

水の衝撃による金属の腐蝕

山 辺 知 定*

Metallic Corrosion or Erosion by Water-Hammer Action

By Tomosada Yamabe

Totsuka Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The metallic corrosion or erosion due to water-hammer action was studied under the condition of water speed covering the range from 25 m/sec to 54 m/sec, and the results obtained were: in soft metals like aluminium, erosion appeared in a few minutes; copper and many steel metals had an induction period before the commencement of abrupt erosion; among the steel and iron materials, special steel showed a good erosion resistance, followed by ordinary steel and cast steel, but cast iron showed rather poor resistance; the smoothness or roughness of the finished surface effects much upon the progress of erosion. Lastly the writer discussed the same phenomena occurring in organic materials.

〔I〕 緒 言

金属が腐蝕することはよく知られているが、その腐蝕の機構は常に複雑を極めていて、その原因を究明し又これを完全に防止することは多くの場合不可能に近い。

中でも、流れている液体中に於ける金属の腐蝕の問題は面倒である。この種腐蝕の中で特に顕著なもの、第一の型としては、蒸気タービンの冷却管中を流れる海水により、管の内面に馬蹄形の異常腐蝕が発生することがある。冷却水の流速はさほど大きいものではないが、金属の表面にできた保護作用のある酸化皮膜がその渦流によつて次ぎ次ぎに流し去られ、その下面の金属が深く腐蝕されるに至る。

次に、ポンプ水車等になると、勿論この場合にも第一の型又は化学的の腐蝕も行われるが、尙その外に周辺の水速が第一の型のものよりはるかに大きくなるため、水の物理的の衝撃作用によつて直接に金属が傷むことがある。この腐蝕を潰蝕という。今少し詳言すると、ポンプや船の推進機等が水中で高速で回転し、その周辺の低圧部に空洞が発生するに至ると、次の瞬間この空洞に向つて殺到する水は空洞が消失するとき極めて大きな衝撃力を金属材料に及ぼし、材質の崩壊を来すことがある。

尙蒸気タービンの蒸気中に水滴が混じると、この水滴

の衝撃を受けブレードに傷がつくのも又同じ現象である。このような水の潰蝕作用による金属材料の腐蝕を研究するためには多くの方法が考えられている。

例えば(1)液体中で試料を磁歪現象によつて高速で振動させる⁽¹⁾。(2)その一部をしぼつた型の水路に水を流し、こゝにキャビテーションを発生させ試料を潰蝕させる⁽²⁾。(3)プロペラに材料をとりつけて高速度で回転させ水流を切るごとくせしめる⁽³⁾等である。

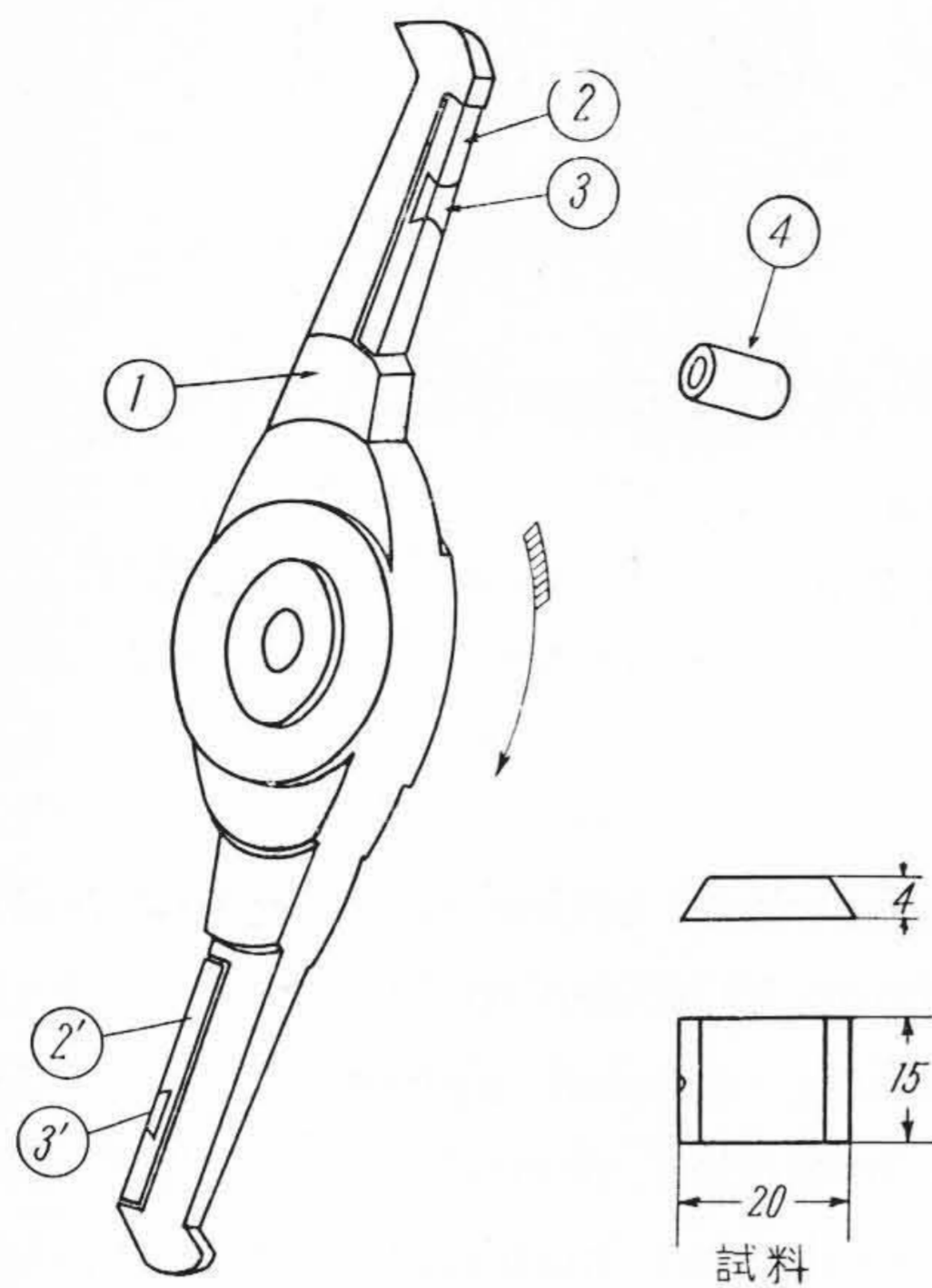
筆者はこのうち第三の方法にならつた装置を組立て金属材料の潰蝕の実験を行つた。未だ研究は完成していないが一応測定結果の一部を報告する。

〔II〕 実 験 方 法

第1図(次頁参照)は実験装置の大略を示す。1は直径520mmの不銹鋼製のプロペラで、モータによつて矢印の方向に1分間約1,800又は2,400回転する。プロペラには試料保持器2, 2'が嵌めこまれる。試料3, 3'は保持器を取換えることによつて、そのプロペラの中心からの距離を210, 195, 185, 165及び150mmに変化できる。ノズル4はプロペラの回転面に対し直角の方向にむいて開口しており、これより6m/secの速さで水を噴出させる。その口径は6φ又は8φである。勿論ノズルの位置は、試料の位置と一致するごとくに調節する。

各条件でプロペラを回転させ、その時の試料の速さ V_s

* 日立製作所戸塚工場



第 1 図 潰 蝕 試 験 装 置

1. プロペラ 2. 試料保持器
3. 試料 4. ノズル

Fig. 1. Scheme of the Testing Apparatus for Metallic Erosion

1. Propeller 2. Sample Holder
3. Testing Sample 4. Nozzle

を求め、試料と水との衝撃速度 V を、 $V = \sqrt{V_s^2 + V_{H20}^2}$ で求める。但し V_{H20} は水速。 V は 6ϕ のノズルでは最高 54.5 m/sec より 31.8 m/sec の間で、 8ϕ のノズルでは最高 54.0 m/sec より 30.7 m/sec の間で、それぞれ 10 階段に変えた。

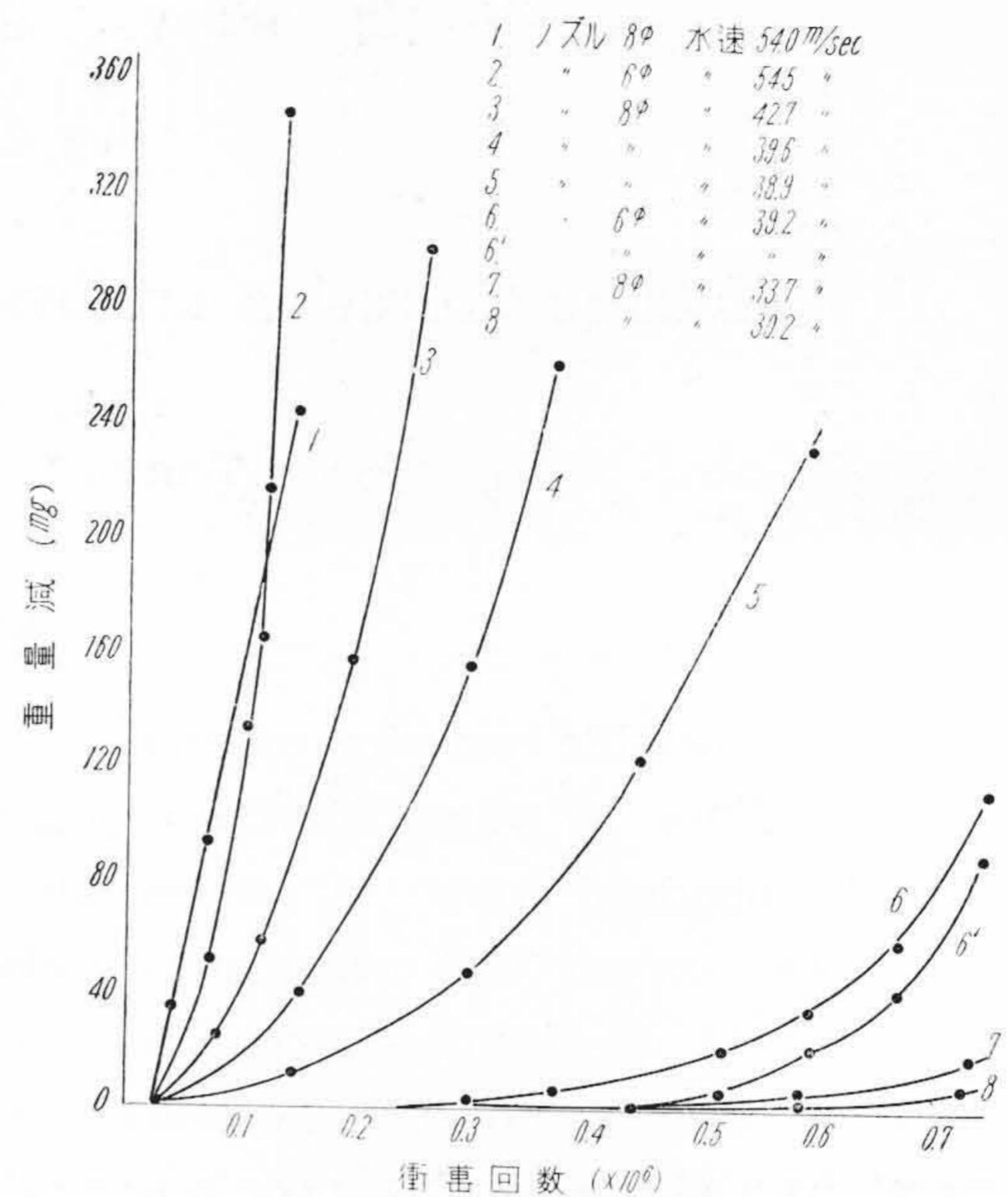
この速度はより小さく 20 m/sec 程度にまでもできるがこの速度ではあまりにも潰蝕の進行が遅いので測定はあまり行わなかつた。

上記説明によつて明らかなように、本実験装置の特長は水と試料との衝撃速度とその回数とが極めて正確に求め得られることである。

用いた試料は 7.0 g 前後で、その表面をエメリ紙 03 まで研磨して用いた。潰蝕の進行は試料の重量の減少をもつて表したが、これのみでは不完全であるので写真により潰蝕の状態も示した。アルミニウム及び鋳鉄に就いての潰蝕の進行の写真は 2 例づゝかゝげた。これはその進行がほぼ同一であつて、実験の再現性の良好なものを示したのである。重量減測定の結果も又同様に良い再現性を示している。(第 2 図及び第 6 図参照)

〔III〕 実 験 結 果

予備実験によつて、銅又はアルミニウムの如く柔く極めて変形しやすい金属と、鋳鉄の如く伸びが小さく脆



第 2 図 アルミニウムの潰蝕曲線
曲線 6 と 6' とは同一条件。実験結果の再現性の良好であることが知られる。

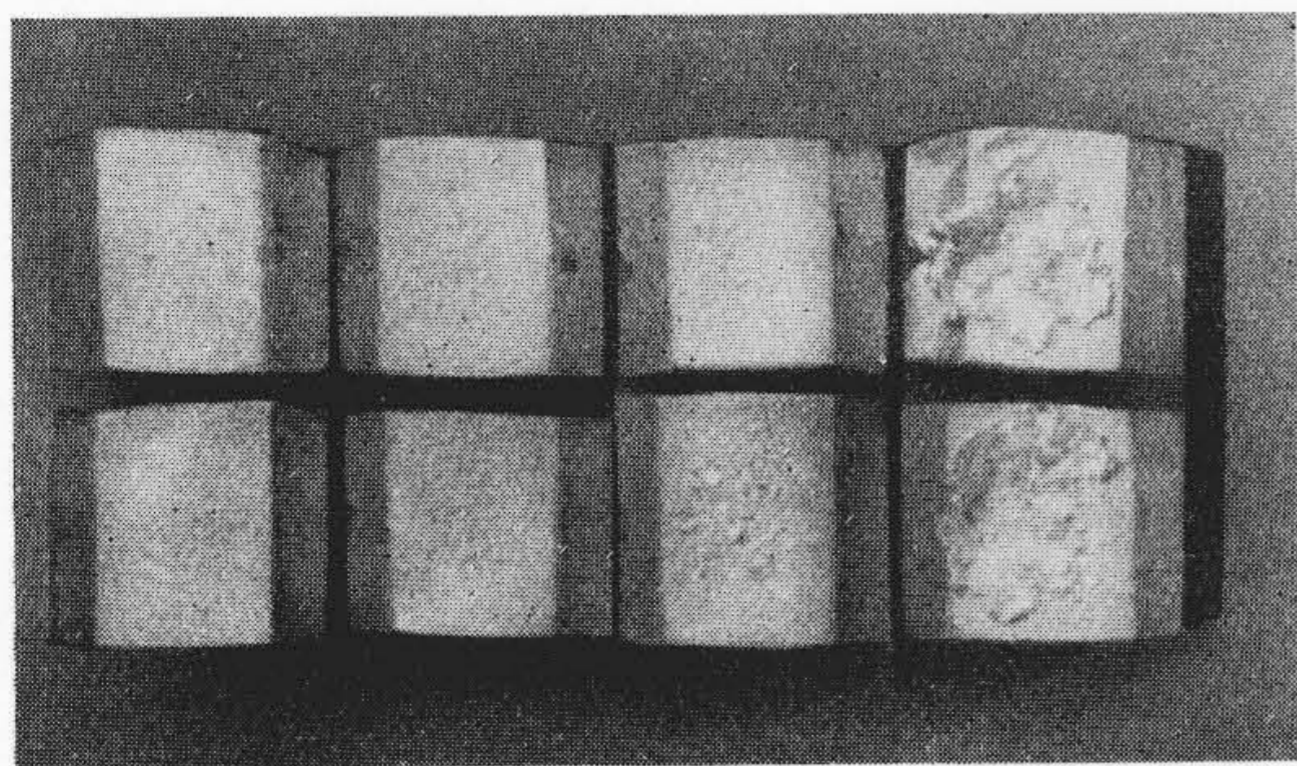
Fig. 2. Weight Loss of Aluminium by Erosion

い金属とではその潰蝕の型式が異なることを知り、一方組織が不均一で又機械的性質にも変化の多い合金を初めから研究の対象としては結果が複雑となるので、まず純アルミニウム及び純銅について測定し、ついで銅合金、鉄及び鋳鉄へと進んだ。

(1) アルミニウム

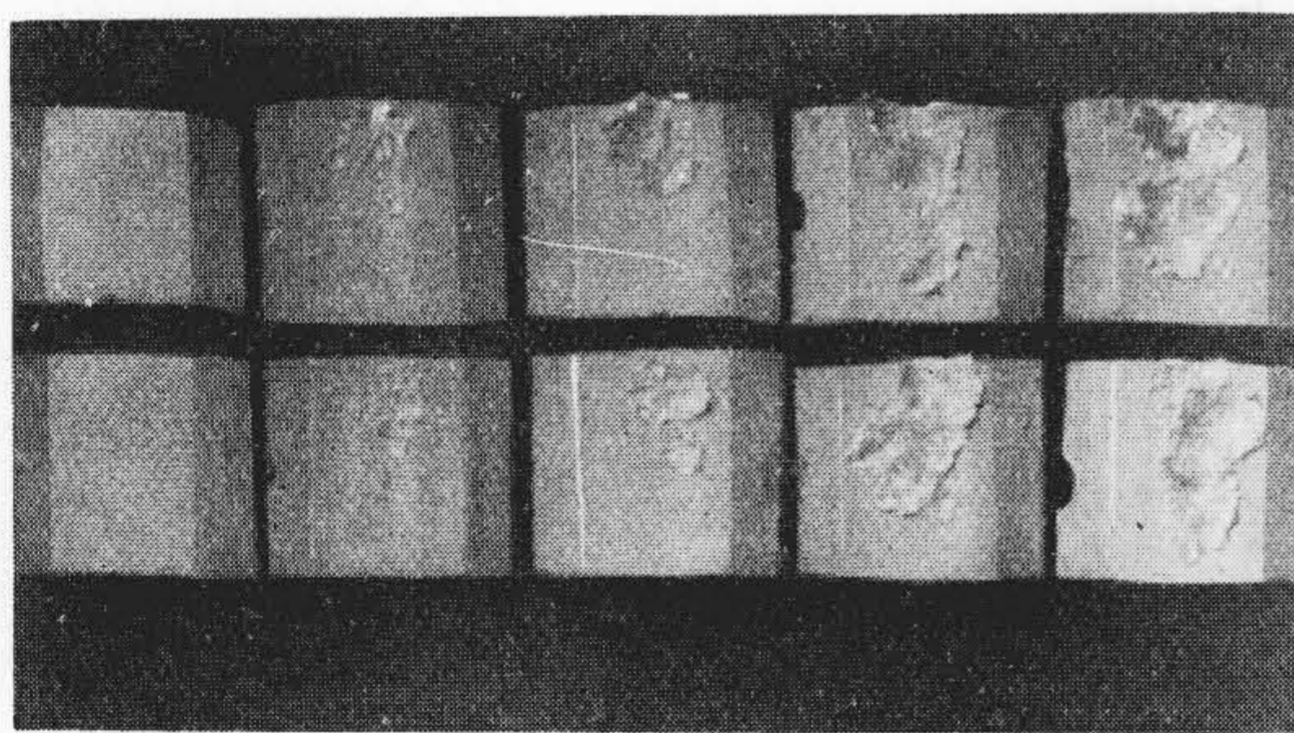
耐潰蝕性の要求せられるところにアルミニウムを使用することはないが、上記の如くこのものが容易に 1 つの代表的潰蝕を受けるので、その機構を知るためには都合がよい。重量減測定法によつて表した試験結果を第 2 図に示す。試験の初めに誘導期が見られるこの間材料の重量減は少いが、試料の表面には小さい凸凹が発生しそれが成長している。ついで材質の急激な崩壊及び変形が開始され、加速的にそれが進行する。この関係はなを第 3 図及び第 4 図の潰蝕の進行を示す写真によつても見られる。二組の写真の試料は、ほぼ同一の水速によつたものであるが、第 3 図は 8ϕ の、第 4 図は 6ϕ のノズルによつている。 8ϕ の方が進行が速い。

水の衝撃速度と潰蝕の進行との関係を見ると、それが 54.0 m/sec では僅か 0.06×10^6 回の衝撃で、すでに顕著に潰蝕を受けるが、水速が 36.6 m/sec では 10×10^6 回の衝撃後はじめてこれに近い結果になる。これを試験時間で示すと前者が約 5 分、後者が約 45 時間となる。衝



第3図 アルミニウムの潰蝕の進行 (その1)
ノズル 8φ, 水速 54.0m/sec, 1分間2,448回
左より 5, 10, 15, 30, 45分後

Fig. 3. Progress of Erosion in Aluminium (No. 1)
Nozzle 8φ, Water Speed 54.0 m/sec, 2,448
per minute.
From left to right: 5, 10, 15, 30 and 45
minutes after



第4図 アルミニウムの潰蝕の進行 (その2)
ノズル 6φ, 水速 54.5m/sec, 1分間 2,460回
左より 10, 15, 30, 45, 60分後

Fig. 4. Progress of Erosion in Aluminium (No. 2)
Nozzle 6φ, Water Speed 54.5 m/sec, 2,460
per minute.
From left to right:
10, 15, 30, 45 and 60 minutes after

撃速度の影響の大きいことが知られる。このことは特に注意しなければならないことであつて、以下の各試料についても常に同様のことが見られる。

アルミニウムと同様マグネシウムも又容易に潰蝕を受ける。尙このものは液中に食塩を添加しておく、その化学的の腐蝕が急速になるので、両者の相乗関係を見るのに都合がよい。

(2) 銅及び銅合金

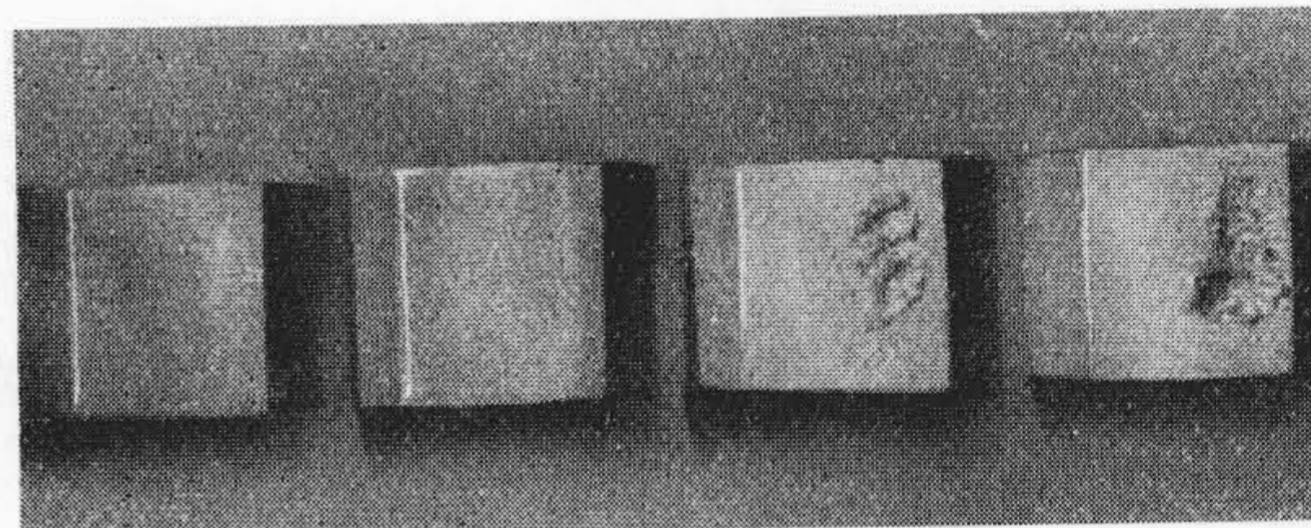
ポンプのランナーその他には砲金の如き、船舶のプロペラその他にはマンガンを含むマンガン青銅の如き、ともに銅合金が広く使用され、これらは皆水の衝撃によつて損傷を受けやすい条件の下で使用されている。

(A) 純銅

水の衝撃により純銅の潰蝕が進行する様子を第5図に示した。アルミニウムのそれと似ているが、尙アルミニウムと異つて、誘導期中の腐蝕量が少く、又その終了後の反応の急増が烈しい。この関係は、この間の試料の重量減を測つた第6図によつても明らかである。

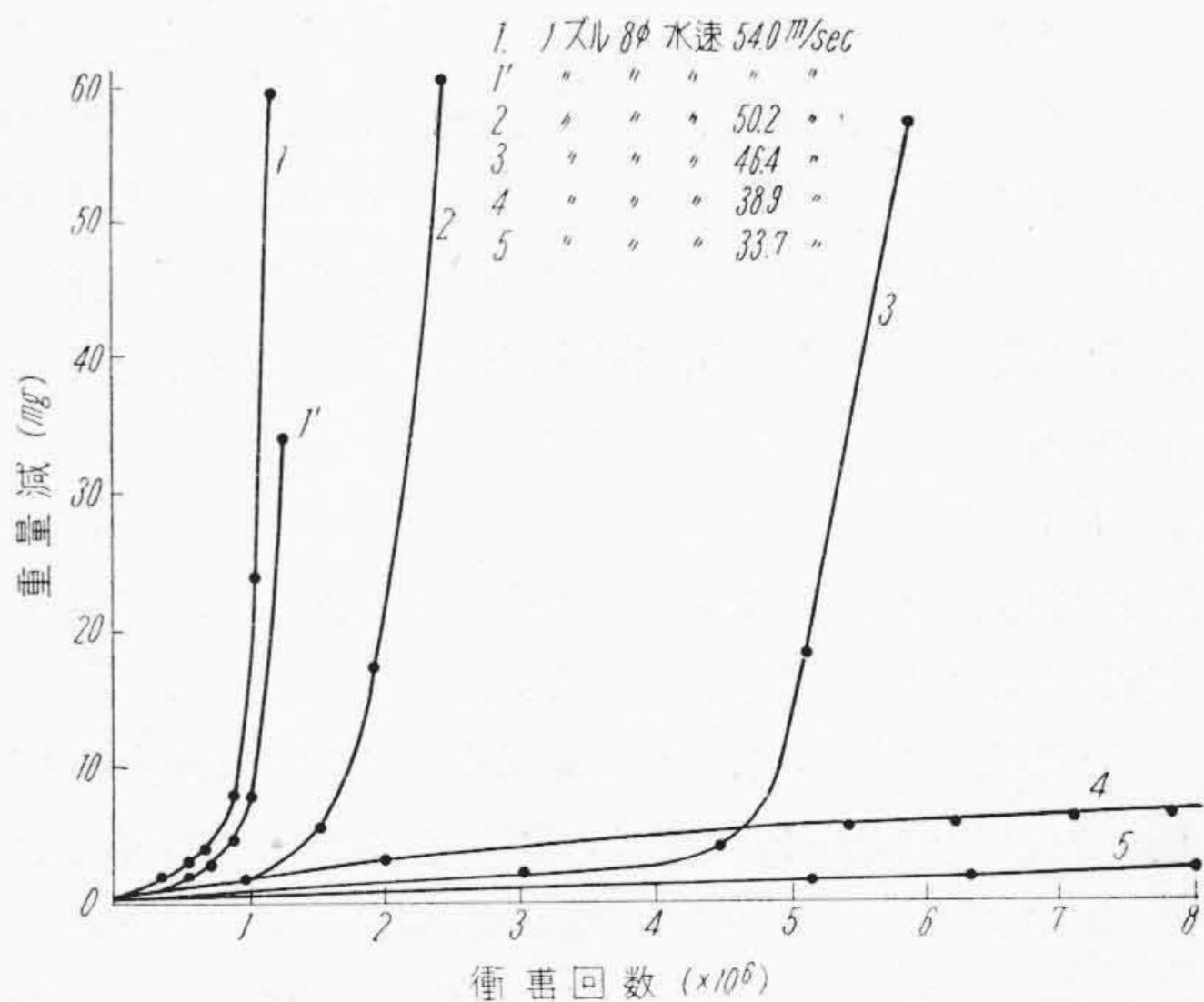
尙この図から知られるが、ある範囲内ならばその試験水速を変更すると、その誘導期の長さはそれにともなつて増減するが、誘導期が終つた後の反応速度は水速にそれ程左右されない。これも銅についての特長である。

水の衝撃をうけて崩壊するに至るまでの金属の内部の変化を知るため、この誘導期中の試料表面の硬度の変化をビッカース硬度計により求めた結果を第7図に示す。試料としては 450°C で 20 分間焼鈍した銅を用い、ノズル 8φ で速度 50.2 m/sec と、6φ で 42.7 m/sec で試

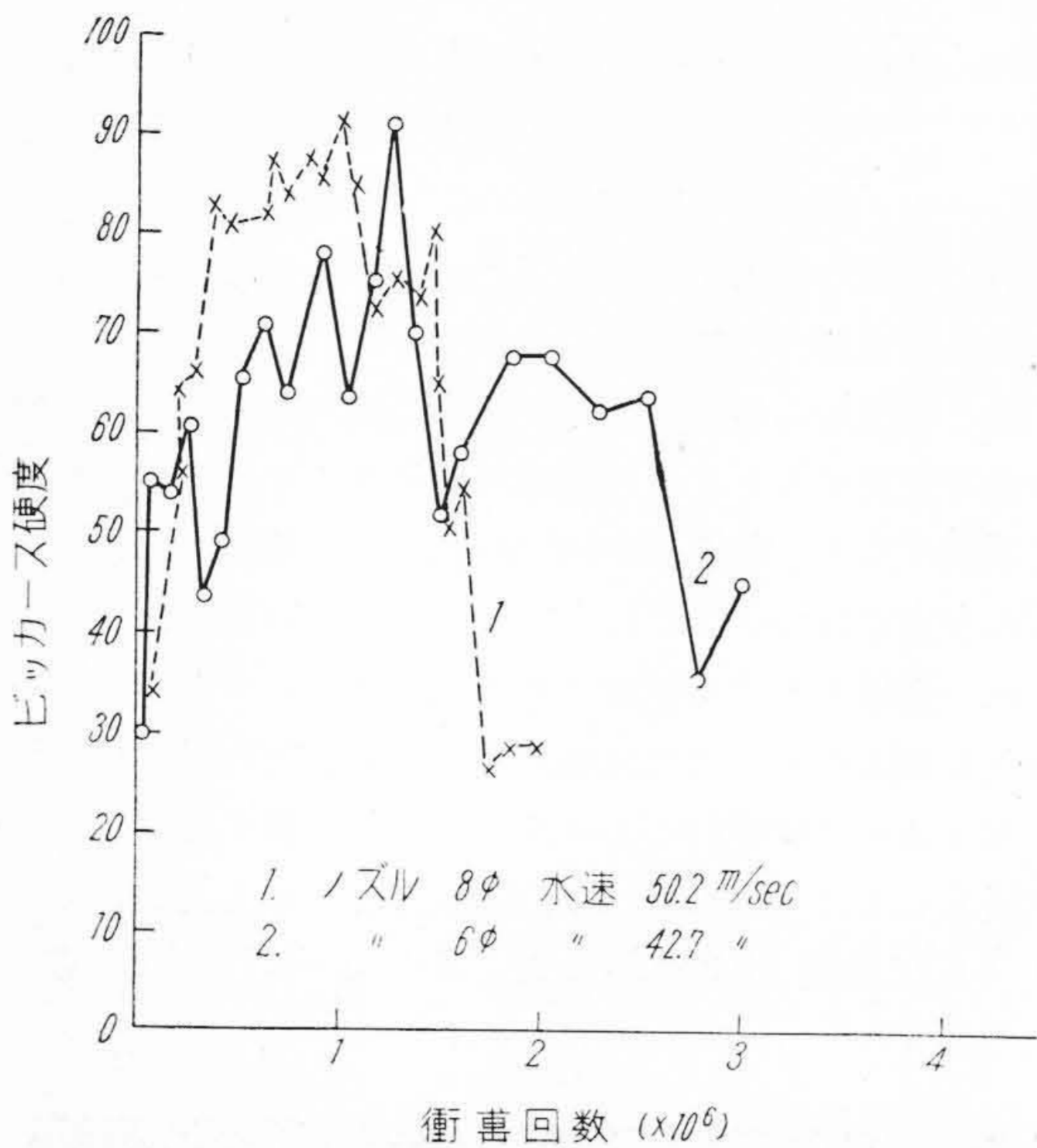


第5図 純銅の潰蝕の進行
ノズル 6φ, 水速 54.5m/sec, 1分間 2,460回
左より 1, 5, 7, 8時間後

Fig. 5. Progress of Erosion in Copper
Nozzle 6φ, Water Speed 54.5m/sec, 2,460
per minute.
From left to right: 1, 5, 7 and 8 hours
after



第6図 銅の潰蝕曲線
Fig. 6. Weight Loss of Copper by Erosion



第 7 図 水の衝撃による銅の硬度の変化
Fig. 7. Hardness Change of Copper During the Erosion

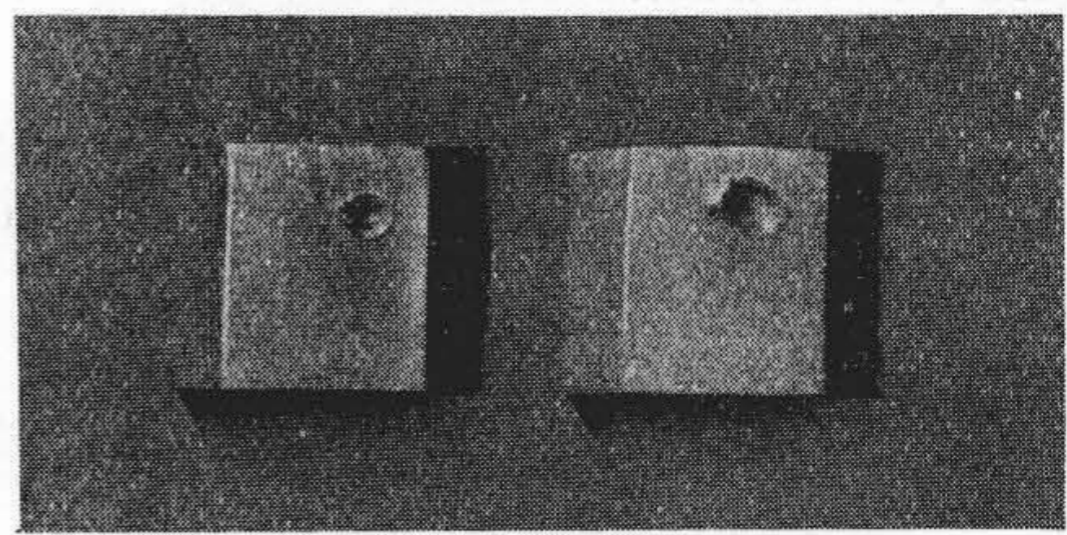
験した。前者の条件では既に示したごとく、 2×10^6 回の衝撃で誘導期を終えるが、後者の条件では 8×10^6 回たってもなお急激な潰蝕は行われぬ。軟かい試料は一度その硬さを増し再びこれを低下させ、ついで急激に崩壊している。この間の試料表面の変化は、銅、真鍮、不銹鋼等皆第 2 図及び第 3 図に示したアルミニウムのもと同じで小さい凹凸が発生し、これが漸次大きくなり、ついで急激な潰蝕へと進む。この時試料内部を顕微鏡で見ると、結晶粒内を通つて破壊面が見られる。

試料の表面に凹凸があると潰蝕の進行は早められる。エメリ紙 03 まで研磨した銅の表面に直径 3φ、深さ 1.5 mm の円錐型の穴をあけておき、ノズル 6φ、速度 42.7 m/sec で 1.5×10^6 回の衝撃後の結果は第 8 図に示した如く、穴をあけておいた部分だけがその点を中心として潰蝕をおこしている。

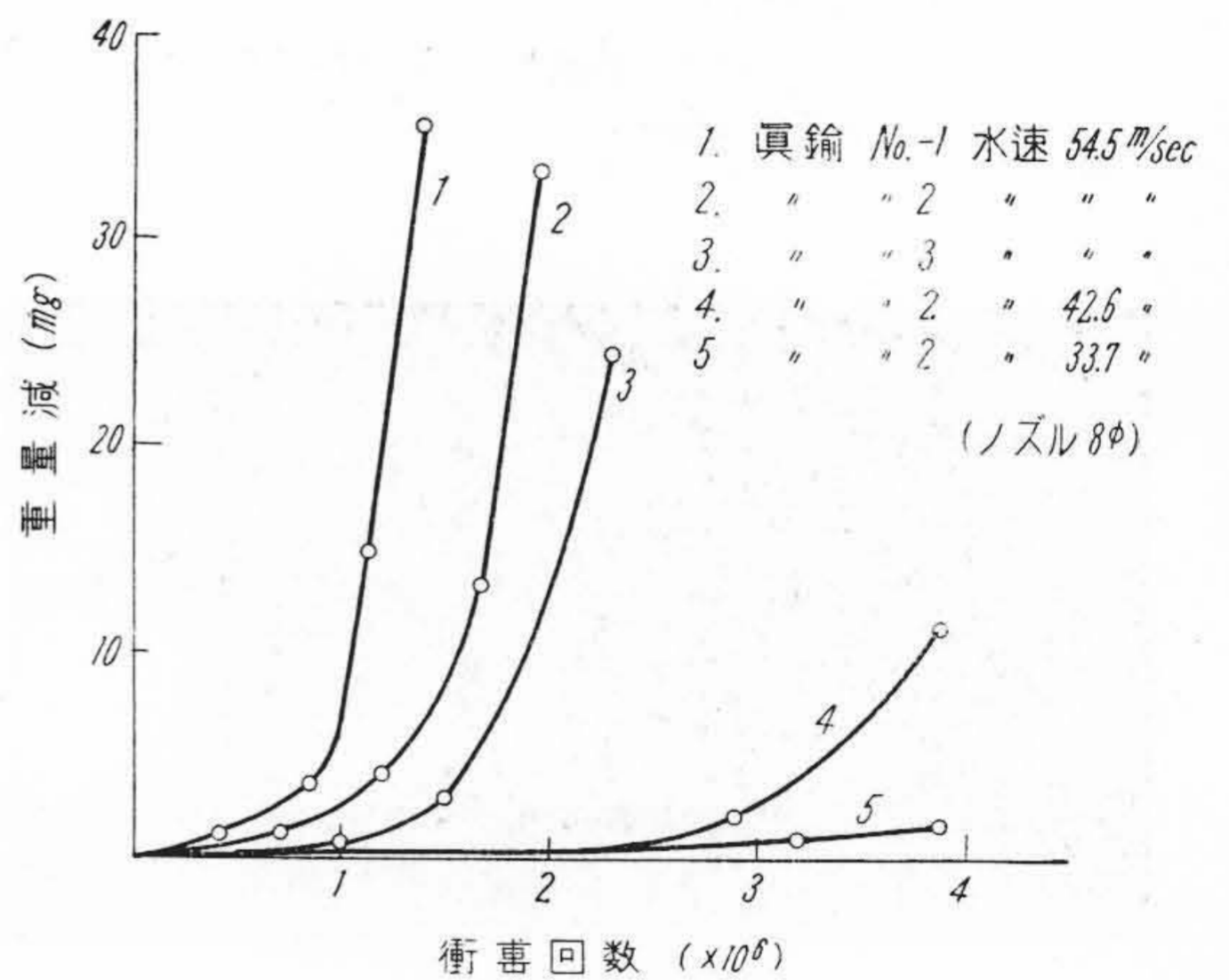
(B) 銅 合 金

数種の銅合金を用い比較試験を行つた。試料の分析結果及びその硬さを第 1 表に示す。

まず真鍮に就いて、ノズル 8φ、速度 54.0 m/sec で試験した結果は第 9 図に示すごとく、軟いもの程早く、即ち 1×10^6 回程度の衝撃回数で誘導期を終えるが、比較的硬いものではそれが $1.5 \sim 2.0 \times 10^6$ 回にまで延びている。しかし誘導期を終つた後の潰蝕の進行には最早試料の硬さの差による変化は見られない。銅をこれと同じ



第 8 図 銅の潰蝕に於て見られる表面凹凸の影響
ノズル 6φ、水速 42.7 m/sec、10 時間後
Fig. 8. Effect of Surface Roughness on the Erosion of Copper.
Nozzle 6φ, Water Speed 42.7 m/sec after 10 hours



第 9 図 真 鍮 の 潰 蝕 曲 線
Fig. 9. Weight Loss of Brass by Erosion

条件で試験した結果と比較すると、誘導期の長さ、あるいは重量減にそれ程の差を見ないが、その腐蝕面を見ると銅の方の孔は深く、真鍮の方の孔は浅い。速度を 46.4 m/sec まで遅くして比較すると、銅は 6×10^6 回程度で誘導期を終えるが、真中は 10×10^6 回の後までも潰蝕の増大を見ない。尚速度を 42.6 m/sec まで低下すると銅、真鍮ともに 10×10^6 回の衝撃によつても目立つ程に潰蝕を受けない。即ち 2 つの金属の耐潰蝕性の比較の結果はその試験条件によつて異なるので、多くの条件の下で実験して結論を出す必要がある。ことに次に述べる鋳鉄の如く又別の潰蝕曲線を示すものとの間の対比に於ては更に複雑となる。

その他の銅合金に就いて、磷青銅 BCP 22、マンガング銅 MnEC 45、シルジブロンズ SiBC 及びモネルメタルの 4 種をノズル 8φ、速さ 54.0 m/sec で比較した結果は第 10 図の如くなり、硬さの高く丈夫なモネルメタ

第1表 使用銅合金
Table 1. Copper Alloys Examined

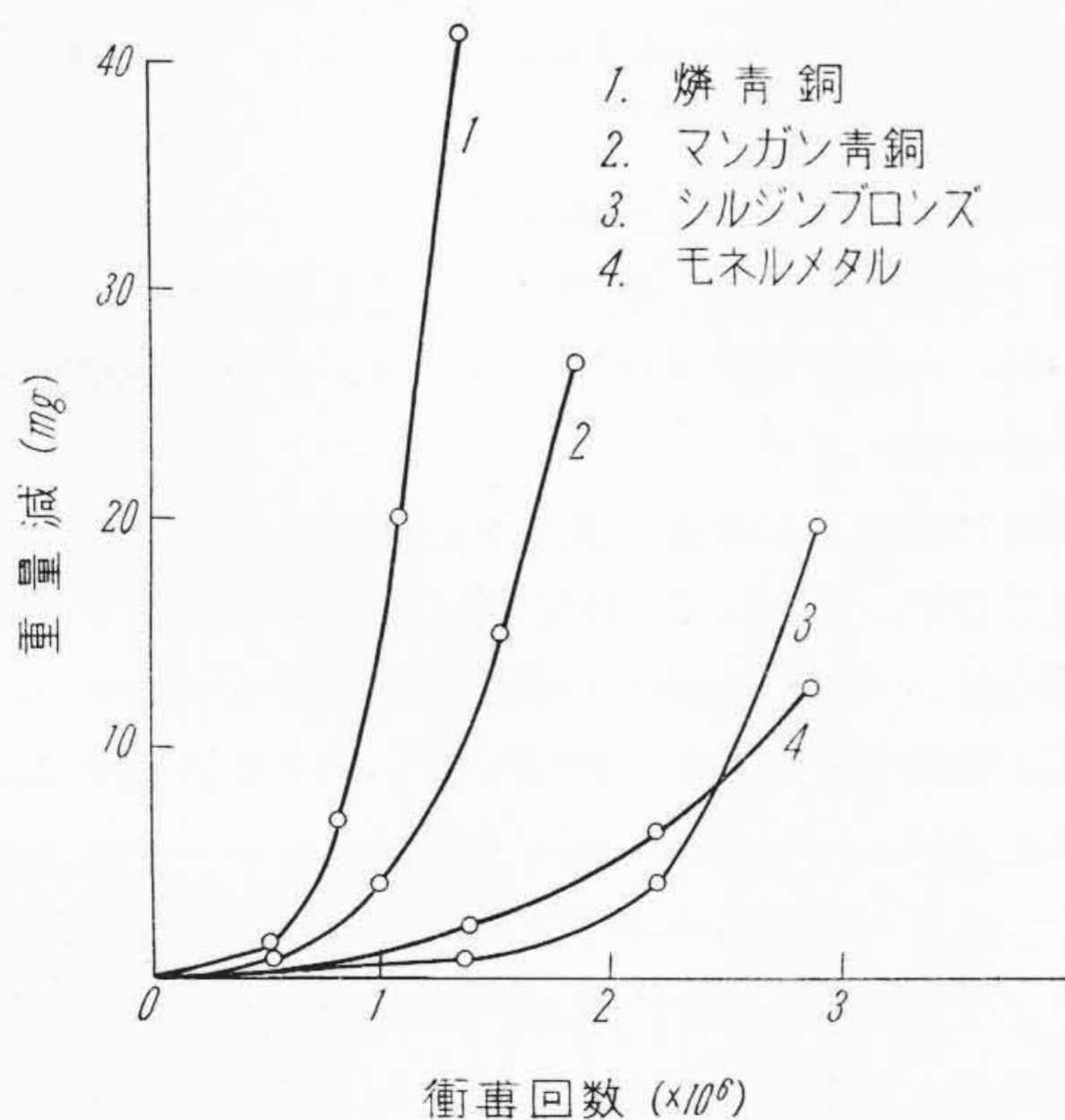
試料	成分 (%)						機械的性質		
	Cu	Sn	Zn	P	Mn	Si	抗張力 (kg/mm ²)	衝撃強さ (kg/mm ²)	ブリネル硬度
真鍮 1	58.94	0.90	39.90	—	—	—	52.7	4.2	76.3
" 2	59.68	0.95	39.17	—	—	—	38.0	3.2	92.3
" 3	62.31	0.71	36.88	—	—	—	43.7	7.2	94.9
BCP 22	88.15	10.27	1.57	0.01	—	—	28	1.6	68.8
MnBC 45	60.52	—	34.91	—	2.33	—	40.9	3.4	101
SiBC	80.19	—	15.20	—	—	46.1	47.8	5.2	121
砲金	90.48	4.21	5.31	—	—	—	21.3	1.8	73

ル及び SiBC が良く、ついで MnBC, BCP 22 の順となる。

第11図に燐青銅と真鍮の比較を示す。図の上段が燐青銅、下段が真鍮である。左より順に、速度 54.0 m/sec 18時間、速度 42.6 m/sec 60時間、速度 33.7 m/sec 84時間、速度 30.7 m/sec 120時間で、それぞれ対比試験した結果を示す。高速での比較では両者の間に優劣の差は見にくい、33.7 m/sec 以下の試験では急に両者の間に差が出る。この辺の速度以下では真鍮は不連続的に耐蝕性を増しているからである。

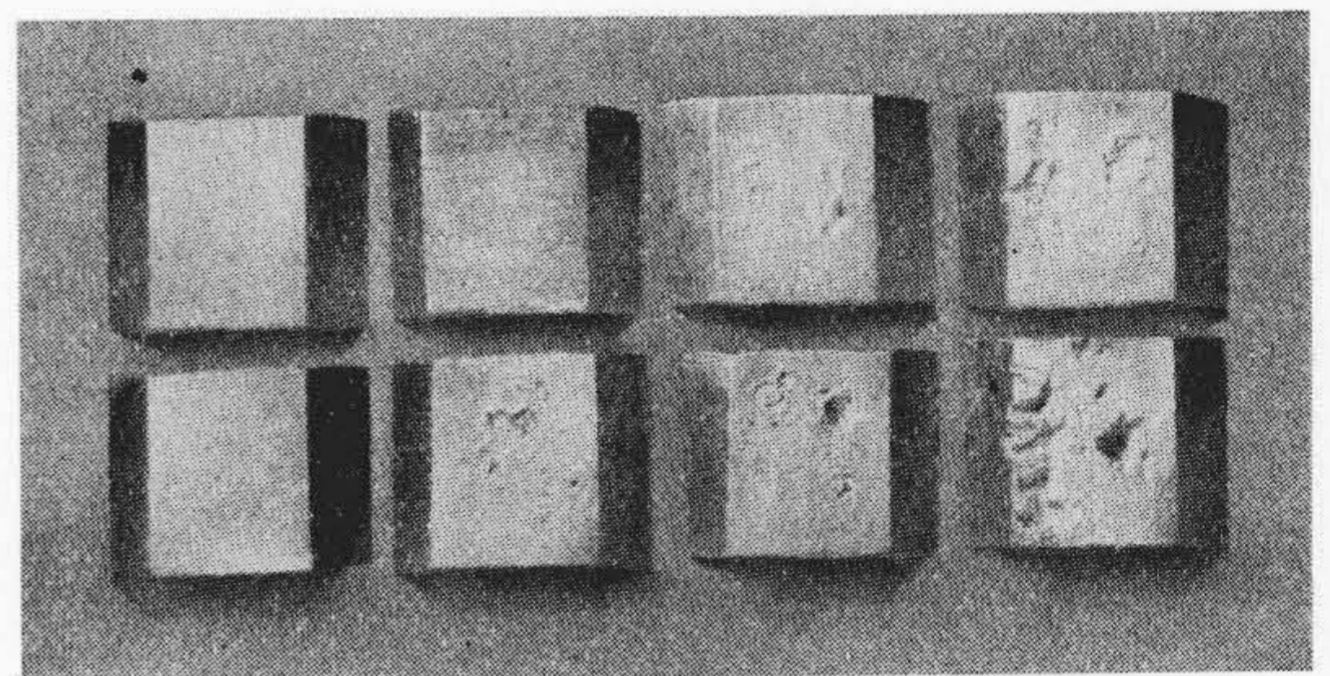
(3) 鋳鉄及び鋼〔附〕有機材料

工業用材料として極めて種類の多い鉄及びその合金の腐蝕特性を限られたいくつかの試料によつて表わすこと



第10図 銅合金の腐蝕曲線
ノズル 8φ, 水速 54.0 m/sec

Fig. 10. Weight Loss of Copper Alloys by Erosion
Nozzle 8φ, Water Speed 54.0 m/sec



第11図 砲金と真鍮との耐腐蝕の比較 (ノズル 8φ)
(上) 砲金、(下) 真鍮、左より
水速 54.0 m/sec, 42.6 m/sec, 33.7 m/sec, 30.7 m/sec
18時間 60時間 84時間 120時間

Fig. 11. Comparison of Bronze and Brass to Erosion (Nozzle 8φ)
Upper: Bronze, Lower: Brass, From left to right
Water Speed (m/sec): 54.0 42.6 33.7 30.7
Testing Times (hours): 18 60 84 120

は不可能であるが、とりあえず、数種の鋳鉄及び鋳鋼並びにその他の鋼材に就いて行つた結果を示す。

試料の鋳鉄及び鋳鋼は、太さ 30φ, 長さ 400 mm に砂型に鋳込み、焼鈍を施したものを縦に切断し、その中心面が試料の表面となる如くした。試料の分析結果及びその二三の機械的性質を第2表に示す。

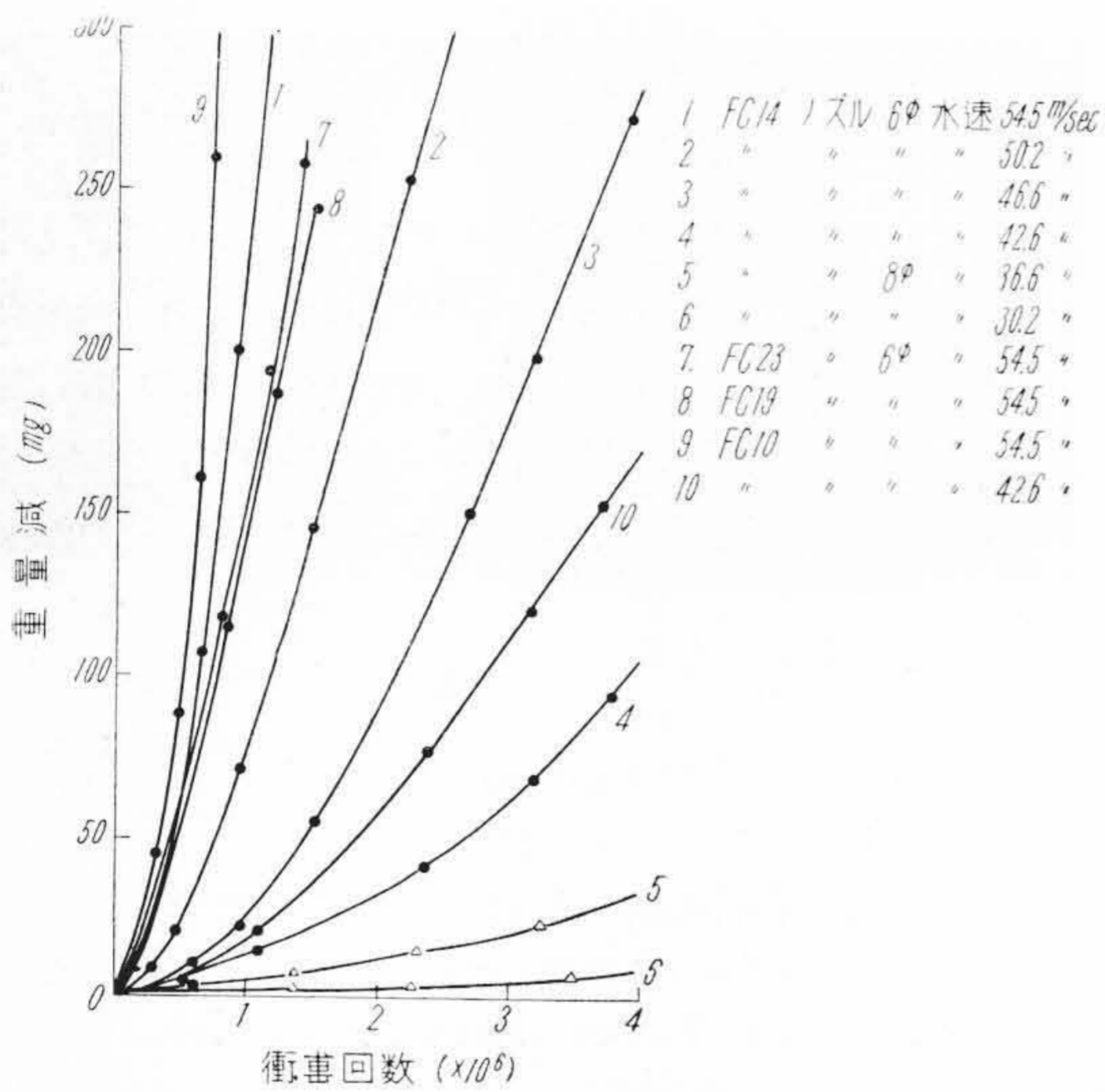
(A) 鋳鉄

鋳鉄の腐蝕による重量減測定の結果は第12図に、その時の表面の状況の変化は第13図に示した。これらの結果に於て注目されることは、鋳鉄は銅合金その他のものと異つて誘導期を殆ど持たないこと、その進行が材料の欠け砕かれた如くなつて行なわれること、相当の低水速でも進行が停止しないこと等である。要するに鋳鉄の耐腐蝕性は良くない。顕微鏡的に見ると、まずその中のグラフィイト及び介在物が叩き出されてそのあとが先ずおかされてゆく。

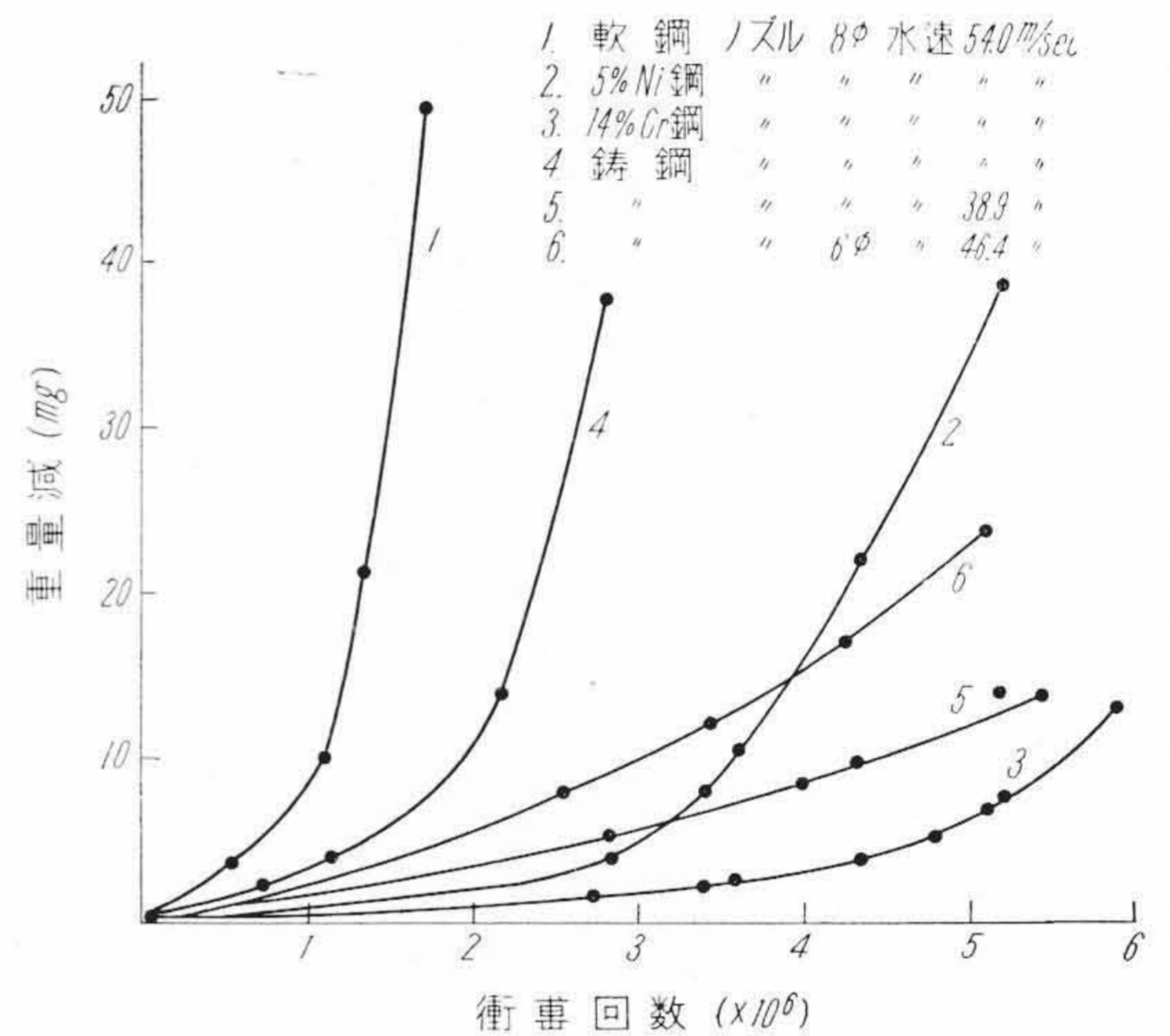
第2表 使用鉄合金

Table 2. Cast Iron and Steel Examined

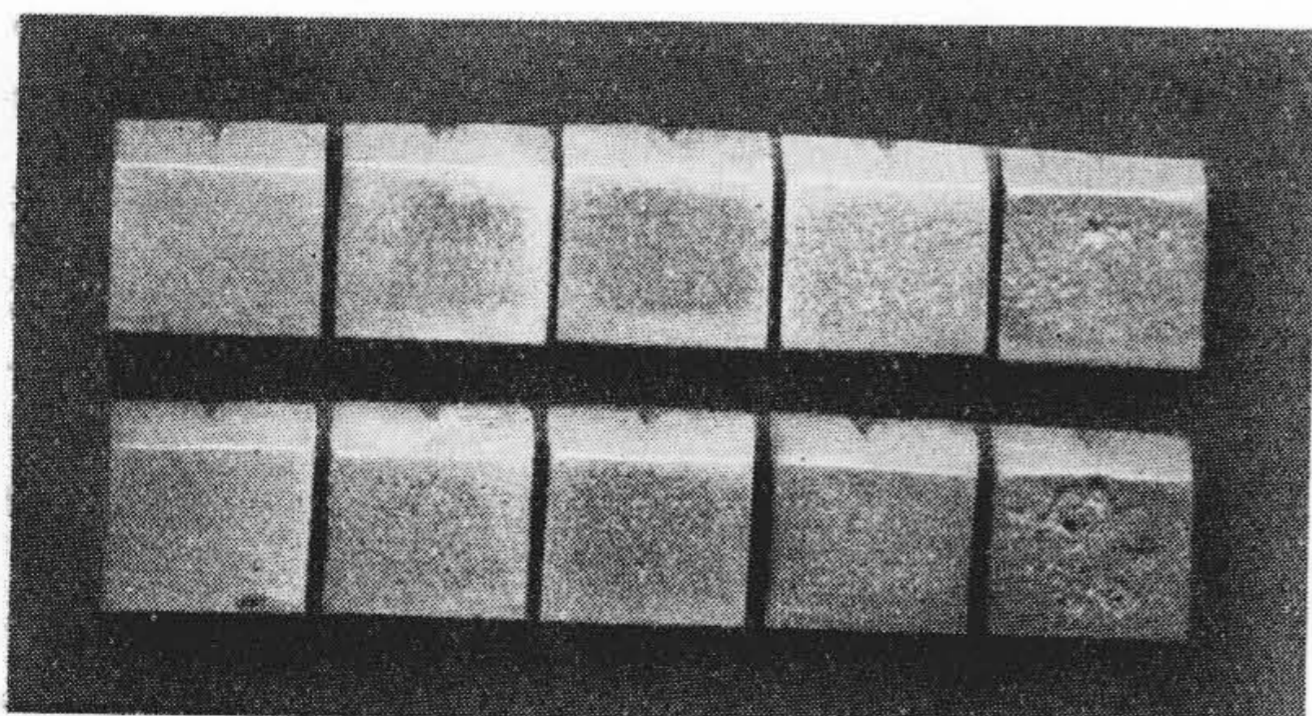
試料	成分 (%)						機械的性質		
	TC	Si	Mn	P	S	Ni	抗張力 (kg/mm ²)	衝撃強さ (kg/mm ²)	ブリネル硬度
FC 10	3.29	—	0.57	—	0.11	—	21.8	0.34	207
" 14	3.16	—	0.58	—	0.10	—	21.1	0.34	207
" 19	3.13	1.51	0.44	0.18	0.10	—	24.6	0.35	210
" 23	3.23	—	0.62	—	—	—	27.2	0.39	228
鑄鋼	0.22	0.22	0.56	0.024	0.008	0.20	52.5	—	—



第12図 鑄鉄の潰蝕曲線
Fig. 12 Weight Loss of Cast Iron by Erosion



第14図 鋼材の潰蝕曲線
Fig. 14. Weight Loss of Various Steels by Erosion

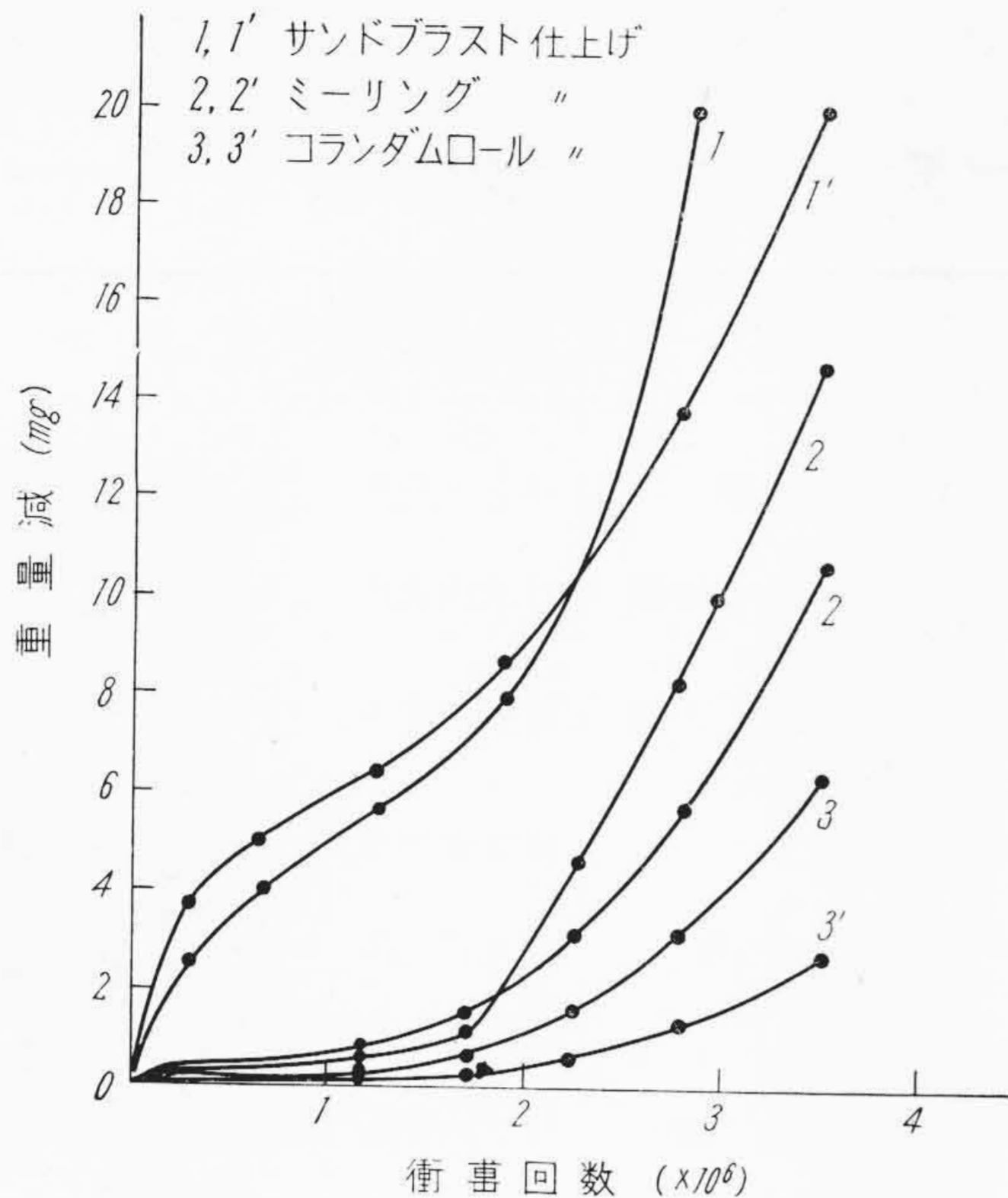


第13図 鑄鉄の潰蝕の進行
ノズル 8φ, 水速 54.0 m/sec, 1分間 2,448回
上 FC 23, 下 FC 10 (左より) 1, 2, 3, 5, 10時間後
Fig. 13. Progress of Erosion in Cast Iron
Nozzle 8φ, Water Speed 54.0 m/sec, 2,448 per minute. Upper: FC 23, Lower: FC 10. (from left to right) 1, 2, 3, 5 and 10 hours after

(B) 二三の鋼材及び鑄鉄

硬さも高く、強靱で疲労に対しても強いこれらの材料は一般に良好なる耐潰蝕性を有する。その試験結果の一部を第14図に示す。

試料の表面の平滑度と潰蝕との関係はさきに銅に就いて記したが、尚こゝに 14% Cr のタービンブレード用鋼材に就いて行つた結果を併記する。即ちブレード用として正規熱処理を施した材質を用い、その表面をミーリング仕上げしたもの、これをコランダムロールにより平滑にしたもの、特にサンドブラストによつて粗面にしたものゝ仕上程度を変えた3種の試料を、ノズル 8φ, 速度 54.0 m/sec で潰蝕試験をした。サンドブラストをかけたものは直ちに潰蝕を受けるが、平滑に仕上げたものはこれをうけるのが遅く又その量が少い。この状況を第15図に示した。非常に長時間後の結果は別として、このことは実際の場合にもよく注意されねばならない。



第15図 14% Cr 不銹鋼の潰蝕に及ぼす表面仕上げの影響

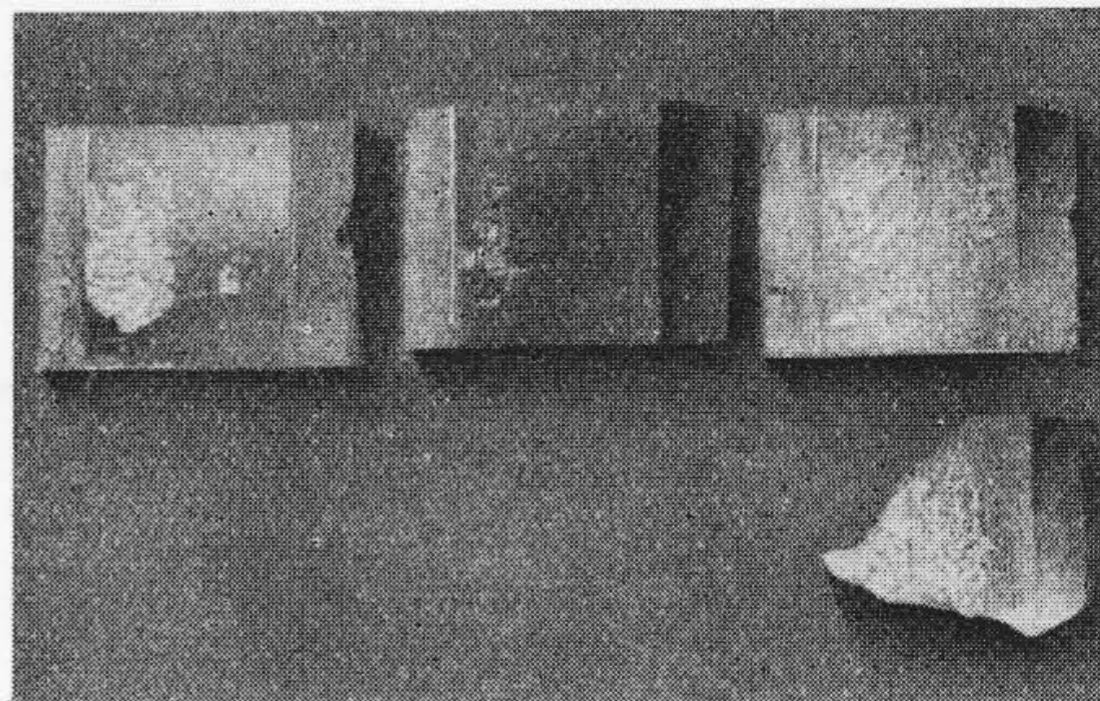
Fig. 15. Effect of Surface Finishing on the Erosion of 14% Cr Steel

〔附〕有機材料

潰蝕とゆうことが化学的の腐蝕と異なるため、化学的には安定な有機材料も潰蝕を受ける。フェノールレジン成型品、積層板並びにアクリル樹脂をノズル 6φ、速度 31.8 m/sec で 3×10⁴ 回試験し表面がおかされたところを参考のため第16図に示した。

〔IV〕結 言

以上金属材料の水の衝撃による潰蝕に関する実験結果の概要を報告した。本研究の方法は、金属材料の潰蝕又は耐潰蝕性の研究には最も適しているが、又一面金属の腐蝕試験の如き等価試験に於ては、実験の条件を苛酷



第16図 有機材料の潰蝕
左よりフェノールレジン、フェノールレジン積層板、アクリル樹脂

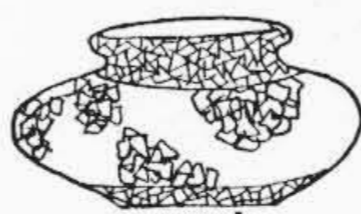
Fig. 16. Erosion of some Organic Materials
From left to right: Phenol Resin Molding, Phenol Resin Laminate Plate, Acryl Resin Molding.

にして現象の進行を早め、実際には数年又はそれ以上に渉つて行なわれることを短時間内に現したい場合が多い。本研究の目的の一半はこゝにもある。たゞ実験の結果は本文中にも随所で示したごとくその潰蝕の進行が試験時間又は水速と簡単な関係をとらないため、その結果を実地に引用するとき細心の注意をしなければならない。よつて、実際のポンプ等の潰蝕の発生と実験室内での結果とを十分比較させることによりこの研究の分野が一層進歩することを期待している。

本研究は日立研究所副所長三浦博士の御指導の下に日立工場水力関係各位の御援助を受けて行つた。尙戸塚工場橋本工場長以下各位の御鞭撻と御後援とを得た。終りに臨みこれらの方々に対し深く謝意を表す。

参 考 文 献

- (1) P. de Haller: V. D. I. 8 54 (1933)
- (2) H. Schröter: V. D. I. 77 865 (1933)
- (3) M. V. Schwary and W. Mantel: V. D. I. 80 863 (1936)



日立製作所社員社外講演一覽(昭和28年1月受付分)

(その1)

講演月日	主 催	演 題	講演者所属	講 演 先
4 / 上旬	日本化学会第6年会	安定度試験結果よりのタービン油の分類	日立研究所	{高橋治男 茂庭喜弘}
"	日本化学会第6年会	炭化珪素の電流電圧特性に対する温度の影響に就いて	日立研究所	中戸川 武
"	日本化学会第6年会	水電解槽運転時に於ける液温及び槽電圧の統計的考察	日立研究所	川島夏樹
"	日本化学会第6年会	酸洗腐蝕抑制剤の研究	日立研究所	斎藤 弘
"	日本化学会第6年会	不飽和ポリエステル(第一報)	日立研究所	{鶴田四郎 飯島貞善}
"	日本化学会第6年会	フロン酸に就いて	日立研究所	古賀 弥
"	日本化学会第6年会	フルフリルアルコールの縮合反応(第二報)	日立研究所	高野 憲三
"	日本化学会第6年会	珪素ゴムの配合について(第一報)	日立研究所	中牟田昌治
"	日本化学会第6年会	塩化ビニル樹脂混和物中の可塑剤の拡散	日立電線工場	吉川 充雄
"	日本化学会第6年会	エナメル線の耐熱度と寿命の判定法	日立電線工場	間瀬 喜好
"	日本化学会第6年会	有機過酸化物による金属の腐蝕並びに有機物の酸化	戸塚工場	山辺 知定
"	日本化学会第6年会	油脂の熱天秤加熱曲線について	中央研究所	牟田 明德
"	日本化学会第6年会	水電解槽の研究(第十報)	中央研究所	北川 公
"	日本化学会第6年会	珪酸エステル類の二三の物理的性質に就いて	中央研究所	高谷 通
4 / 上旬	日本化学会第6年会	鉄鋼の腐蝕に就いて	中央研究所 中央研究所 中央研究所	北川 公 杼窪 一郎 鳩 哲之助
5 / 3~5	電気学会 (電気三学会連合大会)	磁気増幅器による交流発電機の自動電圧調整装置	日立工場	{吉岡孝幸 柏木 学}
"	電気学会 (電気三学会連合大会)	水銀周波数変換装置の負荷電流制限装置	日立工場 日立研究所	曾根田端夫 前川 敏明
"	電気学会 (電気三学会連合大会)	55,000 kW 水素冷却ターボ発電機	日立工場	{是井良朗 高林 乍人}
"	電気学会 (電気三学会連合大会)	短絡試験用大容量交流発電機に就いて	日立工場	佐藤 文雄
"	電気学会 (電気三学会連合大会)	負荷電流が急変するときの直流機の整流に就いて	日立工場	{田附利修 福木 一}
"	電気学会 (電気三学会連合大会)	風冷単極整流器の制御温度	日立工場	{桑島千秋 曾根田端夫}
"	電気学会 (電気三学会連合大会)	ヒステリシス特性を含む伝送系の周波伝達レスポンス	日立研究所	前川 敏明
"	電気学会 (電気三学会連合大会)	並列再生型磁気増幅器	日立研究所	今尾 隆
5 / 3~5	電気学会 (電気三学会連合大会)	防振ゴムによる刷子振動の減衰効果に就いて	日立研究所	武政 隆一

日立製作所社員社外講演一覧(昭和28年1月受付分)

(その2)

講演月日	主催	演題	講演者所属	講演先
5/3~5	電気学会 (電気三学会連合大会)	交流発電機電圧自動制御系の周波レスポンス インディシャルレスポンスへの変換	日立研究所	小林 栄 二
"	電気学会 (電気三学会連合大会)	水銀整流器器内現象に関する諸要素の状況	日立研究所	木村 鍾 治
"	電気学会 (電気三学会連合大会)	回転振子による回転ヒステリシス損の測定	日立研究所	{西 堀 博 郎 片 木 剣 三 郎
"	電気学会 (電気三学会連合大会)	プロパン——空気混合ガスの爆発現象	日立研究所	岩 淵 芳 雄
"	電気学会 (電気三学会連合大会)	密閉器中の放電に関する二三の実験	日立研究所	笈 川 俊 雄
"	電気学会 (電気三学会連合大会)	日立規格絶縁油の性状	日立研究所	高 橋 治 男
"	電気学会 (電気三学会連合大会)	耐久磁石励磁電子レンズ系	中央研究所	木 村 博 一
"	電気学会 (電気三学会連合大会)	アナログコンバーターに依る自動制御系の解 析	中央研究所	三 浦 武 雄
"	電気学会 (電気三学会連合大会)	酸化物陰極の活性化経過に就いて	中央研究所	高 田 昇 平
"	電気学会 (電気三学会連合大会)	螢光放電管のフィラメント温度測定	中央研究所	鴨 原 文 七
"	電気学会 (電気三学会連合大会)	螢光放電管のフィラメント電圧	中央研究所	中 村 純 之 助
"	電気学会 (電気三学会連合大会)	糧波誘電特性による収着水の研究(その一)	中央研究所	{河 合 麟 次 郎 佐 藤 玄 樹
"	電気学会 (電気三学会連合大会)	ケーブルのコロナ直視装置とその応用	電線工場	橋 本 博 治
"	電気学会 (電気三学会連合大会)	電線用ゴム混和物の混練時間と可塑性及び電 氣的性質との関係	電線工場	山 本 三 郎
"	電気学会 (電気三学会連合大会)	高周波ケーブル単片の不均等性測定に就いて	日立電線工場 茨城大学 工学部	堀 口 二 三 男 } 本 多 誠 一
"	電気学会 (電気三学会連合大会)	高周波同軸ケーブル測定用真空管式電橋	日立電線工場 茨城大学 工学部	堀 口 二 三 男 } 本 多 誠 一 男 瀬 成 田 一 男
"	電気学会 (電気三学会連合大会)	酸化物陰極の寿命特性に対する電極材料の影 響	茂原工場	北 川 賢 司
"	電気学会 (電気三学会連合大会)	反射型速度変調管の空洞間隙に就いて	茂原工場	沢 田 良 嘉
5/3~5	電気学会 (電気三学会連合大会)	M P 蓄 電 器	戸塚工場	山 辺 知 定
1/17	高分子学会	超遠心機による高分子研究	中央研究所	黒 崎 重 彦
4/上旬	日本金属学会 (春期講演大会)	冷間加工用 6% Cr-W-Mn 鋼に於ける各 種元素の影響に就いて	冶金研究所	{小 柴 定 雄 男 九 重 常 男

日立製作所社員社外講演一覧(昭和28年1月受付分)

(その3)

講演月日	主催	演題	講演者所属	講演先
4 / 上旬	日本金属学会 (春期講演大会)	高級炭素鋼の諸性質に及ぼす Cu の影響 (第一報)	冶金研究所	{小柴定雄 菊田光男
"	日本金属学会 (春期講演大会)	高級炭素鋼の諸性質に及ぼす Cu の影響 (第二報)	冶金研究所	{小柴定雄 菊田光雄
"	日本金属学会 (春期講演大会)	真空熔融法による鉄鋼のガス分析 (第一報)	冶金研究所	{菊田光男 木村伸
"	日本金属学会 (春期講演大会)	鉄鋼の金属化学的研究 (第六報)	中央研究所	{柴田則夫 北川公
"	日本金属学会 (春期講演大会)	鉄鋼の金属化学的研究 (第七報)	中央研究所	{北川公登 米田
4 / 上旬	日本金属学会 (春期講演大会)	タングステン粒子生長に対する諸要因の作用 機構に関する考察	茂原工場	伊地山昇
4 / 上旬	日本機械学会 (第30期総会講演会)	近似楕円歯車工作法に就いて	亀有工場	{笠原俊郎 森田一弘
"	日本機械学会 (第30期総会講演会)	沼沢沼揚水発電所用ポンプのキャビテーション に対するモデル実験に就いて	亀有工場	横山重吉
"	日本機械学会 (第30期総会講演会)	沼沢沼揚水発電所用ポンプのウォーターハンマ に対する研究並びに実測に就いて	亀有工場	小堀威
4 / 上旬	日本機械学会 (第30期総会講演会)	タービン翼の振動 (第一報)	日立研究所	小堀与一
4 / 上旬	日本鉄鋼協会 (春期講演大会)	鉄鋼石粉固結体の熱間通気度とその還元性に 及ぼす粒度気孔率及び通気度の影響に就いて	冶金研究所	中村信夫
"	日本鉄鋼協会 (春期講演大会)	ペレタイジング法に関する基礎的研究	冶金研究所	{中村信夫 佐藤豊
"	日本鉄鋼協会 (春期講演大会)	ガスタービン用 Ni-Cr 系耐熱鋼の時効に及 ぼす各種元素の影響に就いて (第一報)	冶金研究所	{小柴定雄 九重常男
4 / 上旬	日本鉄鋼協会 (春期講演大会)	高周波焼入れせる鉄鋼の腐蝕疲労強さに就 いて	亀有工場	{牧野亘作 小野寺清一
4 / 4~6	電気学会関東支部	統計的手法	茂原工場	宮城精吉
4 / 4~6	中小企業庁 (鍛造技術講習会)	鍛造作業及び材料の簡易鑑別法並びにその実 技	日立工場	早川治郎
4 / 4~6	日本化学会他三学会 共催 (シリコンに 関する発表会)	シリコンの粘度及び熱硬化性に就いて	日立研究所	{中牟田昌治 古賀弥
4 / 上旬	精機学会 (春期講演会)	ダイヤモンドダイスの真円度	日立電線工場	{柿崎公男 久本方
2 / 2	日本鋳業会 (堅坑掘進研究会)	堅坑高速掘進法	亀有工場	石橋重遠