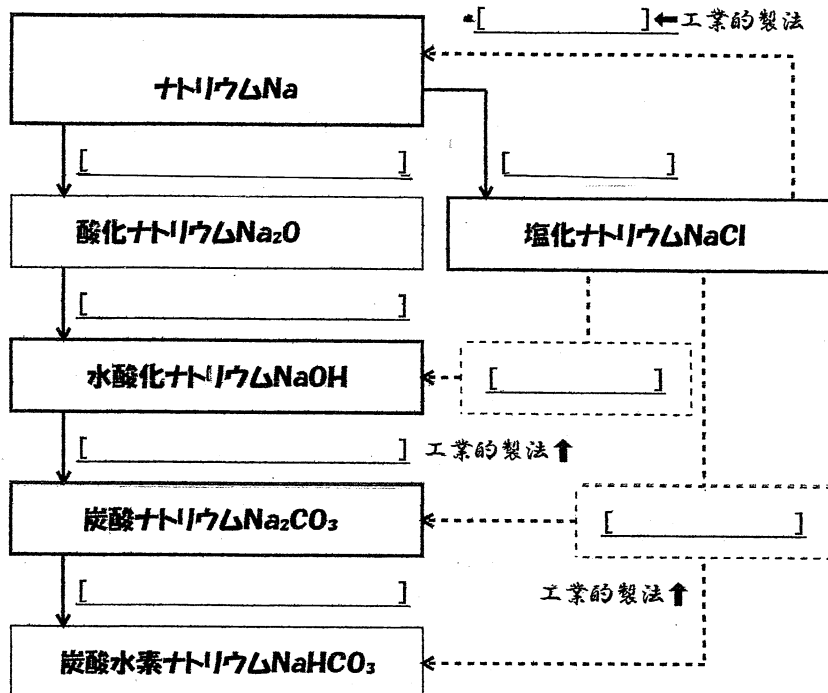


アルカリ金属の単体と化合物の概略

1 族元素の学習では、アルカリ金属の代表例として**ナトリウム**に注目するとよいですね。



アルカリ金属の単体の製法と性質(反応性)

アルカリ金属の単体(Na)の製法

工業的製法

アルカリ金属の単体は、融解塩電解によって得られる。
 [例] ナトリウムの単体は、塩化ナトリウムや水酸化ナトリウムの融解塩電解によって得られる。
 (陰極での反応) []

アルカリ金属の単体(Na~Cs)の性質

	Li	Na	K	Rb	Cs
密度	遷移元素の単体よりかなり []。				
融点	遷移元素の単体よりかなり []。				
水との反応性	[]	[]	[]	爆発的	爆発的

↓↑ 参考資料 ↓↑

	リチウムLi	ナトリウムNa	カリウムK	ルビジウムRb	セシウムCs
密度	0.53g/cm ³	0.97g/cm ³	0.86g/cm ³	1.53 g/cm ³	0.87g/cm ³
融点	181℃	98℃	64℃	39℃	28℃

アルカリ金属の単体 (Na) の反応性

- ① 常温の水と反応して、水素を発生し、水酸化物となる。
- [例] []
- ② 常温の空气中で、酸素と反応して酸化物となり、金属光沢を失う。
- [例] []
- ③ アルカリ金属の単体は、上述のように水や空気と反応しやすいので、
[] 中に保存する。

アルカリ金属の水酸化物の製法と性質

アルカリ金属の水酸化物 (NaOH) の製法

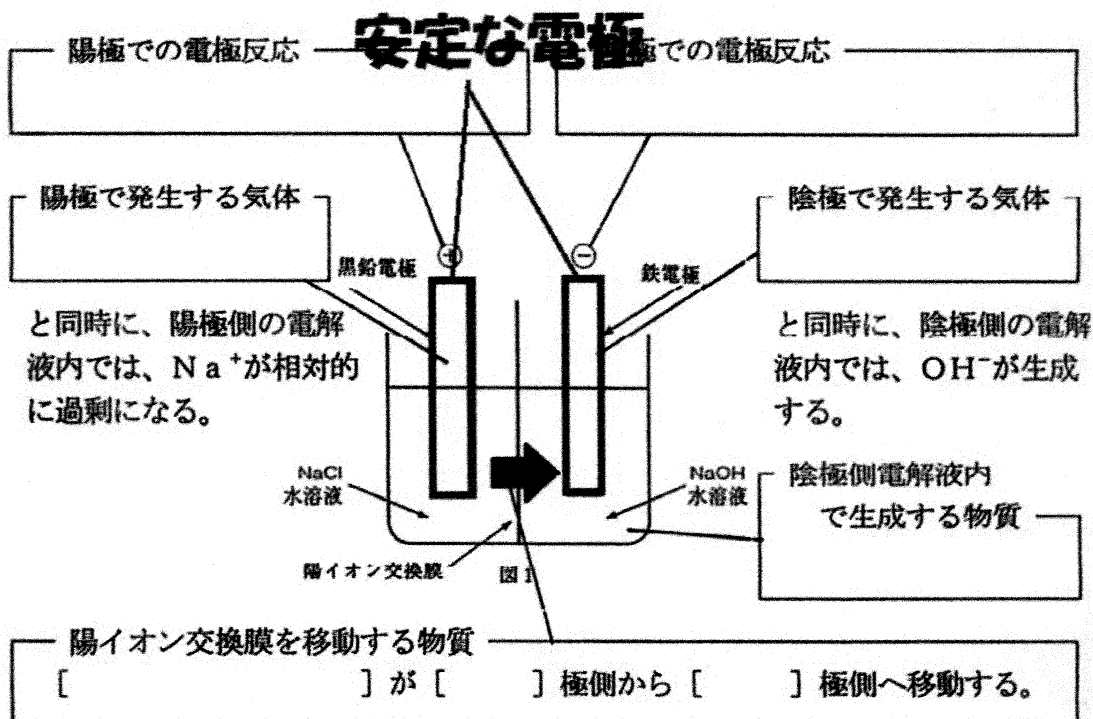
NaOHの製法	隔膜法(過去)	イオン交換膜法(現在)
電解液	(陽極槽) [] (陰極槽) []	(陽極槽) [] (陰極槽) []
電気分解反応	(陽極) [] (陰極) [] (全体) [] または, []	

アルカリ金属の水酸化物 (NaOH) の性質

熱分解	加熱しても分解しない。
反応性	① 水によく溶け、その水溶液は強い塩基性を示す。 ② 二酸化炭素をよく吸収し、炭酸塩を生成する。 [] さらに二酸化炭素を吸収させると、炭酸水素塩を生成する。 []

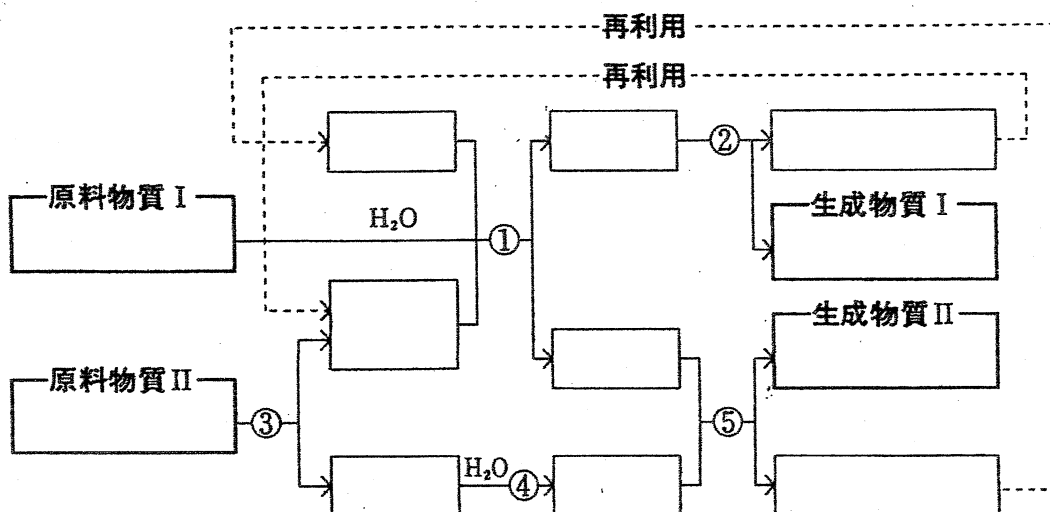
【参考資料】

イオン交換膜法の概略



アルカリ金属の炭酸塩の製法と性質

Na_2CO_3 (NaHCO_3)の製法[アンモニアソーダ法(ノルベール法)]



主反応①: $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{NaHCO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$

主反応②: $2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

副反応③: $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$

副反応④: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$

副反応⑤: $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_3$

全体反応: ①×2+②+③+④+⑤ より、

[] には起こりえない反応を、[] を利用して [] なく引き起こしている。

Na_2CO_3 , NaHCO_3 の性質

	Na_2CO_3	NaHCO_3
熱分解		
反応性	水によく溶け、その水溶液は [] 性を示す。 炭酸ナトリウムは塩酸と反応し、二酸化炭素を発生する。 炭酸水素ナトリウムも塩酸と反応し、二酸化炭素を発生する。	水に少し溶け、その水溶液は [] 性を示す。

理論化学における重要なテーマ

二段滴定

図1

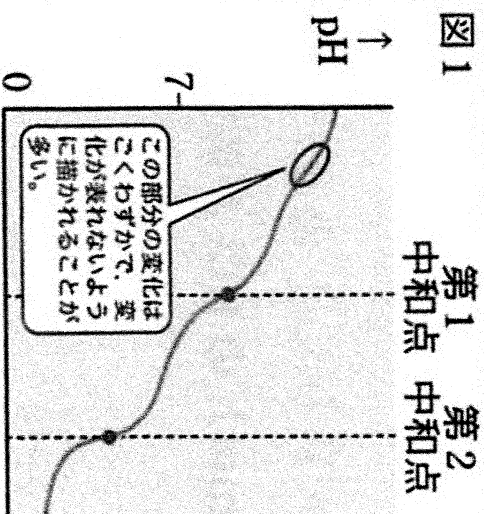


図2

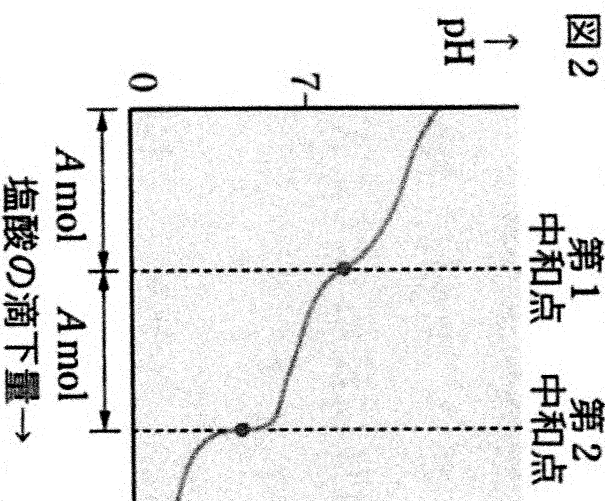
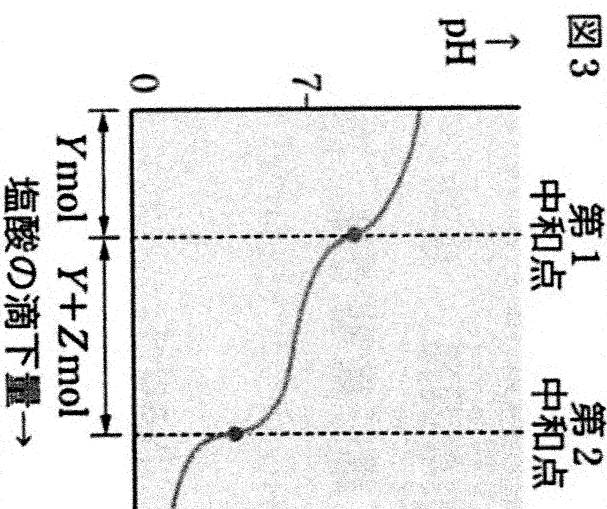


図3



NaOH 混合水溶液の滴定
Na₂CO₃ 水溶液①

NaOH... $X \text{ mol}$
Na₂CO₃... $Y \text{ mol}$

Na₂CO₃ 水溶液の滴定
Na₂CO₃... $A \text{ mol}$ 水溶液②

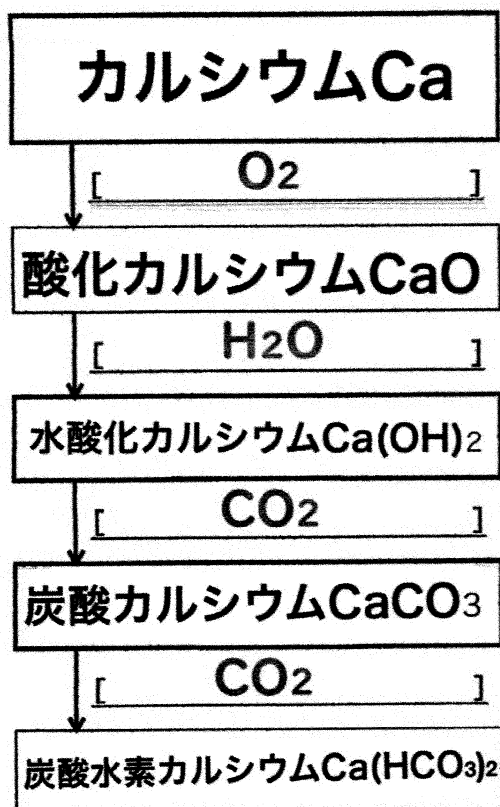
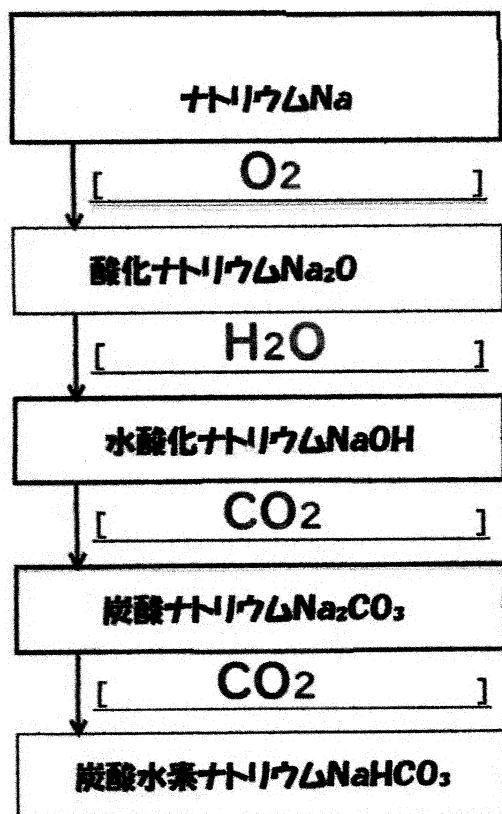
Na₂CO₃... $A \text{ mol}$

Na₂CO₃ 混合水溶液の滴定
NaHCO₃ 水溶液③

Na₂CO₃... $Y \text{ mol}$
NaHCO₃... $Z \text{ mol}$

【参考資料】

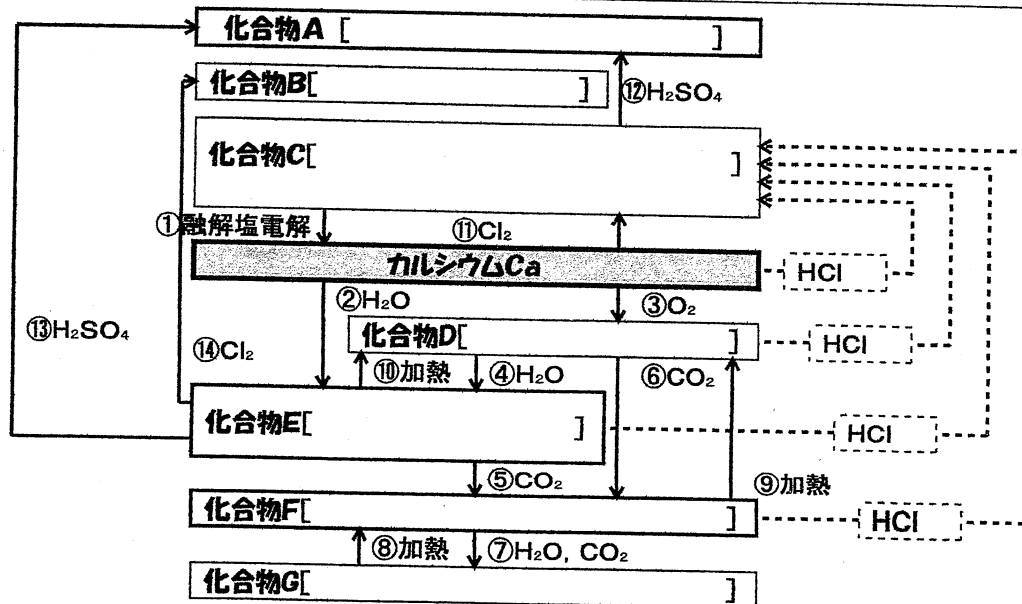
Caの学習の流れはNaと同じ



アルカリ土類金属の単体と化合物の概略

2族元素の学習では、アルカリ土類金属の代表例として**カルシウム**に注目するとよいでしょう。

カルシウム化合物や**カルシウムイオン**は歯や骨、そして血液を構成する重要な成分の1つであり、筋肉の収縮や血液の凝固をコントロールする働きをもつなど、私達の生命活動とは切っても切れない関係にあります。もちろん私達の日常生活とも深い関係にあることはいうまでもありません。例えば、**酸化カルシウム**は水を加えるだけで使える簡易発熱体に利用されています。グラウンドのライン引きに使う石灰の主成分は**水酸化カルシウム**です。漂白や殺菌には**さらし粉**が活躍します。**塩化カルシウム**は乾燥剤として用いられていますし、建物などに使われている大理石や石灰石の主成分は**炭酸カルシウム**です。炭酸カルシウムは装飾品などに使われている真珠や貝殻の主成分でもあります。もちろん卵の殻の主成分でもあります。塑像の制作やギブスなどに使うセッコウの主成分は**硫酸カルシウム**です。



①	融解塩電解する。	$\text{CaCl}_2 \longrightarrow \text{Ca} + \text{Cl}_2$
②	水と反応させる。	$\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2$
③	空气中に放置する。	$2\text{Ca} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CaO}$
④	水と反応させる。	$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$
⑤	二酸化炭素を吸収させる。	$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
⑥	二酸化炭素を吸収させる。	$\text{CaO} + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{CaCO}_3$
⑦	二酸化炭素を吸収させる。	$\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
⑧	加熱する。	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \longrightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
⑨	加熱する。	$\text{CaCO}_3 \longrightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
⑩	加熱する。	$\text{Ca}(\text{OH})_2 \longrightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$
⑪	塩素と反応させる。	$\text{Ca} + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{CaCl}_2$
⑫	塩素と反応させる。	$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{CaCl}(\text{ClO}) \cdot \text{H}_2\text{O}$

アルカリ土類金属の単体の諸性質と2族元素の炎色反応

アルカリ土類金属の単体の反応性

- ① 常温の水と反応して、水素を発生し、水酸化物となる。
- ② 常温の空气中で、速やかに酸素と反応して酸化物となり、その金属光沢を失う。

	Be	Mg	Ca	Sr	Ba	Ra
炎色反応の色	—	—	橙赤	深赤	黄緑	紅

アルカリ土類金属の水酸化物の諸性質

熱分解	加熱すると、水を失って、酸化カルシウムとなる。 $\text{Ca}(\text{OH})_2 \longrightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$
反応性	① 水に少し溶け、その水溶液は強い塩基性を示す。 ② 二酸化炭素を吸収し、水に難溶性の炭酸塩を生成する。 さらに二酸化炭素を吸収させると、炭酸水素塩を生成する。 ③ 塩素を吸収し、さらし粉を生成する。 ④ アンモニウム塩と加熱すると、アンモニアを発生する。 【例】 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl} \longrightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_3$

アルカリ土類金属の炭酸塩の諸性質

反応性	① アルカリ土類金属の炭酸塩を加熱すると、酸化物が生成し、二酸化炭素が発生する。 【例】 $\text{CaCO}_3 \longrightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ ② アルカリ土類金属の炭酸塩に酸を作用させると、塩が生成し、二酸化炭素が発生する。
-----	---

アルカリ土類金属の酸化物の結性質

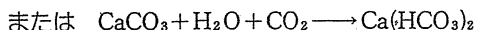
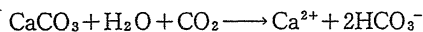
反応性

- ① アルカリ土類金属の酸化物は、水と反応して水酸化物となり、その水溶液は強い塩基性を示す。
- ② アルカリ土類金属の酸化物は、酸と反応し、塩を生成する。
[例] $\text{BaO} + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- ③ アルカリ土類金属の酸化物は、二酸化炭素を吸収し、炭酸塩を生成する。

(鍾乳洞内での)鍾乳石の形成

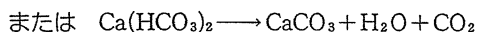
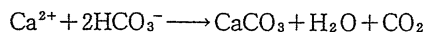
❶ 鍾乳洞って、地下水(または、雨水)の働きによって生じる、石灰岩の大地にある空洞のことですね。でもどうして、地下水(または、雨水)が、このような空洞をつくれるのですか？

❷ 地下水(または、雨水)が、二酸化炭素を含んでいるからです。そして、石灰岩の主成分である炭酸カルシウムには、二酸化炭素を含んだ水に溶解するという性質があるからです。

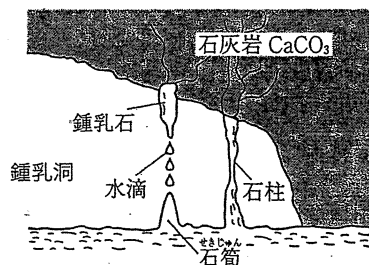


❸ 鍾乳石って、鍾乳洞の天井から、細長い円錐または円柱状に垂れ下がった岩石のことですね。鍾乳石は、どのようにつくられるのですか？

❹ 鍾乳洞内の二酸化炭素の分圧が低いので、上述の“炭酸カルシウムが二酸化炭素を含んだ水に溶解する”という反応の逆反応が起こり、天井からしたたり落ちる地下水から、地下水に溶け込んだ炭酸カルシウムが析出することによってつくられます。



ちなみに、鍾乳洞の床上に、筍(たけのこ)状に突起した岩石のことを石筍せきじゆんといいます。石筍は、鍾乳石と同様にしてつくられます。また、鍾乳石と石筍がつながって柱状になったものを石柱といいます。



CaとMgの比較

水酸化物の水溶性

水酸化物の水に対する溶解性： $\text{Mg}(\text{OH})_2 < \text{Ca}(\text{OH})_2 < \text{Ba}(\text{OH})_2$

硫酸塩の水溶性

硫酸塩の水に対する溶解性： $\text{MgSO}_4 > \text{CaSO}_4 > \text{BaSO}_4$

不要な知識：マグネシウムはイオン半径が小さく、硫酸イオンのイオン半径との半径比が大きい。半径比が大きい（イオン半径が不揃いな）塩は一般に水に溶けやすい。

	水に対する溶解性(○：溶ける, △：少し溶ける, ×：溶けにくい)				
	硝酸塩	塩化物	炭酸塩	硫酸塩*	水酸化物*
Mg	○	○	×	↑ ○	×
Ca	○	○	×	↑ △	△
Ba	○	○	×	↓ ×	↓ ○

この他に、Caは炎色反応を示すが、Mgは示さない...などもある。

CaとMgの比較(簡易版)

	マグネシウム	カルシウム
製法	溶融塩電解	
常温の水	ほとんど反応しない。	反応して水素を発生する。
硝酸塩	水に溶けやすい。	
炭酸塩	水に溶けにくい。	
水酸化物	水に溶けにくい。	水に少し溶ける。
硫酸塩	水に溶ける。	水に溶けにくい。
炎色反応	示さない。	橙赤色を示す。

【参考資料】

NaとCaの比較

水酸化物の潮解性

NaOH には潮解性があるが、 Ca(OH)_2 には潮解性はない。

炭酸塩と炭酸水素塩の水溶性

炭酸塩と炭酸水素塩については、その溶解度は、Na の場合には、



であるが、Ca の場合には、

CaCO_3 (水に溶けにくい) $<$ $\text{Ca(HCO}_3)_2$ (水溶液としてのみ存在する)

炭酸塩の熱的安定性

Na_2CO_3 は熱分解しにくい、 CaCO_3 は熱分解して、二酸化炭素を発生する。

硫酸塩の水溶性

Na の硫酸塩は水に溶けるが、Ca の硫酸塩は水に溶けにくい。

金属単体のつくりかた

鉄鉱石
化合物(混合物)

還元 製錬

銑鉄

単体(純度は高くない)

不純物の除去

鋼

単体(純度が高い)

銅鉱石

化合物(混合物)

還元

粗銅

単体(純度は高くない)

不純物の除去 精錬

純銅

単体(純度が高い)

ボーキサイト
化合物(混合物)

不純物の除去

アルミナ

化合物(純度が高い)

還元

アルミニウム

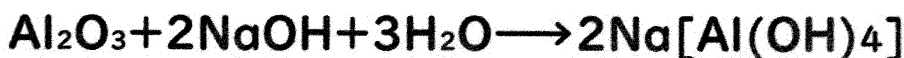
単体(純度が高い)

【参考資料】

ボーキサイトからアルミナへ

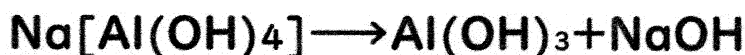
アルミニウムの単体Alは、融解塩電解によって得られる。まず、鉱石のボーキサイト $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ から純粋な酸化アルミニウム Al_2O_3 をつくり、その酸化アルミニウムを融解塩電解することによって得られる。まず、ボーキサイトを NaOH 水溶液に溶かし ($\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$)、次に、不純物を除去したのちに、同溶液から水酸化アルミニウムを沈殿させ ($\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaOH}$)、さらに、同沈殿を回収・強熱して酸化アルミニウムとする ($2\text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$)。このようにして得られた酸化アルミニウムは、アルミナとも呼ばれる。

- ① ボーキサイト $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ を濃い NaOH aq に溶かす。

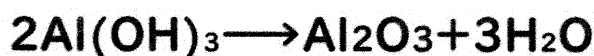


- ② 溶液から不純物を除去する。

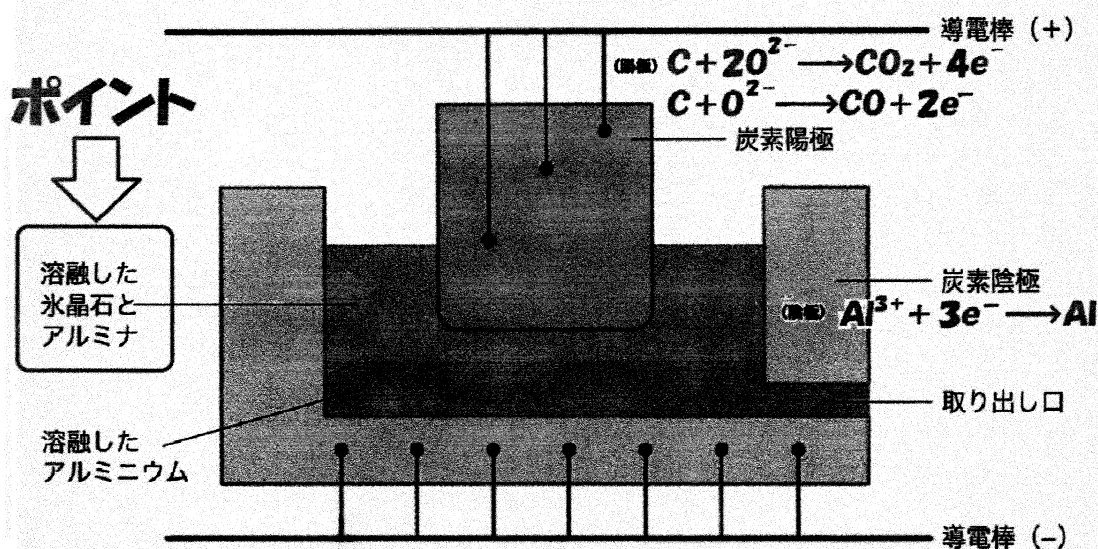
- ③ 溶液を薄めて $\text{Al}(\text{OH})_3$ として沈殿させる。



- ④ $\text{Al}(\text{OH})_3$ を強熱して高純度の Al_2O_3 として回収する。



アルミニウムの溶融塩電解（模式図）



ポイントは、**氷晶石 Na_3AlF_6** の活用！

アルミニウムは「電気の缶詰」！

それもあって、**リサイクル** が重要！

アルミニウムの単体の製法

融解塩電解

アルミニウムの単体は、酸化アルミニウムの融解塩電解(炭素電極)によって得られる。

(陰極での反応)

(陽極での反応)

アルミニウムの単体の諸性質

Al の反応性

- ① 粉末を高温に加熱すると、多量の熱と光をともなって、激しく燃焼する。

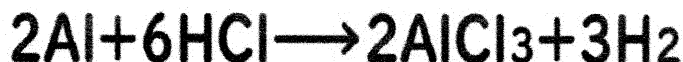
$$4 \text{Al} + 3 \text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{Al}_2\text{O}_3$$
- ② 粉末に酸化鉄(III)を混ぜて点火すると、激しく反応して、鉄を遊離する。
- ③ 常温の水とは反応しないが、高温の水蒸気とは反応して、水素を発生する。

$$2 \text{Al} + 6 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{Al}(\text{OH})_3 + 3 \text{H}_2$$
- ④ 塩酸などの酸と反応して、水素を発生する。
- ⑤ 水酸化ナトリウム水溶液などの強塩基と反応して、水素を発生する。
- ⑥ には不動態となって溶けない。

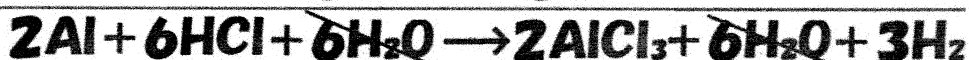
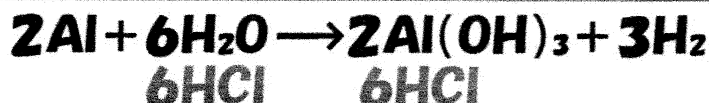
アルミニウムのイオンの沈殿形成と再溶解

【参考資料】

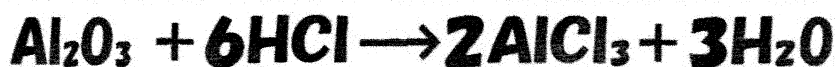
④ 塩酸などの酸と反応して、水素を発生する。



ひとつの考え方



化合物との反応

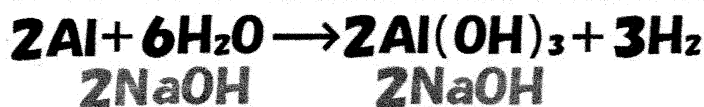


⑤ 水酸化ナトリウム水溶液などの強塩基と反応して、水素を発生する。

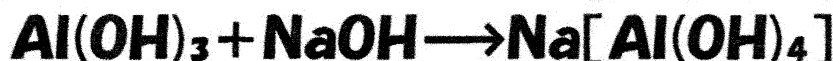
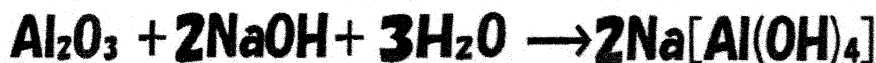


テトラヒドロキシドアルミン酸ナトリウム

ひとつの考え方



化合物との反応

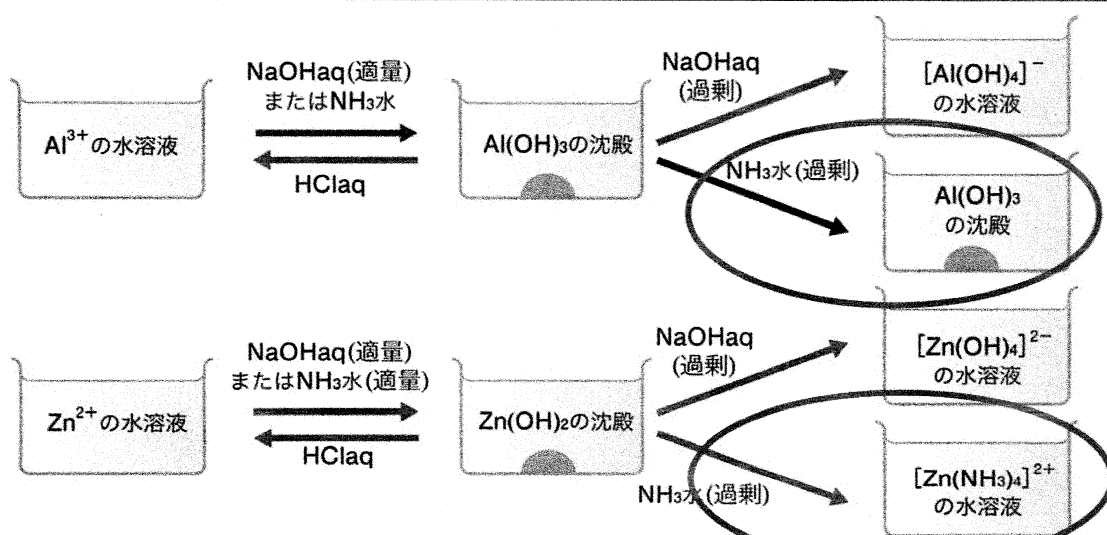


【参考資料】

アルミニウムのイオンの沈殿形成と再溶解



亜鉛イオンの場合と比較してみよう。



■ [Al(OH)₄]⁻は、より詳細には、[Al(OH)₄(H₂O)₂]⁻である。

ここが違う！

【参考資料】

Al (Zn, Sn, Pb) の合金

【Al：ジュラルミン】 ジュラルミンは、Al, Cu, Mg, Mn の合金です。アルミニウム Al に少量の銅 Cu (4%) やマグネシウム Mg, マンガン Mn (各 0.5%) を混ぜてつくられる軽合金です。軽く (密度 2.8 g/cm^3)、高強度で、加工性に優れるジュラルミンは、航空機、車両などの構造材料に用いられています。

【Zn：黄銅】 黄銅 (真鍮^{しんちゅう}とも呼ばれる) は、Zn と Cu の合金です。含有率は Cu の方が多く、Zn は下限で 5% 程度から、上限で 30 ~ 40% 程度まで含まれます。まさにその名の通り黄色がかった金属光沢をもつ黄銅は、Zn と Cu の含有割合によって幾分かは異なった性質を示しますが、展性・延性に富み、加工性に優れているので、5 円硬貨や楽器をはじめ、板材や箔としてはもちろんのこと、棒材や細線としても用いられます。

【Sn：青銅】 青銅 (ブロンズとも呼ばれる) は、Sn と Cu の合金です。含有率は Cu の方が多く、Sn は下限で数%程度から、上限で 30% 前後程度まで含まれます。腐食しにくく加工性に富む青銅は、極めて古い時代から用いられてきました。「青銅器^{*}」や「青銅器時代」、^{10 円硬貨}「青銅貨」、それに「ブロンズの像」などは、皆さんにとっても、耳なれた用語だと思います。

* 1 青銅は、古代の鏡や銅鐸など、多くの出土品に用いられている。これらの出土品中の Pb の同位体組成を調べると、Pb の同位体組成は鉱石の産地によって異なるので、青銅の元になった鉱石の産地をある程度まで推論することができる。

【Sn, Pb：はんだ】 はんだ付け (融かしたはんだで金属を接合すること) に用いられるはんだは、スズ Sn と鉛 Pb の合金です。Sn や Pb はもともと融点と比較的低い金属ですが、これらを一定の割合で混合すると、より融点の低い合金 (はんだ) が得られます。ただし、最近用いられているはんだは、無鉛はんだであり、環境への配慮から、Pb の代わりに、Ag や Cu などが含まれています。

	組成	特徴	用途
ジュラルミン	Al, Cu, Mg, Mn	軽い、高強度など	各種構造材料
黄銅	Zn, Cu	加工性に優れるなど	硬貨、板材、棒材
青銅	Sn, Cu	加工性に優れるなど	硬貨、ブロンズの像
はんだ	Sn, Pb	低融点など	金属の接合

【参考資料】

$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

硫酸カリウムアルミニウム十二水和物 $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

硫酸アルミニウム $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ と硫酸カリウム K_2SO_4 の混合水溶液^{*1}を濃縮したり、濃厚混合水溶液を冷却したりすると、硫酸カリウムアルミニウム十二水和物 $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ が析出します。これは、ミョウバン（明礬）と呼ばれ、無色透明な正八面体の結晶です。

^{*1} 混合水溶液中では、 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ と K_2SO_4 の物質質量 (mol) の比は、1:1 である必要はない。水溶液中でのこれらの比が 1:1 でなくとも、析出する結晶中では、 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ と K_2SO_4 の物質質量 (mol) の比は常に 1:1 である。

【ミョウバン】 $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ に限らず、3 価の金属イオンの硫酸塩（例： $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ）と 1 価の陽イオンの硫酸塩（例： K_2SO_4 ）との複塩^{*2}をミョウバンといいます。すなわち、ミョウバンには、

アルミニウムカリウムミョウバン： $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

鉄カリウムミョウバン： $\text{FeK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

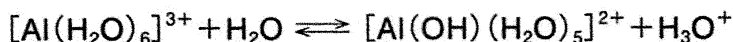
鉄アンモニウムミョウバン： $\text{Fe}(\text{NH}_4)(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

クロムミョウバン： $\text{CrK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

などいくつかの種類がありますが、単にミョウバンといったとき、多くの場合、硫酸カリウムアルミニウム十二水和物 $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ を指します。

^{*2} 複塩（例えば、 $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ）とは、一定割合の複数の塩（例えば、1:1 の $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ と K_2SO_4 ）からなり、陽イオンまたは陰イオン（あるいは両方）が 2 種類以上含まれる塩のこと。水に溶けたとき、もとの塩と同じイオンを生じる（ $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \rightarrow \text{Al}^{3+} + \text{K}^+ + 2\text{SO}_4^{2-}$ ）。一方、例えば、ヘキサシアニド鉄（Ⅲ）酸カリウム $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ も、一定割合の複数の塩（3:1 の KCN と $\text{Fe}(\text{CN})_3$ ）からなるが、水に溶けたとき、もとの塩のイオンとは異なったイオン（錯イオン： $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ ）を生じる（ $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6] \rightarrow 3\text{K}^+ + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ ）。このような塩は、錯塩と呼ばれる。

【水溶液の液性】 ミョウバンの水溶液は、次式の加水分解によって、酸性を示します。



【焼きミョウバン】 ミョウバンは、熱すると結晶水を失い、白色無定形の粉末となります。これが焼きミョウバンです。

【用途】 ミョウバンは、媒染剤、収斂剤^{しゅうれんざい}、製紙などに用いられます。