

水道鐵管内面の銹瘤の成因に就て

(日本鐵鋼協會 第 9 回講演大會講演)

井口 庄之助*

多賀谷 正義*

ON THE CAUSE OF TUBERCULATION OF IRON PIPE

Shonosuké Iguchi and Masayoshi Tagaya

SYNOPSIS:— The cause of tuberculation of iron pipe was studied on several cast iron water supply pipes which had been in service for 36 years since 1896 at several places in Osaka city, and some experiments were performed to explain the formation of tubercles from the metallurgical, chemical and biological stand point. The following results were obtained.

1. Artificial cultivation of iron bacteria proved the existence of 2 kinds of iron bacteria which belong to *Leptothrix* and *Siderocapsa* species.
2. The rust of cast iron is more adhesive than that of steel and the greater part of corrosion product is accumulated in the place of corrosion, so that cast iron pipe has greater tendency of tuberculation than steel pipe.
3. The tubercular rust is not formed by bacteria but mainly the product of simple chemical corrosion of iron pipe.
4. The tubercular are maintained only by the outer hard magnetic shell and the inner part consists of very porous rust this magnetic oxide shell is formed by the action of iron bacteria.

I. 緒 言

水道鐵管は長年月使用するとその内面に瘤狀の銹が密着し流水量を減少せしめ甚だしきは詰ることもある、然しその割合に鐵管自身は見掛と餘り腐蝕されてゐない、この銹瘤の成因に就ては Binaghi¹⁾ の純化學說 Schorler²⁾ の純バクテリア說 Casagrandi³⁾ の中間說がある。Binaghi によると先づ鐵管が水中の CO_2 のために侵されて $FeCO_3$ となり更に CO_2 を吸収して $Fe(HCO_3)_2$ となり次に $Fe(OH)_2$ となり酸化せられて $Fe(OH)_3$ 即ち鐵銹となつて蓄積すると云ふ。然し銹瘤中には常に鐵銹を沈澱せしめる鐵バクテリアが多數發見するので、この作用を無視することは出来ないのである。次に Casagrandi は新しい銹瘤中に鐵バクテリアを發見し鐵バクテリアは銹瘤成生の直接原因ではないが上記の Binaghi の說の鐵銹を生ずるに必要な CO_2 が鐵バクテリアに依つて供給せられ又バクテリア自身は可溶性の $Fe(HCO_3)_2$ を攝取してその體内に $Fe(OH)_3$ を蓄積して銹瘤の成長を助けると云ふ。之に反して Schorler は全く鐵バクテリアの作用に依ると稱してゐる、即ち鐵バクテリアが周圍の水中に溶解せる鐵鹽

を攝取し之を酸化して水酸化第二鐵とし自己の體内に蓄へ沈澱するためである。その證明として銹瘤は鐵面から容易に離し得る而もその下部の鐵面は完全にアスファルト塗料を以つて被はれ少しも腐蝕の跡がないからであると云ふ。尙最近米國の United States Pipe & Foundry Co. の Reddick & Linderman⁴⁾ は米國の各地で使用した多數の鑄鐵管の銹瘤について研究した結果その成因は全く沼鐵鏽と同様バクテリアに依るものであると述べてゐる。又遠藤博士⁵⁾ もバクテリア說を肯定して居られる様である。尙水道鐵管内面の腐蝕に就いては Stumper⁶⁾ 及び長谷川博士、澤口氏⁷⁾ の研究がある。著者等は最近大阪市水道部の好意により使用年限 40 年乃至 10 年に亘る數種の鑄鐵管の提供を受けた所内面には相當甚しい銹瘤を生じて居り而も兼てよりこの銹瘤が鋼管よりも鑄鐵管に於て著しいと云ふ興味ある事實に鑑みその成因について研究を行つた次第である。

II. 銹 瘤 の 観 察

次の 3 種の鑄鐵管について調べた。

*) 大阪帝國大學工學部

1) Istituto d'igiene della R. Università di Cagliari 1913

2) Zentralbl. für Bakt. Abtl. II Bd. 12, 1904

3) Istituto d'igiene della R. Università di Cagliari. 1913

4) Water works Engineering Nov. 18, 1931 p. 1611

5) 電氣製鋼 第 7 卷 第 8 號

6) Korrosion u. Metallschutz 1927 S. 265

7) 旅順工科大学彙報 第 10 號 (昭和 7 年)

- (1) 市内御堂筋に於て明治 29 年敷設昭和 7 年撤去せるもの
 (2) 市内東區横堀町に於て同年間使用せしもの
 (3) 市内住吉區住吉町に大正 12 年敷設昭和 7 年撤去せるもの

内面の銹の量は (2) が最も多く (1) は少し少く (3) は最も少い。その有様は第 1~3 圖に示す如くである。然し銹瘤の構造は何れの場合も同様で乾燥状態では第 4 圖の如く外部は灰褐色の粉で被はれその下は硬質の磁性酸化鐵の殻でその内部は大半空虚で粗鬆な水酸化第二鐵を含んでゐる。磁性酸化鐵殻の直下には黑色粉狀の磁性酸化鐵が少量存在してゐる。この磁性酸化鐵は極めて硬く切斷して磨くと金屬光澤を有する、第 5 圖はこの殻と内部の銹との境を示したものである。銹瘤の下に鐵管地金は何れの場合も相等侵蝕せられて所謂黑鉛化を起してゐる。第 6 圖は (1) の鐵管に於て腐蝕が黑鉛に沿て進行せる有様を示す、第 7 圖は同試料をピクリン酸で腐蝕したもので中央に侵蝕されずに残つてゐるのは磷と鐵との共晶 Steadite である、第 6 圖で所々侵蝕されずに白く残つてゐる部分は即ち Steadite である、第 8 圖は (2) の鐵管の侵蝕部を示すものである、多量の Steadite が腐蝕されずに残つてゐる。かくの如く Steadite は腐蝕に對する抵抗が甚だ強いことが判る。第 9 及び 10 圖は夫々 (1) 及び (2) の鐵管の地金の組織で黑鉛パーライト Steadite から成つてゐる (3) の鐵管は (1) と殆んど同じ組織である (2) の鐵管は多量の磷を含んでゐる。次に銹瘤及び地金の成分等を各鐵管について分析した結果第 1 表の如くである。これに依ると銹瘤を形成してゐる硬質の殻は磁鐵礦で第一鐵が多く他の部分は殆んど第二鐵である。又銹中の Si は SiO_2 となつてゐると思はれる。 S も發生法では殆んど出て來ないから硫酸鹽となつてゐると考へられる。黑鉛化層では炭素量の多いことは勿論であるがその外 Si , P , S 等の含有量が地金よりも多くなつてゐる。

III. 鐵バクテリアの培養

之等の鐵管は撤去後 2 ヶ月乃至 6 ヶ月を經過したもので銹は全く乾燥してゐたが各鐵管の銹瘤の最上層、硬質層及び内部から夫々試料を取つてこれを試験管内で適當な培養液に接種し室温に於て培養を行つた培養液は Mudge 氏液でその成分は次の如くである。

K_2HPO_4 0.5%	$MgSO_4$ 0.5%	NH_4NO_3 0.5%
$CaCl_2$ 0.2%	$NaNO_3$ 0.5%	
ferrous ammonium citrate 10%		H_2O 1,000 cc

その結果何れの鐵管に於ても灰色の最上層から接種したものは第 1 圖 (1) の如く數日後混濁を生じ 1 週間位から液面に赤褐色の鐵銹を生じ始める。これを顯微鏡下で見ると 2 種の鐵バクテリアが多數に棲息してゐることが判る。然し銹瘤の他の部分から接種したものは何れもかゝる變化を起さず液は何時までも透明である (第 1 圖 (2) (3))。以上の結果から鐵バクテリアは他の一般のバクテリアと同様空氣を必要とするため銹の表面に於てのみ棲息するものであることが知られる。又この種の鐵バクテリアは乾燥状態に於ても或期間死滅せず居るものと考へられる。かくして培養し得た鐵バクテリアは第 12, 13 圖に示す如き *Leptothrix species* 及び *Siderocapsa species* の 2 種である。第 1 圖 (4) (5) は普通鑄鐵の薄片を mudge 氏液の鐵鹽を除いたものの中に浸し之に鐵バクテリアを接種したもので (1) と同様バクテリアが繁殖する。尚注目すべきことは第 1 圖 (1) に於て鐵バクテリアが繁殖すると共に試験管の底部に多量の水酸化第一鐵の沈澱を生ずる、同時に液は次第にアルカリ性となり約 1 ヶ月後 PH は 9 位になる。この事實は銹瘤の外殻をなしてゐる硬質磁性酸化鐵層の生成と密接な關係を有すると考へられる。

IV. 鑄鐵と鋼との腐蝕現象の差異

銹瘤の生成が鋼管よりも鑄鐵管に於て甚しい事實に關し兩者の間の材質的差異に依るものなりやに就いて次の如き實驗を試みた。不純物の少い低炭素鋼、鑄鐵及び低炭素鋼に Si , Mn , P , S 等を夫々別々に鑄鐵と同程度に加へた試料を作りこれを徑 20 mm 高さ 50 mm の圓筒形として第 14 圖に示す如く水道水を満した瓶中に吊し腐蝕を促進するため下部から空氣を吹込んで 10 日間試験を繼續したその結果によると鋼から生じた銹は嵩の高い綿狀を呈し底に沈澱してゐるが鑄鐵の銹は緻密な粉狀でその大半は試料の表面及び瓶の側壁に密着してゐるこれに反し鋼の銹は全く密着性がない Si , Mn , P , S 等を別々に含む鋼に於ては Si を含むものが鑄鐵と全く同じ傾向を示した第 14 圖は試験後の有様を示すもので鑄鐵及び珪素鋼から生じた銹は側壁に密着するため内部の試料が見られない、その他のものに於ては銹は大部分瓶底に沈澱し液は透明である第 2 表

は各試料の成分及び 10 日後の重量の變化、銹の附着率及び試料の表面に附着した銹の性質等を表す。試料は表面に銹の附着したまゝ、靜に引上げ 100°C で 1 時間乾燥して秤量し最初の重量との差を求め次に布で摩擦しつゝ水で銹を洗ひ落して秤量した。この減量が一般の腐蝕減量に相等する。次に銹附着率とはこの試験に於て生じた銹數種を 100°C で 1 時間乾燥してその中の鐵を定量した結果平均 60% となつてゐる。そこで銹附着のまゝの増量と除銹後の減量を加へたものは試料に附着してゐた銹の量でこれに 60% を乗すればその中の鐵の量となる。又一方試料から腐蝕された鐵の量は（試料を純鐵と見做して）除銹後の減量である。この兩者の比を求めれば腐蝕された鐵の量と銹として試料の表面に止つた鐵の量との割合が判る譯で、これを銹附着率と名付けた。例へば鋼の場合では

$$\text{銹附着率} = \frac{(0.0059 + 0.0303) \times 60}{0.0303} = 71.6\%$$

これによると銹不着率は數字上何れの試料に於ても大差がない。然し實際試料面に附着した銹を見ると鑄鐵及び含珪素鋼の銹は固く密着してゐて落すのに困難であるが炭素鋼その他のものでは流水中で容易に洗ひ落される。

水道鐵管に於て銹瘤は流速の小さい所に多く水が相當な速度で流れてゐる箇所には餘り發達しない。そこで流速と銹の堆積の關係を調べるため次の實驗を行つた。先づ第 14 圖の裝置で下部から空氣を送る代りに水道の口から一定の速さで水を導き上部から出して次の瓶の下部に送り込む様に連結して 10 日間續行した。その結果は第 3 表の如くである瓶の容量は 400 cc で水は毎分 200 cc の速さで流した銹附着率は鑄鐵が非常に多い。尙次の實驗によつてこの關係が一層明かに示された。即ち第 5 圖に示す様に試料を水道水を滿した 1 立のピーカー中で 300 r.p.m. の速度で回轉し同時に下部から絶へず新しい水を毎分 200 cc の割合で下から送り上部から出しこの試験を上記の各試料について 5 日間宛行つた。その結果は第 4 表の通りである但しこの場合試料の表面に生じた銹は非常に固く密着し銹だけを試料から取除くことは困難であるため旋盤で銹がなくなるまで靜に試料の表面を削取りその銹と金屬鐵との混合物を昇汞の溶液で處理して $Fe + 2HgCl_2 = FeCl_2 + Hg_2Cl_2$ なる反應を起さしめ生じた第一鐵鹽を過マンガン酸加里の規定液で滴定して定量することに依つて附着した銹の量及び腐蝕量を間接に求めて銹附着率を算出したものである。これ

に依ると鑄鐵及び含珪素鋼が鋼その他の試料に比べて銹の附着率が非常に多い。以上の實驗から鑄鐵の銹は鋼のそれに比して非常に密着性で流水中に於ても腐蝕の箇所又はその附近の鐵面に附着して止る傾向が大きい。而してその原因は主としてその珪素含有量の多いためと考へられる。尙この試験に於て鑄鐵及び含珪素鋼から生じた銹は分析の結果夫々 1.02% 及び 1.73% の珪素を含むことを知つた（銹を 100°C で 1 時間乾燥して試料を取つた）。一方實際の鐵管の地金を見ると何れも珪素含有量が多く而も内面に生じた銹をよく觀察すると常にその中キラキラ輝く扁平な微粉が多數に含まれてゐる。この銹を酸で處理すると鐵銹は全部溶けてこの微粉だけが溶解せずに残る、これを顯微鏡下でニコールを通じて見ると明かに石英の結晶であることが判る。以上に依つて鑄鐵管が鋼管よりも銹瘤を生じ易いと云ふ事實は一部説明され、これが又銹瘤の成因の一部を説明するに足るものと思ふ。

V. 銹瘤の成因の考察

以上述べた所から鑄鐵から生じた銹は相當流速がある場合でも鐵管の内壁に附着して蓄積する傾向を有する。これが銹瘤成生の一原因であることは明かである。而してかゝる銹の特異性は鑄鐵中に含まれる珪素に歸因するものである。銹が表面に堆積して凹凸を生ずる結果鐵バクテリアの棲息を容易ならしめるものと思はれる。然し單にそれだけの原因では流水中に於て銹が餘り厚く堆積することは困難でそのために鐵管が詰る程に至るとは考へられない又實物について見てもかゝる著しい銹瘤が鐵管の内面に保持されてゐるのは全く外部の磁性酸化鐵殻によるものでその内部は極めて軟質多孔性の銹である。かゝる硬質の磁性殻が如何にして生ずるかを考へて見ると先づ鐵管内面の腐蝕に必要な酸素は其中を流れる水中の溶解酸素から供給さるべきである。然るに水面から遠い銹瘤の内部に充分に酸化された水酸化第二鐵が存在し水に近い所に却て酸化の程度の低い磁性酸化鐵層が成生してゐることはそこに何等か特別な條件が存在しなければならない。鐵の腐蝕成生物に關しては多くの人々の研究があるが、一般に鐵銹が水中に於て成生される場合赤銹即ち水酸化第二鐵を生ずるか黑色の四三酸化鐵を生ずるかは水中に存在する鐵イオンの濃度、溶解酸素の濃度及び液の水素イオンの濃度 (PH) によるものでその内他の條件が同一であれば PH の高い程四三酸化鐵

が生じ易いことは理論上明かなことである⁸⁾ 而してこの四三酸化鐵は溶液から沈澱した水酸化第一鐵と水酸化第二鐵が作用して生ずるものである。これに關して Roethli は次の様な實驗を行つてゐる即ち第一鐵イオンを得るために化學的に純粋な硫酸鐵一鐵アンモニウムを第二鐵イオンを作るために純粋な鹽化第二鐵を使用し、先づ 0.01 モルの硫酸第一鐵アンモニウムの溶液 (PH<7) を空氣で攪拌した所 2~3 分で赤色ゼラチン狀の沈澱が生成された、次に 0.01 モルの硫酸第一鐵アンモニウムと 0.02 モルの鹽化第二鐵の溶液に徐々に苛性ソーダを加へた所 PH 7.5 迄は赤色ゼラチン狀の沈澱を生じ 8.5 で赤色が黒色に變化して全部黒色となつた。又水酸化鐵一鐵と第二鐵のゼラチン狀の沈澱物を混合した所直ちに黒色の沈澱物を生じた黒色沈澱物は眞空中で乾燥した所著しく磁性であつた。一方 IV に於て述べた如く鐵バクテリアの培養に際しバクテリアの繁殖と共に周圍の液の PH が次第に増してくることは事實である。これが黒色の磁性酸化鐵層の生成を助けることは當然考へられることである。而して鐵バクテリアは已に述べた如く主として銹瘤の表面に棲息してゐるもので従つて磁性酸化鐵の殻が銹の表面に生ずることも肯定し得ることである。その結果銹は一層強固に鐵管面に保持さるゝことゝなるのである。又鐵バクテリアの繁殖によつて一般に云はれてゐる如く溶液中の鐵イオンが攝取され水酸化第二鐵として沈澱せられる結果瘤の生成を助長することも考へられる然しこの作用は銹瘤の成因の極めて一小部分に過ぎないものと思ふ。然るに Schorler,²⁾ Reddick & Linderman⁴⁾ 等は銹瘤の成因の全部をこの作用に歸せしめてゐる。その理由とする所は銹瘤の下には最初鐵管に施した塗料がそのまゝ残つてゐて腐蝕されてゐないからであると云ふ。長谷川博士、澤口氏⁷⁾ もこの事實を認めてゐられる然しこれは極めて表面的な觀察で銹瘤を生じてゐる鐵管を切斷してこれを研磨して見ると銹瘤と鐵管の間には未だ塗料の層が残つてゐるに拘らず第 1~3 圖に示す如く鐵管地金内に相當腐蝕が侵入して黒鉛化してゐるものである。腐蝕侵入の程度は (2) の鐵管が最も甚しく最深部は 3mm で平均 1.7mm である (1) は平均 1mm (3) は最も少く 0.7mm 位である。この侵蝕部の鐵分は大部分水中に溶し去られ銹となつた譯である。この溶かされた鐵の量と鐵管の内面に附着してゐる銹の量とを管の單位の長さについて比較して見ると何れの場合でも寧ろ溶かされた鐵の量の方が多

い様である又寫眞に於ても見られる如く銹瘤が著しく成長した所程この下部の地金が甚しく侵蝕されてゐる。この事柄は鐵管を數ヶ所で切斷してその事實であることを確かめた。又 IV の實驗に依つて明かなる如く鑄鐵から生じた銹は大部分その腐蝕の現場附近に附着著積する傾向を有してゐる。これ等の事から推して銹瘤生成の材料となるべき鐵は大部分鐵管自身から來るものであると考へる。尙長谷川博士澤口氏⁷⁾ に依ると鐵管の地金中に Lederite の多量に表れたものが銹び方が少いと述べてゐられるが、その顯微鏡寫眞を見ると Ledeburite でなく明かに Steadite である従つて Steadite を多く含む鐵管は銹び難いと云つてゐられるのであるが著者等の調べた所では (2) の鐵管が燐含有量多いにも拘らず銹の量が最も多く従つて侵蝕も甚しい然し Steadite そのものは非常に耐蝕性を有することは已に述べた如くである。従つて今の所侵蝕の程度は Steadite の量よりも寧ろ他の内外的因子によつて左右されるものであると考へてゐる。

VI. 結 論

鑄鐵製水道鐵管内面の銹瘤の成因は次の如くである即ち水中に於て鑄鐵から生ずる銹は大部分鐵管面に附着堆積する性質を有する。それは主として鑄鐵中に含まれる珪素に依るものである。然し鐵管内の水が相當の流速を有する場合は銹はある量以上に堆積することは困難であるが、それに依つて鐵管表面に凹凸を生じ鐵バクテリアの棲息を容易ならしめる、而して鐵バクテリアが繁殖し始めることその生理的作用の結果その周圍に四三酸化鐵を生じこれが硬質の外殻となつて強固な銹瘤を形成するものである而して銹瘤の原料となるべき鐵は殆んど全部鐵管の地金から來るものである。かくして銹の堆積すると共に鐵バクテリアは表面の方に移動し従つて四三酸化鐵層もこれに伴つて動き以前の部分は酸化せられて水酸化第二鐵となつて次第に銹瘤が成長して行くのである尙一部は鐵バクテリアによる銹の沈降もある。最後に一言斷つ置きたいことは以上は鑄鐵管の腐蝕現象の特異性を述べたもので腐蝕量の大小とは別問題である所謂腐蝕減量を以つてするならば本實驗の結果では第 2~4 表に示す様に寧ろ鑄鐵の方が他の材料よりも少い様である。又實際長年間使用したものに就ても一旦ある量の銹瘤を生じたものはそれ以上は餘り侵蝕が進まないことを示してゐる。(終)

終りに臨み研究材料を提供せられた大阪市水道部の好意に對し厚く御禮申上げ、鐵バクテリアに關し種々御教示下され又その培養を行つて下さつた大阪帝國大學工學部醸造學教室大谷義夫氏に謹んで感謝の意を表し又熱心に實驗を援助された谷口悟君に感謝する次第である。

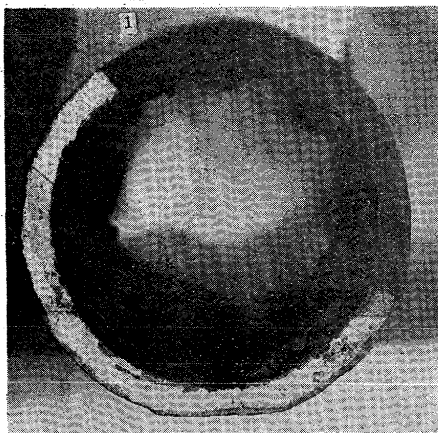
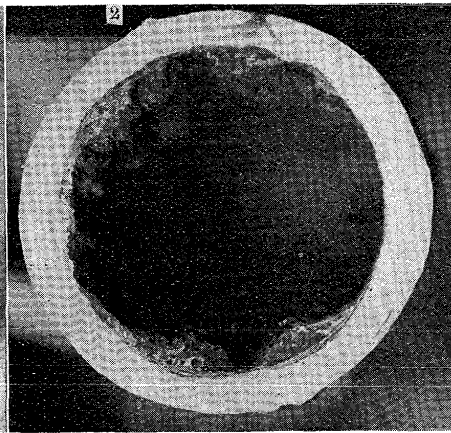
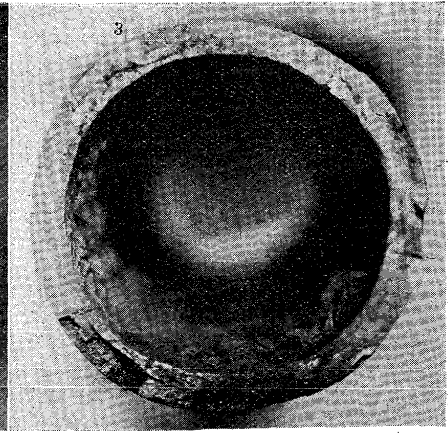
第 1 表

地 金		全炭素%		矽素%	滿庵%	磷%	硫黄%
		(1)	(2)				
黒鉛化層	(1)	3.43	2.18	2.47	0.21	0.19	0.14
	(2)	3.30	2.74	2.44	0.45	1.49	0.12
	(3)	3.41	2.20	2.34	0.56	0.23	0.10
	(1)	4.85	2.97	3.00	0.25	0.23	0.16
	(2)	5.82	5.04	3.53	0.49	1.82	0.41
	(3)	4.37	2.89	3.40	0.39	0.30	0.21

第一鐵%	第二鐵%					
(1)	最上層	1.40	47.77	1.33	0.47	0.51
	硬質層	11.43	47.11			
	内部	2.10	41.60			
(2)	最上層	3.10	56.61	1.20	1.14	0.20
	硬質層	11.01	50.93			
	内部	2.26	53.72			
(3)	最上層	1.02	46.91	1.45	0.78	0.18
	硬質層	11.51	45.56			
	内部	2.33	42.74			

第 2 表

成分%	重量の變化		銹附着率 %	銹の性質
	銹附着の ま g/cm^2	除銹後 g/cm^2		
銅 $C0.12 Si0.16$ $Mn0.49 P0.019$ $S0.026$	+0.0059	-0.0303	71.6	軟
鑄鐵 $C3.20 Si2.11$ $Mn0.90 P0.22$ $S0.058$	+0.0062	-0.0205	78.3	硬、密着性
$P_1 C0.12 P0.303$	+0.0068	-0.0314	73.1	軟
$P_2 C0.12 P0.451$	+0.0068	-0.0229	77.7	軟
$Si C0.12 Si2.68$	+0.0048	-0.0202	74.3	硬、密着性
$Mn C0.12 Mn1.17$	+0.0083	-0.0324	75.4	軟
$S C0.12 S0.157$	+0.0044	-0.0332	63.8	軟

第 1 圖 外徑 $4\frac{1}{2}''$ 第 2 圖 外徑 $4\frac{1}{2}''$ 第 3 圖 外徑 $5''$ 

(寫眞は記入倍率のものを寸法にて略に縮寫せるもの)

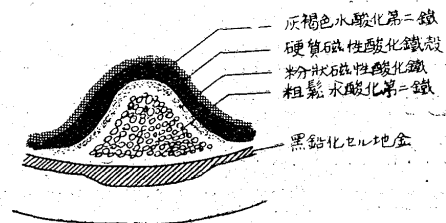
第 3 表

成分%	重量の變化		銹附着率 %	銹の性質
	銹附着の ま g/cm^2	除銹後 g/cm^2		
銅 $C0.12 S0.16$ $Mn0.49 P0.019$ $S0.026$	+0.0044	-0.0109	84.2	軟
鑄鐵 $C3.20 Si2.11$ $Mn0.90 P0.22$ $S0.058$	+0.0047	-0.0044	124.1	硬、密着性
$P_1 C0.12 P0.303$	+0.0055	-0.0108	90.7	軟
$P_2 C0.12 P0.451$	+0.0049	-0.0107	87.5	軟
$Si C0.12 Si2.68$	+0.0029	-0.0091	79.2	硬、密着性
$Mn C0.12 Mn1.17$	+0.0017	-0.0063	76.3	軟
$S C0.12 S0.157$	-0.0033	-0.0116	42.8	軟

第 4 表

成分%	附 着 銹 g/cm^2	腐蝕減量 g/cm^2	銹附着率 %	銹の性質
銅 $C0.12 Si0.16$ $Mn0.49 P0.019$ $S0.026$	0.0044	0.0140	18.8	軟
鑄鐵 $C3.20 Si2.11$ $Mn0.90 P0.22$ $S0.058$	0.0206	0.0233	48.8	軟
$P_1 C0.12 P0.303$	0.0031	0.0159	11.6	軟
$P_2 C0.12 P0.451$	0.0072	0.0197	21.9	軟
$Si C0.12 Si2.68$	0.0183	0.0186	59.1	硬
$Mn C0.12 Mn1.17$	0.0114	0.0174	39.3	軟
$S C0.12 S0.157$	0.076	0.0162	28.2	硬

第 4 圖

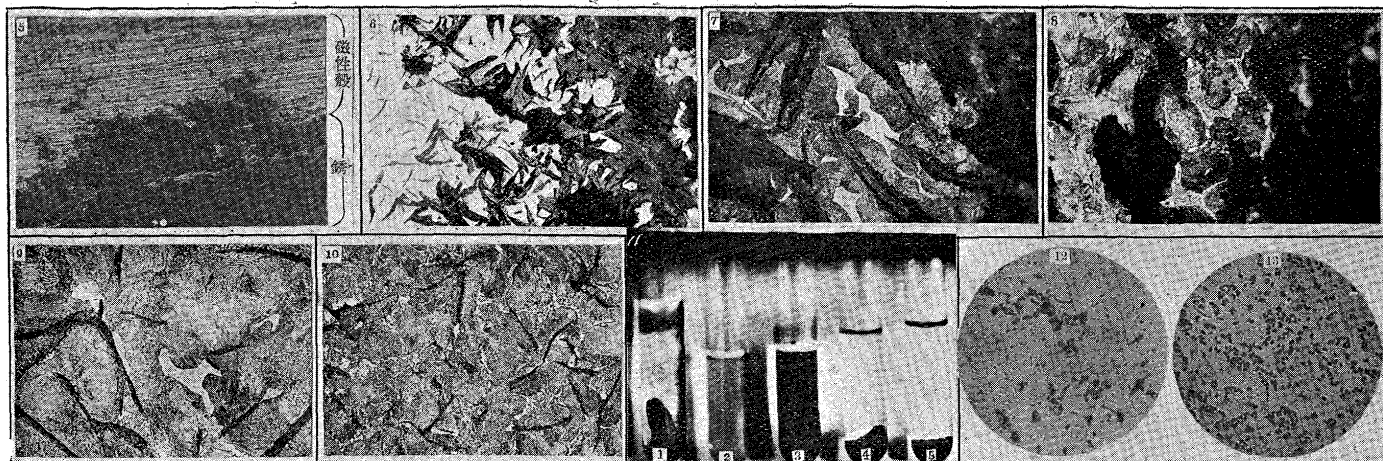


第5圖 ×100

第6圖 ×100

第7圖 ×300

第8圖 ×300



第9圖 ×300

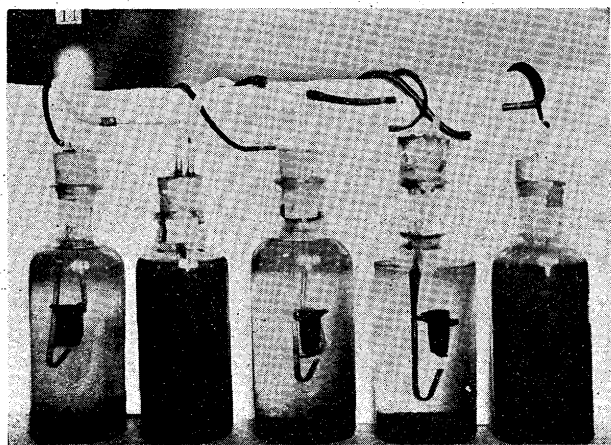
第10圖 ×300

第11圖

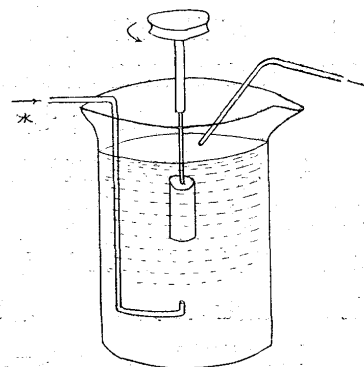
第12圖 ×1,000

第13圖 ×1,000

第14圖



第15圖



優良耐火粘土の出現

朝鮮にはどんな鑛物でもあるのであるから、高嶺土でも各種各様のものが賦存して居るが、今日迄は生氣嶺粘土炭株式會社のものが多少出た位で、その他は鮮内の需要に止まつて居たが、先般朝鮮無煙炭會社の平壤坎北炭坑のものを調査した所耐火度が三十九番から四十番以上もあると云ふ素晴らしい成績を得たので、不取敢同炭坑で坑内掘をして探掘したものを見本として十噸だけ岡山縣下の片上にある耐火煉瓦會社に賣つた。同地は従來支那復州産のゼーゲル三十六七番のものを買つて居たのであるが、三十七八番のものならば平壤附近には相當豊富にあるので、今後は當然復州産に代つて進出するであらう。尙坎北炭坑の粘土鑛量は百萬噸と稱して居るが恐らくまだそれ以上に多いであらう。朝鮮無煙炭會社の當事者は語つてゐる。