

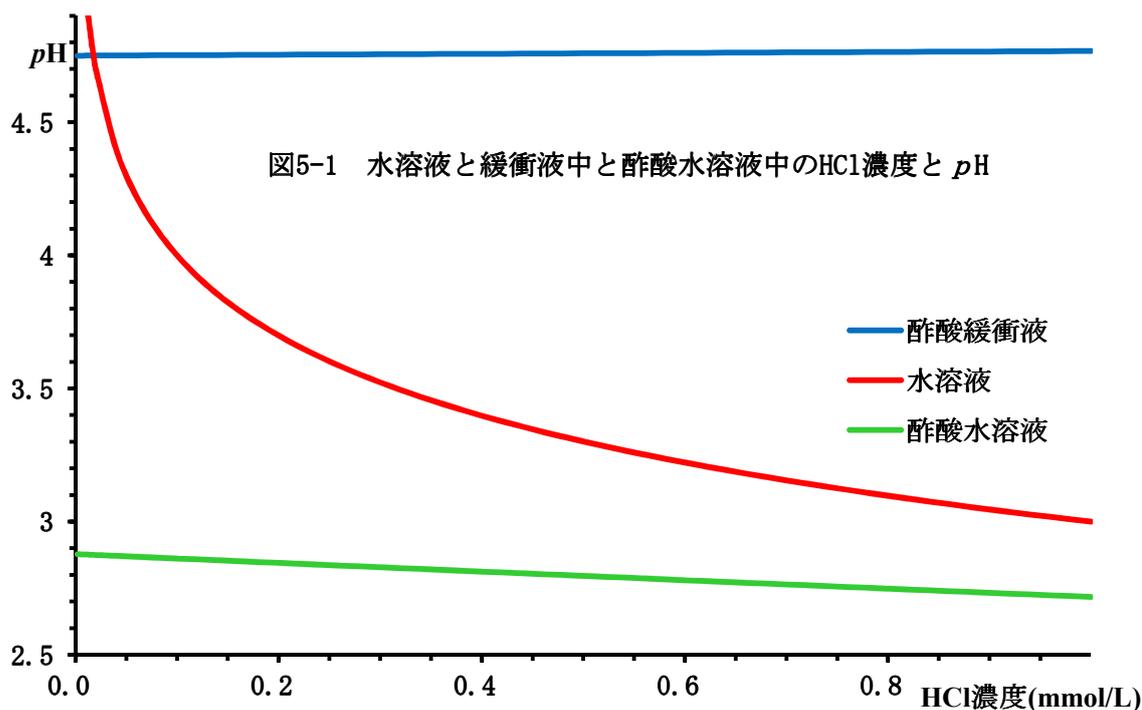
5. 純物質の性質の足し算に必ずしもなりえない混合物の性質

性質を引き算にする緩衝溶液

砂糖と食塩で味を付ければ両者の味が合わさって甘辛く、酢と砂糖を合わせた二杯酢は甘酢の味がしますし、酢と醤油と砂糖を合わせた三杯酢は二杯酢に塩味と旨味が加わり、酢のものに味の深みが加わります。このように純物質を混ぜ合わせると、多くの場合にそれらの性質が足し合わされます。しかし、混合物の性質が構成する物質の性質を常に足し合わされたものとは限らず、時として物質の性質が差し引かれる場合もあり、また新たに別の性質が現れる場合もあります。

第4章で見たように純粋の水は一部解離して水素陽イオンと水酸イオンが同じ濃度で常に存在しますが、表4-1に掲げたように $-\log K_w$ が約14ですから pH は7となります。塩化水素(HCl)の水溶液を塩酸といいます。その解離定数 K_{HCl} が 10^7 で水素陽イオンと塩素イオンに解離しますから、水素陽イオンの濃度は水よりも大きくなります。塩酸は非常に大きな解離定数を持っており、ほとんど完全に解離していますから、 0.00001mol/L の濃度の塩酸は $pH5$ を示します。この希塩酸から10倍あるいは100倍へ濃度を濃くして酸性の強さを大きくしますと pH は4あるいは3へ下がります。酸性の強さあるいは酸っぱさを表す尺度の pH と塩酸の濃度の間に図5-1の赤線のような関係が式4-12と式4-14により算出されます。塩酸に限らず、このように全ての酸性物質は濃度の上昇に伴い pH は小さくなる傾向にあります。

お酢とレモン汁にはそれぞれ酢酸とクエン酸が含まれていますから、かなり酸味の強い食べ物です。砂糖と食塩で味を付ければ両者の味が合わさって甘辛くなりますから、この



酸っぱい食べ物 2 種を併せて味付けすれば両者の酸味が合わさって酸味が強くなると思われましたが、実際には両者の酸味が打ち消すように働き酸味が円やかになりました。このことから、解離定数の異なる 2 種の酸性物質の溶液ではその濃度と pH の間には、混合物の性質が構成する物質の性質の足し合わされたものではなく複雑な関係があるようです。

2 種の酸性物質 HA_1 と HA_2 がそれぞれ解離定数 pK_a^1 と pK_a^2 を持っているときに、式 4-12 はそれぞれ式 5-1 と式 5-2 のようになります。これら 2 種の酸溶液を均一に混合しますと溶液は一様になり水素イオン濃度は等しくなってしまいますから、式 5-3 のように等式で結ぶことができ、さらに式 5-4 に変形することが出来ます。

$$[H^+] = K_{HA_1} \frac{[HA_1]}{[A_1^-]} \quad \text{式 5-1}$$

$$[H^+] = K_{HA_2} \frac{[HA_2]}{[A_2^-]} \quad \text{式 5-2}$$

$$[H^+] = K_{HA_1} \frac{[HA_1]}{[A_1^-]} = K_{HA_2} \frac{[HA_2]}{[A_2^-]} \quad \text{式 5-3}$$

$$\frac{[A_1^-]}{[HA_1]} = \frac{K_{HA_1}}{K_{HA_2}} \frac{[A_2^-]}{[HA_2]} \quad \text{式 5-4}$$

式 5-5 に示すように塩酸の pK_a は -7 ですから式 5-1 より 0.1 mol/L の塩酸に含まれる HCl の 99.5% が水素陽イオンと塩素イオンに解離し pH1.00 の酸性を示すと計算されます。同様に、酢酸の pK_a は 4.75 ですから式 5-2 より 0.1 mol/L の酢酸水溶液に含まれる酢酸の 1.32% が水素陽イオンと酢酸イオンに解離し pH2.88 の酸性を示すと計算されます。この酢酸水溶液に塩酸を少量ずつ加えますと、両酸性溶液は均一に混ざり合いますから、式 5-4 の関係に従い図 5-1 の緑色線で示すように次第に pH が小さくなるように変化します。しかし、両酸性物質の水素陽イオンの濃度の足し算にはならず、赤色線と比較してあたかも引き算あるいは平均になるようにその変化は小さくなっています。さらに HCl の濃度を 0.1 mol/L まで上げますと、あたかも酢酸の影響がなくなったように、0.1 mol/L の塩酸と同じ pH が 1.00 まで小さくなって酸性が強くなります。その時、両酸性物質の混合溶液に含まれる HCl と酢酸のそれぞれ 99.99999% と 0.018% が対応する陰イオンと水素陽イオンに解離します。両酸性物質を混合することにより pK_a の小さな塩酸は解離が進みますが、 pK_a の大きな酢酸は解離が抑えられます。このように強酸の解離が進み弱酸が解離を抑えられて遊離する傾向は、**純粋**の塩酸の濃度と pH の間に**不純物**の酢酸が影響を与えていることを示しています。

酸性物質の酢酸を塩基性物質の水酸化ナトリウムで中和しますと、式 5-5 で示すよう

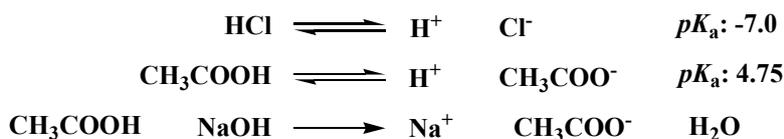


図5-5 水の解離平衡

に酢酸ナトリウムが塩として生成しますが、水に良く溶けて酢酸イオンとナトリウムイオンに解離します。この酢酸ナトリウム溶液に塩酸を加えますと溶液中に塩素イオンがナトリウムイオンと対になり、水素陽イオンにより酢酸イオンから酢酸を遊離してきます。この塩酸を加える反応における酢酸と酢酸イオンと水素イオンの濃度の間には式 4-11 及び式 4-12 が適用されますから、 pH が次第に小さくなるように変化します。0.1 mol/L の酢酸水溶液 1L に 0.05 mol の水酸化ナトリウムを加えますと、酢酸の濃度と酢酸イオンの濃度が等しくなり、酢酸の pK_a が 4.75 ですから pH も 4.75 になります。この pH 4.75 の酢酸-酢酸ナトリウム水溶液に少量の塩酸を加えますと、水素陽イオンが増加しますから、さらに酢酸イオンは中和されて少量の酢酸が生成します。例えば、0.0001 mol の塩酸を加えますと酢酸と酢酸ナトリウムの濃度はそれぞれ 0.0501 mol/L と 0.0499 mol/L になり、式 4-12 に代入しますと水素陽イオン濃度が 1.775×10^{-5} mol/L となり pH 4.7517 と計算されますから、 pH は 4.75 のままで実質的な変化が認められません。同様に少量の塩酸を加えた時の変化を図 5-1 の青色線で表しましたが、この程度の塩酸の量の変化では pH は 4.75 のまま全く変化しないことがわかります。酢酸とその塩の酢酸ナトリウムを含む水溶液に若干量の酸性物質が新たに加わっても、また若干量の塩基性物質が加わっても、その溶液の pH が変化しません。

酢酸-酢酸ナトリウム系に限らず、比較的 pK の大きな酸性物質と対応する塩の溶液の pH は若干量の酸性物質や塩基性物質の新たな添加による影響をほとんど受けませんから、緩衝溶液と呼んでいます。この緩衝溶液の系は酸性の強さを一定にする効果を持っていますから、多くの化学反応で利用されているばかりでなく生体内でも広く機能しています。重曹(炭酸水素ナトリウム)などの塩基性物質や柑橘類果物やお酢を含む食物などの酸性物質を食べても、緩衝溶液の系になっている胃の中は酸性の強さが変化しませんから、消化機能が健全に維持されます。このように緩衝溶液は、**純粋**の塩酸の濃度と pH の関係に**不純**物の弱酸とその塩が影響を与えて、酸性の強さを一定に維持することを示しています。逆に**純粋**な緩衝溶液の系に若干量の酸や塩基を**不純**物として加わっても、全く**不純**物の性質を消し去ってしまい**純粋**な緩衝溶液の性質を保ちます。

貧者の黄金

金と銀は地球上の存在量が少なく、錆び難く永遠に輝きを保つ金属で、装飾品としての魅力を持っているために、古くから貴重品として権力の象徴や貨幣の基準になってきましたから、オリンピックで上位3位までの優秀な成績を挙げた人に金メダル、銀メダル、銅メダルを賞しています。また、地球上に存在する約70種類の金属は赤色の銅と黄金色の金を除いてすべて銀白色を呈しています。2014年における代表的な金属の取引価格を表 5-1 に掲げましたが、これらの金属

表 5-1 金属の価格(2014年)

金属	価格 (¥/kg)
金	4716000
銀	73900
銅	770
鉄	70
亜鉛	282
アルミニウム	284

の持つ優れた特性ばかりでなく貴金属としての価値により、金が他の金属と比較して圧倒的に高価で取引されていますから、黄金色の金属を廉価に入手する方法が古くから求められ、錬金術の主な命題でした。



図5-2 青銅の10円と真鍮の5円硬貨

銀色をした多くの金属を赤色の銅に加えて合金を作りますと、加えた金属の銀色が銅の赤色に足し合わされますから、銅の割合が高い時には赤色が残っていますが、割合が低くなるとともに次第に銀色の合金になってゆきます。たとえば、図 5-2 に示すように青銅製の 10 円硬貨は銅 95%と亜鉛 3.5%と錫 1.5%の合金ですが、銅の含有量が多いために銅の赤い色を呈しています。しかし、赤色の銅に銀色の亜鉛を多量に加えて熔融しますと真鍮（Brass）あるいは黄銅と呼ばれる黄色の合金になり、銅と亜鉛の本来の色合いは残っていません。特に、銅(80%未満)と亜鉛(5~20%)の真鍮は金に似た黄金色をしていますから装飾品としても価値を持っていますが、表 5-1 の亜鉛と銅の価格から考えて金の 0.2%の材料費しか要しません。そのため「貧者の黄金」と呼ばれて、まさに金を生む錬金術師の極意であったと思われま

す。このように紛い物のような悪い印象を与えていますが、真鍮は極めて優れた性質を示すために日常生活の中に広く用いられています。亜鉛の割合が高くなるほど色が薄くなり硬さが増しますが、真鍮は展延性が高いために種々の切削加工が容易で微細な金属部品に加工されています。薄くて細い管やすり合わせの良い継ぎ手などに加工できますから、トランペットやホルンやサキソフォンやトロンボーンやチューバなどの金管楽器やシンバルなどの打楽器まで真鍮で作られています。そのためにスポーツの応援やパレードの行進に活躍する金管楽器で主に編成された楽団をブラスバンドと呼んでいます。また、銅を多く含んでいますから、高い電導度を示すために電気部品に広く用いられています。45%以上の亜鉛を含みますと脆くなり実用的に利用できなくなります。ちなみに図 5-2 に示す 5 円硬貨は銅 60~70%と亜鉛 40~30%の組成の真鍮でできています。

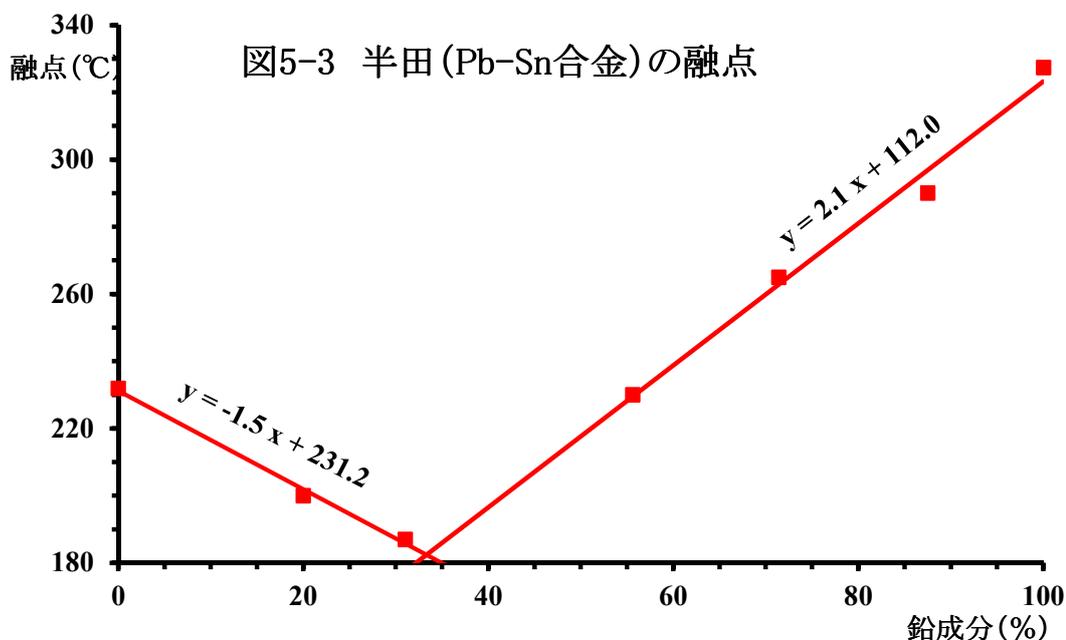
多くの場合に**不純物**の性質は基となる物質の性質に足し合わされて、混合物の性質が醸し出されますが、時として引き算や掛け算になって特異に影響することがあります。

0℃では凍らない海の水

曲がった胡瓜と同じように、大きさが不揃いの胡瓜も箱に少量しか収納できませんから、産地から都市部の店頭まで輸送する時に当然輸送費が嵩み、店頭価格が割高になってしまい、産地での商品価値を低くしなければ販売競争を勝ち抜けません。最も小さなヘリウム分子から絹の繊維の蛋白質など非常に大きな分子まで分子の大きさは千差万別ですから、これらの分子が混ざり合うときには当然胡瓜のように分子の大きさが不揃いになり、分子の間の距離も大きくなります。分子間力は距離に反比例しますから、2 種類以上の分子が

混ざり合う時には分子間力に大きな影響を与え、結果として沸点や融点にも影響を及ぼします。

原子半径の異なる2種の金属が合金として混ざり合うと、大きさの不揃いな胡瓜を箱へ入れるようになりますから、両原子とも球形をしています原子の間に隙間ができてしまい原子間距離が大きくなります。金属原子の間に働く分子間力が当然小さくなり相対的に運動エネルギーが大きくなりますから、合金にすることにより融点が低くなると思います。例えば錫原子は原子半径0.1405nmの球形をしていますし、それよりも多くの陽子と電子を持つ鉛原子は錫原子より若干大きな原子半径0.1705nmの球形をしています。錫の中に少量の鉛を含む合金では、整然と規則的に並ぶ錫原子の間に大きな鉛原子が挟み込まれますから、金属原子間の距離が大きくなってしまいます。このとき鉛原子の割合が大きくなればなるほど平均的な金属原子間の距離は大きくなりますから、分子間力が小さくなりその合金の融点は低くなります。鉛の中に少量の錫を含む合金でも、整然と規則的に並ぶ鉛原子の間に紛れ込んだ小さな錫原子の周囲に隙間ができますから、同様に分子間力が小さくなりその合金の融点も低くなります。錫と鉛から作られるハンダ（半田）と呼ばれる合金の融点は図5-3に示すようにその混合の割合により直線的に変化します。錫も鉛も純粋な金属としては比較的低い232℃と328℃の融点を持っていますから、図に示すようにハンダが非常に低い融点を示します。この低融点の性質のためにハンダコテなどの小さな熱源で銅線や電子部品などを熔接することができ極めて便利です。古くから電化製品の製作に用いられてきました。



金属や合金には分子の概念を適用することができませんが、ハンダの融点とその成分の割合の間に見られる直線的な比例関係は大きさの異なる2種類の分子が混ざり合う場合に

も期待されます。砂糖のような物質の水溶液においても、水の分子の間に異なる大きさの砂糖の分子が紛れ込みますと、水の分子は整然と規則的に並ぶことが難しくなりますから、分子間力が小さくなり 0°Cでは氷になることができず融点(凝固点)が低下します。このとき砂糖の分子の数が多ければ多いほど水の分子は規則的になることが困難になりますから融点が低くなります。同じ現象によりウイスキーや焼酎などのエタノールのオンザロックも 0°Cより温度が下がりますからグラスの外側に霜の凍り付くこともあります。水よりもはるかに高い融点を持つ砂糖でも、はるかに低い融点を持つエタノールでも、水に溶けた水溶液の融点は 0°Cより低くなります。このような現象は純な物質の中に不純物を溶かし込むときに観測されますので、凝固点降下と呼び、物質を溶かすことによる融点(凝固点)の変化の大きさ (ΔT) は式 5-6 に示すような関係で纏められています。ただし、溶かしている水などの溶媒の重量を w^2 、溶かし込む物質の重量と分子量をそれぞれ w^1 と M 、とするときに比例定数 K_f を凝固点降下度と呼んでいます。なお、濃度のあまり高くない溶液においてはこの凝固点降下度は、水などのような溶媒に固有の値を示し砂糖やエタノールのように溶かし込んだ物質の性質には全く影響されません。

$$\Delta T = K_f \frac{1000w^1}{Mw^2} \quad \Delta T = K_b \frac{1000w^1}{Mw^2} \quad \text{式 5-6}$$

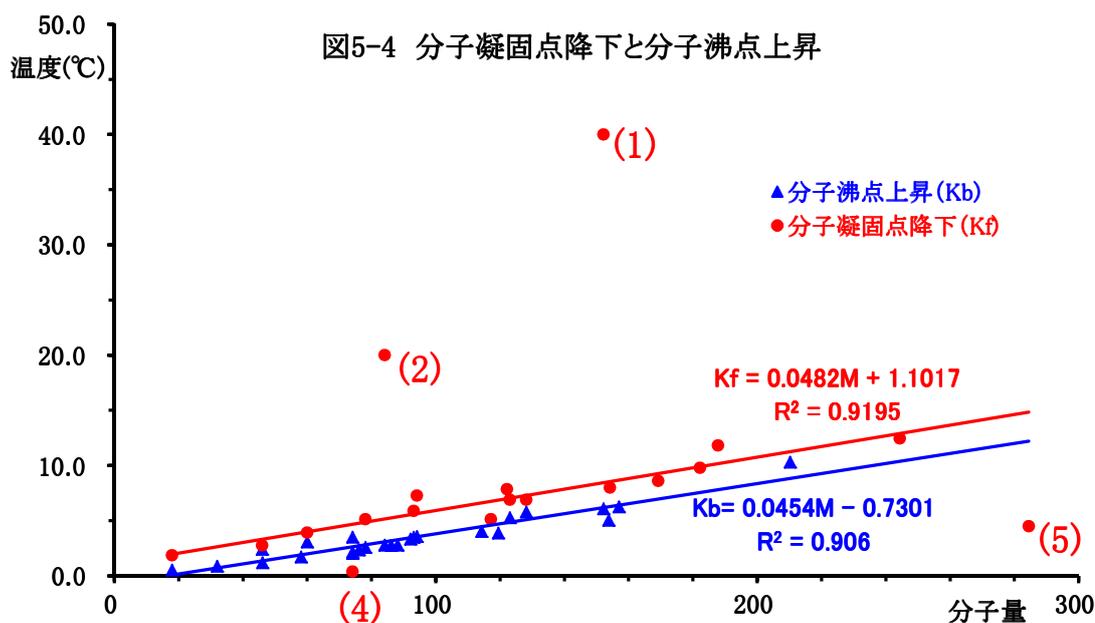
表 5-2 各種溶媒の沸点上昇度と凝固点降下

溶媒	分子量	沸点 (°C)	K_b	凝固点 (°C)	K_f
水	18.02	100.0	0.52	0.0	1.86
メタノール	32.04	65.0	0.88		
エタノール	46.07	78.3	1.20		
アセトン	58.08	56.5	1.73		
蟻酸	46.02	100.6	2.40	8.6	2.77
ベンゼン	78.11	80.2	2.57	5.5	5.12
酢酸エチル	88.10	77.1	2.79		
酢酸	60.05	118.1	3.07	16.7	3.90
クロロホルム	119.50	61.2	3.88		
ニトロベンゼン	123.11	210.9	5.27	5.7	6.90
ナフタリン	128.16	218.0	5.80	80.2	6.90
樟脳	152.23	209.0	6.09	178.0	40.00

また、砂糖のような物質の水溶液においても、分子間力よりも分子の運動エネルギーが大きくなると分子の間に働く分子間力のしがらみから開放されて、溶媒分子が自由な世界に飛び出してゆきます。しかし、異質の分子が溶媒の分子に混じって動き回っていますか

ら、溶媒分子がしがらみから開放されて飛び出す機会が減ってしまい、溶媒は気化し難くなり沸点の上昇をもたらします。この場合にも溶け込んでいる物質の量に比例して溶媒の沸点が上昇しますから、この現象を沸点上昇と呼んでいます。濃度のあまり高くない溶液においては、物質を溶かすことによる沸点の上昇 (ΔT) は式 5-6 に示すように凝固点降下の関係式と類似し、沸点上昇度と呼ばれる比例定数 K_b も溶媒に固有の値を示します。参考のために表 5-2 には代表的な溶媒の凝固点降下度 (K_f) と沸点上昇度 (K_b) との値をまとめておきます。沸点と分子量の間に相関関係が認められますが、異質の物質が混ざり込むときに現れる沸点上昇においても分子量の大小が影響を与えられます。代表的な 25 種の溶媒について分子量と沸点上昇度 (K_b) の関係をグラフにした図 5-4 から、相関係数 0.906 の相関性を持つ直線的な比例関係のわずかにあることが伺えます。液体の状態では物質の中を分子が自由に動き回りますから、分子の形は沸点にあまり大きく反映しませ

んが、固体の状態では分子が整然と規則的に並びますから、分子の形が並び易さに大きく影響を与え融点に大きな違いが現れます。分子の大きさは平均的には分子量に比例しますから、分子間力もおおよそ分子量に比例し、さらに融点に影響を与えます。液体の中に異質の分子が混ざり込んだ溶液の場合にも、分子の大きさが分子の並び方に影響を与えますから、凝固点降下度も分子量に比例すると思われる。代表的な 20 種の溶媒の分子量と凝固点降下度 (K_f) の関係を図 5-4 のグラフに描きますと、わずか 5 例を除けば相関係数 0.9195 の直線となり、非常に小さな比例定数を持つ直線的な比例関係が見えてきます。しかし、樟脳 (図 5-4 の物質 1)、シクロヘキサン (図 5-4 の物質 2)、ジヒドロジシクロペンタジエノン、t-ブチルアルコール (図 5-4 の物質 4)、ステアリン酸 (図 5-4 の物質 5) の 5 種



類の物質は例外的に相関性が認められません。前者の3種は環状で中空の構造の分子で分子量に比較して大きな形をしています。特に図 5-5 に示すジヒドロジシクロペンタジエノンの凝固点降下度(K_f)は 92.0°C で非常に大きな値を示しています。t-ブチルアルコールは小さく原子が緻密に固まった丸い形の分子であり、ステアリン酸は非常に長い形の分子ですから、分子量から期待される平均的な分子の大きさからは外れているのではないかと思います。このことから種々の溶媒の凝固点降下度(K_f)はその分子の大きさに影響されている物と思われる。

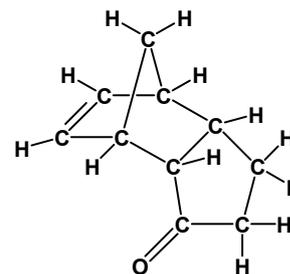


図5-5
ジヒドロジシクロペンタジエノンの構造

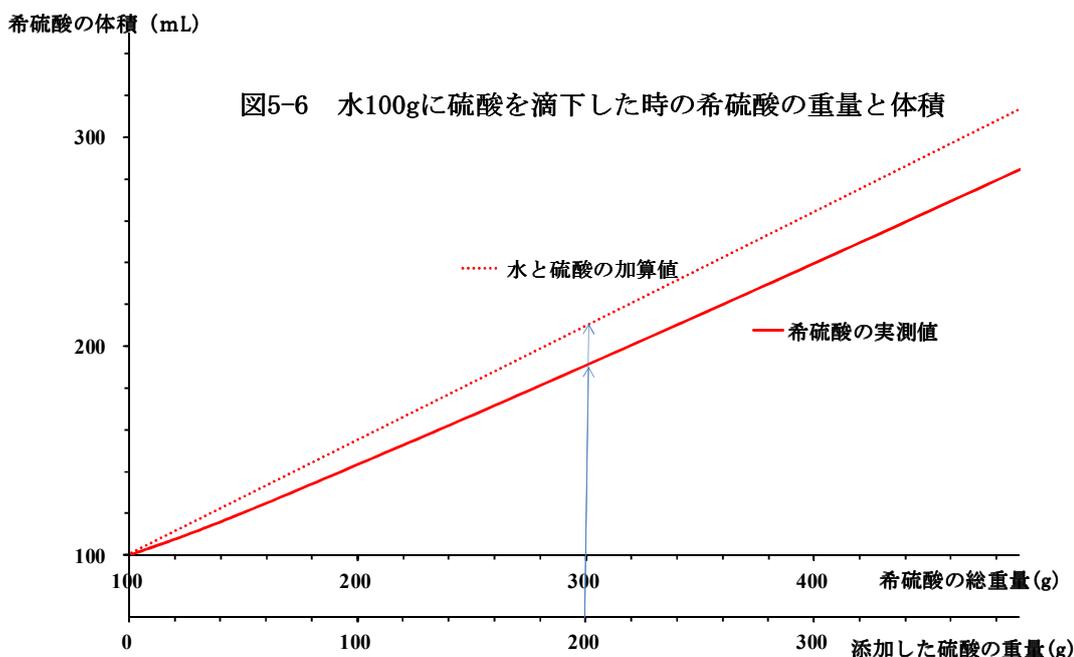
海の水には多くの塩類が溶けていますから、凝固点降下の現象が起こります。結果として長期間にわたり気温が氷点下になる北極や南極に近い海でも海水はほとんど凍ることはありません。この現象を利用して氷に塩を混ぜますと塩により氷の表面で凝固点降下が起こり、急激に氷が融けますから混合物の温度が下がります。氷と塩の混ぜ方を工夫しますと -15°C 程度まで冷やすことが出来ますから、砂糖を加えて甘くした牛乳と卵をこの方法で冷やしながら攪拌しますと、アイスクリームを作ることが出来ます。また、式 5-6 における比例定数の凝固点降下度(K_f)あるいは沸点上昇度(K_b)があらかじめ求められている場合には、溶液の融点 (凝固点) または沸点とその濃度からその物質の分子量を実験的に求めることができます。

このような凝固点降下や沸点上昇の現象は純な物質の中に不純物を溶かし込むときに観測され、物質を溶かすことによる融点 (凝固点) の変化の大きさ (ΔT) は式 5-6 に示すような関係で纏められていますから、極少量の不純物でも物性に大きな影響を与えます。その上、この現象は不純物の性質に関係なく単にその量にのみ影響されますから、混合物の性質が必ずしも純物質と不純物の性質の足し算にはならないことを示しています。

水に加えても体積の増えない硫酸

電気炊飯器では芯もお焦げもないご飯が全自動で炊き上がりますが、時々お焦げの混じったご飯が懐かしくなり土鍋で炊飯することがあります。1合(180mL)のお米に1合(180mL)の水を加えて強火で煮立つまで加熱し、その後、蓋をして10分ほど弱火で加熱し続けるとわずかにお焦げの混じった美味しいご飯に炊き上がります。その時1合のお米と水ですから2合(360mL)になるはずですが、米粒の間の隙間に液体の水が入り込んでしまいますから、両者の体積の和にはならずお米に水を入れた体積は290mLに過ぎません。手間を掛けずに簡単に炊飯できるように設計された炊飯器では、お米の量に対応するように予め水の見減りを考慮した目盛りが付けられていますから、目盛りまで水を入れてスイッチを入れれば約1時間後には無難なご飯が炊き上がります。このように粒子の大きさの異なる物質を混ぜ合わすと隙間に入り込んでしまい体積の減少する現象を細密充填といいます。

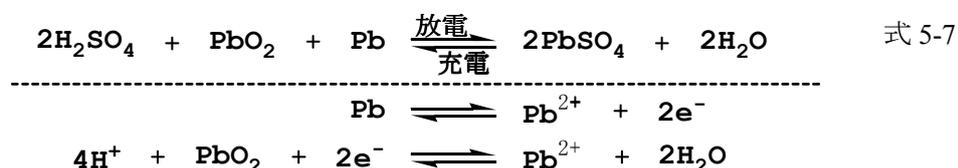
この細密充填の現象は嵩の大きさの異なる分子が混合するときにも起こります。硫酸は水の分子量の約 5 倍の分子量をもっていますから、水よりはかなり大きな分子とされます。100gの水に濃硫酸を加えますと、図 5-6 の赤色点線のように加えた濃硫酸の体積と 100gの水の体積の和になると思われませんが、細密充填の現象により調製された希硫酸の体積は図 5-6 の赤色実線のように小さくなります。一般に、希硫酸などの溶液の濃度を表す単位は一定の重量の溶液中に含まれる物質の重量を示す重量% (g/100g) などのほかに、一定体積当たりの物質の重さで示す g/L や mol/L (モル濃度) などが用いられています。200g (2.04mol) の濃硫酸の体積は 113mL ですから 100g の水に加えますと、図 5-6 の青色矢印で示すように水と硫酸の体積は 213mL と計算されますが、実際に得られる希硫酸の体積は 194mL に過ぎず、約 9%の体積の縮小となります。含まれる硫酸の量は変化しませんが体積が小さくなりますから、実際に得られる希硫酸のモル濃度は水と硫酸の体積の加算値で計算される 9.58mol/L より大きな 10.52mol/L になります。



肉や魚の切り身を入れる中型の発泡スチレンのお皿の重さは宇治の平等院が刻まれた 10 円硬貨や 5.6L の空気に相当します。このように同じ重さでも物質により体積が極端に異なりますから、目で見る感覚と手に持った時の感覚に違いが生まれます。そのため一定体積の物質の重さは比重と呼ばれ、日常生活にも密接に関連する重要な性質の一つになっています。古代ギリシャの物理学者 Archimedes (Αρχιμήδης) は物体が水の中に沈む時に押しつけられる水の重量だけ物体が軽くなることを見出し、神殿に奉納された王冠の金の純度を調べたと伝えられています。この原理に基づいた比重計を用いますと物質と水の比重が容易に比較できますから、水の比重を基準にした g/mL の単位で比重が表されます。図 5-6 には希硫酸の濃度とその比重の関係を示しましたが、比較のために硫

酸と水の体積の加算値に基いて仮想的に算出した比重も掲げました。この図からも明らかのように硫酸の濃度変化に応じて比重の値は比較的良好な比例関係を持って大きく変化しますし、簡単な構造の比重計により容易に硫酸の比重が測定できますから、希硫酸の濃度を容易に測ることができます。

式 5-7 に示す鉛蓄電池は希硫酸中で二酸化鉛 (PbO₂) と金属鉛 (Pb) から硫酸鉛 (PbSO₄) が生ずる反応を用いた可逆的に充電と放電の可能な電池で、短時間での大電流の放電も、長時間の緩やかな放電にも比較的安定した性能を保ち、長期間にわたり性能の劣化が少ない堅牢な電池です。この鉛蓄電池は金属鉛から電子を放出する 2 価鉛イオンへの酸化反応と二酸化鉛と硫酸から電子を受け取る 2 価鉛イオン (Pb²⁺) への還元反応が同時に進行し、その際に移動する電子を電流として利用する変化と考えることができます。



ここで酸化剤の二酸化鉛も還元剤の金属鉛も生成する硫酸鉛も希硫酸に溶け難い固体ですから容易に接触しませんが、両者を図 5-7 の模式図のように電線で接続しますと酸化・還元反応が進行します。鉛蓄電池ではこの酸化剤と還元剤の酸化還元電位の差に相当する約 2V の起電力を持って電流が電線を通ります。この系に逆方向の電流を流しますと電子が反対方向に強制的に移動しますから、硫酸鉛から金属鉛と二酸化鉛と硫酸を生ずる逆反応が進行して鉛蓄電池は充電されます。式 5-7 から明らかなように、十分に充電されて多量の電気を蓄えている状態では希硫酸溶液の硫酸濃度が高くなりますし、放電が続き蓄電量が低くなりますと硫酸の濃度も低くなります。そのため自動車の修理工場やガソリンスタンドではしばしば比重計で電池内の希硫酸溶液の比重を測定して、車載の鉛蓄電池の充電状態を点検します。

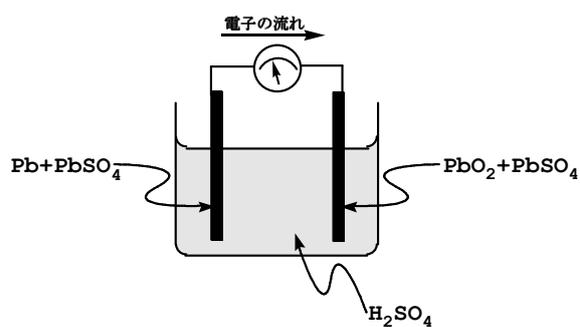


図5-7 鉛蓄電池

純な物質の中に粒子の大きさの異なる不純物を混ぜ込むときにこのような細密充填の現象が観測され、水の中に加えるお米のような固体と液体の場合ばかりでなく、硫酸を希釈して希硫酸を調製するような液体と液体が混ざり合う場合や、砂利と砂のように本質的な性質が同じでも粒子の大きさの異なる固体と固体が混ざり合う場合にも観測されます。この現象は不純物の性質に関係なく単に物質の大きさによりのみ影響されますから、混合物の体積が必ずしも純物質と不純物の体積の足し算にはならないことを示しています。