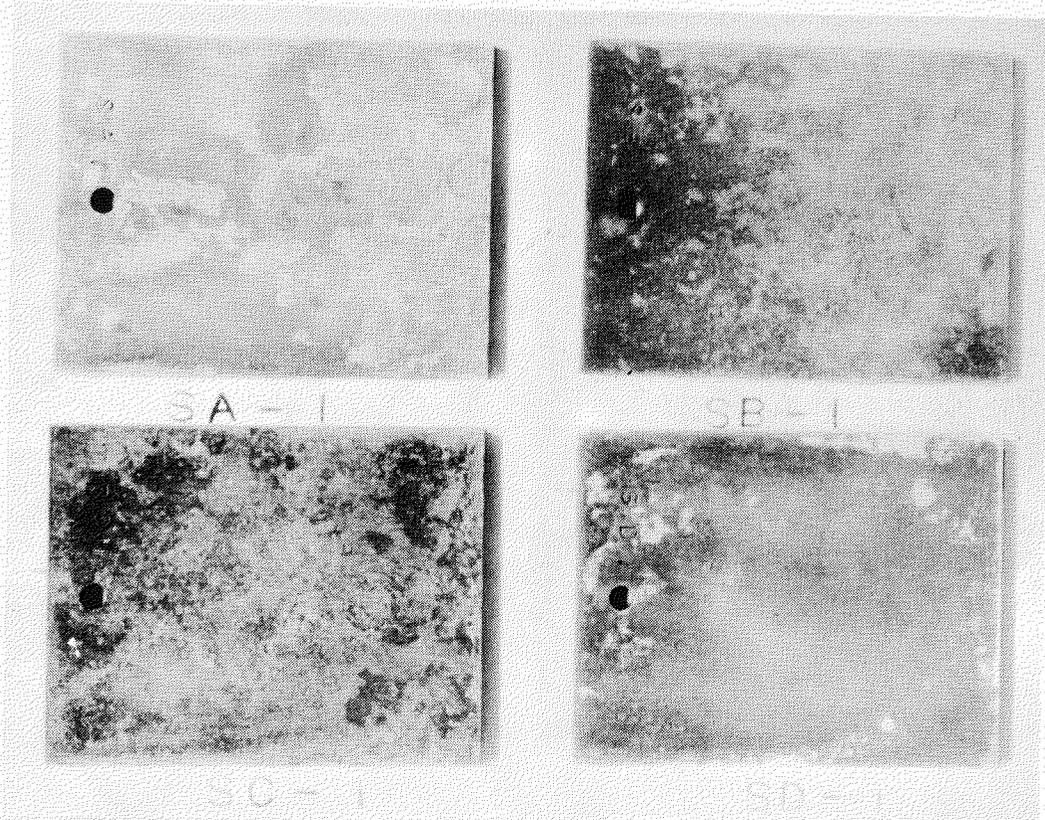


写真2.3.3 酸洗い後の表面状況 (SA-1~SD-1)

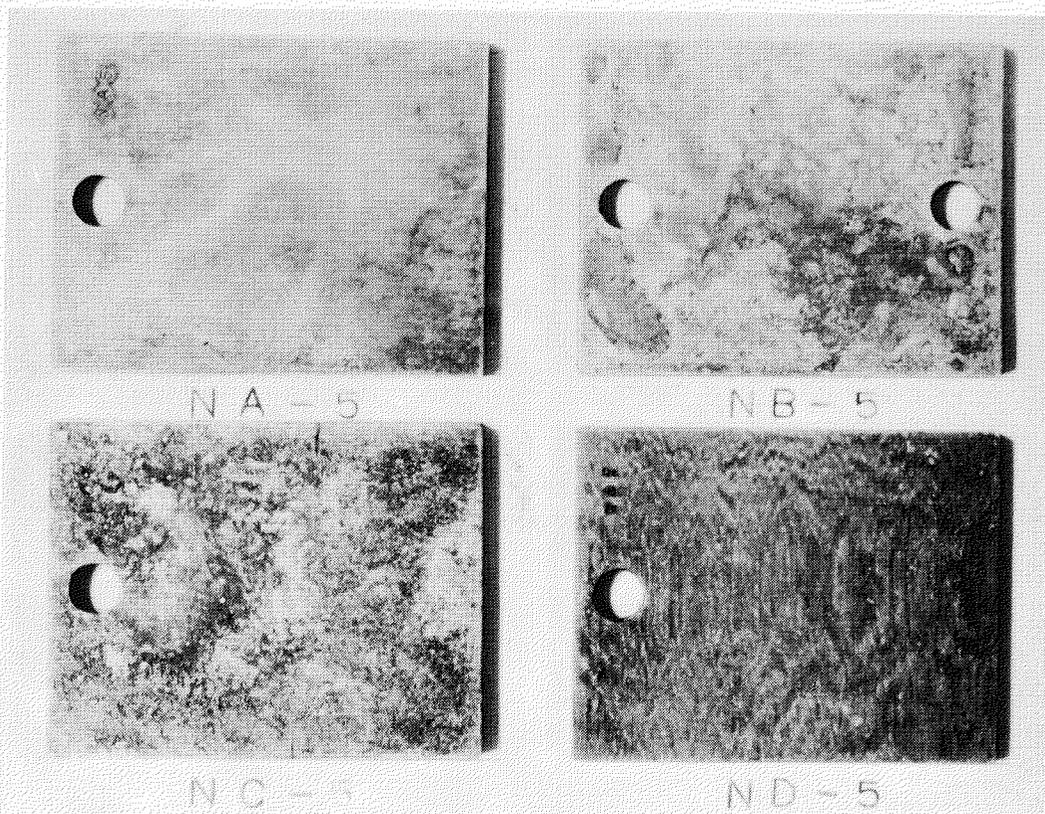


写真2.3.4 酸洗い後の表面状況 (NA-5~ND-5)

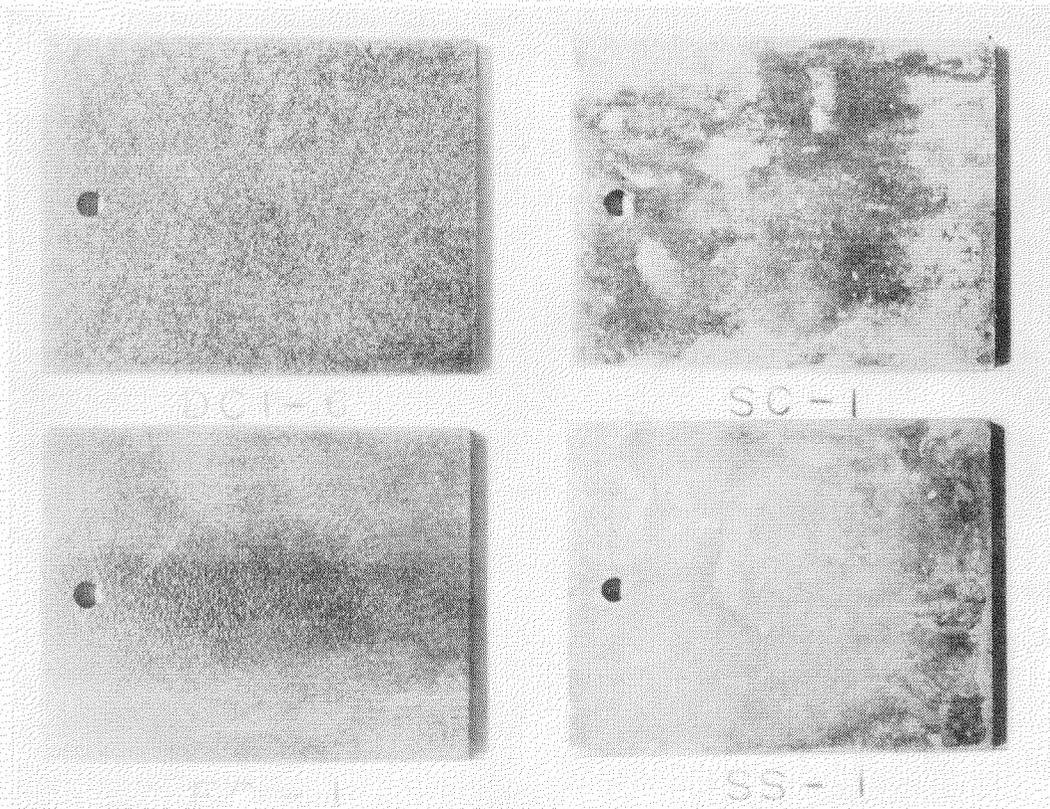


写真2.3.5 酸洗い後の表面状況 (DOI-6~SS-1)

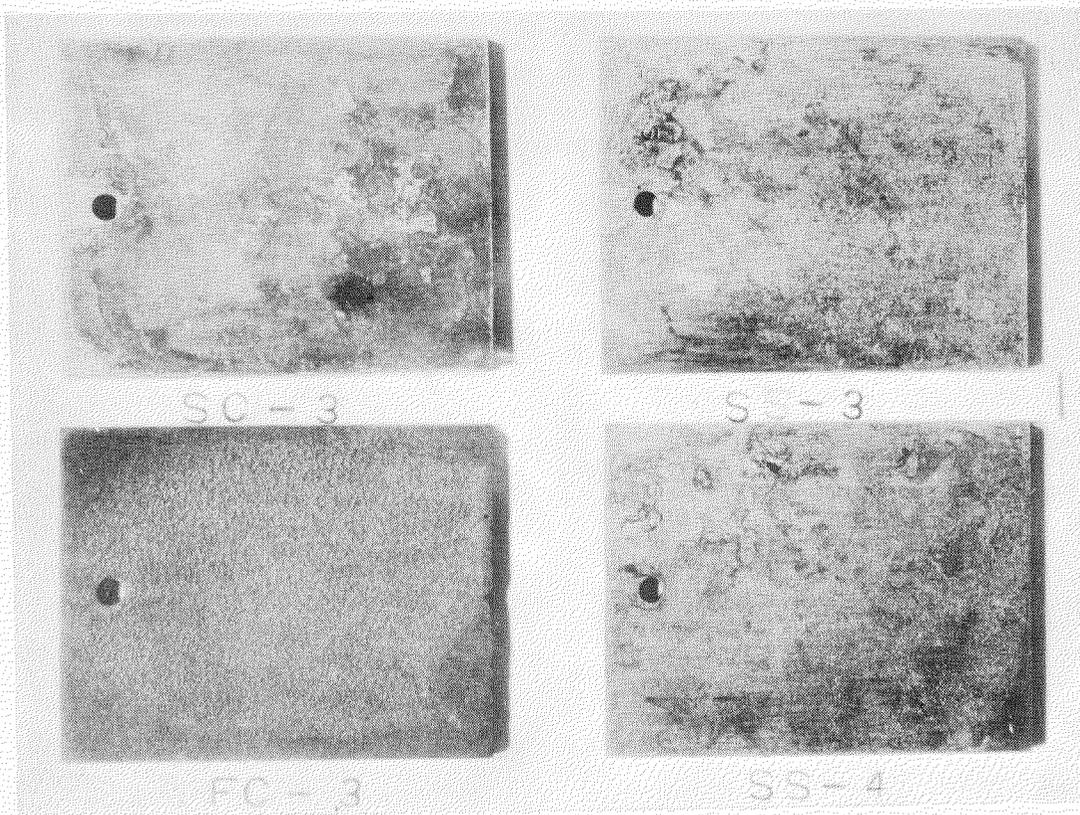


写真2.3.6 酸洗い後の表面状況 (PH 8.2)

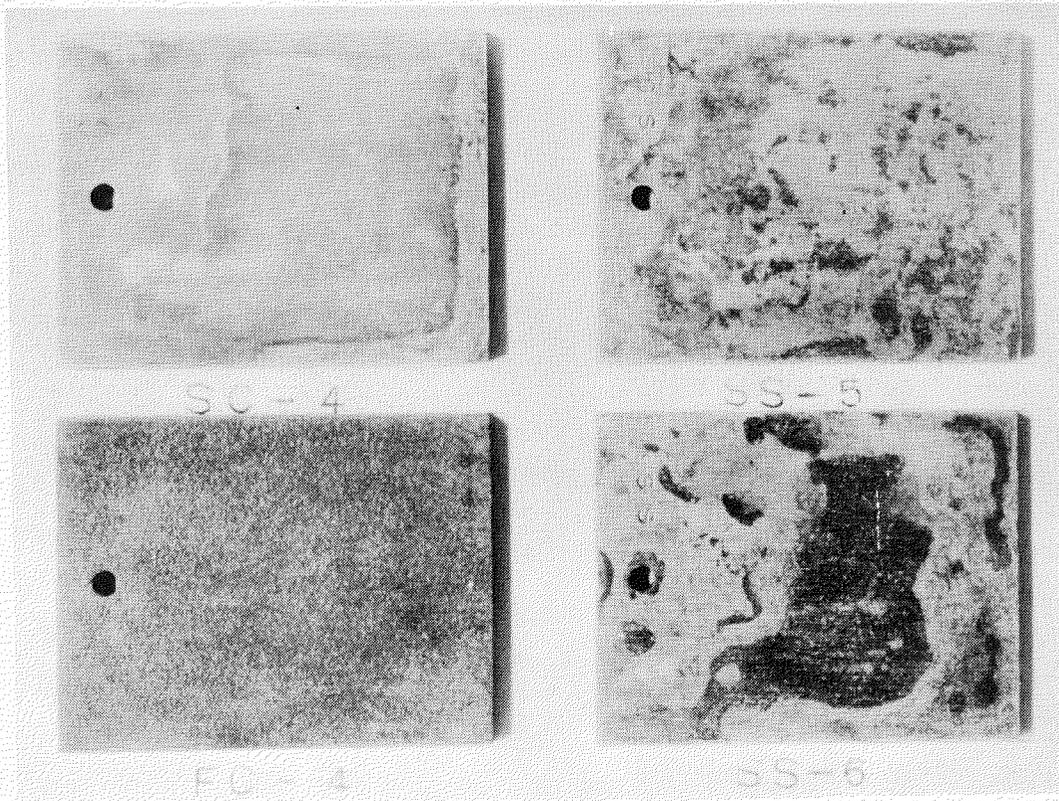


写真2.3.7 酸洗い後の表面状況 (PH 6)

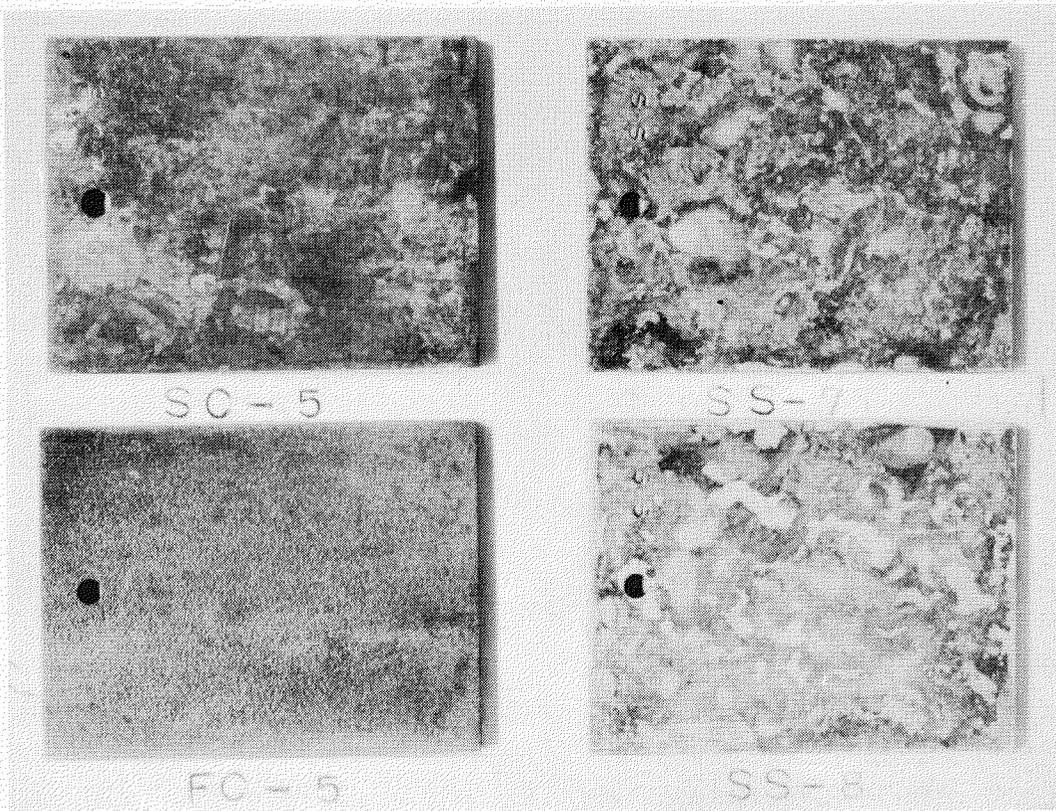


写真2.3.8 酸洗い後の表面状況 (PH 5)

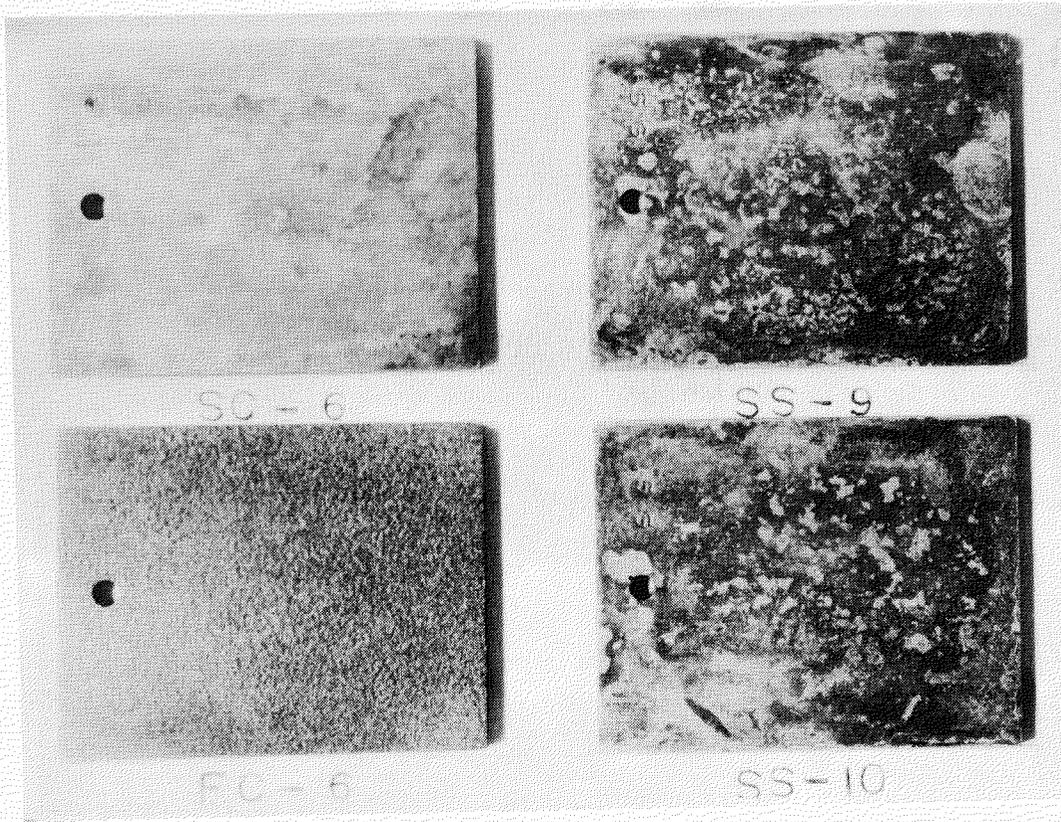


写真2.3.9 酸洗い後の表面状況 (PH4)

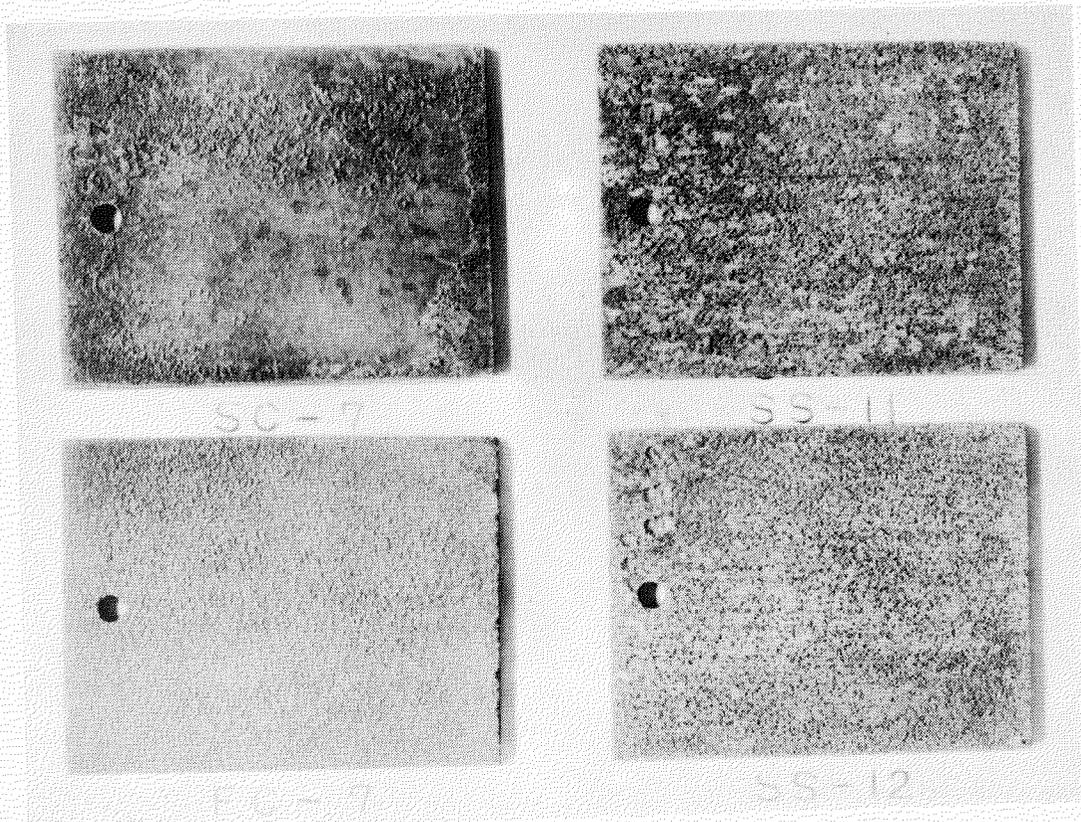


写真2.3.10 酸洗い後の表面状況 (PH3)

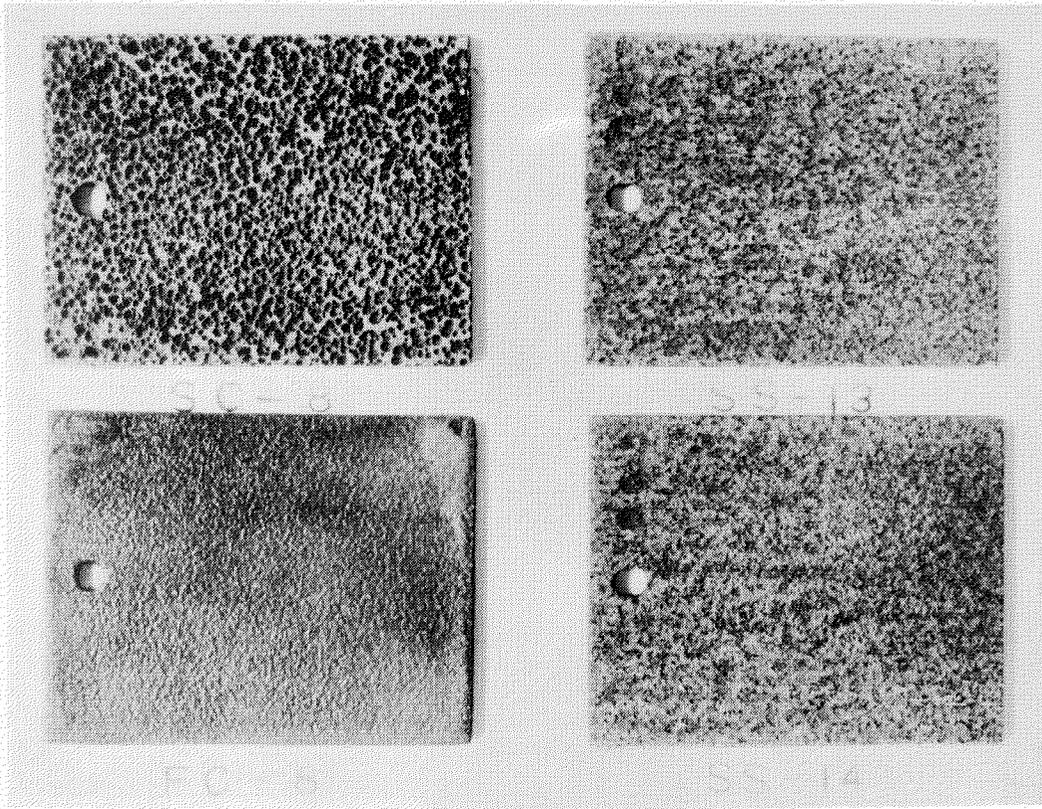


写真 2.3.1.1 酸洗い後の表面状況 (PH 2)

2.4 乾湿交互試験

2.4.1 試験方法

供試材は2.1 静海水浸漬と同様である。写真2.4.1、図2.4.1に示すS u S 1 8内張りの試験槽に図2.4.2のごとく最初に配置して温度35℃に保ち、乾湿交互が1週間をもつて1サイクルとし、順次位置を変えた。

試験条件および設置条件の詳細は次のとおりである。

恒温水槽 内容積 $700 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \times 550 \text{ mm}$

(詳細は図2.4.1 写真2.4.1を参照)

浸漬液 自然海水(横須賀久里浜海岸) PH 7.8

空気吹込み ポンプにて空気を常時海水中に吹込む

空気量 約 $1,300 \text{ cc/min}$

温度 $35^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$

試験片配置 1本の架台棒に8枚の試験片をガラスフックで吊し、5本の架台棒を1サイクルごとくずらして位置換えを行なった。海水浸漬の試験片の位置は水面から約 -100 mm 。(詳細は図2.4.2)

試験期間は4.4.9.1.1(午後)~4.5.1.1.1(午前)間の122日間で浸漬61日間、乾61日間である。乾湿交互の乾の状態は海水(35℃)の蒸発によつて湿度が100%近いものとなつている。湿の状態は海水浸漬である。海水は12月6日に更新した。

試験片の前処理と後処理は2.1 静海水浸漬試験とはほぼ同じであるが、後処理で腐食生成物の除去は5% HCl + 0.5% イピット1L酸洗いしたが、サビの固着が非常に強いため、その作業には約5時間を要した。液温は室温で7℃前後であつた。その他の工程は規定どおりである。

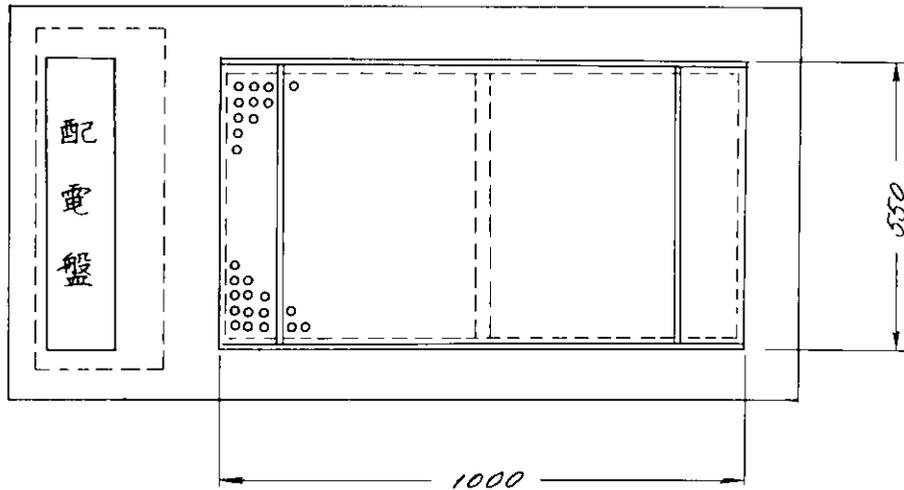
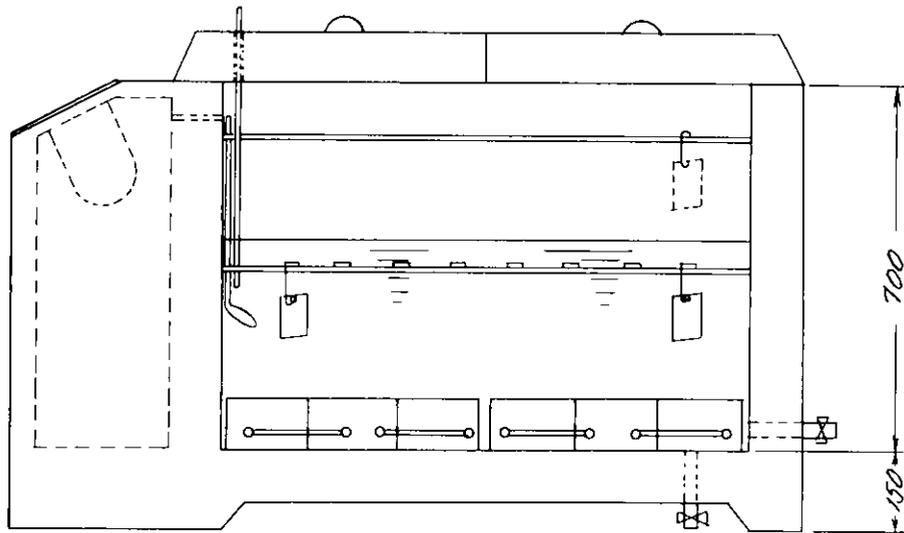
2.4.2 試験結果

符号	成分系	試料番号	122日間重量減 g/dm ²	孔食深さ mm/yr	腐食速度 mm/yr
YA	2Cr-1Ni-0.8Si	7	5.6235	0.60	0.217
		8	5.6921		
YB	2Cr-0.3Ti-0.8Si	7	5.7178	1.09	0.215
		8	5.5000		
YC	2Cr-0.3Mo-0.8Si	7	6.7071	0.83	0.258
		8	6.7174		
YD	2Cr-0.2Sb-0.5Ni	7	6.1963	0.62	0.250
		8	6.8289		
YE	2Cr-0.8Si	7	8.6650	1.04	0.336
		8	8.8514		
YF	3Cr-0.8Si	7	4.6194	1.07	0.185
		8	5.0707		
YG	0.5Mo	7	10.2805	1.02	0.390
		8	10.0262		
YH	5Cr-0.3Ti	7	5.3718	1.67	0.203
		8	5.1781		
NA	0.1P-Cu-0.5Cr	7	8.1226	0.96	0.327
		8	8.8858		
NB	Cu-2Cr-0.5Al	7	6.6800	1.44	0.263
		8	6.9568		
NC	2.25Cr-Mo-0.8Al	7	7.0819	1.35	0.246
		8	5.7692		
ND	2.25Cr-1Mo	7	9.8260	0.89	0.358
		8	8.8111		
SA	Cu-0.5Cr-0.3Ni	1	9.4890	0.68	0.367
		2	9.7034		
SB	1.25Cr-1Mn-0.5Si	1	9.9913	0.66	0.367
		2	9.1912		
SC	1Cr-0.7Si-0.2Sn	1	9.7992	1.18	0.327
		2	7.2847		
SD	2Cr-0.7Si-0.5Mo	1	6.7466	0.68	0.286
		2	8.1833		
SS	SS41	1	9.4260	1.01	0.406
		2	11.6847		
SC	SC	13	11.3663	0.98	0.426
		14	10.8027		
DC	DCI	17	11.7976	1.70	0.507
		18	13.0202		
FC	FC	13	13.5762	1.07	0.525
		14	11.9936		

比重はDCI, FCは7.3, 他はすべて7.8で計算する。
腐食状況のカラー写真と酸洗い後の白黒写真をとった。

2.4.3 考 察

- (1) 試験期間が短いためほとんど腐食を受けていない面を持つ試験片が多かった。
- (2) このため腐食減量から計算で求める腐食速度の表示 (mm/yr) だけで判断するのは十分でなく、孔食深さも考慮すべきであろう。
- (3) 今回の供試材を試験結果のみから判定すると、腐食速度 (mm/yr) の少ないものは $0.2 \text{ mm}/\text{yr}$ 程度
3Cr-0.8Si, 5Cr-0.3Ti であり
多いものは
SS41 ($0.41 \text{ mm}/\text{yr}$), SC ($0.43 \text{ mm}/\text{yr}$), DCI ($0.51 \text{ mm}/\text{yr}$)
FC ($0.53 \text{ mm}/\text{yr}$) である。
- (4) 孔食をみると
少ないものは $0.6 \text{ mm}/\text{yr}$ — $0.7 \text{ mm}/\text{yr}$ 程度では
2Cr-1Ni-0.8Si, 2Cr-0.2Sb-0.5Ni
Cu-0.5Cr-0.3Ni, 1.25Cr-1Mn-0.5Si
2Cr-0.7Si-0.5Mo である。
多いものは
5Cr-0.3Ti, DCI, Cu-2Cr-0.5Al で $1.4 \sim 1.7 \text{ mm}/\text{yr}$ である。
- (5) 腐食速度をある程度犠牲にして、荷油管の最大の欠陥となる孔食をみれば、標準を SS41 よりも耐食性良好と判定されるものは、
2Cr-1Ni-0.8Si, 2Cr-0.3Mo-0.8Si
2Cr-0.2Sb-0.5Ni, 0.1P-Cu-0.5Cr
2.25Cr-1Mo, Cu-0.5Cr-0.3Ni
1.25Cr-1Mn-0.5Si, 2Cr-0.7Si-0.5Mo である。
- (6) Cost up の要因となりそうな特殊元素を含む成分系はやはり耐食性がよい。



恒温水槽諸元

水槽内寸法 1000×550×70 mm

内槽 SUS27 1 mm厚

外槽 ボンデ鋼板 焼付塗装仕上げ

付属品

温度調節器 (ロバートショウ) 20℃~120℃

パイプヒーター SUS 4本

AC100V, 500W×4=2KW

U字型 全長450 mm 巾100 mm

断熱材 ガラスウール50 mm厚

棚段、金網スノコ、試験片架棒 8ヶ

空気吹込みポンプおよびパイプ

配電ボックスその他

図 2.4.1 恒温水槽

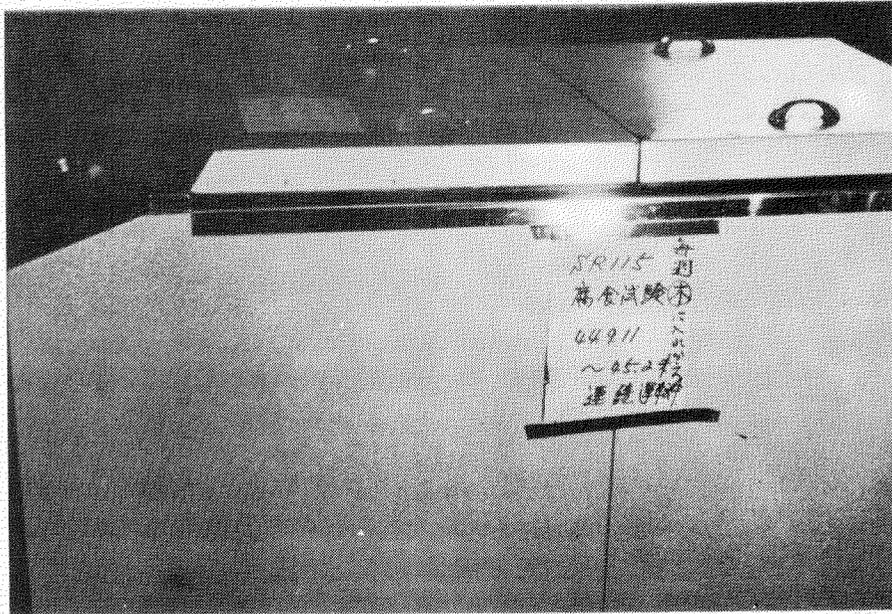
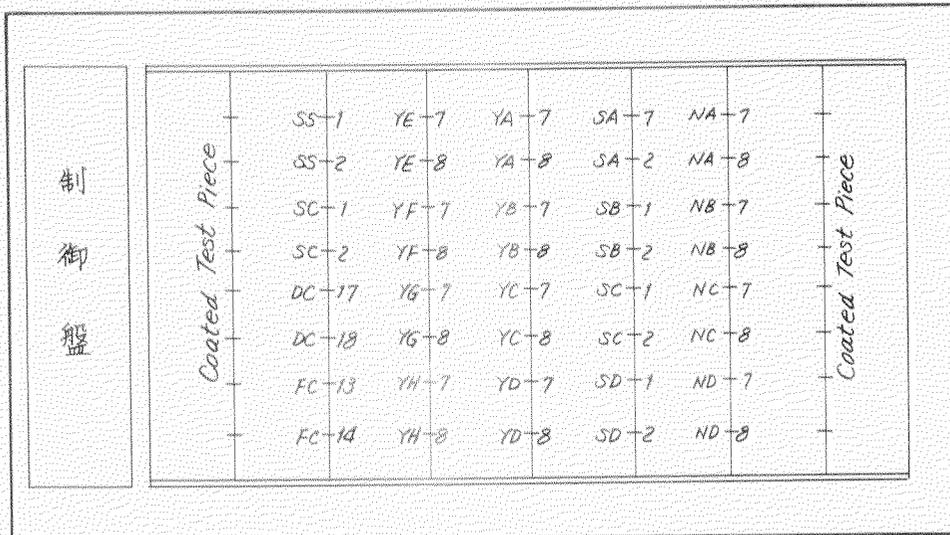


写真2.4.1 恒温水槽全体写真



水深 350 mm (Bottom から)

試験片位置 浸漬中 水面から -100 mm, 乾 水面より +150 mm

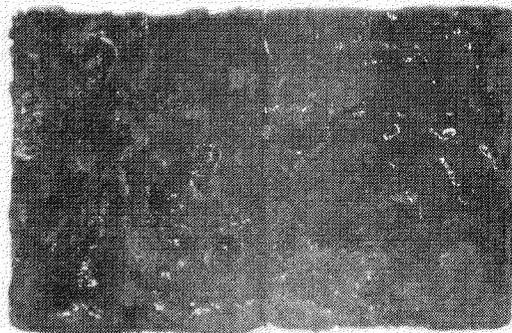
空気吹き込み Bottom から 70 mm のスリットの下から

図2.4.2 試験配置図



YA-7

YB-7



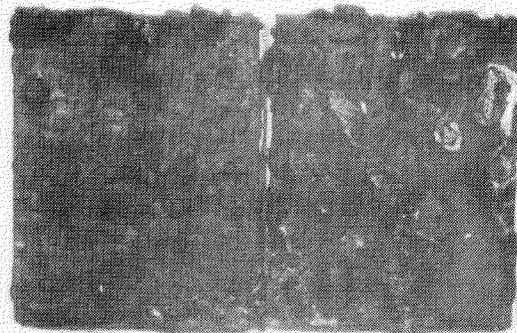
YC-7

YD-7



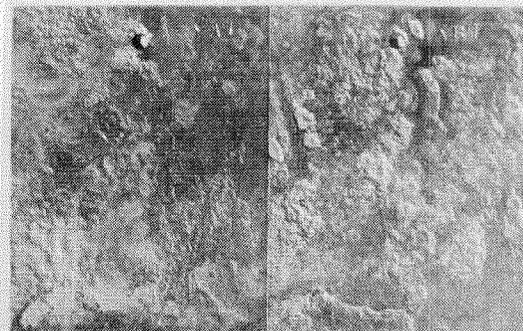
YE-7

YF-7



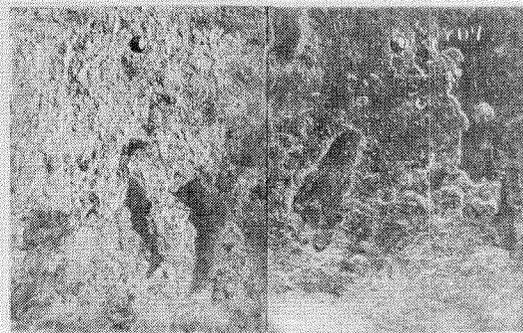
YG-7

YH-7



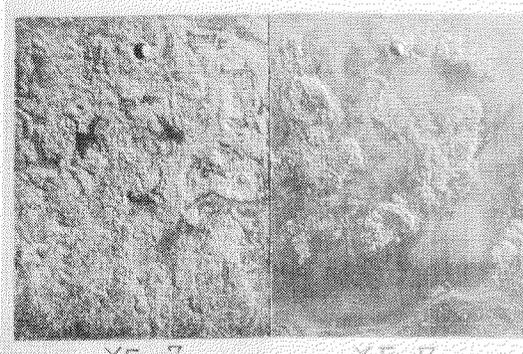
YA-7

YB-7



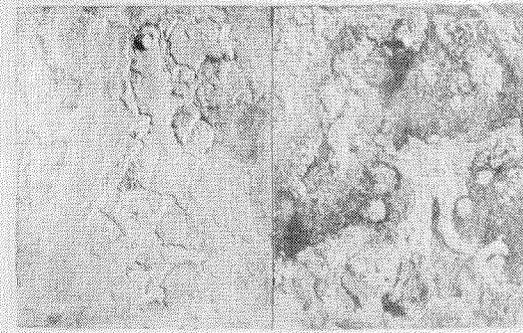
YC-7

YD-7



YE-7

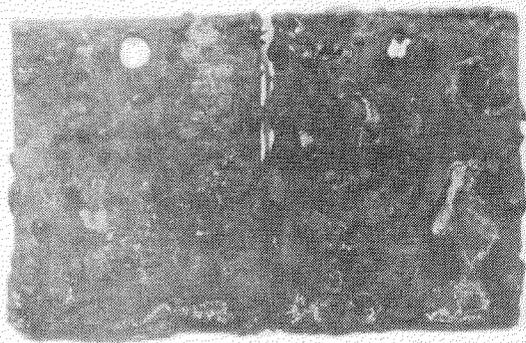
YF-7



YG-7

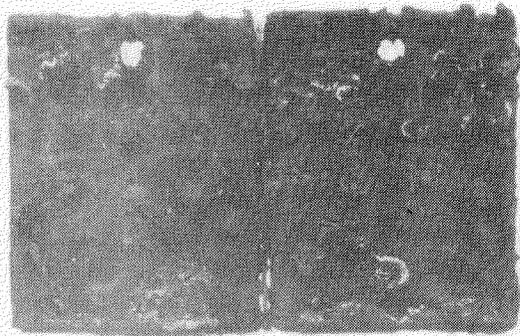
YH-7

写真2.4.2(その1)試験片



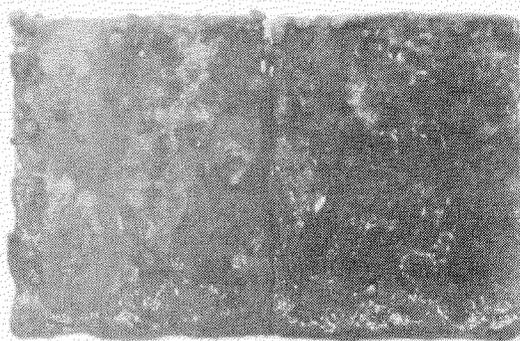
NA-7

NB-7



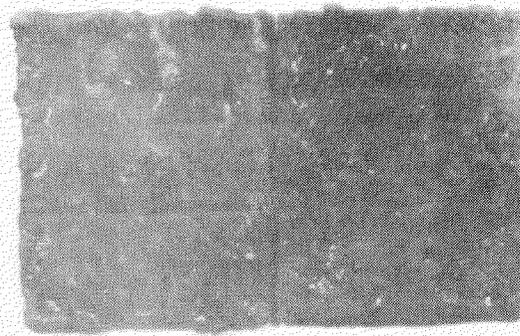
NC-7

ND-7

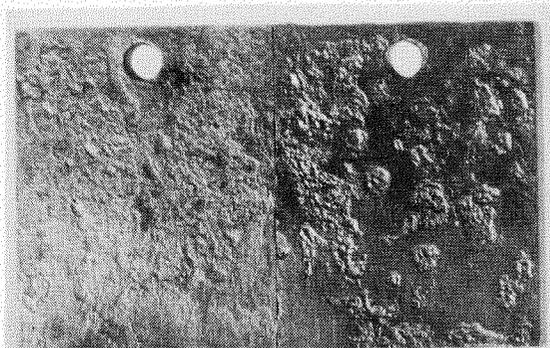


SA-1

SB-1

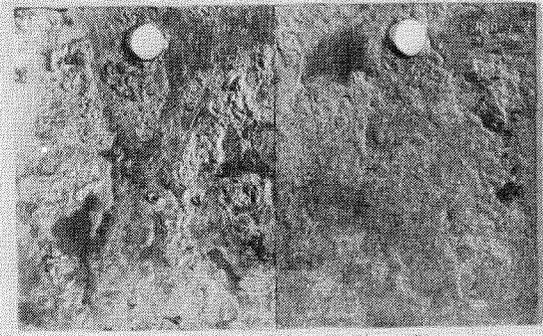


SC-1



NA-7

NB-7



NC-7

ND-7



SA-1

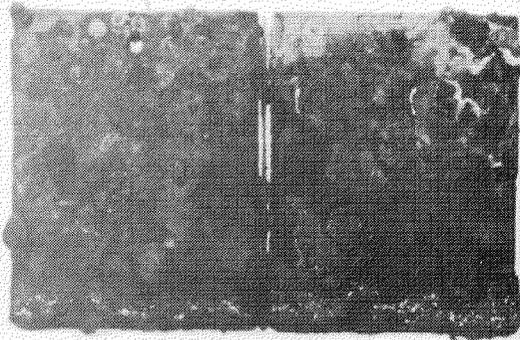
SB-1



SC-1

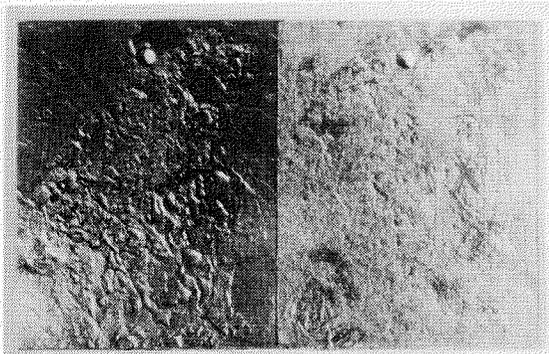
SD-1

写真2.4.2(その2)試験片



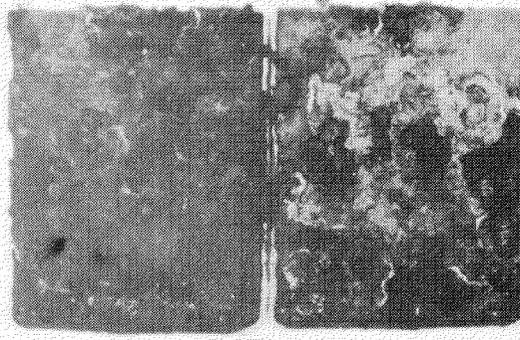
SS-1

SC-13



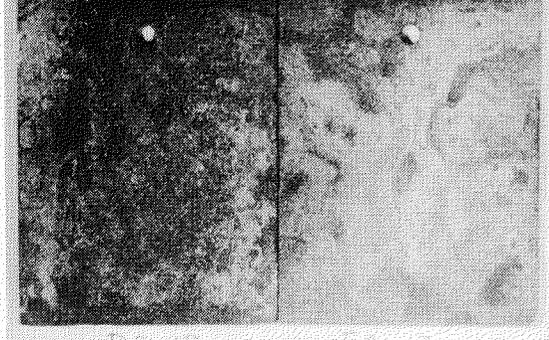
SS-1

SC-13



SS-1

SC-13



SS-1

SC-13

写真2.4.2(その3)試験片

附 録

塗 装 試 験 片 結 果

(I) 試験方法

Bare Metal 各種試験片と同一

(i) 試験条件および設置条件

Bare metal 各種試験片と同一

(ii) 試験片

素材(被塗装) 形 状 70×90×3.5 mm²

鋼 種 軟 鋼

下地処理 ショットブラスト

S I S S a 3

表面アラサ 平均60μ

塗料及び膜厚

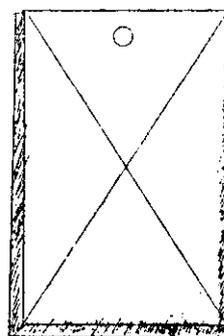
各塗料メーカーの任意

試験片の種類

1枚は No damage

1枚は 右図の如くscratchを入れて

damageを与えたもの(表 ウラ共)



(iii) 試験片の後処理

テスト完了後、表面に付着した多量のサビ(bare metalの試験片からのサビ)を落として判定した。

(iv) 試験期間

bare metal 試験と同一。

(V) 試験片塗装系

	プライマー	1st Coat	2nd Coat	3rd Coat
TH8	—	タールエポキシ	—	—
TH7	—	タールエポキシ	—	—
TY	—	タールエポキシ	タールエポキシ	—
TU	エポキシ ジンクプライマー	タールエポキシ	タールエポキシ	—
TK	—	ハイビルド タールエポキシ	—	—
TT	長バク ウオツシユプライマー	タールウレタン	—	—
ZK	—	無機質 ジンクリッチペイント	—	—
ZN	無機質 ジンクプライマー	無機質 ジンクプライマー	—	—
ES	無機質 ジンクリッチペイント	エポキシ	エポキシ	エポキシ
EN	—	エポキシ	エポキシ	—
ECS	ハイビルド エポキシプライマー	ハイビルド エポキシ上塗	—	—
ECW	ハイビルド エポキシプライマー	ハイビルド エポキシ上塗	—	—
PN	—	焼付 エポキシクリヤー	焼付 エポキシクリヤー	—
ET	長バク ウオツシユプライマー	エポキシ	—	—

塗料メーカーの自社の推奨する塗装系を提出。

(2) 試験結果 (122日間の結果)

	Non Damage				Damage (Scratch)			
	表		ウラ		表		ウラ	
	膜厚 μ	判定	膜厚 μ	判定	膜厚 μ	判定	膜厚 μ	判定
TH8	404	G	300	G	428	line ㄥのみ 赤サビ	344	line ㄥのみ 赤サビ
TH7	262	G	402	G	279	line ㄥ赤サビ フレ 3ヶ 5ヶ 4ヶ	500	line ㄥ赤サビ フレ 7~8ヶ 2ヶ
TY	309	G	236	G	289	line ㄥ赤サビ フレ ASTM No4Fw	289	line ㄥ赤サビ フレ ASTM No2 Fw
TU	351	G	356	G	355	サビなし フレ多い ASTM No4Fw	348	サビなし フレ line ㄥ 沿つて ASTM No4-Fw
TK	336	G	285	G	285	サビ少し フレ ASTM No2-M	334	サビ少し フレ ASTM No4-M
TT	310	サビ少し	261	サビ少し フレ1ヶ	302	サビ多い フレ No2-M	268	サビ多い フレ No4-F
ZK	151	G	163	G	156	G	134	G
ZN	44	G	85	G	49	line ㄥサビ 少し	84	line ㄥサビ少 し
ES	422	G	296	G	406	G	275	G
EN	68	サビ多し フレ多し No2-Dense	57	サビ多し フレ No4-Medium	64	サビ・フレ 多し フレ No2- Dense	59	サビ・フレ多い フレ No2-M
ECS	293	G	332	G	287	line 沿つてフ レ サビ フレ No4-MD	289	line 沿つて フレ・サビ フレ No6-MD
ECW	302	G	328	G	310	line ㄥサビ 全面にフレ No2-M	320	line ㄥサビ 全面にフレ No2-M
PN	86	(判定しにくい) サビ? フレ No4-F	47	サビ? フレ No4-M	47	サビ多し フレ No4-F	74	サビ多し フレ No4-MD
ET	216	G	211	G	253	ハクリしてい てサビあり	226	ハクリを生じ てサビ多し

G; 異常なし

フレの表示はASTMのBlisteringの表示による。

フレの大きさはNo.で示し(No.2 No.4)

フレの数は単語で示す

※ 膜厚は5点測定し、その平均値を示す。

(3) 考 察

- (i) 塗料メーカーの自社の推奨する塗装系を任意に提供する形をとつたので、膜厚、塗り回数等について一定でない。
- (ii) 塗装系の比較では無機質ジクリッチペイントが最もよい。
- (iii) タールエポキシ系は全般に厚膜で良好であるが、damage を受けたものは厚膜でもサビ、フクレを生じている。
- (iv) エポキシ系も全般に厚膜であるが、中にはハクリを生じたものもある。
- (v) フェノールエポキシ系は膜厚不足のためかサビ、フクレを生じていた。

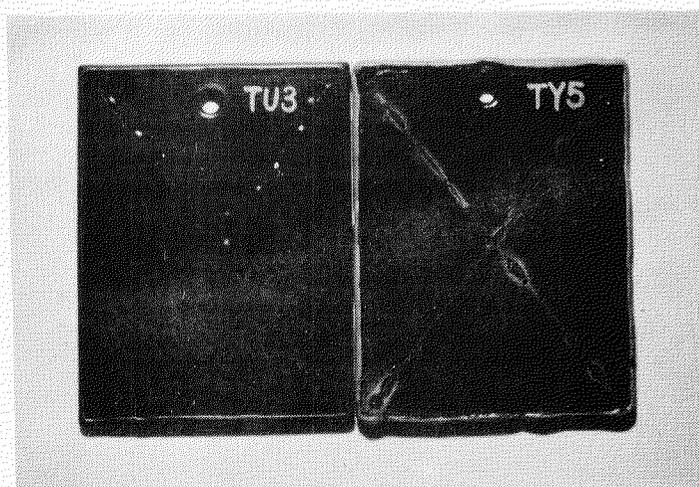
(4) 結 論

今回の試験では良好な塗装系を選択する意味から試験を行なつたので結論を出すのは控えたい。

次回テストには無機質ジクリッチペイント、コールタールエポキシペイントについてのみ行ない、塗装工程、経済性等についても検討し、一心の結論を得たい。

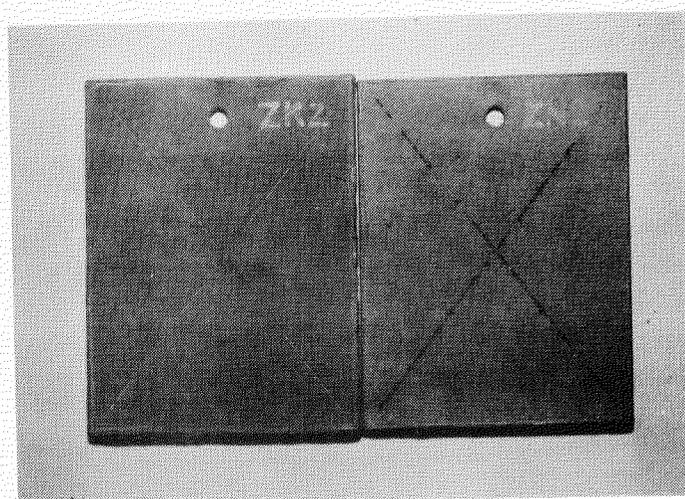
写真・1

コールタールエポキシの劣化
左；スクラッチ線に沿つてのフクレ
右；スクラッチ線のサビ



写真・2

無機質シンクリッチペイント
左；良好
右；スクラッチにのみサビ少し



写真・3

エポキシの劣化
左；右；フクレ及びサビ多し

