

無機化学

各論

気体の実験室的製法のまとめ
金属イオンの沈殿形成のまとめ
化学工業のまとめ

IV-1

設問を

典型金属、遷移金属、非金属
に分けて眺めていきましょう。

チェックには、この問題のほか、p54~58のチェックが有用では？

IV-1 無機化合物の性質

【典型金属】

問iii 2. (誤)

金属ナトリウムは灯油の中に保存する。

Na

問iii 6. (誤)

水酸化ナトリウム水溶液をガラス栓で密栓して保管してはいけない。

Na

問i

1. (誤) ——ソルベー法——

炭酸ナトリウムではなく、炭酸水素ナトリウムが生じる。

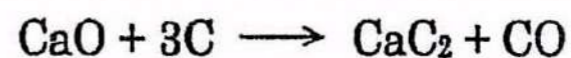


Na

問i

5. (誤) ——カルシウムカーバイドの製法——

炭酸カルシウムではなく、炭化カルシウムが生じる。



Ca

問i

2. (正) ——アルマイト——

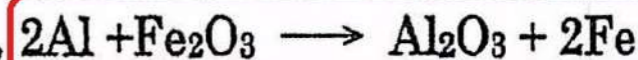
アルミニウムは空気中で表面が緻密な酸化物の膜で覆われ、不動態となる。

Al

問i

4. (誤) ——テルミット反応——

アルミニウムの方がイオン化傾向が大きいので、鉄は酸化アルミニウムを還元することはできない。なお、アルミニウムと酸化鉄(III)を反応させると鉄が遊離する。



Al

チェックには、この問題のほか、p54～58のチェックが有用では？

IV-1 無機化合物の性質

【典型金属】

問iii 2. (誤) 金属ナトリウムは灯油の中に保存する。

Na

問iii 6. (誤) 水酸化ナトリウム水溶液をガラス栓で密栓して保管してはいけない。

Na

問i

1. (誤) ——ソルベール法——

炭酸ナトリウムではなく、炭酸水素ナトリウムが生じる。



Na

**単体や化合物の保存方法
& 化学工業**

IV-1 無機化合物の性質

【典型金属】

問

5. (誤)——カルシウムカーバイドの製法——

炭酸カルシウムではなく、炭化カルシウムが生じる。



Ca

カルシウムカーバイドの工業的製法
(アセチレン工業の元)

IV-1 無機化合物の性質

【典型金属】

問i

2. (正) —アルマイト—

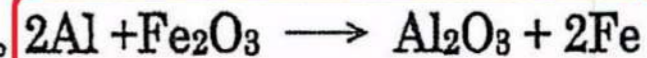
アルミニウムは空气中で表面が緻密な酸化物の膜で覆われ、不動態となる。

Al

問i

4. (誤) —テルミット反応—

アルミニウムの方がイオン化傾向が大きいので、鉄は酸化アルミニウムを還元することはできない。なお、アルミニウムと酸化鉄(III)を反応させると鉄が遊離する。



Al

工業的活用

あえて言うなら...

化学工業を先に、しっかりと片づける！

水酸化ナトリウムの製法

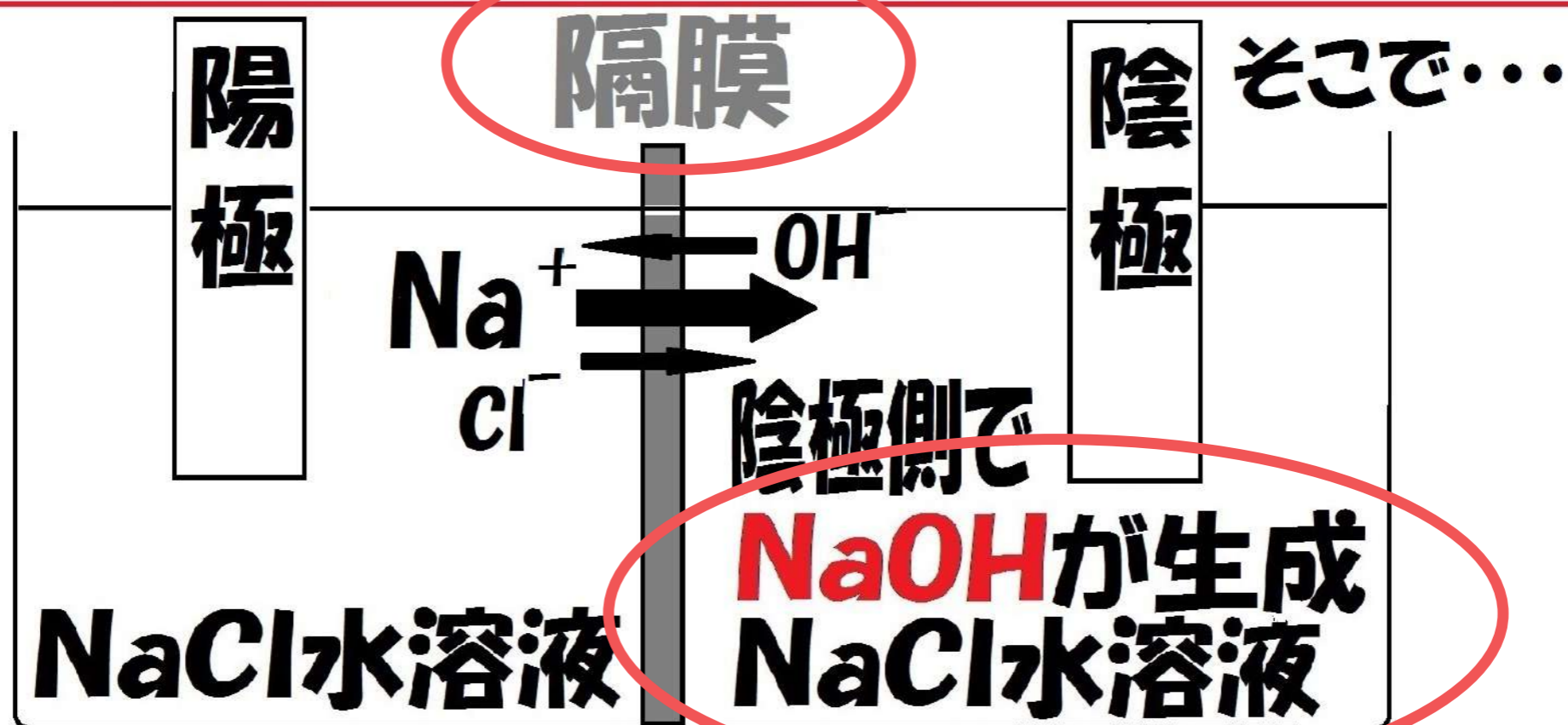
炭酸ナトリウムの製法

アルミニウム単体の製法（熔融塩電解）

水酸化ナトリウムの製法

これがかつての隔膜法！

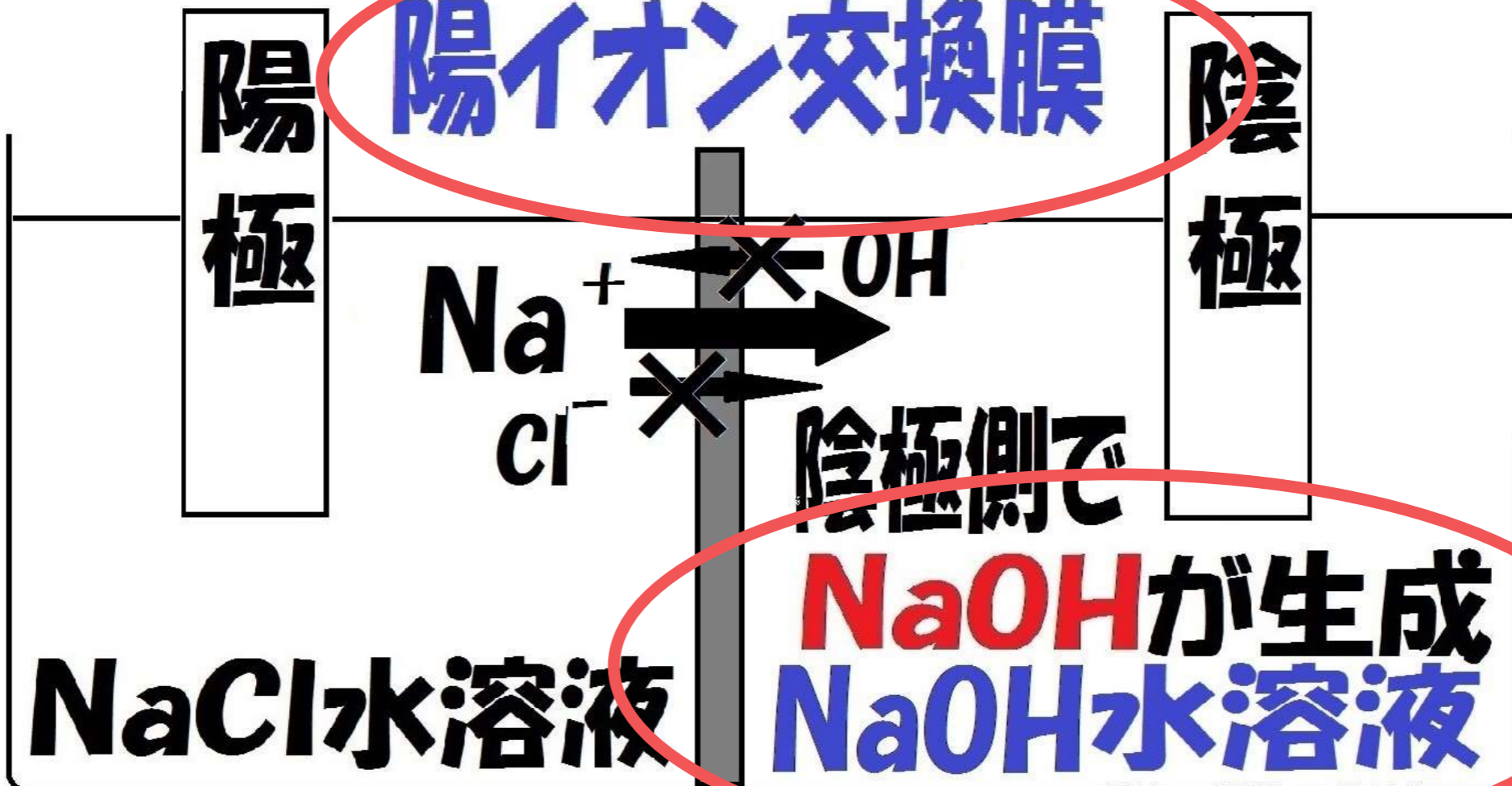
この隔膜法には大きな欠点がある！NaCl水溶液中でNaOHが生成するので、**純度の高いNaOHが得られない！**。でも、隔膜じゃ、**両水溶液を分けられないしね。**



これがイオン交換膜法！

両極側の水溶液は混じらず、NaOH水溶液の中で生成するので、**純度が高いNaOHが得られる。**

① 隔膜に陽イオン交換膜を用い、



② 陰極側をNaOH水溶液にすると、

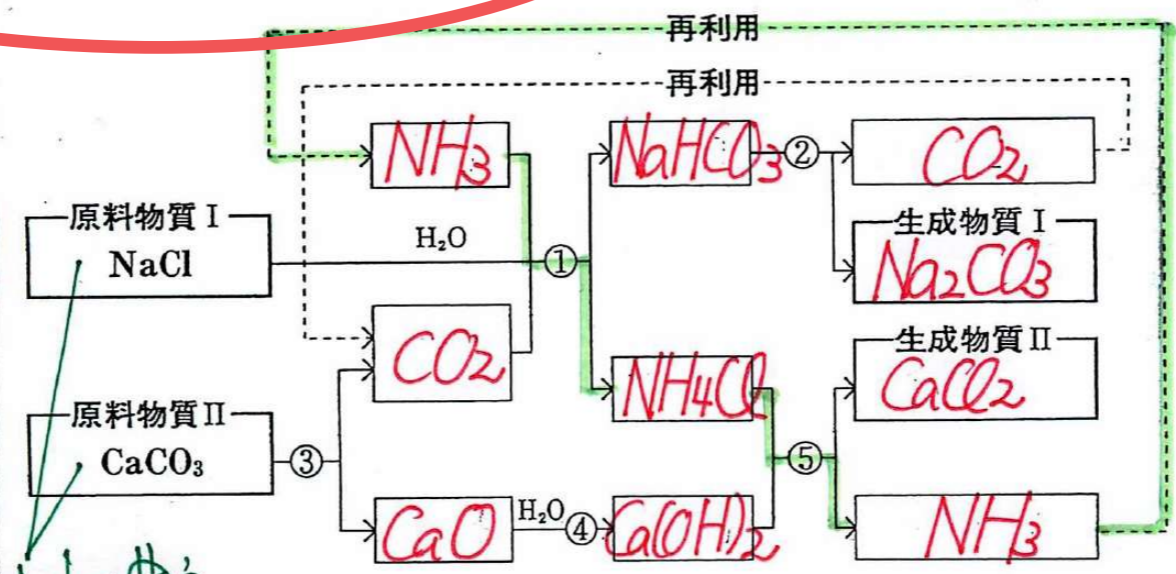
炭酸ナトリウムの製法

炭酸ナトリウムの工業的製法

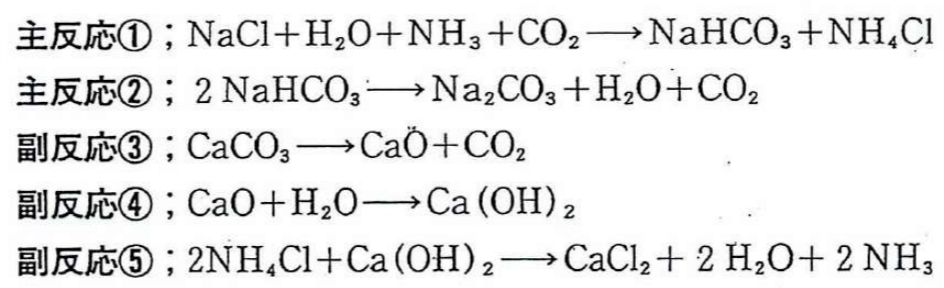
1

→ 化学工業で大量に使用されている。理論的には100%再利用。

Na₂CO₃の製法(アンモニアソーダ法) - シルバー法



原料は豊富



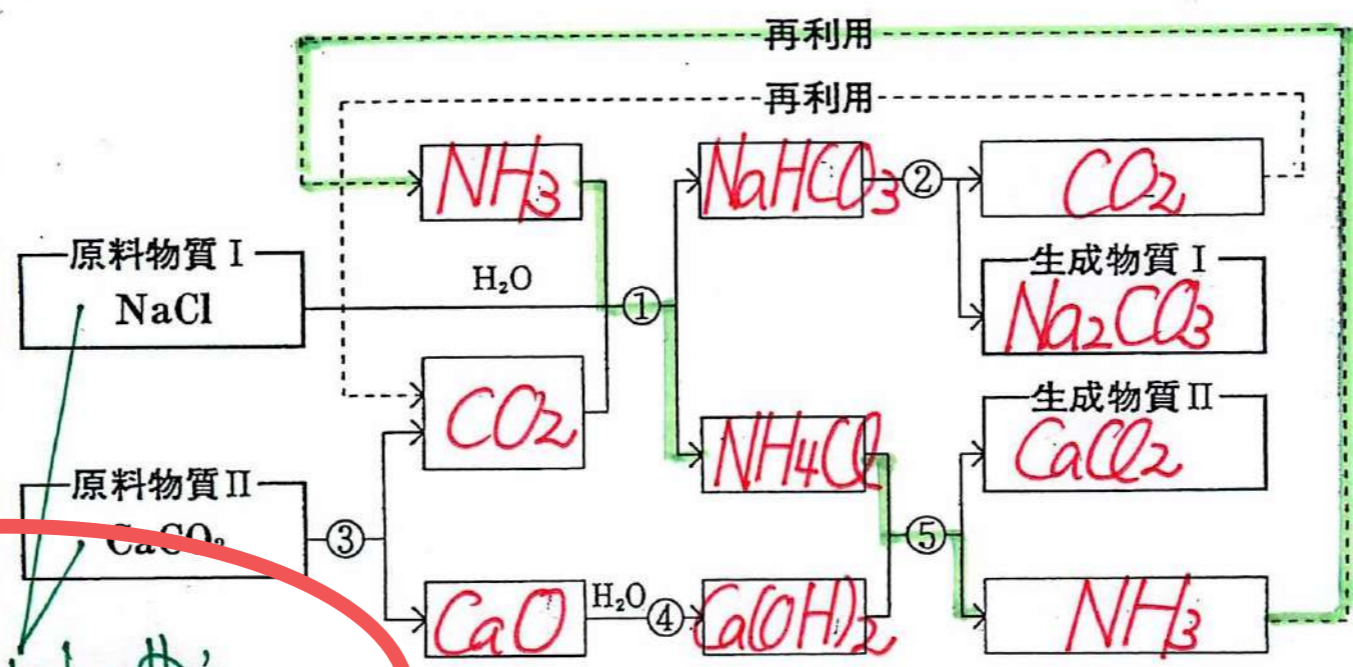
自然界では起こり得ない反応を実現している。

炭酸ナトリウムの工業的製法

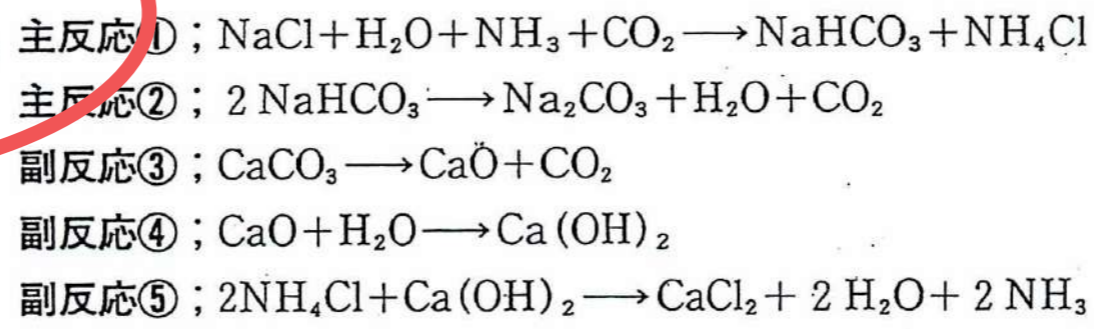
1

→ 化学工業で大量に使用されている。理論的には100%再利用。

Na₂CO₃の製法(アンモニアソーダ法) - シルバー法



2 原料は豊富



自然界では起こり得ない反応を実現させている。

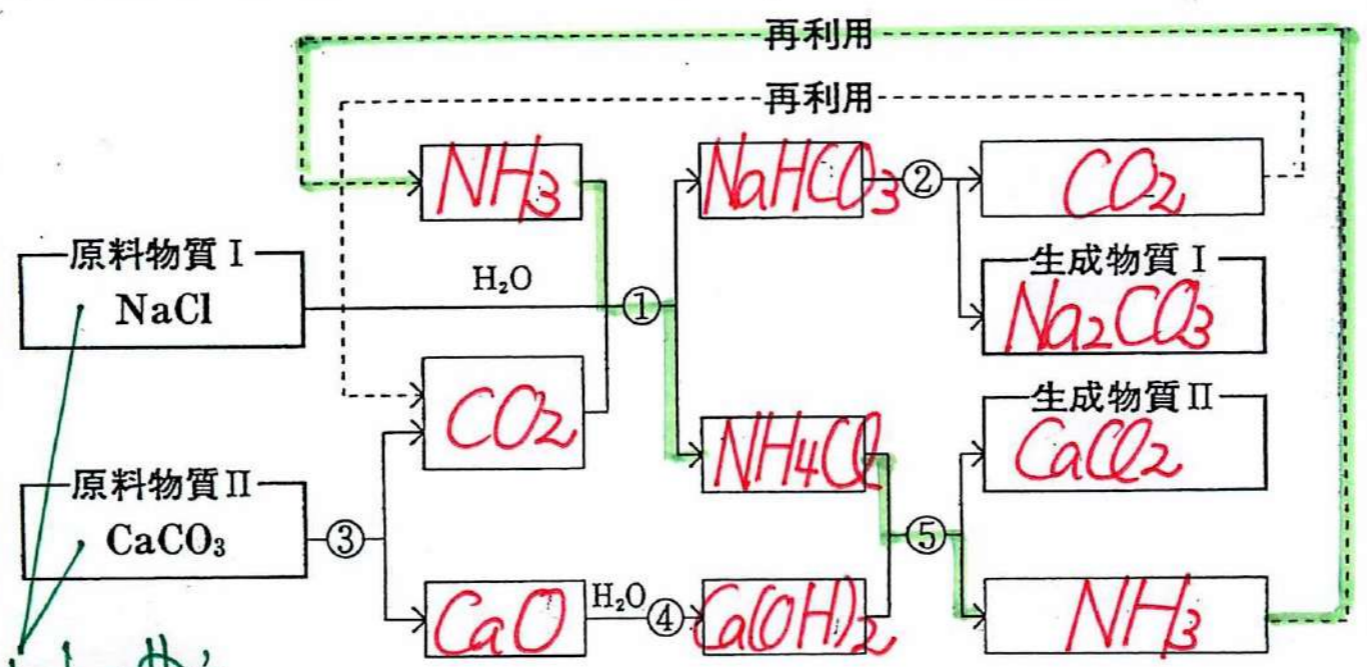
1

→化学工業で大量に使用されている。理論的には100%再利用。

3

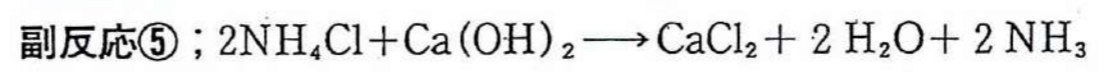
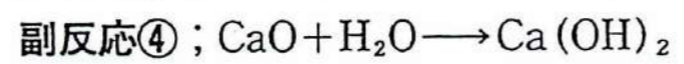
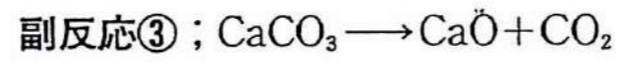
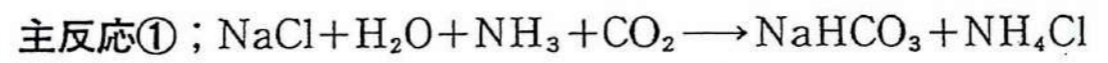
炭酸ナトリウムの工業的製法

Na₂CO₃の製法(アンモニアソーダ法) - ソルバー法



2

原料の循環



①×2+②+③+④+⑤より、



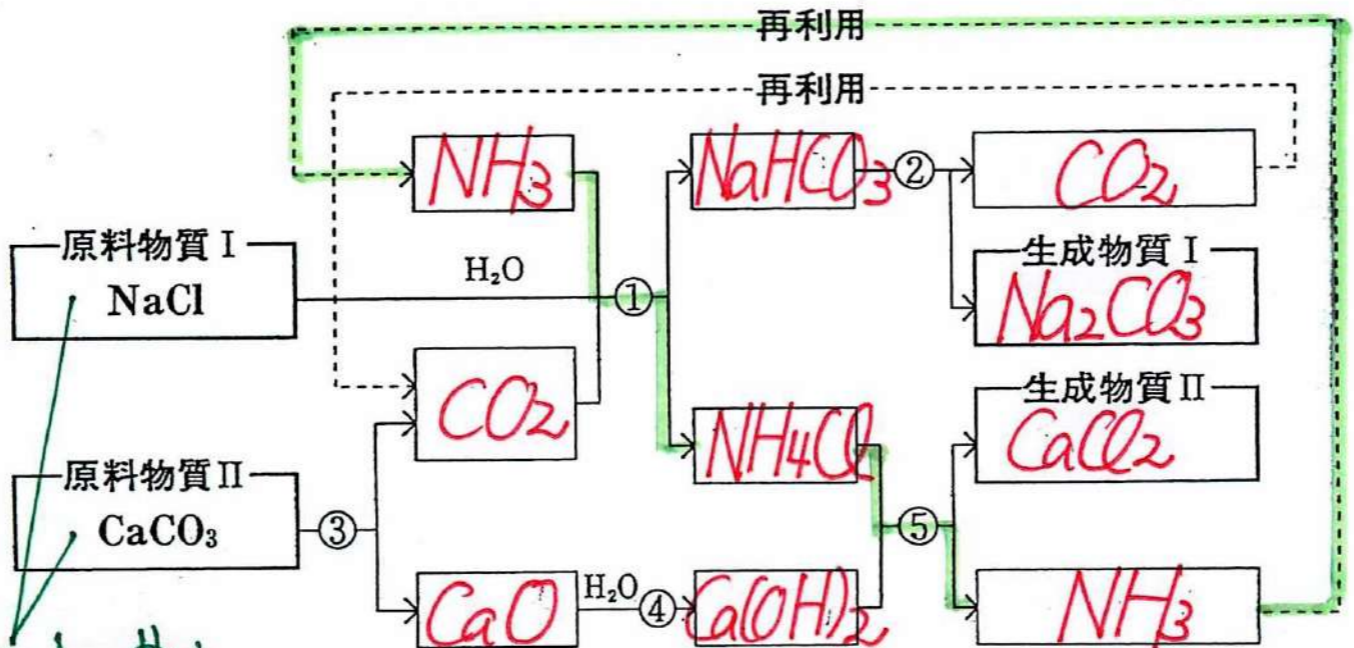
自然界では起こり得ない反応を実現させている。

炭酸ナトリウムの工業的製法

1

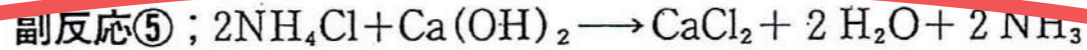
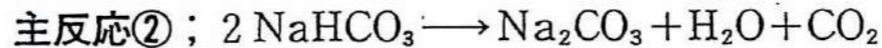
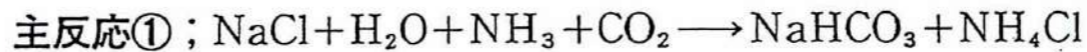
→ 化学工業で大量に使用されている。理論的には100%再利用。

Na₂CO₃の製法(アンモニアソーダ法) - ソルバー法



2

原料の豊富



①×2+②+③+④+⑤より、

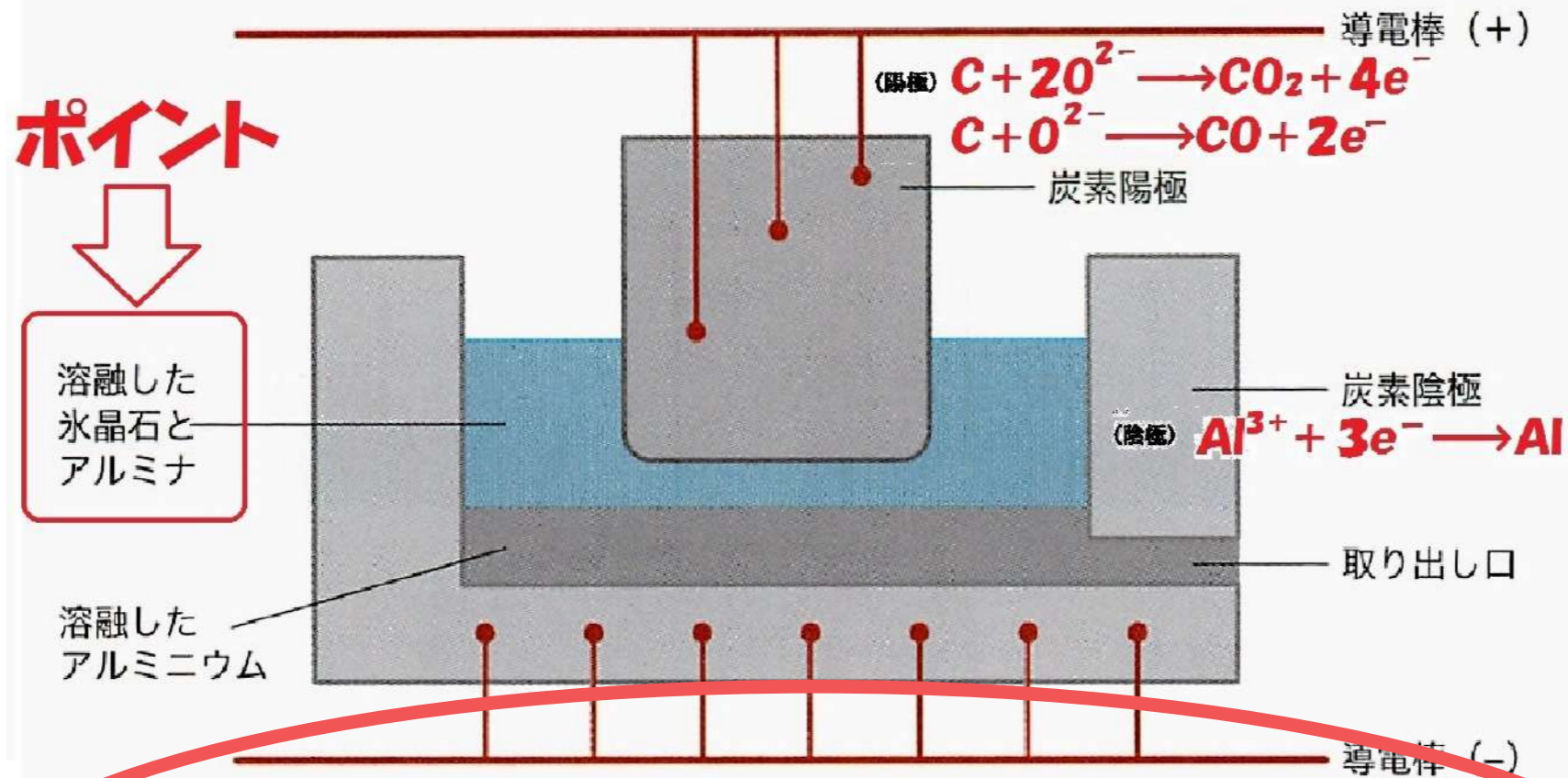


4

自然界では起こり得ない反応を実現させている。

アルミニウム単体の製法(溶融塩電解)

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」！

それもある、リサイクルが重要！



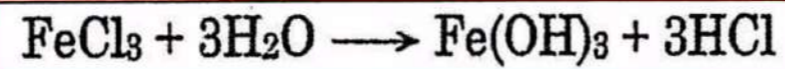


【遷移金属】

問i

3. (誤) — コロイド溶液の調製 —

少量の濃い塩化鉄(Ⅲ)水溶液を沸騰水中に注ぐと、水酸化鉄(Ⅲ)の赤褐色のコロイド溶液が生じる。



Fe

これは『教科書的知識』ですね。

【遷移金属】

問iii 5.(正)

硝酸銀は光で分解する。

Ag

保存方法

あえて言うなら...

鉄単体

銅単体

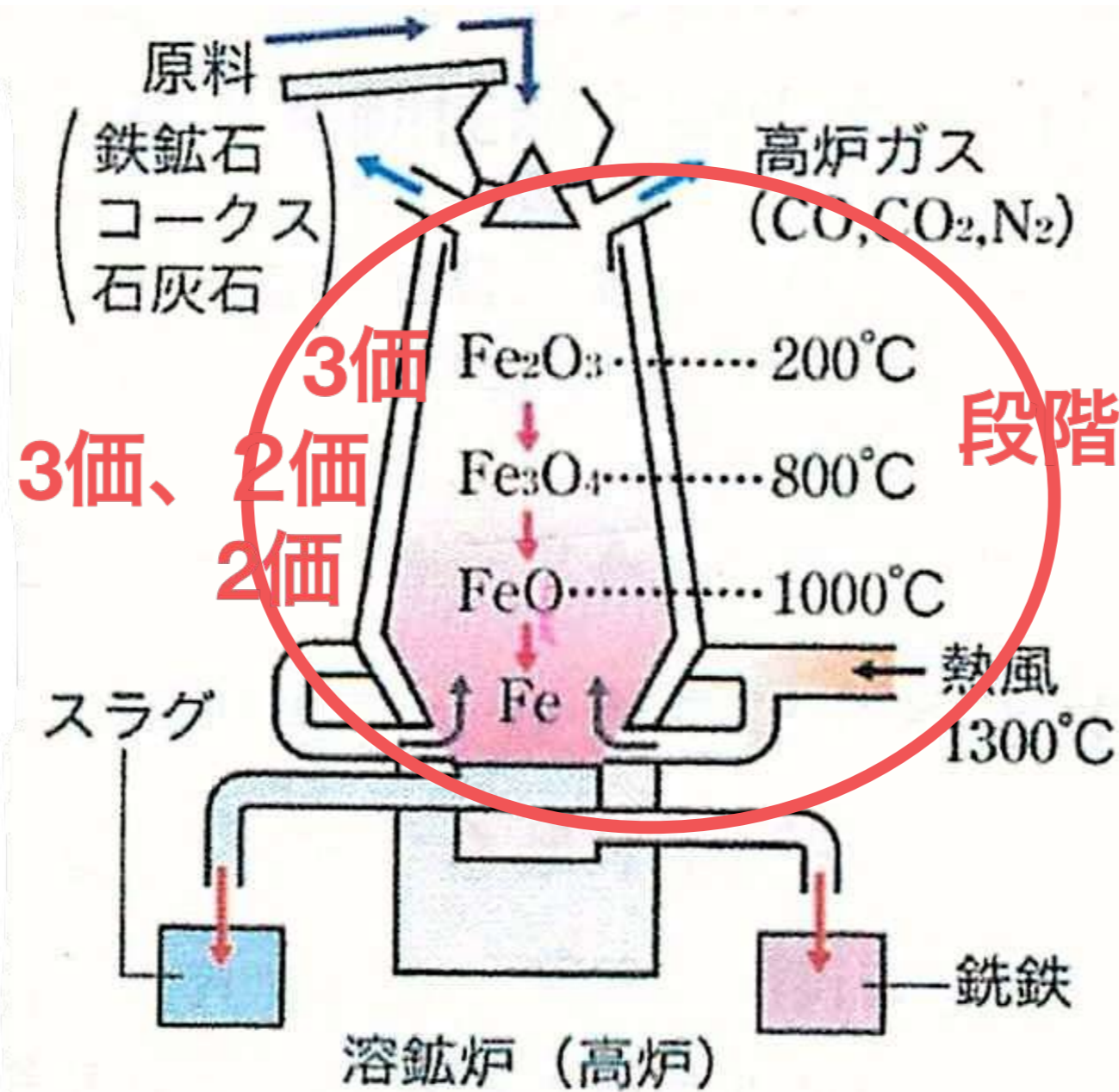
製錬

精錬

イオン

イオン

鉄の製錬



段階的に還元

銅の電解精錬

結果的に不純物が除去された！

Au

Ag



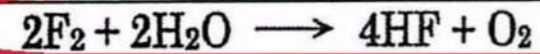
銅のみが析出するように、慎重に電圧(電流)を調整し続ける。

Au, Ag: 陽極泥として沈殿
Pb²⁺: PbSO₄となって沈殿

Fe²⁺, Zn²⁺: イオンのまま、水溶液中にとどまる。

【非金属】

問 ii 3. (正)



ハロゲン

問 ii 2. (誤)

ハロゲン単体の酸化力は原子番号が大きいほど小さくなるので、ヨウ化カリウム水溶液に臭素を加えると $2\text{KI} + \text{Br}_2 \longrightarrow 2\text{KBr} + \text{I}_2$ の変化が起こる。

ハロゲン

ここで生じたヨウ素は、 $\text{I}^- + \text{I}_2 \longrightarrow \text{I}_3^-$ により水に可溶性な I_3^- を生成するため析出しない。

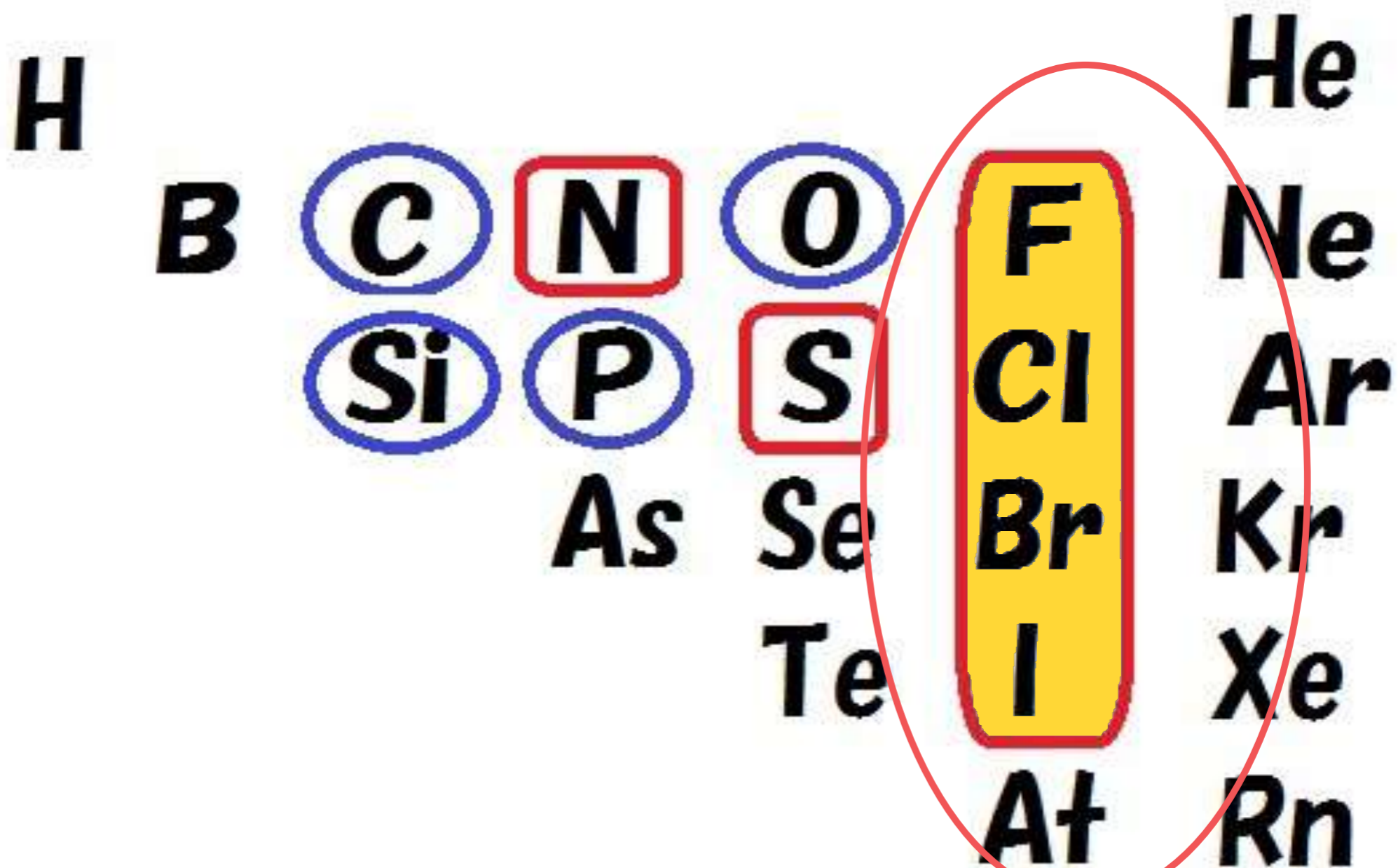
ハロゲン

問 iii 3. (誤)

フッ化水素はガラスの成分である二酸化ケイ素と反応するので、ポリエチレン容器に保存する。

ハロゲン

非金属(典型元素)



あえて言うなら...

ハロゲンの単体

F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2 の比較

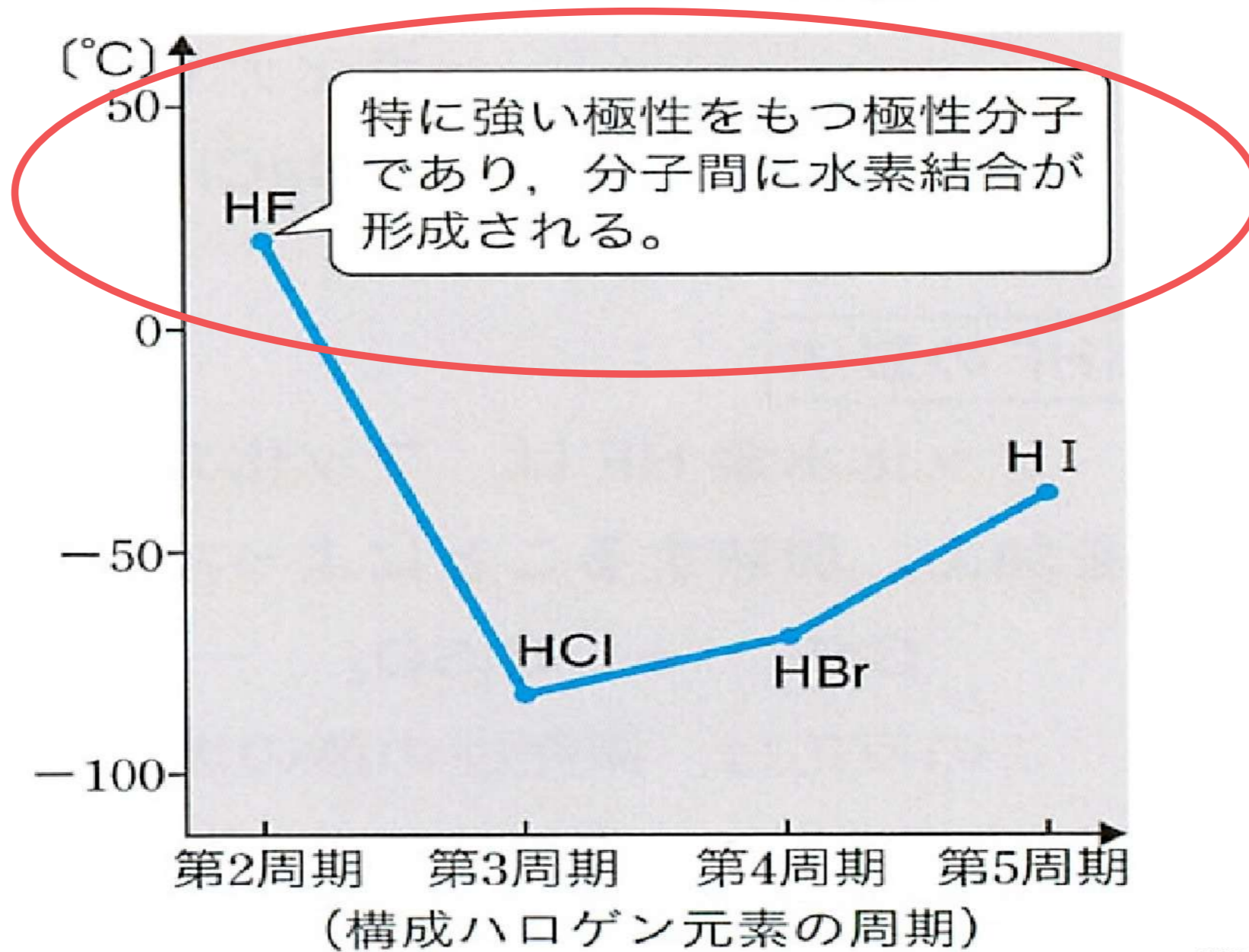
ハロゲン化水素

HF , HCl , HBr , HI の比較

HFの特異性

HFの特異性

ハロゲン化水素の沸点



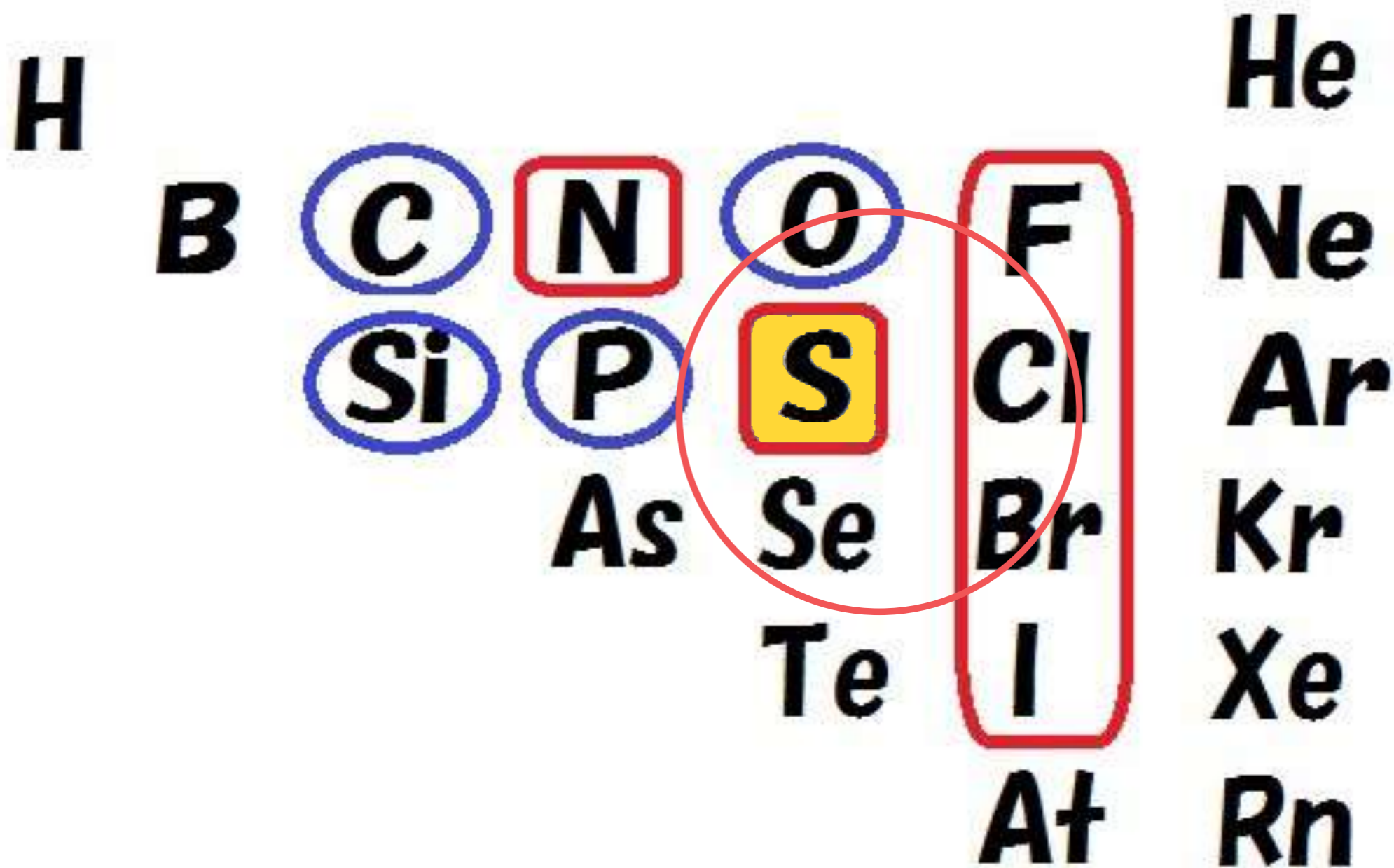
【非金属】

問 ii 1. (正)

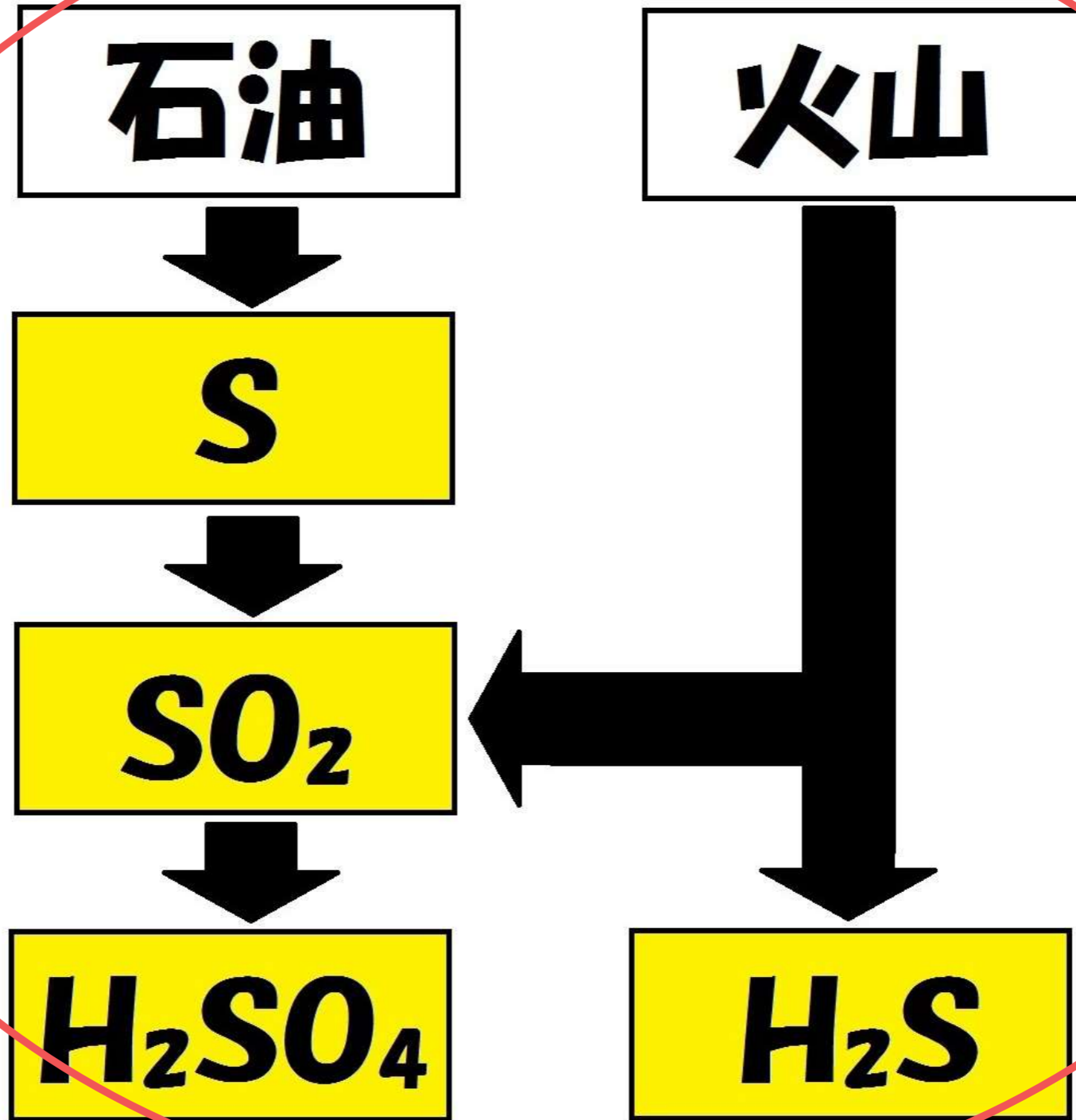
常温常圧下では、斜方硫黄の方が単斜硫黄より安定である。

硫黄

非金属(典型元素)



あえて言うなら...流れに沿って



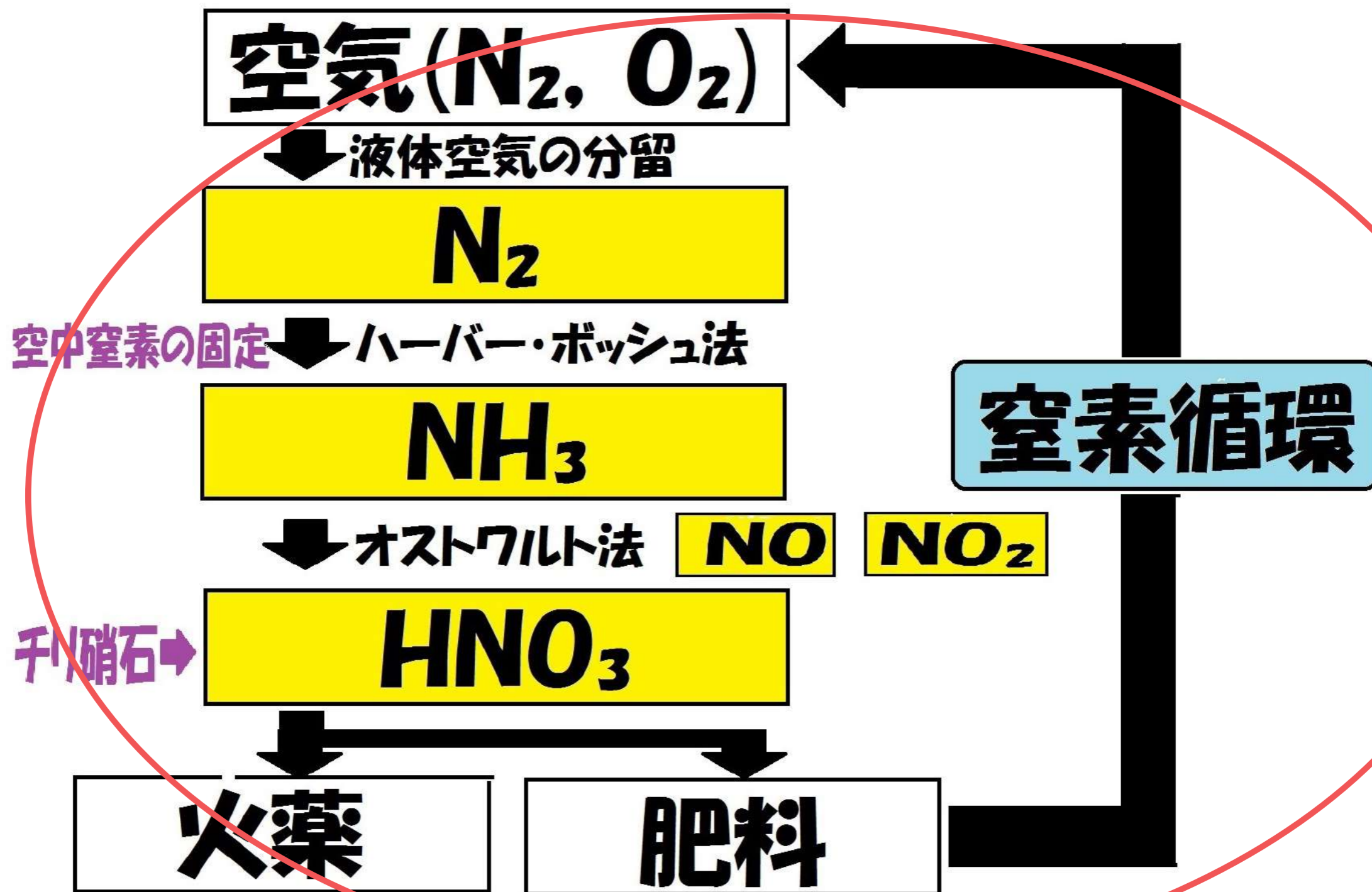
【非金属】

問 ii 5. (誤)

アンモニアは塩化カルシウムに吸収されるため、アンモニアの乾燥に塩化カルシウムは使用
できない。

窒素

あえて言うなら・・・流れに沿って



【非金属】

問iii 1. (誤)

黄リンは水の中に保存する。

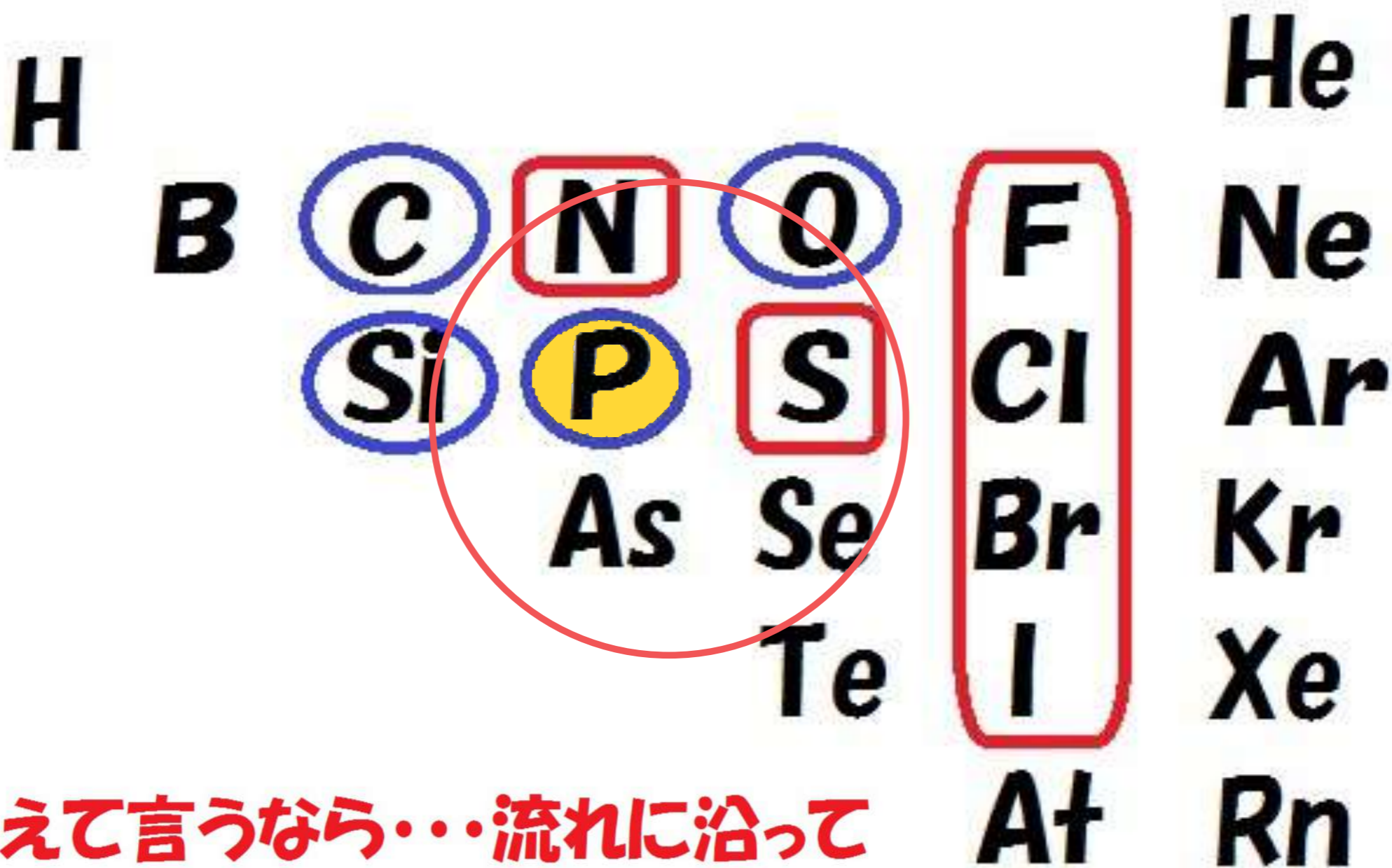
リン

問iii 4. (正)

十酸化四リンは吸湿性である。

リン

非金属(典型元素)



リン鉱石からリン肥料

リン肥料(過リン酸石灰) $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ と CaSO_4 との混合物

リン酸二水素カルシウム $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ は **水溶** 性である。

リン酸カルシウムと硫酸を 1 : 2 の割合で反応させると、
リン肥料として用いられる過リン酸石灰(リン酸二水素カ

① ルシウムと硫酸カルシウムの混合物) が得られる。



リン鉱石(リン酸カルシウム) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

リン鉱石、動物の骨や歯の主成分である。

③ 肥料は水溶性じゃないとね。

つまり、リン酸カルシウムのままでは肥料としては使えないですね。

リン鉱石からリンの単体

リン鉱石(リン酸カルシウム) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

リン鉱石、動物の骨や歯の主成分である。

リン鉱石にけい砂とコークスを混ぜ、混合物を電気

炉中で加熱する。←リン鉱石の①還元!

②



③
のち水中で固化。

リン $\text{P}(\text{P}_4)$ ④

	黄リン P_4	赤リン P
構造	4個のリン原子からなる。	多数のリン原子からなる。
反応性	空気中で自然発火する。	空気中で自然発火しない。

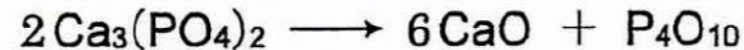
⑤ 水中で保存

空気を断って加熱する。

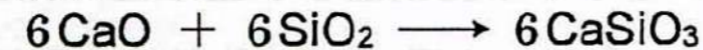
参考

この反応は、次の三つの反応の組合せと考えることができる。

① リン酸カルシウムの酸化物への熱分解



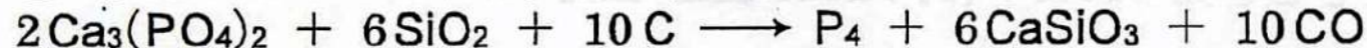
② 酸化物からのケイ酸カルシウムの生成



③ 十酸化四リンの炭素による還元



①～③の反応式をまとめると、次の化学反応式が得られる。



リンの単体からの化合物の誘導

リンP(P ₄)		
	黄リンP ₄	多数のリン
構造	4個のリン原子からなる。	多数のリン
反応性	空气中で自然発火する。	空气中で

リンを空气中で燃焼させる。

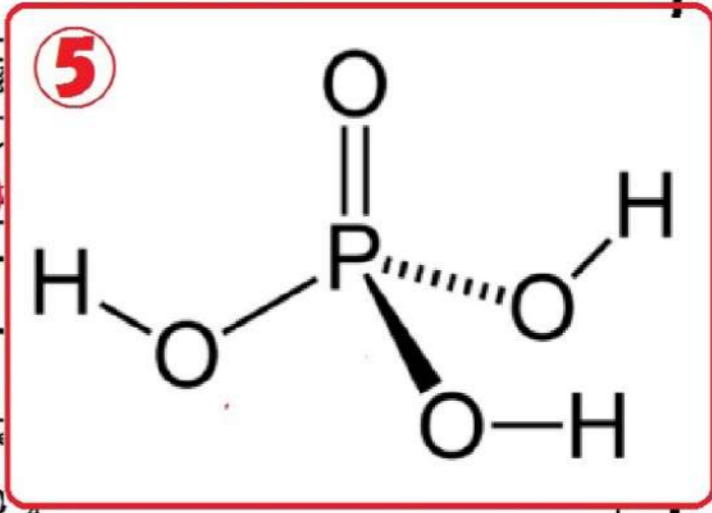


③	十酸化四リン(酸化リン(V))P ₄ O ₁₀
	吸湿性が強く、乾燥剤や脱水剤として用



⑥ 工業的には、リン鉱石に硫酸
 $Ca_3(P_2O_7)_2 + 3H_2SO_4$
 潮解性をもつ固体(融点:約42℃)

⑦	リン酸H ₃ PO ₄
	水によく溶け、この水溶液は中程度の強
	DNA, RNA, リン肥料
	$H_3PO_4 \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_4^-$ $H_2PO_4^- \rightleftharpoons H^+ + HPO_4^{2-}$ $HPO_4^{2-} \rightleftharpoons H^+ + PO_4^{3-}$



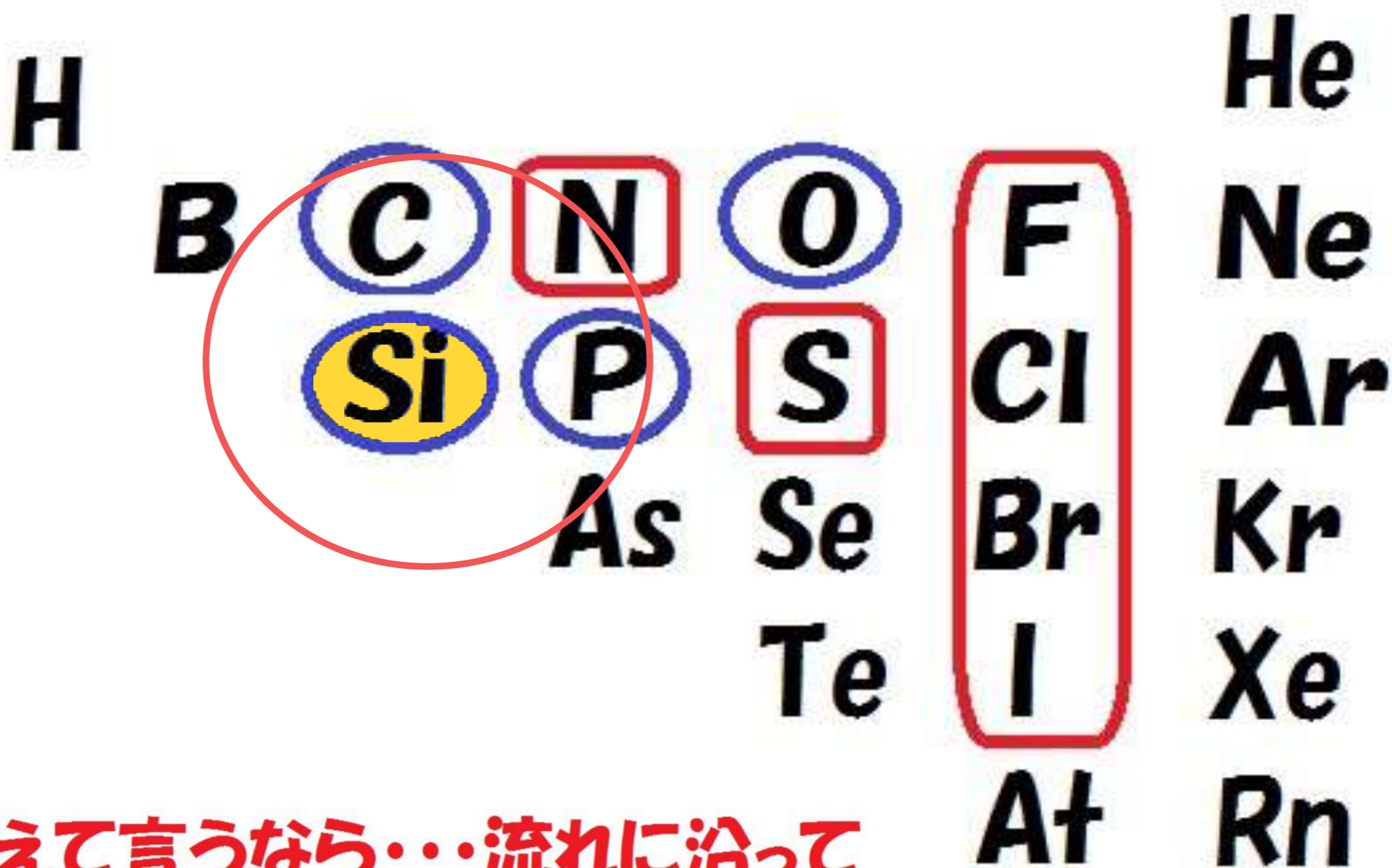
【非金属】

問 ii 4. (誤)

シリカゲルではなく、ケイ酸ナトリウムが生じる。 $\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2$

ケイ素

非金属(典型元素)



二酸化ケイ素からケイ素の単体

整理例⑯

ケイ素とその化合物の誘導

ケイ素 Si

↑ コークスで還元する。

[]

二酸化ケイ素 SiO_2

所在	石英などとして，地殻中に豊富に存在している。 透明な石英を水晶と呼び，砂状の石英をけい砂と呼ぶ。
構造	ケイ素原子 1 個と酸素原子 2 個分からなる四面体の単位構造が，繰り返して規則的に結び付いた，三次元網目状の巨大分子（共有結合の結晶）である。
物理的性質	融点は高く，硬い。電気絶縁性に優れている。
化学的性質	二酸化ケイ素はフッ化水素（フッ化水素酸）に溶ける。 [$SiO_2 + 4HF \rightarrow SiF_4 + 2H_2O$ ($SiO_2 + 6HF \rightarrow H_2SiF_6 + 2H_2O$)]

ケイ酸塩工業

二酸化ケイ素 SiO_2

ケイ酸ナトリウム Na_2SiO_3

水を加えて加熱する。

水ガラス

塩酸を加える。

ケイ酸 H_2SiO_3

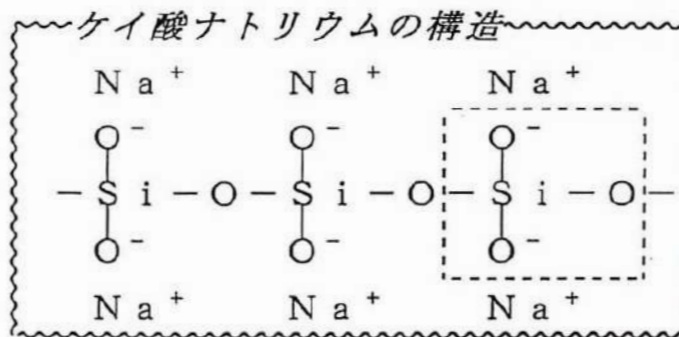
【水ガラス】

ケイ酸アルカリ塩を濃厚水溶液としたもの。無色で粘性の大きい液体。空气中で乾かせばガラス状となる。粘着剤としてガラス、陶磁器の接合、耐火塗料の製造などに用いる。シリカゲルの原料となる。

加熱して乾燥する。

シリカゲル

Coイオンを加えておくと、乾燥時には
[]色、吸湿時には[]色となる。





IV-2

IV-2

先に問 ii を
片付けてしまいましょう。

実用♥

実はそれなりに大事な

合金

IV-2 沈殿の形成、合金

問 ii

自分なりの捉え方がないと厳しいかも。

基本、鉄でしょ。

鉄やニッケルを主体とする合金の例			
名称	組成	性質	用途
13ステンレス鋼	Fe>Cr(13%)	さびにくい	医療器具, 刃物
18-8ステンレス鋼	Fe>Cr(18%)>Ni(8%)	さびにくい	流し台, 食器, 車両
ニクロム	Ni>Cr, (Fe)	電気抵抗大	電熱線

基本、銅でしょ。

銅を主体とする合金の例			
	組成	性質	用途
青銅	Cu>Sn	美しい, 硬い, 耐食性, 铸造性	硬貨, 鐘, ブロンズ像
黄銅	Cu>Zn	黄色光沢, 加工性良好	硬貨, 楽器, 板材, 棒材
白銅	Cu>Ni	白色光沢, 耐食性, 加工性良好	硬貨, 湯沸し器用配管
洋白	Cu>Ni, Zn	銀白色光沢, 耐食性	食器, 装飾品

基本、Alでしょ。

両性元素を主体とする合金の例			
	組成	性質	用途
ジュラルミン	Al>>Cu>Mg, Mn	軽い, 高強度	航空機の構造材料
はんだ	Sn>Pb(最も低融点のとき)	融点が高い	金属どうしの接合

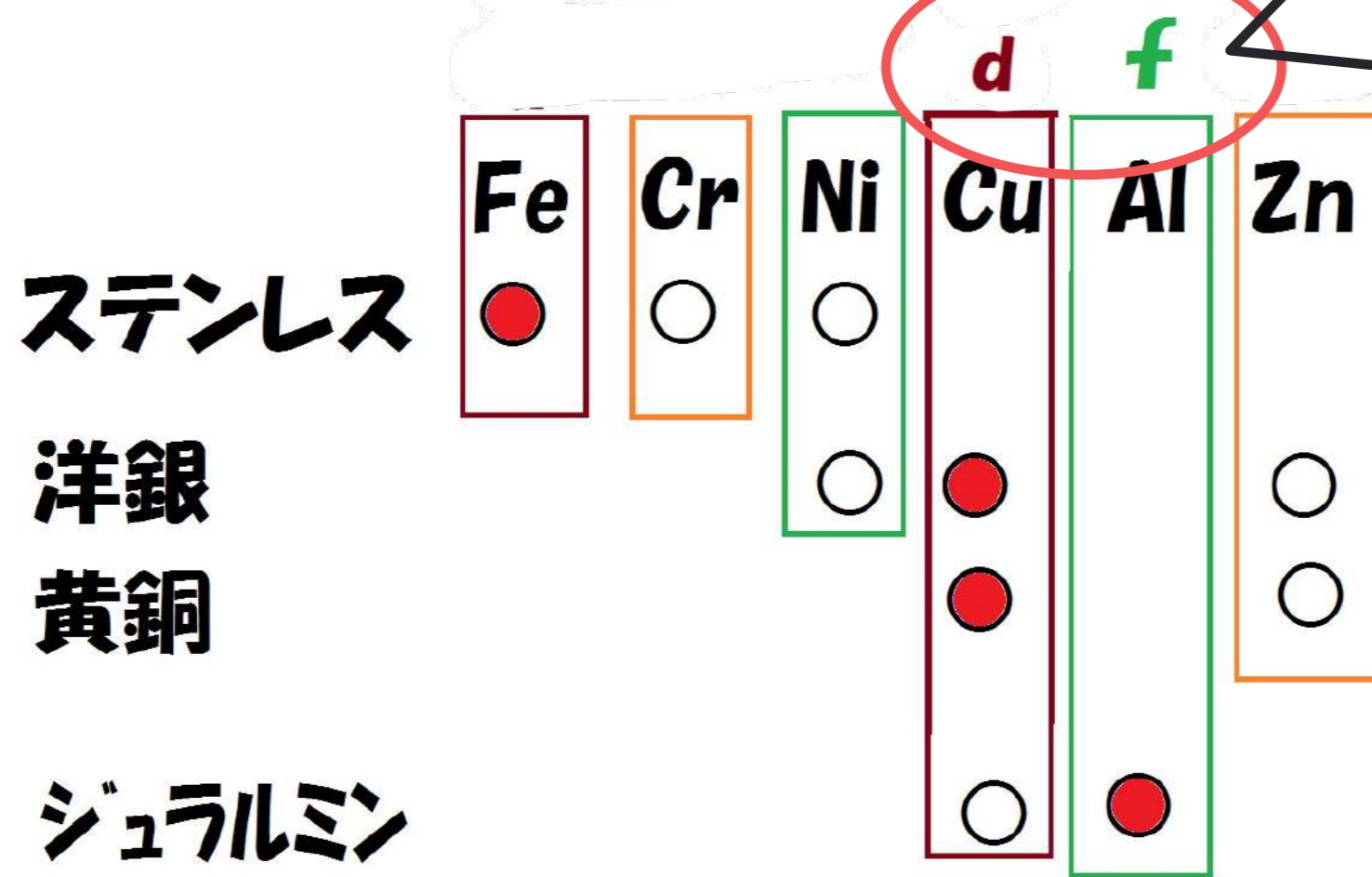
その他の合金の例			
	組成	性質	用途
マグネシウム合金	Mg>>Al	実用金属中で最も軽量, 高強度	航空機用材料
チタン合金	Ti>>Al	軽い, 高強度, 加工性に優れる	航空機用材料

ただ、問 ii については

これくらいは知っておかないと不都合であるようですね。

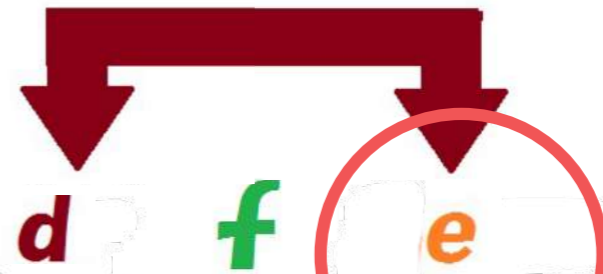
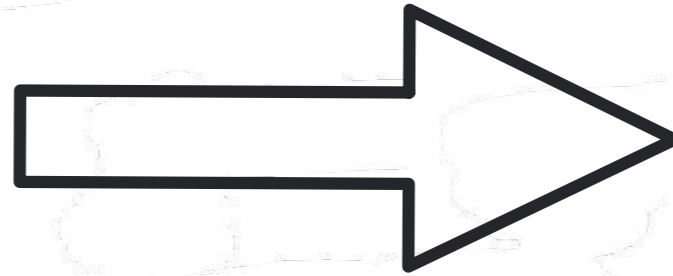
	Fe	Cr	Ni	Cu	Al	Zn
ステンレス	●	○	○			
洋銀			○	●		○
黄銅				●		○
ジュラルミン				○	●	

オの文章



雑談: ジュラルミンは軽い黄銅を作ろうとした結果との説あり。

ウの文章



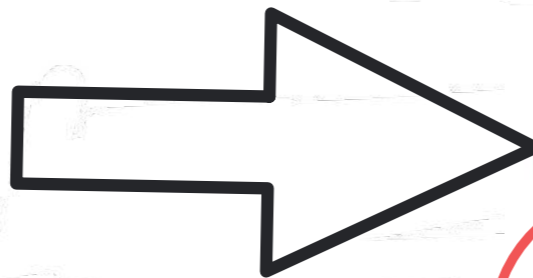
d

f

e

	Fe	Cr	Ni	Cu	Al	Zn	Sn	Pb
ステンレス	●	○	○					
洋銀			○	●		○		
黄銅				●		○		
ジュラルミン				○	●			

イの文章



c d f e

	Fe	Cr	Ni	Cu	Al	Zn	Sn	Pb
ステンレス	●	○	○					
洋銀			○	●		○		
黄銅				●		○		
ジュラルミン				○	●			

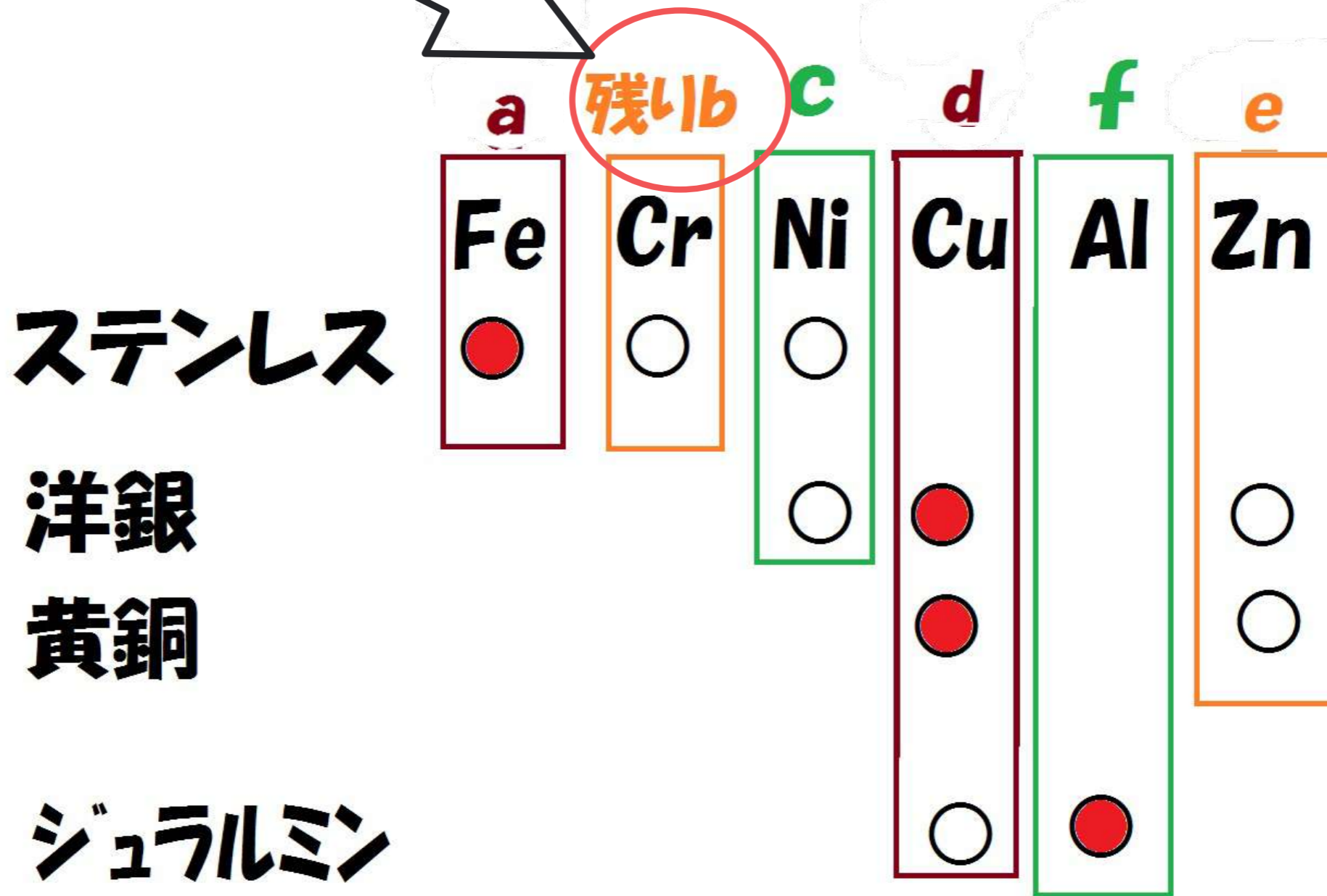
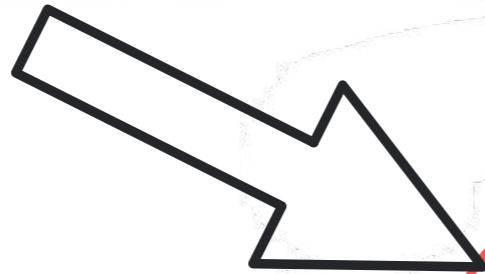
エの文章

ステンレス
洋銀
黄銅
ジュラルミン

a		c	d	f	e		
Fe	Cr	Ni	Cu	Al	Zn	Sn	Pb
●	○	○					
		○	●		○		
			●		○		
			○	●			

注:銅の原料鉱石は主に黄銅鉱CuFeS₂と履修する。

アの文章

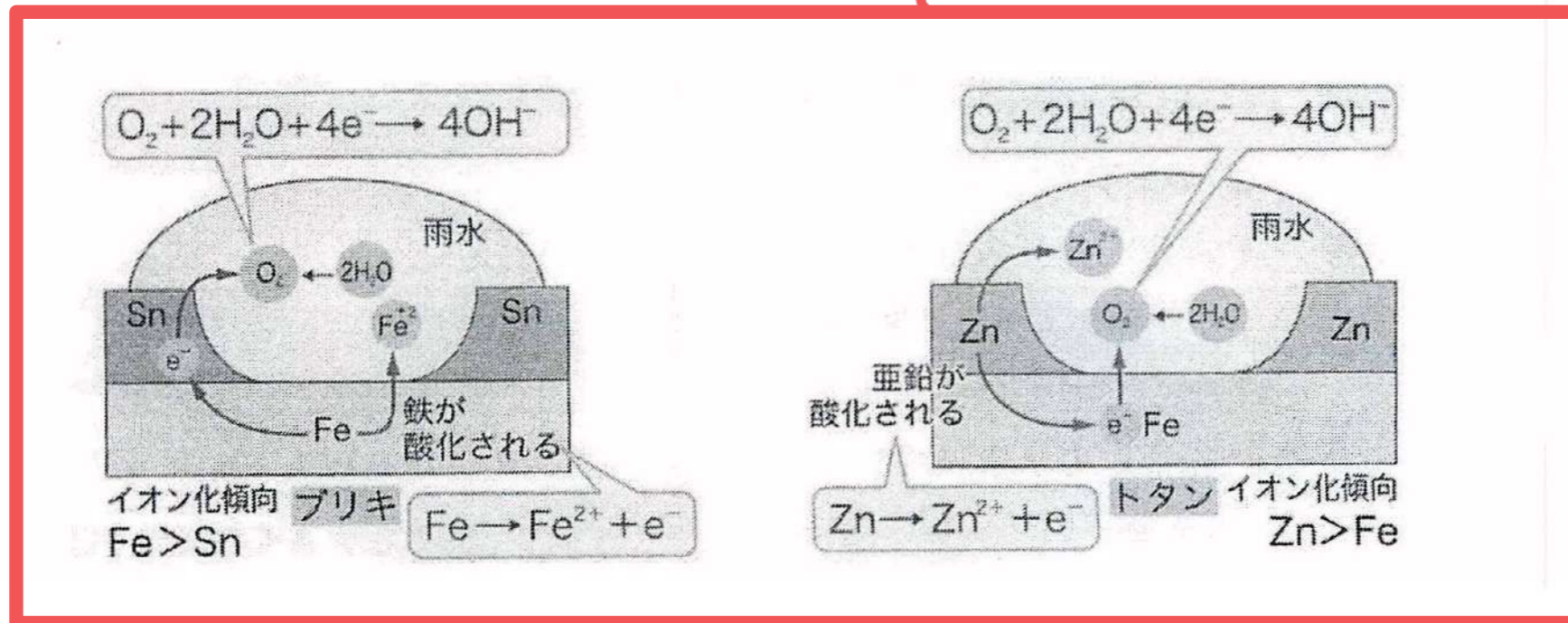


a, bはFeまたはCr, cはNi, dはCu, eはZn, fはAlとわかる。

また, d (Cu) の原料鉱石 (黄銅鉱 CuFeS_2) に aが含まれるものがあることから aはFe, bはCrと決まる。以上より a (Fe), b (Cr), c (Ni), d (Cu), e (Zn), f (Al)

1. (誤) a~fの中で不動態となるのは a(Fe), b(Cr), c(Ni), f(Al)。
2. (誤) 白銅は c(Ni)と d(Cu)の合金。
3. (誤) ブリキは a(Fe)にスズをメッキしたもの。
4. (正) b(Cr)と c(Ni)の合金はニクロムで電熱線として用いられる。
5. (正) 地殻中の存在比は $\text{O} > \text{Si} > \text{Al} > \text{Fe}$ の順で, 金属元素では f(Al)が最も多い。

【解答】 問 ii 4, 5

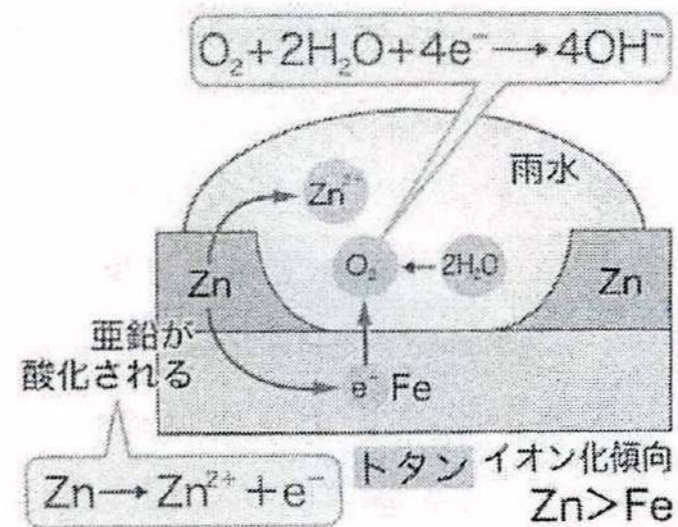
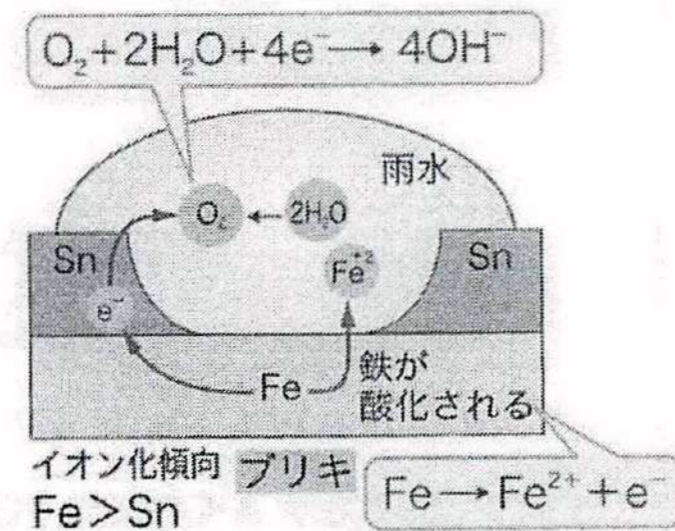


a, bはFeまたはCr, cはNi, dはCu, eはZn, fはAlとわかる。

また, d (Cu) の原料鉱石 (黄銅鉱 CuFeS_2) に a が含まれるものがあることから a は Fe, b は Cr と決まる。以上より a (Fe), b (Cr), c (Ni), d (Cu), e (Zn), f (Al)

1. (誤) a~fの中で不動態となるのは a(Fe), b(Cr), c(Ni), f(Al)。
2. (誤) 白銅は c(Ni)と d(Cu)の合金。
3. (誤) ブリキは a(Fe)にスズをメッキしたものの。
4. (正) b(Cr)と c(Ni)の合金はニクロムで電熱線として用いられる。
5. (正) 地殻中の存在比は $\text{O} > \text{Si} > \text{Al} > \text{Fe}$ の順で, 金属元素では f(Al)が最も多い。

【解答】 問 ii 4, 5



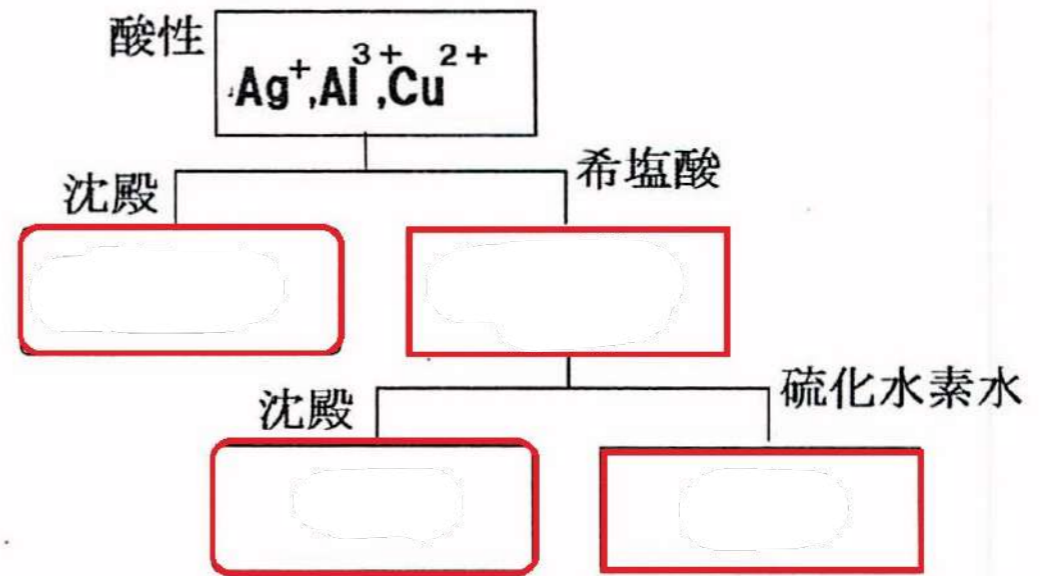
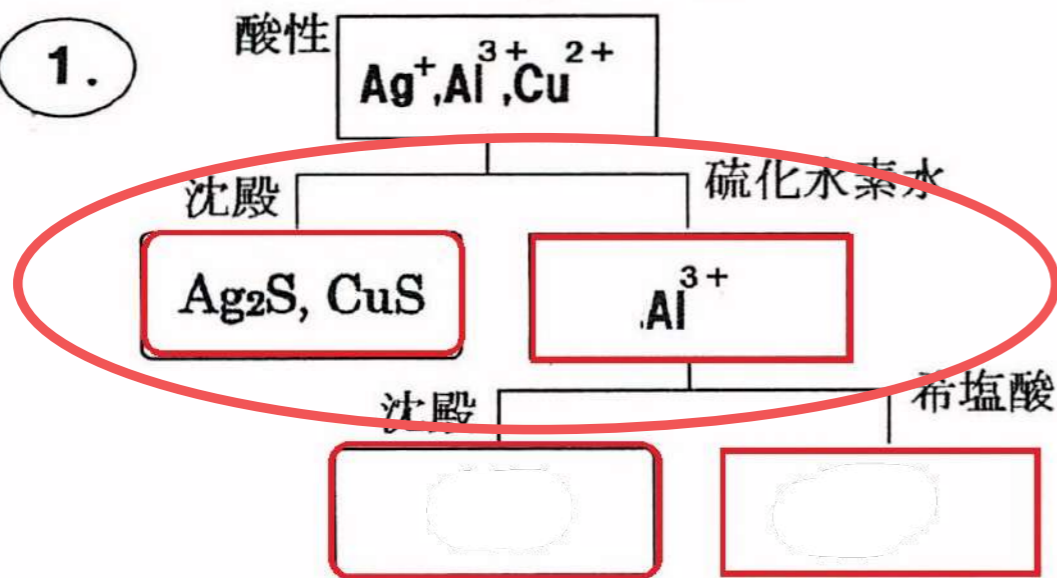
IV-2

では、問iを検討
しましょう。

金属の学習の総集編とも言える

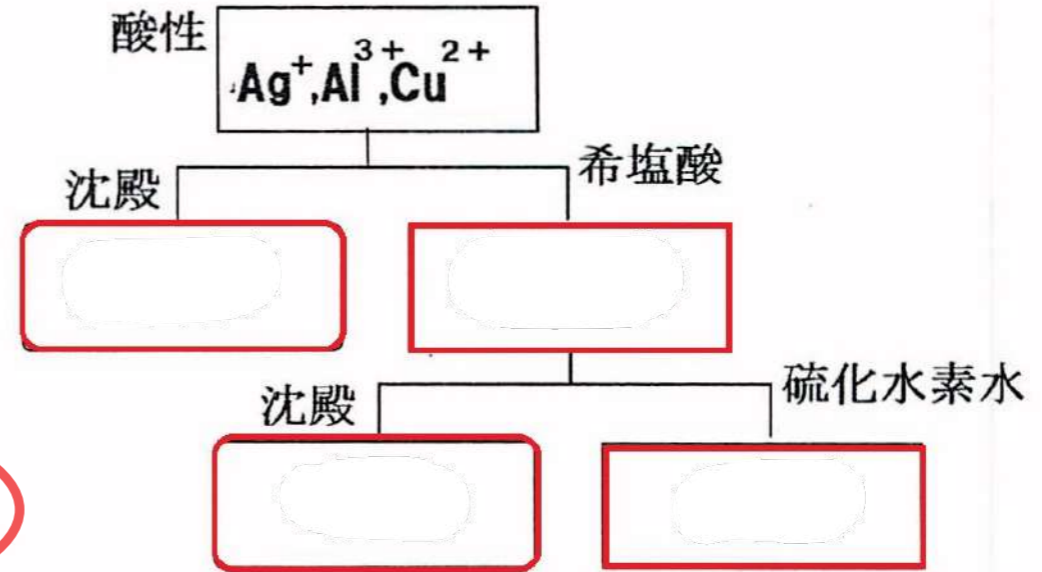
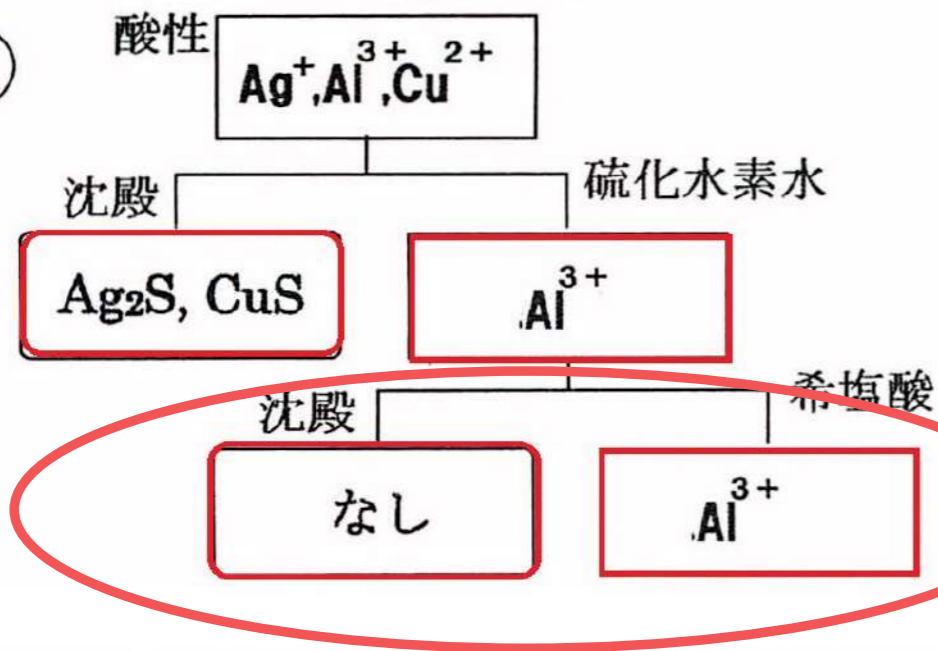
金属イオン の沈殿形成

1.



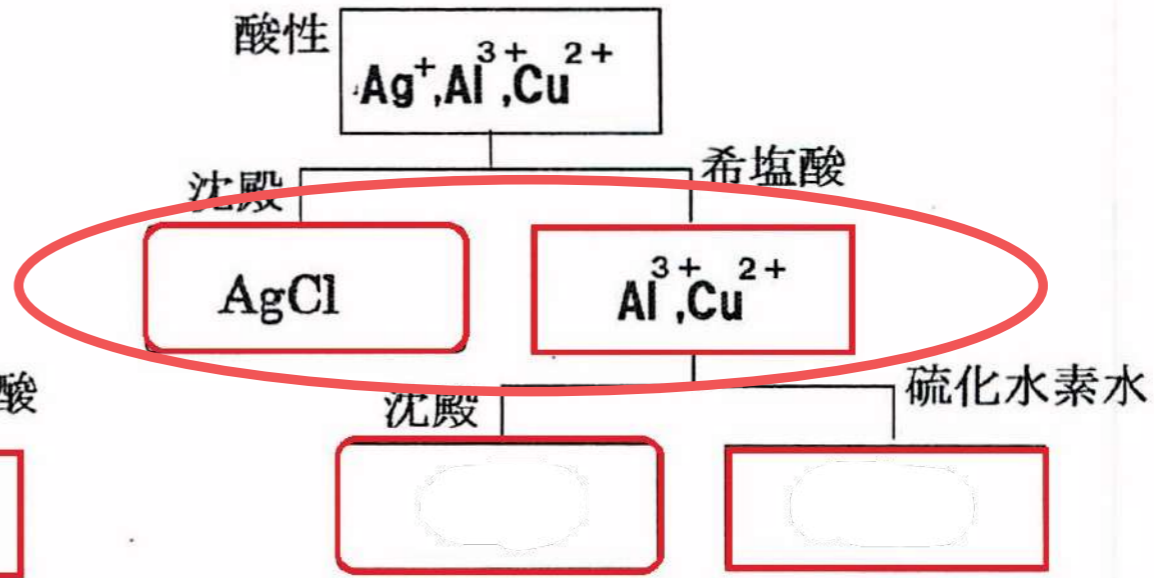
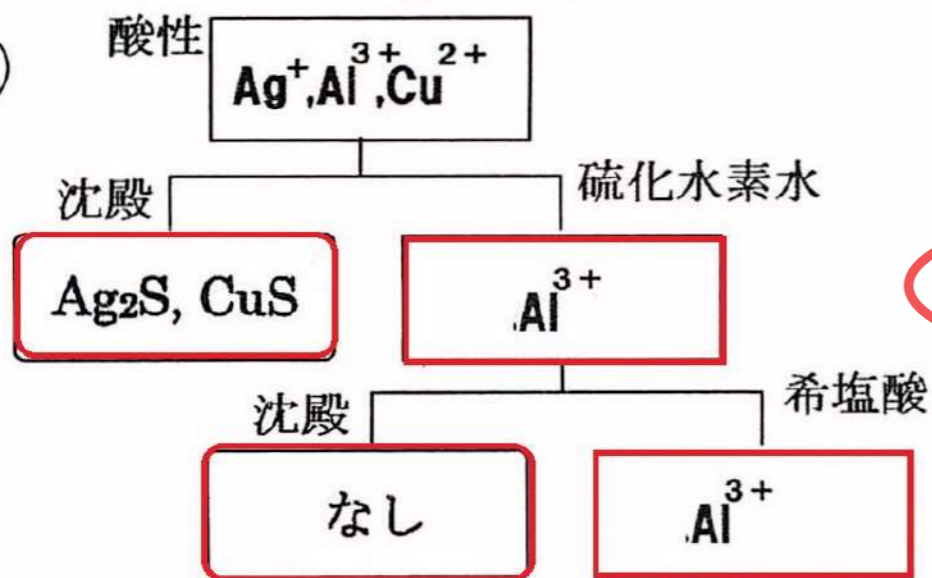
	Ag^+	Pb^{2+}
Cl^- で沈殿するのは	ぎん Ag	なま で 苦労 Pb Cl するが、
酸性でも、 S^{2-} で沈殿するのは	Cu^{2+}	Ag^+ Pb^{2+}
	かっぱ Cu	らった ぎん なま は Ag Pb

1.



	Ag^+	Pb^{2+}
Cl^- で沈殿するのは	<u>ぎん</u> Ag	<u>なま</u> <u>で</u> <u>苦労</u> Pb Cl
	Cu^{2+}	Ag^+ Pb^{2+}
酸性でも、 S^{2-} で沈殿するのは	<u>かっぱ</u> Cu	<u>らった</u> <u>ぎん</u> <u>なま</u> <u>は</u> Ag Pb

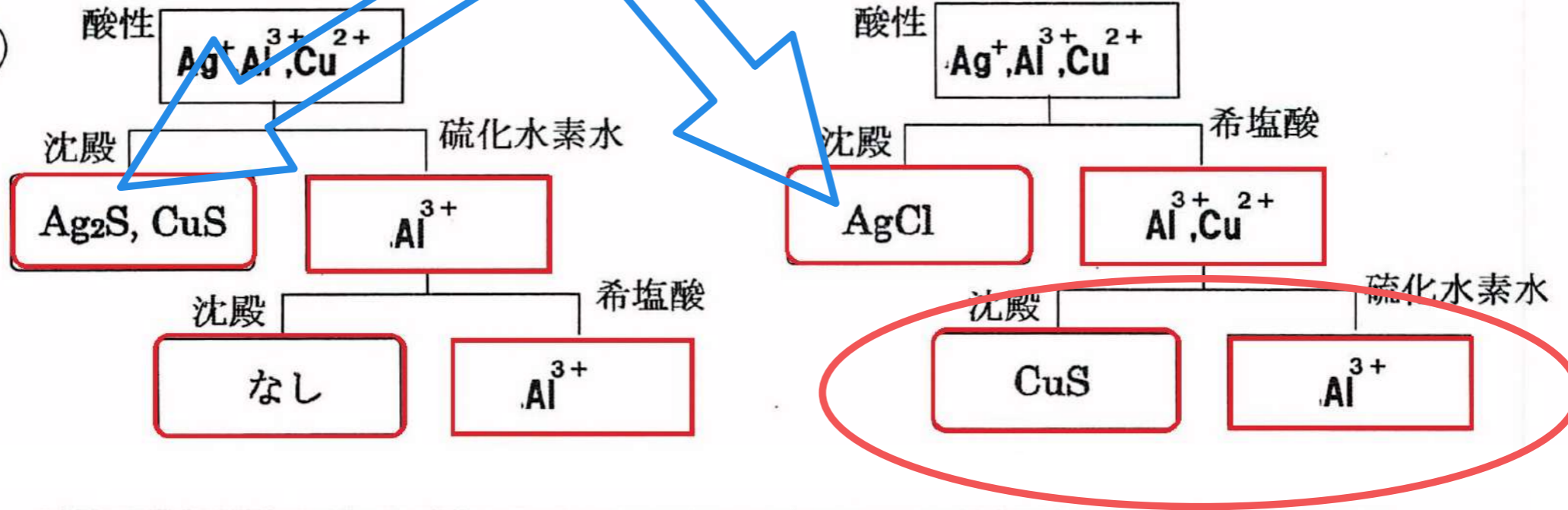
1.



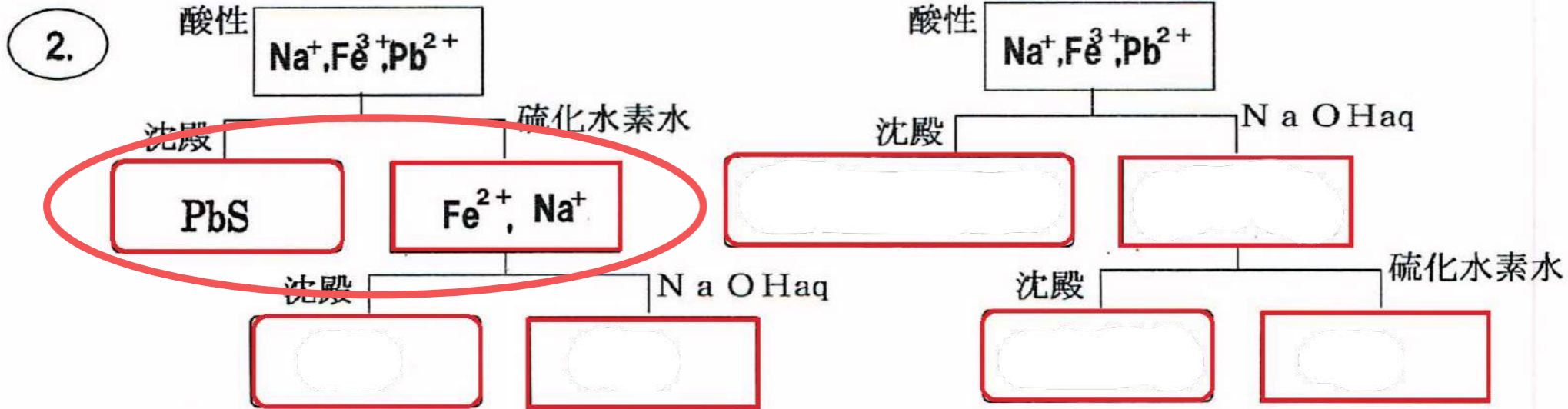
Cl ⁻ で沈殿するのは	Ag ⁺	Pb ²⁺
	ぎん Ag	なま で 苦労 Pb Cl
酸性でも、S ²⁻ で沈殿するのは	Cu ²⁺	Ag ⁺ Pb ²⁺
	かっぱ Cu	らった ぎん なま は Ag Pb

異なる。

1.



	Ag^+	Pb^{2+}
Cl^- で沈殿するのは	ぎん Ag	なま で 苦労 Pb Cl するが。
酸性でも、 S^{2-} で沈殿するのは	Cu^{2+}	Ag^+ Pb^{2+}
	かっぱ Cu	らった ぎん なま は Ag Pb

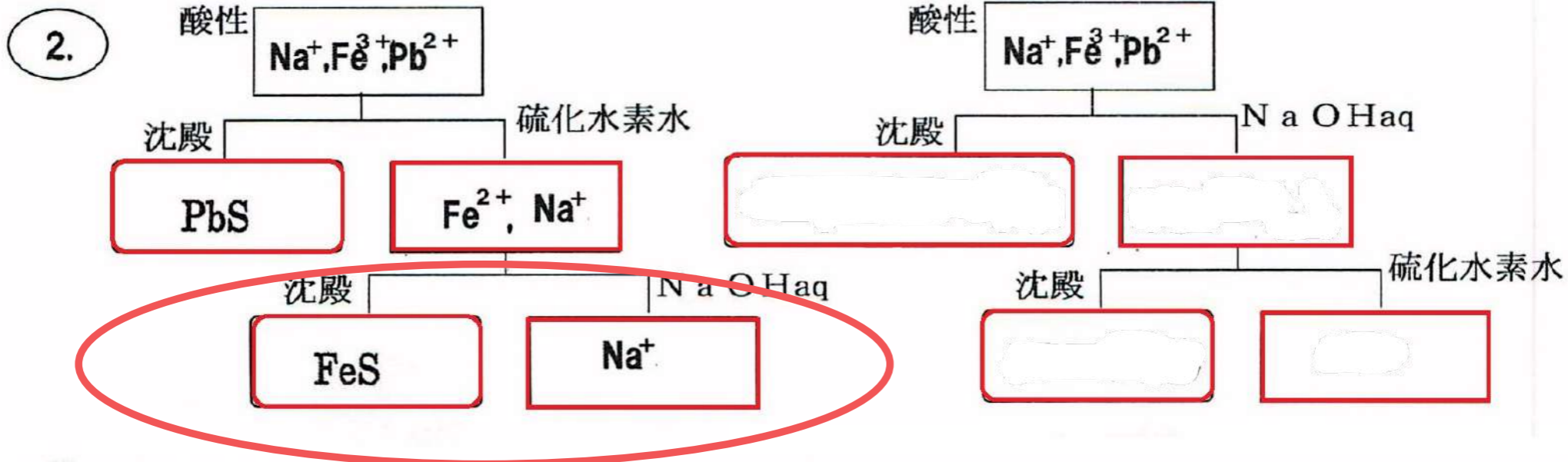


注：「沈殿の生成が完結するのに必要な量よりわずかに過剰」とは、過剰に加えて溶けるような反応条件ではないということ。

	Cu^{2+}	Ag^+	Pb^{2+}
酸性でも、 S^{2-} で沈殿するのは	かっぱ Cu	らった Ag	ぎん Pb

	Al^{3+}	Zn^{2+}	Sn^{2+}	Pb^{2+}
OH^- で沈殿するが、過剰の NaOH に溶けるのは	あ Al	あ Zn	すん Sn	な Pb

	Fe^{2+}	Fe^{3+}
OH^- で沈殿するが、過剰の NaOH にも過剰の NH_3 水にも溶けないのは	銅 Fe	鉄製の貯金箱を

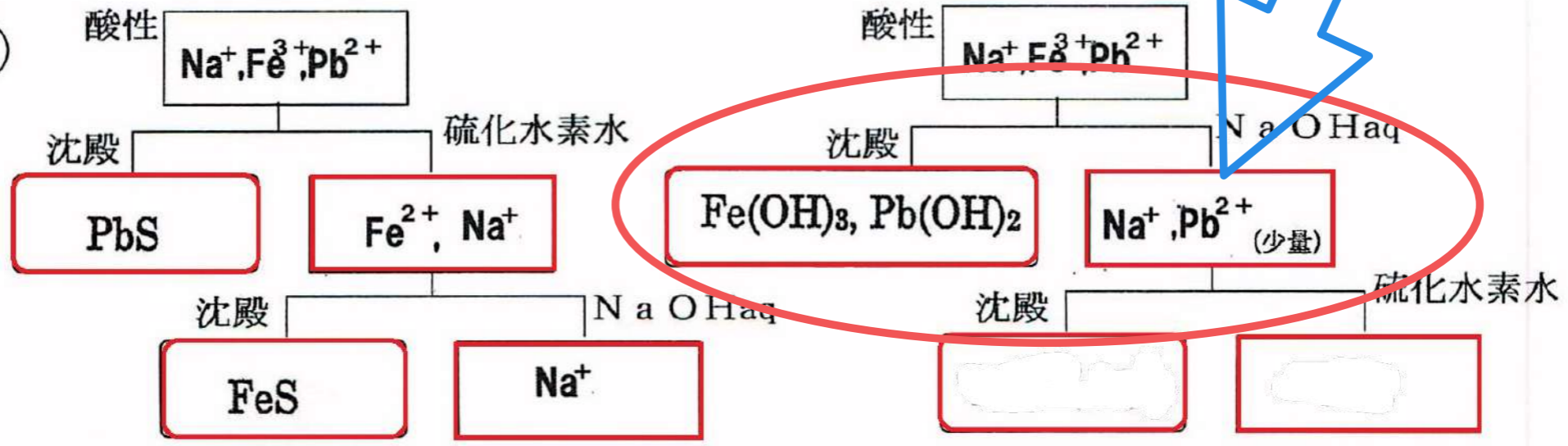


注：「沈殿の生成が完結するのに必要な量よりわずかに過剰」とは、過剰に加えて溶けるような反応条件ではないということ。

	Cu^{2+}	Ag^+	Pb^{2+}
酸性でも、 S^{2-} で沈殿するのは	かっぱ Cu	らった Ag	ぎん Pb
	Al^{3+}	Zn^{2+}	Sn^{2+}
OH^- で沈殿するが、過剰の NaOH_{aq} に溶けるのは	あ Al	あ Zn	すん Sn
	Fe^{2+}	Fe^{3+}	
OH^- で沈殿するが、過剰の NaOH_{aq} にも過剰の NH_3 水にも溶けないのは	銅	鉄	製の貯金箱を
		Fe	

この形とは限らない。

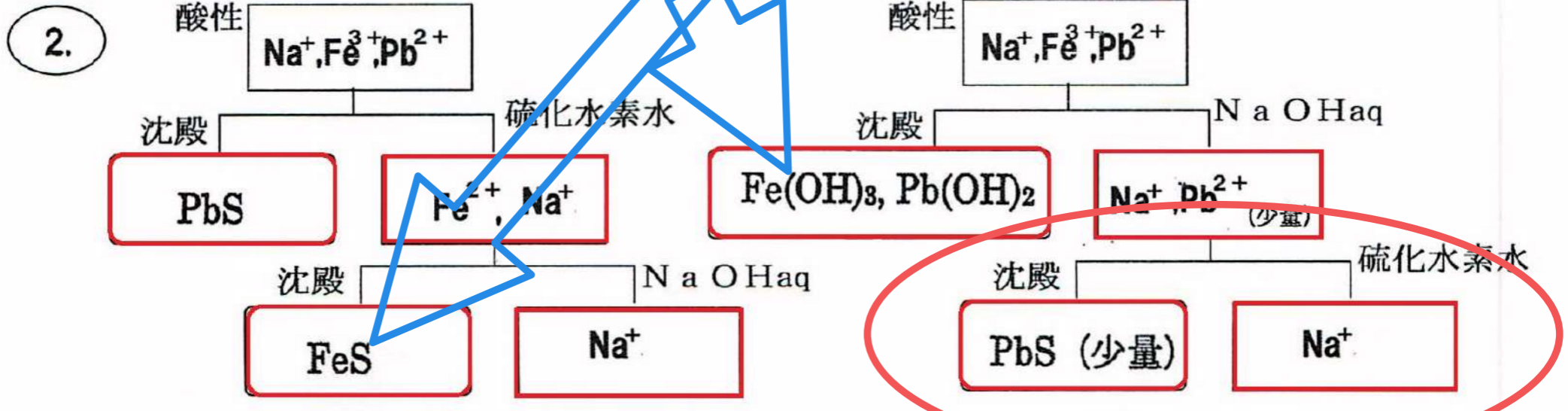
2.



注：「沈殿の生成が完結するのに必要な量よりわずかに過剰」とは，過剰に加えて溶けるような反応条件ではないということ。

	Cu^{2+}	Ag^+	Pb^{2+}
酸性でも、 S^{2-} で沈殿するのは	かっぱ Cu	らった Ag	ぎん Pb
	Al^{3+}	Zn^{2+}	Sn^{2+}
OH^- で沈殿するが、過剰のNaOH aqに溶けるのは	あ Al	あ Zn	すん Sn
	Fe^{2+}	Fe^{3+}	
OH^- で沈殿するが、過剰のNaOH aqにも過剰の NH_3 水にも溶けないのは	銅 Fe	鉄	製の貯金箱を

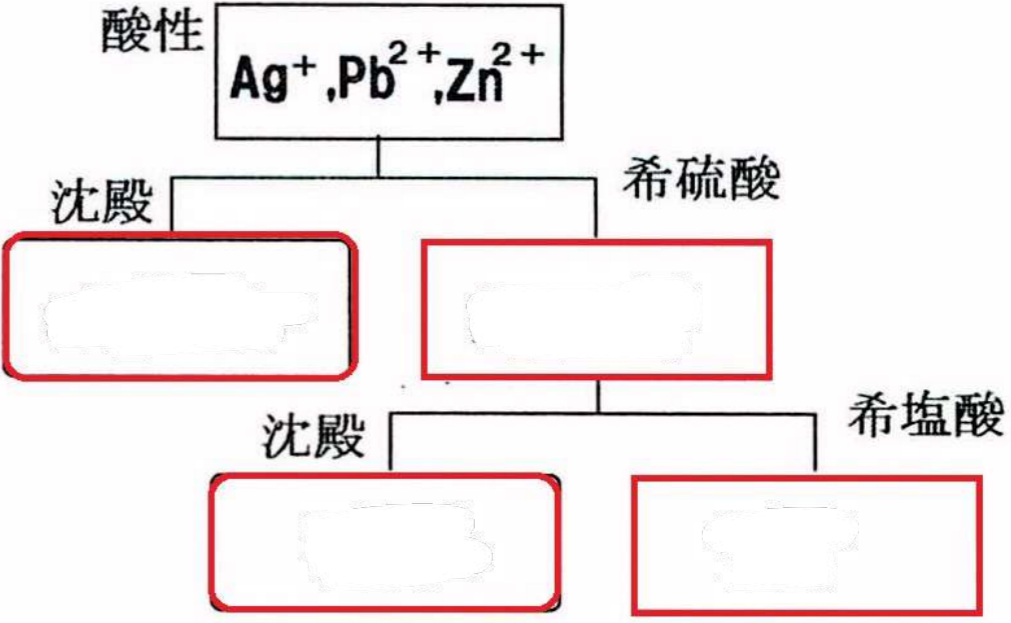
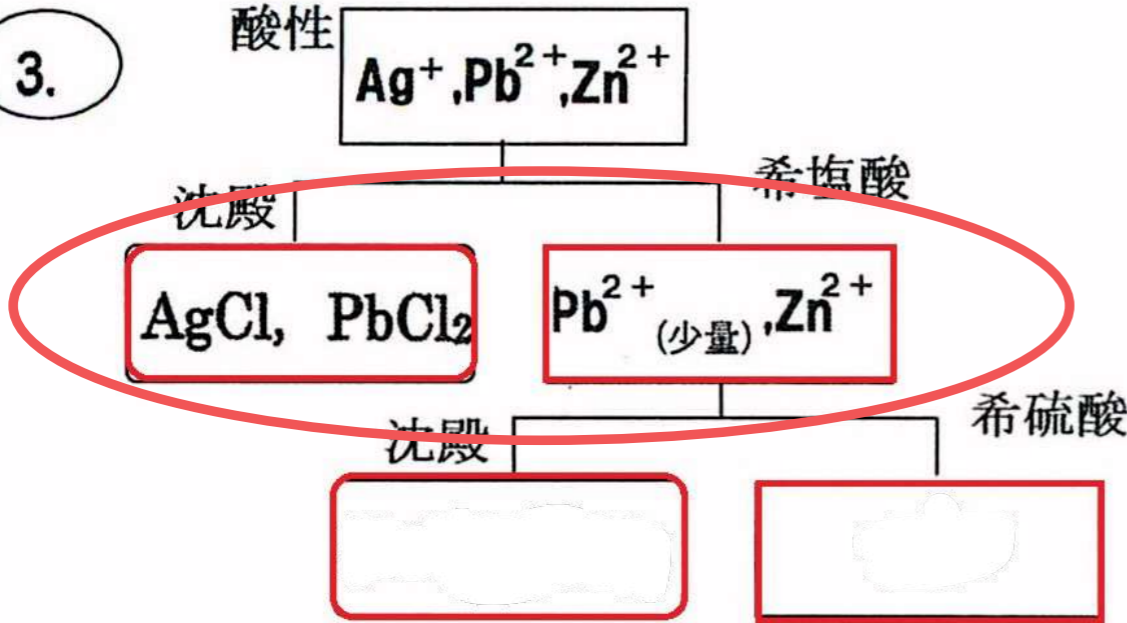
異なる。



注：「沈殿の生成が完結するのに必要な量よりわずかに過剰」とは、過剰に加えて溶けるような反応条件ではないということ。

酸性でも、 S^{2-} で沈殿するのは	Cu^{2+}	Ag^+	Pb^{2+}
	かっぱ Cu	らった Ag	ぎん Pb
OH^- で沈殿するが、過剰の NaOHaq に溶けるのは	Al^{3+}	Zn^{2+}	Sn^{2+}
	あ Al	あ Zn	すん Sn
OH^- で沈殿するが、過剰の NaOHaq にも過剰の NH_3 水にも溶けないのは	Fe^{2+}	Fe^{3+}	
	銅	鉄	製の貯金箱を
		Fe	

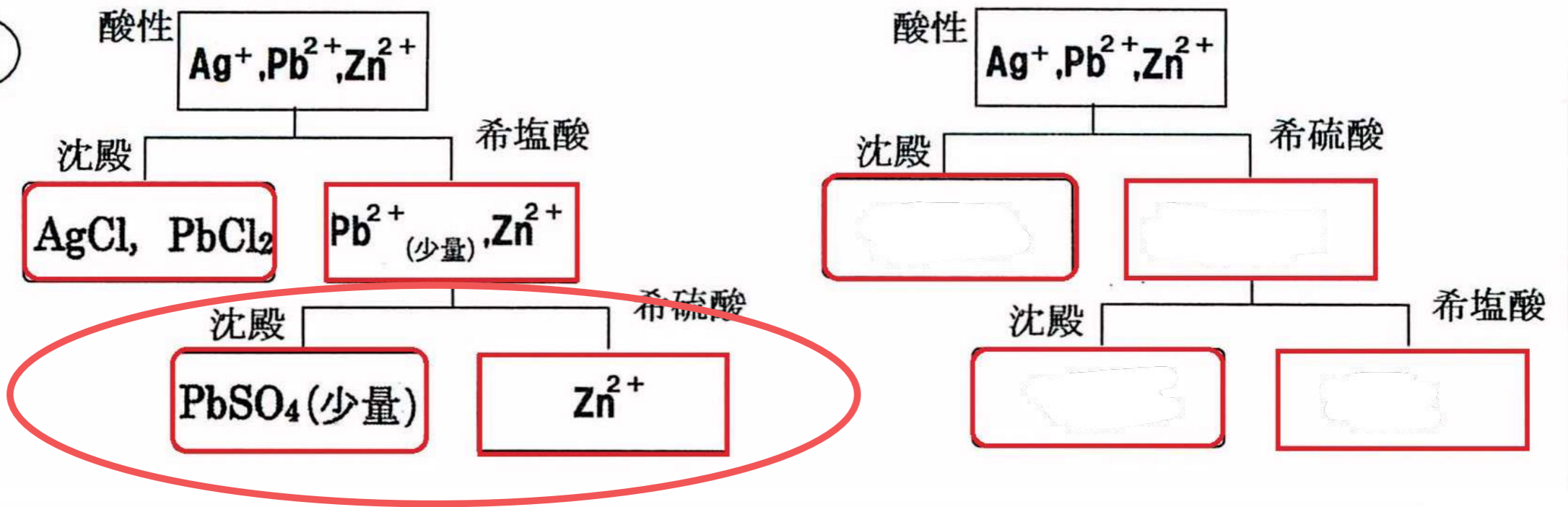
3.



	Ag^+	Pb^{2+}
Cl^- で沈殿するのは	ぎん Ag	なま Pb
	で	苦勞 Cl
		するが、

	$C_2O_4^{2-}$	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}
アルカリ土類金属のイオンを沈殿させるのは	手 シュウ酸	りゅう 硫酸	弾 炭酸
			で爆破しよ。

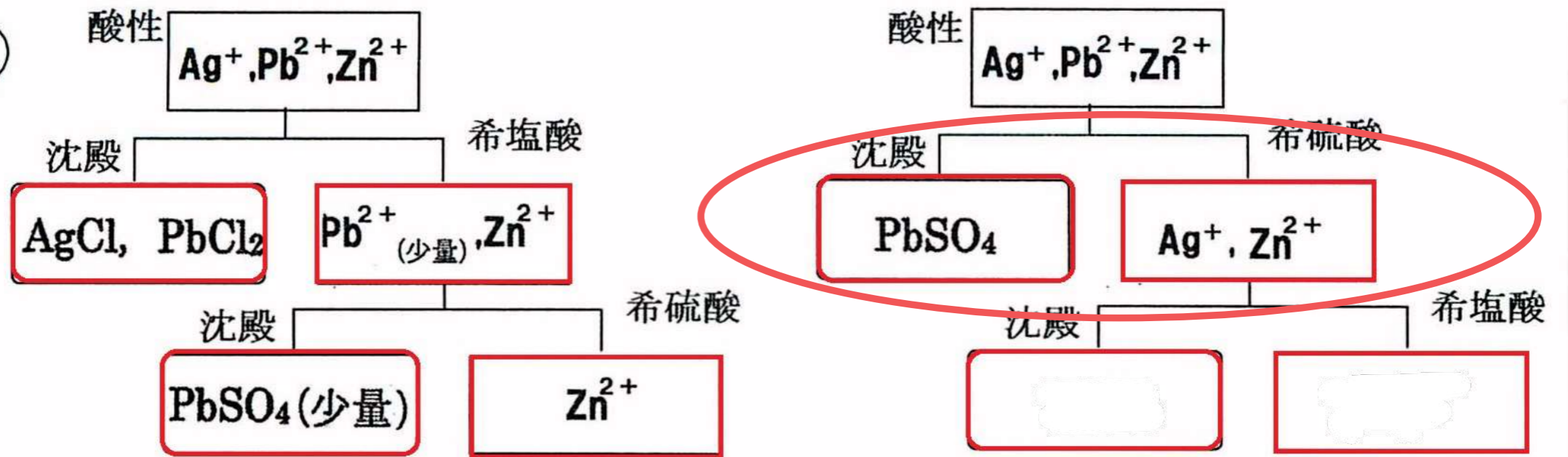
3.



	Ag^+	Pb^{2+}
Cl^- で沈殿するのは	ぎん Ag	なま Pb
	で	苦勞 Cl
		するが、

	$C_2O_4^{2-}$	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}
アルカリ土類金属のイオンを沈殿させるのは	手 シュウ酸	りゅう 硫酸	弾 炭酸
			で爆破しよ。

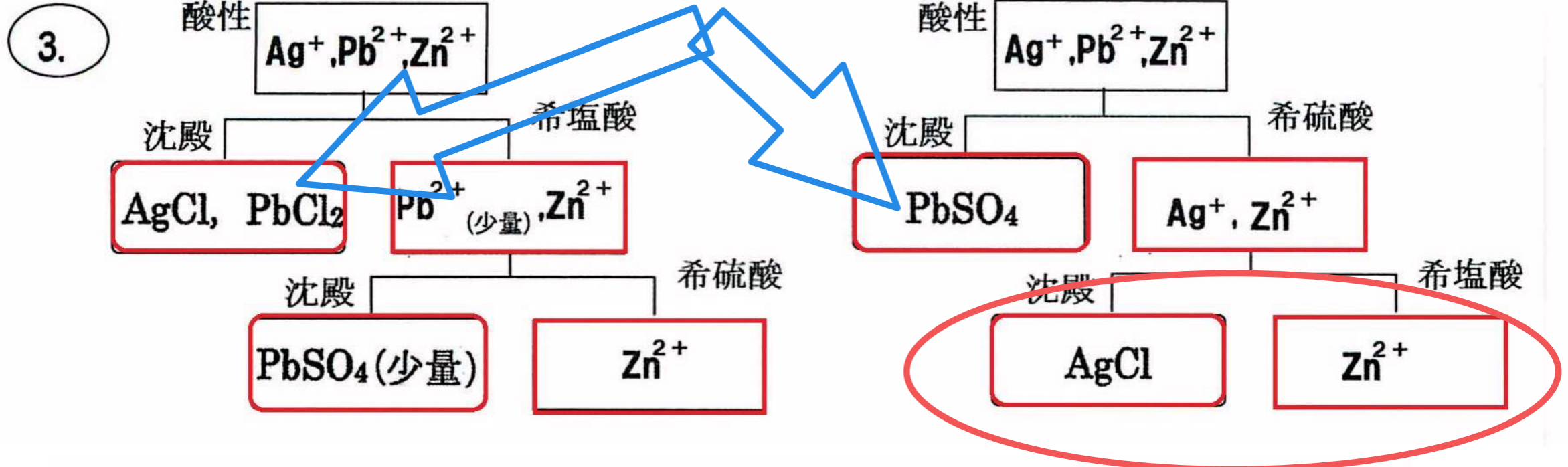
3.



	Ag^+	Pb^{2+}
Cl^- で沈殿するのは	ぎん Ag	なま Pb
	で	苦勞 するが、 Cl

	$C_2O_4^{2-}$	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}
アルカリ土類金属のイオンを沈殿させるのは	手 シュウ酸	りゅう 硫酸	弾 炭酸
			で爆破しよ。

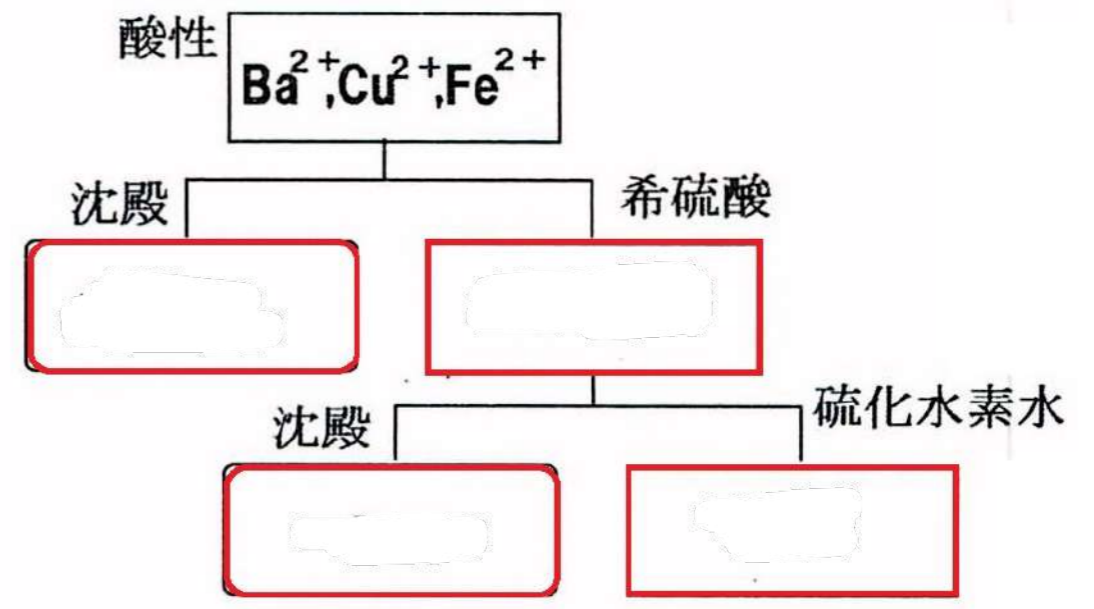
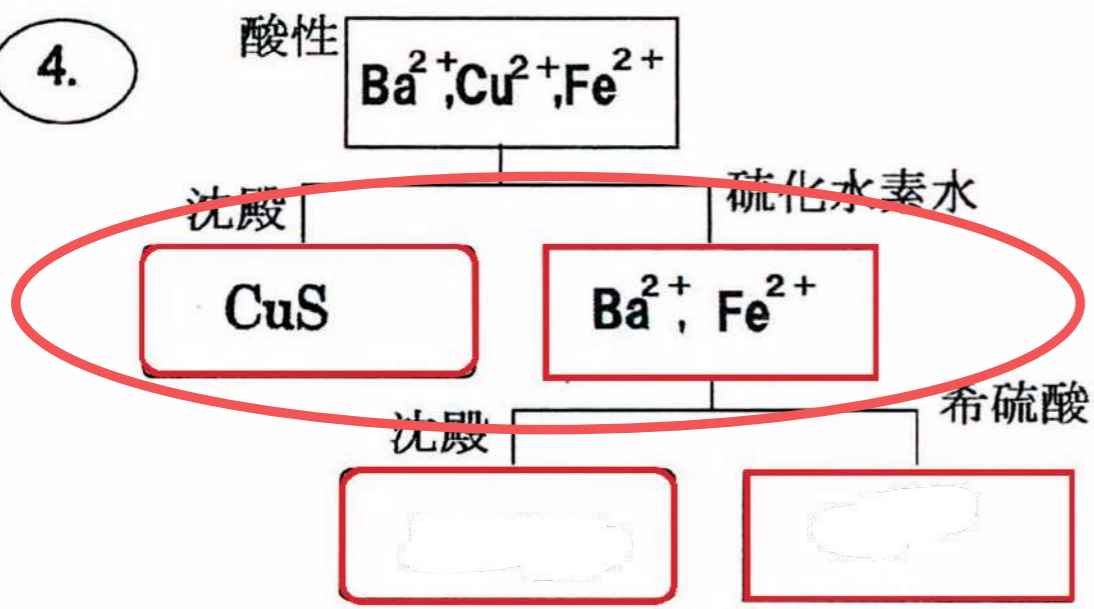
異なる。



	Ag ⁺	Pb ²⁺
Cl ⁻ で沈殿するのは	ぎん Ag	なま Pb
	で	苦勞 Cl
		するが、

	C ₂ O ₄ ²⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻
アルカリ土類金属のイオンを沈殿させるのは	手 シュウ酸	りゅう 硫酸	弾 炭酸
			で爆破しよ。

4.

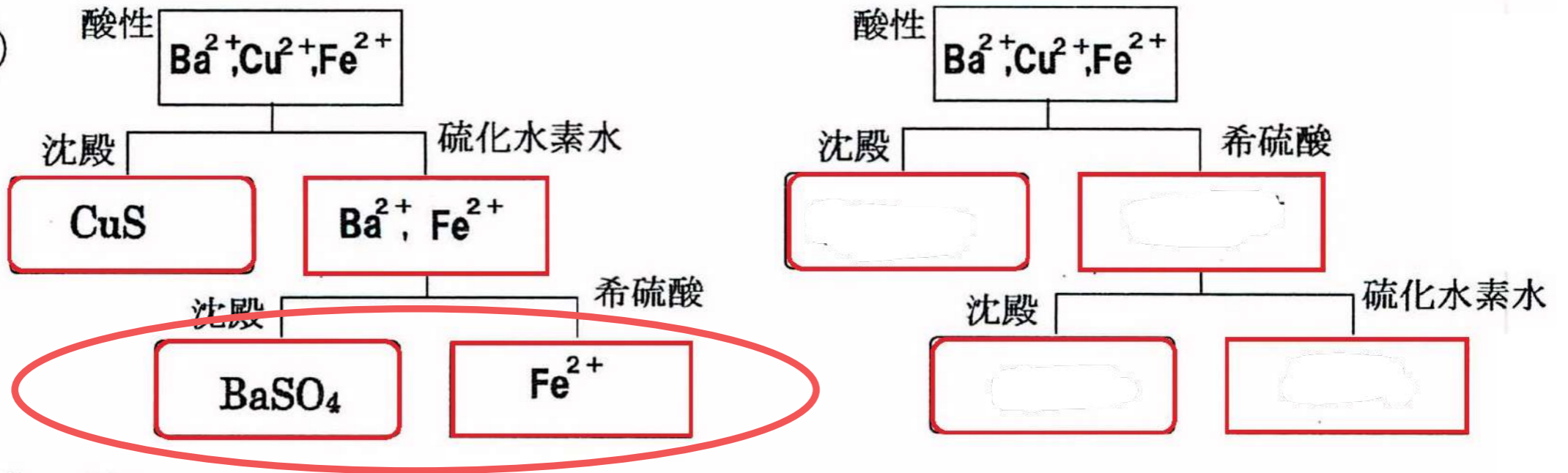


【解答】 問 i 4

	Cu^{2+}	Ag^+	Pb^{2+}
酸性でも、 S^{2-} で沈殿するのは	かっぱ Cu	らった Ag	ぎん Pb

	$C_2O_4^{2-}$	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}
アルカリ土類金属のイオンを沈殿させるのは	手 シュウ酸	りゅう 硫酸	弾 炭酸

4.



【解答】 問 i 4

	Cu^{2+}	Ag^+	Pb^{2+}
酸性でも、 S^{2-} で沈殿するのは	かっぱ Cu	らった Ag	ぎん なまは Pb

	$C_2O_4^{2-}$	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}
アルカリ土類金属のイオンを沈殿させるのは	手 シュウ酸	りゅう 硫酸	弾 炭酸 で爆破しよ。

4.



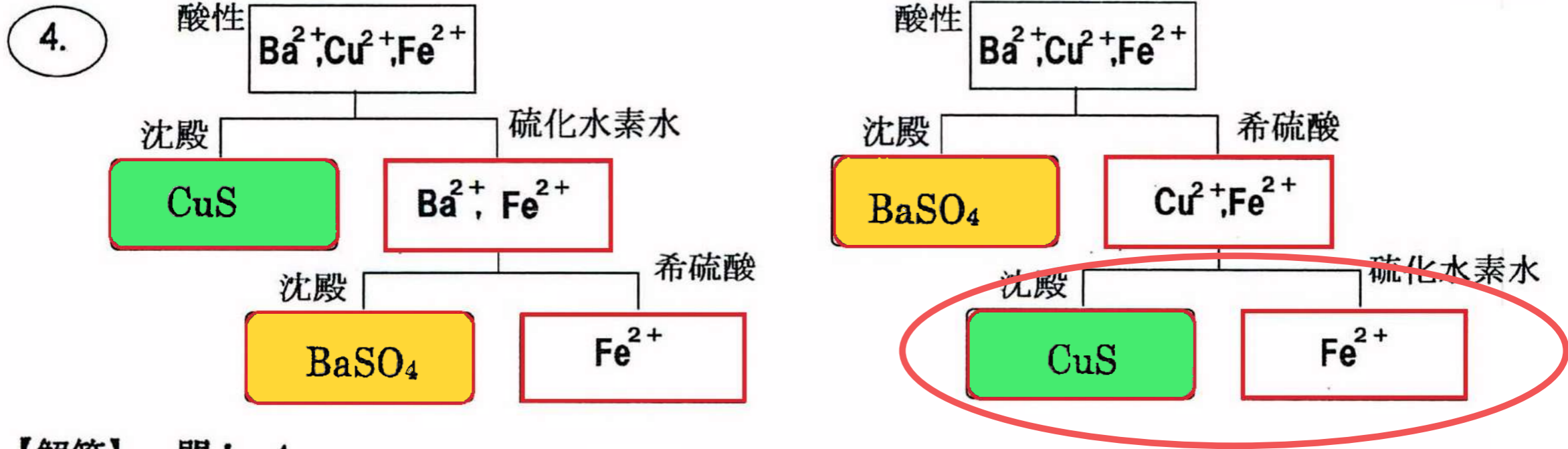
【解答】 問 i 4

	Cu^{2+}	Ag^+	Pb^{2+}
酸性でも、 S^{2-} で沈殿するのは	かっぱ Cu	らった Ag	ぎん Pb

	$C_2O_4^{2-}$	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}
アルカリ土類金属のイオンを沈殿させるのは	手 シュウ酸	りゅう 硫酸	弾 炭酸

で爆破しよ。

沈殿の種類は同じ。



【解答】 問 i 4

	Cu^{2+}	Ag^+	Pb^{2+}
酸性でも、 S^{2-} で沈殿するのは	かっぱ	らった	ぎん
	Cu	Ag	Pb

	$C_2O_4^{2-}$	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}
アルカリ土類金属のイオンを沈殿させるのは	手	りゅう	弾
	シュウ酸	硫酸	炭酸

Cl ⁻ で沈殿するのは	Ag ⁺	Pb ²⁺		
	<u>ぎん</u> Ag	<u>なま</u> Pb	で <u>苦労</u> Cl	するが、
酸性でも、S ²⁻ で沈殿するのは	Cu ²⁺	Ag ⁺	Pb ²⁺	
	<u>かっぱ</u> Cu	<u>らった</u>	<u>ぎん</u> Ag	<u>なま</u> Pb は
塩基性なら、S ²⁻ で沈殿するのは	Zn ²⁺	Fe ²⁺	Ni ²⁺	
	<u>あ</u> Zn	<u>て</u> Fe	<u>に</u> Ni	できんし、
OH ⁻ で沈殿するが、過剰の NaOHaq に溶けるのは	Al ³⁺	Zn ²⁺	Sn ²⁺	Pb ²⁺
	<u>あ</u> Al	<u>あ</u> Zn	<u>すん</u> Sn	<u>な</u> Pb りとは
OH ⁻ で沈殿するが、過剰の NH ₃ 水に溶けるのは	Ag ⁺	Cu ²⁺	Ni ²⁺	Zn ²⁺
	<u>銀</u> Ag	行員には <u>どー</u> Cu	<u>に</u> Ni	<u>も</u> Zn <u>会えん</u> し、
OH ⁻ で沈殿するが、過剰の NaOHaq にも過剰の NH ₃ 水にも溶けないのは	Fe ²⁺	Fe ³⁺		
	鋼 <u>鉄</u> 製の貯金箱を Fe			
アルカリ土類金属のイオンを沈殿させるのは	C ₂ O ₄ ²⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	
	<u>手</u> シュウ酸	<u>りゅう</u> 硫酸	<u>弾</u> 炭酸	で爆破しよ。

IV-3

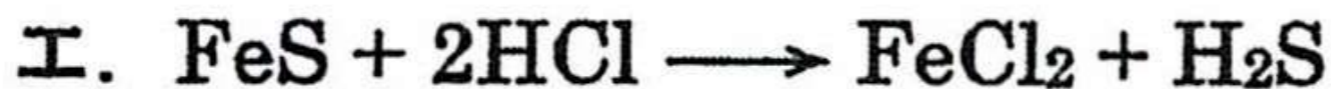
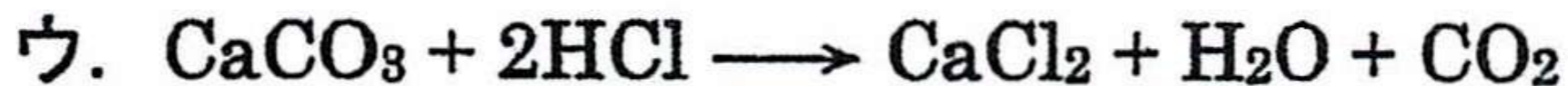
非金属の学習の総集編とも言える

気体の

実験室的製法

IV-3 気体の製法と性質

ア～オの反応は次の通り。



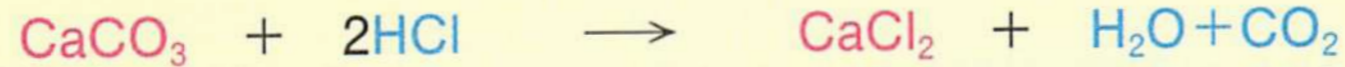
強いて言うならば・・・

気体の実験室的製法

- 1 弱酸の遊離
- 2 弱塩基の遊離
- 3 揮発性酸の遊離
- 4 Hよりイオン化傾向の大きい金属 + 酸
- 5 Hよりイオン化傾向の小さい金属 + 酸化力をもつ酸
- 6 その他

気体の実験室的製法

1 弱酸の遊離



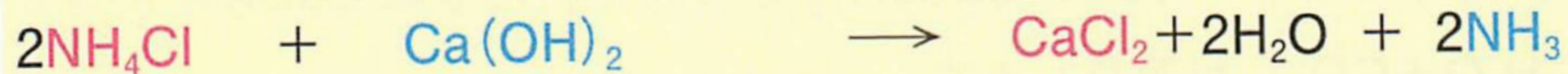
弱酸の塩に 強酸を加えると 強酸の塩が生成し 弱酸が遊離する

弱酸の遊離による気体の発生

	試薬① 弱酸の塩	試薬② 強酸	化学反応式
CO ₂	CaCO ₃	HCl	$\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
H ₂ S	FeS	HCl	$\text{FeS} + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{S}$
	FeS	H ₂ SO ₄	$\text{FeS} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{S}$
SO ₂	NaHSO ₃	H ₂ SO ₄	$2\text{NaHSO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{SO}_2$ ($\text{NaHSO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{NaHSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$)
	Na ₂ SO ₃	H ₂ SO ₄	$\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$

★ 上表中の反応では、原則として、反応の際に加熱は不要である。

2 弱塩基の遊離



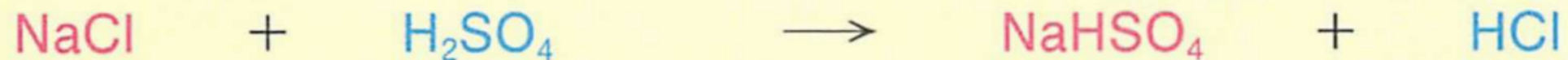
弱塩基の塩に 強塩基を作用させると 強塩基の塩が生成し 弱塩基が遊離する

弱塩基の遊離による気体の発生

	試薬① 弱塩基の塩	試薬② 強塩基	化学反応式
NH ₃	NH ₄ Cl	Ca(OH) ₂	$2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \longrightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_3$
	NH ₄ Cl	NaOH	$\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3$
	(NH ₄) ₂ SO ₄	NaOH	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_3$

★ 上表中の反応では、原則として、反応の際に加熱が必要である。

3 揮発性酸の遊離



揮発性酸の塩に 不揮発性酸を作用させると 不揮発性酸の塩が生成し 揮発性酸が遊離する

揮発性の酸の遊離による気体の発生

	試薬① 揮発性の酸の塩	試薬② 不揮発性の酸	化学反応式
HCl	NaCl	H ₂ SO ₄	$\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{NaHSO}_4 + \text{HCl}$
HNO ₃	NaNO ₃	H ₂ SO ₄	$\text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{NaHSO}_4 + \text{HNO}_3$
	KNO ₃	H ₂ SO ₄	$\text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{KHSO}_4 + \text{HNO}_3$

★ 上表中の反応では、反応の際に加熱が必要である。

4 Hよりイオン化傾向の大きい金属 + 酸

Hよりイオン化傾向が大きい金属の溶解による気体の発生

	試薬①	試薬②	化学反応式
H ₂	Mg	HCl	$\text{Mg} + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$
	Zn	HCl	$\text{Zn} + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$
	Zn	H ₂ SO ₄	$\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$
	Fe	H ₂ SO ₄	$\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2$

注 試薬①：水素よりイオン化傾向が大きい金属の単体，試薬②：希酸

★ 上表中の反応では，原則として，反応の際に加熱は不要である。



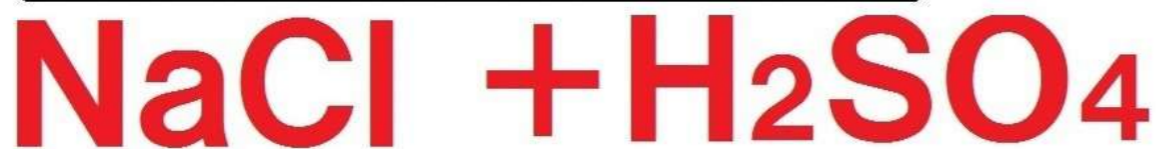
相手がHよりイオン化傾向の大きい金属 → **強酸** として働く。



相手がHよりイオン化傾向の小さい金属 → **酸化剤** として働く。



相手が弱酸の塩 → **強酸** として働く。



相手が強酸の塩 → **不揮発性の酸** として働く。

5 Hよりイオン化傾向の小さい金属 + 酸化力をもつ酸

Hよりイオン化傾向が小さい金属の溶解による気体の発生

	試薬①	試薬②	化学反応式
SO ₂	Cu	熱濃 H ₂ SO ₄	$\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$
	Ag	熱濃 H ₂ SO ₄	$2\text{Ag} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Ag}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$
NO	Cu	希 HNO ₃	$3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 \longrightarrow 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}$
	Ag	希 HNO ₃	$3\text{Ag} + 4\text{HNO}_3 \longrightarrow 3\text{AgNO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{NO}$
NO ₂	Cu	濃 HNO ₃	$\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 \longrightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}_2$
	Ag	濃 HNO ₃	$\text{Ag} + 2\text{HNO}_3 \longrightarrow \text{AgNO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{NO}_2$

注 試薬①：水素よりイオン化傾向が小さい金属の単体，試薬②：酸化力をもつ酸

★ 上表中の濃硫酸を用いる反応では，反応の際に加熱が必要である。

★ 上表中の硝酸を用いる反応では，原則として，加熱は不要である。

6 その他

酸化マンガン(IV)が絡む気体の発生

	試薬①	試薬②	化学反応式
Cl ₂	HCl	MnO ₂ (酸化剤)	$4\text{HCl} + \text{MnO}_2 \longrightarrow \text{MnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$
O ₂	H ₂ O ₂	MnO ₂ (触媒)	$2\text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ [触媒: MnO ₂]
	KClO ₃	MnO ₂ (触媒)	$2\text{KClO}_3 \longrightarrow 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$ [触媒: MnO ₂]

- ★ 上表中の H₂O₂ の反応では、加熱は不要である。
- ★ 上表中の HCl や KClO₃ の反応では、反応の際に加熱が必要である。

すべて、塩化物イオンを酸化剤で酸化して、塩素の単体としている。



電気分解の陽極は、電気エネルギーで物質を酸化する極。



IV-3 気体の製法と性質

ア. N_2

イ. NH_3

ウ. CO_2

エ. H_2S

オ. Cl_2

問 i ① Cl_2 以外の 4 種類である。

気体の色

	1 族	14 族	15 族	16 族	17 族
単体	H_2 (無色)		N_2	O_2 O_3	F_2 (淡黄色) Cl_2 (黄緑色)
水素化合物			NH_3	H_2S	HF (淡青色) HCl
酸化物		CO CO_2	NO NO_2 (赤褐色)	SO_2	

色のある気体は多くない!

IV-3 気体の製法と性質

ア. N_2 イ. NH_3 ウ. CO_2 エ. H_2S オ. Cl_2

問 i ① Cl_2 以外の 4 種類である。

② NH_3 , H_2S , Cl_2 の 3 種類である。

気体の臭い

	1 族	14 族	15 族	16 族	17 族
单体	H_2	N_2	O_2	O_3	Cl_2
水素化合物		NH_3	H_2S		HF HCl
酸化物		CO CO_2	NO_2	SO_2	

無臭 (pointing to H_2)

刺激臭 (pointing to Cl_2)

O_3 : 特異臭
 H_2S : 腐卵臭

「单体 (F_2 , Cl_2 , O_3 を除く)」や「一酸化物」の多く、二酸化炭素は無臭である！

IV-3 気体の製法と性質

ア. N₂

イ. NH₃

ウ. CO₂

エ. H₂S オ. Cl₂

問 ii 1. (誤) 1種類 (Cl₂のみ) である。

Cl ₂	黄緑色	刺激臭	可溶	下方置換	酸	<p>① 水に溶け, その水溶液は弱酸性を示す。 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HClO}$</p> <p>② 上述の水溶液 (塩素水) は酸化力をもつ。 $\text{ClO}^- + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$</p> <p>③ 臭化カリウム水溶液から臭素を遊離させる。 $2\text{KBr} + \text{Cl}_2 \longrightarrow 2\text{KCl} + \text{Br}_2$</p> <p>④ 加熱した金属単体とも直接に反応する。 $\text{Cu} + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{CuCl}_2$</p>
-----------------	-----	-----	----	------	---	--

IV-3 気体の製法と性質

ア. N_2

イ. NH_3

ウ. CO_2

エ. H_2S

オ. Cl_2

2. (正) 2種類 (N_2 , Cl_2) である。

IV-3 気体の製法と性質

ア. N_2

イ. NH_3

ウ. CO_2

エ. H_2S オ. Cl_2

3. (正) 3種類 (CO_2 , H_2S , Cl_2) である。

IV-3 気体の製法と性質

ア. N_2

イ. NH_3

ウ. CO_2

エ. H_2S オ. Cl_2

4. (正) 1種類 (NH_3 のみ) である。

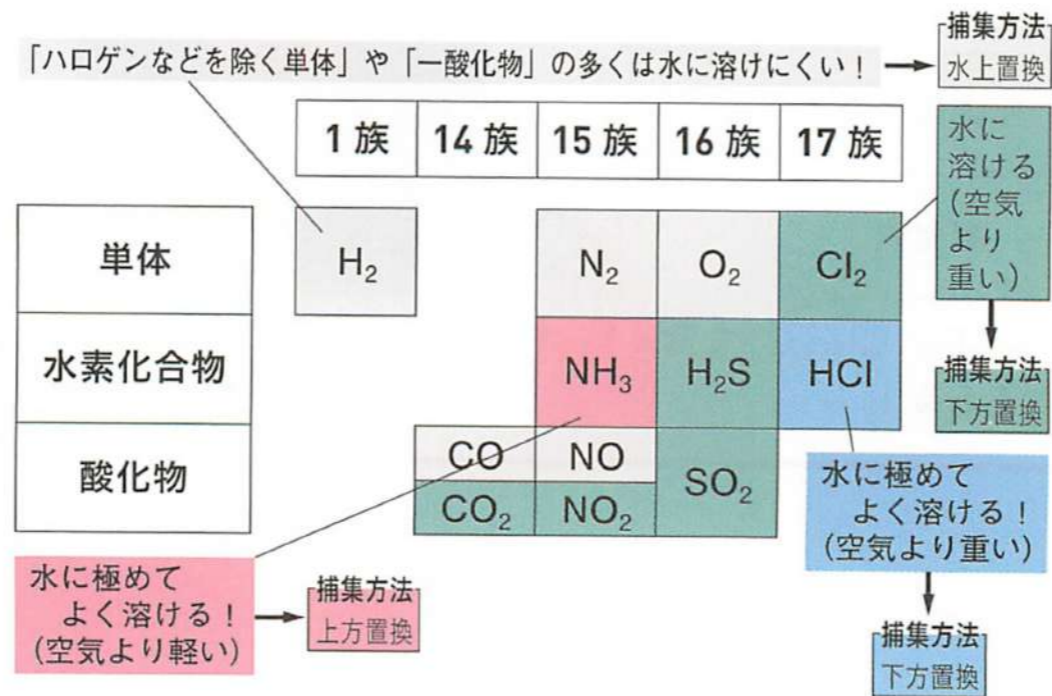
NH_3	無色	刺激臭	易溶	上方置換	塩基	塩化水素に触れると、白煙を生じる。 $HCl + NH_3 \rightarrow NH_4Cl$
--------	----	-----	----	------	----	--

IV-3 気体の製法と性質

ア. N_2 イ. NH_3 ウ. CO_2 エ. H_2S オ. Cl_2

5. (正) 3種類 (CO_2 , H_2S , Cl_2) である。

気体の水溶性と捕集法



注: HF は, その分子量 (=20) は空気の平均分子量よりも低い, 少なくとも上方置換では捕集しない。常温で会合していたり, そもそも, 常温で液化しやすいためである。ちなみに, CO_2 は, 水への溶解度が小さく, 水上置換によって捕集することもある。

追記

気体の性質と乾燥剤

水に溶けにくい気体は

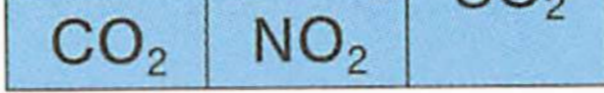
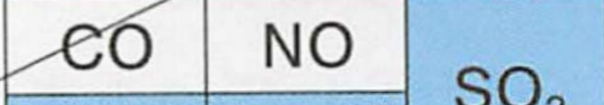
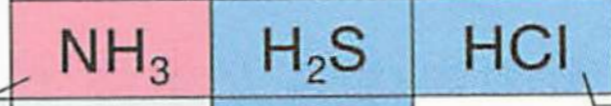
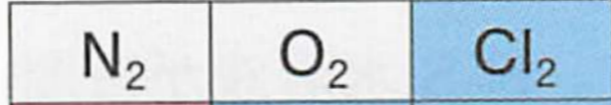
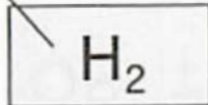
中性の気体といえる！

使用できない乾燥剤

特にない

1 族	14 族	15 族	16 族	17 族
-----	------	------	------	------

単体
水素化合物
酸化物



酸性の
気体

塩基性の気体

使用できない乾燥剤
上記の A と B の乾燥剤

使用できない乾燥剤
上記の C の乾燥剤
(H₂S は濃 H₂SO₄ も)

IV-4

**では、ちょっとした
無機化学に関する計算問題を・・・**

IV-4

①の状態での回収した気体中の標準状態での体積を

CO $\dots x$ [m³] CO₂ $\dots y$ [m³] O₂ $\dots z$ [m³] とすると,

①から

$$x + y + z = 13.0$$

IV-4

①の状態での回収した気体中の標準状態での体積を

CO... x [m³] CO₂... y [m³] O₂... z [m³] とすると,

①から

$$x + y + z = 13.0$$

②から

$$\frac{1}{2}x + y + z = 11.2$$

$$\begin{aligned} \text{CO} &= 0 \\ \text{CO}_2 &= y + x \\ \text{O}_2 &= z - 0.5x \end{aligned}$$

IV-4

①の状態での回収した気体中の標準状態での体積を

CO... x [m³] CO₂... y [m³] O₂... z [m³] とすると,

①から

$$x + y + z = 13.0$$

②から

$$\frac{1}{2}x + y + z = 11.2$$

③から

$$-\frac{1}{2}x + z = 2.60$$

$$\text{CO} = 0$$

$$\text{CO}_2 = y + x$$

$$\text{O}_2 = z - 0.5x$$

IV-4

①の状態での回収した気体中の標準状態での体積を
CO... x [m³] CO₂... y [m³] O₂... z [m³] とすると,

①から

$$x + y + z = 13.0$$

②から

$$\frac{1}{2}x + y + z = 11.2$$

③から

$$-\frac{1}{2}x + z = 2.60$$

$$\begin{aligned} \text{CO} &= 0 \\ \text{CO}_2 &= y + x \\ \text{O}_2 &= z - 0.5x \end{aligned}$$

以上から $x = 3.60$, $y = 5.00$, $z = 4.40$ (m³)

①の状態での回収した気体中の標準状態での体積を
CO... x [m³] CO₂... y [m³] O₂... z [m³] とすると,

吹き込んだ酸素

$$\frac{1}{2}x + y + z = 11.20(\text{m}^3)$$

反応した酸素

$$x = 3.60, \quad y = 5.00, \quad z = 4.40(\text{m}^3)$$

有効利用率

①の状態での回収した気体中の標準状態での体積を
CO... x [m³] CO₂... y [m³] O₂... z [m³] とすると,

吹き込んだ酸素

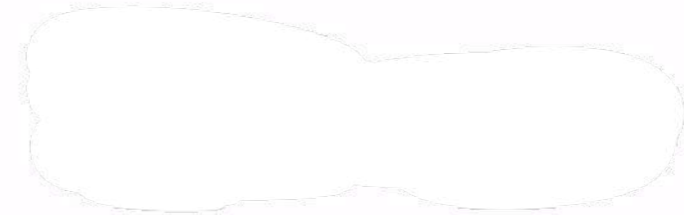
$$\frac{1}{2}x + y + z = 11.20(\text{m}^3)$$

反応した酸素

$$\frac{1}{2}x + y = 6.80(\text{m}^3)$$

$$x = 3.60, \quad y = 5.00, \quad z = 4.40(\text{m}^3)$$

有効利用率



①の状態での回収した気体中の標準状態での体積を
CO... x [m³] CO₂... y [m³] O₂... z [m³] とすると,

吹き込んだ酸素

$$\frac{1}{2}x + y + z = 11.20(\text{m}^3)$$

反応した酸素

$$\frac{1}{2}x + y = 6.80(\text{m}^3)$$

$$x = 3.60, \quad y = 5.00, \quad z = 4.40(\text{m}^3)$$

有効利用率

$$\frac{6.80}{11.20} \times 100 = 60.7(\%)$$

①の状態での回収した気体中の標準状態での体積を

CO ... x [m³] CO₂ ... y [m³] O₂ ... z [m³]

とすると,

除かれた炭素

$$12 \times \frac{(x + y) \times 10^3}{22.4} = 4.60 \times 10^3 \text{ (g)} = 4.60 \text{ (kg)}$$

炭素含有率

$$x = 3.60, \quad y = 5.00, \quad z = 4.40 \text{ (m}^3\text{)}$$

①の状態での回収した気体中の標準状態での体積を

CO ... x [m³] CO₂ ... y [m³] O₂ ... z [m³]

とすると,

除かれた炭素

$$12 \times \frac{(x+y) \times 10^3}{22.4} = 4.60 \times 10^3 \text{ (g)} = 4.60 \text{ (kg)}$$

$$x = 3.60, \quad y = 5.00, \quad z = 4.40 \text{ (m}^3\text{)}$$

炭素含有率

$$\frac{1000 \times \frac{4.00}{100} - 4.60}{1000 - 4.60} \times 100$$
$$= 3.55 \text{ (\%)}$$

①の状態での回収した気体中の標準状態での体積を

CO... x [m³] CO₂... y [m³] O₂... z [m³]

とすると,

除かれた炭素

$$12 \times \frac{(x+y) \times 10^3}{22.4} = 4.60 \times 10^3 \text{ (g)} = 4.60 \text{ (kg)}$$



炭素含有率

$$\frac{1000 \times \frac{4.00}{100} - 4.60}{1000 - 4.60} \times 100 = 3.55 \text{ (\%)}$$

$$x = 3.60, \quad y = 5.00, \quad z = 4.40 \text{ (m}^3\text{)}$$

【解答】 問 ii 有効利用率 61% 炭素含有率 3.6%

【補充問題】 **IV-5** 酸化物と水素化合物

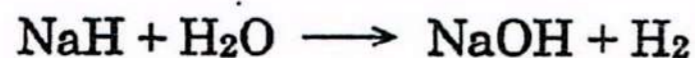
1. (正) 2. (正)

3. (正) 一般に、 P_4O_{10} のように非金属元素の酸化物は酸性酸化物、 CaO のように金属元素の酸化物は塩基性酸化物に分類される。

4. (誤) Ag_2O はアンモニア水に溶解するが、 Al_2O_3 はアンモニア水に溶解しない。

5. (誤) HF は分子間で水素結合を形成するため、 HCl より沸点が高い。

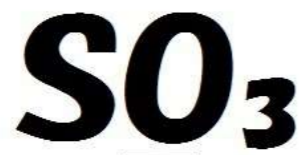
6. (正) 水素化ナトリウム NaH は水と反応して水素を生じる。



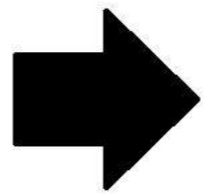
【解答】 4, 5







② 生成した三酸化硫黄を濃硫酸に吸収させ、
発煙硫酸とする。



③ 発煙硫酸を希硫酸で薄め、
濃硫酸とする。

