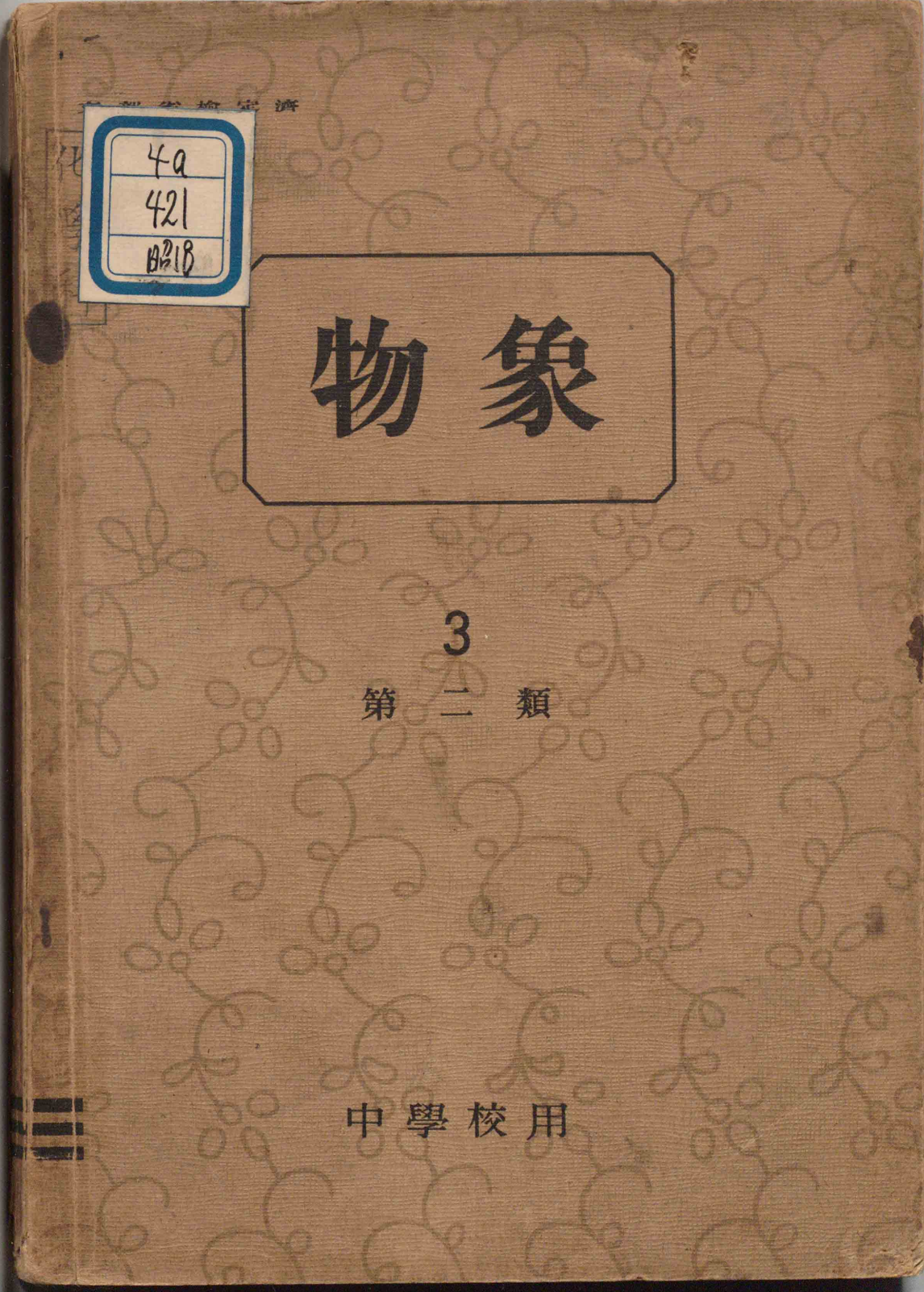
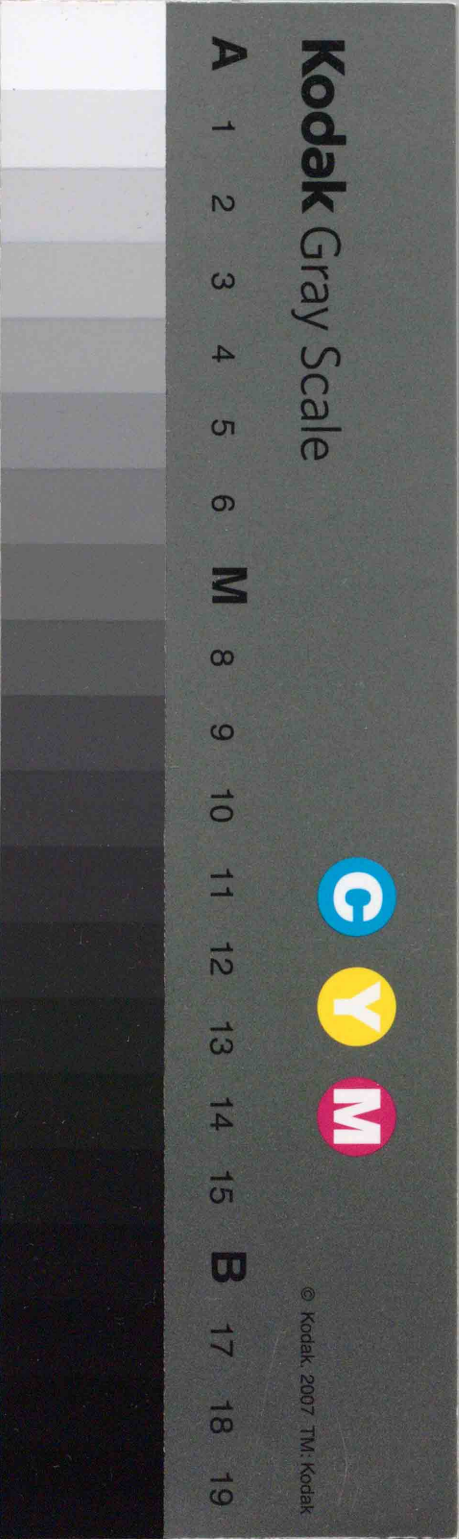
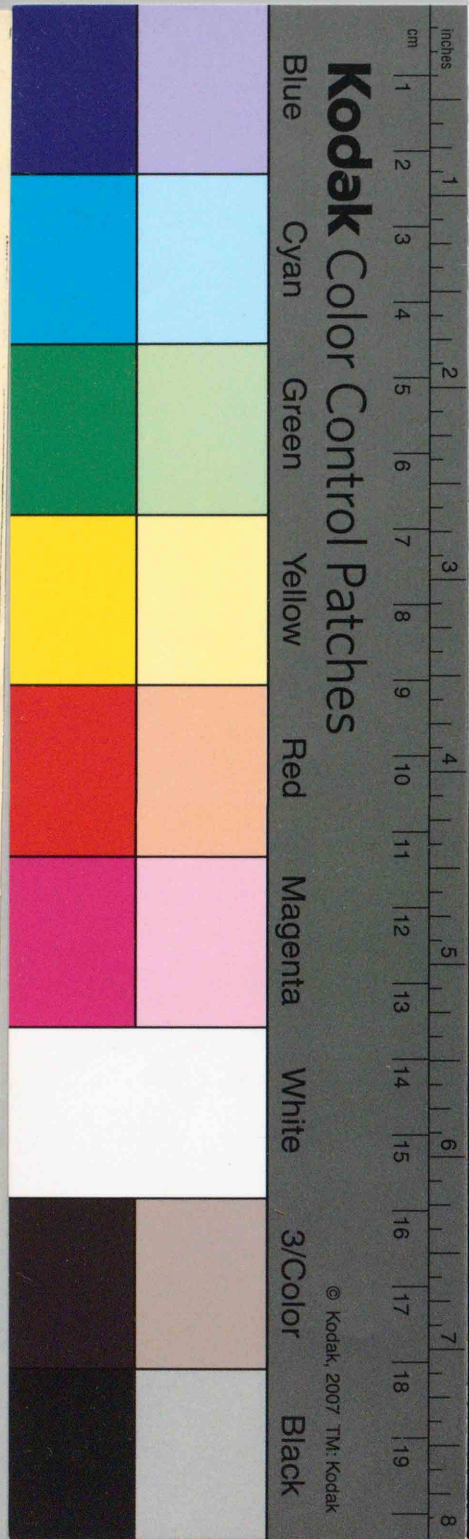


40354

教科書文庫

4
430
41-1943
20000 66281



4a
421
B21B



4a
421
BB18

浜本純逸寄贈

資料室

文部省檢定濟
昭和十八年五月三十一日 中學校理數科用

物象

中學校用

3

第二類



中等學校教科書株式會社

化學科

目 次

1. 物の變化と分子・原子	1
2. 食 塩	27
3. 酸・塩基・中和	41
4. 電離・イオン	56
5. 硫 黄	71
6. 硫化水素・亞硫酸ガス	79
7. 硫酸・觸媒	91
8. 硝 酸	106
9. アンモニア	114
10. 漂白劑	132
11. 燐	141
12. 砂と粘土	152
13. ガラス・陶磁器・セメント	165

1. 物の變化と分子・原子

1. 一つの考察

われわれはこれまでに物のさまざまな變化を學んで來た。まづ事象を觀察し、或は實驗して、事象のありのままの姿や、そこに行はれる法則を導くことを學んだのである。しかし一層よく考へてみると、物のさまざまな變化は、物質の内部にどんな仕組みがあつて行はれるかといふ疑問が起つて來る。例へば、水が蒸發して水蒸氣になる状態の變化や、水素が燃えて水を生じる實質の變化は、何かこれらの物質のもつ特別な構造によるものではないであらうか。このやうに考へることは、ちやうどわれわれが時計の針の動を見て、その中のどんな仕掛から、どのやうにして表はれるのであらうかと想像をめぐらすのと似てゐる。このやうに想像力を働かすこ

とは、自然を研究する上に於て非常に大切なことである。

時計ならばこれを分解して、中の仕掛を見ながら考へることができよう。しかし物質の構造は、これを直接に見ることはできない。酸素や水をいくら倍率の大きい顕微鏡でしらべてみても、それらの構造らしい何物をも見ることができない。それにも拘らず、われわれはこの場合、直接見ることもし、觸れることもできない微細なものの存在を假に想像して、それによる構造を考へてみる。さうして、その假想によつて實際の現象が果してうまく説明できるかどうかをためしてみる。しかもこれが事實によく合致するならば、やがて信賴することのできる理論、或は學説となるのである。

われわれがこれから學ぼうとする事柄も、このやうにして樹てられた學説である。この學説によつて、物質の性質や實質の變化の

有様が如何に説明されるかを知らう。

まづ手掛りとして二、三の著しい現象について考へてみよう。

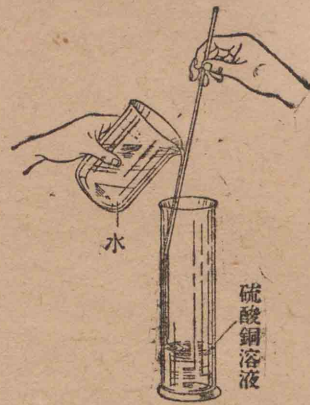
2. 溶解・擴散・滲透

一杯の水の中に角砂糖を入れて置くと、砂糖は次第に水の中にとけこみ、遂には一様に甘味のある砂糖水になる。このとき、砂糖がとけても全體の體積には大した變化のないところからみると、砂糖は水を組立ててある仕組の内部到る所に細かく分散してしまつたやうに思はれる。すべて固體物質が液體の中に溶解するのは、とけるものとしての固體が、とかすものとしての液體の中に細かく分散して、この兩者は互に非常に密に混り合ふものと考へられるのである。

〔實驗〕¹⁾ 1. 今ガラス圓筒にやや濃い硫

1) []を附けたものは、先生が主となつて行ふ實驗である。

酸銅の溶液を用意する。この上の方になるべく下の方をかきまぜないやうに注意して静かに水を注ぎ入れてみよう。このときどんなことが見



られたか。またこれを静かな場所に1, 2日放置して、どのやうな變化が起るか観察しよう。

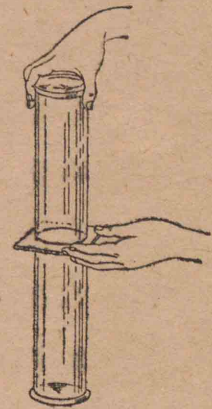
この実験で見られたことと同じやうな現象は、例へば水の上に静かにアルコールを注ぎ入れた場合にも起る。

これらの場合のやうに、相接する2液が自然に混り合つて、一樣の液體になる現象を擴散といふ。

擴散は氣體の場合には一層著しく行はれる。このことは、次の実験によつても知られる。

よう。

〔實驗〕 2. 圖のやうに、酸素を入れて蓋をしたガラス圓筒の上に、水素を入れたガラス圓筒をさかさに立てて置き、その間の蓋をとり去る。數分の後、兩方の圓筒に別々に點火してみよう。¹⁾

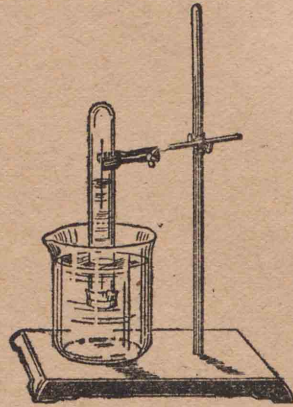


この實驗の結果から、酸素は水素の約16倍も重いに拘らず、兩方の氣體は自然に一樣に混り合ふことがわかつたであらう。このやうな現象は、他の氣體でも同じやうに認められる。

〔實驗〕 3. ビーカーに約15%の食塩水を入れる。また、別に蒸溜水を入れた試験

¹⁾ この際爆鳴氣の性質を想ひ浮かべよ。

管の口を膀胱膜でよく塞いだものを作り、これを食塩水の中にさかさに立てて暫く放置する。5—10分の後試験管を取り出し、膀胱膜を取りはづして、その中の水に硝酸銀を1滴たらしてみよ。



どんなことが見られたか。またこれはどう解釋されるであらうか。

ここに見られたやうに、膀胱膜などを通して擴散の行はれる現象を滲透といふ。

上の溶解や擴散や滲透の現象から、われわれは物質の構造についてどんなことを想像できるか。

3. 分子

現在では、すべての物質は、われわれの眼や

顯微鏡で見分けることができないほどの、非常に小さい粒子の集團であると考へられてゐる。さうしてこれらの粒子は、互にはなればなれになつて運動してゐる場合もあり、また一種の力によつて結びつけられてゐる場合もあるが、どちらにしても、粒子と粒子との間にはなほ多少の隙間があり、その隙間は空虚で眞空であつて、物質の質量はこれら粒子の中に蓄積されてゐるのである。

物質を構成してゐると考へられる微粒子を分子と呼ぶ。この分子は非常に小さくて、最も倍率の大きい顯微鏡でも見分けることができないほど小さいものである。

分子を球と看做して計算すると、その直徑は 10^{-8} cmの數倍に過ぎない。即ち、このやうな分子を一行に1000箇並べて、やつと顯微鏡で見ることのできる長さになるのである。今、假に西瓜を地球の大きさにまで擴大したと同じ割合で分子を擴大したとすると、分子

はやつと林檎と西瓜の中間ぐらゐの大きさに達するであらう。

氣體では、分子は廣い空間の中で、絶えず活潑な運動を續けてゐる。このやうに活潑な運動をしてゐる分子が、容器の壁に衝突すると、そこに壓力が生じる。液體では、氣體の場合と違つて、分子はよほど密集してゐるが、なほそれらは互にすべり合ふことができるほどの運動性をもつてゐる。

(問題) 1. 上のやうな考で、溶解・擴散・滲透の現象を説明してみよ。

4. 實質の變化と分子原子

このやうに、物質が微粒子からできてゐるといふことは、物質のさまざまな性質や働をよく理解させるのであるが、われわれが今まで學んで來た實質の變化も、またこのことから説明することができる。

さて分子は非常に小さいものであるに拘

らず、それ自身單一のものでなく、それは更に微小な粒子の集まつたものである。この微粒子を原子と呼ぶ。例へば水の分子は、その中に酸素の原子と水素の原子とを含んでゐる。これらの原子は、化合力と呼ばれる一種の力で互に結合されてゐて、容易に解かれない。

物質元素には、それぞれ固有の原子がある。例へば酸素には酸素原子、水素には水素原子、炭素には炭素原子がある。われわれはこれらを便宜の上から、それぞれの元素の記號で表はす。例へば、酸素の原子記號はO、水素の原子記號はH、炭素の原子記號はCである。¹⁾原子はそれ一つだけで存在することは稀であつて、幾箇かの同種、または異種の原子が互に結合して、一つの團體即ち分子を作る。例へば、酸素原子は2箇結合して酸素分子(これ

1) 卷末に普通の元素の原子記號が記されてある。

を O_2 で示す)を作り、水素原子は同様に2箇結合して水素分子(H_2)を作る。これらの分子は原子と違って、單獨で存在することのできるもので、普通の酸素または水素を構成する要素となるのである。

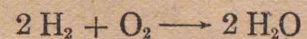
すべてある元素の分子は、同種の原子から結合してできるのに対して、化合物の分子は異種の原子が結合してできる。例へば、水の分子は水素原子2箇と酸素原子1箇とが互に結合したものであつて H_2O で示される。同様に炭酸ガスの分子は CO_2 、アルコールの分子は C_2H_6O で表はされる。これらの分子を表はす式を分子式といふ。分子式では、これを組成する原子記號を並べて記し、各原子の数をそれらの右下に小さく附記するならばしになつてゐる。

また二つの物質が互に反應して實質の變化を行ふのは、それらの分子の原子間の結合が解かれて、別な組合せによつて、新しい分子

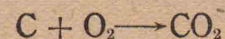
ができることと考へられる。例へば、水素と酸素とから水ができる反應では、2分子の水素と1分子の酸素とから、2分子の水ができる。即ち



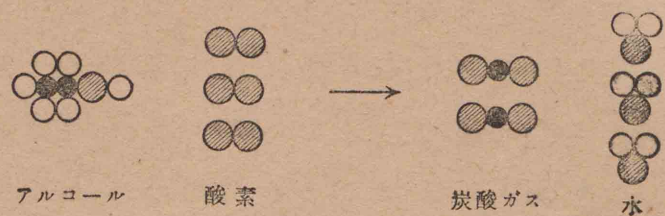
これを式で表はせば



また、炭素が燃えて炭酸ガスになる變化では、1原子の炭素が1分子の酸素と結びついて、1分子の炭酸ガスを作る。即ち



アルコールの燃焼では、1分子のアルコールが3分子の酸素と反應して、2分子の炭酸ガスと3分子の水とができる。即ち



5. 原子價構造式

ある原子が、他の原子の幾箇と結びつくかといふことは、それらの原子の個性から定められる。すべての原子の中で、水素原子は最も軽いもので、他の原子の2箇、或は2箇以上と結合することがない。そこで今、水素の原子を基準として、他の原子は水素原子の幾箇と結合する能力があるかを定めることとする。

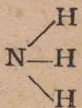
例へば上のやうに、酸素原子は水素原子の2箇と結合して水の分子(H₂O)を作る。また、窒素原子は水素原子の3箇と結合してアンモニアの分子(NH₃)を作り、炭素原子は水素原

子の4箇と結合してメタンの分子(CH₄)を作る。このやうに、ある原子が水素原子の幾箇と結合するかといふその數で、原子の結合能力を表はすことができる。これをその原子の原子價といふ。例へば、酸素原子の原子價は2、窒素原子の原子價は3、炭素原子の原子價は4である。もし、ある原子が直接に水素原子と結合しないやうな場合には、已に原子價の知れてゐる他の原子との關係から、間接にその原子價を定める。

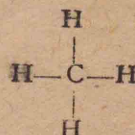
この原子價の考を入れて、上にあげた分子が構成されてゐる有様を、次のやうに示すことができる。この際、原子間の結合を線で示し、1原子がもつ線の數が、その原子價を示すこととする。



水

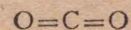


アンモニア

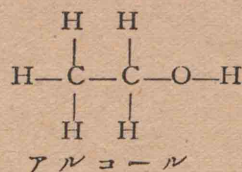


メタン

本夜
I



炭酸ガス



アルコール

このやうに、分子内での原子の配置を示した表式を構造式と呼ぶ。

6. 實質變化の諸法則の説明

さてそれぞれの原子は、どんな實質變化にあつても、その組合せは變はるが、それ自身が新にできたり、或はなくなつたりすることはない。随つて、實質變化にあづかる原子の數は、變化の前後で變はることはない。しかも、物質の質量はもともと原子にあるのであるから、反應の前後で原子の數が變はらないことは、結局質量の不變であることになるわけである。實質の變化で確められた質量保存の法則は、この理由によるものである。

また、原子は普通それ以上單純なものに分

新説 application 129
2001
後 2001

割することもない。随つて、ある化合物の分子を組織してある各原子は、必ず整數箇の比で含まなければならない。しかも、それら原子の箇數は、一つの化合物では一定のものである。例へば、水の分子では常に2箇の水素原子と1箇の酸素原子とが含まれてゐる。それ故、今水素原子の重量を h 、酸素原子の重量を o とすれば、水の分子の重量組成は常に $2h:o$ であり、これは水では一定のものである。

このやうに、ある化合物の分子を組成する原子の重量比は一定であるといふことから、先に學んだ定比例の法則が理解される。

2種の元素が化合して2種またはそれ以上の化合物ができる場合もある。次に、これについてしらべてみよう。例へば、水素と酸素との化合物には、水の外に過酸化水素と呼ばれるものがある。この2種の化合物の組成をしらべてみると、次のやうである。

水	過酸化水素
H=11.2%, O=88.8%	H=5.93%, O=94.07%
H:O = 1:7.93	H:O = 1:15.86

即ち過酸化水素では、同一量の水素と化合する酸素の量が、水の場合のちやうど2倍になつてゐる。

酸素と銅との化合物には、黒色の酸化銅の他に赤色の酸化銅もある。これは、天然の赤銅鑛の主成分である。この二つの化合物の組成は、次のやうである。

黒色酸化銅	赤色酸化銅
Cu=79.9%, O=20.1%	Cu=88.8%, O=11.2%
Cu:O = 1:0.252	Cu:O = 2:0.252

即ちこの場合、同一量の酸素と化合する銅の量の割合は1:2となつてゐる。また、炭素が燃焼してできる二つの酸化物、炭酸ガス及び一酸化炭素の組成は、次のやうである。

炭酸ガス	一酸化炭素
C=27.3%, O=72.7%	C=42.9%, O=57.1%



この場合も同一量の炭素と化合する酸素の量は、炭酸ガスでは一酸化炭素の2倍となつてゐる。

これらの例でわかるやうに、一般に2種の元素が、2種またはそれ以上の化合物を作る場合には、一方の元素の同一量と化合する他の元素の重量は、1:2:3……のやうな整数の比を保つ。これを倍数比例の法則といふ。

このやうな法則を成立たせる事実もまた原子及び分子の本性から考へてよく説明することができる。即ち原子はそれ以上に分けることができないものであるから、A-原子とB-原子とが結合していくつかの分子を作るとき、A-原子の定まつた數に對して化合すべきB-原子の數は、必ず1,2,3……のやうな整数で變化し、その中間の値をとることはないからである。

7. 分子量・原子量

原子は非常に小さいから、勿論その重さを直接に測ることはできない。しかし適当な基準を設ければ、いろいろな原子の重量の比較数を定めることができるのである。このことは分子でも同様である。原子の重量の比較数を原子量と呼び、分子の重量の比較数を分子量といふ。これらの数がわかれば、物質の變化を量的に取扱ふことができる便がある。それならばどんな手順で原子量や分子量を定めることができるのであろうか。この手續は實際になかなか複雑であるが、われわれはまづその結論を知つておくことにしよう。

われわれは次の法則に基づいて分子量を決定する。

すべて氣體は同溫度・同壓力で測られたときは、同體積の中に同数の分子を含む。

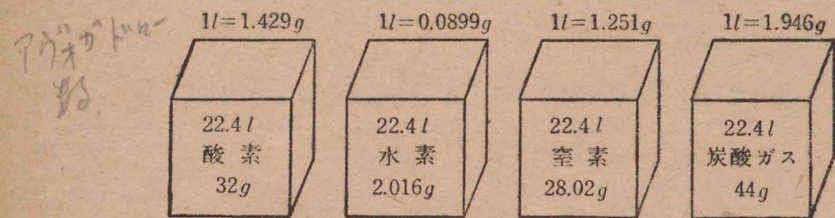
この法則はいろいろな實驗で確められたものであつて、氣體分子數の法則と呼ばれる。

この法則によれば、同溫度・同壓力でいろいろな氣體の同じ體積の重量を比べれば、その比較値がすぐにそれぞれの氣體の分子の重量の比較値となる。例へば0度、1氣壓で各1 lの酸素・水素・窒素及び炭酸ガスは、それぞれ1.429 g, 0.0899 g, 1.251 g 及び 1.946 g であるから、 $1.429:0.0899:1.251:1.946$ がこれらの氣體の分子の重量の比である。この場合われわれは便宜上比較の基準を酸素にとり、その分子量を¹⁾32.00と定める。すると上の比較値から、水素の分子量は2.016、窒素のそれは28.02、炭酸ガスのそれは44.01となる。

いま酸素32 gをとると、0度、1氣壓では、その體積は $32/1.429 \doteq 22.4$ (l)となる。また水素2.016 g、窒素28.02 g、炭酸ガス44.01 gをとると、

1) なぜ酸素の分子量を32.00と置くかは便宜上の問題であるが、今日では國際的にこのやうに定められてゐる。

- 同様にして約 22.4 l となることがわかるであらう。このやうに各氣體をそれらの分子量だけグラム単位でとれば、それらの體積はみな 0 度, 1 氣壓では約 22.4 l といふ一定の



22.4 l の氣體の重量

値をもつ。それ故 0 度, 1 氣壓で 22.4 l ある氣體の重量をグラム単位で表はす數が, その氣體の分子量となる。即ち分子量を M , 0 度, 1 氣壓での氣體の密度を 1 l につき $D g$ とすれば, 次の關係が成立つ。

$$M = 22.4 \times D$$

また酸素分子はその中に 2 箇の酸素原子を含むことが確められてゐるから, 酸素分子の重量の比較數を 32.00 とすれば, 酸素原子の重量の比較數は 16.00 となる。それ故酸素の

16.00 を基準として, 多くの元素の原子の重量の比較數即ち原子量が決定される。水素の原子量は 1.008, 窒素では 14.01 である。¹⁾

8. 分子式と反應方程式

一般にある化合物の分子式はどうして定められるのであらうか。

まづその化合物を分析して組成の重量百分率を定める。例へば分析の結果, 水では水素 11.19 %, 酸素 88.81 % である。これらの重量數を各元素の原子量で割つて, その比をとると, それが化合物の 1 分子中に含まれる原子數の比となる。即ち

$$H \quad 11.19 \div 1.008 = 11.10$$

$$O \quad 88.81 \div 16.00 = 5.55$$

によつて, 水 1 分子中の水素原子と酸素原子との數の比は $11.10 : 5.55 = 2 : 1$ であることが

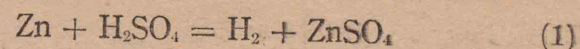
¹⁾ 主な元素の原子量は巻末の表に示されてある。

わかる。随つて水の分子式は最も簡単な形では H_2O であらうが、或はまた H_4O_2 , H_6O_3 ……であるかもしれない。これらの中で、どれが眞の分子式であるかを定めるためには、水の分子量を知らなければならない。さて 0 度、1 気圧では、水蒸氣の 22.4 l は約 18 g であるから、水蒸氣の分子量は約 18 である。このことから、水の分子式は H_2O ($2 + 16 = 18$) でなければならないことがわかる。

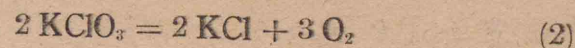
一般に氣體の状態にある物質では、氣體分子數の法則に基づいて、その分子量を定め、またその分子式を定めることができる。しかし揮發しにくい固體や液體では、この方法を用ひることができない。もつとも、それらの中で蔗糖のやうに適當な溶媒にとけるものは、別の法則によつてその分子量を決定できるが、さもないものでは分子量を定める方法がない。このやうな物質では、その物質を分析して得られた組成を最も簡単な式に表は

し、その分子式の代りとする。例へば、炭酸カルシウムに對しては $CaCO_3$ 、塩化亜鉛に對しては $ZnCl_2$ が與へられる。

上のやうにして各物質の原子記號、或は分子式が定まれば、實質の變化はこれらの式で簡単に表はすことができる。例へば亜鉛と稀硫酸との反應で、水素と硫酸亜鉛とを生じる反應は



また塩素酸カリウムを分解して塩化カリウムと酸素とを生じる反應は



これらの式で、左側は反應前の原物質を示し、右側は反應後の生成物質を示す。さうして兩側を等號で結びつけるのは、反應によつて原子の組合せは變はつても、その原子の數は左右で變はらないといふ質量保存の法則によるのである。

もし上例の(2)の反應で、この條件を考へな

いで單に反應に與る物質の關係だけを示すならば

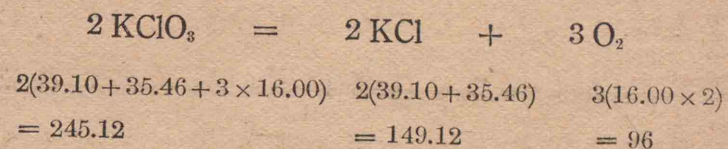


でもよい。しかしこれを上の式(2)のやうに等式にするためには、各物質の分子式に適當な係數を定め、左右の原子數が等しくなるやうにしなければならない。このやうに反應物質と生成物質との關係を等式で示したものを反應方程式といふ。

實際に、物質の量を測るにはグラムを用ひてゐるから、上の比較數にそれぞれグラムをつけて反應の量的關係を表はすのが便利である。1原子量或は1分子量を表はす數にグラムをつけた重量を、それぞれ1グラム原子或は1グラム分子といふ。1グラム分子は1モルともいふ。例へば亞鉛の1グラム原子は65.39g、水素の1モルは2.016gである。

反應方程式がわかつてゐると、次のやうな量的計算もできる。いま假に100gの酸素

を得るために、幾gの塩素酸カリウムが必要であるかを算定しよう。上記の(2)の反應方程式で



即ち245.2gの塩素酸カリウムからは96gの酸素を生じる。それ故100gの酸素を作るために必要な塩素酸カリウムの重量 x は

$$\frac{x}{245.2} = \frac{100}{96}$$

によつて $x = 255.3g$ と算定される。

なほ酸素のやうな氣體を取扱ふ場合には、重量で測るよりも體積で測る場合の方が多く、100lの酸素を得るためにどれだけの塩素酸カリウムがいるかといふやうな場合に出會ふことがよくある。

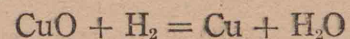
氣體を體積で扱ふ場合に、もし0度、1氣壓でないときは、氣體の法則によつて0度、1氣壓で占め

るべき體積に換算しなければならない。

(問題) 2. 硫酸亜鉛 $ZnSO_4$ に含まれる各元素の重量の百分率を求めよ。但し各元素の原子量は次の通りである。

$$Zn = 65.38 \quad S = 32.06 \quad O = 16.00$$

(問題) 3. 黑色酸化銅を水素で還元する場合の反應方程式は次のやうに示される。



2g の黑色酸化銅から幾g の銅が得られるか。但し $Cu = 63.57$ とする。

(問題) 4. 25kg のコークスが完全に燃焼するときに行き渡るはずの炭酸ガスの25度、1気壓での體積を求めよ。但しこのコークスは92%の炭素を含むものとする。

2. 食 塩

1. 海水と塩分

われわれは海水がしほからいことも、それが海水中に含まれてゐる食塩のためであることも知つてゐる。しかし海水は一體どれくらゐの食塩を含んでゐるのであらうか、またどんな方法でこれを採取するのであらうか、更に食塩は食用以外にどんなことに利用されるのであらうか。これらの問題について考究してみよう。

まづ海水を少しとつて、實際に食塩が含まれてゐることを確かめてみよう。

[實驗] 1. 100g の海水を蒸發皿¹⁾にとり、からからに煮詰めて、その残渣の重量を測つてみよう。次にこの残渣を味はつてみよう。

1) 海水の比重は常溫で約 1.03 である。

その主成分は確かに食塩らしく思はれるが、純粹な食塩と違つていくらか苦味がある。

この残渣の成分は平均大體右の表のやうな結果になつてゐる。この表から残渣の重さを計算し、上の實驗の結果と引合はせてみよ。

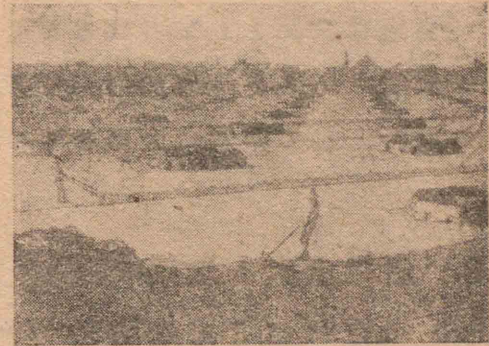
海水にいくらか苦味のあるのは、これらのマグネシウム化合物があるためである。粗製の食塩が空氣中で水分を吸つて、べとついて來るのもこのためである。

このやうに食塩は海水中の塩分の主成分であるから、海水が食塩の重要な資源として利用されることはいふまでもない。さて大規模に海水から食塩をとる場合に、蒸發乾涸

海水 100 g の組成	
水	96.50
食 塩	2.72
塩化マグネシウム	0.38
硫酸マグネシウム	0.17
硫酸カルシウム	0.13
炭酸カルシウム	0.01
塩化カリウム	0.08
臭化マグネシウム	0.01

を最も有効に、且つ經濟的に行ふためには、どんな條件が必要であらうか。

製塩法 わが國內地の製塩法は塩田法といつて、細砂を布いた塩田に海水を導き、水分を蒸發させて細砂の表面に塩分を附着させ、これを少量の



海水にとかし、釜で煮詰めて食塩をとる。釜の中に残る母液は苦汁にがりといひ、この中には多量の塩化マグネシウムを含んでゐる。

臺灣・關東州などでは海水を適當な水深の下で天日で蒸發させて食塩をとる所謂天日法が行はれる。北支那・ドイツ・ルーマニアなどでは地下に埋没してゐる岩塩の層から食塩をとつてゐる。

(問題) 1. 海水中に含まれる食塩の量を 2.7% として、1000 l の海水から得られる食塩の重量を求めよ。但し海水の密度を 1.025 とする。

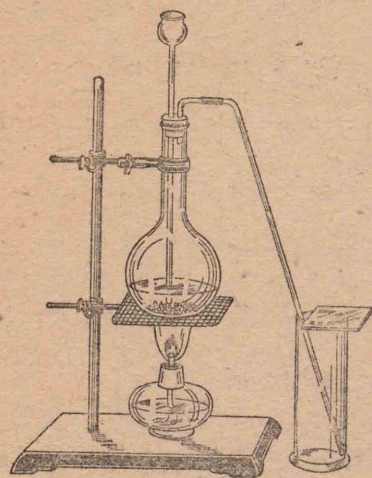
純粹な食塩はナトリウムといふ金屬元素と塩素といふ氣體元素との化合物であつて、塩化ナトリウムと呼ばれ、 NaCl で示される。

食塩は食品として必要なだけでなく、苛性ソーダ、炭酸ナトリウム、塩酸、塩素、晒粉などの工業薬品の原料として非常に大切なものである。

2. 塩化水素と塩酸

まづ塩酸がどんな方法で食塩からつくられるかを學ぼう。

〔實驗〕 2. 右のやうな装置でフラスコに食塩を入れ、これに靜かに硫酸を加へて徐々に熱する。間もなく發生してくる氣體が空氣中に放出され

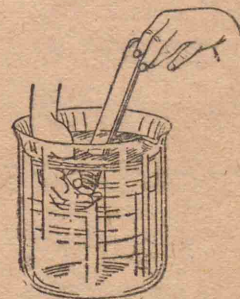


る有様を見よ。

この強い刺戟性の氣體は塩化水素と呼ばれる。圖のやうに誘導管を圓筒の下部まで入れて、暫く塩化水素を出すと、氣體は圓筒内の空氣と入れ換はつて、その中に充ちる。

〔考察〕 1. 上のやうな氣體を捕集する方法は塩化水素にどんな性質があるためであらうか。

〔實驗〕 3. 乾いた試験管に塩化水素を捕集し、堅く栓をしてからビーカーの水の中にさかさに入れ、水の中で栓をはづしてみよ。



またビーカーの水の中に豫め青色リトマス液を加へて置き、その變化を見よ。

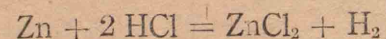
1) この際試験管の口を破損しないやうに注意せよ。

塩化水素は水にとけやすく、測定によると 1 cm^3 の水は常温で塩化水素の約 450 cm^3 を溶解する。この水溶液が塩酸なのである。

[考察] 2. 塩化水素が空气中で白煙を生じるのはなぜか。

塩酸は酸としては代表的なものであつて、一般に賣られてゐるものは、塩化水素約40%を含む。30%以上の溶液は濃塩酸と呼び、これを水で3,4倍にうすめると稀塩酸ができる。濃塩酸の壺の口を湿つた空气中で開くと盛に發煙する。

塩酸は水銀・銀・銅・鉛などを除く他の金属をとかして、水素を發生する。例へば亜鉛との反應は、次のやうに表はされる。



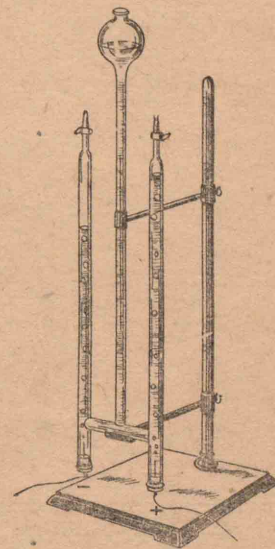
3. 塩化水素の組成、合成塩酸

塩化水素は塩素と水素との化合物であるが、その組成を確かめるために、塩酸を分解して

みよう。

〔實驗〕 4. 圖のやうな装置を用意する。

これに濃塩酸を入れ、炭素棒を兩極として、それらを電池の兩極につないでみる。さうすると電流が通じるであらうが、このとき陰極から水素が發生したことを確かめてみよう。また陽極から塩素が發生したこ



とを觀察しよう。その色を注意して見よ。

[考察] 3. この實驗で、陰極部には忽ち水素がたまつて來るに對して、陽極部に發生する塩素はなかなか管の上方にたまりないうで、大分時間がたつてから漸くたまり出すのは、塩素のどんな性質によるもので

あらうか。

この実験で、陽極部に発生した塩素は、塩酸中の塩化水素が分解してできたものと考えられることができるが、陰極部に現れた水素は、果して塩化水素が分解してできたのであらうか。

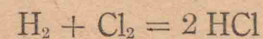
次に水素と塩素とを直接に化合させてみて、果して塩化水素ができるかどうかを確かめてみよう。

〔実験〕 5. 塩素ガスを充たした圓筒を用意する。別に水素発生器に誘導管をつけ、発生する水素に点火して静かに塩素のはいつてゐる圓筒の中に入れる。このときの焰の光輝の變化と、その圓筒中に新しく発生する氣體の性質とを觀察せよ。



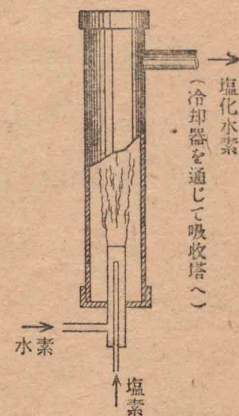
水素は塩素の中でよく燃えつづける。そ

の結果できる物質は、明らかに塩化水素である。即ち水素は塩素と直接に化合して塩化水素を作る。このときの反応は



で表はされる。¹⁾ 水素と塩素との反応のやうに、ある化合物がその成分元素の直接化合によつてできるやうな場合、その反応を合成といふ。

この合成反応は今日塩酸の工業的製造に用ひられる。即ち苛性ソーダ²⁾を製造するとき副産物として塩素ができるが、この塩素と水素とを直接化合させて塩酸を作るのである。このとき塩素及び水素の混合物に点火するとちやうど水素と酸素との混合物の場合のやうに爆発を起す



1) 塩素の分子式が Cl_2 であり、塩化水素の分子式が HCl であることは、それらの密度を測つて確かめられる。

2) これについては後に學ぶ。

が、圖のやうな装置で熔融石英製の反應管の中に餘分の水素を送り、その中で塩素を燃やすやうにすれば、爆發を起さないで、反應が行はれる。このときできた塩化水素は十分に冷やしてから吸収装置に送り、塩酸とする。このやうにして作られたものを合成塩酸と呼ぶ。合成塩酸は食塩と硫酸との反應で作られるものよりも純粹である。

〔實驗〕 6. 乾いた塩化水素を充たしたガラス管を水銀の上にさかさにたて、水を少し氣體の中に送る。すると塩化水素は忽ち水にとけて水銀は管内に上り、殆どこれを充たすやうになる。この管の中にマグネシウムの小片を押しこむと水素が発生し、その體積は管の高さの約2分の1になる。この實驗から、塩化水素の組成についてどんなことがわかるか。

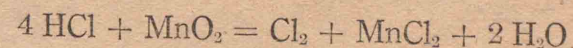
4. 塩素

われわれは食塩や塩化水素が塩素の化合

物であることを知つたが、塩素とはどんなものであらうか。これは自然界に遊離しては存在してゐないので、これを得るには化合物を分解しなければならない。

(問題) 2. 塩酸から塩素を遊離させるにはどんな物質を作用させたならばよいであらうか。

〔實驗〕 7. 塩酸と二酸化マンガンの混合物を熱すると、次のやうな反應で塩素が発生する。



この場合発生する塩素ガスは、塩化水素のときのやうに、下方置換で集める。この方法で塩素を作り、次の實驗を行つてみよう。

(1) まづ塩素の色や臭に注意せよ。¹⁾

1) このとき塩素を吸ひこまないやうに注意せよ。塩素は猛毒のガスで、空氣中に0.001%存在すれば肺に障害を及ぼす。

(2) 塩素の水にとける様子を観察し、且つできた水溶液の色を見よ。

(3) 銅箔をガラス棒にまいて塩素のはいつた圓筒の中に入れて、その変化を見よう。その生成物を水にとかし、その色に注意せよ。またその溶液に硝酸銀の水溶液2,3滴を加へて反応をみよう。

(4) 他の圓筒の塩素中にアンチモンの粉末を入れて見よう。



これらの實驗から塩素は他の元素と劇しく化合する性質のあることがわかる。塩素は水があれば金とでも化合する。

このやうな塩素と他の元素との化合物を一般に塩化物といふ。銅との化合物 (CuCl_2) は塩化銅、アンチモンとの化合物 (SbCl_3) は塩化アンチモン、金との化合物 (AuCl_3) は塩化金

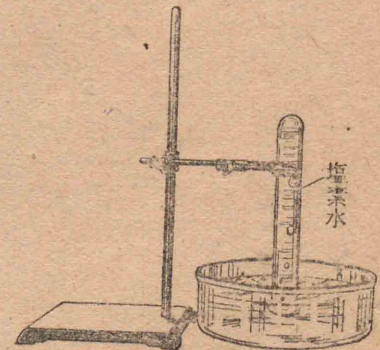
である。

さて、塩素が水素と劇しく化合して塩化水素となることは先の實驗で知つたが、塩素と水素との化合力は非常に強くて、塩素はしばしば化合物中の水素を奪ひとることができるのである。

〔實驗〕 8. 點火した蠟燭を塩素中に入れて、どんな變化が起るかを見よう。

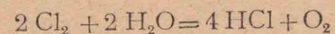
塩素は常温では水の體積の約3倍だけとける。塩素をとかした水を塩素水と呼ぶ。

〔實驗〕 9. 太い試験管に塩素水を充たし、これを食塩水中にさかさに立て、直射日光にさらして暫く放置すると試験管の上部に氣體が集まつて來るの



がわかるであらう。¹⁾ この氣體をしらべると酸素であることが知られるであらう。また残つた液の性質をしらべると酸性であることがわかるであらう。

この實驗から塩素水を日光にさらしたときの變化は塩素と水とが次のやうに反應して、塩化水素と酸素とを生じるためと考へられる。



この反應は普通ではなかなか起りにくいのであるが、日光や紫外線で速められる。

1) これにはかなり長時間かかる。

3. 酸・塩基・中和

1. 酸と塩基

われわれは酸やアルカリについて、今までに少し學んで來た。しかし、酸やアルカリは物質として普通のものであり、且ついろいろな點で重要なものであるから、もつと詳しくしらべてみよう。まづ酸とは何かといふ問題から始めよう。

[實驗] 1. 4本の試験管にそれぞれ約10 cm³の水を入れる。第一の試験管に塩酸、第二の試験管に硫酸、第三の試験管に硝酸、第四の試験管に醋酸をそれぞれ數滴入れて、よく混合してから次のことを試みよう。

- (1) 各液の1滴をとつて味はつてみよう。¹⁾
- (2) 各液に青色リトマス試験紙を浸し

1) 後で口内をすすげ。

て、その變化を見よ。

(3) 各液にマグネシウム粉末を少し加へ、その變化を觀察せよ。發生する氣體が水素であることをしらべよ。

上の實驗から塩酸・硫酸・硝酸及び醋酸に共通な性質が何であるかがわかつたであらう。

このやうな性質のある物質は、すべて酸と呼ばれる。

[實驗] 2. 蜜柑の汁や食酢や腐敗した牛乳などで、上と同じやうなことを試み、塩酸・硫酸などの場合と比較せよ。もし違ひがあるなら、それは何のためであるかを考へよ。

さて、マグネシウム¹⁾によつて水素を發生するといふことは、酸の重要な性質であつて、このことから、われわれは、すべて酸は水素を

1) 亜鉛やアルミニウムでも同様である。

むと推論することができる。

[考察] 1. 水素を含む化合物は必ず酸であらうか。

次に、塩基と呼ばれる物質についてしらべてみよう。

[實驗] 3. 3本の試験管に別々にアンモニア水・苛性ソーダ液・石灰水を少しづつ入れ、次のことを試みよ。

(1) 各液に赤色リトマス試験紙を浸して、その變化を見よ。

(2) 各液をガラス棒で指頭に塗り、他の指頭との間で擦り合はして、その觸覺をためせ。

(3) 各液にフェノールフタレン1滴を加へて、その變化を見よ。

上の實驗から、これらの物質に共通な性質は何であるかがわかつたであらう。

このやうな共通の性質のある物質は、一般

に塩基と呼ばれる。塩基の特徴は苛性ソーダの式 NaOH で示されてゐるやうに、その中に金属元素と OH -原子團¹⁾のあることである。苛性ソーダは水酸化ナトリウムともいふ。

2. 中和

苛性ソーダ液で一度青變した試験紙を、稀塩酸に入れてみる。更にこれを再び苛性ソーダ液に入れてみる。

この場合の色の變化は、このやうに何回でも繰返して行ふことができる。この事實を一層はつきりさせるために、更に次の實驗を試みよう。

[實驗] 4. 固體の苛性ソーダ約 1g を、小さいビーカーの中で約 20 cm^3 の水にとかせ。苛性ソーダはよく水にとけるかどうかをみよ。

1) 水酸根と呼ぶ。

[實驗] 5. この苛性ソーダ液にリトマス液を少し加へて着色せよ。次に、ガラス棒でかきまぜながら稀塩酸を少しづつ加へていく。やがて液の色は赤に變はるであらう。今度は苛性ソーダ液を少しづつ加へる。色は再び青に變はるであらう。

この操作を十分注意して行ひ、塩酸か苛性ソーダのどちらかが僅か 1, 2 滴でもよけいにはいると、液の色が急に變はることを觀察せよ。さうして、液の色がちやうど青と赤との中間の紫色になるところを見つけよ。

上の實驗で見られたやうに、塩酸と苛性ソーダとは互に他の性質を打消し合ふ働がある。さうして兩方が適當な割合で混和して、溶液が酸の性質も塩基の性質も示さない状態になつたとき、塩酸または苛性ソーダは互に他によつて中和されたといふ。

苛性ソーダのやうに、水にとけやすい塩基は特にアルカリと呼ばれる。

[実験] 6. 実験5で、苛性ソーダ液と塩酸とを混和して、僅かに赤色を示す程度の液ができたならば、今度はこれを蒸発皿にとり、金網または砂皿の上へのせ、ガラス棒でかきまぜながら、静かに熱し、液が蒸発するにつれて、皿の縁に現れる現象を観察せよ。液が蒸発してしまつた後に残る白色の物質を味はつてみよ。また、その結晶を蟲めがねで観察せよ。

3. 塩

上の実験から、塩酸と苛性ソーダが中和すれば、食塩ができることがはつきりわかつたであらう。

(問題) 1. このときの反応方程式を記

1) リトマスで少し着色してゐるかも知れない。

してみよ。

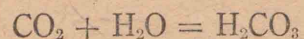
苛性ソーダで硫酸を中和すれば、食塩の代わりに硫酸ナトリウム Na_2SO_4 ができる。また醋酸で中和すれば、醋酸ナトリウム $\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ ができる。また苛性ソーダ液の代わりに石灰水を用ひれば、塩酸では塩化カルシウム CaCl_2 、硫酸では硫酸カルシウム CaSO_4 ができる。これらはすべて^{えん}塩と呼ばれる。

塩基と酸との中和の結果は、いつも塩と水とができる。随つて、塩は塩基の中の金属酸の中の水素以外の部分とが結合したものであることがわかる。

[考察] 2. このやうに、いろいろな塩基及びいろいろな酸の組合せで多くの塩ができる。實際に存在する酸や塩基の種類も多いが、塩の種類はそれよりも遙かに多い。なぜであらうか。

さて、中和によつて生じる塩には、水にとけるものもあり、とけないものもある。

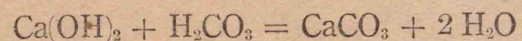
炭酸ガスを水にとかしたいはゆる炭酸水は、弱い酸の性質をもつてゐる。これは次の反応で、炭酸といふ酸が生じたためである。



炭酸水を熱すると、上の反応が逆に行はれて炭酸ガスを発生する。

炭酸ガスの生じたことをしらべるのに、われわれはよく石灰水を用ひて白い濁をつくらせたが、そのときの反応を考へてみよう。

已に知つてゐるやうに、石灰水は消石灰¹⁾を水にとかしたときの上澄液で、一種の塩基であるから、これに炭酸ガスを通じるときにも、やはり中和反応が起るわけである。



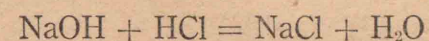
この場合にできる塩 CaCO_3 (炭酸カルシウム) は、食塩のやうに水にとけやすくないために、白く濁つて沈澱する。

1) 水酸化カルシウムとも呼ばれる。

4. 酸・塩基の當量

中和の反応を應用すれば、溶液の中に含まれる酸または塩基の量を測ることができる。このことについて考察を進めよう。

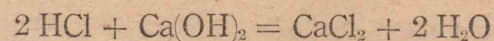
苛性ソーダと塩酸との中和反応



では、苛性ソーダの 40.01g (1 モル) と塩化水素の 36.47g (1 モル) とが互に過不足なく化合する。苛性ソーダと硫酸との中和反応



では、苛性ソーダ 40.01g (1 モル) が硫酸 49.04g ($\frac{1}{2}$ モル) とちやうどよく化合する。また、塩酸と石灰水との中和反応



では、塩化水素 36.47g (1 モル) と水酸化カルシウム 37.04g ($\frac{1}{2}$ モル) とがちやうどよく化合する。

このやうにして、苛性ソーダの 40.01g、塩化水素の 36.47g を基準にして、これと過不足な

く化合する酸または塩基の重量を求めると、次のやうな値が得られる。

塩酸	36.47g	苛性ソーダ	40.01g
硫酸	49.04	苛性カリ	56.11
硝酸	63.02	水酸化カルシウム	37.04
炭酸	31.01	水酸化バリウム	85.69

これらの比較数はそれぞれの酸、または塩基の當量と呼ばれる。グラムを單位とする1當量に相當する重量を、1グラム當量といふ。塩酸・硝酸・苛性ソーダ・苛性カリなどでは、1グラム當量は1モルと一致するが、硫酸・炭酸・水酸化カルシウムなどでは1グラム當量は $\frac{1}{2}$ モルに相當する。

酸または塩基の溶液の濃度を溶液 1l 中のグラム當量數で表はす場合、それを規定度といふ。例へば、1l 中に塩化水素 36.47g を含む溶液、1l 中に苛性ソーダ 40.01g を含む溶液、1l 中に硫酸 49.04g を含む溶液はどれもみな1規定の溶液である。

5. 酸・塩基の定量

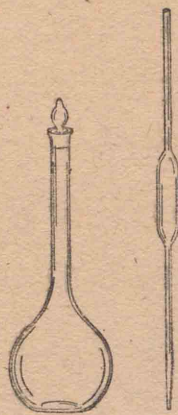
今、假に1規定のある酸 10cm^3 を同じく1規定のある塩基で中和すれば、ちやうど同じ容積 10cm^3 があるはずである。しかし、1規定の酸の 10cm^3 を $\frac{1}{2}$ 規定の塩基で中和すれば 20cm^3 を要し、2規定の塩基で中和すれば 5cm^3 ですむことになる。このやうに、互に中和する酸及び塩基の體積の比は、一般にそれぞれの規定度の反比に等しくなる。それ故、今酸及び塩基の規定度を N 及び N' とし、中和に要するそれぞれの體積を V 及び V' とすれば、次の關係式が成立つ。

$$NV = N'V'$$

この關係から、 N 或は N' のどちらか一方がわかつてゐる場合、 V 及び V' を測定によつて定めれば、まだわかつてゐない濃度を決定できるわけである。このやうにして酸または塩基の濃度をきめる方法を酸定量または塩基定量といふ。

実際にどうしてこの定量を行ふかを実験してみよう。

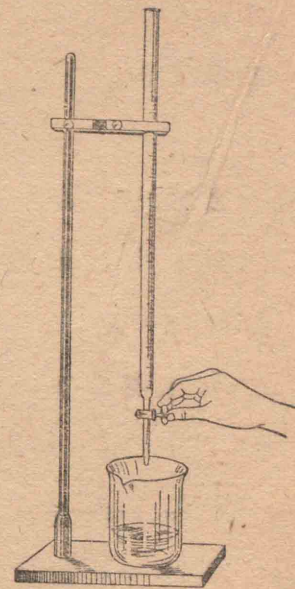
〔実験〕 7. まづ初に濃度の定まつた溶液(標準溶液)を作らなければならない。それには、圖のやうな定容フラスコを用ひ、酸または塩基の一定量を天秤で正確に測つて入れ、それに蒸溜水を入れてよく振つてとかしながら水をちやうど目盛のところまで入れる。



定容フラスコ
とピペット

この溶液をビュレットに入れ、活栓を開いて液を少し流し出し、活栓の先端まで液を充たして活栓をしめ、液面の目盛の位置をよむ。別に濃度を測定しようとする塩基または酸の溶液の一定量をピペットで測りとり、これをきれいに洗つたビーカーまたは圓錐フラスコに入れ、フェノールフタ

レン・リトマス・メチルオレンジ¹⁾のやうな指示薬を加へて、ビュレットの下に置く。注意しながら標準溶液を滴下して中和する點を見出し、用ひた標準溶液の體積を測る。



ビュレットで滴定

この體積がわかれば、前の式の關係から測らうとする溶液の濃度が計算されるのである。

(問題) 2. 苛性ソーダ4gを水にとかし、これを1規定の塩酸で中和しようとするれば、どれだけの塩酸がいるか。

(問題) 3. $\frac{1}{10}$ 規定の稀塩酸 30 cm^3 を中和するのに、苛性ソーダ溶液 12 cm^3 を要し

1) メチルオレンジは酸性では赤色、塩基性では黄色となる。

た。この溶液 1l 中に幾g の苛性ソーダを含むか。

6. 溶液の濃度の表示法

溶液の濃度を表はすには、普通次の方法が用ひられてゐる。

(1) 百分率(%) 溶液 100g 中の溶質の量を g 数で表はす。

(2) モル濃度 溶液 1l 中に含まれてゐる溶質の量をモル数で表はす。例へば塩酸 1l 中に塩化水素 HCl 36.47g を含む溶液、或は稀硫酸 1l 中に硫酸 H_2SO_4 98.08g を含む溶液はどれも 1 モルである。

(3) 規定濃度¹⁾ 先に知つたやうに、溶液 1l 中に含まれる溶質の量を、そのグラム當量数で表はしたものである。

(4) 比重濃度 ある溶液のある温度での比重と濃度(多くの場合%)との関係を初に詳しく測定

1) 1 規定を 1-N と略記する。

して表を作つて置く。次に比重¹⁾だけを測つて、上の表から濃度の値を知る。この方法は簡便なので、試験所や工場などで用ひられてゐる。

(問題) 4. 30% の苛性ソーダ溶液は幾モルの濃度であるか。但し、この溶液の比重を 1.332 とする。

(問題) 5. 酸や塩基を定量するときには、それらの濃度をモル濃度などでなく、規定濃度で表はすのが便利である。これはなぜであらうか。

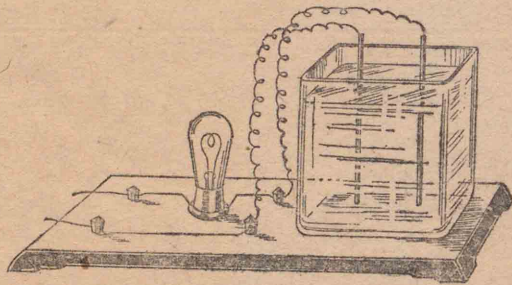
1) 比重の測定には、普通浮秤が使はれる。

4. 電離・イオン

1. 電解質

われわれは先に水に硫酸を少し加へ、電流を通じて、これを分解した。また濃塩酸に電流を通じて、その組成をしらべた。さてどんな物質の水溶液でも電流を通じるであらうか。

〔実験〕 1. 圖のやうに、一つの容器に試験する溶液を入れ、この中に2本の白金線を電極としてさ



しこむ。電流が通じたかどうかをみるために、回路に電球¹⁾を挿入して、直流電源につ

1) この電球は同時に電気抵抗ともなる。

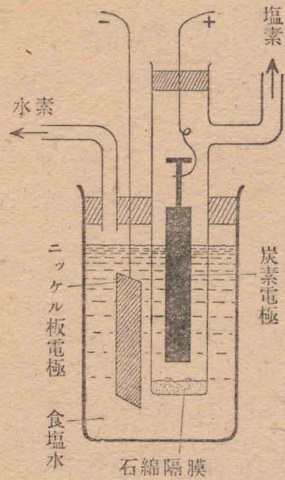
ないでみよう。試験溶液には食塩・塩化水素・苛性ソーダなどの溶液の他、アルコール・蔗糖などの溶液を用ひる。

食塩・塩化水素・苛性ソーダのやうに溶液となつて電氣を導くものは、一般に電解質と呼ばれ、またアルコール・蔗糖のやうに溶液となつて電氣を導かないものは非電解質と呼ばれる。

これらの電解質の水溶液に電流が通じるとき、それぞれの電極の近くを観察すると、そこに氣體が発生してゐることに氣づくであらう。これは電流が通じるにつれて、それらの物質間に實質の變化が起つてゐることを示すものである。これが電氣分解と呼ばれる現象である。

いま食塩水に電流を通じる場合、どんな實質の變化が起るかを更に詳しくしらべてみよう。

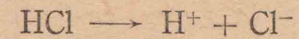
〔実験〕 2. 圖のやうな装置を作つて食塩水に電流を通じてみよう。この際、電流の通じるにつれて、陽極部には塩素、陰極部には水素が発生することを観察せよ。陰極の近くにフェノールフタレンを1滴落してみよ。



このやうに電解質溶液に電流が通じると、電極部ではいつも實質の變化が行はれるのである。それ故、溶液が電氣を通じる場合は、銅線が電氣を通じる場合と何か違ふのであらう。このことをよくしらべていくと、溶液の中に電氣をもつた粒子が存在することを結論しなければならないやうになるのである。

2. 電離説

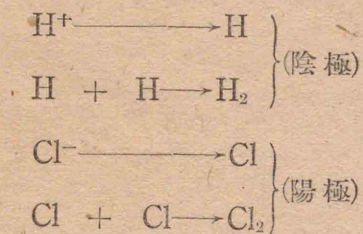
電離説によると、電解質の分子は水溶液中で、陰陽の電氣をもつ原子または原子團にわかれてゐるといふ。例へば塩酸では、



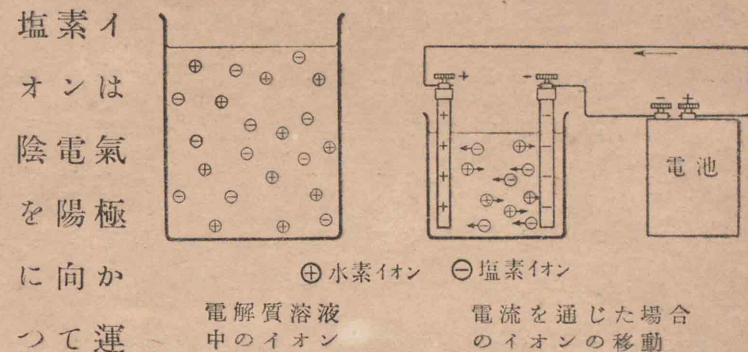
のやうに、正電氣をもつ水素原子と負電氣をもつ塩素原子とにわかれてゐる。この現象を電離といふ。これらの電氣をもつた粒子を一般にイオンと呼び、正電氣をもつものを陽イオン、負電氣をもつものを陰イオンといふ¹⁾。さうしてイオンは水の中で水の分子と同じやうに不規則な運動をしてゐるのである。しかし、例へば塩酸に電極をさし入れて電流を通じると、これらの粒子の中、正電氣をもつ水素イオン H^+ は忽ち陰極に向かつて移動し、同時に負電氣をもつ塩素イオン Cl^- は陰極に向かつて移動し始める。

1) イオンは原子または原子團の記號の肩に+または-のしるしをつけて表はす。

さうして水素イオンは陰極に達すると、そこで放電して中性の水素原子となり、同様に塩素イオンは陽極に達して中性の塩素原子となる。しかるにこのやうにしてできた水素原子(H)も塩素原子(Cl)も遊離した状態では、非常に不安定なものであるから、それぞれ直ちに2箇ずつ結合して水素分子(H₂)或は塩素分子(Cl₂)を作る。この結果、陰極には水素ガスが、陽極には塩素ガスが発生するのである。随つて、この變化は次のやうに表はされる。



このやうにして電流の通過につれて、塩酸は分解されて水素と塩素とになる。これと同時に溶液内ではイオンの移動が行はれる。水素イオンは陽電氣を陰極に向かつて運び、



塩素イオンは陰電氣を陽極に向かつて運ぶ。このイオンの移動は電氣が通じてゐる間つづく。このやうにしてイオンが活潑に電氣を運ぶために、溶液中に電流が通じるのである。

非電解質では、その分子が溶液中でイオンにわかれることがない。随つて電池につないでも電流は流れず、また物質の分解も行はれない。

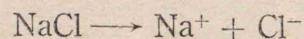
電氣を帯びた原子または原子團がイオンとして安定に存在することができるといふことは、一見不思議に思はれるが、これは次のやうに考へられてゐる。

原子が物質の構成要素として存在するやうに、

電氣にもまた最小の單位の電氣のあることが認められてゐる。この單位の電氣は電子と呼ばれ、負電氣の最小量である。この電子はそれだけでも存在できるが、多くの場合物質とともに存在し、しかも原子から原子へと移動することができる性質をもつてゐる。

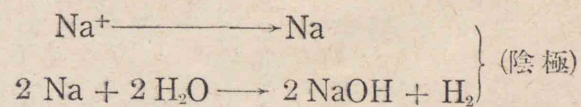
原子はそれ自身が電氣的の構造をもつてをり、すべての原子には正の電氣を帯びた核があつて、その周圍に核の正電氣を中和するだけの電子がとりまいてゐる。それらの電子の中のあるものは比較的容易に原子からはなれたり或はついたりする。中性の原子が1箇の電子を失へば、1價の陽イオンとなり、反對に他から1箇の電子をもらひうければ、1價の陰イオンとなるのである。

次に食塩溶液に電流を通じたときの變化を考へてみよう。食塩溶液では



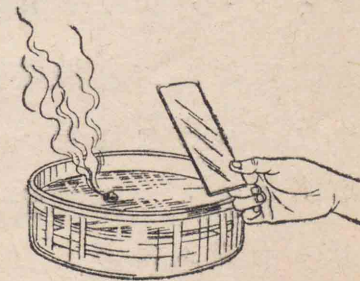
のやうに電離によつてナトリウムイオンと塩素イオンとが存在する。これに電流を通じると負電氣をもつ塩素イオンは陽極に向

かつて移動し、そこで放電して塩素原子となり、更に塩素分子を作る。随つて陽極からは塩素ガスが発生する。また正電氣をもつナトリウムイオンは陰極に向かつて運動し、そこでナトリウム原子となる。しかるにナトリウム原子(Na)は非常に活潑で、直ちに水と反應して水素を発生すると同時に、苛性ソーダを作る。陽極の近くでフェノールフタレンが紅色に變はるのは、このためである。このときの變化は、次のやうに示される。



實際にナトリウム原子が水と劇しく反應することは、次の實驗で知られるであらう。

〔實驗〕 3. 水盤
に水を入れ、これに
ナトリウムの一片
を投じてみよう。



次にフェノールフタレンを 2,3 滴加へてみよう。

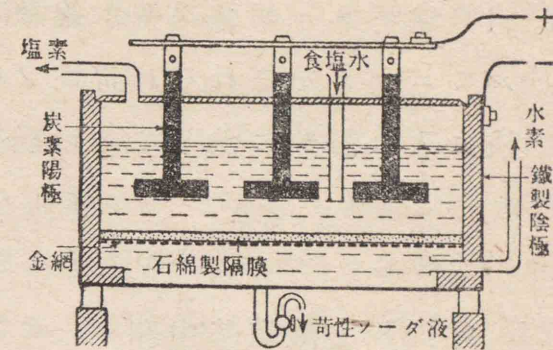
ナトリウムは火を發して水と反應し、水素を放出すると同時に、苛性ソーダを生じる。實際にこの溶液を煮つめて水を蒸發させると後に固體の苛性ソーダが得られる。

3. 苛性ソーダ

われわれは食塩の電氣分解で苛性ソーダのできることを知つたが、この方法は工業的に苛性ソーダを製造するのに、利用されてゐる。しかしここに考へなければならぬのは陰極にできる苛性ソーダが、陽極にできる塩素と觸れると互に反應してしまふことである。これを防ぐためには、電解槽で陽極部と陰極部とが直接接觸しないやうに工夫されなければならない。

[考察] 隔膜法はその一つであるが、次の圖についてしらべてみよ。

この方法で陰極部に溜まつて来る苛性ソーダ溶液を取出し、こ



苛性ソーダ製造の装置

れを煮つめれば、苛性ソーダの固體が得られる。

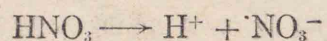
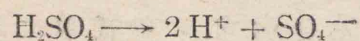
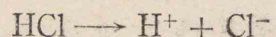
苛性ソーダは白色の脆い固體で、普通棒状或は小粒として賣られてゐる。よく水にとけ、強い塩基性を示す。空氣中に置くと水分や炭酸ガスを吸収する。濃い溶液は非常に腐蝕性が強く、動植物質特に動物質¹⁾に作用してこれを分解する。亞鉛・アルミニウム・マグネシウムなどの金屬も苛性ソーダによつて冒される。

1) 皮膚を糜爛させるから取扱には十分注意しなければならない。

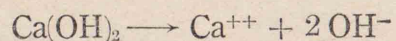
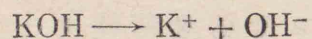
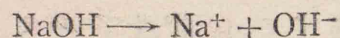
〔實驗〕 4. 絹絲・毛絲・木綿絲・亞鉛及びアルミニウムをそれぞれ苛性ソーダの濃溶液に入れ、靜かに熱して、その變化を觀察せよ。

4. 電離説と酸・塩基・中和

一般に酸及び塩基は電解質であり、これらは水溶液中では、イオンにわかれてゐる。いま數種の酸についてその電離の有様を示せば



また塩基については



H^+ , Na^+ , Cl^- , OH^- のやうに 1 箇の電荷をもつものを 1 價のイオンといひ、 Ca^{++} , SO_4^{--} の

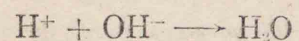
やうに、2 箇の電荷をもつものを 2 價のイオンといふ。

ここに注意しなければならないことは、酸では電離の結果いつも水素イオン (H^+) を生じることであり、塩基ではいつも水酸イオン (OH^-) を生じることである。それ故、酸とは電離によつて水素イオンを生じるものであり、塩基とは水酸イオンを生じるものであると定義することができる。酸の特性は結局水素イオンによるのであり、塩基の特性は水酸イオンによるのである。さうして酸の強度は溶液中の水素イオンの濃度で定まり、塩基の強度は水酸イオンの濃度で定まる。¹⁾ 塩酸や硝酸が強酸であるのは、その電離の程度が大きいためであり、醋酸や炭酸が弱いのは、それが小さいためである。

1) いろいろな酸をモル濃度で等しい溶液にしても、その種類によつてイオンに電離する程度が違ふために酸としての強弱が現れる。

次に中和の現象を電離説で考へてみよう。例へば塩酸と苛性ソーダの溶液を混ぜると、その中には、4種のイオン即ち Na^+ , Cl^- , H^+ , OH^- が存在するのであるが、それらの中の H^+ と OH^- とは特別に結びつきやすく、直に水をつくつてしまふ。もし溶液中に H^+ と OH^- とがちやうどそれぞれの當量の比 (1:17) で存在すれば、その溶液は酸性でも塩基性でもなくて、中性となる。

それ故、中和は、結局次の反應に歸着することになる。

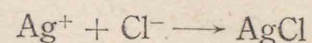


一方混合溶液中の Na^+ 及び Cl^- は NaCl の電離が殆ど完全に行はれるために、イオンのままで溶液中に存在する。随つて塩酸と苛性ソーダとの中和でできるものは、食塩の溶液と同じものになるわけである。

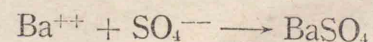
中和反應ばかりでなく、水溶液中で起る電解質の間の反應は、一般にイオン間の反應と

みることができる。

先に食塩が水にとけてゐることをしらべるのに、硝酸銀 AgNO_3 の溶液を加へてみた。このとき白色沈澱が生じたのは、硝酸銀の電離によつて生じた Ag^+ と食塩の電離によつて生じた Cl^- とが結びついて不溶解性の塩化銀 AgCl を生じたためである。



また硫酸バリウム BaSO_4 も溶解度が非常に小さいので、 SO_4^{--} を含む溶液に塩化バリウム BaCl_2 の水溶液を加へると、次のイオン反應によつて白色沈澱を生じる。

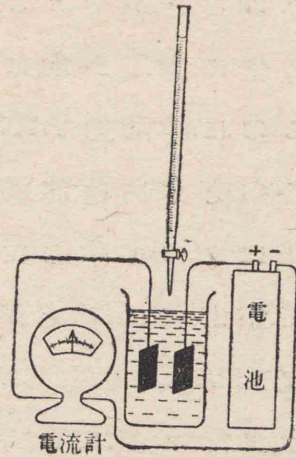


(問題) 1. 苛性ソーダ或は硫酸の水溶液に電流を通じればどんな變化が起るか。それぞれの場合について、反應方程式を示せ。

(問題) 2. 次頁の圖のやうな装置でビーカーの中に水酸化バリウム溶液を入れ、

ビュレットから徐々に稀硫酸を落す。このとき電流計のよみが次第に減つて来て、遂に0になり、後にまた次第に増して来るのを見るであらう。

この事実を説明せよ。

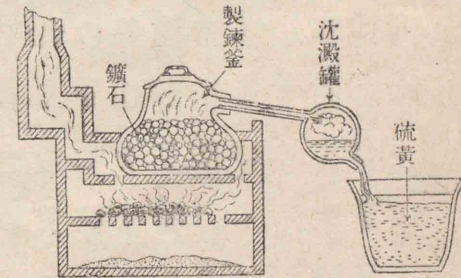


5. 硫黄

1. 硫黄の採取

硫黄は火山國に生まれたわれわれにとつて親しみのあるばかりでなく、工業上にも重要なものである。まづその採取・精製についてしらべてみよう。

火山地方に産出する硫黄は土砂・岩石などが混じつてゐるから、硫黄の含有量の少いものはまづ適當な選鑛法で一定の含有量以上にする。次に鐵製の釜に入れて硫黄の沸點以上に熱すると、硫黄だけが蒸溜されて来るから、この蒸氣を集めて別の所で硫黄の融點近くまで冷却すると液狀になる。これを適當な型に汲みこんで固化させると、棒



状の硫黄ができる。

硫黄蒸気が急に冷やされて、中間で液状硫黄の形をとらないで、直に粉末となつたものを硫黄華といふ。

2. 硫黄の性質

次に、一般に賣られてゐる硫黄について、その性質をしらべてみよう。

[實驗] 1. 硫黄の色・味・臭・比重・硬さ・脆さ、水に對する溶解性をしらべよ。また、火をつけてその様子をしらべよ。

[實驗] 2. 棒状硫黄の小片を粉末にして試験管に入れ、これに $5-10 \text{ cm}^3$ の二硫化炭素¹⁾ CS_2 を注ぎ、よく振つてとかし、この溶液を濾して²⁾ 時計皿にとる。時計皿の上

1) 引火性の有毒な液體であるから、取扱には注意しなければならない。

2) このとき濾紙は水でぬらしてはならない。

にビーカーをさかさにかぶせ、放置して二硫化炭素が徐々に蒸發するにつれて出て來る硫黄の結晶を蟲めがねで觀察し、それを圖にかいてみよ。

[實驗] 3. 試験管に半分ぐらゐ棒状硫黄を入れる。別に水を入れたビーカーと、濾紙をつけたろうとを用意して置く。小さい焰の上で試験管を廻しながら注意して硫黄をと¹⁾ かす。とけた硫黄が十分に流動性をもつまで熱する²⁾。この液體を濾紙の上に注ぎ入れる。間もなくそれが固まりかけたとき、なほ熔融状態にある部分をビーカーの水の中に入れる。直に濾紙を擴げ、そこにある結晶を蟲めがねで見よ。その形色・光澤を實驗2の場合と比べよ。なほ、その後ひきつづいてときどきこれを觀察し、その形に變化がないかどうか注

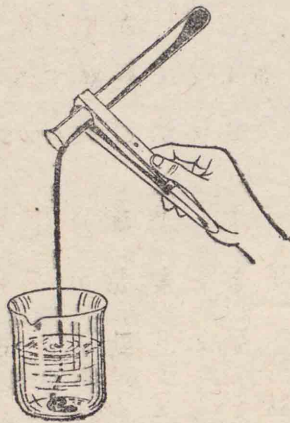
1) 硫黄は 115 度附近でとける。

2) この温度は大體 $120-160$ 度である。

意せよ。

〔実験〕4. 実験3で用いた試験管に、更にその2分の1ほどの體積の硫黄をとり、徐々に熱してとかす。更に熱して遂に褐色の蒸氣が盛に發生するやうになるまでの硫黄の状態の變化を細かく觀察せよ。¹⁾

〔実験〕5. 同じやうに、試験管に沸點まで熱した硫黄を、圖のやうにして多量の水の中に流し出せ。²⁾ 水中で固まつた硫黄を取出して、その性狀をしらべよ。これが二硫化炭素にとけるかどうかをためせ。また、このときできたゴム狀の硫黄を數時間乃至1, 2日放置して、その變化を見よ。

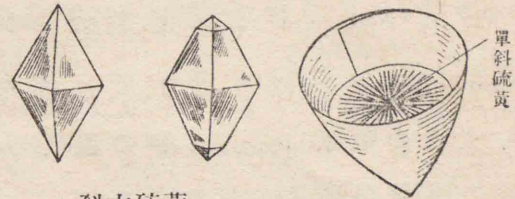


1) 硫黄の沸點は445度である。

2) このとき試験管をすばやく傾けないと、硫黄が固まつて口から落ちないことがある。

3. 硫黄の同素體

実験2でわれわれは硫黄の結晶がどんな形をしてゐるかを見た。注意して觀察すれば、それが圖



の右のやうな八面體であることがわかつたであらう。¹⁾

この八面體の結晶は斜方硫黄と呼ばれる。

自然に産する硫黄の塊も或は粉末硫黄・棒狀硫黄もよく觀察すると、細かい斜方硫黄の結晶の集であることがわかる。

次に実験3で見たやうに、とけた硫黄からできた結晶は一見針のやうであるが、注意して見ると、斷面が矩形の、先の尖つた細長い柱狀をしてゐて、明らかに斜方硫黄とは違つた

1) 先の實驗では、小さい結晶しかできなかつたが、規模を大きくし、特に溶液の溫度などに注意して實驗を行ふと、かなり大きい結晶を作ることができる。

結晶形である。これは單斜硫黃と呼ばれる。單斜硫黃は硫黃の融點(115度附近)と96度との間に保てば、いつまでもそのままであるが、96度以下では次第に斜方硫黃に移り變はる。

火山の噴氣口のすぐ側の温度の高い所ではしばしば單斜硫黃が見られる。

最後に實驗5で見たやうに、沸點近くまで熱した液狀の硫黃を水中で急に冷やすと、ゴムのやうに弾性のあるものができる。これはゴム狀硫黃と呼ばれ、結晶しない性質のもので、二硫化炭素にとけない。しかしゴム狀硫黃も安定なものではなく、時日が経つと次第に斜方硫黃に變はつてしまふ。

斜方硫黃・單斜硫黃・ゴム狀硫黃はどれもみな同じ硫黃といふ元素からできてゐるが、それぞれ違つた形態となつてゐる。このやうに、同一の元素からできてゐながら、違つた性質や形態をもつものを同素體といふ。

このやうな例は他の元素でも見られる。例へば、炭素には金剛石・石墨・無定形炭素の同素體がある。また酸素には通常の酸素の外にオゾンといふ同素體がある。

同じ元素は、同じ原子から成立つてゐるのであるが、元素によつては、これらが分子を作る場合に、1分子を作る原子數の違ひや、また結晶を作る場合に、その中の原子の配列が違つて、自然に性質や形態の違つたものができるやうになるのである。

[考察] 斜方硫黃・單斜硫黃・ゴム狀硫黃が、どれも同じ元素からできてゐるといふことは、どうして證明できるであらうか。

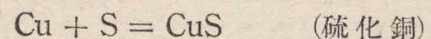
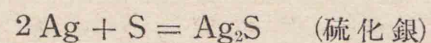
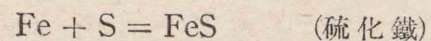
4. 硫化物

われわれは先に硫黃の粉末と鐵粉とをよく混ぜて強く熱すると、互に化合して硫化鐵ができることを知つた。更に他の金屬ではどうであるかをしらべてみよう。

[実験] 6. 磨いた銀板、または銅板の上に硫黄の塊をのせて1日放置せよ。¹⁾ また、熱した銅線を硫黄の蒸気に入れて、どんな変化が起るかを見よ。

この実験でわかるやうに、硫黄は高温では多くの金属と直接に化合する。

これらの反応は、次のやうに示される。



これらの生成物を一般に硫化物といふ。

これら金属の硫化物は、多く自然の鉱物として産出し、その中にはこれから金属を製錬する原料として大切なものが少くない。

1) この反応は温度を高くすると一層著しく現れるので、硫黄の鋭敏な検出法として役立つ。

6. 硫化水素・亜硫酸ガス

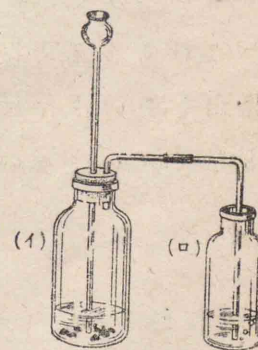
1. 硫化水素

硫化水素 H_2S には特有の不快感がある。ゆへに卵や硫黄泉といはれる温泉などでよく感じられる臭である。

硫化水素は硫黄と水素とを直接化合させてもできるが、実験室では普通硫化鉄 FeS と稀塩酸または稀硫酸とを反応させて作る。

[実験] 1. 圖のやうな装置の壺(イ)に約

10 g の硫化鉄を入れ、これに稀硫酸を加へ発生する気体を水を入れた壺(ロ)の中に通せ。間もなく硫化水素に特有の臭の気泡が出て来るであらう。¹⁾ この



1) 硫化水素は有毒であるから、その実験は十分通風のよい場所で行はなければならない。

とき硫化水素の一部は(口)の中の水にとけて硫化水素の飽和溶液ができる。これを硫化水素水¹⁾といふ。

〔実験〕 2. 実験 1 で発生してくる氣體に磨いた銅片を当て、その變化を觀察せよ。

〔実験〕 3. 実験 2 で硫化水素が出て来る管の先に、口を細く引きのばしたガラス管をつなぎ、發生する氣體に點火せよ。焰の色、燃焼してできるものの臭に注意せよ。この結果を硫黄の燃焼の場合と比べよ。

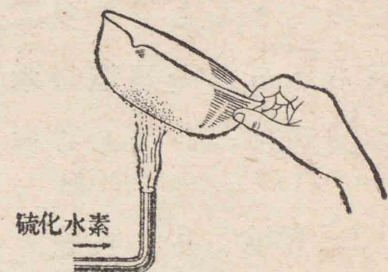
また焰を乾いたビーカーでおほうて、どんな現象が現れるかを觀察せよ。

・(問題) 1. これらの實驗の結果から硫化水素が完全に燃焼して、亞硫酸ガス SO_2 と水とになるときの反應方程式をかけ。

〔実験〕 4. 次に焰の上部に乾いた冷い

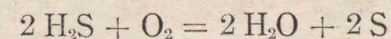
1) この液は後の實驗のためにとつて置く。硫化水素は常溫で水の體積の約 2.5 倍とける。

磁製の皿、またはガラス板をあててみよ。



上の實驗 4 で見られたやうに、燃焼の焰を磁製の皿、またはガラス板でさへぎると、硫黄が白色の粉末となつて出て来る。

この場合の變化は次のやうに行はれる。



〔考察〕 この際、硫黄が黄色でなく、白色に見えるのはなぜであらうか。その理由を考へてみよ。

2. 硫化水素による金屬硫化物の沈澱

われわれは、先に硫黄がいろいろな金屬と直接に化合することを知つた。また、硫化水素の中に磨いた銅片を入れたとき、金屬硫化

物のできることを見た。次に、硫化水素水をいろいろな金属塩の水溶液に加へるとき起る反応についてしらべてみよう。

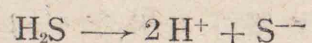
〔実験〕 5. 実験 1 で作った硫化水素水の一部をとり、これに青色リトマス試験紙を入れてみよ。

また、この溶液を次の各水溶液に加へて、その変化を観察せよ。

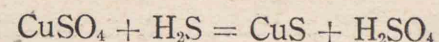
- (1) 醋酸鉛溶液 (2) 硫酸銅溶液
(3) 塩化アンチモン溶液 (4) 硫酸亜鉛溶液

この場合に沈澱ができるかどうか、また沈澱物ができたら、その色に注意せよ。なほ直に沈澱ができない場合には、これらにアンモニア水を少し加へてみよ。

硫化水素水は炭酸水と同じ程度の弱酸で、硫化水素酸とも呼ばれる。硫化水素酸の電離は、次のやうに行はれる。



これを金属塩の溶液に加へると、上の実験で見たやうに、金属の硫化物が沈澱する。例へば硫酸銅溶液では、次の反応によつて硫化銅を生じる。

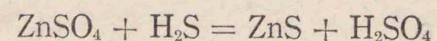


この反応は、一つの塩 (CuSO_4) に一つの酸 (H_2S) を作用させて、他の塩 (CuS) を作り、同時に他の酸 (H_2SO_4) を遊離させる點で、われわれが先に學んだ食塩に硫酸を加へて塩酸を作る反応と似てゐる。しかし、この場合どうして H_2S のやうな弱酸で H_2SO_4 のやうな強酸を遊離させることができるのであらうか。

CuS は酸性溶液中でも非常にとけにくい塩であるために、これが硫酸銅溶液に硫化水素酸を作用させたとき生成すると、直に沈澱となる。随つて、溶液中に H_2S が存在する限り、反応は殆ど完全に右側に向かつて進行するのである。鉛及びアンチモンの塩の溶液に硫化水素水を加へる場合も同様に硫化物

が沈澱して来る。

しかし、硫化亜鉛では事情が違つてゐる。
この場合も



の反応が起り得るはずであるが、ZnS は酸性溶液では、CuS に比べて遙かにとけやすい性質をもつてゐるために、反応は幾分右の方へ進行してゐるに拘らず、なかなか沈澱するに至らない。これにアンモニア水、或は苛性ソーダ液を加へて溶液を中性にすると、初めて ZnS の白色沈澱が現れて来る。

このやうにしてできた沈澱を濾別し、これを水に混ぜて稀硫酸を少し加へてみよ。沈澱は忽ち溶解するであらう。これは明らかに上の反応の逆の變化が起ることを示す。このやうに、上の反応は正の方向にも逆の方向にも行はれる。このやうな場合、反応は可逆的であるといふ。さうして、正逆兩反應のどちらが勝つて起るかは、そこにある物質の

量による。

もし、溶液中に硫酸亜鉛及び硫化水素が多量にあれば、反応は右に進行するが、その結果溶液中に硫酸が多量にできれば、反応は却つて左方に進むやうになる。實際に、硫酸亜鉛の溶液に初めに硫酸を加へて置けば、これに十分の硫化水素水を加へても、硫化亜鉛の沈澱はできないが、硫酸を苛性ソーダで中和すると沈澱が現れる。

この例で見られるやうに、一般に可逆的な反応では、反応によつてできる物質のために、その反応の完結が妨げられる傾向がある。ただある種の反応では、この傾向が認められないほどに小さくて、反応は殆ど完結するに對して、他のある種の反応では、この傾向が相當に強いために、反応が完結しないで途中で停止したやうな状態になる。

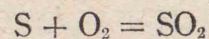
このやうに、金屬塩の溶液から硫化水素によつて硫化物を沈澱する條件が、金屬によつ

て違ふといふことは、多くの金属塩の混合溶液からそれぞれを検出したり、或はまたそれらを分離したりする分析法に應用される。このときに沈澱する硫化物の色もまた検出に役立つ。

(問題) 2. 硫化鐵に硫酸を働かして硫化水素を得るときの反應を式で示せ。この反應は、どんな條件で逆行するであらうか。

3. 亞硫酸ガス・亞硫酸

硫黄を空氣中で燃やすときに、亞硫酸ガス SO_2 といふ刺戟性の氣體が発生することは先に實驗した。そのときの變化は、次の式で表はされる。



亞硫酸ガスは、黄鐵礦 FeS_2 や硫化亞鉛 ZnS のやうな金属の硫化物を、空氣中で強く熱してもできる。このとき硫化物中の金属は、そ

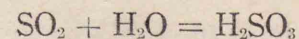
れぞれの酸化物 (Fe_2O_3 , ZnO) となる。

(問題) 3. これらの場合の反應方程式をかいてみよ。

實驗室で亞硫酸ガスを作るには、銅に濃硫酸を加へて熱するのが便利である。

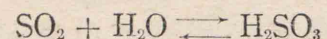
[實驗] 6. フラスコに銅片を入れ、これに濃硫酸を注いで熱し、出て來る亞硫酸ガスを水の中に通じてみよ。これに青色リトマス試験紙を入れてみよ。

亞硫酸ガスは 20 度で 1 l の水に約 40 l とける。そのときできる溶液は、明らかに酸性である。亞硫酸ガスは單に水に溶解するばかりでなく、次の反應によつて亞硫酸 H_2SO_3 といふ一種の酸を作るのである。



この酸は熱を加へても水溶液から分離することはできない。このとき、亞硫酸は亞硫酸ガスと水とに分解してしまふ。即ち、上の

反應は熱によつて逆行する。この關係は、次のやうに示される。



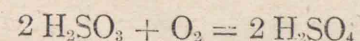
〔實驗〕 7. 亞硫酸溶液を少し試験管にとり、これにフクシン液を少し加へて、その變化をみよ。

〔實驗〕 8. 亞硫酸溶液を少し試験管にとり、これを暫く煮沸する。このとき臭と色とに注意せよ。次に、青色リトマス試験紙を入れてみよ。また、數滴の塩化バリウム溶液を加へてみよ。

實驗 7 で亞硫酸にはフクシンのやうな色素を脱色する性質があることがわかつた。

また實驗 8 では煮沸したために亞硫酸が大部分分解した後でも、溶液にはなほ酸の性質が残つてゐることを知つた。これは亞硫酸の一部が空氣中の酸素によつて酸化されて硫酸に變化したためである。この際の反

應は、次のやうに示される。



塩化バリウムによつて白濁が生じたのは、硫酸が生成した證據である。

銅の製鍊所や硫酸製造工場の附近などで、樹木や農作物がひどい害をうけることがあるのは、廢氣の中に含まれる亞硫酸ガスのためである。石炭の中にも僅かではあるが硫黄を含んでゐるので、石炭を多く使用する都市の空氣には、やはり僅かではあるが亞硫酸ガスを含んでゐる。このために街路樹などが成育を妨げられる。それ故、農作物を保護したり、都市の綠化をはかつたりするには、廢氣を自由に空氣中に放散させないやうな工夫をすることが必要である。

このやうに、亞硫酸ガスは有害なものではあるが、その性質をよく見極めるならば、却つて殺菌や漂白などに利用することもできる。

また、亞硫酸ガスは比較的液化しやすい氣體で、液化したものは常壓の下で -8 度で沸騰する。液體の亞硫酸ガスは蒸發するとき

多量の熱を周囲から吸収するので、これを冷凍または製氷に應用することができる。

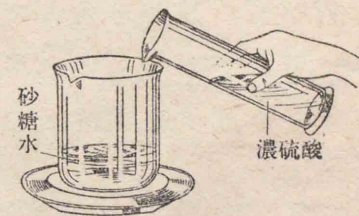
しかし、亜硫酸ガスの最も重要な用途の一つは、これから硫酸を作ることである。

7. 硫酸・觸媒

1. 硫酸の性質

硫酸の純粹なものは H_2SO_4 の組成であつて、粘性の大きい無色・油状の液體で、水の約2倍の重さがあり、338度で沸騰する。

〔實驗〕 1. ビーカーに砂糖水を入れ、これに濃硫酸を注いでみよう。



〔實驗〕 2. ガラス棒に稀硫酸をつ

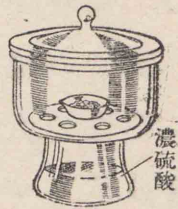
けて白紙に文字をかき、これを焰の上で注意して乾かしてみよ。

このとき見られる變化は、砂糖や紙の中に含まれてゐる水素及び酸素が水として奪はれる結果、他の成分である炭素が遊離するためである。

濃硫酸が皮膚や衣服などにつくと、これを糜爛させるのもこのためである。

このやうに濃硫酸は非常に水を吸収する性質が強いので、脱水や乾燥に用ひられる。

硫酸は水とどんな割合にでも混り合ひ、そのとき多量の熱を発生する。



實驗室用
乾燥器

約95%の硫酸を含んで、比重が1.84近くであるものを濃硫酸といふ。濃硫酸を水でうすめて約6倍にすると、いはゆる稀硫酸ができる。

濃硫酸と稀硫酸とは、その性質及び作用に著しい違ひがある。次に、これを確かしてみよう。

〔實驗〕 3. われわれは亞鉛や鐵が稀硫酸

1) このとき濃硫酸の中には水を加へてはならない。多量の水の中に、徐々に濃硫酸をよくかきまぜながら加へていく。

酸によつて水素を發生することをよく知つてゐるが、濃硫酸ではどうであるか、これを試みよ。反應を促進するために、少し温めてみよ。

次に銅を稀硫酸及び濃硫酸に入れて、その反應を比較してみよ。このときも、反應を促進させるために少し温めてみよ。また發生する氣體に注意せよ。

上の實驗で見られたやうに、稀硫酸は銅を冒さない。銀・水銀などでも同様である。これに反して、濃硫酸は高温度で銀・銅・水銀などと劇しく反應して亞硫酸ガスを發生する。このとき、これらの金屬は硫酸塩となる。

稀硫酸も濃硫酸も共に酸性であるが、酸としての性質は却つて稀硫酸の方が強い。稀硫酸が亞鉛や鐵と反應するのは、その酸としての性質によるのである。これに對して、濃硫酸が銅や銀を冒すのは、むしろ硫酸の酸化

力によるのである。

[実験] 4. 木炭の1片を試験管に入れ、 $1, 2 \text{ cm}^3$ の濃硫酸と共に熱し、その変化を見よ。どんな氣體が発生するか。

(問題) 1. この場合の反應を式に表はしてみよ。¹⁾

(問題) 2. 濃硫酸を鐵製の槽に入れて保存するのはなぜか。

2. 硫酸の製造、觸媒

われわれは亞硫酸が空氣中の酸素をとつて硫酸になるといふことを知つた。この反應を硫酸の製造に應用することができないであらうか。

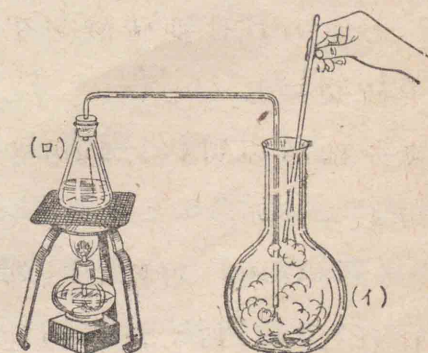
この反應は實際には非常に緩慢にしか行はれない。即ち、反應の速度が非常に小さい

1) このとき硫酸は酸化的に作用し、炭素は還元的に作用することに注意せよ。

のである。それ故、このとき温度を上げると、酸化を促進することはできるが、同時に亞硫酸の大部分が分解してしまふので、硫酸を作る目的には適しない。

今同じやうな反應を、次のやうな方法で行つてみよう。

[実験] 5. まづ圖のやうに大きなフラスコ(イ)の中で硫黄を燃やし、これに亞硫酸ガスを充たす。これに(ロ)の器から水蒸氣を送りこむ。同時にガラス棒の先に1滴の濃硝酸をつけて、これをフラスコ(イ)の中(ロ)置く。するとガラス棒のまはりに赤褐色



1) 前の實驗で亞硫酸溶液を煮沸したのはこのためである。

の氣體¹⁾が現れるであらう。暫くして水蒸氣を送ることを止め、フラスコを冷やして青色リトマス試験紙を入れてみる。生成物の一部に塩酸を少し注ぎ、塩化バリウムの溶液を加へてみよう。また他の一部に蔗糖を少し加へて蒸發してみよう。

この實驗によつて、そこに硫酸ができたことを確かめることができる。

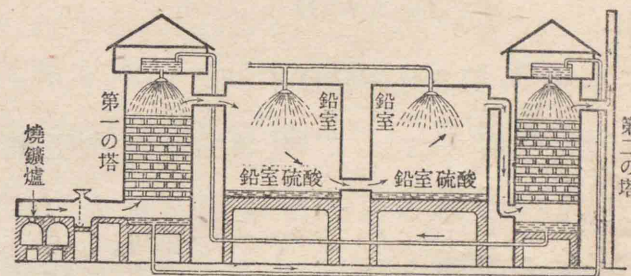
このやうにして、亜硫酸ガスと水と空氣中の酸素とを原料として、比較的圓滑に硫酸を作ることができる。このとき、過酸化窒素は反應を促進する役目をする。

この方法は酸化窒素法と呼ばれ、硫酸を工業的に製造するとき用ひられる。その場合、反應はしばしば大きな鉛張りの室で行はれるので、鉛室法とも呼ばれる。實際の製造

1) この氣體は硝酸の分解によつて生じる過酸化窒素といふ氣體である。

過程は複雑なものであるが、大體次の圖のやうな仕組になつてゐる。

硫黄または黄鐵礦を燒鑛爐で燒いて亜硫酸ガスを作る。これを第一の塔の中に送りこみ、ここで窒素の酸化物を混せる。混合氣體を並立する鉛室の中へ送りこむ。ここには水蒸氣または水

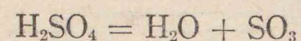


の噴霧を注ぎ入れる。反應によつて生成した硫酸は下方に溜まる。鉛室から出て來た殘の混合氣體は第二の塔に導かれる。ここで硫酸を注いで、これに窒素の酸化物を吸収させる。またこの酸は第一の塔の上部にもち上げられ、そこで含まれてゐる窒素化合物を放出する。工程はこのやうに繰返して行はれる。

鉛室でできた酸は約60%の純硫酸を含む。

〔實驗〕 6. 蒸發皿に硫酸を少し入れて強く熱してみる。間もなく白煙のたのぼるのが見られるであらう。

硫酸を熱すると、ちやうど亜硫酸を熱するとき、水と無水亜硫酸とに分解するのと同じやうに

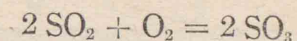


のやうに分解する。この SO_3 は無水亜硫酸 SO_2 と比べると、1 原子の酸素を餘分にもつてゐて、無水硫酸と呼ばれる。これを純粹にとり出すと白色絹絲狀の結晶であつて、濕つた空氣にさらすと、忽ち水分を吸収して硫酸を作る。上の實驗で見られた白煙は、そのためである。もしわれわれが適當な方法で無水硫酸を得ることができれば、これに水を加へて硫酸を作ることができるわけである。

さて、無水硫酸も無水亜硫酸のやうに、硫黄または黄鐵礦を燃やして作ることができな

いであらうか。或はまた無水亜硫酸を更に酸化して、無水硫酸を作ることができないであらうか。

實際に硫黄を燃やすときに無水亜硫酸と同時に無水硫酸もできるのであるが、その量は殆ど認められない程僅かである。また

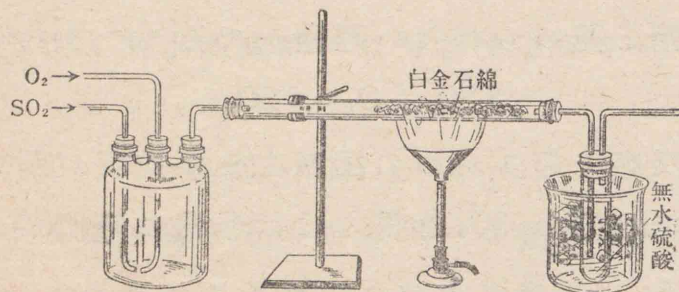


の反應も起るが、この反應もまた進行が遅いので、目的の SO_3 を得るには非常に時間がかかる。

反應を促進させるためには熱を加へるのが普通であるが、この場合は温度が高くなつて 500 度以上になると却つて逆の反應が盛になり、一度生成した無水硫酸は分解してしまふ。そこであまり高くない温度で反應を促進させることが必要である。それにはどんな方法が考へられるであらうか。

〔實驗〕 7. 石綿に粉末狀の白金を附着

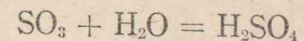
させた白金石綿¹⁾を圖のやうに燃焼管の中につめて置く。この管の一端から亞硫酸ガスと酸素とを同時に送りこむ。さうしてこの亞硫酸ガスと酸素との混合物が熱しられた白金石綿に接觸しながら通過す



るやうにする。間もなく燃焼管の他端から盛に白煙をあげる氣體が発生するであらう。

これが無水硫酸である。これを冷やして凝縮させ、水を加へると劇しく化合して硫酸を生じる。即ち

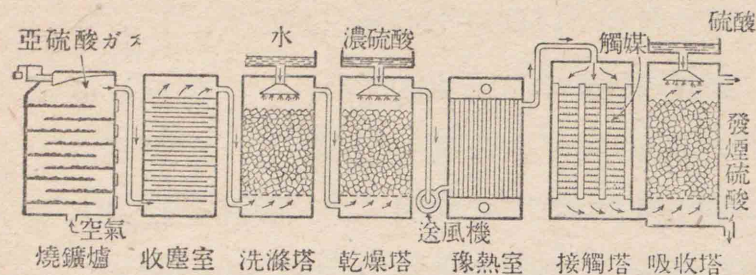
1) よく洗つた石綿に塩化白金酸を浸みこませ、これを焼いて作る。



上の反應では、石綿につけられた白金の粉末が亞硫酸ガスと酸素との化合を促進させる働をしたのである。この際白金自身は反應の前後で量が變はらないことが確められるから、この變化に直接には關與してゐないのである。この白金のやうに、それ自身その量は變はらないが、それが存在するといふことによつてある反應を促進する働のあるものを、一般に觸媒といふ。酸化窒素法での窒素の酸化物の役目も觸媒としてであつた。

適當な觸媒を用ひて無水硫酸を作り、これから硫酸を製造する方法を接觸法と呼ぶ。この方法は操作が比較的簡單である上に、純粹に近い濃硫酸を作ることができるので、酸化窒素法と共に今日盛に行はれてゐる。

接觸法の工業的施設もまた大規模なものであるが、その大體は次の圖でわかるであらう。この際、觸媒としては白金の代りに酸化バナヂン(V₂O₅)



といふ物質も用ひられてゐる。亞硫酸ガスと空氣との混合物は觸媒の機能を妨げないやうに、反應室に入る前に塵埃や不純物を十分除いて置く。收塵室・洗滌塔はこのために設けられてゐる。なほ接觸塔と呼ばれる反應室の温度は400—500度に調節する。

この方法で作られる硫酸は空氣にふれると盛に發煙するので發煙硫酸と呼ばれ、染料・火藥・醫藥・人造絹絲などの製造工業に有用である。これに對して硫安・過磷酸石灰などの肥料工業には、酸化窒素法で作られる硫酸が利用される。

〔考察〕 1. 上に學んだことに基づいて、亞硫酸は還元的に、濃硫酸は酸化的に作用

するといふことを推知せよ。また濃硫酸に木炭または亞鉛を加へるとどんな變化が起るか推定してみよ。

〔考察〕 2. 塩素酸カリウムを分解して酸素を作るとき、二酸化マンガが觸媒として働くといふことは、どうしてわかるであらうか。

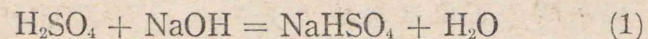
3. 硫酸の塩

われわれは先に硫酸が酸として働くとき、その1モル(98.08g)は2當量であることを學んだ。これは硫酸1分子の中に、イオンとなり得る水素原子が2箇含まれてゐることによる。

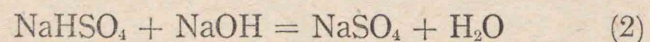
このやうに1分子から2箇の水素イオンを出す酸を、一般に二價の酸または二塩基酸といふ。

二價の酸を塩基で中和すると、その中の2箇の水素原子は階段的に金屬原子と置きか

はる。例へば硫酸を苛性ソーダで中和する場合、初に



の反応が起り、更に苛性ソーダを加へると



の反応が起つて、中和が完結する。中和を(1)で止めて、溶液を蒸發乾涸すると $\text{NaHSO}_4 \cdot \overset{1)}{\text{H}_2\text{O}}$ の組成の白色の結晶が得られる。これは酸性硫酸ナトリウムと呼ばれる一つの塩であるが、その中にはまだ金属と置きかへられる水素を残してゐる。このやうな塩を一般に酸性塩といふ。この酸性塩の溶液に更に苛性ソーダを加へると、残つてゐる水素が全部金属で置きかへられて、硫酸ナトリウムの結晶 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ が得られる。このやうに全部の水素が金属で置きかへられてできる塩を正塩といふ。

1) $\text{NaHSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ の中の1分子の水は塩が結晶するとき結晶中にとり入れられるもので、結晶水と呼ぶ。

亞硫酸 H_2SO_3 や炭酸 H_2CO_3 もまた二價の酸であつて、それにはやはり正塩と酸性塩とがある。例へば炭酸の正塩は炭酸ナトリウム $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 、酸性塩は重炭酸ナトリウム(重曹) NaHCO_3 である。

8. 硝 酸

1. 硝 石

動物の排出物などに植物灰を混ぜて、長い間放つて置いたものに水を加へて可溶成分をとり出し、これを濾した透明な液を蒸發すると結晶が得られる。これが硝石と呼ばれ、昔から火薬の原料として使はれて來たものである。

[實驗] 1. 試験管に硝石を入れて強く熱してみよ。これに硫黄、或は木炭の小片を入れてみよ。

上の實驗で硫黄や木炭は強い光を放つて燃えるであらう。これは硝石が分解して酸素を放出するためである。

次に硝石の中に含まれてゐる酸素以外の成分を検出してみよう。

[實驗] 2. 硝石約2gと鐵粉約10gとをよく混ぜて乾いた試験管に入れ、注意して底を熱する。反應が起り始めたならば焰から離し、燃えてゐるマッチ、または木片を試験管の中に入れてみよ。また、發生して來る氣體が石灰水を白濁させるかどうかを試みよ。

冷えてから、試験管の中の生成物に水を加へ、リトマス試験紙に對する反應をみよ。

[考察] この實驗の結果は、どう解釋すればよいであらうか。

これらの實驗から、硝石が酸素、窒素及びカリウムの3元素を含んでゐることを推定することができる。更に、精密な實驗によつて、硝石の組成は KNO_3 で表はされることが確められる。

(問題) 黑色火薬は硝石75%、硫黄10%、木炭15%の混合物である。これが爆發す

るときに起る變化を推定して、反應方程式で表はせ。

南米のチリに産する一種の硝石即ちチリ硝石は、カリウムの代りにナトリウムを含んでをり、その組成は NaNO_3 で表はされる。これは、先の世界大戦當時まで、肥料の原料や爆薬の原料として、世界各国の需要に應じて來たのであつたが、今日では事情が變はつて來た。それは後に學ぶやうに、空氣中の窒素から窒素の化合物が得られるやうになつたからである。

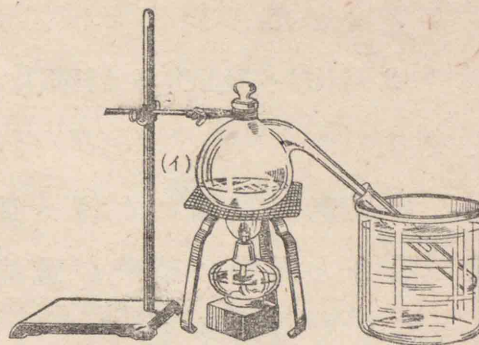
2. 硝酸の製造

硝石は硝酸の塩であるから、ちやうど食塩から塩酸を作つたと同様にして、硝石から硝酸を作ることができないであらうか。まづそれを試みてみよう。

[實驗] 3. 圖のやうな装置¹⁾で、レトルト

1) 硝酸はコルク栓やゴム管を冒すから、それらを用ひてはならない。

(1)に約 12g
の硝石を入
れ、これに約
10 cm³ の濃
硫酸を加へ
る。レトル



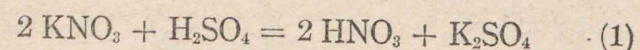
トを金網の上で小さい焔で静かに熱する¹⁾。間もなく出て來る硝酸の蒸氣を水で冷やした試験管に導いて液化させる。このとき、溜出液に接して褐色の氣體が現れることに注意せよ。

溜出液を少しとり、これに青色リトマス試験紙を浸して、その變色を見よ。次に、これを多量の水でうすめ、よくかき混ぜて再び試験紙を入れてみよ。

上の實驗で溜出して來たのが硝酸である。

1) このとき、内容物が沸騰しないやうに注意しなければならない。

式で表はせば



となる。

この反応が実際に右側へ進行するのは、塩酸の場合と同様に、硝酸が硫酸に比べて揮発しやすいためである。¹⁾

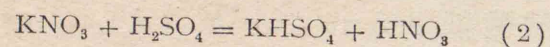
このとき、原料をどんな割合にとればよいかを、上の反応方程式から計算してみると

$$2 \text{KNO}_3 = 2 \times (39.10 + 14.01 + 48.00) = 202.22$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 = 2.02 + 32.06 + 64.00 = 98.08$$

となるから、硝石と硫酸とを凡そ 2:1 の重さの比にとればよいはずである。

しかし実際には、上の実験で行つたやうに両方も殆ど同量にとる方が却つて結果がよい。そのわけは、硫酸が二塩基酸であるために

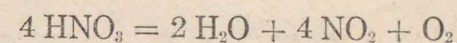


の反応が起るからである。しかも酸性硫酸カリウム KHSO_4 は硫酸カリウム K_2SO_4 に比べて融點が低いために、(2) の反応は (1) の反応よりも低温で

1) 純粋な硝酸は 85 度で沸騰する。

起るのである。

上の実験で、レトルト内に現れた褐色の氣體は過酸化窒素 NO_2 であるが、生成した硝酸の一部が次のやうに分解してできたものである。



この變化は、硝酸を熱したり、長く日光にさらしたり、或はこれに塵埃を加へたりすると起る。

3. 硝酸の性質

純粋な硝酸は、元來無色のものであるが、普通は過酸化窒素をとかしこんでゐるために、しばしば黄色を呈してゐる。發煙硝酸と呼ばれるものは、過酸化窒素を多量にとかしこんでゐるものである。

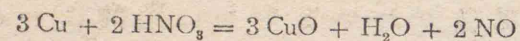
硝酸が上記のやうに分解して酸素を放出しやすいのは、強い酸化力の原因であり、硝酸の特性である。實際上の実験で溜出した硝

酸にリトマス試験紙を浸したとき、黄色に變はつたのは硝酸の酸化作用のためである。この酸化作用は、硝酸が濃いときにだけ現れるのであつて、水でうすめた後では、リトマス試験紙にもはつきり酸性反應が示される。

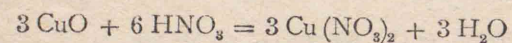
[實驗] 4. 實驗3で作つた硝酸に銅片を入れてみよ。また、赤熱した木片の小片を入れてみよ。

このとき見られるやうな反應が起るのも、硝酸の強い酸化力の現れである。

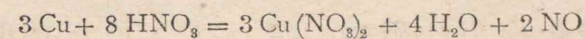
銅が濃硝酸のためにとけて褐色の氣體を發生する變化は複雑であるが、大體次のやうに考へられてゐる。まづ銅が硝酸のために酸化されて酸化銅となると同時に、硝酸は分解して水と酸化窒素 NO とを生じる。即ち



ここに生成した酸化銅は、直に餘分の硝酸によつて、次のやうに變化する。



それ故、結局は次のやうな反應が起つたことになる。



$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ は銅の硝酸塩であるが、水にとけて鮮かな青色となる。また、酸化窒素 NO は無色の氣體であるが、空氣にふれると忽ち褐色の NO_2 に變化する。

硝酸は金・白金以外の殆どすべての金屬をとかすことができる。

[實驗] 5. 實驗3で作つた硝酸の1滴をガラス棒につけ、注意して爪に塗り、2, 3秒の後、水洗ひして色の變化を見よ。更に1, 2滴のアンモニア水をつけて、その色の變化を見よ。

この實驗でわかるやうに、硝酸はわれわれの爪や皮膚を作つてゐる蛋白質に作用して、黄色な物質を作る。この呈色反應は、硝酸の一つの特性である。

9. アンモニア

1. アンモニア

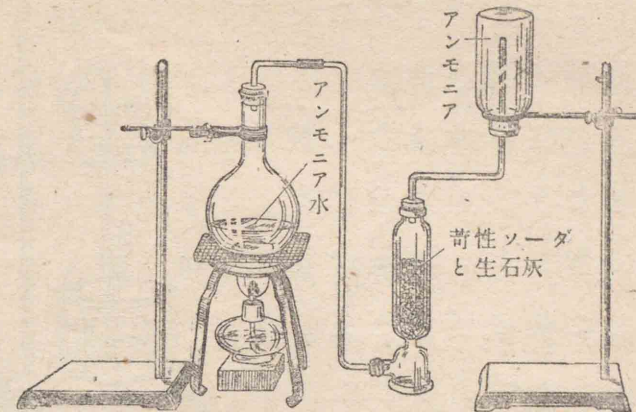
われわれが家庭で使つてゐる、あの特異な刺戟臭のあるアンモニアは、正しくいへば、アンモニア水であつて、アンモニアはこれから揮發して來る氣體である。

アンモニアは窒素と水素との化合物であつて、その分子式は NH_3 で表はされる。軽い氣體で、その重量は空氣の約10分の6である。

アンモニアを次の二つのうちどちらかの方法で作つて、その性質をしらべてみよう。

〔實驗〕 1. 一般に賣られてゐるアンモニア水を熱し、放出されるアンモニアを苛性ソーダと生石灰 CaO との混合物¹⁾をつめた乾燥管を通過させて水分を除き、空氣と

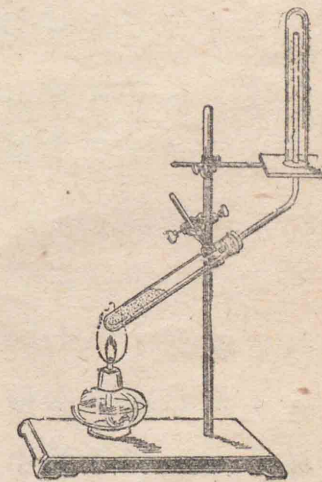
1) 普通にソーダ石灰と呼ばれてゐる。



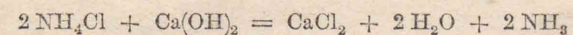
置き換へて集める。

〔實驗〕 2. 圖のやうな装置で、塩化アンモニウム NH_4Cl と呼ばれる一種の塩と消石灰 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ との混合物を熱し、出て來るアンモニアを空氣と置き換へよ。¹⁾

〔實驗〕 3. 次の圖のやうな装置を用ひ

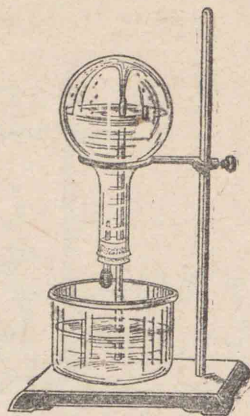


1) このときの反應は次のやうに表はされる。



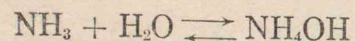
て、アンモニアが水にとける有様を観察せよ。

このとき水を少し酸性にして、リトマス液で赤くして置き、アンモニアをとかした後の変色を見よ。



この実験から、アンモニアは非常によく水にとけることがわかる。実際20度、1気圧で1lの水は約700lのアンモニアをとかす。

アンモニアの水溶液は明らかに塩基性である。これは、アンモニアの1分子は水の1分子と、次のやうに化合し、

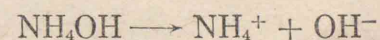


ここに生成する水酸化アンモニウム NH_4OH が塩基として電離するからである。随つて、アンモニアはこの塩基の無水物と考へることができ。

2. 水酸化アンモニウム

水酸化アンモニウムは苛性ソーダのやうな塩基であるが、苛性ソーダのやうに固体としてはとり出すことができない。それはアンモニア水を熱して蒸發乾涸しようとするとき、アンモニアの揮發性のために、水酸化アンモニウムは分解してしまふからである。即ち、これは亞硫酸の場合と同様に、一つの可逆反應であり、前頁の反應式を矢印で示したのはそのためである。

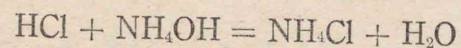
水酸化アンモニウムは弱塩基であつて、その電離は



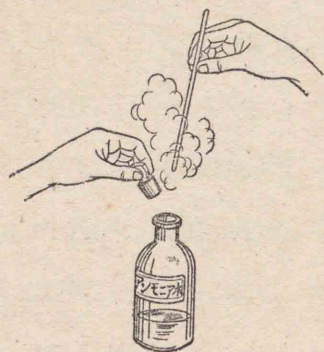
で、水酸化アンモニウムの全濃度の中の1%ぐらゐしか行はれない。 NH_4^+ はアンモニウムイオンと呼ばれ、苛性ソーダの場合のナトリウムイオン Na^+ に相當するものである。アンモニウム (NH_4) といふ中性の原子團をアンモニウム根と呼ぶが、このものはナトリウ

ムのやうに遊離してとり出すことはできない。それはちやうど硫酸根 SO_4 や硝酸根 NO_3 が遊離して存在することができないのと同様である。さうして、このアンモニウム根は金属原子と同様な働をもつものとして、化合物の中に含まれるのである。

もし、アンモニウム根が金属原子と同じ働をもつならば、これで塩が作られるはずである。実際に、アンモニア水に塩酸を加へる場合には



のやうに中和が行はれ、塩化アンモニウムができる。塩化アンモニウムは水によくとける塩であるが、この溶液を蒸發乾涸すると固体の塩が得られる。



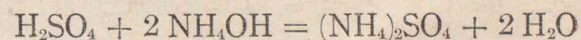
[實驗] 4. ガラス棒に濃塩酸をつけた

ものをアンモニアにふれてみよ。

(問題) 1. この際生じる白色の粉末は塩化アンモニウムであるが、その反應を式に表はしてみよ。

一般に、酸と塩基とから塩のできる場合は、同時に水もできるのであるが、アンモニアと塩酸の場合はアンモニアが塩基の無水物として作用してゐるために、水ができないのである。

アンモニア水を硫酸で中和すると、次のやうな反應で硫酸アンモニウムができる。



硫酸アンモニウムは硫安とも呼ばれ、大切な肥料である。

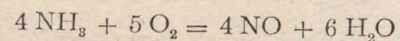
塩化アンモニウムや硫酸アンモニウムのやうな塩は、一般にアンモニウム塩と呼ばれる。アンモニウム塩は水にとけやすく、その性質は大體カリウム塩に似てゐる。

3. アンモニアから硝酸の製造

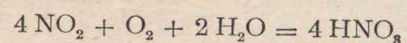
〔実験〕 5. いま、アンモニアの出ている所に焔を近づけ、火をつけてアンモニアが燃えるかどうかを試してみよう。焔を近づけてある間は燃えているが、遠ざけると直に消えてしまふことに注意せよ。

次に赤熱した白金をそれに接触させて、燃焼が圓滑につづくかどうかを観察してみよう。

この際の變化は、次のやうに行はれると考へられる。即ち第一に



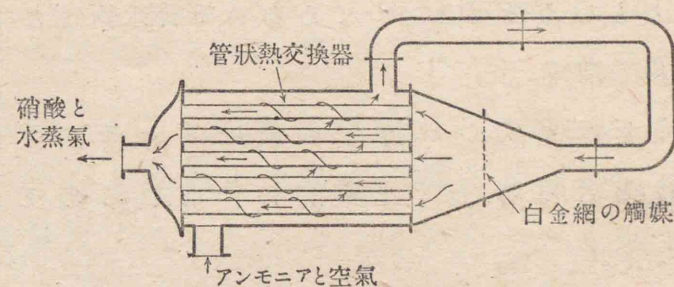
に随つて酸化窒素 NO が生成し、次にこれが酸素と化合して NO_2 となる。 NO_2 は更に次の反應によつて硝酸を作る。



白金はこの場合、アンモニアの燃焼を促進する觸媒として働いたのである。この變化を利用すれば、アンモニアを原料として硝酸

を製造することができるであらう。

實際に、この反應はその原理が研究されて以來、廣く工業的規模の硝酸製造法として用ひられるやうになつた。



工業的に製造する場合には、圖のやうに白金網を張つた反應爐の中にアンモニアと空氣との混合氣體を送る。白金網は初め電氣で熱する。反應が起り始めると、反應熱が発生して自然に溫度が上つて、反應が進行するやうになる。但し、反應の進行中、反應爐の溫度は 800—900 度に調節する必要がある。生成した氣體は冷却して吸收塔に導き、稀硝酸に吸收させる。

〔考察〕 1. 硝石に硫酸を加へて硝酸を作る反應と、塩化アンモニウムに消石灰を加へてアンモニアを作る反應とを比較し

て、その似てゐる點を考察せよ。

アンモニアは硝酸や硫酸や炭酸ナトリウムの製造の原料として盛に用ひられる。またアンモニアは亞硫酸ガスと同様に比較的容易に液化される¹⁾といふ性質をもつてゐるので製氷冷凍にも應用される。

さて、このやうに、應用の廣いアンモニア自身は、どんな方法で工業的に作られるのであらうか。

4. アンモニアの合成、反應の平衡

アンモニアは第一に石炭ガス製造の副産物として生産される。

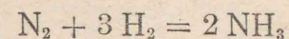
石炭ガス工業では石炭の乾溜によつて發生する氣體の中に含まれるアンモニアを利用して、これから硫酸アンモニウムを作る。この硫酸アンモニウムは、肥料として用ひられてゐる。

今日、最も大規模に行はれてゐるアンモニ

1) 常溫では9氣壓で液化する。液體のアンモニアは-33.5度で沸騰する。

アの製造法は、空氣中の窒素を利用して、これを直接に水素と化合させる方法である。

ここに問題となるのは



の反應であるが、尋常の手段ではなかなか目的のアンモニアは生成しない。

今若し、窒素と水素との混合物を常溫・常壓で放置するならば、いつまでたつても殆ど認められるほどのアンモニアは生成しないであらう。このやうな場合、いつもとる手段はまづ溫度を高めることである。

そこで與へられた混合氣體を500度に熱すると、比較的短い時間でアンモニアのできることが認められる。しかし、その收量は全混合氣體の僅かに0.15%にすぎない。更に溫度を高めて600度にしてみる。今度は一層短い時間でアンモニアができるが、その收量は低溫の場合より却つて少く、僅かに0.05%にすぎない。

この場合、温度を高めると、他の一般の場合と同様に反応を促進させるが、同時にできたアンモニアは却つて分解してしまふのである。

このやうなことが起るのはこの反応がもと可逆的であるためである。可逆反応では、正の反応が進行すると同時に逆の反応も進行する。たとへ逆の反応が起つてゐても、正の反応がそれよりも速く進行する場合には、全體として反応は正の方向に進むわけである。しかし、もし正逆兩方の反応が同じ速さになるならば、ある時間内に生成した量が同時に分解してしまふから、反応は見かけの上ではどちらの方向にも進まないやうな状態になるであらう。可逆反応では、このやうな状態が実際に起るのであつて、このとき反応は平衡に達したといふ。その平衡のときのアンモニアの量は、温度その他の条件によつて支配される。

前に述べたやうに、アンモニアの収量が温度によつて變はつたのは、温度が上ると平衡のときのアンモニアの量を少なくするやうに、いひ換へれば、逆の反応に有利なやうになつたからである。それ故、多量のアンモニアを得るためには、温度を上げることは不利である。しかし、温度があまり低ければ、反応が遅くなつて平衡に達するまでに、即ちある量のアンモニアができるまでに、非常に多くの時間がかかることになる。この合成反応を實際に行はうとする場合、これが根本的な困難である。

しかしながら、この反応の平衡を支配する要因としては、温度の他に壓力がある。いま、同じ温度、例へば 500 度で混合氣體を 1 氣壓に保つ場合と、これを 100 氣壓に保つ場合とを比べると、後の場合のアンモニアの収量は、前の場合の約 100 倍になる。それ故、高壓にしてこの反応を行へば、非常に都合がよいわ

けである。

このやうな考察をおし進めて、この反應を検討してみると、次の表のやうな結果が得られる。

アンモニアの平衡百分率

氣壓 溫度	1	50	100	200
450	0.24%	9.5%	16.2%	25.3%
500	0.13	5.7	10.4	17.6
550	0.08	3.7	6.9	12.0
600	0.05	2.3	4.5	8.2

これによつて、この反應を実施するときには、低い溫度で高い壓力を加へるとよいといふことがわかる。しかし先にもいつたやうに、溫度は反應の速さを相當に増す程度には高くしなければならない。一方壓力をむやみに高くすることは、技術の上からいろいろな困難がある。この結果實際上適切な一つの條件として溫度 500—600 度、壓力 200 氣壓

の條件が選ばれる。

この條件の下で、更に反應を促進させるために適當な觸媒を利用する。

[考察] 2. アンモニア合成の反應と無水硫酸生成の反應との似てゐるところを考察せよ。

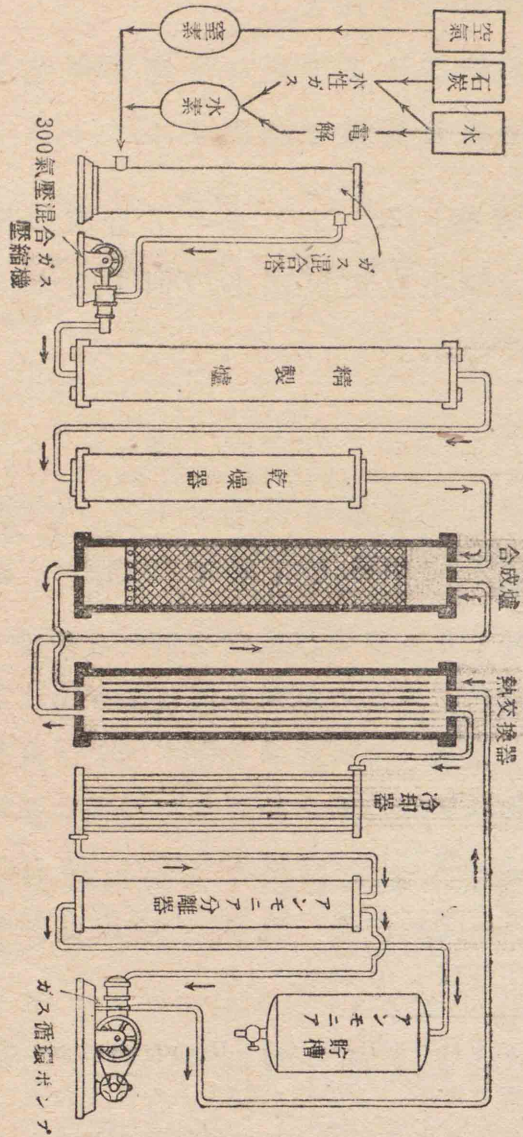
5. アンモニアの合成工業

工業的な設備は複雑であるが、大體は次頁の圖に示すやうな工程で行はれてゐる。

原料となる窒素は、液體空氣から分離する。また、水素は普通水の電氣分解により、或は石炭に水蒸氣を作用させて生成する水ガス¹⁾から分離する。不純物は觸媒の働を妨げるから、混合氣體は豫め十分に精製しなければならない。また、反應容器は高溫度や高壓力に堪へられるやうな材料で作らなければならない。

1) 水ガスは $C + H_2O = CO + H_2$ の反應によつて生成する混合氣體である。この中から CO を除くためには、これを CO_2 に變へ、これを壓縮して水に吸収させる。

アンモニア合成の工程



アンモニアの合成法は、先の世界大戦以前に原理的に成功の見こみがつけられたのであつたが、大戦の初から終にかけて急速に發展した。ドイツが南米からチリ硝石を輸入することができなくなつてからも、少しも爆薬に困らないで、却つてますますその生産力をあげた當時は世界の驚異であつた。これは實にアンモニア合成法が確立したために、限りない空氣中の窒素からアンモニアを作り、これを硝酸に變へ、それによつて爆薬を作ることができたからである。學理の研究が國防にとつて如何に大切であるかを、實際に示したものである。

アンモニアの生産は、戦時では直に爆薬工業と結びつくのであるが、平時では染料や肥料の工業と關係がある。アンモニアの合成並びにアンモニアの酸化による硝酸の製造は、いまやわが國でも最も國家的に重要な工業として發展してゐることはいふまでもない。

6. 自然界での窒素の循環

窒素は植物の成育になくてはならない元素である。多くの植物は、これを硝酸塩の形で土壌からとり入れる。荳科植物では根粒バクテリアの働で、空気中の窒素を直接にとり入れて、その栄養としてゐるが、大抵の農作物では硫酸などの人造肥料を補はなければならない。植物に吸収された窒素分は、細胞を構成してゐる蛋白質を作るのに用ひられる。

動植物體や動物の排出物が腐敗すると、蛋白質は分解してアンモニアとなる。アンモニアはアンモニウム塩となり、更に土壌の中で硝化バクテリアの働で硝酸塩に變はる。硝酸塩はまた植物に攝取される。またその一部は脱硝バクテリアの作用で還元され、窒素となつて遊離する。雷雲が発生して空中に放電が行はれると、その附近で窒素と酸素とは直接に化合して酸化窒素ができ、さうして硝酸ができる。これは自然に行はれる空中窒素の固定である。

このやうなさまざまな過程によつて、窒素は生物を中心として土や大氣の間を自然に循環して

ゐるのである。しかし、廣大な大氣の中には遊離したままの窒素が限りなく残されてゐるのである。アンモニア合成などの工業によつて、どんなに空気中の窒素を利用しようとも、自然の均衡は破れないであらう。

(問題) 2. 上に述べた窒素の循環系統を圖示してみよ。

10. 漂白剤

1. 塩素・晒粉

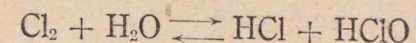
紙の原料や綿布などを漂白することは昔から簡単な方法で行はれて来たのであるが、今日ではいろいろな薬剤が作られ、或は工業的に或は家庭生活に用ひられてゐる。まづその主なものの中、塩素や晒粉について、その作用と效用とを學ぶことにしよう。

第一に塩素の漂白作用をしらべてみよう。

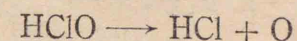
〔實驗〕 1. 塩素ガスを充たした圓筒の中に、緑の葉か赤い花を入れて、暫く放置し、どんな變化が見られるかを觀察せよ。次によく乾かした二つの圓筒の中に塩素を充たし、一方には色模様のある布切れのよく乾かしたものを入れ、他方には同じ布切れの濡れたものをに入れて比較してみよ。

これらの實驗から塩素には漂白作用のあること、しかもそれは水分のあるときに現れることがわかつたであらう。

先にわれわれは塩素水を直射日光にさらすとき、塩素が水と反應して酸素を發生することを知つた。この反應を更に詳しくしらべると塩素水の中では



の可逆反應が行はれて、次亜塩素酸 HClO を生じ、この次亜塩素酸は、更に次のやうに分解する。



このとき出て來る酸素は原子のままであるために、特に劇しい酸化力があり、その働によつて色素などを漂白するのである。

この塩素の代りに廣く一般に用ひられる漂白剤としては晒粉がある。これは粉末であつて、取扱にも便利であり、また値段も比較

1) 發生期の酸素とも呼ばれる。

的安い。次に晒粉について実験を行つてみよう。

〔実験〕 2. ビーカーに約 25cm^3 の水を入れ、これに約 10g の晒粉を加へてよくかき混ぜ、晒粉が水にとけるかどうかをみよ。

〔実験〕 3. 上で作つた混合液の中に色染した綿布を浸し、漂白されるかどうかをみよ。

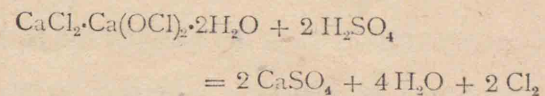
〔実験〕 4. 他のビーカーに約 25cm^3 の水を入れ、これに約 5cm^3 の稀硫酸を加へる。この中に第一のビーカーに入れた綿布を取出して入れ、その變化を觀察せよ。また發生する氣體の色と臭とに注意せよ。この氣體は何か。

〔実験〕 5. この綿布をチオ硫酸ナトリウムの溶液中に浸し、更に水洗ひせよ。

これらの実験でわかるやうに、晒粉は酸によつて塩素を發生する。晒粉の漂白作用は、

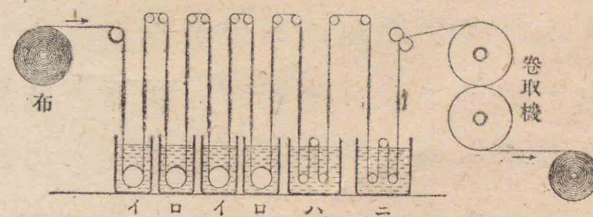
結局この塩素によるものである。

晒粉の組成は $\text{CaCl}_2 \cdot \text{Ca}(\text{OCl})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ であつて、硫酸によつて塩素を放出するときの反應は、次のやうに示される。



この塩素の一部は水と反應して次亜塩素酸を生じる。

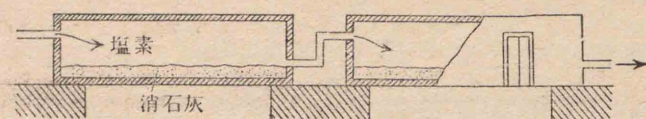
工場などで晒粉を用ひて綿布を漂白するには、次の圖のやうな装置を用ひてゐる。まづ布を晒



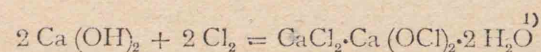
粉の液槽イに浸し、次に稀硫酸の槽ロに浸す。これを繰返して行ふ。それから布についてゐる次亜塩素酸分を除くために、チオ硫酸ナトリウム液の槽ハに入れ、更に水槽ニに入れて洗ふ。最後に温められた巻取機を通して皺をのばすのである。

晒粉の製造 鉛張りの室に消石灰をまき、ここ

に塩素ガスを送ると、次のやうな反應で晒粉を生



じる。



近頃は石灰乳に塩素を通じ、生成物を適當に處理して、真空中で蒸發する方法で、殆ど純粹な次亜塩素酸カルシウム $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ が作られてゐる。これは普通の晒粉より有效塩素分を多く含んでゐるから能率がよく、高度晒粉と呼ばれる。

(問題) 1. 晒粉中の有效塩素は次亜塩素酸の形で含まれてゐる。普通の晒粉と高度晒粉の有効塩素の量を、それらの組成式から算定して比較せよ。

2. 過酸化水素

われわれが家庭で消毒殺菌の目的に使用してゐる過酸化水素水にも漂白作用がある。

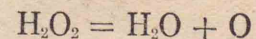
1) $2\text{H}_2\text{O}$ は結晶水として入ると考へられる。

[實驗] 6. フクシンのうすい溶液にアルカリを少し加へ、これに過酸化水素水を注加してみよ。

普通一般に賣られてゐる過酸化水素水¹⁾は過酸化水素 H_2O_2 を約 3% 含んでゐるが、これを壓力を減らして蒸溜すると、一層濃厚な過酸化水素水となる。市販には 35% の過酸化水素水が出てゐることもある。この程度の濃いものならば、その漂白作用が一層はつきりと示される。

[實驗] 7. 35% の過酸化水素水の中に緑の葉、赤い花色染した布などを入れてみよ。このとき、溶液の中に盛に氣泡が発生することに注意せよ。

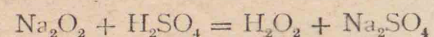
過酸化水素は比較的容易に次のやうに分解する。



1) 市場にはしばしばオキシフルといふ名稱で賣られてゐる。

このとき生じる原子状の酸素は、次亜塩素酸の分解でできる酸素と同じやうに劇しい酸化力をもつてゐる。過酸化水素の漂白作用もまたその酸化力のためである。しかも過酸化水素は塩素と違つて動物質を冒さないから、羽毛・絹絲・象牙などを漂白するのに都合がよい。

過酸化水素水の代りに過酸化ナトリウム Na_2O_2 を用ひてもよい。但し、このときは漂白しようと思ふものを、豫め稀硫酸の中に浸し、これに粉末状の過酸化ナトリウムを加へるのである。このとき次の反應で過酸化水素を生成し漂白が行はれる。

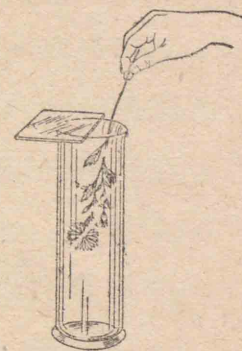


3: 亜硫酸・ヒドロ亜硫酸ナトリウム

われわれは先に亜硫酸によつてフクシンが脱色されることを知つたが、實際に亜硫酸ガス或は亜硫酸もまた漂白剤として用ひら

れてゐる。

〔實驗〕 8. 硫黄を燃やして亜硫酸ガスを發生させ、これを圓筒に充たし、中に草花を入れ、その變化を觀察せよ。



また二つの乾いた圓筒に亜硫酸ガスを充たし、一方には色染した乾いた布切れを、他方には濡らした布切れを入れて、その變化を比べてみよ。

これらの實驗から亜硫酸ガスの漂白作用もまた塩素の場合と同様に、水分のあるとき行はれることがわかつたであらう。

〔考察〕 1. 亜硫酸ガスの漂白はどんな作用によるかを考へ、塩素による漂白と比べてみよ。

〔考察〕 2. 一度亜硫酸で漂白されたものを空氣中に放置すると、またもとの色が

出て来ることのあるのはなぜか。

亜硫酸は塩素と違って動物質を冒さないで、特に絹・毛・麥稈・バルブなどの漂白に用ひられる。

亜硫酸よりも一層還元力の強いものに、ヒドロ亜硫酸ナトリウム $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ といふものがある。これは色染した布の色を抜きとるのによく用ひられる。

〔実験〕 9. 0.5%のヒドロ亜硫酸ナトリウム液に色染した布切れを浸し、その色がどうなるかを見よ。

〔実験〕 10. ヒドロ亜硫酸ナトリウムのアルカリ性溶液に藍をとかしこむ。これに白布を浸し、引き上げて空気中に曝して置き、その変化を見よ。

(問題) 2. 上の実験10のヒドロ亜硫酸ナトリウム及び空気的作用を説明せよ。

11. 燐

1. 黄燐と赤燐

われわれは先に燐が空気中で劇しく火を發して燃えることを觀察した。この發火性の燐はちやうど蠟のや、な外觀をしてゐる。また色は淡黄色なので黄燐と呼ばれる。

黄燐は、昔はマッチの發火劑として用ひられたが、毒性が強くて人體に害があるので、今日はマッチには全く使用を禁じられてゐる。今日使はれてゐるいはゆる安全マッチでは毒性のない赤燐が用ひられてゐる。

マッチの箱の側面には赤燐の粉末とガラス粉などを混ぜたものが膠で塗られてゐる。またマッチの軸木にはパラフィンをしみこませ、その先に硫黄・硫化アンチモン・塩素酸カリウム・二酸化マンガンなどを混ぜたものがつけてある。軸木の頭を箱の側面ですると赤燐が發火し、塩素酸カリウムや二酸化マンガンの酸化劑の助で可燃性の

硫黄と硫化アンチモンとが燃焼し、更に軸木が燃え出すのである。

黄燐と赤燐とは同素體であるが、次にこれらが互に移り變はる有様を觀察しよう。

〔實驗〕 1. 小豆粒大の黄燐を試験管に入れ、これに沃素の結晶の一片を加へて熱してみよ。

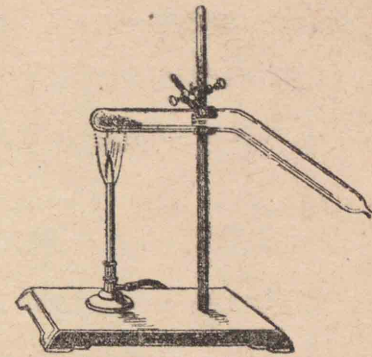
このとき黄燐の一部は蒸氣となつて空氣にふれて發火するが、残は次第に赤褐色に變はり、試験管の内側に附着するであらう。

上の實驗を空氣を斷つて行へば、黄燐は約 250 度で赤燐に變はる。沃素はこの變化を速める役目をする。

〔實驗〕 2. 圖のやうな形の硬質ガラス管に赤燐の粉末を入れ、やや強く熱する。赤燐が氣化する¹⁾と間もなく管の壁の冷い

1) 赤燐は 1 氣壓では約 400 度で氣化する。高い壓力の下で熱しられると液化する。

所に透明な液滴が蒸溜して來るのが見られるであらう。この液滴が固化して黄燐を生成する。管の口を封じて長時間放置して變化をみよう。



この實驗で、一度できた黄燐はまた赤燐に變はることが知られるであらう。常溫では赤燐の方が安定なのである。

黄燐は二硫化炭素にとけるが、赤燐はとけない。

〔實驗〕 3. 三脚の上へのせた鐵板の上に、一粒の黄燐と一匙の赤燐とを別々に置き、黄燐及び赤燐の位置から等距離の位置に鐵板の下から焰をあてて熱し、どちらが先に發火するかを觀察せよ。

黄燐は空氣中で約 60 度になれば發火するが、赤

燐は約 260 度になつて初めて發火する。

燒夷彈や燒夷カードに黄燐が用ひられてゐるが、これはその劇しい發火性を利用したのである。

〔實驗〕 4. 一粒の黄燐を少量の二硫化炭素にとかす。ガラス棒にこの溶液をつけて紙に文字を書き、暫く放置して、その變化を觀察せよ。またこの溶液を綿或は飽屑にしみこませて放置すると、間もなくこれらは自然に發火するであらう。

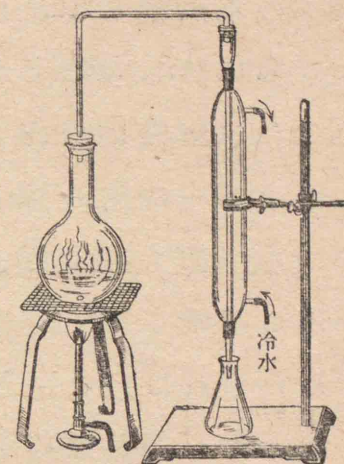
黄燐は人體につくと劇しい火傷を起すが、應急手當には、うすい晒粉溶液で洗ふとよい。

2. 黄燐の酸化と冷光

黄燐は濕つた空氣の中でも緩やかに酸化する。次の實驗でこれをしらべてみよう。

〔實驗〕 5. 次頁の圖のやうに水を入れたフラスコに一粒の黄燐を入れて置く。

このフラスコの口から長いガラス管を出し、これを冷却器につなぐ。冷却器の下方に圓錐フラスコを置く。ブレンゼン燈に火をつけ、部屋を暗くして觀察しよう。



溫度が上つて來ると、水中の燐が水面に浮かび上つて火を發するのが見られるであらう。また水蒸氣が盛に發生して管内に入ると、管内に青白い光が上下にゆらめきながら次第に上り、更に冷却器内を通つて移動するのが見られるであらう。

暫くして部屋を明かるくして見ると、冷却器または圓錐フラスコ中に白い煙霧が生じてゐるのに氣づくであらう。

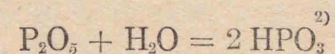
この不思議な現象は、次のやうに説明される。燐は熱しられて水蒸氣と一しよに氣化し、それが空氣にふれて酸化する。このときエネルギーは熱としてでなく光として放出される。即ち酸化によつて生成した物質の分子が刺戟されて發光するのである。

われわれは已に一般に固體物質を強く熱すると、まづ赤熱状態となり、更に白熱状態となつて光を發することを知つてゐるが、このやうな發光は 600 度以上の高い温度で初めて現れるのである。しかしここに見られた燐の酸化に伴ふ發光は、ずつと低い温度で起るのであつて、高い温度での固體の發光とはその趣が違つてゐる。このやうな發光を一般に冷光と呼ぶ。

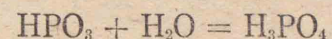
螢や夜光蟲などが光を出すのも一種の冷光であつて、物質の反應するときに出るエネルギーが發光物質を刺戟するためであると考へられてゐる。

3. 燐酸燐酸塩

實驗 5 で見られた白い煙霧状の物質は燐の酸化でできた五酸化燐¹⁾ P_2O_5 である。これが水と化合して一種の酸を作ることは、上の實驗で圓錐フラスコに水を注いでリトマス試験紙を入れてみればわかる。このときの變化はまづ



のやうに行はれるが、更に



と變化して、結局燐酸 H_3PO_4 ができるのである。随つて、五酸化燐は無水燐酸とも呼ばれる。燐酸は塩酸や硫酸ほどではないが、かなり強い酸である。

(問題) 1. 燐酸は三塩基酸であるが、その電離はどのやうに行はれるのであらう

1) 五酸化燐は非常に吸濕性があるので、眞空装置などで乾燥剤として用ひられる。

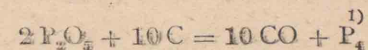
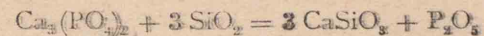
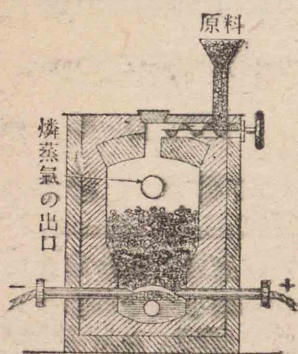
2) HPO_3 をメタ燐酸、これに對して H_3PO_4 をオルト燐酸と名づける。

か、式で示してみよ。また幾種の塩を作るか、例へばナトリウム塩の場合についての式をかいてみよ。

燐は有毒であるが、燐酸には毒性がないばかりでなく、その化合物はすべての生物に缺くことのできない成分である。

動物の骨や歯を空気中で強く熱すると、その中の膠状の有機物質が燃えて灰が残る。この灰は大部分燐酸カルシウム $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ である。骨や歯の他、神経組織や脳髓などの中にも、燐酸の化合物が含まれてゐる。

昔の錬金術者は、動物の排出物を熱処理して、この燐といふ元素を初めて取出したのであつた。實際に、燐酸カルシウムを珪砂 SiO_2 やコーラスと一しよに電気爐中で強く熱すると、次のやうな反應で黄燐が得られる。



骨灰の中に燐酸塩のあることを、次の方法で検出してみよう。

〔實驗〕 6. 骨灰を水と混ぜてよく振り、その濾液をとる。

この濾液にマグネシア混合液²⁾を加へて強く振つてみよ。

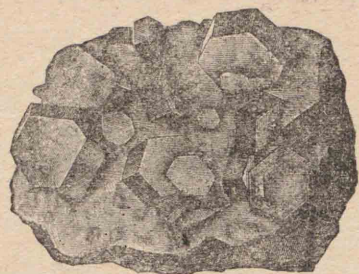
白色の濁が現れるであらう。これはその検液中に燐酸塩のある證據である。

4. 燐鑛・燐酸石灰

燐酸カルシウムはまた燐鑛と呼ばれる鑛石の成分として含まれる。燐鑛は太古の動植物が地中に埋まり、分解して地中の石灰と

- 1) 燐の蒸氣の分子量は約 128 であるから、その分子式は P_4 と與へられる。
- 2) この試薬を作るには塩化マグネシウム ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 10g と塩化アンモニウム (NH_4Cl) 10g とを水にとかし、濃アンモニア水 5cm^3 を加へ、水でうすめて全體を 100cm^3 にする。

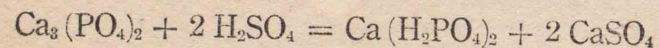
作用して生成したものと推定される。南太平洋の諸島には海鳥の糞が珊瑚礁の石灰と作用して生成した一種の燐鑛(グアノ)が産する。また燐灰石といはれる鑛石は燐酸カルシウムの他に、弗化カルシウム CaF_2 を少し含む。



燐灰石

さて、植物が成長するには栄養分として燐酸塩が必要である。これは土壤中から自然に供給される場合もあるが、農作では一般にこれを補給しなければならない。これが燐酸肥料である。骨灰・骨粉・米糠なども、その一種であるが、最も普通の工業的製品は、過燐酸石灰と呼ばれるものである。

過燐酸石灰は燐鑛に適量の硫酸を加へて放置し、次の反応を起させて製造する。



ここに生成する二つの物質の混合物が過燐酸石灰であるが、その中の $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ は酸性燐酸カルシウムで、燐酸カルシウムと違って水にとけやすいから、植物は直にこれを栄養分としてとることができる。しかし、硫酸カルシウム CaSO_4 は肥料としては無用のものである。いまもし、上の反応で硫酸の代りに燐酸を用ひるならば、硫酸カルシウムが混じらないで、酸性燐酸カルシウムだけが生成することになる。これは重過燐酸石灰と呼ばれ、優れた燐酸肥料である。

(問題) 2. 1トンの燐鑛から過燐酸石灰を作るのには、どれだけの硫酸がいるか。但し、硫酸の純度は50%で、燐鑛は70%の燐酸カルシウムを含むものとする。

(問題) 3. 重過燐酸石灰が生成するときの反応方程式をかけ。

12. 砂と粘土

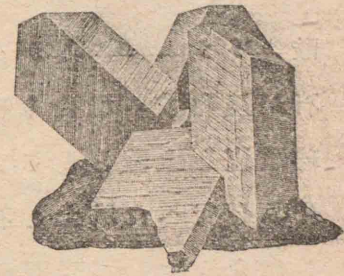
1. 砂・石英・水晶

海岸や河原などに積つてゐる砂や粘土はどうしてできたのであろうか。その原因を考察してみると、一見平穩に見える大地にも絶えず活動が行はれてゐることがわかつて来る。即ち、地殻の深い所には岩石の層がある。その中、あるものは恐らく地球の温度がまだ非常に高く、地表にも大變動のあつた時代にできたものであろう。これらの岩石の層が長年月の間に地表に露出し、風や雨の作用をうけるやうになつて、崩れたり質が變はつたりして、砂や粘土となつたものと推察される。

さて、岩石がどんな物質から成立つてゐるかといふに、その組成はなかなか複雑である。それらを作つてゐる多くの礦物は、大體珪酸

塩と呼ばれるものである。¹⁾

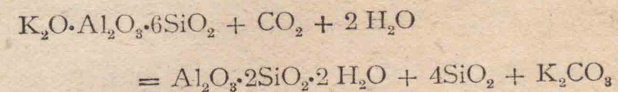
この珪酸塩は、その組成からみて、鐵・アルミニウム・マグネシウム・カルシウム・ナトリウム・カリウムなどの金属の酸化物と、珪素といふ非金属元素の酸化物との結合したものと考へてよい。例へば、花崗岩を作つてゐる長石はアル



長石

ミニウム・カリウム・ナトリウムなどを含む珪酸塩であり、雲母はアルミニウムの他、鐵・マグネシウムなどを含む珪酸塩である。

これらの珪酸塩礦物が風雨に曝されると、空気中の炭酸ガスと水との作用で次第に變質する。これが風化の現象である。例へば、正長石の組成は $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ で、それが風化するときの反應は、次のやうに行はれる。



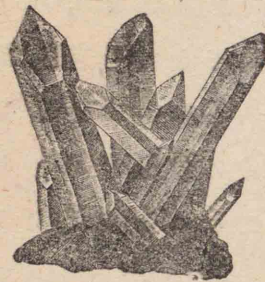
ここにできた物質のうち、 $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ は水

1) 岩石には炭酸塩や硫酸塩からできてゐるものもある。

を含むアルミニウム珪酸塩であつて、白陶土と呼ばれる一種の粘土である。また SiO_2 は酸化珪素で、石英や砂の主成分である。これらと同時に炭酸カリウム K_2CO_3 が生成する。複雑な組成の岩石が風化する場合もほぼ同様に、アルミニウムの珪酸塩を主體として、これにいろいろな金属の化合物を交へた粘土と石英と炭酸塩とを生成する。このやうにして岩石の風化で、絶えず砂や粘土ができて來るのである。

2. 酸化珪素

酸化珪素¹⁾ SiO_2 は砂や石英の主成分である物質で、無色透明の水晶の結晶は殆ど純粋な酸化珪素である。



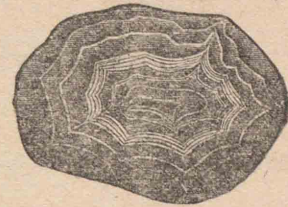
水晶

この他、めなう・蛋白石・燧石などの鑛石も酸化珪素を主成分とするものであり、珪藻土は珪藻といふ浮游植物の死骸が蓄積したもの

1) シリカとも呼ばれる。

である。¹⁾

水晶の性質からわかるやうに、酸化珪素はガラスより硬く、また非常にとけにくい物質である。これ



めなう

をとかすには約 1700 度に熱しなければならない。石英か水晶の粉末を電気爐で熔融し、これを冷却するとガラス状のものとなる。これを石英ガラスといふ。石英ガラスは普通のガラスより硬く、またその膨脹率が非常に小さくて、ガラスの 16 分の 1 にすぎない。

〔實驗〕 1. 石英ガラスの器を赤くなるほどに熱して置き、これを急に冷い水の中に入れてみよ。

石英ガラスの透明なものは光線特に紫外線をよく透過する性質があり、化学薬品に対する抵抗も大きい。

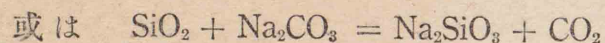
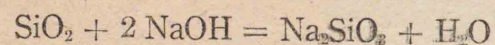
1) 珪藻土はダイナマイトの製造の際に利用される。

(問題) 石英ガラスの性質からこれが
どんな方面に用ひられるかを考へよ。

酸化珪素は水にとけず、また酸にも冒され
にくい、アルカリには徐々に、殊に高い温度
では目立つて冒される。

〔実験〕 2 石英の粉末を苛性ソーダ或
は炭酸ナトリウムと共にるつぼに入れて
熔融してみよ。

この熔融物を冷却するとガラス状の固體
ができる。これは珪酸ナトリウム Na_2SiO_3 と
呼ばれ水にとけやすいものである。即ち、こ
の反應は次のやうに行はれる。



3. 水ガラス・珪酸・コロイド

珪酸ナトリウムの固體を水と一しよに長
く熱すると、透明で非常に粘稠性の液が生成

する。これを水ガラスと呼ぶ。これは防火
塗料として、或はガラスや陶磁器の接合劑と
して利用され、工業製品として賣られてゐる。
水ガラスで次の實驗を試みよう。

〔実験〕 3.

(1) 普通賣られてゐる水ガラスを水で
約20倍にうすめたもの 100 cm^3 を作り、これ
にフェノールフタレン 1, 2 滴を加へて、そ
の反應を見よ。

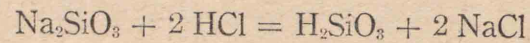
(2) 上の溶液に徐々に稀塩酸¹⁾を加へ、ガ
ラス棒でかき混ぜながら、フェノールフタ
レンの紅色が殆ど消えるほどにする。生
成した液の性狀を注意して觀察せよ。²⁾

この實驗で塩基性の珪酸ナトリウムの溶
液に塩酸を加へて殆ど中性にすると、溶液中
に白色の濁が現れるのを見るであらう。こ

1) 濃塩酸を約20倍にうすめたもの。

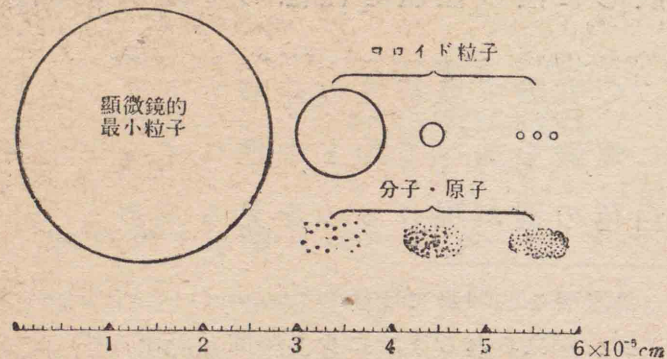
2) 變化が見られるまでに少し時間がかかる。

の濁は沈澱物のやうにも見えるが、いつまでたつても沈まないで、液體の中に浮遊してゐる。この際の反應は



のやうに行はれるのであるから、この白濁は H_2SiO_3 によるものである。 H_2SiO_3 は珪酸ナトリウムの酸に相當するもので、珪酸と呼ぶ。これがどうして白濁を作るのであろうか。

珪酸はわれわれが今までに學んだ多くの酸と違つて、水には殆どとけない。しかも、これが上に示した反應で生成するときに、非常に小さい粒となつて液體中に分散する。この粒子は分子ほどに小さくはないが、顯微鏡



で見ることが出来るほどに大きくはなく、ちやうど、その中間の大きさをもつてゐる。

このやうな大きさの物質の粒子を、一般にコロイド粒子といふ。コロイド粒子は液體や氣體の媒質中では重力に打勝つて浮遊分散する性質がある。その中にコロイド粒子が分散してゐるやうな液體を、コロイド溶液と呼ぶ。上の實驗で觀察した珪酸は、ちやうどこのやうな状態にあるものである。

〔實驗〕 4. 上の實驗で作つた珪酸のコロイド溶液を盛つた器と蒸溜水を盛つた器とを並べて置き、これにレンズで集めた光束を投じて、どんな現象が見られるか、室を暗くして觀察してみよう。

この實驗で見られるやうな現象をチンダル現象といふ。

〔考察〕 1. 光によるこれと類似の現象を見た經驗があるかどうか、想ひ浮かべよ。

〔實驗〕 5. 水ガラスを約10倍にうすめた溶液にフェノールフタレンを加へ、これに濃塩酸を5, 6倍にうすめた濃い塩酸を、徐々に加へ、ガラス棒でかき混ぜながら、フェノールフタレンの色が微かに残る程度にし、暫く放置して、その性状の變化を見よ。

この實驗で、まづ珪酸の白い濁が現れるが、間もなく液全體が乳白色になり、突然液全體がちやうど寒天のやうに固まつてしまふのが見られるであらう。この場合も珪酸はコロイド粒子として水の中に分散するのだが、その濃度が大きいために、全體は液體の性質を失つて、多少の剛さと弾性のある固體の状態になるのである。

このやうに分散するコロイド粒子を含みながら、全體が固體の状態にあるものを一般にゲルといふ。これに對してコロイド粒子を含みながら全體が液體の状態にあるもの

をゾルといふ。ジェラチンの約5%の溶液は温められた状態ではゾルであるが、冷えたときはゲルとなる。

自然物にも人工物にもゾルまたはゲルの状態のものが少くない。石鹼液や血液はゾルであり、豆腐や寒天はゲルである。

4. 粘土

一般に粘土と呼ばれるものは、珪酸アルミニウムを主體として、その中に鐵・カルシウム・マグネシウムなどの珪酸塩を含み、その他に石灰(炭酸カルシウム)砂などを混入したものであるが、それらの割合は粘土の種類で違ふ。カオリン或は白陶土と呼ばれるものは、殆ど純粹な含水珪酸アルミニウムである。鐵の化合物の含量が多い粘土は黄色や赤色を帯びてゐる。適當な粘土で實驗を試みよう。

〔實驗〕 6. 粘土を適量の水と混ぜて粘

着性の塊を作り、これを指先で乾いたガラス板に塗りつけ、そののび具合をみよ。またこれを乾かしてから、その面に裂け目ができるかどうかをみよ。塑性の大きい粘土はのびがよくて乾いた後に裂け目のできる事が少い。この方法で各種の粘土の塑性を比較してみよ。

[実験] 7. 乾いた細粉状の粘土を多量の水に混ぜ、十分によくかき混ぜて濁らせ、暫く放置せよ。このとき、砂や石灰などの比較的比重の大きい夾雑物は速かに器底に沈むが、他のものはなほ水中に浮游してゐる。容器を傾けて注意しながら上方の濁った液を他の容器にうつして、底の沈澱物から分離せよ。これを2, 3回繰返し、更に1晝夜放置して、なほ沈まないやうな微粒子を含む液を分離せよ。

上の実験で分離した液はちやうど先に觀

察した珪酸のコロイド溶液に似た性状をもつてをり、チンダル現象も示されるであらう。この中にはなかなか沈降しない粘土の微粒子が浮游してゐる。この粒子の大きさは、コロイド粒子ほどのものもあらうが、大體は顯微鏡で見える程度のものであるから、眞のコロイド溶液ではなく、懸濁液と呼ばれる。懸濁液はコロイド液に似た性質をもつてゐる。

[実験] 8. 上の実験で分離した粘土の懸濁液約 10 cm^3 を試験管に入れて、それに5-10%の食塩水約 10 cm^3 を入れる。よくふり混ぜてから暫く放置して、その變化を觀察せよ。

この実験から、粘土の懸濁液は食塩などの電解質を加へるとき、その粒子が互に集まつて沈澱することが認められる。粘土の粒子は水の中では大體負の電氣を帯びてをり、その電荷のために互に反撥し合つて浮游して

あるのであるが、これに食塩のやうな電解質を加へると、その陽イオンが粒子に附着して、その電荷を中和する。そのために粒子は互にくつつきやすくなり粗粒となつて沈澱するのである。

このやうな現象は多くのコロイド溶液でも見られる現象である。

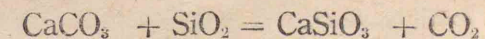
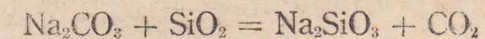
〔考察〕 2 河口に三角洲のできる原因を、上の現象と關聯して考察せよ。

13. ガラス・陶磁器・セメント

1. ガラス

ガラスは東洋でも西洋でも古い時代から作られて來た。支那では古く瑠璃或は玻璃と呼ばれた。近代になつて、製造が工業化されるやうになつて、その使用もますます普及し、今日ではガラスは全く生活の必需品となつた。わが國はガラス生産國として世界でもすぐれた地位にある。

ガラスは砂と炭酸ナトリウムと、炭酸カルシウムを成分とする石灰石とを原料として作る。これらの混合物を高温度に熱すると、砂の主成分である酸化珪素が炭酸ナトリウム及び炭酸カルシウムと反應して、それぞれナトリウム及びカルシウムの珪酸塩を作る。



これらの珪酸塩の熔融混合物は、冷却しても結晶とならないで、透明な無定形體となる。これがガラスである。

一度固まつたものを再び熱すれば、きまつた融點がなく、次第に粘性が減つて、流動性をおびてくる。それ故、ガラスは固體の性質をもつてはゐるが、むしろ極度に粘性の大きい液體と看做してよいものである。

上のやうに炭酸ナトリウムを原料としたガラスはソーダガラスと呼ばれるが、これは比較的低い温度(400—500度)でとけ始め、且つ薬品に對してもあまり丈夫でない。多くは窓ガラス・壺・コップなどの日用品を作るのに用ひられる。

硬質ガラスと呼ばれるものは、ソーダガラスよりもとけにくく、且つ薬品に對する抵抗力も大きいので、實驗用器具などを作るのに用ひられる。この種のガラスは、炭酸ナトリウムの代りに炭酸カリウムを用ひて作るのでカリガラスとも呼ばれる。ボヘミヤガラスやエナガラスと呼ばれるものもこの類である。

鉛ガラスと呼ばれるものは酸化珪素・炭酸カルシウム及び炭酸カリウムの他に、酸化鉛を原料として作る。光に對する屈折率が大きく、光學器械のレンズやプリズムの製作、裝飾用具の製作などに用ひられる。フロントガラスもこの類である。

酸化珪素の一部の代りに¹⁾硼素の酸化物 B_2O_3 を加へると、硼酸塩を含んだガラスができる。この種のもは膨脹率が小さく、温度の急變に堪へる特性がある。石英ガラスの代用として放電管・燃焼管などの製作に用ひられる。バイレックスガラス或はテレックスガラスと呼ばれるものがそれである。

[考察] ガラスの缺點はこはれやすいことである。この缺點を補ふためにはどうすればよいであらうか。

ガラスの製造法

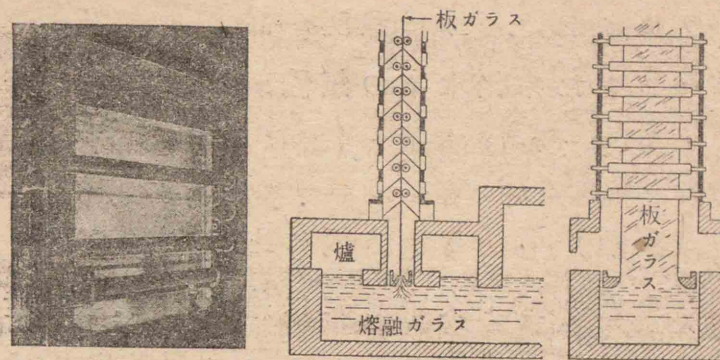
原料の混合物を耐火粘土で作つた壺または窯の中に入れ、ガスの焰で高温度(1400—1600度)に熱

1) 硼素は珪素に似た非金屬元素である。

して熔融する。このときに発生する炭酸ガスは熔融物の中から悉く追ひ出さなければならない。さもないと製品に気泡や條がはいる。熔融状態の混合物に金属の酸化物を少し加へると、色ガラスを作ることができる。酸化コバルトは青、二酸化マンガンは紫、酸化第一銅は赤に着色する。ガラスがよく青緑色をしてゐるのは、原料に含まれてゐる酸化鐵のためである。螢石や骨灰を混入すると乳白色不透明なガラスができる。

熔融物はこれを適当な形にして冷やすのであるが、急に冷やすと、内部にひずみができて脆くなるおそれがあるから、徐々に行はなければならない。特に光學用のガラスは全くひずみのないやうに數日或は十數日もかかつて緩やかに冷やす。

熔融物に形を與へるには、これを熟練工が吹管の先につけて、適当な形に吹く方法もあるが、近頃は多く機械で行ふやうになつた。板ガラスは次のやうにして作られる。熔融ガラスの上に細長い孔のある耐火粘土製の浮きを浮かべ、これをある深さまで押しこむと、孔からガラスが盛り上つて来る。これを捕へて圖のやうに上に引き上げ



ていく。厚板ガラスは熔融物を臺の上に流し、それを熱した鐵製の回轉盤で適当な厚さにのばす。次第に冷却するのを待つて適当な大きさに切る。

ガラスを切斷するには金剛石や回轉砥を用ひ、磨くにはべんがらや金剛砂¹⁾を用ひる。

〔實驗〕 1. ビーカーに蒸溜水を入れ、それにフェノールフタレン 2, 3 滴を加へて加熱してみよ。この實驗をソーダガラスとカリガラスとで比べてみよ。

ガラスは酸には比較的丈夫であるが、アル

1) べんがらは酸化鐵 Fe_2O_3 であり、金剛砂は不純な酸化アルミニウム Al_2O_3 である。

カリには弱い。殊に温度が高いと冒されやすい。また弗化水素の氣體或は水溶液¹⁾は著しくガラスを腐蝕する。

〔實驗〕 2. ガラス板にとけたパラフィン²⁾を塗り、針で文字または繪を刻む。蒸發皿に螢石の粉末を入れ、これに濃硫酸を注いで弗化水素を發生させ、この皿に上のガラス板をかぶせて置く。暫くしてガラス板を水で洗ひ、パラフィンを取去つてみよ。

(問題) ガラスの性質を石英ガラスの性質と比べてみよ。

2. 陶磁器

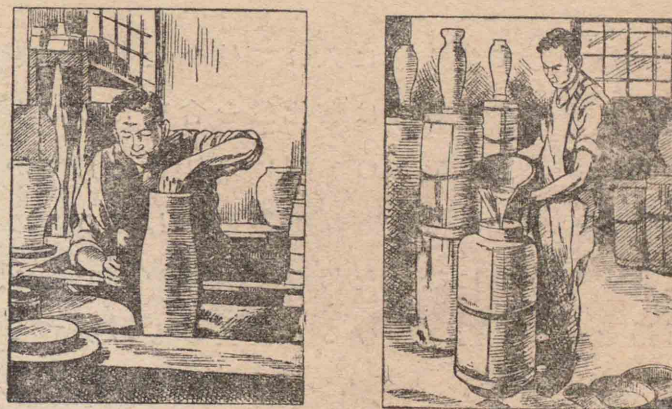
陶磁器の製造もまた古代から發達した技術であるが、今日では一つの重要な工業となつた。わが國の陶磁器工業は特にすぐれた

1) 弗化水素 HF の水溶液は弗化水素酸である。

2) 或は弗化水素酸を筆にしめして塗る。

傳統をもつてゐる。

磁器のやうな品質のよいものを作るには不純物の少い陶土・長石及び石英を原料とする。これらの原料を細かく粉にして、適量の水と混ぜ、その塑性を利用して型を作る。それにはろくろを用ひるが、時によつては原料の混合物を燒石膏の型に注入する。このやうにして作つたものを乾燥してから窯に入れ、比較的低い温度(800度ぐらゐ)



陶磁器成型の實況

でそれが堅硬で、且つ多孔質になるまで焼く。このやうにしてできたのが素焼である。次に素焼の表面を木灰汁に長石やシリカの粉末を混ぜた釉藥を施して乾燥し、これを比較的高い温度(1300

度ぐらゐ)で長時間熱する。このとき表面の釉薬が熔融して素焼の細孔をうづめ、光澤のある気密な素地を作る。これが磁器である。

陶器は幾分不純な陶土を原料とし、初は高温度(1200度ぐらゐ)に熱して素焼を作り、後に釉薬を施して、比較的低温度(900度ぐらゐ)で焼いて作る。

この他、原料や処理法の相違によつて、土器・炆器と呼ばれるものが作られる。

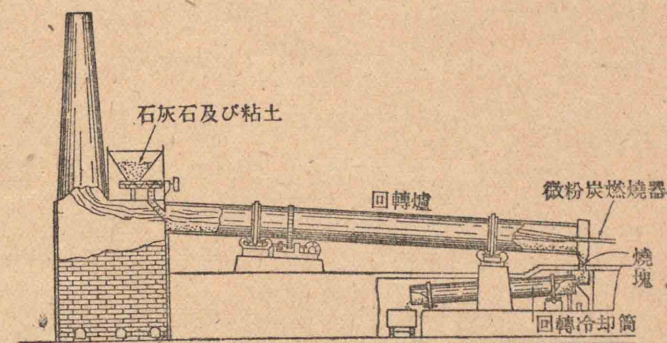
煉瓦は粘土に砂を混ぜ、水でこねて一定の形に作り、乾かしてから窯に入れて焼いたもので、それが赤色をしてゐるのは酸化鉄を含むためである。

瓦は粘土を水でこねて型に入れ、乾かしてから焼いたものである。それが黒色をしてゐるのは、燃料として主に松材を用ひて燻すからである。

石墨を塗つて焼きつけると、良質のものができる。

3. セメント

セメントは石灰石と粘土との混合物を熱して、半熔融状態になる程度の温度で焼いて作る。



まづ原料混合物を粉にし、これを回轉爐と呼ばれる大きな長い圓筒形の爐の中に送りこむ。この爐の一方の口からは、石炭の粉を燃焼させた火焰が吹きこまれる。この爐の中で原料は1500度ぐらゐの温度で焼き固められ、傾斜した爐の末端から排出される。これが焼塊(クリンカー)と呼ばれるものである。この焼塊を冷却して粉にする。これに石膏の粉末を少し加へたものがセメントである。セメントは水を混ぜて糊状にして使用する。セメントがどうして硬化するかといふことはむづかしい問題であるが、恐らく、その成分である珪酸塩や酸化カルシウムが水分と結合して結晶を作り、これらの結晶が互に緊密に凝集するためであらうと推察される。

コンクリートはセメントに適量の砂や砕いた石を混ぜて、水でねり合はしたものである。これは数日間に固い塊になる。セメントだけの場合よりも遙かに硬く堅牢であるから、セメントは多くコンクリートの材料として用ひられる。

漆喰或はモルタルは消石灰¹⁾と砂との混合物で、建築物の壁塗りや、煉瓦や石の接合などに利用される。これはセメントと違って水に弱く、且つセメントほど堅牢ではない。

〔実験〕 3. セメント約 30g に水を少しづつ加へてやや固い塊を作る。この一部分を適当な形にこしらへて、これを机の上に置く。また残部を型に入れて、これを水を盛つたビーカーの中に入れて置く。それらを次の実験の時間まで放置し、固まつたかどうかを見よ。

〔実験〕 4. 石灰約 30g に水約 20 cm³ を加へ、これに細砂を少し加へて練り、適当な

1) 消石灰は水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ であり、石灰石を焼いてできる生石灰 CaO に水を加へて作る。

固さの混合物を作れ。これは一種の漆喰である。

これを実験 3 と同様に処理して放置し、固まり具合をセメントの場合と比較せよ。

ガラスや陶磁器の製造技術は、まだ科學の發達してゐない古代でも已に行はれてゐたものであるが、近時科學が發達するにつれて、その技術は更に根本的に改良進歩するやうになつた。殊に光學器械に用ひられるガラスの製造は、光學に關する研究と相俟つて大いに進歩したのである。

主な元素の原子量

元素名	記號	原子量	元素名	記號	原子量
亜鉛	Zn	65.38	炭素	C	12.01
アルゴン	A	39.94	窒素	N	14.01
アルミニウム	Al	26.97	鐵	Fe	55.84
アンチモン	Sb	121.76	銅	Cu	63.57
硫黄	S	32.06	ナトリウム	Na	23.00
塩素	Cl	35.46	鉛	Pb	207.21
カリウム	K	39.10	ニッケル	Ni	58.69
カルシウム	Ca	40.08	白金	Pt	195.23
金	Au	197.2	バナヂン	V	50.95
銀	Ag	107.88	バリウム	Ba	137.36
クロム	Cr	52.01	弗素	F	19.00
珪素	Si	28.06	ヘリウム	He	4.003
酸素	O	16.00	硼素	B	10.82
臭素	Br	79.92	マグネシウム	Mg	24.32
水銀	Hg	200.61	マンガン	Mn	54.93
水素	H	1.008	沃素	I	126.92
錫	Sn	118.70	ラヂウム	Ra	226.05
タングステン	W	183.92	燐	P	30.98

物 象

(中學校用)

3

第二類

昭和18年5月21日印刷
昭和18年5月25日發行 定價85錢

著作権所有

著者兼發行者
東京市神田區岩本町三番地
中等學校教科書株式會社
代表者 山本慶治

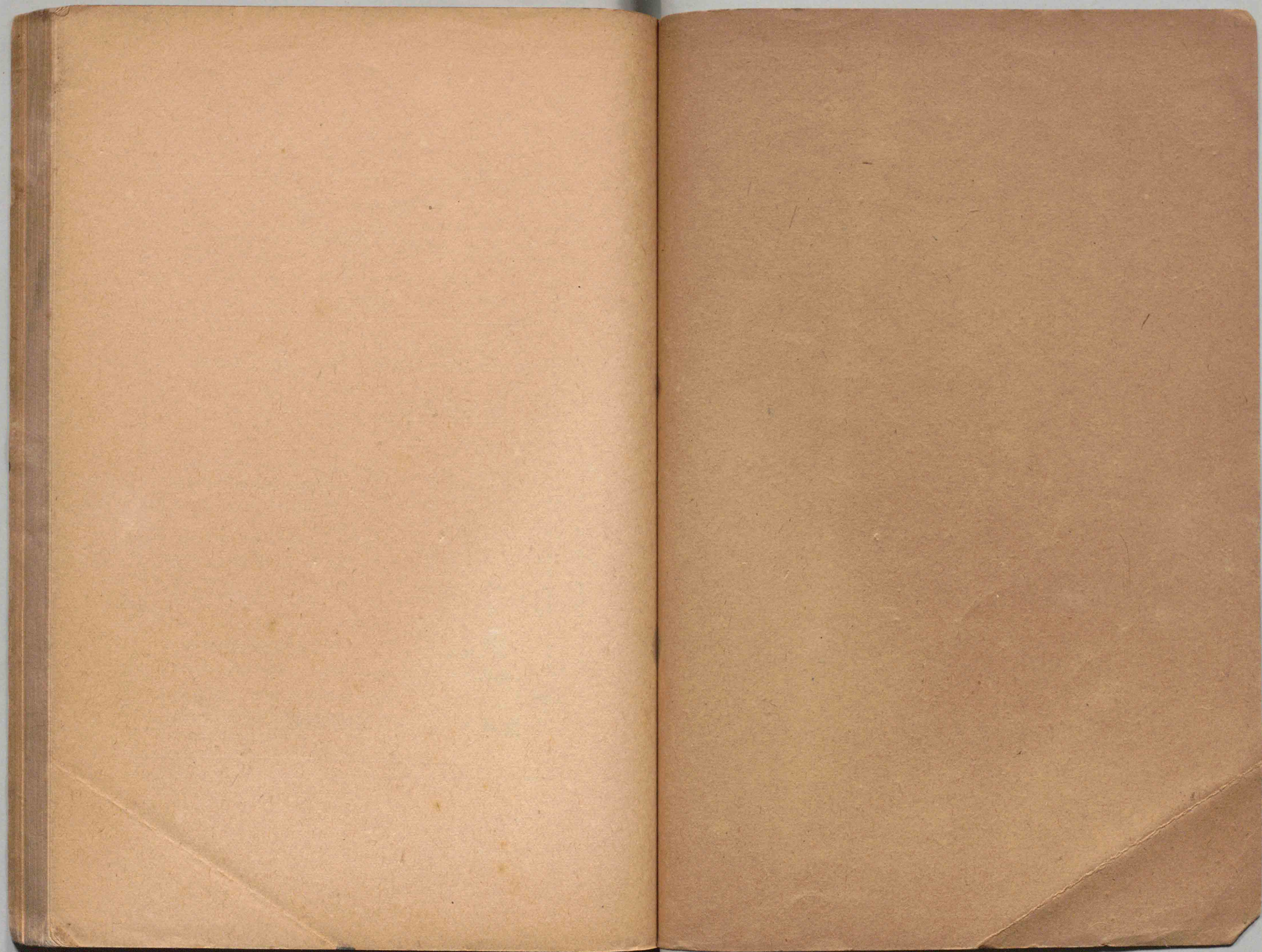
印刷者
東京市小石川區久堅町一〇八番地
共同印刷株式會社
(東京二〇四)
代表者 古川一郎

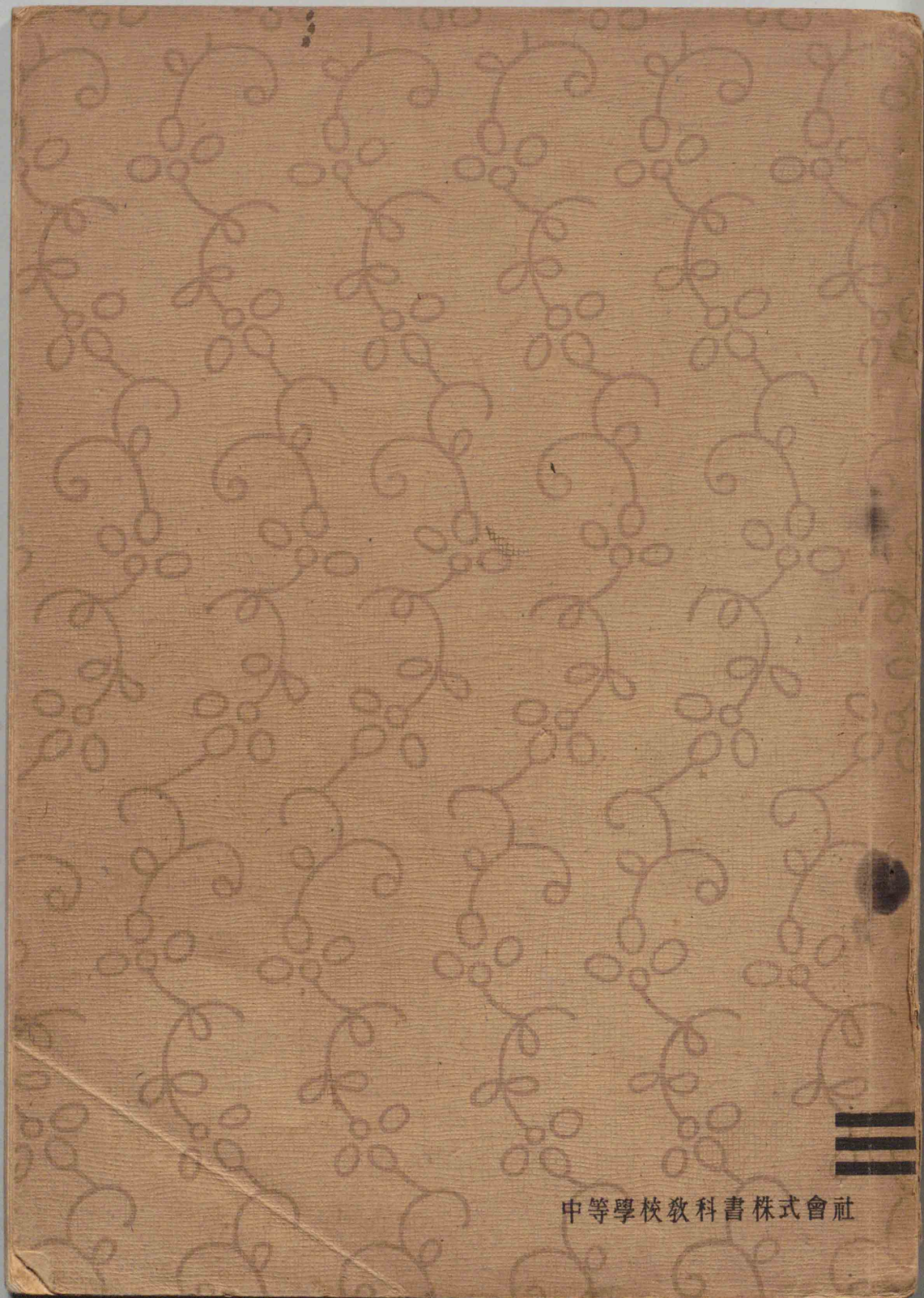
配給元
東京市神田區淡路町二丁目九番地
日本出版配給株式會社

發行所
東京市神田區岩本町三番地
中等學校教科書株式會社
日本出版文化協會會員番號117522

(略名) 中學物象二類3

化 學 科





中等學校教科書株式會社