

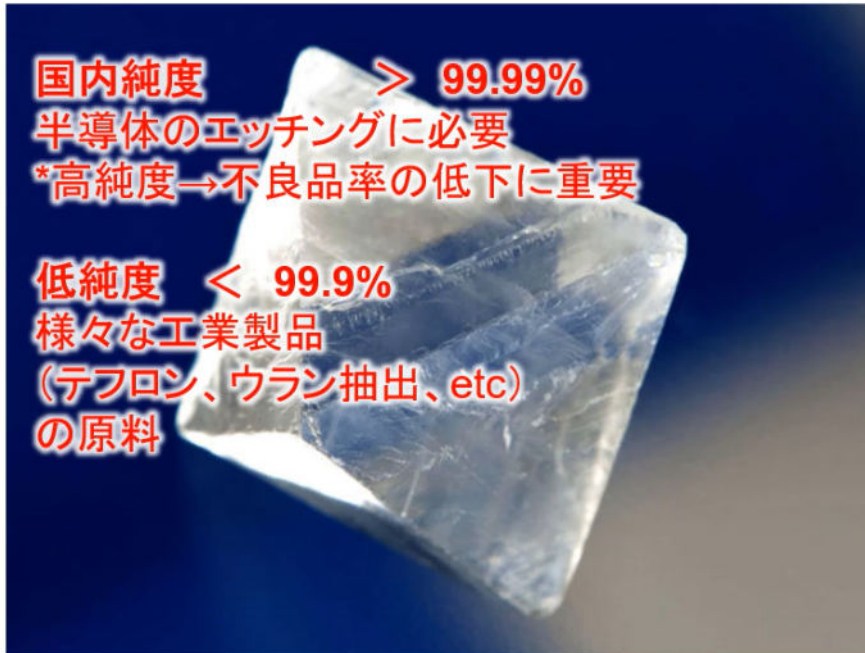
本動画講義のファイルを

- ・データとして保存すること
- ・外部に動画講義を拡散すること

を固く禁じます。

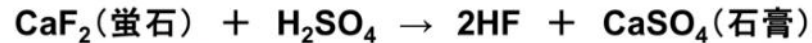
約30秒後に 動画講義は自動的に始まります。

化学基礎 I



国内純度 $> 99.99\%$
半導体のエッチングに必要
*高純度→不良品率の低下に重要

低純度 $< 99.9\%$
様々な工業製品
(テフロン、ウラン抽出、etc)
の原料

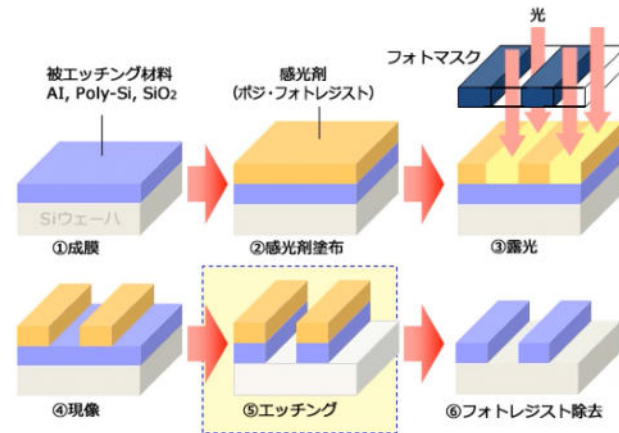


中国から輸入

本日から酸塩基の話となります。

蛍石型構造を有する無機固体が、フッ化物イオン伝導性の固体電解質として機能するという話を前回しました。ところで、蛍石型構造を有する CaF_2 は、フッ化水素酸の原料として重要です。

このフッ化水素酸、国内では超高純度($>99.99\%$)で生産することが可能です。フッ化水素酸は集積回路やディスプレイ製造過程におけるエッチング剤、洗浄剤として用いられ、製品の歩留まりを高めるためには超高純度であることが極めて重要です。



工学研究科 マテリアル工学科 入山 恭寿
工・9号館 519号室
iriyama@numse.nagoya-u.ac.jp



確認テスト

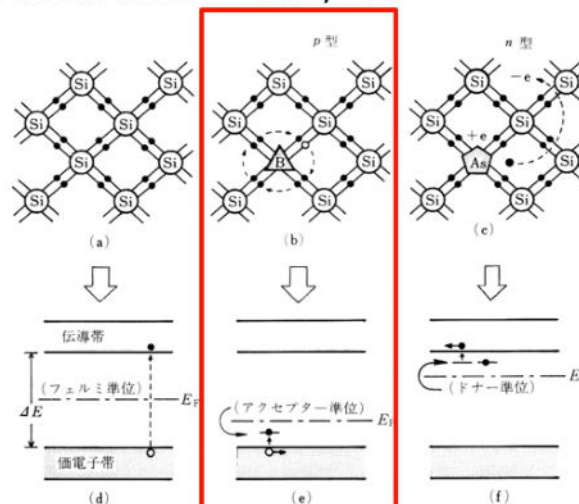
1. ダイヤモンドは大きなバンドギャップ (5.47 eV) を持つ絶縁体であるが、ホウ素をドーピングすると電気伝導率が大幅に増大する。ホウ素がドーピングされたダイヤモンドのバンド構造の模式図を右図に追記して、この理由を説明せよ。また、この場合の電気伝導の主なキャリアを答えよ。

エネルギー

伝導帯

価電子帯

アクセプター準位



(a), (d) 純ケイ素, (b), (e) 3 価の原子を含む (p 型) ケイ素,
(c), (f) 5 価の原子を含む (n 型) ケイ素, ● 電子, ○ 正孔
ケイ素および不純物を含むケイ素の結合モデル ((a), (b), (c)) および帯構造 ((d), (e), (f))

Cの一部がBに置換すると価電子帯より少しエネルギーが高い位置にアクセプター準位が形成されるため。
電気伝導の主なキャリアー： ホール

13	14	15
C → B 電子不足		
10.81 5B ホウ素 $[\text{He}]2s^2p^1$ 8.30 2.0	12.01 6C 炭素 $[\text{He}]2s^2p^2$ 11.26 2.6	14.01 7N 窒素 $[\text{He}]2s^2p^3$ 14.53 3.0
26.98 13Al アルミニウム $[\text{Ne}]3s^2p^1$ 5.99 1.6	28.09 14Si ケイ素 $[\text{Ne}]3s^2p^2$ 8.15 1.9	30.97 15P リン $[\text{Ne}]3s^2p^3$ 10.49 2.2
69.72 31Ga ガリウム $[\text{Ar}]3d^{10}4s^2p^1$ 6.00 1.8	72.61 32Ge ゲルマニウム $[\text{Ar}]3d^{10}4s^2p^2$ 7.90 2.0	74.92 33As ヒ素 $[\text{Ar}]3d^{10}4s^2p^3$ 9.81 2.2



確認テスト

2. 格子エネルギーに寄与する因子を簡単に説明し、それを元に
LiF MgO NaCl AlN CsI
を格子エネルギーが増大する順に並べよ。これらは全て塩化ナトリウム
型構造をとる（つまりマーデルング定数は同じ）。

AlN>MgO>LiF>NaCl>CsI

$$-U_0 = \frac{N_A A Z^2 e^2}{4\pi\epsilon_0 r_c} \left(1 - \frac{1}{n}\right)$$

ボルン・ランデ の式

n: ボルンの指数 (n: 6~12)

*反発の指数を考慮

理論的な考え方によると、
格子エネルギーは

- ・ イオンの価数 (Z)
- ・ イオン間の距離 (r_c)

に依存する。

マーデルング定数 (A) は構造に依存するが、
この場合全て塩化ナトリウム型構造であるので
一定値と考えることができる。

nもこの場合定数として考えればよい。

表2.7 典型元素のイオン半径 (Å)

Li ⁺ 0.90 0.73(4)	Be ²⁺ 0.59 0.41(4)	B ³⁺ 0.41 0.25(4)	C ⁴⁺ 0.30 0.29(4)	N ³⁺ 0.30 N ³⁻ 1.32(4) N ⁵⁺ 0.27	O ²⁻ 1.26 1.24(4)	F ⁻ 1.19 1.17(4)
Na ⁺ 1.16 1.13(4)	Mg ²⁺ 0.86 0.71(4)	Al ³⁺ 0.675 0.53(4)	Si ⁴⁺ 0.540 0.40(4)	P ³⁺ 0.58 P ⁵⁺ 0.52 0.31(4)	S ²⁻ 1.70 S ⁴⁺ 0.51 S ⁶⁺ 0.43	Cl ⁻ 1.67 Cl ⁷⁺ 0.22(4)
K ⁺ 1.52 1.65(8)	Ca ²⁺ 1.14 1.26(8)	Ga ³⁺ 0.760 0.61(4)	Ge ⁴⁺ 0.670 0.530(4)	As ³⁺ 0.72 As ⁵⁺ 0.60	Se ²⁻ 1.84 Se ⁴⁺ 0.64	Br ⁻ 1.82 Br ⁷⁺ 0.39(4)
Rb ⁺ 1.66 1.75(8)	Sr ²⁺ 1.32 1.40(8)	In ³⁺ 0.94 0.76(4)	Sn ⁴⁺ 0.83 0.69(4)	Sb ³⁺ 0.90 Sb ⁵⁺ 0.74	Te ²⁻ 2.07 Te ⁴⁺ 1.11	I ⁻ 2.06 I ⁷⁺ 0.56(4)
Cs ⁺ 1.81 1.88(8)	Ba ²⁺ 1.49 1.56(8)	Tl ³⁺ 1.025 Tl ¹⁺ 1.64	Pb ⁴⁺ 0.915 Pb ²⁺ 1.33	Bi ³⁺ 1.17 Bi ⁵⁺ 0.90	Po ⁴⁺ 1.08 Po ⁶⁺ 0.81	At ⁷⁺ 0.76

カッコ内の数値は配位数を示す。カッコがついていない場合は6配位。

LiF: 0.90+1.19 = 2.09
MgO: 0.86+1.26=2.12
NaCl: 1.16+1.67=2.83
AlN: 0.675+1.32(?)~2
CsI: 1.81+2.06 = 3.87

r_c は変わったとして2倍未満

Z=1 と 2 の場合の差 : 4倍
Z=2 と 3 の場合の差 : 2倍

Z=1 LiF>NaCl>CsI

Z=2 MgO

Z=3 AlN

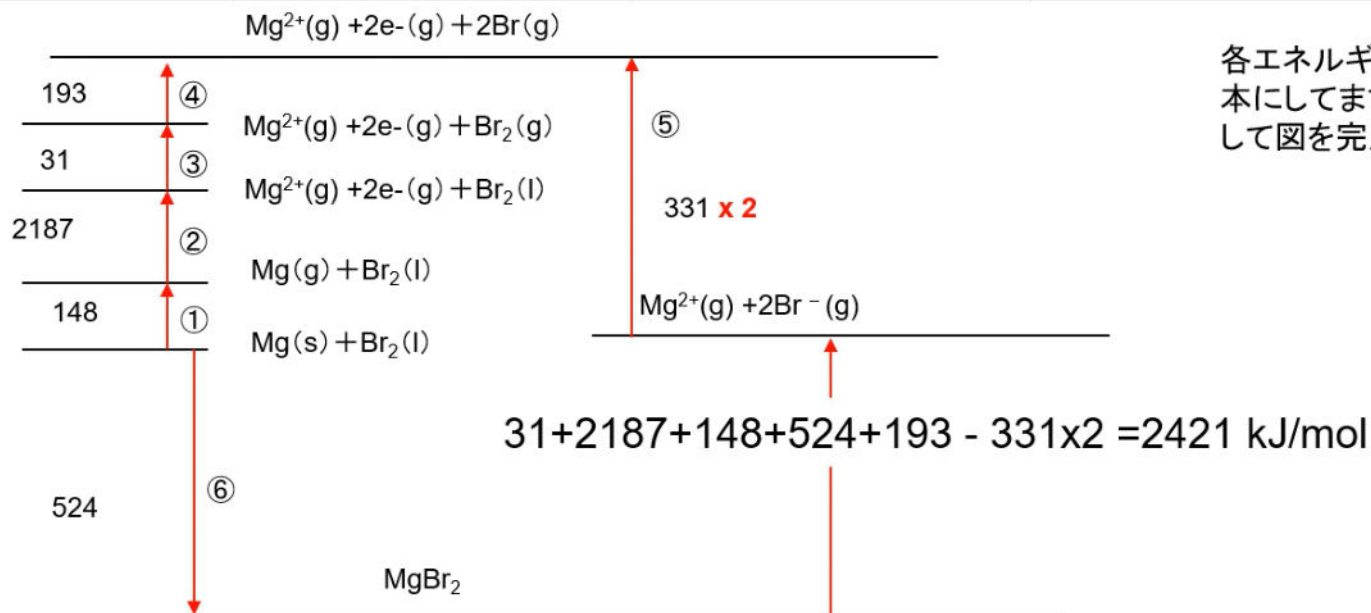
} r_c はの差はほぼない



確認テスト

3. 下記の数値を用いて臭化マグネシウムの格子エネルギーを計算せよ。

	kJ/mol		kJ/mol
Mg(s)の昇華①	+148	Br ₂ (g)の解離E④	+193
Mg(g)からMg ²⁺ (g)へのイオン化E②	+2187	Br(g)の電子親和力⑤	+331
Br ₂ (l)の蒸発E③	+31	MgBr ₂ の標準モル生成エンタルピー⑥	- 524



各エネルギーにおいて基準とする側を矢印の根本にしています。その結果、下側は負、上側は正として図を完成させています。



6章 平衡と反応

※ 6.1、6.2、6.4 は試験範囲に含めません

6.3 酸と塩基

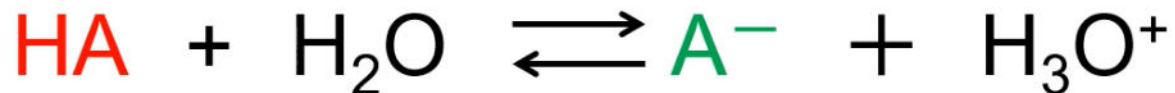
6.3.1 ブレンステッドの酸・塩基

6.3.4 ブレンステッド酸・塩基の強さ



ブレンステッド酸:プロトン(H^+)供与体

ブレンステッド塩基:プロトン受容体



※ 塩基は電子対を持ち、 H^+ を受け取る

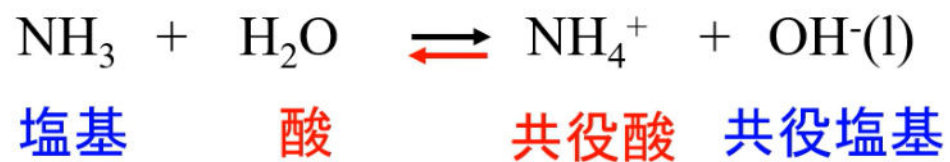
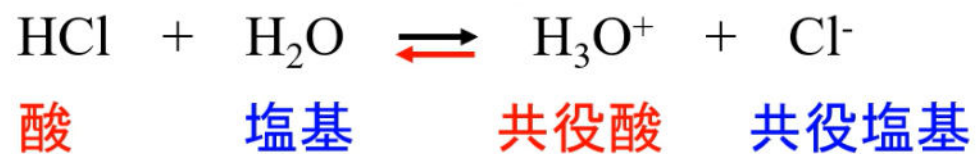
※ 高校の時は

H^+ を放出する物質が 酸 OH^- を放出物質が 塩基
と考えました。

これは アレニウスの酸・塩基の定義 です。

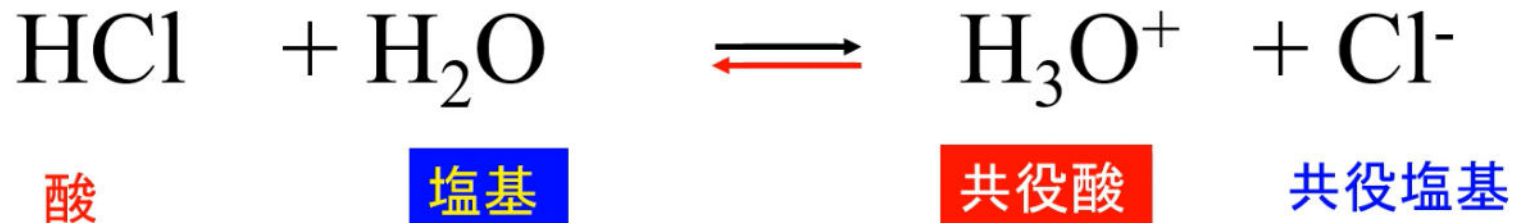
ここで学ぶ ブレンステッドの酸・塩基の定義とは、塩基の定義が異なります。





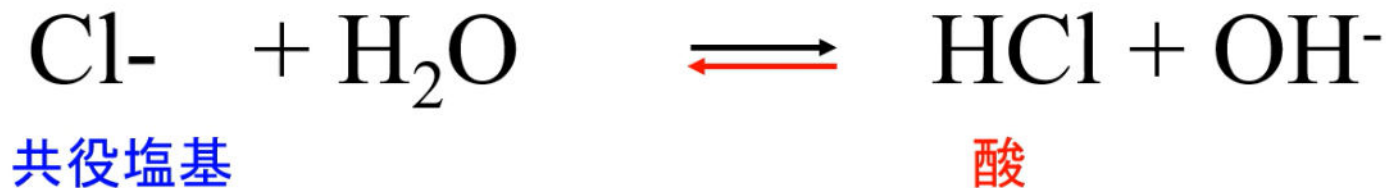
H_2O は、酸にも塩基にもなる : 両性





$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{Cl}^-]}{[\text{HCl}]}$$

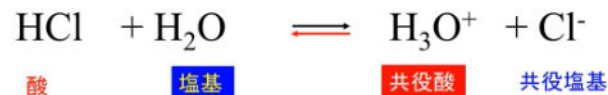
酸解離定数 $\text{p}K_a = -\log K_a$



$$K_b = \frac{[\text{HCl}][\text{OH}^-]}{[\text{Cl}^-]}$$

(共役塩基の)
塩基解離定数 $\text{p}K_b = -\log K_b$

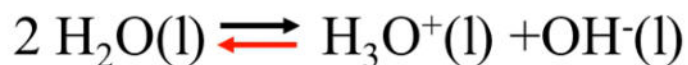




$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{Cl}^-]}{[\text{HCl}]}$$

$$K_b = \frac{[\text{HCl}][\text{OH}^-]}{[\text{Cl}^-]}$$

$$K_a K_b = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = K_w$$



$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.00 \times 10^{-14} (\text{at } 25^\circ\text{C})$$

$$\log K_a + \log K_b = \log K_w \quad \Rightarrow \quad pK_a + pK_b = pK_w$$

※水を溶媒にしている場合。水とは異なる溶媒(HSol)の場合は、その溶媒における $[\text{H}_2\text{Sol}^+][\text{Sol}]$ の積で決まる。

14



表6.3 ブレンステッド酸の pK_a 値 (25°C)

pK_a	pK_a	pK_a	pK_{a1}	pK_{a2}
HNO ₃ -1.32	PhOH 9.9	Al ³⁺ 5.1	H ₂ SO ₄ —	1.99
HNO ₂ 3.15	H ₃ BO ₃ 9.2	Fe ³⁺ 2.2	H ₂ CO ₃ 6.35	10.3
HF 3.17	CH ₃ NH ₂ 10.7	Cr ³⁺ 3.95	H ₂ SO ₃ 1.9	7.2
HCl -7	PhNH ₂ 4.60	ギ酸 3.75	H ₂ S 7.0	13.9
HBr -9	ピリジン 5.22	酢酸 4.76	(COOH) ₂ 1.25	4.29

$$\log K_a + \log K_b = \log K_w \Rightarrow pK_a + pK_b = pK_w$$

$$K_a = \frac{[H_3O^+][Cl^-]}{[HCl]}$$

pK_a 小 \rightarrow 酸として強い

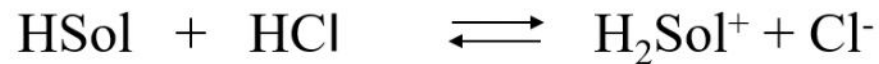
$$K_a > 1 \quad (pK_a < 0),$$

$$K_b > 1 \quad (pK_b = 14 - pK_a < 0 \quad 14 < pK_a)$$

強酸・強塩基

(完全解離しており、酸・塩基の強度が比較できない)





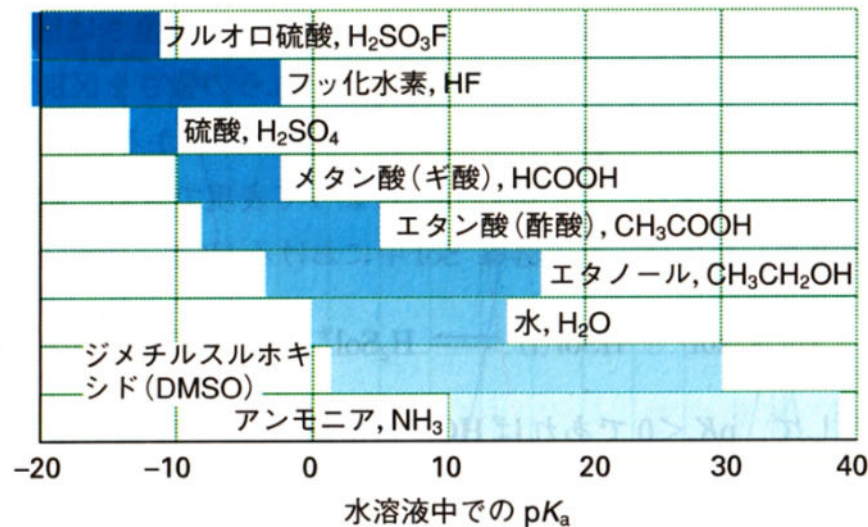
$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{Cl}^-]}{[\text{HCl}]}$$

$\text{p}K_a < 0$ ($K_a > 1$) の場合、いずれも H_2Sol^+ の酸性度を示す。

従って、 $\text{p}K_a$ が0より小さくなる物質の酸の強度は比較できない

HBr、HIの酸の強度は
例えばギ酸中で比較可能

酸・塩基の強さを比較できるのは、
 $\text{p}K_a = 0$ から $\text{p}K_{\text{HSol}}$ まで。



$$K_{\text{sol}} = [\text{H}_2^+\text{Sol}][\text{Sol}^-]$$

表6.3 ブレンステッド酸の pK_a 値 (25°C)

pK_a		pK_a		pK_a		pK_{a1}		pK_{a2}
HNO ₃	-1.32	PhOH	9.9	Al ³⁺	5.1	H ₂ SO ₄	—	1.99
HNO ₂	3.15	H ₃ BO ₃	9.2	Fe ³⁺	2.2	H ₂ CO ₃	6.35	10.3
HF	3.17	CH ₃ NH ₂	10.7	Cr ³⁺	3.95	H ₂ SO ₃	1.9	7.2
HCl	-7	PhNH ₂	4.60	ギ酸	3.75	H ₂ S	7.0	13.9
HBr	-9	ピリジン	5.22	酢酸	4.76	(COOH) ₂	1.25	4.29

表2.7 典型元素のイオン半径(Å)

Li ⁺ 0.90 0.73(4)	Be ²⁺ 0.59 0.41(4)	B ³⁺ 0.41 0.25(4)	C ⁴⁺ 0.30 0.29(4)	N ³⁺ 0.30 N ³⁻ 1.32(4) N ⁵⁺ 0.27	O ²⁻ 1.26 1.24(4)	F ⁻ 1.19 1.17(4)
Na ⁺ 1.16 1.13(4)	Mg ²⁺ 0.86 0.71(4)	Al ³⁺ 0.675 0.53(4)	Si ⁴⁺ 0.540 0.40(4)	P ³⁺ 0.58 P ⁵⁺ 0.52 0.31(4)	S ²⁻ 1.70 S ⁴⁺ 0.51 S ⁶⁺ 0.43	Cl ⁻ 1.67 Cl ⁷⁺ 0.22(4)
K ⁺ 1.52 1.65(8)	Ca ²⁺ 1.14 1.26(8)	Ga ³⁺ 0.760 0.61(4)	Ge ⁴⁺ 0.670 0.530(4)	As ³⁺ 0.72 As ⁵⁺ 0.60	Se ²⁻ 1.84 Se ⁴⁺ 0.64	Br ⁻ 1.82 Br ⁷⁺ 0.39(4)
Rb ⁺ 1.66 1.75(8)	Sr ²⁺ 1.32 1.40(8)	In ³⁺ 0.94 0.76(4)	Sn ⁴⁺ 0.83 0.69(4)	Sb ³⁺ 0.90 Sb ⁵⁺ 0.74	Te ²⁻ 2.07 Te ⁴⁺ 1.11	I ⁻ 2.06 I ⁷⁺ 0.56(4)
Cs ⁺ 1.81 1.88(8)	Ba ²⁺ 1.49 1.56(8)	Tl ³⁺ 1.025 Tl ⁺ 1.64	Pb ⁴⁺ 0.915 Pb ²⁺ 1.33	Bi ³⁺ 1.17 Bi ⁵⁺ 0.90	Po ⁴⁺ 1.08 Po ⁶⁺ 0.81	At ⁷⁺ 0.76

カッコ内の数値は配位数を示す。カッコがついていない場合は6配位。

HX (X = I, Br, Cl, F) の pK_a の序列について

アニオンサイズ : $F^- < Cl^- < Br^- < I^-$

電荷密度 : $F^- > Cl^- > Br^- > I^-$

H⁺との相互作用の強さ : $F^- > Cl^- > Br^- > I^-$

ブレンステッド酸としての強さ : $F^- < Cl^- < Br^- < I^-$



表6.3 ブレンステッド酸の pK_a 値 (25°C)

	pK_a		pK_a		pK_a		pK_{a1}	pK_{a2}
HNO ₃	-1.32	PhOH	9.9	Al ³⁺	5.1	H ₂ SO ₄	—	1.99
HNO ₂	3.15	H ₃ BO ₃	9.2	Fe ³⁺	2.2	H ₂ CO ₃	6.35	10.3
HF	3.17	CH ₃ NH ₂	10.7	Cr ³⁺	3.95	H ₂ SO ₃	1.9	7.2
HCl	-7	PhNH ₂	4.60	ギ酸	3.75	H ₂ S	7.0	13.9
HBr	-9	ピリジン	5.22	酢酸	4.76	(COOH) ₂	1.25	4.29

表2.7 典型元素のイオン半径(Å)

Li ⁺ 0.90 0.73(4)	Be ²⁺ 0.59 0.41(4)	B ³⁺ 0.41 0.25(4)	C ⁴⁺ 0.30 0.29(4)	N ³⁺ 0.30 N ³⁻ 1.32(4) N ⁵⁺ 0.27	O ²⁻ 1.26 1.24(4)	F ⁻ 1.19 1.17(4)
Na ⁺ 1.16 1.13(4)	Mg ²⁺ 0.86 0.71(4)	Al ³⁺ 0.675 0.53(4)	Si ⁴⁺ 0.540 0.40(4)	P ³⁺ 0.58 P ⁵⁺ 0.52 0.31(4)	S ²⁻ 1.70 S ⁴⁺ 0.51 S ⁶⁺ 0.43	Cl ⁻ 1.67 Cl ⁷⁺ 0.22(4)
K ⁺ 1.52 1.65(8)	Ca ²⁺ 1.14 1.26(8)	Ga ³⁺ 0.760 0.61(4)	Ge ⁴⁺ 0.670 0.530(4)	As ³⁺ 0.72 As ⁵⁺ 0.60	Se ²⁻ 1.84 Se ⁴⁺ 0.64	Br ⁻ 1.82 Br ⁷⁺ 0.39(4)
Rb ⁺ 1.66 1.75(8)	Sr ²⁺ 1.32 1.40(8)	In ³⁺ 0.94 0.76(4)	Sn ⁴⁺ 0.83 0.69(4)	Sb ³⁺ 0.90 Sb ⁵⁺ 0.74	Te ²⁻ 2.07 Te ⁴⁺ 1.11	I ⁻ 2.06 I ⁷⁺ 0.56(4)
Cs ⁺ 1.81 1.88(8)	Ba ²⁺ 1.49 1.56(8)	Tl ³⁺ 1.025 Tl ⁺ 1.64	Pb ⁴⁺ 0.915 Pb ²⁺ 1.33	Bi ³⁺ 1.17 Bi ⁵⁺ 0.90	Po ⁴⁺ 1.08 Po ⁶⁺ 0.81	At ⁷⁺ 0.76

カッコ内の数値は配位数を示す。カッコがついていない場合は6配位。

HOX (X = I, Br, Cl) の pK_a の序列について

電気陰性度 : $\text{Cl}^- > \text{Br}^- > \text{I}^-$

H-O におけるOの負電荷密度 : $\text{I}^- > \text{Br}^- > \text{Cl}^-$

H⁺との相互作用の強さ : $\text{I}^- > \text{Br}^- > \text{Cl}^-$

ブレンステッド酸としての強さ : $\text{Cl}^- > \text{Br}^- > \text{I}^-$

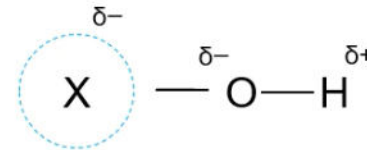
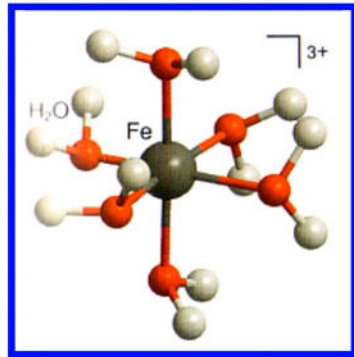


表6.3 ブレンステッド酸の pK_a 値 (25°C)

	pK_a		pK_a		pK_{a1}	pK_{a2}
HNO ₃	-1.32	PhOH	9.9	Al ³⁺	5.1	H ₂ SO ₄ — 1.99
HNO ₂	3.15	H ₃ BO ₃	9.2	Fe ³⁺	2.2	H ₂ CO ₃ 6.35 10.3
HF	3.17	CH ₃ NH ₂	10.7	Cr ³⁺	3.95	H ₂ SO ₃ 1.9 7.2
HCl	-7	PhNH ₂	4.60	ギ酸	3.75	H ₂ S 7.0 13.9
HBr	-9	ピリジン	5.22	酢酸	4.76	(COOH) ₂ 1.25 4.29

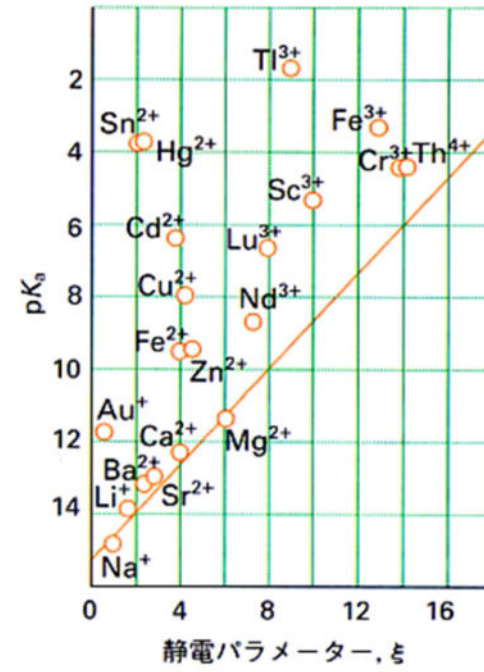
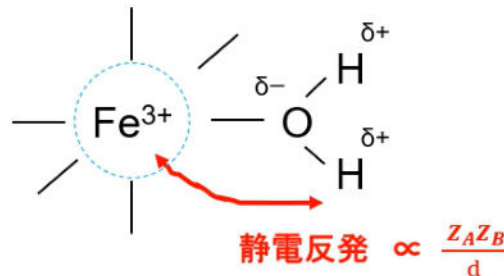
アクア酸(水分子が配位。 $H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$)



中心イオンの 半径小、価数大

→ d が小、 Z が大

→ 静電反発により酸として強くなる



$$\xi = \frac{|Z_A Z_B|}{d_0} \quad d_0: \text{イオン間の距離}(r^+ + r^-)$$



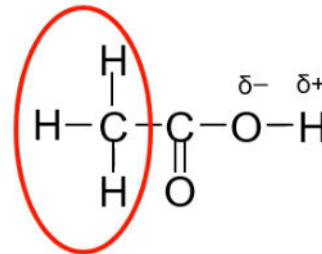
表6.3 ブレンステッド酸の pK_a 値 (25°C)

pK_a		pK_a		pK_a		pK_{a1} pK_{a2}	
HNO ₃	-1.32	PhOH	9.9	Al ³⁺	5.1	H ₂ SO ₄	— 1.99
HNO ₂	3.15	H ₃ BO ₃	9.2	Fe ³⁺	2.2	H ₂ CO ₃	6.35 10.3
HF	3.17	CH ₃ NH ₂	10.7	Cr ³⁺	3.95	H ₂ SO ₃	1.9 7.2
HCl	-7	PhNH ₂	4.60	ギ酸	3.75	H ₂ S	7.0 13.9
HBr	-9	ピリジン	5.22	酢酸	4.76	(COOH) ₂	1.25 4.29

電子吸引・電子供与基の影響

CH₃COOH

HCOOH



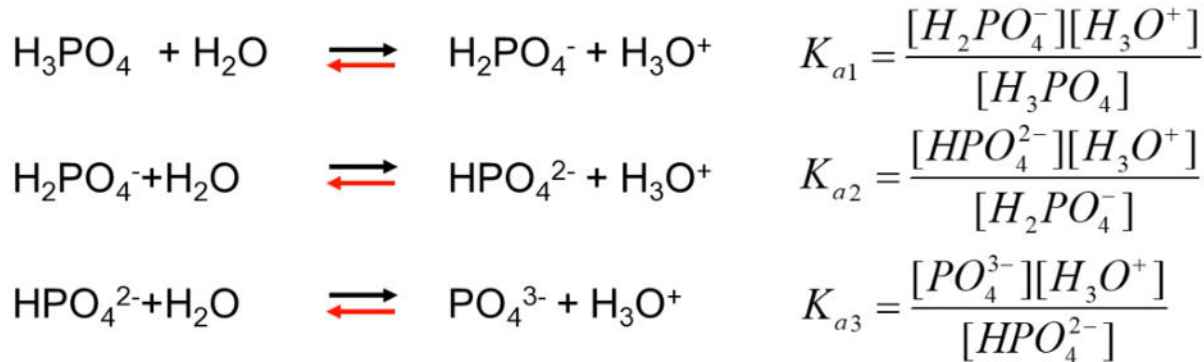
CH₃ : 電子供与基 → δ^- が増加 → Hが解離しにくくなる → pK_a は増大(酸として弱くなる)
 CF₃ : 電子吸引基 → δ^- が減少 → Hが解離しやすくなる → pK_a は減少(酸として強くなる)



表6.3 ブレンステッド酸の pK_a 値 (25°C)

pK_a		pK_a		pK_a		pK_{a1} pK_{a2}	
HNO ₃	-1.32	PhOH	9.9	Al ³⁺	5.1	H ₂ SO ₄	— 1.99
HNO ₂	3.15	H ₃ BO ₃	9.2	Fe ³⁺	2.2	H ₂ CO ₃	6.35 10.3
HF	3.17	CH ₃ NH ₂	10.7	Cr ³⁺	3.95	H ₂ SO ₃	1.9 7.2
HCl	-7	PhNH ₂	4.60	ギ酸	3.75	H ₂ S	7.0 13.9
HBr	-9	ピリジン	5.22	酢酸	4.76	(COOH) ₂	1.25 4.29

多塩基酸



逐次酸解離定数

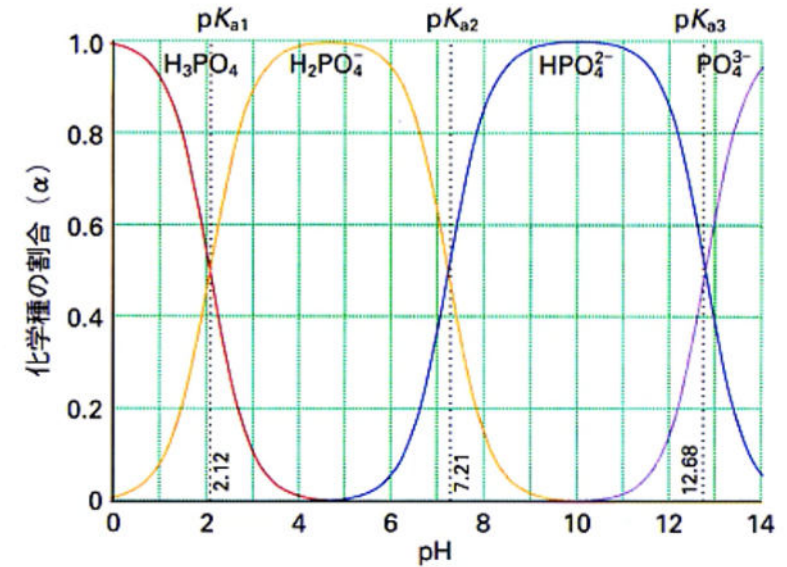


表6.3 ブレンステッド酸の pK_a 値 (25°C)

pK_a	pK_a	pK_a	pK_{a1}	pK_{a2}
HNO ₃ -1.32	PhOH 9.9	Al ³⁺ 5.1	H ₂ SO ₄ —	1.99
HNO ₂ 3.15	H ₃ BO ₃ 9.2	Fe ³⁺ 2.2	H ₂ CO ₃ 6.35	10.3
HF 3.17	CH ₃ NH ₂ 10.7	Cr ³⁺ 3.95	H ₂ SO ₃ 1.9	7.2
HCl -7	PhNH ₂ 4.60	ギ酸 3.75	H ₂ S 7.0	13.9
HBr -9	ピリジン 5.22	酢酸 4.76	(COOH) ₂ 1.25	4.29

オキソ酸

表 4・2 オキソ酸の構造と pK_a 値^{†1}

$p = 0$	$p = 1$	$p = 2$	$p = 3$
HO—Cl 7.2	HO—C(=O)—OH 3.6	O=N(OH) -1.4	
HO—Si(OH) ₃ 10	HO—P(=O)(OH) ₂ 2.1, 7.4, 12.7	O=S(=O)(OH) ₂ -2.0, 1.9	O=C(=O)OH -10
HO—Te(OH) ₃ 7.8, 11.2	HO—As(=O)(OH) ₂ 1.6, 7.0	HO—P(=O)(OH)H 1.8, 6.6	O=Cl(=O)OH -1.0
HO—B(OH) ₂ 9.1 ^{†2}	HO—Se(=O)(OH) ₂ 2.6, 8.0		

オキソ酸の強度 (ポーリングの規則) p151

- ・ $O_pE(OH)_q$ で表されるオキソ酸では $pK_a=8-5p$
- ・ポリプロトン酸($q>1$)の逐次酸解離定数(pK_a)は、引き続いてプロトン解離が一回起こるごとに5単位ずつ増加する。

例: $H_2SO_4 : O_2S(OH)_2$

$p = 2, q = 2$

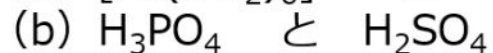
†1 p はプロトンが付加していないO原子の数。

†2 ホウ酸は特別な例である。 § 12・5 参照。



確認テスト

1. 次の組み合わせのうち より強いブレンステッド酸に○をつけよ。

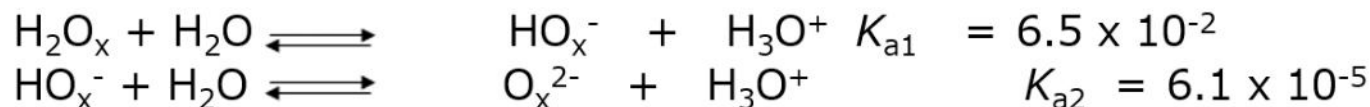


2. H_2SO_4 、 HSO_3F 、 $\text{HSO}_3(\text{NH}_2)$ を酸性度の強い順に並べよ。

また、その理由を簡単に答えよ。

(※ Fは電子吸引基、 NH_2 は電子供与基である)

3. シュウ酸 (H_2O_x)は 下記のように二段階で H^+ を解離する。



K_{a1} , K_{a2} は各反応の酸解離定数である。シュウ酸の濃度がCであり, H_2O_x , HO_x^- , O_x^{2-} の濃度をそれぞれ $[\text{H}_2\text{O}_x]$, $[\text{HO}_x^-]$, $[\text{O}_x^{2-}]$ とすると、

$$C = [\text{H}_2\text{O}_x] + [\text{HO}_x^-] + [\text{O}_x^{2-}]$$

の関係がある。このとき、 H_2O_x 、 HO_x^- 、 O_x^{2-} がそれぞれ溶液中で占める分率

($\frac{[\text{H}_2\text{O}_x]}{C}$, $\frac{[\text{HO}_x^-]}{C}$, $\frac{[\text{O}_x^{2-}]}{C}$) を $[\text{H}_3\text{O}^+]$, K_{a1} , K_{a2} の関数として表わせ。また、 $\text{pH} = 3$ の時に、 H_2O_x , HO_x^- , O_x^{2-} の中で最も分率が高いものを答えよ。

