



\* 0047179000 \*

0047179-000

47-303

中等教育化学の真髓

永海佐一郎・著

積善館

昭和2

AHF



47

303



303



2-3798

Z



元素の週期律表

	零族	第一族	第二族	第三族	第四族	第五族	第六族	第七族	第八族
酸素との化合物の一般式		$R_2O$	$RO$	$R_2O_3$	$RO_2$	$R_2O_5$	$RO_3$	$R_2O_7$	
水素との化合物の一般式		(A) (B) (A) (B)	(A) (B) (A) (B)				$H_2R$	$HR$	
	[He] (4.00)	H (1.008) [Li] (6.94)		B (10.8)	C (12.005)	N (14.008)	O (16.00)	F (19.0)	
	[Ne] (20.2)	Na (22.99)	Mg (24.32)	Al* (27.1)	Si (28.3)	P (31.04)	S (32.06)	Cl (35.46)	
	[Ar] (39.9)	K (39.10) Ca (40.07) Cu (63.57)	Zn* (65.37)			As* (74.96)	Cr (52.0)	Mn (54.93) Br (79.92)	Fe (55.84) Co (58.97) Ni (58.69)
	[Kr] (83.92)		Sr (87.63) Cd (112.4)		Sn* (118.7)	Sb* (120.3)		I (126.92)	
	[Xe] (131.3)		Ba (137.37) Hg (200.6)		Pb* (207.20)	Bi (208.0)			Pt (195.2)

\* を作るものは両性元素なり。

中 國 國 立 大 學 附 屬 化 學 實 驗 室

東京高等工業學校教授

理學博士

永海佐一郎

著

1927

東京・大阪  
積善館發行





47-303 X

本書を  
逝ける妻の靈  
に捧ぐ



## 緒 言

我國で、從來中等學校などに於ては化學と云へば機械的に暗記する學科であるやうに思はれてゐた。生徒の殆んど凡ては化學を暗記の學科として取扱つてゐる。教師に於ても之を記述的、断片的、暗記的に教授してゐる人が相當にある。高等専門學校乃至大學に於てすら、無機化學は記述的、断片的の學問であるかの様に誤解して居る向が相當に多い様に見受けられる。

斯くの如く化學が暗記の學科と見做されてゐる結果として生ずる化學教育上の重なる弊害は次の如くである。

(i) 學生は平素化學變化を吟味考察する事無く、試験前にのみ教授せられし事項を機械的に、形式的に注入する様になり、試験終了後は教授事項の殆んど大部分を忘れてしまふと云ふ有様である。實に遺憾至極である。

(ii) 眞面目に學ぶ人にとつても、機械的に暗記する部分が多い状態である爲に、學習の勞多くして其效果極めて少ない。

(iii) 學ぶものが平素化學に興味を感じない様になる。これがため有爲の青年をして、將來化學を専攻せんとする志を起す機會を逸せしめる。これは此學問の發達上且は我國將來の發展上健全に一大恨事である。

然し化學が暗記的の無味乾燥な學問では無く、却つて



推理的に學び得る興味深い學問であることは私の常に考へてゐる所である。

化學を學ぶ人に其基礎的事項を充分理解せしめ、其化學反應を吟味、消化せしめ度い。學習者が之に基いて、幾多の化學變化を自ら推理し得る様になれば自然この學問に興味を覺える様になる。かくすれば比較的の勢少なくて相當に學習の効果を收め得るものであると云ふ事は、私の平素信じてゐる所である。

わが國に於ける化學の暗記的學習法を根本的に廢し、是非とも推理的に之を學ばしめ、而して化學教育の能率を増進せしめる事は極めて緊要の事であると感じ、之を實行しようと決心したのは、私が東北帝國大學理學部化學教室に在職中の事で六七年前の事であつた。此目的を達するためには、從來暗記的に取扱はれた教材を推理的に解釋したる次の三種の書籍、

(1) 高等程度の無機化學講義書 (2) 中等程度の化學講義書 (3) 中等學校の教科書、

を公にして暗記的教授法を推理的教授法に改正しようといふ一般の輿論を喚び起す事が肝要であると、其當時より考へてゐたのである。

化學を教授せられる人々、中等教員諸賢に私のこの化學教育に関する考を批評して貰ひ度いために、且は高等專門學校學生諸君に化學を推理的に學ぶ様にするため

に、高等教育無機化學の基礎と題する本を、東京内田老鶴園より出版する事となつたのは昨年秋である。

本書は小學校卒業程度の化學より講義を始め、中等學校の化學教科書を自由に解釋し得る程度の力を養ひ、更に進んで稍々高等の程度に迄述べて置いた。要するに化學なる學問の骨子を爲す化學變化を推理的に、徹底的に理解せられる様に私の及ぶ限りの力を以て、諸君自身の氣持となつて記述したものである。

此著作は多くの事實を知る爲では無く、寧ろこれを自ら推理し、誘導し解釋し得るために必要な化學常識を養成するのに努めたものである。必要の時に必要の箇所を一寸參考すべき性質の參考書では決して無いのである。初めより終り迄幾度か反覆精讀吟味すべき、即ち化學のそこ力を養成する本である。

獨學せられる人にも必ず誤解無くよく理解し得るやう出来るだけ丁寧に、解り易くむしろくどすぎる位に説明をした積りである。中等學校の生徒、小學校及び中等學校の教師、其他一般に初めて化學を學ぶ人、既に化學を修めた人又は之を教授せられる人のために幾分でも參考となり、化學なる學問を取扱ふ上に於て或は之が學習の上にある暗示を與へる事が出来るものとすれば、私としては嬉しく感ずる所である。

本書はかくの如き教育方針によりて執筆したもので



あるから、小學校の理科受持教師中等學校教師諸賢には是非とも讀んで貰ひ度い。そして化學なるものは暗記的で無く、推理的に學び得る興味深い學問であることを兒童の腦裏にふかく印象させて貰ひ度い。更に中等學校に於て化學を推理的に教授して貰つたならば、今日より幾年か後には、必ず我國に於て化學は推理的に學び得る興味深い學問であると一般に見做される様になつて、從來の暗記的學習法に基く如上の弊害を除去する事が出來ると私は信じて居る。

---

## 執筆の動機

本書は私の六七年前に考へて居た化學教育上の計畫を實現したのに過ぎないのであるが、これを執筆するに至つた直接の動機については終世忘れる事は出來ない。荆妻わいが病後未だ完全に健康體とならぬ時に、私の經濟を援助し私をして専ら化學の研究に従事せしめる爲に、仙臺市五橋實科高等女學校へ就職したのが大正十三年九月であつた。就職後一ヶ月にして病氣再發し其後漸次重病となり少なくとも四五年の療養を要する事となつたので、他より借金する事無く、病人を安心せしめる爲には私自身の方によりて療養費を得る方法を考へねばならぬ様になつた。此費用を得るために思ひついたのであるが此著述であつて、これが大正十五年八月中旬の事であつた。妻の病氣は漸次惡化し遂に大正十五年十一月九日を以て妻の實家宮城縣名取郡玉浦村庄司彌五郎方にて永眠するにいたつた。此時迄に本書の第二章の中途まで書いてゐたのであつたが私の初志は遂に之を果す事が出來なかつた。併し私は其時此著述を迅速に完成して妻の靈を慰める様な事をしたと思うた。昨年十二月中旬より本年一月初旬迄、葬式のため歸省してゐた機を利用して、郷里なる西郷町蓮光寺に於て涙を以て本書の執筆を繼續し、更に東京市外大岡山の下宿屋笹渡館



に於て此原稿を完成したのである。

本書第一版の印税は妻の出身校である宮城縣名取郡岩沼町小學校へ次の條件のもとに寄附する事となつてゐる。

1. 此寄附金利子額の一部を毎年三月卒業式のと  
き、親孝行なる兒童への賞與金に使用して貰ひ、利子の總額は元金にくり込み、元金及び利子の總額は之を永久に同小學校に保管して貰ふ事。

2. 長年月の後元金が相當の額に達すれば善良なる學生への學資金に此利子を使用する事。

第二版以後の印税の用途については今日未だ之を考へて居らぬ。

本書の著述に就き、石原熊雄氏は滿四ヶ月間殆んど寸暇無く之を援助せられた。本書は實に同氏の援助によりてこそ完成したといへる。今本書を公にするに際し、茲に同君に對し深厚の謝意を表するものである。

西郷町蓮光寺住職青山常丸氏が本書の執筆に際し多大の同情を寄せられた事を此處に感謝する。

昭和二年八月十五日

隱岐國西郷町善立寺にて

永海佐一郎識

## 注 意

第十七章の全部及び本書中\*を附せる箇所又は細字にて記載したる所は稍々高等の部分であるから、中等學校の生徒又は受験生諸君は之を省略してよろしい。



# 中等 化学の真髓

## 目 次

	頁
第一章 化学に関する基礎的事項.....	1-48
1. 宇宙間に存在する物質の組成.....	1-3
2. 分子量、原子量の意義(其の一).....	3-6
3. " " (其の二).....	6-10
4. 元素の化学記号.....	10-12
5. 化合物の化学記号.....	12-17
6. 気体の分子量を定める方法.....	17-20
7. 分子量測定の結果.....	20-24
8. 気体の重量と其容積との関係.....	24-31
9. 気体の容積と其温度、壓力との関係.....	31-38
10. 気体の分子量の測定.....	38-41
*11. 液体の分子量の定め方.....	41-44
*12. 固体の分子量の定め方.....	44-45
13. 本章の要領.....	45-48
第二章 水 素.....	49-79
1. 水素( $H_2$ )、化学方程式.....	49-55
2. 亜鉛と硫酸との作用に依りて生ずる水素の容積と、亜鉛の重量との関係を簡単に求める方法.....	55-59
3. 金属と酸との作用によりて水素を生ずる場合が多い.....	59-63



4	原子量, 當量, 化合物の化學式を推定する方法.....	63-67
5	金屬と鹽酸又は硫酸との作用.....	67-73
6	金屬と酸との作用によりて水素を得る反應の 摘要.....	73-74
7	金屬ナトリウム又はカリウムと水との反應.....	74-77
8	第二章の要領.....	77-79
<b>第三章 酸素及び水.....81-102</b>		
1	酸化物.....	81-82
2	水, 酸素一分子は二原子より成る.....	82-86
3	氣體の相反應する容積の關係を化學方程式よ り推定する事.....	86-89
4	水素酸素の原子量を定める方法.....	89-91
5	水素酸素の原子量を定める方法.....	91-95
6	水素一分子は二原子より成り, 水蒸氣一分子中 には二原子の水素を含む事の實驗的證明.....	95-97
7	酸素と他の一種の元素との化合物.....	97-102
<b>第四章 元素の週期律表, 金屬及び非金 屬.....103-110</b>		
1	元素の週期律表.....	103-105
2	週期律表, 金屬, 非金屬元素の分布.....	105-108
3	元素の原子量と週期律表.....	108-110
<b>第五章 酸素の性質.....111-154</b>		
		111-113

2	鹽酸と苛性ソーダとの中和實驗.....	113-119
3	酸及びアルカリの定量.....	119-121
4	溶液の濃度.....	121-122
5	中和反應の實例.....	122-127
6	規定溶液.....	127-133
7	中和實驗結果を簡単に計算する方法.....	133-139
8	鹽酸又は硫酸溶液の濃度を定める方法.....	139-141
9	重量分析法によつて, 鹽酸又は硫酸の濃度を定 める方法.....	141-147
10	重量分析法によつて, 硫酸の濃度を定める方法.....	147-148
11	本章の要領.....	148-154
<b>第六章 ハロゲン元素.....155-204</b>		
1	鹽素を作る時の化學變化(其の一).....	156-171
2	鹽素を作る時の化學變化(其の二).....	171-174
3	鹽素の性質, 鹽素と他の元素との化合物.....	174-178
4	週期律表上の元素配列の位置によりて, 其元素 の鹽化物の化學式を推定する事.....	178-182
5	鹽素と水, 及びアルカリとの化學反應.....	182-184
6	鹽素酸カリウム( $KClO_3$ )及び漂白粉を作る時の 化學反應.....	185-186
7	漂白粉を作る時の化學反應, 漂白粉と酸との作 用.....	186-187
8	鹽化水素( $HCl$ ).....	188-192
9	鹽化水素を生成する他の化學反應.....	192-195



10. 鹽素,臭素,沃素を造る時の反應.....195-198

11. ハロゲン元素の他の元素に對する結合力の比較.....198-200

12. ハロゲン元素の總括.....200-204

第七章 酸素族元素(酸素,硫黄).....205-256

1. 鹽素酸カリウムを熱して酸素を生ずる時の反應.....205-207

2. 鹽素酸カリウム,二酸化マンガンの混合より酸素を得る反應.....207-210

3. オゾン(O<sub>3</sub>)及び過酸化水素.....210-214

4. 硫化水素(H<sub>2</sub>S).....214-222

5. 硫化水素の應用,定性分析の概要.....222-226

6. 金屬の酸化物及び硫化物の化學式の推定.....226-234

7. 金屬酸化物は鹽基性酸化物である.....234-235

8. 硫黄と酸素との化合物,二酸化硫黄の製法.....235-240

9. 二酸化硫黄の性質.....240-242

10. 亞硫酸の性質.....242-246

11. 酸化劑と還元劑との反應.....246-251

12. 還元劑としての硫化水素.....251-256

第八章 窒素族元素.....257-317

1. 硝酸 硝酸を生ずる反應.....257-260

2. 硝酸の性質,窒素と酸素との化合物.....260-263

3. 硝酸の性質,硝酸は何故酸化劑なりや.....263-266

4. 硝酸と金屬との化學反應.....266-270

5. 硝酸と金屬との反應.....270-277

6. 稀硝酸と金屬との反應.....277-280

7. NO<sub>2</sub> 及び NO の性質,硝酸鹽を蒸する時の反應.....280-287

8. アンモニア(NH<sub>3</sub>).....287-289

9. アンモニアを製する時の反應.....289-292

10. 窒素の循環,空中窒素の固定法.....292-295

11. 空中窒素の固定法.....295-297

12. 硫酸を製する時の反應.....297-300

13. 燐, 燐の鑛石より燐を製する時の反應.....300-303

14. 燐酸及び其鹽.....304-309

15. 燐の鑛石より燐を製造する時の化學反應.....309-311

16. 窒素族元素の摘要.....311-316

17. 過燐酸肥料,及び燐の循環.....316-317

第九章 クロム及びマンガンの化合物.....319-337

1. クロム,マンガンの化合物の總括.....319-323

2. 重クロム酸カリウムを製する時の反應及び其應用.....323-328

3. 過マンガン酸カリウムを製する時の反應.....328-333

4. KMnO<sub>4</sub> の化學分析に於ける應用.....333-337

第十章 炭素,珪素,炭素及び窒素を含む化合物及び礫素.....339-360

1. 炭素と酸素との化合物.....339-341

2. 還元劑としての炭素.....341-343

3. 炭酸及び炭酸鹽.....343-348

4. 鹽基とCO<sub>2</sub>との反應.....348-351



- ✓ 5. 炭素及び珪素の地球上に於ける分布.....351—351  
 ✓ 6. 天然に産する珪酸鹽..... 351—353  
 ✓ 7. 硝子.....353—355  
 ✓ 8. 炭素及び窒素を含む化合物.....355—360  
 ✓ 9. 硼素及び其化合物.....360

### 第十一章 電離.....361—405

1. 電離.....361—365  
 2. 電解質の水溶液を電解する時の化學變化..... 365—375  
 3. 電解質を電解する時、溶液を通過する電氣量と電極に析出する物質の量との關係。ファラデーの法則..... 375—392  
 4. 電離度..... 382—386  
 5. 酸鹽基、鹽の電離度。酸鹽基の強弱.....386—392  
 6. 固體の分子量を定める方法(その一).....392—398  
 7. 電解質の水溶液に於ける電離度を定める方法...398—405

### 第十二章 質量作用の法則と其應用.. ....407—451

1. 分子、原子及びイオン1個の重量..... 407—408  
 2. 化合物及びイオンの濃度、濃度と稀釋度.....403—413  
 \*3. 質量作用の法則を電離の場合に應用.....413—417  
 \*4. 共通イオンの影響..... 417—424  
 5. 水の電離.....424—427  
 6. 酸と鹽基との中和反應..... 427—429  
 7. 加水分解(其の一).....429—433  
 8. 加水分解(其の二).....433—435

9. 加水分解(其の三).....435—437  
 \*10. 沈澱の生成及び溶解の理論(其の一).....437—440  
 \*11. 沈澱の生成及び溶解の理論(其の二).....440—447  
 \*12. 水に難溶性の物質の溶解度を更に減少せしめる方法.....447—451

### 第十三章 化學式の推定。化合物を水

#### に溶解せしめる時の變化.....453—472

1. 我等が常に遭遇する化合物の化學式の推定..... 453—462  
 2. 金屬鹽の化學式に關する總括..... 462—467  
 3. 鹽類の水に於ける溶解度.....467—470  
 4. 水に難溶性の鹽類を溶解せしめる方法..... 470—472

### 第十四章 鹽類を水に溶解せしめる時の

#### 反應、鹽類の色.....473—482

1. 鹽類を水に溶解せしめる時の反應.....473—476  
 2. 鹽化物と水との反應..... 476—477  
 3. 硝酸鹽、硫酸鹽と水との反應.....477—478  
 4. 水溶液にて存在し得る鹽類の推定.....478—480  
 5. 化合物の色..... 480—482

### 第十五章 酸化及び還元.....483—497

- ✓ 1. 酸化及び還元の意義..... 483—487  
 ✓ 2. 還元劑としての金屬..... 487—491  
 ✓ 3. 金屬を其礦石より遊離せしめる一般方法..... 492—493  
 ✓ 4. 電解反應に依り金屬を得る方法..... 493—494



5. 炭素にて還元され難い酸化物より、元素を遊離せしめる方法 ..... 494—495
6. 鍍金の際に起る化学変化 ..... 495—497

### 第十六章 化合物を造る一般の方法 ..... 499—508

1. 酸化物の生成及び其性質 ..... 499—504
2. 硫化物の生成 ..... 504—
3. 鹽化物を造る方法 ..... 504—506
4. 金属の鹽化物硝酸鹽硫酸鹽を造る反応 ..... 506—507
5. 鹽化物の生成及其性質 ..... 507—508

### 第十七章 化学反応(その一) ..... 509—546

1. 金属に対する酸及びアルカリの反応 ..... 509—515
2. 温度の高い時に金属と水蒸気又は金属酸化物と水素との反応 ..... 515—517
3. 可逆反応、化学平衡 ..... 517—521
4. 質量作用の法則 ..... 521—528
5. 気体間の化学反応 ..... 528—535
6. 平衡関係に及ばず温度及び圧力の影響 ..... 535—542
7. 質量作用補遺 ..... 542—546

### 第十八章 化学反応(その二) ..... 547—568

1. 溶液間に起る化学反応は凡て可逆反応である。  
複分解の反応 ..... 547—550
2. 複分解反応に於て気體を生ずる場合 ..... 550—559
3. 複分解反応に於て、水に難溶解性物質を生ずる

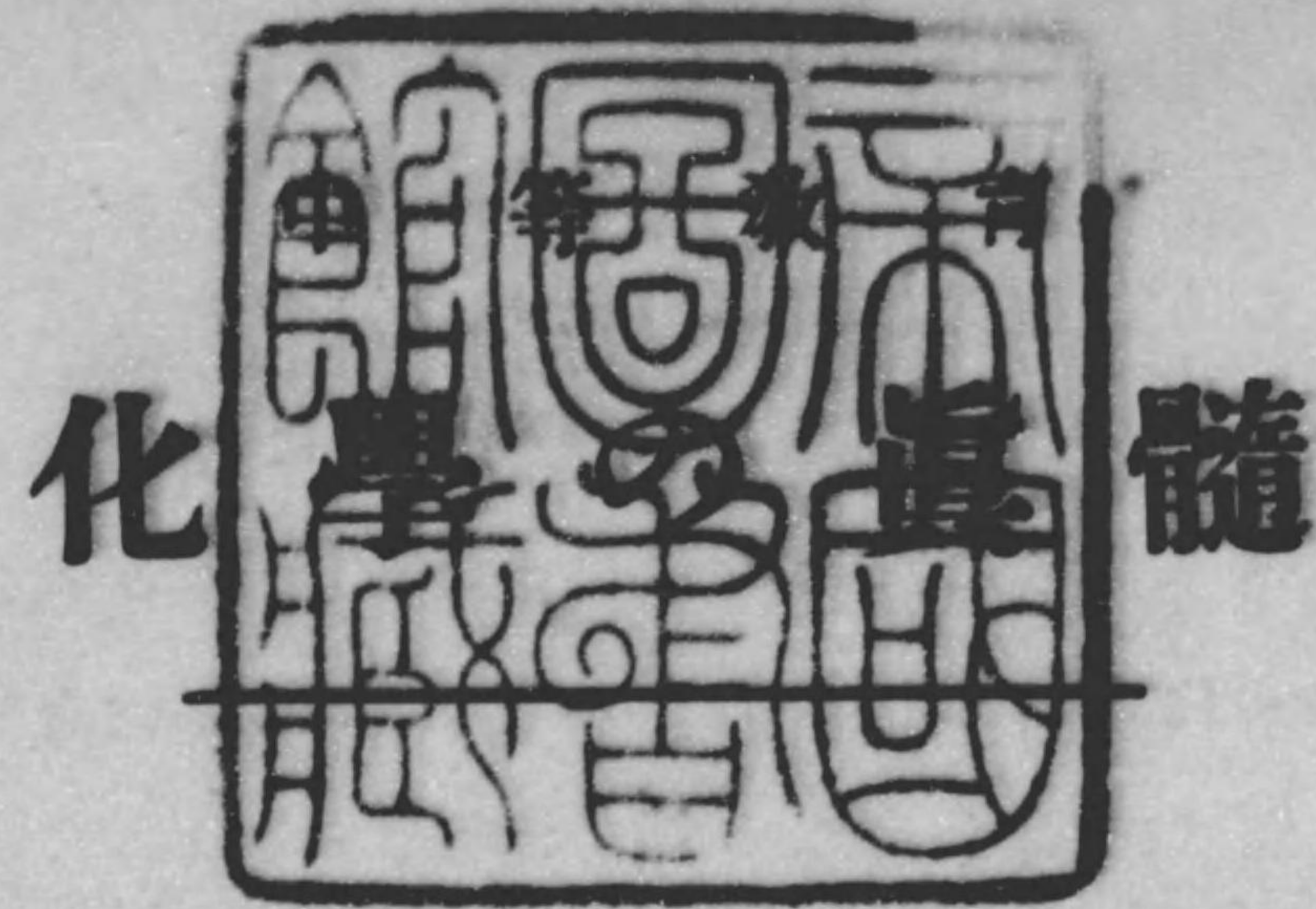
- 場合 ..... 562—567
4. 複分解反応により“電離し難い物質”を生ずる場合 ..... 567—568

目次終り



中等教育  
化學の眞髓





## 第一章

### 化學に關する基礎的事項

#### (1) 宇宙間に存在する物質の組成

宇宙間に存在する物質の種類は其の數何十萬か何百萬か殆んど之れを知る事が出来ない位非常に大なる數である。此等物質の内部に切込んで其の相互の關係を明瞭にするのが化學なる學問の本領である。諸君の既に御承知なる物質を例に取りて漸次化學の話を進捗する事とする。我等の生活に最も重要な水は、水素と酸素といふ二つの物より成立して居る事を小學校の子供の時に教へられた。此の水の成分である水素又は酸素は何々より成立するかといふに、水素は水素より酸素は酸素より成立つて居るといふより外に何も云ふ事は出来ない。即ち水素、酸素は二種以上のものに分解する事が出来ないのである。

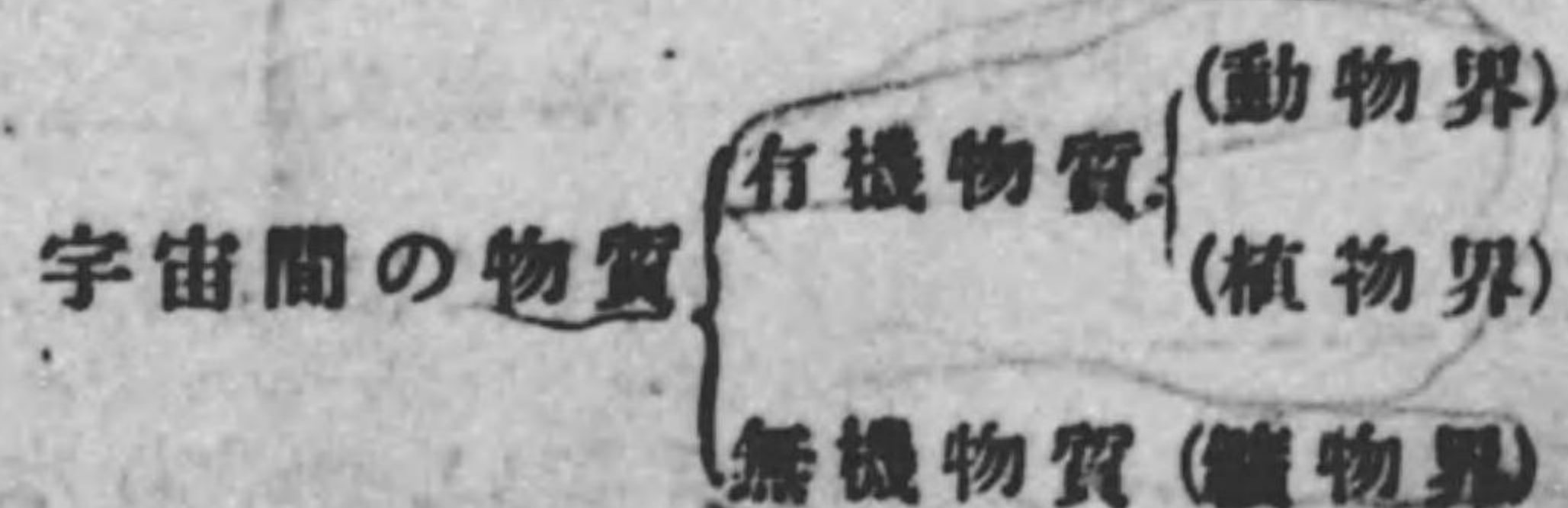
斯くの如きものを元素 (Element) と稱して居る。水の如く二種又は之れ以上の種類のものに分解する事の出来るものを化合物 (Compound) と稱して居る。砂糖、澱粉、等は化合物か元素か何れかといふに、此れ等は炭素、酸素、水素等より成立して居る



事が実験上証明せられて居る。故に化合物である。鐵は如何なる方法を用ふるも二種又は其れ以上の別種のものに分解する事が出来ないから之れは元素である。宇宙間に存在する物質の種類は其數驚くべく非常に大なる數に達しては居るが之等は(1)元素、(2)化合物、(3)化合物と化合物との混合物又は化合物と見做すべきものに大別する事が出来る譯である。(3)のものが最も其の種類が多い。化合物は二種又は二種以上の元素より成立せるものであるから、宇宙間の物質は、一種の元素又は二種以上の元素より成立せるものであると見做す事が出来る譯である。

氣體の中で我等の小學校の時に教へられた元素は、酸素、水素、窒素、鹽素、等である。金屬は殆んど凡て元素であるナトリウム、ポツタシウム、金、銀、銅、水銀、鐵、鉛、亞鉛、アルミニウム等は何れも元素である。其他固體で元素のものに炭素、硫黃、等もある。此等は小學校の時に習つた事である。元素の種類は幾つあるか。諸君は非常に多い様に思はれるかも知らんが其數は非常に少い90位のものである。

宇宙間の物質を次の如く分類して見る事も出来る。



私が子供の時に有機化学といふ本の特を見た時に機械を用ふる化学と申して居つた事を記憶して居る。有機物質とは動物、植物質に直接間接に關係のあるもので炭素を含む化合物の總稱である。此處にある紙、油、アルコール、木等は何れも有機物質であつて、鐵、硝子、水、銅等は何れも無機物質である。動

物、植物界の物質は何れも必ず炭素を含むもので之は有機物質に屬して居り、礦物界の物質は何れも無機物質である。

普通にある物質を構成する元素の種類は實に驚くほど少數である。動物の身體、米、砂糖、肉、其の他の食物、衣服其の他の有機物質を構成する主要たる元素は炭素、酸素、水素、窒素位のもので、硫黃等を含む事も往々ある。我等の住居する地球の表皮即ち地殻の主成分に就いて實驗した人がるるが此の報告に依れば大體次の通りであるとの事である。

地殻を構成する主要なる元素	元素の百分率
酸素	41—48 %
硅素	23—36 %
アルミニウム	6—10 %
鐵	2—10 %
カルシウム	1—7 %
マグネシウム	0.1—3 %
ソヂウム	2—3 %
ポツタシウム	1.5—3 %

之に依りて見れば宇宙間の物質は其の數無限であるに關らず之れを構成する元素の數は數に達しないのである。此等の元素の種類又は同一元素の化合する場合であつても其の化合する時の重量の異なる事によりて斯くも無限の物質を生ずるとは考ふれば考ふる程益々妙味を感ぜずには居られない。90もある元素に就いて我等の生活に直接又は間接に重要な關係のある元素は其の數極めて少數である。

(2) 分子量、原子量の意義 其の一



之れから私は爾来と共に、化学を學ぶに就き重要な地位を占めて居る、分子量、原子量といふ言葉の意義を考へて見度い、

● 此處に多量の水がある、之れを段々分けると一滴の水となる、此の一滴の水を更に段々と小さく分けると極めて小さい水の粒子となつて来る。無限に細くどこ迄も無限に小さく分ける事が出来るものでないから、之れには或る極限があつて此の極限よりも更に小さく分けると最早水としての性質を失ふ様になるであらう。水として存在するもの、中で最も小さな微粒子を水の分子 (molecule) と稱するのである。或る物質の分子とは、其物質の性質を具備するもの、中で最も小なるものである。形質を非常に小であるが其の性質はやはり其物質と同一の性質を有して居るのである。酸素の一分子と云へば、やはり酸素元素の性質を有して居るものであつて、酸素として存在するもの、中で最も小なるものである。水は水素と酸素とより成立して居る事が實驗上證明せられて居るから、水の一分子を更に化學的方法によりて分けたならば、更に小なる部分に分けられねばならぬ。酸素分子を更に化學的方法に依りて分けたならば、酸素元素の性質を有せざる一分子より更に小さき微粒子に分けられるのである。斯くの如く分子を化學的方法によりて分けて得られる微粒子は如何なる方法を用ふるも之れ以上に小なる部分に分つ事は出来得ないのである。斯かる微粒子に原子(atom)といふ名が附いて居る。實驗の結果水の一分子は水素二原子と酸素一原子とにわかれる。又酸素分子一個は酸素原子二個にわかれるのである。普通の金屬に就いては分子と原子と同じもの、割合が多いのである。

化合物は二種又はそれ以上の元素より成立せるものであるから其一分子は二種又は其れ以上の元素の原子より成立する譯である。又元素に就きては其の一分子は一種類の元素の原子の一個又は數個より成立するものである。我等が小學校で習つた物質に就きて此の一分子を構成する成分元素の原子の数を次に記載して見る。

物質の名	一分子を構成する其成分元素の名及其の数
化合物	水…………… { 水素 二原子 { 酸素 一原子
	鹽化水素…………… { 水素 一原子 { 鹽素 一原子
	アンモニア…………… { 窒素 一原子 { 水素 三原子
	アルコール…………… { 炭素 二原子 { 水素 六原子 { 酸素 一原子

物質の名	一分子を構成する其成分元素の原子数
元素	酸素……………2
	水素……………2
	鹽素……………2
	窒素……………2
	水銀……………1
	ソヂウム……………1
	ポツタシウム……………1
硫黄……………8	
銅……………4	

● 空氣中に極めて少量に存在して居る氣體にアルゴンと稱するものがある。又極めて微量にヘリウムといふ氣體も含んで居る。此等は研究の結果元素である事が明瞭となつた但し面白い事には



これ等の氣體の一分子は酸素、窒素等の如くに二原子からでは無くして一原子から成立して居るのである。即ち分子と原子とが全く同一のものである。又硫黄に於ては一分子が八原子より、銅に於ては一分子が四原子より成立して居るのである。斯くの如く元素に就きては分子と原子と全く同一なる場合がある。また一分子を構成する原子数が2個の時もある又2個以上の時もあるのである。これ等のことを明瞭に理解し置く必要がある。又元素の一分子を構成する原子数は其物質の物理的條件によりて異なるものである。温度が上昇すればする程一分子中に含まれる原子の数が減少して來るのを通則として居る。硫黄に於ては常温では一分子が8原子より成立して居るが1000°位になると一分子が酸素、窒素、水素等の様に二原子より成立して居る事が實驗的に説明せられて居る。更に温度が上昇すれば遂に硫黄一分子は一原子より成る即ち分子と原子と全く同一のものになるのであらうと思はれる。一分子が二原子より成立して居るところの酸素、水素、窒素、窒素等に於ても、極めて高い温度に於てはその分子が二つにわかれて、分子と原子とが同一のものになるであらう。

### (3) 分子量、原子量の意義 其の二

化合物又は元素の分子、元素の原子なるものは極めて(極めて)微小なるものではあるが、一定の重量を有するものであらうか如何であらう。驚くほど微小ではあるが一定の重量を有するといふ事は諸君直ちに御了解になるであらふと思ふ。直接に分子又は原子一箇の重量を如何に精密なる天秤を以てしても、これを秤量する事は出來ない。何となれば此等は餘りに小さくして目に見

る事が出來ないからである。種々の分子、種々の原子の絕對量の重量は直接の秤量によりてそれを定むる事は出來ないが、此等の比較的の重量は實驗的に確定する事が出来るものである。分子、又は原子の比較的の重量の事を分子量、原子量と稱するのである。世の中の現象は凡て比較的であるから絕對的の事を知る必要は無いのである。分子又は原子一箇の重量を比較するのには單位が必要である。分子、原子の中で一番軽い物の一個の重量を單位として成る分子又は原子はその最も軽い物一箇の重量の何倍あるかといふ事を分子量、又は原子量と稱する事が最も理解し易いのである。分子、原子の中にて最も軽い物は水素原子である。故に成る物の分子量25.3といふ意義は、此の物の一分子の重量は水素一原子の重量の25.3倍あるといふ事を意味して居るのである。又成る元素の原子量128.6といふ意義は、その元素一原子の重量は水素一原子の重量の128.6倍あるといふ事を意味して居るのである。諸君は之れで分子量、原子量といふ言葉の意義が御了解になつたであらう。

今日より二十年位前迄は、上に述べし如く、水素一原子の重量を單位としたる分子量、又は原子量を萬國共通に使用して居つたのであるが、其後この方法にては極めて微量ではあるが、稍不都合なる事が起る場合のあるに氣付いたのである。實際に於いて原子量を定めるのには精密なる化學分析に基くものである。元素の酸化物は其の種類多く、之れに就いて精密なる定量分析を行ひ然して其元素一原子の重量を酸素一原子の重量と比較し、但し酸素の一原子の重量を水素の原子を單位としたる數即ち15.87と見做して間接に、成る元素の一原子の重量が水素一原子の重量



の何倍に相当して居るかを求めその数を其の元素の原子量とするのである。原子量といふ量は化学上極めて重要な量であるから、出来る限り精確な値が必要である。今或る元素の酸素化合物を分析したる結果に基づいて、原子量を定むる時、水を原子量の単位とする場合には、次に挙ぐる二つの種類の實驗結果の誤差を生ずる事となるのである。

(I), 水を基準として、酸素の原子量を定むる時の實驗の誤差(純水の定量分析によりて水素と酸素との一原子の比較的の重量が求められる)

(II), 與へられたる元素の酸素化合物を分析する時の實驗の誤差

其處で化学者の間に相談があつて、酸素の一原子の重量を原子量の標準とすれば(I)の誤差を無くする事が出来るから新しくやうといふ事に決定されたのである。酸素の一原子の重量を1とすれば、今迄長年月の間、使用して居つたところの水素の一原子の重量を1と定めたところの他の元素の原子量の約 $\frac{1}{16}$ 位の値に全部の元素の原子量を改算せねばならぬ事となる。又原子量は1以下の値を取る元素が生ずる事となる。この事は化学を學ぶ上に就いて相當に不便があるのである。酸素を標準として定めた各元素の新しい原子量が今迄使用した原子量とあまり差が無い様になすには酸素一原子の重量即ち原子量をあらわす数を幾何と定めたればよいかといふ事に就いて考究されたのである。酸素一原子の重量は水素一原子の重量の約16倍あるから、酸素の原子量を丁度16と定むれば都合がよいといふ事に化学者の考が一致したのである。酸素原子量を16とすれば水素のは1.008と

なる。今普通の元素の名と水素の原子量を1と定めたとときの原子量と酸素を16としたるその原子量即ち今日一般に全世界共通に使用されて居る原子量とを次に記載して見る。

元素の名	水素の一原子の重量を1としたる時の他の元素の一原子の比較的の重量(原子量)	酸素の一原子の重量を16としたる時の他の元素の一原子の比較的の重量(原子量)
水素	1 (標準)	1.008
酸素	15.87	16 (標準)
鹽素	35.18	35.46
窒素	13.89	14.01
炭素	11.91	12.005
硫黄	31.81	32.06
ソヂウム	22.81	23.00
ポツタシウム	38.79	39.10

原子量、分子量といふ一原子、一分子の比較的の重量であるから或る物の分子又は原子の重量を単位とすれば、之れに比較し他の分子、原子の比較的の重量を定むる事が出来る譯である。何を分子量、原子量の単位にすればよいかといふ事は化学を學ぶ上に於て便利なるものを単位とすればよいのである。何を単位にせねばならぬといふ規則は決して無いのである。

問1. 酸素の原子量を100と規定すれば、水素、鹽素の原子量は夫々幾何となる可きかを計算せよ。

解(a) 水素の一原子と酸素の一原子との重量の比は即ち此等の原子量の比と相等しい故に此の比は $\frac{1.008}{16}$ となる。従つて酸素一原子の重量を100と見做せば水素一原子の比較的の重量即ち水素の原子量は $\frac{1.008}{16} \times 100 = 6.3$ となる。

(b) 同様にして鹽素一原子の比較的の重量は $\frac{35.46 \times 100}{16} = 221.6$



となる。

問2. 硫黄の原子は、炭素原子の何倍重いかを求めよ。

解. 硫黄の原子の重量と炭素の原子の重量との比は此れ等の原子量の比に相等しい。

即ち  $32.06 \div 12.005 = 2.67$  倍となる。

#### (4) 元素の化学記號

我日本帝國が古くより化学に於ては他の歐米諸國に比較し著しく進歩して居る者とせば或は今日元素の記號を示すのに日本の字が用ひられてゐたかも知らん。今日世界共通には、英名の首位の字を以て其元素の記號とする事になつて居る。例へば酸素の事を Oxygen と稱する故に O を以て酸素の記號とする。水素を Hydrogen と稱するから其の記號は H である。場合に於ては異なる元素の名に就いて英名の首位の字が相等しい事がある、其の時、一字以上を以て其記號を示して區別する事になつて居る。例へばバリウム(Barium)を Ba とし、ビスマス(蒼鉛) (Bismuth) を Bi、硼素(Boron)を B にて示すが如きである。或る場合にはラテン語の名の首位の字を以てその元素の記號とする事がある。例へば水銀(mercury)をラテン語でhydrargyrumと呼ぶとの事である。 Hg を以て其記號として居る。銅(Copper)の事を Cuprum と稱しそれを Cu にて示して居る、又鐵(Iron)は Ferrum の初の二字を取り Fe を以て示して居る。今次に普通の元素の記號と其一原子の比較的の重量(但し酸素一原子の重量を16と定めたる時の)即ち原子量とを次に記す事にする。諸君は今此處に此等の記號又は其の原子量を暗記する必要は決して無い。但し横線を施せる元素の原子量は、餘々に暗記する様にして貰ひ度い。化学の計算問題を爲す時常

に遭遇する元素であるから暗記して置くと都合がよい。其の他の元素の原子量は必要の時に本を見ればよい。但し元素の化学記號は必ず記憶せねばならぬ。之れは漸次此の講義の進むと共に平行して記憶すればよい。

日本語	英語	化学記號	原子量
アルミニウム	Aluminium	Al	<del>27.1</del> 26.97
アンチモン	Antimony	Sb	120.2 121.8
アルゴン	Argon	A	39.88
砒素	Arsenic	As	74.96
バリウム	Barium	Ba	137.37
蒼鉛	Bismuth	Bi	<del>208.0</del> 209.0
硼素	Boron	<u>B</u>	11.0
臭素	Bromine	Br	79.92
カドミウム	Cadmium	Cd	112.40
カルシウム	Calcium	Ca	40.07
炭素	Carbon	C	<u>12.005</u>
塩素	Chlorine	Cl	<u>35.46</u>
クロミウム	Chromium	Cr	52.01
コバルト	Cobalt	Co	58.97
銅	Copper	Cu	63.57
弗素	Fluorine	F	<del>55.84</del> 19.00
金	Gold	Au	197.2
ヘリウム	Helium	He	4.00
水素	Hydrogen	H	<u>1.008</u>
沃素	Iodine	I	126.9



鐵	Iron	Fe	55.84
鉛	lead	Pb	207.20
マグネシウム	Magnesium	Mg	24.32
マンガン	Manganese	Mn	54.93
水銀	Mercury	Hg	200.6
ニッケル	Nickel	Ni	58.68
窒素	Nitrogen	N	14.01
酸素	Oxygen	O	16.00
磷	Phosphorus	P	31.04
白金	Platinum	Pt	195.2
ポッタシウム (カリウム)	Potassium	K	39.10
珪素	Silicon	Si	28.36
銀	Silver	Ag	107.88
ソヂウム (ナトリウム)	Sodium	Na	23.00
ストロンチウム	Strontium	Sr	87.63
硫黄	Sulphur	S	32.06
錫	Tin	Sn	118.7
亜鉛	Zinc	Zn	65.37

(5) 化合物の化学記號

(I) 化学に於て水の事を示すに H<sub>2</sub>O といふ記號を用ふる事となつて居る。これは極めて面白い意味を含んで居る。日本の字で水と書いただけでは、化学的に何の事をも此の文字よりは推測する事は出来ない。

(1) H は水素の記號で、O は酸素の記號であるから此の符號を見ただけで水は水素と酸素とより成立して居るものである事がわ

かるのである。

(2) 水の中に含まれて居る水素と酸素との重量の割合迄も、化学記號によりて暗示されて居るのである。H<sub>2</sub>O と書いてある事は H<sub>2</sub>O<sub>1</sub> と書いてあるのと同様で、1 といふ字は有るも無いも同じであるから之れが省略してある。水は水素 2 原子量と酸素 1 原子量との重量の割合にて結合して居る者であることを示して居る。即ち水素の 1.008×2 と酸素の 16×1 との目方の割合に結合して水が出来た事を示して居るものである。

④ 水 100 瓦中に含有する水素及び酸素の重量を計算せよ。

解 水素の重量..... $100 \text{瓦} \times \frac{1.008 \times 2}{1.008 \times 2 + 16 \times 1} = 11.19 \text{瓦}$

酸素の重量..... $100 \text{瓦} \times \frac{16 \times 1}{1.008 \times 2 + 16 \times 1} = 88.81 \text{瓦}$

問 4. 酸素 7 瓦と完全に化合して水を生ずる爲めに何瓦の水素を要するか。

諸君は既に化学實驗に於いて次の事を承知の事と思ふ。

水素と酸素とが化合して水を生ずる時には必ず水素 2 原子量と酸素 1 原子量との重量の比即ち水素 {1.008×2} と酸素 {16} との重量の比にて化合するもので、何れが一方の元素が此の目方の割合よりも過剰にあつたとせば、過剰のものだけ反應せずに残留して居るものである。

解 酸素の目方 16 量と化合す可き水素の目方は {1.008×2} 量であるから、酸素の或る重量と化合するに必要な水素の重量



は幾何であるかといふ正比例の式とたてればよい。

$$16 : 1.008 \times 2 = 7 : x, \quad x = 0.882$$

即ち 水素0.882 匁を要する事となる、之れを瓦に改算して  $375 \times 0.882 = 3.3075$  瓦となる。

問 5. 水の成分元素の重量を百分率にて示せ。

解. 問 3. と同様にして計算すればよい事を諸君少し考ふれば自らわかる様になる。

$$\begin{array}{l} \text{水素} \cdots \cdots \cdots \frac{\overbrace{1.008 \times 2}^{\text{H}_2}}{\underbrace{1.008 \times 2 + 16}_{\text{H}_2 \quad \text{O}}} \times 100 = 11.19\% \\ \text{酸素} \cdots \cdots \cdots \frac{\overbrace{16}^{\text{O}}}{\underbrace{1.008 \times 2 + 16}_{\text{H}_2 \quad \text{O}}} \times 100 = 88.81\% \end{array}$$

水は其の成分元素として水素と酸素より以外のものは何物をも含有しないから何れか一方の元素の含有量の割合がわかれば他は直ちに簡単に引算で求められる。例へば水中に含まるる酸素の重量を百分率にて示すには  $[1 - 0.1119] \times 100 = 88.81\%$  となる。

斯様に化合物を示すに化学記號を以てせば、其成分元素の何であるかを示すのみでは無く、此れ等元素の結合する重量の割合をもわかるものである。實に便利な面白い考では無いか。尚ほ二、三の例を擧げて化学記號の意義を十分理解せられる様に爲し置いとす。

硫酸の化学記號は  $\text{H}_2\text{SO}_4$  である。此の事は硫酸なる酸は水素(H)と硫黄(S)と酸素(O)との三元素の化合物である事を示して居る。又此れ等三元素の化合する時の重量の關係をも示して居る。即

ち硫酸は水素 2 原子量、硫黄 1 原子量、酸素 4 原子量の重量の割合即ち

$$\begin{array}{l} \text{水素} \cdots \cdots \cdots 1.008 \times 2 \\ \text{硫黄} \cdots \cdots \cdots 32.06 \\ \text{酸素} \cdots \cdots \cdots 16 \times 4 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{水素} \\ \text{硫黄} \\ \text{酸素} \end{array}} \right\} \text{量の重量の割合で化合して居るもので}$$

ある事を示して居る。

問 6. 硫酸中に含まれる成分元素の量を百分率にて示せ。

解.

$$\begin{array}{l} \text{水素} \cdots \cdots \cdots \frac{\overbrace{\text{H}_2 \times 100}^{\text{H}_2 \times 100}}{\underbrace{\text{H}_2\text{SO}_4}_{\text{H}_2 \quad \text{S} \quad \text{O}_4}} = \frac{1.008 \times 2}{1.008 \times 2 + 32.06 + 16 \times 4} \times 100 = 2.055 \\ \text{硫黄} \cdots \cdots \cdots \frac{\overbrace{\text{S} \times 100}^{\text{S} \times 100}}{\underbrace{\text{H}_2\text{SO}_4}_{\text{H}_2 \quad \text{S} \quad \text{O}_4}} = \frac{32.06}{\quad \quad \quad} \times 100 = 32.69 \\ \text{酸素} \cdots \cdots \cdots \frac{\overbrace{\text{O}_4 \times 100}^{\text{O}_4 \times 100}}{\underbrace{\text{H}_2\text{SO}_4}_{\text{H}_2 \quad \text{S} \quad \text{O}_4}} = \frac{16 \times 4}{\quad \quad \quad} \times 100 = 65.25 \end{array}$$

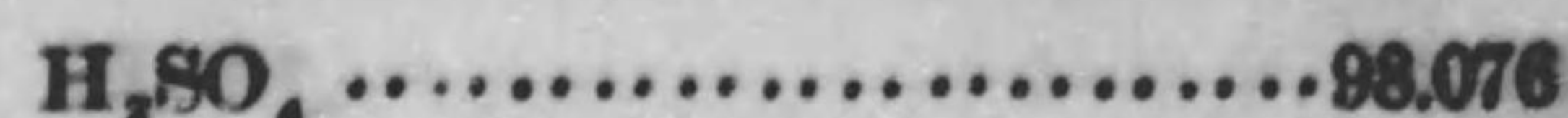
問 7. 硫酸といふ酸は硫黄を原料として造るものである。今硫黄 15 匁を完全に硫酸に変化せしめる事が出来たとすれば幾何の硫酸が得られるかを計算せよ。

硫酸の講義をなさない時に斯様な計算問題をだしたのでは諸君に理解し難くはないかと私は心配になるが、此處では化合物の化学記號といふものは、其成分元素の數量的關係を示すといふ事が御了解になれば充分である。

解. 硫酸の化学記號  $\text{H}_2\text{SO}_4$  は硫黄(S)一原子量即ち 32.06 量より硫酸の 98.076 量

$$\begin{array}{l} \text{H}_2 \cdots \cdots \cdots 1.008 \times 2 = 2.016 \\ \text{S} \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots 32.06 \\ \text{O}_4 \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots 16 \times 4 = 64 \end{array}$$





を生ずる事を暗に示して居るのである。硫黃の量が2倍となれば硫酸の量も2倍となる。硫酸の生成量は硫黃の量に正比例する。

其處で次の比例式を得る。

$$\begin{aligned} \text{S} : \text{H}_2\text{SO}_4 &= \{\text{實驗に供したる硫黃の量}\} : \text{生成する硫酸の量} \\ 32.06 : 98.076 &= 15 \text{ 匁} : x \text{ 匁} \\ x &= \frac{98.076 \times 15}{32.06} = 45.88 \end{aligned}$$

即ち45.88匁の硫酸を生ずる事がわかる。

今此の時私は硫黃の32.06量より硫酸の98.076量を生ずるといふたが此の事は中々始めて化學を學ぶ人には理解し難い説明の仕方である。私も二十年前に斯様に説明の書いてある本を見て氣持よく理解の出來なかつた事を今思ひ出して居る。實驗に供した硫黃の目方と、生成する硫酸の目方との比が(a)32.06:98.076といふ意味である。此の兩項を32.06で割つても比の價には何等の變化は無いから  $1 : \frac{98.076}{32.06}$  即ち(b)1:3.059となる。又兩項を98.076で割れば  $\frac{32.06}{98.076} : 1$  即ち(c)0.3268:1となる。此の(a)(b)(c)三者何れも全く同じ事を意見して居る。同じ事を意見して居るならば何故に簡単な數字を使用しないかといふ質問が起るであらうが事實に或る化學變化を行はしめて硫酸を生ぜしめるといふ實驗に於いて此等の數量的關係を示すのに  $\text{S} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$  と理解する最も易な理解の仕方は他にあるまいと思ふ。此等兩物質の化學記號さへ記憶して居ればそれで済むからである。此等元素の原子量からして直ちに硫黃と硫酸間に於ける數量の關係が推理される。萬一化學記號を使用しないと假定せば此等兩者の數量の關

係と器械的に暗記するより外に記號は無い。斯くの如く化學に於て化學記號を使用すれば、單に物質の成分を示す位の事に止らず、其數量的の關係迄も明瞭に知らしめる便利な事となるのである。我等化學を學ぶ人は、元素又は化合物を示すに化學記號を以てしやうと考へ出したる學者に對して非常に感謝せねばならぬ。

### (6) 氣體の分子量を定める方法

分子量といふ事は、一分子の比較的の重量の事である。決して一分子の絶對的の重量では無い事を前に詳細に述べて置いた。私は今日諸君と共に、一分子といふ様な斯様な驚くほど小さい物の重量の比較を如何にして爲す事が出来るかといふ事について、考へて見度いのである。アボガドロ(Avogadro)といふ化學者が今より200年程前に次の假設を提出したのである。其後多くの化學者は此假設に就いて諸々の方面より研究を進め、今日に於ては假設では無く事實と認むる事が出来るので、アボガドロの定律となつて居る。此定律は實に一分子の比較的重量即ち分子量を定むるのに基礎となつて居るものである。

**凡ての氣體は同溫度同壓力の時には、同じ容積の中には同數の分子を含有して居る。**

例へば此處に一升の容積を有する二つの密封せる硝子器があつて其一方に水素瓦斯他方に酸素瓦斯があるとす。その瓦斯の溫度及其壓力は此兩者何れも相等しいとする。さうすれば、此の二つの器の中に含まれて居る、水素分子の數と、酸素分子の數とは其數が相等しいといふのである。分子の實際の數は驚くほど非常に大なる數である。アボガドロ氏は氣體の容積と分子の數等の事に関しては何等の事をも説明はして居らない。單に氣體



の温度と、其壓力さへ同一であれば、同じ容積の中に含まれる氣體の分子の數といふものは、其氣體の種類の如何に關せず、どんな氣體でも氣體でさへあれば凡て、相等しいといふのである。實に大膽なる考である様に一寸思はれるが、今日に於ては多くの化學者の熱心なる研究の結果、與へられたる容積内に含まれる氣體の分子の實在の數までも明瞭になつて來て居る。即ち其氣體の温度、壓力、容積の三者が與へられて居りさへすれば、氣體の分子の實際存在する數が確定されてゐる。

諸君此アボガドロの定律に基づきて水素一分子の目方と酸素一分子の目方との比を實驗上決定する方法を自ら考へ出して貰ひ度い。次の簡單なる式が考へ出されると思ふ。

$$\frac{\text{水素一升の重量}}{\text{酸素一升の重量}} = \frac{\text{水素1分子の重量} \times \text{一升中の分子數}}{\text{酸素1分子の重量} \times \text{一升中の分子數}}$$

何れも相等し  
き數であるか  
ら約する

即ち一升の水素と酸素との重量を正確に秤量すれば此重量の比は即ち1分子の重量の比となるのである。氣體の分子が一個や二個位の少い數では其重量はあまりに小さくて之れを如何に正確な天秤を以てしても秤量する事は勿論出來ない。如何に其重量の小なるものでも非常に大なる數に達すれば相當なる重量を呈する様になつてくる。酸素一升の目方は常温で普通の壓力の時は、2.5瓦位もある。

斯くの如く、氣體の一分子の比較的の重量を決定するには、同温度、同壓力に於て、同じ容積の氣體の重量を比較すればよい事が理解せられた。但し一分子の比較的の重量即ち分子量を定むるには重量の單位が必要である。一原子の比較的の重量即ち原子量を定むる時に酸素一原子の重量を16と定めたのであるが分子

量の時も之と同じ單位を用ふるのである。此處に或氣體の分子量が例へば18といふ事は此氣體一分子の重量と酸素一原子との重量の比は18:16といふ事を意味して居る。換言すれば此氣體一分子の重量は酸素1原子の重量の $18 \div 16 = 1.125$ 倍あるといふ事を意味して居る。

精確なる實驗の結果により、酸素一分子は酸素の二原子より成立するものである事が決定せられたのである。故に酸素の一分子の重量即ち分子量は酸素の原子量の2倍即ち $16 \times 2 = 32$ と定む可き當然の結果となつて來る。

即ち氣體の分子量を決定するには次の様にすればよい。或一定の温度、壓力、容積の時の其氣體の重量を精確に秤量し、次に之と全く同じ温度、壓力、容積の酸素の重量を求め、其氣體が酸素の何倍重いかといふ數即ち酸素に對する(比重)を計算して此の數を32倍したる數を分子量と定めよのである。

問8. 此處に或氣體あり、此氣體は酸素の2.216倍重い(酸素に對する比重が2.216といふ事)。此氣體の分子量は幾何となるか。

解  $2.216 \times 32 = 70.92$

即ち分子量は70.92となる。化學を始めて學ぶ人には分子量や原子量といふ意義が非常に六づかしく感じ、靴の上から、かゆい所をかく様な氣がするものであるが決して理解し難いものでも何でも無い。或る氣體の分子量70.92といふ意見は此氣體一分子の目方と酸素一原子の目方との比が $\frac{70.92}{16}$ といふ事である。或は此の氣體一分子の目方と酸素一分子の目方との比が $\frac{70.92}{32}$ といふ事である、何れも同じ事である。更にくどく言葉をかへて申せば、此の氣體一分子の重量は酸素一原子の重量の $\frac{70.92}{16} = 4.432$ 倍ある。



又は酸素一分子の重量の2.216倍あるといふ事を意味して居る。少しも六つかしくも何とも無い。大體に於ては次の様に思つて居つてもよい。或氣體の分子量70.92といふ事は此氣體一分子の重量は酸素一原子の重量の70.92倍あるといふ事である。

此處に成る化合物があつて其の分子量が  $m$  であるとすれば、此の化合物一分子の目方は酸素一原子の目方の  $\frac{m}{16}$  倍、酸素一分子の目方の  $\frac{m}{32}$  倍、水素一原子の目方の  $m$  倍(大體に於て)といふ事を意味して居る。諸君は充分に分子量、原子量といふ言葉の意義が御了解になつたと私は思つて居る。

我等はアンモニア瓦斯の分子量を決定し度いと思ふ。其處で次の實驗を行ふた。(1)初め一リットル位の容積ある密封せる硝子器を此中にある空氣をポンプで取り去り真空として置いて此容器の重量を測定した。(2)次に乾燥せる純粋なアンモニア瓦斯を此容器に充して然る後此容器の重量を秤量する。(3)次に此度は其のアンモニア瓦斯をポンプにて取り去りて真空となしてから乾燥せる純粋な酸素を充してその重量を秤量する。(2)(3)の實驗の時、アンモニアと酸素との温度と其壓力は何れも相等しくなる様に工夫をするのである。

- 容器の重量.....:.....4瓦
- (容器)+(アンモニアの重量).....2瓦
- アンモニアの重量.....(2-4)瓦
- (容器)+(酸素の重量).....6瓦
- 酸素の重量.....(6-4)瓦
- アンモニアの分子量..... $\frac{2-4}{6-4} \times 32$

(7) 分子量測定の結果

前に述べた如くして、種々の氣體一分子の比較的重量即ち分子量を定めると次に擧ぐる數を得る。

氣體の種類	分子量	分子式
元素	水素	H <sub>2</sub>
	鹽素	Cl <sub>2</sub>
	窒素	N <sub>2</sub>
化合物	アンモニア	NH <sub>3</sub>
	鹽化水素	HCl
	炭酸瓦斯	CO <sub>2</sub>

分子量は一分子の比較的重量を示すものである。一原子の比較的の重量を示す原子量と共に、化學上基礎的の重要な量である充分に其意義を明瞭に、理解して置く必要がある。然し分子量は我等は之を一暗記する必要は無い。元素の分子は其元素の幾原子より成立して居るか、又化合物の一分子は其成分元素の原子の幾つより成立して居るかといふ事は化學を學ばんと志して居る人には是非記憶して貰ひ度い。此事を一目して明瞭にしたる記號を分子式といふのである。例へば水素一分子は其二原子よりなつて居るから水素の一分子といふ事を示すのにH<sub>2</sub>といふ記號を用ふる。アンモニア一分子は水素原子3個と窒素原子1個とより成立して居るからN<sub>2</sub>H<sub>6</sub>と書く可きであるが1といふ字を省略してNH<sub>3</sub>と書いてアンモニアの分子式として居る。鹽化水素の一分子は鹽素の1原子と水素の1原子とを含んで居るからH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>と書くべきを省略してHClを以て此分子式として居る。

一分子が一原子より成立して居る物換言すれば分子と原子と



が同一なるものがある事を(2)節に於て述べた事がある。斯くの如き場合には其元素を示す化學記號が同時に其元素の分子式ともなるものである。例へば空氣中に少量存在して居るアルゴンといふ氣體元素は其元素の記號なるAを以て此の氣體の分子式を示す事になつて居る。空氣中に極めて微量に存在するヘリウムもHeと書いてヘリウムの分子式を示して居る、分子と原子とが同一であるからである。

硫黃の一分子は研究の結果常溫に於ては8原子より成立する事が明かとなつて居る故に硫黃の常溫に於ける分子式は $S_8$ である。但し硫黃も其溫度が $1000^{\circ}C$ 以上に達すれば、水素、窒素、酸素、酸素等の普通の氣體の様に、一分子中には二原子を含有するものである。此状態に於ては硫黃の分子式は $S_2$ と示すのである。更に溫度が非常に上昇して來れば硫黃の一分子が二つに分かる様になるのであらう。此時は分子と原子とが同一となるから $S_2$ 即ちSを以て此時の硫黃の分子式となすべきである。

分子式とは分子量をあらはす式であるから、分子量の決定されて無い元素又は化合物に就ては、分子式を與ふる事は出來ないのである。例へば我等が小學校の兒童であつた頃、先生が酸素を造る時に使用せられた、黒色の二酸化マンガンは、此化學記號は $MnO_2$ である、マンガンといふ元素の一原子量と酸素の二原子量との重量の割合に結合した化合物であるがこの化合物の分子量は未だ測定されて居らないのである。Mnの原子量は54.9であるから $54.9 + 16 \times 2 = 86.9$ を以て此の物の分子量であると思つては、非常な間違である。此處に酸化銅といふ黒褐色の粉末がある、このものの分子量は未だ測定されて居らないから従つて分子式を與ふる

事は勿論出來ない。但し此化合物の成分元素の重量の割合は明瞭に知れて居る。銅の一原子量と酸素の一原子量の重量の割合に化合して出來て居るものである、故に化學記號としてCuOの式を與へてある。此式は酸化銅の分子式では無いのである。一般に、液體又は固體に於ては、其分子量の測定されて居らぬものが相當に多いから、此等化合物の化學記號を以て直ちに之れが分子式であると見做す事は著しい早計である。氣體に於ては、上述せし如く、アボガドロの定律に基きて其分子量を定める事が、何れも出來る。従つて其分子式も決定されて居るが液體、固體の一分子の比較的重量を定めるには、氣體の如く簡單には取扱ふ事が出來ない。後章に於て此等の分子量を定める方法の概要を述べる積りである。

更に反覆して説明すれば、常溫度に於て、氣體である元素、又は化合物に就いては例外無く此等の分子式を與ふる事が出來る。固體又は液體に就いては、分子式の決定されて居らぬものも相當に多い。化學記號を見て、凡て之れが分子式であると見做すのは大なる間違である。水の化學記號として $H_2O$ といふ記號が與へられて居る、之れは水蒸氣の分子式であつて、液體の水又は固體なる氷の分子式では決して無い。液體、又は固體の水に於ては其の分子式が今日未だ明確に決定せられて居らない様に私は記憶して居る。

元素又は化合物の分子式は必ず記憶して置いて貰ひ度い。元素の原子量を書物で見れば、簡單に分子量を計算によりて求める事が出來る。例へば鹽化水素の分子量を36.468と記憶する必要は無い。其分子式HClを記憶して置けば



$$\text{鹽化水素の分子量} = \frac{1.008}{\text{H(水素の原子量)}} + \frac{35.46}{\text{Cl(鹽素の原子量)}} = 36.468$$

の如くして、分子式と其成分元素の原子量とより計算が出来る。  
アンモニアの分子式はNH<sub>3</sub>であるから此分子量は次のやうになる。

$$\begin{aligned} \text{N (窒素の原子量)} &\dots\dots\dots 14.01 \\ 3\text{H(水素の原子量}\times 3) &\dots\dots\dots 3\times 1.008 = 3.024 \\ \text{アンモニアの分子量} &\dots\dots\dots 17.032 \end{aligned}$$

(8) 氣體の重量と其容積との關係

化學といふ學問は、物質間の變化を取扱ふものであるから、此變化の時に、氣體が生成する場合、又氣體を或物質に作用せしめる場合がある。斯様な時に、其氣體の重量と、その容積との關係が極めて簡単に誘導せられたならば、化學を學ぶ人には非常な便利である。

氣體の分子式さへ記憶して居れば、氣體の種類に關せず如何なる氣體であつても、何瓦の氣體は幾何の容積となるか、又幾何の容積の氣體は其重量は何瓦となるか、即ち氣體の重量より容積がすぐ推理される。又容積が與へられて居れば、其重量はすぐ計算によりて求むる事が出来る。斯様な面白い關係を諸君に今日御話し度いと思ふのである。

分子量とは一分子の比較的の重量の事である、氣體に就いては、同一容積内に含む氣體の分子数が相等しいから同一容積の重量の比を示す數である(但し温度、壓力が何れも相等しい場合に限る)。例へば酸素の分子量32、水素の分子量2.016、といふ事は、同じ容積の此等氣體の重量の割合が32:2.016といふ事を意味して居る。凡(酸素)(水素)

ての氣體に就て、同じ容積の氣體の重量の割合は此分子量の割合となるものである。

例へば、此處に一升のアンモニア(NH<sub>3</sub>)、鹽素(Cl<sub>2</sub>)、窒素(N<sub>2</sub>)、酸素(O<sub>2</sub>)、アルゴン(A)があるとする。此等の氣體の温度は何れも同一である、又其壓力も何れの場合にも同一であるとする。かくすれば此等氣體一升の重量の割合は此等氣體の分子量の比即ち $\frac{17.032}{79}(\text{NH}_3)$ :70.92(Cl<sub>2</sub>):28.02(N<sub>2</sub>):32(O<sub>2</sub>):39.9(A)の如くなる事を意味して居るものである。尙ほくどく説明すれば、此處に二つの氣體があつて其の分子量が相等しいとすれば、同じ容積の重量は二つの場合何れも同一である、又一方が他の分子量の2倍であれば、分子量の2倍の方は、二倍の重量がある、又一方が他の分子量の $\frac{1}{10}$ とすれば、分子量の小の方の氣體の目方は他の氣體の目方の $\frac{1}{10}$ ある事となる。

問9. 次の氣體を其重さの順序に配列せよ。

- (a) アンモニア, (b) 炭酸瓦斯, (c) 水素, (d) 鹽化水素, (e) 鹽素

解. 此等氣體の分子量の大→小の順は即ち其氣體の比重の大→小の順である。分子量の大なるものがより重い即ち比重が大といふ事になる。扨て分子量は一々暗記して居る事は出来ない。分子式がわかれば之と其成分元素の原子量とより分子量が計算が出来る。今此等氣體の分子式とそれより計算せる分子量とを次に記す。

$$\begin{aligned} (a) \text{NH}_3 &\rightarrow 17.032 & (b) \text{CO}_2 &\rightarrow 44.005 & (c) \text{H}_2 &\rightarrow 2.016 \\ (d) \text{HCl} &\rightarrow 36.468 & (e) \text{Cl}_2 &\rightarrow 70.92 \end{aligned}$$

重さの順は分子量の順であるから(1)鹽素が最も重く(2)炭酸瓦斯(3)鹽化水素(4)アンモニア(5)水素の如き順序に軽くなる。

問10. (a) 鹽化水素, (b) 鹽素 此等の氣體は窒素の何倍重いか



を計算せよ。

解 甲なる氣體が乙なる氣體の何倍重いかといふ事は、甲の氣體の重さと乙の氣體の重さとの比の事である(但し同容積に就き比較するは勿論である)。或は甲氣體の乙氣體に對する比重といふ事と同一の意味である。同一容積に就て其重さの比が即ち分子量の比となるから此等氣體の分子量の比を求むればよい。

$$(a) \frac{\text{HCl}}{\text{N}_2} = \frac{36.468}{28.02} = 1.30 \quad (b) \frac{\text{Cl}_2}{\text{N}_2} = \frac{70.92}{28.02} = 2.53$$

即ち鹽化水素は窒素の1.3倍、鹽素は窒素の2.53倍重い。

問II. (a)アンモニア (b)炭酸瓦斯 (c)水素 等は空氣の何倍重いかを計算せよ。

解 同一容積の氣體の重さの比即ち氣體の比重を知るには、此等氣體の分子量の比を求むればよい。此事は諸君に充分に能く理解せられたであらう。擧て此問題で一つ困るのは空氣の分子量といふ事である。空氣は既に御承知の如く窒素、酸素その他の種々の氣體の混合物であつて一定の化合物では勿論無いから、之に分子量を與へるといふ事は出来ない。但し空氣も他の氣體(元素又は一定の化合物)との氣體比重の事を取扱ふ場合には空氣の分子量と見做す可き數を考ふると便利な事がある。空氣は窒素4容積と酸素1容積とより成立するものと大體に於て見做せば空氣の分子量とも見做してよいものは次の様にして計算する事が出来る。

$$\textcircled{2} \text{空氣の分子量と見做す可き數} = \{(\text{窒素の分子量} \times 4) + (\text{酸素の分子量} \times 1)\} \div 5 = 28.83 \text{となる。}$$

此等氣體の分子量をかゝして求めたる空氣の分子量にて割ればよい。

$$(a) \frac{17.052}{28.83} = 0.592 \quad (b) \frac{44.005}{28.83} = 1.53 \quad (c) \frac{2.016}{28.83} = 0.070$$

本節の講義の主眼とする點は、氣體の容積と其重量間の關係を極めて簡單なる計算によりて求むる事が出来るといふことを諸君に理解して貰ふ爲である。非常に重要な關係であるから、之を充分に理解し、消化する爲に、豫備的の智識を與へて置いたのである。

諸君、酸素の一分子量なる32量と、水素の一分子量なる2.016量とは同じ容積(勿論同温、同壓の時)を有して居るものであるといふ事が御了解になりますか、暫時考へて貰ひ度い。同一の容積の酸素と水素との重量の比が此等の分子量の比即ち32:2.016となるのであるから、逆に此等の分子量に或重量の單位を附したる重量の容積は同一で無ければならぬ。即ち酸素32瓦と水素2.016瓦とは同じ容積を有す可きである。或は酸素32匁と水素2.016匁とは同じ容積でなければならぬ。酸素、水素のみに限らず、一般に此關係は成立す可きである。元素又は化合物なる氣體の分子量に、或重量の單位を附したる所の重量の氣體の容積は、氣體の種類の如何に關せず、常に相等しい(勿論同温、同壓の時に於て)。

元素又は化合物の分子量に、匁といふ字を附したる重量、即ち酸素の32匁、水素の2.016匁の如きを一匁分子量と稱する事が出来る。凡ての氣體の一匁分子量は同じ容積を有す可きである。我日本の國が、他の歐米諸國に比し著しく化學に於て進歩して居つたと假定すれば、化學に於ては分子量に我國の重量の單位を附したる所の一匁分子量といふ量は或は世界共通に化學に於て一般に使用されたであらうと私は思ふ。萬國共通に最も廣く使用されて居る重量の單位はグラムであるから、一瓦分子量といふ量は



化学に於て注意すべき量になつて居る。

① 即ち、凡ての氣體(元素又は化合物に就き)の一瓦分子量の容積は氣體の種類に関せず凡て同一であつて、22.4リットルの容積を有して居る。但し温度は $0^{\circ}\text{C}$ .で壓力は一氣壓の時である。此關係は化学上非常に重要なものである、充分に其の意味を理解し後之を記憶せねばならぬ。

一瓦分子量といふ事は分子量をあらはす數に瓦といふ字をつけたところの重量の事である。例へば酸素の分子量は32であるから32瓦を酸素の一瓦分子量といふのである。

アンモニアの分子量は17.032であるから17.032瓦をアンモニアの一瓦分子量といふ。

次の問題に於ては、氣體の温度は $0^{\circ}\text{C}$ .、壓力は一氣壓であるとする。

問12. 酸素1匁の體積は幾何あるか。

解. 酸素の一瓦分子量即ち32瓦は22.4リットルあるから、1匁即ち3.75瓦は幾何あるかといふに、氣體の體積は其重量に比例すべきであるから次の比例式を得る。

$$32 : 3.75 = 22.4 \text{ リットル} : x$$

$$x = 2.625 \text{ リットル}$$

② 問13. 酸素1リットルの重量は幾何あるか。

解. 氣體の容積が與へられて居つて、其の重量を求めるときには、常に次の比例式を作ればよい。22.4リットルについては1瓦分子量の重量があるが、與へられたる容積に就きては幾何瓦あるかを求むればよい。

$$\text{即ち } 22.4 : 1 = 32 \text{ 瓦} : x$$

$$x = 1.427 \text{ 瓦}$$

重量の單位が瓦以外の時は之を瓦に改算し、容積の單位はリットルに改算してから後、比例式をつくる様に注意を要する。嘗つて御話して置いた事があるが、氣體の分子量を暗記する必要は決してない。分子式は是非記憶せねばならぬ、分子式と成分元素の原子量を用ひて分子量を算出する事が出来る。原子量も暗記する必要は無い、必要の時に本を見ればよい。但し私が嘗つて注意した様に第4節の横線を施したる元素については其原子量を暗記して置くと之は、便利である。

問14. アンモニア125 c.c.の重量は何瓦あるか。

$$\text{解. } \text{NH}_3 = \frac{14.01}{\text{N}} + \frac{3 \times 1.008}{\text{H}_3} = 17.032$$

$$22.4 : 0.125 = 17.032 \text{ 瓦} : x$$

$$x = 0.095 \text{ 瓦}$$

問15. アンモニア1立方尺の重量は何匁あるか。

解. 1立方尺の體積をリットルの單位に改算して問14の様にして此重量を求め、瓦の單位を匁に改算すればよい。

問16. 空氣1リットルの重量は何瓦あるか。

解. 空氣の分子量と見做す可き數は28.83(26頁参照)であるから

$$22.4 : 1 = 28.83 \text{ 瓦} : x$$

$$x = 1.29 \text{ 瓦}$$

問17. 空氣1瓦の容積は幾何あるか。

$$\text{解. } 28.83 : 1 = 22.4 \text{ リットル} : x$$

$$x = 777 \text{ c.c.}$$



問18. アルゴン1リットルの重量は何瓦あるか。

解. アルゴンの分子式は  $A_2$  では無い、 $A$  である。即ちアルゴン一分子は一原子よりなつて居る、原子と分子とが同一である。故にアルゴンの原子量と分子瓦とは同一の數である。本章第4節の原子量表よりアルゴンの原子量は39.88であるから、39.88瓦はアルゴンの一瓦分子量(又は一瓦原子量)をあらわす事となる。之れ丈の事が今迄の普通の氣體と其様子が異つて居る。

$$22.4 : 1 = 39.88 \text{ 瓦} : x \text{ 瓦}$$

$$x = 1.78$$

問19. 空氣中に極めて微量にヘリウムといふ氣體がある。此の氣體はアルゴンと同様に分子と原子とが同一である。即ち一分子は一原子である。分子量と原子量とが同一の數である。其處で次の問題を解いて見よ。

ヘリウム1瓦の體積を計算せよ。

原子量の表を見ればヘリウム(He)の原子量は4.00である即ち之れは同等に分子量である。ヘリウムの一瓦分子量即ち4瓦は22.4リットルの容積を示すべきであるから  $22.4 \text{ リットル} \div 4 = 5.6$  リットル。1瓦は5.6リットルの容積を呈する。

氣體の容積と重量との關係を見出す方法は諸君充分に御了解になつたと思ふ。尙念の爲め次の事を注意をして置く。今計算しようと思ふ其氣體の分子式を先づ第一に書いて見て、元素の原子量を用ひて(本で見ればよい)、其氣體の分子量を求めるのである。斯くして此の分子量に瓦といふ字をつけた重量即ち一瓦分子量が22.4リットルの容積を呈するのである。此關係によりて容積と重量との相互の計算と自由になす事が出来る。

例へば此處にオゾンといふ氣體がある、之れは酸素より成生せる氣體であつてこのものの分子式は  $O_3$  である。そこで分子量は  $3 \times 16 = 48$  となる。即ち48瓦がオゾンの一瓦分子量であつて22.4リットルの容積を示すのである。

### (9) 氣體の容積と、其温度、壓力との關係。

氣體の容積は、其壓力と、其温度によりて、種々に變化するものであるから、或氣體の容積の事を考ふる時には必ず其氣體の壓力と其温度との兩者を同時に考へねばならぬ。氣體に就て化學を學ぶ爲には幾何の壓力、幾何の温度の時に於て、いくら容積といふ様に規定する必要がある。壓力と温度との何れか一方でも缺けて居つたのでは氣體の容積といつても何等の意義とならない。此處に多量の容積の氣體があつたと假定し今此氣體の温度を非常に低くすれば、此氣體の容積は殆んど零と見做し得る程度に小となる。又其壓力を非常に大とすれば同様に其容積も ~~殆んど零~~ 位に小となる。又少量の容積の氣體があつても其壓力を非常に小とすれば、此氣體は非常に大になる容積を占有する様になるからである。

一定重量の氣體について、其體積、其温度、その壓力との三者の關係に就いては物理學の本にて學んで貰ふ事とし、此處には此等三者の關係の結果のみを述ぶる事にする。

#### (1) 壓力一定なる時、氣體の温度と其容積との關係

一寸温度の話をする必要がある。融解しつつある氷の温度を零度とし、大氣の壓力一氣壓の時に於て沸騰する水の水蒸氣の中へ寒暖計を入れた時水銀の止まる點を  $100^\circ$  として此間を百等分したる目盛が所謂攝氏の寒暖計の目 $\bullet$ である。世の中に於て最

盛 目盛である。



も低い温度は攝氏の寒暖計の目盛で零以下何度であると諸君は思はれるか。際限無く低い温度があるものと思はれるや、理論上最も低い温度は攝氏の目盛で零以下  $273^{\circ}$  である。此温度より低い温度は如何にしても作る事も出来ないものである事が物理學者によりて證明されて居る。故に此の最低温度は絶対的の零度である。この意味に於て零以下  $273^{\circ}$  を絶対温度の零度と云ふて居つて學術上極めて重要な温度である。攝氏の寒暖計の零度は絶対温度の  $273^{\circ}$  となる。攝氏の寒暖計の温度を  $t$  とし之を絶対温度 ( $T$ ) にて示すには之に  $273$  を加ふればよい、即ち  $T=t+273^{\circ}$  の関係がある。

水の一氣壓に於いて沸騰する温度は絶対温度にては  $100^{\circ}+273^{\circ}=373^{\circ}$  となる譯である。

氣體の壓力を變化せしめないで、温度のみ變化せしめる時氣體の容積の變化を示すと次の簡單なる関係がある。

氣體の容積は絶対温度に正比例する。

此事を式にて示せば次の様になる。今一定の重量の氣體について、其温度を  $t$  とし其時の容積を  $V_t$  とする。此温度を變じて  $t_1$  とす時は其の容積は變じて  $V_{t_1}$  となつたとする。初の氣體の温度を絶対温度にて示したるものを  $T$  とすれば

$$T=273^{\circ}+t$$

又後の氣體の温度を絶対温度にて示したるものを  $T_1$  とすれば

$$T_1=t_1+273^{\circ}$$

そこで、

$$\frac{V_t}{V_{t_1}} = \frac{T}{T_1} \text{ となる。}$$

$$\text{即ち } V_{t_1} = V_t \times \frac{T}{T_1}$$

數字を入れてこの關係式を説明すれば容易に理解せられる。

問20. 攝氏寒暖計  $0^{\circ}$  の時 1000 c.c. (1立方センチメートルの事を 1 c.c. と記す)の氣體は、 $25^{\circ}$  の時幾何の容積となるか。

$$\text{解 } V_t=1000 \text{ c.c.}, \quad T=0^{\circ}+273^{\circ}, \quad T_1=25^{\circ}+273^{\circ}$$

$$\text{即ち } V_{t_1}=1000 \text{ c.c.} \times \frac{273+25}{273} = 1092 \text{ cc.} \quad 1092 \text{ cc.}$$

問21.  $35^{\circ}$  の時 200 c.c. の容積を占有する氣體は、其温度下降して  $13^{\circ}$  となれば幾何の C.C. の容積となるか。

$$\text{解 } V_t=200 \text{ c.c.}, \quad T=35^{\circ}+273^{\circ}, \quad T_1=13^{\circ}+273^{\circ}$$

$$\text{即ち } V_{t_1}=200 \times \frac{13+273}{35+273} = 185.7 \text{ cc.}$$

問22. 鹽化水素 1 瓦は、温度  $25^{\circ}$  壓力 1 氣壓の時幾何の容積となるか。

$$\text{解 } \text{鹽化水素の 1 瓦分子量即ち } (1.008+35.46) \rightarrow 36.468 \text{ 瓦は}$$

$0^{\circ}$  及一氣壓の時 22.4 リットルの容積を有して居る可きであるから、1瓦はこの條件に於て  $\left(\frac{22.4}{36.468}\right)$  リットルの容積を示すべきである。若て今其温度が  $0^{\circ}\text{C} \rightarrow 25^{\circ}\text{C}$  に上昇したのであるからこの時の容積  $V$  は

$$V = \left(\frac{22.4}{36.468}\right) \text{ リットル} \times \frac{273+25}{273} = 670.5 \text{ c.c.} \text{ となる。}$$

問23. 鹽素 1 リットルは其温度  $15^{\circ}\text{C}$ 、壓力一氣壓の時幾何瓦の重さを有するか。

解 温度  $0^{\circ}\text{C}$ 、壓力一氣壓の時の容積に改算すればこの時の容積  $V$  は

$$V = 1 \text{ リットル} \times \frac{273+15}{273} = \left(\frac{273+15}{273}\right) \text{ リットル となる。}$$

次に 1 瓦分子量の鹽素即ち 70.92 瓦 (鹽素の分子量 =  $35.46 \times 2$ ) は 鹽素の原子量

$0^{\circ}\text{C}$ 、一氣壓の時 22.4 リットルの容積を有するから、

$$V = V' \left(\frac{T+1}{273} + 1\right) = V' \frac{T}{273}$$



要求する酸素の重量 =  $\left(\frac{70.92}{22.4}\right)$  瓦  $\times \frac{273}{273+100} = 3.00$  瓦  
 (一リットルの重量)

問24. 一瓦の水は 100°C. にて 1 氣壓の時幾何容積の水蒸氣となるかを計算せよ。

解 水が 0°C. の時氣體狀態即ち水蒸氣となつてその壓力が一氣壓を呈するものと假定せば(事實に於ては溫度 0°C. の時水蒸氣の呈す可き最大の壓力は 4.6 托である。水蒸氣の壓力をこれ以上にしようとするれば、水蒸氣は全部水に変化するものである。……物理學の書を参考せられ度し)一瓦の水は次の容積となる可きである。

1 瓦の水の水蒸氣となつた時の容積

$$= \frac{22.4}{\text{水蒸氣の分子量}} = \left(\frac{22.4}{18.016}\right) \text{リットル}$$

次に 0°C., 一氣壓になつて居る此の水蒸氣を、其溫度を上昇して 100°C. としたと考へればよい即ち 100°C. の時の容積 V は

$$V = \left(\frac{22.4}{18.016}\right) \text{リットル} \times \frac{273+100}{273} = 1.697 \text{リットル}$$

即ち 1 瓦の水は 100°C. で一氣壓の水蒸氣になる時にはその容積が約 1700 倍となるものである。(水一瓦の容積は約 1cc. と見做してよい)

問25. 此處にある氣體があつて、其分子量を決定するために次の實驗をなした。この氣體の溫度、その壓力、その重量及其容積の四者を正確に測定したのである。溫度は 25.8°C., 壓力は一氣壓、重量は 0.935 瓦、其容積は 0.819 リットルであつた。これだけの實驗數を以て此氣體の分子量は幾何となるかを求めよ。

解 これと同溫度、同壓力、同じ容積の酸素の重量を先づ第一に求めねばならぬ。

25.8°C., 一氣壓の時、0.819 リットルの容積の氣體は 0°C., 一氣壓では  $0.819 \text{リットル} \times \frac{273}{273+25.8} = 0.748$  リットル である。

酸素これだけの重量はいくらあるかといふに、一リットルの酸素の重量は  $\frac{32}{22.4}$  瓦であるから所要の重量は  $\frac{32}{22.4}$  瓦  $\times 0.748 = 1.069$  瓦となる。

與へられたる氣體の酸素に對する比重は  $\dots 0.935 \div 1.069 = 0.8746$

故に分子量は  $0.8746 \times 32 = 28.00$  となる。

(II) 溫度一定なる時、壓力と其容積との關係

この關係は極めて簡單である。氣體の體積は、その溫度が變化しないで、壓力のみ變化する場合には、其壓力が 2 倍となれば容積は  $\frac{1}{2}$  となり、壓力が 10 倍になれば容積は  $\frac{1}{10}$  となり、壓力が  $\frac{1}{10}$  となれば容積は 10 倍となる。即ち氣體の容積はその壓力に反比例する。今氣體の壓力 P の時の容積を V とし、その壓力が P<sub>1</sub> に變化したときの氣體の容積が V<sub>1</sub> に變化したとすれば

$$\frac{V}{V_1} = \frac{P_1}{P} \quad \text{となる即ち}$$

$PV = P_1V_1$ ,  $V_1 = \frac{PV}{P_1}$  の關係を得る事となる。言葉で申せば、一定重量の氣體については、その溫度が變化しない場合には、壓力と容積との積は相等しいといふ事になる。

氣體の壓力を云ひ表はす時に、種々の壓力の單位を用ひる事がある。76 糎の水銀柱の重さに等しい壓力を一氣壓と稱し、これを單位として表はす場合と水銀柱の高さを糎又は托にて示したものを用ひて表はす場合とがある。氣體の容積の計算に於ては、常に同一の壓力の單位に改算したものを比較せねばならぬ。

問26. 一氣壓の時 A リットルの氣體は 74.8 糎の壓力の時幾何



となるか。

解 一氣壓は76糎の壓力の事である。所要の容積をxリットルとすれば次の關係がある。  $76 \times A = x \times 74.8$

$$\text{故に } x = \left( A \times \frac{76}{74.8} \right) \text{リットル}$$

問27. 窒素1瓦は0°C., 73.5糎の壓力の時、幾何リットルの容積を有するか。

解 0°C. で1氣壓の時は1瓦の窒素の容積は

$$\frac{22.4}{\text{窒素の分子量}} = \frac{22.4}{28.02} \text{リットルとなる。}$$

1氣壓の壓力が73.5糎に變化したとすれば、壓力が減れば容積は増すはずである。

$$\text{即ち } \left( \frac{22.4}{28.02} \times \frac{76}{73.5} \right) \text{リットル} = 0.826 \text{リットル}$$

問28. 鹽素1リットル(但し溫度0°C., 壓力2.5氣壓)の重量は何瓦であるか。

解 0°C, 1氣壓の時の容積に先づ改算せねばならぬ。この時の容積をVとすれば  $V = \frac{1 \times 2.5}{1} = 2.5$  即ち 2.5リットルとなる。

$$\text{故に所要の重量は } \left( \frac{70.92}{22.4} \right) \text{瓦} \times 2.5 = 7.92 \text{瓦}$$

(鹽素一リットルの重量を瓦にて示したる數)

### (III) 氣體の溫度、壓力、及其容積の三者の關係

溫度t, 壓力P, 容積Vの氣體があつてこれが、其溫度がt<sub>1</sub>, 壓力P<sub>1</sub>に變化したとすれば容積は變じてV<sub>1</sub>となつたとする。此等の間には次の關係式が成立するものである。

$$\frac{PV}{P_1 V_1} = \frac{273+t}{273+t_1}$$

即ち一定質量の氣體に就きては、氣體の壓力と其容積との積の比は、其氣體の絕對溫度の比に相等しいといふ事である。この式より

$$V_1 = \frac{PV}{P_1} \times \frac{273+t_1}{273+t}$$

ら及びt<sub>1</sub>に273を加へたるものをそれぞれT及T<sub>1</sub>とする時は

$$V_1 = \frac{PV}{P_1} \times \frac{T_1}{T}$$

計算問題を練習して、一定質量の氣體に就いて、その溫度、壓力、及容積の三者の關係を明瞭にしよう。

問29. 溫度25°C., 壓力74.5糎の時Vの氣體は溫度10°C, 壓力1.5氣壓の時幾何リットルとなるか

解 所要の容積をV<sub>1</sub>とする

$$T_1 \dots \dots \dots 273+10=283 \quad P_1 \dots \dots \dots 76 \times 1.5$$

$$T \dots \dots \dots 273+25=298 \quad P \dots \dots \dots 74.5$$

$$\therefore V_1 = V \times \frac{74.5}{76 \times 1.5} \times \frac{283}{298}$$

常識で數式を求める方が氣持がよい。先づ、Vの容積の氣體が溫度の變化を考へないで壓力が74.5糎より1.5氣壓に變化したとすれば、氣體の體積は壓力が増せば減するのであるから、

$\left( V \times \frac{\text{初の壓力}}{\text{後の壓力}} \right)$  となる。次に溫度が變化したと考へるのである。さうすれば、溫度が増せば、容積は、絕對溫度に比例して増加するから、容積は

$$\left( V \times \frac{\text{初の壓力}}{\text{後の壓力}} \right) \times \frac{\text{後の溫度}}{\text{初の溫度}}$$

となる。但しこの計算をする時忘れてはならぬ事がある。それは壓力の單位を變化の前後とも同一の單位で示さねばならない。此の問題の場合には1氣壓を單位としてある1.5氣壓を糎を單位とせるものに改算したのである。1氣壓は76糎に等しいから1.5×76としたのである。溫度はいつでも、絕對溫度の目盛に直す事を忘れてはならぬ。攝氏寒暖計で示した溫度に273を加へればよい。



問30. 鹽化水素 1 瓦の體積は、温度 20°C, 壓力 2.8 氣壓の時幾何となるかを計算せよ。

解 先づ初め標準状態の時の容積即ち温度 0°C, 壓力一氣壓の時に於ける容積を求めらるのである。これを V とすれば、

$$V \text{ は } \frac{22.4 \text{ リットル}}{\text{鹽化水素の分子量}} = \frac{22.4 \text{ リットル}}{36.468} = 0.614 \text{ となる。}$$

次にこの容積の氣體が、その温度、壓力を變化したと見做せばよい。所要の容積を  $V_2$  とすれば

$$V_2 = V \times \frac{\text{初の壓力}}{\text{後の壓力}} \times \frac{\text{後の温度}}{\text{初の温度}}$$

$$V_2 = 0.614 \times \frac{1}{2.8} \times \frac{293}{273} = 0.650 \text{ リットルとなる。}$$

問31. 水素 1.534 リットルは温度 25°C, 壓力 74.5 釐の時その重量は何瓦あるかを計算せよ。

解 此等は氣體の容積と其重量との關係を求めるときにはいつでも、0°C 及一氣壓即ち標準状態の時の容積を先づ第一に求める事を忘れてはならぬ。

與へられたる容積の水素は標準状態の時は次の様になる。

$$\begin{aligned} \text{標準状態の時の容積} \dots &= 1.534 \times \frac{\text{初の壓力}}{\text{後の壓力}} \times \frac{\text{後の温度}}{\text{初の温度}} \\ &= 1.534 \times \frac{74.5}{76} \times \frac{273+9}{273+25} \\ &= 1.378 \text{ リットル} \end{aligned}$$

標準状態の時の容積が與へられさへすれば、その重量を求める事は簡單である。

$$\begin{aligned} \text{所要の重量} \dots &= \dots \left( \frac{\text{水素の分子量}}{22.4} \right) \text{瓦} \times 1.378 \\ &= 0.124 \text{ 瓦} \end{aligned}$$

### (10) 氣體の分子量の測定

c 随分くどい事であるが再び氣體の分子量は如何にして求める

22.4 / 1.378924  
1.008  
7.3  
10 1.378  
1.008  
10924  
137800

事が出来るかを御話する。分子量といふ事の眞の意義は一分子の比較的の重量の事である。これには單位が必要であるが酸素一分子の重量を 32 或は酸素一原子の重量を 16 と定めるのである。ある氣體の分子量が 25 であるといふ意味は此の氣體一分子は酸素一分子の重量の  $25 \div 32 = a$  倍ある、又は酸素一分子は酸素二原子より成立して居るのであるからこの氣體一分子の重量は酸素一原子の重量の  $2 \times a$  倍あるといふ事を意味して居る。扱て實際氣體の分子量を決定しようといふのには、まさか一分子の目方を秤量するといふ譯には行かないから、豫め數の知れた非常に多數の分子數の目方を秤量すれば、いくら軽い分子でもその數が多くなれば、相當に精確に秤量し得る程度の目方に達する譯であるから、それで分子量が測定されさうに思はれる。但しその分子數を知るといふ事が出来ないから、この方法でも一分子の比較的重量を定める事が出来なくなる。それではどうすれば、非常に非常に小さい重量を持つてゐる一分子の重量と比較する事が出来やうか。即ち度々説明したアボガドロの定律を應用すればよい。どんな氣體でも、同じ容積の中に含まれて居る氣體の分子の數は氣體の程度に關せず、何れもその數が相等しいといふ規則である。故に同じ容積例へば一リットルなら一リットルの容積の目方を比較すれば即ちこれが一分子の目方の比較になる譯である。随分面白い規則である。但し同じ容積中の分子數が等しいといふ此の規則には一の重大なる條件がある。それは、温度が何れも相等しく、又氣體の壓力が相等しい時に限るのである。即ち氣體の一分子の比較的の重量即ち分子量を定むるには、分子量の標準とす可き酸素と、今決定せんとする氣體の温度、壓力を全く同一にして



比較せねばならぬ事となる。實際の問題として、温度と壓力を全く同一となす事は容易の事では無い非常に困難であるが、氣體の容積、其温度、其壓力の三者の關係が極めて明瞭にわかつてゐるから、温度、壓力(今決定せんと欲する氣體の)を標準とする酸素の場合と同一にする必要は決して無い。何となれば温度、壓力、其容積及びその重量さへ知れて居れば、これを同一の温度、同一の壓力の時の容積に改算する事が出来るからである。{0°C、一氣壓の時酸素の分子量32に瓦といふ字をつけた32瓦の容積は22.4リットルあるから、凡ての氣體について、これと同じ温度、同じ壓力即ち0°C、一氣壓の時22.4リットルの容積の重量(單位瓦)について、此の瓦といふ字をとり去りたる数は、その氣體一分子の比較的重量(但し酸素一分子の重量を32と定めたるところの)となる。即ち分子量となるものである。諸君は此の括弧の中の事を沈思默考すれば其の底から新しくして定めたるものが一分子の比較的の重量(酸素一分子の重量を32と定めたる)となる事を理解せられると私は信ずるのである。即ち氣體の分子量を決定するには、其温度、壓力、容積、重量の四つが知れて居ればよい。これを0°C、一氣壓の時の容積に改算して、然る後22.4リットルの容積の重量を計算して求め新しくして瓦といふ字をとればよい。

次に計算問題を以て氣體分子量を決定する方法を理解する事にする。

~~例~~ 此處にある氣體あり、この氣體の分子量を決定する目的を以て次の實驗を行つた。之より此氣體の分子量を定めよ。

氣體の重量………0.945瓦、容積………1.306リットル  
 温度………10°C、壓力………75.1mm

解 0°C 及び一氣壓の時の容積は

$$1.306 \text{ リットル} \times \frac{273}{273+10} \times \frac{75.1}{76} = 1.245 \text{ リットル}$$

即ち1.245リットルの氣體が0°C、一氣壓で0.945瓦あるから22.4リットルの時の重量は  $\left(\frac{0.945}{1.245}\right) \text{瓦} \times 22.4 = 17 \text{ 瓦}$  其處でこの氣體の分子量は17瓦より瓦の字をとり去つた17となる。

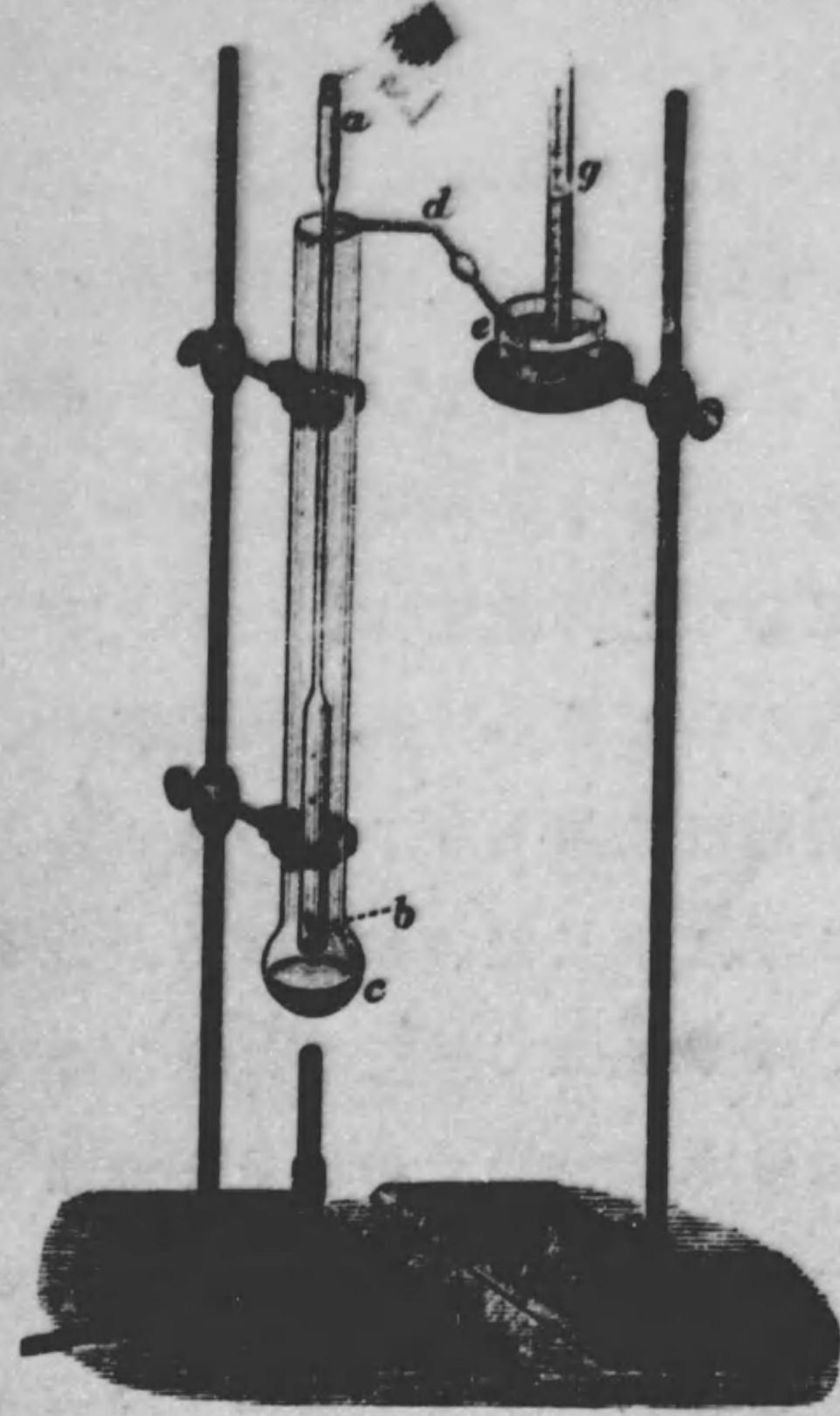
### \*11) 液體の分子量の定め方

今此處に御話しようと思ふ液體分子量の測定方法は、ビクトル、マイヤー(Victor Meyer)氏の考案せしものである。液體の状態となつて存在して居る時の分子の比較的重量即ち分子量を求める方法ではない液體を氣體に変化せしめ、この氣體の状態の時の分子量を定める方法である。例へばこの方法にて測定した水の分子量18といふ意味は液體で居る普通の水の一分子の重量と酸素一原子との重量との比が18:16といふ意味では無く、水を氣體とした水蒸氣の分子量の事である。故に液體の分子量測定方法といふのは不適當かも知れぬ。

この方法の原理とするところは、一定重量の液體を氣體に変化せしめ、此氣體の容積を測定するにある。氣體の温度、壓力、重量、容積の四つが知れて居るから分子量が定まる理である。一定重量の液體を、其沸騰點よりも數十度高い温度に保つてある器の中へ入れる様にする。さうすればこの液體は直ちに氣體となつて著しく其容積を増加するから、ある容積の空氣がその器の外へ逃れ去る様になる、この空氣の容積を正確に測定してその空氣の温度と其壓力とを知つて置けば、要するに其液體が沸騰點より遙か以上の温度において氣體なりしものを液體に凝縮せしむる事なくして常温度において其容積を知ると同じ意味になるのである。



これだけの説明では理解し難いから次に圖に依りて實驗方法の



概要を説明しよう。左の圖は此の方法に依る液體分子量の測定装置の圖である。圖中abなる管は長さ二尺五寸乃至三尺位ある硝子器であつて、中央部の細い一様の所は直徑3分位あつて、下部の太い所は100-150cc.位の容積を有して居る。此の管の底へは砂を少し入れて置く。cは外管であつて測定せんとする液體の沸騰點よりも數十度高い沸騰點を有する物質を入れて置く。gは目

盛せる硝子のユーシオメーターでeの中には水がはいつて居る。試験せんとする液體の0.05-0.1瓦位を肉厚き小硝子球に入れたものを前以て用意して置く。扨て實驗をするには、初め外管e内の液體を外より熱して沸騰せしめる。ab管内の空氣は膨張してd管の端より空氣が出る、暫時の後、最早空氣がdより外へ出るようになる。此の時は内管の溫度が一定に達した事を知らずである。この状態に達したる時に、檢體を入れた小硝子球を、極めて手早くaのゴム栓を瞬間とり去つてその中へ投入して忽ち又aの栓を元の位置に復すのである。此の小硝子球がab管の底の砂にあたつて破損して此處から直ちに其液體が氣體となる。内管の溫度は其液體の沸騰點以上に保つてあるから凝縮する事は

ない。(但し内管があまり短く又太い管の部分の容積があまりに小である時には、液體の氣化せしものが内管の中央部以上に迄達する様になる場合もあり得る事である。内管の中央部より上の方は其溫度が液體の沸騰點よりも低くなつて居る事があるから、氣體の一部は此處で凝縮する様になる。此の時は割合に大なる誤差を生ずる)其處で其液體が内管の下部において、氣體となつてこれと同じ容積の空氣が追ひ出されてdより外へ出る様になるから此の空氣をgに集めるのである。即ち此方法に於ては、内管の底部において氣體となりしものを萬一そのままgのどこ迄持ち來つたと假定すれば勿論凝縮して元の液體となつてしまふのであるが、空氣と置換されて居るから、gに於て凝縮する事の心配は無い、そしてその氣體を常溫度に迄冷却したる時凝縮する事のないと考へたる場合に占有す可き容積を示す事となる。此處の考が面白い工夫である。此の方法でベンゼンの分子量を測定した實驗の結果を述べて諸君によく此の方法の意味が理解せられる様にする。外管へは水を入れて沸騰せしめればよい。

小硝子球内のベンゼンの重量	.....0.102瓦
實驗の時の空氣の溫度(g附近の溫度)	.....17°C.
同 空氣の壓力	.....75.5 糎
g管内の空氣の容積	.....32 c.c.
g管内の水面の高さと水平面との差	.....1.5 糎

計算の方法 先づ此處に集つた空氣の壓力を求めねばならぬ。此の溫度に於ける水蒸氣の最大張力1.4糎(物理學の本を見れば、水の溫度と其水蒸氣の最大張力との表が書いてある)とg管内の水面の高さと水平面との差を水銀柱の長さに改算せるものとの和



を大氣壓より引かねばならぬ。

$$\text{空氣の壓力} \dots\dots 75.5 - \left(1.4 + \frac{1.5}{13.6}\right) = 74 \text{ 欄となる。}$$

0°C. 及び一氣壓に改算すれば此の時の容積は

$$32 \times \frac{273}{273+17} \times \frac{74}{76} = 29.3 \text{ c.c.}$$

0.102 瓦の物質が氣體となつて、一氣壓を呈しその時の溫度が 0°C. であると假定した時の容積は 29.3 c.c. であるから、此の壓力、此の溫度において 22.4 リットルの氣體の重量はいくらになるかといふに

$$\frac{0.102}{29.3} \times 2240 = 78 \text{ 瓦 となる。}$$

故に此の物質の分子量は 78 となるのである。

#### \* (12) 固體の分子量の定め方

高い溫度において氣體とする事の出来るものは前に述べたビクトルマイヤー氏の方法で其分子量を測定する事が出来る。その物質の沸騰點の高低の程度によりて内管及び外管の物質を具にせねばならぬ。500°C 以下の沸騰點を有する固體又は液體については、硝子器でよい、溫度が高いと硝子が融解するから使用する事が出来ぬ。これより溫度が高くなると高熱に堪へる磁製の器具を使用する。内管の外部を、分子量を測定せんとする物質の沸騰點よりも數十度高い溫度に保たねばならないが溫度が高くなると適當の液體がないから、電氣的に内管の外より熱して一定の溫度に保つ様にするとの事である。特別の磁製器具を使用すれば 1500° 位迄の高温に堪へる。白金の管ならば 1700°C 位迄、又は 2000° 位の高溫度になるとイリヂウムの管を使用するとの事である。

此のビクトルマイヤーの方法で測定した分子量といふものは、

固體又は液體が氣體となつて居る状態の時のものであつて、固體又は液體の状態で存在して居る時の分子量ではない。此の事は多くの人に誤解されやすい點であるから特に注意して置く。沃素は 200°—600° の溫度に於てはその分子式として  $I_2$  の式が與へられて居る。此の意味は此の溫度の範圍に於て、沃素の氣體の時の分子式が  $I_2$  である。即ち氣體一分子は二原子より成立して居る事を示して居る。或は又言葉を換へて説明すれば 200°—600° に於ては、沃素氣體一分子の重量と酸素一分子の重量との比は(沃素の原子量  $\times 2$ ) : 32 = 126.9  $\times 2$  : 32 といふ意味である。或は沃素一分子は酸素一原子の  $(126.9 \times 2) + 16 = 15.9$  倍の重量を有して居るといふ事を意味して居る。無水亞砒酸は我等は普通  $As_2O_3$  といふ記號を用ひて居るが、500°—700° においてビクトルマイヤー氏の方法にて其の分子量を測定すれば其の分子式として此の二倍の式  $As_4O_6$  を用ふ可きである事が確定された。此の溫度の範圍に於て無水亞砒酸一分子は酸素一分子の{(砒素の原子量  $\times 4$ ) + (酸素の原子量  $\times 6$ )} + 酸素の分子量 = 12.37 倍なる事を意味して居る。鹽化第二鐵、又は鹽化アルミニウムをある溫度の範圍にて氣體とすれば此の氣體の分子量は  $Fe_2Cl_6$ ,  $Al_2Cl_6$  の式に相當して居る。溫度が高くなると漸次此等の分子がわかれて来る。ある高い溫度においては  $FeCl_3$ ,  $AlCl_3$  の分子式に相當して居る分子量を有して居るとの事である。

#### (13) 本章の要領

I. 二種又はそれ以上の種類に分ける事の出来る物質を化合物と稱し、分ける事の出来ない物質を元素と稱する。宇宙間に存在する物質はその種類は無量大であるが(1)元素(2)化合物(3)此等



の混合物の何れかに屬する。されば宇宙間の物質を構成する根本は元素である。元素の種類は今日90餘種ある。我等の普通に遭遇する物質は數種類の元素より成立するものである。

II. 或る物質の分子といふ事は、其物質の性質を具備するものの中で最も小なる微粒子の事である。分子を更に化學的方法によりて分割すれば更に小たる微粒子となる。此の微粒子は如何なる方法を用ひるも更に小なる部分に分割する事は出来ない。此の微粒子を原子と稱してゐる。元素の分子と原子とが全く同一なる場合もある。空氣中に存在する稀有瓦斯、又は多くの金屬は此の好例である。此等の分子は如何なる分法を用ひても更に小なる微粒子に分割する事は出来ない。即ち分子と原子とが全く相等しい。普通には元素の分子は二個又はそれ以上の數の原子より成立してゐる。酸素、水素、窒素、鹽素等の如き普通の氣體の1分子は何れも二原子より成立してゐる。磷砒素等は一分子は4原子より成る。硫黃の一分子は8原子より成つてゐる。元素の1分子中に含まれる原子の數は其物質の物理的條件によりて著しく異なるものである。例へば硫黃は常温度では一分子は8原子から成立してゐるが、其温度が高くなれば、<sup>1</sup>子を構成する原子の數は漸次減少し、ある温度の範圍では6原子、又は2原子となり、非常に高い温度では1分子は1原子より成り、即ち分子と原子とが同一となる。酸素、水素の如き普通の氣體も非常の高温では分子と原子とが相等しくなるであらう。

III. 分子量又は原子量とは一分子又は一原子の比較的の重量をあらわす數である。今日化學に於て用ひられてゐる分子量又は原子量は、酸素1原子の重量を16と定め、之れに對する分子又は

原子の比較的の重量をあらわす數である。例へばある氣體の分子量25といふ事は、此の氣體1分子の重さと酸素1原子の重さとの比が25:16である事を意味してゐる。即ち此の氣體1分子の重さは酸素1原子の(25÷16)倍ある事を示してゐる。鹽素の原子量35.46といふ意味は鹽素1原子は酸素1原子の(35.46÷16)倍の重さを有してゐる事を示す。

IV. 凡ての氣體は、同温度、同壓力の時に於ては、同じ容積中に含有する分子の數が相等しい。此の事をアボガドロの定律と稱し極めて重要である。此の定律に基きて任意の氣體の1分子の比較的の偏量即ち分子量を求める事が出来る。氣體の容積は其温度、壓力によりて著しく變化するものである。此の事に関しては第9節に於て詳細に述べて置いた。原子量又は分子量の標準となつてゐる、酸素は其1分子は二原子より成立してゐる。されば酸素の1分子の重量は其1原子の重さの2倍でなければならぬ。故に酸素の1分子量は $16 \times 2 = 32$ となる。酸素の32瓦はその温度 $0^{\circ}\text{C}$ 、壓力が一氣壓の時は22400 c.c.の容積を有して居る。酸素に限らず、凡ての氣體の一瓦分子量(其の分子量を瓦にて表した數)の體積は $0^{\circ}\text{C}$ 、一氣壓の時に22400 c.c.の容積を有してゐる。此處にある氣體があつて、此の氣體の分子量を定めようとするには次の如く爲せばよい。其氣體の容積、質量、温度、壓力の四者を知つて置く必要がある。これより $0^{\circ}\text{C}$ 、一氣壓の時に於て幾何の容積となるかを改算して求め、次は $0^{\circ}\text{C}$ 、一氣壓において22400 c.c.の容積の氣體は何瓦の質量を有す可きであるかを計算して求めるのである。此の重量をあらはす數が分子量となるのである。

V. 化合物又は元素を示すのに化學記號を用ひるときは、化學



變化を簡單に示す事が出来る。

反應前後の物質を以て化學記號を以て示したるものを化學方程式と稱する。化學方程式は反應にあづかる物質の數量の關係を示すものである。

元素又は化合物の化學記號であつて、其分子量をあらわすものは之れを分子式といふてゐる。例へば $O_2$ は酸素の分子式で、 $NH_3$ はアンモニアの分子式である。化合物又は元素に於て、分子量の決定されて居らぬものに就いては分子式を定める事は勿論出来ない。分子量の決定されてゐる物質と決定されて居らぬ物質との區別なく、夫等の元素又は化合物の組成を化學記號で表はしたものを化學式と稱してゐる。

ふつりか記号か  
ふつりか記号か  
馬馬馬馬馬  
キヤマ合ルダ

$V = 89 \dots$

45

49

## 第二章

### 水素

#### (1) 水素( $H_2$ )、化學方程式

私はこれから諸君と共に此氣體に就いて化學を學び度いと思ふ。亞鉛に稀硫酸を加へると水素が発生する事は既に小供の時に小學校で學んだのである。今日の我等の智識欲はただ、此の時水素が発生する、位の事では満足が出来ない。熱心なる化學者の研究によりて、亞鉛硫酸、水素間の數量の關係が明瞭となつたのである。水素を何瓦造るのには、亞鉛と硫酸とが幾何瓦必要であるか、といふ事が明かとなつたのである。此三者の數量的關係を一目して容易に知る事の出来る方法がある。それは何かといふと化學方程式といふものを用ゐるのである。次の實驗を試みて貰ひ度い。蒸發皿の中へ亞鉛を8瓦位入れて、これを稀硫酸(濃硫酸1容積に水5容積位を混じてつくる。濃硫酸の中へ急激に水を加へると多量の熱が急に發生して、此のため硝子器具の破損する事があるから、水の中へ濃硫酸を少し宛加へて徐々に混合せしめる様にせねばならぬ) 10c.c. 位を加へると直ちに水素が発生して暫時の後亞鉛が全部溶解する様になる。新しくして得たる無色の溶液を熱して水を蒸發せしめ溶液の容積が初めの $\frac{1}{3}$ 位よりも更に小さくなる程度まで蒸發せしめて後これを常温度で放置すれば、白い結晶があらわれて來るのを見る事が出来る。これは亞鉛が硫酸に溶解して出來たものであるから硫酸亞鉛といふ名がつ

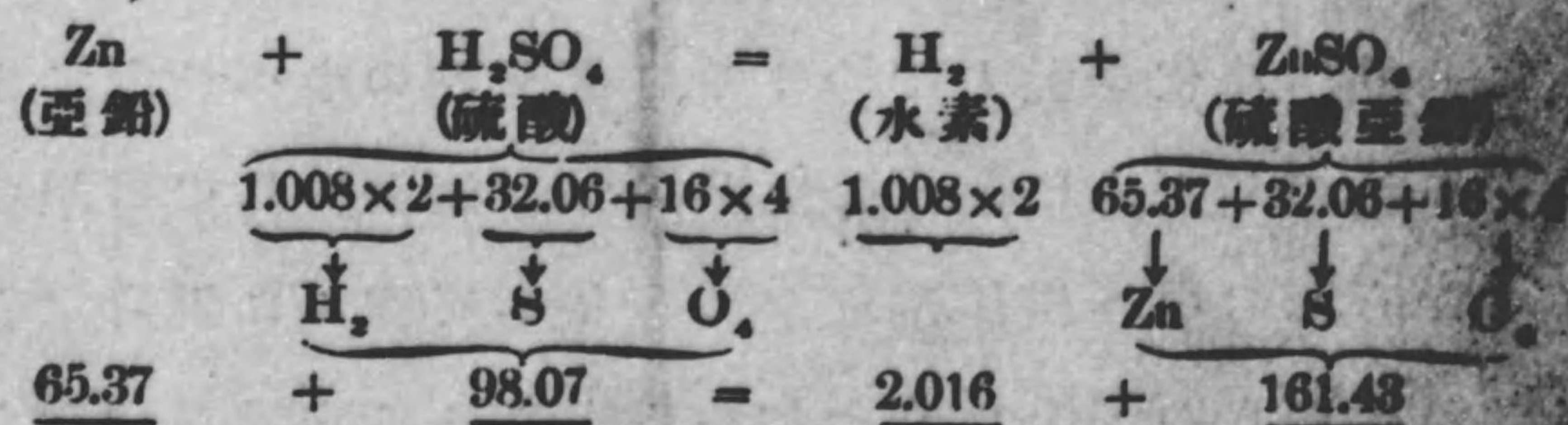
ゆへに  
稀硫酸  
濃硫酸  
水  
混合せしめ  
る様に  
せねば  
ならぬ



いて居る。亜鉛と硫酸とを作用せしめれば水素と硫酸亜鉛とを生ずるもので他のものは何も生じない事が、學者の研究によりて明かとなつた。此の事實を言葉で云ふと大層長くなるが、次の様に式を用ゐて書くと簡単である。



此の式に書いた左の方は相反應せしめたものの名であつて右邊はこれ等の化學變化によりて生成する物質の名である。斯様に日本の字を用ゐただけでは相反應せしめたもの(亜鉛、硫酸)と反應によりて生成したもの(水素、硫酸亜鉛)との數量間の關係は少しもわからない。然るに化學記號を用ゐれば、此の數量の關係が直ちにわかるのである。亜鉛といふ事の代りに此の化學記號のZn、それから硫酸といふ事の代りに此の化學記號のH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、水素(H<sub>2</sub>)、硫酸亜鉛(ZnSO<sub>4</sub>)にも何れも皆其物質の化學記號を以て示す様にする。數量の關係を知るには、亜鉛、水素の如き元素の場合には其原子量より、又硫酸、硫酸亜鉛の如き化合物の場合には其成分元素の原子量を用ひて次に示す様な數量の關係が得られる。



此の横線を施せる数字の意味は反應する物質と此等の反應によりて生ずる物質の數量の關係を示すものである。即ち亜鉛と硫酸とは65.37:98.07の重量の比で相反應して、水素と硫酸亜鉛とを2.016:161.43の重量の割合に生成するものであるといふ事を意味して居る。

(I) 亜鉛と硫酸とは如何なる重量の割合で反應するものであるか、亜鉛の量が一定してをれば之と反應す可き硫酸の量は一定であるかどうか。斯様な質問は少し熱心に考えれば必ず考へ付く事である。精確な實驗の結果によつて此の質問に對し次の如く答る事が出来る。

此等は必ず一定の重量の割合で反應するものである。その重量の割合は65.37:98.07である。今任意量の亜鉛と硫酸とを相反應せしめたとすれば、此の重量の割合に兩者を消費して行くもので、過剰のものは、反應せずしてそのままに殘留するものである。例へば亜鉛の1瓦と硫酸の10瓦とを作用せしめたとする。亜鉛1瓦と反應す可き硫酸の量は幾何かといふに、次の比例式で求められる。

$$65.37 : 1 = 98.07 : x \quad x = 1 \times \frac{98.07}{65.37} = 1.50$$

即ち1.50瓦である。故にその實驗においては硫酸の方が過剰に存在して居つたのである。そこで10瓦-1.50瓦=8.5瓦の硫酸は反應する事なくそのまま元の硫酸として反應後も殘留して居るのである。硫酸の10瓦と相反應す可き亜鉛の量は幾何であるかを求めよ。此の問題を解くには硫酸の98.07量と化合す可き亜鉛の量は65.37であるが、10瓦と化合す可き亜鉛の量は幾何かといふ簡単な正比例の式で求められる。即ち  $\frac{65.37 \times 10}{98.07} = 6.67$  瓦の亜鉛を要するのである。若し亜鉛を20瓦使用したと假定すれば20瓦-6.67瓦=13.33瓦だけの亜鉛は、元の亜鉛のままに殘留する事となるものである。

(II) 亜鉛と硫酸とは必ずある一定の重量の割合に相反應するといふ事は能く理解された。但し此の時生成する水素と硫酸亜



鉛とについても或一定の重量の關係が存在しないものであらうか。どうも一定の關係がありさうに思はれる。即ち精密なる多數の實驗の結果により相反する亜鉛と硫酸反應生成物たる水素と硫酸亜鉛。此等の物質間には動かす可からざる一定の重量の關係がある事が見出されたのである。過剰に存在せしものは反應後に於てもそのまま殘留して居るものである。化學方程式に基づき、直ちに、極めて簡單なる計算から斯様な面白い事が求められるものである。此の事を徹底的に理解するために次に問題を擧げて置く。

問 1. 亜鉛 10 瓦と反應するに必要な硫酸の量及び此の時生成する水素と硫酸亜鉛との量を求めよ。

$$\begin{aligned} \text{解. 硫酸の量} & \dots\dots\dots \frac{\text{H}_2\text{SO}_4}{\text{Zn}} \rightarrow \frac{98.07 \times 10}{65.37} = 15.0 \text{ 瓦} \\ \text{水素の量} & \dots\dots\dots \frac{\text{H}_2}{\text{Zn}} \rightarrow \frac{2.016 \times 10}{65.37} = 0.308 \text{ 瓦} \\ \text{硫酸亜鉛の量} & \dots\dots\dots \frac{\text{ZnSO}_4}{\text{Zn}} \rightarrow \frac{161.43 \times 10}{65.37} = 24.7 \text{ 瓦} \end{aligned}$$

の様に此の化學變化を示す方程式と、反應物質、生成物質の化學記號、原子量とを用ひて簡單に、計算する事が出来る。

問 2. 硫酸亜鉛 100 瓦を作るには何瓦の亜鉛と硫酸とを要するかを計算せよ。

$$\begin{aligned} \text{解. 亜鉛の量} & \dots\dots\dots \frac{\text{Zn}}{\text{ZnSO}_4} \rightarrow \frac{65.37 \times 100}{161.43} = 40.5 \text{ 瓦} \\ \text{硫酸の量} & \dots\dots\dots \frac{\text{H}_2\text{SO}_4}{\text{ZnSO}_4} \rightarrow \frac{98.07 \times 100}{161.43} = 60.6 \text{ 瓦} \end{aligned}$$

の様にして計算すればよい。

硫酸亜鉛の少量を水に溶解したるものは醫藥上目藥に使用されるとの事である。そこで實際實驗室において所要量の硫酸亜

鉛を製作する時には必ず前以て化學方程式を用ひて幾何の亜鉛を要するかといふ事を計算して置く必要がある。無方針に單に亜鉛を硫酸に溶解しさへすればよいといふのでは困る。此の實驗において亜鉛の 40.5 瓦と硫酸の 250 瓦とを使用したとすれば、硫酸の方は過剰にあるから其の儘殘留す可きである。(250—60.6 瓦) これだけの硫酸は反應せずして殘る事になる。

化學變化を斯くの如く化學方程式を以て示す時は、之から反應物質の數量的關係が容易に求められる。この事は極めて重要な事項であるから能く理解して置く必要がある。化學方程式に質量不變の定律を示して居るものである。化學變化において反應前の物質の質量と、反應後の物質の質量とは全く相等しいといふ事が多くの學者の精密なる研究によりて確立せられて居る。即ち化學變化によりて質量は變化しないといふ事である。これを質量不變の定律といふてゐる。亜鉛と硫酸とより水素の生ずる反應に於て反應前の亜鉛と硫酸との質量の和と反應に於て生成せし水素と硫酸亜鉛との質量の和は全く相等しい。

以上の説明に依りて、諸君は化學方程式を用ひて反應物質の數量的關係を計算する方法を能く理解せられた事と思はれて居る。普通の化學實驗に於て數量的關係を求めるときにあまりに精密なる價を必要とする場合は極めて稀であるから、化學方程式を用ひて計算をなす場合には、正確なる原子量の價を必要としないのである。正確な原子量を用ひて正確に計算して勿論悪い事はないけれども計算に多くの時を費すのが無益であるから、普通の化學實驗に於ては原子量の近似値を用ひるが得策である。計算するのに早く出来るから都合がよい。我等が平素記憶して置く



便利のよい元素と其近似原子量とを記載して置く。

元素	原子量の近似値
C(炭素)	12.0
Cl(塩素)	35.5
H(水素)	1.00
N(窒素)	14.0
K(ポッタシウム)	39.0
Na(ソヂウム)	23.0
S(硫黄)	32.0

亜鉛と硫酸との作用により水素を生成する反応に就いて、幾何容積の水素を造るには幾何の亜鉛を必要とするものであるか。といふ事等も簡単に化学方程式によりて計算が出来る。一般に化学変化に於て氣體に関する計算問題をなす時基礎知識となるものであるから此處にこれを述べる事とする。實際の問題によりて説明する方が理解し易い。

問3. 亜鉛1瓦に過剰の硫酸を作用せしめて亜鉛を完全に溶解せしめたとすれば、此の時發生する水素は温度25°C、壓力77mmの時幾何容積となる可きか。

解. 先づ化学方程式を利用して此の事實により何瓦の水素が生成す可きかといふ事を第一に計算するのである。その次に此の水素の重量を容積に改算すればよい、此の計算方法に就いては既に第一章に詳細に述べて置いた。化学方程式より  $Zn \rightarrow H_2$  の關係が得られて居る。此の事は一原子量の亜鉛が完全に溶解すれば一分子量の水素を生ずる事を意味して居る。或は亜鉛の65.4 (Znの原子量の近似値)より水素の2量を生ずる事を意味して居

る。そこで1瓦の亜鉛より生ずる水素の重量は  $\frac{2}{65.4}$  瓦である。これだけの水素が此の問題に與へられた温度、壓力の時に占有す可き容積を求めたらよい。0°C、一氣壓の時の容積は幾何かといふに、既に第一章に於て述べたる事によりて此の時の容積は

$$\frac{22.4 \times \frac{2}{65.4}}{2} = \frac{22.4}{65.4} \text{リットル}$$

となるから此の次に與へられた温度、壓力の時の容積を改算すればよい。先づ壓力は變化しないで温度のみが0°C→25°Cに變化したとすれば此の時の容積は

$$\left\{ \frac{22.4}{65.4} \times \frac{(273+25)}{273} \right\} \text{リットル}$$

である。次に温度が25°Cとなつて従つて壓力が1氣壓→77mmになつたとすれば此の時の容積は

$$\left\{ \frac{22.4}{65.4} \times \frac{273+25}{273} \times \frac{76}{77} \right\} \text{リットル}$$

即ち369cc.となる。  
問4. (III) 23°C、2.4氣壓の時10リットルの水素を得るには何瓦の亜鉛と硫酸とを要するか。

解. 與へられたる條件に於ける水素の重量を先づ第一に求める事が必要である。水素の重量さへ定まれば、これに要する亜鉛と硫酸の量は此の反應を示し化学方程式より直ちに計算が出来る。

氣體の容積より其重量を求めるのには、此の氣體を0°C、一氣壓の時の容積に改算して見る事が肝要である。然る後一瓦分子量の氣體が22.4リットルの容積を有するといふ規則を應用すればよい。

此問題に與へられたる條件の時の水素を標準状態の時の容積に改算すれば次の様になる。先づ第一に壓力が一定で温度のみ23°C→0°Cとなつたとすれば  $\left(10 \times \frac{273}{273+23}\right)$  となる次に温度が變らないで壓力が2.4氣壓→1氣壓になつたとすればよい即ち

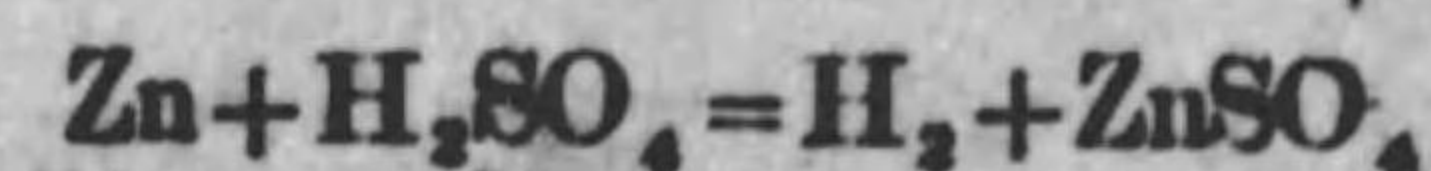


$(10 \times \frac{273}{273+23}) \times \frac{2.4}{1} = 22.1$  リットル となる。標準状態に於ける此の水素の重量は  $\frac{2 \times 22.1}{22.4} = 1.97$  瓦となる。

次に亜鉛と硫酸との化学方程式より  $H_2 \rightarrow Zn$  の関係がある。その事は水素の 2 瓦を得るには亜鉛の 65.4 瓦を要するといふ事を意味して居るから  $(\frac{65.4 \times 1.97}{2})$  瓦の亜鉛を要する事となる。又硫酸の量と水素の量との関係は  $H_2 \rightarrow H_2SO_4$  より求められる。即ち水素の 2 瓦(詳細に云へば 2.016 瓦である)を得るのには硫酸を 98 瓦(詳細は 98.07 瓦)要する事を意味して居る。故に所要の硫酸は  $(\frac{98 \times 1.97}{2})$  瓦である。

## (2) 亜鉛と硫酸との作用に依りて生ずる水素の容積と、亜鉛の重量との関係を簡単に求める方法。

諸君は此の時の化学変化と、反応物質及び反応生成物の化学記号を用いて化学方程式にて示し、之に依りて、此等物質間の重量の関係を簡単に知る事に就いて充分理解せられたと思ふ。化学変化に於て氣體が反応生成物である場合に、其氣體の重量を知れば、温度、壓力さへ與へられて居れば此の氣體の幾何の容積を占有す可きかを容易に計算する事が出来る。本題の化学変化に於て亜鉛の量が與へられて居ればこれより生ずべき水素の重量を化学方程式によりて求め次に此の氣體の容積を求めるものである。斯くの如くして亜鉛の重量と水素の容積との関係を求める事は最も理解しやすい方法であるが、今日は更に簡単にして且つ興味ある計算方法即ち亜鉛の重量より直接に水素の容積を求める事に就いて御話し度いと思ふ。



の化学方程式において、Zn と書いてあるのは單に金屬の亜鉛であるといふ事を示すだけでは無い、 $H_2$  と書いてあるのは水素であるといふだけの事では無い。説明の出来ない妙味ある意味を無意識に含ませてある。即ち Zn は亜鉛の一原子量、 $H_2$  は水素の二原子量又は水素の一分子量を示して居るのである。化学方程式に就いて單に亜鉛の一原子量とか又水素の一分子量とかいふてもその意味が無形的で徹底しない。これに重量の單位を附加すると明瞭に其意味がわかつて来る。亜鉛の一原子量に瓦の單位を附けただけの重量即ち 65.37 瓦を完全に溶解せしめれば水素の一瓦分子量(水素の分子量は 2.016 であるから 2.016 瓦は水素の一瓦分子量である)即ち 2.016 瓦を生ずるといふ事を意味して居る。亜鉛の 65.37 瓦即ち一瓦原子量(原子量に瓦といふ字を附けた重量を一瓦原子量といふ)より水素の一瓦分子量を生ずる事を意味して居る。擧て一瓦分子量の水素と云へば  $0^\circ C$ 、一氣壓の時に 22.4 リットルの容積を有して居るから、何瓦分子量の水素が生成するかといふ事がわかれば直ちに其容積が( $0^\circ C$ 、一氣壓の時の)わかる。次に氣體の體積と温度、壓力との関係式によりて任意の温度、壓力の時に於ける容積を求める事が出来るわけである。簡単な實例を以て之の計算法を説明する。

亜鉛の 3 瓦を完全に硫酸に溶解せしむれば  $0^\circ C$ 、一氣壓の時幾何容積の水素を生ずるかを求めよ。

先づ第一に亜鉛の 3 瓦は亜鉛の何瓦原子量に相當して居るかを求めるのである。此の亜鉛の目方を示す數と亜鉛の原子量で割ればよい。即ち  $(\frac{3}{65.37})$  瓦原子量となるのである。一瓦原子量の亜鉛より生ずる水素は一瓦分子量であるから其の體積は



22.4 リットルである故に所要の容積は

$$\left(22.4 \text{ リットル} \times \frac{3}{65.37}\right) \text{ となる。}$$

更に十分に理解するために次の計算を自ら行つて貰ひ度い。

問 温度 24°C. 壓力 1.5 氣壓 の時 1 リットルの水素を造るには何瓦の亜鉛を要するか。

これを解く方針としては先づ第一に、所要の水素は水素の何瓦分子量に相當して居るかを見るのである。それから一瓦分子量の水素を得るには亜鉛の一瓦原子量を要するといふ關係より直ちに、所要の亜鉛の重量がわかる。

解 0°C. 一氣壓の時の容積に改算すれば次のやうになる。

$$\left(1 \text{ リットル} \times \frac{273}{273+24} \times \frac{1.5}{1}\right) = 1.38 \text{ リットル}$$

これを 22.4 リットルで割れば此の水素の瓦分子数が求められる。與へられたる水素は  $\frac{1.38}{22.4}$  瓦分子量に相當して居る。そこで之だけの水素を生ずるに要する亜鉛は  $\left(65.37 \text{ 瓦} \times \frac{1.38}{22.4}\right)$  瓦となる。

### (3) 金属と酸との作用によりては水素を生ずる場合が多い。

亜鉛に硫酸を作用せしめた時水素の生ずるのは硫酸中に含まれる水素を金属にて置換したからである。硫酸に限らず鹽酸に於てもこれと亜鉛とを作用せしめれば鹽酸中の水素と亜鉛とが置換せられて水素を生ずるのを見る事が出来る。

蒸發皿の中へ亜鉛を 5 瓦位取りこれに稀鹽酸(濃鹽酸を同容積の水にて稀薄して用ふ) 10 c.c. 位を加へると盛んに水素が發生して速に溶解する様になる。此の溶液を蒸發して大部分の水を除去せしめれば冷却後白い結晶が得られるのを見る。此の時の反應は(2)節に述べた亜鉛と硫酸と鹽酸との反應に能く似て居る。

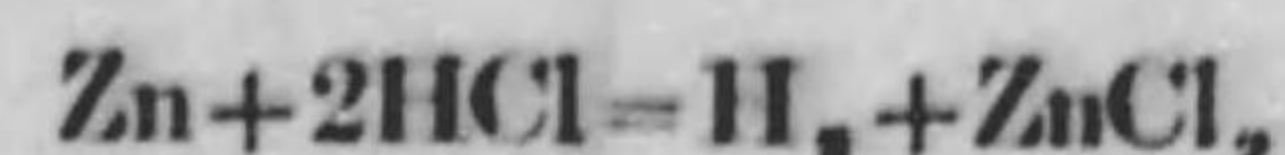
私は諸君と共に、亜鉛と鹽酸と作用せしめる時如何なる反應が起る可きであるかといふ事を豫想して見度い。豫想したる事が實際の結果と一致する時は實に云ふ事の出来ない興味を感じるのである。未だ實際に見ない事を豫想するには、目的の現象に類似の事で既に實驗的によく知つて居る事實に基づいて推定する様にするのである。化學の勉強には斯様の推理法を適用して行くと便利な事が多い。亜鉛が硫酸中の水素と置き換はる時には亜鉛の重量と置換せらる可き水素の重量の間に動かす可からざる一定不變の確固たる關係がある。即ち亜鉛原子一個に水素原子二個とが置き換へられるのである。亜鉛一原子の重量と水素一原子の重量との比は此等元素の原子量の比に相等しいから亜鉛と水素とが置換する此等元素の重量の比は  $65.37 : 2 \times 1.008$  に相等しいのである。亜鉛一原子に對し水素一原子が置き換はるのでなく其二原子が置き換はるのである。何故斯様であるかと質問されても私には答へる事は出来ない。其物の性質であると答へるより外に方法は無い。扱て鹽酸と亜鉛が作用する時に亜鉛が鹽酸中の水素と置換せられるのであるが、此の時に於て亜鉛一原子は水素の二原子と置換す可きである。此の事を加味して此の時の變化を示すには如何にせばよろしきか。  $Zn + 2HCl$  とせねばならぬ。  $Zn + HCl$  とすれば  $Zn$  一原子は  $H$  一原子と置換する事となるから都合がわるい。  $2HCl$  といふ意義は  $HCl + HCl$  といふ事と同じ意味である其處で

$$Zn + \begin{matrix} H \\ | \\ H \end{matrix} \begin{matrix} Cl \\ | \\ Cl \end{matrix} \rightarrow H_2 + Zn \begin{matrix} Cl \\ | \\ Cl \end{matrix}$$

となる様に思はれる。此の實驗に得たる白い結晶の成分は亜鉛一原子に鹽素が二原子結合したものであらう。之を書くのに



$Zn\begin{matrix} Cl \\ Cl \end{matrix}$ と書いてもよいがClを二個書く代りに  $Cl_2$ と書く方が簡単であるから  $ZnCl_2$ と示すのである。其處で此の時の變化は



の化學方程式を以て示す事が出来るであらうと思はれる。

硫酸でも鹽酸でもこれと金屬たる亜鉛を作用せしめれば酸の中に含まれる水素は亜鉛と置換して新しき物質を生ずる。硫酸のときには  $ZnSO_4$ なる成分のもので此のものを硫酸亜鉛と云ふて居る。又鹽酸の時には  $ZnCl_2$ なる成分のものを得るこれを鹽化亜鉛というて居る。硫酸亜鉛、鹽化亜鉛の如く、酸の中の水素を金屬にて置換して得られたるものを一般に鹽と稱して居る。化學上酸と名のつくものは、鹽酸、硫酸の如く、金屬にて置き換へられるところの水素を含むものである。

亜鉛に鹽酸又は硫酸を作用せしめたとき、酸に溶解する亜鉛の重量と發生する水素の重量、言葉を換へて説明すれば、亜鉛の目方と置換せられる水素の目方の比は亜鉛一原子量と水素二原子量との比に等しい。即ち亜鉛原子一個は酸の中の水素原子二個と置き換へられるといふ事を實驗上見出したのである。亜鉛に限らず一般に金屬に就いて其一原子と置換せられる酸の中の水素原子の數は何時でも二個であらうかといふ質問が起らねばならぬ。斯様な事を確めるには正確なる實驗を爲さねばならぬ。

化學者の熱心なる研究の結果によりて、金屬と置換せられる水素の量に就いて次の事が確定されて居る。

ナトリウム、カリウム、の如き金屬は其一原子と水素一原子とが置換する。

マグネシウム、亜鉛、の如き金屬は其一原子と水素二原子と

が置換する。

アルミニウムの如き金屬は其一原子と水素三原子とが置換する。

斯様に私が御話しても、諸君には金屬の一原子とか水素の何原子とかいふ意味が何と無く靴の上よりカユイ所をかく様な心地がせられるであらうと思つて居る。私も始めて化學を學ぶ時斯様な説明のしてある事を見て氣持よく自分のものになつた様な氣がしなかつた。止むを得ないから機械的に暗記をした事がある。次に此意味を少しは理解しやすい様にし度いと思ふ。ナトリウムを例として御話する。Naの原子一個とH原子一個とが置き換はるといふ事は實驗上見出された事である。原子といふのは非常に小さいものであるから、實驗上斯様の事を見出す事は不可能では無からうかと一寸思はれる。次に此の事を定める實驗の事實を御話する。金屬ナトリウムのある一定量を例へば鹽酸の中へ入れると水素が發生してナトリウムは溶解してしまふのである。此の時發生する水素の重量を正確に定めるのである。此の時發生する水素の重量を正確に定めるといふ事は、固體ならば直接に天秤で其目方が秤量せられるけれども目に見る事の出來ない氣體であるから此の重量を定めるのには工夫を要するは勿論である。諸君如何にせば此の時に發生する水素瓦斯の目方が正確に定められると思ふか、少し考へて貰ひ度い。氣體は其温度と其壓力と其容積の三者が知れて居れば、其重量を計算によりて求める方法がある。此の事は何回と無く反覆説明した積りである。鹽酸の中へナトリウムを入れると發生する水素を、適當の装置の中へ之れを集めて其時の瓦斯の容積、其温度、其壓力の三つ



を正確に定めれば水素の重量は正確に決定せられる。次に実験の結果を記す。

	金属ナトリウムの重量	発生せし水素の重量
第一回の実験	1.052 瓦	0.046 瓦
第二回の実験	0.947 瓦	0.040 瓦

(此の実験の結果をこのままに放置したのでは、Na と置換する H との量の関係)を求めることは出来ぬ。此の実験において、1.008 瓦(水素の原子量に瓦といふ字を附けた重量即ち一瓦原子量)の水素を発生せしめるために必要なナトリウムの重量を計算して見ると次の面白い関係が得られる。

	水素 1.008 瓦と置換す可き金属ナトリウムの重量	水素一原子と置換せられる Na 原子数
第一回の実験……	$\frac{1.052}{0.046} \times 1.008 = 23.1$ 瓦	$23.1 \div 23.00 = 1.005$
第二回の実験…	$\frac{0.947}{0.040} \times 1.008 = 23.8$ 瓦	$23.8 \div 23.00 = 1.03$

新しくして水素 1.008 瓦を生ず可き金属ナトリウムの重量を求める。此の数をナトリウム一原子の比較的の重量(ナトリウムの原子量)で割れば、水素一原子と置換す可き Na 原子の数が得られる。第一回の実験では 1.005、第二回の実験では 1.03 となる。原子は一個とか二個とか三個とかいふ整数の数であつて一個以下の増減がある可きでないから、新しくして得たる実験数に基づき、整数に近い数を採用するのである。即ち水素一原子と置換せられる Na 原子数は 1 個であると断定する事が出来る。

更に鐵、アルミニウム、カリウムとに就いて、此等の一原子は酸中の水素の何原子と置換するかを如何にして決定したか、その過程を御話する。亞鉛と酸との場合と同様に、此等金属のある一定

量を鹽酸(硫酸でも同じ事である)に溶解せしめ、此の時發生する水素の重量を求め、水素の一瓦原子量と置換す可き金属の重量を求め、此の瓦数を其金属の原子量で割ると次の数が得られた。

	金属の重量	発生せし水素の重量	水素 1.008 瓦と置換す可き金属の重量	水素一原子と置換せられる金属の原子数	金属一原子と置換する水素の原子数
鐵	2.451 瓦	0.0885	$(2.451 \div 0.0885) \times 1.008 = 27.9$	$\frac{27.9}{55.8} = 0.50$	$1 \div 0.50 = 2$
アルミニウム	1.082 瓦	0.120	$(1.082 \div 0.120) \times 1.008 = 9.1$	$\frac{9.1}{27.1} = 0.34$	$1 \div 0.34 = 3$
カリウム	0.971 瓦	0.0250	$(0.971 \div 0.025) \times 1.008 = 39.2$	$\frac{39.2}{39.1} = 1.00$	$1 \div 1 = 1$

即ち水素一原子と置換する金属の原子数は金属によりてそれぞれ異なるものである。ナトリウム、カリウムの如き金属の場合には、水素一原子と置換する金属の原子数は 1 個である。鐵の時は  $\frac{1}{2}$  個、アルミニウムの時は  $\frac{1}{3}$  個に極めて接近する数が得られる。これに基づき、此等金属の一原子と置換する水素の原子数は Na, K の時は 1 個、Fe の時は 2 個、Al の時は 3 個である事がわかる。元素の原子数には 1 以下の小数がある可きものでないから、実験上に於ては正確に整数を得る事はないけれども、かくの如く整数を以て金属一原子と置換する水素の原子数と定めるのである。

#### (4) 原子價、當量、化合物の化學式を推定する定法

酸に金属を作用せしめる時、金属一原子と置換する水素の原子数はそれぞれ異つて居る。ナトリウム、カリウムの様に金属一原子より一原子の水素を生ずるものを原子價一價の金属というて居る。鐵、亞鉛の様に金属二原子と水素二原子とが置換する金属は其の原子價が二價であるといふ。アルミニウムの原子價は 3 價である、何となればアルミニウムを酸に作用せしめれば此の金属一原子は三原子の水素と置換するからである。



種々の金属に酸を作用せしめる時、同一量の水素を発生せしめるだけの金属はその重量は異つて居るけれども、同一量の水素を生ぜしめるから、此の意味に於て相當して居る重量である。化学上これを當量であると稱して居る。實例で御話すれば直ちに分る。ナトリウム、カリウムの一瓦原子量、鐵、亞鉛の $\frac{1}{2}$ 瓦原子量、アルミニウムの $\frac{1}{3}$ 瓦原子量は何れも相當して居る重量である。何となれば此だけの金属に酸を作用せしめれば、金属の種類に關せず何れの場合にも水素の1.008瓦即ち一瓦原子量を生ずるからである。當量といふ言葉を、原子量、原子價等の言葉と相對して化学上使用する事が屢々ある。この場合には此等三者の間には次の關係が成立つ。

$$\text{當量} = \text{原子量} \div \text{原子價}$$

ナトリウム、カリウムの如き原子價一價の金属は當量を原子量と同じ數になる。鐵、亞鉛の如き原子價二價の金属は原子量の $\frac{1}{2}$ 、アルミニウムの如き原子價三價の金属は其原子量の $\frac{1}{3}$ を當量と稱して居る。次に以上述べた金属の原子量、原子價、當量の三者を次にならべて書いて見る。

金属の名	原子量	原子價	當量
ナトリウム	23.00	1	23.00
カリウム	39.10	1	39.10
鐵	55.84	2	27.92
亞鉛	65.37	2	32.69
アルミニウム	27.10	3	9.03

此處に書いた諸金属の當量を示す數と、第(3)節に述べた當量(水素1.008瓦と置換す可き金属の重量を示す數)とは少し異つて居る。

少し注意深い諸君は此の點に質問を生ぜられるであらう。實驗が極めて正確に行はれたとすれば此等の數は全く一致す可きであるが少し異なる値を得たのは實驗の誤差のためである。

當量といふ言葉の意味は、相當して居る量の事である。少し實際の例で此の意味のよくわかる様にしよう。酸と金属と作用せしめる時水素の發生する事柄に關して、亞鉛の1瓦と何瓦のナトリウムは當量であるかといふ問題を解いて見よう。亞鉛の原子量 $\div$ 原子價即ち32.69とナトリウムの23.00とが當量であるから、此の割合に計算すればよい、即ち

$$32.69 : 1 = 23.00 : x$$

の比例式を解きて  $x = 0.74$  瓦となる。即ち亞鉛の1瓦と、ナトリウムの0.74瓦とを各々鹽酸又は硫酸を作用せしめれば何れも相等しき重量の水素を発生せしめるのである。即ち水素を発生せしめるといふ反應について、亞鉛の1瓦とナトリウムの0.74瓦とは相當して居る重量である。

問. アルミニウム3匁は何瓦の鐵と當量であるかを求めよ。

解. アルミニウムの9.03量と鐵の27.92量とは當量である。と私が申しても諸君には此の意義が明瞭に御了解にならぬであらう。此等兩金属を同じ目方の單位で表した時の重量の比が9.03 : 27.92 に等しい様な各々の目方はいつでも當量である。

$$9.03 : 27.92 = 3 : x$$

此の式を解いて  $x = 9.3$  匁即ち  $3.75$  瓦  $\times 9.3 = 34.8$  瓦の鐵は此の答である。

注意 當量といふ言葉は之から後化学上常に遭遇する言葉であるが、新様々々の事柄に關しては相當する量といふ事であるか



ら此の條件を説明する事無く單に何と何とは當量であるといふ事だけでは全く意味をなさぬ。又元素の原子價も常に一定のものとは限らないから、此の事を注意して置く。

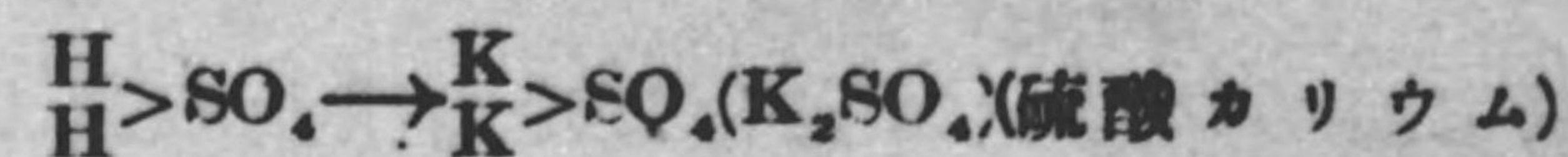
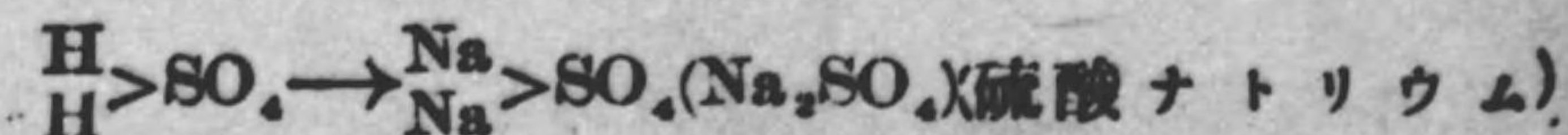
亜鉛と稀硫酸との化學變化を示す方程式に於て



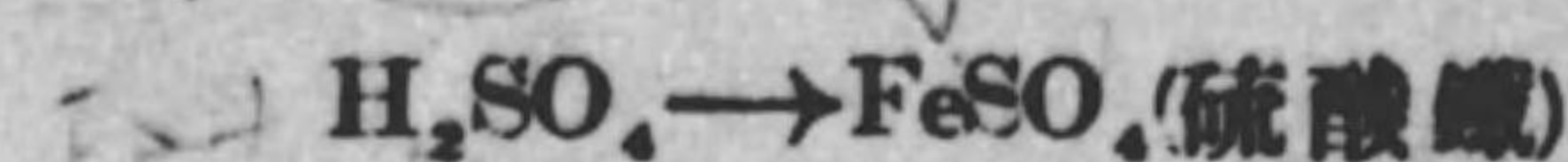
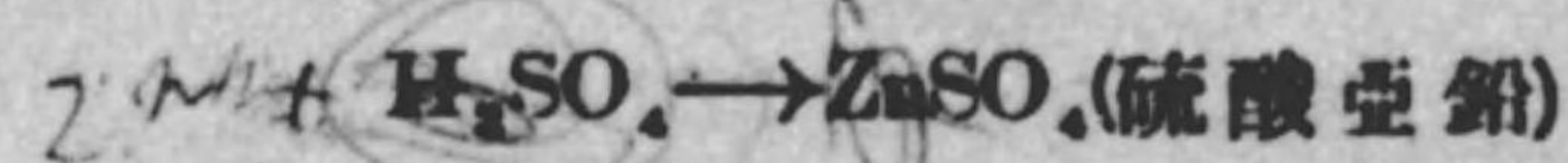
此の  $\text{SO}_4$  なる一團は、反應の前と後とにおいて少しも變化して居らない斯様なものに化學上「原子團」といふ名がついて居る。

$\text{SO}_4$  なる原子團 1 個は水素 2 原子と結合して居る。そこで此の原子團の原子價は 2 價であるというて居る。又萬一此の原子團が水素 1 個と結合したる化合物があつたとすれば其時は原子價は 1 價である。硫酸に金屬を作用せしめれば硫酸中の水素を金屬にて置換したる化合物即ち鹽が出来る。これは硫酸の鹽であるから硫酸鹽といふて居る。此の硫酸鹽の化學式が判斷推理が出来るとすれば非常に愉快である。今此の事を御話する。之には其金屬の原子價を知つて置く必要がある。

ナトリウム、カリウムは其原子價が 1 價であるから此等の一原子は水素一原子と置換する。即ち

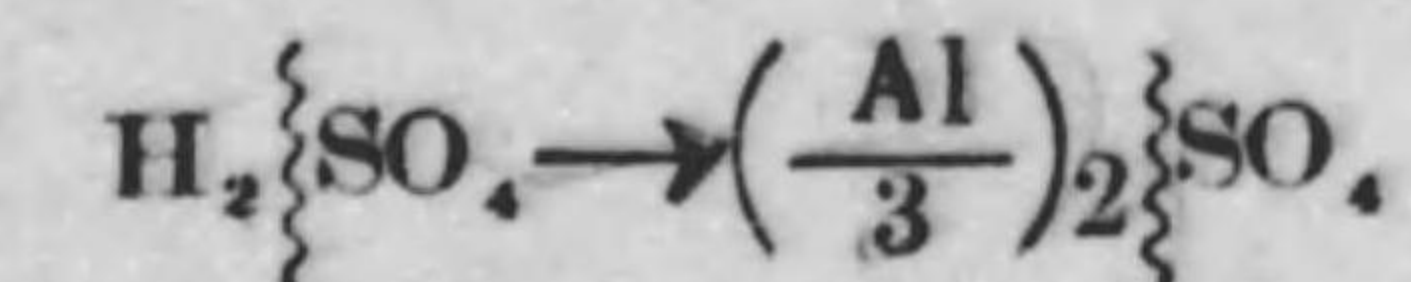


となる。亜鉛、鐵は其原子價 2 であるから硫酸亜鉛、硫酸鐵の化學式は次の如くある可きである。



原子價 2 價の金屬 1 原子が水素の 2 原子と置換するからである。

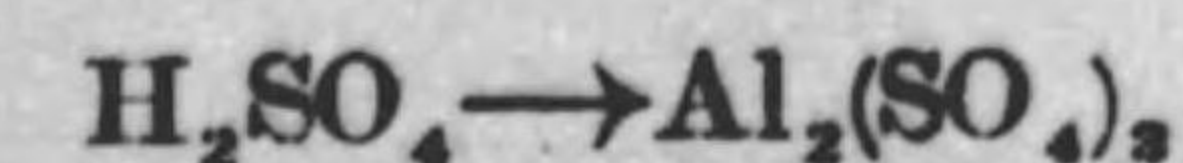
アルミニウムを硫酸に溶解すれば酸の中の H が Al で置換せられて硫酸鹽を生ずる、これは硫酸アルミニウムと命名す可きである。此の鹽の化學式に如何なる式を與ふ可きであるかを推理して見よう。此の推理の基礎智識としては Al の原子價が 3 價であるといふ事である。原子價 3 價の金屬の  $\frac{1}{3}$  原子が水素 1 原子と置換するわけであるから



とならねばならぬ。此の式に就いて、Al の方と  $\text{SO}_4$  の方と、兩方を 3 倍して  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  といふ式が得られる。此の事がよく諸君に理解せられたならば、又次の様にして式を求めてもよい。

原子價 × 原子數

を金屬の部分と金屬でない他の部分とに就いて相等しくすればよい。Al の原子價は 3 價で  $\text{SO}_4$  たる原子團の原子價は 2 價である。故に Al を 2 原子、 $\text{SO}_4$  たるものと 3 原子 ( $\text{SO}_4$  を一團として元素の如く原子と考へて見るのである) とればよい。そこで此の式が得られる。



### (5) 金屬と鹽酸又は硫酸との作用

化學變化を方程式で示すといふ事は、如何なる變化が起かるといふ事を示すだけでなく、其反應物質、及び生成物質間の重量の關係をも明かに示すものであるから、化學變化を研究する此化學に於ては其變化を方程式を以て示すといふ事は極めて重要である。

私の今日迄化學を學んで居る方法は、或事實を實驗して見て之を確かめ、それから此の事實を基礎として、未だ實驗せざる事を類推する。然る後これを實驗して見て豫想が事實に一致せるか否



かを観察する。若し事實に一致すれば其處で一種の愉快を感じる。又一致しない場合には、自分の豫想の誤れる事を知る事が出来て、此處に智識を増す事となる。事實に一致する様に考へ直すのである。斯くの如くして漸次、自然に起る化學現象に就いてこれを解釋する常識を養成する様に努力して居る。決して多くの事實を暗記的に記憶するといふ様な方法は採用して居らぬ。

次に前節に述べた金屬と酸との反應を方程式にて示して見る。Na, 又は K を稀硫酸の中へ入るれば如何なる事實を生ず可きか。酸の中の水素原子と金屬とが置換する變化が起る可きである。



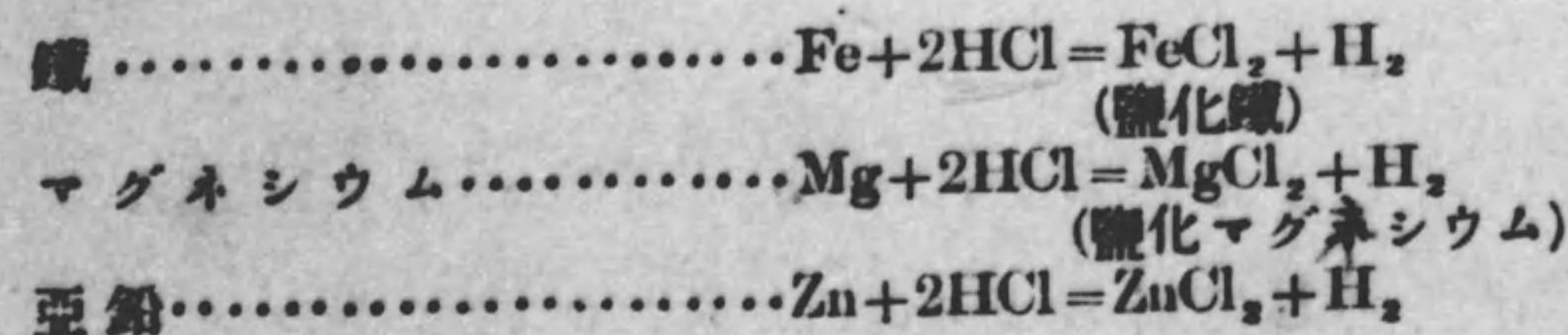
此の兩反應の相異の點は、同一量の硫酸に對して、亜鉛の時は一原子を要し、ナトリウムの時は此の二原子を要する事である。酸の中の水素を置換せしめるといふ反應に關しては、亜鉛の一原子とナトリウムの二原子とが相當して居る量となるからである。亜鉛、ナトリウムの原子價を知つて居たと假定すれば硫酸との反應は容易に方程式で示される。亜鉛は 2 價であるから此の一原子は水素 2 原子と、ナトリウムは 1 價であるから此の一原子は水素 1 原子と置換せねばならぬ。硫酸の中には  $\text{H}_2\text{SO}_4$  の式に示す如く二原子の水素があるから、これに Na を作用せしめれば此の二原子を要する事となり、Zn を作用せしめればその一原子を要する事となる。其處で上の方程式に示す變化が起らねばならぬ。扨てこれは Zn, Na 等の原子價を知つて居つたから、斯くの如き變化が豫想せられたのである。金屬の原子價を單に機械的に記憶するといふ事は興味がない。無理に記憶する必要は無く自然に覺

える權でなければならぬ。如何に推理的に學び得られる此の化學に於ても、全く暗記無しには學び得られぬ。基礎となる事實はこれを理解し、反覆して自然に自分の眞の智識となる様に消化せねばならぬ。化合物の化學式を覚えて居れば其金屬の原子價がわかる。又逆に金屬の原子價がわかつて居れば、其化合物の化學式が誘導せられる。硫酸亜鉛の式は  $\text{ZnSO}_4$ 、硫酸ナトリウムの式は  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、之を記憶して置けば、此等の式と  $\text{H}_2\text{SO}_4$  の式と對照して Zn 一原子が H 二原子と置換したのであるから Zn の原子價は 2 價である。又 Na 一原子が H 一原子と置換したのであるから Na の原子價は 1 價である事がわかる。

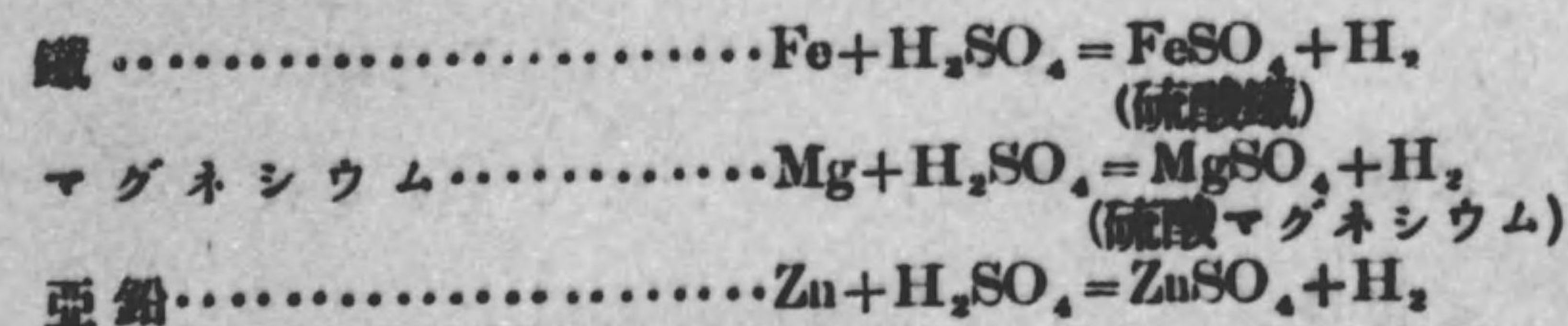
練習の爲めに次の問題を諸君自ら解いて貰ひ度い。

問. 鐵、マグネシウム等の金屬が酸と作用するときは亜鉛の場合と同じ様にその原子價は 2 である。此の事實に基きて鹽酸硫酸を此等の金屬に作用せしめる場合に起る化學變化を方程式を以て示せ。

A. 鹽酸との反應



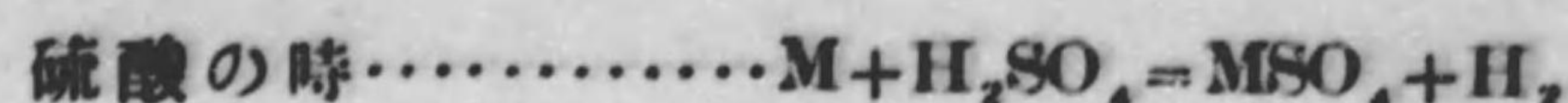
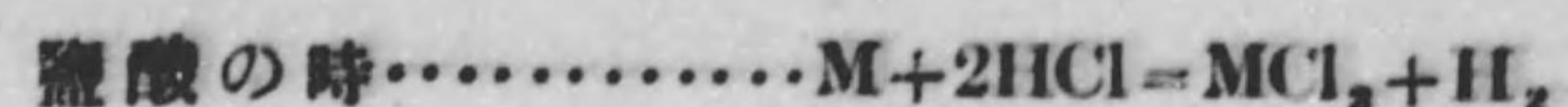
B. 硫酸との反應



此等の場合に起る反應は何れも極めてよく似て居る。一般に此處にある金屬(Mを以て示す)があつて此の原子價が 2 價である

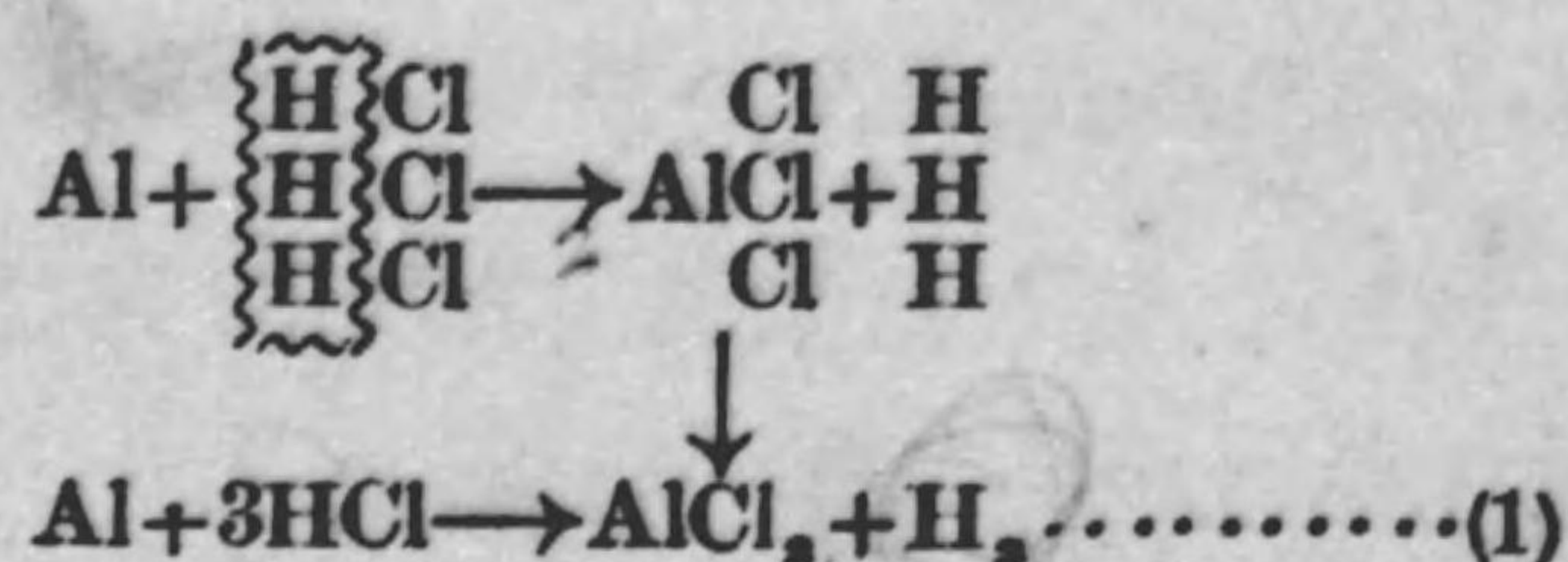


時は次の型の反応となる場合が多い。〔銅、水銀等は其原子價2價であるけれども次の型の反応を生じない〕



問. 鹽酸中の水素をアルミニウムで置換して得たる鹽化アルミニウムの化學式は  $\text{AlCl}_3$  である。此の事實に基づきて、アルミニウムと鹽酸又は硫酸との間に起る變化を方程式を以て示せ。

解. 初め鹽酸の場合を考へて見度い。Al—原子と反應する鹽酸は三分子必要な事が直ちに思ひ出される。そこで

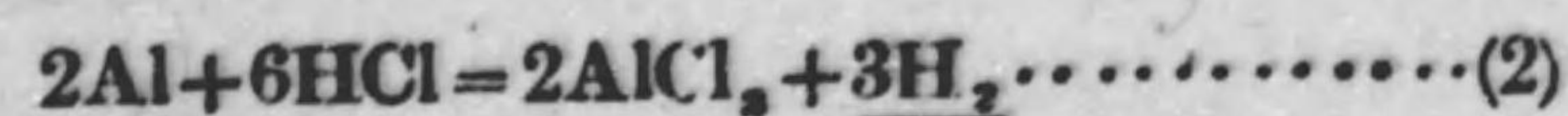


の様になる。然るに此の方程式では化學變化の眞の内容をそのままに表して居る事となるのである。私が新しく御話しても諸君には其理由が直ちに御了解にはならぬも尤もの事である。化學變化に於て、氣體の發生する反應に於ては、その氣體の性質をあらはす様に書く必要がある。方程式で氣體の性質といふても中々意味の深い話し方であるが、つまり其氣體一分子はどんな元素の何原子より成立して居るかを表はすと便利な事が多い。

例へば此の例において、水素なる氣體は一分子が水素原子の二原子より成立して居るものであるから、水素瓦斯であるといふ事を示すのに此の意味を無意識に含ませて  $\text{H}_2$  と書くのである。若し  $\text{H}$  と書けば水素たる氣體は其三原子より成立して居る事を示す様になる。

酸素一分子は酸素原子の二個より成立して居るから  $\text{O}_2$  を以

て示す。酸素よりなるものでオゾンといふ氣體がある。之は  $\text{O}_3$  を以て示すのである。一分子が三原子より成立して居るからである。化學に於て氣體を式にて示す時には其一分子を構成する成分元素の原子数を以て現さねばならぬ。斯様な事に注意する事無く、無頓着に元素の記號と數字とを無方針に書きならべては困る。其處でアルミニウムと鹽酸との反應に於て水素瓦斯が發生するといふ事を示すのに  $\text{H}_2$  なる記號を以て示す必要がある。そこで(1)式の各項を2倍して



となる。斯くの如く氣體を分子の形にて方程式にて示して置くときは、反應物質の量と氣體の體積との關係が一目してわかる得策がある。例へば此の反應に於て、アルミニウムの二原子より水素三分子を生ずる。換言すればアルミニウムの二瓦原子量より水素の三瓦分子量を生ずるのである。氣體の一瓦分子量の體積は標準状態に於て 22.4 リットルの體積を有して居るから、アルミニウムの目方がわかれば、これより生ずる水素の體積は直ちに求められるのである。アルミニウムの二瓦原子量即ち〔原子量  $(27.1) \times 2$ 〕瓦より  $(22.4 \times 3)$  リットルの水素を生ずる事がわかる。

氣體が化學變化に關係する時に、氣體を分子の形にて示す時は、斯くの如く反應物質の重量より氣體の體積を容易に求め得られる便利がある。

問. アルミニウムに稀硫酸を作用せしめる時の變化を方程式にて示せ。

アルミニウムの原子價が定まつて居らねば硫酸アルミニウムの化學式を求める事は出来ない。ある元素の水素に對する原子



價は幾何であるかといふ事は化學上常に使用せられる言葉である。今此の事を一寸御話する。鹽酸においては HCl の式が示す如く、鹽素一原子は水素一原子と結合して居る。斯くの如く其元素 1 原子と水素 1 原子とが化合して化合物を造る時には、此の元素の原子價を 1 價であるといふ。其元素の一原子が水素の二原子と結合する化合物を造る時は原子價は 2 價である。一般にある元素の一原子が水素の N 個原子と結合して化合物を生成して居る時は、此の元素の原子價は N 價であるといふ。例へばアンモニアといふ化合物がある。此の一分子は窒素 1 原子と水素 3 原子の結合して居るもので NH<sub>3</sub> の式が與へられて居る。窒素の原子價は 3 價である。

水素と結合して化合物を作る事の出来る元素に就いては、斯くの如くして其元素の原子價を求める事が出来る。水素と結合しない元素の原子價は如何にして求められるか。此の事を御話し度い。Al は H と化合物を造らない、然し鹽素と結合して AlCl<sub>3</sub> の式を有する化合物を生ずる。鹽素一原子は水素一原子と結合して HCl を生ずるから鹽素の原子價は 1 價である。ある元素の原子價を定める時には鹽素原子は水素原子と同等に取扱ふのである。そこで AlCl<sub>3</sub> の式より Al の原子價が 3 價である事がわかる。原子價の既知な元素又は原子團と成る元素との化合物の式が與へられてをれば此元素の原子價を定める事が出来る。これには原子價×原子數の數が二つの元素間に就いて相等しくなる様にするのである。例へば硫酸アルミニウムの式を誘導する時、Al の原子價は 3 であり、SO<sub>4</sub> なる原子團の原子價は 2 價であるから、Al を 2 倍し SO<sub>4</sub> を 3 倍すれば原子價×原子數の數が兩者とも 6

となつて相等しくなるのである。そこで Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> なる式が誘導せられる。擧て話が非常に脱線したが、以上の準備智識で本問題の Al と H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> との變化を推理的に導く事が諸君に出来るであらう。此の變化の時硫酸中の H を Al で置換して水素が発生して硫酸アルミニウムなる鹽を生ずる位の事は直ちに判断せられる。硫酸アルミニウムの一分子が出来るためには SO<sub>4</sub> なる原子團が 3 個必要であるから H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> が 3 分子必要である。又 Al は二原子必要なるは勿論である。其處で 2Al + 3H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> + 3H<sub>2</sub> の式が得られる。アルミニウムの原子價が 3 であるといふ事を知つて居たとすれば、鹽化アルミニウム、硫酸アルミニウムの式を容易に導く事が出来る。又 Al の原子價を忘れて居つてもこれ等の鹽の化學式の何れか一つを知つて居たとすれば直ちに原子價が求められる事となる。ある元素の原子價が幾何であるといふ事を無理に記憶する必要はない。これに関する化合物の化學變化を注意して取扱つて居りさへすれば、無意識の間に其原子價が思ひ出される様になる。

#### (6) 金屬と酸との作用により水素を得る反應の摘要

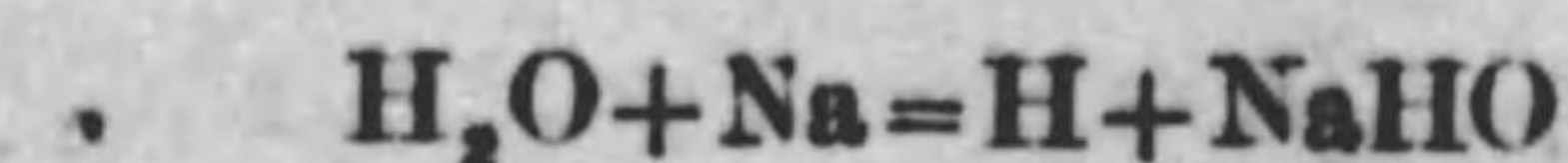
實驗室に於て簡単に水素を造る方法として亞鉛に稀硫酸が何れの本にも多く書いてある。亞鉛が自分の所に無い場合に、亞鉛が無いから水素を造る事は出来ないと思ふ人が相當にあるといふ事を私は承知して居るが、必ずしも亞鉛の必要はない、クギは鐵で出来て居るから此の表面の錆をみがき去りて、これに酸を加へれば容易に水素が発生する。鹽酸でも硫酸でも何れでもよいが、實驗室の製法としては鹽酸の方が発生しやすい。水素を單に造るといふだけなら、マグネシウム、アルミニウム、亞鉛、錫の何れに



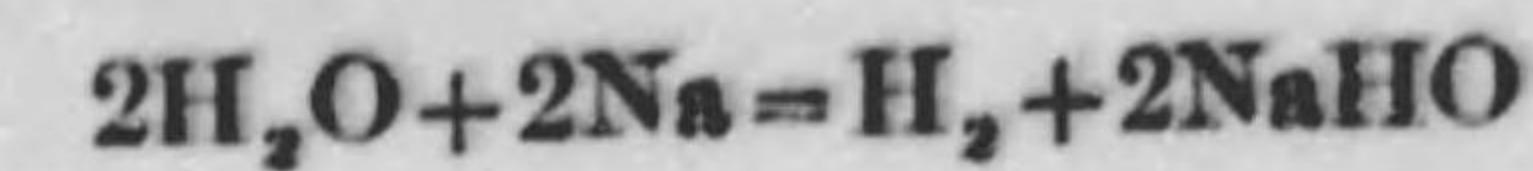
でもこれに鹽酸又は硫酸を作用せしめれば水素が発生する。錫の時は水素の發生の速度が遅い。それから金屬に硫酸を加へて水素を發生せしめる時に、硫酸は濃きものでなくて普通の濃硫酸を5—6倍より以上に水で稀釋したものを使用せねばならぬ。何故に水素を發生せしめる時に稀硫酸を使用するかといふ理由を一寸御話する。濃硫酸の中へある金屬例へば亞鉛を入れたとする、その時は亞鉛の表面で  $Zn + H_2SO_4 \rightarrow H_2 + ZnSO_4$  の反應を起し角生じて微量の水素と硫酸亞鉛とを生ずるわけである。擧て此の時生成する硫酸亞鉛が、其亞鉛の表面を掩ふのである。亞鉛の表面を硫酸亞鉛の薄き膜にて包む様になる。此の硫酸亞鉛は濃硫酸には極めて溶解し難いから、亞鉛の表面より除去せられない、そこで亞鉛の新しい表面が酸に接觸しない、故に水素反應が起る事は出来ない。但し稀硫酸の場合には稀硫酸中の水のために、その硫酸亞鉛の膜は溶解するから、又新しい亞鉛の表面を生じ酸との反應が反覆せられる。即ち溶解する反應が起るのである。

### (7) 金屬ナトリウム又はカリウムと水との反應

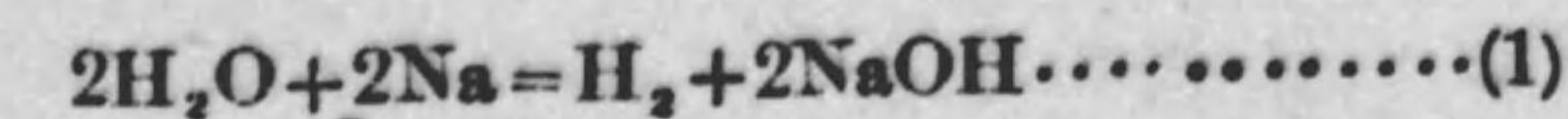
水の其化學式は  $H_2O$  で水素二原子と酸素一原子との割合で成立して居る事を無意識に我等に此の化學式が明示して居る。此の中へナトリウムを入れると既に我等が小學校の時に見た事であるが水素が発生して赤いリトマス試験紙を青變せしむる性質のある水酸化ナトリウムといふものが出来る。此の時の變化を一つ推理して見よう。ナトリウム一原子は水素一原子と置換するものであるといふ事だけを前以て御話して置く。これだけの豫備智識で次の式が考へ出される。



擧て水素が発生するのであるから、方程式にて此の事を示すには  $H_2$  とせねばならぬ、そこで此の方程式の各の項を2倍して



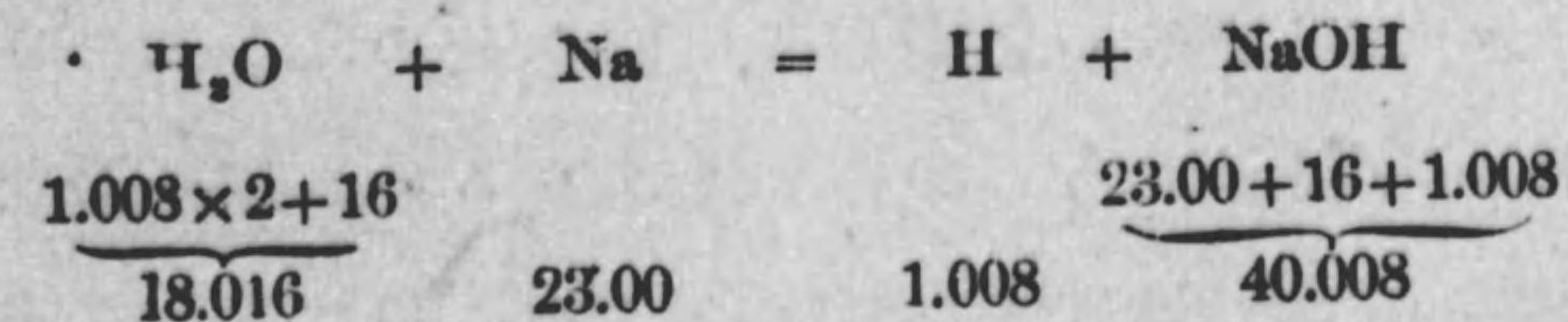
の式が得られる。水にナトリウムを作用せしめたる液を蒸發乾涸すれば白い塊が得られる。これは水酸化ナトリウムである。此の物の化學成分は  $NaHO$  であらうと思はれる。正確な研究の結果も此の豫想と一致して居る。但し後章で明かになるが、水酸化ナトリウムの化學式を  $NaHO$  としないで  $NaOH$  と書く事となつて居る。其處で此の場合の變化を方程式にて示せば



となる事が推理せられたのである。此の方程式の暗示する意味を充分に理解するために計算問題を行つて見る必要がある。

問. ナトリウム10瓦に水を作用せしめ、これを完全に分解せしめるために要する水の最小量は何瓦であるか。又此の時何瓦の  $NaOH$  を生ずるか。又此の時發生する水素の容積は  $0^\circ C.$  及び一氣壓の時幾何容積を有するか。

解. 反應物質及び生成物質間の重量の關係を知るには、なる可く簡單なる式を使用するが得策である。(1)式の各項を2で割つても反應物質の重量間の關係には何等變るところは無い。そこで次の式に於て各元素の原子量を代入すれば



の關係が得られる。此の式の下に書いた數の意味は諸君既に充分御了解の事と思ふが尙、私は不安であるから、くどくはあるが更



に一回反覆御話をする。

水とナトリウムとは其重量に於て18.016:23.00の割合に反應するものであつて、此の反應に依て水素を1.008とNaOHを40.008の重量の割合に生ずるといふ事を意味して居る。其處で

$$\text{水の量} \dots\dots\dots 23.00 : 10 = 18.016 : x, \quad x = \frac{10 \times 18.016}{23.00}$$

$$\text{水酸化ナトリウムの量} \dots\dots 23.00 : 10 = 40.008 : x, \quad x = \frac{10 \times 40.008}{23.00}$$

此の式を解けばナトリウム10瓦を分解するに要する水の最小量は7.8瓦であつて此の時生成する水酸化ナトリウムの重量は17.4瓦となる。同様にして此の時發生する水素の重量は

$$\text{水素の重量} \dots\dots 23.00 : 10 = 1.008 : x$$

此の式を解きて0.44瓦となる。此の水素の容積を求めるには水素の一瓦分子量即ち $1.008 \times 2 = 2.016$ 瓦が22.4リットルある關係を應用して

$$2.016 : 0.44 = 22.4 : x$$

となる。これを解きて4.9リットルとなる。化學反應に於て氣體の生成する場合に此の體積を知り度い時には、今此處に計算した様に、先づ方程式によりて其氣體の重量を求め、次に其容積を計算しても差支は無いが、氣體の重量を中途にて求むる必要無く、直ちに方程式より氣體の體積を求むるのが得策である。方程式より氣體の體積の關係を知らうとする時にはその氣體を分子式を以て示した式を用ひる必要がある。即ち此の場合には(1)式により $2\text{Na} \rightarrow \text{H}_2$ の關係がある即ちナトリウムの二原子量より一分子量の水素を得る。換言すればナトリウムの二瓦原子量より一瓦分子量の水素が得られる。そこでナトリウムの2瓦原子量即ち $\{23.00(\text{ナトリウムの原子量}) \times 2\}$ 瓦より水素の22.4リットルを生ず

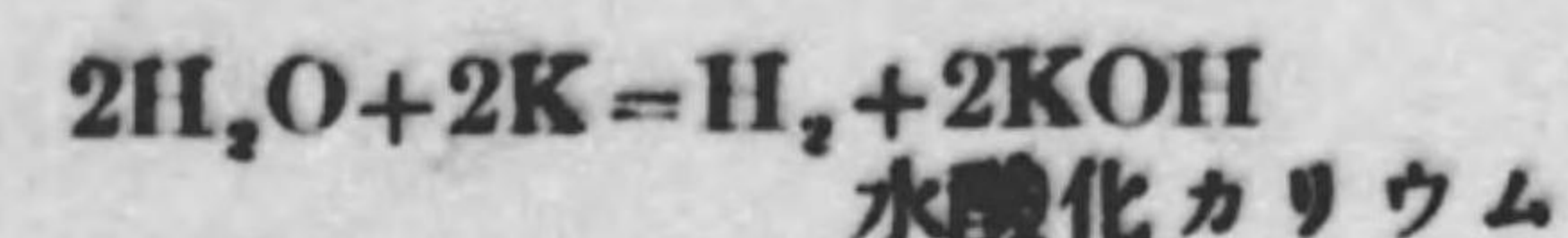
る事が直ちにわかる。此の關係を利用して任意量のナトリウムより生ずる水素の容積は、簡單なる比例によりて求められる。

$$46.00 : 10 = 22.4 : x$$

此の $x$ を解きて初めのものと同様の結果が得られる。

問. カリウム2瓦に過剰の水を作用せしめる時生ずる水素は $0^\circ\text{C}$ 及一氣壓に於て幾何の體積を有するか

解. 先づ此の時の化學變化は(1)式に於けるNaの代りにKを代入すればよい即ち



の方程式に示す如く水酸化カリウムを生ずる。カリウムの二瓦原子量 $(39.1 \times 2 = 78.2\text{瓦})$ より水素の一瓦分子量を生ずる事が方程式にて暗示してある、依つてナトリウムの時に類似して計算する事が出来る。瓦を瓦に改算して後計算を行ふものである。

$$78.2 : 7.5 = 22.4 : x \quad x = \frac{22.4 \times 7.5}{78.2} = 2.15 \text{リットル(水素の體積)}$$

### (8) 第二章の要項

1. 反應する物質、及び其反應生成物の化學記號を用ひ、方程式を以て、化學變化を示したるものを化學方程式と稱し、化學變化を學ぶのに極めて重要な役目をなすものである。化學變化に於ては、反應前の物質の總重量と反應後の物質の總重量とは相等しい、即ち質量不變の定律が成立するものである。化學方程式は此の事を明示して居る。

2. 化學方程式を用ひて、反應物質、生成物質間の重量の相互關係を明かにする事が出来る。

3. 氣體が反應生成物の場合に反應物質と氣體の體積との關係を求め様とする時には、化學方程式により、直接に氣體の重量を



求めないで其容積を求める順序を用ひればこの兩者の關係を簡單に定める事が出来るものである。

4. 鹽酸又は硫酸の如き酸と稱するものは何れも、金屬にて置換せられる性質のある水素を含んで居る。酸の水素を金屬にて置換して得たるものを鹽と稱して居る。金屬の重量と、これによりて置換せられる酸の中の水素の重量との間には面白い關係がある。金屬一原子と置換せられる水素の原子數は、金屬の種類によりて異つて居る。ナトリウム、カリウムの如きは一原子の水素と置換する。又マグネシウム、亜鉛、鐵等は二原子の水素、アルミニウムは三原子の水素と置換する。金屬一原子が一原子の水素と置換するものを、原子價1價の金屬と稱し、二原子の水素と置換するものを原子價2價の金屬と稱す。一般に金屬の一原子がn個原子の水素と置換する場合には此の金屬の原子價はn價であると稱して居る。

5. 酸の中の水素原子と金屬にて置換して得られる鹽の化學式は、其金屬の原子價を知つて居れば推定が出来る。即ち鹽に就いて、金屬の部分の原子價×原子數を金屬でない他の部分の原子價×原子數と相等しくなる様に組合はせればよい。

水素一原子とある元素の一原子とが化合する場合には、此の元素の原子價を1價と稱し此の元素の一原子と水素の二原子と化合すれば此の元素は原子價2價の元素である、又一般にある元素の一原子と水素のn原子と化合して化合物を造る場合には此の元素の原子價はn價であるといふて居る。水素と直接化合物を造らない元素の原子價を定めるには、既に原子價の定まつて居る元素との化合物に就いて、此の兩元素の間に次の關係が成立する

様にする。(原子價と原子數の積が相等しくなる様にする。)

例へばアルミニウム二原子と酸素三原子との重量の割合に結合したる  $Al_2O_3$  なる化合物がある。此の時Alの原子價は幾何であるかといふに、酸素の原子價は2價である。何となれば水の化學式  $H_2O$  より酸素の一原子が水素の二原子と結合するからである。 $Al_2O_3$  に就いて

$$\text{アルミニウムの原子價} \times \text{原子數} = \text{酸素の原子價} \times \text{原子數}$$

$$\text{アルミニウム原子價} = \frac{\text{酸素の原子價} \times \text{原子數(酸素の)}}{\text{原子數(アルミニウムの)}} = \frac{2 \times 3}{2} = 3$$

の如くしてAlの原子價が3である事がわかる。

6. 酸に金屬を作用せしめれば酸の中の水素を金屬にて置換して水素を生ずる場合が多い。水素は亜鉛と硫酸とからのみ生ずるものと思つては困る。

7. 亜鉛と硫酸とより水素を製する時に特に稀き硫酸を使用する理由を説明した。



## 第三章

## 酸素及び水

八日ヲ

## (1) 酸化物

宇宙間に最も多く存在するものは酸素である。地球全体の目  
 方の $\frac{1}{2}$ は酸素である。地球を囲む水の目方の $\frac{8}{9}$ は酸素である。  
 空気中の容積の約 $\frac{1}{5}$ は酸素である。酸素は氣體としては、空気中  
 の $\frac{1}{5}$ 容積をしめ化合物としては水素と化合して水の主成分とな  
 り、其他多くの元素と化合して自然界に廣く存在するものである。  
 化學上酸化物といふ言葉が常に使用せられる。これは酸素と他  
 の元素一種との化合したものを酸化物と稱する事となつてをる。  
 酸素の外に他の元素二種以上を含んだ化合物は酸素化合物では  
 あるけれども酸化物とは云はない。化學に於て何化物といふ事  
 が常にある。これは二つの種類の元素の化合したものの事であ  
 つて三種以上の元素を含む化合物については化物とは申さない。  
 例へば水は水素と酸素との化合物である故に酸化物であるが硫酸  
 は水素、~~酸素、硫酸~~<sup>硫</sup>の三種の元素の化合物であるから酸素化合物  
 ではあるが酸化物とは云はない。咽喉を害した時醫者の用ひる  
 鹽素酸カリウムは鹽素、酸素、カリウムの三種主素の化合物で酸素  
 化合物ではあるが酸化物とは云はない。

酸素は以上述べたやうに宇宙間に最も廣く存在する元素であ  
 つて酸素化合物の種類は凡ての元素の化合物中最も多いもので  
 ある。既に諸君の御承知の如く、我等の呼吸に必要な空氣は此の。



中に酸素を含むためである。人類その他動物の生活に最も重大な関係を有する酸素に就いて此の酸素と他の元素との化合する有様を學びこれに就いての化學を學び度いと思ふ。次に酸素と水素と化合して生ずる水に就いて御話する。

### (2) 水、酸素一分子は二原子より成る

水素と酸素とを混じ自然に放置して置いても何等の變化は起らないが其温度が 600°C 位になると直ちに化合して水となるものである。水素と酸素とを混じ此の中へ電氣の火花を瞬間通すれば化學變化が起つて液體の水となるため著しく此の混合瓦斯の容積が縮少する。生成する水が液體の水とならない様にするために適當の裝置によつて酸素水素の混合氣體の周圍を 100°C に保つ様にして、生成する水が見て水蒸氣となつて居る様にすれば、酸素水素の各々の容積と生成する水蒸氣間の容積の關係を研究する事が出来る。

實驗の結果酸素の容積の二倍の容積の水素が必要であつて、此の水素と同じ容積の水蒸氣を生ずる。換言すれば酸素一容積、水素二容積が化合して水蒸氣二容積を生ずる事が確められた。例へば 10cc. の酸素は 20cc. の水素と化合して 20cc. の水蒸氣を生ずるのである。若し酸素 10cc. に水素 23cc. と混じてこれに電氣火花を通じ化學變化を起させたとしても、生成する水蒸氣は酸素の容積の 2 倍即ち 20cc. であつて、3cc. の水素は水素のままに氣體として殘留して居る。又例へば水素 20cc. に酸素 15cc. を混じこれを化合せしめたとすれば水素と同容積即ち 20cc. の水蒸氣を生じ酸素の化學變化に必要な量の水素の容積の  $\frac{1}{2}$  であるから 10cc. を要するわけで 5cc. は酸素のままに氣體として

$H_2O$   
2H<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> = 2H<sub>2</sub>O

殘留する。何人が如何なる場所で實驗して見ても常に一定の實驗結果を得る。酸素 1 容、水素 2 容の割合で結合して水蒸氣を 2 容積生ずるもので、酸素か水素かの偏れかが此の割合よりも過剩にある場合には氣體としてそのままに殘留して居るものである。此の實驗結果を次の圖で示して見る



アボガドロ氏の定律によれば、凡ての氣體は、氣體でさへあれば如何なる氣體でも、同温同壓において、同じ容積の中に含有せられる分子の数が相等しいといふのであるから、酸素、水素より水蒸氣の生成する此の反應にアボガドロの定律を適用すれば

一分子の酸素 + 二分子の水素 = 二分子の水蒸氣

といふ事になる(十分間位靜かに考へれば諸君自ら此の事が理解せられるであらう)。

水蒸氣は酸素と水素との化合物であるから、水蒸氣の一分子中には少なくとも酸素一原子を含有す可きである。若し之を事實とするならば、酸素一分子中には酸素の二原子を含有せねばならぬ事となるのである。兎に角水蒸氣一分子中に含まれる酸素原子の数の二倍の酸素原子を、酸素瓦斯一分子中に含有するといふ事だけは動かす事の出来ない極めて明瞭な事實である。

故に一分子の水蒸氣中に含まれる酸素原子の数が確定すれば、酸素瓦斯一分子を構成する酸素原子の数の即ち酸素瓦斯一分子は何原子の酸素よりなつて居るかが定まるのである。若し水蒸氣一原子中に酸素原子一個を含むとすれば酸素一分子は二原子より成立する。又水蒸氣一分子中に酸素原子二個を含有するとせ



ば、酸素瓦斯一分子は四原子の酸素より成立する事がわかる。酸素瓦斯の性質を有するものの中で最も小なる粒子は酸素の一分子である。此の分子を更に化学的に分割すれば更に細小なる原子に到達するのであるから、一分子は何個原子より成立するかを知る事は化学上非常に興味ある事實である。此の重要問題の決定は、水蒸気一分子中に含まれる酸素原子の數で定まるのである。

今日迄知られた凡ての氣體酸素化合物に就いて其一分子中に含有せられる酸素原子の數を比較して見るのに、水蒸気一分子中に含まれる酸素の原子數より小なるものは一つも無い事が明になつて居る。水蒸気は酸素の化合物であるからして此の一分子中には少くとも酸素原子を1個は含有して居らねばならぬ事となる。此の少くとも一個はといふ意味は極めて妙味ある考へ方であつて、少くともといふ字を省略して、單に水蒸気一分子中には酸素原子を1個を含むものなりとしたならば説明も簡單で何の苦もなく酸素一分子は2原子より成立するものなりといふ事が理解せられる。然し如何にしても、少くともといふ字を省略する譯にはゆかぬ。少くとも一個は含むといふ事は、換言すれば將來は二個、三個といふ様に一個以上となり得る傾向を意味して居るのである。

今日迄に発見せられて居る、氣體の酸素化合物に就いては、其一分子に含む酸素1原子數のは、水蒸気一分子中の酸素の原子數よりも小なるものは一つも無いといふ事が實驗上證明せられて居る。そこで水蒸気一分子中に含む酸素の原子數を1個と見做したのである。従つて酸素瓦斯一分子は二原子より成立する結果になる。其處で此の意味を含ませて酸素の分子式を  $O_2$  と書くので

ある。但し將來化学の進歩と共に、ある酸素化合物が発見せられ、此の化合物一分子中に含む酸素の原子數が、水蒸気一分子中に含むせられる酸素原子數の  $\frac{1}{2}$  を含むといふ事が決定せられるかも知れぬ。此の機が到達したならば、水蒸気一分子には酸素原子を2個含む事となり、酸素瓦斯一分子は4原子を含む事になる。一般に云へば此の新酸素化合物一分子中に含む酸素の原子數が水蒸気一分子中に含まれる酸素原子數の  $\frac{1}{n}$  ( $n$  は 2, 3 の如き整数) である事が實驗上證明せられたる機に到達したならば此の時は水蒸気一分子中には酸素原子  $n$  個を含む事となり、従つて酸素一分子は  $2n$  個の原子を含む事となる。此の時には酸素の分子式を  $O_{2n}$  と改良せられる様になる。

今迄の私の説明において、諸君には次の事を疑問とせられるであらうと私は思うて居る。

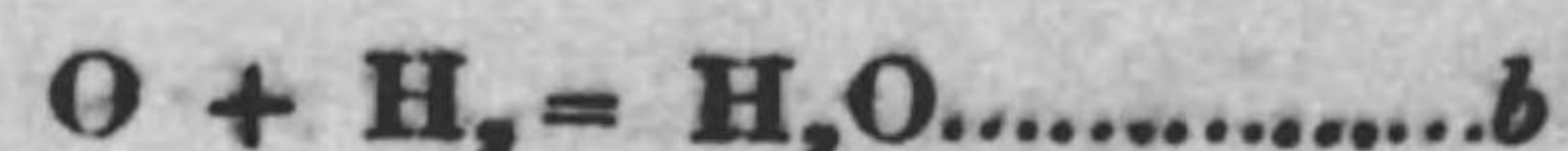
「今日迄知られた凡ての酸素化合物に就いて、其一分子中に含有せられる酸素原子の數は、水蒸気一分子中に含む酸素の原子數より小なるものは一つも無い斯様な事は如何にして實驗上確定せられたかといふ質問があるに相違ない。私は此の質問に御答しよう。氣體である酸素化合物のある一定容積例へば1リットル(勿論温度及びその壓力を何れの場合にも同一とせねばならぬ)を取り、此の中に含まれる酸素の重量を決定すればよい。(勿論、それ等酸素化合物中の酸素の量を定むるのには特別の實驗方法を要する)斯くすれば此の重量の割合が、とりもなほさず酸素化合物一分子中に含まれる酸素の量の割合を吾人に知らせる事となるのである。斯くして酸素化合物一分子中に含む酸素の量の割合を見出す事が出来る。



扱て將來に於て水蒸氣一分子が二原子の酸素を含むといふ事になつたとすれば、酸素一分子は4原子より成立する事となるのである。其時は酸素の原子量の値は酸素の分子量の値の $\frac{1}{4}$ とせねばならぬ。若し酸素の分子量を32とするならば酸素の原子量は $32 \div 4 = 8$ となり今日の原子量の $\frac{1}{2}$ となるべきである。

(2) 氣體の積反應する容積の關係を化學方程式より推定する事

酸素と水素とより水蒸氣を生ずる反應の様に氣體が化學反應をなす時に方程式のかき方を見ただけで直ちに氣體が反應する時の其容積の關係がわかるとすれば化學を學ぶ人のために非常に便利である。反應物質及び反應生成物に於て氣體をあらはす時は必ず分子式を以て示す事とすれば此の目的が達せられる。一分子と一分子とは同じ容積でn分子は一分子のn倍の容積を示すものと考へればよい。アボガドロ氏の定律を應用したのであるから、勿論同温同壓である事が必要條件である。上の場合の變化を方程式にて示す時



の三種の書き方が考へ出されるであらう。酸素の分子式は  $O_2$ 、水素の分子式は  $H_2$ 、水蒸氣の分子式は  $H_2O$  であるから最後 c の方程式がよろしい。

① 即ち1分子の酸素と2分子の水素とより2分子の水蒸氣を生ずる事を示す。換言すれば1容の酸素と2容の水素とより2容の水蒸氣を生ずる事を暗示して居るものである。氣體の1分子

が反應するときには特に分子式の前に1といふ字を省略する事になつて居る。例へば c の方程式に於て  $O_2$  と書いてあるのは酸素1分子の事である。氣體の容積間の關係を示すのには、斯くの如く分子式のかたちで表す事が便利であるが、單に反應物質の重量關係さへ知ればよいといふだけの目的ならば氣體を示すのに、その分子式を以て示さなくとも單に其水素の記號だけであらはしてもよろしい。水素と酸素と化合して水の生ずる a 式を以て示してもよい。但し此の式にては此等の反應する時の容積の關係は少しもわからない。c 式ならば容積の關係を示すと同時に又それ等の反應する時の重量の關係をも示すものである。c 方程式の暗示して居る意味を能く理解する爲に次の計算問題を諸君自ら練習し、吟味する必要がある。

問. 水素 25 c.c. (其の温度  $27^\circ C$ , 壓力 75.2 釐) と酸素 70 c.c. (その温度  $20^\circ C$ , 壓力 1.6 氣壓) とを混じ、これに電氣の火花を通じて此等を化合せしめれば、何瓦の水を生ずるか、又此の時反應せずして殘留する氣體の容積は  $0^\circ C$ , 及び一氣壓の時に幾何 c.c. の容積を示す可きであるかを計算せよ。

解. 此の水素及び酸素の重量を第一に計算する必要がある。 與へられたる條件に於ける水素 25 c.c. を  $0^\circ C$ , 及び一氣壓(76 釐)の時の容積に改算すれば

$$25 \times \frac{273}{273+27} \times \frac{75.2}{76} = 22.6 \text{ c.c.}$$

1 瓦分子量の氣壓は  $0^\circ C$ , 一氣壓で 22,400 c.c. の容積がある。水素の分子量は  $1.008 \times 2 = 2.016$  であるから 2.016 瓦が水素の一瓦分子量である。そこで 22,400 c.c. の水素の目方は 2.016 瓦ある。與へられたる容積の目方は何瓦あるかといふ比例式をたてればよい。



そこで水素の重量( $x$ )は  $22,400:22.6=2.016:x$  の式を解きて求められる。

$$x = \frac{2.016 \times 22.6}{22,400} = 0.00203 \text{ 瓦 となる。}$$

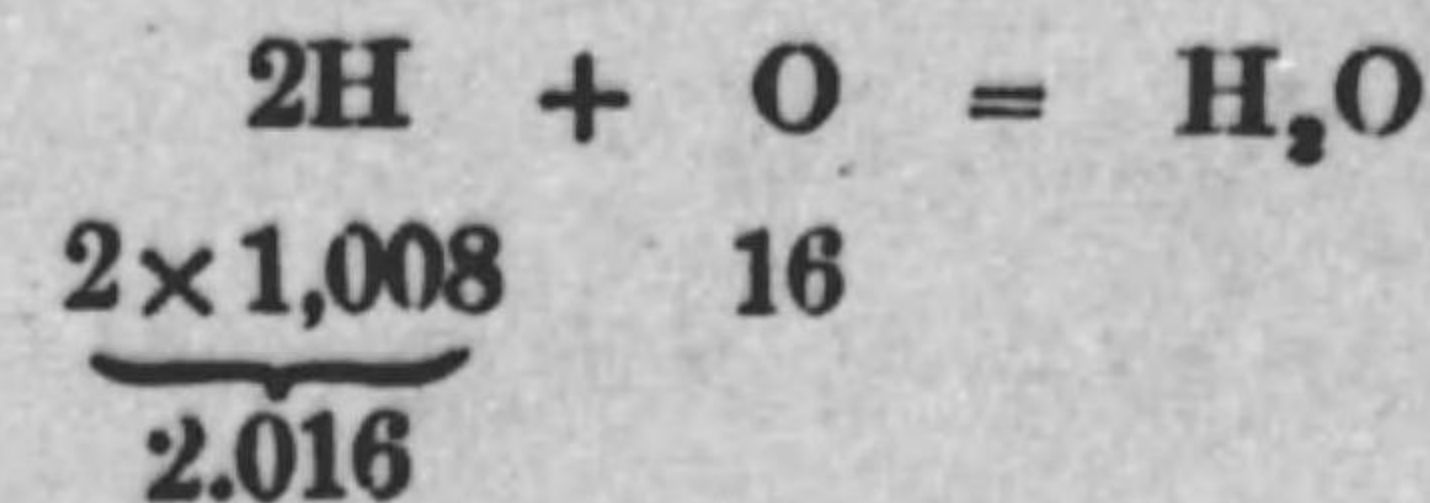
酸素の重量を求めるために、先づ第一に  $0^\circ\text{C}$ 、一気圧の時の容積に改算すれば

$$70 \text{ c.c.} \times \frac{273}{273+20} \times \frac{1.6}{1} = 104 \text{ c.c. となる。}$$

$0^\circ\text{C}$ 、一気圧の時酸素の一瓦分子量は  $22,400 \text{ c.c.}$  の容積がある。そこで酸素の分子量は  $32$  で酸素の一瓦分子量は  $32 \text{ 瓦}$  である。酸素の  $22,400 \text{ c.c.}$  は  $32 \text{ 瓦}$  あり、 $104 \text{ c.c.}$  は幾何瓦あるかと計算すればよい即ち

$$\text{酸素の重量} \dots \dots \frac{32 \times 104}{22,400} = 0.148 \text{ 瓦}$$

酸素の方が水素に比較して過剰であるから酸素の一部が残留す可きである。水素  $0.00203$  と化合してこれを見て水に変化せしむるために要する酸素の目方は幾何あるかといふに



の方程式に示す様に水素  $2.016 \text{ 瓦}$  と化合する酸素は  $16 \text{ 瓦}$  であるから

$$2.016 : 0.00203 = 16 : x$$

此の比例式を解きて  $x=0.0161 \text{ 瓦}$  となる。そこで反応せずに残留して居る酸素の重量は  $0.148 \text{ 瓦} - 0.016 \text{ 瓦} = 0.132 \text{ 瓦}$  である。此の酸素の容積を求むればよい。酸素の  $1 \text{ 瓦}$  分子量即ち  $32 \text{ 瓦}$  が  $22,400 \text{ c.c.}$  あるから所要の酸素の容積は  $0^\circ\text{C}$  及一気圧に於ては

$$\frac{22,400 \times 0.132}{32} = 92 \text{ c.c. となる。}$$

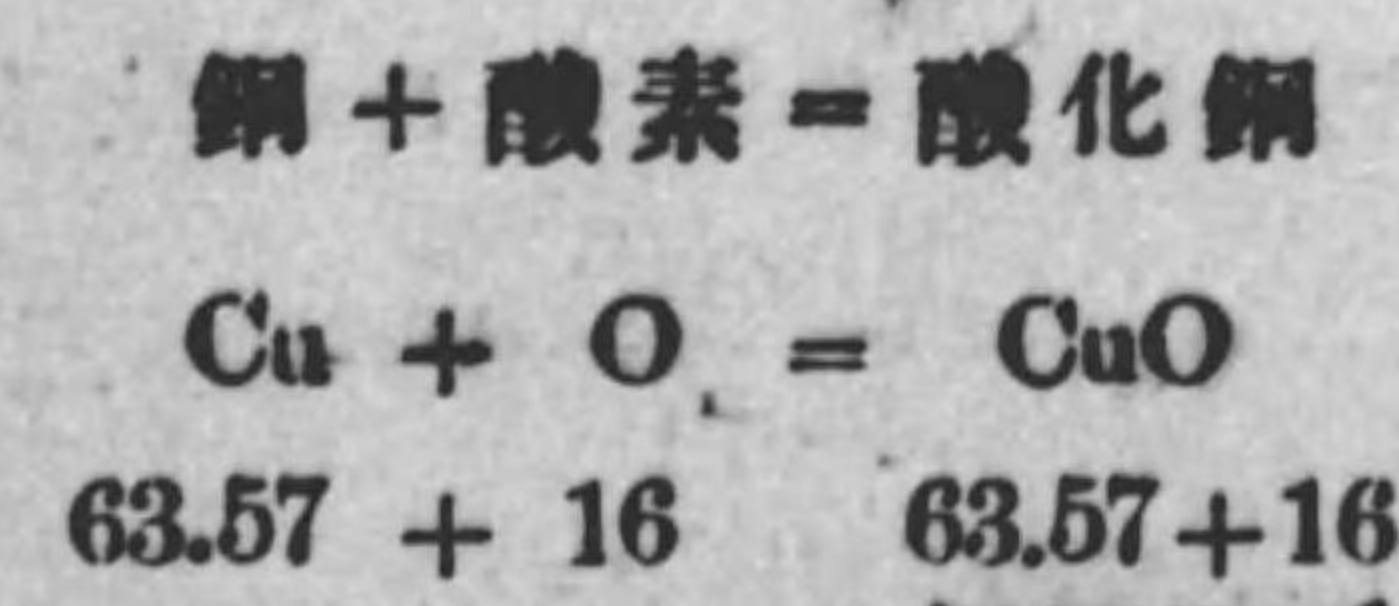
更に次の問題を是非試みて貰ひ度い

問. 温度  $100^\circ\text{C}$  壓力一気圧に於て  $20 \text{ c.c.}$  の酸素と  $50 \text{ c.c.}$  の水素とを混じ、是等を化合せしめれば幾何容積の水蒸気となるか、又此の時反応せずして残留する氣體は何であつてその重量は幾何であるか。

解.  $20 \text{ c.c.}$  の酸素と化合す可き水素の容積は此の二倍容積の  $40 \text{ c.c.}$  である。そして生成する水蒸気の容積は酸素の容積の二倍で、水素の容積と相等しいわけであるからやはり  $40 \text{ c.c.}$  である。水素が過剰になるからこれが残留する。その容積は  $50 \text{ c.c.} - 40 \text{ c.c.} = 10 \text{ c.c.}$  である。其處で温度  $100^\circ\text{C}$  で壓力一気圧の時  $10 \text{ c.c.}$  の水素は何瓦の重量を有するかといふ問題になる。 $0^\circ\text{C}$  及び一気圧の時の容積に改算すれば  $\frac{10 \text{ c.c.} \times 273}{(273+100)} = 7.3 \text{ c.c.}$  となる。依つて此の重量は  $\frac{2.016 \times 7.3}{22,400} = 0.00065 \text{ 瓦}$  となる。

#### (4) 水素、酸素の原子量を定める方法

銅を空気中にて赤熱すれば、暫時の後その表面が黒くなる。此の黒いものは銅と酸素と化合した物である。此の時の變化を方程式にて示せば



である。此の式は銅と酸素とが化合して酸化銅を生ずるといふ事を示すだけでは無い。此の變化の時に起る、反應物質の重量の關係迄も明に我等に知らすものである。銅と酸素とが化合する時には銅と酸素とはある一定の重量の割合にて結合するものであつてどんな割合でやも此等兩元素が結合するといふのではない。銅の目方  $63.57$  と酸素の目方  $16$  との比に結合するものである。



目方を示すのに目方の單位を附せずして單に數字だけでは無意味であるがこれは銅と酸素とが化合する時の重量の比が63.57:16といふ事である。割合を示すには此の比の兩項を同じ數で割つても割合には變化は無いから次の様にして示せばよい。

	銅	:	酸素	
重量の割合	63.57	:	16	
	1	:	$\frac{16}{63.57} = 0.252$	
	$3.97 = \frac{63.57}{16}$	:	1	

此等酸素が化合する時の重量の割合を記憶して居る事は容易の事ではない。例へば銅1の目方に対して酸素幾何を要する等と記憶の出来るものではない。然し銅と酸素との化學記號と原子量とを用ひたならば、此等の化合する時の重量の割合は極めて容易にわかるのである。此の事が化學記號及び方程式の有り難い點である。

問. 銅2.5瓦を酸化銅とするのに何瓦の酸素を要するか、又此の時生成する酸化銅の重量は幾何となる可きか。

解. 新様の問題は諸君に直ちに解ける事と信じてゐる。

酸素の重量.....  $\frac{16 \times 2.5}{63.57} = 0.63$  瓦

酸化銅の重量.....  $2.5$  瓦 +  $0.63$  瓦 =  $3.13$  瓦

酸化銅の重量(x)を計算するのに次の如くしてもよい。

$$\text{Cu} : \text{銅の重量} = \text{CuO} : x$$

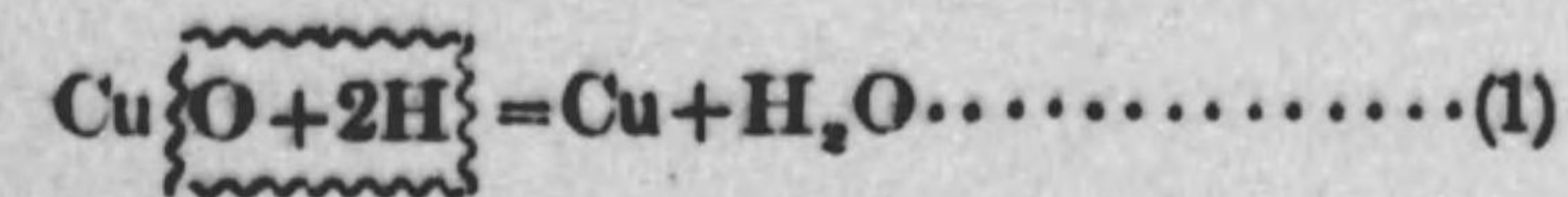
$$x = \frac{\text{CuO} \times \text{銅の重量}}{\text{Cu}} = \frac{79.57 \times 2.5}{63.57} = 3.13 \text{ 瓦}$$

説明が非常に脱線をしました。これから水素酸素の原子量を實驗して定める方法の概要を御話し度い。その前に少し準備的

の事を一寸御話して置く。酸化銅を赤熱して置いて此の上に水素を通ずる時は、酸化銅中の酸素と水素とが化合して水となり銅を殘留せしめる様になる。此の實驗の結果を方程式にて示すときは次のやうになる。



新様の事實が、實驗しない以前に、豫想が出来るとすれば面白い。化合物や元素を示すに化學記號を用ひて此の變化を方程式にて書いて見れば、場合に依つては、未だ實驗しない事でも、想像した事と實驗と一致する事がある。酸化銅の化學式はCuOである此の中のOを除去すれば酸化銅は銅(Cu)となる可きである。Oを除去するためにはOと化合し易いものを酸化銅に作用せしめればよい。水素は高温度において酸素と容易に結合して水となる生質のものである。そこでCuOを熱しこれにHを作用せしめればよい様に思はれる。O一原子を除去するにH二原子を要する事は明かであるから



の變化が豫想せられる。此の豫想は實驗の結果と全く一致して居る。

(5) 水素、酸素の原子量を定める方法

水は水一分子のn(非常に大なる整数)倍より成立して居る。一分子の水は研究の結果水素二原子と酸素一原子とから出来て居る事が明かとなつて居る。其處で分量の水は水素二原子のn倍と酸素一原子のn倍とより成立して居る事となる。此の關係を式で書いて見るとよく分る。

$$\text{分量の水の重量} = (\text{水素一原子の重さ} \times 2 \times n) + (\text{酸素一原子の重さ} \times n)$$

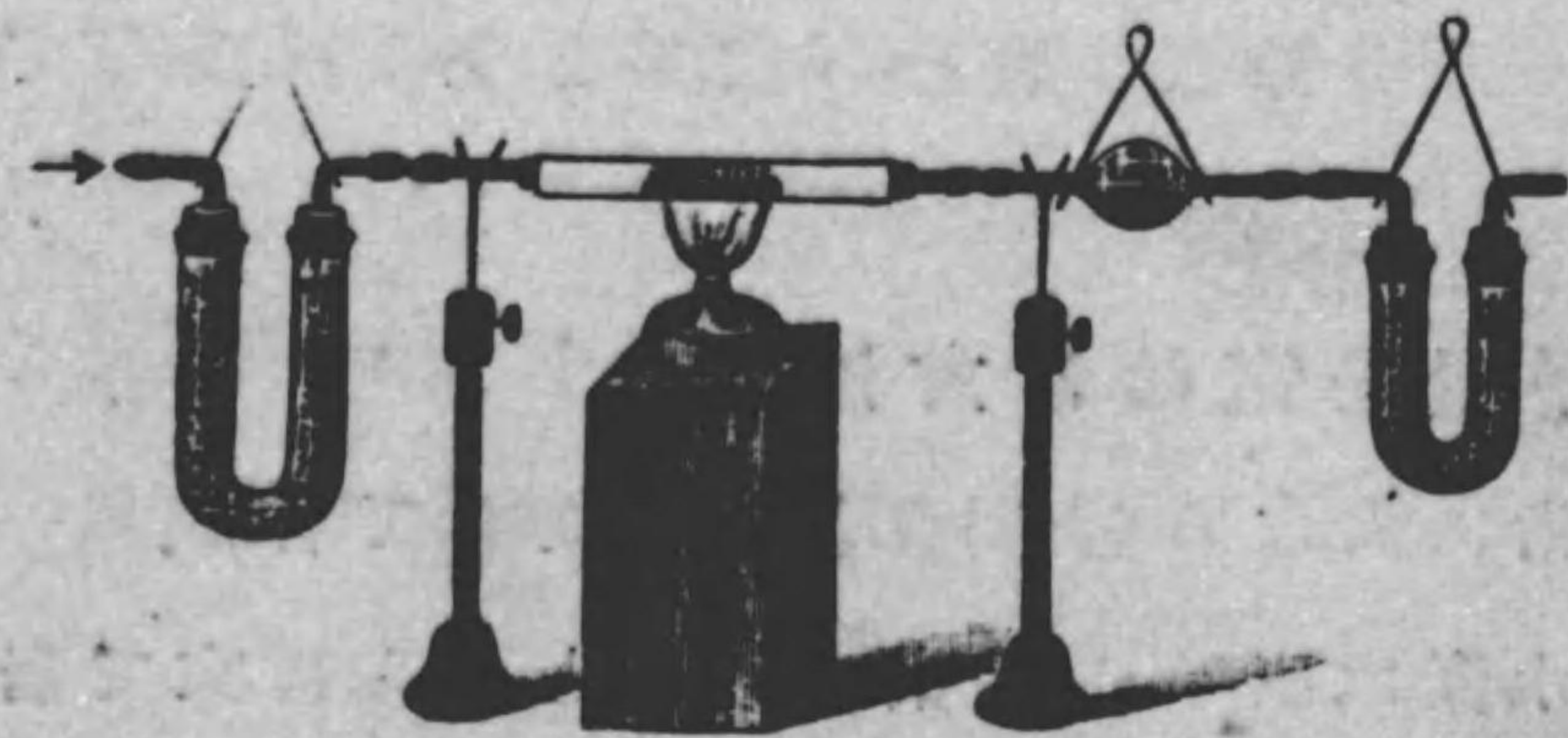


或量の水の中に含まれてゐる水素の重量と酸素の重さとの比は

$$\frac{\text{水素一原子の重さ} \times 2 \times n}{\text{酸素一原子の重さ} \times n} = \frac{\text{水素一原子の重さ} \times 2}{\text{酸素一原子の重さ}}$$

の式に示す様に水素二原子の重さと酸素一原子との重さとの比に相等しくなる。従つて水素原子と酸素原子との重さの比がわかる。即ち原子量がわかる事になる。元素の原子量とは一原子の比較的の重さをあらはす数字である。換言すれば一原子の重さの比の事である。水素原子が最も軽いから此の一原子の目方を單位にして各水素の原子が水素原子の何倍重いかといふ数を、其元素の原子量とすれば最も理解しやすい。但し原子量といふ本来の眞の意味は一原子の比較的の重さをあらわす数字であるから、必ずしも最も軽い元素の原子を單位とせねばならぬといふ事も無い。今日萬國共通に用ひられて居る原子量は酸素一原子の重さとの比(酸素一原子の何倍重いかといふ數即ち原子の重さ+酸素原子の重さ)の16倍を以て示して居る。

斯様な譯であるから、水の中に含まれる水素の重さと酸素の重



さとの比がわかれば、水素酸素の原子量が決定せられる事になるのである。如何なる實驗方法を用ひた

ならば、水の成分たる水素と酸素との重さの比がわかるか諸君之れを考へ出して貰ひ度い。純粹なる酸化銅の成る一定量を正確に其重量を秤量して置いて、それを適當の裝置の中で熱して置いてそれから此の上に水素瓦斯を通ずるときは、酸化銅の中の酸素

と水素とが化合して水になる。此の水を適當の裝置によりて捕集して其の重さを正確に秤量する。酸化銅は反應後には酸素を失つて銅となる。此の銅の重さと此の酸化銅の重さより減する時は、反應した酸素の重さがわかる。水の重さより酸素の重さを減すれば、水の中の水素の重さがわかる。此の實驗の結果より、酸素原子と水素原子との重さの比がわかる。次に實驗の結果を記す。同種の實驗を二回行つたのである。

	第一回の實驗	第二回の實驗
反應により生成せし水の重さ	1.5384 瓦	2.6091 瓦
酸化銅の重さ	6.7943	11.5232
銅の重さ	5.4281	8.2061
酸素の重さ	1.3662	2.3171
水素の重さ	0.1722	0.2920
水素の重さ+酸素の重さ	0.12604	0.12603

此の最後の數字は水素二原子と酸素一原子との重さの比であるから水素一原子と酸素一原子との重さの比は此の數を2で割らねばならぬ。そこで

$\frac{\text{水素原子の重さ}}{\text{酸素原子の重さ}}$	0.06302	0.06301
水素の原子量	$0.06302 \times 16$	$0.06301 \times 16$
	= 1.0083	= 1.0082

斯くの如くして、水素の原子量を定める事が出来るものである。此處に原子量の價について諸君に能く理解して貰ひ度い事がある。水素の原子量は此の様に實驗的に定められるものであるから、此の原子量の價は絕對に正しきものではない、といふ事がわかる。此の價には實驗の誤差を含んで居るのである。將來年月と



共に化学が進歩して、実験法が改良せられ、より正確なる値を得たときには、水素の原子量は其の時の値に改正せられるものである。水素のみならず凡ての元素の原子量は、斯様に実験的に定められたものであるから、此の数は絶対に正しきものではない。但し絶対に正しき値に極めて接近せる値である事は勿論である。私が化学を初めて學んだ時に化学の本に記載してある元素の原子量の数は絶対に變化するものでないと覺えて居つた事があつた。

化学の進歩と共に、原子量の値は極めて微量の程度に變化するものである。世界の化学者の協議にて成立して居る萬國原子量會議といふものがある。此の會議で毎年一回づつ酸素の原子量が報告せられ新しき化学雜誌には必ず毎年一回づつ報告せられる事となつて居る。

今日萬國原子量會議で定められて居る水素の原子量は1.008である。此の数字の意味は水素の眞の原子量は1.007と1.009の中間に位して居る。即ち  $1.008 \pm 0.001$  といふ事である。水素一原子の重さと、酸素一原子の重さとの比は絶対に1.008:16のもので決して動かす可からざるものと思ふのは誤りである。諸君の中の人でも將來化学者となり上に述べた酸化銅と水素との反應にて水を生ずる實驗を極めて正確に行つたとすれば、萬國原子量會議は其實験の数を其年以後の水素の原子量に確定するであらう。世界の化学者は競うて熱心に正確なる實驗をなし、絶対に近き原子量の値を定めんと努力して居るものである。數年前迄は炭素の原子量は12.00であつたが今日は12.005となつてをる。又銀の原子量は107.94であつたが近年107.88に變更せられて居る。原子量といふものは化学者の實驗によりて定められたものである

から決して絶対に正しいものではない、將來極めて少し宛變化す可きものであるといふ事を能く理解して貰ひ度い。私が酸化銅と水素との反應を利用して水素の原子量の定め方を御話した理由は、諸君に、原子量は斯様に實驗によりて定められるといふ事を充分理解して貰ふ爲である。

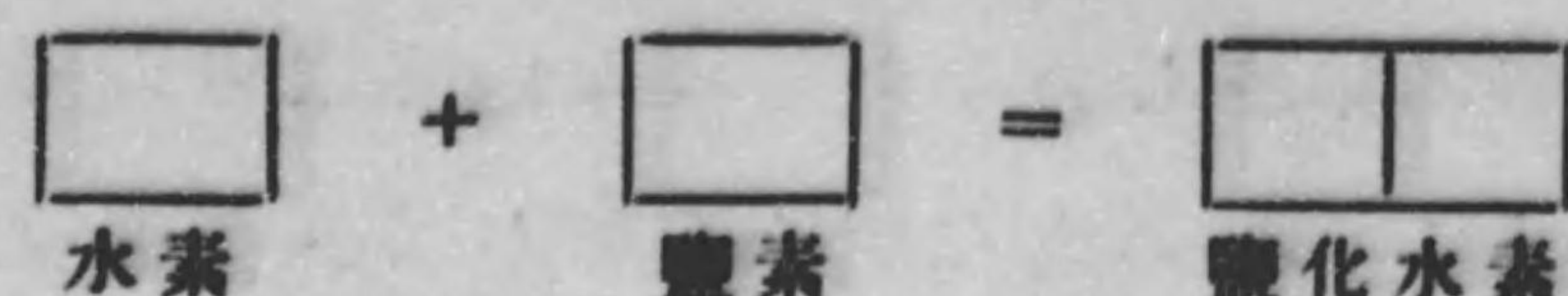
### (5) 水素一分子は二原子より成り水蒸氣一分子中には二原子の水素を含む事の實驗的證明

水の一分子は水素二原子と酸素一原子とより成立せるものと假定して、水素と酸素との原子の重さの比即ち原子量を定める方法を前節に於て講義をした。本節で茲に假定した事は實驗的に證明せられたものである事を御話する積りである。先づ第一に水素一分子は水素原子2個より成立するものなる事を實驗的に證明する方法を御話せねばならぬ。

我等の知つて居る鹽化水素といふ氣體は水素と鹽素とより日光の作用によりて容易に生成せられるものである。此の時水素、鹽素の容積と生成する鹽化水素の容積との間の關係には實に面白い事が見出されて居る。

それは水素と鹽素の同じ容積が反應して各の容積の和に等しい容積の鹽化水素を生ずるといふ事實である。氣體の容積の事を取扱ふ時には其温度及び壓力を與へられねば無意義の事になる。勿論上の事實は此の三者の氣體が同じ温度で同じ壓力の時に斯くの如き關係が成立するのである。上の事實を言葉を換へて述べれば次の様になる。一容積の水素と一容積の鹽素とより二容積の鹽化水素を生ずる。此の圖で示すとよく分る。





此の事實は一分子の水素と一分子の酸素が反應して二分子の鹽化水素を生ずるといふ事を意味して居る。(第一章六節参照)。水素、水蒸氣、鹽化水素、アンモニア、メタンその他今日迄化學者に知られて居る水素を含んだ氣體化合物の凡てに就いて、此等の同じ容積中に含有せられてゐる水素の重量を求めて、これを互に比較して見るのに、鹽化水素に含まれて居る水素の重量よりも小なるものは一も無い事が實驗上證明せられてゐるのである。其處で鹽化水素一分子中には少くとも一原子の水素を含んで居るものと斷定するのである。

將來に於て化學の進歩と共にある新しい水素化合物が発見せられ、此の氣體の中に含まれてゐる水素の重量が(勿論同じ容積の鹽化水素と比較して)鹽化水素中の水素の重量の $\frac{1}{2}$ である新様の事實が発見せられた時には、鹽化水素一分子は少くとも二原子の水素を含有するといふ事になる。又同様にして此の新水素化合物中の水素の量が鹽化水素中の水素の量の $\frac{1}{3}$ である様な事が発見されるかも知れぬ、此の時は今日私等が鹽化水素一分子は水素原子を一個含むと信じて居る事柄は直ちに改正されて、一分子の鹽化水素中には三原子の水素を含有するといふ事になるのである。然しながら新様の新事實が発見せられる迄は鹽化水素一分子中には水素原子を一個含有して居ると見做してよろしい。上に述べた實驗の結果により水素一分子より鹽化水素の二分子が生成したのであるから、水素一分子の中に含む水素原子の數と、鹽化水素の二分子中に含む水素原子の數とが同じである可きで

ある。其處で水素一分子中に含む水素原子の數は、鹽化水素一分子中に含む水素原子の數の二倍であるといふ事は動かす事の出来ない、確定したる事實である。今日迄に於ては鹽化水素一分子中には一原子の水素を含むものと考えなければならぬ、従つて水素一分子は水素原子二個を含有する事になるのである。それから、第(2)節に述べた様に水素の或一定容積と此の容積の $\frac{1}{2}$ 容の酸素とより、此の水素と同じ容積の水蒸氣を生ずるのである。換言すれば2分子の水素と1分子の酸素とより2分子の水蒸氣を生ずるのである。其處で水蒸氣中に含む水素原子の數と、水素瓦斯の中に含む水素原子の數とは、同じ數でなければならぬ。従つて水蒸氣一分子中には水素原子二個を含有する事となるのである。

#### (6) 酸素と他の一種の元素との化合物

既に述べた如く、酸素は他の元素よりも遙に多量に宇宙間に存在するものである。人間の生活に最も重大の關係のある、しかも宇宙間に最も多量に存在して居る此の酸素が他の元素と化合する時に、如何なる有様で化合するものであるかをシンミリと諸君と共に今日はこれを考へて見度いのである。

酸素原子一個と他の元素の原子一個とが化合するとは限らない。水の主成分である水素(H)、海水中に多量に存在するナトリウム(Na)、地殻中にも相當に含まれて居るマグネシウム(Mg)、アルミニウム(Al)、又動植物質には必ず含有して居る炭素(C)、空氣中に多量に含有せられて居る窒素(N)、又諸君のよく知つて居られる硫黄(S)等の元素が酸素と化合する時には次の化學式を有する物質を生ずるのである。

$H_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $MgO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $CO_2$ ,  $N_2O_5$ ,  $SO_2$  の式にて明かな



如く、種々の元素に依つて、此等元素の原子が酸素と結合する時の数には著しく差異がある。酸素原子一個と結合する他の元素の原子数は次の様である。

元素の名	H,	Na,	Mg,	Al,	C,	N,	S,
酸素一原子と結合する他の元素の原子数	2,	2,	1,	$\frac{2}{3}$ ,	$\frac{1}{2}$ ,	$\frac{2}{5}$ ,	$\frac{1}{3}$ ,

此等元素の中、酸素一原子と結合する他の元素の原子の数は、硫黄が最も小で、ナトリウム、と水素とは最も大である。元素が互に化合する場合に、その元素の原子数が種々に異つて居るものであるが此の事は化学を始めて學ぶ人には理解しにくところである。諸君の理解を幾分なりとも容易ならしめるために此處に一つたとへを引いて御話をしよう。我等が日常の生活に於て、物品の代價を支拂ふ場合には、一方の價格と他の價格とが相等しくなる様にして居る。例へば

價格	個數		價格	個數
10錢の銀貨	1	=	1錢の銅貨	10
"	"	=	5錢の白銅	2
"	"	=	2錢の銅貨	5
5錢の白銅	1	=	1錢の銅貨	5

の表で示す様である。ある貨幣を他の貨幣にて交換する場合には、貨幣一個の價格とその數との積即ちその全價が相等しくなる様になすのである。貨幣を互に交換する場合に、多くの數を要するものは、其貨幣の價格が低いからである。一錢の銅貨は貨幣中最も其價格の低いものであるからこれを貨幣の價格の單位となすのである。此處にある貨幣があつて其1個と1錢銅貨5個とが交換せられた場合には此の貨幣の價格は、5錢である。一般に

申せば、ある貨幣の  $n$  個と  $M$  錢の貨幣  $m$  個とが交換せられた場合には

$$\text{此の貨幣の價格} = \frac{M \times m}{n}$$

の式が成立する。これは小學校の小供にでもわかる例である。元素の原子に價格を定めるのは何だか、おかしいが貨幣の場合の價格に相當する様なものを考へると、異種の元素の原子が互に化合する時の原子数の關係が理解し易くなる。

今日迄化學者に知られて居る酸素化合物に就いて、酸素一原子と化合する他の元素の原子数は、水素、又はナトリウムの場合が一番大である。其處で此等兩元素はその原子の價格が最も低い事になるから水素又はナトリウム原子の價格を、原子の價格の單位とするのである。丁度一錢銅貨が種々の貨幣中其價格最も低いからこれを貨幣の價格を示す單位にするのと同様である。扱てこれから話が段々面白くなつてくる。原子の價格の事を原子價と稱して居る。水素又はナトリウムは原子の價格即ち原子價の單位であるから此等元素の原子價を1とするのである。酸素原子の原子價は幾何となるかと云ふに水に於て

酸素原子の原子價  $\times$  酸素原子の數 = 水素原子の原子價  $\times$  水素原子の數  
 $x \times (1) = (1) \times (2)$   
 の關係が成立するから

$$x = \frac{(1) \times (2)}{(1)} = 2$$

の如く酸素原子の原子價は2である。斯様な式を用ひなくとも、水に於ては  $H_2O$  の化學式の示す如く水素原子2個と酸素原子一個とが結合して居る、そして水素の原子價は1であるから、酸素の原子價は2となる事が直ちにわかる。即ちある元素の原子價  $\times$  原子數が他の元素の原子價  $\times$  原子數に相等しくなる様に組合は



せればよい、其處で二つの元素よりなる化合物に於て其化合物の化學式と、兩元素の中何れか一方の元素の原子價が知れて居れば他方の元素の原子價はすぐわかる。例へばマグネシウムを空氣中にて燃焼せしめると白い粉が出来る、これは酸化マグネシウム(MgO)である。兩元素の一原子宛が結合して居るから此等の原子價が相等しい事となる。酸素の原子價は2であるから、マグネシウムの原子價は2である。アルミニウムと酸素との化合物に酸化アルミニウムといふ白色の物質がある、此のものの化學式はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、即ちAl二原子と酸素三原子とが結合して居るものである、そこでAlの原子價は

$$\frac{\text{酸素の原子價} \times 3}{\text{Alの原子數} 2} = \frac{2 \times 3}{2} = 3$$

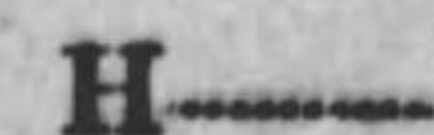
の如く3である。炭素と酸素との化合物に無水炭酸といふ氣體がある、その化學式はCO<sub>2</sub>である、そこで炭素の原子價は

$$\frac{\text{酸素の原子價} \times 2}{\text{Cの原子數}(1)} = \frac{2 \times 2}{1} = 4$$

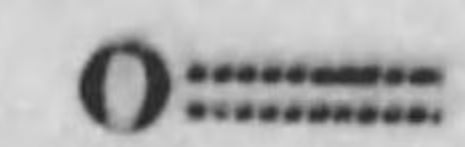
の如く4である。窒素は酸素とN<sub>2</sub>O<sub>5</sub>なる化學式を有する化合物をつくる事が知られて居る、窒素の原子價は幾何であるか、諸君暗算で答へて貰ひ度い。Nの原子價は5である。硫黄は酸素とSO<sub>3</sub>なる化學式を有する化合物を生成する、此の化合物に於ては硫黄の原子價は6となる。

$$\frac{\text{酸素の原子價} \times 3}{\text{硫黄の原子數}(1)} = \frac{2 \times 3}{1} = 6$$

以上の説明で、諸君に元素の原子價といふ意味が氣持よく理解せられた事と私は思うて居る。化學に於ては或元素の原子價を示すのに其元素の化學記號に點線をつけて示す事がある。例へば水素の原子價が1である事を示すのに、

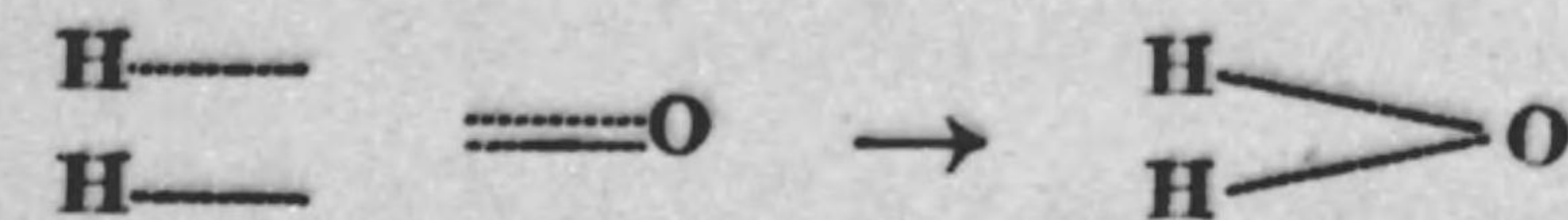


を以てし、酸素の原子價が2である事を示すのに次の式の如く點線を2本つける。

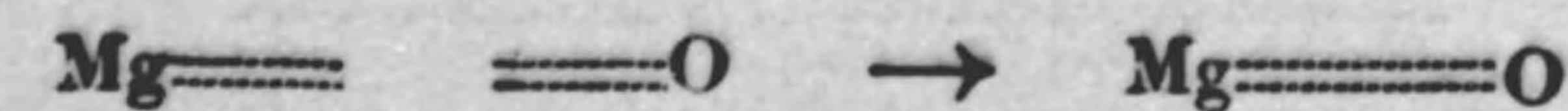


その元素の原子價に相當するだけ、點線を附加して示す事となつて居る。例へばAlの原子價は3であるからAl====の如く記すのである。原子價を暗示する此點線を原子手と稱して居る。窒素は其原子價5であるからNに原子手を5本つけるのであるN=====

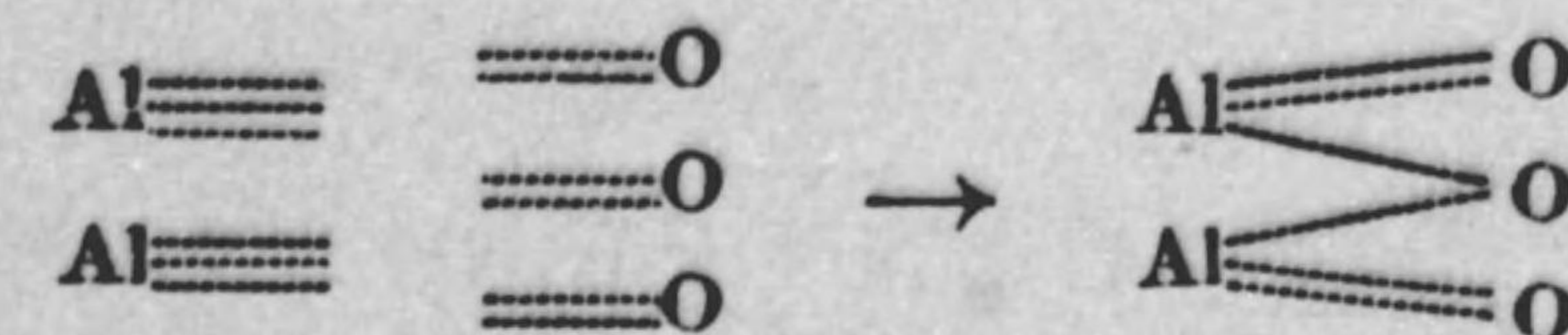
化合物に於ける其成分元素の結合状態を明かにする爲に、各元素の原子價に相當する原子手を附し之を互に連結して示す事がある。例へば水に於て



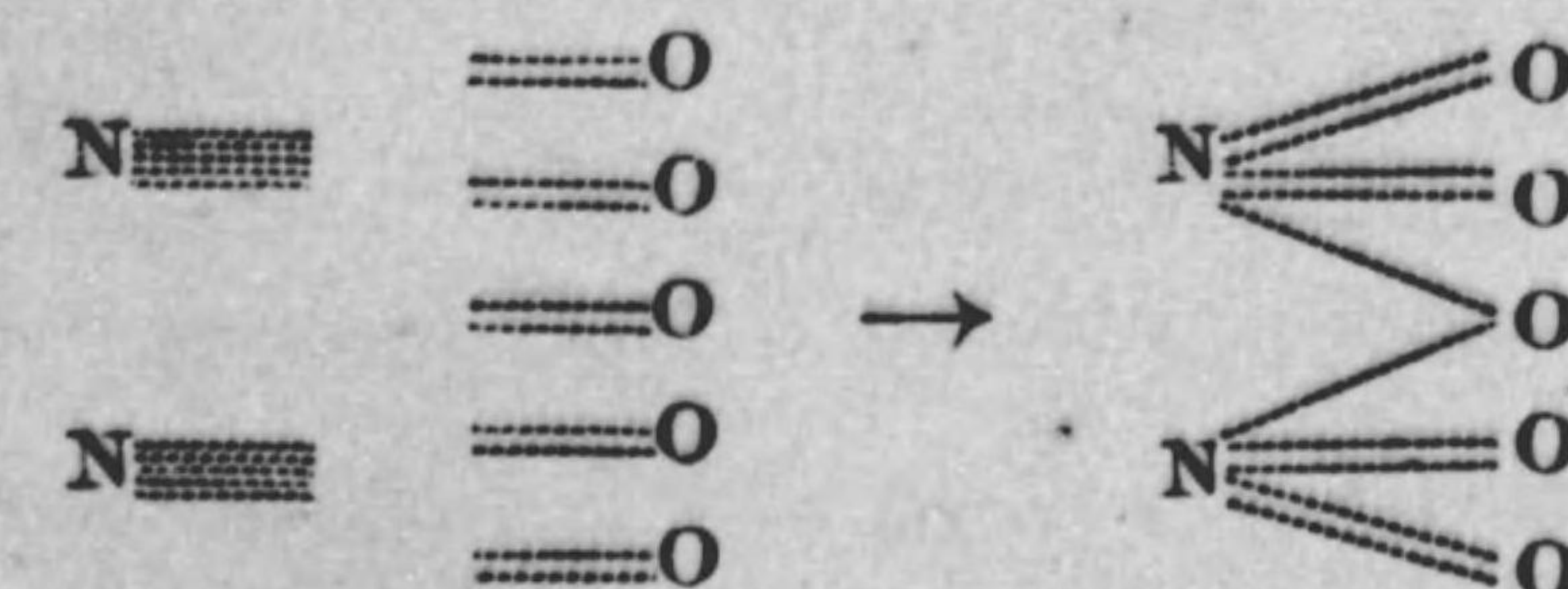
MgOに於て



Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>に於ては



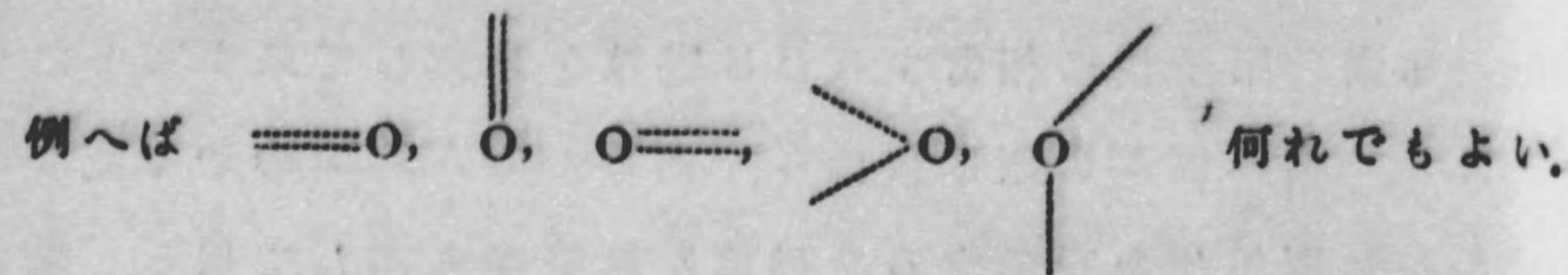
N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>に於ては



原子手を示すのに點線-----の代りに連結せる線——を用ひる事もある、或る元素の原子價が幾何であるかを示すのに斯様な線を用ひる時は、異種の元素の原子が互に結合して居る有様がわ



かりやすいからである。酸素が原子價2である事を原子手で示すとき線の方向や長さ等はいつでもよい、原子價の数だけ線をつければよい。



水に於て水素原子と酸素原子とが斯様な手を以て、實際連結してゐると思つては困るのである。私が二十餘年前化學を初めて學んだ頃原子價、原子手等の眞の意義がどうしても理解されないで難儀した事を只今思ひ出してゐる。



## 第四章

### 元素の週期律表、金屬及び非金屬

#### (1) 元素の週期律表

今日知られて居る元素の数は九十餘ある。此等元素の性質、や又元素と元素との化合物に就いての性質を研究して、宇宙間に存在する眞理をきはめ、此等宇宙間に存在する物質の内容を考察し更に進んで人生の幸福との關係を見出すのが化學なる學問の本領である。然しかく多數の元素の性質を斷片的に、相互の關係無しに、調査すると云ふ事は、極めて無味乾燥なる氣分を生ぜしめるのである。一つの事實が能く理解すれば多くの他の事實が之より推理せられる様にしたならば、化學を面白く愉快に學ぶ事が出来る様になるわけである。古多くの化學者は化學を斷片的、暗記的で無く、推理的に學ばしめんとして努力したものである。此努力の一の結果が次に述べんとする元素の週期律である。今日より約六十年程前に、露國め化學者メンデレフ氏(Mendeleeff)及英國化學者マイヤー氏(Meyer)は各々獨立に次の様な試みをなした。其當時迄に知られて居る元素を其原子量の小なるものより、漸次大なるものの順に配列して見ると七つの元素を経て八つ目には又初の元素と其性質の似て居る元素がくる様になる。丁度日曜日より月、火、水、木、金、土の七つの日を經過して八つ目に又元の日曜日が來るのと同様である。七つといふ數字は我等の常に慣れて居る數字である。一週間は七日より成り、又音樂に用ひる音階は七に



區劃せられて居る。七つを經過すると又似た性質の元素がくるから、七つを週間の週といふ字の意味を含ませて、此の事實を週期律と稱するのである。實例を以て御話するとよくわかる。次に元素を其原子量の順にならべて見る。第八番目の元素を初めの元素の下へ書きならべる様にする。我等にあまり知れて居らぬ元素は其原子量ばかり書いて其名を省略して置く。

	I	II	III	IV	V	VI	VII
元素の名				炭素	窒素	酸素	弗素
原子量	(6.9)	→(9.1)	→(10.9)	→(12.0)	→(14.01)	→(16)	→(19)
元素の名	ナトリウム	マグネシウム	アルミニウム	珪素	磷	硫黄	鹽素
原子量	(23.00)	→(24.32)	→(27.1)	→(28.3)	→(31.04)	→(32.06)	→(35.46)
元素の名	カリウム	カルシウム					
原子量	(39.10)	→(40.07)					

携て此の表を見るに、第Iの下へ書きならべた「ナトリウム」と「カリウム」とは其性質が能く似て居る。ナトリウムを水の中へ入れると水素が発生する、カリウムも同様である。其他同じ縦列にならんで居る元素は其性質が能く似て居る事が後章に於て明かになつて来る。

例へば第Iのナトリウムの性質を能く研究して置けば、此のナトリウムの性質より類推してカリウムの性質を或程度は豫知する事が出来る。斯くして化学が推理的に學ばれる様になつて學修上極めて効果が多い。今日迄に知られて居る元素中普通教育上必要なる元素の化学記號と此等の原子量とを記した週期律表を諸君に御覽に入れる事とする。(表紙裏参照)

253  
x=3

此表中に零族と記載したものは、メンデレフ氏が元素の週期律表を考案した頃には未だ発見されてゐなかつた元素である。英國の化学者ラムゼー氏(Ramsay)は、近年空气中より數種の新元素なる新氣體を発見した。此等新元素の最も著しい特質は、分子と原子とが同一である事實である。酸素、窒素等の如き普通の氣體分子の一分子は二原子より成立して居るが、此空气中にある新元素は何れも一~~分子~~は一原子よりなる。換言すれば分子と原子とが同一である。又此等の新元素は化学的に極めて不活潑であつて、未だ此等の新元素と他の元素との化合物が見出されてゐない。然して此等の元素は何れも皆空气中に極めて微量に存在して居るものである。其名はヘリウム(He)、ネオン(Ne)、アルゴン(A)、クリプトン(Kr)、クセノン(Xe)等である。此等の元素を其原子量の順に配列して見ると都合よく一の縦列にならぶ様になつてくる。之が即ち上に述べた零族の元素である。

此の表中同じ縦列に配列された元素を、其性質の類似の點よりA、Bの二種にわけて見ると都合のよい事がある。又第八族に記載した元素は其原子量が非常に接近して居つて、一族より七族迄の間に挿入すると、性質の類似の關係を見るのに都合が悪いから此等を一族として第八族とする事になつた。

## (2) 週期律表上、金属、非金属元素の分布

我等が化学を知らない時でも、金、銀、銅、鉛等は金属であつて、酸素、水素、窒素等は金属で無い即ち非金属であると云ふ事は何人でも常識で判断の出来る事である。元素を其原子量の順に配列して得たる上記週期律の表に於いて、金属と非金属との分布をしらべて見ようと思ふ。同じ横の列の元素に就いては、左より右へ進む



に従つて、即ち原子量を増加するに従つて金属より漸次非金属に移るものである。左の方に位置するものは明かに金属で、右方に配列されるものは明かに非金属であるが、此中間に位するものは金属、非金属の両者の性質を具備する様になる。例へば Na と同じ横列の元素に就いて説明すれば、左方にある Na, Mg, は明かに金属である。又右方の S, Cl 等は明かに非金属である。中央部の Al は金属、非金属の両性質を帯びて居る。次に縦列の元素に就いて見るに上方の元素は非金属性が多く下方の元素は金属性が多い傾向ある。例へば第五族に配列した窒素、磷、砷、アンチモニー、蒼鉛等に就いて窒素と磷とは非金属であるが蒼鉛は金属である。中間に位する砷、アンチモニー等は金属、非金属の両性質を有して居る。尙此等の事に就いては後章に於て諸君のよく理解せられる様に再び述べる積りである。

### (3) 元素の原子價と週期律表

諸君は既に原子價といふ語の意味が充分、氣持よく御了解になつた事と私は思うて居る。元素の中でも酸素、水素といへば最も普通の最も重要なものであつて、種々の元素と酸素、又は水素との化合物は其種類が相當に多いものである。水素と酸素との化合物は化合物中最も其種類の多い物である。酸素が他の元素と化合する場合に、此等の化合する時の原子数の關係を示す數即ち原子價の數と、週期律表の族を示す數とは面白い關係がある。酸素に対する元素の原子價と族を示す數とは相一致する場合が多いのである。實例を以てこの事を御話する。例へば週期律表上第一族に屬する元素の酸素との化合物の一般式は  $R_2O$  である。R は元素をあらはして居る。即ち原子價は 1 である。例へば水素

との化合物は  $H_2O$ 、ナトリウムとの化合物は  $Na_2O$ 、カリウムとの化合物は  $K_2O$  である。第二族に屬する元素の原子價は 2 である。酸素との化合物の一般式は  $RO$  である。例へばカルシウムと酸素との化合物たる酸化カルシウムの化學式は  $CaO$  である。次に此等の元素の名と其酸化物の化學式とを記載して見る。

第二族	A(元素)	カルシウム(Ca)	ストロンチウム(Sr)	バリウム(Ba)	
		酸化物 $CaO$	$SrO$	$BaO$	
	B(元素)	マグネシウム(Mg)	亜鉛(Zn)	カドミウム(Cd)	水銀(Hg)
		酸化物 $MgO$	$ZnO$	$CdO$	$HgO$

第三族に屬する元素の原子價は、幾何であるかといふに、族を示す數と、原子價とが相一致して居るのであるから、此の族元素の原子價は 3 である。此族元素の酸化物の一般式を諸君自ら考へ出して見て貰ひ度い。原子價 3 の元素と原子價 2 の酸素とを組合せるには、原子價の數  $\times$  原子數を兩方共互に相等しくなる様に原子數を調節すればよい、即ち原子價 3 の元素の 2 原子と、原子價 2 の元素の 3 原子とを組合せればよい、即ち一般式は  $R_2O_3$  でなければならぬ。故に酸化アルミニウムの式は  $Al_2O_3$  でなければならぬ。又酸化硼素の式は  $B_2O_3$  (B...硼素) である事が推理せられる。諸君は未だ硼素、又は酸化硼素を見られた事が無いであらう。自分の見た事の無い物質の化學式が豫想せられるのであるから面白い。實驗の結果も此の豫想通りの化學式を有して居るのである。

第四族に屬する元素の原子價は 4 である。従つて此等元素の酸化物の一般式は  $RO_2$  である。次に此族の元素の名と其酸化物の化學式とを書いて見る。



元素の名	炭素(C),	珪素(Si),	錫(Sn),	鉛(Pb),
酸化物の化学式	CO <sub>2</sub> ,	SiO <sub>2</sub> ,	SnO <sub>2</sub> ,	PbO <sub>2</sub> ,

成る元素の酸化物が二種類,又は二種類以上存在する事がある。二種類ある場合には,原子價の低い方の酸化物を第一,高い方の酸化物を第二酸化物と稱するのである。例へば錫と酸素との化合物に SnO, SnO<sub>2</sub> の二種類が存在して居る。初めの酸化物に於ては錫の原子價は 2 で,後の化合物に於ては其原子價は 4 である。そこで原子價の低い方の SnO を第一酸化錫と稱し,原子價の高い方の SnO<sub>2</sub> を第二酸化錫と稱して居る。

第五族の元素の原子價は 5 である。此族元素と酸素との化合物の一般式は如何なる式を有す可きかといふに,原子價 5 の元素と原子價 2 の酸素とを組合はすのであるから,原子價 5 の元素の 2 原子と原子價 2 の元素の 5 原子とが化合す可きである。即ち R<sub>2</sub>O<sub>5</sub> たる一般式を有するであらうと推定せられる。實驗の結果も此の豫想に一致して居る。次に元素の名と酸化物の化学式とを書いて置く。

元素の名	窒素(N),	磷(P),	砒素(As),	アンチモニー(Sb),	蒼鉛(Bi),
酸化物の化学式	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ,	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ,	As <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ,	Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ,	Bi <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ,

此族元素は原子價 5 の酸化物の外に,原子價 3 の酸化物も知られて居る。従つて其時の酸化物の一般式は R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> である。此事に就いては後章に述べる機会があるであらう。

第六族に属する元素の原子價は 6 である。従つて此の酸化物の一般式は RO<sub>3</sub> である。

元素の名	硫黄(S)	クロム(Cr)
酸化物の化学式	SO <sub>3</sub>	CrO <sub>3</sub>

第七族に属する元素の酸素に対する原子價は 7,従つて此の酸化物は R<sub>2</sub>O<sub>7</sub> の一般式である如く推理せられる。

以上は元素と酸素との化合物に就いて,酸素の原子價を 2 と定め,これに對して他の元素の原子價を定めたのである。同一の元素に就いても酸化物が數種類存在する事がある,此時は酸素に對する原子價は勿論一定で無く,種々の價となり得可きである。

次に元素と水素との化合物とに就いて御話をする。

第七族の元素は一般に水素と HR なる化学式を有する化合物を生成する。即ち水素に對する原子價は 1 である。此等の元素の名と其水素化合物の化学式とを次に記載する。

元素の名	弗素(F),	鹽素(Cl),	臭素(Br),	沃素(I)
水素との化合物	HF	HCl	HBr	HI

第六族の元素は水素と H<sub>2</sub>R なる一般式を有する化合物をつくる。即ち水素に對する原子價は 2 である。

元素の名	酸素(O),	硫黄(S)
水素との化合物	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> S

第五族に属する元素は水素と RH<sub>3</sub> なる一般式を有する化合物をつくる。即ち水素に對する原子價は 3 である。次に元素の化学記號と其の水素化合物とを併記する。

元素	N,	P,	As,	Sb,	Bi,
水素との化合物	NH <sub>3</sub> ,	PH <sub>3</sub> ,	AsH <sub>3</sub> ,	SbH <sub>3</sub> ,	

斯くの如く元素の酸素に對する原子價は族の番號と共に増加したが,水素に對する原子價はこれに反し族の番號と共に減少して行くのを見る。

週期律表上の元素の配列の位置によつて,其元素が他の元素と化



合する時に、何原子宛の割合に結合するものであるかと云ふ事及その化合物の有すき化學式までも之を豫想する事が出来も又化合物の性質をも推理し得るもので化學を學ぶ上に於て極めて便利なものである。尙後章に於て私は數回と無く此の週期律表を反覆して諸君に説明をする積りである。

## 第五章

### 酸、鹽基、鹽

本章に於て述べようと思ふ酸、鹽基、鹽なるものは我等が化學を學ぶ上に就いて基礎となるものであるから、諸君は徹底的に充分に此三者の關係に就いて理解せねばならぬ。

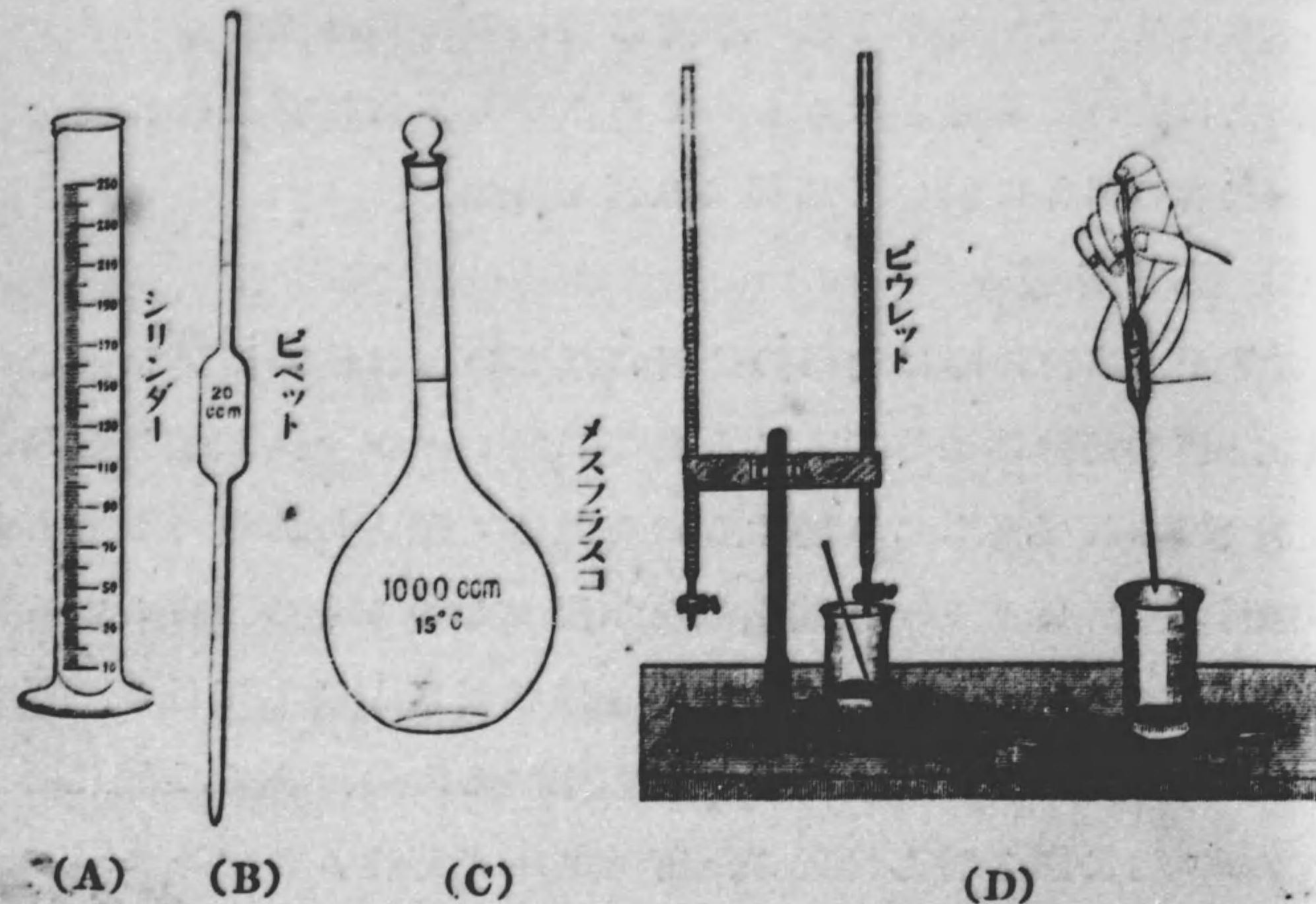
#### (1) 酸、鹽基、鹽

我等が小學校の時に化學の時間に酸といふ言葉を聞いた事がある。鹽酸、硫酸、硝酸等である。此等に青いリトマス試験紙を觸れさせてみれば、直ちに赤變するのを見る。酸といふ名のつくものは何れも青いリトマス試験紙を赤變せしめるものであるから、青いリトマスが赤く變化する變化を酸性反應と稱して居る。又之と反對に、赤いリトマス試験紙を青くするものがある。此變化をアルカリ性反應と稱して居る。苛性ソーダ、苛性カリ、アンモニア等の水溶液は何れもアルカリ反應を呈するものである。此等を鹽基又はアルカリ性と稱して居る。酸と鹽基(アルカリ)とはかくの如くリトマス試験紙に對しては全く正反對の作用をなすものである。

酸と鹽基との關係を明瞭にするためには、諸君に是非次の實驗を自ら行つて貰ひ度い。先づ此の實驗に使用する硝子器具の説明をして置かねばならぬ。圖中(A)はシリンダーといふもので、實驗に使用する溶液の容積を簡単に知るのに用ひられる。これで測定した容積は精確では無いが大體の容積を簡単に知る事の出



来る特徴がある。シリンダーの大きさは 10 c.c. より 100 c.c. に至る迄種々のものがある。(B)はピペットと稱するもので溶液の或一定容積を精確にとるのに使用するものである。これにも種々の容積のものがあるが、小さきは 1 c.c. より大なるものは 100 c.c. 位迄あるが、普通の實驗には 10 c.c. 又は 20 c.c. 位の容積のものが主



(A) (B) (C) (D) として使用されてゐる。(C)はメスフラスコと稱するもので或溶液を正確に一定の容積となすのに使用せられるもので、其大きさは大小種々あるが、普通の實驗には 100 c.c. 乃至 1000 c.c. のものを使用する。私等はよく 10 c.c. 位の小さなものを使用して居る。(D)はビューレットと稱するもので、溶液の任意の一定容積を正確に加へるのに使用せられるもので、普通の實驗には全容積 50 c.c. のものが用ひられる。1 c.c. の  $\frac{1}{10}$  迄目盛がしてある。目盛の無い所は少し練習すれば目分量でその  $\frac{1}{10}$  位迄讀む事が出来るから、1 c.c. の  $\frac{1}{100}$  の容積迄讀める事になる。但し 1 c.c. の  $\frac{1}{100}$  の差異は讀み

難いが  $\frac{1}{50}$  の差異なら容易に區別する事が出来る。

## (2) 鹽酸と苛性ソーダとの中和實驗

市販の濃鹽酸(硝子栓をとれば空氣中にて盛んに發煙する)を、10 c.c. のシリンダーの中へ徐々に入れて、其 10 c.c. の目盛の所迄加へる。若し丁度 10 c.c. のシリンダーが無くて大きなものを使用せねばならぬと云ふ場合には、其 10 c.c. の目盛の所迄加へればよい譯である。次に 100 c.c. のメスフラスコに此 10 c.c. の鹽酸を移し、シリンダーの中について居る鹽酸は三四回水洗して之は皆メスフラスコに移し、更に其目盛の處迄水を徐々に加へて全容積を 100 c.c. とすのである。(濃鹽酸を 10 倍に水で稀釋するのが目的であるから、諸君のところにあるメスフラスコの容積の  $\frac{1}{10}$  に相當する鹽酸をシリンダーにてとり、次にフラスコの目盛のところ迄水を加へればよい)。此の鹽酸溶液に於ては上と下との鹽酸の濃さが異ふから數回振盪して溶液を一様となる様にせねばならぬ。

次に苛性ソーダ 40 瓦を秤量して之をビーカーへ移し、水を加へて溶解せしめてから之を 1000 c.c. のメスフラスコの中へ移し、更に目盛のところ迄水を加へる。(1000 c.c. の溶液中に苛性ソーダが 40 瓦含有せられる割合にすればよい。例へば 250 c.c. のメスフラスコを諸君が所有して居られるならば 10 瓦の苛性ソーダを溶解すればよい)之で酸とアルカリとの溶液の準備が出来たからこれから愈々面白い實驗に着手す。

ピペットを用ひて此の苛性ソーダ溶液の一定容積(例へば 20 c.c.) を適當の大きさのビーカーの中へ取り、更にシリンダーを用ひて大體 50 c.c. 位蒸餾水を加へて置く。ピペットにて溶液の或一定量を取らうとする時には、先づピペットを目的の溶液の中へ深く



入れ口を以て之をすひ目盛のところより少し上迄溶液をすひ上げて置き、口を去りて手早く人差指を以て之を押し、極めて徐々に注意しつつ、目盛のところ迄溶液を落下せしめる。それから指を去りてピペット内の溶液を静かに器中に流れしめる。溶液の一、二滴位は、ピペットの中へ残る様になる。之は心配しなくともこのままでよろしい。ピペットの内部が乾いて居る場合には、直ちに之を用ひる事が出来るが、普通ピペットの中は水で濡つて居る。之を乾かすには相當に時間がかかつて直ちには使用が出来ない。然しその時直ちに使用の出来る便利な方法がある。それは目的の溶液を別のビーカーに少し移して置いて、此の溶液の中へ内面に水のついて居るそのピペットを入れ其溶液をピペットの容積の $\frac{1}{3}$ 位迄すひ上げて後ピペットの端を指にて押し、數回振盪してピペットの内面を洗滌する。そしてその洗液を流し捨て又新しき溶液を同様にすひ上げ同様にして洗滌する。此の操作を三四回反覆すれば、使用す可き溶液と同じ溶液で器具の内面がしめされて居る事となるから、器具を乾燥せしめたのと同様に用ひる事が出来る。

ビュレットの中へ丁度都合よき目盛のところ迄其鹽酸の溶液を入れて置く。別にフェノールフタレンといふ白き粉一瓦位を100 c.c.位のアルコールに溶解したる溶液を用意して置く。此の苛性ソーダの溶液の中へ、此のフェノールフタレンのアルコール溶液を1-2滴位加へると溶液は忽ち美麗なる赤色に變ずる。それから注意して此苛性ソーダ溶液中へ、ビュレットから鹽酸の溶液を徐々に滴下するのである此間始終硝子棒で液を攪拌する、そうすると或點へ來ればたゞ一滴の鹽酸を加へたゞけで溶液

7-11 性 2/3

の赤色が忽ち無色となる様になる。此時滴下した鹽酸溶液の容積を正確に讀んで置く事を要する、例へば此時用ひた鹽酸の容積が18.6 c.c.であつたとする。又次の實驗を試みる事にする。

初めピペットにて此鹽酸溶液を20 c.c.とり、之れに水を50 c.c.位加へて稀釋し、此中へフェノールフタレンのアルコール溶液を1-2滴加へて置く、此の時何等の變色をも生じない。次にビュレットより其苛性ソーダ溶液を徐々に滴下するのである。或量の苛性ソーダ溶液が滴下されてからは、一滴にて溶液が直ちに赤色に變化する様になる。此時迄に要した苛性ソーダ溶液の容積を正確に讀んで置く、例へば此場合に21.52 c.c.を要したとする。此二つの實驗の結果を次に示して見る。

	第1回の實驗	第2回の實驗
ピペットより取りし 溶液の容積	苛性ソーダ溶液の 20 c.c.	鹽酸溶液の 20 c.c.
ビュレットより 加へし溶液の容積	鹽酸溶液の 18.6 c.c.	苛性ソーダ溶液の 21.52 c.c.
<u>苛性ソーダ溶液の容積</u> <u>鹽酸溶液の容積</u>	1.07	1.07

苛性ソーダ溶液と鹽酸溶液との容積の比は此の二種の實驗において相等しくなる事がわかる。此の實驗にて得たる溶液を蒸發皿に移し、これを熱すれば、水が蒸發して溶液は漸次濃厚となる。更に熱する事を連續すれば遂に水が全く蒸發して、最後に白い固體を殘留せしめる様になる。此の白い固體は食鹽(鹽化ナトリウム)である。食鹽の水溶液に青、赤の兩種のリトマス試験紙を加へても何等の變色をなさぬ、此の反應を中性反應と稱して居る。中性反應とは酸性反應でも又アルカリ性反應でも無い事をいふの



である。酸である鹽酸の中へ、アルカリなる苛性ソーダを加へると違には酸でもない、又アルカリでもない物質を生成するものである。又苛性ソーダの中へ鹽酸を加へるときにも同様の現象を生ずるものである。酸とアルカリと作用する事を中和と稱して居る。中和によりて生じたる物質を鹽と稱するのである。即ち鹽化ナトリウムは鹽酸と苛性ソーダとの中和によりて生じたる鹽である。

鹽酸(酸)と苛性ソーダ(アルカリ)との中和によりて鹽化ナトリウム(鹽)を生ずる時反應物質と生成物質間の重量の割合を諸君と共に考へて見度い。これを爲すのには此の時の化學變化を示す方程式を要するのである。鹽酸の化學式は HCl である。水素は本來は酸素、窒素等の如く確かに金屬で無い、非金屬であるが、週期律表の位置によれば第一族の首位を占めて居る元素で、此の位置からいへば、ナトリウム、カリウム等と同様に金屬である様に推理せられる。非金屬ではありながら、場合にりよては金屬と同様の即ち金屬としての化學反應を生ずる事があるのである。漸次化學の講義の進むと共に水素が金屬としての化學反應を生ずる事が諸君に充分に理解せられる様になる。

宇宙間の物質といふものは(1)陽性のもの、(2)陰性のもの、(3)次に陽と陰との合致せる性のものより成立して居るものと見做し得る場合が多い。晝は陽で夜は陰である。太陽は陽で月は陰である。男は陽女は陰である。元素に就きましても金屬は陽性で、非金屬は陰性である。元素と元素との化合物に就いては陽性のものと陰性のものとの合致せるものと見做す事が出来る。例へば鹽化ナトリウム(我等が日常使用する食鹽の事)は金屬(陽性の)であ

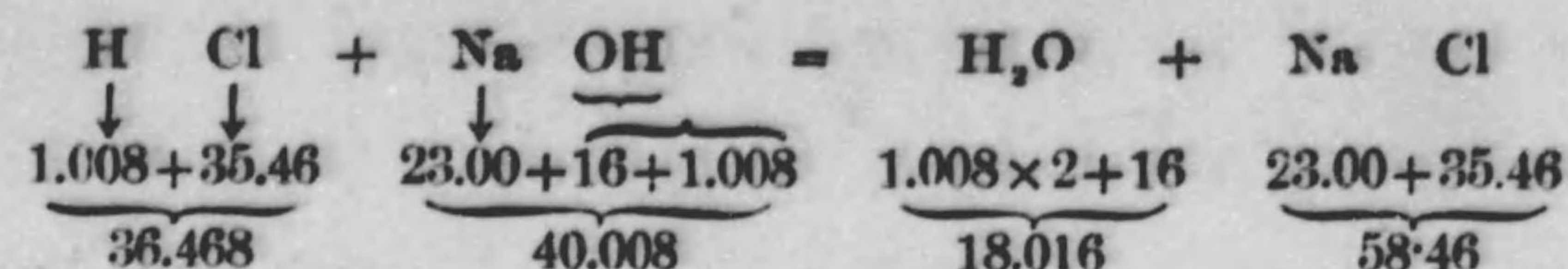
るナトリウムと非金屬(陰性の)なる酸素との結合して出来たものである。鹽酸は陽性の水素(金屬)と陰性の酸素との結合したものである。苛性ソーダの一分子はナトリウム一原子、酸素一原子、水素一原子より成立せるものでその化學式は NaOH である。陽性、陰性の見地より苛性ソーダを如何に觀察す可きかといふに、陽性(金屬)のナトリウムと陰性(非金屬)の水酸基とより成ると見做すのである。漸次化學の講義の進むと共に苛性ソーダに於ける酸素と水素とは一團となり (OH として) 恰も一の非金屬元素の如くに作用する事が理解せられる様になつて来る。今日の處では諸君は苛性ソーダ分子の中に於ける一原子の酸素と水素とは一の團體となり即ち OH として恰も非金屬元素の様に作用するものであると器械的に思うて居ればよい。

一般に化學反應に於ては陽性のものと陰性のものとが相結合する様になるものである。陽性のものと陰性のものとが互に結合し易いといふ事實は宇宙間の眞理である。今此の眞理に基づいて上に實驗せる鹽酸と苛性ソーダとの作用を諸君と共に推理して見度い。



化學變化が方程式を以て示す事が出来れば、反應物質と生成物質間の重量の關係は化學式と成分元素の原子量とより直ちに容易に計算する事が出来る。





此の方程式の下へ書いた数字だけでは、其意味が具體的にならぬから理解し難いが、これに重量の單位を付するとよくわかる。此處に注意すべき事は重量の單位に各物質何れも同じ單位を用ひねばならぬ事である。此の式に基きて反應物質間の重量の關係を御話する。諸君此の事に就いてはもう充分御了解になつて居る事とは信じて居るが、更に念の爲め反覆して置く。鹽酸と苛性ソーダとは、前者の 36.468 量と後者の 40.008 量との割合に相反應するものであつて、此の反應によりて鹽化ナトリウムの 58.46 量を生ずる事を此の方程式が暗に示して居る。鹽酸 1 瓦を中和するに要する苛性ソーダの重量は何瓦であるかといふに次の簡単な正比例の式で求められる。

$$\begin{array}{l}
 (\text{HCl}) \quad (\text{NaOH}) \quad (\text{鹽酸の重量}) \quad (\text{所要の苛性ソーダの重量}) \\
 36.468 : 40.008 = 1 : x
 \end{array}$$

$$x = \frac{40.008 \times 1}{36.468} = 1.10 \text{ 瓦 となる。}$$

苛性ソーダ 10 瓦を鹽酸にて中和すれば何瓦の食鹽を生ず可きかを計算せよ。次の簡単な正比例の式で求められる。

$$\begin{array}{l}
 (\text{NaOH}) \quad \text{NaCl} \quad \text{苛性ソーダの重量} \quad \text{生成する食鹽の重量} \\
 40.008 : 58.46 = 10 : x
 \end{array}$$

$$x = \frac{58.46 \times 10}{40.008} = 14.6 \text{ 瓦 となる。}$$

之を瓦に改算すればよい。即ち  $3.75 \text{ 瓦} \times 14.6 = 54.6 \text{ 瓦}$  の食鹽を生ずる。

鹽酸と苛性ソーダとは常に 36.468 : 40.008 の重量の割合で相反

應するものである。即ち鹽酸の 1 瓦に對し苛性ソーダの  $\frac{40.008}{36.468}$  瓦を要する。換言すれば苛性ソーダの 1 瓦に對し鹽酸の  $\frac{36.468}{40.008}$  瓦を要するものである。鹽酸と苛性ソーダとを作用せしめる時、此の重量の割合よりも、若し鹽酸の方が少しでも多くあれば、此の混合溶液は青いリトマス試験紙を赤變せしめる。即ち酸性反應を呈するのである。又逆に苛性ソーダの方が少しでも過剰に存在すれば此の混合溶液はアルカリ性反應を呈するものである。

酸とアルカリとの中和の實驗に於て、丁度中和したといふ事を示す試薬が必要である。此の試薬を指示薬といふて居る。フェノールフタレンは一種の指示薬で酸性又は中性の時は無色で溶液がアルカリ性の時は赤くなる性質がある。其處で今鹽酸の中へ此の指示薬を加へて置いてビュレットより苛性ソーダを滴下する實驗に於て、此の混合溶液が酸性で居る間は溶液は無色である。丁度 HCl : NaOH の割合に苛性ソーダを加へたる時即ち理想的に中和の時迄は混合溶液は無色である。此の中和點を通過し極めて微量に苛性ソーダが加はれば直ちに溶液はアルカリ性となるから、赤變す可きである。中和の實驗に於ては理想的に中和の點を見出すのでは無く極めて微量に酸性又はアルカリ性となつた點を求めるものである。理想的に完全に中和したところでは指示薬の色の變化が無いからである。指示薬に種々あるが普通のものでは、フェノールフタレンの外にメチルオレンジといふものがある。此の稀薄水溶液(0.1 瓦を 100 c.c. の水に溶解する)の一滴をアルカリの溶液に加ふれば黄色を呈し、酸性の時は赤色となるものである。

### (3) 酸及びアルカリの定量



鹽酸と苛性ソーダとが中和する反應に於て、上に述べたる如く兩者の重量間に一定の關係が成立して居るから、酸又はアルカリの何れか一方の溶液の濃さ(一定容積の溶液に溶解して居る物質の重量)が知られて居る場合には、他の溶液の或容積の中に何瓦の物質が溶解して存在して居るかを定める事が出来るものである。例へば今我等の行つた第(1)節に述べたる實驗は濃さの知れて居る苛性ソーダの溶液を用ひて與へられたる鹽酸溶液中の HCl を定量するものである。此の實驗の目的及び其の結果を言葉にて云ふ時は次の様になる。

問. 濃さの知れて居る苛性ソーダ溶液(1000 c.c. の溶液中に 40 瓦の NaOH を含む) 20 c.c. を中和するのに與へられたる鹽酸溶液の 18.6 c.c. を要した。此の鹽酸溶液の 1000 c.c. 中には何瓦の HCl を含有するかを求めよ。

解. 先づ苛性ソーダ溶液の中に含有せられて居る NaOH の重量を求め。中和の方程式より此の NaOH と中和するに必要な HCl の重量がわかる。次に任意の溶液中に含まれて居る HCl の重量を計算すればよい。此苛性ソーダ溶液 20 c.c. 中に含まれて居る NaOH の重量は幾何かといふに、1 c.c. 中には(40 瓦 + 1000) の NaOH を含む故に 20 c.c. 中には  $\frac{40}{1000} \times 20 = 0.80$  瓦の NaOH を含む事となる。之と中和す可き HCl の重量(A)は  $\text{NaOH}:\text{HCl} = 0.8:A$  の式より求められる。

$$A = \left( \frac{36.468 \times 0.8}{40.008} \right) \text{瓦となる。}$$

之だけの HCl が 18.6 c.c. 中に含有せられて居る事が明かとなつたのである。従つて此の鹽酸溶液 1 c.c. 中には (A + 18.6) 瓦の HCl を含む事となり、1000 c.c. 中には  $\frac{A \times 1000}{18.6} = \frac{36.468 \times 0.8}{40.008} \times \frac{1000}{18.6}$

= 39.2 瓦の HCl を含有する事がわかる。

#### (4) 溶液の濃度

溶液のある一定容積の中に何瓦の物質が溶解して居るかといふ事が定まつて居る溶液を其物質の標準溶液又は規定溶液と稱して居る。溶液の中に物質が多量に溶解して居る場合には濃厚溶液と稱し、少量に存在する溶液は稀薄溶液と稱して居る。溶液の中に物質の溶解して居る量の大小の程度をあらはすのに濃さ又は濃度といふ言葉を化學にては用ひて居る。濃度(又は濃さ)の大なる溶液とは濃厚溶液の事で、濃度の小なる溶液では稀薄溶液の事である。勿論稀薄溶液というても溶液の濃さに種々の程度がある。一定容積の中により多く物質の溶解して居る溶液は濃度がより大であるといふ事が出来る。

1000 c.c. の溶液の中に 1 瓦分子量の物質を含む溶液を一モル溶液と稱して居る。 例へば苛性ソーダの一モル溶液とは NaOH の一瓦分子量即ち

Na .....	23.00
O .....	16.00
H .....	1.008
<hr/>	
NaOH の分子量 .....	40.008

*Handwritten notes: 23.5 = mol, 40.008 g/mol, 7000*

40.008 瓦に水を加へて溶解せしめ更に水を加へて全體の容積を 1000 c.c. としたものである。 一寸注意して置くが NaOH の一瓦分子量に水を 1000 c.c. 加へたるものは一モル溶液では無い。 何となれば新しくして得たる溶液の全容積は 1000 c.c. では無い、これよりも遙に大なる容積となるからである。或物質の 10,  $\frac{1}{10}, \frac{1}{100}$  瓦分子量を 1 リットルの溶液の中に含んで居るものを



それぞれ10モル、 $\frac{1}{10}$ モル、 $\frac{1}{100}$ モル溶液と稱して居る。

苛性ソーダの2.582瓦に水を加へて溶解せしめ、全體の容積を25 c.c. としたるものは何モル溶液であるかといふ問題を解いて貰ひ度い。

1 c.c. 中に含む NaOH の重量……… $\left(\frac{2.582}{25}\right)$ 瓦 となる、そこで1000 c.c. の溶液中に含む NaOH の重量は

$$\left(\frac{2.582}{25} \times 1000\right) \text{瓦} = 103.28 \text{瓦}$$

となる。此の溶液の濃度は何モルかといふに

$$103.28 \div 40.008 (\text{NaOH の分子量}) = 2.58 \text{モル}$$

となる。

1 c.c. の溶液の中に NaOH の  $\frac{2.582}{25}$  瓦を含む溶液も、25 c.c. の中に此の25倍量即ち2.582瓦を含む溶液も、又1000 c.c. の中に此の1000倍量たる103.28瓦のNaOHを含む溶液も、苛性ソーダ溶液の濃度(濃さ)といふ事については何れも全く同一である。此の事はわかりきつた事の様であるがよく間違ふ事であるから特にくどく説明したのである。溶液の濃さといふ意味が徹底的によく理解されぬと困るから、くどくはあるが次の問題を諸君解いて見る必要がある。

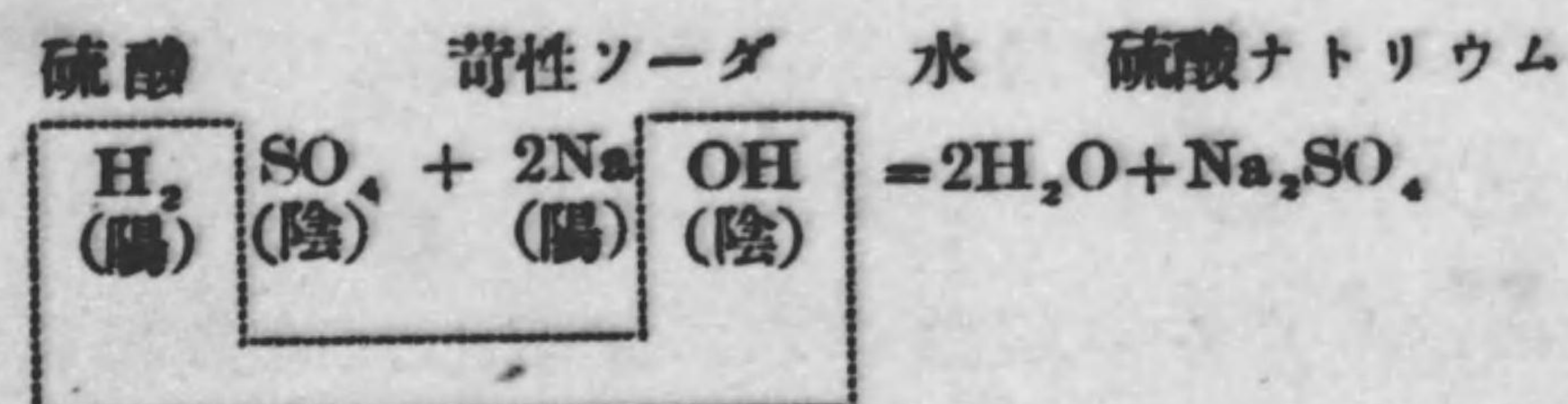
問. 苛性ソーダの0.523モル溶液 15 c.c. 中には何瓦のNaOHを含有して居るか。

解. 此の溶液 1000 c.c. の中にはNaOHの $(40.008 \times 0.523)$ 瓦を含んで居るべきであるから 15 c.c. の中には $\left(\frac{40.008 \times 0.523}{1000} \times 15\right)$ 瓦を含有して居る事になる。

### (5) 中和反應の實例

今迄は酸の代表者として鹽酸を、鹽基の代表者として苛性ソー

ダを例にとつて、酸と鹽基との中和の現象を説明した。此度は他の酸に就いて述べて見る。第(1)節の實驗に於て HCl の代りに  $\text{H}_2\text{SO}_4$  の稀薄水溶液を用ひて、中和の時の酸と鹽基との重量關係を求める事が出来る。此の時起る反應はどうであらうかといふに、硫酸一分子の中にはHが2個含まれて居る。そこで此のHと鹽基の中に含まれて居るOH基とが水となる爲にはNaOHの二分子が必要とならねばならぬ。



此の化學方程式によりて、反應する物質の化學式と其成分元素の原子量とより、硫酸と苛性ソーダとが中和する時の兩者の重量の關係を求める事が出来る。即ち硫酸の98.07(一分子量)量と苛性ソーダの80.00(二分子量)量とが相反應す可きであらうといふ事が判断推理せられる。此の推理の正しい事は實驗の結果證明されて居る。

次に鹽基の代表者として水酸化バリウム  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  といふものをとり、これと鹽酸との中和する時の變化を考へて見よう。市場にある水酸化バリウムは白い結晶であつて  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  の化學式を有して居る。

此物を少許試験管にとり少しく熱すれば水滴が試験管の壁につくのを見る。そして此の結晶は白い粉末とかわる。此時  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  となつたのである。試験管に硫酸銅の青い結晶を大豆の大きさ程入れこれを注意して徐々に熱すると試験管の壁に意外に多量に水滴の集まるのが見られる。まさか硫酸銅の結晶が空氣



中より水分を吸収して居る爲とはどうも思はれない、そして此青い結晶は白い粉末にかわるのである。初めの硫酸銅の青い結晶の化學式は  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  であつて、後の白い粉末の化學式は  $\text{CuSO}_4$  である。化學に於ては、斯様に結晶となつて居るものの中に水が含まれてゐて、此水を除去すれば其結晶のかたちを失ふものが相當に多い。水酸化バリウムや硫酸銅の結晶に於けるが如く結晶中に其成分として含有せられて居る新様な水(其物質が空氣中より吸収して居る水で無い)を結晶水と稱して居る。話が一寸脱線をしたから再び元の中和の話にもどらう。

水酸化バリウムの結晶を水に溶解した溶液は赤い試験紙を青變させる即ちアルカリ反應を呈するものである。之がアルカリとしての作用を考へる時には、此結晶の中に含まれて居る結晶水を考へる必要は無い。正味の  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  の部分だけを考ふればよいのである。

分り切つた様な事であるが私が化學を始めて學んだ時に此の事を理解するのに相當苦しんだ事を覚えて居る。水酸化バリウムの結晶の或一定重量を水に溶解して一定容積の水溶液とすれば、此のものの濃度既知の溶液が出来ゐる。

問. 水酸化バリウムの結晶 3.94 瓦を水に溶解して 250 cc. の溶液となしたとすれば此の溶液の濃度は水酸化バリウムに就いて何モルであるか。

解. 1000 cc. の中には  $(3.94 \times 4)$  瓦の  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  が溶解して居るから此の溶液の濃度は  $315.5 \div 1000 = 0.3155$  モルである。

$$(3.94 \times 4) \text{瓦} + 315.5 (\text{水酸化バリウムの結晶の分子量}) = 0.05 \text{モル}$$

となる。水酸化バリウムの結晶の分子量は其成分元素の原子量

より次の様にして求めたものである。

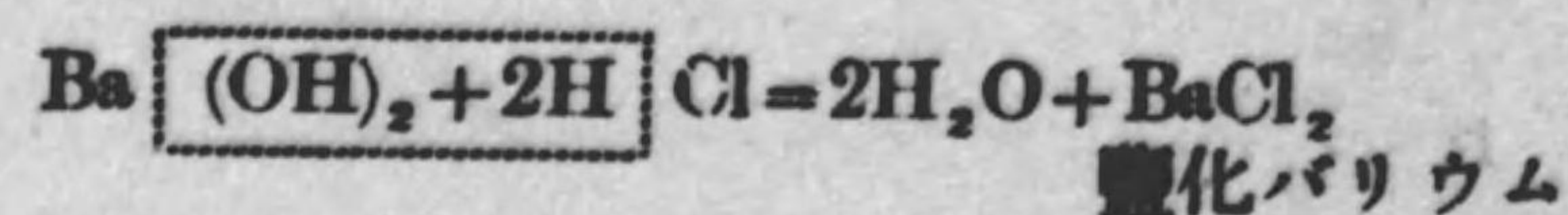
Ba.....	137.37
OH.....	(16+1.008)
$(\text{OH})_2$ .....	$17.008 \times 2$
$\text{H}_2\text{O}$ .....	18.016
$8\text{H}_2\text{O}$ .....	$+ 18.016 \times 8$
<hr style="width: 100%;"/>	
$\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ .....	315.5

諸君、水酸化バリウムの何瓦と鹽酸の何瓦とが中和するものであるかといふ事を、自ら實驗して定められますか。本を読んで此の事を紙の上で理解したのと、自分で此事を實驗して定めたのは化學智識の價値に於ては雲泥の差異がある。濃度の知れて居る鹽酸の水溶液と、一定量の水酸化バリウムを含む溶液とを、フェノールフタレンを指示薬に用ひて、第(2)節に述べたる、鹽酸と苛性ソーダとの中和實驗の様に實驗すれば、容易に  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  と  $\text{HCl}$  とが相反應する量の關係が求められる。

私は此の事に就いて實驗をして見たが、 $\text{HCl}$  1 瓦を中和するのに  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  として 2.35 瓦を要する事がわかつた。これは私の實驗結果であるが、此の結果に基いて、 $\text{HCl}$  一分子量を中和するのに  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  が何分子量必要であるかを求めて見よう。 $\text{HCl}$  の一瓦分子量を中和するのに  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  が何瓦必要であるかといふ事を求め、此の數を  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  の分子量でわればよい。即ち  $\text{HCl}$  一瓦分子量を中和す可き  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  の重量は  $2.35 \text{瓦} \times 36.468$  である。其處で  $\text{HCl}$  一分子量と中和するのに  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  の  $(2.35 \times 36.468) + 171.38$  ( $\text{Ba}(\text{OH})_2$  の分子量) = 0.50 分子量を要する事がわかる。此の計算に於て丁度きつらりと 0.5 といふ數字は得られない。これに極め



て近似せる數を得るのであるが之はきつちりと0.5と見做すべきが正常である。全く之に一致しなかつたのは止むを得ざる實驗の誤差と見做す可きである。酸と鹽基との中和の現象を極めて細分して考察して見るのに、何れか一方の一分子と反應す可き他のものの分子數は $1 \times n$ でなければならぬ。 $n$ は1, 2, 3, ……の如き整數である。1分子よりも小さい分子を考ふる事は出来ないからだ。例へば酸の一分子を中和するのに鹽基の1.2分子を要するといふ事はある筈は無い。其處で私の行つた此中和實驗の結果から、HCl一分子と中和す可きBa(OH)<sub>2</sub>は $\frac{1}{2}$ 分子であると云ふ事になる。換言すればHCl 2分子とBa(OH)<sub>2</sub> 1分子とが中和する事となるのである。或は又HCl 2分子量を中和するのにBa(OH)<sub>2</sub>の1分子量を要する事となる。實驗する事無く、推理的に此關係が求められれば面白い。酸と鹽基の中和反應の方程式を見るに、酸の中のHと鹽基の中のOHとが結合してH<sub>2</sub>Oとなるのであるから此の事を頭に置いて、



の如く此の時の變化を方程式にて示す事が出来る。これは上記の實驗の結果と一致して居る。水酸化バリウム一分子の中にはOH基が2個あるから、これを中和するには酸のH 2個を要すべきである、そこで鹽酸の二分子を要する様になる。化學方程式に於て、2HClと書いてあるのはHCl二分子の事である。即ち2×HClの事を簡單にしたのである。化學の初歩の人には往々次の様なあやまりをする事がある。2HClを2×H+Cl即ちH 2個とCl一個との和と見做す事がある。BaCl<sub>2</sub>と書いてあるのはBa+2×Clの意味である。即ちバリウム一原子と鹽素二原子より成る

事を示して居る。Ba(OH)<sub>2</sub>と書いてあるのは、Ba一個と、OH基が2個より成るを意味して居る。即ちBa一原子、O二原子、二原子より成立して居る事を暗示して居る。此處に述べた事は極めて簡単な事ではあるが往々あやまり易いから、諸君は此の事を誤らない様にして貰ひ度い。斯様に、酸と鹽基との中和反應を、化學方程式にて示して見て、これに依りて、兩者の相反應する數量の關係を求めたるものと實驗の結果とが相一致する事を知つたのである。酸鹽基の中和反應に限らずに、既に實驗して見て能く知つて居る反應より類推して、未だ實驗して見た事の無い化學反應を方程式にて示し、其結果が實際の通りになる様に、化學常識を養成するのが化學教育として第一に留意す可き事であると私は思うて居る。

#### (6) 規定溶液

酸と鹽基とが中和するといふ反應の根本は、酸の中に含まれて居るHと鹽基の中に含まれて居るOHとが結合してH<sub>2</sub>Oになるといふ反應である。酸といふても種類が色々あるが、此等種々の酸の一分子量中に含まれて居るHの數は何れも必ず相等しいとは限らない。そこで種々の酸についてHの量が相等しいところの酸の量は、酸といふ事については相等しい量であるからこれを當量というて居る。新しく言葉で説明したのでは諸君は直ちに理解し難いかもしれぬが實例で申せば氣持よく理解せられる。例へば硫酸の一分子量の中にはHを2個含んで居る、鹽酸は一分子量の中にはHを1個含んで居る。そこで硫酸の一分子量は鹽酸の一分子量の二倍の酸としての作用がある事がわかる。一分子量というたのではどうも具體的に其意味がわかり難いかも知れ



ぬが之に重量の單位をつけて比較してみれば容易にわかる。  
 $H_2SO_4$  の分子量は 98.07 で  $HCl$  の分子量は 36.468 である。そこで酸としての作用は  $H_2SO_4$  の 98.07 瓦は幾何瓦の  $HCl$  と相等しいかといふに  $(36.468 \times 2)$  瓦と相等しい事がわかる。即ち硫酸の 1 瓦分子量は硫酸の 2 瓦分子量と、其酸としての作用は相等しいのである、即ち此等は當量である。諸君  $HCl$  一瓦は  $H_2SO_4$  何瓦と當量であると思ふか。  $HCl$  の二分子量即ち  $(36.468 \times 2)$  量が  $H_2SO_4$  の一分子量即ち 98.07 量と當量であるから  $HCl$  の一瓦は  $H_2SO_4$  の  $98.07 \div (36.468 \times 2) = 1.34$  瓦と當量である事がわかる。  $H_2SO_4$  の  $\alpha$  瓦は  $HCl$  の何瓦と當量であるかといふに、  $H_2SO_4$  の一瓦は  $\frac{36.468 \times 2}{98.07}$  瓦の  $HCl$  と當量であるからこれを  $\alpha$  倍しただけの重量の  $HCl$  と當量である。これで諸君は當量といふ意味を明瞭に御了解になつた事と思ふ。

鹽基にも種々の種類がある。例へば苛性ソーダ ( $NaOH$ )、苛性カリ ( $KOH$ )、水酸化バリウム ( $Ba(OH)_2$ )、水酸化アンモニウム ( $NH_4OH$ ) 等の如くである。此等の化合物は其性質がそれぞれ異つて居るけれども、赤い試験紙を青變するといふ性質即ちアルカリ反應を呈するといふ性質に就いては、何れも同一である。種々の鹽基がアルカリ反應を呈するといふ事は、其成分中に  $OH$  といふ基を含んで居るからである。種々の酸が酸性反應を呈するのは、其成分中に  $H$  を含んで居るからであると同様の意味である。種々の鹽基に就ては、  $OH$  に就いて同じ量を含んで居る鹽基の重量は當量である。例へば苛性カリ又は苛性ソーダの一分子量と水酸化バリウムの  $\frac{1}{2}$  分子量とは當量である。何れも一分子量中に  $OH$  基を一個含むからである。鹽基の當量といふ事を充分に理解する

ために次の問題を諸君解いて見る必要がある。

問. 苛性カリ一瓦と當量である苛性ソーダ、水酸化バリウムの重量を求めよ。

解. 苛性カリの分子量は  $40.108$ , 苛性ソーダの分子量は  $40.008$ , 水酸化バリウムの  $\frac{1}{2}$  分子量は  $\frac{171.39}{2}$  である。此等の量は當量であるから、苛性カリの 1 瓦は、苛性ソーダの  $(40.008 + 46.108)$  瓦、水酸化バリウムの  $(\frac{171.39}{2} + 46.108)$  瓦と當量である事がわかる。

當量といふ事の意味を極めて卑近な例で説明しよう。こゝに甲と乙の品物がある。今甲を一圓、乙も一圓だけ買つたとすれば、こゝに得た甲と乙の量はその價格(一圓)については當量である。互に自由に交換しても損得は無いのである。此處に或量の鹽酸があつて、之を  $NaOH$  で中和するときその  $A$  瓦が必要であつたとする。  $NaOH$   $A$  瓦と當量であるところの他の鹽基である  $KOH$ ,  $Ba(OH)_2$  等についても同じ量の鹽酸を中和せしめる事が出来るのである。同じ様に此處に或量の苛性ソーダを含んで居る水溶液があつたとする時之を中和するのに  $HCl$  の例へば  $\alpha$  瓦が必要であつたとする。さうすれば  $HCl$   $\alpha$  瓦と當量であるところの他の酸についても、同じ量の  $NaOH$  を中和せしめる事が出来る譯である。随分くどく酸鹽基の當量といふ事について御話をしたが、諸君には充分其意味が御了解になつた事と思つて居る。

酸に就いて、水素の 1.008 瓦即ち一瓦原子量(原子量に瓦なる重量の單位をつけた重量の事、酸素の原子量は 16 であるから 16 瓦は酸素の一瓦原子量である。鹽素の一瓦原子量とは鹽素の 35.46 瓦の事である)を含む酸の重量を一瓦當量と稱して居る。鹽基については  $OH$  の 17.008 瓦 ( $O$  は 16,  $H$  は 1.008, 此等を合併して 17.008 と



なる)を含むだけの鹽基の重量を一瓦當量と稱するのである。酸と鹽基との中和といふ事は何回と無く反覆説明した様に、酸の中のHと鹽基の中のOHとが結合してH<sub>2</sub>Oとなる事であるから、酸の一瓦當量に鹽基の一瓦當量を相接觸せしめれば、酸性でも無い、又アルカリ性でも無い丁度中性となる可きである、即ち過不足無く丁度中和す可き筈である。實驗の結果も此の豫想と全く相一致して居る。

酸の $\frac{1}{10}$ 瓦當量と鹽基の $\frac{1}{10}$ 瓦當量とは丁度中和す可きである、一般に云へば酸のA瓦當量(Aは0以外の任意の數)と鹽基のA瓦當量とは相中和せねばならぬ譯である。

此の事は極めて簡單の様に見へるが化學を始めて學ぶ人にとってにはさう平易な事では無い。シンミリと考へねばならぬ點である。誤解されると困るから、實例によりて反覆説明して見る事にする。酸に就いて、Hを1.008瓦だけ含有して居る酸の重量と鹽基に於て、OHを17.008瓦だけ含有して居る鹽基の量とは、丁度過不足無く中和する譯である。此の事については諸君能く御了解になる事と思つて居る。然らば酸に就いて、Hを $\frac{1.008}{n}$ 瓦(nは零以外の任意の數)含有して居る酸の重量と、鹽基において、OHの $\frac{17.008}{n}$ 瓦(nは初めと同じ數)を有含して居る鹽基の重量とは丁度過不足無く中和す可きである。換言すれば、酸の或瓦當量數と基の同じ瓦當量數とは中和するものである事がわかる。尙實例によりて説明して見る。

此處に、HClを2.01瓦含有して居る鹽酸の水溶液があるとす。これを中和するのに何瓦當量の鹽基が必要であるか、此の鹽基がKOH, NaOH, Ba(OH)<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>OH(水酸化アンモニウムと稱

して居る。水の中にアンモニア瓦斯(NH<sub>3</sub>)を吸収せしめたもので、俗にアンモニア水というて居る)である場合に、此等の重量は幾何であるかを計算せよ。

解 HClの2.01瓦は酸の何瓦當量であるかといふに、2.01瓦+36.468瓦(HClの一瓦當量)=0.055瓦當量である。此の酸を中和するには勿論鹽基の0.055瓦當量を要す可きである。其處で此等の鹽基の一瓦當量に此の0.055をかけただけの重量が答となる譯である。

KOHに就いては.....46.108瓦×0.055=2.54瓦  
 NaOH ,, .....40.008瓦× ,, =2.20 ,,  
 Ba(OH)<sub>2</sub> ,, ..... $\frac{171.39}{2}$ 瓦× ,, =4.72 ,,  
 NH<sub>4</sub>OH ,, .....35.048瓦× ,, =1.93 ,,

次に諸君の今迄に能く知つて居る普通の酸鹽基の分子量、一瓦當量數等を表して見る。

	化學式	分子量	一瓦分子量	一瓦當量
鹽基	苛性カリ(水酸化カリウム)	KOH	46.108	46.108瓦
	苛性ソーダ(水酸化ナトリウム)	NaOH	40.008	40.008瓦
	水酸化バリウム	Ba(OH) <sub>2</sub>	171.39	$\frac{171.39}{2}$ 瓦
	水酸化アンモニウム	NH <sub>4</sub> (OH)	35.048	35.048瓦
酸	鹽酸	HCl	36.468	36.468瓦
	硝酸	HNO <sub>3</sub>	63.016	63.016瓦
	硫酸	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98.07	$\frac{98.07}{2}$ 瓦

① M(OH)<sub>n</sub>といふ化學式を有して居る鹽基があるとすれば(但しMは金屬元素を代表する記號とする)此の鹽基の一瓦當量は此の一瓦分子量の $\frac{1}{n}$ である。同様にしてH<sub>n</sub>X(Xは酸根を代表する記號



とする)といふ酸があつたとすれば此の酸の一瓦分子量の $\frac{1}{n}$ が一瓦當量となるのである。

鹽酸硝酸の様に其一分子の中にH 1個を含む酸を一鹽基酸と稱し硫酸の様に其一分子の中にH 2個を含む酸を二鹽基酸と稱する。一般に酸の一分子の中にH  $n$ 個を離して居る酸を $n$ 鹽基酸といふて居る。 $n$ の数が2又はそれ以上の時には此の酸を一般に多鹽基酸と稱するのである。後章において説明する磷酸といふ酸の分子式は $H_3PO_4$ である。即ちこれは一分子中にHを3個含むから三鹽基酸である。即ち $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$ 等は多鹽基酸である。

苛性ソーダ、苛性カリの様に其一分子の中にOH基を一個含む鹽基を一酸鹽基といふ。又 $Ba(OH)_2$ の如く其一分子中にOH基を二個含む鹽基を二酸鹽基と稱して居る。 $M(OH)_n$ の分子式を有する鹽基があつたとすれば三酸鹽基である。一般に $M(OH)_n$ の分子式を有する鹽基あれば之を $n$ 酸鹽基といふのである。一分子中にOH基の数を2個又は其れ以上含有して居る鹽基を一般に多酸鹽基と稱するのである。

$HCl$ ,  $HNO_3$ の如き一鹽基酸に於ては、一瓦分子量と一瓦當量とは相等しい。 $H_2SO_4$ の如き二鹽基酸に於ては、一瓦分子量は二瓦當量である。即ち $\frac{1}{2}$ 瓦分子量が一瓦當量となるのである。 $H_3PO_4$ の如き三鹽基酸に於ては此の $\frac{1}{3}$ 瓦分子量が一瓦當量となる。一般に酸の一分子量にHを $n$ 個含んで居る酸に於ては一分子量の $\frac{1}{n}$ をとればHを1個含む事となるから、 $\frac{1}{n}$ 瓦分子量が一瓦當量となるのである。鹽基の場合の瓦當量に就いても酸の場合に類推して容易に考ふる事が出来る。 $KOH$ ,  $NaOH$ ,  $NH_4OH$ の様に一

分子量中にOHを1個含んで居る鹽基に就いては一瓦分子量が即ち一瓦當量でなければならぬ。けれども $Ba(OH)_2$ の如く一分子量の中にOHを2個含んで居る鹽基については一瓦分子量の $\frac{1}{2}$ が一瓦當量となる譯である。一般に云へば、 $M(OH)_n$ なる分子式を有して居る鹽基に於ては、その一分子量の $\frac{1}{n}$ をとれば丁度OHを1個含む事となるから、此の鹽基の $\frac{1}{n}$ 瓦分子量が一瓦當量となる譯である。

1000 c.c.の水溶液中に一瓦當量の酸又は鹽基を含んで居る溶液を一規定溶液と稱して居る。又はこれを1ノルマル溶液とも稱し1 N溶液と記す事となつて居る。酸又は鹽基の溶液において1000 c.c.の水溶液中にそれぞれ $10$ ,  $\frac{1}{10}$ ,  $\frac{1}{100}$ ,  $\frac{1}{1000}$ ,  $\frac{1}{n}$ 瓦當量の物質を含有して居る溶液を、 $10$ ,  $\frac{1}{10}$ ,  $\frac{1}{100}$ ,  $\frac{1}{1000}$ ,  $\frac{1}{n}$ 規定溶液と稱するのである。一般に云へば1000 c.c.の容積を有する液體の中に、 $a$ 瓦當量の物質を含む溶液を $a$ 規定或は $a$ ノルマル溶液と稱するのである。何規定溶液又何モル溶液といふ言葉は化學に於て常に使用する言葉であるから充分に其意味を理解して置いて貰ひ度い。尙ほ反覆すれば、 $HCl$ の如き一鹽基酸においては、一瓦分子量と一瓦當量とが相等しいから、 $a$ モル溶液といふ事は $a$ 規定溶液といふ事になる。即ちモルの數と規定の數とが全く相等しいのである。但し $H_2SO_4$ の如き二鹽基酸に於ては、1モル溶液は2規定溶液となるのである。(即ち規定をあらはす數はモルを表す數の2倍となるものである)

### (7) 中和實驗結果を簡単に計算する方法

實際の問題に依りて説明すると理解し易い。

問. 此處に濃度未知の苛性カリの溶液がある。此の濃度を決

定せよ



定する目的、換言すれば此の溶液のある容積の中には NaOH を何瓦含有して居るかといふ事を定める目的のために次の実験を行った。

此の苛性ソーダ溶液 25 c.c. をピペットにて取り、フェノールフタレンを一滴加へ置き鹽酸の 1 N 溶液をビュレットより徐々に滴下して 20.5 c.c. を加へたとき指示薬の變色を見たのである。然らば此の苛性ソーダ溶液の濃度は幾何であるか。濃度をあらはすのに、1000 c.c. の溶液中に含有せられる NaOH の瓦モル数を以て示せ。

解 酸とアルカリとの中和實驗に於ては、酸アルカリの同じ瓦當量数を以て丁度過不足無く中和するものである事は諸君既に充分御了解になつた事である。例へば此處に酸の A 瓦當量があつたとすれば、之を中和するにはアルカリの A 瓦當量を要するものである。濃度既知の實驗に使用した鹽酸溶液の中に含有せられて居る HCl の瓦當量数と其苛性ソーダ溶液に含まれる NaOH の瓦當量数とは相等しくある可きである。先づ此實驗に使用した 1 N 鹽酸溶液 20.5 c.c. 中に含まれる HCl の瓦當量数を求めて見る。1 ノルマル (1 規定或は 1 N と書く) HCl 溶液といふ事の意味は、此溶液 1000 c.c. 中に計算し直して見て 1 瓦當量の HCl を含有して居る溶液の事であるから、1 N 溶液 1 c.c. の中には  $\frac{1}{1000}$  即ち 0.001 瓦當量の HCl を含んで居る。其處で 20.5 c.c. の中には  $(0.001 \times 20.5)$  瓦當量の HCl を含有して居る筈である。

次に今與へられたる NaOH の溶液の濃度を求めるのであるが此の溶液が假りに  $x$  ノルマル溶液 ( $x$  N 溶液) であるとする。  $x$  ノルマルの溶液といふ意味は 1000 c.c. の溶液の中には  $x$  瓦當量の

NaOH を含有して居るといふ事を暗示して居るのであるから、1 c.c. 中には  $\frac{x}{1000}$  瓦當量の NaOH を含んで居る事となる。25 c.c. 中には  $(\frac{x}{1000} \times 25)$  瓦當量の NaOH を含有す可きである。扱て此の NaOH の瓦當量数と HCl の瓦當量数とが相等しくある譯であるから、次の方程式

$$\frac{1}{1000} \times 20.5 = \frac{x}{1000} \times 25$$

(HCl の瓦當量数) (NaOH の瓦當量数)

が成立せねばならぬ。其處で

$$x = \frac{1}{1000} \times \frac{20.5}{25}$$

$$x = 1 \times \frac{20.5}{25} = 0.82$$

即ち此の苛性ソーダ溶液は 0.82 規定溶液である。言葉をかへて云へば、此の苛性ソーダ溶液の濃度は 0.82 N である。NaOH の如き一酸鹽基 (一分子量の中に OH を 1 個含んで居る鹽基) については瓦當量と瓦分子量とが相等しいから、溶液の濃度をあらはすにモルを以て示すも又ノルマル (規定の事) を以て示すも同じ事である、故に此の溶液の濃度は 0.82 モルであるといふてもよい。此の苛性ソーダ溶液の濃度が 0.82 N (0.82 規定の事) である。又は 0.82 モルである。何れに <sup>いふ</sup> いても同じ事を意味して居る。溶液の濃度が何規定であるとか又は何モルであるとかいふ事が定まりさへすれば此の溶液の任意の容積の中に含有せられて居る (溶解して居る) 物質の重量はすぐわかる。例へば此の NaOH 溶液  $x$  c.c. の中には何瓦の NaOH を含んで居るかといふに、1000 c.c. の中に 0.82 瓦分子量を含むから 1 c.c. の中には  $\frac{0.82}{1000}$  瓦分子量、 $x$  c.c. の中には  $(\frac{0.82}{1000} \times x)$  瓦分子量を含む。これに NaOH の分子量を乗ずればよい。即ち  $(40 \times \frac{0.82}{1000} \times x)$  瓦の NaOH を含む事となる。此の如



くして得たる實驗結果より溶液の濃度を定める數式を一般に次の如く書いて見ると理解しやすい。

$$\text{與へられたるNaOHの濃度} = \text{濃度既知の鹽酸溶液の濃度} \times \frac{\text{HCl溶液のc.c.數}}{\text{NaOH溶液のc.c.數}}$$

$\downarrow$   
 $N \sim (x)$

(1)

酸の標準溶液で濃度未知のアルカリを定量する、又アルカリの標準溶液で濃度未知の酸を定量するといふ事は、化學實驗室に於て常に遭遇する事項である。實驗上の結果としては(1)濃度の知れて居る溶液(酸又はアルカリの何れか一方)の濃度をあらはす數(2)濃度既知溶液の c.c. 數(3)濃度未知溶液の c.c. 數の三者がある。此等の數に基いて濃度未知溶液の濃度を求めるのは次の式を用ひればよい事が、諸君によく理解せられる事と思つて居る。

$$\text{濃度未知溶液の濃度} = \text{濃度既知溶液の濃度} \times \frac{\text{濃度既知溶液の c.c. 數}}{\text{濃度未知溶液の c.c. 數}}$$

溶液の濃度と其容積を乗じた數が酸とアルカリとの兩者に於て相等しくなるのであるから、試験す可き溶液の方の容積が標準溶液の容積よりも大であつた場合には、同様溶液の濃度は標準溶液の濃度よりも小となる譯である。尙中和實驗の計算の方法を理解するために次に一二問題を擧げて置く。

問. 此處に濃度未知の硫酸溶液がある。此の溶液 20 c.c. を中和するのに 0.526N の KOH 溶液 13.74 c.c. を要したとする、然らば此の硫酸溶液の濃度は何モルであるかを計算せよ。

解. 常識でもすぐわかる事であるが、硫酸の方がアルカリよりも其濃度が小である事がすぐ見當がつく、そこで

$$\text{硫酸溶液の濃度} = 0.526 \times \frac{13.74}{20} = 0.362$$

即ち 0.362 N の濃度である。其處で此の濃度をモルにて示すにはこれを 2 で割らねばならぬ。即ち 0.181 モルである。

2/100 of p. 138

問. 此處に市販の苛性ソーダがある之は全部 NaOH より成るものではない。その一部分は NaOH で無い他の物質を含んで居る。今此の苛性ソーダの中に幾何の NaOH を含有して居るかを知らねば諸君どうすればよいと思ふか。此物の成る重量を水に溶解してこれを、鹽酸又は硫酸の規定溶液を以て滴定すればよいのである。今市販の苛性ソーダ 0.99 瓦を水に溶解し、之を 1.05 規定の鹽酸にて滴定した處、此の酸の 21.8 c.c. を要したのである。此の市販苛性ソーダの純度を百分率にて示せ。

解. 此の中和實驗に使用した酸の瓦當量數は  $\frac{1.05}{1000} \times 21.8$  である。これと同じ瓦當量數の NaOH が存在したわけである、そこで存在した純 NaOH の重量は次の式で求められる譯である。

$$40 (\text{NaOH の分子量}) \times \frac{1.05}{1000} \times 21.8 = 0.956 \text{ 瓦}$$

其處で、此の市販品の純度を百分率にて示すには實驗上見出した眞の NaOH の重量を、實驗に供した市販品の重さで割りこれに 100 を乗ればよい。

$$\text{純度} \dots \dots (0.956 \div 0.99) \times 100 = 96.5\%$$

注意. 酸又は鹽基の或一定量を或容積の水に溶解した濃度不詳の溶液があるとするか、その溶液の濃度を知る必要のある場合は化學の實驗をなす人の常に遭遇する所である。諸君が此計算を誤りなくやる爲に、次の問題を解いてみて貰ひ度い。

問. 純 KOH 1.40 瓦を水に溶解し其全容積を 25 c.c. とした。此の溶液の濃度は何モルであるか、又何規定であるか。

斯様な場合に、溶液の濃度を求める際に、先づ第一になすべき事として、此溶液 1000 c.c. の中には何瓦を含む可きであるかといふ事に改算する必要がある。次に此瓦數を其物質の分子量で割れ



ばすぐに、其溶液 1000 c.c. 中に其物質の何瓦分子量が含まれて居るかがわかる。換言すれば 1000 c.c. 中に含まれる其物質の瓦モル数がわかる。そこで直ちに何モル溶液であるかがわかる。一鹽基酸又は一酸鹽基の時には、一瓦分子量と一瓦當量とが全く相等しいから、溶液の濃度をモルであらはずも又規定であらはずも同じ数となる。但し多鹽基酸多酸鹽基の場合には一瓦分子量は  $n$  瓦當量となるのである。(此の  $n$  の数は一分子量中に液まれる H 又は OH の数である。此の事については何回と無く御話した事である) それであるから溶液の濃度をモルにて示したものを規定に改算するには此のモル数を  $n$  倍すればよい。逆に又溶液の濃度が規定で與へられたとし之をモルに改算するのは此の規定の数を  $n$  で割ればよい。 諸君は此事を器械的で無く、其眞の意味を徹底的に氣持よく理解する様にして貰ひたいのである。扱が少し脱線をしたが之から本問題の計算をしよう。

解 此の KOH 溶液が若し 1000 c.c. あつたとすれば、何瓦の KOH が含有せられて居る可きかといふに

$$\left(\frac{1.40}{25} \times 1000\right) \text{瓦} = 56.0 \text{瓦} \quad \text{となる。}$$

其處で此の溶液の濃度は………  $\frac{56}{56.108(\text{KOH の分子量})} = 1.0$  モルとなる。

此の溶液の濃度を規定にて示しても同じく 1.0N となるのである。  
 $\downarrow 1.3, 8, 12,$

問 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.49 瓦を 50 c.c. の水溶液の中に含有して居る稀硫酸の溶液がある、此の溶液は何規定硫酸であることを求めよ。

解 此の稀硫酸溶液 1000 c.c. の中には何瓦當量の H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> を含む可きかを計算すればよい。此の瓦當量数が即ち規定をあらは

す数と相等しい。

扱て 1000 c.c. の中に含む H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> の量は  $\left(\frac{0.49}{50} \times 1000\right)$  瓦となる。此の数を硫酸の一瓦當量でわればよい。

$$\left(\frac{0.49}{50} \times 1000\right) \text{瓦} + 49 \text{瓦} (\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ の一瓦當量}) = \frac{1}{5}$$

(此の 49 瓦といふ数は H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> の一瓦當量であつて H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> の一瓦分子量を 2 でわつた数である)

即ち此の酸の濃度は  $\frac{1}{5}$  規定である。(これを示すのに  $\frac{1}{5}N$  と書くを普通として居る) 言葉をかへて云へば此の硫酸の濃度は  $\frac{1}{5} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{10}$  モルである。

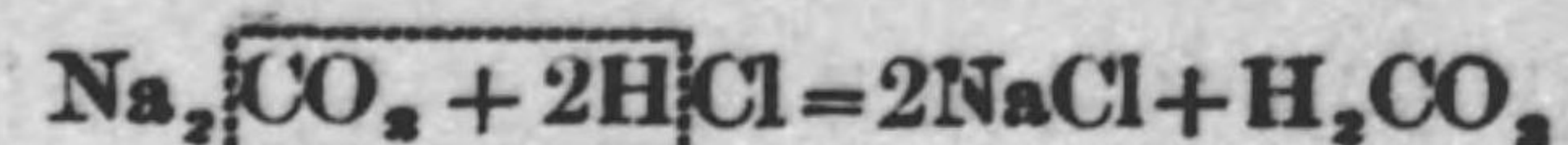
#### (8) 鹽酸又は硫酸溶液の濃度を定める方法

酸溶液の濃度を定めるには、濃度既知のアルカリ溶液を必要とするのである。此のアルカリの標準溶液としては KOH, NaOH, 又は Ba(OH)<sub>2</sub> の如き固體の一定重量をある容積の水溶液となしたるものを用ひる事が出来る譯である。然し此等の鹽基は純粋なるものが稀であるから、精確なるアルカリの標準溶液となす事はむづかしいのである。精確なるアルカリの標準溶液を作るには、化學上純粋に得やすき物質を選ぶ必要がある。一つ困つた事には OH のついて居る普通の無機化合物で純粋に作りやすいものは極めて稀である。然し OH は含有して居なくとも、OH を含有して居ると全く同様にアルカリとして作用する、しかも極めて純粋に得やすき物質がある。それは炭酸ソーダといふものである。炭酸ソーダには結晶水を含んで居るものと結晶水を含有して居らぬものとの二種あるが、アルカリの標準溶液としては、結晶水を含んで居らぬ無水の炭酸ソーダを用ひるのである。此のものの化學式は Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> であつて此の一分子はアルカリと



しては NaOH の二分子と相等しい作用をなすものである。即ち  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  は  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  の様に二酸鹽基として作用するものである。即ち此のものの一瓦分子量は 2 瓦當量のアルカリの作用をなすものである。斯く御話だけでは諸君も理解し難いから此處に一つ實驗を以て説明をする。此處に此の瓶の中に白い粉末がある、これは無水の炭酸ソーダである、此のものを大豆大位取つてこれを水 20 c.c. 程に溶解せしめる。此の中にメチルオレンジの溶液を 1 滴加へて置く、此の通り黄色になつて居る。此の中へ稀い鹽酸の溶液を徐々に加へて行くと最後に、一滴の事で黄→赤に變ずる様になる。

炭酸ソーダの代りに NaOH, KOH,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  等を用ひても同じ現象を見る事が出来る。此の時の變化は次の通りである。丁度  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  一分子が二分子の NaOH の様に作用する事がわかる。



純粹な無水炭酸ソーダの一定量を溶解して或一定容積の水溶液となしたる炭酸ソーダの規定溶液を用ひ、メチルオレンジを指示薬として、滴定法により、與へられたる酸の濃度を定める様にするのである。炭酸ソーダの規定溶液を豫め作らないで、必要のとき或適當量の  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  固體を秤量して、これをビーカーに入れ水に溶解し、これに指示薬を一滴加へて置いて、ビュレットより濃度を定めようと思ふ酸を徐々に滴下して、指示薬が黄→赤に變ずる點に達する迄に幾何 c.c. の酸を要したかを求め、計算によりて酸の濃度を定める事も出来る。

以上私が述べた事を理解するためには是非共次の計算問題を

諸君自ら行ふ必要がある。

問 無水炭酸ソーダ 0.1508 瓦を 25 c.c. の水溶液となしたるものは鹽基として何規定溶液であるか。

解 此の溶液 1000 c.c. の中には何瓦當量の  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  を含むかを求めればよい。1000 c.c. 中には  $\left(\frac{0.1508}{25} \times 1000\right)$  瓦の  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  を含む事になる。此の重量を  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  の一瓦當量即ち 53 瓦 ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$  の分子量は 106 である) で割ればよい。此の通り計算して 0.114 という数字が得られる。即ち此の溶液の濃度は 0.114 規定であると云ふ事になる。

問 此處に濃度未知の硫酸溶液がある。無水炭酸ソーダ 0.534 瓦を中和するのに此の硫酸溶液 12.34 c.c. を要した。此の酸の濃度は幾何であるかを計算せよ。

解 此の硫酸溶液 12.34 c.c. の中に含有せられて居る酸の瓦當量數と  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  の瓦當量數とが相等しいわけである。0.534 瓦の  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  は  $0.534 \text{瓦} \div 53 \text{瓦} (\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ の一瓦當量}) = 0.0101 \text{瓦當量}$  である。其處で 0.0101 瓦當量の硫酸が 12.34 c.c. の中に含まれて居る事がわかる。1000 c.c. の此溶液の中には  $\left(\frac{0.0101}{12.34} \times 1000\right)$  即ち 0.82 瓦當量の  $\text{H}_2\text{SO}_4$  を含む事となる。即ち此の硫酸の濃度は 0.82 N である。或は 0.41 モルである。

### (9) 重量分析法によつて、鹽酸又は硫酸の濃度を定むる方法

ビーカーに稀鹽酸を 1 c.c. 位入れ之れに水を加へて 10 c.c. 位にうすめ、此の中へ硝酸銀を水に溶解した溶液を一滴づつ、加へると直ちに白濁を生じ白い沈澱となりてビーカーの底へ沈んでくる。暫時放置すると此の白濁となつて居る溶液が稍々透明となつて







AgNO<sub>3</sub>のままで残るものである。此の時幾何瓦のAgClを生ずるものであるか。 $\frac{143.34}{36.468}$ 瓦のAgClを生ずるものである。今一つ次の問題を諸君自ら考へて貰ひ度い。HClとAgNO<sub>3</sub>との反応によりて鹽化銀2.5瓦を作るには何瓦の原料を要するかを求めよ。

$$\text{HCl の重量} \cdots \cdots \frac{36.468}{143.34} \times 2.5 = 0.64 \text{瓦}$$

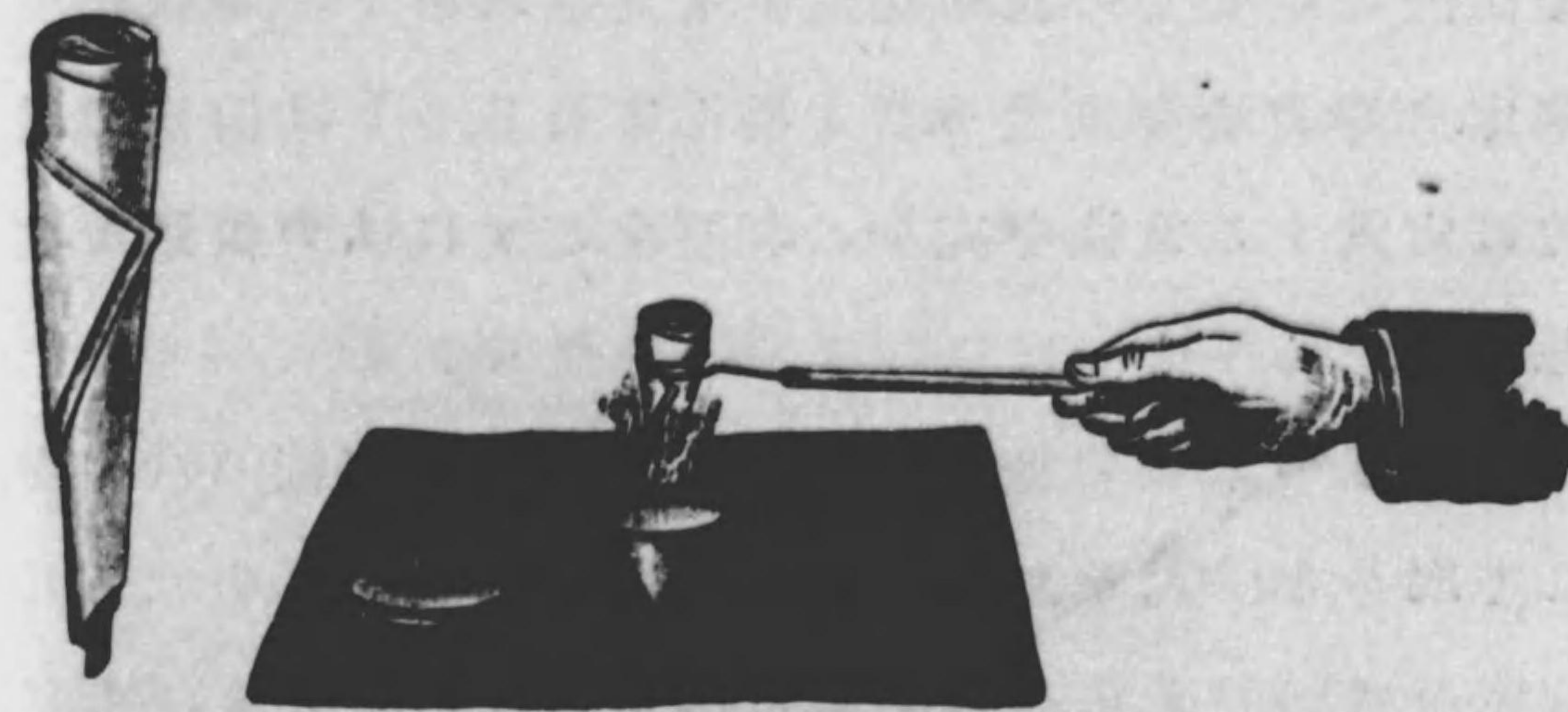
$$\text{AgNO}_3 \text{ の重量} \cdots \cdots \frac{169.89}{143.34} \times 2.5 = 2.97 \text{瓦}$$

の如くなるものである。以上の説明によりて、此の化學方程式の暗示して居る、數量の關係が明瞭に御了解になる事と信じて居る。

諸君、此化學變化を示す方程式が實驗の結果と一致するや否やを檢しようとするには如何にすればよいと思ふか、自分自身で、他の人の力をかりないで考へ出す必要がある。之を自分で考へて見ようともせず人の考へた結果を一覽する位の事では到底化學の妙味に觸れる事は覺束ない。さて其實驗法としてはかうである。鹽酸溶液の或一定容積 (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>にて滴定すれば酸の濃度がわる。酸の濃度と其容積がわかれば、HClの重量が定まる)を取り、之にAgNO<sub>3</sub>の濃度既知の溶液を注意して徐々に丁度HClと相反應し終る迄加へる。さうすればAgNO<sub>3</sub>の重量がわかる。又此の時生成せしAgClの重量は之を集めて、適當の方法によりて其重量を知る事が出来る。斯くすればHCl、AgNO<sub>3</sub>、AgClの三者の重量關係が實驗的に得られるのである。此反應に関する化學者の精密なる實驗の結果は、私が此處に諸君と共に豫想したる化學方程式によりて示したる結果と、全く相一致して居る事が明となつて居る。自分の考へた事柄の正否を、空想で無く、實驗によりてこれを確める事が出来る。又既知の知識を基礎として、これより未知の事實を推理する事も出来る、而して、此の推理の結果が既

に先輩化學者によりて行はれた精密な實驗結果と相一致する場合がある、其處で吾人は化學に興味を持たずには居られない。

扱てこれから、鹽酸と硝酸銀との化學反應に基づきて鹽酸溶液の濃度を定める方法を御話する。此處に濃度未知の鹽酸溶液があつたとする、此の一定容積をビベットにてビーカーへ取り次に此の中へAgNO<sub>3</sub>の溶液を加へてAgClの沈澱を生ぜしめるのである。AgNO<sub>3</sub>の溶液は、之を更に加へても白濁を生じない様になる迄加へるのである。HClに丁度過不足無く相當するだけのAgNO<sub>3</sub>を加へる必要は決して無い、丁度相當する量よりも1乃至2割位過剰に加へればよい。それから此の混合溶液を數分間煮沸せしめた後暫時放置するとAgClは凡て沈澱する様になる。次に之を濾



紙を以て濾過し、濾紙の上にAgClの沈澱を全部集

める様にする。此のAgClの沈澱の中には、尙AgNO<sub>3</sub>の溶液を含んで居るのであるから、之を水を以て數回洗滌して、AgClの沈澱のみと爲すのである。AgNO<sub>3</sub>の溶液が完全にAgClの沈澱より除去されたか否かを試験するには、此の洗滌溶液を1-2c.c.位とり此の中へ鹽酸を一滴加へて見て白濁の生成の有無を檢するのである。若し白濁を生じない時はAgNO<sub>3</sub>の溶液が沈澱より完全に洗滌し去られた事を示す。



此の沈澱は、そのまゝ、其濾紙と一緒に乾燥せしめた後なる可く全部之を黒い光澤ある紙の上へ移して置く。此の濾紙にはなほ少量のAgClが附着して居るから、これを小さく巻いて坩堝の中へ移し、これに點火して灰となさしむるのである。それから黒紙上のAgClの沈澱を此の坩堝の中へ移した後、之を天秤にて精確に其重量を秤量するのである。新しくして生成せしAgClの重量を定める事が出来る。AgClの重量がわかれば化學方程式より、始め其溶液中に存在したHClの重量を計算して求める事が出来る。始め此の實驗に供せしビベットの容積より、HCl溶液の容積がわかり、AgClの重量よりHClの重量が定まるからこれに依りて此のHCl溶液の濃度が決定せられる譯である。斯様に、ある物質に他の試薬を加へて沈澱を生ぜしめ、此の沈澱の重量を求めて初めの物質の重量を決定する方法を重量分析と稱して居る。HCl溶液の濃度を重量的に定量する方法を充分に理解する爲に次の問題を共に解いて見よう。

問. 此處に濃度の未知の鹽酸溶液がある。此の溶液 25 c.c. をビベットにて取りAgNO<sub>3</sub>を加へてAgClの沈澱を生ぜしめたるに、1.456 瓦の沈澱を得た。此の鹽酸の濃度は幾何であるか。

解. 此のAgClの沈澱に相當するHClの重量は

$$1.456 \text{ 瓦} \times \frac{36.468(\text{HCl})}{143.34(\text{AgCl})} = 0.371 \text{ 瓦} \text{ である。}$$

これだけのHClが25 c.c.の中に含まれて居るから、1000 c.c.に改算して見れば此の中に含まる可きHClの重量は

$$(0.371 \text{ 瓦} \div 25) \times 1000 \text{ である。}$$

之をHClの一瓦分子量で割れば1000 c.c.の溶液中にHClの何瓦分子量を含むかを求める事が出来る。

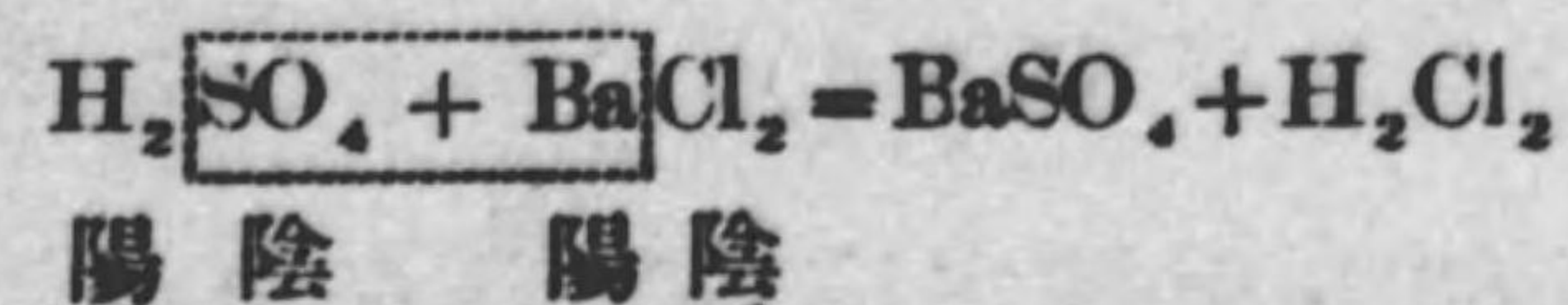
$$\frac{0.371}{25} \times 1000 \times \frac{1}{36.468} = 0.406$$

即ち此の鹽酸溶液の濃度は0.406モルである。或は此の鹽酸の濃度は0.406 Nである。又は此の酸は0.406規定溶液である。何れも同じ事を意味して居る。

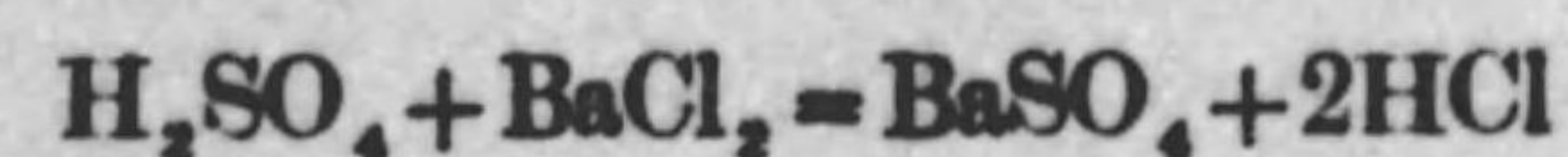
#### (10) 重量分析法によつて、硫酸の濃度を定める方法

前節に類似せる原理に基くものであるから、簡単に説明する事にする。諸君には、前節が充分によく理解されて居りさへすれば、私の此處に爲す簡單なる説明にても能く理解される事と私は安心して居る。先づ第一に此の方法の基く原理を理解するために必ず次の實驗を試みて貰はねばならぬ。

試験管に稀硫酸を1 c.c.位入れ、これに水を加へて5 c.c.位となし、此の中へ鹽化バリウム(BaCl<sub>2</sub>)の固體を水に溶解せしめたるものを少し加へて見る。さうすると直ちに白い沈澱が生じてくる。此の時生ずる沈澱は硫酸バリウム(BaSO<sub>4</sub>)といふものである。此の時起る化學反應は次の様に豫想せられる。



硫酸の中のHと鹽化バリウムの中のClとが結合して鹽酸(HCl)とならねばならぬ様に思はれるのに、方程式から一寸見ればH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>といふものが出来る様になつて、HClでは無い様に思はれる。私が化學を始めて學んだ頃には斯様の事に随分困つた事を記憶して居る。H<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>と書いてはならぬ、これは2HClと書かねばならぬ。其理由は鹽酸の分子式はHClであつてH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>では無いからである。其處で正しき方程式の書き方では





となる。

問題 此處に稀硫酸の溶液がある。今此の濃度を定める目的を以て、此の溶液 10 c.c. をピペットでビーカーの中へ移し、此の中へ鹽化バリウムの溶液を加へて硫酸バリウムを沈澱せしめ、此の沈澱の重量を秤量して 1.826 瓦を得た。此の硫酸の濃度は幾何規定であるか。

解 此の  $\text{BaSO}_4$  の目方に相當する  $\text{H}_2\text{SO}_4$  の重量を A 瓦とすれば

$$A = 1.826 \times \frac{98.0(\text{H}_2\text{SO}_4)}{233.4(\text{BaSO}_4)} \text{ となる。}$$

ある溶液の濃度を計算するには、必ず先づ第一にその溶液が 1000 c.c. あるとして、此の 1000 c.c. の中に含有して居る物質の瓦モル數又は瓦當量數を求める事に着目せねばならぬ。

其處で其硫酸溶液 10 c.c. の中に  $\text{H}_2\text{SO}_4$  を A 瓦含んで居る事が決定せられたのであるから、1000 c.c. の溶液中には  $\left(\frac{A}{10} \times 1000\right)$  瓦の  $\text{H}_2\text{SO}_4$  が含まれて居る事になる。此の重量を  $\text{H}_2\text{SO}_4$  の一瓦當量  $(49 \text{ 瓦} = \frac{1}{2} \text{H}_2\text{SO}_4)$  で割れば 1000 c.c. 中に含まれる  $\text{H}_2\text{SO}_4$  の瓦當量數 (n) が求められる。即ち何規定溶液であるかがわかる。

$$n = \frac{A}{10} \times 1000 \times \frac{1}{49} = 1.826 \times \frac{98}{233.4} \times \frac{1000}{49} \times \frac{1}{10} = 1.56$$

即ち此の硫酸溶液の濃度は 1.56 規定である。又は濃度をモルで示すとせば  $\frac{1.56}{2}$  モル となる。

### (11) 本章の要項

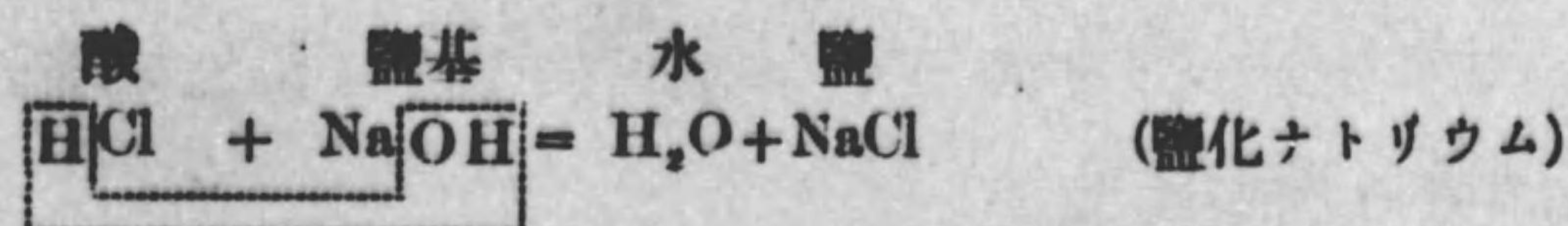
鹽酸 ( $\text{HCl}$ )、硫酸 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )、硝酸 ( $\text{HNO}_3$ ) 等は化學上重要な酸である。此等は何れも青い試験紙を赤色せしめる即ち酸性反應を呈する。何れの酸も必ず例外無く H を含んで居る。酸性反應を呈するのは此の H の爲である。

苛性ソーダ ( $\text{NaOH}$ )、苛性カリ ( $\text{KOH}$ )、水酸化バリウム ( $\text{Ba}(\text{OH})_2$ )、水酸化アンモニウム ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) 等は何れも赤い試験紙を青變せしめる、即ちアルカリ性反應を呈する。此等はリトマス試験紙に対しては、酸と正反對の作用をなすものである。此等を鹽基又はアルカリと稱して居る。何れの鹽基も必ず例外無く OH を含んで居る。アルカリ性反應(鹽基性反應ともいふ)を呈するのは此の OH の爲である。

酸の中へ鹽基を、又は鹽基の中へ酸を加へると、此等は直ちに化學反應を起して鹽といふものを生ずる。鹽は赤青のリトマス試験紙の何れをも變色せしめない、これを中性反應と稱して居る。鹽が中性反應を呈する譯は、その中に酸性反應を生ずる H、及びアルカリ反應を生ずる OH を含有しないからである。酸と鹽基とが作用して鹽を生ずる事を中和と稱する。中和といふ事は酸の中の H と鹽基の中の OH とが結合して  $\text{H} + \text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{O}$  の如く  $\text{H}_2\text{O}$  を生ずる反應の事である。

酸と鹽基とは必ず一定の重量の割合で化合するものである。此の一定の割合よりも若し何れか一方例へば酸の方が多い時は此の混合溶液は酸性反應を呈する、又逆に鹽基の方が多い時には、アルカリ性反應を呈するものである。此の一定の重量の割合に達して居る時には酸性又はアルカリ性反應の何れをも呈しない。酸と鹽基とが化合する時の重量の割合は化學方程式によつて示されるものである。今鹽基の中和反應を方程式にて示して見る。

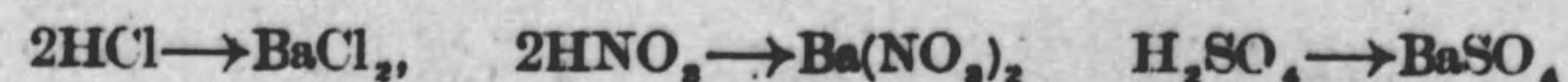
#### (A) 鹽酸と苛性ソーダ





- (B) 鹽酸と水酸化アンモニウム  
 $\text{HCl} + \text{NH}_4\text{OH} = \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_4\text{Cl}$  (鹽化アンモニウム)
- (C) 硝酸と苛性カリ  
 $\text{HNO}_3 + \text{KOH} = \text{H}_2\text{O} + \text{KNO}_3$  (硝酸カリウム)
- (D) 硫酸と水酸化アンモニウム  
 $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NH}_4\text{OH} = 2\text{H}_2\text{O} + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (硫酸アンモニウム)
- (E) 硫酸と苛性ソーダ  
 $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} = 2\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{SO}_4$  (硫酸ナトリウム)
- (F) 鹽酸と水酸化バリウム  
 $2\text{HCl} + \text{Ba}(\text{OH})_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{BaCl}_2$  (鹽化バリウム)
- (G) 硝酸と水酸化バリウム  
 $2\text{HNO}_3 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  (硝酸バリウム)

酸と鹽基との中和に依りて生ずる鹽は酸の中のHを金屬にて置換したものと見做す事が出来る。例へばHClの中のHを金屬ナトリウムにて置換すればNaCl, 又金屬カリウムにて置換すればKCl, を得るが如きである。鹽の化學式は、其金屬の原子價が知られて居れば直ちに推定が出来る。例へばHCl, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>等のHを金屬バリウムにて置換しようと思ふ場合は、バリウムの原子價は2價であるからBa一原子はH二原子と置換する様にせねばならぬ。其處で此等の酸のバリウム鹽の化學式は



の如くなる。

酸と鹽基とを作用せしめる時此等が中和せるや否やを検する試薬を指示薬と稱して居る。指示薬は酸性の時と鹽基性の時とによりてその色を異にせねばならぬ。普通實驗室に用ひる指示薬は、フェノールフタレン(中性酸性の時は無色, アルカリ性時は紅色), メチルオレンジ(中性, アルカリ性時は黄色, 酸性時は赤色)等である。

酸の濃度既知溶液を用ひて、アルカリ溶液の濃度を、又アルカリ溶液の濃度の定つて居る溶液を用ひて、酸溶液の濃度を定める事が出来る。此の實驗に於ては、濃度の定まつて居る方の溶液の一定容積をビベットにて取り此の中へ指示薬を加へて置いて、此の中へ、今濃度を定めようと思ふ溶液をビュレットより加へて、其指示薬の變色する迄に要する此の溶液の容積を定めるのである。又は逆に濃度を定めようと思ふ其溶液の一定容積の中へ、濃度既知の溶液をビュレットから加へて、中和する迄に後者の溶液の幾何c.c.を要するかを定めるのである。此の實驗に於ては容積を求めて、酸又は鹽基を定量するのであるから之を容量分析と稱する。

酸鹽基の中和實驗に於ては、酸のHと鹽基のOHとがH<sub>2</sub>Oとなる事であるから、酸の種類が色々異つてゐても、同じ目方のHを含有して居るだけの量は酸としての作用は何れも相等しいわけである。其處で此等の量を互に當量であると稱して居る。又鹽基についても同様で、OHについて、之を含有してゐる重量が相等しい種々なる鹽基の量は鹽基として何れも相等しい作用を呈するわけであるから、此等の量を當量であると稱して居る。

酸について、Hの1瓦原子量即ち1.008瓦を含むだけの酸の重量を酸の一瓦當量と稱し、鹽基についてOHの17.008瓦を含むだけの鹽基の量を鹽基の一瓦當量と稱して居る。酸のn瓦當量といふ事はHのn瓦原子量即ち(n×1.008)瓦のHを含むだけの酸の重量の事である。鹽基のn瓦當量とはOHについて(n×17.008)瓦を含むだけの鹽基の重量の事である。

一般に1000c.c.の溶液の中に1瓦分子量の物質を含む溶液を1



モル溶液と稱して居る。Aモル溶液といふ事は1000 c.c.の溶液中についてA瓦分子量の物質を含む溶液の事である。

1000 c.c.の溶液中にa瓦當量の酸、又は鹽基を含む溶液をa規定溶液と稱する、之を記すのにaN溶液と書くを普通として居る。

溶液の濃度といふ事は溶液の中に溶解して存在してゐる物質の重量の大小の程度を示す言葉である。化學に於ては、物質を溶解して含んで居る溶液と溶液とを反應せしめる場合が多いから、此の溶液のどれだけの容積の中に幾何瓦の物質が溶解して存在するかといふ事を知つて置く必要がある。溶液中に溶解してゐる物質の重量の大小の程度、換言すれば溶液が濃厚であるか稀薄であるかといふ程度を知つて置く必要がある。此の程度をあらはすのに濃度といふ言葉を用ひてゐる。

溶液の濃度をあらはすのには、成る可く化學の研究上便利の多いあらはし方が必要である事は何人にも氣のつく事である。例へば此處に鹽酸と硫酸との溶液があつたとする。此の兩溶液の濃度をあらはすのに、100 c.c.の容積の中に何瓦の酸が含有せられて居るかといふ事、言葉をかへれば100 c.c.の容積中に含有せられる酸の瓦數を以てしたとする。これは化學上極めて不便な濃度の表し方と云はねばならぬ。何となれば100 c.c.の中に1瓦のHClと、 $H_2SO_4$ とが溶解してゐる二つの溶液がある時、此時の二溶液は酸としては決して其作用が相等しくはない。鹽酸の方が $H_2SO_4$ よりも酸としては濃厚な事になる。即ち此の鹽酸は1000 c.c.中には $(\frac{10}{36.47})$ 瓦當量のHClを、此の硫酸は1000 c.c.中に $(\frac{10}{49})$ 瓦當量の $H_2SO_4$ を含んで居るから、つまりHClの方が $H_2SO_4$ よりも酸としては $(49 \div 36.47) = 1.34$ 倍 丈濃厚になる譯である。

溶液の或一定容積の中に何瓦當量の酸が溶解して居るかといふ數、換言すれば、その中に含有される酸の瓦當量數を以て濃度をあらはす事にすれば、同じ濃度の酸の溶液の、同じ容積については酸としての作用は、其の酸の種類如何に關せず相等しくなるものである。又濃度を示すのに此の單位を用ひる時は酸アルカリの定量の時には次の便利がある。

(1) 酸の或瓦當量數とアルカリの同じ瓦當量數とが丁度過不足無く中和するものであるから、酸又はアルカリを定量する目的を以て中和實驗を行ふ時に、

$$\frac{\text{酸溶液の容積}}{\text{アルカリ溶液の容積}} = \frac{\text{アルカリ溶液の濃度}}{\text{酸溶液の濃度}}$$

の如く、實驗に要せし容積の比が、濃度に反比例する事になるのである。故に酸とアルカリ溶液の c.c. 數の比と何れか一方の溶液の濃度より直ちに未知の溶液の濃度を極めて簡単に求める事が出来る。

又溶液の濃度を示すのに次の表し方もある。溶解してゐる物質の分子の數を比較するのに都合のよい様に選んだ濃度の示し方である。これは1000 c.c.の溶液の中に溶解してゐる物質の瓦分子數を以て濃度をあらはす方法である。溶液1000 c.c.中に1瓦分子量溶解してゐる時の濃度は1モルと稱するのである。同様にして1000 c.c.の中に $\frac{1}{10}$ ,  $\frac{1}{100}$ , n瓦分子量が溶解してゐる溶液の濃度はそれぞれ $\frac{1}{10}$ ,  $\frac{1}{100}$ , nモル溶液と稱するのである。

1モル溶液1 c.c.の中に含まれて溶解してゐる物質の分子數は、其物質の種類に關せず常に相等しくなるわけである。又此處に甲乙二つの溶液があつて甲の濃度はaモルで其容積はn c.c.ある、乙の濃度はbモルで其容積はm c.c.である、然らば此甲乙兩溶液中



に含まれてゐる物質の分子数の比は幾何になるかといふに、

$$\frac{\text{甲の分子数}}{\text{乙の分子数}} = \frac{a \times n}{b \times m}$$

の如くなる。これは溶解して居る物質の種類に関係しないのである。

HCl, HNO<sub>3</sub> の如く一分子量中に H 1 個を含む酸を一鹽基酸と稱し、H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> の如く H 2 個を含む酸を二鹽基酸と稱する。一鹽基酸に於ては一瓦分子量と一瓦當量とが相等しい、従つて 1 N 溶液と 1 モル溶液とは相等しい濃度になる。二鹽基酸に於ては一瓦分子量は 2 瓦當量となる、従つて 1 N 溶液の濃度は 1 モル溶液の濃度の  $\frac{1}{2}$  となる。其他多鹽基酸鹽基について一酸鹽基二酸鹽基多酸鹽基等の意味を説明して置いた。

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> を以て酸の濃度を定める容量分析方法を説明して置いた。Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 一分子は NaOH の二分子の如くに、酸に對しては作用する事を述べた。

HCl の中へ AgNO<sub>3</sub> を加へれば AgCl の沈澱を生ずる。此沈澱の重量を決定すれば初めの HCl 溶液の濃度を定める事が出来る。H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> に BaCl<sub>2</sub> を作用せしめれば BaSO<sub>4</sub> の沈澱を生ずる。此沈澱の重量より初めの H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> の量を定める事が出来る。斯くの如く溶液の中へ或る物質を加へて沈澱を生ぜしめ、此重量を秤量して物質の重量を定める方法を重量分析法といふのである。

## 第六章

### ハロゲン元素

これから私は諸君と共に、元素の週期律表を利用して化學を學び度いと思ふ。先づ第一に此表の第七族に屬する元素より化學の話始める事にする。第七族に屬する元素の中弗素 (F)、鹽素 (Cl)、臭素 (Br)、沃素 (I) の四元素をハロゲン元素と稱して居る。此等四元素は其性質が非常に相類似して居るものであつて、一家族の兄弟とも見做す可きものである。此等元素の性質及び其化學變化を一つ一つ斷片的に學ぶといふ事は興味の少い事である。化學教育の上からは、出来る限り僅かの知識を基礎として、出来る限り多くの事項を推理し得る様、理解し得る様に努力すべきである。幸に此の同種元素の中には、此族の代表的の性質を示すものがあつて、之に就いて其性質、反應を研究して置けば、他の元素の性質、反應が大體に於て推理的に誘導せられるといふ面白い事實があるのである。この代表的性質を示すものは何であるか。一家族の兄弟に就いて見るも此等兄弟の代表的性質を示すものは、必ずしも長男又は長女では無い、次男又は次女がよく代表的性質を示す事を、吾人は經驗するものである。此事より類推して、此のハロゲン元素の代表的性質を示すものは第一番目の弗素では無く、第二番目の鹽素である事に氣付くであらう。其處で私は鹽素及び其化合物に就いて出来る限り丁寧に化學の御話をする。先づ此事に就いて充分理解して置き、他の元素の性質、反應等はなる



可く之より、推理的に學んで行くやうにする積りである。諸君、化學變化を考へる時に於ては、僅かの、但し確實なる智識を基礎として、未知の變化を、出來得る限り推理的に學ぶ様にして貰ひ度いのである。私が此書を公にする決心をした動機は、私の化學教育上の方針、即ち我國の學生をして化學を推理的に學ばしめる様にした、といふ所にある。今日世に公にせられたる無機化學の書籍の大部分が化學を暗記的器械的に取扱つて居る爲、我國の人は無意識の間に無機化學といふものは新様に、事實を断片的に書きならべた暗記的の學問であるかの様に誤解して居るのである。

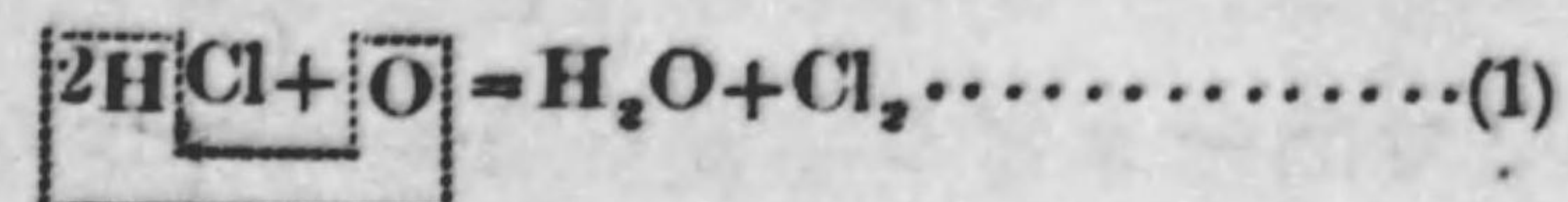
實に實に寒心に堪へない遺憾至極である。私は學生に化學の講義をする時、又あちこちの教員講習會等に於いて、機會のある毎に化學の基礎である此無機化學に於ては、化學變化といふものは、推理的に學ぶべきものである事を熱心に主張して居るものである。此書を化學を學ぶ始の人の爲に、又昨年東京内田老鶴園より出版した「高等教育無機化學の基礎」を化學を教授せられる人の爲に書いたのも、實は今日迄暗記的に断片的に無味乾燥の學問として取扱はれて居つた無機化學を、學生をして推理的に學ばしめ以て化學教育の能率を増進し度いと考へた爲である。

### (1) 鹽素を作る時の化學變化の解釋

全國いたるところの小學校、又中學校、其の他化學を教授する凡ての學校において、鹽素の話をする時、其製法としては直ちに(1)二酸化マンガンを鹽酸、又は(2)二酸化マンガンを食鹽硫酸の三つの混合物(食鹽と硫酸とを加へると鹽酸が出来るから)を熱して作る事を述べてある。學生はこれをその儘暗記してをるのである。何故に二酸化マンガンを使用するか、又鹽酸を使用するかといふ

事については追及して居らぬ様である。鹽素の化合物で最も其價が安く、手近のものは、鹽化ナトリウム(食鹽の事、NaCl)又は鹽酸(HCl)である。此等化合物の中で鹽素以外のものを除去する方法を工夫すれば、鹽素の製法となる譯である。其處で今 HCl を原料として之より鹽素を作る方法を諸君と共に考へて見度い。

HCl 中の H を除去すればよいのであるから HCl と酸素とを作用せしめたら如何であらうか。酸素は水素二原子と結合するものであるから



の反應が起るかも知れぬと豫想せられる。其處で試験管の中へ鹽酸(鹽酸とは御承知の通り HCl 瓦斯が水に溶解して居るもの、事である)を少し入れ、此の中へ酸素(空氣でもよい)を通じて見ると、少しも鹽素の生ずる事は見られない。然しながら此時は HCl と O とは果して全く反應しないものであらうか、又反應はするが普通の溫度では其反應の速度が非常に遅い爲、反應しない様に見えるのではないだらうか、もし溫度を高くすれば此反應が明かに起つて來るのでは無からうか。HCl と O との混合瓦斯を熱した管の中を通すと容易に(1)の方程式にて示す反應が起つて、鹽素が生ずるといふ事は實驗上認められて居る事である。或狀態に於て、化學反應が極めて微量ではあるが反應が起つてゐると解釋すると、反應が全く起つて居らぬと解釋するのは、外見上殆んど同様であるが、其内容に於ては非常に差異がある。此處に二尺の小供があるとし、此の小供の身長は一秒間の如き僅かの時間ですら極めて微量の程度ではあるが、生長しつつあるのである。しかし外見上は全く生成しない様に見えるものである。化學反應といふ



ものは斯様に温度の高低で著しく差異を生じて来るもので、常温度に於て其反應する速さの非常に小なものでも、其温度を上昇せしめると早く反應する様になるものである。

扱て常温度に於ても充分に、(1)の化學變化を起させる様な方法は無からうか。そこで此問題に答へる前に先づ、過マンガン酸カリウム( $\text{KMnO}_4$ )と鹽酸との化學變化を考へて見ようと思ふ。此の反應を解釋する目的は次の化學上重要な事項を諸君に理解して貰ふ爲である。

(1)化合物の中で酸素を含んで居る鹽は如何なるものでも、金属と酸素と化合したもの、即ち金属酸化物と、非金属と酸素と化合したもの、即ち非金属酸化物との二つの部分より構成されるものである。此金属酸化物は水に觸れると鹽基(アルカリ)を生ずるものがあるから、鹽基をつくる酸化物といふ意味を含ませて、之を鹽基性酸化物と稱する。非金属酸化物は水と作用すると酸を生ずるものであるから、酸をつくる酸化物といふ意味を含ませて、酸性酸化物といふ。そこで酸素を含有して居る鹽は鹽基をつくる部分と酸をつくる部分とより成立するものと見做す事が出来る。

(2)酸素を含んで居る鹽に、或物質を作用せしめる時起る可き化學反應を考へるのには此鹽の成分たる、鹽基性酸化物、酸性酸化物の各々に別々に、其物質が作用するものと考へればよい。

(3)高い原子價の酸素化合物は、より低い原子價の化合物にうつらうとする傾向を有して居るものである。其處で此の際其酸化物中の一部分の酸素を失はんとする傾向のあるものである。今酸素と化合する傾向のある物質を此の酸化物に接觸せしめれば、直ちに此等の二つの物質は相反應する様になるものである。換

言すれば、酸素を失はんとする傾向のある物質と、一方には酸素と結合しようとする傾向のある物質とを相接觸せしめれば、兩者は互に相反應する様になるものである。實に妙味のある變化である。HCl中のHを除去するには、HClに酸素を失はんとする傾向のある物質を作用せしめればよい事になる。酸素を失はんとする傾向の大なる物質ほど他物を酸化する力が強いといふ事になるのである。

扱て  $\text{KMnO}_4$  は過マンガン酸 ( $\overset{\text{K}}{\text{KMnO}_4}$ ) といふ酸を KOH にて中和して得たものと見做す事が出来る。次に過マンガン酸(私は未だ見た事も無い)は水とマンガンの酸化物とより成立するものと見做す事が出来る。  $\text{HMnO}_4$  より  $\text{H}_2\text{O}$  を除去して見ればマンガンの酸化物の化學式がわかる。  $\text{HMnO}_4$  の一分子より  $\text{H}_2\text{O}$  は除去されないから此の二分子より  $\text{H}_2\text{O}$  を除去して見れば次の如く  $\text{Mn}_2\text{O}_7$  となる。



此の  $\text{Mn}_2\text{O}_7$  といふ酸化物は之に水を加ふれば過マンガン酸となる可きものである。



故に、 $\text{Mn}_2\text{O}_7$  なる酸化物は水を作用せしめれば酸となるものであるから、此の意味を含ませて、無水過マンガン酸というてよい。斯様に酸といふものは無水酸と水とより成立するものと見做す事が出来る。此等の事に就いては後章に於て反覆述べる機会があらう。

つまり  $\text{HMnO}_4$  たる酸は  $\text{H}_2\text{O}$  と  $\text{Mn}_2\text{O}_7$  なる酸化物とより成立するものと分解して考へる事が出来る。KOH も之に類似して



H<sub>2</sub>Oとカリウムとの酸化物とより成立するものと分解的に考へられさうなものである。

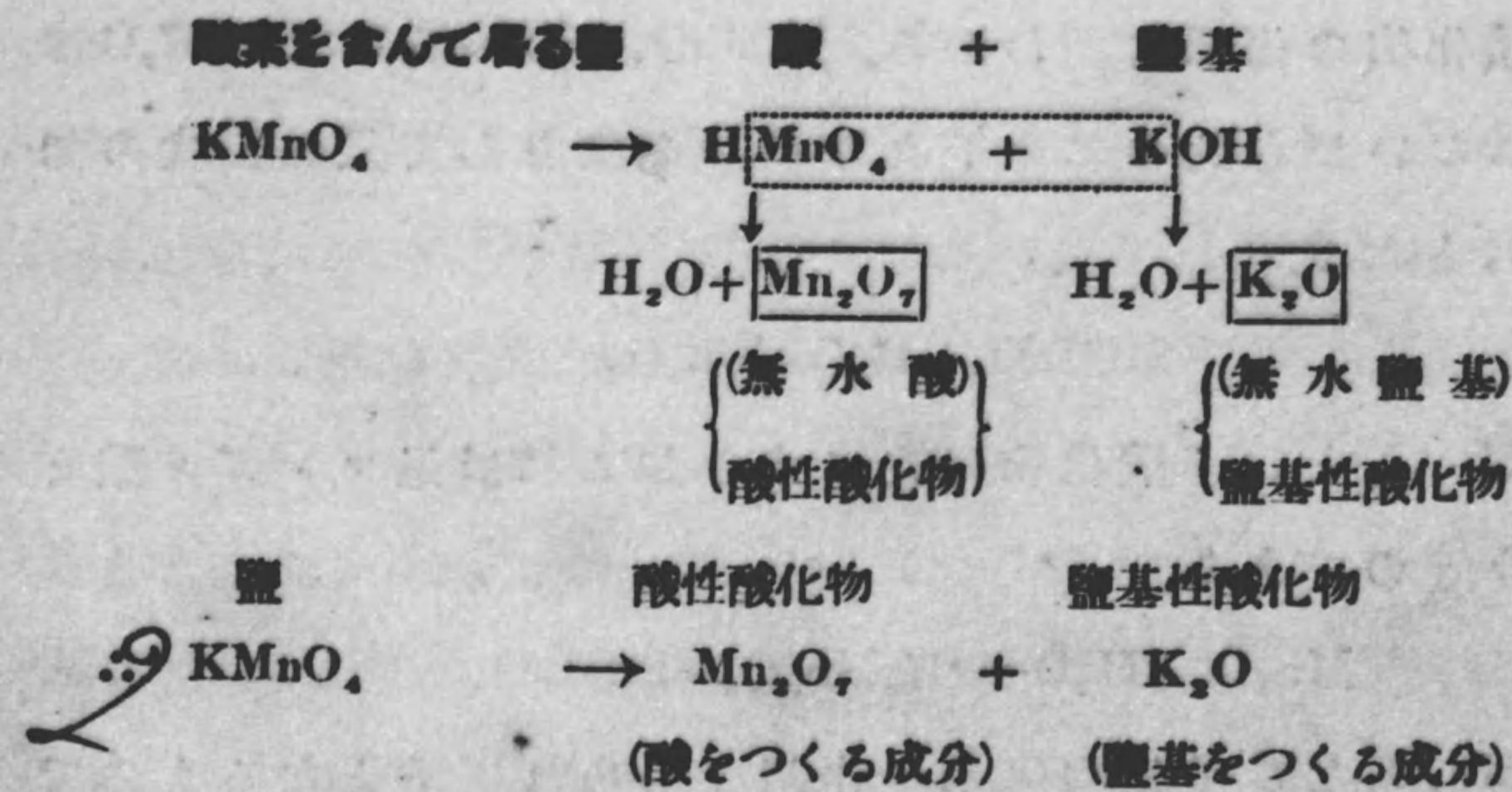


即ち KOH は K<sub>2</sub>OたるKの酸化物とH<sub>2</sub>Oとより成立すると見做す事が出来る。此のK<sub>2</sub>Oなる部分は之に水が作用すれば



の如く KOH を生ず可きものである。其處でK<sub>2</sub>Oは無水苛性カリと稱してもよい、此の如く水と作用して鹽基(アルカリ)を生ずる酸化物を鹽基性酸化物といふのである。

今迄述べた事を表で示すと KMnO<sub>4</sub>なる鹽の成分が理解しやすい。



以上の事は、鹽といふものは酸と鹽基との中和で出来たものであるといふ諸君のよく知つて居られる基礎的事實に基いて、鹽と酸をつくる酸化物と、鹽基をつくる酸化物との兩成分に分解して考へたのである。

KMnO<sub>4</sub>なる鹽を直接に、鹽基性、酸性の兩酸化物に分解して見る方法を次に御話しよう。Kの酸素に対する原子價は1である

から(表紙裏週期律表参照KとOとの化合物はK<sub>2</sub>Oである可きである。KMnO<sub>4</sub>よりK<sub>2</sub>Oを除去すれば酸をつくる部分の酸化物が得られる。前者の一分子より後者の一分子を引く事は出来ない、前者の二分子が必要である。即ち2KMnO<sub>4</sub>-K<sub>2</sub>O=Mn<sub>2</sub>O<sub>7</sub>の如くしてMn<sub>2</sub>O<sub>7</sub>を得るのである。諸君次の様な事が知り度くはないか。』

如何なる元素の酸化物が、鹽基性酸化物となり、又如何なる元素の酸化物が酸性酸化物となるものであるかといふ事について。

酸素に対する原子價の小なる元素の酸化物は鹽基性酸化物をつくり、原子價の大なる元素の酸化物は酸性酸化物となる場合が多いのである。さうとすれば、元素の酸素に対する原子價の大小を知る方法は無からうか。第三章に述べた元素の週期律の表を利用すれば一目して解るのである。其時にて述べて置いた事であるが、週期律表に於て、第一族といふのは酸素に対する原子價の1價の元素の事である。第三族の元素といふのは酸素にたいする原子價3價のものである。要するに、週期律の第一、第二、第三……といふ族の番號をあらはす數と、酸素にたいする原子價とが相一致してゐるのである。其處で週期律表の上に於て、第一、第二族の如き左の方に位する元素の酸化物は鹽基性酸化物となり、第五、六、七族の如き右の方に位する元素の酸化物は酸性酸化物となるものである。宇宙間の現象は非連続的では無い。連続的であるといふこの眞理を基礎とするならば、元素の酸化物が週期律表の位置によりて漸次鹽基性酸化物→酸性酸化物に變化する際或點より急激に正反對の性質を帯びたものに變化するとは思はれぬ。中間の元素に於ては鹽基性、酸性の兩方の性質を示す様にな

160  
28

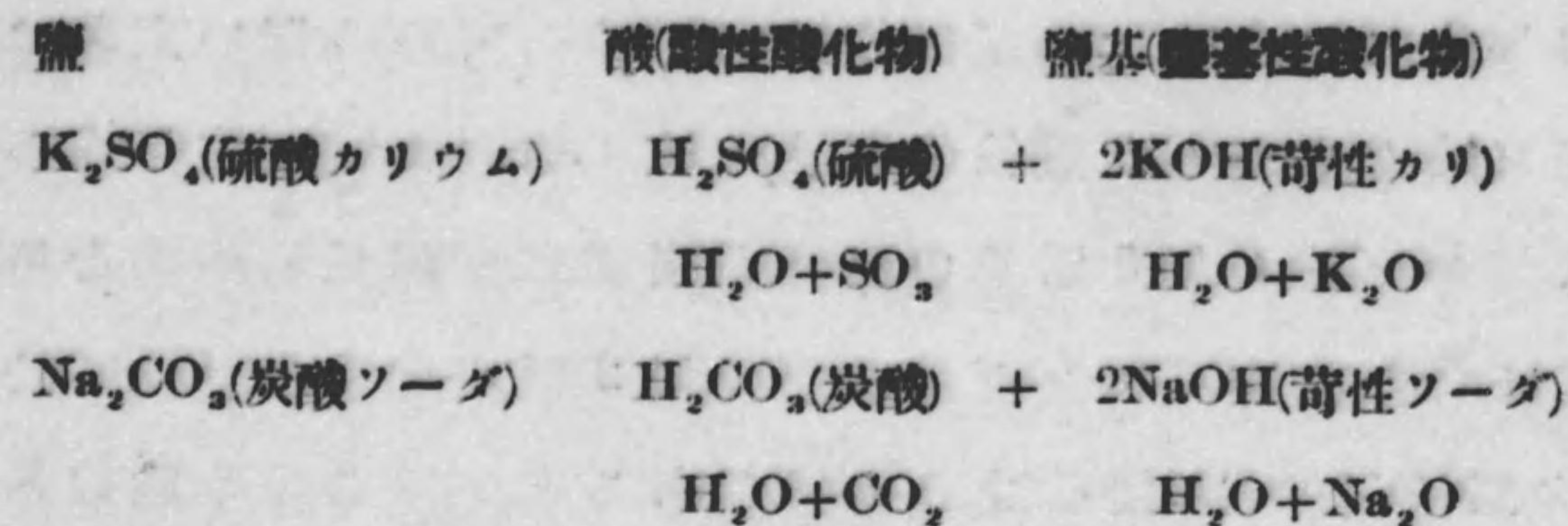


りさうなものと豫想せられる。此豫想は事實と一致して居るものである、此事については後章に於て述べる事があるであらう。尙深く考へて見るのに、週期律の第一族元素に於ては、此等元素の酸化物は鹽基性酸化物の性質のみで痕跡の程度に於てすら酸性酸化物の性質は無いかといふに、さうではない。極めて、極めて僅かには、酸性酸化物の性質があるであらう。第二族の元素に於ては、第一族の元素よりも、其酸化物の鹽基性酸化物としての性質が稍々弱くなり、酸性酸化物としての性質が少しは増して來て居る(但し全體としては勿論鹽基性酸化物である)と考へるのである。漸次週期律表の左より右へ進むに従つて鹽基性の性質を減じ酸性の性質を増加するものと考へられるのである。扱て話が非常に脱線をしたが本論にたちもどらう。處でも一つ申し度い事がある。諸君酸素は宇宙間に最も廣く分布して居るもので我々人間の居住する地球表皮の目方の $\frac{1}{2}$ は酸素である。酸素の化合物が最も種類の多い事を御話して置いた事がある。其處で此酸素と他の元素との化合したものを觀察するに、週期律表上の左方の元素の酸化物は鹽基性で、右方の酸化物は酸性である。そして此等正反對の性質ある酸化物を作用せしめれば酸性、鹽基性の何れの性質をも呈さない鹽を、生ずるものである。宇宙間にある物質の中、酸素の化合物が最も其種類が多い。此酸素化合物の根本は酸性酸化物、鹽基性化物である。即ち酸、鹽、基、鹽なる三つのものは化學の根本をなすものである。私が第四章をくどく講述したのは、少しでも酸、鹽、基、鹽といふ事について不理解の點があると、化學の基礎を學ぶ上に非常に障害になるからである。

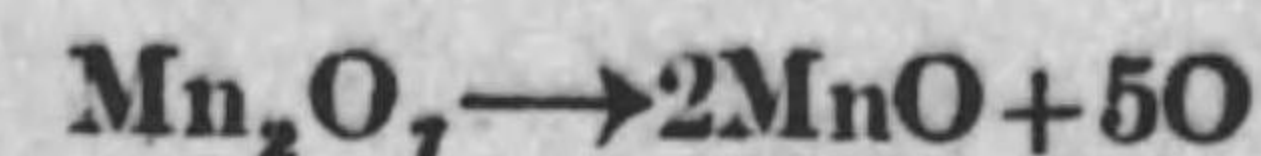
元素の週期律表上の位置によりて、此酸化物が酸性、鹽基性の何

れであるかといふ事がわかるのである。

酸素を含有して居る鹽は凡て例外なく、鹽基性、酸性の兩酸化物より成立するものと見做す事が出来る。今次に一二の例をあけて見る。



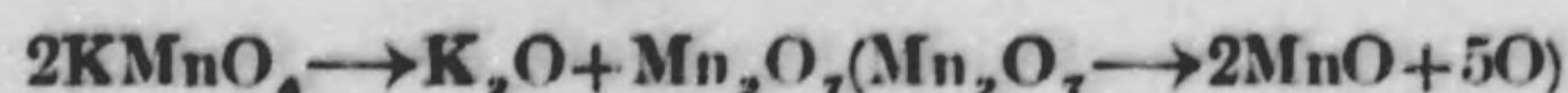
さて本論に歸り、 $KMnO_4$ とHClとの反應を考へる事にする。 $2KMnO_4 \rightarrow K_2O+Mn_2O_7$ の如く鹽基性、酸性の兩酸化物に分解して考へて見る事迄話して置いた。扱て $Mn_2O_7$ なる酸素化合物に於て、マンガン(Mn)の原子價は7價である。原子價の高い化合物は原子價の低い化合物に移らうとする傾向のあるものである。これはマンガンに限らず一般的の事である。扱て多くの化學者の實驗上の事實より次の事が明かとなつて居る。酸性溶液に於ては原子價2價のマンガン化合物が安定である、換言すれば凡てのマンガン化合物は酸性溶液に於ては其原子價が2價の化合物に移らうとする傾向を有して居るのである。此性質を加味して之を式にて示すのには



と書くのである。化學を初めて學ぶ時には容易に此の書き方の意味が理解し難いものである。以上の説明を熟讀してシンミリと考へれば其意味がわかつて來る。少し時間をかけて式の書き方の意味を理解して貰ひ度い。一通り通讀しただけでは困る。



以上述べた事を一括すれば次の様になる。

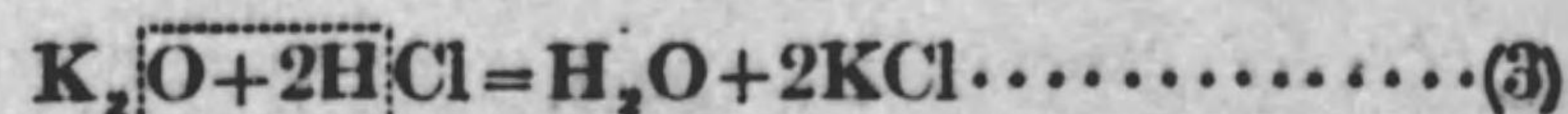


即ち此式の意味(此式が我等に暗に示してゐる深い意義は、過マンガン酸カリウムが酸性の溶液に於て、他の物質に作用する場合には、其2分子より5原子の酸素が出て、之が爲又他の物を酸化する様になる、そしてマンガンは原子價2價の化合物(MnOに於てはMnの原子價は2)に變化するものであると。そこで本論のKMnO<sub>4</sub>とHClとの反應を考へて見る。そしてKMnO<sub>4</sub>をかくの如く分解して考へた意味を無意識のうちに理解して貰ひ度い。) 11.5.19

KMnO<sub>4</sub>にHClを作用せしめる時起る可き化學變化といふものは(KMnO<sub>4</sub>)を新しく分解して考へた、其各の成分に別々にHClが作用するものと考えらるのである。即ちK<sub>2</sub>Oは鹽基性酸化物であるから、之が先づ水と作用して(鹽酸といふものはH<sub>2</sub>Oの中にHCl瓦斯を吸収せしめたものであるから、鹽酸を作用せしめるといふ事はH<sub>2</sub>OとHClとの共同作用の事を暗示してゐる)K<sub>2</sub>O+H<sub>2</sub>O→2KOHの如く、KOHとなる。このものがHClと作用すると中和反應を生ず可きである。



少し考へればK<sub>2</sub>Oは無水の鹽基(アルカリ)であるから、之が直接鹽酸と中和反應を起すと見てもよい。即ち



(勿論 此K<sub>2</sub>O→2KClなる化學反應の内容は、K<sub>2</sub>Oが鹽酸の中の水と作用してKOHとなり、これがHClと中和したのである)

なる。それからMnOの部分はHClと如何なる反應を起す可きであるか。元素の酸素に對する原子價の低い時はこの酸化物は鹽基性酸化物となるものである事を御話して置いた。其處でこのMnOは鹽基性酸化物であらうと豫想される。鹽基性酸化物か否かは如何にすれば試験が出来るか。鹽基性酸化物ならば水を加へて見ればアルカリとならねばならぬ。例へば此處にK<sub>2</sub>Oといふものがある。之に水を加へれば直ちに溶解して、赤い試験紙を青變する反應即ちアルカリ性反應を呈する様になる。KOHを生ずるからである。又此處に生石灰といふものがある、其化學成分はCaOである。之を水に作用させると、僅かしか溶解しないが此の溶液は明にアルカリ反應を呈する、之 CaO+H<sub>2</sub>O→Ca(OH)<sub>2</sub>の如く鹽基を生ずるからである。此處にMnOなる化學成分を有する固體がある。之を水に溶解せしめ様と試みも、殆ど全く溶解しない(溶解してゐるや否やを検出する事は出来ない)従つて此水溶液はアルカリ性反應も何反應をも呈しないのである。然らば諸君、此MnOは鹽基性酸化物と見る事は出来ないのか。鹽基性酸化物か否かを試験する方法は必ずしも此水溶液がアルカリ性反應を呈する事の必要は無いのである。酸に作用せしめて見て、鹽が生成するや否やを検すればよい。

此處に或酸化物があつて、之が鹽基性、酸性の何れの酸化物であるかを試験するには次の様にすればよい。即ちHCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>の如き酸を作用せしめて見て若し鹽を生じたならば、換言すれば酸のHを其元素にて置換した化合物が生成したならば、此酸化物は鹽基性酸化物である。之と同様に此處に或元素の酸化物があつたとし、之に鹽基(NaOH, KOH)の如きを作用せしめて見て、若し鹽基

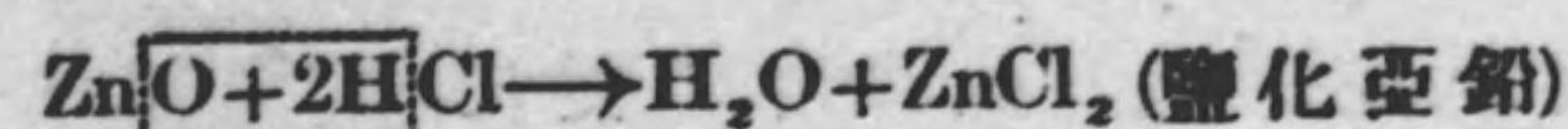


の中のOHを其元素を含んだ部分で置換した化合物が生成したならば、此化合物は酸性酸化物である事分かる。扨て其元素を含んだもので置換したか否かを検する事になると其實験が簡単で無い。なんとか極めて簡単な実験方法で酸性、鹽基性何れの酸化物なるかを検する方法はあるまいか。此處に面白い事がある。ナトリウム(Na)の化合物といふものは凡て例外無く水に溶解するものである。其處で與へられたる酸化物にNaOHの溶液を少し加へて振盪して見る。其時若し此溶液に溶解したならば其酸化物は酸性酸化物と見做す事が出来る場合が多い。例へば此處に亜鉛の粉末がある。之を空氣中で熱すると燃焼して酸化亜鉛(ZnO)といふ白い粉末となる。之にNaOHの溶液を作用させて見ると之が溶解する事がわかる。そこで此酸化物は酸性酸化物である事が實驗上簡単に確かめられる。與へられたる酸化物に酸を作用させて見て、之に溶解した時は、此酸化物は鹽基性酸化物であると断定してもよい場合が多い。例へば酸化亜鉛の白い粉末を試験管にとり之にHClを作用させて見ると直ちに溶解するのを見る。そこで此の酸化物は鹽基性酸化物である事になる。扨て此處に一寸不思議な事がある。ZnOなる同一の物質が或場合には酸性酸化物、又他の場合には鹽基性酸化物であると云ふ事である、どうも理解し難く感ずるのである。此解釋は次の通りである。ZnOなる酸化物は一種の酸化物で酸性、鹽基性の兩性質を有してゐるものである。斯くの如きものを兩性酸化物といふ。亜鉛なる元素は兩性元素であるといふ事が出来るのである。週期律表上に於いて兩性元素には\*なる印を附して置いた。今一つ兩性酸化物の例を説明しよう。

此處に酸化アルミニウムといふ  $Al_2O_3$  なる化學式を有する白い粉末がある。これにNaOHの水溶液を作用せしめると容易に溶解する(酸性酸化物たる事を示す)。又これに鹽酸を作用せしめるとすぐ溶解する、之は鹽基性酸化物たる事を示して居る。

私は酸性、鹽基性、兩性酸化物といふ事について此處まで諸君に説明したので、大層都合がよいから、序に此等の酸化物が、アルカリ又は酸に溶解する時起る可き化學變化に就いて御話する事としよう、そしてこれが終つてから、本論のHClとKMnO<sub>4</sub>との反應へ戻る事にする。

ZnOが例へば酸に溶解する場合には酸のHとZnOの中のOとが結合して水が出来る様にすればよい。此反應の内容としては、ZnOが先づ第一に酸中の水と反應して  $ZnO + H_2O = Zn(OH)_2$  の如くなり、それから此OHと酸のHとが中和するであらう。



此後の方程式は一寸むづかしい。 $Al_2O_3$ にはOが3原子あるからHが6個必要である、そこで6HClとするのである。鹽化アルミニウムの式は  $Al_2Cl_6$  とすべきか又は之を  $2AlCl_3$  とするかといふ難かしい問題が生じて来る。此事に就ては諸君わからなくともよろしい。斯様の時には最も簡單なる式即ち  $AlCl_3$  を  $Al_2O_3$  とHClとの反應生成物の式として用ひるのである。

鹽化アルミニウムの分子量を測定し、其結果によつて、其化學式が定められる。若し  $Al_2Cl_6$  とすれば其分子量は  $(Al(27.1) \times 2) + 6 \times Cl(35.46) = 266.9$  となり  $AlCl_3$  とすればこの  $\frac{1}{2}$  の133.5となる。鹽化アルミニウムの分子量を實測して見て、若し270附近の數を