

銅と希塩酸の反応についての一考察 — 溶存酸素・金属表面・水の純度に着目して —

谷川直也 大江智子
岐阜聖徳学園大学教育学部 郡上市立郡上東中学校

A Study on the Reaction of Copper and Diluted Hydrochloric Acid: Focusing on Dissolved Oxygen, Metal Surfaces, and the Purity of Water

Naoya TANIKAWA, Tomoko OE

Abstract

Some experiments published in science textbooks do not yield the results as described by the procedures in the textbooks. This is because all the chemicals used in the textbook description are written under the condition that they are pure substances. In this study, we experimentally verified the cause of the reaction when copper is mixed with diluted hydrochloric acid. Our analysis focused on the dissolved oxygen in diluted hydrochloric acid, the surface of the copper plate, and the purity of the water used.

Key Words : copper, diluted hydrochloric acid, dissolved oxygen, metal surface, water purity

I. 研究の背景

日本の化学教育の先駆者と言われている津田栄（1961年没）はいわゆる教育学者でもなく、またいわゆる化学者でもなかった。津田はまさに化学教育者であった。しかも単なる化学教育者ではなく、日本の理科教育に対する豊かな見識のもとに、実に多角的な実践活動を行った。津田は化学教育の研究者であり、啓蒙家であり、かつ実践家であった。津田の歩んだ理科教育の道をたどることは、これからのわが国の理科教育の在り方を模索する上で多くの貴重な示唆を与えてくれる¹⁾。津田は「化学はいろいろの分科に分かれておりまして、物理化学、無機化学、有機化学というように純粋な化学もありますが、また、工業化学、薬化学、生化学、農芸化学などの応用化学もいろいろあります。これらの分科のひとつとして教育に関する化学というものがあってもよい、またなければならぬ、そして、独立させる必要がある。こう考えるのであります。化学工業に対して工業化学というものがあるのと同じように、化学教育に対して教育化学が当然成り立つと思うのです。」と述べている¹⁾。さらに「ウソとゴマカシの化学教育」という言葉を用い、一例として、「亜鉛に希硫酸を注ぐと水素が発生するというのが常識である。ところが、実際に純粋な亜鉛に純粋な希硫酸を加えても、水素はほとんど発生しない。希硫酸がうすすぎるのだらうといって、濃硫酸を追加する。それでもなお発生が思わしくない。さらに濃硫酸を加えると、やっと気体が出て来る。ところが、水素は無色無臭だということに、その気体は悪臭がある。そこで教師は、亜鉛か硫酸が不純だったとみえて、臭いがするといつてごまかす」、「硫酸が濃厚であれば亜硫酸ガスができますし、硫酸の濃度や温度によりましては硫化水素もできるからであります」、「濃硫酸を加える代わりに硫酸銅の水溶液を少し加えてやると、水素の発生は非常に楽にできます。これは、あまり卑近な例でありまして、…中略…そういう卑近な例から、かなり面倒なことに至るまで、われわれとしていろいろ研究すべき課題があります。」と述べている。津田の提唱した教育化学は未だ確立されていない。

小・中・高等学校の理科の教科書で金属に関する性質が記されている。例えば酸の学習において、酸は金属を溶かす性質をもつと教える。表1²⁾に高等学校化学基礎で学習する金属のイオン化列（金属のイオン化傾向を、その大きさの順に並べたもの）の順に掲載されている金属の反応性を示す。

本研究では、小・中・高等学校の教科書に掲載されている金属の銅に着目した。人類はイオン化傾向の小さい順番に金属を得て生活に利用してきた。銅は世界初の合金である青銅（銅と錫の合金）として、日本では弥生時代に青銅鏡、銅剣、銅鉾、和銅回銚等として利用されている³⁾。

表1より、銅と酸の反応は硝酸、熱濃硫酸、王水には溶けるが、塩酸、硫酸には溶けないことが分かる。これは、イオン化傾向が $Cu < H_2$ であるためである。

仁宮 (1993)⁴⁾ は銅を塩酸に溶かすための方法として、硫酸、酢酸、塩酸に過酸化水素水を加え、それぞれの混合水溶液中に銅板を入れ、銅板の表面変化に着目するという実験を報告している。その概要は次のとおりである。

塩酸での結果は、3 mol/L 塩酸と 1.4% 過酸化水素水、4 mol/L 塩酸と 1.8% 過酸化水素水、5 mol/L 塩酸と 1.8 - 2.2% 過酸化水素水のそれぞれの混合水溶液中では、銅の表面で褐色と青白色の周期変化が生じた。このことから、酸化と溶解が繰り返していると考えられる。銅は酸化剤である過酸化水素によって酸化され酸化銅(II)という酸化生成物となる。その酸化生成物が酸である塩酸と反応し、塩化銅(II)という塩を作り、溶解するということが分かる。

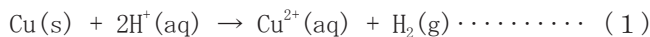
このときの化学反応式は、 $Cu + H_2O_2 \rightarrow CuO + H_2O$, $CuO + 2HCl \rightarrow CuCl_2 + H_2O$ となる。

平松 (2014)⁵⁾ は希硫酸に酸素を吹き込み、銅の粉末を加える実験を行うと、水溶液が青色になることを報告している。これは、水溶液に溶けた酸素が酸化剤として働くことを示している。

II. 理論

化学熱力学の視点で銅と希塩酸の反応について、次に記す。

横井 (1993) によると、銅と水素の反応は式(1)のように表すことができる⁶⁾。



エンタルピー変化を ΔH 、エントロピー変化を ΔS 、自由エネルギー変化を ΔG 、絶対温度を T としたとき、式(1)の自由エネルギー変化 ΔG は次のように求められる。 $T = 298\text{ K}$ とする。

$\Delta H = 67\text{ kJ/mol}$ 、 $T\Delta S = 1.4\text{ kJ/mol}$ であるから、

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S = 67\text{ kJ/mol} - 1.4\text{ kJ/mol} = 65.6\text{ kJ/mol}$ となる。自由エネルギー変化 ΔG が

正となるため、銅は水素イオンと反応しないことが分かる。

仁宮 (1993)⁴⁾、平松 (2014)⁵⁾ の先行研究から、酸化力のない酸である塩酸でも、酸化剤が共存すれば銅は溶けるということが分かった。また、酸素を吹き込むことで希硫酸で銅を溶かせることから、希塩酸にも酸素が共存すれば銅を溶かす可能性があると考えられる。

平松 (2014) は酸素を吹き込んで実験を行っている。しかし、25°Cの純水中に、溶存酸素が 8.14 mg/L 含まれていると記されている⁷⁾。

我々は、空気中の酸素と水溶液は接しているため、溶解平衡の状態をとるため（このとき、空気（大気圧）を蓋と考える）、酸素を吹き込まなくても銅は希塩酸に溶けるのではないかと考えられる。しかし、表1の通り、教科書の記述には銅は希塩酸に溶けない（反応しない）と記されている。この現象を実験的に検証することは化学教育において重要であると考えられる。

III. 本研究の目的

本研究は銅と希塩酸の反応系について、酸化剤として働く過酸化水素水を加えたり、酸素を吹き込まない教科書に記述されている条件においても銅がイオン化して溶け出す現象を、希塩酸中の溶存酸素、金属表面の研磨の有無、水の純度に着目して、実験的に検証することを目的として行った。

表1 金属単体の反応性の比較
(実教出版編修部, 2018)

金属のイオン化列	Li	K	Ca	Na	Mg	Al	Zn	Fe	Ni	Sn	Pb	(H ₂)	Cu	Hg	Ag	Pt	Au	
水との反応	常温で反応																	
	高温で反応*1																	
酸との反応*2	高温の水蒸気と反応																	
	酸と反応して、水素を発生																	
	硝酸、熱濃硫酸に溶ける																	
空気中での酸化	常温ですく酸化												**	常温で酸化被膜をつくる				
自然界での産出状態	化合物としてのみ存在												化合物または単体として存在			単体		

IV. 実験内容

本研究は溶存酸素、金属表面の研磨の有無、水の純度に着目して実験を行うため、水溶液の脱酸素処理（図1，図2）と銅板表面の研磨処理を行った。水の純度は蒸留水、水道水、超純水（富士フィルム和光純薬株式会社）をそれぞれ用いることで対処した。脱酸素処理と研磨処理について、次に記す。

〔脱酸素処理〕

(1) 準備物

溶存酸素計データログ WA-2017SD J-D0（以後、溶存酸素測定器と記す）、実験用窒素ボンベ（株式会社ヤガミ）、ゴム管、丸ストーン（株式会社 LIXIL ビバ）、1000 mL ビーカー、水溶液（約 300mL）

(2) 実験方法

- ① 実験用窒素ボンベと丸ストーンをゴム管で繋いだ。
- ② 1000mL ビーカーに丸ストーンを入れ、丸ストーンが浸る程度まで水溶液を加えた。
- ③ 溶存酸素測定器を用いて、窒素を吹き込み、水溶液内の溶存酸素濃度（以後、DO と記す）を測定した。

※丸ストーンは使用前に蒸留水で 30 分程度煮沸し、室温まで冷まして使用した。

・脱酸素処理の仕組み

丸ストーンで細かい窒素ガスを吹き込むことで、溶存酸素の酸素分子のまわりに窒素分子が附着し浮力が大きくなり、溶存酸素が溶解度の小さい窒素とともに空気中に出ていく。その結果、DO を減少させることができる。

図1、図2に脱酸素処理の様子を示す。

図1は装置全体（溶存酸素測定器、水溶液の入ったビーカー、窒素ガスボンベ）図2はビーカー内を拡大したもので、丸ストーンから窒素の細かい気泡が出ている様子を示す。

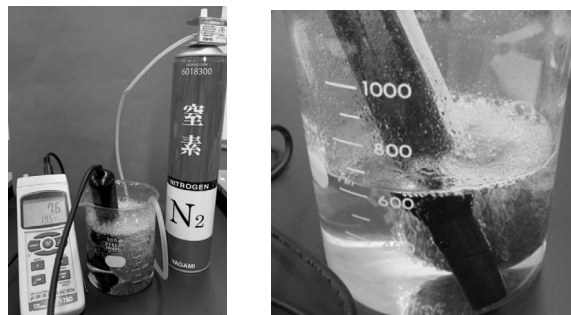


図1 脱酸素処理の様子 図2 ビーカー内を拡大

〔研磨処理〕

(1) 準備物

耐水ペーパー（#600、#1000）、希硫酸（少量）、蒸留水（少量）、エタノール（少量）、200 mL ビーカー（3個）

(2) 実験方法

- ① 銅板表面を耐水ペーパー #600，#1000 の順に用いて磨いた。
- ② ①の銅板を希硫酸に 5 分間浸した。
- ③ ②の銅板を蒸留水に浸した。
- ④ ③の銅板をエタノールに浸した。

・研磨処理の仕組み

実験方法①、②は銅板表の酸化被膜を取り除くために行った。実験方法③は希硫酸を取り除くために行った。実験方法④は水を取り除くために行った。その結果、銅板の酸化被膜（酸化銅（I）と酸化銅（II）など）を取り除くことができる。

〔水の純度〕

本研究では、水に含まれる不純物も反応に影響を与えているのではないかと考え、3種類の水（蒸留水、水道水、超純水）を用いることとした。図3にそれぞれの水について示す⁸⁾。

銅と希塩酸の反応について、実験内容を次に述べる。

(1) 準備物

1 mol/L 塩酸（米山薬品工業（株）一級）、1 cm² 銅板（ケニス、10 × 10 mm）、溶存酸素測定器、ハンナ PH・EC・DO メーター edge（以後、pH 測定器と記す）、試験管（4本）、駒込ピペット（2本）

(2) 実験方法

- ① 脱酸素処理を行った塩酸 A と、脱酸素処理を行わない塩酸 B を用意した。
- ② 塩酸 A、B の DO と pH を測定した。
- ③ 塩酸 A を 8 mL とり、試験管①、②に加えた。
- ④ 塩酸 B も同様に 8 mL とり、試験管③、④に加えた。
- ⑤ 研磨処理を行った 1 cm² の銅板 a と、研磨処理を行わない銅板 b を用意した。
- ⑥ 銅板 a を試験管②、④にいれた。
- ⑦ 銅板 b を試験管①、③にいれた。
- ⑧ 19 日間後の水溶液の色の変化と銅板表面の変化を観察した。

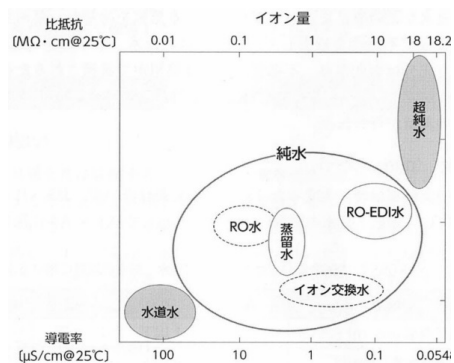


図3 超純水および純水のイオン量, 有機物量の大まかな比較 (山崎ほか, 2017)

V. 実験結果および考察

図4に蒸留水を用いたときの結果を示す。反応時間：19日間。

脱酸素処理を行った場合：DO = 2.1 mg/L (22.5 °C)、pH = 0.04 (22.5 °C)。

脱酸素処理を行わなかった場合：DO = 6.5 mg/L (23.0 °C)、pH = -0.01 (23.0 °C)。

表2は、IV. 実験内容(2) 実験方法①～⑧を表にまとめたものである。

表2 試験管の中の条件制御 (○：処理済、×：未処理)

	試験管①	試験管②	試験管③	試験管④
脱酸素処理	○ 塩酸 A	○ 塩酸 A	× 塩酸 B	× 塩酸 B
研磨処理	× 銅板 b	○ 銅板 a	× 銅板 b	○ 銅板 a



図4 蒸留水を用いたとき (左:水溶液の様子、右:銅板表面の様子)

蒸留水を用いたとき、図4①②③④の試験管は反応後の水溶液は青色に変化していることから、銅が 1 mol/L の塩酸に溶け出していることが分かる。水溶液の色の濃さは目視では同じくらいだった。

銅板表面の様子は、試験管①、②に入れていたものが赤褐色、試験管③に入れていたものが白色、試験管④に入れていたものが黒色に変化した。

図5に水道水を用いたときの結果を示す。反応時間：19日間。

脱酸素処理を行った場合：DO = 1.4 mg/L (23.7 °C)、pH = -0.05 (23.7 °C)。

脱酸素処理を行わなかった場合：DO = 7.5 mg/L (23.7 °C)、pH = -0.08 (23.7 °C)。

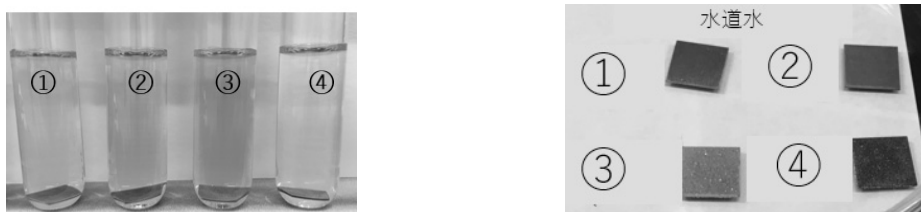


図5 水道水を用いたとき (左:水溶液の様子、右:銅板表面の様子)

水道水を用いたとき、反応後の水溶液の様子は蒸留水を用いたときと同様に、図5①②③④の試験管は青色に変化した。水溶液の色の濃さは目視では同じくらいだった。

銅板表面の様子は、蒸留水のとときと比べると試験管①と試験管②の変化は同じであったが、試験管③は白くきらきらとした結晶が生成した。また、試験管④は蒸留水と比較して、より黒色になっていた。

図6に超純水を用いたときの結果を示す。反応時間：19日間。

脱酸素処理を行った場合：D_O = 2.0 mg/L (22.6 °C)、pH = 0.02 (22.4 °C)。

脱酸素処理を行わなかった場合：D_O = 7.8 mg/L (22.8 °C)、pH = -0.01 (22.5 °C)。



図6 超純水を用いたとき (左:水溶液の様子、右:銅板表面の様子)

超純水を用いたとき、反応後の水溶液の様子は蒸留水、水道水を用いたときと同様に、図6①②③④の試験管は青色に変化した。水溶液の色の濃さは目視では同じくらいだった。

銅板表面の様子は、試験管③が蒸留水と水道水を用いたときは白色に変化した、超純水を用いたときのみ黒色に変化した。試験管①、②、④は蒸留水、水道水を用いたときと同様な結果となった。

図4, 図5, 図6に示した実験結果は、図7に示すようにゴム栓をした後、パラフィルムで周りを巻いた条件で行った。そのため、試験管内に含まれている酸素量の違いのみで比較を行ったことになる。

しかし、脱酸素処理の有無で反応の差は目視ではほとんど確認することができなかった。そこで、空気中の酸素と水溶液表面を常に触れさせるために、図8のように栓の仕方をパラフィルムのみにした。パラフィルム (PM-996) は、ラボ用フィルムの定番で伸張性が強く、通気性のある薄膜シールである⁹⁾。

図9に結果を示す。

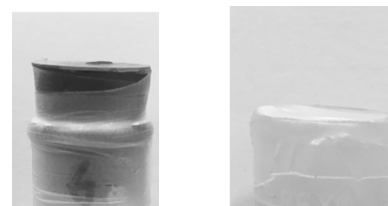


図7 ギュム栓とパラフィルム



図8パラフィルム

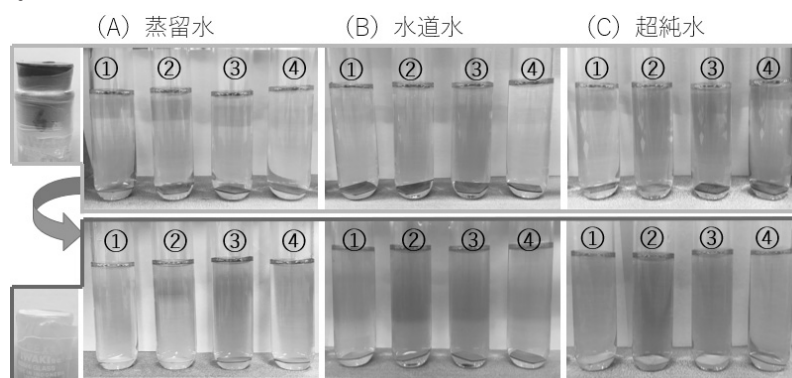


図9 試験管の栓の仕方を変えたときの反応後の試験管内の様子

図9の栓の仕方を図7のゴム栓とパラフィルムから図8のパラフィルムに変えたとき、(A)蒸留水、(B)水道水、(C)超純水を用いたときのいずれも、濃い青色に変化した。パラフィルムをみの試験管は常に水溶液が酸素と触れていることから、溶存酸素は常に飽和状態にある。このことから、酸素濃度が大きい方が濃い青色になっているため、酸素が酸化剤として働いていることが考えられる。

今回の実験結果からは蒸留水、水道水、超純水による違いは目視では確認することはできなかった。

酸素の影響を確かめるため、酸素を吹き込んだときと、吹き込まないときで実験を行った。吹き込む方法は、脱酸素処理の装置 (図1) の実験用窒素ガスを酸素ガスに替えて行った。他の実験方法は、銅と塩酸の反応と同様である。

図 10 に蒸留水を用いたときの結果を示す。反応時間：32 日間。
 酸素を吹き込んだとき:吹き込み直後の DO = 23.1 mg/L (24.1 °C)、
 pH = - 0.01 (24.1 °C)。

酸素を吹き込まなかったとき:DO = 7.7 mg/L (24.1 °C)、pH = - 0.07
 (24.2 °C)。

図 10 から、酸素を吹き込んだ試験管①、②の方が濃い青色になった。

さらに、蒸留水、水道水、超純水の 3 つの実験での銅板の様子を比較した。図 11 は銅板の写真を示す。

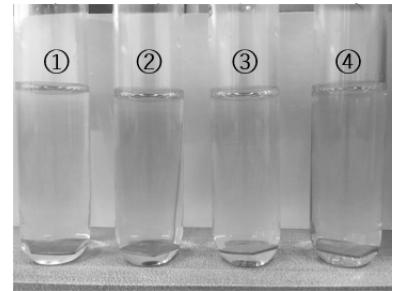


図 10 酸素吹き込みの有無での反応後の試験管内の様子

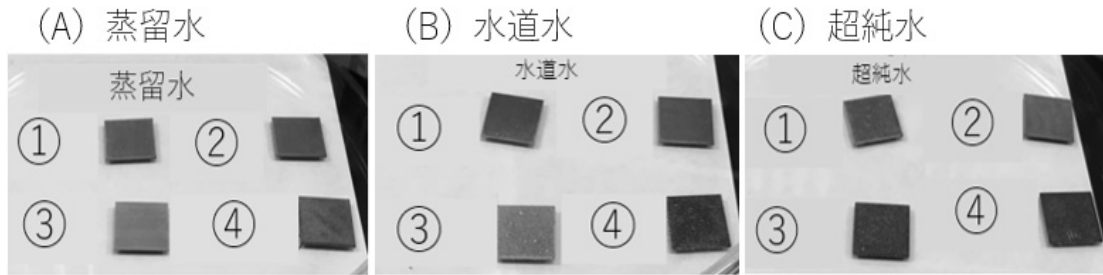


図 11 銅板表面の比較

図 11 から (A) 蒸留水、(B) 水道水、(C) 超純水を用い、脱酸素処理を行った系の試験管①②の反応後の銅板は研磨処理の有無に関係なく赤色になった。(A) 蒸留水、(B) 水道水を用い、研磨処理、脱酸素処理を共に行わなかった系の試験管③の反応後の銅板は白色に、(C) 超純水を用いた同様の系では黒色になった。(A) 蒸留水、(B) 水道水、(C) 超純水を用い、研磨処理を行い、脱酸素処理を行わなかった系の試験管④の反応後の銅板は黒色になった。このように、結果はどれも目視では変化が観られたため、反応後の銅板表面を電子顕微鏡 (JCM-6000Plus 日本電子株式会社) で観察することを考えた。

電子顕微鏡で観察するためにまず、取り出した銅板をデシケーターの中に入れ、アスピレーターで減圧し乾燥させた。この操作は、酸による電子顕微鏡内の腐食を防ぐために行う。乾燥させた結果、銅板の表面に青い結晶が生成したため、電子顕微鏡で銅板表面を観察することはできなかった。

塩化物イオン Cl^- の影響について調べた結果を示す。塩化物イオン Cl^- を含む塩化ナトリウム水溶液は、金属の腐食に影響を与えることはよく知られており、次のように述べられている¹⁰⁾。

「(4) 塩化物イオンの侵入により食孔の底では CuCl が生成することがある。この場合 CuCl の酸化還元反応や加水分解反応が起こるため、塩化物イオンの存在は食孔反応を促進する因子として働く。」

このことから、銅と塩酸の反応に塩化物イオン Cl^- が影響を与えているのではないかと考え、実験を行った。

実験方法は銅と塩酸の反応と同様で、用いる試薬を塩化ナトリウム NaCl 、臭化ナトリウム NaBr 、ヨウ化ナトリウム NaI に替えた。

図 12 に 1 mol/L 塩化ナトリウム水溶液、1 mol/L 臭化ナトリウム水溶液、1 mol/L ヨウ化ナトリウム水溶液を用いたときの結果を示す。用いた溶媒は蒸留水である。

銅と希塩酸の反応で、脱酸素処理の有無では水溶液の色の変化に目視での差が認められなかったため、脱酸素処理は行わず、ゴム栓の有無での比較を行った。栓の仕方は図 7 と図 8 と同様である。

表 3 は塩化物イオン Cl^- の影響を調べる実験条件をまとめたものである。

表 3 試験管の中の条件制御 (○:処理済, ×:未処理)

	試験管①	試験管②	試験管①'	試験管②'
研磨処理	×	○	×	○
栓の仕方	ゴム栓と パラフィルム	ゴム栓と パラフィルム	パラフィルムのみ	パラフィルムのみ

・塩化ナトリウム水溶液: DO=8.9 mg/L (21.7 °C)、pH= 5.27 (21.5 °C)。

・臭化ナトリウム水溶液: DO=8.3 mg/L (23.7 °C)、pH= 5.52 (23.7 °C)。

・ヨウ化ナトリウム水溶液: DO=8.3 mg/L (23.7 °C)、pH= 5.52 (23.7 °C)。

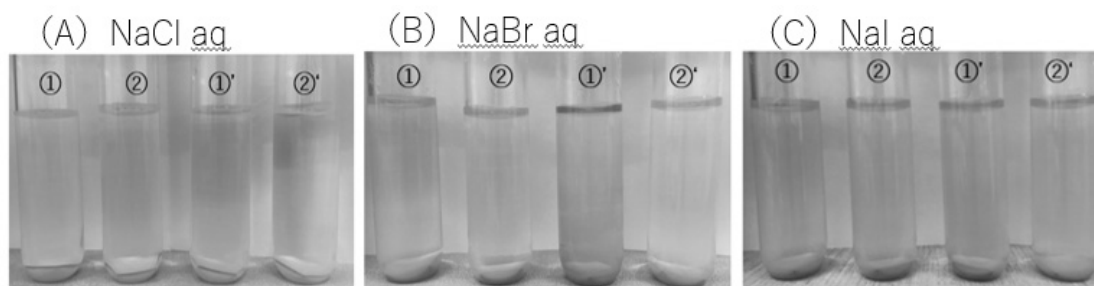


図 12 NaCl 水溶液, NaBr 水溶液, NaI 水溶液と銅板の反応後の様子

塩化ナトリウム水溶液を用いたとき、図 12 (A) ① ② ①' ②' の試験管は青色沈殿が生成した。また、目視では沈殿の量に差は確認できなかった。しかし、目視では図 12 (A) ① ② ①' ②' の水溶液の色は無色透明であった。また、ゴム栓の有無での違いは目視では確認することはできなかった。

臭化ナトリウム水溶液を用いたとき、塩化ナトリウム水溶液と同様、図 12 (B) ① ② ①' ②' の試験管は青色沈殿が生成した。また、目視では沈殿の量に差は確認できなかった。目視では図 12 (B) ① ② ①' ②' の水溶液の色は無色透明であった。また、ゴム栓の有無での違いは目視では確認することはできなかった。

ヨウ化ナトリウム水溶液を用いたとき、塩化ナトリウム水溶液、臭化ナトリウム水溶液を用いたときと異なり、図 12 (C) ① ② ①' ②' の試験管は少し黄色みを帯びた青色沈殿が生成した。しかし、目視では図 12 (C) ① ② ①' ②' の水溶液の色は無色透明であった。また、ゴム栓の有無での違いは目視では確認することはできなかった。

図 12 の実験結果から塩化物イオン Cl^- の影響を比較したところ、図 12 (A) ① ② ①' ②' の試験管は青色沈殿が生成した。また、ゴム栓の有無に関係なく同じように沈殿が生成したため、ハロゲン化物イオンが銅と反応する際には酸素の有無は関係ないと考えられる。

図 12(A) (B) (C) の水溶液が青色に変化していないことから、水に不溶の物質が生成したことが分かる。そのため、塩化銅(II) CuCl_2 ではない別の物質が生成していることも考えられる。しかし、今回の実験は目視での水溶液の色の観察に留まっているため、銅(II)イオン Cu^{2+} が生成しているともいえない。

今回の実験系にはナトリウムイオン Na^+ が 3 つの試薬に共通して存在している。

そのため、ナトリウムイオン Na^+ が反応に影響があるとも考えることができる。

そこで、0.5mol/L の硫酸ナトリウム水溶液でも表 3 と同様の条件下で実験を行い、ナトリウムイオン Na^+ の影響を明らかにすることを試みた。硫酸ナトリウム Na_2SO_4 は、ナトリウムイオン Na^+ の数を他の 3 つの試薬と同じにするため 0.5mol/L とした(溶解度の問題でもある)。溶媒は蒸留水を使用した。

図 13 に硫酸ナトリウム水溶液の結果を示す。反応時間：13 日間。硫酸ナトリウム水溶液：DO = 5.9mg/L (23.1 °C)、pH = 6.93 (22.9 °C)。

硫酸ナトリウム水溶液と銅板の反応では、図 13 ① ② ①' ②' の試験管は青色沈殿が生成せず、目視では図 13 ① ② ①' ②' の水溶液の色は無色透明であった。また、研磨処理を行った試験管②と②' は反応後の銅板が黒色に変化していた。

この結果から、塩化物イオン Cl^- の影響があることが考えられる。しかし、希塩酸との反応と塩化ナトリウム水溶液との反応を比較すると水溶液の色の変化などが異なるため、水素イオン濃度 (pH) が反応に関係していることも考えられる。

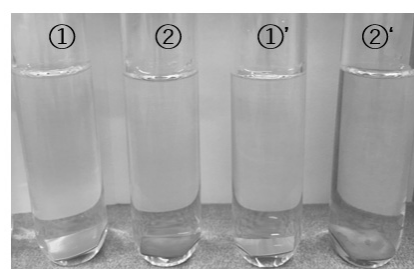


図 13 硫酸ナトリウム水溶液を用いた反応後の様子

VI. 結論

本研究の結論は次のようになる。

(1) 銅は溶存酸素という酸化剤が希塩酸の中に存在することにより、酸化力のない酸である希塩酸にも溶ける。このときの反応は式(2)のように表すことができる。反応過程においては、酸 H^+ 、溶存酸素 O_2 、塩化物イオン Cl^- が関与していると言える。



高校化学教科書(4単位)に記されている銅と希塩酸の反応は、溶存酸素 O_2 および塩化物イオン Cl^- を考慮しない条件下での記述であることが明らかとなった。

II. 理論で示した通り、 $T/\Delta S$ は非常に小さい値のため、無視できる。そのため、化学熱力学の観点からは、 $\Delta G = \Delta H = -2683.66 \text{ kJ/mol} < 0$ となるため¹¹⁾、式(2)の反応は進むということが分かる。

(2) 水の種類による反応系の違いにおいて、水溶液の色や銅板表面の様子に大きな違いが見られなかった。そのため、授業においては水道水や蒸留水を用いて銅と塩酸の反応の実験を行っても問題がないことが明らかとなった。

(3) 図4、図5、図6、図11、図13の試験管の反応後の銅板表面が目視でそれぞれ異なっていたため、酸化被膜の酸化銅(I) Cu_2O と酸化銅(II) CuO の違いや、酸化被膜の有無で起こる反応が異なると考えられる。

(4) 本研究の目的は、実験結果を受けて教科書の記述を変える必要があるということではない。授業中に銅と希塩酸の反応の実験を行い、教科書の記述と異なる実験結果が得られたとき、なぜそうなるのかという生徒の疑問をごまかすのではなく、水溶液中の溶存酸素、塩化物イオン、銅板表面の酸化被膜の影響等があることを教師が伝えることで、生徒自身の学びが深まると考える。

VII. 今後の課題

今後の課題として、次のことが挙げられる。

(1) 今回の実験は目視での定性実験であったため、電子顕微鏡(JCM-6000Plus 日本電子株式会社)や分光光度計(APEL PD-3000UV)を用いた銅板表面の原子(銅原子、酸素原子)の数の測定、反応後の水溶液中の銅(II)イオンの濃度を測定するなど定量的な実験を行う。

(2) 塩化物イオン Cl^- の影響についてさらに、実験的検証を行う。

注・文献

- 1) 津田栄(1982):「私の歩んできた理科教育の道」, 大日本図書, 70-72, 76-77.
- 2) 実教出版編修部(2018):「サイエンスビュー化学総合資料 四訂版」, 実教出版, 89.
- 3) 仲田進一(2004):「銅のおはなし」, 日本規格協会, 18-20.
- 4) 仁宮章夫(1993): 顕微鏡を使用した化学実験(V) - 過酸化水素による銅の溶解 -, 「化学と教育」, 41巻6号.
- 5) 平松茂樹(2014): 銅の性質と実験 - 高等学校「化学」における扱いを中心に -, 「化学と教育」, 62巻2号.
- 6) 横井邦彦(2016): 亜鉛は塩酸に溶けるが銅が溶けないのはなぜ, 「化学と教育」, 64巻4号.
- 7) 加藤正義・馬場宣良(1988):「現代電気化学概論」, オーム社, 41.
- 8) 山崎友紀ほか(2017):「はじめての基礎化学実験」, オーム社, 28.
- 9) 松吉医療機器株式会社 <https://www.matsuyoshi.shop/c/gr91/m0602>.
- 10) 世利修美(2016):「金属材料の腐食と防食の基礎」, 成山堂書店, 155-156.
- 11) 社団法人日本化学会(2004):「化学便覧 基礎編 改定5版」, 丸善株式会社, 291-294.