

4.4 酸と塩基

酸と塩基は二つの重要な組の化合物です。各組に属する化合物は、色々共通した性質を持ち、いくつかは相手の組の化合物の性質に関係しています。酸の溶液は特殊なやり方で植物の色素の色を変化させます；例えば、全ての酸はリトマスの色を青から赤に変えます。リトマスはある種の地衣から得られた染料です。レモンを紅茶に入れると、レモンの酸(クエン酸)が紅茶の色を示す化合物と反応して、色を変えます。

同様に、塩基も色素に影響を与えます。塩基は赤いリトマスを青に、フェノールフタレンをピンクに変えます。もし酸がリトマスを赤にすると、塩基を加えると逆にリトマスを元の青に戻します。このように、酸と塩基は反対のように見えます。塩基は酸の効果を中和し、酸は塩基の効果を中和します。酸は他にも特徴ある性質を持っています。それらは酸っぱい味がして、石灰岩に加えると CO_2 ガスの泡を出します、さらに多くの金属を溶かし、同時に可燃性の気体を作ります(Fig. 4.9)。物質の味を調べるなどは決して実験室ではいけないことです。クエン酸の酸っぱい味はおそらく経験があるでしょう。クエン酸は普通、果物に含まれ、キャンディや清涼飲料水に添加されています。反対に、塩基は苦い味がします。塩基は、あまり金属を溶かすことなく、多くの金属イオンと不溶性の化合物を生成します(Fig. 4.10)。そのような沈殿は酸を加えると溶解します、これも酸が塩基の性質を打ち消す一つの例です。

Fig. 4.9 酸の特性のイラスト。(a) 激酸っぱいガムをかむ子供。(b) 酸に溶ける石灰石。(c) 酸と反応する金属。

Fig. 4.10 (a) 水酸化ナトリウム(NaOH)の水溶液を塩化鉄(III)の水溶液に添加すると $\text{Fe}(\text{OH})_3$ の沈殿が生成します。
(b) その沈殿に HCl 水溶液を加えると、沈殿は溶解して水と可溶性の塩化鉄(III)になります。

酸の性質は酸分子の持つ共通の特性によって理解され、それとは異なる特性で塩基の性質が説明されます。**酸(acid)**は、純水に溶かすとその水の水素イオン H^+ の濃度を増加させる物質です。最も一般的な酸の一つは塩酸で、水中でイオン化し、水素イオン H^+ と塩素イオン Cl^- を生成します。

(Tab. 4.1 の他の一般的な酸の例を参照) 塩酸は水溶液では完全にイオンに変わるので、**強酸(strong acid)**です(そして強電解質)。

硫酸のようないくつかの一般的な酸は酸のモル当たり 1 モル以上の H^+ を生成します。第一イオン化反応は本質的に完全に起こり、硫酸は強酸と考えられます(同様に強電解質)。硫酸水素イオンは酢酸のように弱電解質で、従って HSO_4^- は水溶液中で部分的にイオン化しています。硫酸水素イオンと酢酸はそれ故、**弱酸(weak acid)**と分類されます。

塩基(base)は純水に溶かした時、**水酸化物イオン(hydroxide ion)** OH^- の濃度を増加させる物質です。塩基が共通に持っている性質は OH^- (aq) の性質です。水酸化ナトリウムまたは水酸化カリウムのように水酸イオンを含む化合物は明らかな塩基です。イオン性化合物として強電解質で**強塩基(strong base)**です。

アンモニア NH_3 はもう一つの非常に一般的な塩基です。化合物はその式の中に OH^- イオンが無いけれども、水との反応で OH^- イオンを生成します。

低濃度のイオンしか与えないので、アンモニアは**弱塩基(weak base)**です(そして弱電解質)。

練習問題 4.5 酸と塩基

非金属と金属の酸化物

Tab. 4.1 の酸は分子式に 1 個またはそれ以上の H 原子を持っており、水中で遊離して H^+ イオンを形成します。あまりはっきりしない酸の例は二酸化炭素や三酸化硫黄のような非金属の酸化物で、H 原子を持たず、水と反応して H^+ イオンを生成します。二酸化炭素は例えば僅か水に溶け、溶解した分子の幾分かが水と反応し弱酸、炭素酸を生成します。この酸は、ある程度イオン化して水素イオン H^+ と、炭酸水素イオン HCO_3^- を形成します。

この反応は我々の身の回りで非常に重要です。二酸化炭素は通常、大気中に少量存在し、それで雨水は常に少し酸性になります。水と反応して H^+ を生成する CO_2 のような酸化物は**酸性酸化物(acidic oxide)**として知られています。

硫黄や窒素の酸化物は汚染された空気の中はかなり存在し、これらの非金属酸化物は最後には酸や他の汚

染物質になります。例えば人間や自然を源とする SO_2 は酸素と反応して SO_3 になり、さらに水と反応して硫酸を生成します。二酸化窒素は水と反応して硝酸や亜硝酸を与えます。

これらの反応は酸性雨の源で、合衆国、カナダ、他の工業国で石炭やガソリンなどの化石燃料を燃やすことが原因になっています。気体の酸化物が対流圏の他の化学薬品および水と混ざると、降る雨は単に溶けた CO_2 を含むよりも酸性が強くなります。その雨が、普通より大きな酸性度に簡単には耐えられない地域に降ると、合衆国の北東部やカナダの地方のように重大な環境問題が起こります。

金属の酸化物はかなり水に溶けると、塩基性溶液を与えます。恐らく一番良く知られた例は酸化カルシウムです、しばしば石灰とか生石灰と呼ばれます。この金属酸化物は水と反応して水酸化カルシウム、普通、消石灰と呼ばれるものになります。この化合物は水に非常によく溶けるわけではありませんが、かなり溶けて強い塩基性の溶液を与えます(Fig. 4.11)。

Fig. 4.11 白い酸化カルシウム(生石灰)は水と反応して塩基 Ca(OH)_2 (消石灰)となる塩基性酸化物です。水と少量の CaO を2本の試験管に入れます。右側の試験管ではそれに、塩基があると赤に変わるフェノールフタレイン色素が含まれています。

水と反応して OH^- イオンを生成する CaO ような酸化物は**塩基性酸化物(basic oxide)**として知られています。1991年にはおよそ150万トンの石灰が合衆国で生産され、金属工業、汚水や汚染制御、水処理、農業、建設業に使用されました。

練習問題 4.6 酸性と塩基性酸化物