

黒心可鍛鉄の汚水に対する耐蝕性について

On the Resistance to Corrosion by Drainage of Black Heart Malleable Cast Iron

渡 辺 弘*
Hiroshi Watanabe

江 上 種 一*
Tanekazu Egami

森 継 義 治**
Yoshiharu Moritsugu

内 容 梗 概

黒心可鍛鉄、普通鉄および軟鋼を排水用鉄管材として用いた場合の耐蝕性について実際の汚水、汚物およびそれらより発生するガスを腐蝕剤として試験を行った結果、黒心可鍛鉄が最もすぐれ、普通鉄、軟鋼がこれに次ぐことが判明した。また、各種の表面処理を行った試料についても同様な試験を行ったが、それによると溶融亜鉛メッキが最もすぐれている。

1. 緒 言

従来の黒心可鍛鉄、普通鉄および軟鋼の耐蝕性試験は主として酸または塩類を腐蝕液としたもので、これらを排水用配管材として使用した場合の汚水、汚物およびクレンザーなどによる腐蝕についてはほとんど実験されていない。

したがって本実験は衛生工業協会のネジ付排水管継手規格委員会の要請もあつて、これらの点を明らかにするために行ったもので、装置については委員会の指示を受け、腐蝕液については公衆衛生院洞沢教授の御指導を仰いで行った。

2. 実験室回転円板式実験

2.1 試験装置

排水管内は汚水の流速がかなり早く、汚水より発生するガスも充満している。試験装置はできる限りこれらの状況に適合するように考案され、衛生工業協会のネジ付排水管継手委員会案として、円板に試料をとりつけ汚水

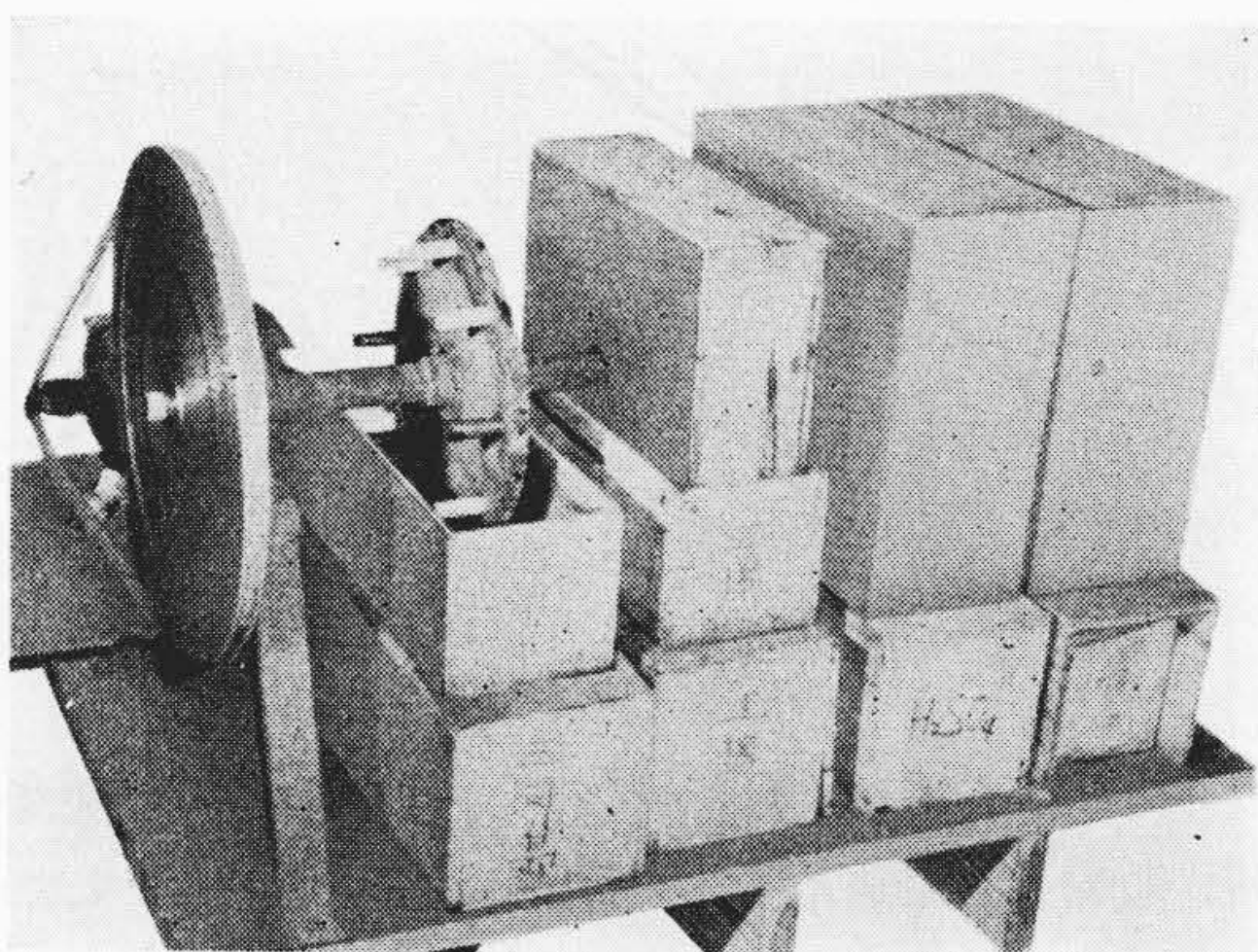
中を 2 m/s で通過し 1 日 8 時間連続運転後夜間は汚水より発生するガス雰囲気中に放置することにした。

第 1 図はこれらの条件を満足するように作られた試験装置であつて、モータによつて回転される軸に 4 枚の木製円板が等間隔に取り付けられている。

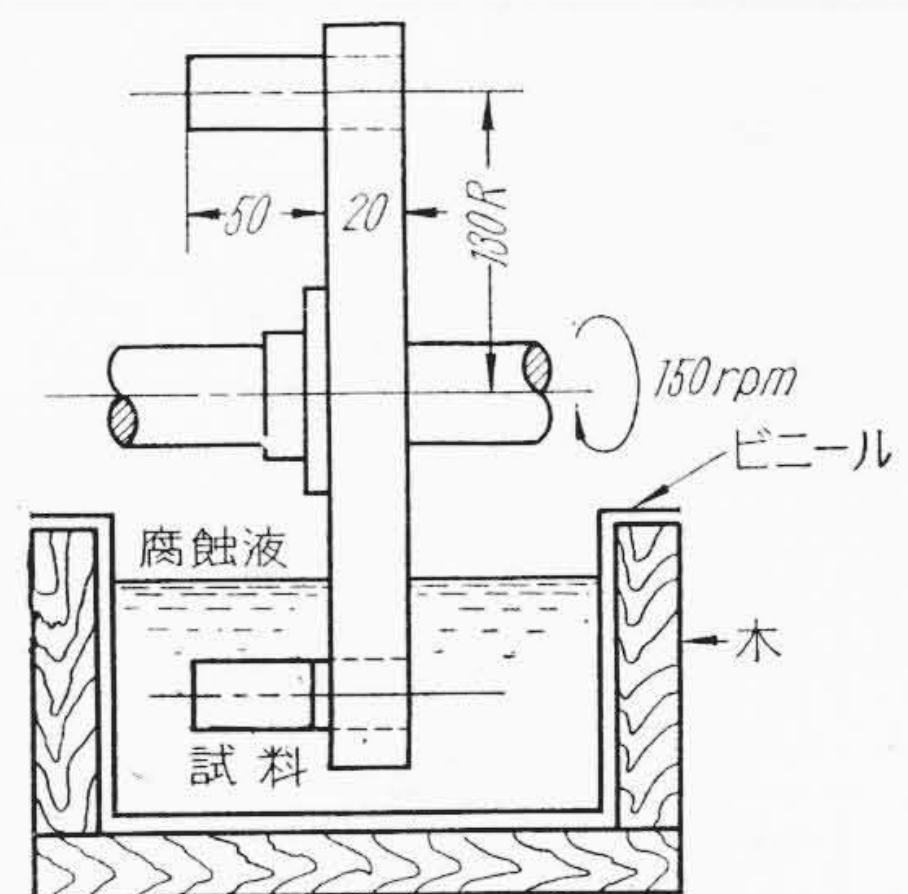
この円板には第 2 図に示すように試料 8 個が同一円周上に取り付けられ、これをビニール内張りをした桶に入れた。桶には腐蝕液を入れ試料が 2 m/s で液中をくぐりながら走るように 150 rpm で円板を回転させた。また、この桶は外部をさらに木箱で包み汚水より発生するガスの逸散を防ぐようにしてあり、夜間は腐蝕液中より試料を取り出してふたたび木箱で包み腐蝕液から発生するガスに試料がふれるようにした。

2.2 試 料

試料は第 1 表に示す 4 種類であつて各 2 本ずつを同一



第 1 図 試 験 装 置



第 2 図 装 置 略 図

第 1 表 試料の種類と化学成分 (%)

試料の種類	記 号	C	Si	Mn	S	P
黒心可鍛鉄	FCMB-28	2.39	0.98	0.33	0.122	0.060
普通 鉄 鋼	FC-15	3.67	1.76	0.62	0.124	0.165
普通 鉄 鋼	FC-10	3.60	2.34	0.73	0.116	0.200
軟 鋼	SS	0.11	0.15	0.33	0.041	0.012

* 日立金属工業株式会社深川工場

** 日立金属工業株式会社桑名工場

第2表 三河島汚水による腐蝕量(黒皮の場合)

記 号	試 験 期 間						30 日 後 の 減量/日 cm ² (mg)
	10 日		20 日		30 日		
	減量 (g)	平均 (g)	減量 (g)	平均 (g)	減量 (g)	平均 (g)	
FCMB-28	0.36	0.35	0.48	0.52	0.65	0.68	0.60
	0.34		0.55		0.70		
FC-15	0.14	0.16	0.48	0.49	0.98	0.95	0.84
	0.17		0.50		0.91		
FC-10	0.18	0.18	0.53	0.50	0.93	0.90	0.80
	0.17		0.46		0.86		
SS	0.22	0.20	0.67	0.75	1.38	1.33	1.18
	0.17		0.85		1.27		

第3表 三河島汚水による腐蝕量(仕上の場合)

記 号	試 験 期 間						30 日 後 の 減量/日 cm ² (mg)
	10 日		20 日		30 日		
	減量 (g)	平均 (g)	減量 (g)	平均 (g)	減量 (g)	平均 (g)	
FCMB-28	0.30	0.32	0.60	0.60	0.83	0.85	1.13
	0.33		0.60		0.87		
FC-15	0.34	0.36	0.66	0.68	0.96	0.98	1.31
	0.37		0.69		1.00		
FC-10	0.31	0.31	0.67	0.66	0.99	0.97	1.29
	0.30		0.65		0.95		
SS	0.40	0.40	0.75	0.76	1.17	1.17	1.56
	0.40		0.77		1.16		

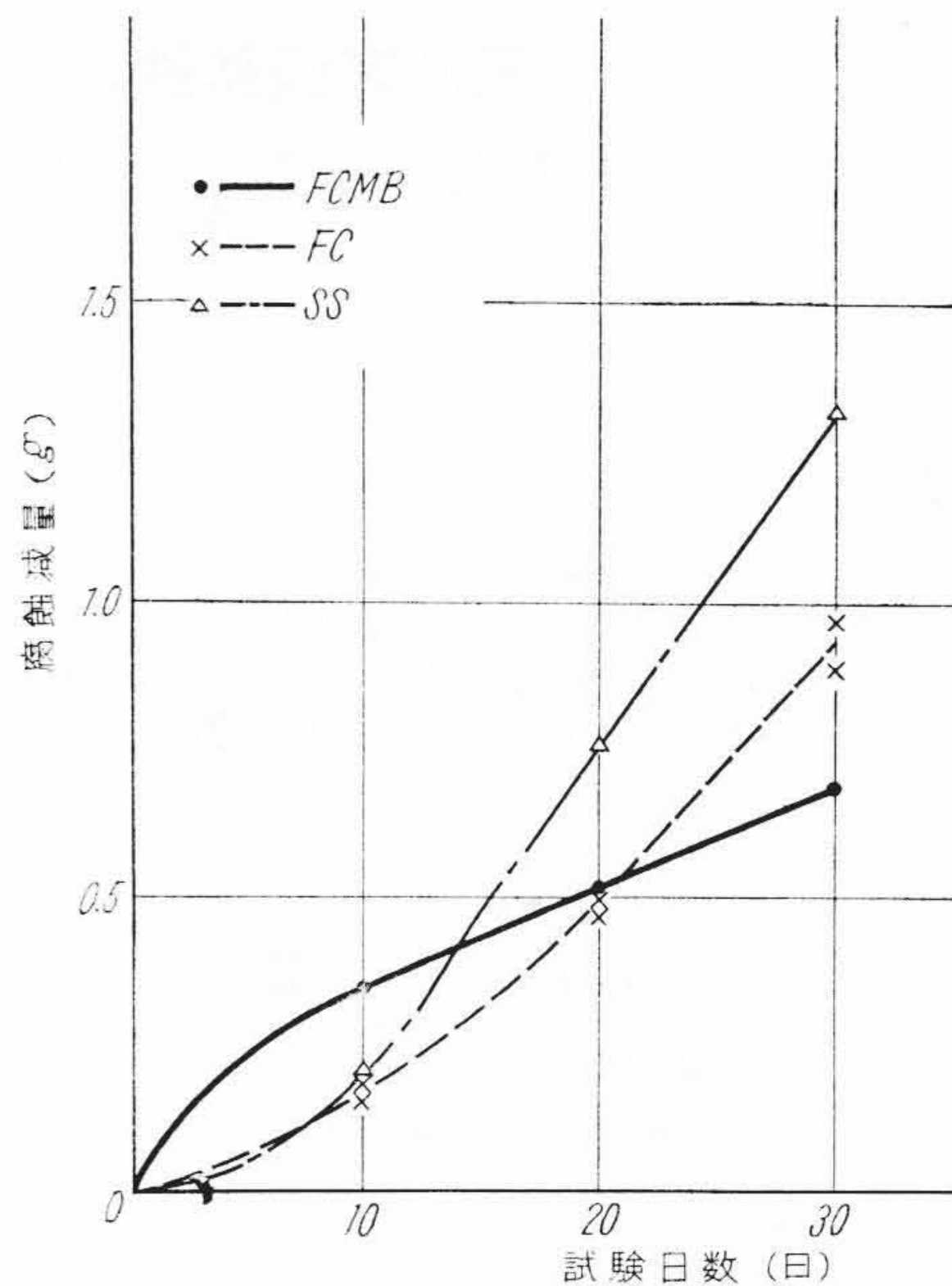
第4表 工場汚水による腐蝕量(黒皮の場合)

記 号	試 験 期 間						30 日 後 の 減量/日 cm ² (mg)
	10 日		20 日		30 日		
	減量 (g)	平均 (g)	減量 (g)	平均 (g)	減量 (g)	平均 (g)	
FCMB-28	0.48	0.52	0.74	0.76	0.94	1.03	0.91
	0.56		0.78		1.12		
FC-15	0.27	0.25	0.92	0.89	1.58	1.50	1.33
	0.22		0.86		1.41		
FC-10	0.25	0.30	0.85	0.87	1.37	1.43	1.27
	0.34		0.89		1.48		
SS	0.32	0.34	1.08	1.05	1.86	1.88	1.66
	0.35		1.02		1.89		

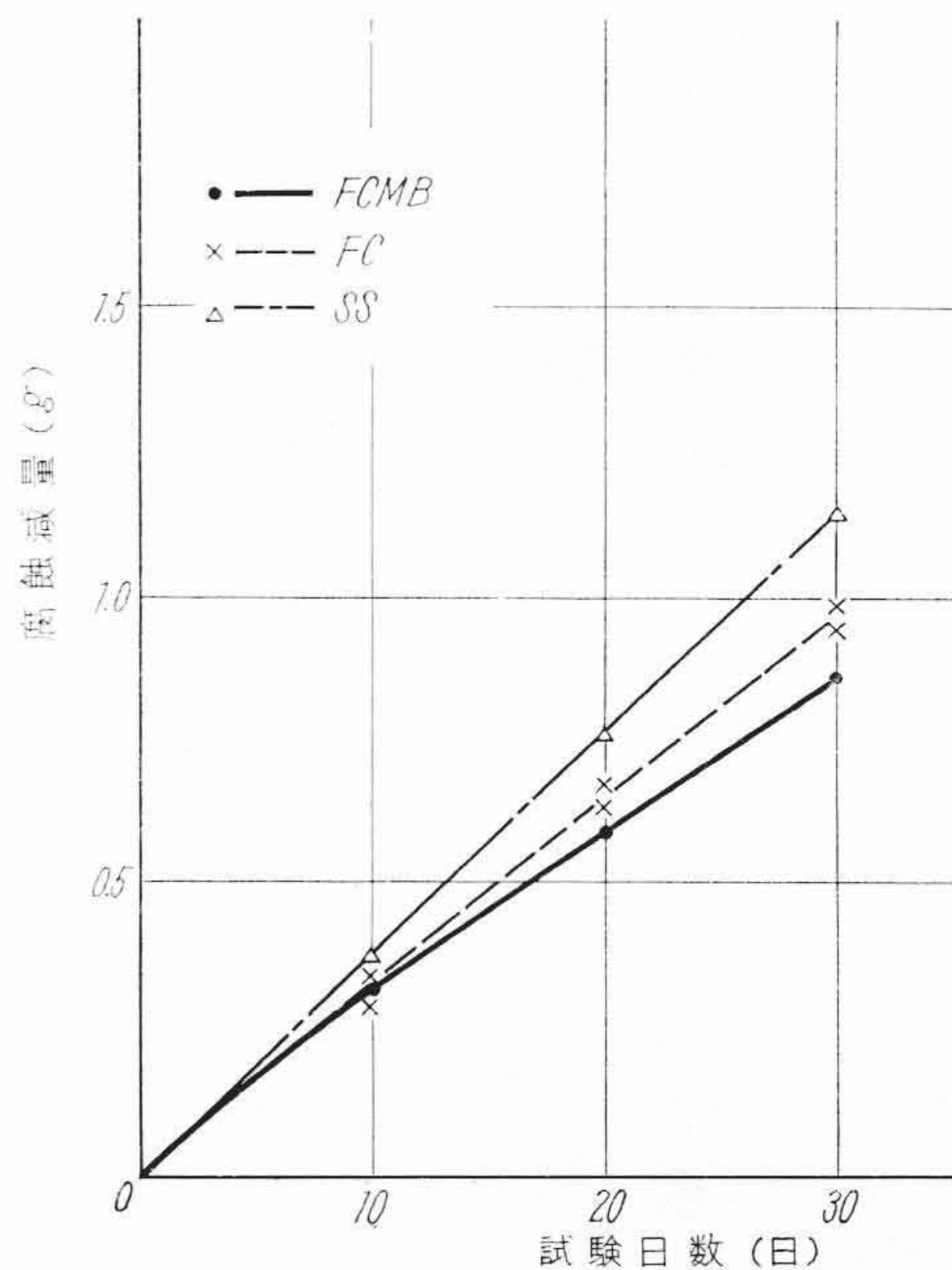
円板に取り付けた。試料の寸法は表面が黒皮の場合は $16\phi \times 70\text{mm}$ 、仕上の場合は $14\phi \times 60\text{mm}$ とした。

2.3 試験方法

毎日 a.m. 8時～p.m. 4時まで8時間連続回転を行い、夜間は液より試料を取り出して放置し、汚水より発生するガスに接触させた。10日ごとに試料を取り出し、



第3図 三河島汚水による腐蝕量(黒皮の場合)

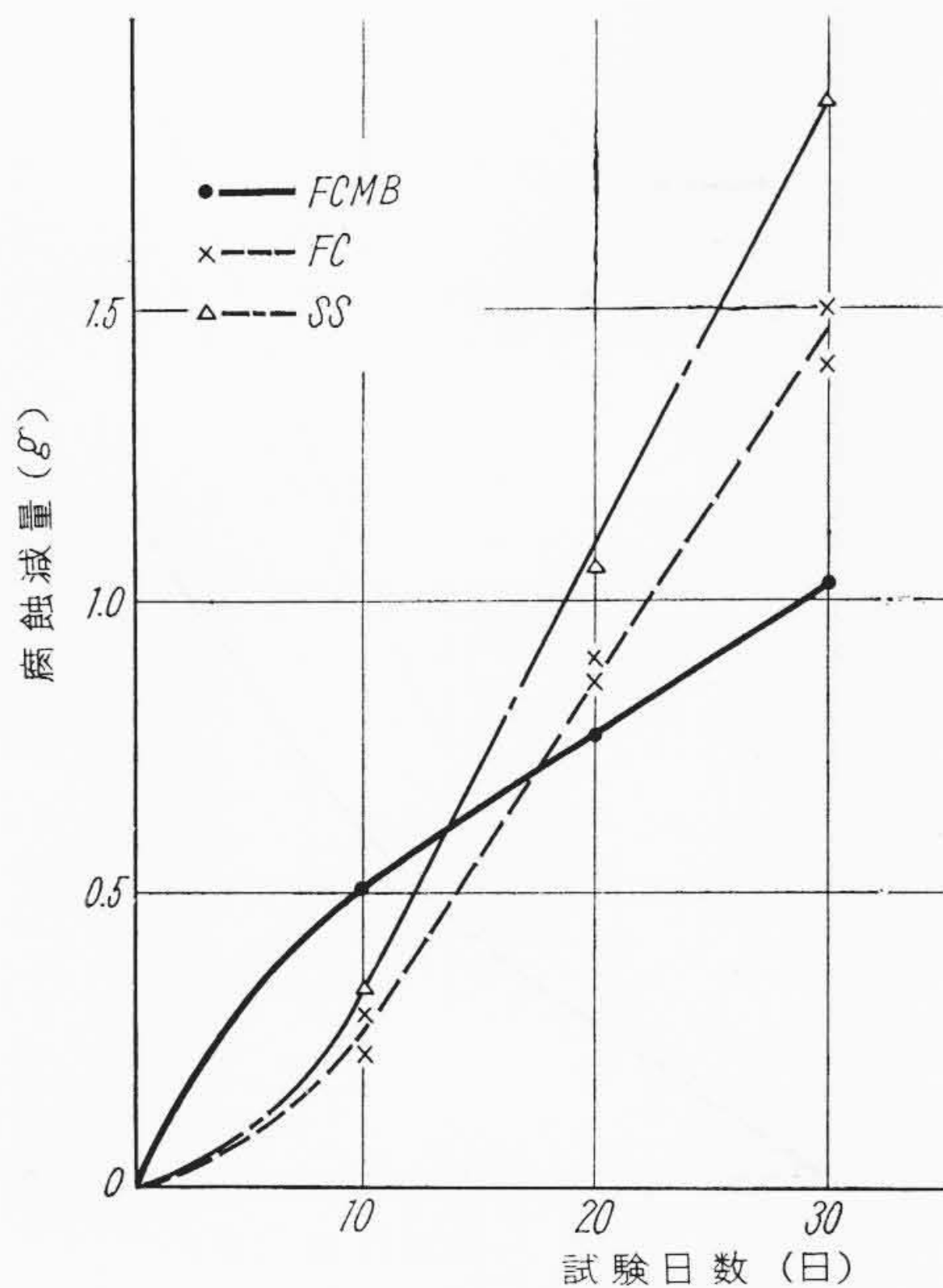


第4図 三河島汚水による腐蝕量(仕上の場合)

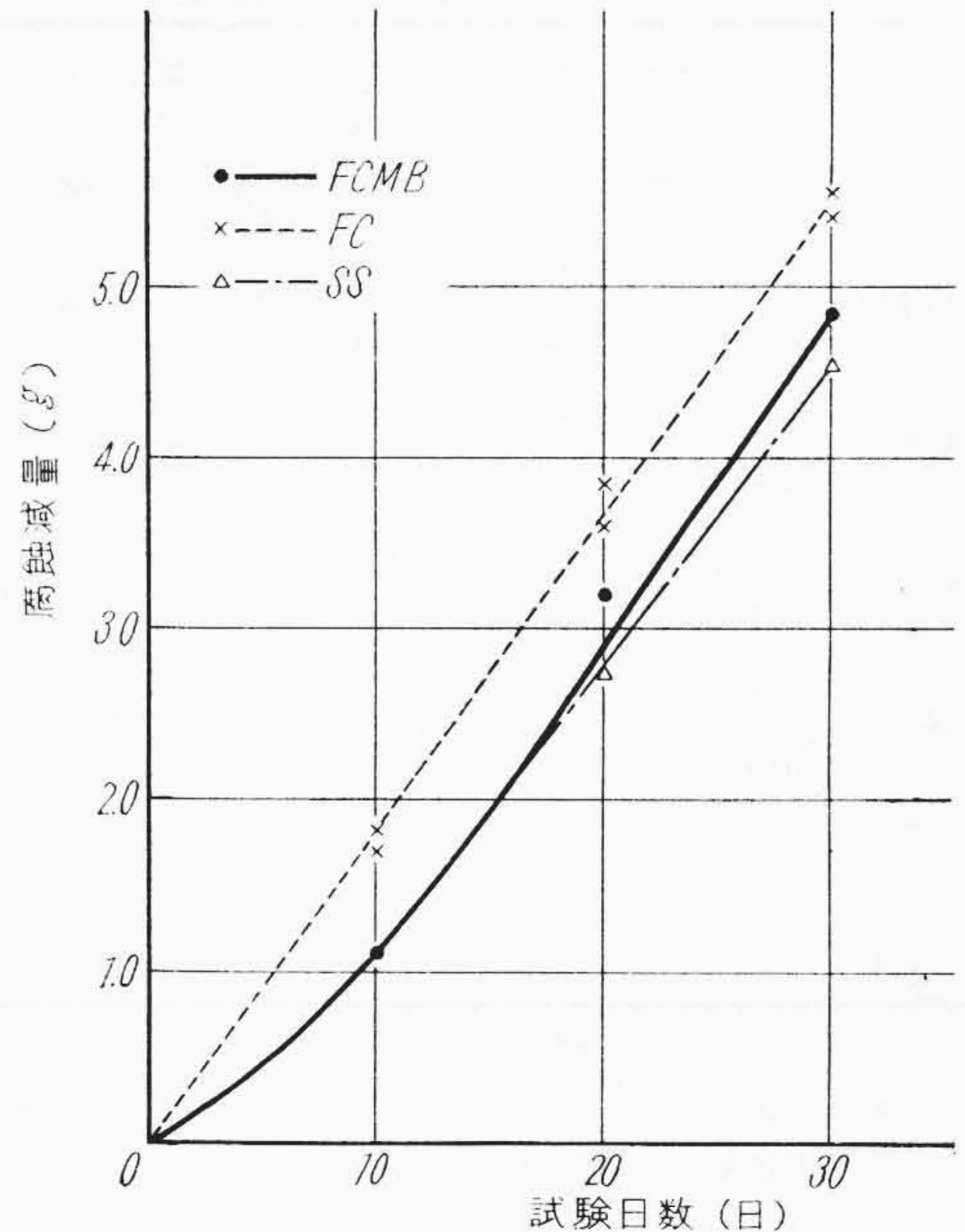
ワイヤブラシで軽く腐蝕層を落とし、アルコールで洗滌の後、乾燥し、化学天秤で秤量して減量を腐蝕量とした。腐蝕液は3日ごとに取り替えたが10日間の最後の日には4日間同一液とした。

2.4 腐蝕液

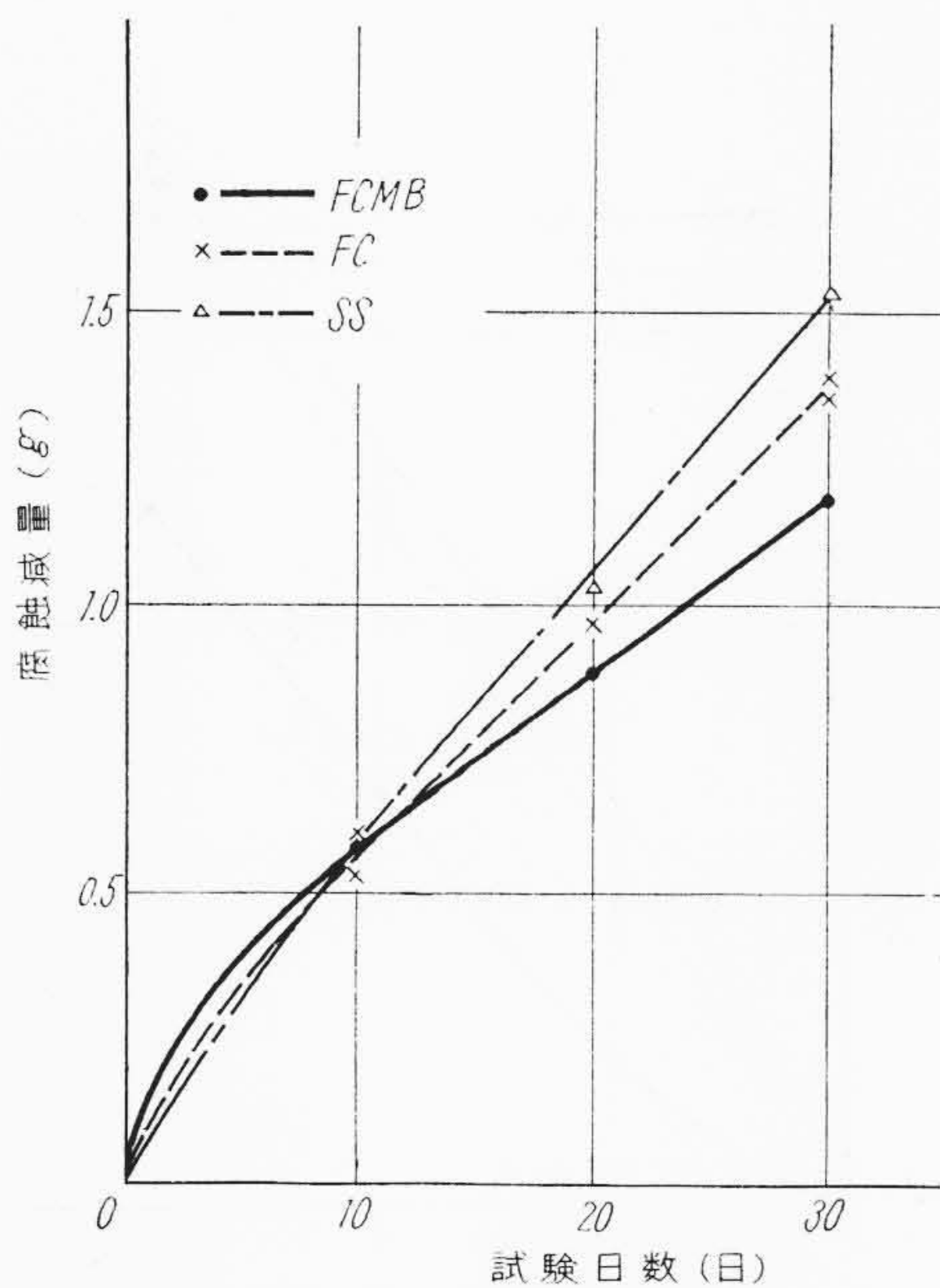
(1) 東京都三河島下水処理場第1沈澱槽流水液を10



第5図 工場汚水による腐蝕量(黒皮の場合)



第7図 0.05% H₂SO₄ による腐蝕量



第6図 工場汚水による腐蝕量(仕上の場合)

日ごとに a. m. 10~11時に採取した。C. O. D. は 34~44 ppm pH は 6.4~6.6 である。

(2) 工場汚水

工場汚水は工場内の汚水溜より採取したもので三河島汚水よりも酸性が強く、C. O. D. 23~26 ppm pH 6.0~6.2 である。

第5表 工場汚水による腐蝕量(仕上の場合)

記 号	試 験 期 間						30 日 後 の 減量/日 cm ² (mg)
	10 日		20 日		30 日		
	減量 (g)	平均 (g)	減量 (g)	平均 (g)	減量 (g)	平均 (g)	
FCMB-28	0.60	0.59	0.86	0.87	1.16	1.20	1.60
	0.58		0.88		1.23		
FC-15	0.52	0.54	0.94	0.97	1.39	1.39	1.85
	0.55		0.99		1.39		
FC-10	0.61	0.60	1.01	0.97	1.40	1.38	1.84
	0.59		0.94		1.35		
SS	0.61	0.60	1.06	1.03	1.58	1.56	2.08
	0.59		0.99		1.54		

第6表 0.05% H₂SO₄ による腐蝕量

記 号	試 験 期 間						30 日 後 の 減量/日 cm ² (mg)
	10 日		20 日		30 日		
	減量 (g)	平均 (g)	減量 (g)	平均 (g)	減量 (g)	平均 (g)	
FCMB-28	1.13	1.17	3.28	3.17	5.02	4.82	4.27
	1.20		3.06		4.61		
FC-15	1.67	1.81	3.77	3.84	5.55	5.58	4.94
	1.95		3.91		5.60		
FC-10	1.29	1.19	2.81	3.02	4.55	4.43	3.93
	1.08		3.23		4.30		
SS	1.26	1.19	3.01	2.96	4.69	4.63	4.10
	1.11		2.91		4.57		

第 7 表 0.05 % HCl による腐蝕量

記 号	試 験 期 間						30 日 後 の 減量/日 cm ² (mg)
	10 日		20 日		30 日		
	減量 (g)	平均 (g)	減量 (g)	平均 (g)	減量 (g)	平均 (g)	
FCMB-28	0.49	0.50	1.00	1.10	2.06	2.31	2.05
	0.50		1.19		2.55		
FC-15	0.72	0.78	1.96	1.97	3.57	3.71	3.29
	0.84		1.98		3.85		
FC-10	0.52	0.60	1.79	1.82	3.11	3.10	2.75
	0.68		1.84		3.09		
SS	0.59	0.63	2.36	2.28	3.88	3.85	3.41
	0.66		2.19		3.82		

第 8 表 クレンザーと三河島汚水による腐蝕量

記 号	試 験 期 間						30 日 後 の 減量/日 cm ² (mg)
	10 日		20 日		30 日		
	減量 (g)	平均 (g)	減量 (g)	平均 (g)	減量 (g)	平均 (g)	
FCMB-28	0.11	0.11	0.30	0.29	0.50	0.49	0.44
	0.10		0.27		0.48		
FC-15	0.20	0.20	0.51	0.50	0.78	0.71	0.63
	0.20		0.48		0.64		
FC-10	0.24	0.24	0.51	0.51	0.68	0.71	0.63
	0.24		0.51		0.74		
SS	0.29	0.27	0.52	0.52	0.78	0.72	0.64
	0.24		0.51		0.65		

(3) 0.05 % H₂SO₄ 溶液 pH 3.0

(4) 0.05 % HCl 溶液 pH 3.0

(5) クレンザー 0.5 % (重量) を入れた三河島汚水
pH 4.0

2.5 試験結果

測定の結果は第 2~8 表 および 第 3~9 図 に示す。

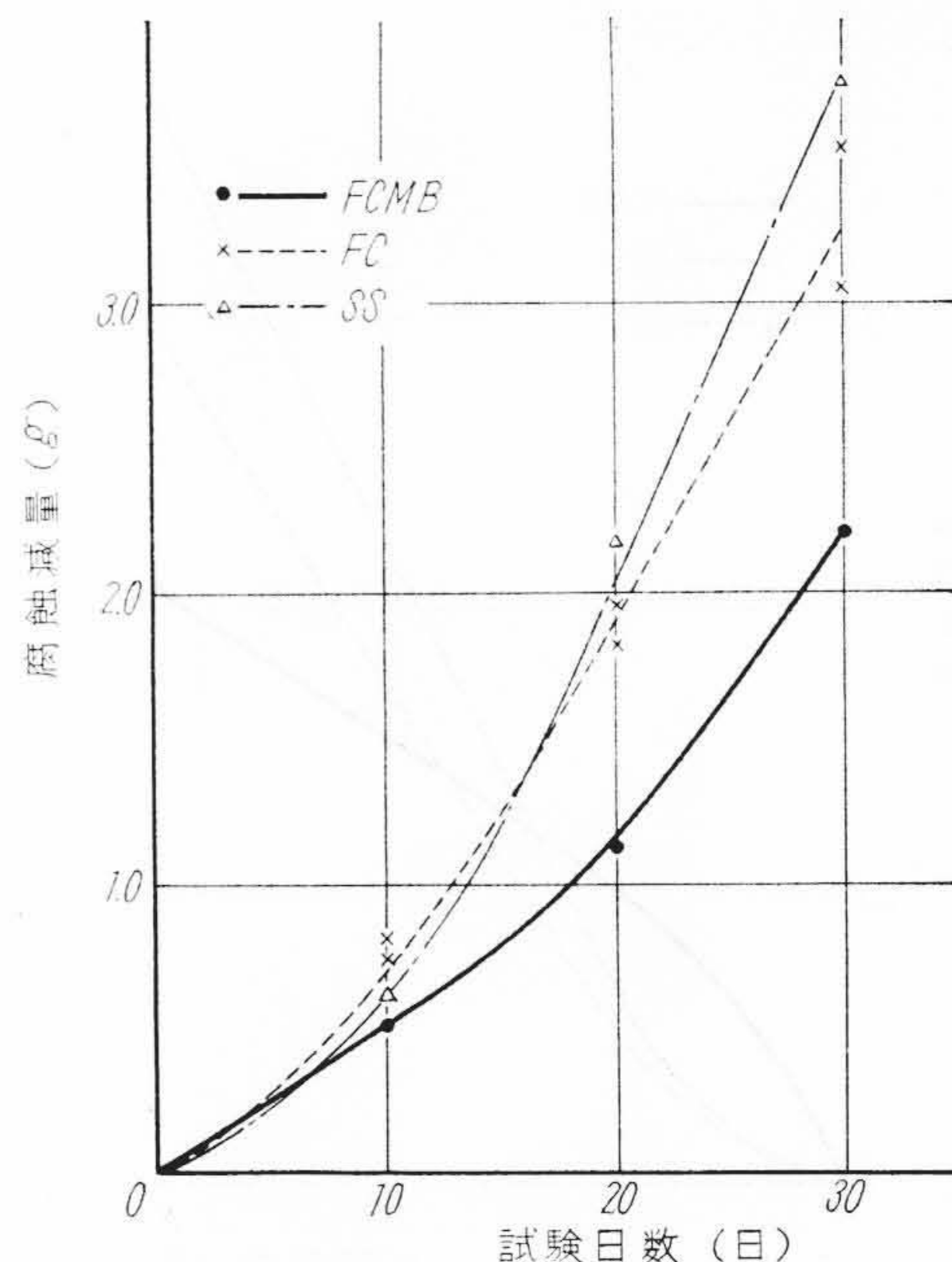
3. 浄化槽内回転円板式実験

3.1 試験装置

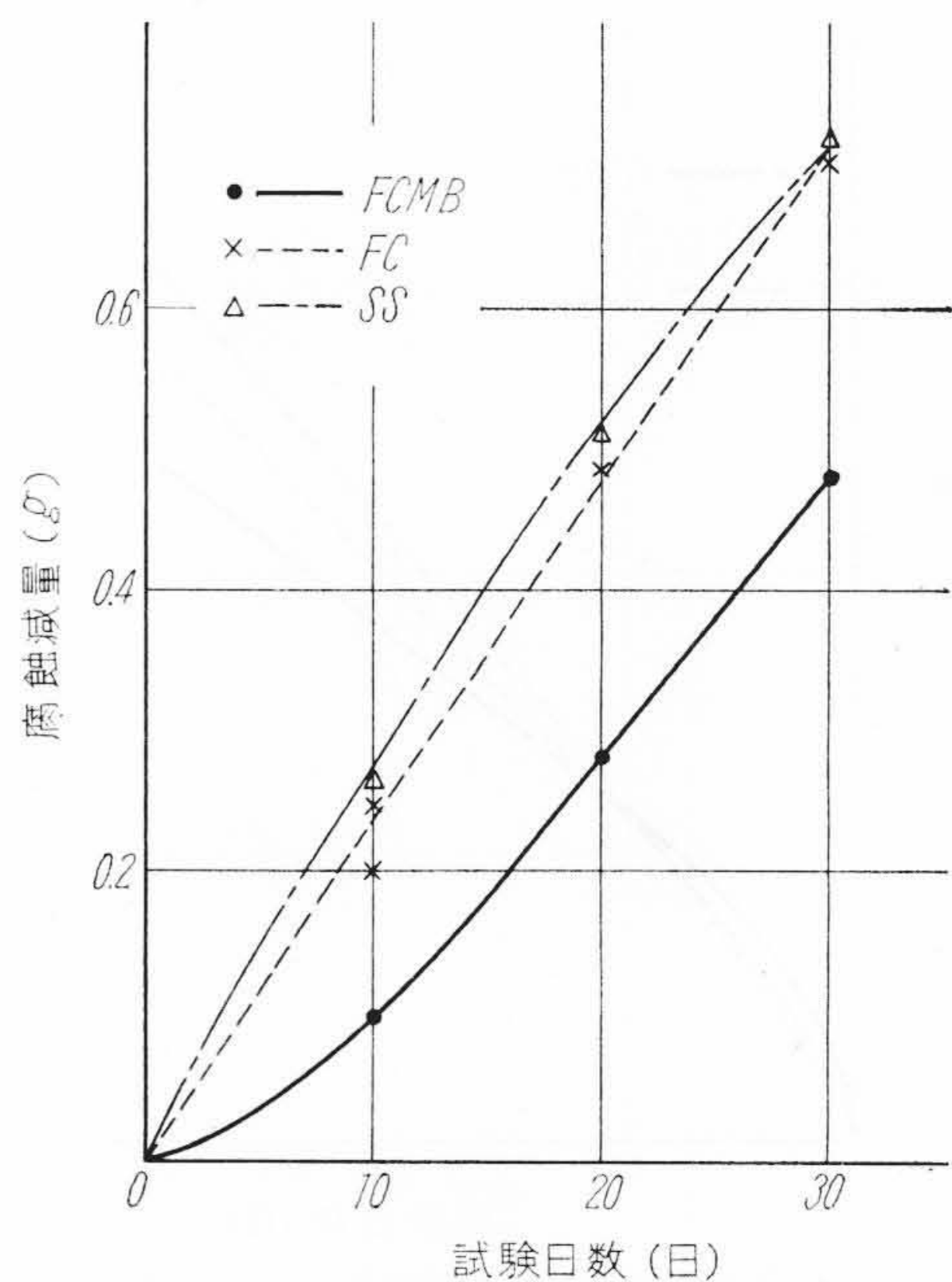
200 人用水洗便所に付属する浄化槽の汜過槽内の汚水に試料を浸漬、回転させるために第 10 図に示す装置を作り、汜過槽マンホールに取り付けた。装置は 100W モータと主減速部を蓋の上に置いて、汜過槽内の円板を 0.45 rpm で回転させ、円板には 25 個の試料を半径 215 mm の円周に取り付けた。

3.2 試 料

試料は第 9 表に示す 5 種類であつて、各 5 本ずつを同一円板に取り付けた。試料の寸法は 15φ×75mm であつて黒皮のままである。



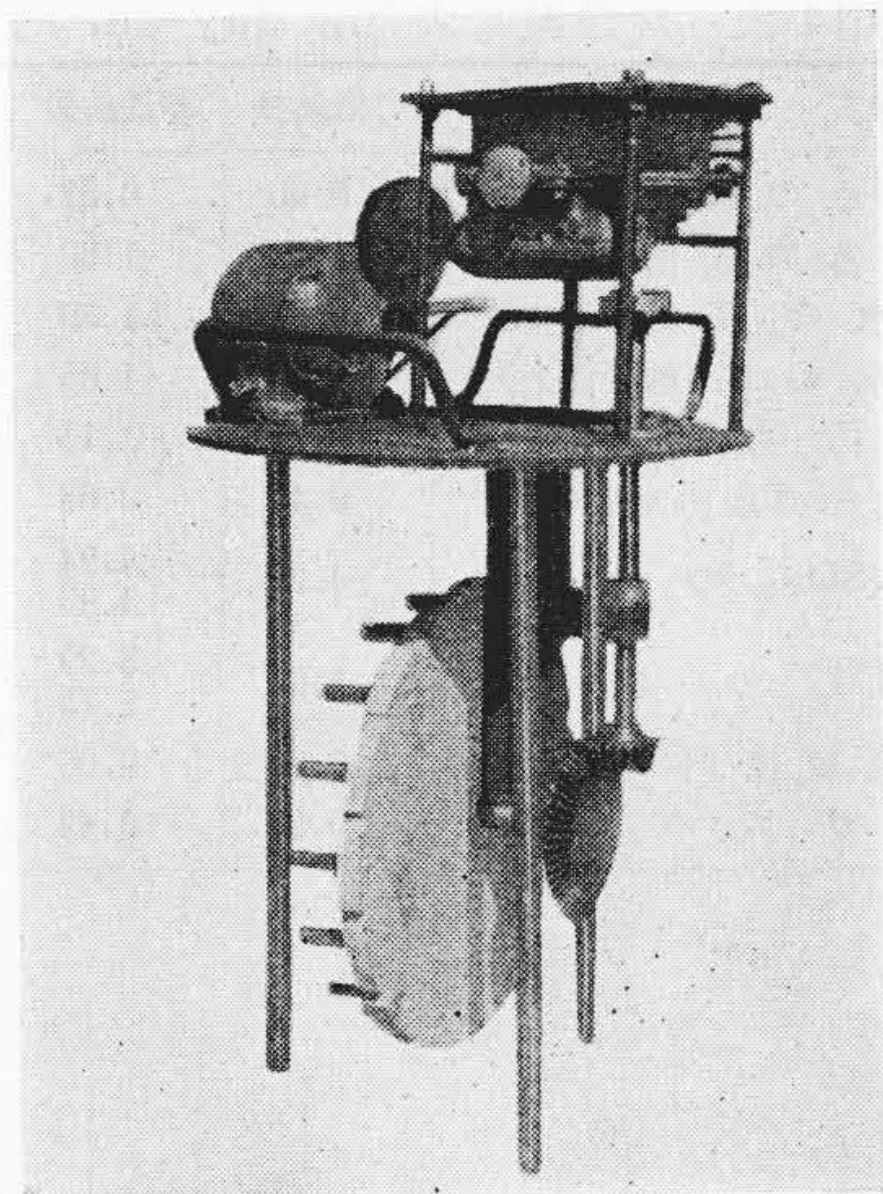
第 8 図 0.05 % HCl による腐蝕量



第 9 図 クレンザーと三河島汚水による腐蝕量

3.3 試験法

各試料 5 個ずつ計 25 個の試料を第 10 図の装置の木製円板に差込んで、汚水とそれより発生するガス雰囲気中に連続回転を与えたまま放置し、6 日目ごとに減量を計り 30 日間の測定値を得た。



第10図 試験装置

第9表 試料の種類と化学成分 (%)

試料の種類	記号	C	Si	Mn	S
黒心可鍛鑄鉄	M	2.47	1.11	0.37	0.105
普通鑄鉄	F-1	3.56	1.76	0.49	0.099
普通鑄鉄	F-2	3.78	1.87	0.48	0.133
普通鑄鉄	F-3	3.36	2.44	0.64	0.090
軟鋼	S	0.086	0.107	0.41	0.017

各回の測定に際し、試料に付着した汚物や酸化膜は軽く洗う程度とし、酸化膜を強制的に除去して試料本体に傷をつけ、次後の腐蝕進行に悪影響を与えることのないように注意したため、真の腐蝕減量は30日後、ワイヤブラシで清掃した後の試料重量から求めた。

3.4 試験結果

測定の結果は第10表および第11図に示す。

4. ガス雰囲気実験

4.1 試験方法

汚水より発生するガス雰囲気は、実験室内でこれを再現させることは非常に困難があるので、試料を現場に暴露させてその腐蝕を調べる方法を採用した。

暴露箇所としては三河島下水処理場脱流槽の最下層に28日間と水洗便所浄化槽の汜過槽マンホール蓋裏に30日間試料をつり下げその腐蝕減量を測定した。

4.2 試料

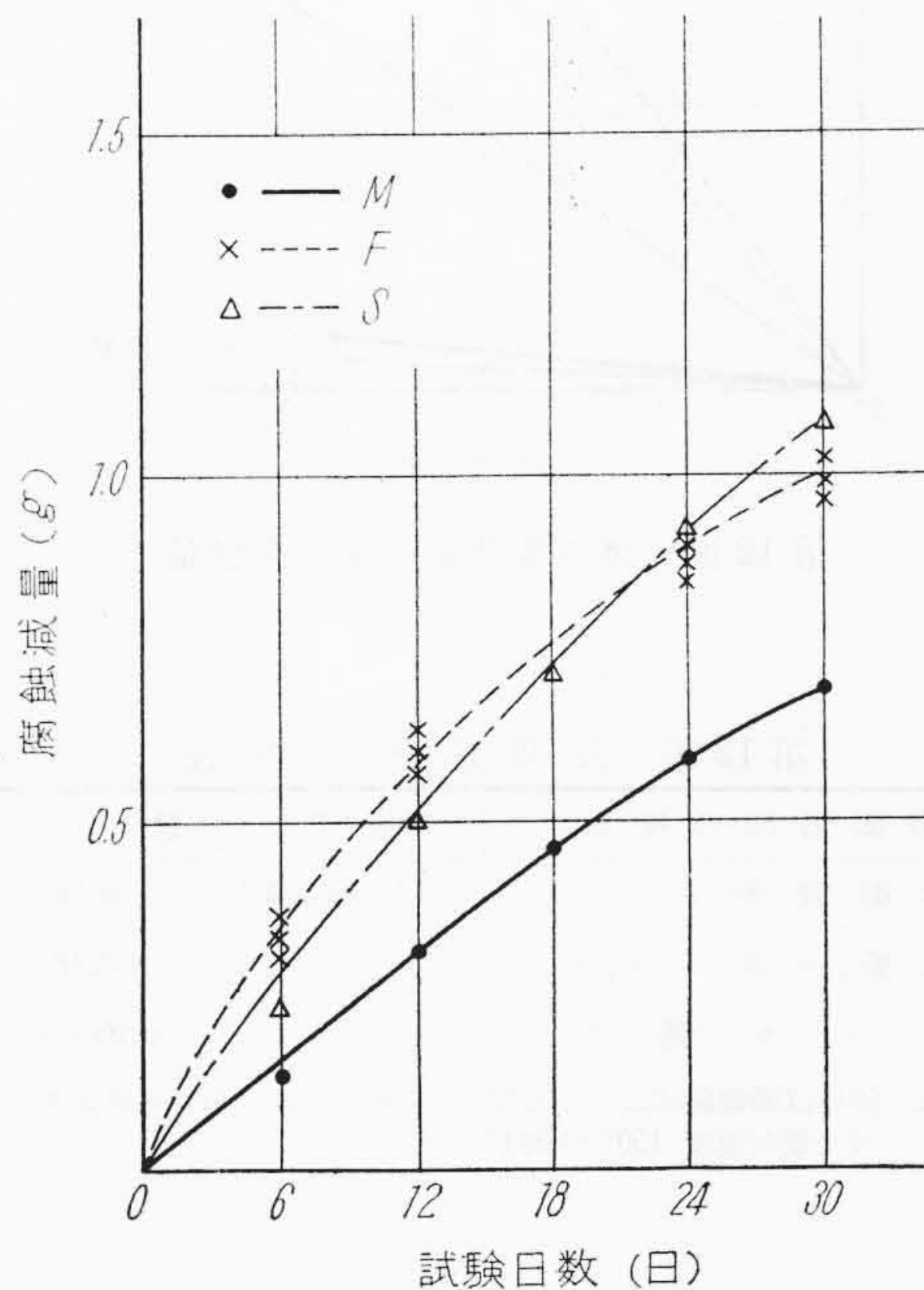
三河島脱流槽に入れた試料は実験室回転円板式の実験の試料と同一で2本ずつ4種類合計8本、浄化槽に入れた試料は浄化槽回転円板式の試料と同一で各5本ずつ合計25本とした。

4.3 試験結果

測定の結果は第11表および第12図に示す。

第10表 浄化槽汚水による腐蝕量

記号	試験期間					真の全蝕量 (g)	30日後の減量/日 cm ² (mg)
	6日 (g)	12日 (g)	18日 (g)	24日 (g)	30日 (g)		
M	0.136	0.314	0.462	0.568	0.698	0.841	0.77
F-1	0.300	0.575	0.768	0.865	1.015	1.165	1.07
F-2	0.305	0.595	0.786	0.866	1.005	1.194	1.10
F-3	0.320	0.646	0.876	1.007	1.186	1.380	1.27
S	0.220	0.505	0.724	0.921	1.154	1.293	1.19



第11図 浄化槽汚水による腐蝕量

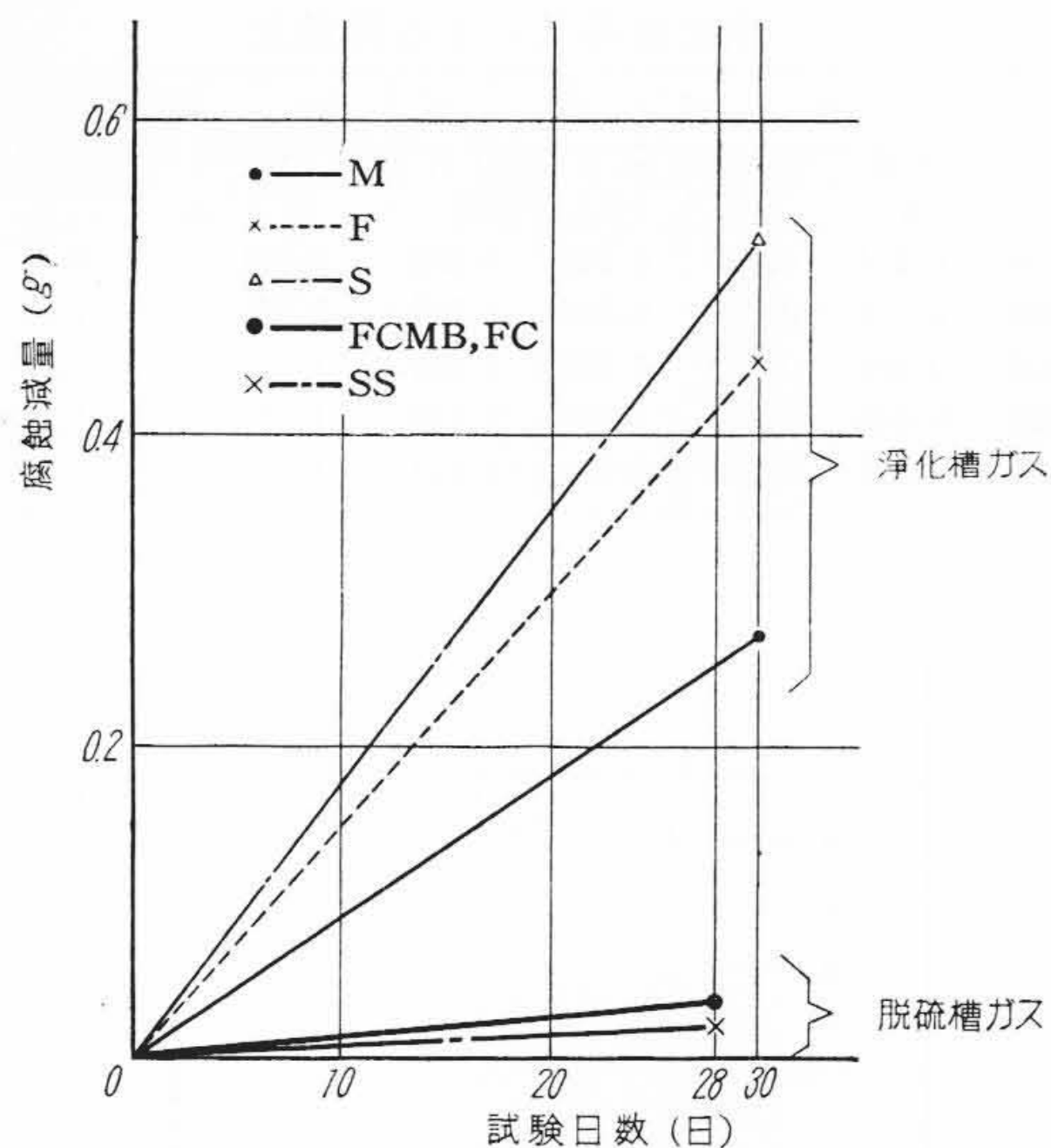
第11表 ガス雰囲気による腐蝕量

	三河島脱流槽内		浄化槽汜過槽内	
	記号	28日後の減量 (g)	記号	30日後の減量 (g)
黒心可鍛鑄鉄	FCMB-28	0.04	M-1	0.271
普通鑄鉄	FC-15	0.04	F-1	0.442
	FC-10	0.04	F-2	0.455
			F-3	0.487
軟鋼	SS	0.03	S	0.531

5. 各種の表面処理を施した試料の耐蝕性の比較

5.1 試験方法

溶融亜鉛メッキ、亜鉛メタリコンおよびタール焼付を実施した試料を実験室回転円板式実験に準じて行つた。試料としては16φ×70mmの黒心可鍛鑄鉄片に第12表に示す表面処理を施したもの各2本ずつと、表面処理を



第12図 ガス雰囲気による腐蝕量

第12表 表面処理試料表

表面処理の種類	実施作業場	膜厚(mm)
溶融亜鉛メッキ	日立金属工業	0.08
亜鉛メタリコン		0.18
タール焼付		0.05~0.1

注：膜厚は顕微鏡によつて実測した。タールは東京ガス精製タールで焼付温度 150°~200°C

行わないものを2本合計8本を使用し、腐蝕液としては三河島汚水と工場汚水とを使用して60日間の発錆状況を観察した。

5.2 試験結果

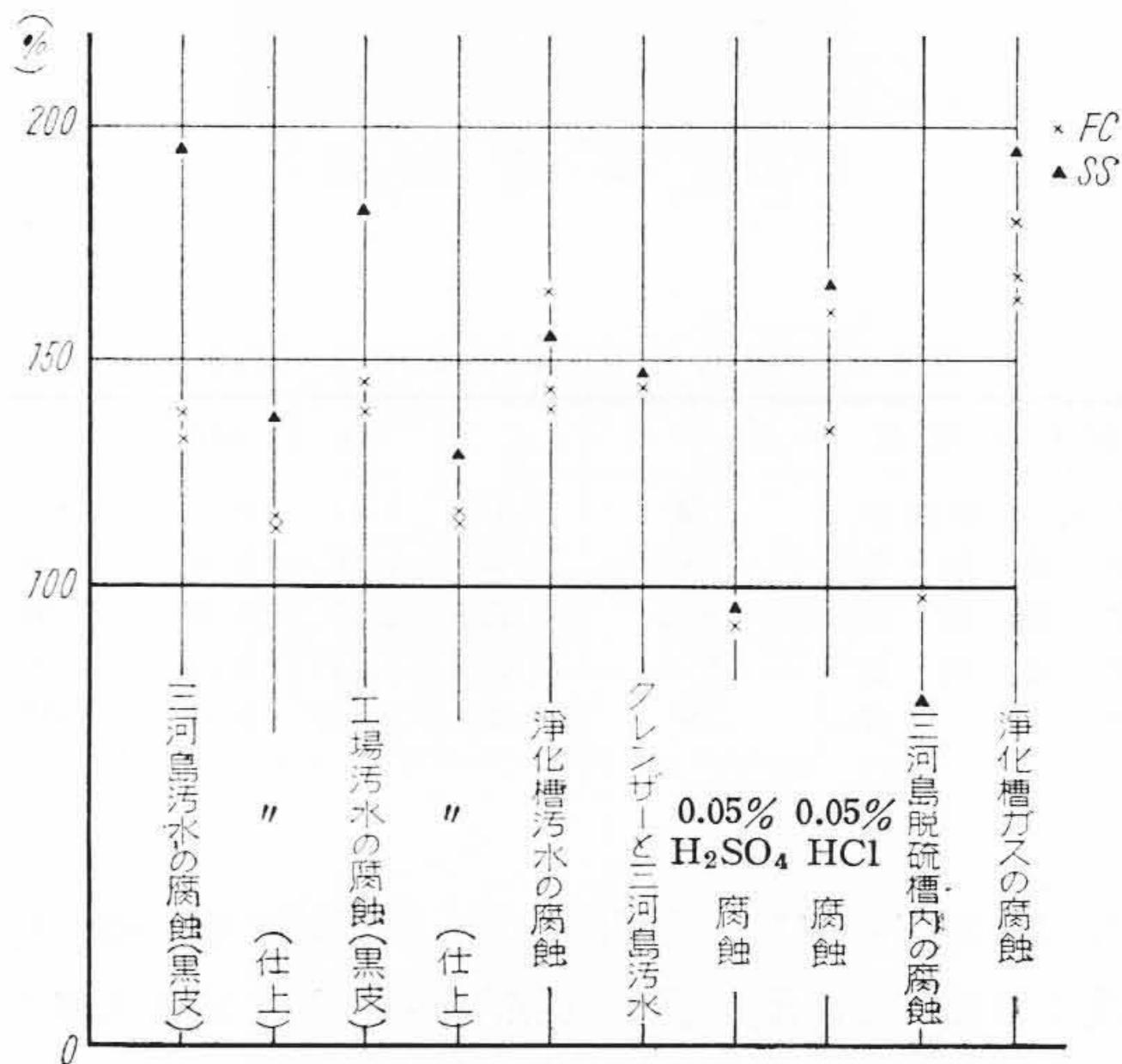
観察の結果は第13表に示す。

6 考察と結論

以上各種の耐蝕試験を行つた結果を総合して考察およ

第14表 腐蝕減量表(mg/day-cm²)

腐蝕条件	可鍛鉄	普通鉄	軟鋼
三河島汚水の腐蝕(黒皮)	0.60	0.82	1.18
三河島汚水の腐蝕(仕上)	1.13	1.30	1.56
工場汚水の腐蝕(黒皮)	0.91	1.30	1.66
工場汚水の腐蝕(仕上)	1.60	1.85	2.08
浄化槽汚水の腐蝕	0.77	1.15	1.19
クレンザーと三河島汚水の腐蝕	0.44	0.63	0.64
0.05% H ₂ SO ₄ の腐蝕	4.27	4.94 3.93	4.10
0.05% HCl の腐蝕	2.05	3.29 2.75	3.41
三河島脱硫槽内の腐蝕	0.06	0.06	0.04
浄化槽ガスの腐蝕	0.25	0.42	0.49



第13図 可鍛鉄を100とした場合の腐蝕減量対比表

び結論を出すと

- (1) 黒心可鍛鉄、普通鉄および軟鋼に対する30日間の1日当り単位面積当り腐蝕減量は第14表のようであつて黒心可鍛鉄の腐蝕減量を100としてほかの腐蝕減量を表わせば第13図のようになる。

第13表 表面処理試料の発錆状況

試験期間	溶融亜鉛メッキ		亜鉛メタリコン		タール焼付		メッキなし	
	三河島汚水	工場汚水	三河島汚水	工場汚水	三河島汚水	工場汚水	三河島汚水	工場汚水
10				一部茶色錆	斑点錆が出る	斑点錆が出る		
20	白濁色に発錆	白濁色に発錆	白濁色に発錆	斑点が錆る			全面赤錆発錆	全面赤錆発錆
30				斑点が錆る				
60				斑点が錆る				

すなわち、酸と汚水の腐蝕機構は相当異なると考えられるが、普通鉄は黒心可鍛鉄の1.1~1.6倍、軟鋼は黒心可鍛鉄の1.3~2.0倍程度の腐蝕となる。かように汚水による腐蝕は軟鋼が最も著しいので、排水用配管においては継手よりもそれに接続される鋼管の腐蝕の方が問題となる。

汚水の化学的構成は複雑で判然としないが、以上のような結果となつた原因としては次のことが考えられる。

(a) 局部電池が腐蝕の主な要因であることはよく知られている。黒心可鍛鉄は球状黒鉛とフェライトが構成する局部電池によつて腐蝕されるが、普通鉄は片状黒鉛とパーライトがつくる局部電池のみならず、パーライト中のフェライトとセメンタイトが構成する局部電池によつても腐蝕が進行する。しかも片状黒鉛とパーライト、およびパーライト中のフェライトとセメンタイトとの接触面積は黒心可鍛鉄における球状黒鉛とフェライトとの接触面積よりも著しく大きく、それだけ腐蝕の速度は早い。

軟鋼もまた、フェライトとパーライトがつくる局部電池とパーライト中のフェライトとセメンタイトがつくる局部電池の両者によつて腐蝕が進行するので、上記の理由により黒心可鍛鉄よりも腐蝕されやすい。

(b) 加工ひずみおよび内部応力が残留すると腐蝕されやすいこともよく知られている。軟鋼は一般に鍛造および圧延による大きな加工ひずみを残留しているが、黒心可鍛鉄は製造工程中に焼鈍されるので鍛造ひずみが残留することはない。

(c) 黒心可鍛鉄および普通鉄中のフェライトは軟鋼のそれに比して多量のシリコンを含有するので耐蝕性がある。

(2) 脱硫槽内の硫化水素による腐蝕は案外弱く、浄化槽内の発生ガスは、かなり腐蝕性がある。

(3) 黒皮と並仕上面の耐蝕性にはかなり大きな差があつて、黒皮面の方が耐蝕性が強い。それは鉄物の黒皮の最外部が Fe_2O_3 によつておおわれ、これがきわめて耐蝕性に富んでいるからである。したがつて鉄物の腐蝕は通常 Fe_2O_3 の亀裂から侵入した腐蝕剤がその下に存在する FeO を溶かすことによつて進行する。

(4) 表面処理としては溶融亜鉛メッキが亜鉛メタリコンやタール焼付に比べてすぐれている。これは溶融亜鉛メッキ層が他の両者に比べて緻密でしかも鉄に密着しているからである。

以上の実験に当りいろいろと御指導下さつた衛生工業協会ネジ付排水管継手委員会の各委員および国立公衆衛生院洞沢教授、実験のため種々の御便宜を計つて下さつた東京都三河島下水処理場の各位に深謝致します。

参 考 文 献

- (1) N. Tsutsumi: On the Corrosion of Malleable Iron; Report of the Casting Research Laboratory, Waseda U. No.7, 1956.
- (2) 菊田: 鉄物本質論
- (3) 藤井: 黒心可鍛鉄の高温特性および耐蝕性について, 日立評論 別冊11号, 1955.
- (4) Corrosion of Metal in Plumbing System: Recommended Plumbing Requirement.

製 品 紹 介

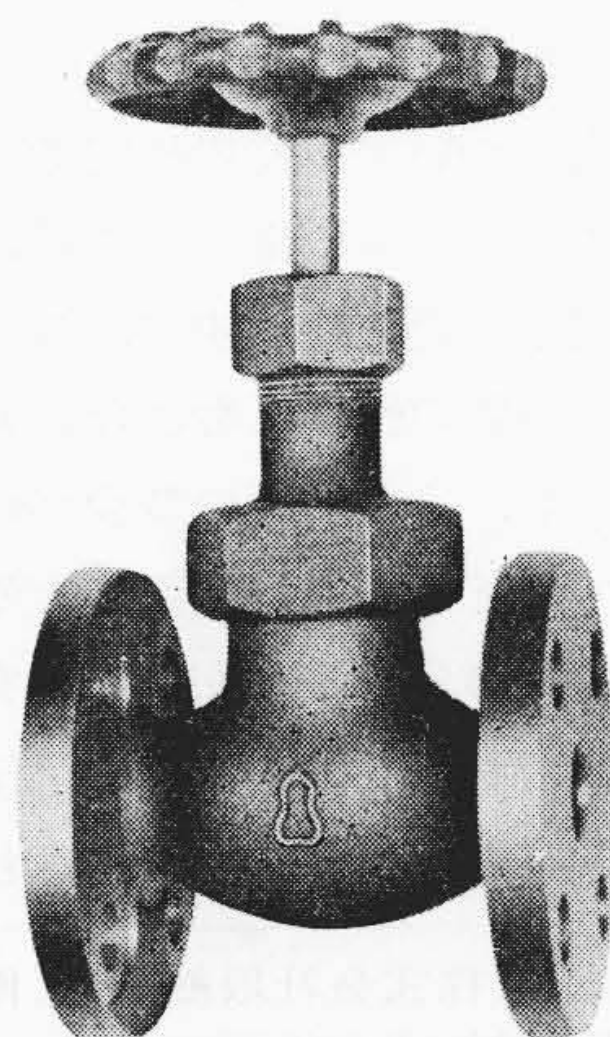
㊦ 印 可 鍛 鉄 製 バ ル ブ

鉄鋼バルブに匹敵するものとして、今回日立金属工業株式会社より㊦印可鍛鉄製バルブが試作発表された。

このバルブは JIS の船用バルブ規格に準拠するもので、常用圧力 20 kg/cm^2 、本体はマレブル、主要部品はステンレス鋼第1種で、弁座面にはステライトを使用し耐久度のきわめて高いバルブである。

40 kg/cm^2 の飽和蒸気による漏洩試験および 300 kg/cm^2 の水圧による耐圧試験の結果、完全に合格しその性能はきわめて優秀である。

各サイズともフランジ形とネジ込形の2種類があり近く製品として売りだされる。



第1図 フランジ形㊦印可鍛鉄製バルブ