

イオンの化学変化(中3第一分野 化学) はじめに

「中学2年生の化学学習について」 (<http://tsukiyonoryu.seesaa.net/article/479523331.html>) に引き続き、中学3年生の化学学習「イオンの化学変化」について、生徒が見て学習できるテキストを作りました。今回は穴埋め方式ですので、参考書や教科書などで調べて学習してください。1日20分で2週間読むと終わる内容ですが、「中学2年生の化学学習について」のテキストが身に付いていたら無理なく進められると思います。もし、本テキストでつまづくようでしたら、
<https://tsukiyonoryu.up.seesaa.net/image/E58E9FE5AD90E381A8E58C96E5ADA6E5A489E58C96-9e968.pdf>
で再度学習してください。

その他文献URL (当方記述)

1. 中3第一分野 (化学) イオン学習についての感想 (<http://longtext.blogspot.com/2021/04/blog-post.html>)
2. 原子量について (<http://longtext.blogspot.com/2021/01/blog-post.html>)
3. 元素 (element)と原子(atom)と元素量 (<http://longtext.blogspot.com/2021/01/elementatom.html>)

このテキストは、大人の方に向けて主張したいことが満載です。

私がもし先生をしていたらすでにベテランと言われる年齢です。しかし、残念ながら、わが子は私が教えることにはあまり反応が良くないです。反抗期もあるのですが、どうしても大人の感覚で話をするので少し難しいのだと思います。

子の言い分では、学校の先生や塾の先生の話聞いてようやく理解できるから私の話は面倒なんだとか。これは、私の至らない部分でもあるのです。

でも、大人になって理解が進んでいる若い先生方にお伝えしたいことがたくさんあるんです。私もかなりひどい教育課程を受けてきたと思うんですが、それを上回る勢いの教育課程を受けてきているのが今の先生方なんじゃないかなと思うのです。何がおかしいのか？洗い出す能力を身につけることは、大人になってからも大切だと思うのです。そして、私もそれを社会人になって、ベテランの方々からご教授いただいたのです。

最後に記事がすぐに反映されて良い方向に流れるとは、ちょっと期待してません。悪くするような流れができていて、現在があるのですから、もどかしさと諦めが私自身の心境です。それでも、あの時あの話を聞いて良かったって思うことは、しばしばです。それで、あえてこのようなテキストを書くことにしました。そしてこの年齢になって、「化学って面白いのかもな！」と自分自身が思えるようになりました。

イオンの化学変化（中3第一分野 化学）

目次

1. 導電性と絶縁性 1
2. 水溶液の導電性と絶縁性 1
3. 水溶液中の電解質 2
4. イオンの性質と種類 4
5. 電解質の電離式 7
6. 電解質水溶液の電気分解 9
 - ① 塩化水素 (HCl) 水溶液の電気分解 9
 - ② 塩化銅 (CuCl_2 若草色)水溶液の電気分解 10
 - ③ 塩化ナトリウム (NaCl)水溶液の電気分解 11
 - ④ (発展) 水酸化ナトリウム (NaOH)の電気分解 読み飛ばし可能 12
7. 電池になる化学変化 13
 - ① 電池のあらまし 13
 - ② 化学電池の原理 15
8. 酸とアルカリ 16
 - ① H^+ と OH^- イオンの働きとpH (ピーエイチ) 16
 - ② 酸の電離式 17
 - ③ アルカリの電離式 17
 - ④ 酸・アルカリの化合物 18
 - ⑤ 酸とアルカリの化学変化；中和 20
9. 最後に 22
 - 暗記すべし！ 22
 - デモ実験について 23
 - 水について 23
 - 酸とアルカリについて 24

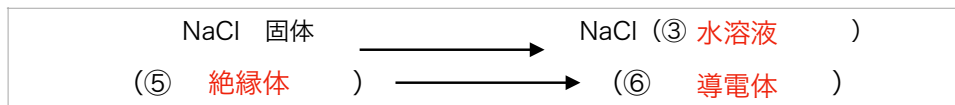
イオンの化学変化（中3第一分野 化学）

1. 導電性と絶縁性

電気を通す物質を（① 導電体）と言ひ、電気を通さない物質を（② 絶縁体）と言う。
 （① 導電体）の物質；語群から アルミニウム、鉄、炭素
 （② 絶縁体）の物質；語群から 塩化ナトリウム、塩化銅、水酸化ナトリウム
 語群）塩化ナトリウム、アルミニウム、塩化銅、鉄、炭素、水酸化ナトリウム

2. 水溶液の導電性と絶縁性

水にある物質を溶かしたものを（③ 水溶液）という。
 水は純粋なものは、ほぼ電気を通さないで（④ 絶縁体）である。
 （④ 絶縁体）であるNaClを水に溶かしたNaCl（③ 水溶液）は電気を通す。これを表に書き出すと、



このように、水に溶かすと（⑤ 絶縁体）から（⑥ 導電体）へ変化する物質を（⑦ 電解質）と呼ぶ。また、水に溶かす前後で（⑤ 絶縁体）のままのものを

（⑧ 非電解質）と呼ぶ。右図にこれらの代表的な物質をまとめた。下の図の物質と化学式はテストするね。

代表的な電解質	
物質名	化学式
塩化銅	CuCl ₂
塩化ナトリウム	NaCl
水酸化ナトリウム	NaOH
塩化鉄	FeCl ₂
硫酸銅	CuSO ₄
塩化水素	HCl
硫酸	H ₂ SO ₄

代表的な非電解質	
物質名	化学式
ショ糖	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁
エタノール	C ₂ H ₆ O
メタノール	CH ₄ O
ブドウ糖	C ₆ H ₁₂ O ₆

表1 代表的な電解質と非電解質

3. 水溶液中の電解質

電解質は固体のままだと絶縁体なのに、どうして水に溶かすと電気を通すんだる？

このことを探るため、電解質が水の中に溶けた時 どのようにになっているのか考えてみよう。塩化ナトリウムを水に溶かした場合、塩化ナトリウムがどうなっているのか？みんなも色々考えて書き出してみよう。

考え方のヒント！を見てもう一度考えてみよう。

水もNaClも それぞれは 電気を通さない → 塩化ナトリウム水溶液は電気を通す

👉 NaClも水も電気的には中性（プラマイ0）。

👉 水に溶けたNaClが電気を通すように変化 or 水が変化した？

👉 どちらがどう変化したのかな？

次のページを読んで、最後に自分でまとめよう。

塩化ナトリウムが水に溶けて電気を通す物質に変化した。

水に溶けた塩化ナトリウムは、電気を帯びたイオンNa⁺イオンとCl⁻イオンに分解する。

NaCl水溶液中で、NaClは分解してしまうと考えられている。でも、ナトリウム原子（元素）とCl原子に分解しても、どちらも電気を帯びていない（中2化学 [原子と化学変化.pdf](#) A-2、A-3参照）。

実は、塩化ナトリウムNaClはNa原子とCl原子できているのではなく、Na原子から軌道電子を1つ取り、Cl原子に電子を1つ付けた状態で、電気的引力によってNaClが作られていると考える。Na原子の一つの電子が、Cl原子に出張するようなイメージ。NaClは、水溶液中ではお互いに、一つの（軌道）電子を失ったNa原子と一つの（軌道）電子をもらったCl原子が分離していると考え。これにより、水の中に電気を帯びた二種類の物質が現れて、電気を通すようになる。

「一つの（軌道）電子を失ったNa原子」や「一つの（軌道）電子をもらったCl原子」は、**イオン**と名付けられている。したがって、NaCl水溶液中に存在するものは、**Naイオン**と**Clイオン**と呼ばれる。また、Naイオンは電子を一つ失ってしまったので正の電気を帯びていて陽イオンと呼ばれ**イオン式**を使い**Na⁺**と表記され、Clイオンは電子を一つもらったので負の電気を帯びてい

て陰イオンと呼ばれ**イオン式**を使い**Cl⁻**と表記される。

また、電解質がイオンに分離することを**電離**と言う。

（例題1）塩化銅の電離を説明するので、カッコ内に適語を書きなさい。

塩化銅の①**化学式**はCuCl₂である。塩化銅は銅②**イオン**と塩素③**イオン**が結合していると考えることができる。水溶液中では、イオン式④**Cu⁺**と⑤**Cl⁻**に⑥**電離**している。

（例題2）ショ糖はどうして水に溶けるが、水溶液は電気を通さないのか考えなさい。

ショ糖が水に溶けて分解しても、C₁₂H₂₂O₁₁というショ糖分子になるが、これは電気を持たないので、電流を運ぶことができないから。

4. イオンの性質と種類

原子の軌道電子が取れたりくっつくことによって原子からイオンに変化する。原子は原子核に正(+)の電気を帯びた陽子があり、その周りを負(-)の電気を帯びた電子が回っていて、正と負の電気が同じで、全体として電気を帯びていないモデルで説明できる（電気的中性という）。しかし、イオンは原子に電子が付いたり取れたりするため、原子と異なり電気を帯びている。

原子から電子が1つ取れて作られるイオンは正の電気を帯びた**一価の陽イオン** (Ex. Na⁺)、2つ取れて作られるイオンは**二価の陽イオン** (Ex. Ca²⁺)、3つ取れたら**三価の陽イオン** (Ex. Al³⁺)、…。

原子に電子が1つ加わって作られるイオンは負の電気を帯びた**一価の陰イオン** (Ex. Cl⁻)、2つ加わり作られるイオンは**二価の陰イオン** (Ex. O²⁻) と呼ばれる。三価の陰イオンは後述する複数の原子がまとまってイオンになる時のみで、単体の原子から作られることはない。

Figure 2: Periodic table of elements. The table is color-coded by groups: yellow for non-metals, blue for metals, and grey for unknown states. A legend indicates states at 20°C and 1 atm: green for gas, blue for liquid, and purple for solid. The table includes element symbols, atomic numbers, and names in Japanese.

表2 元素の周期表 https://www.kyoiku-shuppan.co.jp/textbook/chuu/rika/files/WEB_syukihyo2.pdfさんより

どのようなイオンになるのかは、原子の種類によって決まっている。鉄のように複数のイオンになる原子もあるが、16族元素は電子を2つ加えて希ガスと同じ軌道電子の形になるうとする性質があるため、二価の陰イオンになる。17族元素（ハロゲン）は電子を1つ加えて希ガスと同じ軌道電子の形になるうとする性質があるため、一価の陰イオンになる。1族（アルカリ金属＋水素）は軌道電子を一つ放出して希ガスと同じ軌道電子の形になるうとするため一価の陽イオンに、2族（アルカリ土類金属）は軌道電子を二つ放出して希ガスと同じ軌道電子の形になるうとするため二価の陽イオンになるうとする性質を持つ。また、リンなどは単体ではイオンにならず、酸素と結合した $(\text{PO}_4)^{3-}$ というリン酸イオンを作る。表3イオン式を載せるので、きちんと覚

表3 代表的なイオン式

陽イオン		陰イオン	
水素イオン	H^+	フッ化物イオン	F^-
ナトリウムイオン	Na^+	塩化物イオン	Cl^-
カリウムイオン	K^+	水酸化物イオン	OH^-
銀イオン	Ag^+	硝酸イオン	NO_3^-
カルシウムイオン	Ca^{2+}	酢酸イオン	CH_3COO^-
鉄(II)イオン	Fe^{2+}	酸化物イオン	O^{2-}
銅(II)イオン	Cu^{2+}	硫化物イオン	S^{2-}
亜鉛イオン	Zn^{2+}	硫酸イオン	SO_4^{2-}
アルミニウムイオン	Al^{3+}	炭酸イオン	CO_3^{2-}
鉄(III)イオン	Fe^{3+}	リン酸イオン	PO_4^{3-}

表3-1 空欄を埋めよう。

陽イオン		陰イオン	
水素イオン		フッ化物イオン	
ナトリウムイオン		塩化物イオン	
カリウムイオン		水酸化物イオン	
銀イオン		硝酸イオン	
カルシウムイオン		酢酸イオン	
鉄(II)イオン		酸化物イオン	
銅(II)イオン		硫化物イオン	
亜鉛イオン		硫酸イオン	
アルミニウムイオン		炭酸イオン	
鉄(III)イオン		リン酸イオン	

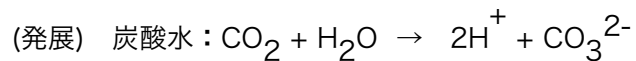
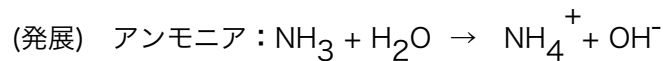
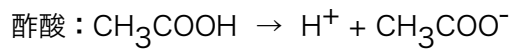
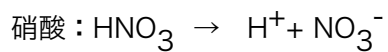
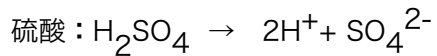
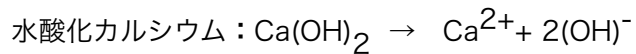
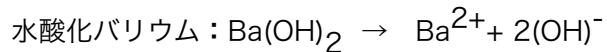
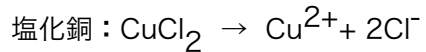
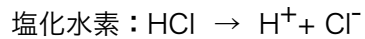
陽イオン		陰イオン	
	H^+		F^-
	Na^+		Cl^-
	K^+		OH^-
	Ag^+		NO_3^-
	Ca^{2+}		CH_3COO^-
	Fe^{2+}		O^{2-}
	Cu^{2+}		S^{2-}
	Zn^{2+}		SO_4^{2-}
	Al^{3+}		CO_3^{2-}
	Fe^{3+}		PO_4^{3-}

えよう。

<http://pdf.manavee.com.s3-website-ap-northeast-1.amazonaws.com/>
原子と原子をくっつけよう（新課程：化学基礎）%20-%2015.第11回
(B)%E3%80%80イオン（後編）.pdfさん参照

5. 電解質の電離式

§3で、塩化ナトリウムNaClはNa⁺とCl⁻のイオンが電氣的引力によって固体を作っていることを説明したが、このような物質を**イオン性物質**と呼ぶ。イオン性物質のものは電解質となり、水溶液中では電離している。この様子を表す方法として**電離式**を用いる。大切な電離式を記すので覚えよう。



メモ

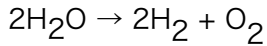
次のページから実験を紹介しますが、あくまでもイメージしか載せてません。

電極は全部炭素棒にしていますが、電極は実験ごとに変えるといいです。

電源として、四角い電池（ボックス電池）9Vを使用すると便利です。

6. 電解質水溶液の電気分解

中2原子と化学変化のB-1-9では、水の中に電極を入れ電圧をかけて水素ガスと酸素ガスを発生させる実験を紹介し、水の電気分解を学んだ。水の電気分解を表す化学反応式は、



となる。

本書で電解質水溶液に電気を通し導電性があることを紹介したが、これは先の水の電気分解と同じことを行なっている事になる。ここで、**Ⓐ** 塩化水素 (HCl)、**Ⓑ** 塩化銅 (CuCl₂)、**Ⓒ** 塩化ナトリウム (NaCl)、**Ⓓ** (発展) 水酸化ナトリウム (NaOH)の水溶液の電気分解を紹介しよう。

Ⓐ 塩化水素 (HCl) 水溶液の電気分解

塩化水素HCl (気体) を水に溶かすと、塩酸ができる。塩酸の中では、塩化水素が水素イオンH⁺と塩化物イオンCl⁻に電離する。電離式は **HCl → H⁺ + Cl⁻** 図では電子 (マイナス電気) の動きで説明しているので、電流は逆向き。

陽極で起きていること

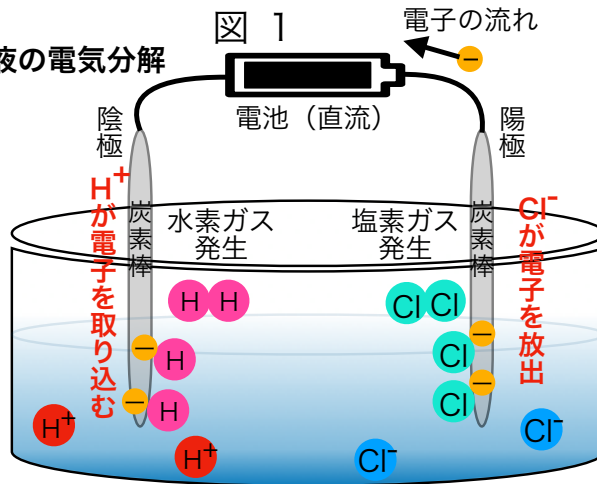
陽極にはマイナスの電気を帯びた塩化物イオンが近づき、軌道電子1つを陽極で放出する。

この結果、塩化物イオンから塩素原子となり、2つの塩素原子が結合して塩素ガスが発生する。

これを化学反応式で書くと、**2Cl⁻ → Cl₂ + 2e⁻ (電子)** となる。

陰極で起きていること

陰極には陽極で塩化物イオンから放出された電子が運ばれてくるが、同時にプラスの電気を帯びた水素イオンが引き寄せられ 運ばれた電子1つを陰極

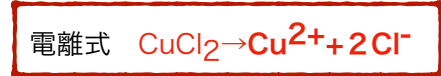


で受け取る。この結果、水素イオンから水素原子となり、この2つの原子が結合して水素ガスが発生する。

これを化学反応式で書くと、**2H⁺ + 2e⁻ (電子) → H₂** となる。

Ⓑ 塩化銅 (CuCl₂) 水溶液の電気分解

塩化銅 (CuCl₂) を水に溶かすと、塩化銅水溶液ができ、銅イオンCu²⁺と塩化物イオンCl⁻に (電離) する。図では電子 (マイナス電気) の動きで説明しているので、電流は逆向きであることに注意。



陽極で起きていること

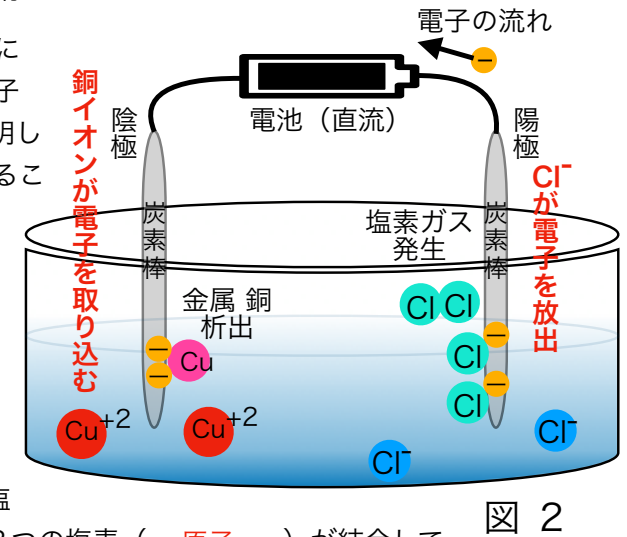
陽極にはマイナスの電気を帯びたCl (イオン) が近づき、軌道電子1つを陽極で放出する。この結果、塩化物 (イオン) から塩素 (原子) となり、2つの塩素 (原子) が結合して (塩素ガス) が発生する。

これを化学反応式で書くと、(**2Cl⁻ → Cl₂ + 2e⁻**) となる。

陰極で起きていること

陰極には陽極で塩化物イオンから放出された電子が運ばれてくるが、同時にプラスの電気を帯びた銅 (II) イオン) が引き寄せられ 運ばれてきた電子2つを陰極で受け取る。この結果、銅イオンから銅原子となり、炭素棒に金属の (銅) が付着 (析出) する。

これを化学反応式で書くと、(**Cu²⁺ + 2e⁻ → Cu**) となる。



◎ 塩化ナトリウム (NaCl)水溶液の電気分解

塩化ナトリウム (NaCl) を水に溶かすと、塩化ナトリウム水溶液ができ、ナトリウムイオン (Na⁺) と塩化物イオン (Cl⁻) に (電離) する。図では電子 (マイナス電気) の動きで説明してるので、電流は逆向きであることに注意。

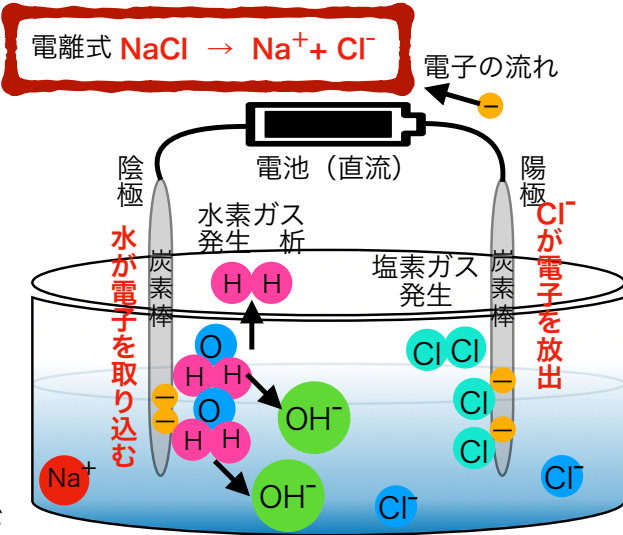


図 3

陽極で起きていること

陽極にはマイナスの電気を帯びたCl (イオン) が近づき、軌道電子1つを陽極で放出する。この結果、塩化物 (イオン) から塩素 (原子) となり、2つの塩素 (原子) が結合して (塩素ガス) が発生する。

これを化学反応式で書くと、 ($2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$) となる。

陰極で起きていること

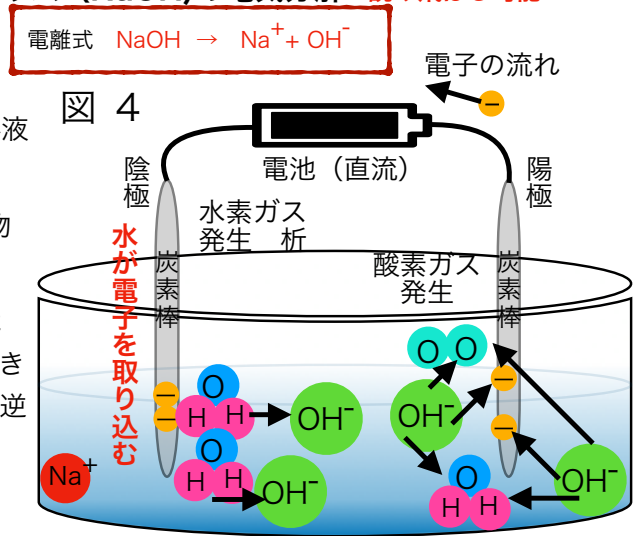
陰極には陽極で塩化物イオンから放出された電子が運ばれてくるが、ナトリウムイオンは電子を受け取らず、水H₂Oが電子を受け取る。これを化学反応式で表すと、 $2H_2O + 2e^- (電子) \rightarrow 2OH^- + H_2$ となり、陰極からは水素ガスが発生する。

(読み物) なぜ、どうして?

ナトリウムイオンが電子を受け取らない理由は、ナトリウムはイオンの状態が非常に安定で単体の金属として存在しにくい。したがってナトリウム金属は自然界には存在しがたく、必ず何らかの化合物 (塩 ; 塩化ナトリウム、重曹 ; 炭酸ナトリウム等) の形で存在する。これは第一族のアルカリ金属の性質で、軌道電子が一つ減った希ガスの軌道電子配置の方が安定に存在できると言われている。アルカリ金属はイオン性物質を形成しやすい性質を持つ。このような不安定で制御が難しいことを周知させたのが、1995年に起きた高速増殖炉もんじゅの冷却物質ナトリウム漏洩事故である。

◎ (発展) 水酸化ナトリウム (NaOH)の電気分解 読み飛ばし可能

水酸化ナトリウム (NaOH) を水に溶かすと、水酸化ナトリウム水溶液ができ、ナトリウムイオン (Na⁺) と水酸化物イオン (OH⁻) に (電離) する。図では電子 (マイナス電気) の動きで説明してるので、電流は逆向きであることに注意。



陽極で起きていること

陽極にはマイナスの電気を帯びた水酸化物イオン (OH⁻) が近づき、電子2つを陽極で放出する。この結果、2個の水酸化物イオンが4個の電子を放出し、ふたつの水素イオン (H⁺) と酸素分子 (ガス) が生成される。これを化学反応式で書くと、 $2OH^- \rightarrow 2H^+ + O_2 + 2e^- (電子)$ となる。

陰極で起きていること (◎の場合と全く同じ)

陰極には陽極で塩化物イオンから放出された電子が運ばれてくるが、ナトリウムイオンは電子を受け取らず、水H₂Oが電子を受け取る。これを化学反応式で表すと、 $2H_2O + 2e^- (電子) \rightarrow 2OH^- + H_2$ となり、陰極からは水素ガスが発生する。

(読み物) なぜ、どうして?

5%の水酸化ナトリウム水溶液の場合、中2「原子・分子から見る化学変化 B-1-9」の水の電気分解の実験です。発生する酸素と水素の量の正確な測定を行う場合には、炭素電極ではなくニッケル電極を使用する。

水は陰極で電子を得て分解し、できた水素は水素ガスとなり放出され、水酸化物イオンOH⁻は陽極へ移動しここで電子を放出し、酸素ガスと水素イオンH⁺の分裂し、H⁺が陰極へ移動し電子を受け取り水素として発生する。

以上のメカニズムから、初めに電子の放出源である水酸化物イオンOH⁻がないと、水の電気分解を起こすことはできない。このため、水の電気分解では水酸化ナトリウムを溶かす。© 塩化ナトリウム (NaCl)水溶液の電気分解では書き込みませんでした。塩化物イオンがOH⁻イオンと同じ働きをして、最終的には水の電気分解が起こるので、陽極からは塩素ガスと同時に酸素ガスも放出される。

7. 電池になる化学変化

④電池のあらまし

電池は化学変化により作られる電流を利用するものが多く、この原理で働く電池を**化学電池**と呼ぶ。私たちが日常使う電池のほとんどが化学電池である。さまざまな種類の電池を電池の樹に例えて示した電池工業会さんのHP掲載のイラストを紹介する。イラストの青い葉っぱの部分を使い切りの乾電池やボタン電池などは(**一次電池**)と呼ばれる。この中ではマンガン乾電池が最も古く、開発者の名前にちなんで**ボルタ電池**と呼ばれ、この発明によりボルタはナポレオンから表彰されたと記録されている。使う材料は異なれど、青と緑の葉っぱの部分はボルタ電池を応用したものと言える。昔は、単1~単3電池で十分だったが、電気機器が電子機器へと変遷するに従い電池の

小型化が求められ、今では、単4電池やボタン電池の普及が著しい。一方で、同種の電池では取り出し電圧は大きさによらずほぼ一定で、蓄えられている電気エネルギーは電池が大きくなるほど多くなるので、電気をたくさん使用するラジカセなどは単1電池を使用したりする。

また、充電すれば再び使える電池は緑の葉っぱの部分であるが、これを(**二次電池**)と呼ぶ。この電池は費用面ではとても有利だが、使い切りの(**一次電池**)電池よりも出力電圧が弱いので注意が必要である。



図5 さまざまな電池

(電池工業会さんより <https://www.baj.or.jp/battery/kind/type.html>)

② 化学電池の原理

図に示したように、薄い塩酸（濃度は2.5%くらいにするので、塩酸concが35%ならば13倍の体積の蒸留水をゆっくりと静かに加えていき作る。）をビーカーに入れ、木の板（絶縁物質）に固定された亜鉛版と銅板を塩酸に浸す。直列に繋いだ、鱈口クリップ-電流計-豆電球-鱈口クリップの両端のクリップをこの二つの電極につなぐ。この時、この回路には電源が存在しないが、電流が流れる。結果を言えば、

- ア. 亜鉛板電極では、亜鉛が溶け出し水溶液中に Zn^{2+} イオンが放出される。
 イ. 銅板電極では水素が発生

塩酸の水溶液中での電離式は、

($HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$) である。

亜鉛が溶け出すということは電離することで、この電離式は、

($Cu \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$) となる。

亜鉛が溶け出し、放出された電子が銅線を伝って銅板にたどり着き、この電子が水溶液中の水素イオンに供給され、水素ガスが発生する。つまり、銅板電極が（陽）極、亜鉛板電極が（陰）極となる。

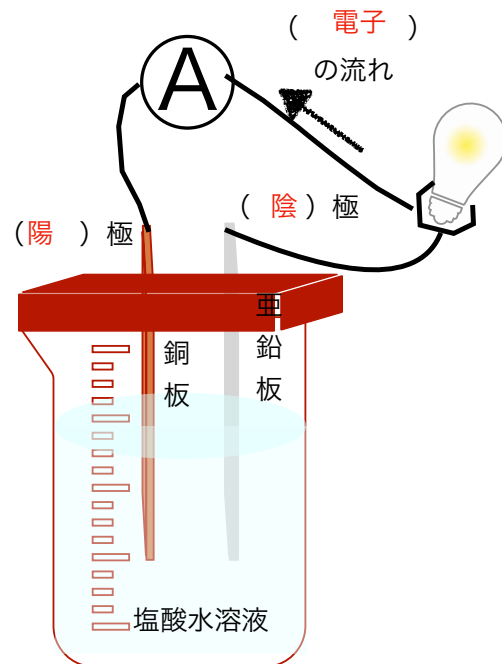


図6 塩酸水溶液の電池

考えてみよう！調べてみよう！

あ. 電流がなくなる、つまり電池切れの原因は？

い. 塩化物イオン (Cl^-) はどうしてじっとしているのかな？

Cl^- イオンの電子を引き離すための電源がないから。

H^+ イオンがなくなるか、亜鉛板がポロポロになるとき

(読み物) なぜ、どうして？

Na^+ イオンは、溶けて電離していても電極での電子の授受に関わらないのはどうしてなんだろう？これは、第一族アルカリ金属で、一つ電子を失って希ガスの原子と同じ軌道の電子数になる方が安定だと言われていることを、すでに紹介した。このように、金属によってイオンでいる状態かもしれない金属としている状態が安定かは異なり、この性質をイオン化傾向と呼ぶ。 $+イオン$ になりやすい順番に金属と水素を並べると、
 K (カリウム) ・ Ca (カルシウム) ・ Na (ナトリウム) ・ Mg (マグネシウム) ・ Zn (亜鉛) ・ Cr (クロム) ・ Fe (二価の鉄) ・ Cd (カドミウム) ・ Co (コバルト) ・ Ni (ニッケル) ・ Sn (スズ) ・ Pb (鉛) ・ Fe (三価の鉄) ・ H (水素) ・ Cu (銅) ・ Ag (銀) ・ Hg (水銀) ・ Au (金) となる。

電池はこの性質を利用して、異なる二つの金属を電極にして電気を取り出す仕組みである。二つの電極金属は水素を挟んだ両側から一つづつ選ぶのが一般的である。イオン化しにくいほうが陽極となる。ただ、実際の電池は、安全性と利便性の観点から、当然水溶液も電極として金属単体も用いられず、工夫された材料が使用される。

8. 酸とアルカリ

① H^+ と OH^- イオンの動きとpH (ピーエイチ)

酸性とアルカリ性を決定するのは H^+ と OH^- イオンである。水溶液中に水素イオン (H^+) が存在すれば酸性の水溶液となり、水溶液中に水酸化物イオン (OH^-) が存在すればアルカリ性の水溶液となる。水溶液が酸性を示す物質を酸と呼び、水溶液がアルカリ性を示す物質をアルカリと呼ぶ。

水溶液の酸性やアルカリ性の強さはpH (ピーエイチもしくはペーハー) という数値で表す。pH値は0~14の数値で、pH値が低いほど酸性が強く、高いほどアルカリ性が強い。中間の値 pH=7 は酸性でもなくアルカリ性でもな

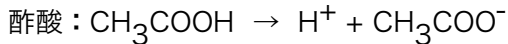
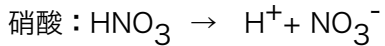
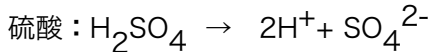
い状態で**中性**と呼ばれる。pHを調べる手段は、リトマス紙、BTB溶液、フェノールフタレイン、紫キャベツ液、万能pH試験薬、pHメーター（機械）などがある。それぞれの変化を図7に示す。

	酸性 ← 中性 → アルカリ性													
pH	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
青リトマス紙	赤くなる						変化なし							
赤リトマス紙	変化なし						青くなる							
BTB溶液	黄						緑	青						
フェノールフタレイン	無色						桃	赤						
紫キャベツ液 紫キャベツの煮汁	赤		桃			紫			青	緑	黄緑	黄		
万能pH試験薬														

図7 指示薬の変化

② 酸の電離式

酸の物質：塩化水素（塩酸）、硫酸、硝酸、酢酸、炭酸の電離式を示す。

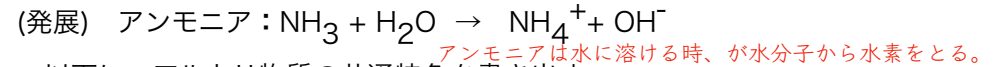
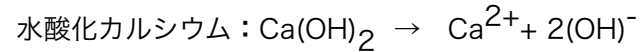
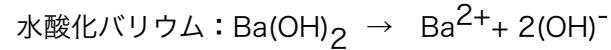


以下に酸物質の共通特色を書き出す。

- イ. 酸は水素イオンと陰イオンから構成される。
- ロ. 酸性の水溶液にマグネシウムを入れると水素が発生する。
- ハ. リトマス紙（青）→（赤）に変化
- ニ. BTB溶液（緑）→（黄）に変化
- ホ. 酸性の水溶液は電流を流す。

③ アルカリの電離式

アルカリの物質：水酸化ナトリウム、水酸化バリウム、水酸化カルシウム、アンモニアの電離式を示す。



以下に、アルカリ物質の共通特色を書き出す。

- イ. アルカリは水酸化物イオンと陽イオンから構成されるが、アンモニアなど例外もある。
- ロ. リトマス紙（赤）→（青）に変化
- ハ. BTB溶液（緑）→（青）に変化
- ニ. フェノールフタレイン溶液（無色）→（赤）に変化
- ホ. アルカリ性の水溶液は電流を流す。

④ 酸・アルカリの化合物

代表的な酸とアルカリの化合物とその性質は、私たちの生活を支える技術の基礎として、さまざまな仕事で使われている。代表的な酸・アルカリの化合物の性質を覚えることは非常に大切となる。ここで表4の塩酸の欄を参考にし、他に列挙した物質に関して教科書や資料集、参考書を調べて空欄を埋めて覚えよう。

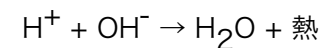
表4

物質	化学式 性質 電離式	色	におい	特色
塩酸	HCl	無色透明	刺激臭	濃い塩酸からは湯気が立ち上る。 Mg, Al, Zn, Feの金属を溶かし水素を発生させる。 濃い塩酸にアンモニア水を近づけると白煙が立つ。
	酸 アルカリ			
	$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$			
硫酸	H_2SO_4	無色透明	—	粘り気がある。重い。 水を混ぜると激しく発熱する。 希硫酸は金属のMg, Fe, Al, Znと反応して水素ガスを発生させる。
	酸 アルカリ			
	$H_2SO_4 \rightarrow 2H^+ + SO_4^{2-}$			
酢酸	CH_3COOH	無色透明	刺激臭	濃酢酸は、16.6℃で凝固し、氷酢酸と呼ばれる。
	酸 アルカリ			
	$CH_3COOH \rightarrow H^+ + CH_3COO^-$			

物質	化学式 性質 電離式	色	におい	特色
硝酸	HNO_3	無色 透明	刺激臭	金属銅を溶かし、一酸化窒素 (NO) や二酸化窒素 (NO ₂) を発生させる。
	酸 アルカリ			
	$\text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{NO}_3^-$			
炭酸水	特色欄記載	無色 透明	—	二酸化炭素が水に溶けてでき、水溶液としてしか存在しない。 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+$
	酸 アルカリ			
	特色欄記載			
水酸化 ナトリウム	NaOH	白色 半透明	—	空気中の水分 (水蒸気) を吸い潮解する。 二酸化炭素を吸収する。
	酸 アルカリ			
	$\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$			
水酸化 カルシウム	Ca(OH)_2	白色	—	消石灰と呼ばれる。 この物質の水溶液は石灰水とよばれ、二酸化炭素が溶けると白濁する。
	酸 アルカリ			
	$\text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2(\text{OH})^-$			
水酸化 バリウム	Ba(OH)_2	白色	—	硫酸イオンに反応し、白濁する。これは硫酸バリウムを生成するためである。硫酸イオンの検知に使われる。
	酸 アルカリ			
	$\text{Ba(OH)}_2 \rightarrow \text{Ba}^{2+} + 2(\text{OH})^-$			
水酸化 カリウム	KOH	白色	—	水によく溶ける。 二酸化炭素をよく吸収する。また、安全性が高いため、二酸化炭素の吸収剤として使用される。
	酸 アルカリ			
	$\text{KOH} \rightarrow \text{K}^+ + \text{OH}^-$			
アンモ ニア水	特色欄記載	無色 透明	刺激臭	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ アンモニアが水に溶けたもの。
	酸 アルカリ			
	特色欄記載			

⑤ 酸とアルカリの化学変化；中和

酸とアルカリの水溶液を混ぜると、互いに相手の性質を打ち消す化学反応が起こる。この化学反応は、熱を出す発熱反応で**中和**と呼ばれる。出される熱を**中和熱**と呼ぶ。酸とアルカリの化学変化を化学式で表すと、



となる。つまり中和と呼ばれる化学反応は、**等量**の水素イオンと水酸化物イオンが結合し水を生成する発熱化学反応である。

酸とアルカリの水溶液を混ぜた時、

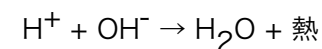
- A. H^+ が足らず OH^- が残れば、残った水溶液は (**アルカリ**) 性になる。
- B. OH^- が足らず H^+ が残れば、残った水溶液は (**酸**) 性になる。
- C. H^+ も OH^- も等量でどちらも残らなかった場合、残った水溶液は (**中**) 性になる。

(例 1) 塩酸と水酸化ナトリウムの中和

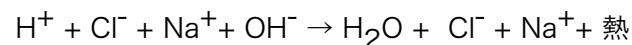
塩酸の電離式； $\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$

水酸化ナトリウムの電離式； $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$

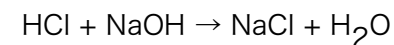
この2つが混ざり合い、酸とアルカリの化学変化



により、完全に中性になって中和が起きた場合、残されたものは Cl^- と Na^+ イオンと水のみで、塩水となる。この中和反応により塩NaClが生成された。このように中和によって生成される物質を**塩 (えん)**と呼ぶ。つまり中和反応では、**酸とアルカリの化学変化と塩 (えん) の生成の化学変化**が起こるとも言える。ただし この中和では、 Cl^- と Na^+ イオンが取り残されただけで、実質は酸とアルカリの化学変化が起きたのみである。つまり、



が正しい化学反応式であるが、あまりにも煩雑になるため、塩酸と水酸化ナトリウムの中和の化学反応式は、

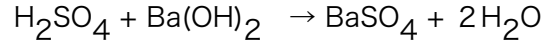


と記述するのが一般的である。中和の化学反応式には、酸とアルカリの化学反応式が直接表れないので注意が必要である。

(例2) 硫酸と水酸化バリウムの中和

塩(えん)は**硫酸バリウム**(白い沈殿物)が生成される。完全な中和が起これば、水溶液中にイオンが存在しなくなり電気を通さなくなる。

中和の化学反応式

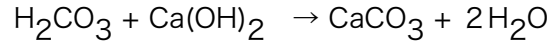


中和の化学反応式作成に際して、等量の水素イオン (H^+) と水酸化物イオン (OH^-) が必要なことを考慮して係数を合わせよう。

(例3) 炭酸と水酸化カルシウムの中和

塩(えん)は**炭酸カルシウム**(白い沈殿物; 消石灰、石灰水の素)。

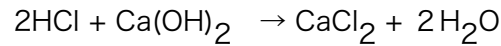
中和の化学反応式



(例4) 塩酸と水酸化カルシウムの中和

塩(えん)は**塩化カルシウム**。完全な中和でも、塩(えん)は水溶液中で電離している(溶けている)ので、電気を通す。

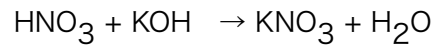
中和の化学反応式



(例5) 硝酸と水酸化カリウムの中和

塩(えん)は**硝酸カリウム**が生成される。完全な中和でも、塩(えん)は水溶液中で電離している(溶けている)ので、電気を通す。

中和の化学反応式



9. 最後に

暗記すべし!

ア. 表3-1 イオン式

イ. §5の電離式

ウ. 図6電池の原理

エ. 図7指示薬の変化

オ. 表4酸・アルカリの化合物

カ. 中和反応(右の表を切り取って単語帳のように覚えてね。)

中和化学反応式と塩 硫酸と水酸化バリウム	$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{BaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ 硫酸バリウムで白い沈殿物
中和化学反応式と塩 炭酸と水酸化カルシウム	$\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ 炭酸カルシウムで白い沈殿物
中和化学反応式と塩 塩酸と水酸化カルシウム	$2\text{HCl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 塩化カルシウム
中和化学反応式と塩 硝酸と水酸化カリウム	$\text{HNO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 硝酸カリウム
中和化学反応式と塩 塩酸と水酸化ナトリウム	$\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ 塩化ナトリウム

デモ実験について

中和反応については、本テキストでは、酸・アルカリの量を考えずに定性的な話で終了。フェノールフタレイン液を入れたアルカリ性の水溶液にちょっとづつスポイトで酸性の水溶液を加えていったら、色が赤から薄くなりという反応を見せたり、電流の導通を観測する実験は説得力があって、先生がデモ実験してあげたら、生徒は喜びそうですね。私は高校で滴定実験を行ったのですが、なんだかうまくいかなかったです。成功した班を見て感動した覚えがあります。

水について

純粋（蒸留水とも表現）は、
 ア. 電気を通さない（導通がない）。
 イ. 実は微量の導通がある。
 という変遷で本書の話を進めました。

ここで、びっくりする事実を紹介しましょう。いかなる水溶液であっても、 OH^- イオンと H^+ イオンの濃度（ $[\text{N}]$ 規定濃度、詳細は略）の積が 10^{-14} になるという経験則があり、中性を示す純粋な水でも OH^- イオンと H^+ イオンがそれぞれ $10^{-7} [\text{N}]$ という濃度で存在してしまうため、純水でも微量の電気を通すと言われています。しかし、純粋の電気分解は、微量の電気しか通さないために、永遠とまでは行かずとも、とても時間がかかってしまいます。そのために水酸化ナトリウムを溶かして導通をあげて電気分解しました。

本来なら発熱反応により OH^- イオンと H^+ イオンは H_2O になるのですから、純水で OH^- イオンと H^+ イオンが存在してしまうのは、エネルギー的に高い状態であるので不安定なはずですが、また、イオン結合性の物質が水に解けるのは、 OH^- イオンと H^+ イオンの存在が、イオン結合の電氣的バランスを崩すために結晶結合が切断され溶け出すのであろうと当方は考えています。つまり、水の中に微量であろうとも OH^- イオンと H^+ イオンが存在しなければ、どんな物質とも反応しづらい「水が動きのない物質」になってしまうのです。逆に水の中に微量の OH^- イオンと H^+ イオンが存在することによって、さまざま

まな活性が生まれ、地球上の全ての事象の潤滑的存在として見えないところで私たちの生命ですら支えてくれています。水がエネルギー的に多少不安定になっていることは神の采配と呼ぶにふさわしいでしょう。

酸とアルカリについて

酸性とアルカリ性の水溶液を中和した際に出る熱は、かなり熱いです。これは、酸とアルカリの状態だと中和している状態よりもエネルギーが高いので、中和により酸とアルカリのこの高いエネルギーを熱エネルギーにより取り出すことになります。この熱によってタービンを回せば、理論的には発電ができます。ただ、酸とアルカリを作るのにエネルギーと手間がかかることは忘れないでください。

さらに、水の電気分解の実験のあと電源を取り外しモーターに付け替えるとモーターが回ります（燃料電池の原理）。

このように、水と OH^- イオンと H^+ イオンによるエネルギーサイクルが、私たちの暮らしの中で電池という形で役立っています。

-以上-

参考文献

文英堂 くわしい理科中3 鎌田正裕氏・中西史氏共著

参考書は一冊持っている、面白いですね。1400円+税で3年ほど前に購入しました。