

## 研究にたずさわる人たち

最後に金材研の若手研究者の方々との懇談会が行われました。まず「どのようなサイクルで研究してらっしゃるのですか。」という質問に対しては、「朝9時頃から仕事を始めます。午前中は実験以外のデスクワーク。午後から実験を始めて、夜9時頃に帰るような感じですよ。」という答え。「ふむふむ。この辺は大学の生活と同じだな。」と思ったら、「学生の時と違ってご飯は三食食べてるし、生活もきちんとしましたよ（一同笑い）。」という答えも。このあたる余裕がプロフェッショナルとアマチュアの違いかな

どと思ってしまいます。さらに「年間のサイクルとしては年2回の春と秋の学会では必ず発表して、その内容は論文にしてまとめなければならないんですよ。この時期は夜遅く残ることも多くなりますね。」皆さん研究員とはいえ僕たちと2歳くらいしか違いません。「がんばっているんだなー。」本当にそう思いました。金材研は設備が整っているだけでなく、人材の面も整っていることが実感できます。このような所だからこそ今回見せていただいたようなすばらしい研究成果が生まれるのだらうなと思いました。

(平成7年3月20日受付)

## 談話室

### 鉄と腐食——銅並みの耐食性にできないものか？

松島 巖 / NKK総合材料技術研究所

#### なぜ鉄だけが……

10円玉はなぜさびないのか？ 当たり前すぎて考えたことのある人は少ないだろう。1～2パーセントのすずと3～4パーセントの亜鉛が加えてあるというから青銅の一種だが、実質的には銅である。10円玉はなぜさびないのか？ 私は時々、ある感動と共に10円玉を見つめる。

教科書的な説明では、空気中で銅の表面には亜酸化銅( $\text{Cu}_2\text{O}$ )の皮膜が自然に作られ、これが水と酸素を寄せつけないから、10円玉はふつうに扱っている限りさびたりしないのだという。1 $\mu\text{m}$ 程度の薄い皮膜である。こんな薄い皮膜でよくさびないものだ。銅という金属それ自体が強いのではない。

国によっては鉄に亜鉛めっきした硬貨を使っているようだが、裸の鉄の硬貨ではすぐにさびてしまう。光った鉄にも皮膜がついている。空気酸化皮膜と呼ばれるもので極めて薄く数ナノメートルである。常温ではそれ以上の厚さに育たない。そして水や湿気によって非常に壊れやすく、相対湿度が50～70パーセント以上になるとさび始める。

屋外では銅もさびる。銅葺のお寺の屋根は風雪に曝されて、緑青という名のさびに覆われている。しかし、腐食は

あまり進まないの、ふつうは何百年も保つ。緑青（下地は $\text{Cu}_2\text{O}$ ）の皮膜が水と酸素を遮るからである。

屋外に放置された鉄には赤さびができる。このさびの皮膜も多少は水と酸素を遮るが、その能力に限りがあるので腐食はかなりの速さで進む。緑青と赤さびのちがいはどこにあるのだろうか。

大気、水、土といった自然環境下で、鉄以外の金属は発錆や腐食に基本的に強い。金や白金のように熱力学的に腐食反応が進み得ない金属は別として、鉄以外の実用金属がさびにくいのは、すべて表面にできる皮膜のお陰である。緑青のようにいかにもさびらしい皮膜は例外で、ほかのはもっと薄い。そして、薄い皮膜にも2種類ある。

銅、亜鉛、鉛などの皮膜は恐らくはミクロン程度の厚さで、10円玉の皮膜のようにさびらしくはないが、基本的にはわずかとはいえ腐食反応によってできたものである。色はやや黒ずんで、金属光沢ではなくなる。このような皮膜は水や酸素を遮断することによって腐食を抑える。

ステンレス鋼、チタン、アルミ、クロムなどにできるものは、数ナノメートル以下の極めて薄い皮膜である。透明だから金属光沢を低下させない。環境に触れるとほとんど瞬間的に生成し、その後多少成長する。不動態皮膜とよば

れ、金属原子がイオンとなって溶け出すのを妨げることによって腐食を抑える。

このように、自然環境での耐食性を左右するものは皮膜である。鉄の皮膜だけが、頼りにならないのである。

### 鉄もよく保つこともある

しかし、雨ざらしの鉄があまり腐食せず、長年月、さびはしてもあまり減らないという例がいくつかある。そのひとつは鉄道のレールだ。

19世紀前半、英国で鉄道が開通したときから鉄のレールが使われてきた。初期は錬鉄製、その後は鋼製である。歴史的に何の防食もされず、トンネル内などを除くと腐食の問題はない。頭部は磨耗するから厚く作られている。興味あるのは側面で、雨ざらしなのにさびは薄く細かく、密着してボロボロにならない。そしてあまり腐食せず、20～30年使っても問題ない。材質的に耐食性が良いわけではないのである。

ただし、良いのは使われている間だけである。廃線になると、ふつうに腐食する。この理由は何だろうか。

同じような例は、鋼製枕木である。御殿場線に50年ほど使っていたTHYSSEN1927年製というのを調べたが、さびは緻密かつ滑らかで、腐食は軽微であった。

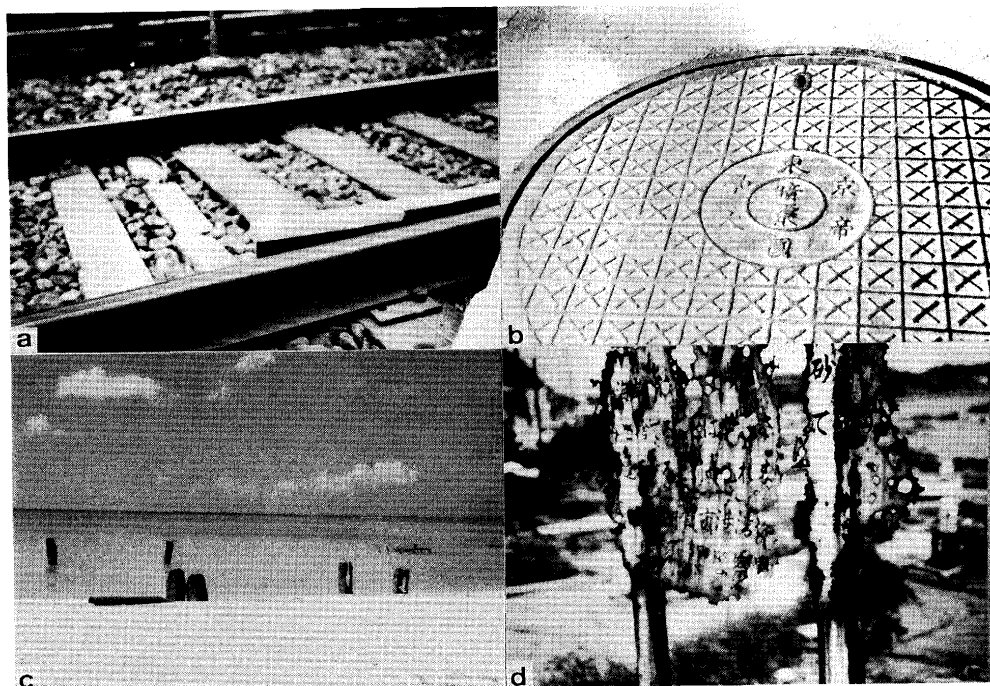
レールと枕木に共通するのは、列車の走行によって風が巻き起こることである。風がなぜ良いのか分かっていない。

考えられることは、空気（酸素）の供給が良くなることと、濡れても乾きやすいことだ。その一方か両方の作用で防食性の良いさびになるのだろう。理屈は兎も角として、環境がちょっとちがうだけで鉄も雨ざらしで大丈夫ということである。

身近かなもうひとつの例は、マンホールのふたである。黒紫色につやつやして、数十年使ったものでもあまり腐食している様子はない。これは足で踏みつけられることに関係しているらしい。何も鑄鉄だから良いのではない。工場内の側溝にはよく鋼板のふたが使われているが、結果はマンホールのふたと同じである。曲がり角などの人があまり踏まない部分は、赤くさびている。似たような例はガードレールの上端で、人がよく足を掛けるようなところは塗装は剥けているが、黒光りしている。

有名な例は、インドのニュー・デリーの南、十数キロにあるクトブミナル寺院の鉄柱だ。俗にデリー・ピラーと呼ばれ、高さ約7m、直径は太いところで約40cm、重さ6トンの記念碑で、約1600年間、風雨に曝されながらあまり腐食していない。下のほうは人が触るので、使い込まれた学校の鉄棒のような外観だ。りんが0.1パーセント程度と高く、マンガンと硫黄が低い以外に材料に成分的特徴はなく、材質的にそのような耐食性は望めない。

最も有力な説は、この地域の気候は乾燥しているうえ汚染も少ないからという環境説だ。この地で短期間行った、炭素鋼の大気暴露試験結果から推定すると、鉄柱の腐食量



鉄はわずかな環境のちがいで運命は大きく変わる

- a : 平均して25年は使われるという鉄道レールの側面の腐食は軽微である
- b : 「東京帝國大學」の文字がシャープに残っている古いマンホールも、雨ざらしの状態に耐える
- c : 南洋の島の旧日本軍の棧橋は腐食して、わずかに名残をとどめる
- d : 「ごみを捨てるな」という立札がボロボロのごみとなって……

は1600年で200 $\mu$ m程度と小さい。同じだけ腐食するのに、東京なら数年、日本の田園地帯なら百余年。東京に数年放置してあった鉄を見ていると思えばよいのだ。

## 材質的に保たせられないものか

以上のように、ちょっと環境がちがえば鉄もあまり腐食しないのなら、材質的工夫によってふつうの環境で銅並みの耐食性にならないものだろうか。

高純度にすればさびにくいという話がある。確かに高純度の鉄、特にマンガと硫黄が低く、MnSが少ない鋼は、室内のように水に濡れない条件にあれば、光った状態からさびが出るまでの時間は長い。玉鋼で作った名刀がその例だ。現代鋼でも作れる。空気酸化皮膜がMnSが露出しているところで破れてさびやすいのを防いでいるのである。しかし、屋外に放置すればふつうの炭素鋼同様さびる。条件が厳しいので皮膜がいろいろなところで破れるからだ。時間が経てば全面がさびて減って行く。

屋外でふつうにさびるが減りにくいのが、低合金耐候性

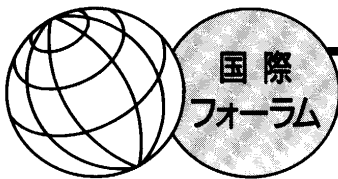
鋼である。配合されているわずかな銅、クロムなどが緻密なさびを作らせるためである。あまり海岸に近くなければ腐食量は50年で大きくても200~300 $\mu$ mだから、橋などの構造物に塗装せずにも使える。炭素鋼より数倍強い。しかし、銅に比べると腐食量は10倍程度大きい。

海岸に近いとよいさびが出来ず、炭素鋼よりもましではあるが腐食量は大きすぎる。例えば太平洋岸では2km以上離れなければならない。また、水や土の中ではさびの性質は炭素鋼と変わらず、同じように腐食する。

## 鉄を銅並みに

高純度鉄も耐候性鋼も、それなりに良い耐食特性を示すが、銅やその他の金属と同列というにはほど遠い。しかし、レールやマンホールを見ていると、何とかなくてもよいような気がする。和鋼は千年以上の歴史を持ち、耐候性鋼も誕生して60年になる。そろそろ何か新しいアイデアによって、銅並みの鋼ができて良い頃だ。

(平成7年1月10日受付)



## 小規模国際会議 「低炭素高強度鋼の組織に関する国際シンポジウム」

小指 軍夫/NKK技術開発本部

### 小規模国際会議とは

1994年11月29日から12月1日にわたり日本鉄鋼協会主催(組織委員長 荒木 透 (株)神戸製鋼所顧問)の小規模国際会議「低炭素高強度鋼の組織に関する国際シンポジウム」が東京大学山上会館(本郷)において開催された。英文名称はInternational Symposium on New Aspects of Microstructures in Modern Low Carbon High Strength Steelsで、略称はMicrostructures LCS'94あるいはLCS'94である。

そもそこの小規模国際会議とは協会が新たに実施されたもので、焦点の絞られたカレント・トピックスについて少人数でタイムリイに会議を開催し、国際的な専門家同士で膝を交えた討論をして、その分野の学術的・技術的進展をはかろうとするものである。参加者数は従って100名以内

の規模であり、また従来の協会主催の大規模な国際会議と違い、運営は完全独立採算を原則としているためコストミニマムで進める必要がある。また協会事務局の関与もミニマムで基本的にボランティア的に進めることになっている。簡単にいうと国際会議をやりたければ協会の認める限り自分たちの責任においてどんどん開催してよいということである。

このシンポジウムは第2回の小規模国際会議である。第1回は1994年5月に開催された「IF鋼の金属学」であるが、この場合は外部からの資金援助を受けているので、今回が実質的な独立採算の第1回のテストケースといえる。実はこの厳しい不況の中で十分な参加者があるかどうか危惧していたが、幸い100名(うち海外24名)の参加者があり一応の成功を収め、また収支の面でも黒字となり、関係者一同胸をなで下ろしているところである。