

第 146 研 究 部 会

諸管材料腐食に関する調査研究

報 告 書

昭 和 52 年 3 月

社 団 法 人

日 本 造 船 研 究 協 会

本調査研究は、船舶の補修工事費に占める諸管材料の腐食によるものの割合が非常に大きいことに鑑み、その工事費節減を図るための具体的な腐食対策確立の基礎資料を得る目的で、昭和48年度から4ケ年計画で実施しており、本年度は、就航船についてアンケートによる実態調査および訪船開放調査、新造船就航時からの追跡調査（以上初年度から継続）、さらに実験室基礎研究において、回転翼車型腐食試験機による試験および実管テストを行い、基礎資料の蓄積をはかるとともに腐食実態の究明を行ったものである。

は し が き

本報告書は、日本船舶振興会の昭和51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会が第146研究部会においてとりまとめたものである。

第146研究部会委員名簿

(敬称略, 五十音順)

部会長	佐山昭彦(川崎汽船)		
幹事	網矢勉(山下新日本汽船)	石津善雄(日本鋼管)	
	岩田省治(三菱重工業)	岩田昌男(大阪商船三井船舶)	
	植田昭二(三菱重工業)	陣駒美登(佐世保重工業)	
	須永正人(川崎重工業)	平田栄(三井造船)	
	福垣敦男(三菱重工業)	増田祐(ジャパンライン)	
	望月峻右(石川島播磨重工業)	吉田真(日本郵船)	
	渡辺精三(日立造船)		
委員	池田秀夫(住友重機械工業)	植田靖夫(船舶技術研究所)	
	内堀利也(日本防食工業)	翁長一彦(船舶技術研究所)	
	賀田秀夫	北野三夫(出光タンカー)	
	久野忠一(川崎製鉄)	小林豊治(科学技術庁)	
	小吹泉(佐野安船渠)	坂田薫(笹倉機械製作所)	
	坂本進(日本ペイント)	佐武二郎(住友金属工業)	
	佐藤義一(函館ドック)	重野隼太(中川防食工業)	
	諏訪部伝司(神東塗料)	瀬尾正雄	
	染矢博文(三保造船所)	竹田征雄(日本海事協会)	
	西岡正美(造船工業会)	前田直昭(新日本製鉄)	
	森川卓(船主協会)		

目 次

1. ま え が き	1
2. 50年度実施状況報告	3
2.1 就航船のアンケートによる実態調査	3
2.1.1 調 査 目 的	3
2.1.2 調 査 要 領	3
2.1.3 実態調査実施船	3
2.1.4 調 査 結 果	10
2.1.5 調査結果の考察	10
2.1.6 ま と め	12
2.2 就航船の開放調査研究	12
2.2.1 調 査 目 的	12
2.2.2 調査実施要領	12
2.2.3 開放調査実施船	12
2.2.4 調 査 結 果	13
2.2.5 調査結果の考察	13
2.2.6 ま と め	20
2.3 新造船就航時からの追跡調査研究	32
2.3.1 調 査 目 的	32
2.3.2 調査実施方案	32
2.3.3 実 施 対 象 船	32
2.3.4 調 査 結 果	32
2.3.5 調査結果の考察	38
2.4 実験室基礎研究	56
2.4.1 実験室基礎研究の目的	56
2.4.2 回転翼車型腐食試験機による実験	56
2.4.3 実 管 テ ス ト	58

1. ま え が き

船舶の補修工事費の中で、管装置の腐食に起因するものの割合は大きく、その節減は船の経済性向上に大きな意義を有する。諸管材料の腐食は現象が複雑であるだけに、過去何回かの実態調査、実験室の研究にもかかわらず、その成果が実船に有効に反映できる段階に至っていない。

第146研究部会は上記必要性に応えるため、日本造船工業会機関部会および日本船主協会工務専門委員会の提唱により「諸管材料腐食に関する調査研究」を目的として、昭和48年度より4ヶ年継続事業として発足以来、船会社、造船会社および関連会社の協力のもとに活動を続けてきた。本年度（昭和51年度）で第4年目を迎えた。世界的な省エネルギー、省資源の動きの中で、本調査研究の意義は益々高くなりつつあることを認識し、参加各委員および関係者は真剣に作業に取り組んできた。

研究調査は、当初の方針に従い下記の三項目に分けて実施した。

- (1) 就航船のアンケートによる実態調査および開放調査研究
- (2) 新造船就航時からの追跡調査研究
- (3) 実験室基礎調査

初年度（昭和48年度）は基礎的調査の段階で、就航船のアンケート調査、就航船の開放調査および昭和48年度完成の新造船3隻を選定し、これらの船に対して実船テストのための諸テストピースの装着を行った。第2年度（昭和49年度）は、就航船の調査の続行、新造船のテストピースの取外し調査等の実施、並びに回転翼車型腐食試験を実施した。第3年度（昭和50年度）は、就航船調査、新造船テストを前年度に準じ実施した。実験室研究では回転翼車型試験装置による試験のほか、大規模な海水循環式実管テストを、約4ヶ月実施した。第4年度（昭和51年度）は、最終年度として就航船調査、新造船追跡調査、実験室基礎実験を実施した。特に実管テストは鉄鋼メーカー開発中の耐薄状腐食性電鍍鋼管について耐食性の調査を6ヶ月実施した。この実験結果からある程度の結論にまとめることを意図したが、通水期間短く十分な腐食量を定量できず結論を導くに至らなかった。従って実験を更に1年間延長し、昭和52年度にこれら実験結果にもとづく総合的とりまとめを行う予定である。

2 51 年度実施状況報告

2.1 就航船のアンケートによる実態調査

2.1.1 調査目的

諸管材料腐食に関する調査研究の一環として就航船のうちから適当な船舶について腐食事例をあげ、その実態を把握するために実施したものである。

2.1.2 調査要領

実施に当って思想統一と、円滑、効果的な実施を図るため、「諸管腐食実態調査表」を作成し、調査対象船（表 2.1.

1）48 隻に対しアンケート調査を行なった。

2.1.3 実態調査実施船

アンケートを求めた 48 隻のうち本年度内に回答のあった対象船は 12 隻 220 件であった。対象船は表 2.1.2 のとおりである。

表2.1.1 アンケート調査対象船

船主	船名	重量吨数	船種	主 機		建 造	
						場 所	竣工年月日
◎ ジャパンライン	ジャバンカンナ	210,243 ^{KT}	タンカー	T	36,000 ^{PS}	三菱長崎	44.6.25
	ごうるでんあろう	19,090	コンテナ	D	28,000	石播相生	45.5.14
	ジャバンガラサス	208,902	タンカー	T	36,000	石播横浜	45.8.12
	ジャバンアカシア	122,482	鉾石	D	26,100	三菱広島	47.7.27
	ジャバンオーキッド	231,723	タンカー	T	36,000	川重坂出	46.6.8
◎ 商船三井	天倉山丸	181,881	タンカー	T	30,900	三井千葉	44.5.30
	海燕丸	209,261	タンカー	T	36,000	日立堺	45.3.20
	笠木山丸	117,571	鉾石	D	22,400	三菱広島	45.11.30
	三船山丸	123,553	鉾石	D	23,000	川重神戸	46.5.15
◎ 日本郵船	能登丸	12,952	貨物	D	8,300	日立向島	44.1.26
	伏見丸	12,611	貨物	D	12,000	三菱神戸	45.3.2
	高岡丸	215,850	タンカー	T	36,700	石播横浜	46.3.4
	高峯丸	180,585	タンカー	T	30,000	三菱長崎	44.2.15
	加賀丸	15,098	貨物	D	18,400	三菱神戸	41.3.12
◎ 川崎汽船	じぶらるたる丸	12,199	貨物	D	7,200	石播相生	43.10.21
	富久川丸	121,552	鉾石	D	14,750	川重神戸	45.8.11
	飛鳥川丸	232,339	タンカー	T	36,000	川重坂出	46.7.10
	くいずうえいぶろじ丸	30,465	コンテナ	D	36,000	川重神戸	47.1.27
	うええるず丸	12,180	貨物	D	18,400	川重神戸	45.12.21
第1中央 (M.O)	びすけい丸	101,723	鉾油	D	21,600	石播相生	44.5.23
	鹿島丸	120,174	鉾石	D	23,200	住重浦賀	45.9.29
	ぶりすと丸	168,394	撒油	T	28,000	住重追浜	48.1.25
飯野海運 (K.L)	紀邦丸	189,476	タンカー	T	34,000	川重坂出	43.7.4
	光邦丸	165,920	タンカー	D	28,800	石播呉	44.4.22
	星邦丸	106,814	タンカー	D	24,700	川重神戸	42.9.5
出光タンカー (J.L)	松寿丸	207,108	タンカー	T	33,000	石播横浜	44.1.29
	大嶋丸	221,500	タンカー	T	33,000	石播横浜	46.12.24
	高宮丸	253,500	タンカー	T	36,000	三菱長崎	47.12.25
山下新日本 (M.O)	東米丸	28,760	コンテナ	T	45,000	日立因島	47.8.19
	新鶴丸	165,196	鉾石	D	30,900	日立因島	46.9.14
	光珠丸	222,139	タンカー	T	35,000	佐世保	46.9.2
新和海運 (N.Y.K)	筑波丸	88,207	鉾油	D	18,400	三菱広島	43.9.30
	富貴丸	104,475	鉾石	D	21,600	石播相生	44.2.28
	鉄瑞丸	11,100	石炭	D	15,500	三井玉野	45.10.9

◎印幹事会社 ()内担当会社

船 主	船 名	重量吨数	船 種	主 機		建 造	
						場 所	竣工年月日
昭 和 海 運 (N.Y.K)	健 昭 丸	KT 115,340	撒 積	D	PS 17,000	銅 管 鶴 見	46. 6.30
	日 産 丸	27,212	カーキャリアー	D	9,400	日 立 舞 鶴	45. 7.21
	邦 昭 丸	11,458	貨 物	D	8,000	東 北 ド ッ ク	41. 4. 7
日 正 汽 船 (M.O)	日 安 丸	195,405	タ ン カ ー	T	34,000	日 立 堺	45. 7.24
	日 鉦 丸	154,630	タ ン カ ー	D	30,900	日 立 因 島	44. 7.11
	日 寿 丸	25,031	タ ン カ ー	D	10,400	笠 戸	47. 3.22
照 国 海 運 (J.L)	照 国 丸	251,987	タ ン カ ー	T	40,000	石 播 呉	46. 4. 5
	宇 佐 丸	268,770	タ ン カ ー	T	40,000	石 播 呉	47.10.23
東 京 船 舶 (N.Y.K)	さ ま ら ん 丸	9,772	貨 物	D	6,700	三 菱 下 関	44. 8.18
	第 8 と よ た 丸	30,307	貨 物	D	11,200	名 村	45. 7.31
	水 戸 丸	65,350	貨 物	D	15,000	銅 管 鶴 見	45. 3.16
共 栄 タ ン カ ー (N.Y.K)	共 栄 丸	216,121	タ ン カ ー	T	33,000	石 播 横 浜	46. 4.21
	金 山 丸	49,893	L. P. G.	D	17,400	三 菱 横 浜	45. 8.24

表 2. 1. 2 5 1 年 度 ア ン ケ ー ト 回 答 船

船 名	調 査 時 期	主 要 航 路	調 査 件 数
ジャバングランサス	S 5 1. 3	日 本 / P G	4
ジャバンオーキッド	S 5 1. 1 ~ 5 1. 3	P G / ヨ ー ロ ッ パ	2
天 倉 山 丸	S 5 1. 3 ~ 5 1. 7	日 本 / オ ー ス ト ラ リ ア	9
笠 木 山 丸	S 5 0. 1 ~ 5 0. 6	日 本 / オ ー ス ト ラ リ ア	2
三 船 山 丸	S 5 0. 1 ~ S 5 1. 8	日 本 / オ ー ス ト ラ リ ア	3 9
能 登 丸	S 5 0. 1 2 ~ S 5 1. 9	紅 海	2 1
伏 見 丸	S 5 0. 1 0 ~ S 5 1. 1 1	紅 海	3 6
高 岡 丸	S 5 1. 1 ~ S 5 1. 1 0	P G / U.K.C 日 本 / P G	2 1
加 賀 丸	S 5 1. 3 ~ 5 1. 1 0	地 中 海	2 8
富 久 川 丸	S 5 1. 4 ~ 5 1. 7	日 本 / オ ー ス ト ラ リ ア	1 8
新 鶴 丸	S 4 9. 1 1 ~ S 5 1. 1 0	日 本 / オ ー ス ト ラ リ ア	2 2
光 珠 丸	S 5 0. 7 ~ S 5 0. 1 1	日 本 / P G	1 8
計			2 2 0

表 2. 1. 3 ア ン ケ ー ト 集 計 結 果

項 目		内 訳	4 8 年 度		4 9 年 度		5 0 年 度		5 1 年 度		4 か 年 累 計	
			件 数	比 率	件 数	比 率	件 数	比 率	件 数	比 率	件 数	比 率
使 用 期 間 （ 月 ）	0 ～ 1 2 か 月		件 9	% 9.9	件 4	% 1.6	件 0	% 0	件 0	% 0	件 13	% 1.8
	～ 2 4 か 月		6	6.6	8	3.0	0	0	0	0	14	2.0
	～ 3 6 か 月		14	15.4	63	24.8	4	2.8	0	0	81	11.5
	～ 4 8 か 月		26	28.6	65	25.6	25	17.6	79	35.9	195	27.5
	～ 6 0 か 月		23	25.3	45	17.7	44	31.0	10	4.5	122	17.3
	～ 7 2 か 月		7	7.8	44	17.3	32	22.5	51	23.2	134	19.0
	～ 8 4 か 月		1	1.1	5	2.0	34	23.9	42	19.1	82	11.6
	～ 9 6 か 月		5	5.5	3	1.2	0	0	11	5.0	19	2.7
9 7 か 月 ～		0	0	17	11.0	3	2.1	27	12.3	47	6.6	
発 見 経 緯	破 孔		51	56.0	104	41.1	58	42.0	92	41.8	305	43.9
	漏 洩		41	45.1	145	57.3	79	57.3	115	52.3	380	54.8
	膨 出		0	0	3	1.2	1	0.7	1	0.5	5	0.7
	開 放 時		1	1.1	1	0.4	0	0	2	0.9	4	0.6
発 												

項 目		内 訳	4 8 年 度		4 9 年 度		5 0 年 度		5 1 年 度		4 か 年 累 計	
			件 数	比 率	件 数	比 率	件 数	比 率	件 数	比 率	件 数	比 率
発 見 個 所	部 位	フランジ密接部	件 32	% 43.8	件 86	% 25.7	件 37	% 19.2	件 61	% 18.3	件 216	% 23.2
		スリーブ密接部			0	0	0	0	0	0	0	0
		枝 付 部			10	3.0	4	2.1	19	5.8	33	3.5
		突合わせ密接部			9	2.6	8	4.1	7	2.2	24	2.5
	個 所	水 平 管 上 部	33	32.4	43	17.8	27	18.4	23	10.8	126	17.9
		水 平 管 下 部	36	35.3	36	14.9	40	27.2	52	24.5	164	23.5
		水 平 管 横 部	30	29.4	43	17.8	27	18.4	49	23.2	149	21.4
		立上り管横部	—		85	35.1	33	22.4	42	19.8	160	22.3
		曲 管 外 周 部	3	2.9	17	7.0	16	10.9	38	17.9	74	10.5
		曲 管 内 周 部	—		14	5.8	4	2.7	8	3.8	26	3.8
		傾 斜 管	—		4	1.7	—	—	0	0	4	0.6
	使 用 環 境	機 関 室 内 床 下	25	33.8	53	21.5	41	29.1	47	22.6	166	24.8
		機 関 室 内 床 上	—		87	35.2	81	57.4	125	60.1	293	43.7
		暴 露 甲 板 部	21	28.4	55	22.3	17	12.1	33	15.9	126	18.8
		多 湿	12	16.2	33	13.4	2	1.4	3	1.4	50	7.5
		高 温	16	21.6	19	7.7	0	0	0	0	35	5.2
	使 用 条 件	連 続 使 用	—		66	22.5	48	34.1	93	40.3	207	27.4
		航海時のみ使用	23	25.6	138	47.1	56	39.7	53	22.9	270	35.8
		停泊時のみ使用	18	20.0	67	22.9	2	1.4	33	14.3	120	15.9
		その他間歇使用	49	54.4	22	7.5	35	24.8	52	22.5	158	20.9
	流 体 入 口 側 の 弁 操 作	全 開	80	92.0	221	87.0	128	95.5	188	91.7	617	90.7
		／ 開	7	8.0	30	11.8	3	2.2	8	3.9	48	7.1
		微 開	0	0	3	1.2	3	2.2	9	4.4	15	2.2
配 管 仕 様	呼 び 径	1 0	1	1.1	—	—	—	—	10	5.2	11	1.6
		1 5	—	—	2	0.8	5	3.5	5	2.6	12	1.7
		2 0	—	—	4	1.6	5	3.5	7	3.7	16	2.4
		2 5	7	7.5	7	2.8	7	4.7	10	5.2	31	4.6
		3 2	6	6.5	18	7.1	5	3.5	11	5.8	40	5.9
		4 0	10	10.8	35	13.8	17	12.0	17	8.9	79	11.6
		5 0	12	12.9	20	7.9	7	4.9	17	8.9	56	8.2
		6 5	12	12.9	18	7.1	11	7.8	27	14.1	68	10.0
		8 0	6	6.5	12	4.7	12	8.5	12	6.3	42	6.2
		9 0	2	2.2	4	1.6	1	0.7	4	2.1	11	1.6
	径	1 0 0	6	6.5	26	10.2	18	12.7	15	7.9	65	9.6
		1 1 5	1	1.1	2	0.8	2	1.4	1	0.5	6	0.9
		1 2 5	6	6.5	23	9.1	5	3.5	7	3.7	41	6.0
		1 4 0	5	5.4	1	0.4	1	0.7	0	0	7	1.0

項 目		内 訳	4 8 年 度		4 9 年 度		5 0 年 度		5 1 年 度		4 か 年 累 計	
			件 数	比 率	件 数	比 率	件 数	比 率	件 数	比 率	件 数	比 率
配 管	呼 び 径	1 5 0	件 10	% 10.8	件 18	% 7.1	件 12	% 8.5	件 10	% 5.2	件 50	% 7.4
		1 6 5	3	3.2	5	2.0	0	—	0	0	8	1.2
		1 7 5	2	2.2	1	0.4	1	0.7	9	4.7	13	1.9
		2 0 0	2	2.2	26	10.2	11	7.8	22	11.5	61	9.0
		2 5 0	0	0	13	5.1	9	6.3	9	4.7	31	4.6
		2 6 5	1	1.1	0	0	0	—	0	0	1	0.1
		3 0 0	0	0	15	5.9	7	4.9	4	2.1	26	3.8
		3 5 0	0	0	2	0.8	2	1.4	3	1.6	7	1.0
		4 0 0	0	0	2	0.8	3	2.1	1	0.5	6	0.9
		4 5 0	1	1.1	0	0	1	0.7	0	0	2	0.3
仕 様	管 材 質	鋼 管	0	0	36	14.6	0	0	0	0	36	5.4
		電 線 鋼 管	76	83.5	164	66.7	101	72.7	113	70.7	474	71.4
		継 目 無 鋼 管	14	15.4	31	12.6	36	25.9	36	19.1	117	17.6
		そ の 他	1	0.1	15	6.1	2	1.4	19	10.2	37	5.6
	内 面 処 理	無 処 理	33	37.1	40	16.4	25	24.0	84	44.9	182	29.2
		亜 鉛 め っ き	54	60.7	200	81.6	77	74.0	93	49.7	424	67.8
		アルミめっき	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		合成ゴムライニング	1	1.1	1	0.4	0	0	8	4.3	10	1.6
		そ の 他	1	1.1	4	1.6	2	2.0	2	0.1	9	1.4
	外 面 処 理	無 塗 装	14	13.9	12	4.5	8	5.2	22	11.0	56	7.8
		亜 鉛 め っ き	54	53.4	182	68.4	79	51.0	91	45.5	406	56.2
		アルミめっき	0	0	2	0.7	0	0	0	0	2	0.3
		ラ ギ ン グ	11	10.9	11	4.1	3	1.9	6	3.0	31	4.3
		塗 装 そ の 他	22	21.8	59	22.2	65	41.9	81	40.5	227	31.4
腐 食 状 況	検 査 方 法	外 観 の み の 検 査	—	—	63	54.3	69	51.1	74	44.6	206	49.3
		管取外しの上内面検査	—	—	53	45.7	66	48.9	92	55.4	212	50.7
	形 態	針 孔 状	26	26.5	57	22.2	45	31.0	65	32.3	193	30.4
		溝 状	13	13.3	36	14.1	32	22.1	21	10.4	102	16.1
		あ ば た 状	16	16.3	48	18.8	16	11.0	38	18.9	118	18.6
		破 孔	26	26.5	93	36.3	43	29.7	60	29.9	222	34.9
	形 態	割 れ	17	17.3	22	8.6	9	6.2	17	8.5	65	
	程 度	表 層	3	3.8	10	4.1	21	14.9	4	2.1	38	5.8
		深 層	8	10.0	33	13.6	10	7.1	16	8.5	67	10.3
		貫 通	69	86.2	200	82.3	110	78.0	169	89.4	548	83.9
	範 囲	局 所	54	66.7	161	67.4	95	67.4	170	68.3	480	67.6
		点 在	15	18.5	37	15.5	33	23.4	41	16.5	126	17.7
		全 面	12	14.8	41	17.1	13	9.2	38	15.2	104	14.7

項 目		内 訳	4 8 年 度		4 9 年 度		5 0 年 度		5 1 年 度		4 か 年 累 計		
			件 数	比 率	件 数	比 率	件 数	比 率	件 数	比 率	件 数	比 率	
腐 食 状 況	腐 食 生 成 物	無 し	13	15.1	32	15.8	35	30.2	53	32.3	133	23.0	
		有 り	73	84.9	171	84.2	81	69.8	111	67.7	446	77.0	
		黒 色	—	—	38	—	12	—	24	—	74	—	
赤 褐 色		—	—	21	—	57	—	68	—	146	—		
	灰 黒 色	—	—	—	—	4	—	—	—	4	—		
食 物 状 況	異 物 の 有 無	無 し	—	—	56	44.1	77	72.6	111	76.6	244	64.6	
		有 り	—	—	71	55.9	29	27.4	34	23.4	134	35.4	
	異 物 の 種 類	貝 類	3	—	8	—	1	—	5	—	17	—	
		海 藻 類	3	—	6	—	0	—	6	—	15	—	
		砂 泥	18	—	35	—	18	—	10	—	81	—	
		ス ラ ッ ジ	4	—	4	—	5	—	2	—	15	—	
		ゴ ミ	4	—	18	—	0	—	0	—	22	—	
		そ の 他	—	—	1	—	5	—	2	—	8	—	
	異 物 の 推 積 量	全 面	多 量	4	—	5	—	3	—	3	—	15	—
			小 量	19	—	36	—	15	—	18	—	88	—
点 在			1	—	8	—	0	—	4	—	13	—	
局 所		一 部	0	—	0	—	2	—	0	—	2	—	
		多 量	0	—	0	—	0	—	2	—	2	—	
		小 量	10	—	16	—	8	—	4	—	38	—	
	点 在	0	—	3	—	1	—	3	—	7	—		
外 部 状 況		異 常 な し	28	25.0	68	27.0	32	25.6	69	32.2	197	28.0	
		塗 装 剝 離	10	8.9	21	8.3	17	13.3	24	11.2	72	10.2	
		発 錆	局 所	38	33.9	88	34.9	53	42.4	57	26.6	236	33.6
			点 在	9	8.1	46	18.3	12	9.6	19	8.9	86	12.2
			全 面	13	11.6	16	6.3	10	8.0	38	17.7	77	11.0
		ラギン グ 状 況	良 好	4	3.6	11	4.4	1	0.8	1	0.5	17	2.4
			不 良	10	8.9	2	0.8	0	0	6	2.9	18	2.6
運 航 障 害	有 り	無 し	89	95.7	244	98.8	136	97.8	199	93.4	668	96.7	
		主 機 停 止	1	1.1	0	0	2	1.4	10	4.7	13	1.9	
		主 機 減 速	3	3.2	3	1.2	1	0.7	2	0.9	9	1.3	
		出 港 遅 延	—	—	0	0	0	0	1	0.5	1	0.1	
		荷 役 支 障	—	—	0	0	0	0	0	0	0	0	
補 修 処 理		新 替	13	15.7	73	28.0	30	18.3	47	24.0	163	23.2	
		切 替	12	14.5	13	5.0	2	1.2	5	2.6	32	4.6	
		当 金 溶 接	10	12.0	24	9.2	9	5.5	22	11.3	65	9.3	
		肉 盛 溶 接	35	42.2	75	28.7	48	29.3	60	30.8	218	31.1	
		接 着 剤	8	9.6	28	10.7	25	15.2	15	7.7	76	10.8	

項 目 内 訳			4 8 年 度		4 9 年 度		5 0 年 度		5 1 年 度		4 か年累計	
			件数	比率	件数	比率	件数	比率	件数	比率	件数	比率
補修処理		内 面 再 処 理	件 0	% 0	件 1	% 0.4	件 —	% —	件 0	% 0	件 1	% 0.1
		バ ン ド 掛 け	5	6.0	40	15.3	35	21.3	31	15.9	111	15.6
		そ の 他			7	2.7	15	9.2	15	7.7	37	5.3
補修 施工 者		乗組員による補修 造船所或は 業者による修理	85	91.4	169	73.8	116	87.2	169	85.8	539	82.7
			8	8.6	60	26.2	17	12.8	28	14.2	113	17.3
補修 に 要 し た ガ 力	マ ン ・ ア ワ	0 ～ 3	37	42.5	84	43.8	39	55.7	54	29.8	214	40.4
		～ 6	21	24.1	51	26.6	8	11.4	52	28.7	132	24.9
		～ 10	6	6.9	17	8.9	10	14.3	22	12.2	55	10.4
		～ 15	12	13.8	17	8.9	3	4.3	17	9.4	49	9.2
		～ 20	2	2.3	17	8.9	2	2.9	14	7.7	35	6.6
		～ 30	4	4.6	2	1.0	4	5.7	8	4.4	18	3.4
		30 以上	5	5.7	4	2.1	4	5.7	14	7.7	27	5.1
そ の 他	海 洋 微 生物付着 防止装置	無 し	63	72.4	255	93.8	102	76.1	131	90.4	551	89.6
		有 り { 腐食影響無し " 有り 不 明	12	27.6	7	6.2	3	23.9	7	4.8	29	10.4
			12		10		6		7	4.8	35	
			—		—		23		—	—	—	
	鉄イオン 発生装置	無 し	82		163	98.8	112	99.1	157	100	432	99.3
		有 り { 腐食影響無し " 有り 不 明			1	1.2	—	—	0	0	1	0.2
					1		—	—	0	0	1	0.2
他	腐 食 管 の 前 歴	無 し	19	25.0	146	72.6	111	82.2	99	74.4	375	72.7
		有 り { 報 告 済 未 報 告	57	75.0	14	17.4	10	14.7	29	25.6	141	27.3
		不 明	—		21		5		5		—	
			—	—	20	10.0	9	6.7	37			

2.1.4 調査結果

アンケートの集計結果を項目別にまとめ、表 2.1.3 に示した。

なお本年度でアンケート調査は終了となるので前年度までに報告した分も併記した。

2.1.5 調査結果の考察

(1) 使用期間

今回回答のあった船舶では就航後約 10 年を経たものが 1 隻で、その他は昭和 44 年～46 年に建造されたもので船令で 5～6 年経過している。

(2) 発見方法

前年度にも述べたが、大半が破孔、漏水により発見されており、開放時による検出は極めて少なかった。

(3) 系統

冷却海水と常用海水系統が主であるが、今年度の特徴として作動制御用管が21件もあり特に多かった。これは船令約5～6年で主として外面からのものと思われる。

(4) 場所および部位

腐食の大半は水平管、立上り管およびその他の枝付管である。今年度は枝付管が36件もあり前年度と異なっていた。また曲り管も47件と多く、外周部がそのうち38件もあった。

(5) 使用環境

機関室内で約83%発見され、前年度と異なり機関室床上の方が床下より約3倍くらい多かった。また暴露甲板部では約16%あったがそのうち、船令5年のもので、7件の報告中補修要した労力で52.4マン・アワーとなっており管が相当傷んでいるようである。

(6) 使用条件

連続使用が約40%で残りは航海時のみ使用または間歇使用など常時使用されていない方が多く、これは前年度の傾向と同じである。

(7) 流体制の弁操作

弁の全開が大部分で、これは使用実態から全開で 사용되는場合が多いためにあらわれたものと考えられる。配管図をみると弁の前後で腐食が起きており、フランジ接手の腐食も考えられこの点については開放調査による確認が必要である。

(8) 管の材質

管は大体前年と同じく電縫鋼管が約70%で、継目無鋼管が約20%であった。

(9) 内面処理

亜鉛めっき管が約50%で、無処理管が約45%でこれに次ぎ、前年度までとかなり異なっていた。これは管が老朽化して内面の処理状況の判断が困難となったため、このような結果を示したものと考えられる。

またゴムライニングが8件あったが、ゴムライニング管の使用実態がよく判らないので、使用5～6年でぼつぼつ傷みだしたのか適確な判断はできない。

(10) 腐食状況

前年度にも述べたように大半が局部腐食で、配管図からみてもわかるように溶接部（電縫部、フランジ接手部など）に多くみられ、材質ならびに施工の影響が大きい。

(11) 腐食生成物

腐食生成物は大体前年度と同程度量であり、前報までの開放調査からもわかるように鉄錆が固着したのと考えられる。

(12) 異物の種類と量

異物は砂泥と、海藻類が少量全面または局所に点在しており、前年度と大差はない。

(13) 外部状況

異常のないもの70件で、塗装の剥離が24件あり、局部的に発錆が認められている。

(14) 運航障害および補修労力

前述のように建造後5～6年で管の事故により大きく影響されるのが目立った。例えば修理に要した労力も大きいものが相当あったことから裏付けられる。

- | | | | |
|---|-------|------------|----------|
| a | 6 × 1 | 4.5 マン・アワー | 主海水ポンプ |
| b | 6 × 1 | 2 | 主機LOクーラー |
| c | 5 × 1 | 1 | ウインチ作動油管 |

d	9×8	マン・アワー	清水加熱器ドレン
e	7×12.6	"	ボイラー低部弁管
f	80	"	ウインチ作動油管
g	524(7件)		甲板蒸気
h	116(4件)		清水クーラー冷却海水
i	40		主クーラー出口管
j	10×1.5		オブザベーションタンクドレン

2.1.6 ま と め

昭和48年度より4か年間にわたり、対象船延べ69隻、719件についてアンケート調査を行なった結果次のことが明らかとなった。

- a) 使用期間は早いもので3年から遅いもので約7年位に腐食が起きており、今回の調査からもわかるように船令5～6年位になると、局部的に多発し、修理に大きな労力を要するようになる。
- b) 発見経緯は大部分が破孔、漏水によるもので、流体の系統は冷却海水常用海水が大部分(約80%)を占める。蒸排気管がこれに次ぐが、本年度では作動制御用管に及んできている。
- c) 配管系は水平管、平上り管および枝付き管に多いが、いずれも溶接部(電縫部、フランジ溶接部)が最も多い。
- d) 管の材質については電縫管が多く使われているので当然のことながら腐食件数も多い。現在亜鉛めっきを施して防食を実施しているが、十分とは云えない。これは亜鉛本来の自己溶出の性質があるためで、この環境ではめっきのみで2～3年ぐらいではないかと判断される。

ゴムライニングについては使用実態がよく判らない上集計数が少ないので耐久性の判断はむづかしい。耐久性に対する正しい判断はこのアンケート調査、開放調査、追跡調査、実験室実験結果などを総合して結論を得ればよいものと考えられる。

2.2 就航船の開放調査研究

2.2.1 調 査 目 的

諸管材料腐食に関する調査研究の一環として腐食の実態及び傾向を把握するため就航船を対象にして、昭和48年度以降4ヶ年計画の最終年度に当たる昭和51年度の開放調査を実施した。

2.2.2 調 査 実 施 要 領

開放調査の実施にあたって思想を統一して円滑且つ効果的な実施を図るため、「就航船の開放調査要領」に基づき、従来の要領と同一要領にて実施した。

2.2.3 開放調査実施船

本年度の開放調査実施状況を表2.2.1に示す。

表 2.2.1 開放調査実施船要目表

船 名 (船 主)	船 型 (主機区分)	調査施行 造船所	調査時期	調査件数	就航後の 経過月数	主 要 航 路	備 考
笠 木 山 丸 (大阪商船三井)	1 1 7 型 O (D)	三菱(長崎)	S 5 1. 5. 2	9	6 5	日本/豪州西岸	
富 久 川 丸 (川崎汽船)	1 2 4 型 O (D)	川重(坂出)	S 5 1. 6. 2 8 ~ 7. 1	7	7 0 6	日本/オーストラリア or 北米	
光 珠 丸 (山下新日本)	2 2 2 型 T (T)	佐世保 (佐世保)	S 5 1. 7. 3 0 ~ 8. 7	9	5 9	日本/PG	
高 岡 丸 (日本郵船)	2 1 1 型 T (T)	三菱(長崎)	S 5 1. 1 1. 2 1 ~ 1 1. 2 5	1 0	6 8	日本/PG	
飛 鳥 川 丸 (川崎汽船)	2 3 1 型 T (T)	川重(坂出)	S 5 1. 1 2. 2 1 ~ 1 2. 2 3	7	6 4. 5	日本/PG	
能 登 丸 (日本郵船)	1 3 型 O (D)	三菱(横浜)	S 5 1. 5. 8 ~ 5. 1 1	1 0	9 9. 5	日本/紅海 or PG	

(注) 天倉山丸(大阪商船三井)、ジャパンオーキッド(ジャパンライン)の2隻は本年度調査実施しなかった。

新鶴丸(山下新日本)は2月調査予定である。

2.2.4 調 査 結 果

本年度調査した結果を主要アイテム毎に分類し取りまとめると共に各年度毎の調査結果の比較を以下各表に示す。

(1) 調査結果概要一覧表

各船の調査結果を系統別、管仕様別に分類、取りまとめたものを表 2.2.8 に示す。

(2) 垂鉛メッキ鋼管の系統別腐食速度比較表

腐食速度は管装着時の実測肉厚を基準として算定するが、不明なものは標準肉厚を基準とした。

肉食速度を系統別に取りまとめたものを表 2.2.9 に示す。

(3) スケール分析成績一覧表

各船にて採取したスケールの定量分析結果を表 2.2.10 に分光定性分析結果を表 2.2.11 に示す。

(4) 甲板上蒸排気管の発錆速度比較表

甲板上蒸排気管の腐食(発錆)状況を管仕様別に比較したものを表 2.2.12 に示す。

(5) 甲板上作動及び制御用油圧系統の発錆速度比較表

甲板上作動及び制御用油圧管の腐食(発錆)状況を管仕様別に比較したものを表 2.2.13 に示す。

(6) 蒸溜水系統の垂鉛メッキ付着面積率一覧表

各船の垂鉛メッキ付着率を比較したものを表 2.2.14 に示す。

2.2.5 調査結果の考察

就航船開放調査は本船の入渠時を利用して各入渠造船所が実施し、4年間継続調査の最終年度にあたる今年度は、調査対象船6隻より52件の調査結果が収集できた。

各調査対象船のデータは規定の調査要領にもとづき収集された。ここに4年間にわたり収積された249件の調査結果を系統別、管仕様別に分類し腐食関係因子の具体的追求を試みた。

以下にこれら調査結果の内容と考察を示す。

(1) ①主補冷却海水系統 及び ②①以外の常用海水系統について

(A) 管仕様が合成ゴム系被覆の場合(写真2.2.1, 2参照)

今年度の調査件数は3件あり、そのうち2件においてゴムライニングのふくれ及びフランジ部での剝離が認められたがその他は損傷もなく健全であった。4年間の調査期間を通じて、ゴムライニング管の調査件数は19件にの

ほり、そのうちD丸の2件およびD丸の1件にてゴムライニングに異常が認められた他は損傷もなく健全であった。

使用実績が6・8ヶ月におよぶ調査管もあり、ライニング処理が適切に施されている場合、優れた耐食性をもつことが推定される。

(B) 管仕様が亜鉛メッキ鋼管の場合

(a) 年度別腐食速度比較表

腐食速度は管装着時の実測肉厚を基準として算定するが不明なものは標準肉厚を基準とした。但し調査結果より破孔箇所は除いた。

表 2.2.2 亜鉛メッキ鋼管の年度別腐食速度比較表

単位：mm/y

調査年度	①主・補冷却海水系統		②、①以外の常用海水系統	
	平均腐食速度	最大腐食速度	平均腐食速度	最大腐食速度
S・48年度	0.22	0.40	0.13	0.27
S・49年度	0.29	0.43	0.14	0.45
S・50年度	0.39	0.77	0.21	0.43
S・51年度	0.37	0.64	0.21	0.41

(b) 腐食の概要

今年度の調査件数は21件であるがこれら調査管の腐食発生傾向は過去の調査結果と同様な傾向を示し、フランジ溶接部にアバタ腐食、管シーム部に溝食が多く集中していた。

このような腐食は主に

○弁、ポンプ、クーラー（特に著しい）への接続管

○主管より直角に分岐する枝管の入口側

で発生しており、これらの腐食を引き起こす要因は多岐にわたり、すべてを明確にすることは困難であるが、主たる要因としては、外的因子として

○異種金属接触による影響

○乱流による影響

内的因子として

○管種類の差異による影響

が挙げられる。以下にその詳細について述べる。

(i) 管の種類による影響

調査対象管より観察される腐食傾向は、フランジ溶接部、エルボ溶接部、管シーム部及び管の種類の相異箇所等に集中して発生する様相を呈しており、これらの箇所は著しく腐食が進行し、破孔に至る調査管も多くみられた。

4年間を通しての調査期間中の腐食状況を発生箇所別に分類すると表2.2.3のようになる。

表 2.2.3 亜鉛メッキ鋼管の発生箇所腐食状況

腐食発生箇所	腐食状況	腐食の推定要因	備考
フランジ溶接部	溶着金属がアバタ腐食 →脱落状態	乱流、異種金属接触 金属組織の差異 等	フランジ面溶着金属のアバタ腐食 34件 フランジ面溶着金属の脱落 4件
エルボ溶接部	孔食又は溝食→破孔	乱流 金属組織の差異 等	エルボ溶接部の破孔 1件 エルボ溶接部孔食及び溝食 3件
管シーム部	溝食→破孔	乱流 金属組織の差異 等	管シーム部破孔 17件
継目無鋼管製エルボ と電縫鋼管との接続 管	継目無鋼管製エルボ……良好 エルボへの接続管（電縫鋼管） ……アバタ腐食及びシーム部溝食→破孔	乱流 金属組織の差異 等	管シーム部破孔 1件

(注) 上表中の件数は、各船毎の調査報告書に明記されたものだけを対象とした。

ここで上記の表 2.2.3 において、特に管材部とエルボ部の腐食状況に対照的な相異を示した継目無鋼管製エルボと、それに接続する電縫鋼管との金属組織及び組成的比較を本年度に実施したのでその結果を写真 2.2.3、2.2.4 及び表 2.2.4 に示す。

特に組成的比較では、S i が両者に差の大きいことが認められる。



写真 2.2.3 継目無鋼管製エルボ表層部 × 100

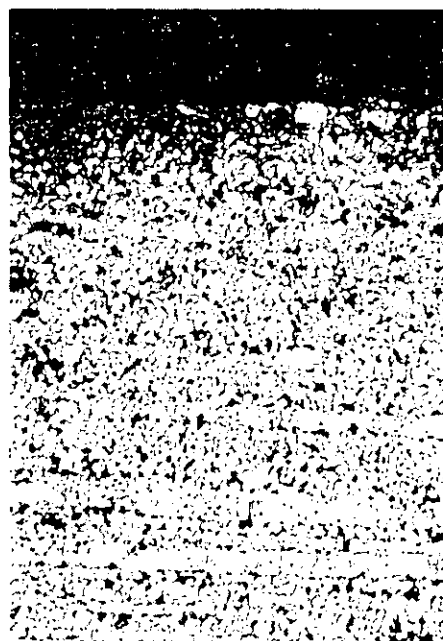


写真 2.2.4 エルボへの接続管表層部 × 100

表 2.2.4 組成定量分析結果 (単位:重量%)

	継目無鋼管製エルボ	エルボへの接続管(電縫鋼管)
C	0.15	0.05
Si	0.25	<0.01
Mn	0.36	0.27
P	0.010	0.011
S	0.014	0.026
Cu	0.07	0.04
Al	0.01	0.01

(ロ) 異種金属接触による影響

今年度破孔に至った調査管は7件あった。

破孔発生管系は

○クーラー、ポンプに接続する管

破孔発生箇所は

○上記機器に接続する管のフランジ溶接部及び管シーム部となり、更に4年間の継続調査期間中に上記の発生管系及び発生箇所での破孔報告が18件あった。

この原因を推定すると、クーラー及びポンプの部品材に銅合金が使用されていること、管内流速及び形状の関係で乱流の発生が予想されることなど、これらの因子が選択的に局部に集中して腐食が起こったものと考えられる。

(ハ) 海洋生物附着防止装置による影響

今年度の調査件数は3件あったが、それらの腐食発生状況は前年度までの調査結果と同様であり、これをまとめると、以下の如くである。

○附着防止装置を装備していない船の調査結果と比較して腐食速度に差が認められない。

○スケール分析結果よりcℓの検出量に差が認められない。

○海藻類の附着が確認された。

以上の調査結果及び本船側での運転状態が明確でないことより、海洋生物附着防止装置が腐食に与える影響は確認できなかった。

(ロ) 腐食速度について

表 2.2.2 をみると今年度の平均及び最大腐食速度が系統①、②とも前年度を下回る傾向を示している。これは調査対象船により調査管の使用環境及び条件が若干相異なるために、今年度調査を実施した管と前年度の調査管との腐食程度の差が影響したものと思われる。

尚、今年度調査管は21件であるが、その内7件が破孔に至っており、その原因は、スケール分析結果より亜鉛の検出量が少いこと、及び調査管がクーラー、ポンプ等の接続管であることから、亜鉛の防錆効果の低下及び乱流、異種金属接触の影響等と推定される。

(ロ) 管の種類及びフランジ形状による腐食の比較

昭和49年度開放調査時、C丸(2件)及びE丸(1件)において調査管に破孔が発生していた。その折、新替管に対し、試験的に管の種類及びフランジ形状を変更して耐食性の比較を試みた。

C丸は調査管2件に対して、管の種類(電縫鋼管→鍛接鋼管)及びフランジ形状(特殊フランジ、図参照)の変更を行った。

E丸では管の種類（電縫鋼管→継目無鋼管）のみの変更を行った。

調査件数が上記3件のみであるため腐食データとしては乏しいが収集された結果より、次の事が挙げられる。

(a) 電縫鋼管と継目無鋼管との比較

今年度の調査実施船にはE丸が含まれていなかったため、腐食進行状況が把握できず、前年度との比較検討はできなかった。（尚、腐食傾向は前年度の調査結果を参照のこと）

(b) 電縫鋼管と鍛接鋼管との比較

今年度、開放調査を実施したC丸の2件の調査管を対象に、腐食状況の比較を前年度に引き続いて行った。ただし、本船側での使用環境（たとえばLOクーラーに装備される保護垂鉛の状態等）は不明である。

表 2.2.5 電縫鋼管と鍛接鋼管の腐食状況比較表（C丸）

系統名	系 統 名	管材質	計画流速 (m/s)	経過月数	管内厚減少量より計算した 腐食速度 (mm/y)		管重量減少量より計算した 腐食速度 (mm/y)
					最 大	平 均	
①	T/G L.O.クーラー	SGP-B	1.53	26.5	0.629	0.503	0.565
	冷却海水入口管	SGP	同 上	36	0.35	0.26	0.356
②	造水装置	SGP-B	1.02	26.5	0.897	0.337	0.254
	海水入口管	SGP	同 上	36	0.43	0.12	0.155

○腐食状況と考察

電縫鋼管と鍛接鋼管の腐食傾向を比較すると次の事が挙げられる。

○腐食速度について

鍛接鋼管は電縫鋼管よりも最大及び平均腐食速度が上回っており、しかも系統①では経過月数が少ないにもかかわらず破孔に至った。

○腐食発生形態について

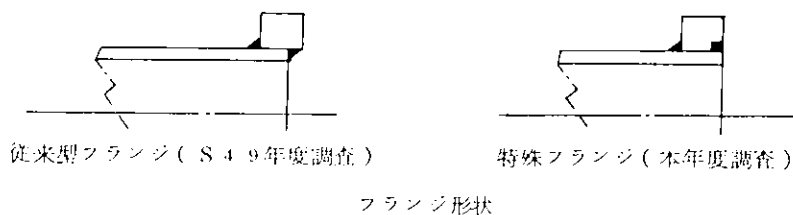
電縫鋼管は主に管シーム部に腐食が集中し、溝食より破孔に至るが、鍛接鋼管では管シーム部はほぼ健全であり、フランジ溶接部及びエルボ溶接部に腐食が集中し、破孔に至った。

このような相異の主な原因は製造工程の違いによるものと考えられる。この腐食状況比較を写真 2.2.5、及び 2.2.6 に示す。

(c) フランジ形状による腐食比較

今年度開放調査を実施したC丸の系統①及び②の2件の調査管を対象に、腐食状況の比較を前年度に引き続いて行った。

比較調査対象とした2種類のフランジ形状を下図に示す。



○系統①について

調査管はT/G L.O.クーラーに接続しており、今回の調査時の腐食程度は著しくフランジ溶接部及びエルボ溶接部が破孔していたが、フランジ面の溶着金属が若干アタ状腐食を示す程度ではほぼ健全であった。

（写真 2.2.7 参照）

○系統②について

調査管は造水装置に接続する冷却海水管であり、管出口側は仕切弁がある。今回の調査時、そのフランジ面の溶着金属がほぼ全周にわたり消失していた。入口側は良好であった。

系統①、②共昭和49年度破孔管のフランジ面と比較すると、腐食程度は小さく、特に系統①では、49年度にはフランジ面の溶着金属が消失していたが今年度は軽微なアバタ状腐食を示す程度であった。（写真2.2.7及び2.2.10参照）

(2) ③、①②以外の海水系統（ビルジ、バラスト等）について

(A) 管仕様が亜鉛メッキ鋼管の場合

(a) 年度別腐食速度比較表

腐食速度は管装着時の実測肉厚を基準として算定したが不明なものは標準肉厚を基準とした。但し、調査結果より破孔箇所は除いた。

表 2.2.6 年度別腐食速度比較表 単位：mm/y

調査年度	③、①②以外の海水系統 (ビルジ、バラスト)	
	最大腐食速度	平均腐食速度
S48年度	0.161	0.033
S49年度	0.282	0.098
S50年度	0.589	0.285
S51年度	0.291	0.110

(b) 腐食状況と考察

今年度の調査件数は10件であり、G丸において管シーム部の溝食が著しいため管内面より溶接補修を行った1件を除き、腐食程度は軽微であった。

今年度の腐食速度をみると最大、平均腐食速度とも前年度を下回っているが、これは調査対象船により調査管の使用環境及び条件が若干相違するためであろう。

4年間の調査件数48のうち、破孔に至った管は今年度の1件を含んで計5件であったが、その原因は多岐にわたり、明確にすることは困難であるが主要因としては以下が挙げられる。

○破孔箇所は5件のうち4件までがポンプ付ヘッダーパイプ方式（写真2.2.8参照）を採用している調査管の管シーム部であった。

○これらは複雑に構成された管群より成立ち、しかもポンプ付であることから乱流及び異種金属接触による影響と推定できる。

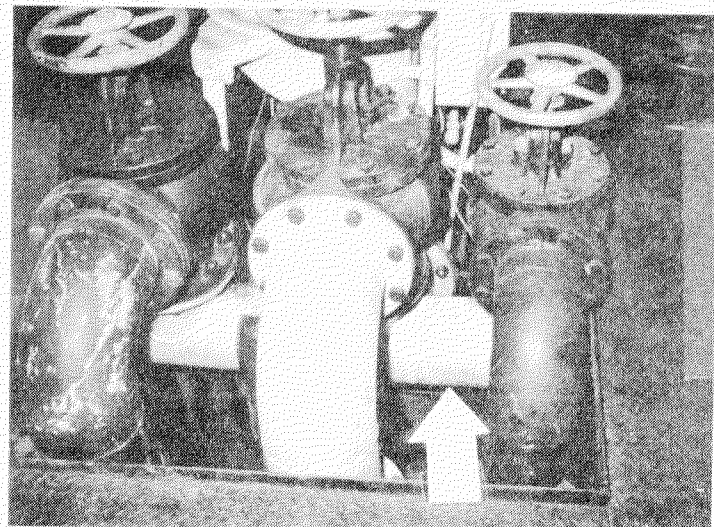


写真 2.2.8 ポンプ付ヘッダーパイプ

4年間の継続調査より判断すると、ビルジ管系に使用した亜鉛メッキ鋼管の腐食状況は、ポンプ付ヘッダーパイプを除き軽微であり、進展も見られなかった。また破孔管以外の多数の調査管より、管内面の亜鉛メッキ残存

が確認され、スケール分析結果でも亜鉛の検出量が多い事より亜鉛による防錆効果が有効に働いているものと思われる。

(3) ④甲板上蒸排気系統について

(A) 管外面の仕様がアルマ加工の場合

今年度調査件数は3件であり、腐食状況は管外面のフランジ溶接部近傍に、若干白色酸化物の付着が観察されたのみで、その他は健全であった。

4年間の調査期間を通して、フランジ近傍に発錆がみとめられる以外はすべて良好であった。

(B) 管外面仕様が亜鉛メッキの場合

今年度調査件数は2件であり、双方とも管外面が激しく腐食し、スケールが層状に付着していた。

4年間の調査期間を通して、暴露部における亜鉛メッキ鋼管の腐食程度は激しく、調査対象管2本のうち1本は70.6ヶ月で新替を行った。

(C) 管仕様が銅管の場合

今年度調査件数は2件のみであるが、管外面に緑錆の発生、塩分の附着がみられた他は腐食発生はなく、健全であった。

4年間の調査期間を通して、管外面に緑錆の発生がみられる程度で管内外面共すべて良好であった。

(D) 管仕様がベアメタルの場合

今年度調査件数は2件であるが、そのうち1件は機関室内の装備管であった。暴露部での腐食状況は、管外面の腐食が激しく、スケールが層状に附着しており、管内面のドレン滞留の跡とみられる部分に数箇所の破孔が観察された。

4年間の調査期間を通して調査対象管2本のうち1本は使用期間70ヶ月で新替を行った。

(4) 甲板上作動及び制御油圧系統について

今年度調査件数は2件であるが、そのうち1件は機関室内の装備管であった。暴露部での腐食状態を観察すると、管外面はほぼ全周にわたり、軽微な腐食を示していた。

4年間の調査期間を通して、暴露甲板上の作動油管は、管外面の塗装（各船毎の調査報告書より塗装の仕様、塗料の種類等は不明）のみで蒸排気管に比較して、腐食程度は軽微であった。

(5) 蒸溜水系統について

(A) 管仕様が亜鉛メッキの場合

(a) 腐食速度比較

表2.2.7 昭和51年度調査の蒸溜水系統腐食速度比較表

船名	計画流速 m/s	経過月数	腐食速度 (mm/y)		腐食状態	備考
			最大	平均		
D丸	0.2	68	0.170	0.115	亜鉛メッキ付着率95%	
G丸	0.6	59	0.183	0.132	亜鉛メッキS49年度調査時完全消失	管内面は健全
I丸	—	65	0.037	±0.008	亜鉛メッキ消失(消失時期不明)	管内面良好

(b) 腐食状況と考察

今年度調査件数は3件であり、そのうち2件は亜鉛メッキが消失していたが、管内面の腐食は軽微であり、又進展もみられず良好であった。

4年間の調査期間中に確認された亜鉛メッキ鋼管の腐食状態は、

○管内面の亜鉛メッキ層は、管装着後3年前後で消失している。

○腐食速度は 0.1 mm/year 程度である。

○亜鉛メッキが残存している管と、消失している管とを比較すると最大腐食速度は前者が若干小さい値となる。

尚、亜鉛メッキ消失後でも管内面の腐食状態は腐食の進展が観察されない程度の調査管が多かった。

(B) 管仕様が銅管の場合

本年度の調査管には銅管がなかったが、4年間の調査期間中の結果によれば、管内外面とも腐食は全く認められなかった。

2.2.6 ま と め

就航船開放調査を4年間継続してきたが、調査管を系統別及び管仕様別に分類して腐食傾向ならびに腐食因子を追求した。

以下にその結果をとりまとめた。

(A) ①主、補冷却海水系統及び②、①以外の常用海水系統について

調査対象管の管仕様は合成ゴム系被覆管及び亜鉛メッキ鋼管であるがこれらの腐食に関する調査結果を下記に示す。

(a) 管仕様が合成ゴム系被覆管の場合

ゴムライニング処理が適正に施されている場合は特に問題はなかった。

(b) 管仕様が亜鉛メッキ鋼管の場合

管内面の腐食状態は、全面腐食というよりも、管シーム部、フランジ溶接部及びエルボ溶接部に腐食が集中する局部腐食の傾向が強かった。そして、主にその箇所で破孔に至る場合が多かった。

このような箇所腐食を引き起こす主な推定要因としては、

(i) 外的因子として

○異種金属接触による影響（弁、ポンプ、クーラーに接続する管）

○乱流による影響（主管より直角に分岐する枝管）

(ii) 内的因子として

○管種類の相異による影響（管の種類が相異なる管系）

などが考えられる。

(B) ③、①②以外の海水系統（ビルジ、バラスト等）について

調査対象管は主に亜鉛メッキ鋼管が多く、その腐食状況は下記の如くである。

(i) 腐食進行速度は系統①②に比較して小さい。

(ii) 使用期間が長いにもかかわらず、管内面が良好な調査管が多く、亜鉛メッキの残存さえ確認された。

しかし、4年間の継続調査期間中に調査管の破孔が5件発生している。これらの破孔の主な原因は、破孔発生箇所がポンプ付ヘッダーパイプ方式の主管であることより、異種金属接触及び乱流による影響と推定される。

(C) ④甲板上蒸排気系統について

調査対象管はアルマ加工管、亜鉛メッキ鋼管、銅管及びベアーマタル管である。

それらの腐食状態は

○アルマ加工管及び銅管は管内外面ともすこぶる健全であった。

○亜鉛メッキ鋼管及びベアーマタル管は腐食程度が激しかった。

(D) ⑤甲板上作動及び制御用油圧系統について

調査対象管は外面塗装（各船毎の調査報告書より塗装の仕様、塗料の種類等は不明）のみであるが、4年間の継続調査結果より、管外面の腐食状況は軽微であった。

(E) ⑥蒸溜水系統

調査対象管の管仕様は亜鉛メッキ鋼管及び銅管であるが、管内面の状態は亜鉛メッキ鋼管は腐食が軽微であり、銅管は健全であった。また、亜鉛メッキ鋼管は管装着後3年前後で亜鉛メッキ層が消失していたにもかかわらず腐食の進展はみられていない。

以上、4年間にわたる開放調査結果を検討し、考察を述べたが、その他関連する調査、研究による成果を含めて総合的に分析し、各系統における管材質の最適仕様の決定を望みたい。

注) 腐食形態の分類

- 良好 あばた状 10%以下(管表面積にて)
- 軽微 " 10~50% (")
- 大 " 50%以上 (")
- シーム部腐食 腐食深さ管肉厚の1/2以下
- シーム部深層腐食 " 1/2以上
- シーム部破孔 破孔

表 2.2.8 調査結果概要一覧表

系統No	管 系 統	管 仕 様	調査件数	腐 食 形 態 の 分 類	備 考
①	主・補冷却海水系統	合 成 ゴ ム 被 覆	3	良 好	ライニングのふくれ 1件 ライニング剝離 1件
		亜 鉛 メ ッ キ 鋼 管	10	腐食大 破孔件数……3	
		鋼 管 (ベ ア ー)	1	シーム部破孔	
②	①以外の常用海水系統(サニタリー等)	合 成 ゴ ム 被 覆	0	—	
		亜 鉛 メ ッ キ 鋼 管	11	腐食軽微 但し、局部で腐食大 破孔件数……4	
		鋼 管 (ベ ア ー)	0	—	
③	①②以外の海水系統 (ビルジ・バラスト等)	亜 鉛 メ ッ キ 鋼 管	10	良 好 溶接補修施行件数…1	
		鋼 管 (ベ ア ー)	0	—	
④	甲板上蒸・排気系統	ア ル マ 加 工 管	3	良 好	
		亜 鉛 メ ッ キ 鋼 管	2	管外面……腐食大 管内面……良 好	
		鋼 管 (ベ ア ー)	2	管外面……腐食大 孔食破孔件数……1	但し、 1件は機関室内管
		銅 管	2	良 好	
⑤	甲板上作動及び 制御用油圧系統	鋼 管 (外面塗装のみ)	5	管外面発錆あるも良好	但し、 1件は機関室内管
⑥	蒸 溜 水 系 統	亜 鉛 メ ッ キ 鋼 管	3	良 好	
		銅 管	0	—	
⑦	そ の 他 の 系 統	—	—	—	
合 計			52	破孔による新替管…10件	

表 2.2.9 亜鉛メッキ鋼管の系統別管腐食速度比較表

注) 腐食形態の分類は表 2.2.8 と同じ

船名	系統名	管材質	計流速 m/s	塩素イオン発生器の影響	経過月数 (ヶ月)	調査時迄の減厚量			推定腐食速度		腐食形態の分類	備考
						最大mm	平均mm	最小mm	最大 (mm/y)	平均 (mm/y)		
B丸	主機L.O.クラー海水入口	STPG-38E 管内面無処理	2.5	無	2.02	2.50	1.20		1.485	0.713	シーム部破孔	管を新替えした。管材質は STPG-38S (SCH40) 無処理
C丸	T/GLOクラー入口	SGP-B gal.	1.53	"	2.65	1.39	1.11		0.629	0.503	フランジ及びエルボ溶接部より破孔	"
C丸	No.1 C.O.P.T.クラー入口	STPG-38S gal.	1.27	"	6.45	0.00	+0.21		0.00	※+0.039	出入口近傍……腐食大 その他軽微	計測肉厚 4.4~3.9 標準 3.9 ※: 平均値より除外
D丸	補助冷却海水管	STPG-38 gal.	—	有	6.8	3.71	1.75		1.138	0.538	腐食軽微	
G丸	主機L.O.クラー出口	SGP gal.	1.7	無	5.9	2.1	1.65		0.43	0.34	シーム部破孔	管を新替えした。管材質は STPG-38S (SCH40) Znメッキ
I丸	補助冷却海水ポンプ出口	SGP gal.	—	—	6.5	2.9	1.86		0.535	0.343	シーム部破孔	管を新替えした。
I丸	補助コンデンサ冷却水入口	SGP gal.	—	—	6.5	1.3	1.03		0.240	0.190	フランジ溶接部、管シーム部が深層腐食	
J丸	主冷却海水ポンプ出口	SGP gal.	3.1	無	3.7	2.2	1.24		0.714	0.402	腐食大	
J丸	補助冷却海水ポンプ入口	SGP gal.	2.2	有	4.0	0.6	0.11		0.180	0.033	腐食大	
J丸	主機エヤークラー海水入口	SGP gal.	2.1	無	4.0	0.5	+0.52		0.150	※+0.156	腐食大(表層)	計測肉厚 6.4~4.0 標準 4.5 ※: 平均値より除外
J丸	補助コンデンサ冷却海水入口	SGP gal.	2.2	有	4.4	1.6	1.11		0.436	0.303	腐食大	管肉厚の減少が著しいため新替える。
①	平均								0.643	0.374		
B丸	サニタリーポンプ出口	SGP gal.	1.23	無	7.12	0.50	0.27		0.084	0.045	腐食軽微	
B丸	造水装置エレクトロポンプ吸込	SGP gal.	1.69	"	7.12	1.50	0.80		0.253	0.135	シーム部破孔	管を新替えした。管材質は STPG-38S (SCH40) 無処理
C丸	サニタリーポンプ出口	STPG-38E gal.	1.27	"	6.45	0.50	0.27		0.093	0.050	腐食軽微	
C丸	造水装置入口	SGP-B gal.	1.02	"	2.65	1.98	0.74		0.897	0.335	腐食大	
D丸	サニタリーポンプ出口	STPG-38E gal.	—	—	6.8	1.35	0.87		0.238	0.154	腐食軽微、但しフランジ溶接部腐食大	
G丸	サニタリーライン中間	SGP gal.	2.5	無	5.9	0.8	0.3		0.163	0.061	腐食軽微 入口側が腐食は進んでいる	
G丸	冷房機用冷却海水ポンプ出口	SGP gal.	1.55	"	5.9	2.2	1.17		0.447	0.238	シーム部破孔	管を新替えした。管材質は STPG-38S (SCH40) Znメッキ

②	サニタリーポンプ出口	SGP gal.	1.5.5	無	5.9	1.9	0.6	0.386	0.122	入口側が腐食大	
②	エバポレーター給水	STPG-38E gal.	2.2	"	17	1.7	1.3	1.200	0.918	管内面フランジ溶接部腐食深刻	管を新替える。管材質はSTPG-38E (SCH40) 1/2nノッキ
I丸	サニタリーポンプ入口	STPG-38E gal.	—	—	65	1.60	1.05	0.295	0.194	シーム部破孔	管を新替えた。
J丸	サニタリーポンプ入口	SGP gal.	1.7	無	36.5	1.20	0.09	0.395	0.031	腐食大(表層)	
②	平 均							0.405	0.208		
B丸	ビルジポンプ出口	SGP gal.	0.77	無	71.2	0.30	0.10	0.051	0.017	良 好	
B丸	プラスチック排出エベクター海水管	SGP gal.	2.94	"	71.2	+0.20	+0.30	+0.034	+0.051	良 好	計測肉厚5.3~5.1 標準5.0 ※：平均値より除外
C丸	ビルジ排出	SGP gal.	1.26	"	64.5	0.40	0.19	0.074	0.035	腐食軽微	
D丸	ビルジセパレーター出口	SGP gal.	1.0	"	68	0.94	0.55	0.166	0.10	良 好	
G丸	ビルジバラストポンプ出口	STPG-38E gal.	2.2	"	33	2.9	1.16	1.055	0.422	シーム部深層腐食	深層腐食部に溶接補修を施行し復旧した。
I丸	ビルジセパレーター入口	SGP gal.	—	—	65	0.4	0.12	0.074	0.022	腐食軽微	
I丸	パラスタポンプ出口	SGP gal.	—	—	65	0.4	0.33	0.074	0.061	良 好	
I丸	G・S・ポンプ吐出管	SGP gal.	—	—	65	1.4	0.3	0.258	0.055	腐食軽微	
J丸	ビルジ吸込管(ビルジポンプ付)	SGP gal.	2.0	無	12	0.4	0.18	0.4	0.18	良 好	
J丸	パラスタポンプ出口	SGP gal.	2.0	"	88	0.2	+0.26	+0.023	+0.036	腐食大(表層)	計測肉厚5.7~4.8 標準5.0 ※：平均値より除外
③	平 均							0.269	0.112		
B丸	甲板蒸気管	SGP 無処理	2.3.3	無	71.2	1.10	0.80	0.185	0.135	管内面下部より孔食破孔	管を新替える。管材質はSTPG-38S (SCH40) 無処理 ※：平均値より除外
B丸	甲板排気管	SGP gal.	81.9	"	71.2	0.90	0.63	0.152	0.106	管外面……腐食大 管外面……良 好	
C丸	甲板排気管	STPG-38S gal.	29.0	"	64.5	2.40	1.13	0.446	0.210	管外面……腐食軽微 管内面……良 好	
④	平 均							0.299	0.158		
D丸	蒸溜水ポンプ出口	SGP gal.	0.2	—	68	0.3	0.2	0.17	0.12	良 好	前回の調査時計測した肉厚よりの減厚量を求めた。
G丸	エバポレーター給水管	SGP gal.	0.6	—	59	0.9	0.65	0.183	0.132	良 好	
I丸	エバポレーター出口	SGP gal.	—	—	65	0.2	0	0.037	0	良 好	
⑥	平 均							0.130	0.084		

表 2. 2. 1 0 スケール定量分析成績一覧表

船名	系統名	管系統名	管仕様	成分																	備考		
				1g Loss	SiO ₂	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CuO	ZnO	PbO	SO ₃ /SO ₄	P ₂ O ₅	Na ₂ O	K ₂ O	Cl	MnO	FeO	MoO ₃		NiO	酸不溶分
B丸	①	主機T/C L.O.クラー入口	STPG-38E 管内面無処理	685	0.56	0.34	1.38	879	0.07	0.02	0.05								0.08		trace		
G丸		主機L Oクラー出口	SGP gal.	907	0.53	0.29	1.05	8468	0.57	0.09	1.32	0.06	1.07	0.15	0.27	240	0.28						
I丸		補助冷却海水ポンプ出口	SGP gal.	126		0.20	0.84	817	0.11	<0.1	<0.1		8.99	1.08		194				<0.1	0.40		
I丸		補助コンデンサー冷却海水入口	SGP gal.	172		0.24	1.19	778	0.11	<0.1	<0.1		14.7	1.15		222				<0.1	0.45		
I丸		ジャケット冷却海水入口	SGP コムライニング	365		2.40	2.10	322	0.14	<0.1	0.56	0.19	220	6.81		717				<0.1	7.65		
D丸		補助冷却海水管	SGP gal.	144	30	0.3	0.7	773	0.1	0.2	0.1	0.0	31	0.2	0.7	<0.1							
J丸		主機エヤークラー-海水入口	SJP gal.	767	0.64	1.64	255	7048			3.98				0.81								
C丸		T/G L Oクラー-冷却海水入口	SGP gal.		0.38	0.23	0.45	834	0.12	0.05	0.16	0.02		0.69			0.07		0.02	0.05			
C丸		C.O.P.T.用L.O.クラー-冷却海水入口	STPG-38E gal.		0.22	2.75	5.83	311	0.39	0.06	3.33	0.10		0.92			0.09		<0.01	0.02			
B丸	②	造水装置エゼクタ-ポンプ海水吸込	SGP gal.	1055	0.24	0.50	4.59	805	0.05	0.02	0.61				0.06	1.10		0.04		trace			
B丸		サニタリーポンプ入口側	SGP gal.	1544	0.52	0.13	0.29	809	0.09	0.06	0.19				0.07	0.87		0.07		trace			
B丸		サニタリーポンプ出口側	SGP gal.	1185	0.88	0.34	3.58	780	0.07	0.03	0.72				0.07	0.84		0.08		trace			
D丸		サニタリーポンプ出口	STPG-38E gal.	66	0.0	0.4	0.0	729	0.1	0.1	0.1	0.0	7.0	0.1	0.6	<0.1							
G丸		冷房機用冷却海水ポンプ出口	SGP gal.	1125	1.05	0.53	1.27	8184	0.02	0.11	0.87	0.06	14.5	0.18	0.88	0.23	262	0.25					
G丸		サニタリーポンプ出口	SGP gal.	1518	1.05	0.54	3.65	7316	0.04	0.12	2.14	0.03	26.5	0.15	0.77	0.25	2.0	0.25					
G丸		サニタリーライン中間	SGP gal.	1134	0.65	0.53	1.73	7863	1.02	0.10	1.96	0.04	26.7	0.14	0.70	0.22	3.11	0.25					
G丸		エバポレーター給水	STPG-38E gal.	523	1.06	0.47	0.73	7339	3.41	10.47	0.38	0.02	29.7	0.23	0.82	0.33	1.07	0.37					
I丸		サニタリーポンプ入口	STPG-38E gal.	149		0.22	3.29	776	<0.1	<0.1	0.14	<0.1	10.4		1.15		222			<0.1	2.10		

表2.2.1.1 スケール分光定性分析成績一覧表

注) スペクトル強度の分類

+5 ……すこぶる強, +4 ……強, +3 ……すこぶる明瞭
+2 ……明瞭, + ……弱, ± ……辛じて認む

船名	系統名	管系統名	管仕様	成分																備考
				Fe	Zn	Si	Ca	Mg	Al	Cu	Pb	Mn	Ti	Mo	V	Ni	Cr	Na	Sn	
B丸	①	主機L・O・クラー海水入口	STPG-38E 管内面無処理	+5	±	+2	+2	+2	+	+	±	+		+	±	±	+			
B丸	②	サニタリーポンプ出口 (入口側)	SGP gal.	+5	±	+2	+	+	+	+	±	+		+		±	+	±		
B丸		サニタリーポンプ出口 (出口側)	SGP gal.	+5	+	+3	+2	+2	+	+	+	+		+		±	+2	±		
B丸		造水装置エゼクター ポンプ吸込(内面)	SGP gal.	+5	+	+2	+2	+2	±	+	±	+		+	±		+2			
B丸		造水装置エゼクター ポンプ吸込(外面)	SGP gal.	+5	+2	+	+2	+2	+	+	+2	+		+		±	+3	±		
B丸	③	バラスト排出用エゼクター海水管(内面)	SGP gal.	+5	+3	+3	+3	+3	+2	+	+2	+	±	+	±		+2	±		
B丸		バラスト排出用エゼクター海水管(外面)	SGP gal.	+5	+	+3	+2	+3	+2	+	+2	+	+		±	±	+3	±		
B丸	④	甲板蒸気管(内面)	SGP 管内面無処理	+5		+3	+	+2	+2	+	+	+	+	+2		±	±	±		
		甲板蒸気管(外面)	SGP gal.	+5		+3	+	+3	+2	+	+2	+2	+2	+2		+	±	+	±	
		甲板排気管(外面)	STPG-38S gal.	+5	±	+2	+	+	+2	+	+	+2	±	+		+	±	+	±	

表 2.2.1.2 甲板上蒸・排気管の発錆速度比較表

注) 亜鉛メッキ鋼管以外の特定管のみ
推定腐食速度を参考値として記載した。

船 名	管 仕 様	経過月数	外面発錆面積率(%)		発錆速度, 発錆率(% / y)	
			蒸気管	排気管	蒸 気 管	排 気 管
B 丸	SGP (ベアー)	71.2	100	—	—	—
B 丸	SGP (亜鉛メッキ)	71.2	—	100	—	—
C 丸	SGP (アルマ加工)	64.5	5	—	0.93	—
C 丸	STPG-38S (亜鉛メッキ)	64.5	—	80	—	14.88
D 丸	STPG-38E (アルマ加工)	68	15	10	2.6 以下 推定腐食速度 0.36mm/y	1.8 以下 推定腐食速度 0.42mm/y

表 2.2.1.3 甲板上作動及び制御用油圧系統発錆速度比較表

船 名	管 仕 様	経過月数	外面発錆面積率(%)	発錆速度, 発錆率(%)	備 考
D 丸	SGP	68	異常なし	推定腐食速度 0.04mm/y	機関室内導設管
I 丸	STPG-38	65	90	16.6%/y	管外面のほぼ全面にわたり腐食が著しい。

表 2.2.1.4 蒸留水系統亜鉛メッキ付着面積率一覧表

船名	管 仕 様	経過月数	調 査 管 使 用 条 件				亜鉛メッキ 付着面積率 (%)	備 考
			調査管位置	計画流速 (m/s)	流体温度(℃)	平均1日の 使用時間Hr		
D丸	SGP (亜鉛メッキ)	68	蒸留水 ポンプ出口	0.2	20	航海中常時	約95	
G丸	SGP (亜鉛メッキ)	59	エバポレータ 出 口	0.6	20~25	〃	0	S49年調査時 全面消失
I丸	SGP (亜鉛メッキ)	65	エバポレータ 出 口		42	.	0	

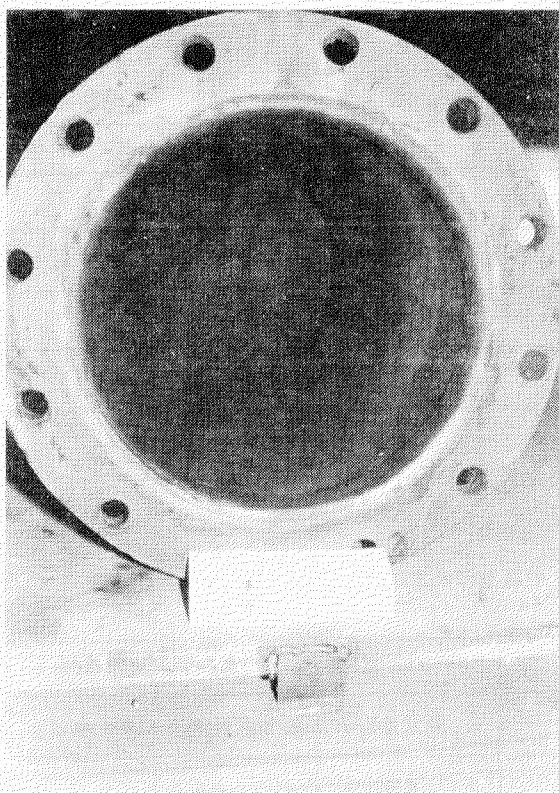


写真2.2.1 (掃除前)

I 丸 主冷却海水管

管仕様：300A SGP

ネオプレンライニング

経過月数：6.5 カ月

概 要：ライニング良好

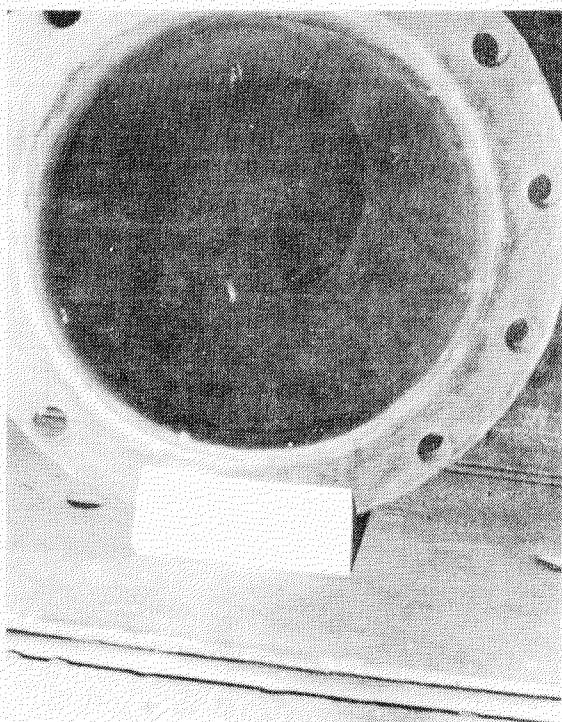


写真2.2.2 (掃除後)

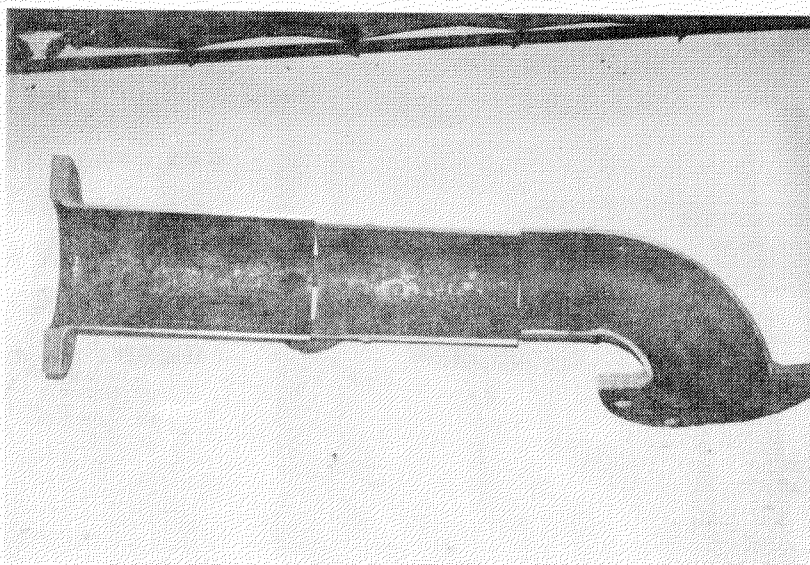


写真2.2.5 (A)

C丸：海水サービス系統

管仕様 100A SGP

Znメッキ

経過月数 33ヵ月

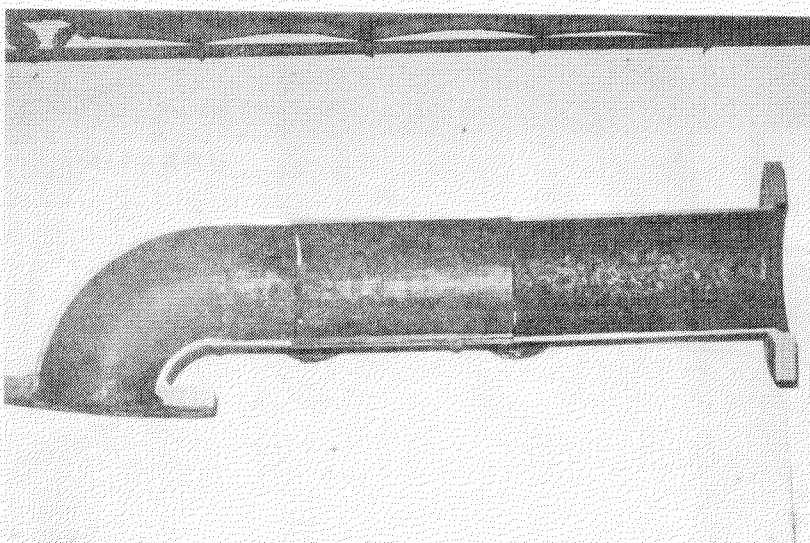


写真2.2.5 (B)

同 上

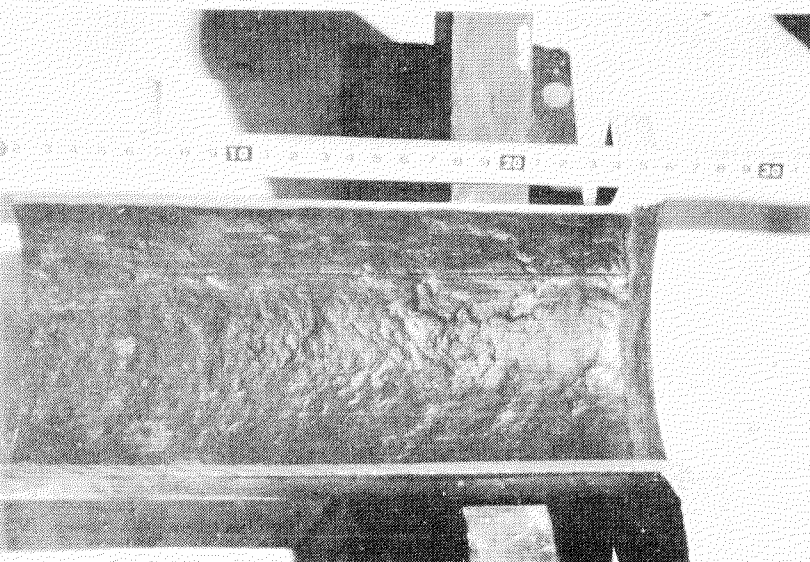


写真2.2.5 (C)

同 上

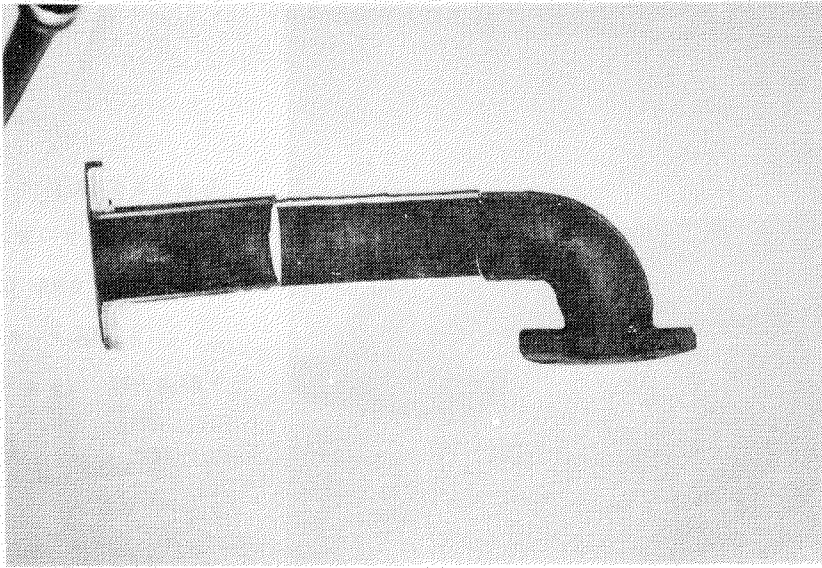


写真2.2.6(A) (掃除後)

C丸：海水サービス系統

管仕様：100A SGP-E

Znメッキ

経過月数：26.5ヶ月

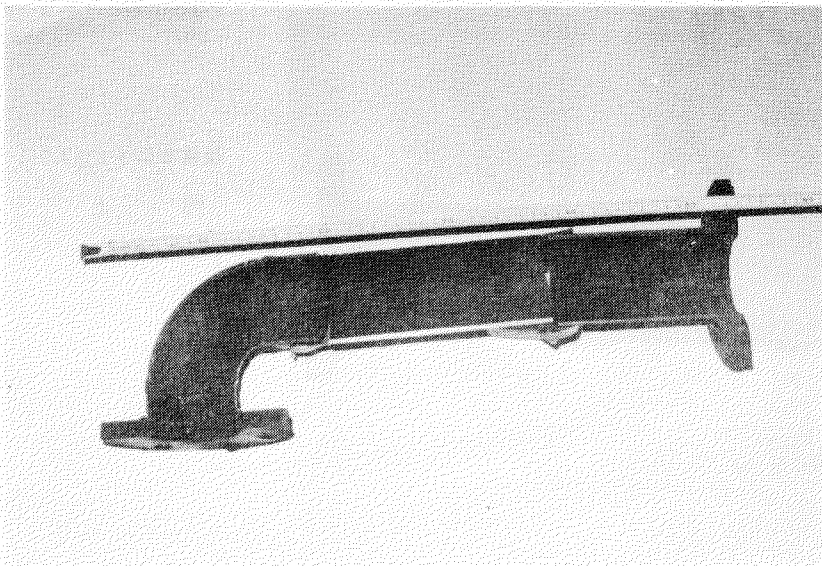


写真2.2.6(B)

同 上

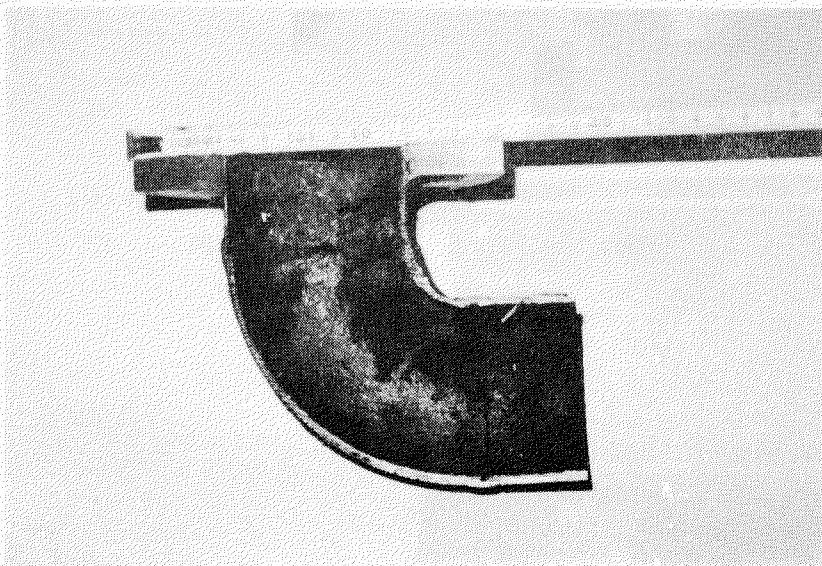


写真2.2.6(C)

同 上

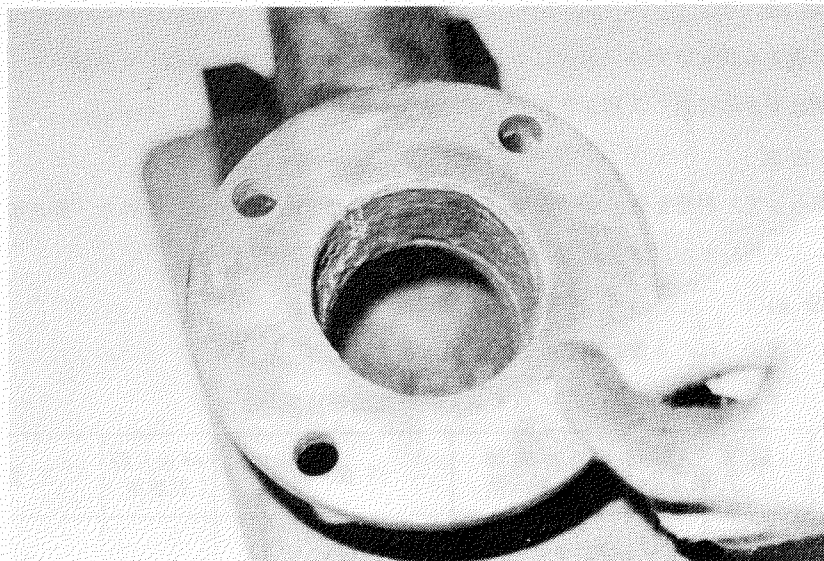


写真 2.2.7 (A) 掃除後

C 丸：海水サービス系統

管仕様：65A SGP Znメッキ特殊フランジ装着

経過月数 26.5 ヶ月

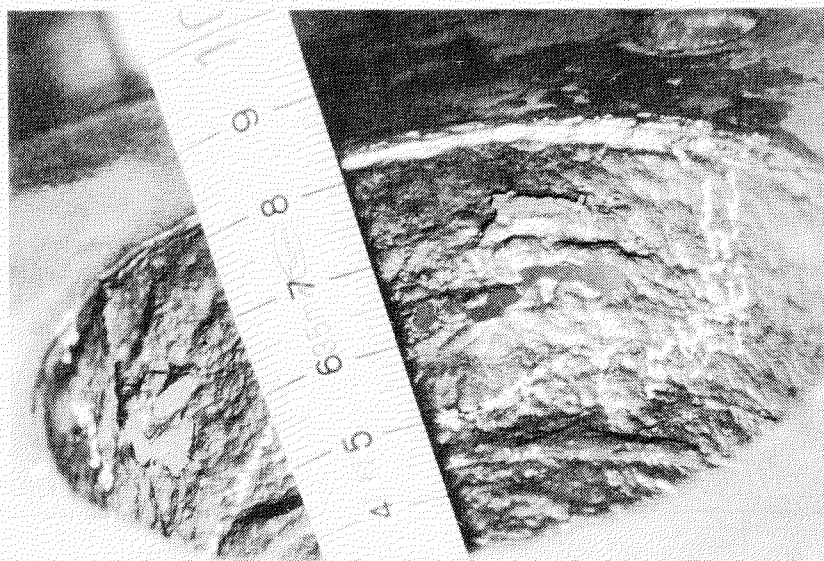


写真 2.2.7 (B) 同 上

2.3 新造船就航時からの追跡調査研究

2.3.1 調査目的

諸管材料腐食に関する調査研究の一環として、48年度研究で、新造船に装備した試験片を、49年度、50年度に引続き本年度は就航後3年経過の状態を見るため開放調査を実施した。

2.3.2 調査実施方案

開放調査実施に当って、思想を統一して円滑かつ効果的な実施を図るため作成された「新造船就航時からの追跡調査研究方案」に基いて実施したが、調査範囲・内容は50年度とほぼ同様である。

2.3.3 実施対象船

実施対象船として選定された3隻の概要を表2.3.1に示す。

表2.3.1 実施船要目表

船名 (船主)	船種 (主機)	調査実施 造船所	調査時期	経過月数 (就航後)	主要航路	備考
赤石丸 (大日海運)	24型CHIP 16PC2-2V 8,000HP	日本鋼管 清水造船所	昭和51年9月	38ヶ月	日本-北米西岸	
大栄丸 (共栄タンカー)	231型OIL (T33,000PS)	石川島播磨重工	昭和51年1月	25ヶ月	日本-PG	
ジャパンコスモス (ジャパンライン)	270型OIL (T36,000PS)	三井造船	昭和51年7月	30ヶ月	日本-PG	

2.3.4 調査結果

本年度調査した結果を各調査項目別に取りまとめたものを以下に示す。

(1) 防食亜鉛の効果

合成ゴム系被覆を施した海水系統における未被覆部品の腐食に対する防食亜鉛の効果を調査した。

(a) 試験状態

試験片を下記の通り装備した。

L丸：主機タービン用L・O・冷却器の海水入口弁の出入口側フランジに保護亜鉛を装備した。

M丸：№2冷却海水ポンプおよび同ポンプ入口弁の出入口側フランジに保護亜鉛を装備した。比較対照のため、

№1冷却海水ポンプおよび同ポンプ入口弁には保護亜鉛を装備しなかった。

試験に使用したポンプ、弁の要目、材質を表2.3.2に示し、装備状態を図2.3.1に示す。

表2.3.2 ポンプおよび弁の仕様

船名	管系材質	冷却海水ポンプ					入口弁		備考
		要目	ケーシング	インペラー	マウスリング	シャフト	弁箱	トリム	
L丸	SGP-E 合成ゴム 被覆						鋳鉄	青銅	
M丸	SGP-E 合成ゴム 被覆	480m ³ /h 125m 1,770r.p.m	青銅	18Cr-12 Ni-M ステンレス鋼	鉛青銅	18Cr-8Ni ステンレス鋼	鋳鉄	青銅	

試験時の保護亜鉛の状態を表 2.3.3 に示す。

表 2.3.3 保護亜鉛の状態

船名	亜鉛装備箇所	亜鉛付近の流速 m/s	ポンプの状態	防食電流 就航前 A	経過 月数	亜鉛の減少量 g	備 考
L 丸	弁入口側フランジ	2.3	運 転	0.08	2.5	計測できず	
			停 止	0.06			
	弁出口側フランジ	2.3	運 転	0.08		計測できず	
			停 止	0.06			
M 丸	No2 冷却海水ポンプ		運 転	0.1	3.0		約 3 ヶ月ですでに 消失
			停 止	0.1			
	同上ポンプ入口弁 入口側フランジ	2.7	運 転	0.1		計測できず	
			停 止	0.1			
	同上ポンプ入口弁 出口側フランジ	2.7	運 転	0.19		計測できず	
			停 止	0.16			

(b) 腐食状態

ポンプおよび弁の腐食状態の観察結果を表 2.3.4 に示す。

表 2.3.4 ポンプおよび弁の腐食状態の観察

船名	試 験 片	使用条件	温 度	腐 食 状 況				備 考
				形 態	程 度	範 囲	異物の堆積	
L 丸	L-O 冷却器入口弁	航海時	海水常温	異 常 な し				
M 丸	No1 冷却海水ポンプ (保護亜鉛なし)	常 用	海水常温	異 常 な し				
	No2 冷却海水ポンプ	常 用	海水常温					
	No1 冷却海水 ポンプ入口弁 (保護亜鉛なし)	常 用	海水常温					
	No2 冷却海水 ポンプ入口弁	常 用	海水常温					

(2) 塗装管の対海水腐食

海水管系にタールエポキシ塗装管、亜鉛メッキ管および無塗装管を装備し、その腐食状態の違いを調査した。

(a) 試験状態

試験を行なった管系および試験片の仕様を表 2.3.5 に示し、装備状態を図 2.3.2 に示す。

表 2.3.5 管系および試験片の仕様

船名	管 系	試 験 片		備 考
		本年度調査したもの	本年度は調査対象外のもの	
K 丸	海水サービスポンプ出口管 STPG38-E (Sch40) 亜鉛メッキ			
L 丸	海水サニタリーポンプ出口管 STPG38-E (Sch80) 亜鉛メッキ	亜鉛メッキ後、中央部 突合せ溶接		TP-No2-2B TP-No2-2C
M 丸	海水サービスポンプ出口管 STPG38-E (Sch40) 亜鉛メッキ			

(b) 腐食状態

試験片の腐食状態の観察結果を表 2.3.6 に、腐食速度を表 2.3.7 に示し、その写真を写真 2.3.1 に示す。

表 2.3.6 腐食状態の観察

船名	試験片	使用条件	温度	流速 m/s	腐食状態			況 異物の堆積	備考
					形態	程度	範囲		
K丸	タールエポキシ 塗装	常用	海水常温	2.4	実用障害なし				
	亜鉛ノッキ後 中央部溶接	常用	海水常温	2.4					
L丸	タールエポキシ 塗装管	常用	海水常温	1.5	亜鉛はかなり 消滅している "		中央溶接部 中央部及び 管の片側	全面かっ色の スケール付着	TP42-2B
	亜鉛ノッキ後 中央部溶接	常用	海水常温	1.5				"	"
M丸	タールエポキシ 塗装管	常用	海水常温	1.6	実用障害なし				
	無塗装管 中央部溶接	常用	海水常温	1.6					
	亜鉛ノッキ管	常用	海水常温	1.6					

表 2.3.7 腐食速度

船名	試験片	経過月数	母材最大腐食量 mm	母材最大腐食速度 mm/year	メッキ厚減少量 μ	メッキ厚減少率 %	メッキ付着面積率 %	備考
K 丸	亜鉛メッキ後中央部溶接	38ヶ月						
L 丸	亜鉛メッキ後中央部溶接	25ヶ月	Nil	—	63 78	58 71	93 77	TP42-2B TP42-2C
M 丸	無塗装管中央部溶接	30ヶ月			亜鉛メッキせず			

(3) アルミニウムプラス管の対海水腐食

海水管系にアルミニウムプラス管、鋳鉄ピースおよび亜鉛メッキ管を装備し、その腐食状態の違いを調査した。

(a) 試験状態

試験を行なった管系および試験片の仕様を表 2.3.8 に示し、装備状態を図 2.3.3 に示す。

表 2.3.8 管系および試験片の仕様

船名	管系	試験片	備考
K 丸	海水サービスポンプ出口管 STPG38-E (Sch40) 亜鉛メッキ	アルミニウムプラス管、鋳鉄、 STPG38-E (Sch40) 亜鉛メッキ	
L 丸	海水サニタリーポンプ出口管 STPG38-E (Sch80) 亜鉛メッキ	アルミニウムプラス管、鋳鉄、 STPG38-E (Sch80) 亜鉛メッキ	
M 丸	造水装置冷却海水入口管 STPG38-E (Sch40) 亜鉛メッキ	アルミニウムプラス管、鋳鉄Tピース、 STPG38-E (Sch80) 亜鉛メッキ	

(b) 腐食状態

試験片の腐食状態の観察結果を表 2.3.9 に示す。

表 2.3.9 腐食状態の観察

船名	試 験 片	使用条件	温 度	流速 m/s	腐 食 状 況			備 考
					形 態	程 度 範 囲	異物の堆積	
K 丸	アルミニウムブラス管	常 用	海水常温	1.7	良 好			
	鋳鉄ピース	常 用	海水常温	1.7				
L 丸	アルミニウムブラス管	常 用	海水常温	1.5	良 好		泥状の赤錆 が厚さ 1 mm	
	鋳鉄ピース	常 用	海水常温	1.5	弁がステイックする程腐 食が激しくは程度 2 度指除 腐食貫通なし			
	亜鉛メッキ鋼管	常 用	海水常温	1.5				
M 太	アルミニウムブラス管	航海時	海水常温	1.9	良 好			
	鋳鉄ピース	航海時	海水常温	1.9				
	亜鉛メッキ鋼管	航海時	海水常温	1.9				

(4) アルミメッキ鋼管の対海水腐食

海水管系にアルミメッキ鋼管を装備し、その腐食状態を調査した。

(a) 試験状態

試験を行なった管系および試験片の仕様を表 2.3.10 に示し、装備状態を図 2.3.4 に示す。

表 2.3.10 管系および試験片の仕様

船名	管系	試験片	備考
K 丸	海水サービスポンプ出口管 STPG38-E (Sch80) 亜鉛メッキ	STPG38-E (Sch80) アルミメッキ	
L 丸	空気圧縮機冷却海水出口管 STPG38-E (Sch80) 亜鉛メッキ	STPG38-E (Sch80) アルミメッキ	TP・No.4-1B TP・No.4-1C
M 丸	空気圧縮機冷却海水出口管 STPG38-E (Sch80) 亜鉛メッキ	STPG38-E (Sch40) アルミメッキ	

(b) 腐食状態

試験片の腐食状態の観察結果を表 2.3.11 に、腐食速度を表 2.3.12 に示し、その写真を写真 2.3.2 に示す。

表 2.3.11 腐食状態の観察

船名	試験片	使用条件	温度	流速 m/s	腐食状況			備考
					形態	程度	範囲	
K 丸	アルミメッキ管	常用	海水常温	2.0	良好			
L 丸	アルミメッキ管	常用	海水常温	0.5	管母材の腐食は無し			白色とカッ色の粉末が付着
M 丸	アルミメッキ管	常用	海水常温	1.7	良好			

表 2.3.1.2 腐食速度

船名	試験片	経過月数	母材最大腐食量mm	母材最大腐食速度mm/year	メッキ厚減少量μ	メッキ厚減少率%	メッキ付着面積率%	備考
K丸	アルミメッキ管	38ヶ月	計測できず					
L丸	アルミメッキ管	25ヶ月	無	無	19 27	18 25	100 100	TP・№4-1B TP・№4-1C
M丸	アルミメッキ管	30ヶ月	計測できず					

(5) 亜鉛メッキ鋼管の対蒸溜水腐食

蒸溜水管系に亜鉛メッキ鋼管を装備し、その腐食状態を調査した。

(a) 試験状態

試験を行なった管系および試験片の仕様を表 2.3.1.3 に示し、装備状態を図 2.3.5 に示す。

表 2.3.1.3 管系および試験片の仕様

船名	管系	試験片	備考
L丸	造水装置蒸溜水出口管 SGP-E 亜鉛メッキ	SGP-E 亜鉛メッキ	TP・№5-1B TP・№5-1C
M丸	造水装置蒸溜水出口管 SGP-E 亜鉛メッキ	STPG38-E (Sch 40) 亜鉛メッキ	

(b) 腐食状態

試験片の腐食状態の観察結果を表 2.3.1.4 に、腐食速度を表 2.3.1.5 に示し、その写真を写真 2.3.3 に示す。

表 2.3.1.4 腐食状態の観察

船名	試験片	使用条件	温度℃	流速m/s	腐食状況				備考
					形態	程度	範囲	異物の堆積	
L丸	亜鉛メッキ管	航海時	20	0.38	亜鉛メッキはほとんど消滅している。		管の両端に亜鉛メッキが一部残っておりそれ以外の腐食	全面かつ色のスケールでおおわれている	TP・№5-1B, 5-1C
M丸	亜鉛メッキ管	航海時		0.8	実用障害なし				

表 2.3.1.5 腐食速度

船名	試験片	経過月数	母材最大腐食量mm	母材最大腐食速度mm/year	メッキ厚減少量μ	メッキ厚減少率%	メッキ付着面積率%	備考
L丸	亜鉛メッキ	25ヶ月	Nil	—	57 70	68 83	17 12	TP・№5-1B TP・№5-1C
M丸	亜鉛メッキ	30ヶ月						

(6) 継目無鋼管と溶接鋼管（電縫管）の対海水腐食

海水管系に亜鉛メッキ継目無鋼管および亜鉛メッキ溶接鋼管を装備し、その腐食状態の違いを調査した。

(a) 試験状態

試験を行なった管系および試験片の仕様を表 2.3.1.6 に示し、装備状態を図 2.3.6 に示す。

表 2.3.16 管系および試験片の仕様

船名	管 系	試 験 片	備 考
K 丸	主機空冷冷却器海水出口管 STPG38-E(Sch40) 亜鉛メッキ	STPG38-E(Sch40), STPG38-S(Sch40) 亜鉛メッキ 亜鉛メッキ	
L 丸	ターボ発電機 L・O・冷却器海水出口管 STPG38-E(Sch40) 亜鉛メッキ	STPG38-E(Sch40), STPG38-S(Sch40) 亜鉛メッキ 亜鉛メッキ	TP.№6-1B TP.№6-1C TP.№6-2B TP.№6-2C
M 丸	ターボ発電機冷却海水出口管 STPG38-E(Sch40) 亜鉛メッキ	STPG38-E(Sch40), STPG38-S(Sch40) 亜鉛メッキ 亜鉛メッキ	

(b) 腐食状態

試験片の腐食状態の観察結果を表 2.3.17 に、腐食速度を表 2.3.18 に示し、その写真を写真 2.3.4 及び写真 2.3.5 に示す。

表 2.3.17 腐食状態の観察

船名	試験片	使用条件	温 度	流速 m/s	腐 食 状 況				備 考
					形 態	程 度	範 囲	異物の堆積	
K 丸	継目無鋼管	航海時	4 3	2. 4	実 用 障 害 な し				
	溶 接 鋼 管	航海時	4 3	2. 4					
L 丸	継目無鋼管	常 用	海水常温	1. 1	局部腐食	表 層	} 極めて軽微	かっ色のスケールで覆われている。	TP・№6-1 B TP・№6-1 C
	溶 接 鋼 管	常 用	海水常温	1. 1	局部腐食	表 層		かっ色のスケールで覆われている。	
M 丸	継目無鋼管	常 用	海水常温	1. 6	実 用 障 害 な し				
	溶 接 鋼 管	常 用	海水常温	1. 6					

表 2.3.18 腐 食 速 度

船名	試験片	経過月数	母材最大 腐食量mm	母材最大腐食 速度mm/year	メッキ厚 減少量μ	メッキ厚 減少率%	メッキ付着 面積率%	備 考
K 丸	継目無鋼管	38ヶ月	計測できず					
	溶接鋼管							
L 丸	継目無鋼管	25ヶ月	0	0	51	47	96	TP.№6-1B TP.№6-1C TP.№6-2B TP.№6-2C
			0	0	53	47	90	
	溶接鋼管	25ヶ月	0	0	65	60	80	
			0	0	72	67	70	
M 丸	継目無鋼管	30ヶ月	計測できず					
	溶接鋼管							

(7) 甲板上の蒸排気管の腐食

暴露甲板上の蒸排気管にアルミメッキ鋼管を装備し、外面の腐食状態を調査した。

(a) 試験状態

試験を行なった管系および試験片の仕様を表 2.3.19 に示し、装備状態を図 2.3.7 に示す。

表 2.3.19 管系および試験片の仕様

船名	管 系	試 験 片	備 考
L 丸	係船ウインチ用蒸気管 STPG38-E Sch40アルミメッキ	STPG38-E Sch40 アルミメッキ	
	係船ウインチ用排気管 STPG38-E Sch40アルミメッキ	STPG38-E Sch40 アルミメッキ	
M 丸	係船ウインチ用蒸気管系 DCuT ₂ -H	STPG38-E Sch40 アルミメッキ	
	係船ウインチ用排気管系 DCuT ₂ -H	STPG38-E Sch40 アルミメッキ	

(b) 腐食状態

試験片の外面の腐食状態の観察結果を表 2.3.20 に示す。

表 2.3.20 腐食状態の観察

船名	試験片	使用条件	温 度	流速 m/s	腐 食 状 況			メッキ付着 面 積 率	備 考
					形 態	程 度	範 囲		
L 丸	蒸気管	間 歇	165	—	メッキの剥離もなく 赤錆も全く発生して おらず良好である。			100	
	排気管	間 歇	100	—				100	
M 丸	蒸気管	間 歇	165	—					
	排気管	間 歇	100	—					

2.3.5 調査結果の考察

(1) 塗装管の対海水腐食

亜鉛メッキ後溶接した鋼管は、溶接熱影響部は亜鉛メッキがはがれ、かっ色に覆われている(25ヶ月)が、母材の腐食はほとんど見られない。溶接部以外は、亜鉛メッキ層が局所的に溶出し、母材がわずかに露出した程度である。

(2) アルミニウムメッキ鋼管の対海水腐食

アルミニウムメッキ鋼管は、白色とかっ色の粉末が付着(25ヶ月)していて、アルミメッキは変色していたが一樣に残っている。メッキ層が完全に残っているので母材の腐食はなく良好である。

(3) 亜鉛メッキ鋼管の対蒸溜水腐食

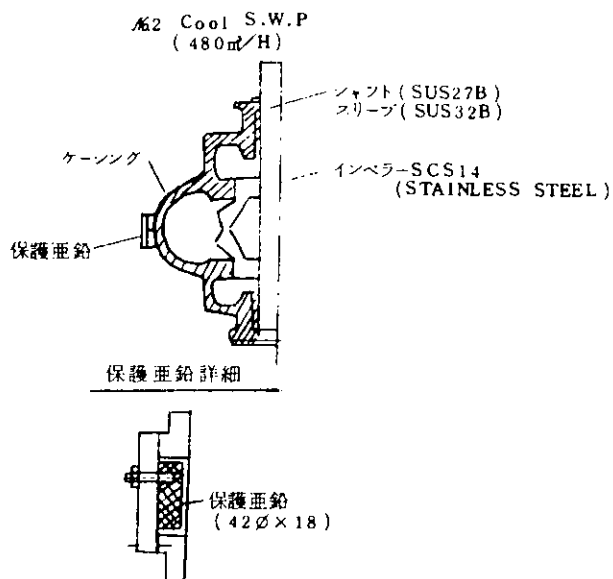
蒸溜水管系の亜鉛メッキ鋼管は管の両端に約10mm幅の帯状に亜鉛メッキが残っている以外はほとんど残っておらず母材も腐食(25ヶ月)されている。又亜鉛メッキ層の減少率は海水管系に用いられる場合と比較してかなり大きい。

(4) 継目無鋼管と溶接鋼管(電縫管)の対海水腐食

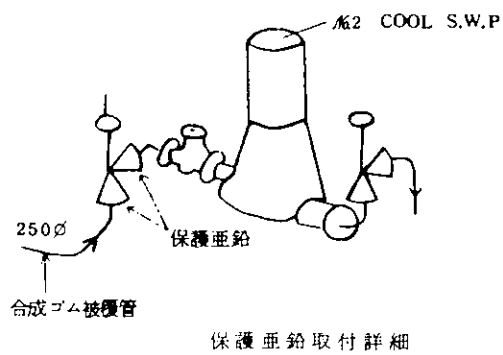
(a) L船のテストピースで見る限り、亜鉛メッキが未だ完全に残存しており、メッキ消失部の表層腐食部と見える部分も酸洗後に見るべき腐食もなく両者の差は現段階では認知できない。(25ヶ月)

(5) 甲板上の蒸排気管

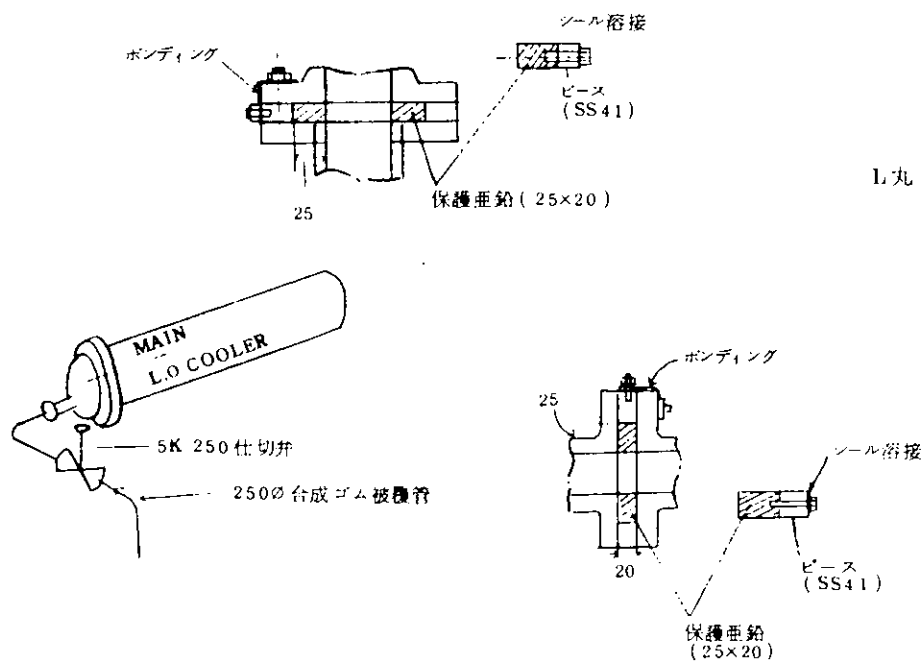
アルミメッキされた蒸排気管は25ヶ月ではさび発生もなく極めて良好である。



M丸：No. 2 冷却海水ポンプケーシングに
保護亜鉛を取付けた。

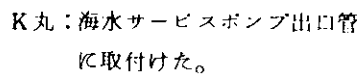
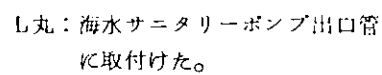
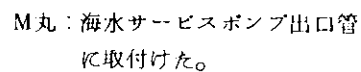


M丸：No. 2 冷却海水ポンプ入口弁の両端
フランジに保護亜鉛を取付けた。

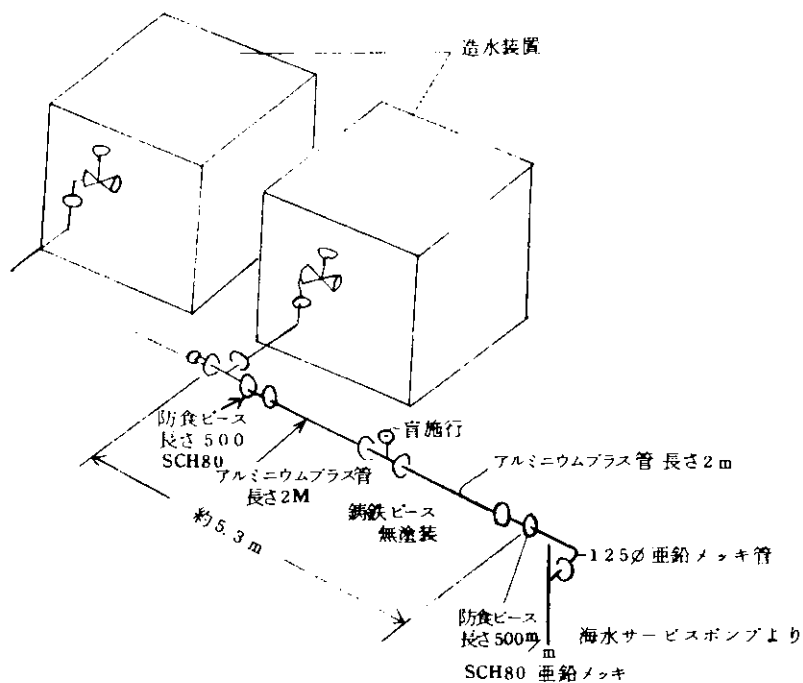


L丸：主L.O. 冷却器
海水入口弁の両端
フランジに保護亜
鉛を取付けた。

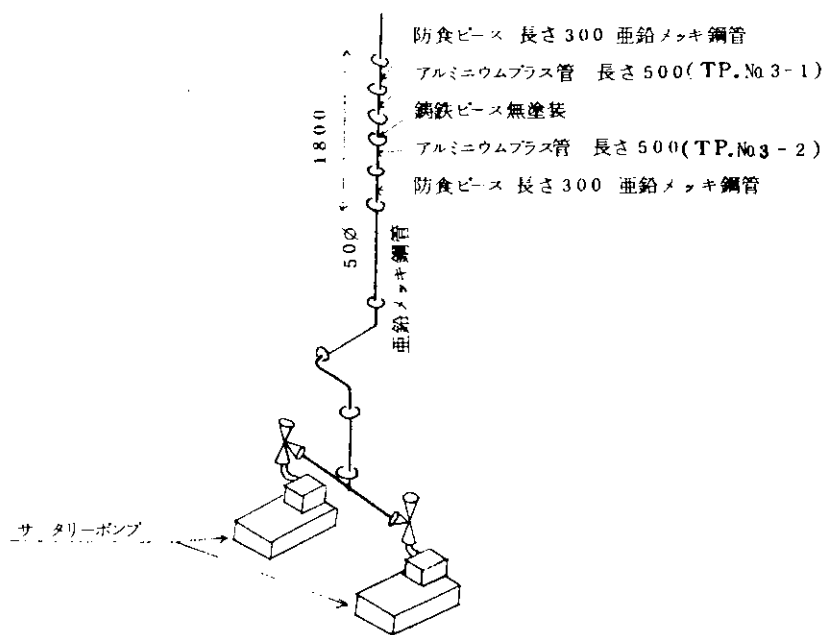
図 2. 3. 1 ポンプおよび弁に取付けた試験片装備状態（保護亜鉛）



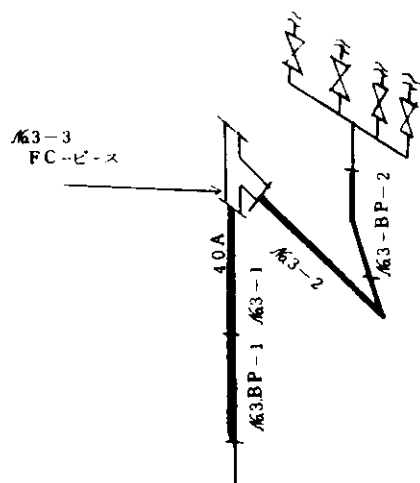
- 40 -



M丸：海水サービスポンプ出口管に取付けた。

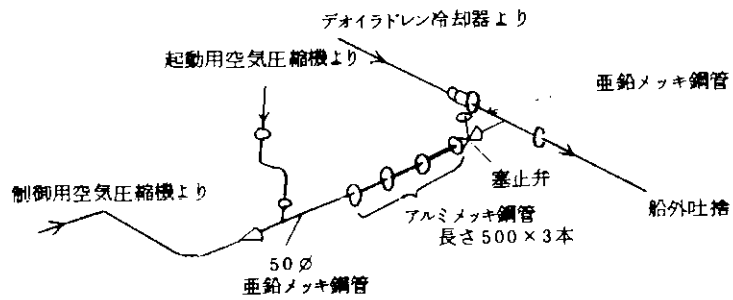


L丸：サニタリーポンプ出口管に取付けた。

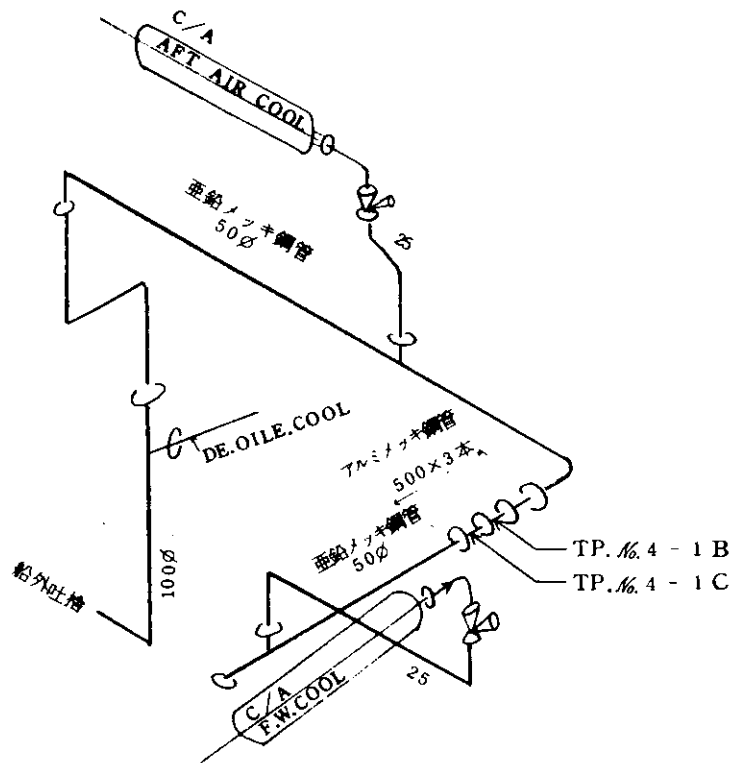


K丸：サニタリー管系に取付けた。

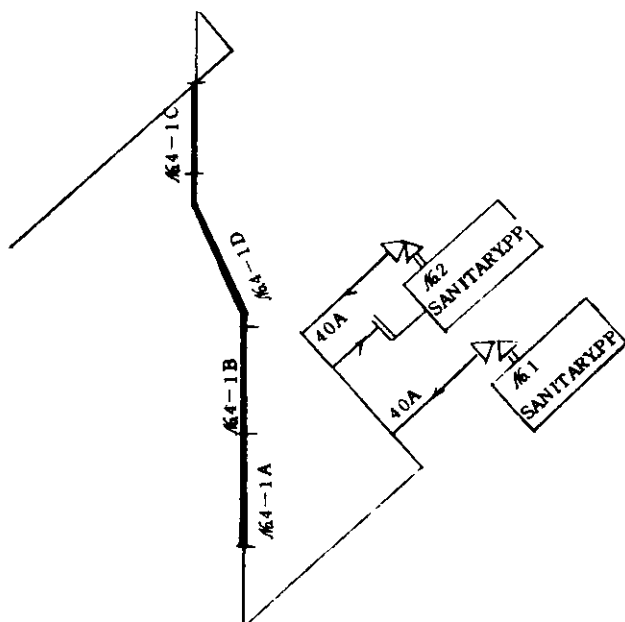
図 2.3.3 海水管系に取付けた試験片の装備状態 (アルミニウムプラス管)



M丸：空気圧縮機冷却海水出口管
に取付けた。

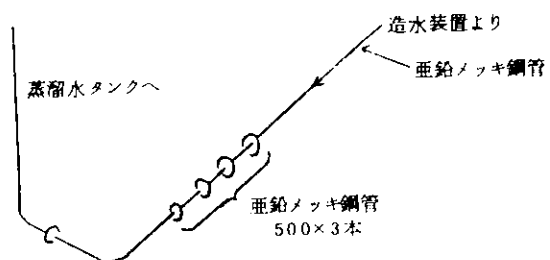


L丸：空気圧縮機冷却海水出口管
に取付けた。

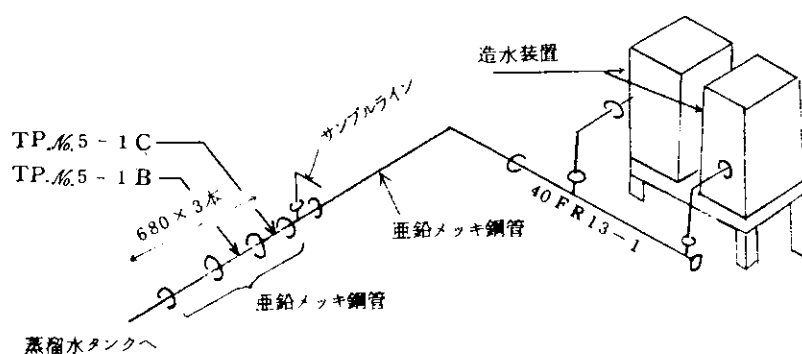


K丸：サニタリーポンプ出口管に
取付けた。

図 2.3.4 海水管系に取付けた試験片の装備状態（アルミメッキ鋼管）

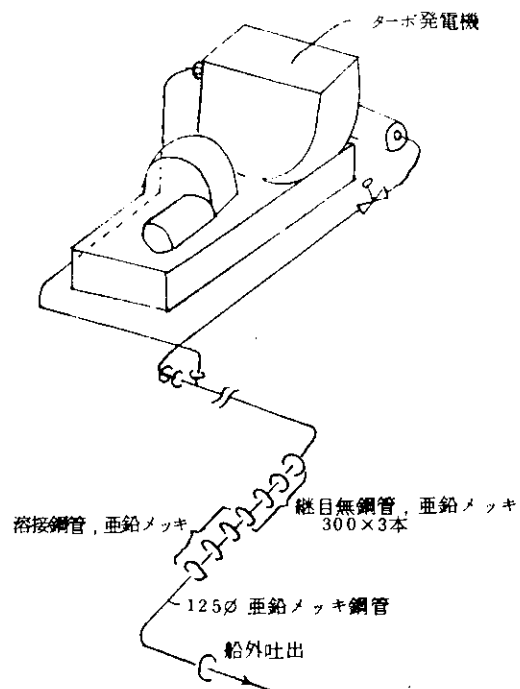


M丸：造水装置蒸留水出口管に
取付けた。

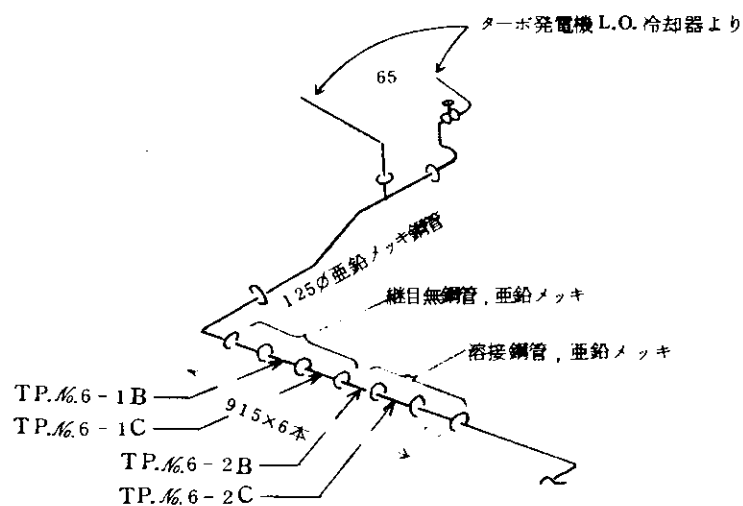


L丸：造水装置蒸留水出口管に
取付けた。

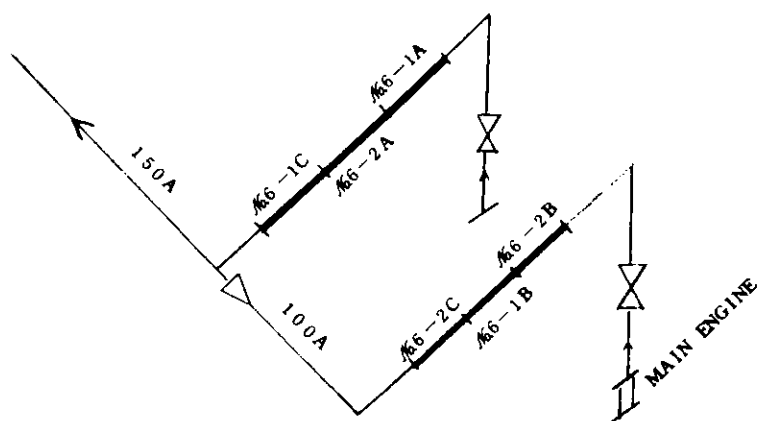
図 2. 3. 5 蒸留水管系に取付けた試験片の装備状態 (亜鉛メッキ鋼管)



M丸：ターボ発電機冷却海水出口管に取付けた。

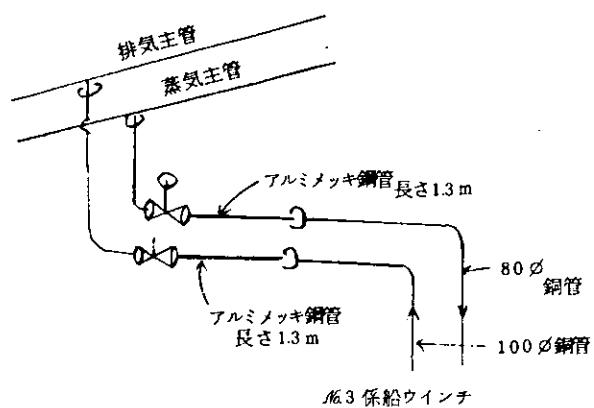


L丸：ターボ発電機L.O. 冷却器冷却海水出口管に取付けた。

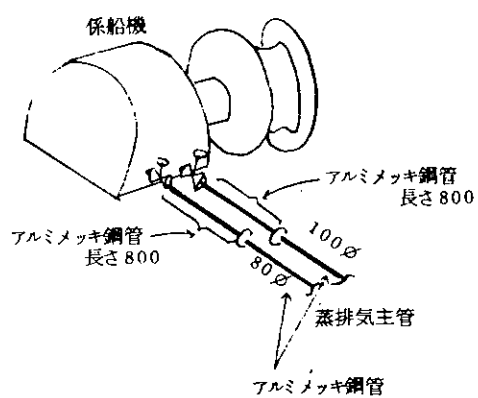


K丸：主機械空気冷却器冷却海水出口管に取付けた。

図 2.3.6 海水管系に取付けた試験片の装備状態（亜鉛メッキした継目無鋼管，溶接鋼管）



M丸：係船ウインチ蒸排気管に
取付けた。



L丸：係船ウインチ蒸排気管に
取付けた。

図 2.3.7 甲板上蒸排気管系に取付けた試験片の装備状態（アルミメッキ鋼管）

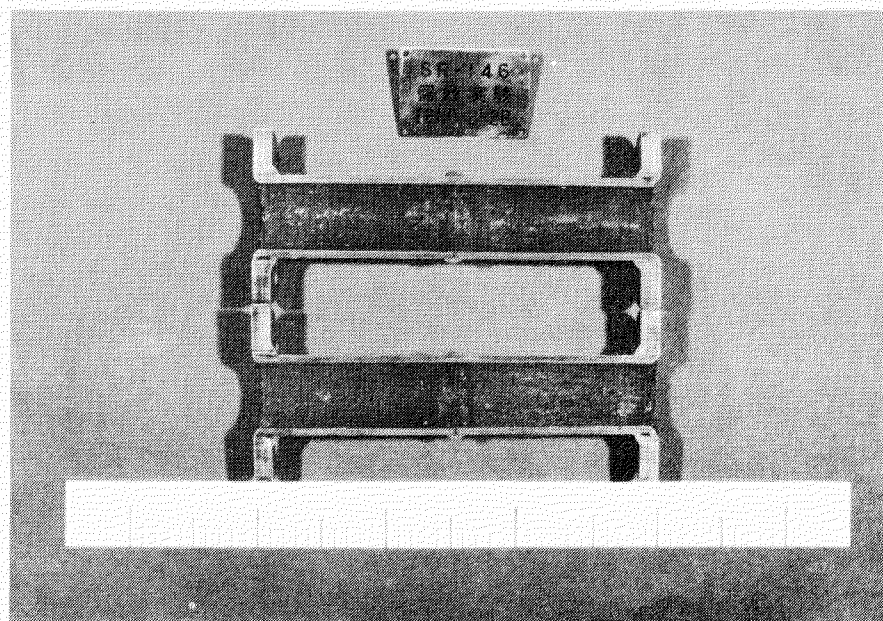
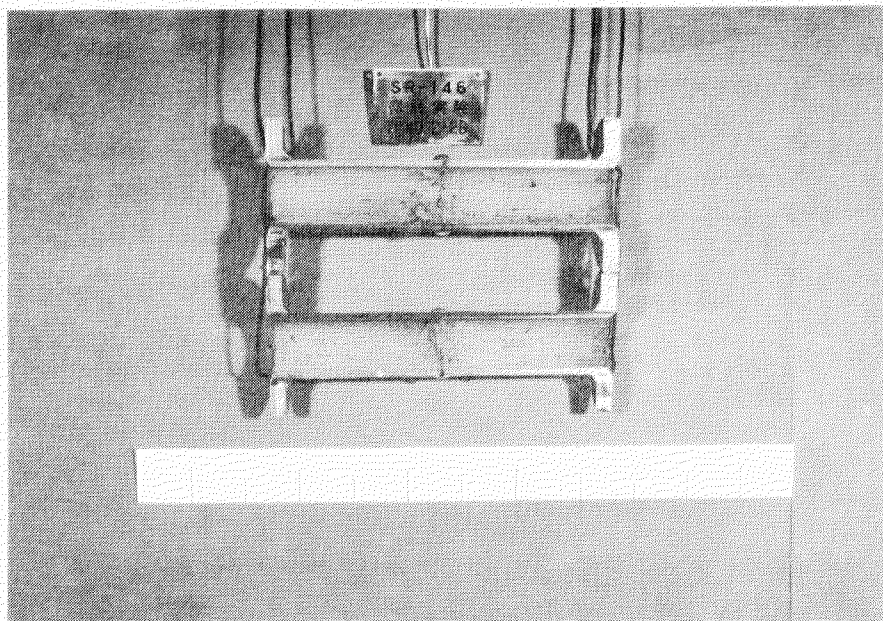


写真 2. 3. 1 (a) 塗装管の海水による腐食（上段：掃除前，下段：掃除後）

L 丸 溶接鋼管亜鉛メッキ後中央部突合せ溶接管

管 系 統：海水サニタリーポンプ出口管

経過月数：25ヶ月

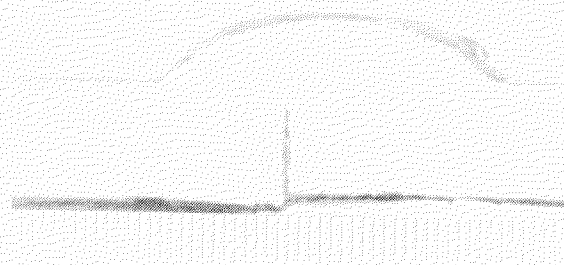
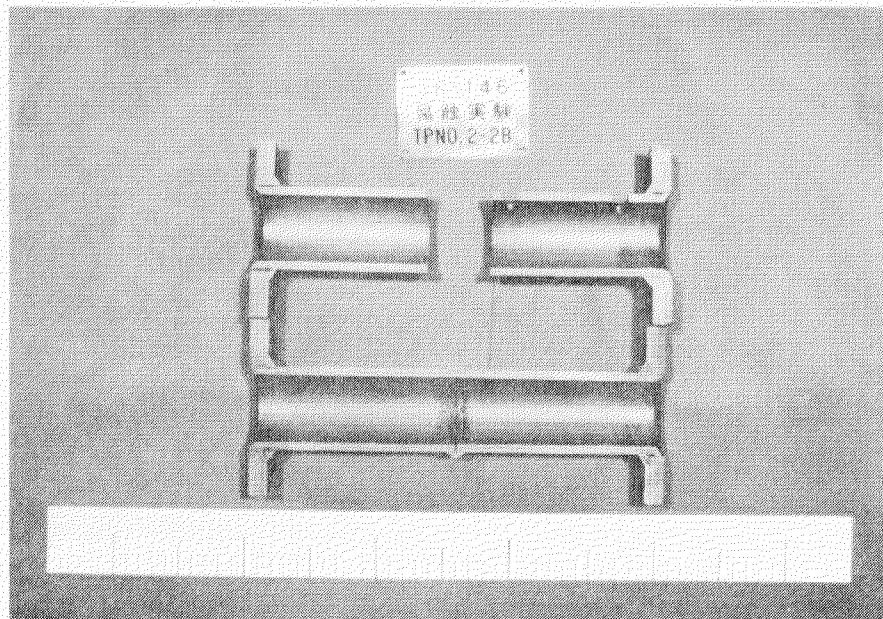


写真2.3.1(b) 塗装管の海水による腐食（上段：酸洗後，下段：中央溶接部）

L 丸 溶接鋼管亜鉛メッキ後中央部突合せ溶接管

管 系 統：海水サニタリーポンプ出口管

経過月数 25ヶ月

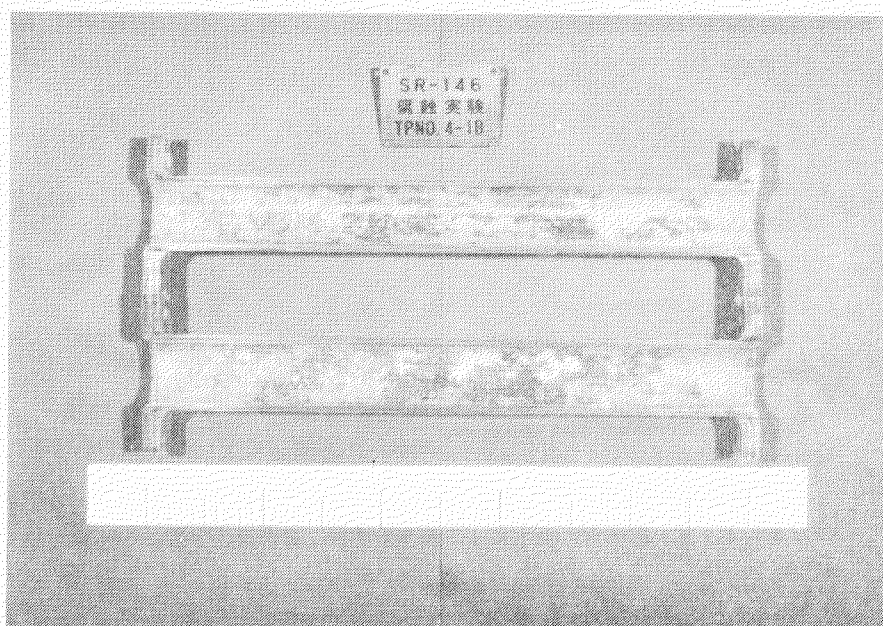
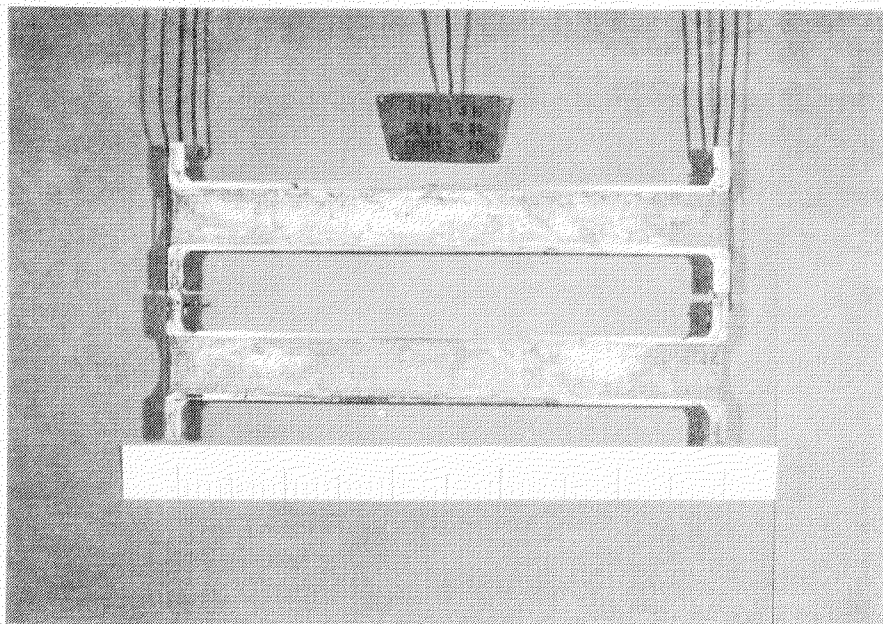


写真 2.3.2(a) アルミメッキ鋼管の海水による腐食（上段：掃除前，下段，掃除後）

Ｌ 丸 アルミメッキ溶接鋼管

管 系 統：空気圧縮機冷却海水出口管

経過月数：２５ヶ月

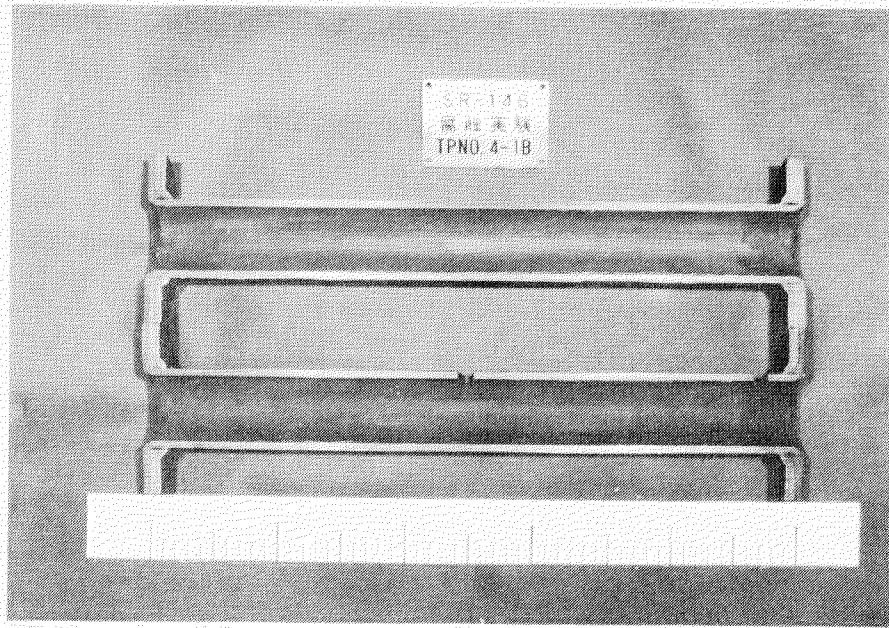


写真2.3.2(b) アルミメッキ鋼管の海水による腐食（酸洗後）

L 丸 アルミメッキ溶接鋼管

管 系 統：空気圧縮機冷却海水出口管

経過月数：25ヶ月

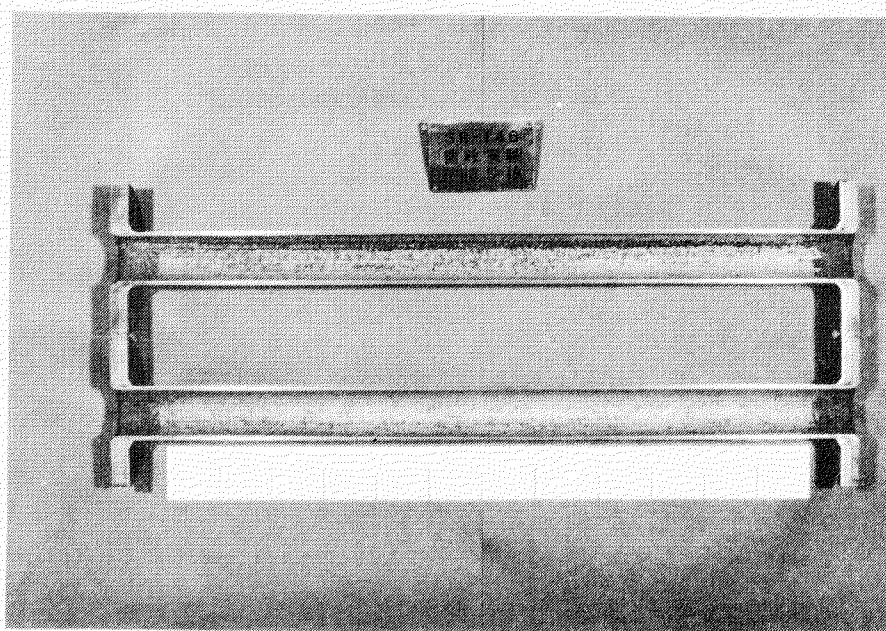
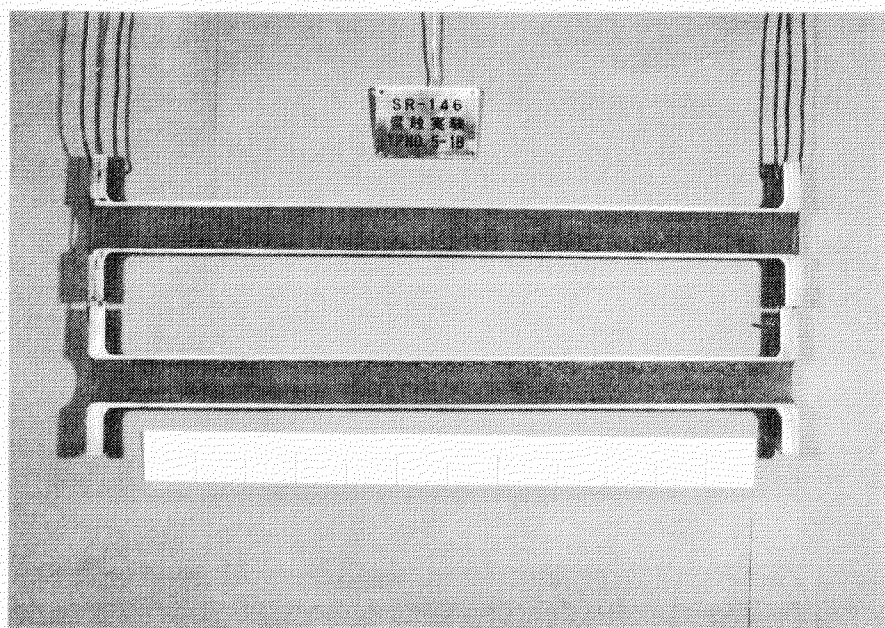


写真 2. 3. 3 (a) 亜鉛メッキ鋼管の蒸溜水による腐食（上段：掃除前，下段：掃除後）

丸 亜鉛メッキ溶接鋼管

管 系 統：造水装置蒸溜水出口管

経過月数：25ヶ月

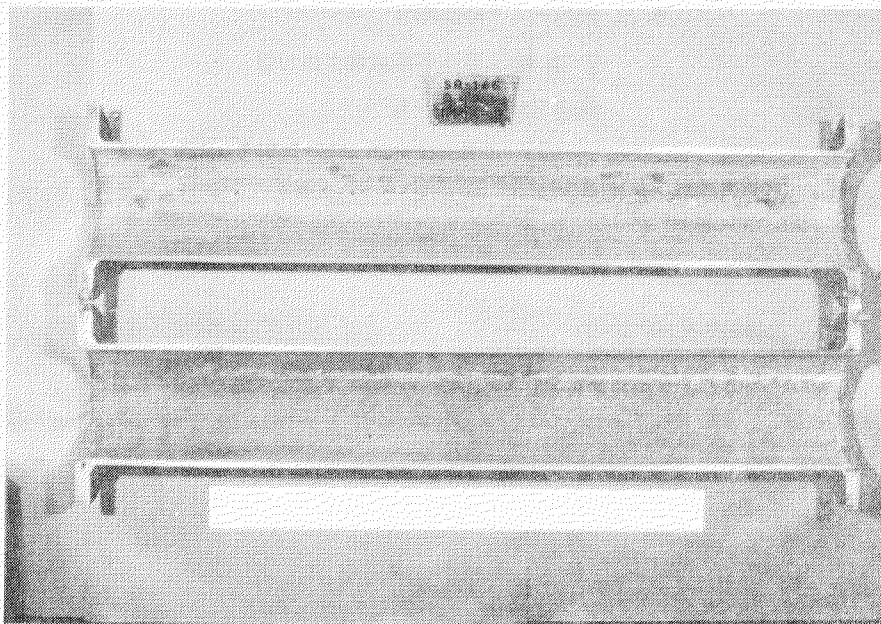


写真 2.3.4 (a) 継目無鋼管の海水による腐食（上段：掃除前，下段：掃除後）

L 丸 亜鉛メッキ継目無鋼管

管 系 統：ターボ発電機LO冷却器海水出口管

経過月数：25ヶ月

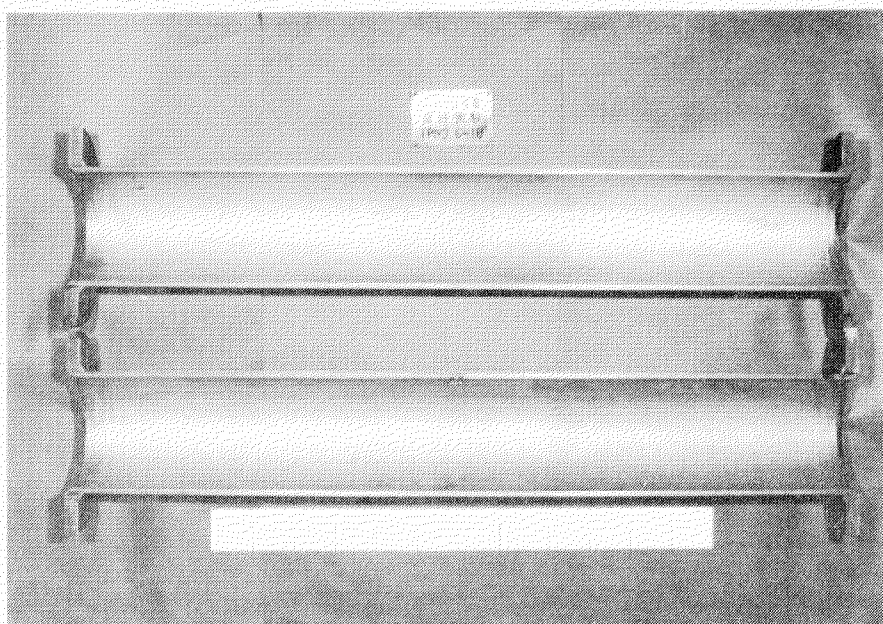


写真 2. 3. 4 (b) 継目無鋼管の海水による腐食（酸洗後）

Ｌ 丸 亜鉛メッキ継目無鋼管

管 系 統：ターボ発電機ＬＯ冷却器海水出口管

経過月数：２５ヶ月

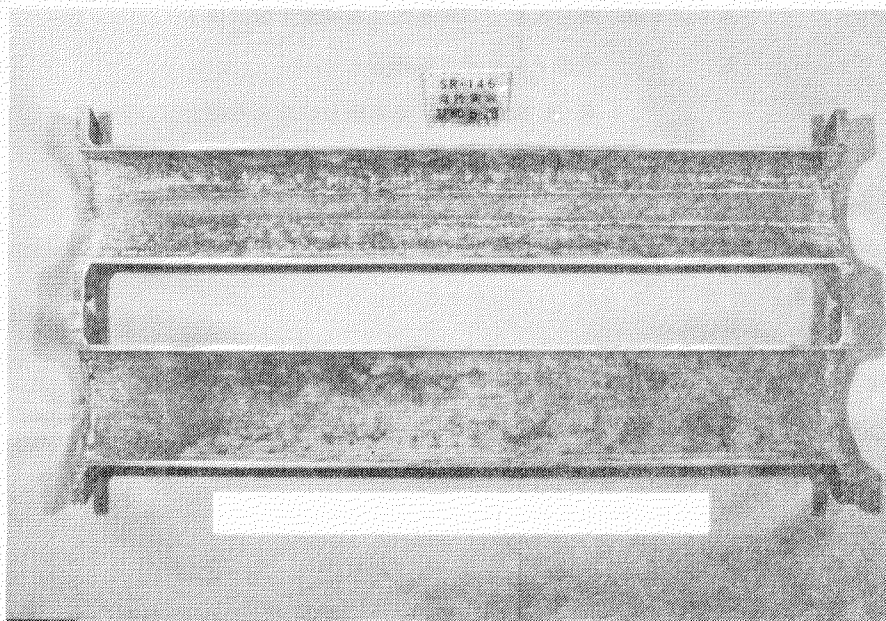


写真 2.3.5(a) 溶接鋼管の海水による腐食（上段：掃除前，下段：掃除後）

Ｌ 丸 亜鉛メッキ溶接鋼管

管 系 統：ターボ発電機LO冷却器海水出口管

経過月数：２５ヶ月

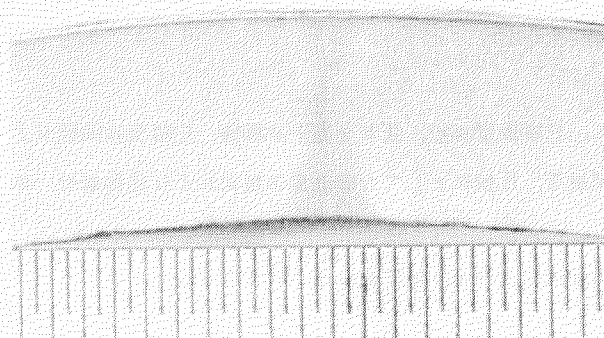
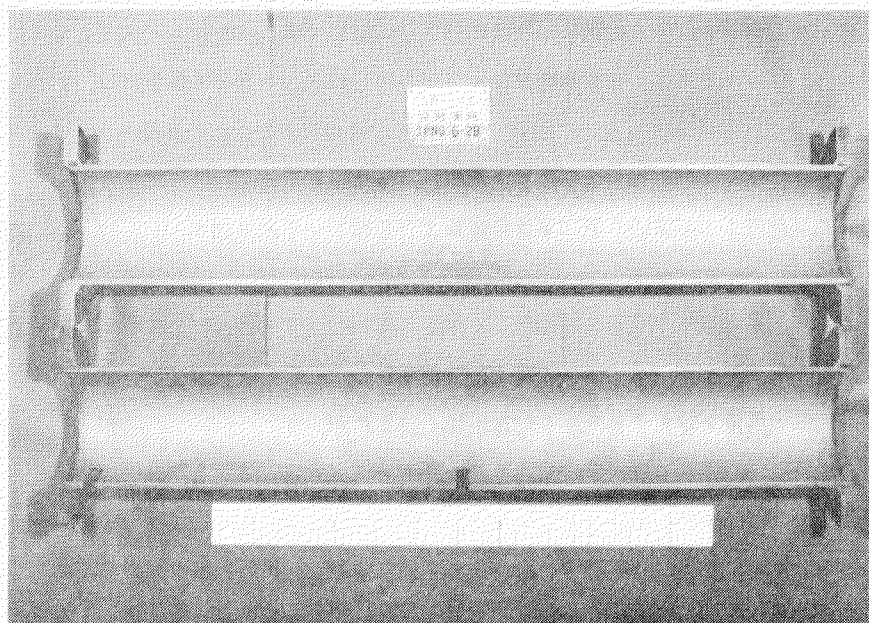


写真2.3.5 (b) 溶接鋼管の海水による腐食（上段：酸洗後，下段：電縫部）

L 丸 亜鉛メッキ溶接鋼管

管 系 統：ターボ発電機LO冷却器海水出口管

経過月数：25ヶ月

2.4 実験室基礎研究

2.4.1 実験室基礎研究の目的

実船における諸管材料の腐食は多くの因子が複雑に作用して生じている。これらの因子としては、流速、温度、異種金属接触、電縫溶接、メッキ膜厚さ、被覆材の欠陥などがあげられる。そこで本研究では、これらの諸因子の腐食速度におよぼす影響を実験室試験により定量的に把握し、具体的な腐食対策のための基礎的データを提供するために、下記項目について昭和49年度および昭和50年度の2ケ年に亘って調査研究を行ってきた。

(1) 回転翼車型腐食試験機による実験(昭和49年度および昭和50年度実施)

(2) 実管テスト(昭和50年度実施)

一方、昭和48年度、昭和49年度および昭和50年度に実施したアンケート調査および開放調査結果によれば、船舶における諸管系統の腐食事故は、3～7ケ年間使用した鋼管の溶接部(電縫溶接部を含む)に集中していることが明白になり、この溶接部の腐食を防止するための対策が強く望まれた。

他方、鉄鋼メーカーは、電縫部の腐食を軽減するため、耐溝状腐食性電縫管を開発中である。もしこの耐溝状腐食性電縫管が使用できるならば、船舶の諸管系統の防食上極めて有効な方法となることが予想された。

このような事情から、今年度は、日本鋼管(株)、住友金属工業(株)、川崎製鉄(株)および新日本製鉄(株)の4社において開発中の耐溝状腐食性電縫管を各社2種提供して頂き、合計8種(比較材2種、合計10種)の電縫鋼管の耐食性を回転翼車型腐食試験機および実管テストによって調査した。

更に、実管テストにおいては、昨年度にひきつづいてベンド部およびフランジ接合部の腐食を調査すると共に、被覆材欠陥部の腐食を調査した。

2.4.2 回転翼車型腐食試験機による実験

(1) 試験方法

今年度は前述したように、日本鋼管(株)、住友金属工業(株)、川崎製鉄(株)および新日本製鉄(株)から提供して頂いた8種の耐溝状腐食性電縫管、比較材としての普通電縫鋼管および鍛接鋼管、合計10種の接合部の腐食を調査した。

回転翼車型腐食試験機の詳細は昭和49年度報告書(研究資料第228)に述べられているが、参考までに試験機の外観を写真2.4.1に示しておく。

写真2.4.1において、タンク内には1,900mmφの回転円板と485mmφの静止円板があり、40mmφ×6mmの試験片がFRPによって絶縁されて取付けられている。試験片とFRPとの隙間はシリコンゴムによって充填されている。

回転板を44r.p.m.の速度で回転させると、各試験片の取付位置によって、4m/sec、3m/sec、2m/secおよび1.5m/secの速度で試験片は移動することになる。タンク内に固定フィンを取付けることによって海水が円板につれて動くことを防止しようとしたが、フィン端面と試験片の距離を3mmにしているため、海水がわずかに移動した。したがって試験片の真の移動速度は、上述の速度よりいくらか小さいと思われるが、本報告書では一応上述の速度を流速として表わした。

供試材の成分系を表2.4.1に示す。

試験片の製作要領は、昭和49年度報告書(研究資料第228、54ページ図2.4.5)に示したとおりである。

試験条件はつきに示すとおりである。すなわち

(イ) 流速：0m/sec、1.5m/sec、2m/sec、3m/sec、4m/sec (5条件)

(ロ) 環境：長崎港外の自然海水。(空気吹込みはとくに行なわなかった。)

試験片までの海水深さ：回転円板の場合34cm、静止円板の場合26cm。

海水は試験開始90日後に新しいものと取りかえた。

(イ) 海水温度：40℃（加熱による海水の蒸発減量は、蒸留水を注入して補い、水位を一定に保持した。）

(ロ) 試験期間：昭和51年7月1日～昭和52年1月7日（190日間）

試験終了後、酸洗前後の写真撮影、重量減測定、肉厚減測定、電縫部断面のマクロおよびミクロ写真撮影および電縫部の溝状腐食深さの測定を行なった。

酸洗液として、7%塩酸+0.5%溶解促進剤+0.5%ヒピロンA100溶液を使用した。重量減測定に際しては、酸洗液による腐食量を調べて測定結果の補正を行なった。肉厚減測定にはポイントマイクロメーターを使用し、電縫部の溝状腐食深さはマクロ写真（倍率10倍）から求めた。

(2) 試験結果および考察

写真2.4.2に酸洗後の耐溝状腐食性電縫鋼管、比較材として試験した鍛接鋼管および普通電縫鋼管から採取した円板試験片の表面状況を示す。写真2.4.2から明らかなように、溝状腐食を生じなかったかあるいはほとんど無視できる鋼種は、A2、A3、B3およびA4の4種の耐溝状腐食性電縫鋼管と鍛接鋼管であった。

重量減から求めた腐食速度を図2.4.1に、流速と重量減から求めた腐食速度との関係を図2.4.2に示す。これらの図から明らかなように、重量減から求めた腐食速度は、鋼種によって変らず、むしろ流速が増大するにつれて直線的に大きくなっている。図2.4.2には、昭和49年度（試験期間3ヶ月、20℃）および昭和50年度（試験期間3ヶ月、50℃および80℃）の結果もあわせて示しているが、明らかに今年度の結果と異なっており、これには試験期間の大小が大きく影響しているものと思われる。

つぎに、電縫部の腐食について述べる。写真2.4.3に電縫部の断面状況を、図2.4.3に電縫部の溝状腐食深さを示す。これらの結果から、溝状腐食を生じなかったか、あるいはほとんど無視できる鋼種は符号A2、A3、B3およびA4の4種の耐溝状腐食性電縫鋼管および符号Jの鍛接鋼管であることがわかる。

電縫部に溝状腐食を生じた符号A1、B1、B2およびB4の耐溝状腐食性電縫鋼管および符号Iの普通電縫鋼管における溝状腐食深さと流速との関係を図2.4.4に示す。図2.4.4から明らかなように、流速の増加につれて溝状腐食深さは大きくなっており、普通電縫鋼管では流速4mで約2.3mm/6 monthsにも達している。この値は炭素鋼が海水（流速4m/sec、40℃）中で通常腐食する速度の6～7倍にも達していることを示している。

また、昭和50年度の結果によれば、普通電縫鋼管の溝状腐食深さは、80℃の場合最大0.44mm/3ヶ月（SA材、流速2m/sec）、50℃の場合0.9mm/6ヶ月（AW材、流速4m/sec）であった。この結果と図2.4.4の結果を比較すれば、溝状腐食の進行速度は時間の経過につれて小さくなるようなことはなく、むしろやゝ増大しているようである。

つぎに問題になるのが最大腐食速度である。図2.4.5に最大腐食速度を示すが、この最大腐食速度は試験前の電縫部の3点の肉厚測定値の平均から最小残存肉厚を差引いて求めたものである。4m/sec以下の流速において最大腐食速度が鍛接鋼管の最大腐食速度とほぼ同一かそれ以下の値を示した耐溝状腐食性電縫鋼管は符号A2、A3およびA4であった。

以上、本年度の回転翼車型腐食試験機による実験によって得られた試験結果を述べてきたが、回転翼車型腐食試験機の腐食環境が必ずしも実船の諸管系統の腐食環境と一致していないこと、溝状腐食深さの測定点が一つの鋼種について1点しかないこと等のために、来年度も継続して行なう実管テストの結果をみて、どの鋼種の耐食性がすぐれているかについての最終的な結論を出したい。

(3) まとめ

回転翼車型腐食試験機によって、40℃流動海水中（試験期間6ヶ月）における8種の耐溝状腐食性電縫鋼管および普通電縫鋼管の接合部の腐食を調べた。その結果、つぎのことが明らかになった。

すなわち、

(1) 重量減から求めた腐食速度は、鋼種によって大きくは変らず、むしろ流速の影響が大きかった。

(ロ) 電縫部に溝状腐食を生じなかったかあるいはほとんど無視できる鋼種は、A 2 (0.2 Cu-LowS), A 3 (LowS+REM), B 3 (LowS+REM+α) および A 4 (0.2 Cu-0.05 Ti) であった。

(ハ) 最大腐食速度が鍛接管とほぼ同一かそれ以下の値を示した耐溝状腐食性電縫鋼管は A 2 (0.2 Cu-LowS), A 3 (LowS+REM) および A 4 (0.2 Cu-0.05 Ti) であった。

しかしながら、回転翼車型腐食試験機の腐食環境が必ずしも実船諸管系統の環境と一致していないこと等のために、来年度も継続して行なう実管テストの結果をみて最終的な結論を出したい。

2.4.3 実管テスト

本年度の実管テストにおいては

- i) ベンド部およびフランジ接合部の腐食(昨年度より継続, 試験期間 16ヶ月間)
- ii) 被覆材欠陥部の腐食(本年度開始, 試験期間 6ヶ月間)
- iii) 耐溝状腐食性電縫管の耐食性(本年度開始, 試験期間 6ヶ月間)

の調査を行なった。

海水管腐食試験装置は、すでに昭和50年度の報告書(研究資料版243)に述べたように、4系統の試験管ラインとこれに附属した分岐管、給水ポンプおよび30Tonの貯水タンクからなっており、海水は貯水タンクから給水ポンプ分岐管を経て試験管ラインに入り、再び貯水タンクにもどる海水循環方式がとられている。海水の汚染および温度上昇を防ぐために、貯水タンクに常時三菱重工業(株)長崎研究所深堀支所の沖合(長崎港外)から自然海水が約10Ton/hrの速度で供給されている。参考までに海水管腐食試験装置の外観を写真2.4.4に示しておく。

(1) 試験方法

(i) ベンド部およびフランジ接合部の腐食調査

昨年度から継続している試験であるが、その試験条件は下記のとおりである。すなわち、

(イ) 供試材: 表2.4.2参照

(ロ) 試験管種類: 電縫鋼管, 鍛接鋼管, Znメッキ鋼管, Alメッキ鋼管

(ハ) 試験管径および流速:

SGP80A (流速 1.9 m/sec)

SGP65A (流速 2.9 m/sec)

SGP50A (流速 4.9 m/sec)

(ニ) 曲げ角度: 45度, 90度, 180度

(ホ) 曲げ半径: 2D, 5D (D: 試験管外径)

ただし曲げ角度180度の場合は2Dのみ。

(ヘ) フランジ形状: 差込フランジおよび開先フランジ(図2.4.6参照)

(ト) フランジの喰い違い: 0mm, 2.5mm(図2.4.6参照)

(チ) パッキンのバリ: 0mm, 5mm(図2.4.6参照)

(リ) 試験期間: 昭和50年9月1日~昭和51年12月28日(約16ヶ月)

途中、耐溝状腐食性電縫管取付、タンク清掃、ポンプ故障等のため給水ポンプは約40日間停止した。

(ヌ) 海水温度: 33℃~10℃

(ル) 肉厚測定: KRAUTKRAMER社製超音波厚み計DM-1(プローブ径10mmφ)

(ロ) 肉厚測定位置: 図2.4.7参照

本試験は、来年度も継続して行なわれるため、今年度は超音波厚み計による肉厚測定のみを行ない、試験管内面からの調査は行なわなかった。

(ii) 被覆材欠陥部の腐食調査

今年度新設した試験管ラインに、5種類の被覆材で内面を覆った試験管を夫々電氣的に絶縁して挿入した。今年度新設した試験管ラインを図2.4.8および図2.4.9に示す。

被覆材の種類はZnメッキ、Alメッキ、タールエポキシ塗装、ネオプレンライニングおよびポリエチレンライニングの5種であり、その欠陥の製作費額を表2.4.3に示す。表2.4.3、図2.4.8および図2.4.9から明らかなように、Alメッキ補修材(符号E)を除く試験管は65A×SCH40×680φの直管であり、流入口から約50mmの位置(水平管下側)に欠陥部がくるようにした。

本試験は来年度も継続して行なわれるため、今年度は通水期間6ヶ月後の表面観察のみを行なった。

(iii) 耐溝状腐食性電綫管の耐食性調査

今年度新設した供試管ラインに、日本鋼管㈱、住友金属工業㈱、川崎製鉄㈱および新日本製鉄㈱から提供して頂いた8種の耐溝状腐食性電綫管、鍛接鋼管および普通電綫鋼管を挿入して耐食性を調査した。試験管ラインの挿入方法は図2.4.8および図2.4.9に示されているが、その試験条件は下記のとおりである。

すなわち、

- (イ) 供試材：表2.4.1参照
- (ロ) 試験管種類：耐溝状腐食性電綫鋼管8種、鍛接鋼管および普通電綫鋼管
- (ハ) 試験管の管径および流速：65A×SCH40(流速2.9m/sec)
- (ニ) 曲げ角度：45度、90度、180度
- (ホ) 曲げ半径：2D、5D(D：試験管外径)

ただし曲げ角度180度の場合は2Dのみ。

- (ヘ) フランジ形状：差込フランジおよび開先フランジ(図2.4.6参照)
- (ト) フランジの喰い違い：0mm、2.5mm(図2.4.6参照)
- (チ) パッキンのバリ：0mm、5mm(図2.4.6参照)
- (リ) 試験期間：昭和51年7月12日～昭和51年12月28日(約6ヶ月)

途中ポンプ故障等のため給水ポンプは約15日間停止した。

- (ヌ) 海水温度：33℃～10℃
- (ル) 肉厚測定：KRAUTKRAMER社製超音波厚み計DM-1(プローブ径1.0mmφ)およびPANAMETRICS社製超音波厚み計5221B(プローブ径12.7mmφ)

なお、後者の測定器はチンヨー㈱から借用した。

- (ヲ) 肉厚測定位置：図2.4.7参照

本試験は来年度も継続して行なわれるため、今年度は超音波厚み計による肉厚測定のみを行ない、試験管内面からの調査は行なわなかった。

(2) 試験結果および考察

(i) ベンド部およびフランジ接合部の腐食

超音波厚み計による肉厚減測定結果を表2.4.4および表2.4.5に、これらの結果をまとめて図2.4.10および図2.4.11に示す。

これらの結果から、電綫鋼管と鍛接鋼管に対してはつぎのことが明らかである。

- (イ) 電綫鋼管と鍛接鋼管の肉厚減の差は小さい。
- (ロ) 流速の違いによる肉厚減の変化は小さい。
- (ハ) 直管と曲管の肉厚減の差は小さい。
- (ニ) 曲り角度および曲げ半径の違いによる肉厚減の変化は小さい。

(ホ) フランジ近傍の肉厚減はフランジから離れた部分より大きい。

他方、Znメッキ鋼管とA1メッキ鋼管に対しては、試験期間が16ヶ月間では、両者とも減肉量は極めて小さくZnメッキ材とA1メッキ材の差、直管と曲り管の差、フランジ形状の差等試験条件の違いによる肉厚減の変化を見出すことはできなかった。

これらの電縫鋼管および鍛接鋼管の結果を昨年度の結果と比較したのが図2.4.1.2である。図2.4.1.2には後述する本年度実施した耐溝状腐食性電縫鋼管の腐食性調査結果も含めて記入しているが、図2.4.1.2から明らかなように試験期間が4～6ヶ月では流速、曲げ角度、曲げ半径、フランジ等の影響が明白にでているのに対して、試験期間が16ヶ月になるとこれらの因子の影響は小さくなっている。この現象は腐食生成物の付着によるものと考えられるが、来年度の結果をみて結論を出したい。

(ii) 被覆材欠陥部の腐食

被覆材欠陥部の表面状況を写真2.4.5に、欠陥部の観察結果を表2.4.6に示す。これらの結果から明らかなように、Znメッキ材およびA1メッキ材ではメッキ膜に欠陥が存在しても、その部分の腐食はそれほど進まないのに対して、有機系の被覆材の場合、被覆部に欠陥が存在すればその部分だけ腐食が進行している。

(iii) 耐溝状腐食性電縫鋼管の耐食性

超音波厚み計による肉厚減測定結果を表2.4.7および表2.4.8に、直管および曲り管の肉厚減の全測定点の平均値を図2.4.1.3に示す。

これらの結果からつぎのことが明らかである。すなわち、

(イ) 全体的にみて、鍛接鋼管の肉厚減は他の試験管よりも小さい。

(ロ) 鍛接鋼管を除く他の試験管の間の肉厚減の差は小さい。

図2.4.1.4に、流れの乱れが肉厚減に及ぼす影響を示すが、曲り管の肉厚減が直管より大きい傾向が認められるようである。

いずれにしても、超音波厚み計の測定精度、測定値のバラツキを考慮に入れると、本年度の通水期間6ヶ月の肉厚減測定結果から明確な結論を出すことはむずかしく、来年度も継続して行なわれる試験の結果をみて最終的な結論を出したい。

(3) まとめ

本年度の実管テストにおいては

(i) ベンド部およびフランジ接合部の腐食(昨年度より継続、試験期間16ヶ月間)

(ii) 被覆材欠陥部の腐食(本年度開始、試験期間6ヶ月間)

(iii) 耐溝状腐食性電縫鋼管の耐食性(本年度開始、試験期間6ヶ月間)

の調査を行なった。その結果つぎのことが明らかになった。すなわち、

(イ) 試験期間が16ヶ月になると、普通電縫鋼管および鍛接鋼管においては、フランジ近傍の腐食量が大きいだけで、流速、曲げ角度、曲げ半径など他の因子が腐食に及ぼす影響は小さくなっている。Znメッキ鋼管およびA1メッキ鋼管においては、まだメッキ膜が残存しており肉厚減は小さい。

(ロ) 試験期間が6ヶ月では、Znメッキ材およびA1メッキ材においては、欠陥が存在してもその部分の腐食はとくに進んでいないようであるが、有機系の被覆材の場合、欠陥部に腐食が生じている。

(ハ) 試験期間が6ヶ月では、超音波厚み計による肉厚減から、どの耐溝状腐食性電縫鋼管の耐食性がすぐれているか明確にすることはできなかった。

表 2.4.1 供試材の成分系

鋼種	符号	成分系	熱処理の有無
耐 溝 状 腐 食 性 電 綫 鋼 管	A 1	L o w ・ S	有
	B 1	炭 素 鋼	有
	A 2	0.2 C u - L o w ・ S	有
	B 2	L o w ・ S	有
	A 3	L o w ・ S + R E M	無
	B 3	L o w ・ S + R E M + α	無
	A 4	0.2 C u - 0.05 T i	有
	B 4	L o w ・ S	有
比較材	1	普通電綫鋼管	無
	J	鍛 接 鋼 管	無

表 2.4.2 供試材（パイプ）

供 試 材	製 作 要 領	製 作 場 所
電 綫 鋼 管	SGP-80A-EG SGP-65A-EG SGP-50A-EG	日 本 パ イ プ ㈱
鍛 接 鋼 管	SGP-80A-B SGP-65A-B SGP-50A-B	住 友 金 属 工 業 ㈱
アルミメッキ管	素材：電綫鋼管 メッキ方法：溶融アルミメッキ	滲 透 工 業 ㈱
亜鉛メッキ管	素材：電綫鋼管 メッキ方法：溶融亜鉛メッキ	有 田 工 業 ㈱

表 2.4.3 被覆材欠陥部の製作要領

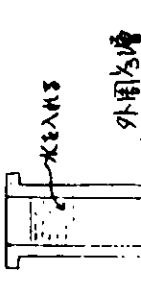
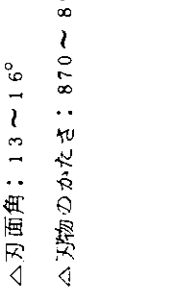
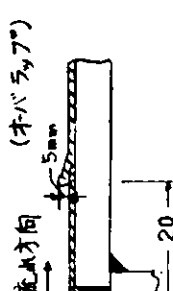
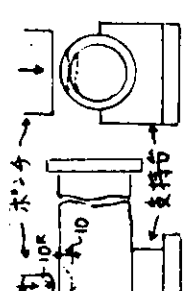
被覆の種類 欠陥の種類	管外面溶接肉盛	溶接後補修	人 工 切 傷	人 工 欠 陥
Zn メッキ (目標膜厚 100 μ)		○メッキ焼損部をワイヤブラシで清掃後、ジंकクリッチペイント 2 回塗り。		
Al メッキ (目標膜厚 100 μ)	溶接条件 溶接機：D4316 3.2φ 溶接電流：120A 溶接速度：170 mm/min	○メッキ焼損部をワイヤブラシで清掃後、ウレタン塗料（レタン G プライマ）（関西ペイント）を 4 時間間隔、5 回塗り。 ○膜厚：200～230 μ		
タールエポキシ塗料 〔ビュラック 203CF（先田工業）2 回塗装 (目標膜厚 250 μ)		○ワイヤブラシによる下地処理後初期塗料と同一塗料を所定膜厚まで刷毛塗り。 (2 回)	○傷の深さ：0.25～0.27 mm ○使用刃物 カッターナイフ △刃面角：13～16° △刃物のかなさ：870～890 Hv	
ネオブレンライニング (目標膜厚 1.5 mm)	溶接条件 溶接機：D4316 3.2φ 溶接電流：120A 溶接速度：170 mm/min			
ポリエチレンライニング (目標膜厚 1 mm)	溶接条件 溶接機：D4316 3.2φ 溶接電流：120A 溶接速度：170 mm/min	第一高周波機に依頼。		

表 2.4.4 直管部および曲り管部の肉厚減測定結果

(超音波厚さ計クラウトクレーマ社 Dメータによる)

(単位: mm/16months)

肉厚測定結果 管径		直 管 ※1					曲 り 管 ※2				
		測 定 値				平 均 値	曲 げ 角 度 45度		曲 げ 角 度 90度		曲げ角度 180度
							曲げ半径 2 D	曲げ半径 5 D	曲げ半径 2 D	曲げ半径 5 D	曲げ半径 2 D
電 縫 管	80A	0.38	0.40	0.46	0.33	0.39	0.39	0.33	0.27	0.34	0.43
	65A	0.29	0.33	0.40	0.22	0.31	0.35	0.43	0.40	0.30	0.29
	50A	0.41	0.39	0.35	0.28	0.36	0.21	0.43	0.27	0.38	0.32
鍛 接 管	80A	0.45	0.18	0.49	0.31	0.36	0.47	0.43	0.18	0.56	0.25
	65A	0.34	0.40	0.39	0.35	0.37	0.36	0.29	0.39	0.29	0.41
	50A	0.20	0.18	0.36	0.59	0.33	0.47	0.44	0.30	0.38	0.31
Zn メ ッキ 鋼 管	80A	0.00	0.11	0.04	0.05	0.05	-0.04	-0.05	-0.02	0.04	0.09
	65A	0.14	0.08	0.13	0.08	0.10	0.12	0.04	0.15	0.05	0.30
	50A	-0.19	-0.03	-0.04	0.01	-0.06	-0.16	-0.11	0.01	-0.06	0.06
Al メ ッキ 鋼 管	80A	0.10	0.24	-0.01	0.24	0.14	0.05	-0.06	-0.03	0.13	0.11
	65A	0.01	0.06	0.08	0.16	0.08	-0.05	-0.08	0.02	0.01	0.13
	50A	-0.01	0.19	0.00	0.01	0.05	-0.09	-0.02	0.04	-0.03	0.10

※1 直管の肉厚減測定位置は、図 2.4.7 の直管の符号 3 の位置である。

※2 曲り管の肉厚減測定結果は、図 2.4.7 の曲り管の曲り部(符号 3, 4, 5)の肉厚減の平均値である。

表 2.4.5 フランジ近傍の肉厚減測定結果(クラウトクレーマ社Dメータによる)

(単位: mm/16months)

材 料 管 径 フランジからの距離			差 込 フ ラ ン ジ						開 先 フ ラ ン ジ						平均値
			喰い違いなし				喰い違いあり		喰い違いなし				喰い違いあり		
			パッキンバリなし		パッキンバリあり		パッキンバリなし		パッキンバリなし		パッキンバリあり		パッキンバリなし		
			流出側	流入側	流出側	流入側	流出側	流入側	流出側	流入側	流出側	流入側	流出側	流入側	
電 綫 管	80A	50距離	0.31	0.42	0.31	0.33	0.58	0.66	0.45	0.55	0.51	0.83	0.68	0.60	0.52
		175距離	0.24	0.36	0.23	0.23	0.43	0.50	0.24	0.50	0.36	0.56	0.35	0.35	0.36
	65A	50距離	0.60	0.39	0.48	0.45	0.50	0.34	0.36	0.55	0.45	0.80	0.50	0.51	0.49
		175距離	0.48	0.39	0.35	0.39	0.33	0.26	0.39	0.34	0.23	0.56	0.45	0.33	0.38
	50A	50距離	0.24	0.48	0.39	0.38	0.34	0.29	0.34	0.48	0.53	0.38	0.46	0.65	0.41
		175距離	0.40	0.39	0.39	0.38	0.35	0.21	0.53	0.53	0.35	0.44	0.33	0.35	0.39
鋁 接 管	80A	50距離	0.45	0.38	0.60	0.41	0.33	0.43	0.48	0.65	0.56	0.50	0.33	0.39	0.47
		175距離	0.24	0.33	0.56	0.39	0.28	0.38	0.50	0.50	0.28	0.33	0.33	0.25	0.36
	65A	50距離	0.25	0.04	0.23	0.36	0.25	0.54	0.44	0.39	0.24	0.52	0.46	0.30	0.34
		175距離	0.33	0.38	0.25	0.50	0.44	0.50	0.35	0.31	0.30	0.54	0.55	0.29	0.40
	50A	50距離	0.40	0.30	0.26	0.30	0.35	0.36	0.45	0.40	0.08	0.23	0.15	0.28	0.30
		175距離	0.23	0.15	0.33	0.41	0.08	0.24	0.35	0.28	0.26	0.23	0.28	0.11	0.25
Zn メ ッキ 鋼 管	80A	50距離	0	-0.13	-0.10	0.01	0.21	0.26	0.05	0.13	0.08	0.13	-0.05	0.13	0.06
		175距離	0.03	-0.05	-0.15	0.05	0.14	-0.05	0	-0.14	0.06	-0.03	0.01	0.03	-0.01
	65A	50距離	0.06	0.10	0.08	0.13	0.14	0.10	0.18	0.13	-0.01	0	0.14	0.10	0.10
		175距離	0.13	-	-	-0.01	0.09	0.26	0.10	0.06	0.03	-0.01	0.16	0.11	0.09
	50A	50距離	-0.03	-0.09	-0.10	-0.19	-0.03	0.03	-0.16	-0.11	-0.09	0.04	0.09	0.05	-0.05
		175距離	-0.05	-0.03	-0.11	-0.20	-0.11	0.03	-0.16	-0.14	0.09	0.09	-0.08	0	-0.06
Al メ ッキ 鋼 管	80A	50距離	0.08	0.21	0	-0.03	0.11	0.24	0.03	0.16	0.04	0.19	0.04	0.15	0.10
		175距離	0.09	-0.06	-0.06	0.03	0.18	-0.06	-0.11	0.16	-0.15	0.19	0.14	0.33	0.06
	65A	50距離	0.06	0.20	-0.10	-0.05	0.09	0.10	-0.03	0.31	-0.13	0.23	0.09	0	0.06
		175距離	0	0.03	0.05	0.03	0.01	0.16	0.01	0.14	-0.09	0.15	0.11	0.03	0.05
	50A	50距離	0.04	0.03	-0.04	0	-0.08	0.01	-0.18	0.15	-0.01	0.29	-0.04	0.06	0.02
		175距離	0.13	0	0.09	-0.13	0.04	0.05	0	0.03	-0.03	0.25	0.11	0.05	0.05

※ 測定位置は図 2.4.7 参照。

フランジから 175 mm の位置とはフランジ面から 175 ~ 822 mm 離れた位置(直管部)を指す。

表 2.4.6 被覆材欠陥部の腐食観察結果（通水期間 6 ヶ月）

被覆材の種類	符 号	欠 陥 の 種 類	腐 食 観 察 結 果
Zn メ ッ キ 材	A	管 外 面 溶 接 肉 盛	○ 溶接部の裏側は Zn メッキ膜が消失しているが、腐食はそれほど進行していない。
	B	同 上 補 修	○ 塗料は剝離しかかっている。
	C	人 工 切 傷	○ ×印の人工切傷あとをみつけることは出来るがとくにその部分の腐食が進行している傾向は認められない。
Al メ ッ キ 材	D	管 外 面 溶 接 肉 盛	○ 溶接部の裏側にはなんらの異常も認められず、黄色のスケール（一部に白色スケール）で覆われている。
	E	同 上 補 修	○ 白色の厚いスケールで覆われ、部分的に塗料が剝離しかかっている。他の部分は黄色のスケールで覆われている。
	F	人 工 切 傷	○ 内面は白色と黄色のスケールが混在しているが、人工切傷をやっと見出せる程度である。
タ ー ル 塗 工 装 ボ キ ン 材	G	管 外 面 溶 接 肉 盛	○ 塗膜が剝離し、ひらひらしている。塗膜の剝離した跡は 2～3 mm 厚さの腐食生成物が突出している。
	H	同 上 補 修	○ とくに異常は認められない。
	I	人 工 切 傷	○ 人工切傷部分のみ腐食生成物が盛上って付着している。
ネ オ ブ レ ン ラ イ エ ン グ 材	J	管 外 面 溶 接 肉 盛	○ ネオブレンライニング膜が盛上った状態になっているがとくに異常は認められない。
	K	同 上 補 修	○ とくに異常は認められない。
	L	人 工 切 傷	○ 人工切傷部分のみ腐食生成物が盛上って付着している。
	M	人 工 欠 陥 （オーバーラップ）	○ とくに異常は認められない。
ポ リ エ チ レ ン ラ イ エ ン グ 材	N	管 外 面 溶 接 肉 盛	○ ポリエチレンライニング膜が盛上ってクラックが発生しているが膜の下がどのようなになっているか不明。
	O	同 上 補 修	○ 異常なし。
	P	人 工 切 傷	○ 人工切傷部分のみ腐食生成物が盛上って付着している。
	Q	人 工 当 傷	○ とくに異常は認められない。

表 2.4.7 耐腐蝕性電鍍鋼管の肉厚減測定結果
(クラウドクレマ社 Dメータおよびバナメトリックス社 5221B による)

(単位: mm/6months)

符号	肉厚減測定結果 ※3 測定器具 名称		直 管						曲 り 管						全測定点平均値
			※1 測 定 値				平均 値	直点管 平均 測定値	※2 45度 曲げ角度		※2 90度 曲げ角度		※2 180度 曲げ角度	曲 り 点 管 平 均 測 値	
									曲げ半径 2 D	曲げ半径 5 D	曲げ半径 2 D	曲げ半径 5 D	曲げ半径 2 D		
A 1	LowS 熱処理有	K	0.38	0.24	0.13	0.26	0.25	0.22	0.22	0.16	0.24	0.25	0.40	0.19	0.21
		P	0.128	0.355	0.150	0.225	0.214	0.21	—	—	—	—	—	—	—
B 1	炭素鋼 熱処理有	K	0.03	0.34	0.05	0.20	0.15	0.17	0.27	0.30	0.25	0.11	0.28	0.21	0.19
		P	0.023	0.233	0.233	0.295	0.243	0.17	—	—	—	—	—	—	—
A 2	0.2Cu-10wS 熱処理有	K	0.33	0.25	0.11	0.24	0.23	0.15	0.30	0.13	0.19	0.22	0.24	0.19	0.17
		P	0.067	0.060	0.093	0.180	0.100	0.12	—	—	—	—	—	—	—
B 2	LowS 熱処理有	K	0.21	0.26	0.25	0.17	0.22	0.20	0.21	0.09	0.11	0.13	0.42	0.19	0.19
		P	0.175	0.110	0.200	0.260	0.186	0.19	—	—	—	—	—	—	—
A 3	LowSt-REM 熱処理無	K	0.13	0.19	0.19	0.23	0.18	0.18	0.24	0.15	0.14	0.29	0.27	0.19	0.19
		P	0.243	0.205	0.150	0.173	0.193	0.20	—	—	—	—	—	—	—
B 3	LowSt-REM+α 熱処理無	K	0.30	0.08	0.19	0.08	0.16	0.17	0.20	0.16	0.20	0.18	0.29	0.19	0.18
		P	0.140	0.158	0.228	0.198	0.181	0.21	—	—	—	—	—	—	—
A 4	0.2Cu+0.05Ti 熱処理有	K	0.19	0.18	0.09	0.15	0.15	0.17	0.24	0.18	0.15	0.13	0.07	0.14	0.15
		P	0.140	0.230	0.208	0.163	0.185	0.20	—	—	—	—	—	—	—
B 4	Low.S 熱処理有	K	0.15	0.22	0.20	0.18	0.18	0.16	0.37	0.22	0.12	0	0.25	0.21	0.18
		P	0.228	0.275	0.148	0.188	0.209	0.18	—	—	—	—	—	—	—
I	電鍍鋼管	K	0.20	0.26	0.18	0.13	0.19	0.20	0.22	0.31	0.20	0.32	0.20	0.23	0.22
		P	0.200	0.248	0.183	0.235	0.216	0.21	—	—	—	—	—	—	—
J	鍛接鋼管	K	0.34	0.14	0.05	0.06	0.15	0.10	0.28	0.15	0.12	0.09	0.38	0.09	0.09
		P	0.138	0.010	0.030	0.140	0.079	0.04	—	—	—	—	—	—	—
平均値		K	0.226	0.216	0.144	0.170	0.186	0.172	0.255	0.185	0.172	0.172	0.280	0.189	0.177
		P	0.148	0.188	0.161	0.206	0.181	0.173	—	—	—	—	—	—	—

注 ※1 測定位置は、図 2.4.7 の直管の符号 3 の位置である。

※2 測定結果は図 2.4.7 の曲り管の曲り部(符号 3.4.5)の肉厚減の平均値である。

※3 Kはクラウドクレマ社 Dメータ, Pはバナメトリックス社 5221B を意味する。

表 2. 4. 8 フランジ近傍の肉厚減測定結果

(超音波厚み計クラウトクレーマ社Dメータによる)

(単位: mm/6months)

符号	名 称	※フランジからの距離	差 込 フ ラ ン ジ						開 先 フ ラ ン ジ						平均値
			喰い違いなし				喰い違いあり		喰い違いなし				喰い違いあり		
			パッキンバリなし		パッキンバリあり		パッキンバリなし		パッキンバリなし		パッキンバリあり		パッキンバリなし		
			流出側	流入側	流出側	流入側	流出側	流入側	流出側	流入側	流出側	流入側	流出側	流入側	
A1	LowS	50mm	0.08	0.09	0.16	0.21	0.16	0.20	0.20	0.26	0.10	0.24	0.09	0.19	0.17
	熱処理有	175mm	0.16	0.13	0.29	0.13	0.21	0.14	0.36	0.05	0.24	0.19	0.04	0.25	0.18
B1	炭素鋼	50mm	0.18	0.29	0.16	0.25	0.28	0.18	0.01	0.38	0.20	0.19	0.22	0.01	0.20
	熱処理有	175mm	0.33	0.29	0.25	0.18	0.43	0.08	0.08	0.13	0.26	0.27	0.34	0.13	0.23
A2	02Cu- —LowS	50mm	0.01	0.11	0.19	0.08	0.16	0.25	0.18	0.26	0.28	0.21	0.30	0.24	0.19
	熱処理有	175mm	0.09	0.11	0.18	0.31	0.06	0.13	0.28	0.10	0.23	0.28	0.15	0.13	0.17
B2	LowS	50mm	0.21	0.20	0.08	0.06	0.31	0.08	0.19	0.13	0.25	0.33	0.31	0.10	0.19
	熱処理有	175mm	0.19	0.35	0.17	0.22	0.36	0.31	0.20	0.15	0.05	0.14	0	0.05	0.18
A3	LowS+ —REM	50mm	0.08	0.08	0.01	0.19	0.24	0.18	0.15	0.15	0.16	0.29	0.18	0.16	0.16
	熱処理無	175mm	0.23	0.11	0.08	0.19	0.14	0.10	0.15	0.20	0.24	0.30	0.30	0.14	0.18
B3	LowS+ —REM+ α	50mm	0.14	0.20	0.14	0.04	0.14	0.25	0.25	0.38	0.14	0.01	0.12	0.08	0.16
	熱処理無	175mm	0.23	0.25	0.25	0.13	0.14	0.16	0.33	0.25	0.05	0.15	0.13	0.08	0.18
A4	02Cu- —0.05Ti	50mm	0.21	0.36	0.15	0.08	0.15	0.24	0.21	0.08	0.01	0.20	0.18	0.31	0.18
	熱処理有	175mm	0.10	0	0.13	0.08	0.20	0.13	0.20	0.10	0.05	0.19	0.24	0.13	0.13
B4	LowS	50mm	0.10	0.01	0.30	0.44	0.18	0.18	0.13	0.09	0.20	0.14	0.14	0.13	0.17
	熱処理有	175mm	0.04	0.14	0.16	0.34	0.19	0.14	0.29	0.15	0.07	0.04	0.18	0.14	0.16
I	電 縫	50mm	0.34	0.19	0.26	0.15	0.16	0.22	0.16	0.15	0.41	0.25	0.19	0.14	0.16
	鋼 管	175mm	0.24	0.08	0.10	0.18	0.19	0.13	0.11	0.26	0.30	0.28	0.41	0.21	0.21
J	鍛 接	50mm	0.11	0.14	0.04	0.05	0.15	0.15	0.21	0.28	0.21	0.01	0.06	0.13	0.13
	鋼 管	175mm	-0.11	0.09	0.04	0.01	0.08	-0.11	0.21	0.23	-0.03	0.20	0.25	0.10	0.08

※ 測定位置は図 2. 4. 7 参照

フランジから 175mm の位置とはフランジ面から 175 ~ 822mm 離れた位置 (直管部) を指す。

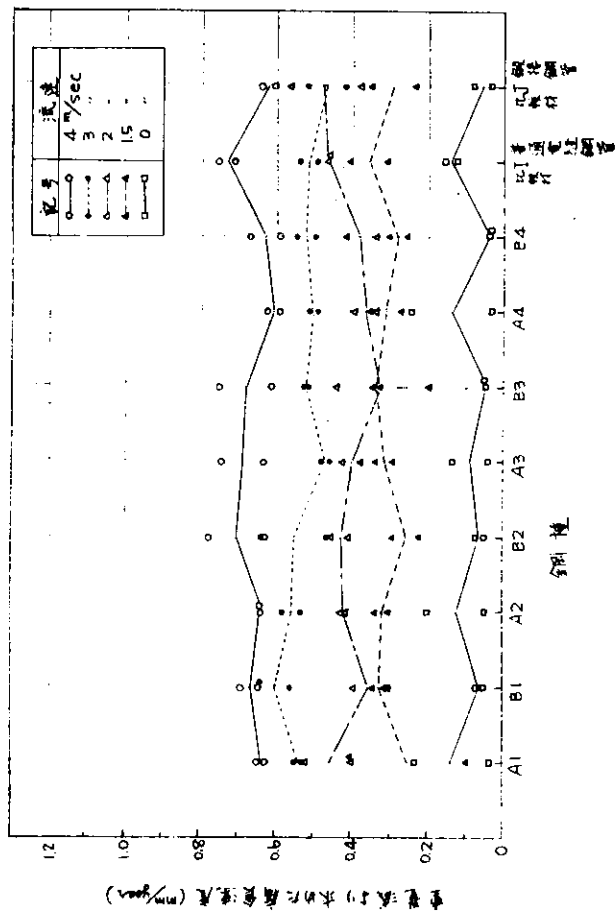


図 2.4.1 重量減から求めた腐食速度 (回転翼車型腐食試験機による 40°C 海水)

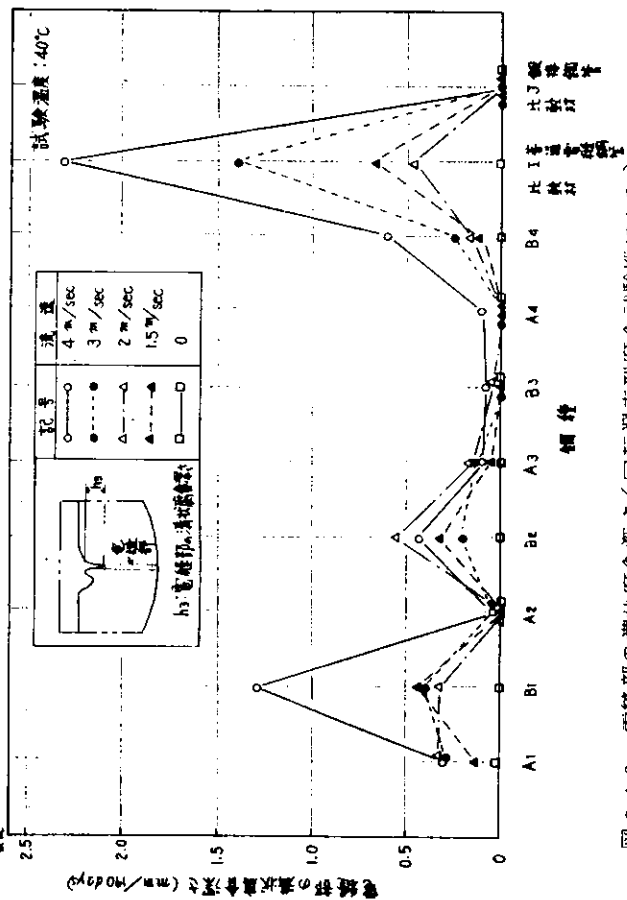


図 2.4.3 電縫部の溝状腐食深さ (回転翼車型腐食試験機による)

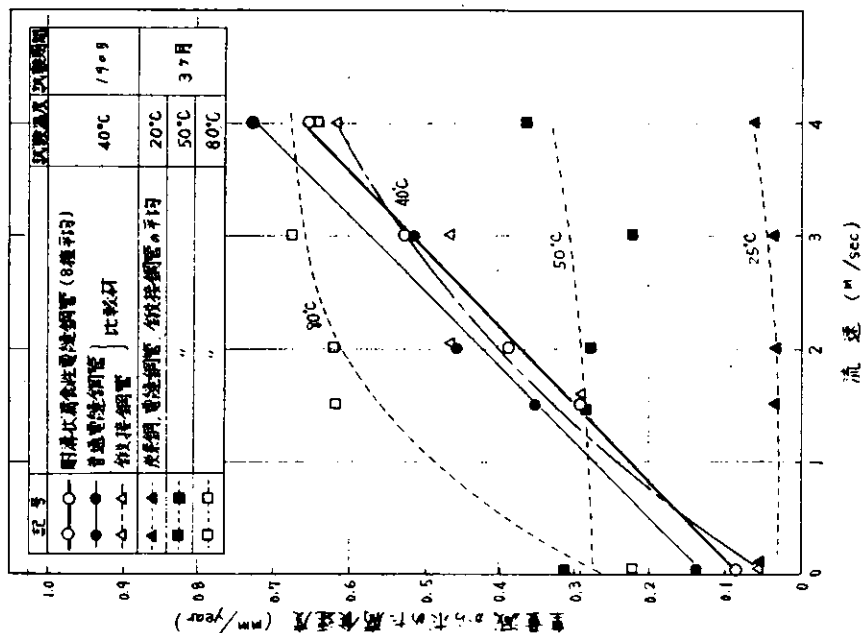


図 2.4.2 流速と腐食速度との関係 (回転翼車型腐食試験機による)

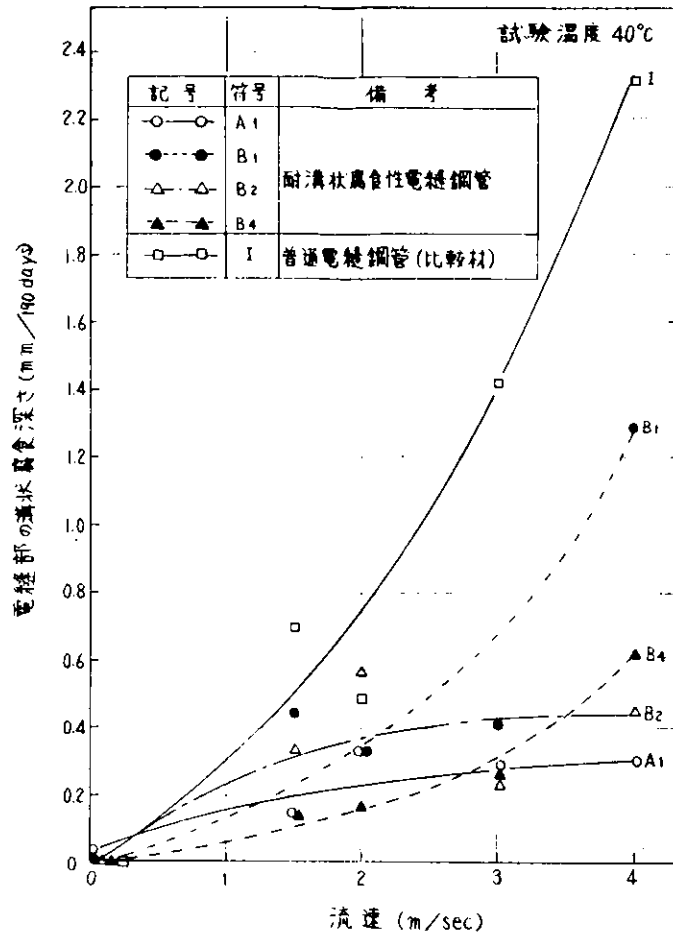


図 2.4.4 電鍍部の溝状腐食深さと流速との関係
(回転翼車型腐食試験機による)

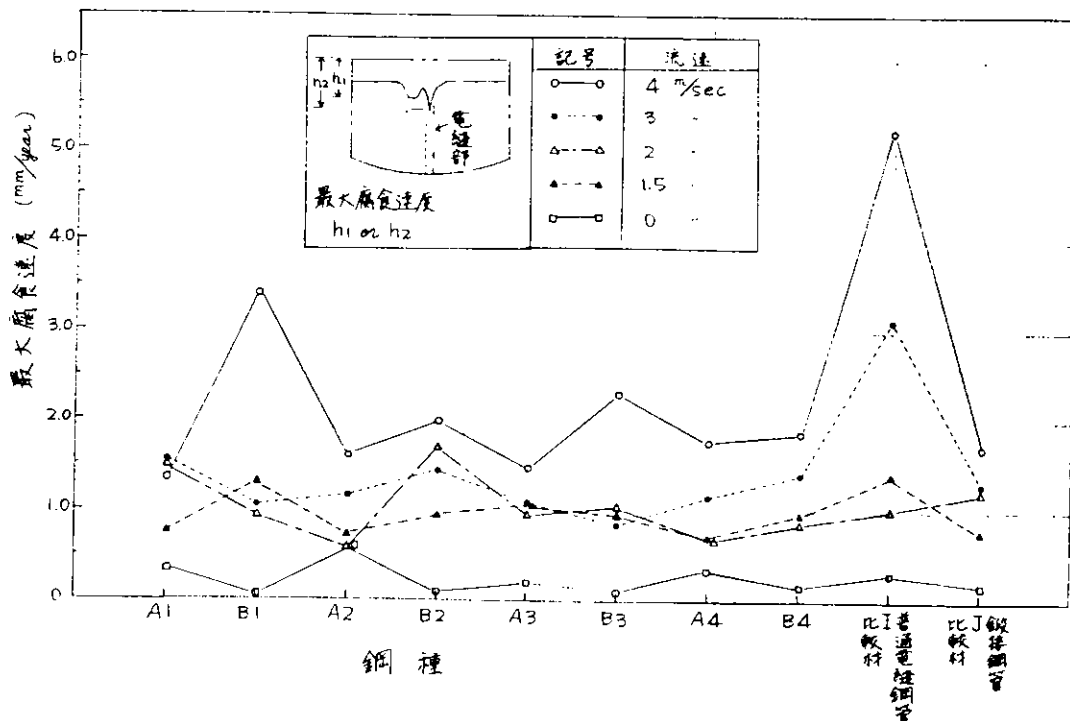


図 2.4.5 最大腐食速度 (回転翼車型腐食試験機による)

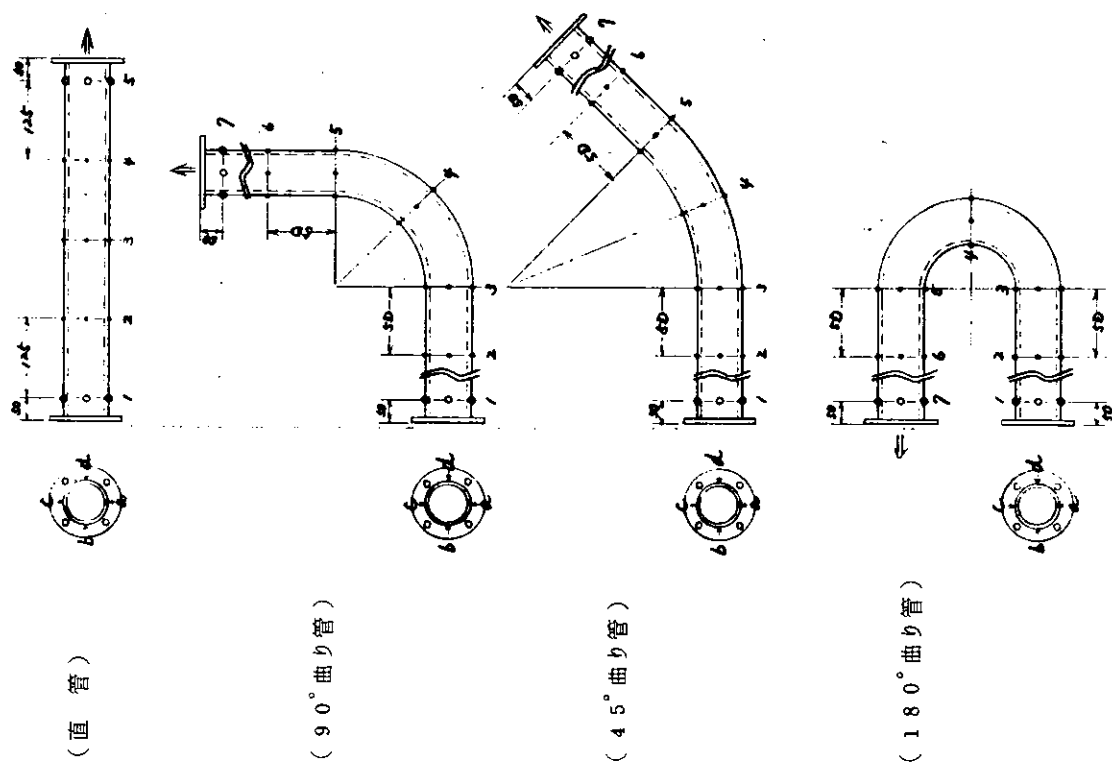


図 2.4.7 パイプのメッキ膜厚および肉厚測定要領
○メッキ膜厚および肉厚測定箇所
●肉厚測定箇所

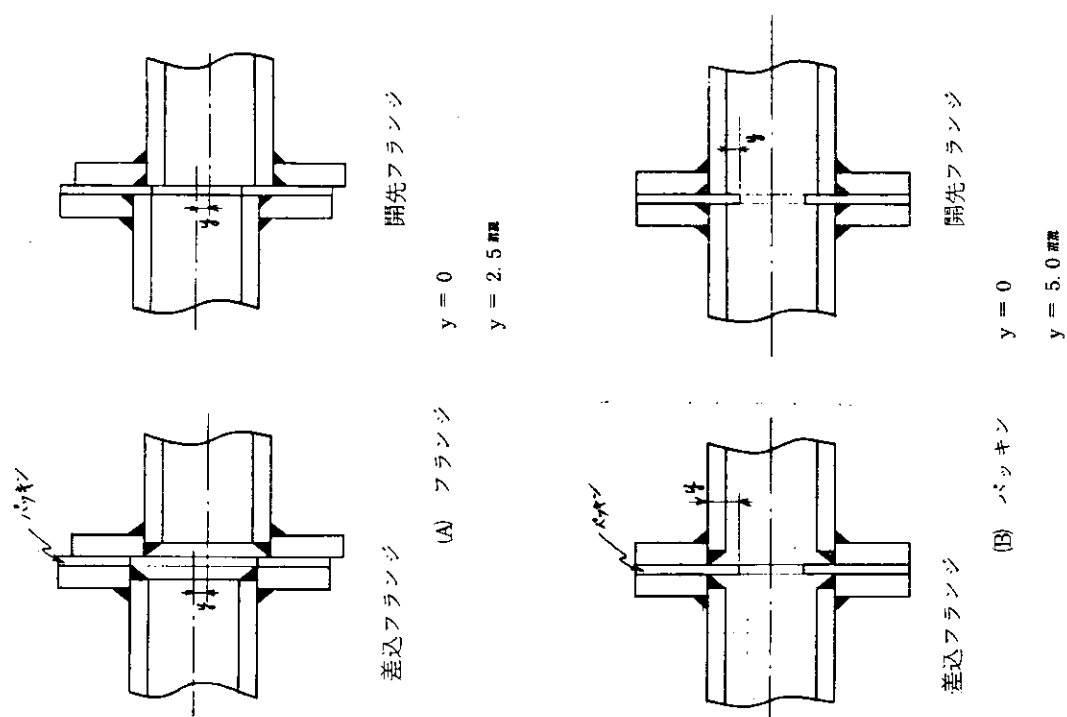
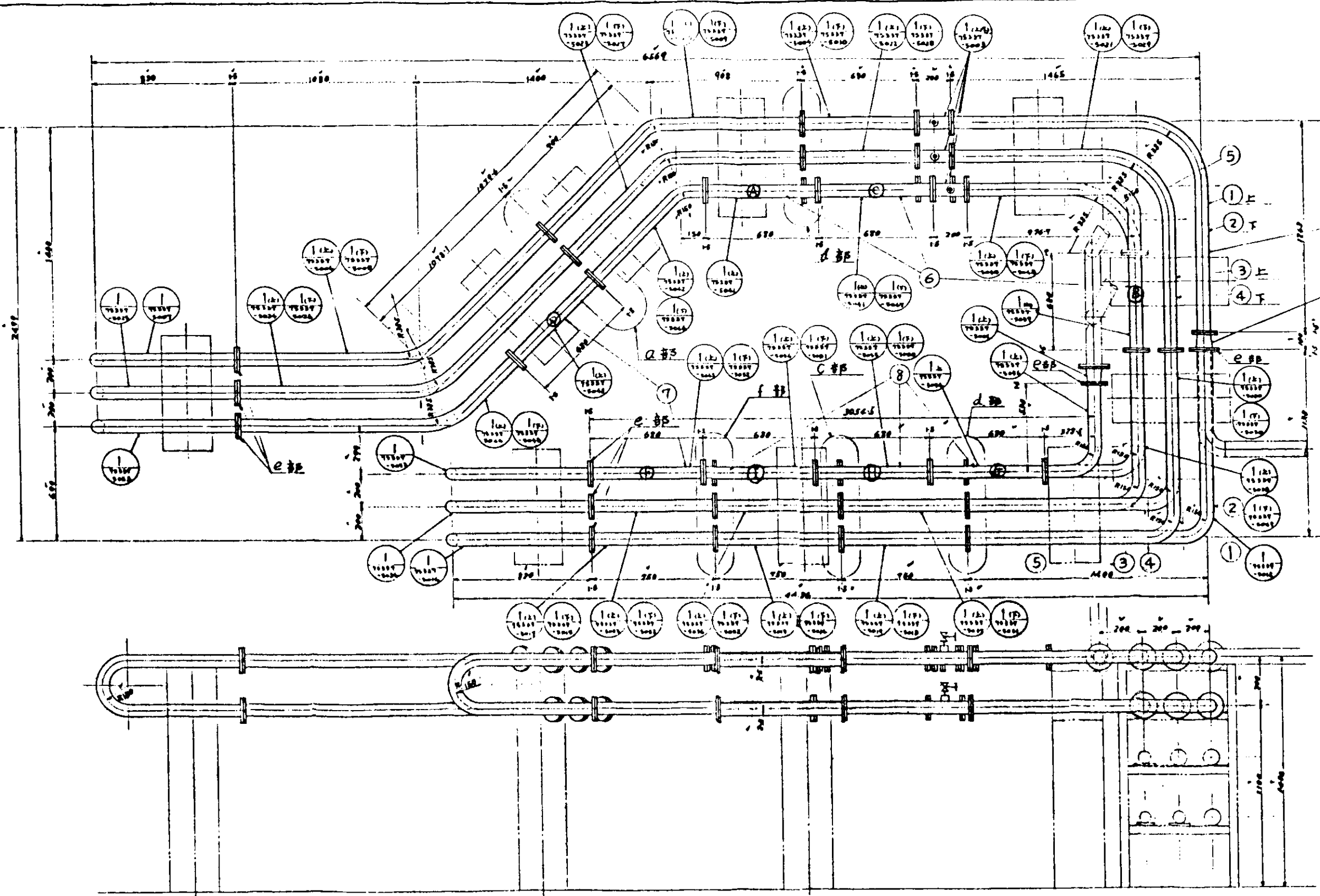


図 2.4.6 フランジおよびパッキンの試験条件



- 試験管 材質表
- A 試験ライン (A) 配管
- 1 耐腐食性電線管 A1
 - 2 耐腐食性電線管 A2
 - 3 耐腐食性電線管 A3
 - 4 耐腐食性電線管 A4
 - 5 比較材電線管 I
 - 6 電線管 A6
 - 7 アルミ管 A7
 - 8 ターボ管 A8

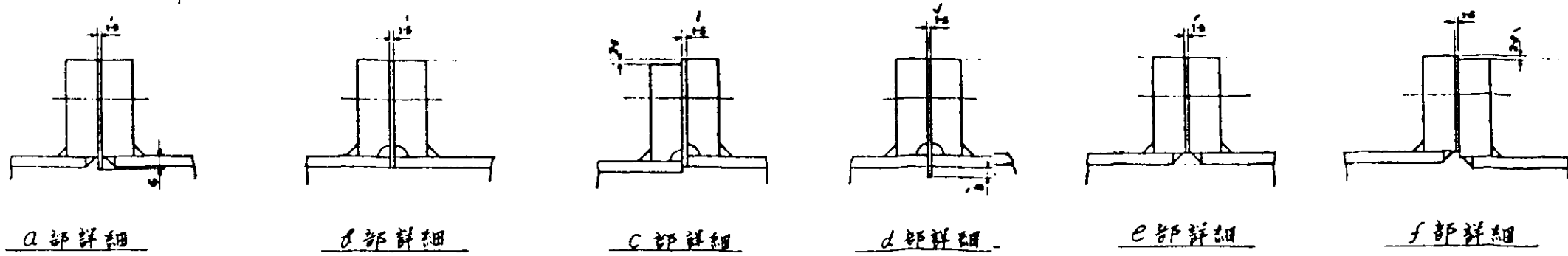
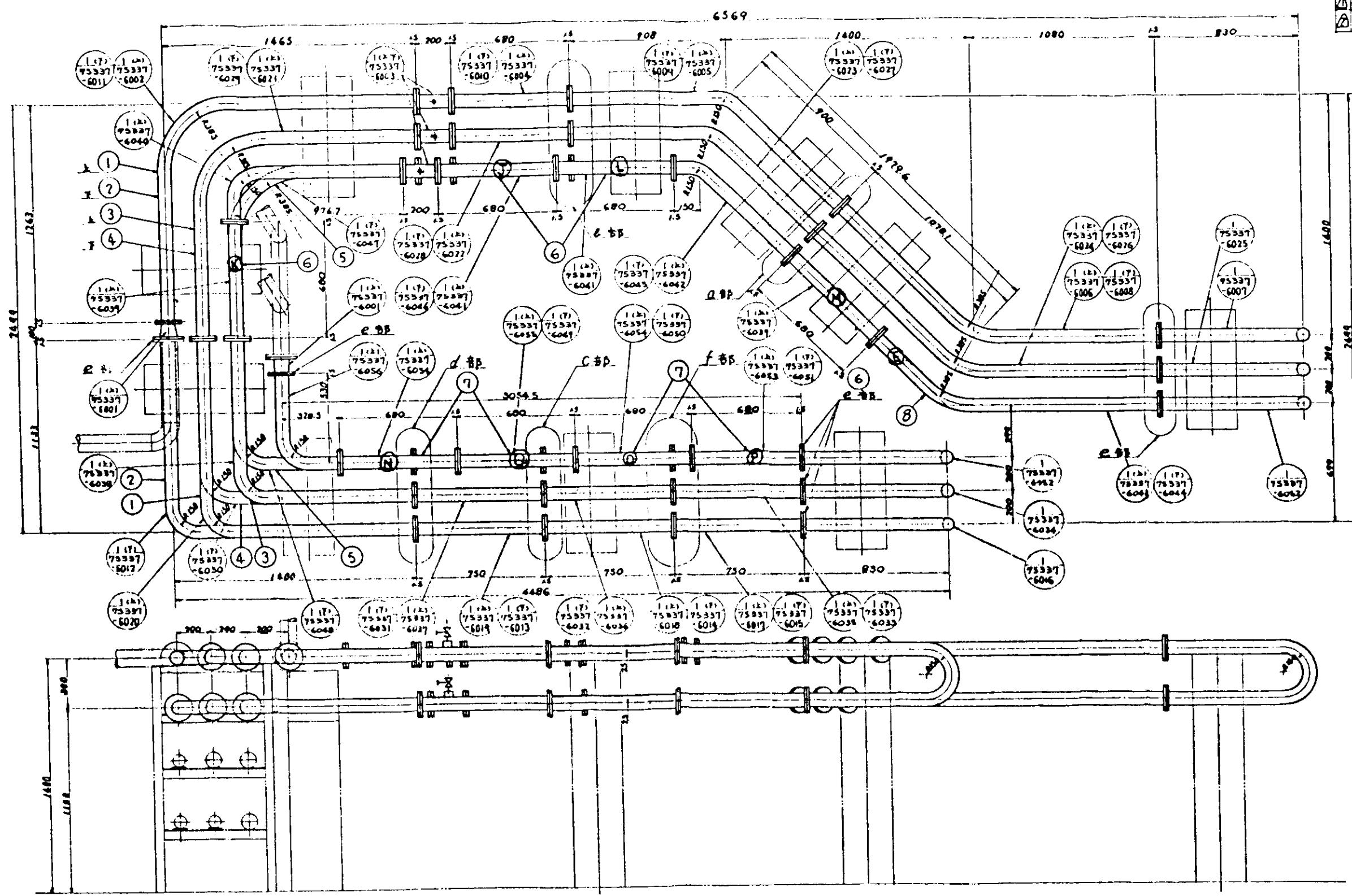


図 2.4.8 管腐食試験装置
試験管組立図 (A ライン)

図 2.4.8	材料 鋼 重量	SR116.6 鋼材の腐食試験装置
75337	75337-5000	



試験管材表

B線試験ライン (65A) 記号

1	耐塩性腐食性電極管	B1	1/2" x 1/2"
2	耐塩性腐食性電極管	B2	1/2" x 1/2"
3	耐塩性腐食性電極管	B3	1/2" x 1/2"
4	耐塩性腐食性電極管	B4	1/2" x 1/2"
5	比較用銀電極管	J	1/2" x 1/2"
補償材と隔絶部材			
6	シリコン樹脂管	B6	1/2" x 1/2"
7	シリコン樹脂管	B7	1/2" x 1/2"
8	シリコン樹脂管	A7	1/2" x 1/2"

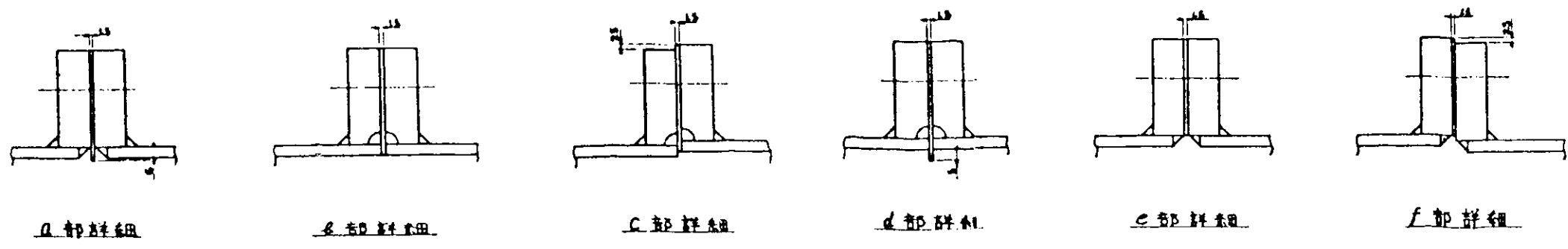


図 2.4.9 管腐食試験装置
試験管組立図 (Bライン)

TEST NO.	75337	DATE	1980.10.10
TESTER	Y. S. K.	CHK	
SR146 管腐食試験装置の研究開発プロジェクト			
75337-6000			

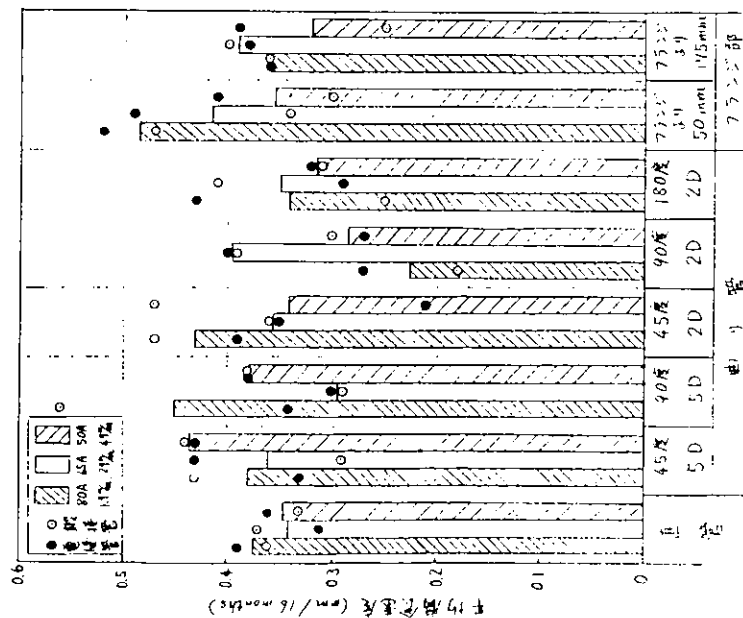


図 2.4.10 電鍍管および鋳接管の腐食速度(実管テストによる)

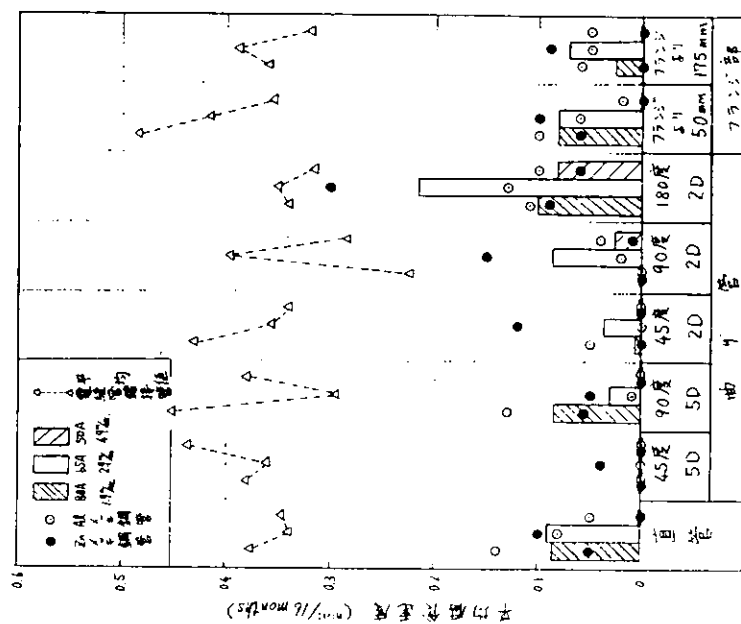


図 2.4.11 Znメッキ鋼管およびAメッキ鋼管の腐食速度
(実管テストによる)

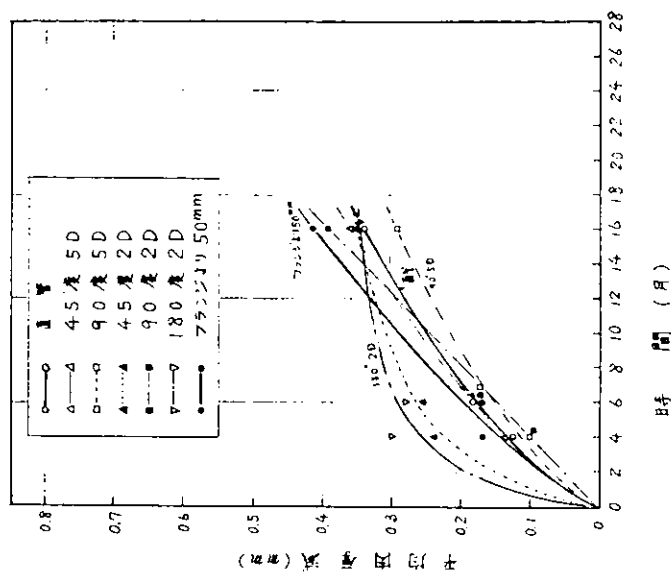


図 2.4.12 実管テストによる肉厚減の経時変化
(6ヶ月のデータには耐溝状腐食性
電鍍管のデータも含まれている)

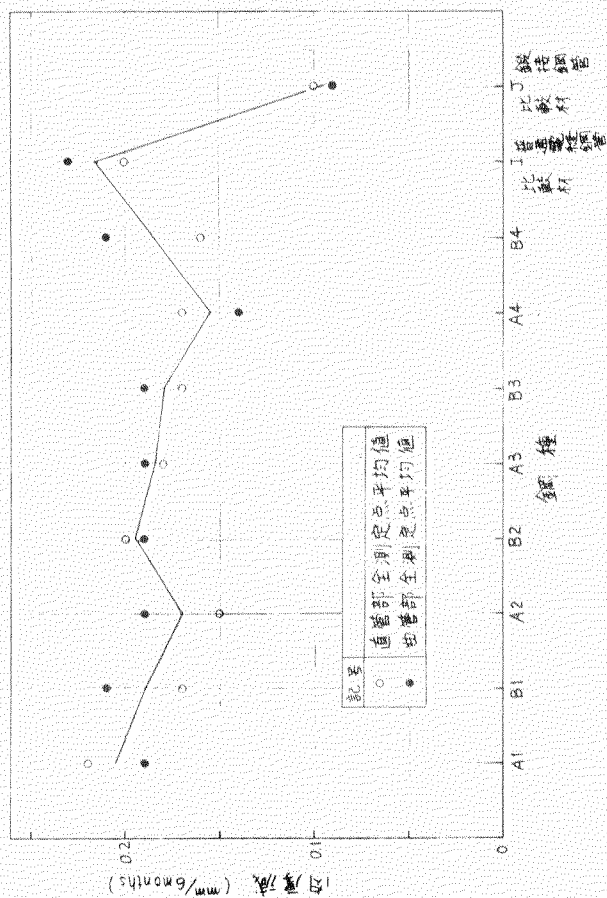


図 2.4.1.3 実管テストによる耐溝状腐食性電鍍鋼管の肉厚減

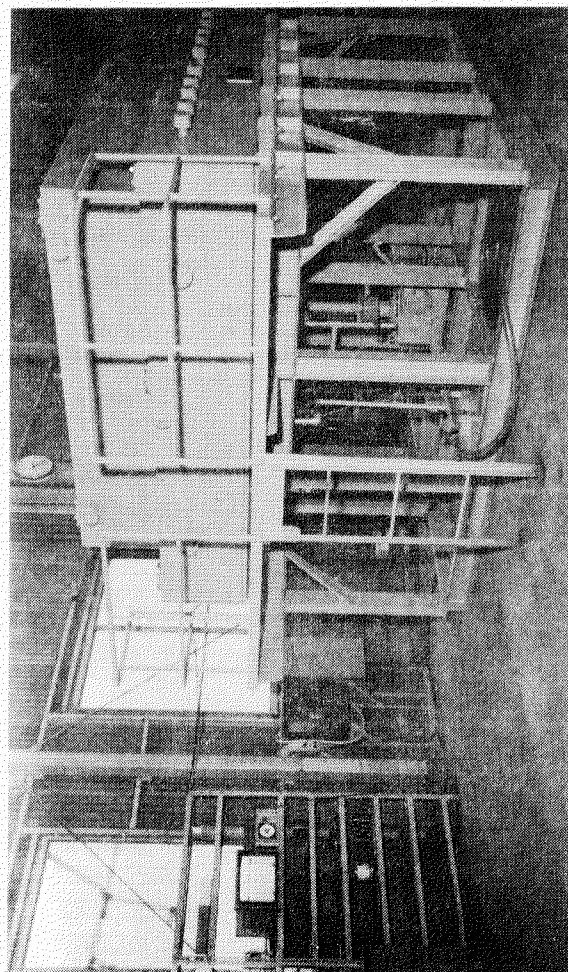


写真 2.4.1 回転翼車型腐食試験機の外觀

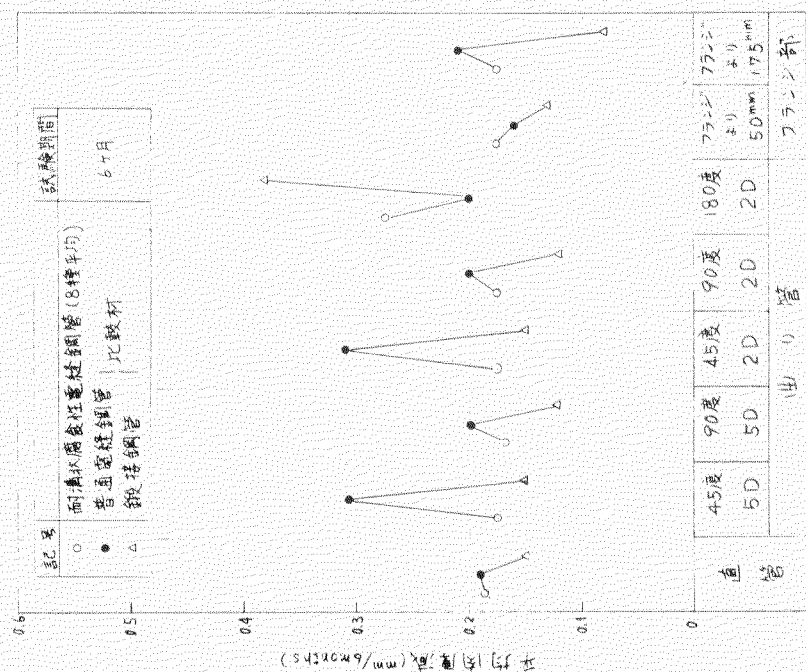
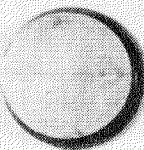
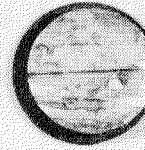
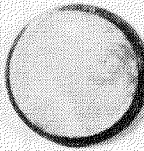
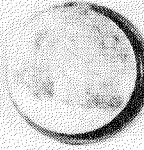
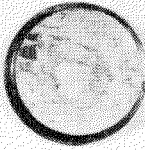
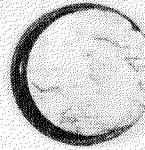
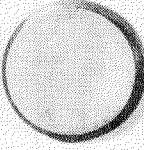
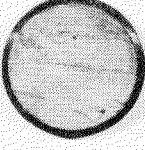


図 2.4.1.4 実管テストによる耐溝状腐食性電鍍鋼管の平均肉厚減

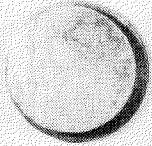
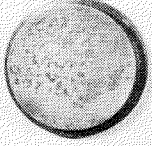
	流 速 (m/sec)				
	0	1.5	2	3	4
電 縫 鋼 管	 A1.9	 A1.7	 A1.5	 A1.3	 A1.1
電 縫 鋼 管	 B1.9	 B1.7	 B1.5	 B1.3	 B1.1

(1) 耐溝状腐食性電縫管 (A1およびB1)

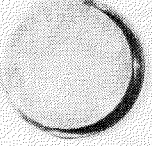
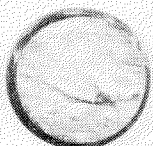
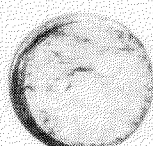
	流 速 (m/sec)				
	0	1.5	2	3	4
電 縫 鋼 管	 A2.9	 A2.7	 A2.5	 A2.3	 A2.1
電 縫 鋼 管	 B2.9	 B2.7	 B2.5	 B2.3	 B2.1

(2) 耐溝状腐食性電縫管 (A2およびB2)

写真2.4.2-1 酸洗後の耐溝状腐食性電縫管の表面状況 (40℃)

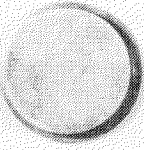
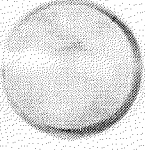
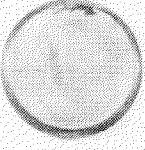
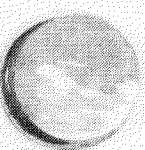
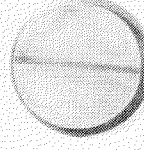
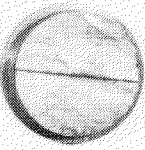
	流 速 (m/sec)				
	0	1.5	2	3	4
電 縫 鋼 管	 A4.9	 A4.7	 A4.5	 A4.3	 A4.1
電 縫 鋼 管	 B4.9	 B4.7	 B4.5	 B4.3	 B4.1

(3) 耐溝状腐食性電縫管 (A3およびB3)

	流 速 (m/sec)				
	0	1.5	2	3	4
電 縫 鋼 管	 A3.9	 A3.7	 A3.5	 A3.3	 A3.1
電 縫 鋼 管	 B3.9	 B3.7	 B3.5	 B3.3	 B3.1

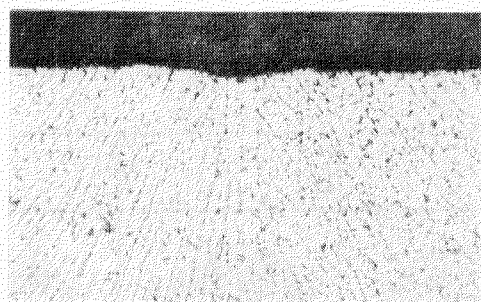
(4) 耐溝状腐食性電縫管 (A4およびB4)

写真 2.4.2-2 酸洗後の耐溝状腐食性電縫鋼管の表面状況 (40℃)

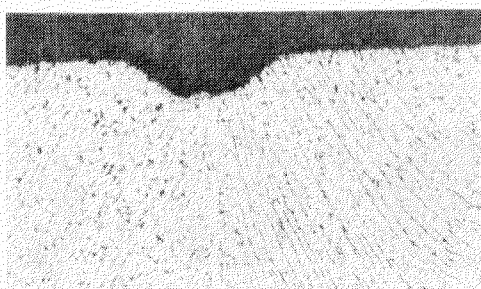
	流 速 (m/sec)				
	0	1.5	2	3	4
鍛接鋼管	 J39	 J37	 J35	 J33	 J31
比較材 (電縫鋼管)	 I39	 I37	 I35	 I33	 I31

(5) 鍛接鋼管および普通電縫鋼管

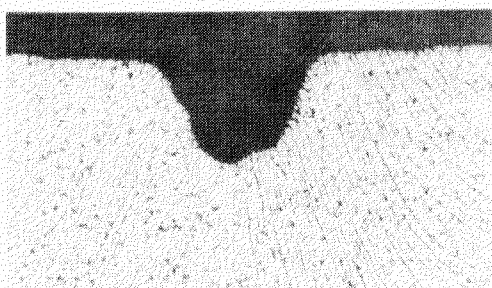
写真 2.4.2-3 酸洗後の鍛接鋼管および普通電縫鋼管の表面状況 (40℃)



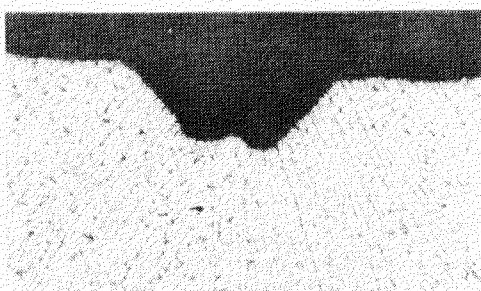
流速 0 m/sec



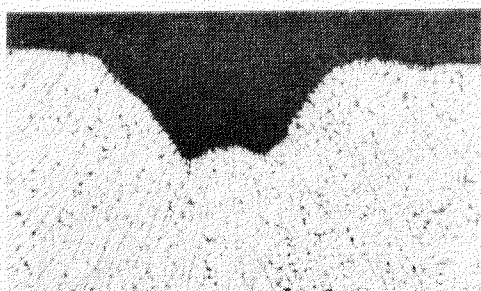
流速 1.5 m/sec



流速 2 m/sec



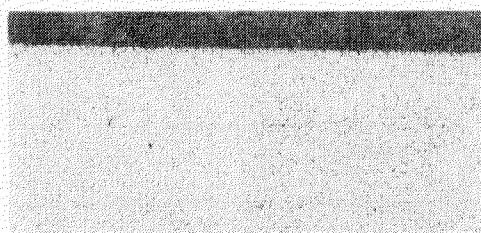
流速 3 m/sec



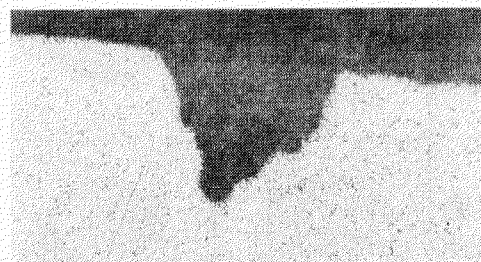
流速 4 m/sec

A1

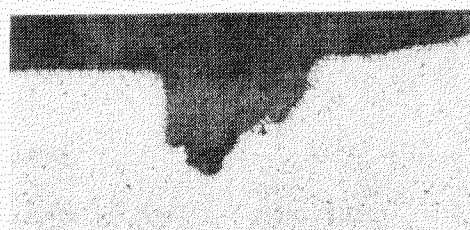
(×50)



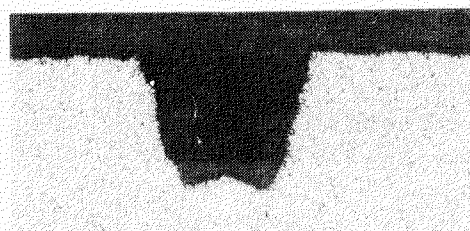
流速 0 m/sec



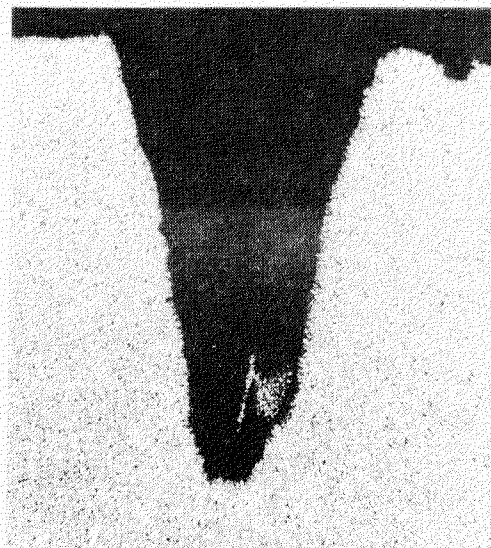
流速 1.5 m/sec



流速 2 m/sec



流速 3 m/sec

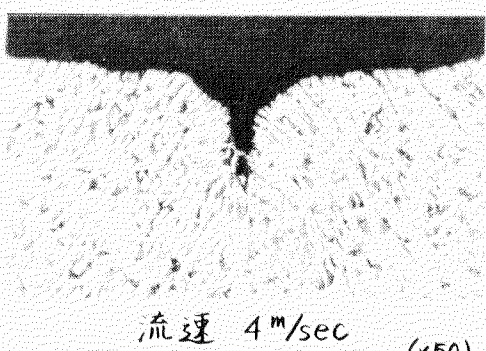
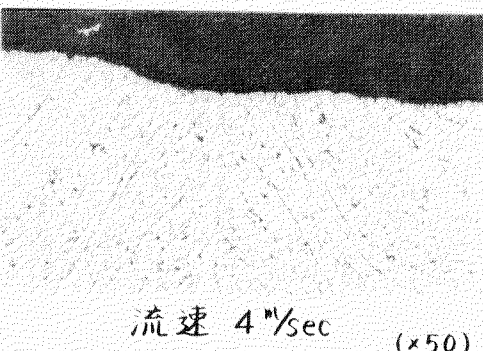
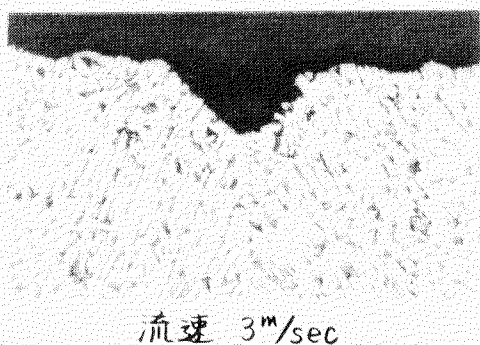
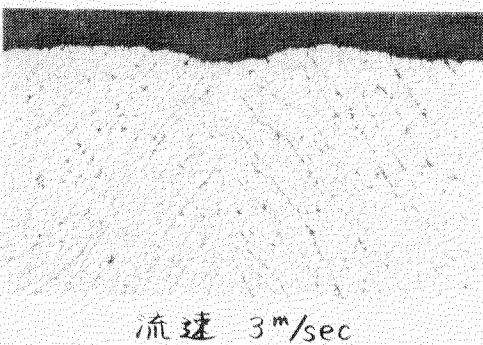
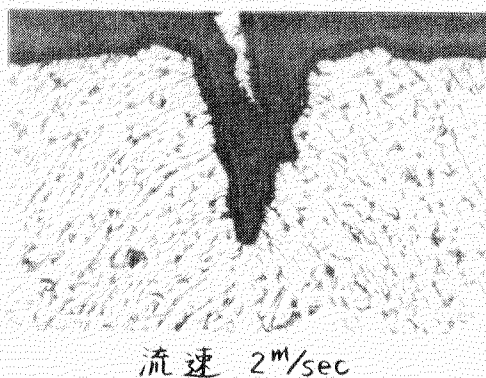
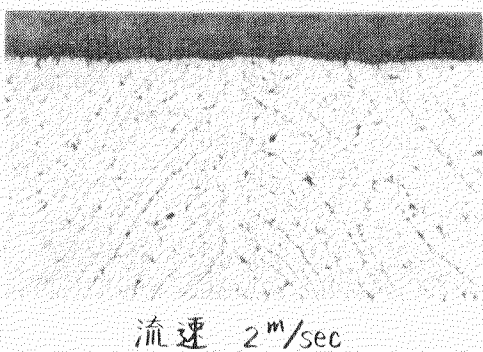
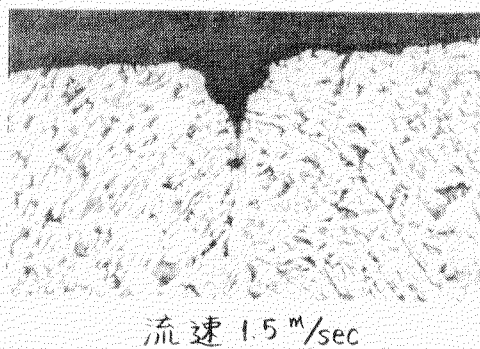
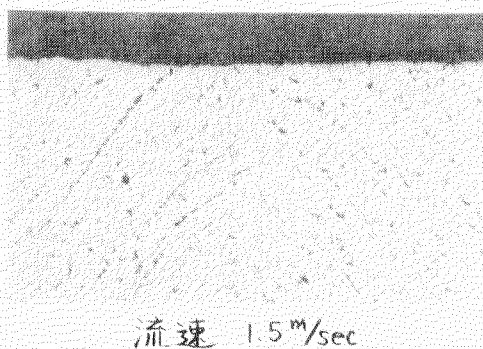
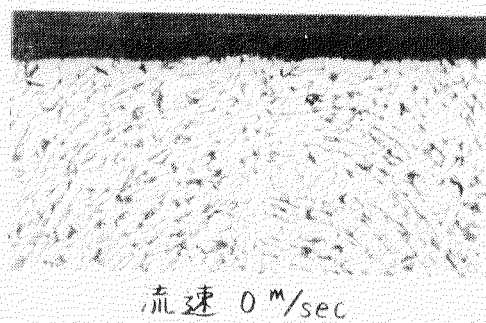
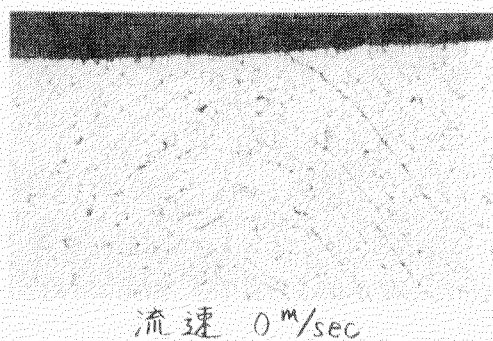


流速 4 m/sec

B1

(×50)

写真2.4.3-1 耐溝状腐食性電縫鋼管溶接部の断面(40℃)



流速 4 m/sec (x50)
A2

流速 4 m/sec (x50)
B2

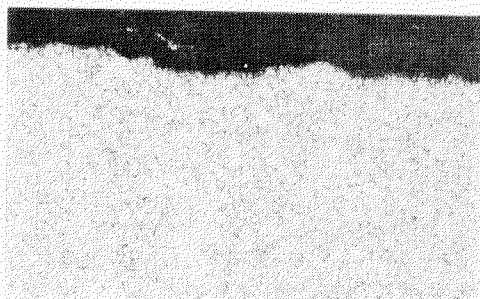
写真 2.4.3-2 耐溝状腐食性電縫鋼管溶接部の断面 (40℃)



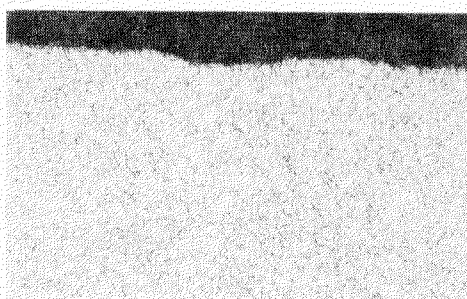
流速 0 m/sec



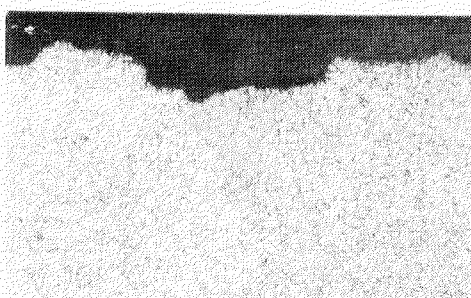
流速 0 m/sec



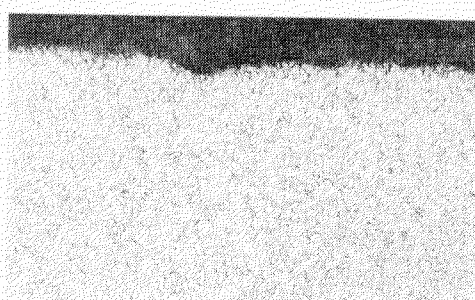
流速 1.5 m/sec



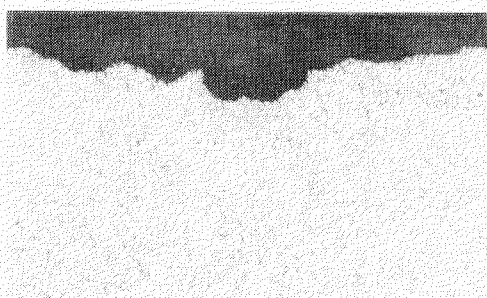
流速 1.5 m/sec



流速 2 m/sec



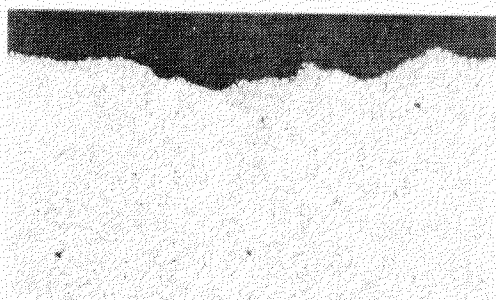
流速 2 m/sec



流速 3 m/sec



流速 3 m/sec

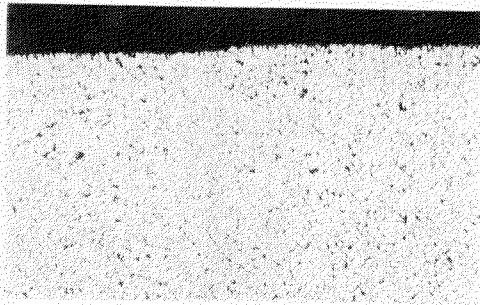


流速 4 m/sec
A3 (x50)

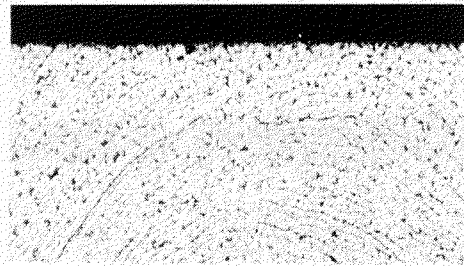


流速 4 m/sec
B3 (x50)

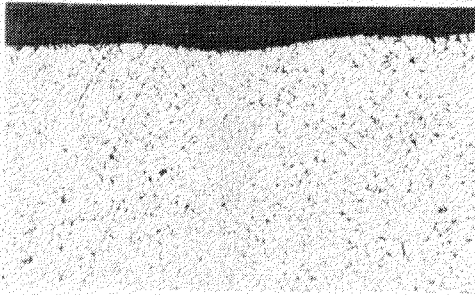
写真 2.4.3-3 耐溝状腐食性電縫鋼管溶接部の断面 (40℃)



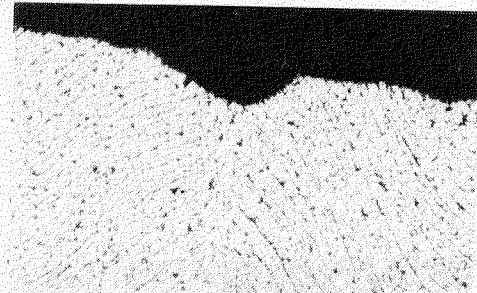
流速 0 m/sec



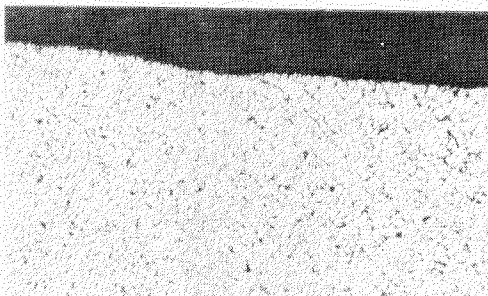
流速 0 m/sec



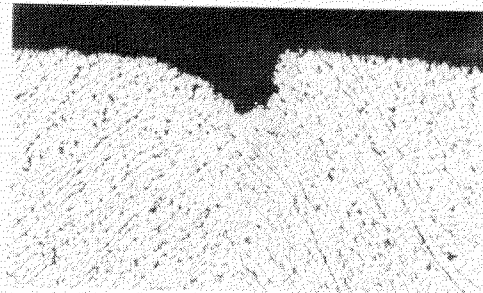
流速 1.5 m/sec



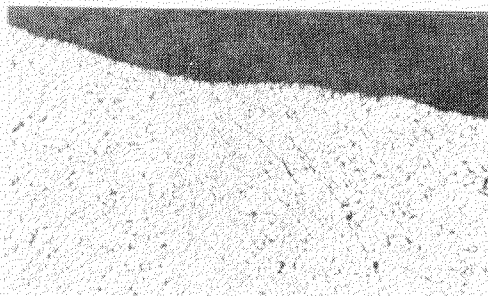
流速 1.5 m/sec



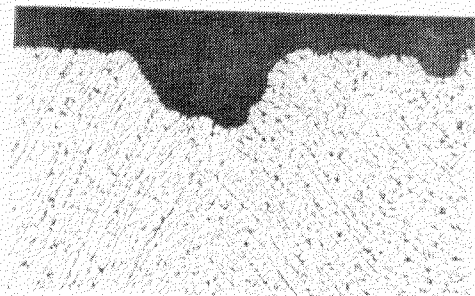
流速 2 m/sec



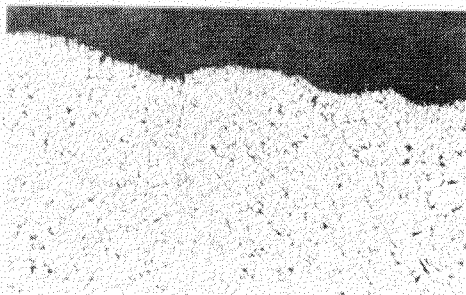
流速 2 m/sec



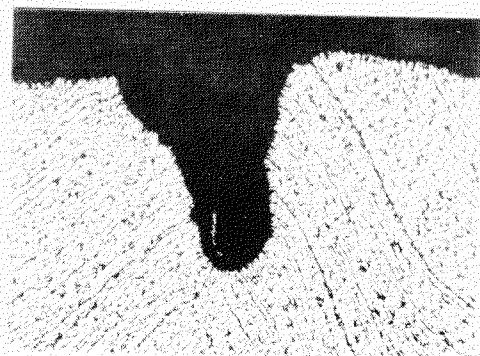
流速 3 m/sec



流速 3 m/sec

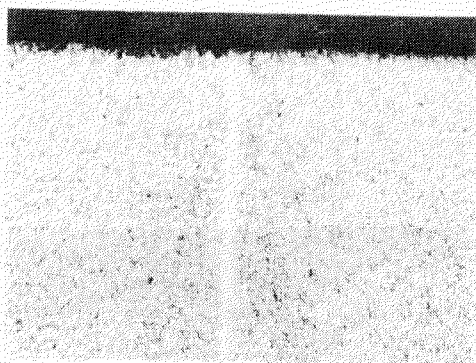


流速 4 m/sec
A4 (x50)

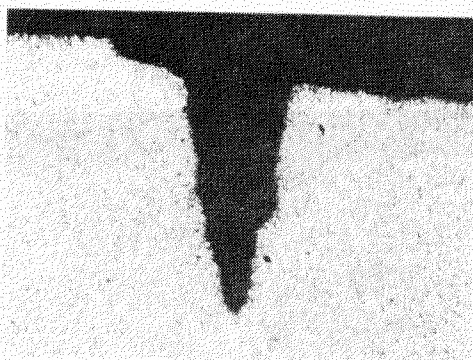


流速 4 m/sec
B4 (x50)

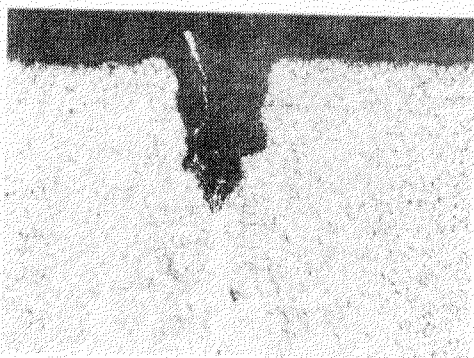
写真 2.4.3-4 耐薄状腐食性電縫鋼管溶接部の断面 (40℃)



流速 0 m/sec



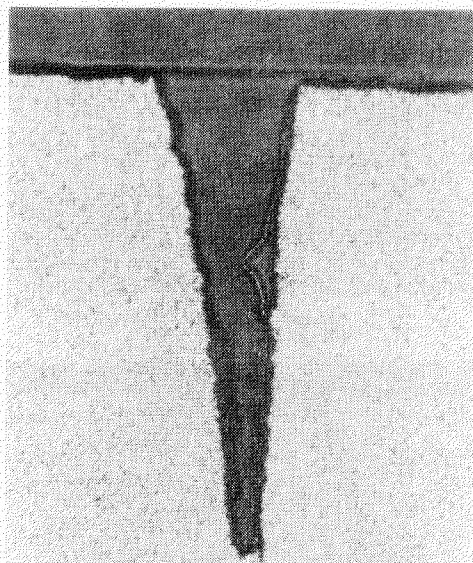
流速 1.5 m/sec



流速 2 m/sec

(×50)

I (比較材普通電縫鋼管)

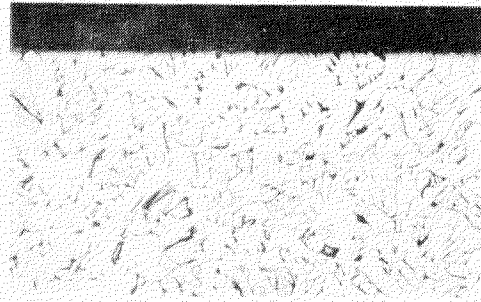


流速 3 m/sec



流速 4 m/sec (×50)

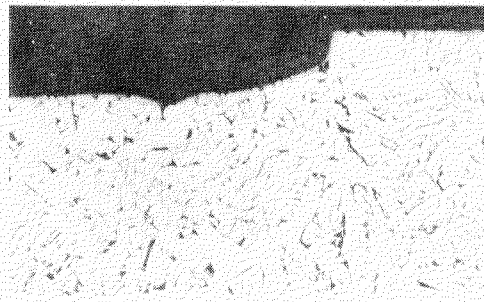
写真 2.4.3-5 電縫鋼管溶接部の断面 (40℃)



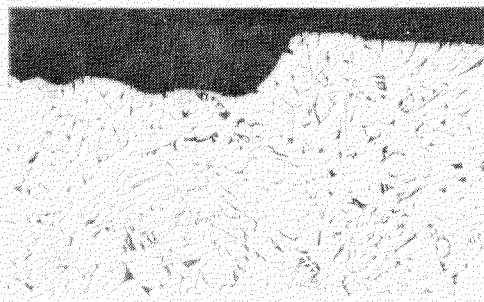
流速 0 m/sec



流速 1.5 m/sec



流速 2 m/sec



流速 3 m/sec



流速 4 m/sec (×50)

J (比較材 鍛接鋼管)

写真 2.4.3-6 鍛接鋼管の接合部の断面 (40℃)

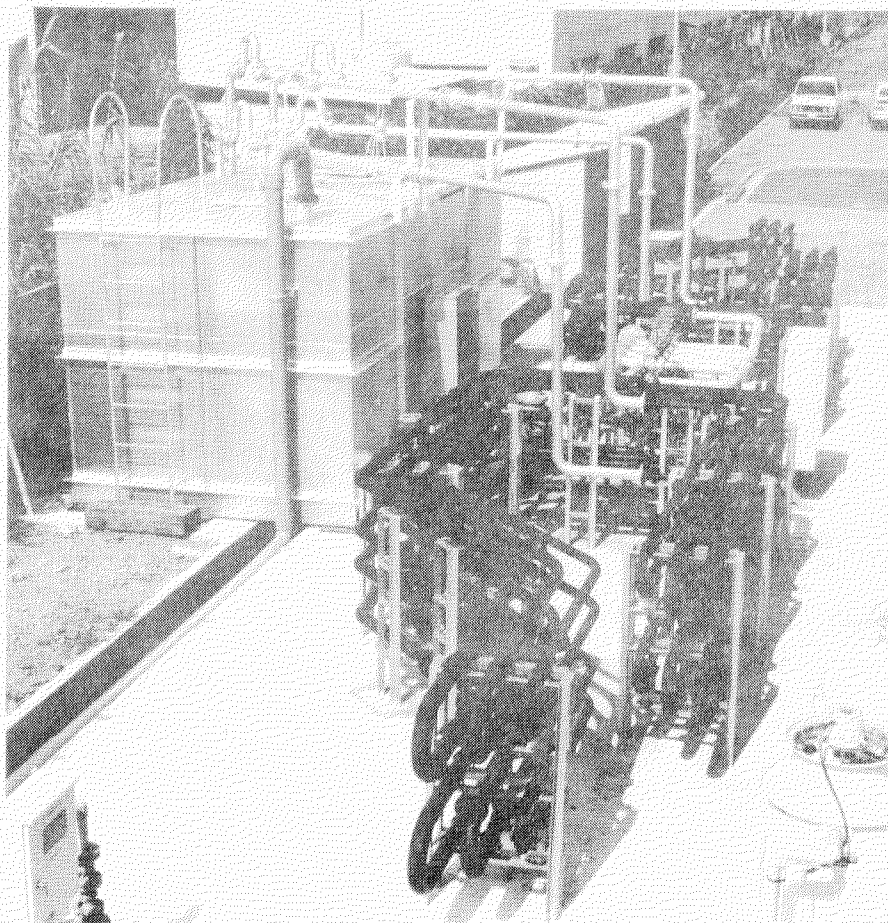
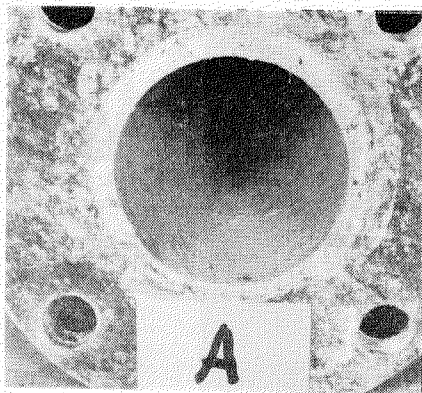
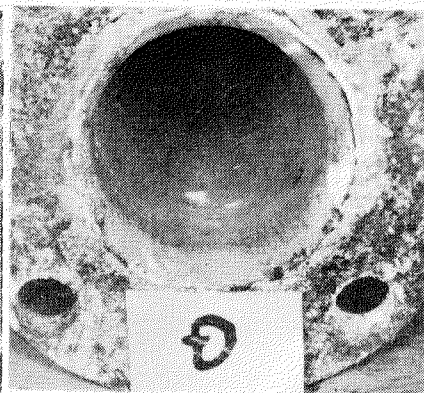


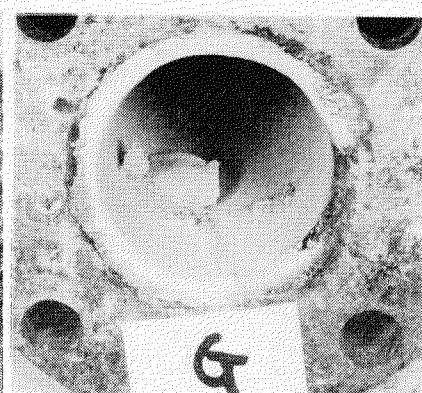
写真2.4.4 海水管腐食試験装置の外観
(試験管：右側黒色パイプ)



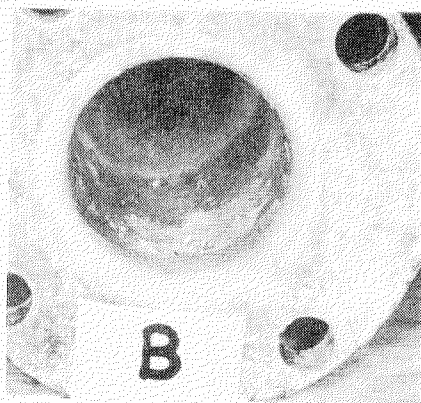
A Znメッキ材
管外面溶接



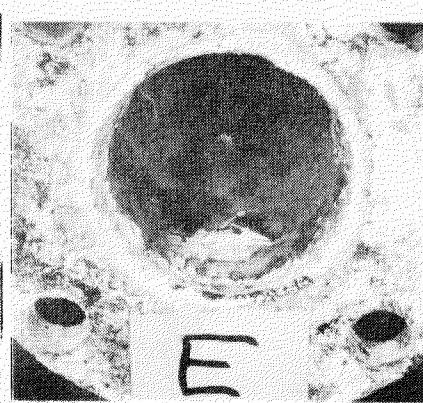
D Alメッキ材
管外面溶接



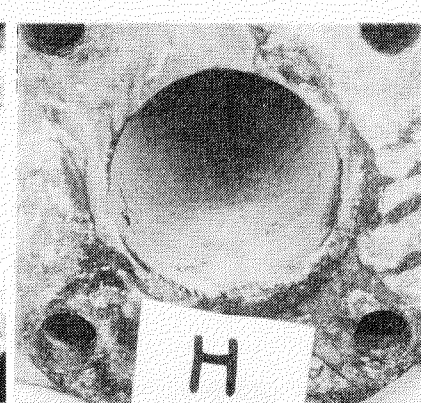
G エポキシ塗装材
管外面溶接



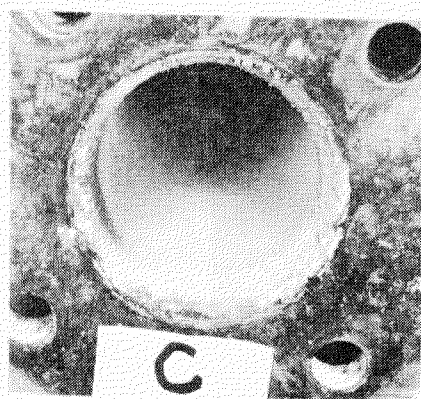
B Znメッキ材
同上補修



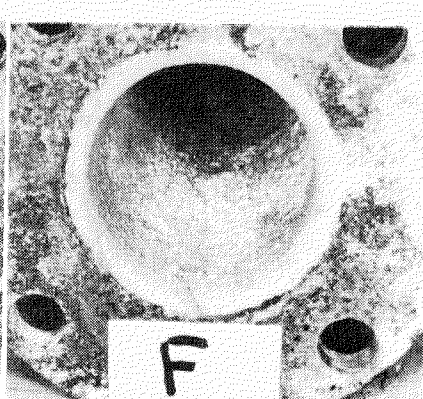
E Alメッキ材
同上補修



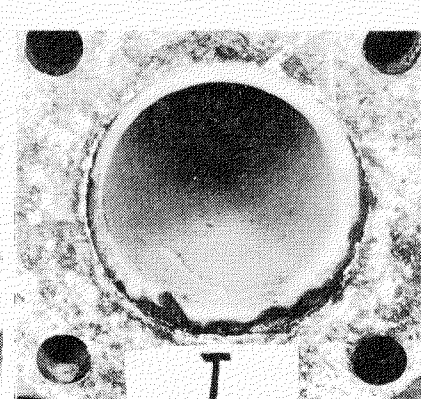
H エポキシ塗装材
同上補修



C Znメッキ材
人切傷

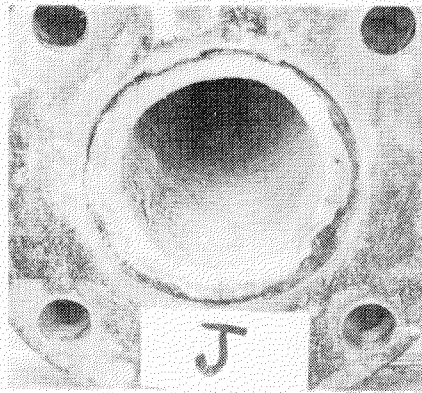


F Alメッキ材
人切傷

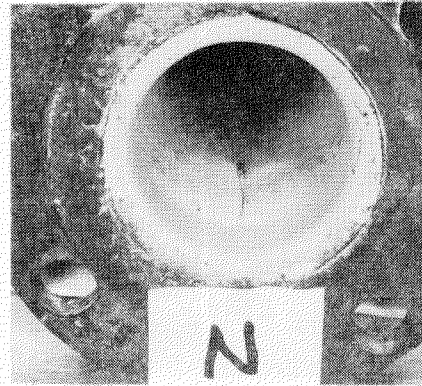


I エポキシ塗装材
人切傷

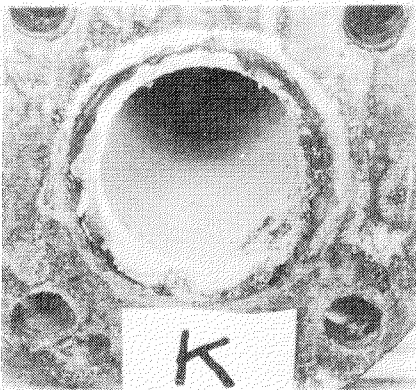
写真 2.4.5-1 被覆材欠陥部の表面状況（通水期間 6 ヶ月）



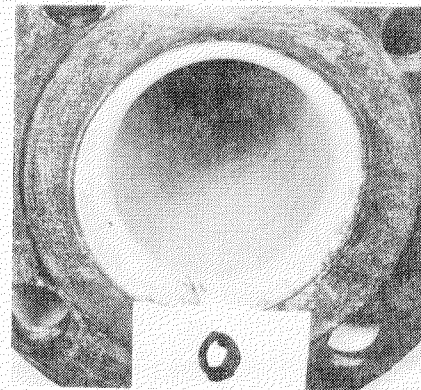
J
材プレライニング材
管外面溶接



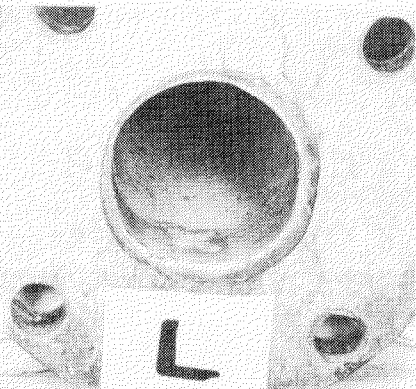
N
ポリエチレンライニング材
管外面溶接



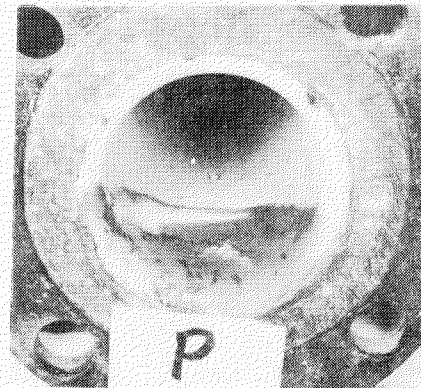
K
材プレライニング材
同上補修



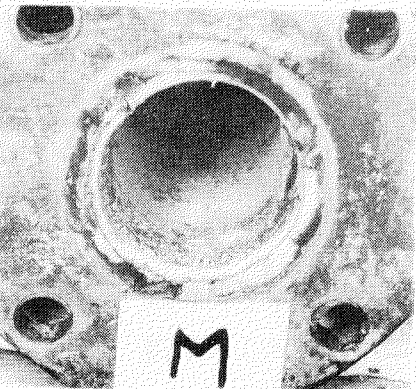
O
ポリエチレンライニング材
同上補修



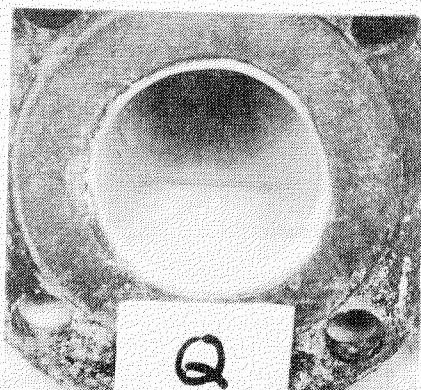
L
材プレライニング材
人工切傷



P
ポリエチレンライニング材
人工切傷



M
材プレライニング材
人工欠陥
(オーバーラップ)



Q
ポリエチレンライニング材
人工当傷

写真2.4.5-2 被覆材欠陥部の表面状況(通水期間6ヶ月)