

じ ゆうけんきゅう つか
自由研究に使える

きん ぞく ふ しよく

まんが
やさしい

金属腐食

ほん
の本

たいせつ かがく ぎじゅつ
—ものを大切にする科学と技術—



こうえきしゃだんほうじん

公益社団法人

ふしよくぼうしよくがっかい

腐食防食学会

さくが

作画

なが お る み

永尾 瑠美

まんが

きんぞくふしょくほん
やさしい金属腐食の本

たいせつ かがく ぎじゅつ
—ものを大切にする科学と技術—



こうえきしゃだんほうじん ふしょくぼうしょくがっかい
公益社団法人 腐食防食学会

あいじょう つつ げんしょうたいけん
愛情に包まれてする現象体験が
ひと のうないしんけいかい りる けんぜん はついく
人の脳内神経回路を健全に発育させます。



げんば
ものづくりの現場でも、
げんり じんざいいくせい
この原理にもとづく人材育成がなされています。

げんしょうたいけん か
現象体験のモデル化のため、
がくじゅつ つか じっけん じっしょう
学術を使い、実験し、実証すると、
こうど かがく ぎじゅつ でき
高度な科学や技術が出来るのです。

ぜ ひ
まずは是非とも、
ほんしょ よ げんしょうたいけん
本書を読んで、現象体験をしましょう！

しょうがくせい ちゅうがくせい 小学生・中学生のみなさんへ

みなさんは“さび”って知っていますか？ そうそう、みなさんの大切な
自転車などで目にする赤茶けた、あの“さび”のことです。“さび”って、きたない、いやですね！ 手入れをせずに、放っておくと、どんどん“さび”が広がっていき、本当に困りますね。周りをみると、公園のブランコや学校の鉄棒などでも、赤茶けた“さび”がありますね。“さび”は鉄の自然現象なのです。鉄は金属の一つで多くの金属はさびます。さびることを腐食といいます。

一方で、さびない鉄って知っていますか？ そうそう、あの金属色の光っているステンレスがそうです。台所などにたくさん使われていますね。でも、ステンレスは実は少しさびているのです。少しさびているから、大きなさびができません、さびていないようにみえるのです。でも、どうして金属はさびるのでしょうか？ さびの正体は一体何でしょうか？ 不思議ですね。面白いですね。

こうした金属腐食の現象は、奥深く、高校生、大学生になって習うことですが、とても面白く、理科を知るためにも役にたつので、この本では小学生のみなさんでも十分理解できるように、まんがでやさしく解説しました。また、さび現象を自ら体験して、夏休みの自由研究などにも使えるように、工夫しました。“さび”の不思議の世界に入り、さび研究体験してください。



高校生・大学生のみなさんへ



みなさんは物理や化学が好きですか？ 嫌いですか？ 物理や化学はみなさんがこれまで小学校や中学校で習ってきた理科の一教科で、地学や生物、天文、あるいは数学などと同列のいわゆる自然科学の学問分野の一つです。金属腐食の現象は、身近な自然現象で、その基本的な扱いは物理(電子など、物質や粒子の動きとエネルギーを考える学問)と化学(元素同志の相性や結びつきを考える学問)に属します。

物理や化学といいますと、2008年に日本人が一挙にノーベル賞とりましたね!! 小林誠博士、益川敏英博士、南部陽一郎博士の三人が素粒子研究で物理学賞を、下村脩博士が発光タンパク質の発見で化学賞を受賞されました。快挙の一言で、同じ日本人として本当にうれしいことです。2010年には根岸英一博士、鈴木章博士が有機物の合成に金属触媒を用いるクロスカップリング法の開発で化学賞を受賞されました。これで物理や化学で13人の日本人がノーベル賞に輝きました。金属腐食の現象は、これらの基本で、しかもこれらに勝るとも劣らず面白く、私たちの生活との関わりも、より身近です。

この腐食の本では、金属はどうして腐食するのか、ステンレスは何故腐食しにくいのか、さらには腐食と世の中との関わりなどをまんがでやさしく解説しました。また体験すると興味が高まり科学の勉強も楽になります。そこで、身近な金属腐食の面白い実験ができるようにしました。物理や化学が嫌いな人は物理や化学が好きになり、物理や化学が好きな人はもっと物理や化学が好きになること請け合いです。一生懸命考えて、わかって得た知識は、みなさんが社会人になってからいろいろな場面で役立ちます。この腐食の本を読んで、腐食の実験をして、物理と化学の関係を金属腐食で是非とも体験しましょう!

お父さん、お母さん、学校の先生へ

人間が人間らしい快適な生活をしていくうえで、今や金属材料は欠かせないものとなっております。21世紀に入り、二酸化炭素排出による温暖化など地球環境への配慮もますます必要となっております。化石燃料や資源の枯渇、クリーンエネルギーの確保など、さまざまな社会的問題を解決していくために、私たちは金属材料をさらに長持ちさせ、安全に使いこなしていかなければなりません。本書は、ものを大切に作る科学と技術を、子供から大人まで幅広い年齢層の方々に楽しみながら学んでいただくため、学校教育機関やご家庭での教育用資料として企画・編集されたものです。

本書の企画・編集にあたった公益社団法人腐食防食学会は、金属材料をはじめとする材料全般の腐食防食に関する研究の連絡・提携及び促進を図るとともに、腐食防食に関する調査研究及び技術の普及、指導を行い、もって腐食防食に関する科学技術の発展と材料の使用上の信頼性向上に寄与することを目的に、公益認定を受けた社団法人です。本会活動への会員の貢献の蓄積により、日本の工業製品の信頼性や腐食防食に関わる学術研究水準は世界に冠たるものになっていると自負しております。

身近に起きている金属腐食現象は、簡単のように見えて奥深く、その理論や研究手法は物理・化学・生物・数学などを総合的に駆使した大変高度なものとなっております。本書では小学生高学年が少し頑張れば理解できるように、原理の説明は簡素化しました。そのため、学術的厳密性をやや犠牲にしております点、あらかじめご了承ください。

人類の未来と子供たちの将来のため、そして地球環境と人類社会を考えるため、是非とも本書をお読みいただき、新しい科学技術創生への現象体験をさせてあげてください。

2011年11月30日(編著完) 2014年1月18日(改)



公益社団法人 腐食防食学会

協力： 独立行政法人 物質・材料研究機構

編著：「やさしい金属腐食の本」企画編集委員会

- 委員長 瀬尾真浩 (北海道大学名誉教授)
- 主査 紀平 寛 (日鉄住金防蝕株, 横浜国立大学客員教授)
- 委員 嶋 遥 (株シュリンクス)
- 委員 鈴木智康 (株シュリンクス)
- 委員 田原 晃 ((独)物質・材料研究機構)
- 委員 土川裕子 (株シュリンクス)
- 委員 中山武典 (株神戸製鋼所 材料研究所)
- 委員 藤井和美 (株日立製作所 材料研究所)
- 委員 宮田恵守 (沖縄工業高等専門学校教授)
- 委員 山手利博 (株竹中工務店 技術研究所)
- 作画 永尾瑠美 (イラストレーター)

とうじょう
登場キャラクター



コウくん



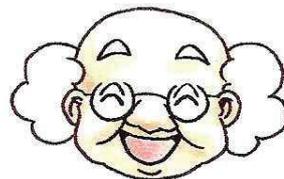
あるみさん



あきらさん



コロちゃん



ガルバ^{きょうじゅ}教授



スチイルさん

あれ さびちゃった～
なんでだろう？





やあ どうしたんだ?

ぼく じてんしゃ
僕の自転車が
さびちやった

てい
なまけて手入れ
しないからだよ

そうよー
じてんしゃ か
この自転車を買ってもらうとき
まいにち やくそく
毎日みがくって約束したじゃない

じてんしゃ
さびた自転車
カッコわるい
ニヤン



ところで
あきらさんの自転車は
さびていないけど

まいにち
毎日みがいて
いるんですか?

じてんしゃ
ピカピカ自転車
カッコイイーニヤン

まいにち
毎日みがくなんて
めんどう
面倒なことはしないよ

けんきゅうじよ
つくばの研究所の
さいしん ぼうしよく ぎじゆつ
最新の防食技術を

じてんしゃ
この自転車に
おうよう
応用したんだ

ぼう しよく ぎ じゆつ
防食技術——う?!

なにそれ~?

わっははー
わ くに
我が国が
せかい ぼこ
世界に誇る

さいせんたん
最先端
ぎじゆつ
技術さ!

いったい
それは一体
なん
何ですか?
ぜ ひ
是非
おしえて
くだ
下さい

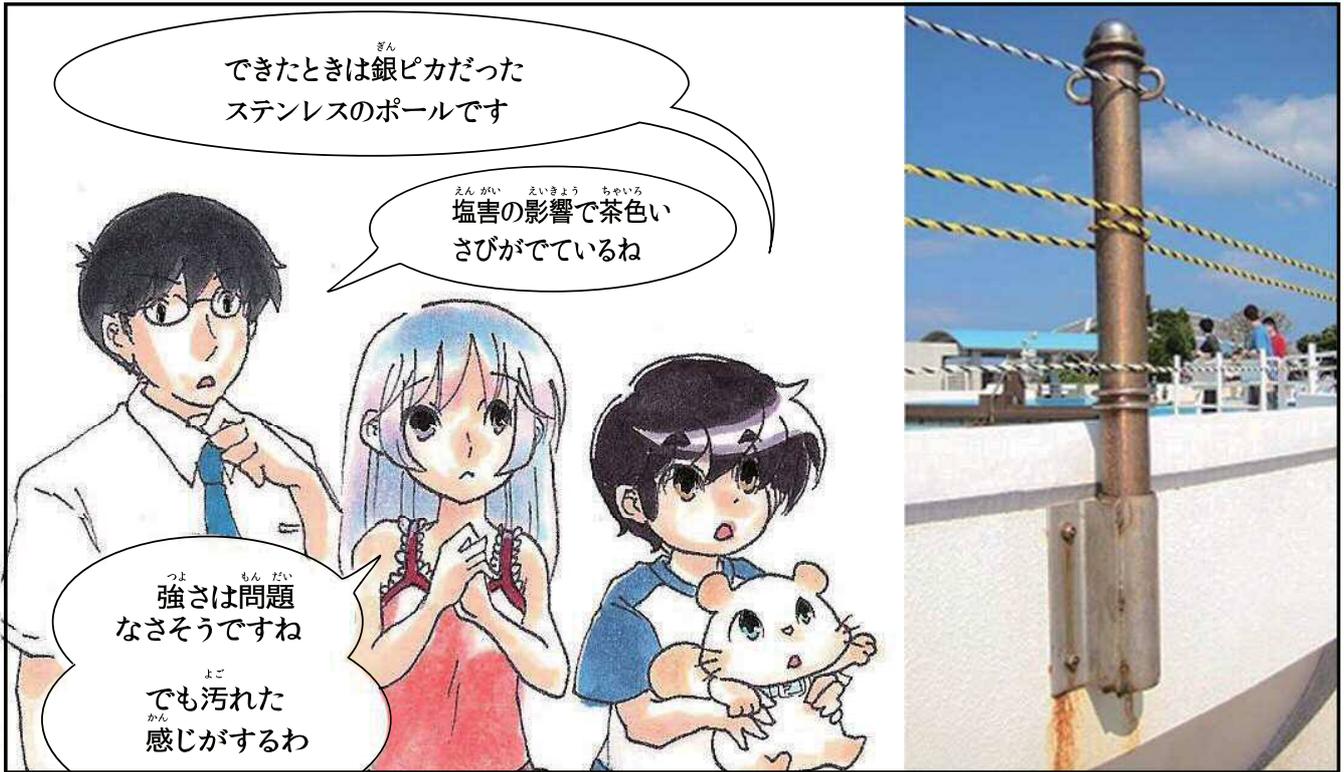
まち か かい
街や家庭でも
みなさん
さびで困っているん
じゃないかい?

どんなさびがあるか
さが
探してみよう!



いろいろな金属 いろいろなさび





のどがかわいた。水を飲もう。
うわっ！



こんなの
飲みたくないわ

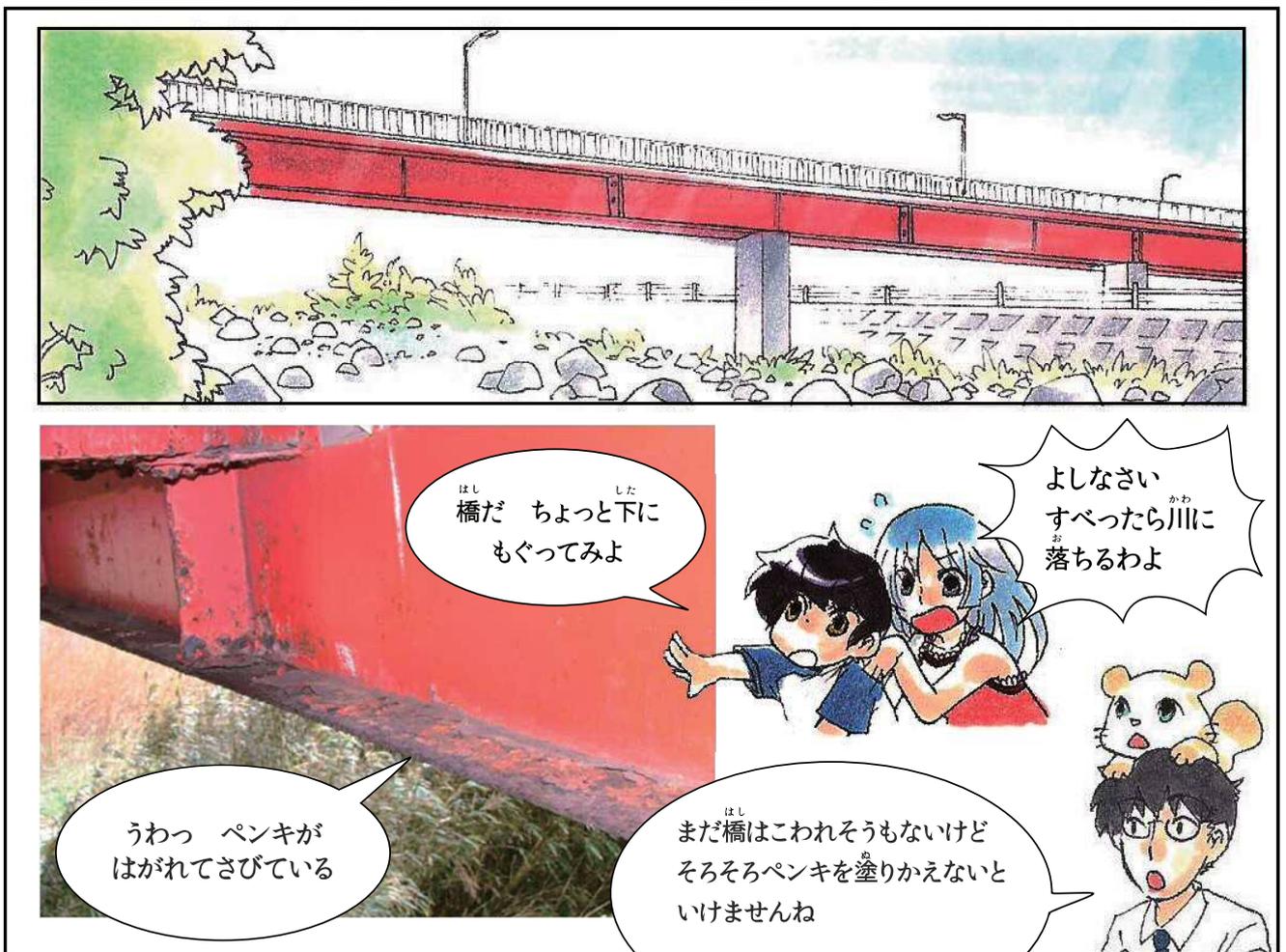
最近めずらしいけど、
水道管の中で鉄が
さびているんだ。
水道管の中をみてみよう。



なにこれー。
さびがつまっている。

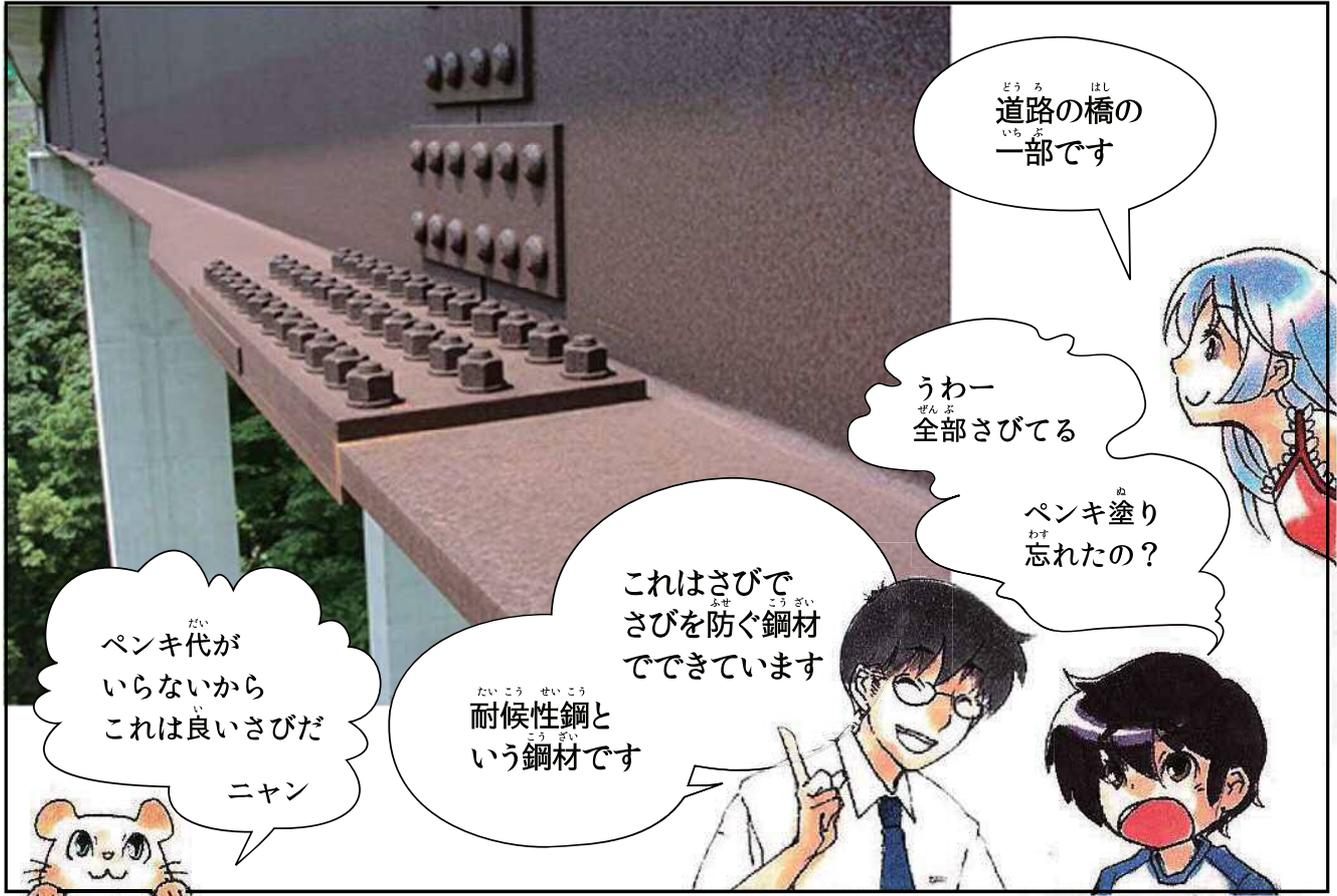


こまったニヤン。





上: ニコライ堂 (東京都千代田区駿河台)
下: 靖国神社 (東京都千代田区九段下)

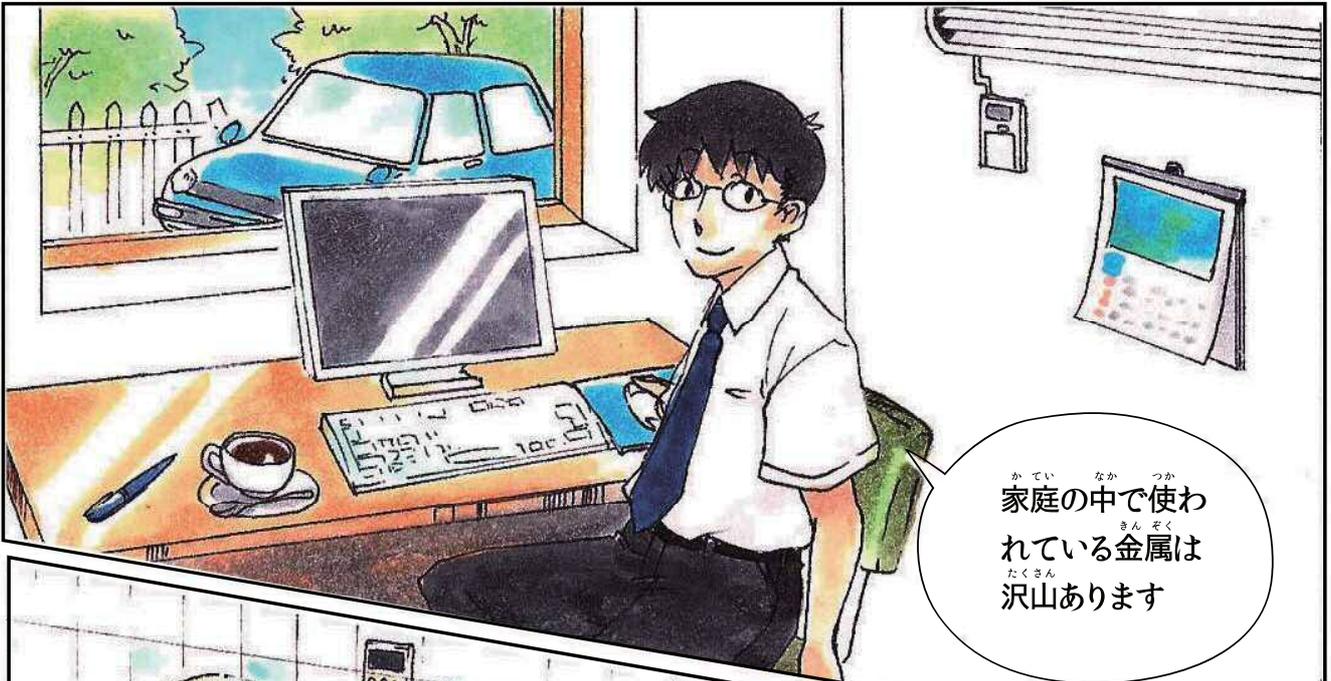


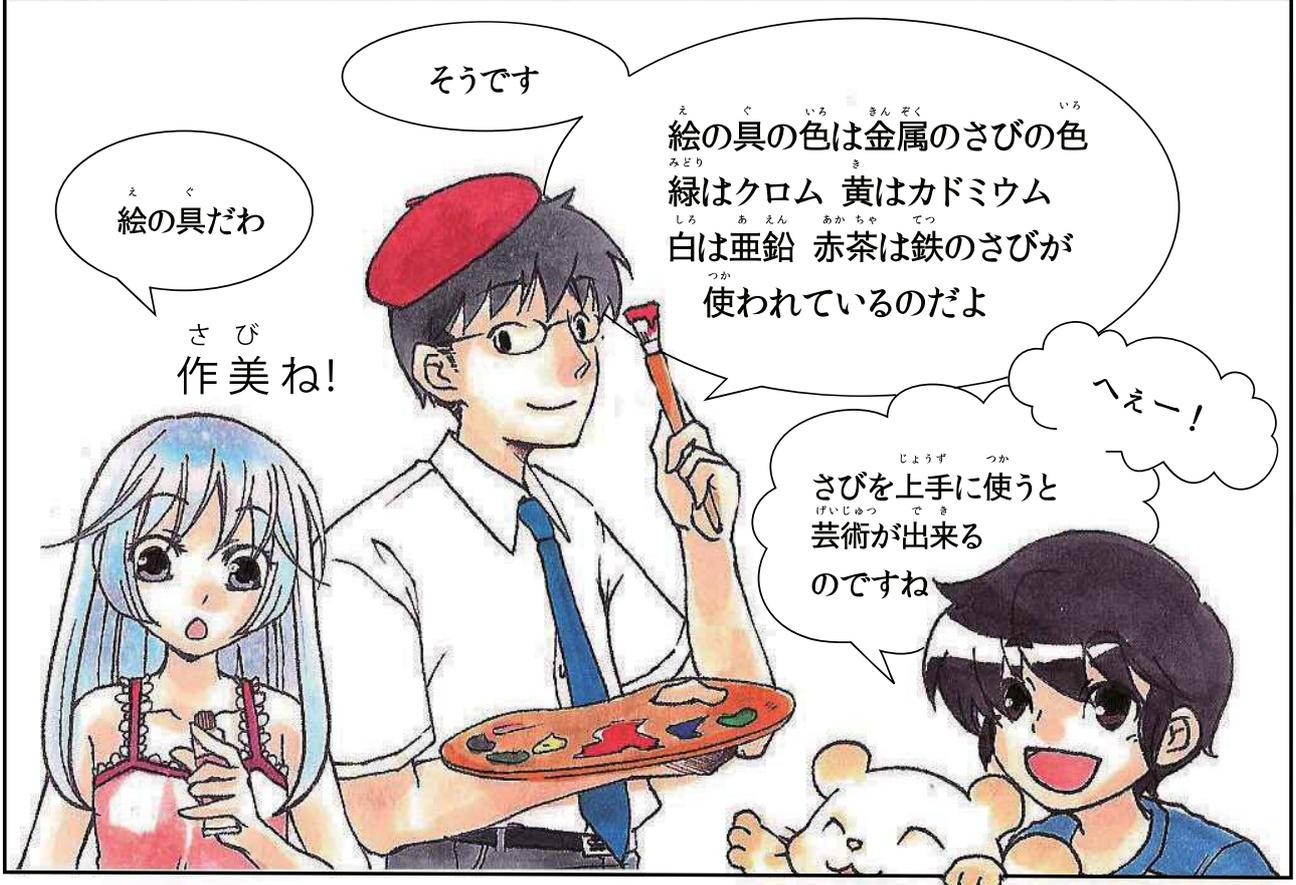
展示館の屋根に 耐候性鋼材を使ったんだ



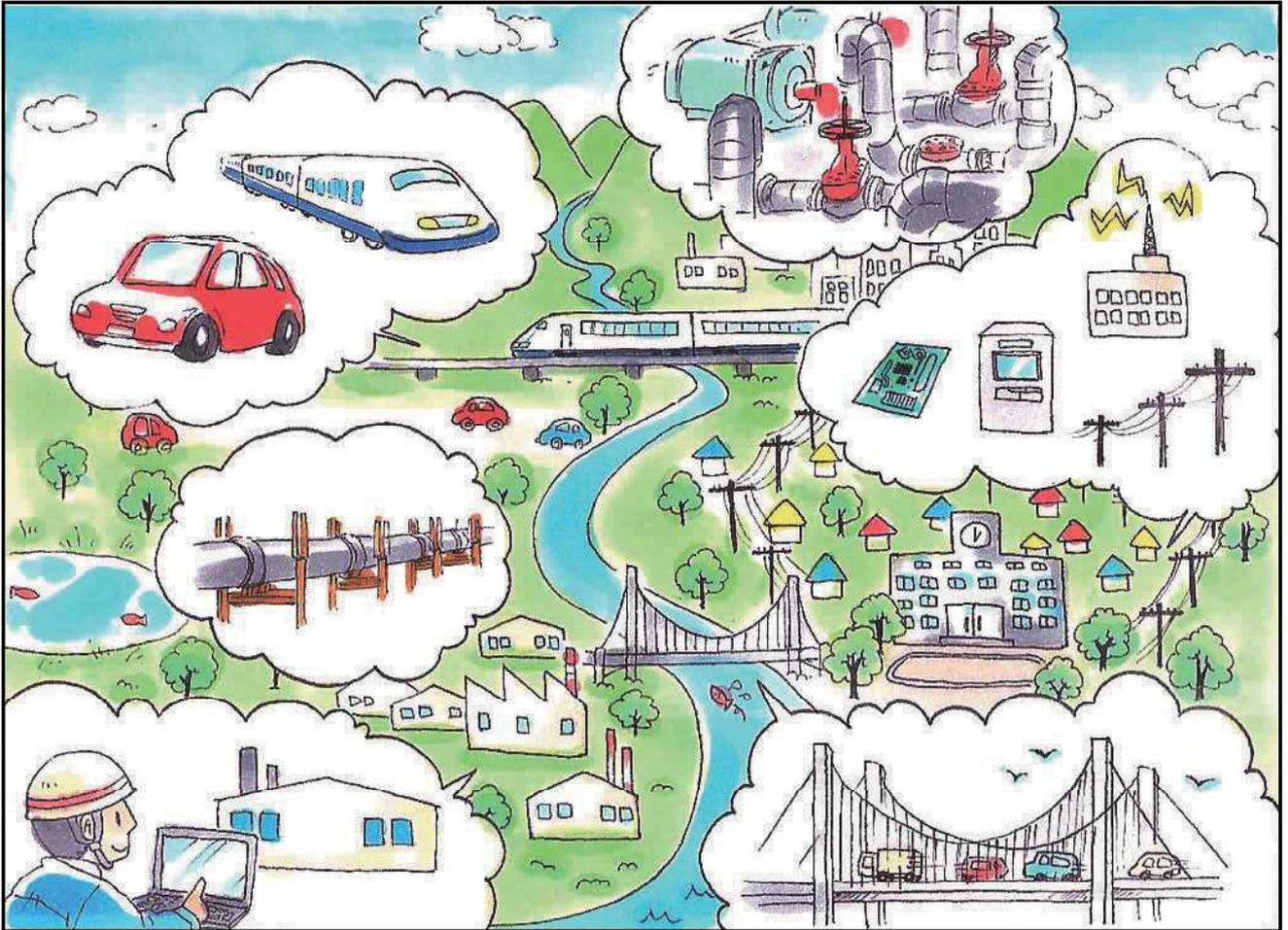
都立第五福竜丸展示館（東京都江東区夢の島）

か てい なか きん ぞく ふ しよく
家庭の中の金属と腐食





しゃ かい なか きん ぞく ふ しょく
社会の中の金属と腐食



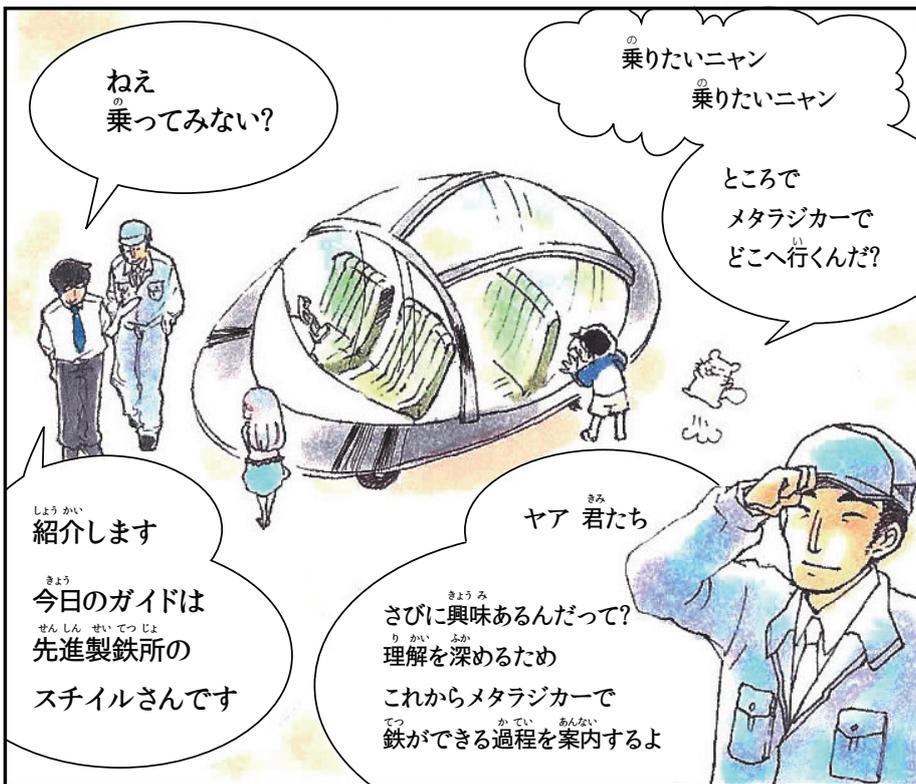
しゃかい なか つか
社会の中で使われ
ている金属はもっと
たくさんあるんだ

あきらさんは それらが
さびないようにする防食技術
を研究しているんですね？

すてきです

自然の中の鉄元素

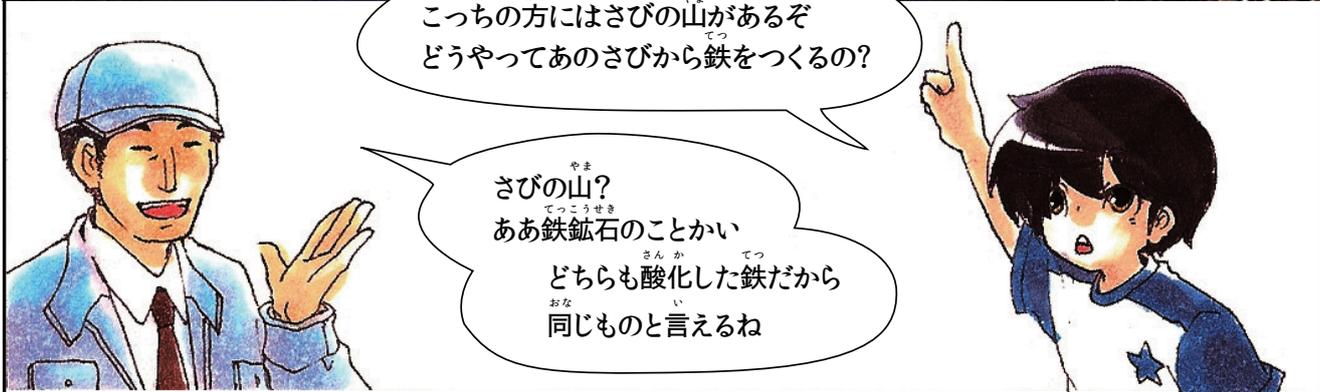
人工物としての鉄鋼材料



金属を自在に扱う学問を冶金学と言います。英語ではメタラジー (metallurgy) と言います。ここでは、冶金からヤーキン博士、メタラジーからメタラジカーともじり、代表的金属の一つである鉄ができる工程を紹介しします。言うまでもなくメタラジカーは架空の乗り物ですが、大学や高等工業専門学校で冶金学(金属工学の基礎)を学ぶと、鉱石から金属に変化するさまざまな現象を、高温でも低温でも、時空を超えて広く深く考察できる人になれます。メタラジーにより人類は巨大な製鉄所から溶接やはんだ付けなどに至るまで、自在に金属を操る技術を会得しました。画期的な技術革新は新しい材料技術の開発から始まるとも言われています。その意味で、メタラジーは、未来の科学技術を切り拓く重要で興味深い学問の一つと言えます。



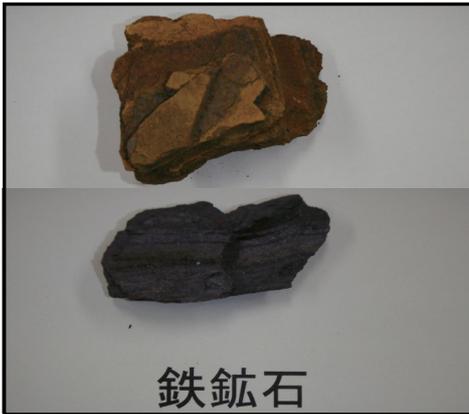
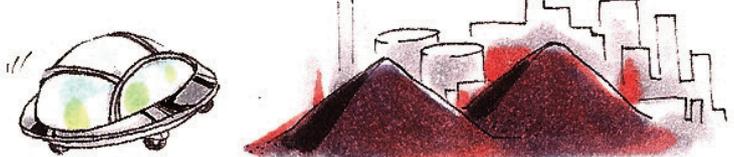
ここは製鉄所です
 原料や製品の輸出入に便利のように
 海に臨んで建設されました



でっかいなー
 こっちの方にはさびの山があるぞ
 どうやってあのさびから鉄をつくるの？

さびの山？
 ああ鉄鉱石のことかい
 どちらも酸化した鉄だから
 同じものと言えるね

近づいて拾うよ



鉄鉱石



これが鉄鉱石ですね？
 どこから来たのですか？

では鉱山に
 行きましょう



日本は鉄鉱石のうち、約60%がオーストラリア、
約20%がブラジル、約10%がインド、あとは南アフリカや、
その他の国から輸入しています。

鉱山では、鉄鉱石を露天掘りしています。
地球上にはこんなに大量の鉄鉱石があります。

撮影：新日鐵住金(株) 藤岡裕二氏



広大だー！

近づいて
みましょう



このように
縞状の地層に
なっているんだ



よく見ると海のそばにあった
層状のさびみただけど
大きさがぜんぜんちがう!



おおむかしちきゅうで
大昔地球が出来たばかりのころは海中に酸素
がなかったのです。27億年前にシアノバクテ
リアという藻類に近い微生物が光合成で酸素
を海中に出し始めました。すると海中の鉄分、
水、そして酸素が結合して大量のさびができ、
沈殿して鉄鉱床を形成しました。
海中の鉄分は、地球内部から
熱水として地表に吹き出し
たものです。



要するにメタラジカーで太古に
できたさびを見れたということですね

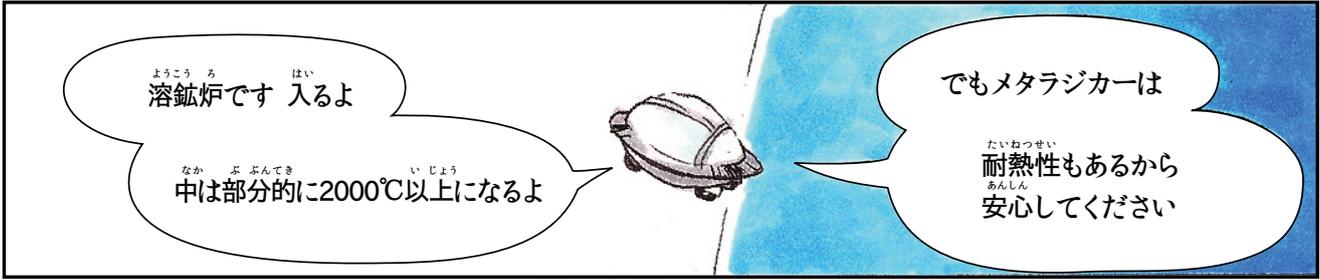
まあそういうことです
大量にある鉄鉱石から
鉄を造れば価値を
創れるんだよ



さびはお宝
だニヤン

どうやって鉄鉱
石を鉄にするの?

では製鉄所に
戻りましょう



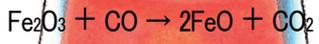
溶鉱炉です 入るよ
中は部分的に2000℃以上になるよ

でもメタラジカーは
耐熱性もあるから
安心して下さい



鉄鉱石とコークスを
溶鉱炉の上から入れるんだ
コークスって何?

溶鉱炉の下からは溶けた
鉄(Fe)が出てきます 上からは
ガスとして一酸化炭素(CO)や
二酸化炭素(CO₂)が
出てきます



鉄鉱石と鉄さび
は同じだから
酸化鉄でしょ?

石炭を蒸し焼きにして造った炭素(元素
記号C)の塊ですね 石炭は約60%がオースト
リア 約15%ずつ中国やカナダ 残りは
ロシアなどから輸入しています

コークスは
炭素でしたね



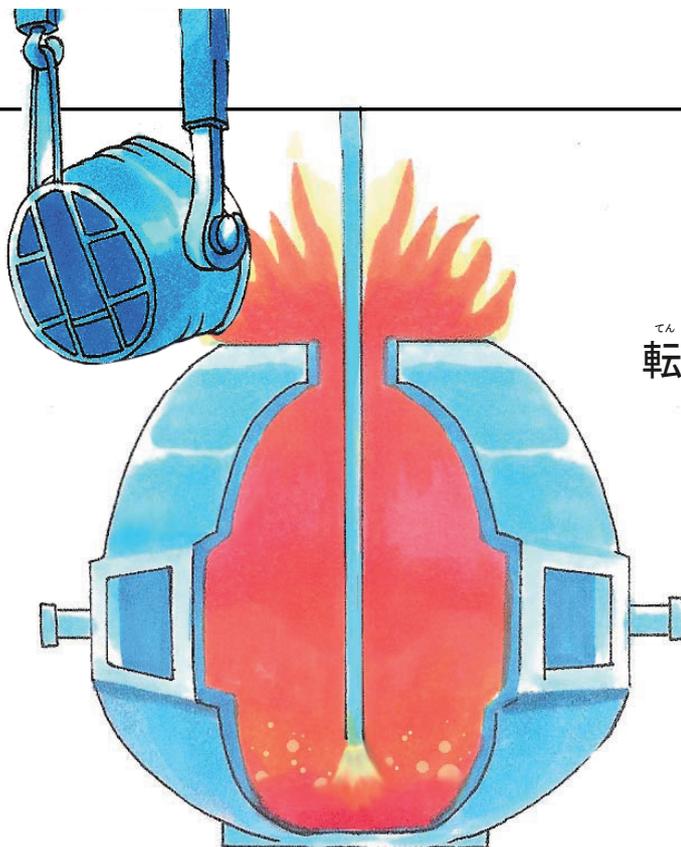
ということは・・・
炭素(C)が酸化鉄の一種(FeO)から酸素(O)をうばって
鉄(Fe)と一酸化炭素(CO)ができる?



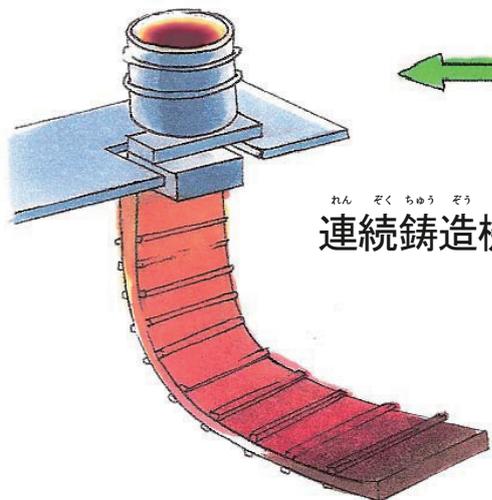
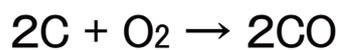
その通り!これを
「炭素(C)が酸化鉄の一種(FeO)を
鉄(Fe)に還元する」
と言います

でも溶鉱炉の中では溶けた鉄の
中に炭素が入りすぎてしまうので
転炉に運んで処理します

これは転炉という設備です

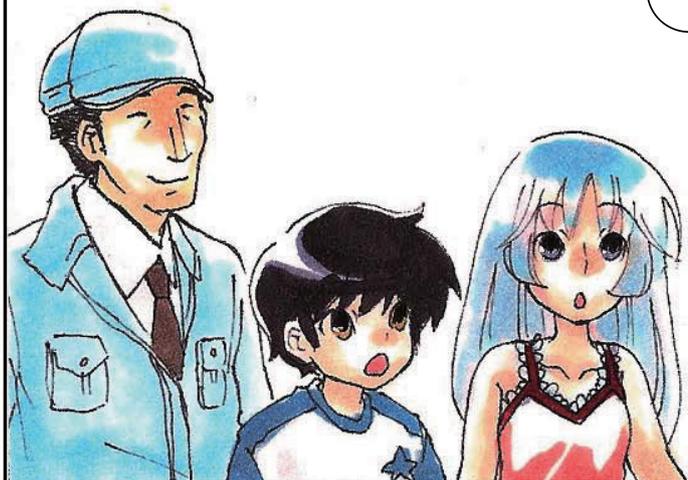


転炉



連続铸造機

溶鉱炉から運ばれた溶けた鉄に酸素(O₂)を吹き込み、過剰な炭素(C)を一酸化炭素(CO)に酸化して追い出します。過剰な炭素(C)を追い出すと、割れにくい鋼が得られます。铸造して、圧延して、鉄鋼材料を造ります。

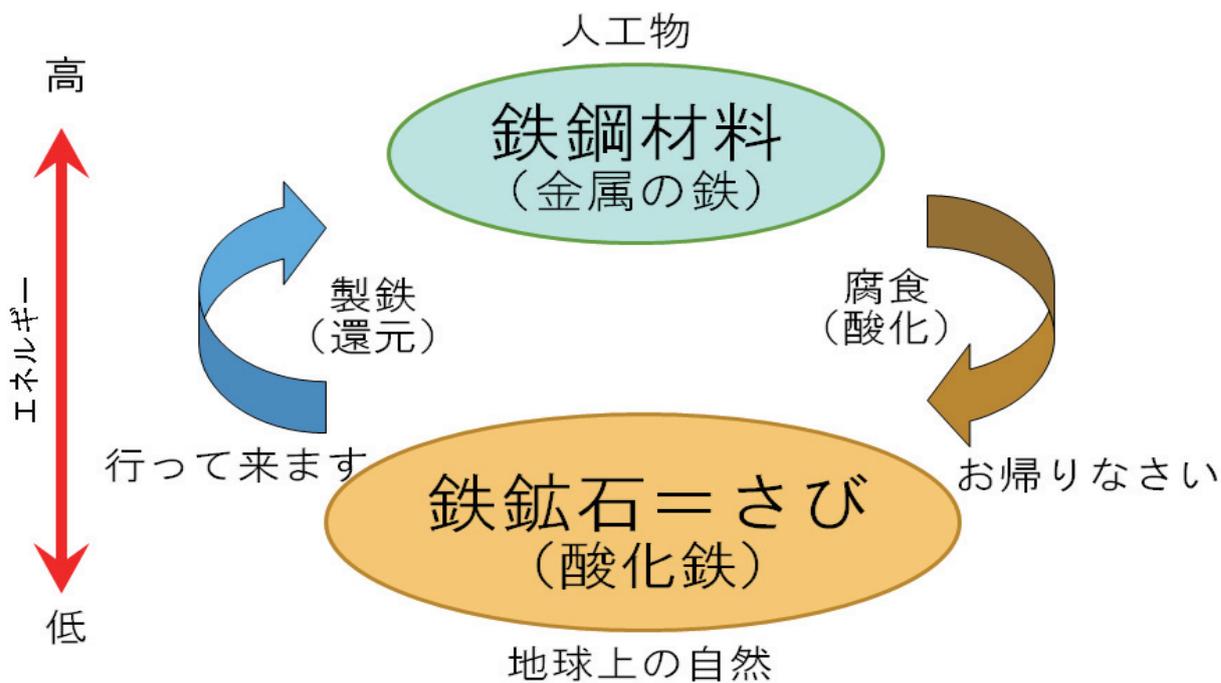




こうしてできた鉄鋼材料は、加工、溶接などがなされ、世のため人のために働くことになります。溶鋼炉や転炉から出る二酸化炭素はさらに燃やして、その熱で発電もします。

資源を無駄にせず、とことん使うのですね。

日本の鉄鋼生産量に対するCO₂排出量比率は世界最小であり、環境対策技術は最先端です。



鉄鉱石から鉄鋼材料へ 鉄鋼材料からさびへ



どうしてさびるのでしょうか？



どうやって鉄を造るのかはわかったけど
 どうして金属がさびるのかわからないわ
 あきらさん お・し・え・て



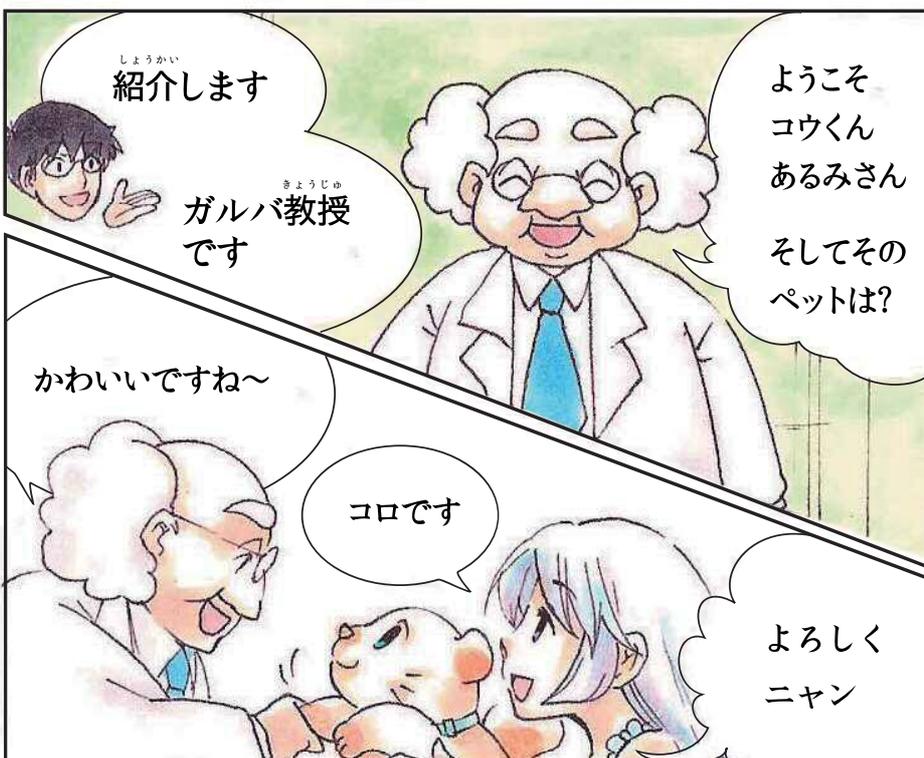
では つくばの研究所に行きましょう



ここがつくばの研究所です

わあー
 すばらしいところですね

えっと、我が国の
 高度で先端的研究を
 しているんですね



しょうかい
 紹介します

ガルバ教授
 です

かわいいですね～

コロです

ようこそ
 コウくん
 あるみさん
 そしてその
 ペットは？

よろしく
 ニヤン



それではまず
 どうして金属が
 さびるかを理解
 するため実験を
 始めましょう

金属がさびる現象を
 「腐食」
 と言いますよ

実験1：水溶液の酸性・アルカリ性

まずむらさきキャベツからアントシアニン試験紙を作ります
小学校の理科の教科書どおり加熱して作ってもよいですが
ここでは簡便法で作ります
千切りにしたむらさきキャベツと少量の水をポリ袋の中で
手もみしてアントシアニンを抽出しろ紙にしみこませます



これで何をするのかニャン？



アントシアニン試験紙の作り方(簡便法)



アントシアニン試験紙の一部に
酢と石灰水をたらしめます。

酢をつけたところは
ピンク色に変わったわ

石灰水をつけた
ところは青緑に
変わった



水溶液は酸性になったりアルカリ性になったりします。
この試験紙は酸性になるとピンク色、
アルカリ性になると青緑色になります。



そういえば、水溶液の性質として、
酸性・中性・アルカリ性があるって
理科の教科書に書いてあったわ。



これから考えていく金属腐食の原理の
なかで、水溶液の性質はとても重要な
意味を持ちます。まず覚えて下さいね。

実験2: 金属腐食と電気



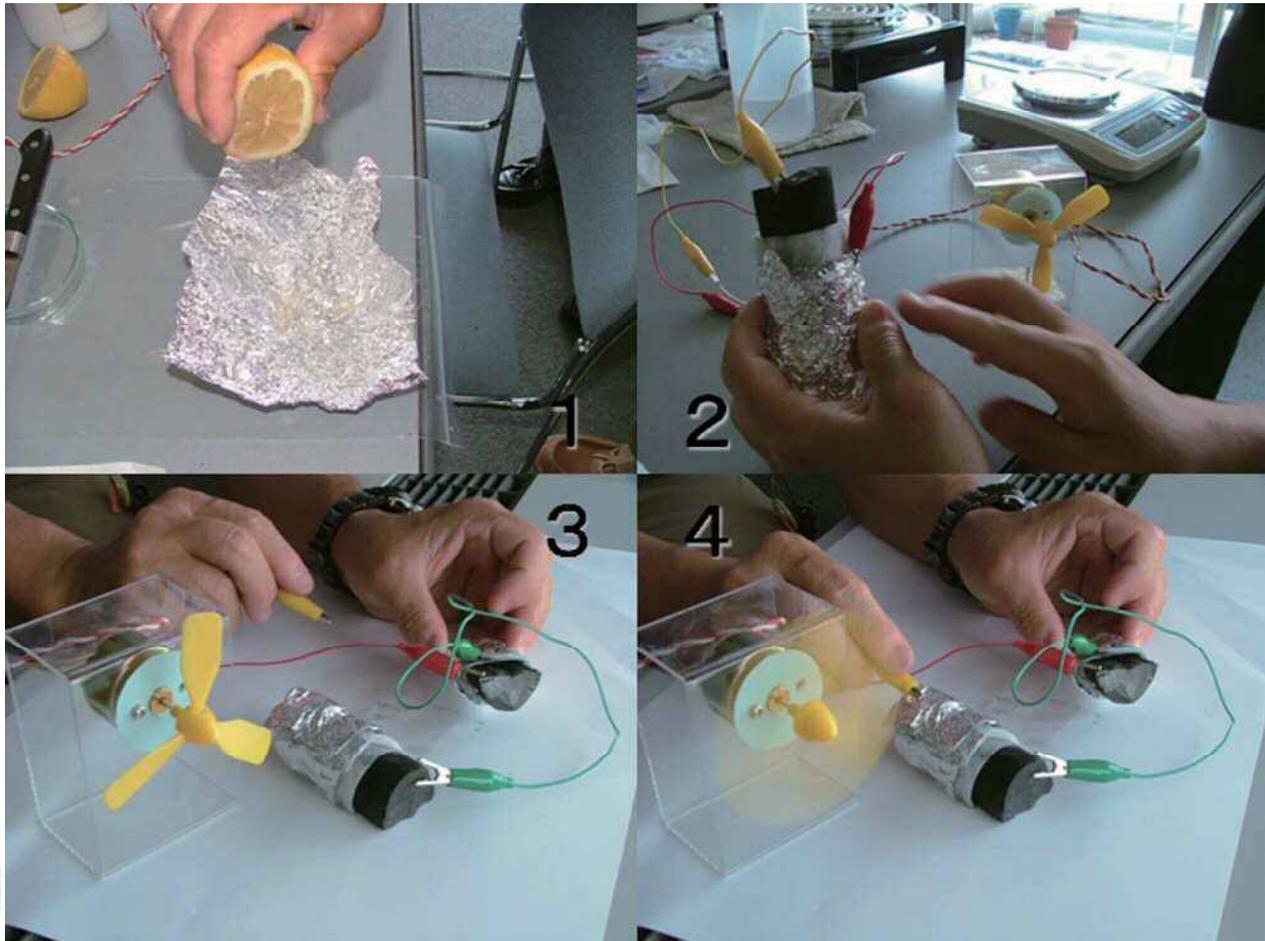
アルミニウム箔にレモン汁と飽和食塩水、少量の過酸化水素水(例えばオキドール)をたらしめます。次にキッチンペーパーでくるんだ炭をそのアルミニウム箔で包みます。これで炭素-アルミニウム電池のできあがりです。この電池を2個直列につなぐとモーターが回転します。

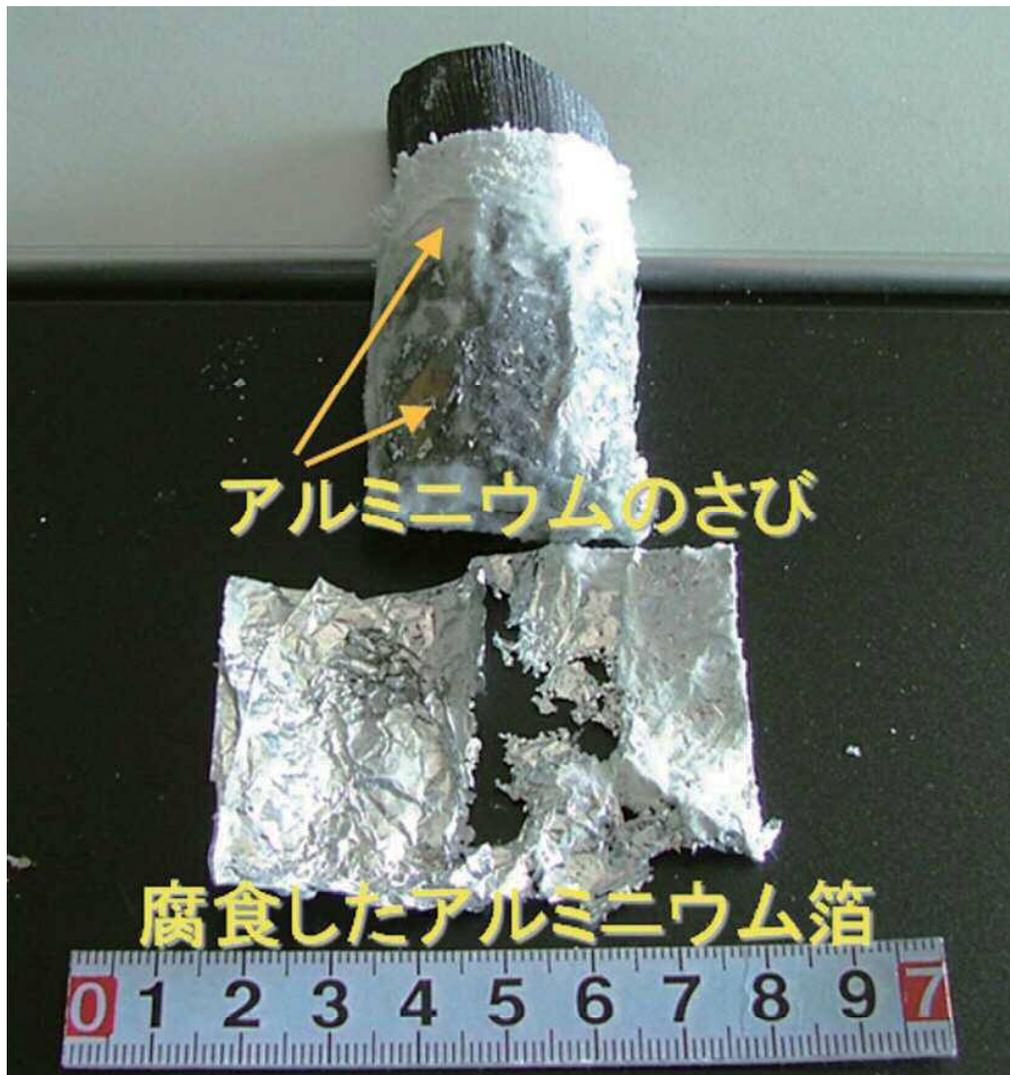


金属は腐食すると金属中に電子を残す。この電子がアルミニウムからリード線を通じて炭素に流れる途中でモーターを通り、モーターを回すんじや。



モーター回って涼しいニャン。
気持ちいいからもっと回し続けて～。





うわっ! アルミニウム箔が腐食して穴だらけだ。
白いもの、灰色のものは何?



これらは、アルミニウムのさびです。



金属から電子がぬけると、金属のさびが残るということですね。

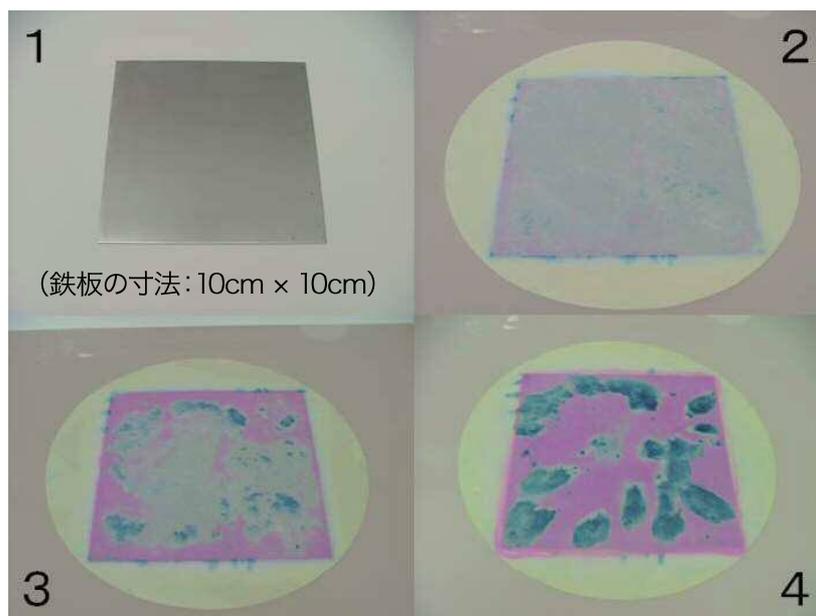


せみのぬけがら、へびのぬけがら・・・
金属のさびは電子のぬけがらということか!



金属腐食がおきると電子がでてくることは、とても重要です。
覚えておきましょう!

実験3:イオンと電子



- ① 良く磨いた鉄板(1)に、そのろ紙を貼りつけます(2)。
- ② なんか黄色っぽい紙が点々と青くなってきたぞ。
- ③ 鉄が溶解して2価の鉄イオンになっているのですね。
- ④ 別の場所は赤紫色になった(3)。

- ⑤ そこはアルカリ性になったということですね。
- ⑥ 青色のところと、赤紫色のところに分かれた(4)。
- ⑦ 2価の鉄イオンが溶け出しているところと、アルカリ性になっているところが別々にあるということです。

「金属腐食の電気化学」入門



わはは それでは

食塩水中の鉄の腐食
反応についてご説明しましょう

鉄板の表面は不動態皮膜
とよばれる非常に薄い酸化物
で覆われているんじや

この酸化物もさびの一種なん
じやが これが鉄を環境から
守っているんじや

不動態皮膜～う??

それって

厚さは
どれくらいですか?

厚さは0.000001センチメートル以下
すなわち1センチメートルの千分の1の
さらにその千分の1以下

非常に薄く 肉眼では見えない
だから鉄板そのままは
金属光沢をしているのじや

金属鉄は溶解して
2価の鉄イオン
になった

その通り！

金属腐食は
『電気化学反応』
の一種なんだ。

電子もあって化学反応
と電気現象が同時に
起きているのですね？

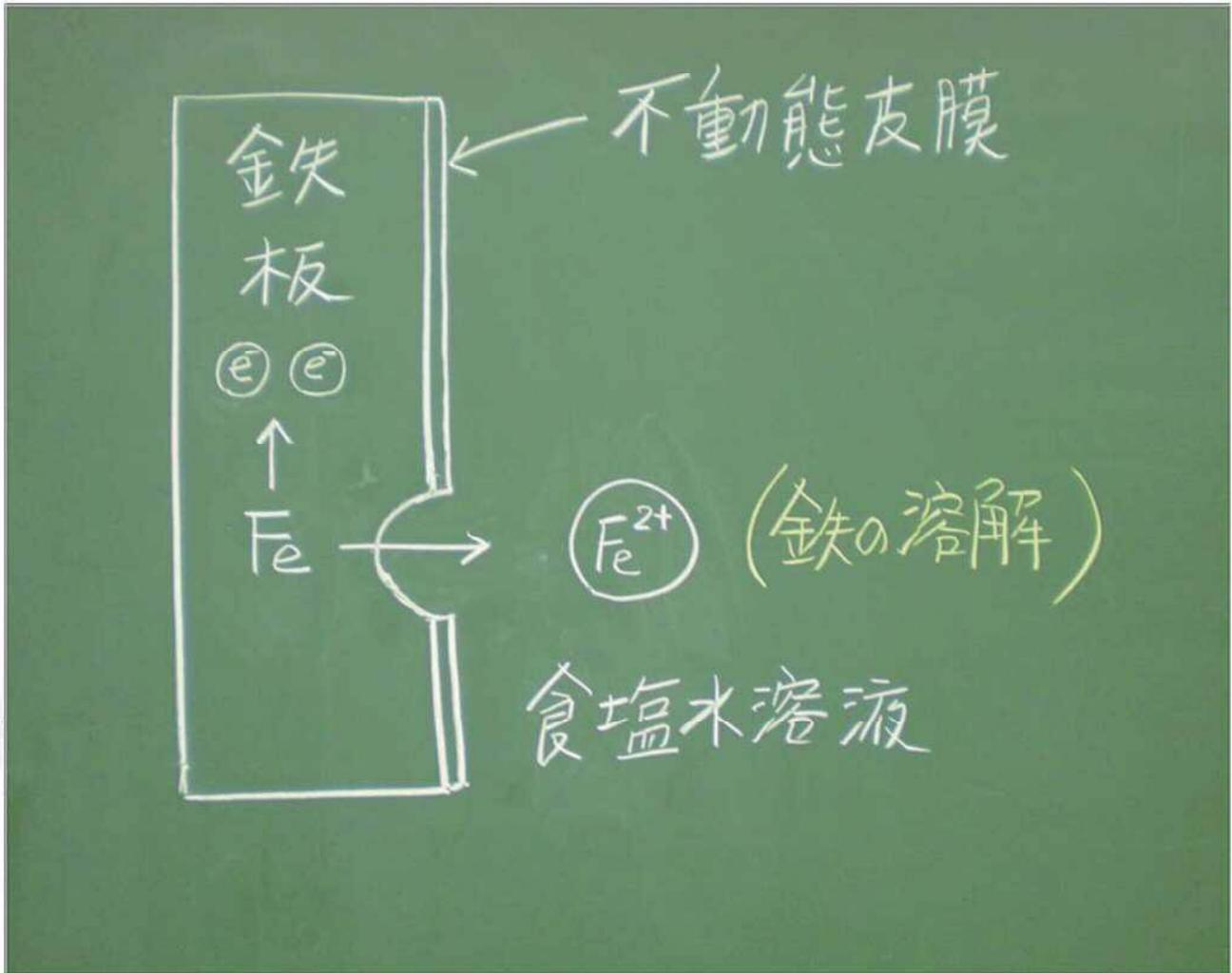
うーん
『電気化学反応』って
何だ〜〜〜??!!

君はペットと違って
人間なんだから
頭を鍛えなくては
ならニヤイぞ！

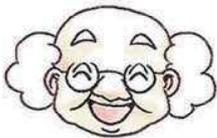
金属腐食がおこると
金属原子は金属イオンと
電子に分かれます
表面の水溶液は
酸性になったり
アルカリ性になったり
するので
複雑でしょ！

おもしろい
のですが…

いろんな現象が
一度におきて
つながりが
よくわからないわ



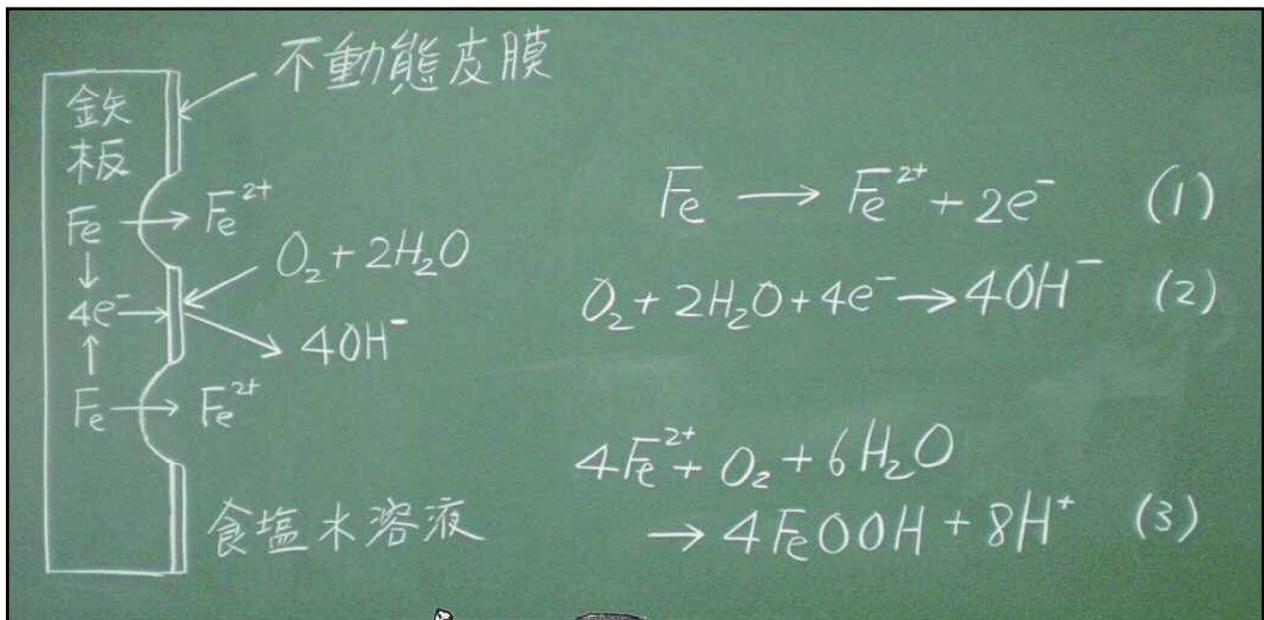
鉄は不動態で覆われているのに食塩水をつけると何故さびるのかしら？



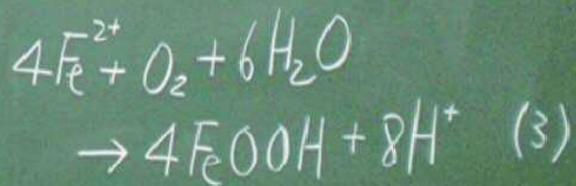
それはね、不動態皮膜の弱い部分が壊れ、鉄原子 (Fe) がプラスの電気を2個もった二価の鉄イオン (Fe²⁺) となって溶け出し、マイナス電気をもった電子 (e⁻) を2個放出するからなんじゃ。



そういえば、鉄さびは点々と出ていたしアルミニウムは穴があがつながらるように腐食していたニャー。

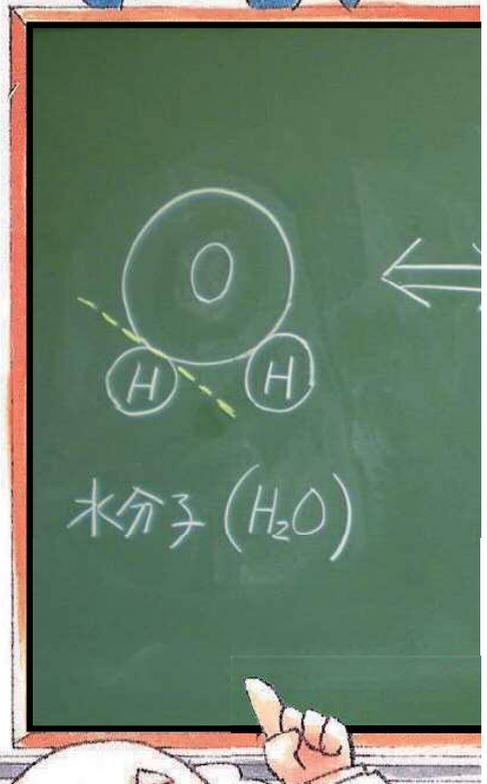


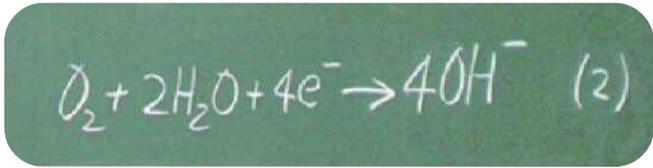
(3)式の H^+ って何だ?



オー よい質問じゃ
わしは頑張り屋の小学生が大好きじゃ

H^+ は水素イオンじゃ。
水素原子から電子が1個
ぬけたものじゃ。





しき なに
(2)式のOH⁻とは 何?

オー またもやよい質問じゃ
ではその説明の前に
水分子について説明しよう

水素イオン(H⁺) 水酸化物イオン(OH⁻)

みずぶんし すいそげんし こ
水分子は、水素原子(H)2個と
さんそげんし こ
酸素原子(O)1個が
けつごう
結合してできているんじゃ。
なお、ぶんし ぶつしつ
分子とは、その物質が
ぶつしつ せいしつ しめ もつと
物質としての性質を示す最も
ちい たんい
小さい単位のことをいうんじゃ。

すなわち、すいそげんし こさんそげんし こ
すなわち、水素原子2個と酸素原子1個が
むす みずぶんし
結びついて水分子となり、
はじめにみず せいしつ
はじめて水としての性質をもつのじゃ。
じつ みずぶんし すいそ
実は、水分子から水素イオン(H⁺)が1個
すいさん かぶつ
ぬけたものが水酸化物イオン(OH⁻)なんじゃ。

にんげん あたま きた
人間なら頭を鍛えなくてはならニヤ〜!
しかし、ぼく げんかい
しかし、ペットの僕にはもう限界だー



鉄板上でろ紙に発色が出た実験を振り返ってみよう。

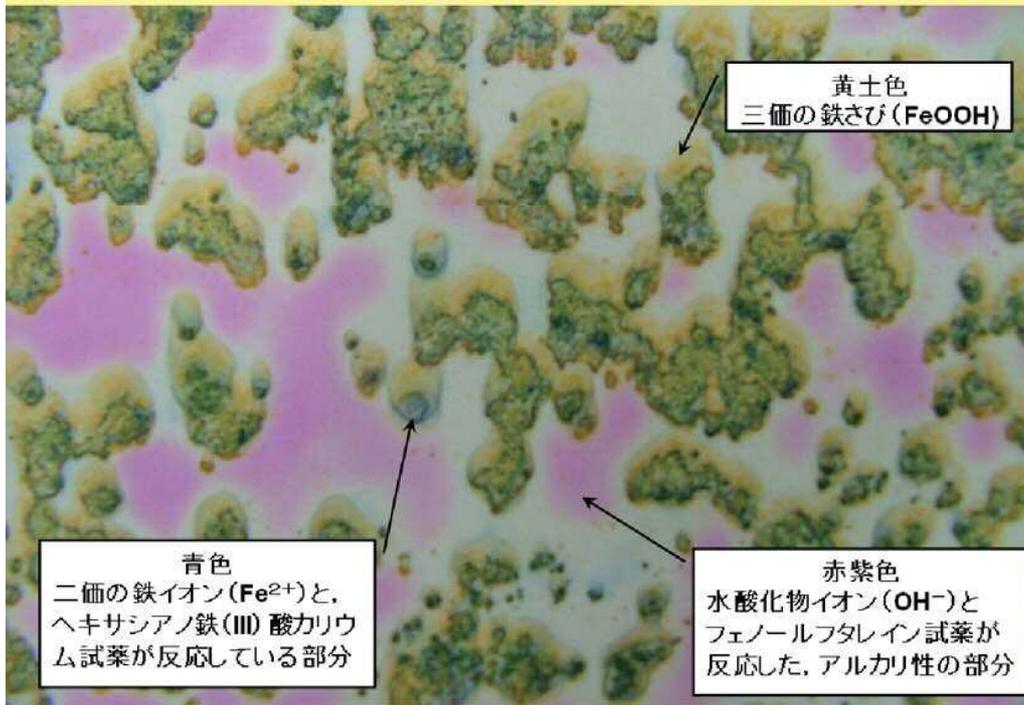
色のついたろ紙をはがして、
虫眼鏡で拡大して見てごらん。



赤紫色のところ、黄土色のところ、
青色のところがあって、きれいです。



鉄板に接していたろ紙の面を、虫めがねで観察しよう！



水素イオン (H^+) が多くある水溶液は酸性で、水酸化物イオン (OH^-) が多くある水溶液はアルカリ性です。フェノールフタレイン試薬で赤紫色に変色したのは、水酸化物イオン (OH^-) が多くあるアルカリ性の水溶液になっていたからだよ。



色のことならペットの僕にもわかるよ。2価の鉄イオンによる青色、水酸化物イオンによる赤紫色、そして3価の鉄さびの黄土色。



人間はこう表現するよ。(1) 式の反応が起きた場所は、青くなった。

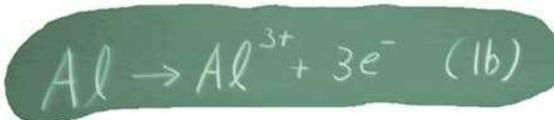
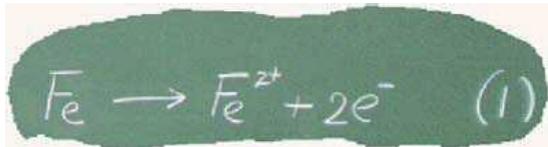


(2) 式の反応が起きた場所は、赤紫色になった。

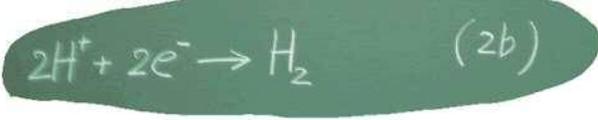
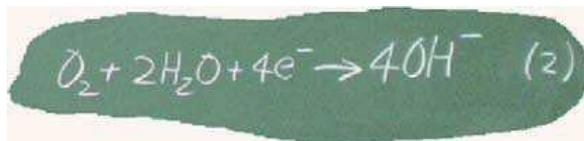


(3) 式の反応が起きた場所は、黄土色になった。

ふ きょく はん のう
負極での反応



せい きょく はん のう
正極での反応



かんでんち せいきょく ふきょく おな
乾電池の正極や負極と同じですね。ところでアルミニウムの溶解反応は先ほどの
（1）式の鉄をアルミニウムに代えればよいだけですね。でも先ほどの（2）式では
せいきょく さんそ みず でんし すいさんかぶつ
正極で酸素と水と電子で水酸化物イオンができていました。
こんど せいきょく すいそ でんし はんのう すいそ
今度は正極で水素イオンと電子が反応して水素ガスになるというので、違います。



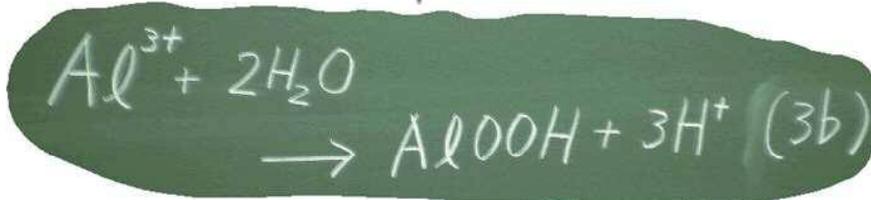
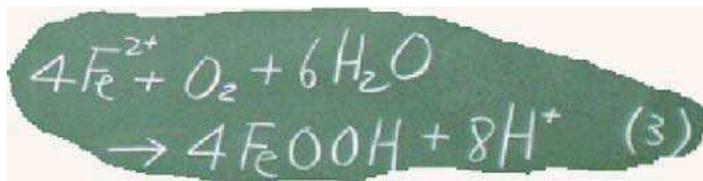
すんどう しでき じつ じる す さんせい すいようえき さんそ すいそ
鋭い指摘じゃ。実はレモン汁は酸っぱい酸性の水溶液だから、酸素より水素イオンが
うんと沢山含まれるのじゃ。だから水素イオンが電子と結合しやすくなるのじゃな。



まわ ばあい しょうりょう かさん かすいそ てんか
モータがなかなか回らない場合は、少量の過酸化水素（オキシドール）を添加すると
いいよ。これはアルミニウムの不動態皮膜を壊す作用があります。

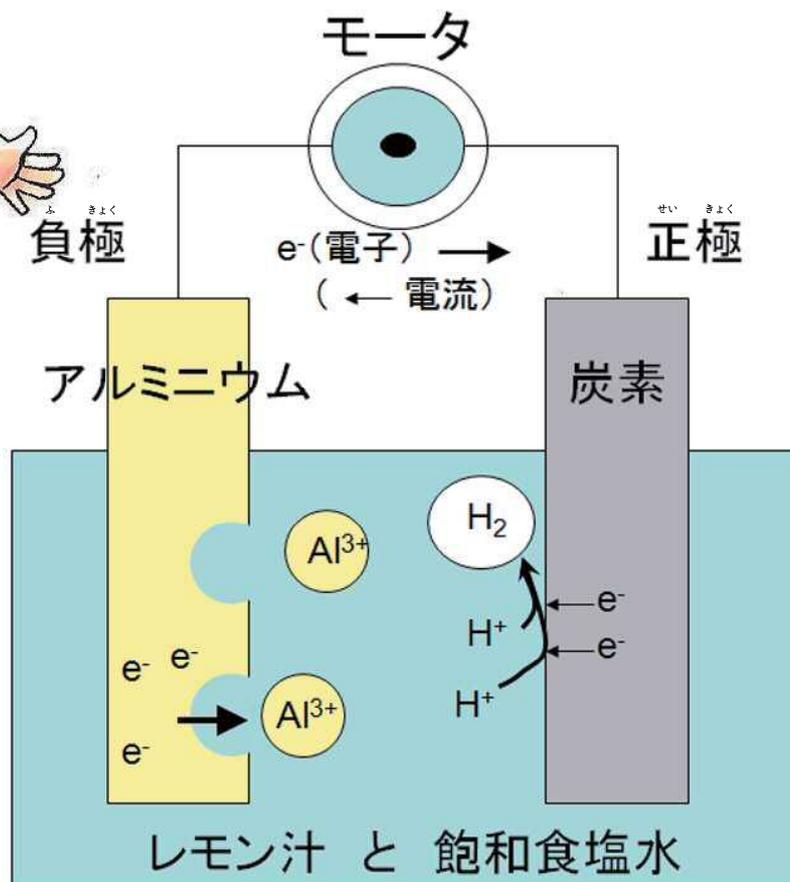


さき ず しょうりやく
先ほどの図には省略したのじゃが、アルミニウムイオンは水や酸素と反応して
すいさんかぶつ さんかぶつ
アルミニウムの水酸化物や酸化物となる。これが白や灰色に見えたアルミニウムの
さびというわけじゃ。





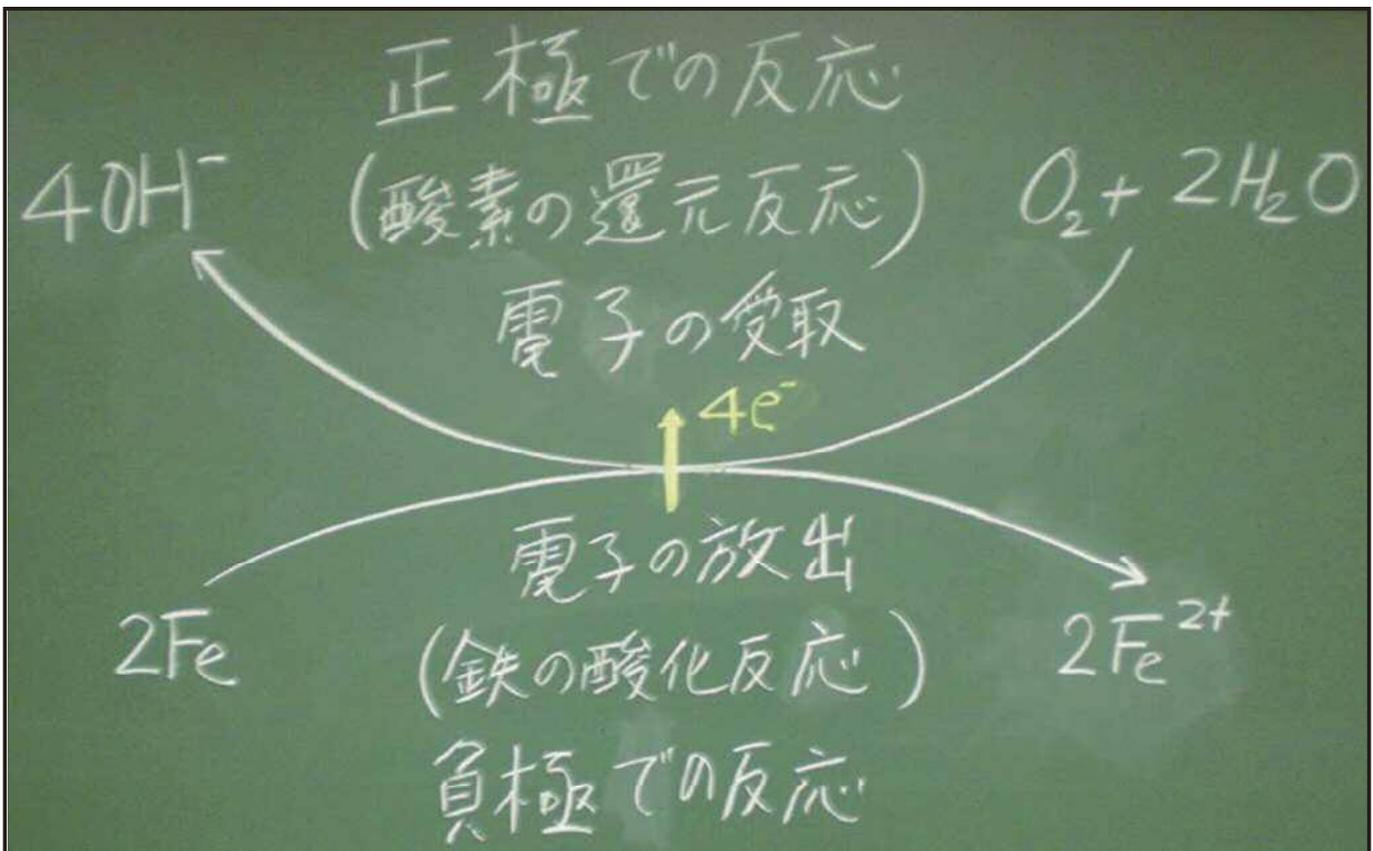
さきほど、炭素-アルミニウム電池でモーターが回ったのはどうしてですか？



少量の過酸化水素水(オキシドール)を添加

それでは、実験2で行ったアルミニウム-炭素電池でモーターが回った原理を説明しよう。アルミニウム原子の記号はAl、アルミニウムイオンの記号は Al^{3+} じゃ。金属アルミニウムは溶解してアルミニウムイオンと3つの電子を出す。その電子が炭素のほうに移動する際にモーターを回転させる。炭素に入った電子は、水素イオン H^+ と結合して水素ガスを発生する。電子はマイナスの電気であるからプラスの電気を想定した電流とは逆向きになる。すなわち炭素は正極となり、アルミニウムは負極となる。





なお、(1)式のように電子を放出する反応を『酸化反応』といい、(2)式のように電子を受取る反応を『還元反応』という。金属腐食で重要なことは、金属の酸化反応における電子の放出と還元反応における電子の受け取りが同じ速さで進むことなんじゃ。このことを、酸化反応と還元反応がカップルするという。



カップルってアベックのことだニヤン？



アベックって何のこと？



わはは。コロちゃんは何歳かい？ 君たちのお父さんやお母さんの世代は、男女のペアをアベックと言っていた。最近ではみんなカップルって言うよね。



ところで、アルミニウム-炭素電池のように、酸化反応と還元反応が別の電極で起こると電池となり、外部に電子を流すことができます。しかし、鉄板でおきる腐食の場合は、鉄板の表面に正極と負極が分布してしまうので、外部に電子を取り出せないんじやな。こういう状態を局部電池というんじや。



この考え方は
将来とっても役立つから

じっくり考えて、しっかり
マスターしておくといよ



よく考えて
わかるまで頑張ります!

はい
何度も復習します!

おお



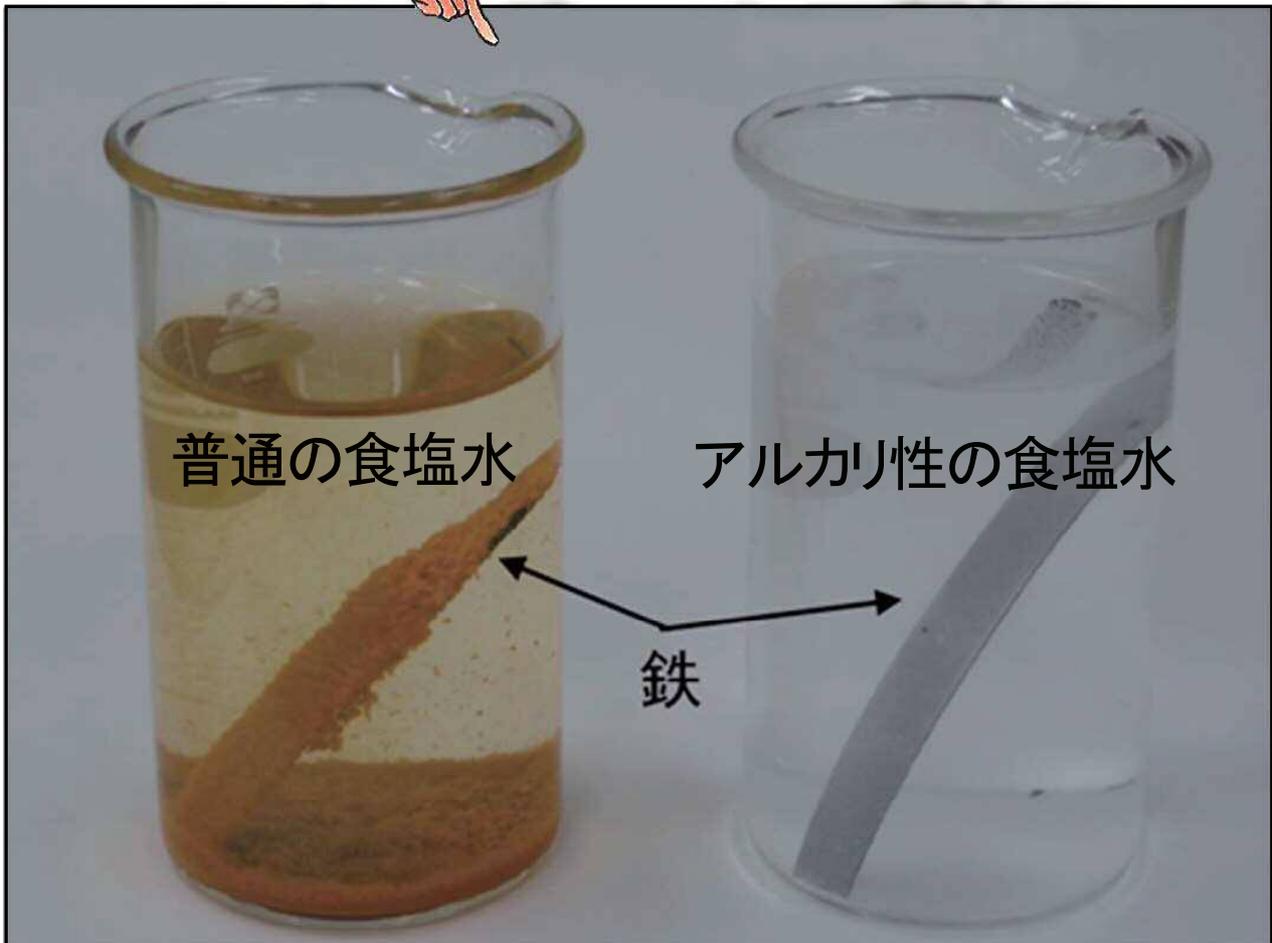
考えてわかった
ことを知識という

教科書を覚えただけ
ではだめなんじゃ



がんば
頑張りましたね！

防食の原理



じっさい
実際には

すいようえき せいしつ
水溶液の性質を

か
変えられない

こともありますよね

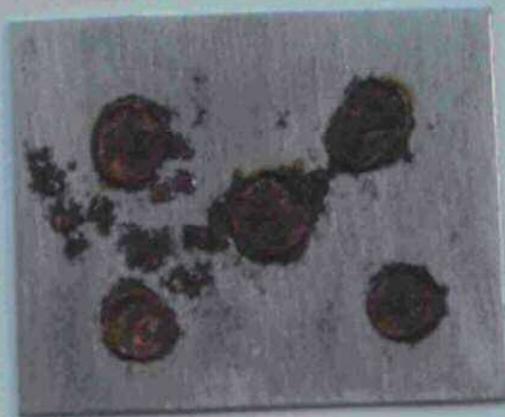
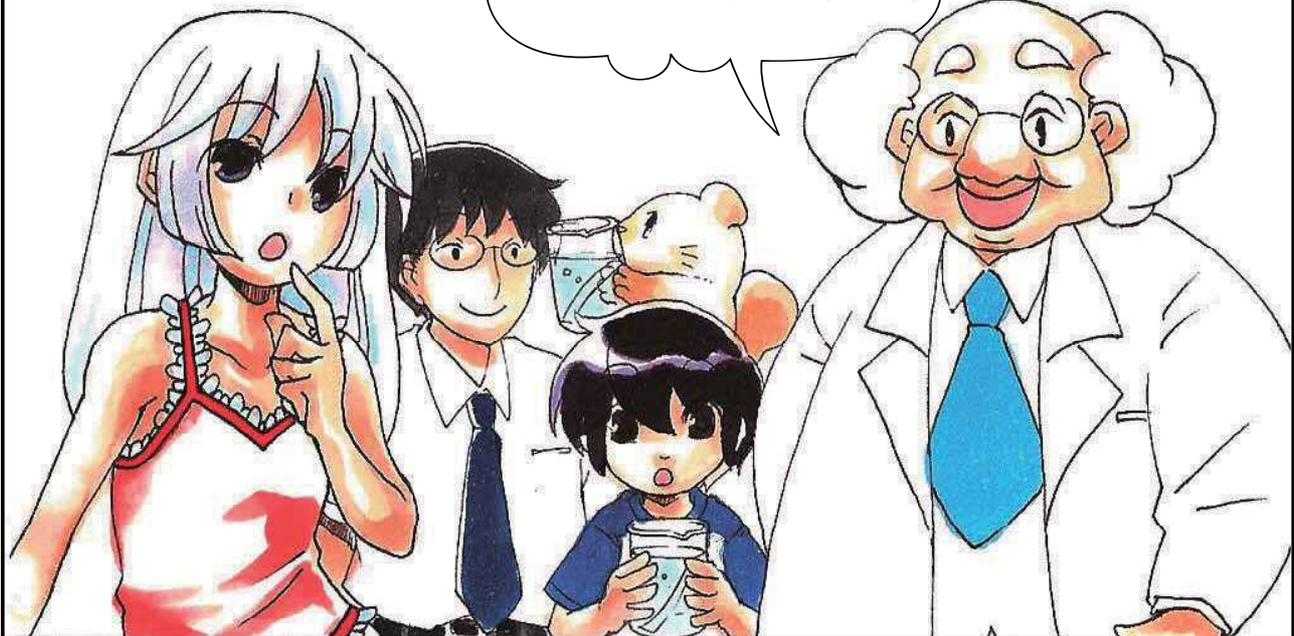
ひょうめん ひ ふく ぼうしょく
表面に被覆をして防食する
ほうほう
方法があるんじゃない

たとえば あぶら ぬ
油を塗って

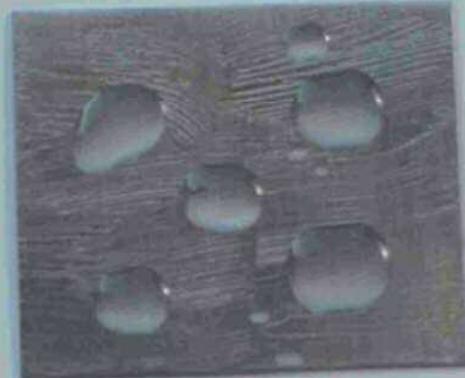
みず さん そ しん にゆう しゃだん
水や酸素の浸入を遮断する

とさびにくくなりますよ

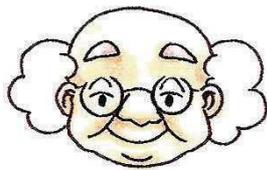
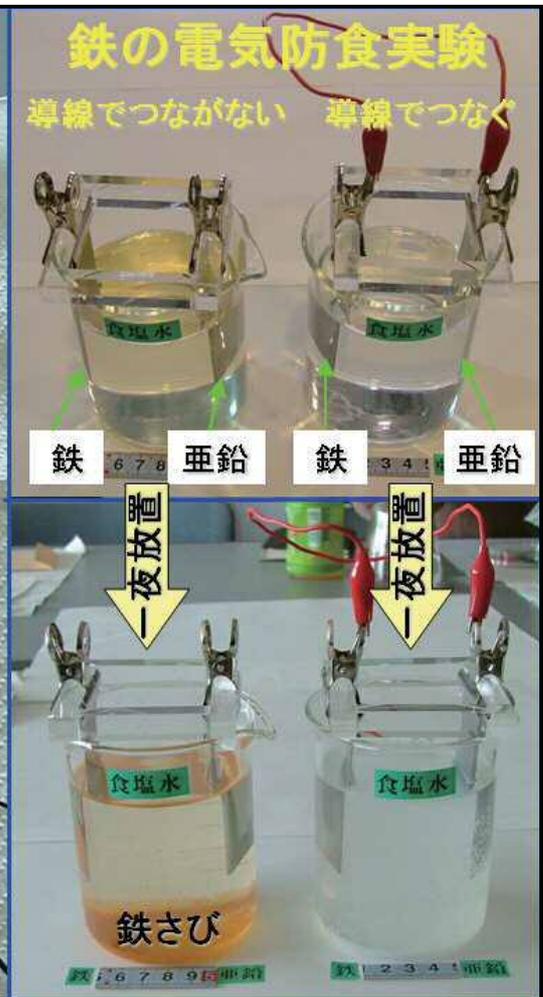
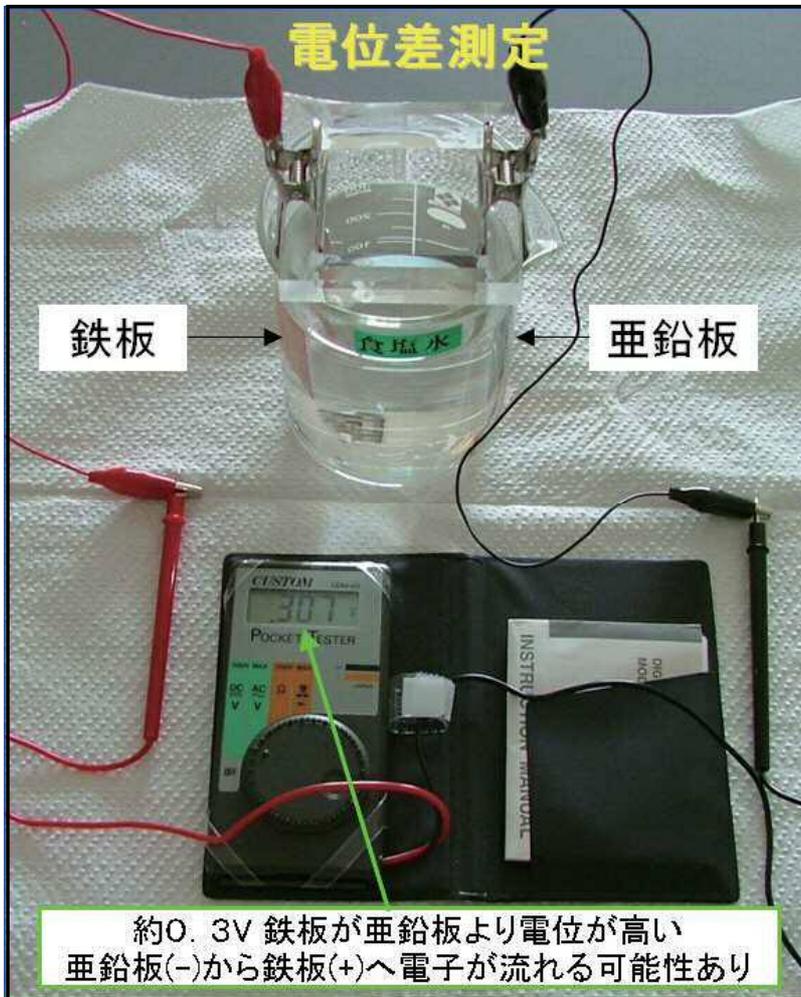
じっけんけつ か しめ
実験結果を示そう



そのままの鉄板に食塩水を付けて放置



油で覆われた鉄板に食塩水を付けて放置



(1)式を逆向きにする

$$\text{Fe} \leftarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$$

電気は使えるのかニャン?



もちろん使えますよ。食塩水に鉄板と亜鉛板を入れて電圧(2点間の電位差)を測ると約0.3Vと出ているじゃろ。鉄板より亜鉛板のほうがマイナスの電位を示すんじゃ。このまま放置した場合と、両方を導線をつないだ場合で、一夜放置した後の様子を比較してみよう。つなごうなかった方は鉄板がさびてしまうが、つないだ方は鉄板がさびない。

これは負極になった亜鉛板から、正極になった鉄板に電子を流し込んで、(1)式の矢印を強制的に逆向きにしたということじゃな。

こうやって鉄を守る方法を電気防食という。

水溶液の性質を

変えられない

被覆もできない

犠牲電極も付けられ

ない場合には

どうするんですか？

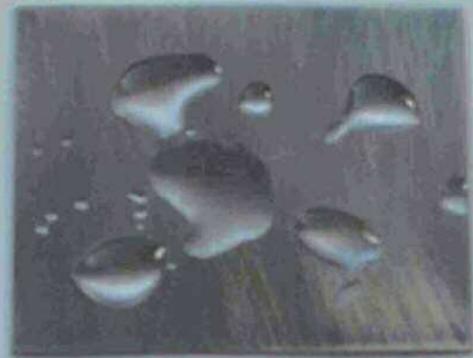
腐食しにくい材料を選びます

例として、鉄とステンレス鋼に
塩水を数滴たらし放置してみたよ

さびやすさが
それぞれの材料
で違うだろう



そのままの鉄板に食塩水を付けて放置



ステンレス鋼に食塩水を付けて放置

防食技術

原理はだいたいわかったけど、実用化されている防食技術はどんなのがあるのだろう？

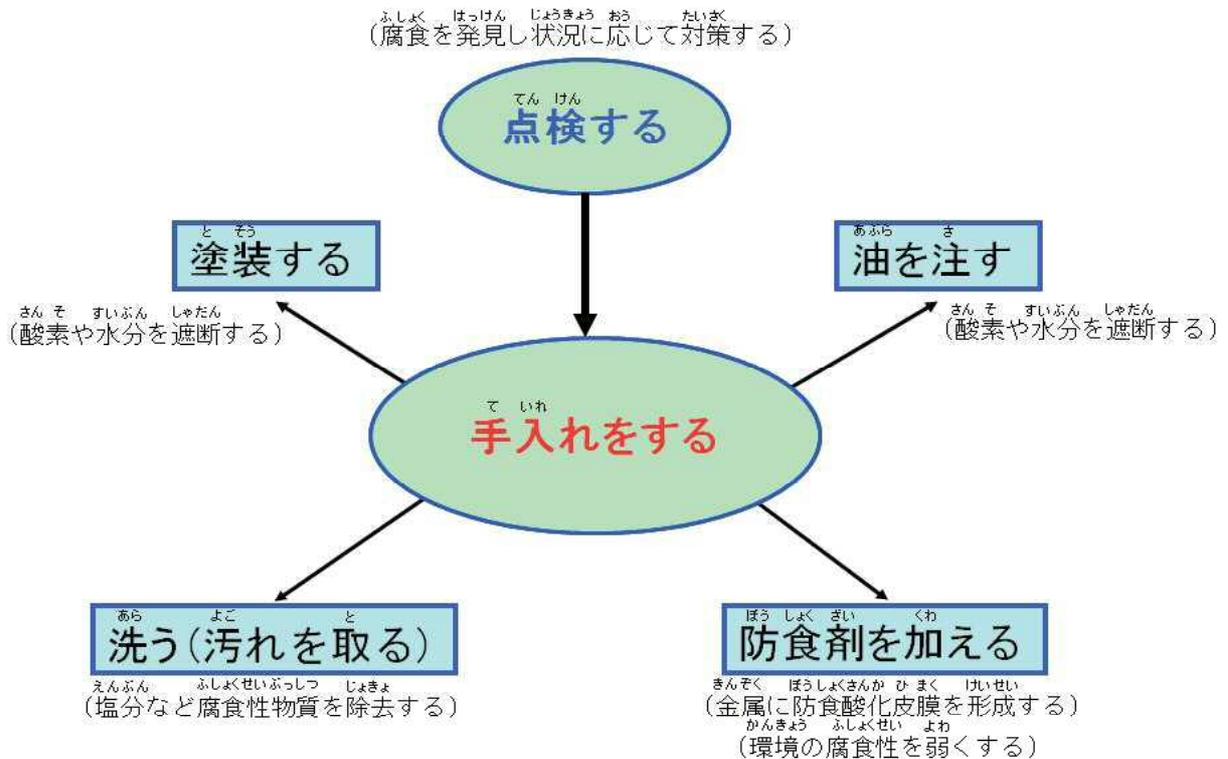


まず大事なことは、手入れをすること。
維持・管理をしなければならない。
定期的にさびの具合を点検するのが基本です。



点検してさびそうなところが
見つかったら？

ケースバイケースだけど
たとえばこの図のような方法があるよ。



手間がかかるんだニヤン。
人間はもっと頭を使って楽しないとニヤー。



そう。維持管理は
手間がかかるので、
いろんな技術を実用化
しました。

たとえば、環境をよくする防食技術。
さびにくい環境を作って
金属を守るのだよ。



シリカゲル式デシケータ



乾燥剤(シリカゲル)

乾燥させる



脱酸素剤

脱酸素する



鉄粉
+ 食塩
+ 水(保湿剤)



膜脱気法による水道水の脱酸素装置



電気式デシケータ



塩分を除く



陰イオン交換樹脂装置

防食剤を加える



防食剤注入装置

pHを調整する



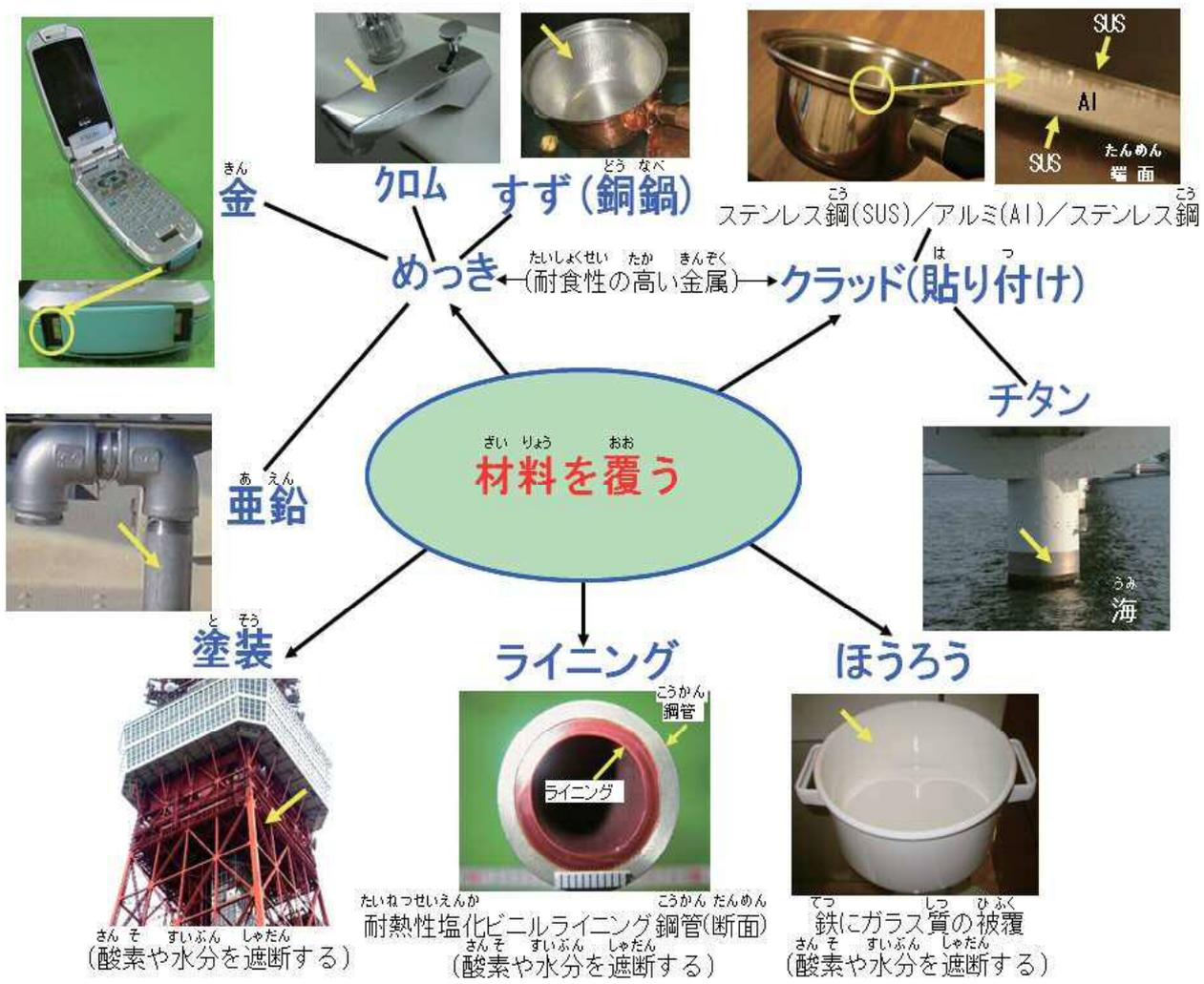
水酸化ナトリウム注入装置

めっきとか塗装とかもありますよね

材料を覆う防食技術が
いろいろ実用化されています



キズがつかないように
使わないといけませんね



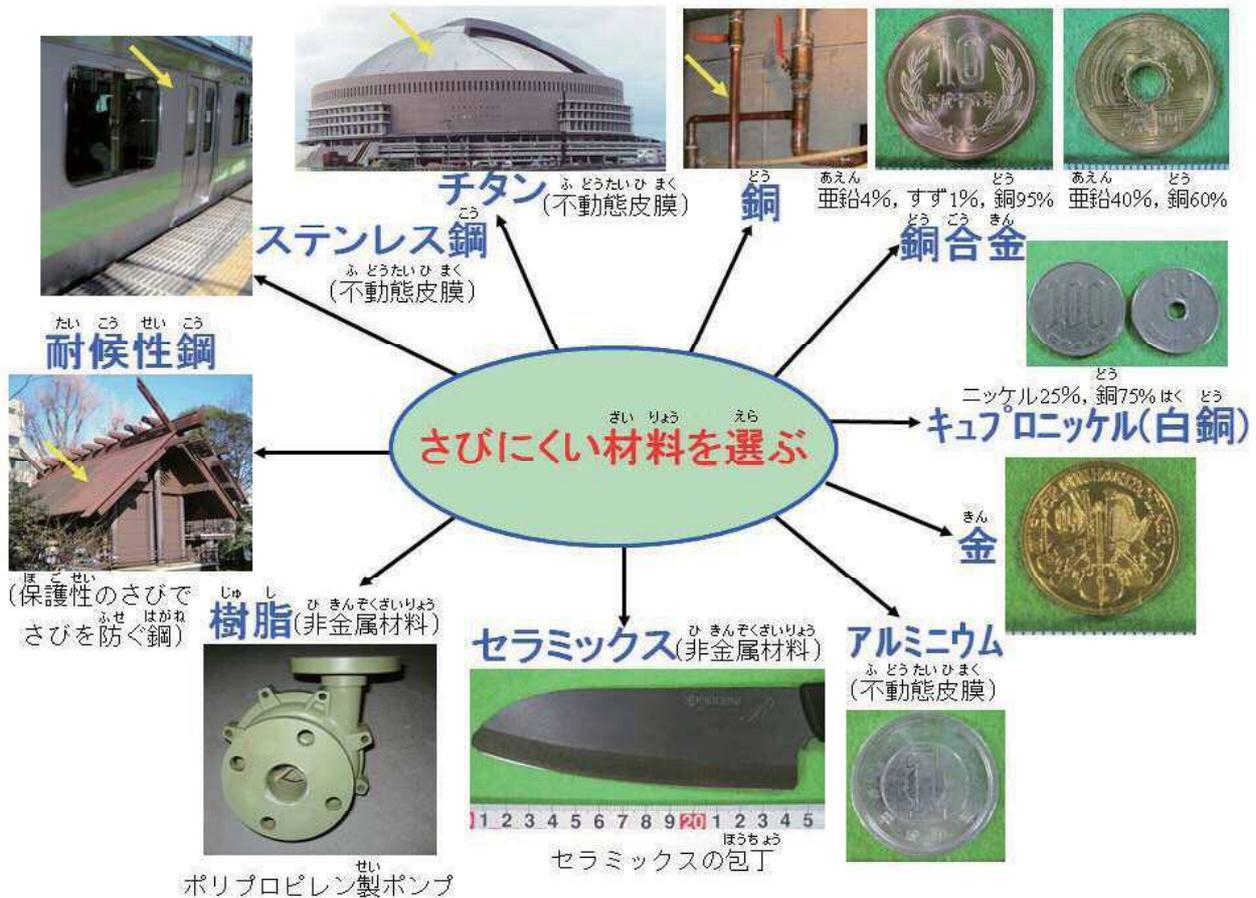


つか かん きょう あ
使う環境に合った

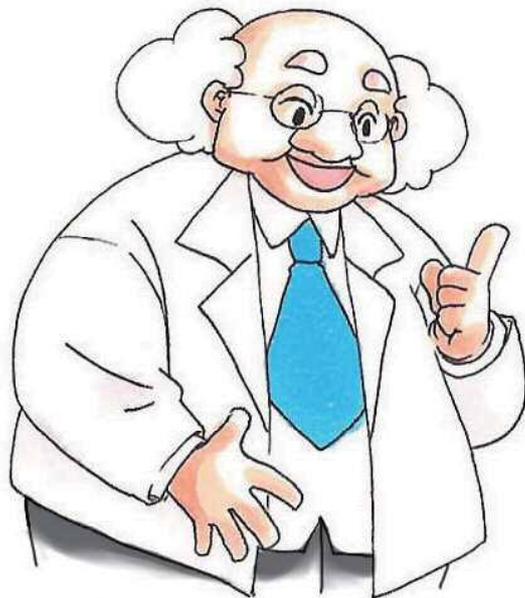
ざい りょう えら
さびにくい材料を選ぶと

ざい りょう む し ょ り つか
材料を無処理で使えます。

しょうし ょ う だ い じ ょ う ぶ
少々キズがついても大丈夫です。



マイナスの電気を流してさびなくする
電気防食技術もいろいろ実用化されていますぞ。



腐食すると電気が流れる現象を
上手に逆利用したわけか？

いろいろあるニヤ～。
やっぱ、人間は頭良いニヤー。



外部電源に繋ぐ



貯湯槽のカソード防食(槽内面)

選択排流器
(レールから漏れる電流による埋設管などの腐食を防止する装置)

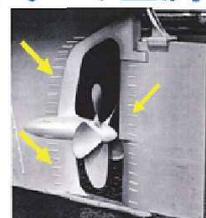


外部電源式電気防食装置(貯湯槽の外部に設置)

イオン化傾向の大きい(腐食しやすい)金属をつなぐ



マグネシウム(負極)を取り付けた埋設管



アルミニウム(負極)を取り付けた船尾

すでにこんなに
いろいろ防食技術が
実用化されて
いるなんて

驚きです!

維持・管理にかかる手間をなるべく少なくしよう
として いろいろな防食技術が開発されてきました
社会の中でみんなの安全と安心を守る
大変重要な技術ですよ

今も高度な防食技術が次々と開発されています
どんな新技術が出てくるか 今後の楽しみです

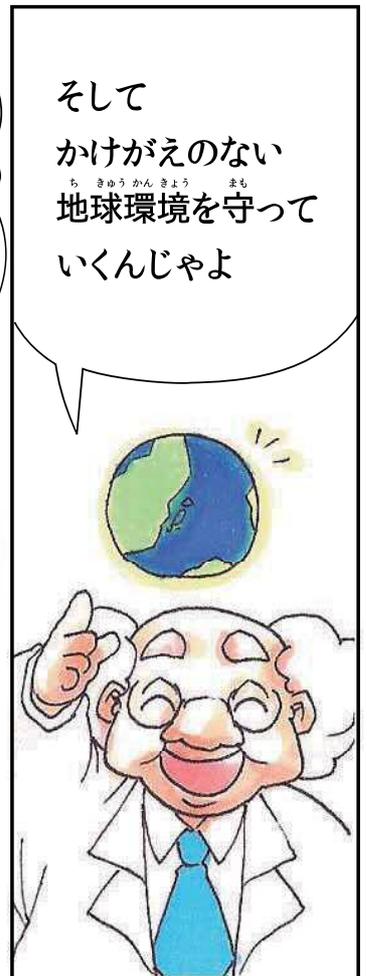
世界中から日本の
技術開発力に大きな
期待が寄せられて
いるのです

おっ
ニヤニヤ

金属が使われているところに

防食技術あり!

ですね



ふしょくぼうしょくぎじゅつしゃ けんきゅうしゃ 腐食防食技術者・研究者になるには、



わたなべ ゆたか
渡邊 豊

とうほくだいがくきょうじゅ だいがくいん こうがくけんきゅうか りょうし こうがくせんこう
東北大学教授(大学院 工学研究科 量子エネルギー工学専攻)

しゅっしんしょうがっこう みえけんかわげちょうりつうえのしょうがっこう おわせしりつおわせしょうがっこう
出身小学校：三重県河芸町立上野小学校→尾鷲市立尾鷲小学校
→名古屋市長高見小学校

けんきゅう げんしりょくはつでんしょ かがく あんぜん つか けんきゅう
研究テーマ：原子力発電所や化学プラントを安全に使うための研究

私 は工学の研究を職業にしています。この本に書かれている腐食のお話 も工学の一つです。工学というのは、自然の謎を解き明かし、自然の仕組みをうまく使う知恵を出して、生活を便利にしたり社会を安全にしたり、みんなを幸せにできる、とてもやりがいのある仕事です。この仕事には国境もありません。人種も関係ありません。もし、大人になって工学を職業にしたいと思ったら、今は不思議なことを不思議と感じ、たくさん質問する子供になって下さい。



いたがき まさゆき
板垣 昌幸

とうきょうり くだいがくきょうじゅ りこうがくぶ こうぎょうかかかぐ
東京理科大学教授(理工学部 工業化学科)

しゅっしんしょうがっこう とうきょうと としまくりつ しいなまちしょうがっこう
出身小学校：東京都豊島区立椎名町小学校

けんきゅう でんきぶんせきがく ふしょく ひょうめんしりょり でんち ぶんせきほう かいはつ
研究テーマ：電気分析学(腐食、表面処理、電池などの分析法の開発)



「もったいない」という日本語が世界共通の言葉になりました。ものを大切に使う、とても美しい言葉だと思います。ものは材料で出来ていますが、材料は金属、無機材料、有機材料に分けられます。金属は、強く、しなやか、そして美しい光沢をもった材料ですが、腐食する(さびる)欠点を持ちます。この腐食を防いで、金属を大切に使うための技術が腐食防食です。私の仕事は、腐食防食技術を発展させること、そして大学生にその重要性を伝えて優秀な研究者・技術者を育てることです。腐食発生は金属と環境の組み合わせで決まりますが、新しい材料が日々開発されていますので、私たちの仕事は尽きることがありません。皆さんもこの本を読んで、身の回りにある「腐食」を防ぐ方法を考えてみてください。



だいがく どんな大学があるの？

おおつか としあき
大塚 俊明

こうえきしゃだんほうじん ふしょくぼうしょくがっかい かいちょう
公益社団法人 腐食防食学会 会長
ほっかいどうだいがくきょうじゅ だいがくいん こうがくいん ざいりょうかがくぶもん
北海道大学教授(大学院 工学院 材料科学部門)

しゅっしんしょうがっこう ほっかいどうさっぽろなえぼしょうがっこう
出身小学校：北海道札幌苗穂小学校

けんきゅう
研究テーマ： さびないステンレス鋼と、さびる鉄の違いの研究



しょう ちゅうがっこう ほっかいどう さっぽろ くしろ あさひかわ す さっぽろ ちゅうがっこう たんにん せんせい りか せんせい
小・中学校を北海道の札幌、釧路、旭川で過ごしました。札幌の中学校の担任の先生が理科の先生
で、学校の理科の準備室や先生のお宅によくお邪魔しておりました。先生のお宅や理科準備室には
てせい いま み しんくうかんせい へ や かたすみ おも
手製の、今では見られない真空管製のラジオやステレオアンプが部屋の片隅にあり、うらやましく思
っていました。先生は理科の授業で簡単なデモ実験を行ってくださって、化学の実験にも興味を
持つようになりました。中学校で教えられたことが、化学と電気に関与している現在の仕事
(金属腐食の化学、電気化学)に繋がっているのだと思っています。

はるな たくみ
春名 匠

かんさいだいがくじゅんきょうじゅ かがくせいめいこうがくぶ かがく ぶっしつこうがくか
関西大学准教授(化学生命工学部 化学・物質工学科)

しゅっしん しょうがっこう おおさかふ とよなかしりつ たかがわしょうがっこう
出身小学校：大阪府豊中市立高川小学校

けんきゅう
研究テーマ： 応力腐食割れ(力のかかったステンレス鋼が腐食で割れる
現象)など

わたし しょうがっこう とき い ねん いま ねん まえ
私が小学校の時と言えは1970年ごろですから、今から35年ほど前になります。コンピ
ューターゲームなんてない時代でしたから、遊びは少 々雨が降っていても「外」でした。重要なのは、
いま むかし あそ どうぐ じてんしゃ さい かい とき かがや
今も昔も「遊ぶ道具」。自転車はその最たるものでした。買ってもらった時にはピカピカ輝いてい
ても、じてんしゃ てつ ちゅうがくせい とき か
自転車は鉄でできていますので、すぐにさびが出ます。ところが、中学生の時に買ってもら
ったアルミニウムでできた自転車はさびが出てこない！これには感激しました。この経験が今の
しごと おも げんてん かんげき けいげん いま
仕事をしようと思った原点…ではありませんが、みなさんの遊び道具の中にも、「さびない工夫」が
なされているのを見つけてもらえたら、うれしく思います。



注) 所属や役職は編著完了日時点のものとなります。

ふしょくぼうしょくぎじゅつしゃ けんきゅうしゃ 腐食防食技術者・研究者になると、



さとう ひろし
佐藤 廣士

かぶしきがいしゃ こうべせいこうしょ だいひょうとりしまりやく しゃちょう
株式会社 神戸製鋼所 代表取締役 社長

しゅっしんしょうがっこう おおいたけん ひ じちょうりつおおがしょうがっこう
出身小学校:大分県日出町立大神小学校

けんきゅう てっこう ふしょく ぼうしょくぎじゅつ けんきゅうしゃじだい
研究テーマ: チタンや鉄鋼の腐食・防食技術など(研究者時代)
てっこうがいしゃ けいえい げんざい
鉄鋼会社の経営(現在)

しょうがっこう ころ こうさく つか き あじ よ あそ てつせい しんぼう つよ
小学校の頃、工作に使うナイフの切れ味を良くすることや、まわして遊ぶコマの鉄製の芯棒を強く
することに楽しみを覚えました。それらがきっかけとなって、大学では金属について学び、会社に入
って20年あまりは、チタンや鉄の防食技術を研究しました。会社経営に携わるようになってから
は、自社製品・工場設備の腐食問題の重要性を一層強く感じています。日本の産業全体では、腐食
によって年間10兆円の損失が出ていると言われていています。このムダを防ぐことは、地球環境を守
ることにもつながります。腐食・防食の勉強は、世界の役に立ちますので、やりがいもあります。
これから大人になる皆さんが興味を持ってくだされば、こんなに嬉しいことはありません。



なかつ みちよ
中津 美智代

ふくいけんこうぎょうぎじゅつ しゅにんけんきゅういん かがく せんいぶかがくこうぶんし
福井県工業技術センター 主任研究員(化学・繊維部化学高分子グループ)

しゅっしん しょうがっこう ふくいけん つるがしりつ まつばらしょうがっこう
出身小学校:福井県敦賀市立松原小学校

けんきゅう ふしょく こう こう よご あいだ
研究テーマ: すきま腐食(ステンレス鋼どうしやステンレス鋼と汚れの間)にできる
ふしょく げんしょう
腐食の現象)など

こ ころ かいがん ちかく す うみ あそ おお かい あつ およ
子どもの頃、海岸の近くに住んでおり、海で遊ぶことが多かったです。貝を集めたり、泳いだり、
潜ったり、時には誤って海水を飲んでしまったりと、楽しかったです。大人になった今でも、その
ときの海水の味を思い出します。海は、私たちに魚などの多くの恵みをもたらしてくれますが、鉄に
とってはさびをおこす敵です。さびには、海水のしょっぱい塩分だけでなく、空気中の酸素も一緒
に悪さをしています、不思議ですね。現在では、海水でもさびにくい金属が開発され、とても活躍し
ています。みなさんも、生きていく上で役に立つ科学の知識を大いに学び、新しいことに挑戦す
る勇氣と力をもってください。



どんな職業に就けるの？

ひろもと さちこ
廣本 祥子

どくりつぎょうせいほうじん ぶつしつ ざいりょうけんきゅうきこう しゅかんけんきゅういん
独立行政法人 物質・材料研究機構 主幹研究員
(せいいたいきのうざいりょう ふくごうかせいたいざいりょう
(生体機能材料ユニット 複合化生体材料グループ))

しゅっしん しょうがっこう かながわけん よこはましりつ いのやましょうがっこう
出身小学校：神奈川県横浜市立 犬山小学校

けんきゅう せいたいけい せいざいりょう きんぞくざいりょう ふしよく こっせつこていざい
研究テーマ：生体内環境での金属材料の腐食(骨折固定材などの
金属材料の腐食)など



わたし しょうがっこう ねん ねんせい とっとりし す りか じゅぎょう そと で
私は小学校1年から3年生までは鳥取市に住んでいました。理科の授業ではよく外に出かけ、
はな むし かんさつ きゅうじつ おがわ と たんぼ でれんげ草の花輪を作ったり
花や虫の観察をしました。休日には小川でザリガニを捕ったり、田んぼでれんげ草の花輪を作
りしました。そのなかで、しぜん しんじ られなくらい せいこう なものを ひめて いるらしい！これは面白
い！と、こまごま はっけん かんどう どうじ え きまぎま かんどう いま しごと つな
い！と、細々とした発見に感動していました。当時得た様々な感動が今の仕事に繋がっているのか
もしれません。みな そとあそ え かんどう たいせつ くだ
も皆さんも外遊びで得られる感動を大切にしてください。

やぎぬま もとき
柳沼 基

にっさんじどうしゃかぶしきがいは けんきゅういん そうごうけんきゅうじょ けんきゅうしよ
日産自動車株式会社 研究員(総合研究所 EVシステム研究所)



しゅっしん しょうがっこう ふくしまけん こおりやまし しりつ がくえんしょうがっこう
出身小学校：福島県郡山市私立ザベリオ学園小学校

けんきゅう ねんりょうでんちじどうしゃ にさんかたんそ だ じせだい じどうしゃ
研究テーマ：燃料電池自動車(二酸化炭素を出さない次世代の自動車)



わたし しょうがっこうじだい でんどう むちゅう く た はし
私は小学校時代、電動ラジコンカーに夢中でした。クルマをただ組み立てて走らせるだけでは
まんぞく こづか としだま ぶひん か と つ かいぞう
満足せず、お小遣いやお年玉をはたいては、いろんな部品を買ってきて取り付けたり改造してい
りして いました。かいぞう せいこう よ こと ぎやく く た しっばい
改造してクルマの性能が良くなる事もありましたが、逆に組み立てに失敗して
うま うご かなかたりした こと けいけん なか わたしじしん おもしろ
上手く動かなかったりした事もありました。そういう経験の中で、私自身が「ものづくり」の面白
さを知り かがく きょうみ も おも
科学に興味を持ったのだと思います。みなさんの周りにはたくさんの「ものづくり」があ
ります。そういうモノをぜひ見て触って感じてみてください。そして、みなさんの中から一人でも多
く かがく きょうみ も うれ
科学に興味を持ってもらえたら嬉しいです。

注) 所属や役職は編著完了日時点のものとなります。

さびの自由研究をやってみよう！！

1. 自由研究をやってみよう

これまで、金属の腐食やさびについてマンガを通じて理解を深めてまいりました。身近な金属の腐食現象には、電池と同じように、化学反応と電気エネルギーの変換が伴っています。理科の教科書で学ぶ水溶液の性質にも深い関わりがあります。より興味を深めていただくために、身近な水溶液や金属を用いて、自由研究をしましょう。小中学生の方々は、お父さん、お母さん、学校の先生など、指導者と一緒に実験や考察をしましょう。

2. 研究レポートのまとめ方

実験を行なって観察や測定をするといろいろなことがわかると思います。わかったこと、不思議と思ったことなどを研究レポートとしてまとめてみましょう。標準的な研究レポートの形式は、「はじめに」→「実験」→「結果」→「考察」→「まとめ」の順番となります。研究の内容によっては、この形式にならなくてもよいと思います。まとめ方も創意工夫してみてください。学校で夏休みの自由研究コンテストをやっているのであれば、是非ともそれに応募しましょう。

【標準的研究レポートの形式】

1) はじめに

興味を持った理由など、実験の目的や研究の動機を書きます。

2) 実験

準備した道具や試薬と実験方法を説明します。

3) 結果

得られた結果をわかりやすくまとめて説明します。

4) 考察

得られた結果をもとに考えたことや感じたこと、新たな疑問などを整理します。

5) まとめ

わかったことや不思議だったことなどを簡潔に箇条書きします。

3. 自由研究テーマの例

どんなテーマで自由研究をしたらよいかわかりにくいかもしれません。ここでは

読者のみなさまに、いくつかテーマの例や実験方法の例を示します。テーマの中から選んで、そのまま実験をしてもよいと思います。自分でテーマをつくってもよいです。その場合も、具体的な方法を考えていくために参考になるとと思います。

3. 1 テーマ例 (I) : ステンレスが腐食する？

[目的]

ふだん腐食しないと思っているステンレスが、ありふれた環境でも条件が整うと腐食してしまうことを確かめます。腐食の様子や、腐食の進む速さをみてみましょう。

[準備]

- ① ステンレスのバット (孔があいて使えなくなるので、百円ショップで購入)
- ② 食塩
- ③ オキシドール (薬局などで入手する)
- ④ 底が平らで重いもの (たとえば、コップ等)



[実験方法]

- 1) 3% の食塩水を作り、ステンレスのバットに入れます。
 - ・ 食塩水の濃さは、正確でなくても舐めて塩からければ大丈夫です。
 - ・ コップを置いたり、吸盤をはり付けたらバットも作ってみます。
 - ・ そのまま1日置いて、変化を見てみましょう。



- 2) 食塩水の中に、オキシドールをキャップ一杯注ぎます。
 - ・ 前の1)で作ったバットに、変化が無いと思いますから、そのまま使います。
 - ・ 1時間おきに変化をデジタルカメラで撮影します。

じっけんけつ かり
[実験結果の例]

けつ かり した しめ じ かん そそ じ かん
結果の例を下に示します（時間はオキシドールを注いでからの時間です）。

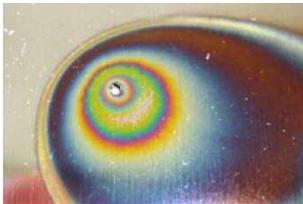
1) 2時間：腐食しているのが、目でわかります。茶色いのは鉄のさびです。



2) 11時間：腐食がさらに進みます。腐食しているのはどこか、注意して観察してください。



3) 実験後の観察：早ければ1日以内でバットに孔があいて食塩水が漏れます。実験を中止して食塩水を捨て、さびを拭き取ってどのように腐食しているか観察してみましょう。



さびが広がっていますが、実際に腐食していたのは小さな孔の部分だけとわかります。



コップを置いたり、吸盤をはりつけたりしたバットでは、腐食しているのはコップの下や吸盤の下だけです。



バットの裏まで孔があいています。

おうよう
[応用]

- ・オキシドールだけでステンレスのバットが腐食するか試してみましよう。
- ・食塩水を使わないで、水道水で実験したらどうなるか試してみましよう。
- ・砂糖水で実験したらどうなるか試してみましよう。
- ・醤油やジュース、台所にある色々な液体で試してみましよう。
- ・オキシドールの量を減らし、1滴だけにしたらどうなるか試してみましよう。
- ・コップを置いたバットでは、オキシドールを入れなくても長い時間置いておけば腐食が始まります。本当に腐食するか試してみましよう。

3. 2 テーマ例 (Ⅱ) : ガラス瓶の中で腐食はどうなる？

もくてき
[目的]

金属が腐食するためには、水と酸素が必要です。腐食しやすい食塩水の中に入れた鉄線の腐食が、蓋をしたガラス瓶と蓋をしないガラス瓶の中でどのように違うかを見て、酸素の役割を確認します。

じゅんび
[準備]

- ① ワイヤハンガー。
- ② 蓋付きガラス瓶 (2個)

じっけんほうほう
[実験方法]

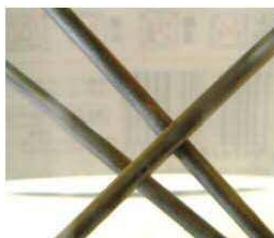
- 1) ワイヤハンガーを適当な長さに切り、カッターナイフで被覆をはぎとり、紙やすりで軽く磨きます。
- 2) 3%の食塩水を作り、ガラス瓶に注ぎます。一つのガラス瓶には食塩水をあふれるぎりぎりまで注ぎ、ふたをして密閉します。もう一つのガラス瓶は扱いやすい深さまで食塩水を入れ、ふたをしないでおきます。
- 3) それぞれのガラス瓶の中に、1)の磨いたワイヤハンガーを入れます。
- 4) 二つのガラス瓶を並べて、さびの出来る量を比べます。



けっか れい
[結果の例]



にちけい か ご ふ しょくじょうたい
1 日経過後の腐食状態



ふた
(a) 蓋あり



ふた
(b) 蓋なし

おうよう
[応用]

かんづめ かん あ あと ほぞん ばあい べつ ようき うつ
缶詰は、缶を開けた後に保存する場合は別の容器に移さなければいけませんが、その理由を考えてみましょう。

3. 3 テーマ例 (Ⅲ) さびた ぎんせいひん でんちはんのう
さびた銀製品の電池反応によるクリーニング

もくてき
[目的]

ぎんせい おんせん ち
銀製のペンダントやブローチなどのジュエリー、フォーク、スプーンなどは温泉地で短期間に黒く変色することがあり、また、一般の環境でも年数を経て写真3. 3. 1、写真3. 3. 2に示すように次第に黒ずんできます。これは硫黄や硫化水素により銀の表面に硫化銀 (Ag₂S) ができて変色したものです。すなわち、銀の腐食により銀のさびで表面が黒く覆われたものです。この黒いさびを身近な道具で簡単にクリーニングすることができます。



ぎんせい
写真3. 3. 1 さびた銀製のペンダント



ぎんせい
写真3. 3. 2 さびた銀製のブローチ

げんり
[原理]

ぎん せいきよく ふきよく しょくえんすい でんかいしつすいようえき けいせい でん ち
銀 (正極) とアルミニウム (負極) と食塩水 (電解質水溶液) で形成される電池において流れる電流によって、銀の黒いさびが還元されてやや白っぽくなり、ブラッシングと水洗いで簡単に剥がれ銀の光沢が戻ります。

じゅんび
[準備]

- ① 黒くなった銀製品
- ② 食塩 (塩化ナトリウム)
- ③ アルミ箔
- ④ 黒くなった銀製品を浸す容器 (シャーレ、ビーカ、コップなど電気をとおさない容器)
- ⑤ 掻き混ぜ棒 (スプーンなど)
- ⑥ ブラシ (用済みの歯ブラシなど)

じっけんほうほう
[実験方法]

例えば、写真3.3.3に示すようにビーカなどの底にアルミ箔を敷き、食塩：水 (水道水) = 1：5 (重量比) の食塩水中に黒くなった銀製品を浸します。時間とともに写真3.3.4のように表面の黒さびの色が薄くなり、ブラッシングと水洗いにより写真3.3.5のように銀の光沢が戻ります。

けっか れい かんさつ
[結果の例と観察のポイント]

- 1) 黒くさびた銀製品表面の色の变化を詳しく観察します。



写真3.3.3 さびた銀製ペンダントの電池反応によるクリーニングの状況



写真3.3.4 浸漬後の状態

写真3.3.5 ブラッシングと水洗いの後

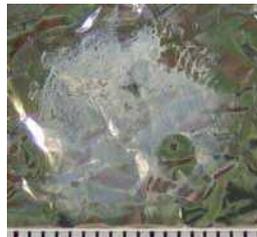


写真3.3.6 銀製ペンダントが置かれていた周辺でアルミニウム箔がさびた状況

- 2) 銀製品の黒いさびの色が薄くなったら小まめにブラッシングと水洗いを繰り返し
してさびの落ち具合を確認します(ブラッシングしないと光沢は戻りません)。
- 3) 実験終了後のアルミ箔の状態(特に銀製品がおかれていた付近)が写真3.3.6
に示すように白くさびているのを観察します。これはアルミニウムから銀へ
電子が流れ、アルミニウムが腐食して、水酸化アルミニウムが生成したもので
す。

3. 4 テーマ例(Ⅳ) 身近な水溶液の性質と金属腐食

[目的]

家事や生活で用いている水溶液の性質や、それらの金属腐食への影響を観察しま
す。身近にある水溶液の効用や危険性について理解を深める研究を行います。実験結
果と生活実感とを対比させるなど、自ら考えたことや感じたことを記録し、レポー
トを作成します。

注意

この実験は比較的簡単にできますが、市販水溶液Aの取扱いには注意が必要です。この実験を行う場合に
は、必ず保護者の許可を得て、化学の知識を有する指導者と一緒に行ってください。各製品の注意事項や
本手順書に書かれた注意事項をよく読んで、十分な準備をして実験にとりかかってください。

[用意]

① むらさきキャベツ液(指示薬)

小学校6年生の理科の教科書に書かれた方法や本書に書かれた方法を参考に、
むらさきキャベツ液を作ります。むらさきキャベツを小さく切って鍋に入れ、
水をくわえて煮ます。むらさき色になった煮汁をとって冷ますと、むらさきキ
ャベツ液となります。ペットボトルなどにむらさきキャベツ液を保存します。

② 市販水溶液A(家庭用の清掃剤)

- ・漂白剤、かび取り剤(強アルカリ性酸化剤水溶液、たとえば、花王キッチンハイターなど)
- ・強力洗浄剤(強酸性水溶液、たとえば、TOYAKU水あか取りなど)

注意

- それぞれの製品の説明に書かれている注意事項をよく読んでください。
- 実験は換気の良いところで行ってください。
- 必ずゴム手袋と保護眼鏡をつけて実験してください。
- 体調がすぐれない方や、心臓病・呼吸器疾患等の方は、市販水溶液Aを使えません。
- 市販の水溶液Aにリストされた水溶液は、他の水溶液と混ぜてはいけません。
- 各製品の使用上の注意をよく読んで、自己責任にて必要最小量だけをこの実験に使ってください。
- お風呂場など、万が一こぼしても大量の水で水洗できる場所で実験を行ってください。

参考

- 漂白剤（塩素系）やカビ取り剤（塩素系）には次亜塩素酸（プールの殺菌剤などに用いられる酸化剤）と水酸化ナトリウム（強アルカリ性）が入っています。
- 強力洗剤（酸系）には、塩酸（強酸性）が入っています。
- 万が一飲み込んだ場合、ただちに口をすすぎ水や牛乳を飲ませる等の緊急措置をとり、医師に相談して適切な措置をとってください。

③ 市販水溶液B（飲料、調味料）

- 食酢（たとえば、ミツカン酢など）、ラムネ飲料

④ 自作水溶液（調理用添加剤の水溶液）

- 1 % ベーキングパウダー（重曹）液

1 g のベーキングパウダーを99 g の水道水に溶かします。

（おおむね、小さじ一杯のベーキングパウダー（3.5 g）を水道水に溶かして350 mLの水溶液をつくるのに相当します）

- 1 % 食塩水

1 g の食塩を99 g の水道水に溶かします。

（おおむね、小さじ一杯の食塩（4 g）を水道水に溶かして400 mLの水溶液をつくるのに相当します）

- 水道水

水道の水をそのまま用います。

⑤ 身近にある金属

- 鉄（たとえば、鉄釘を用いる）
- アルミニウム（たとえば、アルミ箔を用いる）
- 銅（たとえば、電線から少量取り出して用いる）

⑥ 試験管、または小さなコップなどのガラス容器（たとえば、百円ショップなどで必要な数入手するなど）

⑦ 5 mL 程度のスポイト

- ⑧ ガラス製の温度計（たとえば、ホームセンターなどで入手する）
 ⑨ 保護具（ゴム手袋、保護眼鏡、マスク、作業に適した服装など）

課題1 水溶液の性質（酸性、アルカリ性）

[準備]

市販水溶液A

漂白剤（強アルカリ性酸化剤水溶液）
 強力洗浄剤（強酸性水溶液）

市販水溶液B

食酢
 ラムネ飲料

自作水溶液

1 % ベーキングパウダー液

1 % 食塩水

水道水

試験管・指示薬

試験管（または小さな透明容器）： 7本
 むらさきキャベツ液（指示薬）

[実験方法]

- 1) 各水溶液をこぼさないようにそれぞれ5 mLずつとり、試験管（または小さなガラス容器）に入れます。
- 2) それぞれに3 mLずつむらさきキャベツ液（指示薬）を加えます。

[観察のポイント]

- 1) それぞれの液のむらさきキャベツ液の色の変化を観察します（色の変化から酸性の度合いやアルカリ性の度合いを理解します）。
- 2) デジタルカメラなどで撮影し、記録します（時間がたつと色に変化するものもあります）。

[参考]

漂白剤やかび取り剤中の酸化作用のある次亜塩素酸ナトリウムや強いアルカリ性を示す水酸化ナトリウムには、有機物を分解する作用があります。このため、むらさきキャベツ液中の成分が分解されてはじめは黄色になりますが、しだいに

いろ き
色が消えていきます。

かだい すいようえき せいしつ ふ かん 課題2 水溶液の性質（触れたりなめたりした感じ）

じゅんび [準備]

しょくず
食酢

いんりょう
ラムネ飲料

パーセント えき
1 % ベーキングパウダー液

パーセント しょくえんすい
1 % 食塩水

すいどうすい
水道水

じっけんほうほう [実験方法]

うえ しゅるい すいようえき しょうりょう さわ だいじょうぶ
上の5種類の水溶液は、少量であれば触ったりなめたりしても大丈夫です。
すいようえき さんせい せい ど あ さわ かん くら
水溶液の酸性やアルカリ性の度合いと、触ったりなめたりした感じを比べてみ
ましょう。

ちゅうい 注意

しゅるい すいようえき い が い とく し はんすいようえき の すいようえき ぜったい す で さわ くち い
・この5種類の水溶液以外、特に市販水溶液Aで述べた水溶液は、絶対に素手で触ったり、口に入れたりし
ないでください。

かだい きんぞく ふ しょく えいきょう 課題3 金属腐食への影響

じゅんび [準備]

しはんすいようえき
市販水溶液A

ひょうはくざい きょう せいさん か ざいすいようえき
漂白剤（強アルカリ性酸化剤水溶液）

きょうりょくせんじょうざい きょうさんせいすいようえき
強力洗浄剤（強酸性水溶液）

じさくすいようえき
自作水溶液

すいどうすい ちゅうせいすいようえき
水道水（中性水溶液）

きんぞく しけんかん
金属・試験管

てつへん へん どうへん てつくぎ ほう どうせん かく ほん
鉄片、アルミニウム片、銅片（鉄釘、アルミ箔、銅線など） 各3本

しけんかん とうめいようき ほん
試験管 または透明容器 9本

じっけんほうほう [実験方法]

- しけんかん ちい とうめいようき きんぞくへん ほん い
1) 試験管（または小さな透明容器）に金属片を1本ずつ入れます。
- しけんかん ちい とうめいようき すいようえき ミリリットルぞそ
2) 試験管（または小さな透明容器）にそれぞれの水溶液を5 mL 注ぎます。こ
のとき、下の表のような組合せで水溶液を注ぎます（たとえば、鉄片を入れ

た3本の試験管（または小さな透明容器）には、それぞれ1種類の水溶液を入れます。）

	ひょうはくざい 漂白剤	きょうりょくせんじょうざい 強力洗剤	すいどうすい 水道水
てつ 鉄			
アルミニウム			
どう 銅			

かんさつ [観察のポイント]

- 1) 表の組合せで各水溶液がそれぞれの金属片にどのような影響を与えるかを観察します。
- 2) 時間の経過とともにどのような変化が生ずるか、デジタルカメラなどを用いて記録します。また、温度計で水溶液の温度を測定し記録します。

ちゅうい 注意

- ・水溶液の量は5 mL程度以下としてください。
- ・少量ですが有毒ガス（塩素ガス）や可燃性ガス（水素ガス）が発生しますので、換気を十分に行ってください。
- ・デジタルカメラ等の精密な金属製の器具が腐食しないよう、撮影は手際よく行ってください。
- ・これら撮影器具等は発生したガスの影響を受けない場所に保管してください。

かだい 課題4 強酸性水溶液の性質

じゅんび [準備]

てつくぎ
鉄釘

たまごの殻（炭酸カルシウム）

パーセントしよくえんすい
1% 食塩水

きょうりょくせんじょうざい きょうさんせいすい
強力洗剤（強酸性水溶液）

しけんかん ちい どうめいようき
試験管（または小さな透明容器）

じっけんほうほう [実験方法]

- 1) 鉄釘に食塩水をかけ一晩放置してさびをつけます。
- 2) 強力洗剤 5mL を試験管（または小さな透明容器）にとり、さびがついた鉄釘を試験管（または小さな透明容器）に入れます。
- 3) 強力洗剤 5mL を試験管（または小さな透明容器）にとり、少量のたま

この殻を試験管（または小さな透明容器）に入れます。

[観察のポイント]

- 1) さびが溶けていく様子を観察します。
- 2) たまごの殻が溶けていく様子を観察します。
- 3) デジタルカメラなどを用いて様子を記録します。

[考察]

- 1) 強力洗浄剤の説明書を読んで、その特徴を理解します。
- 2) 強力洗浄剤の特徴とこの実験の結果を比較して、陶器製洗面台などについてよごれ（水道管から出てくる鉄さびや水道水中に含まれる炭酸カルシウム分の付着物）が除去できる理由を考えてみてください。

注意

- 水溶液の量は5 m L 以下としてください。
- 少量ですが有毒ガス（塩素ガス）や可燃性ガス（水素ガス）が発生しますので、換気を十分に行ってください。
- デジタルカメラ等の精密な金属製の器具が腐食しないよう、撮影は手際よく行ってください。
- これら撮影器具等は発生したガスの影響を受けない場所に保管してください。
- 水溶液の処理：実験後の各水溶液は、大量の水道水で薄めて流してください。

課題5 強アルカリ性水溶液の性質

[準備]

かび取り剤（強アルカリ性酸化剤水溶液）
少量の毛髪、爪
試験管（または小さな透明容器）

[実験方法]

- 1) かび取り剤 5 m L を試験管（または小さな透明容器）にとります。
- 2) その中に毛髪や切った爪を少量入れる。

[観察のポイント]

- 1) 毛髪や切った爪が分解されて溶けていく様子を観察します。
- 2) デジタルカメラなどを用いて様子を記録します。

【考察】

- 1) 強アルカリ性酸化剤水溶液が毛髪や爪を溶かしてしまう作用を見ながら、感じたことや考えたことを記録しましょう。

注意

- 水溶液の量は5 mL以下としてください。
- 少量ですが有毒ガス（塩素ガス）や可燃性ガス（水素ガス）が発生しますので、換気を十分に行ってください。
- デジタルカメラ等の精密な金属製の器具が腐食しないよう、撮影は手際よく行ってください。
- これら撮影器具等は発生したガスの影響を受けない場所に保管してください。
- 実験後の各水溶液は、多量の水で薄めて流してください。

3. 5 テーマ例（V）水中における「鉄さび」のできやすさと水の性質

【目的】

水中における「鉄さび」のできやすさは、水の性質に依存します。ここでは、身近に手に入る食塩、酢、消石灰を蒸留水に溶かした水溶液を作り、鉄板をこれらの水溶液に浸して、「鉄さび」のできやすさを比較してみましょう。つぎに、「鉄さび」のできやすさが水のどのような性質と関係するか調べてみましょう。なお、実験には危険をとまなう場合があるので、実験前に、必ず、父兄あるいは先生の許可を得て、指導者と一緒に行ってください。

【準備】

金属試料

鉄板（幅 5mm×長さ 50mm程度） 4枚

薬品など

食塩（塩化ナトリウム）

蒸留水（薬局で買えますが、ない場合は煮沸した水道水でもよい）

食酢（酢酸）

消石灰（水酸化カルシウム）（ホームセンターなどで入手します）

赤および青色リトマス試験紙 *

紙ヤスリ（エメリー研磨紙）*

ティッシュペーパー

エタノール（薬局などで入手します）

器具

ひろくちびん 広口瓶 (300m L 程度)	ミリットルでい ど	こ
ひろくちびん 広口瓶 (500m L 程度)	ミリットルでい ど	こ
けいりょう 計量カップ (100m L を計量できるもの)	ミリットル けいりょう	こ
スプーン		ほん
ピンセット		ほん
ドライヤー		だい
デジタルカメラ		だい

なお、広口瓶の代わりに、容積が同程度であれば、上部を切り取ったペットボトルの容器あるいは百元ショップのグラスなどでも使用可能です。

(* : 後述の自由研究実験用品セットにあります)

[事前作業]

試料表面の洗浄

- 鉄板を紙ヤスリで磨きます。
- エタノールを湿らしたティッシュペーパーで鉄板表面の汚れを良く拭き取り、ドライヤー (冷風) で乾燥します。

食塩水の作製

- 300m L の蒸留水を広口瓶 (500m L 程度) に入れ、つぎに食塩を 9 g 入てスプーンでかき混ぜ、食塩を完全に水に溶かし食塩水を作ります。

酢酸水の作製

- 200m L の蒸留水を広口瓶 (500m L 程度) に入れ、つぎに食酢 (酢酸) を 100m L 入れてスプーンでかき混ぜ、酢酸水を作ります。

消石灰水の作製

- 300m L の蒸留水を広口瓶 (500m L 程度) に入れます。
- つぎに消石灰を 5 g 入れてスプーンでかき混ぜ、消石灰水を作ります。消石灰は完全に水に溶けず、大部分がビーカーの底に溜まりますが、実験には、その上澄み液を用います。

注意

- 消石灰は粘膜や皮膚を侵すので、目や咽喉に入らないように、必ず安全眼鏡とマスクをしてください。
- また、消石灰水が皮膚などについた場合は、直ちに水で良く洗ってください。
- エタノールは引火性がありますので、火気に注意して使ってください。

じっけんほうほう [実験方法]

- 1) 蒸留水、酢酸水、食塩水、消石灰水をそれぞれ250mL取り、各広口瓶（300mL程度）に入れます。残りの各水溶液を赤および青色リトマス試験紙にたらしその色の変化を観察します。
- 2) 鉄板各1枚を、各広口瓶に入った蒸留水、酢酸水、食塩水、消石灰水に浸して、放置します。なお、ビーカーの各水溶液のレベルをマジックインクでマークします。
- 3) 放置時間ごとの各広口瓶中の鉄板に「さび」ができる状況や鉄板上で発生する気泡を目で観察するとともに、デジタルカメラで撮影します。時間が経つと、蒸発して各水溶液のレベルが下がってくるので、蒸留水を足してレベルを一定にします。
- 4) 数日間観察後、鉄板を各水溶液から取り出し、表面のさびの様子を目で観察し、デジタルカメラで撮影します。

ちゅうい 注意

- 実験に使用した各水溶液は、多量の水道水で薄めて流してください。

けっか せいり [結果の整理]

- 1) 表面や液中のさびの様子から「鉄さび」のできやすさの順に各水溶液を並べてみよう。
- 2) 何故、「鉄さび」のできやすさが水溶液で異なるのか考えてみよう。
(ヒント：まんがの「防食の原理」を見よう)



ほんじっけんけっか せいり
写真3.5.1 本実験結果の例

3. 6 テーマ例 (VI) 鉄の腐食反応を色の変化から調べてみよう

[目的]

水溶液中の鉄の腐食反応に着色することにより、色の変化から鉄の腐食反応を理解することができます。また、異種金属の接触腐食（ガルバニック腐食）が、どのように起こるのか色の変化から調べることもできます。ここでは、鉄の腐食反応に着色する実験をおこない、色の変化から鉄の腐食反応について考えてみましょう。なお、実験には危険をともなう場合があるので、実験前に、必ず、父兄あるいは先生の許可を得て、実験指導者と一緒に行ってください。

[準備]

a) 薬品

食塩（塩化ナトリウム）

寒天粉末*

エタノール

1%フェノールフタレイン溶液*

2%ヘキサシアノ鉄(Ⅲ)酸カリウム（赤血塩）水溶液*

b) 試験片

鉄板（幅 5mm×長さ50mm×厚さ0.3mm程度）* 3枚

銅板（幅 5mm×長さ50mm×厚さ0.3mm程度）* 1枚

亜鉛板（幅 5mm×長さ50mm×厚さ0.3mm程度）* 1枚

導線（銅線）（両端に、みのむしクリップのついた長さ500mm×太さ0.3sq程度のもの）* 2本

c) 器具

シャーレ（直径 6cm程度） 3個

加熱用容器（陶器カップ、ガラスビーカなど）（100mL程度） 2個

ホットプレートあるいは電熱器

デジタルカメラ

紙ヤスリ（エメリー研磨紙*）

攪拌用のスプーン*、または棒（ガラス製またはプラスチック製）

軍手

ティッシュペーパー

ピンセット

計量カップ、など。

なお、シャーレの代わりに、試験片が収まるサイズであれば、百円ショップのガラス製の皿等でも使用可能です。

(*：後述の自由研究実験用品セットにあります)

【実験方法】

- 1) 3枚の鉄板の両面および端面を紙ヤスリで磨き、エタノールを湿らせたティッシュペーパーで表面の汚れを良く拭き取ります。
- 2) 銅板と亜鉛板の両面および端面をそれぞれ、別々に紙ヤスリで磨き、エタノールを湿らせたティッシュペーパーで表面の汚れを良く拭き取ります。なお、一度、使用した紙ヤスリは、別の種類の金属には使用しないように注意すること。
- 3) 鉄板2枚、銅板、亜鉛板各1枚の長さ方向の片端を約15mm垂直に折り曲げます。
- 4) 折り曲げた鉄板と銅板の上端、鉄板と亜鉛板の上端をみのむしクリップ付きの導線で電氣的に接続します。
- 5) 食塩2g、寒天粉末1.5g、水50mLを加熱用容器に入れ、その加熱用容器をホットプレートの上に置き、攪拌用スプーンまたは棒でかき混ぜながら加熱して、糊状の寒天液を作ります。
- 6) 加熱を止め、寒天液をかき混ぜながら2%ヘキサシアノ鉄(III)酸カリウム水溶液および1%フェノールフタレイン溶液を数滴ずつ加えます。
- 7) 寒天液が冷えて固まらないうちに、3つのシャーレ(または、ガラス製の皿等)の中に、寒天液を等量ずつ流してひろげ固まらせます。なお、寒天液の入った加熱用容器を直接手に持つと、火傷するので、軍手を用いること。
- 8) 3つのシャーレ(または、ガラス製の皿等)に、ピンセットを用いて鉄板単独、導線で接続した鉄板と銅板の対および鉄板と亜鉛板の対を並べます。
- 9) 再び5)および6)の操作により寒天液を作り、金属板が並べられた3つのシャーレ(または、ガラス製の皿等)に等量ずつ流してひろげ固まらせます。寒天液を流しこむとき、みのむしクリップ部分や導線部分に寒天液がつかないように、寒天液のレベルを調節します。
- 10) 3つのシャーレ(または、ガラス製の皿等)中におかれた金属板周辺における寒天の色の時間的変化を目で観察するとともに、デジタルカメラで撮影します。

注意

- ・ フェノールフタレイン溶液には引火性のあるエタノールが含まれますので火気に注意して使ってください。
- ・ フェノールフタレイン溶液およびヘキサシアノ鉄(III)酸カリウム(赤血塩)水溶液が皮膚についたら、直ちに水で良く洗ってください。
- ・ フェノールフタレイン溶液およびヘキサシアノ鉄(III)酸カリウム(赤血塩)水溶液が口に入ったら、直ちに口を良くすすいでください。目に入ったら直ちに水で良く洗い流し、医師の手当を受けてください。

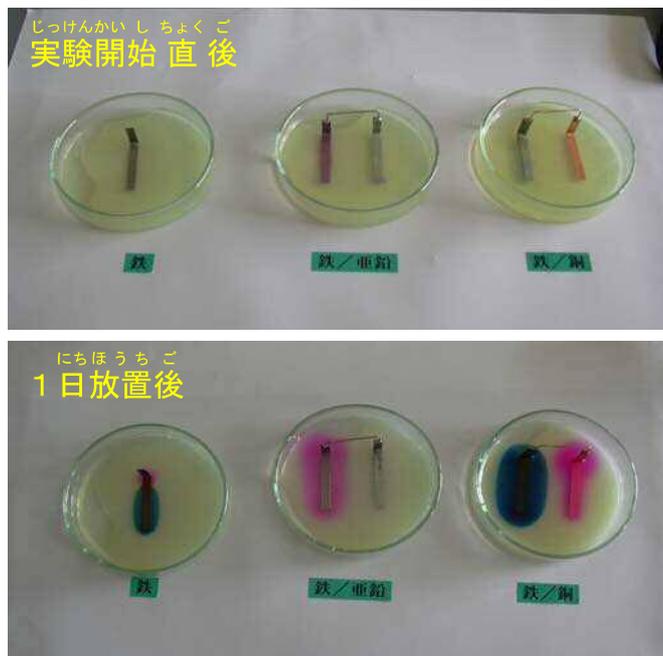


写真3. 6. 1 本実験結果の例（左から鉄板単独、鉄板と亜鉛板の対、鉄板と銅板の対）

【観察結果の整理と考察】

- 1) 単独でおかれた鉄板について、鉄板周辺の色の変化に着目し、色の異なる鉄板部分で、どのような反応が起こっているか考察する。また、何故、このような色が着くのか、調べなさい。
- 2) 導線で接続された鉄板と銅板の対について、鉄板周辺と銅板周辺における色の違いに着目し、鉄板と銅板で、それぞれどのような反応が起こっているか考察しなさい。
- 3) 導線で接続された鉄板と亜鉛板の対について、鉄板周辺と亜鉛板周辺における色の違いに着目し、鉄板と亜鉛板で、それぞれどのような反応が起こっているか考察しなさい。（ヒント： まんが「防食の原理」をみよう）

注意

- ・ 実験で使用済みとなった寒天は新聞紙に包み、さらにビニール袋に入れて、燃えるゴミとして廃棄してください。
- ・ 実験に使用しなかったフェノールフタレイン水溶液は大量の水ですすめ下水に流してください。
- ・ 使用しなかったヘキサシアノ鉄(II)酸カリウム（赤血塩）水溶液を廃棄する場合には、吸水性の厚紙（トイレトペーパーでも可）で吸い取った後、新聞紙に包み、さらにビニール袋に入れて燃えるゴミとして廃棄してください。ごく少量（数滴以内程度）であれば、大量の水ですすめ下水に流してください。

[参考] 調理用さじの種類と小さじ一杯の質量

小さじ一杯の定義：小サジに山盛りにせず、さじ上部縁と水平になるように乗せる。

小さじ：容積：5 mL、材質：18-8 ステンレス製
大さじ：容積：15 mL、材質：18-8 ステンレス製

小さじ一杯の質量：

- ・食塩：約4 g
- ・砂糖：約4 g
- ・水・酢・酒：約5 g
- ・重曹・片栗粉：約3 g
- ・ベーキングパウダー：約3.5 g
- ・コーンスターチ：約3 g
- ・みそ・醤油・ミリン：約6 g

なお、大さじ一杯は、おおむね小さじの3倍の量となる。また、別の薬さじを用いると、さらに少ない質量をはかることができる。例えば(株)テックジャム製の全長150 mmの薬さじ(小)(KN3136404)を用いると、一杯の食塩は約2 gとなる。



科学の体験は、普段の生活にも役立つのじゃよ。

やさしい金属腐食の本・自由研究用品セット

公益社団法人 腐食防食学会では、本書で紹介した自由研究を行う上で一般には入手しにくい物品を、自由研究用品セットとしてご用意いたしました。実験に便利な器具、試薬、試験片をセットにして、実費にて提供させていただきます。ご家庭や学校などで用意できるものと組み合わせ、おもしろい金属腐食の現象を体験しましょう。



自由研究用品セットの内容

【実験器具】

- | | |
|------------------|-----|
| ①プラスチック製ピンセット | 1本 |
| ②攪拌用スプーン | 1本 |
| ③PP スポイト 5 mL | 1本 |
| ④紙やすり 耐水600番 | 10枚 |
| ⑤みのむしクリップ付き導線 | 2本 |
| ⑥リトマス紙 赤・青 20枚綴り | 各1冊 |

【試薬】

- | | |
|------------------------------------|----|
| ⑦1%フェノールフタレイン溶液 10 mL | 1本 |
| ⑧2%ヘキサシアノ鉄(III)酸カリウム(赤血塩)水溶液 10 mL | 1本 |
| ⑨粉末寒天 20 g | 1袋 |

【試験片】

- | | |
|------------------|-----|
| ⑩鉄板 5×50×0.3 mm | 24枚 |
| ⑪亜鉛板 5×50×0.3 mm | 3枚 |
| ⑫銅版 5×50×0.3 mm | 3枚 |

【価格】

公益社団法人 腐食防食学会のホームページにてご確認ください。

【申込先】 公益社団法人 腐食防食学会 TEL:03-3815-1161 <http://www.jcorr.or.jp/>

【製造元】 株式会社 シュリンクス TEL:03-5565-1684 <http://www.syrinx.co.jp/>

- * 試薬は冷暗所に保存し6カ月以内に使用してください。試薬の取り扱いには十分ご注意ください。小さなお子様の手の届かないところに保管してください。試薬溶液を廃棄する場合には、試薬の性質に応じた適正な方法で処理してください。
- * 指導者のもと正しくお使いいただくことを前提に実費にて本製品を提供させていただきます。本製品内容物の不適切なご利用により発生した事故・災害、そのほかいかなる損害に対しても、(公益)腐食防食学会および(株)シュリンクスは一切の責任を負いませんので、あらかじめご了承ください。

とうきょうこくさいくうこう かつそうろ ちようちようきたいきゆう か
東京国際空港・D滑走路の超長期耐久化



ねん がつ にち はねだ くうこう
2010年10月21日、羽田空港に

しんこくさいせんりよかく かいぎよう
「新国際線旅客ターミナル」が開業

ほんめ かつそうろ かんせい
しました。4本目のD滑走路も完成し、

はっちやくかいすう まんかい まんかい ふ
発着回数は30万回から40万回に増

かつそうろ
えました。D滑走路は2500メートルの



なが たまかわ かこうふきん けんせつ かつそうろ ぶん さんばしこうぞう
長さで、多摩川の河口付近に建設されたため、滑走路の3分の1を栈橋構造にし

こうこうぞう わ くに ほこる せかいさいせんたん ぼうしょくぎじゆつ てきよう
ました。この鋼構造にも我が国の誇る世界最先端の防食技術が適用されてい

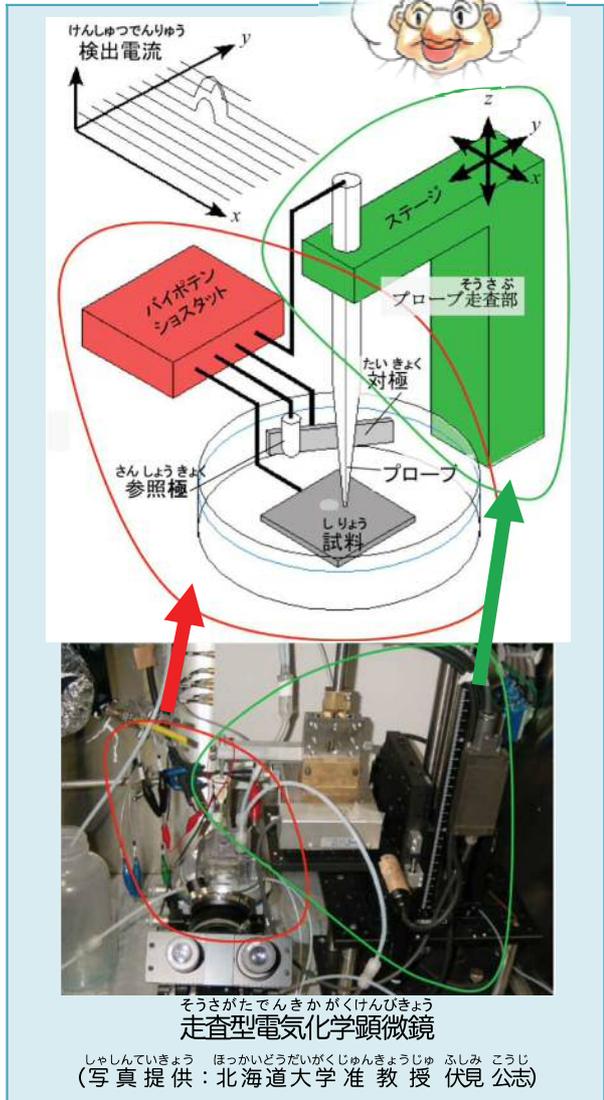
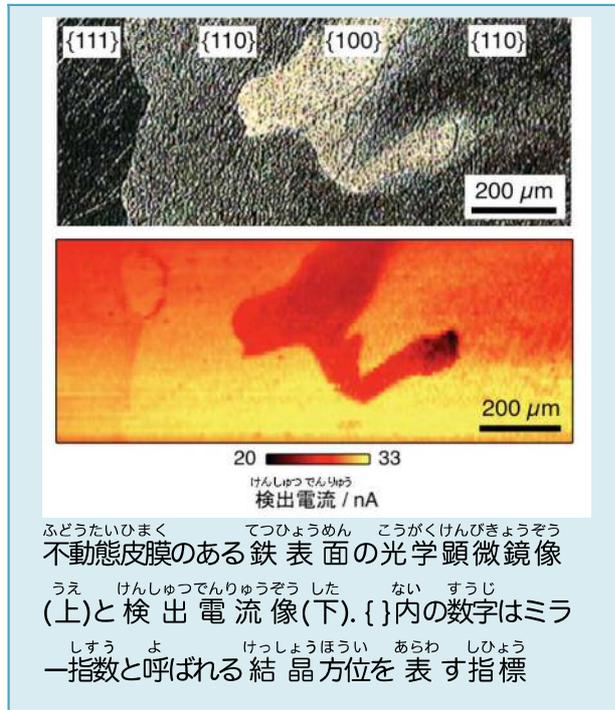
ねん こ たいきゆうせい ねら ようじようぶ かんまんぶ かいすい ふしょく
ます。100年を超える耐久性を狙い、洋上部と干満部は海水に腐食しないチタ

かいちゆうぶ ごうきんぎせいふきよく でんきぼうしょく
ンやスーパーステンレスでカバーし、海中部はアルミ合金犠牲負極で電気防食

ふしょくけんきゆうしゃ ぼうしょくぎじゆつしゃ ながねん けんきゆうちけん ぎろん せいか
しています。腐食研究者や防食技術者の長年の研究知見や議論の成果も

じつようか はんえい せかいかつこく りようしゃ あんぜん あんしん ささ
実用化に反映され、世界各国の利用者の安全と安心を支えています。

そうさがたでんきかがくけんびきょう 未来ざいりょうけんきゅう
走査型電気化学顕微鏡による未来材料研究



そうさがたでんきかがくけんびきょう 不動態
走査型電気化学顕微鏡は、不動態
ひょうめん 表面の反応性を見る最先端の装置
です。酸化還元 (ボックス) 反応種を含
む水溶液中で、不動態化した金属

しりょう 試料と探針 (プローブ) の電位を二電極電位制御装置 (ハルペンシostat) で独立に
せいぎょ 制御しつつ、探針を金属試料表面に沿って走査すると、検出電流像が得ら
れます。不動態皮膜のある鉄表面の光学顕微鏡像と検出電流像の比較によ
り、不動態皮膜上の反応のしやすさが鉄素地の結晶方位に依存することがわ
かりました。この結果は、未来材料創出への指針の一つになっています。

公益社団法人 腐食防食学会

ものを大切にする科学と技術に携わる人々が、

公益に資する活動をしようと集まる会を運営しています



じゅうよう
重要です！

公益社団法人 腐食防食学会

Japan Society of Corrosion Engineering

(公益)腐食防食学会とは

金属材料をはじめとし材料全般の腐食防食に関する学術研究の連絡・提携及び促進を図るとともに、腐食防食に関する調査研究及び技術の普及・指導を行い、もって腐食防食に関する科学技術の発展と材料の使用上の信頼性の向上、ならびに設備のリスクベース管理に寄与することを目的として設立された、会員からの会費収入と自らの活動収入だけで運営されている公益社団法人です。本会は、会員総会で選任された理事による法人ガバナンス（理事会）の下、研究専門委員会、技術委員会、腐食センター等により運営されています。地域活動のために、北海道、東北、関東、中部、関西、中国・四国、九州・沖縄支部も設置されています。本会の活動は、不特定多数の方々の安全で安心な暮らしを支えています。

学会活動（公益事業 1）

表彰

春：春期学術講演大会

秋：材料と環境討論会

学会誌「材料と環境」の発行

国際会議

シンポジウム

技術セミナー

入門講習会

コロージョン・セミナー

分科会活動・研究会

産業分野別フォーラム

出版物・ソフトウェアの頒布，展示会，など



技術相談・技術指導（公益事業 2）

(公益)腐食防食学会には、腐食センターが設置されています。腐食センターは、(公益)腐食防食学会の会員が持つ高度の科学技術ポテンシャルを広く世の中に役に立てていただくための機関として活動しています。業務内容は腐食問題・防食対策に関する相談・調査・研究・評価・研修などで、専門家や学識経験者が対応します。公益事業ですので、非会員の方でも安心してご利用いただけます。

より詳細は、ホームページをご覧ください

<http://www.jcorr.or.jp/>

公益法人へのご寄付には、税制により優遇措置が適用されます。

ご寄付ご検討いただける場合には、本会へご一報いただけますと幸いです。

自由研究に使える
まんが やさしい金属腐食の本
—ものを大切にする科学と技術—

平成 23 年 10 月 21 日編著完 平成 26 年 1 月 18 日改定

発行日 平成 26 年 7 月 20 日

作画 永尾 瑠美

編著 公益社団法人 腐食防食学会
やさしい金属腐食の本 企画・編集委員会

発行元 公益社団法人 腐食防食学会
〒113-0033 東京都文京区本郷 2-13-10 湯浅ビル 5F
電話 03(3815)1161 ファクス 03(3815)1291
URL <http://www.jcorr.or.jp>

P D F 版 無償

本書の個人による閲覧を許諾します。発行元の許可なく本書の一部または全部の複製・転載・印刷・頒布・展示・譲渡・貸与・翻訳・翻案・転送・公衆送信・上映・上演等を原則禁止します。但し、教育・啓蒙・自己啓発に必要な最少部数の印刷・配付・上映は許諾します。

Intelligence for safety, reliability, security and durability



Since 1933



2011 © All rights reserved

公益社団法人 腐食防食学会

JAPAN SOCIETY OF CORROSION ENGINEERING