

上と以下とは、全く物質の性質を異にす、従て兩傳導率の値も此點に於て非連續的に變化す、されと兩傳導率の比は、 $\gamma$ 點以上も以下も同一の直線上にあるは注意すべき事項なりとす。又種々の炭素鋼に屬する兩傳導率の比と温度の關係を表はす直線か殆ど互に平行することは重要な事實なり。又ニツケルに於ては、其臨界温度  $370^{\circ}$  の前後にて兩傳導率の曲線は著しく其方向を變するも、其比の一直線上に横はるは注目に値す、但し此ニツケルは  $3.2$  パーセントの不純物を含めり。以上は電子論の假定の或程度まで眞なるを證するものなり。

一般に電氣抵抗の測定は温度の如何に拘らず、容易なりと雖、熱傳導の測定は常温に於ても尙種々の困難あり、されと上記の法則によるときは、所要の高温度に至る電氣抵抗と單に常温附近に於ける一點或は二點の熱傳導率を測定するときは、高温度に於ける熱傳導率を計算することを得。(未完)

### 細菌バクテリアの作用に因る鐵の銹化

笠 井 幹 夫

本編は鐵道院研究所技師笠井幹夫氏か細菌の作用に因る鐵の銹化に就て研究に著手したるに、幾何ならずして職を辭するの已むなきに至り、其の取調へたる諸學說、觀察したる膜鞘内に於ける原形質様の内容物及液泡の存在、培養したる鐵細菌發芽の一端等を綴りて報告とせるものにして、素より本問題の端緒に過ぎされとも、此觀察せられたる鐵細菌は歐米の著書、雜誌類に散見するものと異りて、本邦特有のものにあらずやと認められ、多少參考に資すべきものなきにあらずと信し、此に掲ぐるごとくせり。

序 言

鐵道院研究所第二試驗室室内に於て鐵材の磨き澄ましたる表面か、濕潤なる季節に際し特に一夜の間に俄に銹化することあり、又其表面の銹の形は顯微鏡下に照すに第一圖版及第二圖版に示すか如き菌絲狀を爲せるを見ることは夙に同室主任技師塚本小四郎氏の注意を惹き居りたることにし、顯微鏡下に於ける銹の形よりして同技師は之れ恐らく菌類の作用に因るへしとの推察を下し、吾も亦鐵バクテリアに基くものと思惟するに至れり、大凡後に記するか如くバクテリア中に所謂鐵バクテリアと呼はるゝ一群ありて鐵分を營養として生活し、彼の水道鐵管内に生し之を銹化腐蝕せしむることありとは聞き及ひたることなれども、之れは水中にての事にして空氣中に於ける銹化かバクテリアの爲めに惹起さるゝことは、今日迄學界に知られ居らざるものゝ如く、恐くは本邦にては彼の顯微鏡等のレンズに菌を生し曇りを來すとあると相似て、多濕なる氣候の然らしむる處なるか如きを以て以下此迄に知り得たる處の大要を總括することとせん。

(一)鐵の銹化に關する學說中の生物說 (Biological theory) 「鐵及鋼鐵の銹化」(The Corrosion of Iron and Steel, 1911)の著者なるジェー・ニュートン・フレンド氏 (J. Newton Friend) は銹化に關する學說を五個に分ち其第五說として生物說を掲げて (P41—42) 曰く『或る生物學者は鐵銹現象は之れに下等なる生物か關與せりと假定して説明せられ得べきことを唱ふ、此事に就きリチャードソンの簡約に記して云へるものあり曰く

鐵の銹化には

一、酸素、水、二酸化炭素を必要とすること。二、熱湯に浸漬して密封せる鐵は錆ひざること。三、或る種の溶液は銹化を防止すること(例、鹽化アンモニウム等) 四、鐵は植物の有する葉綠素中の一員なること。五、錆ひたる釘は往々血液を毒すること。

此等の事實あることは銹化現象と生物との間に關與する處あることを推定せしむる所以を爲

すと、シヨルレル、ベエシエン、アドレル、ラウメル等諸氏の研究によるに、炭酸第一鐵及有機性第一鐵鹽を分解して食と爲し鐵を分泌する性質の生物あることを報せり、然し現在著者の知れる限りに於ては直接に金屬としての鐵を養分とする生物は未だ發見せられたることなし、假に斯るものゝ發見せらるゝと假定するも或る酸の如きものを分泌し以て鐵を溶解するものたるべく然らば畢竟前記第二説として述べたる酸説 (Acid theory) の内に歸せらるべきものなり云々』要するにフレンド氏は下等生物の關與することに就き疑問を抱き例へばバクテリアを除きたる場合も銹化現象は依然停止すへからざるか故に凡ての銹化現象に必ず生物作用あるものと限られ居るに非ざることを述べたり。

然し同書の一〇二頁を見るに左の記事を掲ぐ『リチャード、ゲーンズ氏の研究に依れば米國の各地にありたる鋼製水道鐵管の銹結核 (Rust tubercle) を分析して異常に多量の硫黃の存在を認め、其原因を假定して硫黃バクテリアの關與せるによるべきことに歸し、且つ同氏はモンタナ州ハウサー湖に架したる一橋梁の基礎材の一部修繕に際し、鐵材に比較的規則正しき多數の凸瘤あるに注意し該標品をシヨルレルといふ専門家に送り鑑定を求めたる結果、ガルクオネルラ、フェルルギネアと呼ぶ鐵バクテリアが夥く存在したることを認めたり、此の細菌は鐵を溶解すへき或酸性物質を分泌し以て侵蝕するものゝ如しと云ふ』鐵バクテリアか水道鐵管中に充滿して大害を與へたりと云ふ實例は、ロツテルダム、プラーグ及ドレスデン等であり、又グラーツに於ける製紙工場に於ても或災害を被りたりと云ひ何れも特種の鐵バクテリアの發生に基けりと云ふ。

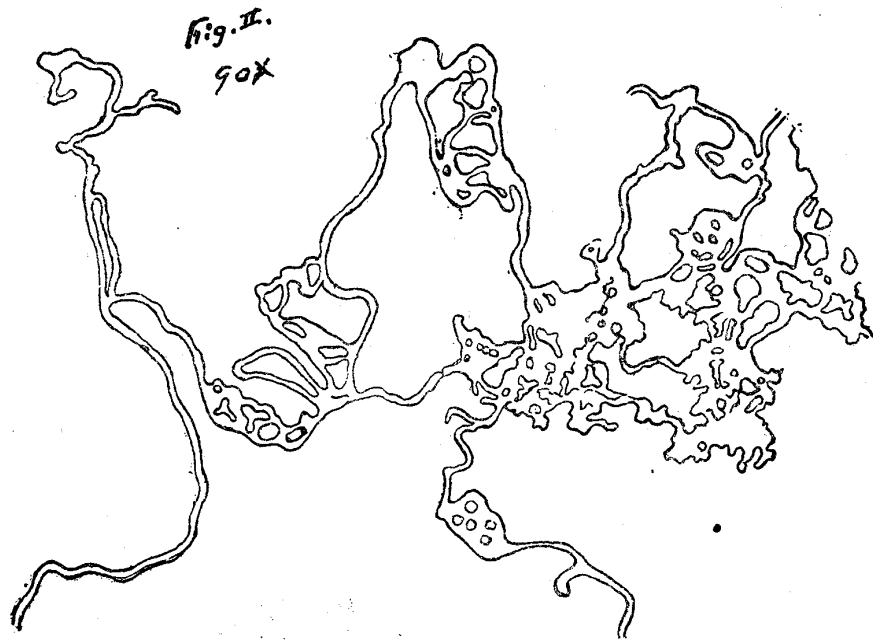
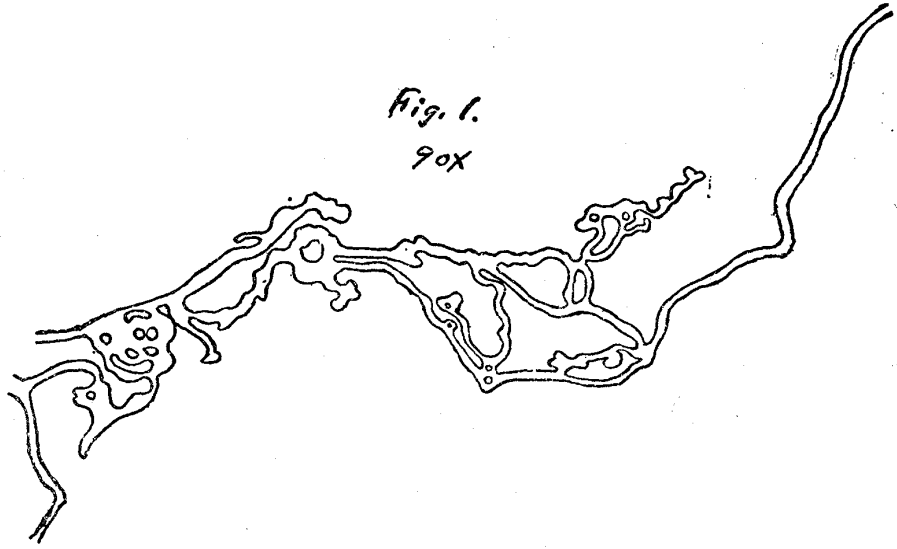
之を要するに鐵バクテリアによりて鐵の銹化する場合あること若くは其爲めに銹化現象を促進することあるは争ひ難き事實にして従て茲に云ふ生物説の唱へらるゝに至りたるものとす。

(二)鐵面に於けるバクテリアに關する我觀察

濕氣多き時期に際するか又は人工的に濕氣を與ふときは磨き澄ましたる鐵面に、初め肉眼にて辛して認め得へき微細なる斑點を生し、漸次に瀾蔓して肉眼にて認めらるゝに至り、次第に銹色を加ふるに至るを見るへし、此微細なる斑點若くは稍大なるに至れる銹斑を顯微鏡下に照し見るときは相異なる二様の形を呈せるものか、別々に若くは混同して存することを認むるなり、其第一類は茲に第一圖版第一圖及第二圖に示したる如く黃褐色の絲の纏絡せるか如き形を爲せるものにして、其第二類は第二圖版第一圖より第六圖に至るまでに描けるか如く團子の結合累積せるか如き狀を爲せるものとす。

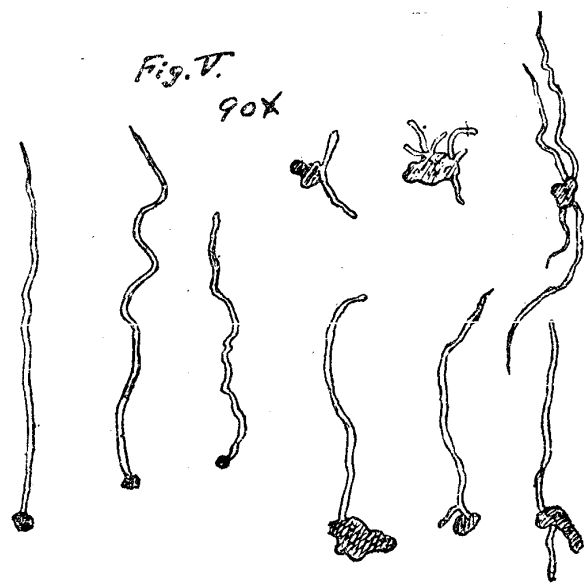
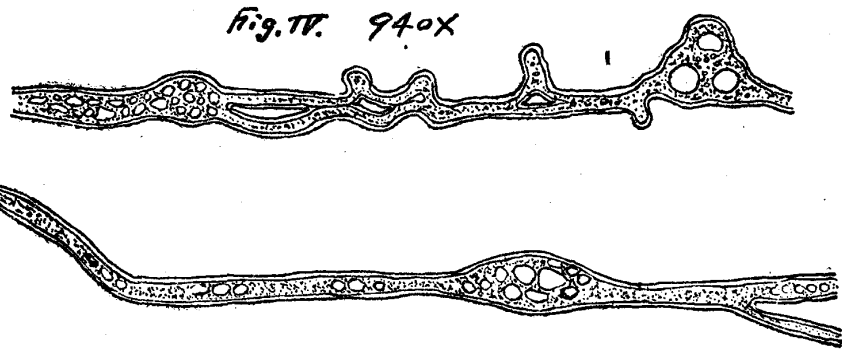
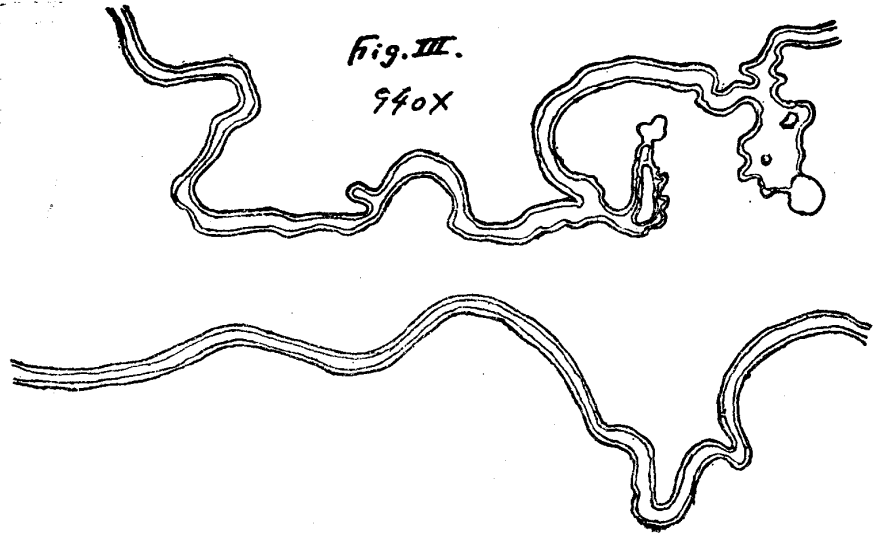
先づ第一類のものより説明せんに第一圖版は此種の形態を描けるものにして、第一圖は絲狀纏絡比較的簡單なるものにして第二圖は其稍複雑なるものなり、勿論之れ以上の程度に反纏絡結せるものあれども、茲には描寫上容易なるものを選びたるものとす、而して此の絲の古きものは黃銹色又は黃褐色にして其内容構造を觀察するに不適當なれども幼若なるものは無色にして、擴大せる顯微鏡下に檢するときは明かに膜鞘を有することを見るべく、第三圖參照擴大九四〇倍又猶一層幼弱のものを觀察するに、同じく無色にして膜鞘内に原形質様の微細なる内容物及液泡あるを見るへし、(第四圖參照擴大九四〇倍)即ち吾人か鐵面の銹斑は無機的に生したるものにあらずして有機的、換言すれば生物的に或種の鐵バクテリアによつて形成せられ銹斑は乃ちバクテリアの本體なりと認むる所以なり、而して、尙鐵バクテリアなる以上は人工的に培養し得らるる筈なりとの考を以て鐵化合物を混したる寒天培養基を作製して發育の有無乃至其生理的榮養物に就き試験せんと企てしか、其内只大正七年十二月十三日、硫酸第一鐵〇・一%寒天一・〇%ペプトン三・〇%にて製せる培養基中に鐵銹の粉末を接種し、攝氏一七—二〇度の定溫器中に置きたるもの、數個の培養基面に第五圖(擴大九〇倍)に描ける如き發芽の狀態を示せるものを觀察したり、然し乍ら之は單

第一圖版 (一)



第一圖版(二)

細菌バクテリアの作用に因る鐵の銹化



第二圖版 (一)

Fig. I

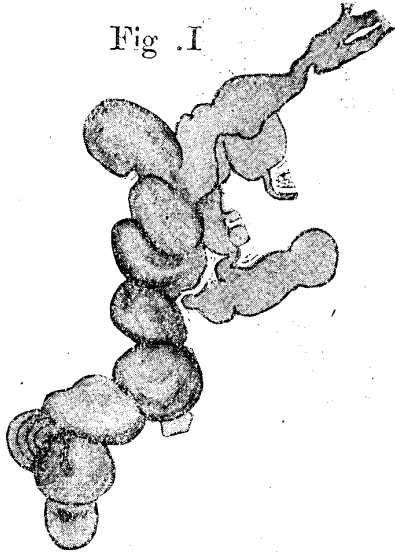


Fig. III.  
390X



Fig. II.

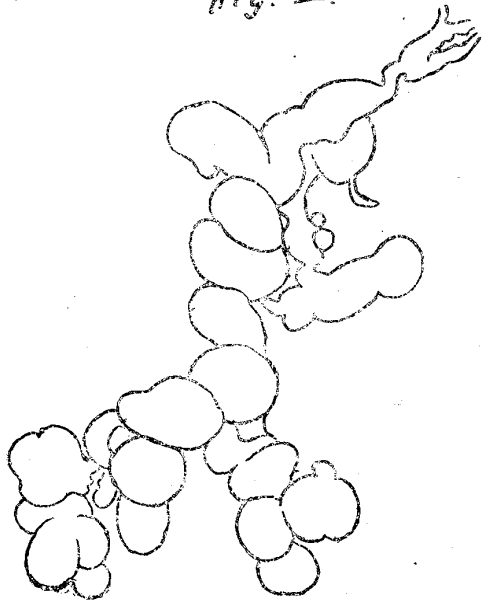
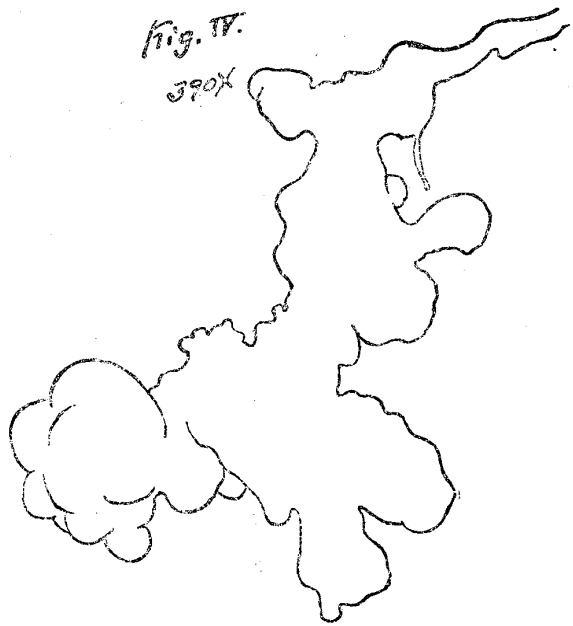


Fig. IV.  
390X



鐵  
と  
鋼  
第  
五  
年  
第  
七  
號

七  
五  
〇

第二圖版 (二)

細菌バクテリアの作用に因る鐵の銹化

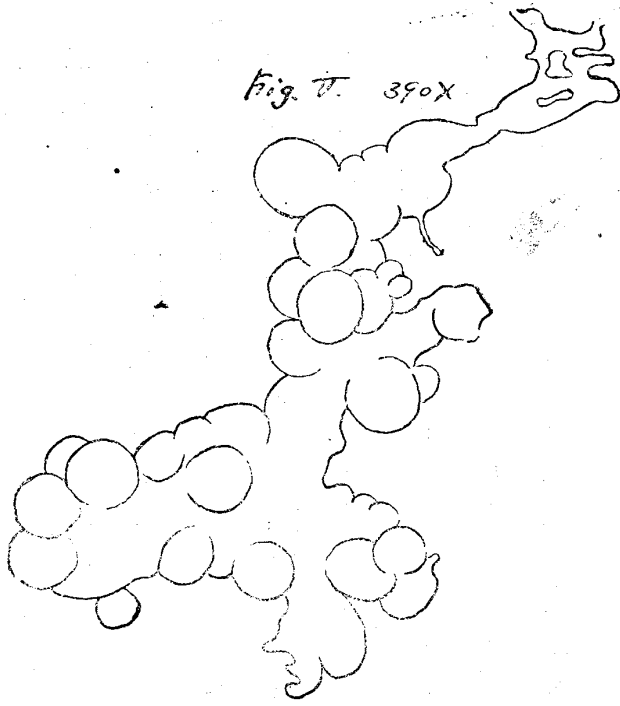


Fig. V. 390X

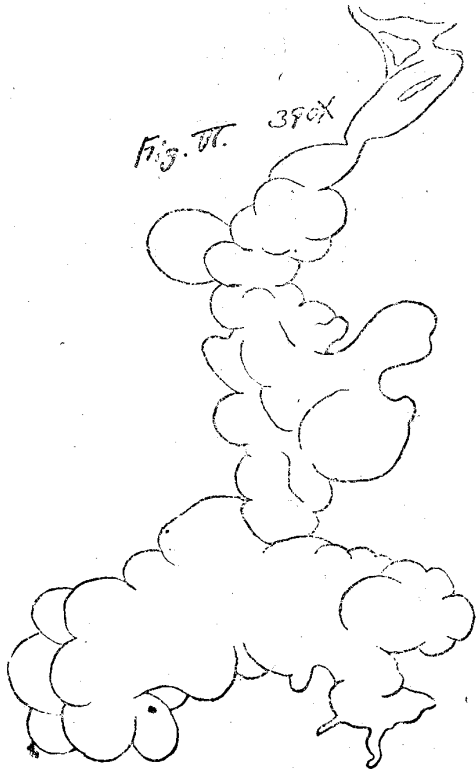


Fig. VI. 390X

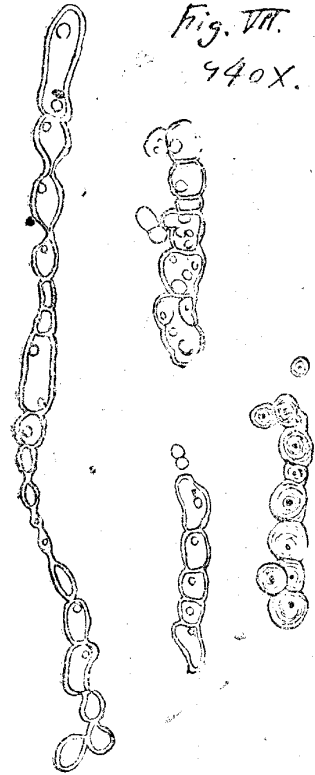


Fig. VII. 940X



に一回の觀察なるを以て猶同し種類若くは他の培養基上に培養し、進んで明白に前述の事實を確證せんことを欲し、所要藥品の準備に取掛りたるも親しく實驗するに至らずして今日に至りたり。

次に第二類のものに關する説明に移るへし、磨き澄ましたる鐵面上に前述第一類よりも異り、絲狀を爲さずして第二圖版、第壹圖(塚本技師描寫)に示せる如き球形又は橢圓形の相連結せる狀をせるものあるを見るへし、之れ茲に第二類と呼ぶものにして、初め淡紺紫色を呈し後に銹色となる、第二圖版第一圖以下第六圖迄は其形態の變化發育の有様を六日間觀察せる結果を順次に描けるものにして、第六日目に於けるものは第一日のものに比し著しく増大せるを見るへし、其増大の有様を觀察するに到底之れを無機的の銹化の蔓延と見るへからず、加ふるに其發育の極めて初期のものも觀察したるに、第七圖擴大九四〇倍に描けるか如く明かに膜鞘を有し内に著しく光線を反射する小粒體竝に液泡等を包有することを認む、之によりて第二類のものも亦バクテリアなりと認めざるへからず。

### (三)問題とせるバクテリアの名稱

案するに第一類のものは恐らくクレノソリツクス、ポリスポラ (*Crenothrix polyspora* Cohn) と呼ぶ鐵バクテリアなるか如きも、然し多少之れに當て兼ねる點あるを以て、寧ろ之れに近縁の其一新種と認むへきを適當とすへきものなりやと考へらる、此クレノソリツクス、ポリスポラか其膜鞘に水酸化鐵を蓄積する性質あることは既知の事實なり、(マンガンの酸化物をも併せて蓄積す)鐵分を蓄積する場合は其色褐色なれともマンガン含有の量多きに至るときは黑色を呈すと云ふ、而して此種ものは絲紐の末端に於て卵形の稍大なる細胞を生する習性あるを以て第二類のものは初め第一類の此種卵形細胞に外ならざるに非すやとの考を抱きしか、後に及んで兩者は關係なき別種のものとするを適當とすへきを認むるに至りたり、而して第二類のものは最も珍奇なるものにして

アクチノミセス (*Actinomyces*) に近縁のものかと思はるれとも、現在迄に知られ居る鐵バクテリア中之れに相當するもの未だ記載なきか如くなるにより、研究上一新種屬として取扱ふべきものなりと認む。

(四) 一般鐵バクテリアの種類に就て

茲に吾々の問題とせる鐵銹に見る二種のバクテリアの果して如何なる種類のものに屬すべきやを知らんか爲め、現今學術上に知られ居る鐵バクテリアの種類を調べ見たるにモーリツシユ氏の著書に據れば八種あるに過ぎず、即ち

1. *Chlamydothrix ochracea* (Kütz.) Mig. = *Leptothrix ochracea* Kütz.
2. *Chlamydothrix ferruginea* (Ehrenbg.) Mig. = *Gallionella ferruginea* Ehrenbg. = *Spirophyllum ferrugineum* Ellis.
3. *Chlamydothrix Sideropous* Molisch.    4. *Siderocapsa Treubii* Molisch.
5. *Siderocapsa Major* Molisch.
6. *Clonothrix fusca* Cohn.    7. *Cladotrix dichotoma* Cohn = *Sphaerotilus dichotoma* (Cohn) Mig.
8. *Crenothrix polyspora* Cohn = *Crenothrix Kühniana*, Zopf.

次に本邦に於ける此種バクテリアに關する報告は其數に富まざれとも大凡左の如きものあり。

一 理學博士三好學氏、Über das massenhafte Vorkommen von Eisenbakterien in den Thermen von Ikao. (Journ. Coll. Science, Tokyo X. 1897 pp. 136-142) 即ち伊香保の温泉中に鐵バクテリアの夥しく存在することを報告せるものなり。

二 理學博士白井光太郎氏、*Leptothrix Ochracea*, Kütz. (訂正増補日本菌類目錄三二三頁) の本邦に存することを記せり。

三 Molisch—Die Eisenbakterien, Jena, 1910.

右書中モーリツシユ氏は *Chlamydothrix* を自ら歐米、錫蘭、爪哇、支那等に於ても亦日本に於ても目

撃したりと記述せり。

四、理學博士服部廣太郎氏は明治四十三年の植物學雜誌及 Jour. Coll. Science, Tokyo. Vol. XL. Art. 4 に「植物學と水道との關係」と題し水道水中の微生物に就き記述せられたれとも、然し鐵バクテリアに就ては何等掲載せず。

五、醫學博士遠山椿吉氏一九〇五年「東京市改良水道の衛生的觀察」中

*Actinomyces chromogenes* 及 *Actinomyces albids* と云ふ二種の鐵バクテリアの本邦に存することを記されたり。

六、理學士川村多實二氏の天狗麥飯研究(大正五年六月植物學雜誌三五四號一四四頁)中、鐵バクテリアの一新屬一新種として *Vulcanothrix silicophila* n. g., n. sp. と命名せる一種を掲げたり。

以上に依つて以て從來本邦に存すとして知られたる鐵バクテリアの種類の全體を知り得るなり。  
(五)鐵バクテリアに關する二三の研究

前記フレンド氏の引用せるシヨルレル以下三氏の研究は如何なる問題に就き記述せるものなりやを調査せるに左の如きものなり。

(i) Schorler, B.—Beiträge zur Kenntniss der Eisenbakterien. Centralblatt für Bakterien und Parasitenkunde, 1904. 12

(ii) S. 681.—)

右は鐵を含有する水中に存する鐵バクテリアの二種クラミドソリックス及ガリオネルラに關する研究にして直接鐵の銹化と鐵バクテリアとの關係を取扱ひたるものにあらず。

(iii) Schorler, B.—Die Rostbildung in den Wasserleitungsröhren (ditto. 1906. 15 (ii) S. 564.—)

右は水道鐵管中に於ける銹の形成か鐵バクテリアの爲めに醸さるゝ場合に關する研究なるを以て大に參考とすべきものゝ如きも、未だ披讀せずして今日に至れり自然其内容を知らず。

(イ) Beythien—Über ein Vorkommen von Eisenbakterien in Leitungswasser. (Zeisch. f. Unters. d. Nahrungs- und Genussm., 1905. IX. S. 228)

右は單に水道水中に鐵バクテリアの存在に關する研究にして鐵銹の問題に與れるものにあらず。

(ニ) Adler—Über Eisenbakterien in ihrer Beziehung zu den therapeutisch verwendeten natürlichen Eisenwässern. (Centralbl. f. Bak. u. Parasitenkunde, 1904. Bd. II (ii) S. 215. 277).

右は醫家の治療上金氣ある水中に於ける鐵バクテリアの關係に就きて記述せるものたるに過ぎず。以上はフレンド氏の引用せるものなるか此外に猶文献として

(サ) Cohn—Über den Brunnenfaden (Crenothrix Polyspora) (Beiträge z. Biologie der Pflanzen, Bd. I. 1870).

(シ) Zopf—Untersuchungen über Crenothrix polyspora, die Ursache der Berliner Wasserkalamität, Berlin, 1879.

(ス) Beythien A. Hempel, H. Kraft J.—Beiträge zur Kenntnis des Vorkommens von Crenothrix Polyspora im Brunnenwasser (Zeisch. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genussm., Bd. 7. 1904. S. 25).

(チ) Molisch, Hans—Eisenbakterien Jena, 1910.

(リ) Lieske, R.—Beiträge zur Kenntnis der Physiologie von Spirophyllum ferruginum Ellis, einer typischen Eisenbakterie (Jahrb. f. Wiss. Bot. Bd. 49. 1911, S. 91.—)

等あれとも此等は凡て水中に鐵バクテリアの存在すること又は内部に常に流水を通ずる水道鐵管か其爲めに銹化することあることある等の研究のみにして、未だ嘗て今吾々の問題とせるか如き室内机上に於ける鐵片の銹化か細菌に因りて醸さるゝ事ある所の記述は今日迄探索せる外國の文献中には見當らざるか故に、此現象は恐らく日本特有の事實なるべく而して未だ研究せられざるものゝ如し。

## 50 (六)一般の鐵バクテリアの純粹培養に就て

未だ純粹培養に着手するに至らざりしか其培養には如何なる營養物を必要とするやに就き一  
二の參考書を披讀して下記の事實あるを知りたるを以て茲に記述し置くことゝ爲したり。

大凡鐵バクテリアの純粹培養に就ては、レツスル氏ブユスゲン氏ヘーフリツヒ氏等の研究あり、  
然し茲にはモリーリツシユ氏の記する處を參考と爲さんに、氏はクラミドソリツクスオクラセアと  
云ふ鐵バクテリアの一種を材料とし先づ其不純培養に於て諸種の培養物質の影響を驗したるに

一、滿脛ペプトン 二、枸椽酸鐵亞母尼亞 三、炭酸滿脛加ペプトン 四、磷乳酸滿脛  
五、醋酸滿脛  
六、ペプトン加硫酸鐵 七、酒石酸鐵亞母尼亞

等の水溶液中に發生著しきを見たるにより、上水中に〇〇五%の滿脛ペプトンを加へ放置するに、  
一乃至二週日にして濃褐色の被膜を形成するを見たるにより常法に従ひ

上水 一リール 滿脛ペプトン 〇・五瓦 寒天 一〇%

の固體培養基を用ひ扁平培養を行ひ攝氏二五度に放置したるに疑もなく此鐵バクテリアの集落  
を分離したるを以て、再三其の培養を反覆したれとも遂に其粘液鞘に附着せる小球菌を分別する  
能はざりしか、試みに二%ペプトン水に移植せる一日乃至三日の後無數の游走子を發見し之に依  
て全く純粹培養を得たりといふ。

又理學士川村多實二氏か天狗の麥飯中の鐵バクテリアを培養するに用ゐたる特殊培養基は左  
の如し。

一、磷酸鐵グリセリン(〇〇五及〇一%液)

二、硫化鐵細粉を數日間浸したる水の上澄に少量のペプトンを加へたるもの

三、醋酸マンガン(〇〇五及〇一%液) 四、鐵マンガンペプトン(〇〇五%液)

五、枸橼酸鐵アムモニウム(〇〇五%液) 六、酒石酸鐵アムモニウム(〇〇五%液)

吾等の研究材料たる鐵バクテリアも恐らくは以上の諸種の培養基の何れかを用ゐて培養することを得べきものと信するも未だ其運ひに至らずして止みたり。

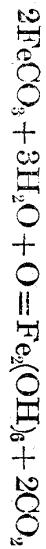
(七)鐵バクテリアの生理に就て

ヴァイノグラドスキイ氏の考説によれば鐵バクテリアの鐵分吸収は生理上缺くへからざるものにして之れに依りて能く勢力源を得るものなりと爲せとも、モリーリシユ氏は單に器械的沈澱に過ぎすと爲したり、ウ氏の説によればクラミドソリックスと云ふ鐵バクテリアの粘液鞘を以て圍まれたる生活細胞は外圍より水分に溶解せる炭酸第一鐵を體內に吸収して之を酸化し先づ溶解性の酸化鐵となして排泄し再び粘液鞘内に取入れ漸々不溶解性の鐵鹽を生ずるなりと、炭酸第一鐵を吸収する事の事實は無鐵培養に於ける無色なる菌を取り之を新鮮なる炭酸第一鐵溶液と共に玻璃上に置き温室に放置すること一日の後、フェロチアンカリウムと鹽酸とを以て處理すれば直ちに濃藍色を呈するのみならず、フェリチアンカリウムを以ても呈色反應を起すを以て第一鐵及第二鐵を含有することに依りて知る事を得と云ふ。

リースケ氏は此兩者の折衷説を爲したり、リースケ氏かスピロヒルム、フェルギネムと云ふ鐵バクテリアの生理に就きて行ひたる研究の結果によれば此種の發育に對しては光は何等の影響を及ぼさざれとも温度は甚たしく關係あり、二十七度に至つては全く發生せず、二十二度に於てすら甚たしく發生微弱なれとも、零度乃至〇五度に於て良好の發育を見、從つて夏季溫暖の候には之を發見すること稀なりといふ、又此バクテリアは鐵の供給なくんは發生すること能はざるものなれとも、炭酸鐵以外の鐵鹽及滿俺其他の金屬を以ては之を養ふことを得ず、又有機物の存在を嫌忌するの性質あり、沈澱したる鐵は體內一樣に分布し特に周圍に多く沈澱するか如き現象を見ず、但

し鐵バクテリアの他の二三種に於ては稍々異り周圍の粘液鞘中にのみ沈澱す斯の如く鐵鹽を以て見ればモーリツシユ氏の説の如く純粹なる物理化學的現象なりと稱するは矛盾せるか如く見ゆれとも實は然らずしてリースケ氏の實際によりても明かに器械的沈澱の事實有るを見ること恰もホルマリンを以て凝固せしめたるゼラチンの鐵分を吸収すると異らず、然かも器械的吸収量には質量作用の定律に従ひ一定の定限あるものなれば生活時の著しき沈澱は一に其生理的性質に俟たざるへからず、故に鐵バクテリアの炭酸化は生活現象と密接なる關係あるものにして炭酸同化の勢力源を與ふるものと云ふべく、依つて或程度の熱量を得て炭酸を同化し原形質を構成するものなりと云ふ。

從來知られたる主要なる鐵バクテリアの好む處の水中に於ける鐵分は酸化物としてよりも、却て可溶性なる炭酸化合物として  $\text{FeH}_2(\text{CO}_3)$  の形あり、然しヱイノグラトスキー氏の説に依ればバクテリアにありて分解せられ



となり水酸化物の形を爲し吸収せらるゝものにして之れか膜鞘に蓄積するや初め淡黄色なるも後には暗褐色を呈するものなりと爲せり。

恐らくは我鐵バクテリアも亦本邦多濕の結果、鐵面に濕分を附着すること多きにより鐵表面の部分は恰も水中に在る鐵分の如き炭酸化合物となり茲に問題とせるバクテリアの着生發育を喚起するに至るものなるへしと考へられ、其微細なる芽胞は銹粉と共に常に空氣中に浮遊し以て傳播繁殖するものと認めざるへからず。

要之に此の問題又は之れに類似の問題に關しては外國の報文に見ざる所なるか如く、従つて恐らく本邦固有の現象にあらずやと思はれ興味ある研究事項なりと惟思せらる。(完)