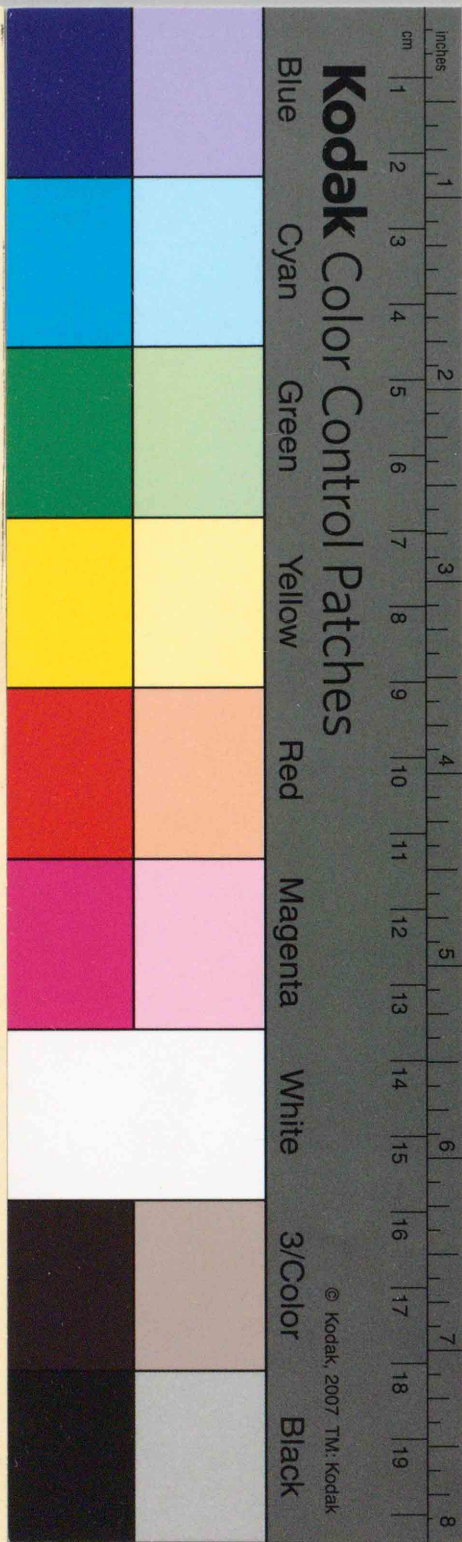


40356

教科書文庫

4
421
41-1944
20000 66266

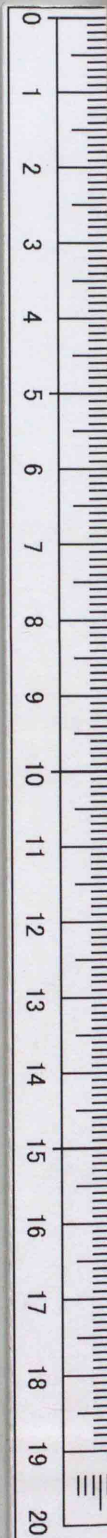


A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19

Kodak Gray Scale



© Kodak, 2007 TM: Kodak



5

第一類



中學校用



4a
421
BB19

濟本純逸
寄贈

教科書文庫
4
421
41-1944
2000066266

書學海
之校軍
資料室
文部省檢定濟
昭和十九年一月十日 中學校・實業學校理數科用

物象

中學校用

5

第一類



中等學校教科書株式會社

広島大学図書
2000066266

目 次

1. 原動機及び動力	1
(1) 動力	1
(2) 熱機關	3
(3) 動力の傳達	24
(4) 電動機	32
(5) 發電及び配電	40
2. 構造物の強さ	48
3. 機械工作	63
4. 航空機・自動車・船舶	74
5. 火薬類・火兵・化學兵器	93
6. 化學工業	120
(1) 空氣と水とを主な原料とする 化學工業	127
(2) 石炭と水とを主な原料とする 化學工業	134

- (3) 電力を多量に用ひる
 化学工業 141
- (4) 木材を主な原料とする
 化学工業 148

1. 原動機及び動力

(1) 動力

1. 仕事率

機械が續けてする仕事の大きさは、単位時間にする仕事の量即ち仕事率(動力)で測ることは已に學んだ。普通に用ひられる仕事率の単位は、キロワット或は馬力である。¹⁾

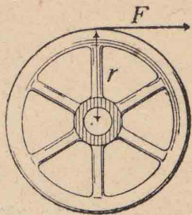
1 キロワットとは已に知つたやうに、毎秒 1000 ジュールの仕事をする仕事率、また 1 馬力とは毎秒 75 kg-m の仕事をする仕事率である。これらの間には、次のやうな關係がある。

$$1 \text{ HP} = 0.735 \text{ KW}$$

回轉する機械の回轉力は、回轉軸に加へられた偶力の能率で表はし、普通 kg-cm または kg-m といふ單位を用ひる。

1) キロワットには KW、馬力には HP の略號がしばしば用ひられる。

(問題) 1. 圖の車に働く力の大きさを F kg, 回轉軸から力の方向に下した垂線の長さを r m とすると,これが1回轉したときにする仕事はどう表はされるか。また毎分 n 回轉の速さで回轉してゐるとき,1秒間にする仕事はどう表はされるか。この仕事率を馬力で表はせばどうなるか。



(問題) 2. 電氣の仕事率即ち電力を測るにはキロワットが用ひられる。V ボルト, I アンペアの直流が送る電力はどのやうに表はされるか。

2. 原動機

自然界に存するエネルギーを,われわれの利用することができる運動のエネルギーに變へて,機械的の仕事をする装置を原動機といふ。

[考察] 自然界に存するエネルギーで,原動機に利用できると思はれるものを考察せよ。

工業的に實際に原動機に使はれてゐるエネルギーは,燃料の燃焼によつて得られる熱のエネルギーと,水の有するエネルギーとである。前者を利用するものを熱機關,後者を利用するものを水力原動機といふ。

水力は多く山間僻地にあるのに對し,動力を必要とするのは,多く都會地などの遠距離に於ける作業場である。それ故,普通原動機によつて,先づ交流發電機を運轉し,交流電力として送り,更に交流電動機を動かして必要な仕事をさせる。交流電動機も一の原動機であると考へられよう。

(2) 熱 機 關

1. 熱機關の熱効率

現在實際に使はれてゐる熱機關には,蒸氣機關・蒸氣タービンなどの蒸氣原動機と,ガソ

リン機関・ジーゼル機関などの内燃機関とがある。

蒸気原動機は、燃料の燃焼によつて発生する熱を水に與へて高温・高壓の蒸気を発生させ、その蒸気の壓力で仕事をさせるものである。このためには蒸気罐がいる。内燃機関では、機関の氣筒の内部で直接に燃料を燃焼させて、その燃焼氣體の壓力で仕事をさせる。

このとき熱によつてなされた仕事と熱のエネルギーとの關係は、1キロカロリーの熱を供給するとき $427 \text{ kg}\cdot\text{m}$ の仕事をする割合である。

(問題) 1. 1馬力を発生するためには、毎秒何キロカロリーの熱を供給しなければならないか。また毎時何キロカロリーの熱を供給しなければならないか。

石炭の發熱量は 1 kg につき $6000\text{--}8000$ キロカロリーぐらゐ、ガソリン・輕油では $10000\text{--}15000$

キロカロリーぐらゐである。

(問題) 2. 燃料の発生する熱量が全部原動機の動力に變へられるものとすれば、蒸気機関では1馬力を発生するために、1時間幾 kg の石炭を燃やせばよいか。また内燃機関では、幾 kg のガソリン或は輕油を燃やせばよいか。

實際には、熱機関の燃料消費率は、上の問題の結果から得られる値よりも遙かに大きい。蒸気機関の石炭消費率は上の5—10倍で、内燃機関のガソリンまたは輕油消費率は3—5倍である。

[考察] 1. 實際上、熱機関の燃料消費率が、計算の結果よりも遙かに大きいのは何故であらうか。燃料の発生する熱がどんなところで失はれるかをいろいろな點から考察せよ。

熱機關に於て燃料が供給した熱量 Q に対して、これを機關に於て有効な仕事 W に變へた割合を熱機關の熱効率といふ。今熱の仕事當量を J で表はせば、熱効率 n は次のやうに示される。

$$n = \frac{W}{JQ}$$

一般に、物體の有する機械的エネルギーは、すべて熱のエネルギーに變化させることができるが、その反對に熱のエネルギーは、その一部分しか仕事に變へることはできない。

これは、作業物質が熱源から熱を吸収するためには、必ず熱源より低温度でなければならぬといふことによるのである。それ故、どんなに巧妙な熱機關を考へても、その熱効率は決して 100% にはなり得ない。

〔考察〕 2. 熱機關では、作用する氣體を大氣に向かつて放出してゐる。熱効率を高めるためには、どのやうな状態に放出し

たらよいかを考へよ。

実際に、蒸氣機關の熱効率は 10% 内外、蒸氣タービンでは 25% 内外、ガソリン機關でも 25% 内外、ディーゼル機關では 70% 内外である。

〔考察〕 3. 蒸氣原動機では、熱効率が低く、内燃機關では熱効率が高いのは何故であらうか。

2. 内燃機關

内燃機關はガソリン機關・ディーゼル機關などの形で、飛行機・自動車・戦車などの原動機として機械化兵器の心臓をなし、また生産方面、交通運輸方面にも重要な役をつとめてゐる。

〔考察〕 4. 飛行機・自動車などは、内燃機關の發明によつて初めて、實現されたといはれてゐる。その最も大きな理由はどんなことか。

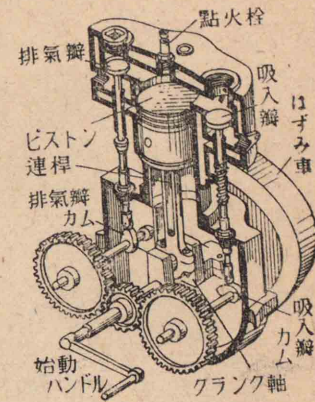
航空發動機に於ては、その重量を1馬力當り 500g 以下とすることが容易である。自動車或は戦車用の機關は、これに比べればかなり重い、それでもなほ1馬力當り 5kg 以上になることは稀である。

内燃機關は蒸氣機關と異なり、必要に應じて直ちに始動し、または停止することができる。蒸氣罐がないから、運轉に必要な人員と場所とを節約することができる。また用ひる燃料は貯藏・運搬に便利である。これらも内燃機關の優れた特長である。

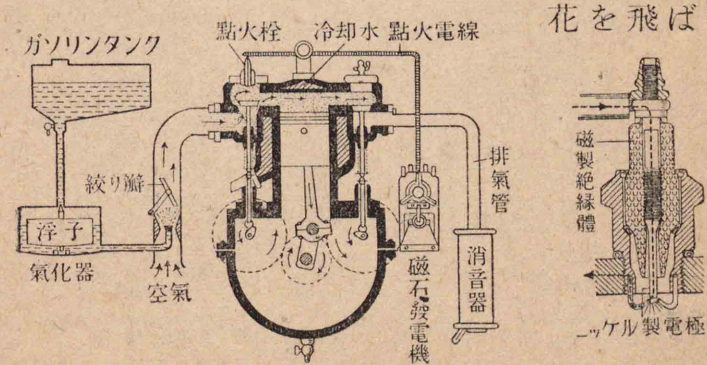
3. 4 行程式と 2 行程式

内燃機關には用ひる燃料の種類、燃料の點火方法などによつて、いろいろな種類・構造があるが、いづれの形式にしても、ピストンと氣筒の組合せを用ひる。さうして、ピストンの往復運動を連桿・クランクの機構によつて回転運動に變へるのである。

ピストンの 2 往復毎に、1 回燃焼の起る機關を 4 行程式と呼び、1 往復毎に 1 回燃焼の起る機關を 2 行程式と呼ぶ。右圖に 4 行程式機關の斷面を示した。



先づ 4 行程式機關について考へよう。氣化器で空氣とガソリン蒸氣とを適量の割合に混ぜた混合氣をつくつて、氣筒内に送る。この機關では、氣筒への混合氣の出入はカムで動かす吸入瓣・排氣瓣で行ふ。氣筒内で混合氣を壓縮し、點火栓の電極に高壓電氣の火花を飛ばす



火花を飛ばせ、これに点火して燃焼させる。

〔考察〕 5. 氣化器に於て、氣筒内に吸ひ込まれる空氣の密度が小さいときは、ガソリンの吸入量はどうなると考へられるか。

10000 m の高空では空氣の密度は約 $\frac{1}{3}$ に低下するといふ。航空發動機では、高空に於ても低空と同様の性能を發揮させるために、殆どすべて過給機といふ一種の送風機を備へてゐる。これは氣筒内に送り込む空氣の密度を、低空に於ける密度或はそれ以上にする働をするものである。

内燃機關の氣筒内で燃焼が起ると、氣筒内の温度は 1500—2000 度の高温となる。機關をつくつてゐる材料即ち鋼・アルミニウム合金などは、このやうな高温には耐へない。また氣筒内には、ピストンと氣筒壁との摩擦を減らすために、潤滑油が用ひられてゐる。この潤滑油の作用も高温になると妨げられる。

これらの害を防ぐために、内燃機關の氣筒は必ず外部から冷却する。實際に行はれてゐる方法には、空氣で冷す空冷式と水で冷す水冷式とがある。

〔問題〕 3. ガソリン機關の氣筒を冷すことは、熱機關本來の役目からみてどのやうに考へられるか。

〔觀察〕 飛行機の發動機では、氣筒がどのやうに組合はされてゐるかを、實物或は模型について調べよ。

ガソリン機關に於て、1 箇の氣筒で發生する馬力には限りがある。それで普通適當な馬力を得るために、幾つかの氣筒を組合はせてある。またピストン・連桿などの重さのある物體が、毎分 2000—3000 回といふやうな高速度で往復運動をすると、そのために甚だしい振動を起す。振動が甚だしければ、機關を

据えつけた場合にその被害が著しく、到底實用にならない。それで、氣筒の組合はせ方を、互の振動が相殺されるやうに工夫してある。

次にガソリンと空氣との混合氣が、氣筒内で燃焼するときのことを考へてみよう。混合氣が壓縮されて點火栓に電氣火花が飛ぶと、そこが火元となつて焰が燃焼室全體に擴がるであらう。このやうな燃焼は正常な燃焼の仕方である。正常な燃焼を起してゐる間は、機關の運轉は順調である。

ところが或る場合に、機關の運轉に伴つて、氣筒内部に於て、ちやうど槌で氣筒壁やピストンなどを叩くやうな異様な打音を發することがある。このやうなときには機關の出力が減り、また溫度が高まつて、運轉の繼續が困難になる。この現象をノックと呼んでゐる。ノックの起る場合には、氣筒内の燃焼は正常の燃焼をしてゐないのである。この場合には、點火栓で點火された焰が燃焼室内

を中途まで傳はると、急に残りの混合氣が瞬間的に爆發する。このノックは機關に甚だ有害であつて、ガソリン機關の性能の向上を著しく妨げるものである。ノックの起る原因は、燃料の性質によることが近時明らかにされた。

ガソリンの成分は、いろいろな種類の炭水化物の混合であるが、そのうちのイソオクタン C_8H_{18} といふ成分は、甚だノックを起しにくいものであることが知られてゐる。通常純粹のイソオクタンをオクタン價 100 と呼んで、これよりもノックを起し易いものをオクタン價が低いといふ。近年航空燃料では、オクタン價 90 以上のものを使用してゐる。

5. ジーゼル機關

ガソリン機關では、吸入行程に於て氣筒内にガソリン蒸氣と空氣との混合氣を吸入するが、ジーゼル機關では、氣筒内に先づ空氣の

みを吸ひ込む。一般に氣體は、これを急に壓縮すると、壓縮のために加へられた仕事の一部が氣體内の熱となつて蓄へられるために、その溫度が上昇する。

ジーゼル機關では、先づ吸入行程に於て吸ひ込んだ空氣を 30—35 氣壓に壓縮するが、このとき空氣の溫度は 600—700 度の高溫になる。この空氣の中に、燃料を細霧狀にして噴き込むと、高溫の空氣のために、燃料は自然發火をして燃焼するのである。

(問題) 4. ジーゼル機關の心臓部ともいはれるのは、燃料油を壓縮する燃料油ポンプ及びこれを氣筒内に噴き込む燃料油ノズルであるといふ。そのわけを述べよ。

ジーゼル機關は、元來は回轉速度の遅い船舶用發電機用などに用ひられた。これらの場合には、クランク軸の回轉速度は毎分 100—400 回ぐらゐである。近時、自動車・戦車・飛行機などにガソリン

機關の代りにジーゼル機關を用ひるものが現れ、これを高速ジーゼル機關といひ、毎分 3000 回轉ぐらゐの高速運轉をもさせることができる。

低速の船舶用發電用のジーゼル機關に於ては、重油を燃料とするが、高速ジーゼル機關に於ては、輕油を燃料とするのが普通である。

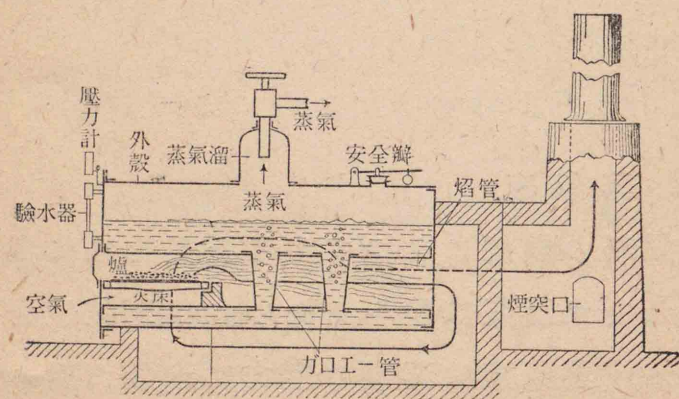
ジーゼル機關は、現在知られてゐる熱機關のうちで、最も熱効率の高いものである。潜水艦の主機關もジーゼル機關である。しかし 1 基 10000 馬力以上の大馬力のものは、いろいろな理由から作るのが困難であるので、戦艦・巡洋艦などのやうに、1 基数萬馬力を必要とする場合には、蒸氣タービンを主として用ひる。

6. 蒸氣罐

燃料の燃焼によつて生じた熱を水に與へ、これを水蒸氣に變へるためには、蒸氣罐を用ひる。蒸氣罐は蒸氣の壓力に十分に耐へる

強さをもち、燃料の發生する熱をなるべく多く利用できるやうなものでなければならぬ。その構造は、用途に應じていろいろあるが、大別すれば煙管罐と水管罐である。

煙管罐の最も簡単なものは圓罐である。これは圓筒形の外殻の中に1本または2本の焰管を設け、その前端に火床を置き、ここで燃料を燃やす。この場所を爐といふ。焰管には水の循環を容易にさせるために、ガロエー管といふ圓錐形の管が取附けてある。煙は焰管を通り抜け、更に汽罐の外殻を外部から熱し、十分に熱を蒸氣罐に與へた後、煙突から大氣へ逃げる。この蒸氣罐は構造が堅固で、取扱の容易なのが特色である。



水管罐は細長い管をたくさんに集め、その中に水を循環させ、外部から管を熱する蒸氣罐である。

蒸氣罐から蒸發したままの蒸氣は、その壓力に相應する溫度をもつ飽和蒸氣である。飽和蒸氣は少し冷えると、水滴を生じて機關の運轉上不都合が多いので、更に過熱器で熱し、過熱蒸氣として使用する。

よく作られた蒸氣罐は、水の循環と對流とを整然と行はせるものでなければならぬ。

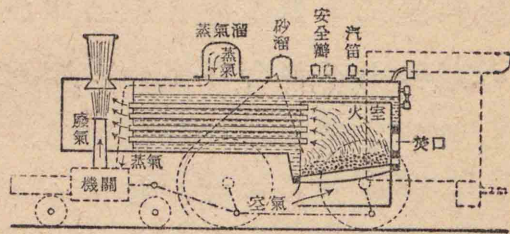
7. 蒸氣機關

蒸氣機關は内燃機關と同様に、ピストンの往復運動によつてクランク軸を回轉させるのであるが、ピストンの兩面に蒸氣の壓力を作用させるために、ピストンにピストン棒を附け、氣筒蓋を貫ぬかせる。

蒸氣罐からの壓力の高い蒸氣は、先づ瓣室に導き、偏心輪その他の瓣機構で適當な時期にピストンの兩面に交互に作用させて、ピス

トンに往復運動を起させるやうになつてゐる。ピストンに作用し終つた蒸氣は、廢氣孔から外部に吐き出す。

蒸氣機關は今日では、鐵道の蒸氣機關車用以外の目的には殆ど建造されない。回轉速度の遅いときに強い回轉力を出すこと、運轉の簡便なこと、構造が堅固であることなどが、特に蒸氣機關車用として適するわけである。

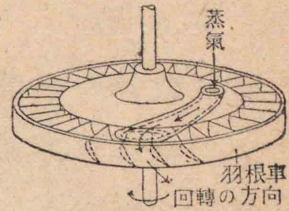


8. 蒸氣タービン

周圍にたくさんの翼(羽根)を植ゑ附けた羽根車に、水蒸氣の流を作用させると、これを回轉させることができる。この原理によつて、動力を發生させる原動機が蒸氣タービンである。

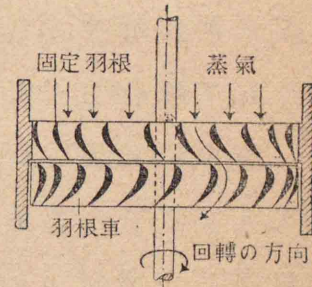
蒸氣を管の口から噴き出させると、蒸氣の

もつ熱のエネルギーは、蒸氣自身の運動のエネルギーに變はつて、非常に速い速度で噴き出す。その流



を右圖のやうに、羽根車の翼に當てて、蒸氣のもつ運動のエネルギーを利用して、これを回轉させるタービンを衝動タービンといふ。

また右圖のやうに、羽根車の中で蒸氣を膨脹させて壓力を落せば、蒸氣は羽根車から流れ出す際に、その反作用を羽根車に及ぼ



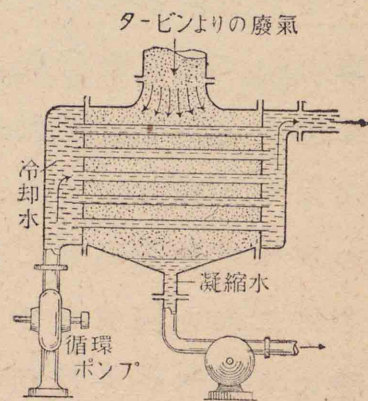
して、これを回轉させることができる。この種のタービンを反動タービンといふ。

衝動タービンも反動タービンもそれぞれ特長があり、兩方とも實際に用ひられてゐるが、一般的にいへば、主として衝動タービンは高壓の蒸氣に、反動タービンは低壓の蒸氣に使用される。

9. 復水器

蒸気機関の場合には、蒸気を十分に膨脹させるためには、非常に大きい気筒を用ひなければならぬから、適当な點で打切る。しかし蒸気タービンでは、大きな壓力から、できるだけ眞空に近いところまで膨脹させる方が有利である。そのためにタービンの廢氣を復水器に導き、水で冷やして凝縮させる。

復水器は、圖に示すやうな氣密の容器で、凝縮した水はポンプで復水器内から抜き出し、これを給水として、再び蒸気罐に送り返す。



〔考察〕 6. 復水器の働がよいかどうかは、蒸気タービンの効率に著しい影響がある。

1) 進歩した復水器では、水銀柱の 1cm 以下の低い壓力をつくり出すことができる。

るといふ。そのわけを考へよ。

次に蒸気機関と蒸気タービンとの特長を比べ、総合的に考察しよう。

〔考察〕 7. 蒸気機関では、クランク軸の回轉運動を得るために、先づピストンの往復運動を起させてゐる。蒸気タービンでは、蒸氣の作用で直接回轉運動を起させてゐる。この點から兩者にどんな得失が考へられるか。

蒸気機関では、實際上毎分 500 回以上の回轉速度とすることは困難であるが、蒸気タービンの回轉速度は非常に速く、大馬力を出すのに適してゐる。

また蒸気機関では、高い壓力、高い過熱溫度の蒸氣を用ひることは困難であるが、蒸気タービンでは、これを有効に用ひることができる。

(問題) 5. 内燃機関の熱効率、蒸気タービンよりも高い。しかし現在の軍艦の主機関や大火力発電所の原動機には、蒸気タービンが用ひられてゐる。何故か。

(3) 動力の傳達

1. 機械的傳達

原動機によつて發生した動力を、所要の目的に利用するためには、これを他の場所に傳へなければならぬ。

一つの機械内で動力を傳へたり、またその回轉速度と回轉力との關係を變へたり、或はその回轉の方向を變へるためには、機械的の傳達方法を用ひる。

動力を傳達する場合には、いろいろな機構を用ひるが、その際できるだけ仕事率の損失を防ぐことが必要である。機械的に動力を傳へる場合には、多くは軸の回轉の形で傳へる。

[考察] 1. 動力を回轉の形で傳へるとき、どんな所で仕事率の損失が起ると考へられるか。

上の考察でわかるやうに、回轉する機械では、軸受の形、軸受金の材質などの研究が必要で、またその取扱にも注意を要する。

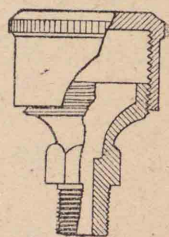
[考察] 2. 回轉軸の軸受部では、摩擦を減らすために、どんな工夫をしてゐるか。

軸受部に於て摩擦損失として消費される仕事率は、熱のエネルギーとなり、そのために軸受部の溫度が上昇する。この溫度上昇が甚だしければ、軸と軸受との間にある潤滑油が焼け、遂には軸或は軸受の接觸面が融け、いはゆる焼付の現象を生じる。

(問題) 1. 運轉中の回轉機械の軸受部に起る故障を防ぐには、どんな注意が必要か。

軸受部には適当な潤滑油を用ひる。潤滑油は機械類の摩擦を減らすのに用ひるものである。その大切な作用は、低温で甚だしく固まつたり、高温で甚だしく粘りがなくなつたりしないで、金属面によく附着し、長時間に互つて、酸化・腐敗などの原因によつて變質しないことなどである。

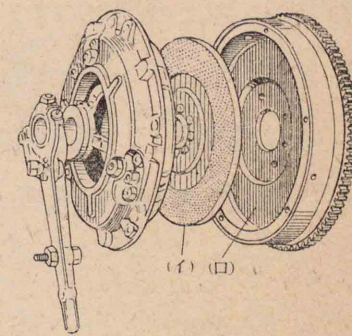
通常用ひる潤滑油は、石油系の礦物性のものであるが、場合によつては蓖麻子油種油などのやうな植物性油、豚脂のやうな動物性油を使ふこともある。潤滑油をたびたび給油することが困難な場所に對しては、グリースといふ半固体の油を用ひることもある。グリースは圖のやうな構造のグリースカップと呼ぶ器に詰めて取附けられる。



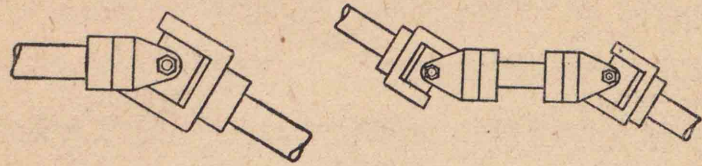
比較的離れた2軸の間に動力を傳へる場合に於て、2軸間の回轉速度比を嚴密に一定に保つ必要のない場合には、ベルト掛傳動を使ふ。もとは機械部分としてベルト掛傳動

が甚だ廣く用ひられたが、近頃はだんだんに齒車傳動に置き換へられつつある。

動力傳達用の回轉軸では、その動力を斷續する必要が起ることがある。そのためには軸に銜をつけ、その銜をボルトで締めつけて、必要に応じて、そのボルトを取り外すことが一方法である。しかし運轉中に自由に斷續するためには、特別な装置が用ひられてゐる。普通廣く用ひられてゐるのは、二つの摩擦面に生じる摩擦力によつて動力を斷續しようとする摩擦クラッチである。摩擦面の材料には、革或は石棉製の織物のやうな、耐磨耗性が強く、また温度の上昇にも耐へる表張りをした面(イ)と金属面(ロ)とを組合はせたものが多い。



回轉軸の方向を變へる必要のある場合に



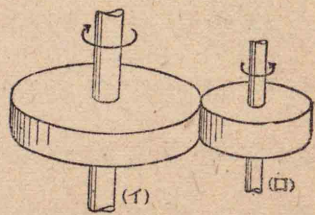
(甲)

(乙)

は、自在接手を用ひることがある。圖(甲)のやうに、自在接手ただ1箇を用ひると、一方の軸が一定速度で回轉してゐる場合に、相手の軸は1回轉について、2回の割合で回轉速度に遅速を生じる。圖(乙)のやうに、自在接手2箇を用ひれば、中間軸の回轉速度は息をつくが、最初の軸と最後の軸とは、常に同じ速度で回轉する。

次に圓板二つを接觸させて動力を傳達する方法、即ち摩擦傳動について考へてみよう。

圖のやうに二つの圓板(イ)(ロ)を接觸させ、(イ)の圓板を矢の方向に回轉させたとすると、(ロ)は反對向に回轉する。

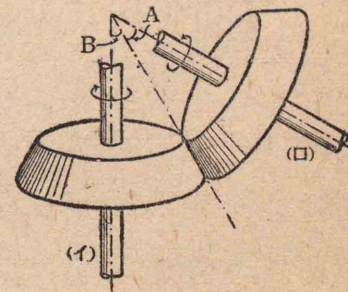


(問題) 2. 圖の二つの圓板(イ)(ロ)に於て、接觸面に滑りがなければ、兩圓板の回轉速度と半径との間にどんな關係があるか。

(問題) 3. 圓板(イ)の軸の動力が、損失なく圓板(ロ)の軸に傳はるものとすれば、(イ)の軸から(ロ)の軸に傳へられる回轉力は、それぞれの半径とどんな關係にあるか。

次に(イ)の軸と(ロ)の軸とが平行でない場合について考へてみよう。

このときは、圖のやうに、兩車の2軸の延長線の交點を頂點とする二つの圓錐面



を考へれば、やはり摩擦傳動によつて、動力を傳へることができる。その回轉速度と回轉力との關係は、圓板の半径の代りに、圓錐の頂角の $\frac{1}{2}$ 即ち角A及び角Bの正弦を置き換へたものに等しい。

2. 齒車

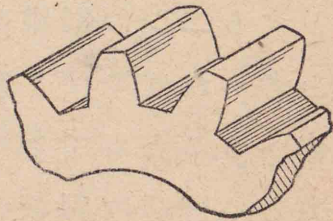
摩擦傳動で仕事率が理論的に傳達されれば、回轉傳動は圓滑である。しかし全く滑りのない傳動といふのは、實際には不可能であつて、動力の傳達が圓滑である摩擦傳動は、考の上のものであるに過ぎない。

時計の内部を見ると、如何にたくさんの齒車が組合はされてゐるかを知るであらう。

(問題) 4. 時計のいろいろな齒車はどんな役目をしてゐるか。

齒車が滑らかに噛み合つて廻るために、齒の形は一定の法則によつて定められてゐる。¹⁾

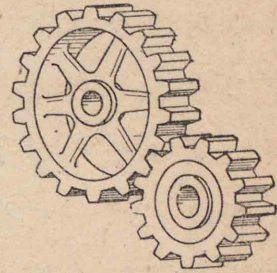
普通の齒車の齒では、
圖に見られるやうに、齒の断面の曲線はインボリュート曲線といふ特



1) 理論的に正しい齒車を用ひるならば、齒の噛み合ひによつて動力が傳へられるにも拘らず、その運動の様式は、理想的な摩擦傳動の場合と全く變はらない。

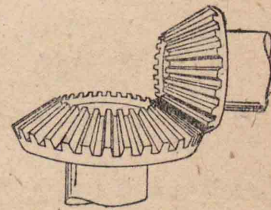
殊の曲線に形作られてゐる。

齒車の場合にも、實際は互に噛み合ふ齒の間に必ず滑りが起る。それ故、齒車の齒は、磨耗に對して十分な抵抗性があり、傳へる力に對しても十分な強さがあることが必要である。また滑りがあるから、適當に給油することも必要である。さうして、一つの齒車の軸と、これと噛み合ふ他の齒車の軸との距離を、常に正しく保たなければならない。



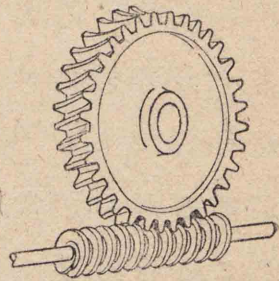
(問題) 5. 噛み合つてゐる齒車が、運轉中に著しい噪音を發したり、或は發熱することのあるのは、どんな原因によるか。

摩擦面が圓錐形の摩擦傳動に於ても、摩擦面に凹凸を刻んだと考へれば、全く同様にして齒車傳動が



行はれる。この種の歯車を傘歯車といひ、前に述べたものを正歯車といふ。

互に平行でもなく、交はりもしない二つの軸の間にも、歯車によつて動力を傳へることができる。その代表的な例は、圖のやうな芋虫歯車で、互に交はらず、直角な軸の間に運動を傳へるものである。



自動車・飛行機などに使用する歯車は、できるだけ小さな歯車で大動力を傳へる必要がある。そのために、歯車の材質をニッケル・クロム・モリブデンなどを混ぜた特殊鋼製とし、これに焼入を施して、極めて固いものにしてある。

(4) 電動機

1. 直流電動機

直流電動機で、われわれの日常生活に最も縁の深いものは、電車の電動機である。直

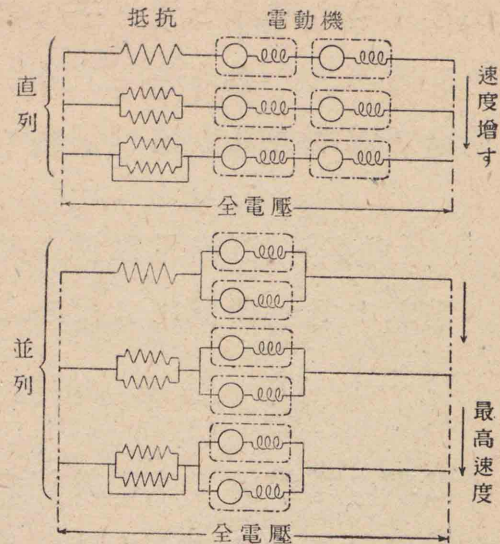
流電動機は、磁界と電機子との連結方法によつて、直巻式・分巻式・複巻式などの違ひがある。電車の電動機は直巻電動機である。

〔考察〕 直巻電動機の特徴から、これが電車や電気機関車に用ひられるわけを考へよ。

電車の電動機では、回轉速度が零のときに大電壓を作用させると、非常に大きな電流が通じる。それ故、適當に抵抗を置いて、發車時の電流の強さを制御しなければならない。普通2臺の直巻電動機を前後のボギーの臺枠に置き、發車のときには、これらを直列につなぎ、車輛の速度が増して、電流が比較的少く通るやうになつたところで、並列に切り換へる。電車の運轉臺にある制御器が、この制御を司るものである。

(問題) 1. 電車の車臺の下には、鐵製格

子形の抵抗が設けてある。電車の制御器のハンドルを動かすと、この抵抗を通じて電流が電動機に送ら



れる。圖から制御器によつて、抵抗の切り換へ、電動機の切り換へを行つた場合の變化を考へてみよ。

省線電車のやうに、大馬力の電動機を有するものでは、運轉臺の制御器は單に電流を斷續するだけの役目をなし、上に述べたやうな作用は、電車の速度に應じて、自動的に車臺の下で行はれるやうになつてゐる。

電車以外には、工業上に直流電動機を應用することは極めて稀である。

2. 交流電動機

工業上、最も廣く用ひられる交流電動機は誘導電動機である。これは已に學んだやうに、交流電流によつて回轉磁場を生じさせ、その磁場内に籠型回轉子を置いて回轉力を生じさせるものである。

次に誘導電動機の特長を考へてみよう。誘導電動機には整流作用が不必要であるから、整流子を要しない。整流子を用ひると、刷子の接觸部に火花を發して、電動機の壽命を著しく短くするが、誘導電動機には、このやうなことがない。回轉子に誘導される電流は、低電壓であるから、絶縁を強くする必要がない。また一時的には、定められた出力以上の馬力を出させることができる。¹⁾

これらの特長は、輕便に電動機を使用するのに便利な點であつて、その取扱もあまり熟練を要しない。

1) これを過負荷に耐へるといふ。

誘導電動機では、回転速度は一定ではないが、直流の直巻電動機ほど甚だしくは變化しない。また起動も甚だ簡単である。これらの理由によつて、數十馬力程度までの一般工場用の原動機として賞用されてゐる。

誘導電動機の取扱上注意を要するのは、起動に當つて、一時に荷をかけると大電流が流れて故障の原因となるから、なるべく荷を軽くして開閉器を2、3回斷續した後、完全に開閉器を入れきることである。¹⁾

電動機の使用に當つては、電動機に濕氣をよばないやうに注意することが必要である。噪音を發したり、または溫度が過度に上昇することは、何らかの故障の徴候であるから、一時電動機を止めてその原因を追究し、適當な處置を講じなければならない。

次に同期電動機の特長について考へてみ

1) 大型の誘導電動機では、起動用の特別の装置を備へるものがある。

よう。この電動機は速度が一定であるといふ特長があり、そのために電送寫眞やテレビジョンなどに用ひられ、その他速度の一定であることを要するときに用ひられる。しかし起動に特別な装置を要し、また過負荷に耐へないので、誘導電動機ほど一般的には用ひられない。

整流子電動機は、電車に用ひられることがあるが、先に知つたやうに、整流子と刷子との間の火花を防ぐために、特別な構造が必要であるので、直流整流子電動機ほど廣くは用ひられてゐない。

(問題) 2. 遠距離に電力を送る場合に、高い交流電壓が用ひられるのは何故か。

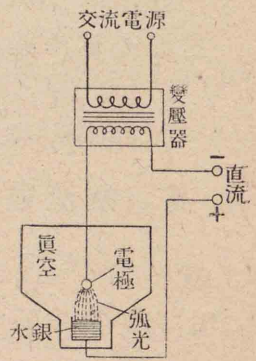
3. 整流器

われわれが日常用ひる電力は、殆ど皆交流である。しかし電車・電氣機關車、鑛山の捲上機械などには、直流電動機の方が適した性質をもつてゐるから、直流を用ひる。また電氣

分解・電気めつき・電気精錬などにも直流が必要である。これらの場合には、多くは交流電氣を受けて、變電所で整流して使用する。

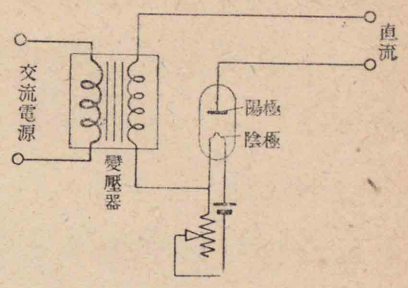
整流装置にはいろいろある。大電力の場合には、交流電動機によつて直流發電機を運轉して、直流を發生させる。

眞空中で、水銀を陰極として弧光を發しさせると、その弧光は陰極に向かつて流れる電流だけを通す性質、即ち整流作用を現す。この性質を利用して整流作用を行はせるものを、水銀整流器といふ。水銀整流器は回轉部分がなく、運轉に音を出さないなどの優れた特長があるので、近頃盛に使用されてゐる。



無電の受信機などの整流器として、熱電子管型整流器が用ひられる。眞空管またはガス入管中に、熱陰極纖維と冷陽極とを備へ、高

温度の陰極纖維から出る熱電子流を利用した、いはゆる二極眞空管がこれである。交流用受信器には殆どこれが用ひてある。



電氣自動車・自動車などの蓄電池の充電には、振動型整流器が用ひられることがある。これは次の原理による。軟鐵製の振動子を交流で勵磁して、磁界に置けば、交流の周期で振動する。それ故、一方の側に振動したときだけ電流が通るやうにして置けば、直流が得られる。

同様の目的で、電解型整流器が用ひられることがある。これはタンタルを稀硫酸中に浸して陽極とし、炭素または鉛を陰極として、これに交流を通じるのである。このとき炭素または鉛から、タンタルに向かつては電流が流れるが、逆には流れない。この現象を應用して整流作用が行はれる。

振動型整流器・電解型整流器は、漸次水銀整流器に置き換へられる傾向にある。

(5) 発電及び配電

1. 水力

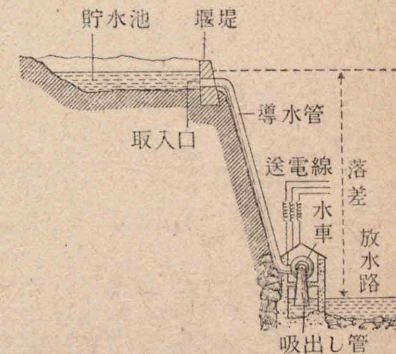
(問題) 高い所にある水を落下させて、そのエネルギーを利用する場合、水位の差を Hm 、毎秒の水の流量を Qm^3 とすると、1秒間に得られる理論上のエネルギーはどれだけか。またそれによる動力は幾馬力か。

水車や水の流れる管が完全であれば、水的位置のエネルギーは全部機械的の動力に變へることができるであらう。しかし実際には、水の流れる管路の摩擦、水車内での水流の渦などのために、エネルギーの一部は失はれる。そのために実際に利用される仕事率は、理論上算出したものの6-7割以下である。

上の問題の結果から、水位の差即ち落差の大きい場合には、水の流量が少くても大きい

動力を発生することができ、また落差が小さくても、水の流量が多ければ、やはり大きい動力を発生することのできることをわかるであらう。

水力を利用するためには、勾配の急な河川を上流で堰止めて貯水池に溜め、これを導水管で下流にある発電所に送つて、水車を運轉させる。水車を運轉した水は、吸出し管によつて放水路に放流する。



貯水池の水面と放水路の水面との差が落差である。

わが國は、雨量と地勢との關係上、到る所水力に恵まれてゐる。随つて水力發電事業は盛であるが、水力は時季によつて消長があるので、日常生活上では常に節電の心掛けを怠らず、生産方面に十分な電力を送るやうにしなければならない。

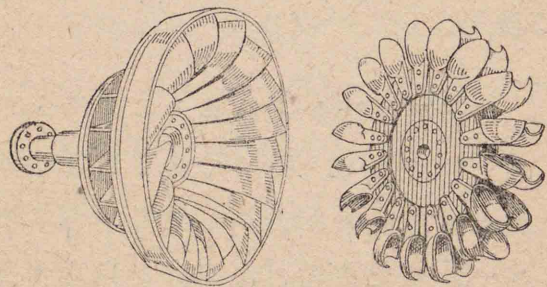
2. 水力原動機

山間によく見られる米搗用の水車も、一種の水力原動機であるが、その出力は僅かに1—2馬力以下に過ぎない。発電用の水車では、1基で10000馬力以上を出すものも珍しくない。

水車にも蒸気タービンと同じく、水のエネルギーを圧力の形で水車の羽根車に作用させるものと、水のエネルギーを水の速度に変へ、噴流を水受車に衝突させて、その反動で水車を回轉させるものとの2種類がある。前者を反動水車、後者を衝動水車といふ。反動水車は、主として低落差で水量の多い場合に用ひ、衝動

水車は水量の割合に、高落差の場合に

用ひる。 反動水車の羽根車 衝動水車の水受車



落差20m以下の低落差には、プロペラ型の羽根車を有するプロペラ水車が用ひられることがある。

水車には、発電機にかかる負荷の大小に応じて、自動的に水量を加減する装置が附けてある。

3. 水力発電・火力発電と配電

水力が今日のやうに開發されたのは、全く交流電氣による送電・配電方法が進歩した賜である。

水力は時季によつて消長があり、水量の少い時季を渇水期といふ。現在の水力発電所では、冬季渇水期には、電力が $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ に下る。渇水期の水量を標準にして発電所を計畫すると、平常は餘つた水を捨てることになつて不經濟であるから、普通は発電能力を十分に大きく設計し、渇水期に於ける不足は、火力電氣で補ひができるやうにして置く。

火力発電所では、蒸気タービン或は内燃機関によつて発電機を運轉する。大規模のものは、多くは蒸気タービンを使用する。

蒸気タービンによる火力発電所の主な設備は、蒸気罐・蒸気タービン・復水器及び発電機である。罐水及び復水器用として多量の水を必要とするから、河海などの近くに設けられることが多い。

滿洲支那大陸などで、水源から遠い場所では、なるべく水を節約するために、復水器の冷却用水を巨大な鼓型の塔に送つて、その表面に沿つて温水を流して冷却させ、同じ水を循環して使ふことがある。

火力発電所には、1基 10000 KW 以上の大設備を有するものが少なく、そのやうな発電所では、技術の粹を盡くして発電してゐる。

主として石炭を燃料とする場合には、石炭を齒磨粉のやうな微粉に碎き、これを空氣と混ぜて罐の爐中に噴き込む。このやうな燃焼法を微粉炭

燃焼といひ、石炭は殆ど完全燃焼を行ふから、煙突の煙は薄雲程度以上に黒くなることはない。

現在火力発電所の能率の向上は、1 KW 當りの石炭の消費量が 1 kg 以下に低下したけれども、運轉費はなほ水力発電に比べて甚だ不利である。

蒸気タービンの熱効率を高めるために、進歩した発電所では蒸気壓力 50 氣壓以上、蒸気溫度 450 度以上の高壓・高溫の蒸気を用ひることも珍しくない。また復水器に於ては、器内の壓力を水銀柱 7 cm 程度内外に下げている。これらを綜合した結果として、大規模な火力発電所の全體の熱効率は、ジーゼル機關の熱効率に匹敵する程度まで向上したものがあつた。

内燃機関による火力発電所は、主としてジーゼル機關を使用し、1基 10000 馬力程度のものを用ひることがある。ジーゼル機關は、その性質上一つの氣筒で 500—600 馬力以上を出すことは困

難である。それ故、大馬力のものを作らうとすると、氣筒の数を非常に多くしなければならぬので、その構造取扱が複雑となり、実用的でなくなる。また燃料の重油は、今日では軍艦用、航空燃料の原料用として貴重な用途があるから、わが國では、大馬力の内燃機關發電所を、常時運轉するといふことは稀である。

發電所と需要地とを結ぶ送電線は、網の目のやうに結んであつて、何箇所もの發電所から、需要地に送電できるやうにしてある。このやうにすると、彼我の電力の過不足を補ふことができる。また火力發電所もその網の目に加へる。このやうにして、渇水量以上の多くの水量を使つても、渇水期には火力發電で補ふことができ、萬一1、2の發電所に故障が起つても、他の發電所の電力で需要地は差支へなく、電氣の供給を受けられる。

わが國では、水力を主體として電源開發を行つてゐる。1箇年の發生電力は、水力と火

力とで大體3:1の割合になつてゐる。

わが國は殆ど全國に互つて送電網がしかれ、先に知つたやうに、これらが相互に連絡されて、互に助け合ふ施設がしてある。われわれは旅行の際など、諸所に送電線を見るであらう。

〔研究〕送電塔の構造、送電線を吊す碍子の構造を観察し、何故にそのやうな構造がとられてゐるかを研究せよ。

2. 構造物の強さ

1. 物の強さ

〔考察〕 1. 機械・器具の部分の強さが必要以上に大きいことは、實際上不都合であることを、身近なものについて考へよ。

すべて機械・器具などの部分は、その働を十分に現すために、必要で且つ十分な強さをもたなければならない。それには、それらの部分に作用する力を正確に知り、なほそれらの部分を構成する材料物質の強さを正確に知つてゐなければならない。

家屋・橋梁などの構造物の各部分についても、上と同様なことがいへる。

〔考察〕 2. 橋梁に作用する力には、主にどんな種類のものが考へられるか。

〔考察〕 3. 内燃機関の連桿が運動して

ゐるときに、これに作用する力にはどんなものが考へられるか。

機械・器具・構造物などに作用する力は、物の重さによる荷重と、物が運動するために生じる荷重とに、二大別することができる。主として重さによる荷重を死荷重といひ、運動に伴つて生じる荷重を活荷重といふ。

活荷重は、物體の運動を精密に研究すれば計算することができる。

物體に作用する力は、已に學んだやうに、張力・壓力・ずれ應力の3種に大別される。

已に固體の變形のところでも調べたやうに、物體に力が作用すると、物質を構成する分子は、その外力に抗つて、破壊されるのを防がうとするが、遂にその外力に負けると、物質は破壊する。この破壊されるときを破壊應力といふ。物質は、その性質によつて破壊應力の強さが違ひ、また先の3種の力に対する

抵抗度が異なる。

鋼は工業上に使用される材料のうち、張力・圧力・ずれ應力に對して、最も大きい強度をもつてゐる。鑄物に使ふ銑鐵は、圧力に對しては強いが、張力・ずれ應力に對しては比較的弱い。木材は木理^{きり}の方向に作用する張力・圧力に對しては強いが、その方向に作用するずれ應力に對しては非常に弱い。

機械器具・構造物などには、これらの材料の性質を適當に應用して用ひなければならない。また作用する外力は、常に弾性限界内に保たなければならない。さうでなければ、外力のために、それらは永久に變形し或は破壊する。

機械器具・構造物などの部分は、通常極めて弾性の小さな物質で作るが、目的によつては、これに極めて大きい弾性率を與へるやうにすることができる。

(問題) 1. 重ねばねや蔓巻ばねを用ひ

た實例をあげよ。

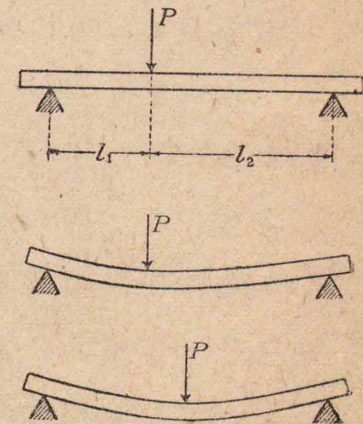
外力の大きさに對して物質内に生じる應力の強さは、斷面積 1 mm^2 當りの kg で表はす。例へば軟鋼の破壊應力は 50 kg/mm^2 程度、弾性限界はその約 $\frac{1}{2}$ 、銑鐵の引張り破壊應力は 20 kg/mm^2 程度、壓縮破壊應力は 100 kg/mm^2 程度である。

(問題) 2. 斷面積 4 cm^2 の軟鋼棒が、安全に支へるための引張り荷重は幾らか。

2. 基本部分に作用する應力

機械・構造物などに於ける最も代表的な基本部分について、作用する應力の 2, 3 の例を考へてみよう。

長い棒が圖のやうに兩端で支へられ、棒と直角の方向に外力が作用してゐる場合



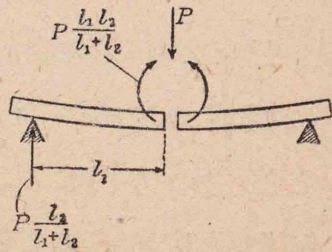
には、これを梁といふ。

〔実験〕1. 両端で支へた梁を作り、錘を吊して、梁の撓みと錘の大きさとの関係を調べよ。また錘の位置をいろいろに變へてためせ。

上の実験でわかるやうに、一定の大きさの外力が作用する場合に、梁の撓みは、外力が梁の中點に作用した場合に最も大きくなるであらう。もしその場合に、梁の強さが外力の大きさに耐へなければ梁は折れる。

〔考察〕4. 外力が働いて梁が折れる場合に、梁の上面・下面に作用する應力の性質を考察せよ。

〔考察〕5. 圖のやうに、梁の任意の點に外力 P が作用してゐるとき、梁の斷面を考



へると、その點については

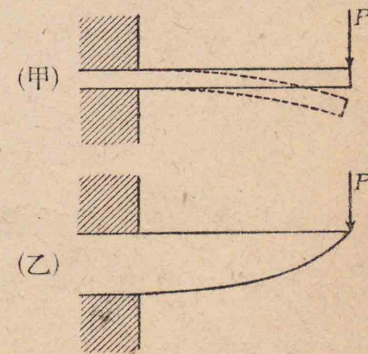
$$P \frac{l_1 l_2}{l_1 + l_2}$$

といふ偶力が作用してゐる。溝川に渡した板橋を安全に通るには、體重を板橋の中點にかけないやうに、なるべく岸近くを踏むのがよいことは經驗してゐるであらう。そのわけを上のことから考察せよ。

梁はしばしば一端が固定され、他の端が自由端で、そこに荷重がかかることもある。

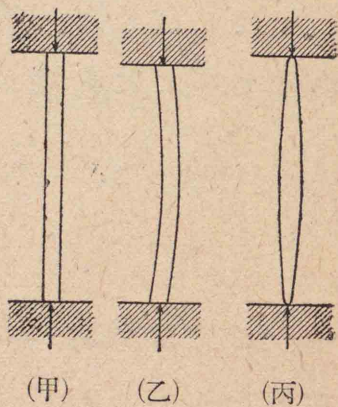
〔実験〕2. 一端を固定した梁の自由端に力を加へ、梁がどこで折れるかを調べよ。

上の実験で調べた破壊を防ぐために、梁に用ひる資材を最も合理的に使ふには、圖の(乙)に示すやうに、最も弱い部分を最も厚



くして補強し、梁の先端に行くにしたがつて、寸法を小さくすればよい。このやうにすれば、梁はいづれの點にも特別な弱點がなくなる。機械部分・構造物などを構成する場合には、なるべくこのやうに、特別な弱點のない構造にするのが望ましい。

家屋・橋梁などでは、しばしば柱を用ひる。次に柱に力が作用する場合について考へよう。柱は壓縮應力を受け、そのために彎曲し、遂には中央部に於て破壊する。特に、弱點のない柱を作る場合には、圖の(丙)のやうに中太にしなければならぬ。

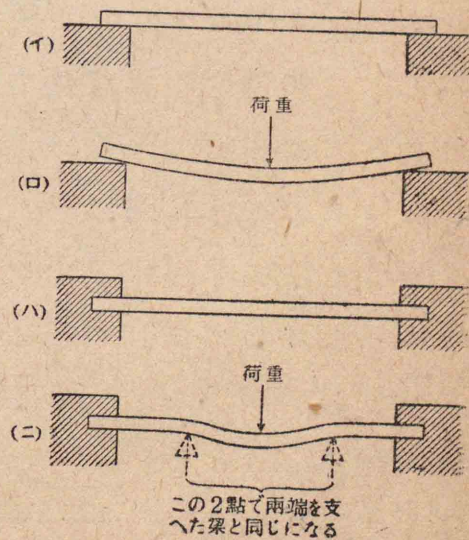


[考察] 6. 起重機に於て、その壓力を受ける柱の實際の構造を調べ、それについて考察せよ。

3. 構造物の強さ

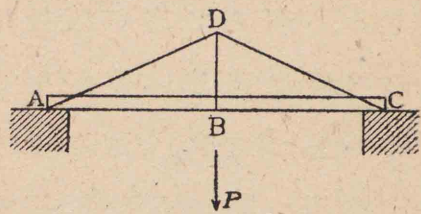
構造物を組立ててゐる要素に作用する力は、前節で學んだ基本部分に作用する力の一つ、或はそれらの組合はせに歸することができる。組立て方の巧拙によつて、構造物全體の強度に著しい差が生じる。今、例を簡単な橋にとつて考へてみよう。

小川に橋をかけるとき、圖(イ)のやうに、ただ板を渡すだけでは、板は兩端を支へられた單純な梁として作用するに過ぎない。もし兩端を何らかの方法、例へば圖の(ハ)のやうに固定することができれば、梁の曲り具合は、圖の(ニ)のやうになり、強さが著しく増すことがわかるであらう。



しかし両端を完全に動かないやうに固定することは、多くの場合實際上不可能である。その代りに、梁に幾つかの補強部分を付け加へて、その強さを著しく増すことができる。

今梁に、圖のやうな三角形の部分を二つ組合はせた補強を施したとしよ

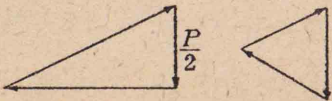


う。この場合に、それぞれの部分に作用する力はどうか。

梁 AC に作用する力は張力であり、AD 及び CD に作用する力は圧力であり、DB に作用する力は張力である。以上の關係を求めするには、次のやうに考へればよい。

先づ A 點に作用する力を考へよう。A 點には、地面からの反作用 $\frac{P}{2}$ と、梁 AC に作用する AB 方向の力と、補強材料 AD に作用する AD 方向の

A 點に作用する力 D 點に作用する力



力との三つが作用する。この3力が釣合つてゐなければならない。已にわかつてゐるのは、 $\frac{P}{2}$ の大きさと方向、及び AB, AD の方向だけである。力が釣合つてゐる以上、これらの3力の力の矢を組合はせると、閉じた三角形にならなければならないから、随つて前頁の下圖のやうな方向をとることになるわけである。同様にして D 點に作用する力を考へると、力の方向は AD, DB, CD であり、そのうち AD に作用する力の向きはわかつてゐる。随つて圖のやうに DB に作用する力も容易に求めることができる。

このやうにして各部分に作用する力がわかると、各部の構造を前に述べた理由によつて、それぞれの力の性質に合致するやうに作ることができる。即ち AD 及び CD に作用する力は圧力であるから、それぞれ壓縮に十分耐へることが必要であつて、細い針金などでは支へられない。随つて相當の太さがあ

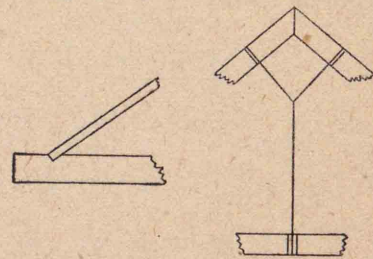
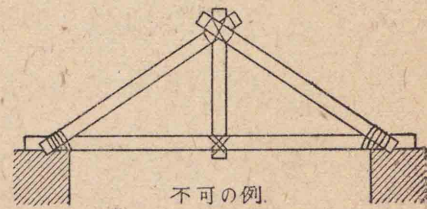
つて、両端から壓力を受けても曲らないやうな材料でなければならない。これに反して DB に作用する力は張力であるから、細い針金などでも、強ささへ十分あれば曲る心配はない。

次に A・B・C・D に於ける構造を考へよう。これらでは、それぞれ作用する力の性質によく合致してゐなければならない。例へば A

に於ける梁 AC と補強材料 AD との結合を、圖のやうに繩などで結びつけ

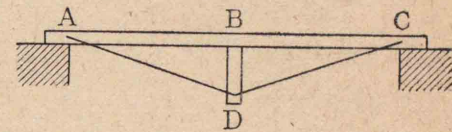
たとすると、結び目はずり易く、比較的效果が少い。しかし右圖(甲)のやうに、少し切り

欠きを作つて組合はせれば、この部分の強さは非常に増して、殆ど釘・繩などの力をかりないでも、十分に強さが



(甲) (乙)

保たれる。また補強材料 DB の両端を、繩などで結んでも比較的效果が少い。これに対しては圖の(乙)のやうな結合方法を用ひ、DB を針金或は繩で代用すれば、僅かの材料で非常に鞏固な構造



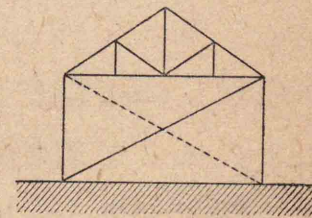
が得られる。もし適當な太さの

柱が得られない場合には、圖のやうに三角形を逆に組合はせて補強すればよい。

(問題) 3. 上の場合には、各部分にどんな力が作用するか。またそれらの各部にはどんな材料を選ぶのがよいか。

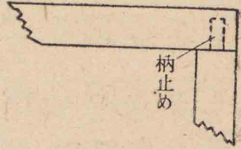
次に家屋の例について考へてみよう。圖のやうに、家屋の屋根の小屋組は、三角形になつてゐるから、やや強い。

しかし、柱の部分は、それが壓力には十分耐へる強さがあつても、圖の點

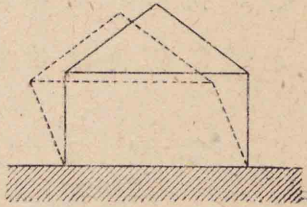


線で示すやうに、横向きの方に對しては極めて弱い。

在來の日本家屋の構造では、この種の外力に對する抵抗は、柱と梁の^{納どめ}にだけ頼つてゐたから、地震や風害などで、家屋に横壓力が加はる場合には極めて弱かつた。



(問題) 4. 圖のやうに、家屋の構造に^{筋交}を用ひるわけを説明せよ。

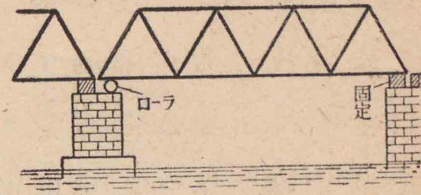


[考察] 7. 筋交を1本用ひるときと2本用ひるときとの、筋交に作用する力及び全體の構造の強さの變化などを考察せよ。

机・椅子などの家具にも、上の理を應用すると、その強さを著しく増すことができる。

鐵橋・起重機・送電塔などのやうな重量を支

へる大きな構造物も、その組立ての原理は全く以上と同様である。しかし



鐵製の大きな構造物では、溫度の變化による伸縮があるから、張力を受ける部分はその兩端の固定方法を自由にして、常に純粹な張力だけがかかるやうにしてある。この點が、普通の木造の構造物とやや違ふ點である。

物體はすべて大小の彈性をもち、振動を起すことのできる要素をもつてゐる。ただその振動の程度が、大きいか小さいかの違ひがあるだけである。構造物の強さを考へるときには、先の死荷重・活荷重のほか、またこの振動を考慮しなければならない。

地震によつて建物が破壊するのは、地震の振動の周期が、たまたま建物の振動の周期と一致して共鳴の現象を起し、甚だしい振動を起すためであることが間々ある。吊橋は極

めて振動を起し易い構造物の例であつて、橋上を多數の人が通過するとき、その死荷重に對しては十分な強度をもつてゐても、その人達が足並を揃へて規則正しい振動を橋に與へると、橋が共鳴を起し、甚だしい振動のために墜落することがある。

この共鳴の現象は、飛行機の翼の強さなどには重要な問題であつて、發動機の起す振動が、翼の振動と合致すると、その共鳴のために、飛行機が空中分解を起すことがある。そのやうな場合には、發動機の回轉數を僅かに變へると、共鳴の現象が止み、危機を脱れることができる。

3. 機械工作

1. 機械工作の基本

機械を構成する材料を大別すると、銑鐵・軟鋼・硬鋼などの鐵類、銅・黃銅砲金などの銅合金、アルミニウム及びその合金などの輕金屬、鉛・錫・亞鉛などの合金などが主なものである。

銑鐵は機械の臺枠、その他主として死荷重を受け、機械の骨格となる部分に多く用ひる。軟鋼・硬鋼などの鋼類は、回轉軸・齒車などのやうに、大きな力を受け、高速運轉をする部分に主として用ひる。

銅合金は、砲金として鑄造して用ひることが最も多く、軸受金などのやうに摩擦を絶えず受け、熱を發散させる必要のある部分、或は銹の生じるのを嫌ふ部分などにも用ひる。

アルミニウム合金は航空發動機・自動車・戰車などの輕量を必要とする機械に甚だ廣く

用ひられる。これらでは普通の機械に於て、銑鐵または銅合金を用ひる部分に、それよりも輕量で熱傳導率の高いアルミニウム合金を置き換へて利用してゐる。またいろいろな點で、アルミニウム合金を材料としなければならぬ場合も多い。例へば航空發動機のピストンのやうなものは、その例である。

アルミニウムと銅との合金のジュラルミンは、その重さは鋼鐵の約 $\frac{2}{5}$ で、強度は鋼鐵にやや近い。飛行機の胴體やプロペラなどによく用ひる。

鉛錫・亜鉛などの合金は、回轉軸の軸受金などの目的に廣く使用される。

以上のやうな諸材料を用ひて、機械の形に成形する過程を機械工作といひ、そのために使用する機械を工作機械といふ。

工作機械は手工業時代のいろいろな工具を機械で運轉するやうに作つたものであつて、精巧・複雑なものが多いけれども、その材料を切削する原理は、手工業時代の工具の作用と全く變はらない。

機械工作の基本過程は、次の6種に分けられる。

1. 鑄造
2. 鍛造
3. 切削
4. 孔ぐり及び孔明け
5. 面削り
6. 研磨

鑄造は金屬をるつぼ・熔銑爐・電氣爐などで融かし、ちやうど石膏細工と同じやうな原理で、豫め作つて置いた型の中に熔融金屬を流し込み、所要の形を作る作業である。

型は所要の形を空間として残したものであつて、多くは砂で作る。これを作るには、豫め作つた木型を砂の中に埋め、後にそれを取り出して、砂中に所要の空間を残すのである。複雑な形のものを作る場合には、型を幾つかに分割して木型を取り出し易くしなければならない。また金屬は凝固する場合に收縮するから、木型の寸法は所要のものよりも、金屬の縮み代^{しろ}だけ大き目に作らなければならない。

鑄造の技術は、機械工作のうち最も工員の熟練に頼る點の多い工作法である。金屬を最初に融かすときには、鑄造した後に所要の性質、例へば強度などを與へるために、いろいろな物質を適度に配合することが多く、1種の金屬だけを用ひることは少い。

銑鐵製品は普通甚だ脆いが、特別な配合及び操作によつて、銑鐵の性質を鋼に近くすることもできる。これらを可鍛鑄物といふ。また飛行機・自動車用としては、アルミニウム合金の鑄物が廣く用ひられる。

鍛造は十分の強さを必要とする機械部品の成形のために用ひられる作業であつて、金屬を赤熱し、これを空氣・蒸氣などの力によつて動く槌で打ち、所要の形とするのである。精密な機械部品を多量に生産する場合には、硬鋼の大塊に所要の形を彫り込み、それらの間に赤熱した材料を挟んで、その型を打てば目的物が一舉に鍛造される。このやうな鍛

造法を型打鍛造といふ。飛行機・自動車そのほかいろいろな兵器などの鍛造は、主としてこの方法によつてゐる。

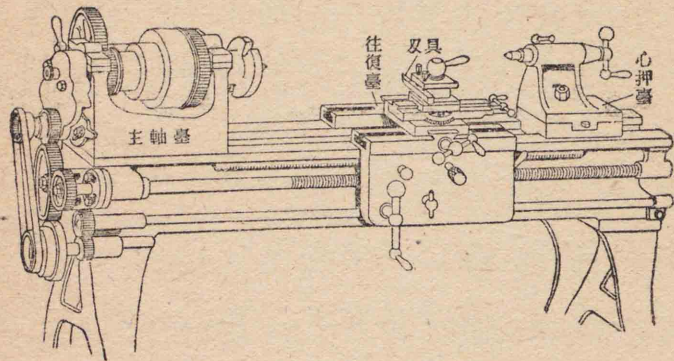
鑄造及び鍛造によつて得られた部品は、そのまま使用されることもあるが、多くは更にこれに機械加工を施して、精密な形及び寸法に仕上げる。機械加工の行程に對して、鑄造・鍛造の行程を、素材行程といふことがある。

2. 工作機械

工作機械に於ては、これに取附けた刃具によつて素材を削る。これを切削作業といふ。切削作業を行ふためには、刃具は必ず工作されるものよりも遙かに硬いものでなければならぬから、工作物の種類によつては、金剛石或はそれに近い硬さをもつ刃具を使用する。普通の軟鋼を削る場合、これに使用する工具は硬鋼で作る。硬鋼は鋼に焼入れ處理をして得られるものである。また鐵中に炭

素のほかにタングステン・コバルトのやうな元素を混ぜると、焼入れ硬度は一層高くなり、その成分と焼入れ方法とによつては、金剛石に近い硬度が得られる。

工作機械の代表的なものは旋盤である。

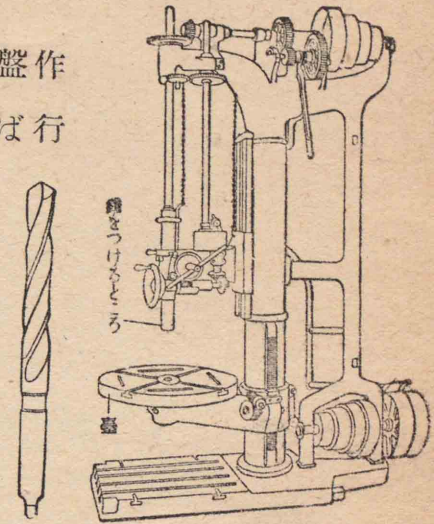


旋盤は圓筒形を削るのを原則とするが、工夫によつては、他のいろいろな工作機械のする仕事を代つて行はせることができる。それでかつては工作機械の父と呼ばれた。

旋盤では、工作物とその回轉軸に取付けて回轉させ、これに双具を當てて所要の形に削るのである。丸軸を削り、或は丸軸のねちを切るなどの作業は、最も普通に行はれる旋盤

作業である。

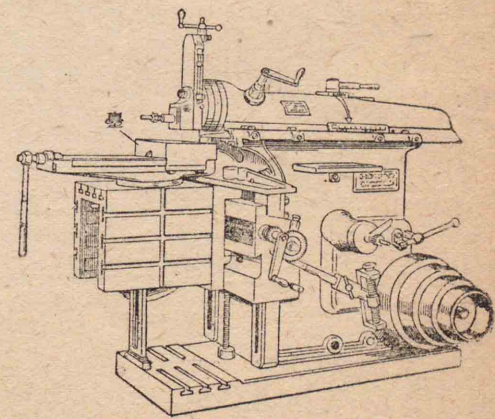
孔明け作業は、旋盤作業に次いでしばしば行はれる作業である。これに使用する機械を錐揉盤といふ。加工品を臺の上に置いて、圖のやうな形の所要の大きさ



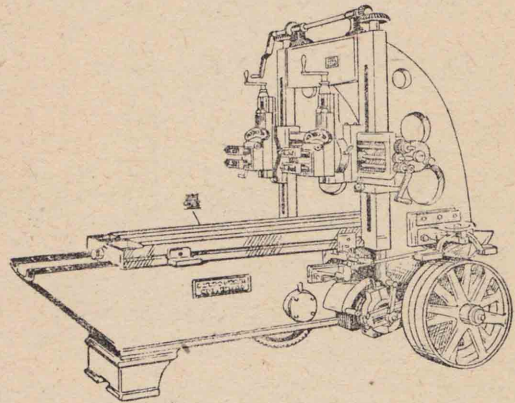
の錐で、上方から錐揉みをするのである。

平面を削る作業もまたしばしば行はれる作業である。このために古くから使用されてゐる工作機械は、成形盤、鉋盤などである。

右圖は成形盤で、割合に小型のもの、の平面を削るのに



用ひ、大工の鉋に相當する機械である。加工品は臺の上の萬力に取付け、双具が往復運動をし、加工品を取付けてある臺が、双具の運動と直角の方向に送られるやうになつてゐる。鉋盤は圖のやうなもので、大きな平面を削るのに用ひ、双具の代りに臺が往復運動をするものが多い。



近時多量生産工業の進歩に伴なつて、フライス盤といふ工作機械が廣く用ひられるやうになつた。これは旋盤・成形盤などのする仕事を代つて行ふもので、齒車を切ることができ、また大量生産にも適する。

〔考察〕 以上のやうな、いろいろな工作機

械によつて加工されたものの表面は、顯微鏡で調べると、なほ甚だしい凹凸がある。その理由を考へよ。

精密な機械では、加工された表面に少しでも條痕があつてはならないから、更に表面を研磨する。研磨に使用するものは、カーボランダム・アランダムなど、いはゆる金剛砂を固めて圓壘形にした研磨石であつて、これを高速回轉して工作物の表面を研磨する。この作業を経てもなほ表面の精度が不十分な場合には、更に油砥石の類で磨き上げる。これを超仕上げ作業といふ。

〔實驗〕 適當な方法によつて、旋盤・銼盤・成形盤・鉋盤などによる作業を實習せよ。

以上のやうな諸工作過程に於て、仕上げられる機械部分の寸法の誤差を機械を使用する目的に應じて、 0.01 mm 程度に止めること

は、最近の技術を以つてすれば、それほど困難なことではない。いはゆる精密機械では、寸法の誤差を 0.001 mm 程度に止めることも可能である。

上のやうな高精度の加工を行ふ場合には、工作室の室温の高低さへも、作業の精度に影響するので、精密作業の工作室は、ときに恒温室とすることがある。

昔の機械工作では、工員が一々圖面を受取つて、自ら工作物の寸法を測定しながら、熟練によつて加工したのであるが、このやうな工作方法は能率がわるく、また個人の技倆に依存することが多い。

それで近代の多量生産行程に於ては、治具と単能工作機械とを用ひる工作方法を行つてゐる。

治具とは所要の形状と寸法とを與へる道具であつて、昔のコンパス・物指・カリパスなどの代りに用ひるものである。工員は工作物

を機械的に工作機械に取附けて、與へられた治具の指示する通りに切削すれば、所要の寸法・精度の工作物が得られる仕組になつてゐる。

単能機械とは、或る特定の目的にだけ適するやうに製作された機械である。例へば旋盤に例をとると、普通の旋盤は1臺の機械で各種各様の作業を行ふことができるが、これが単能機械としては、或る特定の目的にだけ適するやうに製作する。随つて、その取扱は極めて簡単で、未熟練者でも直ちに習熟することができる。

このやうな治具・単能機械の方式が徹底化するためには、それらの方式の計畫立案をし、またそれらを製造するところの幹部が、極めて高度の技術者であることが必要である。

(問題) 工作機械が國防と不離の關係をもつてゐることを説明せよ。

4. 航空機・自動車・船舶

1. 飛行船

飛行船は卵形または葉巻形の気嚢に水素或はヘリウムを満たし、その浮力によつて船體を浮かすものである。その下部には發動機・乗員・荷物などを積む吊船を備へ、プロペラを回轉して進行する一種の航空機である。小型飛行船の気嚢はゴム引き織物製で、氣體の壓力によつて、その形を保つ。これを軟式飛行船といふ。大型飛行船では、アルミニウム合金と鋼線で組立てた骨格に外皮を張つたものの中に、気嚢が納めてある。これを硬式飛行船といふ。

〔考察〕 1. 現在、飛行船があまり實用にされてゐないのは、どんな理由によると考へられるか。

飛行船は現在實用的にはいろいろ問題が残されてゐるが、例へば戦時に於て、空の航空母艦として偵察機・戦闘機などを搭載して、隱密裡に敵の上空近く潜入するなどの目的に使用され、また平時に於ては、その航續力の長大なことを利用して、大洋横斷の定期旅客航空機として使用される可能性があると思へられるであらう。しかしその實用的價値はなほ未知數である。

2. 飛行機

〔考察〕 2. 飛行機は空を飛ぶ機械であるといふ點から、備へるべき二つの重要な條件を考へよ。

飛行機は發動機によつてプロペラを廻し、その推進力で機體を速い速度で空中に前進させ、その際翼に働く揚力で、空氣よりも重い機體を空中に支へるものである。それ故、空

中の一箇所に静止することはできない。

飛行機の主要部分は、主翼・補助翼・胴體・水平安定板・昇降舵・方向舵・發動機・プロペラ・降着装置などである。

機體及び翼の構造は、ジュラルミンまたは鋼の骨格に、ジュラルミンの薄板を用いた全金屬製を主として用ひる。練習機・戦闘機などでは、骨格の一部分或は全體を木材とし、これに塗料を塗つた絹製の羽布を張つた、いはゆる木製或は半木製の機體が用ひられることもある。

發動機は殆ど全部ガソリン機關を使用し、9—18 箇の氣筒を星型に配列し、これに氣流を當てて空氣冷却をする、いはゆる空冷式か或は12箇の氣筒を6箇づつ1列に並べ、これをV字形などに配列して、水で冷やす水冷式かのいづれかが用ひられる。

飛行機は主翼の枚數によつて、單葉・複葉などの別がある。

複葉機では、翼の全長を小さくすることはできないが、揚力は上下の翼の面積に相應するものとはならず、上下の翼相互の氣流の干涉のために著しく低下する。またその構造上、抗力が大きいから、發動機の馬力の割合に飛行機の性能がわるい。

單葉機では、現在は多く低翼式とし、胴體を翼の上に作る。無用の抵抗を減らして飛行機の性能を高めるために、降着装置及び車輪などは離陸後翼の中に納める式が多く用ひられる。

降着装置から區別すると、陸上機と水上機とがあり、水上機では陸上機の車輪の代りに浮舟がある。浮舟式の水上機の性能が、引込脚式の陸上機の性能に比べて劣るのは止むを得ない。

また用途によつて軍用機と輸送機とに大別される。輸送機は速度よりも安全性及び航續距離を主體として製作されるが、軍用機はその目的に應じて、各種のものが製作される。爆撃機は輸送機にやや類似した性能をもち、大きいものでは4基の發動機を具へ、多量の爆彈を塔載して長距離の飛行に耐へる。そのために速度はやや遅く、また空中に於ける旋回・反轉などの性能は、他の小型飛行機に比べて劣つてゐる。戦闘機は爆撃機と

正反對の性能をもち、小型のものは1人乗り、即ち單座である。専ら高速度と優秀な操縦性とを主眼として作られる。その代りに航續距離が餘り長くないのが普通である。その他偵察機は、比較的長い航續距離と高速度を主眼とし、敵基地の状況を視察報告するのを任務とする。

飛行機の飛ぶ高度は、飛行の目的によつて異なるが、地上 10000 m 以上を飛ぶいはゆる成層圏飛行が、飛行高度の新しい分野として研究され、實用化しつつある。

地球上の中緯度の地帯で約 11000 m 以上に昇ると、太陽熱の影響による大氣の對流が殆どなくなり、大ていいつも天氣晴朗であり、一定の西風が吹いてゐる。この高さでは空氣の密度が低空の値の約 $\frac{1}{3}$ になり、大氣の溫度は零下60度ぐらゐである。飛行機が或る速度で飛行するとき、その受ける空氣の抵抗は、空氣の密度に正比例するから、このやうな高空を飛ぶ場合には、空氣抵抗が約 $\frac{1}{3}$ に減る。

〔考察〕 3. 各國に於て、成層圏飛行の研究及びその實現化について、努力が拂はれてゐるのは、どんな理由に基づくか。

〔考察〕 4. 成層圏に於ては、飛行機の抗力の減少と同様に揚力も減る。これを補ふためには、どうしたらよいかを考察せよ。

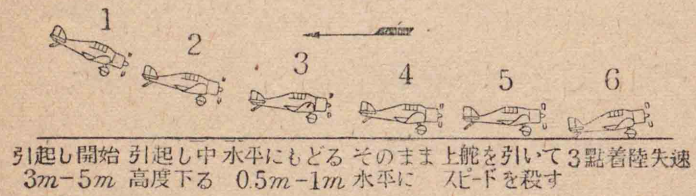
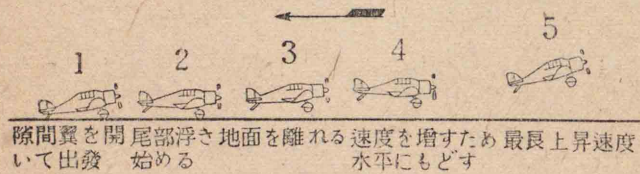
成層圏では、直ちに低空での抵抗の $\frac{1}{3}$ とはいへないが、なほ著しく抵抗が減るであらう。已に内燃機關のところでは知つたやうに、發動機の出力は、結局氣筒に供給される酸素の量で定まる。それ故、他の條件が一定ならば、發動機の出力は、成層圏では地上の約 $\frac{1}{3}$ に低下するわけである。これに對しては、已に學んだ過給機を使用して、馬力の低下を防ぐ。このやうにして成層圏では、低空に於ける速度の2、3割を増大することができる。

低空で時速 500 km の爆撃機は、成層圏を飛べるやうにすると、時速 600—650 km になることになる。

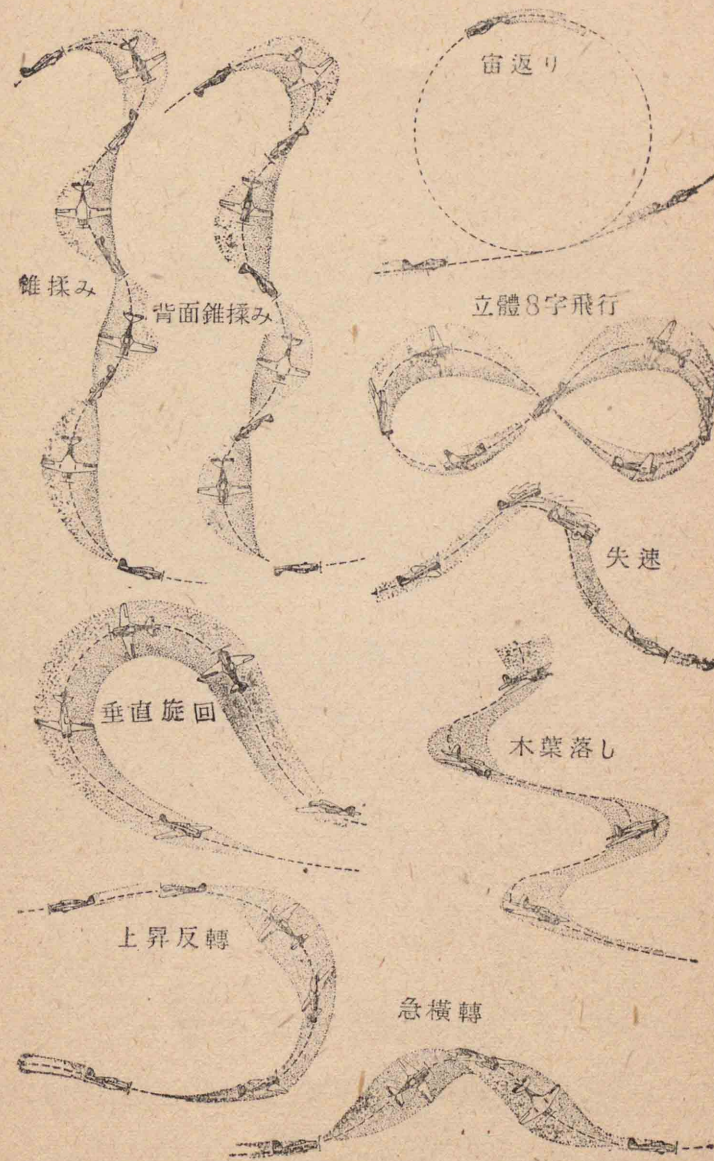
また成層圏に於ては、最大航続距離をあまり犠牲にしないで、高速飛行ができるので、航続距離も3-5割増大することができる。これによつて長距離大型爆撃機には、成層圏飛行が最も必要であることになる。

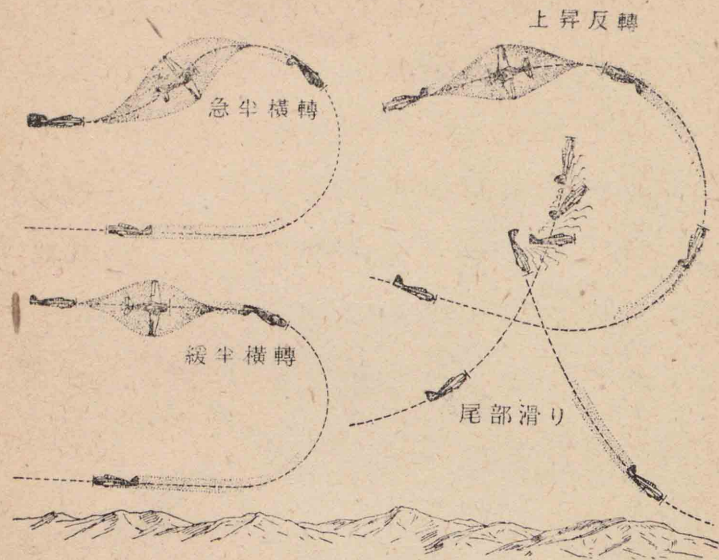
(問題) 1. 成層圏飛行では、乗員の呼吸を保つためどんな方法がとられてゐるか。

次に飛行機の操縦法によつて得られる、いろいろな場合の姿勢を圖によつて考へよう。離陸及び着陸の場合は次のやうである。



各種の高等飛行に於ける飛行機の姿勢は、次頁の圖に示すやうである。





〔研究〕 高級滑空機の操縦に熟練すれば、これらの高等飛行のあるものは、滑空機によつても行ふことができる。滑空機の操縦訓練の際、これを研究せよ。

3. 低速飛行機

〔考察〕 5. 飛行機が向上した場合に、飛行場施設について、また偵察任務について起る不便を考へてみよ。

飛行機の發達は、速度の向上に向かつてゐるが、空中での速度が速ければ、離陸・着陸のときの速度も速い。しかし離着陸の際は、なるべく低速であることが望ましいので、そのために圖のやうな、下げ翼・隙間翼などの構造が用ひられてゐる。



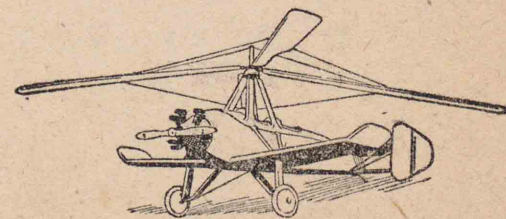
前者は翼の後方を折り

曲げて揚力を増すもので、後者は迎角を大きくしても失速しないやうにしたものである。

離着陸の際の低速度に對する要求を極度に活かしたものが低速飛行機である。その一種は、下圖のやうな回轉翼飛行機である。

この飛行機は速度を得るにしたがつて、上部の回轉翼が自然に回轉し、機體の速度は極めて遅いにも拘

らず、翼の空氣に對する相對速度は、十分の



揚力を與へるので、極めて短い滑走距離で離陸し、また殆ど垂直降下に近い着陸を行ふことができる。

他の一種はヘリコプターと呼ばれるもので、竹とんぼ式の翼を、發動機によつて回轉させて上昇するもので、垂直の上昇・降下が可能である。これらの低速飛行機は、その特性を活用すればいろいろな用途がある。

4. 自動車

自動車はガソリン機關或は他の内燃機關を備へ、その動力によつて、後車輪を驅動する。

軍用自動車などのやうに、道路外または甚だしい悪路を運轉することを目的とするものでは、機關の動力を前車輪にも傳へ、或は後車軸を2軸とし、その2軸を驅動するいはゆる六輪自動車とすることもある。このやうな自動車を路外自動車といふ。

機關の動力はクラッチ・變速機を経て、後車

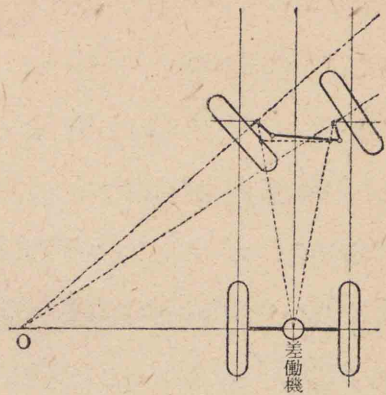
軸に傳へられる。クラッチは、機關の動力と後車輪の驅動との縁を切つたり繋いだりする装置で、變速器は、機關の回轉速度と推進軸の回轉速度との比をいろいろに變へる装置である。ガソリン機關・ジーゼル機關では回轉速度は速いが、回轉力は弱い。自動車が出發するとき、または坂道などを上るときには回轉力が不足するから、齒車の噛み合ひにより、推進軸の回轉速度を落して回轉力を増す。

クラッチから後車軸までの機構を總稱して傳動装置といふ。

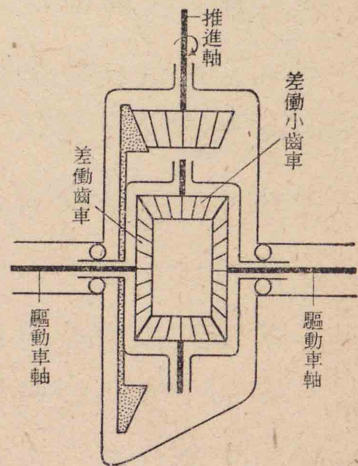
自動車は運轉者の意のままに曲路を通過しなければならぬから、そのために操向装置がある。操向装置は運轉臺に設けられてゐて、ハンドルの回轉を齒車や梃子の仕掛を経て前車輪に傳へ、その向きを變へるものである。¹⁾

1) 前車輪の方向を60度變へるには、ハンドルは1回轉(360度)させなければならない。

ハンドルを回轉すると、前車輪の中心に立てた圖のやうな二つの法線が、常に後車軸の延長線上(O)で交はるやうになつてゐる。



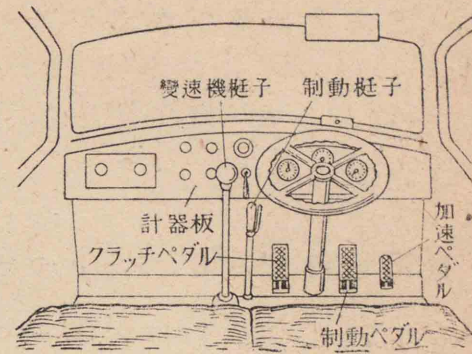
また後車軸は差働機といふ装置によつて、左右の車輪が別々に回轉することができるやうな構造としてある。このやうな構造によつて各車輪は、殆ど無理なく曲路を通過することができるのである。



自動車を止めるために制動装置がある。運轉臺にある制動ペダルを踏むと、その力が各車輪に設けてある制動装置に傳はり、制動

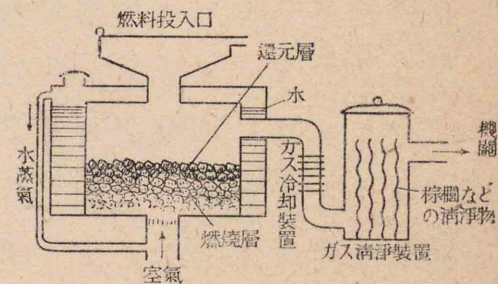
子を開いて、車輪の回轉を止める。

機關・傳動装置・操向装置・制動装置・車輪な



どは、車枠に取附けられ、車枠の上に貨客を搭載する車室が取附けてある。¹⁾

自動車用機關では、石油節約のためにいろいろな代用燃料が使用される。その主なものは、木炭・半成コークス即ちコーライトなどである。これらの固體燃料を用ひる場合には、ガス發生爐を装置し、ガスを發生させる。發生するガスの可燃主成分



1) 車室を取除いた残りの部分をシャシといふことがある。

は、一酸化炭素及び水素である。

(問題) 2. 發生爐中では行はれる主な反應を考察せよ。

代用燃料としては以上のほか、じやがいも・さつまいもなどから採取するアルコールや、天然ガス・アセチレンガスなどが用ひられることもある。

5. 船 舶

船はその使用の目的に応じて、大きささまざまにつくられる。大型の貨客船では、戦時非常の應急策としての木造船を除き、通常は鋼でつくられる。

船をつくるには、陸上の造船所に於て、先づ船の脊骨ともいふべき龍骨を据ゑ、これに船の外形を定める肋骨を立て、外板及び甲板を張ると船體が出来上る。次に斜面を滑らせて、これを水上に進水させる。進水した船は

ドックに入れ、ドック内の水を排水して艤装に取りかかる。その際、船の機關部を装置し、その他船艙・船員室・客室などの詳細の艤装を終へて就航する。

船の推進機關を主機關といひ、主機關は内燃機關・蒸氣機關・ジーゼル機關など、船の大きさ・速度、使用の目的などに應じて適當なものを選ぶ。軍艦は潜水艦を除いて殆ど全部蒸氣タービンを使用する。潜水艦は水上航行用としてはジーゼル機關、水中航行用としては蓄電池を電源とする電動機を使用する。

(問題) 3. 潜水艦では、水上航行と水中航行とで異なる原動機が用ひられるわけを述べよ。

主機關によつて推進機軸を回轉する。推進機は1箇または2箇、軍艦などの高速艦船では4箇を用ひることがある。通常、前部最高部に船橋を設け、ここで操舵し、また機關室

に前進・後進・速度調節などの命令を發する。

大型高速の艦船には、近代技術の粹を蒐めた諸施設がある。即ち無線通信機、無線方向探知機、水中音波による測深機、獨樂を應用した自動操舵装置や動搖防止装置、その他火災報知機などがこれである。

坐礁その他の事故による沈没を防ぐために、船底は二重底とし、また船の外殻の一部が破壊されて浸水しても沈没を免れるために、船内を幾つかの區劃に分け、遭難時にはその區劃の障壁を閉ざして浮力を保つ装置がしてある。

船舶も航空機と同様に、水の抵抗を極力減少して機關の出力を有効に利用する工夫がしてある。そのために船を建造する前に模型船をつくり、これを試験用の水槽で走らせて、波の出來具合、推進に必要な馬力などを研究し、最良の形を決定する。船舶機關の馬力は、速度の3乗に比例する。それ故、僅かに速

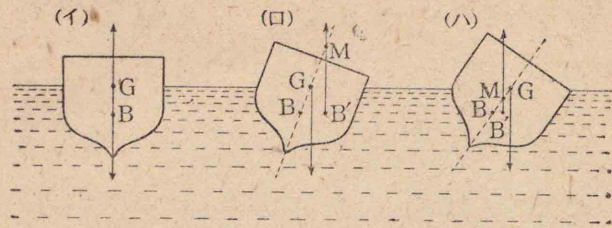
度を上昇させるためにも、機關の馬力は著しく増大しなければならない。

船の大きさを表はすには噸數を用ひる。軍艦の噸數は主として排水噸數で表はす。排水噸數は即ち船の重量である。商船の噸數は、船舶内部の容積で示すのが普通である。普通 100 立方呎¹⁾を1噸といふ。普通の商船の場合、排水噸數は總噸數の約3倍である。船の速力はノットで表はす。1ノットは毎時1.85kmの速さに當る。

船が航海する場合に最も問題となるのは、その復原性である。復原性の甚だ貧弱な船では顛覆の虞があり、また復原性のあまり強大な船では波が船體の外殻を打つ力が強すぎ、そのために船が破壊する虞がある。復原性は船の浮力の中心と重心との高さの差、即ち傾心の高さを以つて測る。今次頁の圖で、船が平水に浮かんでゐたときの浮力の中心

1) 100立方呎は $\frac{1000}{353} m^3$

を B, 重心を G とする。船が傾



いたときも、重心は定まつた点であるが、排除した液體の形は變はるから、浮力の中心はその傾きの程度によつて、圖の(ロ)、(ハ)に於ける B' のやうに、位置を變へるであらう。このとき B' を通る鉛直線が船の鉛直軸と交はる點 M は、それぞれの場合に於ける傾心であつて、M と G との関係位置によつて、船の安定・不安定が定まる。

〔考察〕 6. 傾心は船の傾き角によつて變はる。傾心をどんな位置にあるやうにするかが、復原性を定めるために造船上重要な點であることを考察せよ。

わが國の造船技術は海洋國の特質を發揮し、世界に冠たるを以つて有名である。

5. 火藥類・火兵・化學兵器

1. 火藥類

火藥類と燃料とではどんな點が違ふのであらうか、黑色火藥について考へてみよう。

〔考察〕 1. 木炭は燃料である。硫黄は燃料ではないが燃え易いものである。硝酸カリウム(硝石)は加熱すると酸素を發生し易い物質である。木炭と硝石と硫黄とを混合すれば火藥になる。何故であらうか。

〔實驗〕 1. 木炭の粉と、別に木炭の粉とほぼ同量の硝石の粉とをよく混ぜ合はしたものをとり、それぞれ點火して燃え易さを比較せよ。次に木炭の粉・硝石・硫黄をそれぞれ大體 15%, 75%, 10% の割合にとり、それらを別々に十分細かく碎いた後、紙上で

よく混ぜ合はせ、その少量に点火してみよ。¹⁾

この実験で、木炭の燃焼は、硝石の存在によつて著しく速くなり、更に硫黄を加へることによつて、爆発的に急激な燃焼をするのが認められたであらう。

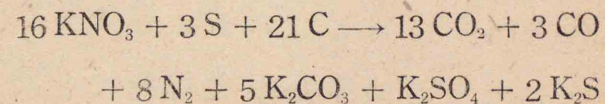
燃料も黒色火薬も同じく燃焼するものであるが、ただ燃焼の速さが著しく異なる。火薬類として絶対に必要な条件は、急激に燃焼または分解し、それと同時に多量の燃焼ガスと熱を発生して、瞬時に高い圧力を生じ得ることである。

燃料は空気を供給されてやうやく燃えるが、火薬類はそれ自體で猛烈によく燃える。この點から火薬を燃料として用ひると、いはゆる燃料よりもむしろ性能が優れてゐるのではないであらうか。

1) 火薬類の取扱には常に細心の注意を拂ひ、摩擦・衝撃・加熱などは絶対に避けなければならない。点火試験は少量のものについて行はなければ危険である。

今、同じ量の木炭と黒色火薬について考へてみよう。已に知つてゐるやうに、木炭は空氣中の酸素と化合して燃焼するが、黒色火薬が爆燃するときの酸素は、硝石の分解によつて自ら供給したものである。随つて酸素の量だけについて考へても、空氣中のものを利用する木炭の場合の方が有利であつて、發熱量も大きいことがわかるであらう。

黒色火薬が爆発するときの反應は、大體次の反應式で示される。



この反應式からみて、燃焼に與らないカリウム塩が多量に存在することは、それだけ發熱量が少く、随つて黒色火薬は燃料として不利なことがわかるであらう。

火薬類の種類

火薬類は成分・組成・用途などによつて、いろ

いろなものがつくられてゐる。

黒色火薬のやうに、2種以上の物質を混合したものは、混合火薬類と呼ばれるが、硝酸カリウムの代りに塩素酸カリウムや過塩素酸アンモニウムなどを主體にした火薬は、黒色火薬よりも爆發力が著しく大きい¹⁾。

木炭・石炭・ナフタリンなどの粉末に液體酸素を約3倍量滲み込ませたものは、ダイナマイトに似た爆發力を示し、液體空氣爆薬と呼ばれて實用に供されてゐる。

混合火薬類に對し、ニトロセルロースやピクリン酸などは單一な化合物で、化合火薬類と呼ばれるが、その多くは硝酸のニトロ基(-NO₂)を含むものであるから、ニトロ火薬類とも呼ばれる。

火薬類は、またその爆發性能からみて、火薬と爆薬との2種類に分けられる。火薬は火

1) 塩素酸カリウムや過塩素酸アンモニウムなどは頗る危険な藥品であるから、學校以外では取扱つてはならない。

薬類の中では比較的緩慢に爆發するもので、黒色火薬・無煙火薬などがこれに屬し、彈丸の發射などに適する。爆薬は爆發が極めて急激で、猛烈な破壊作用を伴ふ。その爆發の狀況は、燃焼・爆燃などの言葉では十分にいひ表はされないので、爆轟と呼ばれる。ピクリン酸・ダイナマイトなどがこれに屬し、彈丸・魚雷・地雷などの炸裂、岩石・トーチカなどの爆破に適するものである。

〔考察〕 2. 銃砲の彈丸發射に、もし爆薬を填めたらどうなるであらうか。

無煙火薬¹⁾は、彈丸の發射に用ひられる火薬、即ち發射薬である。現在、最も多く用ひられてゐる無煙火薬には、ニトロセルロース(硝酸纖維素)のみから成るものと、ニトロセルロースとニトログリセリンとの混合物から成る

1) 無煙火薬の名稱は、燃焼の際に黒色火薬に比べて煙が出ないといふ意味である。

ものがある。

〔実験〕 2. 脱脂綿約 5g をとり、これを濃硝酸約 25%、濃硫酸約 75% を混合した混酸中に、2—5 時間浸した後に取り出し、よく水洗し、更に水とともに煮沸して水が酸性を呈しなくなるまでこれを續ける。ここに精製したニトロセルロースは、火を避けて空気中で十分に乾燥する。

〔実験〕 3. 原料の綿とニトロセルロースの外観を比較し、更に顕微鏡で比較観察せよ。

次に少量のアセトンを入れた 2 本の試験管に、一方にニトロセルロースを、他方に綿を入れて、溶解の違いをみよ。またその少量に点火して燃える状況を比較せよ。

更にニトロセルロースのアセトン溶液をガラス板の上に流し、アセトンを蒸發させて薄い膜を作り、これに点火してみよ。

ニトロセルロースにただ点火すれば、速く燃えるだけであるが、これを丈夫な容器に密閉して点火すれば高壓の氣體を生じて爆發する。

セルロイドの製造に用ひるニトロセルロースと、無煙火藥のニトロセルロースとでは、ニトロ基の含有量に違ひがある。火藥ではこれを弱綿藥と強綿藥とに區別してゐる。弱綿藥では、爆發力は弱い、溶剤に溶け易い性質がある。

ニトログリセリンは、グリセリンを硝酸と硫酸の混酸を用ひて硝化して得られる比重の大きい油狀物である。¹⁾ 少量 $\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{-O-NO}_2 \\ | \\ \text{CH-O-NO}_2 \\ | \\ \text{CH}_2\text{-O-NO}_2 \end{array}$ を空気中で燃やせば、アルコールのやうに燃えるだけである。硝化 $\begin{array}{c} \text{ニトログ} \\ \text{リセリン} \end{array}$ が、量が多いときや密閉容器中では、劇しく爆發して猛烈な威力を發揮する。

ニトロセルロースにニトログリセリンを

1) ニトログリセリンは有毒であり、また頗る危険な爆藥であるから、少量でも無斷で製造してはならない。

混合するのは、主に無煙火薬の爆發力を増すため、このやうな火薬をニトログリセリン火薬といひ、大口徑の火砲の發射薬などに用ひる。

石炭酸 C_6H_5OH ・トルオール $C_6H_5CH_3$ に、できるだけ多くのニトロ基を結合させたものが、それぞれピクリン酸 $C_6H_2(OH)(NO_2)_3$ とトリニトロトルオール $C_6H_2(CH_3)(NO_2)_3$ とである。

ピクリン酸の少量を火の上に落すと、煙を生じて燃える程度であるが、雷管を用ひて爆發させると猛力を發生する。

ニトロセルローズ・ニトログリセリン・ピクリン酸・トリニトロトルオールなどはみな硝酸のニトロ基を含んだ炭素化合物である。

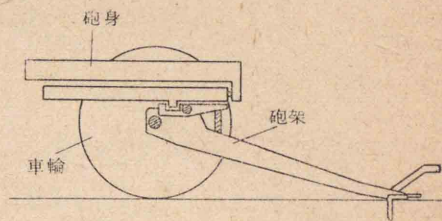
一般に1分子内に多量のニトロ基を含む化合物ほど、爆發の威力が劇しい。

2. 火 兵

火兵とは、火薬の力で弾丸を射出する兵器

で、大形のものに火砲(または大砲)、小形のものに小銃・拳銃などの携帯兵器がある。

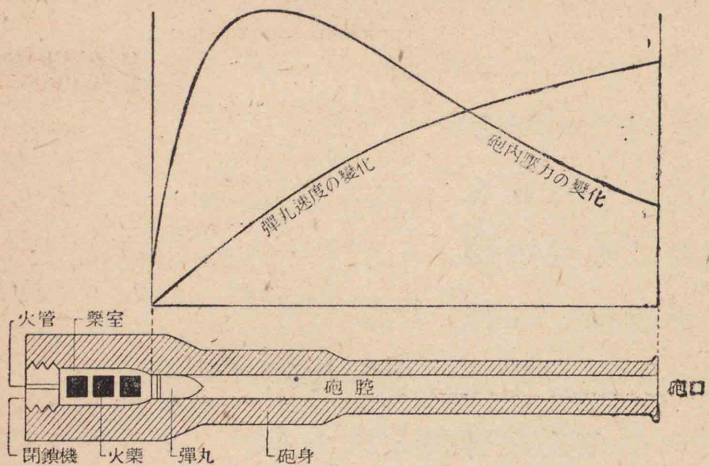
火砲は砲身と砲架はうかとから成る。砲身は火薬の燃焼・爆發による作



用で弾丸に運動を與へ、砲架は砲身を支へて、これに必要な仰角を與へる。

携帯火兵には、火砲に於けるやうな架臺はないが、2人或は數人持ちの機關銃には銃架が附けてある。

砲身は次頁の圖のやうな中空の筒で、その後方から弾丸を込め、薬室に火薬を装填した後、閉鎖機(または尾栓びせん)を閉ぢる。薬室内の火薬は、閉鎖機内に装置された火管くわくわんの作用によつて點火されて燃焼する。火薬の一部が燃えると、弾丸は運動を始め、その速度は弾丸の後方の壓力の變化につれて次第に増大し、砲口でその砲での最大速度に達する。この



速度を弾丸の初速度といふ。

〔考察〕 3. 上圖について、砲身の肉の厚さが變へてある狀況を見、そのわけを考へよ。

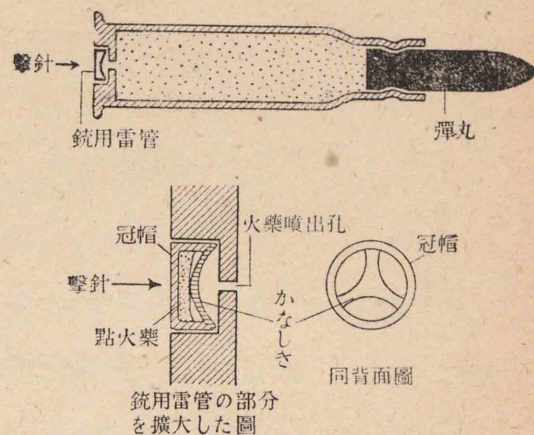
〔考察〕 4. 火砲に於て薬室容積・火薬量・弾丸重量などが一定のとき、弾丸の初速を大きくするにはどうしたらよいであらうか。

大きな火砲では、弾丸・火薬・火管が別々にされたものが用ひられるが、小形の火砲、小銃などでは、こ

れらが圖のやうに一つにまとめられたものが用ひられる。

無煙火薬が燃えると、殆ど全部が

氣體となる。1gの無煙火薬から生じる氣體の體積は、0度、1氣壓で、約800-1000 cm^3 である。燃焼瞬時の溫度は2800-3500度の高温であるから、薬室内の氣體の壓力は最大數千氣壓に達し、これによつて弾丸は推進の力を得、毎秒數百mの初速が與へられる。



(問題) 1. 或る無煙火薬について、その比容を900 cm^3 、燃焼溫度を3000度とすると、薬室容積3.5 cm^3 の薬莖内で、2.5gの火薬を

- 1) 比容といふ。
- 2) 燃焼溫度といふ。

燃やしたとき、弾丸を移動させずに置いたとすれば、大體何氣壓になるか。

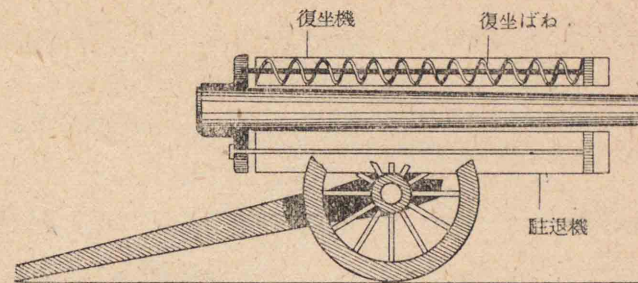
砲身から弾丸が発射されるとき、砲身にはどんな力が働くであらうか。

〔考察〕 5. ローラースケートを穿いてゐて物を投げると、身體はどちらへ滑るか。

小銃の實弾射撃をするとき、床尾^{しやうび}銃^{びん}が肩から少しでも離れてみると、ひどい反動が來ることを経験したであらう。

〔考察〕 6. 砲身が砲架に固定されてゐるとすれば、弾丸が砲口を出たとき、砲身は砲架もろとも數 m 後方に後ずさりする。¹⁾ これは何故であらうか。このことを避けるために、現今の火砲には砲身と砲架との間に駐退復坐機を備へてある。次頁の圖から、その作用を考へてみよ。

1) 後坐といふ。



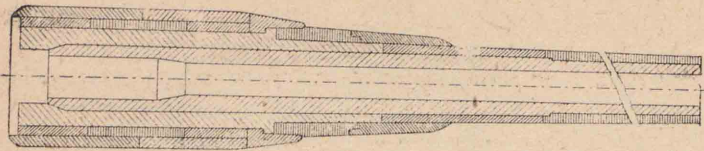
火砲では、弾丸が発射されるとき、砲身に及ぼす反作用を緩和するために、上のやうな装置が設けられてゐるが、反作用を實用に供した火兵にロケットがある。ロケットは弾丸とは違つて、自身で燃燒ガスを噴出し、その反作用を利用して前進する。



小銃・拳銃及び野砲程度の火砲では、砲身は単一の管から出來てゐるが、大きな火砲には、長短數箇の管を順次にはめ込んで作つた層成砲と呼ぶ構造のものがある。

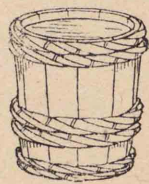
層成砲の最も内側の管を身管といふ。¹⁾ 身

1) 小銃などは身管だけから成るともいへる。

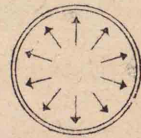


管の外側には、その外径よりもやや小さい内径の外管を適當の温度に熱し、膨脹させてかぶせ、急に冷やす¹⁾。さうすると、外管が收縮して身管を締めつけるので、兩方の管がぴったりと合ひ、その上、外から締めつける力が残つてゐるので、身管の抵抗力が増す。

〔考察〕 7. 右の圖から、たがの役目を考へよ。

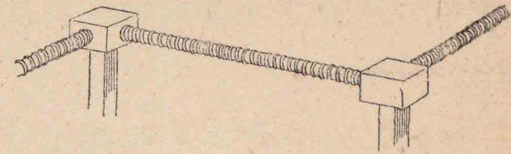


層成砲のほかに、鋼線砲といふのがある。これは身管の外側に、厚さ 2mm、幅 5mm ぐらゐの鋼の帯を幾重にも巻いて、たがの役目をさせ、その外から更に外管を焼きはめしたものである。



1) この操作を焼きはめといふ。

〔考察〕 8. 竹の節を抜いた管でかけひを作るとき、外側を圖のやうに繩でしつかり巻いて置くことがある。



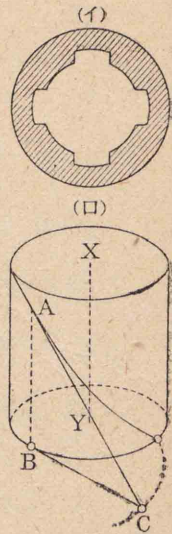
そのわけを考へてみよ。またこのやうにした竹管は、撓みに對する強さがどうなると考へるか。

上の考察でわかつたやうに、鋼線砲では幾重にも巻いた帯の引張りの力で身管が締めつけられるので、筒だけで層成したときよりは、全體の厚さが薄くても大きい抵抗力が得られるのである。しかし肉の厚さが薄いから、砲身は曲り易い。

なほ身管だけの砲身のものには、自強砲と呼ばれるものがある。これは砲身に、最初に所望の口径よりやや細目の内径を與へて置き、内部から高壓を加へて膨脹させる。する

と内径は脹れるが外径は大差なく、この間に身管の抵抗力が蓄積されて、層成砲や鋼線砲と同様の作用が生じる。

銃砲の身管には、その内面に旋條(或は腔綫)といふ浅い溝がある。圖の(イ)は、身管の断面に見える溝で、これが(ロ)のACを圓錐に巻きつけた形に切つてある。旋條は彈丸に旋回運動を與へる目的で設けられたものである。





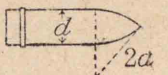
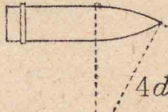
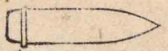
次に彈丸に旋回運動を與へる必要があるのは、何故であるかを考へよう。

彈丸は細長いほど、空氣の抵抗を受けることが少いが、形が細長くなると、いはゆるとんぼ返りを起し易くなる。これは棒を投げてみれば直ぐに觀察される。彈丸に旋回運動を與へるのは、これを防ぐとともに、落下する際に、その先端を下向きにさせるためである。

3. 彈丸

彈丸の空氣抵抗を少くして遠方まで到達させるために、最初球形であつた

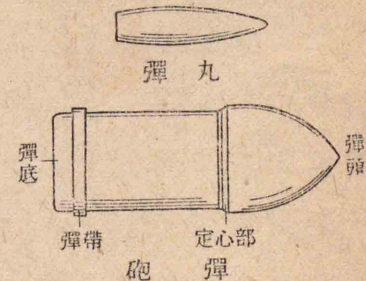
のが長く變へられ、いはゆる長彈となつた。しかも旋回運動によつて先方に正しく落下させるた

彈丸の形	空氣抵抗の大きさの比
	25
	20
	1.0
	0.7
	0.6

めに、單に抵抗ばかりでなく、別の要素からその形が定まつて來た。

小形火兵の彈丸の表面は滑らかであるが、

火砲の彈丸は圖のやうにやや複雑な形をしてゐる。



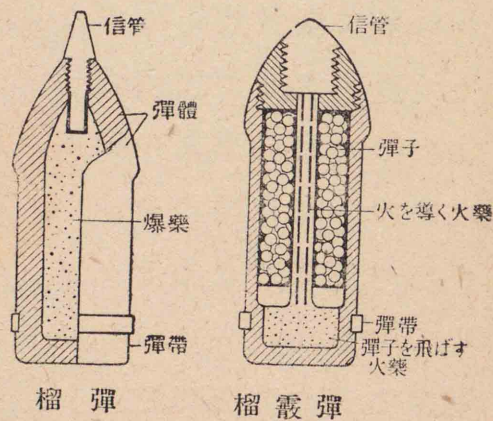
定心部の直径は、砲腔の内径よりも僅かに小さくなつてゐて、

小銃の彈丸(上)と火砲の彈丸(下)

弾丸はこの部分で砲腔の内壁に接しつつ進行する。また弾帯(或は導帯)は弾體にはめこんだ銅製の環で、弾帯の外徑は旋條の谷から谷への直徑よりやや大であるから、弾丸が砲腔内を進むとき、旋條の山に噛み込まれて、後方からの火薬の燃焼ガスが洩れ出るのを防ぐとともに、この部分で弾丸に旋回運動が與へられる。

弾丸の多くは弾體內に空洞があつて、ここに火薬・爆薬・焼夷劑・毒ガス・照明劑・彈子などを

埋める。爆薬の炸裂によつて、破壊作用を與へるものを榴彈といひ、火薬によつて彈子を飛散させ



るものを榴霰彈と呼ぶ。弾丸の炸裂は、彈頭または彈底につけられた信管によつて起さ

れる。

不發の弾丸でも、その彈頭や彈底に觸れることは、嚴に戒めなければならない。

火砲の大きさをいひ表はす場合に、例へば40cm 砲などといふことがある。これは砲腔の口徑即ち旋條の山と谷との平均直徑が約40cmの火砲のことである。しかし前にも知つたやうに、火砲の大きさは砲身の長さにも關係するものであるから、口徑だけではきまらない。それで通常、砲身の長さを口徑の倍數で示し、例へば50口徑40cm 砲といふやうに表はす。この砲では砲身の實際の長さは $40\text{cm} \times 50 = 20\text{m}$ である。

砲腔内での弾丸の運動は、102頁の圖に示したやうに、その速度を増加して行く。今、極く大體に直線的に増加するとみて、等加速度運動として考へてみよう。弾丸の起動點を基準とすれば、ここでは最初弾丸は靜止してゐる。それ故、 t 秒後の弾丸の速さを $v\text{m/秒}$ 、

t 秒間に通過した距離を s m とし、加速度を a m/秒² とすれば、已に學んだ等加速度運動の関係から、次の式が得られる。

$$a = \frac{v}{t},$$

$$v = at,$$

$$s = \frac{1}{2}at^2,$$

$$v^2 = 2as$$

(問題) 2. 40口径 40cm 砲で、彈丸は初速 800 m/秒で射出された。彈丸が砲身を通過するときの加速度及び経過時間は幾らか。この加速度と重力の加速度とを比べてみよ。

(問題) 3. 教練に用ひる歩兵小銃の銃腔の長さを實測して、彈丸が銃口を出るときの初速を 750 m/秒として、銃腔内の加速度と経過時間とを略算せよ。

[考察] 9. 發射された彈丸に働く外力にはどんなものが考へられるか。

彈丸が砲(銃)口から飛び出した後の砲腔外の運動は、空氣の抵抗のほか、いろいろな影響を受ける。そのため彈丸は拋物線を描くことなく、一平面からはづれた一種の曲線運動をする。實際に彈丸が描く軌道を彈道といふ。

4. 化學兵器

銃砲・彈丸・魚雷などと、これに直接関係のある火藥・爆藥を除いた兵器、即ち毒ガス・燒夷劑・發煙劑などを總稱して化學兵器といふ。

毒ガス

毒ガスには種類が多いが、作用の上から大別すると、咽喉・鼻・眼などを劇しく刺戟するものと、肺臓に吸入されて猛烈な毒性を發揮するものと、皮膚に附着して悪質の炎症を起させるものとの3種がある。さうしてクロルピクリン・ホスゲン・イペリットがそれぞれの

代表的なものである。

$\text{CCl}_3\cdot\text{NO}_2$	$\text{CO}\cdot\text{Cl}_2$	$(\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl})_2\text{S}$
クロルピクリン	ホスゲン	イペリット

毒ガスを實用に供する上からみると、氣體では貯藏・運搬に不便であるから、液體または固體が使用されてゐる。¹⁾

〔考察〕 10. 軍用毒ガスは、空氣よりも比重が大であることを必要とするが、そのわけを考へよ。

塩素を含む化合物は一般に比重が大である。上に掲げた例によつても知られるが、大部分の毒ガスは塩素を含む化合物である。

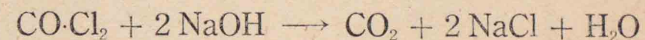
〔考察〕 11. シアン化水素HCNは猛毒性で以前から有名であるが、軍用毒ガスには適しない。そのわけを考へてみよ。

〔考察〕 12. 毒ガスの被害を防禦するに

1) 液體は霧状にし、固體は煙状にして使用するから、毒ガスの名がそのまま用ひられてゐるのである。

は、どんな方法が考へられるか。

防毒劑は多量の毒ガスや濃厚な毒ガスを除く場合に使用する。これには毒ガスの性質に應じて適當なものが用ひられる。例へばホスゲンは苛性ソーダによつて、直ちに炭酸ガスと食塩とに分解される。



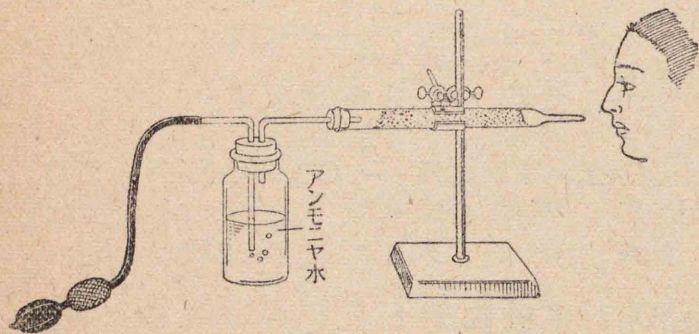
またクロルピクリンは亞硫酸ナトリウム Na_2SO_3 か多硫化ナトリウム Na_2S_x により、イペリットは漂白粉によつて、容易に無害の物質に變はる。

活性炭は薄い毒ガスを除く場合に使用し、主として防毒面に用ひられる。

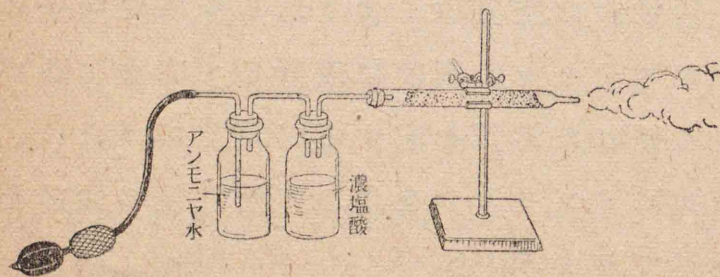
活性炭は、空氣中に含まれる極めて微量の毒ガスをも、その表面に吸着して完全に除去する優れた性質を有するが、萬能ではない。

次にアンモニヤを用ひて、活性炭の性能を調べてみよう。

〔実験〕4. 直径約 1cm の圖のやうなガラス管に、粒状の活性炭を約 5cm の長さ
に詰め、一方から静かにアンモニアを送り、他方から出る氣體を嗅いでみよ。



〔実験〕5. 次に上の装置で、アンモニア水を入れた壺の次に、濃塩酸を入れた壺を置き、塩化アンモニウムの白煙を発生させて、これを送つてみよ。



これらの実験から、活性炭ではアンモニアは吸着されるが、塩化アンモニウムのやうな固體の微粒子(煙)に對しては、意外に無能なことが認められたであらう。¹⁾

毒ガスの中のデフェニル塩化砒素は、クロルピクリンに似た毒性を有し、固體の粉末であるから、活性炭で防禦することはできない。

〔考察〕13. 完全な防毒面には、活性炭のほかに綿・フェルトなどの層を置き、更に消石灰と苛性ソーダを混合したソーダ石灰の粒が入れてある。それぞれの防禦機能を考へよ。

焼夷劑と發煙劑

〔実験〕6. 酸化鐵の粉にマグネシウムまたはアルミニウムの粉を、ほぼ等量混合して、皿またはるつぼに少量入れ、下から強く熱して、その燃焼狀況を觀察せよ。

1) 活性炭は一酸化炭素に對しても効果がなない。

上の実験で、混合物が劇しい燃焼を起したのは、マグネシウムまたはアルミニウムが酸化鐵から酸素の供給を受けて反応したためである。エレクトロン焼夷弾は、この焼夷劑を應用したものである。

普通に用ひられる焼夷劑には、このほかに油脂や黄燐がある。エレクトロン焼夷劑は、3000度に近い高温を生じ、油脂焼夷劑は火焰が擴がり易く、黄燐焼夷劑は飛散した黄燐が自然發火して飛火し易い點で、それぞれ特徴がある。しかし水・砂・むしろなどを適當に使用すればそれらの焼夷弾による被害も一小部分に止め、火災の起るのを防止することができる。

煙幕をつくる發煙劑には、液體の霧をつくるものと固體の煙をつくるものとの別がある。

〔實驗〕 7. 塩化アンモニウム 30g, 硝酸

アンモニウム¹⁾ 54g, 木炭の粉 10g, 硫黄の粉 6g をよく混合して點火してみよ。

〔考察〕 14. 上の実験でつくつた發煙劑がどんな理由に基づいて考案されたかを考へてみよ。

1) 硝酸アンモニウムの代りに、硝酸カリウムまたはよく乾燥した硝酸ナトリウムを用ひてもよい。

6. 化学工業

1. 化学工業の特徴

物の實質の變化を利用して、利用價值の少い原料や豊富に得られる材料から、国防・産業・日常生活に必要な藥品・金屬材料・爆薬・醫藥・肥料・ガラス・セメント・油脂製品・纖維類などの物資を生産する工業が化学工業である。

化学工業の基礎は、實驗室で行ふ研究實驗にあつて、これらの觀察結果や理論が基になつて、大規模な化学工業が成立してゐる。随つて化学工業では、机の上で行ふ小さな實驗の結果が、大工場の生産力に密接に結ばれてゐるといつてもよいわけである。

またいろいろな化学工業は、互に密接に連絡してゐて、或る工業での廢物が他の工業では原料になることが少くない。これを普通に、化学工業は互に有機的に連絡してゐると

いつてゐる。

多くの化学工業では、原料から製品の出来るまでの行程が、ちやうど水の流れるやうに、一貫した系統の中で進められてゐる。随つて機械工業などに比べると、一般に従業員の割合に、多量の製品を生産してゐるものが多い。

〔考察〕 1. 機械工業などで多量生産を行ふ際に、流れ作業方式が最も有效であるとされる理由を考察せよ。

2. 化学工業と他の工業との關係

物の實質の變化に關する基礎的研究を、大規模生産の工業に移すときは、専ら機械・電氣などの力によらなければならない。それ故、機械工業の發達は直ちに化学工業の發展を促すともいふことができる。化学工業で困難を感じてゐる多くの問題は、實質變化に

關する基礎的研究の結果を、大規模に實施するに必要な機械装置に關するものである。

化學工業はいろいろな原料・材料を生産する工業であるから、化學工業の發達が他の工業に及ぼす影響も頗る大きい。優秀な兵器や飛行機、大馬力を出す機關、性能の優れた通信機など、いづれも優れた材料を用ひなければ生産することができない。優れた材料を生産するには、化學工業の發達に俟つほかはないのである。

〔考察〕 2. すべての工業に於て、材料の品質が如何に重要な問題をなしてゐるかを、近くの地方に發達してゐる化學工業について考察せよ。

多くの化學工業では、石炭・電氣などを多量に消費する。随つて化學工業は、鑛業や發電事業とも極めて密接な關係がある。化學工業が發達するためには、石炭や電力が豊富に

安く供給されることが必要である。

わが國の電氣消費量についてみても、實にその50%以上が化學工業に使用されてゐるのである。

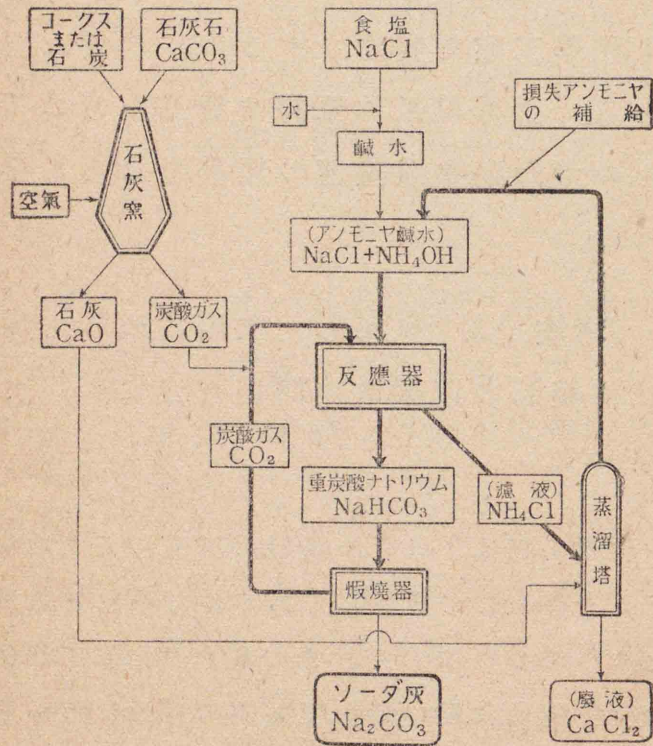
化學工業にはまた水を多量に使用するものが多いので、豊富で且つ良質の水があることも、化學工業を發達させるのに重要な條件である。また取扱ふ原料や製品などの量が多いので、海運・水運・陸運の便利なことも必要である。

〔考察〕 3. 見學した工場について、原料及び製品の運搬、水の問題などについて考察せよ。

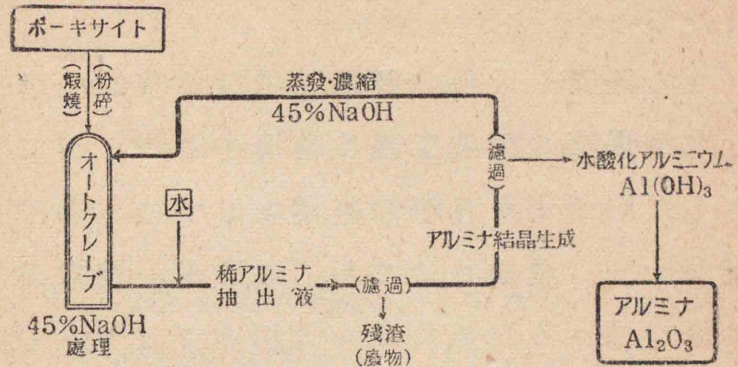
化學工場はこれらの問題に關聯して、立地條件をよく吟味して建設してあるので、それぞれ特徴をもつてゐるはずである。多くの化學工場は、原料の生産地に近い所か、製品の消費地に近い所か、或は水運などの頗る便利のよい所にある。

3. 化学工業の作業行程

化学工業では、いろいろな原料を多量に使用して生産を行ふので、多量の副産物が生じ易い。これらの副産物は、ほかで利用するとしても、なるべく副産物を少なくして目的物だけを生産する方が、すべての點で有利である。



アンモニアソーダ法によるソーダ灰の製造



ボーキサイトからアルミナの製造

そのために、作業行程中に生成する副産物を、ここに掲げた系統圖に示すやうに、巧に循環させて、一貫した作業を行つてゐるものが少くない。

4. 国防と化学工業

化学工業で直接生産する兵器は、火薬類・毒ガス及びその防禦劑などであるが、銃砲・飛行機・光學ガラス・ゴムその他の国防兵器や器具の材料、燃料なども、みな化学工業によつて生産されるものである。それ故、国防に對する化学工業の役割は頗る大きいといはなけれ

ばならない。

また硫安や染料の製造工場は、比較的簡単に火薬・爆薬の製造工場に轉換することができるから、平素から平和産業としての化学工業を十分に發達させておくことが、一朝有事の際に備へるために最も大切なことである。

わが國は諸外國に比べて、資源が必ずしも豊富とはいはれないが、四邊海に圍まれて、海運の便があり、電力にも比較的恵まれてゐる。世界で化学工業の最も發達したといはれるドイツでも、決して資源の豊富な國ではない。資源の不足は研究と努力とで補ふことができるから、入手される原料を使用して、これを最も有効に利用する工夫さへすれば、どんな障碍にも打勝つことができる。それには、わが國の研究技術を、世界の最高水準以上に發達させることが、何よりも大切なことである。最近わが國独自の研究によつて、入手可能な原料から、いろいろな戦時重要物資が多量

に生産されるやうになりつつある。

(1) 空氣と水とを主な原料とする化学工業

1. 化学工業原料としての空氣と水

すべての原料の中で、最も豊富で低廉に得られるものは、空氣と水とであらう。現在の化学工業は、この空氣と水とからいろいろな有用な物質を生産してゐる。

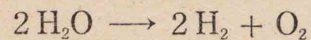
(問題) 1. 液體窒素の沸點が零下195.7度、液體酸素の沸點が零下183度であることから、空氣を窒素と酸素とに分離する方法を考へよ。

(問題) 2. 水から水素と酸素とを製する方法を考へよ。

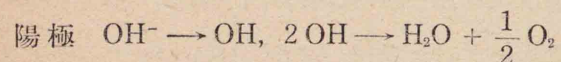
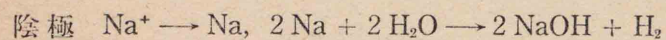
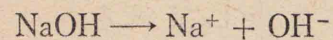
(問題) 3. 電氣分解に関する法則から、1KW時の電氣量によつて、水から得られる水素と酸素の量は、理論上0度、1氣壓で

何しであるかを計算せよ。

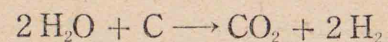
電氣の豊富な地方にとつては、電氣分解が最も適當な水の分解法である。



純粹な水は電氣を通じ難いので、實際には苛性ソーダの水溶液を電氣分解する。その際の反應式は次の通りで、苛性ソーダの量には變化がない。



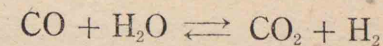
石炭の得易い地方では、水の酸素原子を炭素と化合させて炭酸ガスに變へ、他方に水素を遊離させる方法が行はれてゐる。



但しこの反應式通りの變化は、實際には起り難いので、先づ 1200 度附近に赤熱したコークスに水蒸氣を送つて、水性ガスをつくる。



次に水性ガスに水蒸氣を混ぜて酸化鐵を主體とする觸媒上に通じ、600 度附近で一酸化炭素と水とを更に反應させると、炭酸ガスと水素とを生じる。



この反應は可逆反應であつて、溫度が低いほど完全に右に進む。

〔考察〕 比較的低溫で、反應を速く進行させたい場合に、觸媒を使用する理由を考察せよ。

(問題) 4. 炭酸ガスと水素との分離法を考へよ。

次に空氣と水とを主な原料とする化學工業について考察しよう。

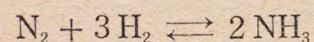
2. アンモニヤの製造

已に知つた硫酸アンモニウム(硫安)は最も

重要な窒素肥料の一つである。殊に水田の施肥に適してゐるので、わが國では莫大な需要がある。この硫酸アンモニウムの製造には、空氣と水とを主な原料とするアンモニヤを用ひる。

空氣からの窒素と、水からの水素とを化合させて、アンモニヤを製造することは、長い間學者の夢であつた。しかし、苦心の研究によつて、現在ではこれが理論的にも實驗的にも可能なことが明らかにされた。

窒素と水素とからアンモニヤが出来る反應は、可逆反應である。



普通では、この平衡が甚だしく左に傾いてゐるので、アンモニヤは容易に窒素と水素とに分解するけれども、窒素と水素とからアンモニヤを得ることは、實用的には不可能であると考へられてゐた。

しかし、この平衡をよく研究した結果、溫度

を低く、壓力を高くするにしたがつて、平衡が右に移行することが分つた。窒素は、元來反應性に乏しい元素であるから、比較的低温でよく反應させるには、優れた觸媒の研究が必要である。數百氣壓のやうな高壓で氣體を反應させるには、機械裝置・材料などに特別な研究が必要である。

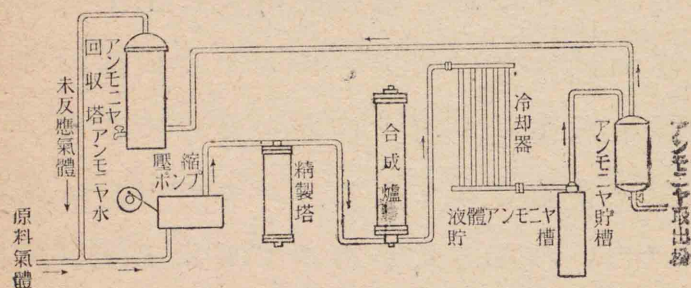
このやうにして基礎的研究に、工業化の研究が加はつたので、アンモニヤ合成法に實用的價値が生じるやうになつたのである。

現在實施されてゐるアンモニヤ合成法にはいろいろな方式があつて、東京工業試験所で研究された日本式も優秀な成績を示してゐる。いづれの方法でも、觸媒は鐵を主體にして、これに少量のアルカリ塩・酸化マグネシウム・酸化アルミニウムなどを添加したものである。¹⁾ 反應溫度は 500—600 度、壓力は低い

1) 近來觸媒の作用を更に強くするために加へる助觸媒が研究され、觸媒の利用は益々廣まりつつある。

もので 100 気圧、高いもので 1000 気圧であるが、多くの方法は 300 気圧程度である。

1 回の觸媒通過で、窒素 1、水素 3 の混合氣體の 6-20% がアンモニアになる。生成したアンモニアは、高圧のために大部分が液化して分離する。未反応氣體には更に新しい原料氣體を加へ、循環して使用する。



アンモニア合成の行程圖

3. 硝酸の製造

(問題) 5. 硝酸が重要な薬品であることを、用途の上から考へよ。

硝酸は、昔はチリ硝石を硫酸で分解して製

造したが、現在は専らアンモニアの酸化によつてゐる。

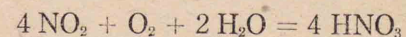
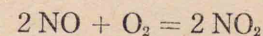
工業的の硝酸製造装置は、アンモニアの酸化装置と稀硝酸の濃縮装置との 2 部から成つてゐる。

アンモニアを燃焼させるといろいろな反応が起るが、硝酸製造に必要な酸化窒素 NO を生成する反応は、800-900 度に熱した白金に、極めて短時間觸れさせるときに最もよく起る。



このために加熱白金網を通じて、アンモニアと空氣の混合氣體を反応させることは、已に第三學年で學んだ通りである。

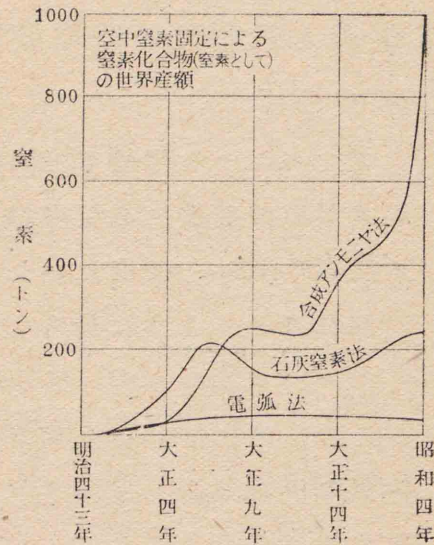
反應爐から出た氣體は、空氣中の窒素で甚だしく薄められてゐるから、吸收塔に導き、水または稀硝酸を用ひて酸化窒素だけを溶解分離する。



吸收塔で得られる硝酸の濃度は 40-55% であるから、次に濃縮装置に送つて濃硫酸を加へて連続的に蒸溜し、96-98% の濃度の濃硝酸を得る。

この際生じる稀硫酸(濃度約70%)は、別に煮詰めて繰返し使用する。

硝酸とアンモニアから得られる硝酸アンモニウムは、爆薬原料にもなり、肥料にもなる。そのほか、アンモニアと硝酸を原料にして、いろいろな物質が製造されてゐるが、これらはみな広い意味で、空気と水からの製品と考へられよう。



(2) 石炭と水とを主な原料とする化学工業

1. 化学工業用原料としての石炭

石炭はすべての工業の原動力であつて、石炭のない所に近代工業は起らないといつて

もよい。石炭は燃料として用ひられるほかに、化学工業用原料としても頗る重要である。

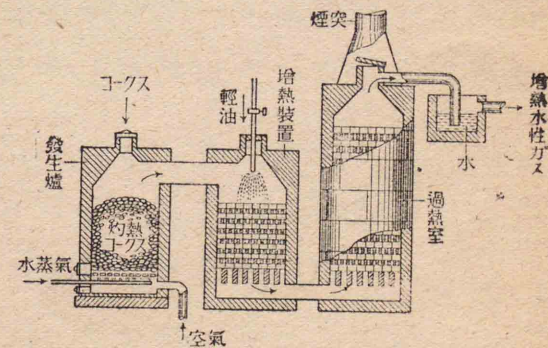
(問題) 1. 石炭を乾溜すると、どんな物質が得られるか。またそれらの物質は、どんな方面に利用されてゐるか。

石炭ガスは約50%の水素を含むから、水素の製造原料に供することもできる。

2. 水性ガスの製造

石炭と水から得られる水性ガスは、已に知つたやうに燃料とし、また水素の製造に用ひるが、そのほかにもいろいろな用途がある。

水性ガスの生成反応は、1200度以上でよく起り、1000度以下になると



炭酸ガスの生成反応が著しくなる。

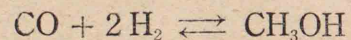


〔考察〕 1. 水性ガスの生成反応を行はせれば、爐の温度が下つて来る。水性ガス製造法で、爐に水蒸気と空気とを交互に送るわけを考へよ。

3. メタノールの製造

メタノール(メチルアルコール)は溶劑・燃料として、またホルマリン・合成樹脂などの製造原料として、工業上重要なものである。以前は木材を乾溜してメタノールを得たが、今では専ら水性ガスを原料にして製造してゐる。

水性ガスからメタノールが出来ることは、次の反応式によつて考へられるであらう。



この反応も可逆反応であつて、温度が低く、

圧力が高いほどメタノールが生じ易い。

可逆反応に於て、一方の方向に反応が進むときに、熱の発生または吸収があつたり、或は體積の變化が起るときには、それぞれ温度及び壓力によつて平衡が移動する。さうして温度が低いときには、發熱する方向に、壓力が高いときには、體積が收縮する方向に、平衡の移動が起る(平衡移動の法則)。

窒素と水素とからアンモニヤが生じるときも、一酸化炭素と水素とからメタノールが生じるときも、ともに發熱するから、温度を低くする方が目的物の生成に有利である。またこのとき壓力を高くすることも、目的物の生成に有利であることが、それぞれの反応式について、平衡移動を考へればわかるであらう。

(問題) 2. 平衡と反應速度とは別の問題であることに留意し、低温で有利になる可逆反應に觸媒が廣く使用される理由を考へよ。觸媒は原則として平衡には影響

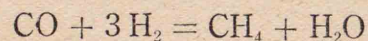
を及ぼさないものである。

メタノールの製造法は、アンモニアの製造法と類似してゐる。ただそれぞれ原料氣體と觸媒とが異なる。

メタノール合成の觸媒としては、亞鉛華(酸化亞鉛) ZnO と酸化クロム Cr_2O_3 の混合物が用ひられ、反應溫度は $280 - 400$ 度、壓力は約 200 氣壓である。未反應氣體には新しい原料氣體を加へて再び循環して使用する。

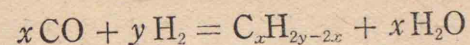
4. 合成石油の製造

一酸化炭素と水素との反應では、メタノールの生成以外に、次の反應が起つてメタンを生成し易い。



このとき觸媒に適當なものを用ひれば、メタンの代りに、それよりも炭素数の多い炭化水素を得ることができる。¹⁾

1) この方法は人造石油製造法の一つである。



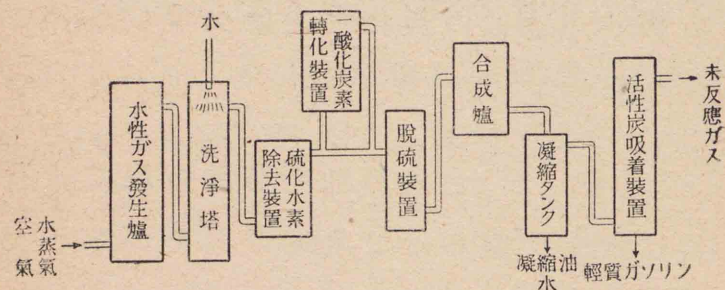
このやうにして生成する炭化水素は、氣體のメタンから固體のパラフィンまでの、いろいろなものの混合物である。合成石油はこのやうにして得られたものである。

合成石油は、天然石油や他の方法による人造石油と違ひ、主に C_nH_{2n+2} の組成の炭化水素から成り、 C_nH_{2n} の炭化水素は少量しか含まれない。

[考察] 2. 合成石油の製造行程では、石炭に水を反應させて水性ガスをつくり、次にこの水性ガスを反應させて合成石油と同時に、他方に水を得てゐる。このことから、水が反應行程に重要な媒介の役目をしてゐることを考察せよ。それと同時に、このやうな反應行程が、理論上必ずしも合理的でないことを合はせ考察せよ。

實際に合成石油をつくるには、原料氣體と

して通常一酸化炭素 1 容に水素 2 容の混合気體が用ひられる。觸媒にはコバルトを主體にしたものと、鐵を主體にしたものとの 2 種があつて、これに少量の銅・マンガンなどを加へ、觸媒としての働を強めてある。反應溫度は約 190 度で、この場合、混合氣體は常壓または僅かに加壓した程度で反應させる。



1) 合成石油製造の行程圖

1) 一酸化炭素轉化装置では、氣體の一部を水と反應させて、一酸化炭素を水素と炭酸ガスとに變へ、次いで炭酸ガスを除いて元の氣體に加へ、全體の混合氣體の組成 $\text{CO}:\text{H}_2$ を 1:2 の割合にする。

(3) 電力を多量に用ひる化學工業

1. 電力と化學工業

電力が動力源として、一般の工業に重要であることはいふまでもないが、化學工業と電氣とは特に密接な關係がある。多量の電氣量を有効に消費するのは、化學工業に勝るものはない。

電力を多量に用ひる化學工業を、普通に電氣化學工業と呼び、これには電氣分解を利用するものと、電流で發生する強熱を利用するものがある。

(問題) 1. 已に學んだ電氣化學工業について、電力がどんな目的で利用されてゐるかを、それぞれの場合について考へてみよう。

次に主な電氣化學工業について、實質の變化に電力が利用されてゐる關係を調べよう。

2. 食塩の電気分解による苛性ソーダ と塩素の製造

食塩の水溶液を電気分解して苛性ソーダと塩素とが得られることは已に學んだ。

これを工業的に実施するには、電極に苛性ソーダ並びに塩素に冒されない材料を選ぶことと、生成した苛性ソーダと塩素とが混じつて反応しないやうに工夫する必要がある。

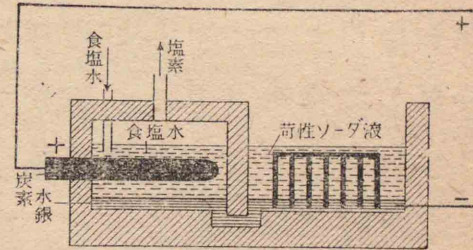
塩素及び苛性ソーダに冒されない材料としては、それぞれ炭素(黒鉛)及び鐵が最も得易い材料であるから、普通陽極には炭素、陰極には鐵を用ひてゐる。

[考察] 1. 食塩の電気分解に於て、兩極に生成した塩素と苛性ソーダとが混じると、どんなことが起るか。塩素と水との反應から考へよ。

塩素と苛性ソーダとが混じらないためには、現在2種の方法が行はれてゐる。

隔膜法では、イオンは自由に通すが、アルカリや塩素を通し難い隔膜を陽極と陰極の間に置いて、陽極と陰極とを遮断する。この隔膜は苛性ソーダや塩素にもよく耐へる必要があるので、いろいろ苦心して研究された結果、現在では主に石綿を主體にしたものが用ひられてゐる。隔膜法については已に一部學んだ。

水銀法では陰極に水銀を用ひ、生成するナトリウムを直ちにアマルガムにして、水銀中に溶解させて分離し、別の場所で水と化合させて苛性ソーダにする。



兩法の特徴の比較

隔膜法は建設費が廉いが、食塩を全く含有しない苛性ソーダを得難い。水銀法は高價な水銀を要するが、装置が簡單で純粹な苛性ソーダが得られる。現在わが國では、兩法がともに行はれ、生産能力の割合もほぼ半ばしてゐる。

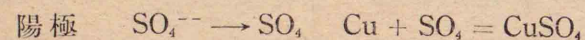
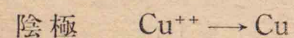
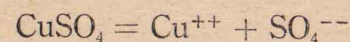
原料食塩の入手が好調でさへあれば、この工業

は電力関係によつて好轉し得るものである。

3. 金屬の電解精鍊

金屬の精鍊法の中で、電氣分解を應用するいはゆる電解精鍊法は、重要な部門をなしてゐる。

銅・金・銀・鉛・錫・ニッケルなどは、電氣めつきの理を應用して、それらの塩類の水溶液を電氣分解して精鍊される。粗銅から純銅を得るのに行はれる銅の電解精鍊は、工業的に極めて大規模に行はれてゐる。陰極に薄い純銅板を用ひ、陽極に粗銅を用ひて、硫酸銅の水溶液を電氣分解すれば、次の反應式に示した原理によつて、純銅板は厚く成長し、粗銅は液に溶けて行く。



このとき粗銅中に含まれた金・銀・鉛・錫・ニッケル・鐵・蒼鉛・アンチモン・砒素などは、泥狀にな

つて電解槽の底に溜り、或は溶液中に溶けたままで陰極に析出しない。この泥狀物は金・銀の製造原料として重要である。

アルミニウム・マグネシウムなどは、それらの塩を高温に熱し、熔融状態にして電解する。

[考察] 2. アルミニウムは、アルミニウム塩の水溶液を電氣分解して得られないであらうか。アルミニウムが銅などに比べて反應性に富み、またイオンになり易い點から、その理由を考察せよ。

アルミニウムを製造するには、熔融した氷晶石 Na_2AlF_6 にアルミナ Al_2O_3 を溶かして電氣分解する。



電氣分解によつて生成したアルミニウムは、熔融して爐底に溜り、自ら陰極となる。陽極に發生した酸素は、陽極の炭素と化合して燃え、一酸化炭素と炭酸ガスとになる。それ

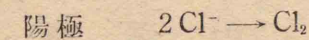
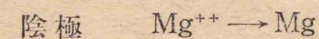
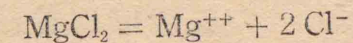
故、多量のアルミニウムを製造するには、多量の炭素電極を必要とする。

(問題) 2. 純度の高いアルミニウムを製造する場合、炭素電極に灰分の少ないものが要求されるのは何故か。

なほアルミニウムの製造では、純粋なアルミナを製造することが、重要な過程になつてゐる。それはアルミナの純度がアルミニウムの品質に著しい影響を及ぼすためである。鑛石としては、普通にボーキサイト $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ を用ひる。これを一度焼いて、濃厚な苛性ソーダ液に溶かし、濾過して不純物を除いた後に、一定濃度まで薄め、この中に純粋な水酸化アルミニウムの結晶を入れて放置すると、これが種になつて、結晶性の水酸化アルミニウムが析出する。

ボーキサイトのほか、明礬石 $\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 粘土 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ などを原料にして純アルミナを製造する方法も、わが國の研究で成功してゐるが、ボーキサイトを原料にする場合よりも、生産費が高くなるのを避け難い事情にある。

金屬マグネシウムを得るには、無水塩化マグネシウムと塩化カリウムまたは食塩との混合物を熔融して電氣分解する。

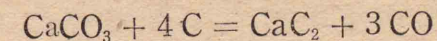


陰極には鐵を用ひ、陽極には塩素が発生するから黒鉛を用ひる。

4. 炭化カルシウムの製造

炭化カルシウム(カーバイド)は、肥料・アセチレン¹⁾の製造原料として重要である。

石灰石(または生石灰)に無煙炭・木炭またはコークスを混ぜて、約 2500 度に熱すると、炭化カルシウムが生成する。



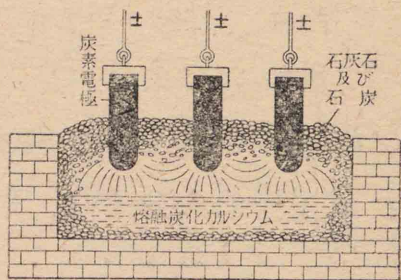
このやうな高温は、電氣爐を用ひる場合に

1) アセチレンは鐵の熔接・熔斷、醋酸・人造ゴム・人造樹脂などの製造原料として頗る有用なものである。

のみ簡単に得られるので、炭化カルシウムの製造は電気化学工業の重要な一部門をなしてゐる。

炭化カルシウムの製造爐は、普通外側が鐵板で、その中に耐火劑、更にその中に炭素が張つてある。

電極は普通3本で、數萬アンペアの交流を送る大形のものゝ廣く使用されてゐる。生成した炭化カルシウムは熔融してゐるので、ときどき爐の口を開いて流し出す。



(4) 木材を主な原料とする化学工業

1. 化学工業用原料としての木材

植物の細胞膜を形成する成分はセルロースで、これは多數の葡萄糖が化合して出来てゐるものであることは已に學んだ。

木材は純粹なセルロースから成るもので

はないが、セルロース資源として最も豊富に得られる點で、これに勝るものはない。

綿は天然に産する最も純粹なセルロースである。木材はセルロースにリグニンといはれる組成の複雑な物質が結合したもので、リグノセルロースと呼ばれる。リグニンは、酸・アルカリ・塩素などに作用され易いから、比較的簡單な方法でセルロースから分離することができる。

2. 木材からパルプの製造

木材を化学工業用原料に使用するには、通常植物體から纖維を分離する。これをパルプといふ。

木パルプには、石ロールを用ひて機械的に木材を磨り砕いただけのものと、藥品を用ひ、原料を處理してリグニンの大部分を除いたものがある。前者を碎木パルプ、後者を化学木パルプといふ。

化学木パルプの製造法として、現在最も多

く行はれてゐるのは、木材を小片に切り、酸性亜硫酸カルシウム $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ の溶液、苛性ソーダ溶液、または苛性ソーダと硫化ナトリウムとの混合溶液とともに蒸煮して、リグニンの大部分を溶解除去する方法である。

(問題) 1. 新聞紙などは碎木パルプだけを用ひて作つてある。日光などに觸れて褐色に變色し易い原因は何か。

3. 紙の製造

[考察] 製紙工場を見學して、製紙行程に水がどんな役目をしてゐるかを調べよ。

パルプを水の中で更によく碎いて糊状にし、金網の上に流して水を去り、よく乾かすと紙が得られる。抄紙機は、この操作を連続的に行ふものである。

強い紙を製するには、比較的長い纖維を十分にからみ合はせる。インキがにじみ出る

のを防ぐには、纖維の間に樹脂・水酸化アルミニウム・脂肪酸澱粉糊などを附着させる。このことをサイズといふ。

(問題) 2. 或る種の紙が、一つの方向に破れ易いのは何故か。

(問題) 3. インキがにじむ原因を考へて、サイズの理を説明せよ。

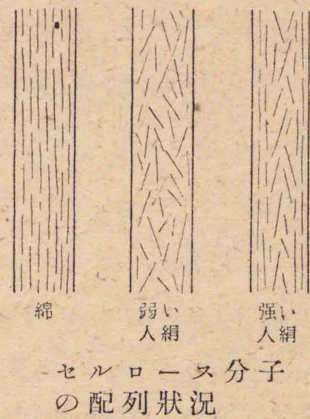
4. 人造絹絲及びスフの製造

セルロースを適當な方法を用ひて溶解し、細い孔から噴き出してセルロースを再生させたものが人造絹絲である。また人造絹絲の製造と同じ理で纖維をつくり、一定の長さに切斷したものがスフである。

丈夫な人造絹絲やスフを製造するには、どうしたらよいであらうか。多くの研究によつて、次のことがわかつた。

綿を構成するセルロース分子は、その長さ

が長く、且つ繊維の軸の方向に規則正しく並んでゐるが、人造絹絲では分子の長さが短く、且つ分子の配列が不規則になつてゐる。随つて、できるだけ人造絹絲の構



造を綿に近いものにするやうに工夫すれば、丈夫な人造絹絲が得られるわけである。

木材のセルロース分子は、綿のセルロース分子に比べてやや短い、それでもこの分子をなるべく分解させないやうに処理すれば、十分丈夫な人造絹絲が得られる。セルロース分子を繊維の軸に並行に並べるには、紡絲液が十分に凝固しないときに、強く引伸ばして固まらせるのがよい。セルロース分子の形は細長いから、引伸ばされた方向に並行して並ぶのである。

セルロースに苛性ソーダと二硫化炭素と

を作用させて、セルロースキシロゲン酸ナトリウムの粘ばい溶液をつくり、これを紡絲液とし、凝固浴に硫酸を用ひて、セルロースを再生させる方法がビスコース法である。またセルロースを銅アンモニヤ溶液¹⁾に溶解し、硫酸で凝固させる方法が銅アンモニヤ法(ペンベルグ法)である。

1) 濃アンモニヤ水に銅片を浸し、空気を吹き込んでつくる。

物 象
(中學校用)

5

第一類

昭和19年1月6日印刷
昭和19年1月10日發行 定價 75 錢

著作權所有

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

印刷者 大阪市西區阿波座中通二丁目四番地
井下書籍印刷所
代表者 井下精一郎
(西大三五)

配給元 東京都神田區淡路町二丁目九番地
日本出版配給株式會社

發行所 東京都神田區岩本町三番地
中等學校教科書株式會社
日本出版會會員番號 117522

(略名) 中學物象一類 5



中等學校教科書株式會社

41

200

教