

昭和十一年五月二十五日發行

## 論 說

### 鑄鐵の流電氣腐蝕に及ぼす成分並に組織の影響

(日本鐵鋼協會第 11 回講演大會講演)

齋 藤 彌 平\*

#### THE INFLUENCES OF CHEMICAL COMPOSITION AND MICRO-STRUCTURE UPON THE GALVANIC CORROSION OF CAST IRON.

By Yahei, Saito.

**SYNOPSIS** :—The corrosion of metals and alloys, especially, iron and steel have been much studied during past years. However, the investigations on galvanic corrosion or contact corrosion of iron and steel have been carried out comparatively in small circles and very few reports were published. The author has investigated the influences of chemical composition and micro-structure upon the galvanic corrosion of cast iron specimens, which were immersed in 3% NaCl solution touching with each other. By these contact corrosion tests very small differences of electrolytic solution pressure of cast iron have been recognized clearly, i. e. *T.C* and *Si*, by their graphitizing influences, increase solution pressure, while *Mn*, *Cr*, *Ni*, or *Cu*, decrease it.

High-grade cast iron (low carbon, low silicon and high manganese, furthermore, containing *Ni*, or *Cr*,) therefore, will be retarded its corrosion speed by the contact of common cast iron, (higher carbon and silicon). After the completion of graphitic corrosion of common cast iron, however, both corrosion speeds change rapidly, for example, increasing galvanic corrosion of high grade cast iron. The amounts of graphitic corrosion of cast iron specimen will differ by its composition and micro-structure, therefore, by the ingenious selection of these factors, galvanic corrosion of main parts of marine engine will be much more retarded.

The investigations of such a practical application will nextly be reported.

#### 目 次

- I. 緒言 II. 従來の研究報告 III. 試験概要並に豫備試験  
IV. 接觸腐蝕試験結果と其考察 V. 總括

#### I. 緒 言

金屬特に鐵鋼の腐蝕に關する研究は古くより英、獨其他に於て行はれ興味ある文献が多い。其後造船、造機及び化學工業の進歩發達につれ益々一般の注目を惹き幾多の新研究が發表されたが、其多くは鐵類單獨の腐蝕に關したものであつて、鐵類と他種金屬とが接觸して同一腐蝕液の作用をうける時に生ずる所謂流電氣腐蝕に關したものは至つて尠い。一方腐蝕による船用機關、船舶部品等の損傷及び故障の實際を見ると流電氣腐蝕に原因せるもの極めて多く、而も其進行速度の大にして短期間に局部的腐蝕孔を生じ機

關全體の能率を低下する點で斯る腐蝕損傷に勝るもの尠しとさへ云はれてをる。従つて腐蝕対策の實際から云へば斯る流電氣腐蝕に及ぼす種々の要因を知り、豫め其發生を防止するか或は却つて此を利用して主要部の腐蝕進行を阻止する事が最も肝要事と思はれる。依つて著者は機關材料として最も多量に用ひられる鑄鐵をとり、其成分、組織の異なるものを接觸せしめて同一腐蝕液中に浸し、以て生ずる流電氣腐蝕進行經過を詳細に研究した。

蓋し鐵と銅との如く兩者の有する電溶壓の値に可成の開きあるもの、接觸腐蝕例は既に研究があり対策が講じられてをる故に、著者は未だ確められざる鐵類間の接觸腐蝕現象の探究を目的とした。而して本研究結果によれば電溶壓の極めて近似なもの同志の接觸によつても流電氣腐蝕が起る事、換言すれば斯る接觸腐蝕試験によれば、恐らく電溶壓測定の上では認められない位の微量の貴性の變化も容易

\* 新潟鐵工所

に且確實に認める事が出来る事を知つた。次に其實験結果の概要を報告しよう。

## II. 従來の研究報告

前記の如く鐵類と異種金屬接觸の際に起る腐蝕に關する研究は割合に尠く、就中近似な電溶壓を有する鐵類同志間の接觸腐蝕の研究は極めて尠い。其主なるものを挙げれば 1840 年英國の Mallet は鼠鑄鐵と白銑より成る試料を互に接觸せしめて海水中に浸し其腐蝕を調べた處、前者は其が單獨で浸した場合に比し著しく腐蝕量を増し之に反して後者の腐蝕は激減せる事を認めた。尙又兩者の接觸腐蝕量の和は其單獨腐蝕量の和よりも著しく大であつた事を報告してをる。<sup>1)</sup> 其試験結果を摘記すれば第 1 表の如くである。

第 1 表 鑄鐵の組織と接觸腐蝕割合

種別	白銑(單獨)	鼠銑(〃)	白銑(鼠鑄鐵と接觸)	鼠銑(白銑と接觸)
腐蝕割合(25ヶ月後)	100	143	38	429

其後 Dr. Finkener は  $Fe$ ,  $Zn$  及び各種の  $Cu$  合金より成る圓柱狀の試料の組合せの外端を導線で連絡して濃厚なる食鹽溶液中に長時間浸し次の様な結論を發表した<sup>2)</sup>

1. 食鹽溶液は鐵、眞鍮、砲金及び亞鉛を腐蝕せしめる。
2. 此等金屬の何れか 2 をとり、連絡して試験せる時の腐蝕量の和は其等の單獨腐蝕量の和よりも著しく大きい。
3. 一般に此等の金屬を連絡して食鹽溶液に浸置する時電氣的に陽性となる金屬の方が著しく多く腐蝕される。而して兩者の有する電溶壓の開きが或値よりも大きくなると陽性の金屬丈が腐蝕され一方の金屬の腐蝕は停止する。

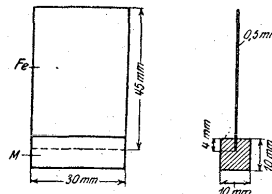
次いで Diegel は更に多くの金屬について接觸腐蝕試験を行ひ上と同様な結論を發表した<sup>3)</sup> 尙興味ある事は  $Fe$  と  $Zn$  の様に其電溶壓の値に可成開きのあるものを接觸した場合でなくとも、即ち略同じ程度の電溶壓を有する金屬同志の接觸の場合にも可成著しい流電氣腐蝕が起る事を認めた事で、例へば  $P$  以外は殆ど同一成分を有する軟鋼同志の接觸の場合(兩者の表面積は同一)港の海水中に於ける長期間試験後の腐蝕量は、低磷試料(0.006%  $P$ )が高磷試料(0.098%  $P$ )に比し單位面積當り 3~6 倍も多かつた事を報告してをる。尙又容器中の海水に浸した場合は矢張低磷の方が高磷のものよりも 1.5~2 倍も多く腐蝕された。特に此影響の大きいものは  $Ni$  であつて 6%  $Ni$  を含有

する鋼と、含有せぬ同種の鋼とを接觸して容器中の海水に浸す時前者の腐蝕は殆ど停止し後者のみ著しく多く腐蝕される事を認めた。

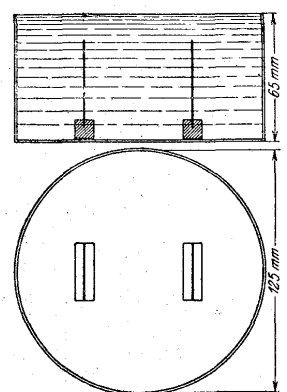
Hyne & Bauer は全然同一の鐵でも熱處理に依つて電溶壓を異にする事を報告してをる。例へば過熱をうけた鐵は其をうけない鐵よりも貴性を帯びる事、罐板の實際に於て過熱度の異なる處があれば過熱されぬ方がより多く腐蝕される事を發表した。<sup>4)</sup>

其後 O. Bauer & O. Vogel は鐵と異種金屬との接觸腐蝕に關し浩漭な研究結果を發表した。<sup>5)</sup> 共に依ると先づ數十種の金屬並に合金が 1% 食鹽溶液中に於て有する電溶壓を標準甘汞電極に依り測定し興味ある値を得た。次いで第 1 圖に示す様な接觸形式に依り軟鋼板と各種金屬との接

第 1 圖 A



第 1 圖 B



觸腐蝕量を測定した。即ち腐蝕液量約 750 cc (食鹽溶液) の中に同じ組合せの接觸試料を 2 組宛浸置し、室温にて

31 日間靜置し、後取出して兩者の腐蝕量を測定したのであるが其接觸形式には一方の金屬片に鋸にて一定深さの溝をきり、其處に軟鋼板を押し込んで接觸せしむる方法に依つた。其試験結果の内電溶壓の近似なもの、接觸腐蝕例として軟鋼板と鑄鐵片との組合せ結果を示せば、軟鋼板單獨狀態(但し比較上接觸金屬片と同形同容のパラフィン片に接觸せしめたもの)の腐蝕量 0.1594 gr が、此に鑄鐵が接觸した場合は 0.0587 gr に減少した。即ち前者の腐蝕量を 100 とすれば同じ軟鋼の腐蝕が鑄鐵片の接觸により 37 に低下せる事、換言すれば鑄鐵は軟鋼の腐蝕に對し保護作用を有するを發表した。尙此は軟鋼と鑄鐵の有する各自の電溶壓測定による單極電壓は夫れ夫れ -0.755 V, と -0.760 V となつた事から當然と思はれると結論してをる。然し一般斯る組合せの腐蝕の實際を見ると軟鋼材の方が著しく腐蝕されてをるのが普通であつて、此に對し鐵鋼腐蝕の研究者として有名な J. Newton Friend は上記の實驗結果

<sup>1)</sup> Mallet, British Association Reports, 1840, 頁 266.

<sup>2)</sup> Mitt., aus dem Königlichen mech-tech. versuchsanst., 1895, 頁 74.

<sup>3)</sup> Marine-Rundschau, 1898, 頁 1485~1550.

<sup>4)</sup> Mitt., aus dem König. Materialprüf. 1908, 頁 27.

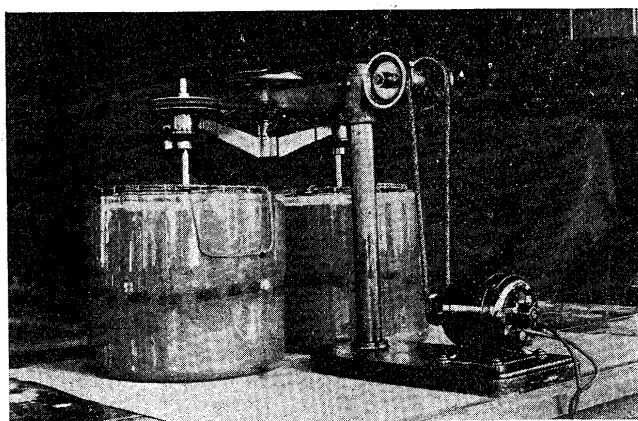
<sup>5)</sup> Ditto, 1918. 頁 114~208.

を流電氣腐蝕からのみ結論するのは充分を盡してゐないと云つてをる<sup>6)</sup>。何れにしても斯る流電氣腐蝕に及ぼす原因としては、兩者の有する電溶壓の外に兩接觸物の表面積の大小、被膜の状態、溶液中の溶解酸素の供給状態等に依り可成の影響をうけること、特に接觸金屬の有する電溶壓の開きがごく少ないもの程其程度が大なる事が豫想される。茲に斯る接觸腐蝕試験方法の適否並に結果の考察に一段の困難ある所以と思はれる。

### III. 試験概要並に豫備試験

腐蝕試験の採用上最も考慮すべき點は出来る丈使用の實際に近い状態で且相當長時間行ふ事であらう。特に接觸腐蝕試験の様に腐蝕進行と共に生ずる被膜の性質により其腐蝕進行速度に変化を來すものにあつては短期間の試験結果は實際と一致しないことを經驗する。依つて著者は數回の豫備試験を行ひ接觸形式其他が接觸腐蝕量に及ぼす影響を確め次いで長期間の本試験に移る事とした。標準試験片は何れも鑄放直徑 30mm の砂型丸棒より仕上げたもので直徑 14mm 高さ 13mm の圓柱形試料である。此全表面をエメリー紙 0 號迄磨き上げ後アルコール、エーテルにて洗つて用ひた。腐蝕液は 3% 食鹽溶液を用ひ液量は此に浸せる試料の單位表面積(1cm<sup>2</sup>) 當り略 50cc とし、此を直徑 260mm 深さ 240mm のガラス製槽に滿し其中に試料をテグス糸にて縛つて浸した。全液量は略 11l である。尙試料の接觸方法としては、同容同形のものを 2 個 1 組とし外周側面にて線觸せしめて此をテグス糸にて縛りつけ液中に懸垂せしめた。試験装置は第 2 圖に示す様に 2 個の腐蝕液槽と

第 2 圖



攪拌装置より成り、最初は 1 個の腐蝕液槽では單獨腐蝕量を、も一つの腐蝕液槽では其等の接觸腐蝕量を試験する目

的に使用したが長期間の試験後同一槽に接觸及び單獨試料を共に浸して試験しても各々の腐蝕量が前の場合と、大差なかつたので其後は各腐蝕液槽獨立に即ち各々に接觸並に單獨試料を十數組宛浸して試験を續行する事にした。尙液槽中央に挿入した電光型ガラス製攪拌棒を毎分 250 回の速度で回轉せしめ一日に 8~10 時間液の攪拌を行つた。一回の試験期間は 2 週間とし、後試料を取出し接觸をとき清水、アルコール及びエーテルにて洗つて乾燥し、秤量して其重量減量 (mg) を最初の表面積 (cm<sup>2</sup>) にて割つたものを腐蝕量と見做した。次は更に腐蝕液を新規にし、前と同様の試験を繼續し、以下毎 2 週を終る度に其腐蝕量を測定した。尙接觸試料の接觸部は最初きめた個所に成る丈保つ様注意した。其他期間中の腐蝕液の蒸發減量の補給並に腐蝕試料は 2~3 組宛同種のものをして其平均の腐蝕量をとる等一般腐蝕試験に於けると同様である。

#### 豫備試験 1. 試料の接觸形式と其腐蝕量

接觸腐蝕試験を行ふに當つて第一に其接觸形式と腐蝕量との關係を知る事が先決問題と思はれたので著者は次に示す様な數種の接觸形式に依る鑄鐵と Cu の腐蝕試験を行つた。試料の大きさ其他試験の詳細は上記概要に記述したのと全く同様である。鑄鐵試料の成分は T. C 3.00%, Si 1.60%, Mn 1.56%, P 0.214%, S 0.054%, 抗張力 32.0kg/mm<sup>2</sup>, 全パーライト地を有する所謂高級鑄鐵である。Cu 試料は 1" 丸銅棒より同形に仕上げたもの其成分は別に分析しなかつた。接觸形式は次の A. B. C. 3 種である。

- A. 兩方の試料を外周側面にて其儘線觸せしめたもの
- B. 兩方の試料の外周側面の一部を削り落して 6×13mm の面を造り此面にて接觸せしめたもの
- C. 兩方の試料を外周側面にて直接接觸せしめずに 28 番銅線を個々の外周に一回巻きつけて連絡せるもの

此等の組合せのもの及び鑄鐵單獨並に同一鑄鐵同志の接

第 2 表 鑄鐵と銅の接觸腐蝕試験結果 單位 mg/cm<sup>2</sup>

接觸形式	2 週後の鑄鐵の腐蝕量	次の 2 週後の腐蝕量	同 左	合計 6 週後の腐蝕全量	腐蝕割合
A	{ 16.0 15.5 15.0	16.0 15.0	17.0 17.1	47.6	251
B	{ 16.1 16.6 17.1	16.4 14.5	17.1 17.2	48.3	255
C	{ 21.4 21.0 20.5	22.3 22.2	21.3 21.1	64.3	340
D	{ 6.4 6.0 5.6	5.4 5.9 6.4	5.8 6.30	18.2	96
E	{ 6.5 6.2 5.9	5.4 6.0 6.6	6.2 6.70	18.9	100
液温平均	7°C	7°C	9°C		
攪拌時間	120	120	125		

<sup>6)</sup> Carnegie Scholarship Memoirs, Vol. XI, 1922. 頁 77.

(但し本表の腐蝕量は鑄鐵の腐蝕量を示す。之に接する銅は全然腐蝕減なし。)

觸試料を別個の試験槽に浸して同時に試験せる結果は第2表の如くである。

以上の試験結果を見ると A. B の如く直接接觸の場合は其接觸面の大小は鑄鐵に及ぼす流電氣腐蝕量に餘り大なる影響を與へぬ事、但し C の様に同容の銅と銅線にて連絡せる場合の鑄鐵のうける腐蝕量は最も大きい。これ A. B の如き直接接觸に比し陰極なる銅に作用する溶解酸素の到達容易であり、分極作用の起り難い事實から當然と思はれるが著者は實驗の便宜上接觸形式 A を採用する事にした尙第1表中 D. E は同一鑄鐵試験片丈の接觸並に單獨腐蝕試験結果を示すもので D は鑄鐵試験片を A と同様の接觸形式で接觸して浸したのも E は其等を單獨に浸したもので、此等兩者の腐蝕量には大差なき事が解る。

豫備試験 2. 腐蝕液の攪拌と接觸腐蝕量

腐蝕液を攪拌すれば此中に浸置してある試験片(就中陰極試料)に作用する溶解酸素の影響大となり、分極作用が起り難く其結果接觸腐蝕量が特に多くなる事は豫想される依つて著者は試料を浸した腐蝕液の攪拌と静止に依る腐蝕量の變化を測定した。接觸形式は前項 A と同じで其他の試験條件は豫備試験 1 と同様である。尙一日の攪拌時間は平均 9 時間である。第3表は其試験結果を示すものである

第3表 腐蝕液の攪拌と接觸腐蝕量の變化 (單位 mg/cm<sup>2</sup>)

試料	腐蝕液の状態	2 週後の腐蝕量	次の2週後の腐蝕量	同左	合計6週後の全腐蝕量	腐蝕割合
單獨にて浸せる鑄鐵	静止	3.10	2.70	2.40	8.20	100
	攪拌	7.10	6.80	7.00	20.90	256
同容の銅と接觸せしめ浸した鑄鐵	静止	6.20	5.70	5.20	17.10	208(100)
	攪拌	23.40	22.60	22.90	68.90	840(402)
腐蝕液温°C		20°	18°	18°		

以上の結果に依れば液の攪拌に依る腐蝕量の増加は單獨状態に比し接觸状態の試料が著しく大なる事が解る。従つて液に攪拌作用を與へる事は結局より長時間の静止の腐蝕試験を行つたと同じ結果になり長期腐蝕試験の意義にも叶

ふ様に思はれたので著者は以下何れも液の攪拌に依る腐蝕試験を行ふ事にした。尙前項兩豫備試験は共に室温にて行つたものであり其他は略同一條件に近い故茲に腐蝕液温と腐蝕量の大體の關係を見る事が出来る。即ち前記試験結果の内同じ接觸組合せのものを對比すれば第4表を得る。

第4表 腐蝕液温と接觸腐蝕量 (單位 mg/cm<sup>2</sup>)

試料	腐蝕液温°C	2 週後の腐蝕量	次の2週後の腐蝕量	同左	合計6週後の全腐蝕量	腐蝕割合
鑄鐵、單獨	8°	6.2	6.0	6.7	18.9	100
〃	19°	7.1	6.8	7.0	20.9	110
同容の銅と接觸せる鑄鐵	8°	15.5	15.0	17.10	47.6	251(100)
	19°	23.4	22.6	22.9	68.9	364(144)
攪拌時間		120	120	125		

即ち液温が腐蝕量に及ぼす影響も接觸試料により多く表はれることが解る。尤も以上は鑄鐵と銅との接觸例であり次の試験例の如く鑄鐵同志の接觸の場合には兩者の有する電溶壓の開きが極僅少である爲液温の影響も割合に僅少なものであると思はれる。此理由と長期試験の便宜上著者は腐蝕液温は何れも室温の儘とした。

IV. 接觸腐蝕試験結果と其考察

i. 普通鑄鐵と高級鑄鐵との接觸 船用機關氣筒體其他附屬部品に標題に示す様な材料の接觸例が屢々經驗される。依つて著者は最初に斯る場合流電氣的腐蝕傾向が見られるや否やを探究すべく第5表に示す様な試料をとり接觸腐蝕試験を行つた。表中 B 1. B 4 は同じ湯波の鎔湯を以て鑄込んだ直径 20mm, 70mm の丸棒より仕上げたもので

第5表

種別	符號	T.C	C.C	G.C	Si	Mn	P	S	備考
高級鑄鐵	A 2	3.00	0.81	2.19	1.60	1.56	0.214	0.054	抗張力 kg/mm <sup>2</sup> 32.0
普通鑄鐵	B 1	3.40	0.61	2.79	1.90	0.74	0.415	0.054	〃 22.0
同上	B 4	3.40	0.57	2.83	1.90	0.73	0.420	0.062	

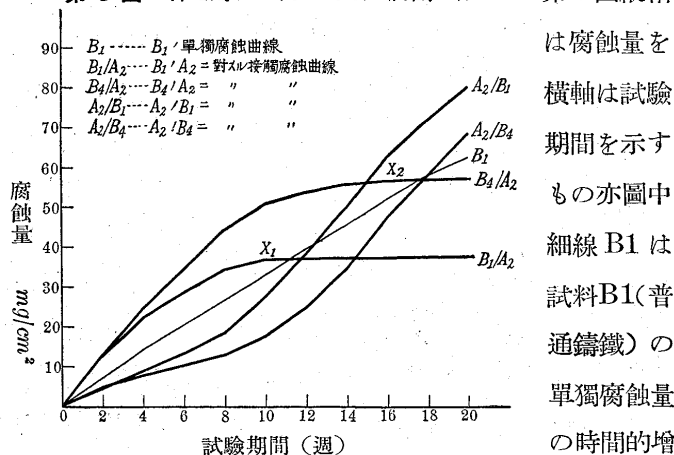
附圖 1 に示す様に冷却速度の影響がパーライト地の粗密の上によく表はれてをる。A 2 は鑄放直径 30mm の丸棒よ

第6表 (單位 mg/cm<sup>2</sup>)

試験状態	符號	2 週後の腐蝕量	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	合計20週後の全腐蝕量
單獨	B 1	7.00	7.20	5.90	6.60	6.10	5.40	6.20	7.20	5.20	4.80	61.60	
	B 4	7.70	6.80	5.70	6.40	7.40	5.90	6.50	7.30	4.60	5.10	63.40	
	A 2	8.20	7.10	5.70	5.70	6.40	6.80	6.40	7.60	5.90	5.30	63.90	
接觸	A 2	5.10	3.70	4.30	5.60	8.80	10.70	11.70	13.20	8.90	8.10	80.10	
	B 1	12.30	9.80	6.40	5.50	1.80	0.30	0.20	0.00	0.00	0.10	36.40	
	A 2	5.30	2.80	2.60	2.30	4.80	6.60	10.00	14.00	9.50	10.80	68.70	
	B 4	12.90	11.50	9.90	9.70	6.50	3.00	2.20	1.10	0.30	0.60	57.70	
平均腐蝕液温°C		27	26	20	18	16	13	8	8	4	4		
攪拌時間		100	102	110	111	105	104	114	120	120	112		

り仕上げたもので以下各試験に用いた試料は何れも之と寸法の粗材より仕上げたものである。試験方法の詳細は前記概要に述べたと同じであつて其結果は第6表、第3圖に示す通りである。

第3圖 普通鑄鐵と高級鑄鐵の腐蝕曲線



行と共にあとに黒鉛、炭化物、珪酸物等より成る所謂黒鉛化腐蝕層を残しやがて此と最初貴性の稍高かつた方の鑄鐵(A2)との接觸となり、茲に後者は相手の黒鉛化腐蝕層の陰性の大なる所以と相俟つて全體的に激しい流電氣腐蝕をうけるものであらう。従つて鑄鐵固有の貴性の變化は黒鉛化腐蝕層の完成前の腐蝕曲線より判斷すべきであらう。

次にB4/A2, A2/B4, 曲線は前と同様にB4とA2の接觸組合せに於けるB4, A2 各々の接觸腐蝕量を示すもの此等の腐蝕傾向も亦前者B1, A2の接觸腐蝕曲線と略相似の形を有してをつて前と同様の考察が考へられる、只此場合接觸腐蝕曲線上腐蝕停止點X<sub>2</sub>が前者の組合せの場合のX<sub>1</sub>點に比して高い事はB4の有するフェライト量の多い事に歸因するもの、即ち遊離フェライト量の多い程其黒鉛化腐蝕層完成迄に要する時間長く、換言すれば大なる接觸腐蝕をうける事が解る。一般にT.C, Siの多い従つてC.Cの少ない軟質鑄鐵程、此に反する硬質鑄鐵に比して貴性の低い事が結論される。尙此等の事實を明かに認めさせるものは次項ii~iiiの接觸腐蝕試験結果である。

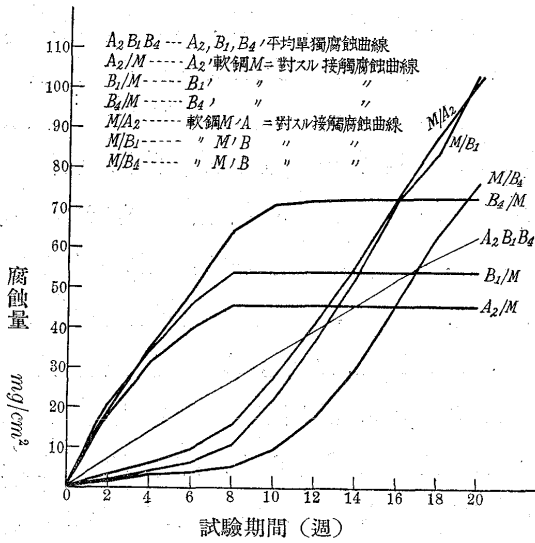
ii. 鑄鐵と軟鋼との接觸腐蝕 前試験と同時に鑄鐵と軟鋼との接觸腐蝕試験を行った。鑄鐵試料は前と同様のB1, B4, A2であつて、軟鋼試料はC, 0.23%の1"丸棒より仕上げた同容同形のもの、接觸形式其他は全然前と同様である。其試験結果は第7表、第4圖に示す。一般に軟鋼が鑄鐵に比して貴性の稍高い事は前掲O. Bauer & O. Vogelの試験結果よりも明かであつて、爲に鑄鐵が軟鋼の接觸により流電氣腐蝕をうける事は其試験結果がよく示してをる。著者の試験結果も亦明瞭に其事實を表はしてをる。而して同一軟鋼試料に對してB1, B4, A2の接觸腐蝕量が夫れ夫れ異なる事は軟鋼と鑄鐵との各自の電溶壓の開

第7表 鑄鐵と軟鋼との接觸腐蝕 (單位 mg/cm<sup>2</sup>)

試験状態	符號	2週後の腐蝕量	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	合計20週後の全腐蝕量
鑄鐵(1)單獨	(B <sub>1</sub> , B <sub>4</sub> , A <sub>2</sub> )	7.60	7.00	5.80	6.20	6.60	6.00	6.00	7.40	5.20	5.10	62.90	
軟鋼單獨	M	8.60	6.80	6.40	6.90	6.70	5.90	5.00	7.10	5.60	5.60	64.60	
接 觸	{A <sub>2</sub>	18.10	13.60	8.20	5.90	0.10	+0.20	0	+0.15	+0.10	0	45.90	
	{M	3.10	2.70	3.90	5.90	11.50	13.70	14.30	17.70	15.20	14.30	102.30	
"	{B <sub>1</sub>	20.70	13.90	11.20	8.30	+0.10	+0.20	+0.17	+0.20	+0.10	0	54.10	
	{M	1.90	2.30	1.80	4.70	11.30	14.20	16.00	19.50	16.40	14.60	102.90	
"	{B <sub>4</sub>	19.40	15.60	13.60	15.40	6.90	1.0	0.40	0.10	0	+0.20	72.40	
	{M	2.00	1.00	0.90	1.20	4.40	8.10	12.20	17.20	16.60	13.20	76.80	
腐蝕液温°C		27	26	20	18	16	13	8	8	4	4		
攪拌時間		100	102	110	111	105	104	114	120	120	112		

(1) 前回 B<sub>1</sub>, B<sub>4</sub>, A<sub>2</sub> の平均値を示す。

第 4 圖



きが鑄鐵の成分、組織に依つて異なる事、換言すれば鑄鐵の貴性が變化してをる事を示すもの、更に其腐蝕曲線上黒鉛化腐蝕層成生に基く腐蝕停止點が夫れ夫れ異つてをる事は前試験の1結果と似て興味深い。

即ち鑄鐵は一般に C.C の多い硬質鑄鐵程貴性が大きく且軟鋼接觸の際の腐蝕停止點が低い。此に反して C.C の極く少ない全フェライト地の鑄鐵は接觸腐蝕停止點が極めて高い。第5圖は第8表に示す成分の鑄鐵と軟鋼（成分同前）との接觸腐蝕曲線を示すものであるが叙上の事實が明瞭に解る。試験の詳細は前と同様であり腐蝕量の實際は第9表に示す通りである。尙又試料 L2 は L1 を粗材の時 900°C にて2時間焼鈍して全フェライト地にせるもの、附圖 1 に其組織を示す。

第 8 表

種別	符號	T.C	C.C	G.C	Si	Mn	P	S	備考
軟質鑄鐵	L1	3.47	0.60	2.87	2.64	0.53	0.420	0.055	ブリネル硬度 181
極軟鑄鐵	L2	3.47	痕跡	3.47	—	—	—	—	" 120
軟鋼	M	0.23	—	—	0.02	0.45	0.033	0.026	

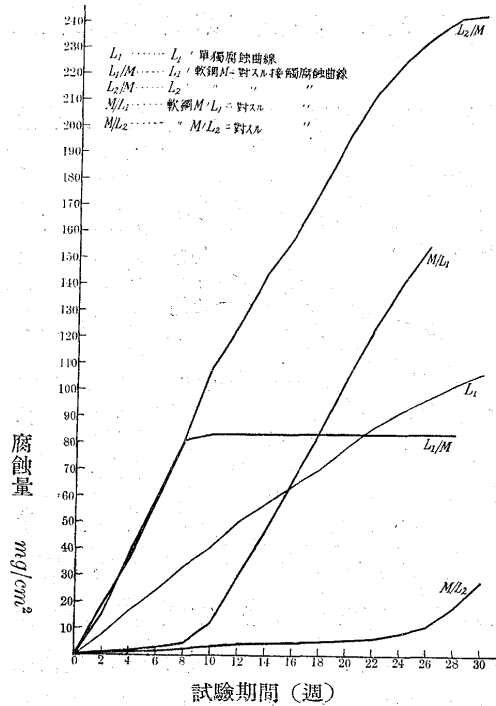
尙鑄鐵でも最初から貴性が軟鋼より高いものは軟鋼接觸に依つて却つて其腐蝕進行が阻止される事は後章 Ni 含有鑄鐵の試験結果に明かに示されてをる。何れにしても本項

第 9 表 極軟鑄鐵と軟鋼との接觸腐蝕 (位單 mg/cm²)

試験状態	符號	2 週後の腐蝕量														合計30週後の全腐蝕量	
		同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同		
單	L1	7.90	9.10	7.30	9.40	6.60	10.40	6.30	7.10	6.40	8.60	7.20	6.40	4.90	5.20	4.20	107.0
"	M	6.30	8.30	9.10	10.10	8.20	11.30	7.10	7.20	7.00	8.60	6.00	7.40	6.40	8.50	6.20	117.7
接	L1	15.60	21.80	19.90	23.60	2.80	0	0	+0.10	+0.20	+0.10	+0.40	0.30	+0.30(84.00)			
"	M	0.60	0.80	1.30	1.60	7.90	18.50	17.00	17.60	19.00	21.00	18.90	17.50	13.70(155.40)			
"	L2	17.30	18.00	22.00	22.70	20.80	22.80	21.00	13.80	18.80	20.70	16.00	12.00	8.80	7.20	1.00	242.9
"	M	0.50	0.40	0.90	0.80	0.90	0.60	0.70	0.40	0.40	0.60	0.50	2.20	2.50	7.70	9.40	28.5
腐蝕液温°C		7	13	17	18	25	28	24	20	18	14	10	9	7	7	8	
攪拌時間		125	123	122	130	123	123	125	130	129	126	129	130	130	133	133	

に於る試験結果を見れば鑄鐵の貴性は其 C.C 含有量に依

第 5 圖



り可成鋭敏に變化する事が知られる。而してこれは其單獨腐蝕量には大なる影響を認めぬ程度ではあるが、接觸腐蝕特に比較的近似な電溶壓を有する鐵類との接觸腐蝕の場合には重大なる影響をもつ事を知つた。次に更に C.C 含有量が鑄鐵對鑄鐵の接觸腐蝕量に及ぼす明かなる影響を示そう。

iii. 鑄鐵の接觸腐蝕に及ぼす C.C の影響 本項に於ては全然同じ成分の鑄鐵をとり、其一方を粗材の時 900°C にて2時間焼鈍しパーライト地を分解したものとなし、此等から仕上げた試料の接觸腐蝕試験を行つた。尙又比較上前項 B1, B4 試験の接觸腐蝕をも探究した。第 10 表に用ひた試料の成分を、第 11 表に其試験結果を、第 6 圖に夫れ夫れの接觸腐蝕曲線を示す。

第 10 表

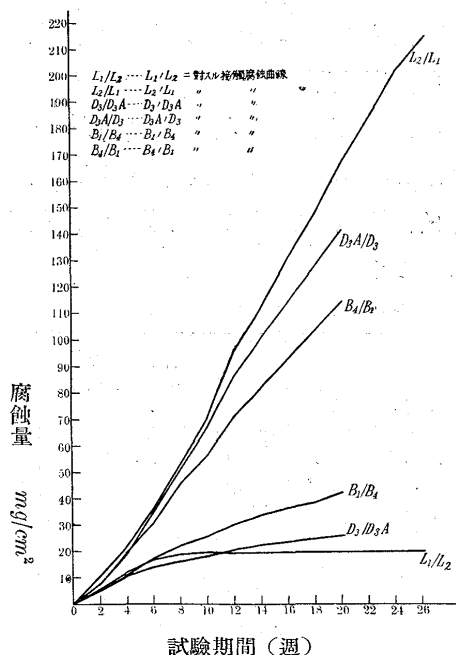
種別	符號	T.C	C.C	G.C	Si	Mn	P	S	備考
軟質鑄鐵	L1	3.47	0.60	2.87	2.64	0.53	0.420	0.055	前掲
極軟鑄鐵	L2	3.47	痕跡	3.47	—	—	—	—	"
普通鑄鐵	D3	3.55	0.70	2.85	1.68	0.82	0.462	0.054	ブリネル硬度 207
同上	D3A	3.55	0.10	3.45	—	—	—	—	" 145
同上	B1	3.40	0.61	2.79	1.90	0.74	0.415	0.054	" 212
同上	B4	3.40	0.57	2.83	1.90	0.73	0.420	0.062	" 179

第 11 表 鑄鐵の C.C 量と接觸腐蝕量

試験状態	符 號	2 週後の腐蝕量	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	合計26週後の全腐蝕量	
單	獨 L 1	7.90	9.10	7.30	9.40	6.60	10.40	6.30	7.10	6.40	8.60	7.20	6.40	4.90	97.60		
"	L 2	7.40	8.60	9.10	9.30	6.50	10.30(51.00)	以下試験中止									—
接	觸 {L 1	6.20	6.00	4.20	2.50	0.40	0	+0.20	+0.40	+0.10	0.20	0	+0.20	0	19.50		
"	{L 2	10.20	10.90	14.00	17.80	17.00	25.80	16.60	18.40	17.20	19.70	16.80	17.50	12.20	214.10		
"	{D 3	5.40	5.10	3.50	2.40	1.80	2.50	1.80	0.80	1.20	2.20 (26.7)						
"	{D 3A	7.50	10.70	17.50	15.20	15.40	20.00	14.90	12.90	13.70 (141.5)							
"	{B 1	6.10	5.10	5.90	4.90	3.20	5.00	3.70	2.30	1.90	4.10 (42.2)						
"	{B 4	7.40	12.00	11.00	14.70	11.00	14.80	10.40	11.00	11.20	10.30 (113.8)						
腐蝕液温°C		7	13	17	18	25	28	24	20	18	14	10	9	7			
攪拌時間		125	123	122	130	123	123	125	130	129	126	129	130	130			

此等の試験結果を見ると鑄鐵の接觸腐蝕量と其 C.C 量

第 6 圖



とが密接なる關係を有する事は疑ひのない事實であつて兩者の C.C 量の差が或程度以上に上ると C.C の少い方の腐蝕のみ進行し、此に接する C.C の多い試料の腐蝕が停止する。これ電流の差の可成大きなもの、接觸腐蝕試験結果と

よく一致する處であつて、鑄鐵の貴性が C.C 量の減少に伴つて急速に低下する事が推察される。何れにしても斯る事實は例へば船用機關氣筒其他の部品鑄物に經驗される異狀腐蝕の原因探究に興味ある示唆を與へるものと思はれる。

第 12 表

種 別	符號	T.C	C.C	G.C	Si	Mn	P	S
高級鑄鐵	DM1	2.80	0.71	2.09	2.00	0.60	0.094	0.054
" (高 Mn)	DS 1	2.84	0.80	2.04	2.10	2.51	0.130	0.064
"	K 456	2.96	0.75	2.21	1.50	1.40	0.179	0.066
" (高 Mn)	KL	13.00	0.83	2.17	1.51	2.03	0.185	0.060

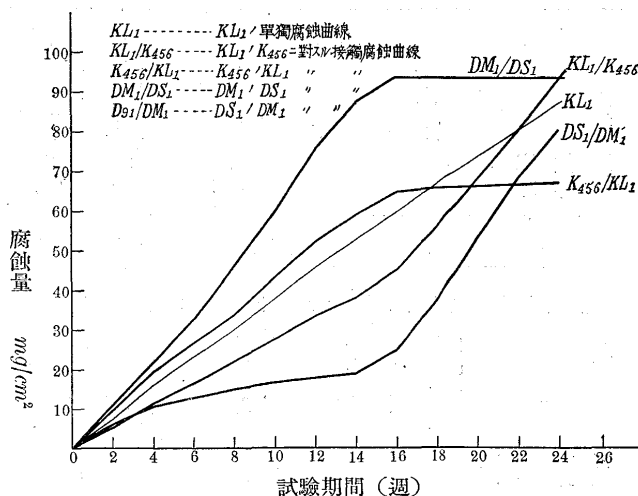
第 13 表 鑄鐵の Mn 量と接觸腐蝕量 (單位 mg/cm²)

試験状態	符 號	2 週後の腐蝕量	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	合計24週後の腐蝕全量
單	獨 K 456	7.80	8.50	6.90	7.10	7.80	7.80	7.00	6.90	7.70	6.20	6.70	7.30	87.70	
接	觸 {KK 1	5.70	5.70	4.90	5.70	5.90	5.70	4.40	7.00	11.40	11.60	12.80	12.50	93.30	
"	{K 456	9.80	9.90	6.90	7.20	9.40	9.60	6.40	5.50	1.40	0.20	1.00	1.00	68.30	
"	{DS 1	6.00	4.50	2.60	1.90	1.80	1.00	1.00	6.10	13.00	14.80	15.90	12.10	80.70	
"	{DM 1	10.40	10.80	11.60	13.60	13.00	16.60	11.60	6.00	0	0	0	0.30	93.90	
腐蝕液温°C		27	28	24	21	19	15	10	10	8	10	10	12		
攪拌時間		125	122	125	130	129	126	129	130	130	133	133	133		

iv. マンガンの影響

鑄鐵の Mn は其量の増加と共に多少 C.C 量を増す作用ある事特に 2% を超す時其影響顯著なるものがあり、従つて鑄鐵の貴性も Mn と共に多少向上する事が豫想される。著者は高級鑄鐵の内 Mn 量を異にし他の成分が略同様なもの 2 種を選び此等の接觸腐蝕試験を行つた。第 12 表は用ひた試験の成分を第 13 表、第 7 圖に其試験結果を示すものであるが前記豫想の眞なる事が認められる。

第 7 圖



尙此場合にも曲線上接觸腐蝕停止點が認められるが其理由は前項 i に於て述べたと同様に最初に流電氣腐蝕をうける試料の組織が形成する黒鉛化腐蝕層に依るものであつて一旦此層が全面を蔽へば次は此黒鉛層對鑄鐵の接觸より起る大なる流電氣腐蝕を誘發する事となり、茲に腐蝕曲線の

進行速度に急速なる轉換を見るものと思はれる。

尙斯る黒鉛化腐蝕後の接觸腐蝕曲線の實際的意義並に此に關聯する腐蝕の實例に關しては今後の研究調査に俟つ可きものであり、既に著者は船用機關氣筒入籠と氣筒體との接觸に於て其實例を経験したが詳細は目下研究中であり後報に譲り度と思ふ。

V. 銅の影響

鑄鐵に 0.5% 内外の Cu を含有せしめた所謂含銅鑄鐵は其強度、硬度等殆ど Cu を含有せぬ同成分の鑄鐵に比して變りなく只硫酸、鹽酸等の稀釋溶液中の腐蝕抵抗性を増す事が知られてをる。著者も亦嘗て同様の試驗結果を得た。尙又 3% 食鹽溶液中に於ては殆ど Cu に依る腐蝕抵抗性の改良を認める事が出来なかつた、恐らく斯る少量の Cu の添加は鑄鐵の電溶壓の上に殆ど影響を及ぼさぬ程度であらうと思はれたが茲に接觸腐蝕試験を行つた處極めて興味ある結果を得た。

即ち接觸試験によれば斯る少量の Cu も鑄鐵の貴性を敏感に高める事を知つた。第 14 表に用ひた試料の成分を、第 15~16 表、第 8~9 圖に其等の試験結果を示す。

第 14 表

種別	符號	T	C	C	G	C	Si	Mn	P	S	Cu	備考
高級鑄鐵	S 0	3.27	0.85	2.45	1.54	1.74	0.128	0.042	0.07			抗張力 30 kg/mm <sup>2</sup>
同(含銅)	S 19	3.25	0.76	2.49	1.55	1.74	0.128	0.047	0.45	30.1	〃	
普通鑄鐵	K F 1	3.60	0.63	2.97	1.38	1.00	0.268	0.056	0.09	20.3	〃	
同(含銅)	K F 2	3.57	0.61	2.96	1.40	0.99	0.278	0.054	0.40	20.9	〃	
高級鑄鐵	S K	3.20	0.90	2.30	1.36	1.52	0.162	0.051	0.06	32.5	〃	

第 8 圖は同一成分にし Cu 含有量のみを異にする高級鑄鐵の接觸腐蝕進行曲線を示すものであるが少量の Cu が貴性を高める事が明瞭に認められる。尙又第 9 圖は含銅普通鑄鐵と高級鑄鐵との接觸腐蝕曲線を示すもの、少量の Cu が普通鑄鐵の貴性を次第に高級鑄鐵の其に近似ならしむる作用ある事が明かに示される。思ふに含銅鑄鐵の應用は船用機關鑄物の流電氣的腐蝕の阻止に對して今後の好研究問題を提供するものであらう。

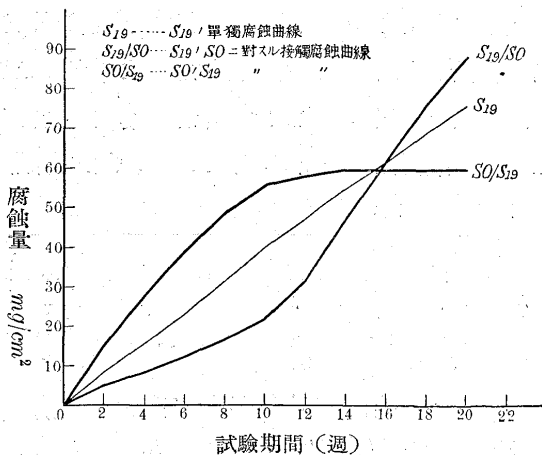
第 15 表 高級鑄鐵の銅含有量と接觸腐蝕量 (單位 mg/cm<sup>2</sup>)

試驗狀態	符號	2 週後の腐蝕量	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	合計 20 週後の全腐蝕量
單獨	S 19	8.90	7.00	7.10	8.30	8.70	7.00	7.70	6.40	7.90	6.80		75.80
接觸	S 0	14.00	13.30	11.60	9.60	6.80	2.30	1.50	0	+0.20	+0.10		59.10
	S 19	5.70	2.90	3.60	4.10	5.40	10.20	16.00	13.80	14.70	11.90		88.30
腐蝕液溫 °C		28	27	28	24	21	19	15	10	10	8		
攪拌時間		124	125	122	125	130	129	126	129	130	130		

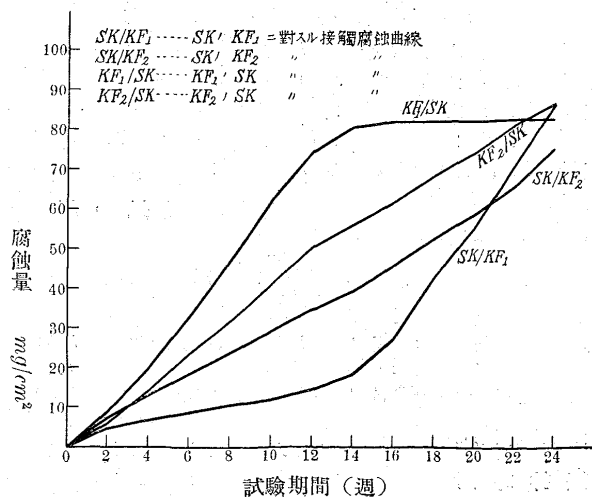
第 16 表 含銅普通鑄鐵と高級鑄鐵の接觸腐蝕 (單位 mg/cm<sup>2</sup>)

試驗狀態	符號	2 週後の腐蝕量	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	合計 24 週後の全腐蝕量
接觸	S K	4.50	2.40	1.90	1.70	1.40	2.30	4.10	9.00	15.90	12.40	15.30	16.20	87.10
	K F 1	8.50	10.60	13.30	13.90	15.30	12.80	6.10	1.90	0	0.50	+0.30	+0.20	82.90
" "	S K	7.20	5.90	5.40	4.80	5.60	5.10	4.80	6.80	7.20	5.80	7.10	10.00	75.70
	K F 2	6.10	8.10	9.50	7.80	9.50	9.50	5.60	5.40	7.40	6.00	6.90	5.10	86.90
腐蝕液溫 °C		27	28	24	21	19	15	10	10	8	10	10	12	
攪拌時間		125	122	125	130	129	126	129	130	130	133	133	133	

第 8 圖



第 9 圖

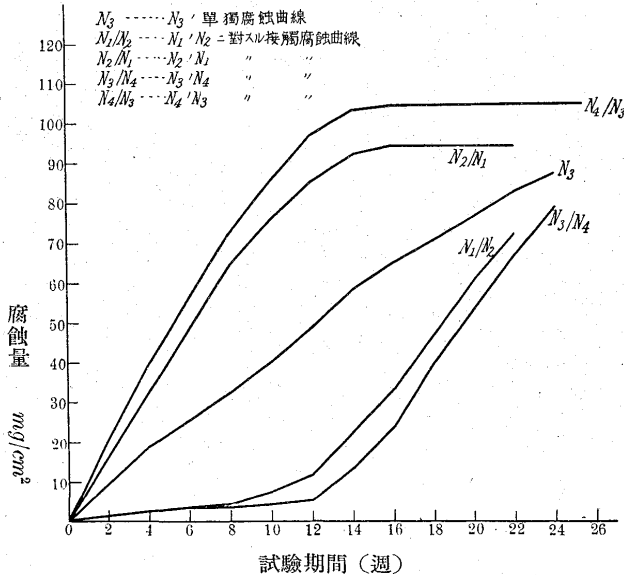




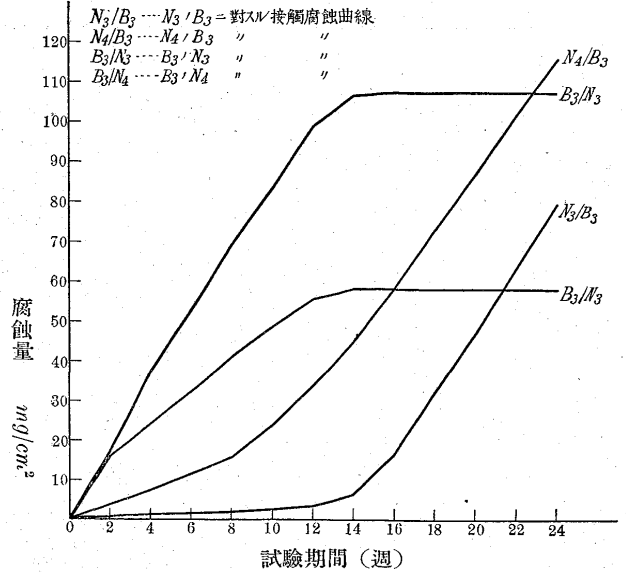
vi. ニッケルの影響

鑄鐵に1%以下の少量のNiを添加しても一般に強度、硬度、海水腐蝕抵抗性等に顯著な改善の影響が認められない事については既に相當の報告がある。然るに著者の接觸腐蝕結果は斯る少量のNiが鑄鐵の貴性を相當高める事、又前項Cuよりも更に顯著な効果を有する事を示した。即ち最初同一成分の鑄鐵で只Ni量を異にするもの同志の接觸腐蝕試験を次は其含有量が高級鑄鐵と普通鑄鐵の接觸腐蝕に及ぼす影響を、最後にNi-鑄鐵と鑄鋼との接觸腐蝕を調べた。第17表に各試料の成分を、第18表に其試験結果を第10~12圖に其等の接觸腐蝕曲線を示す。

第10圖



第11圖



第17表

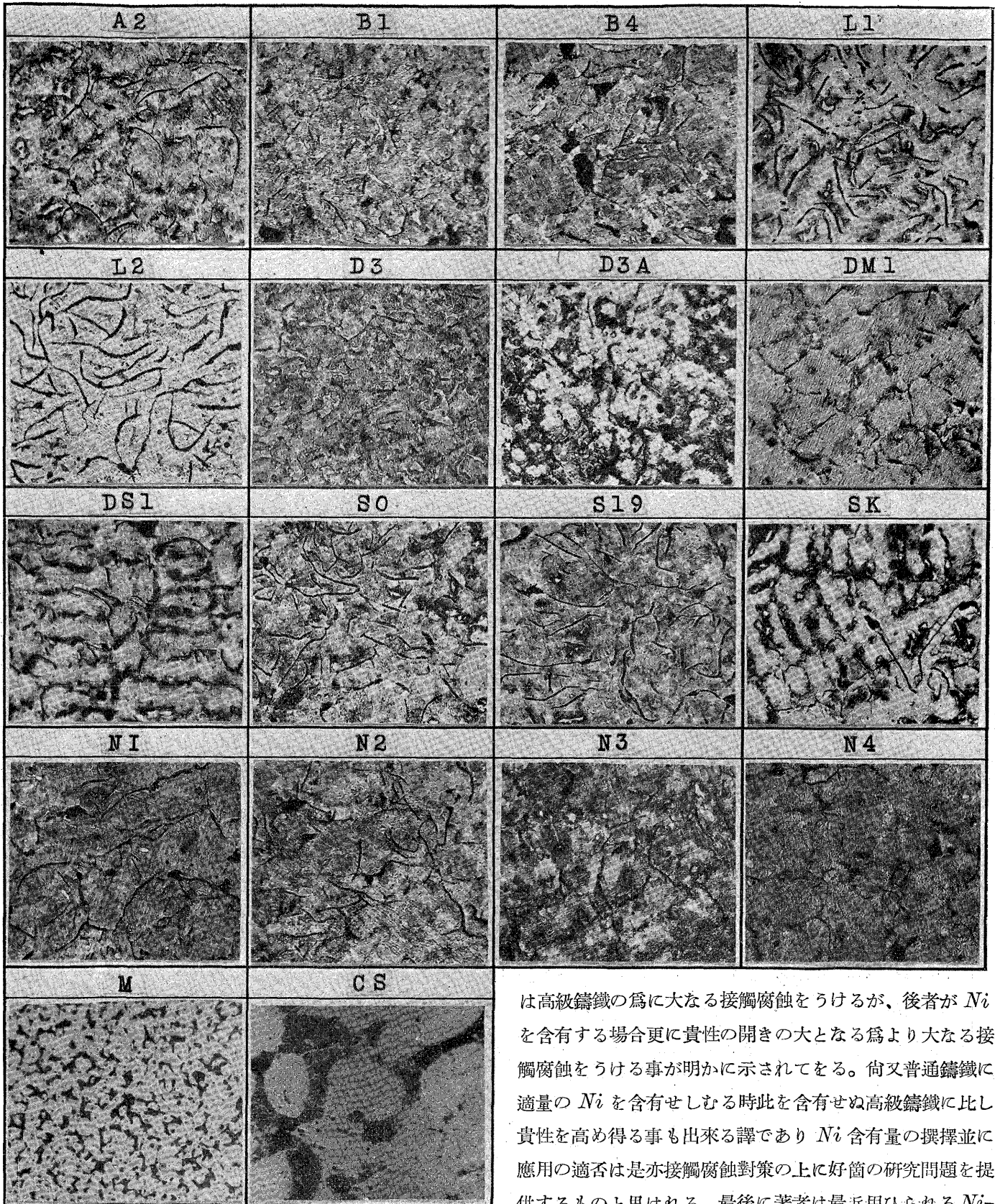
種別	符號	T	C	CC	G	C	Si	Mn	P	S	Ni	備考
高級鑄鐵	N1	2.95	0.71	2.24	1.69	1.44	0.190	0.100	0.388			
"	N2	2.92	0.76	2.16	1.61	1.50	0.180	0.101	0			
(Ni)	N3	2.81	0.70	2.11	1.52	1.41	0.180	0.101	0.693			
"	N4	2.80	0.70	2.03	1.55	1.43	0.175	0.094	0			
普通鑄鐵	B3	3.40	0.60	2.80	1.90	0.73	0.400	0.060	0			
鑄鋼	CS	0.24	—	—	0.42	0.70	0.015	0.016	0			

此等の諸試験結果を見るとNiが鑄鐵の貴性を高める上に極めて有効なことがよく解る。就中第12圖鑄鋼對Ni含有鑄鐵の接觸腐蝕曲線を見れば其貴性の變化が明かに認められる。即ちNiを含有せぬ鑄鐵は鑄鋼に接する時最初極めて大なる流電氣腐蝕をうけるが(試験ii参照)少量のNiを含有するものは此と正反對に鑄鋼が最初から大

第18表 鑄鐵のNi含有量と接觸腐蝕量(單位 mg/cm²)

試験狀態	符號	2週後の腐蝕量	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	合計24週後の全腐蝕量
單獨	N 3	9.60	9.20	6.90	6.90	7.40	8.80	9.80	6.20	6.00	5.60	6.40	5.00	87.80
"	N 4	10.20	9.40	7.10	7.80	7.20	7.50	8.50	5.90	7.00	7.10	8.30	5.10	91.10
接觸	{N 3	1.60	0.80	0.90	0.30	0.70	1.10	8.50	10.50	16.40	13.00	13.30	11.50	78.60
	{N 4	20.90	19.00	16.60	15.90	13.40	12.00	5.70	1.20	0	+0.20	+0.40	+0.10	104.70
接觸	{N 1	1.50	1.10	1.00	0.90	2.70	4.60	11.00	10.70	14.00	13.60	11.20		(72.30)
"	{N 2	15.90	16.80	14.80	17.00	11.40	9.30	6.80	2.20	+0.10	+0.20	+0.30		(94.20)
"	{N 3	0.90	0.60	0.50	0.20	0.40	1.00	3.00	10.30	16.00	15.10	16.30		(64.30)
"	{B 3	17.40	20.00	15.00	16.60	14.60	15.50	7.30	1.30	+0.10	+0.10	+0.20		(107.70)
"	{N 4	4.00	3.30	4.20	4.10	8.40	9.30	11.50	13.40	14.80	14.10	15.20		(102.30)
"	{B 3	11.40	12.60	8.10	8.80	7.60	7.30	2.40	0.10	0	+0.20	+0.40		(58.30)
"	{N 3	3.20	2.60	1.40	0.90	0	0.50	0.30	0.30	0.30	0.10	0.50		(10.10)
"	{CS	13.00	12.40	12.30	13.20	17.40	17.40	13.80	14.50	13.40	13.30	13.40		(154.10)
"	{N 4	15.40	15.40	14.60	13.00	7.30	4.20	0.50	+0.10	+0.20	+0.40	+0.20		(70.40)
"	{CS	1.90	3.40	1.80	3.90	10.20	6.60	13.10	15.20	18.70	17.40	19.20		(111.40)
接觸	{N 1		9.50	2.90	1.80	1.50	1.00	0	0	0	0	0		(16.70)
"	{CS		7.10	10.20	11.70	16.20	17.70	15.30	14.90	16.20	14.20	14.90		(138.40)
腐蝕液溫	°C	28	27	28	24	21	19	15	10	8	10	10		—
攪拌時間		124	125	122	125	130	129	126	129	130	130	133		—

附圖、1. 試料の顯微鏡組織(×100 ピクリン酸腐蝕)

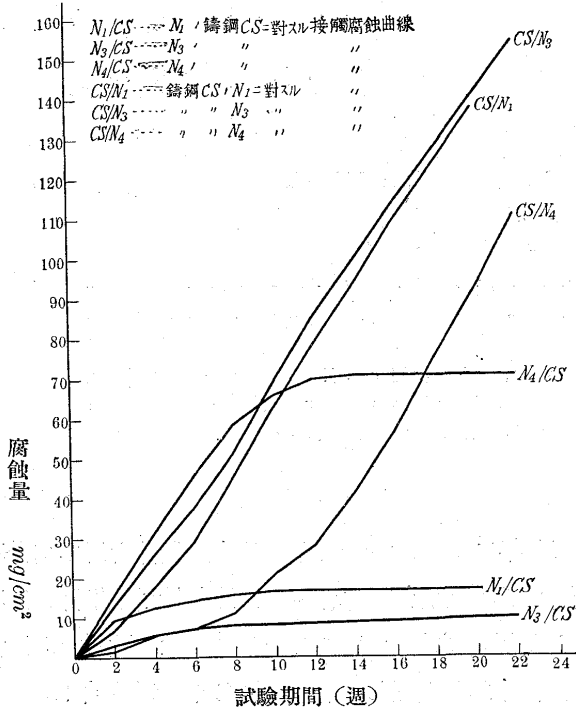


なる接觸腐蝕をうける。これ明かに  $Ni$  に依る貴性の高低の變換の結果と思はれる。尙又第 11 圖は普通鑄鐵對高級鑄鐵の接觸腐蝕曲線を示すもの、前項  $i$  と同じく普通鑄鐵

は高級鑄鐵の爲に大なる接觸腐蝕をうけるが、後者が  $Ni$  を含有する場合更に貴性の開きの大となる爲より大なる接觸腐蝕をうける事が明かに示されてをる。尙又普通鑄鐵に適量の  $Ni$  を含有せしむる時此を含有せぬ高級鑄鐵に比し貴性を高め得る事も出来る譯であり  $Ni$  含有量の撰擇並に應用の適否は是亦接觸腐蝕對策の上に好箇の研究問題を提供するものと思はれる。最後に著者は最近用ひられる  $Ni-Cr$  鑄鐵と軟鋼其他の接觸試験を行ひ腐蝕傾向を測つたが  $Ni$ -鑄鐵と略同じ傾向を示す事を知つた。其他鑄鐵の鑄肌と仕上面の接觸、鑄鐵對不銹鋼、鑄鐵對可鍛鑄鐵等の接觸

試験を行つた。此等の詳細に就は後報に譲る事とし一先づ以上の結果を總括しよう。

第 12 圖



V. 總 括

是迄鑄鐵の電溶壓が其成分、組織の變化に依つて變化し従つて鐵類同志の接觸に於ても流電氣腐蝕を起す事ある事實は一般に殆ど看過されてゐた様に思はれる。著者は主として船用機關氣筒鑄物に經驗される異狀腐蝕の原因を探究すべく、簡単な接觸形式に依る腐蝕試験を行ひ鑄鐵の電溶壓が、組織、成分の些少の變化に極めて敏感に影響される事を確めた。而して其變化量は恐らく、電溶壓測定の上では識別し難い位の微量なものであり、従つて其單獨腐蝕量の上には殆ど影響を認め得ぬ程度の場合でも接觸腐蝕量の上には顯著な影響を與へる事を知つた。換言すれば成分、組織を多少異にする鑄鐵同志の接觸に於ても顯著な流電氣腐蝕を起し、爲に一方の鑄鐵が極めて迅速に腐蝕され、此に反して他の一方の鑄鐵の腐蝕進行が阻止される事を知つ

た。例へばフェライト地の軟質鑄鐵はパーライト地の高級鑄鐵に接する時其が單獨にある場合よりて數倍も多く腐蝕され高級鑄鐵の腐蝕は極めて僅少に止まる事を知つた。即ち一般に鑄鐵の含有する化合炭素の量が其貴性の變化に密接の關係ある事が結論された。更により顯著な影響を有するものは Ni, Cu 等であつて、此等の少量を含む鑄鐵は一般鑄鐵に比し貴性が明瞭に高くなり、接觸腐蝕曲線上興味ある變化を示す。尙又鑄鐵は所謂黒鉛化腐蝕層を形成するを以て此が接觸腐蝕量に重大なる影響をもつ事を知つた。特に斯る黒鉛化腐蝕層の生成に基く接觸腐蝕速度の急激なる變化が成分、組織と密接な關係ある事、例へば C.C の少ない、従つてフェライト量の多い軟質鑄鐵程接觸腐蝕多く且腐蝕停止點が遅い事を知つた。

此等の結果から船用機關氣筒鑄鐵に經驗される異狀腐蝕現象を考察する時、其形狀の複雑であり且使用條件の流電氣腐蝕を起し易い點と相俟つて、成分組織の影響が可成重大な役割を有してをる事が想像される。此等機關鑄物に起る異狀腐蝕の實例並に其防止對策に關しては目下研究中であり次の機會に報告するつもりであるが上記諸試験 i, ii, iii 等に於て得た結果は機關の腐蝕實例と可成よく一致する事を知つた。何れにしても從來考へられてゐた様に鐵類と銅等の接觸でなくとも、鑄鐵對鑄鐵の如く殆ど同種の材料の接觸に於ても、何れか一方が成分、組織を異にする時著しい流電氣腐蝕を起す事は極めて興味ある現象であつて、實に此事實は船用機關鑄物に經驗される異狀腐蝕の原因探究並に其防止對策に關して好箇の示唆を與へてをるものと云つても敢て過言ではないと思はれる。此等の詳細に就ては第二報に譲り本報告を終り度いと思ふ。

・終りに著者は本研究の遂行に當り懇篤なる御指導をうけた新潟鐵工所蒲田工場鑄造部長松浦春吉氏に深厚の謝意を表し併せて、終始實驗を援助された岡本幸治君に感謝の意を表する次第である。